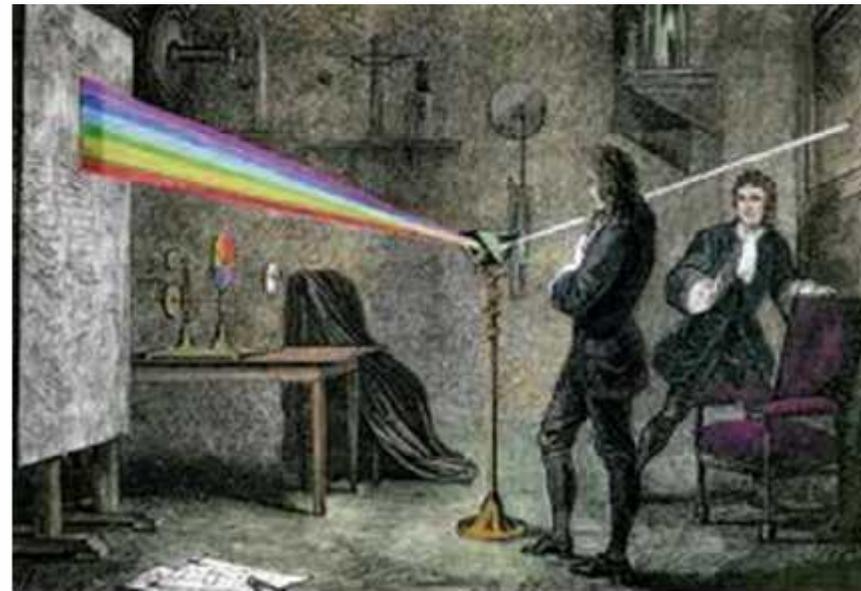


# Descripción de la luz un paso adelante para la descripción del Modelo de Niels Bohr

Desde el siglo XVII se conoce la separación de un rayo de luz blanca en una gama de colores al pasar a través de un prisma. Esa imagen, obtenida por Newton, se denominó **espectro**.



[www.profesorenlinea.cl](http://www.profesorenlinea.cl)



[aulaelsa1062.blogspot.com](http://aulaelsa1062.blogspot.com)



La evidencia usada para apoyar el modelo de Bohr vino de los espectros atómicos.

Bohr sugirió que un espectro atómico se crea cuando los electrones de un átomo se mueven entre los niveles de energía.

Los electrones tienen típicamente la energía más baja posible, pero al absorber la energía, los electrones saltan a un nivel de energía superior, produciendo un estado excitado e inestable.

Los electrones luego caen inmediatamente de nuevo a un nivel de energía más bajo y re emiten la energía absorbida.

La energía emitida durante estos electrones se emite en forma de luz y se correspondería con una línea específica en el espectro de emisión atómica.

Bohr fue capaz de producir matemáticamente un conjunto de niveles de energía para el átomo de hidrógeno



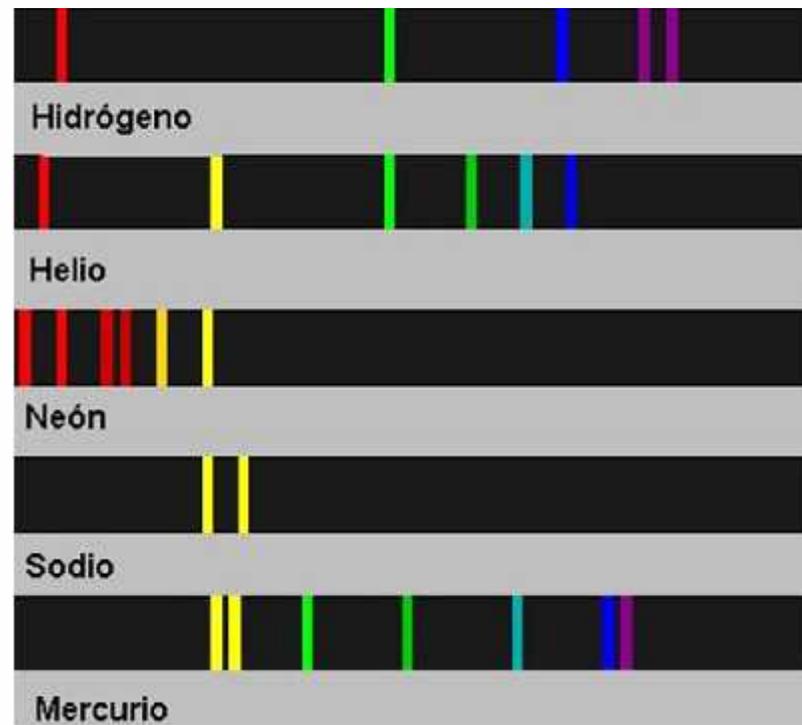
En sus cálculos, las diferencias entre los niveles de energía eran exactamente las mismas energías de las frecuencias de la luz emitida en el espectro de hidrógeno.



Bohr predijo que el átomo de hidrógeno emitiría parte de la radiación electromagnética fuera del rango visible.

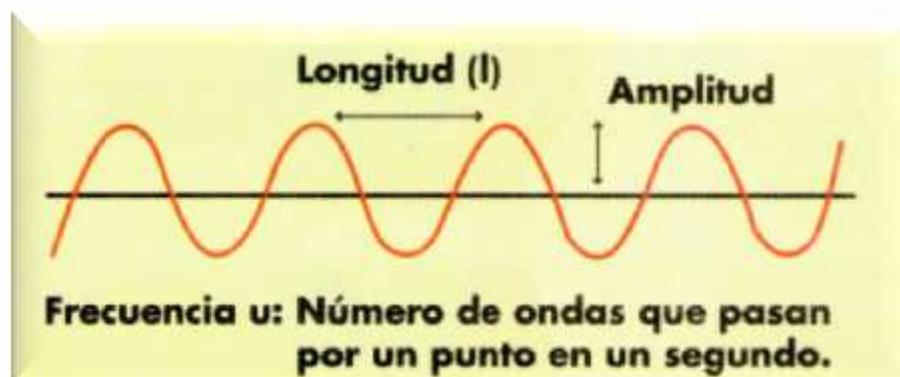
Cuando los científicos buscaron estas emisiones en la región del infrarrojo, que fueron capaces de encontrar en las frecuencias exactas predichas por el modelo de Bohr. La teoría de Bohr fue rápidamente aceptada y recibió el Premio Nobel de Física en 1922.

En 1859, Kirchhoff publicó sus conclusiones en cuanto a una serie de estudios relacionados con la luz, donde comunicaba la existencia de un espectro discontinuo característico para cada elemento químico, y que esta propiedad se podía utilizar para analizar los componentes de una sustancia.



