



Guía Conceptual de Física

Tema: Espectro Electromagnético-Efecto Fotoeléctrico.

Montoya

“La luz es dual, se propaga como onda electromagnética y se comporta como corpúsculo”

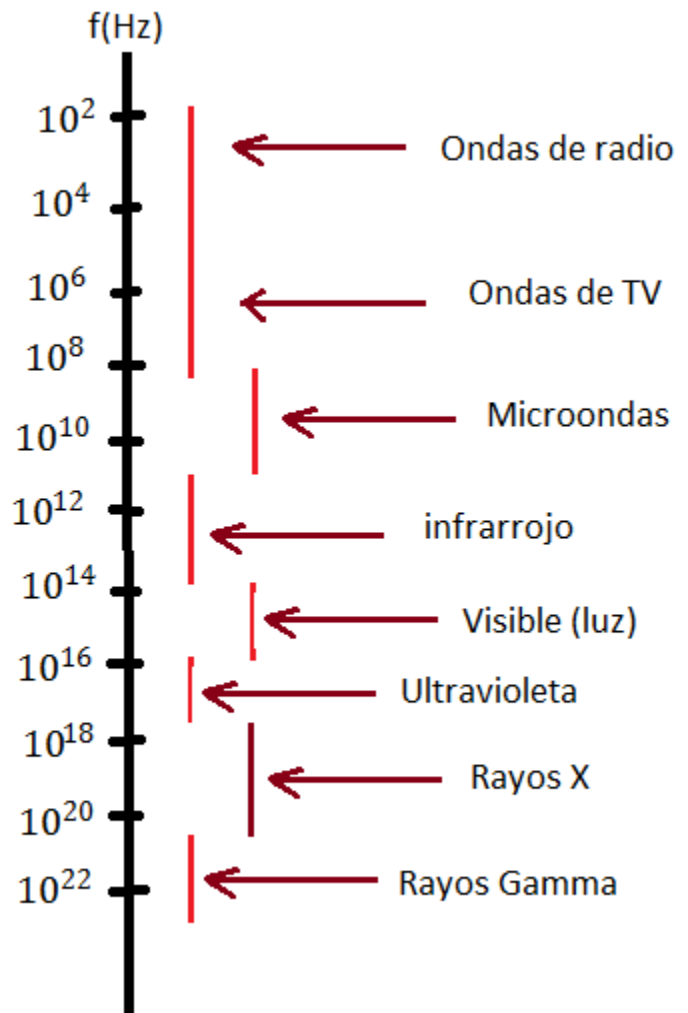
Espectro electromagnético.

¿Qué es el espectro electromagnético?

Desde la época de Maxwell hasta nuestros días se ha producido un gran avance en los conocimientos relacionados con las ondas electromagnéticas. De manera que en la actualidad sabemos que existen varios tipos de estas ondas; las cuales, a pesar de ser todas de la misma naturaleza (constituidas por los campos \vec{E} y \vec{B} que oscilan en el tiempo y se propagan en el espacio). Presentan en ocasiones características muy diferentes.

En general, los diversos tipos de ondas electromagnéticas difieren en el valor de sus frecuencias, y también por la forma en que se producen, como se describirá más adelante.

En seguida se representa a escala los diversos tipos de ondas electromagnéticas que se conocen. Observaremos que según el valor de su frecuencia, reciben una denominación especial: ondas de radio, ondas infrarrojas, rayos X, etc.



El conjunto de todos estos tipos de ondas o radiaciones se denomina espectro electromagnético. Por tanto, el esquema es una representación de tal espectro. Todas las ondas que constituyen esta gama se propagan, en el vacío, con la misma velocidad, y son originadas por la aceleración de una carga eléctrica. Entonces siempre que una carga eléctrica es acelerada, radia cierto tipo de onda electromagnética, lo cual depende del valor de la aceleración de la carga.

A continuación se examinan ALGUNAS DE LAS CARACTERISTICAS DE CADA UNA DE CADA CLASE DE ONDA QUE CONSTITUYE EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO.

Ondas de radio: en el espectro vemos que las ondas electromagnéticas que presentan las frecuencias más bajas hasta 10^8 Hz, es decir ¿cien millones de vibraciones por segundos –son las ondas de radio. Reciben esta denominación por ser las que emplean las estaciones de radiocomunicación o radiodifusión para realizar sus transmisiones. En toda estación de radio existen circuitos eléctricos especiales que provocan la oscilación de electrones en la antena emisora. Por tanto tales electrones son acelerados en forma continua, y por ello, emiten las ondas de radio que transportan los mensajes p programas de una estación.

Las ondas electromagnéticas que emplean las emisoras de televisión tienen las mismas características que las radioondas, pero, sus frecuencias son más elevadas que las normalmente utilizadas por las emisoras de radio.

Microondas.

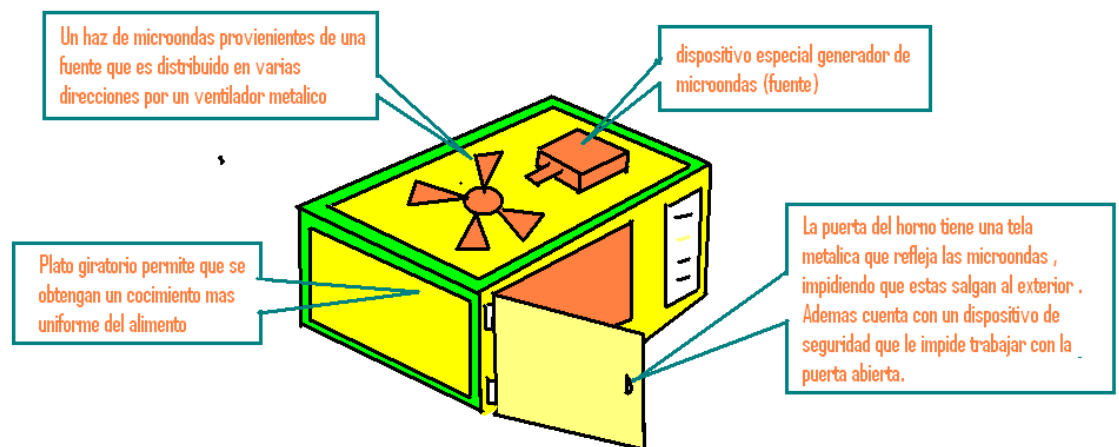
Al considerar las frecuencias más elevadas que las ondas de radio, se llega a las ondas denominadas microondas. Estas tienen frecuencias comprendidas entre los 10^8 Hz y los 10^{12} Hz

