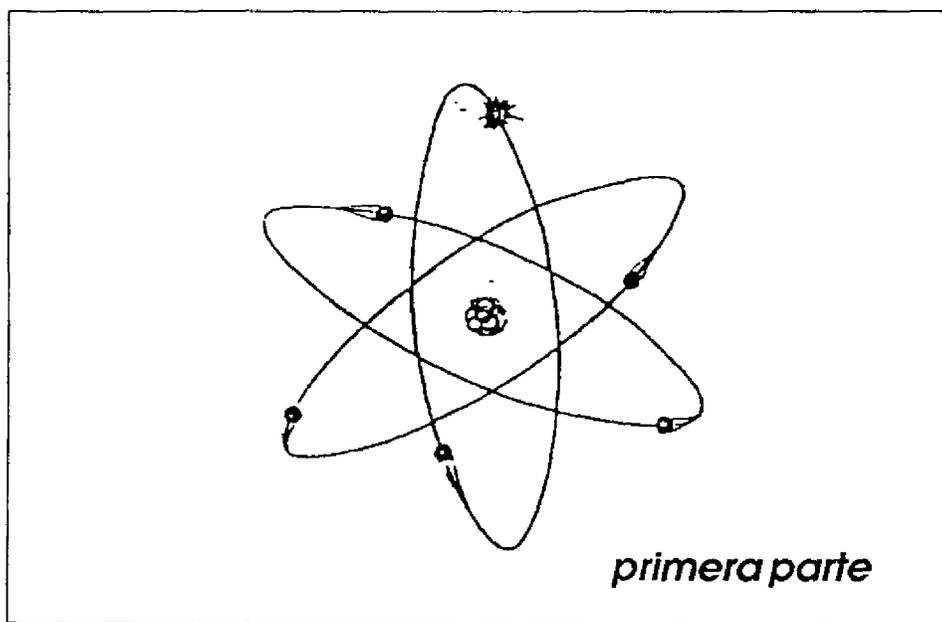


Manejo de Emergencias Radiológicas en Costa Rica

manual



M.Sc. Patricia Mora

Universidad de Costa Rica

M.Sc. Hugo Marengo

Universidad Nacional



Comisión Nacional de Emergencia

índice

CAPITULO 1	
Reseña Histórica de la Energía Radiante	5
CAPITULO 2	
Aplicaciones de las Radiaciones Ionizantes	11
en nuestra vida diaria	
CAPITULO 3	
Estructura de la Materia	19
CAPITULO 4	
El Espectro Electromagnético	25
CAPITULO 5	
Radioactividad y Radiaciones Ionizantes	33
CAPITULO 6	
Unidades y Magnitudes	43
CAPITULO 7	
Instrumentos para medir las Radiaciones Ionizantes	49
CAPITULO 8	
Efectos Biológicos de las Radiaciones Ionizantes de Bajo Nivel	57

CAPITULO I:

RESEÑA HISTORICA DE LA ENERGIA RADIANTE.

M.Sc. Hugo Marengo

El objetivo de este capítulo es presentar una breve resumen de los principales eventos históricos que precedieron el estudio científico de las sustancias y las radiaciones que las mismas emitan. En general, no solo los hechos científicos son de relevantes sino que su interpretación y las circunstancias en que los hechos fueron descubiertos. A continuación se expone en forma resumida las principales teorías sobre la materia y la energía desde la antigüedad hasta el siglo veinte.

I. Teorías Antiguas.

- a) Los Atomistas. Se llama así a los filósofos griegos: Leucipo, Demócrito, Epicuro, Lucrecio, SV A.C.
 - Según esta teoría Atomista existían partículas indivisibles y muy pequeña llamadas "átomos".
 - Según Demócrito "lo único que existe son los átomos y el vacío, todo lo demás son simple opinión".
 - La luz para los atomistas eran átomos emitidos por lo cuerpos que al llegar al ojo producían la visión.
- b) Aristóteles (384-322 A.C.)
 - Consideraba que el ojo emitía "tentáculos invisibles" y livianos que producían la visión.
 - Experimentalmente los griegos descubrieron la reflexión de la luz en superficies lisas y también el cambio de dirección de la luz al pasar de un medio a otro (refracción) pero no establecieron ninguna ley al respecto.

II. Siglo XVII.

Durante la Edad Media la ciencia avanza muy poco y no fue sino hasta el Siglo XVII que se establecieron las bases experimentales de la ciencia propiamente dicha.

- a) Kepler, Snell, Descartes.
 - Completan los estudios de la refracción y descubren la ley de Snell, la cual permite expresar matemáticamente la refracción.

- b) Grimaldi (1618-1663)
 - Observa que la luz se “curva” alrededor de los objetos, semejante al caso del sonido, este fenómeno se llama “difracción”.
- c) Huygens (1629-1625)
 - Demuestra y explica la reflexión y la refracción de la luz, suponiendo que ésta tiene estructura ondulatoria, es decir como las ondas que producen la piedra al caer al estanque, lo cual es consistente con el hecho de que la velocidad de la luz es menor en el agua que en el aire.
- d) Newton.(1642-1727).
 - Estableció sus famosas leyes de la Mecánica que constituyen la primera síntesis en la historia de la Física. Intentó aplicar su mecánica a la óptica. Supuso que los objetos emiten diminutas partículas o corpúsculos materiales a los que llamó “fotones”, con lo cual pudo explicar las leyes de la reflexión y la refracción pero la explicación de la refracción en la teoría corpuscular exigía que la velocidad de la luz en el agua sea mayor que la velocidad en el aire, falla muy importante. Debido a su autoridad, nadie osaba dudar de sus afirmaciones y no fué sino hasta el siglo XIX que los científicos retornan el análisis de la teoría ondulatoria de Huygens.

III. Siglo XIX.

- a) Young (1773-1829)
 - Comprobó experimentalmente las características ondulatorias de la luz.
- b) Fresnel (1788-1827)
 - Mejoró y confirmó lo experimentado por Young.
- c) Fizeau
 - Determinó con precisión por métodos terrestres la velocidad de la luz en el aire, anteriormente obtenida por métodos astronómicos (Roemer, 1676).
- d) Foucault
 - Midió experimentalmente la velocidad de la luz en los líquidos y encuentra que es menor que la velocidad de la luz en el aire, lo que significó el triunfo de la teoría ondulatoria (la luz como onda) sobre la teoría corpuscular (la luz como partícula).
- e) Maxwell (1831-1879)
 - Así como Newton resumió en forma matemática toda la mecánica hasta su época, Maxwell sintetiza todo el electromagnetismo, Maxwell demostró teóricamente que las cargas aceleradas producen en el espacio un campo eléctrico y magnético que se propaga con la velocidad de la luz sin necesidad de un medio material, es decir aún en el

vacío y la llamó Radiación Electromagnética (EM). Anticipó que la luz es una onda de este tipo.

En 1888 (1857-1894), Hertz verificó experimentalmente todas las predicciones de Maxwell, comprobó que las ondas luminosas cumplían todas las características de las ondas electromagnéticas.

Al final de este siglo, se creía que la naturaleza de la luz ya era conocida completamente pero faltaba dos fenómenos que la teoría electromagnética (EM) de Maxwell no podía explicar: las radiaciones emitidas por los cuerpos calientes y el efecto fotoeléctrico, uno de los cuales veremos posteriormente con detalle en este curso.

En 1878, el inglés Sir William Crookes (1832-1919), experimentando con corrientes eléctricas a través de un tubo al vacío, que lleva su nombre observó la emisión de una luz verdusca en el cátodo, la cual se producía en los tubos a baja presión o sea al "vacío" al ser sometidos a descargas eléctricas.

