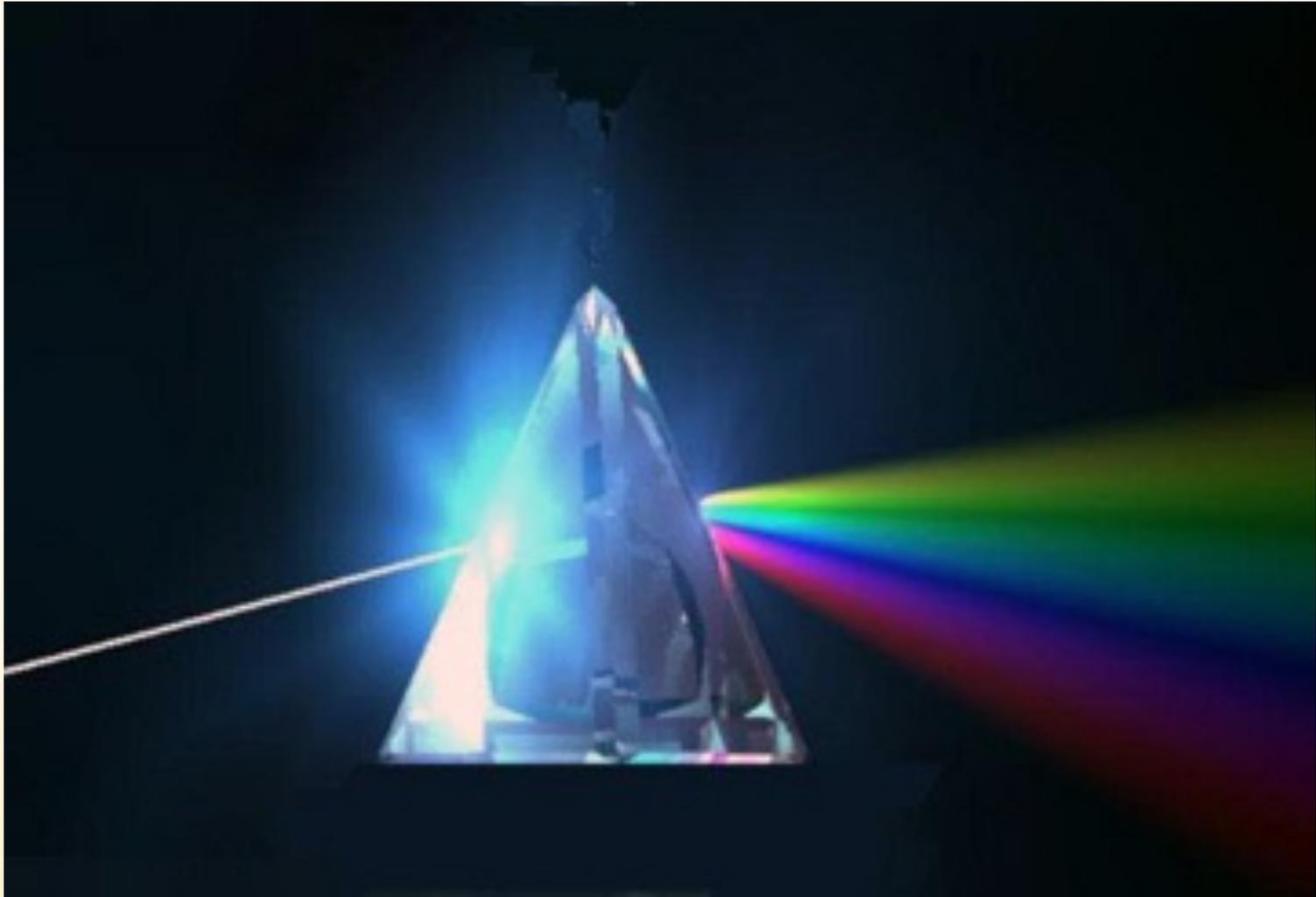
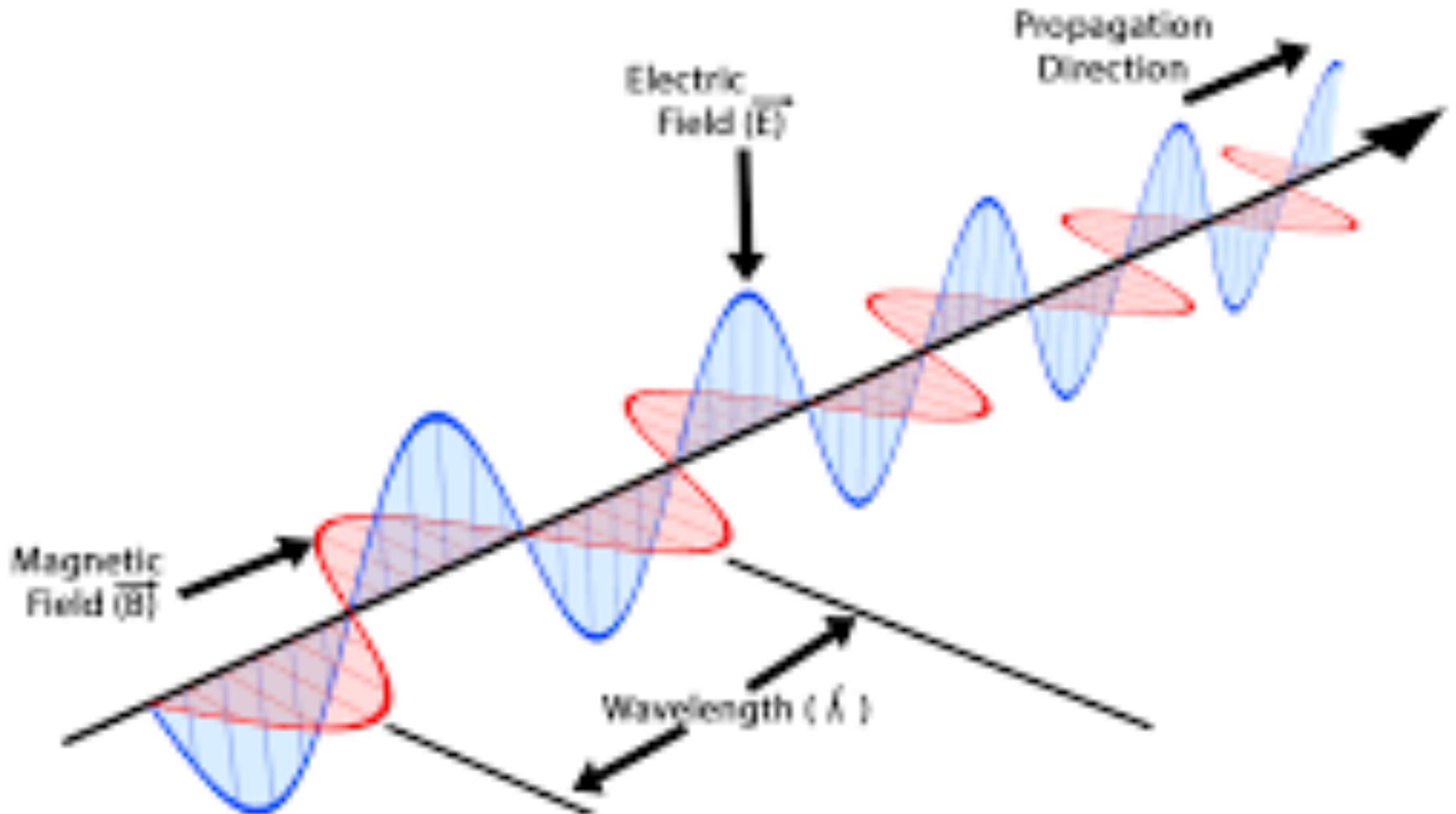


