

Nuestra Jugada con

Unidades Múltiples



Parte III

Para Iluminar
el Conocimiento
que esta cautivo

Gustavo Mejía Quintero

Vivimos para cumplir imposiciones de un mítico dogma que en la naturaleza no tiene razón de ser, por él, como irracionales hasta nos matamos y destruimos el planeta, mientras millones de mundos esperan por nosotros.

Nuestra Jugada con

Unidades Múltiples

Parte III

Liberar el conocimiento que está cautivo

Encontrar los culpables para entenderlos

Copyright © 2022 - Gustavo Mejía Quintero

Todos los derechos reservados.

ISBN:

Este trabajo es un reclamo y a la vez un apelo para que todos usemos el cerebro y su capacidad de raciocinio en la forma que verdaderamente nos fue asignado por la naturaleza si queremos Vivir de verdad. Nuestra Jugada propone la forma como podemos abandonar los dogmas de la trilogía “Oro, Riqueza y Poder” que nos impusieron desde hace milenios y con los que nos dominan subrepticamente, hasta el punto de obligarnos a matarnos y además, destruir nuestro paraíso, siendo estúpidamente esclavos de algo que es solo un mito, que desde un punto de vista lógico, es un absurdo.

Cómo jugar para recuperar nuestro paraíso

Una serie de exposiciones basadas en la realidad que vivimos en un planeta que clama por recuperar su equilibrio. Por eso, investigamos la razón para vivir mal, reflexionando sobre el hecho evidente que si somos racionales y el sol es quién provee toda la energía que usamos y sale todos los días para todos sin pedir nada a cambio, cual es la razón que justifique para que exista tanta inequidad y discriminación en un mundo poblado por seres supuestamente racionales.

Para aclarar ese cuestionamiento, primero buscamos en la historia para encontrar las causas y luego señalar a quienes causaron el caos que vivimos, para luego escudriñar en el conocimiento disponible para encontrar alternativas, pero descubrimos que gran parte de él, está cautivo o fuera de nuestro alcance.

Partiendo de la información que hay, con deducciones realistas, buscamos cual podría ser el funcionamiento ideal de todo en la naturaleza. Al encontrar las razones para que exista ese desequilibrio, pudimos finalmente presentar una solución viable, que ofrece la oportunidad para recuperar nuestra tranquilidad y tal vez, vivir todos en paz, disfrutando de nuestro paraíso.

En algún momento puede parecer muy tediosa la lectura en seis partes, pero llegamos a la conclusión que son necesarias para poder tener un concepto real de lo que acontece, seguros de que estamos aportando y presentando ideas con argumentos, para que todos reflexionemos sobre esa realidad.

La decisión es simple, si quiere continuar esclavizado por esas cadenas invisibles que hasta ahora nos impiden vivir como seres racionales que somos o integrarnos para buscar un futuro más digno, modificando los objetivos de vida, usando la razón que obliga a obedecer los mandatos de la naturaleza, pensando en el mundo que dejaremos a nuestros hijos.

La propuesta que se incluye en este trabajo y que representa “Nuestra Jugada” para sobrevivir dignamente y recuperar nuestro paraíso, plantea la posibilidad de unirnos al rededor de las enseñanzas de la naturaleza que nos muestra de diversas formas la manera de interactuar con ella, sin destruir sus ecosistemas obedeciéndola sus bionormas que nos indican que todo debe de funcionar integrado, en Unidades Múltiples porque nada es individual y que la razón debe de primar sobre tradiciones o costumbres que imponen dogmas que son ajenos a la indicación de funcionamiento que nos hace esa naturaleza, que es perfecta en su conjunto.

Pensando en eso y conociendo de la forma de pensar de muchos, sabiendo que priman intereses individuales o deseos de figuración, optamos por crear la Compañía Coordinadora, Comercializadora y Generadora de Unidades Múltiples, COCOGUM cuyo nombre se ajusta exactamente a los objetivos propuestos como solución y para que lidere la propuesta de cambio, que va más allá de una simple revolución conceptual, agregando que significa un cambio de objetivos de vida y una reconfiguración total del modelo de sociedad existente, buscando la recuperación de nuestra condición de seres racionales usando adecuadamente los recursos naturales que constituyen nuestro paraíso. Anotamos que la empresa ya está vigente y dispuesta a recibir a todos como socios de forma que todos seamos empresarios de nuestro propio destino.

Señalando que los objetivos propuestos, están con base en la premisa de igualdad que debe de existir entre todos los seres humanos para obedecer el diseño natural, ya que la naturaleza nos dotó a todos por igual con ese raciocinio cognitivo lógico voluntario, por lo tanto, le corresponde a cada uno de nosotros obtener los triunfos o beneficios, usándola esa inteligencia a cabalidad sin tener las talanqueras o limitantes impuestas por dogmas ajenos a nuestra realidad, abriendo la posibilidad de pensar más en ese universo que con millones de millones de mundos que posiblemente podremos conquistar.

El Autor

Parte I, Para iluminar el pasado que está Oculto

Ante la situación de violencia que se vive en el mundo, que en la mayoría de los casos es causada por inequidades y discriminación, tomamos como fundamento el antecedente de que el conocimiento es necesario para encontrar soluciones. Por eso, apelamos a la historia para conocer o mejor, encontrar las razones de nuestras desventuras. En esa taréa descubrimos que nuestra historia se prolonga a lo largo de más de 12000 años, de los que se tienen vestigios reales, qué por alguna razón, mucha parte de esa historia permanece en el olvido. Por eso navegamos en el tiempo, escudriñando los detalles sobre la razón para que existan las inequidades y discriminación que nos han afectado hasta llegar al comienzo del siglo XX.

Parte II, Para señalar los causantes del caos

Todos los acontecimientos relacionados con los temas de inequidad y discriminación, ocurridos durante el siglo XX nos permiten conocer los antecedentes que configuran el complicado entramado de poder que domina nuestra vida, con esa información, podemos identificar exactamente desde dónde, cómo y quiénes son los que manipulan los hilos con los que se mueve el mundo, que comúnmente se denomina como el “Sistema” con sus agendas y la estructura que arman con un “Establishment” con el que subrepticamente nos obligan a obedecer sus imposiciones con las que hoy avanzan creando las condiciones que evidentemente representan una amenaza contra nuestra libertad, por lo tanto, esclavizarnos con su lema “No tendrás nada, pero estarás feliz”.

PARTE III, Liberar el Conocimiento que está cautivo.

Partiendo de la premisa que tenemos con el sol y su energía, que es el medio con el que la naturaleza (Dios) nos suministra toda la energía que necesita el planeta para funcionar, para entender eso a cabalidad necesitamos de conocimiento, partimos del átomo para buscar la forma de entender su funcionamiento, entonces nos quedan muchas inquietudes que intentamos aclarar usando internet, encontramos

nombres, fórmulas y razonamientos abstractos que son usados por los científicos, que poco o casi nada contribuyen para que los legos en esos temas, entiendan realmente como funciona la naturaleza. Ante esa situación y usando nuestro raciocinio, arriesgamos deducciones que conducen a entender mejor todo y con eso, a la vez, mostrando conceptos que confirman que parte del conocimiento, evidentemente está cautivo.

PARTE IV, Para explicar cómo nos manipulan

Con lo investigado sobre el átomo, entendemos mejor el tema de la energía vital y sus implicaciones, aclarando detalles sobre cómo funciona nuestro organismo físico, psíquico y psicológico para entender cómo usan ese conocimiento para imponer sus conceptos malthusianos y eugenésicos que en nada favorecen a la mayoría de los habitantes del planeta, aclarando también con eso, la subrepticia forma cómo somos dominados.

Parte V, Describimos las herramientas de dominio.

Juntando los hilos de lo expuesto en las otras partes de este trabajo, queda demostrada nuestra dependencia de un “Sistema” que es acéfalo y anónimo. Profundizamos en la búsqueda de explicaciones para entender y mostrar la forma como nos domina el “Sistema” y poder entender la situación y con eso, poder definir y juntos encontrar soluciones.

Parte VI, Análisis de la realidad y la Propuesta

Haciendo un resumen de los antecedentes, planteamos una propuesta formal de solución, con una filosofía que representa un cambio radical en algunos aspectos al modificar los objetivos de vida, pero enfocados en un punto de vista lógico que es la forma de encontrar nuestra racionalidad con beneficio para todos. Proponemos usar los beneficios que nos ofrece la naturaleza, pensando que hay un universo que puede estar a nuestro alcance si abandonamos la estupidez de vivir esclavizados por mitos que no tienen razón lógica para “vivir”.

“Aparentemente, la historia que conocemos no es nuestra verdadera historia y aún queda mucho por descubrir sobre este oscuro pasado para entender la locura que vivimos en el presente y al comprender esto, unirnos para poder diseñar nuestro futuro buscando recuperar este paraíso que anhelamos todos y que hoy lo tenemos perdido.”

¿Aseo o despilfarro?.....	411
¿Cómo es el Sol?	152
¿Como funciona la fuerza magnética?	197
¿Cómo podría ser un Quark?.....	184
¿De qué está hecho realmente el universo?	628
¿De qué están hechos los átomos?	67
¿Deberíamos transmitir además de escuchar?	707
¿Dónde está la antimateria?	571
¿Por qué no es posible llegar al cero absoluto?	483
¿Pueden verse los átomos?	67
¿Que es energía?	425
¿Qué es la acústica?	352
¿Qué es la energía magnética? .	432
¿Que es la energía?	134
¿Qué es la Materia Oscura?	629
¿Qué es la temperatura?.....	475
¿Qué es un fotón?	138
¿Qué estructura tiene el átomo? 67	
¿Qué hizo que la Tierra fuera hospitalaria para la vida?	657
¿Que son los Neutrinos?	145
“Reflexiones sobre la Computación Cuántica y el publicitado “Reseteo”	457
Altura de Escala en una Atmósfera Isotérmica	541
ANALISANDO CONCEITOS SOBRE O ELÉTRON	226
Anillos de hidrocarburo.....	503
Antecedentes sobre la Óptica ...	299
Antigravedad	577
Astrobiología	661
Biomarcadores.....	688
Cadenas de hidrocarburos	502
Calor de combustión	499
Capítulo I	
la dimensión de lo que veremos	21
Capítulo II	
Revisemos los conceptos	34
CAPÍTULO III	
Dudas sobre ese conocimiento	65
CAPÍTULO IV	
Otros componentes del mundo atómico	80
CAPÍTULO IX	
La fuerza que une a las energías	184
Capítulo IX, El Oxígeno	362
Capítulo V	
Reflexiones más allá del átomo	115
CAPÍTULO VI	
Reflexiones sobre el átomo ..	121
Capítulo VIII	
Imaginemos Explicaciones	171
CAPÍTULO X	
Las partes del núcleo.....	197
Capítulo XI	
Las fuerzas en el núcleo	206
Capítulo XII	
El electrón.....	221
CAPITULO XIII, La configuración de los electrones	241
Capítulo XV	
Óptica	299
CAPÍTULO XVI	
Otros efectos con las partículas	334
Capítulo XVII	
Acústica, las partículas y lo que escuchamos	352
CAPÍTULO XVIII	
Variaciones en los átomos. ...	362
CAPÍTULO XX, El agua.	391
CAPÍTULO XXI, El niño	416
CAPÍTULO XXII	
La energía	425
Capítulo XXIII	
La Energía Magnética.....	432
CAPÍTULO XXIV	
Energía eléctrica	438
Capítulo XXIX	
Conductividad Térmica	487
CAPÍTULO XXV	
La electrónica	447

CAPÍTULO XXVI

- ¿Qué es la computación
cuántica?.....454

CAPÍTULO XXVII

- La fibra óptica.....468

Capítulo XXVIII

- Energía, calor y la temperatura
.....474

Capítulo XXX

- El Carbono501

Capítulo XXXI

- Los gases.....513

Capítulo XXXII

- Leyes de la termodinámica y la
energía.....517

Capítulo XXXIII

- Capacidad calorífica527

Capítulo XXXIV

- Entalpía.....550

Capítulo XXXV

- Pensemos más allá, en el
universo562

Capítulo XXXVI

- El contexto cósmico para la vida
.....656

Capítulo XXXVII

- Epilogo*.....715

Características de la corriente

- alterna:444

Circuitos analógicos450

Circuitos digitales451

Combustión555

Cómo funciona el balance

- energético en el átomo*232

Concepción de los quarks94

Conclusiones sobre el

- conocimiento.*715

Conducción Térmica487

Conexiones: ondas266

Configuración de las partículas en
el núcleo197

Configuración del átomo82

Contaminación acústica356

Contaminación.....378

Cosas grandes y pequeñas: una
vista submicroscópico.....282De acuerdo con eso, ¿que son los
quarks?111*Deambulando por el tiempo y el
espacio*34

Definición de Entalpía.....550

Definición de la capacidad calorífica
de un cuerpo:527Definición y diferencia entre la
Fuerza y la Energía129

Definición: Arcoiris307

Definición: Distancia de la Imagen
.....318

Definición: Imagen real317

Definición: Imagen virtual322

Definición: Largo focal F309

Definición: Lente divergente312

Definición: Lente fina.....314

Definición: Potencia P.....310

Definición: Punto focal F309

Descripción de la Electrónica.....447

Descripción del proceso de
ozonización.369Diferentes tipos de bariones y
mesones203

Difracción297

Discos duros, CD, DVD y BR452

Dispersión de la Luz304

Edades de las Galaxias Distantes
.....603

Efecto Compton336

Efecto fotoeléctrico334

Efecto fotovoltaico:339

El "Ice Cube" en la Antártida76El Agua , Un lujo para unos pocos
.....409

El Átomo, como conjunto80

El Bosón de Higgs.....234

El carbón511

El ciclo del agua.....391

El comienzo del universo606

El espectro electromagnético y los
Elementos331El experimento Clément-Desormes
.....537

El fenómeno de la capilaridad. .405

El fenómeno del niño.....420

El Mensaje de la Voyager696

El menú también influye412

El Multiverso.....650

El origen y evolución temprana de la vida.....	664	Historia del estudio de la antimateria.....	573
El oxígeno en la atmósfera.....	376	Información sobre el Átomo.....	58
El oxígeno.....	366	<i>Instalaciones del CERN, en la frontera entre Suiza y Francia.</i>	71
El ozono en nuestra vida.....	373	Instalaciones en Brookhaven, South Dakota, USA.....	73
El papel de la desaceleración	584	Ions.....	113
EL PLASMA.....	364	Isómeros.....	504
El principio antrópico.....	646	La amenaza de la sequía.....	414
El principio copernicano.....	659	La atmósfera.....	376
<i>El The Sudbury Neutrino Observatory de Ontario, en Canadá.</i>	76	<i>La Bomba Atómica</i>	563
El tiempo del Hubble.....	582	<i>La Bomba de Neutrones</i>	564
El Universo en pocas palabras... ..	633	<i>La complementariedad y la filosofía</i>	123
El universo inflacionario.....	638	La configuración de los elementos químicos.....	241
El verdadero problema con el agua.....	408	La conformación que se conoce del electrón.....	221
Electromagnetismo.....	255	La contaminación en los mares.....	383
Energía Nuclear.....	562	<i>La definición Onda-Partícula</i>	121
Energía potencial química.....	497	La deforestación, y la producción de oxígeno.....	387
Energía Química – Isótopos - ion.....	499	La Energía Calórica.....	475
Energía térmica – Vapor.....	559	La energía eléctrica y su realidad.....	445
Entropía.....	520	La Energía y Luz?.....	55
Escalas de Temperatura.....	477	La Fuerza.....	129
<i>Escuchar</i>	352	La fuerza magnética de la tierra y su efecto en la atmósfera.....	376
Espectroscopia en Astronomía..	327	La fuerza magnética.....	131
Evaporación.....	559	La luz UV y la capa de ozono.....	280
Fenómenos acústicos.....	354	La luz y la oscuridad, lo que pueden ver nuestros ojos.....	249
Formación de Imágenes por Lentes.....	308	La Materia y la Antimateria.....	570
<i>Formación de los Bariones y Mesones</i>	198	La Primera Ley de la termodinámica es:.....	517
<i>Formación de los Isótopos</i>	202	La Segunda Ley de la Termodinámica.....	523
<i>Formación de los Neutrones</i>	199	La temperatura con el Cero Absoluto.....	482
<i>Formación del Protón</i>	200	La Teoría de las Cuerdas.....	115
Formas de los orbitales.....	241	La vida.....	656
Fotoconductividad:.....	336	Las ondas electromagnéticas.....	248
Fuerza débil.....	214	Las tres familias.....	103
Fuerza magnética.....	207	Ley de reflexión.....	290
Generar la llama.....	556	Los bloques de construcción de la vida.....	662
Gravitación universal.....	213		
Hardware para computación cuántica.....	456		
Hidrocarburos.....	501		
Historia de los estudios sobre los gases.....	513		

Los conceptos en electrónica.....	447
<i>Los diferentes tipos de Bariones</i>	196
Los elementos que conforman el	
átomo	91
Los Iones.....	363
Los Isotopos.....	111
Los Isótopos.....	362
Los movimientos de la tierra.	416
Luz Visible.....	277
Más sobre las partículas atómicas.	
.....	562
Microondas	274
Movimiento de la Nutación	418
Movimiento de La Precesión.	417
Mucha agua, poca potable.....	408
Muon y Pion	106
Nuestro raciocinio sobre la materia	
Oscura.....	636
Ondas de Radio FM	270
Ondas de Radio y TV	268
Orbital "s"	243
Orbitales "D"	244
Orbitales "F"	244
Orbitales "P"	243
Orbitales de subnivel	242
Organizando las ideas.....	21
Origen de la computación cuántica	
.....	454
Para entender mejor, más	
investigación.	92
<i>Para entender, fuerzas y energía.</i>	77
Para tener una idea de la	
contaminación en la atmósfera:	
.....	378
<i>Pions</i>	200
Planetas habitables orbitando otras	
estrellas	685
Polarización	341
Potencial químico.....	498
PREÁMBULO	16
Problemas con el modelo estándar	
de Big Bang	638
Problemas de la computación	
cuántica	456
Procesos térmicos por cambios de	
presión.....	495
Producción y costo de la	
antimateria	575
Propiedades de las Ondas	
Electromagnéticas.	258
Propiedades del agua.	393
Quark	105
Que es la fibra óptica.....	468
Radiación incoherente.....	343
Radiación Infrarroja.....	276
Radiación ultravioleta	278
Ramas de la acústica.....	353
Ray Tracing y Lentes Delgadas ..	313
Rayos X.....	282
Reflectancia	295
Reflexión sobre los rayos y las	
Ondas	288
<i>Reflexionemos.</i>	470
Reflexiones a partir del carbono y	
los gases derivados de su	
proceso.....	561
<i>Reflexiones para entender lo que</i>	
<i>sucede en el Sol y en las estrellas</i>	
.....	173
<i>Reflexiones para entender mejor.</i>	65
Reflexiones sobre el bosón de Higgs	
.....	239
Reflexiones sobre las partículas que	
son fuerzas y energía	248
<i>Reflexiones sobre los Quarks</i>	195
Reflexiones sobre neutrino	147
Reflexiones sobre todas las fuerzas.	
.....	206
Reflexiones válidas sobre las	
dimensiones en las que vivimos	
.....	23
Refracción	296
Representación atómica.....	243
Revisando conceptos sobre la	
energía eléctrica.....	438
Revisando otros conceptos	82
Tabla de orbitales y tabla periódica	
.....	245
Tasa de Lapso Adiabático	542
Teoría cuántica	110
<i>Tetraquarks</i>	189
Tipos de espectro	
electromagnético.....	330
TIPOS DE FUERZA	130
<i>Tipos de neutrinos</i>	146
Tipos de polarización	342

Trabajo	519
Transferencia de calor y cocción	159
Un modelo del universo	593
Una aceleración universal	585
Usos de la antimateria	576
Valor de la velocidad de luz	301
Valores Numéricos de Capacidades Térmicas Específicas y Molares	544

<i>Veamos los conceptos que son públicos</i>	46
Viajes interestelares	694
Vida en condiciones extremas ...	671
Vida en el Sistema Solar Exterior	680

PREÁMBULO

*** : *Origen de la idea.***

Despierto ya hacia un buen rato, daba vueltas en la cama tratando de conciliar el sueño para dormir un poco más, recordando mis tiempos de muchacho cuando podía aprovechar hasta el último instante de sueño antes de atender el despertar del reloj.

Mas un día me espera, siempre añorando algo mejor en este nuevo día, el anterior se pasó sin cambios en esta búsqueda de alternativas, ya se van a cumplir dos años desde que llegué a esta ciudad, más de 700 días en los que he intentado todas las gestiones posibles aprovechando lo que ha estado a mi alcance para acomodarme mejor y hacer algo útil.

Mi lucha contra el tiempo, que pasa inexorable ha sido infructuosa. Esa rutina creada a partir del comienzo de la epidemia de Covid 19, levantarme todos los días con la esperanza de encontrar una salida a mi aislamiento obligatorio, sentado frente a mi computador, navegar en las redes sociales y en los sitios con ofertas de empleo, otras veces salir hasta el sitio donde publican los anuncios de esos que sacan todos los días en la oficina del Ministerio del Trabajo, solicitando trabajadores de diversa índole, me he candidatado varias veces, me mandan para entrevista llevando mi hoja de vida, me atienden con el tradicional, nosotros lo llamamos, pero hasta hoy no ha habido respuesta de ninguno de esos lugares

En febrero del 2020, recién llegué, alcancé a tener esperanzas, en una empresa de ingeniería conseguí entrevistarme con su propietario, explicando mi situación, muy formal me atendió y pude notar su interés con mi caso, pero estando en el final de la entrevista,

entró en la sala una señora, al parecer su esposa, quién me dedicó una mirada de esas que son entre inquisidoras y recelosas, hablo unas palabras con mi interlocutor y salió de la estancia sin un saludo o un gesto que demostrara un mínimo de cordialidad que tuviera en cuenta de mi presencia en ese lugar.

En ese momento justifiqué el hecho, como una consecuencia del volumen de trabajo que puede tener el administrar una empresa de ese tamaño, luego vino el lockdown causado por la pandemia que me aislaba por causa de mi edad y pasó el tiempo, a comienzos de este año volví a contactar al propietario de esa empresa, me remitió a su jefe de ingenieros y le volví a enviar mi hoja de vida, pero hasta hoy, ni una respuesta, así fuera por simple cortesía.

Así ha pasado también con Klabin, una empresa productora de papeles, que construyó una planta en Hortigueira, una ciudad aquí mismo en el Estado de Paraná, quién publica anuncios que llegan a mi correo solicitando supervisores de mantenimiento y mecánicos, me he candidatizado varias veces, con la completa certeza de poder cumplir a cabalidad con esos trabajos, aunque cabe resaltar que si he recibido un correo de retorno agradeciendo mi postulación pero que lamentablemente no habían seleccionado mi curriculum por no cumplir con el perfil requerido para seguir con el proceso.

Paralelo con eso, basado en mi experiencia como proyectista y adaptando mi sueño de toda la vida, en el que he trabajado por más de 45 años, elaboré una especie de resumen grafico con casi 100 páginas a todo color, con una propuesta de integración social, con un modelo de iniciativa de negocios que involucra al gobierno municipal con las comunidades para generar emprendimientos de trabajo colectivo.

Logré una entrevista con el Asistente del Prefecto de la ciudad, le entregué mi propuesta con una carta explicativa y con todos mis datos, pero igual, primero. Justificado por la pandemia, pero ya van a ser dos años sin obtener una respuesta, como dije antes, aunque fuera solo por cortesía.

En Brasil, me da la impresión de que las cosas han cambiado un poco, en mi memoria existía un Brasil diferente, más humano, menos excluyente, la comunicación entre las personas era mucho más fluida, muy diferente a como es ahora dónde se nota un comportamiento hipócrita que discrimina con sonrisas que

aparentan una fingida cordialidad, cuando a pesar de las facilidades en comunicaciones, ni por educación responden a una solicitud, aunque sea solo para decir que no les interesa la oferta, nada.

Entiendo que una limitante puede ser la edad, pero eso no impide cumplir con esa norma de educación y buenos modales que dice que indiferente a su estado o condición, todas las personas merecen respeto y responder a una solicitud, no riñe con las normas básicas del relacionamiento humano y discriminar es irrespeto.

Por mi parte, a pesar de mi edad, todavía soy muy activo, me siento bien y creo que, de cierto modo, estoy en mi plenitud productiva, con toda la experiencia y el conocimiento acumulado, que puede ser necesario para desempeñar los cargos a los cuales me he candidatizado, pero esa alternativa se sale de mis manos y no me queda más que aceptar que soy considerado ya un cero a la izquierda que no merece ni una miserable respuesta.

Giré mi cabeza hacia la mesita de noche, allí estaba el reloj que marcaba las 5 y 15 de la mañana, faltaba más de una hora para que llegara mi hora normal para levantarme, traté de relajarme un poco, de no pensar en nada, pasó un buen rato y seguía igual. Como me sentía bien y estaba descansado, entonces decidí dejar la cama. Como era tan temprano, quise cambiar la cama por mi sitio favorito en el balcón. Al abrir la puerta, recibí esa brisa mañanera, que trae olores y sensaciones propias de un puerto, como es Paranaguá, en el sur de Brasil.

Me acomodé en la silla, estirándome para relajar los músculos, vi que en el horizonte ya comenzaba a vislumbrarse la claridad del nuevo día, ya que en el verano los días comienzan más temprano. Relajado dejé mis pensamientos rodar a su acomodo, hice un recuento de lo que tenía que hacer ese día y con la tranquilidad de quien tiene el tiempo a su favor, dejé pasar todo sin preocuparme, estaba cómodo, todo estaba bien. En el horizonte comenzó a aparecer el tenue destellar del sol, el cielo estaba despejado, propio de esa mañana, normal en esa época del año, la brisa regulaba la temperatura que era muy agradable, por eso, dejé mis pensamientos en libertad.

En esa especie de letargo semiinconsciente, en algún momento, sentí un ruido extraño al final de la calle que alertó mis sentidos, curioso, me enderecé para fijarme bien y alcancé a ver a alguien que

arrastraba una carreta, quién al parar en el poste frente a un monte de bolsas acumuladas allí, descargó la carreta bruscamente dispuesto él a revisar lo que estaba amontonado alrededor del poste que soporta las luminarias de la calle que iluminaba la escena, produciendo el ruido que había escuchado. Sin querer, ese conjunto de hechos se mezcló con mis pensamientos y me indujo a cavilar en esa situación, comparé mi actitud, allí relajado y tranquilo, con la actividad del hombre revisando la basura para extraer cartones, vidrio y latas, siendo que aún no eran las 6 de la mañana y la carretilla del hombre estaba casi llena, eso quería decir que estaba en esa actividad desde mucho antes.

A los recicladores a veces los miramos despectivamente, ya que, en la mayoría de los casos, es un oficio ejercido por personas llenas de vicios y desorganizados en su vida personal, aunque también es la salvación para algunos, que, en su desespero por no tener un empleo fijo, apelan a eso para mantener sus gastos o a su familia.

Estas personas cumplen una función establecida dentro del engranaje establecido, recuperar los elementos para el reciclado, actividad que yo conocía dado que algunos años atrás, trabajé en la coordinación técnica de un taller de metalmecánica que incluía la fundición de acero, aluminio y bronce, por eso visitaba a los chatarreros acumuladores mayoristas del reciclaje para escoger el material para fundir en la empresa, por eso, sé que ellos son los que verdaderamente se benefician con el negocio del reciclado.

En el horizonte, ya el sol mostraba sus brillantes rayos y toda su luminosidad ahuyentaban las sombras de la noche, la claridad avanzaba inexorable mostrando el poder del sol, me acomodé en la silla tranquilo, con mi cerebro ocupado en aclarar esos tan disímiles pensamientos. Razonando sobre ese simple “Cada día el sol nace para todos” que, es una frase, podría decirse que “cursi” o de “cajón” por lo evidente, pero mirando un poco más allá, se pueden visualizar muchas cosas que permanecen semiocultas en la bruma creada por las ideas que acompañan nuestro día a día o mejor, aisladas en lo agitado de las ocupaciones que nos impone lo que debemos usar de nuestro conocimiento.

La razón es muy sencilla, aún sin ir a una escuela, todos sabemos (porque es demasiado visible), que todo en la naturaleza, de una forma directa o indirecta, depende de la energía que irradia ese sol que, cumpliendo una rutina derivada de los movimientos de la tierra,

todas las mañanas aparece en el horizonte para regalar esa energía a todo lo que existe sobre la tierra. Por otro lado, están las plantas que son las que producen los alimentos necesarios para la vida de los animales, ellas toman esa energía del sol y la transforman en las fibras, carbohidratos y proteínas que complementan nuestra dieta

En ese momento reparé en las materas ubicadas en las esquinas del balcón, referenciando que esas flores eran la antesala de algún fruto, recordé entonces, que ese sol y el fenómeno de la fotosíntesis nos garantizan el alimento y la producción de oxígeno que necesitan todos los seres vivos en este planeta.

Todo en la naturaleza funciona en forma integrada y constante, cada elemento cumple su función, incluyendo al mar, que en la lontananza me recordaba su inmensidad, incluyendo las vidas que contiene y que todo funciona como un inmenso engranaje que cumple con su papel, todo coordinado por la naturaleza, sin necesidad de la intervención de nadie.

Si todo lo que consumimos, lo produce la naturaleza gracias a la energía de ese sol que cumple su cita todos los días en el firmamento, surgen una serie de conjeturas y preguntas sobre la lógica que tienen las diferencias sociales que nos dividen y segregan, son preguntas a las que sería muy bueno encontrar una respuesta.

Pensando en eso, me levanté de la silla y me fui a la mesa donde estaba el computador, lo tomé y regresé a sentarme en el mismo sitio, dispuesto a transcribir lo que estaba pensando sobre ese tema.

CAPÍTULO I : La dimensión de lo que veremos

*** : Organizando las ideas**

Tenemos que aceptar que cada persona o elemento, cumple un rol en toda la estructura existente, con diferentes características y diferentes formas de trabajo, pero todos aportan para el conjunto. El problema es que hoy, ese aporte se diluye en egoísmos y ambiciones que conforman una situación de caos que no es normal en el diseño de la estructura natural establecida.

Al analizar la historia, encontramos que periódicamente han surgido personajes que han querido cambiar esa estructura, pero por lo visto, los resultados han sido nulos y el mundo sigue en su desenfreno de caos, desigualdades y destrucción que amenaza nuestra supervivencia en el futuro como especie.

Teniendo presentes las vivencias, conocimiento y experiencia acumulada en más de 26000 días de mí existencia, con una idea clara y definida sobre muchos aspectos que siempre están presentes en la vida diaria, agradeciendo a ese Dios (Con la aclaración de que creo en un Dios como un ser supremo que desconocemos, pero que a cada segundo, nos certifica su presencia con la maravillosa estructura en equilibrio que conforma la naturaleza que nos sostiene, bien puede ser el Dios de Spinoza o cualquier otro parecido, mejor dicho, cualquiera uno de los dioses adorados en este planeta o en cualquier otro planeta habitado que giran alrededor de ese infinito número de soles existentes en el universo), que definitivamente siempre puede estar presente en todas partes.

Personalmente agradezco las posibilidades que he tenido para vivir a plenitud y sin remordimientos aprender sobre muchas cosas y por eso creo que es muy justo retribuir a esa bondad compartiendo parte de esos conocimientos y deducciones con usted amigo lector,

esperando que también haga lo mismo para cumplir la misión encomendada a cada uno de nosotros.

En mi caso, con el cúmulo de problemas y vicisitudes (que imagino pueden ser iguales a las tuyas, amigo lector o a las del reciclador que ahora pasaba al frente del edificio, él tiene su rutina, yo la mía, yo estoy inconforme, desearía tener más y me imagino que él también, esto quiere decir que indiscutiblemente tanto él como yo, somos esclavos de algo que tiene todo el control sobre nuestras vidas), que imponen necesidades imaginarias y limitantes para todo, haciéndonos olvidar que la naturaleza produce todo y ese sol, sin falta, cumple su cita todos los días.

La diferencia entre este señor que funciona con su carreta frente al edificio para sobrevivir y yo, puede ser que, en este momento, yo puedo estar sentado aquí para transcribir estas vivencias e ideas, aprovechando mi tiempo porque ya cumplí con la obligación de levantar a mis hijos, que ya son independientes y puedo llevar mi vida a un menor ritmo, en cambio él, puede tener ideas semejantes a las mías pero no cuenta con el tiempo, porque me imagino que su lucha diaria se debe a obligaciones contraídas y que son ineludibles.

Entonces vamos a comenzar un recorrido para aclarar la afirmación de que el conocimiento está cautivo, idea que me acompaña desde hace muchísimos años y que ha estado latente en mi memoria desde ese tiempo en el que cómo estudiante en el Seminario en Pereira, allá por octubre del año de 1968, cursando el sexto (11 grado de hoy) de bachillerato, al presentar un trabajo escrito de filosofía, me gané un terrible “cero” acompañado de regaño por parte del padre Sedano, que dictaba el aula de filosofía, en el Colegio Calasanz de Pereira que regentaba el Seminario diocesano de esa ciudad en esa época.

Su argumento para esa nota fue que lo escrito era la copia del pensamiento de un hereje, refiriéndose al trabajo que presenté sobre el Dios de Spinoza, en el que expuse algunas ideas combinadas con las que pude extraer en el Seminario Conciliar de Medellín, cuando en mi condición de seminarista y a instancias de Monseñor Baltasar Álvarez Restrepo, que nos llevó como edecanes para los obispos asistentes en la segunda reunión de los Obispos latinoamericanos. Por esa razón, pude escuchar los argumentos e ideas expuestas en las charlas dictadas por el brasilero monseñor Helder Cámara y del peruano monseñor Gustavo Gutierrez, eso fue en agosto de 1968.

La idea de este trabajo, es quizás reivindicar esas ideas, imaginando que sería viable presentar una propuesta de solución al caos existente, ya que en este momento veo a todo el mundo reclamando pero sin un derrotero cierto que indique el camino para encontrar soluciones y la forma como lo que trataremos aquí, puede representar una innovación o mejor, una verdadera revolución en todo el sentido de la palabra, a diferencia de las revoluciones que se han dado en la historia hasta hoy, en las que ha muerto muchísima gente sin solucionar nada realmente, porque no se ha tocado la raíz de todos los males. Mi deducción es que podemos presentar una nueva forma de vida enfocados en el futuro aprovechando las ventajas de la integración total sin limitantes para nadie, totalmente pacífica, pero contundente en sus propósitos y resultados

Ante la magnitud del tema, me disculpan el hecho de que tengo que personalizar un poco el relato y contarles parte de mi historia, para que el lector conozca la razón y los antecedentes para tener estas ideas y pensamientos, que, para muchos, son profanos, tal vez sean considerados un poco desquiciados por lo que pueden atentar contra toda la estructura del “Sistema” establecido, pero no está de más para nadie conocer una opinión que puede ser diferente sobre todos estos temas.

*** : Reflexiones válidas sobre las dimensiones en las que vivimos**

Tenemos la evidencia de que perdimos el control de nuestros actos, vemos surgir señales de alerta muy preocupantes, como la orden de congelar todas las cuentas bancarias de los camioneros que protestaban contra las medidas arbitrarias de un gobierno con el argumento de proteger el medio ambiente en Canadá. Vemos esas mismas protestas en Bélgica, Francia y en muchos otros países, mejor dicho, en todo el mundo, se siente una sensación de desagrado y de insatisfacción por las decisiones que se toman, pero la gran prensa en el mundo, trata todo lo que se diga contra esas medidas arbitrarias o ese tema como el resultado de una conspiración contra organizaciones multilaterales de beneficio para la humanidad, según ellos, legítimamente constituidas, cuyo objetivo es el de proteger a la mayoría, pero la realidad es otra muy distinta.

Nos dirigen y secuestran nuestra libertad manipulando la realidad, creando paradigmas, mitos y dogmas que atendemos sin chistar, la prueba de que esas palabras son ciertas, la tenemos con el

dinero como ejemplo, que es nuestro dinero depositado en un banco, nos dicen que es por seguridad, pero en realidad es un negocio para que otros ganen dinero con él, pero además de eso, nos cobran por usar ese nuestro dinero, obligándonos a usar las tarjetas, que cobran un valor cuando vamos a sacar en un cajero y si compramos con esa tarjeta, por cada compra cobran un porcentaje, nos dicen que lo paga el vendedor, pero ese vendedor ya incluyó ese valor en el precio que nos cobra, o sea, todo lo pagamos nosotros, quienes no podemos transferirle nuestros costos a nadie.

En este momento, nada es gratuito, todo se paga, muchas veces por anticipado, nos cobran por nacer, por vivir y hasta para morir se necesita dinero, nos hacen creer que somos libres, pero en la triste realidad que vivimos, estamos encasillados en un modelo de producción que nos obliga a vivir para trabajar para poder sobrevivir.

El hecho evidente hoy, es que no podemos seguir reclamando, como se ha venido haciendo a través de los siglos, con múltiples revoluciones, guerras, ideas propiciadas por pensadores que con anarquías muchas veces intentaron cambiar la realidad, pero todas, absolutamente todas han fracasado, lo que pone en evidencia que existe un poder que, denominaremos como el “Sistema”, que desde las sombras siempre prevalece sobre ideas, filosofías, religiones o sobre el mismo militarismo dictatorial, superando en el tiempo todas las evoluciones sociales que se han dado.

Cuando se menciona que nos dominan a través de la educación, la mayoría piensa que eso no es verdad, que eso es un exagero. Por eso es necesario explicar a fondo la forma como lo hacen y los resultados que consiguen ese dominio sobre la educación y sobre el conocimiento. Como vimos, revisando la historia, desde la edad media al apoyar a los monjes copistas en los monasterios y luego al adueñarse de las imprentas y como filántropos, apoyar a los mejores claustros de enseñanza superior y centros de investigación. Con esta práctica, lograron influir en las ideas que podían salir de esas universidades. Esa práctica sigue vigente aun hoy, porque los principales centros universitarios del mundo dependen de sus filantrópicas contribuciones, lo que les da derecho a tener acceso a información privilegiada sobre quiénes son los estudiantes más destacados, sus investigaciones o descubrimientos que puedan ser explotados económicamente en sus empresas.

Esos claustros más destacados, que logran ser los mejores por tener laboratorios y estructuras adecuadas, gracias a esas contribuciones filantrópicas, sus egresados, generalmente son contratados por los demás claustros, de forma que el pénsun académico de esa forma, se unifica en todo el mundo, logrando que la mayoría de los profesionales ya salen adecuadamente instruidos y con el conocimiento necesario para ayudarles a mantener su riqueza, creando preceptos que son obedecidos ciegamente por todos.

Lo mismo pasa con la concesión de patentes que manejan desde que el papa Alejandro VI se ingenió ese registro para explotarlo económicamente, igual sucede con el manejo de los centros de investigación y publicaciones científicas, que son controlados subrepticamente para su beneficio y desde donde determinan lo que puede ser considerado como verdad y lo que se puede aceptar como comprobado científicamente, estableciendo grupos cerrados que se consideran dueños del conocimiento específico sobre determinados temas, todo lo que se diga por fuera de sus términos, es considerado falacia y es descartado por no tener comprobación científica.

Hay que tener en cuenta que la definición de luz y la función de los electrones en su proceso, lo mismo que con sus efectos en la física o en la química, en la mayoría de las veces, se evidencia un muy escaso conocimiento de la mayoría, tal vez es demasiado efímero para lo que debería de ser, deduciendo que la razón se debe a que el conocimiento es usado como un instrumento de dominio de las masas. Por eso es que todo este tema se convierte en un principio casi que dogmático al ser revestido de complicadas fórmulas matemáticas y de términos que no admiten controversia, lo que tiene como consecuencia que se aprende, se memoriza, pero no se comprende y eso, en la mayoría de los casos, puede considerarse fatal para el raciocinio conceptual porque por ejemplo, la luz y la oscuridad influyen sobre casi todos los eventos de nuestra vida diaria, es decir, la mayoría supone que sabe que es la luz, pero en realidad, no entienden lo que es.

Solo para poner un ejemplo, ante la pregunta sobre la comprensión de la más famosa fórmula sobre física establecida por Albert Einstein desde 1905, $E=mc^2$, la respuesta es casi que unánime, todo el mundo sabe que quiere decir esa fórmula, simplemente se refieren a que energía es igual al valor de la masa por la velocidad de la luz al

cuadrado, todo el mundo sabe eso de memoria, pero al profundizar, ¿será que se comprende que quiere decir eso?, investigando con varias personas, con diversos niveles de educación, llegamos a la conclusión que ninguno sabía exactamente lo que significa, hablamos de entender de verdad la fórmula y poder aplicarla de alguna manera.

Por eso, nuestra teoría sobre la manipulación del conocimiento se asienta sobre bases reales, otro ejemplo, cuando se habla de energía eléctrica, nos dice qué, es un intercambio de electrones, salvo muy contadas excepciones, en la mayoría de los casos hay un desconocimiento total sobre el tema, quedando la definición en un sencillo intercambio de electrones, todos suponen que los electrones viajan por los cables y quien piense diferente, para ellos, está equivocado. Pero al intentar establecer un tema de discusión, con base en el principio de que los electrones tienen masa y esa masa necesita de energía para moverse, además, si se intercambian electrones, habría una relativa disminución de la masa y eso no ocurre en los generadores ni en los motores eléctricos, en la mayoría de los casos, no hubo respuesta.

Definimos que la luz y los colores pueden ser definidos por la longitud y la frecuencia de la onda electromagnética, nos dicen que, eso quiere decir que son fotones que reflejan en nuestros ojos la configuración de los materiales o formas que se traducen en colores con intensidades de luz u oscuridad de la que están hechos los átomos de los objetos que vemos, eso quiere decir que se conocen los fotones, por esa razón Albert Einstein obtuvo un premio Nobel en 1921, entonces, se conoce su funcionamiento, por eso, se justifica la pregunta, ¿porque en la óptica y en el electromagnetismo se acepta la existencia de los fotones y no para la energía eléctrica?

Entonces, evidenciamos que los dueños de ese poder no pueden ser señalados ni confrontados porque que es ejercido por personajes anónimos que curiosamente mantienen vivos unos dogmas propagados por unas tradiciones que han permanecido sin cambios a través de los milenios y que hoy, con un grupo de personas, que sin ser muy visibles, conforman ese “sistema”, manipulando todo con su poder económico, incluyendo la información de la gran prensa de la que se adueñaron para poder mantener el conocimiento como herramienta de dominio para someter con el Establishment (también

creado por ellos) a la gran masa, que es el pueblo, los grandes consumidores de sus productos y quienes mantienen su estructura, incluyendo a los gobiernos en todos los países del mundo.

Como vemos, es un resumen sencillo que demuestra que, hasta hoy, su poder basado en la riqueza acumulada es dominante y explotador. Lo peor, es que por la señal de alerta que tenemos, es un hecho que, con su riqueza que apoya el "Establishment" con organizaciones y gobiernos supuestamente "Progresistas" dominados por ellos a través de organizaciones transnacionales, en los principales países del mundo con la intención de imponer unos directrices y preceptos emitidos por un multimillonario a comienzos del siglo XX y que obedecen a las ideas de Thomas Maltus (control de la sobrepoblación) y Francis Galton (eugenesia, supremacía del más fuerte).

Con el paso de los años, varían el argumento, hoy usan la idea de proteger el medio ambiente, para eso adoptan medidas restrictivas que afectan la rutina diaria de todos sin discriminación, en beneficio de ese, muy pequeño número de multimillonarios dueños de acciones en las principales empresas en el mundo, que, con eso, están dando la señal que, quizás ahora quieren ampliar aún más su dominio.

Eso lo vemos venir, lo peor es que la mayoría parece aceptar impávida esas imposiciones. Ante esa realidad, que parece inevitable, confirmada con hechos evidentes como es la de imponer una moneda digital e identificar a todo el mundo, entonces, sin efectivo en circulación y fácilmente localizables, quedamos absolutamente en manos del poder dominante, ya sea político o económico, porque con un decreto, con una orden judicial o con una nota, te pueden bloquear tus cuentas y se tendrá que obedecer las órdenes dadas, sean las que fueren, sin chistar, porque dinero nadie puede vivir ni esconderse, al parecer, es ese el mundo que nos espera

Partimos de una realidad que tenemos y que voluntariamente desconocemos, los seres humanos nacemos y morimos igual, las diferencias las aplicamos nosotros, porque por naturaleza, los bebés

nacen igual de indefensos y dependientes, nada los diferencia, pero esa diferencia la ponemos nosotros en el ajuar con el que se reciben.

Para entender la magnitud del problema que enfrentamos, es obligatorio que reflexionemos sobre todos los temas que inciden sobre nuestra realidad, buscando explicaciones sobre sus causas y efectos para poder encontrar las soluciones:

- *La intención no es solo reclamar por el hecho de que algunos tienen mucho y otros no tienen nada, en la lógica actual, los que tienen mucho, tienen el derecho a disfrutar de su riqueza porque si la tienen, la tienen, justificando eso en la propiedad privada.*
- *Hay que concretar el papel de la filosofía que aplicamos en la actualidad, si todos proclamamos nuestro derecho y nuestro deseo de ser libres, porqué aceptamos impávidos ser subyugados por algo que no es natural, que, como demostraremos, es un dogma cómo es el paradigma de riqueza (oro) y el poder (dominar a los demás), que obliga a la mayoría escasamente sobrevivir.*
- *También buscamos encontrar y explicar las razones por las que en este momento no usamos a cabalidad ese raciocinio del que fuimos dotados por la naturaleza (Dios, en cualquiera de sus concepciones).*

“La idea objetivo, es conseguir ese equilibrio entre el tener y disfrutar de todo, pero sin perjudicar a los demás en el camino”.

Pero como el tema es tan extenso, y para no ser monotemático, entendí que sería interesante hacer un recorrido por los temas que intervienen en nuestra rutina diaria para entender los factores que inciden y que causan el actual descontrol y caos. Para poder expresar y complementar la información o las conclusiones expresadas, lo haremos como un relato, tocando temas trascendentales, reflejando ideas y proponiendo soluciones.

Aclarando que la inquietud sobre esos temas comenzó hace muchos años, ya que crecí en un pequeño pueblo (Ulloa, en el Norte del valle del Cauca en Colombia) donde pude disfrutar de todas las bondades y la abundancia de la vida campesina en esa época, aunque residiendo en el pueblo, luego, con mis 16 años, recibí los reflejos del mayo francés (Primavera del 68) complementados en el

“El Congreso Episcopal Latinoamericano” celebrado en Medellín Colombia en agosto de 1968, donde tuve la oportunidad como seminarista de asistir para escuchar las palabras de los obispos Gustavo Gutierrez y Helder Cámara, sobre la iglesia de Cristo en la calle (mal llamada la Teología de la Liberación, Idea bien diferente a la iglesia que yo conocía representada por el cura del pueblo donde fui monaguillo o por los Padres Escolapios del Colegio Calasanz que regentaban el seminario diocesano de Pereira, en el que estudiaba).

Esos hechos, sembraron en mí, muchas dudas que clamaban respuestas y ante el cambio rotundo en mi situación de vida, comencé a pensar en la forma de encontrar soluciones verdaderas, entonces, eso quiere decir que, por 55 años, he buscado, masticado y rumiado esas ideas en múltiples escenarios en los que se ha desarrollado mi existencia, que aún persisten hasta hoy y que es lo que trato de explicar en este trabajo. Entonces usted, amigo lector, espero que acompañe esas reflexiones y al terminar, decida lo que a su buen juicio pueda concluir.

Como el recorrido es de tantos años, y los temas a tratar son complejos, pero que, necesariamente hay que tratarlos en profundidad, ya que, de los resúmenes, muchas veces solo quedan malentendidos manipulables lo mejor es resumir, pero dejando huellas para que el lector pueda ampliar su conocimiento del tema que se trata. Por esta razón, tuve que extender un poco el resultado, repartiendo el trabajo en seis partes diferentes para poder cubrir toda esa gama de inquietudes y verdades, que han acompañado mi existencia.

- *En la primera parte, comenzaré el relato, partiendo de mi estadia en Paranaguá, al sur de Brasil, iniciaremos una meditación que se origina con una charla con un anciano cuya familia, originaria del oriente medio, me dio el indicio sobre el camino para comenzar a buscar. Eso nos conducirá a buscar la verdad sobre la historia y entender de donde provienen nuestras abismales diferencias y penurias.*
 - *Conociendo los antecedentes de lo que pasa en la actualidad, repasaremos la historia para encontrar las causas para vivir tan descontrolados y entender la forma cómo se apoderaron o mejor, como perdimos el dominio sobre nuestra realidad.*
 - *Ir hasta los confines de lo que se ha descubierto hasta hoy en*

los hallazgos arqueológicos, para poder tener una noción exacta e investigar las causas que nos llevan al descontrol y caos de nuestra caótica situación, también para saber y comprender las razones por las que aceptamos voluntariamente ser subyugados con estrategias que usan todo tipo de argumentos, incluyendo los técnicos, religiosos o políticos para obligarnos a obedecer sus imposiciones, en esta parte llegaremos hasta el siglo XIX.

- *En la segunda parte seguiremos a partir del comienzo del siglo XX analizaremos todo lo ocurrido y la influencia o mejor la secuencia de hechos que conforman nuestra realidad actual.*
 - *Definiremos con evidencias que esas tradiciones no tienen ninguna base natural, sin una lógica razonable, que es, por tanto, un mito, como es el paradigma del dinero y el poder, que obliga a la mayoría apenas a sobrevivir y la existencia innegable de el “Sistema” que maneja su establishment, detallando todo para comprender la verdadera magnitud de todo lo que nos rodea.*
- *En la Tercera parte, Será como echar un vistazo a la validez de lo que sabemos y a la información a la que tenemos acceso, aprovechando internet, libros y bibliotecas. Basándonos en eso, tendremos la oportunidad para cuestionar la posible realidad que nos lleva a darnos cuenta de qué, con el modelo educativo implantado, evidentemente nos ocultan muchos detalles de ese conocimiento.*
 - *En ese recorrido, partiendo del sol en ese amanecer del relato, hacemos algunas preguntas sobre el conocimiento real que tenemos del funcionamiento de nuestro astro rey y el funcionamiento de la naturaleza, que están allí, sin falta, todos los días produciendo sin cobrar nada, sólo esperando de que colaboremos con ella en su proceso de renovación que puede ser eterno. Esto nos llevan a entender las causas de la realidad ambiental, que obligatoriamente comienza con ese sol que nos lleva a buscar su base, que sería la definición del átomo y cómo funciona en la naturaleza. Para eso buscamos información en internet, en los textos educativos y en bibliotecas para finalmente discernir nuestras propias conclusiones,*
- *Nota: Con la letra normal copiaremos fielmente los textos encontrados sobre los temas tratados para ayudar a nuestro lector a tener presente lo que existe hoy al alcance del gran público, afirmando que se hace copia fiel de lo encontrado,*

referenciando su origen para quien quiera buscar a sus autores, ya que tendríamos que extendernos demasiado para referenciarlos a todos, además, esto es un simple relato, no un tratado científico. Con la letra cursiva, expresaremos nuestras reflexiones para que usted amigo lector decida el nivel de veracidad o legitimidad de lo expresado.

- *Entonces comenzaremos a navegar sobre ese conocimiento que está oculto para la mayoría, invadiendo áreas que son restringidas solo para físicos, médicos o especialistas, tratando de llevar un mensaje que pueda ser comprensible sobre los asuntos tratados para todo tipo de lectores, demostrando que es una realidad evidente lo que expresa el título de la primera parte.*
- *Por ejemplo, como cuando nos hablan de ciencias cuánticas, es muy poco lo que sabemos sobre eso, lo que permite que esos anónimos, propietarios de patentes, laboratorios y en general, de todas las industrias donde invierten sus acciones (un sistema inventado por una élite para manipular sin aparecer), con eso asumen el control de todo lo que existe, nos dominan y nos hacen creer que conocemos casi todo, pero con la parte de ese conocimiento que esconden nos dominan y explotan.*
- *En la cuarta parte, nos dedicaremos a estudiar la energía vital (con el conocimiento adquirido con el funcionamiento del átomo en la parte anterior, entenderemos mucho mejor la interacción de esos fenómenos fisicoquímicos con nuestro organismo).*
 - *También encontraremos sus estrategias de control utilizando nuestro funcionamiento físico y psíquico, anticipando que puede parecer tedioso profundizar un poco en temas científicos, llenos de palabras raras, pero para el objetivo que perseguimos, se hace absolutamente necesario invadir esos terrenos del saber para entender la manera siniestra con la que nos inducen a consumir y a hacer lo que ellos quieren.*
- *Continuando en la quinta parte, analizaremos todas las ideas políticas vigentes, de donde vienen, sus objetivos y alcances.*
 - *Luego analizaremos a fondo lo que es la Democracia, de dónde viene y como llegó a llevarnos al descontrol que tenemos.*
 - *Siguiendo con la historia, llegaremos hasta nuestros días para señalar a los culpables, esclareciendo dónde y cómo actúan esos seres aparentemente anónimos.*
 - *Verificando los hechos históricos del último siglo, con*

nombres propios señalaremos sus protagonistas que como es evidente, no pueden ser acusados de nada, pero demostrando la forma como actúan y los medios que utilizan para generar el caos y el descontrol que se vive en el mundo.

- *En la sexta parte, reflexionaremos sobre todo lo encontrado y luego se presenta una propuesta para recuperar nuestro paraíso.*
 - *Porque la intención no es solo quejarse de que unos tienen mucho y otros nada, no, vamos más allá con una propuesta de integración total usando ese privilegio del que fuimos dotados por la naturaleza como es el Raciocinio Cognitivo Lógico Voluntario (Inteligencia) que hoy poco usamos en relación con el tema que traemos.*
 - *Demostraremos que podemos superar el sofisma de ser obligados por ese paradigma mítico de riqueza y poder que define la realidad de lo que se debe hacer, imponiendo conceptos como el de asignarle “Propiedad Privada” a la naturaleza en detrimento de la mayoría y la perspectiva de que vivimos para trabajar para poder sobrevivir, como resultado de atender un mito absurdo e irracional.*
 - *Con un relato imaginario que describe lo que sería la vida de un matrimonio con una vida normal en equilibrio usando nuestro raciocinio y aplicando los conceptos que desarrollaremos en este trabajo, demostraremos primero las razones por las que esquivamos la búsqueda de soluciones para nuestras propias necesidades para después mostrar como funcionarían las soluciones.*
 - *Entonces presentamos una propuesta concreta para desarrollarla entre todos, usando ese raciocinio del que fuimos dotados, pero pasando por encima de esos dogmas que nos imponen para poder lograrlo.*
- *Terminaremos ese relato con algunas reflexiones que pueden esclarecer muchas de las ideas presentadas en la propuesta.*

No faltará quien piense que todas estas, son ideas absurdas, que el mundo como está es como debe de estar y que nada puede ser cambiado.

Por principios, tenemos que respetar esos razonamientos, que son un derecho inalienable del raciocinio como seres racionales, pero

estamos seguros de que muchos tenemos inquietudes, ya que hay muchas preguntas sin una respuesta plausible, por ejemplo, ¿tenemos claridad sobre lo que es la materia? ¿sabemos realmente que es el frío y el calor?, ¿qué es la luz y la oscuridad?

Este es un trabajo que proyecta un mundo mejor, usando la razón, pero respetando la naturaleza como proveedora para todos en igualdad de condiciones, teniendo el “Respetar a los demás para Vivir mejor” como objetivo.

Por eso pedimos encarecidamente que lean todo el documento sin hacer juicios de valor previos, que, en transcurso de la lectura, muchas de estas incógnitas quedarán aclaradas, primero, mostramos lo que se encuentra hoy en libros de texto e internet, para luego usando nuestro raciocinio cognitivo lógico voluntario, emitimos conceptos partiendo de un análisis libre de limitantes impuestas.

Capítulo II : Revisemos los conceptos

*** : *Deambulando por el tiempo y el espacio.***

Miro la parte inferior de la pantalla de mi computador para ver la hora en un acto instintivo de control de mi tiempo, ese tiempo que intriga tanto, y que es una de las tantas preguntas que todavía fluctúan en mi mente, un poco imprecisas a pesar de conocer definiciones que se han aceptado como ciertas a pesar de tener muchas lagunas todavía sin una respuesta que sea plausible. Por ejemplo, la teoría que Einstein en la que definió la relatividad y en la que consideró a el tiempo, como una cuarta dimensión (en su espacio-tiempo), porque si entendemos que nuestro tiempo es regido por la estrella que regenta nuestro planeta, por lo tanto, fuera de nuestro sistema solar el tiempo puede tener otra realidad.

El espacio-tiempo es un modelo conceptual que combina esas dos entidades como dos conceptos inseparables que dependen del movimiento y la posición del observador. Es un concepto matemático para describir la realidad del mundo físico que nos rodea, donde el espacio puede girar en el tiempo y viceversa. El espacio-tiempo es el espacio de cuatro dimensiones donde tienen lugar todos los eventos físicos del universo, según la teoría de la relatividad de Einstein (Consulta en IA de Bing)

<https://www.rolscience.net/2020/01/que-es-el-espacio-tiempo.html>

La estructura del espacio-tiempo es un modelo conceptual que combina las tres dimensiones del espacio con la cuarta dimensión que es el tiempo. Según la mejor de las teorías físicas actuales, el espacio-tiempo explica los efectos relativistas inusuales que surgen de viajar cerca de la velocidad de la luz, así como del movimiento de objetos masivos en el universo.

+ : ¿Cómo se describe la relatividad del espacio-tiempo?

Ambos términos son conocidos desde siempre, pero fue el famoso físico Albert Einstein ayudó a desarrollar la idea del espacio-tiempo como parte de su teoría de la relatividad. Antes de su trabajo pionero, los científicos tenían dos teorías separadas para explicar los fenómenos físicos: Las leyes físicas de Isaac Newton describían el movimiento de los objetos masivos, mientras que los modelos electromagnéticos de James Clerk Maxwell explicaban las propiedades de la luz.

Pero los experimentos realizados a fines del siglo XIX sugirieron que había algo especial en la luz. Las mediciones mostraron que la luz siempre viajaba a la misma velocidad, sin importar qué. Y en 1898, el físico y matemático francés Henri Poincaré especuló que la velocidad de la luz podría ser un límite inmejorable. Alrededor de ese mismo tiempo, otros investigadores estaban considerando la posibilidad de que los objetos cambiaran de tamaño y masa, dependiendo de su velocidad.

Einstein reunió todas estas ideas en su teoría de la relatividad especial de 1905, que postulaba que la velocidad de la luz era constante. Para que esto sea cierto, el espacio y el tiempo tuvieron que combinarse en un solo marco que conspiró para mantener la velocidad de la luz igual para todos los observadores.

Una persona en un cohete super rápido medirá el tiempo más lentamente y la longitud de los objetos serán menores en comparación con una persona que viaja a una velocidad mucho más lenta. Esto se debe a que el espacio y el tiempo son relativos: dependen de la velocidad del observador. Pero la velocidad de la luz es más fundamental que cualquiera.

La conclusión de que el espacio-tiempo es un tejido único no fue algo que Einstein pudo deducir solo. Esa idea surgió del matemático alemán Hermann Minkowski, quien dijo en un coloquio de 1908: "En adelante, el espacio en sí mismo y el tiempo en sí mismo están condenados a desvanecerse en meras sombras, y solo una especie de unión de los dos preservará una realidad independiente".

El espacio-tiempo que describió, todavía se conoce como espacio-tiempo de Minkowski y sirve como telón de fondo de los cálculos tanto en la relatividad como en la teoría del campo cuántico.

Este último describe la dinámica de las partículas subatómicas como campos, según el astrofísico y escritor científico Ethan Siegel.

La mecánica cuántica se fundó sobre la existencia de la dualidad onda-corpúsculo de la luz y la materia, y el enorme éxito de la mecánica cuántica, incluida la interpretación de probabilidad, parece reforzar la importancia de esta dualidad. Pero ¿cómo puede considerarse un corpúsculo como que «realmente» tenga propiedades de onda? ¿Y cómo puede pensarse que una onda tenga «realmente» propiedades de corpúsculo?

Se podría construir una mecánica cuántica consistente sobre la idea de que un haz de luz o un electrón pueden describirse simultáneamente por los conceptos incompatibles de onda y corpúsculo. En 1927, sin embargo, Niels Bohr se percató de que precisamente la palabra «simultáneamente» era la clave para mantener la coherencia. Se dio cuenta de que nuestros modelos, o imágenes, de la materia y la luz se basan en su comportamiento en distintos experimentos en nuestros laboratorios. En algunos experimentos, como el efecto fotoeléctrico o el efecto Compton, la luz se comporta como si constara de partículas; en otros experimentos, como el experimento de doble rendija, la luz se comporta como si estuviera formada por ondas. Del mismo modo, en experimentos como el de J.J. Thomson con los rayos catódicos, los electrones se comportan como si fueran partículas; en otros experimentos, como los estudios de difracción de su hijo G.P. Thomson, los electrones se comportan como si fueran ondas. Pero la luz y los electrones nunca se comportan simultáneamente como si estuviesen constituidos por partículas y ondas. En cada experimento específico se comportan como corpúsculos o como ondas, pero nunca como ambos.

Esto le sugirió a Bohr que las descripciones corpusculares y ondulatorias de la luz y de la materia son ambas necesarias, aunque sean lógicamente incompatibles entre sí. Deben considerarse como «complementarias» entre sí, es decir, como dos caras diferentes de la misma moneda. Esto llevó a Bohr a formular lo que se llama el principio de complementariedad:

Los dos modelos, corpuscular y ondulatorio, son necesarios para una descripción completa de la materia y de la radiación electromagnética. Dado que estos dos modelos son mutuamente excluyentes, no se pueden usar simultáneamente. Cada

experimento, o el experimentador que diseña el experimento, selecciona una u otra descripción como la descripción adecuada para ese experimento.

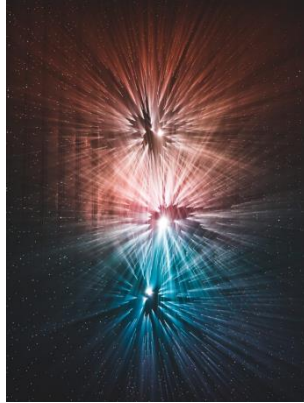


Figura 3.2.0. Representación de la ley de la complementariedad.

Bohr demostró que este principio es una consecuencia fundamental de la mecánica cuántica. Afrontó la cuestión de la dualidad onda-corpúsculo, no resolviéndola a favor de ondas o partículas, sino incorporándola en los cimientos mismos de la física cuántica. Al igual que hizo con su modelo de átomo, Bohr transformó una dificultad en la base del sistema, a pesar de que esto supusiese contradecir la física clásica.

Es importante comprender qué significa realmente el principio de complementariedad. Al aceptar la dualidad onda-corpúsculo como un hecho de la naturaleza, Bohr lo que afirmaba es que la luz y los electrones (u otros objetos) tienen potencialmente las propiedades de las partículas y las ondas, hasta que se observan, momento en el que se comportan como si fueran una cosa u otra, dependiendo del experimento y la elección del experimentador. Esta era una afirmación de una enorme importancia, porque significaba que lo que observamos en nuestros experimentos no es lo que la naturaleza realmente es cuando no la estamos observando.

+ : Cómo funciona el espacio-tiempo:

Hoy en día, cuando las personas hablan sobre el espacio-tiempo, a menudo lo describen como una lámina de caucho. Esto también proviene de Einstein, quien se dio cuenta al desarrollar su teoría de

la relatividad general de que la fuerza de la gravedad se debía a las curvas en la estructura del espacio-tiempo.

Los objetos masivos, como la Tierra, el Sol, crean distorsiones en el espacio-tiempo que hacen que se doble. Estas curvas, a su vez, constriñen las formas en que todo en el universo se mueve, porque los objetos tienen que seguir caminos a lo largo de esta curvatura deformada. El movimiento debido a la gravedad es en realidad un movimiento a lo largo de los giros y vueltas del espacio-tiempo. Una misión de la NASA llamada Gravity Probe B (GP-B) midió la forma del vórtice del espacio-tiempo alrededor de la Tierra en 2011 y descubrió que está muy de acuerdo con las predicciones de Einstein.

Pero gran parte de esto sigue siendo difícil para la mayoría de las personas. Aunque podemos discutir que el espacio-tiempo es similar a una lámina de caucho, la analogía finalmente se rompe. Una lámina es bidimensional, mientras que el espacio-tiempo es cuatridimensional. La hoja representa no solo deformaciones en el espacio, sino también deformaciones en el tiempo. Las ecuaciones complejas utilizadas para dar cuenta de todo esto son difíciles de manejar incluso para los físicos.



Figura 3.2.1 Representación artística de un túnel o agujero de gusano sobre espacio-tiempo curvo.

La forma más sencilla de comprender la estructura del espacio-tiempo es imaginar una lámina de goma curva que dirija cómo se mueve todo en el universo. Pero la analogía no es del todo precisa porque el espacio-tiempo tiene cuatro dimensiones, mientras que

una lámina de caucho solo tiene dos. (Crédito de la imagen: Shutterstock)

+ : Lo que los científicos aparentemente aún no saben:

A pesar de su complejidad, la relatividad sigue siendo la mejor manera de dar cuenta de los fenómenos físicos que conocemos. Sin embargo, los científicos saben que sus modelos están incompletos porque la relatividad aún no se concilia completamente con la mecánica cuántica, lo que explica las propiedades de las partículas subatómicas con extrema precisión, pero no incorpora la fuerza de la gravedad.

La mecánica cuántica se basa en el hecho de que los pequeños bits que componen el universo son discretos o cuantificados. Entonces, los fotones, las partículas que forman la luz, son como pequeños pedazos de luz que vienen en paquetes distintos.

Algunos teóricos han especulado que tal vez el espacio-tiempo mismo también viene en estos fragmentos cuantificados, ayudando a unir la relatividad y la mecánica cuántica. Investigadores de la Agencia Espacial Europea han propuesto la misión del Laboratorio Internacional de Astronomía de Rayos Gamma para la Exploración Cuántica del Espacio-Tiempo (GrailQuest), que volaría alrededor de nuestro planeta y haría mediciones ultra precisas de explosiones distantes y poderosas llamadas explosiones de rayos gamma que podría revelar la naturaleza cercana del espacio-tiempo.

Dicha misión no se lanzaría durante al menos una década y media, pero si lo hiciera, tal vez ayudaría a resolver algunos de los mayores misterios que quedan en la física.

+ : Las realidades comprensibles de esa Relatividad Espacio-Tiempo

Las anotaciones anteriores, tomadas de internet, dejan entrever un mensaje subliminal bastante evidente, "si usted no entiende lo que aquí se dice, es un desinformado sobre este asunto por lo tanto es un inculto, entonces, para que no se le reviente la cabeza, estudie y aprenda todo sobre el asunto para que lo entienda o déjelo para los que saben".

Entonces, mi condición como un ser inculto, porque a pesar de leer y releer esas explicaciones, entiendo muy poco de esas

dogmáticas expresiones. Muchas veces, por mi inclinación innata de aprender, me he preguntado e investigado el verdadero significado de todas ese palabrerío, tratando de entender nuestra realidad, considerando que la masa forma parte de la materia, pero a veces no entiendo su relación con el tiempo en el espacio, que considero en términos de medida, nuestra medida, que determina esa transición de días y noches que son descritos por el movimiento de rotación de la tierra sobre su eje, que se combina con el giro de traslación del planeta alrededor del sol, lo que nos completa el concepto de año, que junto con la velocidad de la luz nos daría como resultado un desplazamiento en el espacio, por lo tanto, una supuesta distancia.

Pero antes de entrar a analizar esa cuarta dimensión de la que hablaba Einstein, nos encontramos con otras realidades adscritas a esa relatividad que generan muchas incógnitas a resolver, partiendo de su precepto más famoso $E=mc^2$, concepto que todo el mundo repite de memoria, pero al averiguar su verdadero significado, la mayoría de las personas en realidad no saben a ciencia cierta de lo que se trata (de ese tema hablaremos y aclararemos un poco más adelante), inclusive, la misma expresión de “relatividad” es una incógnita a resolver para muchos y si a esto le agregamos los conceptos sobre el átomo de Niels Bohr, científico dinamarqués contemporáneo de Einstein, con su teoría de la Complementariedad, nos dejan muchas dudas sobre la veracidad del conocimiento que es de dominio público y la realidad de lo que se ha investigado en el medio científico.

Previo a esa cuarta dimensión, también hay que analizar algunos temas ya que en el espacio fuera de influencia gravitacional negativa de la tierra o positiva del sol, entonces, sin días ni noches, menos estaciones, entonces dejaría de existir el tiempo como nosotros lo conocemos, también deja de existir la gravedad que afecta los procesos físico-químicos del metabolismo de nuestro cuerpo que automáticamente deben de variar, sumando prioridades con otros argumentos como, la forma de producción del oxígeno, necesario para nuestra vida, la protección continua de la piel de las partículas con energía (rayos cósmicos) que pululan en el espacio provenientes de todos los otros billones de soles que deambulan en el infinito. Al no existir la gravedad, es posible que se pueda viajar a la velocidad de la luz, pero para entender eso, hay que saber primero, ¿Qué es la Luz?

Investigando la información que hay, encontramos que: La luz es una forma de radiación electromagnética y generalmente nos referimos a la que nos es visible. La luz se transmite en forma de ondas cuyo reflejo ilumina las superficies permitiéndonos, de esta manera, ver los objetos y los colores a nuestro alrededor. La teoría ondulatoria de la luz considera que la luz es una onda electromagnética consistente en un campo eléctrico que varía en el tiempo generando a su vez un campo magnético y viceversa. (Consulta en IA de Bing).

Analizando este concepto, hay varios cuestionamientos para resolver, los rayos cósmicos, o rayos solares, antes de entrar en la atmósfera, tienen una mayor energía, por lo tanto, describen una mayor variedad de ondas, todas con una mayor longitud, por lo tanto, no existe luz visible como tal, fuera de la atmósfera.

Investigando más, encontramos que los griegos fueron los primeros en escribir sobre el origen de la luz y su pensamiento consistía en que la luz emanaba de los objetos y entonces la visión humana era emitida para capturarla.

Hasta el siglo XVII, no se consideraba que la luz viajara, sino que era concebida como un fenómeno instantáneo. Sin embargo, esto cambió a partir de la observación de los eclipses. Fue recién Galileo Galilei quien, mediante la realización de ciertos experimentos, cuestionó este principio de “instantaneidad” de la distancia que recorre la luz.

Varios experimentos fueron llevados a cabo por distintos científicos, algunos con suerte y otros no, sin embargo, todos estos estudios físicos en esta época científica incipiente perseguían el objetivo de medir la velocidad de la luz aún con las complicaciones de que sus instrumentos y métodos eran inexactos y primarios. Galileo Galilei fue el primero en realizar un experimento de medición de este fenómeno, pero no obtuvo resultados que ayudaran a calcular el tiempo de transmisión de la luz.

Ole Roemer fue el primero en intentar medir la velocidad de la luz en el año 1676 con un éxito pertinente. Roemer detectó, mediante el estudio de los planetas, de la sombra terrestre reflejada sobre el cuerpo de Júpiter, que el tiempo entre los eclipses era menor cuando la distancia a la Tierra decrecía, y viceversa. Obtuvo un valor de 214.000 kilómetros por segundo, un número aceptable

dado el nivel de precisión con el cual se podía medir en aquella época la distancia de los planetas.

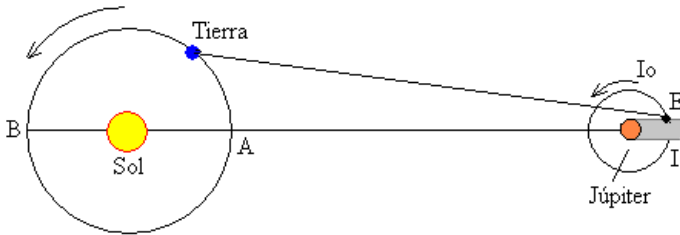


Figura 3.2.2 Representación del método de medición de la luz utilizado por Bradley

Luego, en 1728 James Bradley también estudió la velocidad de la luz, pero observando la transformación de las estrellas, detectando cuál era el desplazamiento que se daba en relación al movimiento de la Tierra alrededor del Sol, de ello obtuvo un valor de 301.000 kilómetros por segundo.

Se han empleado una gran variedad de métodos para mejorar la exactitud en la medición, por ejemplo, en 1958 el científico Froome llegó al valor de 299.792,5 kilómetros por segundo mediante un interferómetro de microondas, el más acertado. A partir del año 1970, la medición mejoró cualitativamente con el desarrollo de los aparatos láser que tienen mayor capacidad, gran estabilidad y utilizan relojes de cesio que mejoran la exactitud de las mediciones.

<https://concepto.de/velocidad-de-la-luz/#ixzz7TGDBngtt>

No hay una respuesta única a la pregunta "¿Qué es la luz?", esa inquietud queda en suspenso y poco satisface los muchos contextos en los que se experimenta, explora y explota el concepto de la luz. El físico está interesado en sus propiedades físicas, el artista en una apreciación estética de su mundo atento a lo visual, supuestamente detectable a través del sentido de la vista. La luz es la herramienta principal para percibir el mundo y comunicarse dentro de él. También, la luz del sol calienta la Tierra, impulsa los patrones climáticos globales e inicia el proceso de fotosíntesis que soporta la vida, por lo tanto, es energía. En la escala más grandiosa, las interacciones de la Luz con la materia han ayudado a dar forma a la estructura del universo.

De hecho, la luz proporciona una ventana en el universo, desde escalas cosmológicas hasta atómicas. Casi toda la información sobre el resto del universo llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética. Al interpretar que la radiación, los astrónomos pueden vislumbrar las primeras épocas del universo, medir la expansión general del universo y determinar la composición química de las estrellas y el medio interestelar. Así como la invención del telescopio, amplió drásticamente la exploración del universo, también la invención del microscopio abrió el intrincado mundo de la célula. El análisis de las frecuencias en la luz emitida y absorbida por los átomos fue un impulso principal para el desarrollo de la mecánica cuántica. Las espectroscopias atómicas y moleculares continúan siendo herramientas principales para sondear la estructura de la materia, proporcionando pruebas ultrasensibles de modelos atómicos y moleculares y contribuyendo a estudios de reacciones fotoquímicas fundamentales”.

Colocando la pregunta ¿Qué es la Luz? En internet, encontramos muchas definiciones, tomaremos, por ejemplo, lo que dice la Enciclopedia Británica:

“Luz, radiación electromagnética que puede ser detectada por el ojo humano. La radiación electromagnética ocurre en un rango extremadamente amplio de longitudes de onda, desde rayos gamma con longitudes de onda inferiores a aproximadamente 1×10^{-11} metros hasta ondas de radio medidas en metros. Dentro de ese amplio espectro, las longitudes de onda visibles para los humanos ocupan una banda muy estrecha, desde aproximadamente 700 nanómetros (nm; milmillonésima parte de un metro) para la luz roja hasta aproximadamente 400 nm para la luz violeta. Las regiones espectrales adyacentes a la banda visible a menudo se denominan luz también, infrarrojas en un extremo y ultravioleta en el otro. La velocidad de la luz en el vacío es una constante física fundamental, cuyo valor aceptado actualmente es exactamente 299,792,458 metros por segundo, o aproximadamente 186,282 millas por segundo.

Todas estas divagaciones (fruto del encierro por La pandemia) pueden parecer absurdas, pero son temas reales que nos llevan a pensar en esas conjeturas, que para muchos puede ser una masturbación mental, pero que, muchas veces puede ser relevante, con solo imaginar que los rayos despedidos por las explosiones en el

sol al llegar a la atmósfera de la tierra, se encuentran primero, con la gruesa capa de nitrógeno que rebaja parte de su temperatura y luego con la capa de oxígeno que produce la ozonización con un doble e importantísimo efecto para la vida en él planeta, primero le roba energía a los rayos cósmicos que podrían ser mortales para la vida y al disminuir esa energía produce los fotones libres en la atmósfera que equivalen a las ondas electromagnéticas con una amplitud de onda que puede ser visible por nuestros ojos (eso lo veremos a profundidad más adelante).

Esos rayos solares demoraran 8 minutos y 19 segundos en llegar a la tierra, ahora imaginemos un año luz y los expertos nos dicen que han detectado estrellas cuya luz nos llega después de varios billones de nuestros años de viajar en el espacio, quedando en el aire la pregunta, ¿dónde pueden quedar los límites del infinito o el inicio del tiempo?

Entonces, ese factor de espacio-tiempo comienza a tener relevancia y perturba con inquietudes de las que desearíamos tener respuestas y como vimos antes, el espacio tiempo existe para nosotros en el planeta tierra porque tenemos unidades reales para medirlo, pero en el espacio abierto, fuera del sistema solar, ese concepto desaparece y tendremos que tener otras unidades de medida que pueden usar los billones de soles que existen en el universo, entonces, debemos imaginar aquí explicaciones que sean comprensibles y lógicas para todos.

También al hablar de la vida en otros planetas y nuestra posibilidad de visitarlos, es necesario que hablemos del protagonista de este relato, que puede ser el Sol, nuestro sol y todo lo que se desprende de su concepto, por ejemplo, todos los ciclos biológicos de alguna manera están relacionados con los movimientos del planeta, rotación y traslación, de ellos depende la iluminación que nos determina el día y la noche con sus efectos biológicos al tener una mayor atracción magnética durante el día y menor durante la noche lo que representa cambios como actividad o descanso respectivamente y los ciclos biológicos resultantes de las estaciones para los seres vivos.

Como puede ser la vida, viviendo fuera de la influencia del sol, esto equivale a estar por fuera del tiempo sin forma de medirlo, porque no existirían ni días ni noches, por lo tanto, no se podrían contar los años, ya que no habría forma física para medirlos y todo

eso, depende de ese sol como limitante. Lo que de alguna manera pueden representar su relación con el tiempo y el espacio, entonces, interesados en ese tema, intentamos buscar en internet el conocimiento disponible para verificar los antecedentes, porque es muy fácil hablar de él, pero ¿Como funciona la vida en el espacio?

Y quizás la pregunta más importante, ¿Podremos vivir en el espacio fuera del sistema solar sin ese equilibrio magnético entre el sol y la tierra que permite a las moléculas de nuestro sistema biológico funcionar correctamente? Profundizando en este tema, un tema interesante para analizar, es el factor físico de la gravedad, que encima del planeta tierra es medible y actúa sobre toda la masa existente sobre la superficie, concluyendo que el equilibrio molecular de los organismos vivos es el resultado de esas dos energías que se atraen la una a la otra (fuerza magnética positiva del sol con la fuerza magnética negativa de la tierra), que permite que los seres vivos puedan permanecer erguidos y en equilibrio sin ser atraídos por ninguna de esas dos fuerzas.

Analizando un poco ese tema, los astronautas que han viajado al espacio, no han salido del sistema solar, por lo tanto, no tenemos una idea real sobre cómo sería el comportamiento de los átomos que integran nuestras moléculas al estar en el espacio sin atracción magnética ninguna, recordando que muchos procesos metabólicos dependen de la energía magnética que tenemos en el planeta referente a la atracción mutua sol-tierra.

Inicialmente me pareció absurdo ponerme a hablar sobre ese tema, porque son preguntas que aparentemente ya tienen una respuesta, pensé que ese conocimiento ya lo tenía claro, pero al indagarme sobre el alcance del conocimiento que tenía sobre esos temas, me di cuenta de que hay muchas cosas que se relacionan entre sí y que, aún no tengo certeza ni una claridad absoluta sobre su funcionamiento, ¿Será que realmente en alguna parte se tienen las respuestas a esas preguntas?

El objetivo para escribir sobre estas cavilaciones, que seguramente es un trillado tema, que ha sido abordado muchas veces, por eruditos, físicos, matemáticos, filósofos, teólogos y hasta revolucionarios iconoclastas, supuestos humanistas o sociólogos que idealizados, hablan de la física como parte de doctrinas teístas, otros involucran la lucha de clases priorizándolas sobre la idea de que existe un Dios sobre el mundo físico.

Entonces, estimado lector, lo convido a que nos metamos de lleno a investigar esos detalles, considerando que a veces están mal explicados, para poder entender muchos de los factores que nos afectan, comenzaremos primero mostrando algunas verdades que pasan desapercibidas para la mayoría, pero que al final afectan a todo el mundo, haciendo caso del título de este trabajo.

*** : Veamos los conceptos que son públicos hoy sobre la Materia.**

Para entender el tema de Einstein que determina con su fórmula $E=mc^2$ para describir una relatividad que muy pocos entienden y que no se atreven a preguntar para no pasar por la vergüenza de tener que admitir su desconocimiento. Supuestamente ese conocimiento ya está esclarecido y lo usamos constantemente, así como supuestamente sabemos cómo funciona el Sol y como nos afecta o beneficia, para eso, tenemos que apelar a la física y a la vez, un poco a la imaginación. Entendemos o mejor, suponemos que todo inicia con el sol, la Luz depende de ese Sol y que él, es una inmensa mole de “Materia” compuesto por una “Masa” integrada por átomos que explotan y se desintegran, generando una “energía” nuclear que lanza un sinnúmero de partículas al espacio y que viajan a la velocidad de la luz.

+ : Materia, Masa, Energía

El punto de partida para cualquier estudio sobre ese tema, tiene como principio aceptado por todos, lo que dice, “La Luz proviene del sol”, pero si analizamos bien, vemos que no es bien así, antes se debe de partir por entender lo que significan esas expresiones que son las que vinculan todo lo que existe y las que generan los volúmenes que representan las cifras para ser analizadas.

*** : La materia.**

En física se nos dice que materia ordinaria es todo aquello que tiene masa y se extiende en cierta región del espacio-tiempo, que posee energía y está sujeto a cambios en el tiempo y a interacciones con instrumentos de medida. Se considera que es lo que forma la parte sensible de los objetos perceptibles o detectables por medios físicos.

Todo lo que tiene masa, por pequeña que sea, emite gravedad. Incluso nosotros mismos. En el Cosmos, la materia se atrae por esa

gravedad. Se agrupa y forma desde las pequeñas moléculas hasta los planetas, las estrellas y los grandes cúmulos galácticos. La gravedad mantiene unida la materia. Aun así, la mayor parte de la materia no se concentra en las galaxias, sino en los inmensos espacios intergalácticos.

La materia visible

La parte de la materia que podemos ver es sólo el 5% de la composición del Universo. La materia visible se llama materia ordinaria o materia bariónica.

La materia ordinaria está formada por átomos. Puede estar en cuatro estados: sólido, líquido, gaseoso y plasma. Pasa de un estado a otro al ganar o perder calor. La mayor parte de la materia visible del Universo está en estado de plasma, ya que es el que forma las estrellas.

La materia oscura

En el Universo hay otro tipo de materia, que no podemos ver. Es la materia oscura o invisible. La cuarta parte del Universo conocido es materia oscura, aunque algunas fuentes calculan que lo es hasta un 80%. Esto significa que hay mucha más cantidad de materia oscura que de materia visible.

La materia oscura no emite ni refleja ningún tipo de luz. No desprende ningún tipo de radiación, ni visible ni invisible. Por eso no podemos verla. Pero sabemos que existe porque sí emite gravedad, y nuestra tecnología la detecta. Su gravedad es tan grande que mueve los grandes cúmulos galácticos.

+ : La Masa

La masa es una magnitud escalar y de uso común en la física y la química, que expresa la cantidad de materia que hay en un objeto o un cuerpo. No debe confundirse ni con el peso, que representa la intensidad con que un cuerpo es atraído por un campo gravitatorio, ni con la cantidad de sustancia, que en química designa a la proporción de las sustancias que integran un compuesto.

La masa es una variable importante en el cálculo de numerosas relaciones e interacciones en todos los campos científicos, por lo que

forma parte de la mayoría de las fórmulas matemáticas que las describen. Todos los objetos poseen una masa, ya sea que estén en estado sólido, líquido o gaseoso. Mientras más átomos haya en un cuerpo, mayor será entonces su masa.

Durante mucho tiempo se sostuvo que la cantidad de masa en el universo era uniforme e invariable, dado que la masa, así como la energía, no puede destruirse o construirse, sino reducirse a sus componentes más elementales, lo que hace mucho tiempo se creyó que eran los átomos.

Toda la materia está hecha de diversos átomos de un conjunto finito, pero organizados de maneras distintas. Sin embargo, gracias a los estudios de Einstein y al desarrollo de la física cuántica en el siglo XX, hoy sabemos que los átomos pueden “romperse” y que parte de sus masas se transforma en energía, tal y como lo describe la célebre fórmula de la Relatividad: $E = mc^2$, donde E es energía, m es masa y c la velocidad de la luz.

Fuente: <https://concepto.de/masa/#ixzz84I9hu5qf>

Masa (m)

Magnitud Masa (m)

Tipo Magnitud escalar

Unidad SI Kilogramo (kg)

Otras unidades Gramo (g)

Patrón de un kilogramo. 1.000 gramos.

El kilogramo es una de las siete unidades de base SI (*the standard units of measurement defined by the International System of Units*) y uno de los tres que se define ad hoc (es decir, sin referencia a otra unidad base).

La definición del kilogramo se estudió a una que se basa en alguna constante física, como se hace con las otras unidades SI.

Constante de Planck: el kilogramo es la masa de descanso cuya energía corresponde al exacto $(299\ 792\ 458^2/662\ 606\ 896) \times 10^{-41}$ Hz

Esta definición implicaría el valor exacto para la constante de Planck de $h = 6.62606896 \times 10^{-34}$ J s. Este valor es consistente con el valor 2006 del Codata de $6.62606896 \times 10^{-34} \pm 0.00000033 \times 10^{-34}$ J s.

Uno de los maestros del Centro Australiano de Óptica de Precisión que tiene una esfera de silicio desde un kilogramo hasta el Proyecto Avogadro

Avogadro constante: el kilogramo es la masa de átomos exactos ($6.02214179 \times 10^{23}/0.012$) de carbono en reposo y en su estado estándar.

Esta definición implicaría el valor exacto para la constante Avogadro de $N_A = 6.02214179 \times 10^{23}$ Entidades elementales por mol, en consecuencia, dando la definición simple y concisa de mol. Este valor es consistente con el valor 2006 de Codata, $6.02214179 \times 10^{23} \pm 0.000000330 \times 10^{23}$ mol⁻¹. Según esta definición, se realizó el proyecto Avogadro.

Masa de electrones: el kilogramo es la unidad de masa básica, igual a 1 097 769 238 499 215 084 016 780 676 223 unidades de masa de electrones.

Esta definición implicaría el valor exacto para la masa del electrón de $m_e = 9.1093826 \times 10^{-31}$ kg. Este valor es consistente con el valor 2002 de Codata, $9.1093826 \times 10^{-31} \pm 0.0000016 \times 10^{-31}$ kg.

Carga elemental: el kilogramo es la masa que se acelerará precisamente a 2×10^{-7} m/s² cuando se somete a una fuerza por metro entre dos secciones rectas, paralelas, de longitud infinita y recta insignificante, en el vacío, un metro, donde una corriente constante de exacto 6 241 509 479 607 717 888 Cargas elementales por segundo.

Esta definición implicaría el valor exacto para la carga elemental (carga de electrones) de $e = 1.602176487 \times 10^{-19}$ C. También implica la definición exacta de Coulomb como exacto 6 241 509 479 607 717 888 Unidades elementales de carga, y de más de más de Como exactamente la corriente eléctrica de 6 241 509 479 607 717 888 Unidades de carga elementales por segundo. Este valor es consistente con el valor 2002 de Codata, $1.602176487 \times 10^{-19} \pm 0.00000040 \times 10^{-19}$ C.

En enero de 2011, los científicos se reunieron para discutir si cambiar o no la definición del kilogramo. La disminución en la masa del cilindro de platino-isodinium, calculado en aproximadamente cincuenta millones de millones, probablemente causada por la pérdida de cualquier gas incorporado cuando lo fabrica era notorio.

En física, la masa (del latín *massa*) es una magnitud física y propiedad general de la materia¹ que expresa la inercia o resistencia al cambio de movimiento de un cuerpo. De manera más precisa es la propiedad de un cuerpo que determina la aceleración de este, cuando este se encuentra bajo la influencia de una fuerza dada. Es una propiedad intrínseca de los cuerpos que determina la medida de la masa inercial y de la masa gravitacional. La unidad utilizada para medir la masa en el Sistema Internacional de Unidades es el kilogramo (kg).

No debe confundirse con el peso, que es una magnitud vectorial que representa una fuerza cuya unidad utilizada en el SI (Sistema Internacional de Unidades) es el newton (N), si bien a partir del peso de un cuerpo en reposo (atraído por la fuerza de la gravedad), puede conocerse su masa al conocerse el valor de la gravedad. Tampoco se debe confundir masa con la cantidad de sustancia, cuya unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el mol.

+ : Historia del concepto de Masa

Si bien el concepto de masa de un objeto y el peso son nociones precientíficas, es a partir de las reflexiones de Galileo, René Descartes y muy especialmente a partir de Isaac Newton cuando surge la noción moderna de masa. Así, el concepto de masa nace de la confluencia de dos leyes: la ley de gravitación universal de Newton y la segunda ley de Newton (o 2.º principio). Según la ley de la gravitación universal, la atracción entre dos cuerpos es proporcional al producto de dos constantes, denominadas masa gravitacional — una de cada uno de ellos—, siendo así la masa gravitatoria una propiedad de la materia en virtud de la cual dos cuerpos se atraen; por la 2.ª ley de Newton, la fuerza aplicada sobre un cuerpo es directamente proporcional a la aceleración que experimenta, denominándose a la constante de proporcionalidad: masa inercial de un cuerpo. Para Einstein la gravedad es una consecuencia de la geometría del espacio-tiempo: una curvatura de la geometría del espacio-tiempo por efecto de la masa de los cuerpos.

Ni para Newton ni para otros físicos anteriores a Einstein, era obvio que la masa inercial y la masa gravitatoria coincidieran. Loránd Eötvös llevó a cabo experimentos muy cuidadosos para detectar si existía diferencia entre ambos, pero ambas parecían coincidir con alta precisión y posiblemente serían iguales. De hecho, todos los experimentos muestran resultados compatibles con la igualdad de ambas. Para la física clásica pre relativista esta identidad era accidental.

Ya Newton, para quien, peso e inercia eran propiedades independientes de la materia, propuso que ambas cualidades son proporcionales a la cantidad de materia, a la cual denominó «masa». Sin embargo, para Einstein, la coincidencia de masa inercial y masa gravitacional fue un dato crucial y uno de los puntos de partida para su teoría de la relatividad y, por tanto, para poder comprender mejor el comportamiento de la naturaleza. Según Einstein, esa identidad significa que: «la misma cualidad de un cuerpo se manifiesta, de acuerdo con las circunstancias, como inercia o como el peso».

Esto llevó a Einstein a enunciar el principio de equivalencia: «las leyes de la naturaleza deben expresarse de modo que sea imposible distinguir entre un campo gravitatorio uniforme y un sistema referencial acelerado.» Así pues, «masa inercial» y «masa gravitatoria» son indistinguibles y, consecuentemente, cabe un único concepto de «masa» como sinónimo de «cantidad de materia», según formuló Newton.

Tradicionalmente, se pensó que la masa media la cantidad de materia. En palabras de D. M. Mc Master: «la masa es la expresión de la cantidad de materia de un cuerpo, revelada por su peso, o por la cantidad de fuerza necesaria para producir en un cuerpo cierta cantidad de movimiento en un tiempo dado». Sin embargo, esta interpretación ha sido parcialmente falseada, por el conocimiento moderno.

Se sabe que la masa de las partículas subatómicas no depende de la cantidad de algo específico en ese tipo de materia, sino de su interacción con el bosón de Higgs, o bien de la energía de ligadura de los quarks que constituyen la mayor parte de la materia másica, no tanto de algo que se pueda denominar "cantidad de materia". En la física clásica, la masa es una constante de un cuerpo. En física

relativista, la masa aparente es función creciente de la velocidad que el cuerpo posee respecto al observador (de hecho, en relatividad se abona la idea fundamental de definir la masa «verdadera» como el valor de la fuerza entre la aceleración experimentada, ya que este cociente depende de la velocidad). Además, la física relativista demostró la relación de la masa con la energía, quedando probada en las reacciones nucleares; por ejemplo, en la explosión de una bomba atómica queda que la masa no se conserva estrictamente, como sucedía con la masa mecánica de la física pre relativista.

*** : El vínculo indisoluble entre la Masa y la Energía**

Como hemos visto, la energía no puede ser creada ni destruida, sino que sólo se convierte de una forma a otra. Una de las notables conclusiones derivadas por Albert Einstein (ver el cuadro de Albert Einstein a continuación) cuando desarrolló su teoría de la relatividad es que la materia también puede considerarse una forma de energía y puede convertirse en energía. Además, la energía también se puede convertir en materia. Esto parecía contradecir lo que los humanos habían aprendido a lo largo de miles de años al estudiar la naturaleza. La materia es algo que podemos ver y tocar, mientras que la energía es algo que los objetos tienen cuando hacen cosas como moverse o calentarse. La idea de que la materia o la energía se pueden convertir entre sí parecía tan indignante como decir que podrías acelerar un auto girando el parachoques a más velocidad, o que podrías crear un asiento delantero más grande al ralentizar tu auto. Eso sería bastante difícil de creer; sin embargo, el universo en realidad funciona algo así.

+ : Convertir la materia en energía

La notable equivalencia entre materia y energía se da en una de las ecuaciones más famosas:

$$E=mc^2(16.2.1)$$

En esta ecuación, E significa energía, m significa masa, y c, la constante que relaciona las dos, es la velocidad de la luz (3×10^8 metros por segundo). Obsérvese que la masa es una medida de la cantidad de materia, por lo que la significación de esta ecuación es que la materia se puede convertir en energía y la energía se puede convertir en materia. Comparemos esta ecuación de convertir

materia y energía con algunas ecuaciones de conversión comunes que tienen la misma forma:

$$\text{inches} = \text{feet} \times 12 \text{ o cents} = \text{dollars} \times 100$$

Así como cada fórmula de conversión permite calcular la conversión de una cosa en otra, cuando convertimos la materia en energía, consideramos cuánta masa tiene la materia. El factor de conversión en este caso resulta no ser ni 12 ni 100, como en nuestros ejemplos, sino otra cantidad constante: la velocidad de la luz al cuadrado. Tenga en cuenta que la materia no tiene que viajar a la velocidad de la luz (o la velocidad de la luz al cuadrado) para que se produzca esta conversión. El factor de c^2 es solo el número que mostró Einstein debe ser utilizado para relacionar masa y energía.

Observe que esta fórmula no nos dice cómo convertir la masa en energía, así como la fórmula para centavos no nos dice dónde cambiar monedas por un billete de dólar. Las fórmulas simplemente nos dicen cuáles son los valores equivalentes si logramos hacer la conversión. Cuando Einstein derivó por primera vez su fórmula en 1905, nadie tenía la menor idea de cómo convertir la masa en energía de ninguna manera práctica.

El propio Einstein intentó desalentar la especulación de que la conversión a gran escala de la masa atómica en energía sería factible en un futuro próximo. Hoy, como resultado de los desarrollos en física nuclear, regularmente convertimos la masa en energía en centrales eléctricas, armas nucleares y experimentos de física de alta energía en aceleradores de partículas.

Debido a que la velocidad de la luz al cuadrado (c^2) es una cantidad muy grande, la conversión de incluso una pequeña cantidad de masa da como resultado una cantidad muy grande de energía. Por ejemplo, la conversión completa de 1 gramo de materia (aproximadamente 1/28 onza, o aproximadamente 1 clip) produciría tanta energía como la quema de 15,000 barriles de petróleo.

Los científicos pronto se dieron cuenta de que la conversión de la masa en energía es la fuente del calor y la luz del Sol. Con la $E=mc^2$ ecuación de Einstein, podemos calcular que la cantidad de energía irradiada por el Sol podría ser producida por la conversión completa de alrededor de 4 millones de toneladas de materia en energía

dentro del Sol cada segundo. Destruir 4 millones de toneladas por segundo suena mucho en comparación con las cosas terrenales, pero ten en cuenta que el Sol es un reservorio muy grande de materia. De hecho, veremos que el Sol contiene masa más que suficiente para destruir cantidades tan enormes de materia y seguir brillando a su ritmo actual durante miles de millones de años.

Pero saber todo eso todavía no nos dice cómo se puede convertir la masa en energía. Para entender el proceso que realmente ocurre en el Sol, necesitamos explorar un poco más la estructura del átomo.

Veíamos antes que por la equivalencia masa-energía, cualquier objeto que tenga masa cuando está inmóvil (llamada masa en reposo) también tiene una cantidad equivalente de energía cuya forma se llama energía en reposo. Es aquí en este punto, donde creemos que el dominio que han tenido sobre la educación, quienes dominan el mundo, han centrado su objetivo, alejando el conocimiento de esa realidad para impedir que sea de dominio público ese conocimiento.

La forma de esconderlo es relativamente fácil, les entregan a los científicos su dominio y ellos van a las universidades a enseñar, luego alumnos adiestrados en esas Universidades salen a enseñar a otros que también pueden experimentar, pero todos, esconden sus conocimientos en glamorosas palabras en griego, latín o fantasmagóricas fórmulas matemáticas con nombres que esconden realidades sencillas.

Imaginen lo que es la masa, si en los apartados científicos nos dicen que el núcleo de un átomo es 10.000 veces más pequeño que el tamaño del átomo y sus electrones, entonces entendemos que la masa, puede ser más vacío que otra cosa, considerando que, en el átomo, quienes tienen la masa son los protones y los neutrones y ellos están en ese pequeño núcleo.

Para demostrar eso, los invito a navegar por el conocimiento al alcance de todos y se darán cuenta que adicional a la interpretación que dimos antes, no hay mucha información sobre eso, por ejemplo, imaginen un pedazo de acero, su textura, peso y forma, si elevamos su temperatura, esa masa se convierte en líquido y pierde su forma y textura, esa posibilidad de cambio, es la que no está bien explicada con el conocimiento público que hay hoy sobre el átomo.

+ : La Energía

Para entender mejor el tema, analizaremos lo que hay publicado en internet para luego pensar, recordando que con la letra normal transcribo lo encontrado en internet (la dirección web de la fuente) o en libros sobre el tema y en cursiva las reflexiones del autor.

Energía en Wikipedia

El término energía (del griego ἐνέργεια *enérgeia*, ‘actividad’ ‘operación’; de ἐνεργός *energós*, ‘fuerza de acción’ o ‘fuerza de trabajo’) tiene diversas acepciones y definiciones, relacionadas con la idea de una capacidad para obrar, surgir, transformar o poner en movimiento. En física (específicamente en mecánica), energía se define como la capacidad para realizar un trabajo. En tecnología y economía, «energía» se refiere a un recurso natural (incluyendo a su tecnología asociada para poder extraerla, transformarla y darle un uso industrial o económico).

Para que se incluya, también a la termodinámica, podemos decir, que la energía es la capacidad de los cuerpos para realizar transformaciones (mediante trabajo o mediante calor) en ellos mismos o en otros cuerpos. Es decir, el concepto de energía se define como la capacidad de hacer funcionar las cosas. De todos modos, en la definición no abarca la noción de energía que tiene una onda electromagnética, por ejemplo.

La masa y la energía están estrechamente relacionadas. Debido a la equivalencia masa-energía, cualquier objeto que tenga masa cuando está inmóvil (llamada masa en reposo) también tiene una cantidad equivalente de energía cuya forma se llama energía en reposo, y cualquier energía adicional (de cualquier forma) adquirida por el objeto por encima de esa energía en reposo aumentará la masa total del objeto al igual que aumenta su energía total. Por ejemplo, después de calentar un objeto, su aumento de energía podría medirse como un pequeño aumento de la masa, con una balanza suficientemente sensible.

De acuerdo con la explicación que encontramos sobre el tema de energía, nuestra idea de energía, que aparentemente es un concepto autónomo, quedando ese conocimiento muy vago y disperso, para la gran mayoría de personas, no hay vínculo ninguno entre la energía

eléctrica que hace a una bombilla funcionar y el motivo por el cual se produce el movimiento de un brazo al lanzar una piedra, sólo para dar una idea de la importancia de ese tema. Generalmente no nos preocupamos en profundizar en su teoría, confundimos los términos sobre lo que son los rayos cósmicos con los rayos solares y con el concepto de luz, energía y partículas, no entendemos bien, porque no nos explican que son los “fotones”, menos aún si hablamos de los “neutrinos” y su relación e importancia con el oxígeno, y a pesar de eso creemos que sabemos todo sobre el tema.

Para los lectores que consideren que ya conocen lo suficiente sobre el tema, puede obviar esta revisión de conceptos e ir directamente al capítulo siguiente, pero el recorrido que haremos sirve fijar esos conceptos para entender mejor lo descrito en este trabajo. Porque es necesario conocer a fondo todo lo que envuelve a eso que llamamos energía y su portadora que es la fuerza magnética para poder determinar y entender esa dualidad que obedece el mandato natural de las tres partes, energía positiva, energía negativa y la fuerza magnética, que juntas generan la masa que produce la gravedad como parte de la materia, sus diferencias y sus cualidades, especialmente entender cómo se producen los fenómenos que conocemos.

*** : Veamos lo que encontramos sobre el tema atómico**

Hablábamos ahora de la relación masa y energía: Todas esas cifras, la mayoría incomprensibles para la mayoría, se refieren a que la materia está compuesta por masa y energía y estos dependen de los átomos y sus electrones que la integran, porque en la naturaleza todo va desde lo subatómico hasta lo galáctico, entonces creo que para comenzar a sacar el hilo del ovillo que se forma con todos esos conceptos, que pueden enredar al más hábil si no tiene una idea concreta del asunto, me tomé el trabajo de transcribir los conceptos que se encuentran libres en internet y que reflejan el “vox populi” sobre el asunto y después expondremos y compartiremos nuestras reflexiones.

Si se habla de subatómico, quiere decir que es por debajo del átomo, entonces comenzaremos por el átomo como eje de nuestra charla, que tiene por objetivo, limpiar un poco el concepto creado por los científicos de que ese conocimiento debe de restringirse a las

Universidades, o sea al dominio de esa élite que domina el mundo, comenzaremos por repasar lo publicado en internet para luego interpretar de acuerdo con un razonamiento lógico comprensible para todos.

+ : El Átomo

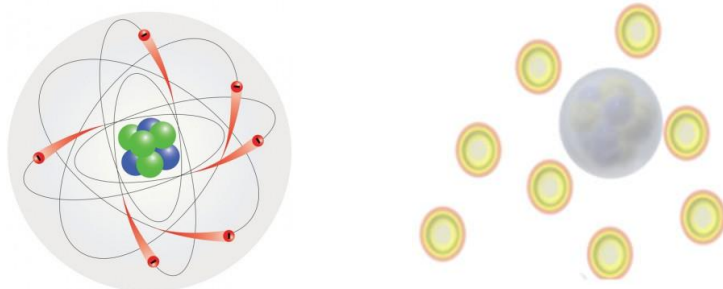


Figura 3.2.3. Representación del átomo en dos formas distintas

Veamos que dicen por ahí sobre el átomo en el portal más famoso que hay sobre el conocimiento humano, muchos dicen que no es confiable, pero en la mayoría de los casos, al estar por fuera del dominio del “Sistema” (es desprestigiado porque es gratis), da una idea muy cercana a la realidad sobre el conocimiento que está al alcance público. (Wikipedia, Internet).

El átomo es la unidad más pequeña de la materia que tiene propiedades de un elemento químico. Cada sólido, líquido, gas y plasma, está integrado por átomos neutros o ionizados. Los átomos son microscópicos; los tamaños típicos son alrededor de 100 pm (picómetros, diez mil millonésima parte de un metro). No obstante, los átomos no tienen límites bien definidos y hay diferentes formas de definir su tamaño que dan valores diferentes pero cercanos. Los átomos son lo suficientemente pequeños para que la física clásica dé resultados notablemente incorrectos.

A través del desarrollo de la física, los modelos atómicos han incorporado unos principios que llaman “cuánticos” para explicar y predecir mejor su comportamiento. El término proviene del latín *atōmus*, calco del griego *ἄτομον* (*átomon*) *ἄτομος*, unión de *α* (*a*, que significa «sin»), y *τόμος* (*tómos*, «sección»), que literalmente es «que no se puede cortar, indivisible», y fue el nombre que se dice les

dio Demócrito de Abdera, discípulo de Leucipo de Mileto, a las partículas que él concebía como las de menor tamaño posible.

+ : Información sobre el Átomo disponible para todos.

El conocimiento del átomo, como todo conocimiento científico, nace de la curiosidad del hombre por comprender lo que le rodea en su naturaleza y en su funcionamiento. Por explicarse los fenómenos naturales. Los filósofos griegos discutieron mucho sobre la naturaleza de la materia y concluyeron que el mundo debía ser más sencillo de lo que parecía.

En el siglo V a.C. Leucipo sostenía que todas las formas de materia debían estar constituidas por un mismo tipo de elemento que adoptaba formas diferentes. Sostenía, además, que, si dividíamos la materia en partes cada vez más pequeñas, acabaríamos encontrando una porción que no se podría seguir dividiendo. Un discípulo suyo, aunque hay quien piensa que podrían ser el mismo, Demócrito, bautizó a estas partes indivisibles e infinitas de materia con el nombre de átomos, término que en griego significa “que no se puede dividir”, y que siempre estarían en movimiento y rodeadas de vacío.

Unos años más tarde Empédocles (siglo IV a.C.) estableció que la materia estaba formada por 4 elementos: tierra, agua, aire y fuego.

Aristóteles (siglo III a.C.) agregó el “éter” como quintaesencia, negó la existencia de los átomos de Demócrito y reconoció la teoría de los 4 elementos, la cual, gracias a su prestigio y al posterior de Platón, se mantuvo vigente en el pensamiento de la humanidad, perdurando a través de la Edad Media y el Renacimiento. Hoy sabemos que aquellos 4 elementos iniciales no forman parte de los 106 elementos químicos actuales.

Los elementos están formados por partículas discretas, diminutas e indivisibles, llamadas átomos, que no se alteran en los cambios químicos. Los átomos de un mismo elemento son todos iguales entre sí en masa, tamaño y en el resto de las propiedades físicas o químicas. Por el contrario, los átomos de elementos diferentes tienen distinta masa y propiedades. En 1808, John Dalton publicó su teoría atómica, que retomaba las antiguas ideas de Leucipo y Demócrito. Según la teoría de Dalton: Los compuestos se forman por

la unión de átomos de los correspondientes elementos según una relación numérica sencilla y constante. Por ejemplo, el agua está formada por 2 átomos del elemento hidrógeno y 1 átomo del elemento oxígeno.

Hoy sabemos que ninguno de estos tres puntos es completamente cierto; sin embargo, Dalton contribuyó enormemente a entender cómo estaba formada la materia.



Figura 3.2.4. El átomo, según Dalton

A partir del siglo XIX se produjeron una gran cantidad de descubrimientos y teorías sobre la naturaleza de los átomos: Faraday, estudiando la electrólisis, lanzó la idea de que la electricidad estaba asociada a los átomos; Röntgen descubrió los rayos X; Becquerel descubrió la radiactividad; Marie y Pierre Curie descubrieron los elementos radio y polonio. En medio de esta acumulación de evidencia, se hizo cada vez más claro para los científicos que el átomo debe ser algo más que una bola masiva muy pequeña.

Aunque los científicos del siglo XIX no disponían de medios para observar los átomos, la mayoría de ellos llegaron a la conclusión de que todas las cosas estaban hechas a partir de los átomos. Hoy nos dicen que ya se ha podido comprobar por medio de fotografías de moléculas, no de átomos individuales, tomadas a través de microscopios de exploración. A principios del siglo XX los físicos descubrieron que los átomos, a su vez, contenían elementos más pequeños, las partículas subatómicas.

El conocimiento generalizado, es que el átomo es el elemento base de todo lo que existe y se tiene el concepto muy resguardado con complicados términos en griego y palabras que confunden a la

mayoría, escasamente, lo que conocemos se resume en pocas frases.

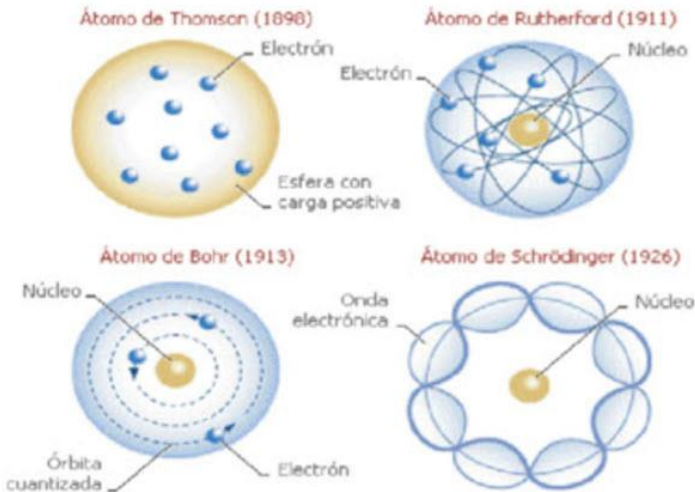


Figura 3.2.5 Diferentes concepciones sobre los átomos en la historia

El **“Protón”** es una partícula pesada con una masa de 938,3 MeV con carga positiva (la energía se expresa en una unidad muy pequeña, el “MeV” que equivale a un millón de electronvoltios y un electrón-voltio es 0,0000000000000000001602 ($1,602 \times 10^{-19}$ Voltio).

El **“Neutrón”** es casi exactamente como el protón, tienen una masa de 939,6 MeV, pero no tienen carga y por eso son estables dentro del núcleo, pero al descomponerse (reacción atómica), rápidamente se descompone en un protón, un electrón y un antineutrino de electrón. Todos los átomos, excepto el del hidrógeno deben de tener carga neutra para ser estables.

Veamos algunas de las explicaciones que encontramos en libros de texto o notas de prensa.

Los científicos se dieron cuenta de que fuera de Protones y Neutrones, existen otras partículas llamadas de Piones y que, a altas energías, existe una fuerza que denominaron como “la fuerza débil” y que su electromagnetismo se comportaba igual que las otras partículas, pero a bajas energías eran muy diferentes.

La partícula responsable del electromagnetismo, dicen que es el fotón, que no tiene masa, pero las partículas responsables de la

interacción débil, llamadas bosones W y Z, tenían una masa enorme, entonces quedan preguntas sin responder, ¿de dónde sale esa masa?

Es decir, a altas energías se comportaban igual que el fotón, como si no tuvieran masa, pero a bajas energías no. La pregunta que surgió entonces era aún más interesante.

Ya sabíamos de qué están hechas las cosas y cómo permanecen unidas, pero ¿por qué tienen masa las partículas?

Cada átomo se compone de un núcleo y uno o más electrones unidos al núcleo. El núcleo está compuesto de uno o más protones y típicamente un número similar de neutrones. Los protones y los neutrones son llamados nucleones. Más del 99,94 % de la masa del átomo está en el núcleo. Los protones tienen una carga eléctrica positiva, los electrones tienen una carga eléctrica negativa y los neutrones no tienen carga eléctrica. Si el número de protones y electrones son iguales, ese átomo es eléctricamente neutro. Si un átomo tiene más o menos electrones que protones, entonces tiene una carga global negativa o positiva, respectivamente, y se denomina ion (anión si es negativa y catión si es positiva).

Hoy sabemos que tiene una estructura interna formada por un núcleo y una corteza o nube de electrones orbitando en torno al núcleo. El diámetro del núcleo es unas 10.000 veces más pequeño que el diámetro del átomo completo, también nos dicen que, según sus deducciones, 800.000 átomos completos puestos en fila caben en el diámetro de un cabello humano.

Los electrones de un átomo son atraídos por los protones en un núcleo atómico por la fuerza electromagnética. Los protones y los neutrones en el núcleo son atraídos el uno al otro por una fuerza diferente, la fuerza nuclear, que es generalmente más fuerte que la fuerza electromagnética que repele los protones cargados positivamente entre sí.

Bajo ciertas circunstancias, más acentuado cuanto mayor número de protones tenga el átomo, la fuerza electromagnética repelente se vuelve más fuerte que la fuerza nuclear y los nucleones pueden ser expulsados o desechados del núcleo, dejando tras de sí un elemento

diferente: desintegración nuclear que resulta en transmutación nuclear.

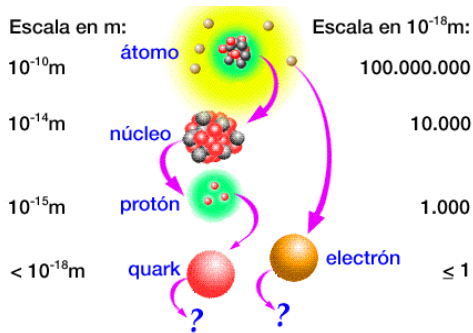
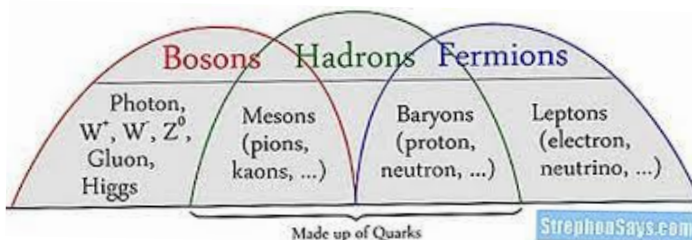


Figura 3.2.6. Representación referenciada del tamaño del átomo

El número de protones en el núcleo define a qué elemento químico pertenece el átomo, por ejemplo, todos los átomos de cobre contienen 29 protones. El número de neutrones define el isótopo del elemento. El número de electrones influye en las propiedades magnéticas de un átomo. Los átomos pueden unirse a otro u otros átomos por enlaces químicos (en los cuales se comparten los electrones de dichos átomos) para formar compuestos químicos tales como moléculas y redes cristalinas. La capacidad de los átomos de asociarse y disociarse es responsable de la mayor parte de los cambios físicos observados en la naturaleza y es el tema de la disciplina de la química.

Por lo sensible de la información que se deriva del manejo de productos químicos para uso masivo, siempre se trató de mantener oculto su conocimiento y manejo, de eso dependía la subsistencia de las multinacionales que aprovechaban esos productos. Figura



3.2.7. Descripción práctica de las partículas integrantes del átomo

Por eso en Colegios y Universidades no especializadas en el tema, el conocimiento se puede decir que es irrelevante, o queda sumergido en una terminología complicada que desestimula la investigación y su comprensión detallada, nos hablan de Electrones, Protones y neutrones, advierten que hay partículas subatómicas, pero nada más.

Eso quiere decir qué en el núcleo, el átomo tiene Protones y Neutrones, pero luego nos hablan de Pions (Π) y Quarks, pero envolviendo eso en palabras como Hadrones que se dividen en Mesones y Bariones, Fermiones y Bosones, agregando letras y símbolos que, para el común de las personas, en su mayoría, piensan que no es necesario entender eso, lo mejor es dejarlo para los científicos.

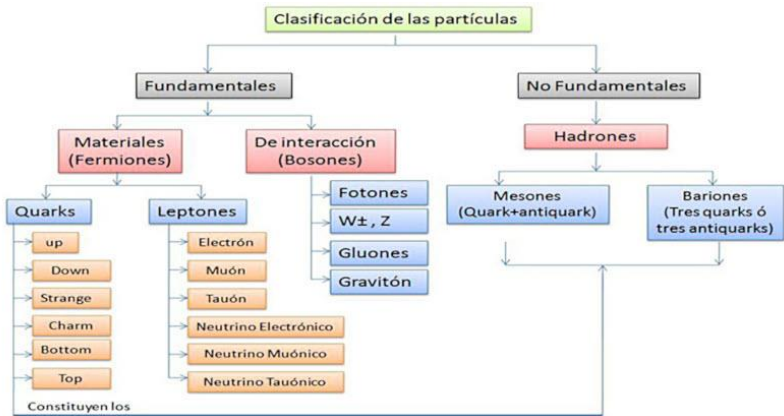


Figura 3.2.8. Clasificación de las partículas

Para alguien inquieto por el conocimiento, es frustrante esta situación, porque en internet aparece mucha información, tan variada que al final uno no sabe ni que pensar y la mayoría desiste de querer saber más sobre el asunto y es aquí donde entra nuestro objetivo, pasarle un poco de luz a este conocimiento escondido entre líneas para beneficio de todos.

Vemos los nombres y su equivalente energético, que explica todo a la perfección, pero el problema radica en que esas secuencias las entienden los eruditos, el común de las personas se imagina que es, pero no lo entienden, son muy pocos los que alcanzan el nivel de conocimiento para entender y poder trabajar con esto, todo se enreda con los nombres, por ejemplo, cuando habla de partículas, uno entiende que se trata de elementos similares al átomo, pero

más pequeños, pero como nos habían dicho que el átomo era indivisible, la cosa se complica en nuestro raciocinio para entender bien como es que funciona.

Lo lamentable es que, para entender todos los fenómenos de la naturaleza, hay que tener claridad en este principio que es la base fundamental de todo, si se comprende esto, se entiende todo lo relacionado con la vida en el planeta y tal vez, hasta más allá.

CAPÍTULO III : Dudas sobre ese conocimiento

*** : Reflexiones para entender mejor.**

Saliéndonos un poco de lo dogmático, dejemos volar la imaginación, ahora con las informaciones recolectadas por el recientemente lanzado Telescopio James Webb, podemos entender que el universo se extiende mucho más allá de lo que alcanza nuestra imaginación y francamente es imposible creer que sea el resultado de un gran Big Bang o estallido, lo que le dio forma a todo ese universo visible desde ese telescopio.

Luego reflexionando sobre eso, podemos deducir que la tierra puede ser el resultado de una gran explosión en nuestra galaxia, de donde salió nuestro sol, imaginando que éramos parte de una masa mucho mayor que explotó y nos lanzó junto con el sol como un núcleo incandescente que al alejarse, disminuyó el efecto solar sobre su superficie. Ésta se fue enfriando hasta posicionarse alrededor de nuestro sol por efecto de una energía resultante del fenómeno de la fuerza magnética de ambos cuerpos y de la energía contenida en ellos, entonces, ese fenómeno afecta y es igual para todos los cuerpos en el espacio.

Esto quiere decir que todo en ese espacio estelar, inclusive, por fuera de nuestra galaxia, también está compuesto por la misma masa que nuestro sol y los planetas se conforman igual que la tierra, imaginando que esa inmensidad que representa ese espacio sin límites, donde existen miles de millones de soles iguales al nuestro y por lo tanto, cabe la posibilidad de que existan millones de planetas con similares condiciones que la tierra, todos dependiendo de esa conjugación de materia igual a masa más energía. Como consecuencia de esta evidencia todo en el Universo tiene más o menos la misma conformación, o sea que existen las Galaxias que

tienen muchas estrellas (Soles) que tienen planetas girando a su alrededor y los planetas con sus lunas), todo está integrado por átomos y sus respectivas partículas.

Como una reflexión lógica, entendemos que todo es energía y la masa, se forma con “energía en reposo” y eso nos lleva a pensar en ese conjunto que obligatoriamente se forman a partir de la Fuerza Magnética y de esa fuerza magnética depende la gravedad. Entonces aparece la Energía, y nos dicen que la energía es una resultante, entonces es la fuerza la que queda en reposo y la energía es la resultante de la variación de la fuerza. Pero si llevamos eso al átomo, quedaría la pregunta, de acuerdo con lo que hemos visto, ¿Como se aplica eso al átomo?

Lo que podemos deducir de nuestro entorno, por ejemplo, es que hay muchas dudas en el común de las personas, no para los científicos claro, supuestamente ellos tienen la explicación para todo, de acuerdo a su conveniencia. Pero, son muchas esas conjeturas que se desprenden la una de la otra, tenemos que la definición de materia equivale a una unión de masa y energía, que la masa está integrada por átomos y que esos átomos están integrados por otras partículas subatómicas, luego nos hablan de magnetismo y ese magnetismo nos posiciona en la definición de tiempo, que equivale a los movimientos de la tierra que determinan y nos permiten entender lo que es el día y la noche, el porqué de las estaciones y las mediciones en meses y años.

Luego tenemos los fenómenos como la electricidad y la fotosíntesis y la vida sobre el planeta, todo se desprende de un concepto básico de la conformación de átomo y sus reacciones, pero viendo las definiciones que encontramos, no nos queda claro y en general, no tenemos respuestas a las incógnitas que tenemos sobre la definición de fuerzas, especialmente sobre la energía magnética, que la produce, como se produce, porque es evidente que existe, por eso viene la pregunta, ¿Alguien sabe exactamente como es un átomo? o ¿Cómo funciona?, en las definiciones encontradas, no queda clara ni responde a las inquietudes creadas alrededor de este tema, porque lo lógico e ideal, sería tener una consciencia del funcionamiento del átomo para poder entender los muchos fenómenos y reacciones físico-químicas que rodean nuestra existencia.

No es criticar por criticar, pero hay verdades inobjetables que lo ponen a uno a reflexionar sobre la posibilidad de agachar la cabeza y seguir el camino, callados, tragando entero y dejando las cosas seguir su curso sin importarse con las consecuencias. Analicemos un solo detalle, ¿Cuál es el verdadero tamaño de un átomo?

*** : ¿Pueden verse los átomos?**

Antes, suponía que todo lo que hay publicado sobre los átomos tenían bases suficientes porque los veían en sus microscopios, pero al consultar específicamente ese punto, encontré que los más potentes microscopios ópticos y electrónicos no tienen suficiente resolución para poder ver el núcleo de los átomos. A principios de los años 80 del siglo XX, se desarrolló el Microscopio de Efecto Túnel, con el que se consiguió ver, por primera vez las moléculas, estos componentes de la materia. Además, en 1990 se consiguió moverlos a voluntad y formar con ellos palabras y dibujos, según algunas versiones.

Esto Según el texto que figura en

<https://www.csn.es/documents/10182/914801/FDE-01.05+-+El+%C3%A1tomo/cbe1e729-e612-49d7-a90b-02b511ba75a2?version=1.4#:~:text=%C2%BFCU%C3%81NTO%20MIDE%20UN%20%C3%81TOMO%3F,Su%20masa%20es%20tambi%C3%A9n%20%C3%ADnfima.>

+ : ¿De qué están hechos los átomos?

Hasta principios del siglo XX se pensaba que los átomos eran indivisibles, y de ahí su nombre, ya que, en griego, átomo significa que no se puede dividir o separar. Hoy sabemos que tiene una estructura interna formada por un núcleo y una corteza o nube de electrones orbitando en torno al núcleo. El diámetro del núcleo es unas 10.000 veces más pequeño que el del átomo completo agregando los orbitales de los electrones, así que, viéndolo bien, el átomo está hecho de vacío.

+ : ¿Qué estructura tiene el átomo?

El núcleo del átomo está formado por dos tipos de partículas, los Bariones que son protones, que tienen carga eléctrica positiva, y los neutrones, que no tienen carga eléctrica más los Mesones que son

positivos y negativos. En un átomo en su estado habitual, el número de electrones es igual al de protones, y como tienen carga eléctrica negativa se compensan. En la definición de fuerza magnética nos dicen que las cargas eléctricas iguales se repelen, igual que los polos magnéticos de igual signo de dos imanes, los protones sienten repulsión electrostática, pero se mantienen unidos por la existencia de una fuerza más potente, denominada nuclear fuerte. Luego viene la pregunta, los Neutrones que no tienen carga eléctrica como se mantienen sin ser atraídos por la fuerza positiva de los protones. Prácticamente toda la masa del átomo se encuentra en el núcleo, ya que los electrones tienen una masa 1.835 veces menor que la del protón y el neutrón.

Se copió la dirección completa para que tengan un antecedente de lo que hablamos, un átomo mide algo menos que un Ángstrom (Å) según ese artículo,

1 Å = 1×10^{-10} metro = 0,1 nanómetro (nm)

O sea que un milímetro contiene diez millones de ángstroms.

1 Å = 0,0001 µm, es decir, la diezmilésima parte de un micrómetro.

1 Å = 0,1 nm, es decir, la décima parte de un nanómetro.

1 Å = 100 pm, es decir, cien veces un picómetro.

Esto quiere decir que mide menos de una diez milmillonésima parte de milímetro, y su núcleo es 10.000 veces más pequeño. Es más, comparando, dice que en un cabello humano que mide 80 micras, caben 800.000 átomos en fila, entonces veamos, según eso, son 10.000 átomos por cada micra de cabello y el núcleo es 10.000 veces más pequeño, contemos los ceros, diez mil millonésima parte equivale a 10 ceros más 4 serían 14 ceros y un Protón serían +15 ceros negativos

0,000.000.000.000.001

Inquieto por ese dato, busque el microscopio más potente del mundo en esta página:

<https://www.microscopio.pro/microscopio-mas-potente-del-mundo/>

+ : ¿Qué puedes ver con el microscopio más potente del mundo?

Un picómetro es una mil millonésima parte de un metro. Esta resolución es mucho mejor que la mejor imagen anterior, con una resolución de 49 picómetros tomada en el Laboratorio Nacional Lawrence Berkley en California con el microscopio STEHM construido por la Hitachi, y aproximadamente 20 millones de veces la vista humana.

Con STEHM, los investigadores pueden visualizar los átomos de formas que antes eran imposibles. Tiene amplias funciones de análisis para determinar los tipos y números de artículos disponibles, así como cámaras de alta resolución para la adquisición de datos. Es utilizado por investigadores de muchas disciplinas científicas y técnicas para proyectos que requieren conocimiento de estructuras atómicas a pequeña escala o nanociencias y nanotecnologías.

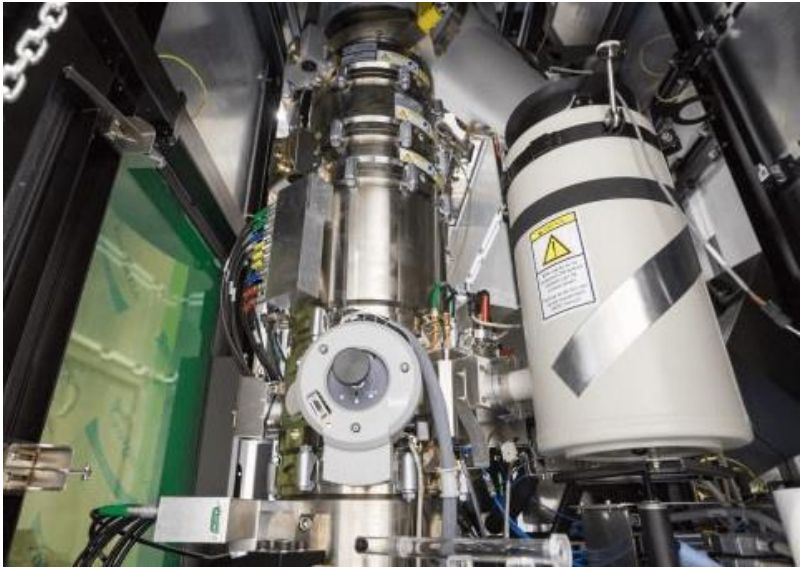


Figura 3.3.1. STEHM, Lawrence Berkeley National Laboratory na Califórnia

Se Transcribe exactamente lo que ellos publican, ahora veamos la información, de acuerdo con esto, este microscopio ultramoderno de la Hitachi alcanza 49 picómetros, según la referencia, un picómetro equivale a 0,01 Ángstroms, eso quiere decir que son 10 ceros más 2 de los Picómetros, son 12 ceros, le faltarían 2 ceros para igualar la

cifra para poder detallar el núcleo y muchos ceros más para alcanzar a detallar un electrón.

Esto nos lleva a la conclusión de que a pesar de los avances de la ciencia, estamos aún con casi las mismas dudas que podía tener Demócrito en la antigua Grecia, aún no podemos tener una certeza absoluta de como es el núcleo del átomo porque no lo podemos ver.

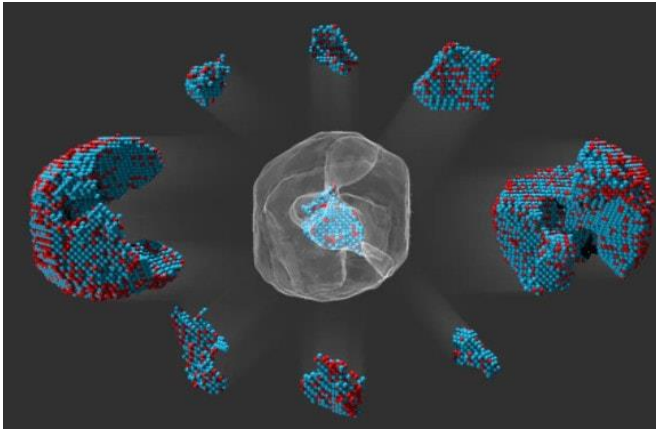


Figura 3.3.2. Fotografía de arenisca vista por STEHM en su resolución máxima

Para superar ese inconveniente, en una iniciativa promovida por empresas privadas con varios gobiernos, los científicos han creado instalaciones diseñadas para estudiar los átomos y sus reacciones, como ocurre en el LHC del Centro de Investigación nuclear europeo CERN en Suiza o en el EIC en Brookhaven, en Dakota del Sur en Estados Unidos o en Stern Labs, en Hamilton, Ontario, Canadá.

Estos análisis los consiguen, provocando reacciones especialmente al hacer estallar moléculas y sus átomos en un acelerador de partículas circular con un radio de 34 kilómetros y muchos puntos de observación con modernos instrumentos sensibles a todo tipo de energías, todo computarizado y vinculado a una gran base de datos que analiza paso a paso todas las reacciones.

Con toda esa inversión y esfuerzo científico, uno se imagina que ellos deberían tener completamente aclarado todo, lo que les permiten esos instrumentos super sensibles, pero solo pueden ver los trazos y chispas como reacciones para suponer el tipo de partículas son las que se producen con esas explosiones.

* : *Instalaciones del CERN, en la frontera entre Suiza y Francia.*

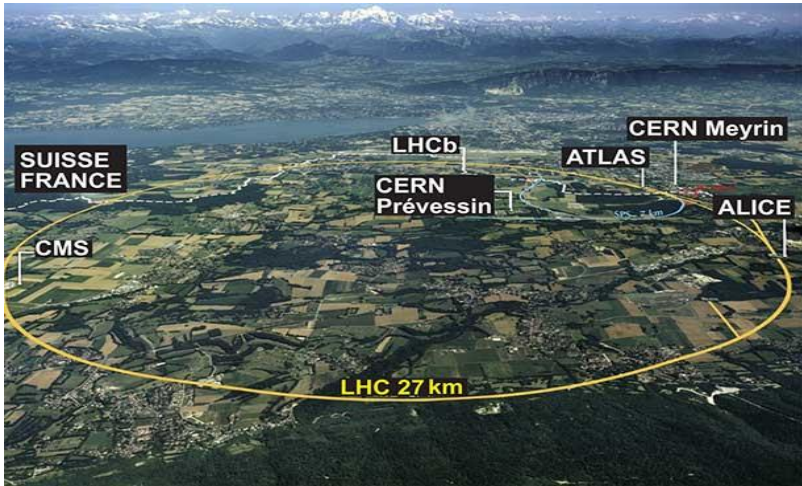


Figura 3.3.3. Fotografía aérea de las instalaciones del LHC entre Francia y Suiza.

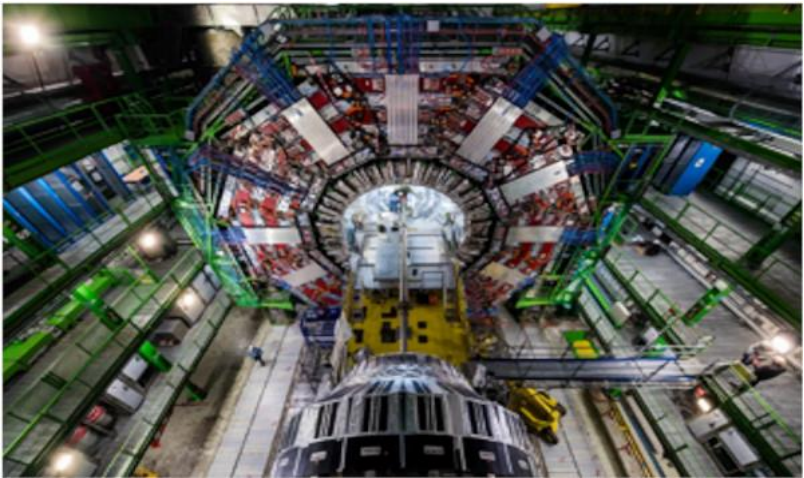


Figura 3.3.4. Uno de los reactores del colisionador de partículas del CERN

La Organización Europea para la Investigación Nuclear o la Organización Europea de Investigación Nuclear (en francés: la organización europea Pour la Reche Nucléaire), conocido como CERN (antiguo acrónimo de Conseil Europe Pour La Reche Nucléaire) es el laboratorio físico más grande de partículas de él mundo, ubicado en Meyrin, en el Cantón de Ginebra, en la frontera franco-Suiza. Creado en 1954. La organización tiene 23 estados miembros, incluido Portugal, a los que se unió en 1986. En 2010, tenía un personal de

aproximadamente 2 400 empleados a tiempo completo, así como más de 11,000 científicos e ingenieros (representando 580 universidades y centros de investigación y 80 nacionalidades).



Figura 3.3.5. Uno de los Túneles del acelerador de partículas, del CERN



Figura 3.3.6. El más moderno reactor instalado en el CERN durante su etapa de instalación

*** : Instalaciones en Brookhaven, South Dakota, USA**

En Estados Unidos, más exactamente en Brookhaven, Dakota del Sur, está el EIC, (Electron-Ion-Colider) está otro gran laboratorio experimental colisionador de partículas.



Figura 3.3.7. Túneles subterráneos del Colisionador Electron Ion (EIC), en Brookhaven, South Dakota, USA.

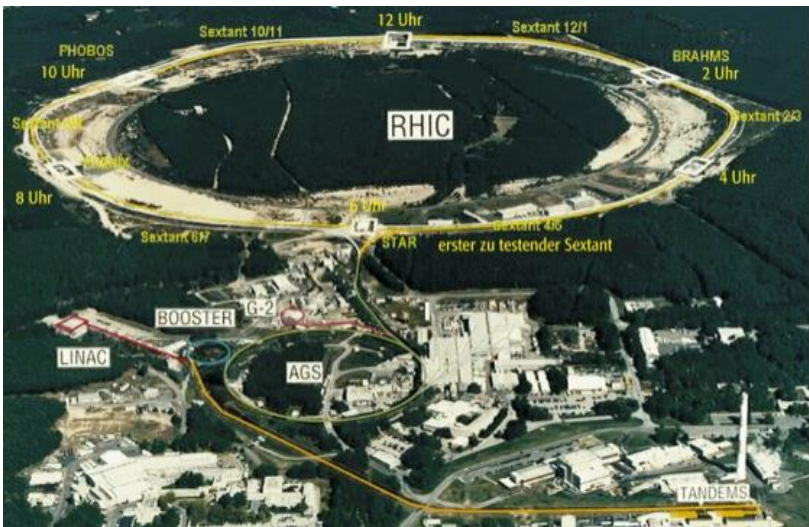


Figura 3.3.8. Detalles del conjunto experimental industrial en Brookhaven.



Figura 3.3.9. Foto tomada durante la construcción del EIC en Brookhaven.

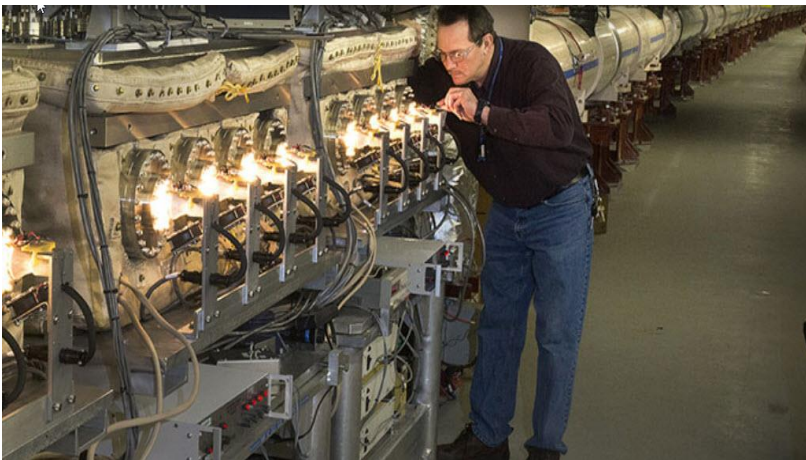


Figura 3.3.10. Túneles del EIC en Brookhaven, con lo más moderno en tecnología.

*** : Inquietudes resultantes de estas cuantiosas inversiones.**

Hay un detalle muy importante, casi nadie habla de los “Neutrinos, pero existen inmensas inversiones en su investigación, ¿Qué será?

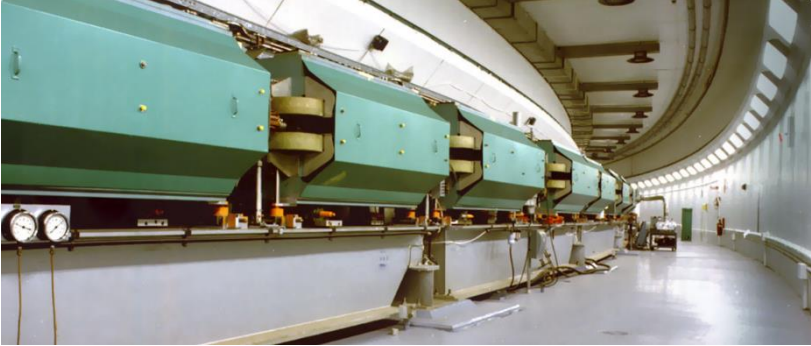


Figura 3.3.11. Instalaciones del Ciclotrón de Neutrinos en Brookhaven



Figura 3.3.12. El Experimento de neutrinos subterráneos profundos (DUNE) es un esfuerzo organizado a nivel mundial para comprender la naturaleza de los neutrinos. Con más de 1000 científicos, DUNE es la colaboración de experimentos con neutrinos más grande del mundo. Brookhaven Lab ha desempeñado un papel de liderazgo en DUNE desde su inicio, contribuyendo al diseño, la construcción, las operaciones y el análisis de datos del experimento.

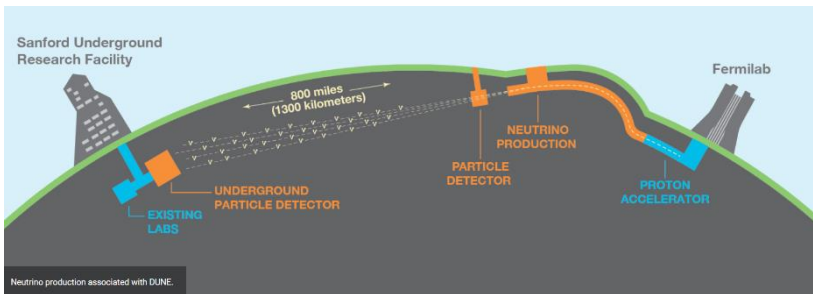


Figura 3.3.13. Para ver la magnitud de lo que se invierte en esa investigación, veamos el esquema que ellos publican sobre su infraestructura.

*** : El “Ice Cube” en la Antártida**

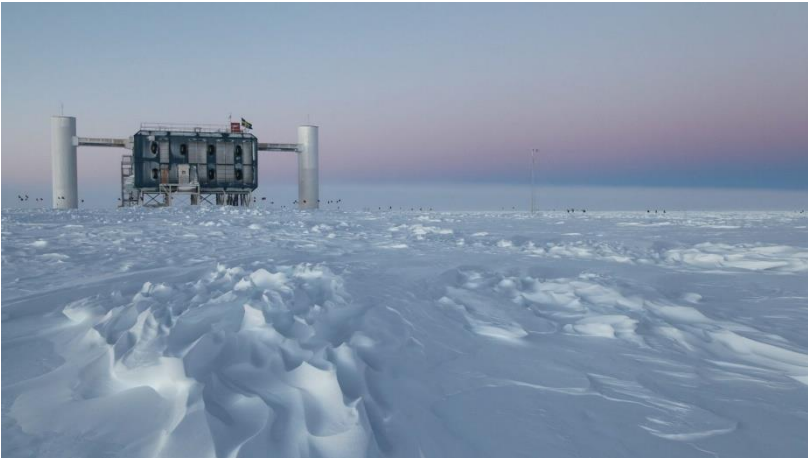


Figura 3.3.14. Instalaciones del “Ice Cube” en la Antártida.

*** : El The Sudbury Neutrino Observatory de Ontario, en Canadá.**



Figura 3.3.15. Instalaciones del laboratorio del SNO en Ontario, Canadá.

El experimento del Observatorio de neutrinos de Sudbury (SNO) fue construido por una colaboración científica internacional principalmente para proporcionar una determinación clara de si los neutrinos solares cambian su sabor en tránsito desde el núcleo del sol a la tierra. El detector utilizó 1000 toneladas de agua pesada (>99,92 % D2O) en una ubicación ultralimpia a 2 km bajo tierra en la mina Creighton de INCO cerca de Sudbury, Canadá, para observar dos reacciones separadas de neutrinos en deuterio.

*** : Para entender, fuerzas y energía**

Volviendo a revisar los conceptos, tenemos que el principio base, positivo-negativo se atrae e iguales se rechazan, encontramos que eso es el efecto de una fuerza que es diferente al efecto de su modificación o manipulación natural o provocada cuya resultante es una “energía”, resumiendo, la energía no existe por si sola, es provocada por algo y se desprende de las fuerzas.

Cuando esas partículas atómicas se modifican, se separan o explotan, esa energía ya es medible para nosotros y los textos dicen que la unidad son los Jules y de ahí por delante hay un sin número de definiciones y reglas que no viene al caso recopilar.

Entonces tenemos que existen fuerzas de base, o sea que existen por si mismas y que son las que causan los efectos, la más conocida la llamamos de magnética, en algunos textos y navegando por internet, encuentra que su unidad la llaman de gravitón, pero ese gravitón no tiene una medida exacta, los científicos no se han puesto de acuerdo a ese respecto, es innegable que existe la fuerza, pero como es, todavía es un dilema, con el paso del tiempo han surgido teorías como la relativista de espacio-tiempo de Einstein, la de las Cuerdas de Jöel Scherk y John Henry Schwarz, que le asigna al universo 11 dimensiones.

Aunque aún no se dispone de una auténtica descripción cuántica de la gravedad, todos los intentos por crear una teoría física que satisfaga simultáneamente los principios cuánticos y a grandes escalas coincida con la teoría de Einstein de la gravitación, han encontrado grandes dificultades. En la actualidad existen algunos enfoques prometedores como la gravedad cuántica de bucles, la teoría de supercuerdas o la teoría de twistores, pero ninguno de ellos es un modelo completo que pueda suministrar predicciones suficientemente precisas.

Todo eso se convierte en un problema, porque de ese conocimiento se deriva la verdadera conciencia de lo que son las fuerzas, que las causa o cómo funciona, todavía no es de público conocimiento y no está claro cómo se generan, parece que hasta ahora apenas es una suposición. Pero nos dicen que el núcleo está compuesto por otras partículas y es donde comienza la confusión, se habla de

nanotecnología y hay muchos avances a ese respecto, como vimos, las dimensiones de los centros experimentales y la cantidad de personas altamente calificadas para trabajar en esas investigaciones, lo que denota altísimas inversiones nos hacen dudar de lo que conocemos.

Es evidente que es muy poco el conocimiento que es de dominio público, muy pocos son los que saben a ciencia cierta, cómo funcionan esas partículas, cómo hicieron para distinguir su energía y especialmente, que papel desempeñan en el funcionamiento del átomo, si en su pequeñísimo tamaño, el instrumento para verlas todavía está por inventarse, no existe, según lo publicado en un portal especializado en microscopios, además Las dimensiones del átomo son miles de veces más pequeñas que la longitud de onda de la luz visible (400-700 nm) por lo que estos no pueden ser observados utilizando instrumentos ópticos.

Pero también vimos las inversiones que se hacen en esos centros de investigación dedicados a colisionar hadrones y electrones, con equipos altamente sensibles, diseñados para captar todo lo que se produce al explotar dichas partículas.

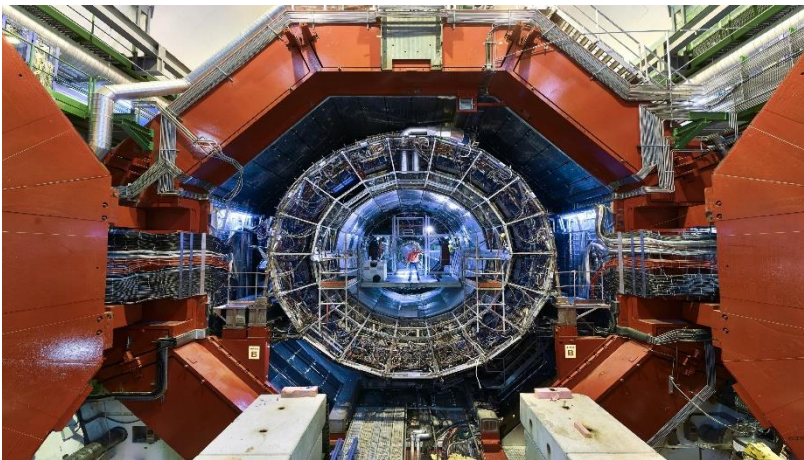


Figura 3.3.16. Esta es una toma del nuevo colisionador del CERN

De acuerdo con eso, lo que los científicos pueden detectar, ver, ponerle nombres super extraños y asumir definiciones basadas en complejas operaciones matemáticas, se reduce a trazos y chispas, como se puede ver en la siguiente imagen.

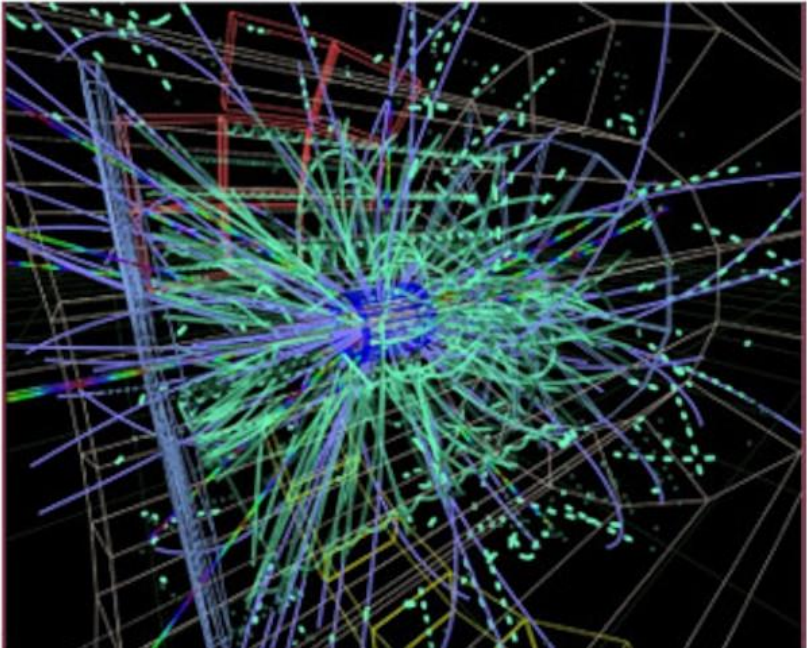


Figura 3.3.17. Estas inquietudes persisten, por encima de la afirmación tácita de que las descripciones que hacen, parecen exactas y veraces, pero por lo analizado, concluimos que son todavía teorías, aunque es evidente que saben lo que hacen, pero no nos dicen fielmente lo que descubren para poder utilizar ese conocimiento como herramienta de dominio.

No es especular basados en teorías de Conspiración o en afiebradas tesis de extraterrestres en mundos subterráneos, lo que se busca, es una explicación real a muchas preguntas que aún siguen sin respuesta, a pesar de los avances científicos.

Comenzaremos por analizar el conocimiento que está al alcance de todo el mundo para luego, ensayar una explicación, basada en los resultados que vemos de todas esas estructuras construidas, que exigen comprobación científica, basados en los términos que son enunciados por esos científicos egresados de las principales universidades del mundo, pero como veremos en la parte III de este trabajo, tienen una íntima relación con lo que sucede por estos días.

CAPÍTULO IV : Otros componentes del mundo atómico

* : El Átomo, como conjunto

Las clases de química en la escuela secundaria explican que un átomo está formado por electrones que orbitan alrededor de un núcleo, formado por protones y neutrones. Cada vez más, sin embargo, otros nombres y expresiones, a veces de sonido extraño, del mundo atómico llegan a las personas a través de sitios web, revistas o programas de televisión. Y te brinda física cuántica, quarks, neutrinos, piones ... Sin embargo, comprender lo que significa cada una de estas palabras no es tan simple. La profesora del Departamento de Física de la PUC-Rio Carla Göbel lo explicó en el sitio web de Globo Ciência.

+ : Protón y neutrón

“El neutrón es una de las partículas que forman el núcleo atómico, junto con los protones. Tiene masa, pero sin carga. Su masa es muy similar a la de un protón. El neutrón tardó mucho en ser descubierto, no hasta principios de la década de 1930. No se sabía por qué la masa del núcleo era más o menos el doble de la masa de los protones. La razón fue que en la mayoría de los núcleos hay cantidades comparables de protones y neutrones”.

“El protón tiene una masa similar a la del neutrón. Desde la década de 1910 se sabía que el núcleo atómico era mucho más pequeño que el átomo en su conjunto. El átomo era neutro, tenía electrones orbitando alrededor de un núcleo, como en un modelo solar. Toda esta carga positiva tendría un diámetro muy pequeño, del orden de 10^{-14} de un metro. Se sabía que tenía una carga positiva, pero no se sabía que también había elementos neutrales allí”.

“En la década de 1930, se entendió que el núcleo atómico estaba formado tanto por protones como por neutrones. Los neutrones son iguales, en términos de masa, en realidad un poco más grandes que el del protón, pero con carga cero, mientras que el protón tiene una carga +1”.

La información que tenemos sobre esto en internet está fragmentada y gráficamente hablando, incomprensible, cualquier cosa que perturbe más nuestras ideas, sin poder encontrar una conexión clara para poder tener algo concreto y comprensiblemente definido como un concepto de precisión con lo que uno lee.

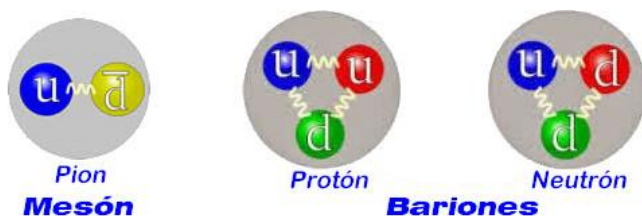


Figura 3.4.1. Representación de los Hadrones

Aquí encontramos una expresión más, el “Spin”, que investigando encontramos que teóricamente es un giro de la partícula, si es hacia la derecha es positivo y a la izquierda su valor es negativo.

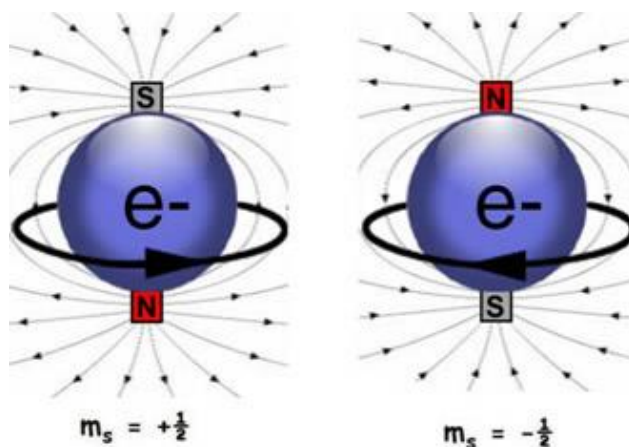


Figura 3.4.2. Representación del Spin

Por ejemplo, esto es lo que vimos, cuando buscamos Quark o Pion, lo encontramos. Poco o nada, sacamos de conclusiones con esas

figuras, son muchas preguntas sin respuesta, algo similar pasa si buscamos definir o entender el problema con la energía, sabiendo de su importancia, al revisar el concepto inicial de que toda la masa es energía en reposo.

Extractado de

<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2012/02/saiba-o-que-sao-pions-muons-quarks-e-outras-particulas-do-mundo-atomico.html>

Cada vez más común en los medios, un profesor de la PUC-Rio ayuda a comprenderlos

* : **Revisando otros conceptos**

Encontramos varias definiciones, en todas ambos están compuestos por 3 Quarks, pero que, en el Neutrón, sumando sus energías, da 0, o sea que no tiene carga eléctrica y que, al parecer, es la fuente de la fuerza gravitacional que regula todo el universo, por el otro lado, el Protón también tiene 3 Quarks, pero estos con carga positiva, para mejor entender esto, vamos a revisar todos los componentes del átomo.

+ : **Configuración del átomo**

Suponemos que el núcleo del átomo puede estar conformado por esas partículas que integran el neutrón, 3 quarks y su respectivo Pion.



Figura 3.4.3. Representación de los bariones

+ : **Especificación del núcleo, los colores y los gluones**

Copiado de <https://ichi.pro/pt/por-que-existem- apenas-8-gluons-144244978687902>

Una de las características más intrigantes del Universo es la fuerte fuerza nuclear. Dentro de cada protón o partícula similar a un

neutrón hay tres quarks, cada uno con su propio color. Los tres colores combinados dan como resultado una combinación incolora, que el Universo parece imponer. Puede tener tres quarks, tres anti-quarks (con los correspondientes anti-colores) o una combinación de quark-anti-quark: con anti-colores de colores que se anulan entre sí. Más recientemente, se ha descubierto que los tetra quarks (con dos quarks y dos anti-quarks) y penta quarks (con cuatro quarks y un anti-quark) también producen estados cuánticos incoloros.

Pero a pesar del hecho de que hay tres colores y tres anti-colores permitidos en la naturaleza, las partículas que median la fuerza fuerte, los gluones, solo vienen en ocho variedades. Podrías pensar que se permitirían todas las combinaciones de colores y anti-colores que puedas imaginar, lo que nos da nueve, pero nuestro Universo físico sigue reglas diferentes. Aquí está la asombrosa y sorprendente física de por qué solo tenemos ocho gluones. Hoy en día, los diagramas de Feynman se utilizan para calcular cada interacción fundamental que abarca las fuerzas fuertes, débiles y electromagnéticas, incluidas las condiciones de alta energía y baja temperatura / condensada. Las interacciones electromagnéticas, que se muestran aquí, están todas gobernadas por una sola partícula portadora de fuerza: el fotón. (DE CARVALHO, VANUILDO S. ET AL. NUCL.PHYS. B875 (2013) 738-756).

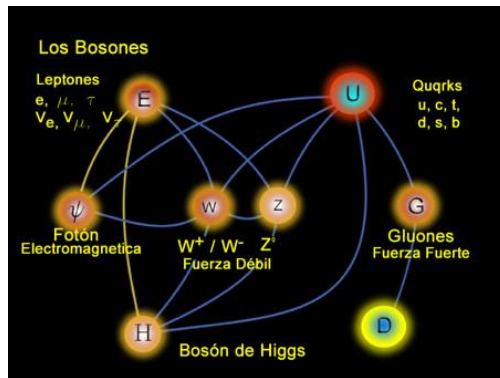


Figura 3.4.4. Interacción del modelo estándar

En física, hay solo unas pocas fuerzas fundamentales, cada una gobernada por sus propias reglas. En la gravitación, solo hay un tipo de carga: masa / energía, que siempre es atractiva. No existe un límite superior para la cantidad de masa / energía que puede tener,

ya que lo peor que puede hacer es crear un agujero negro, que aún se ajusta a nuestra teoría de la gravedad. Cada quantum de energía, ya sea que tenga una masa en reposo (como un electrón) o no (como un fotón), dobla la estructura del espacio, provocando el fenómeno que percibimos como gravitación. Si la gravitación resulta ser de naturaleza cuántica, solo se necesitará una partícula cuántica, el gravitón, para transportar la fuerza gravitacional.

El electromagnetismo, la otra fuerza fundamental que aparece fácilmente en escalas macroscópicas, nos da un poco más de variedad. En lugar de un tipo de carga, hay dos: cargas eléctricas positivas y negativas. Cargas similares se repelen entre sí; las cargas opuestas se atraen. Aunque la física subyacente al electromagnetismo es muy diferente en detalle a la física subyacente a la gravitación, su estructura sigue siendo tan simple como la gravitación. Puede tener cargas gratuitas de cualquier magnitud sin restricciones, y solo se necesita una partícula (el fotón) para mediar en todas las posibles interacciones electromagnéticas.

Los quarks y antiquarks, que interactúan con la fuerza nuclear fuerte, tienen cargas de color que corresponden a rojo, verde y azul (para quarks) y cian, magenta y amarillo (para antiquarks). Cualquier combinación incolora de rojo + verde + azul, cian + amarillo + magenta, o la combinación apropiada de color / anticolor, está permitida por las reglas de fuerza fuerte. (UNIVERSIDAD DE ATHABASCA / WIKIMEDIA COMMONS)



Figura 3.4.5. Teoría de los colores – Wikimedia Commons

Pero cuando miramos la fuerza nuclear fuerte, las reglas se vuelven fundamentalmente diferentes. En lugar de un tipo de carga (gravitación) o incluso dos (electromagnetismo), existen tres cargas

fundamentales para la fuerza nuclear fuerte, conocidas como colores. Además, los colores obedecen reglas diferentes a otras fuerzas. Incluyen lo siguiente:

- Es posible que no tenga una carga neta de ningún tipo; sólo se permiten estados "incolores".
- Un color más su anticolor es incoloro; Además, los tres colores únicos (o anti-color) agregados juntos son incoloros.
- Cada quark contiene una carga de color neta de un color; cada antiquark tiene asignado un anticolor.
- La única otra partícula del Modelo Estándar con un color es el gluon: los quarks intercambian gluones y así es como forman estados enlazados.

A medida que surgieron mejores experimentos y cálculos teóricos, nuestra comprensión del protón se volvió más sofisticada, y entraron en juego gluones, quarks marinos e interacciones orbitales. Sin embargo, la idea fundamental de que hay tres quarks de valencia de tres colores diferentes se ha mantenido constante. (LABORATORIO NACIONAL DE BROOKHAVEN)



Figura 3.4.6. Evolución de la teoría sobre los quarks

Primero, los propios protones y neutrones, y otras partículas como ellos, llamadas bariones, deben estar compuestos por tres quarks, cada uno de los cuales tiene un color diferente. Para cada partícula, como un protón o un neutrón, hay una antipartícula equivalente, compuesta por tres anti-quarks, cada uno de los cuales contiene un anti-color diferente. Toda combinación que exista en cualquier momento debe ser incolora, lo que significa un color rojo, verde y azul para los quarks; un anti-color cian (anti rojo), un magenta (anti verde) y un anti-color amarillo (anti azul) para los anti-quarks.

Como todas las partículas gobernadas por una teoría cuántica de campos, la forma en que funciona la fuerza nuclear fuerte es a través

del intercambio de partículas. Sin embargo, a diferencia de la gravitación o el electromagnetismo, la estructura de la teoría detrás de la fuerza nuclear fuerte es un poco más complicada. Si bien la gravitación en sí misma no cambia la masa / energía de las partículas involucradas y el electromagnetismo no cambia la carga eléctrica de las partículas que se atraen o repelen entre sí, los colores (o anticolores) de los quarks (o anti-quarks) cambian la fuerza nuclear fuerte. cada vez ocurre.

La fuerza fuerte, que opera como lo hace debido a la existencia de "carga coloreada" y el intercambio de gluones, es responsable de la fuerza que mantiene unidos los núcleos atómicos. Un gluon debe consistir en una combinación de color / anti-color para que la fuerza fuerte se comporte como debería, y lo hace. Aquí, se ilustra el intercambio de gluones para quarks dentro de un solo neutrón. (USUARIO DE WIKIMEDIA COMMONS QASHQAILOVE)

La forma en que visualizamos esto es a través del intercambio de gluones. Cada gluon será emitido por un quark (o antiquark) y absorbido por otro quark (o antiquark), que es la misma regla que sigue el electromagnetismo: cada fotón es emitido por una partícula cargada y absorbido por otra. El fotón es la partícula portadora de fuerza que media la fuerza electromagnética; los gluones son las partículas que median la fuerza nuclear fuerte.

Puede imaginar inmediatamente que hay nueve gluones posibles: uno para cada una de las posibles combinaciones de colores anti-color. De hecho, eso es lo que casi todo el mundo espera, siguiendo una lógica muy sencilla. Hay tres colores posibles, tres posibles anticolores y cada posible combinación de colores anticolores representa uno de los gluones. Si visualizara lo que estaba sucediendo dentro del protón de la siguiente manera:

- Un quark emite un gluon, cambiando su color,
- Y este gluon luego es absorbido por otro quark, cambiando su color,

Aunque los gluones se visualizan comúnmente como manantiales, es importante reconocer que llevan cargas de color: una combinación color-anticolor capaz de alterar los colores de los quarks y antiquarks que los emiten o absorben. Las reglas cuánticas

que gobiernan esta interacción pueden ser complicadas, pero estas reglas no se pueden romper (APS / ALAN STONEBRAKER).

Si, dentro de su protón, tuviera tres gluones, uno rojo, uno verde y uno azul, en total incoloro, entonces está bastante claro que los siguientes seis intercambios de gluones podrían tener lugar.

1. el quark rojo puede emitir un gluon rojo-anti-azul, haciéndolo azul y rojo el quark azul,
2. o un gluon rojo anti-verde, haciéndolo verde mientras hace rojo el quark verde,
3. o el quark azul puede emitir un gluon azul hormigueante, lo que lo hace rojo y el quark rojo se vuelve azul,
4. o un gluon anti-verde azul, volviéndolo verde mientras que el quark verde se vuelve azul,
5. o el quark verde puede emitir un gluon verde hormigueante, haciéndolo rojo y el quark rojo volviéndose verde,
6. o un gluon verde-anti-azul, volviéndolo azul y el quark azul volviéndose verde. Los protones y neutrones individuales pueden ser entidades incoloras, pero los quarks dentro de ellos son de color. Los gluones no solo se pueden intercambiar entre gluones individuales dentro de un protón o neutrón, sino también en combinaciones entre protones y neutrones, lo que lleva a la unión nuclear.

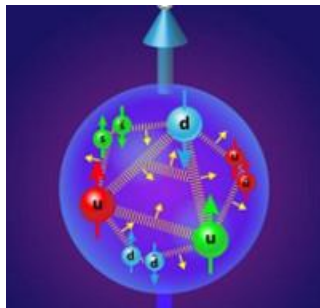


Figura 3.4.7. Modelo más reciente que representa los quarks

Sin embargo, cada intercambio debe obedecer todo el conjunto de reglas cuánticas. (USUARIO DE WIKIMEDIA COMMONS MANISHEARTH).

Infelizmente esta interpretación no es creíble. No pasa de una suposición. Digamos que lo hizo: digamos que se tiene un maremágnum de colores y que se pueden confundir, solo pensemos, como se puede identificar específicamente un gluon anti rojo o azul, ¿si no los podemos ver?, ¿recuerdan lo del microscopio? Decir que un quark rojo lo emitiría, permaneciendo rojo. Pero ¿qué quark lo absorberá? Lógico que se puede imaginar un quark verde que no puede, porque no hay una parte "anti verde" para cancelarlo y hacerlo incoloro para que pueda obtener el rojo del gluon. Del mismo modo, el quark azul no puede, porque no hay "anti blue" en el gluon, solo suposiciones.

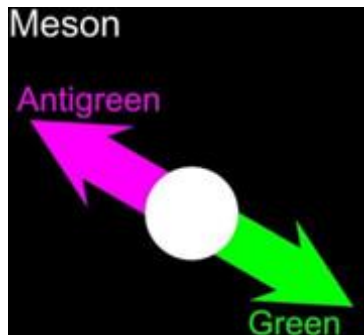


Figura 3.4.8. Teoría de los colores Wikimedia

¿Significa eso que solo hay seis gluones y los otros tres no pueden existir físicamente?

No exactamente. Si bien no puede tener un "rojo anti rojo" o "verde-anti-verde" puro, puede tener un estado mixto que sea en parte rojo-anti-verde, en parte verde-anti-verde e incluso en parte azul-anti-azul. Esto se debe a que, en la física cuántica, las partículas (o combinaciones de partículas) con los mismos estados cuánticos se mezclan; Es inevitable. Así como el pion neutro es una combinación de quarks up-anti-up y down-antidown, los otros gluones permitidos son combinaciones de rojo-anti-verde, verde-anti-verde y azul-anti-azul. La combinación de un quark (RGB) con su correspondiente anti-quark (CMY) siempre asegura que el mesón sea incoloro. Además de los seis gluones de combinación de colores (diferentes) y anti-color que puede tener, hay otros dos (pero no tres) que están permitidos. (EJÉRCITO 1987 / TIMOTHYRIAS OF WIKIMEDIA COMMONS)

Pero tampoco hay tres. La razón principal es esta: debido a las propiedades específicas de la fuerza fuerte, existe una restricción más. Independientemente de lo que tenga como combinación de color y anti-color para un solo color, necesita una combinación negativa de color y anti-color de un color diferente para tener un gluon verdadero. Vamos a mostrarte cómo se ve esto como un ejemplo. Digamos que quieres un gluon que tenga propiedades anti azul y anti- roja. (Las opciones de color reales son arbitrarias). Puede hacer esto, pero la combinación que necesita es:

- $[(\text{rojo anti rojo}) - (\text{azul anti azul})] / \sqrt{2}$,

que tiene un signo menos allí. Ahora, quieres otro gluon, pero debería ser independiente de la combinación que ya has usado. Todo bien; podemos escribir uno. Se parece a esto:

- $[(\text{rojo-anti-verde}) + (\text{azul-anti-azul}) - 2 * (\text{verde-anti-verde})] / \sqrt{6}$.

¿Existe una tercera combinación que podamos escribir que sea independiente de ambas combinaciones?

Cuando tiene tres posibles combinaciones de color / anti-color, se mezclan, produciendo dos gluones "reales" que son asimétricos entre las diversas combinaciones de color / anti-color, y uno que es completamente simétrico. Solo las dos combinaciones antisimétricas dan como resultado partículas reales. (E. SIEGEL) Bueno, sí, pero viola la otra regla importante de la que acabamos de hablar. Puede escribir un tercer gluon de la siguiente manera:

- $[(\text{rojo-anti-rojizo}) + (\text{azul-anti-azul}) + (\text{verde-anti-verde})] / \sqrt{3}$,



$$(r\bar{r} - b\bar{b})/\sqrt{2}$$



$$(r\bar{r} + g\bar{g} - 2b\bar{b})/\sqrt{6}$$



$$(r\bar{r} + b\bar{b} + g\bar{g})/\sqrt{3}$$

Figura 3.4.9. Solo las dos combinaciones antisimétricas dan como resultado partículas reales. (E. SIEGEL)

Que es independiente de las dos combinaciones anteriores. En otras palabras, si esto estuviera permitido, ¡tendríamos un noveno gluon!

Pero como habrás adivinado, ese no es el caso. Todos los componentes de color anti-color son positivos; la combinación color negativo-anti-color no está ahí, lo que corresponde a que este hipotético gluon no es físico. Para tres posibles combinaciones de colores anti-color, solo puede tener dos configuraciones independientes que contengan signos negativos; el tercero siempre será positivo.

En términos de teoría de grupos (para aquellos de ustedes lo suficientemente avanzados en física o matemáticas), la matriz de gluones no tiene rastros, que es la diferencia entre el grupo unitario, $U(3)$, y el grupo unitario especial, $SU(3)$. Si la fuerza fuerte estuviera gobernada por $U(3)$ en lugar de $SU(3)$, habría un gluon extra, sin masa y completamente incoloro, ¡una partícula que se comportaría como un segundo fotón! Desafortunadamente, solo tenemos un tipo de fotón en nuestro Universo, lo que nos enseña experimentalmente que solo hay 8 gluones, no los 9 que cabría esperar. Las partículas y antipartículas del Modelo Estándar existen como consecuencia de las leyes de la física.

Aunque representamos a los quarks, antiquarks y gluones como si tuvieran colores o anticolors, esto es solo una analogía. La ciencia real es aún más fascinante. (E. SIEGEL / MÁS ALLÁ DE LA GALAXIA)

Con tres colores y tres anticolors para los quarks y antiquarks, son estas combinaciones de partículas color-anticolor las que median la fuerte fuerza nuclear entre ellas: los gluones. Seis de los gluones son rectos, con una combinación de colores anticolor que tiene un anticolor diferente al color en cuestión. Los otros dos son combinaciones de colores: anti-colores mezclados y un signo menos entre ellos. La única otra combinación permitida es incolora y no cumple con los criterios necesarios para ser una partícula física. Como resultado, solo hay 8.

Es notable que el modelo estándar esté tan bien descrito por las matemáticas de teoría de grupos, con la fuerza fuerte alineándose perfectamente con las predicciones de esa rama particular de las matemáticas. A diferencia de la gravitación (con un solo tipo de carga positiva atractiva) o el electromagnetismo (con cargas positivas y negativas que se atraen o repelen), las propiedades de la carga coloreada son mucho más complejas, pero son perfectamente

comprensibles. Con solo ocho gluones, podemos reunir todas las combinaciones físicamente posibles de quarks y antiquarks que abarcan todo el Universo.




















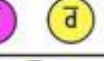



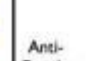







  	  	  	Quarks
 	 	 	Leptons
  	  	  	Anti-Quarks
 	 	 	Anti-Leptons
			Bosons

Figura 3.4.10. Las combinaciones físicamente posibles de las partículas

Estimado lector, a pesar de todas estas explicaciones, tenemos aún muchas dudas y seguiremos buscando mejores aclaraciones para poder entender o dilucidar el funcionamiento del átomo.

*** : Conocimiento superior de los elementos que forman el átomo**
 Esa vaga descripción, usando términos técnicos, no aclaran en forma íntegra el concepto sobre el átomo, por ello creemos que se genera un desconocimiento casi total de su funcionamiento y de las implicaciones que este desconocimiento puede tener en nuestra vida diaria. Por eso buscamos un portal especializado, un centro de divulgación científica para profundizar sobre el tema.

+ : Descripción

https://es.123rf.com/photo_83777862_materia-de-la-mole%C3%A9cula-al-quark-por-ejemplo-de-un-mol%C3%A9cula-de-agua-microcosmos-y-macrocosmos.html.

Para encontrar explicaciones más detalladas hay que investigar mucho y buscar publicaciones especializadas, sin embargo, es difícil conseguir algo acorde con la realidad y convincente sobre ese tema. Por ello, vamos a profundizar un poco más, transcribiendo el

contenido de un portal especializado, que consideramos, tras muchas horas de búsqueda, el que mejor contenido aporta que encontramos para explicar el tema.

<https://opentextbc.ca/openstaxcollegephysics/chapter/quarks-is-that-all-there-is/>

Física universitaria de la Universidad CSO Rice de Houston Tx, USA, con una licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0 Licencia Internacional.

En esta explicación, una de las mejores que encontramos por su detalle, vemos que el átomo está formado por Bariones (protones y neutrones) y por Mesones (pions), también nos hacen una descripción detallada de la conformación de cada uno de ellos, nos dicen que los protones están compuestos por dos quarks U y un quark D y los neutrones por un quark U y dos quarks D, para los pions, nos dicen que están compuestos de dos quarks, que pueden ser positivos o negativos. Lo más interesante de esta explicación, es que demuestra literalmente la conformación de las energías de cada uno de los componentes.

+: Para entender mejor, más investigación.

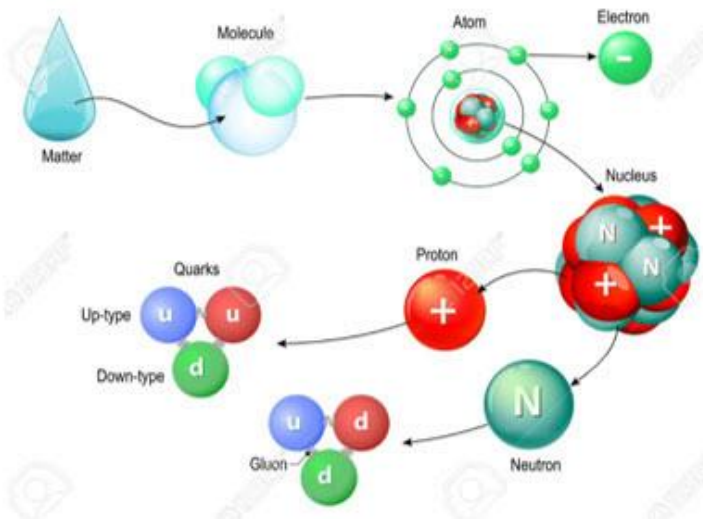


Figura 3.4.11. Representación del átomo, CSO Rice de Houston

Los quarks se han mencionado en varios puntos de este texto como bloques de construcción fundamentales y miembros del exclusivo

club de las partículas verdaderamente elementales. Tenga en cuenta que una partícula elemental o fundamental no tiene subestructura (no está hecha de otras partículas) y no tiene un tamaño finito aparte de su longitud de onda. Esto no significa que las partículas fundamentales sean estables: algunas se descomponen y otras no.

Tenga en cuenta que todos los leptones parecen ser fundamentales, mientras que ningún hadrón es fundamental. Existe una fuerte evidencia de que los quarks son los bloques de construcción fundamentales de los hadrones, como se ve en la (Figura 1). Los quarks son el segundo grupo de partículas fundamentales (los leptones son los primeros). El tercer y quizás último grupo de partículas fundamentales son las partículas portadoras de las cuatro fuerzas básicas. Los leptones, los quarks y las partículas portadoras pueden ser todo lo que hay. En este módulo discutiremos la subestructura de los quarks hadrones y su relación con las fuerzas, así como indicaremos algunas preguntas y problemas restantes.

Todos los bariones, como el protón y el neutrón que se muestran aquí, están formados por tres quarks. Todos los mesones, como los piones que se muestran aquí, están compuestos por un par quark-antiquark. Las flechas representan los espines de los quarks que, como veremos, también están coloreados. Los colores son tales que deben agregarse al blanco para cualquier combinación posible de quarks.

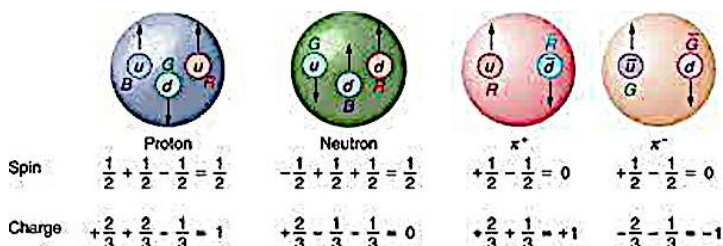


Figura 3.4.12. Valor de la carga y el spin en los quarks

+: concepción de los quarks

Los quarks fueron propuestos por primera vez de forma independiente por los físicos estadounidenses Murray Gell-Mann y George Zweig en 1963. Gell-Mann tomó su pintoresco nombre de una novela de James Joyce; Gell-Mann también fue en gran parte

responsable del concepto y el nombre de extrañeza. (Los nombres caprichosos son comunes en la física de partículas, lo que refleja las personalidades de los físicos modernos).

Originalmente, se propusieron tres tipos de quarks, o sabores, para dar cuenta de los mesones y bariones conocidos en ese momento. Estos sabores de quarks se nombran arriba (u), abajo (d) y extraño (s). Todos los quarks tienen espín semi integral y, por lo tanto, son fermiones. Todos los mesones tienen espín integral, mientras que todos los bariones tienen espín semi integral.

Por lo tanto, los mesones deben estar formados por un número par de quarks, mientras que los bariones deben estar formados por un número impar de quarks. (Figura 3.4.12.) muestra la subestructura de quarks del protón, neutrón y dos piones. La propuesta más radical de Gell-Mann y Zweig son las cargas fraccionarias de los quarks, que son $(\frac{2}{3})q_c$ y $(\frac{1}{3})q_c$, mientras que todas las partículas observadas directamente tienen cargas que son múltiplos enteros de Quarks.

Tenga en cuenta que el valor fraccionario del quark no viola el hecho de que e es la unidad de carga más pequeña que se observa, porque un quark libre no puede existir. (Figura) enumera las características de los seis sabores de quark que ahora se cree que existen. Los descubrimientos realizados desde 1963 han requerido sabores adicionales de quarks, que se dividen en tres familias bastante análogas a los leptones.

+ : ¿Cómo funciona?