Crookes propuso denominar a ésta "materia radiante" como "el cuarto estado de la materia" y escribió:

"Al estudiar este cuarto estado de la materia (actualmente conocido como Rayos Catódicos), parece que tenemos a mano y controlamos las pequeñísimas partículas indivisibles que suponemos constituyen la base física del universo. Parece que en ciertas propiedades la materia radiante es tan sólida como esta mesa, mientras que en otras propiedades casi asume el carácter de energía radiante. Estamos en el límite donde la materia y la energía se confunden entre sí. Es el umbral entre lo conocido y lo desconocido que para mí siempre ha tenido tentaciones peculiares. Me arriesgo a pensar que los más grandes problemas científicos del futuro encontrarán la solución en este límite y aún más, me parece que aquí están las últimas realidades ocultas, difícilmente alcanzables, maravillosas".

Estas observaciones permanecieron por algún tiempo sin explicación satisfactoria, el inglés Sir Joseph John Thompson (1856-1940) las atribuye a los efectos de partículas mucho más pequeñas que los átomos de la materia, a los cuales él llamaba "átomos de electricidad".

En 1895 el alemán Wilhelm Konrad Roentgen (1845-1923) experimentando con tubos Crookes identificó radiaciones que salían del tubo diferentes a los rayos catódicos, que era muy penetrante y también producían fluorescencia. A estas radiaciones las bautizó como "Rayos X".

En 1896 el francés Antoine Henry Becquerel (1852-1908) descubrió que radiaciones penetrantes similares a los "Rayos X" de Roentgen eran emitidos espontáneamente por sustancias que contenían uranio. Se clasificaron éstas radiaciones en tres tipos en orden de penetración creciente fueron denominadas: alfa, beta y gamma. Se inició así el estudio de la radioactividad natural y de las radiaciones que ésta produce. El concepto de "Radioactividad" será descrito con detalle en este curso.

En 1897 Sir J.J. Thompson en colaboración con Robert Andrew Millikan (1868-1953), Jean Baptiste Perrin (1870-1942) y otros famosos científicos determinan experimentalmente la carga y la masa del átomo de electricidad, partícula mucho más pequeña que el átomo del cual proviene, dejándolo con carga eléctrica positiva. Es decir prueban experimentalmente que el átomo no es indivisible, sino que tiene una estructura interna compuesta de partículas menores aún que el átomo mismo.

La masa del átomo de electricidad proveniente del átomo de materia determinada por Sir J.J. Thompson resultó ser menor que una milésima del átomo de hidrógeno y la carga medida resultó ser casi exactamente igual a la carga del ión hidrógeno medida en investigaciones por medios químicos.

En 1900, el alemán Paul Drude (1863-1906) sugiere el nombre de "electrón" para el átomo de electricidad. Otros autores atribuyen la idea a George Johnstone Stoney (1891) y actualmente el nombre se le atribuye a Sir J.J. Thompson. Se logra entonces al final del pasado siglo determinar las características principales del electrón, ya desde mucho antes, Michael Faraday (1791-1867) en sus estudios sobre las relaciones entre química y electricidad utilizó el término ión para moléculas con carga eléctrica, anión: ión positivo y catión: ión negativo. Para Faraday y sus contemporáneos ya era conocido el hecho de que los átomos perdían y ganaban carga sin cambio aparente en su masa, pero ésta idea resultaba incompatible con el conveniente concepto de que la electricidad era un fluido que penetra todos los cuerpos.

El escocés James Clerk Maxwell, en su "Tratado sobre electricidad y magnetismo" reconoce que en un electrolito, las moléculas poseen cargas con una cantidad definida de electricidad y admite que esas hipótesis conducen a dificultades muy grandes, éstas dificultades quedaron entonces para ser resueltos a fin de siglo. Como se ha mencionado, Thompson demostró la falsedad de la idea del átomo como partícula indivisible. El nombre "ión" se generalizó a los electrones como ión negativo en el caso más común y los átomos o moléculas podrían ser iones positivos, iones negativos o ser neutros, es decir sin carga.

Siglo XX.

a) Plank-Einstein.

- Con el propósito de explicar la emisión de radiación por cuerpos calientes, en 1900, Plank había propuesto la hipótesis de que la emisión de radiación por los cuerpos calientes se producen por medio de "cuantos" o "paquetes de energía".

En 1905, Einstein tomó la idea de Plank y aún admitiendo que la luz se comporta como una onda, supuso que la energía de la luz se encuentra concentrada en "cuantos" o "fotones", palabra primero usada por Newton, para sus "partículas de luz", y así logró explicar por primera vez con éxito el "efecto fotoeléctrico", es decir la emisión de electrones por un cuerpo cuando le inciden fotones (luz).

Einstein en su teoría sobre el efecto fotoeléctrico muestra que la materia es una forma "condensada" de la energía y por lo tanto los fotones podrían comportarse como partículas materiales aún aceptando que posee características ondulatorias.

En efecto en 1923, Compton, mostró que los choques entre fotones y electrones obedecen a las mismas leyes físicas de choque entre partículas materiales.

Se acepta desde entonces que la luz tiene un doble comportamiento: ondulatorio para los fenómenos de interferencia y corpuscular para los fenómenos de choque o interacción con la materia.

CAPITULO 2

APLICACIONES DE LAS RADIACIONES IONIZANTES EN NUESTRA VIDA DIARIA

M.Sc. Patricia Mora

En nuestra sociedad muchas personas le temen a las radiaciones ionizantes. El recuerdo de las bombas atómicas inevitablemente afloran a nuestras mentes, asociando las radiaciones ionizantes con mutaciones genéticas, cáncer, etc., lo cual no es justo pero explicable porque la mayoría de las personas no tienen un conocimiento básico sobre las mismas. Las informaciones de los medios de comunicación generalmente son fatalistas, todo lo cual produce un miedo creciente hacia las radiaciones ionizantes y poco se conoce de su uso pacífico en prácticamente todos los campos del quehacer humano. Pero, sabe usted que aunque no lo quiera está expuesto a radiaciones naturales. No importa en donde vivamos, la vida en la tierra se ha desarrollado a la par de la radiación natural "de fondo". Esta radiación no es nueva, ni mucho menos inventada por el hombre: proviene de nuestro medio ambiente. En la constante evolución de la humanidad cabe preguntarse si la radiación ha causado mutaciones positivas en la evolución biológica de las especies.

El hombre, gracias al avance científico y tecnológico ha descubierto como producir radiaciones ionizantes. En general estas radiaciones artificiales exponen en menor cantidad a la población que las radiaciones naturales de fondo. El hombre se puede ver expuesto a una cantidad adicional que provendría de la toma de una placa de Rayos X, el trabajo en un planta nuclear, la radiación de pruebas nucleares, un examen de medicina nuclear, etc.

A lo largo de la historia el hombre ha creado muchos productos de polución a los cuales ninguna criatura terrestre estaba acostumbrada. Por ejemplo, los químicos utilizados como preservantes en la comida o como pesticidas, el humo producido del carbón, los productos de la combustión, etc. Este no es el caso de la radiación. Siempre ha estado presente. Lo que estamos haciendo es agregando a la radiación natural de fondo una dosis producida por el ingenio del hombre para su uso pacífico en medicina, biología, genética, veterinaria, etc. Esta es la diferencia vital con otros agentes de polución. Los sistemas biológicos tienen una gran capacidad de adaptación a situaciones nuevas si han sido expuestas a ellas por un largo período de tiempo. El primer encuentro con un agente tóxico puede ser fatal, pero su efecto puede ser disminuido cuando al organismo se adapta y evoluciona. Desde el principio de la vida en la tierra, los organismos han tenido que adaptarse a esta radiación natural, por lo que no hay porque pensar entonces que en pequeñas cantidades sea perjudicial para la salud.

Las radiaciones ionizantes artificiales son cada vez utilizadas con más frecuencia en nuestra sociedad. Sus principales áreas de acción son en la medicina, la industria y la producción de electricidad. Cuando se descubrió las posibilidades

de quemar carbón, lo cual disparó la Revolución Industrial, no hubo ninguna reunión de los miembros de la Academia Nacional de Ciencias sobre los posibles daños causados por el humo. Cuando los pesticidas fueron lanzados al mercado, nadie se sentó a pensar en los efectos que produciría en el hombre y los animales, Ahora tenemos más cuidado y esto es lo que precisamente se hace con las radiaciones ionizantes, estudiar el beneficio contra el riesgo.

