

# Instituto Politécnico

Universidad Nacional de Rosario Universidad Nacional de

## Modelo atómico de absorción y emisión de fotones

1º Año

## Física I

Cód- 7102-19

Prof. Silvana Marini  
Prof. Germán Blesio  
Prof. María Eugenia Godino



Dpto. de Física

Masterización: RECURSOS PEDAGÓGICOS



## MODELO ATÓMICO DE EMISIÓN Y DE ABSORCIÓN DE FOTONES

Cuando comenzamos a estudiar la estructura de los átomos analizamos un modelo de átomo en el que los electrones sólo pueden estar en determinados niveles de energía, este análisis era suficiente para explicar los comportamientos de los átomos con relación a los fenómenos de cambio de fase y algunos aspectos de los sólidos, los líquidos y los gases. Ahora vamos a considerar un modelo algo más complejo, esto es, un modelo que posee todas las características ya vistas pero al que se le agregan otras que permiten explicar otros fenómenos naturales.

Si por algún medio, por ejemplo, a través de choques con otros átomos, se le entrega una cantidad de energía suficiente al átomo, esta energía es absorbida por algún electrón, que se desplaza desde su nivel de energía inicial en el que se encuentra (estado estable), hacia niveles de energía mas alejados del núcleo (estado excitado), pero este nuevo estado es inestable y en consecuencia después de permanecer un tiempo muy corto en él, el electrón vuelve a caer a su nivel original, y cuando lo hace emite la energía que absorbió cuando se excitó. Esa energía emitida se llama fotón.

Como una primera aproximación llamaremos fotón a un paquete de energía que cuando viaja en el vacío lo hace a la velocidad de la luz ( $3 \times 10^8$  m/s) y no tiene masa. Es importante destacar que los valores de energía necesarios para excitar a los electrones son valores fijos para cada caso y la variación es a saltos discretos por esta razón es que se dice que los valores están cuantizados o son cuánticos.

Una manera de ejemplificar esto es la siguiente; imagina que los niveles posibles en que pueden estar los electrones son como los escalones de una escalera. Entonces si a un electrón le llega la energía para subir medio escalón no le alcanza, no la puede aprovechar, la deja pasar. Cuando le llega la energía para subir a un escalón la aprovecha y salta al nivel superior, si la energía le alcanza para saltar dos escalones también la aprovecha y así sucesivamente. Igual que nosotros no podemos subir por una escalera medio escalón o un escalón y medio, ni tenemos forma de aprovechar la energía para subir medio escalón, el electrón tampoco puede aprovechar esa energía y en consecuencia la deja pasar. Esto ocurre con todos los electrones de todos los átomos.

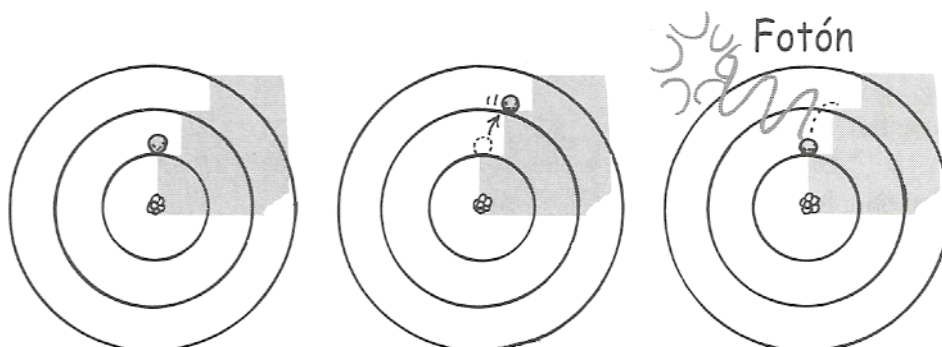


Fig. 1

### Átomo de hidrógeno

Consideremos para ejemplificar el caso del átomo de hidrógeno. En estado no excitado, el único electrón de un átomo de hidrógeno está en el llamado nivel 1, que es el de menor energía. Si de alguna manera (por colisiones con otros átomos o algunos fenómenos que veremos más adelante) recibe la energía necesaria, el electrón pasa, por ejemplo, al nivel 2 (Fig. 1).

Como este es un estado inestable luego de un tiempo muy corto el electrón cae al nivel 1 (Fig. 2) al hacerlo emite la energía que absorbió cuando se excitó, y lo hace en forma de energía radiante, este paquete de energía es un fotón. Pero como el valor de energía necesario para pasar del nivel 1 al nivel 2 es propio del hidrógeno este fotón emitido tiene una energía que es sólo del hidrógeno y para el caso de pasar del nivel 1 al 2. Si el electrón hubiese pasado del nivel 1 al nivel 3 o al nivel 4 hubiese requerido otros valores de energía y en consecuencia los fotones emitidos posteriormente serían de esos otros valores de energía.

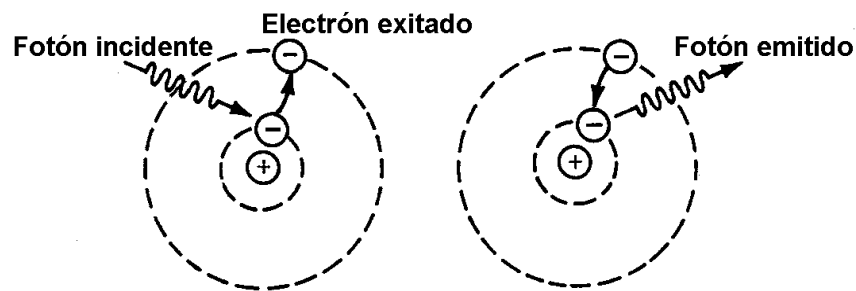


Fig. 2

En otros elementos además de tener muchos niveles de energía posibles también se tienen muchos electrones, esto hace que las posibilidades de excitación y en consecuencia de emisión sean mucho mayores.