Para comprender cómo funcionan estas subestructuras de quarks, examinemos específicamente el protón, el neutrón y los dos piones representados en (Figura 1) antes de pasar a consideraciones más generales. Primero, el protón p está compuesto por los tres quarks uud , por lo que su carga total $+\left(\frac{2}{3}\right)q_c + \left(\frac{2}{3}\right)q_c - \left(\frac{1}{3}\right)q_c = q_c$ es la esperada. Con los espines alineados como en la figura, el espín intrínseco del protón es $+\left(\frac{1}{2}\right) + \left(\frac{1}{2}\right) - \left(\frac{1}{2}\right) = \left(\frac{1}{2}\right)$, también como se esperaba. Tenga en cuenta que los espines de los quarks arriba están alineados, por lo que estarían en el mismo estado excepto que tienen colores diferentes (otro número cuántico que se explicará un poco más adelante). Los quarks obedecen el principio de exclusión de Pauli. Comentarios similares se aplican al neutrón n , que está

compuesto por los tres quarks udd. Tenga en cuenta también que el neutrón está hecho de cargas que suman cero, pero se mueven internamente, produciendo su conocido momento magnético. Cuando el neutrón β^- decae, lo hace cambiando el sabor de uno de sus quarks. Escribiendo el decaimiento de neutrones β^- en términos de quarks

$$n \rightarrow p + \beta^- + \bar{\nu}_c \text{ Becomes } udd \rightarrow uud + \beta^- + \bar{\nu}_c$$

Vemos que esto es equivalente a un quark down cambiando de sabor para convertirse en un quark up:

$$d \rightarrow u + \beta^- + \bar{\nu}_c$$

Name	Symbol	Antiparticle	Spin	Charge	B^2	S	c	b	t	Mass
Up	u	\bar{u}	$1/2$	$\frac{2}{3} q_c$	$\frac{1}{3}$	0	0	0	0	0.005
Down	d	\bar{d}	$1/2$	$\frac{1}{3} q_c$	$\frac{1}{3}$	0	0	0	0	0.008
Strange	s	\bar{s}	$1/2$	$\frac{1}{3} q_c$	$\frac{1}{3}$	± 1	0	0	0	0.5
Charmed	c	\bar{c}	$1/2$	$\frac{2}{3} q_c$	$\frac{1}{3}$	0	1	0	0	1.6
Bottom	b	\bar{b}	$1/2$	$\pm \frac{1}{3} q_c$	$\frac{1}{3}$	0	0	± 1	0	5
Top	t	\bar{t}	$1/2$	$\frac{2}{3} q_c$	$\frac{1}{3}$	0	0	0	1	173

Figura 3.4.13 Tabla de valores de los quarks

Quarks and Antiquarks. Mass (GeV/c²)

Mesons		Baryons	
Particle	Quark Composition	Particle	Quark Composition
π^+	$u \bar{d}$	p	uud
π^-	$\bar{u} d$	n	udd
π^0	$u \bar{u} d \bar{d}$ Mixture	0	udd
η^0	$u \bar{u} d \bar{d}$ Mixture	+	uud
K^0	$d \bar{s}$	-	ddd
\bar{K}^0	$\bar{d} s$	++	uuu
K^+	$u \bar{s}$	0	uds
K^-	$\bar{u} s$	+	uus
J/ψ	$c \bar{c}$	-	dds
Υ	$b \bar{b}$	0	uss
		-	dss
		Ω^-	sss

Figura 3.4 .14. La composición de Quarks en los Hadrones

Este es un ejemplo del hecho general de que la fuerza nuclear débil puede cambiar el sabor de un quark. Por general, queremos decir

que cualquier quark puede convertirse en cualquier otro (cambiar de sabor) mediante la fuerza nuclear débil. No sólo podemos obtener $d \rightarrow u$, también podemos obtener $u \rightarrow d$. Además, el quark extraño también puede ser cambiado por la fuerza débil, haciéndolo posible $s \rightarrow u$ y $s \rightarrow d$. Esto explica la violación de la conservación de la extrañeza por parte de la fuerza débil señalada en la sección anterior. Otro hecho general es que la fuerza nuclear fuerte no puede cambiar el sabor de un quark.

De nuevo, desde (Figura), vemos que el mesón (uno de los tres piones) está compuesto por un quark up más un quark antidown, o $u \bar{d}$. Su carga total es $+\left(\frac{2}{3}\right)q_c + \left(\frac{2}{3}\right)q_c - \left(\frac{1}{3}\right)q_c = q_c$, por lo tanto, como se esperaba. Su número bariónico es 0, ya que tiene un quark y un antiquark con números bariónicos $+\left(\frac{1}{3}\right) - \left(\frac{1}{3}\right) = 0$. La vida media de π^+ es relativamente larga ya que, aunque está compuesto de materia y antimateria, los quarks son de diferentes sabores y la fuerza débil debería causar la descomposición al cambiar el sabor de uno por el del otro.

Los espines de los quarks y son antiparalelos, lo que permite que el pion tenga un espín cero, como se observa experimentalmente. Finalmente, el mesón π^- mostrado en (Figura 2A) es la antipartícula del mesón π^+ , y está compuesta por las correspondientes antipartículas del quark. Es decir, el π^+ mesón es $u \bar{d}$, mientras que el mesón π^- es $\bar{u} d$. Estos dos piones se aniquilan entre sí rápidamente, porque sus quarks constituyentes son las antipartículas de cada uno.

Las dos reglas generales para combinar quarks para formar hadrones son:

1. Los bariones se componen de tres quarks y los antibariones se componen de tres antiquarks.
2. Los mesones son combinaciones de un quark y un antiquark.

Una de las cosas inteligentes de este esquema es que solo resultan cargas integrales, aunque los quarks tienen carga fraccionaria.

+ : Todas las combinaciones son posibles

Todas las combinaciones de quarks son posibles. (Figura) enumera algunas de estas combinaciones. Cuando Gell-Mann y Zweig propusieron los tres sabores originales de quarks, no se habían observado partículas correspondientes a todas las combinaciones de esos tres. El patrón estaba allí, pero estaba incompleto —, como había sido el caso en la tabla periódica de los elementos y la tabla de nucleidos. La partícula Ω^- , en particular, no había sido descubierta, pero fue predicha por la teoría de los quarks.

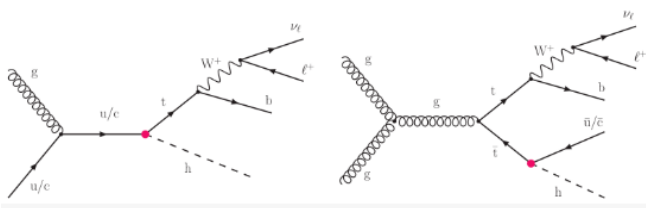


Figura 3.4.15. Interpretación física del quark top y sus interacciones

Su combinación de tres quarks extraños, le da una extrañeza de -3 (Figura 2) y otras características predecibles, como giro, carga, masa aproximada y vida útil. Si la imagen del quark está completa, Ω^- debería existir. Se observó por primera vez en 1964 en el Laboratorio Nacional de Brookhaven y tenía las características predichas como se ve en (Figura 3). El descubrimiento de Ω^- fue una evidencia indirecta convincente de la existencia de los tres sabores originales de quarks e impulsó los esfuerzos teóricos y experimentales para explorar más a fondo la física de partículas en términos de quarks Ω^- .

* : Patrones y rompecabezas: átomos, núcleos y quarks

Números cuánticos de la composición de quarks

Los patrones en las propiedades de los átomos permitieron desarrollar la tabla periódica. A partir de ella, se predijeron y observaron elementos previamente desconocidos. De manera similar, se observaron patrones en las propiedades de los núcleos, lo que condujo al gráfico de nucleidos y predicciones exitosas de nucleidos previamente desconocidos. Ahora, con la física de

partículas, los patrones implican una subestructura de quarks que, si se toma literalmente, predice partículas previamente desconocidas. Estos ahora se han observado en otro triunfo de la unidad subyacente.

Verifique los números cuánticos dados para la partícula 0^0 en la (Figura 2A) sumando los números cuánticos para su composición de quarks como se indica en la (Figura 2).

Estrategia

La composición del 0^0 se da como en la (Figura 2). Los números cuánticos de los quarks constituyentes se dan en la (Figura 2A). No consideraremos el espín, porque eso no se da para el 0^0 . Pero podemos verificar la carga y los otros números cuánticos dados para los quarks.

Solución

El cargo total de uss es $+\left(\frac{2}{3}\right)q_c - \left(\frac{1}{3}\right)q_c - \left(\frac{1}{3}\right)q_c = 0$., que es correcto para el 0^0 . El número bariónico es $+\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right) = 1$, también correcto ya que el es un barión de materia y tiene $B = 1$, como se indica en la (Figura 1). Su extrañeza es $S = 0 - 1 - 1 = -2$, también como se esperaba de (Figura 2). Su encanto, inferioridad y superioridad son 0, al igual que sus números de familia de leptones (no es un leptón).

Discusión

Este procedimiento es similar al que hicieron los inventores de la hipótesis de los quarks cuando comprobaron si su solución al rompecabezas de los patrones de partículas era correcta. También verificaron si se conocían todas las combinaciones, prediciendo así lo que no se había observado anteriormente Ω^- como la finalización de un patrón.

+: Ahora, hablemos de la evidencia directa;

Al principio, los físicos esperaban que, dada la energía suficiente, pudiéramos liberar quarks y observarlos directamente. Esto no ha sido posible. Todavía no existe una observación directa de una carga fraccionaria o de un solo quark. Cuando se ponen en colisión altas energías, se crean otras partículas, pero no emergen los quarks.

Hay evidencia casi directa de los quarks que es bastante convincente. Para 1967, los experimentos en SLAC (**Laboratorio Nacional de Aceleradores**, originalmente llamado Stanford Linear Accelerator Center, es un Laboratorio Nacional del Departamento de Energía de los Estados Unidos operado por la Universidad Stanford), que dispersa electrones de 20 GeV de protones había producido resultados como los que Rutherford había obtenido para el núcleo casi 60 años antes. Los experimentos de dispersión SLAC mostraron sin ambigüedades que había tres cargas puntuales (lo que significa que tenían tamaños considerablemente más pequeños que la longitud de onda de la sonda) dentro del protón.

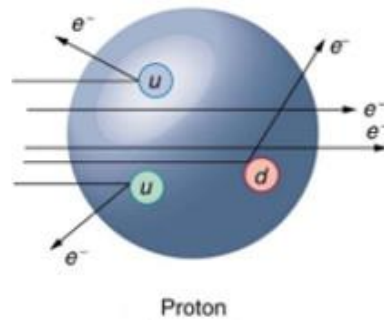


Figura 3.4.16. Respuesta de un quark en el colisionador

Esta evidencia llevó a todos, excepto a los más escépticos, a admitir que la subestructura de quarks de los hadrones era válida (figura 4).

La dispersión de electrones de alta energía de protones en instalaciones como SLAC arroja evidencia de cargas de tres puntos consistentes con las propiedades propuestas de los quarks. Este experimento es análogo al descubrimiento de Rutherford del pequeño tamaño del núcleo mediante la dispersión de partículas α . Se utilizan electrones de alta energía para que la longitud de onda de la sonda sea lo suficientemente pequeña para ver detalles más pequeños que el protón.

Experimentos más recientes y de mayor energía han producido chorros de partículas en colisión, muy sugerentes de tres quarks en un nucleón. Dado que los quarks están muy juntos, la energía utilizada para separarlos los separa solo hasta cierto punto antes de

que comiencen a transformarse en otras partículas. Más energía produce más partículas, no una separación de quarks.

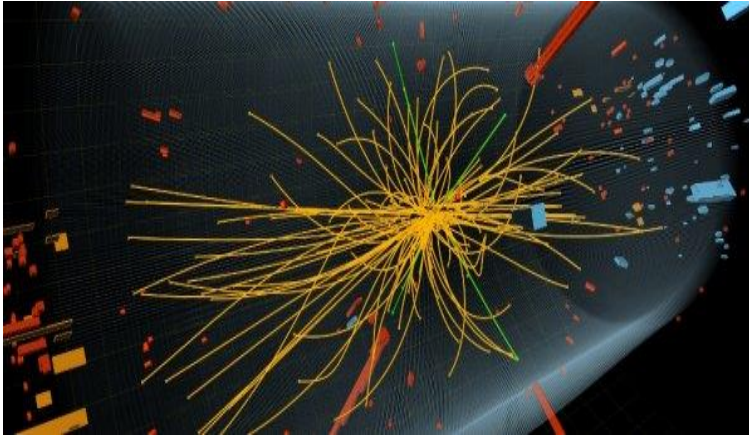


Figura 3.4.17. Esto es lo que los científicos ven en el CERN

La conservación del impulso requiere que las partículas salgan disparadas a lo largo de los tres caminos en los que los quarks fueron atraídos. Tenga en cuenta que solo hay tres chorros y que otras características de las partículas son consistentes con la subestructura de tres quarks.

Simulación de una colisión protón-protón con un centro de energía de masa de 14 TeV en el detector ALICE del CERN LHC. Las líneas siguen las trayectorias de las partículas y los puntos cian representan las deposiciones de energía en los elementos detectores sensibles. (crédito: Matevž Tadel).

El modelo de quarks en realidad perdió parte de su popularidad inicial porque el modelo original con tres quarks tuvo que ser modificado. Los quarks arriba y abajo parecían formar la materia normal, como se ve en la Figura 1, mientras que el único quark Extraño (S) explicaba la extrañeza. ¿Por qué no tenía una contraparte? Se propuso un cuarto tipo de quark llamado Charm (c) como contraparte del quark extraño para hacer las cosas simétricas: habría dos quarks normales (u y d) y dos quarks exóticos (s y c). Además, en ese momento solo se conocían cuatro leptones, dos normales y dos exóticos. Era atractivo que hubiera cuatro quarks y cuatro leptones.

El problema era que ninguna partícula conocida contenía un quark charm. De repente, en noviembre de 1974, dos grupos (uno dirigido por CC Ting en el Laboratorio Nacional de Brookhaven y el otro por Burton Richter en SLAC) descubrieron de forma independiente y casi simultánea un nuevo mesón con características que dejaban claro que su subestructura es $c \bar{c}$. Se llamaba J por un grupo y ψ por el otro y ahora se conoce como el mesón J/ψ . Desde entonces, se han descubierto numerosas partículas que contienen el quark charm, consistente en todos los sentidos con el modelo de quark. El descubrimiento del mesón J/ψ tuvo un efecto tan rejuvenecedor en la teoría de los quarks que ahora se llama la Revolución de noviembre. Ting y Richter compartieron el Premio Nobel de 1976.

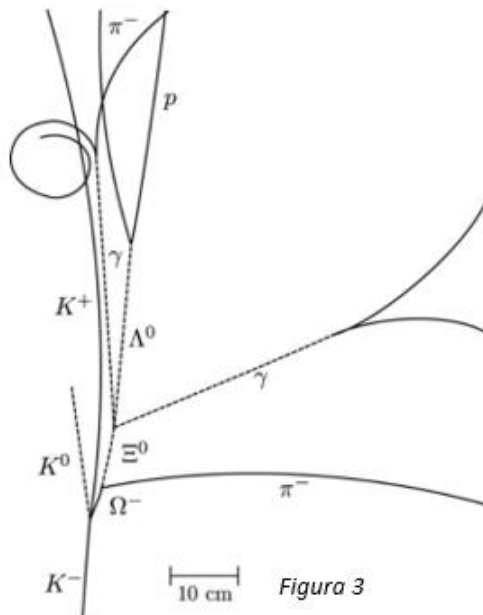


Figura 3.4.18. Así interpretan lo que ven y lo transmiten como dogma.

La historia se repitió rápidamente. En 1975, se descubrió tau (T) y surgió una tercera familia de leptones como se ve en la Figura 3.4.18. Los teóricos rápidamente propusieron dos tipos más de quarks llamados top (t) o verdad e bottom (b) o belleza para mantener el número de quarks es igual al número de leptones. Y en 1976, se descubrió el mesón upsilon (Υ) y se demostró que estaba compuesto

por un quark bottom y un antibottom o por $b \bar{b}$ bastante análogo al J/ψ ser $c \bar{c}$. que se ve en la figura.

Al ser de un solo sabor, estos mesones a veces se denominan encanto y fondo desnudos y revelan las características de sus quarks con mayor claridad. Desde entonces, se han observado otros mesones que contienen quarks de fondo. En 1995, dos grupos del Fermilab confirmaron la existencia del quark top, completando la imagen de los seis quarks enumerados en la figura. Cada descubrimiento sucesivo de quarks, primero c , luego b y finalmente $-t$, requieren más energía porque cada uno tiene más masa. Las masas de los quarks en (Figura) solo se conocen aproximadamente, porque no se observan directamente. Deben inferirse de las masas de las partículas que se combinan para formar.

‡ : ¿Qué tiene que ver el color con esto?

—Un tono más blanco de pálido

Como se menciona y se muestra en la (Figura 6), los quarks llevan otro número cuántico, al que llamamos color. Por supuesto, no es el color que percibimos en la luz visible, pero sus propiedades son análogas a las de los tres colores primarios y los tres secundarios. Específicamente, un quark puede tener uno de los tres valores de color que llamamos rojo (R), verde (G) y azul (B) en analogía con esos colores primarios visibles. Los anti-quarks tienen tres valores que llamamos anti rojo o cian (\bar{R}), anti verde o magenta (\bar{G}), y anti azul o amarillo (\bar{B}) por analogía con esos colores visibles secundarios. La razón de estos nombres es que cuando se combinan ciertos colores visuales, el ojo ve blanco. La analogía de los colores combinados con el blanco se utiliza para explicar por qué los bariones están formados por tres quarks, por qué los mesones son un quark y un antiquark y por qué no podemos aislar un solo quark. La fuerza entre los quarks es tal que sus colores combinados producen el blanco. Esto se ilustra en la (Figura 6). Un barión debe tener uno de cada color primario o RGB, lo que produce el blanco. Un mesón debe tener un color primario y su anticolor, produciendo también el blanco.

Los tres quarks que componen un barión deben ser RGB, que se suman al blanco. El quark y el antiquark que forman un mesón deben ser color y anti-color, aquí (R – R) también sumados dan blanco. La

fuerza entre los sistemas que tienen color es tan grande que no pueden separarse ni existir como coloreados.

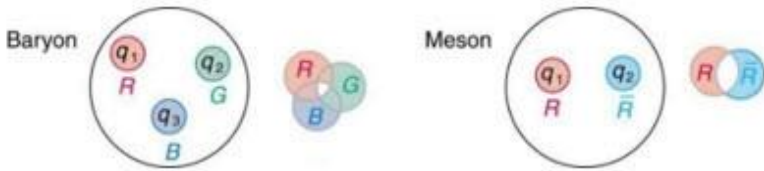


Figura 3.4.19. Teoría de los colores en los quarks

¿Por qué los hadrones deben ser blancos? El esquema de color fue diseñado intencionalmente para explicar por qué los bariones tienen tres quarks y los mesones tienen un quark y un antiquark. Se cree que el color de los quarks es similar al de la carga, pero con más valores. Un ion, por analogía, ejerce fuerzas mucho más fuertes que una molécula neutra. Cuando el color de una combinación de quarks es blanco, es como un átomo neutro. Las fuerzas que ejerce una partícula blanca son como las fuerzas de polarización en las moléculas, pero en los hadrones estos restos son la fuerza nuclear fuerte.

Cuando una combinación de quarks tiene un color que no sea el blanco, ejerce fuerzas extremadamente grandes, incluso mayores que la fuerza fuerte, y es posible que no pueda ser estable o separarse permanentemente. Esto es parte de la teoría del confinamiento de quarks, que explica cómo los quarks pueden existir y, sin embargo, nunca ser aislados u observados directamente. Finalmente, es necesario un número cuántico extra con tres valores (como los que asignamos al color) para que los quarks obedezcan el principio de exclusión de Pauli. Partículas como el Ω^- , que se compone de tres quarks extraños SSS, y el $++$, que son tres quarks up, uuu, pueden existir porque los quarks tienen colores diferentes y no tienen los mismos números cuánticos. El color es consistente con todas las observaciones y ahora es ampliamente aceptado. teoría de los quarks.

+ : Las tres familias

Se cree que las partículas fundamentales son de tres tipos: leptones, quarks o partículas portadoras. Cada uno de estos tres tipos se divide

además en tres familias análogas, como se ilustra en la (Figura 7). Hemos examinado los leptones y los quarks con cierto detalle. Cada uno tiene seis miembros (y sus seis antipartículas) divididos en tres familias análogas. La primera familia es materia normal, de la que están hechas la mayoría de las cosas. El segundo es exótico, y el tercero más exótico y masivo que el segundo. Las únicas partículas estables están en la primera familia, que también tiene miembros inestables.

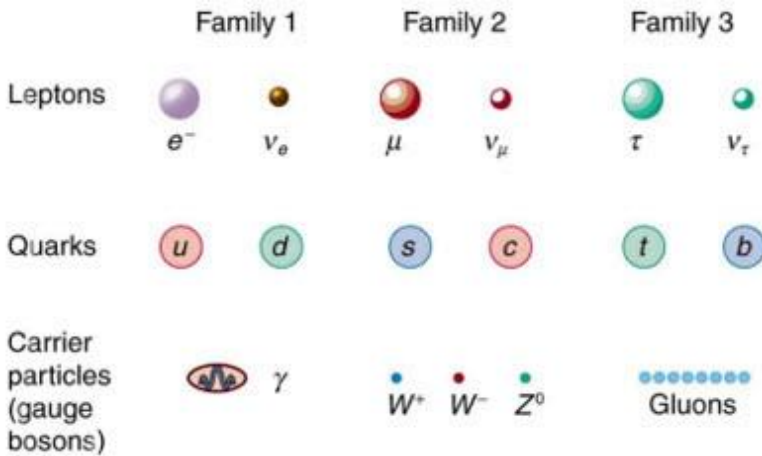


Figura 3.4.20. Las tres familias de partículas

Siempre buscando la simetría y la similitud, los físicos también han dividido las partículas portadoras en tres familias, omitiendo el gravitón. La gravedad es especial entre las cuatro fuerzas porque afecta el espacio y el tiempo en el que existen las otras fuerzas y está demostrando ser la más difícil de incluir en una Teoría del Todo o TOE (para matar la pretensión de tal cosa, es teoría). Por lo tanto, la gravedad a menudo se aleja.

No es seguro que haya significado en las agrupaciones que se muestran en la figura, pero las analogías son tentadoras. En el pasado, hemos sido capaces de hacer avances significativos en la búsqueda de analogías y patrones, y este es un ejemplo de uno bajo escrutinio actual.

Hay conexiones entre las familias de leptones, en que el τ se descompone en el μ y en la e . De manera similar para los quarks, las

familias superiores eventualmente se descomponen en las inferiores, dejando solo los quarks u y d . Durante mucho tiempo hemos buscado conexiones entre las fuerzas de la naturaleza. Dado que estos son transportados por partículas, exploraremos las conexiones entre los gluones W y Z_0 , los fotones como parte de la búsqueda de unificación de fuerzas discutida en GUT: La Unificación de Fuerzas.

Los tres tipos de partículas son leptones, quarks y partículas portadoras. Cada uno de esos tipos se divide en tres familias análogas, con el gravitón omitido.

Resumen

- Se cree que los hadrones están formados por quarks, los bariones tienen tres quarks y los mesones tienen un quark y un antiquark.
- Las características de los seis quarks y sus contrapartes de antiquarks se dan en la Figura, y las composiciones de quarks de ciertos hadrones se dan en la Figura.
- La evidencia indirecta de los quarks es muy sólida y explica todos los hadrones conocidos y sus números cuánticos, como la extrañeza, el encanto, la parte superior e inferior.
- Los quarks vienen en seis sabores y tres colores y ocurren solo en combinaciones que producen blanco.
- Las partículas fundamentales no tienen más subestructura, ni siquiera un tamaño más allá de su longitud de onda de De Broglie.
- Hay tres tipos de partículas fundamentales: leptones, quarks y partículas portadoras. Cada tipo se divide en tres familias análogas como se indica en la Figura 7.

+ : Quark

“En la década de 1960, se entendió que los protones y neutrones no eran partículas fundamentales, ellos mismos estaban formados por otras partículas aún más pequeñas. Aunque no se pueden descomponer, están hechos de otras partículas. Y estas partículas

fundamentales que componen tanto el neutrón como el protón son quarks".

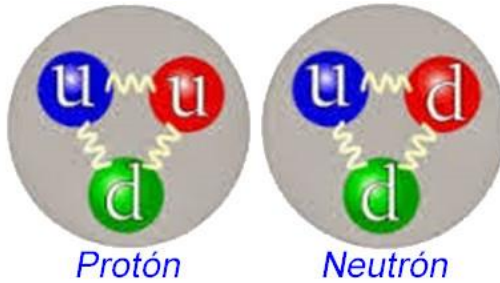


Figura 3.4.21. Bariones

“Los quarks son, hasta donde sabemos, las partículas más fundamentales que componen el núcleo atómico. Toda la materia sólida que conocemos está formada por tres partículas, que son los quarks up y down, 'u' y 'd', y el electrón. El neutrón está formado por dos quarks de tipo 'd' y un quark de tipo 'u'. El protón está formado por dos quarks 'u' y uno 'd'. La diferencia fundamental es la carga eléctrica. El quark 'u' tiene una carga de $+2/3$, el quark 'd' tiene una carga de $-1/3$ ".

* : Muon y Pion

“Se predijo el pión, pero tardó un poco en observarse. Los protones y neutrones están dentro del núcleo atómico. Si el protón es positivo, ¿cómo se verían varios de ellos juntos si la fuerza eléctrica entre dos partículas positivas es repulsiva? ¿Por qué fue cohesivo? La única forma de explicar el núcleo atómico sería mediante la existencia de una fuerza incluso más fuerte que la repulsión eléctrica. Esta fuerza se llamó fuerza fuerte. Un físico japonés, (Hideki) Yukawa, en la década de 1930, postuló que debería haber un pión, algo así como un pegamento (funciona como una partícula que media la fuerza fuerte). El intercambio de estos piones, entre neutrones y protones, se encargaría de mantenerlos cohesivos en el núcleo atómico. Esto fue predicho en la década de 1930, pero solo fue observado en 1947, por un grupo que contaba con el brasileño César Lattes. Un pión es un primo de un protón y un neutrón, hecho de un quark y un antiquark, la antimateria del quark".

“El muón fue descubierto en 1937. Cuando se descubrió, se pensó que era el pión, lo que ya se esperaba. El muón no sintió la fuerza fuerte. Hoy sabemos que el muón es hermano del electrón. Es como el electrón en todos los sentidos, pero tiene una masa mayor ”.

+: ¿Qué son los muones?

El muón es una partícula elemental parecida a un electrón, con una carga eléctrica de -1 y un espín de $1/2$, pero con una masa mucho mayor ($105,7 \text{ MeV}/c^2$). Se clasifica como leptón, al igual que el electrón (masa $0,511 \text{ MeV}/c^2$), tau (masa $1777,8 \text{ MeV}/c^2$) y los tres neutrinos. Como ocurre con otros leptones, no se cree que el muón tenga ninguna subestructura; es decir, no tiene partículas más simples.

El muón es una partícula subatómica inestable, con una vida media de $2,2 \mu\text{s}$. Entre todas las partículas subatómicas inestables conocidas, solo el neutrón y algunos núcleos atómicos tienen una vida útil más larga; otros se descomponen significativamente más rápido. La desintegración del muón (así como del neutrón, el barión inestable más longevo) está mediada exclusivamente por la fuerza débil. La desintegración del muón siempre produce al menos tres partículas, que deben incluir un electrón de la misma carga que el muón y dos neutrinos de diferentes tipos.

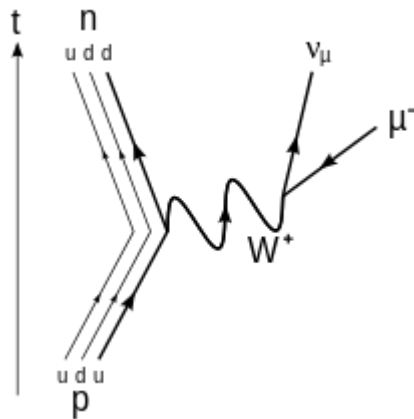


Figura 3.4.22. Muón

Como todas las partículas elementales, el muón tiene una antipartícula correspondiente de carga opuesta, pero con la

misma masa y el mismo espín: el antimuón (también llamado muón positivo). Los muones tienen μ^- y los antimuones tienen μ^+ (es decir, cargas opuestas, como también ocurre entre el electrón y el positrón). Los muones se llamaban anteriormente mesones Mu, pero los físicos de partículas modernos no los clasifican como mesones, por lo que la comunidad científica ya no usa el nombre.

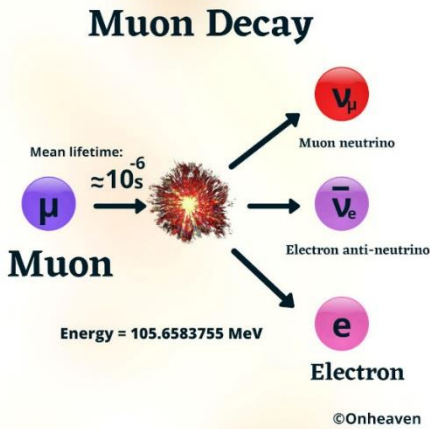


Figura 3.4.23. Decaimiento del Muón

Los muones tienen una masa de 105,7 MeV/c², que es unas 200 veces la de un electrón. Debido a su mayor masa, los muones no se aceleran fuertemente cuando se encuentran con campos electromagnéticos y no emiten tanta radiación de Bremsstrahlung. Esto permite que los muones de cierta energía penetren más profundamente en la materia que los electrones, ya que la desaceleración de los electrones y los muones se debe principalmente a la pérdida de energía por el mecanismo de bremsstrahlung. Como ejemplo, los llamados "muones secundarios", generados por los rayos cósmicos que golpean la atmósfera, pueden penetrar la superficie de la Tierra e incluso las minas profundas.

Dado que los muones tienen una gran masa y energía en comparación con la energía de desintegración de la radiactividad, nunca se producen por desintegración radiactiva. Sin embargo, se producen en grandes cantidades en interacciones de alta energía en materia normal, en ciertos experimentos de

aceleradores de partículas con hadrones, o naturalmente en interacciones de rayos cósmicos con la materia. Estas interacciones a menudo producen inicialmente mesones pi, que en la mayoría de los casos se descomponen en muones.

+ : ¿Que son los piones?

Pero hay más, alrededor del Neutrón y del Protón, también se encuentran los Mesones (pion, derivados de la letra griega Pi), que también tienen carga, -En 1.947 Cecil Frank Powell y su equipo de investigadores encontraron en los rayos cósmicos unas partículas que rodeaban a los protones y neutrones, las denominaron “Pion”, algo así como un colchón elástico que impide el efecto electromagnético entre los dos componentes del átomo.

Pero si nos adentramos en la información, que existe y ahora con internet, que es de fácil acceso, podremos comprender muchas cosas, por ejemplo, en 1.947 Cecil Frank Powell y su equipo de investigadores encontraron en los rayos cósmicos una partícula que denominaron “**Pión**”.

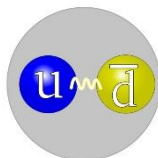


Figura 3.4.24. Meson

Cada forma de pión tiene una masa ligeramente diferente, Positiva 139,6 MeV; Negativa 189,6 MeV; Neutra 135 MeV), al principio se creyó que dichas partículas eran el límite de la materia. Pero en los años sesenta los físicos propusieron que dichas partículas subatómicas contenían partículas aún más pequeñas que no podían ser detectadas, porque los piones como todas las partículas compuestas deberían estar integrados por otras dos partículas y les dieron el nombre de “**Quarks**”.

La representación más común de los Hadrones del núcleo, Pions, Protones y neutrones se hace de esta manera, la razón para repetir la explicación, ya mostrada páginas atrás, es para hacer un comparativo del conocimiento y la explicación que tenemos disponible para todo el mundo.

* : Teoría cuántica

“La teoría cuántica es un nombre genérico que explica todos los fenómenos en lo que llamamos escala cuántica. La escala cuántica es del orden de 10 a la menos 9 (10^{-9}) metros, Es la escala de distancia entre átomos ”.

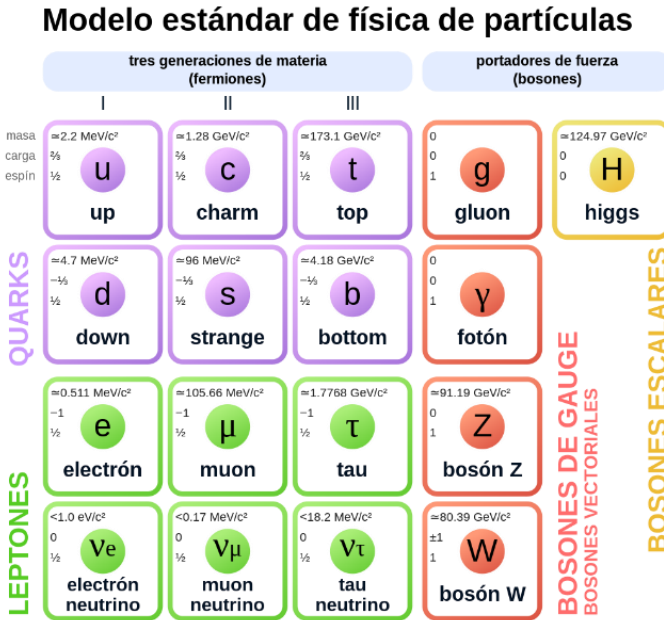


Figura 3.4.25. Modelo estándar de partículas

“¿Qué es el mundo cuántico, la física cuántica? Antes, había ondas y partículas, ondas y materia. Había ondas de luz, ondas en cuerdas, ondas en el agua. La onda no era materia, era vibración. Estas dos cosas estaban separadas. La física cuántica rompe este concepto, en particular, al comprender que la materia también puede comportarse como una onda”.

"La idea de que la mayoría la gente hace un electrón es que es como una bolita. Si arrojas un montón de electrones en una pared de dos agujeros, sabes, según el concepto clásico, que cada uno de ellos pasará por el agujero superior o por el inferior o no pasará, porque va a Golpear la pared. Lo que sabemos hoy es que, si arrojamus un electrón a la pared, pasará por ambos agujeros al mismo tiempo, como una onda de luz. La mecánica cuántica interpreta que la

materia tiene propiedades de onda, lo que significa que no puede localizar el electrón. Es un objeto disperso".

*** : De acuerdo con eso, ¿que son los quarks?**

El quark, en física de partículas, es una partícula elemental y uno de los dos constituyentes fundamentales de la materia. Los quarks se combinan para formar partículas compuestas llamadas hadrones, los más estables de los cuales son los protones y neutrones, que son los componentes principales de los núcleos atómicos. Wikipedia.



Figura 3.4.26. Los quarks

Ya vimos como los representan, como si fueran entidades separadas, que se identifican por colores y usan nombres especiales para cada uno determinando su carga eléctrica.

Vemos que la representación no da una idea comprensible de cómo funciona, si tenemos en cuenta que además de estas definiciones, hay otros elementos que conforman el átomo.

Este cuadro resume todo lo que hay sobre los integrantes del átomo, dando una idea clara sobre todas las definiciones, anotando también sus características principales, entonces definimos que además de los Quarks y los Pion, también existen los Leptones que son los electrones, las fuerzas o Bosones y el fotón, que es el resultante.

*** : Los Isotopos**

Se denomina isótopos a los átomos de un mismo elemento, cuyos núcleos tienen una cantidad diferente de neutrones, y por lo tanto, difieren en número másico. La palabra isótopo (del griego: ἴσος isos 'igual, mismo'; τόπος τόπος 'lugar', "en mismo sitio") se usa para indicar que todos los tipos de átomos de un mismo elemento

químico (isótopos) se encuentran en el mismo sitio de la tabla periódica. Los átomos que son isótopos entre sí son los que tienen igual número atómico (número de protones en el núcleo), pero diferente número másico (suma del número de neutrones y el de protones en el núcleo). Los distintos isótopos de un elemento difieren, pues, en el número de neutrones.

La mayoría de los elementos químicos tienen más de un isótopo. Solamente 8 elementos (por ejemplo: berilio o sodio) poseen un solo isótopo natural. En contraste, el estaño es el elemento con más isótopos estables. Otros elementos tienen isótopos naturales, pero inestables, como el uranio, cuyos isótopos pueden transformarse o decaer en otros isótopos más estables, emitiendo en el proceso radiación, por lo que se dice que son radiactivos.

Los isótopos inestables son útiles para estimar la edad de una gran variedad de muestras naturales, como rocas y materia orgánica. Esto es posible, siempre y cuando, se conozca el ritmo promedio de desintegración de determinado isótopo, en relación con los que ya han decaído. Gracias a este método de datación, se puede estimar la edad de la Tierra.

+ : Tipos de Isotopos

Todos los isótopos de un mismo elemento tienen el mismo número atómico, pero difieren en lo que actualmente se conoce como número másico. Si la relación entre el número de protones y de neutrones no es la apropiada para obtener la estabilidad nuclear, el isótopo es radiactivo. Por ejemplo, en la naturaleza el carbono se presenta como una mezcla de tres isótopos con números másicos 12, 13 y 14: ^{12}C , ^{13}C y ^{14}C . Sus abundancias respecto a la cantidad global de carbono son respectivamente 98,89 %, 1,11 % y trazas.

Isótopos naturales. Los isótopos naturales son aquellos que se encuentran en la naturaleza. Por ejemplo, el hidrógeno tiene tres isótopos naturales, el protio, el deuterio y el tritio. El tritio es muy usado en trabajos de tipo nuclear; es el elemento esencial de la bomba de hidrógeno. Otro elemento que está formado por isótopos muy importantes es el carbono, que son el carbono-12, que es la base referencial del peso atómico de cualquier elemento, el carbono-13 que es el único carbono con propiedades magnéticas y el carbono-14 radiactivo, muy importante ya que su semivida es de

5730 años y se usa mucho en arqueología para determinar la edad de los fósiles orgánicos. El uranio-235 se usa en las centrales nucleares y en las bombas atómicas.

Isótopos artificiales. Los isótopos artificiales se producen en laboratorios nucleares por bombardeo de partículas subatómicas o en las centrales nucleares. Estos isótopos suelen tener una vida corta, principalmente por la inestabilidad y radioactividad que presentan. Uno de estos es el cesio, cuyos isótopos artificiales se usan en plantas nucleares de generación eléctrica. Otro muy usado es el iridio-192 que se usa para comprobar la hermeticidad de las soldaduras de tubos, sobre todo en tubos de transporte de crudo pesado y combustibles. Algunos isótopos del uranio como el uranio-233 también se usan en tecnología nuclear.

Los isótopos se subdividen en isótopos estables (existen menos de 300) y no estables o isótopos radiactivos (existen alrededor de 1200). El concepto de estabilidad no es exacto, ya que existen isótopos casi estables. Su estabilidad se debe al hecho de que, aunque son radiactivos, tienen un periodo de semidesintegración extremadamente largo comparado con la edad de la Tierra.

* : Ions

Un ion Bueno (tomado del inglés y este del griego ἰών [ion], «que va»; hasta 2010, ión) es una partícula cargada eléctricamente constituida por un átomo o molécula que no es eléctricamente neutro. Conceptualmente esto se puede entender como que, a partir de un estado neutro de un átomo o molécula, se han ganado o perdido electrones; este fenómeno se conoce como ionización.

Cuando un átomo pierde o gana electrones, la especie formada es un ion y lleva una carga eléctrica neta. Como el electrón tiene carga negativa, cuando se añaden uno o más electrones a un átomo eléctricamente neutro, se forma un ion cargado negativamente. Al perder electrones se produce un ion cargado positivamente. El número de protones no cambia cuando un átomo se convierte en un ion. Los iones cargados negativamente, producidos por haber más electrones que protones, se conocen como aniones (que son atraídos por el ánodo) y los cargados positivamente, consecuencia de una pérdida de electrones, se conocen como cationes (los que son atraídos por el cátodo).

Anión ("el que va hacia arriba") tiene carga eléctrica negativa.

Catión ("el que va hacia abajo") tiene carga eléctrica positiva.

Unas definiciones más formales son:

- Un catión es una especie monoatómica o poliatómica que tiene una o más cargas elementales del protón.
- Un Anión es una especie monoatómica o poliatómica que tiene una o más cargas elementales del electrón.

Ánodo y cátodo utilizan el sufijo '-odo', del griego odos (-οδος), que significa camino o vía. **Ánodo**: ("camino ascendente de la corriente eléctrica)". Es el lugar dónde se produce la reacción de oxidación, que provoca un aumento del estado de oxidación.

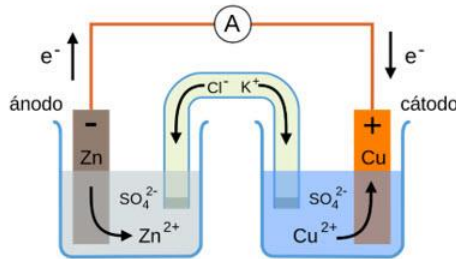


Figura 3.2.27. Electrólisis en función de ánodo y cátodo

Cátodo: ("camino descendente de la corriente eléctrica)". Es el lugar dónde se produce la reacción de reducción que provoca una disminución del estado de oxidación. Un ion conformado por un solo átomo se denomina ion monoatómico, a diferencia de uno conformado por dos o más átomos, que se denomina ion poliatómico.

Hasta aquí se ha hecho un resumen de lo que se encuentra en diversas páginas de internet, tratando de extraer lo mejor y lo más detallado posible, pero la conclusión sigue siendo la misma, muchas dudas a resolver, muchas preguntas sin respuesta, solo dogmas impuestos como verdaderos, siendo que en el mismo internet se encuentra que muchas de esas cosas no pueden tener comprobación real, todo no pasa de simples sospechas o conceptos técnicos de eruditos que son parte de la estructura del sistema.

Capítulo V : Reflexiones más allá del átomo

* : La Teoría de las Cuerdas

https://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa_de_cuerdas

Las teorías de cuerdas son una serie de hipótesis científicas y modelos fundamentales de física teórica que asumen que las partículas subatómicas, aparentemente puntuales, son en realidad «estados vibracionales» de un objeto extendido más básico llamado «cuerda» o «filamento».

De acuerdo con estas teorías, un electrón no sería un "punto" sin estructura interna y de dimensión cero, sino una cuerda minúscula en forma de lazo vibrando en un espacio-tiempo de más de cuatro dimensiones; de hecho, el planteamiento matemático de esta teoría no funciona a menos que el universo tenga diez dimensiones. Mientras que un punto simplemente se movería por el espacio, una cuerda podría hacer algo más: vibrar de diferentes maneras. Si vibrase de cierto modo, veríamos un electrón; pero si lo hiciese de otro, veríamos un fotón, un quark o cualquier otra partícula del modelo estándar dependiendo de la forma concreta en que estuviese vibrando. Estas teorías, ampliada con otras como la de las supercuerdas o la teoría M, pretende alejarse de la concepción del punto-partícula.

La siguiente formulación de una teoría de cuerdas se debe a Jöel Scherk y John Henry Schwarz, que en 1974 publicaron un artículo en el que mostraban que una teoría basada en objetos unidimensionales o "cuerdas" en lugar de partículas puntuales podía

describir la fuerza gravitatoria, aunque estas ideas no recibieron en ese momento mucha atención hasta la Primera revolución de supercuerdas de 1984. De acuerdo con la formulación de la teoría de cuerdas surgida de esta revolución, las teorías de cuerdas pueden considerarse de hecho un caso general de teoría de Kaluza-Klein cuantizada. Las ideas fundamentales son dos:

Los objetos básicos de la teoría no serían partículas puntuales, sino objetos unidimensionales extendidos (en las cinco teorías de supercuerdas convencionales estos objetos eran unidimensionales o "cuerdas"; actualmente en la teoría-M se admiten también de dimensión superior o «p-branas»). Esto renormaliza algunos infinitos de los cálculos perturbativos.

El espacio-tiempo en el que se mueven las cuerdas y p-branas de la teoría no sería el espacio-tiempo ordinario de cuatro dimensiones, sino un espacio de tipo Kaluza-Klein, en el que a las cuatro dimensiones convencionales se añaden seis dimensiones compactadas en forma de variedad de Calabi-Yau. Por tanto, convencionalmente en la teoría de cuerdas existe una dimensión temporal, tres dimensiones espaciales ordinarias y seis dimensiones compactadas e inobservables en la práctica.

La inobservabilidad de las dimensiones adicionales está relacionada al hecho de que estas estarían compactadas, y solo serían relevantes a escalas pequeñas comparables con la longitud de Planck. Igualmente, con la precisión de medida convencional las cuerdas cerradas con una longitud similar a la longitud de Planck se asemejarían a partículas puntuales.

+ : Desarrollos posteriores

Tras la introducción de la teoría de cuerdas, se consideró la conveniencia de introducir el principio de que la teoría fuera supersimétrica; es decir, que admitiera una simetría abstracta que relacionara fermiones y bosones. Actualmente la mayoría de los teóricos de cuerdas trabajan en teorías supersimétricas; de ahí que la teoría de cuerdas actualmente se llame teoría de supercuerdas. Esta última teoría es básicamente una teoría de cuerdas supersimétrica; es decir, que es invariante bajo transformaciones de supersimetría.

Actualmente existen cinco teorías de supercuerdas relacionadas con los cinco modos que se conocen de implementar la supersimetría en el modelo de cuerdas. Aunque dicha multiplicidad de teorías desconcertó a los especialistas durante más de una década, el saber convencional actual sugiere que las cinco teorías son casos límites de una teoría única sobre un espacio de 10 dimensiones (las tres del espacio y una temporal serían las 4 que ya conocemos más otras seis adicionales resabiadas o "compactadas") y una que las engloba formando "membranas" de las cuales se podría escapar parte de la gravedad de ellas en forma de gravitones. Esta teoría única, llamada teoría M, de la que solo se conocerían algunos aspectos, fue conjeturada en 1995.

+ : Variantes de la teoría

La teoría de supercuerdas es algo actual. En sus principios (mediados de los años 1980) aparecieron unas cinco teorías de cuerdas, las cuales después fueron identificadas como límites particulares de una sola teoría: la teoría M. Las cinco versiones de la teoría actualmente existentes, entre las que pueden establecerse varias relaciones de dualidad, son:

- : La Teoría de cuerdas de Tipo I, donde aparecen tanto "cuerdas" y D-branas abiertas como cerradas, que se mueven sobre un espacio-tiempo de diez dimensiones. Las D-branas tienen una, cinco y nueve dimensiones espaciales.
- : La Teoría de cuerdas de Tipo IIA es también una teoría de diez dimensiones, pero que emplea solo cuerdas y D-branas cerradas. Incorpora los gravitinos (partículas teóricas asociadas al gravitón mediante relaciones de supersimetría). Usa D-branas de dimensión 0, 2, 4, 6 y 8.
- : La Teoría de cuerdas de Tipo IIB. Difiere de la teoría de tipo IIA principalmente en el hecho de que esta última es no quiral (conservando la paridad).
- : La Teoría de cuerda heterótica SO (32) (Heterótica-O), basada en el grupo de simetría O (32).
- : La Teoría de cuerda heterótica E8xE8 (Heterótica-E), basada en el grupo de Lie excepcional E8. Fue propuesta en 1987 por Gross, Harvey, Martinec y Rohm.

El término teoría de cuerdas se refiere en realidad a las teorías de cuerdas bosónicas de 26 dimensiones y la teoría de supercuerdas de diez dimensiones, esta última descubierta al añadir supersimetría a la teoría de cuerdas bosónica. Hoy en día la teoría de cuerdas se suele referir a la variante supersimétrica, mientras que la antigua se conoce por el nombre completo de "teoría de cuerdas bosónicas". En 1995, Edward Witten conjeturó que las cinco diferentes teorías de supercuerdas son casos límite de una desconocida teoría de once dimensiones llamada Teoría-M. La conferencia donde Witten mostró algunos de sus resultados inició la llamada Segunda revolución de supercuerdas.

En esta Teoría M intervienen como objetos animados físicos fundamentales no solo cuerdas unidimensionales, sino toda una variedad de objetos no perturbativos, extendidos en varias dimensiones, que se llaman colectivamente p-branas (este nombre es una aféresis de "membrana").

+ : Controversia sobre la teoría

Aunque la teoría de cuerdas, según sus defensores, pudiera llegar a convertirse en una de las teorías físicas más predictivas, capaz de explicar algunas de las propiedades más fundamentales de la naturaleza en términos geométricos, los físicos que han trabajado en ese campo hasta la fecha no han podido hacer predicciones concretas con la precisión necesaria para confrontarlas con datos experimentales. Dichos problemas de predicción se deberían, según el autor, a que el modelo no es falsable, y por tanto, no es científico, o bien a que «la teoría de las supercuerdas es tan ambiciosa que solo puede ser del todo correcta o del todo equivocada. El único problema es que sus matemáticas son tan nuevas y difíciles que durante varias décadas no sabremos cuáles son», dicho esto en 1990. D. Gross, premio Nobel de física por su trabajo en el modelo estándar, se convirtió en un formidable luchador de la teoría de cuerdas, pero recientemente ha dicho: "No sabemos de qué estamos hablando".

Si los teóricos de cuerdas se equivocan, no pueden equivocarse solo un poco. Si las nuevas dimensiones y las simetrías no existen, consideraremos a los teóricos de cuerdas unos de los mayores fracasados de la ciencia (...). Su historia constituirá una leyenda

moral de cómo no hacer ciencia, de cómo no permitir que se sobrepasen tanto los límites, hasta el punto de convertir la conjetura teórica en fantasía.

Lee Smolin⁵

+ : Falsacionismo y teoría de cuerdas

La teoría de cuerdas o la Teoría M podrían no ser falsables, según sus críticos. Diversos autores han declarado su preocupación de que la Teoría de cuerdas no sea falsable y como tal, siguiendo las tesis del filósofo de la ciencia Karl Popper, la Teoría de cuerdas sería equivalente a una pseudociencia.

El filósofo de la ciencia Mario Bunge ha manifestado lo siguiente:

La consistencia, la sofisticación y la belleza nunca son suficientes en la investigación científica.

La Teoría de cuerdas es sospechosa (de pseudociencia). Parece científica porque aborda un problema abierto que es a la vez importante y difícil, el de construir una teoría cuántica de la gravitación. Pero la teoría postula que el espacio físico tiene seis o siete dimensiones, en lugar de tres, simplemente para asegurarse consistencia matemática. Puesto que estas dimensiones extra son inobservables, y puesto que la teoría se ha resistido a la confirmación experimental durante más de tres décadas, parece ciencia ficción, o al menos, ciencia fallida.

La física de partículas está inflada con sofisticadas teorías matemáticas que postulan la existencia de entidades extrañas que no interactúan de forma apreciable, o para nada en absoluto, con la materia ordinaria, y como consecuencia, quedan a salvo al ser indetectables. Puesto que estas teorías se encuentran en discrepancia con el conjunto de la Física, y violan el requerimiento de falsacionismo, pueden calificarse de pseudocientíficas, incluso aunque lleven pululando un cuarto de siglo y se sigan publicando en las revistas científicas más prestigiosas.

Mario Bunge, 2006.10

+ : Impacto de la promoción de la teoría en el mundo académico

Smolin indica que la teoría de cuerdas se ha convertido en el principal camino de exploración de las grandes cuestiones de la física debido a una agresiva promoción, considerando que resulta prácticamente un "suicidio profesional" para cualquier joven físico teórico no ingresar en sus filas. Expone además que a pesar de la escasa inversión en [...] otros campos de investigación, algunos de ellos han avanzado más que el de la teoría de cuerdas e identifica los siguientes rasgos en las "comunidades de supercuerdas":

- Tremenda autosuficiencia y conciencia de pertenecer a una élite.
- Comunidades monolíticas con gran uniformidad de opiniones sobre cuestiones abiertas, generalmente impuestas por los que constituyen la jerarquía de la comunidad.
- Sentido de identificación con el grupo parecido a la pertenencia a una comunidad religiosa o partido político.
- Sentido de frontera entre el grupo y otros expertos.
- Gran desinterés por las ideas y personas que no son del grupo.
- Una confianza excesiva en interpretar positivamente los resultados e incluso aceptarlos exclusivamente porque son creídos por la mayoría.
- Una falta de percepción del riesgo que conlleva una nueva teoría.

CAPÍTULO VI : Reflexiones sobre el átomo

+ : *La definición Onda-Partícula*

Einstein propuso en 1909 que, al describir el comportamiento físico de la luz, que se debe tener en cuenta su volatilidad y la naturaleza de las partículas. En 1923, Louis-Victor de Broglie asumió que las partículas materiales también tenían dualidad onda-partícula, es decir, la naturaleza dual de las fluctuaciones y las partículas. Esta discusión fue más tarde llamada la hipótesis de “De Broglie”.

En 1927, el Experimento de Davisson-Germer confirmó la hipótesis de De Broglie. Esta serie de desarrollos importantes llevó a Niels Bohr y Heisenberg a centrarse en el estudio de la dualidad de las partículas. Sin embargo, debido a su dificultad, todavía no pudieron encontrar la solución correcta a pesar de la investigación de la lluvia de ideas. En febrero de 1927, Bohr concibió un principio complementario en la curación noruega.

Este principio aclara que, en función de diferentes marcos experimentales, las cosas mostrarán la naturaleza dual de la oposición aparente, como la dualidad onda-partícula. Durante el mismo período, Heisenberg también desarrolló el principio de incertidumbre. En el otoño de ese año, Heisenberg fue ascendido a profesor en la Universidad de Leipzig. A partir de abril y durante todo el verano, Oscar Klein fue responsable de dictar su trabajo a Bohr y la revisión del documento sobre el principio de complementariedad.

En septiembre del mismo año, en la reunión de Volta celebrada en Como, Italia, Bohr propuso por primera vez el principio de complementariedad. Los problemas filosóficos derivados del nuevo concepto de mecánica cuántica han provocado un amplio debate. A pesar de sus contribuciones a la mecánica cuántica, Einstein ha

planteado muchas críticas a estos nuevos conceptos. El principio de complementariedad no es una excepción. Einstein y Bohr más tarde presentaron argumentos prolongados sobre estos temas hasta que Einstein falleció.



Figura 3.6.1. Escudo de armas de Niels Bohr

Con el final de la Segunda Guerra Mundial, Bohr regresó a Copenhague el 25 de agosto de 1945 y fue reelegido como presidente de la Real Academia Danesa de Ciencias el 21 de septiembre. El 17 de octubre de 1947, en el servicio conmemorativo de Christian X, el rey Federico IX anunció el premio de la Medalla del Elefante a Bohr. Por lo general, solo los miembros reales y los jefes de estado pueden ganar este honor.

El rey dijo que este honor no solo se otorga individualmente a Bohr, sino también a toda la comunidad científica danesa. Bohr diseñó su propio escudo de armas, el cual va acompañado de un diagrama de taijitu y su lema en latín "Contraria sunt complementa", "los opuestos se complementan".

Investigando sobre el verdadero significado de esas teorías de "Complementariedad", encontramos unos complicados registros matemáticos elaborados por Bohr que no dejan ver una realidad comprensible para el resto de los mortales, fuera de eso, existe muy poca información al respecto.

Pero profundizando en la historia de Bohr, de sus análisis filosóficos, nos deja ver una faceta completamente distinta de sus teorías, pero

que oficialmente no hay documentación al alcance público y que conducen a buscar por otros lados el verdadero significado de su teoría de la complementariedad, incomprensibles con sus fórmulas matemáticas, pero comprensibles desde el punto de vista filosófico.

*** : La complementariedad y la filosofía.**

Dejando volar la imaginación, e investigando mucho sobre estos temas, encontramos que bastantes personas ya han escudriñado hasta la saciedad sobre esto, pero inexplicablemente sus reflexiones no aparecen públicas. Por ejemplo, sabemos que grandes científicos han meditado sobre esta complementariedad, como el danés Niels Bohr y también el alemán Albert Einstein, quienes asumieron esa realidad de los principios filosóficos de origen oriental, que son parte de la filosofía taoísta, que es una tradición que se remonta a la dinastía Shang que dominó en China por el año 1600 a. C. desde donde se impone la existencia del Yin y el Yang, y el Taijitu que es la esencia que los une.

Ese principio filosófico está basado en la naturaleza, dónde todo es perfecto y todo está diseñado bajo unos principios que son invariables. El principio de la complementariedad significa que nada es individual, todo está unido a algo, es parte de algo, todo forma parte de conjuntos que son como una especie de unidades múltiples, que se rigen siempre por un principio que tiene tres componentes que siempre obedecen unas leyes físicas para mantener el equilibrio.

Es una trinidad que siempre está presente y va unida a nuestra realidad, son tres elementos completamente distintos, pero que forman una unidad para cumplir funciones específicas, además, si se separan, todo puede cambiar y su esencia deja de tener valor, eso quiere decir, que uno no puede existir sin el otro, pero siempre existe algo que los une y los mantiene unidos (No es esporádico y es eterno).

Veamos la explicación taoísta que encontramos sobre el Taijitu.

+ : Ying es:

Femenino, negro, oscuro, norte, agua (transformación), pasivo, luna (debilidad y la diosa Changxi), Tierra, frío, antiguo, pares de números, vales, pobre, suave, y da espíritu a todas las cosas.

Yin alcanza su punto máximo de influencia con el solsticio de invierno. Yin también puede ser representado por el tigre, el color naranja y una línea quebrada en los trigramas del I Ching (o Libro de los Cambios).

+ : ¿Qué es Yang?

Yang es:

Masculino, blanco, luz, sur, fuego (creatividad), activo, sol (fuerza y el dios Xihe), cielo, cálido, joven, números impares, montañas, rico,

Difícil y da forma a todas las cosas.

Yang alcanza su punto máximo de influencia con el solsticio de verano. Yang también puede ser representado por el dragón, el color azul y un trigramas de línea continua.

Descripción:

- *El yin y el yang son opuestos. Todo tiene su opuesto, aunque este no es absoluto sino relativo, ya que nada es completamente yin ni completamente yang. Por ejemplo, el invierno se opone al verano, aunque en un día de verano puede hacer frío y viceversa.*
- *El yin y el yang son interdependientes. No pueden existir el uno sin el otro. Por ejemplo, el día no puede existir sin la noche.*
- *El yin y el yang pueden subdividirse a su vez en yin y yang. Todo aspecto yin o yang puede subdividirse a su vez en yin y yang indefinidamente. Por ejemplo, un objeto puede estar caliente o frío, pero a su vez lo caliente puede estar ardiente o templado y lo frío, fresco o helado.*
- *El yin y el yang se consumen y generan mutuamente. El yin y el yang forman un equilibrio dinámico: cuando uno aumenta, el otro disminuye. El desequilibrio no es sino algo circunstancial, ya que cuando uno crece en exceso fuerza al otro a concentrarse, lo que a la larga provoca una nueva transformación. Por ejemplo, el exceso de vapor en las nubes (yin) provoca la lluvia (yang).*
- *El yin y el yang pueden transformarse en sus opuestos. La noche se transforma en día, lo cálido en frío, la vida en*

muerte. Sin embargo, esta transformación es relativa también. Por ejemplo, la noche se transforma en día, pero a su vez coexisten en lados opuestos de la tierra.

- *En el yin hay yang y en el yang hay yin. Siempre hay un resto de cada uno de ellos en el otro, lo que conlleva que el absoluto se transforme en su contrario. Por ejemplo, una semilla enterrada soporta el invierno y renace en primavera.*

+ : Taijitu

El taijitu (en chino tradicional, 太極圖; en chino simplificado, 太极图; pinyin, taijítú, Wade-Giles: t'ai4 chi2 t'u2) es un símbolo que representa los conceptos de la filosofía china del yin y yang y del taiji, o principio generador de todas las cosas. Es habitual que aparezca rodeado por los ocho trigramas del I Ching. En occidente se suele conocer como "el símbolo del yin y el yang" o "el símbolo taoísta".

Este símbolo está asociado al taoísmo y al neoconfucionismo. Los pensadores de tiempos de la dinastía Song de esta última corriente, en especial Zhu Xi (朱熹, Zhū Xī), son los que popularizaron el taijitu más conocido actualmente, aunque existen otros como el de Zhou Dunyi o el llamado Laishi taijitu. Wikipedia.



Figura 3.6.2. Representación del Taijitu

Gōnghuì lìliàng o la Fuerza que los une, el Dios Shennong, significa que todo tiene un tercer elemento que determina la existencia de ambos y sin esa energía no hay existencia posible, es algo que es inexplicable, pero que siempre es necesario, masculino y femenino se unen por el afecto (amor), cielo y tierra por la fuerza magnética, el bien y el mal son el resultado y se unen por las actuaciones, el blanco y el negro se unen con el gris, por eso la forma de pez en el yin y el Yang, siempre tendrán el agua para mantenerse unidos (no pueden estar ni en el cielo ni en la tierra, siempre tendrán que estar en el agua para ser peces).

+ : ¿Por qué se oculta esta realidad comprensible?

Partiendo de esa explicación, se puede entender el significado de esa complementariedad, pero ahora con mucha mejor claridad, es una precisión asombrosa. Todo en la naturaleza se concentra en estos tres componentes, dos tipos de energía diferentes y una fuerza que los mantiene unidos que normalmente se denomina Fuerza vital para los taoístas y fuerza magnética para los físicos, esas energías son el día que es la luz y la oscuridad, el individuo es lo bueno y lo malo, la energía es lo positivo y lo negativo, esa trinidad es la constante, es la explicación de todo en el universo que conocemos y que está presente en todas partes.

Entendemos ahora la actitud de Bohr y Einstein, que, siendo conscientes de esa realidad (se evidencia en el escudo de armas de Bohr, tiene que ser que fueron impedidos por alguien que tenía influencia o poder sobre ellos para que no la expresaron públicamente. Será porque sus patrocinadores (¿?) (¿Tal vez por no tener comprobación científica?).}

+ : ¿Cuál es la idea de la complementariedad de Bohr?

Todas esas explicaciones nos llevan a deducir que Einstein con su “relatividad” y Bohr con ese principio de la “complementariedad”, pensaban o eran conscientes de que el principio de todo, parte de tres componentes y que existen esos tres componentes representados por dos energías, fotones positivos, Neutrinos negativos y una fuerza magnética que los une (que, al parecer, es la que adquiere un valor de masa al juntarse con la energía, que es lo que llamamos de materia) y que conforma todo lo que existe.

Esa hipótesis que explica muchas cosas misteriosamente no fue aceptada en el medio científico, a pesar del prestigio de sus postulantes y quedó relegada a un segundo plano y aún hoy, nadie ha tratado de profundizar en su explicación como esencia de la teoría atómica. Son muchas las referencias que se pueden tener sobre esa complementariedad y las unidades trinitarias, cuyos ejemplos los tenemos en muchas partes.

Como tenemos cerebro y aún tenemos un poco de libertad, vamos a cavilar sobre ese asunto y para ello, vamos a comenzar por el protagonista de este trabajo, el sol, la estrella en nuestro sistema

planetario, que forma parte de la Vía láctea, que es una pequeña parte de un universo desconocido, pero que está ahí, pues recibimos sus señales de luz (ahora con mejor información, emitida por los observatorios estelares Hubble y James Web), por lo tanto, no podemos dudar de su existencia con miles de millones de soles como el nuestro en ese firmamento que llamamos de infinito sin saber a ciencia cierta, qué es eso, porque implica ir más allá de lo que puede percibir nuestra imaginación llena de limitaciones dogmáticas.

Usando nuestra imaginación, vamos a suponer que en el sol (y en todos los soles que existen en el universo), también hay materia y esa materia está compuesta por moléculas que contienen átomos y como vimos, esos átomos contienen protones y neutrones que son uniones de quarks, entonces deducimos que esos quarks en su esencia equivalen a esa complementariedad de la que hablaba el danés Bohr, una Fuerza magnética con dos energías que configuran esa complementariedad.

Siguiendo el principio del magnetismo universal (iguales se rechazan, diferentes se atraen), hay que dar nombre a esas energías (Fotones y Neutrinos) como partículas, según nos dicen los expertos, no tienen masa que les permita tener una forma y siempre van a ser atraídas por una fuerza magnética que es lo que les permita adquirir masa para convertirse en materia. Resumiendo, las fuerzas magnéticas siempre van a atraer a las partículas portadoras de energía, y en su conjunto forman los quarks (con 3 valores de energía diferentes, positivos, negativos y neutros), con masa que al unirse a otros quarks forman protones o neutrones que unidos, ya son los átomos que se pueden convertir en la materia que nos rodea.

Como el sol tiene energía positiva predominante y se mantiene en ebullición al producir explosiones nucleares, que separan toda la materia, o sea, las energías de las fuerzas que las contienen, y al ser desintegradas, son fácilmente lanzadas al espacio y viajan a la que denominamos como “velocidad de la luz”.

Los planetas, como la tierra, tienen predominio de energía negativa (masa en reposo), lo podemos interpretar con la evidencia que existe, la tierra, es un núcleo incandescente positivo que atrae a la capa superior se ha ido enfriando (predominio de quarks negativos y neutros), con masa en reposo que en el caso es energía magnética

negativa, que es atraída por la energía magnética positiva del sol, creando un punto de equilibrio de fuerzas magnéticas entre el núcleo positivo de la tierra que se rechaza con la fuerza magnética positiva del sol manteniendo así, regulada su órbita, y que es lo que permite la vida en el planeta (al mantenernos erguidos y no ser atraídos ni por la energía negativa de la tierra o por la energía positiva del sol)

La característica de los rayos solares que se comportan como una onda y como una partícula, cuando se unen esas fuerzas magnéticas, se convierten en los quarks que posteriormente formaran los protones, neutrones y electrones que conforman los átomos.

De esta manera, podemos entender que son los quarks, sus diferencias y también la forma en que se agrupan, que los divide en 6 categorías según la energía que portan. Se supone que como la partícula portadora de la fuerza fundamental es atraída o repelida según el principio de polaridad, entonces nos posicionaremos en un punto intermedio para que entendamos cómo funciona, partiremos del sol, como emisor de las fuerzas que rodean nuestro universo.

Capítulo VII : La Fuerza y la Energía

* : Definición y diferencia entre la fuerza y energía.

Comúnmente, el concepto de fuerza se explica en los términos de la mecánica clásica establecida por los principios de Isaac Newton (1642-1727), conocidos como las Leyes del Movimiento y publicadas en 1687 en sus Principia Matemática.

La fuerza es una magnitud vectorial que mide la interacción entre dos cuerpos, mientras que la energía es una magnitud escalar que mide la capacidad de un cuerpo para realizar trabajo.

Según la mecánica clásica, la fuerza que incide sobre un cuerpo es responsable de los cambios en su estado de movimiento, tales como su trayectoria rectilínea y su desplazamiento uniforme, y de imprimirle una aceleración (o desaceleración). Además, toda fuerza actuando sobre un cuerpo genera una fuerza idéntica, pero en sentido contrario.

Normalmente hablamos de fuerza en nuestra vida cotidiana, sin necesariamente emplear esta palabra como lo hace la física. La fuerza es estudiada por la física y según ella se reconocen cuatro fuerzas fundamentales a nivel cuántico: la fuerza gravitacional, la fuerza electromagnética, la fuerza nuclear fuerte y la fuerza nuclear débil.

En cambio, en la mecánica newtoniana (o clásica), existen muchas otras fuerzas identificables, como la fuerza de roce, la fuerza gravitatoria, la fuerza centrípeta, etc.

Fuente: <https://concepto.de/fuerza/#ixzz84M8pZIDG>

+ : **TIPOS DE FUERZA.**

Existen varios tipos de fuerza, según su naturaleza y enfoque:

- Según la mecánica cuántica:

- (a) **Fuerza gravitacional.** Es la fuerza que ejerce una masa sobre la otra, siendo una fuerza débil, en un solo sentido (atractiva), pero eficaz a lo largo de grandes distancias.
- (b) **Fuerza electromagnética.** Es la fuerza que afecta a las partículas eléctricamente cargadas y a los campos electromagnéticos que generan, siendo la fuerza que permite la unión molecular. Es más fuerte que la gravitatoria y posee dos sentidos (atracción-repulsión).
- (c) **Fuerza nuclear fuerte.** Es la fuerza que mantiene los núcleos de los átomos estables, conservando juntos a neutrones y protones. Es más intensa que la electromagnética, pero tiene mucho menor rango.
- (d) **Fuerza nuclear débil.** Es la fuerza responsable de la desintegración radiactiva, capaz de ejecutar cambios en la materia subatómica, con un alcance menor todavía que las fuerzas nucleares fuertes.

- Unidades de fuerza

La definición de fuerza creada por Isaac Newton, se define a partir de la masa y la aceleración (magnitud en la que intervienen longitud y tiempo). Fórmula: $F = m \cdot a$. Siendo F la fuerza total que actúa sobre el cuerpo, m la masa y a la aceleración). De acuerdo con el Sistema Internacional, la fuerza se mide en unidades llamadas Newtons (N), en honor al gran físico británico. Dichas unidades corresponden a 100.000 dinas y se entienden como la cantidad de fuerza aplicada durante un segundo a una masa de un kilogramo, para que adquiera la velocidad de un metro por segundo. O sea, que: $1 \text{ N} = (1\text{kg} \times 1\text{m}) / 1 \text{ s}^2$

Existen otras unidades para otros sistemas métricos, que equivalen, en Newtons, a:

1 kilogramo-fuerza o kilopondio es igual a 9.81 N

1 libra-fuerza es igual a 4,448222 N

Fuente: <https://concepto.de/fuerza/#ixzz84MD3ryt9>

+ : La fuerza magnética.

La fuerza magnética es una consecuencia de la fuerza electromagnética y es causada por el movimiento de las cargas. Dos objetos con carga con la misma dirección de movimiento tienen una fuerza de atracción magnética entre ellos. Del mismo modo, los objetos con carga que se mueven en direcciones opuestas tienen una fuerza repulsiva entre ellas.

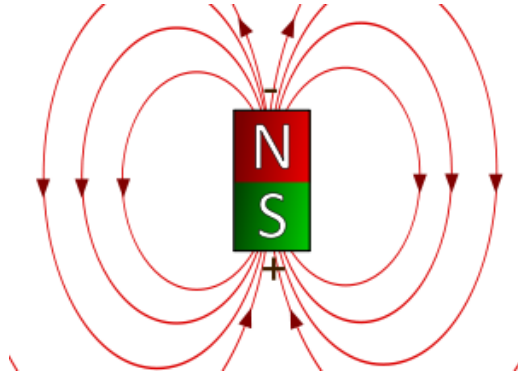


Figura 7.6.1. Descripción de la fuerza magnética

La fuerza magnética se puede calcular utilizando la ley de la fuerza de Lorentz, que describe la fuerza que actúa sobre una carga eléctrica en movimiento en un campo magnético. La fuerza magnética está dada por medio del producto cruz entre dos vectores y se puede escribir como:

$$F=qv \times B$$

Donde F es la fuerza magnética, q es la carga eléctrica, v es la velocidad de la carga y B es el campo magnético

Para entender mejor, tomaremos nuestro sol, que lo definiremos como una masa en ebullición permanente que desprende grandes cantidades de partículas que viajan por el espacio y muchas alcanzan permanentemente a la tierra, de su fuerza depende nuestra vida y rige todo sobre el planeta.

Esa energía positiva predominante en el sol contrarresta la energía negativa de la tierra, equilibra nuestra órbita alrededor del sol y permite que podamos estar erguidos, caso contrario, la energía negativa de la tierra nos atraería y quedaríamos convertidos en solo

bloque de materia compacta, adheridos al suelo, que tampoco existiría como tal, estaríamos adheridos a su centro, donde se produce esa energía negativa y el planeta viajaría, loco y sin control en el espacio.

Es tema para dejar la imaginación volar, quien quita que nuestro sistema solar sea un átomo de otro cuerpo vagando en el espacio, como puede ser un átomo de nuestro cuerpo. Pero aterricemos, entonces el sol es una especie de masa en ebullición constante, que, según los científicos, se conforma de capas de energía que lo describen así:

Mirando ahora la tierra, encontramos que su descripción es muy similar a la del sol, al parecer, inicialmente éramos una masa incandescente igual al sol, pero al alejarnos de él, la corteza superior se fue enfriando, quedando confinado en el núcleo una masa metálica que es el centro magnético positivo y la corteza se convirtió en el polo negativo, la combinación de estas dos fuerzas, mantiene el equilibrio magnético que hace que giremos de dos formas, un movimiento de traslación alrededor del sol y otro de rotación sobre el eje producido por el efecto magnético de las dos fuerzas (polo norte positivo y polo sur negativo) encontradas en su centro(Spin), dando vida al universo que conocemos.

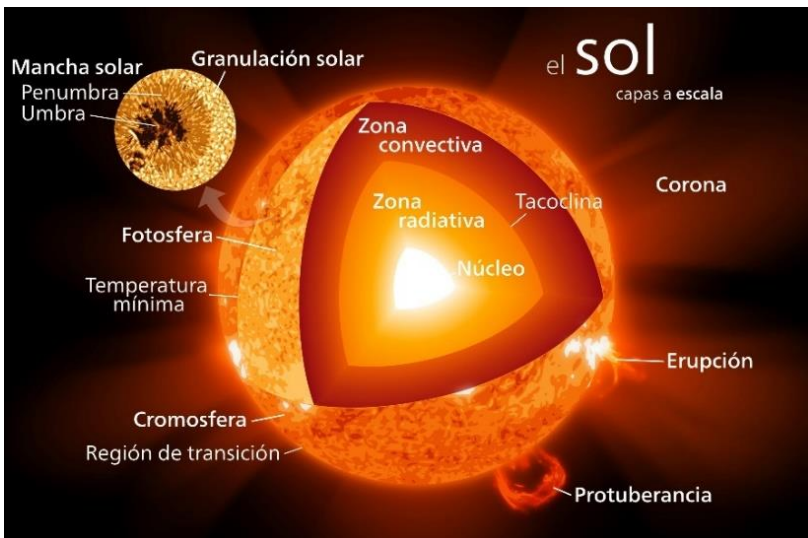


Figura 3.7.2. Representación del sol

A medida que se fue enfriando, la corteza negativa del suelo de la tierra (incluyendo el agua del mar) al verse afectada por los rayos solares (partículas), comenzaron a efectuarse procesos químicos que unidos a otra forma de fuerza existente en el Universo, que para nosotros es un misterio la forma como funciona, sabemos que existe pero nada más, se fueron creando procesos bióticos (fotosíntesis) que con el paso del tiempo formaron la atmósfera alrededor de la tierra, creando esa capa que es energía pura, comprobado por el hecho que esos cuerpos que giran alrededor en el espacio, cuando caen, la acción de la atmósfera lo desintegra.

Teniendo en cuenta esos conceptos, entonces podemos definir bien lo que es la fuerza de la gravedad que afecta la masa de las partículas que caen y la energía de los átomos en suspensión en la atmósfera que se van escalonando de acuerdo con su peso atómico en múltiples capas, estando las más pesadas más cerca del suelo y las más livianas, más alejadas, estas capas son las que afecta la energía de las partículas que caen atraídas por la fuerza magnética de la tierra.

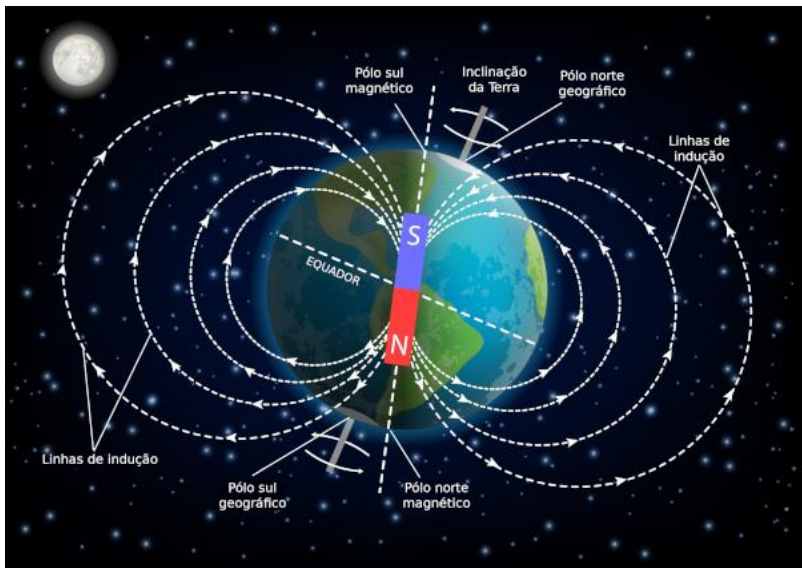


Figura 3.7.3. Magnetismo terrestre

Si analizamos bien, todo en la naturaleza es una sucesión de combinaciones de principios básicos, por ejemplo, todas las combinaciones con los elementos que componen nuestro universo

son átomos combinados en unidades múltiples que los hace a todos diferentes, si trasladamos esa figura de los átomos hacia atrás, seguramente podremos encontrar que todo funciona bajo ese mismo principio, hay un núcleo inicial y a su alrededor se van formando las capas de energía (similar a la atmósfera)

Tomando estos principios, nos puede quedar claro, como puede estar la conformación del núcleo del átomo, con esas supuestas partículas subatómicas que mencionan con su fuerza magnética y las energías de la que son portadoras, esto incluye a los componentes del núcleo y sus electrones, partiendo del principio fundamental de la energía, si el sistema solar funciona con base en esa fuerza magnética, en el átomo también, entonces su conformación debe de ser muy similar.

*** : ¿Cuál es la Fuerza y la diferencia con Energía?**

Después de revisar los conceptos existentes en internet sobre átomo, energía y fuerza, creemos que sería conveniente usar un poco de ese raciocinio del que fuimos dotados por la naturaleza para buscar explicaciones que sean comprensibles para nosotros, interpretando los complicados fonemas y operaciones matemáticas usadas por los científicos, tratando de entender todas las entre líneas que hay en ese conocimiento.

Buscando definiciones, encontramos que la “Cuántica” proviene de la palabra latina “Quantum” que significa “la menor porción de algo existente, que se pueda medir”, entonces para encontrar esos elementos cuánticos debemos tener en cuenta la tabla de elementos que componen el átomo, según las últimas publicaciones, que hoy serían los menores elementos conocidos.

De acuerdo con las explicaciones encontradas, en la tabla definimos los Quarks, pero ya sabemos que cada quark está conformado por energías que pueden ser positivas o negativas, por lo tanto no puede ser la menor partícula, definimos también que los gluones, bozones son energías resultantes, el electrón también está compuesto por energía negativa y un positrón que aquí no aparece y al final encontramos que se menciona a los neutrinos dándole una clasificación específica, quedando solo el Fotón como el elemento menor a ser encontrado y medible. Pero hay algo que no esta claro,

en la interpretación de Neutrino nos dijeron que, junto con el Fotón, son las partículas más abundantes en la naturaleza.

+ : **Los Rayos Cósmicos**

IceTop es el componente en superficie del Observatorio de Neutrinos IceCube. Originalmente, se pensó como apoyo para la búsqueda de neutrinos en IceCube, pero IceTop también está diseñado como un poderoso detector de rayos cósmicos.

IceTop consta de una matriz con 81 estaciones que se expanden en un kilómetro cuadrado sobre el hielo de la Antártida. Cada estación está localizada sobre una de las cuerdas o cadenas de IceCube, y contiene dos tanques de agua congelada, cada uno equipado con dos sensores de IceCube o módulos de óptica digital.



Figura 3.7.4. Equipo de investigadores en el Ice Cube

Los rayos cósmicos son partículas cargadas de alta energía que golpean la Tierra constantemente y desde todas direcciones. Se originan en el espacio exterior y viajan casi a la velocidad de la luz. La mayoría de ellos son núcleos atómicos, principalmente protones, pero también incluyen electrones, positrones, y otras partículas subatómicas.

Cuando estas partículas entran en la atmósfera, interactúan, produciendo una cascada atmosférica de partículas secundarias que llegan a la superficie de la Tierra. IceTop fue diseñado para detectar partículas cargadas secundarias en cascadas de rayos cósmicos. La detección de varias partículas de la misma cascada en IceTop permite estimar la energía y dirección de los rayos cósmicos incidentes.

Vista aérea del detector IceTop cerca de la Estación Admunsen–Scott en el Polo Sur en la Antártida. Cada círculo muestra una estación de IceTop, así como la posición de las cuerdas de IceCube. Los colores indican el año en el que la estación fue desplegada.



Figura 3.7.5. IceTop puede detectar rayos cósmicos con energías entre aproximadamente 100 TeV a 1EeV. Ya sea como un detector independiente o junto con IceCube, esta matriz de detectores en la superficie nos puede dar información acerca del espectro de rayos cósmicos de alta energía, su composición (es decir, la proporción de protones o núcleos más pesados en el flujo de rayos cósmicos), y la distribución de la dirección de llegada de los rayos cósmicos.

- : **¿Qué podemos aprender de los rayos cósmicos?**

¿Sabías que las partículas con más alta energía jamás vistos son los rayos cósmicos? Pueden llegar a tener energías por encima de 10^{20} eV, lo cual es equivalente a la energía cinética de una pelota de béisbol viajando a unos 160 kilómetros por hora. Es más, si la pelota de béisbol pudiera ser acelerada como los rayos cósmicos, ¡tendría

suficiente energía para cubrir las necesidades energéticas de la población de la Tierra durante un millón de años!

Espectro de energía de los rayos cósmicos. La unidad de energía, el electronvoltio (eV), es usada por los físicos para medir la energía y la masa de partículas relativistas. Una reacción química típica sucede en el régimen de energía del eV, mientras que las reacciones nucleares suceden en el rango del MeV (un millón de eV). El acelerador de partículas más poderoso en la Tierra, el gran colisionador de hadrones o LHC, acelera las partículas hasta unos cuantos TeV (un millón de MeV). Los rayos cósmicos alcanzan energías superiores a cientos de EeV (un millón de TeV). Image: <http://bit.ly/17gvx8C>.

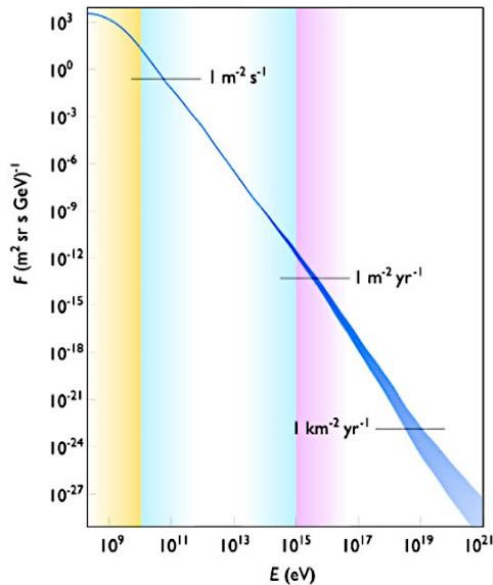


Figura 3.7.6. Al mismo tiempo que aprendemos más acerca de los rayos cósmicos, estamos explorando los ambientes más extremos de nuestro universo. Sin embargo, los rayos cósmicos están cargados eléctricamente y son desviados por campos magnéticos en nuestra galaxia y más allá. Estos campos hacen que la dirección de llegada de los rayos cósmicos sea aleatoria y, por consiguiente, no nos dan a conocer su origen.

Los rayos cósmicos galácticos se originan en fuentes de la Vía Láctea. Al ser partículas con carga, producen radiación electromagnética que puede ser seguida a lo largo de sus trayectorias a través de nuestra galaxia. Por ejemplo, sabemos que los restos de una

supernova, como la Nebulosa del Cangrejo, son la fuente de rayos cósmicos gracias a la radiación emitida por los electrones de los rayos cósmicos que se mueven en espirales en los campos magnéticos de esta nebulosa.

Los científicos han teorizado que otros objetos cósmicos, dentro o fuera de nuestra galaxia, podrían producir rayos cósmicos de muy alta energía. La mayoría de estas teorías no han sido aún demostradas. De hecho, se sabe muy poco acerca de los orígenes o de las propiedades de los rayos cósmicos de muy alta energía, especialmente aquellos de origen extra galáctico, los cuales son muy poco comunes (ver figura superior).

Tomado

de https://masterclass.icecube.wisc.edu/es/icetop/icetop_y_los_rayos_cosmicos

Detectores inmensos, como IceTop y IceCube, pueden observar cantidades importantes de estos sucesos cada año para estudiar las propiedades de los rayos cósmicos de muy alta energía. IceCube también busca sus fuentes con los neutrinos, pero algo nos dice que los neutrinos tienen algo que ver con el frío.

Entonces tenemos que los llamados rayos cósmicos, son compuestos por dos partículas que forman ondas en su desplazamiento, de la magnitud y frecuencia de esas ondas, depende el nombre y su efecto, vamos a analizar eso más detenidamente.

* : ¿Qué es un fotón?

En la física moderna, el fotón (en griego φῶς phōs (gen. Φωτός) 'luz' y -on) es la partícula elemental responsable de las manifestaciones cuánticas del fenómeno electromagnético. Es la partícula que transporta todas las formas de radiación electromagnética, incluidos los rayos gamma, rayos X, luz ultravioleta, luz visible, luz infrarroja, microondas y ondas de radio.

+ : La Partícula

El fotón es la partícula elemental que media la fuerza electromagnética. Fotón es también el cuanto de radiación electromagnética (incluida la luz). La palabra fotón fue creada por Gilbert Lewis en 1926. Los fotones son bosones y tienen un Spin igual a uno. El intercambio de fotones (virtuales¹) entre partículas como electrones y protones se describe mediante electrodinámica

cuántica, que es la parte más antigua del modelo estándar de física de partículas. Interactúa con los electrones y el núcleo atómico y es responsable de muchas de las propiedades de la materia, como la existencia y la estabilidad de los átomos, las moléculas y los sólidos.

En algunos aspectos, un fotón actúa como una partícula, y la explicación satisfactoria de este efecto la dio Albert Einstein en 1905 para el Efecto fotoeléctrico. En otras ocasiones, un fotón se comporta como una onda, como cuando pasa a través de una lente óptica. De acuerdo con la conocida dualidad partícula-onda de la mecánica cuántica, es natural que un fotón presente ambos aspectos en su naturaleza, según las circunstancias en las que se encuentre. Normalmente, la luz está formada por un gran número de fotones, cuya intensidad o brillo está ligado al número de ellos. A intensidades bajas, se necesitan equipos muy sensibles, como los que se utilizan en astronomía, para detectar fotones individuales.

El fotón tiene una masa invariante (cero) y viaja en el vacío a una velocidad constante. Como todos los cuantos, el fotón tiene propiedades corpusculares y ondulatorias ("dualidad onda-corpúsculo"). Se comporta como una onda en fenómenos como la refracción que se produce en una lente o la cancelación por interferencia destructiva de las ondas reflejadas; Sin embargo, se comporta como una partícula cuando interactúa con la materia para transferir una cantidad fija de energía, que viene dada por la expresión:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = h\nu$$

Donde h es la constante de Planck, c es la velocidad de la luz, λ es la longitud de onda y ν la frecuencia de la onda.

Esto es diferente de las ondas clásicas, que pueden ganar o perder cantidades arbitrarias de energía. Para la luz visible, la energía transportada por un fotón es de aproximadamente $3,44 \times 10^{-19}$ julios; Esta energía es suficiente para excitar las células fotosensibles del ojo y provocar la visión.

Además de la energía, los fotones también están asociados con el momento lineal y tienen polarización. Siguen las leyes de la

mecánica cuántica, lo que significa que estas propiedades no suelen tener un valor bien definido para un fotón en particular. En cambio, hablamos de las probabilidades de que tenga cierta polarización, posición o momento. Por ejemplo, aunque un fotón puede excitar una molécula, a menudo es imposible predecir qué molécula se excitará.

Los físicos suelen utilizar la descripción anterior de un fotón como portador de radiación electromagnética. Sin embargo, en física teórica, un fotón puede considerarse un mediador para cualquier tipo de interacción electromagnética.

La discusión sobre la naturaleza de la luz se remonta a la antigüedad. En el siglo XVII, Newton favoreció una interpretación corpuscular de la luz, mientras que los contemporáneos Huygens y Hooke apoyaron la hipótesis de la luz como onda. Los experimentos de interferencia, como el realizado por Young en el siglo XIX, confirmaron el patrón de ondas de la luz.

La idea de la luz como partícula regresó con el concepto moderno de fotón, que fue desarrollado gradualmente entre 1905 y 1917 por Albert Einstein a partir de trabajos anteriores de Planck, en el que se introdujo el concepto de "cuántos". Con el modelo de fotones, se podrían explicar las observaciones experimentales que no se ajustaban al modelo clásico de ondas de luz. En particular, explicó cómo la energía de la luz dependía de la frecuencia (la dependencia observada del efecto fotoeléctrico) y de la capacidad de la materia y la radiación electromagnética para permanecer en equilibrio térmico.

Otros físicos intentaron explicar las observaciones anómalas utilizando modelos "semiclásicos", en los que la luz todavía se describía mediante las ecuaciones de Maxwell, aunque se cuantificaron los objetos materiales que emitían y absorbían luz. Aunque estos modelos semiclásicos contribuyeron al desarrollo de la mecánica cuántica, experimentos posteriores probaron las hipótesis de Einstein sobre la cuantificación de la luz (los cuantos de luz son fotones).

El concepto de fotón dio lugar a avances muy importantes en la física teórica y experimental, como la teoría cuántica de campos, la

condensación de Bose-Einstein y la interpretación probabilística de la mecánica cuántica e invenciones como los láseres.

Según el modelo estándar de física de partículas, los fotones son responsables de producir todos los campos eléctricos y magnéticos y, a su vez, son el resultado de leyes físicas que tienen una cierta simetría en todos los puntos del espacio-tiempo. Las propiedades intrínsecas de los fotones (masa invariante y espín) están determinadas por las propiedades de la simetría de calibre.



Figura 3.7.7. Los fotones se aplican a muchas áreas, como la fotoquímica, la microscopía de fotones y la medición de distancias moleculares. Incluso se han estudiado como componentes de computadoras cuánticas y en sofisticadas aplicaciones de comunicación óptica como la criptografía cuántica.

El fotón podría definirse como la unidad básica, la partícula elemental que contiene en sí misma todas las formas de radiación electromagnética. De hecho, cuando hablamos de las propiedades de la luz, estamos hablando de las propiedades de los fotones, ya que son los que transportan luz ultravioleta, rayos gamma, rayos X, luz ultravioleta, luz infrarroja, luz visible a través del ser humano, y en definitiva, todo tipo de radiaciones electromagnéticas.

Se considera una partícula cuántica o Cuántica, ya que solo puede explicarse mediante fenómenos cuánticos. Es un elemento que no tiene masa en reposo, pero tiene un cuerpo, debido a o que se puede observar a través de fenómenos macroscópicos o microscópicos. Sin embargo, el fotón es en realidad una partícula, pero también es una onda. Como veremos más adelante, al principio había teorías que no

coincidían en este tema. Sin embargo, se ha demostrado que los fotones pueden comportarse tanto en forma de onda como en forma de partícula.

También fue Einstein quien dijo que nada puede viajar más rápido que la velocidad de la luz. Sin embargo, en términos cuánticos, todo puede ser posible. Entonces, ¿qué pasaría si aislamos un fotón en el vacío y tratáramos de hacerlo funcionar lo más rápido posible? ¿Podría este único fotón viajar más rápido que la velocidad de la luz?

Esto es precisamente lo que se preguntaron los científicos de la Universidad Tecnológica de Hong Kong. Se basaron en una investigación preliminar que sugirió que, en el medio correcto, podría ocurrir una propagación de super luz, que excedería la velocidad de la luz. Sin embargo, todo resultó ser un espejismo.

En el experimento se demostró claramente que un fotón aislado en el vacío viaja siempre a la velocidad de la luz, sin sobrepasarla. Y que en el caso de algún medio que ralentice el paso de la luz, hay un retraso de nanosegundos.

La teoría de la mecánica cuántica establece que la luz se compone de pequeños paquetes de energía llamados fotones. Según las condiciones del experimento, observamos que los fotones se comportan como si fueran ondas, y en otras ocasiones como si fueran partículas. Pero ¿qué es realmente un fotón? ¿Es posible decir algo sobre la naturaleza de un fotón antes de que sea observado? En un artículo de la revista *Physical Review Letters*, los físicos Rafael Chaves, Gabriela Lemos y Jacques Pienaar, todos investigadores del Instituto Internacional de Física (IIF) de la Universidad Federal de Rio Grande do Norte, en Natal, propusieron un experimento que arroja alguna luz sobre este misterio.

Esquema de Experimento de Elección Retrasada de Wheeler Crédito: APS/PRL

<http://www.sbfisica.org.br/v1/home/index.php/pt/destaque-em-fisica/775-onda-ou-particula-experimento-testa-a-natureza-dos-objetos-quanticos>

El experimento fue realizado por dos equipos de investigadores en China y otro en Italia. Los tres equipos publicaron sus resultados en

junio, llegando a las mismas conclusiones. Por un lado, los resultados son consistentes con la hipótesis más aceptada por los físicos, que es imposible decir nada sobre la naturaleza de los fotones antes de medir estos objetos cuánticos. Los resultados sugieren que un fotón no es ni una onda ni una partícula. Tu verdadera naturaleza es algo completamente diferente.

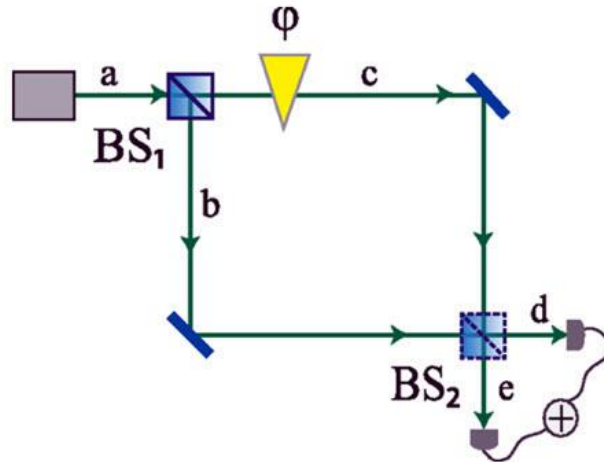


Figura 3.7.8. El experimento propuesto por el equipo del IIF es una modificación del llamado experimento de elección retardada, concebido en 1979 por el físico estadounidense John Wheeler (1911-2008), precisamente para contrastar la realidad cuántica, tal y como explican Lemos y Pienaar en el vídeo.

El experimento utiliza un conjunto de espejos perfectos y semi reflectantes. Primero, un fotón golpea un dispositivo llamado divisor de haz (BS1 en la figura de arriba). Es un espejo semi reflectante, que el 50% del tiempo refleja los fotones incidentes y el 50% restante deja pasar los fotones sin desviarlos.

Así, el fotón puede tomar dos caminos posibles. Reflejado, toma el camino b, encuentra un espejo perfecto y golpea el detector de fotones d. Pero si cruza BS1, viaja a lo largo de la ruta c y llega al detector e. En este caso, el fotón parece comportarse como una partícula: existe la misma posibilidad de que el fotón sea detectado en d o en e.

Sin embargo, el fotón se comporta como una onda si, además del divisor de haz BS1, los experimentadores colocan un segundo divisor

de haz, BS2, en la intersección de los caminos b y c. En este caso, las posibilidades de que el fotón sea detectado en d o e varían. Las probabilidades de detección varían con el tamaño relativo de las rutas c y b y el ajuste del modulador de fase en la ruta c (triángulo amarillo en la figura). En este caso, el fotón actúa como si fuera una onda. Cuando incide en BS1, la onda se divide en dos, que luego interfieren entre sí en BS2. La interferencia de ondas en BS2 determina la probabilidad de que el fotón sea detectado en d o e.

Wheeler luego imaginó lo que sucedería si el experimentador eligiera o no colocar el divisor BS2 solo después de que el fotón ya hubiera incidido en BS1. El experimento se ha llevado a cabo varias veces y se ha encontrado que la elección retrasada no influye en el resultado. Sin el divisor BS2, el fotón actúa como una partícula. Con el divisor BS2, el fotón actúa como una onda. Pero ¿cómo podría ser eso posible? ¿Cómo podría el fotón "saber" si comportarse como una partícula o como una onda al pasar por BS1?

"La primera posibilidad es que la decisión del experimentador de medir en el futuro refleje el comportamiento del fotón en el pasado", explica Lemos. Esta posibilidad implicaría el absurdo de que los acontecimientos del futuro puedan influir en los acontecimientos del pasado.

"La segunda explicación es que el fotón no tiene propiedades bien definidas hasta que se mide", dice Pienaar. Esta es la explicación más aceptada por los físicos, la llamada interpretación de Copenhague de la mecánica cuántica, defendida por el danés Niels Bohr (1885-1985). Wheeler fue alumno de Bohr y solía afirmar que "ningún fenómeno es real hasta que es un fenómeno observado".

Inspirándose en las conversaciones con Romeu Rossi Junior, físico de la Universidad Federal de Viçosa, Chaves, Lemos y Pienaar decidieron ver si había una explicación alternativa para el experimento de elección diferida. "Sorprendentemente, descubrimos que, de hecho, existe un modelo causal estadístico clásico para explicar los resultados", dice Lemos.

El modelo matemático de causa y efecto descubierto por los físicos del IIF es difícil de visualizar, ya que no utiliza los conceptos de onda o partícula. Es un conjunto de reglas abstractas que asumen que el comportamiento del fotón está controlado por una variable que solo

puede tomar dos valores o estados posibles. El valor de esta variable "oculta" es sensible a la presencia del divisor BS2 solo en el momento en que se coloca en el experimento, modificando el comportamiento del fotón, haciendo que las predicciones del modelo sean idénticas a las de la teoría mecánica cuántica convencional. "De esta forma, el experimento de Wheeler no sería un buen experimento para diferenciar un fenómeno cuántico de un fenómeno clásico", explica Lemos.

Luego, los investigadores propusieron una pequeña modificación al experimento. de la elección retrasada. Al insertar moduladores de fase adicionales en el circuito experimental, los experimentadores podrían crear situaciones en el laboratorio donde las predicciones del modelo clásico de dos estados diferían de las predicciones de la mecánica cuántica. Los resultados de los tres experimentos realizados rechazaron el modelo clásico y confirmaron las predicciones de la mecánica cuántica.

Este experimento nos permite deducir que los fotones son energía que se comporta como una onda, pero también se comporta como una partícula por efecto de su misma energía, que se puede acomodar cubriendo todo, como se acomoda la atmósfera alrededor de la tierra.

*** : ¿Que son los Neutrinos?**

El neutrino (término italiano para 'neutrón pequeño'), descubierto por Clyde Cowman y Federick Reines, es una partícula subatómica de tipo fermiónico, sin carga y con $\frac{1}{2}$ spin. Desde principios del siglo XXI, luego de varios experimentos llevados a cabo en el Observatorio de Neutrinos de Sudbury (SNO), en Canadá, y en el Super-Kamiokande en Japón, entre otros, se sabe, contrariamente al modelo electrodébil, que estas partículas tienen masa (una suposición negada por muchos), pero muy pequeña y difícil de medir. A partir de 2016, el límite superior de la masa de los neutrinos es $5,5 \text{ eV} / c$, que es menos de una milmillonésima parte de la masa de un átomo de hidrógeno. Su conclusión se basa en un análisis de la distribución de las galaxias en el universo y es, según estos científicos, la medida más precisa de la masa de neutrinos. Además, la masa de neutrinos tiene consecuencias importantes en el modelo estándar de física de partículas, ya que implicaría la posibilidad de transformaciones entre

los tres tipos de neutrinos en un fenómeno conocido como oscilación de neutrinos. En cualquier caso, los neutrinos no se ven afectados por fuerzas electromagnéticas o nucleares fuertes, sino por fuerzas nucleares débiles y fuerzas gravitacionales.

+ : La partícula Neutrino

El neutrino es una partícula subatómica sin carga eléctrica que interactúa con otras partículas únicamente a través de la gravedad y la fuerza nuclear débil (dos de las cuatro fuerzas fundamentales de la Naturaleza, junto con la electromagnética y la fuerza nuclear fuerte). Es conocido por sus características extremas: es extremadamente ligero (unos cientos de veces más ligero que el electrón), existe en enorme abundancia (es la segunda partícula más abundante en el Universo conocido, después del fotón) e interactúa con la materia extremadamente débil. (Alrededor de 65 mil millones de neutrinos cruzan cada centímetro cuadrado de la superficie de la Tierra frente al Sol cada segundo.

+ : Tipos de neutrinos

Hay tres tipos de neutrinos asociados con cada una de las familias (o sabores) de leptones: neutrino electrónico (ν_e), neutrino muón (ν_μ) y neutrino tauónico (ν_τ) más sus respectivas antipartículas. Los neutrinos pueden pasar de una familia a otra (es decir, cambiar su sabor) en un proceso conocido como oscilación de neutrinos.

La oscilación entre diferentes familias se produce de forma aleatoria y la probabilidad de cambio parece ser mayor en un medio material que en el vacío. Dada la aleatoriedad del proceso, las proporciones entre cada uno de los sabores tienden a distribuirse uniformemente (1/3 del total para cada tipo de neutrino) a medida que ocurren oscilaciones sucesivas.

Fue este hecho el que nos permitió considerar por primera vez la oscilación de los neutrinos, ya que al observar los neutrinos provenientes del Sol (que debieron ser principalmente electrónicos) se encontró que solo llegaba un tercio de los esperados. Los dos tercios restantes se habían cambiado a los otros dos sabores y, por lo tanto, pasaron desapercibidos. A esto se le llama el "Problema de los neutrinos solares". La oscilación de los neutrinos implica directamente que tienen una masa distinta de cero, ya que el paso de un sabor a otro solo puede ocurrir en partículas masivas. Esto se

debe a que, para partículas con masa cero, el tiempo real es cero, lo que implica que, desde el punto de vista de la partícula, toda la trayectoria se recorre en el mismo instante de tiempo, lo que no permite un cambio. estado en algún momento de la misma.

+ : Reflexiones sobre neutrino

Por lo que se ha descrito hasta ahora, los Neutrinos, a pesar de ser tan abundantes como los fotones, son casi desconocidos para la mayoría, que distinguen su nombre, pero no explican exactamente qué hacen y qué papel juegan en el conjunto de la naturaleza, consideramos que esta distorsión del conocimiento es intencional, ya que, en todos los textos revisados, lo dejan como un concepto aleatorio, sin importancia, deducimos que tal vez sea porque no hay instrumentos portátiles diseñados para detectarlos y por eso, son desestimados, pero en la naturaleza, nada es aleatorio, todo tiene su papel y no dudamos que el neutrino es uno de los más importantes.

Pero de acuerdo con la trayectoria de las normas naturales, es sin duda otro eslabón importante en la cadena energética y que su desconocimiento, imagino que, por su tamaño y las dificultades para detectarlo, no se ha tenido en cuenta para explicar muchos de los fenómenos naturales con los que vivimos y que necesitan ser explicados, a menos que se quiera ocultar su existencia por otras razones, que al parecer es lo más probable, ya que las inversiones en esos laboratorios especializados en su estudio, no son nada baratos y si fuera un tema sin importancia, se duda que recibieran tanta atención, especialmente por parte de ese cerrado medio en el que se desenvuelven los científicos.

Ya existen avances científicos que ellos no revelan, sobre los secretos de las llamadas ciencias cuánticas. Según la investigación, algunos dicen que no tiene masa, otros dicen que sí, pero muy pequeña, la única certeza es que todos aceptan que, junto con los fotones, son los elementos más abundantes en la naturaleza y eso dice mucho, también hay otro hecho relevante, la estrecha vinculación del neutrino con el frío, (las noches frías, el frío de las montañas, los polos congelados) y su estrecha vinculación con la reducción de la temperatura (La teoría del cero absoluto).

- : ¿De dónde provienen los neutrinos observados en IceCube?

La energía de cada neutrino ya sea baja o extremadamente alta, nos dice cómo y dónde fue creado.

- : **La Detección de Neutrinos en IceCube**

Tomado de:

https://masterclass.icecube.wisc.edu/es/aprende/deteccion_neutrinos

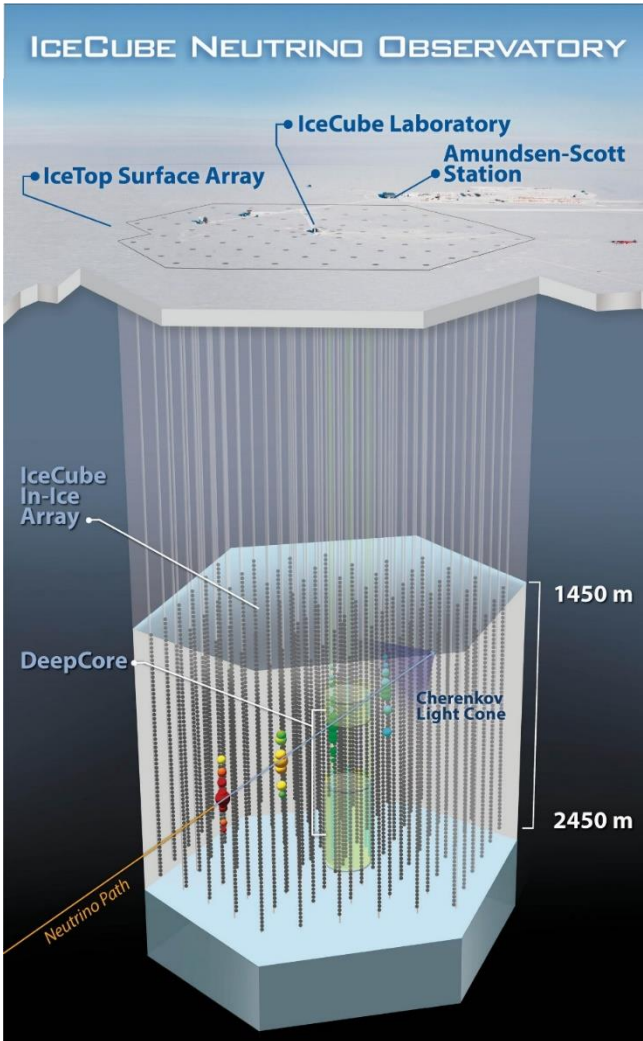


Figura 3.7.9. El telescopio IceCube fue diseñado para observar neutrinos con energías alrededor y por encima de unos pocos décimas de un TeV (teraelectronvoltio = 10^{12} electronvoltios). A energías de unos pocos PeVs, o

petaelectronvoltios, que son mil TeVs, ($\text{PeV} = 10^{15}$ electronvoltios), se espera que los objetos cósmicos más allá de nuestro sistema solar sean la fuente principal de los neutrinos.

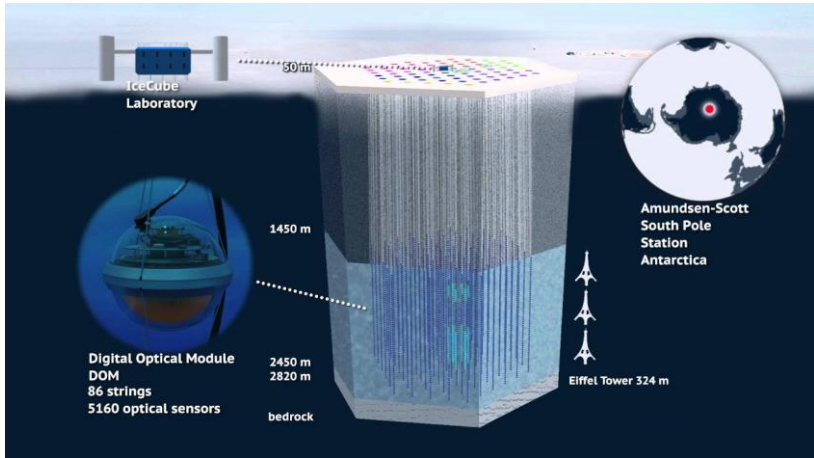


Figura 3.7.10. Sin embargo, gracias al sub detector DeepCore, que tiene sensores de luz adicionales en la parte central y más profunda del detector, IceCube también puede detectar neutrinos de energías tan bajas como 50 GeV.

Los neutrinos de baja energía son creados principalmente en procesos nucleares, como los que suceden en el sol o en el centro de una explosión de una supernova. Sin embargo, los neutrinos de más baja energía son los llamados neutrinos reliquia o fondo cósmico de neutrinos. Son similares a la radiación de fondo de microondas, pero estos neutrinos nos traen información acerca de un Universo todavía más antiguo, solo dos segundos después del Big Bang.

Ninguno de estos flujos de neutrinos de baja energía. pueden ser detectados por IceCube.

Los neutrinos de alta energía son creados en colisiones de partículas de alta energía, como las colisiones de rayos cósmicos con la atmósfera de la Tierra. Su rango de energía se expande desde unos pocos MeVs (megaelectronvoltios = 10^6 electronvoltios) hasta décimas de un PeV.

Neutrinos todavía más energéticos fueron creados en o cerca de los objetos más extremos de nuestro universo – como los agujeros negros y las estrellas de neutrones – y alcanzan energías que van desde unos pocos TeVs hasta 10 PeVs.

Cuando los neutrinos son acelerados a energías por encima de 10^{16} electronvoltios, o 10 PeVs, cruzamos otro umbral de energía, llegando al rango conocido como neutrinos de ultra-alta energía o neutrinos cosmogénicos. Estos neutrinos son producidos por la interacción de rayos cósmicos de ultra-alta energía con la radiación cósmica de fondo de microondas.

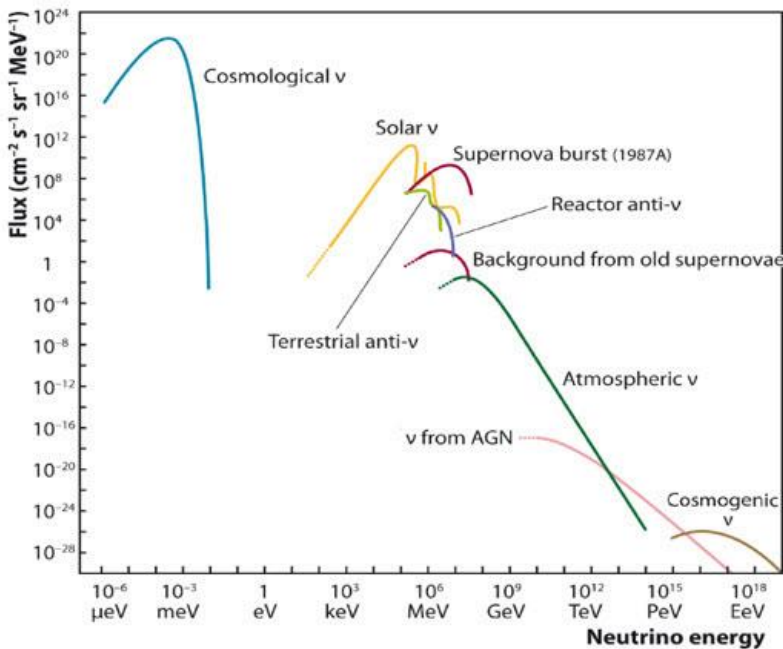


Figura 3.7.11. Se espera que los neutrinos con energías alrededor de un PeV interactúen a un ritmo de un suceso por año y por kilómetro cuadrado en su paso a través de la Tierra. En cambio, los neutrinos con energías alrededor de 100.000 PeV, o 10^{20} eV, solo interactúan a un ritmo de un suceso por siglo por kilómetro cuadrado.

Flujos de neutrinos naturales y de reactor medidos y esperados (más detalles sobre esta figura aquí). El rango de energía entre keV hasta algunos GeV es el dominio de los detectores bajo tierra. La región entre decenas de GeV hasta unos 100 PeV, con flujos mucho más pequeños, corresponde a los detectores de luz de Cherenkov bajo el agua o el hielo. Las energías más altas sólo son accesibles con detectores entre uno y tres órdenes de magnitud más grandes que IceCube que puede medir neutrinos con energías por encima de unas pocas docenas de GeV, lo cual permite medir tanto el flujo atmosférico como el flujo extraterrestre de neutrinos. Alcanza su

mayor sensibilidad por encima de la escala TeV, donde se espera que el flujo extraterrestre sea cada vez más dominante.

Si nuestra predicción acerca del flujo de neutrinos de ultra-alta energía es correcta, se necesitarán años de rendimiento excepcional por parte de IceCube para poder medir un número significativo de esos neutrinos. Aun así, detectar si quiera un solo neutrino de ultra-alta energía sería un logro extraordinario para la astrofísica de neutrinos.

¿Cómo se detectan los neutrinos en IceCube?

IceCube observa neutrinos de forma indirecta. Gracias a la interacción de partículas secundarias con el hielo, IceCube puede observar neutrinos de muy alta energía que han viajado a través del universo y que accidentalmente chocan con un núcleo atómico en el hielo. La reacción nuclear de un solo neutrino produce un haz de partículas que crean una ráfaga de luz azul, llamada luz de Cherenkov. Esta luz reluciente es detectada por una matriz de sensores de luz óptica, llamados módulos de óptica digital o DOMs, que están congelados en el interior del hielo.

Los investigadores de IceCube han creado visualizaciones informativas para representar los datos tomados por más de 5,000 sensores. En la visualización del suceso, se muestra cada sensor con una esfera, cuyo tamaño escala en relación con la cantidad de luz/carga registrada. Los códigos de color ilustran el tiempo de llegada de la luz, que va desde el rojo (primeros impactos) al verde o azul (impactos posteriores).

Los patrones de luz y la cantidad de energía medida por los DOMs permiten a los investigadores calcular la energía y la dirección del neutrino entrante y muchas veces hasta aprender su “sabor” o especie. En las figuras de arriba, se muestran tres patrones diferentes de neutrinos.

- *El patrón en cascada, a la izquierda, es un patrón típico de un neutrino electrónico, ν_e , que interactúa en el detector produciendo una cascada de partículas.*
- *Cuando un neutrino muónico, ν_μ , interactúa en IceCube, patrón central, crea un muón como partícula secundaria,*

que cruza todo el detector dejando una traza de luz en el detector.

- *El tercer patrón, a la derecha, también llamado patrón de doble explosión es producido por un neutrino tauónico, ν_τ que interactúa con el hielo creando una cascada hadrónica (la primera cascada de color rojizo) y un tau, el cual decae casi inmediatamente creando una segunda cascada de partículas de color verdoso.*

Sin embargo, IceCube no solo detecta neutrinos. También detecta muones producidos por la interacción de rayos cósmicos con la atmosfera de la tierra. De hecho, se detectan 1.000.000 de muones por cada neutrino observado en IceCube. Como es de esperar, a veces es difícil observar si la señal del detector proviene de un muón o de un neutrino. El patrón típico de un muon, μ , en IceCube, es una traza hacia abajo.

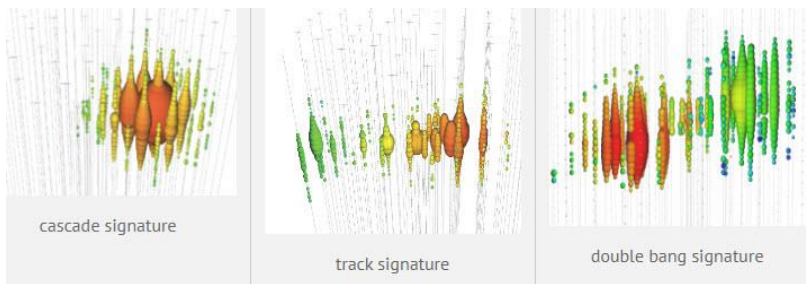


Figura 3.7.12. Imágenes de neutrinos recibidas en el Ice cube

*** : ¿Cómo es el Sol?**

[https://espanol.libretexts.org/Fisica/Astronom%C3%ADa_y_Cosmolog%C3%ADa/Libro%3A_Astronom%C3%ADa_\(OpenStax\)/16%3A_El_Sol-_Una_potencia_nuclear/3.8.03%3A_El_Interior_Solar_-_Teor%C3%ADa](https://espanol.libretexts.org/Fisica/Astronom%C3%ADa_y_Cosmolog%C3%ADa/Libro%3A_Astronom%C3%ADa_(OpenStax)/16%3A_El_Sol-_Una_potencia_nuclear/3.8.03%3A_El_Interior_Solar_-_Teor%C3%ADa)

La fusión de protones puede ocurrir en el centro del Sol sólo si la temperatura supera los 12 millones de K. ¿Cómo sabemos que en realidad el Sol es así de caliente? Para determinar cómo podría ser el interior del Sol, es necesario recurrir a cálculos complejos. Como no podemos ver el interior del Sol, tenemos que usar nuestro entendimiento de la física, combinado con lo que vemos en la

superficie, para construir un modelo matemático de lo que debe estar sucediendo en el interior.

Los astrónomos utilizan las observaciones para construir un programa de computadora que contenga todo lo que creen saber sobre los procesos físicos que ocurren en el interior del Sol. Luego, la computadora calcula la temperatura y la presión en cada punto dentro del Sol y determina qué reacciones nucleares, si las hay, se están produciendo. Para algunos cálculos, podemos usar observaciones para determinar si el programa de computadora está produciendo resultados que coincidan con lo que vemos. De esta manera, el programa evoluciona con observaciones cada vez mejores.

El programa de computadora también puede calcular cómo cambiará el Sol con el tiempo. Después de todo, el Sol debe cambiar. En su centro, el Sol está agotando lentamente su suministro de hidrógeno y creando helio en su lugar. ¿El Sol se calentará más? ¿Enfriará? ¿Más grande? ¿Más pequeño? ¿Más brillante? ¿Desmayarse? En última instancia, los cambios en el centro podrían ser catastróficos, ya que eventualmente se agotará todo el combustible de hidrógeno lo suficientemente caliente para la fusión. O se debe encontrar una nueva fuente de energía, o el Sol dejará de brillar. Describiremos el destino final del Sol en capítulos posteriores. Por ahora, veamos algunas de las cosas que debemos enseñar a la computadora sobre el Sol para poder llevar a cabo dichos cálculos.

+ : El Sol es un Plasma

El Sol está tan caliente que todo el material que contiene está en forma de un gas ionizado, llamado plasma. El plasma actúa como un gas caliente, que es más fácil de describir matemáticamente que los líquidos o los sólidos. Las partículas que constituyen un gas están en movimiento rápido, colisionando frecuentemente entre sí. Este bombardeo constante es la presión del gas (Figura 3.7.13.).

Más partículas dentro de un volumen dado de gas producen más presión debido a que el impacto combinado de las partículas en movimiento aumenta con su número. La presión también es mayor cuando las moléculas o átomos se mueven más rápido. Dado que las moléculas se mueven más rápido cuando la temperatura es más alta, las temperaturas más altas producen una mayor presión.

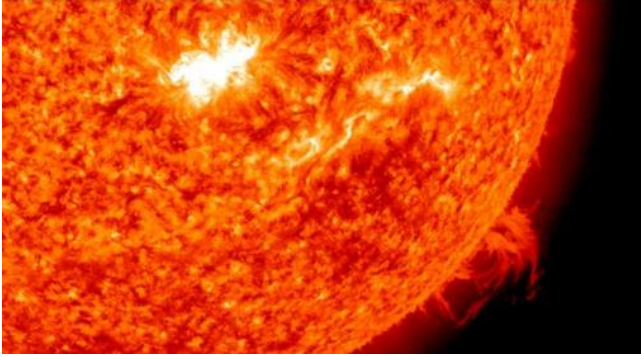


Figura 3.7.13. Presión de Gas. Las partículas en un gas están en movimiento rápido y producen presión a través de colisiones con el material circundante. Aquí se muestran partículas bombardeando los lados de un contenedor imaginario.

+: El Sol Es Estable

El Sol, como la mayoría de las otras estrellas, es estable; no se está expandiendo ni contrayendo. Se dice que tal estrella se encuentra en una condición de equilibrio. Todas las fuerzas dentro de ella están equilibradas, de manera que en cada punto dentro de la estrella, la temperatura, presión, densidad, etc. se mantienen en valores constantes. Veremos en capítulos posteriores que incluso estas estrellas estables, incluido el Sol, están cambiando a medida que evolucionan, pero tales cambios evolutivos son tan graduales que, a todos los efectos, las estrellas siguen en un estado de equilibrio en un momento dado.

La atracción gravitacional mutua entre las masas de diversas regiones dentro del Sol produce tremendas fuerzas que tienden a colapsar el Sol hacia su centro. Sin embargo, sabemos por la historia de la Tierra que el Sol ha estado emitiendo aproximadamente la misma cantidad de energía durante miles de millones de años, por lo que claramente ha logrado resistir el colapso durante mucho tiempo. Por lo tanto, las fuerzas gravitacionales deben ser contrarrestadas por alguna otra fuerza. Esa fuerza se debe a la presión de los gases dentro del Sol (Figura 3.7.14.). Los cálculos muestran que, para ejercer la presión suficiente para evitar que el Sol colapse debido a la fuerza de la gravedad, los gases en su centro deben mantenerse a una temperatura de 15 millones de K. Piensa en lo que esto nos dice. Apenas por el hecho de que el Sol no se está

contrayendo, podemos concluir que su temperatura en efecto debe ser lo suficientemente alta en el centro para que los protones se fusionen.

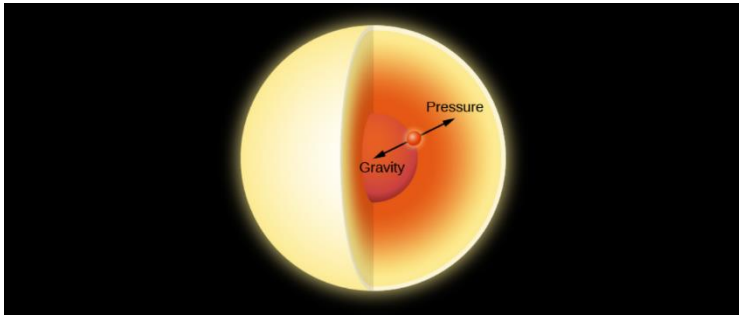


Figura 3.7.14. Equilibrio hidrostático. En el interior de una estrella, la fuerza de gravedad interna se equilibra exactamente en cada punto por la fuerza exterior de la presión del gas.

El Sol mantiene su estabilidad de la siguiente manera. Si la presión interna en tal estrella no fuera lo suficientemente grande como para equilibrar el peso de sus partes exteriores, la estrella colapsaría un poco, contrayéndose y acumulando la presión en su interior. Por otro lado, si la presión fuera mayor que el peso de las capas superpuestas, la estrella se expandiría, disminuyendo así la presión interna. La expansión se detendría, y nuevamente se alcanzaría el equilibrio cuando la presión en cada punto interno igualara el peso de las capas estelares por encima de ese punto. Una analogía es un globo inflado, que se expandirá o contraerá hasta alcanzar un equilibrio entre la presión del aire dentro y fuera. El término técnico para esta condición es equilibrio hidrostático. Las estrellas estables están todas en equilibrio hidrostático; también lo están los océanos de la Tierra y la atmósfera de la Tierra. La propia presión del aire evita que caiga al suelo.

+ : El sol no se está enfriando

Como todos los que alguna vez han dejado una ventana abierta en una fría noche de invierno saben, el calor siempre fluye de regiones más calientes a regiones más frías. A medida que la energía se filtra hacia afuera hacia la superficie de una estrella, debe fluir desde regiones interiores más calientes. La temperatura normalmente no puede enfriarse a medida que avanzamos hacia adentro en una

estrella, o la energía fluiría y calentaría esas regiones hasta que estuvieran al menos tan calientes como las exteriores. Los científicos concluyen que la temperatura es más alta en el centro de una estrella, bajando a valores cada vez más bajos hacia la superficie estelar. (Por lo tanto, la alta temperatura de la cromosfera y la corona del Sol puede parecer una paradoja. Pero recuerda de *The Sun: A Garden-Variety Star* que estas altas temperaturas son mantenidas por efectos magnéticos, que ocurren en la atmósfera del Sol).

El flujo exterior de energía a través de una estrella le roba su calor interno, y la estrella se enfriaría si esa energía no fuera reemplazada. De igual manera, una plancha caliente comienza a enfriarse en cuanto se desconecta de su fuente de energía eléctrica. Por lo tanto, debe existir una fuente de energía fresca dentro de cada estrella. En el caso del Sol, hemos visto que esta fuente de energía es la fusión continua de hidrógeno para formar helio.

+ : Transferencia de calor en una estrella

Dado que las reacciones nucleares que generan la energía del Sol ocurren en lo profundo de él, la energía debe ser transportada desde el centro del Sol a su superficie, donde la vemos tanto en forma de calor como de luz. Hay tres formas en que la energía puede ser transferida de un lugar a otro. En la conducción, los átomos o moléculas transmiten su energía al chocar con otros cercanos. Esto sucede, por ejemplo, cuando el mango de una cuchara de metal se calienta mientras revuelves una taza de café caliente. En convección, las corrientes de material cálido suben, llevando su energía con ellas a capas más frías. Un buen ejemplo es el aire caliente que sale de una chimenea. En la radiación, los fotones energéticos se alejan del material caliente y son absorbidos por algún material al que transmiten parte o la totalidad de su energía. Puedes sentir esto cuando pones la mano cerca de las bobinas de un calentador eléctrico, permitiendo que los fotones infrarrojos calienten tu mano. La conducción y la convección son importantes en el interior de los planetas. En las estrellas, que son mucho más transparentes, la radiación y la convección son importantes, mientras que la conducción suele ser ignorada.

Nota añadida a la edición LibreTexts

Además, las ondas acústicas juegan un papel en la transferencia de energía en las estrellas. Las ondas sonoras sí viajan por el interior del sol [haciendo posible ver manchas solares en el otro lado del sol], pero no se generan en el núcleo. Contrario a la creencia común, el núcleo es un lugar muy tranquilo y tranquilo. La gente suele decir que millones de bombas atómicas se disparan en el núcleo. Esto está mal. La energía generada en el núcleo es tan 'violenta' como la que ocurre en una pila ordinaria de compost de jardín. La energía es transportada por la radiación [así te pones sentado frente a una fogata] y la materia es estable y estratificada, es decir, no se "da vuelta" como lo hace el agua hirviendo [por convección]. Se puede escuchar el agua hirviendo, pero no se puede escuchar la radiación, entonces, no: no hay componente acústico en el núcleo. Por otro lado, alrededor de 3/4 del camino a la superficie, el transporte de energía es más eficiente si la materia está 'hirviendo' y 'roiling' así que hay ondas sonoras resultantes de eso, tal vez como un zumbido constante, pero se ve abrumado por el sonido generado en la superficie. En la superficie la energía es una mezcla de calor, luz y energía acústica.

La convección estelar ocurre cuando las corrientes de gas caliente fluyen hacia arriba y hacia abajo a través de la estrella (Figura 3.7.15.). Tales corrientes viajan a velocidades moderadas y no alteran la estabilidad general de la estrella. Ni siquiera resultan en una transferencia neta de masa ya sea hacia adentro o hacia afuera porque, a medida que el material caliente sube, el material frío cae y lo reemplaza. Esto da como resultado una circulación convectiva de celdas ascendentes y descendentes como se ve en la Figura 3.7.15. De la misma manera, el calor de una chimenea puede agitar las corrientes de aire en una habitación, algunas subiendo y otras cayendo, sin que entre o salga aire de la habitación. Las corrientes de convección transportan calor muy eficientemente hacia afuera a través de una estrella. En el Sol, la convección resulta ser importante en las regiones centrales y cerca de la superficie.

A menos que ocurra convección, el único modo significativo de transporte de energía a través de una estrella es por radiación electromagnética. La radiación no es un medio eficiente de transporte de energía en las estrellas porque los gases en los interiores estelares son muy opacos, es decir, un fotón no va muy

lejos (en el Sol, típicamente alrededor de 0.01 metros) antes de que sea absorbido. (Los procesos por los cuales los átomos e iones pueden interrumpir el flujo exterior de fotones, como ser ionizados, se discutieron en la sección sobre la Formación de Líneas Espectrales). La energía absorbida siempre es reemitida, pero puede ser reemitida en cualquier dirección. Un fotón absorbido cuando viaja hacia afuera en una estrella tiene casi tan buenas posibilidades de ser irradiado hacia el centro de la estrella como hacia su superficie.

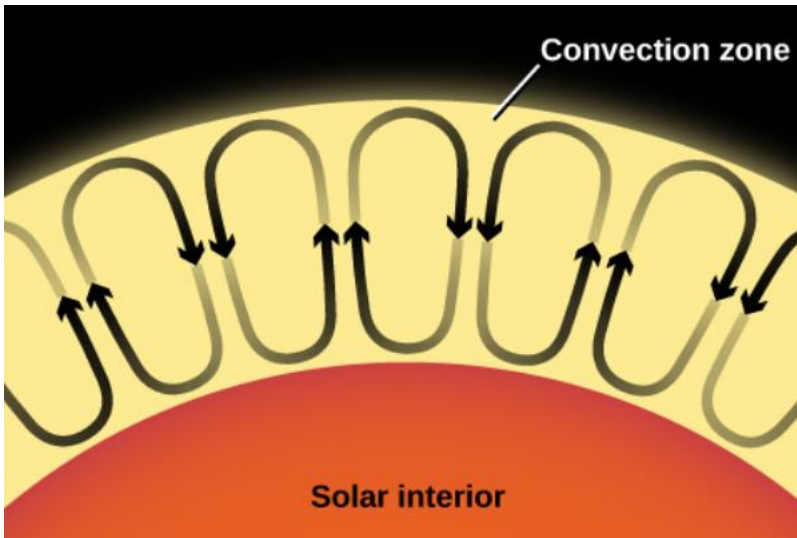


Figura 3.7.15. Convección. Las corrientes de convección ascendentes transportan el calor del interior del Sol a su superficie, mientras que el material más frío se hunde hacia abajo. Por supuesto, nada en una estrella real es tan sencillo como sugieren los diagramas en los libros de texto.

Una cantidad particular de energía, por lo tanto, zigzaguea alrededor de una manera casi aleatoria y tarda mucho en abrirse camino desde el centro de una estrella hasta su superficie (Figura 3.7.16.). Las estimaciones son algo inciertas, pero en el Sol, como vimos, el tiempo requerido es probablemente entre 100 mil y 1 000 000 años. Si los fotones no fueran absorbidos y reemitidos en el camino, viajarían a la velocidad de la luz y podrían llegar a la superficie en poco más de 2 segundos, tal como lo hacen los neutrinos (Figura 3.7.17.).

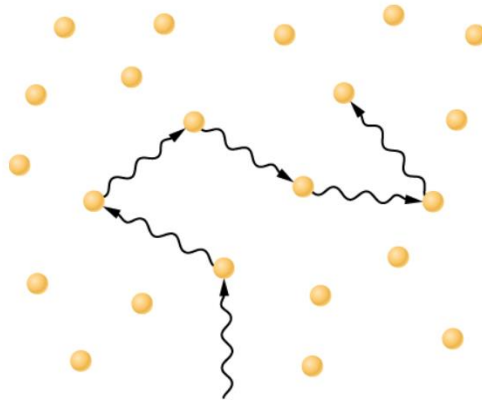


Figura 3.7.16. Fotones Profundos en el Sol. Un fotón que se mueve a través de los gases densos en el interior solar viaja solo una corta distancia antes de que interactúe con uno de los átomos circundantes. El fotón generalmente tiene una energía menor después de cada interacción y luego puede viajar en cualquier dirección aleatoria.

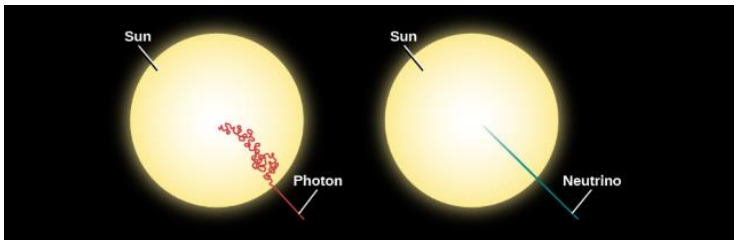


Figura 3.7.17. Senderos de Fotones y Neutrinos en el Sol. (a) Debido a que los fotones generados por las reacciones de fusión en el interior solar viajan solo una corta distancia antes de ser absorbidos o dispersados por los átomos y enviados en direcciones aleatorias, se estima que la energía tarda entre 100.000 y 1,000,000 años en abrirse paso desde el centro del Sol hasta su superficie. (b) En contraste, los neutrinos no interactúan con la materia, sino que atraviesan directamente el Sol a la velocidad de la luz, llegando a la superficie en poco más de 2 segundos.

* : Transferencia de calor y cocción

Las tres formas en que la energía térmica se mueve de regiones de mayor temperatura a regiones más frías se utilizan en la cocina, y esto es importante para todos los que disfrutamos haciendo o comiendo alimentos.

La conducción es la transferencia de calor por contacto físico durante el cual el movimiento energético de las partículas en una

región se extiende a otras regiones e incluso a objetos adyacentes en contacto cercano. Un sabroso ejemplo de esto es cocinar un bistec en una sartén de hierro caliente. Cuando una llama calienta el fondo de una sartén, las partículas que contiene vibran activamente y chocan con las partículas vecinas, esparciendo la energía térmica por toda la sartén (la capacidad de esparcir el calor de manera uniforme es un criterio clave para seleccionar materiales para utensilios de cocina). Un bistec sentado en la superficie de la sartén recoge energía térmica por las partículas en la superficie de la sartén colisionando con partículas en la superficie del bistec. Muchos cocineros pondrán un poco de aceite en la sartén, y esta capa de aceite, además de evitar que se pegue, aumenta la transferencia de calor al rellenar huecos y aumentar la superficie de contacto.

La convección es la transferencia de calor por el movimiento de la materia que se eleva porque es caliente y menos densa. Calentar un fluido hace que se expanda, lo que lo hace menos denso, por lo que se eleva. Un horno es un gran ejemplo de esto: el fuego está en el fondo del horno y calienta el aire ahí abajo, haciendo que se expanda (volviéndose menos denso), por lo que se eleva hasta donde está la comida. El aire caliente ascendente transporta el calor del fuego a la comida por convección.

Así funcionan los hornos convencionales. También puede estar familiarizado con los hornos de convección que utilizan un ventilador para hacer circular el aire caliente para una cocción más uniforme. Un científico se opondría a ese nombre porque los hornos normales sin ventilador que dependen de que el aire caliente suba para hacer circular el calor son hornos de convección; técnicamente, los hornos que utilizan ventiladores para ayudar a mover el calor son hornos de “advección”. (Puede que no hayas oído hablar de esto porque los científicos que se quejan en voz alta por el mal uso de los términos convección y advección no salen mucho).

La radiación es la transferencia de energía térmica por radiación electromagnética. Si bien los hornos microondas son un ejemplo obvio del uso de radiación para calentar alimentos, un ejemplo más sencillo es un horno de juguete. Los hornos de juguete funcionan con una bombilla muy brillante. Los cocineros infantiles preparan una mezcla para brownies o galletas, la ponen en una bandeja y la colocan en el horno de juguete debajo de la bombilla brillante. La luz

y el calor de la bombilla golpean la mezcla de brownie y la cocinan. Si alguna vez has puesto tu mano cerca de una luz brillante, sin duda has notado que tu mano se calienta por la luz.

+ : **Estrellas Modelo**

Los científicos utilizan los principios que acabamos de describir para calcular cómo es el interior del Sol. Estas ideas físicas se expresan como ecuaciones matemáticas que se resuelven para determinar los valores de temperatura, presión, densidad, la eficiencia con la que se absorben los fotones, y otras cantidades físicas a lo largo del Sol. Las soluciones obtenidas, basadas en un conjunto específico de supuestos físicos, proporcionan un modelo teórico para el interior partiendo de la evidencia de que el sol está compuesto de materia.

La figura ilustra 3.7.18. esquemáticamente las predicciones de un modelo teórico para el interior del Sol. La energía se genera a través de la fusión en el núcleo del Sol, que se extiende solo alrededor de una cuarta parte del camino hasta la superficie, pero contiene aproximadamente un tercio de la masa total del Sol.

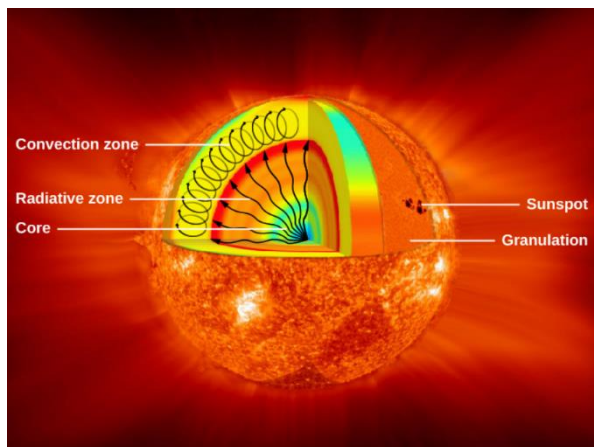


Figura 3.7.18. Estructura Interior del Sol. La energía se genera en el núcleo por la fusión de hidrógeno para formar helio. Esta energía se transmite hacia afuera por radiación, es decir, por la absorción y reemisión de fotones. En las capas más externas, la energía se transporta principalmente por convección.

En el centro, la temperatura alcanza un máximo de aproximadamente 15 millones de K, y la densidad es casi 150 veces la del agua. La energía generada en el núcleo es transportada hacia

la superficie por radiación hasta llegar a un punto aproximadamente 70% de la distancia desde el centro a la superficie. En este punto, comienza la convección, y la energía se transporta el resto del camino, principalmente por columnas ascendentes de gas caliente.

La figura 3.7.19. muestra cómo la temperatura, densidad, tasa de generación de energía y composición varían desde el centro del Sol hasta su superficie.

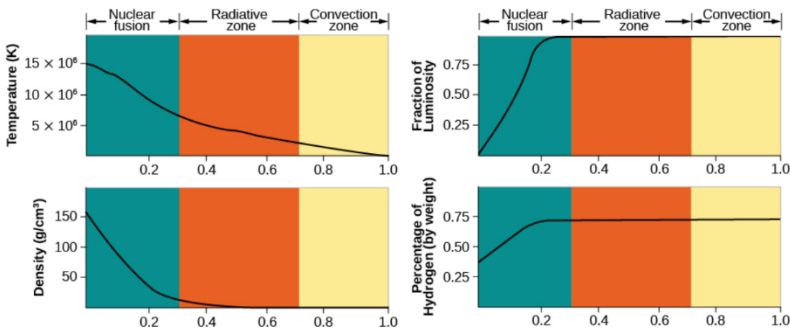


Figura 3.7.19. Interior del Sol. Diagramas que muestran cómo la temperatura, la densidad, la tasa de generación de energía y el porcentaje (en masa) de abundancia de hidrógeno varían dentro del Sol. La escala horizontal muestra la fracción del radio del Sol: el borde izquierdo es el centro mismo, y el borde derecho es la superficie visible del Sol, que se llama la fotosfera.

* : El interior del Sol

Recordemos que cuando observamos la fotosfera del Sol (la capa superficial que vemos desde el exterior), no estamos viendo muy profundamente en nuestra estrella, desde luego, no en las regiones donde se genera energía. Por eso el título de esta sección — observaciones del interior solar— debería parecer muy sorprendente. Sin embargo, los astrónomos de hecho han ideado dos tipos de mediciones que pueden ser utilizadas para obtener información sobre las partes internas del Sol. Una técnica implica el análisis de pequeños cambios en el movimiento de pequeñas regiones en la superficie del Sol. El otro se basa en la medición de los neutrinos emitidos por el Sol.

+ : Pulsaciones Solares

Los astrónomos descubrieron que el Sol pulsa —es decir, alternativamente se expande y contrae— así como tu pecho se expande y se contrae a medida que respiras. Esta pulsación es muy

leve, pero se puede detectar midiendo la velocidad radial de la superficie solar, la velocidad con la que se mueve hacia nosotros o se aleja de nosotros. Se observa que las velocidades de pequeñas regiones en el Sol cambian de manera regular, primero hacia la Tierra, luego lejos, luego hacia, y así sucesivamente. Es como si el Sol estuviera “respirando” a través de miles de pulmones individuales, cada uno teniendo un tamaño en el rango de 4000 a 15,000 kilómetros, cada uno fluctuando de un lado a otro (Figura 3.7.20.).

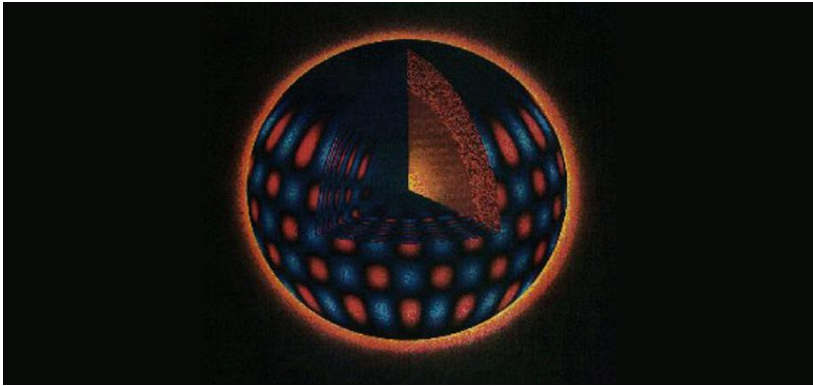


Figura 3.7.20. Oscilaciones en el Sol.

Las nuevas técnicas de observación permiten a los astrónomos medir pequeñas diferencias de velocidad en la superficie del Sol para inferir cómo es el interior solar profundo. En esta simulación por computadora, el rojo muestra regiones de superficie que se alejan del observador (movimiento hacia adentro); el azul marca regiones moviéndose hacia el observador (movimiento hacia afuera). Tenga en cuenta que los cambios de velocidad penetran profundamente en el interior del Sol.

La velocidad típica de una de las regiones oscilantes en el Sol es de solo unos cientos de metros por segundo, y se tarda unos 5 minutos en completar un ciclo completo de velocidad máxima a mínima y volver de nuevo. El cambio en el tamaño del Sol medido en cualquier punto dado no es superior a unos pocos kilómetros.

Lo notable es que estas pequeñas variaciones de velocidad pueden ser utilizadas para determinar cómo es el interior del Sol. El movimiento de la superficie del Sol es causado por olas que lo alcanzan desde lo profundo del interior. El estudio de la amplitud y duración del ciclo de los cambios de velocidad proporciona

información sobre la temperatura, densidad y composición de las capas a través de las cuales pasaron las ondas antes de que alcanzaran la superficie. La situación es algo análoga al uso de ondas sísmicas generadas por los sismos para inferir las propiedades del interior de la Tierra. Por esta razón, los estudios de oscilaciones solares (movimientos de ida y vuelta) se denominan helioseismología.

Las olas tardan poco más de una hora en atravesar el Sol de centro a superficie, por lo que las olas, al igual que los neutrinos, proporcionan información sobre cómo es el interior solar en la actualidad. En contraste, recordemos que la luz del sol que vemos hoy emergiendo del Sol se generó en realidad en el núcleo hace varios cientos de miles de años.

La heliosismología ha demostrado que la convección se extiende hacia adentro desde la superficie 30% del camino hacia el centro; hemos utilizado esta información en el dibujo 3.7.18. Las mediciones de pulsación también muestran que la rotación diferencial que vemos en la superficie del Sol, con la rotación más rápida ocurriendo en el ecuador, persiste hacia abajo a través de la zona de convección. Por debajo de la zona de convección, sin embargo, el Sol, a pesar de que es gaseoso por todas partes, gira como si se tratara de un cuerpo sólido como una bola de boliche. Otro hallazgo de la helioseismología es que la abundancia de helio dentro del Sol, excepto en el centro donde las reacciones nucleares han convertido el hidrógeno en helio, es aproximadamente la misma que en su superficie. Ese resultado es importante para los astrónomos porque significa que tenemos razón cuando usamos la abundancia de los elementos medidos en la atmósfera solar para construir modelos del interior solar.

La heliosismología también permite a los científicos mirar debajo de una mancha solar y ver cómo funciona. En *The Sun: A Garden-Variety Star*, dijimos que las manchas solares son frías porque fuertes campos magnéticos bloquean el flujo exterior de energía. La figura 3.7.21. muestra cómo el gas se mueve por debajo de una mancha solar. El material frío de la mancha solar fluye hacia abajo, y el material que rodea la mancha solar es arrastrado hacia adentro, llevando el campo magnético con ella y manteniendo así el campo fuerte que es necesario para formar una mancha solar. A medida que

el nuevo material ingresa a la región de las manchas solares, también se enfría, se vuelve más denso y se hunde, estableciendo así un ciclo autopropetador que puede durar semanas.

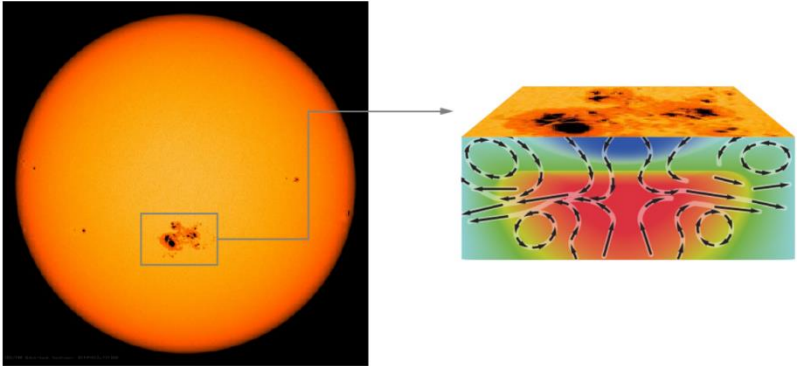


Figura 3.7.21. Estructura de manchas solares. Este dibujo muestra nuestra nueva comprensión, desde la heliosismología, de lo que yace debajo de una mancha solar. Las flechas negras muestran la dirección del flujo de material. El intenso campo magnético asociado con la mancha solar detiene el flujo ascendente de material caliente y crea una especie de tapón que bloquea el gas caliente. A medida que el material sobre el tapón se enfría (se muestra en azul), se vuelve más denso y se sumerge hacia adentro, atrayendo más gas y más campo magnético detrás de él hacia el lugar. El campo magnético concentrado provoca más enfriamiento, configurando así un ciclo autopropetante que permite que una mancha sobreviva por varias semanas. Dado que el tapón evita que el material caliente fluya hacia la mancha solar, la región debajo del enchufe, representada por el rojo en esta imagen, se vuelve más caliente. Este material fluye hacia los lados y luego hacia arriba, llegando finalmente a la superficie solar en el área que rodea la mancha solar.

El material frío que fluye hacia abajo actúa como una especie de tapón que bloquea el flujo ascendente de material caliente, que luego se desvía lateral y finalmente llega a la superficie solar en la región alrededor de la mancha solar. Este flujo exterior de material caliente explica la paradoja que describimos en *The Sun: A Garden-Variety Star*, es decir, que el Sol emite un poco más de energía cuando más de su superficie está cubierta por manchas solares frías.

La heliosismología se ha convertido en una herramienta importante para predecir tormentas solares que podrían impactar a la Tierra. Las regiones activas pueden aparecer y crecer en tan solo unos días. El periodo de rotación solar es de aproximadamente 28 días. Por lo tanto, regiones capaces de producir llamaradas solares y eyecciones

de masa coronal pueden desarrollarse en el otro lado del Sol, donde, durante mucho tiempo, no pudimos verlas directamente.

Afortunadamente, ahora tenemos telescopios espaciales monitoreando al Sol desde todos los ángulos, así que sabemos si se forman manchas solares en el lado opuesto del Sol. Además, las ondas sonoras viajan ligeramente más rápido en regiones de alto campo magnético, y las ondas generadas en regiones activas atraviesan el Sol aproximadamente 6 segundos más rápido que las ondas generadas en regiones tranquilas. Al detectar esta sutil diferencia, los científicos pueden proporcionar advertencias de una semana o más a los operadores de servicios eléctricos y satélites sobre cuándo una región activa potencialmente peligrosa podría rotar a la vista. Con esta advertencia, es posible planificar las interrupciones, poner los instrumentos clave en modo seguro, o reprogramar las caminatas espaciales para proteger a los astronautas.

*** : Neutrinos Solares**

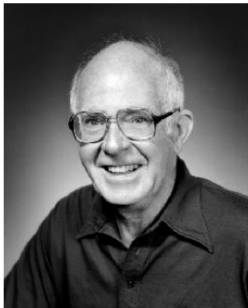
La segunda técnica para obtener información sobre el interior del Sol implica la detección de algunos de esos elusivos neutrinos creados durante la fusión nuclear. Recordemos de nuestra anterior discusión que los neutrinos creados en el centro del Sol salen directamente del Sol y viajan a la Tierra casi a la velocidad de la luz. En lo que respecta a los neutrinos, el Sol es transparente.

Alrededor del 3% de la energía total generada por la fusión nuclear en el Sol es arrastrada por los neutrinos. Tanto protones reaccionan y forman neutrinos dentro del núcleo del Sol que, calculan los científicos, 35 millones de millones de (3.5×10^{16}) neutrinos solares pasan por cada metro cuadrado de la superficie de la Tierra cada segundo.

Si podemos idear una manera de detectar incluso algunos de estos neutrinos solares, entonces podemos obtener información directamente sobre lo que está sucediendo en el centro del Sol. Desafortunadamente para quienes intentan “atrapar” algunos neutrinos, la Tierra y todo lo que hay en ella también son casi transparentes a los neutrinos que pasan, al igual que el Sol.

En muy, muy raras ocasiones, sin embargo, uno de los miles de millones y miles de millones de neutrinos solares interactuará con otro átomo. La primera detección exitosa de neutrinos solares hizo uso del líquido de limpieza (C_2Cl_4), que es la forma menos costosa de juntar muchos átomos de cloro. El núcleo de un átomo de cloro (Cl) en el líquido de limpieza se puede convertir en un núcleo de argón radiactivo por una interacción con un neutrino. Debido a que el argón es radiactivo, se puede detectar su presencia. Sin embargo, dado que la interacción de un neutrino con el cloro ocurre tan raramente, se necesita una gran cantidad de cloro.

Raymond Davis (Figura 3.7.22.) y sus colegas del Laboratorio Nacional Brookhaven, colocaron un tanque que contenía casi 400,000 litros de líquido de limpieza 1.5 kilómetros bajo la superficie de la Tierra en una mina de oro en Lead, Dakota del Sur. Se eligió una mina para que el material circundante de la Tierra evitara que los rayos cósmicos (partículas de alta energía del espacio) alcanzaran el líquido limpiador y crearan señales falsas. (Las partículas de rayos cósmicos son detenidas por gruesas capas de la Tierra, pero los neutrinos las encuentran sin importancia). Los cálculos muestran que los neutrinos solares deben producir aproximadamente un átomo de argón radiactivo en el tanque cada día.



(a)



(b)

Figura 3.7.22. Experimento Davis. a) Raymond Davis recibió el Premio Nobel de Física en 2002. b) El experimento de Davis en el fondo de una mina de oro abandonada reveló por primera vez problemas con nuestra comprensión de los neutrinos.

Este fue un proyecto increíble: contaban átomos de argón aproximadamente una vez al mes, y recuerden, estaban buscando un pequeño puñado de átomos de argón en un tanque masivo de átomos de cloro. Cuando todo estaba dicho y hecho, ¡el experimento

de Davis, iniciado en 1970, detectó solo alrededor de un tercio de los neutrinos que predijeron los modelos solares! Este fue un resultado impactante porque los astrónomos pensaban que tenían una comprensión bastante buena tanto de los neutrinos como del interior del Sol. Durante muchos años, astrónomos y físicos lucharon con los resultados de Davis, tratando de encontrar una salida al dilema de los neutrinos “desaparecidos”.

Finalmente, el resultado de Davis se explicó por el sorprendente descubrimiento de que en realidad hay tres tipos de neutrinos. La fusión solar produce solo un tipo de neutrino, el llamado neutrino electrónico, y los experimentos iniciales para detectar neutrinos solares fueron diseñados para detectar este tipo. Experimentos posteriores mostraron que estos neutrinos cambian a un tipo diferente durante su viaje desde el centro del Sol a través del espacio a la Tierra en un proceso llamado oscilación de neutrinos.

Un experimento, realizado en el Observatorio de Neutrinos de Sudbury en Canadá, fue el primero diseñado para capturar los tres tipos de neutrinos (Figura 3.7.23.). El experimento se ubicó en una mina a 2 kilómetros bajo tierra. El detector de neutrinos consistió en una esfera de plástico acrílico transparente de 12 metros de diámetro, la cual contenía 1000 toneladas métricas de agua pesada. Recuerda que un núcleo de agua ordinaria contiene dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno.

En cambio, el agua pesada contiene dos átomos de deuterio y un átomo de oxígeno, y los neutrinos entrantes ocasionalmente pueden romper el protón y el neutrón libremente unidos que componen el núcleo de deuterio. La esfera de agua pesada estaba rodeada por un escudo de 1700 toneladas métricas de agua muy pura, que a su vez estaba rodeada por 9600 fotomultiplicadores, dispositivos que detectan destellos de luz producidos después de que los neutrinos interactúan con el agua pesada.

Para el enorme alivio de los astrónomos que hacen modelos del Sol, el experimento de Sudbury detectó alrededor de 1 neutrino por hora y ha demostrado que el número total de neutrinos que llegan al agua pesada es justo lo que predicen los modelos solares. Sólo un tercio de estos, sin embargo, son neutrinos de electrones.

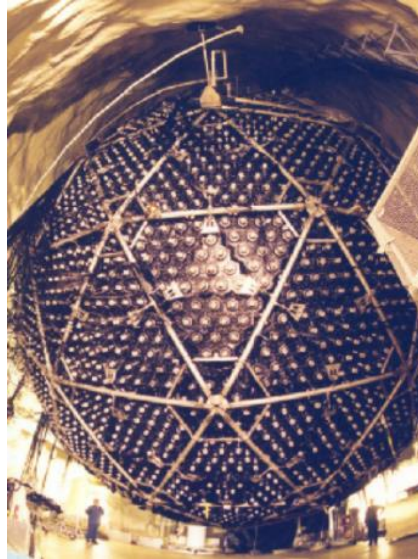


Figura 3.7.23. Detector de neutrinos de Sudbury. La esfera de 12 metros del Detector de Neutrinos Sudbury se encuentra a más de 2 kilómetros bajo tierra y contiene 1000 toneladas métricas de agua pesada.

Parece que dos tercios de los neutrinos electrónicos producidos por el Sol se transforman en uno de los otros tipos de neutrinos a medida que avanzan desde el núcleo del Sol hasta la Tierra. Es por ello que los experimentos anteriores vieron sólo un tercio del número de neutrinos que se esperaba.

Aunque no es intuitivamente obvio, tales oscilaciones de neutrinos sólo pueden ocurrir si la masa del neutrino electrónico no es cero. Otros experimentos indican que su masa es pequeña (incluso comparada con el electrón). El Premio Nobel de Física 2015 fue otorgado a los investigadores Takaaki Kajita y Arthur B. McDonald por su trabajo estableciendo la naturaleza cambiante de los neutrinos. (Raymond Davis compartió el Premio Nobel 2002 con el japonés Masatoshi Koshiba por los experimentos que llevaron a nuestra comprensión del problema de los neutrinos en primer lugar). Pero el hecho de que el neutrino tenga masa en absoluto tiene profundas implicaciones tanto para la física como para la astronomía. Por ejemplo, veremos el papel que juegan los neutrinos en el inventario de la masa del universo en The Big Bang.

El experimento Borexino, un experimento internacional realizado en Italia detectó neutrinos provenientes del Sol que fueron identificados como provenientes de diferentes reacciones. Mientras que la cadena p-p es la reacción que produce la mayor parte de la energía del Sol, no es la única reacción nuclear que ocurre en el núcleo del Sol. Hay reacciones secundarias que involucran núcleos de elementos tales como berilio y boro. Al sondear la cantidad de neutrinos que provienen de cada reacción, el experimento Borexino nos ha ayudado a confirmar en detalle nuestra comprensión de la fusión nuclear en el Sol. En 2014, el experimento Borexino también identificó neutrinos que fueron producidos por el primer paso en la cadena p-p, confirmando los modelos de astrónomos solares.

Es increíble que una serie de experimentos que comenzaron con suficiente líquido de limpieza para llenar una piscina derribó los pozos de una vieja mina de oro ahora nos esté enseñando sobre la fuente de energía del Sol y ¡las propiedades de la materia! Este es un buen ejemplo de cómo los experimentos en astronomía y física, aunados a los mejores modelos teóricos que podemos idear, continúan conduciendo a cambios fundamentales en nuestra comprensión de la naturaleza.

Capítulo VIII : *Imaginemos Explicaciones*

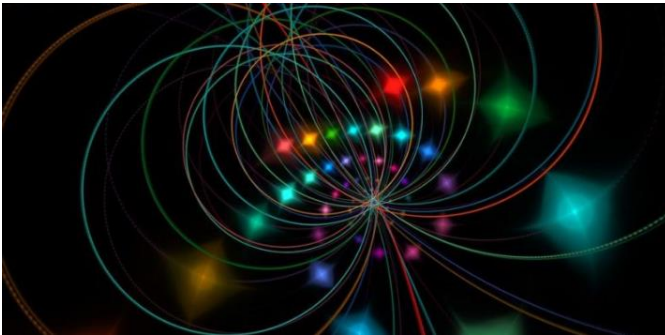
Con toda la información que tenemos, llegó la hora de poner a funcionar nuestras neuronas con ese RCLV (raciocinio cognitivo lógico voluntario) en el cerebro para analizar estas explicaciones que acabamos de ver, evidenciamos que, a pesar de esforzarnos por investigar y tratar de entender la documentación que hay sobre el tema, aún tenemos una gran laguna repleta de incertezas sobre el conocimiento del átomo, a pesar de que supuestamente tenemos acceso y que esa información, dicen que está a nuestro alcance.

En resumen, tenemos claro que los átomos están conformados por Bariones (protones y neutrones), Mesones (piones) y Leptones (electrones, Muones y Taurones), pero todos ellos a su vez, están conformados por quarks, que tienen sus respectivos antiquarks que tienen unos valores de energía que no son adecuadamente explicados. Por otro lado, se nos habla de los rayos cósmicos y de los laboratorios que hay para analizarlos, pero hay algo en todo eso que no cuadra con nuestras apreciaciones. Aparentemente eso queda claro y hasta cierto punto es entendible, pero para nuestro propósito, quedan aún grandes dudas e incertezas.

A los fotones se les menciona frecuentemente y por muy variadas razones, pero a los neutrinos, que son tan abundantes como los fotones, se les menciona muy vagamente y no son relacionados con ningún proceso físico, ni se explica claramente cuál es su función en la naturaleza, ni definen exactamente su importancia dentro del conjunto atómico. También hay que tener en cuenta que para los fotones existen instrumentos de medición, por el contrario, para los

neutrinos, sabemos que existen y en grandes cantidades, quizás en igual proporción que los mismos fotones, pero no tenemos instrumentos para detectarlos fácilmente (hoy son detectados en varios puestos de observación con instalaciones muy costosas y especiales, en la Antártida, polo sur, Dakota y Ontario), tampoco tenemos forma de medirlos, pero si sentimos sus efectos.

Con el objeto de aclarar un poco esas dudas, vamos a analizar conceptos de científicos que inexplicablemente quedaron sueltos, por fuera de la difusión que han tenido otras de sus tesis. Para poder hacer eso, tenemos que salirnos de los preceptos impuestos por ese círculo de los físicos (que conforman esa élite que se cree propietaria del conocimiento) para explicar lo que sucede más allá de los quarks y para explicar la fuerza de la gravedad, imponen dogmas como la teoría de las Cuerdas y sus 10 dimensiones, tratando de explicar lo que es inexplicable hasta este momento y ellos aseguran tener la razón y el que no piense como ellos o que no pertenece a su círculo cuántico, es despreciado y cualquier concepto diferente a sus afirmaciones, que soportan en fórmulas matemáticas insulsas es considerado como irrelevante, no demostrada científicamente.



3.8.1. Teoría de las cuerdas

Hay otro punto importante, en las explicaciones dadas sobre los Rayos Cósmicos, describen varios elementos que los conforman y que aparentemente representan varias formas de energía, definidos en forma rotunda en una escala dividida en valores que representan lo que ellos llaman rayos beta, gamma, infrarrojos, ultravioleta y lo más importante para nosotros, es lo que denominamos como la luz que nuestros ojos pueden ver, representada por los colores que van desde los 380 hasta los 700 nm (Nanómetros).



Figura 3.8.2. Rayos C3smicos

Para aclarar estas dudas, vamos a analizar ciertos detalles que est1n en una especie de penumbra del conocimiento, pero que pueden comenzar a dar luz sobre muchas cosas de las que ocurren en una parte que la mayor1a desconoce de nuestra realidad.

*** : Reflexiones para entender lo que sucede en el Sol y en las estrellas**

Recordando la teor1a de la complementariedad de Bohr usando el simbolismo del Taijitu con el Yin y el Yang en su escudo de armas, nos lleva a pensar que 3l quer1a mostrar al mundo que ten1a ese conocimiento, pero que por alguna raz3n fue impedido de divulgarlo m1s ampliamente a pesar del reconocimiento cient1fico que tuvo en su tiempo. Como nosotros no tenemos ese impedimento, vamos a interpretar algunos detalles que, a pesar del tiempo transcurrido y los avances cient1ficos logrados, muchos conceptos a1n quedan en una incertidumbre que inhibe explicaciones y certezas.

Hablando del Taijitu que es la fuerza que une al Yin y el Yang (el agua a los peces), tenemos la seguridad de la existencia de una fuerza magn3tica como parte integrante de ese mundo cu1ntico, tambi3n tenemos a los fotones que corresponden al yang, el d1a, la luz y lo positivo y los neutrinos que corresponden al Yin, que es la noche, la oscuridad y lo negativo.

Ajustando esos conceptos a nuestro tema, en la naturaleza, casi todo obedece a una secuencia con base a tres elementos, todo gira alrededor de una trinidad que se integra, se complementa y se divide para generar variaciones, por ejemplo, tenemos los colores, que

partiendo de tres colores básicos, se pueden derivar de ellos millones de variaciones, así mismo puede suceder con la fuerza magnética que es la contenedora que tiene dos polos, uno norte negativo que atrae a las energía positiva de los fotones, siguiendo la ley del magnetismo universal, diferentes se atraen, similares se rechazan y un polo sur positivo que atrae neutrinos que son negativos, de su configuración en cantidades de cada energía y secuencia inicial en su formación, dependen todos los elementos existentes y que conforman la materia en el universo.

Con esta deducción, por supuesto, que muy pronto dirán “No demostrada científicamente”, pero siguiendo adelante, podemos deducir varias de las incógnitas que rodean el tema atómico, astronómico y estelar. Al aceptar el neutrino como energía de contraste, integrando esa trinidad básica que conforma el universo, se pueden aportar muchas respuestas para todo, siguiendo la filosofía del Taijitu, el yang es el fotón, que es la energía positiva, la luz que ven nuestros ojos, hablando de los colores, es la mezcla que los aclara. El Yan es el Neutrino, es la oscuridad, hablando de los colores, es la mezcla que los oscurece hasta hacerlos desaparecer.

Hablando de las inquietudes de físicos y astrónomos, en lo referente a la conformación del universo, nos mencionan que pueden ser visibles millones de galaxias integradas por millones de brillantes estrellas como nuestro sol, posiblemente, muchas de ellas con planetas como la tierra, entonces serían millones de soles que emiten señales de luz que, de acuerdo a su posición, viaja durante millones de años a la velocidad que conocemos, distinguiendo muchas señales luminosas que algunos identifican como plasma estelar. Usando modernos equipos de detección en la atmósfera y fuera de ella, han podido identificar muchas señales de ondas electromagnéticas, rayos cósmicos y otras denominaciones para todas las señales que nos llegan desde el espacio, o sea de esas galaxias.

Nos hablan de un universo en expansión, de explosiones estelares, de supernovas, de nacimiento y desaparición de estrellas, de agujeros negros, de masa oscura y algunos otros términos que son desconocidos para la mayoría supuestamente por falta de comprobación científica dan a entender que pueden existir miles de formas de energía, asegurando que la gravedad es una fuerza adicional a la magnética y para comprobarlo, nos imponen como

dogma, que existen 10 dimensiones adicionales donde vibran cuerdas que son las que suministran muchas formas de energía. Con estas teorías, se mantiene todo ese tema en términos de duda, de incertezas que posiblemente retardan nuestro avance hacia el espacio.

Volviendo a nuestro tema, partiendo de esa trinidad de la que hablamos, fácilmente podemos deducir que, aplicando esa hipótesis, resolvemos muchas de esas dudas, si analizamos lo que sucede en nuestro sol, podemos deducir que sucede lo mismo en todos los demás soles del universo, esto se deduce de acuerdo con las señales recibidas, que nos muestran las mismas formas de partículas con fuerza y energía que nuestro sol, entonces, podemos deducir, que la naturaleza es la misma en todo el universo.

Vamos a comenzar por aceptar que en el Sol hay constantes explosiones atómicas que desintegran la materia sólida que tiene en su interior, liberando todos sus elementos, por lo que deducimos que la desintegración de la masa (materia) en moléculas, luego en átomos y estos en protones, piones y neutrones liberando todos sus componentes, que son los quarks o "cuantos", y de acuerdo con lo que hemos visto en la complementariedad de Bohr y deduciendo de la existencia de los rayos cósmicos, aceptamos la existencia de la fuerza magnética como base de la materia complementada por los fotones que son portadores de energía positiva y los neutrinos que tienen energía negativa y que aparentemente, según los científicos, no interactúan con la materia existente porque aún no han descubierto cómo funciona, a pesar de las costosas instalaciones construidas para analizarlos, todavía ni siquiera saben o no lo han publicado, cómo medir su intensidad, pero por las inversiones realizadas, saben de su importancia, porque el Neutrino debe de ser muy importante, ya que en la naturaleza nada sobra y si es tan abundante, debe de ser por algo.

Primero vamos a analizar lo que sucede cuando explotan las moléculas solares y estas partículas se separan causando constantes variaciones hasta alcanzar el vacío fuera de la atracción magnética del sol, luego viajan en el espacio describiendo ondas electromagnéticas, por lo tanto, da para deducir que es constante esa integración de fuerza magnética con las partículas con energía, forman los Quarks de los que se habla en las ciencias cuánticas y que,

de acuerdo con eso, forman los rayos cósmicos que nos llegan desde las estrellas. Lo mismo puede suceder con el plasma estelar que ven los astrónomos, lo que nos lleva a pensar, que esa posibilidad es real porque en la naturaleza todo es equilibrio y depende de trinidades básicas y esta es una de ellas, quizás la más importante de todas.

Para mucho científico, la visita de extraterrestres a nuestro planeta o los viajes espaciales fuera de nuestro sistema solar es inverosímil, porque para viajar en el espacio sideral (hablando de varios años Luz), las necesidades de almacenamiento para el combustible necesario para impulsar cualquier nave a la velocidad de la luz hacen inviable cualquier iniciativa con la tecnología conocida hasta hoy. Pero si estamos hablando de fotones y neutrinos, suponemos que como partículas con energía y esa energía terrestre es la misma que podemos encontrar en el espacio, emitida por las estrellas, entonces la evidencia es palpable, sólo tenemos que mejorar la tecnología para aprovechar mejor la energía positiva y negativa proveniente del sol que tenemos hoy, y con eso, se abren posibilidades que hasta ahora están en calidad de imaginarias.

Para entender mejor esos conceptos, vamos a darle formas a esas partículas, que evidentemente son emitidas en esas explosiones solares. Para comenzar, sabemos que existen las ondas electromagnéticas, por lo tanto, debe de existir una energía y una fuerza magnética que la sostiene para que se produzcan las ondulaciones, como son descritas en la definición que encontramos sobre las ondas electromagnéticas referenciadas también en el espectro solar que comprende todas las longitudes de onda, siendo unas visibles y otras invisibles para el ojo humano.

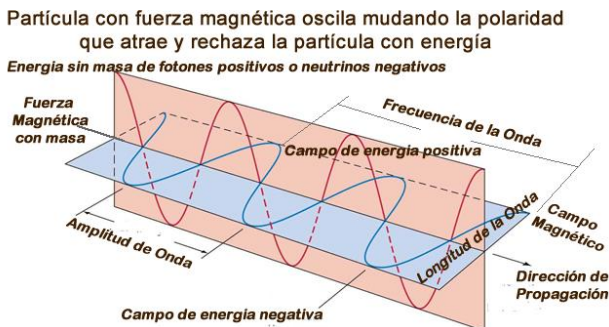


Figura 3.8.3. Representación de una Onda electromagnética

Eso quiere decir que esas energías (fotones y neutrinos) viajan acompañados por esas fuerzas magnéticas describiendo las ondas que identifican a los rayos cósmicos. Por eso, tenemos definido que los fotones tienen energía positiva, pero no tienen masa, igual sucede con los neutrinos, que tienen energía negativa pero tampoco tienen masa.

Por eso hay que deducir, que a causa de las explosiones en el sol, todas las partículas se separan y cada energía viaja sujeta a una fuerza magnética contraria al valor de su energía que la convierte en una onda electromagnética, los fotones son sujetos por el polo norte negativo y los neutrinos son sujetos por un polo sur positivo, como dicen los científicos, como partículas separadas no tienen masa, pero que al unirse una partícula de fuerza con sus dos polos y una energía electromagnética, se convierten en Quarks y adquieren masa. Para entender esto, vamos a darle una figura y colores, para poder imaginar cómo funciona ese conjunto trinitario que es la base de todo lo que existe.

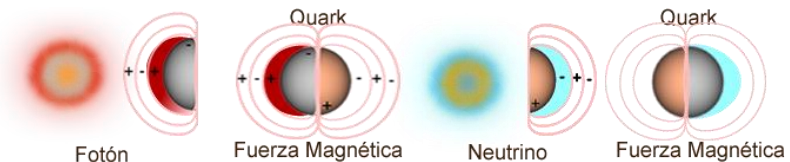


Figura 3.8.4. Fuerza Magnética, Fotones y Neutrinos

Estos elementos son lanzados al espacio, esto quiere decir que, al liberar las partículas de la suma de estas fuerzas que los retiene en la materia, salen disparadas hacia el espacio, venciendo la atracción magnética de la estrella. Obedeciendo la fórmula más famosa de Albert Einstein, $E=MC^2$ (Ya vimos también la explicación que le dio la posibilidad de medir la velocidad de la luz, que por cierto, no es pequeña, calculada en 299 792 458 m/s), pero aceptemos esta estimación de 300.000 km/segundo por ahora, deduciendo entonces que la energía que contienen esas partículas con energía retenidas por la fuerza magnética en los átomos, equivale a esa potencia, recordando que se nos habla de fuerzas nucleares (bozones W, Z) más los gluones y más recientemente el bozón de Higgs, este tema lo abordaremos un poco más adelante para entenderlo mejor.

Con esta explicación también podemos deducir que las diferentes partículas portadoras de energía electromagnética que llegan a la atmósfera después de viajar en el espacio (entendemos que corresponden a los fotones o neutrinos) que se comportan como ondas electromagnéticas, pueden ser diferenciadas por la longitud, amplitud y frecuencia.

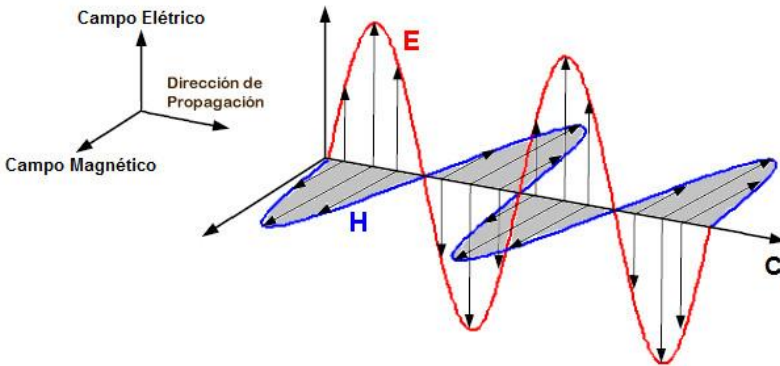


Figura 3.8.5. Partículas como ondas electromagnéticas

De acuerdo con eso, estas partículas viajan por el espacio a la velocidad de la luz, fuerzas magnéticas con sus dos polos o energías acompañadas por una fuerza magnética contraria a su polaridad que describen las ondas electromagnéticas, según el caso, pueden recibir otras partículas con energía de acuerdo con la ley del magnetismo universal. Esto explica los diferentes tipos de ondas que son determinados por la cantidad de energías acumuladas en el trayecto y como cada energía viaja soportada con una fuerza magnética que aumenta la intensidad de la fuerza magnética en la partícula de destino, determinando también la amplitud, longitud y frecuencia de la onda que describe, que es el resultado de la cantidad de carga predominante que lleve, que puede ser neutra, positiva o negativa.

Esas partículas son lo que llamamos de rayos cósmicos, que viajan haciendo ondulaciones que son resultantes de su carga energética y que los científicos llaman de espectro. Cuando esos quarks o partículas sueltas son atraídos por otra fuerza magnética, en este caso, golpean la Tierra (u otro planeta), tiene varios efectos físicos que estudian las ciencias como la química y la física. Este detalle resuelve una pregunta que, aunque no es muy común hacerla, si inquieta a muchos, nos referimos a la razón para que existan las

capas en el suelo de la tierra y la conexión que tienen con la edad, dato muy requerido en la arqueología y en la geología del planeta, por eso, un recinto, que, aunque esté completamente cerrado, pero que le entre luz del día, siempre aparece con rastros de polvo, también resuelve la inquietud que se crea alrededor de la existencia de arena en el mar y en el lecho de los ríos.

También vimos que, en los experimentos realizados en universidades, detectaron con espejos que los fotones se comportan como partículas, pero también como ondas, al pasar simultáneamente por entre las dos hendiduras y afectar la superficie de los espejos simultáneamente. Con nuestra hipótesis, podemos deducir que la energía (Fotones o neutrinos) sin masa (solo energía) oscilan entre los polos de la partícula de fuerza magnética que es su portadora y describe una onda en vai ven de acuerdo con la cantidad de energía positiva o negativa que contenga, al alejarse del centro de la fuerza magnética que la retiene que oscila por efecto de la energía contraria que la atrae y la similar que la rechaza al acercarse, estando energizada en toda su extensión a medida que avanza de acuerdo con la frecuencia, que es el resultado de la conjugación entre el valor de la energía y la potencia de la fuerza magnética que la atrae, por eso puede pasar simultáneamente por las dos hendiduras del experimento, como onda y como partícula.

En los textos y en internet encontramos que la definición para la amplitud de la onda electromagnética está relacionada con la raíz cuadrada de la intensidad radiante y resulta estar relacionada con el campo eléctrico de dicha onda. En una onda luminosa importa además de la intensidad radiante la intensidad luminosa que usualmente se mide en candelas. En las ondas electromagnéticas, la amplitud tiene que ver con la intensidad con la que viaja la onda y se mide en unidades de longitud dependiendo del fenómeno que produzca la onda. El valor de la amplitud también es una medida de la energía que porta la onda

La longitud de onda λ es la distancia recorrida por un ciclo completo de la onda. La longitud que describe una onda electromagnética está relacionada con su frecuencia y velocidad de propagación. La longitud de onda se puede calcular dividiendo la velocidad de propagación por la frecuencia.

El experimento con los espejos que vimos antes y que certifica que los fotones son una onda, pero a la vez, una partícula queda explicado con esta definición, una parte de la fuerza magnética acompañada por la partícula de energía pasa derecho y la otra describe la onda.

Para confirmar esta hipótesis vamos a analizar la imagen como definen una onda electromagnética y como la describen. Como puedes ver, el campo magnético o partícula con fuerza magnética puede transportar fotones que tienen energía positiva o neutrinos que son negativos o ambos a la vez (ya como quark), del tipo y cantidad de carga, dependen la frecuencia, amplitud o longitud de las ondas que describe la partícula (fuerza más energía), con la posibilidad de completar la carga para convertirse en Quark.

De acuerdo con la intensidad de la energía que llevan las partículas, depende la amplitud y la longitud de la onda electromagnética, acomodando cada magnitud de longitud y frecuencia a lo que llamamos el espectro electromagnético, que está definido de acuerdo con esas cifras.

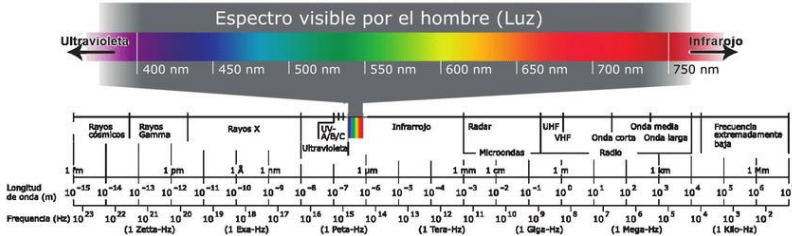


Figura 3.8.6. Representación del espectro visible

Revisando el preocupante problema de la falta de información sobre el tema, es obligatorio revisar la forma en que se organiza la naturaleza, todo tiene una formación trinitaria, como decíamos antes, siempre en simples “triples” que constituyen Unidades que confluyen de varias maneras, como explican los científicos, los fotones y los neutrinos son energía, pero no tienen masa cuando están solos, por otro lado, al unir una o las dos partículas con energía con la partícula con Fuerza magnética, el conjunto adquiere masa y a la vez que se amplifica el campo a su alrededor con fuerza magnética, es decir, interactúan con los dos polos, el neutrino con el polo sur positivo y el fotón con el polo norte negativo.

Esto lo entendemos con un electroimán, cuando no tiene energía no soporta grandes pesos, pero cuando es activado por energía eléctrica, aumenta la capacidad de atracción de su campo magnético a tal punto, que puede levantar grandes pesos, como veremos más adelante, la energía eléctrica son fotones y neutrinos en actividad lo que le permite aumentar su capacidad de atracción para atraer y levantar venciendo la gravedad a grandes pesos, esto lo vemos en forma rutinaria con los electroimanes trabajando en las fundiciones y siderúrgicas, levantando grandes pesos para alimentar el horno de inducción, que también funciona con esa misma energía eléctrica que produce un campo magnético circular, pero ahora produciendo la inducción que derrite los metales (Esto lo explicaremos más detalladamente más adelante, cuando veremos la energía eléctrica).



Figura 3.8.7. Un electroimán alzando una pesada carga

Con esta reflexión encontramos la posibilidad de acomodar las cosas para entenderlas. Para eso, volvamos al sol y las partículas con energía con parte del polo con fuerza magnética contraria al valor de su energía, viajando a la velocidad que ya conocemos describiendo ondas con diferentes valores de longitud y amplitud, de acuerdo con sus valores contenidos. Vimos antes lo que sucede si se encuentran con las partículas de fuerza magnética en el camino, pero estas partículas también pueden recibir más energías de su mismo tipo aumentando la potencia de la fuerza magnética contenedora y de su energía.

También puede polarizarse atrayendo o siendo atraída por una energía contraria, por supuesto, también adherida a su polo con fuerza magnética contrario, entonces se genera una nueva partícula

que tiene energía en ambos polos que queda a la espera de otras energías y que cuando lleguen, se convierte en un tetraquark, con una masa superior a los quarks, siendo distinguidos por los científicos por su color y denominada como quark Charm y su complemento como Strange, y si llegan las dos energías simultáneamente sobre ese tetraquark, se forma un Penta quark que también distinguen por su color y lo denominan Quark Top y Bottom a su complemento que cuentan con una masa mucho mayor que los otros quarks.