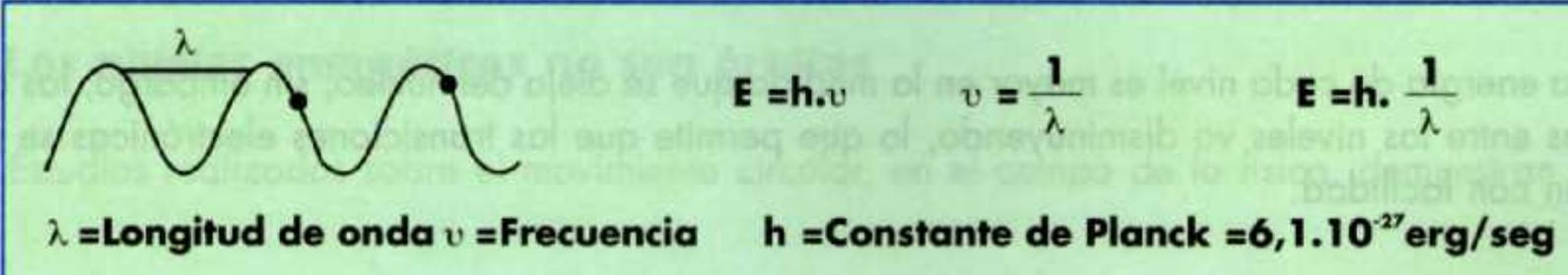
## La luz tiene un comportamiento muy particular

Su reflexión, refracción y difracción sólo se puede explicar tratándola como una onda electromagnética. Con sus características, tales como longitud de onda, amplitud y frecuencia.



A principios del siglo XX, Albert Einstein define la luz

"La luz es radiación energética emitida en forma de "cuantos" denominados fotones, con contenidos energéticos diferentes que corresponden a un valor  $\lambda$  que se propaga en forma individual".



$\lambda = \text{Longitud de onda}$     $\nu = \text{Frecuencia}$     $E = h \cdot \nu$     $\nu = \frac{1}{\lambda}$     $E = h \cdot \frac{1}{\lambda}$

$h = \text{Constante de Planck} = 6,1 \cdot 10^{-27} \text{ erg/seg}$

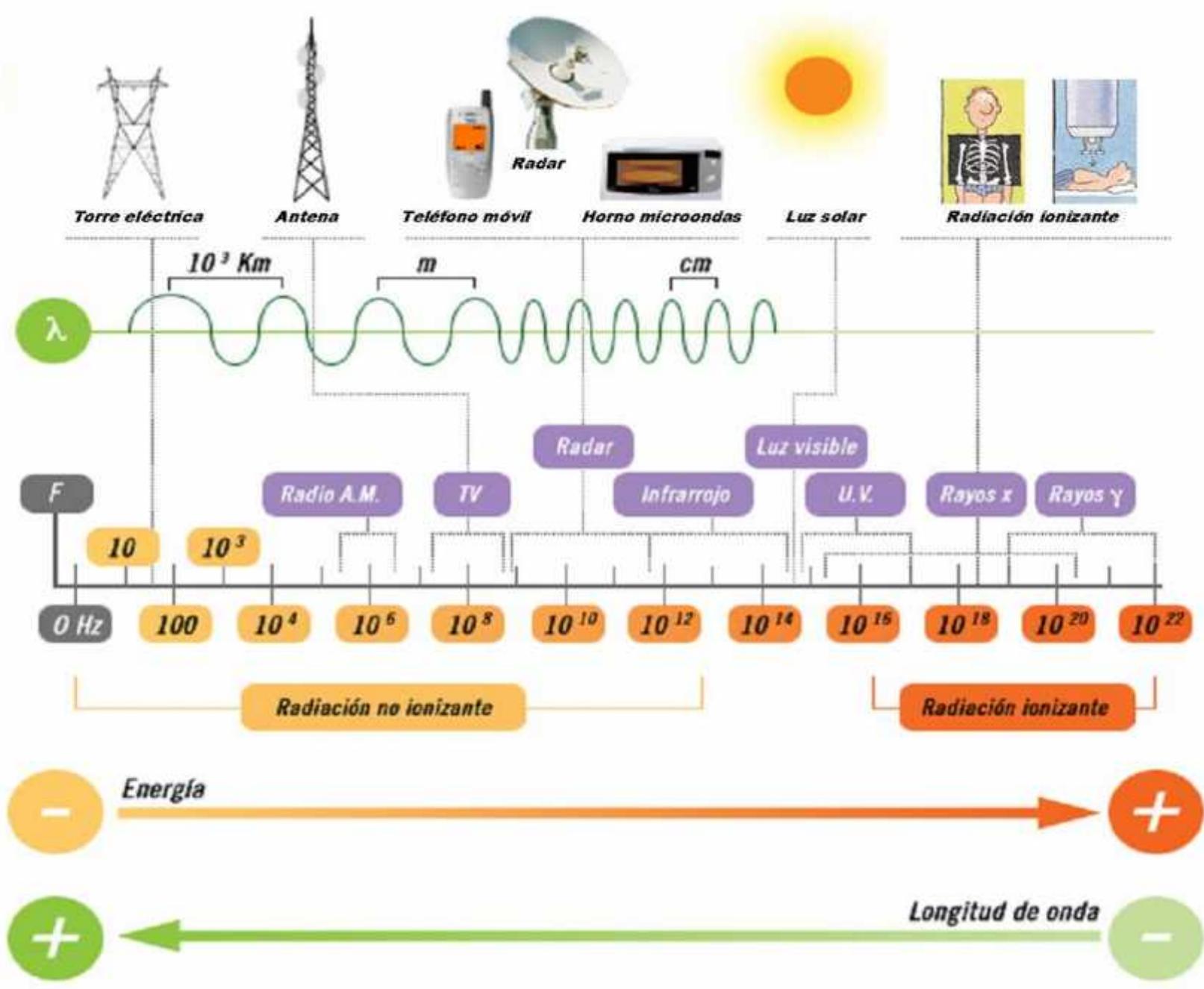
La Luz

[http://www.youtube.com/watch?v=kmKIR\\_TorwA](http://www.youtube.com/watch?v=kmKIR_TorwA)

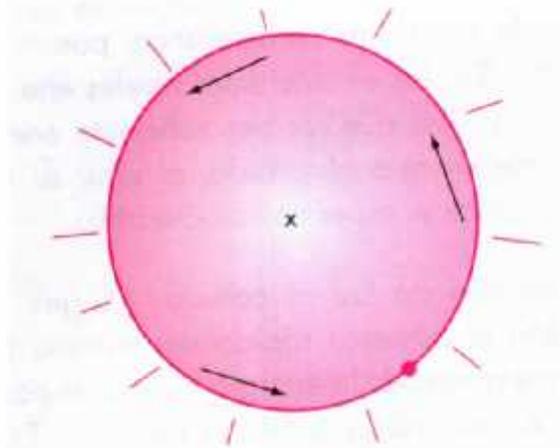


El valor de la cantidad de energía contenida en un fotón depende del tipo de radiación (de la longitud de onda). En la medida que la longitud de onda se hace menor, la cantidad de energía que llevan es mayor.