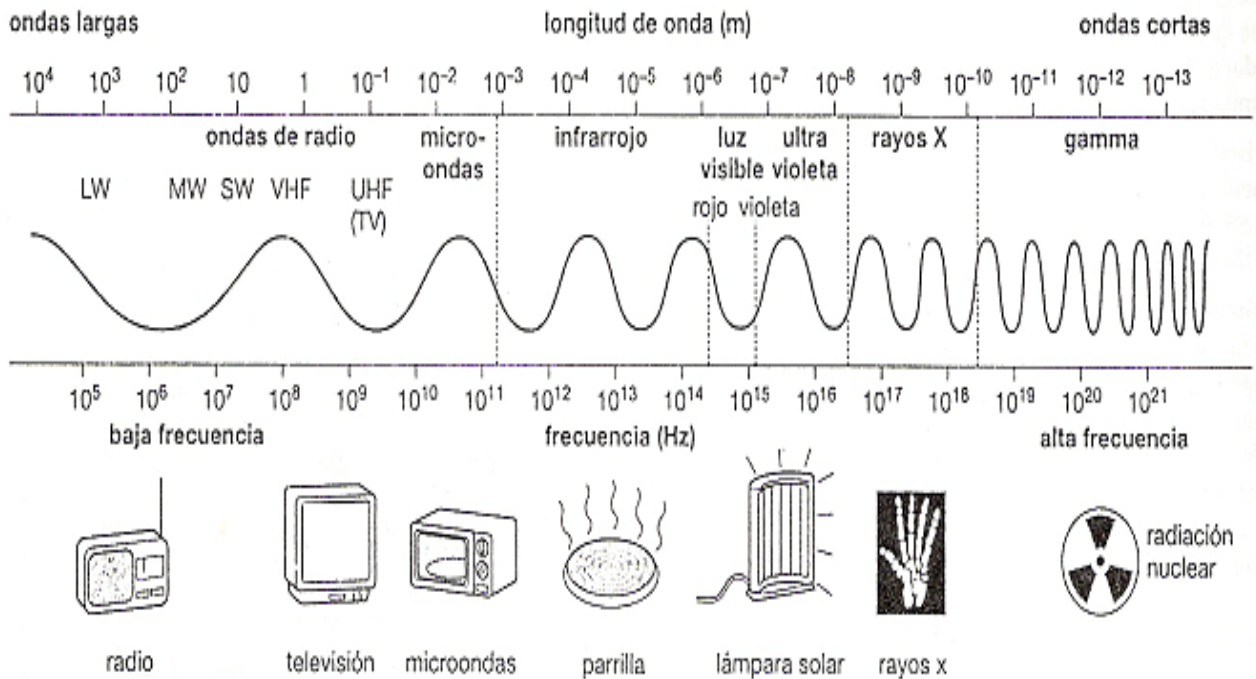
Los fotones se pueden propagar por el espacio vacío y por algunos cuerpos. Según la energía que esos fotones posean, tienen distintas características y distintos comportamiento frente a los medios materiales, sean estos sólidos, líquidos o gaseosos. El conjunto de posibles energías de los fotones constituye el espectro electromagnético que es una representación ordenada de la energía de las distintas radiaciones.

Cuando se inició la investigación de estos fenómenos de radiación, se lo fue haciendo por partes y en particular estudiando el comportamiento de radiación de distintas energías con distintos medios materiales. Como estos estudios se iniciaron de manera independiente y en distintas épocas, a esas radiaciones con distintas energías (o lo que es lo mismo, a fotones con distintas energías) se les fue dando nombres diferentes. Finalmente se comprendió que todos eran fenómenos de una misma naturaleza relacionados con la emisión y absorción de fotones. Pero los nombres anteriores quedaron para identificar distintas regiones del espectro. Así hablamos de radiación luminosa, para referirnos a la correspondiente a la luz visible por el ojo humano, o radiación infrarroja, o rayos gamma, o rayos X, etc. En todos los casos tenemos fenómenos de radiación, lo que diferencia una de otra es la mayor o menor energía de los fotones.



## Espectro Electromagnético

En el gráfico se muestran las distintas radiaciones en forma ordenada de energía creciente, que componen el espectro electromagnético.



**Energía creciente**  
**Fig.3**

RADIACIÓN	EMISOR	SENSOR
Ondas de Radio y T.V.	Se producen al hacer vibrar los electrones del material conductor que forma la antena emisora.	Son recibidos por antenas receptoras y captados por aparatos de radio y T.V.
Microondas	Igual que ondas de Radio y T.V. (en el horno de Microondas lo produce un dispositivo llamado magnetrón)	Son recibidos por antenas de radares, alimentos, teléfonos celulares, etc.
Infrarrojo	Se manifiesta en forma de calor y es emitida por todos los cuerpos del universo, como resultado del continuo movimiento de sus átomos y moléculas.	Todos los cuerpos del universo reciben esta radiación.

Luz Visible	Objetos incandescentes (con temperaturas superiores a 700°C), gases excitados (sol y otras estrellas), tubos fluorescentes, etc.	La vista, la piel, sustancias químicas sensibles a la luz, instrumentos ópticos, etc.
Ultravioleta	El sol, cuerpos a temperaturas muy elevadas, descargas de gases (tubo fluorescente), arco eléctrico (soldadura eléctrica).	La vista, la piel, etc.
Rayos X	Se originan cuando electrones que se desplazan a gran velocidad, son detenidos bruscamente.	Los huesos, órganos. (Se deben manejar con sumo cuidado, dado su gran penetrabilidad en la materia)
Radiación Gamma	Núcleos de átomos radiactivos.	Sólo pueden detenerse con planchas de plomo o gruesos muros de hormigón. ( Son sumamente peligrosos para los seres vivos)

**Interacción de la radiación con la materia**

Cuando la radiación llega a la materia, pueden ocurrir toda una serie de fenómenos, puede ocurrir que algunos fotones pasen a través de la materia sin cambio apreciable alguno, puede ocurrir que en el mismo instante otros fotones con otra energía ingresen a la materia y se queden en ella y también puede ocurrir que otros colisionen con la materia y se reflejen. En el primer caso diremos que la materia es transparente a esa radiación, en el segundo diremos que es opaca a esas radiaciones y en el último diremos que la materia refleja esas radiaciones.