LAS RADIACIONES IONIZANTES EN LA MEDICINA.

Dentro de la medicina las radiaciones ionizantes se utilizan en tres áreas distintas:

- a) La radiación se utiliza para diagnosticar enfermedades. Por ejemplo un médico toma una placa radiográfica para ver si algún hueso está roto, para observar el estómago, un dentista toma una imagen de las cavidades de los dientes, etc. Esto se llama: Diagnóstico por Rayos X.
- b) Ciertos materiales radioactivos al ser administrados al cuerpo humano son captados por ciertos órganos como: riñones, corazón, tiroides, cerebro, huesos, etc. Dentro de estos órganos el material radioactivo emitirá radiaciones ionizantes que serán captadas por instrumentos externos. Se podrá así tener una imagen de la forma, tamaño y funcionamiento del órgano para poder ser estudiada y analizada posteriormente. Este procedimiento se conoce como Medicina Nuclear.
- c) Las radiaciones se pueden utilizar para el tratamiento de enfermedades: principalmente cáncer. Esta área se llama: Radioterapia u Oncología Radiológica.

I. RADIODIAGNOSTICO:

Los rayos X fueron descubiertos en 1895 por Wilhelm Conrad Roentgen, quien a pesar de no trabajar en medicina incentivó a otros colaboradores para que utilicen los rayos X en el estudio de enfermedades. A finales del siglo pasado fue contruida la primera máquina portátil de Rayos X, la cual fué llevada por el Ejército Británico a Sudán para localizar balas en los soldados heridos.

Las radiaciones ionizantes pasan a través del cuerpo humano, lo que no sucede con la luz visible. Por lo tanto los Rayos X nos permiten ver en el interior de nuestro cuerpo. Una pequeña experiencia que usted puede realizar es coger una linterna potente y colocarla debajo de su mano en un cuarto oscuro. Con seguridad logrará ver un patrón en donde se muestra vagamente los huesos de su mano y el tejido que los rodea. Bueno, los rayos X nos permite hacer esto pero con una mayor precisión. Los rayos X son absorbidos al pasar por diferentes tipos de estructuras dentro del cuerpo. El tejido blando deja pasar la mayoría de la radiación mientras que los huesos absorben una mayor cantidad. Entonces vamos formando en el espacio un rayo con diferentes densidades según los tejidos por donde haya

pasado. Finalmente estos rayos son registrados en una placa radiográfica que al revelar contiene la imagen de los tejidos por donde pasaron los Rayos X, mostrando la forma y características anatómicas del cuerpo. Como los huesos absorben más cantidad en la placa aparecerán como sombras blancas, los tejidos blandos como sombras negras. Para un radiólogo entrenado le es muy fácil distinguir entre estas "sombras" los diferentes componentes del cuerpo, es como ver fotografías en blanco y negro, acostumbrando al ojo al análisis de los diferentes tonos.

Los Rayos X son muy útiles para diagnosticar un hueso roto, que se encuentre oculto en una gran "hinchazón" y dolor. La localización de cuerpos externos es muy fácil, y así permite su fácil extracción al cirujano. La presencia de "piedras" en el riñón, un tumor en el útero y muchos otros más son fáciles de diagnosticar por medio de los Rayos X.

II. MEDICINA NUCLEAR:

En medicina nuclear al paciente se le da una pequeña cantidad de material radioactivo, que emite radiaciones ionizantes que escapan del cuerpo. Utilizando los equipos de detección correctos podemos recopilar información sobre donde está localizado el material, en que cantidad y como es su patrón de distribución en el órgano. La cantidad de material radioactivo que se suministra al paciente es muy pequeña y por lo tanto las dosis recibidas por el órgano estudiado o bien todo el cuerpo son insignificantes. El beneficio que se obtiene de una prueba como esta es superior a cualquier riesgo asociado.

Una de las aplicaciones en Medicina Nuclear más fáciles de comprender es el estudio de la glándula tiroides. La tiroides se encuentra en la parte delantera del cuello y es muy pequeña, pero produce una hormona muy importante para el cuerpo. Si una persona tiene una glándula tiroides que trabaja mucho presentará los siguientes síntomas: nerviosismo, excitación psíquica, alta actividad física y será muy delgado. Por el contrario si la glándula trabaja muy poco el individuo estará cansado, depresivo y con problemas de sobrepeso. . A través de la Medicina Nuclear podremos estudiar el funcionamiento de esta glándula. Para la producción normal de estas hormonas se necesita un elemento llamado yodo. El hombre ha sido capaz de producir artificialmente un isótopo del yodo el cual es radiactivo. Se procede a que el paciente ingiera un poco de este yodo radiactivo que se encuentra mezclado con yodo natural. Poco a poco la glándula tiroides va almacenando este yodo y después de 24 horas tendrá su almacenamiento máximo. Se coloca cerca del cuello del paciente un detector capaz de medir las radiaciones que emanan del órgano. Si encontramos una gran cantidad de yodo radiactivo en él implicaría que la glándula está trabajando más de la cuenta. Si por el contrario, casi no se detecta radiación, lo estaría haciendo por debajo de su capacidad. En el primer caso podría indicar hiperfunción, que se traduciría en una enfermedad llamada hipertiroidismo, por el contrario, en el segundo caso estaría indicando una hipofunción, en una enfermedad muy delicada, llamada hipotiroidismo. Además, las radiaciones registradas en una placa fotográfica permitirá obtener una imagen de la glándula. Se logra así obtener un diagnóstico por métodos que no fueron dolorosos, de bajo costo y sin consecuencias para el paciente.

III. RADIOTERAPIA.

Las tres maneras de tratar un cancer son: radioterapia, cirugía o quimioterapia. Las dos primeras se utilizan para tratar cánceres localizados, mientras que quimioterapia se utiliza para enfermedades diseminadas en todo el cuerpo.

La radioterapia se basa en la capacidad física de las radiaciones ionizantes de destruir células, las que pierden su capacidad para dividirse y proliferar. Un cáncer se desarrolla por el tremendo crecimiento incontrolable de células cancerígenas, si la radiación frena este crecimiento, es una excelente forma de curación. Las radiaciones ionizantes no hacen distinción entre las células normales y las cancerígenas, ambas morirán, de aquí la extraordinaria importancia de dirigir correctamente el haz de radiación hacia donde se encuentra el tumor. Además la dosis total de radiación se debe fraccionar pues se encontró en estudios especializados que las células normales se regeneran más cuando reciben dosis controladas y repetidas (fraccionadas). La aplicación de toda la radiación en una sola vez produce más muerte celular.

Las radiaciones ionizantes que son aplicadas a los pacientes provienen generalmente de un tubo de Rayos X (con energías superiores a las de diagnóstico) o bien de máquinas de cobalto-60 que emiten radiaciones ionizantes. En ambos casos el haz de radiación es colimado y enfocado a la parte del cuerpo que se quiere tratar. Debe quedar claro que la radiación entra por la piel y se dirige al órgano de interés.

Otra manera de tratar un cancer es introduciendo una fuente radioactiva en el tejido afectado. Esto es muy practicado en las diferentes cavidades del cuerpo. Por ejemplo, para tratar un cáncer el útero se implantará en él agujas que contienen un material radioactivo. Esta técnica se conoce como braquiterapia.

LAS RADIACIONES IONIZANTES EN LA INDUSTRIA

Las radiaciones ionizantes tienen gran importancia en el área industrial. Muchos procesos antes muy difíciles de realizar, ahora se pueden utilizar empleando técnicas nucleares.