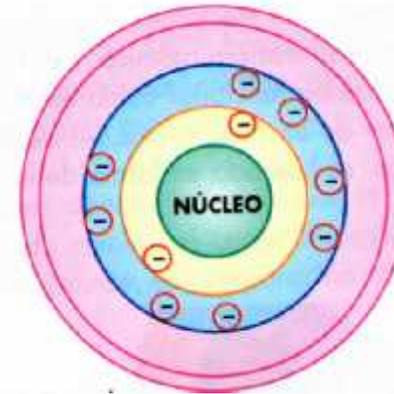
www.unicrom.com		Longitud de onda	Frecuencia	Energía
Radio	Muy Baja Frecuencia	> 10 km	< 30 KHz	< 1.99 e-29 J
	Onda Larga	< 10 km	> 30 KHz	> 1.99 e-29 J
	Onda media	< 650 m	> 650 KHz	> 4.31 e-28 J
	Onda corta	< 180 m	> 1.7 MHz	> 1.13 e-27 J
	Muy alta frecuencia	< 10 m	> 30 MHz	> 2.05 e-26 J
	Ultra alta frecuencia	< 1 m	> 300 MHz	> 1.99 e-25 J
Microondas		< 30 cm	> 1.0 GHz	> 1.99 e-24 J
Infrarrojo	Lejano / submilimétrico	< 1 mm	> 300 GHz	> 199 e-24 J
	Medio	< 50 $\mu$ m	> 6.0 THz	> 3.98 e-21 J
	Cercano	< 2.5 $\mu$ m	> 120 THz	> 79.5 e-21 J
Luz Visible		< 780 nm	> 384 THz	> 255 e-21 J
Ultravioleta	Cercano	< 380 nm	> 789 THz	> 523 e-21 J
	Extremo	< 200 nm	> 1.5 PHz	> 993 e-21 J
Rayo X		< 10 nm	> 30.0 PHz	> 19.9 e-18 J
Rayos Gamma		< 10 pm	> 30.0 EHz	> 19.9 e-15 J



Estudios realizados sobre el movimiento circular, en el campo de la física, demuestran que cualquier partícula cargada que se encuentre girando alrededor de un punto irradia energía continuamente.



Análogo



Cualquier partícula con carga eléctrica que tiene un movimiento circular, emite continuamente energía

Modelo de Bohr. El electrón gira alrededor de un núcleo.

Este descubrimiento afecta la explicación de la teoría de Bohr

Si un átomo presenta esta estructura, donde el electrón tendría un movimiento giratorio alrededor del núcleo, lo que provocaría una emisión continua de energía.

Sabemos que por las características del electrón, éste puede aceptar y desprender energía, sin embargo, aceptar un movimiento del electrón alrededor del núcleo sería como aceptar una destrucción continua debido al agotamiento de energía electrónica



Si el electrón pierde energía continuamente, disminuiría su velocidad y chocaría con el núcleo, destruyendo al átomo.



# ¿El electrón onda ó partícula?

Los trabajos de

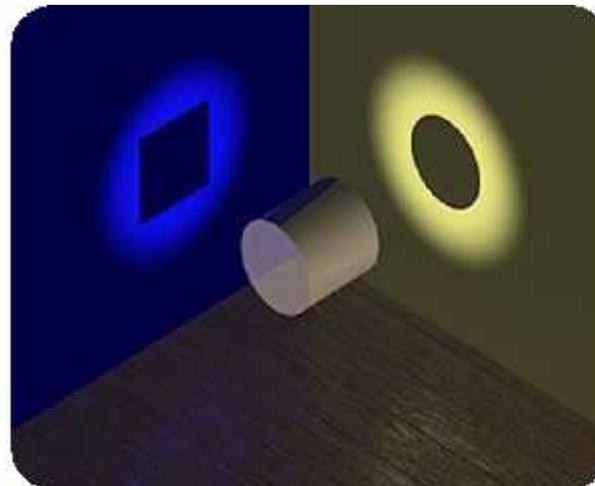
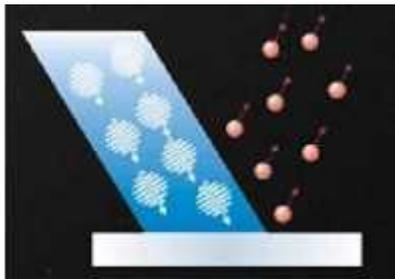
Planck

Einstein

Bohr

concluyeron

Sobre la naturaleza discontinua de la luz y sistemas atómicos



[diariorc.com](http://diariorc.com)



El problema que surgió al comportarse en ocasiones la radiación electromagnética como partículas (fotones) junto con otros resultados experimentales dan origen a una nueva teoría física, la **Mecánica Cuántica**.

## Fenómenos característicos de la mecánica cuántica



1. Dualidad Onda-Corpúsculo (De Broglie).
2. Principio de Incertidumbre (Heisenberg).
3. Formulación de la mecánica cuántica: tratamiento probabilístico.
  - Números cuánticos de la ecuación de Schrödinger.
  - El espín.



# Dualidad partícula-onda



Louis de Broglie fue el primero en dar un paso revolucionario y abrió el camino a la mecánica cuántica. Sugirió que toda la materia, incluido los electrones, tienen un comportamiento ondulatorio caracterizado por una longitud de onda.

Este comportamiento no se observa en objetos macroscópicos, porque la longitud de onda asociada para ellos es extremadamente pequeña.

Para ilustrar este comportamiento se usan experimentos de difracción de partículas y ondas, así como simulaciones de difracción de electrones que justifican el carácter ondulatorio de éstos.

<http://www.youtube.com/watch?v=Ow316a2vCyg>



Comportamiento dual radiación-materia. Por ejemplo los electrones se comportan como partículas para ciertos fenómenos y como ondas para otros.