Un ejemplo de material totalmente transparente a ciertas radiaciones, en este caso las luminosas, es el vidrio, pero no es el único caso de materia transparente a las radiaciones. La masa muscular de nuestro cuerpo es totalmente opaca a la radiación luminosa pero es transparente a la radiación de rayos X mientras que los huesos no son transparentes a esos rayos y en consecuencia en una placa radiográfica lo que se “ve” son los huesos.

Las paredes de una casa son totalmente opacas a la radiación luminosa, por tal razón es que no podemos ver que ocurre afuera cuando estamos en una casa con todas las ventanas cerradas pero no tenemos ningún inconveniente para escuchar la radio y esto es porque esas paredes son transparentes a la radiación de las ondas de radio.

Por esta razón no podemos decir simplemente que los materiales son opacos o transparentes si no indicamos simultáneamente para qué tipo de radiación lo es ya que prácticamente todos los materiales tienen una radiación para la que son transparentes y otras para las que son opacos.





El tercer caso que puede producirse es el de la reflexión esto ocurre cuando la radiación en lugar de ingresar a la materia es reflejada, este fenómeno es de particular importancia ya que es lo que nos permite ver los objetos que no son emisores de radiación luminosa. Cuando observamos una fuente de luz como el Sol o una lámpara encendida lo que llega a nuestros ojos, es la radiación (gran cantidad de fotones) emitidos por el Sol o la lámpara, pero cuando observamos un objeto iluminado por el Sol o esa misma lámpara lo que llega a nuestros ojos es la radiación reflejada por ese objeto.

Si el objeto fuese totalmente transparente o totalmente opaco (absorbe todos los fotones) a las radiaciones no habría fotones que lleguen a nuestros ojos y en consecuencia el objeto sería invisible para nosotros.

En general ocurren los tres fenómenos simultáneamente cuando un objeto es sometido a radiaciones, por ejemplo las solares, algunas la atraviesan, otras quedan en él y otras se reflejan.

Vamos a desarrollar un poco más que ocurre en la materia cuando interactúa con la radiación, y lo vamos a ejemplificar con un material que nos es familiar, el vidrio. Sabemos, por nuestra experiencia diaria, que el vidrio es transparente a las radiaciones luminosas que son las mismas a las que son sensibles nuestros ojos. Pero el vidrio es opaco a la radiación ultravioleta y a la radiación infrarroja (revisa el espectro electromagnético).

Cuando llegan al vidrio radiaciones ultravioletas, que tienen mucha energía, excitan fuertemente los electrones de los átomos que constituyen el vidrio, de tal manera que se producen muchas transiciones de nivel y muchas emisiones de fotones, que inevitablemente colisionan con los núcleos de los átomos, que comienzan a vibrar y transmiten energía por la estructura que aumenta su estado de agitación, es decir, aumenta su temperatura. En este caso la energía que trae la radiación incidente se transforma en agitación de la estructura del vidrio y no hay transmisión de radiación. Un efecto práctico de este mecanismo es que, si nos exponemos al Sol detrás de un vidrio no nos tostamos.

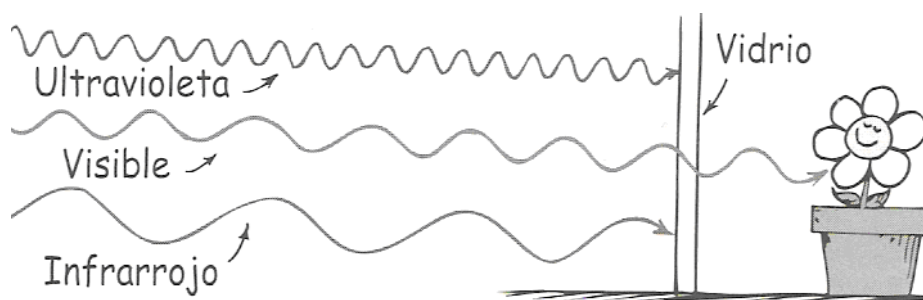


Fig.4

Si la radiación que llega al vidrio es la visible, entonces es de menor energía; en este caso los fotones interactúan con los electrones de los átomos que constituyen el vidrio. Lo hacen de manera tal que los electrones cambian de nivel y luego reemiten fotones de la misma energía que traía el fotón incidente, sin transmitir energía a la estructura de la materia hasta que finalmente emergen del material fotones de la misma energía que los

que incidieron en ella. Este mecanismo explica porque la velocidad de la luz en el vidrio o en el agua es menor que la velocidad de la luz en el vacío, el tiempo necesario para la transición electrónica, aunque muy breve en términos de la vida cotidiana, origina una disminución de la velocidad de propagación de la luz en los medios transparentes.

Cuando al vidrio llega radiación infrarroja, que es de menor energía que las anteriores, estos fotones del infrarrojo no son suficientemente energéticos para causar transiciones electrónicas, pero originan cambios en el movimiento molecular, con un aumento de la agitación de las moléculas, lo que desde el punto de vista macroscópico origina la elevación de la temperatura; la materia se calienta. Por esta razón a veces se llama a esta “radiación calorífica” o calor.

El infrarrojo lejano y las microondas solamente pueden ocasionar cambios en el movimiento molecular, esto significa que también aumenta la agitación de la estructura sin emisión de fotones, esto es, aumenta la temperatura de la materia.

Hasta ahora analizamos las distintas formas de interacción de la radiación con la materia, cuando esta es absorbida; otra forma de interacción ocurre cuando la radiación o parte de ella es reflejada por la materia. Frente a un espejo o una superficie de metal muy pulido se produce una reflexión casi total de la radiación incidente, en cambio frente a objetos comunes se produce una reflexión parcial de la radiación incidente.