11 - ¿ Que es luz ?



Electromagnetic Wave

Teoria Ondulatoria



¿ Qué es Luz ?

La luz (del latín *lux, lucis*) es la clase de **energía electromagnética radiante** que puede ser percibida por el ojo humano.

En un sentido más amplio, el término luz incluye el rango entero de radiación conocido como el **espectro electromagnético**.

La ciencia que estudia las principales formas de producir luz, así como su control y aplicaciones, se denomina **óptica**.

Naturaleza de la luz

La luz presenta una naturaleza compleja: depende de como la observemos se manifestará como una onda o como una partícula.

Estos dos estados no se excluyen, sino que son complementarios (= **Dualidad onda corpúsculo**).

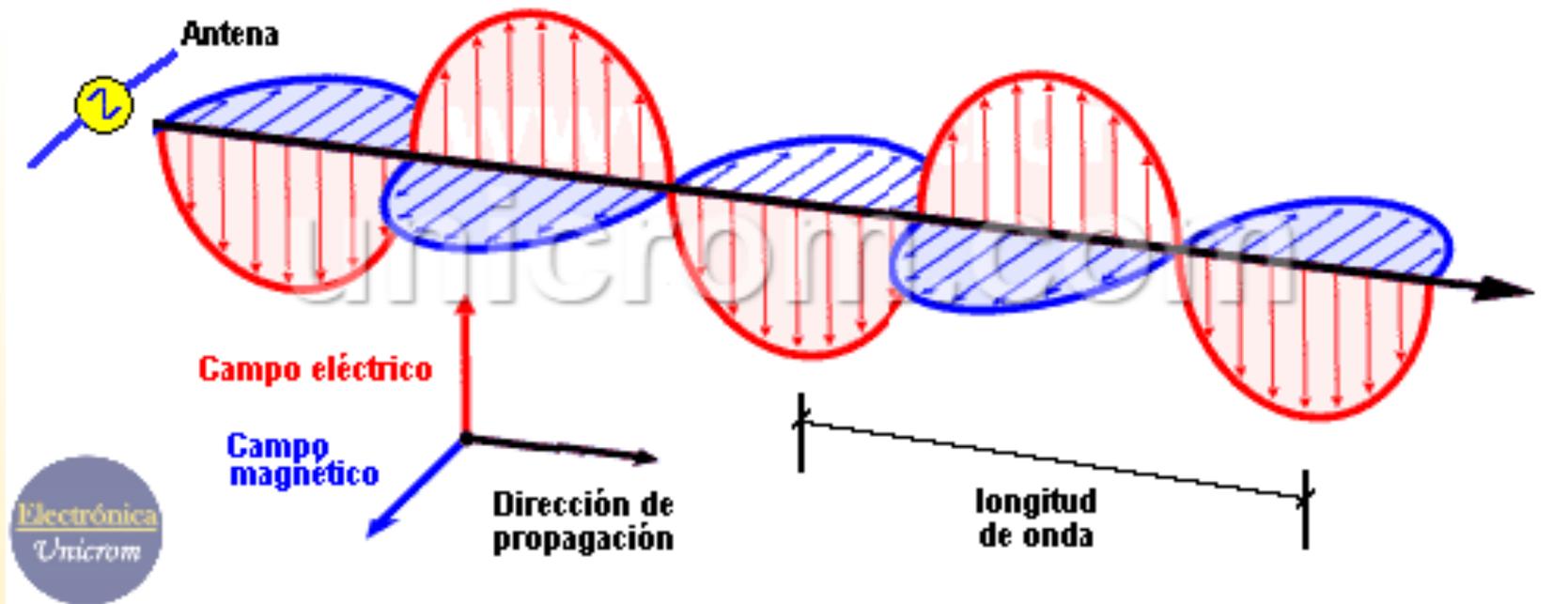
Sin embargo, para obtener un estudio claro y conciso de su naturaleza, podemos clasificar los distintos fenómenos en los que participa según su interpretación teórica.