Contrario al pequeño riesgo que tiene la población debido al uso de radiaciones en medicina y en la producción eléctrica, los procesos industriales que involucren material radioactivo no producen ningún riesgo para la población en general. Claro que los trabajadores: científicos, ingenieros y operarios sí están expuestos a pequeñas cantidades de radiación.

Explicaremos a continuación algunos otros usos pacíficos de las radiaciones ionizantes que son útiles y beneficiosos para la sociedad.

I. ESTERILIZACION POR RADIACION.

Grandes dosis de radiación matan bacterias, esta nueva forma de esterilización es empleada en gran escala en instrumentos médicos que no pueden ser esterilizados por los procesos convencionales (calor y vapor). Al haber sido introducido al mercado las jeringas desechables y muchos otros instrumentos, se ha revolucionado la enfermería. No más métodos de limpieza complicados y con el beneficio de la reducción de infecciones accidentales.

La esterilización en alimentos también está tomando mucho auge. Tiene las siguientes ventajas: no hay que calentar la comida, se puede irradiar en los envases finales y no deja ningún residuo químico en el alimento. Las tres principales aplicaciones en alimentos son:

- a) El tiempo de almacenaje de productos tales como las papas y las cebollas puede ser grandemente alargado si se previene su brote de germen. Las radiaciones ionizantes en altas dosis matarán a estas células que pronto crecerían en el alimento.
- b) Los cereales, la harina y las frutas secas son fácilmente infestadas por los insectos. La muerte o por lo menos la esterilización sexual de los insectos previenen su multiplicación.
- c) La carne, el pescado, el pollo pueden ser almacenados indefinidamente sin refrigeración si el moho bacteriano y los hongos son esterilizados. Pues los alimentos son herméticamente sellados antes del proceso.

Estos tipos de esterilización son realizados por irradiación con materiales radiactivos. El alimento nunca se volverá radioactivo y por lo tanto no presenta ningún problema de contaminación. El único inconveniente es que muchas veces el proceso varía un poco el sabor del alimento.

II. CRUZAMIENTO GENETICO DE LAS PLANTAS

Las radiaciones ionizantes han sido utilizadas deliberadamente para inducir mutaciones genéticas en ciertos alimentos. Específicamente los cereales. Cuando se irradian las semillas solo un pequeño número genera mutaciones, y la mayoría de estas mutaciones no son útiles. Pero si irradiamos muchas semillas ocasionalmente producimos un nuevo tipo que tiene características superiores (ejemplo mayor producción, mayor contenido de proteínas). Esta es una área muy importante para países que basan toda su economía en la producción de granos.

III. CONTROL DE INSECTOS

En la mayoría de nuestros alimentos nos vemos forzados a utilizar pesticidas para combatir las plagas de insectos. La gran desventaja a parte de los residuos químicos en los alimentos es que también matamos a pequeños mamíferos y pájaros. Hoy en día existe otro método para combatir este problema. Capturamos un número de estos insectos y los cruzamos hasta tener una buena cantidad,

después los irradiamos con rayos gamma y finalmente se sueltan para que se mezclen con la población "salvaje". El apareamiento entre los insectos irradiados y los no irradiados no producen cría, y esto lleva a que finalmente la población disminuya y se elimine. Vemos la ventaja de que ningún otro animal sale perjudicado. No obstante antes de iniciar el proceso se reduce la población salvaje con pesticidas, para así después lograr reducir a casi cero el número de insectos, si periódicamente agregamos más insectos irradiados. Esta técnica se ha utilizado con mucho éxito en la Mosca del Mediterráneo.

IV. ANALISIS POR ACTIVACION

Cuando algunos materiales son bombardeados por neutrones (partículas atómicas con carga neutra) los átomos se vuelven radioactivos y emiten radiaciones ionizantes que son características y únicas del elemento irradiado. Estudiaremos en detalle más adelante la composición de la materia, pero por ahora solo es necesario comprender que al bombardear algunos materiales, las radiaciones que emanan de él nos ayudan a identificarlo.

LAS RADIACIONES IONIZANTES EN LA ENERGIA ELECTRICA

Conforme el proceso de industrialización ha venido aumentando, la demanda energética de la humanidad para sus necesidades de vida y subsistencia crece día a día.

La gran mayoría de energía disponible en la tierra proviene del sol, ésta hace posible muchos procesos vitales para nuestra vida. Pero el hombre ha sabido como utilizar otros recursos que la tierra nos ofrece, a saber, el petróleo, el carbón, el gas natural, etc. La minería del carbón y su utilización marcaron el paso en la Revolución Industrial. El mundo entero ha extraído grandes cantidades de carbón y se cree que ésta será una fuente de energía que está lejos de acabarse. Por el contrario, las reservas de petróleo parecen se agotaran a principios del próximo siglo. La mayoría del petróleo se encuentra en el Medio Oriente, con una producción promedio de 200000 barriles por día. Los principales consumidores de petróleo no son los que poseen esta riqueza mineral, lo que crea una tremenda dependencia económica en el país consumidor. Además todos los combustibles provenientes de fósiles llegarán a su fin tarde o temprano.

Ante esta situación, la obtención de electricidad de la luz solar es una solución pero el problema que tiene es que la luz solar es intermitente dependiendo del grado de nubosidad existente, también se necesita tener un gran número de recolectores que abarquen una gran área para poder hablar de cantidades de energía satisfactorias, con un tremendo costo monetario. El fuerte atractivo que tiene el método, es que no produce ningún tipo de polución para el medio ambiente y que aprovecharía grandes áreas desoladas que hasta el momento no tienen utilidad alguna.

Por otra parte, la obtención de corriente eléctrica por medio de fuentes hidroeléctricas es la alternativa para países que cuentan con una gran cantidad de aguas en sus ríos. Se ha estimado que si todas las reservas fluviales fueran aprovecha-

das, esta sería capaz de proveer la electricidad necesaria para el consumo energético del mundo actual. También se están realizando estudios para aprovechar las mareas marítimas en la producción de electricidad.

Otra alternativa son las fuentes geotérmicas donde se produce vapor de agua, en o cerca de la superficie terrestre. Pero esta forma de obtener energía eléctrica no sería por sí sola capaz de mantener los requisitos establecidos de la humanidad.

La energía contenida en el átomo es seguramente la fuente más grande de que disponga la humanidad. El descubrimiento de que del interior del átomo es posible "sacar" cantidades ilimitadas de energía ha revolucionado el campo de la energética. De hecho, cuando la energía se sacó en forma irracional para fines de guerra el hombre produjo una bomba atómica. Aunque está aprendiendo todavía a dominar estas fuerzas y ya en esta década del 90 en forma universal las grandes potencias están formalizando acuerdos para no utilizar la energía atómica con fines de guerra. En forma pacífica la utilización de la energía atómica contenida en el núcleo parece ser una de las mejores alternativas para continuar produciendo la energía indispensable para mantener la energía en la tierra. La física nuclear moderna debe su auge a la utilización de la energía nuclear y al conocimiento interno de los átomos con aplicaciones en todos los campos del quehacer humano. Pero como se produce esta energía? Si un núcleo de un átomo de uranio se divide en dos, se libera una gran cantidad de calor. Este proceso se conoce como fisión nuclear. Uno de los isótopos del uranio, el uranio -235 es capaz de fisionarse cuando un neutrón lento choca con su núcleo. Al ocurrir la fisión, la enorme cantidad de energía que se necesita para mantener el núcleo unido es liberada en forma de calor. Después de la fisión, siempre quedan algunos neutrones que son capaces de comenzar otra reacción, produciendo por lo tanto una reacción en cadena.

En una planta eléctrica convencional, se quema carbón o gas natural y el calor genera vapor de agua. El vapor mueve una gran turbina que finalmente produce electricidad. En un tipo de planta como esta se requieren más de 400 toneladas de carbón por hora, pero en una planta nuclear, el uranio -235 libera calor al ser divididos sus átomos, creando así energía eléctrica.