En el caso de la reflexión parcial lo que ocurre es que en el proceso de interacción de los fotones incidentes con la estructura de la materia, algunos de los fotones originados en el proceso de transición electrónica, son emitidos en dirección contraria a las del haz de fotones, y lo hace de manera dispersa por lo que se puede observar desde distintos lugares.

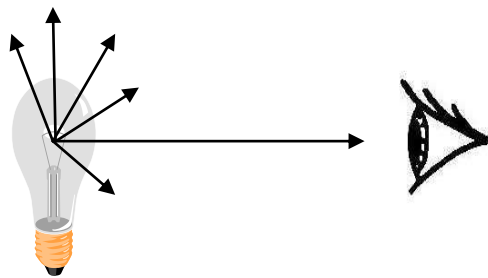


Figura 5

Fuente de luz que emite fotones en todas direcciones por eso se ve desde distintos lugares.

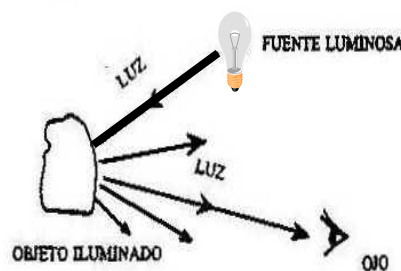


Figura 6

La fuente de luz emite fotones que inciden sobre los objetos, alguno de ellos son reflejados en todas direcciones y algunos de los reflejados llegan al ojo del observador

En cambio cuando el haz de fotones incide sobre un metal interactúa con una gran cantidad de electrones que no están ligados a ningún átomo, los llamados electrones libres característicos de los metales. En estos materiales se produce una transición electrónica que reemite inmediatamente fotones de la misma energía que llegaron,



expulsándolos de la materia. Si además la superficie metálica se encuentra pulida y es plana lo hace en una única dirección, que es lo que ocurre en un espejo. Recordemos que los espejos comunes constan de una película metálica muy delgada (generalmente plata) protegida por un vidrio transparente.

## ACTIVIDAD Nº 1

Trabajo Práctico Nº 1

Título: Radiación

### PARTE A

Objetivo: Interpretar la radiación como un fenómeno de transmisión de energía.

Materiales: termómetro químico y equipo de vacío.

### PARTE B

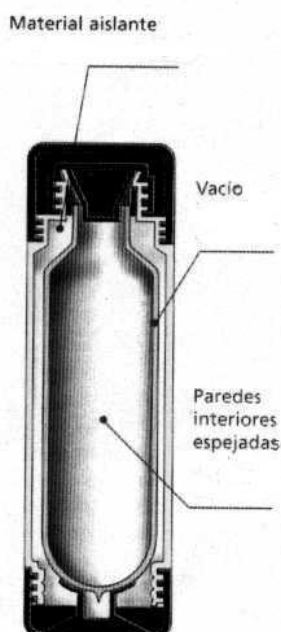
Objetivo: identificar uno de los factores que intervienen en el fenómeno de la radiación.

Materiales: dos termómetros químicos, equipo de vacío y pintura negra.

## ACTIVIDAD Nº 2

Analiza y responde las siguientes cuestiones

- 1 ¿Por qué en invierno se acostumbra a usar ropa oscura y en verano ropa clara?
- 2 ¿Por qué los tanques que transportan combustibles se suelen pintar de plateado?
- 3 ¿Cómo se evitan las distintas formas de propagación del calor en el termo de la siguiente figura? (**Fig. 7**)





ACTIVIDAD Nº 3

Elabora un modelo, desde el punto de vista microscópico para explicar, que sucede cuando un trozo de hierro se calienta hasta una temperatura aproximada de 700°C (hierro al rojo). Este fenómeno, en que el hierro se pone al rojo se denomina incandescencia.

**El color de los objetos**

Un observador puede ver porque llega luz a sus ojos. Cuando un objeto emite (o refleja) luz que llega al sistema visual de un observador, esa luz desencadena complejos mecanismos de índole física, neuro-fisiológica y psicológica que conducen a la visión de dicho objeto.

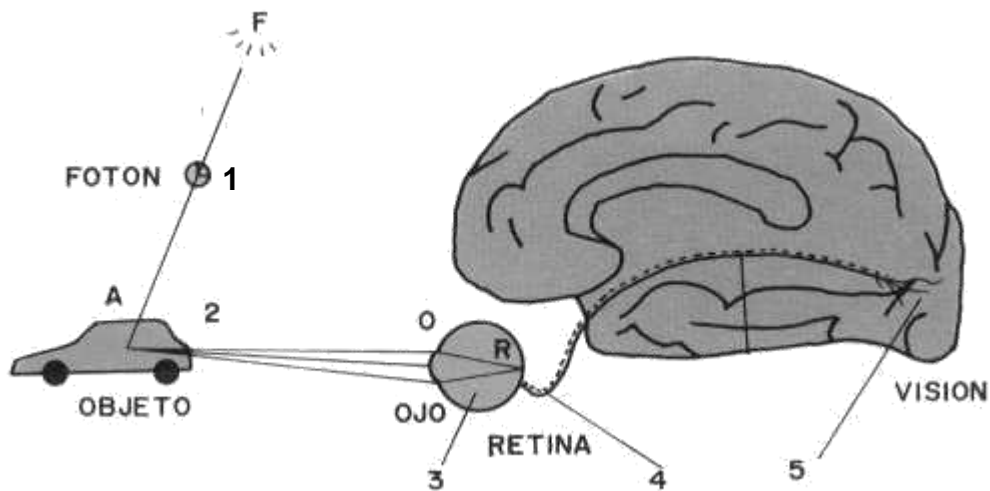


Fig.8

En la figura 8 se encuentra esquematizado el proceso de la visión, la fuente F emite fotones (1), estos llegan al objeto (2) y son reflejados en todas direcciones (por eso el objeto es visto desde distintos lugares simultáneamente) algunos de los fotones reflejados llegan al ojo (3), allí se forma una imagen del objeto en la retina que es transmitida a través del nervio óptico (4) al cerebro (5).