Las microondas se emplean mucho en las telecomunicaciones, para transportar señales de TV, o bien, transmisiones telefónicas. De hecho actualmente los sistemas radiotelefónicos que existen en todo el mundo y que comunican a las ciudades entre si, se enlazan mediante microondas. Además, las transmisiones de TV “vía satélite”, de un país a otro, también se llevan a cabo con el empleo de este tipo de ondas.

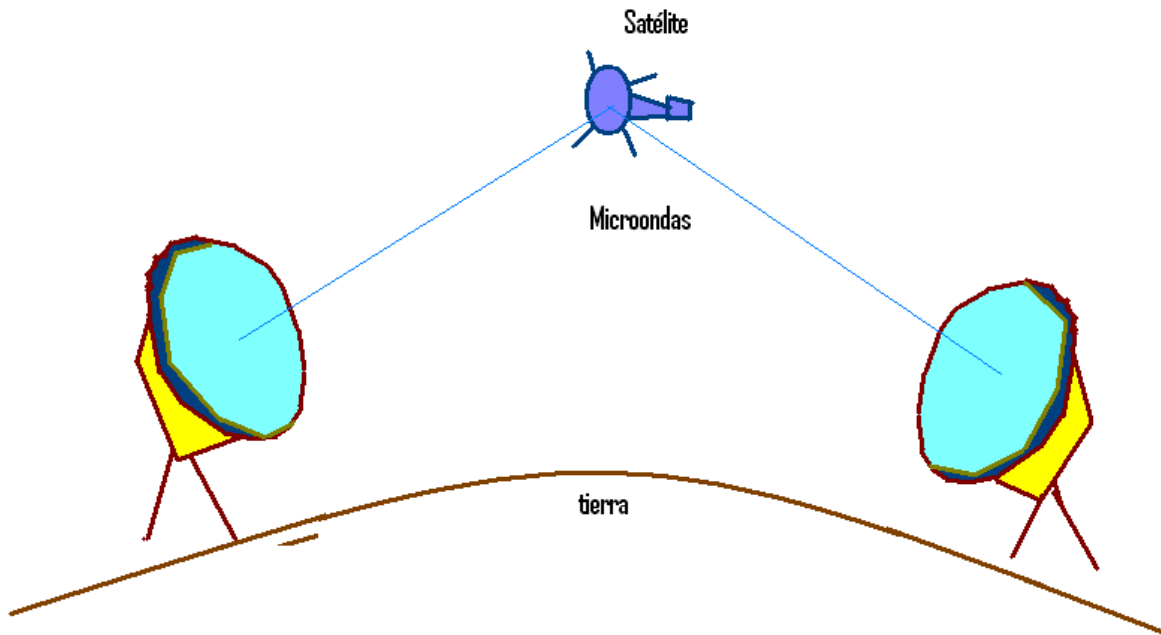
Aplicaciones:

El horno de microondas es de uso muy generalizado actualmente para calentar y cocinar alimentos. Esto se debe a que las microondas son absorbidas por moléculas

de agua existentes en las sustancias. La absorción de las microondas provoca aumento de agitación molecular lo cual causa, entonces, elevación de temperatura del alimento. Los



recipientes de vidrio, cerámica u otros materiales, en los cuales se ponen los alimentos, no se calientan por las microondas porque no las absorben (no contienen moléculas de agua)



Las microondas se utilizan para retransmitir señales de televisión o telefonía por medio de satélites estacionarios.

Radiación infrarroja. la siguiente región del espectro está constituida por las ondas infrarrojas, que son ondas electromagnéticas con frecuencias de aproximadamente 10^{11} Hz a 10^{14} Hz

La radiación infrarroja es emitida por los átomos de los cuerpos calientes, los cuales se encuentran en una constante e intensa vibración. El calor que sentimos cuando estamos cerca de un metal candente se debe en gran parte a los rayos infrarrojos que emite, y que son absorbidos por nuestro cuerpo. Este proceso de transmisión de calor se mencionó anteriormente y recibe el nombre de Radiación térmica” o “calorífica”.

Radiación visible .Las ondas electromagnéticas cuyas frecuencias están comprendidas entre $4,6 \times 10^{14} \text{ Hz}$ y $6,7 \times 10^{14} \text{ Hz}$ constituyen una región del espectro electromagnético que tiene una importancia especial para nosotros. Esta radiación es capaz de estimular la visión humana, pues se trata de ondas luminosas o luz.

Observemos que las radiaciones luminosas constituyen una región muy estrecha del espectro electromagnético. Por tanto, nuestros ojos no son capaces de percibir la mayor parte de las radiaciones que integran el espectro.

Las frecuencias menores de la radiación visible nos dan la sensación de color rojo. Al aumentar las frecuencias de las ondas tendremos, sucesivamente, las correspondientes a los colores naranja, amarillo, verde, azul, añil, y al final de la región visible, al color violeta. Ahora es claro que la denominación “infrarroja” se debe a que las frecuencias de esta radiación se localizan en una región situada inmediatamente antes de la frecuencia que corresponde a la radiación roja.