Teoría ondulatoria

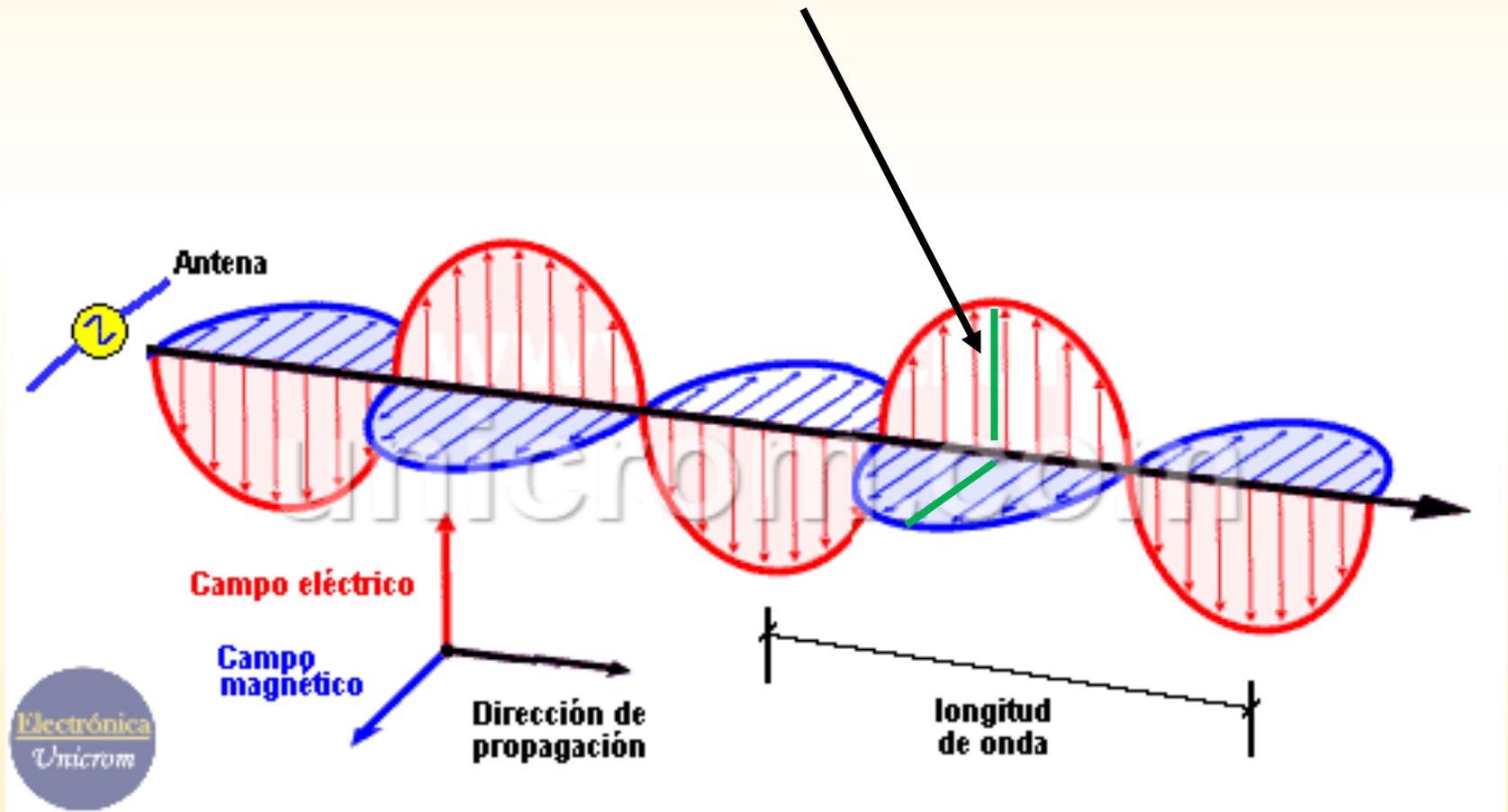
La radiación electromagnética es un tipo de campo electromagnético variable, es decir, una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro.

Desde el punto de vista clásico la radiación electromagnética son las ondas electromagnéticas generadas por las fuentes del campo electromagnético y que se propagan a la velocidad de la luz.

Para describir una onda electromagnética utilizamos los parámetros habituales de cualquier onda.