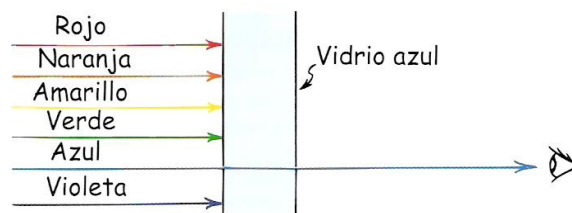
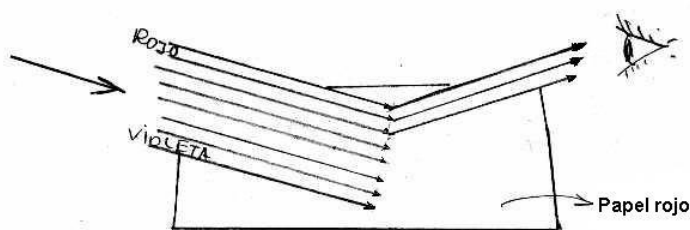


Fig.9



**Fig.10**

En la figura 10 se representa el modo en que concebimos la visión de un objeto coloreado.

En ella se representa un haz de luz blanca que incide sobre una hoja de papel "roja": los fotones con energía correspondiente al rojo y al anaranjado contenidos en la luz blanca incidente son reflejados por la estructura del papel y llegan al ojo del observador, mientras los demás colores son absorbidos por el papel. Si la hoja de papel se ilumina con luz "amarilla" el color con que vemos el papel cambiará. Lo que importa es destacar que el color no es una propiedad de los objetos, es el resultado de ciertas propiedades de los objetos y del tipo de radiación que incide sobre ellos. Habitualmente, cuando decimos que un objeto es de un determinado color, por ejemplo verde, lo que implícitamente estamos diciendo es que "el objeto es de color verde cuando se ilumina con luz blanca". Por luz blanca entenderemos la luz solar, las lámparas y tubos luminosos, en particular las de uso domiciliario tratan de imitar lo mejor posible la luz solar.

### Filtros y pantallas de radiación

En la siguiente figura se representa esquemáticamente, el modo en que concebimos el funcionamiento de un filtro de color.



**Fig.11**

En ella un haz de luz blanca incide sobre un filtro "rojo": el rojo y el anaranjado contenidos en la luz blanca incidente se transmiten y llegan al ojo del observador A (que ve al filtro como un objeto transparente de color rojo), mientras los demás colores de la luz transmitida son absorbidos por el filtro. Por supuesto, los filtros de colores no sólo

absorben y transmiten selectivamente la luz, también la reflejan selectivamente, y es por eso que un observador B verá al filtro con el color correspondiente. Los filtros de radiación son materiales especialmente elegidos para permitir el paso de ciertas radiaciones e impedir el de otras.

Las pantallas de radiación son materiales elegidos para no permitir el paso de ciertas radiaciones, un trozo de cartón es una buena pantalla para la radiación solar, ya que el cartón es opaco para la radiación solar, pero ese mismo cartón es muy mala pantalla para los rayos X ya que es transparente a los rayos X, en cambio el plomo es una buena pantalla para los rayos X. Es por esta razón que las protecciones para rayos X se hacen de plomo.

### ACTIVIDAD N° 4

Trabajo Práctico N° 2

Título: El color de los objetos

Objetivo: Interpretar de que depende el color de los cuerpos.

Materiales: pantalla, lámpara incandescente y filtros de distintos colores.

### ACTIVIDAD N° 5

Investiga y responde las siguientes cuestiones

1- ¿Cuándo un material es fluorescente?

2- ¿Cuándo un material es fosforescente?

3- Indica cuales son los filtros o pantallas para las siguientes radiaciones del espectro:

-radio y TV.

-microondas

-I R

-luz

-ultravioleta

-rayos X

-rayos gamma

### ACTIVIDAD N° 6

Lee las siguientes lecturas e identifica en los dibujos de las lámparas, las partes que las forman.

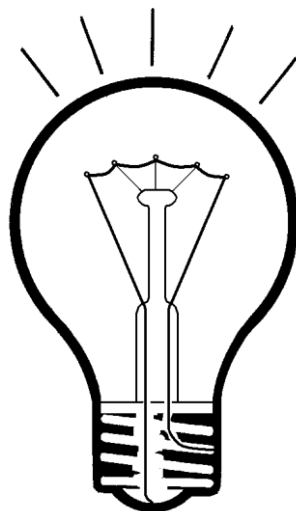
### LA ILUMINACIÓN

Básicamente hay tres métodos para la producción de luz artificial. El primero consiste en calentar un objeto hasta que esté incandescente y dé brillo. La llama de una vela o de una lámpara de aceite contiene partículas de carbón incandescente por la combustión de la cera o el aceite. En una bombilla el filamento se calienta tanto que brilla. El segundo método consiste en pasar corriente eléctrica a través de un gas o un vapor, hasta que estos se exciten. Y en el tercero una corriente eléctrica que circula por un semiconductor produce una transición electrónica.



## LÁMPARAS INCANDESCENTES:

### LA LÁMPARA ELÉCTRICA



**Fig. 12**

La lámpara eléctrica consiste en una bombilla de vidrio que aloja el filamento de alambre de tungsteno enrollado en forma de espiral. El paso de la electricidad a través del filamento calienta la espiral hasta la incandescencia. El filamento alcanza una temperatura de alrededor de  $2500^{\circ}\text{C}$ . Se utiliza el tungsteno debido a que es un metal cuyo punto de fusión es muy elevado, por lo que no se funde al calentarse.

La bombilla contiene además un gas inerte, como el argón para evitar de este modo que el metal se combine con el oxígeno de la atmósfera, lo que haría que el filamento se quemase. Por lo general el gas se encuentra a presión reducida.

En las bombillas modernas cada una de las espirales del filamento está formada por espirales aún más pequeños. El filamento es por tanto muy largo pero extremadamente fino lo que aumenta la intensidad de la luz.