Radiación ultravioleta. Las ondas electromagnéticas con frecuencias inmediatamente superiores a las de la región visible se denominan ondas ultravioletas. Esta denominación indica que las frecuencias de estas ondas son superiores a las frecuencias de la radiación violeta. La radiación ultravioleta alcanza frecuencias hasta de $10^{18} Hz$

Los rayos ultravioletas son emitidos por átomos excitados, como por ejemplo, en las lámparas de vapor de mercurio (y que acompañan a la emisión de luz). Esta radiación no es visible, y puede hasta dañar los tejidos del ojo humano. Solo se pueden detectar mediante otros procesos, como por ejemplo, la impresión de cierto tipo de placas fotográficas.

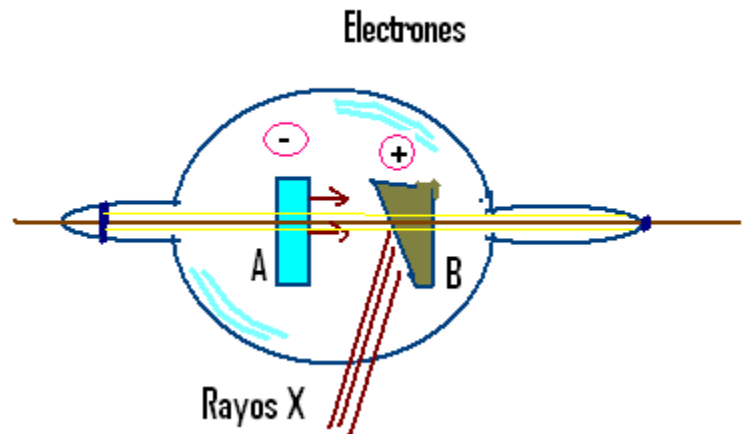
“la exposición frecuente o prolongada de la piel humana a las radiaciones ultravioleta puede dar origen a ulceraciones cancerosas. La luz solar contiene una cantidad considerable de esas radiaciones que son, en gran parte absorbidas por la capa de ozono (O_3) de la atmósfera terrestre. La destrucción de esta capa, que origina los agujeros, es causada por una sustancia química (CFC), que contiene cloro utilizada principalmente en refrigeradores, aparatos de aire acondicionado y aerosoles (Spray). El cloro de CFC es liberado cuando este alcanza las capas altas de la atmósfera (por la radiación violeta misma), combinándose entonces con el oxígeno de la molécula de Ozono, destruyéndola. Esta situación puede hacer que el cáncer de piel se vuelva un grave problema para nosotros. Por otra parte, el hecho que la radiación ultravioleta sea capaz de matar células vivas hace a esa radiación útil para combatir las bacterias. Los focos ultravioletas se utilizan para esterilizar hospitales, cocinas o sistemas de aire acondicionado.

Rayos X. este tipo de radiación está constituido por las ondas electromagnéticas de frecuencias superiores a las de la radiación ultravioleta. Los rayos X fueron descubiertos en 1895 por el físico alemán Wilhelm Röntgen, quien recibió el premio Nobel de física en 1901 por este logro. La denominación “rayos X” fue utilizada por Röntgen porque desconocía la naturaleza de las radiaciones que acababa de descubrir.

Estas ondas pueden producirse en dispositivos especiales (tubos de rayos X). En estos tubos, la placa A, que se indica en la figura, emite un haz de electrones. Estas partículas son

aceleradas por medio de un voltaje elevado existente entre A y el blanco u objetivo de tungsteno. Al llegar a este, los electrones son bruscamente detenidos, es decir, experimentan una fuerte desaceleración. Debido a ello, emiten ondas electromagnéticas de alta frecuencia, situadas en la región que corresponden a la denominación de rayos X

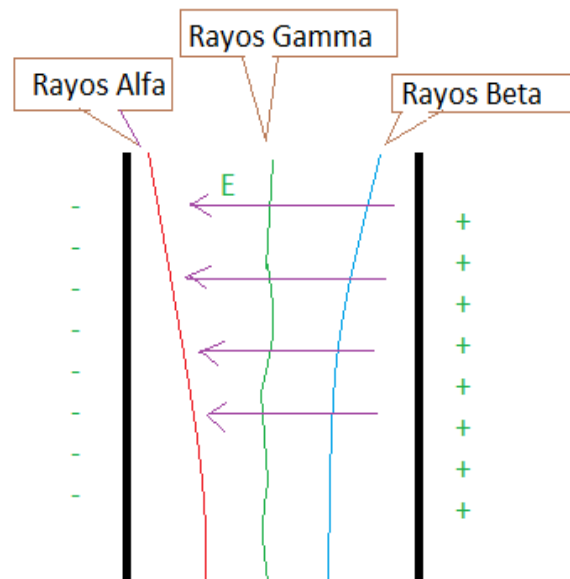
Röntgen halló que los rayos X tienen la propiedad de atravesar, con cierta facilidad, sustancias de baja densidad (como los músculos de una persona), y de ser absorbidos por materiales de densidad elevada (como los huesos del cuerpo humano). Debido a esta propiedad, poco después de su descubrimiento, los rayos X comenzaron a ser ampliamente utilizados en medicina para obtener la radiografía de los huesos de la mano de una persona



En la actualidad los rayos X tienen un campo muy amplio de aplicaciones, además de su empleo en la radiografía, pues se utilizan también en el tratamiento médico del cáncer, en la investigación de la estructura cristalina de los sólidos, en pruebas industriales, y en muchos otros campos de la ciencia y la tecnología.

Rayos Gamma: las ondas electromagnéticas que muestran las frecuencias más altas conocidas, son los rayos Gamma. Esta radiación es emitida por los núcleos atómicos de los elementos al desintegrarse. Estas sustancias, como quizás ya se sabe, se denominan elementos radiactivos

Un núcleo atómico, al desintegrarse, emite tres tipos de radiaciones, que se denominan alfa, beta y gamma. Al hacer pasar estas radiaciones por un campo eléctrico, como muestra la figura, se ve que se separan. Los rayos alfa se desvían hacia un lado (puesto que son partículas con carga positiva), los rayos beta se desvían hacia el lado opuesto (son partículas negativas), los rayos gamma no sufren desviación alguna, pues no son partículas electrificadas, sino ondas electromagnéticas de altísima frecuencia.