Energía  $E = h \cdot f$

Momento (cantidad de movimiento)


$$\rho = \frac{E}{c} = \frac{h \cdot f}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

Longitud de onda asociada a una partícula material o un fotón

Según De Broglie, el tipo de onda que genera el objeto se relaciona con el inverso de su masa y velocidad, según la siguiente expresión:

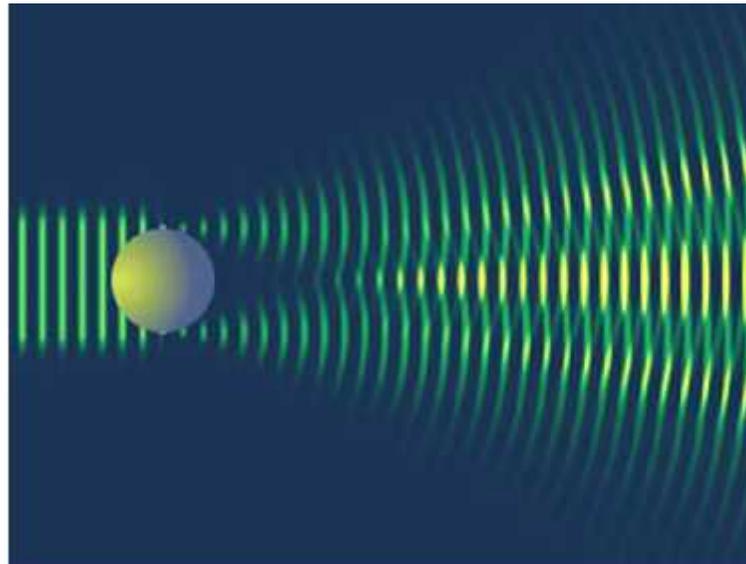

$$\lambda = \frac{h}{\rho} = \frac{h}{mv}$$

**h** es la constante de Planck  
**v** es la velocidad  
**m** es la masa



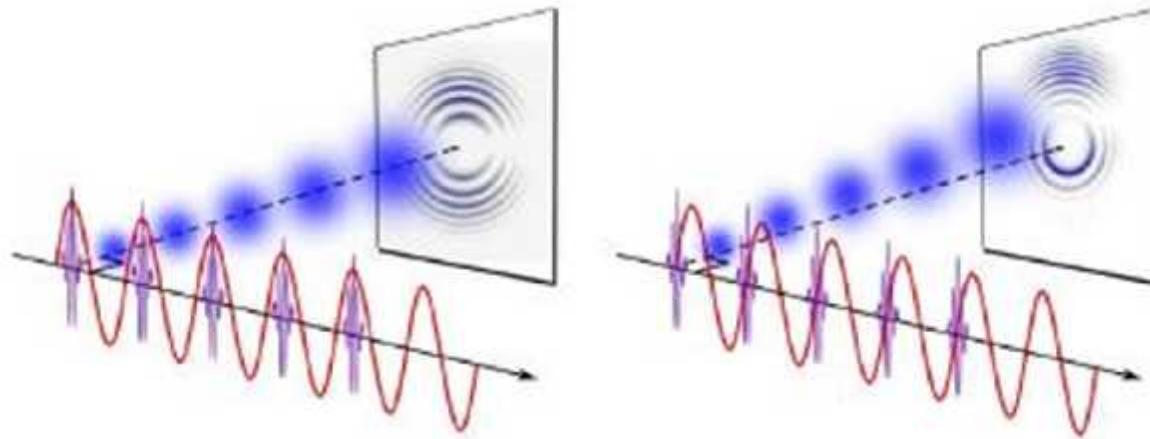
Los objetos grandes y con mucha velocidad generan ondas de longitudes muy pequeñas, pero objetos pequeños como el electrón, proporcionan una onda de longitud alrededor de  $10^{-7}$  cm, muy parecida a las ondas de rayos X ya conocidas para el momento y que demuestran la factibilidad poder encontrarlas.

Hasta el momento el electrón había sido considerado una partícula, pero en el caso de tener carácter ondulatorio, debe tener las propiedades características de una onda; una de ellas es la **difracción**/ fenómeno estrictamente ondulatorio.



Esta nueva característica de los electrones se encuentra presente en toda la materia, puesto que son constituyentes de la misma, y se denomina "carácter dual de la materia".

El carácter onda del electrón ha tenido una aplicación importantísima, puesto que se utiliza para iluminar y visualizar objetos muy pequeños, en el microscopio electrónico.



[francisthemulenevents.wordpress.com](http://francisthemulenevents.wordpress.com)



¡TE HAS QUEDADO  
OBSOLETO, CAPITÁN  
ATOM!  
¡PREPÁRATE A  
MORIR!

¡NO ME ASUSTAN  
TUS RIDÍCULOS  
CHAMPIÑONES,  
MEQUETREFE!

¡¿CÓMO TE  
ATREVES?!  
¡SON ORBITALES,  
VEJESTORIO!

¡JA JA JA!  
Y DECÍAN QUE  
ESTUDIAR QUÍMICAS  
IBA A SER  
ABURRIDO...

# Principio de incertidumbre

1927, Werner K. Heisenberg

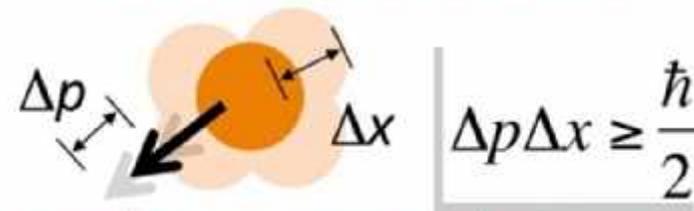
$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$



[pensamientos-celebres.blogspot.com](http://pensamientos-celebres.blogspot.com)

*El Principio de Incertidumbre o de Indeterminación* nos advierte que es imposible determinar con total precisión y simultáneamente el valor exacto de la posición  $x$  y del momento  $p$  de un ente cuántico.

## Principio de Incertidumbre



Es imposible conocer exacta y simultáneamente:

- 1) Dónde se encuentra la partícula
- 2) Qué velocidad lleva

[wikifisica.etsit.upm.es](http://wikifisica.etsit.upm.es)

Este mismo Principio de Incertidumbre o de Indeterminación nos dice que es imposible determinar con total precisión y simultáneamente el valor exacto de la energía  $E$  de un ente u objeto cuántico y el intervalo de tiempo  $\Delta t$  necesario para realizar la medida.

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{4\pi}$$

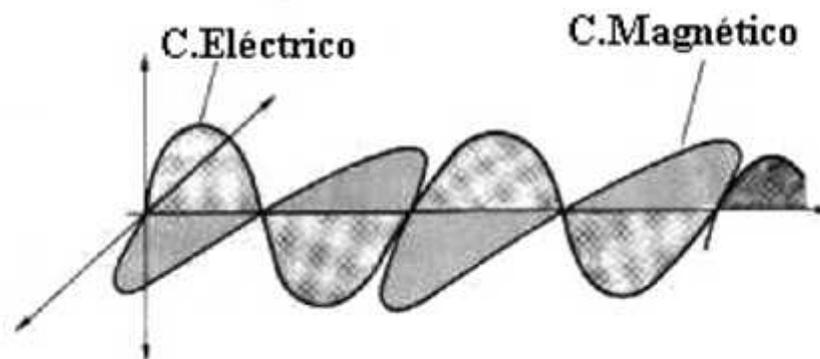
# Efecto fotoeléctrico

## Teoría cuántica del Planck

La radiación electromagnética es una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro.