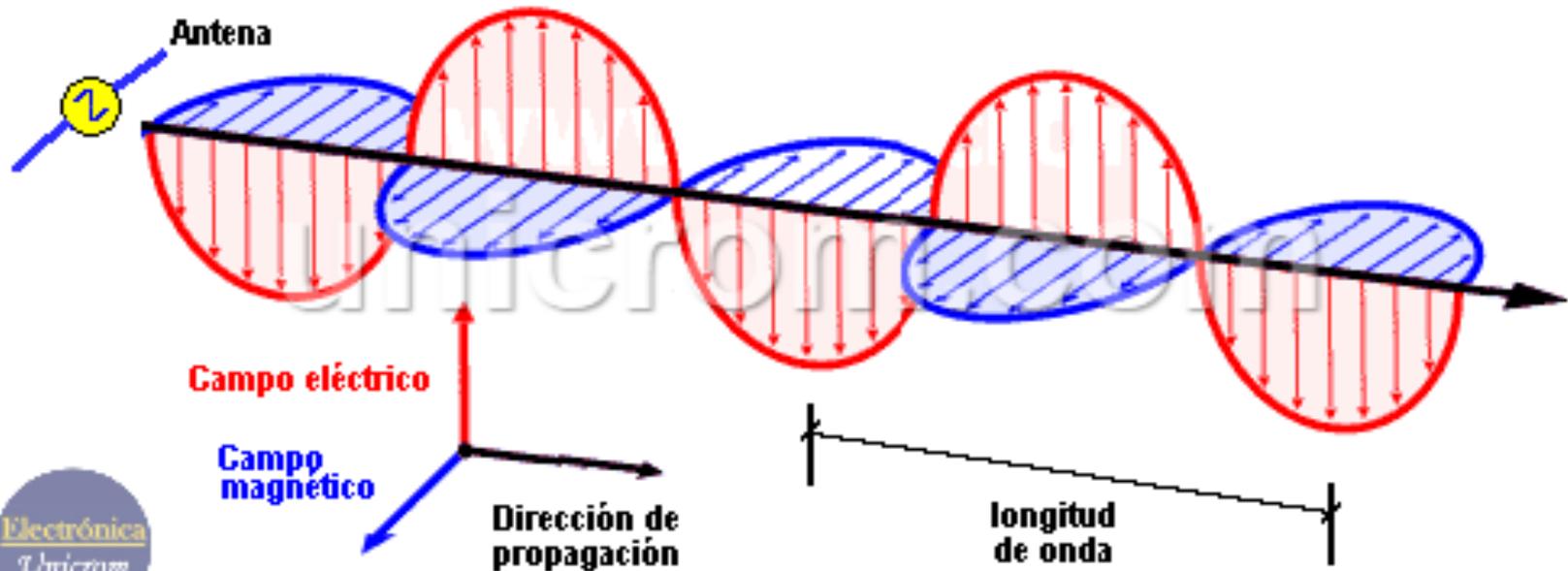


- Amplitud (A): Es la longitud máxima respecto a la posición de equilibrio que alcanza la onda en su desplazamiento.



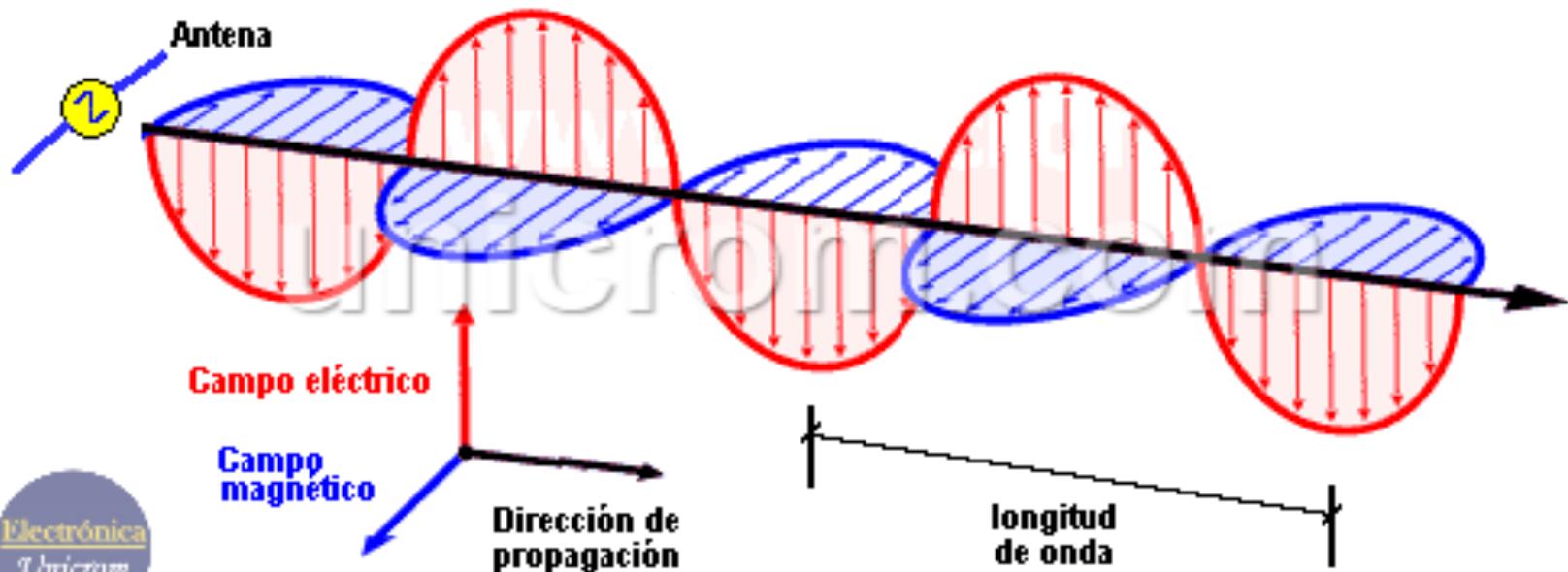
- **Periodo (T):** Es el tiempo necesario para el paso de dos máximos o mínimos sucesivos por un punto fijo en el espacio.

Esperamos en un punto y medimos el tiempo entre el paso de dos máximos.