Explicar desde el punto de vista microscópico el fenómeno de incandescencia, relacionándolo con la actividad N° 3 de la página 8.

LÁMPARAS REFLECTORAS



Las lámparas reflectoras contienen en su interior una capa reflectante que controla el flujo luminoso convirtiéndolo en un haz luminoso dirigido.

LÁMPARAS DE DESCARGA:

LA LÁMPARA FLUORESCENTE

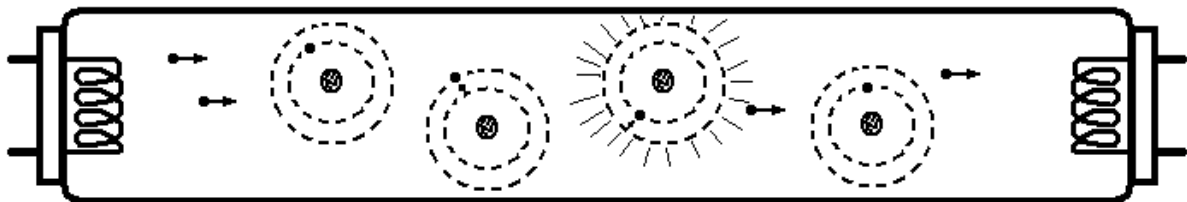


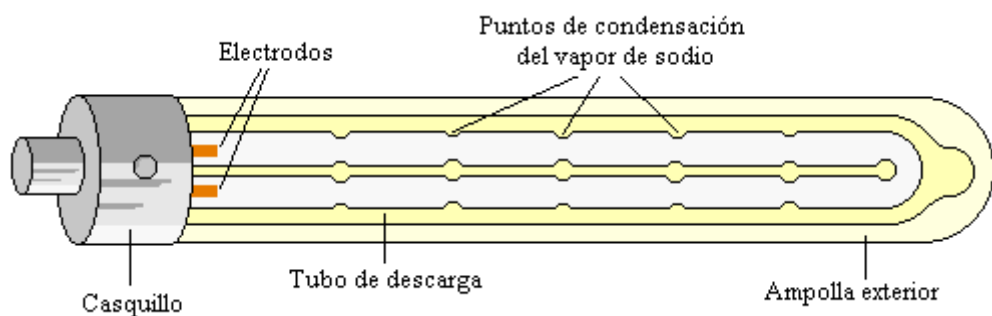
Fig.13

La lámpara fluorescente está formada por un tubo de vidrio que brilla con luz blanca cuando por ella circula una corriente eléctrica. En los extremos del tubo hay electrodos que se calientan por la corriente y emiten electrones libres. Estos electrones colisionan con átomos de vapor de mercurio y hacen que los átomos emitan radiación ultravioleta. Los rayos ultravioletas que son invisibles, colisionan a su vez con el revestimiento de fósforo de la parte inferior del tubo. Los rayos activan los electrones de los átomos de fósforo, y éstos emiten luz blanca. La conversión de una clase de luz en otra se denomina fluorescencia.



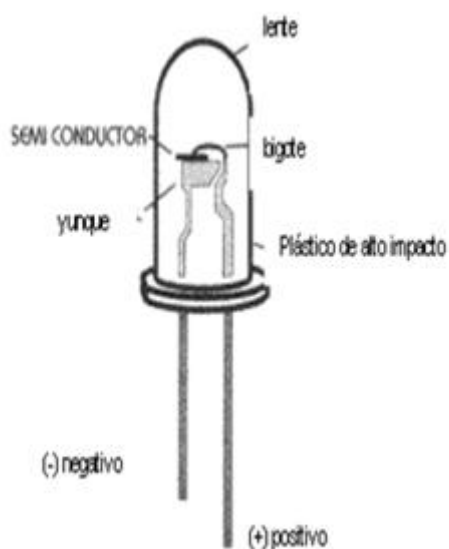


## LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO



La lámpara de vapor de sodio está compuesta de un tubo de descarga translúcido, que contiene vapor de sodio. Los átomos de sodio, cuando son excitados por una descarga eléctrica, emiten radiación de color amarillo. Se usan principalmente para la iluminación de exteriores como la vía pública.

## LED:



El led es un componente electrónico que está formado por materiales semiconductores. Cuando la corriente eléctrica circula por el led los electrones se excitan y al desexcitarse emiten fotones de energía correspondiente a la luz visible, en los que se utilizan para iluminación, testigos o indicadores de encendido de un equipo electrónico. Otros emiten radiación infrarroja, los que se utilizan en controles remotos. Los leds presentan muchas ventajas sobre las fuentes de luz incandescente y fluorescente. Los principales beneficios que presentan son: bajo consumo de energía, funcionan con baja tensión, mayor duración, su tamaño es reducido, emiten poco calor y no les afecta el encendido intermitente.

### Lecturas complementarias:

#### Radiaciones

##### **Ondas de Radio y TV**

Las primeras comunicaciones globales emplearon las bandas de “onda corta”, así como los operadores de radio aficionados lo hacen ahora. Pero, ¿cómo se transmiten alrededor de la curvatura de la Tierra las ondas de radio que normalmente siguen una línea recta? Esto se logra mediante la reflexión en las capas iónicas de la atmósfera superior. Las partículas energéticas provenientes del Sol ionizan las moléculas de gas, originando varias capas de iones. Algunas de estas capas reflejan las ondas de radio menores a ciertas frecuencias. Si “fortalecemos” las ondas de radio fuera de estas capas, es posible enviar transmisiones de radio más allá del horizonte, a cualquier región de la Tierra.

Para evitar este problema, las comunicaciones globales descansan en gran medida en los cables transoceánicos. Ahora también tenemos satélites de comunicaciones, que pueden proporcionar transmisiones de líneas de visión a cualquier parte del globo

##### **Microondas**

Las microondas son producidas por tubos especiales evacuados (llamados klystrones y megatrones). Las microondas se utilizan en las comunicaciones y en las aplicaciones de radar.