[electronica68.blogspot.com](http://electronica68.blogspot.com)



[aprendequimica.blogspot.com](http://aprendequimica.blogspot.com)

Radiación electromagnética

<http://www.youtube.com/watch?v=qNqj7qDkYko>



Onda electromagnética es la forma de propagación de la radiación electromagnética a través del espacio



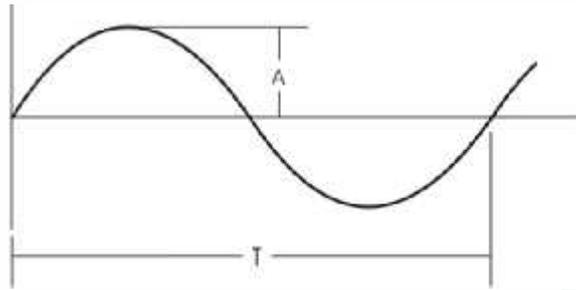
[grupo1rbiologiarproteccion.wordpress.com](http://grupo1rbiologiarproteccion.wordpress.com)

Radiación electromagnética

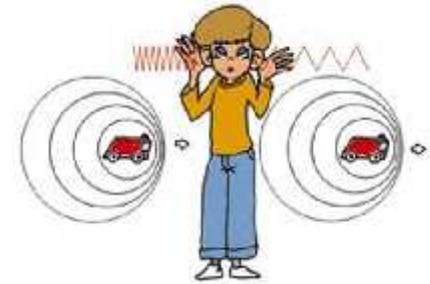
<http://www.youtube.com/watch?v=vrMjwabPMiw>



# Toda onda electromagnética se caracteriza por:

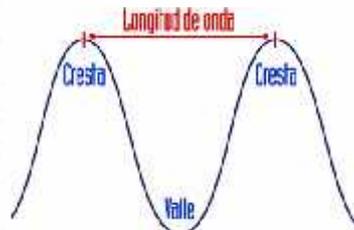


Tener una amplitud (A) lo que representa el desplazamiento máximo de un punto respecto a la posición de equilibrio



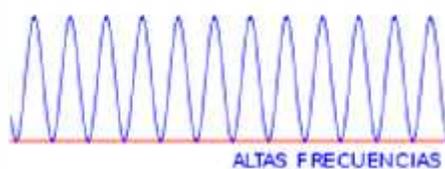
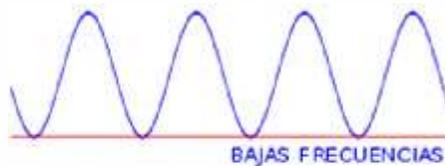
[gmmnmaster.blogspot.com](http://gmmnmaster.blogspot.com)

La velocidad, la cual representa la distancia que recorre la onda por unidad de tiempo



[cepaxarquia.org](http://cepaxarquia.org)

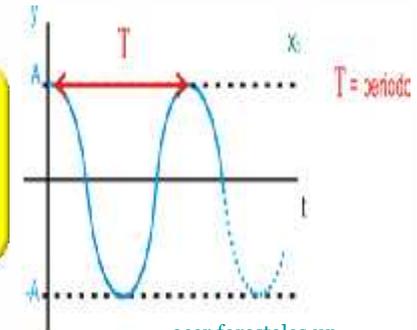
Una longitud de onda ( $\lambda$ ) que no es más que la distancia entre dos puntos análogos consecutivos, es decir dos puntos de la onda en el mismo estado de vibración



[es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org)

Una frecuencia ( $\nu$ ) que es el número de ondas completas que pasan por un punto determinado en la unidad de tiempo. Su unidad en el SI es el hercio (Hz)

El período, que no es más que el tiempo invertido en efectuar una vibración completa

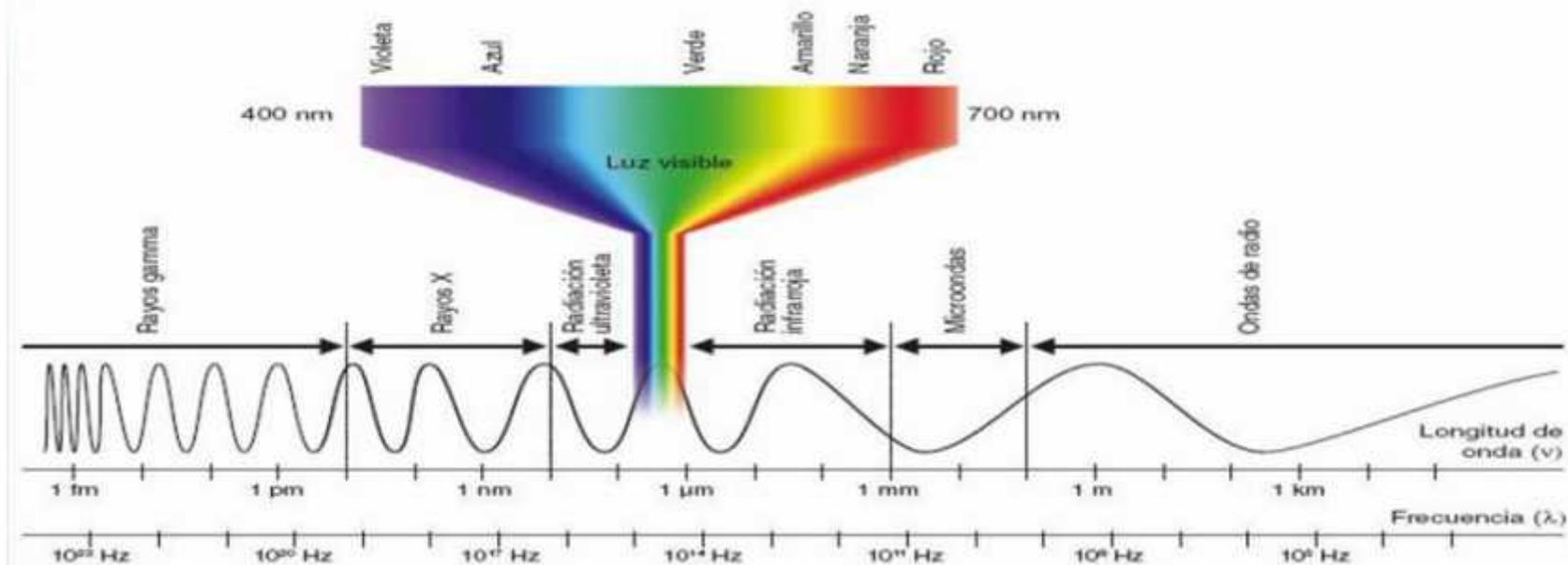


[acer.forestaes.upm.es](http://acer.forestaes.upm.es)