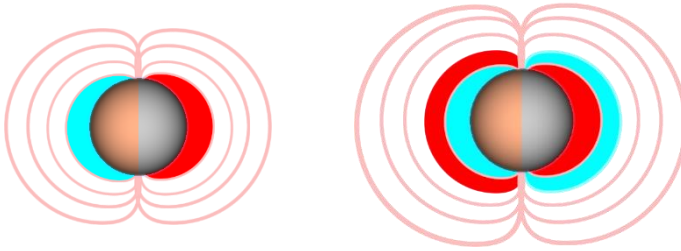


Figura 3.8.8. Formación del Tetraquark y el pentaquark

Siguiendo con la secuencia de hechos relativos, si a esas partículas establecidas todas ya con una energía dominante y ya con masa y con los dos polos magnéticos convergentes que le generan un giro (spin), reciben una energía contraria, se produce el hecho fundamental en la física, se define lo que será la materia o la antimateria, acontecimiento que determina la formación del electrón si es un quark, muón si es tetraquark o taurón si es pentaquark o del antielectrón, antimuón o antitaurón según el caso y si recibe una tercera se convierte en el Quark, tetraquark o pentaquark (Quark = Cuantos), que puede interactuar con otros quarks, a medida que avanza va acumulando más energías positivas (fotones) o negativas (neutrinos), dando lugar a la formación de diferentes tipos de quarks que resultan según el orden en que se disponen a lo largo del camino o cuando llegan al suelo y se enfrían formando los átomos que al final, establecen los elementos de la tabla periódica que conocemos.

Esto explica la incógnita con los 6 tipos diferentes de quarks, también significa que los quarks en el camino están cargados con varios fotones y neutrinos que determinan su "sabor" según los científicos, es decir, la carga eléctrica Positiva o negativa y ahora entendemos lo que significan estos números, pero también hay que considerar que además que nos da para diferenciar perfectamente e identificar con certeza cada partícula, determina también lo que es la materia,

representada en los quarks y la antimateria que está referenciada en los antiquarks.

Dando rienda suelta a nuestra imaginación (tal vez Imaginando en otra dimensión), estas fuerzas normalmente no existen por separado, pero con la explosión solar, vamos a suponer que se desintegran y separan las energías, pero cumpliendo esa ley universal del magnetismo, atraen a sus opuestas, permanecen unidas y rechazan partículas con energías similares.

¿Qué es el Spin o giro de las partículas que mencionan en los textos que tienen difusión masiva?

Para entenderlo, miremos experimentos con imanes o con el movimiento de rotación de la tierra sobre su eje, que tiene también dos polos magnéticos y ese movimiento acompaña al centro (ecuador) donde se juntan las dos energías. Estas fuerzas magnéticas complementadas por energías que las polarizan por efecto de esas mismas fuerzas, comienzan a girar sobre su eje (a esto lo llaman "Giro, rotación o spin" que es afectado por la incidencia de las mismas energías complementadas por la fuerza magnética, que regulan la velocidad y el sentido del giro, si es positivo va de derecha a izquierda, si es negativo va de izquierda a derecha, eso regula la velocidad del giro, partiendo del principio, de que son iguales la velocidad es 0 y el sentido de giro lo genera la energía dominante. La energía gira sobre la masa, si predominan los neutrinos, es negativa, gira de izquierda a derecha y si es positiva, predominan los fotones y gira de derecha a izquierda, si las energías son iguales, se detiene. Este factor tiene que ver con la temperatura, los computadores cuánticos y muchos efectos más que veremos más adelante.

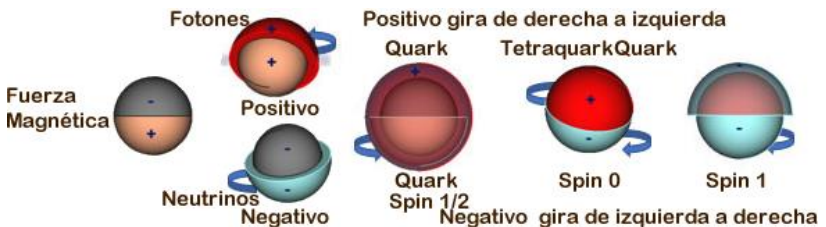


Figura 3.8.9. Representación de la fuerza magnética y las diferentes formas en las que la energía se acomoda.

CAPÍTULO IX : La fuerza que une a las energías

* : ¿Cómo podría ser un Quark?

Lo que puede ocurrir en el sol, luego de desintegrarse la masa de la materia por las explosiones atómicas, todas esas partículas que vimos antes, son liberadas y viajan a la velocidad que ya conocemos, buscando la mejor forma para representar graficamente eso. Imaginando la realidad de esa partícula con fuerza magnética polarizada, que representa la base de todo lo que existe, puede tener cualquier forma, en este caso, la vamos a representar en forma redonda (como la tierra o el sol) para facilitar la comprensión.

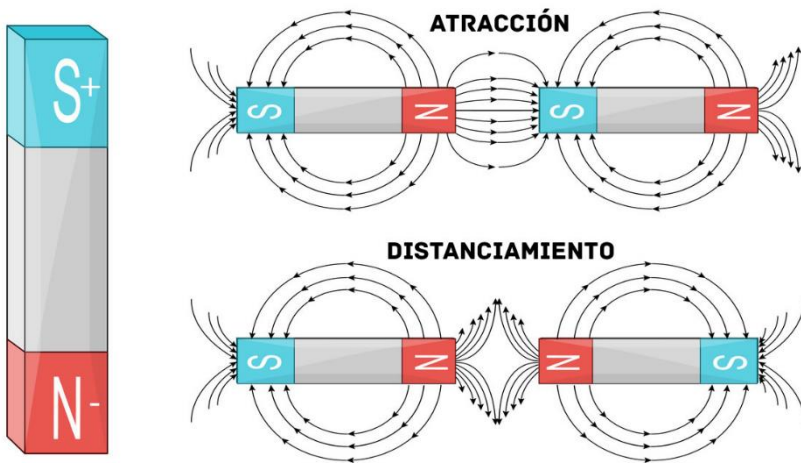


Figura 3.9.1. Fuerza Magnética en los Imanes

La partícula fundamental con fuerza magnética tiene dos polos opuestos, uno positivo y otro negativo que se atraen entre sí, lo que hace que esa partícula sea indivisible, pero no tienen masa, imaginemos como funciona un electroimán, los polos están allí, pero solo se activan con la entrada de corriente eléctrica. Cada partícula con fuerza magnética atrae energías contrarias y repelen las iguales (ley del magnetismo universal), como hemos venido analizando, las partículas portadoras de energía positiva son los Fotones o los Neutrinos que son portadores de energía negativa, que tampoco tienen masa, las tres son las partículas básicas de todo lo que existe en el universo. Al parecer, cada partícula con fuerza magnética contiene 3 capas de fuerza a su alrededor, donde se acomodan las partículas con energía que también tienen un campo de atracción y el conjunto crea un campo de fuerza.

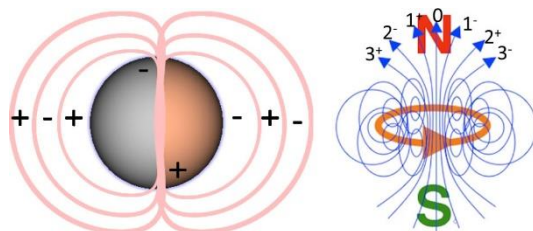


Figura 3.9.2. Representación de la fuerza magnética

En este primer paso, es solo imaginar la partícula con fuerza magnética esperando atraer energías, es el momento en el que todo es relativo, ya que obedece a este principio de atracción en cualquiera de los dos polos y la primera energía en llegar, se acomoda en el polo opuesto a su tipo de energía, dando lugar a la materia o a la antimateria. Para explicar eso, más gráficamente, si un fotón positivo llega primero es atraído por el polo norte negativo.

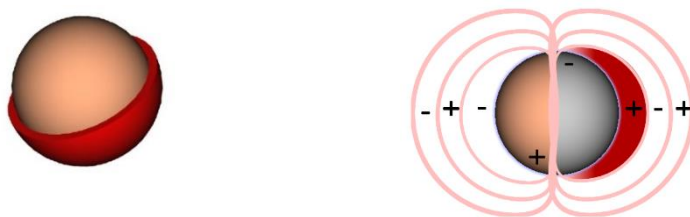


Figura 3.9.3. La fuerza magnética con el fotón forma el Quark Antidown

Temporalmente queda convertido en un antiquark Down (\bar{D}), el conjunto de fuerza negativa con el fotón positivo adquiere masa y puede seguir atrayendo fotones o neutrinos, pero el polo sur que es positivo no le permite avanzar a los fotones, entonces la partícula quedará con energía positiva en un lado y fuerza magnética positiva del otro, con esto, podrá cargar la energía negativa de neutrinos en ambos lados o seguir recibiendo fotones en su polo norte negativo, aumentando su energía.

En el caso de llagar un neutrino, será atraído por el polo sur positivo que lo convierte en un quark Down, adquiere masa e igual, la fuerza magnética negativa no deja avanzar la energía y toda la partícula queda con polaridad negativa, dispuesta a recibir fotones o más neutrinos que aumentaran su energía negativa.

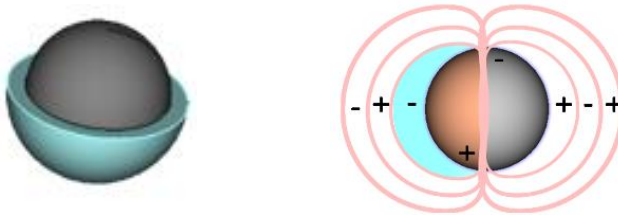


Figura 3.9.4. La fuerza magnética con el neutrino forma el Quark Down

En ambos casos, los polos de fuerza magnética contrarios a la energía que llega pueden seguir recibiendo ese mismo tipo de energía hasta que sean cubiertos por la energía contraria.

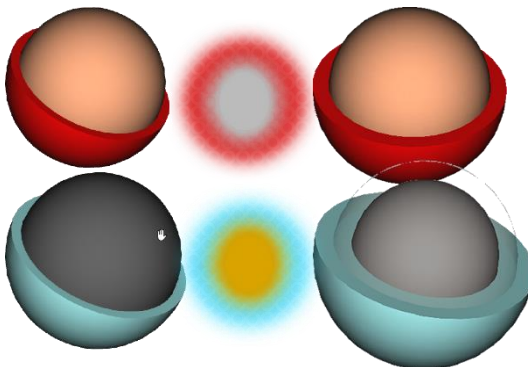


Figura 3.9.5. Aumento de la energía de los Quarks Down y Antiquarks Down.

Esa partícula cargada con energías positivas o negativas también puede ser atraída por un quark (U) o antiquark Up (\bar{U}) para conformar un barion o un antibarión que entraría a formar parte de la materia o de la antimateria. Pero en un medio positivo, como es nuestro sol, lo más posible es que siga atrayendo los neutrinos por su energía positiva en ambos polos.

Al recibirlos, queda cargado negativamente en ambos lados, con esto, queda con la posibilidad de atraer fotones y aumenta el valor de su masa ya como materia y nunca más podrá cambiar ese estado como parte de la materia. A partir de ese momento, la partícula con fuerza magnética queda con la posibilidad de convertirse en un quark si recibe fotones y en el caso de ser atraída por el protón por la energía positiva del protón de un átomo, se convertirá en un electrón.

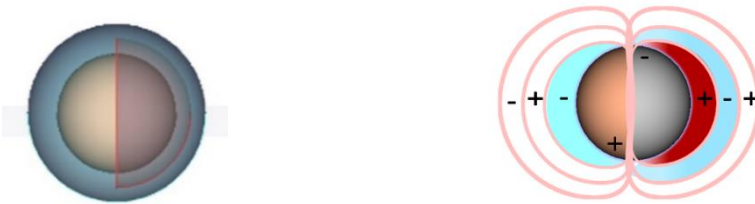
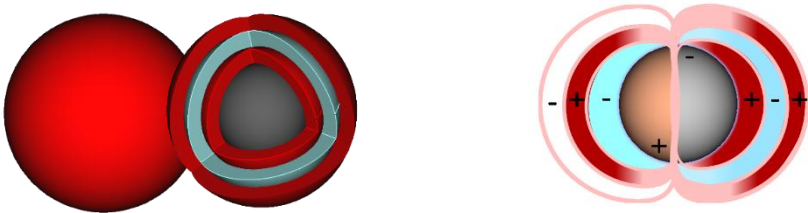


Figura 3.9.4. Quark en formación o Electrón

Con Neutrinos cubriendo toda la partícula, entonces, o atrae fotones que completan la carga del quark Up (U) quedando con $2/3 +$ con $1/2$ spin (o sea que solo gira la mitad, en el polo norte, como ya tiene los 3 campos ocupados pero el Polo sur solo tiene dos cargas).



3.9.5. Un Quark Up completo y con un corte mostrando sus campos de energía

Como el polo sur está desequilibrado en $1/3$ de energía, en consecuencia, siempre atrae el quark Down (D) que es su complemento para ser estable eléctricamente, tiene solo fuerza

negativa con neutrinos negativos en el orbital inferior con $1/3-$ que es la energía que tiene en desequilibrio el primer orbital del quark U para completar $3/3$ para ambos quarks.

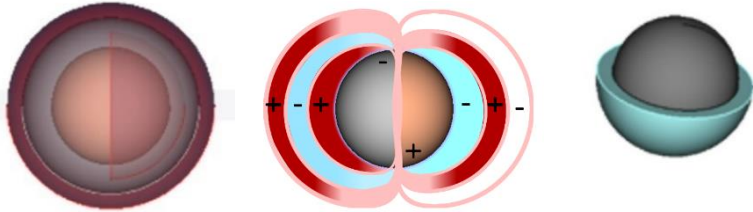


Figura 3.9.6. Un quark up con sus 3 campos, un quark Down, su complemento

Siguiendo esta lógica, el antiquark Up (\bar{U}) que es lo contrario, se forma con la llegada inicial de un neutrino, luego el fotón y después, el otro neutrino, que tiene una carga $2/3-$ y su complemento es al Antiquark Down (\bar{d}) con un fotón con $1/3+$ para quedar en equilibrio energético $3+/3-$, siendo los antiquarks los integrantes de la antimateria, expresión que quiere decir que intercambia neutrinos en el antielectrón (algunos lo llaman de positrón) ya que su carga estable magnéticamente sería el fotón y la partícula de intercambio el neutrino.

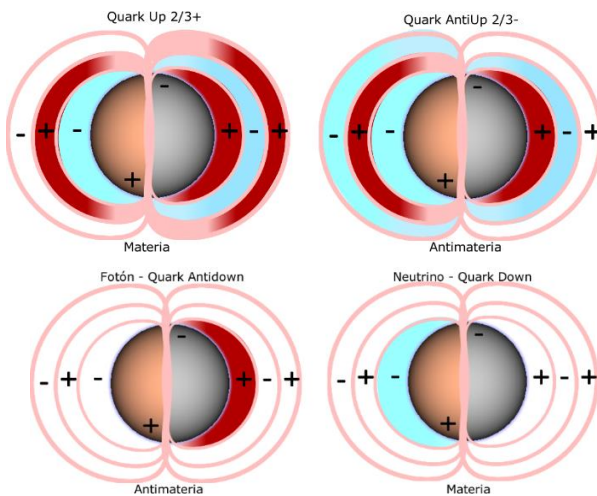


Figura 3.9.7. Si llega primero un neutrino, forma un Antielectrón y luego un Antiquark Up y su complemento es el quark antidown.

+ : Los diferentes tipos de Quarks.

Los elementos básicos de la naturaleza según esta idea serían la partícula portadora de fuerza, con fotones como energía positiva y neutrinos como energía negativa (compensatoria). Hay que tener en cuenta que es muy posible que detrás de la partícula con fuerza magnética, haya otros elementos que hasta hoy son desconocidos.

Apreciando la información que hay disponible, se destaca el hecho de que dicen que otros cuatro tipos de quarks además de los descritos anteriormente, todos con el mismo número de partículas, según ellos con otro color. Eso sugiere que, hay otros tipos de energías o fuerzas adicionales, pero analizando el comportamiento de la naturaleza lo más probable es que existan variables en la posición de estas energías y no energías diferentes, algo similar a lo que acontece con los colores.

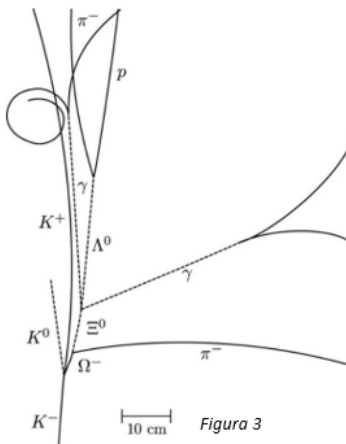
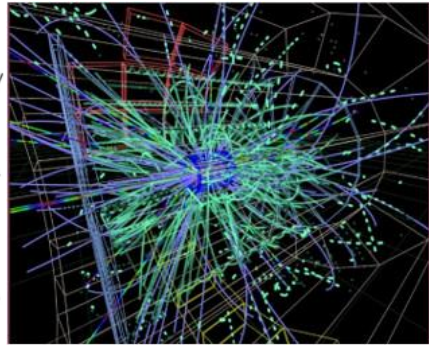


Figura 3



Los quarks tienen sus altibajos, Figura 5

Figura 3.9.8. Representación de los trazos en el colisionador

Consideramos que esa teoría, porque es una teoría, como lo demostramos anteriormente, ni con el microscopio más avanzado que existe, nadie puede decir que ha visto el interior del núcleo de un átomo, menos todavía, describir el interior de un Quark. Por lo tanto, estas teorías o conceptos, todos basados en los efectos que pueden detectar con instrumentos de fotografía y medición especializados, que captan las reacciones al hacer estallar protones o neutrones en los laboratorios como el CERN en Suiza o en Brookhaven en Estados

Unidos y que por los destellos que producen, definen algunas de sus características.

Los quarks son partículas subatómicas elementales que interactúan fuertemente formando la materia nuclear y ciertos tipos de partículas llamadas hadrones. Los quarks son las únicas partículas fundamentales que interactúan con las cuatro fuerzas fundamentales. Hay seis tipos distintos de quarks, cada uno “portador” de un número cuántico del modelo de quarks.

Nombre	Símbolo	Generación	Isospín débil	Sabor	Carga Eléc.	Masa
Abajo (down)	d	1	$-\frac{1}{2}$	$I_z = -\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{3}$	1.5 – 4.0
Arriba (up)	u	1	$+\frac{1}{2}$	$I_z = +\frac{1}{2}$	$+\frac{2}{3}$	4 – 8
Extraño (strange)	s	2	$-\frac{1}{2}$	$S = -1$	$-\frac{1}{3}$	80 – 130
Encantado (charm)	c	2	$+\frac{1}{2}$	$C = 1$	$+\frac{2}{3}$	1150 – 1350
Quarkfondo (bottom)	b	3	$-\frac{1}{2}$	$B' = -1$	$-\frac{1}{3}$	4100 – 4400
Quark cima (top)	t	3	$+\frac{1}{2}$	$T = 1$	$+\frac{2}{3}$	170900 ± 1800

Tabla 6.1.1. Diferentes tipos de Quarks

Con esta apreciación, da para mantener el supuesto, de que sus afirmaciones son tan válidas como las que exponemos aquí, ya que ni ellos ni nosotros, tenemos acceso a ver en forma real la distribución de esas partículas, con esto, no se está nivelando o desconociendo ese conocimiento adquirido por parte de ellos, solo argumentamos por simple deducción que las cosas pueden tener una explicación más fácil que la que ellos dejan que llegue al público.

+ : Los otros Quarks (Tetraquarks y Pentaquarks)

Según nuestra reflexión, en la naturaleza solo existen estas 3 partículas fundamentales, recordando que esta naturaleza es caprichosamente trinitaria, en adelante la organización de los quarks se debe a la cantidad de fotones y neutrinos que contienen, como veremos con el protón y el neutrón, Pero como los científicos explican que hay otros tipos de quarks por las señales que ellos han detectado en los laboratorios como el CERN o el EIC, estableciendo que existen 3 familias con 2 tipos diferentes de quarks cada una y sus respectivos Antiquarks.

Analizando los datos que hay sobre los quarks tenemos que la partícula con fuerza magnética básica con 3 capas de energía se denomina Quark Up (U) si es positivo, con una masa desde 4 a 8 MeV/C² y su complemento Down (D) negativo con una masa de 1,7

a $3,1 \text{ MeV}/c^2$. Luego tenemos el Quark Antiup (\bar{U}) si es negativo y su complemento Quark Antidown (\bar{D}), Positivo con la misma masa.

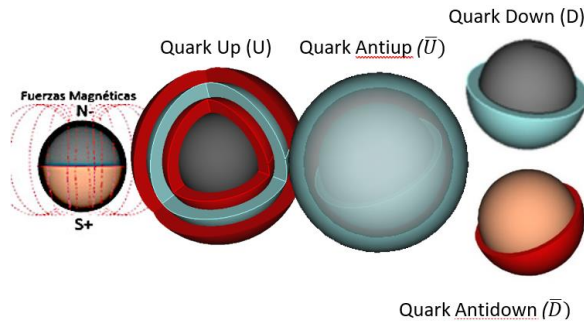


Figura 3.9.9. Quark Up, Down y Antiup, Antidown, Materia y antimateria

En esos experimentos, han detectado otros quarks con una masa mayor que el quark Up. Analizando los datos desde nuestro punto de vista, no creemos que en la naturaleza existan más elementos diferentes a los tres que hemos analizado hasta el momento (fotones, neutrinos y la fuerza magnética que los une), esa trinidad se repite infinitamente con variaciones similares, por ejemplo, como en los colores, que básicamente son tres, pero su escala cromática puede variar de forma infinita.

Reflexionando sobre eso, imaginamos que la variación de los quarks puede estar en la forma de llegada de las partículas cargadas con energía, si llega primero el fotón, que le da su configuración positiva al quark Up (U) con un spin de $\frac{1}{2}+$.

El quark Antidown (\bar{D}) si se queda solo con una spin de $\frac{1}{2}-$, si llega un neutrino, se convierte en el quark Antiup (\bar{U}) o el Down (D) si se queda solo.

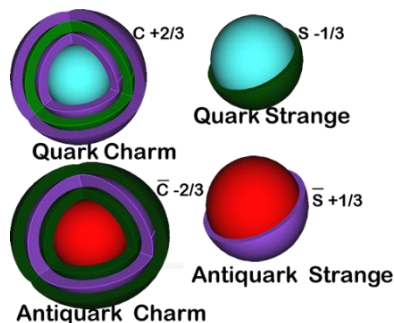


Figura 3.9.10. Tetraquarks Quark Charm, Strange y Anticharm, antistrange

Siguiendo con esa reflexión, la única forma para que exista alguna variación, es que lleguen inicialmente fotones y neutrinos al mismo tiempo (en forma simultánea), de forma que ambos ocupen su lugar en la fuerza magnética que los atrae, quedando ambas energías ya con masa, esperando, o fotones o neutrinos para completar el quark. Entonces la partícula con fuerza magnética quedaría con 4 capas de energía con 5 partículas (por lo tanto, con más cantidad de masa), se podrían denominar como Tetraquarks. También se pueden denominar Quarks Charm o Encantado (C) con una masa entre 115 a 135 MeV/C² y su Anticharm (\bar{C}) con esa misma masa. Su complemento Strange (S) con una masa entre 80 y 130 MeV/C² y su Antistrange (\bar{S}) para complementar la energía del Quark Encantado.

Siguiendo con la misma reflexión, nos encontramos que para que exista alguna variación, solo existe la posibilidad de que nuevamente lleguen simultáneamente otras dos partículas positiva y negativa, quedando la partícula de fuerza magnética con 5 capas de energía con 7 partículas, que se denominaría como Pentaquarks o sea que recibió dos juegos de fotones y neutrinos simultáneamente también se pueden denominar como Quark Top (T) con una masa de 173,74 con $\pm 0,76$ MeV/C², y un spin de $1/2+$, el Quark Bottom (B) con masa 4,19 MeV/C² para complementar la energía faltante en el quark Top (para completar 5 de 5) y un spin de $1/2-$ si llegan primero los fotones.

O es el quark Antitop (\bar{T}) si llegan primero los neutrinos con un spin de $1/2-$ y su complemento que es el quark Antibottom (\bar{B}), con una masa similar para complementar la energía faltante en el quark antitop (\bar{T}) con un spin de $1/2+$ Y según la convención de colores para identificarlos son el azul y el amarillo.

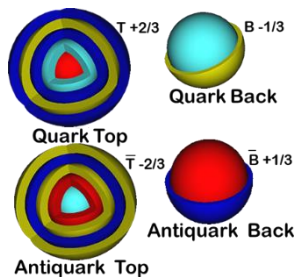


Figura 3.9.11. Pentaquarks Quark Top, Back (Bottom) y Antitop, antiback (antibottom)

Los colores que mencionan los científicos son puntos de referencia que se tienen para identificar diferentes energías que son captadas por sus instrumentos de medición super sensibles, que detectan las señales resultantes de las explosiones de átomos que provocan voluntariamente, definiendo que no tienen nada que ver con los colores reales, son descargas de diferentes energías detectadas por estos instrumentos. Creemos que se explican mejor teniendo en cuenta la descripción que hacemos a base de fotones y neutrinos, que es la relación más probable, pero, en cualquier caso, damos la bienvenida a los colores como forma de diferenciarlos de una forma más práctica.

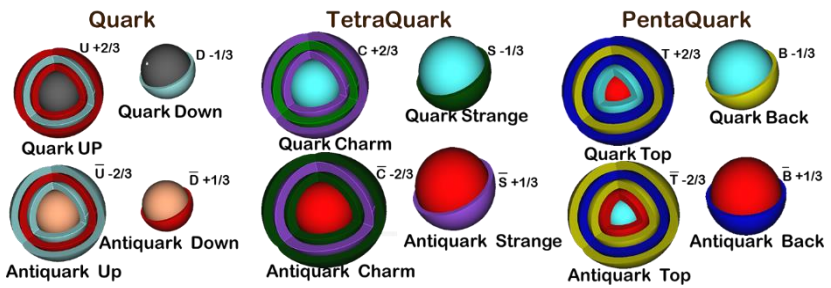


Figura 3.9.12. Quark como Materia y antimateria

Aquellas partículas que tienen masa, magnetizadas se cargan eléctricamente con fotones que tienen carga positiva y neutrinos que tienen carga negativa; dependiendo del nivel de carga, los científicos los llaman Quarks Up (U), Down Below (D), Top Quark (Top) (T), Back (Bottom, Behind) (B) para el tetra quark 4/5 y como Charm (Ch) y Strange (S), para el penta quark 6/7, cada uno identificado por su color diferente.

También podría ser que un quark positivo esté cargado negativamente con neutrinos, convirtiéndose en un electrón que atraiga cargas negativas. Esto simplifica las cosas, una masa magnética, al adquirir la energía de un fotón o un neutrino, se puede convertir en uno de los Quark descritos o un electrón (deducción).

Supongamos que encuentran un Quark D con un Quark U, por regla general se atraen y los más grandes tapan a los más pequeños, esperan la llegada de otros quarks, si llega U se convierte en protón y se mantendrá activo con su carga eléctrica y, si llega D, cubre las otras dos, neutraliza su carga

eléctrica y se enfría, es el neutrón, simple, (matemáticas de grado superior sin complicaciones).

+ : **Spin**

Cada carga de energía unida a la fuerza magnética, genera movimiento en forma de giro sobre su eje, similar al movimiento de rotación de la tierra que gira teniendo como eje a los polos, a este movimiento que los científicos llaman de "Spin" y este giro tiene un sentido de rotación de acuerdo con su energía predominante, si son fotones positivos giran de derecha a izquierda y si son neutrinos negativos de izquierda a derecha girando solo la parte predominante, por eso el spin generalmente se presenta como $\frac{1}{2}$ y que es necesario para configurar todo, incluidos los electrones, de la intensidad de este giro, va unida al incremento de fotones o neutrinos y está relacionado con la temperatura.



Figura 3.9.13. Spin de la tierra

Configurar y mostrar gráficamente todo esto, átomos, protones, neutrones y electrones, los científicos los representan de una forma que solo ellos entienden (hadrones, bozones, etc.) y me imagino que ese es el objetivo.

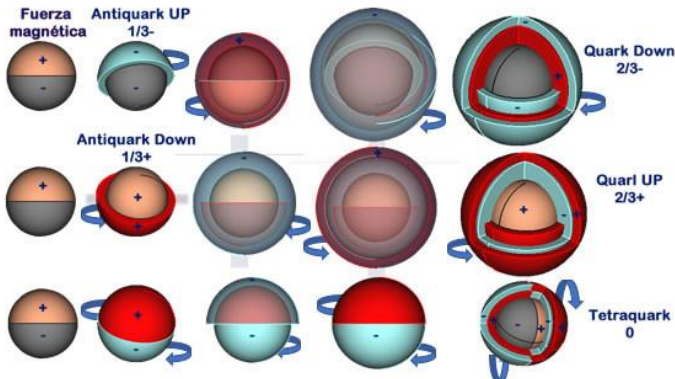


Figura 3.9.14. Representación del spin en los quarks

La explicación para esto puede ser simple, ya que hasta ahora es casi imposible tener una imagen exacta de lo que es el núcleo del átomo, simplemente lo imaginan o deducen a partir de los resultados de sus múltiples y variados experimentos al tener el núcleo del átomo desintegrado y detectar los efectos de esta desintegración y los fenómenos resultantes, entonces teorizan, pero una explicación exacta, no creo que exista, son suposiciones iguales a la que acabamos de ver. Suena a fábula, pero la mayor parte de las variaciones que tenemos en nuestro día a día dependen de los efectos de este giro o spin que es regulado por la cantidad de energía predominante, por ejemplo, la temperatura representada en el frío si predominan los neutrinos, el calor si predominan los fotones, la presión y la explosión de los gases en los motores, los estados de la materia (como el agua que varía entre sólido, líquido y gaseoso), también, tenemos el frío del amanecer, el calor del medio día y la refrescante brisa de la tarde.

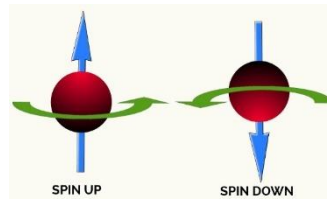


Figura 3.9.15. Representación gráfica del spin

Para explicarlo mejor hay que tener en cuenta que Quark como energía activa, su estructura es flexible y se acomoda a donde va, obedeciendo la secuencia de su fuerza dominante que los científicos usan colores para distinguirlos, lo que los científicos también denominan como "Sabores".

*** : Reflexiones sobre los Quarks**

Como pudimos ver, esta explicación, aunque no usa rebuscados términos técnicos, es muy comprensible y aclara muchas cosas que quedaron inciertas con las demás explicaciones super técnicas, pero hay algo en este tema que deja cierta incerteza, como vimos antes, el protagonismo de toda la estructura ciertamente la tienen las partículas con fuerza magnética que al unirse con las partículas portadoras de energía, adquiere la masa que compone y le da forma a todo lo que existe, todo el conjunto adquiere el nombre de quarks.

Pero lo interesante de eso, es que el conjunto de quarks va acumulando el valor de su energía y la traduce en la fuerza magnética resultante que incide sobre todo a su alrededor y que a su vez atrae a otras masas y se denomina como fuerza gravitacional.

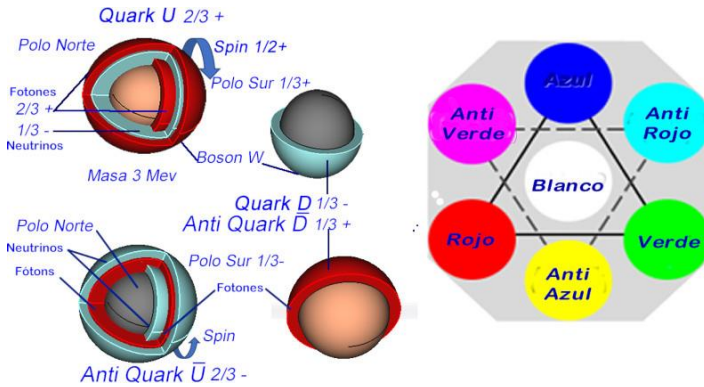


Figura 3.9.16. Descripción de quark up y Down con la escala de colores

Los diferentes tipos de Bariones

Dentro de la estructura del universo, vemos que persiste esa trinidad indisoluble y esa diferenciación entre positivo y negativo no es imaginaria, está presente de muchas formas (imanes, energía eléctrica, etc.), tomemos los dos cables de energía eléctrica, por ejemplo, unos sabemos que es el positivo y tiene la carga eléctrica positiva y reacciona al acercarlo a cualquier elemento que tenga carga negativa o que esté conectado a la tierra que como sabemos, tiene carga negativa, si acercamos algo que no esté conectado al circuito, no pasa nada.

Esto nos demuestra que se necesitan las dos formas de energía para poder funcionar y para que un motor funcione correctamente, todos los cables de la conexión deben de estar conectados en circuito, entonces, si trasladamos esta reflexión a las partículas con fuerza magnética, que llamamos Quarks, si existen los fotones para activar la fuerza positiva, están los neutrinos como fuerza complementaria, que como vimos en las definiciones, junto con los fotones, son los elementos más comunes en la naturaleza y en la naturaleza nada está por acaso, todo tiene una función y si son tan comunes, su importancia debe de ser igual.

CAPÍTULO X : Las partes del núcleo

*** : Configuración de las partículas en el núcleo**

Después de revisar los conceptos sobre la integración de la partícula con fuerza magnética y las partículas con energía, podemos comprender e imaginar mejor como se conforma el núcleo de los átomos. Como hemos visto, la naturaleza es sabia, todo se reduce a unidades (que se agrupan) en unidades múltiples, no hay nada suelto o que funcione en forma individual.

Desde el momento en que se adhieren neutrinos y fotones, copando las tres capas de fuerza magnética, la partícula con fuerza adquiere el nombre de Quark y con su complemento, ya funciona como conjunto y no recibe más partículas con energía, pero se atrae o se rechaza con otros quarks, según su polaridad energética.

Esa acumulación de masas (partículas con fuerza magnética) con sus campos de fuerza magnética ocupados por partículas con energía, que amplían o mejor, multiplican la capacidad de atracción magnética de las partículas con fuerza magnética con nuevos campos de fuerza a su alrededor, entonces tenemos que la energía electromagnética es el resultado de esta acumulación de fuerzas.

*** : ¿Como funciona la fuerza magnética?**

Sabemos que las partículas con fuerza magnética de los quarks son el comienzo de todo, cuando dos fuerzas magnéticas (quarks) se encuentran, siguiendo la lógica del magnetismo, atraen sus polos opuestos, formando una masa mayor, que al final son los sólidos que podemos ver y tocar. Imaginamos que un quark es como el planeta Tierra, infinitamente más pequeño, claro, pero que tiene una partícula con fuerza magnética con sus dos polos, con fuerzas positivas y negativas, luego tenemos las tres capas con fuerza

magnética que componen lo que se llama de ionosfera, que son invisibles, pero estas fuerzas están latentes, siempre están ahí y obedecen las leyes naturales de atracción o rechazo, también la tierra gira sobre su eje, como efecto de la fuerza magnética de los polos, los científicos lo llaman eso de "Spin".

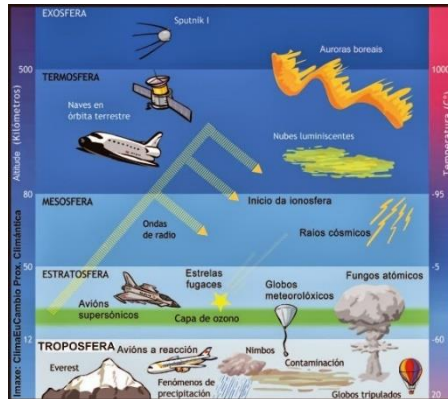
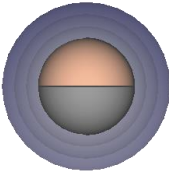


Figura 3.10.1. Siguiendo con la comparación, tenemos que la temperatura de cada una de esas capas nos define el tipo de energía que le corresponde, sabiendo de antemano que el planeta tierra tiene energía negativa predominante. Verifiquemos eso: La primera capa, la más cercana a la superficie o Troposfera, es negativa (-60°C), luego está la Estratosfera que es positiva (-5°C) y la Mesosfera que también es negativa (-95°C).

* : **Formación de los Bariones y Mesones**

Al encontrar otros quarks por efecto del magnetismo de las partículas con fuerza magnética que son las que adquieren masa, se atraen en forma alterna acompañando el tipo de carga y obedeciendo la ley del magnetismo universal, iguales cargas se rechazan, diferentes se atraen.

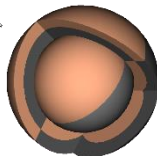


Figura 3.10.2. Corte representando las capas con fuerza magnética

Al unirse dos capas son mesones y al completar las 3 capas de fuerza magnética son bariones.

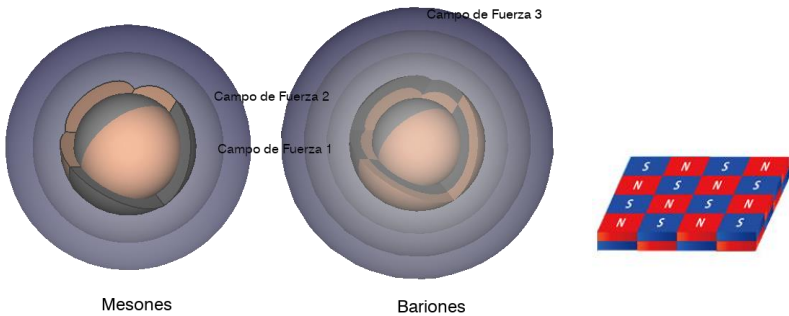


Figura 3.10.3. La Fuerza magnética y sus campos

Es una simple deducción matemática, los Bariones como el protón o el neutrón al tener 3 quarks tendría 3 orbitales con 9 capas de fuerza, en consecuencia (suponiendo que todo obedece a la ley de atracción universal), las energías estarían ubicadas en esas capas dentro de los orbitales, siendo que son los fotones y los neutrinos los que se pueden intercambiar, para mudar el tipo de quark.

Entonces tenemos un primer Quark al que se le unen varios quarks, alternando la polaridad a medida que aumenta su número y se amplía su campo magnético. Entendemos que cada quark ya llega integrado por las energías de las que son portadores y dichas energías al no tener masa, están ubicados en el extremo de su orbital magnético y se ubican de acuerdo con ellas en el orbital que le corresponda, en la figura, tenemos los 3 quarks que supuestamente son estables, con sus 3 orbitales o campos de fuerza, y cada quark tiene 1 o 3 capas de energía, de acuerdo con su configuración (Quark o antiquark).

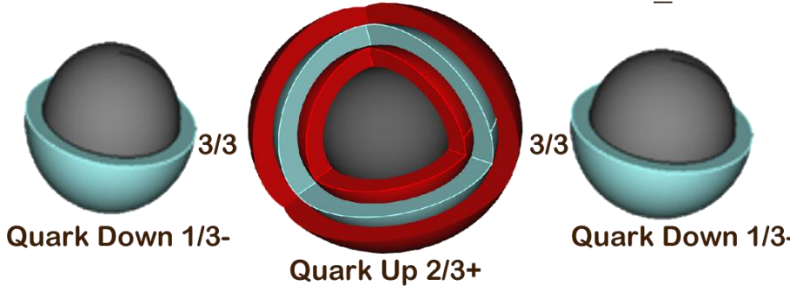
+ : Formación de los Neutrones

Por ahora concentrémonos en la conformación de los átomos, como sabemos y podemos deducir, las primeras formaciones estarían con los Quark U y Quark D, o sea $+(2/3) - (1/3)$, por una relación muy sencilla, ese valor es el que le falta al Quark U para completar la unidad $3/3$ en su polo norte.

Con esto claro, podemos continuar con la explicación, ambos quarks están a la expectativa, de acuerdo con el valor que llegue, se convertirá en un Neutrón, si llega D o en un Protón si llaga U, con la

salvedad de que lo más probable es la formación del Neutrón por la abundancia que Quarks D libres en los rayos solares.

$$\text{Neutrón D } 1/3^- + 1/3^- = 2/3^- - 2/3^+ = \underline{0}$$



+: Pions

Pero continuemos, cuando se forma el Neutrón, queda con una cara expuesta al exterior negativa, representada en el Quark D, es el momento en el que comienzan a jugar los Pions, vemos que hay dos clases de pión π^+ ($U \bar{D}$), π^0 ($U \bar{U}$ o $D \bar{D}$) y π^- ($\bar{U} D$), la razón es muy sencilla, al quedar en el último orbital del neutrón el quark D - ($1/3^-$) que atrae a su complemento, un pión π^0 (Quark U ($2/3^+$) con el quark \bar{U} ($2/3^-$) que queda en la parte externa del pión atrayendo el quark up del protón, también el pión π^0 puede conformarse con otro quark D ($1/3^-$) que atrae un AntiQuark \bar{D} ($1/3^+$) y se repite el proceso hasta completar el Protón.

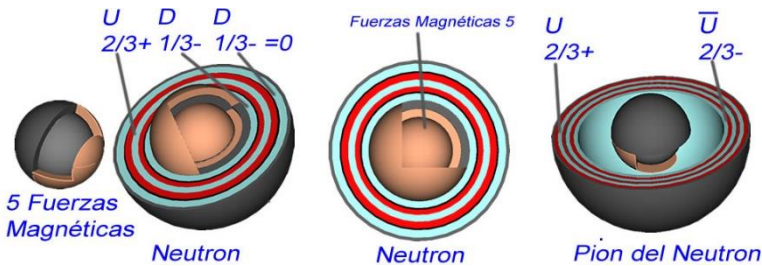


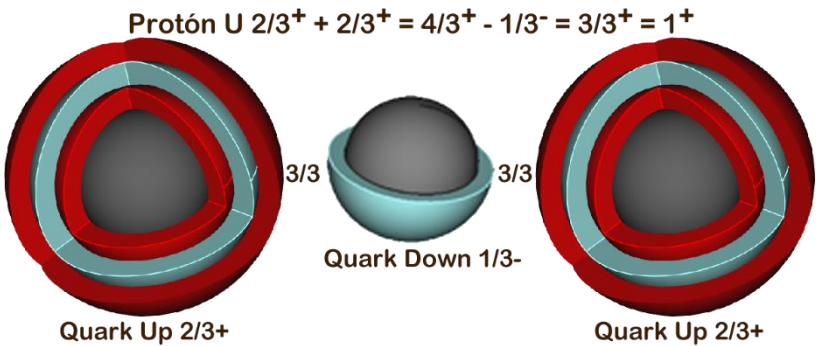
Figura 3.10.4. Representación de un neutrón con su pión

Hay que tener en cuenta que para la explicación le damos una forma sólida a los orbitales, pero en la realidad, esos espacios tienen influencia energética, pero son espacios libres, los fotones y los neutrinos son energía positiva o negativa, pero sin masa que detenga u ofrezca resistencia a algo, esas energías solo reaccionan. Varios protones forman el átomo, que se mantienen unidos por su fuerza magnética, separados por sus respectivos piones.

+ : Formación del Protón

Entonces, retomando la explicación que traíamos de los quarks integrados por fotones y neutrinos, hecho que aclara todas las dudas, queda mucho más comprensible el tema del que hablan los eruditos, como en la anterior explicación y vamos a ampliar todos esos conceptos

Como vimos antes, nos dicen que: “Toda la materia sólida que conocemos está compuesta por tres partículas, protones, neutrones y electrones. El neutrón está formado por dos quarks del tipo 'D' $1/3-$ y un quark del tipo 'U' $2/3+$, $(D1/3-) + (D1/3-) - (U2/3+) = 0$, es decir, una carga neutra predominante.



El protón está formado por dos quarks 'U' y uno 'D'. La diferencia fundamental es la carga eléctrica. El quark 'u' tiene una carga de $(U\ 2/3\ +) + (U\ 2/3\ +) - (D\ 1/3\ -) = 1$, es decir, el protón tiene una carga predominantemente positiva.

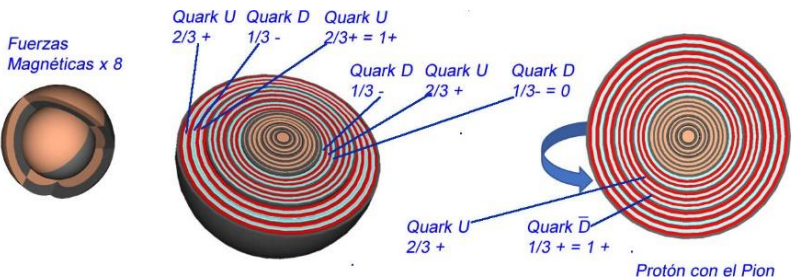


Figura 3.10.5. Representación de un Protón completo

En esta explicación si aparecen los Pions con la respectiva descripción de la carga eléctrica, que puede ser positiva, negativa o neutra

$\pi^- = (\bar{U}D)$ $\pi^+ = (\bar{D}U)$ $\pi^0 = \bar{U}U$ y la velocidad de su spin (giro). Otra cosa que queda en evidencia y que en este artículo es explícita, todas las explicaciones, son conjeturas resultantes de experimentos en laboratorios de prestigiosas universidades, como la de Stanford en USA.

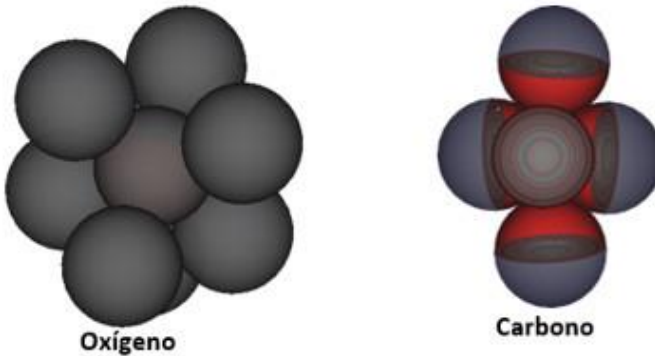


Figura 3.10.6. Representación de un átomo de oxígeno y otro de carbono

No podemos ver, tocar o sentir esta fuerza magnética que nos hace girar alrededor del sol, pero sabemos que existe y es generada por la tierra y está compuesta por una cantidad inimaginable de quarks dispuestos en átomos, moléculas, sólidos o líquidos, en capas de energía, su núcleo incandescente positivo (que sale de los volcanes) y la superficie fría y negativa. Llegando a formar racimos de varios cientos de ellos, como es el caso del uranio y otros elementos.

+ : Formación de los Isótopos

En la enorme cantidad de partículas que llegan desde nuestro sol o de otras estrellas en el espacio, también, se da la posibilidad de que a un racimo de protones completos se le pueden unir más neutrones que no alcanzaron a completar el protón, lo que los hace químicamente muy activos por el hecho de que siempre van a atraer las partículas que le hacen falta y se denominan "isótopos". El hidrógeno, por ejemplo, comúnmente puede tener hasta 3 isótopos, que se denominan protio, deuterio y tritio.

Actualmente cada isótopo se representa con el símbolo del elemento al que pertenece, colocando como subíndice a la izquierda su número atómico (número de protones en el núcleo), y como superíndice a la

izquierda su número másico (suma del número de protones y de neutrones). Así los isótopos del hidrógeno protio, deuterio y tritio se denotan 1



Figura 3.10.7. Cuando se siguieron descubriendo isótopos de casi todos los elementos se vio que serían necesarios cientos o miles de nombres y se cambió el sistema de nomenclatura.

1H, 2

1H y 3

1H, respectivamente.

*** : Diferentes tipos de bariones y mesones**

Recordando lo que vimos en el documento originado en la Universidad de Stanford, encontramos una grafica con una serie de letras y signos del alfabeto griego, luego de investigar su significado, encontramos que para llegar a esas conclusiones, fue necesario el uso de avanzados y complicados instrumentos que recogieron los resultados de las explosiones en los laboratorios aceleradores de partículas en el CERN (frontera entre Francia y Suiza) y el EIC en Brookhaven, en Dakota del Sur, Estados Unidos.

Como no se pueden ver, por los destellos que son constantes, le asignan una letra identificando cada forma de destello que registran. Para eso, se elaboró una tabla en la que constan todas las combinaciones de quarks que conforman los bariones y mesones descubiertos hasta ahora en los los átomos, teniendo en cuenta que en esta tabla solo aparecen los integrantes de la materia positiva de nuestro universo, resaltando que existe la antimateria, negativa.



Figura 3.10.8. Instalaciones del nuevo acelerador de partículas en el CERN

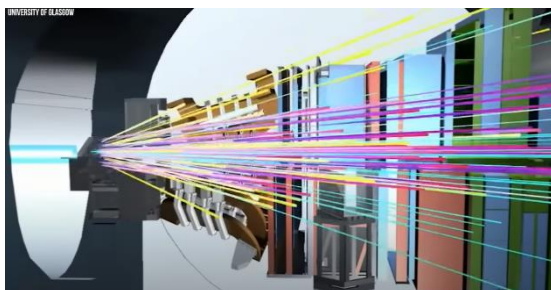


Figura 3.10.9. Esquemático de detección en el Atlas del CERN

Con eso determinamos que según sus acuciosos análisis y estudios, que son muy respetables por cierto, deducimos que existen varios tipos de componentes del átomo:

Los Bariones que tienen tres quarks (familia de los Protones, Neutrones, Xi, Sigma y Lambda).

Los mesones con dos quarks (definidos como Pions, Kaones, Eta, D y B) que ellos clasificaron hasta hoy, pero al parecer vendrán muchos más.

Para los Leptones que son negativos (definidos como electrones, Muones y Taurones) también funciona igual que para los quarks, si a la fuerza magnética le llega un fotón pero después le llega mayoría de neutrones, al ser atraído por la energía positiva de un protón completo se convierte en electrón. Si simultáneamente entran fotones y neutrinos, al entrar mayoría de neutrinos y al ser atraídos por la energía positiva del protón de un átomo, queda dependiente

de él y se convierte en el Muón, si llegan dos conjuntos simultáneamente, se convierte en taurones y así sucesivamente.

Mesons		Baryons		
Particle	Quark Composition		Particle	Quark Composition
π^+	$u \bar{d}$	P^+	P	uud
π^-	$\bar{u} d$	N^-	n	udd
π^0	$u \bar{u} - d \bar{d}$ Mixture	Δ^0	0	udd
η^0	$u \bar{u} d \bar{d}$ Mixture	Δ^+	+	uud
K^0	$d \bar{s}$	Δ^{--}	--	ddd
\bar{K}^0	$\bar{d} s$	Δ^{++}	++	uuu
K^+	$u \bar{s}$	Σ^0	0	uds
K^-	$\bar{u} s$	Σ^+	+	uus
J/ψ	$c \bar{c}$	Σ^-	-	dds
Υ	$b \bar{b}$	Ξ^0	0	uss
		Ξ^-	-	dss
		Ω^-	--	sss

Tabla 3.10.1. Configuración de los quarks en los hadrones

Los componentes del Núcleo, Hadrones - Bariones

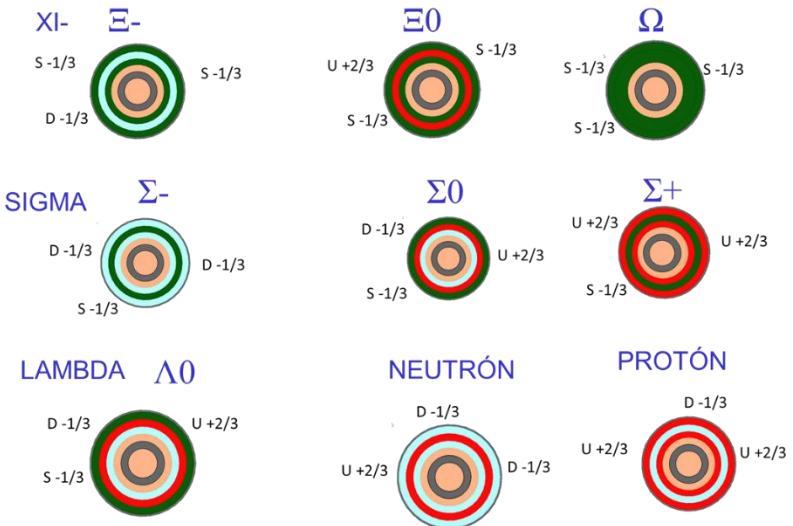


FIGURA 3.10.10. Los bariones

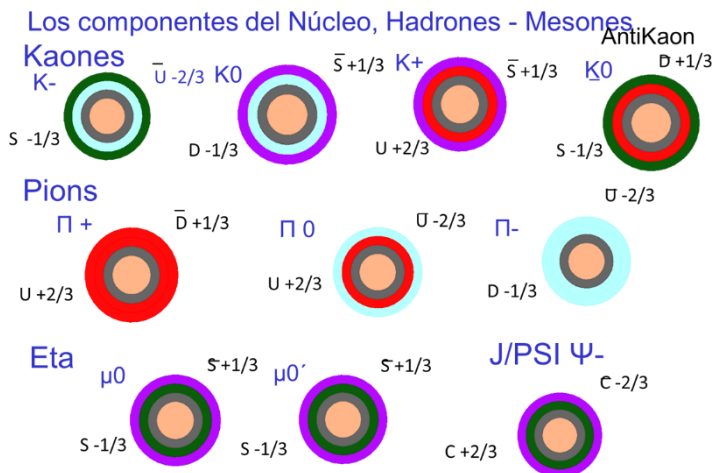


Figura 3.10.11. LOS Mesones

CAPÍTULO XI : Las fuerzas en el núcleo



* : Reflexiones sobre todas las fuerzas.

La naturaleza nos muestra cómo funciona y ya sabemos que repite procesos indefinidamente, sabemos que la unión de partículas con Fuerza Magnética, generan el fenómeno de la atracción electromagnética, que, a su vez, genera un efecto que podemos llamar Gravitacional, que, en el caso, está relacionado con la masa y sería un tipo de fuerza o energía que atrae cuerpos con masa que estén dentro de su área de influencia de acuerdo con la ley del magnetismo universal.

Reflexionando sobre esto, entendemos que así funciona en la naturaleza el mecanismo de creación de partículas, aquellas que tienen masa, que están contenidas en ese núcleo sólido que tiene el sol, sujetas por esa fuerza electromagnética y que son las que explotan con la reacción nuclear permanente de nuestra estrella. Al desintegrarse, liberan todas las partículas que salen impulsadas por la explosión, viajando como vimos, a 300 mil Km por segundo.

Entonces definimos que la trilogía, Fuerza Magnética y las energías positivas y negativas juntas adquieren masa como producto de esa unión y a la vez generan varios niveles de atracción magnética que

se incrementan a medida que las fuerzas magnéticas se van agrupando para formar los hadrones (mesones y bariones).

+ : Fuerza magnética

La física actual entiende el concepto de fuerza como una interacción entre distintas partículas. La teoría nos dice que existen cuatro interacciones fundamentales producidas por la unión de esas masas: la interacción débil, la fuerte, la gravedad y el electromagnetismo.

- Los científicos nos dicen que cada una de estas interacciones fundamentales aparentemente es llevada a cabo por partículas llamadas bosones: los bosones W y Z para la interacción débil, el gluon para la interacción fuerte, el fotón para el electromagnetismo y el gravitón para la gravedad.

Analizando a fondo esta definición y lo que hemos visto hasta ahora, nos lleva a pensar que todo tiene una explicación más sencilla y plausible, sin tener que agregar más partículas, que con cierta seguridad podemos afirmar, no existen en la naturaleza. Las fuerzas en el universo podrían ser dos, la fuerza magnética y la fuerza vital (que veremos en la parte IV de este trabajo), estas fuerzas se complementan cada una con las energías, positivas y negativas, estas fuerzas tienden a agruparse con las energías para generar partículas con masa y energía.

Todo en la naturaleza está integrado por energía y todo está formado por tres elementos que lo componen, una partícula portadora de fuerza que tiene dos polos opuestos, uno con fuerza negativa que corresponde al polo norte y el otro con fuerza positiva que corresponde al polo sur, estas fuerzas magnéticas son permanentes, no se expanden, ni decaen, ni se separan, además al ser liberadas por la explosión atómica, viajan a la misma velocidad que las otras dos partículas portadoras de energía sin masa. Cuando las fuerzas magnéticas atraen las partículas portadoras de energía, son polarizada por las fuerzas, siguiendo la ley universal “fuerzas opuestas se atraen, iguales son rechazados”.

- Cada partícula con fuerza magnética tiene 2 polos (polarización positiva y negativa) cada polo con 3 campos magnéticos donde se asientan las partículas con energía que se unen para conformar el quark (cada polo espera tener sus 3 capas ocupadas, por eso atrae las energías necesarias para estabilizarse) y las 3 capas con energías

obedecen la ley del magnetismo generando en su conjunto un efecto magnético adicional que los expertos llaman de “bosón W” que puede ser positivo o negativo, de acuerdo con el tipo de quark.



Figura 3.11.1. Las partículas con fuerza magnética y las energías

Esta acumulación de fuerzas siempre ocurre al interactuar las partículas de fuerza con las partículas con energía, que sumadas aumenta el efecto sobre las partículas externas, por ejemplo, un quark genera el bozón W positivo o negativo, según el quark, el conjunto de quarks que forman los neutrones, pion o protones generan un nivel de fuerza electromagnética adicional que los científicos denominan como el “Boson Z” para cada componente del átomo, esto quiere decir que el conjunto de quarks que componen los neutrones genera un campo de atracción electromagnética 3 veces mayor que la del quark básico, que se denominan como bozones Z, luego el conjunto que se crea con el protón completo (neutrón, pion, protón) genera un campo de atracción magnética 8 veces mayor que el quark inicial y que se denomina como Gluon , y en la parte más externa, recientemente se certificó la existencia del Bosón de Higgins que mantiene unidos los electrones, o sea, todo el conjunto se mantiene unido y siempre se comunica a través de los portadores de fuerza electromagnética, los bosones.

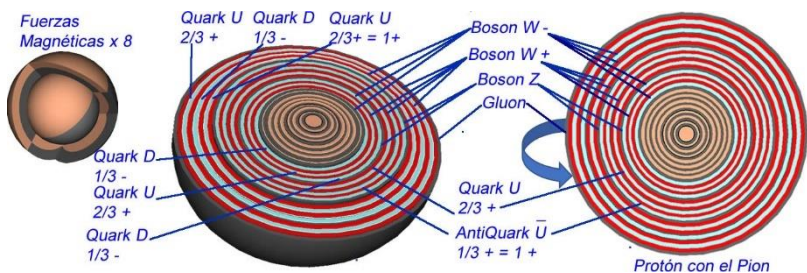


Figura 3.11.2. Cada tipo de fuerza magnética soporta un determinado número de partículas y produce o absorbe ciertas partículas según sus propiedades.

Antes de avanzar en la búsqueda de una comprensión más detallada de los mecanismos de respuesta de la materia a las influencias magnéticas externas, primero se debe hacer una descripción fenomenológica y establecer el concepto de magnetización.

Se sabe que las partículas atómicas fundamentales -electrones, protones y neutrones- tienen momentos angulares intrínsecos, y que los protones y electrones, por ser partículas cargadas, también tienen momentos magnéticos intrínsecos. También se sabe que los electrones están dotados de energía cinética, y por tanto en movimiento, alrededor de sus respectivos núcleos en una estructura atómica neutra, y que las partículas que componen el núcleo tampoco son estáticas en la estructura que forman juntas.

Ciertamente es de esperar, por lo tanto, que la interacción magnética sea pertinente para la comprensión de la estructura atómica y la materia tal como se concibe hoy, además, que toda y cualquier materia, sensible a los sentidos humanos o no, responde de alguna manera y con cierta intensidad, al menos microscópicamente, a influencias externas de origen magnético (campos magnéticos). Se sabe que una de las partes de la interacción magnética total que exhibe la materia frente a las influencias magnéticas externas (esta interacción total ciertamente depende de las particularidades de cada material), se traduce por una tenue repulsión magnética entre el objeto y el exterior.

Si bien, en un número significativo de casos el electromagnetismo está enmascarada por parcelas de atracción o repulsión mucho más intensas, siempre está presente. Los materiales que tienen estructuras neutras, que no implican otras partes que estén sujetos a esta pequeña repulsión se clasifican en una clase de materiales llamados materiales diamagnéticos. El diamagnetismo, aunque no implica que todos los materiales sean diamagnéticos, es inherente a la estructura de toda la materia.

Es importante recalcar de antemano al estudiar la relación entre magnetismo y materia que los campos a considerar son, al igual que para el caso eléctrico, con explícitas excepciones, los campos macroscópicos, es decir, los campos medibles termodinámicamente. Los campos macroscópicos corresponden a los valores medios de las fluctuaciones propias de los vectores de campo magnético o eléctrico

en los puntos considerados, fluctuaciones resultantes de la compleja dinámica de las partículas que componen la materia misma.

Se dice que los campos magnético y electromagnético en la vecindad de un electrón son ciertamente mucho mayores que cuando está a poca distancia del punto en consideración. El valor real del campo en un punto dado de la estructura de la materia puede sufrir variaciones considerables tanto en módulo como en dirección en intervalos de tiempo muy cortos, sin embargo, los valores medios apropiadamente asociados representan el estado termodinámico del sistema y macroscópicamente el comportamiento medible de la materia, constituyendo esta última el objeto de estudio en cuestión. Los recursos derivados del formalismo termodinámico, sin duda, se aplican con un valor justo al estudio de los sistemas enlazados.

Revisando lo que hemos visto hasta ahora, podemos interpretar la teoría de las cuerdas como el resultado de este agrupamiento de fuerzas magnéticas, que equivaldría a una cuerda por cada unidad de fuerza sumada al grupo y equivale a un total de 11 tipos de fuerzas, o sea 11 cuerdas, una cuerda por cada quark que integran los Hadrones, entonces equivale a los 8 bosones W(+ y -) más los 3 bosones Z que separan a los hadrones (Neutrón, Pion y Protón) que representando la fuerza débil de la que hablan los científicos.

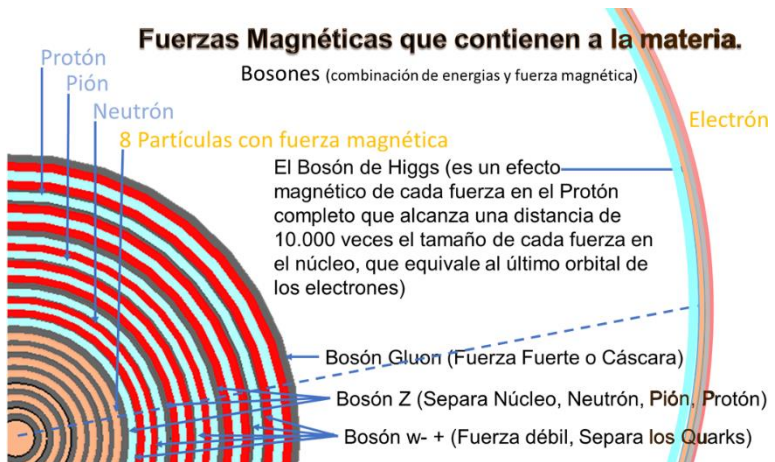


Figura 3.11.3. Corte que representa un electrón y el área de influencia del Bosón de Higgs

Esto quiere decir que los bosones o cuerdas, no son fuerzas o partículas diferentes, existen como parte de la partícula con fuerza magnética que, unidos como parte de los hadrones, a su vez generan los tres campos de fuerza más que corresponden a la fuerza fuerte y la fuerza externa o el bosón de Higgs y la fuerza gravitacional o energía de la gravedad que es la resultante de unir todas las fuerzas integrantes del núcleo de los átomos y que afecta a los cuerpos con masa. Con este tema explicado, se hace más fácil entender cómo funciona todo en la naturaleza, podemos deducir muchas cosas y entender los motivos para cumplir con las normas físicas, químicas o biológicas naturales con las que nos obliga a cuidarlo para llevar a cabo su proceso de constante y eterna renovación.

- La interacción fuerte es la que permite que los integrantes de los protones en los núcleos de los átomos se mantengan unidos. Como veíamos antes, cada partícula con fuerza magnética tiene 3 capas de fuerza donde se asientan las partículas con energía y cada partícula con energía tiene también su campo de atracción, entonces tenemos que comenzar a sumar las fuerzas de atracción magnética de las tres partículas con fuerza magnética que integran cada Quark, luego sumar los 3 quark que forman el neutrón más los dos quark del pion para finalmente sumar los 3 quarks de cada protón integrante del átomo, más las capas de atracción externa de cada una de las partículas.

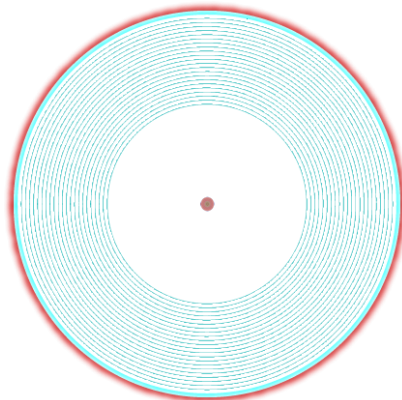


Figura 3.11.4. Los campos de fuerza y las capas de los quarks en el protón

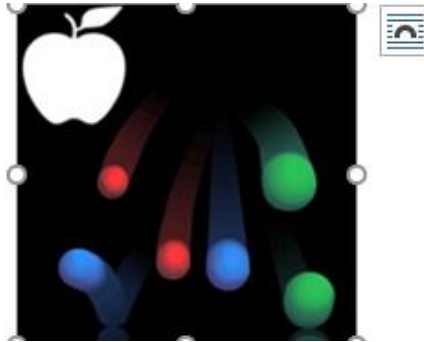
- Con esta explicación, nos queda claro que la gravedad es la consecuencia de la interacción de la fuerza electromagnética

generada por la unión de las partículas con fuerza magnética integradas en quarks que componen protones, neutrones y piones. Por último, esa fuerza electromagnética es la que mantiene unidos los campos de fuerza externos de cada una de las partículas que es donde se ubican los electrones que forman los átomos y con la suma de los átomos, genera una fuerza-energía que hace que los objetos con masa sean atraídos hacia su centro.

- Ahora hay otro tema interesante, es la potencia de las fuerzas magnéticas acumuladas en los átomos que a su vez se suman hasta acumular el magnetismo que podemos medir y sentir en el planeta tierra y justifica la rotación alrededor del sol, que, por una deducción, las adjudicamos a lo que los científicos llaman, las fuerzas gravitacionales portadoras, esto lo veremos más en detalle, más adelante.

Entonces tenemos que hay una energía de base, que es la que genera la constante magnética que mueve nuestro universo, desde las partículas atómicas a las galaxias, todo obedece a esta fuerza y sus constantes.

+ : Fuerza magnética y la ley de la gravedad.



Aplicando el principio magnético de positivo-negativo, definimos qué fuerza electromagnética es la que atrae o rechaza y la intensidad con la que atrae o rechaza es la energía que produce y que podemos medir, notando que luego que la energía se produce, no se destruye, se transforma en Potencial, Cinética, Mecánica y de eso derivan muchas otras aplicaciones que se refieren a sí mismas. A continuación, definiremos que la fuerza magnética genera el fenómeno gravitacional, es decir, el efecto de esta fuerza magnética

sobre la masa sufre una aceleración (que depende de la distancia y el tiempo transcurrido hasta efectuar el contacto), entendiendo lo que vimos antes, que para que exista masa, se deben de tener energías y depende de la cantidad de energía retenida por las partes, cuando se alcanza el equilibrio o la atracción por parte de la masa con mayor energía, el equilibrio se logra cuando ambos objetos están sujetos al efecto de esa fuerza y pueden girar alrededor de ellos sin acercarse o alejarse.

Este fenómeno tiene una derivación energética, la cual, para entenderlo, mencionaremos en el caso de la tierra y el sol, los científicos afirman que el factor incidente sobre la masa es de 9,8 newtons, como unidad de medida que equivale a 9,8 metros por segundo por cada kilogramo de peso, afecta el peso específico de cada elemento, no su volumen, recordando que este cálculo es válido en un espacio limitado de la atmósfera y es relativo solamente al área de influencia magnética de la Tierra.

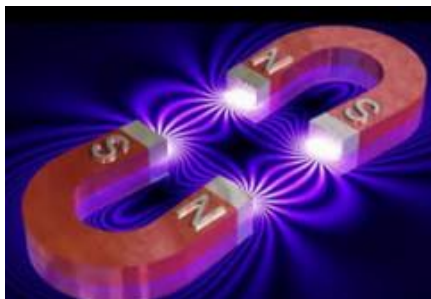


Figura 3.11.5. En el caso del imán los polos son la fuerza permanente, al girar los extremos se produce un efecto de atracción o rechazo, este efecto tiene condiciones de peso, distancia y tiempo que inciden en el resultado que se llama energía, (los imanes es el mejor negocio de los chinos, suministran el 95% de los imanes del mundo. Los imanes están hechos de una aleación Nd₂-Fe-14B, Neodimio (Tierra Rara), Hierro y Boro, fundidos a altas temperaturas.)

+ : Gravitación universal.

Con lo descrito entendemos que es la Masa y su efecto magnético, vimos antes que un átomo tiene el tamaño de 1 Amgstron 10^{-10} (metro), y el núcleo es 10,000 veces más pequeño, es decir, la distancia entre el núcleo y los electrones son 10.000 veces su tamaño, es decir, la energía nuclear resultante para atraer estos electrones es fuerte en comparación con su tamaño de masa.

Si sumamos estos átomos, moléculas y los sólidos resultantes, en este caso la tierra, por ejemplo, y multiplicamos el tamaño de cada capa por 10.000, veremos qué pasa si comprobamos la tierra con el sol. Se dice que el sol tiene 1.400.000 km de diámetro, la tierra 13.000 km y estamos a una distancia de 150 millones de km, si redondeamos los números, encontraremos que el sol mide casi 100 veces lo que mide la tierra, (si limpiamos la distancia entre los núcleos, 10.000), así nos ubicamos 100 veces lo que mide el sol y ahí nos quedamos en equilibrio.

Esto quiere decir que la Tierra tiene un predominio de atracción de hasta 13 millones de kilómetros, además, es necesario superar la fuerza de atracción del sol, pero el efecto gravitacional sigue dependiendo de la masa del objeto atraído, por lo tanto, fuera de la estratosfera, da la impresión de estar completamente vacío, pero no es cierto, el sol sigue teniendo aún mayor su influencia

Lo mismo ocurre con la propulsión, la energía generada produce un desplazamiento, que, en la órbita terrestre, tiene que vencer esa fuerza de gravedad, pero cuando sale al espacio exterior, como esta atracción es pequeña, la velocidad se multiplica, llegando a alcanzar cifras extraordinarias y por eso la velocidad de los fotones y neutrinos puede alcanzar la cifra determinada por Einstein de 300 mil / km x segundo.

Hablando de Gravitón, lo cierto es que no hay razón para decir que existe como una fuerza diferente, es evidente que sumando la fuerza de los quarks que constituyen el Sol y la Tierra, estas fuerzas combinadas representan este magnetismo universal como podemos ver en un simple imán común y corriente, el cálculo de Newton es correcto y, además, solo deben tenerse en cuenta las distancias y el peso del objeto a atraer.

*** : Fuerza débil**

Como vimos, cada partícula con fuerza magnética tiene 3 capas de atracción magnética que son ocupadas por las partículas con energía, formando el quark. Como cada fotón o neutrino también tienen su propio campo de atracción electromagnética, al juntarse esos campos de atracción, generan una fuerza electromagnética que separa el quark de los demás y es responsable de evitar la desintegración del quark (pérdida de fotones o neutrinos), esa nueva

fuerza electromagnética se denomina cómo el Bosón W que puede ser positivo o negativo, de acuerdo con la carga predominante.

Este bosón se produce únicamente al completarse el Quark, no afecta a los quarks incompletos ni a los leptones (electrón). También se puede considerar como la Fuerza Débil y su destrucción por efecto electromagnético equivalente a una explosión atómica completa que libera los neutrinos, fotones y la partícula con fuerza magnética. Las radiaciones, especialmente las beta y gamma son producidas por el mayor efecto ondulatorio producido por la explosión, cuanto mayor es la energía, mayor es la velocidad y menor la masa de la partícula, por lo tanto, se puede decir que el fotón y el neutrino, son energía pura y afectan a los demás quarks a su paso, lo que se conoce como radioactividad. Los bosones w^+ , w^- cargados eléctricamente se puede decir que tienen un poco más de masa que el fotón, que se considera cero y que al desintegrarse se convierte en energía.

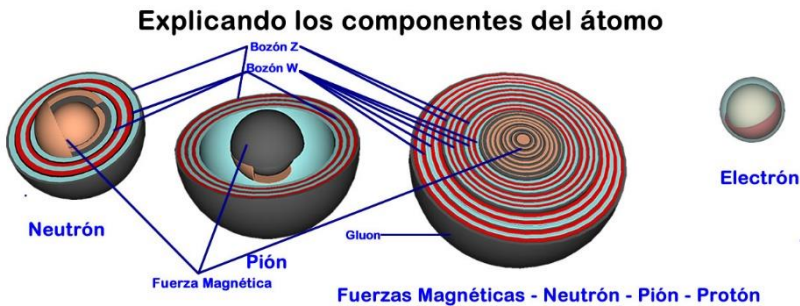


Figura 3.11.6. Los componentes del átomo

La Fuerza Débil representada en el Bosón W es como la membrana vitelina que recubre la yema de huevo que la mantiene estable y separada de la clara.

Se puede decir que el bosón W es equivalente a la suma de las fuerzas magnéticas más la energía positiva de los fotones y la negativa de los neutrinos que generan su campo electromagnético. Comparando como ejemplo, el bosón W es como la membrana vitelina en el huevo, en la figura vemos que, con la cáscara rota, pero con el núcleo intacto por efecto de esa membrana, en el quark es el Bosón W (+ y -), el átomo puede estallar, pero si no alcanza la energía suficiente para vencer la fuerza débil del bosón, el quark continúa intacto.



Figura 3.11.7. La fuerza débil se asemeja a la membrana vitelina en el huevo

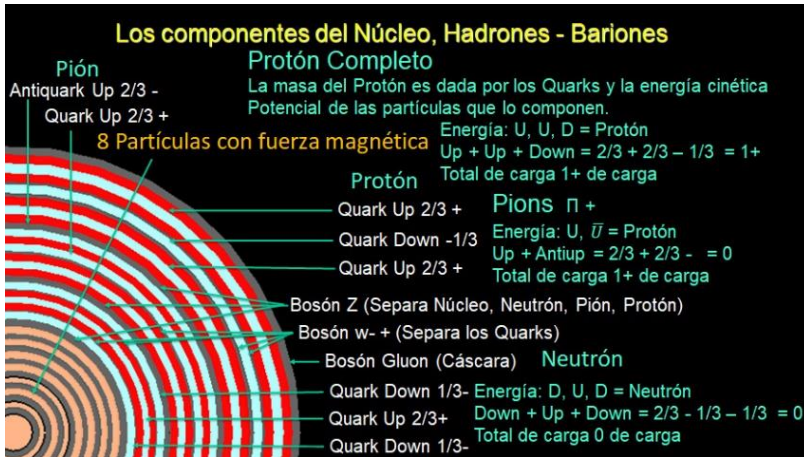
La desintegración del bosón W equivale a la aniquilación de la materia y su antimateria (explosión atómica), que permiten el escape de neutrinos y fotones al liberarlos de la atracción ejercida por la partícula con fuerza magnética de los quarks. Entonces se convierten en energía libre para formar ondas electromagnéticas (los fotones como rayos Alfa, Beta, Gamma, Rayos X, infra rojos y Ultravioleta), los neutrinos también deben de formar ondas, pero como no tenemos forma de verificarlos o de medirlos, no sabemos exactamente su conformación ni sus efectos. Cuanto mayor es la energía, mayor es la velocidad y menor la masa de la partícula.

La fuerza electromagnética de cada quark que se une a otro aumenta la fuerza de atracción, de esta manera, primero se forma el neutrón que suma las fuerzas electromagnéticas de los 3 quarks para formar el bosón Z, luego se forma el pion (negativo-positivo) que suma esas dos fuerzas para formar un bosón Z para facilitar la llegada de más quarks para que formen el Protón que también agrega otro bosón Z. Todos estos bosones que mantienen a los quarks unidos, el poder de atracción aumenta progresivamente para mantener todas las energías bloqueadas en su centro formando el gluon.

Debe entenderse que, en el neutrón, como el Quark con carga activa involucra esta materia ahora neutra y fría (no tiene nada que ver con la temperatura, quiere decir que su carga eléctrica es 0, pero que siguen girando, retienen el spin que es el giro producido por el encuentro de fuerzas magnéticas), pero aún conserva la fuerza magnética generada por los 3 quarks en su interior, según la conformación diseñada por la naturaleza. Los piones se denominan con el nombre genérico de Mesones, representa una pieza fundamental para mantener este equilibrio de fuerzas en el átomo, aquí describimos las que fueron descubiertas.

En el caso del protón, su carga electromagnética es 1 positiva y producen el giro (spin) en todo el conjunto.

Como se puede apreciar, todo en el átomo, es una secuencia de energías que se atraen entre sí, entre positivo y negativo, perfectamente distribuidos conforman los átomos que son la masa que se integra como materia.



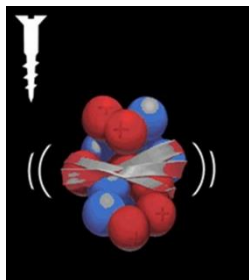
3.11.8. La distribución de los quarks con su carga y los bosones en el átomo

Ahora podemos completar la figura del Neutrón, el Pion y el Protón alineados en un mismo eje y luego podemos entender qué es el Spin o movimiento de rotación del conjunto determinado por la energía dominante, que pueden girar sobre su eje, como lo hace la Tierra en su movimiento de rotación. Como puede apreciar estimado lector, esta interpretación no la encuentra en ninguna parte, a pesar de que coincide perfectamente con la realidad, de seguro un rotundo "Sin comprobación científica" pueden intentar desacreditar lo dicho, pero comparemos lo que usted pudo entender aquí y lo que se encuentra en internet, con explicaciones llenas de términos técnicos, pero que no aclaran nada, es un lacónico "deje que los científicos nos encargamos de eso".

*** : Como explicamos el boson z y el gluon como la fuerza fuerte**

Sencillo, decimos que el primer Quark U ($2/3^+$) con un bozón W^+ recibe los otros dos quarks D ($1/3^-$) con bosones w^- nos da que la suma de sus energías electromagnéticas es cero ($2/3^+$) + ($1/3^- + 1/3^-$) = 0 (quiere decir que no hay una energía predominante) pero si hay

una fuerza magnética resultante de la integración de los 3 quarks que se convierte en un “bozón Z”, que cubre y mantiene unido el Neutrón resultante, que también se considera parte de la fuerza débil.



El neutrón queda con un quark down negativo en el orbital superior, por lo tanto, atrae un quark positivo (U) y este por consiguiente atrae otro quark negativo (\bar{U}) formando el Pion π^0 , separados igualmente por un bozón W que estabiliza cada quark, luego continúa con electronegatividad a 0, pero con fuerza magnética +5-5, que genera otro bozón Z que estabiliza el pion, dispuesto a recibir otros Quarks (positivo) para completar el protón.

El protón con 2 Quarks U ($2/3^+$) más un quark D ($1/3^-$) separados por bozones W, para ser un Quark Up, permanece con electromagnetismo en +1 y otro boson Z, entonces tenemos una fuerza magnética en +8-8, que genera una fuerza electromagnética mayor, y representa el “Gluon” o “pegante”, que cubre todo el conjunto, para completar el protón, permanece con valor electromagnético +1 completando las 24 capas de atracción electromagnética correspondientes a los 8 quarks que integran el protón y que conforman los orbitales donde se acomoda el electrón que acompaña al protón que cierra el ingreso de más quarks, quedando ese electrón (como vimos, es un quark incompleto) como el elemento de intercambio de energía del átomo.

La acción del gluon se conoce como campo de color y su acción es diferente de la fuerza electromagnética de los otros bosones, ya que cuanto mayor es la distancia, mayor es el efecto de atracción (adherencia) entre las partículas unidas.

Por lo que los gluones los identifican por su color y anticolor. El Gluon se asemeja a un pegamento elástico muy fuerte (en la comparación representa la cáscara del huevo).



Figura 3.11.9. En el huevo con membranas de recipiente rotas.

Para vencer estas fuerzas combinadas son necesarias fuerzas superiores que impactan con ondas electromagnéticas (ver ondas electromagnéticas), estableciendo este contacto, debido a su intensidad, se puede llegar al punto de ruptura del Gluon, pero todavía no hay una pérdida de fotones o neutrinos, ya que al hacer estallar el átomo primero lo primero que explotan son los electrones, luego, si la presión de las ondas electromagnéticas aumenta, estallan los gluones que liberan los bozones z, que al estallar liberan los bozones W y se necesita de mucha más potencia en la onda electromagnética para hacer estallar los quarks que liberan los fotones y neutrinos destruyendo toda la materia.

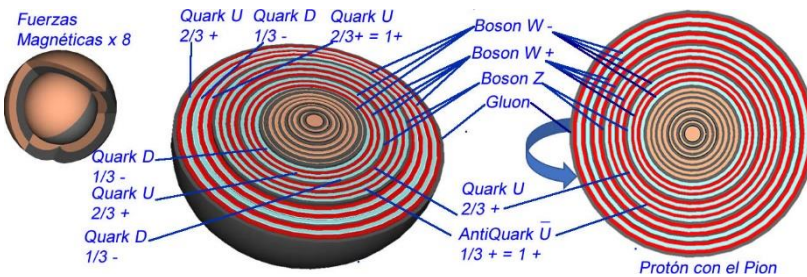


Figura 3.11.10. Descripción gráfica de la distribución de las energías y los bosones en los quarks

Estas fuerzas magnéticas y energías negativas liberadas y cargadas electromagnéticamente afectan a todo lo que lo rodea (impactando y destruyendo el núcleo positivo) generando una reacción en cadena por donde pasan, modificando las masas, es lo que llamamos

"Radioactividad", nombre dado por el hecho de que este fenómeno ha sido detectado, por la explosión de átomos de Radio.

Parece complicado el razonamiento, pero es explicable si partimos por el neutrón compactado y neutro (frío, con carga eléctrica 0), pero tiene una masa que genera fuerza magnética que atrae a otros quarks para completar su pion (que pueden ser un Quark U y el Antiquark \bar{U} también con carga eléctrica 0) para equilibrar las cargas eléctricas igualmente neutras, para luego recibir más quarks que completarán el protón con carga eléctrica +1, creando el gluon y luego atrae su electrón, como vimos antes.

Ahora veamos el detalle del Protón, solo sumamos los Quarks en el orden de su energía y es posible establecer una coherencia en el resultado, comprensible y ajustada a las cifras, dando la posibilidad de estimar que estas dos fuerzas (neutrones, piones y protones), una con un valor energético de 0 y el otro con 1 +, puede dar lugar a esa fuerza electromagnética de la que tanto se habla y nadie explica qué es, pero que si clasifican al ordenar los electrones en orbitales, como vimos en nuestra teoría, está distribuida en las 24 capas que corresponden a los 8 quarks que integran el protón.

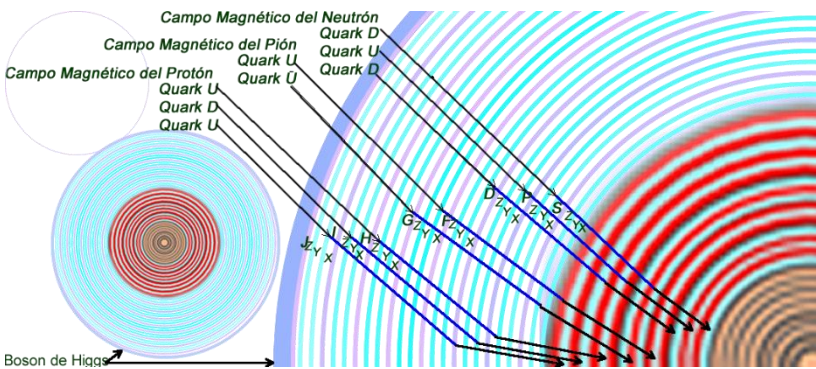


Figura 3.11.11. Identificación de los Campos electromagnéticos (Orbitales)

Últimamente el muy mencionado bosón de Higgs, que se comenta, pero la gran mayoría no entiende de que se trata, analizando la secuencia que traemos y siguiendo la trayectoria propia de la naturaleza, consideramos que ese bosón puede ubicarse en la parte superior de esas capas de energía electromagnética que rodea el protón, al juntarse con otros protones genera una fuerza superior que, en el caso, sería la contenedora de los integrantes del átomo.

CAPÍTULO XII : El electrón.

*** : La conformación que se conoce del electrón.**

El funcionamiento de los electrones es como la fuente o herramienta con la que la naturaleza puede crear toda la variedad que nos rodea, de su forma de funcionamiento depende el concepto de materia o antimateria, su conformación electromagnética determina los elementos químicos y su energía determina todos los fenómenos físicos como la temperatura, los iones y por si fuera poco, de ellos depende la luminosidad que ven nuestros ojos, por lo tanto, es parte de todo lo que existe, su conformación y funcionamiento frente al átomo y supuestamente la base de todo en el universo.

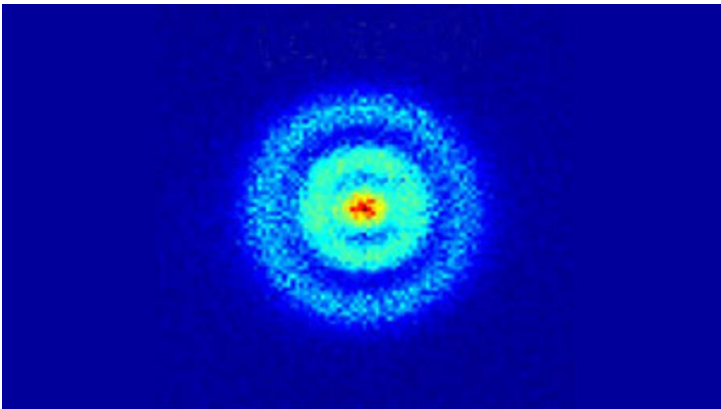


Figura 3.12.0. Visualización real de los estados de Stark de un átomo de hidrógeno. Fuente: A. S. Stodolna et al (2013) Hydrogen Atoms under Magnification: Direct Observation of the Nodal Structure of Stark States Phys. Rev. Lett. 110, 213001

La información que encontramos a mano (Wikipedia), se refiere a que, en física, el electrón (griego clásico ἤλεκτρον *élektron* 'ámbar'), comúnmente representado por el símbolo e^- , es una partícula subatómica con una carga eléctrica elemental negativa.

Esta partícula fue predicha por Paul Dirac en 1928, para ser descubierta más tarde en 1932 por el físico estadounidense Carl David Anderson al fotografiar trazos de rayos cósmicos en una cámara de niebla.

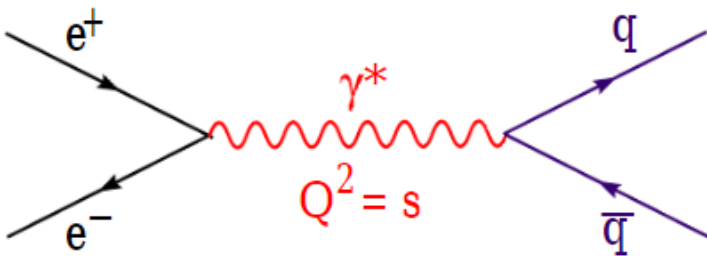


Figura 3.12.1. Representación del electrón y antielectrón

Esta es la conformación que explica la mayoría de los fenómenos físicos y químicos que ocurren a nuestro alrededor, es el positrón el que regula la posición del electrón en relación al núcleo, dependiendo de la cantidad de carga positiva (obedeciendo la ley electromagnética positiva + y positivo + é rechazado) se aleja del núcleo, lo que también es positivo el motivo que determina la composición y diferenciamos los distintos elementos químicos, clasificándolos según el número de electrones y su posición en relación al núcleo.

Un electrón no tiene componentes o subestructura conocidos; en otras palabras, generalmente se define como una partícula elemental. En teoría de cuerdas, se dice que un electrón está compuesto por una subestructura (cuerdas) y tiene una masa aproximadamente 1836 veces menor que la de un protón.

El momento angular intrínseco (espín) del electrón es un valor medio entero en unidades de \hbar , lo que significa que es un fermión. Su antipartícula se llama positrón: es idéntica, salvo que tiene cargas - entre ellas, la eléctrica- de signo opuesto. Cuando un electrón choca

con un positrón, las dos partículas pueden aniquilarse por completo y producir fotones de rayos gamma.

Los electrones, que pertenecen a la primera generación de la familia de partículas de los leptones, participan en interacciones fundamentales como la gravedad, el electromagnetismo y la fuerza nuclear débil. Como toda materia, tienen propiedades mecánicas cuánticas tanto de partículas como de ondas, por lo que pueden chocar con otras partículas y difractarse como la luz. Esta dualidad se demuestra mejor en experimentos con electrones debido a su pequeña masa. Dado que los electrones son fermiones, dos de ellos no pueden ocupar el mismo estado cuántico, según el principio de exclusión de Pauli.

Se teorizó el concepto de una cantidad indivisible de carga eléctrica para explicar las propiedades químicas de los átomos. El primero en trabajar en esto fue el filósofo naturalista británico Richard Laming en 1838. El nombre electrón para esta carga fue introducido en 1894 por el físico irlandés George Johnstone Stoney. Sin embargo, el electrón no fue identificado como partícula hasta 1897 por Joseph John Thomson y su equipo de físicos británicos.

En muchos fenómenos físicos, como la electricidad, el magnetismo o en la conductividad térmica, los electrones juegan un papel esencial. Un electrón en movimiento genera un campo electromagnético y, a su vez, es desviado por campos electromagnéticos externos. Cuando un electrón se acelera, puede absorber o irradiar energía en forma de fotones.

Los electrones, junto con los núcleos atómicos compuestos por protones y neutrones, forman átomos. Sin embargo, los electrones contribuyen con menos del 0,06% de la masa total de átomos. La misma fuerza de Coulomb, que causa la atracción entre protones y electrones, también hace que los electrones se unan.

El intercambio o compartir electrones entre dos o más átomos es la principal causa de los enlaces químicos. Los electrones se pueden crear por desintegración beta de isótopos radiactivos y en colisiones de alta energía, como la entrada de un rayo cósmico a la atmósfera. Por otro lado, pueden destruirse por aniquilación de positrones y pueden absorberse durante la nucleosíntesis estelar.

Hay instrumentos de laboratorio capaces de contener y observar electrones individuales, así como plasma de electrones. Además, algunos telescopios pueden detectar plasma de electrones en el espacio exterior. Los electrones tienen muchas aplicaciones, incluida la electrónica, la soldadura, los tubos de rayos catódicos, los microscopios electrónicos, la radioterapia, los láseres, los detectores de ionización de gas y los aceleradores de partículas.

+ : Nuestra concepción del Electrón

Esta explicación generalizada de la mayoría de los fenómenos físicos y químicos que ocurren a nuestro alrededor considera al electrón como una partícula elemental sin subestructuras conocidas se aleja un poco del modelo atómico que hemos venido desarrollando en este trabajo. Recapitulando un poco, deducimos que la formación del núcleo atómico está integrada por la unión de partículas con fuerza magnética polarizadas que tienen unos campos magnéticos donde se alojan energías positivas y negativas que siguen la ley del magnetismo universal.

Se puede decir que esas partículas con fuerza magnética son potenciadas por la presencia de las partículas portadoras de energía, generando una atracción magnética resultante que se denomina bosones, que representan una especie de atracción permanente que mantiene unidos primero al conjunto de quarks que conforman los hadrones (mesones y bariones) extendiendo esa fuerza de atracción magnética fuera del conjunto (se habla de 10^5 veces el tamaño del protón) con el bosón de Higgs.

Esa atracción magnética generada por el Bosón de Higgs que es portador de la energía positiva del protón atrae a la energía negativa predominante en un quark Up en formación que automáticamente se convierte en electrón.

Cuando vimos la formación de los quarks, si a la partícula con fuerza magnética le llegan primero los fotones cubriendo su polo negativo, se forma temporalmente el quark antidown y queda a la espera de neutrinos para convertirse en un electrón o en un quark Up si enseguida recibe la otra capa de fotones, ya como parte fundamental de la materia. El quark antidown al recibir los neutrinos (energía negativa) se convierte en electrón, que es una partícula electrónica que tiene masa y un espín $\frac{1}{2}$ negativo; su carga de

energía es $-1e$, y forma parte de todos los procesos de intercambio, puede ganar o perder energía, este proceso se realiza mediante la emisión de fotones, hecho que da lugar a todos los procesos fisicoquímicos que suceden en nuestro Universo.

Cuando a la partícula con fuerza magnética le llegan primero los neutrinos se forma temporalmente el quark Down que queda a la espera de fotones para convertirse en el antielectrón o Positrón ya como parte fundamental de la antimateria (eso lo veremos a fondo más adelante), es una partícula antielectrónica que tiene la misma masa que el electrón y su spin es $\frac{1}{2}$ positivo; su carga de energía es $1e$, aunque se producen en diversos procesos radio químicos como parte de las transformaciones nucleares, puede ganar o perder energía, este proceso se realiza mediante la emisión de neutrinos.

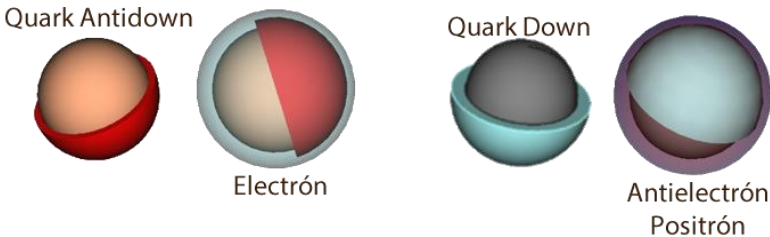


Figura 3.12.2. Electrón - Antielectrón

Esta definición, aunque puede resultar un poco diferente a la concepción generalizada, encontramos su razón de ser en lo siguiente: La capa de energía positiva en el electrón es la que ejerce el equilibrio de la fuerza magnética para determinar el orbital de rotación del electrón alrededor del núcleo, cuanto más lejos del núcleo, cuanto mayor es su carga positiva, es decir, cuantos más fotones contiene, más lejos está del núcleo, con menos carga en esa capa de energía positiva, más cerca está del núcleo.

Otra característica del electrón es que puede autorregularse perdiendo o ganando fotones con energía positiva en su polo norte negativo, si el electrón recibe muchos neutrinos que tienden a acercarlo al núcleo, el polo norte puede ganar fotones para estabilizarse o en su defecto, el electrón emite parte de sus neutrinos buscando siempre mantener su posición en el orbital, aunque en la mayoría de los casos, recibe carga positiva y libera fotones para mantener siempre su posición, lo que representa la acción visible,

audible y térmica de la mayoría de los procesos físico químicos que suceden en la naturaleza.

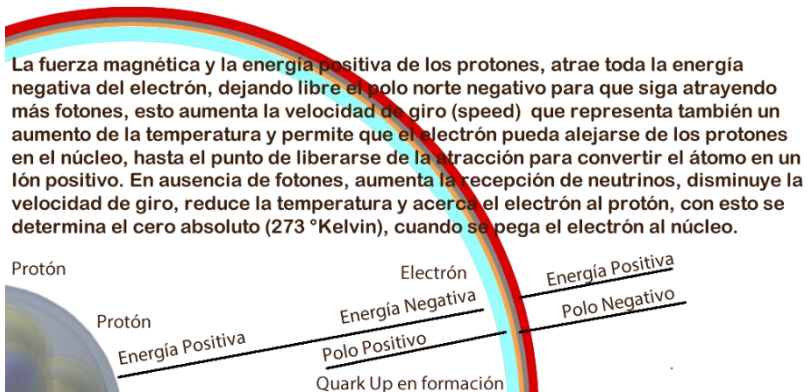


Figura 3.12.3. Conformación del electrón

La gráfica 3.12.4. hace comprensible esa explicación, siguiendo la ley del magnetismo universal, la mayor parte de la energía negativa del electrón queda sujeta a la atracción magnética positiva del protón de un átomo, por lo tanto, el polo negativo de la fuerza magnética cubierto por energía positiva, queda con la posibilidad de seguir atrayendo fotones aumentando su energía positiva, si el electrón está en un orbital inferior, recibiendo suficiente carga positiva puede pasar al orbital superior alejándose del núcleo, otro electrón de ese mismo orbital pierde fotones para ocupar su lugar en el orbital inferior desocupado (esos fotones equivalen a la luz que percibimos los seres vivos), este efecto es permanente en la atmósfera con oxígeno. y su proceso de ozonización. (Ya veremos más adelante), y a la vez, si ya estando en el orbital superior recibe más carga positiva, emite parte de sus fotones para estabilizarse.

+ : Analizando estos conceptos sobre el electrón.

El funcionamiento de los electrones es parte de la materia (con un fotón en el primer campo magnético y un neutrino copando toda la partícula) es la fuente de todo lo que existe en la naturaleza, su conformación eléctrica que le permite el intercambio de fotones casi sin afectarse con la llegada de los neutrinos que son rechazados por el polo norte negativo de la fuerza magnética del electrón y esto determina los elementos químicos en nuestro universo, por lo tanto, es parte fundamental de todo lo que existe.

Agregando que el electrón es una partícula “cuántica” que se comporta como onda y como una partícula, por lo tanto, no tiene una forma específica, por eso hay que buscar una forma que sea comprensible para representarlo, lo haremos en la vista en planta circundando el núcleo y para describirlo en su interior lo haremos como si fuera un corte de una forma redonda, semejante a las capas de nitrógeno y oxígeno en la atmósfera, que existen, pero no tienen una forma definida cubriendo toda la superficie.

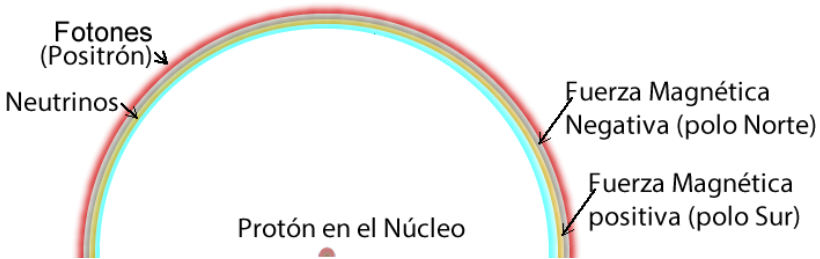


Figura 3.12.4. Formas para mostrar al electrón con su estado cuántico.

Los neutrinos están asociados con el electrón y determinan su condición negativa que establece el punto de atracción con el protón, que como vimos, es regulada por el positrón (fotones) de la primera capa en la partícula con fuerza magnética.

Debemos tener en cuenta que su contraparte (o sea un neutrino en el primer campo magnético y fotones cubriendo toda la partícula) es el antielectrón que intercambia neutrinos sin afectarse con los fotones, es considerado como el principio fundamental de la antimateria.

En la Antimateria, la fuerza magnética y la energía negativa de los Antiprotones, atrae toda la energía positiva del electrón, dejando libre el polo sur positivo para que siga atrayendo más neutrinos, esto disminuye la velocidad de giro (speed) que representa también una disminución de la temperatura que permanece en el cero absoluto, lo que inhibe la recepción de fotones, que son rechazados por el polo sur positivo, por eso, teóricamente se dice que los agujeros negros en el espacio se tragan la luz, son Antimateria.



Figura 3.12.5. Antielectrón (antimateria)

- : El electrón, como fuente de intercambio y modificación de todos los elementos químicos

Según nuestra apreciación, como el electrón tiene una primera capa (positrón) con energía positiva (fotones) y otra capa con energía negativa (neutrinos), en la naturaleza y cumpliendo con la ley del magnetismo universal, puede ser atraída por la energía positiva de un protón que sujeta esa partícula con fuerza magnética con sus energías y la estaciona en uno de sus orbitales electromagnéticos (diferente a como se acomodan las fuerzas magnéticas en su núcleo).

Partiendo de esa base, la distancia entre el electrón y el núcleo del Protón es regulada por la carga positiva que tiene el electrón que impide que el protón atraiga del todo a la energía negativa de la capa exterior del Electrón, sin la posibilidad de convertirse en Quark, puede seguir recibiendo fotones, inclusive, si la intensidad en la recepción de fotones supera la capacidad de estabilización del electrón (al emitir sus fotones), puede cambiar la posición en los orbitales o liberarse de la atracción del protón para convertirse en un Ion, siendo la forma que usa la naturaleza para modificar todos los elementos químicos de la materia, anotando que con los antielectrones o positrones sucede lo mismo, pero su efecto es exactamente lo contrario.

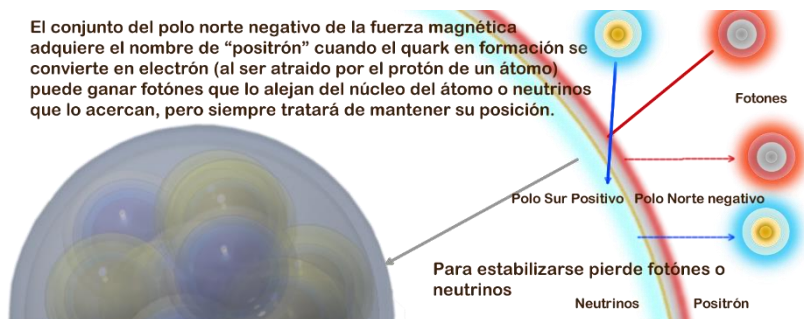


Figura 3.12.6. El electrón es la partícula de intercambio de los átomos.

También dicen que los electrones se encuentran en todos los elementos y ocupan capas (orbitales) alrededor del núcleo de los átomos, la interacción de los electrones explica todas las reacciones químicas, pero no hay más detalles sobre el motivo de estas diferencias. El electrón (también llamado leptón) es estable (porque

la atracción positiva del núcleo del átomo retiene al electrón completando su carga 3/3), también es muy ligero, su masa es de 0.511 MeV y su carga es negativa (-1).

- : El electrón como generador de la temperatura.

Es posible suponer que el electrón tiene diferencias con los quarks del núcleo debido a su comportamiento, pero no es que tenga energías diferentes, solo que el núcleo junta todas las partículas con fuerza magnética en su centro, generando la masa y los bosones, el electrón en cambio, permanece con su partícula con fuerza magnética que es la responsable por el intercambio.

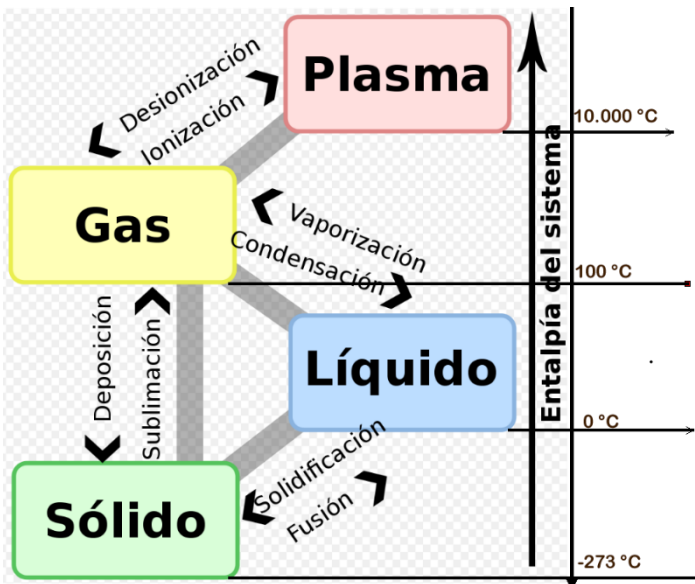


Figura 3.12.7. El electrón y los cambios de estado de la materia.

Con una carga positiva mayor a la normal al recibir fotones, equivale a una mayor velocidad en el spin del electrón al aumentar su energía que lo aleja del núcleo, esto equivale a elevar su temperatura (dilatación y gasificación).

También funciona a la inversa, igual que puede atraer uno o varios neutrinos, que aumentan la carga negativa, disminuyendo la velocidad en el spin (giro) que lo acerca al núcleo y baja la temperatura (contracción o solidificación, esto lo veremos más adelante en los estados de la materia).

- : Los electrones como causantes de los efectos de la presión

Los orbitales de los átomos que retienen a los electrones buscan permanecer estables (condiciones del gas ideal), si se expanden por causa del aumento de fotones, siempre buscaran ocupar más espacio, si encuentran barreras que los detengan, comienzan a comprimirse, generando una presión que se traduce como una energía que busca romper la barrera que la comprime. Igual ocurre si en lugar de expandir el giro de los electrones con más fotones, se comprime el espacio que ellos están ocupando, igual comienzan a comprimirse, generando esa energía que busca restablecer su posición normal en el espacio, si la presión aumenta, puede llegar a modificar la composición molecular el elemento (esto lo veremos con mucho más detalle, más adelante).

+ : Definición de las clases de los otros Leptones.

Las partículas del Atomo, Los Fermiones (Materia)
Extranucleares – Leptones – Electrones

Como vimos, los Quarks y sus variaciones se deben al hecho de llegar ambas cargas + y - de energía simultaneas, se forma una clase de partícula, en el caso de los electrones, con 2 conjuntos de energía forman Muones y con 3 se denominan Taurones.

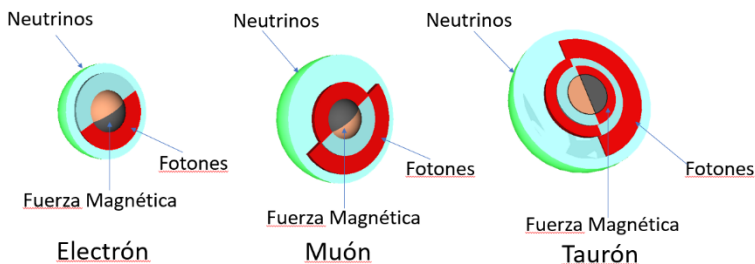


Figura 3.12.8. Representación en corte del Electrón, Muón y Taurón

Como vimos con los Quarks, tetraquarks y pentaquarks, la misma situación pasa con los electrones, inicialmente es la partícula con fuerza magnética que está a la espera de que lleguen las partículas con energía que la acompañaran como un quark, si llegan las dos simultáneamente, se convierte en Muón y si nuevamente llegan las dos partículas se convierten en Taurón.

Luego, ya sea para el electrón, muón o taurón, cuando llega una partícula, cualquiera que sea determina la clase de quark que va a ser, si llega primero un fotón, queda toda la superficie de la partícula con energía magnética cargada positivamente, la fuerza negativa

del polo norte atrae al fotón, pero la fuerza positiva del polo sur que también es positiva, no lo deja avanzar para cubrir toda la superficie de la partícula magnética y queda toda la partícula con energía electromagnética positiva de un lado y fuerza magnética positiva del otro, quedando a la espera de recibir energía negativa de los neutrinos.

El comportamiento de las fuerzas magnéticas que recibieron fotones y neutrinos en forma simultánea siguen comportandose igual a los demás leptones, formando muones con una masa mayor que la de los electrones.



Figura 3.12.9. Simulando un corte en el Muón, vemos que la energía negativa del Muón es atraída por la energía positiva del protón, siendo regulada la distancia por su capa con energía positiva

Cuando llegan los neutrinos, queda con energía negativa cubriendo ambos polos a la espera de que lleguen fotones para completar el quark. Pero, estando en ese estado, el quark en formación es atraído la energía magnética positiva emitida por un protón completo de un átomo, se convierte en “electrón” con mayor carga negativa, su carga positiva pasa a ser el “Positrón” que regula la posición de acercamiento del electrón referente al núcleo del átomo.

Si las fuerzas magnéticas que recibieron fotones y neutrinos en forma simultánea, reciben nuevamente otra carga simultánea de fotones y neutrinos, siguen comportandose igual a los demás leptones, formando Taurones con una masa mayor que la de los Muones.

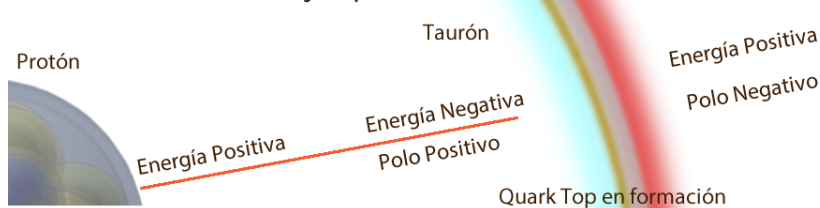


Figura 3.12.10. Simulando un corte en el Taurón, vemos que la energía negativa del Taurón es atraída por la energía positiva del protón, siendo regulada la distancia por su capa con energía positiva

En el caso de haber recibido el fotón y el neutrino simultáneamente, cuando llega el fotón y luego el neutrino y es atraído por el protón de un átomo, este conjunto se convierte en el Muón con 2/4 negativo

con giro de 1-. Si se repite el hecho de la partícula magnética recibir nuevamente en forma simultánea fotones y neutrinos, siguiendo el mismo proceso, se convierte en Taurón con 4 de 6 de carga negativa con giro de 1-.

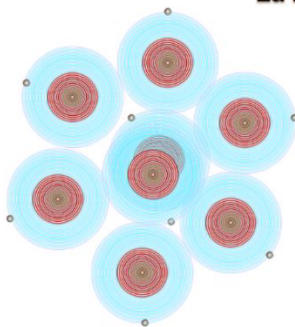
+ **Cómo funciona el balance energético en el átomo**

Lo primero que tenemos que entender es la diferencia entre energía y fuerza magnética, la energía tiene la posibilidad de acumular energías similares en cambio la fuerza magnética rechaza las energías con carga similar al polo receptor. Por eso hay que tener en cuenta que los quarks en formación esperan la energía positiva para completar su carga (2/3+), pero sucede que, cuando un quark en formación es atraído por el protón de un átomo, la atracción se da hacia la energía negativa que tiene el polo sur positivo de la fuerza magnética del quark en formación por eso, se puede decir que el quark en formación completa su carga en el polo norte positivo y como explicábamos antes, el polo sur negativo queda con opción de recibir más carga positiva.

Los electrones con menos carga positiva en el positrón son más atraídos hacia el núcleo, posicionándose más cerca del núcleo, generando los "Orbitales" de los electrones en los átomos, que a su vez clasifican y dan su valencia química a todos los elementos existentes. El factor natural está dominado por reglas como el "Octeto", que determina que para ser estable, la molécula (unión de varios átomos) debe tener 8 electrones en el último orbital.

Los Electrones y su funcionamiento

La ley del octeto.



Los iones de los elementos del sistema periódico tienen la tendencia a completar sus últimos niveles de energía con una cantidad de 8 electrones, de tal forma que adquieren una configuración muy estable.

El átomo de oxígeno que es un gas, cuenta con 8 protones, pero por su alineación referente al núcleo, queda con 6 electrones en el último orbital y 2 en un orbital inferior, por esta razón se dice que es electronegativo y magnético, por eso tiene que ganar o perder electrones para estabilizarse.

Figura 3.12.11. Configuración de los gases estables

La pregunta obligatoria siempre fue, ¿de dónde sale ese número?

Los gases nobles (inertes) ubicados en el extremo izquierdo de la tabla periódica, son completamente estables, por tener 8 electrones en su último orbital (principio de Lewis) y todos los otros elementos intentan estabilizarse ganando o perdiendo electrones para alcanzar ese número, También comprobamos que cada neutrón tiene 3 quarks, cada protón tiene 3 quarks y un pion intermedio con dos quarks, que suman 8 quarks, cada uno con su fuerza magnética, que juntos, colocan la cantidad de fuerza magnética equivalente al Gluon, representado en este último orbital del Protón y cada fuerza puede mantener sujeto a un electrón, es el tema de las fuerzas, que analizaremos a continuación.

Todos los átomos tienden a estabilizarse, especialmente los gases, manteniendo estos 8 electrones en el último orbital, para completarlos pueden compartir electrones con otros átomos, como en el caso del Oxígeno, que tiene solo 6 electrones en el último orbital, normalmente comparte dos con otro átomo de oxígeno, convirtiéndose en O^2 , tal como se encuentra libre en la naturaleza.

La carga del positrón en el electrón regula la cantidad de energía que requiere el átomo para cumplir la ley del octeto, es decir mantener 8 electrones en el último orbital, para cumplir con este patrón, el electrón puede ganar o perder energía, si recibe fotones sin importar su magnitud de onda, emite fotones o neutrinos con su magnitud de onda para estabilizarse (es lo que pueden ver nuestros ojos). Hay que resaltar que algunos expertos, llaman de positrón al antielectrón, que se forma si llegan primero neutrinos atraídos por el polo sur de la partícula con fuerza magnética y forma parte de la antimateria y es su fuente de intercambio de energía negativa al quedar los fotones sujetos a la atracción magnética negativa de los antiprotones en los átomos de la antimateria.

Pero si es superada su capacidad para estabilizarse (mayor cantidad de energía recibida en las ondas), se carga de esa energía que le permite aumentar su spin o velocidad de giro, además de expandirse (aumento de la temperatura), lo que le permite saltar al orbital superior si es energía positiva de fotones. En el caso de recibir neutrinos, emite neutrinos en su configuración de onda y si es

superada su capacidad, disminuye su velocidad de giro (spin), se contrae (baja su temperatura) y se ve obligado a saltar al inferior.

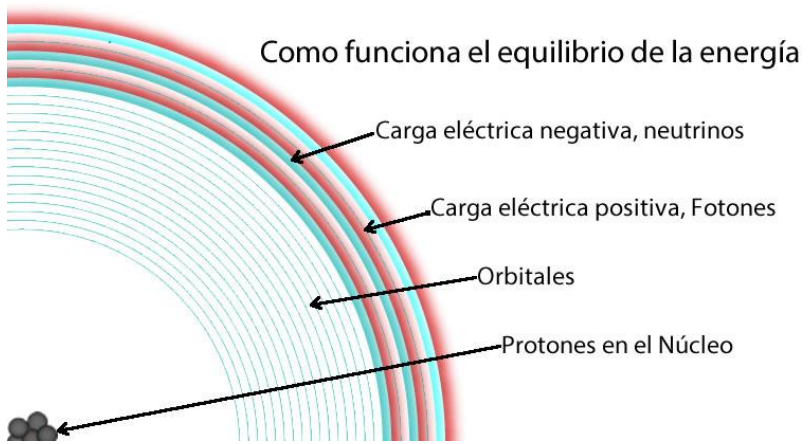


Figura 3.12.12. representación de la distribución de los electrones en el átomo

Esta capacidad del electrón de recibir energía y modificar la condición del átomo (Por eso, es determinado el electrón como la partícula de intercambio de los átomos, con eso se pueden modificar muchas de las condiciones físicas de todo lo que existe. El comportamiento de los electrones, partiendo de esa misma base, sucede cuando un átomo gana o pierde electrones por esa misma causa, si gana electrones se convierte en un "Ion" negativo o Anión y si pierde electrones, es un "Ion Positivo" llamado también de catión.

Otro comportamiento, cuando un gas, especialmente el hidrógeno sufre ese cambio, es decir, como tiene un solo Protón, el electrón que tiene, al recibir la energía suficiente para liberarse de la atracción, el protón del hidrógeno queda eléctricamente positivo, si esa situación persiste en el tiempo, se convierte en "plasma", un estado que es diferente, también llamado del cuarto estado de la materia, Sólido (frio), Líquido (normal), Gaseoso (caliente) y cumpliendo el requisito de verse liberados sus electrones, es plasma, con unas características y comportamiento diferentes.

* : **El Bosón de Higgs**

Después de analizar toda la documentación que hay disponible sobre este famoso bosón, que según los expertos que la llaman "La Partícula de Dios". El bosón de Higgs es la partícula elemental por la que se origina la masa del Universo. El único modo de detectar sus

huellas y su presencia es mediante el Gran Colisionador de Hadrones...

Todos hemos oído hablar alguna vez del bosón de Higgs o la llamada también “partícula de Dios”. Este término, que nos recuerda cuanto menos a alguna novela de Arthur C. Clark, es en realidad uno de los elementos del mundo de la física más decisivos de los últimos tiempos. Fue Leon Lederman, un notable físico que en 1988 ganó el Premio Nobel, quien más teorizó sobre este elemento.

Cuentan que, aunque de cara a los medios la metáfora de la “partícula de Dios” le sirvió para resumir esa necesidad de creer en algo que aún no habían podido demostrar, a nivel privado el profesor Lederman la llamaba “esa maldita partícula”. Desde que Peter Higgs y Francois Englert pusieron sobre la mesa en 1964 la posibilidad de su existencia, no fue hasta el 2012 cuando por fin quedó acreditada. Sin embargo, ¿qué es realmente esta partícula y por qué tiene tanta relevancia? El bosón de Higgs es el elemento que ayuda a que todas las partículas tengan masa. Después de más de 50 años de persecución científica para clarificar y demostrar que todo lo que vemos y conocemos está constituido por esa partícula, ahora se abren nuevas y fascinantes incógnitas...

Una teoría polémica al respecto del bosón de Higgs reside en la idea de que esta partícula podría colapsarse sobre sí misma en algún rincón de nuestro universo y producir con ello un vacío, una burbuja expansiva que aniquilaría todo lo conocido.



Figura 3.12.13. Higgs en el LHC

Bosón de Higgs, la "partícula de Dios" ¿por qué es tan importante?

+ : ¿Qué es el bosón de Higgs?

Para comprender la trascendencia, matices y curiosidades de este elemento, es imprescindible leer el libro que el propio Leon Lederman escribió en 1993: "La partícula de Dios: si el universo es la respuesta, ¿cuál es la pregunta?". Así, aunque bien es cierto que a los propios físicos no les agrada esa referencia mística o religiosa al respecto de esta partícula, no deja de tener cierto gancho e impacto para los legos en dicha materia.

Para empezar, si tuviéramos que definir de manera sencilla qué es el bosón de Higgs, diríamos que es la partícula elemental que origina que todo lo que conocemos tenga masa. Pensemos en ello un momento. Si la masa no existiera, nada de lo que conocemos, vemos, somos y nos rodea existiría. El vacío lo colapsaría todo. La física y la química no tendría cabida y aún menos la biología, por tanto, tampoco nosotros estaríamos en ese mundo. Sabemos que las partículas fundamentales que constituyen el Universo pueden ser de dos tipos: los bosones y los fermiones. Mientras estos últimos conforman la materia como tal gracias a los electrones, muones, taus y quarks, los bosones tienen otra propiedad. Lo que hacen es lograr que esas partículas básicas interactúen. El bosón de Higgs es el que logra que todas las partículas tengan masa. Sin él, ninguno de esos procesos funcionaría.

+ : ¿Por qué son tan importantes?

¿Por qué es importante el bosón de Higgs? ¿Por qué los científicos le dan tanta relevancia y escuchamos hablar tanto de estas partículas? Lo cierto es que muchos de nosotros nos quedamos con los conocimientos más básicos de física. En secundaria nos enseñaron qué eran los protones y qué los neutrones, sin llegar a profundizar demasiado en eso llamado "física cuántica".

Es en esta disciplina donde se intenta comprender los sistemas atómicos y subatómicos, así como todas sus interacciones. Algo que no se comprendía hasta hace poco era el origen de la masa. Para intentar dar respuesta a ese eterno enigma, varios físicos como el doctor Peter Higgs, hipotizaron con la existencia de los campos de Higgs.

El campo de Higgs puede definirse como un continuo, como un campo cuántico que conformaría todo el universo conocido. Ese tejido tan singular estaría formado por un número infinito de bosones de Higgs.

Esos movimientos o fricciones que generan los bosones de Higgs es lo que provoca que las partículas adquieran masa. A mayor fricción, mayor masa tendrá una partícula. Los físicos llamaron al bosón de Higgs la partícula de Dios porque, a pesar de que no podían demostrar su existencia, sabían que debía haber algún tipo de elemento que diera sentido a cómo y de qué manera las partículas adquirirían masa. Por una vez, los científicos debían apelar a la fe para que todas las teorías tuvieran sentido.

+ : ¿Se puede ver un bosón de Higgs?

Se ha necesitado medio siglo para demostrar la existencia del bosón de Higgs. Porque, aunque hemos señalado, la mayoría de los físicos daban por sentado la existencia de esta partícula tan trascendente, verla en activo es algo imposible. Este elemento no se puede detectar porque en cuanto surge se desintegra para dar paso a otras partículas. Lo que sí se puede percibir son sus marcas, las huellas de sus movimientos y esto fue posible en el 2012. Fue gracias al gran colisionador de hadrones del CERN, situado en la frontera franco-suiza cerca de Ginebra. Aquí se pudo demostrar finalmente, la existencia del bosón de Higgs.

Esta fabulosa ingeniería está basada en unos gigantescos imanes que generan campos magnéticos 100 000 veces más potentes que la fuerza gravitacional de la Tierra. Fue el 4 de julio del 2012 cuando se anunció el descubrimiento de una nueva partícula que podría ser la conocida como “partícula de Dios”. Un año después sería confirmada, momento en que se le concedió el Premio Nobel a Peter Higgs, junto a François Englert, por el descubrimiento que ha permitido entender el origen de la masa de las partículas subatómicas.

+ : El bosón de Higgs y la materia oscura

Hablar del bosón de Higgs implica, en muchos casos, hablar también de la materia oscura y de sus teorías -digámoslo de algún modo- más

apocalípticas. No obstante, este tema no deja de ser también interesante.

Bien, algo que sabemos sobre estas partículas es que en nuestro mundo se comportan de un modo muy concreto. Permanecen estables durante un tiempo mínimo, apenas apreciable. Más tarde desaparecen dando paso a un torrente de partículas. Sin embargo, algo que se ha visto en el acelerador de partículas es que en un 0,2 % de las veces se desintegra de un modo particular.

Hablar de la materia oscura, equivale a hablar de la antimateria o antiquarks, hecho que reafirma nuestra hipótesis sobre el Bosón de Higgs, dicha fuerza existe indistintamente en la materia positiva de nuestro universo y puede existir en la conformación como materia negativa (materia oscura) de otros universos (pueden ser los agujeros negros), por eso dicen que cuando desaparece o se extingue le da paso a un torrente de partículas.

En algunos casos, se cree que el bosón de Higgs desaparece al interactuar con la materia oscura (un tipo de materia que no interactúa con el campo electromagnético). De ese modo, artículos como los publicados por los doctores Anders Andreassen y William Frost en el 2018, apuntan algo inquietante.

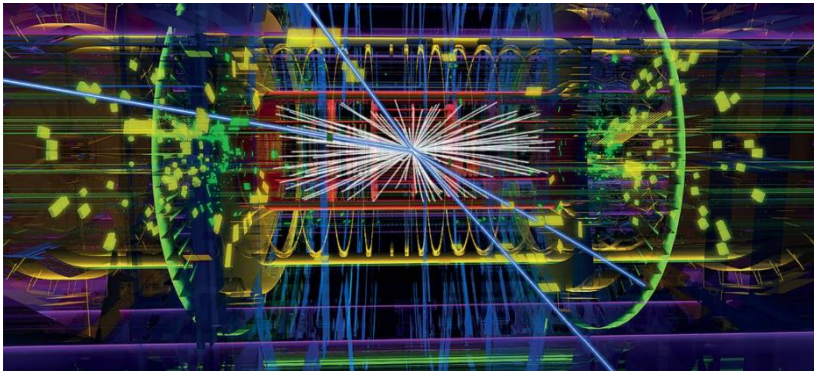


Figura 3.12.14. Un candidato a bosón de Higgs registrado en el detector ATLAS. Cuatro rastros de muones (en azul) emergen del punto de interacción. / ATLAS-PHO-EVENTS-2014-015-1/CERN

Es muy posible que los campos de Bosón de Higgs puedan colapsar en algún momento en un punto determinado del cosmos y crear un vacío. Una burbuja expansiva capaz de engullir partes de nuestro

universo. Obviamente, esto son solo meras teorías. Son simples modelos probabilísticos. Porque, como bien dicen muchos físicos, hasta lo que nosotros sabemos, el bosón de Higgs no ha colapsado en el Universo en ningún momento.

Copiado de <https://lamenteesmaravillosa.com/boson-higgs/>

*** : Reflexiones sobre el bosón de Higgs**

De acuerdo con lo que hemos venido tratando en este trabajo y siguiendo con el mismo argumento, en el que suponemos que al no poder observar a ninguna de las partículas y atendiendo las recomendaciones de los filántropos y empresas patrocinadoras de todas esas costosas investigaciones realizadas, con instrumentos muy especiales, partiendo también del precepto implantado desde hace siglos que exige “Comprobación científica” a todo lo que tiene la aureola de investigaciones o descubrimientos, agregando que dicha comprobación científica siempre depende de los centros de investigación, universidades y medios que son influenciados por esos acaudalados patrocinadores, por lo tanto, depende de ellos su aprobación.

Con esto, no estamos desacreditando esa labor científica, ni mucho menos, su interés para aportar al desarrollo de la humanidad, pero hay muchos interrogantes que hemos descrito a lo largo de este trabajo y como lo hemos venido analizando, también para el bosón de Higgs, imaginamos que hay una explicación que puede acercarnos a esa realidad que hasta ahora todavía esta en el umbral de lo incierto, tal vez de imaginario porque como dijimos, no hay certezas absolutas para nada de lo subatómico.

Recordemos que ya hemos mencionado el bosón de Higgs como parte integrante de los protones en los átomos, según nuestro imaginario, es el borde externo del conjunto de fuerzas magnéticas que retiene a los electrones sujetos a la atracción de los protones. Pero como es un bosón, depende de las partículas con fuerza magnética, por lo tanto, existe en los átomos que conforman la materia positiva como en los antiprotones de los supuestos antiátomos de la antimateria negativa o materia oscura.

Apoyamos esta deducción en el hecho de que la distancia entre el núcleo del átomo y el electrón es de 10 mil veces el tamaño del

núcleo, según datos encontrados en Google: Por ejemplo, si el núcleo de un átomo fuera del tamaño de una naranja, de unos 8 cm de diámetro (y por tanto, 4 cm de radio), la citada distancia entre el electrón y el núcleo sería de 4×10^5 cm. O lo que es lo mismo, ¡cuatro kilómetros!, esto quiere decir que la mayor parte del átomo es espacio vacío.

Es muy fácil deducir que para poder retener los electrones a esa distancia del núcleo, esa fuerza de atracción magnética debe de ser especial y esa es la razón para creer que los análisis hechos en el LHC con el descubrimiento del Bosón de Higgs corresponden y se ajustan a la fuerza magnética que mencionamos, es la razón para estar presente en todos los átomos y también puede dar para deducir que es el causante de que las partículas tengan masa, ya que siempre estará presente desde la aparición del primer quark integrante del neutrón, pasando por el Pion y el Protón, otro detalle que nos acerca a esa definición es el hecho de que el bosón de Higgs es detectado, pero desaparece inmediatamente (o sea, es el primero que desaparece).

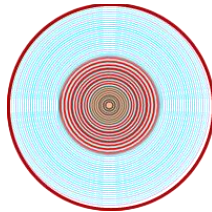


Figura 3.12.15. Boson de Higgins

Eso quiere decir que ese bosón existe como resultado de la unión de ese conjunto de fuerzas magnéticas en el núcleo, si se desintegra ese núcleo como resultado de los experimentos controlados y en nuestro sol o en cualquiera de los billones de soles que existen en el universo, por lógica, si las fuerzas de atracción magnética se desintegran por efecto de un impacto de una partícula de origen externo, en el caso, el bosón de Higgs desaparece y libera todas las partículas con energía que contiene, ya que como vimos, ese bosón es generado y sostenido por la unión de las partículas con fuerza magnética y las partículas con energía (fotones y neutrinos), que como es evidente, también se liberan con la explosión convirtiéndose todos en partículas cargadas con energía que viajan como ondas electromagnéticas.

CAPÍTULO XIII : Los electrones y sus orbitales

* : La configuración de los elementos químicos

Los átomos que componen los diversos elementos de la Tabla Periódica reparten sus electrones en secuencias predeterminadas que se llaman de orbitales, de acuerdo a su cantidad de energía que los pueden identificar eléctrica y atómicamente.

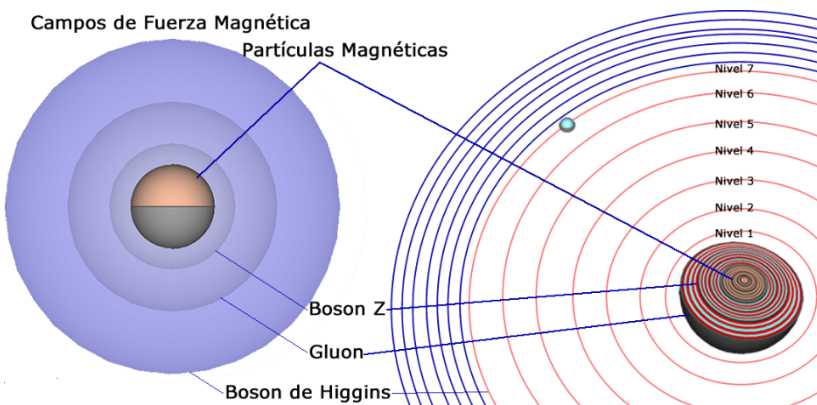


Figura 3.13.1. Se clasifican de acuerdo con el número de electrones y la dirección de su giro con respecto al eje.

+ : Formas de los orbitales

Por simplicidad, se recogen las formas de la *parte angular* de los orbitales, obviando los nodos radiales, que siempre tienen forma esférica.

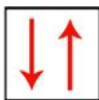
La distribución electrónica en orbitales es una forma diferente de representar la distribución electrónica de un átomo. En él, demostramos los electrones dentro de los orbitales de cada subnivel (s, p, d, f) en cada uno de los niveles (1º, 2º, 3º, 4º, 5º, 6º, 7º).

$n=7$	7s	7p		
$n=6$	6s	6p	6d	
$n=5$	5s	5p	5d	5f
$n=4$	4s	4p	4d	4f
$n=3$	3s	3p	3d	
$n=2$	2s	2p		
$n=1$	1s			
	s	p	d	f

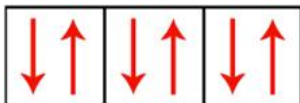
Figura 3.13.2. Descripción general de los orbitales en el átomo

+: Orbitales de subnivel

Subnivel s: tiene solo 1 orbital, que contiene un máximo de 2 electrones:



Subnivel p: presenta 3 orbitales, que contienen, no máximo, 6 electrones:



Subnivel d: presenta 5 orbitales, que contienen, máximo, 10 electrones:



Subnivel f: presenta 7 orbitales, que contienen, máximo, 14 electrones:

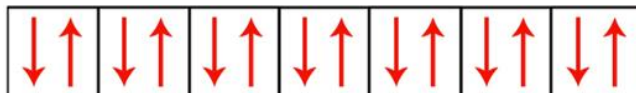


FIGURA 3.13.3. Descripción de los orbitales y sus subniveles

* : Representación atómica

+ : Orbital "s"

El orbital S tiene simetría esférica alrededor del núcleo atómico. En la figura siguiente se muestran dos formas alternativas para representar la nube electrónica de un orbital s: en la primera, la probabilidad de encontrar al electrón (representada por la densidad de puntos) disminuye a medida que nos alejamos del centro; en la segunda, se representa el volumen esférico en que el electrón pasa la mayor parte del tiempo y por último se observa el electrón.

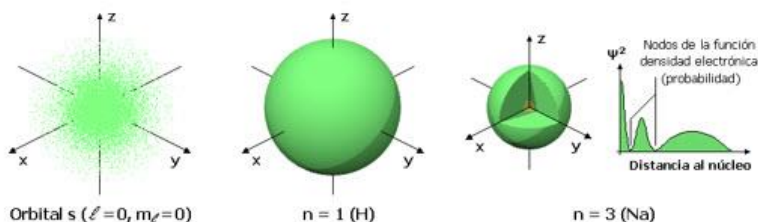


FIGURA 3.13.4. Orbitales "S"

+ : Orbitales "P"

La forma geométrica de los orbitales "p" es la de dos esferas achatadas hacia el punto de contacto (el núcleo atómico) y orientadas según los ejes de coordenadas. En función de los valores que puede tomar el tercer número cuántico m_l (-1, 0 y 1) se obtienen los tres orbitales p simétricos respecto a los ejes X, Z e y.

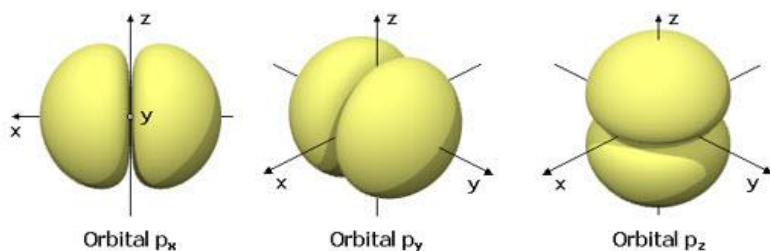


Figura 3.13.5. Orbitales "p"

Análogamente al caso anterior, los orbitales p presentan $n-2$ nodos radiales en la densidad electrónica, de modo que al incrementarse el valor del número cuántico principal la probabilidad de encontrar el electrón se aleja del núcleo atómico. El orbital "p" representa también la energía que posee un electrón y se incrementa a medida que se aleja entre la distancia del núcleo y el orbital.

+ : Orbitales "D"

Los orbitales d tienen orientaciones más diversas. Cuatro de ellos tienen forma de 4 lóbulos de signos alternados (dos planos nodales, en diferentes orientaciones del espacio), y el último es un doble lóbulo rodeado por un anillo (un doble cono nodal). Siguiendo la misma tendencia, presentan $n-3$ nodos radiales. Este tiene 5 orbitales y corresponde al número cuántico l (azimutal).

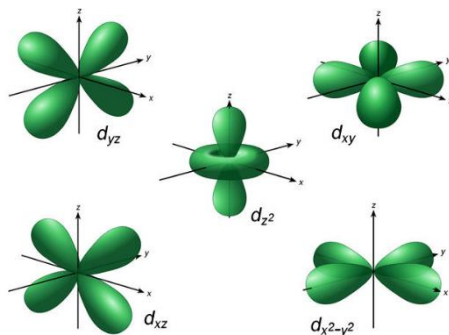


Figura 3.13.6. Orbitales "D"

+ : Orbitales "F"

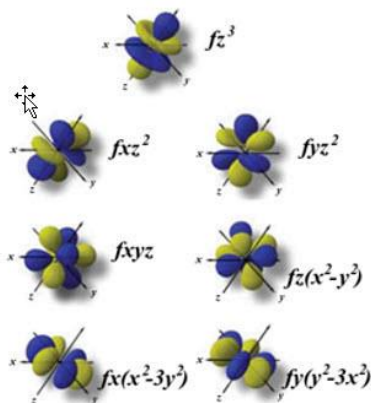


FIGURA 3.13.7. Orbitales "f"

Los orbitales f tienen orientaciones aún más exóticas, que se pueden derivar de añadir un plano nodal a las formas de los orbitales d. Presentan n-4 nodos radiales.

Nota: Esta forma de describir los orbitales concuerda completamente con nuestra teoría de que los neutrones y los protones no están separados dentro del núcleo del átomo y forman grupos que se mantienen unidos en su base por sus fuerzas magnéticas, con la excepción de los isótopos que no pueden atraer electrones.

+: Tabla de orbitales y tabla periódica

La figura siguiente muestra todas las configuraciones orbitales para acuerdo con nuestra imaginación, recordando que los campos de atracción magnética de cada partícula de fuerza magnética de los quarks aportan parte de la atracción magnética que define los orbitales y sus subniveles.

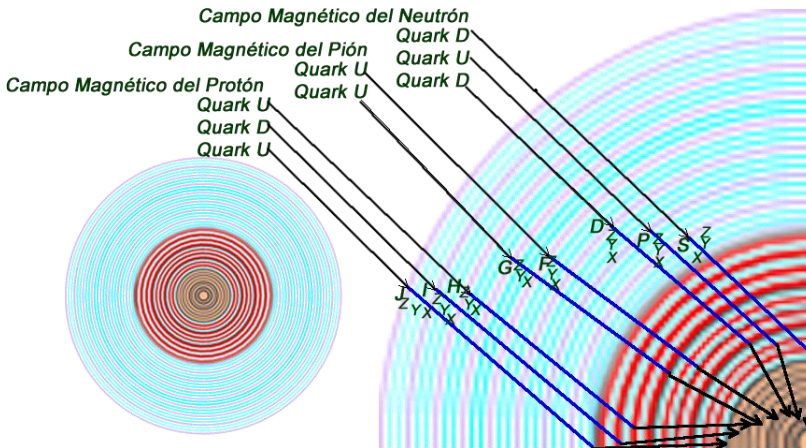


FIGURA 3.13.8. Orbitales según sus campos magnéticos

	s (l=0)		p (l=1)			d (l=2)						f (l=3)										
	m=0	s	m=0	p_z	p_x	p_y	m=0	d_{z^2}	d_{xz}	d_{yz}	d_{xy}	$d_{x^2-y^2}$	m=0	f_{z^3}	f_{xz^2}	f_{yz^2}	f_{xyz}	$f_{z(x^2-y^2)}$	$f_{x(x^2-3y^2)}$	$f_{y(3x^2-y^2)}$		
n=1																						
n=2																						
n=3																						
n=4																						
n=5																						
n=6																						
n=7																						

Figura 3.13.9. Tabla general de distribución de los orbitales

TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS

LEGENDA DE TIPO DE ELEMENTOS

- METÁLICOS
- DEBILMENTE METÁLICOS
- ANÓLITICOS
- NO METÁLICOS
- GASES INERTES
- HIDRUROS

NUMERO ATOMICO
3-63-9

PESO ATOMICO
U

SÍMBOLO
ZS

ESTRUCTURA ELECTRONICA

El número atómico indica el número de protones en el núcleo del átomo. El número de neutrones en el núcleo del átomo es igual al número atómico menos el número de protones. El número de electrones en el átomo es igual al número de protones. El número de electrones en el nivel más externo del átomo es igual al número de electrones en el nivel más externo del átomo menos el número de electrones en los niveles internos.

ELEMENTOS DE TRANSICIÓN INTERMEDIA		ELEMENTOS DE TRANSICIÓN PRINCIPAL																																																																	
7	6	5	4	3	2	1	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																											
Fr	Ra	Ba	Sr	Rb	K	Na	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Ar	Kr	Xe	Rn	Pb	Bi	Po	At	Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																												
87 (223)	86 (226)	66 (137)	63 (137)	37 (85)	19 (39)	11 (23)	3 (7)	9 (12)	10 (12)	11 (14)	14 (14)	16 (16)	19 (19)	20 (20)	36 (40)	36 (84)	54 (85)	86 (136)	112 (200)	112 (208)	112 (209)	112 (210)	112 (211)	112 (212)	112 (213)	112 (214)	112 (215)	112 (216)	112 (217)	112 (218)	112 (219)	112 (220)	112 (221)	112 (222)	112 (223)	112 (224)	112 (225)	112 (226)	112 (227)	112 (228)	112 (229)	112 (230)	112 (231)	112 (232)	112 (233)	112 (234)	112 (235)	112 (236)	112 (237)	112 (238)	112 (239)	112 (240)	112 (241)	112 (242)	112 (243)	112 (244)	112 (245)	112 (246)	112 (247)	112 (248)	112 (249)	112 (250)	112 (251)	112 (252)	112 (253)	112 (254)	112 (255)

Figura 3.13.10. Tabla Periódica explicada

De acuerdo con nuestras reflexiones y después de transitar por ese conocimiento básico de los átomos y su configuración, ya da para entender mejor las cifras y los términos que aparecen en la tabla periódica de los elementos químicos.

CAPÍTULO XIV : Las ondas electromagnéticas

* : Reflexiones sobre las partículas que son fuerzas y energía

Según lo que encontramos que dicen los expertos en física que determinan que son cuatro las fuerzas fundamentales: gravitatoria, electromagnética, nuclear fuerte y nuclear débil.

Ese concepto nos deja algunas dudas y por eso vamos a analizar varios aspectos sobre esa afirmación, de acuerdo con lo que hemos visto hasta ahora, existen las partículas dotadas con fuerza magnética que cuando interactúan o se unen mejor con las partículas cargadas con energía, producen un tipo de fuerza-energía que denominamos electromagnética, que es la que describimos con los campos de fuerza de los quarks que al cargarse de energía le dan paso a los bozones W (fuerza débil), que unidos operan como neutrones, piones o protones para formar bozones z (fuerza débil) y juntando todos los bosones z le dan vida a los Gluones (fuerza fuerte).

Entonces tenemos que la llamada fuerza gravitacional es una energía resultante de la atracción electromagnética generada por la unión de todas esas partículas de fuerza magnética con partículas con energía, por lo tanto, no es una fuerza en el estricto sentido de la palabra, al igual que las llamadas fuerzas nucleares débil y fuerte, todas son una consecuencia de la unión de esas partículas que generan esas fuerzas-energía electromagnéticas.

Consideramos que la expresión fuerza, se debe de emplear para lo que es fundamental en la naturaleza, o sea que existe fuerza por encima de cualquier efecto, una fuerza tiene que ser parte de la

naturaleza misma, como es el caso de las partículas con fuerza magnética y las partículas con energía

Hay algo curioso y es que analizando todo lo referente a la energía en el universo, nos encontramos con algo que no es un tema de debate en el mundo científico de los físicos o de los biólogos, es la fuerza vital que hasta ahora es desconocida, a pesar de tener tantas muestras de su existencia, porque esta presente en todos los seres vivos desde el momento de la “anfimixis”(comienzo de la vida), hasta la muerte a todos los seres vivos, es una fuerza que actúa como activadora sobre todos los elementos químicos (bioquímica), por lo tanto, actúa sobre esas mismas partículas, las que contienen fuerza magnética y las que contienen energía.

Eso significa que todas las partículas (las portadoras de fuerza magnética y las portadoras de energía (fotones o neutrinos), siempre buscan unirse para formar los quarks que tienen masa positiva o negativa, como vimos antes, de acuerdo con el orden de llegada de sus partículas integrantes, esos quarks se integran con otros para complementar su energía para ser estables, formando los Hadrones (mesones y bariones), experimentando varias formas de interacción que pueden ser interpretadas como los bosones W que pueden ser positivos y negativos, bosones Z, los Gluones y por último los bosones de Higgs, que en su conjunto generan también una fuerza de atracción llamada de energías gravitacional, conjunto que produce todos los efectos físicos o químicos que hay en el universo.

Como conclusión, tenemos que los electrones funcionan como los elementos de intercambio de energías en los átomos, que, al completar el número de quarks propios de cada Barión o Mesón, son estables, siendo los electrones los que reciben los efectos energéticos externos.

*** : La luz y la oscuridad, lo que pueden ver nuestros ojos.**

La luz de esta página o pantalla se forma en una imagen por la lente (cristalino y retina) de tu ojo, tanto como la lente de la cámara que realizó esta fotografía. Los espejos, al igual que las lentes, también pueden formar imágenes que a su vez son captadas por tu ojo.

Es un tema que hay que analizar a fondo, el concepto de Luz a veces lo utilizamos mal, hablamos de velocidad de la luz, pero en realidad

es la velocidad de las partículas que conforman los rayos cósmicos, porque lo que realmente podemos llamar de luz, es el reflejo que ven nuestros ojos después de la reacción de esos rayos cósmicos con los gases (H, He, C, N, O) en la atmósfera, eso quiere decir que para que nuestros ojos puedan ver algo, tienen que haber oxígeno reaccionando con las partículas con fuerza magnética acompañadas con partículas con energía, ya sea positivas o negativas (luz y oscuridad).

Nuestras vidas están llenas de luz (fotones) y oscuridad (neutrinos). A través de la visión, el más valorado de nuestros sentidos, la luz nos da la posibilidad de distinguir los colores de acuerdo con la amplitud de onda descrita por esas partículas y acompañándolas también vemos la escala de grises que fluctúan entre la luz y la oscuridad, lo que puede evocar emociones espirituales, como cuando vemos una magnífica puesta de sol o vislumbramos un arco iris rompiendo entre las nubes. La luz también puede simplemente divertirnos en un teatro, o advertirnos que paremos en una intersección. Tiene innumerables usos más allá de la visión. La luz puede transportar señales telefónicas a través de fibras de vidrio o cocinar una comida en un horno solar. La vida misma no podría existir sin la energía transmitida por esas partículas que son portadoras de la luz afectadas con el oxígeno. Desde la fotosíntesis en las plantas hasta el sol calentando a un animal de sangre fría, su suministro de energía es vital.



Figura 3.14.1. Imagen vista como resultado del reflejo de la luz sobre una superficie plana lisa. (crédito: NASA Goddard Foto y Video, vía Flickr)

Comenzaremos nuestro discernimiento sobre lo que son las partículas invisibles con fuerza magnética y energía viajando en el espacio a 300 mil Km por segundo (rayos cósmicos) y la luz visible que es el resultado de la transformación que sufren esos rayos cósmicos al entrar en contacto con la atmósfera de la tierra (esa transformación la veremos al tratar el tema del oxígeno, por ahora vamos a detallar lo que son las ondas electromagnéticas).

Este conocimiento nos ayudará a responder preguntas sobre la naturaleza de la luz y la visión. ¿Qué es el color y cómo lo detectan nuestros ojos? ¿Por qué brillan los diamantes? ¿Cómo viaja la luz? ¿Cómo forman las imágenes las lentes y los espejos? Estas son solo algunas de las preguntas que son respondidas por el estudio de la óptica. La óptica es la rama de la física que se ocupa del comportamiento de la luz visible y otras ondas electromagnéticas.

Es conveniente dividir la óptica en dos partes principales en función de las características que nos interesan. Las características de onda de la luz, como la frecuencia y la longitud de onda, se relacionan con los colores que percibimos y con cómo caracterizamos diferentes tipos de ondas electromagnéticas a lo largo del espectro electromagnético. La naturaleza de onda de la luz también es responsable de fenómenos como la difracción y la interferencia. A esta parte de la óptica la llamamos “óptica de onda” o “óptica física”. Pero cuando la luz interactúa con un objeto que es varias veces más grande que la longitud de onda de la luz, su comportamiento observable es como el de un rayo; no muestra de manera prominente sus características de onda, y podemos observar principalmente cómo se refracta y refleja. A esta parte de la óptica la llamamos “óptica geométrica” o “óptica de rayos”.

El escocés James Clerk Maxwell (1831—1879) es considerado como el mayor físico teórico del siglo XIX. Aunque murió joven, Maxwell no solo formuló una teoría electromagnética completa, representada por las ecuaciones de Maxwell, también desarrolló la teoría cinética de los gases e hizo contribuciones significativas a la comprensión de la visión del color y la naturaleza de los anillos de Saturno.

Maxwell reunió todo el trabajo realizado por físicos brillantes como Oersted, Coulomb, Gauss y Faraday, y agregó sus propias ideas para

desarrollar la teoría general del electromagnetismo. Los resultados de las ecuaciones de Maxwell se parafrasean aquí en palabras porque su afirmación matemática está más allá del nivel de este texto. Sin embargo, las ecuaciones ilustran cómo las afirmaciones matemáticas aparentemente simples pueden unir y expresar elegantemente una multitud de conceptos, por qué las matemáticas son el lenguaje de la ciencia.

+ : Resultados de las ecuaciones maxwell

- Las líneas de campo eléctrico se originan con cargas positivas y terminan con cargas negativas. El campo eléctrico se define como la fuerza por unidad de carga sobre una carga de prueba.
- Las líneas de campo magnético son continuas, sin principio ni fin. No se sabe que existan monopolos magnéticos.
- Un campo magnético cambiante induce un campo eléctrico.
- Los campos magnéticos son generados por cargas móviles o cambiando campos eléctricos.

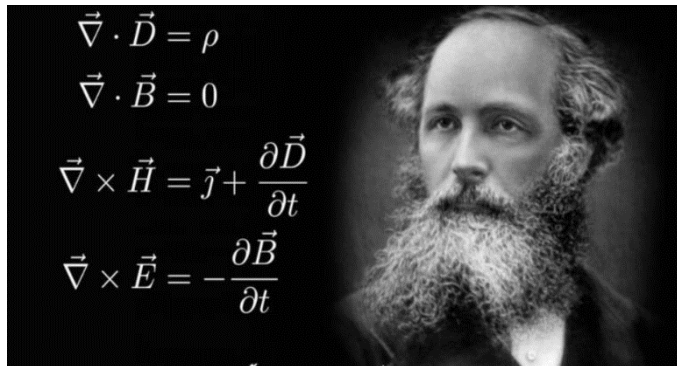


Figura 3.14.2. James Clerk Maxwell

Las ecuaciones de Maxwell abarcan las principales leyes de la electricidad y el magnetismo. Lo que no es tan evidente es la simetría que Maxwell introdujo en su marco matemático. Especialmente importante es su adición de la hipótesis de que los campos eléctricos cambiantes crean campos magnéticos. Esto es exactamente análogo (y simétrico) a la ley de inducción de Faraday y se sospechaba desde hacía algún tiempo, pero encaja maravillosamente en las ecuaciones de Maxwell.

+ : Haciendo conexiones: Unificación

La teoría completa y simétrica de Maxwell mostró que las fuerzas eléctricas y magnéticas no son separadas, sino diferentes manifestaciones de lo mismo: la fuerza electromagnética. Esta clásica unificación de fuerzas es una motivación para los intentos actuales de unificar las cuatro fuerzas básicas en la naturaleza: las fuerzas nucleares gravitacionales, eléctricas, fuertes y débiles.

Dado que los campos eléctricos cambiantes crean campos magnéticos relativamente débiles, no pudieron detectarse fácilmente en el momento de la hipótesis de Maxwell. Maxwell se dio cuenta, sin embargo, de que las cargas oscilantes, como las de los circuitos de CA, producen campos eléctricos cambiantes. Predijo que estos campos cambiantes se propagarían desde la fuente como las olas generadas en un lago por un pez saltador.

Las ondas predichas por Maxwell consistirían en campos eléctricos y magnéticos oscilantes, definidos como una onda electromagnética (onda EM). Las ondas electromagnéticas serían capaces de ejercer fuerzas sobre cargas a grandes distancias de su fuente, y así podrían ser detectables. Maxwell calculó que las ondas electromagnéticas se propagarían a la velocidad de la luz,

$$c=3.00\times 10^8 \text{ m/s.}$$

De hecho, Maxwell concluyó que la luz es una onda electromagnética que tiene tales longitudes de onda que puede ser detectada por el ojo.

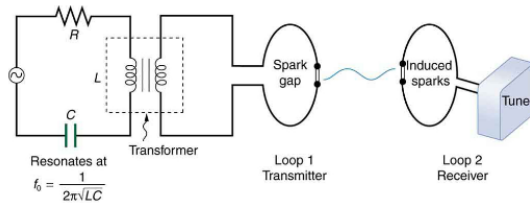
Deberían existir otras longitudes de onda, quedaba por verse si lo hicieran. Si es así, se verificaría la teoría de Maxwell y las predicciones notables, el mayor triunfo de la física desde Newton. La verificación experimental llegó a los pocos años, pero no antes de la muerte de Maxwell.

+ : Observaciones de Hertz

El físico alemán Heinrich Hertz (1857—1894) fue el primero en generar y detectar ciertos tipos de ondas electromagnéticas en el laboratorio. A partir de 1887, realizó una serie de experimentos que no sólo confirmaron la existencia de ondas electromagnéticas, sino que también verificaron que viajan a la velocidad de la luz.

Los altos voltajes inducidos a través de la brecha en el bucle produjeron chispas que fueron evidencia visible de la corriente en el circuito y que ayudaron a generar ondas electromagnéticas.

Al otro lado del laboratorio, Hertz tenía otro bucle conectado a otro circuito, que podía sintonizarse (como el dial de una radio) a la misma frecuencia resonante que el primero y, así, podría hacerse para recibir ondas electromagnéticas. Este bucle también tuvo un hueco a través del cual se generaron chispas, dando pruebas sólidas de que se habían recibido ondas electromagnéticas.



3.14.3. Hertz utilizó un circuito de CA (corriente alterna) que resuena a una frecuencia conocida y lo conectó a un bucle de cable como se muestra en la Figura 3.14.3.

El aparato utilizado por Hertz en 1887 para generar y detectar ondas electromagnéticas. Un circuito de CA conectado al primer bucle causó chispas a través de un espacio en el bucle de cable y generó ondas electromagnéticas. Las chispas a través de una brecha en el segundo bucle ubicado a través del laboratorio dieron evidencia de que las olas habían sido recibidas.

Hertz también estudió los patrones de reflexión, refracción e interferencia de las ondas electromagnéticas que generó, verificando su carácter de onda. Fue capaz de determinar la longitud de onda a partir de los patrones de interferencia, y conociendo su frecuencia, pudo calcular la velocidad de propagación usando la ecuación $v=f\lambda$

(velocidad, o velocidad, es igual a frecuencia por longitud de onda). Hertz pudo así demostrar que las ondas electromagnéticas viajan a la velocidad de la luz. La unidad SI para frecuencia, el hertz (1 Hz=1 cycle /sec)

Las ondas electromagnéticas consisten en campos eléctricos y magnéticos oscilantes y se propagan a la velocidad de la luz c . Fueron predichas por Maxwell, quien también demostró que

La predicción de Maxwell de las ondas electromagnéticas resultó de su formulación de una teoría completa y simétrica de la electricidad y el magnetismo, conocida como ecuaciones de Maxwell.

Estas cuatro ecuaciones están parafraseadas en este texto, en lugar de presentarse numéricamente, y abarcan las principales leyes de la electricidad y el magnetismo. Primero está la ley de Gauss para la electricidad, la segunda es la ley de Gauss para el magnetismo, la tercera es la ley de inducción de Faraday, incluida la ley de Lenz, y la cuarta es la ley de Ampere en una formulación simétrica que agrega otra fuente de magnetismo, cambiando los campos eléctricos.

Por la importancia del tema, tomamos apartes de Libre Text con el fin de recrear la parte teórica, con sus fórmulas y ejemplos para hacer más comprensible el relato, de manera que ustedes, nuestros lectores puedan avanzar mejor en la comprensión de lo que leen, a la vez que pueden ampliar su conocimiento de una forma más comprensible y práctica.

[https://espanol.libretexts.org/Fisica/Fisica_Conceptual/Introducci%C3%B3n_a_la_Fisica_\(Parque\)/04%3A_Fisica_Conceptual_-_Termodinamica%2C_Electricidad_y_Magnetismo%2C_y_Luz/11%3A_Luz/11.03%3A_Producci%C3%B3n_y_Propiedades_de_Ondas_Electromagn%C3%A9ticas](https://espanol.libretexts.org/Fisica/Fisica_Conceptual/Introducci%C3%B3n_a_la_Fisica_(Parque)/04%3A_Fisica_Conceptual_-_Termodinamica%2C_Electricidad_y_Magnetismo%2C_y_Luz/11%3A_Luz/11.03%3A_Producci%C3%B3n_y_Propiedades_de_Ondas_Electromagn%C3%A9ticas)

*** : Electromagnetismo.**

En el caso de nuestro sistema solar, al estallar los núcleos, principalmente de hidrógeno en el sol, las energías positivas y negativas liberadas y junto con las fuerzas magnéticas que las contenían, son lanzadas al vacío a una velocidad estimada de 300.000 K/seg. Eso quiere decir que el neutrón, el pion y el protón de hidrógeno al liberar la energía magnética (bozones w, Z y el Gluon) que los mantiene unidos al núcleo, entonces las partículas viajan en el vacío (partículas con fuerza, fotones y neutrinos) y es la energía de cada partícula la que define su ondulación y forma. La fuerza del impacto de la explosión solar hace que las partículas puedan vencer la energía magnética que emite el sol y sale rumbo al vacío absoluto hasta llegar al área de influencia de otros soles o planetas a la velocidad que mencionamos antes.

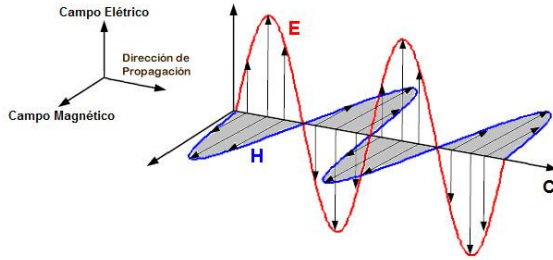


Figura 3.14.4. En el camino, por la misma esencia de su existencia, se vuelven a unir con las fuerzas magnéticas formando los quarks que las transportan hasta su destino final. Esto quiere decir, que en el espacio abierto, deambulan esas partículas en todos los estados que hemos visto, entonces esto quiere decir que las ondas electromagnéticas siempre tienen una fuerza magnética que viajan con un fotón o con un neutrino o con ambos como un electrón y algunas veces como quarks completos (que cuando completa las 3 fuerzas, se estabilizan, no reciben más cargas y como está demostrado por Maxwell, viajando a la velocidad de la luz).

Pero las partículas magnéticas viajan en forma de ondas de variada intensidad de acuerdo con la cantidad de fotones o neutrinos que carguen, por causa de ese juego energético de iguales rechazarse y diferentes, unirse, explicando mejor eso, los fotones y los neutrinos siempre tendrán la tendencia a unirse, pero la fuerza magnética de los polos, al ser iguales no los dejan, lo que hace que todo el conjunto describa esa forma ondulatoria al desplazarse.

Estas ondas electromagnéticas de acuerdo con la cantidad de fotones o de neutrinos, son las responsables por las radiaciones nucleares. Estas radiaciones se comportan de acuerdo con su conformación magnética, siendo llamadas de rayos X, Violeta, ultravioleta, gamma, Beta, etc., Estas variaciones dependen de la forma, amplitud o frecuencia resultante de ese juego de energías y magnetismo (No entraremos a detallar cada una de ellas, por ser un tema muy extenso y que no es el objetivo de este trabajo).

En nuestro medio, la radiación electromagnética es un tipo de campo electromagnético variable, es decir, una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro. Desde el punto de vista clásico, la radiación electromagnética son las ondas electromagnéticas generadas por las fuentes del campo electromagnético, que se propagan a la velocidad que llamamos de la luz.

La generación y la propagación de estas ondas son compatibles con el modelo de ecuaciones matemáticas definido en las ecuaciones de Maxwell. La radiación de tipo electromagnético puede manifestarse de diversas maneras como ondas de radio, microondas, radiación infrarroja, luz visible, radiación ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

A diferencia de otros tipos de onda, como el sonido, que necesitaran un medio material para propagarse, la radiación electromagnética se puede propagar en el vacío. En el siglo XIX se pensaba que existía una sustancia indetectable, llamada éter, que ocupaba el vacío y servía de medio de propagación de las ondas electromagnéticas. El estudio teórico de la radiación electromagnética se denomina electrodinámica y es un subcampo del electromagnetismo.

Las ondas electromagnéticas pueden ser generadas por distintas fuentes, además de ser resultante de explosiones nucleares, como son: cargas aceleradas, dipolos oscilantes, corrientes variables en distintos tipos de antenas entre otras. La forma de las ondas electromagnéticas depende de la fuente que las genera y de la distancia recorrida por las mismas. La unidad se denomina un Attometro equivale a 10^{-9} metros, definiendo los colores de acuerdo con la intensidad de la frecuencia y su espectro de onda.

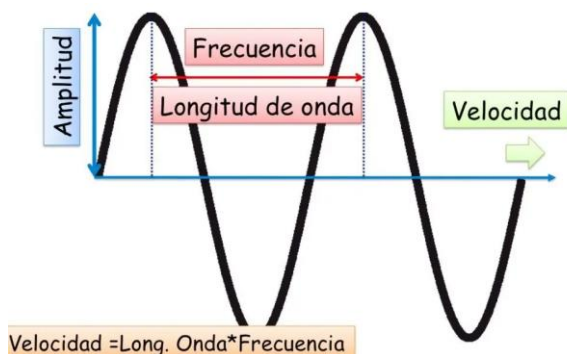


Figura 3.14.5. Las ondas lumínicas que se desprenden del sol, son consecuencia de explosiones de los átomos en los gases que componen la masa de nuestro astro regente, especialmente el hidrógeno, en sí, son partículas sub-atómicas portadoras de energía que viajan en el espacio a 300.000 Kmts/segundo en forma de ondas oscilantes, que las diferenciamos por su amplitud, longitud y velocidad en Ultravioletas, infra rojos, delta, gamma, etc. y en esta forma es que nos llegan a la atmósfera.

* : Propiedades de las Ondas Electromagnéticas.

Podemos obtener una buena comprensión de las ondas electromagnéticas (EM) considerando cómo se producen. Siempre que una corriente varía, los campos eléctricos y magnéticos asociados varían, saliendo de la fuente como ondas. Quizás la situación más fácil de visualizar es una corriente variable en un cable recto largo, producida por un generador de CA en su centro, como se ilustra en la Figura 3.14.5.

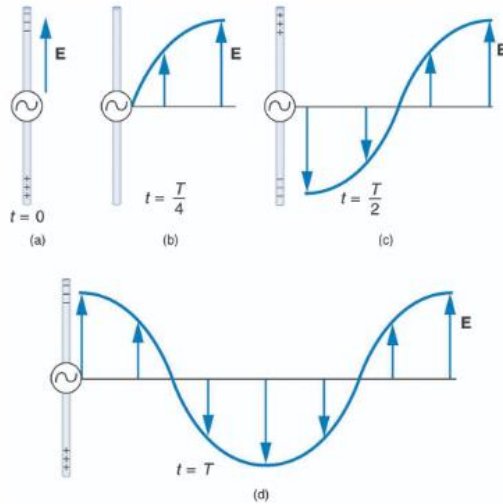


Figura 3.14.6. Este largo cable gris recto con un generador de CA en su centro se convierte en una antena de difusión para ondas electromagnéticas. Aquí se muestran las distribuciones de carga en cuatro momentos diferentes. El campo eléctrico (E) se propaga lejos de la antena a la velocidad de la luz, formando parte de una onda electromagnética.

El campo eléctrico (E) que se muestra alrededor del cable es producido por la distribución de carga en el cable. Tanto la distribución E de carga como la distribución de carga varían a medida que cambia la corriente. El campo cambiante se propaga hacia afuera a la velocidad de la luz.

Existe un campo magnético asociado (B) que también se propaga hacia afuera (ver Figura 3.14.6.). Los campos eléctrico y magnético están estrechamente relacionados y se propagan como una onda

electromagnética. Esto es lo que sucede en las antenas de difusión como las de radio y de las estaciones de televisión.

Un examen más detallado del ciclo completo mostrado en la Figura 3.14.6. revela la naturaleza periódica de las cargas impulsadas por el generador que oscilan hacia arriba y hacia abajo en la antena y el campo eléctrico producido. En el momento $t=0$, existe la separación máxima de carga, con cargas negativas en la parte superior y cargas positivas en la parte inferior, produciendo la máxima magnitud del campo eléctrico (o E-campo) en dirección ascendente. Un cuarto de ciclo después, no hay separación de carga y el campo al lado de la antena es cero, mientras que el E campo máximo se ha alejado a velocidad c .

A medida que el proceso continúa, la separación de carga se invierte y el campo alcanza su valor máximo descendente, vuelve a cero y sube a su valor máximo ascendente al final de un ciclo completo. La onda saliente tiene una amplitud proporcional a la separación máxima de carga. Su longitud de onda (λ) es proporcional al periodo de la oscilación y, por lo tanto, es menor para periodos cortos o frecuencias altas. (Como de costumbre, la longitud de onda y la frecuencia (f) son inversamente proporcionales).

+ : Ondas Eléctricas y Magnéticas: Moviéndose Juntos

Siguiendo la ley de Ampere, la corriente en la antena produce un campo magnético, como se muestra en la Figura 3.14.7 La relación entre E y B se muestra en un instante en la Figura 3.14.7

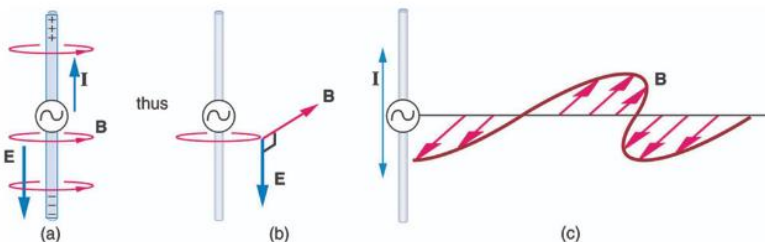


Figura 3.14.7. (a) La corriente en la antena produce las líneas circulares del campo magnético. La corriente (I) produce la separación de carga a lo largo del cable, lo que a su vez crea el campo eléctrico como se muestra. (b) Los campos eléctricos y magnéticos (E y B) cerca del cable son perpendiculares; aquí se muestran para un punto en el espacio. (c) El campo magnético varía con la corriente y se propaga lejos de la antena a la velocidad de la luz.

(a). A medida que la corriente varía, el campo magnético varía en magnitud y dirección.

Las líneas de campo magnético también se propagan lejos de la antena a la velocidad de la luz, formando la otra parte de la onda electromagnética, como se ve en la Figura 3.14.7 (b). La parte magnética de la onda tiene el mismo periodo y longitud de onda que la parte eléctrica, ya que ambas son producidas por el mismo movimiento y separación de cargas en la antena.

Las ondas eléctricas y magnéticas se muestran juntas en un instante en el tiempo en la Figura 3.14.8. Los campos eléctricos y magnéticos producidos por una antena larga de cable recto están exactamente en fase. Obsérvese que son perpendiculares entre sí y a la dirección de propagación, haciendo de ésta una onda transversal.

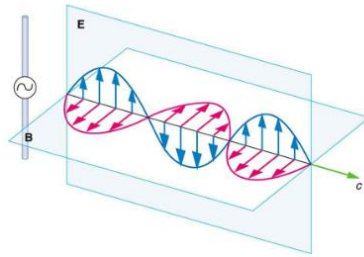


Figura 3.14.8. Una parte de la onda electromagnética enviada desde la antena en un instante en el tiempo. Los campos eléctricos y magnéticos (E y B) están en fase, y son perpendiculares entre sí y la dirección de propagación. Para mayor claridad, las ondas se muestran solo a lo largo de una dirección, pero también se propagan en otras direcciones.

Las ondas electromagnéticas generalmente se propagan desde una fuente en todas las direcciones, formando a veces un patrón de radiación complejo. Una antena lineal como esta no irradiará paralela a su longitud, por ejemplo. La onda se muestra en una dirección desde la antena en la Figura 3.14.8. para ilustrar sus características básicas.

En lugar del generador de CA, la antena también puede ser accionada por un circuito de CA. De hecho, las cargas irradian cada vez que se aceleran. Pero mientras que una corriente en un circuito necesita una trayectoria completa, una antena tiene una

distribución de carga variable formando una onda estacionaria, impulsada por la CA. Las dimensiones de la antena son críticas para determinar la frecuencia de las ondas electromagnéticas radiadas. Este es un fenómeno resonante y cuando sintonizamos radios o TV, variamos las propiedades eléctricas para lograr condiciones resonantes adecuadas en la antena.

+ : Recepción de ondas electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas llevan la energía lejos de su fuente, similar a una onda sonora que transporta energía lejos de una onda estacionaria en una cuerda de guitarra. Una antena para recibir señales EM funciona en reversa. Y al igual que las antenas que producen ondas EM, las antenas receptoras están especialmente diseñadas para resonar a frecuencias particulares.

Una onda electromagnética entrante acelera los electrones en la antena, configurando una onda estacionaria. Si la radio o TV está encendida, los componentes eléctricos captan y amplifican la señal formada por los electrones acelerantes. Luego, la señal se convierte a formato de audio y/o video. A veces se utilizan platos receptores grandes para enfocar la señal en una antena.

De hecho, las cargas irradian cada vez que se aceleran. Al diseñar circuitos, a menudo asumimos que la energía no escapa rápidamente a los circuitos de CA, y sobre todo esto es cierto. Una antena de difusión está especialmente diseñada para mejorar la tasa de radiación electromagnética, y el blindaje es necesario para mantener la radiación cerca de cero. Algunos fenómenos familiares se basan en la producción de ondas electromagnéticas por corrientes variables. Tu horno microondas, por ejemplo, envía ondas electromagnéticas, llamadas microondas, desde una antena oculta que tiene una corriente oscilante impuesta sobre ella.

+ : Momentum transportado por ondas electromagnéticas

A medida que se reciben ondas electromagnéticas, como se describió anteriormente, las fuerzas ejercidas sobre las partículas cargadas trabajan sobre las partículas e incrementan su energía. La energía que lleva la luz solar es una parte familiar de cada día cálido y soleado. Una característica mucho menos familiar de la radiación electromagnética es la presión extremadamente débil que produce

la radiación electromagnética al ejercer una fuerza en la dirección de la onda. Esta fuerza se produce debido a que las ondas electromagnéticas contienen y transportan impulso.

Para entender la dirección de la fuerza para un caso muy específico, considere una onda electromagnética plana incidente sobre un metal. Los electrones en el metal se mueven con la velocidad v que es proporcional a la fuerza sobre él debido a la fuerza eléctrica aplicada (en dirección opuesta a E porque el electrón está cargado negativamente). Hay otras fuerzas de fricción en el metal que hacen que este movimiento suceda (este es el origen de la ley de Ohm en los circuitos eléctricos). Tenga en cuenta que también hay un campo magnético en la onda electromagnética (Figura 3.14.9.). Usando la regla de la derecha (la fuerza magnética es $F=q(v \times B)$), podemos obtener la dirección de la fuerza sobre el electrón (recuerde que el electrón está cargado negativamente), que se muestra en la Figura 3.14.9. Esta fuerza está en la misma dirección que la dirección de propagación de la onda, y representa una transferencia de impulso transportada por la onda electromagnética de la onda al electrón. Este impulso es directamente proporcional a la energía transportada por la onda electromagnética y viene dado por, $p=E/c$, donde p está la magnitud del impulso de la onda electromagnética, E es la energía de la onda electromagnética, y c es la velocidad de la luz.

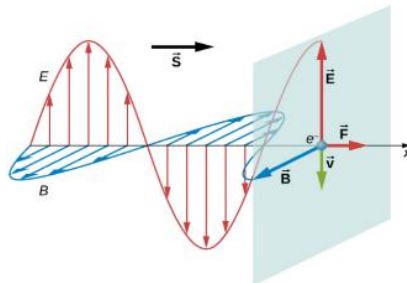


Figura 3.14.9. Los campos eléctricos y magnéticos de una onda electromagnética pueden combinarse para producir una fuerza en la dirección de propagación, como se ilustra para el caso especial de electrones cuyo movimiento está altamente amortiguado por la resistencia de un metal.

Maxwell predijo que una onda electromagnética lleva impulso. Un objeto que absorba una onda electromagnética experimentaría una fuerza en la dirección de propagación de la onda. La fuerza corresponde a la presión de radiación ejercida sobre el objeto por la

onda. La fuerza sería el doble de grande si la radiación se reflejara en lugar de absorberse, porque el cambio en el momento de la onda electromagnética en sí es el doble de grande (y hacemos cumplir la conservación del impulso del sistema en su conjunto).

La predicción de Maxwell fue confirmada en 1903 por Nichols y Hull midiendo con precisión las presiones de radiación con un balance de torsión. La disposición esquemática se muestra en la Figura 3.14.10. Los espejos suspendidos de una fibra se alojaron dentro de un recipiente de vidrio. Nichols y Hull pudieron obtener una pequeña desviación medible de los espejos al brillar luz en uno de ellos. A partir de la deflexión medida, pudieron calcular la fuerza desequilibrada sobre el espejo, y obtuvieron concordancia con el valor predicho de la fuerza.

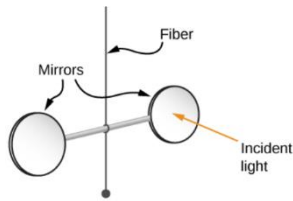


Figura 3.14.10. Diagrama simplificado de la parte central del aparato que Nichols y Hull utilizaron para medir con precisión la presión de radiación y confirmar la predicción de Maxwell.

La presión de radiación juega un papel en la explicación de muchos fenómenos astronómicos observados, incluida la aparición de cometas. Los cometas son básicamente trozos de material helado en los que se incrustan gases congelados y partículas de roca y polvo. Cuando un cometa se acerca al Sol, se calienta y su superficie comienza a evaporarse. El coma del cometa es la zona nebulosa que lo rodea a partir de los gases y el polvo. Algunos de los gases y polvo forman colas cuando salen del cometa.

Observe en la Figura 3.14.11. que un cometa tiene dos colas. La cola de iones (o cola de gas en la Figura 3.14.11.) está compuesta principalmente por gases ionizados. Estos iones interactúan electromagnéticamente con el viento solar, que es una corriente continua de partículas cargadas emitidas por el Sol. La fuerza del viento solar sobre los gases ionizados es lo suficientemente fuerte

como para que la cola de iones casi siempre apunte directamente lejos del Sol.

La segunda cola está compuesta por partículas de polvo. Debido a que la cola de polvo es eléctricamente neutra, no interactúa con el viento solar. Sin embargo, esta cola se ve afectada por la presión de radiación producida por la luz del Sol. Aunque bastante pequeña, esta presión es lo suficientemente fuerte como para provocar que la cola de polvo se desplace de la trayectoria del cometa.

Después de que Maxwell mostrara que la luz llevaba impulso, así como energía, finalmente surgió una idea novedosa, inicialmente solo como ciencia ficción. Quizás una nave espacial con una gran vela solar reflectante podría usar la presión de radiación para la propulsión. Dicho vehículo no tendría que llevar combustible. Experimentaría una fuerza constante pero pequeña de la radiación solar, en lugar de las cortas ráfagas de la propulsión de cohetes. Se aceleraría lentamente, pero al ser acelerado continuamente, eventualmente alcanzaría grandes velocidades.

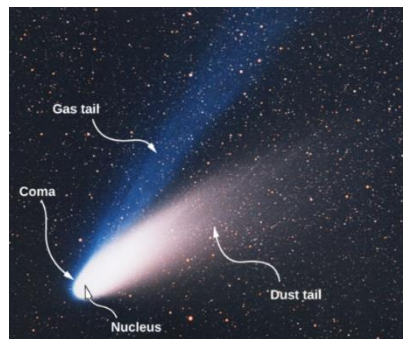


Figura 3.14.11. La evaporación del material que está siendo calentado por el Sol forma dos colas, como se muestra en esta foto del cometa Ison. (crédito: modificación de obra por E. Slawik—ESO)

Una nave espacial con pequeña masa total y una vela con un área grande serían necesarias para obtener una aceleración utilizable. El último logro en este concepto está representado por el proyecto IKAROS (Interplanetary Kite-craft Accelerated by Radiation Of the Sun) de la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA), que se lanzó en mayo de 2010. La vela solar IKAROS se encuentra actualmente viajando a través del sistema solar.

Durante su viaje de seis meses a Venus, la aceleración y el control de actitud utilizando la vela solar, en lugar de propulsores, fueron probados con éxito. La última actualización de la nave espacial fue en mayo de 2014, en una órbita de diez meses alrededor del Sol. En la Figura se muestra un modelo a escala de la nave espacial 3.14.12.

En este módulo examinamos cómo se clasifican las ondas electromagnéticas en categorías como radio, infrarrojo, ultravioleta, etc., para que podamos entender algunas de sus similitudes, así como algunas de sus diferencias.



Figura 3.14.12. Un modelo a escala 1:64 de la nave espacial IKAROS en el 61 Congreso Astronáutico Internacional en Praga, República Checa (“Modelo IKAROS” Por Pavel Hgdlíčka, Wikipedia, CC BY-SA 3.0).

También encontraremos que hay muchas conexiones con temas previamente discutidos, como la longitud de onda y la resonancia. Una breve descripción de la producción y utilización de ondas electromagnéticas se encuentra en la Tabla 3.14.1.

Tipo de onda EM	Producción	Aplicaciones	Aspecto de ciencias de la vida	Temas
Radio y TV	Acelerar los cargos	Comunicaciones, Mandos a distancia	RESONANCIA MAGNÉTICA	Requiere controles para el uso de la banda
Microondas	Aceleración de cargas y agitación térmica	Comunicaciones, Hornos, Radar	Calefacción profunda	Uso del teléfono celular
Infrarrojos	Agitaciones térmicas y transiciones de electrones atómicos/moleculares	Imagen térmica, Calefacción	Absorbido por la atmósfera	Efecto Invernadero
Luz visible	Agitaciones térmicas y transiciones de electrones atómicos/moleculares	Todo penetrante	Fotosíntesis, Visión humana	
Ultravioleta	Agitaciones térmicas y transiciones de electrones atómicos/moleculares	Esterilización, Control del cáncer	Producción de vitamina D	Agotamiento de ozono, Causa de cáncer
Rayos X	Transiciones internas de electrones atómicos y colisiones rápidas	Médico, Seguridad	Diagnóstico médico, Terapia del cáncer	Causa de cáncer
Rayos gamma	Desintegración nuclear	Medicina nuclear, Seguridad	Diagnóstico médico, Terapia del cáncer	Causa de cáncer, Daño por radiación

Tabla 3.14.1

Tenga en cuenta que la gran mayoría de los diferentes tipos de ondas electromagnéticas se originan a partir de transiciones de electrones atómicos y/o moleculares, es decir, de electrones que cambian sus niveles de energía dentro de átomos o moléculas.

+ : Conexiones: ondas

Hay muchos tipos de olas, como olas de agua e incluso sismos. Entre los muchos atributos compartidos de las ondas se encuentran la velocidad de propagación, la frecuencia y la longitud de onda. Éstas siempre están relacionadas por la expresión $vW=f\lambda$. Este módulo se concentra en ondas EM, pero otros módulos contienen ejemplos de todas estas características para ondas sonoras y partículas submicroscópicas.