Los rayos gamma (al igual que los rayos X) pueden ocasionar daños irreparables a las células animales. En la explosión de una bomba de energía nuclear (por ejemplo una bomba atómica) se produce una colosal emisión de estas radiaciones, siendo esta una de las causas del gran peligro para la humanidad. A los científicos y técnicos que trabajan en laboratorios donde existen radiaciones gamma o X, se les obliga a utilizar sistemas especiales para protegerse contra dosis excesivas de exposición a estas radiaciones.

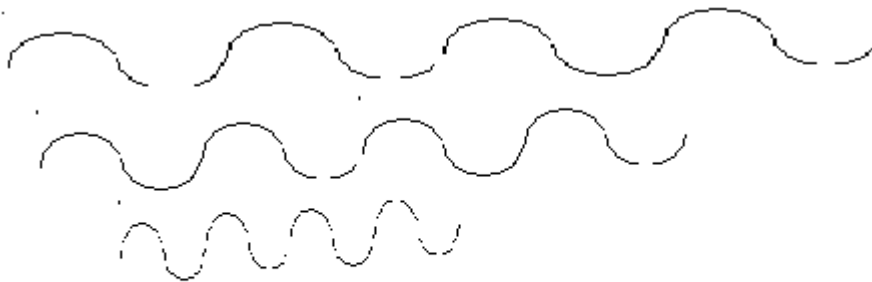
Amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación-Laser.

¿Qué es un rayo láser?. Es un tipo especial de radiación electromagnética visible cuyas aplicaciones tecnológicas y científicas aumentan cada día.

El término laser esta formado por las siguientes palabras en ingles: “light amplification by stimulated emission of radiation”, que significa “amplificación de la luz por emisión estimulada de la radiación”. Un haz de rayos laser se diferencia de la luz común porque presenta algunas características propias que se analizan a continuación.

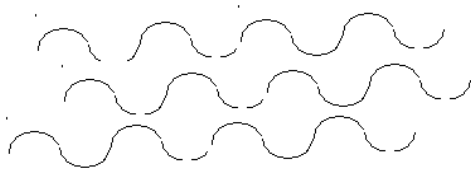
El haz laser se presenta siempre con intensidad muy alta, es decir hay alta concentración de energía en áreas muy pequeñas (haces muy delgados) . por ejemplo un láser de potencia baja, cerca de algunos miliwatts, presenta brillo considerable, muy superior a la de la luz emitida por un foco de 60 watt. Además, ese intenso haz esta constituido por rayos prácticamente paralelos, que pueden propagarse por distancias muy grandes sin dispersarse (los rayos se mantienen casi paralelos, con divergencia muy baja)

La luz del laser es monocromática, es decir esta constituida por radiaciones que presentan una frecuencia única de valor determinado. Con la luz común seria muy difícil obtener este grado de monocromaticidad, porque se presenta como una mezcla de radiaciones de varias frecuencias.

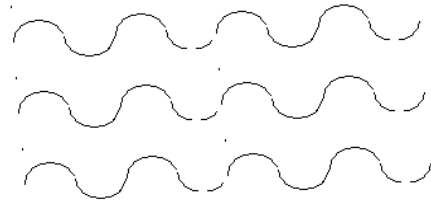


La luz comun esta constituida por una mezcla de radiaciones de diversa frecuencias.

La luz del laser es coherente, mientras que un haz de luz común es incoherente. Esta denominación indica que, en la luz común, las crestas y los valles de las ondas luminosas se distribuyen aleatoriamente una en relación con otras, es decir están desfasadas entre si y este desfase no permanece constante a través del tiempo. Por otra parte las diversas radiaciones que constituyen un haz de laser están rigurosamente en fase y hay coincidencia entre las crestas y, en consecuencia, entre los valles como se indica en la figura. Se dice entonces que la luz del láser es coherente



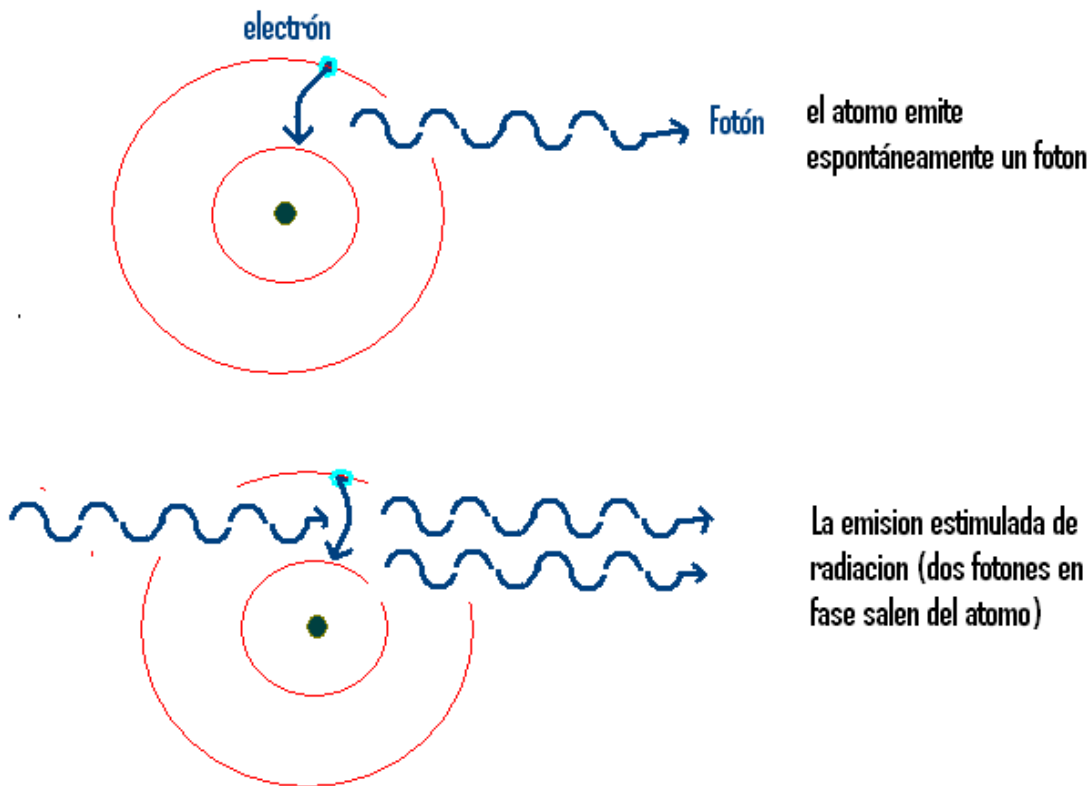
La luz común, aun cuando es monocromática, se presenta incoherente.