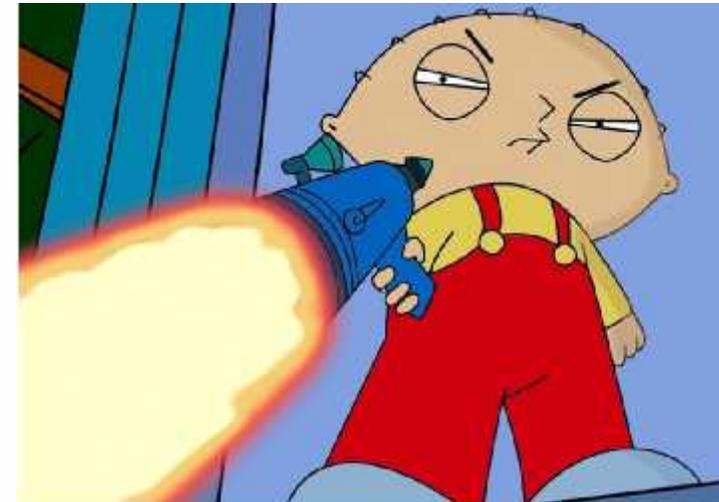
## Relaciones entre la velocidad, la frecuencia y longitud de onda

$$v = f \cdot \lambda \quad v = \text{velocidad}$$

$$f = \frac{1}{T} \quad \lambda = \text{longitud de onda}$$
$$f = \text{frecuencia}$$



Los cuerpos sólidos calientes emiten radiación que depende de la temperatura a la que se encuentren

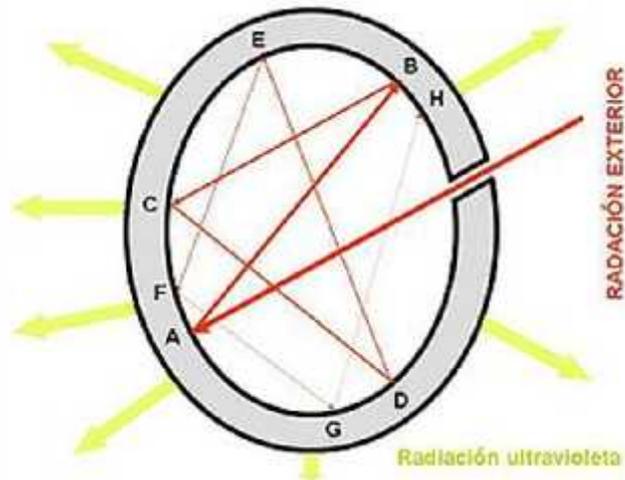


[www.jambitz.com](http://www.jambitz.com)



[edison.upc.edu](http://edison.upc.edu)

Un cuerpo negro es un cuerpo teórico o ideal que absorbe toda la luz y toda la energía radiante que incide sobre él.



[www.esacademic.com](http://www.esacademic.com)

UN CUERPO NEGRO ES UN OBJETO HIPOTÉTICO QUE ABSORBE TODA LA RADIACIÓN QUE LE LLEGA. EN CONSECUENCIA ADQUIERE UNA TEMPERATURA Y, POR TENER UNA TEMPERATURA, TAMBIÉN EMITE RADIACIÓN.

PUES YO SOY UN CUEDPO ADMADIVO. ABSODBO TODA LA BIRRDA QUE ME LLEGA.

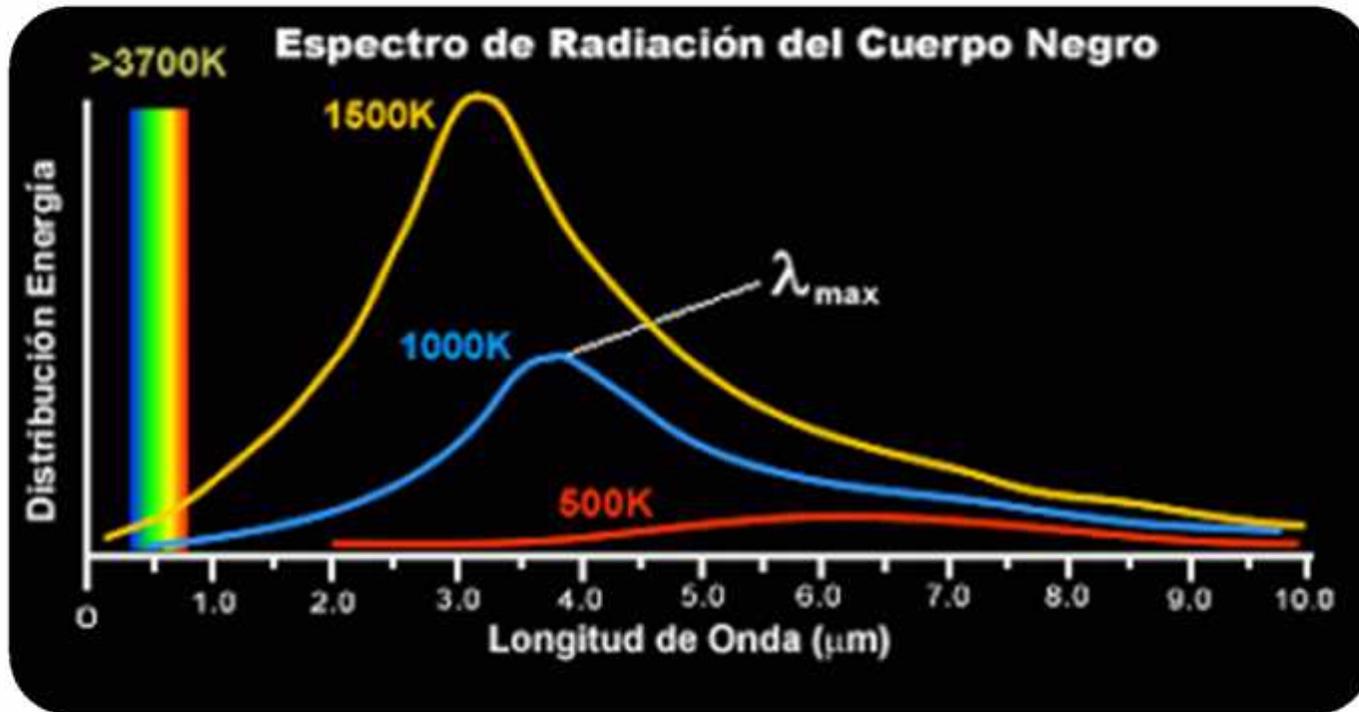
YO EDA CUEDDPO AMADILLO Y AHORDA CUEDPO A TIERRDA.