Como se señaló anteriormente, una onda electromagnética tiene una frecuencia y una longitud de onda asociadas a ella y viaja a la velocidad de la luz, o c . La relación entre estas características de onda se puede describir por $vW=f\lambda$, donde vW está la velocidad de propagación de la onda, f es la frecuencia, y λ es la longitud de onda. Aquí $vW=c$, para que todas las ondas electromagnéticas, $c=f\lambda$. Así, para todas las ondas electromagnéticas, cuanto mayor es la frecuencia, menor es la longitud de onda. Muestra cómo se clasifican los distintos tipos de ondas electromagnéticas según sus longitudes de onda y frecuencias, es decir, muestra el espectro electromagnético. Muchas de las características de los diversos tipos de ondas electromagnéticas están relacionadas con sus frecuencias y longitudes de onda, como veremos.

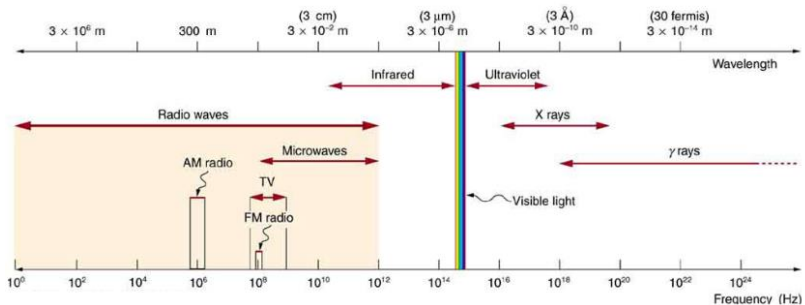
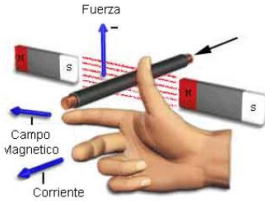


figura 3.14.13. El espectro electromagnético, mostrando las principales categorías de ondas electromagnéticas. El rango de frecuencias y longitudes de

onda es notable. La línea divisoria entre algunas categorías es distinta, mientras que otras categorías se superponen.

Regla de la mano derecha.



Regla de la mano izquierda.

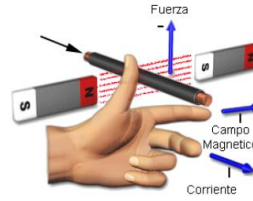


Figura 3.14.14. Espectro electromagnético: Reglas de pulgar.

Tres reglas que se aplican a las ondas electromagnéticas en general son las siguientes:

- Las ondas electromagnéticas de alta frecuencia son más energéticas y son más capaces de penetrar que las ondas de baja frecuencia.
- Las ondas electromagnéticas de alta frecuencia pueden transportar más información por unidad de tiempo que las ondas de baja frecuencia.
- Cuanto más corta sea la longitud de onda de cualquier onda electromagnética que sondee un material, menor será el detalle que es posible resolver.

Tenga en cuenta que hay excepciones a estas reglas generales.

+: Transmisión, Reflexión y Absorción

¿Qué sucede cuando una onda electromagnética incide sobre un material? Si el material es transparente a la frecuencia particular, entonces la onda puede transmitirse en gran medida. Si el material es opaco a la frecuencia, entonces la onda puede reflejarse totalmente. La onda también puede ser absorbida por el material, lo que indica que existe alguna interacción entre la onda y el material, como la agitación térmica de las moléculas.

Por supuesto que es posible tener transmisión parcial, reflexión y absorción. Normalmente asociamos estas propiedades con la luz visible, pero sí se aplican a todas las ondas electromagnéticas. Lo que no es obvio es que algo que es transparente a la luz puede ser opaco

a otras frecuencias. Por ejemplo, el vidrio ordinario es transparente a la luz visible, pero en gran medida opaco a la radiación ultravioleta. La piel humana es opaca a la luz visible —no podemos ver a través de las personas— sino transparente a los rayos X.

+ : Ondas de Radio y TV

La amplia categoría de ondas de radio se define para contener cualquier onda electromagnética producida por corrientes en cables y circuitos. Su nombre deriva de su uso más común como portador de información de audio (es decir, radio). El nombre se aplica a ondas electromagnéticas de frecuencias similares independientemente de la fuente. Las ondas de radio del espacio exterior, por ejemplo, no provienen de estaciones de radio alienígenas. Son creados por muchos fenómenos astronómicos, y su estudio ha revelado mucho sobre la naturaleza en las escalas más grandes.

Hay muchos usos para las ondas de radio, por lo que la categoría se divide en muchas subcategorías, incluyendo microondas y las ondas electromagnéticas utilizadas para radio AM y FM, teléfonos celulares y TV.

Las frecuencias de radio más bajas comúnmente encontradas son producidas por líneas de transmisión de energía de CA de alto voltaje a frecuencias de 50 o 60 Hz. (Ver Figura 3.14.14.) Estas ondas electromagnéticas de longitud de onda extremadamente larga (¡aproximadamente 6000 km!) son un medio de pérdida de energía en la transmisión de energía a larga distancia.



Figura 3.14.15. Esta línea eléctrica de tracción de alto voltaje que va a la Subestación Ferroviaria de Eutingen en Alemania irradia ondas electromagnéticas con longitudes de onda muy largas. (crédito: Zonk43, Wikimedia Commons)

Existe una controversia en torno a los riesgos potenciales para la salud asociados con la exposición a estos campos electromagnéticos (E-campos). Algunas personas sospechan que vivir cerca de tales líneas de transmisión puede causar una variedad de enfermedades, incluido el cáncer. Pero los datos demográficos no son concluyentes o simplemente no apoyan la teoría del peligro. Informes recientes que han analizado muchos estudios epidemiológicos europeos y estadounidenses no han encontrado ningún aumento en el riesgo de cáncer debido a la exposición a E-campos.

Se utilizan ondas de radio de frecuencia extremadamente baja (ELF) de aproximadamente 1 kHz para comunicarse con submarinos sumergidos. La capacidad de las ondas de radio para penetrar en el agua salada está relacionada con su longitud de onda (al igual que el tejido penetrante por ultrasonido), cuanto más larga sea la longitud de onda, más penetra. Dado que el agua salada es un buen conductor, las ondas de radio son fuertemente absorbidas por ella, y se necesitan longitudes de onda muy largas para llegar a un submarino debajo de la superficie. (Ver Figura 3.14.15.)

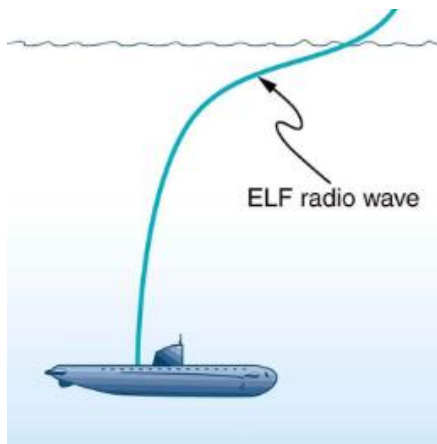


Figura 3.14.16. Se necesitan ondas de radio de longitud de onda muy larga para llegar a este submarino, requiriendo señales de frecuencia extremadamente baja (ELF). Las longitudes de onda más cortas no penetran a ninguna profundidad significativa.

Las ondas de radio AM se utilizan para transportar señales de radio comerciales en el rango de frecuencia de 540 a 1600 kHz. La abreviatura AM significa modulación de amplitud, que es el método

para colocar información sobre estas ondas. (Ver Figura 3.14.16.) Una onda portadora que tiene la frecuencia básica de la estación de radio, digamos 1530 kHz, es variada o modulada en amplitud por una señal de audio. La onda resultante tiene una frecuencia constante, pero una amplitud variable.

Un receptor de radio sintonizado para tener la misma frecuencia resonante que la onda portadora puede captar la señal, mientras rechaza las muchas otras frecuencias que inciden en su antena. El circuito del receptor está diseñado para responder a las variaciones en la amplitud de la onda portadora para replicar la señal de audio original. Esa señal de audio se amplifica para accionar un altavoz o tal vez para ser grabada.

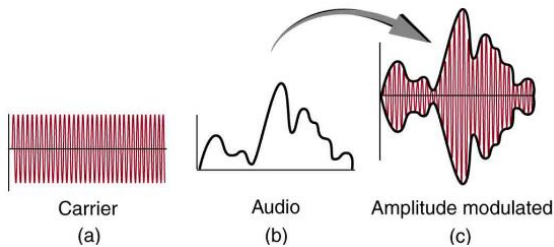


Figura 3.14.17. Modulación de amplitud para radio AM. a) Una onda portadora a la frecuencia básica de la estación. b) Una señal de audio a frecuencias audibles mucho más bajas. (c) La amplitud de la portadora es modulada por la señal de audio sin cambiar su frecuencia básica.

+ : Ondas de Radio FM

Las ondas de radio FM también se utilizan para la transmisión de radio comercial, pero en el rango de frecuencia de 88 a 108 MHz. FM significa modulación de frecuencia, otro método de transporte de información. (Ver Figura 3.14.17.) Aquí una onda portadora que tiene la frecuencia básica de la estación de radio, quizás 105.1 MHz, es modulada en frecuencia por la señal de audio, produciendo una onda de amplitud constante, pero de frecuencia variable.

Modulación de frecuencia para radio FM. a) Una onda portadora a la frecuencia básica de la estación. b) Una señal de audio a frecuencias audibles mucho más bajas. (c) La frecuencia de la portadora es modulada por la señal de audio sin cambiar su amplitud.

Dado que las frecuencias audibles varían hasta 20 kHz (o 0.020 MHz) como máximo, la frecuencia de la onda de radio FM puede variar de la portadora tanto como 0.020 MHz. Por lo tanto, las frecuencias portadoras de dos estaciones de radio diferentes no pueden estar más cercanas a 0.020 MHz. Un receptor FM está sintonizado para resonar a la frecuencia portadora y tiene circuitos que responden a variaciones de frecuencia, reproduciendo la información de audio. La radio FM está inherentemente menos sujeta al ruido de fuentes de radio extraviadas que la radio AM. La razón es que se suman amplitudes de olas.

Entonces un receptor AM interpretaría el ruido agregado a la amplitud de su onda portadora como parte de la información. Se puede hacer que un receptor de FM rechace amplitudes distintas a la de la onda portadora básica y solo busque variaciones en la frecuencia. Por lo tanto, es más fácil rechazar el ruido de FM, ya que el ruido produce una variación en la amplitud.

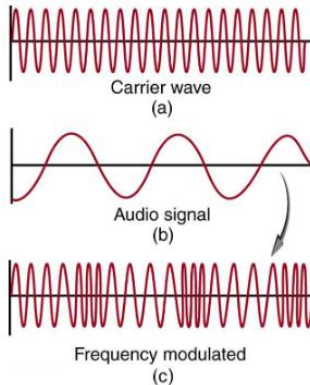


Figura 3.14.18. La televisión también se transmite por ondas electromagnéticas. Dado que las ondas deben llevar una gran cantidad de información visual, así como de audio, cada canal requiere un mayor rango de frecuencias que la simple transmisión de radio. Los canales de TV utilizan frecuencias en el rango de 54 a 88 MHz y 174 a 222 MHz. (Toda la banda de radio FM se encuentra entre los canales 88 MHz y 174 MHz). Estos canales de televisión se llaman VHF (para frecuencia muy alta). Otros canales llamados UHF (para frecuencia ultra alta) utilizan un rango de frecuencia aún mayor de 470 a 1000 MHz.

La señal de video de TV es AM, mientras que el audio de TV es FM. Tenga en cuenta que estas frecuencias son las de transmisión libre

con el usuario utilizando una antena de techo anticuada. Las antenas parabólicas y la transmisión por cable de TV, se produce a frecuencias significativamente más altas y está evolucionando rápidamente con el uso del formato de alta definición o HD.

Las longitudes de onda encontradas en el ejemplo anterior son representativas de AM, FM y celulares, y dan cuenta de algunas de las diferencias en cómo se transmiten y qué tan bien viajan. La longitud más eficiente para una antena lineal, como se discute en “Producción de ondas electromagnéticas”, es $\lambda/2$, la mitad de la longitud de onda de la onda electromagnética. Por lo tanto, se necesita una antena muy grande para transmitir de manera eficiente la radio AM típica con sus longitudes de onda portadoras del orden de cientos de metros.

Un beneficio de estas largas longitudes de onda AM es que pueden atravesar y rodear obstáculos bastante grandes (como edificios y colinas), así como las olas del océano pueden rodear grandes rocas. FM y TV se reciben mejor cuando hay una línea de visión entre la antena de transmisión y el receptor, y a menudo se envían desde estructuras muy altas. Las antenas de FM, TV y teléfonos móviles en sí son mucho más pequeñas que las utilizadas para AM, pero están elevadas para lograr una línea de visión sin obstáculos. (Ver Figura 3.14.18.)

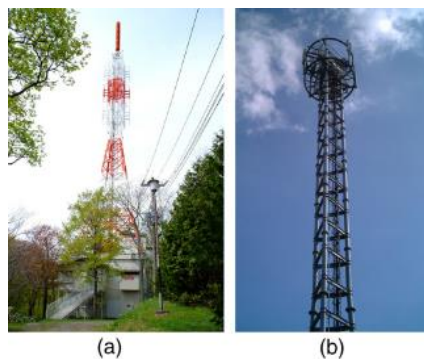


Figura 3.14.19. (a) Se utiliza una torre grande para emitir señales de TV. Las antenas reales son pequeñas estructuras en la parte superior de la torre, se colocan a grandes alturas para tener una línea de visión clara sobre un área de transmisión grande. (crédito: Ozizo, Wikimedia Commons) b) La torre de telefonía móvil NTT Docomo en la ciudad de Tokorozawa, Japón. (crédito: tokoroten, Wikimedia Commons)

- : Interferencia de ondas de radio

Astrónomos y astrofísicos recogen señales del espacio exterior mediante ondas electromagnéticas. Un problema común para los astrofísicos es la “contaminación” de la radiación electromagnética que impregna nuestro entorno desde los sistemas de comunicación en general. Incluso los artilugios cotidianos como las llaves de nuestros autos que tienen la facilidad de cerrar las puertas de los autos de forma remota y poder encender y apagar televisores usando controles remotos involucran frecuencias de ondas de radio. Para evitar interferencias entre todas estas señales electromagnéticas, se elaboran regulaciones estrictas para que diferentes organizaciones utilicen diferentes bandas de radiofrecuencia.

Una razón por la que a veces se nos pide que apaguemos nuestros teléfonos móviles (operando en el rango de 1.9 GHz) en aviones y en hospitales es que las comunicaciones importantes o equipos médicos suelen utilizar frecuencias de radio similares y su funcionamiento puede verse afectado por las frecuencias utilizadas en los dispositivos de comunicación.

Por ejemplo, las ondas de radio utilizadas en la resonancia magnética (MRI) tienen frecuencias del orden de los 100 MHz, aunque esto varía significativamente dependiendo de la intensidad del campo magnético utilizado y del tipo nuclear que se esté escaneando. La resonancia magnética es una importante herramienta de investigación e imágenes médicas, que produce imágenes bidimensionales y tridimensionales muy detalladas. Las ondas de radio son emitidas, absorbidas y reemitidas en un proceso de resonancia que es sensible a la densidad de núcleos (generalmente protones o núcleos de hidrógeno).

La longitud de onda de las ondas de radio de 100 MHz es de 3 m, pero usando la sensibilidad de la frecuencia resonante a la intensidad del campo magnético, se pueden obtener imágenes de detalles más pequeños que un milímetro. Este es un buen ejemplo de una excepción a una regla general (en este caso, no se puede detectar la rúbrica que detalla mucho más pequeños que la longitud de onda de la sonda). La intensidad de las ondas de radio utilizadas

en la resonancia magnética presenta poco o ningún peligro para la salud humana.

+ : Microondas

Las microondas son las ondas electromagnéticas de mayor frecuencia que pueden ser producidas por corrientes en circuitos y dispositivos macroscópicos. Las frecuencias de microondas van desde aproximadamente 10⁹ Hz hasta la LC resonancia práctica más alta a casi 10¹² Hz. Dado que tienen frecuencias altas, sus longitudes de onda son cortas comparadas con las de otras ondas de radio, de ahí el nombre de “microondas”.

Las microondas también pueden ser producidas por átomos y moléculas. Son, por ejemplo, un componente de la radiación electromagnética generada por agitación térmica. El movimiento térmico de átomos y moléculas en cualquier objeto a una temperatura superior al cero absoluto hace que emitan y absorban radiación.

Dado que es posible llevar más información por unidad de tiempo en altas frecuencias, las microondas son bastante adecuadas para las comunicaciones. La mayor parte de la información transmitida por satélite se transporta en microondas, al igual que las transmisiones terrestres de larga distancia. Se necesita una línea de visión clara entre el transmisor y el receptor debido a las longitudes de onda cortas involucradas.

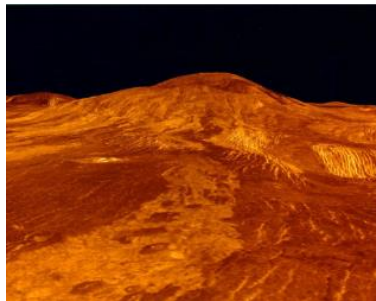


Figura 3.14.20. Imagen de Sif Mons con flujos de lava en Venus, basada en datos de radar de apertura sintética Magallanes combinados con altimetría de radar para producir un mapa tridimensional de la superficie. La atmósfera venusiana es opaca a la luz visible, pero no a las microondas que se utilizaron para crear esta imagen. (crédito: NSSDC, NASA/JPL)

El radar es una aplicación común de microondas que se desarrolló por primera vez en la Segunda Guerra Mundial. Al detectar y cronometrar ecos de microondas, los sistemas de radar pueden determinar la distancia a objetos tan diversos como nubes y aviones. Se puede utilizar un cambio Doppler en el eco del radar para determinar la velocidad de un automóvil o la intensidad de una tormenta.

Se utilizan sofisticados sistemas de radar para mapear la Tierra y otros planetas, con una resolución limitada por la longitud de onda. (Ver Figura 3.14.19.) Cuanto más corta sea la longitud de onda de cualquier sonda, menor será el detalle que es posible observar.

+ : Calefacción con Microondas

¿Cómo el omnipresente horno de microondas produce microondas electrónicamente y por qué los alimentos los absorben preferencialmente? Las microondas a una frecuencia de 2.45 GHz se producen acelerando electrones. Luego se utilizan las microondas para inducir un campo eléctrico alterno en el horno.

El agua y algunos otros constituyentes de los alimentos tienen una carga ligeramente negativa en un extremo y una carga ligeramente positiva en un extremo (llamadas moléculas polares). El rango de frecuencias de microondas se selecciona especialmente para que las moléculas polares, al tratar de seguir orientándose con el campo eléctrico, absorban estas energías y aumenten sus temperaturas, llamadas calentamiento dieléctrico.

La energía así absorbida da como resultado una agitación térmica que calienta los alimentos y no el plato, que no contiene agua. Los puntos calientes en los alimentos están relacionados con patrones de interferencia constructivos y destructivos. Las antenas giratorias y los tocadiscos de alimentos ayudan a extender los puntos calientes.

Otro uso de microondas para calentar es dentro del cuerpo humano. Las microondas penetrarán más que longitudes de onda más cortas en el tejido y así pueden lograr un “calentamiento profundo” (llamado diatermia de microondas). Esto es utilizado para tratar dolores musculares, espasmos, tendinitis y artritis reumatoide.

+ : Radiación Infrarroja

Las regiones de microondas e infrarroja del espectro electromagnético se superponen (ver Figura 3.14.13.). La radiación infrarroja se produce generalmente por el movimiento térmico y la vibración y rotación de átomos y moléculas. Las transiciones electrónicas en átomos y moléculas también pueden producir radiación infrarroja.

El rango de frecuencias infrarrojas se extiende hasta el límite inferior de la luz visible, justo debajo del rojo. De hecho, infrarrojo significa “debajo del rojo”. Las frecuencias en su límite superior son demasiado altas para ser producidas acelerando electrones en circuitos, pero sistemas pequeños, como átomos y moléculas, pueden vibrar lo suficientemente rápido como para producir estas ondas.

Las moléculas de agua giran y vibran particularmente bien a frecuencias infrarrojas, emitiéndolas y absorbiéndolas de manera tan eficiente que la emisividad para la piel está $\epsilon=0.97$ en el infrarrojo. Los alcances de visión nocturna pueden detectar el infrarrojo emitido por varios objetos cálidos, incluidos los humanos, y convertirlo en luz visible.

Podemos examinar la transferencia de calor radiante desde una casa mediante el uso de una cámara capaz de detectar radiación infrarroja. Los satélites de reconocimiento pueden detectar edificios, vehículos e incluso humanos individuales por sus emisiones infrarrojas, cuya radiación de potencia es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta. De manera más mundana, utilizamos lámparas infrarrojas, algunas de las cuales se llaman calentadores de cuarzo, para calentarnos preferentemente porque absorbimos el infrarrojo mejor que nuestro entorno.

El Sol irradia como un cuerpo negro casi perfecto (es decir, tiene $\epsilon=1$), con una temperatura superficial de 6000 K. Alrededor de la mitad de la energía solar que llega a la Tierra se encuentra en la región infrarroja, con la mayor parte del resto en la parte visible del espectro, y una cantidad relativamente pequeña en el ultravioleta. En promedio, el 50 por ciento de la energía solar incidente es absorbida por la Tierra.

La temperatura relativamente constante de la Tierra es resultado del balance energético entre la radiación solar entrante y la energía radiada desde la Tierra. La mayor parte de la radiación infrarroja emitida desde la Tierra es absorbida por CO_2 y H_2O en la atmósfera y luego irradiada de regreso a la Tierra o al espacio exterior. Esta radiación de regreso a la Tierra se conoce como el efecto invernadero, y mantiene la temperatura superficial de la Tierra aproximadamente 40°C más alta de lo que sería si no hubiera absorción. Algunos científicos piensan que el aumento de la concentración CO_2 y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera, resultante de los aumentos en la quema de combustibles fósiles, ha incrementado las temperaturas medias mundiales.

+ : Luz Visible

La luz visible es el segmento estrecho del espectro electromagnético al que responde el ojo humano normal. La luz visible es producida por vibraciones y rotaciones de átomos y moléculas, así como por transiciones electrónicas dentro de átomos y moléculas. Los receptores o detectores de luz utilizan en gran medida transiciones electrónicas. Decimos que los átomos y las moléculas se excitan cuando absorben y se relajan cuando emiten a través de transiciones electrónicas.

La figura 3.14.21. muestra esta parte del espectro, junto con los colores asociados a longitudes de onda puras particulares. Generalmente nos referimos a la luz visible como que tiene longitudes de onda de entre 400 nm y 750 nm. (La retina del ojo en realidad responde a las frecuencias ultravioletas más bajas, pero éstas normalmente no llegan a la retina porque son absorbidas por la córnea y el cristalino del ojo).

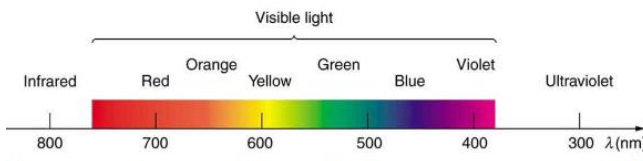


Figura 3.14.21. La luz roja tiene las frecuencias más bajas y longitudes de onda más largas, mientras que la violeta tiene las frecuencias más altas y las longitudes de onda más cortas. La radiación de cuerpo negro del Sol alcanza su punto máximo en la parte visible del espectro, pero es más intensa en el rojo que en el violeta, haciendo que el Sol tenga un aspecto amarillento.

Una pequeña parte del espectro electromagnético que incluye sus componentes visibles. Las divisiones entre infrarrojo, visible y ultravioleta no son perfectamente distintas, ni las que existen entre los siete colores del arco iris.

Los seres vivos, plantas y animales, han evolucionado para utilizar y responder a partes del espectro electromagnético en las que están incrustados. La luz visible es la más predominante y disfrutamos de la belleza de la naturaleza a través de la luz visible. Las plantas son más selectivas. La fotosíntesis hace uso de partes del espectro visible para elaborar azúcares.

La óptica es el estudio del comportamiento de la luz visible y otras formas de ondas electromagnéticas. La óptica se divide en dos categorías distintas. Cuando la radiación electromagnética, como la luz visible, interactúa con objetos que son grandes en comparación con su longitud de onda, su movimiento puede ser representado por líneas rectas como rayos. La óptica de rayos es el estudio de tales situaciones e incluye lentes y espejos.

Cuando la radiación electromagnética interactúa con objetos aproximadamente del mismo tamaño que la longitud de onda o más pequeños, su naturaleza de onda se hace evidente. Por ejemplo, los detalles observables están limitados por la longitud de onda, por lo que la luz visible nunca puede detectar átomos individuales, porque son mucho más pequeños que su longitud de onda. La óptica física o de onda es el estudio de tales situaciones e incluye todas las características de onda.

+ : Radiación ultravioleta

Ultravioleta significa “encima de violeta”. Las frecuencias electromagnéticas de la radiación ultravioleta (UV) se extienden hacia arriba desde el violeta, la luz visible de mayor frecuencia. El ultravioleta también se produce por movimientos atómicos y moleculares y transiciones electrónicas. Las longitudes de onda del ultravioleta se extienden desde 400 nm hasta aproximadamente 10 nm en sus frecuencias más altas, las cuales se superponen con las frecuencias de rayos X más bajas. Ya en 1801 Johann Ritter reconoció que el espectro solar tenía un componente invisible más allá del rango violeta.

La radiación UV solar se subdivide ampliamente en tres regiones: UV-A (320—400 nm), UV-B (290—320 nm) y UV-C (220—290 nm), clasificadas de longitudes de onda largas a más cortas (de energías más pequeñas a mayores). La mayoría de UV-B y todos los UV-C son absorbidos por las moléculas de ozono (O₃) en la atmósfera superior. En consecuencia, el 99% de la radiación UV solar que llega a la superficie de la Tierra es UV-A.

+ : Exposición humana a la radiación UV

Es en gran parte la exposición a UV-B la que causa cáncer de piel. Se estima que hasta el 20% de los adultos desarrollarán cáncer de piel a lo largo de su vida. Nuevamente, el tratamiento suele ser exitoso si se detecta temprano. A pesar de que muy pocos UV-B llegan a la superficie de la Tierra, hay aumentos sustanciales en las tasas de cáncer de piel en países como Australia, lo que indica lo importante que es que los rayos UV-B y UV-C continúen siendo absorbidos por la atmósfera superior.

Toda la radiación UV puede dañar las fibras de colágeno, resultando en una aceleración del proceso de envejecimiento de la piel y la formación de arrugas. Debido a que hay tan pocos UV-B y UV-C que llegan a la superficie de la Tierra, las quemaduras solares son causadas por grandes exposiciones, y cáncer de piel por exposición repetida. Algunos estudios indican un vínculo entre la sobreexposición al Sol cuando es joven y el melanoma más adelante en la vida.

La respuesta al bronceado es un mecanismo de defensa en el que el cuerpo produce pigmentos para absorber futuras exposiciones en capas cutáneas inertes por encima de las células vivas. Básicamente, la radiación UV-B excita las moléculas de ADN, distorsionando la hélice del ADN, dando lugar a mutaciones y a la posible formación de células cancerosas.

La exposición repetida a UV-B también puede conducir a la formación de cataratas en los ojos, una causa de ceguera entre las personas que viven en el cinturón ecuatorial donde el tratamiento médico es limitado. Las cataratas, opacidad en el cristalino del ojo y pérdida de visión, están relacionadas con la edad; 60% de las que tienen entre 65 y 74 años desarrollarán cataratas. Sin embargo, el tratamiento es fácil y exitoso, ya que se reemplaza la lente del ojo

por una lente de plástico. La prevención es importante. La protección ocular contra los rayos UV es más efectiva con las gafas de sol de plástico que las hechas de vidrio.

Un importante efecto agudo de la exposición extrema a los rayos UV es la supresión del sistema inmunológico, tanto a nivel local como en todo el cuerpo. El ultravioleta de baja intensidad se utiliza para esterilizar los implementos de corte de pelo, lo que implica que la energía asociada al ultravioleta se deposita de manera diferente a las ondas electromagnéticas de baja frecuencia. (En realidad esto es cierto para todas las ondas electromagnéticas con frecuencias mayores que la luz visible).

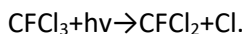
La fotografía flash generalmente no está permitida de obras de arte preciosas e impresiones de colores porque la radiación UV del flash puede causar la fotodegradación en las obras de arte. A menudo, las obras de arte tendrán una capa extra gruesa de vidrio frente a ellas, que está especialmente diseñada para absorber la radiación UV.

+ : La luz UV y la capa de ozono

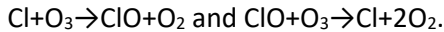
Si toda la radiación ultravioleta del Sol llegara a la superficie de la Tierra, habría efectos extremadamente graves en la biosfera por el severo daño celular que causa. Sin embargo, la capa de ozono (O₃) en nuestra atmósfera superior (10 a 50 km sobre la Tierra) protege la vida absorbiendo la mayor parte de la peligrosa radiación UV.

Desafortunadamente, hoy estamos observando un agotamiento de las concentraciones de ozono en la atmósfera superior. Este agotamiento ha llevado a la formación de un “agujero de ozono” en la atmósfera superior. El agujero está más centrado sobre el hemisferio sur, y cambia con las estaciones, siendo más grande en la primavera. Este agotamiento se atribuye a la descomposición de las moléculas de ozono por gases refrigerantes llamados clorofluorocarbonos (CFC).

La radiación UV ayuda a disociar los CFC, liberando átomos de cloro (Cl) altamente reactivos, que catalizan la destrucción de la capa de ozono. Por ejemplo, la reacción de CFCl₃ con un fotón de luz (hv) puede escribirse como:



El átomo de Cl cataliza entonces la descomposición del ozono de la siguiente manera:



Un solo átomo de cloro podría destruir las moléculas de ozono hasta por dos años antes de ser transportadas a la superficie. Los CFC son relativamente estables y contribuirán al agotamiento del ozono en los próximos años. Los CFCs se encuentran en refrigerantes, sistemas de aire acondicionado, espumas y aerosoles.

La preocupación internacional por este problema llevó al establecimiento del acuerdo del “Protocolo de Montreal” (1987) para eliminar gradualmente la producción de CFC en la mayoría de los países. Sin embargo, es necesaria la participación de los países en desarrollo para lograr la producción mundial y la eliminación de los CFC. Probablemente el mayor contribuyente a las emisiones de CFC hoy en día es India. Pero el protocolo parece estar funcionando, ya que hay señales de una recuperación de ozono. (Ver Figura 3.14.21.)

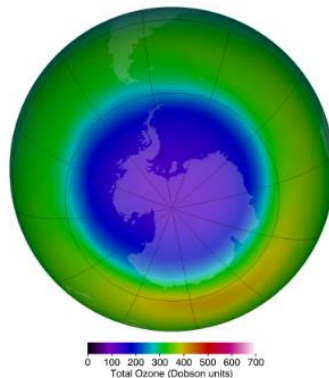


Figura 3.14.22. Este mapa de concentración de ozono sobre la Antártida en octubre de 2011 muestra un agotamiento severo sospechoso de ser causado por CFC. Se ha observado un agotamiento menos dramático, pero más general en latitudes septentrionales, lo que sugiere que el efecto es global. Con menos ozono, más radiación ultravioleta del Sol llega a la superficie, causando más daños.
(crédito: NASA Ozono Watch)

+: Beneficios de la luz UV

Además de los efectos adversos de la radiación ultravioleta, también hay beneficios de la exposición en la naturaleza y usos en la

tecnología. La producción de vitamina D en la piel (epidermis) resulta de la exposición a la radiación UVB, generalmente de la luz solar. Varios estudios indican que la falta de vitamina D puede resultar en el desarrollo de una variedad de cánceres (próstata, mama, colon), por lo que una cierta cantidad de exposición a los rayos UV es útil. La falta de vitamina D también está ligada a la osteoporosis. Las exposiciones (sin protector solar) de 10 minutos al día en brazos, cara y piernas podrían ser suficientes para proporcionar el nivel dietético aceptado. Sin embargo, en la época invernal al norte de aproximadamente la 37° latitud, la mayoría de los UVB quedan bloqueados por la atmósfera.

La radiación UV se utiliza en el tratamiento de la ictericia infantil y en algunas afecciones de la piel. También se utiliza para esterilizar espacios de trabajo y herramientas, y matar gérmenes en una amplia gama de aplicaciones. También se utiliza como herramienta analítica para identificar sustancias.

Cuando se exponen al ultravioleta, algunas sustancias, como los minerales, brillan en longitudes de onda visibles características, un proceso llamado fluorescencia. Las llamadas luces negras emiten ultravioleta para provocar que los carteles y la ropa emitan fluorescencia en lo visible. El ultravioleta también se utiliza en microscopios especiales para detectar detalles más pequeños que los observables con microscopios de luz visible de longitud de onda más larga.

+ : Rayos X

En la década de 1850, científicos (como Faraday) comenzaron a experimentar con descargas eléctricas de alto voltaje en tubos llenos de gases enrarecidos. Posteriormente se encontró que estas descargas creaban una forma invisible y penetrante de radiación electromagnética de muy alta frecuencia. A esta radiación se le llamó radiografía, debido a que se desconocía su identidad y naturaleza.

*** : Cosas grandes y pequeñas: una vista submicroscópico**

Los rayos X se pueden crear en una descarga de alto voltaje. Se emiten en el material golpeado por electrones en la corriente de descarga. Existen dos mecanismos por los cuales los electrones crean rayos X.

El primer método se ilustra en la Figura 3.14.22. Un electrón es acelerado en un tubo evacuado por un alto voltaje positivo. El electrón golpea una placa de metal (por ejemplo, cobre) y produce rayos X. Dado que se trata de una descarga de alto voltaje, el electrón gana suficiente energía para ionizar el átomo.

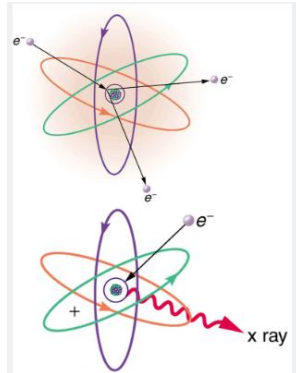


Figura 3.14.23. Concepción artística de un electrón ionizante de un átomo seguido de la recaptura de un electrón y emisión de una radiografía. Un electrón energético golpea un átomo y saca un electrón de una de las órbitas más cercanas al núcleo. Posteriormente, el átomo captura otro electrón y la energía liberada por su caída en una órbita baja genera una onda EM de alta energía llamada rayos X.

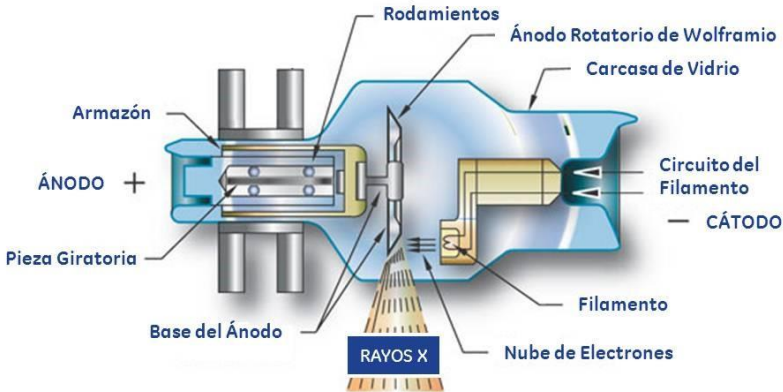


Figura 3.14.24. La energía liberada por esta caída se le da a una onda EM conocida como radiografía. Dado que las órbitas del átomo son únicas para el tipo de átomo, la energía de los rayos X es característica del átomo, de ahí el nombre característico de rayos X.

En el caso mostrado, se expulsa un electrón de caparazón interior (uno en una órbita relativamente cercana y fuertemente unida al

núcleo). Poco tiempo después, otro electrón es capturado y cae en la órbita en una sola gran zambullida.

El segundo método por el cual un electrón energético crea una radiografía cuando golpea un material se ilustra en la Figura 3.14.24. El electrón interactúa con las cargas en el material a medida que penetra. Estas colisiones transfieren energía cinética del electrón a los electrones y átomos en el material.

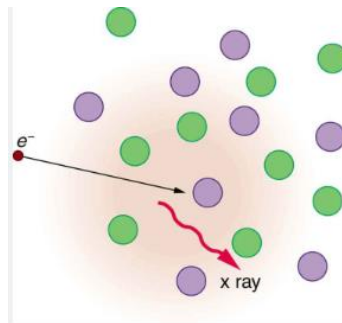


Figura 3.14.25. La concepción del artista de que un electrón se ralentiza por colisiones en un material y emite radiación de rayos X. Este electrón energético realiza numerosas colisiones con electrones y átomos en un material en el que penetra. Una carga acelerada irradia ondas EM, un segundo método mediante el cual se crean los rayos X.

Una pérdida de energía cinética implica una aceleración, en este caso disminuyendo la velocidad del electrón. Siempre que se acelera una carga, irradia ondas EM. Dada la alta energía del electrón, estas ondas EM pueden tener alta energía. Nosotros los llamamos radiografías. Dado que el proceso es aleatorio, se emite un amplio espectro de energía de rayos X que es más característico de la energía electrónica que el tipo de material que encuentra el electrón. Dicha radiación EM se llama “bremsstrahlung” (alemán para “radiación de frenado”).

Como se describió anteriormente, existen dos métodos mediante los cuales se crean los rayos X, ambos son procesos submicroscópicos y pueden ser causados por descargas de alto voltaje. Mientras que el extremo de baja frecuencia del rango de rayos X se solapa con el ultravioleta, los rayos X se extienden a frecuencias (y energías) mucho más altas.

Los rayos X tienen efectos adversos en las células vivas similares a los de la radiación ultravioleta, y tienen la responsabilidad adicional de ser más penetrantes, afectando más que las capas superficiales de las células. El cáncer y los defectos genéticos pueden ser inducidos por la exposición a rayos X. Debido a su efecto sobre las células que se dividen rápidamente, los rayos X también se pueden usar para tratar e incluso curar el cáncer.

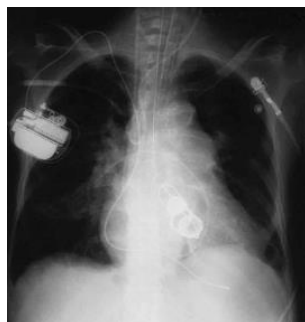


Figura 3.14.26. Esta imagen de rayos X de sombra muestra muchas características interesantes, como válvulas cardíacas artificiales, un marcapasos y los cables utilizados para cerrar el esternón. (crédito: P. P. Urone)

El uso más amplio de los rayos X es para obtener imágenes de objetos que son opacos a la luz visible, como el cuerpo humano o partes de aviones. En humanos, el riesgo de daño celular se pesa cuidadosamente contra el beneficio de la información diagnóstica obtenida. Sin embargo, en los últimos años han surgido preguntas sobre la sobreexposición accidental de algunas personas durante las tomografías computarizadas, un error al menos en parte debido a la mala monitorización de la dosis de radiación.

La capacidad de los rayos X para penetrar la materia depende de la densidad, por lo que una imagen de rayos X puede revelar información de densidad muy detallada. La figura 3.14.25.

muestra un ejemplo del tipo más simple de imagen de rayos X, una sombra de rayos X sobre película. La cantidad de información en una simple imagen de rayos X es impresionante, pero técnicas más sofisticadas, como las tomografías computarizadas, pueden revelar información tridimensional con detalles menores a un milímetro.

El uso de la tecnología de rayos X en medicina se llama radiología, una herramienta establecida y relativamente barata en comparación

con tecnologías más sofisticadas. En consecuencia, los rayos X están ampliamente disponibles y se utilizan ampliamente en el diagnóstico médico. Durante la Primera Guerra Mundial, se utilizaron unidades móviles de rayos X, defendidas por Madame Marie Curie, para diagnosticar a los soldados.

Debido a que pueden tener longitudes de onda menores a 0.01 nm, los rayos X pueden dispersarse (un proceso llamado difracción de rayos X) para detectar la forma de las moléculas y la estructura de los cristales. La difracción de rayos X fue crucial para Crick, Watson y Wilkins en la determinación de la forma de la molécula de ADN de doble hélice.

Los rayos X también se utilizan como una herramienta precisa para el análisis de metales traza en fluorescencia inducida por rayos X, en la que la energía de las emisiones de rayos X se relaciona con los tipos específicos de elementos y cantidades de materiales presentes.

+ : Rayos Gamma

Poco después de que se detectara por primera vez la radiactividad nuclear en 1896, se encontró que se estaban emitiendo al menos tres tipos distintos de radiación. La radiación nuclear más penetrante se llamó rayo gamma (γ rayo) (nuevamente un nombre dado porque se desconocía su identidad y carácter), y posteriormente se encontró que era una onda electromagnética de frecuencia extremadamente alta.

De hecho, γ los rayos son cualquier radiación electromagnética emitida por un núcleo. Esto puede ser por desintegración nuclear natural o procesos nucleares inducidos en reactores nucleares y armas. El extremo inferior del rango de γ -ray frecuencia se solapa con el extremo superior del rango de rayos X, pero γ los rayos pueden tener la frecuencia más alta de cualquier radiación electromagnética.

Los rayos gamma tienen características idénticas a los rayos X de la misma frecuencia, difieren solo en su origen. A frecuencias más altas, γ los rayos son más penetrantes y dañinos para el tejido vivo. Tienen muchos de los mismos usos que los rayos X, incluida la terapia contra el cáncer. La radiación gamma de materiales radiactivos se utiliza en la medicina nuclear.

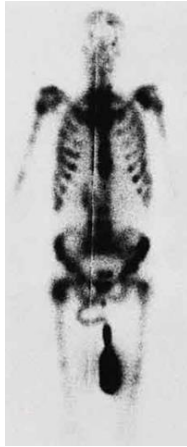


Figura 3.14.27. Imagen de rayos “ γ ” emitidos por los núcleos en un compuesto que se concentra en los huesos y se elimina a través de los riñones. El cáncer de hueso se evidencia por una concentración no uniforme en estructuras similares. Por ejemplo, algunas costillas son más oscuras que otras. (crédito: P. P. Urone).

La figura 3.4.27. muestra una imagen médica basada en γ rayos. El deterioro de los alimentos puede inhibirse en gran medida exponiéndolos a grandes dosis de γ radiación, borrando así los microorganismos responsables. El daño a las células de los alimentos a través de la irradiación también ocurre, y los peligros a largo plazo de consumir alimentos conservados por radiación son desconocidos y controvertidos para algunos grupos. Tanto los rayos X como γ -ray las tecnologías también se utilizan en el escaneo de equipaje en los aeropuertos.

+ : Detección de ondas electromagnéticas desde el espacio

Una nota final sobre la observación de estrellas. Todo el espectro electromagnético es utilizado por los investigadores para investigar las estrellas, el espacio y el tiempo. Como se señaló anteriormente, Penzias y Wilson detectaron microondas para identificar la radiación de fondo originada en el Big Bang. Los radiotelescopios como el Radiotelescopio de Arecibo en Puerto Rico y el Observatorio Parkes en Australia fueron diseñados para detectar ondas de radio.

Los telescopios infrarrojos necesitan tener sus detectores refrigerados por nitrógeno líquido para poder recoger señales útiles. Dado que la radiación infrarroja es predominantemente de agitación térmica, si los detectores no se enfriaran, las vibraciones de las

moléculas en la antena serían más fuertes que la señal que se está recolectando.

El más famoso de estos telescopios sensibles al infrarrojo es el Telescopio James Clerk Maxwell en Hawai. Los primeros telescopios, desarrollados en el siglo XVII, fueron telescopios ópticos, recogiendo luz visible. Los telescopios en las regiones ultravioleta, de rayos X y de rayos gamma se colocan fuera de la atmósfera en satélites que orbitan la Tierra.

El Telescopio Espacial Hubble (lanzado en 1990) reúne radiación ultravioleta y luz visible. En la región de rayos X, está el Observatorio de Rayos X Chandra (lanzado en 1999), y en la γ región de rayos, está el nuevo Telescopio Espacial de Rayos Gamma Fermi (lanzado en 2008, tomando el lugar del Observatorio de Rayos Gamma Compton, 1991—2000).

*** : Reflexión sobre los rayos y las Ondas**

Siempre que miramos a un espejo, o entrecerramos los ojos ante la luz del sol que brilla de un lago, estamos viendo un reflejo. Cuando miras esta página, también, estás viendo la luz reflejada de ella. Los telescopios grandes utilizan la reflexión para formar una imagen de estrellas y otros objetos astronómicos.

+ : La ley de reflexión se ilustra en la Figura 3.14.28

, que también muestra cómo se miden los ángulos con relación a la perpendicular a la superficie en el punto donde incide el rayo de luz. Esperamos ver reflejos de superficies lisas, pero la Figura 3.14.29. ilustra cómo una superficie rugosa refleja la luz. Dado que la luz incide en diferentes partes de la superficie en diferentes ángulos, se refleja en muchas direcciones diferentes, o se difunde. La luz difusa es lo que nos permite ver una hoja de papel desde cualquier ángulo, como se ilustra en la Figura 3.14.30.

. Muchos objetos, como personas, ropa, hojas y paredes, tienen superficies rugosas y se pueden ver desde todos los lados. Un espejo, por otro lado, tiene una superficie lisa (en comparación con la longitud de onda de la luz) y refleja la luz en ángulos específicos, como se ilustra en la Figura 3.14.31. Cuando la luna se refleja desde

un lago, como se muestra en la Figura 3.14.32. se produce una combinación de estos efectos.

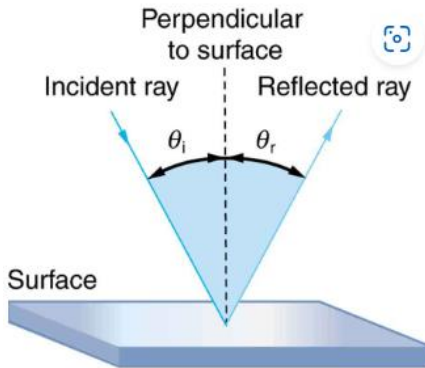


Figura 3.14.28. La ley de reflexión establece que el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia— $\theta_r = \theta_i$. Los ángulos se miden en relación con la perpendicular a la superficie en el punto donde el rayo golpea la superficie.

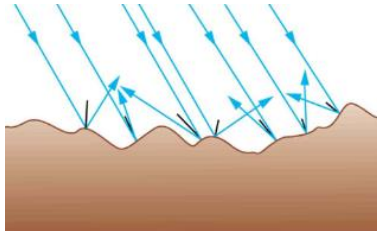


Figura 3.14.29. La luz se difunde cuando se refleja desde una superficie rugosa. Aquí muchos rayos paralelos son incidentes, pero se reflejan en muchos ángulos diferentes ya que la superficie es rugosa.

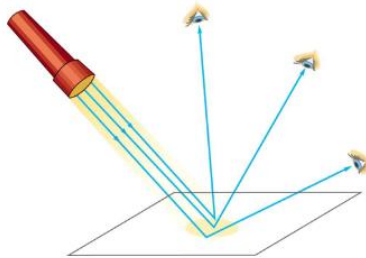


Figura 3.14.30. Cuando una hoja de papel se ilumina con muchos rayos incidentes paralelos, se puede ver en muchos ángulos diferentes, debido a que su superficie es rugosa y difunde la luz.

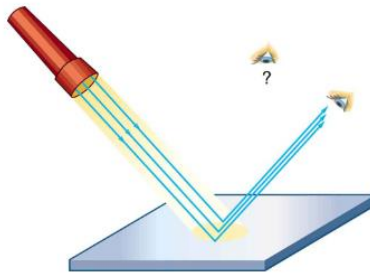


Figura 3.14.31. Un espejo iluminado por muchos rayos paralelos los refleja en una sola dirección, ya que su superficie es muy lisa. Sólo el observador en un ángulo determinado verá la luz reflejada.



Figura 3.14.32. La luz de la luna se extiende cuando es reflejada por el lago, ya que la superficie es brillante pero desigual. (crédito: Diego Torres Silvestre, Flickr)

La ley de la reflexión es muy simple: El ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia.

* : Ley de reflexión

Nuestra imagen en un espejo está detrás del espejo. Los dos rayos mostrados son aquellos que golpean el espejo apenas en los ángulos correctos para ser reflejados en los ojos de la persona. La imagen parece estar en la dirección de la que provienen los rayos cuando entran a los ojos.

+ : Reflexión de la onda lumínica (fotón, neutrino)

Es el cambio de dirección, en el mismo medio, que experimenta un rayo luminoso al incidir oblicuamente sobre una superficie. Para este caso las leyes de la reflexión son las siguientes:

1a. ley: El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal, se encuentran en un mismo plano.

2a. ley: El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

3ª. Ley: El ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia.

La luz es una fuente de energía. Gracias a ella las imágenes pueden ser reflejadas en un espejo, en la superficie del agua o un suelo muy brillante. Esto se debe a un fenómeno llamado reflexión de la luz. La reflexión ocurre cuando los rayos de luz (Fotones y neutrinos a los que el oxígeno les restó energía y acomodó su longitud de onda al espectro visible para nuestros ojos) que inciden en una superficie chocan en ella, se desvían y regresan al medio que salieron formando un ángulo igual al de la luz incidente, muy distinta a la refracción.

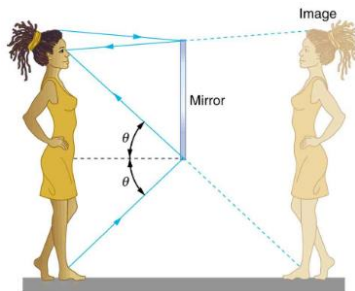


Figura 3.14.33. Las imágenes especulares pueden ser fotografiadas y grabadas por instrumentos y verse tal como lo hacen con nuestros ojos (los propios instrumentos ópticos). La manera precisa en que las imágenes están formadas por espejos y lentes.

Cuando nos vemos en un espejo, parece que nuestra imagen está en realidad detrás del espejo. Esto se ilustra en la Figura 3.14.27. Vemos la luz proveniente de una dirección determinada por la ley de la reflexión. Los ángulos son tales que nuestra imagen está exactamente a la misma distancia detrás del espejo mientras nos mantenemos alejados del espejo. Si el espejo está en la pared de una habitación, las imágenes en él están todas detrás del espejo, lo que puede hacer que la habitación parezca más grande. Si bien estas imágenes especulares hacen que los objetos parezcan estar donde no pueden estar (como detrás de una pared sólida), las imágenes no son producto de nuestra imaginación.

Hay que tener en cuenta que esta reflexión de la onda lumínica se refiere a que el fotón o el neutrino acompañado por la partícula de fuerza magnética al chocar contra los electrones de los átomos del material receptor, carga con energía positiva o negativa, según el caso al electrón del átomo receptor, por acción física, ese electrón cargado emite fotones o neutrinos para estabilizarse y esos fotones o neutrinos, ya llevan las características del átomo reflejante, en el caso de los espejos, que equivalen a un segundo reflejo, como son átomos de carbono del vidrio que no afectan y la capa de mercurio es la que refleja la imagen que llega.

Todas las interacciones entre fotones y materia se describen como una serie de absorciones y emisiones de fotones. Cuando un fotón que llega golpea una molécula en la superficie receptora, sin importar la amplitud o frecuencia recibida, es absorbido y casi de inmediato vuelto a emitir. El "nuevo" fotón puede emitirse en un ángulo igual al recibido, pero ya con las dimensiones de onda propias del objeto receptor, si por alguna razón, varía de dirección; esto causaría una reflexión difusa.



Figura 3.14.34. La reflexión especular (siguiendo la ley de la reflexión equiangular de Herón) es un efecto de la mecánica cuántica, explicado como la suma de los caminos más probables tomados por los fotones.

La interacción con materia liviana es un tópico de la electrodinámica cuántica, descrita por Richard Feynman en su libro QED: La extraña teoría de la luz y la materia. La energía de un fotón que llega a una

molécula puede que concuerde con la energía requerida para cambiar el estado de la molécula, causando una transición en el estado cinético, rotacional, electrónica o vibracional de la energía. Cuando esto ocurre, puede que el fotón absorbido no se reemita o puede que se reemita con pérdida de energía. Estos efectos son conocidos como Raman y Brillo ruin.

Leyendo detenidamente esta explicación que aparece en un libro de texto para alumnos de secundaria, encontramos que describe exactamente lo que acontece, pero cómo la gran mayoría desconoce esos principios básicos sobre el comportamiento de los átomos y muy especialmente lo que es la materia, puedese leer y releer, hasta aprenderse de memoria lo que dice, pero en el fondo, realmente no sabe como funciona y es allí donde está nuestra inquietud para asegurar que el conocimiento está cautivo.

Ensayemos una explicación comprensible. Como vimos en nuestra explicación sobre los electrones, definimos que eran quarks en formación que fueron atraídos por el protón de un átomo que lo fijó en uno de sus orbitales pero aún pueden recibir más fotones o neutrinos, pero como ya están sujetos a la influencia magnética del Protón de ese átomo, si recibe fotones o neutrinos, se ve obligado a descargar fotones o neutrinos para no desestabilizarse energéticamente, pero acontece que los fotones que recibe, vienen con una intensidad de energía que es determinada por la amplitud de la onda que describe y su frecuencia, transmitiendo esa energía al electrón receptor, el electrón al recibir esa carga la redistribuye en su estructura, libera fotones para estabilizarse, pero ya con la intensidad y frecuencia propias del átomo en la molécula contenedora.

Entendido hasta allí, sigamos, toda la intensidad y la frecuencia de las ondas que reciben nuestros ojos, reflejan las condiciones de energía del electrón contenedor que recibió la onda electromagnética inicial, combinada con la intensidad de la energía acumulada en el átomo receptor y dichas ondas son las señales recibidos por nuestros sentidos que nuestro cerebro identifica y las convierte en estímulos que son transmitidos a través de las neuronas a los órganos actuantes de nuestro organismo. Estas señales electroquímicas son las que le dan una forma con brillos, colores y zonas oscuras que normalmente ya constan en la memoria y de esa

manera definimos y entendemos los detalles de todo lo que vemos y oímos (esto lo veremos más adelante en la Parte IV con más detalle).

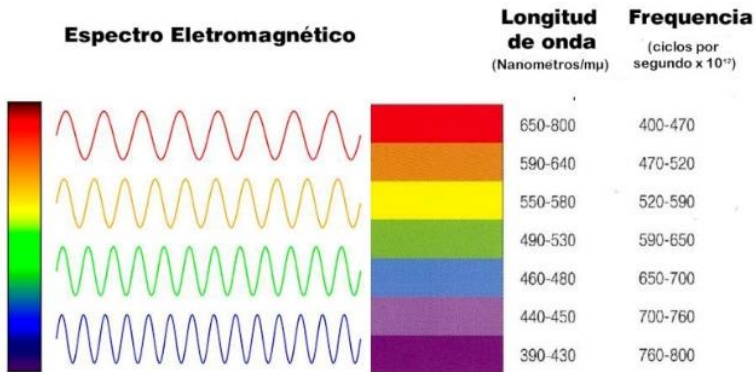


Figura 3.14.35. Espectro electromagnético de la luz visible

Por lo pronto, queda demostrado que si no se conoce cómo es el comportamiento de los quarks y la función que cumplen los electrones, difícilmente se puede entender la explicación dada, dejando constancia que estos detalles, tienen muchísima importancia y relevancia en nuestra vida, ya que interviene en todas nuestras actividades físicas y hasta psíquicas.

De ese comportamiento de los fotones y neutrinos, depende nuestro concepto de colores, sonidos y aromas. Para tener una idea, veamos lo que sucede con los colores en la siguiente gráfica.

A esto, hay que agregarle el concepto de blanco para el fotón, negro para el neutrino, la combinación de la amplitud de onda sobre ambos determina la escala de grises que interpreta la claridad con mayoría de fotones y la oscuridad con mayoría de neutrinos, la combinación que genera con los colores que se aprecian como los relieves y las variaciones del color que interpreta nuestro cerebro.

Este factor determina exactamente todo lo que vemos, con la evidencia de que es un tema que prácticamente es escondido, a pesar de ser muy trajinado por los científicos, que indudablemente lo conocen a fondo, inclusive, el factor de no hablar de los neutrinos, ni darles la importancia que tienen, si conocen su funcionamiento, lo aprovechan industrialmente, especialmente con productos para la guerra, como los visores nocturnos, que son la prueba de eso.

+ : Reflectancia

La reflectividad mide la relación entre la amplitud del campo electromagnético reflejado respecto a la amplitud del campo incidente, mientras que la reflectancia se refiere a la relación entre la potencia electromagnética incidente con respecto a la potencia que es reflejada en una interfase. Por lo tanto, la magnitud de la reflectancia es el cuadrado de la magnitud de la reflectividad. La reflectividad puede expresarse como un número complejo como queda demostrado por las ecuaciones de Fresnel para una capa simple, mientras que la reflectancia es siempre un número real positivo.

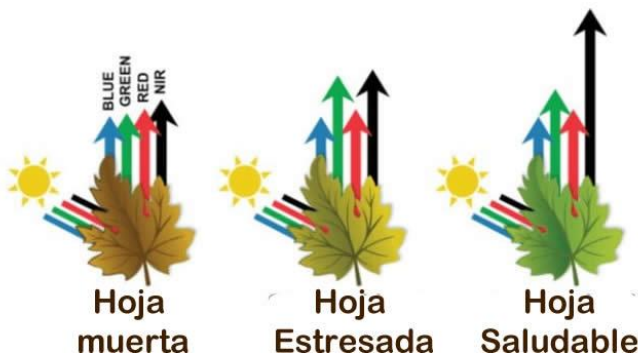


Figura 3.14.36. En ciertos campos, la reflectividad se distingue de la reflectancia por el hecho de que la reflectividad es un valor que se refiere a objetos reflectantes gruesos. Cuando la reflexión se produce por la intervención de finas capas de material, los efectos de reflexiones internas pueden ocasionar que la reflectancia varíe con el espesor de la superficie.

La reflectividad es el valor límite de reflectancia a medida que el espesor de la superficie aumenta; es la reflectancia intrínseca de la superficie, por lo que su valor no depende de otros parámetros tales como la reflectancia de las capas profundas del material.

El espectro de reflectancia o curva de reflectancia espectral es el gráfico de la reflectividad en función de la longitud de onda.

Nota: Igual que en la reflexión, la reflectancia cumple el mismo proceso, pero los electrones de los átomos receptores de la onda tienen un comportamiento diferente, disminuyendo el reflejo y comunicando con colores el estado del objeto emisor.

*** : Refracción**

Figura 3.14.37. El cambio de dirección de un rayo de luz (vagamente llamado flexión) cuando pasa por variaciones en la materia se llama refracción o reflejo.

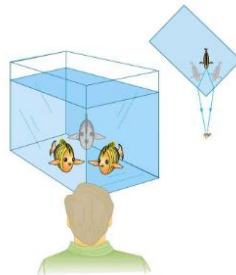


Figura 3.14.38. Es fácil notar algunas cosas extrañas al mirar dentro de una pecera. Por ejemplo, es posible que veas que el mismo pez parece estar en dos lugares diferentes. (Ver Figura 3.14.37.)

Esto se debe a que la luz que viene de los peces hacia nosotros cambia de dirección cuando sale del tanque, y en este caso, puede recorrer dos caminos diferentes para llegar a nuestros ojos. El cambio de dirección de un rayo de luz (vagamente llamado flexión) cuando pasa por variaciones en la materia se llama refracción. La refracción es responsable de una tremenda gama de fenómenos ópticos, desde la acción de lentes hasta la transmisión de voz a través de fibras ópticas.

Mirando la pecera como se muestra, podemos ver el mismo pez en dos ubicaciones diferentes, porque la luz cambia de dirección cuando pasa de agua a aire. En este caso, la luz puede llegar al

observador por dos caminos diferentes, y así el pez parece estar en dos lugares diferentes. Esta flexión de la luz se llama refracción y es responsable de muchos fenómenos ópticos.

¿Por qué la luz cambia de dirección al pasar de un material (medio) a otro? Es porque la luz cambia de velocidad al pasar de un material a otro. Entonces, antes de estudiar la ley de la refracción, es útil discutir la velocidad de la luz y cómo varía en diferentes medios.

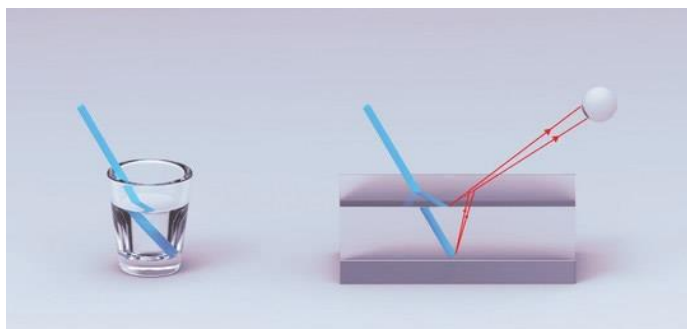


Figura 3.14.39. La luz es una onda porque cuando se sumerge en el agua camina más despacio y da la sensación de duplicación al mirarla de diferentes ángulos, cuando pasa por el borde de objetos delgados, da una escala de colores visibles al ojo humano.

+ : Difracción

En física clásica, la difracción ocurre debido a la manera en que las ondas se propagan; esto se describe por el principio de Fresnel - Huygens y el principio de superposición de ondas. La propagación de una onda puede ser visualizada considerando cada partícula del medio transmitido en un frente de onda como punto fuente de una onda esférica secundaria. El desplazamiento ondulatorio en cualquier punto subsecuente es la suma de estas ondas secundarias.

Cuando las ondas se suman, la adición está determinada por las fases relativas, así como las amplitudes de las ondas individuales de modo que la amplitud sumada de las ondas puede tener cualquier valor entre cero y la suma de las amplitudes individuales. Por lo tanto, los patrones de difracción normalmente tienen una serie de máximos y mínimos.

Según la explicación de la mecánica cuántica moderna de la propagación de luz a través de una rendija (o rendijas), cada fotón se

caracteriza por lo que se conoce como una función de onda, la cual describe la trayectoria que sigue el fotón desde la fuente emisora, a través de la rendija y hasta la pantalla.

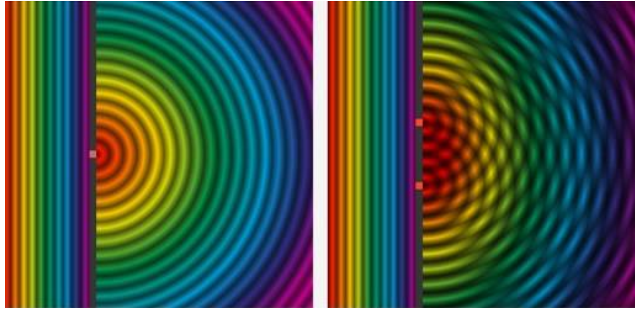


Figura 3.14.40. La trayectoria está determinada tanto por el entorno físico como la geometría de la rendija, la distancia de la pantalla y las condiciones iniciales cuando el fotón es creado. La existencia de la función de onda del fotón se demostró en varios experimentos, como el realizado por Geoffrey Ingram Taylor en 1909 (ver experimento de Young). En la perspectiva cuántica el patrón de difracción es creado por la distribución de trayectorias.

La presencia de luz y bandas oscuras se debe a la presencia o ausencia de fotones en estas áreas. Este enfoque tiene algunas semejanzas llamativas con el principio de Fresnel - Huygens; según el que cada rendija actúa como una fuente secundaria de luz, dando lugar a diferentes trayectorias para que los fotones atraviesen las rendijas.

Las descripciones más sencillas de difracción son aquellas en las que el problema se puede reducir a uno bidimensional. Para las ondas de agua, es este ya el caso; estas se propagan solo sobre la superficie del agua. Para la luz, con frecuencia podemos olvidar una dirección si el objeto difractor se propaga en esa dirección a una distancia muy mayor que la de la longitud de onda. En el caso de que la luz brille a través de pequeños agujeros circulares, tendremos en cuenta la naturaleza completa tridimensional del problema.

Capítulo XV : Óptica

* : Antecedentes sobre la Óptica

Los primeros intentos de medir la velocidad de la luz, como los realizados por Galileo, determinaron que la luz se movía extremadamente rápido, quizás instantáneamente. La primera evidencia real de que la luz viajaba a una velocidad finita provino del astrónomo danés Ole Roemer a finales del siglo XVII. Roemer había señalado que el período orbital promedio de una de las lunas de Júpiter, medido desde la Tierra, variaba dependiendo de si la Tierra se estaba moviendo hacia Júpiter o alejándose de él. Llegó correctamente a la conclusión de que el aparente cambio de periodo se debió al cambio en la distancia entre la Tierra y Júpiter y el tiempo que tardó la luz en recorrer esta distancia.

Un esquema de los primeros aparatos utilizados por Michelson y otros para determinar la velocidad de la luz. A medida que los espejos giran, el rayo reflejado solo se dirige brevemente hacia el espejo estacionario. El rayo de retorno se reflejará en el ojo del observador solo si el siguiente espejo ha girado a la posición correcta justo cuando el rayo regresa. Al medir la velocidad de rotación correcta, se puede medir el tiempo para el viaje de ida y vuelta y calcular la velocidad de la luz. El valor calculado de Michelson de la velocidad de la luz fue solo 0.04% diferente del valor utilizado hoy en día.

A partir de sus datos de 1676, se calculó que un valor de la velocidad de la luz era 2.26×10^8 m/s (solo un 25% diferente del valor aceptado en la actualidad). En tiempos más recientes, los físicos han medido la velocidad de la luz de numerosas maneras y con una precisión

creciente. Un método particularmente directo, utilizado en 1887 por el físico estadounidense Albert Michelson (1852—1931), se ilustra en la Figura 3.15.1. La luz reflejada por un conjunto de espejos giratorios se reflejó desde un espejo estacionario a 35 km de distancia y regresó a los espejos giratorios. El tiempo para que la luz viaje se puede determinar por qué tan rápido deben girar los espejos para que la luz sea devuelta al ojo del observador.

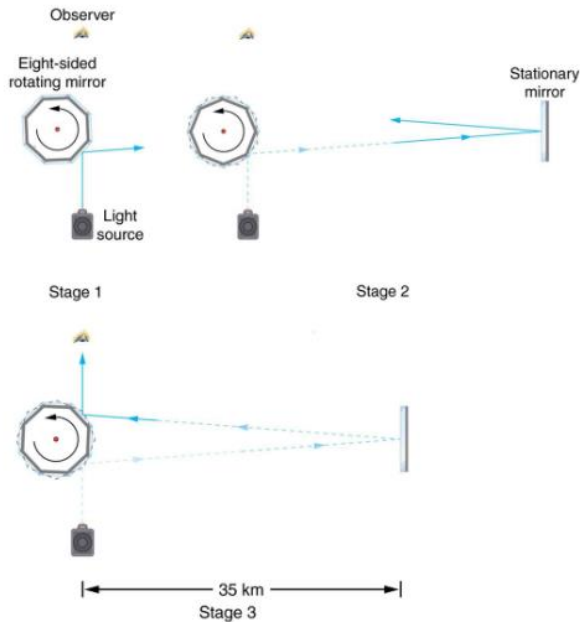


Figura 3.15.1. La velocidad de la luz se conoce ahora con gran precisión.

De hecho, la velocidad de la luz en un vacío c es tan importante que se acepta como una de las cantidades físicas básicas y tiene el valor fijo $c=2.9972458 \times 10^8 \text{ m/s} \approx 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$, donde $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ se utiliza el valor aproximado de siempre que la precisión de tres dígitos sea suficiente. La velocidad de la luz a través de la materia es menor que en el vacío, porque la luz interactúa con los átomos de un material. La velocidad de la luz depende fuertemente del tipo de material, ya que su interacción con diferentes átomos, celosías cristalinas y otras subestructuras varía. Definimos el índice de refracción n de un material para ser $n=c/v$, donde v está la velocidad observada de la luz en el material. Dado que la velocidad de la luz es

siempre menor que c en la materia e igual c sólo en un vacío, el índice de refracción siempre es mayor o igual a uno.

*** : Valor de la velocidad de luz**

$$c=2.9972458 \times 10^8 \text{ m/s} \approx 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Definición: Índice de refracción

$$n=c/v$$

Es decir, $n \geq 1$. La tabla 3.15.1 da los índices de refracción para algunas sustancias representativas. Los valores se listan para una determinada longitud de onda de luz, ya que varían ligeramente con la longitud de onda. (Esto puede tener efectos importantes, como los colores producidos por un prisma). Tenga en cuenta que, para los gases, n está cerca de 1.0. Esto parece razonable, ya que los átomos en los gases están ampliamente separados y la luz viaja c en el vacío entre los átomos. Es común tomar $n=1$ para gases a menos que se necesite una gran precisión. Si bien la velocidad de la luz v en un medio varía considerablemente de su valor c en un vacío, sigue siendo una velocidad grande.

Índice de refracción en diversos medios

Mediano	n
Gases a 0°C,	1 atm
Aire	1.000293
Dióxido de carbono	1.00045
Hidrógeno	1.000139
Oxígeno	1.000271
Líquidos a 20°C	
Benceno	1.501
Disulfuro de carbono	1.628
Tetracloruro de carbono	1.461
Etanol	1.361

Glicerina	1.473
Água dulce	1.333
Sólidos a 20°C	
Diamante	2.419
Fluorita	1.434
Cristal, corona	1.52
Vidrio, pedernal	1.66
Hielo a 20°C	1.309
Poliestireno	1.49
Plexiglás	1.51
Cuarzo cristalino	1.544
Cuarzo, fusionado	1.458
Cloruro de sodio	1.544
Circón	1.923
Ejemplo	3.7.1

Speed of Light in Matter

Tabla 3.15.1

Calcula la velocidad de la luz en circón, un material utilizado en joyería para imitar diamante.

+: Ley de Refracción

La figura 3.15.2 muestra cómo un rayo de luz cambia de dirección cuando pasa de un medio a otro. Como antes, los ángulos se miden con relación a una perpendicular a la superficie en el punto donde el rayo de luz la cruza. (Parte de la luz incidente se reflejará desde la superficie, pero por ahora nos concentraremos en la luz que se transmite). El cambio de dirección del rayo de luz depende de cómo cambie la velocidad de la luz. El cambio en la velocidad de la luz está relacionado con los índices de refracción de los medios involucrados. En las situaciones que se muestran en la Figura 3.15.2. el medio 2

tiene un índice de refracción mayor que el medio 1. Esto significa que la velocidad de la luz es menor en medio 2 que en medio 1. Obsérvese que como se muestra en la Figura 3.15.2.

(a), la dirección del rayo se acerca más a la perpendicular cuando se ralentiza. Por el contrario, como se muestra en la Figura 3.15.2.

(b), la dirección del rayo se aleja de la perpendicular cuando se acelera. El camino es exactamente reversible. En ambos casos, se puede imaginar lo que sucede al pensar en empujar una cortadora de césped de un sendero a la hierba, y viceversa. Al ir del sendero al pasto, las ruedas delanteras se ralentizan y se tiran hacia un lado como se muestra. Este es el mismo cambio de dirección que para la luz cuando pasa de un medio rápido a uno lento. Al ir del césped al sendero, las ruedas delanteras pueden moverse más rápido y la segadora cambia de dirección como se muestra. Esto, también, es el mismo cambio de dirección que para la luz que va de lento a rápido.

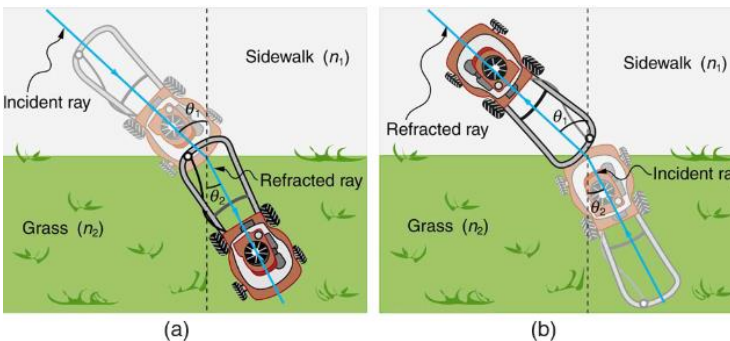


Figura 3.15.2. El cambio de dirección de un rayo de luz depende de cómo cambie la velocidad de la luz cuando cruza de un medio a otro. La velocidad de la luz es mayor en medio 1 que en medio 2 en las situaciones aquí mostradas. (a) Un rayo de luz se acerca a la perpendicular cuando se ralentiza. Esto es análogo a lo que sucede cuando una cortadora de césped va de un sendero a pasto. (b) Un rayo de luz se aleja de la perpendicular cuando acelera. Esto es análogo a lo que sucede cuando una cortadora de césped va de pasto a sendero. Los caminos son exactamente reversibles.

La cantidad que un rayo de luz cambia de dirección depende tanto del ángulo incidente como de la cantidad que cambia la velocidad. Para un rayo en un ángulo incidente dado, un gran cambio en la velocidad provoca un gran cambio de dirección y, por lo tanto, un gran cambio en el ángulo.

*** : Dispersión de la Luz**

Todos disfrutan del espectáculo de un arco iris que brilla contra un oscuro cielo tormentoso. ¿Cómo se rompe la luz solar que cae sobre claras gotas de lluvia en el arco iris de colores que vemos? El mismo proceso hace que la luz blanca se rompa en colores por un prisma de vidrio transparente o un diamante. (Ver Figura 3.15.3.)



(a)



(b)

Figura 3.15.3. Los colores del arco iris (a) y los producidos por un prisma (b) son idénticos. (crédito: Alfredo55, Wikimedia Commons; NASA)

Vemos alrededor de seis colores en un arco iris: rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta; a veces el índigo también aparece en la lista. Esos colores están asociados con diferentes longitudes de onda de luz, como se muestra en la Figura 3.15.4. Cuando nuestro ojo recibe luz de longitud de onda pura, tendemos a ver solo uno de los seis colores, dependiendo de la longitud de onda. Los miles de otros tonos que podemos sentir en otras situaciones son la respuesta de nuestro ojo a diversas mezclas de longitudes de onda.

La luz blanca, en particular, es una mezcla bastante uniforme de todas las longitudes de onda visibles. La luz solar, considerada blanca, en realidad parece ser un poco amarilla debido a su mezcla de longitudes de onda, pero sí contiene todas las longitudes de onda visibles. La secuencia de colores en arcoíris es la misma secuencia que los colores trazados versus longitud de onda en la Figura 3.15.4.

. Lo que esto implica es que la luz blanca se extiende según la longitud de onda en un arco iris. La dispersión se define como la

difusión de la luz blanca en su espectro completo de longitudes de onda. Más técnicamente, la dispersión ocurre siempre que hay un proceso que cambia la dirección de la luz de una manera que depende de la longitud de onda. La dispersión, como fenómeno general, puede ocurrir para cualquier tipo de onda y siempre implica procesos dependientes de la longitud de onda.

+ : Definición: Dispersion

La dispersión se define como la difusión de la luz blanca en su espectro completo de longitudes de onda.

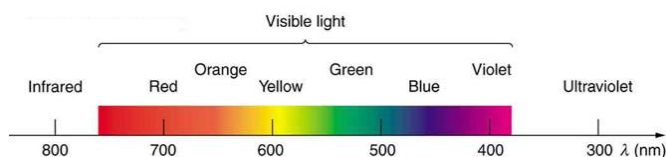


Figura 3.15.4. Aunque los arcoíris están asociados con siete colores, el arco iris es una distribución continua de colores según longitudes de onda.

La refracción es responsable de la dispersión en los arcoíris y muchas otras situaciones. El ángulo de refracción depende del índice de refracción. Sabemos que el índice de refracción n depende del medio. Pero para un medio dado, n también depende de la longitud de onda. (Ver Tabla 3.15.4.). Tenga en cuenta que, para un medio dado, n aumenta a medida que disminuye la longitud de onda y es mayor para la luz violeta. Así, la luz violeta se dobla más que la luz roja, como se muestra para un prisma en la Figura 3.15.5. (b), y la luz se dispersa en la misma secuencia de longitudes de onda que se ve en la Figura 3.15.3. y la Figura 3.15.4.

+ : Hacer conexiones: dispersión

Cualquier tipo de onda puede exhibir dispersión. Las ondas sonoras, todo tipo de ondas electromagnéticas y las ondas de agua se pueden dispersar según la longitud de onda. La dispersión ocurre siempre que la velocidad de propagación depende de la longitud de onda, separando y extendiendo así diversas longitudes de onda. La dispersión puede requerir circunstancias especiales y puede resultar en exhibiciones espectaculares como en la producción de un arco iris. Esto también es cierto para el sonido, ya que todas las

frecuencias suelen viajar a la misma velocidad. Si escuchas sonido a través de un tubo largo, como una manguera de aspiradora, puedes escuchar fácilmente que se dispersa por interacción con el tubo. La dispersión, de hecho, puede revelar mucho sobre lo que ha encontrado la onda que dispersa sus longitudes de onda. La dispersión de la radiación electromagnética del espacio exterior, por ejemplo, ha revelado mucho sobre lo que existe entre las estrellas, el llamado espacio vacío.

Índice de refracción n en medios seleccionados a diversas longitudes de onda

Mediano	Rojo (660 nm)	Naranja (610 nm)	Amarillo (580 nm)	Verde (550 nm)	Azul (470 nm)	Violeta (410 nm)
Agua	1.331	1.332	1.333	1.335	1.338	1.342
Diamante	2.410	2.415	2.417	2.426	2.444	2.458
Cristal, corona	1.512	1.514	1.518	1.519	1.524	1.530
Vidrio, pedernal	1.662	1.665	1.667	1.674	1.684	1.698
Poliestireno	1.488	1.490	1.492	1.493	1.499	1.506
Cuarzo, fusionado	1.455	1.456	1.458	1.459	1.462	1.468

Tabla 3.15.3

Los arcoíris son producidos por una combinación de refracción y reflexión. Es posible que hayas notado que ves un arcoíris solo cuando apartas la mirada del sol. La luz entra en una gota de agua y se refleja desde la parte posterior de la gota, como se muestra en la Figura 3.15.6. La luz se refracta tanto a medida que entra como a medida que sale de la gota.

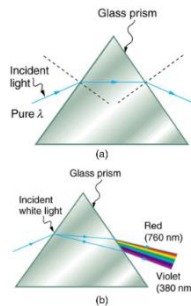


Figura 3.15.5. (a) Una longitud de onda pura de luz cae sobre un prisma y se refracta en ambas superficies. (b) La luz blanca es dispersada por el prisma (se

muestra exagerada). Dado que el índice de refracción varía con la longitud de onda, los ángulos de refracción varían con la longitud de onda. Se produce una secuencia de rojo a violeta, debido a que el índice de refracción aumenta constantemente con la disminución de la longitud de onda.

Dado que el índice de refracción del agua varía con la longitud de onda, la luz se dispersa, y se observa un arco iris, como se muestra en la Figura 3.15.7. (a). (No hay dispersión causada por la reflexión en la superficie posterior, ya que la ley de reflexión no depende de la longitud de onda). El arco iris real de colores visto por un observador depende de la mirada de rayos que se refractan y reflejan hacia los ojos del observador desde numerosas gotas de agua.

El efecto es más espectacular cuando el fondo es oscuro, como en clima tormentoso, pero también se puede observar en cascadas y aspersores de césped. El arco de un arco iris proviene de la necesidad de estar mirando un ángulo específico relativo a la dirección del sol, como se ilustra en la Figura 3.15.7. (b). (Si hay dos reflejos de luz dentro de la gota de agua, se produce otro arco iris “secundario”. Este raro evento produce un arco que se encuentra por encima del arco arcoíris primario, ver Figura 3.15.7. (c).)

+ : **Definición: Arcoiris**

Parte de la luz que cae sobre esta gota de agua entra y se refleja desde la parte posterior de la gota. Esta luz se refracta y dispersa tanto a medida que entra como a medida que sale de la gota.

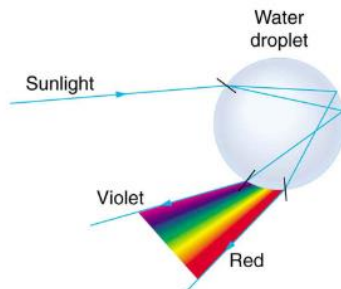


Figura 3.15.6. Los arcoíris son producidos por una combinación de refracción y reflexión.

La dispersión puede producir hermosos arcoíris, pero puede causar problemas en los sistemas ópticos. La luz blanca utilizada para

transmitir mensajes en una fibra se dispersa, extendiéndose en el tiempo y eventualmente superponiéndose con otros mensajes.

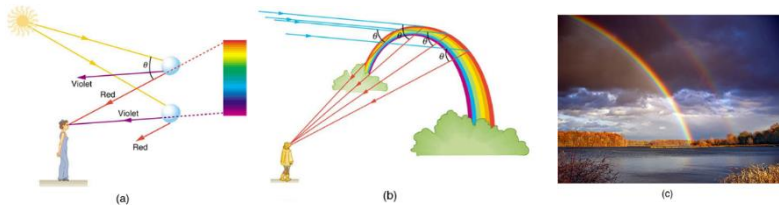


Figura 3.15.7. (a) Diferentes colores emergen en diferentes direcciones, por lo que debes mirar diferentes ubicaciones para ver los diversos colores de un arcoíris. b) El arco de un arco iris resulta del hecho de que una línea entre el observador y cualquier punto del arco debe hacer el ángulo correcto con los rayos paralelos de luz solar para recibir los rayos refractados. (c) Arco iris doble. (crédito: Nicholas, Wikimedia Commons).

Dado que un láser produce una longitud de onda casi pura, su luz experimenta poca dispersión, una ventaja sobre la luz blanca para la transmisión de información. En contraste, la dispersión de ondas electromagnéticas que nos llegan desde el espacio exterior puede ser utilizada para determinar la cantidad de materia por la que pasan. Como ocurre con muchos fenómenos, la dispersión puede ser útil o una molestia, dependiendo de la situación y de nuestras metas humanas.

* : Formación de Imágenes por Lentes

Las lentes se encuentran en una gran variedad de instrumentos ópticos, que van desde una simple lupa hasta el ojo hasta el lente de zoom de una cámara. En esta sección, utilizaremos la ley de la refracción para explorar las propiedades de las lentes y cómo forman las imágenes.

La palabra lente deriva de la palabra latina para frijol de lenteja, cuya forma es similar a la lente convexa en la Figura 3.15.8. La lente convexa mostrada ha sido conformada de manera que todos los rayos de luz que entran en ella paralelos a su eje se cruzan entre sí en un solo punto en el lado opuesto de la lente. (El eje se define como una línea normal a la lente en su centro, como se muestra en la Figura) 3.15.8.

Tal lente se llama lente convergente (o convexa) por el efecto convergente que tiene sobre los rayos de luz. Se muestra una vista ampliada de la trayectoria de un rayo a través de la lente, para ilustrar cómo el rayo cambia de dirección tanto a medida que entra como a medida que sale de la lente. Dado que el índice de refracción de la lente es mayor que el del aire, el rayo se mueve hacia la perpendicular a medida que entra y se aleja de la perpendicular a medida que sale (Esto es conforme a la ley de la refracción.).

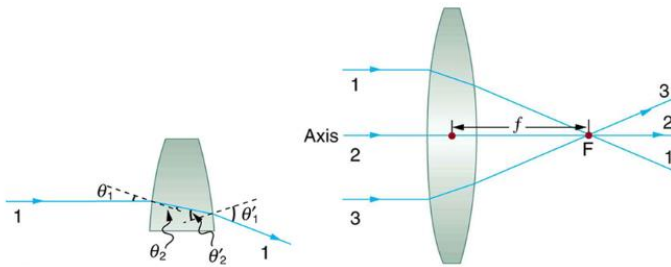


Figura 3.15.8. Debido a la forma de la lente, la luz se dobla hacia el eje en ambas superficies. El punto en el que se cruzan los rayos se define como el punto focal F de la lente. La distancia desde el centro de la lente hasta su punto focal se define como la distancia focal f de la lente. La figura 3.9.2 muestra cómo una lente convergente, como la de una lupa, puede converger los rayos de luz casi paralelos del sol a una pequeña mancha.

Los rayos de luz que entran en una lente convergente paralela a su eje convergen en su punto focal F . (El rayo 2 se encuentra en el eje de la lente.) La distancia desde el centro de la lente hasta el punto focal es la distancia focal de la lente f . Una vista ampliada de la trayectoria tomada por el rayo 1 muestra las perpendiculares y los ángulos de incidencia y refracción en ambas superficies.

+: Definición: Lente convergente o convexa

La lente en la que los rayos de luz que entran en ella paralelos a su eje se cruzan entre sí en un solo punto del lado opuesto con un efecto convergente se denomina lente convergente.

+: Definición: Punto focal F

El punto en el que se cruzan los rayos de luz se llama punto focal F de la lente.

+: Definición: Largo focal f

La distancia desde el centro de la lente hasta su punto focal se denomina distancia focal f .



Figura 3.15.9. La luz solar enfocada por una lupa convergente puede quemar papel. Los rayos de luz del sol son casi paralelos y cruzan en el punto focal de la lente. Cuanto más potente sea la lente, más cerca de la lente cruzarán los rayos.

Cuanto mayor efecto tenga una lente sobre los rayos de luz, más potente se dice que es. Por ejemplo, una potente lente convergente enfocará los rayos de luz paralelos más cerca de sí mismo y tendrá una distancia focal más pequeña que una lente débil. La luz también se enfocará en un punto más pequeño e intenso para obtener una lente más potente. La potencia P

de una lente se define como la inversa de su distancia focal. En forma de ecuación, esto es

$$P=1/f.$$

∴ Definición: Potencia P

La potencia P de una lente se define como la inversa de su distancia focal. En forma de ecuación, esto es

$$P=1/f.$$

donde f está la distancia focal de la lente, la cual debe ser dada en metros (y no cm o mm). La potencia de una lente P tiene las dioptrías unitarias (D), siempre que la distancia focal se dé en metros. Es decir, $1 D=1/m$, o $1 m^{-1}$. (Tenga en cuenta que esta potencia (potencia óptica, en realidad) no es lo mismo que la potencia en vatios. Es un concepto relacionado con el efecto de los dispositivos ópticos sobre la luz.) Los optometristas prescriben gafas comunes y lentes de contacto en unidades de dioptrías.

+ : Ejemplo 3.15.1 ¿Cuál es el poder de una lupa común?

Supongamos que sacas una lupa en un día soleado y encuentras que concentra la luz solar en una pequeña mancha a 8.00 cm de distancia de la lente. ¿Cuál es la distancia focal y la potencia de la lente?

- : Estrategia

La situación aquí es la misma que las que se muestran en la Figura 3.15.8. y la Figura 3.15.9. El Sol está tan lejos que los rayos del Sol son casi paralelos cuando llegan a la Tierra. La lupa es una lente convexa (o convergente), enfocando los rayos casi paralelos de la luz solar. Así, la distancia focal de la lente es la distancia desde la lente hasta el punto, y su potencia es la inversa de esta distancia (en m).

- : Solución

La distancia focal de la lente es la distancia desde el centro de la lente hasta el punto, dado que es de 8.00 cm. Por lo tanto,

$$f=8.00 \text{ cm.}$$

Para encontrar la potencia de la lente, primero debemos convertir la distancia focal a metros; luego, sustituimos este valor en la ecuación por potencia. Esto da

$$P=1/f=1/0.0800 \text{ m}=12.5 \text{ D.}$$

- : Discusión

Esta es una lente relativamente potente. La potencia de una lente en dioptrías no debe confundirse con el concepto familiar de potencia en vatios. Es un hecho lamentable que la palabra “poder” se utilice para dos conceptos completamente diferentes. Si examina una receta para anteojos, notará los poderes de lente dados en las dioptrías. Si examina la etiqueta en un motor, notará la tasa de consumo de energía dada como una potencia en vatios.

La figura 3.15.10. muestra una lente cóncava y el efecto que tiene sobre los rayos de luz que la ingresan paralelos a su eje (la trayectoria tomada por el rayo 2 en la figura es el eje de la lente). La lente cóncava es una lente divergente, ya que hace que los rayos de luz se doblen (diverjan) de su eje. En este caso, la lente ha sido conformada de manera que todos los rayos de luz que entran en ella paralelos a

su eje parecen originarse desde un mismo punto F , definido como el punto focal de una lente divergente.

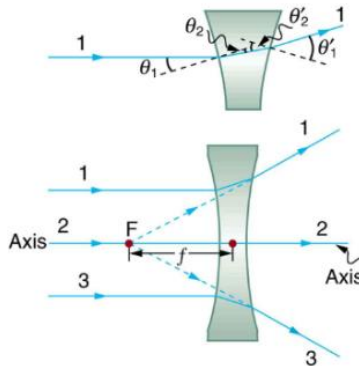


Figura 3.15.10. La distancia desde el centro de la lente hasta el punto focal se llama de nuevo la distancia focal f de la lente. Tenga en cuenta que la distancia focal y la potencia de una lente divergente se definen como negativas. Por ejemplo, si la distancia a F en la Figura 3.15.10. es de 5.00 cm, entonces la distancia focal es $f=-5.00$ cm y la potencia de la lente es $P=-20$ D. En la figura se muestra una vista ampliada de la trayectoria de un rayo a través de la lente para ilustrar cómo la forma de la lente, junto con la ley de refracción, hace que el rayo siga su trayectoria particular y sea divergido.

Los rayos de luz que entran en una lente divergente paralela a su eje son divergentes, y todos parecen originarse en su punto focal F . Las líneas discontinuas no son rayos, indican las direcciones de las que parecen provenir los rayos. La distancia focal f de una lente divergente es negativa. Una vista ampliada de la trayectoria tomada por el rayo 1 muestra las perpendiculares y los ángulos de incidencia y refracción en ambas superficies.

+ : **Definición: Lente divergente**

Una lente que hace que los rayos de luz se doblen alejándose de su eje se denomina lente divergente.

Como se señaló en la discusión inicial de la ley de la refracción, los caminos de los rayos de luz son exactamente reversibles. Esto significa que la dirección de las flechas podría invertirse para todos los rayos de la Figura 3.15.10. y la Figura 3.15.11.

Los caminos son exactamente los inversos de los que se muestran en la Figura 3.15.9. Esta técnica se utiliza en faros y a veces en

semáforos para producir un haz de luz direccional a partir de una fuente que emite luz en todas las direcciones.

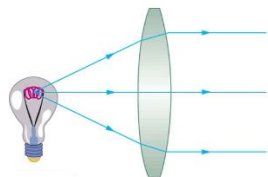


Figura 3.15.11. Una pequeña fuente de luz, como un filamento de bombilla, colocada en el punto focal de una lente convexa, da como resultado rayos de luz paralelos que emergen del otro lado.

Por ejemplo, si se coloca una fuente de luz puntual en el punto focal de una lente convexa, como se muestra en la Figura 3.15.11. los rayos de luz paralelos emergen del otro lado.

+ : Ray Tracing y Lentes Delgadas

El trazado de rayos es la técnica de determinar o seguir (trazar) los caminos que toman los rayos de luz. Para los rayos que pasan por la materia, se utiliza la ley de la refracción para trazar los caminos. Aquí utilizamos el trazado de rayos para ayudarnos a comprender la acción de las lentes en situaciones que van desde la formación de imágenes en película hasta la ampliación de letra pequeña y la corrección de la miopía.

Si bien el trazado de rayos para lentes complicados, como los que se encuentran en cámaras sofisticadas, puede requerir técnicas informáticas, existe un conjunto de reglas simples para rastrear los rayos a través de lentes delgadas. Una lente delgada se define como aquella cuyo espesor permite que los rayos se refracten, como se ilustra en la Figura 3.15.7. pero no permite propiedades como dispersión y aberraciones.

Una lente delgada ideal tiene dos superficies refractantes pero la lente es lo suficientemente delgada como para asumir que los rayos de luz se doblan solo una vez. Una lente simétrica delgada tiene dos puntos focales, uno a cada lado y ambos a la misma distancia de la lente. (Ver Figura 3.15.12.) Otra característica importante de una lente delgada es que los rayos de luz a través de su centro son

desviados en una cantidad insignificante, como se ve en la Figura 3.15.13.

- : **Definición: Lente fina**

Una lente delgada se define como aquella cuyo espesor permite que los rayos se refracten, pero no permita propiedades como dispersión y aberraciones.

+ : **Una visita al óptico**

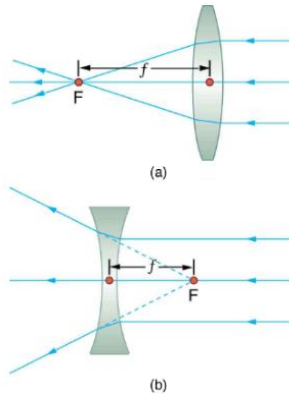


Figura 3.15.12. Mira a través de tus anteojos (o los de un amigo) hacia atrás y hacia adelante y comenta si actúan como lentes delgadas.

Las lentes delgadas tienen la misma distancia focal en cada lado. a) Rayos de luz paralelos que ingresan a una lente convergente desde la cruz derecha en su punto focal a la izquierda. b) Los rayos de luz paralelos que ingresan a una lente divergente desde la derecha parecen provenir del punto focal de la derecha.

Usando papel, lápiz y un borde recto, el trazado de rayos puede describir con precisión el funcionamiento de una lente. Las reglas para el trazado de rayos para lentes delgadas se basan en las ilustraciones ya discutidas:

Rayo principal 1: un rayo que entra en una lente convergente paralela a su eje pasa por el punto focal F de la lente en el otro lado (ver los rayos 1 y 3 en la figura 3.15.8.); un rayo que entra en una lente divergente paralela a su eje parece provenir del punto focal F (ver rayos 1 y 3 en Figura 3.15.10.)

Rayo principal 2: un rayo que pasa por el centro de una lente convergente o divergente no cambia de dirección (ver Figura 3.15.13. y ver rayo 2 en Figura 3.15.8. y Figura 3.15.10.)

Rayo principal 3: un rayo que entra en una lente convergente a través de su punto focal sale paralelo a su eje (el reverso de los rayos 1 y 3 en la Figura 3.15.1); un rayo que entra en una lente divergente dirigiéndose hacia el punto focal en el lado opuesto sale paralelo al eje (el reverso de rayos 1 y 3 en la Figura 3.15.3). El tercer rayo principal es opcional y puede usarse para verificar la precisión de la ubicación de la imagen.

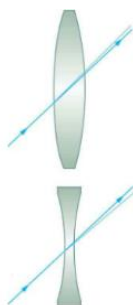


Figura 3.15.13. El rayo de luz a través del centro de una lente delgada se desvía en una cantidad insignificante y se supone que emerge paralelo a su trayectoria original (mostrada como una línea sombreada).

+: Formación de Imagen por Lentes Delgadas

En algunas circunstancias, una lente forma una imagen obvia, como cuando un proyector de películas proyecta una imagen sobre una pantalla. En otros casos, la imagen es menos obvia. ¿Dónde, por ejemplo, está la imagen formada por anteojos? Utilizaremos el trazado de rayos para lentes delgadas para ilustrar cómo forman las imágenes, y desarrollaremos ecuaciones para describir cuantitativamente la formación de imágenes.

Considere un objeto a cierta distancia de una lente convergente, como se muestra en la Figura 3.15.14. Para encontrar la ubicación y el tamaño de la imagen formada, trazamos los caminos de los rayos principales originados desde un punto sobre el objeto, en este caso la parte superior de la cabeza de la persona. La figura muestra los tres rayos principales desde la parte superior del objeto como se describió anteriormente. (Tenga en cuenta que hay muchos rayos de

luz que salen de este punto yendo en muchas direcciones, pero nos concentramos en los tres rayos principales que pueden ser trazados por reglas simples.)

El primer rayo es aquel que ingresa al lente paralelo a su eje y pasa por el punto focal del otro lado (Rayo Principal 1). El segundo rayo pasa por el centro de la lente sin cambiar de dirección (Rayo Principal 2). El tercer rayo pasa a través del punto focal más cercano en su camino hacia la lente y deja la lente paralela a su eje (Rayo Principal 3). Si se dibujan correctamente, los tres rayos se cruzan en el mismo punto del otro lado de la lente. En este punto se ubica la imagen de la parte superior de la cabeza de la persona.

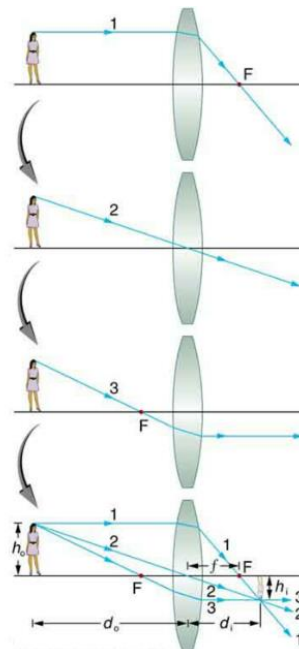


Figura 3.15.14. El trazado de rayos se utiliza para localizar la imagen formada por una lente. Se trazan los rayos que se originan desde el mismo punto sobre el objeto; los tres rayos elegidos siguen cada uno una de las reglas para el trazado de rayos, de manera que sus caminos son fáciles de determinar. La imagen se ubica en el punto donde se cruzan los rayos. En este caso, se forma una imagen real, una que se puede proyectar en una pantalla.

Todos los rayos, incluidos los que no son rayos principales, que provienen del mismo punto en la parte superior de la cabeza de la persona son refractados de tal manera que crucen en el punto que

se muestra; los rayos principales son los que utilizamos para encontrar este punto.

Rayos de otro punto sobre el objeto, como la hebilla de su cinturón, también se cruzarán en otro punto común, formando una imagen completa, como se muestra. Si bien se trazan tres rayos en la Figura 3.15.14. solo son necesarios dos para ubicar la imagen. Antes de aplicar el trazado de rayos a otras situaciones, consideremos con más detalle el ejemplo que se muestra 3.15.14. en la Figura.

La imagen formada en Figura 3.15.14. es una imagen real, lo que significa que se puede proyectar. Es decir, los rayos de luz de un punto del objeto en realidad se cruzan en la ubicación de la imagen y pueden proyectarse sobre una pantalla, un trozo de película o la retina de un ojo, por ejemplo. La figura 3.15.15. muestra cómo una imagen de este tipo sería proyectada sobre película por una lente de cámara. Esta figura también muestra cómo una imagen real es proyectada sobre la retina por el cristalino de un ojo. Tenga en cuenta que la imagen está ahí tanto si se proyecta sobre una pantalla como si no.

+ : Definición: Imagen real

La imagen en la que los rayos de luz de un punto en el objeto realmente se cruzan en la ubicación de la imagen y pueden proyectarse sobre una pantalla, un trozo de película o la retina de un ojo se llama imagen real.

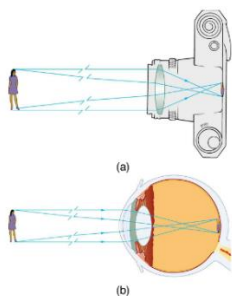


Figura 3.15.15. Se pueden proyectar imágenes reales. (a) Una imagen real de la persona se proyecta en película. (b) La naturaleza convergente de las múltiples superficies que componen el ojo dan como resultado la proyección de una imagen real sobre la retina.

Varias distancias importantes aparecen en la Figura 3.15.14. Definimos d_o que es la distancia del objeto, la distancia de un objeto

desde el centro de una lente. La distancia de imagen d_i se define como la distancia de la imagen desde el centro de una lente. A la altura del objeto y la altura de la imagen se les dan los símbolos h_o y h_i , respectivamente.

Las imágenes que aparecen verticales con relación al objeto tienen alturas que son positivas y las que están invertidas tienen alturas negativas. Usando las reglas del trazado de rayos y haciendo un dibujo a escala con papel y lápiz, así en Figura 3.15.15. podemos describir con precisión la ubicación y el tamaño de una imagen. Pero el beneficio real del trazado de rayos está en visualizar cómo se forman las imágenes en una variedad de situaciones. Para obtener información numérica, utilizamos un par de ecuaciones que se pueden derivar de un análisis geométrico de trazado de rayos para lentes delgadas. Las ecuaciones de lentes delgadas son

$$1/d_o + 1/d_i = 1/f$$

y

$$h_i / h_o = -d_i / d_o = m.$$

Definimos la relación entre la altura de la imagen y la altura del objeto (h_i/h_o) para que sea la ampliación m . (El signo menos en la ecuación anterior se discutirá en breve.) Las ecuaciones de lentes delgadas son ampliamente aplicables a todas las situaciones que involucran lentes delgadas (y espejos “delgados”, como veremos más adelante). Exploraremos muchas características de la formación de imágenes en los siguientes ejemplos trabajados.

+ : Definición: Distancia de la Imagen

La distancia de la imagen desde el centro de la lente se llama distancia de imagen.

+ : Ecuaciones de lente fina y aumento

$$1 / d_o + 1 / d_i = 1/f$$

$$h_i / h_o = -d_i / d_o = m$$

+ : Ejemplo 3.15.2

Encontrar la imagen de un filamento de bombilla por rastreo de rayos y por las ecuaciones de lente delgada.

Se coloca una bombilla de vidrio transparente a 0.750 m de una lente convexa que tiene una distancia focal de 0.500 m, como se muestra en la Figura 3.15.16. Utilice el trazado de rayos para obtener una ubicación aproximada de la imagen. Luego usa las ecuaciones de lente delgada para calcular (a) la ubicación de la imagen y (b) su aumento. Verifique que el trazado de rayos y las ecuaciones de lentes delgadas produzcan resultados consistentes.

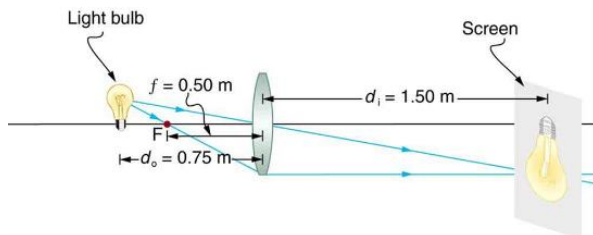


Figura 3.15.16. Una bombilla colocada a 0.750 m de una lente que tiene una distancia focal de 0.500 m produce una imagen real en un tablero de póster como se discutió en el ejemplo anterior. El trazado de rayos predice la ubicación y el tamaño de la imagen.

- : Estrategia y Concepto

Dado que el objeto se coloca más lejos de una lente convergente que la distancia focal de la lente, esta situación es análoga a las ilustradas en la Figura 3.15.14. y la Figura 3.15.15. El trazado de rayos a escala debería producir resultados similares para d_i . Soluciones numéricas para d_i y m pueden obtener usando las ecuaciones de lente delgada, señalando que $d_o=0.750$ m and $f=0.500$ m.

- : Soluciones (Ray tracing)

El trazado de rayos a escala en la Figura 3.15.16. muestra dos rayos de un punto en el filamento de la bombilla cruzando alrededor de 1.50 m en el lado lejano de la lente. Así, la distancia de la imagen d_i es de aproximadamente 1.50 m. De igual manera, la altura de la imagen basada en el trazado de rayos es mayor que la altura del objeto en aproximadamente un factor de 2, y la imagen se invierte. Así m es aproximadamente -2 . El signo menos indica que la imagen está invertida.

Las ecuaciones de lente fina se pueden utilizar para encontrar a d_i partir de la información dada:

$$1 / d_o + 1 / d_i = 1 / f.$$

Reorganizar para aislar d_i da

$$1 / d_i = 1/f - 1 / d_o.$$

Introducir cantidades conocidas da un valor para $1/d_i$:

$$1 / d_i = 1 / 0.500 \text{ m} - 1 / 0.750 \text{ m} = 0.667 / \text{m}.$$

Esto debe invertirse para encontrar d_i :

$$d_i = \text{m} / 0.667 = 1.50 \text{ m}.$$

Tenga en cuenta que otra forma de encontrar d_i es reorganizar la ecuación:

$$1 / d_i = 1 / f - 1 / d_o.$$

Esto produce la ecuación para la distancia de la imagen como:

$$d_i = f d_o / d_o - f.$$

Tenga en cuenta que aquí no hay inversión. Las ecuaciones de lente fina se pueden utilizar para encontrar la ampliación m , ya que ambas d_i y d_o son conocidas. Ingresando sus valores da

$$m = - d_i / d_o = -1.50 \text{ m} / 0.750 \text{ m} = -2.00.$$

- : **Discusión**

Tenga en cuenta que el signo menos hace que el aumento sea negativo cuando se invierte la imagen. El trazado de rayos y el uso de las ecuaciones de lentes delgadas producen resultados consistentes. Las ecuaciones de lente delgada dan los resultados más precisos, estando limitadas solo por la precisión de la información dada. El trazado de rayos está limitado por la precisión con la que se puede dibujar, pero es muy útil tanto conceptual como visualmente.

Las imágenes reales, como la considerada en el ejemplo anterior, están formadas por lentes convergentes siempre que un objeto esté más alejado de la lente que su distancia focal. Esto es cierto para los proyectores de películas, las cámaras y el ojo. Nos referiremos a éstas como imágenes del caso 1. Se forma una imagen del caso 1 cuando $d_o > f$ y f es positiva, como en la Figura 3.15.17. (a). (Al final

de esta sección aparece un resumen de los tres casos o tipos de formación de imágenes).

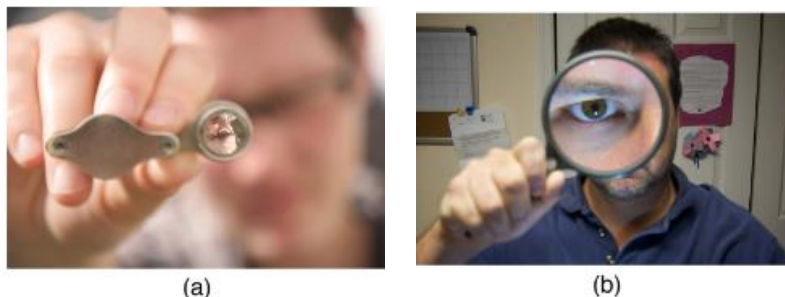


Figura 3.15.17. (a) Cuando una lente convergente se mantiene más alejada de la cara que la distancia focal de la lente, se forma una imagen invertida. Esta es una imagen de caso 1. Tenga en cuenta que la imagen está enfocada pero la cara no, porque la imagen está mucho más cerca de la cámara que toma esta fotografía que de la cara. (crédito: DamongMan, Flickr) (b) Se produce una imagen ampliada de un rostro colocándolo más cerca de la lente convergente que de su distancia focal. Esta es una imagen del caso 2. (crédito: Casey Fleser, Flickr)

Se forma un tipo diferente de imagen cuando un objeto, como la cara de una persona, se sujeta cerca de una lente convexa. La imagen es vertical y más grande que el objeto, como se ve en la Figura 3.15.17.

(b), por lo que la lente se llama lupa. Si lentamente sacas la lupa de la cara, verás que la ampliación aumenta de manera constante hasta que la imagen comienza a difuminarse. Al jalar la lupa aún más lejos se produce una imagen invertida como se ve en la Figura 3.15.17.

(a). La distancia a la que la imagen se difumina, y más allá de la cual se invierte, es la distancia focal de la lente. Para utilizar una lente convexa como lupa, el objeto debe estar más cerca de la lente convergente que su distancia focal. A esto se le llama una imagen del caso 2. Se forma una imagen del caso 2 cuando $d_o < f$ y f es positiva.

La figura 3.15.18. utiliza el trazado de rayos para mostrar cómo se forma una imagen cuando un objeto se mantiene más cerca de una lente convergente que su distancia focal. Los rayos que provienen de un punto común en el objeto continúan divergiendo después de pasar por la lente, pero todos parecen originarse a partir de un punto en la ubicación de la imagen. La imagen está en el mismo lado de la lente que el objeto y está más lejos de la lente que el objeto. Esta

imagen, como todas las imágenes del caso 2, no se puede proyectar y, de ahí, se llama imagen virtual.

Los rayos de luz sólo parecen originarse en una imagen virtual; en realidad no pasan por esa ubicación en el espacio. Una pantalla colocada en la ubicación de una imagen virtual recibirá solo luz difusa del objeto, no rayos enfocados de la lente. Adicionalmente, una pantalla colocada en el lado opuesto de la lente recibirá rayos que aún divergen, por lo que no se proyectará ninguna imagen sobre ella. Podemos ver la imagen ampliada con nuestros ojos, porque la lente del ojo converge los rayos en una imagen real proyectada sobre nuestra retina. Por último, observamos que una imagen virtual es vertical y más grande que el objeto, es decir, que la ampliación es positiva y mayor que 1.

+: Definición: Imagen virtual

Una imagen que está en el mismo lado de la lente que el objeto y que no se puede proyectar en una pantalla se llama imagen virtual.

+: Ejemplo 3.15.3

Imagen Producida por una Lupa

Supongamos que la página del libro en la Figura 3.15.18. (a) se sostiene a 7.50 cm de una lente convexa de distancia focal de 10.0 cm, tal como podría tener una lupa típica. ¿Qué ampliación se produce?

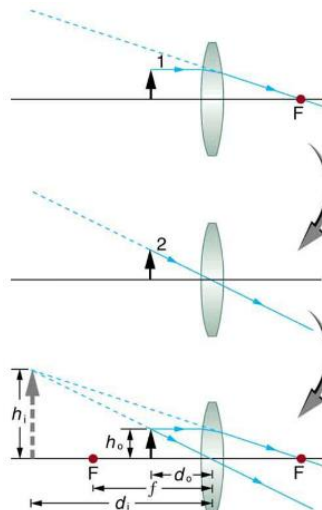


Figura 3.15.18. El rayo 1 entra paralelo al eje y sale por el punto focal en el lado opuesto, mientras que el rayo 2 pasa por el centro de la lente sin cambiar de trayectoria. Los dos rayos continúan divergiendo al otro lado de la lente, pero ambos parecen provenir de un punto común, ubicando la imagen vertical, magnificada, virtual. Esta es una imagen del caso 2.

El trazado de rayos predice la ubicación y el tamaño de la imagen para un objeto mantenido más cerca de una lente convergente que su distancia focal.

- : Estrategia y Concepto

Se nos da eso $d_o=7.50$ cm y $f=10.0$ cm, así tenemos una situación en la que el objeto se coloca más cerca de la lente que su distancia focal. Por lo tanto, esperamos obtener una imagen virtual de caso 2 con un aumento positivo que sea mayor que 1. El trazado de rayos produce una imagen como la que se muestra en la Figura 3.15.11, pero usaremos las ecuaciones de lente delgada para obtener soluciones numéricas en este ejemplo.

- : Solución

Para encontrar la ampliación m , tratamos de utilizar la ecuación de ampliación, $m=-d_i/d_o$. No tenemos un valor para d_i , por lo que primero debemos encontrar la ubicación de la imagen usando la ecuación de lente. (El procedimiento es el mismo que se siguió en el ejemplo anterior, donde d_o y f se conocían.) Reorganizar la ecuación de aumento para aislar d_i da

$$1 / d_i = 1 / f - 1 / d_o.$$

Ingresando valores conocidos, obtenemos un valor para $1/d_i$:

$$1 / d_i = 1 / 10.0 \text{ cm} - 1 / 7.50 \text{ cm} = -0.0333 / \text{cm}.$$

Esto debe invertirse para encontrar d_i :

$$d_i = -\text{cm} / 0.0333 = -30.0 \text{ cm}.$$

Ahora la ecuación de lente delgada se puede utilizar para encontrar el aumento m , ya que ambos d_i y d_o son conocidos. Ingresando sus valores da

$$M = -d_i / d_o = -(-30.0 \text{ cm} / 7.5 \text{ cm}) = 4.00.$$

+ : Discusión

Una serie de resultados en este ejemplo son ciertos para todas las imágenes del caso 2, además de ser consistentes con la Figura 3.15.57. El aumento es realmente positivo (como se predijo), lo que significa que la imagen es vertical. El aumento también es mayor que 1, lo que significa que la imagen es más grande que el objeto, en este caso, en un factor de 3. Tenga en cuenta que la distancia de la imagen es negativa. Esto significa que la imagen está en el mismo lado de la lente que el objeto. Así la imagen no se puede proyectar y es virtual. (Los valores negativos de d_i ocurren para imágenes virtuales.) La imagen está más lejos de la lente que del objeto, ya que la distancia de la imagen es mayor en magnitud que la distancia del objeto. La ubicación de la imagen no es obvia cuando miras a través de una lupa. De hecho, dado que la imagen es más grande que el objeto, se puede pensar que la imagen está más cerca que el objeto. Pero la imagen está más lejos, hecho que es útil para corregir la hipermetropía, como veremos en una sección posterior.



Figura 3.15.19. Un automóvil visto a través de una lente cóncava o divergente se ve en posición vertical. Esta es una imagen del caso 3. (crédito: Daniel Oines, Flickr)

Un tercer tipo de imagen está formado por una lente divergente o cóncava. Intenta mirar a través de anteojos destinados a corregir la miopía. (Ver Figura 3.15.58.) Verás una imagen que es vertical pero más pequeña que el objeto. Esto quiere decir que la ampliación es positiva pero menor a 1.

El diagrama de rayos en la Figura 3.15.20. muestra que la imagen está en el mismo lado de la lente que el objeto y, por lo tanto, no se puede proyectar, es una imagen virtual. Tenga en cuenta que la imagen está más cerca de la lente que del objeto. Se trata de una imagen de caso 3, formada para cualquier objeto por una distancia focal negativa o lente divergente.

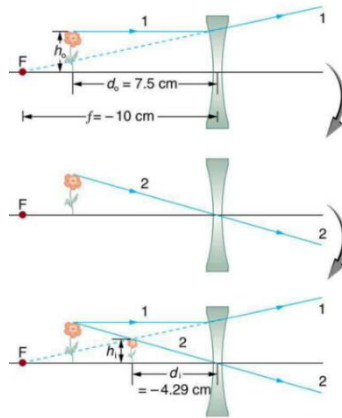


Figura 3.15.20. El trazado de rayos predice la ubicación y el tamaño de la imagen para una lente cóncava o divergente. El rayo 1 entra paralelo al eje y se dobla de manera que parece originarse desde el punto focal. El rayo 2 pasa por el centro de la lente sin cambiar la trayectoria. Los dos rayos parecen provenir de un punto común, ubicando la imagen vertical. Se trata de una imagen de caso 3, que está más cerca de la lente que el objeto y menor en altura.

+ : Ejemplo 3.15.4

Imagen producida por lentes cóncavas

Supongamos que un objeto como una página de libro se sostiene a 7.50 cm de una lente cóncava de distancia focal -10.0 cm. Tal lente podría usarse en anteojos para corregir miopía pronunciada. ¿Qué ampliación se produce?

- : Estrategia y Concepto

Este ejemplo es idéntico al anterior, excepto que la distancia focal es negativa para una lente cóncava o divergente. El método de solución es así el mismo, pero los resultados son diferentes en formas importantes.

- : Solución

Para encontrar la ampliación m , primero debemos encontrar la distancia de la imagen d_i usando la ecuación de lente delgada

$$1 / d_i = 1 / f - 1 / d_o,$$

o su reordenamiento alternativo

$$d_i = f d_o / d_o - f.$$

Se nos da eso $f = -10.0$ cm y $d_o = 7.50$ cm. Al ingresar estos se obtiene un valor para $1/d_i$:

$$1/d_i = 1/(-10.0 \text{ cm}) - 1/7.50 \text{ cm} = -0.2333/\text{cm}.$$

Esto debe invertirse para encontrar d_i :

$$d_i = -\text{cm} / 0.2333 = -4.29 \text{ cm}.$$

O

$$d_i = (7.5)(-10) / (7.5 - (-10)) = -75/17.5 = -4.29 \text{ cm}.$$

Ahora la ecuación de ampliación se puede utilizar para encontrar la ampliación m , ya que ambos d_i y d_o son conocidos. Ingresando sus valores da

$$m = -d_i/d_o = -(-4.29 \text{ cm}) / 7.50 \text{ cm} = 0.571.$$

- : **Discusión**

Una serie de resultados en este ejemplo son ciertos para todas las imágenes del caso 3, además de ser consistentes con la Figura 3.15.58. El aumento es positivo (como se predijo), lo que significa que la imagen es vertical. El aumento también es menor que 1, lo que significa que la imagen es más pequeña que el objeto, en este caso, un poco más de la mitad de su tamaño. La distancia de la imagen es negativa, lo que significa que la imagen está en el mismo lado de la lente que el objeto. (La imagen es virtual.) La imagen está más cerca de la lente que del objeto, ya que la distancia de la imagen es menor en magnitud que la distancia del objeto. La ubicación de la imagen no es obvia cuando miras a través de una lente cóncava. De hecho, dado que la imagen es más pequeña que el objeto, se puede pensar que está más lejos. Pero la imagen está más cerca que el objeto, hecho que es útil para corregir la miopía, como veremos en una sección posterior.

En la tabla 3.15.8. se resumen los tres tipos de imágenes formadas por lentes simples delgadas. Estas son referidas como imágenes de los casos 1, 2 y 3. Las lentes convexas (convergentes) pueden formar imágenes reales o virtuales (casos 1 y 2, respectivamente), mientras que las lentes cóncavas (divergentes) pueden formar solo imágenes virtuales (siempre caso 3). Las imágenes reales siempre están invertidas, pero pueden ser más grandes o más pequeñas que el

objeto. Por ejemplo, un proyector de diapositivas forma una imagen más grande que la diapositiva, mientras que una cámara hace que una imagen sea más pequeña que el objeto que se está fotografiando. Las imágenes virtuales siempre están en posición vertical y no se pueden proyectar. Las imágenes virtuales son más grandes que el objeto solo en el caso 2, donde se usa una lente convexa. La imagen virtual producida por una lente cóncava es siempre más pequeña que el objeto, una imagen de caso 3. Podemos ver y fotografiar imágenes virtuales solo mediante el uso de una lente adicional para formar una imagen real.

Tipo	Formado cuando	Tipo de imagen	d_i	m
Caso 1	$f_{\text{positivo}}, d_o > f$	real	positivo	negativo
Caso 2	$f_{\text{positivo}}, d_o < f$	virtual	negativo	positivo, $m > 1$
Caso 3	f_{negativo}	virtual	negativo	positivo, $m < 1$

Tabla 3.15.1

Nota: La acción de las partículas con fuerza magnética con fotones o neutrinos sobre los objetos cuyos electrones emiten fotones o neutrinos que reciben los lentes hechos de cuarzo o cristal pulido, cóncavos la concentran y si son convexos la amplifican. Señal que transmiten de electrón en electrón en los átomos en el interior de los lentes, estas reacciones no modifican la señal recibida por ser de carbono diamagnético, esa es la señal que reciben nuestros ojos.

+ : Espectroscopia en Astronomía

La radiación electromagnética con las longitudes de onda más cortas, no mayores de 0.01 nanómetros, se categoriza como rayos gamma (1 nanómetro = 10^{-9} metros; ver Apéndice D). El nombre gamma proviene de la tercera letra del alfabeto griego: los rayos gamma fueron el tercer tipo de radiación descubierta proveniente de átomos radiactivos cuando los físicos investigaron por primera vez su comportamiento. Debido a que los rayos gamma llevan mucha energía, pueden ser peligrosos para los tejidos vivos. La radiación gamma se genera en lo profundo del interior de las estrellas, así como por algunos de los fenómenos más violentos del universo, como la muerte de estrellas y la fusión de cadáveres estelares. Los rayos gamma que llegan a la Tierra son absorbidos por nuestra atmósfera antes de que lleguen al suelo (lo cual es algo bueno para

nuestra salud); así, solo pueden ser estudiados usando instrumentos en el espacio.

La radiación electromagnética con longitudes de onda entre 0.01 nanómetros y 20 nanómetros se conoce como rayos X. Al ser más energéticos que la luz visible, los rayos X son capaces de penetrar en los tejidos blandos, pero no en los huesos, y así nos permiten hacer imágenes de las sombras de los huesos dentro de nosotros. Si bien los rayos X pueden penetrar una corta longitud de carne humana, son detenidos por la gran cantidad de átomos en la atmósfera terrestre con la que interactúan. Así, la astronomía de rayos X (como la astronomía de rayos gamma) no pudo desarrollarse hasta que inventamos formas de enviar instrumentos por encima de nuestra atmósfera (Figura 3.15.21.).

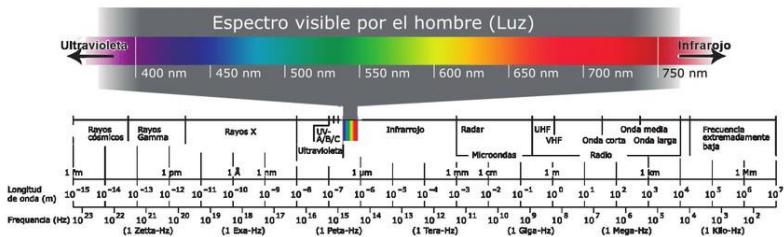


Figura 3.15.21. Estos rayos electromagnéticamente cargados son agresivos para cualquier forma de vida, pero también es la fuente de todas las formas de vida existentes en el universo conocido, la energía es indispensable para generarla y también para destruirla. Está comprobado que el sol, es una gran masa de gases en actividad atómica y de él, depende nuestra existencia y que es el oxígeno como elemento químico quien permite la luz que vemos y la existencia de la vida en el universo.

Las partículas sub-atómicas (Electrones, Quarks y Antiquarks o sea, las partículas con fuerza magnética, con fotones y neutrinos) al separarse con las explosiones solares adquieren la energía resultante de la liberación primero de la fuerza fuerte de los gluones y después de la fuerza débil de los Bosones que las ha mantenido unidas.

El espectro es la emisión de un fotón por parte de un electrón afectado por la llegada de un fotón solar o de una fuente emisora de fotones que viaja en un rango de onda que es visible a nuestros ojos, este rango se considera en nanómetros y equivale a 10^{-9} metros.

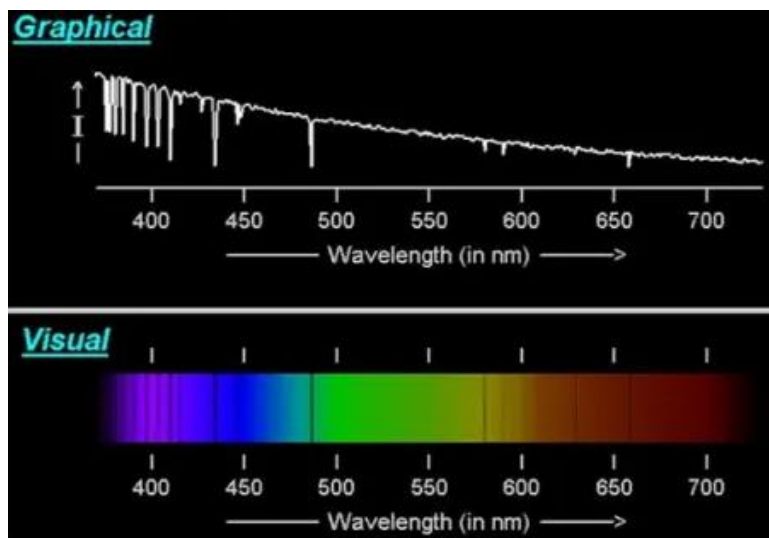


Figura 3.15.22. Su viaje en el espacio lo hacen de acuerdo con la variedad de sus combinaciones que resultan en las diferentes clases de ondas que son diferenciadas por su longitud, amplitud y frecuencia, que conocemos como infra rojos, beta, gamma, etc., que conocemos como espectro.

La frecuencia es la cantidad de crestas que pasan por un punto en un tiempo determinado y equivale a la velocidad de la onda.

La mayoría de los materiales tienen combinaciones con el oxígeno o ellos mismos son electronegativos, por eso reaccionan con la llegada de fotones o neutrinos provenientes del sol. Esos materiales al recibir el impacto de la radiación solar reemiten fotones para estabilizarse y esos fotones salen con la magnitud de onda, amplitud y frecuencia definidas por la propia conformación física y química del átomo receptor.

Nuestros ojos, están diseñados para interpretar esas ondas y nuestros ojos le transmiten al cerebro esa información. La interacción entre los fotones (claridad, blanco) y los neutrinos (sombras, negro) con el tipo de onda resultante en el reflejo en los materiales, definen los colores, sus tonalidades y combinaciones que son las imágenes que ven nuestros ojos

+: Espectros continuos y discontinuos, de emisión y de absorción

Como vimos antes, cuando se irradia un objeto con radiación electromagnética (fotones y neutrinos), el material puede absorber,

y posteriormente emitir, ciertas longitudes de onda, o frecuencias, en relación con su estructura interna. Cuando los cuerpos sólidos, líquidos o gases a alta presión son excitados convenientemente por medio de calor o electricidad, se observan sus colores característicos.

Estos colores constituyen un todo continuo, lo que se traduce en el color rojo de la resistencia de un calentador o en el blanco característico de una bombilla. Esto sucede porque existen muchos átomos con electrones excitados que emiten ondas de luz cuyas coloraciones parciales se solapan produciendo un espejismo luminoso de continuidad.

En el siglo XVII, Isaac Newton demostró que la luz blanca visible procedente del sol puede descomponerse en sus diferentes colores mediante un prisma. Es un proceso denominado dispersión, tal y como puedes observar en la siguiente animación en la que se simula la descomposición de la luz blanca.

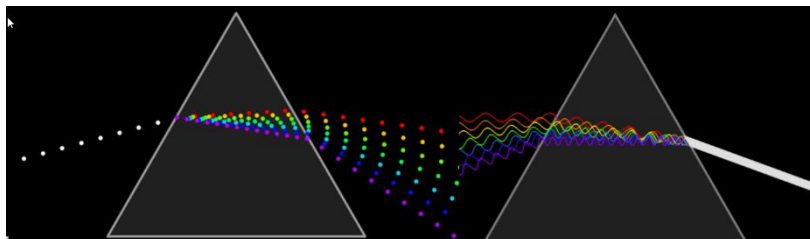


Figura 3.15.23. La luz blanca mediante un prisma

+ : Tipos de espectro electromagnético.

Existen dos tipos de espectro electromagnético que se configuran de acuerdo con el aumento o disminución de la longitud de la onda que describen. Hay un tipo de espectros se les conoce como espectros de emisión, y tienen la característica fundamental que cada elemento químico presenta un espectro característico propio, específico y diferente de los del resto de elementos, que sirve como "huella digital" permitiendo identificarlo fácilmente. En la imagen se muestra la relación del espectro de emisión con el de recepción, resaltando que cada elemento químico tiene su propia identificación con el espectro.

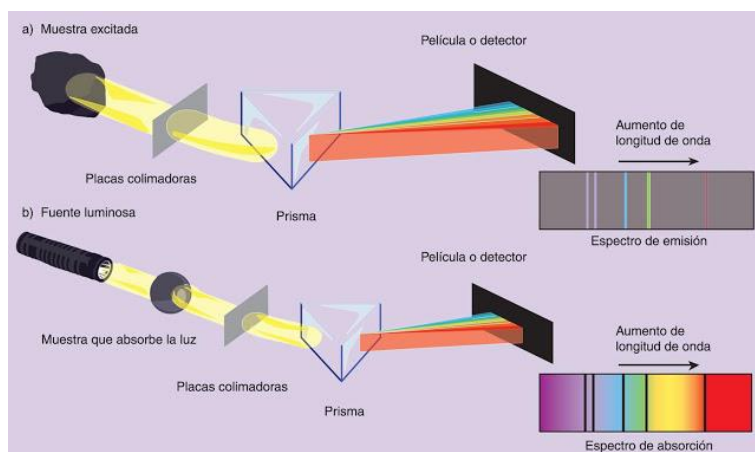


Figura 3.15.24. El espectro de absorción es complementario al de emisión, puesto que las líneas de ambos coinciden para un mismo elemento, tal y como puedes observar en el espectro de absorción del hidrógeno y compararlo con el de emisión.

+ : El espectro electromagnético y los Elementos

El espectro de absorción es complementario al de emisión, puesto que las líneas de ambos coinciden para un mismo elemento, tal y como puedes observar en el espectro de absorción del hidrógeno y compararlo con el de emisión. La longitud y la cantidad de las ondas electromagnéticas identifican los elementos de la tabla periódica.



3.15.25. El espectro de emisión de un elemento es el negativo del espectro de absorción: a la frecuencia a la que en el espectro de absorción hay una línea negra, en el de emisión hay una línea emitida, de un color, y viceversa.

Figura 3.15.26. Todos los elementos químicos tienen su huella de color, con eso se pueden identificar fácilmente todos y cada uno de ellos.

Cada elemento tiene un espectro característico; por tanto, **un modelo atómico debería ser capaz de justificar el espectro de cada elemento.**

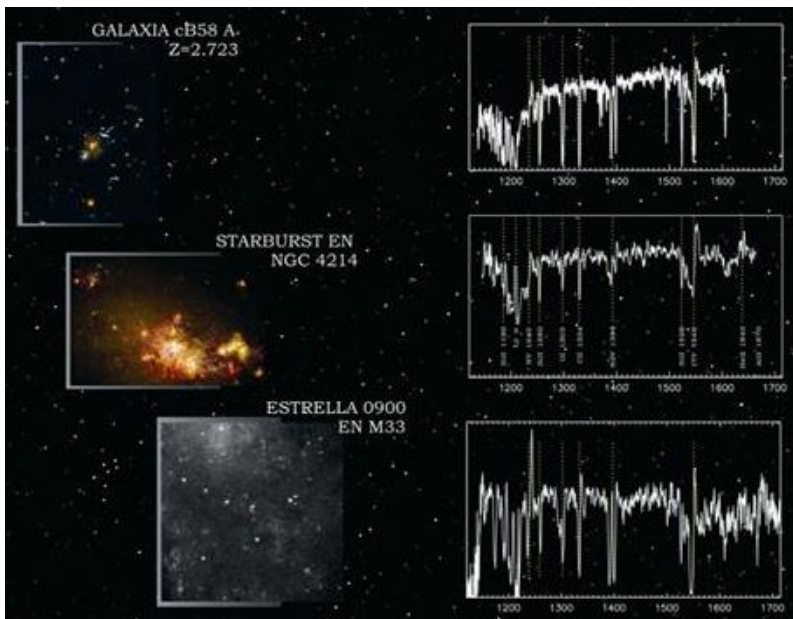


Figura 3.15.27. Los telescopios Hubble y James Webb están diseñados para captar e interpretar los espectros de las ondas que perciben en el espacio. Es la razón para

saber de qué elemento están compuestos y si es factible la existencia de vida en ellos;

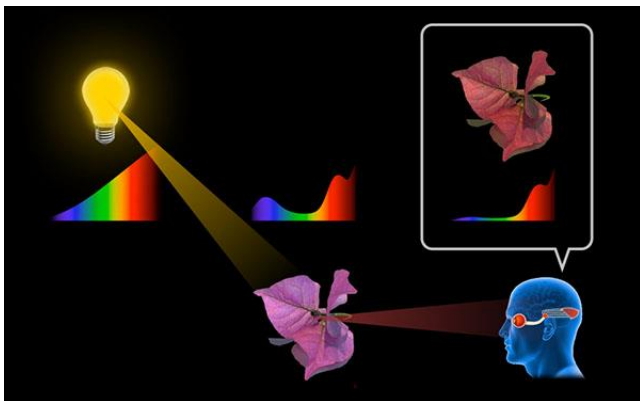


Figura 3.15.28. Todo lo que hemos visto sobre el efecto de las partículas, se refiere a la acción de continuidad del movimiento y el efecto de los fotones sobre los átomos de los objetos que los reflejan, trayendo la información que nuestro cerebro interpreta.

CAPÍTULO XVI : Otros efectos con las partículas

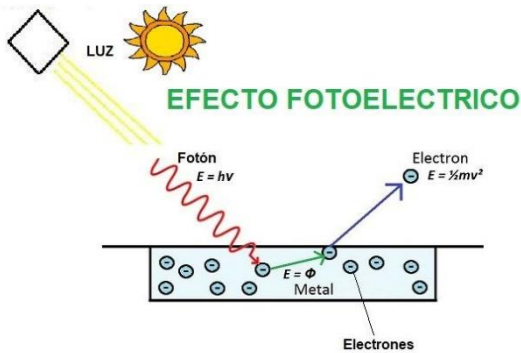
* : Efecto fotoeléctrico

Fue descubierto y descrito por Heinrich Hertz, en 1887, al observar que el arco que salta entre dos electrodos conectados a alta tensión alcanza distancias mayores cuando se ilumina con luz ultravioleta que cuando se deja en la oscuridad. La explicación teórica fue hecha por Albert Einstein, quien publicó en 1905 el revolucionario artículo Heurística de la generación y conversión de la luz, basando su formulación de la fotoelectricidad en una extensión del trabajo sobre los cuantos de Max Planck. Más tarde Robert Andrews Millikan pasó diez años experimentando para demostrar que la teoría de Einstein no era correcta, para finalmente concluir que sí lo era. Eso permitió que Einstein y Millikan fueran galardonados con Premios Nobel en 1921 y 1923, respectivamente.

Se podría decir que el efecto fotoeléctrico es lo opuesto a los rayos X, ya que el efecto fotoeléctrico indica que los fotones pueden transferir energía a los electrones. Los rayos X (no se sabía la naturaleza de su radiación, de ahí la incógnita "X") son la transformación en un fotón de toda o parte de la energía cinética de un electrón en movimiento. Esto se descubrió casualmente antes de que se dieran a conocer los trabajos de Planck y Einstein (aunque no se comprendió entonces).

El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por un material al incidir sobre él una radiación electromagnética (luz visible o ultravioleta, en general). A veces se incluyen en el término otros tipos de interacción entre la luz y la materia:

- : Aplicaciones



3.16.0. En las fotocélulas (fotocélulas), la energía luminosa se convierte en corriente eléctrica. Varios objetos y sistemas utilizan el efecto fotoeléctrico, por ejemplo:

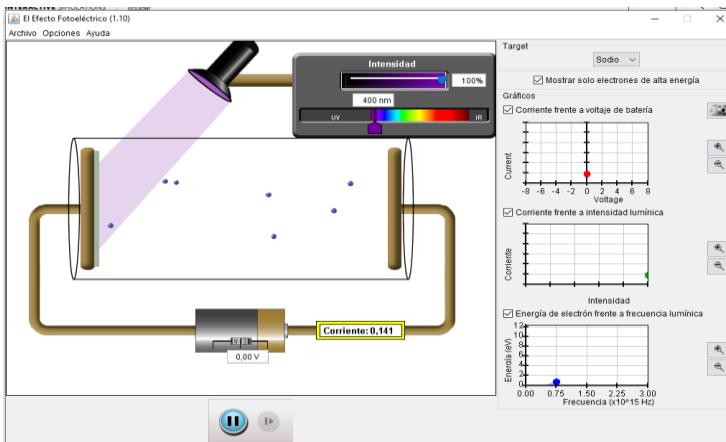
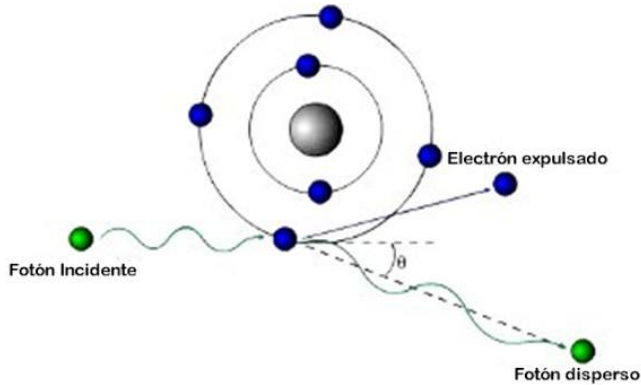


Figura 3.16.1. Efecto fotoeléctrico

- Como televisores (LCD y plasma)
- Las reconstrucciones de hilos en las películas de un director de fotografía
- Iluminación urbana
- Sistemas de alarma
- Puertas automáticas
- Dispositivos de control (registro de consumo) de los contadores eléctricos

- : Efecto Compton



3.16.2. El efecto Compton está relacionado con el efecto fotoeléctrico. Ocurre cuando hay una disminución en la energía de un fotón (de rayos X o rayos gamma) cuando interactúa con la materia. Tenga en cuenta que este efecto provoca un aumento en la longitud de onda.

+ : Fotoconductividad:

Es el aumento de la conductividad eléctrica de la materia o en diodos provocada por la luz. Descubierta por Willoughby Smith en el selenio hacia la mitad del siglo XIX.

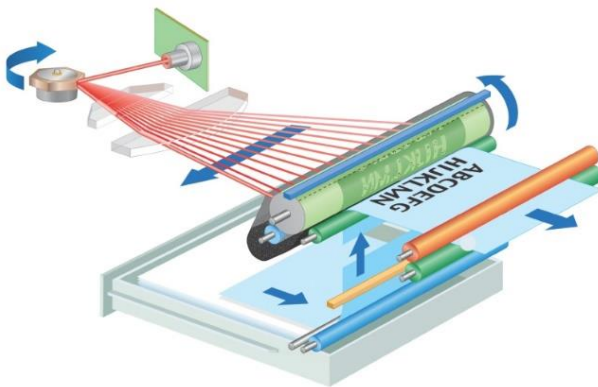


Figura 3.16.3. La fotoconductividad es un fenómeno óptico y eléctrico en el que un material se vuelve más conductor eléctricamente debido a la absorción de radiación electromagnética, como la luz visible, la luz ultravioleta, la luz infrarroja o la radiación gamma.

Cuando la luz es absorbida por un material como un semiconductor, aumenta el número de electrones libres y huecos, lo que resulta en un aumento de la conductividad eléctrica. Para causar la excitación, la luz que golpea el semiconductor debe tener suficiente energía para levantar electrones a través del espacio o excitar las impurezas dentro del espacio. Cuando un voltaje de polarización y una resistencia de carga se usan en serie con el semiconductor, se detecta una caída de voltaje en las resistencias de carga cuando el cambio en la conductividad eléctrica del material modifica la corriente a través del circuito.

- : Los ejemplos clásicos de materiales fotoconductores incluyen:

Película fotográfica: Kodachrome, Fujifilm, Agfachrome, Ilford, etc., a base de sulfuro de plata y bromuro de plata.

El polímero conductor polivinilcarbazol, ampliamente utilizado en fotocopiado (xerografía); Sulfuro de plomo, utilizado en dispositivos de detección de infrarrojos como los misiles Sidewinder (estadounidense) y Atoll (anteriormente soviéticos, ahora rusos) guiados por calor; Selenio, utilizado en xerografía y, antiguamente, en televisores.

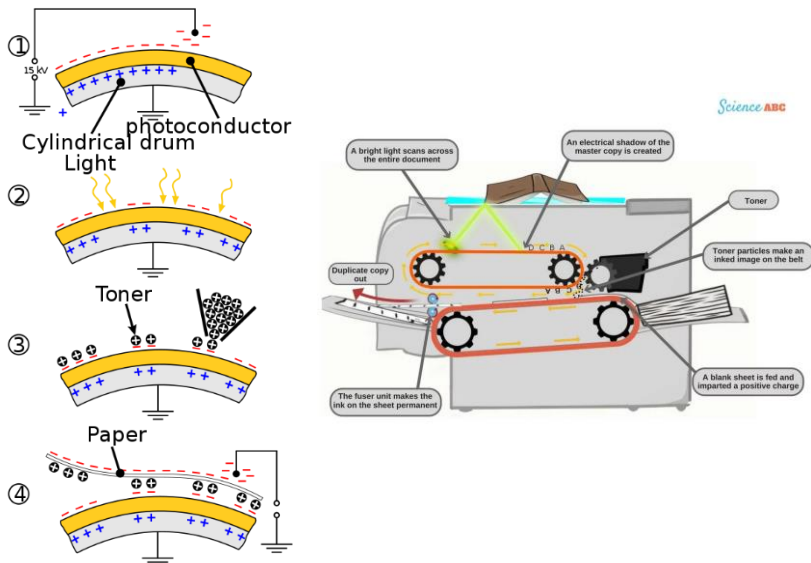


Figura 3.16.4. Sistema de fotocopiado

- : Aplicaciones

Cuando un material fotoconductor se conecta como parte de un circuito, funciona como una resistencia cuya resistencia depende de la intensidad de la luz. En este contexto, el material se denomina fotorresistencia (o resistencia dependiente de la luz). La aplicación más común de los fotorresistores es la de los fotodetectores, es decir, dispositivos que miden la intensidad de la luz. Los fotorresistores no son el único tipo de fotodetector; otros tipos incluyen dispositivos de carga acoplada (CCD), fotodiodos y fototransistores, pero se encuentran entre los más comunes. Algunas aplicaciones de fotodetectores en las que a menudo se utilizan fotorresistores incluyen medidores de luz de cámara, postes de luz, radios reloj, detectores de infrarrojos, sistemas nano fotónicos y dispositivos fotosensores de baja dimensión.

- : Sensibilización

La sensibilización es un procedimiento de ingeniería importante para amplificar la respuesta de los materiales fotoconductores. La ganancia fotoconductor es proporcional a la vida útil de los portadores foto excitados (electrones o huecos (neutrinos)). La sensibilización implica el dopaje intencional de impurezas que saturan los centros de recombinación nativos con una vida útil corta característica y el reemplazo de estos centros con nuevos centros de recombinación con una vida útil más larga. Este procedimiento, cuando se realiza correctamente, da como resultado un aumento en la ganancia fotoconductor de varios órdenes de magnitud y se utiliza en la producción de dispositivos fotoconductores comerciales. El texto de Albert Rose es la obra de referencia para la sensibilización.

- : Fotoconductividad negativa

Algunos materiales muestran deterioro en la fotoconductividad después de la exposición a la luz. Un ejemplo destacado es el silicio amorfo hidrogenado (a-Si:H) en el que se observa una reducción metaestable de la fotoconductividad. Otros materiales que exhiben fotoconductividad negativa incluyen disulfuro de molibdeno, grafeno, nano cables de arseniuro de indio y nanopartículas metálicas.

- : Fotoconductividad magnética

En 2016 se demostró que en algún material fotoconductor puede existir un orden magnético. Un ejemplo es $\text{CH}_3\text{NH}_3(\text{Mn}: \text{Pb})$. En este material también se ha demostrado una fusión de magnetización inducida por la luz. Por lo tanto, podría usarse en dispositivos magneto-ópticos y en el almacenamiento de datos.

- : Espectroscopia de fotoconductividad

La técnica de caracterización denominada espectroscopia de fotoconductividad (también conocida como espectroscopia de fotocorriente) se utiliza ampliamente en el estudio de las propiedades optoelectrónicas de los semiconductores.

+ : Efecto fotovoltaico:

Transformación parcial de la energía lumínica en energía eléctrica. La primera célula solar fue fabricada por Charles Fritts en 1884. Estaba formada por selenio recubierto de una fina capa de oro.

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominada célula solar de película fina.

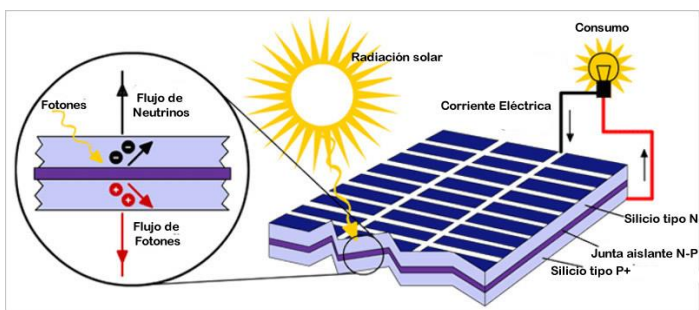


Figura 3.16.5. Esquema de un panel solar

Este tipo de energía se usa principalmente para producir electricidad a gran escala a través de redes de distribución, aunque también permite alimentar innumerables aplicaciones y aparatos autónomos, así como abastecer refugios de montaña o viviendas aisladas de la red eléctrica. Debido a la creciente demanda de

energías renovables, la fabricación de células solares e instalaciones fotovoltaicas ha avanzado considerablemente en los últimos años. Comenzaron a producirse en masa a partir del año 2000, cuando medioambientalistas alemanes y la organización Eurosolar obtuvo financiación para la creación de diez millones de tejados solares.

Programas de incentivos económicos, primero, y posteriormente sistemas de autoconsumo fotovoltaico y balance neto sin subsidios, han apoyado la instalación de la fotovoltaica en un gran número de países. Gracias a ello, la energía solar fotovoltaica se ha convertido en la tercera fuente de energía renovable más importante en términos de capacidad instalada a nivel global, después de las energías hidroeléctrica y eólica. A finales de 2018 la potencia total instalada en todo el mundo alcanzó los 500 GW de potencia fotovoltaica, y solo en 2018 se instalaron 100 GW. Todo esto implica la generación de millones de puestos de trabajo. Tanto en la fabricación de los insumos, como en la instalación y dimensionamiento de estos. Muchos países ya se encuentran trabajando en matrículas para personas que instalen profesionalmente placas solares. Del otro lado del consumo, esta la producción, y allí hará falta formación tanto comercial como técnica en la implementación de estas nuevas tecnologías. Las nuevas oportunidades laborales que además tienen impacto ambiental positivo son múltiples.

La energía fotovoltaica no emite ningún tipo de polución durante su funcionamiento, contribuyendo a evitar la emisión de gases de efecto invernadero.¹ Su principal inconveniente consiste en que su producción depende de la radiación solar, por lo que si la célula no se encuentra alineada perpendicularmente al Sol se pierde entre un 10-25 % de la energía incidente. Debido a ello, en las plantas de conexión a red se ha popularizado el uso de seguidores solares para maximizar la producción de energía. La producción se ve afectada asimismo por las condiciones meteorológicas adversas, como la falta de sol, nubes o la suciedad que se deposita sobre los paneles.

Esto implica que para garantizar el suministro eléctrico es necesario complementar esta energía con otras fuentes de energía gestionables como las centrales basadas en la quema de combustibles fósiles, la energía hidroeléctrica o la energía nuclear.

Gracias a los avances tecnológicos, la sofisticación y la economía de escala, el coste de la energía solar fotovoltaica se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras células solares comerciales, aumentando a su vez la eficiencia, y logrando que su coste medio de generación eléctrica sea ya competitivo con las fuentes de energía convencionales en un creciente número de regiones geográficas, alcanzando la paridad de red. Actualmente el coste de la electricidad producida en instalaciones solares se sitúa entre 0,05-0,10 \$/kWh en Europa, China, India, Sudáfrica y Estados Unidos. En 2015, se alcanzaron récords en proyectos de Emiratos Árabes Unidos (0,0584 \$/kWh), Perú (0,048 \$/kWh) y México (0,048 \$/kWh). En mayo de 2016, una subasta solar en Dubái alcanzó un precio de 0,03 \$/kWh.²⁰ En 2020, se alcanzó la cifra récord de 0,016 \$/kWh en Arabia Saudí.

*** : Polarización**

+ : Campo eléctrico y campo magnético de una onda electromagnética

Una onda electromagnética es una onda transversal compuesta por un campo eléctrico y un campo magnético simultáneamente. Ambos campos oscilan perpendicularmente entre sí; las ecuaciones de Maxwell modelan este comportamiento.

Habitualmente se decide por convenio que para el estudio de la polarización electromagnética se atiende exclusivamente al campo eléctrico, ignorando el campo magnético, ya que el vector de campo magnético puede obtenerse a partir del vector de campo eléctrico, pues es perpendicular y proporcional a él.

- : Polarización de ondas planas

Un ejemplo sencillo para visualizar la polarización es el de una onda plana, que es una buena aproximación de la mayoría de las ondas luminosas.

Descomposición del vector de campo eléctrico en dos componentes.

En un punto determinado la onda del campo eléctrico puede tener dos componentes vectoriales perpendiculares (transversales) a la dirección de propagación. Las dos componentes vectoriales transversales varían su amplitud con el tiempo, y la suma de ambas

va trazando una figura geométrica. Si dicha figura es una recta, la polarización se denomina lineal; si es un círculo, la polarización es circular; y si es una elipse, la polarización es elíptica.

Si la onda electromagnética es una onda armónica simple, como en el caso de una luz monocromática, en que la amplitud del vector de campo eléctrico varía de manera sinusoidal, los dos componentes tienen exactamente la misma frecuencia. Sin embargo, estos componentes tienen otras dos características de definición que pueden ser diferentes. Primero, los dos componentes pueden no tener la misma amplitud. Segundo, los dos componentes pueden no tener la misma fase, es decir, pueden no alcanzar sus máximos y mínimos al mismo tiempo.

- : Tipos de polarización

La forma trazada sobre un plano fijo por un vector de campo eléctrico de una onda plana que pasa sobre él es una curva de Lissajous y puede utilizarse para describir el tipo de polarización de la onda. Las siguientes figuras muestran algunos ejemplos de la variación del vector de campo eléctrico (azul) con el tiempo (el eje vertical), con sus componentes X e Y (roja/izquierda y verde/derecha), y la trayectoria trazada por la punta del vector en el plano (púrpura). Cada uno de los tres ejemplos corresponde a un tipo de polarización.

En la figura de la izquierda, la polarización es lineal y la oscilación del plano perpendicular a la dirección de propagación se produce a lo largo de una línea recta. Se puede representar cada oscilación descomponiéndola en dos ejes X y Y.

La polarización lineal se produce cuando ambas componentes están en fase (con un ángulo de desfase nulo, cuando ambas componentes alcanzan sus máximos y mínimos simultáneamente) o en contrafase (con un ángulo de desfase de 180° , cuando cada una de las componentes alcanza sus máximos a la vez que la otra alcanza sus mínimos). La relación entre las amplitudes de ambas componentes determina la dirección de la oscilación, que es la dirección de la polarización lineal.

El sentido (horario o antihorario) en el que gira el campo eléctrico depende de cuál de estas dos relaciones se dé. En este caso especial,

la trayectoria trazada en el plano por la punta del vector de campo eléctrico tiene la forma de una circunferencia, por lo que en este caso se habla de polarización circular.

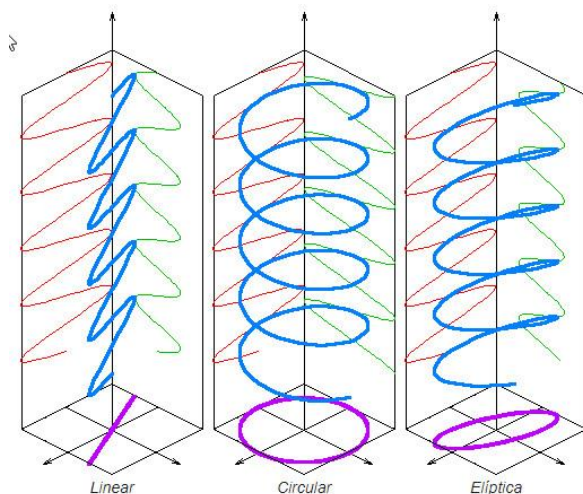


Figura 3.16.6. En la figura central, las dos componentes ortogonales tienen exactamente la misma amplitud y están desfasadas exactamente 90° . En este caso, una componente se anula cuando la otra componente alcanza su amplitud máxima o mínima. Existen dos relaciones posibles que satisfacen esta exigencia, de forma que la componente x puede estar 90° adelantada o retrasada respecto a la componente Y .

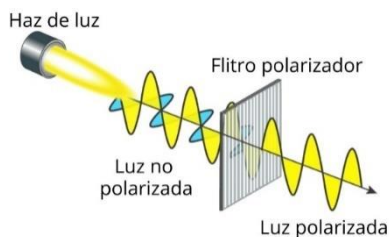
En la figura de la derecha, se representa la polarización elíptica. Este tipo de polarización corresponde a cualquier otro caso diferente a los anteriores, es decir, las dos componentes tienen distintas amplitudes y el ángulo de desfase entre ellas es diferente a 0° y a 180° (no están en fase ni en contrafase).

◆ Radiación incoherente

En la naturaleza, la radiación electromagnética es producida a menudo por un gran conjunto de emisores individuales, cada uno de los cuales da lugar a un tren de ondas independiente. Este tipo de luz se llama incoherente. En general, no hay una única frecuencia sino un espectro de frecuencias y, aunque sea filtrado a una arbitraria y estrecha gama de frecuencias, puede no haber un estado constante y uniforme de polarización. Sin embargo, esto no significa que la polarización sea solamente una característica de la radiación coherente. La radiación incoherente puede demostrar la correlación

estadística entre las componentes del campo eléctrico. Esta correlación se puede interpretar como polarización parcial. En general, se puede describir un campo ondulatorio como la suma de una parte totalmente incoherente (sin correlaciones) y de una parte totalmente polarizada. Entonces se puede describir la luz en términos del grado de polarización y los parámetros de la elipse de polarización.

◆ Obtención de luz polarizada



3.16.7. Polarización de la luz

A continuación, se explicarán brevemente algunos de los procedimientos experimentales que permiten la obtención de luz polarizada a partir de una emisión de luz natural. Para obtener luz polarizada linealmente se hace que el vector eléctrico vibre en un único plano (plano de polarización) de los que contienen la dirección de propagación.

Existen varios métodos para obtener luz polarizada: absorción selectiva, por reflexión, refracción y por difusión.

◆ Polarización por absorción selectiva

Algunos materiales absorben selectivamente una de las componentes transversales del campo eléctrico de una onda. Esta propiedad se denomina dicroísmo. La luz experimenta una absorción en ciertos estados de polarización. El término dicroísmo proviene de las observaciones realizadas en épocas muy tempranas de la teoría óptica sobre ciertos cristales, tales como la turmalina. En estos cristales, el efecto del dicroísmo varía en gran medida con la longitud de onda de la luz, haciendo que aparezcan diferentes colores asociados a la visión de diferentes colores con diferentes planos de

polarización. Este efecto es también denominado pleocroísmo, y la técnica se emplea en mineralogía para identificar los diferentes minerales. En algunos materiales, tales como la herapatita (sulfato de iodoquinina) o las capas Polaroid, el efecto no es tan fuertemente dependiente de la longitud de onda, y ésta es la razón por la que el término dicroico se emplea muy poco.

El dicroísmo ocurre también como fenómeno óptico en los cristales líquidos debido en parte a la anisotropía óptica que presentan las estructuras moleculares de estos materiales. A este efecto se le denominó posteriormente "efecto huésped-invitado" (guest-host effect en inglés).

◆ **Polarización por reflexión**

Al reflejarse un haz de luz no polarizado sobre una superficie, la luz reflejada sufre una polarización parcial de forma que el componente del campo eléctrico perpendicular al plano de incidencia (plano que contiene la dirección del rayo de incidencia y el vector normal a la superficie de incidencia) tiene mayor amplitud que el componente contenido en el plano de incidencia.

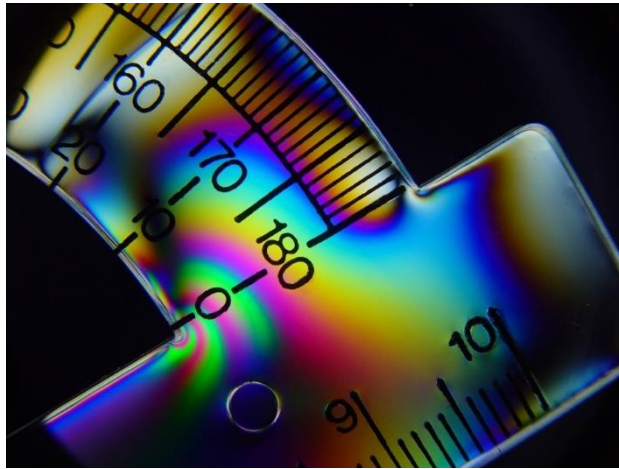
Cuando la luz incide sobre una superficie no absorbente con un determinado ángulo, el componente del campo eléctrico paralelo al plano de incidencia no es reflejado. Este ángulo, conocido como ángulo de Brewster, en honor del físico británico David Brewster, se alcanza cuando el rayo reflejado es perpendicular al rayo refractado. La tangente del ángulo de Brewster es igual a la relación entre los índices de refracción del segundo y el primer medio.

◆ **Polarización por birrefringencia**

La birrefringencia o doble refracción es una propiedad de ciertos cuerpos, como el espato de Islandia, de desdoblar un rayo de luz incidente en dos rayos linealmente polarizados de manera perpendicular entre sí como si el material tuviera dos índices de refracción distintos.

La primera de las dos direcciones sigue las leyes normales de la refracción y se llama rayo ordinario; la otra tiene una velocidad y un índice de refracción variables y se llama rayo extraordinario. Este fenómeno solo puede ocurrir si la estructura del material es

anisótropa. Si el material tiene un solo eje de anisotropía, (es decir es uniaxial), la birrefringencia puede formalizarse asignando dos índices de refracción diferentes al material para las distintas polarizaciones.



3.16.8. Muestra de la birrefringencia o doble refracción

◆ Efectos de la polarización en la vida diaria

La luz reflejada sobre materiales brillantes transparentes es parcial o totalmente polarizada, excepto cuando la luz incide en dirección normal (perpendicular) a la superficie reflectante. Un filtro polarizador, como el de unas gafas de sol polarizada, puede utilizarse para observar este fenómeno haciendo girar el filtro y mirando a través de él. Para determinados ángulos, se atenuará la luz o será totalmente bloqueada.

Los filtros polarizadores bloquean el paso de luz polarizada a 90° respecto al plano polarizador del filtro. Si dos filtros polarizadores (polarizador y analizador) se colocan uno en frente del otro de forma que ambos sean atravesados por un haz de luz que no estaba polarizado previamente, la intensidad luminosa del haz que sale del segundo filtro será proporcional al coseno del ángulo que forman los planos polarizadores de ambos filtros entre sí. Si ese ángulo es de 90° , el paso de la luz es bloqueado.

La luz procedente del reflejo sobre el agua está fuertemente polarizada, de modo que si se quiere reducir la intensidad del reflejo

del agua en una fotografía se debe utilizar un filtro polarizador orientado en un ángulo de polarización adecuado, dependiendo del efecto que se quiera obtener en la imagen.

La polarización por dispersión puede observarse cuando la luz pasa por la atmósfera de la Tierra. La dispersión de la luz produce el resplandor y el color cuando el cielo está despejado. Esta polarización parcial de la luz dispersada puede ser usada para oscurecer el cielo en fotografías, aumentando el contraste. Este efecto es fácil de observar durante la puesta de sol, cuando el horizonte forma un ángulo de 90° respecto a la dirección del observador hacia el sol.

Otro efecto fácilmente observado es la reducción drástica del resplandor de las imágenes del cielo reflejadas sobre superficies horizontales, que es la razón principal por la que a menudo se usan filtros polarizadores en gafas de sol. También puede verse con frecuencia que un filtro polarizador muestre algunos arcoíris a causa de la dependencia del color de los efectos de la birrefringencia, por ejemplo, en las ventanas de cristal laminado de los automóviles o en artículos hechos de plástico transparente. El papel desempeñado por la polarización en una pantalla LCD puede verse con unas gafas de cristal polarizado, pudiendo reducir el contraste incluso hasta a hacer la visión de la pantalla ilegible.

➤ **Efecto de un cristal templado sobre la luz polarizada analizado con un filtro polarizador.**

En la fotografía de la derecha se ve el parabrisas de un coche a través de la luneta trasera de otro coche situado delante y un filtro polarizador (como el de unas gafas de cristal polarizado). La luz del cielo se refleja en el parabrisas del coche de atrás, haciendo que se polarice la luz reflejada, principalmente con un plano de polarización horizontal. La luneta trasera del coche delantero está fabricada con vidrio templado. Debido al tratamiento térmico del templado en el cristal de la luneta del coche situado delante, el cristal tiene una tensión residual que hace que cambie el ángulo del plano de polarización de la luz que pasa por él. Si no estuviera la luneta trasera, las gafas de sol bloquearían toda la luz polarizada horizontalmente que es reflejada por la ventana del otro coche. Sin embargo, la tensión en la luneta trasera cambia un poco el ángulo

del plano de polarización de la luz, con una componente vertical y otra horizontal. La componente vertical no es bloqueada por los cristales de las gafas, percibiéndose la luz reflejada en el parabrisas del coche de atrás.

➤ **Biología**

Muchos animales pueden ser capaces de percibir la polarización de luz, usando esa habilidad con objetivos de navegación ya que la polarización lineal de la luz de cielo es siempre perpendicular a la dirección del sol. Esta capacidad es muy común entre los insectos, incluyendo las abejas, que usan esta información para orientar su danza de la abeja. La sensibilidad a la polarización también ha sido observada en especies de pulpo, calamar, sepia y mantis. El rápido cambio en la coloración de la piel de la sepia se usa para la comunicación, polarizando la luz que se refleja sobre ella. La mantis religiosa es conocida por tener un tejido reflexivo selectivo que polariza la luz. Hace tiempo se pensaba que la polarización de la luz del cielo era percibida por las palomas y era una de las ayudas de las palomas mensajeras, pero algunas investigaciones señalan que eso es un mito popular.

El ojo humano es débilmente sensible a la polarización, sin necesidad de la intervención de filtros externos. La luz polarizada crea un dibujo modelo muy débil cerca del campo visual, llamado cepillo de Haidinger. Este dibujo es muy difícil de ver, pero con la práctica uno puede aprender a descubrir la luz polarizada a simple vista.

➤ **Geología**

La propiedad de la birrefringencia lineal es común a muchos minerales cristalinos y su estudio ayudó a descubrir el fenómeno de la polarización. En mineralogía, esta propiedad es estudiada con frecuencia usando microscopios de luz polarizada, con el objetivo de identificar minerales.

➤ **Química**

La polarización es de principal importancia en la química debido al dicroísmo circular y la rotación del plano de polarización (birrefringencia circular) mostrada por moléculas quirales

ópticamente activas. Esta rotación del plano de polarización puede medirse utilizando un polarímetro.

La polarización también puede observarse en el efecto inductivo o la resonancia de los enlaces o en la influencia de un grupo funcional en las propiedades eléctricas (por ejemplo, el momento dipolar) de un enlace covalente o de un átomo.

➤ **Astronomía**

En muchas áreas de la astronomía, el estudio de la radiación electromagnética polarizada del espacio exterior es de gran importancia. Aunque por lo general no se produce en la radiación térmica de las estrellas, la polarización está también presente en la radiación de algunas fuentes astronómicas coherentes (por ejemplo, algunas masas de metanol o de hidróxidos), y de fuentes incoherentes como los grandes lóbulos de radio en galaxias activas, y la radiación pulsatoria de radio (que se especula que pueda ser a veces coherente), y también se impone sobre la luz de las estrellas dispersando polvo interestelar. Aparte del aporte de información sobre las fuentes de radiación y dispersión, la polarización también se utiliza para explorar el campo magnético aplicando el efecto Faraday. La polarización de la radiación de fondo de microondas sirve para estudiar la física del principio del universo. La radiación sincrotrón está severamente polarizada. También usando un filtro polarizador, en el Telescopio Infrarrojo Británico (UKIRT) se ha logrado por vez primera ver con claridad el disco de materia alrededor de un agujero negro, diferenciándolo de las nubes de gas y polvo que lo rodean.

➤ **Tecnología**

Las aplicaciones tecnológicas de la polarización están sumamente extendidas. Quizás los ejemplos más comúnmente encontrados son las pantallas de cristal líquido (display clearblack creados por Nokia, con filtros polarizados que permiten mejor la visualización de la pantalla en exteriores con luz natural) (LCD), las gafas de sol de cristal polarizado y los filtros polarizadores utilizados en fotografía.

Todas las antenas transmisoras y receptoras de radiofrecuencia usan la polarización electromagnética, especialmente en las ondas de radar. La mayoría de las antenas irradian ondas polarizadas, ya sea con polarización horizontal, vertical o circular. La polarización

vertical es usada más frecuentemente cuando se desea irradiar una señal de radio en todas las direcciones como en las bases de telefonía móvil o las ondas de radio AM.

Sin embargo, no siempre se utiliza la polarización vertical. La televisión normalmente usa la polarización horizontal. La alternancia entre polarización vertical y horizontal se utiliza en la comunicación por satélite (incluyendo satélites de televisión) para reducir la interferencia entre señales que tienen un mismo rango de frecuencias, teniendo la separación reducida angular en cuenta entre los satélites.

En ingeniería, la relación entre la tensión y la birrefringencia motiva el empleo de la polarización para caracterizar la distribución de tensiones y la tensión en los prototipos usando la técnica de la fotoelasticidad. La muestra para analizar se coloca entre dos filtros polarizadores, el primero hace que la luz que pase por la pieza a ensayar esté polarizada y el segundo descompone la luz. Es un ensayo muy utilizado en aplicaciones de piezas de dos dimensiones.

La polarización en la atmósfera fue estudiada en los años 1950 navegando cerca de los polos campo magnético terrestre cuando ni el sol ni las estrellas eran visibles (por ejemplo, en un día nublado). Se ha sugerido, polémicamente, que los vikingos ya utilizaban espato de Islandia para ver la dirección del sol en días nublados para orientarse durante sus largas expediciones a través el Atlántico Norte entre los siglos IX y X, antes de la llegada de la brújula magnética a Europa en el siglo XII. Uno de los dispositivos más ingeniosos de Charles Wheatstone fue el reloj polar expuesto en la reunión de la British Association for the Advancement of Science en 1848.

La polarización también se utiliza en las películas de cine 3D, en las cuales las imágenes son proyectadas, o bien por dos proyectores diferentes con filtros de polarización ortogonalmente orientados, o bien por un único proyector que proyecta ambas imágenes alternativamente con planos de polarización perpendiculares entre sí mediante un multiplexor. Las gafas con filtros polarizadores orientados de modo similar a los planos de polarización de las imágenes proyectadas aseguran que cada ojo reciba solo la imagen correcta. De igual manera, este efecto también es usado para

realizar proyecciones estereoscópicas, ya que no es muy caro de producir y permite realizar visualizaciones de alto contraste.

En ambientes donde el espectador se mueve, como en simuladores, a veces se utiliza la polarización circular. Esto permite que la separación de ambos canales (correspondiente a cada uno de los ojos del observador) no se vea afectada por la orientación del observador. El efecto 3-D solo funciona proyectando la imagen sobre una pantalla metálica que mantiene la polarización de los proyectores, mientras que la reflexión sobre una pantalla de proyección normal anularía el efecto.

➤ **Arte**

Varios artistas visuales han trabajado con la luz polarizada y materiales birrefringentes para crear imágenes vistosas y cambiantes. La más notable es la artista contemporánea Austine Wood Comarow,¹⁰ cuyos trabajos de arte Polage han sido expuestos en el Museo de la Ciencia (Museum of Science) de Boston, el Museo de Historia Natural y Ciencia de Nuevo México (New Mexico Museum of Natural History and Science) en Albuquerque (Nuevo México), y la Cité des Sciences et de l'Industrie (Ciudad de Ciencia y de Industria) en París. Los trabajos del artista son realizados cortando cientos de pequeños pedazos de celofán y otras películas birrefringentes y laminándolos entre filtros polarizadores planos.

Se hace referencia a estos aspectos, por el simple hecho de ser todos efecto directo de los fotones, si se sabe que son y cómo actúan, se entienden muchas cosas. Anotando lo siguiente, en todos estos fenómenos, se habla solamente de la incidencia de los fotones, demostrando que indiscutiblemente ya es conocido su efecto, pero reflexionando más a fondo y conociendo de la existencia irrefutable de los neutrinos que acompañan a los fotones en toda la creación, suponemos que nuestros ojos y los instrumentos de medición con los que se cuenta hasta ahora, no están diseñados para detectar el efecto de los neutrinos, pero estamos seguros que cuando se consiga eso, muchas cosas quedaran más claras y se nos permitirá un mejor control sobre nuestro universo.

Capítulo XVII : Acústica, las partículas y lo que escuchamos

La acústica, el estudio de las ondas sonoras y su configuración electromagnética.

*** : Escuchar**

La acústica estudia los fenómenos de producción, transmisión, control y recepción del sonido, que son ondas electromagnéticas que pueden ser interpretadas por nuestro cerebro.

+ : ¿Qué es la acústica?

La acústica es la rama de la física que estudia el sonido. Es una ciencia natural dedicada a entender los fenómenos de producción, transmisión, control y recepción del sonido, infrasonido y ultrasonido, así como sus efectos en el mundo real.



3.17.1. La acústica define al sonido como una vibración, o sea, la propagación mecánica de ondas a través de la materia, sea en estado

sólido, líquido o gaseoso, y trata de describir este desplazamiento a través de fórmulas y principios matemáticos.

Es una de las ciencias más antiguas de la humanidad, cuyos inicios pueden rastrearse a la Antigüedad Clásica, entre los siglos VI a. C. y I d. C., especialmente en Grecia y Roma. Sus primeros estudios formales, realizados por Pitágoras (aprox. 569-475 a. C.), tenían que ver con la comprensión de los sonidos musicales, para tratar de entender por qué algunos sonidos son más bellos que otros.

Fue Aristóteles (384-322 a. C.), más de un siglo después, quien descubrió que el sonido se compone de contracciones y expansiones del aire, y el primer tratado al respecto fue escrito siglos después por el arquitecto romano Vitruvio (80-15 a. C.), hacia el 20 a. C.

Sin embargo, fue a partir de la Revolución Científica del Renacimiento que se comenzaron a descubrir las leyes que rigen el sonido, gracias a los estudios de cuerdas vibrantes de Galileo Galilei (1564-1642) y Marin Mersenne (1588-1648). A ellos se sumaría luego Isaac Newton (1642-1727) y más adelante los llamados “gigantes” de la acústica: el alemán Hermann Helmholtz (1821-1894) y Lord Rayleigh (1842-1919), entre otros grandes científicos estudiosos del sonido.

Los primeros intentos por medir la velocidad del sonido en el aire, uno de los logros fundacionales de la acústica, se hicieron en el siglo XVII y, aunque no fueron muy exactos, develaron que la velocidad de las ondas no depende de su frecuencia. En 1738 la Academia de las Ciencias de París logró una medición casi igual al valor que se maneja actualmente: 331,29 metros por segundo.

En la actualidad, la acústica es una disciplina importante que cuenta con numerosas aplicaciones técnicas, tanto en el campo de la arquitectura y la planificación urbana, como en el de la medicina, las artes y el entretenimiento, y las telecomunicaciones, e incluso en el mundo militar (como el mecanismo del radar).

+ : Ramas de la acústica

La acústica abarca un conjunto variado de subdisciplinas o especializaciones, entre las que se destacan:

Acústica arquitectónica. Rama de la acústica dedicada al estudio del movimiento del sonido en las edificaciones y espacios urbanos, para poder construirlos de un modo tal que se saque provecho a la naturaleza del sonido.

Acústica musical. Rama de la acústica dedicada al estudio del sonido en el contexto artístico, o sea, de la música y de los sonidos considerados hermosos. Se ocupa tanto de los instrumentos musicales como de los sistemas de afinación de escala.

Acústica fisiológica. Rama de la acústica dedicada al estudio del funcionamiento del aparato auditivo, sus enfermedades, trastornos y otras implicancias.

Electroacústica. Rama de la acústica dedicada al estudio de la captación, reproducción, amplificación y producción del sonido mediante dispositivos electrónicos como micrófonos o parlantes.

Acústica subacuática. Rama de la acústica dedicada al estudio del sonido cuando se produce y transmite bajo el agua.

Psicoacústica. Rama de la acústica dedicada al estudio de las relaciones entre el sonido y la mente humana, es decir, la manera en que reaccionamos los seres humanos al sonido.

Bioacústica. Rama de la acústica dedicada al estudio del sonido en los seres vivos, especialmente los animales: la función de los sonidos que emiten, la disposición del aparato fonador, entre otras.

Acústica industrial. Rama de la acústica dedicada al estudio del sonido que generan las actividades productivas humanas, a las formas de contaminación acústica y al impacto del sonido en el ambiente de trabajo.

+ : Fenómenos acústicos

El sonido se propaga en el entorno físico en forma de ondas mecánicas, cuyas propiedades les permiten sufrir diferentes alteraciones y transformaciones, conocidas como fenómenos acústicos. Los principales fenómenos son:

La reflexión. Es un fenómeno que ocurre cuando las ondas sonoras se encuentran en su recorrido con un objeto físico que altera o modifica su trayectoria original, lo que produce un efecto de rebote

que puede enviarla de regreso a su fuente original. Dependiendo de las condiciones en que la reflexión se produzca, pueden darse otros fenómenos similares, tales como:

El eco. Es un tipo de reflexión del sonido en el que la onda regresa a su emisor tras impactar en una superficie reflectante, en ciclos de un intervalo cercano a los 0,1 segundos. Es similar al efecto que produce la luz al impactar en el espejo, devolviéndole al emisor parte de sus propios sonidos, como en las cuevas largas en las que podemos oír nuestra voz repetirse hacia nosotros.

La reverberación. Es un fenómeno asociado a la reflexión del sonido, en el que se puede escuchar un sonido tiempo después de que se haya dejado de emitir, o sea, cuando su emisor está en silencio. Este fenómeno se debe también a la persistencia acústica, y se interpreta como un alargamiento de los sonidos iniciales, como en el caso del ruido que acompaña a una explosión.

Las ondas estacionarias. Es un fenómeno que ocurre cuando una onda reflejada se suma a la onda original sobre el mismo eje, lo que modifica las propiedades de ambas y aumenta o disminuye su amplitud, por lo que el sonido resultante es muy distinto al emitido. Esto es lo que ocurre cuando un micrófono graba la salida en un parlante de su propio sonido, o sea, cuando se produce el feedback.

La absorción. Es un fenómeno que puede considerarse como lo contrario a la reflexión, ya que en este caso las ondas sonoras, al tropezar con una barrera física, no alteran su curso, sino que son anuladas o neutralizadas, ya sea parcial o totalmente. Este fenómeno es utilizado para insonorizar ciertos espacios, como los lugares de práctica musical, impidiendo que las ondas se propaguen más allá, hacia el exterior.

La refracción. Es un fenómeno que tiene lugar cuando las ondas sonoras se propagan de un medio físico a otro diferente (por ejemplo, del aire al agua o viceversa), y en el proceso se modifican su velocidad y dirección, en un grado equivalente a las propiedades físicas del medio al cual se desplazan. Podemos experimentar este fenómeno si nos sumergimos en una piscina y escuchamos a quienes hablan en la superficie.

La difracción. Es un fenómeno que ocurre cuando las ondas sonoras encuentran un obstáculo en su camino, lo rodean y convierten la superficie del obstáculo en una fuente a su vez de ondas secundarias (ondas difractadas), lo que ocasiona que el sonido se disperse en el entorno. También puede ocurrir cuando las ondas sonoras atraviesan una pequeña abertura y se propagan al nuevo entorno, como cuando hablamos a través de un tubo y nuestra voz emerge distorsionada del otro lado.

La interferencia. Es un fenómeno que ocurre por la superposición de dos ondas sonoras armónicas, que modifican sus propiedades en el proceso. Cuando esta superposición ocasiona una ganancia en amplitud, se habla de interferencia constructiva; cuando en cambio se pierde amplitud, se habla de interferencia destructiva. Esto es lo que ocurre cuando estamos en un ambiente repleto de gente hablando y se hace difícil escuchar a la persona que tenemos al lado.

El efecto doppler. Es un fenómeno que se produce cuando el emisor de las ondas se desplaza rápidamente respecto del receptor, ya sea alejándose o acercándose, y este movimiento incide en la frecuencia de las ondas sonoras. Es lo que ocurre cuando una ambulancia pasa junto a nosotros y su característico sonido gana frecuencia cuando se acerca y la pierde cuando se aleja.

+ : **Contaminación acústica**

La contaminación acústica suele estar más presente en los espacios urbanos.



Figura 3.17.2.

La contaminación acústica es la emisión continua de sonidos intrusos en un entorno o ecosistema, que producen ruido e impiden o estorban la propagación de los sonidos naturales y propios de dicho entorno. La contaminación acústica es muy perceptible en las ciudades, donde la acumulación de los sonidos puede llegar a ser intolerable e incluso físicamente nociva para el organismo, mientras que en las zonas rurales y silvestres existe una menor incidencia de ondas sonoras molestas.

Este tipo de contaminación tiene efectos en la flora y la fauna de los hábitats, y especialmente en la estabilidad psíquica de las personas, ya que puede inducirlos a estados de agitación, desagrado, angustia o distracción.

Fuente: <https://concepto.de/acustica/#ixzz85P372RdV>

* : **Contaminación sonora**

La contaminación sonora, cuáles son sus causas y consecuencias. Además, cómo evitarla y algunos ejemplos.

+ : **Contaminación auditiva**

La contaminación auditiva es la presencia de ruidos molestos, ensordecedores o contantes.



Figura 3.17.3.

- : **¿Qué es la contaminación sonora?**

Se llama contaminación sonora, contaminación acústica o contaminación auditiva a la presencia de ruidos molestos, ensordecedores o contantes, así como a la proliferación simultánea

de ruidos excesivos en un área determinada, afectando así de manera negativa la calidad de vida de los seres humanos y los animales.

Si bien el sonido no se acumula y perdura como lo hacen otras formas de contaminación, generando daños a largo plazo, la presencia de contaminantes sonoros tiene un impacto directo e inmediato en la vida a su alrededor.

Ciertos niveles de ruido son inevitables en el modo de vida contemporáneo, producto de actividades industriales, medios de transporte o simplemente de la vida conjunta de miles de personas.

Sin embargo, cuando estos niveles alcanzan magnitudes considerables o son tan numerosos que sobrepasan en conjunto lo que el oído puede tolerar, se consideran una forma de daño físico, emocional y psicológico que requiere medidas. Por eso se le denomina contaminación sonora.

De hecho, existen organismos internacionales que alertan respecto a la paulatina pérdida de la capacidad auditiva del ser humano, y algunos informes de organizaciones como la OMS consideran como el tope límite de ruido tolerable los 70 decibelios (dB), si bien el ideal para el descanso y la comunicación humanas es de 55.

Se estima que unos 80 millones de personas estén expuestas constantemente a ruidos ambientales que superan los 65 dB, según estudios de la Unión Europea de 2005.

+ : Causas de la contaminación sonora



Figura 3.17.4. Muchas actividades humanas se asocian al ruido, como los conciertos musicales.