Además de sus muchos roles en la navegación y la orientación, el radar proporciona la base para las pistolas de rapidez usadas para medir el tiempo de los servicios de tenis y los automóviles. Cuando las ondas de radar son reflejadas por un objeto en movimiento, su longitud de onda es modificada por el efecto Doppler. La magnitud de esta modificación indica la velocidad del objeto hacia el instrumento o alejándose de él. Otro uso muy común de las microondas es el horno de microondas.

##### **Radiación Infrarroja**

Un cuerpo caliente emite radiación infrarroja dependiendo de su temperatura. Un cuerpo con una temperatura cercana a la ambiente emite radiación en la región infrarroja lejana (la más alejada de la radiación visible).

La radiación infrarroja es absorbida fácilmente por algunos materiales que contienen moléculas de agua, produciendo un incremento en su temperatura, debido a que su movimiento molecular es incrementado.



Las lámparas infrarrojas se utilizan en aplicaciones terapéuticas y para conservar calientes los alimentos en las cafeterías. La radiación infrarroja está asociada también con el mantenimiento de la temperatura promedio o cálida de la Tierra a través del efecto de invernadero.

### **Luz Visible**

La región visible ocupa una porción muy pequeña del espectro electromagnético total. Solo la radiación de esta región puede activar los receptores de nuestros ojos. La luz visible emitida o reflejada en los objetos que nos rodean nos proporciona mucha información acerca de nuestro mundo.

Es interesante hacer notar que no todos los animales son sensibles al mismo intervalo de longitudes de onda. Por ejemplo, las serpientes pueden detectar radiación infrarroja, y el límite visible para muchos insectos se extiende bastante adentro del ultravioleta.

### **Luz Ultravioleta**

Más allá del extremo violeta de la región visible queda el límite de la frecuencia ultravioleta. La radiación ultravioleta (o UV) es producida por lámparas especiales y cuerpos muy calientes. El Sol emite grandes cantidades de radiación ultravioleta, pero por fortuna la mayor parte de la recibida por la Tierra es absorbida en la capa de Ozono ( $O_3$ ) de la atmósfera a una altitud de unos 40 a 50 km. Debido a que la capa de ozono desempeña un papel protector, existe gran interés en evitar su disminución a causa de los gases clorofluorocarbonados (por ejemplo el Freón, que se utiliza en la refrigeración) que son impulsados hacia arriba y reaccionan con el ozono.

La pequeña cantidad de radiación ultravioleta que llega a la superficie de la Tierra proveniente del Sol puede causar bronceado o quemaduras en la piel humana. La pigmentación de la piel actúa como un mecanismo de protección contra la penetración de la radiación ultravioleta. El grado de penetración depende de la cantidad del pigmento denominado melanina en la piel y del espesor de la capa de piel. Las personas (con excepción de los albinos) tienen cantidades variables de melanina en la piel. La exposición a la luz solar induce la producción de más melanina, causando que la piel se broncee. Una sobreexposición, en especial al comienzo, puede causar quemaduras de la piel, que se enrojecerá (quemaduras de sol). Al curarse, la capa externa de la piel se hace más gruesa, y ofrece mayor protección. También se dispone de cremas y lociones que contienen las llamadas pantallas solares para conservar la piel libre de las quemaduras de sol. Las moléculas de las sustancias de estas preparaciones absorben parte de la radiación ultravioleta antes de que llegue a la piel. Ahora los doctores recomiendan a las personas, que en especial aquellas de piel muy blancas, que contienen poca melanina protectora, que usen pantallas solares efectivas o eviten la luz solar demasiado brillante, pues la exposición a los rayos UV generalmente incrementa el riesgo de cáncer de piel.

La exposición a la luz solar es necesaria para la producción natural de vitamina D a partir de compuestos de la piel. Esta vitamina es indispensable para huesos y dientes fuertes. En latitudes del norte, en donde la exposición a la luz solar es relativamente estacional, se necesitan dietas complementadas con vitamina D sintética. Usted habrá notado que en la leche se suministra este complemento de vitamina D.

La mayor parte de la radiación ultravioleta es absorbida por ciertas moléculas del vidrio ordinario. Por consiguiente, usted no puede obtener un bronceado o una quemadura solar a través del vidrio de una ventana. Ahora los lentes para sol están marcados para iniciar los estándares de protección UV que proporcionan para proteger los ojos de esta radiación potencialmente peligrosa. Los soldadores usan anteojos de vidrio especial o máscaras faciales para protegerse los ojos de las grandes cantidades de radiación ultravioleta producidas por los

arcos en los sopletes para soldadura. En forma similar, es importante proteger los ojos cuando se utiliza una lámpara solar. El componente ultravioleta de la luz solar reflejada de las superficies cubiertas de nieve puede producir ceguera en ojos no protegidos.

Las “luces negras”, que se emplean en las discotecas, emiten radiación en el violeta y cerca del ultravioleta. La radiación ultravioleta hace que las pinturas y pigmentos fluorescentes de los signos, carteles y la ropa de los artistas brillen con colores vivos. La fluorescencia es el proceso por el cual una sustancia absorbe radiación ultravioleta y emite radiación visible. En las lámparas fluorescentes, un vapor de mercurio excitado eléctricamente emite radiación ultravioleta. El material blanco que recubre el interior del tubo absorbe la radiación ultravioleta y emite luz visible.

### Rayos X

Más allá de la región ultravioleta del espectro electromagnético está la región de los importantes rayos X. Nosotros estamos familiarizados con los rayos X, en particular con sus aplicaciones médicas. Los rayos X fueron descubiertos accidentalmente en 1895 por el físico alemán Wilhelm Roentgen (1845-1923), quien observó el brillo de un pedazo de papel fluorescente a causa de una misteriosa radiación (como era desconocida, se refirió a ella como X) que provenía de un tubo de rayos catódicos.