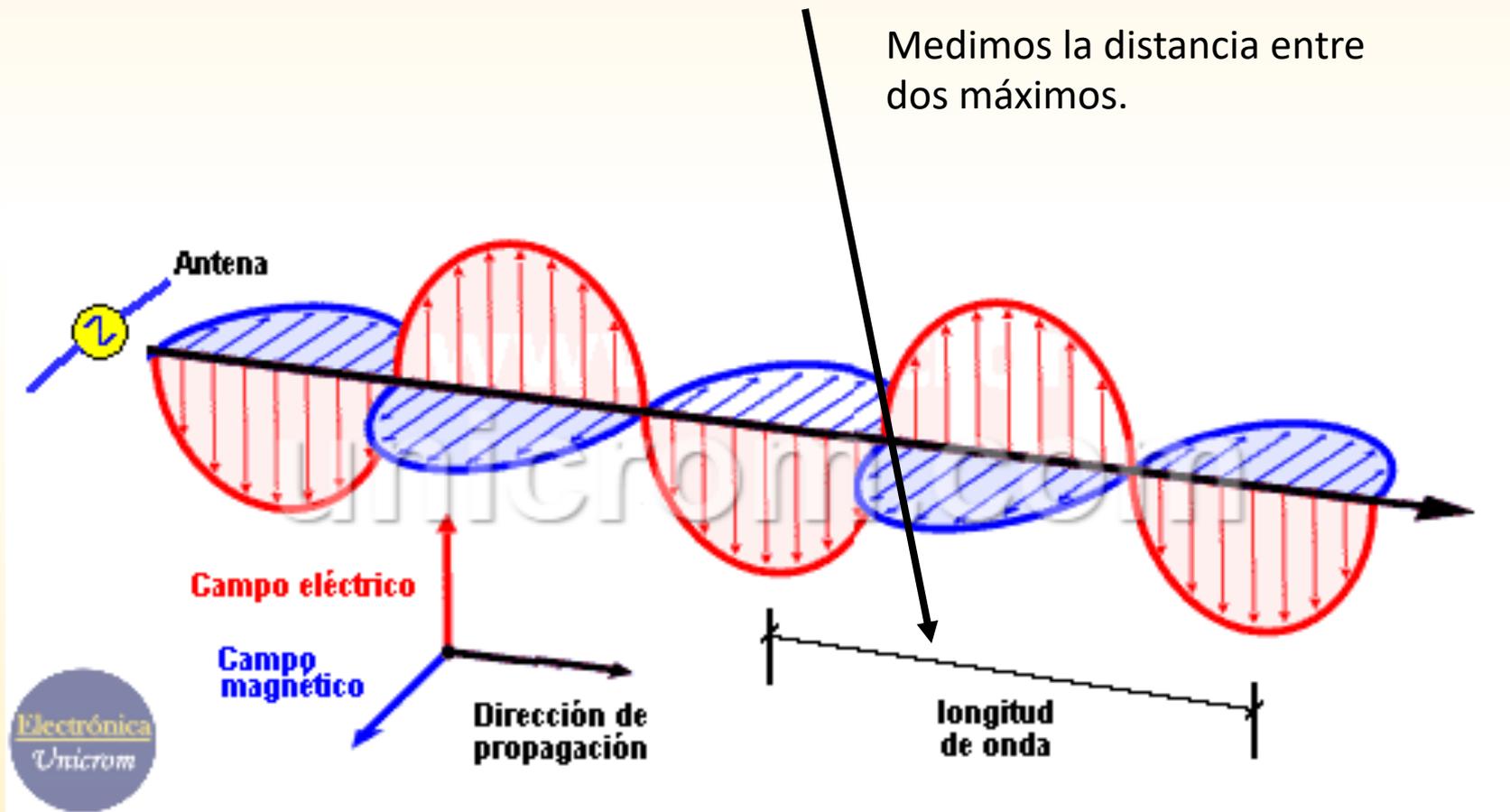


- Frecuencia (ν): Número de oscilaciones del campo por unidad de tiempo. Es una cantidad inversa al periodo.

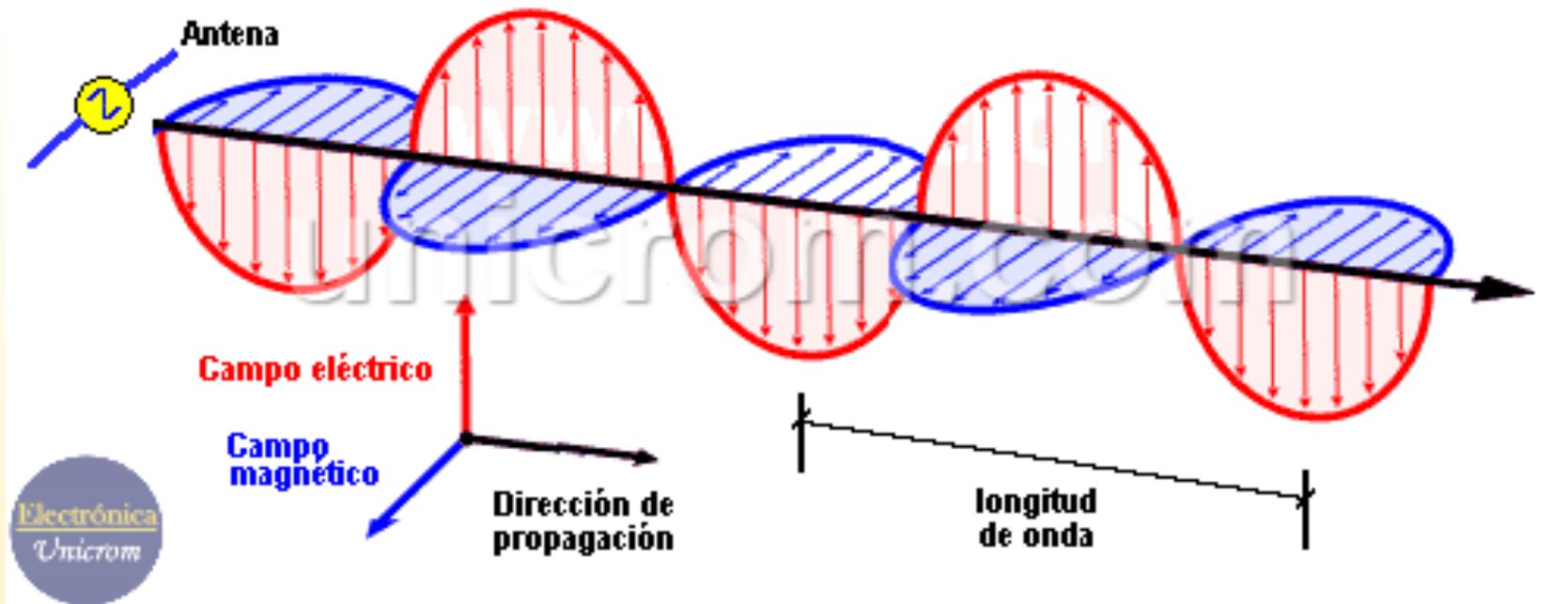
Esperamos en un punto y contamos el número de máximos que pasan por tiempo.