Los reactores nucleares tienen dos usos principales. Los lugares donde se genera energía eléctrica provenientes de la fisión nuclear se conocen como reactores nucleares.

- a) Reactores de investigación: de ellos se utilizan el gran número de neutrones producidos en la fisión. Estos neutrones son utilizados para realizar experimentos o bien para bombardear blancos y producir radioisótopos para el área médica. En este reactor todo el calor no es aprovechado y hay que disiparlo utilizando algún sistema de enfriamiento.
- b) Reactores de potencia: son aquellos que se utilizan para la producción de electricidad

El tema de los reactores nucleares crea muchas veces pánico en la sociedad. Es cierto que en el proceso de fisión se producen materiales radioactivos que son peligrosos pero, a la vez fáciles de manejar con un buen programa de protección

radiológica. El número de accidentes y el número de muertes en reactores es muy inferior al de cualquier otro tipo de industria. Los procedimientos de seguridad en un reactor se pueden decir que son los más estrictos actualmente, cosa que sería beneficiosa en otras industrias, como las químicas.

A los usos pacíficos de las radiaciones ionizantes no debemos tenerles miedo ni reservas. Son una manera segura que tiene el hombre de explotar más la naturaleza para bienestar común de toda la humanidad. Estudiaremos más adelante cuales son las interacciones de la radiación con el material biológico y se verá que a las cantidades que nos veremos expuestos debido a estos usos pacíficos de las radiaciones, no debemos sentir ningún peligro. Es mayor el beneficio que obtenemos de sus aplicaciones que el riesgo que ellas nos pueden causar. Además, el hombre se ve todos los días expuesto a riesgos de nuestra vida cotidiana de los cuales ni siquiera nos sentamos a pensar sus consecuencias.

CAPITULO 3

ESTRUCTURA DE LA MATERIA

M.Sc. Patricia Mora

Las radiaciones ionizantes se originan en una pequeña estructura llamada el átomo. El átomo es la masa que conforma la materia. Toda la materia que existe, minerales, vegetales, seres vivos, etc. está compuesta por millones de átomos. Dentro del átomo se originan radiaciones tales como la luz, las radiaciones ionizantes, etc. Por lo tanto no podemos comenzar a estudiar todo lo relacionado con las radiaciones sin antes conocer un poco sobre la estructura de la materia.

La humanidad siempre se ha cuestionado el mundo en el cual vive. Los Griegos hace mucho años, dividieron la materia en cuatro elementos. Estos eran: el aire, la tierra, el fuego y el agua. Luego se pensó que la materia tenía que estar formada por unidades indivisibles, a las que llamaron átomos. Estos átomos se creía que no estaban compuestos de ninguna otra partícula en su interior se les consideraba las unidades básicas de la materia.

Existen varios millones de millones de átomos en una pequeña gota de agua. Para darnos una idea del tamaño del átomo cojamos un centímetro y dividámoslo en 100 millones de partes, una de estas partes es el tamaño del átomo. Esto es increíble; Debido a este tamaño tan pequeño y como no podemos literalmente "ver" lo que se encuentra en él, se pensó que no contenía nada en su interior. Tuvieron que pasar muchos siglos para que se pudieran pensar y realizar experimentos que nos permitirían entrar en el mundo atómico. Veamos como ocurrió esto.

Centremos nuestra atención por un momento en un experimento que seguramente usted ya ha realizado. Tomemos un peine o una regla de plástico y frotémoslo en nuestro cabello (este experimento requiere de un ambiente seco, no húmedo). Usted podrá ahora levantar pequeños pedacitos de papel. Este experimento fue realizado por los Griegos 600 años A.C., descubriendo así lo que conocemos como electricidad estática (sin movimiento). Se descubrió que podríamos atraer ciertos objetos, pero no fue hasta el siglo diecisiete que se conoció que también se podía repeler objetos cargados. Después de la fricción del cabello con el peine uno de los objetos queda cargado positivamente y otro negativamente. Si acercamos una carga positiva a una negativa se atraerán; si por el contrario acercamos dos cargas del mismo signo (positiva con positiva o negativa con negativa) ellas tendrán a alejarse o repelerse.

La electricidad que viaja a través de alambres fue descubierta al final del siglo dieciocho. Inmediatamente se empezaron a realizar muchos experimentos con esta corriente eléctrica. Hay uno que en particular nos interesa mucho: pasar una corriente eléctrica a través de un tubo cerrado que contenga un gas a baja presión. La parte negativa de un generador eléctrico se conectaba en un extremo del tubo, la parte positiva al otro extremo. Cuando se pasa una corriente por el gas un destello verde aparece en la placa negativa (cátodo).

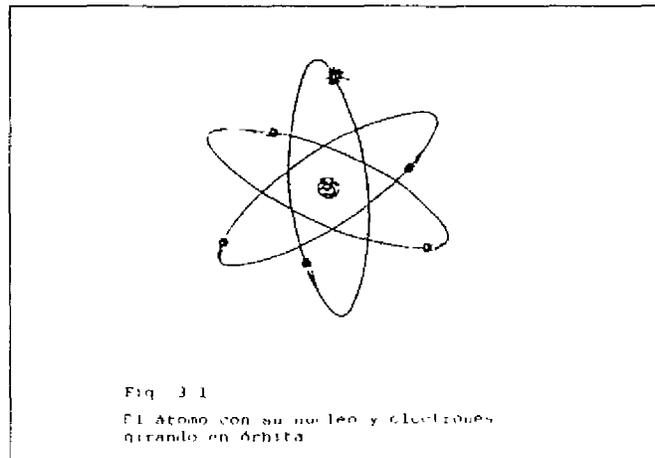
De este experimento se inventaron muchos aparatos que usted utiliza en su vida cotidiana: la televisión, las luces fluorescentes, los tubos de rayos x etc. Siguiendo con las investigaciones se concluyó que el destello era producido por un haz de partículas cargadas. Pero, de donde provenían? Las partículas provenían de los átomos o moléculas del gas del tubo. También se descubrió que tenían carga negativa y se les llamó electrones. El electrón es la una partícula subatómica y la estudiaremos en detalle más adelante.

Se pudo entonces concluir con base a experimentos científicos que los átomos tienen pequeñas partículas negativas. No podemos ver dentro del átomo, pero con la ayuda de ingeniosos experimentos los científicos nos dan una idea de cómo éste está constituido. Así poco a poco, la teoría sobre la estructura de la materia ha sido desarrollada. Constantemente debido a avances tecnológicos nuestra concepción del interior del átomo cambia, pero una idea general de esta estructura es la que procederemos a estudiar brevemente.

EL ATOMO

Para comprender la estructura y composición del átomo sería necesario recurrir a matemáticas muy avanzadas, pero como nuestro objetivo es entender la producción de la radiación, el principio de la formación de una imagen de rayos X, los fundamentos de reactores nucleares o bien la protección radiológica de las radiaciones ionizantes podemos utilizar un modelo simplificado del átomo y su núcleo.

El átomo semeja al Sistema Solar en miniatura. En el centro del átomo se encuentra el núcleo y los electrones pueden pensarse que giran alrededor del núcleo, así como los planetas giran alrededor del sol. Fig. 3.1. El núcleo tiene dos partículas subatómicas: los protones y los neutrones. La mayor parte de la masa se encuentra en el núcleo, el resto del átomo exceptuando los electrones es espacio vacío. Una analogía para ilustrar lo anterior sería que si lográramos hacer que un átomo tome el tamaño de una habitación, el núcleo ocuparía el espacio de la cabeza de un alfiler colocado en el centro de la habitación y los electrones serían tan pequeños que aún no se podrían ver.



EL ELECTRON

El electrón es una partícula muy liviana, con carga negativa que gira alrededor del núcleo en lo que se conoce como nube electrónica, cuando el electrón sale del núcleo se le conoce como partícula Beta o negatrón, con los siguientes símbolos: e^- , β^- . El átomo generalmente como un todo es neutro, esto quiere decir que tiene el mismo número de electrones que de protones. Los dos sienten fuerzas atractivas que hacen que los electrones permanezcan en órbitas alrededor del núcleo que constituye la nube electrónica.