Como usted aprenderá más tarde, la energía de la radiación electromagnética depende de su frecuencia. Los rayos X de alta frecuencia tienen niveles elevados de energía y pueden ocasionar cáncer, quemaduras de la piel y otros efectos perjudiciales. Sin embargo, a intensidades bajas, los rayos X se pueden emplear con relativa seguridad para observar la estructura interna del cuerpo humano y otros objetos opacos. Los rayos X pueden pasar a través de materiales que son opacos a otros tipos de radiación. Mientras más denso sea el material, mayor será su absorción de rayos X y será menos intensa la radiación transmitida. Por ejemplo al pasar los rayos X a través del cuerpo humano, gran parte de ellos son absorbidos por los huesos más que por otros tejidos. Si la radiación transmitida se dirige a una placa o una película fotográfica, las áreas expuestas muestran variaciones en intensidad que forman una imagen de las estructuras internas.

La combinación de la computadora con los aparatos modernos de rayos X permite la formación de imágenes tridimensionales por medio de una técnica que recibe el nombre de “Tomografía Computarizada”, o CT.

### Rayos Gamma

Las ondas electromagnéticas del intervalo superior de frecuencias del espectro electromagnético conocido se llaman rayos gamma (rayos  $\gamma$ ). Esta radiación de frecuencia elevada es producida en las radiaciones nucleares y los aceleradores de partículas.

## El cuerpo humano y las radiaciones

Ya vimos que cuando las radiaciones inciden en la materia interactúan con ella, un caso que nos resulta de particular interés es el de la interacción de la radiación con el cuerpo humano, ¿qué ocurre cuando la radiación incide sobre nuestro cuerpo? Esto depende del tipo de radiaciones que reciba nuestro cuerpo.



En general el daño producido por las radiaciones sobre el cuerpo humano, se debe a que origina en las moléculas biológicas, que constituyen las células, reacciones que las descomponen: así las proteínas y otras moléculas vitales quedan dañadas.

Si esto origina la muerte de una sola célula no suele ser problema, el problema aparece cuando el número de células muertas es alto y peor aún si las células quedan dañadas pero no muertas, en consecuencia las células defectuosas se reproducen y aumentando el número de células defectuosas dando lugar a la aparición de cáncer.

Este mecanismo es el que explica porque un cáncer asociado a una determinada radiación puede aparecer mucho tiempo después que el organismo fue expuesto a la misma.

Los daños originados por las radiaciones se suelen clasificar en dos tipos, daños somáticos y daños genéticos. Los primeros ocurren en todas las células de un organismo, excepto las reproductoras, en estos casos el daño, aunque sea muy grave, queda limitado a ese organismo. Los daños genéticos son los que se localizan en las células reproductoras de los organismos lo que puede llevar a una descendencia anormal.

Cuando la radiación que recibe el organismo es de rayos gamma o rayos X que son de alta energía el daño se puede producir en todos los órganos del cuerpo. Es por esta razón por la que se encuentra limitado en uso de los rayos X en los seres vivos y se trata de reemplazar estos mecanismos de diagnóstico por otros menos peligrosos como los que usan ultrasonidos.

El Sol y el espacio exterior a la Tierra es fuente de radiación gamma pero la cantidad de esta radiación que reciben los organismos es reducida, el problema con este tipo de radiaciones aparece históricamente cuando el hombre comenzó a desarrollar equipos que producen este tipo de radiaciones de manera artificial.

Si el organismo recibe radiación ultravioleta que es menos energética los daños se producen en la piel y no en los órganos internos. Según sea el tipo y la dosis de radiación recibida los daños serán de mayor o menor gravedad.

Los fotones del ultravioleta se pueden dividir en;

- UVC mayor energía
- UVB
- UVA menor energía

La mayoría de los UVC no llega a la superficie terrestre porque el oxígeno ( $O_2$ ) y el ozono ( $O_3$ ) de las capas superiores de la atmósfera los absorben completamente. En cambio los UVB sólo son absorbidos en parte por la capa de ozono, por lo que el flujo de estas radiaciones sobre la superficie terrestre depende del espesor de la capa de ozono que tiene que atravesar para llegar.

En el hombre y los animales, los efectos primarios del aumento de UVB por la disminución de la capa de ozono que se encuentra en la parte superior de la atmósfera y que es filtro de las radiaciones, se manifiestan en los órganos expuesto a la luz solar: ojos y piel. Esto es porque los fotones de UVB son absorbidos por moléculas de estos órganos y el resultado de la transferencia de energía puede ser adverso o beneficioso.



**Beneficiosos:** formación de vitamina D en la piel, proceso importante para la fijación del calcio en los tejidos óseos.

**Adversos:** ceguera, cataratas, bronceado, vejez de la piel, fotodermatosis, y cáncer de piel.

Los bronceadores y filtros solares tiene poder selectivo, de absorción de fotones UV en cambio las pantallas solares son no selectivas, es decir reflejan casi la totalidad de los fotones UV.

Los UVA, que son los que menos daño producen, llegan a la superficie terrestre sin inconvenientes ya que la capa atmosférica terrestre es transparente a estas radiaciones.

Las radiaciones solares que llegan a la superficie terrestre tras atravesar las distintas capas de la atmósfera, se distribuyen de la siguiente manera:

- 50% Radiación infrarrojos
- 40% Radiación visible
- 10% Radiación ultravioleta

Las radiaciones correspondientes a la luz visible producen reacciones físico - químicas en los ojos y esta es la razón por la que vemos.

Las radiaciones infrarrojas naturales no producen daño en el cuerpo, son las que nos dan calor. Si se expone el organismo a fuentes de radiación infrarroja intensas (estufas calentadores, fuego, etc.) el daño que producen son las conocidas quemaduras.

Tampoco producen daño las radiaciones de microondas y radio y TV, al menos en los niveles actuales, pero existe un debate abierto sobre la acción de las radiaciones emitidas por los teléfonos celulares y su efecto sobre el organismo sin que haya investigaciones concluyentes por ahora en uno u otro sentido.