- Longitud de onda (λ): Es la distancia lineal entre dos puntos equivalentes de ondas sucesivas.



- *Velocidad de propagación* (v): Es la distancia que recorre la onda en una unidad de tiempo. En el caso de la velocidad de propagación de la luz en el vacío, se representa con la letra c .



La velocidad, la frecuencia, el periodo y la longitud de onda están relacionadas por las siguientes ecuaciones:

$$c = \lambda \cdot \nu = \frac{\lambda}{T} = \text{const.} = 299.792.458 \text{ m/s}$$

Se ha demostrado teórica y experimentalmente que la luz tiene una velocidad finita.

Ole Rømer (1644-1710)

Ole Christensen Rømer era un astrónomo danés que, en 1676, realizó las primeras mediciones cuantitativas de la velocidad de la luz.

Rømer también inventó el termómetro moderno que muestra la temperatura entre dos puntos fijos, es decir, los puntos en los que el agua hierve y se congela respectivamente.



Como una óptica ondulatoria se refiere a la parte de la óptica, que trata de la naturaleza ondulatoria de la luz empleada.

La luz es, por tanto, campos eléctricos y magnéticos, la propagan las ondas (ondas electromagnéticas).

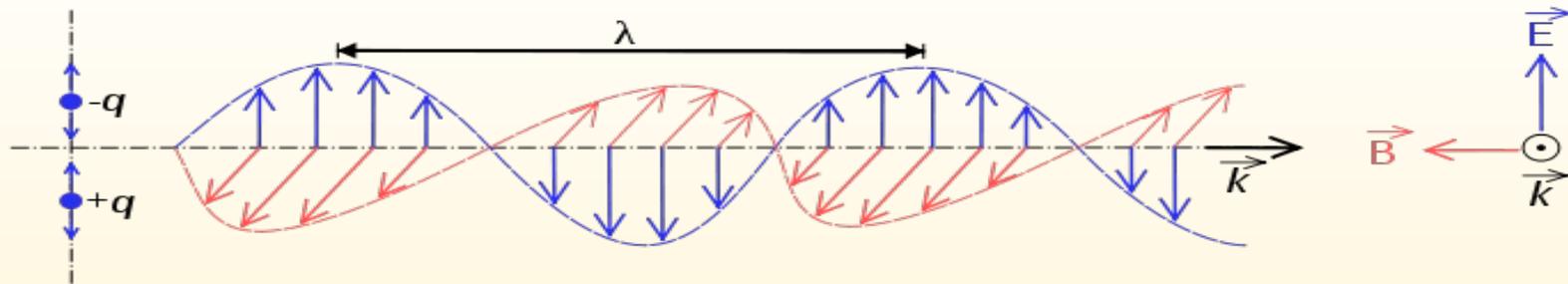
Este modelo puede explicar muchas propiedades de la luz y también calculan que por la óptica geométrica no puedo describir.

Estos incluyen el **color**, la **interferencia**, **difracción** y **polarización**.

Una onda electromagnética es la forma de propagación de la radiación electromagnética a través del espacio, y sus aspectos teóricos están relacionados con la solución en forma de onda que admiten las ecuaciones de Maxwell.

A diferencia de las ondas mecánicas, las ondas electromagnéticas no necesitan de un medio material para propagarse; es decir, pueden desplazarse por el vacío.

Las ondas luminosas son ondas electromagnéticas cuya frecuencia está dentro del rango de la luz visible.



Las ondas electromagnéticas son transversales; las direcciones de los campos eléctrico E y magnético B son perpendiculares a la de propagación.

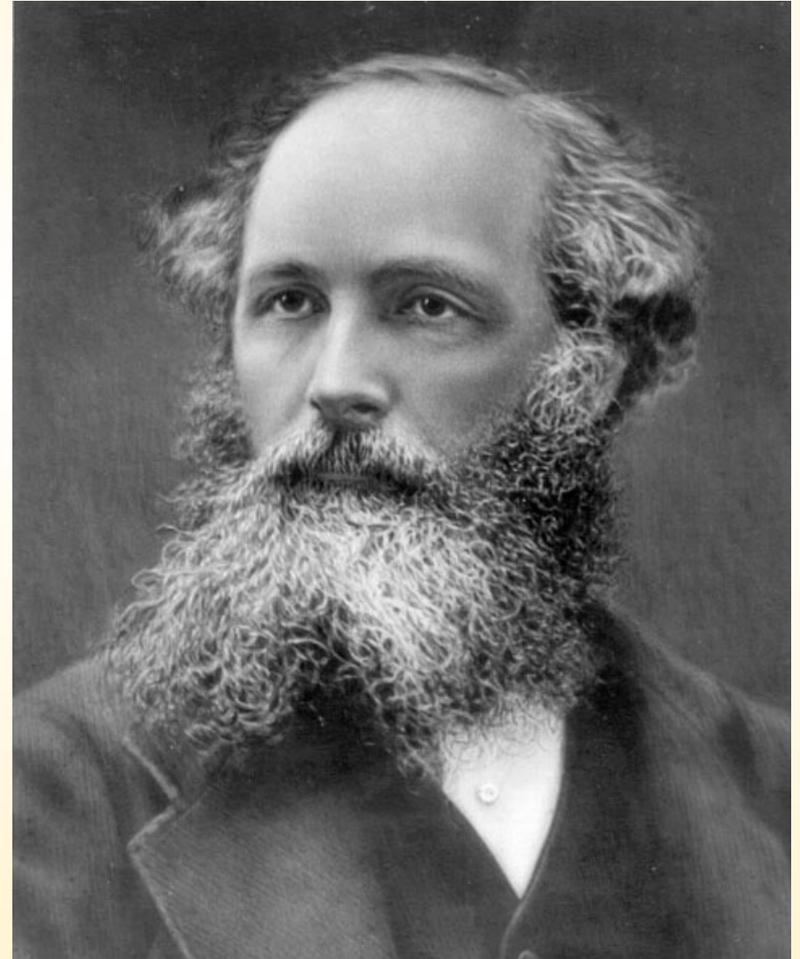
Ecuaciones de ondas EM

James Clerk Maxwell obtuvo una forma de onda de las ecuaciones eléctricas y magnéticas, descubriendo así la naturaleza ondulatoria de los campos eléctricos y magnéticos y su simetría. Debido a que la velocidad de las ondas EM predicha por la ecuación de onda coincidió con la velocidad medida de la luz, Maxwell concluyó que la luz misma es una onda EM.