EL NUCLEO

Si bombardeamos el núcleo con partículas muy energéticas, nos damos cuenta que éste tiene dos partículas fundamentales: el protón y el neutrón. Un nombre común para cualquiera de ellas es el nucleón.

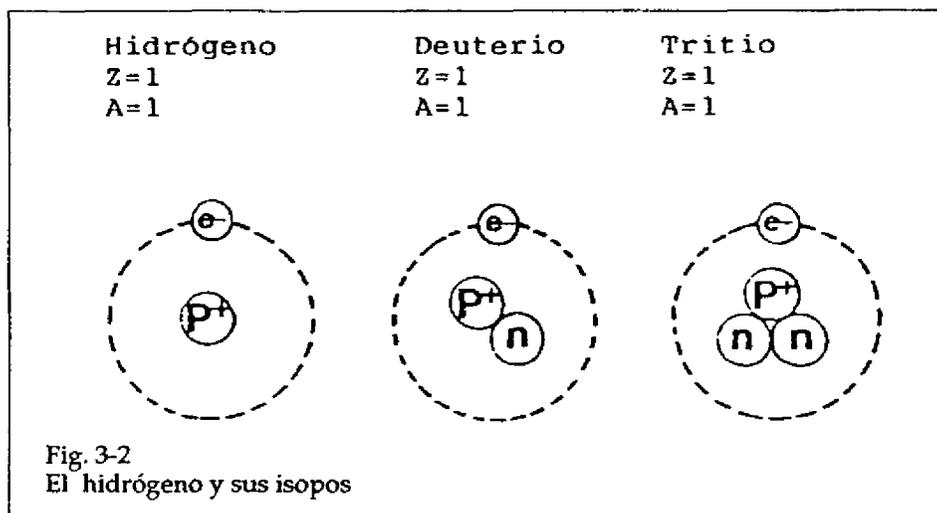
Los protones (p) poseen una carga positiva, de igual magnitud pero signo contrario a la carga de los electrones. Los neutrones (n) no tienen carga, son neutrones como su nombre lo indica y esto hace difícil su detección. Tanto los protones como los neutrones tienen aproximadamente 2000 veces más masa que los electrones.

El número total de nucleones (protones más neutrones) en el núcleo se llama el número de masa (A). El Hidrógeno tiene un solo protón en su núcleo, por lo tanto $A = 1$

Cuántos protones tenga el núcleo es el parámetro que distingue un átomo de otro. Cada núcleo con diferente número atómico (número de protones en el núcleo, Z) se comportará totalmente diferente a los otros átomos. Puede darse el caso de que varios núcleos tengan el mismo número de protones pero diferente número de neutrones. Estos átomos se llaman isótopos. Estos isótopos son el mismo elemento puesto que tienen el mismo número de protones pero al tener diferente número de neutrones, el núcleo adquiere propiedades físicas diferentes, por ejemplo el tipo de energía que emiten. Esta energía que algunos isótopos emiten en forma de radiaciones ionizantes, los identificará como radioisótopos.

LOS ELEMENTOS:

El hidrógeno es el átomo más sencillo, se compone de un electrón girando alrededor de un protón. El hidrógeno tiene dos isótopos: el deuterio y el tritio. El deuterio tiene un protón y un neutrón en el núcleo, y un electrón en su órbita. El tritio tiene un protón y dos neutrones en el núcleo y un electrón en su órbita.
Fig. 3.2.



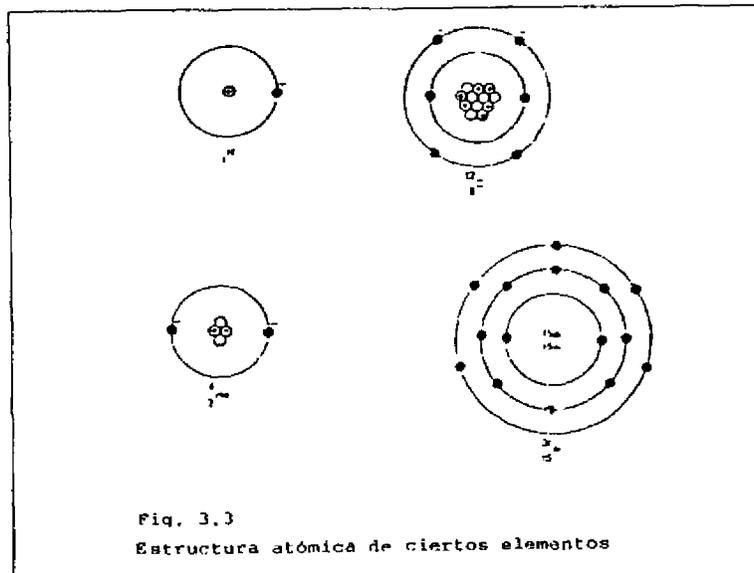
El siguiente átomo tiene dos protones y se llama Helio. También tiene en su núcleo 2 neutrones y en la nube electrónica 2 electrones.

Los dos electrones del helio ocupan la primera órbita. En cada órbita solo puede haber un número máximo de electrones. Si una órbita está llena, el próximo electrón tiene que colocarse en la siguiente órbita.

El número máximo de electrones en cada órbita de acuerdo a las leyes físicas, es el siguiente (para las primeras 4 órbitas):

Órbita	Número de Electrones
1	2
2	6
3	8
4	18

Litio es el elemento siguiente, tiene tres protones y 3 neutrones en el núcleo, y tres electrones en las capas orbitales. Como se puede ver en la Fig.3.3 la primera capa electrónica ya está llena y se procede a ir llenando la siguiente. De esta manera se puede continuar con todos los elementos de la Tabla Periódica.



Cada órbita tiene un nivel de energía asociado a ella. El primer nivel de energía es la órbita más cercana al núcleo, la siguiente órbita tiene el segundo nivel de energía y así sucesivamente. Un electrón puede brincar a otro nivel de energía Fig. 3.4. Este electrón puede regresar a su nivel base de dos maneras: un brinco directo o uno escalonado (como se muestra en la figura).

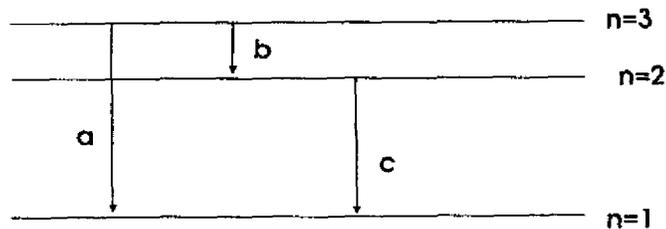


Fig. 3.4
Niveles Energéticos

La energía que tiene cada electrón en su órbita se llama energía de ligadura. La capa más cercana al núcleo tendrá la energía de ligadura más alta. Es decir que costará más arrancar un electrón de esta capa pues siente toda la fuerza de atracción del núcleo. Para arrancar un electrón de su órbita debemos proporcionarle una cantidad de energía mayor que su energía de ligadura. Esta energía puede ser en forma de calor, campos electromagnéticos, interacción con partículas cargadas, impactos mecánicos con partículas energéticas, etc. Si la energía que entregamos arranca el electrón del átomo, el átomo queda ionizado. Al ionizar un átomo lo que hacemos es arrancarle totalmente un electrón. El átomo ionizado queda cargado positivamente, porque una carga negativa (el electrón) le fue arrancado. El proceso de ionización produce lo que se conoce como un par iónico: el átomo positivo y el electrón negativo. Es en un principio fácil cuantificar el

grado de ionización porque podemos atraer mediante fuerzas eléctricas a la parte positiva o bien la negativa y contarlas. Aquellas radiaciones capaces de ionizar la materia se llaman radiaciones ionizantes.