[ciencias.com](http://ciencias.com)

<http://www.youtube.com/watch?v=4PV3Hlx4sjQ>

## Distribución de la energía emitida por un cuerpo negro



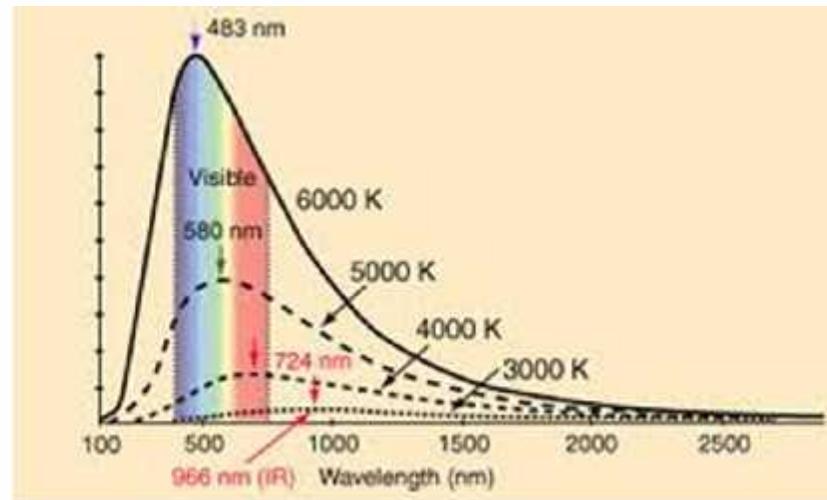
[cpreuni.blogspot.com](http://cpreuni.blogspot.com)



En 1901 el físico alemán M. Planck estableció una hipótesis a partir de la cual podía deducir las distribuciones de energía emitida por el cuerpo negro.



[www.moonmentum.com](http://www.moonmentum.com)

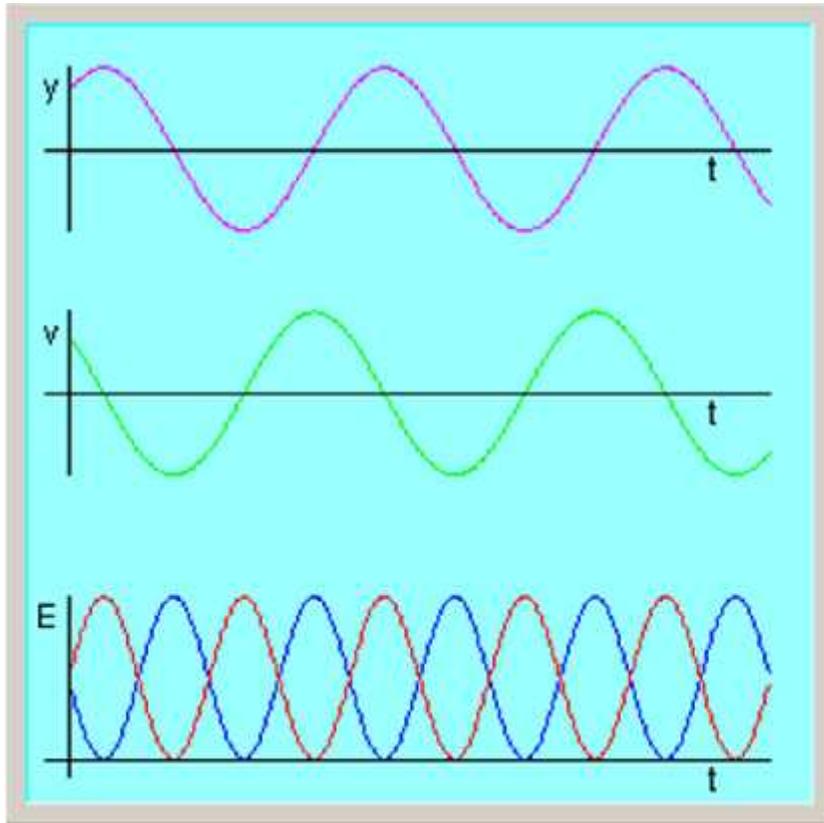


[darniok.blogspot.com](http://darniok.blogspot.com)

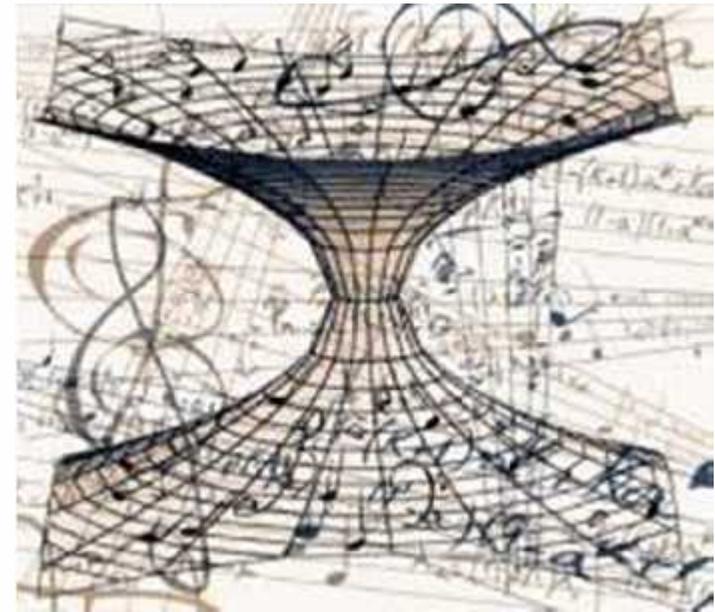
[http://www.youtube.com/watch?v=jl3\\_n38sFxo](http://www.youtube.com/watch?v=jl3_n38sFxo)



El supuesto que los átomos de éste se comportaban como osciladores armónicos y que cada uno oscilaba con una frecuencia



[es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org)



[fundacion-eticotaku.org](http://fundacion-eticotaku.org)



La idea era que la radiación electromagnética emitida por un cuerpo negro se podía modelar como una serie de osciladores armónicos con una energía cuántica. Relacionando la energía (E) de los fotones de la radiación, con su frecuencia y con su momento angular, se obtiene:

$$E = h\nu = h\frac{\omega}{2\pi} = \frac{h}{2\pi}\omega = \hbar\omega$$

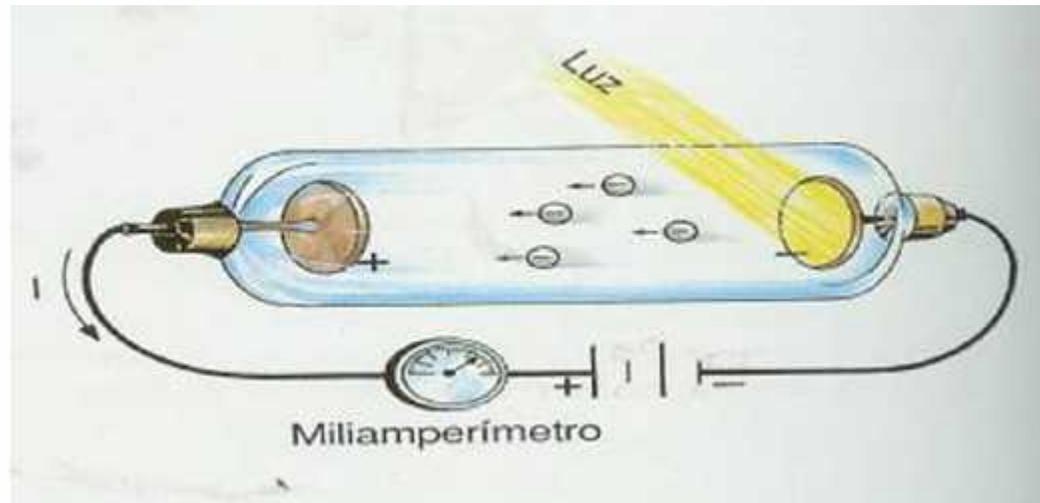
Este modelo se mostró muy exacto y desde entonces se denomina ley de Planck y significa que el universo es cuántico y no continuo.

$$h = 6.626\ 0693(11) \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4.135\ 667\ 43(35) \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$$

La constante de Planck es uno de los números más importantes del universo y ha dado lugar a que la mecánica cuántica ha sustituido a la física tradicional. La constante de Planck aparece igualmente dentro del enunciado del principio de incertidumbre de Heisenberg.

# El efecto fotoeléctrico

Fue descubierto por el alemán H. Hertz y consiste en que determinados metales son capaces de emitir electrones cuando se exponen a la luz



[intercentres.edu.gva.es](http://intercentres.edu.gva.es)

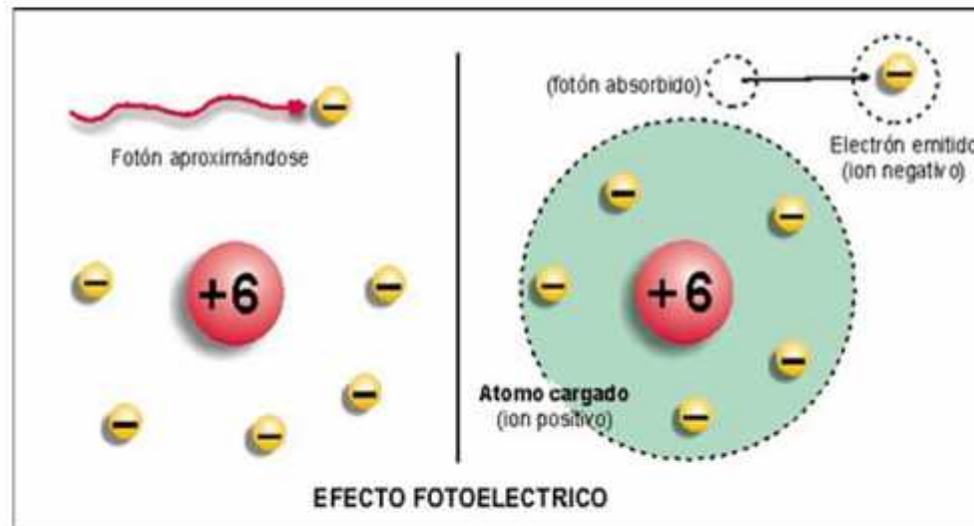
<http://www.youtube.com/watch?v=DSEKwLDq3ug>

<http://www.youtube.com/watch?v=yvod3JGb5zg>



### Características.

- El metal emite electrones siempre y cuando la radiación alcance una frecuencia mínima, denominada por ello frecuencia umbral.
- Al aumentar la intensidad de la luz sin variar la frecuencia, se incrementa el número de electrones que emite el metal, pero no varía la energía con la que son emitidos.
- Por tanto, si la frecuencia no alcanza el valor umbral, no se emiten electrones, sea cual sea la intensidad de la radiación.



- Los electrones son arrancados del metal cuando se les comunica la energía necesaria para librarse de la atracción del núcleo. Si la energía que se les comunica es menor, no se produce el efecto fotoeléctrico. Si es mayor, el electrón sale despedido con una cierta energía cinética.

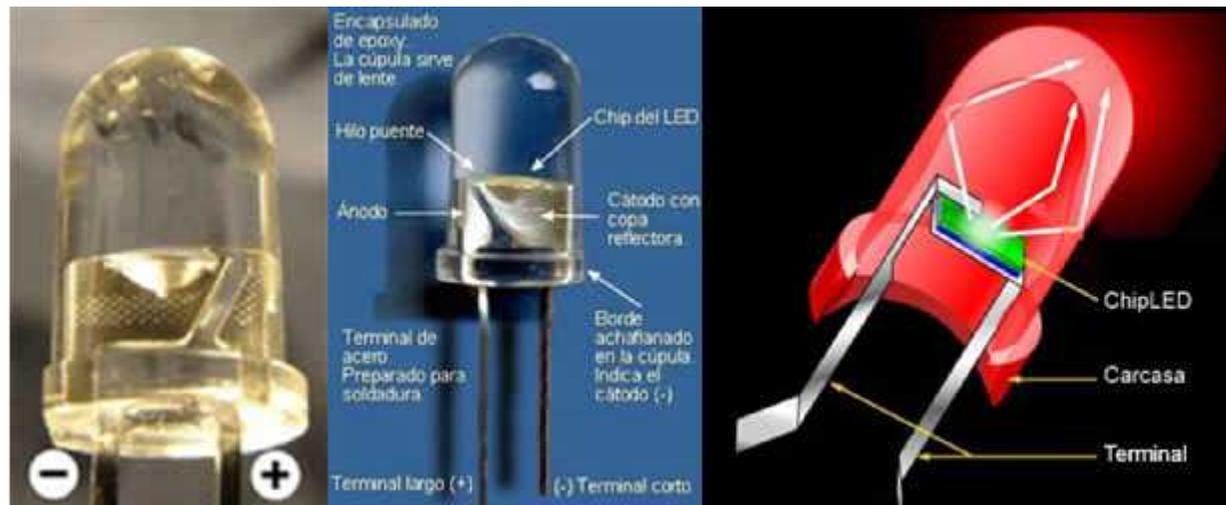
Hoy en día el efecto fotoeléctrico se aprovecha en los campos de la ciencia y la técnica. El efecto fotoeléctrico interviene en procesos como el control de productos, los tubos de televisión, los amplificadores de imágenes, las transmisiones por fax, etc. Entre las aplicaciones de este efecto las más destacadas son las células fotoeléctricas usadas para la detección de presencia y los paneles de energía solar.



[pablo-fiscadultos.blogspot.com](http://pablo-fiscadultos.blogspot.com)



[rusiahoy.com](http://rusiahoy.com)



[www.hogarlux.com](http://www.hogarlux.com)