Muchísimas de las actividades humanas contemporáneas están asociadas a la generación de ruido, como son las extracciones industriales; las grandes maquinarias manufactureras; los vehículos de transporte a pequeña, mediana y gran escala; los conciertos musicales; las salas de cine; incluso la presencia simultánea de un gran número de personas en un entorno diminuto puede considerarse una fuente de contaminación sonora.

A pesar de ello, son pocas las medidas que se toman al respecto, y sobre todo los individuos que hacen vida en las grandes ciudades están expuestos a niveles perniciosos de ruido a diario.

+: **Consecuencias de la contaminación sonora**

Algunas consecuencias posibles de la exposición constante a niveles elevados de contaminación sonora son:

- **Socioacusia.** Un daño leve a nuestro sistema auditivo que revela la aparición de un pitido constante luego de haberlo sometido a altos niveles sonoros. Este efecto suele pasar con los días, pero el abuso de estas condiciones conducirá a la disminución de la capacidad auditiva y eventualmente a la sordera.
- **Interferencia comunicativa.** A mayores niveles de contaminación sonora, más difícil se hace la comunicación oral, ya que nuestros oídos no pueden discernir unos sonidos de otros, sino que el cerebro debe filtrar entre la cantidad de sonidos registrados, la que le interesa.
- **Efectos físicos.** Más allá del daño auditivo, la exposición a grandes fuentes de contaminación sonora, producen efectos fisiológicos determinados, como dilatación de pupilas, aceleración del pulso, incremento de la presión arterial y dolores de cabeza, incremento de la tensión muscular y otros síntomas de estrés.
- **Efectos psicológicos.** El ruido es altamente dañino para la salud mental y emocional, ya que puede causar insomnio, fatiga, estrés, depresión, ansiedad, irritabilidad, aislamiento y falta de concentración, así como defectos de aprendizaje y comunicación verbal en los niños.

+: **¿Cómo evitar la contaminación sonora?**



3.17.5. El uso de tapones para los oídos es una práctica en auge en diversas regiones del mundo.

El ruido no era considerado un contaminante ambiental hasta recientemente, a pesar de la presencia de grandes desarrollos industriales en diversas regiones del mundo. Desde el inicio del milenio (año 2000), numerosas organizaciones y Estados se han puesto de acuerdo para gestar una legislación en torno al ruido, lo cual ha conducido a la aparición de normativas y códigos legales para proteger a la gente del ruido excesivo.

Sin embargo, muchas de las medidas contra el ruido siguen siendo particulares. En ambientes de alta presencia de ruido las empresas deben brindar a sus empleados equipos de protección auditiva y deben emplear materiales aislantes para impedir que las ondas sonoras se esparzan fuera del recinto, así como aislar las operaciones industriales para alejarlas de los lugares donde la gente vive.

Por otro lado, el uso de tapones para los oídos y de barreras acústicas en los hogares es una práctica en auge en diversas regiones del mundo.

+ : Ejemplos de contaminación sonora

Algunos ejemplos de contaminación sonora o auditiva son:

- Despegue de aviones en aeropuertos, y presencia de otros vehículos a combustión como motocicletas sin filtro en el escape.
- Conciertos y otros eventos al aire libre dotados de parlantes a volumen excesivo.

- Operaciones industriales o de arreglo de calles (taladros hidroneumáticos) en plena ciudad.
- Instalaciones eólicas en los campos (suelen producir ruidos al girar las aspas).

Fuente: <https://concepto.de/contaminacion-sonora/#ixzz85P80CCP0>

*** : Imaginando explicaciones sobre el sonido**

En forma similar que, con la Luz, la oscuridad y los colores, el sonido es transmitido por fotones o neutrinos que son impulsados por algún tipo de energía y que son configuradas por la amplitud y la frecuencia de las ondas electromagnéticas, nuestros oídos están dotados con una membrana (Tímpano) que al vibrar por efecto de las ondas electromagnéticas sonoras, interpretan esas vibraciones y así nosotros podemos identificar los sonidos.

CAPÍTULO XVIII : Variaciones en los átomos.

* : Los Isótopos

Hay variaciones dentro de estas conformaciones, que dependen de hechos ocasionales, por ejemplo, a un conjunto de Protones completos en un átomo, se les pueden unir otros conjuntos en formación comenzando por neutrones (uno o varios) que varía el número de su masa atómica y generan lo que los técnicos llaman de "Isótopos".

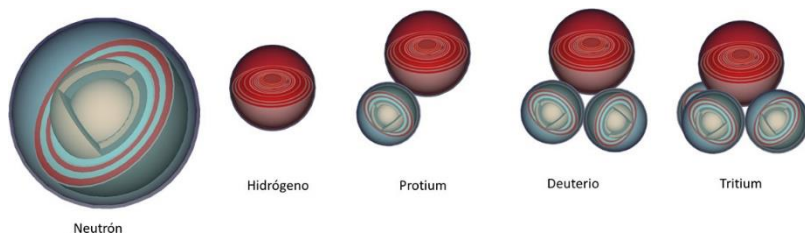


Figura 3.18.1. Descripción de los "Isotopos"

La particularidad de los Isotopos, normalmente considerados como neutrones o sea de los protones incompletes, por esa condición es que siguen recibiendo cargas de energía (Neutrinos o Fotones) y es la razón por la que son usados para modificar otros átomos que conforman los materiales.

En la nomenclatura científica, los isótopos se designan por el nombre del elemento seguido de un guión y el número de nucleones (protones y neutrones) en el núcleo atómico (por ejemplo, hierro-57, uranio-238, helio-3). En forma simbólica, el número de nucleones se

escribe como un prefijo avergonzado del símbolo químico (por ejemplo, 57FE, 238U, ^3He).

* : Los Iones.

Con la carga suficiente para superar la atracción magnética del núcleo, el electrón queda con la posibilidad de ser fácilmente atraído por otro átomo aniónico o de liberarse el mismo de la atracción magnética que lo retiene. El átomo que pierde un electrón se convierte en un átomo con “Ion” positivo que busca atraer otro electrón.

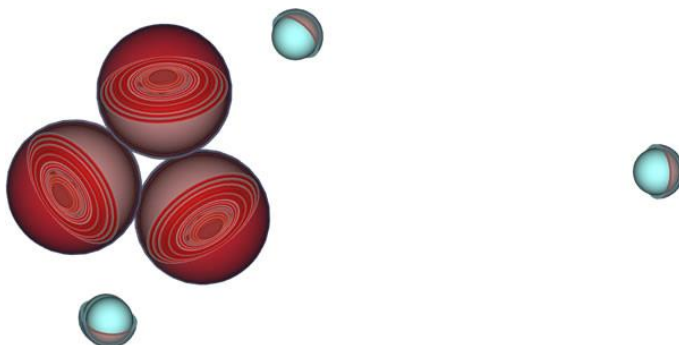
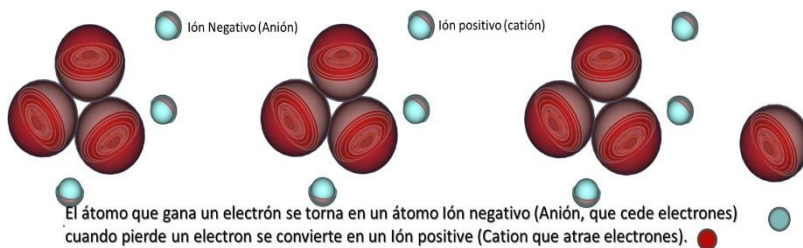


Figura 3.18.2. Representación de los “Iones”

El átomo de Litio es el mejor ejemplo práctico, al faltarle un electrón, para ese intercambio de cargas de energía va consumiendo la carga eléctrica de los electrones a su alrededor.

Figura 3.18.3. funcionamiento de los Iones de Litio



En la imagen se puede observar que al primer átomo le falta un electrón y el átomo que está al lado, está ionizado negativamente, ahora veamos el proceso en una pila de litio, tenemos el lado catiónico cargado con energía positiva, al consumir la carga positiva

(fotones) del electrón, se ioniza positivamente, o sea, pierde ese electrón que pasa a ionizar negativamente a su vecino y a medida que pierde electrones, va ganando de otro vecino.

El ánodo, que aporta la corriente negativa en el proceso, también se ioniza y atrae al electrón que está ionizado positivamente (y que ha perdido parte de su carga positiva y tiene su carga negativa completa) para ocupar un lugar del electrón que ha perdido su carga negativa, pero tiene su carga positiva completa en el anión. Así, intercambiando el electrón flotante se va disminuyendo la carga eléctrica de la batería, hasta descargarse completamente.

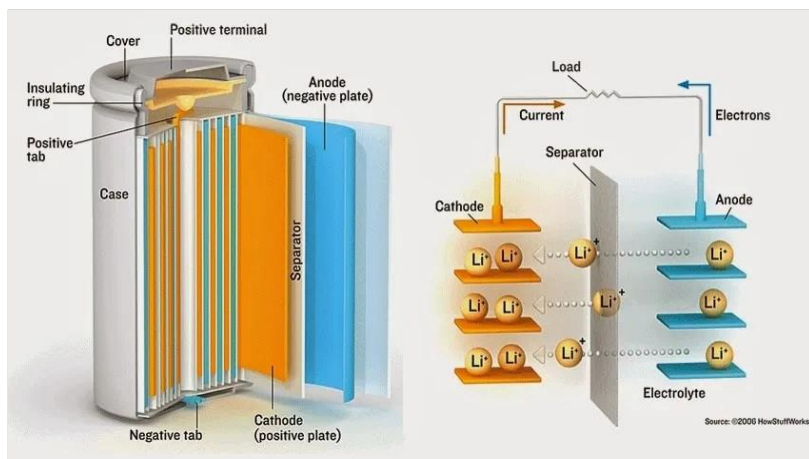


Figura 3.18.4. Descripción de una pila de “Litio”

Después de conocer los detalles sobre la conformación de los átomos, nos quedará mucho más fácil entender el comportamiento de los elementos de la tabla periódica o elementos químicos, que se conforman con varios átomos y a su vez se unen en moléculas que conforman todo lo que existe.

* : EL PLASMA.

Cuando una carga de fotones afecta a los electrones de un átomo con la suficiente cantidad de energía para que se alejen del núcleo al punto de quedar fuera de su rango de atracción, los protones del elemento químico quedan ionizados eléctricamente positivos al perder todos sus electrones y todos se convierten en plasma.

La presencia de un número no negligible de portadores de carga hace que el plasma sea muy buen conductor eléctrico, de modo que responde fuertemente a los campos electromagnéticos. El plasma, por lo tanto, tiene propiedades muy diferentes de las de sólidos, líquidos y gases y se considera un estado distinto de la materia.

En cierta forma y de manera sintética, el plasma se puede caracterizar como un gas ionizado.

El plasma tiene características propias que no se dan en los sólidos, líquidos o gases, por lo que es considerado otro estado de agregación de la materia. Como el gas, el plasma no tiene una forma o volumen definido, a no ser que esté encerrado en un contenedor. El plasma bajo la influencia de un campo magnético puede formar estructuras como filamentos, rayos y capas dobles. Los átomos de este estado se mueven libremente; cuanto más alta es la temperatura más rápido se mueven los átomos en el gas, y en el momento de colisionar la velocidad es tan alta que se produce un desprendimiento de electrones.

Calentar un gas puede ionizar sus moléculas o átomos (reduciendo o incrementado su número de electrones para formar iones), convirtiéndolo en un plasma. La ionización también puede ser inducida por otros medios, como la aplicación de un fuerte campo electromagnético mediante un láser o un generador de microondas, y es acompañado por la disociación de los enlaces covalentes, si están presentes.



Figura 3.18.4. Equipo de corte para aceros a partir de plasma

El plasma es el estado de agregación más abundante en el Universo, y la mayor parte de la materia visible se encuentra en estado de plasma, la mayoría del cual es el enrarecido plasma intergaláctico

(particularmente el centro de intra-cúmulos) y en las estrellas. El plasma se asocia principalmente con las estrellas.

*** : El oxígeno.**

Es el más importante de todos los elementos existentes sobre el universo, es el componente indispensable para todos los compuestos químicos y de todas las formas de vida, se puede considerar que el oxígeno es la vida misma, pero como elemento, no existe puro en la naturaleza, está siempre combinado con otros elementos, especialmente en el agua, de la que es componente junto con el hidrógeno, H_2O .

Analizando su estructura atómica encontramos que el oxígeno tiene ocho electrones, dos en el orbital inferior (S) y seis en el superior (D), esta condición le da un aspecto especial, al faltarle 2 electrones para ser estable, es electronegativo y reacciona ante cualquier elemento.

Hay una ley física que determina que todos los gases buscan ser estables y para serlo, deben de tener ocho electrones en el último orbital (completando 8 electrones que le permiten a la molécula ser inerte y no verse afectada por otras interacciones), a las moléculas que les sobran se llaman electropositivos y a los que le faltan se llaman electronegativos.

En el caso del oxígeno, su particularidad es que no modifica sus condiciones porque no cede ni recibe electrones, los comparte, razón por la que no encontramos oxígeno puro en la naturaleza (O), siempre lo encontramos como O^2 pero reacciona con todos los demás elementos químicos que existen, formando los ácidos, las bases y todas las formas bióticas existentes.

+: Las funciones del oxígeno.

Al compartir dos electrones, le quedan cuatro libres y cuenta con cuatro compartidos, estabilizándose definitivamente.

La Molécula de Oxígeno O^2 como existe en nuestro universo, cada átomo de oxígeno con seis electrones en el último orbital, comparte 2, que sumando da un total de 8, que lo hace estable.

Este factor determina que el oxígeno no existe en forma pura en el universo, deducimos que su existencia es el resultado de procesos

físicos y químicos que partieron del agua, se supone que el comienzo de la vida se produjo en el agua del mar, donde se desarrollaron organismos primarios que procesaban carbohidratos a partir de los minerales existentes. Entonces el oxígeno de la atmósfera es el resultado de millones de años de fotosíntesis, único medio que tiene la naturaleza para obtener oxígeno del agua, el elemento más abundante de la naturaleza y factor indispensable para la existencia de la vida de los seres vivos.

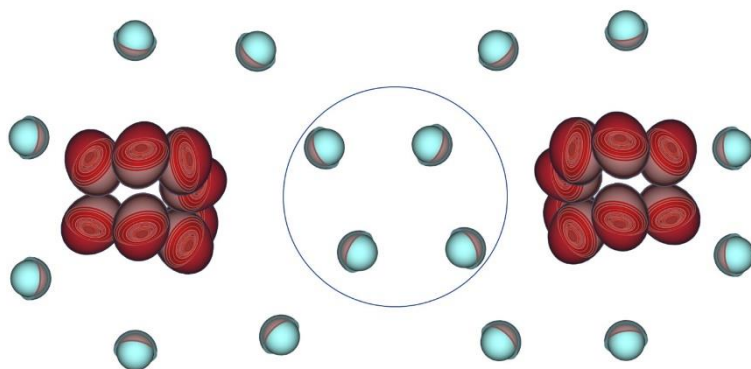


Figura 3.18.5. Molécula de Oxígeno O_2

+ : La luz del día.

Los rayos solares, compuestos por partículas con fuerza magnética que viajan a 300 mil km por segundo, acompañados de partículas con energía, pero sin masa (Fotones o Neutrinos), que forman ondas electromagnéticas diferenciadas por la cantidad de energía transportada, al llegar a nuestra atmósfera se encuentran inicialmente con la barrera de gases, inicialmente Hidrógeno, que es paramagnético, lo hacen reaccionar y por eso lo convierten en plasma, pero como son tan pocos electrones la mayoría de los rayos cósmicos pasan sin variaciones, luego encuentran Helio y Carbono que son elementos diamagnéticos porque no reaccionan con la energía emanada por los rayos cósmicos (son como cristales, los dejan pasar con facilidad y sin cambio ninguno).

Pero cuando encuentran la barrera compuesta por nitrógeno y el Oxígeno, al ser ambos paramagnéticos e inestables reaccionan, cambiando su estado, el nitrógeno reacciona con los neutrinos y como es un gas inestable, produce muy bajas temperaturas y con el

oxígeno (O_2) que reacciona con los fotones y se convierte en ozono (O_3). Todo esto en una acción continuada mientras que dure el efecto de los rayos cósmicos que son modificados por estos gases.

La longitud del enlace en las especies de oxígeno puede explicarse por las posiciones de los electrones en la teoría orbital molecular. Para obtener el diagrama de nivel de energía orbital molecular para O_2 , necesitamos colocar 12 electrones de valencia (6 de cada átomo O). Se vuelven a llenar los orbitales según las reglas de Hund y el principio Pauli, comenzando por el orbital que es más bajo en energía. Se necesitan dos electrones cada uno para llenar los orbitales σ 2s y σ 2s*, dos más para llenar el σ 2p_z orbital y 4 para llenar los orbitales degenerados π^* 2p_x y π^* 2p_y. Según la primera regla de Hund, los 2 últimos electrones deben colocarse en π^* orbitales separados con sus espines paralelos, dando una multiplicidad de 3 (un estado triplete) con dos electrones desapareados. Esto lleva a un orden de bonos predicho de $8-4/2=2$ que corresponde a un doble enlace, de acuerdo con los datos experimentales: la longitud del enlace O—O es 120.7 pm, y la energía del enlace es 498.4 kJ/mol a 298 K.

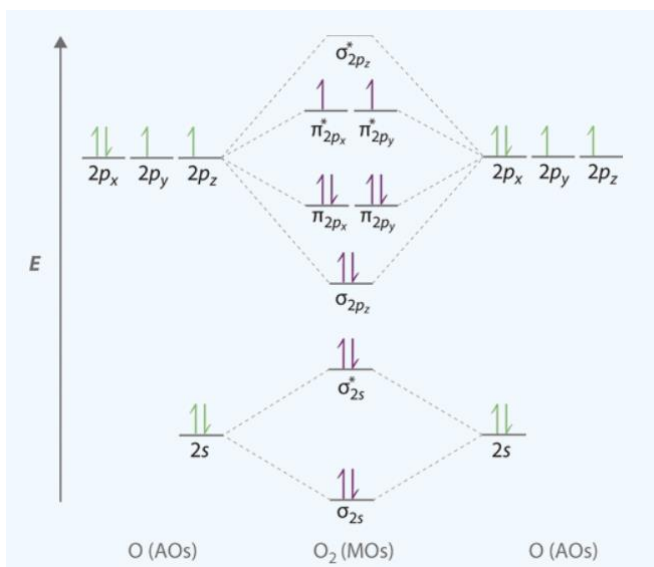


Figura 3.18.6: Electrones en los orbitales del oxígeno

Diagramas de nivel de energía orbitales moleculares para O_2 . Con 12 electrones de valencia (6 de cada átomo O), solo hay 2 electrones para colocar en el (π^*npx, π^*npy) par de orbitales. La primera regla de Hund dicta que un electrón ocupa cada orbital, y sus espines son paralelos, dando a la molécula de O_2 dos electrones desapareados. Este diagrama muestra 8 electrones en orbitales de unión y 4 en orbitales antiadherentes, dando como resultado un orden de enlace predicho de 2. (CC BY-SA-NC; Anónimo por solicitud).

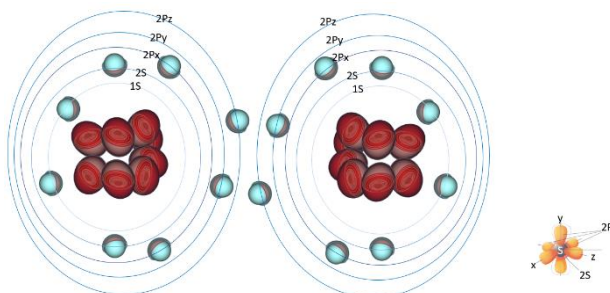


Figura 3.18.7. Molécula de Oxígeno y su distribución

El orden de enlace se determina a partir de las configuraciones de electrones.

- : Descripción del proceso de ozonización.

Como el átomo de oxígeno (O) tiene un electrón en el orbital $2py$ y otro en el orbital $2pz$ que son los que comparte con otro átomo de oxígeno formando la molécula O_2 , al recibir el impacto de la onda portadora de la energía electromagnética positiva de los rayos solares (fotones), que afectan a todos los electrones de la molécula cargándolos de energía positiva en forma decreciente, los electrones más lejanos del núcleo reciben menos que los más cercanos, por eso, cambia su conformación interior.

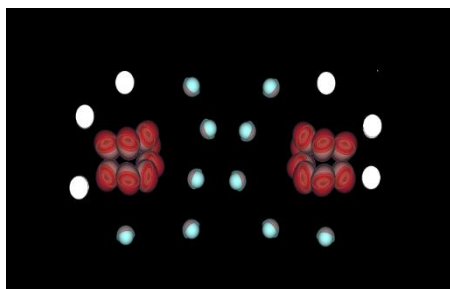


Figura 3.18.9. Molécula de Oxígeno afectada por energía radiante, emite fotones

Al transferirle más carga positiva a los dos electrones ubicados en el orbital 1S que son los más cercanos al núcleo y los que menos energía positiva posee. Al recibir la carga suficiente para hacerlos saltar de su orbital y pasarse al orbital 2S. Cada átomo de oxígeno para estabilizarse hace que los electrones inicialmente ubicados en el orbital 2S pierda fotones (energía positiva) de su positrón para disminuir su energía y poder descender al orbital 1S para reemplazar a los electrones que saltaron por efecto de la energía del rayo cósmico con su onda electromagnética incidente, esta acción es continuada, mientras que dure el efecto electromagnético y esa energía del fotón liberado es el destello o mejor, la luz que perciben nuestros ojos.

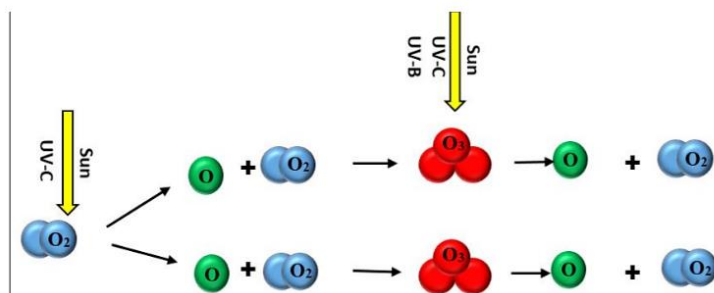


Figura 3.18.10.: El "ciclo ozono-oxígeno" que muestra la formación natural y ruptura del ozono (O₃) en la estratosfera

Con menos energía positiva, el electrón regresa a ocupar el lugar que está vacío, pero como son millones de fotones que impactan a cada segundo al oxígeno en la atmósfera, esta operación se repite miles de billones de veces por segundo.

Ambos átomos reciben simultáneamente el impacto de las partículas que la obligan a permanecer desestabilizada permanentemente, al reemplazar el electrón en el orbital inferior de los dos átomos, entonces queda con solo un electrón para compartir, entonces, para estabilizarse se atrae con otra molécula de O₂ cercana para completar 3 compartidos y 5 electrones en el último orbital.

Como sabemos, el oxígeno no se encuentra solo en el universo, lo encontramos siempre como O₂, la otra molécula también está pasando por el mismo proceso, entonces se forma la molécula de ozono completa 2(O₃). Esa es una secuencia que se repite en la

atmósfera continuamente a medida que la tierra le está mostrando su superficie al sol, o sea, durante el día, la llegada de fotones y neutrinos es constante. Como

Por efecto del movimiento de rotación de la tierra, a medida que va girando va exponiendo una parte de su superficie de frente al sol, recibiendo los rayos solares en forma constante, en lo que se denomina Día, durante todo ese tiempo y en forma ininterrumpida, las partículas impactan las moléculas de oxígeno en la parte superior de la atmósfera.

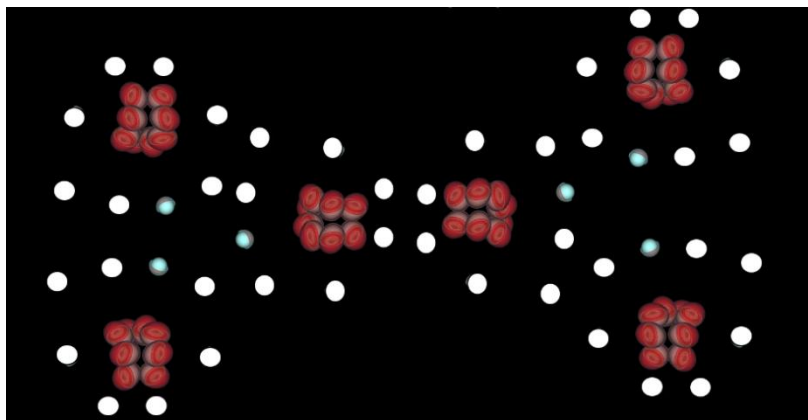


Figura 3.18.11. Las moléculas de oxígeno afectadas se reagrupan como $3(O^2)$

Por esta razón, es que el oxígeno es indispensable para impedir que los nocivos rayos cósmicos afecten la superficie de la tierra, porque sus longitudes y frecuencias de onda son detenidas en el proceso y el oxígeno reemite esos fotones con la amplitud y frecuencia que es la luz del día visible a nuestros ojos.

Todo el mundo habla de la capa de ozono que protege la tierra de los rayos solares y protegen nuestra piel de su nocivo efecto cancerígeno, al modificar la estructura de algunos átomos en la piel, quizás el mayor de los peligros con el cambio climático, con menos árboles, menos oxígeno, por lo tanto, menos ozono.

Es necesario tener en cuenta que lo que pueden ver nuestros ojos durante el día, es la reacción del oxígeno que produce esos fotones que vemos, es la claridad, por eso, durante la noche solo vemos la

luminosidad de las estrellas y el brillo de la luna que refleja el brillo de los fotones cuando le pegan a su superficie.

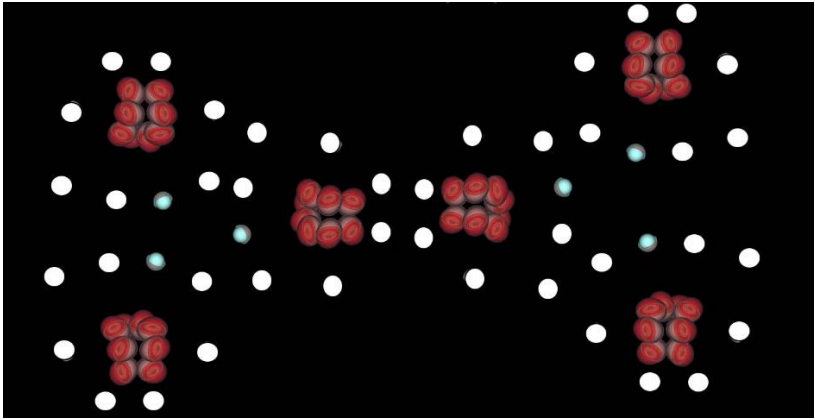


Figura 3.18.12. Molécula de ozono completa

Por lo tanto, el oxígeno es el elemento que produce el efecto al liberar fotones para reacomodar su carga eléctrica, por esta razón, las fotografías de la luna aparecen oscuras y difusas a pesar de distinguir perfectamente la ropa de los astronautas por el efecto de los fotones cuando la impactan.



Figura 3.18.13. Fotografía de Neil Amstrong descendiendo al suelo lunar en 1969.

Hay que tener en cuenta que, si no se modifica el curso de los diferentes rayos solares, especialmente los ultravioleta, estos tienen

unas características de reacción calórica que ampollarían la piel de los seres humanos y animales, destruyendo también los microorganismos de la capa vegetal del suelo este efecto se puede comprobar con la lupa y los rayos solares, que, al rectificar nuevamente sus ondas con el cristal, queman cualquier material combustible.

+ : El ozono en nuestra vida.

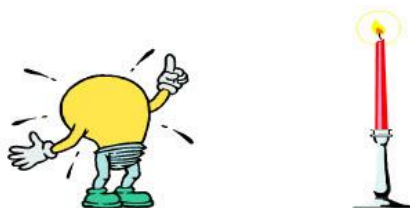


Figura 3.18.14. Los usos del ozono en nuestra rutina diaria.

Las lámparas, las velas, los faroles de los carros, todo funciona por la intervención del oxígeno que produce esos fotones.

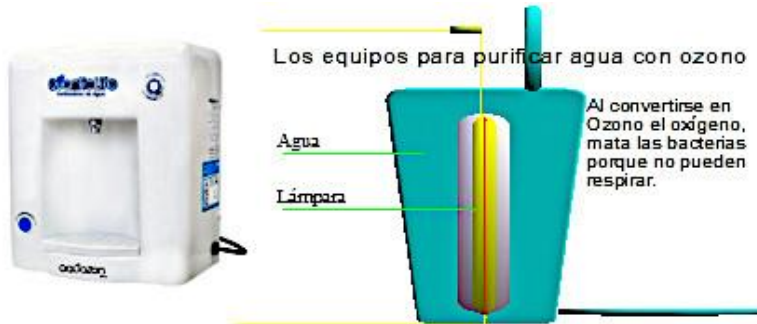
El ozono no puede ser almacenado ni transportado -es mucho menos estable que el oxígeno diatómico- como otros gases industriales. El motivo es que rápidamente se reconvierte en oxígeno, y por ello debe ser producido en el lugar en donde será empleado. Los generadores más comunes son los que trabajan por medio del efecto corona, con frecuencias que van de 600 Hz hasta 2 kHz, y con voltajes que oscilan entre los 4 kV y 20 kV.

El factor dominante que origina la generación de ozono es la temperatura del gas vector que es controlada por el agua de enfriamiento; cuanto más fría es el agua, mejor es la síntesis del ozono; en las típicas condiciones industriales, la mayor parte de la energía se disipa en calor, que debe neutralizarse por un muy eficiente flujo de agua. Debido a la alta reactividad del ozono, solo unos pocos materiales pueden ser usados para entrar en contacto con él; entre estos estarían el acero inoxidable 316L, el vidrio, PVDF, EPDM, PVC. Sus propiedades antisépticas son de aplicación tanto a nivel doméstico como industrial, estando demostradas y certificadas por laboratorios.

En el caso de tratamientos aéreos y de superficies con ozono, este elemento se comporta mezclándose en el ambiente a tratar,

consiguiendo así la mayor homogeneización con el aire presente y oxidando cualquier tipo de sustancia biológica hasta el exterminio.

+ : Purificadores de agua con ozono



3.18.15. Uso del Ozono para purificar el agua.

Un generador de ozono es capaz de producir ozono, una molécula triatómica que contiene tres átomos de oxígeno artificialmente, mediante la generación de una alta tensión eléctrica (llamada "Efecto corona") que produce ozono, y, colateralmente, iones negativos. La generación de ozono tiene aplicación en la eliminación de malos olores y desinfección del aire, en el tratamiento y purificación de aguas, y en electromedicina -ozonoterapia-.

Con las soldaduras eléctricas de gran potencia se puede verificar el efecto alotrópico del oxígeno, cuando se ve la capa brillante de color azulada alrededor de la llama, evitando que esta vaya más lejos y desapareciendo cuando se termina la emisión de luz fuerte.

La reacción del oxígeno ante la actividad eléctrica.

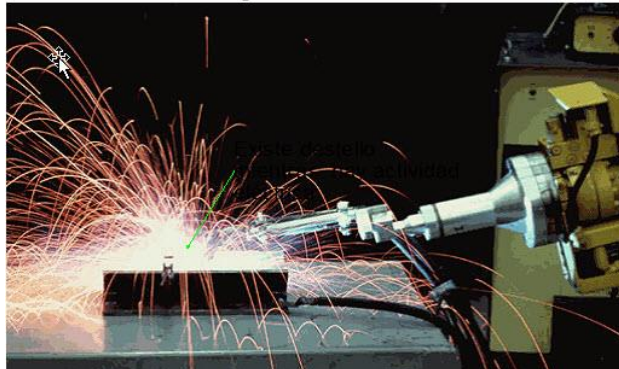


Figura 3.18.16. Efecto de la soldadura eléctrica con el oxígeno

Desde hace años gracias a que se puede trabajar en alta frecuencia y al avance de la electrónica se ha pasado de utilizar grandes transformadores en baja frecuencia y válvulas a fabricar equipos de ozono de menor tamaño, menor consumo energético y muy baja disipación de calor inferior a 60 °C, siendo innecesario la refrigeración por agua de equipos con producciones incluso superiores a los 100g/h y con un precio considerablemente más bajo.

De acuerdo con lo que vimos referente al oxígeno, nos queda una conclusión determinante, muy poco explicada por los científicos y que es como una especie de llave que abre todas las puertas del conocimiento. Porque el oxígeno y sus reacciones alotrópicas (Ozono, oxidación y reducción), el factor que interviene en todas las reacciones físicas y químicas que ocurren en el universo, incluida la vida misma. Por eso la importancia de producir oxígeno, que representa de alguna manera, toda la energía que consumimos.

CAPÍTULO XIX : La atmósfera

* : El oxígeno en la atmósfera

Combinado con otros gases conforma el aire de nuestra atmósfera que respiramos y es la capa protectora alrededor de la tierra.

+ : La fuerza magnética de la tierra y su efecto en la atmósfera.

Los elementos químicos están clasificados de acuerdo con su capacidad electromagnética, esto quiere decir, que la tierra ejerce una atracción hacia los elementos, por eso el hidrógeno, que es el más liviano, se eleva más, los metales son más pesados, por lo tanto, más adheridos a la superficie del suelo.

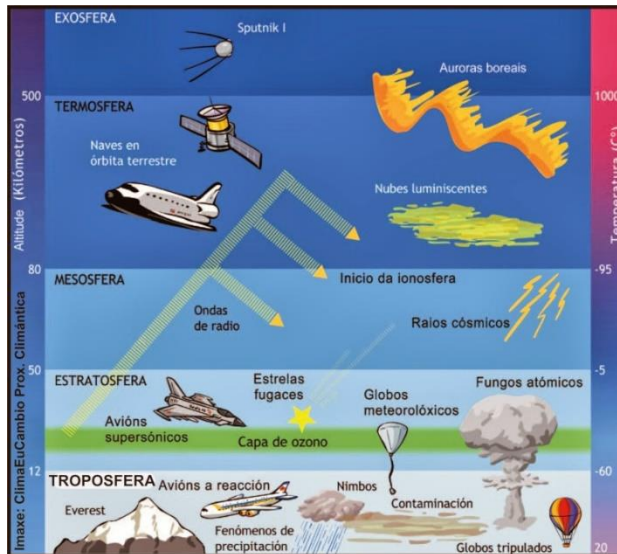


Figura 3.19.1. Descripción de la atmósfera que rodea la tierra.

El nitrógeno. Es paramagnético y el gas más abundante en la atmósfera, 76%, pero su importancia para los seres vivos se reduce a su función como componente de muchas reacciones fisicoquímicas por su composición electromagnética de valencia 7, con 5 electrones en su último orbital y es el causante de las bajas temperaturas en la mesosfera.

El oxígeno. Representa el 21% de la atmósfera, pero es el más importante para todo el proceso vital sobre el universo conocido, como parte indispensable en la respiración de todos los seres vivos, como protección por su posibilidad alotrópica al convertirse en OZONO y por ser el elemento que se puede combinar con todos los demás elementos en forma de ácidos, óxidos, etc.

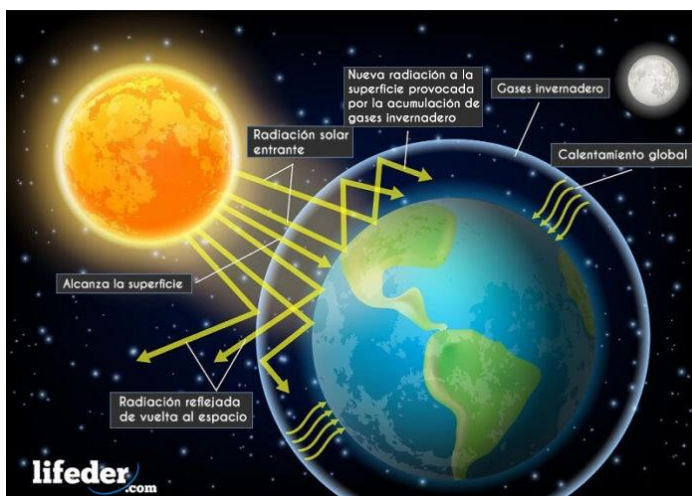


Figura 3.19.2. Descripción del fenómeno invernadero

El carbono. Es un elemento diamagnético, importante dentro del ciclo vital, es el componente de todas las combustiones, su valor electromagnético es 6, con cuatro electrones en el último orbital, esto quiere decir que necesita de 2 moléculas para encontrar su estabilidad C_2 (monóxido de carbono), al compartir todos sus electrones, adquiere la cualidad amplificadora, al compactarse adquiere la dureza (el diamante), combinado con el hierro es acero y en estado menos denso es el vidrio, en este estado tiene cualidades especiales, como dejar pasar los rayos luminosos y no dejar salir el calor por su cualidad refractaria, otro efecto lo definiremos como el efecto lupa, o sea que puede concentrar los rayos luminosos. La

naturaleza en su maravilloso equilibrio tiene a las plantas en su fotosíntesis, consumiendo CO_2 , pero como disminuimos constantemente su número, aumentamos el CO_2 presente en la atmósfera.

+: Contaminación.

En los procesos de combustión, el carbono es liberado en forma de CO_2 (Dióxido de carbono), al ser más leve que el oxígeno se eleva más y su cualidad concentradora de los rayos luminosos le aumenta la función del ozono, además de crear una barrera que impide la salida del calor resultante del recalentamiento del suelo, en el fenómeno llamado de "invernadero".



Figura 3.19.3. Autopista congestionada por exceso de vehículos

+: Para tener una idea de la contaminación en la atmósfera:

Cada automóvil camina 15 Kilómetros diarios en promedio, sabiendo que por cada kilómetro de consumo de combustible fósil (Gasolina) se emiten 0.5 gramos de monóxido de carbono (CO) al aire; ¿Cuántos vehículos hay en la tierra?, ¿cuántos kilómetros/día caminan?, ¿Cantas toneladas de carbono se acumulan en la atmósfera, cuanto oxígeno necesitamos para contrarrestar el efecto invernadero?

El parque automotor de Colombia, por ejemplo, es de 13 millones de unidades, recorriendo cada uno un promedio de 15 Kms. día serían 4.5 toneladas/día por 365 días = 7.117.5 Toneladas al año, sólo en Colombia.

Brasil tiene un parque automotor de 107.948.371 (dato IBGE 2019) serían 59.101,7 toneladas año.

En



Figura 3.19.4. Vehículo a gasolina contaminante del medio.

Estados Unidos según el reporte de la oficina NTS, su parque automotor registrado a 2018 era de 273,602,100, esto nos daría 149.797,1 Toneladas año de CO_2 en la atmósfera.

+ : Calentamiento global, no es fábula

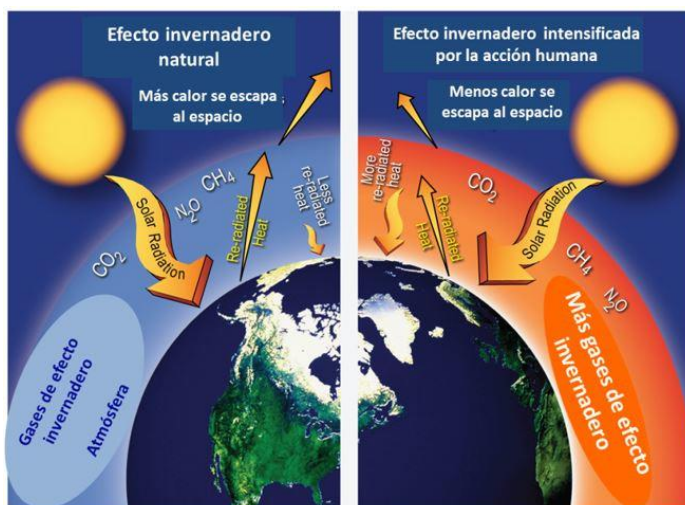


Figura 3.19.5. Cartel explicativo del efecto invernadero

La amenaza es real, cada grado centígrado de aumento en la temperatura, quiere decir menos hielo en los polos y cumbres de las montañas, que son las reservas de agua potable, esa agua se saliniza en el mar, aumenta su nivel y amenaza ciudades y estructuras.

+ : Protección con el ozono

El choque de los rayos solares (fotones, Quarks y Neutrinos) contra los electrones de oxígeno, modifican su amplitud, longitud y

frecuencia de la onda electromagnética, disminuye su potencia y modifica su trayectoria, convirtiéndose en una barrera que cubre todo el globo terráqueo y que impide el paso de los rayos nocivos infra-rojos, beta, ultravioleta y gama, a tal punto que cuando llegan a la superficie del planeta no son tan ofensivos.

Cuando se habla de los huecos de ozono, se refieren a la ausencia de oxígeno para contrarrestar el efecto de esas ondas electromagnéticas, cuyo efecto directo, modifica la estructura atómica de los elementos que toca.



Figura 3.19.6. Ozono, estado alotrópico del oxígeno

*** : El ciclo del oxígeno.**

En nuestro planeta, se inicia a través de la fotosíntesis de los vegetales, ya que como elemento químico no existe libre en la naturaleza, siempre lo encontraremos mezclado con otros elementos, siendo las plantas las únicas formas de vida capacitadas para producir el oxígeno como reacción excedente de su metabolismo.

Tenemos que recordar que el oxígeno es un elemento indispensable para todas las formas de vida en la naturaleza. En este momento la producción de oxígeno a sufrido una enorme disminución y ya es ostensible su disminución ya que se pueden distinguir agujeros cerca a los polos y los niveles en la atmósfera se calculan ya en el 19%, disminuyendo 2 puntos desde las estadísticas de medición hechas en los años 80.

De acuerdo con investigadores del Servicio de Vigilancia de la Atmósfera de Copernicus de la Unión Europea, el agujero en la capa de ozono ya alcanzó su máxima extensión este año, abarcando unos 23 millones de kilómetros cuadrados.

Esto lo convierte en uno de los agujeros más grandes y profundos de los últimos quince años. El gas carbónico (CO_2), compuesto por carbono cuyo peso atómico de 12.011 gana espacio contra el oxígeno cuyo peso atómico es 15.999, eso nos indica que el gas carbónico al ser más liviano que el oxígeno, se libera más fácil del magnetismo de la tierra y se eleva más, pero con el problema de la contaminación ambiental, ese gas va mezclado con otras partículas que le igualan el peso del oxígeno, mezclándose con él, e impidiendo el proceso de Ozonización en mucha parte del espectro.

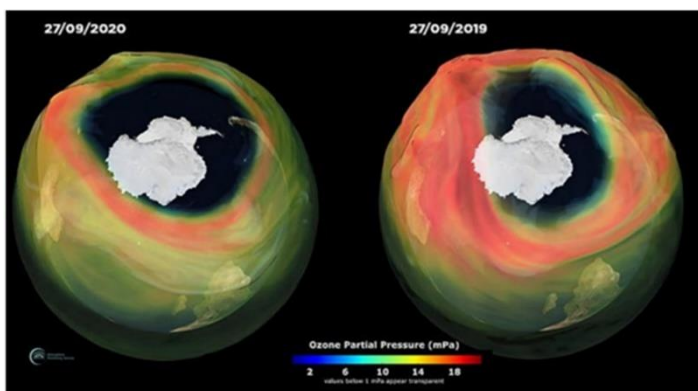


Figura 3.19.7. Visión comparativa de la capa de ozono 2019, 2020.

La cantidad de gas carbónico expelido por los motores que consumen combustibles fósiles, el consumo de aerosoles que atomizan el aire y el uso indiscriminado de dióxido de carbono en la producción de bebidas sodas, hacen que la capacidad regeneradora de las plantas y su fotosíntesis se quede corta y a cada día que pasa, sea mayor la cantidad de moléculas de carbono las que se elevan hasta superar nuestra protección de oxígeno, creando bolsas de presión que empujan el ozono hacia abajo, permitiendo un mayor acercamiento de los rayos solares a la corteza de la tierra.

Este fenómeno que actualmente nos afecta, tiene dos efectos catastróficos, le libre paso a los rayos solares, aumentando su

condición de temperatura por el efecto lupa, que significa que además de dejar pasar las partículas solares con toda su energía, las concentra más (efecto que vemos con la lupa de vidrio cóncavo y convexo con los rayos solares, que quema lo que se le ponga al frente), la cantidad de gas carbónico acumulado en la atmósfera cumple el mismo efecto.

Pero además de eso, esa capa de gas carbónico se extiende alrededor del planeta como si fuera una gran manta de plástico que impide la salida de las ondas de calor refractante y reflejante, emitidas por las partículas solares cuando transmiten su temperatura al suelo, ese calor al no poder salir se va acumulando, elevando la temperatura dentro de la atmósfera a un ritmo acelerado.

Ese aumento de temperatura equivale a una modificación de la temperatura en toda la superficie, que paulatinamente va derritiendo el hielo de los polos, evaporando grandes cantidades de agua que generan las crisis climáticas que tanto nos afectan.

Este fenómeno hay que entenderlo bien, la corteza terrestre esta compuesta principalmente a base de hierro, silicio y aluminio, estos metales son muy sensibles a la acción de la energía lumínica del sol, reaccionando sus moléculas bajo la acción de los rayos ultravioleta y gama, calentándose su superficie.

Aclarado esto, entendemos que al disminuirse la capa de ozono son muchos los rayos ultravioletas que se escapan a la acción del ozono, aumentando la temperatura de la capa interior de la atmósfera, además, la presión que ejercen las volátiles moléculas de carbono empuja el oxígeno hacia abajo, creando zonas o agujeros por donde penetra la energía solar en toda su potencia produciendo un calentamiento aún mayor.

La acumulación de los excedentes de carbono y como es más leve que el oxígeno, al ser diamagnético no es afectado por los rayos solares, pero la conformación de sus orbitales forma una barrera (algo semejante a una plástico) que permite la entrada de los rayos solares, pero impide la salida del calor generado por ellos y reflejado por la corteza terrestre en su calentamiento, predicándose el fenómeno llamado de invernadero, haciendo alusión al sistema

usado para el mantenimiento del calor dentro de los viveros de plantas.

El drama es alarmante, los niveles de deforestación son elevadísimos, el desfase entre la capacidad de limpieza natural y la cantidad de CO² en la atmósfera (que inhibe la formación del ozono) a causa de la producción industrial y de los motores es incalculable, lo único cierto es que a cada día se aumenta más la temperatura del globo, aumentando la rotación del ciclo del agua, peligrando ya el descongelamiento de los polos y con ello la catástrofe que nos pondría en peligro de desaparecer de una vez por todas.

*** : La contaminación en los mares.**

El planctón y las algas marinas son responsables de producir la mayor cantidad de oxígeno libre que hay en la atmósfera. El fitoplancton comprende dos grupos principales: las cianobacterias fotosintéticas y las algas unicelulares que se desplazan cerca de la superficie iluminadas por el sol de los océanos. La hacen en la denominada zona Eufrótica, que puede alcanzar una profundidad de hasta 200 metros en las zonas tropicales.

Los organismos responsables de que podamos respirar se encuentran en los océanos; los cuales, no lo olvidemos, cubren el 71 % de la superficie de la Tierra. El fitoplancton está en la base de la cadena trófica de los ecosistemas oceánicos. Sin los microorganismos autótrofos que lo componen, mares y océanos serían desiertos sin vida. Gracias a su trabajo fotosintético, estas microscópicas criaturas producen entre el 50 y el 85 % del oxígeno que se libera cada año a la atmósfera.



Figura 3.19.8. Muestra de Fitoplancton

Desde hace un par décadas, las imágenes de los satélites Nimbus de la Nasa y de la Agencia Meteorológica estadounidense mostraban que la productividad oceánica, evaluada en función de la clorofila concentrada en la superficie marina, podía ser superior a la productividad de los ecosistemas terrestres. Esto hizo suponer que el fitoplancton era el gran oxigenador del planeta.

La hipótesis fue confirmada en 2015 por el proyecto internacional “Tara Oceans”, cuyos resultados concluyeron que el fitoplancton genera al menos la mitad del oxígeno que respiramos (unos 270 000 millones de toneladas al año) y transfiere unas 10 gigatoneladas de carbono de la atmósfera a las profundidades del océano cada año.

Esto resulta esencial para mantener la vida sobre la Tierra y mitigar los efectos del cambio climático.

El fitoplancton posee clorofila, el pigmento que hace posible la fotosíntesis. Además de esto, sirve como alimento al zooplancton, que a su vez alimenta a otros animales marinos. Miles de millones de plantas microscópicas que habitan el seno de los océanos realizan su ciclo de renovación y muerte en apenas unos días.

Ese infinito universo que nace y muere continuamente, el fitoplancton, es la bomba que produce la mayor parte del O_2 que respiramos. Pero, además de absorber la luz y de liberar O_2 , la clorofila permite a estas minúsculas plantas retirar el CO_2 disuelto para fijarlo, en forma de carbohidratos, a sus estructuras biológicas.

Ahí reside el papel crucial del fitoplancton en el ciclo del carbono y, como consecuencia, en su colosal capacidad para purificar el aire. Gracias a la fotosíntesis, el fitoplancton consume CO_2 a una escala equivalente a los ecosistemas terrestres. Se calcula que cada año incorpora entre 45 y 50 millones de toneladas de carbono inorgánico. Las plantas terrestres incorporan unos 52 millones de toneladas de carbono al año, pero este regresa a la atmósfera a corto o medio plazo. Cuando el fitoplancton muere, parte del carbono captado cae a las profundidades del océano.

Todos los organismos vivos de la zona fótica se hunden cuando mueren, por lo que existe una constante lluvia de materia orgánica hacia aguas más profundas. Los nutrientes son devueltos a las capas superiores del agua, sobre todo en lugares donde hay fuertes

corrientes ascendentes debido a la topografía del fondo y a los patrones de las corrientes oceánicas.

+ : Un fabricante de oxígeno muy lento

El 85 % de la materia orgánica creada cada año por el fitoplancton se recicla entre los organismos que viven en las aguas iluminadas, mientras que 15 % restante se pierde en las profundidades del océano. Allí, donde los microorganismos han eliminado el oxígeno del agua, los restos de materia orgánica permanecen enterrados en condiciones anaeróbicas. Esta materia vegetal sepultada en el fondo del océano es la fuente del petróleo y el gas.

Solo una pequeña fracción, alrededor de la milésima parte de la fotosíntesis a nivel mundial, escapa a los procesos descritos y se agrega al oxígeno atmosférico. Pero desde la aparición de las cianobacterias, los primeros organismos fotosintéticos, hace entre 3 500 y 3 800 millones de años, el oxígeno residual dejado por el pequeño desequilibrio entre crecimiento y descomposición se ha acumulado para formar el depósito de oxígeno respirable del que depende toda la vida y cuyo volumen representa un 21 % del total de la atmósfera.



Figura 3.19.9. Polución del mar en las Antillas

Por eso, aunque la fotosíntesis sea, en última instancia, responsable del oxígeno respirable, solo una pequeña fracción del crecimiento vegetal se añade cada año al almacenamiento de oxígeno atmosférico. Incluso si toda la materia orgánica terrestre se quemara a la vez, se consumiría menos del 1 % del oxígeno disponible en el mundo.

¿Cómo es posible que, en el medio del equilibrio natural, la masa de fitoplancton no se agote si la biomasa de organismos que lo depredan es bastante superior?

El balance se compensa con una elevada tasa de renovación. La alta tasa de reproducción del fitoplancton hace que sus poblaciones se renueven más rápidamente de lo que son consumidas. Un tiburón ballena que se alimenta de millones de estas pequeñas células fotosintéticas solo es capaz de parir una cría al año. En cambio, una diatomea es capaz de generar cada día un millón de descendientes.

+ : ¿Pero, y la disminución en la producción de Oxígeno?

En la inconciencia de esa dualidad en el paradigma entre el poder y la riqueza, no nos preocupamos con lo que pasa a nuestro alrededor y producimos no consumibles que contaminan todo, especialmente la superficie del mar, una bolsa de plástico, esa de las compras en el supermercado, es desechada como basura, a veces recogida para los sitios adecuados, pero muchas veces van a dar a las corrientes de agua con la lluvia e inexorablemente va a parar al mar.



Figura 3.19.10. Polución de los mares

Esa bolsa de plástico flota al vaivén de las olas impidiendo el paso de los rayos solares para que esas diatomeas realicen su proceso de fotosíntesis y por lo tanto de hambre, morirán sin reproducirse, si multiplicamos eso por millones y millones de desechos que van al mar diariamente.

+ : La deforestación, y la producción de oxígeno.

La necesidad de producir alimentos para una población cada vez mayor, ha llevado a que el negocio agropecuario sea uno de los más prósperos, pero es precisamente en esa prosperidad donde está el daño causado.

La naturaleza en su estructura de equilibrio organizó las especies de tal forma, que nada sobra y todo se necesita, para mantener un perfecto equilibrio, la cobertura del suelo para impedir que las partículas cargadas de energía que nos llegan del sol destruyan a los organismos vivos que permanecen en el suelo, les creó la cobertura arbórea cumpliendo múltiple función:



Figura 3.19.11. Ganadería sustentable

- Producen alimento al suministrar carbohidratos en forma de hojas, flores y frutos.
- Consumen CO₂ disminuyendo su carga en la atmósfera.
- Protegen a esos organismos del suelo que alimentan a la misma planta.
- Producen el oxígeno necesario para la vida.
- La sombra disminuye la temperatura del suelo impidiendo la evaporación del agua.
- Para recolectar sus frutos, es necesaria más mano de obra, que es empleo para más personas.

Esto nos indica que los árboles tienen una importancia máxima en el sostenimiento del equilibrio natural, pero la ambición por ganar más

dinero llevó a los seres humanos a desobedecer ese mandato natural de equilibrio y talaron todos los árboles, para facilitar la instalación de monocultivos, que permiten cultivar y recolectar la cosecha en forma más fácil, ganando más dinero con eso.

La mayor parte de los monocultivos ocupa grandes extensiones de terreno, en las mejores tierras, la naturaleza reclama por el abuso y genera plagas, el ser humano responde creando venenos nocivos para los ecosistemas.

Los rayos solares destruyen los microorganismos encargados del proceso de regeneración del suelo, el ser humano se las ingenia para producir abonos y fertilizantes químicos que afectan la estabilidad del suelo, producen, pero deterioran.

Pero la mayor afectación para el equilibrio natural está en la evaporación acelerada del agua potable que permanece en el subsuelo, al disminuir el horizonte foliar, acercándolo al suelo, la mayoría de los monocultivos son casi rastreros, los rayos solares, calientan el suelo a discreción, evaporando miles de toneladas de agua diariamente.



Figura 3.19.12. Monocultivo evapora agua y deteriora el suelo

El equilibrio del sistema, hace que esa agua evaporada, convertida en nubes, se convierte en lluvia, la necesaria lluvia que sería el equilibrio, pero como ya no hay árboles que la protejan, sin control corre por el suelo en busca de las tierras bajas y convertida en ríos, se va al mar, salinizándose, recordando que el nivel del mar sube

hacia arriba, no se extiende, por lo tanto, la cantidad de agua que evapora, siempre será la misma, por esta razón, diariamente perdemos unos cuantos miles de metros cúbicos de agua, lo que inevitablemente nos lleva a padecer de sequías exageradas o inundaciones sin control por la falta de los árboles, diseñados para ejercer el control sobre esos fenómenos.

Este conjunto de perjuicios contra el equilibrio natural, lo vemos reflejado con la disminución de la capa de oxígeno, por lo tanto, en la producción de ozono, o sea que tenemos menor protección, más temperatura y mayor deterioro de los suelos que se agotan, sin agua, inician el proceso de desertización que eleva los costos de producción y lleva la producción agropecuaria a nuevas tierras, que al ser deforestadas, cumplirán el mismo ciclo, hasta que no hayan más tierras nuevas y la población sigue en aumento.



Figura 3.19.13. Granja Integral Autosuficiente sustentable, genera el uso de más mano de obra y protege el suelo

La naturaleza esta diseñada para funcionar en equilibrio, todo en ella está integrado en Unidades Múltiples, los cultivos integrados funcionan a la perfección, pero no generan las ganancias que generan los monocultivos que utilizan menos mano de obra, hecho que genera el problema social que vivimos.

Para ganar más dinero, se utilizan medios mecánicos que reemplazan mano de obra humana por costosa, sin importar las consecuencias y eso es lo que tenemos hoy, un mundo amenazado de extinción, con muchas personas viviendo por debajo de la línea de pobreza al no tener empleo y con menos oxígeno que amenaza a todo el mundo.

De acuerdo con este análisis, que no son suposiciones ni conjeturas imbéciles como dicen de quienes se atreven a contradecir las

verdades del “Sistema” y todo lo que se diga lo tildan de hacer parte de una conspiración sin sentido, aun así, creemos que asistimos a un suicidio colectivo arrastrados por una insana ambición que no nos conduce a ninguna parte.

CAPÍTULO XX : El agua.

* : El ciclo del agua

A pesar de tener una densidad 775 veces y su viscosidad 100 veces mayor que el aire, el agua cubre la mayor parte del globo terráqueo. En la atmósfera en forma de vapor se denomina humedad relativa o absoluta, según el tipo de medición y va del 35 al 95% y es indispensable para la existencia de la vida.

El agua es uno de los elementos más abundantes en la naturaleza.



Quantificación del agua:

Las 3/4 partes de la superficie terrestre están cubiertas por agua.
Solo el 6% de esa agua es potable.

El agua potable este repartida en:

- El 75% es Subterránea (4.5% del total)
- El 20% está congelada en los polos (1.2% del total)
- El 5% restante pertenece a las nubes, rios, lagos, etc..

Figura 3.20.1. Cantidades de agua disponibles en el mundo

El agua ingresa al ciclo vital en todas sus formas, es arte y parte de todos los seres vivos, al ser un componente indispensable en la fotosíntesis, partiremos de allí para determinar su ciclo.

La tierra debe de mantener unos niveles mínimos y máximos de humedad y de allí la necesidad de la existencia de las plantas para regular dichos niveles.

Toda la naturaleza es una sucesión de factores que se entrelazan y determinan condiciones para que sea posible la vida en el planeta, por eso durante millones de años la vida sobre la tierra evolucionó hasta presentarla como la conocemos hoy, entendemos la necesidad de proteger nuestro entorno de la explotación exagerada e indiscriminada de los recursos naturales, por eso trataremos de explicar las razones para protegerla.

Las plantas son necesarias para proporcionar la sombra suficiente para que los rayos solares no evaporen el agua de la capa vegetal, recibiendo sobre sus hojas la energía lumínica del sol, aprovechándola en la fotosíntesis y creando una barrera de protección para los microorganismos del suelo, muy susceptibles al calor, manteniendo un micro-clima intermedio entre la cubierta vegetal arbórea y el suelo, conservándolo siempre húmedo y fresco, sirviéndole de hábitat a muchos animales que le proporcionan el necesario CO^2 .

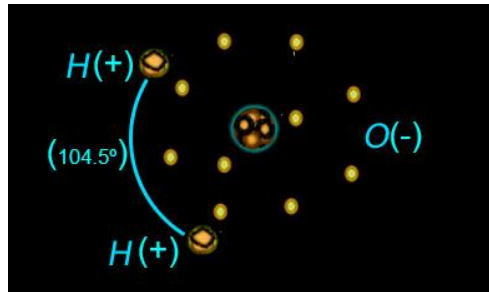


Figura 3.20.2. Estructura de la molécula de agua

Con sus excrementos y sobras le proporcionen alimento a los microorganismos y así conservar su propio alimento, la creencia popular es que los árboles chupan el agua de la tierra, llevándola a la superficie y como lo ven muy difícil de creer, entonces siempre seguirán talando bosques, porque no ven perjuicio en talar un árbol más, que no significa nada.

Al talar los árboles, se permite que los rayos solares castiguen directamente la capa terrestre, calentándola y evaporando el agua rápidamente, al faltar el agua, los microorganismos presentes en la capa vegetal también desaparecen, suprimiendo el ciclo vegetativo.

Luego, aunque se plante semilla, es muy difícil que vuelva a crecer la vegetación, sin unos cuidados especiales. Al estar sin vegetación, la mayor parte de la lluvia se evapora rápidamente y la que queda se filtra en las capas inferiores del suelo en el proceso llamado de lixiviación, recostándose a la capa rocosa, descendiendo abruptamente o fluyendo sin control hacia los ríos.

*** : Propiedades del agua.**

¿Por qué los científicos dedican tiempo a buscar agua en otros planetas? ¿Por qué es tan importante el agua? Es porque el agua es esencial para la vida tal como la conocemos. El agua es una de las moléculas más abundantes y la más crítica para la vida en la Tierra. Aproximadamente del 60 al 70 por ciento del cuerpo humano está compuesto de agua. Sin ella, la vida tal como la conocemos simplemente no existiría.

La polaridad de la molécula de agua y sus enlaces de hidrógeno resultantes hacen del agua una sustancia única con propiedades especiales que están íntimamente ligadas a los procesos de la vida. La vida evolucionó originalmente en un ambiente acuoso, y la mayor parte de la química y el metabolismo celular de un organismo ocurren dentro del contenido acuoso del citoplasma de la célula. Las propiedades especiales del agua son su alta capacidad calorífica y calor de vaporización, su capacidad para disolver moléculas polares, sus propiedades cohesivas y adhesivas, y su disociación en iones que conduce a la generación de pH. Comprender estas características del agua ayuda a dilucidar su importancia en el mantenimiento de la vida.

+ : Polaridad del agua

Una de las propiedades importantes del agua es que está compuesta de moléculas polares: el hidrógeno y el oxígeno dentro de las moléculas de agua (H_2O) forman enlaces covalentes polares. Si bien no hay carga neta en una molécula de agua, la polaridad del agua crea una carga ligeramente positiva en el hidrógeno y una carga ligeramente negativa en el oxígeno, lo que contribuye a las propiedades de atracción del agua.

Las cargas del agua se generan porque el oxígeno es más electronegativo que el hidrógeno, por lo que es más probable que se

encuentre un electrón compartido cerca del núcleo de oxígeno que en el núcleo de hidrógeno, generando así la carga negativa parcial cerca del oxígeno.

Como resultado de la polaridad del agua, cada molécula de agua atrae a otras moléculas de agua debido a las cargas opuestas entre las moléculas de agua, formando enlaces de hidrógeno. El agua también atrae o es atraída por otras moléculas e iones polares. Una sustancia polar que interactúa fácilmente con el agua o se disuelve en ella se denomina **hidrófila** (hidro- = "agua"; -fílica = "amorosa"). Por el contrario, las moléculas no polares como los aceites y las grasas no interactúan bien con el agua, como se muestra en la Figura 2.14 y se separan de ella en lugar de disolverse en ella, como vemos en los aderezos para ensaladas que contienen aceite y vinagre (una solución de agua ácida). Estos compuestos no polares se denominan **hidrofóbicos** (hidro- = "agua"; -fóbico = "miedo").



Figura 3.20.3. La vemos todos los días, cuando falta, se complica todo

El aceite y el agua no se mezclan. Como muestra esta imagen macro de aceite y agua, el aceite no se disuelve en agua, sino que forma gotas. Esto se debe a que es un compuesto no polar. (crédito: Gautam Dogra).

+ : **Estados del agua: gas, líquido y sólido**

La formación de enlaces de hidrógeno es una cualidad importante del agua líquida que es crucial para la vida tal como la conocemos. A

medida que las moléculas de agua forman enlaces de hidrógeno entre sí, el agua adquiere algunas características químicas únicas en comparación con otros líquidos y, dado que los seres vivos tienen un alto contenido de agua, comprender estas características químicas es clave para comprender la vida.

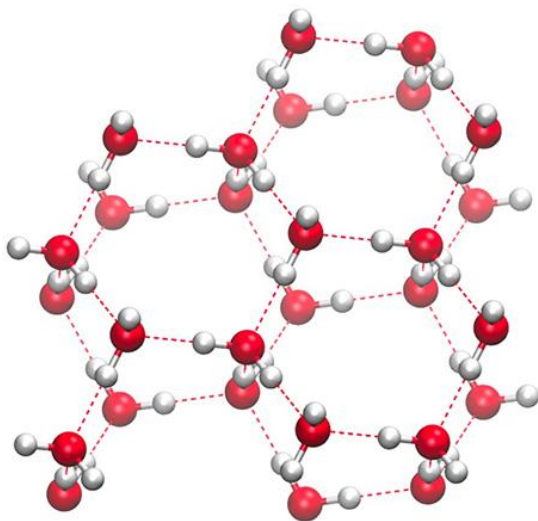


Figura 3.20.4. Configuración química del agua

En el agua líquida, los enlaces de hidrógeno se forman y rompen constantemente a medida que las moléculas de agua se deslizan entre sí. La ruptura de estos enlaces es causada por el movimiento (energía cinética) de las moléculas de agua debido al calor contenido en el sistema. Cuando el calor aumenta al hervir el agua, la mayor energía cinética de las moléculas de agua hace que los enlaces de hidrógeno se rompan por completo y permite que las moléculas de agua escapen al aire en forma de gas (vapor o vapor de agua). Por otra parte,

La menor densidad del agua en su forma sólida se debe a la forma en que se orientan los enlaces de hidrógeno cuando se congela: las moléculas de agua se separan más en comparación con el agua líquida. Con la mayoría de los demás líquidos, la solidificación cuando baja la temperatura incluye la disminución de la energía cinética entre las moléculas, lo que les permite empaquetarse aún más estrechamente que en forma líquida y le da al sólido una mayor densidad que al líquido.

La menor densidad del hielo, ilustrada y representada en la Figura 3.20.5., una anomalía, hace que flote en la superficie del agua líquida, como en un iceberg o en los cubitos de hielo en un vaso de agua helada. En lagos y estanques, se formará hielo en la superficie del agua creando una barrera aislante que protegerá a los animales y plantas del estanque de la congelación. Sin esta capa de hielo aislante, las plantas y los animales que viven en el estanque se congelarían en el bloque sólido de hielo y no podrían sobrevivir. El efecto perjudicial de la congelación en los organismos vivos es causado por la expansión del hielo en relación con el agua líquida. Los cristales de hielo que se forman al congelarse rompen las delicadas membranas esenciales para el funcionamiento de las células vivas, dañándolas irreversiblemente. Las células solo pueden sobrevivir a la congelación si el agua que contienen se reemplaza temporalmente por otro líquido como el glicerol.

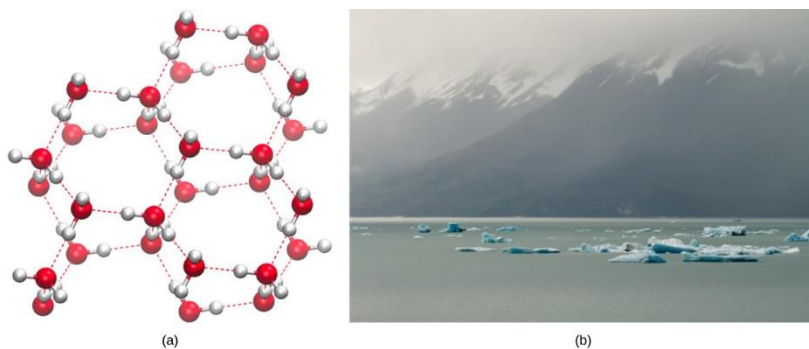


Figura 3.20.5. Los estados del agua (neblina, hielo, líquida)

Los enlaces de hidrógeno hacen que el hielo sea menos denso que el agua líquida. La (a) estructura reticular del hielo lo hace menos denso que las moléculas de agua líquida que fluyen libremente, lo que le permite (b) flotar en el agua. (crédito a: modificación del trabajo de Jane Whitney, imagen creada con el software Visual Molecular Dynamics (VMD) ¹; crédito b: modificación del trabajo de Carlos Ponte).

+ : **Alta capacidad calorífica del agua**

La alta capacidad calorífica del agua es una propiedad causada por los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de agua. El agua tiene la **capacidad calorífica específica** más alta de todos los líquidos. El calor específico se define como la cantidad de calor que un gramo

de una sustancia debe absorber o perder para cambiar su temperatura en un grado Celsius. Para el agua, esta cantidad es una **caloría** .. Por lo tanto, el agua tarda mucho tiempo en calentarse y mucho tiempo en enfriarse. De hecho, la capacidad calorífica específica del agua es unas cinco veces mayor que la de la arena. Esto explica por qué la tierra se enfría más rápido que el mar. Debido a su alta capacidad calorífica, los animales de sangre caliente utilizan el agua para dispersar el calor en sus cuerpos de manera más uniforme: actúa de manera similar al sistema de enfriamiento de un automóvil, transportando el calor de lugares cálidos a lugares fríos, lo que hace que el cuerpo mantenga una temperatura más uniforme.

+ : Calor de vaporización del agua

El agua también tiene un alto calor de vaporización, la cantidad de energía necesaria para convertir un gramo de una sustancia líquida en gas. Se requiere una cantidad considerable de energía térmica (586 cal) para lograr este cambio en el agua. Este proceso ocurre en la superficie del agua. A medida que el agua líquida se calienta, los enlaces de hidrógeno dificultan la separación de las moléculas de agua líquida entre sí, lo cual es necesario para que entre en su fase gaseosa (vapor).

Como resultado, el agua actúa como un disipador de calor o depósito de calor y requiere mucho más calor para hervir que un líquido como el etanol, cuyos enlaces de hidrógeno con otras moléculas de etanol son más débiles que los enlaces de hidrógeno del agua. Eventualmente, cuando el agua alcanza su punto de ebullición de 100 ° Celsius (212 ° Fahrenheit), el calor puede romper los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de agua, y la energía cinética (movimiento) entre las moléculas de agua les permite escapar del líquido como gas. Incluso cuando está por debajo de su punto de ebullición, las moléculas individuales del agua adquieren suficiente energía de otras moléculas de agua para que algunas moléculas de agua superficial puedan escapar y vaporizarse: este proceso se conoce como evaporación.

El hecho de que los enlaces de hidrógeno deban romperse para que el agua se evapore significa que se utiliza una cantidad sustancial de energía en el proceso. A medida que el agua se evapora, el proceso

absorbe energía, enfriando el ambiente donde se lleva a cabo la evaporación. En muchos organismos vivos, incluidos los humanos, la evaporación del sudor, que es 90 por ciento agua, permite que el organismo se enfríe para que se pueda mantener la homeostasis de la temperatura corporal.

+ : Propiedades disolventes del agua

Dado que el agua es una molécula polar con cargas ligeramente positivas y negativas, los iones y las moléculas polares pueden disolverse fácilmente en ella. Por lo tanto, se hace referencia al agua como disolvente, una sustancia capaz de disolver otras moléculas polares y compuestos iónicos. Las cargas asociadas con estas moléculas formarán enlaces de hidrógeno con el agua, rodeando la partícula con moléculas de agua. Esto se conoce como esfera de hidratación o caparazón de hidratación, como se ilustra en la Figura 3.20.6., y sirve para mantener las partículas separadas o dispersas en el agua.

Cuando se agregan compuestos iónicos al agua, los iones individuales reaccionan con las regiones polares de las moléculas de agua y sus enlaces iónicos se rompen en el proceso de disociación. La disociación ocurre cuando los átomos o grupos de átomos se separan de las moléculas y forman iones. Considere la sal de mesa (NaCl o cloruro de sodio): cuando se agregan cristales de NaCl al agua, las moléculas de NaCl se disocian en iones Na^+ y Cl^- , y se forman esferas de hidratación alrededor de los iones, como se ilustra en la figura 3.20.6.

El ion de sodio con carga positiva está rodeado por la carga parcialmente negativa del oxígeno de la molécula de agua. El ion de cloruro cargado negativamente está rodeado por la carga parcialmente positiva del hidrógeno en la molécula de agua.

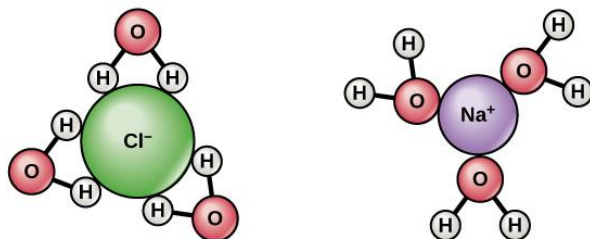


Figura 3.20.6. Moléculas de Hidróxido de Cloro y de Sodio

Cuando se mezcla sal de mesa (NaCl) en agua, se forman esferas de hidratación alrededor de los iones.

- : **Propiedades cohesivas y adhesivas del agua**

¿Alguna vez ha llenado un vaso de agua hasta el tope y luego ha agregado lentamente unas cuantas gotas más? Antes de rebosar, el agua forma una cúpula sobre el borde del vaso. Esta agua puede quedar por encima del vaso debido a la propiedad de cohesión. En la cohesión, las moléculas de agua se atraen entre sí (debido a los enlaces de hidrógeno), manteniendo las moléculas juntas en la interfase líquido-gas (agua-aire), aunque ya no queda espacio en el vaso.

La cohesión permite el desarrollo de la tensión superficial, la capacidad de una sustancia para resistir la ruptura cuando se somete a tensión o estrés. Esta es también la razón por la cual el agua forma gotas cuando se coloca sobre una superficie seca en lugar de ser aplastada por la gravedad. Cuando se coloca un pequeño trozo de papel sobre la gota de agua, el papel flota sobre la gota de agua, aunque el papel sea más denso (más pesado) que el agua.

La cohesión y la tensión superficial mantienen intactos los enlaces de hidrógeno de las moléculas de agua y sostienen el elemento que flota en la parte superior. Incluso es posible "flotar" una aguja sobre un vaso de agua si se coloca suavemente sin romper la tensión superficial, como se muestra en la Figura 3.20.7.



Figura 3.20.7. Tensión superficial en el agua

El peso de la aguja tira de la superficie hacia abajo; al mismo tiempo, la tensión superficial lo tira hacia arriba, suspendiéndolo en la superficie del agua y evitando que se hunda. Observe la muesca en el agua alrededor de la aguja. (crédito: Cory Zanker)

Estas fuerzas cohesivas están relacionadas con la propiedad de adhesión del agua, o la atracción entre las moléculas de agua y otras moléculas. Esta atracción a veces es más fuerte que las fuerzas cohesivas del agua, especialmente cuando el agua está expuesta a superficies cargadas como las que se encuentran en el interior de tubos de vidrio delgados conocidos como tubos capilares. La adherencia se observa cuando el agua “sube” por el tubo colocado en un vaso de agua: observe que el agua parece estar más alta en los lados del tubo que en el medio. Esto se debe a que las moléculas de agua son atraídas por las paredes de vidrio cargadas del capilar más que entre sí y, por lo tanto, se adhieren a él. Este tipo de adhesión se denomina acción capilar y se ilustra en la figura 3.20.8.

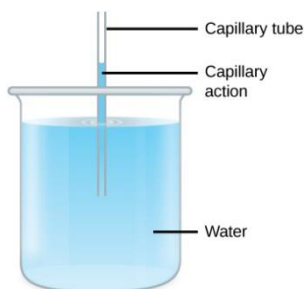


Figura 3.20.8. Capilaridad y adhesión

La acción capilar en un tubo de vidrio es causada por las fuerzas adhesivas ejercidas por la superficie interna del vidrio que superan las fuerzas cohesivas entre las moléculas de agua mismas. (crédito: modificación del trabajo de Pearson-Scott Foresman, donado a la Fundación Wikimedia)

¿Por qué las fuerzas cohesivas y adhesivas son importantes para la vida? Las fuerzas cohesivas y adhesivas son importantes para el transporte de agua desde las raíces hasta las hojas en las plantas. Estas fuerzas crean un "tirón" en la columna de agua. Esta atracción es el resultado de la tendencia de las moléculas de agua que se evaporan en la superficie de la planta para permanecer

conectadas a las moléculas de agua debajo de ellas, por lo que son arrastradas. Las plantas utilizan este fenómeno natural para ayudar a transportar el agua desde sus raíces hasta sus hojas. Sin estas propiedades del agua, las plantas no podrían recibir el agua y los minerales disueltos que necesitan. En otro ejemplo, los insectos como el zancudo acuático, que se muestra en la figura 2.19, usan la tensión superficial del agua para mantenerse a flote en la capa superficial del agua e incluso aparearse allí.

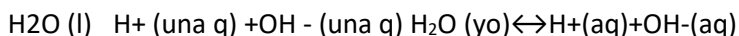


Figura 3.20.9. Cohesión en el agua

Las propiedades cohesivas y adhesivas del agua permiten que este zancudo acuático (*Gerris* sp.) se mantenga a flote. (crédito: Tim Vickers).

* : pH, tampones, ácidos y bases

El pH de una solución indica su acidez o basicidad.



El papel tornasol o pH es un papel de filtro que ha sido tratado con un tinte natural soluble en agua para que pueda usarse como indicador de pH para probar cuánto ácido (acidez) o base (basicidad) existe en una solución. Es posible que incluso haya utilizado algunos para probar si el agua de una piscina está tratada adecuadamente. En ambos casos, la prueba de pH mide la concentración de iones de hidrógeno en una solución dada.

Los iones de hidrógeno se generan espontáneamente en agua pura por la disociación (ionización) de un pequeño porcentaje de moléculas de agua en cantidades iguales de iones de hidrógeno (H^+) e iones de hidróxido (OH^-). Mientras que los iones de hidróxido se

mantienen en solución por su enlace de hidrógeno con otras moléculas de agua, los iones de hidrógeno, que consisten en protones desnudos, son inmediatamente atraídos por las moléculas de agua no ionizadas, formando iones de hidronio (H_3O^+). Aun así, por convención, los científicos se refieren a los iones de hidrógeno y su concentración como si estuvieran libres en este estado en agua líquida.

La concentración de iones de hidrógeno que se disocian del agua pura es de 1×10^{-7} moles de iones H^+ por litro de agua. Los moles (mol) son una forma de expresar la cantidad de una sustancia (que pueden ser átomos, moléculas, iones, etc.), siendo un mol igual a $6,02 \times 10^{23}$ partículas de la sustancia. Por lo tanto, 1 mol de agua es igual a $6,02 \times 10^{23}$ moléculas de agua. El pH se calcula como el negativo del logaritmo en base 10 de esta concentración. El \log_{10} de 1×10^{-7} es -7,0, y el negativo de este número (indicado por la "p" de "pH") produce un pH de 7,0, que también se conoce como pH neutro. El pH dentro de las células humanas y la sangre son ejemplos de dos áreas del cuerpo donde se mantiene un pH casi neutro.

Las lecturas de pH no neutrales resultan de la disolución de ácidos o bases en agua. Usando el logaritmo negativo para generar números enteros positivos, las altas concentraciones de iones de hidrógeno producen un número de pH bajo, mientras que los niveles bajos de iones de hidrógeno dan como resultado un pH alto. Un ácido es una sustancia que aumenta la concentración de iones de hidrógeno (H^+) en una solución, generalmente al disociar uno de sus átomos de hidrógeno.

Una base proporciona iones de hidróxido (OH^-) u otros iones cargados negativamente que se combinan con iones de hidrógeno, reduciendo su concentración en la solución y elevando así el pH. En los casos en que la base libera iones de hidróxido, estos iones se unen a iones de hidrógeno libres, generando nuevas moléculas de agua.

Cuanto más fuerte es el ácido, más fácilmente dona H^+ . Por ejemplo, el ácido clorhídrico (HCl) se disocia completamente en iones de hidrógeno y cloruro y es muy ácido, mientras que los ácidos del jugo de tomate o el vinagre no se disocian completamente y se consideran ácidos débiles. Por el contrario, las bases fuertes son

aquellas sustancias que fácilmente donan OH^\ominus captan iones de hidrógeno. El hidróxido de sodio (NaOH) y muchos limpiadores domésticos son altamente alcalinos y liberan OH rápidamente cuando se colocan en agua, lo que eleva el pH. Un ejemplo de una solución básica débil es el agua de mar, que tiene un pH cercano a 8,0, lo suficientemente cerca del pH neutro como para que los organismos marinos adaptados a este ambiente salino puedan prosperar en él.

La escala de pH es, como se mencionó anteriormente, un logaritmo inverso y va de 0 a 14 (Figura 3.20.10). Cualquier valor por debajo de 7,0 (entre 0,0 y 6,9) es ácido, y cualquier valor por encima de 7,0 (entre 7,1 y 14,0) es alcalino. Los extremos de pH en cualquier dirección a partir de 7,0 generalmente se consideran inhóspitos para la vida. El pH dentro de las células (6,8) y el pH en la sangre (7,4) están muy cerca de la neutralidad. Sin embargo, el ambiente en el estómago es muy ácido, con un pH de 1 a 2.

Entonces, ¿cómo sobreviven las células del estómago en un ambiente tan ácido? ¿Cómo mantienen homeostáticamente el pH casi neutro dentro de ellos? La respuesta es que no pueden hacerlo y están muriendo constantemente. Constantemente se producen nuevas células estomacales para reemplazar las muertas, que son digeridas por los ácidos estomacales. Se estima que el revestimiento del estómago humano se reemplaza por completo cada siete a diez días.

Entonces, ¿cómo pueden los organismos cuyos cuerpos requieren un pH casi neutro ingerir sustancias ácidas y básicas (un humano que bebe jugo de naranja, por ejemplo) y sobrevivir? Los amortiguadores son la clave. Los tampones absorben fácilmente el exceso de H^+ o OH^- manteniendo cuidadosamente el pH del cuerpo en el estrecho rango requerido para la supervivencia.

Mantener un pH sanguíneo constante es fundamental para el bienestar de una persona. El amortiguador que mantiene el pH de la sangre humana incluye ácido carbónico (H_2CO_3), ion bicarbonato (HCO_3^-) y dióxido de carbono (CO_2). Cuando los iones de bicarbonato se combinan con iones de hidrógeno libres y se convierten en ácido carbónico, se eliminan los iones de hidrógeno, lo que modera los cambios de pH.

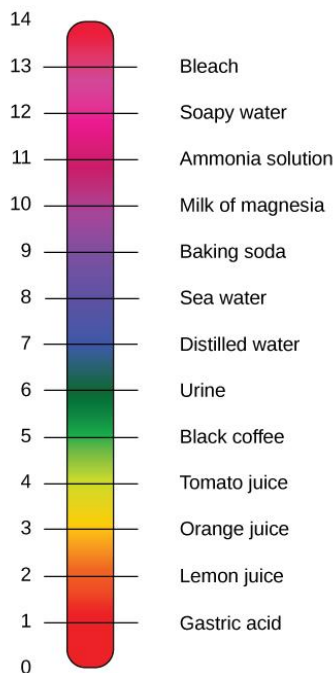


Figura 3.20.10. Escala del Ph en el agua mide la concentración de iones de hidrógeno (H^+) en una solución. (crédito: modificación del trabajo de Edward Stevens)

De manera similar, como se muestra en la figura 3.20.11, el exceso de ácido carbónico se puede convertir en gas de dióxido de carbono y exhalar a través de los pulmones. Esto evita que se acumulen demasiados iones de hidrógeno libres en la sangre y reduzcan peligrosamente el pH de la sangre. Asimismo, si se introduce demasiado OH^- en el sistema, el ácido carbónico se combinará con él para crear bicarbonato, lo que reducirá el pH. Sin este sistema amortiguador, el pH del cuerpo fluctuaría lo suficiente como para poner en peligro la supervivencia.

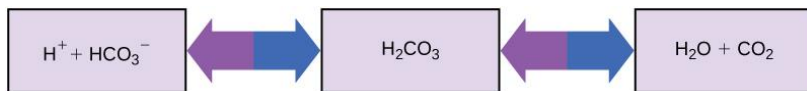


Figura 3.20.11. Variación del Ph en la sangre

Este diagrama muestra la amortiguación del cuerpo de los niveles de pH de la sangre. Las flechas azules muestran el proceso de aumento del pH a medida que se produce más CO_2 . Las flechas moradas

indican el proceso inverso: la disminución del pH a medida que se crea más bicarbonato.

Otros ejemplos de tampones son los antiácidos que se usan para combatir el exceso de ácido estomacal. Muchos de estos medicamentos de venta libre funcionan de la misma manera que los amortiguadores sanguíneos, generalmente con al menos un ion capaz de absorber hidrógeno y moderar el pH, brindando alivio a aquellos que sufren "acidez estomacal" después de comer. Las propiedades únicas del agua que contribuyen a esta capacidad para equilibrar el pH, así como otras características del agua, son esenciales para sustentar la vida en la Tierra.

*** : El fenómeno de la capilaridad.**

El agua tiene la facultad de mezclarse con casi todos los elementos, la propiedad electronegativa del oxígeno le permite "mojar" a otras moléculas que absorben la humedad en el fenómeno llamado de "Capilaridad".

La transmisión del agua se realiza en todos los sentidos, inclusive venciendo la ley de la gravedad, de manera que desde que haya una fuente de agua que transmita humedad, esta se va transmitiendo en forma indefinida, hasta agotar la fuente.

La lluvia concentra en los valles toda el agua condensada de las nubes y cumpliendo la ley física de la gravedad avanza hasta encontrar el lecho rocoso de la Litósfera, luego influenciado por esa misma gravedad y por la capilaridad se extiende buscando los lugares de menos presión atmosférica, en el caso la cima de las montañas.



Figura 3.20.12. Muestra de la capilaridad en el agua

Esta es la razón para que la mayor parte de los nacimientos de los ríos se encuentra en las partes altas de las montañas. El agua por capilaridad humedece la tierra de la capa superior del subsuelo, inclusive, subiendo hacia las montañas en un proceso que dura miles de años, al juntarse con el agua condensada por musgos y líquenes del rocío de la neblina y la alta humedad en el aire de la cima de las montañas, esas gotas de agua al encontrar la tierra húmeda por la acción de la capilaridad, comienza a correr por encima del suelo ya húmedo, juntándose con otras gotas en una sucesión permanente y grande que da lugar a los nacimientos de quebradas y riachuelos.

A cada día que pasa, vemos los cauces de los ríos cercanos a los centros urbanos, disminuir mucho su cauce, la causa está en la gran cantidad de agua que se extrae del subsuelo en los valles con pozos que fueron perforados ya sea para uso humano o para irrigación de cultivos, eso va disminuyendo la cantidad de agua contenida en el subsuelo (nivel freático) y por lo tanto disminuye al agua que puede subir por capilaridad afectando a toda la cuenca de riachuelos, quebradas y ríos alrededor de esos valles.



Figura 3.20.13. Manantiales en las montañas

La razón es muy sencilla, aunque esa condensación de agua es permanente en la parte alta de las montañas, al faltar el agua que humedecía el suelo por capilaridad, las gotas de rocío penetran en el

suelo seco y allí se quedan, evaporándose al faltar árboles que las protejan y paulatinamente van desapareciendo los pequeños cauces que alimentan los ríos, que irremediablemente desaparecerán con el tiempo.

Al no existir vegetación, los niveles de evaporación se aumentan sobrecargando de nubes en la atmósfera, evaporando el agua del suelo, de manera que cuando vuelve a llover el agua no tiene quién la detenga si no hay árboles, entonces fluye hacia abajo sin penetrar en el suelo dejando la tierra reseca de la cima, los musgos y líquenes destilan el agua de la neblina y de la humedad en el aire, pero escasamente alcanza para mojar el suelo reseco sin alcanzar a surtir los nacimientos, disminuyendo o desapareciendo el cauce de los riachuelos de las montañas.

Al desaparecer la vegetación arbórea de los valles, los rayos solares evaporan el agua del subsuelo convirtiéndola rápidamente en vapor de agua y al calentarse en la parte inferior vuelve a precipitarse en forma de lluvia, lavando más la superficie desprovista de vegetación, permite que el agua, imparable fluya hacia los ríos.



Figura 3.20.14. Descripción de la ascensión capilar del agua en el subsuelo

Este factor influye en los cambios de clima que observamos actualmente, los veranos son más secos y los inviernos más torrenciales y fríos. Al descapotar el suelo, las lluvias arrastran los nutrientes del suelo en forma de lodo hacia las corrientes de agua, ocasionando el fenómeno llamado de eutroficación, o sea la proliferación de materia orgánica con alto consumo de DBO, contaminando las aguas e inhibiendo cualquier clase de vida al carecer de oxígeno para su subsistencia.

Hay un gran desconocimiento sobre lo que acontece realmente con el agua, por la difusión recibida, cuando se habla de ecología dicen ser argumentos conspiranoicos y exagerados, se habla de sembrar

árboles y se habla de proteger las cuencas, pero los interesados en ganar dinero, argumentan que el mundo necesita de alimentos y más bien le dejan a los países del tercer mundo, la misión de proteger el agua, acusándolos de deforestar, mientras ellos deterioran más su suelo, evaporando agua sin control.



Figura 3.20.15. Método de irrigación por aspersión

Esto está bien, pero el agua se evapora en toda la superficie, si sembramos en las cuencas y deforestamos en los valles, el problema sigue igual, sino peor, porque los volúmenes de agua evaporada crecen en forma geométrica, por eso hay que buscar una solución integral.

*** : El verdadero problema con el agua.**

Con la deforestación desmedida, los niveles de evaporación se aumentan y cuando llueve, no hay árboles que protejan esa agua para que siga su ciclo normal, ésta se evapora e incontrolable por los ríos va al mar, aumentando paulatinamente su volumen, salinizándose, como la superficie de evaporación en el mar siempre es la misma, nos lleva a concluir que estamos perdiendo agua potable.

+ : Mucha agua, poca potable.

La Tierra suele conocerse con el sobrenombre de 'el planeta azul'. Cortesía del agua que cubre el 70% de su superficie. Sin embargo, el elemento que propició la vida en este planeta apenas es potable en un 0,025%. Basta con echar un vistazo desde el espacio para darse

cuenta de por qué: el 96,5% del agua terrestre corresponde al agua salada de mares y océanos.



3.20.16. Contaminación, Copiado parcialmente de National Geographic.

Solo un 3,5% del agua de la Tierra es dulce. Pero ni siquiera esto nos garantiza poderla beber con facilidad. Hay que descartar el 70% de esa porción dulce, aún congelada en glaciares y casquetes polares. El otro 30%, se esconde en el subsuelo, en pozos o acuíferos y, por supuesto, en las cuencas hidrográficas en forma de arroyos y ríos.

+ : El Agua, Un lujo para unos pocos

Un sistema de canalización de agua eficiente y seguro es un privilegio mucho mayor de lo que parece a simple vista. Tres de cada diez seres humanos (unos 2.100 millones de personas) no disponen de acceso a agua potable en sus hogares.

Más aún, la existencia de tuberías y acometidas de agua no siempre garantiza que el líquido elemento sea seguro. La falta de mantenimiento periódico, de controles sanitarios eficientes e, incluso, los sabotajes, hacen que 4.500 millones de personas (6 de cada 10) no tengan un suministro limpio, potable y seguro.

+ : Recurso sobreexplotado

El cambio climático, con sequías cada vez más acentuadas, y el crecimiento de la población están en la base de uno de los grandes problemas del siglo XXI: el estrés hídrico. Se necesita más agua que la que la naturaleza ofrece. De seguir esa tendencia, este siglo asistirá a grandes migraciones poblacionales de seres humanos desesperados por encontrar agua. En contra del escenario

apocalíptico de la película Mad Max, el oro del siglo XXI no será el petróleo, sino el agua. Muchos conflictos diplomáticos entre países vecinos, con o sin enfrentamiento armado, ya tienen su origen en el control del agua. Actualmente, 23 países experimentan estrés hídrico por encima del 70%. Oriente Medio y África del Norte son las regiones más afectadas.

+ : La falta de agua mata

Sin agua, se secan los cultivos. Muere el ganado. La población se enfrenta a hambrunas, falta de salubridad y enfermedades debidas a la contaminación de los escasos recursos hídricos restantes. Se calcula que 3,4 millones de personas mueren al año por enfermedades relacionadas con el agua. Los niños son los más vulnerables. Naciones Unidas denuncia que más de 700 niños menores de cinco años mueren todos los días de diarrea, a causa del agua insalubre o de un saneamiento deficiente.

+ : Contaminación creciente

Los romanos crearon la primera red de alcantarillado urbano de la historia. Una de las más eficientes era la Cloaca Máxima, que derivaba las inmundicias de la Antigua Roma hacia el Tíber. A lo largo de los siglos el sistema proliferó. Pero nadie se planteó qué daños podía ocasionar esa agua contaminada o llena de porquería al desembocar en los ríos o mares. Los esfuerzos por reciclar el agua o, al menos, por eliminar los residuos antes de verterla al medio ambiente, son muy recientes.



Figura 3.20.17. Cobertura arbórea para proteger el agua de los ríos

Y aún, insuficientes. El 80% de las aguas residuales del planeta se vierten al medio ambiente contaminadas. Afortunadamente hay una conciencia creciente en los países occidentales acerca de la reutilización de aguas residuales en el hogar y en el ámbito industrial (las llamadas ‘fábricas secas’).

+ : Consumo humano desmedido

Se calcula que cada estadounidense consume 575 litros de agua por habitante al día. En Australia son 493 litros, 386 en Italia y 374 litros en Japón. En España cada persona consume al día una media de 136 litros de agua. La Fundación Aquae pormenoriza así la distribución en el uso del agua en España: la agricultura o regadío se llevan el 80% del agua, el abastecimiento de núcleos urbanos consume el 14% y la industria representa el 6%.

+ : ¿Aseo o despilfarro?

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), una ducha debería durar solo seis minutos y llevarse poco más de 100 litros de agua. La realidad es que nos pasamos de media unos 10 minutos bajo el chorro y consumimos unos 200 litros de agua. Cerrar el grifo mientras nos enjabonamos, usar duchas de bajo consumo o cambiar la alcachofa de la ducha por una que introduzca gotas de aire entre el agua minimizan el consumo de agua en nuestro aseo diario. Pero la bañera no es el lugar que más agua consume dentro del hogar. El ranking lo encabezan el inodoro y la lavadora. Usar dispositivos que no impidan que se llene del todo la cisterna o descargar solo la mitad cuando sea posible también reduce el gasto de agua del retrete. Finalmente, no poner lavadoras sin medida y ni hacerlo a media carga ayuda a economizar agua.

+ : Producir alimentos

Producir alimentos para un mundo cada vez más poblado es el argumento principal para desechar cualquier crítica a los países industrializados, propietarios de los mayores mono cultivos en sus países y con sus multinacionales sobreexplotan con el mismo método afectando a los países en desarrollo.

La necesidad de producir alimentos, según ellos, justifica su acción que va en contravía de la naturaleza, las razones económicas pesan más que la razón o la conciencia, para proteger sus economías y las utilidades de sus empresas, los países desarrollados desestiman

cualquier crítica y estigmatizan lo que se diga en contra de esas multinacionales que destruyen los ecosistemas para producir sus ganancias.

Para los administradores de esas empresas, lo importante es mostrar cifras y solo importa lo que sea rentable para las bolsas, no importa el impacto ambiental, no importan las consecuencias sociales, llegan a los países menos desarrollados y con la fastuosidad de grandes inversiones y la promesa de generar empleo, se apoderan de grandes extensiones de terreno, comprando minifundios a los campesinos que obtenían su sustento de esas tierras, utilizando intermediarios que los consiguen valiéndose de artimañas o presiones indebidas con criminales a su servicio.

Esos campesinos emigran a las ciudades, aumentando los cinturones de miseria, en barrios extramurales o favelas generadoras de caos y pérdida de los valores morales,

Mientras que esas multinacionales, tecnifican los cultivos, emplean un mínimo de personas y deforestan todo para que sus máquinas puedan trabajar sin obstáculos de ninguna clase.

Los gobiernos de turno en los países en desarrollo, donde llegan esas multinacionales, sacan pecho, hablando de inversión extranjera y resultados positivos para su economía con sus inversiones, hablando de lo importantes que son esas inversiones para la balanza de pagos y el ingreso de divisas para el país, pero la gran realidad es que esas multinacionales.

Cuando llegan a esos países, se hacen a grandes descuentos en impuestos, pagan políticos corruptos para evadirlos o manipular leyes que los favorezcan, aunque si exportan los productos pero las cifras de retorno, solo son estadísticas para presentar, el dinero de las utilidades, se queda afuera y esos países se quedan con el problema social generado con el desplazamiento de esos campesinos, que en la mayoría de los casos, su número es bien mayor que los empleos generados por esos monocultivos, además del deterioro ambiental, la falta de agua y todas sus consecuencias.

+ : El menú también influye

La actividad humana tiene repercusión en la cantidad y calidad de los recursos hídricos. Lo que se come, también. La ONU estima que el 70% de la huella hídrica a nivel mundial está vinculada a la

producción de alimentos. Desde la Fundación Aquae se elevan las cifras hasta el 87%. El 80% de las tierras cultivadas se riegan con lluvia.

Paradójicamente, el otro 20% restante son regadíos, generalmente con agua del subsuelo, pero suponen el 40% de la producción total de alimentos. La desalinización resultante, eleva los costos de producción, sin embargo, es la opción más usada en la agricultura, según cálculos, deberá duplicarse para el año 2025. Bastan dos datos para entender la magnitud de los alimentos en el consumo de agua. Para producir un kilo de arroz hacen falta 5.000 litros de agua. Pero para un kilo de ternera, actualmente se necesitan 15.400 litros de agua. (más adelante veremos más sobre este tema).

Si se quiere, aquí encontramos la gran falla de los seres humanos, qué por su ambición de atesorar riquezas, se olvidan de los ciclos naturales y desequilibrar todo, se eliminan los árboles de las plantaciones para poder mecanizar los cultivos, para compensar la falta de humedad en el suelo, se utiliza en riego forzado y en la mayoría de las veces, esa agua proviene de pozos que extraen el agua del manto freático para exponerla a que el sol la evapore más rápido, cometiendo una doble agresión contra los ecosistemas.



Figura 3.20.18. Irrigación de cultivos, evapora mucha agua

+ : El agua y economía laboral

No solo los pescadores viven directamente del agua. Hasta el 78% de los puestos de trabajo a nivel mundial dependen en mayor o menor

medida del agua. El 42% (1.400 millones de puestos de trabajo) lo hace de forma intensa. Hablamos de oficios vinculados con la agricultura y la industria, la silvicultura (gestión de bosques y montes), la pesca y la acuicultura (crianza de especies acuáticas vegetales y animales), la minería y la extracción de recursos.



Figura 3.20.19. Consumo de agua permanente

Sin olvidar la mayoría de los tipos de generación de energía. En esta categoría también se incluyen algunos empleos del sector sanitario, el turismo y la gestión de ecosistemas. Otro 36% de la población activa mundial (1.200 millones de personas) depende moderadamente del agua. Así sucede en la construcción, el ocio y el transporte. No demandan gran cantidad de agua a nivel global, pero para alguno de sus procesos sí es indispensable la presencia de agua.

+ : El agua condiciona la educación

Según UNICEF (Agua Potable, Saneamiento e Higiene en las Escuelas: Informe Global 2018), el 31% de las escuelas no tienen acceso a agua potable. Este organismo denuncia que en 1 de cada 4 escuelas de educación primaria no hay servicio de agua potable. El dato se reduce a 1 de cada 6 cuando pasamos a secundaria. No se trata solo de tener o no agua para beber. También incluye la falta de agua para que los pequeños, que pasan mucho tiempo jugando, puedan lavarse las manos en un entorno higiénico y seguro. En el caso de las niñas, la falta de retretes aumenta la posibilidad de que dejen de acudir a clase cuando tienen el período.

+ : La amenaza de la sequía

Calentamiento global, cambio climático, contaminación de los

recursos hídricos, avance de la desertización y los efectos adversos de los conflictos bélicos en el suministro de agua dibujan un panorama apocalíptico para el agua en las próximas décadas.

Naciones Unidas prevé que en 2050 más de la mitad de la población sufrirá escasez de agua.



Figura 3.20.20. Escena de la película Mad Max, una imagen de lo que sería el futuro sin árboles ni agua.

CAPÍTULO XXI : FENÓMENO “El niño”

* : Los movimientos de la tierra.

Las estaciones que casi pasan inadvertidas en las regiones tropicales pero que tienen una importancia muy grande si hablamos de ecología.

Todo el mundo sabe desde los primeros años de primaria como se producen las estaciones y de eso no nos interesa ponernos a explicar largamente, algo que es de conocimiento general, sabemos que la tierra tiene un movimiento largo de duración anual y que se llama traslación, o sea que se desplaza al rededor del sol.

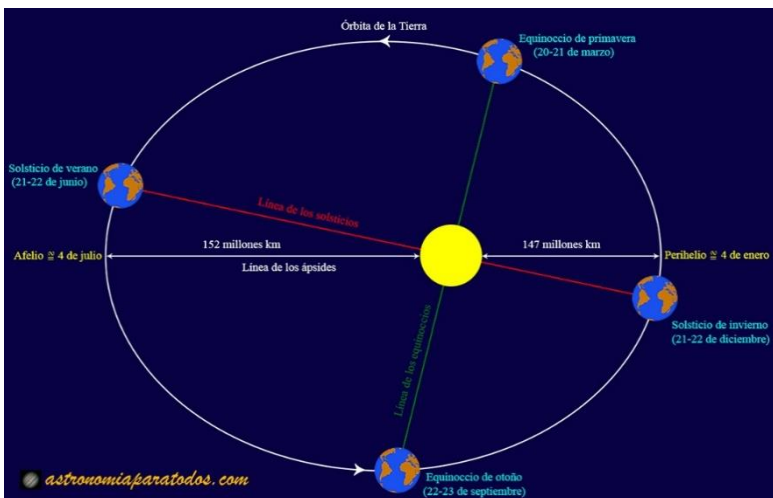


Figura 3.21.1. Movimientos de traslación en la tierra

Movimiento de Traslación- Sabemos que tiene una variación en el giro sobre su eje que llamamos de eclíptica, o sea un desplazamiento de 23.5° del centro magnético de atracción del sol hacia la tierra,

tomando como referencia a la línea imaginaria llamada de Ecuador (Equal=Iguar Dor=dos y que esta localizada en el centro del globo terráqueo en su parte más abultada y completamente equidistante de los polos). La distancia entre el sol y la tierra también tiene un desplazamiento hacia uno de los lados, el punto más cercano entre la tierra y el sol, lo llamamos de Perihelio y acontece el 2 de enero, llegando la tierra a 147 millones de kilómetros aprox. El más lejano se llama de Afelio y ocurre el 3 de julio, llegando a 151.9 millones de kilómetros.

Las estaciones Por este fenómeno ocurren las estaciones, en enero es verano en el hemisferio sur e invierno en el norte, el 21 de marzo es el solsticio de primavera para el norte y de otoño para el sur, este solsticio equivale a los equinoccios, el punto de acercamiento intermedio y de perfecto equilibrio magnéticos del sol hacia la tierra, el 23 de septiembre es el solsticio de otoño para el norte y de primavera para el sur.

Movimiento de Rotación. -Otro movimiento de la tierra es el de rotación y que ocurre cada 24 horas y que señala la duración de nuestros días, permitiéndonos recibir los rayos del sol y poder usar nuestros ojos al producirse la energía Fotónica, producto de la ozonización del oxígeno.



Figura 3.21.2. La tierra vista desde el espacio

+ : Movimiento de La Precesión.

Pero hay otros movimientos que generalmente pasan desapercibidos pero que tienen una gran importancia, un tercer movimiento doble que casi nadie tiene en cuenta, el círculo primario se llama de Precesión (se completa cada 18.000 años) y que consiste en un desplazamiento de $23^{\circ} 27'$ sobre su eje para esconderle los polos a la acción de los rayos solares durante el verano.

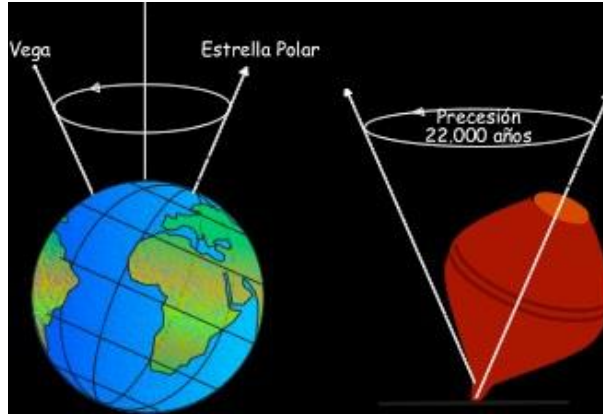


Figura 3.21.3. Precesión, este movimiento es magnético y se deriva de otras fuerzas que mantienen la tierra en su giro al rededor del sol.

+ : **Movimiento de la Nutación**

-El movimiento secundario se llama de Nutación o Cabeceo, o sea en vai-ven de los polos sobre su eje en el sentido Norte América y Australia, dura de 6 a 18 años, girando también en círculo sobre si mismos, estos movimientos son los causantes de fenómenos como el Niño y los períodos de sequía e inundaciones que los antiguos predecían cada 18 años.

Aparentemente estas cifras no tienen importancia, pero al referirnos al ciclo del agua sobre la tierra, estas cifras se convierten determinantes controladoras de su flujo por la influencia magnética del sol y la luna sobre la tierra, el invierno y el verano acompañan la posición del polo dominante con relación al sol, cuando es el Perihelio, el polo norte está más alejado del sol y por lo tanto recibe menos energía lumínica, enfriándose más y congelando más cantidad de agua en las nubes, pero las aguas acumuladas en el subsuelo corren acompañando el magnetismo solar, de forma que la tierra del hemisferio sur pueda mantenerse refrigerada y humedecida, evitando el recalentamiento y la desertización causado

por el sol de verano, lo mismo ocurre en el afelio y las aguas corren en sentido contrario.

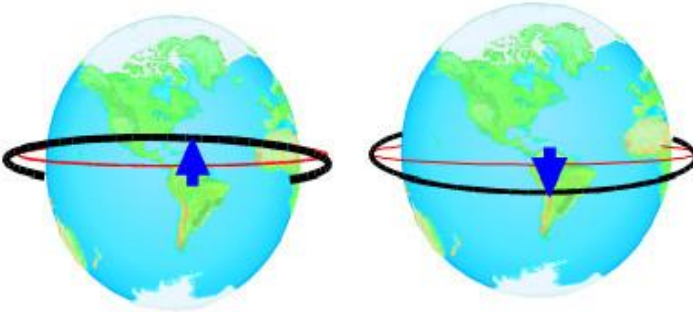


Figura 3.21.4. Movimiento de Nutación

El Ecuador físico.-La Naturaleza protege estas regiones y por eso existen las fallas que detienen esa agua y evitan que se desplacen más de lo necesario, hablamos de las fallas geológicas de Santa Rosa, que pasa por San Francisco, California en la USA y que recorre todo el hemisferio norte y en el sur encontramos la falla de Nasca en el Perú y que cumple una función similar, existe otra falla que regula el flujo de agua, cerca de la línea ecuatorial imaginaria y que se deriva de la falla del pacifico, pasando cerca de la población de Tumaco en Colombia, atraviesa la zona volcánica del Macizo de los Pastos y corriendo paralelo con la cordillera oriental hasta salir a la isla de Margarita en Venezuela y perderse en las Antillas.

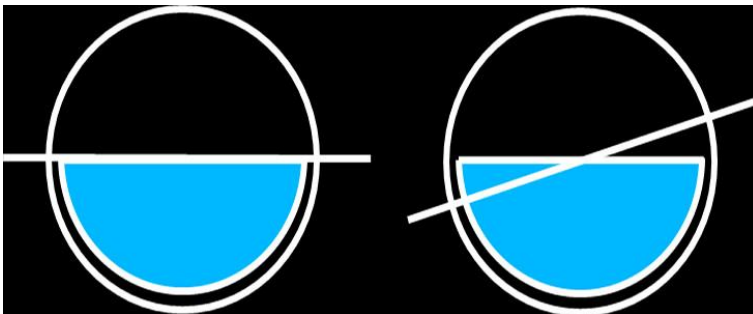


Figura 3.21.5. Descripción del movimiento de nutación

Zona Tórrida -Los países por su localización geográfica, en el centro de la zona ecuatorial, recibe una influencia determinante de estos

fenómenos, durante el afelio, el Ecuador magnético se desplaza hacia el norte, acompañando el verano polar, calculándose su localización sobre las costas de Cuba y la Florida en la USA, en el invierno sucede lo mismo, pero ya en sentido contrario, localizándose el centro magnético a la altura de Arequipa en el Perú y Belo Horizonte en el Brasil. notándose que corresponde a los territorios llamados de tropicales (encerrados en los trópicos) y considerados el pulmón del mundo. Estas fallas son desplazamientos verticales de las placas internas del suelo, que se levantan como barrera para evitar que toda la masa de agua se desplace hacia el otro hemisferio y cause un desequilibrio mayor al sucederse el movimiento de nutación, a la vez sirven también como dilatadores para las tensiones internas de la tierra.

* : El fenómeno del niño.

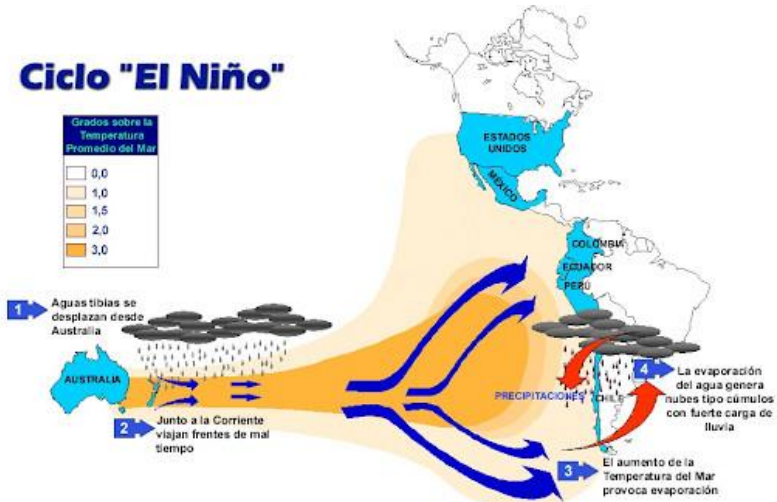


Figura 3.21.6. El fenómeno del niño

El movimiento de nutación inicialmente afecta únicamente a los continentes, el agua del mar acompaña obedeciendo las leyes de la inercia y demora en acompañar ese movimiento, por lo tanto el agua helada de los polos permanece estática mientras los continentes se desplazan hacia abajo o hacia arriba, dependiendo del cabeceo.

El agua fría de los polos asciende con relación a las costas, en nuestro caso localizándose frente al Perú, al enfriarse el agua, la evaporación disminuye y las nubes que se condensaron posteriormente en las estribaciones de la cordillera de los Andes prácticamente

desaparecen, generando la época de sequía que acompaña el fenómeno del niño en la región andina.

Al calentarse la región andina, el aire caliente condensa las nubes más cerca del lugar de su formación, en el caso la costa peruana y chilena, lugares donde normalmente nunca llueve.

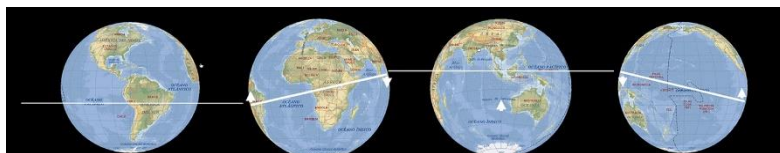


Figura 3.21.7. Plano de oscilación de la tierra en la nutación

Cuando el movimiento de estabilización regresa en sentido contrario, se produce **el fenómeno de la niña**, el agua del mar se calienta ante el avance de los continentes hacia la zona tórrida, aumentando la evaporación y por lo tanto el nivel de lluvias en los Andes.

Nutación y el fenómeno del niño. Hasta hace unos 20 años el movimiento de nutación llegaba a su punto máximo de desplazamiento medio cada 8 años y completo cada 16, afectando mucho el clima de la región ecuatorial, aumentando la rigurosidad de los inviernos y los veranos, aunque sin modificar sus períodos de duración.

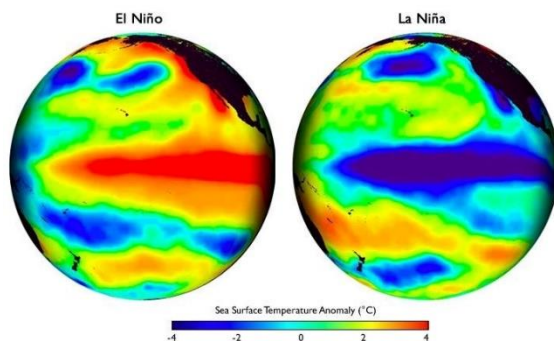


Figura 3.21.8. Variación de las temperaturas en la tierra con los fenómenos del niño y de la niña.

Se ha comprobado que está aumentando su velocidad de desplazamiento, acortando los ciclos de duración, por causa de las aguas evaporadas por el calentamiento de la tierra, que están

disminuyendo el peso de la tierra en su bloque magnético y aumentando la cantidad de agua en suspensión que precipita más aguas en los inviernos, reseca progresivamente más el suelo en los veranos. En los últimos años vemos con preocupación como el fenómeno del niño está ocurriendo más seguido y las variaciones climáticas se hacen más notorias en todo el planeta.

La marginal de la selva -En tiempos remotos, en los llanos entre Colombia y Venezuela, los registros indican que la vertiente oriental de la cordillera de los Andes desde el nudo de los Pastos en Colombia hasta su final en Venezuela dividía los hemisferios, el verano era en diciembre y el invierno las inundaciones en junio para el lado sur y lo contrario sucedía al otro lado, por eso, el Río Meta, se llenaban en diciembre, normalizando la navegación por el Orinoco todo el año.

Pero una carretera construida en Colombia en la década de los 50 sobre las estribaciones de la cordillera oriental, que permitió la colonización y destrucción de la cobertura arbórea de las estribaciones de esa cordillera, permite comprobar que el límite real del Ecuador acompaña ahora a la cordillera Central, hecho que determina que la mayor parte de las ciudades como Bogotá, Medellín e inclusive, Cali que antes pertenecían al hemisferio norte (invierno en diciembre y verano en julio), tienen ahora las estaciones contrarias, en un descontrol casi que total para el clima..

Al analizar el mapa, encontramos que, por ley física, toda el agua filtrada en el subsuelo amazónico por capilaridad busca la zona de menor presión atmosférica y encontramos que es la cordillera oriental en Colombia y los Andes venezolanos.

También deducimos que al estar localizados en el medio de la falla central ecuatorial, la exagerada deforestación ocasionada por la construcción de esa carretera, son causantes de los desarreglos climáticos del universo por la deforestación inmisericorde a que ha sido sometida la capa protectora de vegetación en el pie de monte llanero con la construcción de la marginal de la selva, hecho que coincide con el comienzo del desarreglo climático relacionado con el fenómeno del niño y en general, en toda la región tropical andina.

Deducimos también que esa vegetación representa la protección para el agua interior del suelo y es la controladora del movimiento

de Nutación de la tierra, causante del equilibrio magnético de los continentes con relación al volumen de agua en la atmósfera, porque es como si fuera la llave de todo el sistema de equilibrio, recordando que el movimiento se desarrolla entre América y Australia y ese eje está localizado en esa cordillera como el epicentro controlador de ese fenómeno.

Responsabilidad con el mundo. -Por su ubicación geográfica, este sector de América y el Sudeste Asiático, que como vimos antes, son las regiones que cabecean en el fenómeno de nutación, por esta razón, reciben una de las mayores cantidades de agua y energía lumínica del mundo, pero por la misma razón, allí también se evapora la mayor cantidad de agua, siendo responsable de la reducción de la reserva hídrica en el subsuelo de los continentes y el aumento del caudal de lluvias en todo el mundo, lo que representa una mayor cantidad de agua potable salinizada. Como analizamos anteriormente, al no haber vegetación, no hay retención que permita la filtración del agua al subsuelo, en un fenómeno progresivo que nos conduce irrevocablemente al agotamiento total de todas las reservas de agua potable que teníamos hasta ahora como agua subterránea y no habrá excusas que sirvan para justificar lo que hicimos o dejamos de hacer para garantizar agua potable en el futuro hogar de nuestros descendientes.

Soluciones compartidas con el primer mundo Al ser responsables de tanto descontrol, se necesita la ayuda de todos, incluyendo la isma población de esos lugares que se quejan de las pérdidas por las inundaciones y las consecuencias de las sequías que están aconteciendo.

Otro hecho para tener en cuenta y que no hay que olvidar, es que el “palo Brasil” calentó por cientos de inviernos las chimeneas en Europa y hoy, el nordeste de ese país sufre las consecuencias. Se necesita que se nos reponga tales beneficios con inversión en reforestación, tampoco el hecho de pertenecer al grupo de los países grandes e industrializados les libra de la culpa, ellos contaminan mucho más que todos.

Todos los organismos vivos requieren agua y energía para mantenerse vivos, la energía que los animales en la cúspide de la pirámide trófica obtienen de otros animales que la obtienen de los

alimentos que consumen de los vegetales que la sintetizan de la energía que reciben del sol (fotones), y estos vegetales dependen del agua potable para vivir, eso quiere decir que todos dependen del agua potable, incluyendo a los seres humanos que también dependen de ese precioso líquido, aunque también requieren de otros tipos de energía para funcionar, que obtiene de recursos energéticos como combustibles fósiles, combustible nuclear o energías renovables que con su ingenio, puede modificar y buscar alternativas.

Pero los procesos que se dan con el clima y el funcionamiento de los ecosistemas de la Tierra que son generados e impulsados por la energía radiante que la Tierra recibe del Sol y la fuerza magnética de la tierra, son hechos que a pesar de todos los experimentos e inventos realizados por el hombre, no se han podido ni se podrán modificar, eso nos indica que estamos obligados a obedecer las normas naturales que garantizan el equilibrio para el universo, caso contrario, sufrimos las consecuencias que afectan todo y a todos los seres humanos que habitamos en este planeta y que se nos presentan hoy con el cambio climático.

En los últimos 500 años, el hombre prácticamente ha destruido el planeta, en un juego de ambiciones y dogmas impuestos por algo o alguien que nos induce a vivir para buscar un objetivo que nada tiene que ver con el sistema natural que ha sido creado “por” o “con” la naturaleza. En ese orden de ideas, tenemos monocultivos que interrumpen los ciclos naturales de integración de los integrantes de los ecosistemas, destruyendo la cobertura arbórea que protege el los microorganismos del suelo, evaporando el agua que alimenta la capa vegetal superior y para colmo, la reemplaza, extrayendo agua del subsuelo en la mayoría de los casos y esa agua se evapora irremediablemente.

Pero sigamos viendo algunos detalles que tienen incidencia en nuestra vida diaria, para confirmar lo que decimos referente al cautiverio del conocimiento.

CAPÍTULO XXII : La energía

* : ¿Que es energía?

1.-Capacidad que tiene la materia de producir trabajo en forma de movimiento, luz, calor, etc., efecto que llamamos de "energía atómica o nuclear; energía cinética; energía Química; energía solar; energía eléctrica; energía mecánica; energía potencial; energía termodinámica; energía de radioisótopos; etc.

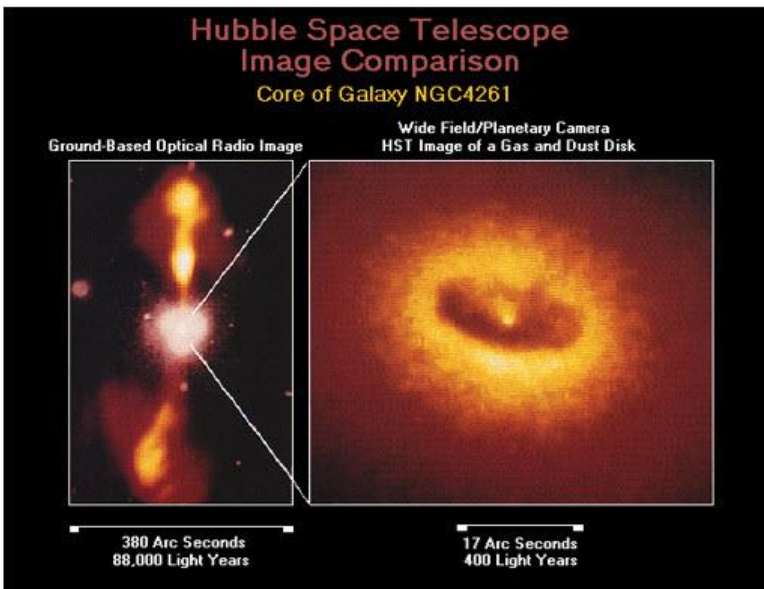


Figura 3.22.1. Fotografía enviada por el telescopio espacial Hubble

2.-La combinación de efectos físicos que están libres en el universo, tomando los antecedentes que acabamos de ver, vamos a suponer la cantidad de energía que sería necesaria para ocasionar eventos como el de la fotografía, en una galaxia lejana, la cantidad de explosiones necesarias para lanzar al espacio exterior una imagen

como esa, si el espacio referenciado en el telescopio Hubble es de 400 años luz, ¿Cuántos años habrán viajado esos fotones hasta llegar a nuestros ojos?



Figura 3.22.2. Comparación entre el telescopio James Webb (izquierda) y el Hubble

3.-Hoy hay que hablar de nuestro universo, debemos tener en cuenta la Energía que utiliza los recursos inagotables de la naturaleza, como la biomasa, las radiaciones solares o el viento, la energía eólica como las fuentes de energías renovables con mayor potencial de aplicación a corto plazo"

4.-Pero también hay que hablar de la bio-energía, que es el resultado de procesos fisicoquímicos representa la Capacidad y fuerza para actuar física o mentalmente. **Efectos físicos, químicos activados por la Bioenergía.**

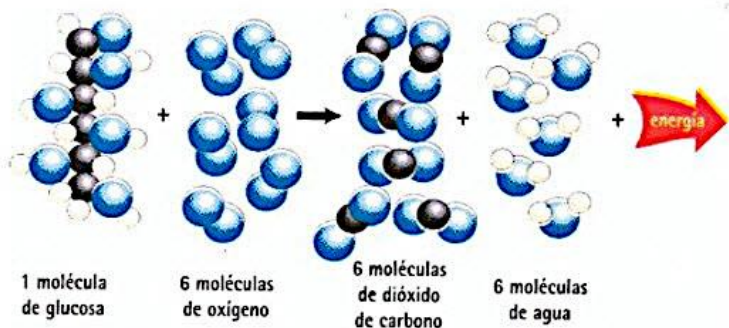


Figura 3.22.3. Componentes del metabolismo de los seres vivos.

5.-Por último, tenemos que hablar de la energía generada por medios mecánicos, aprovechando los efectos cinéticos de los cuerpos

Todos los elementos químicos reaccionan eléctricamente excitados por movimiento, efectos físicos o reacciones químicas.

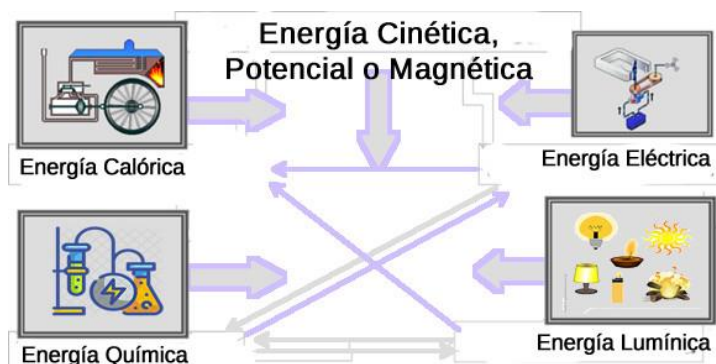


Figura 3.22.4. Los diferentes tipos de energía

* : Relaciones Masa - Energía

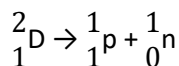
En un núcleo los protones y los neutrones son retenidos muy fuertemente por fuerzas cuya naturaleza todavía se entiende imperfectamente. Cuando los nucleones están muy cerca uno del otro, estas "fuerzas nucleares" son lo suficientemente fuertes como para contrarrestar la repulsión coulombica de los protones, pero caen muy rápidamente con la distancia y son esencialmente indetectables fuera del núcleo. Debido a que las energías involucradas en unir los nucleones son muy grandes, dan lugar a un efecto que permite medirlas. Según la teoría especial de la relatividad de Einstein, cuando la energía de un cuerpo aumenta, también lo hace su masa, y viceversa. Si el cambio de energía está indicado por ΔE y el cambio de masa por Δm , estas dos cantidades están relacionadas por la ecuación

$$\Delta E = \Delta mc^2 \quad (3.22.1.1)$$

donde c es la velocidad de la luz ($2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$).

En las reacciones químicas ordinarias este cambio de masa con energía es tan pequeño como para ser indetectable, pero en las reacciones nucleares encontramos invariablemente que los productos y reactivos tienen masas diferentes. Como ejemplo

sencillo, tomemos la disociación de un deuterón en un protón y un neutrón:



Se encuentra experimentalmente que la masa molar de un deuterón es $2.013\,55\text{ g mol}^{-1}$ (Cuadro 3.22.1.1), pero si agregamos las masas molares de un neutrón y un protón, obtenemos un valor algo mayor, es decir, $(1.007\,28 + 1.008\,67)\text{ g mol}^{-1} = 2.015\,95\text{ g mol}^{-1}$. El cambio de masa usando la convención delta habitual es así $(2.015\,95 - 2.013\,55)\text{ g mol}^{-1} = 0.002\,40\text{ g mol}^{-1}$. De la Eq. 3.22.1.1 entonces tenemos

$$\Delta E = \Delta mc^2 = 0.00240 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times \frac{1\text{ kg}}{10^3\text{ g}} \times (2.998 \times 10^8 \text{ m/s})^2$$

$$= 2.16 \times 10^{11} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ mol}^{-1} = 216 \times 10^9 \text{ J mol}^{-1} = 216 \text{ GJ mol}^{-1}$$

Las masas molares de algunos núcleos seleccionados (los electrones no están incluidos en estas masas).

Núcleo	M/g mol ⁻¹	Núcleo	M/g mol ⁻¹
${}^1_0\text{n}$ (neutrones)	1.008 67	${}^{56}_{26}\text{Fe}$	55.920 66
${}^1_1\text{p}$ (protón)	1.007 28	${}^{59}_{27}\text{Co}$	58.918 37
${}^2_1\text{D}$ (deuterón)	2.013 55	${}^{84}_{36}\text{Kr}$	83.8917
${}^3_1\text{T}$ (tritio)	3.015 50	${}^{120}_{50}\text{Sn}$	119.8747
${}^4_2\text{He}$	4.001 50	${}^{138}_{56}\text{Ba}$	137.8743
${}^7_3\text{Li}$	7.014 36	${}^{194}_{78}\text{Pt}$	193.9200
${}^{12}_6\text{C}$	11.996 71	${}^{209}_{83}\text{Bi}$	208.9348
${}^{15}_8\text{O}$	14.998 68	${}^{235}_{92}\text{U}$	234.9934
${}^{16}_8\text{O}$	15.990 52	${}^{239}_{94}\text{Pu}$	239.0006
${}^{17}_8\text{O}$	16.994 74		

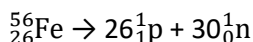
Tabla: Las masas 3.22.1.1 molares de algunos núcleos seleccionados (los electrones no están incluidos en estas masas).

Dado que el trabajo de expansión o incluso las energías electrónicas son insignificantes en comparación con este cambio en la energía nuclear, podemos equiparar el cambio en la energía nuclear ya sea con el cambio en la energía interna o con la entalpía; es decir,

$$\Delta E = \Delta U_m = \Delta H_m = 216 \text{ GJ mol}^{-1}$$

La energía necesaria para separar un núcleo en sus nucleones constituyentes se llama su energía de unión. La energía de unión del núcleo ${}^2_1\text{H}$ es, por lo tanto, 216 GJ mol^{-1} . Observe lo mucho más grande que la energía de enlace de una molécula promedio, que es aproximadamente 200 o 300 kJ mol^{-1} . Dado que un gigajule es de 1 millón de kJ, las energías involucradas en mantener unidos los nucleones en un núcleo son algo así como un millón de veces más grandes que las que mantienen unidos los átomos en una molécula.

Dado que el número de nucleones en un núcleo es bastante variable, es útil calcular la energía promedio de cada nucleón dividiendo la energía de unión total por el número de nucleones, A. Esto da la energía de unión por nucleón. En el caso del núcleo ${}^{56}_{26}\text{Fe}$, por ejemplo, podemos encontrar fácilmente en la Tabla 3.22.13.1 que ΔH_m para el proceso

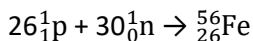


tiene el valor $0.52872 \text{ g mol}^{-1}$, dando un valor para ΔH_m , de la Eq. (3.22.35) de 4750 GJ mol^{-1} . Dado que $A = 56$ para este núcleo, la energía de unión por nucleón tiene el valor

$$\frac{\Delta H_m}{A} = 4750/56$$

$$\text{GJ mol}^{-1} = 848 \text{ GJ mol}^{-1}$$

La energía de unión de un núcleo nos dice no sólo cuánta energía se debe gastar en separar los núcleos sino también cuánta energía se libera cuando el núcleo se forma a partir de protones y neutrones. En el caso del ${}^{56}_{26}\text{Fe}$, por ejemplo, tenemos



$$\Delta H_m = -4.75 \times 10^3 \text{ GJ mol}^{-1}$$

es decir, la energía de formación de ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ es igual a la negativa de la energía de unión. En la Figura 3.22.1.1 la energía de formación sobre una base por nucleón ha estado en contra del número de masa para el isótopo más estable de cada elemento. El eje de energía cero en esta gráfica corresponde a la energía de protones y neutrones completamente separados, mientras que los puntos en la gráfica corresponden a la energía promedio de un nucleón en el núcleo en

cuestión. Obviamente, cuanto menor es la energía, más estable es el núcleo.

Como podemos ver en la Figura 3.22.1.1, los núcleos más estables son los de número de masa cercano a 60, siendo el núcleo con menor energía el núcleo ${}^{56}_{26}\text{Fe}$. A medida que el número de masa se eleva por encima de 60, los núcleos se vuelven ligeramente más altos en energía, es decir, menos estables. Disminuir el número de masa por debajo de 60 también nos lleva a una región de núcleos de alta energía. A excepción del núcleo ${}^4_2\text{He}$, los núcleos de mayor energía pertenecen a los elementos muy ligeros.

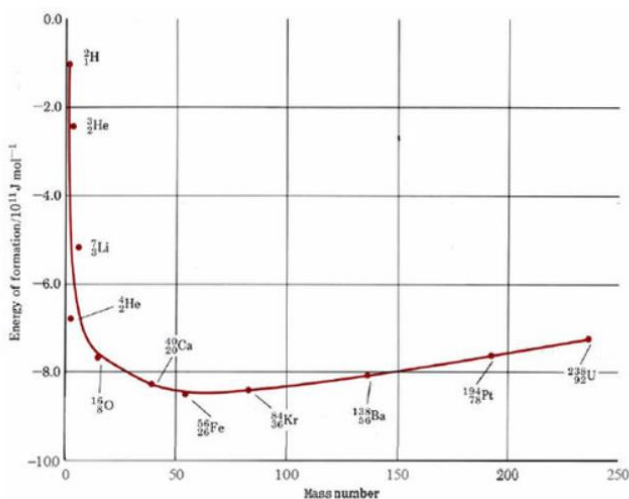


Figura 3.22.5. Energía de formación por nucleón (a partir de protones y neutrones) en función del número de masa.

La figura nos 3.22.5. muestra que en principio hay dos formas en las que podemos obtener energía a partir de los núcleos de los elementos. El primero de ellos es por la división o fisión de un núcleo muy pesado en dos núcleos más ligeros. En tal caso cada nucleón pasará de una situación de mayor a menor energía y se liberará energía. Aún más energía será liberada por la fusión de dos núcleos muy ligeros, cada uno conteniendo solo unos pocos nucleones, en un solo núcleo más pesado. Aunque bien en principio, ninguno de estos métodos de obtención de energía es fácil de lograr en la práctica de manera controlada con el debido respeto al medio ambiente.

+ : Reflexión sobre la Energía concentrada en la masa.

Después de conocer los detalles sobre la conformación de los átomos, podemos resumir su significado en pocas palabras, pero también hay que tener en cuenta que de ese principio se derivan muchas de las cosas de las que depende nuestra vida. Entonces tenemos que esa unidad básica, que son los Quarks, cuyo valor depende del orden de llegada de las partículas con energía

Capítulo XXIII : La Energía Magnética.

Explicamos qué es la energía magnética, su historia, ventajas, desventajas y más características. Además, cómo funciona y ejemplos.

* : ¿Qué es la energía magnética?

La energía magnética afecta a todos los materiales, pero particularmente a ciertos metales.



Figura 3.23.1. Magnetismo

El magnetismo es un fenómeno asociado a la fuerza electromagnética, una de las fuerzas elementales del universo. Afecta en mayor o menor medida a todos los materiales existentes, pero sus efectos pueden ser evidenciados principalmente en ciertos metales, como el níquel, hierro, cobalto y sus distintas aleaciones (conocidas como imanes).

Esta fuerza se manifiesta en forma de campos magnéticos, capaces de generar atracción o repulsión entre los elementos que interactúan, dependiendo de sus polaridades magnéticas: polos iguales se repelen, polos opuestos se atraen.

La energía magnética puede entenderse como la capacidad de la fuerza magnética de realizar un trabajo mecánico, pero también nos referimos a ella cuando hablamos de la energía que se almacena en un elemento conductor o un campo magnético. Esta energía es capaz de irradiarse a través del espacio, incluso en ausencia de un medio físico, a través de lo que se conoce como radiación electromagnética.

Los campos magnéticos están formados por radiación magnética. La luz visible, por ejemplo, está formada por campos electromagnéticos y ocupa apenas una franja del espectro electromagnético. Dependiendo de las propiedades de las ondas que componen este espectro, se tendrá luz visible, radiación ultravioleta o radiación infrarroja, por ejemplo.

El magnetismo, además, es un fenómeno con innumerables aplicaciones aprovechadas por la humanidad contemporánea, especialmente en sus fronteras con la electricidad, como en el caso de motores, superconductores, alternadores, etc.

+ : Historia de la energía magnética



Figura 3.23.2. Las brújulas funcionan gracias a la energía magnética.

La energía magnética fue descubierta por el ser humano en la antigüedad. Se dice que los fenómenos magnéticos fueron

observados por primera vez en la Antigua Grecia, en la ciudad de Magnesia del Meandro, donde el mineral de la magnetita era particularmente abundante. De allí, justamente, proviene su nombre.

El primer estudioso del magnetismo fue el filósofo griego Tales de Mileto (625-545 a. C.). Sin embargo, en la Antigua China también se lo estudió en paralelo, como lo evidencia una mención al respecto en el Libro del amo del valle del diablo del siglo IV a. C. El magnetismo fue ampliamente estudiado en los siglos posteriores, tanto por alquimistas, naturalistas y religiosos, como por exploradores y filósofos y en especial tras la invención de la brújula en el siglo XIII. Además, el campo magnético de la Tierra fue descubierto en Groenlandia en 1551.

Sin embargo, recién en el siglo XIX los fundamentos del magnetismo fueron revelados científicamente, gracias a los adelantos en materia de física, química y electricidad. En ello tuvieron un rol indispensable Hans Christian Orsted, André-Marie Ampère, Carl Friedrich Gauss, Michael Faraday y en especial James Clerk Maxwell, con sus célebres ecuaciones.

+ : ¿Cómo funciona la energía magnética?

El magnetismo se produce debido al movimiento de cargas eléctricas en los objetos que interactúan: si las cargas presentes en dos objetos (por ejemplo, dos hilos con corriente) se mueven en la misma dirección, los objetos experimentan una fuerza atractiva; pero si se mueven en direcciones opuestas, dicha fuerza es repulsiva.

Alrededor de las cargas en movimiento siempre habrá un campo magnético, generado justamente por el movimiento de dichas cargas. Si otras cargas en movimiento se acercan a ese campo magnético, interactuarán con él. Es fundamental que las cargas estén en movimiento para que existan campos, fuerzas o energía magnética. Las cargas en reposo (quietas) no producen campos ni fenómenos magnéticos. Los imanes poseen un campo magnético “propio” debido al movimiento y orientación particular de los electrones dentro de los átomos.

La energía magnética puede ser producida mediante electroimanes, que consisten en un alambre eléctrico bobinado que recubre un

material magnético, como el hierro. También puede producirse mediante la imantación de materiales susceptibles, ya sean temporales (aquellos en que el campo magnético es exterior y, por ende, se debilita y desaparece) o permanentes.

+ : Características de la energía magnética

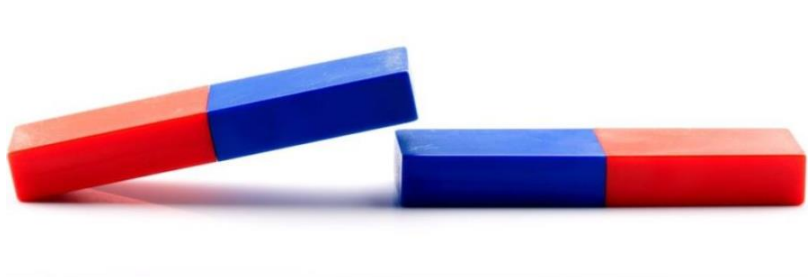


Figura 3.23.3. Dos polos positivos o negativos se repelen.

La energía magnética tiene una intensidad variable, dependiendo de los materiales que la producen o de la intensidad de corriente eléctrica que la genere. Debido a la dirección del movimiento de los electrones, los materiales magnéticos poseen siempre dos polos: positivo y negativo. A esto se lo conoce como dipolo magnético.

Si bien todo lo que existe es susceptible de cierto grado de respuesta magnética (la llamada susceptibilidad magnética), dependiendo de su grado de susceptibilidad podremos hablar de:

- Materiales ferromagnéticos. Son fuertemente magnéticos.
- Materiales diamagnéticos. Son débilmente magnéticos.
- Materiales no magnéticos. Presentan propiedades magnéticas insignificantes.

+ : Ventajas de la energía magnética

La energía magnética en el mundo contemporáneo resulta sumamente ventajosa, ya que su almacenamiento y producción tienen aplicaciones importantísimas para la vida del ser humano, por ejemplo, en el transporte, la medicina o la industria de la generación eléctrica

Muchos materiales magnéticos ayudan a hacernos la vida más fácil, desde los imanes que pegamos del refrigerador, hasta los materiales magnéticos dentro de nuestras computadoras y del alternador de

nuestros automóviles, pasando por los transformadores y toda una serie de moduladores de la electricidad, que emplean imanes para manejarla.

Por otro lado, las experiencias con este tipo de energía y las aplicaciones a iniciativas modernas cada día son más prometedoras. Podrían llegar a aproximarnos en un futuro cercano a fuentes limpias de energía.

+ : Desventajas de la energía magnética

El lado flaco del aprovechamiento del magnetismo radica en que los materiales naturalmente magnéticos carecen de la intensidad de campo magnético necesaria como para movilizar objetos masivos o para transmitir indefinidamente su energía a otros sistemas. Por ello, lo usual a la hora de valerse de magnetismo es el uso del electroimán, que requiere de un insumo constante de energía eléctrica.

- : Ejemplos de energía magnética



Figura 3.23.4. Los tomógrafos magnéticos permiten observar el interior del cuerpo.

Algunos ejemplos de energía magnética:

- La brújula. Su aguja metálica se alinea con el campo magnético de la Tierra para señalar constantemente el norte.
- Los transformadores eléctricos. Son enormes cajas cilíndricas que suele haber en los postes de electricidad y que operan hacia lo interno mediante la fuerza de varios

imanes, para modular el flujo de la corriente eléctrica y hacerla consumible en nuestros hogares.

- Los tomógrafos magnéticos. Son aparatos médicos empleados para enviar y recibir ondas electromagnéticas a través del cuerpo, que nos permiten hacernos una idea de cómo están las cosas en nuestro interior sin necesidad de operar.
- Los trenes maglev. Están en funcionamiento en muchos países del primer mundo, y son capaces de sostenerse en el aire debido al empuje repulsivo de electroimanes en su base.
- Las auroras boreales. Aunque de manera indirecta, son evidencia de la potencia del campo magnético terrestre, capaz de repeler el viento solar (partículas de plasma solar eyectadas al espacio). Las luces que pueden verse en las zonas cercanas a los polos son estas partículas cuando están rozando la atmósfera y viajando en la dirección del campo magnético sin penetrar hacia el planeta.

Fuente: <https://concepto.de/energia-magnetica/#ixzz85OtwJPNV>

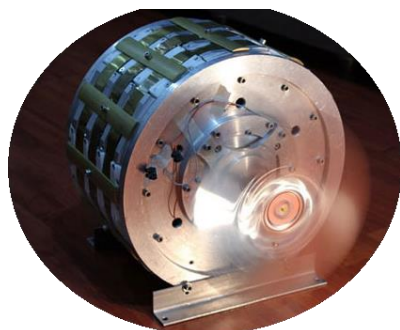


Figura 3.23.5. Motor magnético

CAPÍTULO XXIV : Energía eléctrica

* : Revisando conceptos sobre la energía eléctrica

Revisando los conceptos que existen sobre la energía eléctrica, muchos de esos enunciados, hacen dudar sobre su veracidad y es uno de los puntos más polémicos de este trabajo, ya que, en todos los documentos consultados, la versión es casi uniforme, la Electricidad es la transmisión de electrones a través de un conductor que se puede medir y que produce efectos de movimiento o de temperatura, según sea la aplicación esperada.

No nos vamos a adentrar mucho en la literatura existente, ya que imaginamos que es de todos conocida, iremos directo a lo que nos interesa, vamos a contrastar esas explicaciones con nuestros argumentos y completaremos nuestra explicación.

Retomando nuestro relato. establecemos primero, el punto de generación de energía eléctrica, la versión más común que encontramos es esta:

La corriente eléctrica es el flujo de carga eléctrica que recorre un material. También se puede definir como un flujo de partículas cargadas, como electrones o iones, que se mueven a través de un conductor eléctrico o un espacio. Se mide como la tasa neta de flujo de carga eléctrica a través de una superficie o en un volumen de control. Se debe al movimiento de las cargas (normalmente electrones) en el interior del mismo. Al caudal de corriente (cantidad de carga por unidad de tiempo) se le denomina intensidad de corriente eléctrica (representada comúnmente con la letra I). En el Sistema Internacional de Unidades se expresa en culombios por segundo (C/s), unidad que se denomina amperio (A). Una corriente

eléctrica, puesto que se trata de un movimiento de cargas, produce un campo magnético, un fenómeno que puede aprovecharse en el electroimán.

El instrumento usado para medir la intensidad de la corriente eléctrica es el galvanómetro que, calibrado en amperios, se llama amperímetro, colocado en serie con el conductor por el que circula la corriente que se desea medir.

De manera general los no metales no conducen la electricidad debido a que no tienen electrones libres en su capa de valencia (tienen huecos). Los metales sí, ya que tienen excesos de electrones, por el cual los demás electrones pueden circular.

En un conductor o metal la corriente circula, empujando un electrón a otro como efecto dominó, y se vale del exceso de electrones en los metales en su capa de Valencia para este efecto. En un no metal o no conductor (los materiales son no conductores hasta cierto valor de voltaje) es porque no hay electrones que empujar, y los que circulan quedan "atrapados"

En un no metal o no conductor (los materiales son no conductores hasta cierto valor de voltaje) es porque no hay electrones que empujar, y los que circulan quedan "atrapados" en dichos huecos.

Las sales son las uniones de un no metal con un metal formando una unión iónica (uno arrebató a otro su electrón) por lo que disuelto en agua si permite conducir la electricidad, esto debido a la diferencia en la electronegatividad de ambos elementos.

Analizando esto, tenemos lo siguiente, según la teoría existente, dice que energía eléctrica se produce cuando se transfieren electrones, es un hecho que si lo analizamos bien, en la naturaleza es muy improbable, eso no sería posible por la necesidad de tener una energía suficiente para mover la masa del electrón (nos dicen que para mover un electrón son necesarios 486 joules por μ , para vencer la fuerza magnética que retiene al electrón, recordando que como vimos, un electrón son dos conjuntos de fotones y neutrinos, sujetos a una fuerza magnética, que tiene masa y polaridad, es una especie de quark en formación que quedó retenido por cada conjunto formado por los neutrones, piones y protones del átomo que generan una fuerza magnética que impide que se separen los electrones del

átomo, cuando lo hacen, entendemos que hubo una modificación de la estructura del átomo y para que eso ocurra, se requiere de la cantidad de energía que se menciona.

Entonces, de acuerdo con esa lógica, para movilizar un electrón entero a través de otros átomos (recordando que el electrón tiene masa) y por simple deducción lógica, para mover esa masa se requiere de energía que tiene que salir de algún lado, además, tendría que existir algo que impulse esa masa en algún lado y al final, se acumularía en alguna parte del circuito. Eso no ocurre en los átomos de cobre que conducen la corriente eléctrica.

Por lo tanto, definimos que lo que genera la corriente eléctrica son los fotones y neutrinos, que son energía y no tienen masa, entonces para generar energía, es necesario tener primero lo siguiente:

1.-Tener polos magnéticos extrapolados, dependiendo del tipo de generación, se pueden usar dos o más polos.

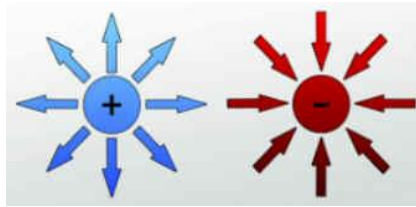


Figura 3.24.1. Polos magnéticos

2.-Las bobinas para transportar la corriente son hechas con alambres de cobre recubiertos por una resina aislante.

3.-Una fuerza motriz que pueda mover la bobina alrededor de los polos magnéticos.

4.-Al pasar la bobina por cada polo magnético positivo, el movimiento de la fuerza magnética positiva excita los neutrinos de los electrones de oxígeno presente frente al polo como efecto de la polaridad, que obedecen al campo electromagnético y excitación que se transfiere también a la bobina, generalmente de cobre, pasando por encima del recubrimiento de resina que se utiliza para aislar los alambres de cobre, dicho aislante es eléctricamente estable. De aquí sale otra importante conclusión, para que exista corriente eléctrica es necesario que exista oxígeno alrededor, por lo tanto, producir corriente eléctrica, demanda consumo de oxígeno.

Por lo tanto, no se afecta para nada con el neutrino, al entrar en contacto con el alambre de cobre, afecta uno de los electrones del último orbital del átomo de cobre que como es paramagnético, tiene electrones impares en su orbital de valencia, por eso el electrón del último orbital es electronegativo, recibe primero la carga que es solo energía negativa sin masa del neutrino y para no desestabilizarse, expulsa uno de sus neutrinos que impacta el átomo a su lado y este responde de la misma forma.

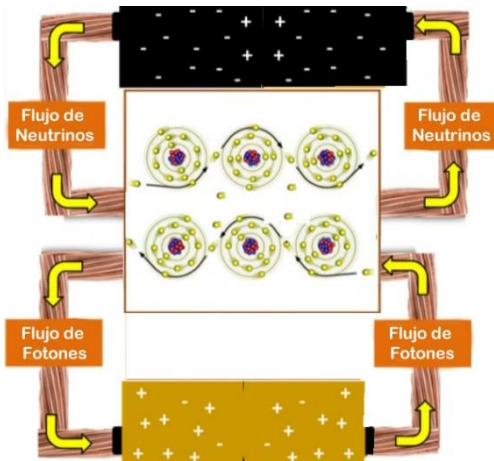


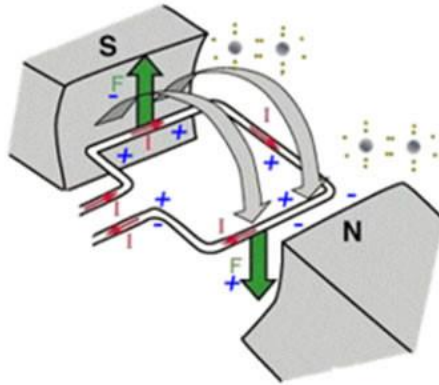
Figura 3.24.2. Descripción del flujo de fotones en un motor eléctrico

Este electrón es el inestable, con la excitación se carga negativamente haciendo que intente pasarse al orbital inferior, pero por la regla natural de estabilidad física de los elementos, un electrón del orbital inferior pierde un neutrino que sale disparado a afectar otro átomo del inducido o de la bobina y luego del alambre de los cables, iniciando así el mismo proceso que se convierte en la secuencia de transferencia de corriente negativa y la secuencia continúa mientras la bobina esté en movimiento.

5.-Exactamente sucede lo mismo cuando la bobina pasa al frente de polo con fuerza magnética negativa, el efecto de la fuerza magnética negativa excita los positrones del electrón en el último orbital de los átomos de oxígeno, la excitación varía la cantidad de energía contenida en el positrón provocando la liberación de un fotón para mantener estable el átomo, evitando que se salga de su orbital, el fotón libre pasa al lado de los átomos del recubrimiento del alambre

de cobre, que como son estables no se afectan con la carga del fotón, quién va a afectar un electrón inestable del átomo de cobre que es paramagnético y repite la secuencia, transfiriendo fotones de un electrón a otro a la velocidad que ya sabemos, generando la corriente eléctrica en el cable que continua mientras la bobina esté en movimiento y ese movimiento genera la corriente de aire que renueva los oxígenos para continuar con el ciclo indefinidamente.

Figura 3.24.3. Explicación del funcionamiento de un motor eléctrico



Esto explica completamente el funcionamiento, teniendo en cuenta que se puede generar corriente continua si se mantiene la polaridad

Hay que tener en cuenta que la energía eléctrica funciona en circuitos cerrados, con la posibilidad de sacar N cantidad de derivaciones, ya que por donde haya cable de cobre, se transportará esa energía que puede ser medida de acuerdo con sus características de intensidad y potencia que son dadas por la estructura de la bobina.

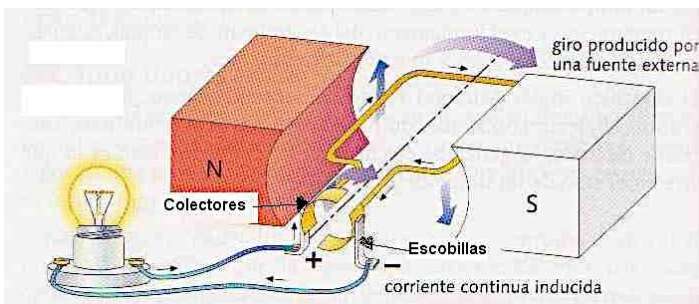


Figura 3.24.4. Descripción de un motor de Corriente Continua.

Solo cuando comienza a girar la bobina, empezará a circular corriente (fotones o neutrinos) por el circuito y eso es gracias a que hay tensión. Entre los dos polos de una pila hay tensión y al conectar la bombilla pasa corriente de un extremo a otro y la bombilla alumbrará por efecto de la ozonización de los electrones del oxígeno presente en el lugar activados por el efecto del paso de corriente por el filamento que es amplificado por el vacío existente dentro de la bombilla. Recordando con esto, que el oxígeno es el gran protagonista en la generación eléctrica y el único consumo, ya que ni el cobre ni los polos magnéticos tienen desgaste, cada molécula de O_2 tiene cuatro electrones en los orbitales de valencia que son impares, por lo tanto, son los que se excitan al paso por el polo magnético y liberan fotones para estabilizarse. También es de anotar que este modelo de funcionamiento es el mismo que transmiten las señales eléctricas a través de las membranas de las neuronas en el sistema nervioso del organismo humano.

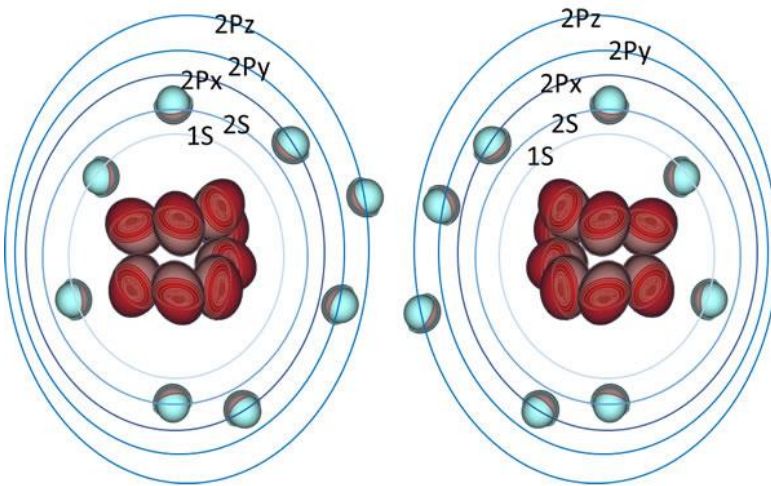


Figura 3.24.5. Molécula de Oxígeno

Si hay mayor tensión entre dos polos, como resultado de la extensión del polo magnético y la velocidad del rotor, habrá mayor cantidad de fotones y neutrinos con más velocidad pasaran de un polo al otro, es decir habrá mayor corriente eléctrica.

La tensión se mide en Voltios. Cuando la tensión es de 0V (cero voltios, no hay diferencia de potencial entre un polo y el otro) ya no

hay posibilidad de corriente y si fuera una pila, diremos que la pila se ha agotado.

Para calcular la cantidad de fotones y neutrinos que pasan por un punto en un segundo, imaginemos que pudiésemos contar los fotones (suponiendo que la cantidad de neutrinos sea igual), que pasan por un punto de un circuito eléctrico en un segundo, pues eso sería, la Intensidad y se mide en Amperios (A).

- : Características de la corriente alterna:

Fue el gran descubrimiento de Nicolas Tesla, al separar la fuente polarizada con el paso del rotor, se establece un espacio entre las corrientes positiva y negativa impidiendo su contacto, que reaccionaría consumiendo su energía. Este espacio entre las corrientes permite el flujo de ambas corrientes por el mismo cable, permitiendo que ambas polaridades interactúen simultáneamente enviado corriente y aumentando la eficiencia del sistema, por eso se le dio el nombre de corriente alterna

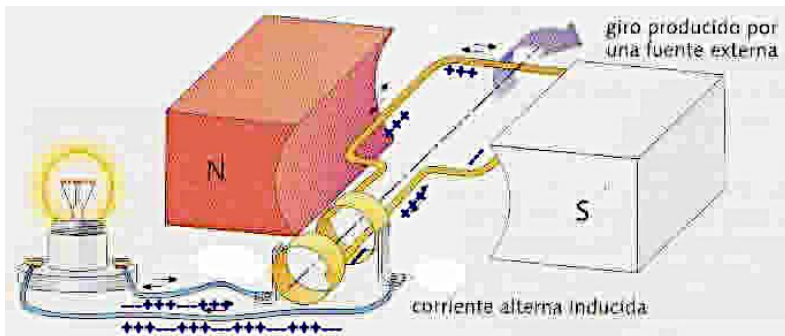


Figura 3.24.6. Descripción de un motor de corriente alterna

Para su medición, se calcula que una corriente de 1 A (amperio) equivale a 6,25 trillones de fotones que han pasado en un segundo.

La potencia eléctrica la podemos definir como la cantidad de energía que se necesita para realizar el trabajo que necesitamos, ya sea en forma de Temperatura, movimiento o emisión de ondas.

Por ejemplo, de una Lámpara o Bombilla sería la cantidad de luz que emite, en el movimiento que hace girar un motor de un motor, un

timbre y la cantidad de sonido que emite, en un radiador la cantidad de calor en la hornilla de una estufa.

Se mide en vatios (w) y se representa con la letra P, una lámpara de 80w dará el doble de luz que una de 40w. Por cierto, su fórmula es $P=V \times I$ (tensión en voltios, por Intensidad en Amperios).

Los fotones y neutrinos, cuando en su movimiento se encuentran con un receptor (por ejemplo, una lámpara), no lo tienen fácil para pasar por el receptor, porque les ofrecen una resistencia.

Por el conductor van muy a gusto porque no les ofrece casi resistencia a moverse por él, pero pasar a través de los receptores es más difícil para ellos porque tienen resistencia.

Nota: Cuando hablamos de moverse por el conductor los fotones, queremos decir que los fotones se muevan de átomo en átomo por el material conductor.

Se llama resistencia a la dificultad que ofrece un cuerpo al paso de la corriente, al movimiento de electrones por el cuerpo. Todos los elementos de un circuito tienen resistencia, excepto los conductores, que se considera cero en muchos casos. Se mide en Ohmios (Ω).

La resistencia se representa con la letra R.

Un óhmetro u ohmímetro es un instrumento para medir la resistencia eléctrica, pero en muchas ocasiones podemos utilizar el polímetro, aparato que mide tensiones, intensidades y resistencias. Podemos medir la resistencia de un receptor o la resistencia entre dos puntos de una instalación.

Hay unos componentes eléctricos-electrónicos llamados resistencias que son componentes que se ponen en los circuitos precisamente para eso, para ofrecer más resistencia al paso de la corriente por donde están colocados en los circuitos.

+ : La energía eléctrica y su realidad

Básicamente la energía eléctrica corresponde a la cantidad de fotones o neutrinos que los polos pueden arrastrar en cada giro, esta cantidad de corriente es regulada por el número de polos, la velocidad y el tamaño del rotor y por la resistencia de los materiales

usados, esos fotones y neutrinos van a un transformador de corriente que por medio de bobinas diseñadas para concentrar la circulación de esos fotones y neutrinos en los valores deseados. De esta manera la organizan como tensión y se identifica como Voltaje,

La energía se consume, es decir a más tiempo conectado un receptor más energía consumirá. También un receptor que tiene mucha potencia consumirá mucha energía. Como vemos la energía depende de dos cosas, la potencia del receptor y del tiempo que esté conectado.

Su fórmula es $E = P \times t$ (potencia por tiempo)

Su unidad es el $w \times h$ (vatio por hora) pero suele usarse un múltiplo que es el $Kw \times h$ (Kilovatios por hora)

La demanda de esa corriente se considera como intensidad y se mide en amperios y la potencia que es la intensidad multiplicada por la resistencia determina en consumo en vatios.

Si ponemos en la fórmula la potencia en Kw y el tiempo en horas ya obtendremos la energía en $Kw \times h$. Aquí tenemos una tabla con las principales magnitudes eléctricas y sus fórmulas:

MAGNITUD	SIMBOLO	UNIDAD	SIMBOLO	FÓRMULA
CARGA	C	CULOMBIO	C	
TENSIÓN	V	VOLTIOS	V	$V = I \times R$
INTENSIDAD	I	AMPERIOS	A	$I = V/R$
RESISTENCIA	R	OHMIOS	Ω	$R = V/I$
POTENCIA	P	VATIOS	W	$P = V \times I$
ENERGÍA	E	VATIO POR HORA	$w \times h$	$E = P \times t$

CAPÍTULO XXV : La electrónica

*** : Descripción de la Electrónica.**

La electrónica es una rama de la física aplicada que comprende la física, la ingeniería, la tecnología y las aplicaciones que tratan con la emisión, el flujo y el control de los electrones —u otras partículas cargadas eléctricamente— en el vacío y la materia.

La identificación del electrón en 1897, junto con la invención del tubo de vacío, que podía amplificar y rectificar pequeñas señales eléctricas, inauguraron el campo de la electrónica y la edad del electrón. La placa Arduino ha permitido que el aprendizaje de la electrónica esté al alcance de muchas personas, gracias a su código libre y su enorme cantidad de dispositivos instalables y removibles en esta placa, a través de sus puertos analógicos y digitales.

+ : Los conceptos en electrónica.

La electrónica trata con circuitos eléctricos que involucran componentes eléctricos activos como tubos de vacío, transistores, diodos, circuitos integrados, optoelectrónica y sensores, asociados con componentes eléctricos pasivos y tecnologías de interconexión. Generalmente los dispositivos electrónicos contienen circuitos que consisten principalmente, o exclusivamente, en semiconductores activos complementados con elementos pasivos; tal circuito se describe como un circuito electrónico.

El comportamiento no lineal de los componentes activos y su capacidad para controlar los flujos de electrones hace posible la amplificación de señales débiles. La electrónica es ampliamente utilizada en el procesamiento de datos, en las telecomunicaciones y en el procesamiento de señales. La capacidad de los dispositivos

electrónicos para actuar como interruptores hace posible el procesamiento digital de la información.

Las tecnologías de interconexión, como los circuitos impresos, la tecnología de empaquetado electrónico y otras formas variadas de infraestructuras de comunicación, completan la funcionalidad del circuito y transforman los componentes electrónicos mixtos en un sistema de trabajo regular, llamado sistema electrónico; son ejemplos las computadoras o los sistemas de control. Un sistema electrónico puede ser un dispositivo independiente o un componente de otro sistema diseñado.

La ciencia y tecnología eléctricas y electromecánicas se ocupan de la generación, distribución, conmutación, almacenamiento y conversión de la energía eléctrica hacia y desde otras formas de energía (usando cables, motores, generadores, baterías, interruptores, relés, transformadores, resistencias y otros componentes pasivos).

Esta distinción comenzó alrededor de 1906 con la invención de Lee De Forest del triodo, que hizo posible la amplificación eléctrica de señales de radio y señales de audio débiles con un dispositivo no mecánico. Hasta 1950, este campo se denominaba «tecnología de radio» porque su aplicación principal era el diseño y la teoría de transmisores de radio, receptores y tubos de vacío.

Actualmente, la mayoría de los dispositivos electrónicos usan componentes semiconductores para realizar el control de los electrones. El estudio de los dispositivos semiconductores y la tecnología relacionada se considera una rama de la física del estado sólido, mientras que el diseño y la construcción de los circuitos electrónicos para resolver problemas prácticos concierne a la ingeniería electrónica. Este artículo se centra en los aspectos de la ingeniería de la electrónica. Un sistema electrónico es un conjunto de circuitos que interactúan entre sí para obtener un resultado. Una forma de entender los sistemas electrónicos consiste en dividirlos en las siguientes partes:

Entradas o Inputs – Sensores (o transductores) electrónicos o mecánicos que toman las señales (en forma de temperatura, presión, etc.) del mundo físico y las convierten en señales de

corriente o voltaje. Ejemplo: El termopar, la foto-resistencia para medir la intensidad de la luz, etc.

Circuitos de procesamiento de señales – Consisten en artefactos electrónicos conectados juntos para manipular, interpretar y transformar las señales de voltaje y corriente provenientes de los transductores.

Salidas u Outputs – Actuadores u otros dispositivos (también transductores) que convierten las señales de corriente o voltaje en señales físicamente útiles. Por ejemplo: un *display* que nos registre la temperatura, un foco o sistema de luces que se encienda automáticamente cuando esté oscureciendo. Básicamente son tres etapas: La primera (transductor), la segunda (circuito procesador) y la tercera (circuito actuador).



Figura 3.25.1. Modelo de proceso electrónico

Como ejemplo supongamos un televisor. Su entrada es una señal de difusión recibida por una antena o por un cable. Los circuitos de procesado de señales del interior del televisor extraen la información sobre el brillo, el color y el sonido de esta señal. Los dispositivos de salida son un tubo de rayos catódicos o monitor LCD que convierte las señales electrónicas en imágenes visibles en una pantalla y unos altavoces.

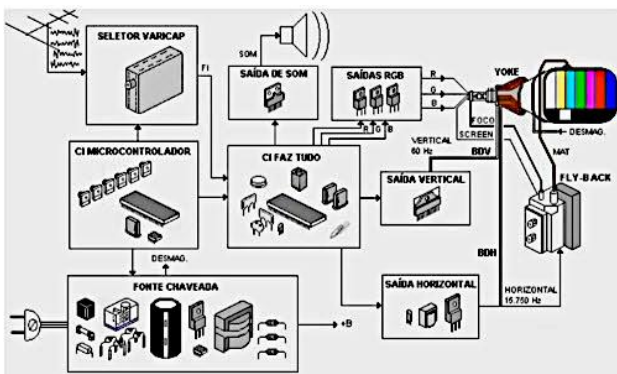


Figura 3.25.2. Diagrama de funcionalidad electrónica.

Otro ejemplo puede ser el de un circuito que ponga de manifiesto la temperatura de un proceso, el transductor puede ser un termopar, el circuito de procesamiento se encarga de convertir la señal de entrada en un nivel de voltaje (comparador de voltaje o de ventana) en un nivel apropiado y mandar la información decodificándola a un *display* donde nos dé la temperatura real y si esta excede un límite preprogramado activar un sistema de alarma (circuito actuador) para tomar las medidas pertinentes.

+ : Circuitos analógicos

La mayoría de los aparatos electrónicos de analógica, como los receptores de radio, se construyen a partir de combinaciones de unos pocos tipos de circuitos básicos. Los circuitos analógicos utilizan un rango continuo de voltaje o corriente en lugar de niveles discretos como en los circuitos digitales.

El número de circuitos analógicos diferentes que se han ideado hasta ahora es enorme, sobre todo porque un "circuito" puede definirse como cualquier cosa, desde un solo componente hasta sistemas que contienen miles de componentes.



Figura 3.25.3. chassis drive adjustable frequency Hitachi J100

Los circuitos analógicos se denominan a veces circuitos lineales, aunque se utilizan muchos efectos no lineales en los circuitos analógicos, como mezcladores, moduladores, etc. Algunos

buenos ejemplos de circuitos analógicos son los amplificadores de tubos de vacío y transistores, los amplificadores operacionales y los osciladores. Rara vez se encuentran circuitos modernos que sean totalmente analógicos. Hoy en día, los circuitos analógicos pueden utilizar técnicas digitales o incluso de microprocesador para mejorar su rendimiento. Este tipo de circuito suele denominarse "de señal mixta" en lugar de analógico o digital.

A veces puede resultar difícil diferenciar los circuitos analógicos de los digitales, ya que tienen elementos de funcionamiento tanto lineal como no lineal. Un ejemplo es el comparador, que recibe un rango continuo de tensión, pero sólo emite uno de los dos niveles de un circuito digital. Del mismo modo, un amplificador de transistor sobrecargado puede adoptar las características de un interruptor controlado que tiene esencialmente dos niveles de salida. De hecho, muchos circuitos digitales se implementan como variaciones de circuitos analógicos similares a este ejemplo... después de todo, todos los aspectos del mundo físico real son esencialmente analógicos, por lo que los efectos digitales sólo se realizan restringiendo el comportamiento analógico.

+ : Circuitos digitales

Los circuitos digitales son circuitos eléctricos basados en un número de niveles de tensión discretos. Los circuitos digitales son la representación física más común del álgebra booleana, y son la base de todos los ordenadores digitales. Para la mayoría de los ingenieros, los términos "circuito digital", "sistema digital" y "lógica" son intercambiables en el contexto de los circuitos digitales. La mayoría de los circuitos digitales utilizan un sistema binario con dos niveles de tensión denominados "0" y "1". A menudo, el "0" lógico es un voltaje más bajo y se denomina "Bajo", mientras que el "1" lógico se denomina "Alto". Sin embargo, algunos sistemas utilizan la definición inversa ("0" es "Alto") o se basan en la corriente. A menudo, el diseñador de la lógica puede invertir estas definiciones de un circuito a otro, según le convenga para facilitar su diseño. La definición de los niveles como "0" o "1" es arbitraria.

La lógica ternaria (con tres estados) (con tres estados) se ha estudiado la lógica, y se han hecho algunos prototipos de ordenadores.

Los ordenadores, los relojes electrónicos y los controladores lógicos programables, utilizados para controlar los procesos industriales, están contruidos con circuitos digitales. Los Procesadores de señales digitales son otro ejemplo.

+ : Discos duros, CD, DVD, y BR

Cualitativamente, tanto el DVD como el BD funcionan de manera completamente análoga al CD, tanto en procedimientos de lectura, como de grabación de discos, por lo que me limitaré a destacar las diferencias entre los tres.

Características principales de una memoria Flash, un BD (izquierda), DVD (centro) y CD (derecha). En recuadro, se indica la densidad de información almacenada por unidad de superficie.

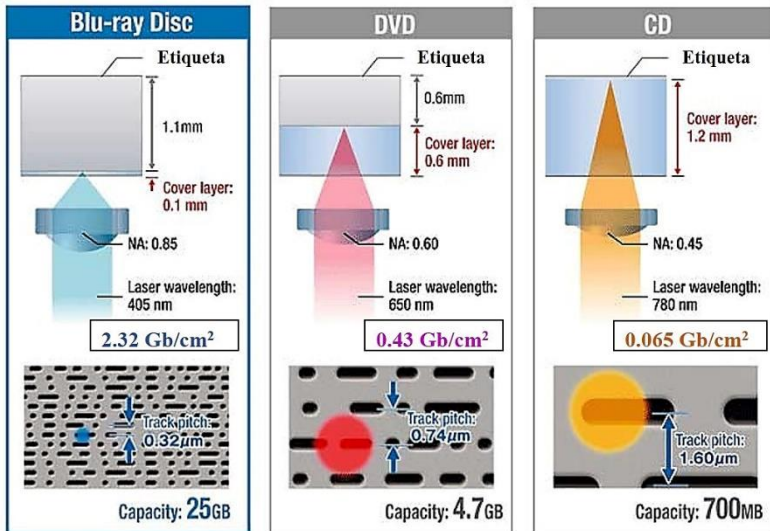


Figura 3.25.4. Descripción de funcionamiento en CD, DVD y Blue-Ray disc.

El cambio principal entre los tres sistemas estriba en la longitud de onda del láser de lectura y en la densidad de información almacenada en el disco, que viene determinada por el tamaño de las protuberancias y por la separación entre dos pistas consecutivas. Cuanto más corta es la longitud de onda del láser de lectura, menor es el área ("spot") con el que ilumina la superficie y por consiguiente, menor puede ser el tamaño de las protuberancias, reduciéndose la separación entre dos pistas consecutivas, lo que trae aparejado un

aumento en la cantidad de información almacenada. La figura ilustra todas esas diferencias para los tres medios:

En el paso de CD a DVD, la separación entre pistas se reduce a la mitad, multiplicando por siete la capacidad de almacenamiento, de manera similar a lo que ocurre al pasar de un DVD a un BR, en este último caso se multiplica por cinco la capacidad respecto del DVD.

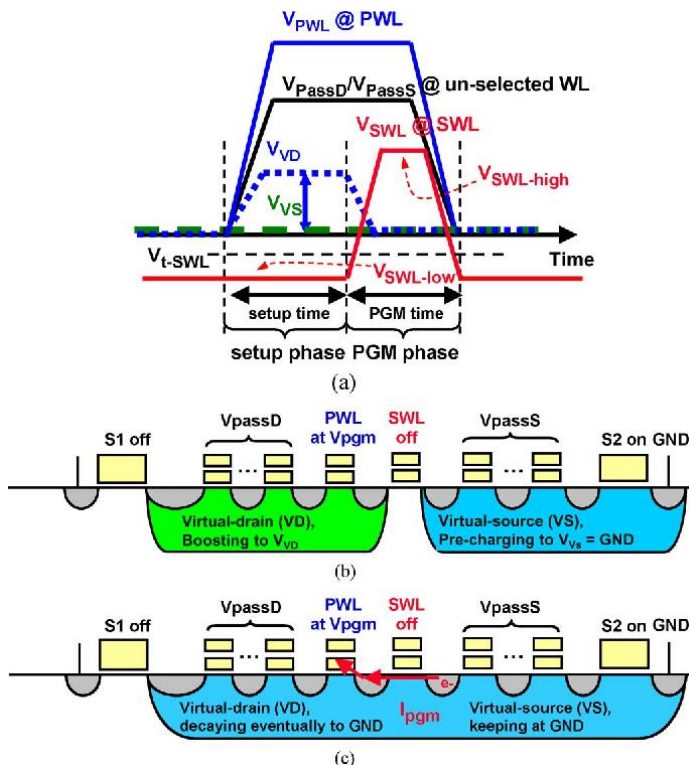


Figura 3.25.5. Al poder almacenar mucha mayor cantidad de información, el DVD y el BD son los medios naturales de almacenamiento de contenidos audiovisuales.

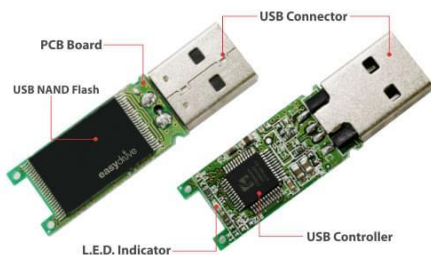


Figura3.25.6. Descripción de las memorias USB.

CAPÍTULO XXVI : ¿Qué es la computación cuántica?

Las tecnologías cuánticas permiten aprovechar propiedades y fenómenos del mundo microscópico, que no ocurren a nivel macroscópico. Los electrones o los fotones pueden estar en varias posiciones al mismo tiempo, gracias a la propiedad conocida como superposición cuántica. Esta propiedad tiene numerosas aplicaciones en diferentes ámbitos, ya que ofrece la posibilidad de realizar varios cálculos o simulaciones de forma simultánea. Su nombre procede de la teoría física que describe estos fenómenos, la mecánica cuántica. Su potencial es enorme. Probablemente por eso empresas punteras como IBM están desarrollando iniciativas para comercializar sistemas de información cuántica, como el Watson.

El gigante tecnológico Google ha afirmado este pasado 2019 haber alcanzado la supremacía cuántica. ¿A qué se refiere exactamente este término? La supremacía cuántica hace referencia al proceso por el que una máquina cuántica es capaz de completar en 200 segundos una tarea que habría llevado unos 10.000 años a las mejores supercomputadoras digitales.

Esta se llevó a cabo mediante el Sycamore, el procesador cuántico en el que trabajan Google y la NASA. «Las computadoras cuánticas son propicias al error, pero nuestro experimento ha mostrado la habilidad de llevar a cabo una computación con errores lo bastante escasos en una escala lo bastante amplia como para superar a una computadora clásica», explica Sundar Pichai, CEO de Google.

* : Origen de la computación cuántica

Extractado de Wikipedia. A medida que evoluciona la tecnología y se reduce el tamaño de los transistores para producir microchips cada

vez más pequeños, esto se traduce en mayor velocidad de proceso. Sin embargo, no se pueden hacer los chips infinitamente pequeños, ya que hay un límite tras el cual dejan de funcionar correctamente. Cuando se llega a la escala de nanómetros, los electrones se escapan de los canales por donde deben circular. A esto se le llama efecto túnel.

Una partícula clásica, si se encuentra con un obstáculo, no puede atravesarlo y rebota. Pero con los electrones, que son partículas cuánticas y se comportan como ondas, existe la posibilidad de que una parte de ellos pueda atravesar las paredes si son lo suficientemente delgadas; de esta manera la señal puede pasar por canales donde no debería circular. Por ello, el chip deja de funcionar correctamente.

La idea de computación cuántica surge en 1981, cuando Paul Benioff expuso su teoría para aprovechar las leyes cuánticas en el entorno de la computación. En vez de trabajar a nivel de voltajes eléctricos, se trabaja a nivel de cuantos. En la computación digital, un bit puede tomar solo uno de dos valores: 0 o 1.

En cambio, en la computación cuántica intervienen las leyes de la mecánica cuántica, y la partícula puede estar en superposición coherente: puede ser 0, 1 y puede ser 1 y 0 a la vez (dos estados ortogonales de una partícula subatómica). Eso permite que se puedan realizar varias operaciones a la vez, según el número de cúbits.

El número de cúbits indica la cantidad de bits que pueden estar en superposición. Con los bits convencionales, si se tenía un registro de tres bits, había ocho valores posibles y el registro solo podía tomar uno de esos valores. En cambio, si se tiene un vector de tres cúbits, la partícula puede tomar ocho valores distintos a la vez gracias a la superposición cuántica. Así, un vector de tres cúbits permitiría un total de ocho operaciones paralelas. Como cabe esperar, el número de operaciones es exponencial con respecto al número de cúbits.

Para hacerse una idea del gran avance, un computador cuántico de 30 cúbits equivaldría a un procesador convencional de 10 teraflops (10 millones de millones de operaciones en coma flotante por segundo), actualmente la supercomputadora Summit tiene la capacidad de procesar 200 petaflops.

+ : Problemas de la computación cuántica

Uno de los obstáculos principales para la computación cuántica es el problema de la decoherencia cuántica, que causa la pérdida del carácter unitario (y, más específicamente, la reversibilidad) de los pasos del algoritmo cuántico. Los tiempos de decoherencia para los sistemas candidatos, en particular el tiempo de relajación transversal (en la terminología usada en la tecnología de resonancia magnética nuclear e imagerie por resonancia magnética), está típicamente entre nanosegundos y segundos, a temperaturas bajas.

Las tasas de error son típicamente proporcionales a la razón entre tiempo de operación frente a tiempo de decoherencia, de forma que cualquier operación debe ser completada en un tiempo mucho más corto que el tiempo de decoherencia. Si la tasa de error es lo bastante baja, es posible usar eficazmente la corrección de errores cuántica, con lo cual sí serían posibles tiempos de cálculo más largos que el tiempo de decoherencia y, en principio, arbitrariamente largos. Se cita con frecuencia una tasa de error límite de 10^{-4} , por debajo de la cual se supone que sería posible la aplicación eficaz de la corrección de errores cuánticos.

El doctor Steven Girvin (profesor de física en el Instituto Cuántico de Yale), cuyo enfoque principal es la corrección de errores cuánticos y tratar de comprender el concepto de tolerancia a fallas, dice que "todos creen saberlo cuando lo ven, pero nadie en el caso cuántico puede definirlo con precisión". Así mismo, menciona que, en un sistema cuántico, cuando se observa la tolerancia a fallas o se realizan mediciones, el sistema puede cambiar de una manera que está fuera de control.

Otro de los problemas principales es la escalabilidad, especialmente teniendo en cuenta el considerable incremento en cúbits necesarios para cualquier cálculo que implica la corrección de errores. Para ninguno de los sistemas actualmente propuestos es trivial un diseño capaz de manejar un número lo bastante alto de cúbits para resolver problemas computacionalmente interesantes hoy en día.

+ : Hardware para computación cuántica

Aún no se ha resuelto el problema de qué hardware sería el ideal para la computación cuántica. Se ha definido una serie de

condiciones que debe cumplir, conocida como la lista de Di Vincenzo, y hay varios candidatos actualmente.

- : **Condiciones por cumplir**

- ◆ El sistema ha de poder inicializarse, esto es, llevarse a un estado de partida conocido y controlado.
- ◆ Ha de ser posible hacer manipulaciones a los cúbits de forma controlada, con un conjunto de operaciones que forme un conjunto universal de puertas lógicas (para poder reproducir cualquier otra puerta lógica posible).
- ◆ El sistema ha de mantener su coherencia cuántica a lo largo del experimento.
- ◆ El sistema ha de ser escalable: tiene que haber una forma definida de aumentar el número de cúbits, para tratar con problemas de mayor coste computacional.