La luz del laser es coherente.

La expresión emisión estimulada, que aparece en el termino laser indica una manera poco común por la cual un átomo emite radiación. Normalmente, esta emisión se hace mediante un proceso denominado “emisión espontanea”, que se representa en la figura.

Un electrón que fue transferido para un nivel más alto de energía en un átomo, tiende a regresar al nivel de energía mas bajo (más estable). La energía perdida por el electrón, en esta transición, es irradiada bajo la forma de un pulso de luz denominado “fotón”. El electrón es inducido a sufrir una transición por el paso de un fotón en el interior del átomo. Debido a esta transición hay emisión de un fotón, exactamente en fase con el fotón incidente. Se dice que esta es una emisión estimulada de radiación y, en consecuencia, dos fotones en fase abandonan el átomo. En una sustancia que esta emitiendo un laser, es proceso ocurre con un numero enorme de átomos, que fueron previamente excitados. Por ejemplo, inclusive en un laser de baja potencia tenemos la emisión de, por lo menos 10^{15} fotones por segundo.



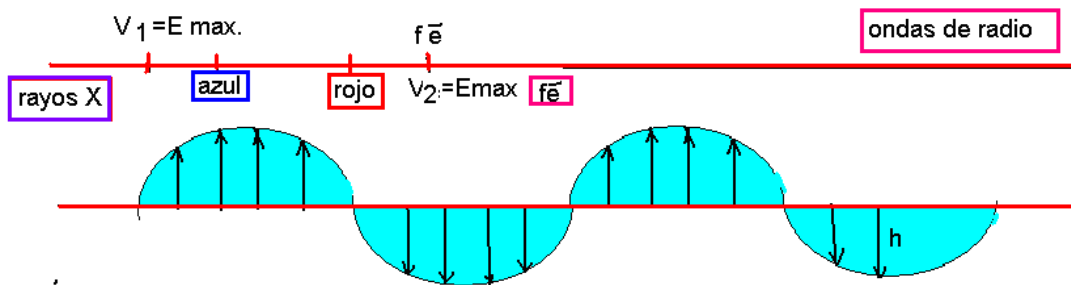
Aplicaciones del laser. Son innumerables las aplicaciones de los rayos laser en diversos sectores de la ciencia, de la tecnología y de la vida cotidiana. Entre ellas se pueden citar las siguientes.

- Lectura del código universal de los productos, para cotejar precios en mercancías en los supermercados.
- En telecomunicaciones , utilizando cables de fibra óptica , para enviar señales de TV y teléfonos
- Para soldar y cortar metales.
- Para medir con precisión distancias muy grandes, como por ejemplo la distancia de la Tierra a la luna.
- Para perforar orificios muy pequeños y bien definidos, en sustancias duras.
- En discos Cd y videos discos, para reproducción con altísima fidelidad y sin ruido de sonidos e imágenes.
- En holografías, para obtener fotografías tridimensionales de un objeto (hologramas)
- En medicina, en cirugías para sustituir bisturís, en endodoncias
- Las aplicaciones del laser son tan amplias y diversificadas que seria prácticamente imposible mencionar todas ellas.

EL EFECTO FOTOELÉCTRICO.

ONDA ELECTROMAGNÉTICA: Es una variación en el tiempo de un campo eléctrico

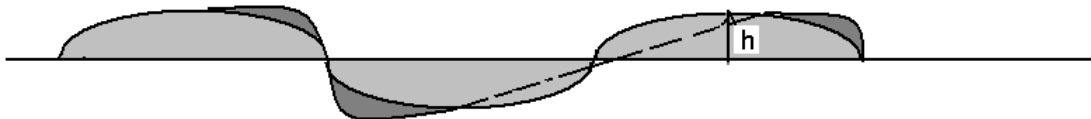
Una onda al oscilar genera un campo magnético.



La perturbación electromagnética se propaga a la velocidad de la luz

c.

ADEMÁS : $c = \lambda \times f$



Las ondas que se generan por la vibración de ambos planos son perpendiculares entre sí. La energía que transmite una onda electromagnética en el espacio está dada por el modelo matemático obtenido por Víctor Poynting.

$$S = \frac{1}{\mu_0} E \times B, \text{ donde } \mu_0 : \text{permeabilidad del medio de propagación.}$$

E: Intensidad del campo magnético generado por la oscilación o perturbación electromagnética.

B: inducción magnética.

Una onda electromagnética es capaz de transmitir momentum lineal (P) cuando impacta una superficie.

$$P = \frac{U}{c}, \text{ cuando la superficie es totalmente absorbente.}$$

$$P = \frac{2U}{c}, \text{ cuando es refractante. } U: \text{ energía de la onda}$$

La emisión de electrones por metales iluminados con luz de determinada frecuencia fue observada a finales del siglo XIX por Hertz y Hallwachs. El proceso por el cual se liberan electrones de un material por la acción de la radiación se denomina efecto fotoeléctrico o emisión fotoeléctrica. Sus características esenciales son:

- 1.- para cada sustancia hay una frecuencia mínima o umbral de la radiación electromagnética por debajo de la cual no se producen fotoelectrones por más intensa que sea la radiación.
- 2.- la emisión electrónica aumenta cuando se incrementa la intensidad de la radiación que incide sobre la superficie del metal, ya que hay más energía disponible para liberar electrones.