Las radiaciones ionizantes son radiaciones capaces de ionizar la materia. Si por el contrario solo logramos subir al electrón a un nivel superior, habremos excitado el átomo.

Debido a la manera en que la naturaleza dispone de las cosas, las capas electrónicas se llenan de adentro hacia afuera. Si existieran capas intermedias vacías serían llenadas instantáneamente. Entre más abajo se encuentre el electrón su energía será más estable. Un átomo excitado es aquel que por condiciones externas tiene sus electrones en capas superiores sin seguir el orden de llenado.

Cuando el átomo se encuentra excitado, tiene más energía y por lo tanto trata de volver a su nivel estable, de menos energía. Esto se logra con el brinco de electrones hacia capas internas. En este brinco se libera energía que corresponde a la diferencia de energías entre las dos capas. Dicho de otra manera la energía que está sobrando es emitida del átomo. Es esta energía uno de los tipos de radiaciones ionizantes que estudiaremos más adelante.

NIVELES DE ENERGIA NUCLEAR

Dentro del núcleo los protones y neutrones se ubican en niveles energéticos como ocurre en la nube electrónica. Aquí también pueden ocurrir brincos entre niveles. Para que un nucleón pase de un nivel inferior a uno superior hay que darle la energía necesaria al nucleón. Si por el contrario el nucleón cae a una capa con menos energía, el núcleo emitirá radiaciones ionizantes. Estas radiaciones provenientes de la capa electrónica y del núcleo serán estudiadas en más detalle a continuación.

CAPITULO IV.

EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO.

M.Sc. Hugo Marengo.

Practicamente todos hemos oído hablar del "Espectro Electromagnético" y por lo general la gente se queda con una idea incompleta y confusa al respecto. El objetivo de esta primera parte es superar esta barrera y llegar a visualizar y comprender el espectro electromagnético.

Una forma muy acertada, y además interesante de enfocar el asunto es analizar con cuidado uno de los fenómenos más asombrosos de la naturaleza: la luz. Por ejemplo: La luz hace que las plantas verdes inician la producción de alimentos.

La luz estimula nuestros ojos, los cuales envían mensajes al cerebro, lo cual nos permite ver. La luz calienta la tierra y el agua en el planeta y lo hace habitable.

Estas observaciones anteriores nos muestran claramente que la luz produce trabajo, luego debe ser una forma de energía. Algunas de las formas de la energía más comunes son la energía luminosa, la energía calórica, la energía sonora, la energía eléctrica, la energía mecánica, la energía nuclear y otras. La energía puede cambiar de una forma a otra, por ejemplo la eléctrica puede transformarse a calórica o a luminosa y viceversa. La energía química puede cambiarse en energía luminosa y calórica. La energía nuclear puede transformarse en calor que pueda hacer hervir el agua por ejemplo.

LA NATURALEZA DE LA LUZ

Los científicos a menudo inventan "modelos" que son descripciones aproximadas de fenómenos que no entendemos en forma directa. La estructura del átomo ha sido descrita en forma de modelos: la idea de la estructura atómica es muy diferente hoy de como era hace cincuenta años o, con más razón aún 100 años atrás y aún actualmente las ideas actuales están en proceso de cambio para explicar cada vez más detalles.

Modelos para la energía luminosa han sido inventados. La luz es necesaria para ver, pero si intentamos estudiarla, ¿Cómo haríamos para ver la luz misma?

Para llegar a conocer la estructura de la luz debemos estudiar su comportamiento y diseñar un modelo para la energía luminosa.

Una de las teorías antiguas sobre la naturaleza de la luz nos la legaron los Griegos, ellos sugirieron que la luz son pequeñas partículas que se mueven a grandes velocidades. Sir Isaac Newton (1642-1727), matemático, físico y filósofo inglés, aceptó esta teoría griega, a la cual le llamó "Teoría corpuscular de la luz" y llevó a cabo varios experimentos con la luz.

En 1675 el Científico Holandés contemporáneo de Newton, Christian Huygens (1629-1695) intentó describir la energía luminosa como vibraciones, a este modelo se le llamó "Teoría ondulatoria de la Luz". Esta Teoría establece que la luz viaja en forma de ondas, como las que se producen al tirar un objeto en un estanque de agua, que viajan en todas direcciones de la superficie de agua, solo que la luz viaja desde la fuente en todas las direcciones del espacio en tres dimensiones (tridimensional).

-Es la luz compuesta de partículas o de ondas?

-Será posible que sea compuesta de partículas que viajan como ondas?

Los científicos estudian estas teorías, las someten a pruebas y consideran nuevas hipótesis.

Cómo viaja la luz?

Si hemos observado la luz de un foco podemos afirmar que la luz viaja en línea recta hasta donde algún objeto se interpone y proyecta su sombra, que puede observarse sobre una pantalla.

Será posible explicar las sombras usando la teoría corpuscular de la luz, o la teoría ondulatoria de la luz o ambas?

La sombra es una área en la pantalla que es más oscura que el resto de la misma, entonces el objeto interpuesto al haz de luz detiene ya sea las partículas o las ondas que viajan en línea recta hacia la pantalla.

Cómo se refleja la luz?

Ciertas superficies nos permiten ver nuestra imagen reflejada: láminas brillantes, vidrios, espejos y superficies del agua en calma son algunos ejemplos de superficies que reflejan la luz, la cual rebota en estas superficies, pero la luz también rebota en el tapete de la mesa, el piso, la pared, el libro pero en estos casos no vemos nuestra imagen reflejada en ellos. Por qué? - la respuesta está en la clase de superficie, las superficies lisas refleja casi toda la luz que le llega en la misma forma en que le llega pero en otro sentido y dirección. Cuando haces de luz paralelos inciden en estas superficies lisas, rebotan también en forma paralela, tal como rebotan dos bolas que llegan simultáneamente a la pared en la misma dirección. Este tipo de reflexión produce imágenes claras y se llaman "reflexión regular o normal".

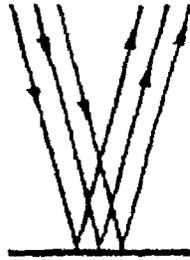
Si la superficie donde la luz incide es rugosa, es decir no es suficientemente lisa, como el caso de la pared, el piso, etc cada rayo de luz rebota en diferentes direcciones y este tipo de reflexión se conoce como "reflexión difusa". En este caso vemos el objeto pero no su imagen.

Cómo explicar la reflexión a partir de las teorías corpuscular y ondulatoria?

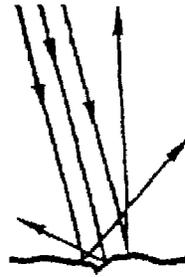
La teoría corpuscular explica la reflexión como pequeñas bolas que rebotan en las superficies.

La teoría ondulatoria la explica como ondas que rebotan en la pared, por ejemplo como las ondas en la piscina en calma que llegan al borde y se reflejan como en la figura 4.1.

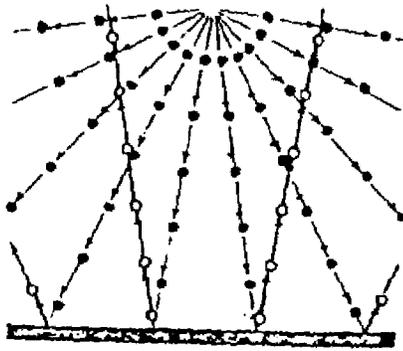
Existen otros fenómenos, además de la producción de sombras y la reflexión que las teorías ondulatoria y corpuscular deben explicar tales como la "refracción",



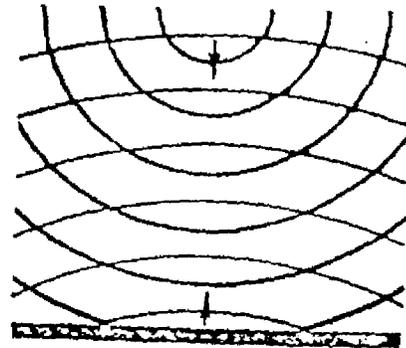
Reflexión normal



Reflexión difusa



Reflexión según teoría corpuscular



Reflexión según teoría ondulatoria

Figura 4.1

que es el cambio de dirección que sufre la luz al pasar de un medio a otro, un ejemplo de refracción se puede apreciar si introducimos un lápiz en un vaso de agua, si lo observamos lateralmente el lápiz parece quebrarse donde penetra el agua. Otro ejemplo es la difracción que es la dispersión de un haz de luz al pasar por un agujero pequeño a un cuarto oscuro. En tal caso, en una pantalla se observa un punto brillante rodeado de zonas menos brillantes, donde también llega luz, o sea que parte de la luz cambia de dirección al pasar por el pequeño agujero.