* : **“Reflexiones sobre la Computación Cuántica y el publicitado “Reseteo”**

Una de las razones que me motivaron a meterme en este cuento de los átomos, fue precisamente este tema, me esforzaba por comprender como funcionaba el sistema binario y toda la tecnología que envuelve a los computadores, cuando me encontré con que ese tema binario ya estaría siendo dejado de lado, reemplazado por otro modelo.

En mi caso, que he visto florecer y desaparecer sistemas, aprendí matemáticas con la regla de cálculo y tablas de logaritmos en un librito de bolsillo, que hoy somos muy pocos los que sabemos cómo fue eso, ya que no existen más, vi pasar todos los adelantos de los computadores, el primero que tuve fue un Times Sinclair pegado al televisor, después Commodore 64, Luego Amiga 512, Luego 8086, Apple hasta llegar a estos días cuando ya se habla de la generación 12 en el Core9 de Intel.

Volviendo al tema, quise saber que era eso de la computación cuántica y leyendo me fui dando cuenta por donde es que iba el agua al molino, por eso, casi con absoluta certeza, se puede decir que los científicos saben bien cómo funciona el átomo, pero no se importan con la equivocada información que nos mantiene lejos de esos temas.

Lo que ellos llaman superposición cuántica, se refiere a la posibilidad electrónica de organizar la corriente de forma que se puedan identificar la secuencia de fotones, neutrinos y sin fotones- neutrinos enviados, que puede tener varias opciones si se usan isotopos para que el lector óptico identifique y resuelva su lectura, con la posibilidad de insertar esos fotones en el movimiento de Spin del neutrino y neutrinos en el positrón del electrón o en el isótopo, para preservar su memoria, aumentando las posibilidades del ordenador a niveles inimaginables.

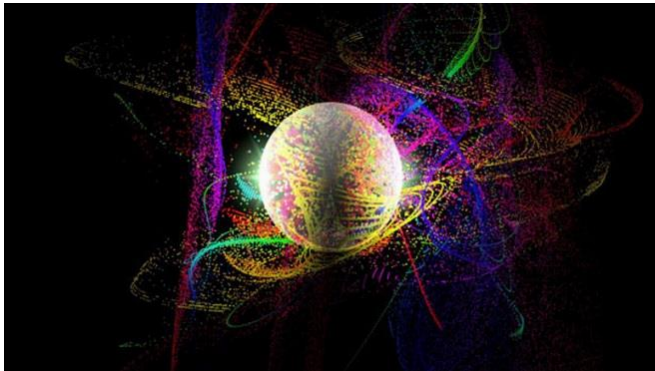


Figura 3.26.1. Demostración de coordenadas cuánticas.

En la computación actual, con el sistema binario, utiliza 0 y 1 representando a con carga y sin carga eléctrica depositada en la molécula estable. Como ya hemos visto el tema de los electrones, neutrinos y los Fotones, solo diremos que la computación cuántica es llevar esa señal ya no a la molécula, sino, al átomo mismo, la organización de la corriente para alinearla para que transporte fotones y neutrinos, con la posibilidad de crear un sistema ya no binario si no de 3 elementos, con fotón, con neutrino y sin carga, equivalente a (0),(1), (2) identificando como sin carga (0), fotón (1) y neutrino (2), modificando el escalonamiento del actual sistema binario (1,2,4,8,16,32,64,128,256,512).

El mayor problema puede estar en el hecho de que los lectores para poder alcanzar tal definición, estamos hablando de que con los lectores actuales con $32 \mu\text{m}$ con $2,32 \text{ Gb} \times \text{Cm}^2$ alcanzan a definir las moléculas y en la computación cuántica estaríamos hablando de alcanzar los electrones con la posibilidad de identificar y aprovechar su spin para localizar el detalle sobre las tres posiciones con

información posible, hablamos de menos de picómetros, lo que nos lleva a multiplicar por mucho las posibilidades en cantidades de información simultánea que puede manejar todo el conjunto.

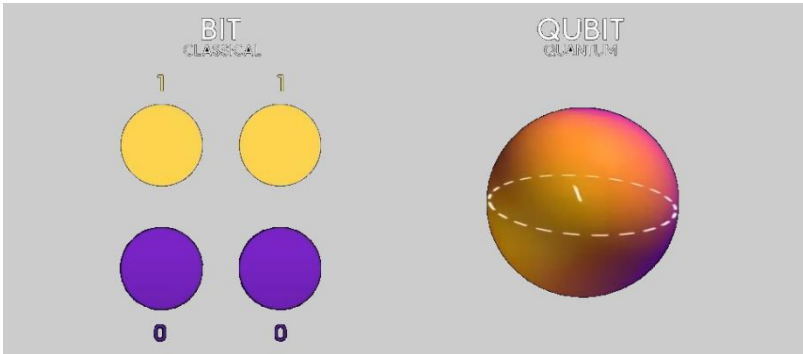


Figura 3.26.2. Variación cuántica

Pero lo importante, viene a centrarse en la Computación Cuántica, que como mencionábamos, va a marcar un antes y un después en todos los aspectos de nuestra vida y por las condiciones que en las que se desarrollan los acontecimientos, entendemos que inexorablemente van a conseguir sus propósitos de dominio, que intentaron y fracasaron en el pasado con el sistema binario con IBM, pero ahora con la computación cuántica siguen con IBM pero se están asegurando de no fallar.

Con la computación cuántica, celosamente guardan todos sus secretos y conociendo las dificultades técnicas para manipular los átomos, ya que es necesario alcanzar casi el 0 absoluto de la temperatura en la escala Kelvin para poder diferenciarlos, entonces, los computadores cuánticos van a generar la diferencia y es allí donde pretenden establecer su dominio.

Recordando esos pequeños pero importantes detalles en lo referente al átomo y su funcionamiento, entendemos que a esas grandes compañías que trabajan con base a esos detalles, no les interesa que ese conocimiento se masifique, por eso, vemos que las empresas dedicadas a la computación cuántica y Nanotecnología son relativamente pocas, pero los avances son muy grandes y significativos.

Es solo imaginar los avances con esos nuevos procesadores, que,

según referencias de la misma IBM, pueden procesar hasta 300 mil veces mejor los mismos algoritmos que con el sistema binario, para entender esto, tomaremos unas anotaciones de la página de la misma IBM:

“El procesador Primer Eagle de 127 qubits está disponible como un sistema exploratorio en la nube de IBM para seleccionar miembros de IBM Quantum Network”, dijo a Engadget Jerry Chow, director de la unidad de desarrollo de sistemas de hardware Quantum de IBM.

He aquí un ejemplo que nos interesa especialmente. Digamos que tengo un número secreto (como un PINo contraseña), y el problema es adivinarlo. En este caso, el tamaño del problema es la longitud del número.

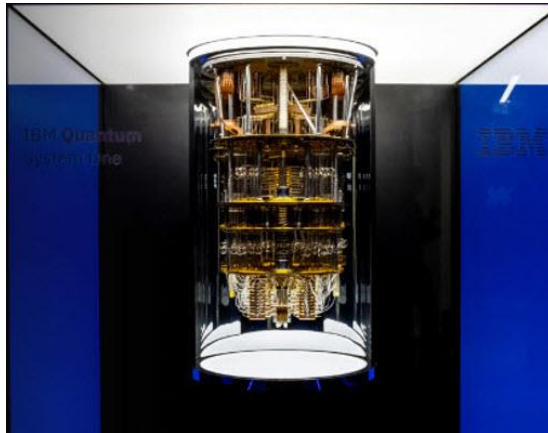


Figura 3.26.3. Computador cuántico “Eagle” de IBM

Digamos que la única forma en que podemos verificar si nuestra respuesta es correcta es presionándola en un teclado. Dado que no tenemos información sobre cuál podría ser ese número, el mejor algoritmo para encontrar este número secreto utiliza un método de “fuerza bruta”, lo que significa que no hace nada inteligente y simplemente prueba todos los números posibles.

¿Cuánto tiempo tomaría esto? Ahora, en teoría, podríamos tener suerte y adivinar la respuesta de una sola vez, pero esto es muy

poco probable. En promedio, tendríamos que probar alrededor de la mitad de las entradas posibles, por lo que el tiempo de ejecución de nuestro algoritmo es proporcional al número de combinaciones posibles. La pregunta ahora es: ¿Cómo crece el número de combinaciones posibles con la longitud del número secreto?

Input	Computer follows algorithm	Output
5672	<pre> choose random x between 0 & 9999 if x matches secret number output x else: go to start </pre>	5672

Cada dígito que agregamos a nuestro número secreto multiplica el número de combinaciones posibles por 10. Por ejemplo, un número secreto con 1 dígito tiene 10 valores posibles (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9), y un número secreto de 2 dígitos tiene 100 valores posibles. Asumiendo que el tiempo necesario para adivinar cada dígito toma la misma cantidad de tiempo (independientemente de la longitud), podemos representar esto matemáticamente así:

$$T \propto 10^d$$

Notará que el número de dígitos (d) es el exponente en esta ecuación y, como tal, decimos que este es un algoritmo de tiempo exponencial y que el tiempo de ejecución crece exponencialmente con la longitud de la entrada.

Pensemos en el algoritmo de suma de tiempo lineal que vimos arriba. Si pudiéramos sumar dos números de 10 dígitos en un segundo, debido a la tasa de crecimiento lineal, deberíamos poder sumar dos números de 20 dígitos en dos segundos. Cada 10 dígitos adicionales deberían agregar aproximadamente un segundo más a nuestro tiempo de cálculo.

Por el contrario, imagine que puede encontrar un PIN de 10 dígitos en 1 segundo utilizando el algoritmo de búsqueda de tiempo exponencial anterior. Esto significa que su computadora es lo suficientemente rápida para intentar $\sim 5,000,000,000$ combinaciones por segundo. Esperaríamos que esta computadora que usa este algoritmo tarde aproximadamente 5,000,000,000

segundos (~150 años) para encontrar un PIN de 20 dígitos. Agregar otros 10 dígitos aumenta esto a alrededor de 150 000 000 000 años (~120 veces la edad del universo).

Los algoritmos de tiempo exponencial con incluso una entrada de tamaño modesto (en este caso, ~30 dígitos) pueden volverse no solo difíciles, sino literalmente imposibles de llevar a cabo. Si bien este problema de búsqueda de PIN es un ejemplo artificial que pretendemos que sea lo más simple posible, hay muchos problemas reales en informática para los que solo tenemos algoritmos ineficientes. A pesar de la impresionante velocidad de las computadoras actuales, estos intratables problemas pueden ser demasiado difíciles incluso para las supercomputadoras más grandes.

Un problema intratable es aquel que puede resolverse en teoría, pero requiere demasiados recursos en la práctica. Pero si podemos encontrar algoritmos que crezcan de manera más eficiente, estos problemas intratables pueden volverse manejables de repente, incluso con computadoras relativamente lentas o poco confiables. Aquí es donde entra la computación cuántica.

¿Cómo puede ayudar la computación cuántica?

Hasta ahora, hemos pensado en los algoritmos de una manera muy abstracta, pero las computadoras que ejecutan estos algoritmos deben existir en el mundo real. Ya sea que estas computadoras sean microchips de alta potencia o humanos con bolígrafos y papel, todas las computadoras se rigen en última instancia por las leyes de la física y las operaciones que pueden realizar limitan los algoritmos que podemos crear.

La física es un intento de resolver el conjunto de reglas que sigue todo en el universo. Alrededor de principios del siglo XX, a través de delicados experimentos en laboratorios, los físicos vieron comportamientos extraños que su física actual no podía explicar. Esto significaba que las reglas no eran del todo precisas, por lo que desarrollaron la física 'cuántica' más completa, que describe muy bien este comportamiento.

Los físicos crearon la física cuántica para explicar un comportamiento que nunca habían visto, y los informáticos

descubrieron que podían (en teoría) explotar este comportamiento recién descubierto para crear algoritmos más eficientes. Como resultado, hay ciertos problemas que creemos que son intratables para las computadoras convencionales, pero que son manejables para una computadora 'cuántica' que puede explotar este comportamiento. Uno de estos problemas es la factorización de enteros.

Digamos que tenemos un número entero que llamaremos "x". Un algoritmo de factorización encuentra los números enteros "p" y "q" tal que $p \times q = x$. Esto a veces es fácil; se puede decir de un vistazo que $2000 = 2 \times 1000$, pero si x es el producto de dos números primos grandes, este problema se vuelve muy difícil. Cuando hablamos de factorización de enteros, vamos a asumir el escenario más difícil (el peor de los casos). En la celda de código a continuación, estamos asignando un número de 250 dígitos a la variable x:

x =

```
214032465024074496126442307283933356300861471514475501
779775492088141802344714013664334551909580467961099285
187247091458768739626192155736304745477052080511905649
310668769159001975940569345745223058932597669747168173
8069364894699871578494975937497937
```

En 2020, los investigadores factorizaron este número usando una supercomputadora clásica y ~2700 años centrales de poder de procesamiento. Este fue un gran esfuerzo y un récord en el momento de escribir este artículo. Podemos verificar sus resultados en la celda de código a continuación (¡afortunadamente, tenemos algoritmos eficientes para la multiplicación!):

p =

```
641352894770715802787901901705773890848250147429434472
081168596320245323446302386235987526683477087376619255
85694639797885336
```

q =

```
333720275949781565562260106053551142279407603447675546
667845209870238417292100370802574486732968818775657189
```


862580369132062713

$p * q == x$ # Se evalúa como 'Verdadero'

*El resultado que se muestra es el valor de la última línea de la celda. En este caso podemos ver que se $p * q == x$ evalúa como True. Aunque no está probado matemáticamente, estamos bastante seguros de que no existe un algoritmo eficiente para factorizar tales números en las computadoras tradicionales. De hecho, gran parte del cifrado de Internet se basa en la suposición de que este problema es intratable y que factorizar un número de 617 dígitos RSA*

Los números RSA son números tomados del desafío de factorización RSA. Estos números se eligen intencionalmente para que sean difíciles de factorizar. 'RSA' son las iniciales de tres de las personas que inventaron el protocolo que utiliza estos grandes números para cifrar la información.

número es imposible. Por el contrario, conocemos algoritmos de factorización eficientes para computadoras cuánticas que, una vez que tengamos computadoras cuánticas lo suficientemente grandes, estimamos que podrían factorizar estos números en menos de un día.

Los chips de computadora convencionales a menudo están hechos de procesadores llamados "núcleos". Un core-year es el equivalente a usar uno de estos cores continuamente durante un año. Como referencia, las computadoras portátiles modernas tienen alrededor de 2 a 4 núcleos. El significado de este número depende de qué tan poderoso sea el núcleo, pero esto debería darle una idea aproximada de la potencia informática involucrada.

Los números RSA son números tomados del desafío de factorización RSA. Estos números se eligen intencionalmente para que sean difíciles de factorizar. 'RSA' son las iniciales de tres de las personas que inventaron el protocolo que utiliza estos grandes números para cifrar la información.

¿Dónde nos encontramos ahora?

Ahora sabemos que las computadoras cuánticas pueden ejecutar algoritmos más eficientes, pero las computadoras cuánticas que tenemos hoy en día son demasiado pequeñas e inestables para dar una ventaja sobre las computadoras tradicionales. En un nivel muy simple, hay dos factores que limitan el tamaño de los problemas que pueden resolver nuestras computadoras cuánticas. El primero es la cantidad de datos que pueden almacenar y trabajar, que normalmente medimos en cubits

Un 'cubit' es un 'bit cuántico'

. Si no tenemos suficientes cubits, simplemente no podemos almacenar ni operar en problemas por encima de cierto tamaño. El segundo es la tasa de error de nuestra computadora cuántica; dado que solo vemos el comportamiento cuántico en experimentos de laboratorio delicados, crear computadoras cuánticas es un proceso delicado. Las computadoras cuánticas que tenemos ahora son ruidosas, lo que significa que a menudo se equivocan e introducen 'ruido

El ruido es información inútil que es difícil de distinguir de la información útil. Por ejemplo, es difícil escuchar a alguien hablando contigo si hay muchas otras personas hablando en voz alta cerca, en nuestros resultados. ¡Demasiado ruido y nuestros resultados no tendrán sentido! Por el momento, las computadoras cuánticas que tenemos son experimentales. Están limitados por el conteo de cubits y las tasas de error, por lo que los problemas más grandes que pueden resolver actualmente aún son fácilmente manejables para las computadoras convencionales.

En algún momento en el futuro, esto cambiará. Llegaremos a la 'ventaja cuántica', en la que realmente tendrá sentido económico resolver un problema usando una computadora cuántica sobre una computadora convencional. ¿Como sabemos? ¡Porque medimos los algoritmos por su tasa de crecimiento! Sabemos que, mientras las computadoras cuánticas sigan desarrollándose de manera constante, eventualmente se harán cargo de las computadoras clásicas.

La estimación para factorizar un número RSA de 617 dígitos en menos de un día asumió ~20 millones de qubits ruidosos. En el

momento de escribir este artículo, IBM tiene actualmente una computadora cuántica de 65 qubits y tiene como objetivo crear un sistema con más de 1000 qubits para 2023. Hay otros algoritmos que creemos que nos darán una ventaja cuántica mucho antes de este hito, pero Todavía puede parecer que estamos muy lejos.

Deberíamos recordar de dónde vienen las computadoras convencionales. A continuación, se muestra una imagen del primer transistor, creado en 1947. Los transistores son los componentes básicos de los procesadores informáticos modernos.

Un transistor es un dispositivo electrónico. Se pueden usar para encender y apagar las corrientes eléctricas y se pueden usar para construir un procesador de computadora.



Figura 3.26.3. Transistor creado en 1947

70 años después, los chips de nuestras computadoras modernas pueden contener miles de millones de transistores.

Es el trabajo que está por hacer, estructurar un lenguaje máquina standard capacitado para manejar toda esa cantidad de información, crear los nuevos softwars que conviertan lo que se quiere hacer y lo transcriban a ese nuevo lenguaje de la máquina y los softwars utilitarios que tendrían que ser completamente nuevos, nada de lo que existe hoy sirve para la nueva estructura, según las últimas informaciones, ya hay varias empresas con mucho adelanto en ese sentido, sobresaliendo la pionera en software y sistemas, IBM.

Para completar la inquietud sobre el tema cuántico, toda la electrónica digital está basada en el sistema binario, esto quiere decir que el famoso “Reinicio” del 2030 que tanto hablan, equivale a

un cambio total en la tecnología y eso está en manos de muy pocos, que controlaran todo por ese medio, con las posibilidades que abre la computación cuántica sobre los circuitos y los accesorios para interpretarlos, tenemos que aceptar que tienen razón, es un nuevo comienzo para todos.

Partiendo de las noticias que se reciben, aunque fragmentadas, esta nueva tecnología ya está muy adelantada, eso confirma lo que hemos dicho, que todo el conocimiento sobre este tema ya existe, solo que dejan que la gran masa siga pensando en protones y neutrones como base de la materia, eso limita el acceso a ese conocimiento y aumenta su dominio sobre el resto de la humanidad, que aparentemente, es su objetivo y todo depende de la masificación de ese conocimiento, que hasta hoy sigue cautivo.

CAPÍTULO XXVII : La fibra óptica.

* : Que es la fibra óptica

La fibra óptica es una fibra flexible, transparente, hecha al embutir o extrudir vidrio (sílice) o plástico en un diámetro ligeramente más grueso que el de un cabello humano promedio. Son utilizadas comúnmente como un medio para transmitir luz entre dos puntas de una fibra y tienen un amplio uso en las comunicaciones por fibra óptica, donde permiten la transmisión en distancias y en un ancho de banda (velocidad de datos) más grandes que los cables eléctricos.



Figura 3.27.1. Cable de fibra óptica

Se utilizan fibras en vez de alambres de metal porque las señales viajan a través de ellas con menos pérdida; además, las fibras son inmunes a la interferencia electromagnética, un problema del cual los cables de metal sufren ampliamente. Las fibras también se usan para la iluminación e imaginería, y normalmente se envuelven en

paquetes para introducir o sacar luz de espacios reducidos, como en el caso de un fibroscopio. Algunas fibras diseñadas de manera especial se usan también para una amplia variedad de aplicaciones diversas, algunas de ellas son los sensores de fibra óptica y los láseres de fibra.

Típicamente, las fibras ópticas tienen un núcleo rodeado de un material de revestimiento transparente con un índice de refracción más bajo. La luz se mantiene en el núcleo debido al fenómeno de reflexión interna total que causa que la fibra actúe como una guía de ondas. Las fibras que permiten muchos caminos de propagación o modos transversales se llaman fibras multimodo (MM), mientras que aquellas que permiten solo un modo se llaman fibras monomodo (SM). Las fibras multimodo tienen generalmente un diámetro de núcleo más grande y se usan para enlaces de comunicación de distancia corta y para aplicaciones donde se requiere transmitir alta potencia. Las fibras monomodo se utilizan para enlaces de comunicación más grandes que 1000 metros.

Ser capaces de unir fibras ópticas con pérdida baja es importante en la comunicación por fibra óptica. Esto es más complejo que unir cable eléctrico e involucra una adhesión cuidadosa de las fibras, la alineación precisa de los núcleos de las fibras y el acoplamiento de estos núcleos alineados.

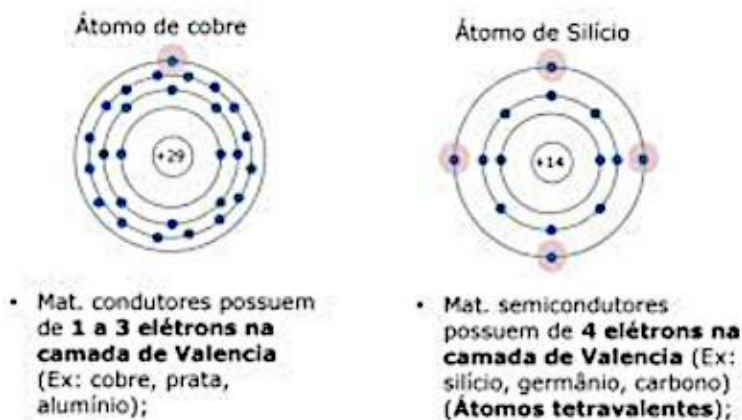


Figura 3.27.2. Comparación entre los átomos de silicio y cobre

Para las aplicaciones que necesitan una conexión permanente se hacen empalmes de fusión. En esta técnica, se usa un arco eléctrico

para fundir los extremos y así unirlos. Otra técnica común es el empalme mecánico, donde el extremo de las fibras se mantiene en contacto por medio de una fuerza mecánica. Las conexiones temporales o semi-permanentes se hacen por medio de un conector de fibra óptica especializado.

El campo de la ciencia aplicada y la ingeniería encargado del diseño y la aplicación de las fibras ópticas se llama óptica de fibras. El término fue acuñado por el físico hindú Narinder Singh Kapany, quien es ampliamente reconocido como el padre de la óptica de fibras.

+ : Reflexión sobre la Fibra Óptica

La posibilidad de transmitir señales ópticas se cuadruplica con el silicio con referencia al cobre, que solo permite utilizar un solo electrón, eso quiere decir que ya existe la tecnología para operar los fotones y neutrinos, lo que se puede convertir en cantidades inimaginables usando la nueva tecnología cuántica, además de usar otros materiales con mayor cantidad de iones disponibles al ser isótopos.

Con la computación cuántica se multiplican mucho más estas posibilidades, con la oportunidad de utilizar otros materiales, pero no creo que sea necesario, la sílice es un elemento muy común en la naturaleza y eso reduce costos.

*** : Reflexionemos sobre lo visto hasta ahora.**

Para explicar nuestro propósito, partimos de lo que apreciábamos en un comienzo, con el señor que hace el reciclado trabajando en la madrugada, nos muestra las abismales diferencias que hay entre los seres humanos. Diferencias que son causadas por hechos que salen de nuestro control, que generan descontrol y caos por doquier, entonces, esto nos lleva a la evidencia que estamos mal, que el sobresalto diario por conseguir con qué sobrevivir en un medio que, por esas diferencias, hace que se conviertan en agresiones y violencia.

Es muy fácil deducir que eso, no es lo diseñado por la naturaleza en su maravilla de equilibrio y belleza, con ese sol que nace todos los días para todos y que hace funcionar todo en la naturaleza y que

debería estar a nuestro servicio sin discriminación ninguna. Hay un punto de partida que es a la vez el mismo punto de desunión, la naturaleza da y no nos cobra por eso, pero en nuestra realidad, a todo le ponemos valor porque alguien nos cobra por nacer, por vivir y hasta para morir.

Esa estructura creada con el modelo social que obedecemos está cimentada en factores aleatorios al dominio del conocimiento. Unos pocos aprovechan ese dominio para explotar y abusar de los demás seres humanos, creando diferencias con dogmas impuestos por tradiciones que no tienen una razón lógica para existir, pero que nos imponen y obedecemos ciegamente a pesar del descontrol generado con ellas.

Este descontrol tampoco se ajusta a ninguna definición filosófica, por lo tanto, deducimos que algo no está bien, que se tienen que redefinir las condiciones o replantear la idea para una filosofía de vida, tal vez, hasta replantear metas y objetivos.

Consideramos que lo más importante, es tener una idea clara sobre la situación real, sus causas y consecuencias, pero también debemos tener conceptos uniformes sobre el conocimiento de los factores que afectan nuestra vida cotidiana, para poder definir con certeza absoluta cual debería de ser nuestro comportamiento para vivir como verdaderos “Seres racionales”.

Partiendo de ese concepto de que somos racionales, por lo tanto, tenemos la posibilidad para escoger la mejor manera para que las decisiones que tomemos sean en nuestro beneficio. Con esa reflexión, surge una incógnita, cual es la razón para que los seres humanos estemos destruyendo el planeta, ¿Acaso, no sabemos de las consecuencias? Esto nos lleva a preguntarnos la razón para que eso haya sucedido y siga sucediendo, algo inexplicable si nos atenemos a lo de que somos racionales.

Como vimos en los temas tratados hasta ahora, teniendo el átomo como protagonista, con las explicaciones dadas, nos dan la certeza de que el conocimiento a pesar de que supuestamente es público no está al alcance de todo el mundo y simplemente es usado como herramienta de dominio, escondiendo parte de sus detalles para usarlos como medio para atesorar las riquezas resultantes de su explotación con el consumo de la gran mayoría de los seres humanos.

Investigando sobre ese tema, preguntando conceptos de la gente común sobre eso, se llega a una conclusión muy sencilla, hay un desconocimiento casi que, generalizado sobre el tema, todos saben que es malo cortar árboles, pero la mayoría no sabe realmente la razón, en general, el conocimiento es divulgado a cuentagotas y queda en evidencia, que la educación es manejada para que eso suceda en todas partes.

Por ejemplo, nos hablan del cambio climático, de los problemas ambientales, pero no hacen nada para corregir el error de los monocultivos que son los causantes de grandes problemas ambientales y sociales, como veremos más adelante.

Los invito a que profundicemos en ese tema, buscaremos escudriñar en el aspecto físico de la naturaleza, los detalles para ver si podemos alumbrar un poco ese conocimiento básico, que al parecer y en la mayoría de los casos, es alejado de nosotros por manipulaciones ajenas a la realidad natural.

La intención y el objetivo de este trabajo, está enfocado a determinar las razones que nos llevan a destruir la naturaleza, entonces, al clarificarlas, nos darían la idea exacta de cómo reconstruir la estructura natural para recuperar ese equilibrio que, al parecer, hoy tenemos perdido sin una justificación válida y razonable.

No se espera que esto sea tomado como un tratado científico, porque como es evidente, será refutado por esos centros que manejan el conocimiento, pero tiene el objetivo de usar ese razonamiento del que fuimos dotados, sin atender dogmas científicos manipuladores, para dirigir una luz sobre esas sombras de las que hablábamos antes, la decisión de creer o no, es la opción del lector y a ese razonamiento es que va enfocado toda esta publicación y para eso agregamos algunas graficas e imágenes que ayudan a comprender los temas.

Trataremos temas álgidos, pero que definitivamente son la razón para que el descontrol generalizado que existe, en el que quienes tienen el poder, fundamentan su dominio en esa ausencia de un conocimiento práctico de cómo funciona la naturaleza y el efecto de ese desconocimiento es el desastre climático que nos pronostican, causado por el abuso cometido por los seres humanos en su historia de depredación y abuso de los recursos naturales, buscando

complacer la ambición de quienes crearon el mito de la riqueza y con ella nos dominan sin importar las consecuencias.

Partiendo del conocimiento básico del aspecto físico de la naturaleza, entraremos a tratar temas que son Tabú, que los científicos cuidan y defienden como territorio privativo para su condición, que, esgrimiendo los títulos obtenidos en prestigiosas y muy costosas universidades, consideran que tienen que ser vedados para el resto de los mortales. Esto les permite esconder verdades que pueden aclarar muchas cosas y que directamente pueden afectar el poder de quienes dominan hoy todos los mercados, por no decir que los países, que sería lo más correcto.

Para completar la información sobre mis antecedentes y las razones que tengo para emitir opiniones que son contradictorias o mejor, que no se ajustan a la normalidad existente. Para eso, vamos a continuar con el relato.

Capítulo XXVIII : Energía, calor y la temperatura

Con el tema de calor y termodinámica, nos encontramos con una serie de términos simples y fáciles de entender como entropía, entalpía, energía libre de Gibbs, potencial químico y fugacidad, y nosotros esperar no tener ninguna dificultad con estos. Hay, sin embargo, un concepto que es realmente bastante difícil de entender, y es la temperatura como tal. Nosotros haremos nuestro mejor esfuerzo para entenderlo en este capítulo.

Quizás el concepto más simple de temperatura es considerarla como una función potencial cuyo gradiente determina la dirección y velocidad de flujo de calor. Si el calor fluye de un cuerpo a otro, el primero está a una temperatura más alta que el segundo. Si no hay flujo neto de calor de un cuerpo a otro, los dos cuerpos están en equilibrio térmico, y sus temperaturas son iguales.

Podemos ir más allá y afirmar que

Si dos cuerpos están por separado en equilibrio térmico con un tercer cuerpo, entonces también están en equilibrio térmico entre sí. Según el gusto, se puede considerar esto como un truismo de la máxima trivialidad o como una ley fundamental de la más profunda significación. Quienes la vean como esta última se referirán a ella como la Ley Ceroth de la Termodinámica (aunque el "cero" sí suena un poco como una admisión de que se agregó como una idea de último momento a las otras leyes "reales" de la termodinámica).

Podríamos imaginar que el tercer cuerpo es un termómetro de algún tipo. De hecho, ni siquiera necesita ser un termómetro calibrado con precisión. Insertamos el termómetro en uno de nuestros dos cuerpos (aquí no estamos pensando particularmente en cuerpos

humanos), e indica algo de temperatura. Después lo insertamos en el segundo cuerpo. Si indica la misma temperatura que se indica para el primer cuerpo, entonces la Ley Ceroth afirma que, si ahora colocamos nuestros dos cuerpos en contacto entre sí, no habrá flujo neto de calor de uno a otro. Existe alguna medida que los tres cuerpos tienen en común y que dicta que no hay flujo neto de calor de uno a otro, y los tres cuerpos están en equilibrio térmico. Esa medida es lo que llamamos su temperatura.

Para algunos, esto sonará como decir: "si A y C están a la misma temperatura, y si B y C están a la misma temperatura, entonces A y B están a la misma temperatura". Otros, de inclinaciones filosóficas, pueden querer perseguir el concepto a mayor rigor. En cualquier caso, en cualquier nivel de rigor que se utilice, lo que establece la Ley Ceroth es la existencia de alguna cantidad llamada temperatura, pero en realidad no nos dice cómo definir cuantitativamente una escala de temperatura.

Es como si hubiéramos establecido la existencia de algo llamado "longitud" o "masa", pero aún no hemos especificado realmente cómo medirlo o en qué unidades expresarlo. Podríamos, por ejemplo, discutir los conceptos de "longitud" o de "masa" describiendo una prueba para mostrar si dos longitudes, o dos masas, eran iguales, pero sin desarrollar ninguna unidad para expresar dichos conceptos cualitativamente. Ahí, creo, es donde nos deja la Ley Ceroth.

*** : La Energía Calórica.**

+ : ¿Qué es la temperatura?

Es una de las magnitudes más utilizadas para describir el estado de la Atmósfera. De hecho, la información meteorológica que aparece en los medios de comunicación siempre incluye un apartado dedicado a este parámetro; el efecto de los neutrinos en la temperatura se puede sentir en la variación entre el día y la noche, entre una estación y otra, también entre una ubicación geográfica y otra, se puede llegar a estar por debajo los 0 °C en los polos y superar los 40 °C en diferentes regiones del planeta, en medicina se refiere a la temperatura corporal como indicio de quebrantos de salud y en la industria como indicador del estado de funcionamiento de determinadas máquinas.

Como mencionamos antes, la temperatura tiene que ver con el giro de las partículas que integran los átomos (spin), a más energía positiva (fotones), mayor velocidad, mayor temperatura y expansión de los electrones en la materia (dilatación), a más energía negativa (neutrinos) menor velocidad, menor temperatura y contracción de la materia.



Figura 3.28.1. Efecto de los fotones y los neutrinos en el electrón

La temperatura es una propiedad física que se refiere a las nociones comunes de calor o ausencia de calor, sin embargo, su significado formal en termodinámica es más complejo, a menudo el calor o el frío percibido por las personas tiene más que ver con la sensación térmica, que con la temperatura real. Fundamentalmente, la temperatura es una propiedad que poseen los sistemas físicos a nivel macroscópico, la cual tiene una causa a nivel microscópico, que es la energía promedio por partícula.

Al contrario de otras cantidades termodinámicas como el calor o la entropía, cuyas definiciones microscópicas son válidas muy lejos del equilibrio térmico, la temperatura sólo puede ser medida en el equilibrio, precisamente porque se define como un promedio.

La temperatura está íntimamente relacionada con la energía interna y con la entalpía de un sistema: a mayor temperatura mayores serán la energía interna y la entalpía del sistema. La temperatura es una propiedad intensiva, es decir, no depende del tamaño del sistema, sino que es una propiedad que le es inherente y no depende ni de la cantidad de sustancia ni del material del que este compuesto.

Los átomos y moléculas en una sustancia no siempre se mueven a la misma velocidad. Esto significa que hay un rango de energía (energía de movimiento) en las moléculas. En un gas, por ejemplo, las

moléculas se mueven en direcciones aleatorias y a diferentes velocidades - algunas se mueven rápido y otras más lentamente.

La temperatura es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia. Como lo que se mide en su movimiento medio, la temperatura, no depende del número de partículas en un objeto y por lo tanto no depende de su tamaño. Por ejemplo, la temperatura de una taza de agua que hierve es la misma que la temperatura de una ollada de agua también en ebullición, a pesar de que la olla sea mucho más grande y tenga millones y millones de moléculas de agua más que el cazo.

Los valores de temperatura se perciben con facilidad. Cuando hace calor o cuando aumenta la temperatura del cuerpo, por fiebre, se siente calor y en el invierno se siente frío. Cuando se hierve agua, la temperatura aumenta y cuando se toma helado se siente que la temperatura baja.

Revisemos esos conceptos para entenderlos, lo que nos da una perspectiva diferente de lo que es nuestro universo, ese, el de nuestro día a día, en el que permanecemos siendo espectadores, dejando que las cosas pasen, sin la conciencia cierta de las razones por las que debemos intervenir para impedir los abusos y la destrucción de nuestros ecosistemas, de nuestra casa.

+ : Escalas de Temperatura

En la práctica cotidiana, utilizamos las escalas de temperatura Celsius o Fahrenheit, dependiendo a lo que estemos acostumbrados, o la moda del día, o lo que nuestro Gobierno nos diga que deberíamos estar usando. En la escala Fahrenheit, el punto de congelación del agua es 32 o F y el punto de ebullición es 212 o F, de manera que hay 180 F o entre los dos puntos fijos. En la escala Celsius, el punto de congelación del agua es de 0 o C y el punto de ebullición es de 100 o C, de manera que hay 100 C o entre los dos puntos fijos. (Cuando Celsius introdujo originalmente su escala, fijó la temperatura del agua hirviendo como 0, y la temperatura de fusión del hielo como 100. ¡Eso se invirtió dentro de unos años!) La escala Celsius antiguamente se llamaba “la” escala centígrados, pero presumiblemente cualquier escala con 100 grados entre dos puntos fijos podría llamarse escala centígrados, así que ahora la llamamos (o se supone que la llamamos) la escala Celsius.

La conversión es obviamente por

$$F=1.8^{\circ}C+32 \quad (3.2.1)$$

y

$$^{\circ}C=F-32 \quad (3.2.2)$$

Tenga en cuenta que “una temperatura de tantos grados en la escala Fahrenheit” se escribe o F y “una temperatura de tantos grados en la escala Celsius” se escribe °C; mientras que “un intervalo de temperatura de tantos grados Fahrenheit” se escribe °F y “una temperatura intervalo de tantos grados Celsius” se escribe C o. En cualquier caso, el símbolo de grados (°) es obligatorio.

En el trabajo científico, generalmente utilizamos la escala de temperatura Kelvin. Los dos puntos fijos en la escala Kelvin son el cero absoluto de temperatura, al que se le asigna la temperatura 0 K, y el punto triple del sistema agua-hielo-vapor, al que se le asigna la temperatura 273.16 K. Así podría razonablemente decirse que la escala Kelvin no es una escala centígrados, ya que no tener 100 grados entre sus dos puntos fijos.

Sin embargo, el tamaño del grado en la escala Kelvin es casi exactamente el mismo que el tamaño del grado Celsius, porque el cero absoluto de temperatura es de aproximadamente $-273.15^{\circ}C$ y la temperatura del punto triple es de aproximadamente $0.01^{\circ}C$. La definición de la escala Kelvin, sin embargo, no menciona la escala Celsius, y por tanto, aunque el tamaño de los grados es aproximadamente el mismo en ambas escalas, esto no es inherente a la definición. Se podría especular sobre lo que podría suceder en un futuro lejano si la gente ya no usa la escala Celsius y está totalmente olvidada. Entonces la gente se preguntará qué nos poseía para dividir la escala Kelvin en 273.16 divisiones entre sus dos puntos fijos!

No sería suficientemente bueno definir el punto fijo superior de la escala kelvin como la temperatura del “derretimiento del hielo”, porque esto depende de la presión. El punto triple es la temperatura a la que el hielo, el agua y el vapor están en equilibrio, y ocurre a una temperatura de aproximadamente $0.01^{\circ}C$ y exactamente 273.16 K, y una presión de aproximadamente 610.6 Pa.

La escala Kelvin comienza en cero a la temperatura más baja concebible. Por lo tanto, el kelvin (K) se considera como una unidad de temperatura, tanto como un metro se considera como una unidad de longitud, o un kilogramo como una unidad de masa. Por lo tanto, no se habla de una temperatura de tantos “grados Kelvin”, más de uno hablaría de una longitud de tantos “grados metro” o una masa de tantos “grados kilogramo”. Al usar la escala Kelvin, por lo tanto, hablamos simplemente de una temperatura de “280 kelvin” o “280 K”. No usamos la palabra “grado”, ni usamos el símbolo o.

En el Sistema Británico de Ingeniería de unidades, que se utiliza exclusivamente en Estados Unidos y nunca se ha utilizado en Gran Bretaña, se utiliza la escala Rankine. El punto fijo inferior es el cero absoluto de temperatura, y se le asigna la temperatura 0 R, y el tamaño del rankine es igual al tamaño del grado Fahrenheit. El derretimiento del hielo a 0 °C tiene una temperatura de 459.67 R, y el punto triple tiene una temperatura de 459.688 R.

Dudo que la escala Réaumur se haya utilizado en algún lugar en los últimos 50 años, pero probablemente se haya utilizado en los últimos 100. Esto tenía hielo derretimiento a 0 °R y vapor a 80 °R. Menciono esto solo para señalar que, si ves una temperatura dada como tantas o R, ¡quizás no sepas si la escala Rankine o Réaumur está destinada! (Estrictamente, °R denotaría grados Réaumur, mientras que R denotaría rankines — pero ¿puedes confiar en eso?)

En estas notas, la escala Kelvin será la escala que se utilice normalmente. Puede haber un uso ocasional de la escala Celsius, pero no usaremos las escalas Fahrenheit, Rankine o Réaumur.

Ahora conocemos —por definición— las temperaturas en los dos puntos fijos en las escalas Celsius y Kelvin. Pero ¿qué pasa con las temperaturas entre los puntos fijos? Podríamos decir que la temperatura a medio camino entre el punto de fusión del hielo y el punto de ebullición del agua es de 50 °C, o podríamos dividir la temperatura entre los dos puntos fijos en 100 intervalos iguales. Pero: ¿Qué entendemos por “a mitad de camino” o por “intervalos iguales” en tal propuesta? Esto nos deja bastante perplejo.

Aquí hay una sugerencia. Podríamos construir un tubo capilar de vidrio con una bombilla en la parte inferior que contiene mercurio, que también se extiende un corto camino hasta el capilar. Podríamos

anotar la longitud de la columna de mercurio cuando el tubo se sumergió en hielo derretido y llamar a la temperatura $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, y nuevamente cuando está en agua hirviendo ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$). Luego podríamos dividir la longitud del tubo entre estas dos marcas en 100 intervalos iguales de longitud, y usar eso para definir nuestra escala de temperatura. Pero te puedes preguntar: ¿Cómo sabemos que el mercurio se expande (relativo al vidrio) de manera uniforme con la temperatura? Bueno, se expande uniformemente, por definición, con la temperatura en la escala de temperatura de mercurio en vidrio. De hecho, podemos definir la temperatura en la escala de mercurio en vidrio

$$t=100\times l_t-l_0/l_{100}-l_0\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (3.3.1)$$

(Voy a usar el símbolo T en estas notas para la temperatura en kelvin. Aquí estoy usando t para la temperatura en la escala Celsius.)

Si colocamos el termómetro (para tal lo es) en un recipiente con agua tibia, y la longitud de la columna de mercurio está a medio camino entre l_0 y l_{100} , podríamos decir que la temperatura del agua en el cuenco es, por definición, de $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la escala de mercurio en vidrio.

Ahora vamos a repetir el experimento con otro tipo de termómetro, utilizando alguna propiedad diferente de la materia que también se sabe que varía con la temperatura. Podríamos elegir, por ejemplo, usar la resistencia eléctrica R de una longitud de alambre de platino; o la diferencia de potencial termoeléctrico V que aparece cuando calentamos la unión de dos metales diferentes; o la presión P de algún gas cuando se calienta, pero se mantiene a volumen constante. Podríamos intentar sumergir cada uno de estos termómetros en hielo derretido y agua hirviendo y podríamos interpolar linealmente para temperaturas intermedias. Así, usando la resistencia del alambre de platino, podríamos definir una escala de temperatura de resistencia de platino mediante

$$t=100\times R_t-R_0/R_{100}-R_0\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (3.3.2)$$

O podríamos definir una escala de temperatura termoeléctrica

$$t=100\times V_t-V_0/V_{100}-V_0\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (3.3.3)$$

O podríamos definir una escala de temperatura de gas de volumen constante por

$$t=100 \times \frac{P_t - P_0}{P_{100} - P_0} \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.3.4)$$

Pero, ¿qué seguridad tenemos de que todas estas escalas de temperatura son iguales? ¿Qué seguridad tenemos de que la resistencia del platino aumente linealmente en la escala de temperatura definida por el termómetro de mercurio en vidrio? ¿Qué seguridad tenemos de que, cuando sumergimos todos estos termómetros en el agua que registró 50 °C para el termómetro de mercurio en vidrio, todos registrarán 50 °C?

La respuesta es que no tenemos tal garantía.

Lo que tenemos que hacer es elegir un fenómeno en particular de manera bastante arbitraria para usar para nuestra escala de temperatura estándar, o de alguna manera definir una escala de temperatura absoluta que sea absoluta en el sentido de que se define independientemente de las propiedades de cualquier sustancia en particular. Resulta que es posible hacer esto último, y definir una escala de temperatura que sea absoluta e independiente de las propiedades si alguna sustancia en particular por medio de un concepto teórico idealizado llamado Motor de Calor Carnot.

Este motor imaginario utiliza como medio de operación una sustancia igualmente imaginaria llamada gas ideal, y de hecho la temperatura indicada por un termómetro de gas de volumen constante es idéntica a la temperatura absoluta definida por un motor Carnot, ¡siempre que el gas utilizado sea un gas ideal! Lo mejor que se puede decir de los gases reales es que, a bajas presiones, se comportan mucho como un gas ideal; y de hecho si de alguna manera extrapolas el comportamiento o un gas a su comportamiento a presión cero (¡cuando no hay ningún gas en absoluto!), se comportaría exactamente como un gas real.

Hasta que no hayamos discutido lo que se entiende por un gas real y por un motor Carnot, todo esto ha servido para hacer es subrayar lo que dijimos en la Introducción a este capítulo —es decir, que hay una serie de conceptos relativamente fáciles en la termodinámica, pero la temperatura no es uno de ellos.

Si finalmente entendemos lo que es un motor Carnot y podemos construir en nuestra mente una definición de lo que se entiende por una escala de temperatura absoluta, seguirá existiendo el problema

de reproducir tal escala en la práctica. Ese es el propósito de la Escala Internacional de Temperatura 1990 (ITS90). En esta escala una serie de puntos fijos, como se les asignan ciertos valores. En los casos de los seis puntos enumerados, estos valores son:

	Puntos fijos	Valores en kelvin
1	el triple punto de hidrógeno	13.8033
2	el triple punto de neón	24.5561
3	el triple punto de agua	273.16
4	el punto de congelación del zinc	692.677
5	el punto de congelación de la plata	1234.93
6	el punto de congelación del oro etc.,	1337.33

Varios instrumentos estándar se van a utilizar en diferentes rangos de temperatura, con fórmulas de interpolación definidas para temperaturas entre los puntos fijos. Una descripción completa de ITS90 sería bastante larga (ver, por ejemplo, <http://www.omega.com/techref/intltemp.html>), pero su propósito es reproducir con la mayor precisión posible la escala de temperatura absoluta definida por el motor Carnot.

- : La temperatura con el Cero Absoluto

El cero absoluto es la temperatura teórica más baja que puede alcanzar un cuerpo. Es el límite inferior de la agitación térmica y corresponde a un estado físico en el que toda la energía cinética y potencial de un sistema es igual a cero. Según la tercera ley de la termodinámica, si cualquier sistema alcanza la temperatura del cero absoluto, su entropía se vuelve cero.

En la escala termodinámica de temperatura, graduada en kelvin, el cero absoluto equivale a 0 K, -273,15 °C o incluso -459,67 °F. Teóricamente, si cualquier sistema termodinámico se encuentra a esta temperatura, todas sus moléculas, átomos y electrones se encuentran en perfecto estado de reposo, sin energía cinética ni ningún tipo de interacción entre sus constituyentes.

Sin embargo, cuando la materia está a temperaturas cercanas al cero absoluto, las leyes de la física modifican su comportamiento. A niveles de energía tan bajos, los efectos cuánticos comienzan a influir en la dinámica de los átomos y las moléculas. El cero absoluto es la temperatura teórica más baja estimada en menos 273°C.

La consecuencia de la aparición de los efectos cuánticos es que todo determinismo y la posibilidad de medidas precisas (que son comunes en la física clásica) dejan de tener sentido, gracias a una propiedad cuántica llamada principio de incertidumbre de Heisenberg.

De forma muy simplista, el principio de Heisenberg es una imposición de la naturaleza que nos impide conocer, con total precisión, cualquier cantidad física relacionada con los sistemas cuánticos. En otras palabras, gracias a este principio no es posible determinar con la máxima precisión la posición de un átomo, ya que, para ello, debe ser perfectamente estático, y esto no lo permiten las propiedades de la física cuántica.

- : **¿Por qué no es posible llegar al cero absoluto?**

La imposibilidad del cero absoluto se explica por la tercera ley de la termodinámica. Esta ley, también conocida como teorema o postulado de Nernst, establece que es imposible, mediante un número finito de transformaciones, que la entropía de un sistema se vuelva cero.

Explicando esto, tenemos que los electrones, como dijimos antes, son quarks en formación que pueden recibir o expulsar neutrinos y fotones, como el fotón fue el primero en llegar, el electrón gira de derecha a izquierda, los neutrinos predominan en el electrón pero tienen su nivel de energía negativa en equilibrio con la energía positiva del fotón y eso mantiene el giro del electrón de derecha a izquierda, por medios físicos (mecánicos) o químicos (reacciones) podemos aumentar o disminuir fotones o neutrinos.

Cómo los electrones siempre están sujetos por la energía magnética positiva del protón de un átomo, si reciben fotones o neutrinos, expulsa fotones o neutrinos para mantenerse estable, pero si recibe una cantidad excesiva de fotones, aumenta la velocidad de spin (giro) y se aleja del núcleo, lo que obliga al electrón a liberar fotones que es lo que aumenta la temperatura. En el caso contrario, si recibe neutrinos en exceso, aumenta su energía negativa, se acerca más a ese núcleo que lo mantiene sujeto, pero girando a menos velocidad, lo que representa una disminución de la temperatura, el cero absoluto se daría cuando el electrón quede adherido al protón que lo mantiene sujeto, entonces pierde su condición de electrón y dejaría

de existir al perder su masa atraída por el protón y las energías rechazadas o asimiladas por los otros quarks del protón.

- : **¿Qué pasaría en el cero absoluto?**

Aunque no es posible llegar al cero absoluto, cuando alcanzamos unos pocos grados más allá de esta temperatura, surgen algunos efectos interesantes: los átomos están muy cerca unos de otros, incluso los gases, como el hidrógeno y el helio, se solidifican. A esta temperatura, algunas sustancias tienen propiedades superconductoras, como el niobio y las aleaciones de titanio.

Algunos físicos teóricos también creen que, si un cuerpo alcanzara la temperatura del cero absoluto, su masa dejaría de existir. La razón de este comportamiento radica en la energía del reposo, concepto creado por el físico alemán Albert Einstein. Según la relación de Einstein entre masa y energía en reposo, un cuerpo sin energía no puede tener masa.

- : **¿Cómo llegar al cero absoluto?**

Hay varias técnicas utilizadas por los científicos para crear artificialmente temperaturas cercanas al cero absoluto, estado necesario para poder manipular los átomos en la física para la computación cuántica. Una de las formas más utilizadas por los científicos para llegar a 0 K es el enfriamiento por láser.

El proceso funciona así: Con el láser se emite un fotón hacia un electrón del átomo, este fotón es absorbido y, en secuencia, para mantener la estabilidad del átomo, pierde un fotón que es reemitido en sentido contrario. Sin embargo, para poder reemitir los fotones tiene que utilizar energías un poco más altas para compensar la energía adicionada por los fotones incidentes, la diferencia de energía se extrae del propio movimiento (spin) en el electrón del átomo, al tener menos energía positiva en el positrón, paulatinamente los electrones se van acercando al núcleo y el átomo ve reducida su oscilación hasta detenerse casi por completo.

- : **La imposibilidad del cero absoluto**

El cero absoluto es inalcanzable, es decir, nunca mediremos nada a esa temperatura. Esta imposibilidad tiene su origen en las leyes de la termodinámica y también en las propiedades de la física cuántica.

El principio de incertidumbre, por ejemplo, garantiza que la energía de un sistema cuántico nunca sea cero.

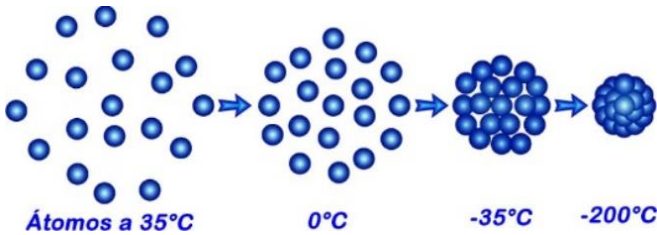


Figura 3.28.2. Descripción de las variaciones en la temperatura en los electrones de un átomo.

Otra forma de entender la imposibilidad del cero absoluto se refiere al proceso de medición de la temperatura. Cuando necesitamos medir la temperatura de un cuerpo o sistema, usamos un termómetro. Sin embargo, si ponemos un termómetro para medir la temperatura de algún cuerpo, supuestamente a una temperatura de 0 K, este instrumento intercambiará calor con el cuerpo, que tendrá su temperatura aumentada, aunque sea a niveles microscópicos.

Interpretando esto a nuestra manera, la variación de temperatura está ligada al aumento o disminución de energía positiva o negativa de los cuerpos, o sea, mayor o menor cantidad de fotones y neutrinos presentes, entre más fotones más alejados del núcleo, mayor temperatura y velocidad cinética de los electrones hasta superar a la energía magnética que los mantiene vinculados al núcleo, sobreviniendo la desintegración y si se comprime, la explosión.

A menor temperatura, mayor cantidad de neutrinos y más cercanía de los electrones al núcleo, el cero absoluto es la desaparición de los fotones que equivale también a la desaparición del espacio entre electrones y el núcleo, impidiendo cualquier interacción de las partículas, lo que equivale a la desaparición del electrón, para los científicos, la desaparición de la materia.

La influencia de los neutrinos, la podemos comprobar en los polos, las temperaturas alcanzadas en esas regiones es casi igual a las temperaturas que se alcanzan en las cumbres de las altas montañas, revisando ese concepto podemos definir que la energía magnética emanada por la tierra, tiene influencia en esos fenómenos, como su energía a nivel del mar es mayoritariamente negativa, atrae los

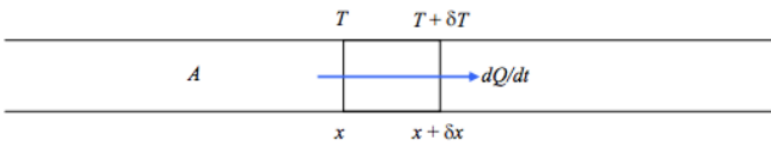
fotones y rechaza los neutrinos, en las alturas ese factor disminuye y por esa razón las cumbres de las montañas y las montañas mismas, tienen temperaturas mucho más bajas que en las zonas planas a nivel del mar, igual ocurre con las estaciones que ocurren cuando el movimiento de traslación varía la posición de los hemisferios.

Capítulo XXIX : Conductividad Térmica

* : Conducción Térmica.

+ : Introducción

Si bien el tema de la conducción térmica es importante, y obviamente un tema propio en la teoría del calor, en realidad no forma parte de la gran estructura lógica de la termodinámica, no requiere de un conocimiento amplio o profundo de la termodinámica para entenderlo, al menos a nivel introductorio. En otras palabras, este capítulo es más o menos un capítulo independiente. No es necesario entender capítulos anteriores para entender éste; ni, si tu interés primordial es la termodinámica, es necesario entender este capítulo antes de proceder a los posteriores. Es decir, si lo desea, puede omitir este capítulo sin comprometer su comprensión de ninguno posterior.



La Figura 3.29.1. Flujo de calor

La Figura 3.29.1. muestra el flujo de calor a una velocidad dQ/dt a lo largo de una barra de área transversal A de material. Hay un gradiente de temperatura a lo largo de la barra (razón por la cual el calor fluye hacia abajo). A una distancia x del extremo de la barra la temperatura es T ; a una distancia $x + \delta x$ es $T + \delta T$. Tenga en cuenta que, si el calor fluye en la dirección positiva como se muestra, δT debe ser negativo. Es decir, está más fresco hacia el extremo derecho de la barra. El gradiente de temperatura dT/dx es negativo. El calor fluye en dirección opuesta al gradiente de temperatura. La relación

de la tasa de flujo de calor por unidad de área al negativo del gradiente de temperatura se llama conductividad térmica del material:

$$dQ/dt = -KA dT/dx \quad (3.29.3.1)$$

Estoy usando el símbolo K para la conductividad térmica. Otros símbolos que a menudo se ven son k o λ . Su unidad SI es $W m^{-1} K^{-1}$.

Lo he definido en una situación unidimensional y para un medio isotrópico, en cuyo caso el flujo de calor es opuesto al gradiente de temperatura. Se puede imaginar que, en un medio anisotrópico, la tasa de flujo de calor y el gradiente de temperatura pueden ser diferentes paralelos a los diferentes ejes cristalográficos. En ese caso el flujo de calor y el gradiente de temperatura pueden no ser estrictamente antiparalelos, y la conductividad térmica es una cantidad de tensor. Tal situación no nos va a preocupar en este capítulo.

Si, en nuestro ejemplo unidimensional, no hay escape de calor por los lados de la barra, entonces la velocidad de flujo de calor a lo largo de la barra debe ser la misma a lo largo de la barra, lo que significa que el gradiente de temperatura es uniforme a lo largo de la longitud del cable. Puede ser más fácil imaginar que no haya pérdida de calor por los lados que lograrlo en la práctica. Si la barra estuviera situada en vacío, no habría pérdidas por conducción o convección, y si la barra estuviera muy brillante, habría poca pérdida por radiación.

Los valores de orden de magnitud de las conductividades térmicas de sustancias comunes son

- Aire $0.03 W m^{-1} K^{-1}$
- Agua 0.6
- Vaso 0.8
- Fe 80
- Al 240
- Cu 400

Es fácil imaginar cómo el calor puede conducirse a lo largo de un sólido, transmitiéndose las vibraciones de los átomos en un extremo del sólido a los siguientes átomos por un átomo que empuja al siguiente, y así sucesivamente. No obstante, es evidente de la mesa, y en todo caso es de conocimiento común, que algunas sustancias

(metales) conducen el calor mucho mejor que otras. En efecto, entre los metales, existe una estrecha correlación entre las conductividades térmicas y eléctricas (a una temperatura dada). Esto sugiere que el mecanismo para la conductividad térmica en los metales es el mismo que para la conductividad eléctrica. El calor es conducido en un metal principalmente por electrones.

Sería un ejercicio interesante encontrar, desde la Web o desde otras referencias, las conductividades térmicas y eléctricas de una serie de metales. Se puede encontrar que las conductividades térmicas, K , a veces se citan en unidades “prácticas” desconocidas, como BTU por hora por pie cuadrado para un gradiente de temperatura de 1 F° por pulgada, y convertirlas a unidades SI de $\text{W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$ podría ser un poco desafiante. Las conductividades eléctricas, σ , disminuyen algo con el aumento de la temperatura (también lo hacen las conductividades térmicas, pero menos), por lo que sería importante encontrarlas todas a la misma temperatura. Entonces se podría ver si la relación K/σ es efectivamente la misma para todos los metales a una temperatura dada. Esto se conoce como la Ley Wiedemann-Franz. La teoría de primer orden (que no damos aquí) predice que

$$\frac{K}{\sigma T} = \frac{1}{3} \left(\frac{\pi k}{e} \right)^2 = 2.44 \times 10^{-8} \text{W}\Omega\text{K}^{-1}. \quad (4.3.2)$$

Aquí k es la constante de Boltzmann y e es la carga electrónica. Se encuentra que esta predicción se obedece bien a temperaturas ambiente y superiores, pero a bajas temperaturas la conductividad eléctrica aumenta rápidamente con la disminución de la temperatura, y la relación comienza a caer muy por debajo del valor predicho por la ecuación 3.29.2.2, acercándose a cero a 0 K .

El lector puede estar familiarizado con los siguientes términos en electricidad

- Conductividad σ
- Conductancia G
- Resistividad ρ
- Resistencia R

Están relacionados por $G = 1/R$, $\sigma = 1/\rho$, $R = \rho l/A$, $G = \sigma A/l$,

donde l y A son la longitud y el área de la sección transversal del conductor. El lector probablemente también sabe que las resistencias se suman en serie y las conductancias se suman en paralelo. Podemos definir algunas cantidades análogas relacionadas con el flujo de calor. Por lo tanto, la resistividad es el recíproco de la conductividad, la resistencia es L/a veces la resistividad, la conductancia es A/l veces la conductividad, y así sucesivamente. Estos conceptos pueden resultar útiles en el siguiente género de problemas amados por los examinadores.

Una habitación tiene paredes de área A_1 , espesor d_1 , conductividad térmica K_1 , una puerta de área A_2 , espesor d_2 , conductividad térmica K_2 , y una ventana de área A_3 , espesor d_3 , conductividad térmica K_3 . La temperatura interior es T_1 y la temperatura exterior es T_2 . ¿Cuál es la tasa de pérdida de calor de la habitación?

Tenemos tres conductancias en paralelo: K_1A_1/d_1 , K_2A_2/d_2 , y K_3A_3/d_3 , y así tenemos

$$\frac{dQ}{dt} = \left(\frac{K_1A_1}{d_1} + \frac{K_2A_2}{d_2} + \frac{K_3A_3}{d_3} \right) (T_2 - T_1). \quad (4.3.3)$$

Por supuesto, el problema no tiene por qué ser exactamente así. A lo mejor se le da la tasa de pérdida de calor y se le pide que encuentre el área de la ventana. Pero tienes la idea general, y probablemente puedas idear algunos ejemplos tú mismo. La tasa de flujo de calor es análoga a la corriente, y la diferencia de temperatura es como la EMF de una batería.

+ : La Ecuación de Conducción de Calor

La situación descrita en la Sección 3.29.2 y en la figura 3.29.1. fue una situación de estado estacionario, en la que la temperatura estaba en función de x pero no del tiempo. Ahora vamos a considerar una situación más general en la que la temperatura puede variar tanto en el tiempo como en el espacio.

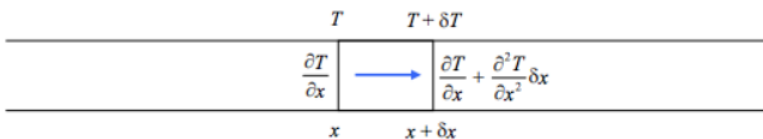


Figura 3.29.2.

En este caso el gradiente de temperatura se escribe como una derivada parcial, $\frac{\partial T}{\partial x}$ and is not uniform down the length of the rod. We'll suppose it is $\frac{\Delta T}{\Delta x}$ at x and $\frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \delta x$ at $x + \delta x$.

Considere el flujo de calor dentro y fuera de la porción entre x y $x + \delta x$. La velocidad de flujo en esta porción en x es $-KA \frac{\partial T}{\partial x}$, y la velocidad de flujo de salida en $x + \delta x$ es $-KA (\frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \delta x)$, de modo que el flujo neto de calor en esa porción es $KA \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \delta x$. Esto debe ser igual a $c_p A \delta x \frac{\partial T}{\partial t}$, donde ρ es la densidad (y por lo tanto $\rho A \delta x$ es la masa de la porción), y C es la capacidad calorífica específica.

Por lo tanto

$$C\rho \frac{\partial T}{\partial t} = K \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (3.29.1)$$

Esto se puede escribir

$$\frac{\partial T}{\partial t} = D \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (3.29.2)$$

donde

$$D = K/C\rho \quad (3.29.3)$$

es la difusividad térmica ($m^2 s^{-1}$).

La ecuación 3.29.3.2 es la ecuación de conducción de calor. En tres dimensiones es fácil demostrar que se convierte en

$$T = D\nabla^2 T \quad (3.29.4)$$

+: Una solución de la ecuación de conducción de calor

Los métodos para resolver la ecuación de conducción de calor se dan comúnmente en cursos sobre ecuaciones diferenciales parciales. Aquí veremos un sencillo ejemplo unidimensional.

Una barra larga de cobre se encuentra inicialmente a una temperatura uniforme de 0 o C. En el tiempo $t = 0$, el extremo izquierdo de la misma se calienta a 100 o C. Dibuja gráficas de temperatura versus distancia x desde el extremo caliente de la barra (hasta $x = 100$ cm) a $t = 4, 16, 64, 256$ y 1024 segundos. Dibuja también una gráfica de temperatura versus tiempo a $x = 5$ cm, hasta

1024 segundos. Supongamos que no se pierde calor por los lados de la barra.

Datos para el cobre:

$$K = 400 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$C = 395 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\rho = 8900 \text{ kg m}^{-3}$$

de donde

$$D = 1.137 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$$

La ecuación a resolver es

$$D \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{\partial T}{\partial t} \quad (3.29.5.1)$$

De la forma de esta ecuación, es obvio (¡una vez que se ha señalado!) que se podría encontrar una solución en la que $T(x, t)$ es únicamente una función de x^2/t , o, para el caso, $x/t^{1/2}$. Por lo tanto, vamos

$$U = x/t^{1/2}, \quad (3.29.5.2)$$

y verás que la ecuación 3.29.3.29.1 reduce a la ecuación diferencial total de segundo orden

$$D \frac{d^2 T}{du^2} = -u/2 \frac{dT}{du} \quad (3.29.5.3)$$

Deje $T' = dT/du$, y se vuelve aún más fácil – una ecuación de primer orden:

$$D \frac{dT'}{du} = -1/2 u T' \quad (3.29.5.4)$$

Tras la integración, obtenemos

$$\ln T' = -u^2/4D + \ln A \quad (3.29.5.5)$$

donde $\ln A$ es una constante de integración, a determinar por las condiciones inicial y límite. (¿Cuáles son las dimensiones de A ?)

Es decir,

$$T' = A \exp[-u^2/(4D)] \quad (3.29.5.6)$$

Tenemos que integrarnos de nuevo, con respecto a u :

$$T = A \int \exp [-u^2/(4D)] du \quad (3.29.5.7)$$

Ahora, $T = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ a $x = 0$ para cualquier $t > 0$. Es decir, $T = 100$ para $u = 0$.

$Y T = 0$ o C a $t = 0$ para cualquier $x > 0$. Es decir, $T = 0$ para $u = \infty$.

Por lo tanto

$$100 - 0 = A \int_{\infty}^0 \exp [-u^2/(4D)] du \quad (3.29.5.8)$$

La integral es un poco difícil, aunque bien conocida. Yo sólo voy a decir aquí la respuesta; lo es $-\sqrt{\pi}D$. A partir de esto, encontramos que la constante de integración es

$$A = -5284K \text{ m}^{-1} \text{ s}^{1/2} \quad (3.29.5.9)$$

Ahora tenemos

$$100 - T(x, t) = A \int_{xt-1/2}^0 \exp [-u^2/(4D)] du \quad (3.29.5.10)$$

La función de error erf (r) se define por

$$\text{erf}(r) = 2/\sqrt{\pi} \int_0^r \exp (-s^2) ds \quad (3.29.5.11)$$

para que se pueda escribir la ecuación 3.29.3.29.10

$$T(x, t) = 100 + A\sqrt{\pi} \text{Derf} (x/2\sqrt{Dt}) = 100 [1 - \text{erf}(x/2\sqrt{Dt})] \quad (3.29.5.12)$$

Esta función es fácil de trazar siempre que su computadora le dé la función erf. Las soluciones se muestran en las figuras IV.4 y 5.

* : Procesos termodinámicos

Estaremos considerando lo que sucede cuando realizamos ciertos procesos en diversos sistemas. Los procesos generalmente implicarán ya sea hacer trabajo en un sistema o agregarle calor, o tal vez permitiremos que el sistema haga trabajos en su entorno, o el sistema puede perder calor a su entorno.

Muchas veces el sistema que tenemos en mente será un gas encerrado por un pistón móvil dentro de un cilindro, pero no tiene por qué ser eso. El sistema puede ser un sólido o un líquido, en el que hay poco cambio en el volumen. O el sistema puede tener varias fases, como gas, líquido y sólido. Puede haber varios componentes

en el sistema, por ejemplo, una mezcla de productos químicos. O el sistema puede ser un material magnético, y nosotros sí trabajamos en él colocándolo en un campo magnético y magnetizándolo. Algunas leyes termodinámicas fundamentales se aplican a cualquier sistema termodinámico y son de gran generalidad. Otras leyes pueden aplicarse solo a ciertos tipos específicos de sistemas, y siempre debemos estar en guardia para reconocer cuáles son leyes generales aplicables a cualquier sistema, y cuáles son ecuaciones especiales aplicables solo a sistemas particulares.

Nosotros, en nuestra imaginación, llevaremos a cabo procesos bajo diversas condiciones ideales. Así, podemos imaginar un proceso para ser isotérmico (llevado a cabo a temperatura constante) o isobárico (presión constante) o isocórico (volumen constante). Podemos imaginar un proceso en el que no se agrega calor ni se pierde del sistema. Tal proceso es adiabático.

Un proceso puede ser cuasistático o no cuasistático. Imaginemos que tenemos una caja de gas, y de repente calentamos una pared de la caja empujando esa pared contra una fuente de calor. No todo el gas se calentará de inmediato. Al principio, el gas cercano a la pared calentada comenzará a calentarse, mientras que el gas del otro extremo de la caja apenas estará al tanto de lo que ha sucedido. Eventualmente, el calor penetrará por toda la caja, pero esto puede llevar algún tiempo, y el sistema no está en absoluto en equilibrio estático mientras se están produciendo estos cambios.

De igual manera, si tenemos un gas retenido dentro de un cilindro por medio de un pistón móvil, y de repente movemos el pistón hacia adentro. Esto no dará como resultado un cambio inmediato a una presión más alta en todo el gas. A lo sumo la información sobre la nueva posición del pistón puede viajar a través del gas solo a la velocidad del sonido. Es probable que se provoquen considerables turbulencias locales, y pasará algún tiempo antes de que el gas se asiente a su nueva presión uniforme en todo momento. Ambos procesos son no cuasistáticos.

Para que un proceso sea cuasistático, la presión y temperatura del sistema deben diferir de las de su entorno en solo una cantidad infinitesimal en todo momento durante el proceso; el proceso debe realizarse lentamente, de manera que el sistema pase por una

sucesión infinita de cuasi-equilibrio estados. El prefijo “cuasi” suele traducirse como “casi”; un significado más preciso es “por así decirlo” o “como si fuera”. El lector concluirá que nunca puede haber literalmente ningún proceso que sea verdaderamente estático. Esto también es cierto para otros procesos, como los procesos isotérmicos y adiabáticos. Tales procesos son procesos teóricos limitantes. Un proceso real puede ser intermedio entre los extremos ideales, aunque también puede estar bastante cerca de uno de los extremos ideales.

*** : Procesos térmicos por cambios de presión**

En 1805, el inventor estadounidense Oliver Evans describió un ciclo cerrado de refrigeración por compresión de vapor para la producción de hielo mediante éter al vacío. El calor se eliminaría del ambiente reciclando el refrigerante vaporizado, que se movería a través de un compresor y condensador y finalmente volvería a la forma líquida para repetir el proceso de refrigeración de nuevo. En 1834, un estadounidense expatriado en Gran Bretaña, Jacob Perkins, construyó el primer sistema de refrigeración de compresión de vapor que funcionaba en el mundo. Era un ciclo cerrado que podía funcionar continuamente, como escribió en su patente:

Estoy capacitado para usar fluidos volátiles con el propósito de producir el enfriamiento o congelación de fluidos y, sin embargo, al mismo tiempo constantemente condensando tales fluidos volátiles, y volviéndolos a poner en funcionamiento sin residuos.

Su sistema prototipo funcionó, aunque no tuvo éxito comercial. Un intento similar fue hecho en 1842, por el médico estadounidense, John Gorrie, que construyó un prototipo de trabajo, pero fue un fracaso comercial. El ingeniero americano Alexander Twining obtuvo una patente británica en 1850 para un sistema de compresión de

La refrigeración por compresión se basa en el aprovechamiento de las propiedades de ciertos fluidos, llamados refrigerantes o fluidos frigorígenos, de las cuales, la principal para este proceso es que su temperatura de vaporización a presión atmosférica es extremadamente baja. Los refrigerantes utilizados comúnmente, tienen temperaturas de ebullición en condiciones normales, alrededor de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Supuesto un refrigerante con esas características en un circuito frigorífico como el de la figura, se eleva su presión y temperatura, mediante un compresor en un proceso isentrópico, hasta alcanzar la presión de condensación. En esas condiciones el fluido atraviesa el condensador mientras intercambia calor con el medio exterior. Como consecuencia de la cesión de calor se produce la condensación del fluido, que sale del condensador y alcanza la válvula de expansión totalmente en estado líquido. Esta última parte del proceso se puede considerar isotérmica, ya que no varía la temperatura durante el cambio de estado. El tramo del circuito comprendido entre el compresor y la válvula de expansión se conoce como lado de alta o zona de alta presión.

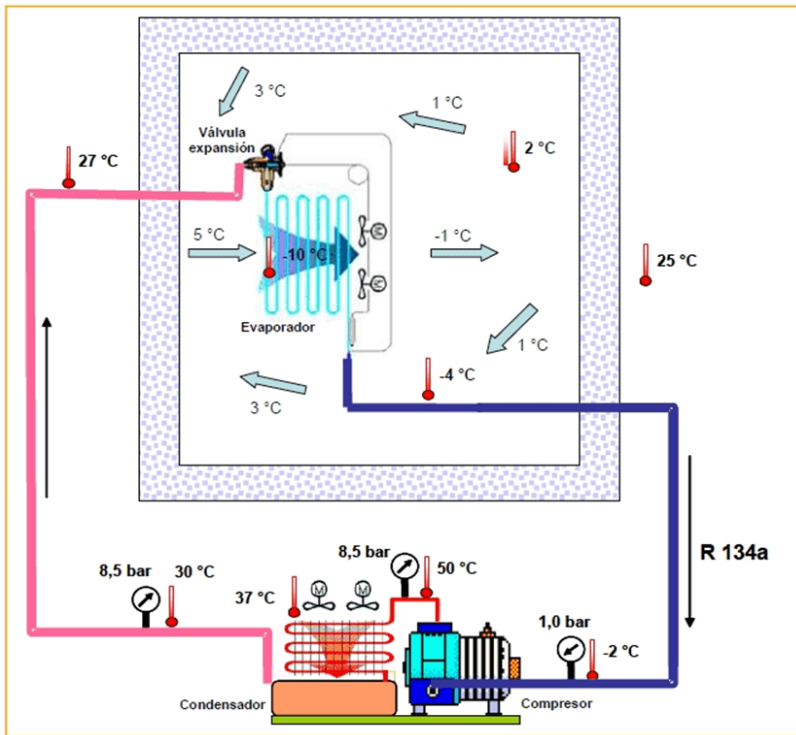


Figura 3.29.3. Sistema generador de bajas temperaturas en un cuarto frío.

El dispositivo de expansión provoca una caída repentina de la presión y la temperatura sin intercambio de calor, por lo que esta parte del proceso se puede considerar, idealmente, como una transformación adiabática o isoentálpica. El fluido todavía en estado líquido y a la presión de vaporización penetra en el evaporador,

intercambiador de calor ubicado en el medio que se pretende enfriar, del cual absorbe la energía térmica correspondiente al calor latente de vaporización, de forma que el fluido sale del evaporador completamente en estado de vapor. La transformación se puede considerar isotérmica por la misma razón que se dio en el condensador. El tramo del circuito desde la válvula de expansión hasta el compresor se conoce como lado de baja o zona de baja presión. A continuación, el vapor es aspirado por el compresor para iniciar de nuevo el ciclo.

En el ciclo de refrigeración ideal, en los balances de energía del equipo, se desprecia cualquier pérdida o ganancia de calor en las tuberías, considerando que los únicos intercambios de calor que se producen en el sistema ocurren en el evaporador y en el condensador. Sin embargo, en el ciclo real el fluido refrigerante sufre una ligera caída de presión y temperatura debido a las pérdidas por fricción, sobre todo en evaporador y condensador y en las restricciones de las válvulas de admisión y de escape.

*** : Energía potencial química**



Figura 3.29.3. Energía Química, llama generada con hidrógeno.

La energía potencial química es una forma de energía potencial relacionada con la disposición estructural de átomos o moléculas. Esta disposición puede ser el resultado de enlaces químicos dentro de una molécula o de otra manera. La energía química de una sustancia química se puede transformar en otras formas de energía mediante una reacción química.

Como ejemplo, cuando se quema un combustible, la energía química del oxígeno molecular se convierte en calor, y lo mismo ocurre con la digestión de alimentos metabolizados en un organismo biológico. Las plantas verdes transforman la energía solar en energía química (principalmente de oxígeno) a través del proceso conocido como fotosíntesis, y la energía eléctrica se puede convertir en energía química y viceversa a través de reacciones electroquímicas.

+ : **Potencial químico**

El término potencial químico se usa para indicar el potencial de una sustancia para sufrir un cambio de configuración, ya sea en forma de reacción química, transporte espacial, intercambio de partículas con un reservorio, etc. No es una forma de energía potencial en sí, sino que está más estrechamente relacionado con la energía libre.

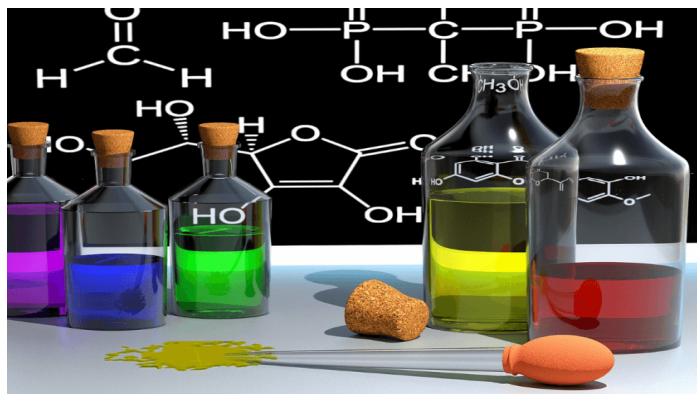


Figura 3.29.4. Elementos para procesos químicos

La confusión en la terminología surge del hecho de que en otras áreas de la física que no están dominadas por la entropía, toda la energía potencial está disponible para realizar un trabajo útil e impulsa al sistema a experimentar cambios de configuración espontáneamente, por lo que no hay distinción entre "libre" y Energía potencial "no libre" (de ahí la palabra "potencial"). Sin embargo, en sistemas de gran entropía, como los sistemas químicos, la cantidad total de energía presente (y conservada por la primera ley de la termodinámica) de la que forma parte esta Energía potencial química, se separa de la cantidad de esa energía: Energía libre termodinámica (a partir del cual se deriva el potencial químico): que (parece que) hace que el sistema avance espontáneamente a medida que aumenta su entropía (de acuerdo con la segunda ley).

- : Calor de combustión

Otro término útil es el calor de combustión, que es la energía principalmente de los dobles enlaces débiles del oxígeno molecular liberado debido a una reacción de combustión y que a menudo se aplica en el estudio de los combustibles. La comida es similar a los combustibles de hidrocarburos y carbohidratos, y cuando se oxida a dióxido de carbono y agua, la energía liberada es análoga al calor de combustión (aunque no se evalúa de la misma manera que un combustible de hidrocarburos).

+ : Energía Química – Isótopos - ion

El átomo con isótopo o ion solo perderá electrones si recibe suficiente energía, que es la energía de ionización. En la práctica, lo más importante es el primer potencial de ionización o primera energía de ionización, que corresponde a la eliminación del primer electrón. Suele ser la energía de ionización más baja, ya que este electrón es el más alejado del núcleo, su fuerza de atracción con el núcleo es la más pequeña, requiriendo menos energía y siendo más fácil de eliminar.

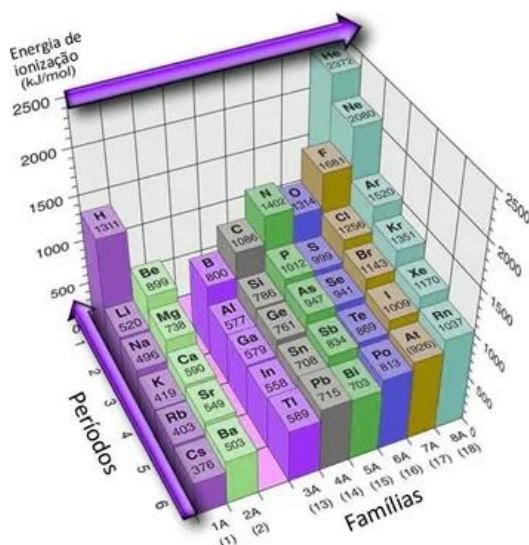


Figura 3.29.5. Las familias en los elementos químicos

Ese potencial de energía equivale a la energía necesaria con efecto negativo para transferir fotones del ánodo al cátodo, de acuerdo con

lo que se quiera buscar (oxidación – Reducción), si el electrón recibe la carga suficiente que le impida mantener la estabilidad en su átomo, se libera y va al polo opuesto (sea ánodo o cátodo) que tenga la energía negativa, lo mismo sucede con el neutrino, si recibe la acción positiva, afecta al electrón y también puede causar la separación del electrón de su átomo, de acuerdo con la carga recibida.

Además, con la pérdida de electrones, el radio atómico disminuye y el ion se vuelve cada vez más positivo, por lo tanto, la atracción al núcleo se vuelve más fuerte y, en consecuencia, se necesitará más energía para eliminar el siguiente electrón, etc.

Para considerar un ejemplo, el átomo de sodio tiene como primera energía de ionización el valor de 406 kJ / mol. Su segunda energía de ionización es 4560, es decir, mucho más alta que la primera. Esto muestra que se necesita mucha más energía para obtener sodio de dos electrones que solo uno. Es por eso que en la naturaleza es más común encontrar átomos de sodio con una carga de +1.

De este hecho, podemos concluir que: Existe una Relación entre la energía de ionización y el tamaño del átomo. Por tanto, si consideramos los elementos de la misma familia o del mismo período de la tabla periódica, veremos que a medida que aumentan los números atómicos, menores son las energías de ionización, porque cuanto más alejados del núcleo están los electrones. De esta forma, la energía de ionización crece en la tabla periódica de abajo hacia arriba y de izquierda a derecha. Por tanto, la energía de ionización es una propiedad periódica.

Capítulo XXX : El Carbono

Hay una pregunta que desde siempre ha estado vigente, una explicación convincente sobre la propiedad del carbono como combustible

Los átomos de carbono individuales tienen una capa de electrones más externa incompleta. Con un número atómico de 6 (seis electrones y seis protones), los primeros dos electrones llenan la capa interna, dejando cuatro en la segunda capa. Por lo tanto, los átomos de carbono pueden formar hasta cuatro enlaces covalentes con otros átomos para satisfacer la regla del octeto. La molécula de metano proporciona un ejemplo: tiene la fórmula química CH_4 . Cada uno de sus cuatro átomos de hidrógeno forma un enlace covalente simple con el átomo de carbono al compartir un par de electrones. Esto da como resultado una capa exterior llena.

*** : Hidrocarburos**

Los hidrocarburos son moléculas orgánicas que consisten enteramente en carbono e hidrógeno, como el metano (CH_4) descrito anteriormente. A menudo usamos hidrocarburos en nuestra vida diaria como combustibles, como el propano en una parrilla de gas o el butano en un encendedor. Los numerosos enlaces covalentes entre los átomos de los hidrocarburos almacenan una gran cantidad de energía, que se libera cuando estas moléculas se queman (oxidan). El metano, un excelente combustible, es la molécula de hidrocarburo más simple, con un átomo de carbono central unido a cuatro átomos de hidrógeno diferentes, como se ilustra en la figura 2.23. La geometría de la molécula de metano, donde residen los átomos en tres dimensiones, está determinada por la forma de sus orbitales electrónicos. Los carbonos y los cuatro átomos de hidrógeno forman una forma conocida como tetraedro,

con cuatro caras triangulares; por esta razón, el metano se describe como de geometría tetraédrica.

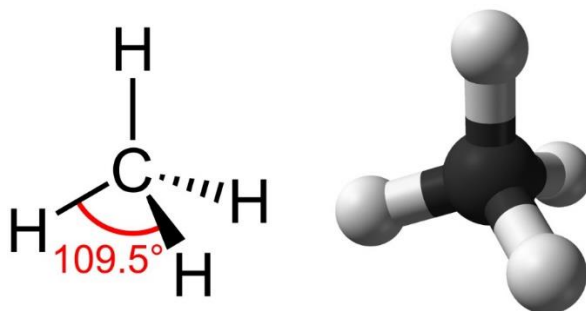


Figura 3.30.1. Molécula de gas metano

El metano tiene una geometría tetraédrica, con cada uno de los cuatro átomos de hidrógeno separados $109,5^\circ$.

Como la columna vertebral de las grandes moléculas de los seres vivos, los hidrocarburos pueden existir como cadenas de carbono lineales, anillos de carbono o combinaciones de ambos. Además, los enlaces individuales de carbono a carbono pueden ser enlaces covalentes simples, dobles o triples, y cada tipo de enlace afecta la geometría de la molécula de una manera específica. Esta forma o conformación tridimensional de las grandes moléculas de la vida (macromoléculas) es fundamental para su funcionamiento.

+ : Cadenas de hidrocarburos

Las cadenas de hidrocarburos están formadas por enlaces sucesivos entre átomos de carbono y pueden ser ramificadas o no ramificadas. Además, la geometría general de la molécula se ve alterada por las diferentes geometrías de los enlaces covalentes simples, dobles y triples, que se ilustran en la figura 2.24. Los hidrocarburos etano, eteno y etino sirven como ejemplos de cómo los diferentes enlaces carbono-carbono afectan la geometría de la molécula. Los nombres de las tres moléculas comienzan con el prefijo "eth-", que es el prefijo de dos hidrocarburos de carbono. Los sufijos "-ano", "-eno" e "-ino" se refieren a la presencia de enlaces carbono-carbono simples, dobles o triples, respectivamente.

Así, propano, propeno y propino siguen el mismo patrón con tres moléculas de carbono, butano, buteno y butino con cuatro

moléculas de carbono, y así sucesivamente. Los enlaces dobles y triples cambian la geometría de la molécula: los enlaces simples permiten la rotación a lo largo del eje del enlace, mientras que los enlaces dobles conducen a una configuración plana y los enlaces triples a una lineal. Estas geometrías tienen un impacto significativo en la forma que puede asumir una molécula en particular.

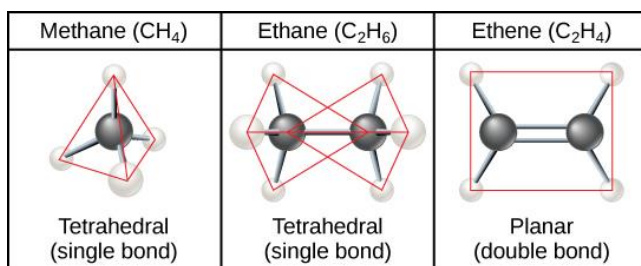


Figura 3.30.2. Cadenas de hidrocarburos

Cuando el carbono forma enlaces sencillos con otros átomos, la forma es tetraédrica. Cuando dos átomos de carbono forman un doble enlace, la forma es plana o plana. Los enlaces simples, como los que se encuentran en el etano, pueden rotar. Los enlaces dobles, como los que se encuentran en el eteno, no pueden rotar, por lo que los átomos de cada lado están bloqueados en su lugar.

+ : Anillos de hidrocarburo

Hasta ahora, los hidrocarburos que hemos discutido han sido hidrocarburos alifáticos, que consisten en cadenas lineales de átomos de carbono y, a veces, pueden formar anillos con todos los enlaces simples, como se muestra en la figura 3.30.3. en los ejemplos de ciclopentano y ciclohexano. Otro tipo de hidrocarburo, los hidrocarburos aromáticos, consiste en anillos cerrados de átomos de carbono con enlaces simples y dobles alternados. Encontramos estructuras de anillos en los hidrocarburos alifáticos, a veces con la presencia de dobles enlaces, que podemos ver comparando la estructura del ciclohexano (alifático) con la del benceno (aromático) en la Figura 3.30.3.

Ejemplos de moléculas biológicas que incorporan el anillo de benceno incluyen algunos aminoácidos y colesterol y sus derivados, incluidas las hormonas estrógeno y testosterona. También

encontramos el anillo de benceno en el herbicida 2,4-D. El benceno es un componente natural del petróleo crudo y ha sido clasificado como cancerígeno. Algunos hidrocarburos tienen porciones alifáticas y aromáticas. El betacaroteno es un ejemplo de dicho hidrocarburo.

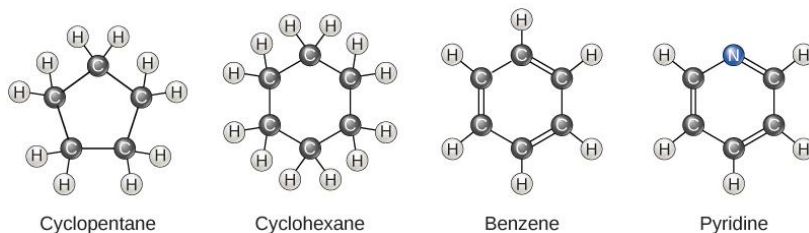


Figura 3.30.3.

El carbono puede formar anillos de cinco y seis miembros. Los enlaces simples o dobles pueden conectar los carbonos en el anillo, y el carbono puede sustituirse por nitrógeno.

+: Isómeros

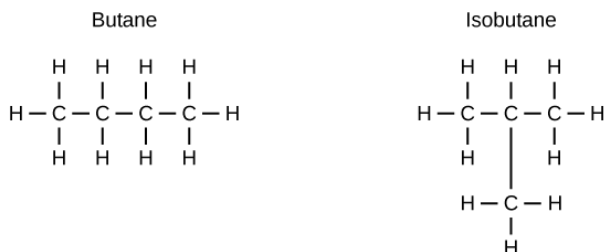
La ubicación tridimensional de los átomos y los enlaces químicos dentro de las moléculas orgánicas es fundamental para comprender su química. Las moléculas que comparten la misma fórmula química, pero difieren en la ubicación (estructura) de sus átomos y/o enlaces químicos se conocen como isómeros.

Los isómeros estructurales (como el butano y el isobutano que se muestran en la figura a) difieren en la ubicación de sus enlaces covalentes: ambas moléculas tienen cuatro carbonos y diez hidrógenos (C_4H_{10}), pero la diferente disposición de los átomos dentro de las moléculas conduce a diferencias en sus propiedades químicas. Por ejemplo, debido a sus diferentes propiedades químicas, el butano es adecuado para su uso como combustible para sopletes, mientras que el isobutano es adecuado para su uso como refrigerante y propulsor en latas de aerosol.

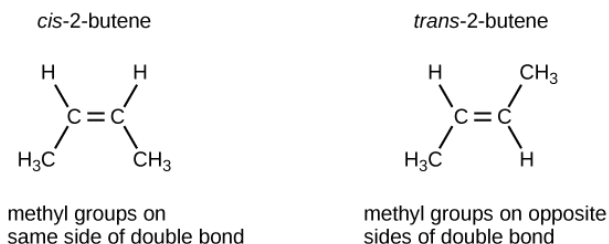
Los isómeros geométricos, por otro lado, tienen ubicaciones similares de sus enlaces covalentes, pero difieren en la forma en que estos enlaces se hacen con los átomos circundantes, especialmente en los dobles enlaces carbono-carbono. En la molécula simple de buteno (C_4H_8), los dos grupos metilo (CH_3) pueden estar a ambos

lados del enlace covalente doble central de la molécula, como se ilustra en la figura b. Cuando los carbonos están unidos en el mismo lado del doble enlace, esta es la configuración *cis*; si están en lados opuestos del doble enlace, es una configuración *trans*. en el *trans* configuración, los carbonos forman una estructura más o menos lineal, mientras que los carbonos en la configuración *cis* hacen una curva (cambio de dirección) de la columna vertebral de carbono.

(a) Structural isomers



(b) Geometric isomers



(c) Enantiomers

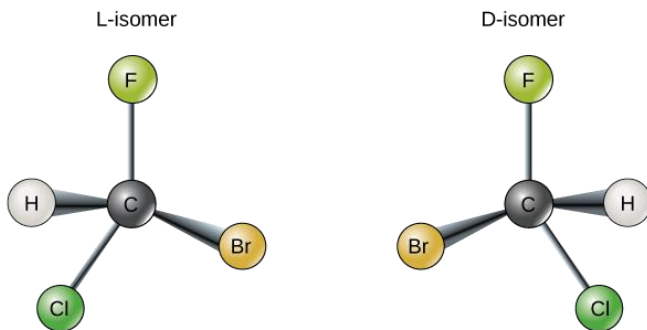


Figura 3.30.4. Isómeros

Las moléculas que tienen el mismo número y tipo de átomos dispuestos de manera diferente se llaman isómeros. (a) Los isómeros estructurales tienen una disposición covalente de átomos diferente. (b) Los isómeros geométricos tienen una disposición diferente de átomos alrededor de un doble enlace. (c) Los enantiómeros son imágenes especulares entre sí.

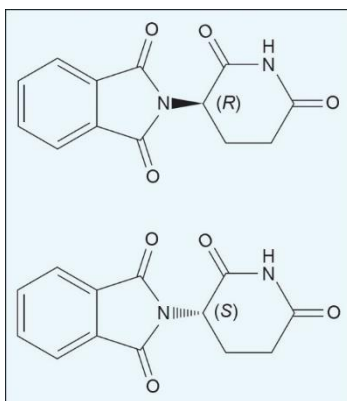


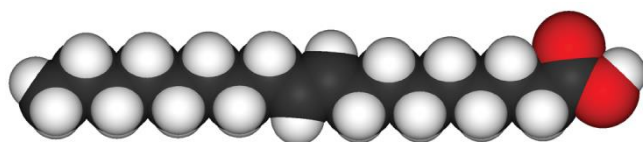
Figura 3.30.5. Talidomida

Esta imagen muestra la estructura química de las formas R y S del fármaco talidomida. El triángulo oscuro representa ese vínculo que sale de la página hacia ti, y el triángulo punteado representa ese vínculo que se aleja de ti hacia la página.

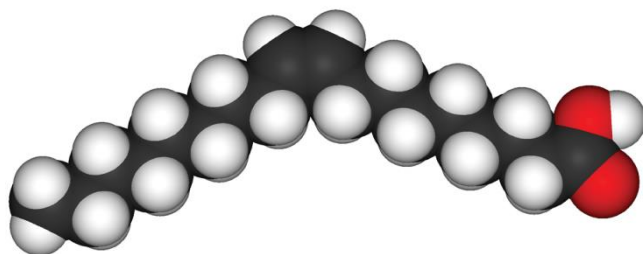
En los triglicéridos (grasas y aceites), las largas cadenas de carbono conocidas como ácidos grasos pueden contener dobles enlaces, que pueden estar en configuración *cis* o *trans*, como se ilustra en la figura 2.27. Las grasas con al menos un doble enlace entre los átomos de carbono son grasas insaturadas. Cuando algunos de estos enlaces están en la configuración *cis*, la curvatura resultante en la columna vertebral de carbono de la cadena significa que las moléculas de triglicéridos no pueden empaquetarse de manera apretada, por lo que permanecen líquidas (aceite) a temperatura ambiente. Por otro lado, los triglicéridos con *trans*.

Los dobles enlaces (popularmente llamados grasas *trans*) tienen ácidos grasos relativamente lineales que pueden compactarse a temperatura ambiente y formar grasas sólidas. En la dieta humana, las grasas *trans* están relacionadas con un mayor riesgo de

enfermedad cardiovascular, por lo que muchos fabricantes de alimentos han reducido o eliminado su uso en los últimos años. A diferencia de las grasas insaturadas, los triglicéridos sin enlaces dobles entre los átomos de carbono se denominan grasas saturadas, lo que significa que contienen todos los átomos de hidrógeno disponibles. Las grasas saturadas son sólidas a temperatura ambiente y generalmente de origen animal.



Eliadic acid



Oleic acid

Figura 3.30.6. Ácidos Eliádico y Oleico

Estos modelos que llenan espacios muestran un ácido graso *cis* (ácido oleico) y un ácido graso *trans* (ácido eliádico). Observe la curvatura en la molécula causada por la configuración *cis*.

+ : Enantiómeros

Los enantiómeros son moléculas que comparten la misma estructura y enlaces químicos, pero difieren en la ubicación tridimensional de los átomos para que sean imágenes especulares. Como se muestra en la Figura 2.28, un ejemplo de aminoácido alanina, las dos estructuras no son superponibles. En la naturaleza, solo las formas L de los aminoácidos se utilizan para fabricar proteínas. Algunas formas D de aminoácidos se ven en las paredes celulares de las bacterias, pero nunca en sus proteínas. De manera similar, la forma D de la glucosa es el principal producto de

la fotosíntesis y la forma L de la molécula rara vez se ve en la naturaleza.

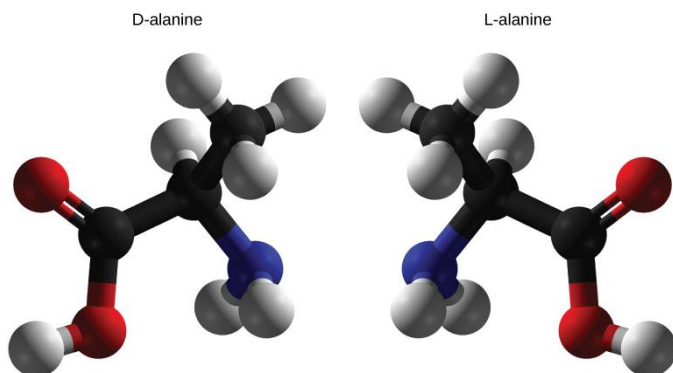


Figura 3.30.7.

D-alanina y L-alanina son ejemplos de enantiómeros o imágenes especulares. Solo las formas L de los aminoácidos se utilizan para fabricar proteínas.

+ : Grupos funcionales

Los grupos funcionales son grupos de átomos que se encuentran dentro de las moléculas y les confieren propiedades químicas específicas. Se encuentran a lo largo de la "columna vertebral de carbono" de las macromoléculas. Este esqueleto carbonado está formado por cadenas y/o anillos de átomos de carbono con la sustitución ocasional de algún elemento como el nitrógeno o el oxígeno. Las moléculas con otros elementos en su columna vertebral de carbono son hidrocarburos sustituidos.

Los grupos funcionales de una macromolécula suelen estar unidos al esqueleto de carbono en uno o más lugares diferentes a lo largo de su estructura de cadena y/o anillo. Cada uno de los cuatro tipos de macromoléculas (proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos) tiene su propio conjunto característico de grupos funcionales que contribuye en gran medida a sus diferentes propiedades químicas y su función en los organismos vivos.

Un grupo funcional puede participar en reacciones químicas específicas. Algunos de los grupos funcionales importantes en las

moléculas biológicas se muestran en la Figura 3.30.8.; incluyen: hidroxilo, metilo, carbonilo, carboxilo, amino, fosfato y sulfhidrilo.

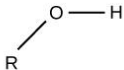
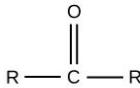
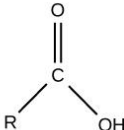
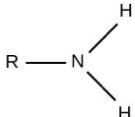
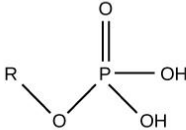
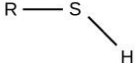
Functional Group	Structure	Properties
Hydroxyl		Polar
Methyl	$R - CH_3$	Nonpolar
Carbonyl		Polar
Carboxyl		Charged, ionizes to release H^+ . Since carboxyl groups can release H^+ ions into solution, they are considered acidic.
Amino		Charged, accepts H^+ to form NH_3^+ . Since amino groups can remove H^+ from solution, they are considered basic.
Phosphate		Charged, ionizes to release H^+ . Since phosphate groups can release H^+ ions into solution, they are considered acidic.
Sulfhydryl		Polar

Figura 3.30.8.

Estos grupos juegan un papel importante en la formación de moléculas como ADN, proteínas, carbohidratos y lípidos. Los grupos funcionales generalmente se clasifican como hidrofóbicos o hidrofílicos según sus características de carga o polaridad. Un ejemplo de un grupo hidrofóbico es la molécula de metilo no polar. Entre los grupos funcionales hidrofílicos se encuentra el grupo carboxilo que se encuentra en los aminoácidos, algunas cadenas laterales de aminoácidos y los ácidos grasos que forman triglicéridos y fosfolípidos.

Este grupo carboxilo se ioniza para liberar iones de hidrógeno (H^+) del grupo $COOH$ que da como resultado el grupo COO^- cargado

negativamente; esto contribuye a la naturaleza hidrófila de cualquier molécula en la que se encuentre. Otros grupos funcionales, como el grupo carbonilo, tienen un átomo de oxígeno parcialmente cargado negativamente que puede formar enlaces de hidrógeno con las moléculas de agua, lo que nuevamente hace que la molécula sea más hidrófila.

Los grupos funcionales que se muestran aquí se encuentran en muchas moléculas biológicas diferentes.

Los enlaces de hidrógeno entre grupos funcionales (dentro de la misma molécula o entre diferentes moléculas) son importantes para el funcionamiento de muchas macromoléculas y les ayudan a plegarse correctamente y mantener la forma adecuada para su funcionamiento. Los enlaces de hidrógeno también participan en varios procesos de reconocimiento, como el emparejamiento de bases complementarias del ADN y la unión de una enzima a su sustrato, como se ilustra en la figura 2.30.

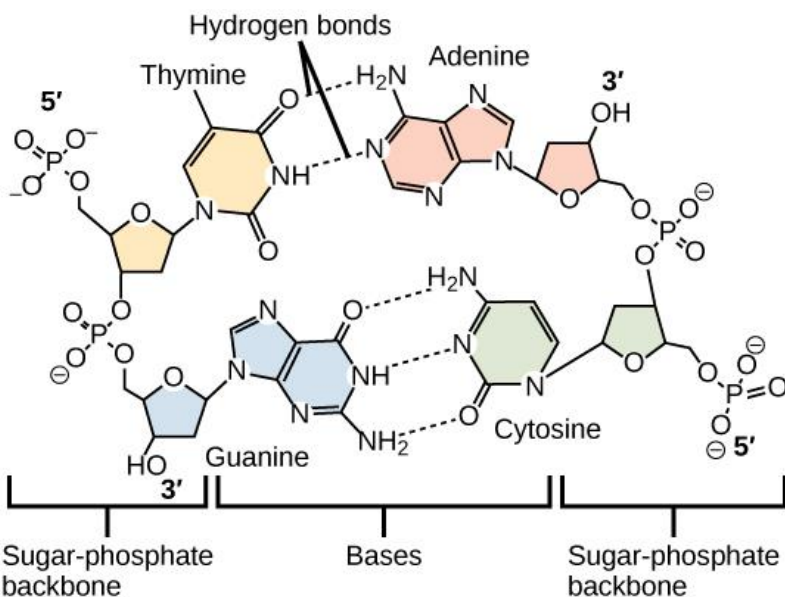


Figura 3.30.9.

Los enlaces de hidrógeno conectan dos hebras de ADN para crear la estructura de doble hélice.

* : El carbón

El carbón es una roca formada a partir de la descomposición de la vida vegetal. Está compuesto principalmente de carbono, con muchos otros oligoelementos. La alta densidad energética del carbón y las extensas reservas que se encuentran en la naturaleza lo hacen útil como combustible para la generación de energía eléctrica en centrales eléctricas de carbón y, en algunos lugares, para la calefacción.



Figura 3.30.10. Carbón Mineral

El carbón se considera de bajo costo porque el construir una central eléctrica de carbón, extraer carbón del suelo y quemarlo no cuesta tanto a una empresa como otras alternativas de combustible (debido a las externalidades que ignora). El carbón también es abundante ya que hay una gran reserva a nivel mundial. Esto ha llevado a la gente a quemar mucho carbón durante siglos, lo que se sigue haciendo hoy.

La formación de carbón comenzó hace varios cientos de millones de años (consulte el chronozoom) en condiciones ambientales muy diferentes a las presentes hoy día. Las aguas ácidas retardaron la descomposición de la materia orgánica y permitieron que esta materia orgánica muerta, mayormente plancton, acumularse en

capas. Luego, el material viejo fue presionado profundamente en la Tierra mientras se cubría con sedimento y finalmente se convirtió en un material marrón desmenuzable denominado turba. Esta turba contiene parte de la energía que se generó mediante la fotosíntesis cuando las plantas estaban vivas.

Los procesos geológicos enterraron aún más esta turba, las altas presiones y temperaturas hicieron que el material perdiera gran parte de sus átomos de hidrógeno y oxígeno, lo que resultó en un material rico en carbono conocido como carbón. Los principales tipos de carbón incluyen antracita, lignito, carbón sub-bituminoso y bituminoso. El tipo de carbón depende de dónde se forma y qué tan evolucionado está, la antracita y el carbón bituminoso son los tipos de carbón más desarrollados y, por lo tanto, están compuestos casi en su totalidad por carbono.

Capítulo XXX : Los gases

* : Historia de los estudios sobre los gases

En 1660, el Honorable Robert Boyle, Padre de la Química y séptimo hijo del conde de Cork, y uno de los fundadores de la Royal Society de Londres, realizó ciertos Experimentos Físico-Mecánicos Tocando la Primavera del Aire. Sostuvo una cantidad de aire en el brazo cerrado de un tubo de vidrio en forma de J por medio de una columna de mercurio y midió el volumen del aire al ser sometido a presiones cada vez mayores. Como resultado de estos experimentos estableció lo que ahora se conoce como Ley de Boyle:

La presión de una masa fija de gas mantenida a temperatura constante (es decir, en un proceso isotérmico) es inversamente proporcional a su volumen.

Es decir, $PV=\text{constante}$. (3.31.1.1)

Experimentos posteriores mostraron que el volumen de una masa fija de gas mantenida a presión constante aumenta linealmente con la temperatura. En particular, la mayoría de los gases tienen aproximadamente el mismo coeficiente de expansión de volumen. A 0°C esto es aproximadamente 0.00366 C^{-1} o $1/273 \text{ C}^{-1}$.

Si se extrapola el volumen de una masa fija de gas mantenida a presión constante a temperaturas cada vez más bajas, el volumen extrapolado caería a cero a $-273 \text{ }^\circ\text{C}$. Esto no es directamente la base de nuestra creencia de que no son posibles temperaturas por debajo de $-273 \text{ }^\circ\text{C}$. Por un lado, un gas real se licuaría mucho antes de que se alcance esa temperatura. No obstante, por razones que se

discutirán en un capítulo mucho más tarde, sí creemos que este es el cero absoluto de temperatura. En cualquier caso:

El volumen de una masa fija de gas mantenida a presión constante (es decir, en un proceso isobárico) es directamente proporcional a su temperatura Kelvin. Por último, La presión de una masa fija de gas mantenida a volumen constante (es decir, en un proceso isocórico) es directamente proporcional a su temperatura Kelvin.

Si P , V y T pueden variar, estas tres leyes se convierten en

$$PV/T = \text{constante} \quad (3.31.1.2)$$

El valor de la constante depende de la cantidad de gas que haya; en particular, es proporcional a cuántos moles (de ahí cuántas moléculas) de gas hay. Eso es

$$PV/T = RN, \quad (3.31.1.3)$$

donde N es el número de moles y R es una constante de proporcionalidad, que se encuentra que es aproximadamente la misma para la mayoría de los gases.

Por supuesto, los gases reales se comportan solo aproximadamente como se describe, y solo siempre que los experimentos se realicen en rangos modestos de temperatura, presión y volumen, y siempre que el gas esté muy por encima de la temperatura a la que se licuará. Sin embargo, siempre que se cumplan estas condiciones, la mayoría de los gases se ajustan bastante bien a la ecuación 3.31.1.3 con aproximadamente la misma constante de proporcionalidad para cada uno.

Un gas que obedece a la ecuación

$$PV = NRT \quad (3.31.1.4)$$

exactamente se llama Gas Ideal, y la ecuación 3.31.1.4 se llama la Ecuación de Estado para un Gas Ideal. En esta ecuación, V es el volumen total del gas, N es el número de moles y R es la Constante Universal de Gas. La ecuación también se puede escribir

$$PV = RT. \quad (3.31.1.5)$$

En este caso, V es el volumen molar. Algunos autores utilizan diferentes símbolos (como V , v y V_m) para el volumen total,

específico y molar. Esto es probablemente una buena idea, y está en cierto riesgo que no voy a hacer esto, y voy a esperar que el contexto deje claro a qué volumen me refiero cuando uso el símbolo simple V en cualquier situación en particular. Obsérvese que, si bien el volumen total es una cantidad extensa, los volúmenes específicos y molares son intensivos.

No es imposible equivocarse por un factor de 10^3 cuando se utiliza la ecuación 3.31.1.5. Si está utilizando unidades CGS, P se expresará en dinas por cm cuadrado, V es el volumen de un mol (es decir, el volumen ocupado por 6.0221×10^{23} moléculas), y el valor de la constante de gas universal es $.8.3145 \times 10^7$ erg mol $^{-1}$ K $^{-1}$. Si está utilizando unidades SI, P se expresará en pascal (N m $^{-2}$), V será el volumen de un kilomol (es decir, el volumen ocupado por 6.0221×10^{26} moléculas), y el valor de la constante de gas universal es 8.3145×10^3 J kilomol $^{-1}$ K $^{-1}$. Si deseas expresar presión en Torr, atm. o barras, y energía en calorías, estás solo.

Se puede escribir la ecuación 3.31.1.4 (con V = volumen total) como $P = nN_A / V RT / N_A$ donde N_A es el número de Avogadro, que es 6.0221×10^{23} moléculas por mol, o 6.02221×10^{26} moléculas por kilomol. El primer término del lado derecho es el número total de moléculas dividido por el volumen; es decir, es el número de moléculas por unidad de volumen, n . En el segundo término, R/N_A es la constante de Boltzmann, $k = 1.3807 \times 10^{-23}$ J K $^{-1}$. De ahí que se pueda escribir la ecuación de estado para un gas ideal

$$P = nkT \quad (3.31.1.6)$$

Dividir ambos lados de la ecuación 3.31.1.5 por la masa molar (“peso molecular”) μ . La densidad ρ de una muestra de gas es igual a la masa molar dividida por el volumen molar, y de ahí también se puede escribir la ecuación de estado para un gas ideal

$$P = \rho RT \mu \quad (3.31.1.7)$$

En resumen, las ecuaciones 3.31.1.4, 3.31.1.5, 3.31.1.6 y 3.31.1.7 son todas formas equivalentes comúnmente vistas de la ecuación de estado para un gas ideal.

A partir de este punto usaré V para significar el volumen molar, a menos que se indique lo contrario, de manera que utilizaré la

ecuación 3.31.1.5 en lugar de 3.31.1.4 para la ecuación de estado para un gas ideal. Tenga en cuenta que el volumen molar (a diferencia del volumen total) es una variable de estado intensivo.

En septiembre de 2007, los valores dados para las constantes físicas mencionadas en el Sitio Web del Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología (<http://physics.nist.gov/cuu/index.html>) fueron:

- Constante molar de gas $R = 8314.472 (15) \text{ J kmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.
- Constante de Avogadro $N_A = 6.022 141 79 (30) \times 10^{23}$ partículas kmol^{-1} .
- Constante de Boltzmann $k = 1.380 6504 (24) \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ por partícula.

El número entre paréntesis es la incertidumbre estándar en las dos últimas cifras.

[Existe una propuesta, que probablemente se haga oficial más adelante, de dar valores numéricos exactos definidos a las constantes de Avogadro y Boltzmann, a saber $6.022 14 \times 10^{23}$ partículas mol^{-1} y $1.380 6 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ por partícula. Esto puede parecer al principio algo parecido a definir π para que sea exactamente 3, pero en realidad no es así en absoluto. Todo es parte de un cambio general en la definición de muchas de las unidades utilizadas en la física en términos de cantidades físicas fundamentales (como la carga en el electrón) más que en términos de barras o cilindros de platino mantenidos en París.]

Capítulo XXXII : Leyes de la termodinámica y la energía

* : La Primera Ley de la termodinámica es:

El incremento de la energía interna de un sistema es igual a la suma del calor agregado al sistema más el trabajo realizado en el sistema.

En símbolos:

$$dU = dQ + dW \quad (3.32.1.1)$$

Puede considerar esto, según gusto, como cualquiera de los siguientes

Una ley fundamental de la naturaleza de la más profunda significación;

- Una reafirmación de la ley de conservación de la energía, que ya conocías;
- Un reconocimiento de que el calor es una forma de energía.
- Una definición de energía interna.

Tenga en cuenta que algunos autores utilizan el símbolo E para la energía interna. La mayoría parece usar U, así que aquí usaremos U.

Tenga en cuenta también que algunos autores escriben la primera ley como $dU = dQ - dW$, por lo que hay que tener claro lo que el autor quiere decir por dW . Es probable que un científico esté interesado en lo que le sucede a un sistema cuando se trabaja en él, y es probable que defina dW como el trabajo realizado en el sistema, en cuyo caso $dU = dQ + dW$. Un ingeniero, en cambio, es más probable que esté preguntando cuánto trabajo puede hacer el sistema, y así preferirá dW para significar el trabajo realizado por el sistema, en cuyo caso $dU = dQ - dW$.

La energía interna de un sistema está compuesta por muchos componentes, cualquiera o todos los cuales pueden incrementarse cuando se agrega calor al sistema o se trabaja en él. Si el sistema es un gas, por ejemplo, la energía interna incluye las energías cinéticas traslacionales, vibracionales y rotacionales de las moléculas. También incluye términos de energía potencial que surgen de las fuerzas entre las moléculas, y también puede incluir energía excitacional si los átomos se excitan a niveles de energía por encima del estado fundamental. Puede ser difícil calcular la energía interna total, dependiendo de qué formas de energía tomes en cuenta. Y claro que los términos de energía potencial siempre dependen de qué estado definas para tener “cero energías potenciales”. Por lo tanto, es realmente imposible definir la energía interna total de un sistema de manera única. Lo que nos dice la primera ley es el incremento de la energía interna de un sistema cuando se le agrega calor y se trabaja en él.

Obsérvese que la energía interna es una función del estado. Esto significa, por ejemplo, en el caso de un gas, cuyo estado está determinado por su presión, volumen y temperatura, que la energía interna está determinada de manera única (aparte de una constante arbitraria) por P , V y T —es decir, por el estado del gas. También significa que al pasar de un estado a otro (es decir, de un punto en el espacio PVT a otro), el cambio en la energía interna es independiente de la ruta. La energía interna puede ser cambiada por el desempeño del trabajo o por la adición de calor, o alguna combinación de cada uno, pero, independientemente de la combinación de trabajo y energía que se agregue, el cambio en la energía interna depende únicamente de los estados inicial y final. Esto significa, matemáticamente, que dU es un diferencial exacto (ver Capítulo 2, Sección 2.1). Los diferenciales dQ y dW , sin embargo, no son diferenciales exactos.

Obsérvese que, si se trabaja en un Cuerpo por fuerzas en el Resto del Universo, y el calor se transfiere al Cuerpo desde el Resto del Universo (también conocido como los Alrededores del Cuerpo), la energía interna del Cuerpo aumenta en $dQ + dW$, mientras que la energía interna del Resto del Universo (los Alrededores) disminuye en la misma cantidad. Así la energía interna del Universo es constante. Se trata de una declaración equivalente de la Primera Ley.

También a veces se afirma como “La energía no puede crearse ni destruirse”.

+ : Trabajo

Hay muchas maneras en las que se puede hacer el trabajo en un sistema. Puede comprimir un gas; puede magnetizar un poco de hierro; puede cargar una batería; puede estirar un cable o girarlo; puede agitar un vaso de precipitados con agua.

Algunos de estos procesos son reversibles; otros son irreversibles o disipativos. El trabajo realizado en la compresión de un gas es reversible si es cuasistático, y las presiones internas y externas difieren entre sí siempre en solo una cantidad infinitesimal. La carga de una batería de plomo-ácido de automóvil puede ser casi reversible; cargar o descargar una batería de linterna no lo es, porque tiene una alta resistencia interna, y las reacciones químicas son irreversibles. Estirar o torcer un alambre es reversible siempre y cuando no superes el límite elástico. Si superas el límite elástico, no volverá a su longitud original; es decir, exhibe histéresis elástica. Cuando magnetizas una muestra de metal, estás trabajando en ella girando los pequeños momentos magnéticos dentro del metal. ¿Esto es reversible? Para responder a esto, lea sobre el fenómeno de la histéresis magnética en el Capítulo 12, Sección 12.6, de Electricidad y Magnetismo.

El trabajo que es reversible a veces se llama trabajo de configuración. También a veces se le llama trabajo PdV , porque ese es un ejemplo común. El trabajo que no es reversible a veces se llama trabajo disipativo. Forzar una corriente eléctrica a través de un cable es claramente disipativo.

Durante gran parte del tiempo, estaremos considerando el trabajo que se realiza en un sistema comprimiéndolo. Los sólidos y líquidos requieren enormes presiones para cambiar sus volúmenes significativamente, por lo que a menudo estaremos considerando un gas. Imaginamos, por ejemplo, que tenemos una cantidad de gas retenido en un cilindro por un pistón. El trabajo realizado para comprimirlo en un proceso reversible es $-PdV$. Si te estás preguntando “¿Es P la presión que el gas está ejerciendo sobre el pistón, o la presión que el pistón está ejerciendo sobre el gas?”

Recordemos que estamos considerando un proceso reversible y cuasistático, de manera que la diferencia entre ambos sea infinitesimal en todas las etapas. Recuerda también que, en cálculo, si x es alguna cantidad escalar, la expresión dx no significa vagamente el “cambio” en x (una palabra mal definida), sino que significa el incremento o decremento en x . Así, el símbolo dV significa el aumento de volumen, lo cual es negativo si estamos trabajando en el gas comprimiéndolo. En cualquier caso, ya sea que adopte la convención de científicos o la convención de ingenieros (pruebe ambas) la primera ley, cuando se aplica a la compresión o expansión de un gas, se convierte en

$$dU = dQ - PdV. (3.32.2.1)$$

+ : Entropía

Definición: Diferencial de Entropía

Si se agrega una cantidad infinitesimal de calor dQ a un sistema a temperatura T , y si no se realiza un trabajo irreversible en el sistema, el aumento en la entropía dS del sistema se define por

$$dS = dQ/T \quad (3.32.3.1)$$

Ejercicio 7.3.1

¿Cuáles son las unidades SI de entropía?

Tenga en cuenta que, dado que se supone que dQ es una cantidad infinitesimal de calor, cualquier incremento en la temperatura también es infinitesimal. Obsérvese también que, al igual que con la energía interna, solo hemos definido lo que se entiende por un aumento de la entropía, por lo que no estamos en posición de afirmar cuál es la entropía de un sistema. (Mucho más tarde, daremos evidencia de que la entropía molar de todas las sustancias es la misma en el cero absoluto de temperatura. Entonces puede ser conveniente definir el cero de la escala de entropía como la entropía molar en el cero absoluto de temperatura. En la actualidad, aún no hemos demostrado que haya un cero absoluto de temperatura, y mucho menos de entropía.)

A la pregunta “¿Qué se entiende por entropía?” un estudiante suele responder con “La entropía es el estado de desorden de un sistema”.

¡Qué respuesta tan vaga, poco cuantitativa y cercana a carente de sentido que es! ¿Qué se entiende por “desorden”? ¿Qué podría entenderse con una afirmación como “El estado de desorden de este sistema es de 5 julios por kelvin”? ¡Dios! ¡Daría nada de diez marcas por tal respuesta! Ahora bien, es cierto, cuando llegamos a los temas de mecánica estadística, termodinámica estadística y teoría de mezclas, que hay un sentido en el que la entropía de un sistema es una especie de medida del estado de desorden, en el sentido de que cuanto más desordenado o mezclado aleatoriamente es un sistema, el mayor su entropía, y los procesos aleatorios conducen a más desorden y a mayor entropía. En efecto, todo esto está conectado con la segunda ley de la termodinámica, que aún no hemos tocado. Pero por favor, en la presente etapa, la entropía se define como he dicho anteriormente, y, por el momento, significa nada menos y nada más.

Se habrá señalado que, en nuestra definición de entropía hasta el momento, especificamos que no se haga ningún trabajo irreversible en el sistema. ¿Y si se realiza algún trabajo irreversible? Supongamos que sí trabajamos en un gas de dos maneras. (Elijo un gas en esta discusión, porque es más fácil imaginar comprimir un gas con PdV

trabajo que, con un sólido o un líquido, porque la compresibilidad de un sólido o un líquido es relativamente baja. Pero el mismo argumento se aplica a cualquier sustancia.) Lo comprimimos con el pistón, pero, al mismo tiempo, también lo agitamos con una paleta. En ese caso, el trabajo realizado sobre el gas es más que $-PdV$. (Recuerda que $-PdV$ es positivo.) Si no lo comprimimos en absoluto, sino solo lo agitamos, dV sería cero, pero aun así habríamos trabajado en el gas agitando. Supongamos que el trabajo realizado en el gas es

$$\delta W = -PdV + \delta W_{irr} \quad (3.32.3.2)$$

La parte δW_{irr} es la parte irreversible o disipativa del trabajo realizado sobre el gas; es irrecuperable como trabajo, y se convierte irremediamente en calor. No se puede utilizar para darle la vuelta al remo. Tampoco se puede enfriar el gas girando la paleta hacia atrás.

Ahora podemos definir el incremento de la entropía en el proceso irreversible mediante

$$TdS = dQ + dW_{irr} \quad (3.32.3.3)$$

es decir,

$$dS = dQ + dW_{irr}/T \quad (3.32.3.4)$$

Es decir, dado que dW_{irr} se convierte irreversiblemente en calor, es como si fuera parte de la adición de calor.

En resumen,

$$dU = dQ + dW \quad (3.32.3.5)$$

y

$$dU = TdS - PdV \quad (3.32.3.6)$$

aplicar si hay trabajo reversible o irreversible. Pero sólo si no hay trabajo irreversible (irrecuperable) hace $dQ = TdS$ y $dW = -PdV$. Si hay algún trabajo irreversible,

$$dW = -PdV + dW_{irr} \quad (3.32.3.7)$$

y

$$dQ = TdS - dW_{irr} \quad (3.32.3.8)$$

Por supuesto que hay otras formas de trabajo reversible además del PdV trabajo; solo usamos la expansión de gases como un ejemplo conveniente.

Tenga en cuenta que PV , yT son variables de estado (juntas, definen el estado del sistema) y U es una función de estado. Así la entropía, también, es una función del estado. Es decir que el cambio en la entropía a medida que avanzas de un punto en PVT -espacio a otro punto es independiente de la ruta. Si regresas al mismo punto en el que empezaste (el mismo estado, los mismos valores de P , V y T), no hay cambio en la entropía, así como no hay cambio en la energía interna.

Definición: Capacidad calorífica específica

La capacidad calorífica específica C de una sustancia es la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de la masa unitaria de la misma en un grado. Volveremos al tema de la capacidad calorífica en el Capítulo 8. Por el momento, solo necesitamos saber qué

significa, para poder hacer el siguiente ejercicio referente a la entropía.

Ejemplo 3.32.1

Un litro (masa = 1 kg) de agua se calienta de 0 o C a 100 o C. ¿Cuál es el aumento de la entropía? Supongamos que la capacidad calorífica específica del agua es $C = 4184 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$, que no varía significativamente a través del rango de temperatura de la pregunta, y que el agua no se expande significativamente, de manera que no hay cantidad significativa de trabajo (reversible o irreversible) está hecho.

Solución

El calor requerido para calentar una masa m de una sustancia a través de un rango de temperatura dT

Es $mCdT$. La entropía ganada entonces es $mCdT/T$. Por lo tanto, la entropía ganada en un rango de temperatura finito es

$$mC \int_{T_1}^{T_2} dT/T = mC \ln(T_2/T_1) = 1 \times 4184 \times \ln(373.15/273.15) = 1305 \text{ JK}^{-1}$$

* : La Segunda Ley de la Termodinámica

En una famosa conferencia titulada Las dos culturas, impartida en 1959, el novelista C. P. Snow comentó sobre una actitud intelectual común de la época -que la verdadera educación consistía en la familiaridad con las humanidades, la literatura, las artes, la música y los clásicos, y que los científicos eran meros técnicos incultos e ignorantes especialistas que nunca leyeron ninguna de las grandes obras de la literatura. Describió cómo a menudo había sido provocado por tal actitud para preguntar a algunos de los autoproclamados intelectuales si podían describir la Segunda Ley de la Termodinámica —pregunta a la que invariablemente recibió una respuesta fría y negativa. Sin embargo, dijo, se limitaba a preguntar algo sobre el equivalente científico de “¿Has leído una obra de Shakespeare?”

Entonces te sugiero que, si nunca has leído una obra de Shakespeare, toma un descanso por un momento de la termodinámica, ve a leer El sueño de Una noche de verano, y regresa refrescado y listo para

completar tu educación integral aprendiendo la Segunda Ley de la Termodinámica.

Hemos definido la entropía de tal manera que, si se agrega reversiblemente una cantidad de calor dQ a un sistema a temperatura T , el incremento en la entropía del sistema es $dS = dQ/t$. También señalamos que, si el calor se transfiere irreversiblemente, $dS > Dq/t$.

Consideremos ahora la siguiente situación (figura VII.1).

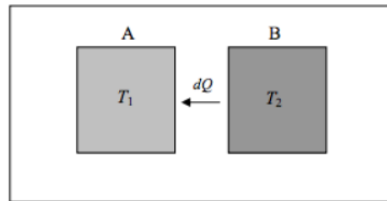


FIGURE VII.1

Un sistema aislado consta de dos cuerpos, A a temperatura T_1 y B a temperatura T_2 , tal que $T_2 > T_1$. El calor eventualmente se intercambiará entre los dos cuerpos, y en general se transferirá más calor de B a A que de A a B. Es decir, habrá una transferencia neta de calor, dQ , de B a A. Quizás este calor sea transferido por radiación. Cada cuerpo está enviando numerosos fotones de energía, pero hay, en su conjunto, un flujo neto de fotones de B a A.

O tal vez los dos cuerpos están en contacto, y el calor se está transfiriendo por conducción. Las vibraciones en el cuerpo caliente son más vigorosas que las del cuerpo frío, por lo que habrá una transferencia neta de calor de B a A. Sin embargo, dado que la emisión de fotones en el primer caso, y las vibraciones en el segundo lugar, son aleatorias, se admitirá que no es imposible que en algún momento más los fotones pueden moverse de A a B que de B a A.

O, en el caso de la conducción, la mayoría de los átomos en A pasa que se mueven hacia la derecha mientras que solo unos pocos átomos en B se mueven hacia la izquierda en el curso de sus oscilaciones. Pero, si bien admite que esto es en principio posible y no fuera de las leyes de la física, es sumamente improbable que suceda en la práctica; de hecho, tan improbable que apenas se tome en serio. Así, en cualquier proceso natural, espontáneo, sin la

intervención de una Inteligencia Externa, es casi seguro que habrá una transferencia neta de calor de B a A. Y este proceso, salvo el conjunto de circunstancias más improbables, es irreversible.

El cuerpo caliente perderá una cantidad de entropía dQ/t_2 , mientras que el cuerpo frío ganará una cantidad de entropía dQ/t_1 , que es mayor que dQ/t_2 . Así, la entropía del sistema aislado como un todo aumenta en $dQ/t_1 - dQ/t_2$.

A partir de este argumento, concluimos fácilmente que cualquier proceso termodinámico natural, espontáneo e irreversible que tenga lugar dentro de un sistema aislado probablemente conduzca a un aumento de la entropía del sistema. Esta es quizás la afirmación más simple de la Segunda Ley de la Termodinámica.

He utilizado la frase “es probable que”, aunque se comprenderá que en la práctica la posibilidad de que la entropía pueda disminuir en un proceso natural es tan improbable que sea prácticamente impensable, a pesar de que en principio podría suceder sin violar ninguna ley fundamental de la física.

Se podría considerar al Universo como un sistema aislado. Piensa en un Cuerpo sólido sentado en algún lugar del Universo. Si el Cuerpo está caliente, puede perder calor espontáneamente al Resto del Universo. Si hace frío, puede absorber espontáneamente el calor del Resto del Universo. De cualquier manera, durante el transcurso de un proceso espontáneo, la entropía del Universo aumenta.

La transferencia de calor de un cuerpo caliente a un cuerpo más frío, de manera que ambos terminan a la misma temperatura intermedia, implica, en efecto, la mezcla de un conjunto de moléculas de rápido movimiento y un conjunto de moléculas de movimiento lento. Una situación similar surge si comenzamos con una caja que tiene una partición por la mitad, y a un lado de la partición hay un gas de moléculas azules y en el otro hay un gas de moléculas rojas. Si retiramos la partición, eventualmente los gases se mezclarán en un gas homogéneo.

Por sólo una ligera extensión de la idea de entropía discutida en los cursos de mecánica estadística, esta situación puede describirse como un aumento de la entropía —llamada, de hecho, la entropía de la mezcla. Si vieras dos fotografías, en una de las cuales se

separaron las moléculas azul y roja, y en la otra se mezclaron a fondo los dos colores, concluiría que esta última fotografía probablemente fue tomada más tarde que la primera. Pero sólo “probablemente”; es concebible, dentro de las leyes de la física, que las velocidades de las moléculas azul y roja se separen sin intervención externa. Esto se permitiría perfectamente dentro de las leyes de la física. En efecto, si las velocidades de todas las moléculas en los gases mixtos se invirtieran, los gases eventualmente se separarían en sus dos componentes. Pero esto parecería tan improbable que nunca ocurriera en la práctica.

La segunda ley dice que la entropía de un sistema aislado es probable (¡muy probable!) para aumentar con el tiempo. En efecto se podría argumentar que el incremento de la entropía es el criterio que define la dirección de la flecha del tiempo. (Para más información sobre la flecha del tiempo, consulte la Sección 15.12 de las notas sobre Electricidad y Magnetismo de esta serie. Lea también el artículo sobre la flecha del tiempo de Paul Davis, *Astronomy & Geophysics* (Royal Astronomical Society) 46, 26 (2005). Probablemente también disfrutará de *La máquina del tiempo* de H. G. Wells.)

Obsérvese que, en el ejemplo de nuestros dos cuerpos intercambiando calor, uno pierde entropía mientras que el otro gana entropía; pero la ganancia por uno es mayor que la pérdida del otro, con el resultado de que hay un incremento en la entropía del sistema en su conjunto. El principio del incremento de la entropía se aplica a un sistema aislado.

Por si alguna vez te has preguntado (¿quién no?) cómo surgió la vida en la Tierra, ahora tienes un rompecabezas. Seguramente la génesis y posterior evolución de la vida en la Tierra representa un incremento en el orden y la complejidad, y de ahí una disminución en la entropía de la mezcla. De esto se puede concluir que la génesis y posterior evolución de la vida en la Tierra requiere de la Intervención Divina, o Diseño Inteligente, y que la Segunda Ley de la Termodinámica proporciona Prueba de la Existencia de Dios. O puede concluir que la Tierra no es un sistema termodinámico aislado. Su elección.

Capítulo XXXIII : Capacidad calorífica

* : Definición de la capacidad calórica de un cuerpo:

La capacidad calorífica de un cuerpo es la cantidad de calor requerida para elevar su temperatura en un grado. Su unidad SI es J K^{-1} .

Definición: La capacidad calorífica específica de una sustancia es la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de la masa unitaria de la misma en un grado. Su unidad SI es $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$.

Definición: La capacidad calorífica molar de una sustancia es la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de una cantidad molar de la misma en un grado. (Digo “cantidad molar”. En los cálculos de CGS utilizamos el mol — alrededor de 6×10^{23} moléculas. En los cálculos de SI utilizamos el kilomol — alrededor de 6×10^{26} moléculas.) Su unidad SI es $\text{J kilomol}^{-1} \text{K}^{-1}$.

Algunos valores numéricos de capacidad calorífica específica y molar se dan en la Sección 3.30.7.

A veces se escucha la expresión “el calor específico” de una sustancia. Se presume que lo que se entiende es la capacidad calorífica específica.

Las definiciones anteriores a primera vista parecen fáciles de entender, pero hay que tener cuidado. Imaginemos de nuevo un gas sostenido en un cilindro por un pistón móvil. Elijo un gas porque su volumen puede cambiar muy obviamente al aplicar presión o cambiando la temperatura. El volumen de un sólido o de un líquido también cambiará, pero sólo en una cantidad pequeña y menos

obvia. Si suministras calor a un gas al que se le permite expandirse a presión constante, parte del calor que suministres va a hacer trabajo externo, y solo una parte de este va hacia elevar la temperatura del gas. Por otro lado, si mantienes constante el volumen del gas, todo el calor que suministres va hacia elevar la temperatura. En consecuencia, se requiere más calor para elevar la temperatura del gas en un grado si se permite que el gas se expanda a presión constante que si el gas se mantiene a volumen constante y no se le permite expandirse. Así, la capacidad calorífica de un gas (o de cualquier sustancia para el caso) es mayor si el calor se suministra a presión constante que si se suministra a volumen constante. Así tenemos que distinguir entre la capacidad calorífica a volumen constante C_V y la capacidad calorífica a presión constante C_P , y, como hemos visto $C_P > C_V$.

Si el calor se agrega a volumen constante, simplemente tenemos que $dU = dQ = C_V dT$.

Otro detalle que requiere un poco de cuidado es este. La capacidad calorífica específica de una sustancia bien puede variar con la temperatura, incluso, en principio, sobre el rango de temperatura de un grado mencionado en nuestras definiciones. Por lo tanto, realmente tenemos que definir la capacidad calorífica a una temperatura dada en términos del calor requerido para elevar la temperatura en una cantidad infinitesimal en lugar de a través de un rango finito. Por lo tanto, quizás sea más fácil definir la capacidad calorífica a volumen constante en símbolos de la siguiente manera:

$$C_V = (\partial U / \partial T)_V \quad (3.33.1.1)$$

(Advertencia: No asuma que $C_P = (U / T)_P$. Eso no es así. La expresión correcta se da como ecuación 9.1.13 en el Capítulo 9 sobre Entalpía.)

Al igual que con muchas ecuaciones, esto se aplica igualmente tanto si estamos tratando con capacidad calorífica total, específica o molar o energía interna.

Si el calor se suministra a presión constante, parte del calor suministrado va a realizar trabajos externos PdV , y por lo tanto

$$C_P dT = C_V dT + PdV \quad (3.33.1.2)$$

Para un mol de un gas ideal a presión constante, $P dV = R dT$, y por lo tanto, para un gas ideal,

$$C_p = C_v + R \quad (3.33.1.3)$$

donde, en esta ecuación, C_p y C_v son las capacidades caloríficas molares de un gas ideal.

Veremos en el Capítulo 10, Sección 10.4, si podemos desarrollar una expresión más general de la diferencia en las capacidades caloríficas de cualquier sustancia, no sólo de un gas ideal. Pero sigamos, por el momento con un gas ideal.

En un gas ideal, no hay fuerzas entre las moléculas, y por lo tanto no hay términos de energía potencial que involucren las distancias intermoleculares en el cálculo de la energía interna. En otras palabras, la energía interna es independiente de las distancias entre las moléculas, y por lo tanto la energía interna es independiente del volumen de una masa fija de gas si la temperatura (de ahí la energía cinética) se mantiene constante. Es decir, para un gas ideal,

$$(\partial U / \partial V)_T = 0 \quad (3.33.1.4)$$

Pensemos ahora en un gas monatómico, como el helio o el argón. Cuando suministramos calor a (y elevamos la temperatura de) un gas monatómico ideal, estamos aumentando la energía cinética traslacional de las moléculas. Si el gas es ideal, para que no haya fuerzas intermoleculares entonces todo el calor introducido va a aumentar la energía cinética de traslación (es decir, la temperatura) del gas. (Recordemos que un gas a baja presión es casi ideal, porque entonces las moléculas están tan separadas que cualquier fuerza intermolecular es insignificante). Recordemos de la Sección 6.5 que la energía cinética traslacional de las moléculas en un mol de gas es $3/2RT$. La energía interna molar, entonces, de un gas monatómico ideal es

$$U = 3/2RT + \text{constant} \quad (3.33.1.5)$$

De la ecuación 8.1.1, por lo tanto, la capacidad calorífica molar a volumen constante de un gas monoatómico ideal es

$$C_v = 3/2R \quad (3.33.1.6)$$

Las capacidades caloríficas molares de los gases monatómicos reales cuando están muy por encima de sus temperaturas críticas se encuentran realmente cerca de esto.

Sin embargo, cuando se trata de gases poliatómicos, las capacidades caloríficas son mayores. Esto se debe a que, cuando suministramos calor, solo parte de él va hacia el aumento de la energía cinética traslacional (temperatura) del gas. Parte del calor se destina a incrementar la energía cinética rotacional de las moléculas. (¡Espera! Algunos de ustedes se están preguntando: “Pero ¿no rotan los átomos de helio y argón? ¿No tienen energía cinética rotacional?” Estas son muy buenas preguntas, pero voy a fingir por el momento que no te he escuchado. Quizás, antes de llegar al final de esta sección, pueda escuchar.)

Cuando dos moléculas chocan de frente, hay un intercambio de energía cinética traslacional entre ellas. Pero si tienen una colisión de mirada, hay un intercambio de energías cinéticas traslacionales y rotacionales. Si millones de moléculas chocan entre sí, hay un intercambio constante de energías cinéticas traslacionales y rotacionales. Cuando se ha establecido un equilibrio dinámico, la energía cinética se compartirá equitativamente entre cada grado de energía cinética traslacional y rotacional. (Este es el Principio de Equipartición de la Energía.) Sabemos que la energía cinética traslacional por mol es $\frac{3}{2}RT$ -es decir, $\frac{1}{2}RT$ por cada grado de libertad traslacional ($\frac{1}{2}m\overline{u^2}$, $\frac{1}{2}m\overline{v^2}$, $\frac{1}{2}m\overline{w^2}$). Hay una cantidad igual de energía cinética de rotación (con una excepción que se anotará a continuación), de manera que la energía interna asociada a un mol de un gas poliatómico es de $3RT$ más una constante, y en consecuencia la capacidad calorífica molar de un gas poliatómico ideal es

$$C_V = 3R \quad (3.33.1.7)$$

Se necesita el doble de calor para elevar la temperatura de un mol de un gas poliatómico en comparación con un gas monatómico.

La excepción que mencionamos es para las moléculas lineales. Se trata de moléculas en las que todos los átomos están en línea recta. Esto necesariamente incluye, por supuesto, todas las moléculas diatómicas (el oxígeno y nitrógeno en el aire que respiramos) así

como algunas moléculas más pesadas como el CO_2 , en el que todas las moléculas (al menos en el estado fundamental) están en línea recta. (La molécula H_2O no es lineal.) En las moléculas lineales, el momento de inercia alrededor del eje internuclear es insignificante, por lo que solo hay dos grados de libertad rotacional, correspondientes a la rotación alrededor de dos ejes perpendiculares entre sí y al eje internuclear. Así, hay cinco grados de libertad en todos (tres de traslación y dos de rotación) y la energía cinética asociada a cada grado de libertad es $1/2RT$ por mol para un total de $5/2RT$ por mol, por lo que la capacidad calorífica molar es

$$C_v = 5/2R \quad (3.33.1.8)$$

Resumen: Un gas monoatómico tiene tres grados de libertad de traslación y ninguno de libertad rotacional, por lo que esperaríamos que su capacidad calorífica molar sea $3/2RT$.

Un gas poliatómico diatómico o lineal tiene tres grados de libertad de traslación y dos de libertad rotacional, por lo que esperaríamos que su capacidad calorífica molar sea $5/2RT$.

Un gas poliatómico no lineal tiene tres grados de libertad de traslación y tres de libertad rotacional, por lo que esperaríamos que su capacidad calorífica molar sea de $3R$.

¿Cómo se comportan los gases reales en comparación con estas predicciones? Los gases monoatómicos (helio, neón, argón, etc) se comportan muy bien. Los gases diatómicos bastante bien, aunque a temperatura ambiente las capacidades caloríficas molares de algunos de ellos son un poco mayores de lo previsto, mientras que a bajas temperaturas las capacidades caloríficas molares caen por debajo de lo que se predice. De hecho, por debajo de aproximadamente 60 K la capacidad calorífica molar del hidrógeno desciende a aproximadamente $3/2RT$

-como si se hubiera convertido en un gas monoatómico o, aunque todavía diatómico, se evitó de alguna manera que las moléculas giren. Las capacidades caloríficas molares de las moléculas poliatómicas no lineales tienden a ser más altas de lo previsto.

Primero tratemos de por qué las capacidades de calor molar de las moléculas poliatómicas y algunas moléculas diatómicas son un poco

más altas de lo previsto. Esto se debe a que las moléculas pueden vibrar. Cuando agregamos calor, parte del calor se agota para aumentar la velocidad de rotación de las moléculas, y algunas se agotan para hacer que vibren, por lo que necesita mucho calor para provocar un aumento de la temperatura (energía cinética traslacional). La posibilidad de vibración agrega más grados de libertad, y otro $1/2RT$

a la capacidad calorífica molar por cada grado extra de vibración. Para ser estrictamente correctos, el “número de grados de libertad” en este sentido es el número de términos cuadrados que contribuyen a la energía interna. Cada modo vibracional agrega dos términos de este tipo: un término de energía cinética y un término de energía potencial. Esto significa que la capacidad calorífica molar prevista para un gas molecular diatómico no rígido sería $7/2RT$. Los gases poliatómicos tienen muchos modos de vibración y, en consecuencia, una mayor capacidad calorífica molar.

Entonces, ¿por qué la capacidad calorífica molar del hidrógeno molecular no es $7/2RT$ a todas las temperaturas? ¿Por qué se trata $5/2RT$ a temperatura ambiente, como si se tratara de una molécula rígida que no pudiera vibrar? Es cierto que a temperaturas más altas la capacidad calorífica molar sí aumenta, aunque nunca alcanza del todo $7/2RT$ antes de que la molécula se disocie. ¿Por qué disminuye la capacidad calorífica molar a temperaturas más bajas, llegando $3/2RT$ a 60 K, como si ya no pudiera rotar?

Hagamos algunas preguntas más, que están relacionadas con éstas. Dijimos antes que un gas monoatómico no tiene grados de libertad rotacional. ¿Por qué no? Es cierto que el momento de inercia es muy pequeño, pero, si aceptamos el principio de equiparación de la energía, ¿no debería cada grado de libertad rotacional contener tanta energía como cada grado de libertad traslacional? También, dijimos que una molécula lineal tiene apenas dos grados de libertad. Es cierto que el momento de inercia alrededor del eje inter nuclear es muy pequeño. Esto no es lo mismo que decir que no puede girar alrededor de ese eje. Si todos los grados de libertad comparten por igual la energía interna, entonces la velocidad angular alrededor del eje inter nuclear debe ser correspondientemente grande.

Ahora podría poner varias excusas sobre estos problemas. El hecho es, sin embargo, que el modelo clásico que he descrito puede quedar bien al principio, pero, cuando empezamos a hacer estas preguntas incómodas, se hace evidente que la teoría clásica realmente no logra responderlas satisfactoriamente. En verdad, el fracaso de la teoría clásica para explicar los valores observados de las capacidades caloríficas molares de los gases fue uno de los varios fracasos de la teoría clásica que ayudó a dar lugar al nacimiento de la teoría cuántica.

La teoría cuántica, de hecho, explica espectacularmente bien y en detalle las capacidades térmicas específicas de las moléculas y cómo las capacidades térmicas varían con la temperatura. Este tema suele tratarse en cursos sobre termodinámica estadística, y aquí solo menciono brevemente la explicación. La solución de la ecuación de Schrödinger para un rotador rígido muestra que la energía rotacional puede existir con una serie de valores discretos separados, y la población de estos niveles de energía rotacional se rige por la ecuación de Boltzmann de la misma manera que la población de los niveles de energía electrónica en un átomo. A temperaturas de 60 K, el espaciamiento de los niveles de energía rotacional es grande en comparación con kT , por lo que los niveles de energía rotacional están desocupados. Así, en ese sentido muy real, la molécula de hidrógeno efectivamente deja de girar a bajas temperaturas. El espaciamiento del nivel de energía es inversamente proporcional al momento de inercia, y el momento de inercia alrededor del eje inter nuclear es tan pequeño que la energía del primer nivel de energía rotacional alrededor de este eje es mayor que la energía de disociación de la molécula, por lo que de hecho la molécula no puede rotar sobre el eje inter nuclear.

También se cuantifica la energía vibracional, pero el espaciamiento de los niveles vibracionales es mucho mayor que el espaciamiento de los niveles de energía rotacional, por lo que no se excitan a temperatura ambiente. Esto ha sido solo un breve relato de por qué la mecánica clásica falla y la mecánica cuántica logra predecir correctamente las capacidades térmicas observadas de los gases. Es un tema muy interesante, y el lector bien puede querer aprender más al respecto —pero eso tendrá que ser en otra parte.

+ : Relación de las Capacidades de Calor de un Gas

La relación de las capacidades de calor de un gas a presión constante y a volumen constante juega un papel importante en muchos cálculos que involucran la expansión y contracción de gases. La relación aparece, por ejemplo, de muchos que podrían elegirse, en la expresión teórica para la velocidad del sonido en un gas. Cuanto mayor sea la relación C_p/C_v , más rápida será la velocidad del sonido. La relación generalmente se le da el símbolo γ :

$$C_p/C_v = \gamma \quad (3.33.2.1)$$

Aparte de cualquier otra razón, una razón de su importancia es que la relación es más fácil de medir con precisión que cualquiera de las capacidades de calor por separado. Por ejemplo, podrías determinarlo a partir de una medición de la velocidad del sonido, que es más fácil que agregar calor a una muestra de gas a presión constante y nuevamente a volumen constante y medir el aumento de temperatura.

Hemos visto que, para los gases que se comportan como nos gustaría que se comportaran, las capacidades térmicas molares C_v a temperaturas constantes para gases monoatómicos, diatómicos y poliatómicos no lineales sin vibración molecular son respectivamente $3/2R$, $5/2R$, y $3R$. Y ya que, para un gas ideal, $C_p = C_v + R$, (ecuación 8.1.3), esperamos que los valores correspondientes para C_p sean $5/2R$, $7/2R$ y $4R$. y Así los valores esperados de γ son $5/3$, $7/5$ y $4/3$.

+ : Expansión isotérmica de un Gas Ideal

Un gas ideal obedece a la ecuación de estado $PV = RT$ (V = volumen molar), de manera que, si una masa fija de gas mantenida a temperatura constante se comprime o se permite que se expanda, su presión y volumen variarán según $PV = \text{constante}$. Es decir, la Ley de Boyle. Podemos calcular el trabajo realizado por un mol de un gas ideal en una expansión isotérmica reversible del volumen V_1 al volumen V_2 de la siguiente manera.

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P dV = RT \int_{V_1}^{V_2} dV/V = RT \ln(V_2/V_1) \quad (3.33.3.1)$$

+ : Expansión Adiabática Reversible de un Gas Ideal

Un proceso adiabático es aquel en el que no entra ni sale calor del sistema, y por lo tanto, para un proceso adiabático reversible la primera ley toma la forma $dU = -PdV$. Pero a partir de la ecuación 3.30.1.1, $C_V = (U/T)_V$. Pero la energía interna de un gas ideal depende sólo de la temperatura y es independiente del volumen (porque no hay fuerzas intermoleculares), y así, para un gas ideal, $C_V = dU/dT$, y así tenemos $dU = C_V dT$. Así, para un proceso adiabático reversible y un gas ideal, $C_V dT = -PdV$. (El signo menos muestra que a medida que aumenta V , T disminuye, como se esperaba). Pero para un mol de un gas ideal, $PV = RT = (C_P - C_V) T$, o $P = (C_P - C_V) T/V$.

Por lo tanto

$$C_V dT = -(C_P - C_V) T dV/V \quad (3.33.4.1)$$

(Quizás se esté preguntando si C y V son cantidades molares, específicas o totales. Si miras la ecuación estarás de acuerdo en que es válida si las capacidades de volumen y calor son molares, específicas o totales.)

Separe las variables y escriba γ para C_P/C_V :

$$dT/T + (\gamma - 1) dV/V = 0 \quad (3.33.4.2)$$

Integrar:

$$TV^{\gamma-1} = \text{constant} \quad (3.33.4.3)$$

Esto muestra cómo la temperatura y el volumen de un gas ideal varían durante una expansión o compresión adiabática reversible. Si el gas se expande, la temperatura baja. Si el gas se comprime, se calienta. Por supuesto la presión también varía, y el gas ideal se ajusta a la ecuación $PV/T = \text{constante}$. Sobre la eliminación de T obtenemos

$$PV^\gamma = \text{constant} \quad (3.33.4.4)$$

Sobre la eliminación de V obtenemos

$$P^{-(\gamma-1)} T^\gamma = \text{constant} \quad (3.33.4.5)$$

En la figura VIII.1 dibujo, como curvas de luz, cinco isothermas —es decir, las trayectorias que serían tomadas por un gas ideal en el plano PV en procesos isotérmicos a cinco temperaturas.

También muestro, como línea más pesada, un adiabat, $PV^\gamma =$ constante, que calculé para $\gamma = 5/3$. El adiabat es más empinada que las isotermas, y la curva muestra que, a medida que el gas se expande adiabáticamente, la temperatura baja. Si conoces la temperatura original y los volúmenes antiguos y nuevos, la ecuación 3.33.4.3 te permitirá calcular la nueva temperatura. Si conoces la temperatura original y las presiones antiguas y nuevas, la ecuación 3.33.4.5 te permitirá calcular la nueva temperatura. Si bien estos argumentos puramente termodinámicos muestran que un gas se calienta más si lo comprime, esto también es de esperar a nivel microscópico. Así, si una molécula rebota elásticamente contra un pistón que se mueve hacia ella, ganará energía cinética, y perderá energía cinética si rebota en un pistón que se aleja de él.

Calculemos el trabajo realizado por un mol de un gas ideal en una expansión adiabática reversible de (P_1, V_1) a (P_2, V_2) :

$$W = \int_{V_1}^{V_2} PdV \quad (3.33.4.6)$$

Para una expansión adiabática reversible, $PV^\gamma = K$, y por lo tanto

$$W = K \int_{V_1}^{V_2} \gamma dV = K/\gamma - 1 (V_1^{-(\gamma-1)} - V_2^{-(\gamma-1)}) \quad (3.33.4.7)$$

Es decir,

$$W = P_1 V_1 - P_2 V_2 / \gamma - 1 = R(T_1 - T_2) / \gamma - 1 \quad (3.33.4.8)$$

(Obsérvese que $T_2 < T_1$ en esta expansión adiabática.)

Compárelo con la ecuación 8.3.1 para una expansión isotérmica.

Tenga en cuenta también que, dado que $R = C_p - C_v$ y $C_p / C_v = \gamma$ esto también se puede escribir

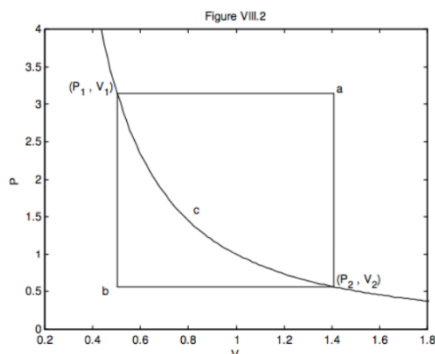
$$W = C_v(T_1 - T_2) \quad (3.33.4.9)$$

Esto también es igual al calor que se perdería si el gas se enfriara de T_1 a T_2 a volumen constante. ¡Piensa en esto! ¿Es una coincidencia, o debe ser así?

Aquí hay un ejercicio útil. En la figura VIII.2, un gas va de (P_1, V_1) a (P_2, V_2) a través de tres rutas reversibles diferentes:

a) Una expansión isobárica seguida de una disminución isocórica de la presión;

b) Una disminución isocórica de la presión seguida de una expansión isobárica;



c) Una expansión adiabática.

En cada etapa, calcule el trabajo realizado sobre o por el gas, el calor ganado por el gas o perdido del gas, y el aumento o disminución de la energía interna del gas. Este ejercicio ilustrará que, U es una función de estado, pero Q y W no lo son. (Espero que las respuestas estén en álgebra; ignore los números en los ejes — no significan nada en particular).

† : El experimento Clément-Desormes

Este es un experimento simple, rápido y efectivo que a menudo se ve en los laboratorios de enseñanza para medir γ para aire, o, con algún esfuerzo extra, cualquier otro gas.

A veces este experimento se conoce como el experimento de Clément y Desormes, y a veces como el experimento de Clément-Desormes. Al parecer Charles-Bernard Desormes era tío de Nicolas Clément, y ambos trabajaron en el experimento. Nicolás Desormes posteriormente cambió legalmente su nombre a Nicolas Clément-Desormes. ¡Así puedes referirte ya sea al experimento de Clément y Desormes o al experimento de Clément-Desormes!

Una botella de aire comienza en P_1, T_1 . P_1 es un poco mayor que la presión atmosférica P_0 . T_1 es la temperatura ambiente. La botella está provista de algún dispositivo para medir la presión (por ejemplo, un manómetro). Veremos que no hay necesidad de medir las temperaturas. La válvula de paso se abre rápidamente y se cierra de inmediato. La presión en ese momento es solo presión atmosférica,

a la que llamaré P_0 , y la temperatura es T_2 , que es un poco más fría que la temperatura ambiente original T_1 . Ahora se permite que la botella de gas se caliente lentamente isocóricamente a su temperatura original T_1 , momento en el que la nueva presión P_2 es mayor que la presión atmosférica P_0 pero no tan grande como la presión original P_1 . Debe bosquejar estas dos etapas en un diagrama PV.

Para el proceso adiabático,

$$P_1^{-(\gamma-1)} T_1^\gamma = P_0^{-(\gamma-1)} T_2^\gamma \quad (3.33.5.1)$$

Para el proceso isocórico,

$$P_0/T_2 = P_2/T_1 \quad (3.33.5.2)$$

Te dejaré hacer el álgebra y eliminar T_2/T_1 de estas ecuaciones y de ahí demostrar que

$$\gamma = \ln(P_1/P_0) / \ln(P_1/P_2) \quad (3.33.5.3)$$

En el análisis anterior, asumimos que el gas era ideal y la expansión era adiabática y reversible. El gas es casi ideal si está muy por encima de su temperatura crítica y no hay enormes rangos de P y T . La expansión es adiabática si P_2 se mide inmediatamente después de abrir y cerrar la válvula de paso, de manera que no haya tiempo para que el calor entre o salga del sistema. Es reversible sólo si $P_1 - P_0 \ll P_0$. Si quieres hacer el experimento tú mismo ahora mismo sin levantarte de tu cómodo asiento, echa un vistazo a <http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/thermo/clement.html>

+: Las laderas de las isotermas y los adiabatos

Para un gas ideal en un proceso isotérmico, $PV = \text{constante}$.

En un proceso adiabático reversible:

$$PV^\gamma = \text{constante},$$

$$TV^{\gamma-1} = \text{constante},$$

$$P^{1-\gamma} T^\gamma = \text{constante}.$$

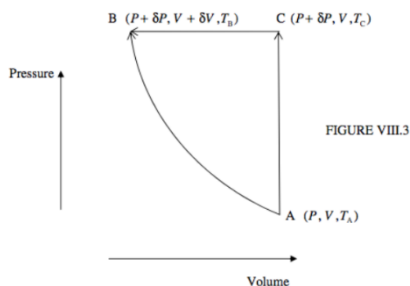
De estos es fácil ver que las proporciones de las pendientes adiabática, isotérmica, isobárica e isocórica son las siguientes:

$$\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_S = \gamma \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T; \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_S = -1/\gamma - 1 \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P; \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_S = \gamma/\gamma - 1 \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \quad (3.33.6.1)$$

Por ejemplo: - isotérmica: $PV = \text{constante}$. Tomar logaritmos y diferenciar: $dP/P + dV/V = 0$. De ahí $(\partial P/\partial V)_T = -P/V$. adiabático: $PV^\gamma = \text{constante}$. Tomar logaritmos y diferenciar: $dP/P + \gamma dV/V = 0$. De ahí $(\partial P/\partial V)_S = -\gamma P/V$. Las otras dos relaciones se pueden obtener de manera similar.

¿Estas relaciones se mantienen en general para alguna ecuación de estado, o son válidas solo para un gas ideal? En esta sección veremos que son válidos en general para cualquier ecuación de estado, y no se restringen a la ecuación de estado para un gas ideal.

Imaginemos que el estado de la sustancia de trabajo (ya sea gas, líquido o sólido) comienza en el espacio PVT en el punto A (P, V, T_A). Vamos a llevarlo a un nuevo punto B ($P + \delta P, V + \delta V, T_B$). Como lo he dibujado en la Figura VIII.3, δP es positivo, δV es negativo y $T_B >$



T_A .

Primero suponemos que hacemos este movimiento por un solo proceso adiabático. En ese caso no se agrega calor ni se pierde del sistema, y el aumento en la energía interna es $-P \delta V$.

Alternativamente, B se puede alcanzar en dos etapas:

Un camino isocórico de A a un nuevo punto C ($P + \delta P, V, T_C$), seguido de

Una ruta isobárica de C a B.

Como lo he dibujado en la Figura VIII.3, $T_C > T_B > T_A$.

En el proceso isocórico, no se realiza ningún trabajo por o sobre el sistema, y el aumento en la energía interna es igual al calor agregado al sistema, $C_V (T_C - T_A)$.

En el proceso isobárico, el aumento en la energía interna es igual al trabajo realizado en el sistema, $-P \delta V$, menos el calor perdido del sistema, $C_P (T_C - T_B)$; es decir, $-C_P (T_C - T_B) - P \delta V$.

Por lo tanto, dado que el incremento total de la energía interna es independiente de la ruta,

$$-P\delta V = C_V(T_C - T_A) - C_P(T_C - T_B) - P\delta V \quad (3.33.6.2)$$

Cancelar $P \delta V$ y escribir γ para C_{P/C_V} , de modo que

$$(T_C - T_A) = \gamma(T_C - T_B) \quad (3.33.6.3)$$

Pero $T_C = T_A + (\partial T / \partial P)_V \delta P$ y $T_B = T_C + (\partial T / \partial V)_P \delta V$.

[Recordatorio: Aquí δP significa $P_C - P_A$ (que, en la forma en que lo he dibujado en la figura VIII.3, es positivo) y δV significa $V_B - V_C$ (que, en la forma en que lo he dibujado en la figura VIII.3, es negativo).]

Por lo tanto

$$(\partial T / \partial P)_V \delta P = -\gamma(\partial T / \partial V)_P \delta V \quad (3.33.6.4)$$

Divide ambos lados por δV e ir al límite infinitesimal, recordando que δP y δV están relacionados a través de una trayectoria adiabática:

$$(\partial T / \partial P)_V (\partial P / \partial V)_S = -\gamma(\partial T / \partial V)_P \quad (3.33.6.5)$$

Por lo tanto

$$(\partial P / \partial V)_S = -\gamma(\partial T / \partial V)_P (\partial P / \partial T)_V \quad (3.33.6.6)$$

Pero $(\partial T / \partial V)_P (\partial P / \partial T)_V (\partial V / \partial P)_T = -1$, entonces $(\partial T / \partial V)_P (\partial P / \partial T)_V = -(\partial P / \partial V)_T$. Por lo tanto

$$(\partial P / \partial V)_S = \gamma(\partial P / \partial V)_T \quad (3.33.6.7)$$

Así, en cuanto al gas ideal, la pendiente del adiabat es γ veces la pendiente de la isoterma, solo que esta vez no hemos hecho suposiciones sobre la ecuación de estado.

Las otras dos relaciones (ecuaciones 8.6.1 b, c) se pueden tratar de la siguiente manera.

La ecuación 8.6.3 se puede reorganizar para que se lea

$$T_B - T_A = -(\gamma - 1) (T_B - T_C) \quad (3.33.6.8)$$

Pero $T_B = T_A + (\partial T / \partial V)_S \delta V$ y $T_B = T_C + (\partial T / \partial V)_P \delta V$.

De ahí

$$(\partial V / \partial T)_S = -1 / (\gamma - 1) (\partial V / \partial T)_P \quad (3.33.6.9)$$

que es lo mismo que la ecuación 8.6.1 b, pero sin ninguna suposición sobre la ecuación de estado.

Tenga en cuenta también que

$$(\partial P / \partial V)_T (\partial V / \partial T)_P (\partial T / \partial P)_V = -1 \quad (3.33.6.10)$$

Combine esto con las ecuaciones 8.6.7 y 8.6.9 para obtener

$$1 / (\gamma - 1) (\partial P / \partial V)_S (\gamma - 1) (\partial V / \partial T)_S (\partial T / \partial P)_V = 1 \quad (3.33.6.11)$$

Por lo tanto

$$(\partial P / \partial T)_V = \gamma - 1 / (\partial P / \partial V)_S (\partial V / \partial T)_S = \gamma - 1 / (\partial P / \partial T)_S. \quad (3.33.6.12)$$

Por lo tanto

$$(\partial P / \partial T)_S = \gamma / (\gamma - 1) (\partial P / \partial T)_V \quad (3.33.6.13)$$

que es lo mismo que la ecuación 8.6.1 c, pero sin ninguna suposición sobre la ecuación de estado.

+: Altura de Escala en una Atmósfera Isotérmica

El material de este capítulo sin duda tiene innumerables aplicaciones, la mayoría de las cuales desconozco, en meteorología. Dos temas simples son fáciles de mencionar, a saber, la altura de escala en una atmósfera isotérmica, tratada en esta sección, y la tasa de lapso adiabático tratada en la siguiente sección.

Imaginemos una columna de aire de área transversal A en una atmósfera isotérmica —es decir, la temperatura T es uniforme en todas partes. Considera el equilibrio de la porción del aire entre las alturas z y $z + dz$. El peso de esta porción es $\rho g dz$. Que P sea la

presión a la altura z y $P + dP$ sea la presión a la altura $z + dz$. (Tenga en cuenta que dP es negativo.) La fuerza neta hacia arriba en la porción dz del aire es $-AdP$. Por lo tanto, $dP = -\rho g dz$. Pero si consideramos al aire como un gas ideal, obedece a la ecuación de estado para un gas ideal, ecuación 6.1.7: $P = \rho RT/\mu$ donde ρ y μ son respectivamente la densidad y el “peso molecular” (masa molar) del gas. Por lo tanto, $RT/\mu d\rho = -\rho g dz$, o $d\rho/\rho = -\mu g/RT dz$. Integrar para obtener

$$\rho = \rho e^{-z/H} \quad (3.33.7.1)$$

donde $H = RT/\mu g$ es la altura de la escala. Es grande si la temperatura es alta, la luz de gas y la gravedad del planeta son débiles. Es la altura a la que la densidad se reduce a una fracción $1/e$, o 36.8% de su valor de suelo. ¿Qué sería, en kilómetros, para una atmósfera compuesta por 80% N_2 y 20% O_2 , a una temperatura de 20 °C, donde la aceleración gravitacional es 9.8 m s^{-2} ? ¿Qué fracción es esta del radio de la Tierra? Si hicieras un modelo de Tierra de un metro de diámetro (radio = 50 cm), ¿qué tan gruesa sería la atmósfera? Será mejor que lo cuides - ¡nuestro ambiente es una piel muy delgada que se aferra a la superficie!

+: Tasa de Lapso Adiabático

La atmósfera terrestre no es, por supuesto, isotérmica. La temperatura disminuye con la altura. La tasa de lapso de temperatura en una atmósfera es la tasa de disminución de la temperatura con la altura; es decir, es $-dT/dZ$.

Una atmósfera adiabática es aquella en la que P/ρ^γ no varía con la altura. En tal atmósfera, si un bulto de aire se mueve adiabáticamente a un nivel superior, su presión y densidad cambiarán para que P/ρ^γ sea constante —y será igual a la presión ambiental y densidad a la nueva altura. Para tal atmósfera, es posible calcular la velocidad a la que la temperatura disminuye con la altura, la tasa de lapso adiabático. Haremos este cálculo, y veremos cómo se compara con las tasas de lapso reales.

Al igual que en la Sección 8.7, la condición para el equilibrio hidrostático es

$$dP = -\rho g dz \quad (3.33.8.1)$$

Como estamos tratando de encontrar una relación entre T y z para una atmósfera adiabática (es decir, una en la que P/ρ^γ no varíe con la altura), necesitamos encontrar las relaciones adiabáticas entre P y T y entre ρ y T .

Estos se encuentran fácilmente a partir de la relación adiabática entre P y ρ :

$$P = c\rho^\gamma \quad (3.33.8.2)$$

y la ecuación de estado de gas ideal:

$$P = \rho RT/\mu \quad (3.33.8.3)$$

Eliminar P :

$$\rho = (RT/c\mu)^{1/(\gamma-1)} \quad (3.33.8.4)$$

Eliminar ρ :

$$P = R^{1/(\gamma-1)} / \mu^{1/(\gamma-1)} c^{1/(\gamma-1)} T^{1/(\gamma-1)} \quad (3.33.8.5)$$

de la cual

$$dP = \frac{1}{\gamma-1} R^{1/(\gamma-1)} \mu^{1/(\gamma-1)} c^{1/(\gamma-1)} T^{1/(\gamma-1)-1} dT \quad (3.33.8.6)$$

Sustituir las ecuaciones (3.33.8.4) y (3.33.8.6) en la ecuación (3.33.8.1), para obtener, después de un poco de álgebra, la siguiente ecuación para la tasa de lapso adiabático:

$$-dT/dz = (1-1/\gamma) g\mu/R \quad (3.33.8.7)$$

Esto es independiente de la temperatura.

Si se toma que la masa molar media para el aire sea de $28.8 \text{ kg kmol}^{-1}$, y g sea 9.8 m s^{-2} para latitudes templadas, se obtiene para la tasa de lapso adiabático para aire seco -9.7 K km^{-1} . La presencia de vapor de agua en el aire húmedo reduce el valor medio de μ (y por lo tanto la tasa de lapso adiabático), y las tasas de lapso reales suelen ser más bien menores que las tasas de lapso adiabático calculadas incluso para el aire húmedo. (La presencia de vapor de agua también aumenta ligeramente el valor de γ).

Esto daría como resultado una tasa de lapso ligeramente mayor, pero el efecto no es tan grande como la reducción en la tasa de lapso causada por el mayor valor de μ . Prueba algunos números para

convencerte de esto.) La Atmósfera Estándar de la Organización de Aviación Civil Internacional toma la tasa de lapso en la troposfera (primeros 11 km) para ser -6.3 K km^{-1} . ¿Qué sucede si la tasa de lapso real es más rápida que la tasa de lapso adiabático? Si imaginas que un trozo de aire se moverá adiabáticamente a un nivel superior, su presión y densidad cambiarán para que P/ρ sea constante, y luego se encontrará en una región donde su nueva densidad es menor que la nueva densidad ambiental. En consecuencia, seguirá subiendo, y la atmósfera será convectivamente inestable, y se producirá una tormenta. La atmósfera es estable siempre y cuando la tasa de lapso real sea menor que la tasa de lapso adiabático (que se reduce en el aire húmedo) es inestable si la tasa de lapso real es mayor que la tasa de lapso adiabático.

+ : Valores Numéricos de Capacidades Térmicas Específicas y Molares

La siguiente tabla no pretende ser una tabla definitiva y autorizada de capacidades térmicas precisas. Se pretende simplemente dar una idea aproximada de los órdenes de magnitud y las magnitudes relativas para unas pocas sustancias.

Para los gases, las capacidades caloríficas tabuladas están a presión constante. Para sólidos y líquidos la diferencia entre C_p y C_v es mucho menor que para los gases, debido al coeficiente de expansión mucho menor. Observe que las capacidades caloríficas molares para los gases, cuando se expresan en términos de R , son sobre lo que se espera de las consideraciones teóricas de este capítulo. Observe las capacidades de calor molar relativamente grandes de los líquidos orgánicos (las moléculas pueden rotar y pueden vibrar en muchos modos), y que, cuanto más compleja es la molécula, mayor es su capacidad calorífica molar. Observe, sin embargo, que, debido a que el agua tiene un bajo peso molecular (masa molar), el agua tiene la mayor capacidad calorífica específica de cualquier líquido o sólido común. (Las capacidades caloríficas específicas de H_2 y He gaseosos son, como era de esperar, aún más grandes. Un kilogramo de hidrógeno es una enorme cantidad de moléculas, por lo que se necesita mucho calor para calentarlas todas). No hemos estudiado la teoría de las capacidades caloríficas de los sólidos en este capítulo, pero, cuando lo hagas en un curso sobre física del estado sólido o sobre mecánica estadística, entenderás que la capacidad calorífica

molar esperada de los metales sería de aproximadamente 3 R, que es aproximadamente lo que se muestra para el tres metales en esta tabla.

Capacidad calorífica específica a presión constante Capacidad calorífica molar a presión constante

	cal g ⁻¹	°C ⁻¹	J kg ⁻¹ K ⁻¹	J kmol ⁻¹ K ⁻¹	En unidades de R
Helio	g)	1.25	5250	21000	2.53 R
Argón	g)	0.13	526	21000	2.53 R
H 2	g)	3.44	14400	28800	3.46 R
O 2	g)	0.22	919	29400	3.54 R
N 2	g)	0.25	1040	29100	3,50 R
CO 2	g)	0.20	843	37100	4.46 R
H 2 O	g)	1	4184	75300	9.1 R
C 2 H 5 OH	(l)	0.58	2430	112000	13.5 R
CCl 4	(l)	0.20	852	131000	15.8 R
C 6 H 6	(l)	0.42	1740	136000	16.4 R
Al	(s)	0.22	941	25400	3.1 R
Cu	(s)	0.092	384	24400	2.9 R
Fe	(s)	0.11	450	25100	3.0 R

This page titled 3.33.9: Valores Numéricos de Capacidades Térmicas Específicas y Molares is shared under a CC BY-NC license and was authored, remixed, and/or curated by Jeremy Tatum.

+: Capacidades de Calor de Sólidos

No me ocupo mucho de la física del estado sólido en estas notas, particularmente en este capítulo, que se ha ocupado principalmente de los gases. Pero la inclusión de las capacidades caloríficas de tres metales en la tabla anterior brinda una oportunidad para una breve mención de las capacidades caloríficas de los metales y de otros sólidos cristalinos. En un modelo simple de un sólido cristalino, el sólido puede pensarse como una red regular de átomos mantenidos en posición cerca de sus vecinos por manantiales, y los átomos tienen tres grados de libertad vibratoria, en las direcciones x, y y z.

Para cada uno de estos modos vibracionales hay dos términos cuadrados (de la forma $1/2mv^2$ y $1/2I\omega^2$) que contribuyen a la energía interna. La energía interna asociada a cada uno de estos seis términos es $1/2RT$ por mol, que llega a 3 RT por mol, y así se

esperaría que la capacidad calorífica molar sea de aproximadamente $3R$ —y se puede ver en la tabla anterior que este es efectivamente el caso. De hecho, a temperatura ambiente, la mayoría de los metales y los sólidos cristalinos simples tienen una capacidad calorífica molar de aproximadamente $3R$. (Esto a veces se conoce como “Regla de Dulong y Petit”). A bajas temperaturas, sin embargo, el calor molar cae por debajo de este valor, y eventualmente se acerca a cero a 0 K . A temperaturas muy bajas, la capacidad calorífica molar varía aproximadamente a medida que el cubo de la temperatura. A medida que se alcanza la temperatura ambiente, la capacidad calorífica molar se aproxima asintóticamente al valor “clásico” de $3R$.

El recorrido de la capacidad calorífica molar con temperatura a bajas temperaturas se parece un poco a la figura VIII.5 para el magnesio y la figura VIII.6 para el bromuro de plata. Se verá que estas dos curvas tienen la misma forma excepto por una escala diferente a lo largo del eje de temperatura — y lo mismo es cierto para la mayoría de los metales y sólidos cristalinos simples. De hecho, podemos asignar a cada sólido una temperatura característica, conocida como temperatura de Debye, y luego θ_D , si expresamos la temperatura no en kelvin sino en unidades de la temperatura de Debye para el sólido particular, entonces las curvas son de hecho la misma forma. En otras palabras, la capacidad calorífica molar de todos los sólidos (¡o al menos todos los sólidos que se comportan así!) es la misma función de T/θ_D . Mostro esta función como figura VIII.7.

La teoría de las capacidades térmicas de los sólidos fue investigada por Einstein y Debye. (Peter Debye — Físico/químico Holandés-americano. Premio Nobel de Química 1936.) La temperatura de Debye está relacionada con la frecuencia vibratoria de los átomos en su red cristalina. El diamante es una sustancia muy dura, con enlaces interatómicos muy fuertes. En consecuencia, las frecuencias vibracionales son muy altas, y la temperatura de Debye para el diamante es correspondientemente alta: $\theta_D = 1860\text{ K}$. Como resultado de esto la capacidad calorífica aumenta muy lentamente al aumentar la temperatura, y a temperatura ambiente se encuentra muy por debajo del valor “clásico” de $3R$. La mayoría de los otros sólidos tienen enlaces más débiles y temperaturas de Debye mucho más bajas, y en consecuencia sus capacidades de calor molar casi

han alcanzado el valor clásico de Dulong-Petit de 3 R a temperatura ambiente. Aquí hay algunas temperaturas de Debye:

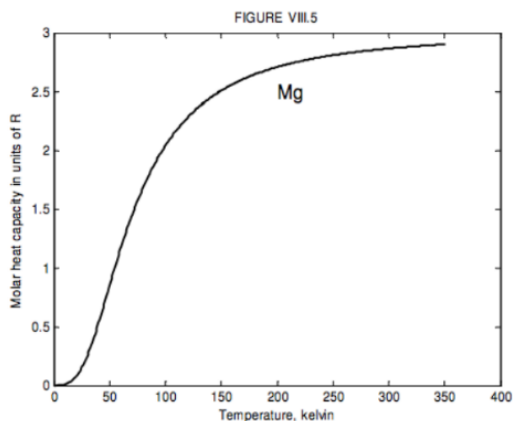
	Elementos	Temperatura de Debye
1	Potasio	100K
2	Bromuro de plata	145
3	Plata	215
4	Magnesio	290
5	Cobre	315
6	Hierro	420

Si parece que cuanto más duro es el sólido, mayor es la temperatura de Debye y más lento es el sólido para alcanzar su clásico C_V de 3 R, esto no es coincidencia.

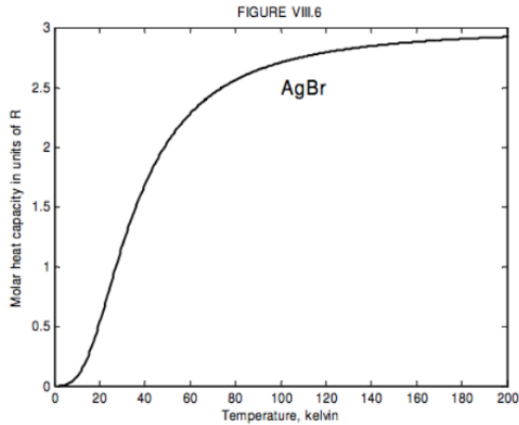
No derivó aquí la fórmula teórica de Debye —es algo que esperar en los cursos de física del estado sólido o mecánica estadística, pero, por interés, la fórmula (que utilicé para calcular las cifras VIII.5-7) es

$$C_V = 9T^3 \int_0^{1/T} x^4 e^x / (e^x - 1)^2 dx \quad (3.33.9.1)$$

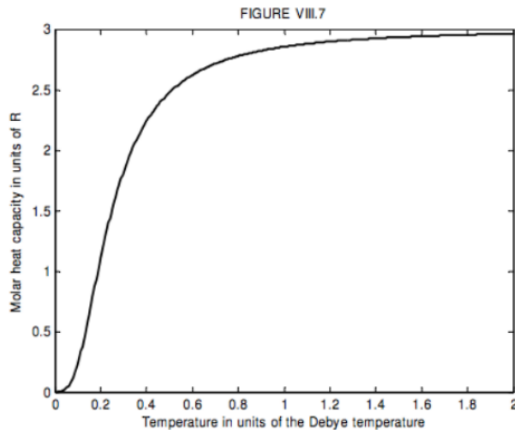
En esta ecuación C_V está en unidades de R, y T está en unidades de la temperatura de Debye.



En caso de que se esté preguntando qué significa el símbolo “x” en la ecuación 3.33.9.1, es meramente una variable ficticia, porque la integral en esa expresión es una función no de x sino de T, el límite superior de la integral.



Si intentas reproducir la figura VIII.7 tú mismo evaluando la ecuación 3.33.9.1 para una serie de temperaturas diferentes, pronto descubrirás que es mucho más laborioso de lo que al principio puede ser evidente.



En mi primer intento de hacerlo, para cada uno de los 400 valores de T que utilicé para trazar la Figura VIII.7, utilicé una integración de la Regla de Simpson de 1000 puntos. Así evalué el integrando 400,000 veces, y tardó casi medio segundo a la computadora. Posteriormente, descubrí que la cuadratura gaussiana era mucho, mucho más eficiente, requiriendo el cálculo del integrando en tan solo unos pocos puntos.

Sin embargo, J. Viswanathan de Chennai, India, desde entonces me ha mostrado un método aún mejor que la cuadratura gaussiana.

Utiliza el teorema

$$d/dx \int_0^{g(x)} f(y) dy = f(g(x)) g'(x) \quad (3.33.10.1)$$

Este fue uno nuevo para mí, pero es muy fácil de derivar y parece casi obvio en retrospectiva. Aplicado a nuestro problema, es decir, aplicado a nuestra ecuación

$$CV = 9T^3 \int_0^{1/T} x^4 e^x (e^x - 1)^2 dx \quad (3.33.10.2)$$

se convierte, después de una modesta cantidad de trabajo:

$$dC_v/dT = 3C_v/T - 9T f(1/T) \quad (3.33.10.3)$$

donde

$$f(x) = x^4 e^x / (e^x - 1)^2 \quad (3.33.10.4)$$

Evalúa C_v a $T = 2$, usando una integración numérica directa de la ecuación 8.9.1 - ¡pero esta es la única vez que hace esto! La respuesta es 2.9628. Después se mueve hacia abajo dT en cada paso y calcula el dC_v correspondiente utilizando una integración Runge-Kutta de cuarto orden sobre la ecuación diferencial 8.9.3. Los tres métodos concuerdan muy bien, pero el método de la Regla de Simpson fue, con mucho, el más laborioso.