En los metales hay electrones que se mueven más o menos libremente a través de la red cristalina, estos electrones no escapan del metal a temperaturas normales por que no tienen energía suficiente. Calentando el metal es una manera de aumentar su energía. Los electrones "evaporados" se denominan termoelectrones, este tipo de emisión que hay en las válvulas electrónicas. También se pueden liberar electrones (fotoelectrones) mediante la absorción por el metal de la energía de radiación electromagnética.

El objetivo de la práctica simulada es la determinación de la energía de arranque de los electrones de un metal, y el valor de la constante de Planck. Para ello, disponemos de un conjunto de lámparas que emiten luz de distintas frecuencias y placas de distintos metales que van a ser iluminadas por la luz emitida por esas lámparas especiales.

Descripción.

Sea ϕ la energía mínima necesaria para que un electrón escape del metal. Si el electrón absorbe una energía E , la diferencia $E - \phi$, será la energía cinética del electrón emitido.

$$E_k = E - \phi$$

Einstein explicó las características del efecto fotoeléctrico, suponiendo que cada electrón absorbía un cuanto de radiación o fotón. La energía de un fotón se obtiene multiplicando la constante h de Planck por la frecuencia f de la radiación electromagnética.

$$E=hf$$

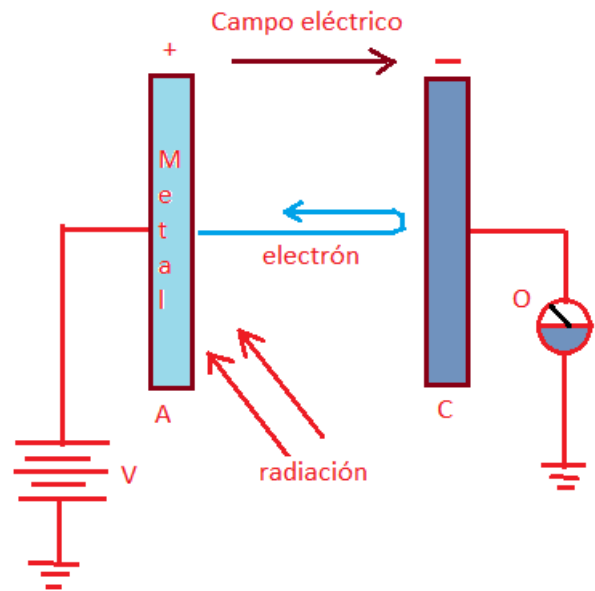
Si la energía del fotón E , es menor que la energía de arranque ϕ , no hay emisión fotoeléctrica. En caso contrario, si hay emisión y el electrón sale del metal con una energía cinética:

$$E_k = E - \phi$$

Por otra parte, cuando la placa de área S se ilumina con cierta intensidad I , absorbe una energía en la unidad de tiempo proporcional a IS , basta dividir dicha energía entre la cantidad hf para obtener el número de fotones que inciden sobre la placa en la unidad de tiempo. Como cada electrón emitido toma la energía de un único fotón, concluimos que el número de electrones emitidos en la unidad de tiempo es proporcional a la intensidad de la luz que ilumina la placa.

Mediante una fuente de potencial variable, tal como se ve en la fig. Podemos medir la energía cinética máxima de los electrones emitidos (movimiento de partículas cargadas en un campo eléctrico)

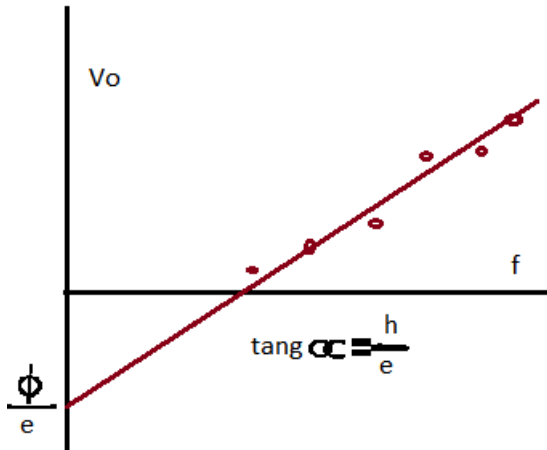
Aplicando una diferencia de potencial V entre las placas A y C se frena el movimiento de los fotoelectrones emitidos. Para un voltaje V_0 determinado, el amperímetro no marca el paso de la corriente, lo que significa que ni aun los electrones más rápidos llegan a la placa C. En ese momento, la energía potencial de los electrones se hace igual a la energía cinética.



$$eV_0=hf-\phi$$

Variando la frecuencia f , (o la longitud de onda de la radiación que ilumina la placa) obtenemos un conjunto de valores del potencial de detención V_0 . Llevados a un gráfico, obtenemos una serie de puntos (potencial de detención, frecuencia) que se aproxima a una línea recta.

La ordenada en el origen mide la energía de arranque en electrón-voltios ϕ/e . Y la pendiente de la recta es h/e . Midiendo el ángulo de dicha pendiente y usando el valor de la carga del electrón $e=1,6 \times 10^{-19} \text{C}$, obtenemos el valor de la constante de Planck, $h=6,63 \times 10^{-34} \text{Js}$.



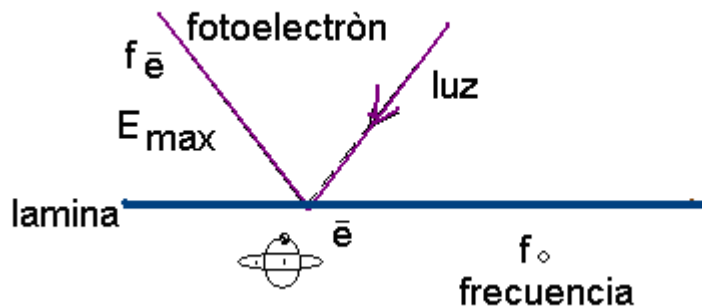
No es posible disponer de lámparas que emitan a todas las frecuencias posibles, solamente existen lámparas hechas de materiales cuya emisión corresponde a unas determinadas líneas del espectro. Algunas de las líneas de emisión son muy débiles y otras son brillantes. En las tablas que vienen a continuación se proporcionan a los espectros de emisión de metales y gases. La longitud de onda se da en Angstrom, los números en **negrita** indican las líneas del espectro de mayor brillo.