$$\nabla^2 \vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0 \quad \nabla^2 \vec{B} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} = 0$$

James Clerk Maxwell (1831-1879)

Físico escocés conocido principalmente por haber desarrollado la teoría electromagnética clásica, sintetizando todas las anteriores observaciones, experimentos y leyes sobre electricidad, magnetismo y aun sobre óptica, en una teoría consistente.





Difracción y Interferencia

Difracción

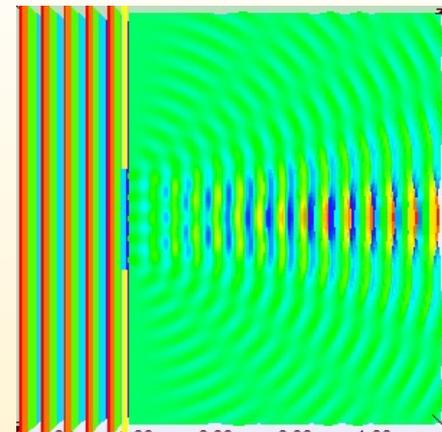
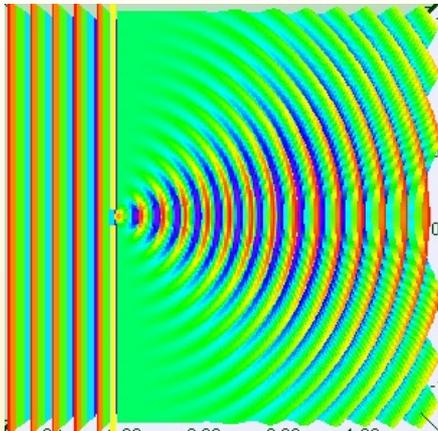
En física, la difracción es un fenómeno característico de las ondas que consiste en la dispersión y curvado aparente de las ondas cuando encuentran un obstáculo o rendija.

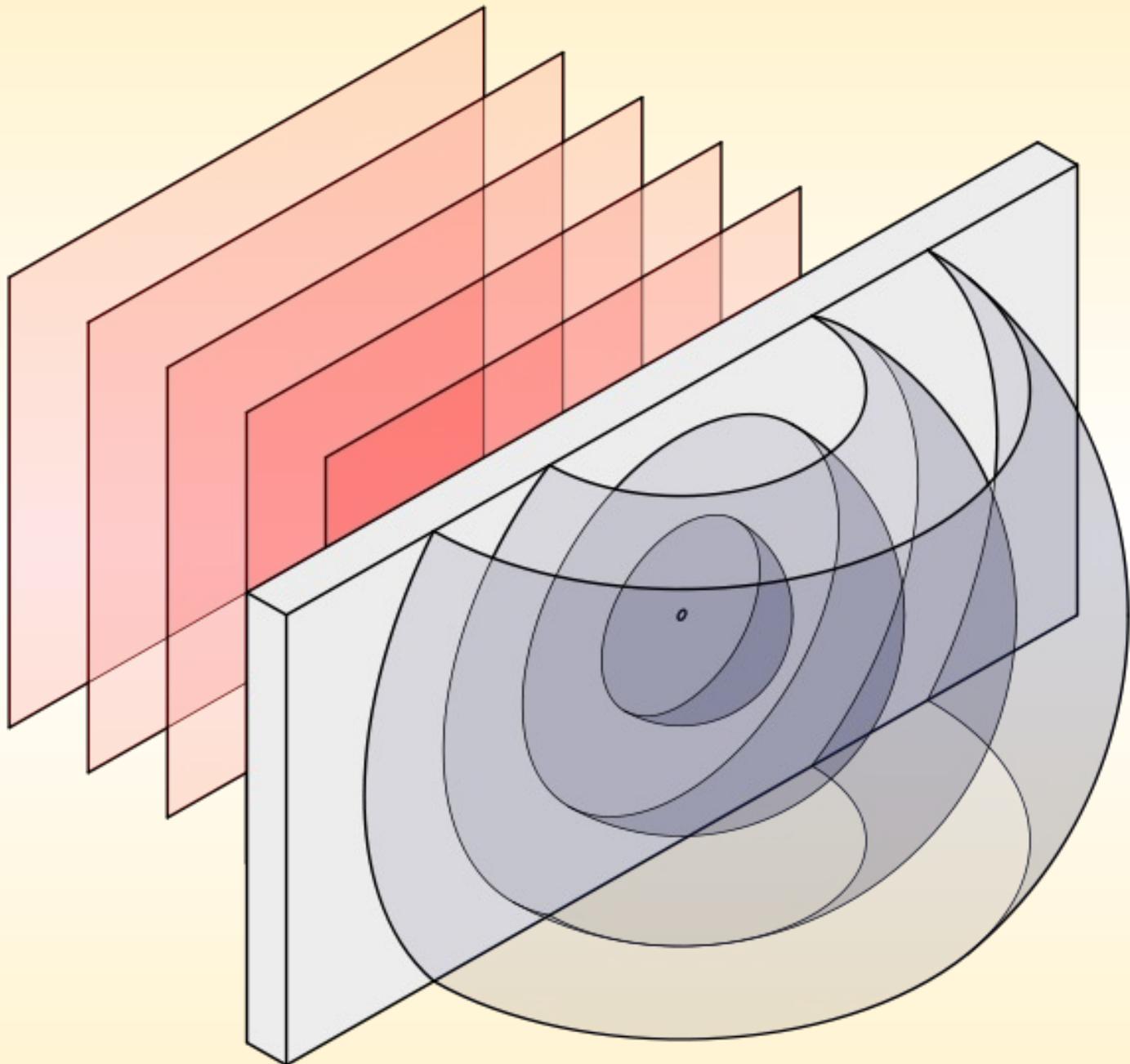
La difracción ocurre en todo tipo de ondas, desde ondas sonoras, ondas en la superficie de un fluido y ondas electromagnéticas como la luz y las ondas de radio.