La teoría de Debye se publicó en 1912, y ciertamente no tenían computadoras electrónicas, ni siquiera calculadoras manuales menos las electrónicas, en aquellos días. En la década de 1950, la mayoría de los científicos utilizaban calculadoras mecánicas manuales, con calculadoras mecánicas accionadas eléctricas que comenzaban a usarse hacia fines de esa década. Sospecho que en 1912 ni siquiera se disponía de calculadoras mecánicas manuales, y los cálculos se habrían hecho con lápiz y papel y logaritmo y otras tablas. Uno debe pensar en la perspicacia física y la competencia matemática necesarias para desarrollar la teoría de la capacidad calorífica en primer lugar, y luego el enorme esfuerzo necesario para calcular las ecuaciones resultantes.

Capítulo XXXIV : entalpía

La entalpía a veces se conoce como “contenido de calor”, pero “entalpía” es una palabra interesante e inusual, por lo que a la mayoría de la gente le gusta usarla. Etimológicamente, la palabra “entropía” se deriva del griego, que significa “torneado” (no estoy seguro de por qué) y “entalpía” se deriva del griego que significa “calentamiento”. En cuanto a la pronunciación, la entropía suele estar resaltada en su primera sílaba, mientras que la entalpía suele estar acentuada en la segunda. Nuevamente, no estoy seguro de por qué.

* : Definición de Entalpía:

La entalpía H se define como

$$H=U+PV \quad (3.34.1.1)$$

Ahora conoces la etimología de la entalpía, sabes deletrearla, conoces su pronunciación, e incluso conoces su definición. Pero aún no sabes lo que significa. No se puede determinar la energía interna de un sistema para empezar (sólo se puede determinar un aumento en él), pero ¿qué significa en la Tierra agregar a la energía interna (indeterminada) el producto de la presión y el volumen? Bueno, veamos cómo cambia la entalpía si cambiamos la presión y el volumen (y de ahí la energía interna) de un sistema. Simplemente diferenciaremos la Ecuación\ ref {3.34.1.1}.

$$dH = dU + PdV + VdP \quad (3.34.1.2)$$

Pero $dU = TdS - PdV$, y así la primera ley se convierte

$$dH = TdS + VdP \quad (3.34.1.3)$$

Esto nos ayuda a ver un poco más el significado de la entalpía. En particular, para un proceso reversible $TdS=dQ$, y así las ecuaciones 7.3.2 y \ ref {9.1.3} se convierten, respectivamente,

$$dU = dQ - PdV \quad (3.34.1.4)$$

y

$$dH = dQ + VdP \quad (3.34.1.5)$$

Así podemos decir:

El incremento de la energía interna de un sistema es igual al calor que se le añade en un proceso isocórico,

Y El incremento de la entalpía de un sistema es igual al calor que se le añade en un proceso isobárico.

Los experimentos realizados en vasos abiertos en banco de laboratorio son isobáricos. Así, el calor generado durante una reacción química en un vaso abierto representa la generación de entalpía. Notarás que los químicos usan el símbolo H para el calor de reacción, y son muy conscientes de que esto significa entalpía. Si la reacción se llevó a cabo, sin embargo, en un auto clave (también conocido como olla a presión), el calor generado representa la generación de energía interna. Espero que esto ahora le dé algún sentido al concepto de entalpía.

La energía interna U y la entalpía H son ambas funciones de estado. De la Ecuación 3.31.3.2 ($dU = TdS - PdV$) vemos inmediatamente las relaciones

$$(\partial U / \partial S)_V = T \quad (3.34.1.6)$$

y

$$(\partial U / \partial V)_S = -P \quad (3.34.1.7)$$

De la Ecuación \ ref {9.1.3} ($dH = TdS + VdP$) vemos inmediatamente las relaciones

$$(\partial H / \partial S)_P = T \quad (3.34.1.8)$$

y

$$(\partial H / \partial P)_S = V. \quad (3.34.1.9)$$

También de la Ecuación 7.3.2 ($dU = TdS - PdV$) obtenemos (ya que dU es un diferencial exacto)

$$(\partial T/\partial V)_S = -(\partial P/\partial S)_V \quad (3.34.1.10)$$

y de la Ecuación\ ref {9.1.3} ($dH = TdS + VdP$) obtenemos (ya que dH es un diferencial exacto)

$$(\partial T/\partial P)_S = (\partial V/\partial S)_P \quad (3.34.1.11)$$

Las ecuaciones\ ref {9.1.10} y\ ref {9.1.11} son dos de las Relaciones Termodinámicas de Maxwell. (Hay dos más por venir, en un capítulo posterior.)

También observamos que, si bien la capacidad calorífica a volumen constante es

$$C_V = (\partial U/\partial T)_V \quad (3.34.1.12)$$

de manera similar la capacidad calorífica a presión constante es

$$C_P = (\partial H/\partial T)_P \quad (3.34.1.13)$$

‡ : Cambio de Estado

Según mi diccionario, la palabra “latente” significa “presente o existente y capaz de desarrollo, pero no manifiesto”.

En un líquido en su punto de congelación hay presente o existente algo de calor, el cual es capaz de desarrollarse, pero no se manifiesta. Es decir, el líquido guarda secretamente algo de calor latente. Cuando el líquido se congela, cede este calor latente a su entorno. El calor ahora se manifiesta.

Definición: El calor latente de congelación de una cantidad de líquido en su punto de congelación es el calor que se le da a su entorno cuando se congela. Su unidad SI es el joule.

Asimismo, definimos el calor latente específico y el calor latente molar de un líquido en su punto de congelación como el calor que se da cuando la masa unitaria, o una cantidad molar, respectivamente, se congela. Las unidades SI son $J\ kg^{-1}$ y $J\ kilomol^{-1}$ respectivamente.

Un número angustiosamente grande de personas usa las palabras “calor latente” cuando significan “calor latente específico”. Así,

cuando lees o escuchas las palabras “calor latente” hay que estar en guardia para decidir si esto es realmente lo que se quiere decir, o si se pretende “calor latente específico”.

El calor latente de fusión de un cuerpo sólido en su punto de fusión es el calor requerido para fundirlo. Esto es igual al calor que se da cuando el líquido se congela, de manera que, numéricamente, los calores latentes de congelación y de fusión (fusión) son los mismos, aunque de alguna manera la palabra “latente” parece menos apropiada para congelar, porque estás suministrando calor al sólido, en lugar de ver que el calor latente está siendo liberado por un líquido. Si lo prefieres podrías referirte al “calor latente” de la fusión simplemente como el “calor de fusión” —o como la “entalpía de fusión”.

Así mismo tenemos un calor latente de condensación de un vapor en su punto de condensación, y el calor latente de vaporización de un líquido en su punto de ebullición. Estos son iguales en magnitud. También podemos definir los calores latentes específicos y molares de condensación y vaporización. El término calor latente de transformación servirá para cubrir los cuatro procesos. El símbolo L (con subíndices apropiados si es necesario) se puede utilizar para cualquiera de los calores latentes de transformación.

El calor latente específico de fusión de hielo a presión atmosférica es de aproximadamente $3.36 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$ o aproximadamente 80 cal g^{-1} .

El calor latente específico de vaporización del agua a presión atmosférica es de aproximadamente $2.27 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$ o aproximadamente 540 cal g^{-1} .

Ejemplo 3.34.2.1

Se mezclan 70 g de hielo a 0°C con 150 g de agua a 100°C . ¿Cuál es la temperatura final? (Lo hago 43°C .)

Solución

A regañadientes, por una vez, trabajaremos en calorías y gramos, y por supuesto la capacidad calorífica específica del agua es de aproximadamente 1 caloría por gramo por grado Celsius. El calor requerido para fundir los 70 g de hielo, y luego elevar su temperatura

de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $t\text{ }^{\circ}\text{C}$ es de $70 \times 80 + 70 t$ calorías. Este calor es suministrado por el agua caliente, que se enfría de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $t\text{ }^{\circ}\text{C}$, es de 150% ($100 - t$) calorías. Equiparar los dos produce $t = 43$ o C.

Ejemplo 3.34.2.1

Supongamos que aplicas 2.27×10^6 J de energía a un kilogramo de agua, pero, en lugar de usar esa energía para vaporizar el agua, la usas para elevar el agua del suelo. ¿Qué tan alto sobre el suelo podrías levantarlo con esta energía? Puede que te sorprenda — ¡sin duda me sorprendió! Si tuvieras que usar la energía, no para vaporizar el agua, y no para elevarla sobre el suelo, sino para tirarla, ¿qué tan rápido, en millas por hora, podrías tirarla?

Para muchos líquidos existe una correlación muy aproximada entre el calor latente molar de vaporización y el punto de ebullición a presión atmosférica, estando la relación L/T generalmente en el rango de $70,000$ a $100,000$ $\text{J kmol}^{-1} \text{K}^{-1}$.

Un último punto antes de proceder. Generalmente solo son los sólidos cristalinos (incluidos los metales) los que tienen un punto de fusión bastante definido. Las sustancias amorfas como los plásticos y el vidrio generalmente cambian de sólido a líquido en un rango de temperatura bastante grande. En efecto, no es obvio cuándo dejar de llamar a tal sustancia un sólido y comenzar a llamarla líquida. Algunos escritores describirían al vidrio como un “líquido” incluso cuando tiene todas las apariencias obvias de un sólido.

Las mezclas, aleaciones y soluciones, también, no tienen un punto de fusión tan definido como un sólido cristalino, y una solución salina no tiene un punto de ebullición tan definido (a una presión dada) como lo hace un líquido puro. Así, una solución salina en agua a presión de una atmósfera hierve a una temperatura un poco superior a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cuando parte del agua hierve, la solución restante está un poco más concentrada, por lo que el punto de ebullición se vuelve un poco más alto, y así sucesivamente.

*** : Calor latente y entalpía**

Considera un líquido de volumen V_1 en su punto de ebullición. Supongamos que se suministra una cantidad de calor L , suficiente para vaporizar el líquido. El nuevo volumen (de lo que ahora es

vapor) es V_2 . Si el vapor se ha expandido contra una presión constante P (por ejemplo, la presión de la atmósfera), el trabajo que realiza es $P(V_2 - V_1)$. El incremento en la energía interna del sistema es el calor suministrado al sistema menos el trabajo realizado por éste (esta es la versión del ingeniero de la primera ley de termodinámica). Es decir, $U_2 - U_1 = L - P(V_2 - V_1)$, y así

$$H_2 - H_1 = L \quad (3.34.3.1)$$

Entonces, durante un cambio de estado a presión constante el aumento o disminución de la entalpía es igual al calor latente de transformación. Esto, por supuesto, es solo un simple ejemplo de nuestra afirmación anterior, en la Sección 3.34.1, de que el incremento de la entalpía de un sistema es igual al calor que se le suministra en un proceso isobárico.

+: Combustión

Veamos el otro extremo, si nos centramos en la química, se llama combustión a la reacción que se produce entre un material oxidable, el oxígeno y un combustible, la cual se revela a través de las llamas y genera la liberación de energía. Dicho de otro modo: la combustión implica la oxidación de un elemento mediante un proceso que se hace visible por el fuego que se da al consumir un combustible y que incluye el desprendimiento de energía a modo de luz y calor.



Figura 3.34.1. La temperatura por combustión

Veamos eso con más detalle, ya sabemos que el oxígeno es paramagnético (un solo electrón en el último suborbital de valencia $2p_z^1$), lo hace extremadamente reactivo y es la razón por la que es el elemento que se puede combinar con casi todos los demás en una reacción que se llama oxidación, además, que puede ganar o ceder electrones para estabilizarse (Oxidación - Reducción).

Los tres componentes indicados no se encuentran como componentes puros, sino que forman parte de compuestos que pueden ser ionizados, propensos a la oxidación al ser activados por un agente externo y un combustible que generalmente son a base de carbono e hidrógeno, que conocemos como hidrocarburos, madera, etc. El proceso de combustión se realiza en tres fases:

- En una primera fase se produce una pre-reacción en la que los hidrocarburos se descomponen para reaccionar con el oxígeno, formando unos compuestos inestables que reciben el nombre de radicales.*
- La segunda fase es la de oxidación, en la cual se libera la mayor parte del calor.*
- En la tercera se completa la oxidación y se forman los productos estables que serán los componentes de los gases de combustión.*

En la primera fase, los radicales formados son muy activos y enormemente inestables, de forma que se producen reacciones en cadena en la que estos evolucionan y desaparecen de una forma equilibrada. Cuando los radicales se forman a una velocidad superior a la que reaccionan posteriormente, su acumulación provoca una reacción masiva y violenta con el oxígeno que se conoce como explosión. La onda expansiva que se produce por la liberación súbita de energía puede alcanzar velocidades de transmisión superiores a 2500 m/s y suele estar acompañada de una detonación. Cuando la velocidad de propagación es inferior a la del sonido, no hay explosión y la reacción súbita se conoce como deflagración.

+ : Generar la llama

Primero, hay que tener un activador del proceso y eso se consigue por un medio artificial (moléculas de fósforo mezcladas con carbonos

activados por un hidrocarburo para generar el encendedor) que reúne 3 elementos:

1.-Combustible, para que exista un combustible es necesario que existan moléculas que combinadas sean inestables químicamente (que cedan fácilmente fotones para estabilizarse), es la cerilla impregnada de un hidrocarburo semisólido como es la parafina.

2.-Comburente, el principal comburente que tenemos es el oxígeno, por su inestabilidad que recibe u otorga fotones con facilidad.

3.-Activador, al frotar la cabeza del fósforo contra una superficie rugosa y dura, es el medio por el que generamos una chispa (Los átomos de carbono con la fricción se desprenden de fotones que producen la chispa que va a activar los fotones de los átomos de oxígeno circundante que reaccionan aumentando su velocidad cinética y desprendiéndose a su vez de otros fotones para mantener el orbital del electrón estable, estos fotones activan los electrones del fósforo hasta alcanzar los átomos del material parafinado de la cerilla, es lo que genera la llama en las cerillas).

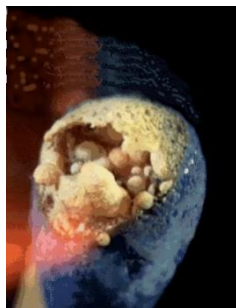


Figura 3.34.2. Molécula de oxígeno paramagnético, intercambia fotones con el fósforo

De acuerdo con eso, la llama es una concentración de fotones liberados que en presencia del oxígeno que se convierte en ozono alrededor de la llama y el aumento de fotones afecta a los otros electrones en el hidrocarburo que reaccionan en cadena y producen energía térmica (Los electrones estables al recibir la energía del fotón la transforma en movimiento cinético alrededor de los átomos, es la transformación en temperatura, cumpliendo en principio de la energía, se transforma no se destruye) y transmiten esa energía a otros electrones de otros elementos inestables como el hidrógeno y

los compuestos de carbono a su alrededor y habrá llama, mientras existan los compuestos de carbono.

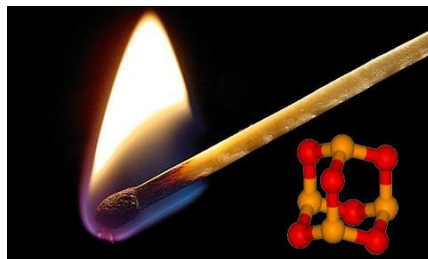


Figura 3.34.3. Una cerilla encendida con fósforo como comburente.

Si nos atenemos a nuestra explicación, hablamos de la tendencia natural de los elementos de buscar estabilidad molecular, para conseguirlo, reciben o expulsan partículas elementales (Fotones o Neutrinos), para entenderlo, en forma práctica la describiremos de la siguiente forma:

Esta expansión de los electrones por el aumento de la velocidad cinética en su spin que determina el aumento de temperatura es lo que mide el termómetro usando el mercurio como elemento pesado y estable como medidor, que, al ser obligado a expandirse por la velocidad de sus electrones activados por los electrones circundantes, muestra en una escala, el aumento de la temperatura en el cuerpo medido.



metano CH ₄	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	
etano C ₂ H ₆	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	
propano C ₃ H ₈	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	
butano C ₄ H ₁₀	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	

Figura 3.34.4. Proceso químico para generar llama

El aumento de temperatura hacia el lado positivo es llamado de punto de fusión, cuando los átomos del elemento calentado, por la

expansión de sus electrones, pierde su estado sólido y comienza a convertirse en líquido, llamado también de punto de fusión en el agua a nivel del mar son 0 ° Celsius, 32° Fahrenheit y 272 en la escala Kelvin, su punto de ebullición está en 100°Celsius, 212 ° Fahrenheit y 373 en la escala Kelvin.

De esa misma forma se produce la combustión en los fogones de nuestra casa, en los quemadores de las calderas en las industrias, etc.

- : Evaporación

La llama emite fotones que al interactuar con los electrones de los materiales metálicos, en su mayoría estables, que transforman esa energía recibida en energía cinética en sus electrones impulsados por el aumento de la energía de sus fotones lo que equivale a un aumento de la temperatura positiva, que va afectando a todas las moléculas a su alrededor hasta estabilizar el aumento de la temperatura de todas las moléculas del recipiente receptor de la llama, el líquido o lo que esté en el interior del recipiente comienza a sufrir los efectos de la temperatura que la transforma en energía cinética de los electrones, (la energía no se destruye, se transforma).

Los electrones al ser activados, como en el caso del agua al alcanzar la temperatura de ebullición (100°C), se transforma en vapor al tener sus electrones en ebullición por la temperatura (esa ebullición se puede explicar como una constante ganancia de velocidad cinética (que hace que los electrones se expandan por la energía ganada por los fotones del positrón de los electrones de oxígeno e hidrógeno) a un punto que cambia su estado de líquido a gaseoso). Ese estado se mantiene hasta bajar la temperatura por influencia de otros elementos incidentes en las moléculas, pero por la 2ª norma de la termodinámica, regresa a su estado líquido, pero ya en diferentes circunstancias, no es la misma agua (Entalpía).

- : Energía térmica – Vapor

Las moléculas excitadas por la temperatura buscan expandirse y ocupar todo el espacio alrededor, todo ocasionado por los puentes temporales de los hidrógenos con los oxígenos aledaños que le dan esa característica viscosa que también le genera una alta tensión superficial, únicamente superada por el mercurio.

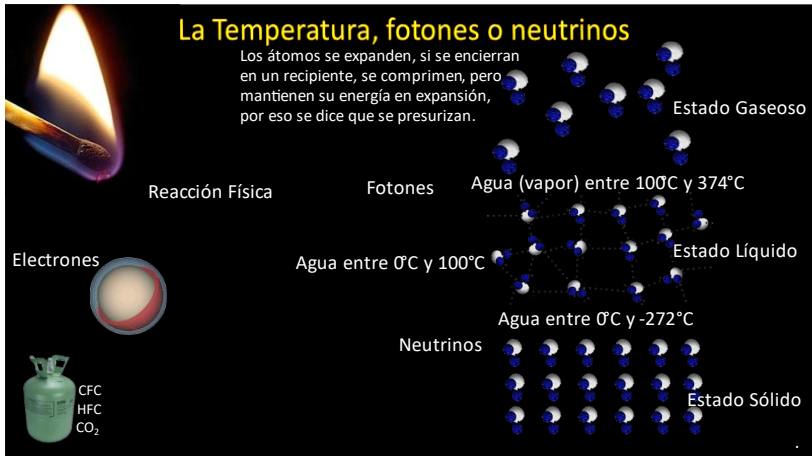


Figura 3.34.5. Estados de la materia y su relación con la temperatura

Cuando se encierra el agua en un recipiente cerrado, al calentarse y alcanzar los 100°C a 1 ATM (Nivel del mar), se convierte en vapor, las moléculas a medida que se expanden por efecto del aumento de la velocidad del spin de los electrones, se rompen los puentes con el hidrógeno que la convierte en una especie de gas. A medida que aumenta la temperatura externa, se comprime y a la vez, aumenta su temperatura interna por la excitación de sus electrones y es progresiva, elevando los niveles de energía a medida que aumenta la compresión, el punto crítico de esa temperatura está establecido en 374°C de temperatura o 218 atmósferas de presión. En esas condiciones cambia su estado a gas permanente, ya no se puede revertir a vapor o agua, no transmite ondas sonoras ni es conductor de electricidad, dependiendo de la capacidad de contención del vaso, puede explotar por expansión molecular, como todos los gases.



Figura 3.34.6. Máquinas a vapor

Este vapor desde finales del siglo XVII ya es utilizado por el hombre para producir otros tipos de energía, mover turbinas para generar energía, mover locomotoras, mover máquinas, etc., aunque está siendo abandonado por razones ambientales, ya que producir vapor por combustión produce muchos gases y CO₂ que contamina la atmósfera, pero para la preparación de alimentos y procesos industriales de cocción y pasteurización sigue siendo muy utilizado y se puede decir que es irremplazable para eso, por eso, se investiga en nuevas formas de producirlo, utilizando la energía atómica.

*** : Reflexiones a partir del carbono y los gases derivados de su proceso.**

Hemos trajinado por muchas de las incidencias de los átomos, con los electrones como protagonistas de esos intercambios energéticos que son los que producen todos los efectos que nosotros usamos en nuestra vida diaria.

Como vimos cuando tratamos el tema de los electrones, al entender su funcionamiento, podemos entender mucho más de lo que expresan las fórmulas matemáticas con las que los científicos determinan, analizan y describen los efectos físicos y químicos que son consecuencia de esa actividad con los electrones por intermedio del intercambio de fotones y neutrinos.

Con esto nos queda claro su comportamiento con la presión y la temperatura, por eso, transcribimos los estudios y análisis realizados por científicos de prestigiosas universidades, con sus fórmulas y descripciones, dejando para que usted, estimado lector pueda profundizar en cada uno de esos aspectos, partiendo de las descripciones hechas en este trabajo.

Dejando constancia de que no queremos desprestigiar ni controvertir el trabajo de quienes están dedicados a esos estudios, nuestra intención va dirigida a explicar las cosas desde un enfoque práctico y comprensible, partiendo de la base de que, hasta hoy, en lo referente a los componentes del núcleo de los átomos, todo son conjeturas sin que se tengan certezas absolutas.

Capítulo XXXV : Las Partículas y la Energía atómica.

* : Más sobre las partículas atómicas.

+ : Energía Nuclear

Se denomina reacción nuclear, al hecho de que una sola partícula impulsada por una energía suficiente puede romper el equilibrio magnético existente entre los protones del núcleo y sus electrones, cuando reaccionan solo los electrones, suceden las explosiones comunes, pero cuando desaparecen los electrones por ionización con una forma consiste en excitar ambas partículas (fotones y neutrinos), entonces se destruye la barrera de los Gluones, con mayor energía elimina los bosones Z, si es aún mayor, finalmente elimina los bosones W que son los que liberan a los fotones, neutrinos y la partícula con fuerza magnética de los Quarks integrantes del protón, luego del pion y por último, los quarks del neutrón.

Estas partículas adquieren la energía de la partícula impactante más su propia energía resultante de la liberación de la energía magnética de los bosones que los mantenía unidos (esto lo logran por medio de un acelerador de partículas se ocasiona el impacto en forma artificial o con un reactor atómico).

Esta reacción produce partículas que salen disparadas a la velocidad de la luz, que Albert Einstein interpretó con su genial fórmula $E=mc^2$, donde la energía necesaria para hacer estallar esas fuerzas de los bosones equivale al valor de la masa por la velocidad de la luz al cuadrado. Alcanzando esa energía, se generan ondas electromagnéticas, o sea la interacción de la carga eléctrica con la fuerza magnética portadora. Veamos cómo funciona la onda electromagnética:

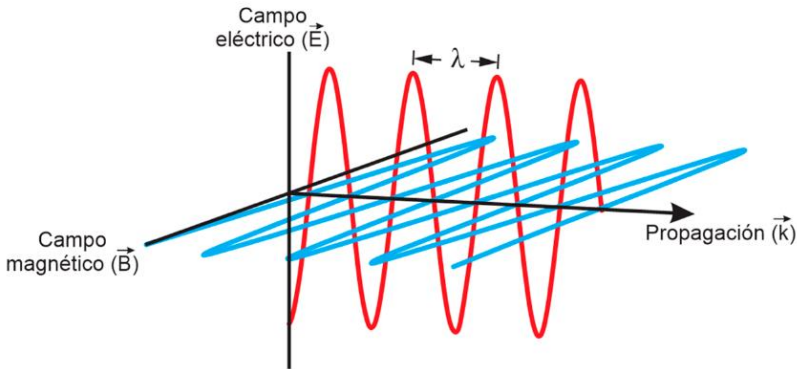


Figura 3.35.1. Propagación de una onda electromagnética

Entonces da para comprender cual es la diferencia entre la fuerza magnética y la carga eléctrica que transporta, para entender, el fotón, por ejemplo, acompaña la onda magnética llevando la carga eléctrica positiva cuando sale despedido por la explosión a una velocidad (redondeada) de 300 mil Km/seg., que golpea todo lo que encuentre a su paso, transfiriendo esa carga eléctrica.

Nota: esta onda electromagnética la producen las partículas con energía magnética al juntarse con fotones o neutrinos que tienen cargas de energía positiva o negativa, generando así la onda electromagnética que puede variar de acuerdo con la intensidad de la energía que transporta resultante del número de fotones o neutrinos y que puede afectar primero a los electrones que al recibir la carga por transferencia quedan convertidos en Quark desprendiéndose del protón contenedor, disminuyendo la intensidad en la longitud de la onda impactante, pero que sigue afectando luego a los quarks que al perder el electrón comienzan a recibir directamente el efecto de esas cargas de energía externas, dando como resultado, las explosiones atómicas si el nivel de energía alcanza a superar la barrera de los bosones W.

+: La Bomba Atómica

La descarga, especialmente de materiales radiactivos, genera una reacción en cadena, el radio por ej. tiene 226 protones y 2 neutrones adicionales que funcionan como isótopos en el núcleo, que son los que reciben el efecto de la onda electromagnética que afectados con la energía suficiente, causan la explosión, o sea, hagamos la cuenta:

son 226 protones completos x 8 quarks x 3 partículas (5424) más 2 neutrones x 3 quarks (6) más 226 electrones x 2 partículas (452), esto es igual a 5882 partículas que se liberan y cada partícula de esas lleva la energía suficiente para destruir otros átomos, que amplifican el impacto en forma geoméricamente progresiva.

Como vimos antes, un solo protón-pion-neutrón puede liberar una cantidad de energía impresionante, ya que cada partícula liberada al romperse la estabilidad en los gluones y bosones, libera grandes cantidades de Fotones con carga electropositiva, Neutrinos con carga electronegativa, además de las 8 partículas con fuerza magnética, que salen disparados a la velocidad que ya sabemos, al golpear otras moléculas, producen el mismo efecto que liberó sus cargas, entonces imaginen el resultado, arrasando todo a su paso, generando la destrucción que ya conocemos.

La explosión nuclear genera ondas electromagnéticas con una frecuencia que depende de la potencia del material radioactivo empleado en su fabricación y se propaga en todas las direcciones, destruyendo la masa de los objetos sólidos por fusión y la onda expansiva que produce, además, genera radioactividad en el aire que afecta a los seres vivos que reciban su influencia al modificar la estructura bioquímica de las células que integran a los seres vivos.

+ : La Bomba de Neutrones

Hay otra forma de excitación que afecta solo a los neutrinos, que produce una explosión similar, pero sin afectar la masa de las partículas de fuerza, hecho demostrado en la llamada bomba de neutrones.

Según expertos militares, el cono de combate nuclear de mayor radiación, popularizado como la "bomba de neutrones", ha revolucionado la guerra moderna. Sin embargo, las implicancias morales y estratégicas de esta arma son enormes y continúa el debate sobre su posible uso y repercusiones. El aspecto esencial de la bomba de neutrones en su pretendida aplicación es que el daño no intencional y colateral, que deja el campo de batalla como matadero y golpea a enemigos y partidarios de la misma manera, se minimiza. Mediante una inmensa cantidad de radiación super penetrante instantánea elimina al personal enemigo. (Con conos de combate nucleares "convencionales", el rango de destrucción total).

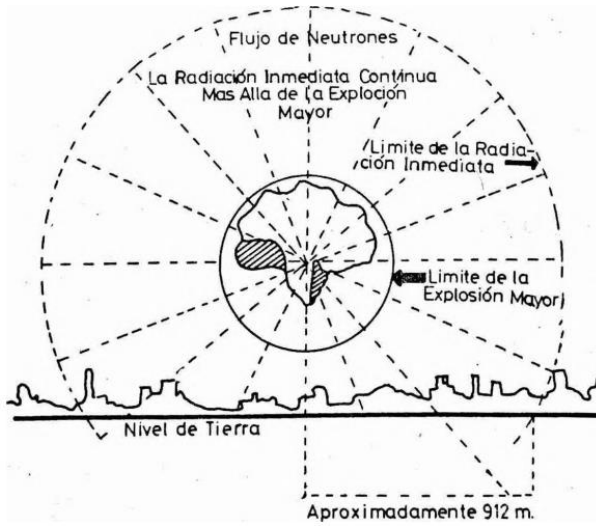


Figura 3.35.2. Ilustración de una explosión de bomba de neutrones a una altura aproximada de 607 mis. 286 revista de marina (may o -junio)

Aumenta mucho más rápido que el rango de radiación inmediato. El anterior sobrepasa completamente al último, de modo que si uno está dentro del área de destrucción total es casi seguro que el efecto de la explosión lo mate instantáneamente. Sin embargo, en el caso de la bomba de neutrones el efecto de radiación es lo importante, con el patrón de radiación inmediato de la bomba (flujo de neutrones y rayos gama) aumentado por un factor de 10 sobre el de una bomba "normal". El papel de la explosión es todavía importante, pero en menor grado, y ese papel puede ser más atenuado haciendo explotar la bomba a grandes alturas.

La importancia y utilidad de la bomba de neutrones debería considerarse con el telón de fondo de la postura adoptada por la OTAN durante los últimos 7 u 8 años. La tradicional ventaja del Pacto de Varsovia sobre la OTAN en relación con fuerzas convencionales es mayor hoy que antes, con el resultado de que el tiempo de advertencia de la OTAN ha disminuido. En el caso de un repentino ataque sorpresa, la Unión Soviética y el Pacto de Varsovia replegarían sustancialmente aquellas fuerzas, por lo menos en la etapa inicial. EE. UU., y la OTAN han declarado su preparación para usar armas nucleares tácticas para defenderse contra una invasión de ese tipo si las fuerzas convencionales de la OTAN no pudieran mantener la línea.

El problema reside en el hecho de que disparar las actuales armas tácticas nucleares altamente destructivas a los invasores una vez que hubieran ingresado a Europa Occidental, será extremadamente devastador para el territorio y el pueblo que América ha jurado defender. Sin embargo, esta posición sería radicalmente alterada con la bomba de neutrones cuando su uso sea más factible en este contexto. El otro aspecto importante de la bomba de neutrones es su uso psicológico como disuasivo.

Al respecto, Napoleón dijo: "En una guerra todo es mental y la opinión es más del 50% de la realidad". De modo que si, como piensa James Schlesinger, ex secretario de Defensa, los rusos no creen que EE. UU. usaría cono de combate nucleares en Europa Occidental, ellos están bastante tentados de organizar una invasión. El efecto de la bomba de neutrones es aumentar la credibilidad de la resistencia de la OTAN y aumentar su poder disuasivo. Según diarios americanos, el Departamento de Defensa de EE. UU. planifica desplegar el arma en Europa Occidental dentro de los próximos 18 meses y evidentemente todos los 15 miembros de la OTAN han apoyado el plan.

Como se ha dicho, la bomba de neutrones va a producir paquetes de un kilotón de poder. En contraste, la mayoría de las ogivas de combate tácticos que se almacenan en Europa son de 10, 20 y 50 KT. Una bomba de neutrones que explotara en el aire a 119 metros destruiría todas las estructuras sólo dentro de una distancia de 128 metros de un punto directamente encima o debajo de la explosión. Instantáneamente mataría a cualquier persona que esté dentro de un radio de 0,8 Km. y a las personas que estén en un radio de 1,6 Km. les causaría la muerte retardada hasta un mes después de la explosión.

La radiación de neutrones es de una energía muy grande y puede penetrar el blindaje de los tanques, la tierra, piedras o materiales sólidos usados normalmente para proteger al personal militar y sus equipos, de la radiación de menor energía producida por la precipitación radiactiva. La radiación de neutrones se disipará rápidamente, según dicen los científicos de EE. UU., permitiendo a las fuerzas amigas invadir y ocupar el territorio bombardeado y si se quiere, usar el equipo enemigo.

El presidente Ford, de EE. UU., ordenó el desarrollo de dos tipos de conos de combate de neutrones, uno para el misil Lance y el otro para el obús de 203 mms. El último, junto con el cañón de 155 mms. que también podría ser equipado con el cono de combate, tendrá un alcance de 9 millas náuticas. El costo de un cono de combate es reservado, pero se calcula que está entre 10 y 20 millones de dólares. El "Lane", un misil guiado impulsado con propelente líquido que viaja a velocidades supersónicas, opera mediante navegación inercial y tiene un alcance de 110 Kms.

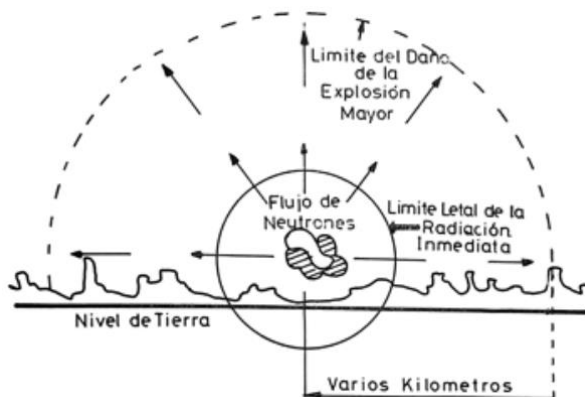


Figura 3.35.3. La bomba de neutrones 287 ilustración esquemática de los parámetros de daños y radiación de una típica arma nuclear en el rango de 1 megatón.

El misil puede ser lanzado desde el vehículo M-113, que lo hace bastante móvil. El otro misil, pero algo diferente, que podría ser desplegado para la distribución de un cono de combate de neutrones, es el misil crucero, que podría ser tácticamente colocado en la defensa periférica de la Unión Soviética y en el corazón del imperialismo rojo.

De la carga útil, velocidad y volumen del combustible que puede ser extendido a más de 2.000 Kms. El misil incorpora un sistema de guiado inercial y es suplementado por un equipo para adaptarse al nivel del terreno, que permite exactitudes del orden de 12,2 metros de probable error circular. La ventaja esencial del misil crucero es que ha sido equipado con un cono de combate de neutrones, lo que permite mucho mayor penetración que las armas nucleares convencionales. Puede ser usado para la interdicción de los silos

reforzados del interior de Rusia o aumentando su perfil macho disminuyendo su alcance, puede ser usado en una capacidad táctica convencional. Gran parte de la controversia que hay sobre la bomba de neutrones se centra en el efecto que se espera que tenga en el umbral de la carrera nuclear.

Los contrarios a la bomba argumentan que una vez que se haya usado por primera vez, se eliminará toda perspectiva de que una guerra nuclear quede limitada a su campo y área de acción, o sea, una bomba de neutrones todavía es considerada nuclear, e invita a una venganza masiva. El contraargumento es que si el adversario se da cuenta que Ud. quiere usar el arma neutrónica si él inicia las hostilidades, disminuirán las posibilidades de conflicto y el umbral nuclear aumentará. En relación con la capacidad de los conos de combate de neutrones, para ser efectivos, tendrían que ser distribuidos a grados de mando cada vez menores, aumentando así los problemas de control y disminuyendo la certeza de que solamente serán utilizados con autorización presidencial.

En tiempo de paz la distribución de armas más pequeñas a los niveles de mando más bajos requerirá más lugares de almacenamiento, lo cual significa más puntos vulnerables al ataque terrorista. Aunque la bomba de neutrones ha sido descrita como una "bomba sucia" o como el "rayo de la muerte", el hecho es que destruirá menos vidas que lo que han considerado en los planes operacionales existentes con las bombas nucleares normales.

Se podrá cambiar la tendencia de los últimos 100 años, en que mueren más civiles que soldados durante las hostilidades. Los aspectos técnicos del problema si el arma de neutrones es realmente "más limpia" que las convencionales, aún no se ha establecido. Muchos expertos americanos temen que la radiación de neutrones de corta vida producirá un flujo de partículas elementales que podrían juntarse como una nube gaseosa de carbono 14 que sería mortal para los seres humanos.

Si el cono de combate no explota a la altura preestablecida, produciría cantidades de polvo radiactivo comparable al de las otras armas nucleares. Se ha señalado que no hay razones sólidas para suponer que los efectos a largo plazo de la bomba de neutrones serán diferentes de aquellos de los armamentos nucleares

convencionales y su efecto sobre los fenómenos macro meteorológicos, menos destructivos. Un efecto lateral común de los conos de combate nucleares y de neutrones, es la emisión de pulsos electromagnéticos que dañan los semiconductores en los equipos electrónicos, echan a perder el sistema de circuitos, borran las memorias del computador, afectan los sistemas de disparo y activación, producen excesos de voltaje en las líneas de poder y afectan las líneas telefónicas no protegidas. Se ha dicho que la bomba de neutrones y su sistema de lanzamiento simbolizan la némesis del control de armas debido a los innumerables problemas inherentes en las etapas de detección, control y verificación. Mientras tanto el Departamento de Desarme y Control de Armas de EE. UU. dice que la bomba de neutrones no afectará apreciablemente a las conversaciones del Tratado de Limitación de Armas Estratégicas.

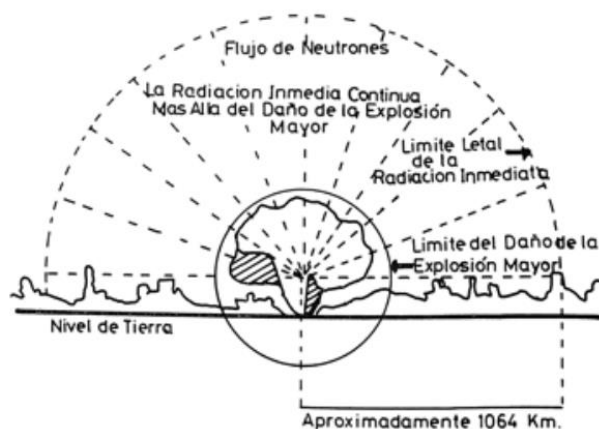


Figura 3.35.4. Ilustración del efecto de una explosión típica entre 92 y 122 metros de altura. 288 REVISTA DE MARINA (MAYO -JUNIO)

Es posible que uno de los efectos del arma neutrónica es que aumentará en espiral la carrera armamentista y dará mayor énfasis en la sofisticación mortal de los sistemas de armas. Además de la utilidad que tiene para evitar el inicio y continuación del conflicto, el arma neutrónica puede ser usada junto con métodos políticos, como un medio de poner término al conflicto. La apropiada respuesta neutrónica sería seleccionada y llevada a cabo, y junto con un

mensaje político informaría al antagonista que la razón para el contraataque o escalada es el cercano término del conflicto.

Sin embargo, esto podría ser contraproducente y llevar a mayores escaladas al enemigo. Se ha entrado a la "era neutrónica", y si las armas neutrónicas borrarán el límite entre los armamentos convencionales y atómicos, o si aumentarán el umbral nuclear mediante un disuasivo más creíble, han aumentado las "opciones" militares y estratégicas de EE. UU. Extractado de la Revista "Paratus".

Nota: Como podemos ver, los neutrones, de acuerdo con nuestra hipótesis, conforman solo los isótopos y eso no representa lo que se traduce de la explosión en la forma como la expresan, por lo tanto, al decir "neutrones", se refieren en realidad a lo que nosotros denominamos Neutrinos que conforman los quarks como fuerzas electromagnéticas que si representan los niveles de destrucción a los que se refieren. Por lo tanto, esto nos da la certeza de que, en el mundo científico, ya se conoce esa realidad y por motivos económicos o de orden de dominio, no se hacen públicos.

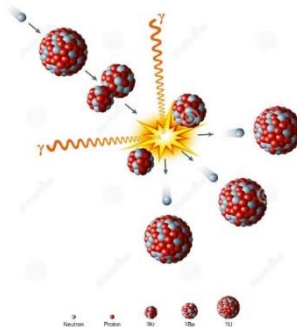


Figura 3.35.5. Representación de una secuencia de explosión atómica.

* : La Materia y la Antimateria.

El objetivo de este trabajo, busca abrir un horizonte más extenso y práctico con referencia a lo que tenemos hoy, llenos de limitaciones estructurales puestas por un "Sistema" que domina subrepticamente a todo el mundo usando la riqueza y el poder por encima del raciocinio de los seres humanos, impidiendo por diversos medios que la mayoría tenga acceso al conocimiento y con esto, nos condena a vivir pendientes de la decisión de unas pocas personas,

que buscan disminuir la población del mundo con el pretexto de que nuestro planeta no tiene recursos para tanta gente.

En el siguiente capítulo, miraremos un tema que es desconocido para la mayoría de las personas, tratado quizás como uno de los temas tabú que, a pesar de su importancia, no tiene trascendencia para la mayoría. Trataremos el tema de la materia y la antimateria como preludio a una demostración de lo que es el universo, con eso demostraremos que tenemos el infinito para conquistar, abriendo posibilidades para recuperar nuestra condición de seres racionales y aprovechar integralmente esa condición que nos dio la naturaleza.

+ : *Veamos que encontramos sobre el tema*

<https://es.wikipedia.org/wiki/Antimateria>

En física de partículas, la antimateria es la extensión del concepto de antipartícula a la materia. Así, la antimateria es una forma de materia menos frecuente que está constituida por antipartículas, en contraposición a la materia común, que está compuesta de partículas. Por ejemplo, un antielectrón (un electrón con carga positiva, también llamado positrón) y un antiprotón (un protón con carga negativa) podrían formar un átomo de antimateria, de la misma manera que un electrón y un protón forman un átomo de hidrógeno. El contacto entre materia y antimateria ocasiona su aniquilación mutua; esto no significa su destrucción, sino una transformación que da lugar a fotones de alta energía, que producen rayos gamma, y otros pares partícula-antipartícula.

En física se usa una barra horizontal o macrón para diferenciar las partículas de las antipartículas: por ejemplo, protón p y antiprotón \bar{p} . Para los átomos de antimateria se emplea la misma notación: por ejemplo, si el hidrógeno se escribe H , el antihidrógeno será \bar{H} .

- : *¿Dónde está la antimateria?*

Las hipótesis científicas aceptadas suponen que en el origen del universo existían materia y antimateria en iguales proporciones. Sin embargo, el universo que observamos aparentemente está compuesto únicamente por partículas y no por antipartículas. Se desconocen los motivos por los que no se han encontrado grandes estructuras de antimateria en el universo conocido. En física, el

proceso por el que la cantidad de materia superó a la de antimateria se denomina bariogénesis, y los científicos barajan tres posibilidades:

Pequeño exceso de materia tras el Big Bang: De acuerdo con esta hipótesis, la materia que constituye actualmente el universo podría ser el resultado de una ligera asimetría en las proporciones iniciales de ambos tipos de materia. Se ha calculado que la diferencia inicial entre materia y antimateria debió ser tan insignificante como de una partícula más de materia por cada diez mil millones de parejas partícula-antipartícula.

Simetría CP: En 1964, James Cronin y Val Fitch postularon por primera vez que las partículas y las antipartículas no tienen propiedades exactamente iguales o simétricas; este fenómeno se denomina Violación CP. Un reciente experimento en el acelerador KEK de Japón sugiere que esto quizás sea cierto, y que por tanto no es necesario un exceso de materia en el Big Bang: simplemente las leyes físicas que rigen el universo favorecen la supervivencia de la materia frente a la antimateria. En este mismo sentido, también se ha sugerido que quizás la materia oscura sea la causante de la bariogénesis al interactuar de distinta forma con la materia que con la antimateria.

Existencia de galaxias de antimateria ligada por antigravedad: Muy pocos científicos confían en esta posibilidad, pero todavía no ha podido ser completamente descartada. Esta tercera opción plantea la hipótesis de que pueda haber regiones del universo compuestas de antimateria. Hasta la fecha no existe forma de distinguir entre materia y antimateria a largas distancias, pues no se detectan diferencias en su comportamiento y propiedades.

Existen argumentos para creer que esta tercera opción es muy improbable: la antimateria en forma de antipartículas se crea constantemente en el universo en las colisiones de partículas de alta energía, como, por ejemplo, con los rayos cósmicos. Sin embargo, estos son sucesos demasiado aislados como para que estas antipartículas puedan llegar a encontrarse y combinarse. La NASA ha enviado la sonda Alpha Magnetic Spectrometer (Espectrómetro Magnético Alpha) para buscar rastros de antimateria más compleja, que pudiesen indicar que todavía existe antimateria en el universo.

Sin embargo, los experimentos no han detectado nada hasta la fecha.

+ : Historia del estudio de la antimateria

La ecuación de Dirac, formulada por Paul Dirac en 1928, predijo la existencia de antipartículas además de las partículas de materia ordinarias. Desde entonces, se han ido detectando experimentalmente muchas de dichas antipartículas: Carl D. Anderson, en el Caltech, descubrió el positrón en 1932. Veintitrés años después, en 1955, Emilio Segrè y Owen Chamberlain, en la Universidad de Berkeley, el antiprotón y antineutrón.

Pero la primera vez que se pudo hablar propiamente de antimateria, es decir, de «materia» compuesta por antipartículas, fue en 1965, cuando dos equipos consiguieron crear un antideuterón, una antipartícula compuesta por un antiprotón y un antineutrón. La antipartícula fue lograda en el Acelerador Protón Sincrotrón del CERN, a cargo de Antonino Zichichi, y paralelamente por Leon Lederman, en el acelerador AGS (Alternating Gradient Synchrotron) del Laboratorio Nacional de Brookhaven, en Dakota.

En 1995, el CERN anunció la creación de nueve átomos de antihidrógeno en el experimento PS210, liderado por Walter Oelert y Mario Macri. Este experimento utilizó un método propuesto por Charles Munger, Stanley J. Brodsky e Ivan Schmidt Andrade. Experimentos realizados en Fermilab confirmaron el hecho, anunciando poco después la creación a su vez de 100 átomos de antihidrógeno.

F. J. Hartmann, de la Universidad Técnica de Múnich, y un equipo de investigadores japoneses informaron de la creación de un átomo compuesto de materia y antimateria llamado helio antiprotónico $\overline{^3\text{He}}$. Este átomo constaba de dos protones, dos neutrones, un electrón y un antiprotón en lugar del segundo electrón. El átomo sobrevivió 15 millonésimas de segundo.

El 14 de diciembre 2009, científicos de la NASA con la ayuda del telescopio espacial de rayos gamma Fermi, descubrieron rayos de antimateria producidos encima de tormentas eléctricas. El fenómeno es causado por ráfagas de rayos gamma terrestres (TGF)

generadas en el interior de las tormentas eléctricas y asociados directamente con los relámpagos.

El 17 de noviembre 2010, los científicos del CERN lograron crear 38 átomos de antihidrógeno, pudiendo preservarlos aproximadamente en un sexto de segundo (172ms). Esto forma parte del proyecto ALPHA que incluye físicos de la Universidad de California, de la Universidad de Berkeley y del Lawrence Berkeley National Laboratory. El equipo de científicos demostró que, entre 10 millones de antiprotones y 700 millones de positrones, se lograron formar 38 átomos estables de antihidrógeno, los cuales, duraron alrededor de dos décimas de segundo cada uno.

A comienzos de 2011 el proyecto ALPHA logró crear más de 300 átomos de antihidrógeno y almacenarlos durante 1000 segundos (16 minutos y 40 segundos), superando en 4 órdenes de magnitud el límite previo.

La antimateria sigue las reglas de la mecánica cuántica. Su interferometría cuántica se demostró por primera vez en 2018 en el Laboratorio Positrones (L-NESS) a cargo de Rafael Ferragut en Como (Italia), por un grupo dirigido por Marco Giammarchi.

- : **Preservación de la antimateria**

Commons-emblem-question book orange.svg

La antimateria no puede ser preservada en un recipiente de materia ordinaria, porque al reaccionar con cualquier partícula de materia que toca, se aniquila a sí misma. La antimateria en forma de partícula cargada se puede contener por una combinación de un campo eléctrico y un campo magnético, en un dispositivo llamado trampa de Penning o trampa iónica. Este dispositivo no puede, sin embargo, contener la antimateria que se compone de partículas sin carga, para lo cual se utiliza una trampa atómica.

En particular, una trampa de este tipo puede utilizar el momento (bien sea magnético o el de un dipolo eléctrico) para atrapar las partículas. En cámaras de vacío, las partículas de materia o de antimateria se pueden atrapar y enfriar con radiación láser ligeramente fuera de resonancia utilizando una trampa magnetoóptica o una trampa magnética (en el caso de átomos o

partículas sin carga). También podrían ser suspendidas con pinzas ópticas, utilizando un haz de láser altamente enfocado, aunque esto no asegure un método de preservación tan a "largo" plazo como los anteriormente descritos.¹⁵ En el 2011, científicos del CERN lograron preservar algunos cientos de átomos de antihidrógeno durante algo menos de 17 minutos (1.020 segundos).

- : **Producción y costo de la antimateria**

La antimateria es la sustancia más cara del mundo, con un costo estimado de unos 62500 millones de USD el miligramo. La producción de antimateria, además de consumir enormes cantidades de energía, es muy poco eficiente, al igual que la capacidad de almacenamiento, que ronda sólo el 1% de las partículas creadas. Además, debido a que la antimateria se aniquila al contacto con la materia, las condiciones de almacenamiento —confinamiento mediante campos electromagnéticos—, tienen igualmente un costo elevado.

Otra estimación de su costo la dio el CERN, cuando dijo que había costado algunos cientos de millones de francos suizos la producción de una milmillonésima de gramo. Debido a esto, algunos estudios de la NASA plantean recolectar mediante campos magnéticos la antimateria que se genera de forma natural en los Cinturones de Van Allen de la Tierra. Este cinturón, que se extiende desde unos pocos cientos a unos dos mil kilómetros sobre la Tierra constituye la fuente más abundante de antiprotones en las proximidades de la Tierra. La mayor parte de los antiprotones provienen de antineutrones, que se generan cuando los rayos cósmicos impactan las capas superiores de la atmósfera. Los antineutrones salen de ella, mientras los antiprotones tienden a congregarse en varios cientos de kilómetros sobre la Tierra, donde la materia ordinaria es tan escasa que es poco probable que se reúnan con sus homólogos de partículas, protones y por tanto se destruyan al contacto.

También otros planetas, incluyendo Júpiter, Saturno, Neptuno y Urano, deben tener cinturones similares de antiprotones. Saturno puede producir la mayor cantidad de antiprotones por las interacciones entre los rayos cósmicos, partículas energéticas cargadas del espacio, y los anillos de hielo del planeta.

Al mismo tiempo, se trabaja en mejorar la tecnología de almacenamiento de antimateria. El Dr. Masaki Hori ha anunciado un método de confinamiento de antiprotones por radiofrecuencia, lo que según sus palabras podría reducir el contenedor al tamaño de una papelera.

En noviembre de 2008 la doctora Hui Chen, del Lawrence Livermore National Laboratory de Estados Unidos, anunció que ella y su equipo habrían creado positrones al hacer incidir un breve, aunque intenso, pulso láser a través de una lámina de oro blanco de pocos milímetros de espesor, esto habría ionizado al material y acelerado sus electrones. Los electrones acelerados emitieron cuantos, de energía, que al decaer dieron lugar a partículas materiales, dando también como resultado positrones.

- : Usos de la antimateria

Si bien la antimateria está lejos de ser considerada una opción como combustible por su abrumador costo y las dificultades tecnológicas inherentes a su manipulación. Los positrones han encontrado algunos relevantes usos prácticos. La tomografía por emisión de positrones es ya una realidad muy difundida en hospitales alrededor de todo el mundo. La espectroscopía de aniquilación de positrones es usada desde hace décadas para el estudio de diversos tipos de materiales (semiconductores, metales, aleaciones metálicas, polímeros, materiales porosos, etc.). También se investiga su uso en terapias contra el cáncer, ya que un estudio del CERN ha descubierto que los antiprotones son cuatro veces más efectivos que los protones en la destrucción de tejido canceroso, y se especula incluso con la idea de diseñar microscopios de antimateria, supuestamente más sensibles que los de materia ordinaria. Pero el mayor interés por la antimateria se centra en sus aplicaciones como combustible, pues la aniquilación de una partícula con una antipartícula genera gran cantidad de energía según la ecuación de Einstein $E=mc^2$ La energía generada por kilo (9×10^{16} J/kg), es unos diez mil millones de veces mayor que la generada por reacciones químicas y diez mil veces mayor que la energía nuclear de fisión.

Por ejemplo, se estima que sólo serían necesarios 10 miligramos de antimateria para propulsar una nave a Marte.

No obstante, hay que indicar que estas cifras no tienen en cuenta que aproximadamente el 50% de la energía se disipa en forma de emisión de neutrinos, por lo que en la práctica habría que reducir las cifras de aprovechamiento energético efectivo a la mitad.

- : **Antigravedad**

Todavía no se conoce el comportamiento de las antipartículas en un campo gravitatorio: esto se podría observar comprobando si un haz horizontal de positrones o de antiprotones provenientes de un acelerador se curva hacia arriba o hacia abajo en el campo gravitatorio de la Tierra, pero estas partículas producidas por colisiones se desplazan a velocidades próximas a la de la luz en el vacío, por lo que la curvatura a observar estaría en el orden de un diámetro nuclear por kilómetro de longitud del haz (0, 000 000 000 000 1 cm), y por ahora no es posible medir curvas tan pequeñas. Si las antipartículas o la antimateria se movieran en sentido inverso a la materia común en un campo gravitatorio, se echaría por tierra el Principio de equivalencia y con él a la teoría general de la relatividad, aunque no otras teorías relativistas de la gravitación.

Un experimento conceptual por el que se verificaría fácilmente la inexistencia de antigravedad es que la gravedad está en la masa y no en la materia como tal (la antimateria es masa con cargas eléctricas opuestas), la masa está un nivel por debajo de la materia bariónica ordinaria —y la materia es masa con cargas eléctricas endógenas—; por tanto y porque no existe antimasa o antiaglutinación de energía (anticromodinámica gluónica) no puede existir de manera alguna una fuerza gravitatoria repulsiva con la materia fisicoquímica conocida. La Ley de Conservación de la energía-momento, el Principio de equivalencia y por ende la Teoría General de la Relatividad serían reafirmados tras esto, quedarían indemnes.

+ : **Lo que hemos visto de acuerdo con nuestras deducciones.**

Haciendo un recuento, como vimos en el capítulo IX, en el sol se dan las explosiones, cuya intensidad supera las fuerzas magnéticas que sujetan todas las partículas en los átomos, lanzándolas al espacio. Dichas partículas, por efecto de su fuerza magnética, siempre buscarán unirse para formar los quarks, que son los elementos fundamentales en la materia, pero de acuerdo con nuestra deducción, esa condición depende de la primera energía que ocupe

su lugar en la partícula con fuerza magnética, si es positiva (Fotones) o negativa (Neutrinos).

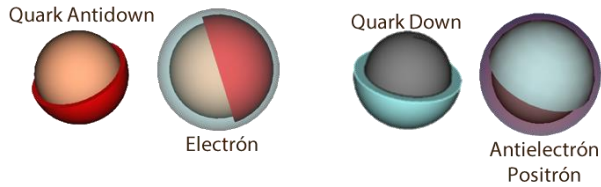


Figura 3.35.6 Fuerza magnética recibiendo primero fotones o neutrinos, ambos con chance de ser materia o antimateria.

Si el fotón es atraído por un Antiquark Up, se convierte en antimateria, pero si atrae neutrinos, se convierte en un electrón si es atraído por el protón de un átomo o en una Quark Up si recibe fotones siendo la base de la materia.

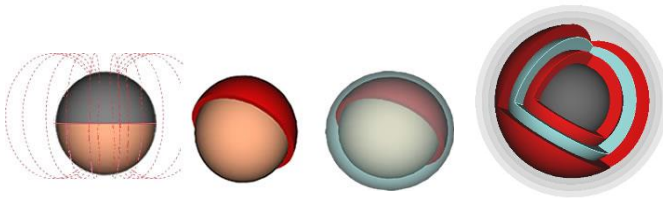


Figura 3.35.7. Llegando primero el fotón y luego recibe neutrinos se convierte en electrón o en un quark Up si le llega el otro fotón

Lo contrario sucede con la fuerza magnética que recibe primero a los neutrinos, si lo atrae un Quark Up, se convierte en materia formando parte de un hadrón, pero si atrae fotones, si es atraído por un Antiprotón se convierte en un antielectrón o positrón, o si atrae neutrinos se convierte en un Antiquark Up como parte fundamental de la antimateria

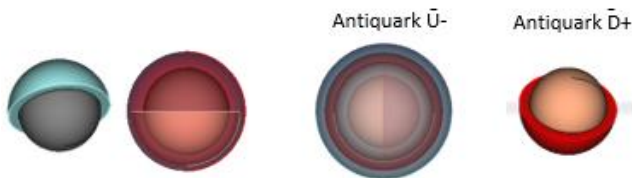


Figura 3.35.8. Llegando primero el neutrino y luego recibe fotones se convierte en antielectrón o positrón, si le llega el otro neutrino se convierte en un antiquark Up que atrae su complemento, al antiquark Down como parte de la antimateria.

Partiendo de esta base, los antiquarks resultantes se agrupan obedeciendo a las leyes del magnetismo, resultando los antineutrones, antipiones y los antiprotones con sus antielectrones que formarán los átomos de la antimateria.

También hay que resaltar, que el funcionamiento de esos antielectrones puede ser similar a como funcionan los electrones en la materia, pero su comportamiento, para nosotros es completamente distinto, por ende, invisible para nuestros ojos. Todo es una secuencia, nuestro sentido de la vista y en general, todos nuestros sentidos, están diseñados para reaccionar a las ondas electromagnéticas que describen los fotones y eso está grabado en nuestro cerebro, al cambiar de fotones como partículas de intercambio en la materia a neutrinos, como partícula de intercambio en la antimateria, todo cambia y esa es tal vez la razón para existir tanto desconocimiento sobre ese tema, se puede decir que no hay instrumentos ni memoria sobre los efectos de esas partículas de intercambio de la antimateria,

Refrescando la memoria a ese respecto, tenemos que recordar que los protones atraen a los electrones por la energía negativa que tienen en su segundo campo magnético, por lo tanto, queda expuesto el polo sur negativo de la partícula con fuerza magnética que al tener menos energía negativa en su segundo campo magnético (casi toda atraída por el Protón) puede seguir recibiendo la energía positiva de los fotones, pero como está sujeta a la atracción magnética del átomo receptor, recibiendo más energía positiva, puede cambiar de orbital, también se puede convertir en ion si recibe la energía suficiente para liberarse de la atracción magnética del protón, pero en la mayoría de los casos, emite sus fotones para estabilizarse y esa función es la que produce la mayor parte de los efectos físico-químicos en el universo.

Esa es la razón para la afirmación de que los neutrinos atraviesan todo sin interactuar con la materia, agregando a eso, que no existen instrumentos para detectarlos, como relatamos en el capítulo IX, en un tanque, con 400 mil galones de detergente líquido (hipoclorito) a 2 mil metros bajo tierra, pueden detectar en promedio, 10 neutrinos que activan algunas moléculas del detergente convirtiéndolas en gas cada 12 horas, sabiendo que por cada centímetros cuadrado de superficie, la tierra recibe varios miles de neutrinos por segundo.

El comportamiento de las fuerzas magnéticas que reciben primero a los neutrinos y luego a los fotones, al ser atraídas por un Antiprotón con energía negativa.

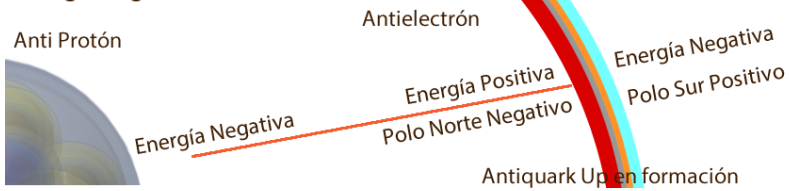


Figura 3.35.9. El Antielectrón como elemento de intercambio en la antimateria.

De acuerdo con esta deducción, ese intercambio en los positrones (antielectrones) es la razón para deducir la existencia de masa en esa antimateria, pero con la evidencia de que es invisible a nuestros ojos (reflexionando sobre eso, ¿será ese el factor que tienen la mayoría de los felinos y animales con costumbres nocturnas por la que pueden ver en la oscuridad?).

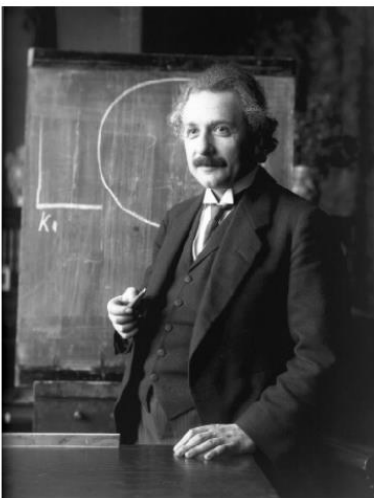
Regresando a nuestro argumento, Si no se tiene una idea clara sobre el funcionamiento de los quarks, como partículas básicas resultantes de la unión de una partícula con fuerza magnética y las dos energías representadas en los fotones y los neutrinos, queda muy difícil comprender el concepto emitido en referencia al funcionamiento de la materia y la antimateria, por eso, con lo expresado en los libros de texto o en textos con libre acceso como en el anterior resumen de Wikipedia, nos deja la sensación de que los científicos conocen esa realidad, pero por alguna razón, no la explican cómo debe de ser, generando ese mar de dudas e incertezas generalizadas que hay sobre ese tema (Hecho que confirma nuestra afirmación de que “El conocimiento está cautivo”. Pero continuando con nuestro objetivo de brindar alternativas a nuestra irracionalidad (afirmación cruel, pero cierta, ya que consideramos que lo que sucede hoy, siendo dominados por un dogma que evidentemente es mítico y racionalmente injustificado) es irracional seguir obedeciendo sus preceptos sin buscar alternativas.

+: Antecedentes

La comprensión de que el universo cambia con el tiempo llegó en las décadas de 1920 y 1930 cuando se hicieron disponibles las mediciones de los corrimientos al rojo de una gran muestra de galaxias. En retrospectiva, es sorprendente que los científicos se sintieran tan impactados al descubrir que el universo se está

expandiendo. De hecho, nuestras teorías de la gravedad exigen que el universo se esté expandiendo o contrayendo. Para mostrar lo que queremos decir, comencemos con un universo de tamaño finito, digamos una bola gigante de mil galaxias. Todas estas galaxias se atraen entre sí por su gravedad. Si inicialmente estuvieran estacionarios, inevitablemente comenzarían a acercarse más y eventualmente chocarían. Podrían evitar este colapso sólo si por alguna razón se estaban alejando el uno del otro a altas velocidades. De la misma manera, solo si se lanza un cohete a una velocidad lo suficientemente alta podrá evitar caer de nuevo a la Tierra.

El problema de lo que sucede en un universo infinito es más difícil de resolver, pero Einstein (y otros) utilizó su teoría de la relatividad general (que describimos en Agujeros Negros y Espacio-Tiempo Curvo) para demostrar que ni siquiera los universos infinitos pueden ser estáticos. Como los astrónomos en ese momento aún no sabían que el universo se estaba expandiendo (y el propio Einstein no estaba dispuesto filosóficamente a aceptar un universo en movimiento), cambió sus ecuaciones introduciendo un nuevo término arbitrario (podríamos llamarlo factor fudge) llamado la constante cosmológica. Esta constante representaba una hipotética fuerza de repulsión que podía equilibrar la atracción gravitacional en las escalas más grandes y permitir que las galaxias permanecieran a distancias fijas entre sí. De esa manera, el universo podría quedarse quieto.



(a)



(b)

Figura 3.35.10. Einstein y Hubble. a) Albert Einstein se muestra en una fotografía de 1921. b) Edwin Hubble trabajando en el monte Observatorio Wilson.

Alrededor de una década después, Hubble, y sus compañeros de trabajo informaron que el universo se está expandiendo, por lo que no se necesita una misteriosa fuerza de equilibrio. (Lo discutimos en el capítulo sobre Galaxias.) Se informa que Einstein dijo que la introducción de la constante cosmológica fue “el mayor error de mi vida”. Como veremos más adelante en este capítulo, sin embargo, observaciones relativamente recientes indican que la expansión se está acelerando. Ahora se están realizando observaciones para determinar si esta aceleración es consistente con una constante cosmológica. En cierto modo, puede resultar que Einstein tenía razón después de todo.

* : El tiempo del Hubble

Si tuviéramos una película del universo en expansión y corriéramos la película hacia atrás, ¿qué veríamos? Las galaxias, en lugar de separarse, se moverían juntas en nuestra película, cada vez más cerca. Eventualmente, encontraríamos que toda la materia que podemos ver hoy se concentró alguna vez en un volumen infinitesimalmente pequeño. Los astrónomos identifican esta vez con el inicio del universo. La explosión de ese universo concentrado al principio de los tiempos se llama el Big Bang (no es un mal término, ya que no se puede tener un bang más grande que uno que crea el universo entero). Pero ¿cuándo ocurrió esta explosión?

Podemos hacer una estimación razonable del tiempo transcurrido desde que comenzó la expansión universal. Para ver cómo hacen esto los astrónomos, comencemos con una analogía. Supongamos que tu clase de astronomía decide tener una fiesta (una especie de “Big Bang”) en la casa de alguien para celebrar el final del semestre. Desafortunadamente, todos están festejando con tanto entusiasmo que los vecinos llaman a la policía, que llegan y envían a todos lejos en el mismo momento. Llegas a casa a las 2 de la mañana, todavía algo molesto por la forma en que terminó la fiesta, y te das cuenta de que olvidaste mirar tu reloj para ver a qué hora llegó la policía. Pero usas un mapa para medir que la distancia entre la fiesta y tu casa es de 40 kilómetros. Y también recuerdas que manejaste todo el viaje a una velocidad constante de 80 kilómetros/hora (ya que

estabas preocupado de que los carros de la policía te siguieran). Por lo tanto, el viaje debió haber realizado:

$$\text{time}=\text{distance}/\text{velocity}=40 \text{ kilometers}/80 \text{ kilometers/hour} = 0.5 \text{ hours}$$

Por lo que la fiesta debió haberse roto a la 1:30 horas.

No había humanos alrededor para mirar sus relojes cuando comenzó el universo, pero podemos usar la misma técnica para estimar cuándo las galaxias comenzaron a alejarse unas de otras. (Recuerda que, en realidad, es el espacio el que se está expandiendo, no las galaxias que se mueven a través del espacio estático). Si podemos medir qué tan lejos están las galaxias ahora, y qué tan rápido se mueven, podemos averiguar cuánto tiempo ha sido un viaje.

Llamemos a la edad del universo medida de esta manera T_0 . Primero hagamos un caso simple asumiendo que la expansión ha estado a un ritmo constante desde que comenzó la expansión del universo. En este caso, el tiempo que ha tardado una galaxia en moverse una distancia, d , alejándose de la Vía Láctea (recordemos que al principio las galaxias estaban todas juntas en un volumen muy pequeño) es (como en nuestro ejemplo)

$$T_0=d/v$$

donde v esta la velocidad de la galaxia. Si podemos medir la velocidad con la que se alejan las galaxias, y también las distancias entre ellas, podemos establecer cuánto tiempo hace que comenzase la expansión.

Hacer tales mediciones debería sonar muy familiar. Esto es justo lo que el Hubble y muchos astrónomos después de él, necesitaban hacer para establecer la ley del Hubble y la constante del Hubble. Aprendimos en Galaxias que la distancia de una galaxia y su velocidad en el universo en expansión están relacionadas por

$$V = H \times d$$

donde H está la constante del Hubble. Combinar estas dos expresiones nos da

$$T_0 = d/v = d / (H \times d) = 1/H$$

Vemos, entonces, que el trabajo de calcular esta vez ya estaba hecho para nosotros cuando los astrónomos midieron la constante del Hubble. La edad del universo estimada de esta manera resulta ser solo la recíproca de la constante del Hubble (es decir, $1/H$). Esta estimación de edad a veces se llama el tiempo del Hubble. Para una constante del Hubble de 20 kilómetros/segundo por millón de años luz, el tiempo del Hubble es de unos 15 mil millones de años. La unidad utilizada por los astrónomos para la constante del Hubble es de kilómetros/segundo por millón de pársecs. En estas unidades, la constante del Hubble es igual a unos 70 kilómetros/segundo por millón de pársecs, nuevamente con una incertidumbre de alrededor del 5%.

Para que los números sean más fáciles de recordar, aquí hemos hecho algunos redondeos. Las estimaciones para la constante del Hubble están en realidad más cerca de 21 o 22 kilómetros/segundo por millón de años luz, lo que haría que la edad se acercara a los 14 mil millones de años. Pero todavía hay alrededor de un 5% de incertidumbre en la constante del Hubble, lo que significa que la edad del universo estimada de esta manera también es incierta en alrededor del 5%.

Para poner en perspectiva estas incertidumbres, sin embargo, debes saber que, hace 50 años, la incertidumbre era un factor de 2. En las últimas dos décadas se han logrado avances notables para fijar la constante del Hubble.

+ : El papel de la desaceleración

El tiempo del Hubble es la edad adecuada para el universo solo si la tasa de expansión ha sido constante a lo largo del tiempo desde que comenzó la expansión del universo. Continuando con nuestra analogía de fin de semestre-partido, esto equivale a asumir que viajó a casa desde la fiesta a un ritmo constante, cuando en realidad tal vez no haya sido así. Al principio, enojado por tener que irte, es posible que hayas conducido rápido, pero luego a medida que te calmabas y pensabas en los autos de policía en la carretera, es posible que hayas comenzado a reducir la velocidad hasta que conducías a una velocidad más socialmente aceptable (como 80 kilómetros/hora). En este caso, dado que conducías más rápido al inicio, el viaje a casa habría tardado menos de media hora.

De la misma manera, al calcular el tiempo del Hubble, hemos asumido que H ha sido constante a lo largo de todo el tiempo. Resulta que esta no es una buena suposición. Anteriormente en su pensamiento sobre esto, los astrónomos esperaban que la tasa de expansión se estuviera desacelerando. Sabemos que la materia crea gravedad, por lo que todos los objetos tiran de todos los demás objetos. Se esperaba que la atracción mutua entre galaxias ralentizara la expansión a medida que pasaba el tiempo. Esto quiere decir que, si la gravedad fuera la única fuerza que actuaba (un gran sí, como veremos en la siguiente sección), entonces la tasa de expansión debió haber sido más rápida en el pasado de lo que es hoy. En este caso, diríamos que el universo ha ido desacelerando desde sus inicios.

Cuánto se ha desacelerado depende de la importancia de la gravedad para ralentizar la expansión. Si el universo estuviera casi vacío, el papel de la gravedad sería menor. Entonces la desaceleración estaría cerca de cero, y el universo se habría ido expandiendo a un ritmo constante. Pero en un universo con alguna densidad significativa de materia, la atracción de la gravedad significa que la velocidad de expansión debería ser ahora más lenta de lo que solía ser. Si usamos la tasa actual de expansión para estimar cuánto tardaron las galaxias en alcanzar sus separaciones actuales, sobreestimaremos la edad del universo, así como quizás hayamos sobreestimado el tiempo que tardó en llegar a casa del partido.

+ : Una aceleración universal

Los astrónomos pasaron varias décadas buscando evidencia de que la expansión se estaba desacelerando, pero no tuvieron éxito. Lo que necesitaban eran 1) telescopios más grandes para que pudieran medir los desplazamientos al rojo de galaxias más distantes y 2) una bombilla estándar muy luminosa (o vela estándar), es decir, algún objeto astronómico con luminosidad conocida que produce una enorme cantidad de energía y se puede observar a distancias de mil millones de años luz o más.

Recordemos que discutimos las bombillas estándar en el capítulo sobre Galaxias. Si comparamos lo luminosa que se supone que es una bombilla estándar y qué tan tenue se ve realmente en nuestros

telescopios, la diferencia nos permite calcular su distancia. El corrimiento al rojo de la galaxia en la que se encuentra una bombilla así puede decirnos qué tan rápido se mueve en el universo. Así podemos medir su distancia y movimiento de forma independiente.

Estos dos requisitos finalmente se cumplieron en la década de 1990. Los astrónomos demostraron que las supernovas de tipo Ia (ver La muerte de las estrellas), con algunas correcciones basadas en las formas de sus curvas de luz, son bombillas estándar. Este tipo de supernova ocurre cuando una enana blanca acumula suficiente material de una estrella compañera para superar el límite de Chandrasekhar y luego colapsa y explota. En el momento del máximo brillo, estas supernovas dramáticas pueden eclipsar brevemente a las galaxias que las albergan, y por lo tanto, se pueden observar a distancias muy grandes. Se pueden utilizar telescopios grandes de 8 a 10 metros para obtener los espectros necesarios para medir los desplazamientos al rojo de las galaxias anfitrionas (Figura 3.35.1.2).

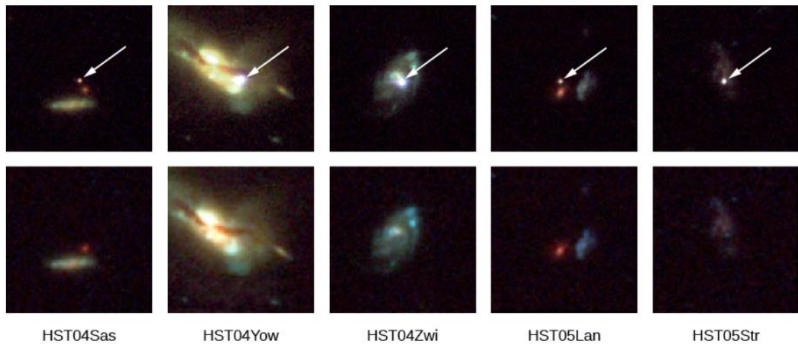


Figura 3.35.11. Cinco Supernovas y sus Galaxias Anfitrionas. La fila superior muestra cada galaxia y su supernova (flecha). La fila inferior muestra las mismas galaxias antes o después de que explotaran las supernovas.

El resultado de un estudio minucioso y cuidadoso de estas supernovas en una gama de galaxias, realizado por dos grupos de investigadores, se publicó en 1998. Fue impactante y tan revolucionario que su descubrimiento recibió el Premio Nobel de Física 2011. Lo que encontraron los investigadores fue que estas supernovas tipo Ia en galaxias distantes eran más débiles de lo esperado de la ley del Hubble, dados los desplazamientos al rojo medidos de sus galaxias anfitrionas. Es decir, las distancias estimadas

a partir de las supernovas utilizadas como bulbos estándar no coincidieron con las distancias medidas desde los desplazamientos al rojo.

Si el universo estuviera desacelerando, esperaríamos que las supernovas lejanas fueran más brillantes de lo esperado. La desaceleración los habría mantenido más cerca de nosotros. En cambio, estaban más desmayados, lo que al principio parecía no tener sentido.

Antes de aceptar este impactante desarrollo, los astrónomos exploraron primero la posibilidad de que las supernovas no fueran realmente tan útiles como las bombillas estándar como pensaban. Quizás las supernovas parecían demasiado débiles porque el polvo a lo largo de nuestra línea de visión les absorbió parte de su luz. O quizás las supernovas a grandes distancias fueron por alguna razón intrínsecamente menos luminosas que las supernovas cercanas de tipo Ia.

Una serie de observaciones más detalladas descartaron estas posibilidades. Luego, los científicos tuvieron que considerar la alternativa de que la distancia estimada desde el desplazamiento al rojo fuera incorrecta. Las distancias derivadas de los desplazamientos al rojo suponen que la constante del Hubble ha sido verdaderamente constante para todos los tiempos. Vimos que una forma en que podría no ser constante es que la expansión se está desacelerando. Pero supongamos que ninguna suposición es correcta (velocidad constante o desaceleración).

Supongamos, en cambio, que el universo se está acelerando. Si el universo se está expandiendo más rápido ahora que hace miles de millones de años, nuestro movimiento lejos de las supernovas distantes se ha acelerado desde que ocurrió la explosión, barriéndonos más lejos de ellas. La luz de la explosión tiene que recorrer una distancia mayor para llegar a nosotros que si la tasa de expansión fuera constante. Cuanto más viaja la luz, más leve aparece. Esta conclusión explicaría las observaciones de supernova de manera natural, y esto ahora ha sido fundamentado por muchas observaciones adicionales a lo largo de las últimas dos décadas. Realmente parece que la expansión del universo se está acelerando,

noción tan inesperada que los astrónomos al principio se resistieron a considerarla.

¿Cómo puede acelerarse la expansión del universo? Si quieres acelerar tu auto, debes suministrar energía pisando el gas. De igual manera, se debe suministrar energía para acelerar la expansión del universo. El descubrimiento de la aceleración fue impactante porque los científicos aún no tienen idea de cuál es la fuente de la energía. Los científicos llaman a lo que sea que sea energía oscura, lo cual es una clara señal de lo poco que la entendemos.

Obsérvese que este nuevo componente del universo no es la materia oscura de la que hablamos en capítulos anteriores. La energía oscura es otra cosa que tampoco hemos detectado todavía en nuestros laboratorios de la Tierra.

¿Qué es la energía oscura? Una posibilidad es que sea la constante cosmológica, que es una energía asociada al vacío del espacio “vacío” mismo. La mecánica cuántica (la intrigante teoría de cómo se comportan las cosas a nivel atómico y subatómico) nos dice que la fuente de esta energía de vacío podría ser pequeñas partículas elementales que parpadean dentro y fuera de la existencia en todas partes del universo. Se han hecho diversos intentos para calcular qué tan grandes deberían ser los efectos de esta energía de vacío, pero hasta ahora estos intentos no han tenido éxito. De hecho, ¡el orden de magnitud de las estimaciones teóricas de la energía de vacío basadas en la mecánica cuántica de la materia y el valor requerido para dar cuenta de la aceleración de la expansión del universo difieren en un factor increíble de al menos 10^{120} (es decir, un 1 seguido de 120 ceros)! Se han sugerido otras diversas teorías, pero la conclusión es que, aunque hay pruebas convincentes de que existe la energía oscura, aún no conocemos la fuente de esa energía.

Sea cual sea la energía oscura, debemos señalar que el descubrimiento de que la tasa de expansión no ha sido constante desde el inicio del universo complica el cálculo de la edad del universo. Curiosamente, la aceleración parece no haber comenzado con el Big Bang. Durante los primeros miles de millones de años después del Big Bang, cuando las galaxias estaban muy juntas, la gravedad fue lo suficientemente fuerte como para frenar la expansión. A medida que las galaxias se alejaban, el efecto de la

gravidad se debilitaba. Varios miles de millones de años después del Big Bang, la energía oscura se hizo cargo, y la expansión comenzó a acelerarse (Figura 3.35.1.3).

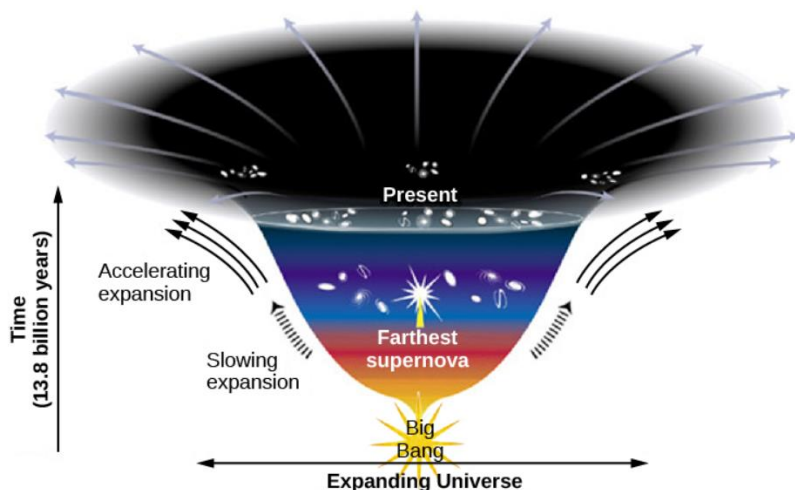


Figura 3.35.12. Cambios en la tasa de expansión del universo desde su inicio Hace 13.8 mil millones de años. Cuanto más se extiende horizontalmente el diagrama, más rápido será el cambio en la velocidad de expansión. Después de un periodo de expansión muy rápida al inicio, que los científicos llaman inflación y que discutiremos más adelante en este capítulo, la expansión comenzó a desacelerarse. Las galaxias estaban entonces juntas, y su atracción gravitacional mutua ralentizó la expansión. Después de unos pocos miles de millones de años, cuando las galaxias estaban más separadas, la influencia de la gravedad comenzó a debilitarse. Entonces la energía oscura se hizo cargo y provocó que la expansión se acelerara.

La desaceleración trabaja para hacer que la edad del universo estimada por la relación simple $T_0=1/H$ parezca más antigua de lo que realmente es, mientras que la aceleración funciona para que parezca más joven. Por feliz coincidencia, nuestras mejores estimaciones de cuánta desaceleración y aceleración ocurrieron conducen a una respuesta para la edad muy cercana a $T_0=1/H$. La mejor estimación actual es que el universo tiene 13.800 millones de años con una incertidumbre de sólo unos 100 millones de años.

A lo largo de este capítulo, nos hemos referido a la constante del Hubble. Ahora sabemos que la constante del Hubble sí cambia con el tiempo. Es, sin embargo, constante en todas partes del universo en un momento dado. Cuando decimos que la constante del Hubble es de unos 70 kilómetros/segundo/millón de pársecs, queremos

decir que este es el valor de la constante del Hubble en el momento actual.

+ : Comparando edades

Ahora tenemos una estimación para la edad del universo a partir de su expansión. ¿Esta estimación es consistente con otras observaciones? Por ejemplo, ¿las estrellas más antiguas u otros objetos astronómicos son menores de 13.800 millones de años? Después de todo, el universo tiene que ser al menos tan antiguo como los objetos más antiguos del mismo. En nuestra Galaxia y otras, las estrellas más antiguas se encuentran en los cúmulos globulares (Figura 3.35.1.4), los cuales se pueden fechar utilizando los modelos de evolución estelar descritos en el capítulo Estrellas de la Adolescencia a la Vejez.



Figura 3.35.13. Cúmulo Globular 47 Tucanae. Esta imagen del Telescopio Espacial Hubble NASA/ESA muestra un cúmulo globular conocido como 47 Tucanae, ya que se encuentra en la constelación de Tucana (El Tucán) en el cielo del sur. El segundo cúmulo globular más brillante del cielo nocturno incluye cientos de miles

de estrellas. Los cúmulos globulares se encuentran entre los objetos más antiguos de nuestra Galaxia y pueden ser utilizados para estimar su edad.

La precisión de las estimaciones de edad de los cúmulos globulares ha mejorado notablemente en los últimos años por dos razones. Primero, se han mejorado los modelos de interiores de estrellas de cúmulo globular, principalmente a través de una mejor información sobre cómo los átomos absorben la radiación a medida que avanzan desde el centro de una estrella hacia el espacio. En segundo lugar, las observaciones de los satélites han mejorado la precisión de nuestras mediciones de las distancias a estos clústeres. La conclusión es que las estrellas más antiguas se formaron hace unos 12 a 13 mil millones de años.

Esta estimación de edad ha sido confirmada recientemente por el estudio del espectro del uranio en las estrellas. El isótopo uranio-238 es radiactivo y se descompone (se transforma en otro elemento) con el tiempo. (El uranio-238 obtiene su designación porque tiene 92 protones y 146 neutrones.) Sabemos (por cómo las estrellas y las supernovas hacen elementos) cuánto uranio-238 se hace generalmente en comparación con otros elementos. Supongamos que medimos la cantidad de uranio en relación con elementos no radiactivos en una estrella muy antigua y en nuestro propio Sol, y comparamos las abundancias. Con esos datos, podemos estimar cuánto más tiempo ha estado descomponiéndose el uranio en la estrella muy vieja porque sabemos por nuestro propio Sol cuánto se descompone el uranio en 4.5 mil millones de años.

La línea de uranio es muy débil y difícil de distinguir incluso en el Sol, pero ahora se ha medido en una estrella extremadamente vieja usando el Telescopio Europeo Muy Grande (Figura 3.35.1.5). Comparando la abundancia con la del sistema solar, cuya edad conocemos, los astrónomos estiman que la estrella tiene 12.5 mil millones de años, con una incertidumbre de alrededor de 3 mil millones de años. Si bien la incertidumbre es grande, este trabajo es una confirmación importante de las edades estimadas por estudios de las estrellas del cúmulo globular. Obsérvese que la estimación de la edad del uranio es completamente independiente; no depende ni de la medición de distancias ni de modelos de los interiores de las estrellas.

Como veremos más adelante en este capítulo, las estrellas del cúmulo globular probablemente no se formaron hasta que la expansión del universo había estado en marcha durante al menos unos cientos de millones de años. En consecuencia, sus edades son consistentes con la edad de 13.8 mil millones de años estimada a partir de la tasa de expansión.



Figura 3.35.14. Telescopio Extremadamente Grande Europeo, Telescopio Europeo Muy Grande, y el Coliseo. El European Extremely Large Telescope (E-ELT) se encuentra actualmente en construcción en Chile. Esta imagen compara el tamaño del E-ELT (izquierda) con los cuatro telescopios de 8 metros del European Very Large Telescope (centro) y con el Coliseo de Roma (derecha). El espejo del E-ELT tendrá 39 metros de diámetro. Los astrónomos están construyendo una nueva generación de telescopios gigantes con el fin de observar galaxias muy distantes y entender cómo eran cuando recién se formaron y el universo era joven.

La cosmología es el estudio de la organización y evolución del universo. El universo se está expandiendo, y este es uno de los puntos de partida observacionales clave para las teorías cosmológicas modernas. Las observaciones modernas muestran que la tasa de expansión no ha sido constante a lo largo de la vida del universo. Inicialmente, cuando las galaxias estaban muy juntas, los efectos de la gravedad fueron más fuertes que los efectos de la energía oscura, y la tasa de expansión se ralentizó gradualmente. A medida que las galaxias se alejaban, la influencia de la gravedad en la tasa de expansión se debilitó. Las mediciones de supernovas distantes muestran que cuando el universo tenía aproximadamente la mitad de su edad actual, la energía oscura comenzó a dominar la velocidad de expansión y provocó que se acelerara. Para estimar la edad del universo, debemos permitir cambios en la tasa de expansión. Después de permitir estos efectos, los astrónomos estiman que toda la materia dentro del universo observable se

concentró en un volumen extremadamente pequeño hace 13.800 millones de años, una vez que llamamos el Big Bang.

*** : Un modelo del universo**

+ : El universo en expansión

Todo modelo del universo debe incluir la expansión que observemos. Otro elemento clave de los modelos es que el principio cosmológico (que discutimos en La evolución y distribución de las galaxias) es válido: a gran escala, el universo en cualquier momento dado es el mismo en todas partes (homogéneo e isotrópico). Como resultado, la tasa de expansión debe ser la misma en todas partes durante cualquier época del tiempo cósmico. Si es así, no necesitamos pensar en todo el universo cuando pensamos en la expansión, solo podemos mirar cualquier porción suficientemente grande de ella. (Algunos modelos de energía oscura permitirían que la tasa de expansión fuera diferente en diferentes direcciones, y los científicos están diseñando experimentos para probar esta idea. Sin embargo, hasta que se encuentre tal evidencia, asumiremos que el principio cosmológico se aplica en todo el universo).

En Galaxias, insinuamos que cuando pensamos en la expansión del universo, es más correcto pensar en el espacio mismo que en las galaxias que se mueven a través del espacio estático. Sin embargo, desde entonces hemos estado discutiendo los desplazamientos al rojo de las galaxias como si fueran el resultado del movimiento de las galaxias mismas.

Ahora, sin embargo, es el momento de dejar atrás por fin nociones tan simplistas y echar una mirada más sofisticada a la expansión cósmica. Recordemos de nuestra discusión sobre la teoría de la relatividad general de Einstein (en el capítulo sobre Agujeros negros y espacio-tiempo curvo) que el espacio-tiempo, o más precisamente, el espacio-tiempo, no es un mero telón de fondo de la acción del universo, como pensaba Newton. Más bien, es un participante activo, afectado por y a su vez afectando la materia y la energía en el universo.

Dado que la expansión del universo es el estiramiento de todo el espacio-tiempo, todos los puntos del universo se están estirando

juntos. Así, la expansión comenzó en todas partes a la vez. Desafortunadamente para las agencias turísticas del futuro, no hay ninguna ubicación que puedas visitar donde comenzó el estiramiento del espacio o donde podamos decir que ocurrió el Big Bang.

Para describir exactamente cómo se extiende el espacio, decimos que la expansión cósmica hace que el universo sufra un cambio uniforme de escala a lo largo del tiempo. Por escala nos referimos, por ejemplo, a la distancia entre dos cúmulos de galaxias. Se acostumbra a representar la escala por el factor R ; si se R

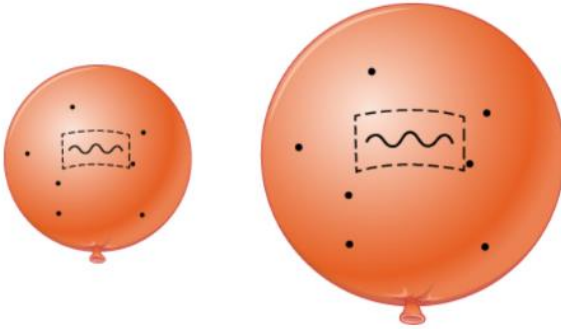
duplica, entonces la distancia entre los racimos se ha duplicado. Dado que el universo se está expandiendo al mismo ritmo en todas partes, el cambio en R nos dice cuánto se ha expandido (o contraído) en un momento dado. Para un universo estático, R sería constante a medida que pasa el tiempo. En un universo en expansión, R aumenta con el tiempo.

Si es el espacio el que se extiende en lugar de las galaxias que se mueven a través del espacio, entonces ¿por qué las galaxias muestran corrimientos al rojo en sus espectros? Cuando eras joven e ingenuo —hace unos capítulos— estuvo bien discutir los desplazamientos al rojo de galaxias distantes como si fueran el resultado de su alejamiento de nosotros. Pero ahora que eres un estudiante mayor y más sabio de la cosmología, esta visión simplemente no servirá.

Una visión más precisa de los desplazamientos al rojo de las galaxias es que las ondas de luz se estiran por el estiramiento del espacio por el que viajan. Piensa en la luz de una galaxia remota. A medida que se aleja de su fuente, la luz tiene que viajar por el espacio. Si el espacio se estira durante todo el tiempo que la luz está viajando, las ondas de luz también se estirarán. Un desplazamiento al rojo es un estiramiento de ondas: la longitud de onda de cada onda aumenta (Figura 3.35.15). La luz de galaxias más distantes viaja por más tiempo que la luz de las más cercanas. Esto significa que la luz se ha estirado más que la luz de las más cercanas y así muestra un mayor desplazamiento al rojo.

Así, lo que nos está diciendo el desplazamiento al rojo medido de la luz de un objeto es cuánto se ha expandido el universo desde que la

luz dejó el objeto. Si el universo se ha expandido por un factor de 2, entonces la longitud de onda de la luz (y todas las ondas electromagnéticas de la misma fuente) se habrán duplicado.



3.35.15. Expansión de Figura y corrimiento al rojo. A medida que una superficie elástica se expande, una onda en su superficie se estira. Para las ondas de luz, el aumento en la longitud de onda se vería como un desplazamiento al rojo.

+ : Modelos de la Expansión

Antes de que los astrónomos supieran de la energía oscura o tuvieran una buena medición de cuánta materia existe en el universo, hicieron modelos especulativos sobre cómo el universo podría evolucionar con el tiempo. Los cuatro escenarios posibles se muestran en la Figura 3.35.16. En este diagrama, el tiempo avanza desde abajo hacia arriba, y la escala del espacio aumenta al ampliarse los círculos horizontales.

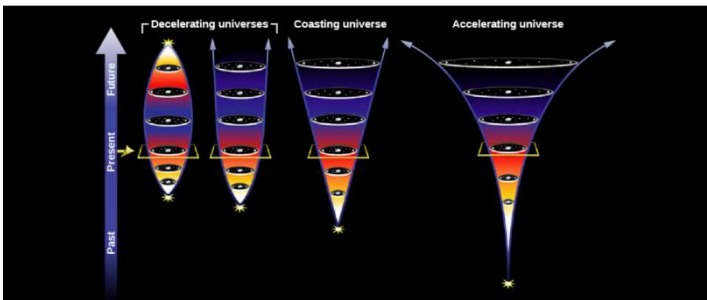


Figura 3.35.16. Cuatro Posibles Modelos del Universo. El cuadrado amarillo marca el presente en los cuatro casos, y para los cuatro, la constante de Hubble es igual al mismo valor en la actualidad. El tiempo se mide en dirección vertical. Los dos primeros universos de la izquierda son aquellos en los que la tasa de expansión se ralentiza con el tiempo. El de la izquierda eventualmente ralentizará, llegará a un

alto y revertirá, terminando en un “gran crujido”, mientras que el que está al lado seguirá expandiéndose para siempre, pero cada vez más lentamente a medida que pase el tiempo. El universo “costero” es aquel que se expande a un ritmo constante dado por la constante del Hubble a lo largo de todo el tiempo cósmico. El universo acelerado de la derecha seguirá expandiéndose cada vez más rápido para siempre.

El escenario más simple de un universo en expansión sería aquel en el que R aumenta con el tiempo a un ritmo constante. Pero ya sabes que la vida no es tan sencilla. El universo contiene una gran cantidad de masa y su gravedad desacelera la expansión, en gran cantidad si el universo contiene mucha materia, o en una cantidad insignificante si el universo está casi vacío. Después está la aceleración observada, a la que los astrónomos culpan a una especie de energía oscura.

Primero exploremos el abanico de posibilidades con modelos para diferentes cantidades de masa en el universo y para diferentes contribuciones de energía oscura. En algunos modelos —como veremos— el universo se expande para siempre. En otros, deja de expandirse y comienza a contraerse. Después de mirar las posibilidades extremas, veremos observaciones recientes que nos permiten elegir el escenario más probable.

Quizás deberíamos hacer una pausa por un minuto para señalar lo notable que es que podamos hacer esto en absoluto. Nuestra comprensión de los principios que subyacen a cómo funciona el universo a gran escala y nuestras observaciones de cómo los objetos en el universo cambian con el tiempo nos permiten modelar la evolución de todo el cosmos en estos días. Es uno de los logros más elevados de la mente humana.

Lo que los astrónomos miran en la práctica, para determinar el tipo de universo en el que vivimos, es la densidad promedio del universo. Esta es la masa de materia (incluida la masa equivalente de energía) que estaría contenida en cada unidad de volumen (digamos, 1 centímetro cúbico) si todas las estrellas, galaxias y otros objetos fueran deshechos, átomo a átomo, y si todas esas partículas, junto con la luz y otra energía, fueran distribuidos por todo el espacio con absoluta uniformidad. Si la densidad promedio es baja, hay menos masa y menos gravedad, y el universo no desacelerará mucho. Por lo tanto, puede expandirse para siempre. Mayor densidad promedio, por otro lado, significa que hay más masa y más gravedad y que el estiramiento del espacio podría ralentizar lo suficiente como para

que la expansión eventualmente se detenga. Una densidad extremadamente alta podría incluso hacer que el universo colapse de nuevo.

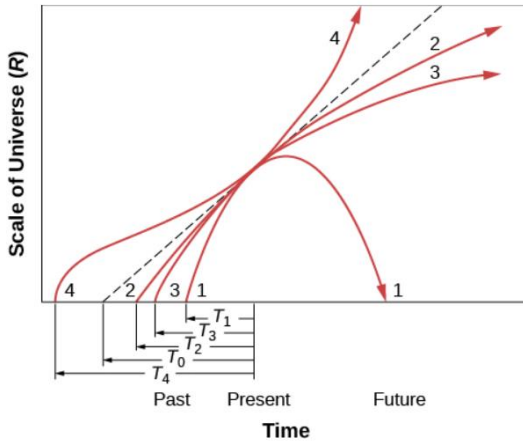
Para una tasa de expansión dada, existe una densidad crítica, la masa por unidad de volumen que será suficiente para ralentizar la expansión a cero en algún momento infinitamente lejano en el futuro. Si la densidad real es mayor que esta densidad crítica, entonces la expansión finalmente se revertirá y el universo comenzará a contraerse. Si la densidad real es menor, entonces el universo se expandirá para siempre.

Estas diversas posibilidades se ilustran en la Figura 3.35.17. En esta gráfica, una de las más completas de toda la ciencia, trazamos el desarrollo de la escala del espacio en el cosmos frente al paso del tiempo. El tiempo aumenta hacia la derecha, y la escala del universo, R , aumenta hacia arriba en la figura. Hoy en día, en el punto marcado como “presente” a lo largo del eje del tiempo, R está aumentando en cada modelo. Sabemos que actualmente las galaxias se están expandiendo, alejándose unas de otras, sin importar qué modelo sea el adecuado. (La misma situación se sostiene para un beisbol arrojado alto al aire. Si bien eventualmente puede volver a caer, cerca del comienzo del lanzamiento se mueve hacia arriba con mayor rapidez).

Las diversas líneas que se mueven a través de la gráfica corresponden a diferentes modelos del universo. La línea recta discontinua corresponde al universo vacío sin desaceleración; intercepta el eje de tiempo a la vez, T_0 (el tiempo del Hubble), en el pasado. Este no es un modelo realista, sino que nos da una medida con la que comparar otros modelos. Las curvas por debajo de la línea discontinua representan modelos sin energía oscura y con cantidades variables de desaceleración, comenzando desde el Big Bang en tiempos más cortos en el pasado. La curva por encima de la línea discontinua muestra lo que sucede si la expansión se está acelerando. Echemos un vistazo más de cerca al futuro según los diferentes modelos.

Empecemos con la curva 1 en la Figura 3.35.17. En este caso, la densidad real del universo es mayor que la densidad crítica y no hay energía oscura. Este universo dejará de expandirse en algún

momento en el futuro y comenzará a contraerse. Este modelo se denomina universo cerrado y corresponde al universo de la izquierda en la Figura 3.35.16.



3.35.17. Modelos de figuras del Universo. Esta gráfica traza R , la escala del universo, contra el tiempo para diversos modelos cosmológicos. La curva 1 representa un universo donde la densidad es mayor que el valor crítico; este modelo predice que el universo eventualmente colapsará. La curva 2 representa un universo con una densidad inferior a la crítica; el universo continuará expandiéndose, pero a un ritmo cada vez más lento. La curva 3 es un universo de densidad crítica; en este universo, la expansión se ralentizará gradualmente hasta detenerse infinitamente lejos en el futuro. La curva 4 representa un universo que se está acelerando debido a los efectos de la energía oscura. La línea discontinua es para un universo vacío, uno en el que la expansión no es ralentizada por la gravedad ni acelerada por la energía oscura. El tiempo está muy comprimido en esta gráfica.

Eventualmente, la escala cae a cero, lo que significa que el espacio se habrá reducido a un tamaño infinitamente pequeño. El destacado físico John Wheeler llamó a esto el “gran crujido”, porque la materia, la energía, el espacio y el tiempo serían aplastados de la existencia. Tenga en cuenta que el “gran crujido” es lo opuesto al Big Bang, es una implosión. El universo no se está expandiendo sino colapsando sobre sí mismo.

Algunos científicos especularon que otro Big Bang podría seguir la contracción, dando lugar a una nueva fase de expansión, y luego otra contracción, tal vez oscilando entre sucesivos Big Bangs y grandes crujidos indefinidamente en el pasado y en el futuro. Tal

especulación se refería a veces como la teoría oscilante del universo. El reto para los teóricos era cómo describir la transición del colapso (cuando el espacio y el tiempo mismos desaparecen en la gran crisis) a la expansión. Con el descubrimiento de la energía oscura, sin embargo, no parece que el universo experimente un gran crujido, por lo que podemos poner la preocupación por ella en un segundo plano.

Si la densidad del universo es menor que la densidad crítica (curva 2 en la Figura 3.35.17. y el segundo universo desde la izquierda en Figura 3.35.16.), la gravedad nunca es lo suficientemente importante como para detener la expansión, y así el universo se expande para siempre. Tal universo es infinito y a este modelo se le llama universo abierto. El tiempo y el espacio comienzan con el Big Bang, pero no tienen fin; el universo simplemente continúa expandiéndose, siempre un poco más despacio a medida que pasa el tiempo. Grupos de galaxias eventualmente se separan tanto que sería difícil para los observadores en alguna de ellas ver a las otras. (Vea el cuadro de características en ¿Cómo podría ser el universo en el futuro lejano? más adelante en la sección para más información sobre el futuro lejano en los modelos de universo cerrado y abierto.)

En la densidad crítica (curva 3), el universo apenas puede expandirse para siempre. El universo de densidad crítica tiene una edad de exactamente dos tercios T_0 , donde T_0 está la edad del universo vacío. Los universos que algún día comenzarán a contraerse tienen edades inferiores a dos tercios T_0 .

En un universo vacío (la figura de línea discontinua 3.35.17. y el universo de costa en la figura 3.35.16.), ni la gravedad ni la energía oscura son lo suficientemente importantes como para afectar la velocidad de expansión, que por lo tanto es constante a lo largo de todos los tiempos.

En un universo con energía oscura, la tasa de expansión aumentará con el tiempo, y la expansión continuará a un ritmo cada vez más rápido. La curva 4 de la Figura 3.35.17., que representa este universo, tiene una forma complicada. Al principio, cuando la materia está muy unida, la velocidad de expansión está más influenciada por la gravedad. La energía oscura parece actuar solo sobre grandes escalas y así se vuelve más importante a medida que

el universo se hace más grande y la materia comienza a diluirse. En este modelo, al principio el universo se ralentiza, pero a medida que el espacio se estira, la aceleración juega un papel mayor y la expansión se acelera.

+ : El tirón cósmico de la guerra

Podríamos resumir nuestra discusión hasta el momento diciendo que un “tira y afloja” está sucediendo en el universo entre las fuerzas que lo separan todo y la atracción gravitacional de la materia, que lo une todo. Si podemos determinar quién va a ganar este tira y afloja, aprenderemos el destino final del universo.

Lo primero que necesitamos saber es la densidad del universo. ¿Es mayor que, menor o igual a la densidad crítica? La densidad crítica hoy depende del valor de la tasa de expansión actual, H_0 . Si la constante del Hubble es de alrededor de 20 kilómetros/segundo por millón de años luz, la densidad crítica es de aproximadamente 10^{-26} kg/m³. Veamos cómo se compara este valor con la densidad real del universo.

Ejemplo 3.35.2.1: densidad crítica del universo

Como discutimos, la densidad crítica es esa combinación de materia y energía que hace que el universo se detenga en el infinito del tiempo. Las ecuaciones de Einstein conducen a la siguiente expresión para la densidad crítica (ρ_{crit}):

$$\rho_{\text{crit}} = 3H^2/8\pi G$$

donde H está la constante Hubble y G es la constante universal de la gravedad (6.67×10^{-11} Nm²/kg²).

Solución

Sustituyamos nuestros valores y veamos qué obtenemos. Tomar un $H = 22$ km/s por millón de años luz. Necesitamos convertir km y años luz en metros para mayor consistencia. Un millón de años luz = $10^6 \times 9.5 \times 10^{15}$ m = 9.5×10^{21} m. Y 22 km/s = 2.2×10^4 m/s. Eso hace $H = 2.3 \times 10^{-18}$ /s y $H^2 = 5.36 \times 10^{-36}$ /s². Entonces,

$$\rho_{\text{crit}} = 3 \times 5.36 \times 10^{-36} / 8 \times 3.14 \times 6.67 \times 10^{-11} = 9.6 \times 10^{-27} \text{ kg/m}^3$$

que podemos redondear a la 10^{-26} kg/m^3 . (Para que las unidades funcionen, hay que saber que N, la unidad de fuerza, es la misma que $\text{kg}\times\text{m}/\text{s}^2$.)

Ahora podemos comparar densidades que medimos en el universo con este valor crítico. Tenga en cuenta que la densidad es masa por unidad de volumen, pero la energía tiene una masa equivalente de $m=E/c^2$ (de la ecuación de Einstein $E=mc^2$).

Ejercicio 3.35.2.1

Un solo grano de polvo tiene una masa de aproximadamente $1.1 \times 10^{-13} \text{ kg}$. Si la densidad masa-energía promedio del espacio es igual a la densidad crítica en promedio, ¿cuánto espacio se requeriría para producir una masa-energía total igual a un grano de polvo?

Si la constante del Hubble fuera el doble de lo que realmente es, ¿cuánto sería la densidad crítica?

Contestar

Podemos comenzar nuestro estudio de cuán denso es el cosmos ignorando la energía oscura y simplemente estimando la densidad de toda la materia en el universo, incluyendo la materia ordinaria y la materia oscura. Aquí es donde el principio cosmológico realmente viene muy bien. Dado que el universo es el mismo en todas partes (al menos en grandes escalas), solo necesitamos medir cuánta materia existe en una muestra (grande) representativa de la misma. Esto es similar a la forma en que una encuesta representativa de unos pocos miles de personas puede decirnos a quién prefieren los millones de residentes de EU como presidente.

Existen varios métodos mediante los cuales podemos tratar de determinar la densidad promedio de la materia en el espacio. Una forma es contar todas las galaxias a una distancia dada y usar estimaciones de sus masas, incluida la materia oscura, para calcular la densidad promedio. Tales estimaciones indican una densidad de aproximadamente $1 \text{ a } 2 \times 10^{-27} \text{ kg/m}^3$ (10 a 20% de la crítica), que por sí misma es demasiado pequeña para detener la expansión.

Mucha de la materia oscura se encuentra fuera de los límites de las galaxias, por lo que este inventario aún no está completo. Pero incluso si agregamos una estimación de la materia oscura fuera de

las galaxias, nuestro total no se elevará más allá de aproximadamente el 30% de la densidad crítica. Vamos a precisar estos números más precisamente más adelante en este capítulo, donde también incluiremos los efectos de la energía oscura.

En cualquier caso, aunque ignoremos la energía oscura, la evidencia es que el universo seguirá expandiéndose para siempre. El descubrimiento de la energía oscura que está provocando que la velocidad de expansión se acelere solo fortalece esta conclusión. Las cosas definitivamente no se ven bien para los fans del modelo del universo cerrado (big crunch).

¿Cómo podría ser el universo en un futuro lejano?

Algunos dicen que el mundo terminará en fuego, Algunos dicen en hielo. Por lo que he probado del deseo sostengo con los que favorecen el fuego. —Del poema “Fuego y hielo” de Robert Frost (1923)

Dado el poder destructivo de impactar asteroides, gigantes rojos en expansión y supernovas cercanas, es posible que nuestra especie no esté presente en un futuro remoto. Sin embargo, podrías disfrutar especulando sobre cómo sería vivir en un universo mucho, mucho más antiguo.

La aceleración observada hace probable que tengamos una expansión continua hacia un futuro indefinido. Si el universo se expande para siempre (R aumenta sin límite), los cúmulos de galaxias se extenderán cada vez más separados con el tiempo. A medida que pasan los eones, el universo se volverá más delgado, más frío y oscuro.

Dentro de cada galaxia, las estrellas continuarán atravesando sus vidas, convirtiéndose eventualmente en enanas blancas, estrellas de neutrones y agujeros negros. Las estrellas de baja masa podrían tardar mucho tiempo en terminar su evolución, pero en este modelo, literalmente tendríamos todo el tiempo del mundo. En última instancia, incluso las enanas blancas se enfriarán para ser enanas negras, cualquier estrella de neutrones que se revele como púlsares dejará de girar lentamente, y los agujeros negros con discos de acreción algún día completarán sus “comidas”. Los restos de estrellas serán todos oscuros y difíciles de observar.

Esto significa que la luz que ahora nos revela galaxias eventualmente se apagará. Aunque quedara un pequeño bolsillo de materia prima en un rincón anónimo de una galaxia, listo para convertirse en un nuevo cúmulo de estrellas, sólo tendremos que esperar hasta el momento en que su evolución también esté completa. Y el tiempo es una cosa que este modelo del universo tiene de sobra. Seguramente llegará un momento en que todas las estrellas estén fuera, las galaxias sean tan oscuras como el espacio y no quede ninguna fuente de calor que ayude a sobrevivir a los seres vivos. Entonces las galaxias sin vida simplemente continuarán separándose en su reino sin luz.

Si esta visión del futuro parece desalentadora (desde una perspectiva humana), tenga en cuenta que fundamentalmente no entendemos por qué la tasa de expansión se está acelerando actualmente. Así, nuestras especulaciones sobre el futuro son precisamente eso: las especulaciones. Podrías tomar corazón en el conocimiento de que la ciencia es siempre un informe de progreso. Las ideas más avanzadas sobre el universo de hace cien años ahora nos parecen bastante primitivas. Bien puede ser que nuestros mejores modelos de hoy en día en cien o mil años también parezcan bastante simplistas y que haya otros factores determinantes del destino final del universo del que todavía desconocemos por completo.

+ : Edades de las Galaxias Distantes

En el capítulo sobre Galaxias, discutimos cómo podemos usar la ley del Hubble para medir la distancia a una galaxia. Pero ese sencillo método sólo funciona con galaxias que no están muy lejos. Una vez que llegamos a grandes distancias, estamos mirando tan lejos al pasado que debemos tomar en cuenta los cambios en la tasa de expansión del universo. Como no podemos medir estos cambios directamente, debemos asumir uno de los modelos del universo para poder convertir grandes corrimientos al rojo en distancias.

Es por ello por lo que los astrónomos se retuercen cuando reporteros y estudiantes les preguntan exactamente qué tan lejos está algún cuásar distante recién descubierto o galaxia. Realmente no podemos dar una respuesta sin antes explicar el modelo del universo que estamos asumiendo al calcularlo (momento en el que

un reportero o estudiante se ha ido o dormido hace mucho tiempo). Específicamente, debemos utilizar un modelo que incluya el cambio en la tasa de expansión con el tiempo. Los ingredientes clave del modelo son las cantidades de materia, incluida la materia oscura, y la masa equivalente (según $E=mc^2$) de la energía oscura junto con la constante del Hubble.

En otras partes de este libro, hemos estimado la densidad de masa de la materia ordinaria más la materia oscura como aproximadamente 0.3 veces la densidad crítica, y el equivalente de masa de la energía oscura como aproximadamente 0.7 veces la densidad crítica. Nos referiremos a estos valores como el “modelo estándar del universo”. Las últimas estimaciones (ligeramente mejoradas) para estos valores y la evidencia de los mismos se darán más adelante en este capítulo. Los cálculos también requieren el valor actual de la constante Hubble. Para Table 3.35.2.1, hemos adoptado una constante del Hubble de 67,3 kilómetros/segundo/millón de pársecs (en lugar de redondearla a 70 kilómetros/segundo/millón de pársecs), lo que es consistente con la edad de 13.800 millones de años del universo estimada por las últimas observaciones.

Una vez que asumimos un modelo, podemos usarlo para calcular la edad del universo en el momento en que un objeto emitía la luz que vemos. A modo de ejemplo, Table 3.35.1. enumera los tiempos en que la luz fue emitida por los objetos a diferentes desplazamientos al rojo como fracciones de la era actual del universo. Se dan los tiempos para dos modelos muy diferentes para que puedas tener una idea del hecho de que las edades calculadas son bastante similares. El primer modelo asume que el universo tiene una densidad crítica de materia y ninguna energía oscura. El segundo modelo es el modelo estándar descrito en el párrafo anterior. La primera columna de la tabla es el desplazamiento al rojo, que viene dado por la ecuación $z = \Delta\lambda/\lambda_0$ y es una medida de cuánto se ha estirado la longitud de onda de la luz por la expansión del universo en su largo viaje hacia nosotros.

Corrimiento al rojo	Porcentaje de la Edad Actual del Universo cuando se emitió la Luz (masa = densidad crítica)	Porcentaje de la Edad Actual del Universo cuando se emitió la Luz (masa = 0.3 densidad crítica; energía
---------------------	---	---

		oscura = 0.7 densidad crítica)
0	100 (ahora)	100 (ahora)
0.5	54	63
1.0	35	43
2.0	19	24
3.0	13	16
4.0	9	11
5.0	7	9
8.0	4	5
11.9	2.1	2.7
Infinito	0	0

Tabla 3.35.1.: Las edades del universo en diferentes corrimientos al rojo

Observe que a medida que encontramos objetos con desplazamientos al rojo cada vez más altos, estamos mirando hacia atrás a fracciones cada vez más pequeñas de la edad del universo. Los desplazamientos al rojo más altos observados a medida que se escribe este libro están cerca de 12). Como en nuestra tabla 3.35.1, estamos viendo estas galaxias tal como estaban cuando el universo solo tenía alrededor del 3% de edad como lo es ahora. Ya se formaron sólo unos 700 millones de años después del Big Bang.

Hubble Campo Ultra-Profundo. Esta imagen, llamada Campo Ultra Profundo del Hubble, muestra galaxias débiles, vistas muy lejanas y por lo tanto muy atrás en el tiempo. Los cuadrados coloreados en la imagen principal delimitan las ubicaciones de las galaxias. Las vistas ampliadas de cada galaxia se muestran en las imágenes en blanco y negro. Las líneas rojas marcan la ubicación de cada galaxia. El “desplazamiento al rojo” de cada galaxia se indica debajo de cada cuadro, denotado por el símbolo “z”. El corrimiento al rojo mide cuánto se ha extendido la luz ultravioleta y visible de una galaxia a longitudes de onda infrarrojas por la expansión del universo. Cuanto mayor es el corrimiento al rojo, más distante está la galaxia y, por lo tanto, más astrónomos están viendo atrás en el tiempo. Una de las siete galaxias puede ser un rompedor de distancia, observado a un desplazamiento al rojo de 11.9. Si este corrimiento al rojo es confirmado por mediciones adicionales, la galaxia se ve como apareció tan solo 380 millones de años después del Big Bang, cuando el universo tenía menos del 3% de su edad actual.

Para describir las propiedades a gran escala del universo, un modelo que es isotrópico y homogéneo (igual en todas partes) es una

aproximación bastante buena de la realidad. El universo se está expandiendo, lo que significa que el universo experimenta un cambio de escala con el tiempo; los tramos espaciales y las distancias crecen por el mismo factor en todas partes en un momento dado. Las observaciones muestran que la densidad de masa del universo es menor que la densidad crítica. En otras palabras, no hay suficiente materia en el universo para detener la expansión. Con el descubrimiento de la energía oscura, que está acelerando la velocidad de expansión, la evidencia observacional es fuerte de que el universo se expandirá para siempre. Las observaciones nos dicen que la expansión inició hace unos 13.800 millones de años.

*** : El comienzo del universo**

La mejor evidencia que tenemos hoy indica que las primeras galaxias no comenzaron a formarse hasta unos cientos de millones de años después del Big Bang. ¿Cómo eran las cosas antes de que hubiera galaxias y el espacio aún no se había estirado de manera muy significativa? Sorprendentemente, los científicos han podido calcular con cierto detalle lo que estaba sucediendo en el universo en los primeros minutos después del Big Bang.

+ : La historia de la idea

Una cosa es decir que el universo tuvo un comienzo (como implican las ecuaciones de la relatividad general) y otra muy distinta describir ese comienzo. El sacerdote y cosmólogo belga Georges Lemaître fue probablemente el primero en proponer un modelo específico para el propio Big Bang (Figura 3.35.18.). Él imaginó toda la materia del universo comenzando en un gran bulto al que llamó el átomo primitivo, que luego se rompió en tremendos números de piezas. Cada una de estas piezas continuó fragmentándose aún más hasta convertirse en los átomos actuales del universo, creados en una vasta fisión nuclear. En un relato popular de su teoría, Lemaître escribió: “La evolución del mundo podría compararse con una exhibición de fuegos artificiales que acaba de terminar, unos pocos brizones rojos, cenizas y humo. De pie sobre una ceniza bien enfriada, vemos el lento desvanecimiento de los soles y tratamos de recordar el brillo desaparecido del origen de los mundos”. Los físicos hoy en día saben mucho más de la física nuclear de lo que se sabía

en la década de 1920, y han demostrado que el modelo de fisión primitiva no puede ser correcto.



Figura 3.35.18. Abbé Georges Lemaître (1894—1966). Este cosmólogo belga estudió teología en Malinas y matemáticas y física en la Universidad de Lovaina.

Fue ahí donde comenzó a explorar la expansión del universo y postuló su comienzo explosivo. En realidad, predijo la ley de Hubble 2 años antes de su verificación, y fue el primero en considerar seriamente los procesos físicos por los que comenzó el universo.

Sin embargo, la visión de Lemaître era en algunos aspectos bastante profética. Seguimos creyendo que todo estaba junto al principio; simplemente no era en la forma de materia que ahora conocemos. Los principios físicos básicos nos dicen que cuando el universo era mucho más denso, también hacía mucho más calor, y que se enfría a medida que se expande, tanto como el gas se enfría cuando se pulveriza desde una lata de aerosol.

Para la década de 1940, los científicos sabían que la fusión del hidrógeno en helio era la fuente de la energía del Sol. La fusión requiere altas temperaturas, y el universo temprano debe haber estado caliente. A partir de estas ideas, el físico estadounidense George Gamow (Figura 3.35.19.) sugirió un universo con un tipo diferente de comienzo que implicaba fusión nuclear en lugar de fisión. Ralph Alpher elaboró los detalles de su tesis doctoral, y los resultados se publicaron en 1948. (Gamow, que tenía un peculiar sentido del humor, decidió en el último minuto agregar el nombre del físico Hans Bethe a su artículo, para que los coautores de este artículo sobre el comienzo de las cosas fueran Alpher, Bethe y

Gamow, un juego de palabras sobre las tres primeras letras del alfabeto griego: alfa, beta y gamma). El universo de Gamow comenzó con partículas fundamentales que construyeron los elementos pesados por fusión en el Big Bang.



Figura 3.35.19. George Gamow y Colaboradores. Esta imagen compuesta muestra a George Gamow emergiendo como un genio de una botella de ylem, término griego para la sustancia original a partir de la cual se formó el mundo. Gamow revivió el término para describir el material del Hot Big Bang. Flanqueándolo están Robert Herman (izquierda) y Ralph Alpher (derecha), con quienes colaboró en la elaboración de la física del Big Bang. (El compositor moderno Karlheinz Stockhausen se inspiró en las ideas de Gamow de escribir una pieza musical llamada Ylem, en la que los jugadores realmente se alejan del escenario a medida que actúan, simulando la expansión del universo).

Las ideas de Gamow estaban cerca de nuestra visión moderna, excepto que ahora sabemos que el universo primitivo permaneció lo suficientemente caliente como para fusionarse solo por un corto tiempo. Así, solo los tres elementos más ligeros —hidrógeno, helio y una pequeña cantidad de litio—se formaron en abundancias apreciables al principio. Los elementos más pesados se formaron posteriormente en estrellas. Desde la década de 1940, muchos astrónomos y físicos han trabajado en una teoría detallada de lo que sucedió en las primeras etapas del universo.

+ : Los primeros minutos

Empecemos con los primeros minutos siguientes al Big Bang. Tres ideas básicas son la clave para rastrear los cambios que ocurrieron durante el tiempo justo después de que comenzara el universo. El primero, como ya hemos mencionado, es que el universo se enfría a

medida que se expande. La figura 3.35.20. muestra cómo cambia la temperatura con el paso del tiempo. Tenga en cuenta que en este diagrama se resume un enorme lapso de tiempo, desde una pequeña fracción de segundo hasta miles de millones de años. En la primera fracción de segundo, el universo estaba inimaginablemente caliente.

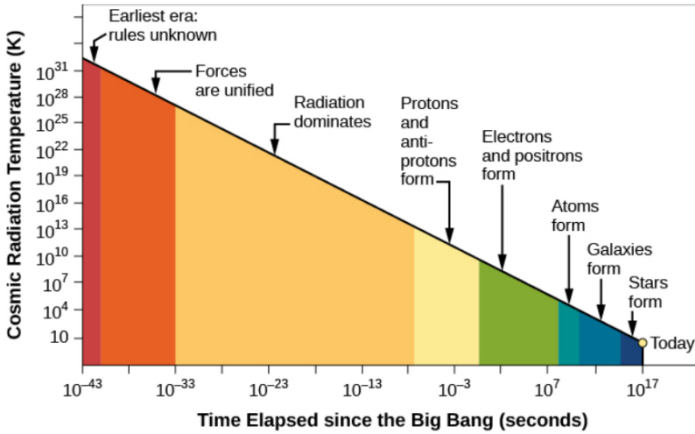


Figura 3.35.20. Temperatura del Universo. Esta gráfica muestra cómo la temperatura del universo variaba con el tiempo según lo predicho por el modelo estándar del Big Bang. Tenga en cuenta que tanto la temperatura (eje vertical) como el tiempo en segundos (eje horizontal) cambian en grandes escalas en este diagrama comprimido.

Para cuando habían transcurrido 0.01 segundos, la temperatura había bajado a 100 mil millones (10^{11}) K. Después de unos 3 minutos, había caído a cerca de mil millones (10^9) K, todavía unas 70 veces más caliente que el interior del Sol. Después de unos cientos de miles de años, la temperatura bajó a apenas 3000 K, y el universo ha seguido enfriándose desde entonces.

Todas estas temperaturas menos la última se derivan de cálculos teóricos ya que (obviamente) no había nadie para medirlas directamente. Como veremos en la siguiente sección, sin embargo, en realidad hemos detectado el débil resplandor de la radiación emitida en un momento en que el universo tenía unos cientos de miles de años. Podemos medir las características de esa radiación para aprender cómo eran las cosas hace mucho tiempo. En efecto,

el hecho de que hayamos encontrado este antiguo resplandor es uno de los argumentos más fuertes a favor del modelo Big Bang.

El segundo paso para entender la evolución del universo es darse cuenta de que, en tiempos muy tempranos, hacía tanto calor que contenía principalmente radiación (y no la materia que vemos hoy en día). Los fotones que llenaban el universo podrían colisionar y producir partículas materiales; es decir, bajo las condiciones justo después del Big Bang, la energía podría convertirse en materia (y la materia podría convertirse en energía). Podemos calcular cuánta masa se produce a partir de una determinada cantidad de energía usando la fórmula de Einstein $E=mc^2$

La idea de que la energía podría convertirse en materia en el universo en general es nueva para muchos estudiantes, ya que no forma parte de nuestra experiencia cotidiana. Eso es porque, cuando comparamos el universo de hoy con lo que era justo después del Big Bang, vivimos tiempos fríos y duros. Los fotones en el universo hoy en día suelen tener mucha menos energía que la cantidad requerida para hacer nueva materia.

En la discusión sobre la fuente de la energía del Sol en *The Sun: A Nuclear Powerhouse*, mencionamos brevemente que cuando las partículas subatómicas de materia y antimateria chocan, se convierten en energía pura. Pero lo contrario, la energía convirtiéndose en materia y antimateria, es igualmente posible. Este proceso se ha observado en aceleradores de partículas en todo el mundo. Si tenemos suficiente energía, en las circunstancias adecuadas, de hecho, se crean nuevas partículas de materia (y antimateria) —y las condiciones fueron las adecuadas durante los primeros minutos después de que comenzara la expansión del universo.

Nuestro tercer punto clave es que cuanto más caliente estaba el universo, más enérgicos eran los fotones disponibles para hacer materia y antimateria (Figura 3.35.20.). Por tomar un ejemplo específico, a una temperatura de 6 mil millones de (6×10^9) K, la colisión de dos fotones típicos puede crear un electrón y su contraparte de antimateria, un positrón. Si la temperatura supera 1014 K, se pueden crear protones y antiprotones mucho más masivos.

+: La evolución del universo primitivo

Teniendo en cuenta estas tres ideas, podemos rastrear la evolución del universo desde el momento en que tenía aproximadamente 0.01 segundos de antigüedad y tenía una temperatura de alrededor de 100 mil millones K. ¿Por qué no comenzar desde el principio? Todavía no hay teorías que nos permitan penetrar a un tiempo antes aproximadamente 10^{-43} segundo (este número es un punto decimal seguido de 42 ceros y luego un uno). Es tan pequeño que no podemos relacionarlo con nada en nuestra experiencia cotidiana. Cuando el universo era tan joven, su densidad era tan alta que la teoría de la relatividad general no es adecuada para describirlo, e incluso el concepto de tiempo se descompone. Los científicos, por cierto, han tenido algo más éxito en describir el universo cuando era mayor que el 10^{-43} segundos, pero aún menos de aproximadamente 0.01 segundos de antigüedad. Vamos a echar un vistazo a algunas de estas ideas más adelante en este capítulo, pero por ahora, queremos comenzar con situaciones algo más familiares.

Para cuando el universo tenía 0.01 segundos de antigüedad, consistía en una sopa de materia y radiación; la materia incluía protones y neutrones, sobras de un universo aún más joven y caluroso. Cada partícula colisionó rápidamente con otras partículas. La temperatura ya no era lo suficientemente alta como para permitir que los fotones colisionantes produjeran neutrones o protones, sino que era suficiente para la producción de electrones y positrones (Figura 3.35.21.).

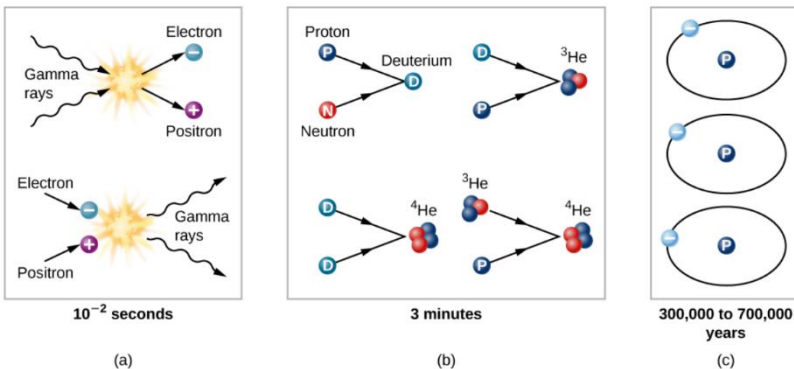


Figura 3.35.21. Interacciones de Partículas Figuras en el Universo Temprano. (a) En las primeras fracciones de segundo, cuando el universo estaba muy caliente, la energía se convertía en partículas y antipartículas. También ocurrió la reacción

inversa: una partícula y una antipartícula podrían colisionar y producir energía. (b) A medida que la temperatura del universo disminuyó, la energía de los fotones típicos se volvió demasiado baja para crear materia. En cambio, las partículas existentes se fusionaron para crear núcleos tales como deuterio y helio. (c) Más tarde, se volvió lo suficientemente frío como para que los electrones se asentaran con núcleos y hicieran átomos neutros. La mayor parte del universo seguía siendo hidrógeno.

Probablemente también hubo un mar de partículas subatómicas exóticas que luego jugarían un papel como materia oscura. Todas las partículas se tambaleaban por sí solas; todavía hacía demasiado calor para que protones y neutrones se combinaran para formar los núcleos de los átomos.

Piense en el universo en este momento como un caldero herviente, con fotones colisionando e intercambiando energía, y a veces siendo destruidos para crear un par de partículas. Las partículas también colisionaron entre sí. Frecuentemente, una partícula de materia y una partícula de antimateria se encontraron y se convirtieron entre sí en una explosión de radiación de rayos gamma.

Entre las partículas creadas en las primeras fases del universo se encontraba el neutrino fantasmal (ver *The Sun: A Nuclear Powerhouse*), que hoy interactúa muy raramente con la materia ordinaria. En las condiciones de hacinamiento del universo muy temprano, sin embargo, los neutrinos se encontraron con tantos electrones y positrones que experimentaron interacciones frecuentes a pesar de su naturaleza “antisocial”.

Para cuando el universo tenía poco más de 1 segundo de antigüedad, la densidad había bajado hasta el punto en que los neutrinos ya no interactuaban con la materia, sino que simplemente viajaban libremente por el espacio. De hecho, estos neutrinos deberían estar ahora a nuestro alrededor. Ya que han estado viajando por el espacio sin obstáculos (y por lo tanto sin cambios) desde que el universo tenía 1 segundo de antigüedad, las mediciones de sus propiedades ofrecerían una de las mejores pruebas del modelo Big Bang. Desafortunadamente, la propia característica que los hace tan útiles —el hecho de que interactúen tan débilmente con la materia que hayan sobrevivido inalterados por todos menos el primer segundo del tiempo— también los hace incapaces de medirse, al menos con las técnicas actuales. Quizás algún día alguien idee una manera de capturar a estos esquivos mensajeros del pasado.

+ : Forma de Núcleos Atómicos

Cuando el universo tenía unos 3 minutos de antigüedad y su temperatura bajaba a unos 900 millones de K, se podían combinar protones y neutrones. A temperaturas más altas, estos núcleos atómicos habían sido destruidos inmediatamente por interacciones con fotones de alta energía y por lo tanto no pudieron sobrevivir. Pero a las temperaturas y densidades alcanzadas entre 3 y 4 minutos después del inicio, el deuterio (un protón y un neutrón) duró lo suficiente como para que las colisiones pudieran convertir parte de él en helio, (Figura 3.35.21.). En esencia, todo el universo actuaba como lo hacen los centros de las estrellas en la actualidad, fusionando nuevos elementos a partir de componentes más simples. Además, también se podría formar un poco de elemento 3, litio.

Sin embargo, este estallido de fusión cósmica fue sólo un breve interludio. A 4 minutos después del Big Bang, más helio estaba teniendo problemas para formar. El universo aún se estaba expandiendo y enfriando. Después de la formación de helio y algo de litio, la temperatura había bajado tanto que la fusión de núcleos de helio en elementos aún más pesados no pudo ocurrir. No se pudieron formar elementos más allá del litio en los primeros minutos. Ese periodo de 4 minutos fue el final de los tiempos en que todo el universo era una fábrica de fusión. En el universo fresco que conocemos hoy, la fusión de nuevos elementos se limita a los centros de las estrellas y a las explosiones de supernovas.

Aun así, el hecho de que el modelo Big Bang permita la creación de una buena cantidad de helio es la respuesta a un misterio de larga data en la astronomía. En pocas palabras, simplemente hay demasiado helio en el universo para ser explicado por lo que sucede dentro de las estrellas. Todas las generaciones de estrellas que han producido helio desde el Big Bang no pueden dar cuenta de la cantidad de helio que observamos. Además, incluso las estrellas más antiguas y las galaxias más distantes muestran cantidades significativas de helio. Estas observaciones encuentran una explicación natural en la síntesis del helio por el propio Big Bang durante los primeros minutos de tiempo. Estimamos que se fabricó 10 veces más helio en los primeros 4 minutos del universo que en todas las generaciones de estrellas durante los siguientes 10 a 15 mil millones de años.

Estas bonitas animaciones que explican la forma en que diferentes elementos formados en la historia del universo son del sitio Orígenes de los Elementos de la Universidad de Chicago.

+ : Aprendiendo del Deuterio

Podemos aprender muchas cosas de la forma en que el universo primitivo hizo núcleos atómicos. Resulta que todo el deuterio (un núcleo de hidrógeno con un neutrón en él) en el universo se formó durante los primeros 4 minutos. En las estrellas, cualquier región lo suficientemente caliente como para fusionar dos protones para formar un núcleo de deuterio también es lo suficientemente caliente como para cambiarlo aún más, ya sea destruyéndolo a través de una colisión con un fotón energético o convirtiéndolo en helio a través de reacciones nucleares.

La cantidad de deuterio que se puede producir en los primeros 4 minutos de creación depende de la densidad del universo en el momento en que se formó el deuterio. Si la densidad fuera relativamente alta, casi todo el deuterio se habría convertido en helio a través de interacciones con protones, tal como lo es en las estrellas. Si la densidad fuera relativamente baja, entonces el universo se habría expandido y adelgazado lo suficientemente rápido como para que algo de deuterio hubiera sobrevivido. La cantidad de deuterio que vemos hoy nos da así una pista de la densidad del universo cuando tenía unos 4 minutos de antigüedad. Los modelos teóricos pueden relacionar la densidad entonces con la densidad ahora; así, las mediciones de la abundancia de deuterio hoy en día pueden darnos una estimación de la densidad de corriente del universo.

Las mediciones del deuterio indican que la densidad actual de la materia ordinaria —protones y neutrones— es aproximadamente $5 \times 10^{-28} \text{ kg/m}^3$. El deuterio sólo puede proporcionar una estimación de la densidad de la materia ordinaria porque la abundancia de deuterio está determinada por las partículas que interactúan para formarla, es decir, protones y neutrones solos. Por la abundancia de deuterio, sabemos que no hay suficientes protones y neutrones presentes, por un factor de alrededor de 20, para producir un universo de densidad crítica.

Sabemos, sin embargo, que hay partículas de materia oscura que se suman a la densidad general de materia del universo, que entonces es más alta de lo que se calcula solo para la materia ordinaria. Debido a que las partículas de materia oscura no afectan la producción de deuterio, la medición de la abundancia de deuterio no puede decirnos cuánta materia oscura existe. La materia oscura está hecha de algún tipo exótico de partícula, aún no detectada en ningún laboratorio terrestre. Definitivamente no está hecho de protones y neutrones como los lectores de este libro.

Lemaître, Alpher y Gamow primero elaboraron las ideas que hoy se llaman la teoría del Big Bang. El universo se enfría a medida que se expande. La energía de los fotones está determinada por su temperatura, y los cálculos muestran que en el universo cálido y temprano, los fotones tenían tanta energía que cuando chocaron entre sí, podían producir partículas materiales. A medida que el universo se expandió y se enfriaba, primero se formaron protones y neutrones, luego llegaron electrones y positrones. A continuación, las reacciones de fusión produjeron núcleos de deuterio, helio y litio. Las mediciones de la abundancia de deuterio en el universo actual muestran que la cantidad total de materia ordinaria en el universo es solo alrededor del 5% de la densidad crítica.

+ : El fondo cósmico de microondas

La descripción de los primeros minutos del universo se basa en cálculos teóricos. Es crucial, sin embargo, que una teoría científica sea comprobable. ¿Qué predicciones hace? ¿Y las observaciones muestran que esas predicciones son precisas? Un éxito de la teoría de los primeros minutos del universo es la correcta predicción de la cantidad de helio en el universo.

Otra predicción es que un hito significativo en la historia del universo ocurrió cerca de 380.000 años después del Big Bang. Los científicos han observado directamente cómo era el universo en esta etapa temprana, y estas observaciones ofrecen algunos de los apoyos más fuertes para la teoría del Big Bang. Para saber cuál fue este hito, veamos qué nos dice la teoría sobre lo que sucedió durante los primeros cientos de miles de años después del Big Bang.

La fusión de helio y litio se completó cuando el universo tenía aproximadamente 4 minutos de antigüedad. Entonces el universo

siguió pareciéndose al interior de una estrella de alguna manera durante unos cientos de miles de años más. Permaneció caliente y opaco, dispersándose la radiación de una partícula a otra. Todavía hacía demasiado calor para que los electrones se “establecieran” y se asociaran con un núcleo particular; tales electrones libres son especialmente efectivos para dispersar fotones, asegurando así que ninguna radiación llegó nunca muy lejos en el universo primitivo sin tener que cambiar su camino. En cierto modo, el universo era como una enorme multitud justo después de un concierto popular; si te separas de un amigo, aunque lleve un botón parpadeante, es imposible ver a través de la densa multitud para detectarlo. Sólo después de que la multitud se despeje hay un camino para que la luz de su botón te alcance.

+ : El Universo se vuelve transparente

No hasta unos cientos de miles de años después del Big Bang, cuando la temperatura había bajado a unos 3000 K y la densidad de núcleos atómicos a aproximadamente 1000 por centímetro cúbico, los electrones y núcleos lograron combinarse para formar átomos estables de hidrógeno y helio (Figura 3.35.21. en la sección anterior). Sin electrones libres para dispersar fotones, el universo se volvió transparente por primera vez en la historia cósmica. A partir de este momento, la materia y la radiación interactuaron con mucha menos frecuencia; decimos que se desacoplaron entre sí y evolucionaron por separado. De repente, la radiación electromagnética realmente podría viajar, y desde entonces ha estado viajando por el universo.

+ : Descubrimiento de la radiación cósmica de fondo

Si el modelo del universo descrito en la sección anterior es correcto, entonces, cuando miramos hacia afuera en el universo y hasta ahora atrás en el tiempo, el primer “resplandor” del universo caliente y temprano aún debería ser detectable. Observaciones de ello serían pruebas muy contundentes de que nuestros cálculos teóricos sobre cómo evolucionó el universo son correctos. Como veremos, efectivamente hemos detectado la radiación emitida en este tiempo de desacoplamiento de fotones, cuando la radiación comenzó a circular libremente por el universo sin interactuar con la materia (Figura 3.35.22.).

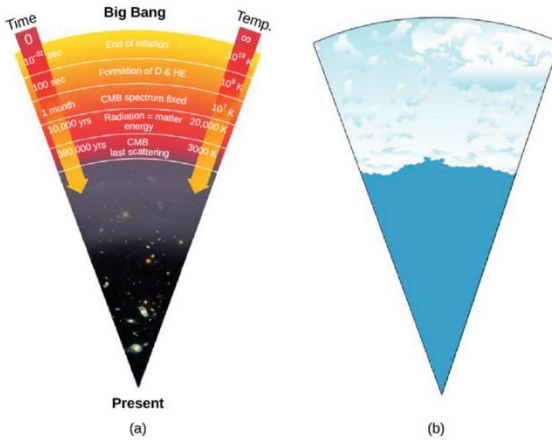


Figura 3.35.22. Cósmica Fondo de Microondas y Nubes Comparadas. (a) Al principio del universo, los fotones (energía electromagnética) se dispersaban de las partículas abarrotadas, calientes y cargadas y no podían llegar muy lejos sin chocar con otra partícula. Pero después de que los electrones y los fotones se asentaron en átomos neutros, hubo mucha menos dispersión, y los fotones podían viajar a grandes distancias. El universo se volvió transparente. Al mirar hacia fuera en el espacio y atrás en el tiempo, no podemos ver atrás más allá de este tiempo. (b) Esto es similar a lo que sucede cuando vemos nubes en la atmósfera terrestre. Las gotas de agua en una nube dispersan la luz de manera muy eficiente, pero el aire claro permite que la luz viaje a largas distancias. Entonces, mientras miramos hacia la atmósfera, nuestra visión está bloqueada por las capas de nubes y no podemos ver más allá de ellas.

La detección de este resplandor fue inicialmente un accidente. A finales de la década de 1940, Ralph Alpher y Robert Herman, trabajando con George Gamow, se dieron cuenta de que justo antes de que el universo se volviera transparente, debió haber estado irradiando como un cuerpo negro a una temperatura de aproximadamente 3000 K, la temperatura a la que podrían comenzar a formarse los átomos de hidrógeno. Si hubiéramos podido ver esa radiación justo después de formarse átomos neutros, se habría parecido a la radiación de una estrella rojiza. Era como si una bola de fuego gigante llenara todo el universo.

Pero eso fue hace casi 14 mil millones de años y, mientras tanto, la escala del universo se ha multiplicado por mil. Esta expansión ha incrementado la longitud de onda de la radiación en un factor de 1000 (ver Figura 3.35.17. en la Sección 3.35.2). De acuerdo con la ley de Wien, que relaciona longitud de onda y temperatura, la

expansión ha bajado correspondientemente la temperatura en un factor de 1000 (ver el capítulo sobre Radiación y Espectros).

Alpher y Herman predijeron que el resplandor de la bola de fuego debería estar ahora en longitudes de onda de radio y debería parecerse a la radiación de un cuerpo negro a una temperatura de solo unos pocos grados por encima del cero absoluto. Dado que la bola de fuego estaba en todas partes del universo, la radiación sobrante de ella también debería estar en todas partes. Si nuestros ojos fueran sensibles a las longitudes de onda de radio, todo el cielo parecería brillar muy débilmente. Sin embargo, nuestros ojos no pueden ver a estas longitudes de onda, y en el momento en que Alpher y Herman hicieron su predicción, no había instrumentos que pudieran detectar el resplandor. A lo largo de los años, su predicción fue olvidada.

A mediados de la década de 1960, en Holmdel, Nueva Jersey, Arno Penzias y Robert Wilson de Bell Laboratories de AT&T habían construido una delicada antena de microondas (Figura 3.35.23.) para medir fuentes astronómicas, incluyendo restos de supernova como Casiopea A (ver el capítulo sobre La muerte de las estrellas).

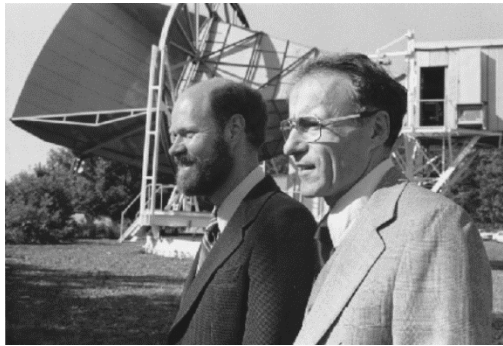


Figura 3.35.23. Robert Wilson (izquierda) y Arno Penzías (derecha). Estos dos científicos están parados frente a la antena en forma de cuerno con la que descubrieron la radiación cósmica de fondo. La foto fue tomada en 1978, justo después de recibir el Premio Nobel de Física.

Estaban plagados de algún ruido de fondo inesperado, al igual que tenue estática en una radio, del que no podían deshacerse. Lo desconcertante de esta radiación fue que parecía venir de todas direcciones a la vez. Esto es muy inusual en astronomía: después de todo, la mayor parte de la radiación tiene una dirección específica

donde es más fuerte: la dirección del Sol, o un remanente de supernova, o el disco de la Vía Láctea, por ejemplo.

Penzias y Wilson al principio pensaron que cualquier radiación que pareciera provenir de todas las direcciones debe originarse desde el interior de su telescopio, por lo que se desarmaron todo para buscar la fuente del ruido. Incluso encontraron que algunas palomas se habían posado dentro de la gran antena en forma de cuerno y habían dejado (como lo puso delicadamente Penzias) “una capa de sustancia blanca, pegajosa, dieléctrica que recubre el interior de la antena”. No obstante, nada de lo que hicieron los científicos pudo reducir la radiación de fondo a cero, y a regañadientes llegaron a aceptar que debía ser real, y debe estar viniendo del espacio.

Penzias y Wilson no eran cosmólogos, pero a medida que comenzaron a discutir su desconcertante descubrimiento con otros científicos, rápidamente se pusieron en contacto con un grupo de astrónomos y físicos en la Universidad de Princeton (a poca distancia en auto). Estos astrónomos, como sucedía, habían estado rehaciendo los cálculos de Alpher y Herman a partir de la década de 1940 y también se dieron cuenta de que la radiación del tiempo de desacoplamiento debería ser detectable como un tenue resplandor de las ondas de radio. Los diferentes cálculos de cuál sería la temperatura observada para este fondo cósmico de microondas (CMB) 1 fueron inciertos, pero todos predijeron menos de 40 K.

Penzias y Wilson encontraron que la distribución de intensidad a diferentes longitudes de onda de radio corresponde a una temperatura de 3.5 K. Esto es muy frío, más cercano al cero absoluto que la mayoría de las otras mediciones astronómicas, y un testimonio de cuánto espacio (y las ondas dentro de él) se ha estirado. Sus medidas se han repetido con mejores instrumentos, lo que nos da una lectura de 2.73 K. Así que Penzias y Wilson estuvieron muy cerca. Al redondear este valor, los científicos a menudo se refieren a “el fondo de microondas de 3 grados”.

Muchos otros experimentos en la Tierra y en el espacio pronto confirmaron el descubrimiento de Penzias y Wilson: De hecho, la radiación provenía de todas las direcciones (era isotrópica) y coincidía con las predicciones de la teoría del Big Bang con notable precisión. Penzias y Wilson habían observado inadvertidamente el

resplandor de la bola de fuego primitiva. Recibieron el Premio Nobel por su trabajo en 1978. Y justo antes de su muerte en 1966, Lemaître se enteró de que su “brillo desaparecido” había sido descubierto y confirmado.

Podrá disfrutar viendo *Three Degrees*, un video de 26 minutos de Bell Labs sobre el descubrimiento de Penzias y Wilson de la radiación cósmica de fondo (con interesantes imágenes históricas).

+: **Propiedades del Fondo Cósmico de Microondas**

Un tema que preocupaba a los astrónomos es que Penzias y Wilson estaban midiendo la radiación de fondo llenando el espacio a través de la atmósfera terrestre. ¿Y si esa atmósfera es fuente de ondas de radio o de alguna manera afectó sus mediciones? Sería mejor medir algo así de importante desde el espacio.

Las primeras mediciones precisas del CMB se realizaron con un satélite orbitando la Tierra. Llamado Explorador de Fondo Cósmico (COBE), fue lanzado por la NASA en noviembre de 1989. Los datos que recibió rápidamente mostraron que el CMB coincide estrechamente con lo esperado de un cuerpo negro con una temperatura de 2.73 K (Figura 3.35.24.). Este es exactamente el resultado esperado si el CMB fue efectivamente radiación desplazada al rojo emitida por un gas caliente que llenó todo el espacio poco después de que comenzara el universo

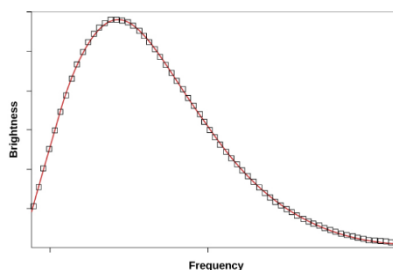


Figura 3.35.24. Fondo cósmico Radiación. La línea continua muestra cómo la intensidad de la radiación debe cambiar con la longitud de onda para un cuerpo negro con una temperatura de 2.73 K. Las cajas muestran la intensidad de la radiación cósmica de fondo medida a diversas longitudes de onda por los instrumentos de COBE. El ajuste es perfecto. Cuando esta gráfica se mostró por primera vez en una reunión de astrónomos, le dieron una ovación de pie.

La primera conclusión importante de las mediciones del CMB, por lo tanto, es que el universo que tenemos hoy efectivamente ha

evolucionado a partir de un estado caliente y uniforme. Esta observación también brinda apoyo directo a la idea general de que vivimos en un universo en evolución, ya que el universo es hoy más fresco de lo que era al principio.

+ : Pequeñas diferencias en el CMB

Se sabía incluso antes del lanzamiento del COBE que el CMB es extremadamente isotrópico. De hecho, su uniformidad en todas las direcciones es una de las mejores confirmaciones del principio cosmológico: que el universo es homogéneo e isotrópico.

Según nuestras teorías, sin embargo, la temperatura no podría haber sido perfectamente uniforme cuando se emitió el CMB. Después de todo, el CMB es radiación que se dispersó de las partículas en el universo en el momento del desacoplamiento. Si la radiación fuera completamente lisa, entonces todas esas partículas deben haber sido distribuidas a través del espacio de manera absolutamente uniforme. Sin embargo, son esas partículas las que se han convertido en todas las galaxias y estrellas (y estudiantes de astronomía) las que ahora habitan en el cosmos. Si las partículas se hubieran distribuido completamente sin problemas, no podrían haber formado todas las estructuras a gran escala ahora presentes en el universo, los cúmulos y supercúmulos de galaxias discutidos en los últimos capítulos.

El universo primitivo debió haber tenido pequeñas fluctuaciones de densidad a partir de las cuales podrían evolucionar tales estructuras. Las regiones de densidad superior a la media habrían atraído materia adicional y eventualmente habrían crecido hasta convertirse en las galaxias y cúmulos que vemos hoy en día. Resulta que estas regiones más densas nos parecerían manchas más frías, es decir, tendrían temperaturas inferiores a la media.

La razón por la que la temperatura y la densidad están relacionadas se puede explicar de esta manera. Al momento del desacoplamiento, los fotones en una porción ligeramente más densa del espacio tuvieron que gastar parte de su energía para escapar de la fuerza gravitacional ejercida por el gas circundante. Al perder energía, los fotones se volvieron ligeramente más fríos que la temperatura promedio general al momento del desacoplamiento. Viceversa, los fotones que se localizaban en una porción ligeramente menos densa del espacio perdieron menos energía al abandonarlo que otros

fotones, apareciendo así un poco más calientes que el promedio. Por lo tanto, si las semillas de las galaxias actuales existieran en el momento en que se emitió el CMB, deberíamos ver algunas ligeras variaciones en la temperatura del CMB a medida que miramos en diferentes direcciones en el cielo.

Los científicos que trabajan con los datos del satélite COBE sí detectaron diferencias de temperatura muy sutiles — aproximadamente 1 parte en 100.000— en el CMB. Las regiones de temperatura inferior a la media vienen en una variedad de tamaños, pero incluso la más pequeña de las áreas más frías detectadas por COBE es demasiado grande para ser la precursora de una galaxia individual, o incluso de un supercúmulo de galaxias. Esto se debe a que el instrumento COBE tenía “visión borrosa” (mala resolución) y sólo podía medir grandes parches del cielo. Necesitábamos instrumentos con “visión más nítida”.

Las mediciones más detalladas del CMB han sido obtenidas por dos satélites lanzados más recientemente que el COBE. Los resultados del primero de estos satélites, la nave espacial Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP), se publicaron en 2003. En 2015, las mediciones del satélite Planck extendieron las mediciones WMAP a una resolución espacial aún mayor y menor ruido (Figura 3.35.25.).

Los cálculos teóricos muestran que los tamaños de los puntos calientes y fríos en el CMB dependen de la geometría del universo y por lo tanto de su densidad total. (No es del todo obvio que deba hacerlo, y se necesitan algunos cálculos bastante elegantes, mucho más allá del nivel de nuestro texto, para hacer la conexión, pero tener tal dependencia es muy útil). La densidad total que estamos discutiendo aquí incluye tanto la cantidad de masa en el universo como la masa equivalente de la energía oscura. Es decir, debemos sumar masa y energía: la materia ordinaria, la materia y la energía oscura que está acelerando la expansión.

Para ver por qué funciona esto, recuerde (del capítulo sobre Agujeros Negros y Espacio-tiempo curvo) que, con su teoría de la relatividad general, Einstein demostró que la materia puede curvar el espacio y que la cantidad de curvatura depende de la cantidad de materia presente. Por lo tanto, la cantidad total de materia en el universo (incluyendo la materia oscura y la contribución equivalente

de materia por la energía oscura), determina la geometría general del espacio.

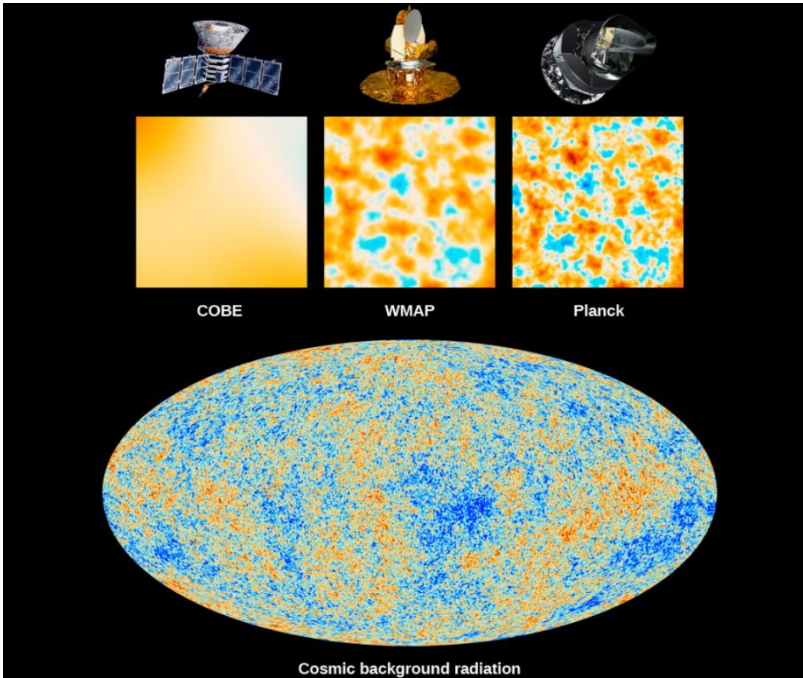


Figura 3.35.25. CMB Observaciones. Esta comparación muestra cuánto detalle se puede ver en las observaciones de tres satélites utilizados para medir el CMB. El CMB es una instantánea de la luz más antigua de nuestro universo, impresa en el cielo cuando el universo tenía apenas unos 380.000 años de antigüedad. La primera nave espacial, lanzada en 1989, es el Explorador de Fondo Cósmico de la NASA, o COBE. WMAP se lanzó en 2001, y Planck se lanzó en 2009. Los tres paneles muestran parches de 10 grados cuadrados de mapas de todo el cielo. Esta imagen cósmica de radiación de fondo (abajo) es un mapa de todo el cielo del CMB según lo observado por la misión Planck. Los colores en el mapa representan diferentes temperaturas: rojo para más cálido y azul para más frío. Estas pequeñas fluctuaciones de temperatura corresponden a regiones de densidades ligeramente diferentes, representando las semillas de todas las estructuras futuras: las estrellas, galaxias y cúmulos de galaxias de hoy.

Al igual que la geometría del espacio alrededor de un agujero negro tiene una curvatura hacia él, por lo que todo el universo puede tener una curvatura. Echemos un vistazo a las posibilidades (Figura 3.35.26.). Si la densidad de la materia es mayor que la densidad crítica, el universo eventualmente colapsará. En un universo tan

cerrado, dos rayos de luz inicialmente paralelos eventualmente se encontrarán. Este tipo de geometría se conoce como geometría esférica. Si la densidad de la materia es menos que crítica, el universo se expandirá para siempre. Dos rayos de luz inicialmente paralelos divergirán, y esto se conoce como geometría hiperbólica. En un universo de densidad crítica, dos rayos de luz paralelos nunca se encuentran, y la expansión se detendrá solo en algún momento infinitamente lejano en el futuro. Nos referimos a esto como un universo plano, y el tipo de geometría euclidiana que aprendiste en la secundaria se aplica en este tipo de universo.

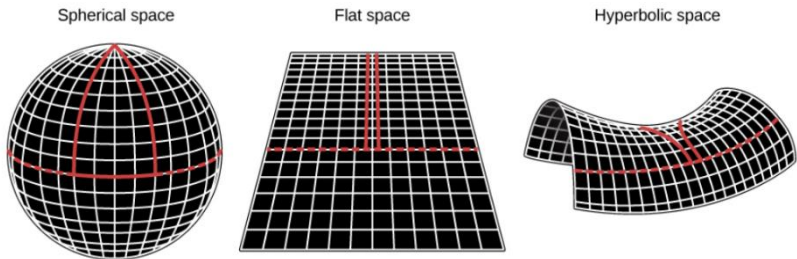
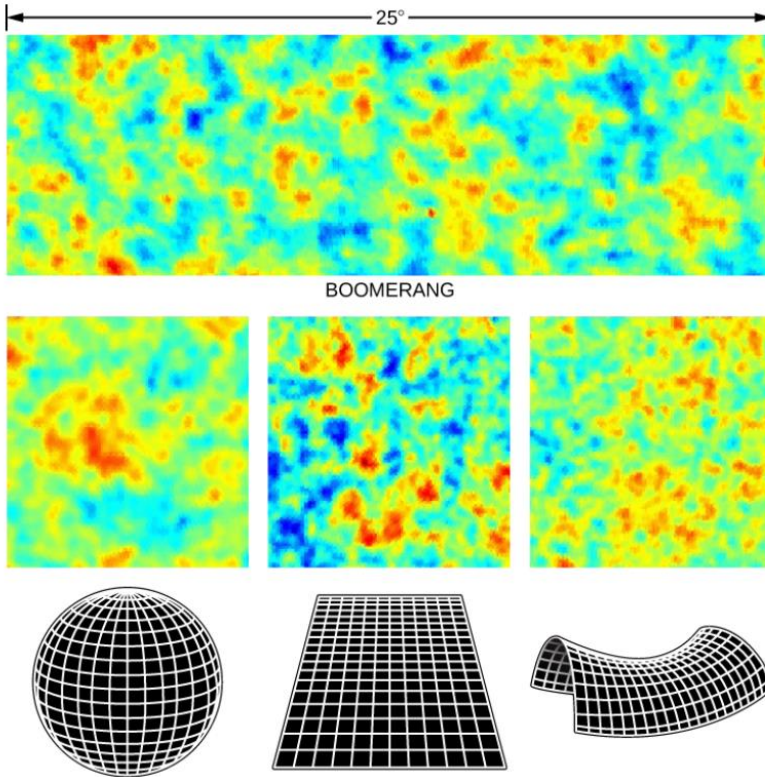


Figura 3.35.26. Curvatura Espacial para Todo el Universo. La densidad de materia y energía determina la geometría general del espacio. Si la densidad del universo es mayor que la densidad crítica, entonces el universo finalmente colapsará y se dice que el espacio está cerrado como la superficie de una esfera. Si la densidad es exactamente igual a la densidad crítica, entonces el espacio es plano como una hoja de papel; el universo se expandirá para siempre, con la velocidad de expansión que se detendrá infinitamente lejos en el futuro. Si la densidad es menor que crítica, entonces la expansión continuará para siempre y se dice que el espacio está abierto y curvado negativamente como la superficie de un sillín (donde se abre más espacio del esperado a medida que se aleja). Tenga en cuenta que las líneas rojas en cada diagrama muestran lo que sucede en cada tipo de espacio, inicialmente son paralelas, pero siguen diferentes caminos dependiendo de la curvatura del espacio. Recuerda que estos dibujos están tratando de mostrar cómo el espacio para todo el universo está “deformado” —esto no se puede ver localmente en la pequeña cantidad de espacio que ocupamos los humanos.

Si la densidad del universo es igual a la densidad crítica, entonces los puntos calientes y fríos en el CMB normalmente deberían ser de aproximadamente un grado de tamaño. Si la densidad es mayor que crítica, entonces los tamaños típicos serán mayores de un grado. Si el universo tiene una densidad menor que crítica, entonces las estructuras aparecerán más pequeñas. En Figura 3.35.26., se pueden ver las diferencias fácilmente. Las observaciones de WMAP y Planck

del CMB confirmaron experimentos anteriores de que efectivamente vivimos en un universo plano de densidad crítica.



3.35.27. Si la densidad del universo es menor que crítica (y la expansión continuará para siempre), entonces las estructuras aparecerán más pequeñas (abajo a la derecha). Como muestran las mediciones, el universo está en densidad crítica. Las mediciones mostradas fueron realizadas por un instrumento a base de globo llamado Boomerang (Balloon Observations of Millimetric Extragalactic Radiation and Geophysics), el cual fue volado en la Antártida. Las observaciones satelitales posteriores de WMAP y Planck confirman el resultado de Boomerang.

Comparación de Figuras de Observaciones CMB con Posibles Modelos del Universo. Las simulaciones cosmológicas predicen que, si nuestro universo tiene densidad crítica, entonces las imágenes CMB estarán dominadas por puntos calientes y fríos de alrededor de un grado de tamaño (centro inferior). Si, por otro lado, la densidad es mayor que la crítica (y el universo finalmente colapsará), entonces los puntos calientes y fríos de las imágenes aparecerán más de un grado (abajo a la izquierda).

Los números clave de un análisis de los datos de Planck nos dan los mejores valores actualmente disponibles para algunas de las propiedades básicas del universo:

- Edad del universo: 13.799 ± 0.038 mil millones de años (Nota: Eso significa que conocemos la edad del universo a dentro de 38 millones de años. ¡Increíble!)
- Constante de Hubble: 67.31 ± 0.96 kilómetros/segundo/millón de parsecs
- Fracción del contenido del universo que es “energía oscura”: $68.5\% \pm 1.3\%$
- Fracción del contenido del universo que es materia: $31.5\% \pm 1.3\%$

Tenga en cuenta que este valor para la constante del Hubble es ligeramente menor que el valor de 70 kilómetros/segundo/millón de pársecs que hemos adoptado en este libro. De hecho, el valor derivado de las mediciones de corrimientos al rojo es de 73 kilómetros/segundo/millón de pársecs. Tan precisa es la cosmología moderna en estos días que los científicos están trabajando arduamente para resolver esta discrepancia.

El hecho de que la diferencia entre estas dos mediciones independientes sea tan pequeña es en realidad un logro notable. Hace apenas unas décadas, los astrónomos discutían sobre si la constante del Hubble rondaba los 50 kilómetros/segundo/millón de pársecs o 100 kilómetros/segundo/millón de pársecs.

El análisis de los datos de Planck también muestra que la materia ordinaria (principalmente protones y neutrones) constituye 4.9% de la densidad total. La materia oscura más la materia normal suman 31.5% de la densidad total. La energía oscura aporta el 68.5% restante. La edad del universo en el desacoplamiento, es decir, cuando se emitía el CMB, era de 380.000 años.

Quizás el resultado más sorprendente de las mediciones de alta precisión por WMAP y las mediciones de mayor precisión de Planck es que no hubo sorpresas. El modelo de cosmología con materia ordinaria en aproximadamente 5%, materia oscura en aproximadamente 25% y energía oscura aproximadamente 70% ha sobrevivido desde finales de la década de 1990 cuando los

cosmólogos fueron forzados en esa dirección por los datos de las supernovas. En otras palabras, el universo muy extraño que hemos estado describiendo, con solo alrededor del 5% de su contenido estando conformado por los tipos de materia que conocemos aquí en la Tierra, realmente parece ser el universo en el que vivimos.

Después de que se emitió el CMB, el universo continuó expandiéndose y enfriándose. Entre 400 y 500 millones de años después del Big Bang, ya se habían formado las primeras estrellas y galaxias. En lo profundo de los interiores de las estrellas, la materia se recalentó, se encendieron las reacciones nucleares y comenzó la síntesis más gradual de los elementos más pesados que hemos discutido a lo largo de este libro.

Concluimos este rápido recorrido por nuestro modelo del universo primitivo con un recordatorio. No hay que pensar en el Big Bang como una explosión localizada en el espacio, como una superestrella explosiva. No había límites y no había un solo sitio donde ocurrió la explosión. Fue una explosión de espacio (y tiempo y materia y energía) que ocurrió en todas partes del universo. Toda la materia y energía que existen hoy en día, incluidas las partículas de las que estás hecho, provienen del Big Bang. Estábamos, y seguimos estando, en medio de un Big Bang; está a nuestro alrededor.

+ : Conceptos clave y resumen

Cuando el universo se volvió lo suficientemente frío como para formar átomos de hidrógeno neutros, el universo se volvió transparente a la radiación. Los científicos han detectado la radiación cósmica de fondo de microondas (CMB) de esta época durante el universo caliente y temprano. Las mediciones con el satélite COBE muestran que el CMB actúa como un cuerpo negro con una temperatura de 2.73 K. Pequeñas fluctuaciones en el CMB nos muestran las semillas de estructuras a gran escala en el universo. Las mediciones detalladas de estas fluctuaciones muestran que vivimos en un universo de densidad crítica y que la densidad crítica está compuesta por 31% de materia, incluyendo materia oscura, y 69% de energía oscura. La materia ordinaria, los tipos de partículas elementales que encontramos en la Tierra, constituyen solo alrededor del 5% de la densidad crítica. Las mediciones del CMB también indican que el universo tiene 13.800 millones de años.

* : ¿De qué está hecho realmente el universo?

El modelo del universo que describimos en la sección anterior es el modelo más simple que explica las observaciones. Se asume que la relatividad general es la teoría correcta de la gravedad en todo el universo. Con esta suposición, el modelo da cuenta entonces de la existencia y estructura del CMB; las abundancias de los elementos ligeros deuterio, helio y litio; y la aceleración de la expansión del universo. Todas las observaciones a la fecha apoyan la validez del modelo, al que se le conoce como el modelo estándar (o concordancia) de la cosmología.

Figura 3.35.28. y Tabla 3.35.5.1 resumen las mejores estimaciones actuales de los contenidos del universo. La materia luminosa en estrellas y galaxias y neutrinos aporta alrededor del 1% de la masa requerida para alcanzar la densidad crítica. Otro 4% se encuentra principalmente en forma de hidrógeno y helio en el espacio entre estrellas y en el espacio intergaláctico. La materia oscura representa aproximadamente un 27% adicional de la densidad crítica. El equivalente de masa de energía oscura (según $E=mc^2$) suministra entonces el 68% restante de la densidad crítica.

Tabla 3.35.5.1: Qué diferentes tipos de objetos contribuyen a la densidad del universo

Objeto	Densidad como Porcentaje de Densidad Crítica
Materia luminosa (estrellas, etc.)	<1
Hidrógeno y helio en el espacio interestelar e intergaláctico	4
Materia oscura	27
Densidad de masa equivalente de la energía oscura	68

Esta tabla debería impactarte. Lo que estamos diciendo es que el 95% de las cosas del universo es materia oscura o energía oscura, ninguna de las cuales se ha detectado nunca en un laboratorio aquí en la Tierra. Todo este libro de texto, que se ha centrado en objetos que emiten radiación electromagnética, en general ha estado ignorando el 95% de lo que hay ahí fuera. ¡Quién dice que aún no hay grandes misterios por resolver en la ciencia!

La figura 3.35.5.1 muestra cómo nuestras ideas sobre la composición del universo han cambiado en apenas las últimas tres décadas. La

fracción del universo que pensamos está hecha de las mismas partículas que los estudiantes de astronomía ha ido disminuyendo de manera constante.

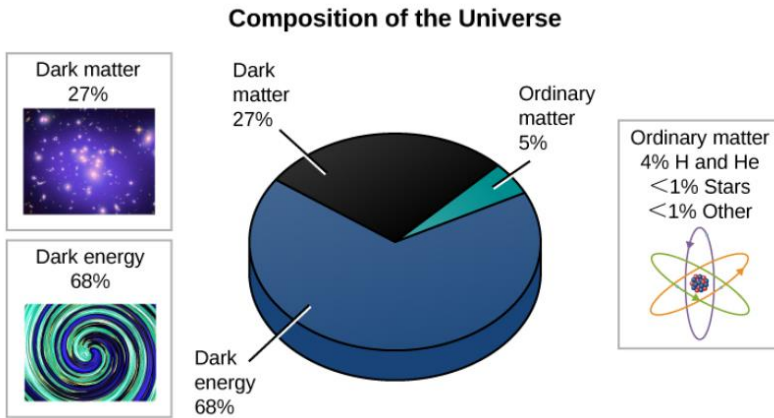


Figura 3.35.28. Composición del Universo. Sólo alrededor del 5% de toda la masa y energía en el universo es materia con la que estamos familiarizados aquí en la Tierra. La mayor parte de la materia ordinaria consiste en hidrógeno y helio ubicados en el espacio interestelar e intergaláctico. Solo alrededor de la mitad del 1% de la densidad crítica del universo se encuentra en las estrellas. La materia oscura y la energía oscura, que aún no han sido detectadas en laboratorios terrestres, representan el 95% de los contenidos del universo.

+ : ¿Qué es la Materia Oscura?

Muchos astrónomos encuentran muy satisfactoria la situación que hemos descrito. Varios experimentos independientes coinciden ahora en el tipo de universo en el que vivimos y en el inventario de lo que contiene. Parece que estamos muy cerca de tener un modelo cosmológico que explique casi todo. Otros aún no están listos para subirse al carro. Dicen: “muéstrame el 96% del universo que no podemos detectar directamente, ¡por ejemplo, encuéntrame algo de materia oscura!”

Al principio, los astrónomos pensaban que la materia oscura podría estar oculta en objetos que aparecen oscuros porque no emiten luz (por ejemplo, agujeros negros) o que son demasiado débiles para ser observados a grandes distancias (por ejemplo, planetas o enanas blancas). Sin embargo, estos objetos estarían hechos de materia ordinaria, y la abundancia de deuterio nos dice que no más del 5% de la densidad crítica consiste en materia ordinaria.

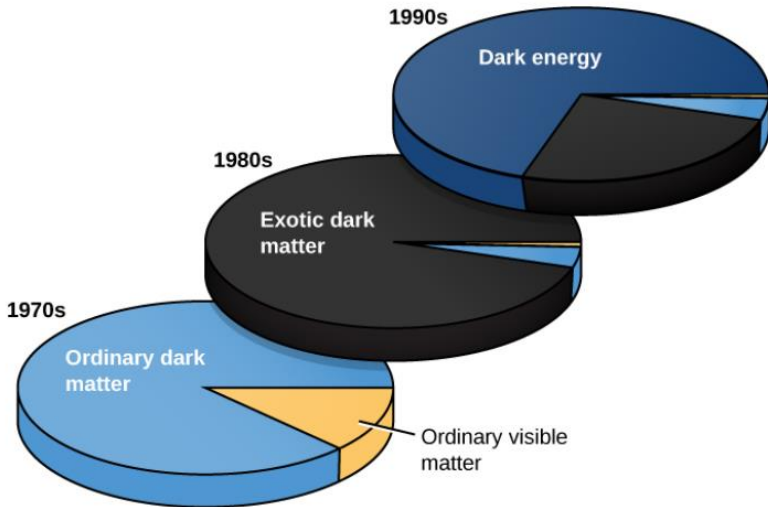


Figura 3.35.29. Cambio de Estimaciones del Contenido del Universo. Este diagrama muestra los cambios en nuestra comprensión de los contenidos del universo en las últimas tres décadas. En la década de 1970, sospechábamos que la mayor parte de la materia en el universo era invisible, pero pensamos que esta materia podría ser materia ordinaria (protones, neutrones, etc.) que simplemente no estaba produciendo radiación electromagnética. Para la década de 1980, se estaba volviendo probable que la mayor parte de la materia oscura estuviera hecha de algo que aún no habíamos detectado en la Tierra. A finales de la década de 1990, una variedad de experimentos, habían demostrado que vivimos en un universo de densidad crítica y que la energía oscura aporta alrededor del 70% de lo que se requiere para alcanzar la densidad crítica. Observe cómo la estimación de la importancia relativa de la materia luminosa ordinaria (mostrada en amarillo) ha disminuido con el tiempo.

Otra posible forma que puede tomar la materia oscura es algún tipo de partícula elemental que aún no hemos detectado aquí en la Tierra, una partícula que tiene masa y existe en abundancia suficiente para aportar 23% de la densidad crítica. Algunas teorías de la física predicen la existencia de tales partículas. A una clase de estas partículas se le ha dado el nombre WIMPS, que significa partículas masivas que interactúan débilmente. Dado que estas partículas no participan en reacciones nucleares que conducen a la producción de deuterio, la abundancia de deuterio no pone límites a la cantidad de WIMP que podría haber en el universo. (También se han sugerido otras partículas exóticas como constituyentes principales de la materia oscura, pero limitaremos nuestra discusión a los WIMP como un ejemplo útil).

Si existen grandes cantidades de WIPs, entonces algunos de ellos deberían estar pasando por nuestros laboratorios de física en este momento. El truco es atraparlos. Dado que por definición interactúan solo débilmente (con poca frecuencia) con otra materia, las posibilidades de que tengan un efecto medible son pequeñas. No conocemos la masa de estas partículas, pero diversas teorías sugieren que podría ser de unos pocos a unos cientos de veces la masa de un protón. Si los WIMP son 60 veces la masa de un protón, habría alrededor de 10 millones de ellos pasando por tu mano extendida cada segundo, sin ningún efecto en ti. Si eso parece demasiado alucinante, ten en cuenta que los neutrinos interactúan débilmente con la materia ordinaria, y sin embargo pudimos “atraparlos” eventualmente.

A pesar de los desafíos, más de 30 experimentos diseñados para detectar WIMPS están en operación o en las etapas de planeación. Las predicciones de cuántas veces los WIMP podrían colisionar realmente con el núcleo de un átomo en el instrumento diseñado para detectarlos están en el rango de 1 evento por año a 1 evento por 1000 años por kilogramo de detector. Por lo tanto, el detector debe ser grande. Debe estar blindado de la radiactividad u otro tipo de partículas, como los neutrones, que pasan a través de ella, y de ahí que estos detectores se coloquen en minas profundas. La energía impartida a un núcleo atómico en el detector por colisión con un WIMP será pequeña, por lo que el detector debe enfriarse a una temperatura muy baja.

Los detectores WIMP están hechos de cristales de germanio, silicio o xenón. Los detectores se enfrían a unas milésimas de grado, muy cerca del cero absoluto. Eso significa que los átomos en el detector son tan fríos que apenas están vibrando en absoluto. Si una partícula de materia oscura choca con uno de los átomos, hará que todo el cristal vibre y, por lo tanto, la temperatura aumente ligeramente. Algunas otras interacciones pueden generar un destello de luz detectable.

Un tipo diferente de búsqueda de WIPs se está llevando a cabo en el Gran Colisionador de Hadrones (LHC) en el CERN, el laboratorio de física de partículas de Europa cerca de Ginebra, Suiza. En este experimento, los protones chocan con suficiente energía potencialmente para producir WIMP. Los detectores LHC no pueden

detectar los WIMP directamente, pero si se producen los WIMP, pasarán por los detectores, transportando energía con ellos. Los experimentadores sumarán entonces toda la energía que detecten como resultado de las colisiones de protones para determinar si falta alguna energía.



Figura 3.35.30. Materia Oscura. Esta caricatura de la NASA da una mirada humorística a lo poco que aún entendemos sobre la materia oscura.

Hasta el momento, ninguno de estos experimentos ha detectado WIMP. ¿Los experimentos más nuevos darán sus frutos? ¿O los científicos tendrán que buscar alguna otra explicación para la materia oscura? Solo el tiempo lo dirá (Figura 3.35.5.3).

+ : La Materia Oscura y la Formación de Galaxias

Por esquivada que sea la materia oscura en el universo actual, las galaxias no podrían haberse formado rápidamente sin ella. Las galaxias crecieron a partir de las fluctuaciones de densidad en el universo temprano, y algunas ya se habían formado solo alrededor de 400 a 500 millones de años después del Big Bang. Las observaciones con WMAP, Planck y otros experimentos nos dan información sobre el tamaño de esas fluctuaciones de densidad. Resulta que las variaciones de densidad que observamos son demasiado pequeñas para haber formado galaxias tan poco después del Big Bang. En el cálido y temprano universo, los fotones energéticos chocaron con hidrógeno y helio, y los mantuvieron moviéndose tan rápidamente que la gravedad aún no era lo

suficientemente fuerte como para hacer que los átomos se unieran para formar galaxias. ¿Cómo podemos conciliar esto con el hecho de que las galaxias se formaron y están a nuestro alrededor?

Nuestros instrumentos que miden el CMB nos dan información sobre las fluctuaciones de densidad solo para la materia ordinaria, que interactúa con la radiación. La materia oscura, como su nombre indica, no interactúa en absoluto con los fotones. La materia oscura podría haber tenido variaciones de densidad mucho mayores y haber podido unirse para formar “trampas” gravitacionales que luego podrían haber comenzado a atraer la materia ordinaria inmediatamente después de que el universo se volviera transparente. A medida que la materia ordinaria se concentraba cada vez más, podría haberse convertido rápidamente en galaxias gracias a estas trampas de materia oscura.

Para una analogía, imagina un bulevar con semáforos cada media milla más o menos. Supongamos que forma parte de una caravana de autos acompañados de policías que te llevan más allá de cada luz, aunque sea roja. Entonces, también, cuando el universo primitivo era opaco, la radiación interactuaba con la materia ordinaria, repartiéndole energía y llevándola, barriendo más allá de las concentraciones de materia oscura. Ahora supongamos que la policía abandona la caravana, que luego se encuentra con algunos semáforos rojos. Las luces actúan como trampas de tránsito; los autos que se acercan ahora tienen que detenerse, y así se amontonan. De igual manera, después de que el universo primitivo se volvió transparente, la materia ordinaria interactuó con la radiación solo ocasionalmente y así podía caer en las trampas de materia oscura.

+ : El Universo en pocas palabras

En las secciones anteriores de este capítulo, trazamos la evolución del universo progresivamente más atrás en el tiempo. El descubrimiento astronómico ha seguido este camino históricamente, ya que nuevos instrumentos y nuevas técnicas nos han permitido sondear cada vez más cerca del principio de los tiempos. La tasa de expansión del universo se determinó a partir de mediciones de galaxias cercanas. Se utilizaron determinaciones de las abundancias de deuterio, helio y litio basadas en estrellas y

galaxias cercanas para poner límites a la cantidad de materia ordinaria en el universo. Los movimientos de estrellas en galaxias y de galaxias dentro de cúmulos de galaxias solo podrían explicarse si hubiera grandes cantidades de materia oscura. Mediciones de supernovas que explotaron cuando el universo era aproximadamente la mitad de viejo que ahora se indica que la velocidad de expansión del universo se ha acelerado desde que ocurrieron esas explosiones. Las observaciones de galaxias extremadamente débiles muestran que las galaxias habían comenzado a formarse cuando el universo tenía solo 400—500 millones de años. Y las observaciones del CMB confirmaron teorías tempranas de que el universo inicialmente estaba muy caliente.

Pero todo esto moviéndose cada vez más atrás en el tiempo podría haberte dejado un poco mareado. Entonces, ahora vamos a mostrar cómo evoluciona el universo a medida que avanza el tiempo.

La figura 3.35.29. resume toda la historia del universo observable desde el principio en un solo diagrama. El universo estaba muy caliente cuando empezó a expandirse. Tenemos restos fósiles del universo muy temprano en forma de neutrones, protones, electrones y neutrinos, y los núcleos atómicos que se formaron cuando el universo tenía entre 3 y 4 minutos de antigüedad: deuterio, helio y una pequeña cantidad de litio. La materia oscura también permanece, pero aún no sabemos en qué forma se encuentra.

El universo se enfrió gradualmente; cuando tenía unos 380,000 años, y a una temperatura de alrededor de 3000 K, los electrones se combinaron con protones para formar átomos de hidrógeno. En este punto, como vimos, el universo se volvió transparente a la luz, y los astrónomos han detectado el CMB emitido en este momento. El universo aún no contenía estrellas ni galaxias, y así entró en lo que los astrónomos llaman “las edades oscuras” (ya que las estrellas no estaban iluminando la oscuridad). Durante los siguientes cientos de millones de años, crecieron pequeñas fluctuaciones en la densidad de la materia oscura, formando trampas gravitacionales que concentraron la materia ordinaria, que comenzó a formar galaxias alrededor de 400 a 500 millones de años después del Big Bang.