Aluminio (arco)	Cobre (arco en el vacío)	Mercurio (lámpara de arco)	Sodio (en llamas)	Cadmio (arco)	Cinc (arco en el vacío)
3083	3248	3126	5890	3261	3036
3093	3274	3131	5896	3404	3072
3944	4023	3650		3466	3345
3962	4063	4067		3611	4680
4663	5105	4358		3982	4722
5057	5153	4916		4413	4811
5696	5218	4960		4678	4912
5723	5700	5461		4800	4925
	5782	5770		5086	6103
		5791		5338	6332
		6152		5379	
		6232		6438	

Argón	Helio	Hidrogeno	Neón	Nitrógeno	Oxigeno
3949	3889	4102	4538	5754	5200
4044	4026	4340	4576	5803	5300
4159	4221	4341	4704	5853	5550
4164	5016	4861	4709	5904	5640
4182	5876	6563	4715	5957	
4190	6678		4789	6012	
4191	7065		5331	6068	
4198			5341	6251	

4201			5358	6321	
4251			5401	6393	
4259			5853	6467	
4266			5882	6542	
4272			5965	6622	
4300			6143	6703	
4334			6266	6787	
4335				6383	
				6402	
				6506	
				7174	
				7245	

ANÁLISIS DEL FENOMENO FOTOELÉCTRICO.



f_0 : frecuencia de corte.

W: Energía que necesita el electrón para desprenderse y convertirse en fotoelectrón.

E_{max}.: Energía máxima del fotoelectrón f_e y es proporcional a la frecuencia de corte f_0 , e inversamente proporcional a la longitud de onda.

El trabajo W depende de las características del material, es la energía mínima que hay que entregarle a un electrón para que escape y se transforme en fotoelectrón.

Al irradiar una lámina con luz de diversas frecuencias se produce un escape del fotoelectrón, lo que produce corriente eléctrica.

Si se ilumina con luz roja, el fenómeno fotoeléctrico no se produce, independientemente de la intensidad de corte (frecuencia de corte) a partir de la cual se produce el fenómeno.

En cambio con luz azul el fenómeno fotoeléctrico tiene lugar aun para pequeñas intensidades.

Para frenar los electrones se aplica una diferencia de potencial V en que:

$$E(\text{eV}) = \frac{1}{2} m_e v^2$$

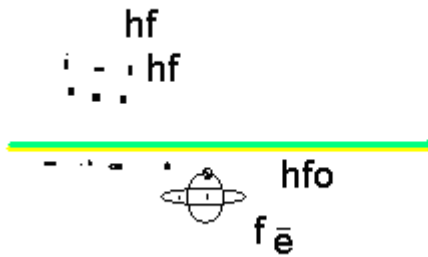
Einstein sostiene que la luz está compuesta por “cuantos”, corpúsculos, que son paquetes de energía que están asociados a la relación $E=hf$, donde h es la constante de Planck

$E=hf_0$ corresponde a la energía que requiere el electrón para escapar si se le entrega hf

$$E_{\text{max}} = hf - hf_0 = \frac{1}{2} m_e v^2$$

Donde hf corresponde a la energía que entrega el fotón y es constante para una específica longitud de onda o frecuencia.

Si aumenta el haz de fotones que incide en la lámina, la corriente será mayor porque el número de electrones que incide sobre la superficie y en consecuencia es mayor el número de fotoelectrones liberados.



hf_0 es la energía que requiere el e (electrón) para escapar y la energía de cada uno de los fotoelectrones liberados es la misma

$E = hf - hf_0$, es decir: $\frac{1}{2}mv_{\max}^2 = hf - W_{\min}$ que corresponde a la ecuación de A. Einstein del efecto fotoeléctrico

La energía del electrón emitido se puede calcular determinando la diferencia de potencial V que se necesita aplicar para determinar el movimiento, entonces:

$$hf - W_{\min} = V_s e, \text{ donde } V_s \text{ es el potencial del frenado.}$$

Para cualquier superficie, la longitud de onda de la luz debe ser lo suficientemente pequeña para que la energía del fotón hf sea lo suficientemente grande para desprender el electrón. En la longitud de onda umbral (o frecuencia), la energía del fotón es casi igual a la función del trabajo. Para un metal ordinario la longitud de onda cae en el rango del visible o del ultravioleta. Los rayos X desprenden fotoelectrones; los fotones del infrarrojo o caloríficos nunca desprenderán electrones.

En consecuencia: Si $hf < hf_0$ el electrón no escapa y se produce una oscilación.

EL FOTÓN TIENE MASA EN REPOSO CERO: toda su masa se debe a que se mueve con rapidez "c". Como $\Delta E = (\Delta m)c^2$, ya que la del fotón es hf , se tiene para un fotón:

$$mc^2 = hf \quad \text{o bien : } m = \frac{hf}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$$

$$\text{El ímpetu de un fotón es } mc = \frac{h}{\lambda}$$

EFEECTO COMPTON: Un fotón puede chocar con una partícula cuya masa en reposo no es cero, por ejemplo con un electrón. Cuando esto sucede su energía e ímpetu pueden cambiar debido a la

colisión. Es factible que el fotón también se defleccione en el proceso. Si un fotón con la longitud de onda λ choca con una partícula libre en reposo de masa m y se refleja un ángulo Φ , entonces su longitud de onda cambia a λ' , donde

$$\lambda' = \lambda + \frac{h}{mc}(1 - \cos \Phi)$$

El cambio fraccional en la longitud de onda es muy pequeño, excepto en el caso de radiación altamente energética como los rayos X y los rayos γ

ONDAS DE DE BROGLIE: una partícula de masa m que se mueve con ímpetu P tiene asociada una longitud de onda de De Broglie según el modelo: $\lambda = \frac{h}{P} = \frac{h}{mv}$

Un haz de partículas se puede difractar e interferir. Estas propiedades de comportamiento ondulatorio de las partículas se pueden calcular suponiendo que las partículas actúan como ondas (ondas de Broglie) con longitud de onda de De Broglie.