El efecto fotoeléctrico es otro fenómeno que debe ser explicado por ambas teorías: cuando los rayos luminosos llegan a un medidor de luz, en este se genera una pequeña corriente eléctrica, este efecto se conoce como "fotoeléctrico".

Cual es la mejor explicación sobre la naturaleza de la luz?

Aparentemente no tenemos una teoría única que explique todos los fenómenos luminosos, algunos tal como el efecto fotoeléctrico se explica mejor por medio de la teoría corpuscular, otro tal como la refracción se explica mejor por medio de la teoría ondulatoria. También otros como la reflexión se explica igualmente con ambas teorías y en efecto, actualmente se estima que la naturaleza de la luz necesita de ambas teorías.

FOTONES

Hoy se considera que la luz está compuesta por "paquetes de energía" que viajan como ondas, es decir se combinan las dos teorías a pesar de ser aparentemente contradictorias. El fotón es entonces una "partícula" que posee también las características de onda para ciertas características de la energía luminosa.

OTRAS PROPIEDADES DE LA LUZ.

Cuando algo se quema o está muy caliente emite energía radiante. La luz visible es una forma de energía radiante, existen otras formas de energía radiante que no son visibles como veremos más adelante.

La fuente de energía radiante más importante para nosotros en este planeta es el sol, que está aproximadamente a 150 millones de Kilómetros de la tierra. La Tierra "recoge" una pequeña fracción de la energía radiante del sol.

LA VELOCIDAD DE LA LUZ.

Cuando vamos a un "turno" o feria escuchamos las bombetas, la bombeta al explotar irradia energía sonora, que es básicamente diferente de la energía luminosa. Algunas personas logran observar la explosión en el cielo y en tal caso es notable que la explosión se ve antes de que el sonido sea detectado por nuestros oídos.

En realidad, el sonido también posee características ondulatorias pero, se insiste, es intrínsecamente diferente a la luz, viaja aproximadamente a 340 metros en un segundo en el aire al nivel del mar mientras que la luz, en el mismo intervalo de tiempo viaja una distancia de 300 millones de metros.

Para visualizar comparativamente, la circunferencia de la tierra sobre el Ecuador es de unos 40 millones de metros, entonces mientras las ondas sonoras viajan

340 m, la luz daría siete vueltas y media al planeta sobre el ecuador.

Será verdad entonces, que las cosas suceden en el momento en que las vemos?

La luz de algunos objetos distantes tarda cierto tiempo en llegar a nosotros. Las distancias en el espacio celeste son tan grandes que intentar medirlas en kilómetros hace necesario el uso de números con muchas cifras. Por ejemplo la distancia del sol a la estrella polar es aproximadamente de 4.300.000.000.000.000. Km, o en palabras unos 4.3 miles de millones de millones de kilómetros.

Los científicos miden estas distancias en "años luz". Un año luz es la distancia que recorre la luz en el espacio vacío en un año, o sea $300.000 \text{ Km/s} \times 60 \text{ s/min} \times 60 \text{ min/hora} \times 24 \text{ h/día} \times 365.25 \text{ día/año}$, o sea, aproximadamente 9.3 millones de millones de kilómetros en un año. Como comparación, la tierra está aproximadamente a unos 8 minutos luz del sol, o sea la luz tarda unos 8 minutos en llegar del sol a la tierra. Entonces y para finalizar, podemos decir que la estrella polar está a unos 460 años luz de nosotros, lo que significa que la luz que ahora vemos de la estrella polar ahora salió de ella hace 460 años. La estrella polar que vemos ahora es la del año 1530, unos 38 años después del descubrimiento de América por Cristóbal Colón. Viendo el asunto desde otro punto de vista, si la estrella polar se apagase hoy, en la Tierra lo notarían los que vivan en el año 2450. (Siglo 25).

EL COLOR.

Sir Isaac Newton, quien ya se mencionó anteriormente, en uno de sus experimentos dentro de un cuarto oscuro pasó un haz de luz solar a través de un agujero por un prisma y observó una banda de colores como los del arco iris en una pantalla blanca. También observó que si ponía otro prisma igual recogiendo los colores del arco iris, el resultado era luz blanca de nuevo.

Newton concluyó que la luz del sol estaba compuesta de siete colores a saber: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo y violeta. Este conjunto de colores, en ese orden se le llama en física "espectro visible"

Newton proyectó su espectro sobre pantallas de diferentes colores, cuando el espectro se proyectó sobre una pantalla verde, solo la parte verde se podía ver y lo mismo sucedió con los demás colores es decir, cuando el espectro se proyectó sobre una pantalla roja, solo el color rojo se podía ver. Si Ud. fuera Sir Isaac Newton, cómo usaría este hecho para explicar el color de los objetos que vé?

ENERGIA RADIANTE NO VISIBLE.

La parte visible del espectro de energía radiante o espectro visible es solo una pequeña porción del espectro total de energía radiante. Los tipos de radiaciones invisibles incluyen ondas de radio, rayos X, rayos gamma, y los dos tipos de radiación que rodean al espectro visible que se llaman: infrarrojo y ultravioleta.

La radiación infrarroja, es invisible, se siente como calor y también se conoce como radiación térmica. La radiación ultravioleta, tampoco es visible, posee mayor energía que la radiación visible produce quemaduras en la piel cuando ésta se expone mucho tiempo a ella, por ejemplo en la playa. Esta radiación posee

suficiente energía para "partir" los átomos es decir arrancar fracciones de materia de la parte exterior de los átomos. Estas fracciones se denominan iones porque poseen carga eléctrica pero esto será visto con más detalle posteriormente.

En forma aproximada, podemos pensar en el espectro de energía radiante como constituido por dos tipos de radiación diferentes, la primera, que incluye todos los paquetes de energía o fotones que contienen energías menores que la ultravioleta y que incluyen el espectro visible, llamándose radiaciones "no ionizantes" y la segunda que incluye parte de las radiaciones ultravioletas y todas las radiaciones que poseen más energía que estas, llamándose "radiaciones ionizantes" que son de las que nos ocuparemos en este curso.

El espectro de energía radiante lo denominan los científicos "Espectro Electromagnético", posteriormente en el próximo capítulo, trataremos los diferentes tipos de radiaciones ionizantes, sus orígenes, la radioactividad como fuente de radiación ionizante, con lo cual se ampliará el concepto de Espectro Electromagnético.

Ver fig. 4.2.

LA UNIDAD ANGSTROM . ES LA UNIDAD FISICA DE LONGITUD, EQUIVALE A UN 1×10^8 CENTIMETROS.
 ELECTRON VOLTIO . LA CANTIDAD DE ENERGIA QUE ADQUIERE UN ELECTRON POR UNA DIFERENCIA

POTENCIAL DE UN VOLTIO

EL VOLTAGE ELECTRONICO (V) SE REFIERE A LA LONGITUD DE ONDA DE LA RADIACION (λ), EN
 UNIDAD DE ANGSTROM DE LA MANERA SIGUIENTE APROXIMADAMENTE : $V = 12420 \div \lambda$