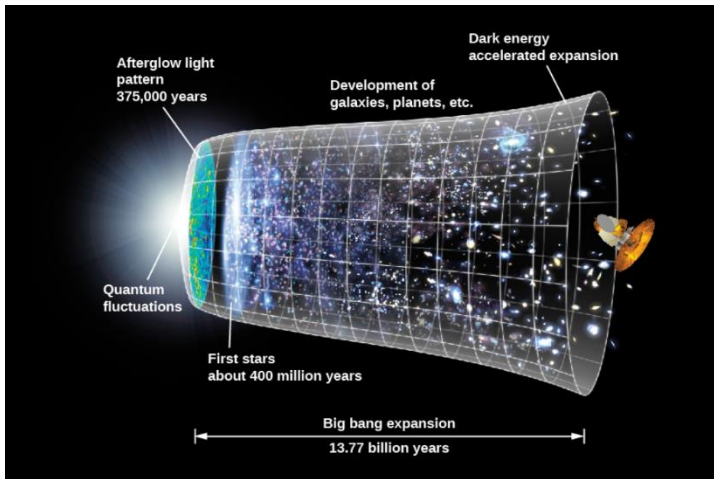


Figura 3.35.31. Historia del Universo. Esta imagen resume los cambios que se han producido en el universo durante los últimos 13.800 millones de años. En la bola de fuego inicial se produjeron protones, deuterio, helio y algo de litio. Alrededor de 380.000 años después del Big Bang, el universo se volvió transparente a la radiación electromagnética por primera vez. COBE, WMAP, Planck y otros instrumentos han sido utilizados para estudiar la radiación que se emitía en ese momento y que aún es visible hoy en día (el CMB). El universo estaba entonces oscuro (a excepción de esta radiación de fondo) hasta que las primeras estrellas y galaxias comenzaron a formarse solo unos cientos de millones de años después del Big Bang. Los telescopios espaciales y terrestres existentes han logrado avances sustanciales en el estudio de la evolución posterior de las galaxias.

Para cuando el universo tenía alrededor de mil millones de años, había entrado en su propio renacimiento: nuevamente estaba ardiendo con radiación, pero esta vez de estrellas recién formadas, cúmulos estelares y pequeñas galaxias. Durante los próximos miles de millones de años, pequeñas galaxias se fusionaron para formar los gigantes que vemos hoy. Los cúmulos y supercúmulos de galaxias comenzaron a crecer, y el universo finalmente comenzó a parecerse a lo que vemos cerca.

Durante los próximos 20 años, los astrónomos planean construir nuevos telescopios gigantes tanto en el espacio como en tierra para explorar aún más atrás en el tiempo. En 2021, se lanzará y ensamblará en el espacio el Telescopio Espacial James Webb, un telescopio de 6.5 metros que es el sucesor del Telescopio Espacial Hubble. Las predicciones son que con este poderoso instrumento

(ver Figura 3.35.1) deberíamos poder mirar hacia atrás lo suficiente para analizar en detalle la formación de las primeras galaxias.

+ : Conceptos clave

El veintisiete por ciento de la densidad crítica del universo está compuesto por materia oscura. Para explicar tanta materia oscura, algunas teorías de la física predicen que deberían existir tipos adicionales de partículas. A un tipo se le ha dado el nombre de WIMP (partículas masivas que interactúan débilmente), y los científicos ahora están realizando experimentos para tratar de detectarlas en el laboratorio. La materia oscura juega un papel esencial en la formación de galaxias.

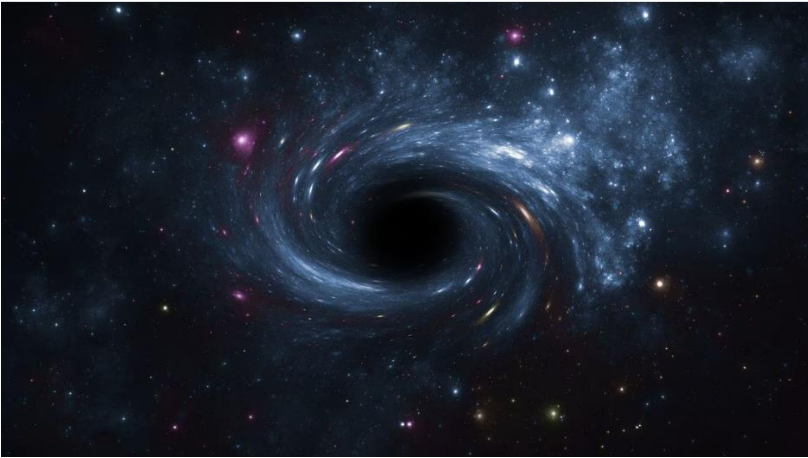
Dado que, por definición, estas partículas interactúan sólo muy débilmente (si acaso) con la radiación, podrían haberse congregado mientras el universo aún estaba muy caliente y lleno de radiación. Así habrían formado trampas gravitacionales que rápidamente atrajeron y concentraron la materia ordinaria después de que el universo se volviera transparente, y la materia y la radiación se desacoplaron. Esta rápida concentración de materia permitió que las galaxias se formaran para cuando el universo solo tenía entre 400 y 500 millones de años.

*** : Nuestro raciocinio sobre la materia Oscura.**

Partiendo de nuestras deducciones, es relativamente fácil describir lo que es la materia oscura, resolviendo de paso la mayoría de las incógnitas que rodean hoy ese tema. Sobre eso, a pesar de que hay mucha literatura y constantemente en los medios, aparecen noticias que hablan de los agujeros negros, dicen que se tragan estrellas y muchas otras cosas más, generando inquietudes y suposiciones que amedrentan a la mayoría, por el total desconocimiento que hay sobre el tema.

Volviendo a nuestra apreciación, nuestros ojos no pueden apreciar lo que sucede en esos supuestos agujeros, que pensamos que son bloques de antimateria que pueden mantenerse en ebullición, igual que nuestro sol, pero que, como son compuestos de antimateria, los fotones no tienen oportunidad de interactuar con su masa y supuestamente pasan derecho, como pasan los neutrinos en nuestro planeta, para nosotros, en esos agujeros, para nosotros, reina la

oscuridad, tal vez los gatos puedan ver algo que nosotros no podemos.



3.35.32. Pese a que los expertos comentaron que este fenómeno no tiene visibilidad en el medio intergaláctico, las huellas de formación estelar sí cuentan con la posibilidad de observación. - Foto: Getty Images/iStockphoto

Profundizando en esas deducciones, es muy posible, que en el universo existan esos mundos en los que predominan las partículas con fuerza magnética a las que les llegaron primero los neutrinos y no se afectan con los fotones, de forma que a medida que explotan sus moléculas, van acumulando más antimateria hasta formar lo que nosotros apreciamos como agujeros negros, en los que los fotones no devuelven el reflejo de su energía, que es la luz que nosotros podemos apreciar, por eso, la expresión de que “Se tragan la Luz” es cierta.

Pero, de cualquier manera, la afirmación de que el universo está cimentado en esa trilogía que reina en nuestro universo Fuerza Magnética y las energías positiva y negativa, eso lo podemos dar como cierto, es todo un mundo igual al nuestro, pero que funciona con esa energía negativa de los neutrinos, como protagonista de toda su estructura. Claro que eso es una simple deducción, tomando como antecedente todos los indicios que nos da la naturaleza en su magnificencia, todo es sencillo, pero a la vez, cumple con una serie de normas y combinaciones que acercan todo a lo infinito, siempre hay variables para todo.

Aunque todo comienza con esas partículas fundamentales activadas por la fuerza magnética, ahora falta saber lo que sucede con lo que nosotros llamamos de "Fuerza Vital", esa fuerza que acompaña a todos los seres vivos, desde que nacen hasta que se mueren, así sea un microorganismo unicelular o un ser humano, pasando por animales y vegetales de todos los órdenes y especies, que en nuestro planeta son activos y dependen en un 99% de la energía de ellos fotones para todas las actividades físicas, químicas y biológicas.

De acuerdo con esa deducción, pueden existir planetas o mundos en los que predominan esas fuerzas negativas, que se pueden combinar con esa misma fuerza magnética y presumiblemente, la fuerza vital opere de la misma forma, generando organismos vivos que se desempeñan en función de esa energía negativa predominante.

Pensando en eso, es que enfocamos los objetivos de este trabajo, buscando encontrar la forma para que de alguna forma consigamos interpretar y tal vez ver o escuchar las ondas electromagnéticas con predominio de esa energía negativa y nosotros acostumbremos nuestra memoria a interpretar tales ondas, que de alguna manera, es muy fácil deducir que existen, porque en la naturaleza, siempre es predominante ese juego bipolar entre positivo y negativo, como lo muestra la energía eléctrica, que con un solo polo emisor, no funciona, necesita de los dos polos, esa es la realidad evidente.

+ : El universo inflacionario

El modelo caliente de Big Bang que hemos estado describiendo es notablemente exitoso. Da cuenta de la expansión del universo, explica las observaciones del CMB, y predice correctamente las abundancias de los elementos ligeros. Resulta que este modelo también predice que debería haber exactamente tres tipos de neutrinos en la naturaleza, y esta predicción ha sido confirmada por experimentos con aceleradores de alta energía. No podemos relajarnos todavía, sin embargo. Este modelo estándar del universo no explica todas las observaciones que hemos hecho sobre el universo en su conjunto.

*** : Problemas con el modelo estándar de Big Bang**

Hay una serie de características del universo que sólo pueden explicarse considerando más a fondo lo que pudo haber sucedido

antes de la emisión del CMB. Un problema con el modelo estándar del Big Bang es que no explica por qué la densidad del universo es igual a la densidad crítica. La densidad de masa podría haber sido, después de todo, tan baja y los efectos de la energía oscura tan altos que la expansión habría sido demasiado rápida para formar galaxias en absoluto. Alternativamente, podría haber habido tanta materia que el universo ya habría comenzado a contraerse mucho antes de ahora. ¿Por qué el universo se equilibra con tanta precisión en el filo de la densidad crítica?

Otro rompecabezas es la notable uniformidad del universo. La temperatura del CMB es la misma a aproximadamente 1 parte de cada 100.000 en todas partes donde miremos. Esta similitud podría esperarse si todas las partes del universo visible estuvieran en contacto en algún momento y tuvieran tiempo de llegar a la misma temperatura. De la misma manera, si ponemos un poco de hielo en un vaso de agua tibia y esperamos un rato, el hielo se derretirá y el agua se enfriará hasta que tengan la misma temperatura.

No obstante, si aceptamos el modelo estándar del Big Bang, todas las partes del universo visible no estaban en contacto en ningún momento. Lo más rápido que la información puede ir de un punto a otro es la velocidad de la luz. Hay una distancia máxima que la luz puede haber recorrido desde cualquier punto desde el momento en que comenzó el universo, esa es la distancia que la luz podría haber cubierto desde entonces. A esta distancia se le llama distancia de horizonte de ese punto porque cualquier cosa más alejada está “por debajo de su horizonte” —incapaz de hacer contacto con él. Una región del espacio separada por más de la distancia del horizonte de otra ha sido completamente aislada de ella a través de toda la historia del universo.

Si medimos el CMB en dos direcciones opuestas en el cielo, estamos observando regiones que estaban significativamente más allá de la distancia del horizonte del otro en el momento en que se emitió el CMB. Podemos ver ambas regiones, pero nunca se pueden haber visto. ¿Por qué, entonces, sus temperaturas son tan precisamente las mismas? Según el modelo estándar Big Bang, nunca han podido intercambiar información, y no hay razón por la que deban tener temperaturas idénticas. (Es un poco como ver que la ropa que todos los alumnos visten en dos escuelas de distintas partes del mundo se

vuelve idéntica, sin que los alumnos hayan estado nunca en contacto). La única explicación que podríamos sugerir era simplemente que el universo de alguna manera comenzó siendo absolutamente uniforme (que es como decir que a todos los estudiantes nacieron gustando la misma ropa). Los científicos siempre se sienten incómodos cuando deben apelar a un conjunto especial de condiciones iniciales para dar cuenta de lo que ven.

+ : La hipótesis inflacionaria

Algunos físicos sugirieron que estas características fundamentales del cosmos —su planitud y uniformidad— pueden explicarse si poco después del Big Bang (y antes de la emisión del CMB), el universo experimentó un aumento repentino de tamaño. Un universo modelo en el que ocurre esta rápida y temprana expansión se llama universo inflacionario. El universo inflacionario es idéntico al universo del Big Bang para siempre después de los primeros 10 —30 segundos. Previo a eso, el modelo sugiere que hubo un breve período de expansión o inflación extraordinariamente rápida, durante el cual la escala del universo aumentó en un factor de aproximadamente 1050 veces más de lo predicho por los modelos estándar del Big Bang (Figura 3.35.6.1).

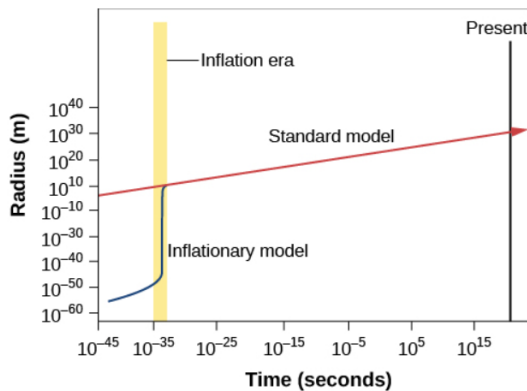


Figura 3.35.32. Expansión del Universo. Esta gráfica muestra cómo el factor de escala del universo observable cambia con el tiempo para el modelo estándar de Big Bang (línea roja) y para el modelo inflacionario (línea azul). (Tenga en cuenta que la escala de tiempo en la parte inferior está extremadamente comprimida). Durante la inflación, regiones que eran muy pequeñas y en contacto unas con otras son repentinamente voladas para ser mucho más grandes y fuera de la distancia del horizonte de la otra. Los dos modelos son iguales para todos los tiempos después de 10^{-30} segundos.

Antes (y durante) la inflación, todas las partes del universo que ahora podemos ver eran tan pequeñas y cercanas entre sí que podían intercambiar información, es decir, la distancia del horizonte incluía todo el universo que ahora podemos observar. Antes (y durante) la inflación, había tiempo adecuado para que el universo observable se homogeneizara y llegara a la misma temperatura. Entonces, la inflación expandió tremendamente esas regiones, de manera que muchas partes del universo están ahora más allá del horizonte de la otra.

Otro atractivo del modelo inflacionario es su predicción de que la densidad del universo debe ser exactamente igual a la densidad crítica. Para ver por qué esto es así, recuerda que la curvatura del espacio-tiempo está íntimamente ligada a la densidad de la materia. Si el universo comenzara con alguna curvatura de su espacio-tiempo, una analogía para él podría ser la piel de un globo. El periodo de inflación equivalía a volar el globo a un tamaño tremendo. El universo se hizo tan grande que, desde nuestro punto de vista, ninguna curvatura debería ser visible (Figura 3.35.6.2). De la misma manera, la superficie de la Tierra es tan grande que nos parece plana sin importar dónde estemos. Los cálculos muestran que un universo sin curvatura es aquel que está en densidad crítica. Los universos con densidades superiores o inferiores a la densidad crítica mostrarían una marcada curvatura. Pero vimos que las observaciones del CMB, que muestran que el universo tiene densidad crítica, descartan la posibilidad de que el espacio esté significativamente curvado.

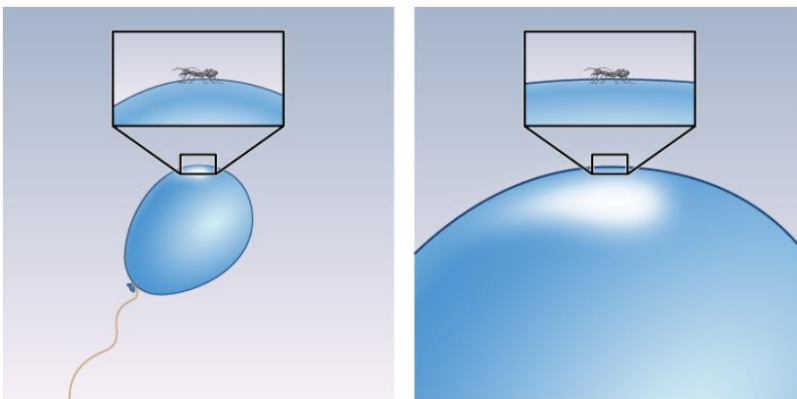


Figura 3.35.33. Analogía para la Inflación. Durante un periodo de inflación rápida, un globo curvo crece tan grande que a cualquier observador local se ve plano. El recuadro muestra la geometría desde el punto de vista de la hormiga.

+ : Grandes teorías unificadas

Si bien la inflación es una idea intrigante y ampliamente aceptada por los investigadores, no podemos observar directamente eventos tan tempranos en el universo. Las condiciones en el momento de la inflación eran tan extremas que no podemos reproducirlas en nuestros laboratorios o aceleradores de alta energía, pero los científicos tienen algunas ideas sobre cómo podría haber sido el universo. Estas ideas se llaman “grandes teorías unificadas” o GUT.

En los modelos GUT, las fuerzas con las que estamos familiarizados aquí en la Tierra, incluyendo la gravedad y el electromagnetismo, se comportaron de manera muy diferente en las condiciones extremas del universo primitivo que lo hacen hoy. En la ciencia física, el término fuerza se utiliza para describir cualquier cosa que pueda cambiar el movimiento de una partícula o cuerpo. Uno de los descubrimientos notables de la ciencia moderna es que todos los procesos físicos conocidos pueden describirse a través de la acción de solo cuatro fuerzas: la gravedad, el electromagnetismo, la fuerza nuclear fuerte y la fuerza nuclear débil (Tabla 3.35.2.).

Fuerza	Fuerza relativa hoy	Rango de Acción	Aplicaciones Importantes
Gravedad	1	Todo el universo	Movimientos de planetas, estrellas, galaxias
Electromagnetismo	10^{36}	Todo el universo	Átomos, moléculas, electricidad, campos magnéticos
Fuerza nuclear débil	10^{33}	10^{-17} metros	Desintegración radiactiva
Fuerza nuclear fuerte	10^{38}	10^{-15} metros	La existencia de núcleos atómicos

Figura 3.35.2.: Las fuerzas de la naturaleza

La gravedad es quizás la fuerza más familiar, y ciertamente parece fuerte si saltas de un edificio alto. Sin embargo, la fuerza de gravedad entre dos partículas elementales —digamos dos protones— es, con mucho, la más débil de las cuatro fuerzas. El electromagnetismo, que incluye fuerzas magnéticas y eléctricas, mantiene unidos a los átomos y produce la radiación electromagnética que usamos para estudiar el universo, es mucho más fuerte, como se puede ver en la

Figura 3.35.6.1. La débil fuerza nuclear sólo es débil en comparación con su fuerte “primo”, pero de hecho es mucho más fuerte que la gravedad.

Tanto las fuerzas nucleares débiles como las fuertes difieren de las dos primeras fuerzas en que actúan solo a distancias muy pequeñas, las comparables al tamaño de un núcleo atómico o menos. La fuerza débil está involucrada en la desintegración radiactiva y en reacciones que resultan en la producción de neutrinos. La fuerza fuerte mantiene juntos protones y neutrones en un núcleo atómico.

Los físicos se han preguntado por qué hay cuatro fuerzas en el universo, ¿por qué no 300 o, preferiblemente, solo una? Un indicio importante proviene del nombre fuerza electromagnética. Durante mucho tiempo, los científicos pensaron que las fuerzas de la electricidad y el magnetismo estaban separadas, pero James Clerk Maxwell (ver el capítulo sobre Radiación y Espectros) pudo unificar estas fuerzas, para demostrar que son aspectos del mismo fenómeno. De la misma manera, muchos científicos (entre ellos Einstein) se han preguntado si las cuatro fuerzas que ahora conocemos también podrían unificarse. Los físicos en realidad han desarrollado GUT que unifican tres de las cuatro fuerzas (pero no la gravedad).

En estas teorías, las fuerzas fuertes, débiles y electromagnéticas no son tres fuerzas independientes, sino que son manifestaciones o aspectos diferentes de lo que es, de hecho, una sola fuerza. Las teorías predicen que, a temperaturas suficientemente altas, solo habría una fuerza. A temperaturas más bajas (como las del universo actual), sin embargo, esta fuerza única se ha transformado en tres fuerzas diferentes (Figura 3.35.34.). Así como diferentes gases o líquidos se congelan a diferentes temperaturas, podemos decir que las diferentes fuerzas “se congelaron” de la fuerza unificada a diferentes temperaturas. Desafortunadamente, las temperaturas a las que las tres fuerzas actuaron como una sola fuerza son tan altas que no se pueden alcanzar en ningún laboratorio de la Tierra. Sólo el universo primitivo, en ocasiones anteriores a los 10 —35 segundos, era lo suficientemente caliente como para unificar estas fuerzas.

Muchos físicos piensan que la gravedad también se unificó con las otras tres fuerzas a temperaturas aún más altas, y los científicos han

tratado de desarrollar una teoría que combine las cuatro fuerzas. Por ejemplo, en la teoría de cuerdas, las partículas puntuales de materia que hemos discutido en este libro son reemplazadas por objetos unidimensionales llamados cadenas.

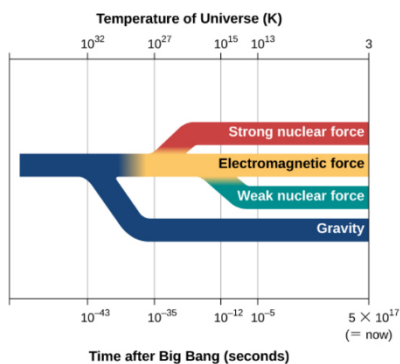


Figura 3.35.34. Cuatro Fuerzas que gobiernan el Universo. El comportamiento de las cuatro fuerzas depende de la temperatura del universo. Este diagrama (inspirado en algunas grandes teorías unificadas) muestra que en tiempos muy tempranos cuando la temperatura del universo era muy alta, las cuatro fuerzas se parecían entre sí y eran indistinguibles. A medida que el universo se enfriaba, las fuerzas tomaron características separadas y distintivas.

En esta teoría, las cuerdas infinitesimales, que tienen longitud, pero no altura ni anchura, son los bloques de construcción utilizados para construir todas las formas de materia y energía en el universo. Estas cadenas existen en el espacio 11-dimensional (no el espacio-tiempo de 4 dimensiones con el que estamos familiarizados). Las cuerdas vibran en las diversas dimensiones, y dependiendo de cómo vibren, se ven en nuestro mundo como materia o gravedad o luz. Como puedes imaginar, las matemáticas de la teoría de cuerdas son muy complejas, y la teoría permanece sin probar mediante experimentos. Incluso los aceleradores de partículas más grandes de la Tierra no logran una energía lo suficientemente alta como para mostrar si la teoría de cuerdas se aplica al mundo real.

La teoría de cuerdas es interesante para los científicos porque actualmente es el único enfoque que parece tener el potencial de combinar las cuatro fuerzas para producir lo que los físicos han denominado la “Teoría del Todo”. Las teorías de las primeras fases del universo deben tener en cuenta tanto la mecánica cuántica como la gravedad, pero al nivel más simple, la gravedad y la mecánica

cuántica son incompatibles. La relatividad general, nuestra mejor teoría de la gravedad, dice que los movimientos de los objetos se pueden predecir con exactitud. La mecánica cuántica dice que solo se puede calcular la probabilidad (probabilidad) de que un objeto haga algo. La teoría de cuerdas es un intento de resolver esta paradoja. La matemática que sustenta la teoría de cuerdas es elegante y hermosa, pero queda por ver si hará predicciones que puedan ser probadas por observaciones en aceleradores de alta energía aún por desarrollar en la Tierra o por observaciones del universo temprano.

El período más temprano en la historia del universo desde el tiempo cero hasta los 10^{-43} segundos se llama el tiempo de Planck. El universo era inimaginablemente cálido y denso, y los teóricos creen que, en este momento, los efectos cuánticos de la gravedad dominaban las interacciones físicas y, como acabamos de discutir, no tenemos ninguna teoría probada de la gravedad cuántica. Se plantea la hipótesis de que la inflación se produjo algo más tarde, cuando el universo tenía quizás entre 10^{-35} y 10^{-33} segundos de edad y la temperatura era de 10^{27} a 10^{28} K. Esta rápida expansión tuvo lugar cuando tres fuerzas (electromagnéticas, fuertes y débiles) son se cree que se han unificado, y es entonces cuando las GUT son aplicables.

Después de la inflación, el universo continuó expandiéndose (pero más lentamente) y enfriándose. Se alcanzó un hito importante cuando la temperatura bajó a 10^{15} K y el universo tenía 10^{-10} segundos de antigüedad. En estas condiciones, las cuatro fuerzas estaban separadas y distintas. Los aceleradores de partículas de alta energía pueden lograr condiciones similares, por lo que las teorías de la historia del universo a partir de este momento tienen una base sólida en los experimentos.

Hasta el momento, no tenemos evidencia directa de cuáles fueron las condiciones durante la época inflacionaria, y las ideas aquí presentadas son especulativas. Los investigadores están tratando de idear algunas pruebas experimentales. Por ejemplo, las fluctuaciones cuánticas en el universo muy temprano habrían provocado variaciones en la densidad y habrían producido ondas gravitacionales que podrían haber dejado una huella detectable en el CMB. La detección de tal huella requerirá observaciones con

equipos cuya sensibilidad se mejore a partir de lo que tenemos hoy en día. En última instancia, sin embargo, puede proporcionar la confirmación de que vivimos en un universo que alguna vez experimentó una época de inflación rápida.

Si eres típico de los estudiantes que leen este libro, es posible que hayas encontrado un poco frustrante esta breve discusión sobre la materia oscura, la inflación y la cosmología. Hemos ofrecido vislumbres de teorías y observaciones, pero hemos planteado más preguntas de las que hemos respondido. ¿Qué es la materia oscura? ¿Qué es la energía oscura? La inflación explica las observaciones de planitud y uniformidad de la universidad, pero ¿realmente sucedió? Estas ideas están a la vanguardia de la ciencia moderna, donde el progreso casi siempre conduce a nuevos acertijos, y se necesita mucho más trabajo antes de que podamos ver con claridad. Hay que tener en cuenta que ha pasado menos de un siglo desde que Hubble demostró la existencia de otras galaxias. La búsqueda por comprender cómo llegó a ser el universo de las galaxias mantendrá ocupados a los astrónomos durante mucho tiempo por venir.

El modelo Big Bang no explica por qué el CMB tiene la misma temperatura en todas las direcciones. Tampoco explica por qué la densidad del universo está tan cerca de la densidad crítica. Estas observaciones pueden explicarse si el universo experimentó un período de rápida expansión, al que los científicos llaman inflación, alrededor de 10^{-35} segundos después del Big Bang. Se están desarrollando nuevas grandes teorías unificadas (GUTs) para describir los procesos físicos en el universo antes y en el momento en que ocurrió la inflación.

*** : El principio antrópico**

A pesar de nuestras incertidumbres, debemos admitir que el cuadro que hemos desarrollado sobre la evolución de nuestro universo es notable. Con nuevos telescopios, hemos comenzado a recopilar suficientes evidencias observacionales que permiten describir cómo evolucionó el universo a partir de una mera fracción de segundo después de que comenzara la expansión. Si bien se trata de un logro impresionante, aún quedan algunas características del universo que no podemos explicar. Y sin embargo, resulta que si estas características fueran diferentes, no estaríamos aquí para preguntar

por ellas. Veamos algunos de estos “accidentes afortunados”, comenzando con las observaciones del fondo cósmico de microondas (CMB).

+ : Accidentes de la Suerte

Como describimos en este capítulo, el CMB es radiación que se emitió cuando el universo tenía unos cientos de miles de años. Las observaciones muestran que la temperatura de la radiación varía de una región a otra, típicamente en aproximadamente 10 millonésimas de grado, y estas diferencias de temperatura señalan pequeñas diferencias en la densidad. Pero supongamos que las pequeñas y tempranas fluctuaciones en la densidad habían sido mucho menores. Entonces los cálculos muestran que la atracción de la gravedad cerca de ellos habría sido tan pequeña que nunca se habrían formado galaxias.

¿Y si las fluctuaciones en la densidad hubieran sido mucho mayores? Entonces es posible que regiones muy densas se hubieran condensado, y éstas simplemente habrían colapsado directamente a agujeros negros sin formar jamás galaxias y estrellas. Incluso si las galaxias hubieran podido formarse en tal universo, el espacio se habría llenado de intensos rayos X y rayos gamma, y hubiera sido difícil que las formas de vida se desarrollaran y sobrevivieran. La densidad de estrellas dentro de las galaxias sería tan alta que las interacciones y colisiones entre ellas serían frecuentes. En tal universo, cualquier sistema planetario rara vez podría sobrevivir el tiempo suficiente para que la vida se desarrollara.

Entonces, para que estemos aquí, las fluctuaciones de densidad tienen que ser “correctas”, no demasiado grandes ni demasiado pequeñas. Otro accidente afortunado es que el universo está finamente equilibrado entre expansión y contracción. Se está expandiendo, pero muy lentamente. Si la expansión hubiera sido a un ritmo mucho mayor, toda la materia se habría adelgazado antes de que se pudieran formar galaxias. Si todo se estuviera expandiendo a un ritmo mucho más lento, entonces la gravedad habría “ganado”. La expansión se habría revertido y toda la materia se habría vuelto a colapsar, probablemente en un agujero negro, de nuevo, sin estrellas, sin planetas, sin vida.

El desarrollo de la vida en la Tierra depende de coincidencias aún más afortunadas. Si la materia y la antimateria hubieran estado presentes inicialmente en proporciones exactamente iguales, entonces toda la materia habría sido aniquilada y convertida en energía pura. Debemos nuestra existencia al hecho de que había un poco más materia que antimateria. (Después de que la mayor parte de la materia entró en contacto con una cantidad igual de antimateria, convirtiéndose en energía, debió haber estado presente una pequeña cantidad de materia adicional. Todos somos descendientes de ese poco de materia “desequilibrada”.)

Si las reacciones de fusión nuclear ocurrieron a un ritmo algo más rápido de lo que realmente lo hacen, entonces en el momento de la bola de fuego inicial, toda la materia se habría convertido de hidrógeno en helio en carbono y todo el camino en hierro (el núcleo más estable). Eso significaría que ninguna estrella se habría formado, ya que la existencia de estrellas depende de que haya elementos ligeros que puedan experimentar fusión en la etapa de secuencia principal y hacer brillar a las estrellas. Además, la estructura de los núcleos atómicos tenía que ser justa para hacer posible que tres átomos de helio se unieran fácilmente para fusionar el carbono, que es la base de la vida. Si el proceso triple Alfa, que discutimos en el capítulo de Estrellas desde la Adolescencia hasta la Vejez fuera demasiado improbable, no se habría formado suficiente carbono para conducir a la biología tal como la conocemos. Al mismo tiempo, tenía que ser lo suficientemente duro para fusionar carbono en oxígeno que una gran cantidad de carbono sobrevivió durante miles de millones de años.

Hay factores adicionales que han contribuido a que la vida como nosotros sea posible. Los neutrinos tienen que interactuar con la materia a la tasa justa, aunque poco frecuente. Las explosiones de supernovas ocurren cuando los neutrinos escapan de los núcleos de las estrellas colapsadas, depositan parte de su energía en la envoltura estelar circundante y hacen que explote hacia el espacio. Los elementos pesados que son expulsados en tales explosiones son ingredientes esenciales de la vida aquí en la Tierra. Si los neutrinos no interactuaran en absoluto con la materia, escaparían de los núcleos de estrellas colapsadas sin provocar la explosión. Si los neutrinos interactuaran fuertemente con la materia, permanecerían

atrapados en el núcleo estelar. En cualquier caso, los elementos pesados permanecerían encerrados dentro de la estrella colapsada.

Si la gravedad fuera una fuerza mucho más fuerte de lo que es, las estrellas podrían formarse con masas mucho más pequeñas, y sus vidas se medirían en años en lugar de en miles de millones de años. Los procesos químicos, por otro lado, no se acelerarían si la gravedad fuera una fuerza más fuerte, y así no habría tiempo para que la vida se desarrollara mientras las estrellas fueran tan efímeras. Incluso si la vida se desarrollara en un universo de gravedad más fuerte, las formas de vida tendrían que ser diminutas o no podrían ponerse de pie o moverse.

+: Lo que tenía que ser, tenía que ser

En resumen, vemos que un conjunto específico de reglas y condiciones en el universo ha permitido que se desarrolle la complejidad y la vida en la Tierra. Hasta el momento, no tenemos ninguna teoría que explique por qué ocurrió este conjunto “correcto” de condiciones. Por ello, muchos científicos están empezando a aceptar una idea que llamamos el principio antrópico, es decir, que las leyes físicas que observamos deben ser lo que son precisamente porque son las únicas leyes que permiten la existencia de los humanos.

Algunos científicos especulan que nuestro universo no es más que uno de los innumerables universos, cada uno con un conjunto diferente de leyes físicas, una idea que a veces se conoce como el multiverso. Algunos de esos universos podrían nacer muertos, colapsando ante cualquier forma de estructura. Otros pueden expandirse tan rápidamente que permanecen en esencia sin rasgos distintivos sin estrellas ni galaxias. En otras palabras, puede haber un multiverso mucho más grande que contenga nuestro propio universo y muchos otros. Este multiverso (existiendo quizás en más dimensiones de las que podamos tomar conciencia) es infinito y eterno; genera muchas, muchas regiones inflantes, cada una de las cuales evoluciona hacia un universo separado, que puede ser completamente diferente a cualquiera de los otros universos separados. Nuestro universo es entonces la forma en que es porque es la única manera que podría ser y tener humanos como nosotros en él para descubrir sus propiedades y hacer tales preguntas.

+ : El Multiverso

Universos múltiples e inflación cósmica: la búsqueda de entender nuestro universo (y encontrar otros). Es difícil saber poner a prueba estas ideas ya que nunca podremos hacer contacto con ningún otro universo. Para la mayoría de los científicos, nuestra discusión en esta sección raya en lo filosófico y metafísico. Quizás en el futuro nuestra comprensión de la física se desarrolle hasta el punto de que podamos saber por qué la constante gravitacional es tan fuerte como lo es, por qué el universo se está expandiendo exactamente a la velocidad que es, y por qué sucedieron todos los demás “accidentes afortunados”, por qué eran inevitables y no podían ser de otra manera. Entonces esta idea antrópica ya no sería necesaria. Nadie sabe, sin embargo, si alguna vez tendremos una explicación de por qué este universo funciona de la manera que lo hace.

Hemos recorrido un largo camino en nuestro viaje por el universo. Hemos aprendido una cantidad notable sobre cómo y cuándo llegó a ser el cosmos, pero la pregunta de por qué el universo es como es sigue siendo tan esquiva como siempre.

Recientemente, muchos cosmólogos han señalado que la existencia de los humanos depende del hecho de que muchas propiedades del universo —el tamaño de las fluctuaciones de densidad en el universo primitivo, la fuerza de la gravedad, la estructura de los átomos— eran las correctas. La idea de que las leyes físicas deben ser como son porque de lo contrario no podríamos estar aquí para medirlas se llama principio antrópico. Algunos científicos especulan que puede haber un multiverso de universos, en el que el nuestro es solo uno.

+ : El Big Bang, Documentación

- : Artículos

Kruesi, L. “Cosmología: 5 Cosas que Necesitas Saber”. *Astronomía* (mayo 2007): 28. Cinco preguntas que suelen hacer los estudiantes y cómo las responden los cosmólogos modernos.

Kruesi, L. “Cómo Planck ha redefinido el Universo”. *Astronomía* (octubre 2013): 28. Buena reseña de lo que nos ha dicho esta misión espacial sobre el CMB y el universo.

Lineweaver, C. & Davis, T. “Conceptos erróneos sobre el Big Bang”. *Scientific American* (marzo 2005): 36. Algunas ideas básicas sobre la cosmología moderna aclaradas, utilizando la relatividad general.

Nadis, S. “Dimensionando Inflación”. *Sky & Telescope* (noviembre de 2005): 32. Bonita reseña del origen y variantes modernas sobre la idea inflacionaria.

Nadis, S. “Cómo Pudimos Ver Otro Universo”. *Astronomía* (junio de 2009): 24. Sobre las ideas modernas sobre los multiversos y cómo tales burbujas del espacio-tiempo podrían chocar.

Nadis, S. “La nueva cara de Dark Energy: Cómo las estrellas explosivas están cambiando nuestra visión”. *Astronomía* (Julio 2012): 45. Acerca de nuestra mejora en la comprensión de las complejidades de las supernovas tipo Ia.

Naze, Y. “El sacerdote, el universo y el Big Bang”. *Astronomía* (noviembre 2007): 40. Sobre la vida y obra de Georges Lemaître.

Panek, R. “Pasando al Lado Oscuro”. *Sky & Telescope* (febrero de 2009): 22. Una historia de las observaciones y teorías sobre la energía oscura.

Pendrick, D. “¿Está el Big Bang en problemas?” *Astronomía* (abril de 2009): 48. Este artículo sensacionalmente titulado es realmente una revisión más rápida de cómo las ideas y observaciones modernas están desarrollando la hipótesis del Big Bang (y planteando preguntas).

Reddy, F. “Cómo terminará el universo”. *Astronomía* (septiembre 2014): 38. Breve discusión de escenarios locales y generales de futuro.

Riess, A. y Turner, M. “El universo en expansión: de la desaceleración a la aceleración”. *Scientific American* (septiembre 2008): 62.

Turner, M. “El Origen del Universo”. *Scientific American* (septiembre 2009): 36. Una introducción a la cosmología moderna.

Sitios web

Imprimación de Cosmología:

<https://preposterousuniverse.com/cosmologyprimer/>. El astrofísico de Caltech Sean Carroll ofrece un sitio no técnico con

breves resúmenes de muchos temas clave en la cosmología moderna.

Cosmología cotidiana: cosmologia.carnegiesciencia.edu/. Un sitio web educativo de los Observatorios Carnegie con una cronología de descubrimiento cosmológico, materiales de fondo y actividades.

¿Qué tan grande es el universo?:

www.pbs.org/wgbh/nova/espacio/h...-universe.html. Un claro ensayo de un destacado astrónomo Brent Tully resume algunas ideas clave en la cosmología e introduce la noción de la aceleración del universo.

Universo 101: Misión WMAP Introducción al Universo: <http://map.gsfc.nasa.gov/universe/>. Introducción concisa de la NASA sobre ideas cosmológicas del equipo misionero del WMAP.

Proyecto Cosmic Times: <http://cosmictimes.gsfc.nasa.gov/>. James Lochner y Barbara Mattson han compilado un rico recurso de la historia de la cosmología del siglo XX en forma de reportajes de noticias sobre eventos clave, del Centro de Vuelo Espacial Goddard de la NASA.

Videos

El día en que encontramos el universo:

www.cfa.harvard.edu/events/mo...archive09.html. La distinguida escritora científica Marcia Bartusiak analiza la obra de Hubble y el descubrimiento de la expansión del cosmos, una de las conferencias de la Noche del Observatorio en el Centro Harvard-Smithsonian de Astrofísica (53:46).

Imágenes del Universo Infantil:

<https://www.youtube.com/watch?v=x0AqCwElyUk>. Charla pública de Lloyd Knox sobre los últimos descubrimientos sobre el CMB y lo que significan para la cosmología (1:16:00).

Universo Runaway:

<https://www.youtube.com/watch?v=kNYVFrnmCOU>. Roger Blandford (Stanford Linear Accelerator Center) conferencia pública sobre el descubrimiento y significado de la aceleración cósmica y la energía oscura (1:08:08).

Del Big Bang al Premio Nobel y luego al Telescopio Espacial James Webb y el Descubrimiento de la Vida Alien:

svs.gsfc.nasa.gov/vis/a010000..._370/index.html. John Mather, NASA Goddard (1:01:02). ¿Su charla del Premio Nobel del 8 de diciembre de 2006 se puede encontrar en www.nobelprize.org/mediaplaye..._p?id=74&view=1.

La energía oscura y el destino del universo:

<https://webcast.stsci.edu/webcast/de...=1961&parent=1>. Adam Reiss (STScI), en el Instituto de Ciencias del Telescopio Espacial (1:00:00).

Este capítulo trata de algunas preguntas e ideas bastante grandes. Algunos sistemas de creencias nos enseñan que hay preguntas a las que “no estábamos destinados a conocer” las respuestas. Otras personas sienten que, si nuestras mentes e instrumentos son capaces de explorar una cuestión, entonces se convierte en parte de nuestro derecho de nacimiento como seres humanos pensantes. Haga que su grupo discuta sus reacciones personales al discutir preguntas como el comienzo del tiempo y el espacio, y el destino final del universo. ¿Te pone nervioso escuchar que los científicos discuten estos temas? ¿O es emocionante saber que ahora podemos reunir evidencia científica sobre el origen y destino del cosmos? (Al discutir esto, puede encontrar que los miembros de su grupo no están muy de acuerdo; trate de ser respetuosos con los puntos de vista de los demás).

Un modelo popular del universo en las décadas de 1950 y 1960 fue la llamada cosmología de estado estacionario. En este modelo, el universo no solo era el mismo en todas partes y en todas las direcciones (homogéneo e isotrópico), sino también el mismo en todo momento. Sabemos que el universo se está expandiendo y las galaxias se están adelgazando, por lo que este modelo planteó la hipótesis de que la nueva materia estaba continuamente llegando a existir para llenar el espacio entre galaxias a medida que se alejaban más. Si es así, el universo infinito no debía tener un comienzo repentino, sino que simplemente podría existir para siempre en estado estacionario. Haga que su grupo discuta su reacción ante este modelo. ¿Te parece filosóficamente más atractivo que el modelo Big Bang? ¿Puede citar alguna evidencia que indique que el universo no

era el mismo hace miles de millones de años que ahora, que no está en estado estacionario?

Uno de los accidentes afortunados que caracteriza a nuestro universo es el hecho de que la escala de tiempo para el desarrollo de la vida inteligente en la Tierra y la vida del Sol son comparables. Haga que su grupo discuta qué pasaría si las dos escalas de tiempo fueran muy diferentes. Supongamos, por ejemplo, que el tiempo para que la vida inteligente evolucione fue 10 veces mayor que la vida de la secuencia principal del Sol. ¿Nuestra civilización se habría desarrollado alguna vez? Ahora supongamos que el momento para que la vida inteligente evolucione es diez veces más corto que la vida de la secuencia principal del Sol. ¿Estaríamos por aquí? (Esta última discusión requiere una reflexión considerable, incluyendo ideas como cómo fueron las primeras etapas de la vida del Sol y cuánto la Tierra primitiva fue bombardeada por asteroides y cometas).

Las grandes ideas discutidas en este capítulo tienen un efecto poderoso en la imaginación humana, no solo para los científicos, sino también para artistas, compositores, dramaturgos y escritores. Aquí enumeramos solo algunas de estas respuestas a la cosmología. Cada miembro de tu grupo puede seleccionar uno de estos, aprender más sobre él y luego reportar, ya sea al grupo o a toda la clase.

El poeta californiano Robinson Jeffers era hermano de un astrónomo que trabajaba en el Observatorio Lick. Su poema “Margrave” es una meditación sobre la cosmología y sobre el secuestro y asesinato de un niño: [www.poemhunter.com/best-poems... fers/margrave/](http://www.poemhunter.com/best-poems...fers/margrave/).

En la historia de ciencia ficción “La mina de gravedad” de Stephen Baxter, la energía de evaporar agujeros negros supermasivos es la última esperanza de los seres vivos en un futuro lejano en un universo en constante expansión. La historia tiene una descripción poética del destino final de la materia y la vida y está disponible en línea en: <http://www.infinityplus.co.uk/stories/gravitymine.htm>.

La pieza musical YLEM de Karlheinz Stockhausen toma su título del término griego antiguo para material primitivo revivido por George Gamow. Se trata de retratar el universo oscilante en términos musicales. Los jugadores en realidad se expanden por la sala de conciertos, tal como lo hace el universo, para luego regresar y expandirse nuevamente. Ver:

http://www.karlheinzstockhausen.org/ylem_english.htm.

La pieza musical Supernova Sonata:

http://www.astro.uvic.ca/~alexhp/new...va_sonata.html de Alex Parker y Melissa Graham se basa en las características de 241 explosiones de supernova tipo Ia, las que han ayudado a los astrónomos a descubrir la aceleración del universo en expansión.

El cuento corto de Gregory Benford “The Final Now” contempla el fin de un universo abierto acelerado, y mezcla imágenes religiosas y científicas de una manera muy poética. Disponible gratis en línea en: <http://www.tor.com/stories/2010/03/the-final-now>.

Cuando Einstein se enteró del trabajo de Hubble mostrando que el universo de galaxias se está expandiendo, calificó su introducción de la constante cosmológica en su teoría general de la relatividad su “mayor error”. ¿Puede su grupo pensar en otros “grandes errores” de la historia de la astronomía, donde el pensamiento de los astrónomos era demasiado conservador y el universo resultó ser más complicado o requería un pensamiento más “fuera de la caja”?

Capítulo XXXVI : El contexto cósmico para la vida

* : La vida.

Vimos que el universo nació en el Big Bang hace unos 14 mil millones de años. Después de que la bola de fuego inicial caliente y densa de la creación se enfriara lo suficiente para que existieran los átomos, toda la materia consistía en hidrógeno y helio (con una cantidad muy pequeña de litio). A medida que el universo envejecía, los procesos dentro de las estrellas crearon los otros elementos, incluidos los que componen la Tierra (como el hierro, el silicio, el magnesio y el oxígeno) y los requeridos para la vida tal como la conocemos, como el carbono, el oxígeno y el nitrógeno.

Estos y otros elementos se combinaron en el espacio para producir una amplia variedad de compuestos que forman la base de lo que es la Tierra. Pero en particular tenemos la vida, como un concepto que se sale de nuestra concepción atómica y que se basa en la presencia de una unidad clave conocida como “molécula orgánica”, una molécula que contiene carbono.

Especialmente importantes son los hidrocarburos, elementos químicos compuestos enteramente por hidrógeno y carbono, que sirven de base para nuestra química biológica, o bioquímica. Si bien no conocemos los detalles de cómo comenzó la vida en la Tierra, es claro que, para hacer posible la existencia de criaturas como nosotros, suponemos que debe haber algo ajeno, pero que es complementario con la fuerza magnética que hemos visto hasta ahora, entendiendo con eso, que han ocurrido eventos como los que describimos, dando como resultado lo que se llama la evolución química del universo.

+ : ¿Qué hizo que la Tierra fuera hospitalaria para la vida?

Imaginemos que hace unos 5 mil millones de años, una nube de gas y polvo en este barrio cósmico comenzó a colapsar bajo su propio peso. De esta nube se formó el Sol y sus planetas, junto con todos los cuerpos más pequeños, como los cometas, que también orbitan el Sol (Figura 3.36.1.1). El tercer planeta del Sol, a medida que se enfriaba, finalmente permitió la formación de grandes cantidades de agua líquida en su superficie.



Figura 3.36.1.1 Cometa Hyakutake. Esta imagen fue captada en 1996 por el fotógrafo de la NASA Bill Ingalls. Los impactos de los cometas pueden entregar tanto agua como una variedad de químicos interesantes, incluidos algunos químicos orgánicos, a la Tierra.

La variedad química y las condiciones en la Tierra propician la formación de moléculas, pero como podemos evidenciar, normalmente permanecen de la misma forma como se forman, sufriendo cambios físicos producidos por agentes externos. Pero es allí donde surge la inquietud, que elemento o fuerza es la que influye para que determinada combinación de esos elementos químicos básicos (C, H, O, N) puede hacer que esas moléculas puedan hacer copias de sí mismas (reproducirse), lo cual es esencial para comenzar la vida. Durante los miles de millones de años de historia de la Tierra, la vida evolucionó y se volvió más compleja. El curso de la evolución estuvo puntuado por ocasionales cambios planetarios causados por

colisiones con algunos de los cuerpos más pequeños que no llegaron al Sol o a uno de sus mundos acompañantes. Como vimos en el capítulo sobre la Tierra como planeta, los mamíferos pueden tener su dominio sobre la superficie de la Tierra a una colisión que ocurrió hace 65 millones de años, lo que provocó la extinción de los dinosaurios (junto con la mayoría de los demás seres vivos). Los detalles de tales extinciones masivas son actualmente el foco de gran interés científico.

A través de muchos eventos, imaginamos el curso de la evolución en la Tierra, pero surge la inquietud sobre la forma como se produjo una criatura con autoconciencia, capaz de hacer preguntas sobre sus propios orígenes y lugar en el cosmos (Figura 3.36.1.2). Como la mayor parte de la Tierra, esta criatura está compuesta por átomos que fueron forjados en generaciones anteriores de estrellas, en este caso, ensamblados tanto en su cuerpo como en su cerebro. Podríamos decir que, a través de los pensamientos de los seres humanos, la materia en el universo puede tomar conciencia de sí misma, por eso, suponemos de la existencia de una fuerza similar a la magnética, pero que a la vez es superior en su forma, ya que utiliza el magnetismo y la energía existente en el universo para su funcionamiento, creando un elemento adicional, que es la vida, por eso la llamaremos de “Fuerza Vital”.

Piensa en esos átomos en tu cuerpo por un minuto. Ellos son simplemente en préstamo a usted de la biblioteca prestadora de átomos que conforman nuestro rincón local del universo. Átomos de muchos tipos circulan por tu cuerpo y luego lo dejan, con cada respiración inhalas y exhalas y los alimentos que comes y excretas. Incluso los átomos que ocupan más residencia permanente en tus tejidos no serán parte de ti mucho más tiempo de lo que estás vivo. En última instancia, devolverán sus átomos al vasto reservorio de la Tierra, donde serán incorporados a otras estructuras e incluso a otros seres vivos en los milenios por venir.

Esta imagen de la evolución cósmica, de nuestro descenso de las estrellas, se ha obtenido a través de los esfuerzos de científicos en muchos campos a lo largo de muchas décadas. Algunos de sus detalles siguen siendo tentativos e incompletos, pero nos sentimos razonablemente seguros en sus líneas generales. Es notable lo mucho que hemos podido aprender en el poco tiempo que hemos

tenido los instrumentos para sondear la naturaleza física del universo.

+ : El principio copernicano

Nuestro estudio de la astronomía nos ha enseñado que siempre nos hemos equivocado en el pasado cada vez que hemos afirmado que la Tierra es de alguna manera única. Galileo, utilizando la tecnología recién inventada del telescopio, nos mostró que la Tierra no es el centro del sistema solar, sino simplemente uno de una serie de objetos que orbitan el Sol. Nuestro estudio de las estrellas ha demostrado que el Sol mismo es una estrella bastante poco distinguida, a mitad de su larga etapa de secuencia principal como tantos miles de millones de otras. Tampoco parece nada especial en nuestra posición en la Galaxia de la Vía Láctea, y nada sorprendente en la posición de nuestra Galaxia ni en su propio grupo ni en su supercúmulo.

El descubrimiento de planetas alrededor de otras estrellas confirma nuestra idea de que la formación de planetas es una consecuencia natural de la formación de estrellas. Hemos identificado miles de exoplanetas, planetas que orbitan alrededor de otras estrellas, desde enormes que orbitan cerca de sus estrellas (informalmente llamados “Júpiter calientes”) hasta planetas más pequeños que la Tierra. Un flujo constante de descubrimientos de exoplanetas está llevando a la conclusión de que los planetas terrestres ocurren con frecuencia, lo suficiente como para que probablemente haya muchos miles de millones de “exotierras” solo en nuestra propia Galaxia de la Vía Láctea. Desde una perspectiva planetaria, los planetas más pequeños no son únicos.

Los filósofos de la ciencia a veces llaman a la idea de que no hay nada especial en nuestro lugar en el universo el principio copernicano. Ante todo, lo anterior, la mayoría de los científicos se sorprendería si la vida se limitara a nuestro planeta y no hubiera comenzado en ningún otro lugar. Hay miles de millones de estrellas en nuestra Galaxia lo suficientemente mayores como para que la vida se haya desarrollado en un planeta a su alrededor, y también hay miles de millones de otras galaxias. Los astrónomos y biólogos han conjeturado durante mucho tiempo que una serie de eventos similares a los de los primeros tiempos de la Tierra probablemente

llevaron a organismos vivos en muchos planetas alrededor de otras estrellas, y posiblemente incluso en otros planetas de nuestro sistema solar, como Marte.

El verdadero problema científico (al que actualmente no conocemos la respuesta) es si la bioquímica orgánica es probable o poco probable en el universo en general. ¿Somos un resultado afortunado y extremadamente raro de la evolución química, o la bioquímica orgánica es una parte regular de la evolución química del cosmos? Aún no conocemos la respuesta a esta pregunta, pero los datos, incluso una cantidad sumamente pequeña (como encontrar sistemas vivos “no relacionados con nosotros” en un mundo como Europa), nos ayudarán a llegar a ella.

+ : Entonces, ¿dónde están?

Si el principio copernicano se aplica a la vida, entonces la biología puede ser bastante común entre los planetas. Llevado a su límite lógico, el principio copernicano también sugiere que la vida inteligente como nosotros podría ser común. Inteligencia como la nuestra tiene algunas propiedades muy especiales, incluyendo la capacidad de avanzar a través de la aplicación de la tecnología. La vida orgánica alrededor de otras estrellas (más antiguas) puede haber comenzado mil millones de años antes que nosotros en la Tierra, por lo que es posible que hayan tenido mucho más tiempo para desarrollar tecnología avanzada como el envío de información, sondas o incluso formas de vida entre estrellas.

Ante tal perspectiva, el físico Enrico Fermi hizo una pregunta hace varias décadas que ahora se llama la paradoja de Fermi: ¿dónde están? Si la vida y la inteligencia son comunes y tienen una capacidad tan tremenda de crecimiento, ¿por qué no hay una red de civilizaciones galácticas cuya presencia se extienda incluso a un sistema planetario “recién llegado” como el nuestro?

Se han sugerido varias soluciones a la paradoja de Fermi. Quizás la vida es común pero la inteligencia (o al menos la civilización tecnológica) es rara. Quizás tal red surja en el futuro, pero aún no ha tenido tiempo de desarrollarse. A lo mejor hay flujos invisibles de datos que fluyen más allá de nosotros todo el tiempo que no estamos lo suficientemente avanzados o lo suficientemente sensibles como para detectar. Tal vez las especies avanzadas hacen

que sea una práctica no interferir con la inmadurez, desarrollando la conciencia como la nuestra. O tal vez civilizaciones que alcanzan cierto nivel de tecnología luego se autodestruyen, es decir, no existen otras civilizaciones ahora en nuestra Galaxia. Todavía no sabemos si hay alguna vida avanzada por ahí y, si es así, por qué no somos conscientes de ello. Aun así, es posible que desee tener en cuenta estos temas mientras lee el resto de este capítulo.

La vida en la Tierra se basa en la presencia de una unidad clave conocida como molécula orgánica, una molécula que contiene carbono, especialmente hidrocarburos complejos. Nuestro sistema solar se formó hace unos 5 mil millones de años a partir de una nube de gas y polvo enriquecida por varias generaciones de producción de elementos más pesados en estrellas. La vida se compone de combinaciones químicas de estos elementos hechas por estrellas. El principio copernicano, que sugiere que no hay nada especial en nuestro lugar en el universo, implica que, si la vida pudiera desarrollarse en la Tierra, debería poder desarrollarse también en otros lugares. La paradoja de Fermi pregunta por qué, si la vida es común, formas de vida más avanzadas no nos han contactado.

*** : Astrobiología**

Los científicos de hoy adoptan un enfoque multidisciplinario para estudiar el origen, la evolución, la distribución y el destino final de la vida en el universo; este campo de estudio se conoce como astrobiología. También es posible que en ocasiones se escuche este campo denominado exobiología o bioastronomía. La astrobiología reúne a astrónomos, científicos planetarios, químicos, geólogos y biólogos (entre otros) para trabajar en los mismos problemas desde sus diversas perspectivas, pero todos enfocados en resolver las incógnitas derivadas de la existencia de esa “Fuerza Vital”.

Entre los temas que exploran los astrobiólogos se encuentran las condiciones en las que surgió la vida en la Tierra y las razones de la extraordinaria adaptabilidad de la vida en nuestro planeta. También están involucrados en la identificación de mundos habitables más allá de la Tierra y en tratar de entender en términos prácticos cómo buscar la vida en esos mundos. Veamos algunos de estos temas con más detalle.

*** : Los bloques de construcción de la vida**

Si bien aún no se han encontrado pruebas inequívocas de vida en ningún lugar más allá de la Tierra, los bloques de construcción químicos de la vida se han detectado en una amplia gama de ambientes extraterrestres. Se ha encontrado que los meteoritos (de los que aprendiste en las Muestras Cósmicas y el Origen del Sistema Solar) contienen dos tipos de sustancias cuyas estructuras químicas los marcan como de origen extraterrestre: aminoácidos y azúcares. Los aminoácidos son compuestos orgánicos que son los bloques de construcción moleculares de las proteínas. Las proteínas son moléculas biológicas clave que proporcionan la estructura y función de los tejidos y órganos del cuerpo y esencialmente realizan el “trabajo” de la célula. Cuando examinamos el gas y el polvo alrededor de los cometas, también encontramos una serie de moléculas orgánicas, compuestos que en la Tierra están asociados con la química de la vida.

Expandiéndose más allá de nuestro sistema solar, uno de los resultados más interesantes de la radioastronomía moderna ha sido el descubrimiento de moléculas orgánicas en nubes gigantes de gas y polvo entre estrellas. Se han identificado más de 100 moléculas diferentes en estos reservorios de materia prima cósmica, entre ellos formaldehído, alcohol, y otras que conocemos como importantes peldaños en el desarrollo de la vida en la Tierra. Mediante el uso de radiotelescopios y espectrómetros de radio, los astrónomos pueden medir la abundancia de diversos químicos en estas nubes. Encontramos moléculas orgánicas más fácilmente en regiones donde el polvo interestelar es más abundante, y resulta que estas son precisamente las regiones donde la formación estelar (y probablemente la formación de planetas) ocurre con mayor facilidad (Figura 3.36.2.1).

Claramente, la propia Tierra primitiva produjo algunos de los bloques de construcción moleculares de la vida. Desde principios de la década de 1950, los científicos han tratado de duplicar en sus laboratorios las vías químicas que llevaron a la vida en nuestro planeta. En una serie de experimentos conocidos como los experimentos Miller-Urey, pioneros por Stanley Miller y Harold Urey en la Universidad de Chicago, los bioquímicos han simulado condiciones en los primeros tiempos de la Tierra y han sido capaces

de producir algunos de los bloques de construcción fundamentales de la vida, incluidos los que forman proteínas y otras grandes moléculas biológicas conocidas como ácidos nucleicos (que discutiremos en breve).



Figura 3.36.2.1 Nube de Gas y Polvo. Esta nube de gas y polvo en la constelación de Escorpio es el tipo de región donde se encuentran moléculas complejas. También es el tipo de nube donde se forman nuevas estrellas a partir del depósito de gas y polvo en la nube. La radiación de un grupo de estrellas calientes (fuera de la imagen hacia abajo a la izquierda) llamada Asociación Scorpius OB está “comiendo” la nube, barriéndola en una forma alargada y provocando el resplandor rojizo que se ve en su punta.

Aunque estos experimentos produjeron resultados alentadores, existen algunos problemas con ellos. La química más interesante desde una perspectiva biológica tiene lugar con gases ricos en hidrógeno o reductores, como el amoníaco y el metano. Sin embargo, la atmósfera temprana de la Tierra probablemente estuvo dominada por el dióxido de carbono (como las atmósferas de Venus y Marte todavía están hoy en día) y puede que no haya contenido una abundancia de gases reductores comparable a la utilizada en los experimentos tipo Miller-Urey. Los respiraderos hidrotermales, sistemas de fondo marino en los que el agua del océano se sobrecalienta y circula a través de rocas de la corteza o del manto antes de reemerger en el océano, también se han sugerido como contribuyentes potenciales de compuestos orgánicos en la Tierra

temprana, y tales fuentes no requerirían que la Tierra tenga una reducción temprana ambiente.

Tanto las fuentes terrestres como las extraterrestres pueden haber contribuido al suministro temprano de moléculas orgánicas de la Tierra, aunque tenemos evidencia más directa de estas últimas. Incluso es concebible que la vida misma se originó en otro lugar y se sembró en nuestro planeta, aunque esto, por supuesto, no resuelve el problema de cómo se originó esa vida para empezar.

Los respiraderos hidrotermales comienzan a parecer más probables como primeros contribuyentes a los compuestos orgánicos que se encuentran en la Tierra. Lea sobre respiraderos hidrotermales, vea videos y diapositivas sobre estas y otras maravillas de aguas profundas, y pruebe una simulación interactiva de circulación hidrotermal en el sitio web de Woods Hole Oceanographic Institution.

+ : El origen y evolución temprana de la vida

Los compuestos de carbono que forman la base química de la vida pueden ser comunes en el universo, pero sigue siendo un paso gigante de estos bloques de construcción a una célula viva. Incluso las moléculas más simples de los genes (las unidades funcionales básicas que portan el material genético, o hereditario, en una célula) contienen millones de unidades moleculares, cada una dispuesta en una secuencia precisa. Además, incluso la vida más primitiva requería de dos capacidades especiales: un medio para extraer energía de su entorno, y un medio de codificación y replicación de información para hacer copias fieles de sí misma. Los biólogos hoy en día pueden ver formas en que cualquiera de estas capacidades podría haberse formado en un entorno natural, pero aún estamos muy lejos de saber cómo se unieron las dos en las primeras formas de vida.

No tenemos evidencia sólida del camino que condujo al origen de la vida en nuestro planeta, excepto lo que sea que la historia temprana pueda ser retenida en la bioquímica de la vida moderna. De hecho, tenemos muy poca evidencia directa de cómo era la Tierra misma durante su historia más temprana; nuestro planeta es tan efectivo para resurgir a sí mismo a través de la tectónica de placas (ver el capítulo sobre la Tierra como planeta) que quedan muy pocas rocas

de este período temprano. En el capítulo anterior sobre Mundos Cráteres, aprendiste que la Tierra fue sometida a un intenso bombardeo —un período de grandes eventos de impacto— hace unos 3.8 a 4.1 mil millones de años. Los impactos grandes habrían sido lo suficientemente energéticos como para esterilizar con calor las capas superficiales de la Tierra, de modo que aunque la vida hubiera comenzado para esta época, bien podría haber sido aniquilada.

Cuando cesaron los grandes impactos, se fijó el escenario para un ambiente más pacífico en nuestro planeta. Si los océanos de la Tierra contenían material orgánico acumulado de alguna de las fuentes ya mencionadas, los ingredientes estaban disponibles para hacer organismos vivos. No entendemos con ningún detalle la secuencia de eventos que llevaron de las moléculas a la biología, pero hay evidencia fósil de vida microbiana en rocas de 3.5 mil millones de años, y posibles (debatidas) evidencias de vida desde hace 3.8 mil millones de años.

La vida tal como la conocemos emplea dos sistemas moleculares principales: las moléculas funcionales conocidas como proteínas, que llevan a cabo el trabajo químico de la célula, y las moléculas de ADN que contienen información (ácido desoxirribonucleico) que almacenan información sobre cómo crear la célula y su química y componentes estructurales. El origen de la vida a veces se considera un “problema de gallina y huevo” porque, en la biología moderna, ninguno de estos sistemas funciona sin el otro. Son nuestras proteínas las que ensamblan las cadenas de ADN en el orden preciso requerido para almacenar información, pero las proteínas se crean a partir de información almacenada en el ADN. ¿Cuál fue primero? Algunos investigadores de origen de la vida creen que la química prebiótica se basó en moléculas que podían almacenar información y hacer el trabajo químico de la célula. Se ha sugerido que el ARN (ácido ribonucleico), una molécula que ayuda en el flujo de información genética del ADN a las proteínas podría haber servido a tal propósito. La idea de un “mundo del ARN” temprano se ha vuelto cada vez más aceptada, pero queda mucho por entender sobre el origen de la vida.

Quizás la innovación más importante en la historia de la biología, aparte del origen de la vida misma, fue el descubrimiento del

proceso de fotosíntesis, la compleja secuencia de reacciones químicas a través de las cuales algunos seres vivos pueden utilizar la luz solar para fabricar productos que almacenan energía (como carbohidratos), liberando oxígeno como un subproducto. Anteriormente, la vida tenía que conformarse con fuentes de energía química disponibles en la Tierra o entregadas desde el espacio. Pero la abundante energía disponible en la luz solar podría soportar una biosfera más grande y productiva, así como algunas reacciones bioquímicas que antes no eran posibles de por vida. Uno de ellos fue la producción de oxígeno (como producto de desecho) a partir del dióxido de carbono, y el aumento en los niveles atmosféricos de oxígeno hace unos 2.4 mil millones de años significa que la fotosíntesis productora de oxígeno debe haber surgido y llegar a ser globalmente importante en este momento. De hecho, es probable que la fotosíntesis productora de oxígeno surja considerablemente antes.

Se cree que algunas formas de evidencia química contenidas en rocas antiguas, como las formaciones rocosas sólidas en capas conocidas como estromatolitos, son los fósiles de bacterias fotosintéticas productoras de oxígeno en rocas que tienen casi 3.5 mil millones de años (Figura 3.36.2.2). Generalmente se piensa que una forma más simple de fotosíntesis que no produce oxígeno (y que todavía es utilizada por algunas bacterias hoy en día) probablemente precedió a la fotosíntesis productora de oxígeno, y hay fuertes evidencias fósiles de que uno u otro tipo de fotosíntesis funcionaba en la Tierra al menos desde Hace 3.4 mil millones de años.



(a)



(b)

Figura Los 3.36.2.2 estromatolitos preservan la representación física más temprana de la vida en la Tierra. En su alcance para la luz solar, los microbios unicelulares formaron esteras que atrapaban sedimentos en el agua sobre ellos. Tales sedimentos atrapados cayeron y formaron capas en la parte superior de las colchonetas. Luego, los microbios subieron sobre las capas de sedimento y

atraparon más sedimentos. Lo que se encuentra en el registro rocoso son (a) las capas sedimentarias curvadas y solidificadas que son firmas de actividad biológica. El estromatolito más antiguo conocido tiene 3.47 mil millones de años y se encuentra en Australia Occidental. (b) Este ejemplo más reciente se encuentra en el lago Thetis, también en Australia Occidental.

El oxígeno libre producido por la fotosíntesis comenzó a acumularse en nuestra atmósfera hace unos 2.4 mil millones de años. La interacción de la luz solar con el oxígeno puede producir ozono (que tiene tres átomos de oxígeno por molécula, en comparación con los dos átomos por molécula en el oxígeno que respiramos), que se acumuló en una capa alta en la atmósfera terrestre. Como lo hace hoy en la Tierra, este ozono brindó protección contra la dañina radiación ultravioleta del Sol. Esto permitió que la vida colonizara las masas de tierra de nuestro planeta en lugar de quedarse solo en el océano.

El aumento en los niveles de oxígeno fue mortal para algunos microbios porque, como un químico altamente reactivo, puede dañar irreversiblemente algunas de las biomoléculas que la vida temprana había desarrollado en ausencia de oxígeno. Para otros microbios, fue una gran ayuda: combinar oxígeno con materia orgánica u otros productos químicos reducidos genera mucha energía —se puede ver esto cuando se quema un tronco, por ejemplo— y muchas formas de vida adoptaron esta forma de vida. Esta nueva fuente de energía hizo posible una gran proliferación de organismos, que continuaron evolucionando en un ambiente rico en oxígeno.

Los detalles de esa evolución son propiamente objeto de cursos de biología, pero el proceso de evolución por selección natural (supervivencia del más apto) proporciona una explicación clara para el desarrollo de la notable variedad de formas de vida de la Tierra. Sin embargo, no resuelve directamente el misterio de los primeros comienzos de la vida. Nosotros planteamos la hipótesis de que la vida surgirá siempre que las condiciones sean apropiadas, pero esta hipótesis no es más que otra forma del principio copernicano. Ahora tenemos el potencial de abordar esta hipótesis con observaciones. Si se encuentra un segundo ejemplo de vida en nuestro sistema solar o en una estrella cercana, implicaría que la vida emerge con la suficiente frecuencia como para que el universo probablemente esté

lleno de biología. Para hacer tales observaciones, sin embargo, primero debemos decidir dónde enfocar nuestra búsqueda.

+ : Ambientes Habitables

Entre el asombroso número de objetos en nuestro sistema solar, Galaxia y Universo, algunos pueden tener condiciones adecuadas para la vida, mientras que otros no. Entender qué condiciones y características hacen que un ambiente habitable —un entorno capaz de albergar vida— es importante tanto para entender cuán extendidos pueden estar los entornos habitables en el universo como para enfocar la búsqueda de vida más allá de la Tierra. Aquí, discutimos la habitabilidad desde la perspectiva de la vida que conocemos. Exploraremos los requisitos básicos de la vida y, en la siguiente sección, consideraremos la gama completa de condiciones ambientales en la Tierra donde se encuentra la vida. Si bien no podemos descartar del todo la posibilidad de que otras formas de vida puedan tener bioquímica basada en alternativas al carbono y al agua líquida, tal vida “como no la conocemos” sigue siendo completamente especulativa. En nuestra discusión aquí, nos estamos enfocando en la habitabilidad para la vida que es químicamente similar a la de la Tierra.

La vida requiere un solvente (un líquido en el que los químicos pueden disolverse) que permita la construcción de biomoléculas y las interacciones entre ellas. Para la vida tal como la conocemos, ese solvente es el agua, que tiene una variedad de propiedades que son críticas para cómo funciona nuestra bioquímica. El agua es abundante en el universo, pero la vida requiere que el agua esté en forma líquida (en lugar de hielo o gas) para poder desempeñar adecuadamente su papel en la bioquímica. Ese es el caso solo dentro de un cierto rango de temperaturas y presiones, demasiado altas o bajas en cualquiera de las variables, y el agua toma la forma de un sólido o un gas. Identificar ambientes donde el agua está presente dentro del rango apropiado de temperatura y presión es, por lo tanto, un primer paso importante en la identificación de ambientes habitables. En efecto, una estrategia de “seguir el agua” ha sido, y sigue siendo, un motor clave en la exploración de planetas tanto dentro como fuera de nuestro sistema solar.

Nuestra bioquímica se basa en moléculas hechas de carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, fósforo y azufre. El carbono es el núcleo de la química orgánica. Su capacidad para formar cuatro enlaces, tanto consigo mismo como con los demás elementos de la vida, permite la formación de un vasto número de moléculas potenciales sobre las que basar la bioquímica. Los elementos restantes aportan estructura y reactividad química a nuestras biomoléculas, y forman la base de muchas de las interacciones entre ellas. Estos “elementos biogénicos”, a veces referidos con las siglas CHNOPS (carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, fósforo y azufre), son las materias primas a partir de las cuales se ensambla la vida, y un suministro accesible de ellos es un segundo requisito de habitabilidad.

Como aprendimos en capítulos anteriores sobre la fusión nuclear y la historia de vida de las estrellas, el carbono, el nitrógeno, el oxígeno, el fósforo y el azufre se forman por fusión dentro de las estrellas y luego se distribuyen en su galaxia a medida que esas estrellas mueren. Pero cómo se distribuyen entre los planetas que se forman dentro de un nuevo sistema estelar, en qué forma, y cómo los procesos químicos, físicos y geológicos en esos planetas ciclan los elementos en estructuras que son accesibles a la biología, pueden tener impactos significativos en la distribución de la vida. En los océanos de la Tierra, por ejemplo, la abundancia de fitoplancton (organismos simples que son la base de la cadena alimentaria oceánica) en las aguas superficiales puede variar mil veces debido a que el suministro de nitrógeno difiere de un lugar a otro (Figura 3.36.2.3). Entender qué procesos controlan la accesibilidad de los elementos a todas las escalas es, por lo tanto, una parte crítica para identificar ambientes habitables.

La abundancia de clorofila (un indicador de bacterias fotosintéticas y algas) varía casi mil veces a través de las cuencas oceánicas. Esa variación se debe casi en su totalidad a la disponibilidad de nitrógeno, uno de los principales “elementos biogénicos” en formas que pueden ser utilizadas por la vida.

Con estos dos primeros requisitos, contamos con las materias primas elementales de la vida y un solvente en el que ensamblarlas en las complicadas moléculas que impulsan nuestra bioquímica. Pero llevar

a cabo ese montaje y mantener la complicada maquinaria bioquímica de la vida requiere energía.

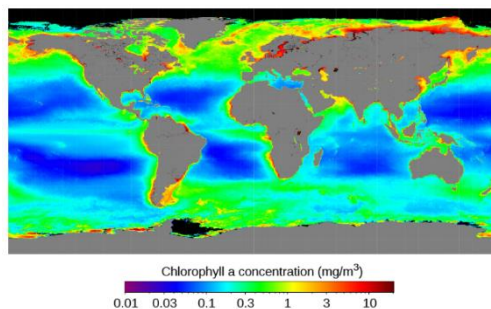


Figura 3.36.2.3 Abundancia de Clorofila.

Cumples con tu propio requerimiento de energía cada vez que comes alimentos o tomas un respiro, y no vivirías mucho tiempo si no logras hacer cualquiera de ellas de forma regular. La vida en la Tierra hace uso de dos tipos principales de energía: para ti, estos son el oxígeno en el aire que respiras y las moléculas orgánicas en tu comida. Pero la vida en general puede usar una gama mucho más amplia de químicos y, si bien todos los animales requieren oxígeno, muchas bacterias no lo hacen. Uno de los primeros procesos de vida conocidos, que aún opera en algunos microorganismos modernos, combina hidrógeno y dióxido de carbono para producir metano, liberando energía en el proceso. Hay microorganismos que “respiran” metales que serían tóxicos para nosotros, e incluso algunos que respiran azufre y exhalan ácido sulfúrico. Las plantas y los microorganismos fotosintéticos también han desarrollado mecanismos para utilizar la energía en la luz directamente.

El agua en fase líquida, los elementos biogénicos y la energía son los requisitos fundamentales para la habitabilidad. Pero ¿existen restricciones ambientales adicionales? Esto lo consideramos en la siguiente sección.

Esta fuente termal, donde el agua emerge del centro azulado a temperaturas cercanas al punto de ebullición local (alrededor de 92 °C), soporta una próspera variedad de vida microbiana. Los colores verde, amarillo y naranja alrededor de los bordes provienen de gruesas “esteras” de bacterias fotosintéticas. De hecho, su

coloración demuestra en parte su uso de la energía lumínica: algunas longitudes de onda de la luz solar entrante son capturadas selectivamente para obtener energía; el resto se refleja hacia atrás. Al carecer de las longitudes de onda capturadas, esta luz es ahora diferente en color que la luz solar que la ilumina.



Figura 3.36.2.4 Gran Primavera Prismática en el Parque Nacional Yellowstone.

La parte azul del manantial tiene temperaturas demasiado altas para permitir la vida fotosintética (de ahí la falta de color excepto la suministrada por el agua misma), pero la vida sigue presente. Aquí, a temperaturas casi de ebullición, las bacterias utilizan la energía química suministrada por la combinación de hidrógeno y otros químicos con oxígeno.

+ : Vida en condiciones extremas

A nivel químico, la vida consiste en muchos tipos de moléculas que interactúan entre sí para llevar a cabo los procesos de la vida. Además del agua, las materias primas elementales y la energía, la vida también necesita un ambiente en el que esas moléculas complicadas sean estables (no se descompongan antes de que puedan hacer su trabajo) y sus interacciones sean posibles. Su propia

bioquímica funciona correctamente solo dentro de un rango muy estrecho de aproximadamente 10 °C en la temperatura corporal y dos décimas de unidad en el pH de la sangre (el pH es una medida numérica de la acidez, o la cantidad de iones de hidrógeno libres). Más allá de esos límites, estás en grave peligro.

La vida en general también debe tener límites a las condiciones en las que pueda funcionar adecuadamente, pero, como veremos, son mucho más amplias que los límites humanos. Los recursos que la vida útil del combustible, se distribuyen en una muy amplia gama de condiciones. Por ejemplo, hay abundante energía química que se tiene en las aguas termales que son esencialmente ácidas en ebullición (Figura 3.36.2.4). Esto proporciona un amplio incentivo para que la evolución llene la mayor parte de ese rango de vida como sea bioquímicamente posible. Un organismo (generalmente un microbio) que tolera o incluso prospera en condiciones que la mayor parte de la vida que nos rodea consideraría hostiles, como temperaturas o acidez muy altas o bajas, es conocido como extremófilo (donde el sufijo -phile significa “amante de”). Echemos un vistazo a algunas de las condiciones que pueden desafiar a la vida y a los organismos que han logrado hacerse un hueco en los confines de las posibilidades.

Tanto las altas como las bajas temperaturas pueden causar un problema de por vida. Como organismo grande, eres capaz de mantener una temperatura corporal casi constante ya sea más fría o cálida en el ambiente que te rodea. Pero esto no es posible por el pequeño tamaño de los microorganismos; cualquiera que sea la temperatura en el mundo exterior es también la temperatura del microbio, y su bioquímica debe ser capaz de funcionar a esa temperatura. Las altas temperaturas son el enemigo de la complejidad: el aumento de la energía térmica tiende a romper las moléculas grandes en pedazos cada vez más pequeños, y la vida necesita estabilizar las moléculas con enlaces más fuertes y proteínas especiales. Pero este enfoque tiene sus límites.

Sin embargo, como se señaló anteriormente, los ambientes de alta temperatura como las aguas termales y los respiraderos hidrotermales a menudo ofrecen abundantes fuentes de energía química y por lo tanto impulsan la evolución de organismos que

pueden tolerar altas temperaturas (Figura 3.36.2.5); tal organismo se llama termófilo.

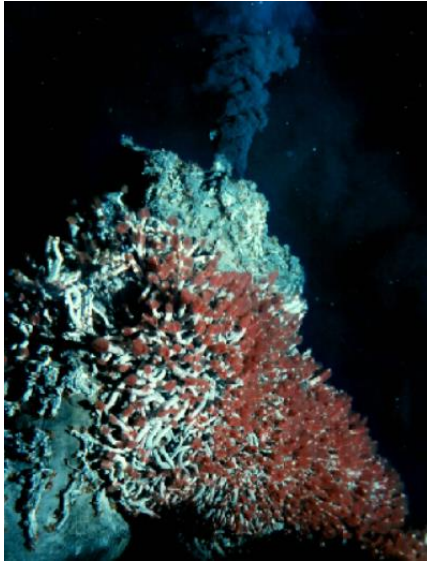


Figura 3.36.2.5 Ventilación Hidrotermal en el Fondo del Mar.

Actualmente, el poseedor del registro de alta temperatura es un microorganismo productor de metano que puede crecer a 122 °C, donde la presión también es tan alta que el agua aún no hierve. Eso es increíble cuando lo piensas. Cocinamos nuestros alimentos, es decir, alteramos la química y la estructura de sus biomoléculas, al hervirla a una temperatura de 100 °C, de hecho, los alimentos comienzan a cocinarse a temperaturas mucho más bajas que esta y sin embargo, hay organismos cuya bioquímica permanece intacta y opera muy bien a temperaturas 20 grados superiores.

Lo que parece ser humo negro es en realidad agua sobrecalentada llena de minerales de sulfuro metálico. El fluido de ventilación hidrotermal puede representar una rica fuente de energía química y, por lo tanto, un impulsor para la evolución de microorganismos que pueden tolerar altas temperaturas. Las bacterias que se alimentan de esta energía química forman la base de una cadena alimentaria que puede apoyar a comunidades prósperas de animales, en este caso, un denso parche de gusanos tubo rojos y blancos que crecen alrededor de la base del respiradero.

El frío también puede ser un problema, en parte porque ralentiza el metabolismo a niveles muy bajos, pero también porque puede provocar cambios físicos en las biomoléculas. Las membranas celulares, las envolturas moleculares que rodean a las células y permiten su intercambio de sustancias químicas con el mundo exterior, están hechas básicamente de moléculas grasas. Y así como la grasa se congela cuando se enfría, las membranas cristalizan, cambiando su funcionamiento en el intercambio de materiales dentro y fuera de la célula. Algunas células adaptadas al frío (llamadas psicrófilas) han cambiado la composición química de sus membranas para hacer frente a este problema; pero nuevamente, hay límites. Hasta el momento, la temperatura más fría a la que se ha demostrado que cualquier microbio se reproduce es de unos $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Figura 3.36.2.6 El Rio Tinto de España.

Las condiciones que son muy ácidas o alcalinas también pueden ser problemáticas de por vida porque muchas de nuestras moléculas importantes, como las proteínas y el ADN, se descomponen bajo tales condiciones. Por ejemplo, el limpiador de desagües domésticos, que hace su trabajo al descomponer la estructura química de cosas como zuecos para el cabello, es una solución muy alcalina. Los organismos más tolerantes a los ácidos (acidófilos) son

capaces de vivir a valores de pH cercanos a cero, aproximadamente diez millones de veces más ácidos que la sangre (Figura 3.36.2.6). En el otro extremo, algunos alcalófilos pueden crecer a niveles de pH de aproximadamente 13, lo que es comparable al pH del blanqueador doméstico y casi un millón de veces más alcalino que su sangre.

Con un pH cercano a 2, Río Tinto es literalmente un río de ácido. Los microorganismos amantes de los ácidos (acidófilos) no solo prosperan en estas aguas, sus actividades metabólicas ayudan a generar el ácido en primer lugar. El color rojo oxidado que le da nombre al río proviene de altos niveles de hierro disuelto en las aguas.



Figura 3.36.2.7 Salar Estanques.

Los altos niveles de sales en el ambiente también pueden causar un problema de por vida porque la sal bloquea algunas funciones celulares. Los humanos lo reconocieron hace siglos y comenzaron a curar con sal los alimentos para evitar que se estropearan, es decir, para evitar que fueran colonizados por microorganismos. Sin embargo, algunos microbios han evolucionado para crecer en agua saturada en cloruro de sodio (sal de mesa) —aproximadamente diez veces más salada que el agua de mar (Figura 3.36.2.7).

Las aguas de una fábrica de sal evaporativa cerca de San Francisco son de color rosa por comunidades prósperas de organismos fotosintéticos. Estas aguas son aproximadamente diez veces más saladas que el agua de mar, lo suficiente para que el cloruro de sodio comience a cristalizarse, pero algunos organismos pueden sobrevivir y prosperar en estas condiciones.

Las presiones muy altas pueden exprimir literalmente las biomoléculas de la vida, haciendo que adopten formas más compactas que no funcionan muy bien. Pero todavía encontramos vida, no solo microbiana, sino incluso animal, en los fondos de nuestras trincheras oceánicas, donde las presiones son más de 1000 veces la presión atmosférica. También se conocen muchas otras adaptaciones a los “extremos” ambientales.

Incluso hay un organismo, *Deinococcus radiodurans*, que puede tolerar la radiación ionizante (como la liberada por elementos radiactivos) mil veces más intensa de lo que podrías soportar. También es muy bueno para sobrevivir a la desecación extrema (secado) y a una variedad de metales que serían tóxicos para los humanos.

De muchos de esos ejemplos, podemos concluir que la vida es capaz de tolerar una amplia gama de extremos ambientales, tanto es así que tenemos que trabajar duro para identificar lugares donde la vida no puede existir. Se conocen algunos de esos lugares, por ejemplo, las aguas de los respiraderos hidrotermales a más de 300 °C parecen demasiado calientes para soportar cualquier vida, y encontrar estos lugares ayuda a definir la posibilidad de vivir en otros lugares. El estudio de los extremófilos en las últimas décadas ha ampliado nuestro sentido de la gama de condiciones que la vida puede sobrevivir y, al hacerlo, ha hecho que muchos científicos sean más optimistas sobre la posibilidad de que la vida pueda existir más allá de la Tierra.

El estudio de la vida en el universo, incluyendo su origen en la Tierra, se llama astrobiología. La vida tal como la conocemos requiere agua, ciertas materias primas elementales (carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, fósforo y azufre), energía y un ambiente en el que la química compleja de la vida sea estable. Las moléculas basadas en carbono (u orgánicas) son abundantes en el espacio y

también pueden haber sido producidas por procesos en la Tierra. La vida parece haberse extendido por nuestro planeta dentro de los 400 millones de años posteriores al fin de los intensos bombardeos, si no antes. El origen real de la vida —los procesos que van de la química a la biología— no se entiende completamente. Una vez que la vida se afianzó, evolucionó para usar muchas fuentes de energía, incluyendo primero una gama de diferentes químicas y luego luz, y se diversificó a través de una gama de condiciones ambientales que los humanos consideran “extremas”. Esta proliferación de la vida en tantos nichos ambientales, por lo que relativamente poco después de que nuestro planeta se volviera habitable, ha servido para hacer que muchos científicos sean optimistas sobre las posibilidades de que la vida pueda existir en otro lugar.

*** : Buscando vida más allá de la Tierra**

Los astrónomos y científicos planetarios continúan buscando vida en el sistema solar y en el universo en general. En esta sección, se discuten dos tipos de búsquedas. Primero es la exploración directa de planetas dentro de nuestro propio sistema solar, especialmente Marte y algunas de las lunas heladas del sistema solar exterior. En segundo lugar, la tarea aún más difícil de buscar evidencia de vida — un biomarcador — en planetas que rodean otras estrellas. En la siguiente sección, examinaremos SETI, la búsqueda de inteligencia extraterrestre. Como verán, los enfoques tomados en estos tres casos son muy diferentes, aunque el objetivo de cada uno es el mismo: determinar si la vida en la Tierra es única en el universo.

+ : La vida en Marte

La posibilidad de que Marte hospede, o haya acogido, la vida tiene una rica historia que se remonta a los “canales” que algunas personas afirmaron ver en la superficie marciana hacia finales del siglo XIX y principios del XX. Con los albores de la era espacial llegó la posibilidad de abordar esta cuestión de cerca a través de una progresión de misiones a Marte que comenzó con el primer sobrevuelo exitoso de una nave espacial robótica en 1964 y que han llevado al despliegue del rover Curiosity de la NASA, que aterrizó en la superficie de Marte en 2012.

Las primeras misiones a Marte proporcionaron algunos indicios de que el agua líquida, uno de los requisitos principales de la vida, puede haber fluido alguna vez por la superficie, y misiones posteriores han fortalecido esta conclusión. Los landers vikingos de la NASA, cuyo propósito era buscar directamente pruebas de vida en Marte, llegaron a Marte en 1976. Los instrumentos a bordo de Viking no encontraron moléculas orgánicas (las cosas de las que se hace la vida), y ninguna evidencia de actividad biológica en los suelos marcianos que analizó.

Este resultado no es particularmente sorprendente porque, a pesar de la evidencia de flujo de agua líquida en el pasado, el agua líquida en la superficie de Marte generalmente no es estable hoy en día. En gran parte de Marte, las temperaturas y presiones en la superficie son tan bajas que el agua pura se congelaría o herviría (bajo presiones muy bajas, el agua hervirá a una temperatura mucho más baja de lo habitual). Para empeorar las cosas, a diferencia de la Tierra, Marte no tiene un campo magnético y capa de ozono para proteger la superficie de la dañina radiación ultravioleta solar y partículas energéticas. Sin embargo, los análisis de Viking sobre el suelo no decían nada sobre si la vida pudo haber existido en el pasado lejano de Marte, cuando el agua líquida era más abundante. Sabemos que el agua en forma de hielo existe en abundancia en Marte, no tan profundo debajo de su superficie. El vapor de agua es también un constituyente de la atmósfera de Marte.

Desde la visita de Viking, nuestra comprensión de Marte se ha profundizado espectacularmente. Las naves espaciales orbitantes han proporcionado imágenes cada vez más detalladas de la superficie y han detectado la presencia de minerales que podrían haberse formado solo en presencia de agua líquida. Dos audaces misiones de superficie, Mars Exploration Rovers Spirit y Opportunity (2004), seguidas por el mucho más grande Curiosity Rover (2012), confirmaron estos datos de teledetección. Los tres rovers encontraron abundante evidencia de una historia pasada de agua líquida, revelada no solo por la mineralogía de rocas que analizaron, sino también de la estratificación única de formaciones rocosas.

La curiosidad ha ido un paso más allá de la evidencia de agua y ha confirmado la existencia de ambientes habitables en el antiguo Marte. "Habitable" significa no sólo que el agua líquida estaba

presente, sino que también se podrían haber cumplido los requisitos de energía y materias primas elementales de la vida. La evidencia más fuerte de un entorno habitable antiguo provino del análisis de una roca de grano muy fino llamada piedra de barro, un tipo de roca que está muy extendida en la Tierra pero que se desconocía en Marte hasta que Curiosity la encontró (Figura 3.36.3.1). El lodo puede decirnos mucho sobre los ambientes húmedos en los que se formaron.



Figura 3.36.3. Mudstone.

Se muestran los primeros agujeros perforados por el rover Curiosity Mars de la NASA en una piedra de barro, con pilotes de perforación “frescos” alrededor de los agujeros. Observe la diferencia de color entre la superficie marciana antigua roja y el polvo de roca gris recién expuesto que vino de los agujeros de perforación. Cada orificio de perforación tiene aproximadamente 0.6 pulgadas (1.6 cm) de diámetro.

Cinco décadas de exploración robótica nos han permitido desarrollar una imagen de cómo Marte evolucionó a través del tiempo. Marte temprano tuvo épocas de condiciones más cálidas y húmedas que habrían sido propicias para la vida en la superficie. Sin embargo, Marte finalmente perdió gran parte de su atmósfera temprana y las

aguas superficiales comenzaron a secarse. A medida que eso sucedió, los depósitos de agua líquida cada vez más reducidos en la superficie marciana se volvieron más salosos y ácidos, hasta que finalmente la superficie no tuvo agua líquida significativa y fue bañada por fuertes radiaciones solares. La superficie se volvió así inhabitable, pero este podría no ser el caso para el planeta en general.

Aún podrían existir depósitos de hielo y agua líquida bajo tierra, donde las condiciones de presión y temperatura lo hacen estable. Existe evidencia reciente que sugiere que el agua líquida (probablemente agua muy salada) puede fluir ocasionalmente (y brevemente) en la superficie incluso hoy en día. Así, Marte podría incluso tener condiciones habitables en la actualidad, pero de un tipo muy diferente de lo que normalmente pensamos en la Tierra.

Nuestro estudio de Marte revela un planeta con una historia fascinante, uno que vio disminuir su capacidad de albergar vida en la superficie hace miles de millones de años, pero quizás permitiendo que la vida se adapte y sobreviva en nichos ambientales favorables. Aunque la vida no sobreviviera, esperamos que podamos encontrar evidencia de la vida si alguna vez se afianzó en Marte. Si está ahí, está escondido en la corteza, y todavía estamos aprendiendo la mejor manera de descifrar esa evidencia.

+ : Vida en el Sistema Solar Exterior

Los enormes planetas gigantes de gas y hielo del sistema solar exterior —Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno— casi con certeza no son habitables de por vida tal como la conocemos, pero algunas de sus lunas podrían serlo (Figura 3.36.3.2). Si bien estos mundos en el sistema solar exterior contienen abundante agua, reciben tan poca luz solar que se calienta en sus órbitas distantes que durante mucho tiempo se creía que serían bolas “geológicamente muertas” de hielo y roca congeladas. Pero, como vimos en el capítulo sobre Anillos, Lunas y Plutón, las misiones al sistema solar exterior han encontrado algo mucho más interesante.

La luna de Júpiter Europa se reveló a las misiones Voyager y Galileo como un mundo activo cuya superficie helada aparentemente oculta un océano con una profundidad de decenas a quizás cien kilómetros. A medida que la luna orbita a Júpiter, la gravedad masiva del planeta

crea mareas en Europa, así como la gravedad de nuestra propia Luna crea nuestras mareas oceánicas, y la fricción de todo ese empuje y tracción genera suficiente calor para mantener el agua en forma líquida (Figura 3.36.3.2). Mareas similares actúan sobre otras lunas si orbitan cerca del planeta. Los científicos ahora piensan que seis o más de las lunas heladas del sistema solar exterior pueden albergar océanos de agua líquida por la misma razón. Entre estos, Europa y Encélado, una luna de Saturno, han sido hasta ahora de mayor interés para los astrobiólogos.



Figura Luna de 3.36.3.2 Júpiter. Las lunas galileanas de Júpiter se muestran a escala relativa y dispuestas en orden de su distancia orbital desde Júpiter. En el extremo izquierdo, lo orbita más cerca de Júpiter y así experimenta el calentamiento de las mareas más fuerte por la gravedad masiva de Júpiter.

Este efecto es tan fuerte que se piensa que lo es el cuerpo más volcánicamente activo de nuestro sistema solar. En el extremo derecho, Calisto muestra una superficie marcada por miles de millones de años en cráteres, una indicación de que la superficie de la luna es vieja y que Calisto puede ser mucho menos activa que sus lunas hermanas. Entre estos extremos fríos y calientes, Europa, segunda desde la izquierda, orbita a una distancia donde el calentamiento de las mareas de Júpiter puede ser “justo” para sostener un océano de agua líquida debajo de su corteza helada.

Europa probablemente ha tenido un océano durante la mayor parte o toda su historia, pero la habitabilidad requiere algo más que agua líquida. La vida también requiere energía, y debido a que la luz solar no penetra por debajo de la corteza de hielo de kilómetros de espesor de Europa, esta tendría que ser energía química. Uno de los atributos clave de Europa desde la perspectiva de la astrobiología es que es muy probable que su océano esté en contacto directo con un manto rocoso subyacente, y la interacción del agua y las rocas, especialmente a altas temperaturas, como dentro de los sistemas de

ventilación hidrotermal de la Tierra, produce una química reductora (donde las moléculas tienden a renunciar fácilmente a los electrones) que es como la mitad de una batería química. Para completar la batería y proporcionar energía que podría ser utilizada por vida requiere que también esté disponible una química oxidante (donde las moléculas tienden a aceptar electrones fácilmente). En la Tierra, cuando los fluidos de ventilación que reducen químicamente se encuentran con el agua de mar que contiene oxígeno, la energía que está disponible a menudo apoya a comunidades prósperas de microorganismos y animales en el fondo marino, lejos de la luz del Sol.

La misión Galileo encontró que la superficie helada de Europa sí contiene una gran cantidad de químicos oxidantes. Esto significa que la disponibilidad de energía para sustentar la vida depende en gran medida de si la química de la superficie y el océano pueden mezclarse, a pesar de los kilómetros de hielo intermedios. Que la corteza de hielo de Europa aparezca geológicamente “joven” (solo decenas de millones de años, en promedio) y que esté activa hace que sea tentador pensar que tal mezcla de hecho podría ocurrir. Comprender si y cuánto se produce el intercambio entre la superficie y el océano de Europa será un objetivo científico clave de futuras misiones a Europa, y un gran paso adelante en la comprensión de si esta luna pudiera ser una cuna de vida.

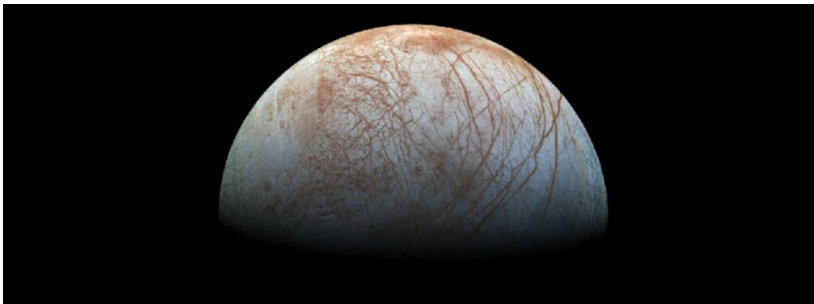


Figura La Luna Europa de 3.36.3.3 Júpiter, según la Imagen de la Misión Galileo de la NASA. La relativa escasez de cráteres en Europa sugiere una superficie que es “geológicamente joven”, y la red de crestas y grietas de colores sugiere actividad y movimiento constantes. Los instrumentos de Galileo también sugirieron fuertemente la presencia de un océano masivo de agua líquida salada debajo de la corteza helada.

En 2005, la misión Cassini realizó un sobrevuelo cercano de una pequeña luna (500 kilómetros de diámetro) de Saturno, Encélado (Figura 3.36.3.4), y realizó un descubrimiento notable. Plumitas de gas y material helado se ventilaron de la región polar sur de la luna a una tasa colectiva de alrededor de 250 kilogramos de material por segundo. Varias observaciones, incluido el descubrimiento de sales asociadas con el material helado, sugieren que su fuente es un océano de agua líquida debajo de decenas de kilómetros de hielo. Si bien queda por mostrar definitivamente si el océano es local o global, transitorio o de larga duración, sí parece estar en contacto, y haber reaccionado, con un interior rocoso. Al igual que en Europa, esta es probablemente una condición necesaria, aunque no suficiente, para la habitabilidad. Lo que hace que Encélado sea tan atractivo para los científicos planetarios, sin embargo, son esas plumas de material que parecen provenir directamente de su océano: hay muestras del interior para la toma de cualquier nave espacial enviada a través de ella. Para una futura misión, tales muestras podrían arrojar pruebas no sólo de si Encélado es habitable sino, de hecho, de si es hogar de vida.

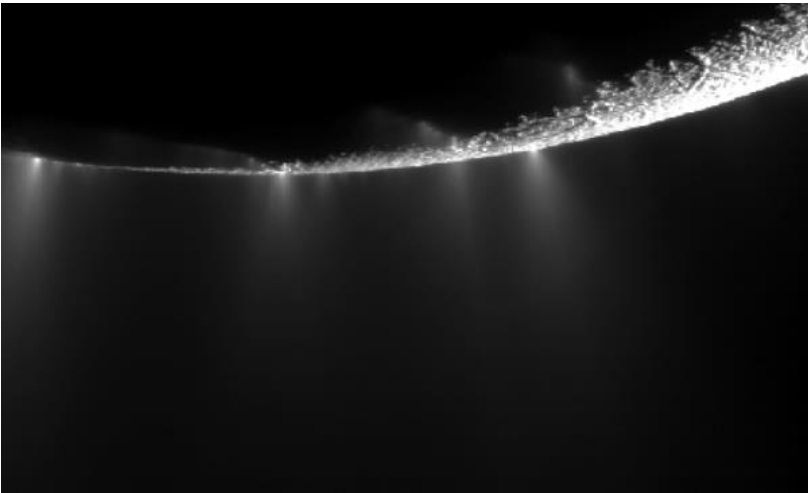


Figura 3.36.3.4 Imagen del Encélado de la Luna de Saturno de la Misión Cassini de la NASA.

Se encontró que la región polar sur tiene múltiples penachos de hielo y gas que, combinados, están ventilando alrededor de 250 kilogramos de material por segundo al espacio. Tales características sugieren que Encélado, como Europa, tiene un océano subhielo.

La gran luna de Saturno Titán es muy diferente tanto de Encélado como de Europa (Figura 3.36.3.5). Si bien puede albergar una capa de agua líquida en lo profundo de su interior, es la superficie de Titán y su inusual química lo que hace de esta luna un lugar tan interesante. La densa atmósfera de Titán, la única entre las lunas del sistema solar, está compuesta principalmente por nitrógeno, pero también de aproximadamente 5% de metano. En la atmósfera superior, la luz ultravioleta del Sol se descompone y recombina estas moléculas en compuestos orgánicos más complejos que se conocen colectivamente como tolinas. Los tholins envuelven a Titán en una neblina naranja, y las imágenes de Cassini y de la sonda Huygens que descendió a la superficie de Titán muestran que partículas más pesadas parecen acumularse en la superficie, incluso formando “dunas” que son cortadas y esculpidas por flujos de hidrocarburos líquidos (como el metano líquido). Algunos científicos ven esta fábrica de químicos orgánicos como un laboratorio natural que puede dar algunas pistas sobre la química temprana del sistema solar, tal vez incluso química que podría apoyar el origen de la vida.

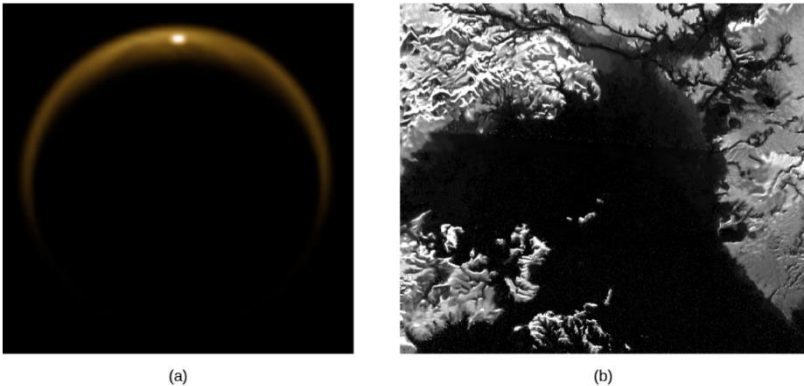


Figura 3.36.3.5 Imagen del Titán Lunar de Saturno de la Misión Cassini de la NASA. (a) El resplandor anaranjado nebuloso proviene de la espesa atmósfera de Titán (la única conocida entre las lunas del sistema solar). Esa atmósfera es principalmente nitrógeno, pero también contiene metano y potencialmente una variedad de compuestos orgánicos complejos.

El punto brillante cerca de la parte superior de la imagen es la luz solar reflejada desde una superficie muy plana, casi con certeza un líquido. Vemos este efecto, llamado “destello”, cuando la luz del sol se refleja en la superficie de un lago u océano. (b) Las imágenes de radar de Cassini muestran lo que se parecen mucho a los movimientos geográficos y a los lagos en la superficie de Titán. Pero

los lagos superficiales y océanos de Titán no son agua; probablemente están hechos de hidrocarburos líquidos como el metano y el etano.

+ : Planetas habitables orbitando otras estrellas

Uno de los desarrollos más emocionantes en astronomía durante las últimas dos décadas es la capacidad de detectar exoplanetas, planetas que orbitan otras estrellas. Como vimos en el capítulo sobre la formación de estrellas y planetas, desde el descubrimiento del primer exoplaneta en 1995, ha habido miles de detecciones confirmadas, y muchos más candidatos que aún no están confirmados. Estos incluyen varias docenas de exoplanetas posiblemente habitables. Tales números finalmente nos permiten hacer algunas predicciones sobre los exoplanetas y su potencial de hospedaje de vida. La mayoría de las estrellas con masa similar al Sol parecen albergar al menos un planeta, con sistemas multiplanetarios como el nuestro no inusual. ¿Cuántos de estos planetas podrían ser habitables y cómo podríamos buscar la vida allí?

El Archivo Exoplanet de la NASA es una fuente actualizada de datos y herramientas en línea que se pueden buscar sobre todo lo que tenga que ver con los exoplanetas. Explora los parámetros y características estelares y exoplanetarios, encuentra las últimas noticias sobre descubrimientos de exoplanetas, traza tus propios datos de forma interactiva y enlaza con otros recursos relacionados.

Al evaluar la perspectiva de vida en sistemas planetarios distantes, los astrobiólogos han desarrollado la idea de una zona habitable, una región alrededor de una estrella donde podrían existir condiciones adecuadas para la vida. Este concepto se centra en el requerimiento de agua líquida de la vida, y la zona habitable generalmente se considera como el rango de distancias desde la estrella central en la que el agua podría estar presente en forma líquida en la superficie de un planeta. En nuestro propio sistema solar, por ejemplo, Venus tiene temperaturas superficiales muy por encima del punto de ebullición del agua y Marte tiene temperaturas superficiales que casi siempre están por debajo del punto de congelación del agua. La Tierra, que orbita entre los dos, tiene una temperatura superficial que es “justa” para mantener gran parte de nuestras aguas superficiales en forma líquida.

Si las temperaturas superficiales son adecuadas para mantener el agua líquida depende del “presupuesto de radiación” de un planeta —cuánta energía de la luz estelar absorbe y retiene— y de si procesos como los vientos y la circulación oceánica distribuyen esa energía por todo el planeta o cómo. La cantidad de energía estelar que recibe un planeta, a su vez, depende de cuánta y qué tipo de luz emita la estrella y qué tan lejos esté el planeta de esa estrella, 1 cuánto se refleja de regreso al espacio, y cuán efectivamente la atmósfera del planeta puede retener el calor a través del efecto invernadero (ver la Tierra como Planeta). Todos estos pueden variar sustancialmente, y todos importan mucho. Por ejemplo, Venus recibe aproximadamente el doble de luz estelar por metro cuadrado que la Tierra, pero, debido a su densa cobertura de nubes, también refleja aproximadamente el doble de esa luz de regreso al espacio que la Tierra. Marte recibe sólo alrededor de la mitad de luz estelar que la Tierra, pero también refleja sólo aproximadamente la mitad. Así, a pesar de sus diferentes distancias orbitales, los tres planetas realmente absorben cantidades comparables de energía solar. ¿Por qué, entonces, son tan dramáticamente diferentes?

Como aprendimos en varios capítulos sobre los planetas, algunos de los gases que componen las atmósferas planetarias son muy efectivos para capturar la luz infrarroja, el mismo rango de longitudes de onda en el que los planetas irradian energía térmica de regreso al espacio, y esto puede elevar la temperatura de la superficie del planeta bastante más que de lo contrario sería el caso. Este es el mismo “efecto invernadero” que es de tanta preocupación por el calentamiento global en nuestro planeta. El efecto invernadero natural de la Tierra, que proviene principalmente del vapor de agua y el dióxido de carbono en la atmósfera, eleva nuestra temperatura superficial promedio en aproximadamente 33 °C sobre el valor que tendría si no hubiera gases de efecto invernadero en la atmósfera. Marte tiene una atmósfera muy delgada y por lo tanto muy poco calentamiento del invernadero (un valor aproximado de 2 °C), mientras que Venus tiene una atmósfera masiva de dióxido de carbono que crea un calentamiento de invernadero muy fuerte (un valor de unos 510 °C). Estos mundos son mucho más fríos y mucho más calientes, respectivamente, de lo que sería la Tierra si se movieran a sus órbitas. Por lo tanto, debemos considerar la

naturaleza de cualquier atmósfera, así como la distancia de la estrella al evaluar el rango de habitabilidad.

Por supuesto, como hemos aprendido, las estrellas también varían ampliamente en la intensidad y el espectro (las longitudes de onda de la luz) que emiten. Algunos son mucho más brillantes y calientes (más azules), mientras que otros son significativamente más tenues y más fríos (más rojos), y la distancia de la zona habitable varía en consecuencia. Por ejemplo, la zona habitable alrededor de las estrellas enanas M está entre 3 y 30 veces más cerca que para las estrellas de tipo G (similares al Sol). Hay mucho interés en si tales sistemas pudiesen ser habitables porque, aunque tienen algunas desventajas potenciales para apoyar a la vida, las estrellas M-enanas son, con mucho, las más numerosas y longevas de nuestra Galaxia.

La luminosidad de estrellas como el Sol también aumenta a lo largo de su vida de secuencia principal, y esto significa que la zona habitable migra hacia afuera a medida que envejece un sistema estelar. Los cálculos indican que la producción de energía del Sol, por ejemplo, ha aumentado en al menos un 30% en los últimos 4 mil millones de años. Así, Venus estuvo alguna vez dentro de la zona habitable, mientras que la Tierra recibió un nivel de energía solar insuficiente para evitar que la Tierra moderna (con su atmósfera actual) se congelara. A pesar de esto, hay abundante evidencia geológica de que el agua líquida estuvo presente en la superficie de la Tierra hace miles de millones de años. El fenómeno de aumento de la producción estelar y una zona habitable que migra hacia afuera ha llevado a otro concepto: la zona continuamente habitable se define por el rango de órbitas que permanecerían dentro de la zona habitable durante toda la vida útil del sistema estelar. Como puedes imaginar, la zona continuamente habitable es un poco más estrecha que la zona habitable en cualquier momento de la historia de una estrella. La estrella más cercana al Sol, Próxima Centauri, es una estrella M que tiene un planeta con una masa de al menos 1.3 masas terrestres, tardando alrededor de 11 días en orbitar. A la distancia para una órbita tan rápida (0.05 UA), el planeta puede estar en la zona habitable de su estrella, aunque si las condiciones en un planeta así cerca de tal estrella son hospitalarias para la vida es cuestión de gran debate científico.

Incluso cuando los planetas orbitan dentro de la zona habitable de su estrella, no es garantía de que sean habitables. Por ejemplo, Venus hoy prácticamente no tiene agua, por lo que incluso si de repente se trasladara a una órbita “justa” dentro de la zona habitable, seguiría faltando un requisito crítico para la vida.

Los científicos están trabajando para comprender todos los factores que definen la zona habitable y la habitabilidad de los planetas que orbitan dentro de esa zona porque esta será nuestra guía principal para apuntar a exoplanetas sobre los que buscar evidencia de vida. A medida que la tecnología para detectar exoplanetas ha avanzado, también lo ha hecho nuestro potencial para encontrar mundos del tamaño de la Tierra dentro de las zonas habitables de sus estrellas madre. De los exoplanetas confirmados o candidatos conocidos al momento de escribir este artículo, se considera que cerca de 300 están orbitando dentro de la zona habitable y más del 10% de ellos son aproximadamente del tamaño de la Tierra.

Explora el universo habitable en el Laboratorio de Habitabilidad Planetaria en línea creado por la Universidad de Puerto Rico en Arecibo. Vea los exoplanetas potencialmente habitables y otros lugares interesantes del universo, vea videoclips y vincule a numerosos recursos relacionados sobre astrobiología.

+ : Biomarcadores

Nuestras observaciones sugieren cada vez más que los planetas del tamaño de la Tierra que orbitan dentro de la zona habitable pueden ser comunes en la galaxia; las estimaciones actuales sugieren que más del 40% de las estrellas tienen al menos una. Pero ¿alguna de ellas está habitada? Sin capacidad para enviar sondas allí a la muestra, tendremos que derivar la respuesta de la luz y otras radiaciones que nos llegan de estos sistemas lejanos (Figura 3.36.3.6). ¿Qué tipos de observaciones podrían constituir una buena evidencia de por vida?

En esta imagen, tomada de 4 mil millones de millas de distancia, la Tierra aparece como un “punto azul pálido” que representa menos del valor de luz de un píxel. ¿Esta luz revelaría a la Tierra como un mundo habitable y habitado? Nuestra búsqueda de vida en exoplanetas dependerá de la capacidad de extraer información sobre la vida de la tenue luz de mundos lejanos.

Sin duda, necesitamos buscar biosferas robustas (atmósferas, superficies y/o océanos) capaces de crear cambios a escala planetaria. La Tierra alberga tal biosfera: la composición de nuestra atmósfera y el espectro de luz reflejada desde nuestro planeta difieren considerablemente de lo que se esperaría en ausencia de vida. En la actualidad, la Tierra es el único cuerpo en nuestro sistema solar para lo cual esto es cierto, a pesar de la posibilidad de que las condiciones habitables puedan prevalecer en el subsuelo de Marte o dentro de las lunas heladas del sistema solar exterior. Incluso si la vida existe en estos mundos, es muy poco probable que pueda producir cambios a escala planetaria que sean tanto telescópicamente observables como de origen claramente biológico.

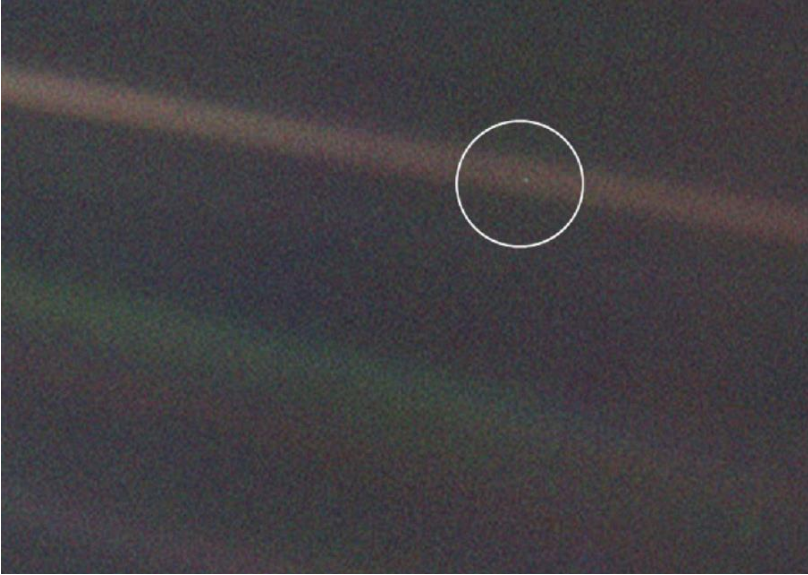


Figura 3.36.3.6 Tierra, según lo visto por la Voyager 1 de la NASA.

Lo que hace que la Tierra sea “especial” entre los mundos potencialmente habitables de nuestro sistema solar es que tiene una biosfera fotosintética. Esto requiere la presencia de agua líquida en la superficie del planeta, donde los organismos tienen acceso directo a la luz solar. El concepto de zona habitable se centra en este requerimiento de agua líquida superficial, aunque sabemos que las condiciones habitables subsuperficiales podrían prevalecer en

órbitas más distantes, exactamente porque estos mundos tendrían biosferas detectables a distancia.

De hecho, las plantas y los microorganismos fotosintéticos son tan abundantes en la superficie de la Tierra que afectan el color de la luz que nuestro planeta refleja hacia el espacio; parecemos más verdes en longitudes de onda visibles y reflejamos más luz infrarroja cercana de la que de otra manera haríamos. Además, la fotosíntesis ha cambiado la atmósfera de la Tierra a gran escala, más del 20% de nuestra atmósfera proviene del producto de desecho fotosintético, el oxígeno. Niveles tan altos serían muy difíciles de explicar en ausencia de vida. Otros gases, como el óxido nitroso y el metano, cuando se encuentran simultáneamente con el oxígeno, también se han sugerido como posibles indicadores de vida. Cuando son suficientemente abundantes en una atmósfera, dichos gases podrían ser detectados por su efecto sobre el espectro de luz que un planeta emite o refleja. (Como vimos en el capítulo sobre exoplanetas, los astrónomos de hoy comienzan a tener la capacidad de detectar el espectro de las atmósferas de algunos planetas que orbitan otras estrellas).

Los astrónomos han concluido así que, al menos inicialmente, una búsqueda de vida fuera de nuestro sistema solar debería enfocarse en exoplanetas que se parecen lo más posible a la Tierra — aproximadamente planetas del tamaño de la Tierra que orbitan en la zona habitable— y buscar la presencia de gases en la atmósfera o colores en el espectro visible que son difíciles de explicar salvo por la presencia de la biología. Sencillo, ¿verdad? En realidad, la búsqueda de la vida exoplanetaria plantea muchos retos.

Como se puede imaginar, esta tarea es más desafiante para los sistemas planetarios que están más alejados y, en términos prácticos, esto limitará nuestra búsqueda a los mundos habitables más cercanos a los nuestros. Si nos limitamos a un número muy pequeño de objetivos cercanos, también será importante considerar la habitabilidad de los planetas que orbitan las enanas M que discutimos anteriormente.

Si logramos separar una señal limpia del planeta y encontrar algunas características en el espectro de luz que puedan ser indicativas de vida, tendremos que trabajar duro para pensar en cualquier proceso

no biológico que pueda explicarlos. “La vida es la hipótesis de último recurso”, señaló el astrónomo Carl Sagan, lo que significa que debemos agotar todas las demás explicaciones de lo que vemos antes de afirmar haber encontrado evidencia de biología extraterrestre. Esto requiere cierta comprensión de qué procesos podrían operar en mundos de los que conoceremos relativamente poco; lo que encontremos en la Tierra puede servir de guía, pero también tiene potencial para desviarnos (Figura 3.36.3.7).

Recordemos, por ejemplo, que sería sumamente difícil dar cuenta de la abundancia de oxígeno en la atmósfera terrestre salvo por la presencia de la biología. Pero se ha planteado la hipótesis de que el oxígeno podría acumularse hasta niveles sustanciales en planetas que orbitan estrellas enanas M a través de la acción de la radiación ultravioleta en la atmósfera, sin necesidad de biología. Será crítico entender dónde podrían existir tales “falsos positivos” en la realización de nuestra búsqueda.

Necesitamos entender que tal vez no seamos capaces de detectar las biosferas, aunque existan. La vida ha florecido en la Tierra por quizás 3.5 mil millones de años, pero las “biofirmas” atmosféricas que, hoy en día, aportarían buena evidencia de vida a astrónomos distantes no han estado presentes durante todo ese tiempo. El oxígeno, por ejemplo, se acumuló a niveles detectables en nuestra atmósfera hace solo poco más de 2 mil millones de años. ¿Podría haber sido detectada la vida en la Tierra antes de ese tiempo? Los científicos están trabajando activamente para comprender qué características adicionales podrían haber proporcionado evidencia de la vida en la Tierra durante esa historia temprana, y así ayudar a nuestras posibilidades de encontrar vida más allá.

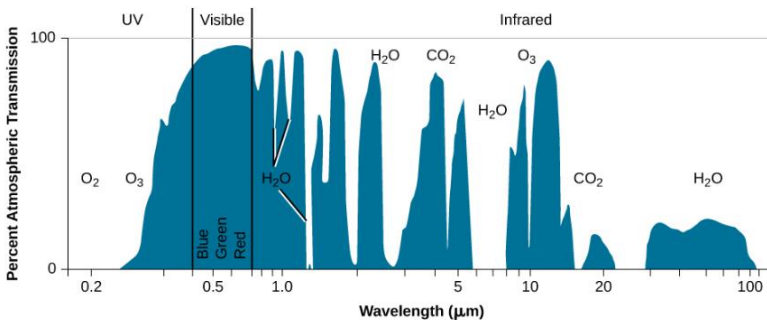


Figura 3.36.3.7 Espectro de Luz Transmitida a través de la Atmósfera.

Esta gráfica muestra longitudes de onda que van desde ultravioleta (extremo izquierdo) hasta infrarrojo. Los muchos “picos” descendentes provienen de la absorción de longitudes de onda particulares por moléculas en la atmósfera terrestre. Algunos de estos compuestos, como el agua y la combinación oxígeno/ozono y metano, podrían revelar a la Tierra como habitable y habitada. Tendremos que confiar en este tipo de información para buscar vida en exoplanetas, pero nuestros espectros serán de mucha peor calidad que éste, en parte porque recibiremos tan poca luz del planeta.

La búsqueda de vida más allá de la Tierra ofrece varios objetivos intrigantes. Marte parece haber sido más similar a la Tierra durante su historia temprana de lo que es ahora, con evidencia de agua líquida en su antigua superficie y quizás incluso ahora bajo tierra. La accesibilidad de la superficie marciana a nuestra nave espacial ofrece el emocionante potencial de examinar directamente muestras antiguas y modernas en busca de evidencia de vida. En el sistema solar exterior, las lunas Europa y Encélado probablemente albergan vastos océanos sub-hielo que pueden contactar directamente con las rocas subyacentes, un buen comienzo para proporcionar condiciones habitables, mientras que Titán ofrece un laboratorio fascinante para comprender los tipos de química orgánica que en última instancia podrían proporcionar materiales de por vida. Y la última década de investigación sobre exoplanetas nos lleva a creer que puede haber miles de millones de planetas habitables en la Vía Láctea. El estudio de estos mundos ofrece el potencial de encontrar biomarcadores que indiquen la presencia de la vida.

Notas al pie

1 La cantidad de luz estelar recibida por unidad de superficie de un planeta (por metro cuadrado, por ejemplo) disminuye con el cuadrado de la distancia desde la estrella. Así, cuando la distancia orbital se duplica, la iluminación disminuye 4 veces (2^2), y cuando la distancia orbital aumenta diez veces, la iluminación disminuye 100 veces (10^2). Venus y Marte orbitan el sol a aproximadamente 72% y 152% de la distancia orbital de la Tierra, respectivamente, por lo que Venus recibe aproximadamente $1/(0.72)^2 = 1.92$ (aproximadamente el doble) y Marte aproximadamente $1/(1.52)^2$

= 0.43 (aproximadamente la mitad) tanta luz por metro cuadrado de superficie del planeta como lo hace la Tierra.

*** : La búsqueda de inteligencia extraterrestre**

Dados todos los desarrollos discutidos en este capítulo, parece probable que la vida pudiera haberse desarrollado en muchos planetas alrededor de otras estrellas. Aunque esa vida sea microbiana, vimos que pronto podríamos tener formas de buscar biofirmas químicas. Esta búsqueda es de fundamental importancia para entender la biología, pero no responde a la pregunta: “¿Estamos solos?” que planteamos al inicio de este capítulo. Cuando hacemos esta pregunta, mucha gente piensa en otras criaturas inteligentes, quizás seres que han desarrollado tecnología similar a la nuestra. Si ha surgido alguna civilización inteligente y técnica, como ha ocurrido en la Tierra en el más reciente parpadeo del tiempo cósmico, ¿cómo podríamos hacer contacto con ellas?

Este problema es similar a hacer contacto con personas que viven en una parte remota de la Tierra. Si los estudiantes en Estados Unidos quieren conversar con estudiantes en Australia, por ejemplo, tienen dos opciones. O un grupo se sube a un avión y viaja para encontrarse con el otro, o se comunican enviando un mensaje de forma remota. Dado lo caros que son los boletos de avión, la mayoría de los estudiantes probablemente seleccionarían la ruta del mensaje.

De la misma manera, si queremos ponernos en contacto con la vida inteligente alrededor de otras estrellas, podemos viajar, o podemos intentar intercambiar mensajes. Debido a las grandes distancias que implica, los viajes espaciales interestelares serían muy lentos y prohibitivamente caros. La nave espacial más rápida que la especie humana ha construido hasta ahora tardaría casi 80.000 años en llegar a la estrella más cercana. Si bien ciertamente podríamos diseñar una embarcación más rápida, cuanto más rápido la requerimos para viajar, mayor será el costo de energía involucrado. Para llegar a las estrellas vecinas en menos de una vida humana, tendríamos que viajar cerca de la velocidad de la luz. En ese caso, sin embargo, el gasto se volvería verdaderamente astronómico.

*** : Viajes interestelares**

Bernard Oliver, un ingeniero con un interés permanente en la vida en otros lugares, hizo un cálculo revelador sobre los costos de los rápidos viajes espaciales interestelares. Como no sabemos qué tipo de tecnología podríamos desarrollar algún día nosotros (u otras civilizaciones), Oliver consideró un viaje a la estrella más cercana (y de regreso) en una nave espacial con un “motor perfecto” —uno que convertiría su combustible en energía con un 100% de eficiencia. Incluso con un motor perfecto, el costo de energía de un solo viaje de ida y vuelta al 70% de la velocidad de la luz resulta ser equivalente a varios cientos de miles de años de consumo total de energía eléctrica en Estados Unidos. El costo de tal viaje es literalmente fuera de este mundo.

Esta es una de las razones por las que los astrónomos son tan escépticos sobre las afirmaciones de que los ovnis son naves espaciales de civilizaciones extraterrestres. Dada la distancia y el gasto energético que implica parece poco probable que las decenas de ovnis (e incluso secuestros de ovnis) que cada año reclaman puedan ser visitantes de otras estrellas tan fascinadas por la civilización de la Tierra que están dispuestos a gastar fantásticamente grandes cantidades de energía o tiempo para llegar a nosotros. Tampoco parece creíble que estos visitantes hayan hecho este largo y costoso viaje y luego sistemáticamente evitaron contactar a nuestros gobiernos o líderes políticos e intelectuales.

No todos los reportes OVNI han sido explicados (en muchos casos, las observaciones son incompletas o contradictorias). Pero la investigación casi siempre los convierte en IFO (objetos voladores identificados) o NFO (no en absoluto objetos voladores). Mientras que algunos son engaños, otros son fenómenos naturales, como planetas brillantes, relámpagos de bolas, bolas de fuego (meteoros brillantes), o incluso bandadas de aves que aterrizaron en una mancha de petróleo para hacer que sus vientres sean reflectantes. Aún otros son naves humanas, como aviones privados a los que faltan algunas luces, o aviones militares secretos. También es interesante que el grupo de personas que más ávidamente miran el cielo nocturno, los astrónomos aficionados, nunca hayan reportado avistamientos de ovnis. Además, ni un solo OVNI ha dejado atrás

alguna evidencia física que pueda ser probada en un laboratorio y demostrada que sea de origen no terrestre.

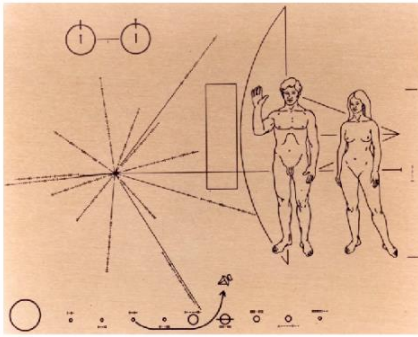
Otro aspecto común de la creencia de que los extraterrestres están visitando la Tierra proviene de personas que tienen dificultades para aceptar los logros humanos. Hay muchos libros y programas de televisión, por ejemplo, que afirman que los humanos no podrían haber construido las grandes pirámides de Egipto, y por lo tanto debieron haber sido construidas por extraterrestres. También se afirma a veces que las enormes estatuas (llamadas Moai) en la Isla de Pascua fueron construidas por extraterrestres. Algunas personas incluso piensan que los logros de la exploración espacial hoy en día se basan en la tecnología alienígena.

No obstante, la evidencia de la arqueología y de la historia es clara: los monumentos antiguos fueron construidos por gente antigua, cuyos cerebros e ingenio eran tan capaces como lo son los nuestros hoy, aunque no tuvieran libros de texto electrónicos como tú.

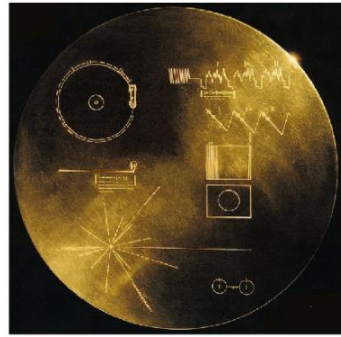
+ : Mensajes sobre naves espaciales

Si bien los viajes espaciales de criaturas vivientes parecen muy difíciles, las sondas de robot pueden viajar largas distancias y durante largos períodos de tiempo. Cinco naves espaciales, dos pioneros, dos Voyagers y New Horizontes, ahora están abandonando el sistema solar. A sus velocidades de costa, tardarán cientos de miles o millones de años en acercarse a otra estrella. Por otro lado, fueron los primeros productos de tecnología humana en ir más allá de nuestro sistema doméstico, por lo que queríamos poner mensajes a bordo para mostrar de dónde venían.

Cada Pioneer lleva una placa con un mensaje pictórico grabado en una placa de aluminio anodizado dorado (Figura 3.36.4.1). Los Voyagers, lanzados en 1977, cuentan con registros de audio y video adjuntos, lo que permitió la inclusión de más de 100 fotografías y una selección de música de todo el mundo. Dado el enorme espacio entre estrellas en nuestra sección de la Galaxia, es muy poco probable que estos mensajes alguna vez sean recibidos por alguien. Son más como una nota en una botella arrojada al mar por un marinero naufragado, sin ninguna expectativa realista de que se encuentre pronto, pero una esbelta esperanza de que tal vez algún día, de alguna manera, alguien sepa del destino del remitente.



(a)



(b)

Figura Mensajes 3.36.4.1 Interestelares. a) Esta es la imagen grabada en las placas a bordo de las naves espaciales Pioneer 10 y 11. Las figuras humanas se dibujan en proporción a la nave espacial, que se muestra detrás de ellas. El Sol y los planetas del sistema solar se pueden ver en la parte inferior, con la trayectoria que siguió la nave espacial. Las líneas y marcas en el centro izquierdo muestran las posiciones y los períodos de pulso para una serie de púlsares, lo que podría ayudar a localizar los orígenes de la nave espacial en el espacio y el tiempo. (b) Codificado en un disco de cobre recubierto de oro, el disco Voyager contiene 118 fotografías, 90 minutos de música de todo el mundo, saludos en casi 60 idiomas y otro material de audio. Es un resumen de las vistas y sonidos de la Tierra.

+ : **El Mensaje de la Voyager**

Un extracto del registro de la Voyager:

“Nosotros lanzamos este mensaje al cosmos. Es probable que sobreviva mil millones de años en nuestro futuro, cuando nuestra civilización está profundamente alterada... Si [otra] civilización intercepta a la Voyager y puede entender estos contenidos grabados, aquí está nuestro mensaje:

Este es un regalo de un mundo pequeño y distante, una muestra de nuestros sonidos, nuestra ciencia, nuestras imágenes, nuestra música, nuestros pensamientos y nuestros sentimientos. Estamos intentando sobrevivir a nuestro tiempo para que podamos vivir en el suyo. Esperamos, algún día, habiendo resuelto los problemas que enfrentamos, unirnos a una comunidad de civilizaciones galácticas. Este registro representa nuestra esperanza y nuestra determinación, y nuestra buena voluntad en un universo vasto e impresionante”.

—Jimmy Carter, presidente de los Estados Unidos de América, 16 de junio de 1977

+ : Comunicarse con las estrellas

Si las visitas directas entre estrellas son poco probables, debemos recurrir a la alternativa para hacer contacto: intercambiar mensajes. Aquí la noticia es mucho mejor. Ya usamos un mensajero—luz o, más generalmente, ondas electromagnéticas— que se mueve a través del espacio a la velocidad más rápida del universo. Al viajar a 300,000 kilómetros por segundo, la luz alcanza la estrella más cercana en solo 4 años y lo hace a una pequeña fracción del costo del envío de objetos materiales. Estas ventajas son tan claras y obvias que suponemos que se le ocurrirán a cualquier otra especie de seres inteligentes que desarrollen tecnología.

Sin embargo, tenemos acceso a un amplio espectro de radiación electromagnética, que va desde las ondas de radio de longitud de onda más larga hasta los rayos gamma de longitud de onda más corta. ¿Cuál sería el mejor para la comunicación interestelar? No sería inteligente seleccionar una longitud de onda que sea fácilmente absorbida por el gas y el polvo interestelares, o una que es poco probable que penetre en la atmósfera de un planeta como el nuestro. Tampoco querríamos elegir una longitud de onda que tenga mucha competencia por la atención en nuestro vecindario.

Un criterio final facilita la selección: queremos que la radiación sea lo suficientemente económica como para producirla en grandes cantidades. Cuando consideramos todos estos requisitos, las ondas de radio resultan ser la mejor respuesta. Al ser la banda de menor frecuencia (y de menor energía) del espectro, no son muy caras de producir, y ya las usamos extensamente para las comunicaciones en la Tierra. No son absorbidos significativamente por el polvo y el gas interestelares. Con algunas excepciones, pasan fácilmente por la atmósfera de la Tierra y por las atmósferas de los otros planetas que conocemos.

+ : El pajar cósmico

Habiendo tomado la decisión de que la radio es el medio de comunicación más probable entre civilizaciones inteligentes, todavía tenemos muchas preguntas y una tarea desalentadora por delante. ¿Enviaremos un mensaje, o intentaremos recibir uno? Obviamente, si toda civilización decide recibir solo, entonces nadie va a enviar, y todos se sentirán decepcionados. Por otro lado, puede ser apropiado

que comencemos por escuchar, ya que es probable que estemos entre las civilizaciones más primitivas de la Galaxia que estén interesadas en intercambiar mensajes.

No hacemos esta afirmación para insultar a la especie humana (que, con ciertas excepciones, nos gusta bastante). En cambio, lo basamos en el hecho de que los humanos han tenido la capacidad de recibir (o enviar) un mensaje de radio a través de distancias interestelares por solo unas pocas décadas. En comparación con las edades de las estrellas y la Galaxia, esto es un mero instante. Si hay civilizaciones por ahí que están por delante de nosotros en desarrollo, aunque sea por poco tiempo (en el sentido cósmico), es probable que tengan una ventaja tecnológica de muchos, muchos años.

En otras palabras, nosotros, que acabamos de comenzar, bien podemos ser las especies “más jóvenes” de la Galaxia con esta capacidad (ver la discusión en Ejemplo 3.36.4.1

a continuación). Así como a los miembros más jóvenes de una comunidad a menudo se les dice que se callen y escuchen a sus mayores por un tiempo antes de que digan algo tonto, entonces tal vez queramos comenzar nuestro ejercicio de comunicación extraterrestre escuchando.

Sin embargo, incluso restringir nuestras actividades a la escucha nos deja con una serie de preguntas desafiantes. Por ejemplo, si la señal de una civilización extraterrestre es demasiado débil para ser detectada por nuestros radiotelescopios actuales, no los detectaremos. Además, sería muy caro para una civilización extraterrestre transmitir por una gran cantidad de canales. Lo más probable es que seleccionen uno o algunos canales para su mensaje particular. Comunicarse en una banda estrecha de canales también ayuda a distinguir un mensaje artificial de la radio estática que proviene de los procesos cósmicos naturales. Pero la banda de radio contiene un gran número astronómicamente de canales posibles. ¿Cómo podemos saber de antemano cuál han seleccionado y cómo han codificado su mensaje en la señal?

La tabla 3.36.4.1 resume estos y otros factores con los que los científicos deben enfrentar cuando intentan sintonizar mensajes de radio de civilizaciones distantes. Debido a que su éxito depende ya sea de adivinar bien sobre tantos factores o de buscar a través de

todas las posibilidades para cada factor, algunos científicos han comparado su búsqueda con buscar una aguja en un pajar. Así, les gusta decir que la lista de factores en Tabla 3.36.4.1

define el problema cósmico del pajar.

Tabla 3.36.4.1: El problema del pajar cósmico: algunas preguntas sobre un mensaje extraterrestre

Factores

¿De qué dirección (qué estrella) viene el mensaje?

¿En qué canales (o frecuencias) se está emitiendo el mensaje?

¿Cuán ancho en frecuencia es el canal?

¿Qué tan fuerte es la señal (pueden detectarla nuestros radiotelescopios)?

¿La señal es continua, o se apaga a veces (como, por ejemplo, lo hace un rayo de faro cuando se aleja de nosotros)?

¿La señal deriva (cambia) en frecuencia debido al movimiento relativo cambiante de la fuente y el receptor?

¿Cómo se codifica el mensaje en la señal (cómo lo desciframos)?

¿Podemos siquiera reconocer un mensaje de una especie completamente extraterrestre? ¿Podría tomar una forma que no esperamos en absoluto?

+ : Búsquedas de Radio

Aunque el problema cósmico del pajar parece desalentador, muchos otros problemas de investigación en astronomía también requieren una gran inversión de tiempo, equipo y esfuerzo paciente. Y, claro, si no buscamos, estamos seguros de que no encontraremos nada.

La primera búsqueda fue realizada por el astrónomo Frank Drake en 1960, utilizando la antena de 85 pies en el Observatorio Nacional de Radioastronomía (Figura 3.36.4.2). Llamado Proyecto Ozma, después de la reina de la exótica Tierra de Oz en los cuentos infantiles de L. Frank Baum, su experimento consistió en mirar alrededor de 7200 canales y dos estrellas cercanas durante un

periodo de 200 horas. A pesar de que no encontró nada, Drake demostró que teníamos la tecnología para hacer tal búsqueda, y sentar las bases para los proyectos más sofisticados que siguieron.

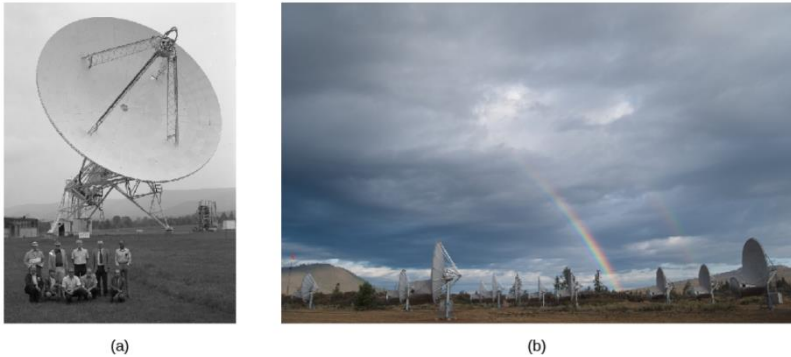


Figura 3.36.4.2 Proyecto Ozma y el Conjunto de Telescopios Allen. a) Esta foto del 25 aniversario muestra a algunos miembros del equipo del Proyecto Ozma parados frente al radiotelescopio de 85 pies con el que se realizó la búsqueda de mensajes extraterrestres de 1960. Frank Drake está en la última fila, segundo desde la derecha. b) El Allen Telescope Array en California está compuesto por 42 pequeñas antenas unidas entre sí. Este sistema permite observaciones simultáneas de múltiples fuentes con millones de canales de frecuencia separados.

Los receptores mejoran constantemente, y la sensibilidad de los programas SETI —SETI significa la búsqueda de inteligencia extraterrestre— avanza rápidamente. Igualmente, importante, la electrónica y el software modernos permiten búsquedas simultáneas en millones de frecuencias (canales). Si así podemos cubrir un amplio rango de frecuencias, el problema cósmico del pajar de adivinar la frecuencia correcta desaparece en gran medida. Un poderoso conjunto de telescopios (financiado con una contribución inicial del fundador de Microsoft, Paul Allen) que se construye para búsquedas SETI es el Telescopio Allen en el norte de California. Otros radiotelescopios que se utilizan para tales búsquedas incluyen el plato radial gigante de Arecibo en Puerto Rico, el plato FAST recientemente terminado, e incluso más grande, en China, y el Telescopio del Banco Verde en Virginia Occidental, que es el radiotelescopio dirigible más grande del mundo.

¿Qué tipo de señales esperamos captar? Nosotros en la Tierra estamos enviando inadvertidamente una avalancha de señales de radio, dominadas por sistemas de radar militares. Este es un tipo de señal de fuga, similar a la energía lumínica desperdiciada que se

transmite hacia arriba por farolas mal diseñadas y letreros publicitarios. ¿Podríamos detectar una fuga similar de señales de radio de otra civilización? La respuesta es apenas, pero sólo para las estrellas más cercanas. En su mayor parte, por lo tanto, las búsquedas actuales de radio SETI están buscando balizas, asumiendo que las civilizaciones podrían estar llamando intencionalmente la atención sobre sí mismas o quizás enviando un mensaje a otro mundo o puesto avanzado que yace en nuestra dirección. Nuestras perspectivas de éxito dependen de la frecuencia con la que surgen las civilizaciones, cuánto duran y cuán pacientes son para transmitir sus ubicaciones al cosmos.

jill tarter: tratando de hacer contacto

1997 fue todo un año para Jill Cornell Tarter (Figura 3.36.4.3

), una de las principales científicas del mundo en el campo SETI. El Instituto SETI anunció que sería la receptora de su primera cátedra dotada (el equivalente a una cátedra de investigación dotada) nombrada en honor a Bernard Oliver. La Fundación Nacional de Ciencias aprobó una propuesta de un grupo de científicos y educadores que encabezó para desarrollar un innovador plan de estudios práctico de secundaria basado en las ideas de la evolución cósmica (los temas de este capítulo). Y, aproximadamente al mismo tiempo, estaba siendo asediada con solicitudes de entrevistas mediáticas ya que los reportajes de noticias la identificaban como la modelo de Ellie Arroway, la protagonista de Contact, la novela más vendida de Carl Sagan sobre SETI. El libro se había convertido en una película de ciencia ficción de alto presupuesto, protagonizada por Jodie Foster, quien había platicado con Tarter antes de asumir el papel.



Figura 3.36.4.3 Jill Tarter

Tarter es rápido en señalar: “Carl Sagan escribió un libro sobre una mujer que hace lo que hago, no sobre mí”. Aun así, como única mujer en un puesto tan alto en el pequeño campo de la SETI, fue el centro de mucha atención pública. (No obstante, colegas y reporteros señalaron que esto no era nada comparado con lo que sucedería si su búsqueda de señales de radio de otras civilizaciones registrara un éxito).

Ser la única mujer en un grupo no es una situación nueva para Tarter, quien muchas veces se encontraba como la única mujer en sus clases avanzadas de ciencias o matemáticas. Su padre la había animado, tanto por su interés por la ciencia como por sus “retoques”. Como estudiante de licenciatura en la Universidad de Cornell, se especializó en ingeniería física. Ese entrenamiento se convirtió en clave para armar y mantener los complejos sistemas que automáticamente buscan señales de otras civilizaciones.

Cambiando a la astrofísica para sus estudios de posgrado, escribió una tesis doctoral que, entre otros temas, consideró la formación de estrellas fallidas, aquellas cuya masa no era suficiente para encender las reacciones nucleares que alimentan a estrellas más masivas como nuestro propio Sol. Tarter acuñó el término “enana marrón” para estos objetos pequeños y tenues, y ha seguido siendo el nombre que usan los astrónomos desde entonces.

Fue mientras aún estaba en la escuela de posgrado que Stuart Bowyer, uno de sus profesores de la Universidad de California, Berkeley, le preguntó si quería involucrarse en un pequeño experimento para desviar un poco de radiación de un radiotelescopio ya que los astrónomos lo usaban año tras año y ver si había cualquier indicio de un mensaje de radio codificado inteligentemente enterrado en el ruido de la radio. Sus habilidades de ingeniería y programación informática se volvieron esenciales para el proyecto, y pronto se enganchó a la búsqueda de la vida en otro lugar.

Así comenzó una ilustre carrera trabajando a tiempo completo buscando civilizaciones extraterrestres, lo que llevó a Jill Tarter a recibir muchos premios, entre ellos ser elegida miembro de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia en 2002, el

Premio Mujeres en Ciencias Espaciales del Planetario Adler en 2003, y un TED 2009 Premio.

Mira la charla TED que dio Jill Tarter sobre la fascinación de la búsqueda de inteligencia.

Ejemplo3.36.4.1: la ecuación de drake

En el primer encuentro científico dedicado al SETI, Frank Drake escribió una ecuación en la pizarra que tomó la difícil cuestión de estimar el número de civilizaciones en la Galaxia y la dividió en una serie de preguntas más pequeñas y manejables. Desde entonces, tanto astrónomos como estudiantes han utilizado esta ecuación de Drake como medio para abordar la pregunta más desafiante: ¿Qué tan probable es que estemos solos? Dado que esta es en la actualidad una pregunta incontestable, la astrónoma Jill Tarter ha llamado a la ecuación de Drake una “forma de organizar nuestra ignorancia”. (Ver Figura 3.36.4.4.)

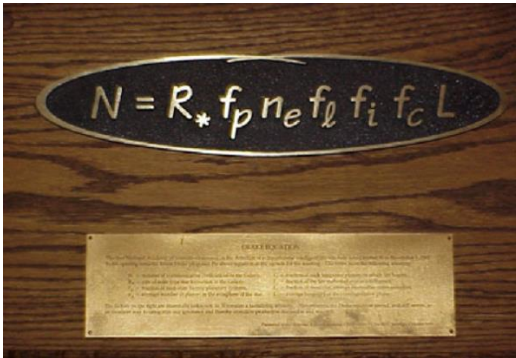


Figura 3.36.4.4 Drake Ecuación. Una placa en el Observatorio Nacional de Radioastronomía conmemora la conferencia donde se discutió por primera vez la ecuación.

La forma de la ecuación de Drake es muy sencilla. Para estimar el número de civilizaciones comunicantes que existen actualmente en la Galaxia (definiremos estos términos con más cuidado en un momento), multiplicamos la tasa de formación de tales civilizaciones (número por año) por su vida promedio (en años). En símbolos,

$$N = R_{\text{total}} \times L$$

Para hacer esta fórmula más fácil de usar (y más interesante), sin embargo, Drake separó la tasa de formación R_{total} en una serie de probabilidades:

$$R_{\text{total}} = R_{\text{star}} \times f_p \times f_e \times f_l \times f_i \times f_c$$

R_{star} es la tasa de formación de estrellas como el Sol en nuestra Galaxia, que es, muy aproximadamente, alrededor de 10 estrellas al año. Cada uno de los otros términos es una fracción o probabilidad (menor o igual a 1.0), y el producto de todas estas probabilidades es en sí misma la probabilidad total de que cada estrella tenga una civilización inteligente, tecnológica, comunicante con la que podríamos querer hablar. Contamos con:

f_p = la fracción de estas estrellas con planetas

f_e = la fracción de los sistemas planetarios que incluyen planetas habitables

f_l = la fracción de planetas habitables que realmente sustentan la vida

f_i = la fracción de planetas habitados que desarrollan inteligencia avanzada

f_c = la fracción de estas civilizaciones inteligentes que desarrollan la ciencia y la tecnología para construir radiotelescopios y transmisores

Cada uno de estos factores puede ser discutido y quizás evaluado, pero hay que adivinar muchos de los valores. En particular, no sabemos cómo calcular la probabilidad de que algo haya ocurrido una vez en la Tierra pero que no se haya observado en otra parte, y estos incluyen el desarrollo de la vida, de la vida inteligente, y de la vida tecnológica (los tres últimos factores de la ecuación). Un avance importante en la estimación de los términos de la ecuación de Drake proviene del reciente descubrimiento de exoplanetas. Cuando se escribió por primera vez la ecuación de Drake, nadie tenía idea de si los planetas y los sistemas planetarios eran comunes. Ahora sabemos que son, otro ejemplo del principio copernicano.

Aunque no sepamos las respuestas, podemos hacer algunas conjeturas y calcular el número resultante N . Empecemos por el optimismo implícito en el principio copernicano y fijemos los últimos

tres términos iguales a 1.0. Si R es de 10 estrellas/año y si medimos la vida media de una civilización tecnológica en años, las unidades de años cancelan. Si también asumimos que f_p es 0.1, y f_e es 1.0, la ecuación se convierte

$$N = R \text{ total} \times L = L$$

Ahora vemos la importancia del término L, la vida de una civilización comunicante (medida en años). Hemos tenido esta capacidad (para comunicarnos a las distancias de las estrellas) desde hace solo algunas décadas.

SETI fuera del Reino de la Radio

Por las razones discutidas anteriormente, la mayoría de los programas SETI buscan señales en longitudes de onda de radio. Pero en la ciencia, si hay otros enfoques para responder a una pregunta sin resolver, no queremos descuidarlos. Entonces los astrónomos han estado pensando en otras formas en las que podríamos recoger evidencia de la existencia de civilizaciones tecnológicamente avanzadas.

Recientemente, la tecnología ha permitido a los astrónomos expandir la búsqueda hacia el dominio de la luz visible. Se podría pensar que sería desesperado tratar de detectar un destello de luz visible de un planeta dada la brillantez de la estrella que orbita. Es por ello que normalmente no podemos medir la luz reflejada de los planetas alrededor de otras estrellas. La débil luz del planeta simplemente se ve inundada por la “gran luz” del vecindario. Entonces otra civilización necesitaría un faro poderoso y fuerte para competir con su estrella.

No obstante, en los últimos años, los ingenieros humanos han aprendido a hacer destellos de luz más brillantes que el Sol. El truco es “encender” la luz por un tiempo muy breve, para que los costos sean manejables. Pero los pulsos láser ultrabrillantes y ultracortos (que operan durante períodos de milmillonésima parte de segundo) pueden empacar mucha energía y pueden codificarse para llevar un mensaje. También tenemos la tecnología para detectar pulsos tan cortos, no con los sentidos humanos, sino con detectores especiales que se pueden “sintonizar” para cazar automáticamente ráfagas de luz tan cortas de estrellas cercanas.

¿Por qué alguna civilización intentaría ecliar a su propia estrella de esta manera? Resulta que el costo de enviar un pulso láser ultracorto en dirección a unas pocas estrellas prometedoras puede ser menor que el costo de barrer un mensaje de radio continuo por todo el cielo. O tal vez ellos también tienen una afición especial por los mensajes de luz porque uno de sus sentidos evolucionó usando la luz. Varios programas están experimentando ahora con búsquedas “SETI ópticas”, lo que se puede hacer con solo un telescopio modesto. (El término óptico aquí significa usar luz visible).

Si dejamos que nuestra imaginación se expanda, podríamos pensar en otras posibilidades. ¿Y si una civilización verdaderamente avanzada decidiera (o necesitara) renovar su sistema planetario para maximizar el área de por vida? Podría hacerlo rompiendo algunos planetas o lunas y construyendo un anillo de material sólido que rodee o encierra a la estrella e intercepte parte o la totalidad de su luz. Este enorme anillo o esfera artificial podría brillar muy intensamente a longitudes de onda infrarrojas, ya que la luz estelar que recibe finalmente se convierte en calor y se vuelve a irradiar al espacio. Esa radiación infrarroja podría ser detectada por nuestros instrumentos, y también se están realizando búsquedas de tales fuentes infrarrojas (Figura 3.36.4.5).

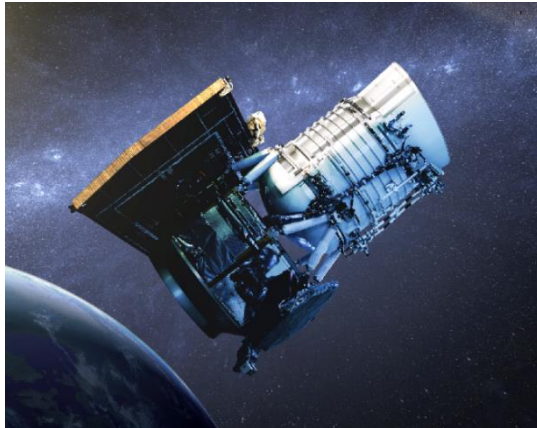


Figura 3.36.4.5 Explorador de Estudio Infrarrojo de Campo Amplio (WISE). Los astrónomos han utilizado este satélite infrarrojo para buscar firmas infrarrojas de enormes proyectos de construcción por civilizaciones muy avanzadas, pero su primera encuesta no reveló ninguna.

+ : ¿Deberíamos transmitir además de escuchar?

Nuestro planeta tiene alguna fuga de ondas de radio al espacio, desde la radio FM, la televisión, los radares militares y la comunicación entre la Tierra y nuestra nave espacial en órbita. Sin embargo, dicha radiación de fuga sigue siendo bastante débil, y por lo tanto difícil de detectar a las distancias de las estrellas, al menos con la tecnología de radio que tenemos. Entonces, en la actualidad nuestros intentos de comunicarnos con otras civilizaciones que pueden estar ahí afuera implican principalmente tratar de recibir mensajes, pero no enviar ninguno nosotros mismos.

Algunos científicos, sin embargo, piensan que es inconsistente buscar balizas de otras civilizaciones sin anunciar nuestra presencia de manera similar. (Ya discutimos anteriormente el problema de que, si todas las demás civilizaciones se limitaran a escuchar, nadie se pondría en contacto nunca.) Entonces, ¿deberíamos estar haciendo intentos regulares de enviar mensajes fácilmente decodificados al espacio? Algunos científicos advierten que nuestra civilización es demasiado inmadura e indefensa para anunciarnos en este momento temprano de nuestro desarrollo. La decisión de transmitir o no resulta ser un interesante reflejo de cómo nos sentimos acerca de nosotros mismos y de nuestro lugar en el universo.

Las discusiones sobre la transmisión plantean la cuestión de quién debe hablar en nombre del planeta Tierra. Hoy en día, cualquiera y cada uno puede transmitir señales de radio, y muchos negocios, grupos religiosos y gobiernos sí lo hacen. Sería un paso modesto para las mismas organizaciones usar o construir grandes radiotelescopios y comenzar transmisiones intencionales que son mucho más fuertes que las señales que hoy se filtran de la Tierra. Y si interceptamos una señal de una civilización alienígena, entonces surge la cuestión de si responder.

¿Quién debería tomar la decisión sobre si, cuándo y cómo la humanidad se anuncia al cosmos? ¿Existe libertad de expresión a la hora de enviar mensajes de radio a otras civilizaciones? ¿Todas las naciones de la Tierra tienen que estar de acuerdo antes de enviar una señal lo suficientemente fuerte como para que tenga serias posibilidades de ser recibida a las distancias de las estrellas? Cómo

nuestra especie llega a una decisión sobre este tipo de preguntas bien puede ser una prueba de si hay o no vida inteligente en la Tierra.

*** : Conclusión**

Sea o no que en última instancia resultemos ser la única especie inteligente en nuestra parte de la Galaxia, nuestra exploración del cosmos seguramente continuará. Una parte importante de esa exploración seguirá siendo la búsqueda de biomarcadores de planetas habitados que no hayan producido criaturas tecnológicas que envíen señales de radio. Después de todo, criaturas como mariposas y delfines tal vez nunca construyan antenas de radio, pero estamos felices de compartir nuestro planeta con ellos y estaríamos encantados de encontrar a sus contrapartes en otros mundos.

Si la vida existe o no en otro lugar es solo uno de los problemas no resueltos en astronomía que hemos discutido en este libro. Un humilde reconocimiento de lo mucho que nos queda por aprender sobre el universo es una de las señas fundamentales de la ciencia. Esto no debería, sin embargo, impedir que nos sintamos exaltados por lo mucho que ya hemos logrado descubrir, y sentir curiosidad por qué más podríamos descubrir en los próximos años.

Nuestro reporte de progreso sobre las ideas de la astronomía termina aquí, pero esperamos que su interés por el universo no lo haga. Esperamos que se mantenga al día con los desarrollos de la astronomía a través de los medios y en línea, o yendo a una conferencia pública ocasional de un científico local. ¿Quién, después de todo, puede incluso adivinar todas las cosas increíbles que los futuros proyectos de investigación revelarán tanto sobre el universo como sobre nuestra conexión con él?

Algunos astrónomos se dedican a la búsqueda de inteligencia extraterrestre (SETI). Debido a que otros sistemas planetarios están tan lejos, viajar a las estrellas es muy lento o extremadamente costoso (en términos de energía requerida). A pesar de muchos reportes de ovnis y una tremenda publicidad mediática, no hay evidencia de que ninguno de estos esté relacionado con visitas extraterrestres. Los científicos han determinado que la mejor manera de comunicarse con cualquier civilización inteligente que existe es mediante el uso de ondas electromagnéticas, y las ondas

de radio parecen las más adecuadas para la tarea. Hasta el momento, solo han comenzado a peinar las muchas estrellas, frecuencias, tipos de señal y otros factores que conforman lo que llamamos el problema cósmico del pajar. Algunos astrónomos también están realizando búsquedas de pulsos breves y brillantes de luz visible y firmas infrarrojas de enormes proyectos de construcción de civilizaciones avanzadas. Si algún día encontramos una señal, decidir si responder y qué responder puede ser dos de los mayores desafíos que enfrentará la humanidad.

* : **Bibliografía**

Astrobiología

Chyba, C. “La Nueva Búsqueda de Vida en el Universo”. *Astronomía* (mayo de 2010): 34. Una visión general de la astrobiología y la búsqueda de la vida por ahí en general, con una breve discusión sobre la búsqueda de inteligencia.

Dorminey, B. “Una nueva forma de buscar la vida en el espacio”. *Astronomía* (junio de 2014): 44. Encontrar evidencia de fotosíntesis en otros mundos.

McKay, C., & García, V. “Cómo Buscar Vida en Marte”. *Scientific American* (junio de 2014): 44—49. Experimentos que podrían realizar futuras sondas.

Reed, N. “Por qué aún no hemos encontrado otra tierra”. *Astronomía* (febrero de 2016): 25. En la búsqueda de planetas terrestres más pequeños en las zonas habitables de sus estrellas, y dónde nos encontramos.

Shapiro, R. “Un origen más simple de la vida”. *Scientific American* (junio 2007): 46. Nuevas ideas sobre qué tipo de moléculas se formaron primero para que la vida pudiera comenzar.

Simpson, S. “Cuestionando los signos más antiguos de la vida”. *Scientific American* (abril de 2003): 70. Sobre la dificultad de interpretar biofirmas en rocas y las implicaciones para la búsqueda de vida en otros mundos.

SETI

Chandler, D. “La Nueva Búsqueda de Inteligencia Alienígena”. *Astronomía* (septiembre 2013): 28. Revisión de diversas formas de encontrar otras civilizaciones por ahí, no solo búsquedas de ondas de radio.

Crawford, I. “¿Dónde están?” *Scientific American* (julio de 2000): 38. Sobre la paradoja de Fermi y sus resoluciones, y sobre los modelos de colonización galáctica.

Folger, T. “Contacto: El día después”. *Scientific American* (enero de 2011): 40—45. Periodista informa sobre los esfuerzos para prepararse para las señales ET; protocolos y planes para interpretar mensajes; y discusiones de SETI activo.

Kuhn, J., et al. “Cómo Encontrar ET con Luz Infrarroja”. *Astronomía* (junio 2013): 3.36. Al rastrear civilizaciones alienígenas por el calor que apagaron.

Lubick, N. “Una oreja a las estrellas”. *Scientific American* (noviembre 2002): 42. Perfil de la investigadora del SETI Jill Tarter.

Nadis, S. “¿Cuántas civilizaciones acechan en el Cosmos?” *Astronomía* (abril de 2010): 24. Nuevas estimaciones para los términos en la ecuación de Drake.

Shostak, S. “Cerrando en E.T.” *Sky & Telescope* (noviembre 2010): 22. Bonito resumen de los esfuerzos actuales y propuestos para buscar la vida inteligente por ahí.

Sitios web

Astrobiología

Web de Astrobiología: <http://astrobiology.com/>. Un sitio de noticias con buena información y mucho material.

Explorando los orígenes de la vida: <http://exploringorigins.org/index.html>. Un sitio web para el Proyecto Exploring Origins, parte de la exhibición multimedia del Museo de Ciencias de Boston. Explore el origen de la vida en la Tierra con una línea de tiempo interactiva, obtenga un conocimiento más profundo del papel del ARN, “construya” una célula y explore enlaces para aprender más sobre astrobiología y otra información relacionada.

Historia de la Astrobiología: <https://astrobiology.nasa.gov/about/...-astrobiología/>. Por Marc Kaufman, en el sitio de Astrobiología de la NASA.

La vida, aquí y más allá: <https://astrobiology.nasa.gov/about/>. Por Marc Kaufman, en el sitio de Astrobiología de la NASA.

SETI

Centro de Investigación SETI de Berkeley: <https://seti.berkeley.edu/>. El grupo de la Universidad de California ha recibido una subvención de 100 millones de dólares de un multimillonario ruso-estadounidense para iniciar el proyecto Breakthrough: Listen, un gran paso adelante en el número de estrellas y número de canales de radio que se buscan.

Fermi Paradoja: <http://www.seti.org/seti-institute/p.../fermi-paradoja>. ¿Podríamos estar solos en nuestra parte de la Galaxia o, aún más dramático, podríamos ser la única sociedad tecnológica del universo? Una discusión útil.

Sociedad Planetaria: www.planetary.org/explore/projects/seti/. Este grupo de defensa de la exploración tiene varias páginas dedicadas a la búsqueda de la vida.

Instituto SETI: <http://www.seti.org>. Una organización clave en la búsqueda de la vida en el universo; la página web del instituto está llena de información y videos sobre astrobiología y SETI.

SETI: <http://www.skyandtelescope.com/tag/seti/>. La revista Sky & Telescope ofrece buenos artículos sobre este tema.

Videos

Astrobiología

Complejo Copérnico: ¿Somos Especiales en el Cosmos? : https://www.youtube.com/watch?v=ERp0AHYRm_Q. Un video de una plática a nivel popular de Caleb Scharf de la Universidad de Columbia (1:18:54).

La Vida al Borde: La Vida en Ambientes Extremos en la Tierra y la Búsqueda de Vida en el Universo: <https://www.youtube.com/watch?v=91JQmTn0SF0>. Un video de

una conferencia no técnica de 2009 de Lynn Rothschild del Centro de Investigación Ames de la NASA (1:31:21).

Titán lunar de Saturno: Un mundo con ríos, lagos y posiblemente incluso vida: <https://www.youtube.com/watch?v=bbkTJeHoOKY>. Un video de una charla de 2011 de Chris McKay del NASA Ames Research Center (1:23:33).

SETI

Allen Telescope Array: La horquilla más nueva para explorar el pajar cósmico: <https://www.youtube.com/watch?v=aqsl1HZCgUM>. Una conferencia a nivel popular 2013 a cargo de Jill Tarter del Instituto SETI (1:45:55).

Confesiones de un cazador alienígena: fora.tv/2009/03/31/seth_shostak...n_Alien_Hunter. 2009 entrevista con Seth Shostak en FORA TV (36:27).

Búsqueda de Inteligencia Extraterrestre: Necesariamente una Estrategia a Largo Plazo: <http://www.longnow.org/seminars/0200...term-strategy/>. 2004 charla de Jill Tarter en la Fundación Long Now (1:21:13).

Búsqueda de Vida Inteligente entre las Estrellas: Nuevas Estrategias: <https://www.youtube.com/watch?v=m9WxW2kctcKU>. Una plática no técnica del 2010 de Seth Shostak del Instituto SETI (1:29:58).

Si una de las rocas de Marte examinadas por una futura misión al planeta rojo resulta tener signos inequívocos de vida antigua que se formó en Marte, ¿cuáles piensa su grupo serían las implicaciones de tal descubrimiento para la ciencia y para nuestra visión de la vida en otros lugares? ¿Tal descubrimiento tendría algún efecto a largo plazo en tu propio pensamiento?

Supongamos que recibimos un mensaje de una civilización inteligente alrededor de otra estrella. ¿Cuáles cree su grupo que serían las implicaciones de este descubrimiento? ¿Cómo afectaría su propio pensamiento o su filosofía personal por tal descubrimiento?

Se ha recibido un mensaje de radio de una civilización alrededor de una estrella a 40 años luz de distancia, que contiene (en imágenes) bastante información sobre los seres que enviaron el mensaje. El

presidente de Estados Unidos ha designado a su grupo una comisión de alto nivel para aconsejar si la humanidad debiera responder al mensaje (que no estaba particularmente dirigido a nosotros, sino que viene de un faro que, como un faro, barre un círculo en el espacio). ¿Cómo aconsejarías al presidente? ¿Su grupo está de acuerdo en su respuesta o también tiene una opinión minoritaria para presentar?

Si no hay evidencia de que los ovnis sean visitantes extraterrestres, ¿por qué su grupo piensa que los programas de televisión, periódicos y películas dedican tanto tiempo y esfuerzo a dar a conocer el punto de vista de que los ovnis son artesanales de otros mundos? Haz una lista de razones. ¿Quién puede ganar exagerando historias de luces desconocidas en el cielo o simplemente fabricando historias que los visitantes alienígenas ya están aquí?

¿Su grupo piensa que los científicos simplemente deberían ignorar toda la publicidad mediática sobre los ovnis o deberían tratar de responder? Si es así, ¿cómo deberían responder? ¿Todos en el grupo están de acuerdo?

Supongamos que su grupo es el equipo que planea seleccionar las vistas y sonidos más importantes de la Tierra para grabar y poner a bordo de la siguiente nave espacial interestelar. ¿Qué imágenes (o videos) y sonidos incluirías para representar nuestro planeta ante otra civilización?

Supongamos que la civilización de la Tierra ha decidido transmitir un mensaje anunciando nuestra existencia a otras posibles civilizaciones entre las estrellas. Su grupo forma parte de un gran grupo de trabajo de científicos, especialistas en comunicación y personas de las humanidades encargados de decidir la forma y el contenido de nuestro mensaje. ¿Qué recomendarías? Haz una lista de ideas.

Piensa en ejemplos de contacto con extraterrestres que has visto en películas y en televisión. Discuta con su grupo lo realistas que han sido estos, dado lo que ha aprendido en esta clase. ¿El contacto fue en persona (a través de viajes) o usando mensajes? ¿Por qué crees que Hollywood hace tantos espectáculos y películas que no se basan en nuestra comprensión científica del universo?

Pasa por la ecuación de Drake con tu grupo y decide los valores para cada factor en la estimación. (Si no estás de acuerdo sobre lo que debería ser un factor dentro del grupo, puedes tener un “reporte minoritario”). En base a los factores, ¿cuántas civilizaciones inteligentes y comunicantes estimas que están prosperando en nuestra Galaxia ahora mismo?

Capítulo XXXVII : Epílogo

* : **Conclusiones sobre el conocimiento.**

Han pasado varios meses en este trabajo de investigación y selección de los temas a tratar, para que después de hurgar un poco sobre ese conocimiento, poder evidenciar que hay una constante, se puede decir que el conocimiento es público, pero hay algunos detalles importantes, que alguien con mucha influencia, hace que se dejen de lado, puede ser para poder manipular el mercado con productos cuya producción, sin ese conocimiento quedan por fuera del alcance de la mayoría, pero sospechosamente, de ese punto del cual se tiene un desconocimiento total, dependen muchas cosas, que como vimos (suponiendo que todo lo que vimos, supuestamente lo decimos sin comprobación científica, que es el medio como se aseguran ellos de dominar con sus pares), con eso garantizan la continuidad de su poder y con él, manipulan todos los acontecimientos.

Es indudable que los científicos, en esos gigantescos grupos económicos dueños de grandes emporios multinacionales con laboratorios contruidos con el dinero de esos inversionistas, conocen los detalles del átomo a la perfección, pero con palabras raras y complicadas operaciones matemáticas, aparentemente esconden una realidad que es más simple de lo que nos hacen creer.

En un hecho que hemos venido analizando con algo de profundidad en la parte física, más adelante veremos la parte humana y psicológica. Como una deducción a priori, tenemos que esos grupos económicos se apropiaron de las mejores tierras de los países en desarrollo para usarlas en monocultivos que evidentemente son

perjudiciales en todo sentido, además, con ese conocimiento desarrollaron productos químicos para controlar plagas y fertilizar la tierra, construyeron máquinas para reemplazar la mano de obra humana y producir más a menores costos, eso, parece óptimo, pero el beneficio sólo es para los aportantes de las acciones en esas multinacionales dueñas de esas empresas.

Pero el perjuicio es para la gran mayoría de la población que se ve desplazada de sus parcelas y se amontona en ciudades tugarizadas, con desempleo, deficiencia en servicios básicos y sufriendo el abandono del Estado, que se ve superado por los problemas sociales al tener que arcar con esos costos que no alcanzan a ser cubiertos por los impuestos que pagan los nuevos dueños de las tierras, mientras que esas multinacionales se llenan los bolsillos.

En el enunciado de esta parte III de este trabajo, decimos que “el conocimiento está cautivo”, le queda al lector, ahora que ya conoció algunos de esos detalles que hacen la diferencia, definir si es verdad o es simple imaginación, señalando que debe de tener en cuenta que, al especializar el conocimiento, se está limitando la capacidad de raciocinio que tenemos los seres humanos, enfocando a las personas a ver solo lo que a esos grupos económicos le interesa, es algo así como un tapaojos, de esos que se le pone a los caballos para evitar que miren hacia los lados y se distraigan de sus objetivos.

Para explicar esto mejor, veamos por ejemplo a un médico, para especializarse necesita mucho dinero, luego, cuando sale, después de aprender mucho sobre la especialidad escogida, tiene que buscar un sitio donde le paguen lo suficiente para compensar la inversión realizada en sus estudios, estando solo las mejores clínicas y hospitales en capacidad para pagar esos valores, pero esas instituciones para pagar a ese especialista, también cobran altos precios por sus servicios, servicios que solo los pueden pagar quienes tienen el dinero suficiente. Entonces queda la conclusión evidente, esa gran mayoría de personas, quienes no lo tienen, quedan por fuera del alcance de ese conocimiento, es la triste realidad de las consecuencias que tiene el hecho de ese conocimiento estar cautivo.

También vimos en detalle, la forma como los centros de estudio científicos, Universidades y hasta la mayoría de los colegios son selectivos con sus modelos y métodos de enseñanza, voluntaria o

involuntariamente, están en manos de esos poderosos que rigen nuestras vidas, concluyendo que la educación está diseñada para estar a su servicio y no al servicio de la humanidad.

De estas apreciaciones se derivan muchos acontecimientos que nos hacen permanecer impávidos ante los absurdos que acontecen por vivir esclavizados por mitos como el dinero y sufrir las consecuencias que nos impone la naturaleza que responde a su manera por nuestra irracionalidad explotación de los recursos que ella brinda sin distinción.

En la secuencia que hicimos sobre el conocimiento, vimos a profundidad lo que son los átomos y la forma cómo funcionan, entendiendo eso, en la siguiente parte, haremos un recorrido por la “Fuerza Vital” con la genética y el metabolismo humano como referentes, para entender mejor, con la premisa de permitir que todos puedan comprender un poco sobre que es esa fuerza vital y cómo funciona, ya que, en esta parte, vimos la “Fuerza magnética”.

Con palabras rebuscadas entendibles solo por los especialistas, se esconde la realidad de su funcionamiento y esto contribuye a aumentar el riesgo de contraer enfermedades o a cometer errores fácilmente corregibles si ese conocimiento fuera más masivo.

Lo mismo sucede con el medio ambiente, el desconocimiento del sencillo funcionamiento de todo en la naturaleza derivado de esos átomos hace que los efectos de nuestras agresiones contra la naturaleza, nos lleva a cometer errores que se revierten en sequías o inviernos desastrosos que afectan a todos.

Para meditar, dejamos unas inquietudes que apartentemente quedan resueltas con los detalles de todo lo que vimos, pero que si no tomamos eso en cuenta, esas pregunta quedan latentes esperando una respuesta.

1.- En referencia con las excavaciones arqueológicas que desentierran el pasado, ¿porque siempre están enterradas por estratos y entre más enterradas, más antiguas son?

2.- Las capas del suelo, mal llamadas capas geológicas, funcionan igual.

3.- Otra inquietud latente, la arena en el mar y en la mayor parte de los ríos, cuya explicación, la que encontramos fácilmente en internet, no convence, veamos esa respuesta:

La **arena** se forma por la **erosión de las rocas y sus fragmentos**, generando lo que conocemos como granos de arena, y los transportan más allá de donde se formaron. En geología, se denomina 'arena' a las partículas que miden más de 65 micras y menos de 2 milímetros. La composición más habitual de la arena es el silicato, y particularmente, el cuarzo. Si se observa con una buena lupa, estos granos son amarillentos, brillantes y con distintos grados de transparencia ¹.

Origen: Conversación con Bing, 26/1/2024

(1) ¿Cómo se generan las playas, cuál es el proceso y por qué la arena es

....
https://as.com/diarioas/2021/11/14/actualidad/1636882225_197940.html.

(2) ¿La arena de mar es un elemento compuesto o una mezcla ?.
<https://educacionactiva.org/la-arena-de-mar-es-un-elemento-compuesto-o-una-mezcla/>.

(3) Ciencia en la playa: arena de playa | EL PAÍS.
<https://elpais.com/especiales/stories/ciencia-en-la-playa/arena-de-playa/>.

(4) ¿De qué está hecha la arena de la playa? - Muy Interesante.
<https://www.muyinteresante.es/naturaleza/61184.html>.

Como se puede ver, imaginemos la cantidad de arena que existe en todos los mares, confrontándola con la respuesta anterior y veremos que hay un gran vacío que queda mucho más fácil de entender con nuestra explicación.

Son billones de trillones de partículas (fuerza magnética, fotones y neutrinos) que están llegando a la tierra permanentemente, todos ellos con atracción magnética que conforma los quarks y estos a su vez, conforman los átomos que constituyen todos los elementos de la tabla periódica, al tocar el suelo, unos van conformando primero el polvo y luego la tierra que crea las capas en el suelo (geológicas)

y al tocar el agua, conforman el silicio y el cuarzo que se convierte en arena o en rocas, según el caso, fácil ¿No?

También para entender eso, tenemos la diferencia entre el día y la noche, por ejemplo, durante el día hace mucho calor y en la noche hace frío, la razón es sencilla, durante el día tenemos abundancia de fotones que exitan (aumento del giro o spin) en los electrones que alejan los positrones del núcleo y aumentan la temperatura, por la noche, en casi total ausencia de fotones, aumentan los neutrinos que disminuyen la temperatura (al acercar los electrones al núcleo por el aumento de la energía negativa de los neutrinos), por eso hace frío.

En la corriente eléctrica, nos dicen que es una transferencia de electrones, teoría aceptada por todos, pero hay algo relevante, no hay consumo de ningún material, como si ocurre con los electrodos de los ionizadores (galvanización o electólisis).

Reflexionando sobre eso, como explicamos, los polos magnéticos del generador extraen fotones de las moléculas de oxígeno presentes entre los polos magnético y el cobre del inducido, que reciben esos fotones y los transmiten por los cables en una secuencia que aumenta o disminuye de acuerdo con la velocidad, el número de polos y su dimensión. Ese mismo fenómeno ocurre en las neuronas del sistema nervioso, que reciben el impulso del cerebro o de los sentidos, desplazando igual, fotones del oxígeno presente y de esa manera se transmiten los impulsos eléctricos a través del tejido de las neuronas (acetilcolina).

Por eso, veremos el cerebro y el sistema nervioso, señalando que al entender cómo funciona el átomo, entendemos el funcionamiento de las neuronas, su relación con nuestro organismo, las enfermedades y sus efectos. Con esto, se demuestra que a pesar de ser importante para todos tener algo de ese conocimiento, que evitaría muchos errores que se cometen con la alimentación o con los comportamientos. Vimos también el concepto sobre los temperamentos, carácter y personalidad para determinar cómo controlan nuestras emociones para con la publicidad hacernos esclavos de sus intereses.

Completamos esta primera inmersión en el conocimiento del aspecto físico, creo haber demostrado con suficiencia que el conocimiento está cautivo y tenemos que liberarlo, esa es nuestra misión,

transcribiendo reflexiones que pueden servir para nuestra vida diaria, los invitamos a descubrir quienes son y que medios utilizan para ser los dueños de ese conocimiento.

Como conclusión inicial de todo lo que hemos visto hasta ahora y partiendo de una realidad inobjetable, emitimos un concepto que va en contravía de lo que se vive en la actualidad.

Partiendo de la premisa inicial, evidenciando que el sol sale todos los días y alumbra todo, sin distinción, asumiendo también que los seres humanos dependen de lo que produce la naturaleza y por lógica, ni el sol ni la naturaleza nos cobran nada por eso e investigando a fondo, nos encontramos que nuestro mundo al parecer fue diseñado desde hace unos 8 mil años al parecer por los sumerios, quienes determinaron la fórmula (riqueza y poder) como pautas de vida para todos.

Hoy, en pleno siglo XXI, con innumerables adelantos técnicos y científicos, casi 8 mil millones de personas seguimos fieles a esos preceptos de riqueza y poder, sabiendo que eso es dogmático y que va en contravía de la racionalidad de la que fuimos dotados por la naturaleza, teniendo como resultado evidente, que la gran mayoría de las personas que habitamos este planeta, no podemos disfrutar de todas las bondades que ofrece esa naturaleza que voluntariamente desperdiciamos y destruimos, llegando a la conclusión de que todos soñamos con vivir en el paraíso, pero la cruel realidad es que vivimos en ese paraíso y lo desperdiciamos al obedecer a esos dogmas impuestos por los sumerios o alguien antes que ellos.

Analizando otro aspecto sobre el mismo tema, es como si al diseñarnos nuestro modelo de sociedad, quienes lo hicieron, tuvieran el objetivo de mantenernos atados a nuestra ignorancia para impedir que ese nuestro raciocinio sobrepasara los límites de lo que a ellos les interesaba. Esta apreciación se puede sintetizar de la siguiente forma:

Somos 8 mil millones de personas, todas con un cerebro y una capacidad de trabajo sin límites, el planeta está diseñado para alimentar a todo el mundo (partiendo del principio de que hasta en el desierto se pueden producir alimentos, como de hecho, sucede hoy

en los Emiratos Árabes) y trabajando todos con el modelo de comunidades vinculadas a sus ecosistemas.

Pero hay algo más, esa gran masa de personas está sin acceso total al conocimiento, por las limitantes económicas unos, pero todos por ese dominio que ejercen los grandes monopolios sobre su manejo (como lo demostramos en la parte II de este trabajo). Vamos a suponer que se abren las puertas de acceso a ese conocimiento, se quitan las limitantes de acceso a los alimentos a todas las comunidades y ponemos a esos 8 mil millones de personas a trabajar y a pensar en la forma de mejorar nuestros medios tecnológicos, sin pensar en exclusividades ni explotaciones económicas, todos enfocados en avanzar en la conquista del espacio, porque allí hay un universo para conocer y tal vez conquistar.

Parece un objetivo inalcanzable, pero, estimado lector, eso depende de quién lo mire y en la forma como lo mire, me explico, una golondrina no hace el verano, pero cuando llegan las bandadas de golondrinas, a todos les queda claro que llegó el verano, queriendo decir con esto, que depende de cada persona, si los argumentos expuestos lo convencen, iniciar el recorrido para hacer que eso sea realidad.

Como indicación de la seriedad de los argumentos, podemos sugerir que sean contrastados con la realidad, esa realidad que nos hacen vivir sin tener en cuenta nuestra condición de seres racionales, con dogmas impuestos en el tiempo y que supuestamente todas las personas aceptan como hechos inamovibles, pero, amigo lector, en las otras partes de este trabajo, profundizamos en otros temas que aclaran mucho más todo lo expuesto, en la parte IV, analizaremos la parte humana, psíquica y psicológica, en la parte V veremos la filosofía y las formas de dominio utilizando las ideologías y en la parte VI resumimos todo lo visto para presentar una propuesta válida para todos.

Referencias

Broom, K. (s.f.). *The Unintended Negative Consequences of Advertising*. Recuperado el 7 de junio de 2016.

Committee on Communications. (2006). *Children, Adolescents, and Advertising*. *PEDIATRICS*, 118(6): 2563-2569.

Dachis, A. (25 de julio de 2011). *How Advertising Manipulates Your Choices and Spending Habits (and What to Do About It)*. Recuperado de Lifehacker.

Finn, K. (s.f.). *Negative Social Consequences of Advertising*. Recuperado el 7 de junio de 2016, de Chron.

Marshall, R. (10 de septiembre de 2015). *How Many Ads Do You See in One Day?* Recuperado de Red Crow Marketing.

Martin, M.C. & Gentry, J.W. (1997). Stuck in the Model Trap: The Effects of Beautiful Models on Female Pre-Adolescents and Adolescents. *The Journal of Advertising*, 26: 19-34.

(27 de mayo de 2016). *Effects of advertising on teen body image*. Recuperado el 7 de junio de 2016.

APA.