Tema: efecto fotoeléctrico –efecto Compton-longitud de ondas de De Broglie

1.- El umbral de longitud de onda para la emisión fotoeléctrica del Wolframio es de 2300 \AA . ¿Que longitud debe usarse para expulsar los electrones con una energía máxima de 1,5 eV

2.- Demuestre que un fotón de una luz infrarroja de 1240 nm tiene una energía de 1eV

3.= Calcule la energía de un fotón de luz azul de longitud de onda de 450nm.

(2.76eV)

4.- Las longitudes de ondas del espectro visible, se indican en la tabla

Color	λ .en. \AA
Violeta	3800-4360

Azul	4360-4950
Verde	4950-5660
Amarillo	5660-5890
Naranja	5890-6270
Rojo	6270-7800

Calcule para cada uno de ellos la energía máxima y mínima del fotón para el espectro visible.

5.-Suponga que se irradia una lamina metálica con luz en el umbral del infrarrojo según la tabla anterior. ¿Cual es la función del trabajo mínimo requerido para producir el efecto fotoeléctrico? ¿Cual es la velocidad máxima con que sale expelido el electrón de la lámina bajo las condiciones anteriores?

$$(2.55 \times 10^{-19} \text{ J} , 748625 \text{ m/s})$$

6.- Se “dispara” un rayo luminoso de longitud de onda umbral λ , de manera que el electrón “arrancado” sale expelido con una rapidez equivalente al 0.43% de la velocidad de la luz en el vacío. Determine:

6.1.-La longitud de onda umbral del rayo luminoso.

6.2.- Explique analíticamente si corresponde a un rayo infrarrojo o ultravioleta?

7.- Para romper el ligamento químico de una molécula de la piel humana y por lo tanto causar una quemadura de Sol, se requiere de un fotón con una energía de aproximadamente 3.5eV. ¿que longitud de onda corresponde esta energía?

$$\lambda = 355 \text{ nm} , \text{ la luz ultravioleta causa las quemaduras de Sol}$$

8.-La función de trabajo de metal de sodio es 2.3eV. ¿Cual es la longitud de onda mas grande de la luz que puede producir emisión de fotoelectrones en el sodio?

$$\lambda = 540 \text{ nm}$$

9.- ¿Qué diferencia de potencial se debe aplicar para detener al fotoelectrón más rápido emitido por una superficie de Níquel bajo la acción de luz ultravioleta de longitud de onda 200nm? La función de trabajo para el Níquel es 5.01eV

$$V = 1.20 \text{ eV} , \text{ se requiere un potencial retardador negativo. este es el potencial de frenado}$$

10.-¿Qué diferencia de potencial se debe aplicar para detener al fotoelectrón mas rápido emitido por una lamina de níquel bajo la acción de luz ultravioleta umbral , si la función del trabajo para la emisión fotoeléctrica es de 5.01 eV?

(1.74 eV)

11.- ¿Emitirá fotoelectrones una superficie de cobre, con una función de trabajo de 4.4eV, cuando se ilumina con luz visible?

(Umbral de longitud de onda 282nm, por lo tanto, la luz visible (400nm a 700nm) no puede desprender electrones del cobre)

12.- Un haz de rayos láser ($\lambda = 633\text{nm}$) del tipo diseñado para que lo usen los estudiantes tiene una intensidad de 3mW.¿Cuántos fotones pasan por un punto dado en cada segundo?

(9.5×10^{15} fotones/seg.)

13.- En un proceso llamado producción de pares, un fotón se transforma en un electrón y en un positrón .Un positrón tiene la misma masa que un electrón, pero su carga es +e.

13.1.- ¿Cual es la mínima energía que debe tener un fotón si ocurre este proceso?

13.2.- ¿Cuál es la correspondiente longitud de onda?

(1.02MeV , $1.21 \times 10^{-12} \text{m}$)

14.- ¿Qué longitud de onda debe tener la radiación electromagnética para que un fotón en un haz tenga el mismo ímpetu que el de un electrón que se mueve con una rapidez de $2 \times 10^5 \text{ m/s}$?

(3.64nm, Esta longitud esta en la región de los rayos X)

15.- Suponga que un fotón con longitud de onda de 3.64nm que se mueve en la dirección de +x choca frontalmente con un electrón cuya rapidez es de $2 \times 10^5 \text{ m/s}$ y se mueve en la dirección -x .Si la colisión es perfectamente elástica .Calcular:

15.1- La rapidez del electrón después de la colisión.

15.2.- La longitud de onda del electrón después de la colisión.

(

16.- Un fotón cuya longitud de onda es de 0.400nm, choca con un electrón que se encuentra en reposo y rebota con un Angulo de 150° en la dirección que tenia antes del choque .Determine la rapidez y la longitud de onda del fotón después de la colisión.

(c , 0.4045nm)

17.- ¿Cuál es la longitud de onda de De Broglie para una partícula que se mueve con una rapidez de 20×10^5 m/s, si la partícula es:

17.1.- Un electrón.

17.2.- Un protón.

17.3.- Una pelota de 0.2kg

(3.6×10^{-10} , 2×10^{-13} , 1.65×10^{-39})

18.- Un electrón en reposo se pone en una diferencia de potencial de 100V.¿Cual es la longitud de onda de De Broglie?

(0.123nm)

19.- ¿Cuál es la diferencia de potencial para que un microscopio electrónico le proporcione a un electrón una longitud de onda de 0.5 \AA ?

(600V)