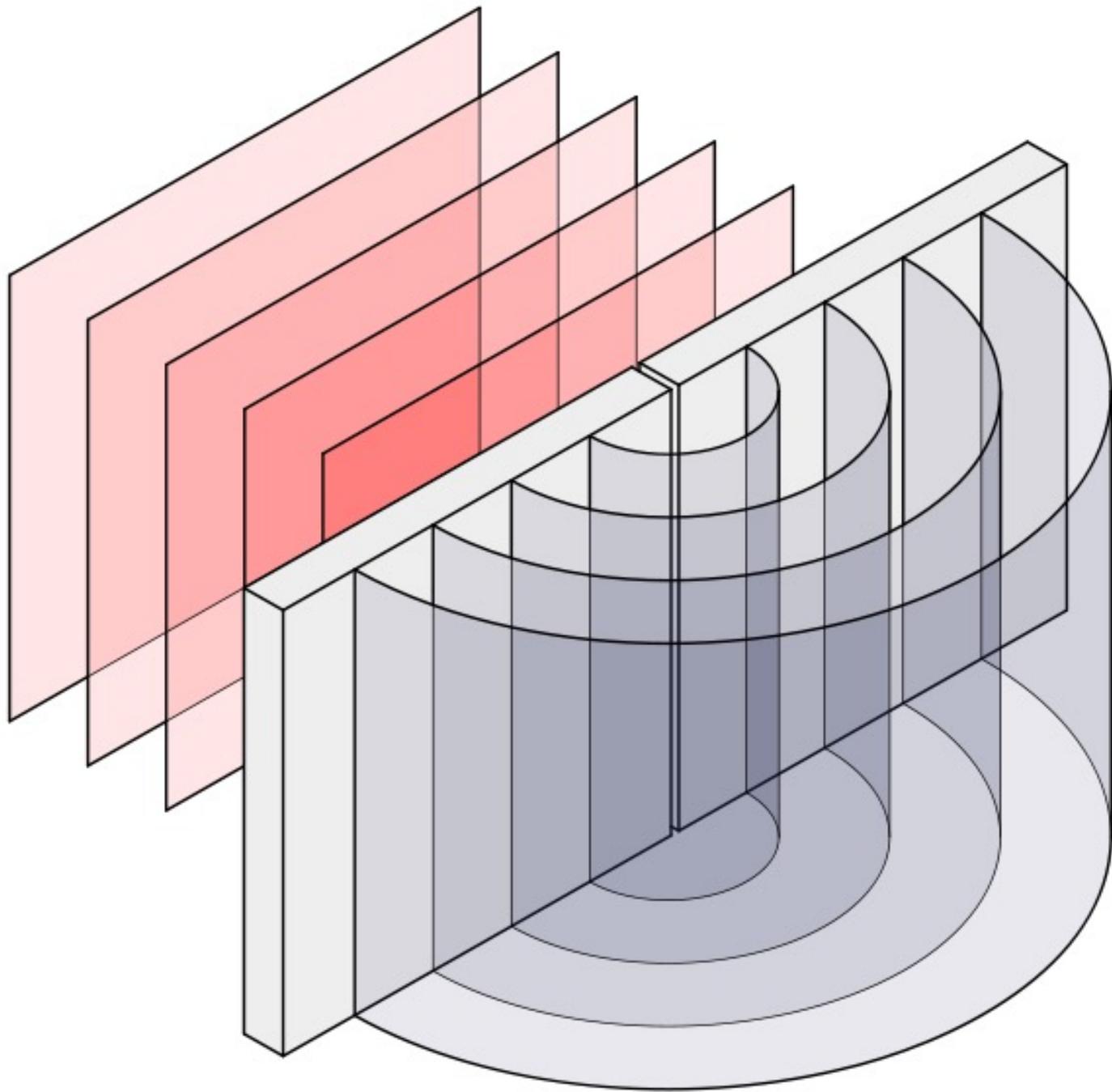
También sucede cuando un grupo de ondas de tamaño finito se propaga; por ejemplo, por causa de la difracción, un haz angosto de ondas de luz de un láser deben finalmente divergir en un rayo más amplio a una cierta distancia del emisor.

El fenómeno de la difracción es un fenómeno de tipo interferencial y como tal requiere la superposición de ondas coherentes entre sí.

Se produce cuando la longitud de onda es mayor que las dimensiones del objeto, por tanto, los efectos de la difracción disminuyen hasta hacerse indetectables a medida que el tamaño del objeto aumenta comparado con la longitud de onda.









Christiaan Huygens (1629-1695)

Un físico, matemático, astrónomo e inventor holandés, ampliamente considerado como uno de los mejores científicos de todos los tiempos y una figura importante en la revolución científica.

En física, Huygens hizo contribuciones innovadoras en óptica y mecánica, mientras que como astrónomo es conocido principalmente por sus estudios sobre los anillos de Saturno y el descubrimiento de su luna Titán.



Augustin-Jean Fresnel (1788-1827)

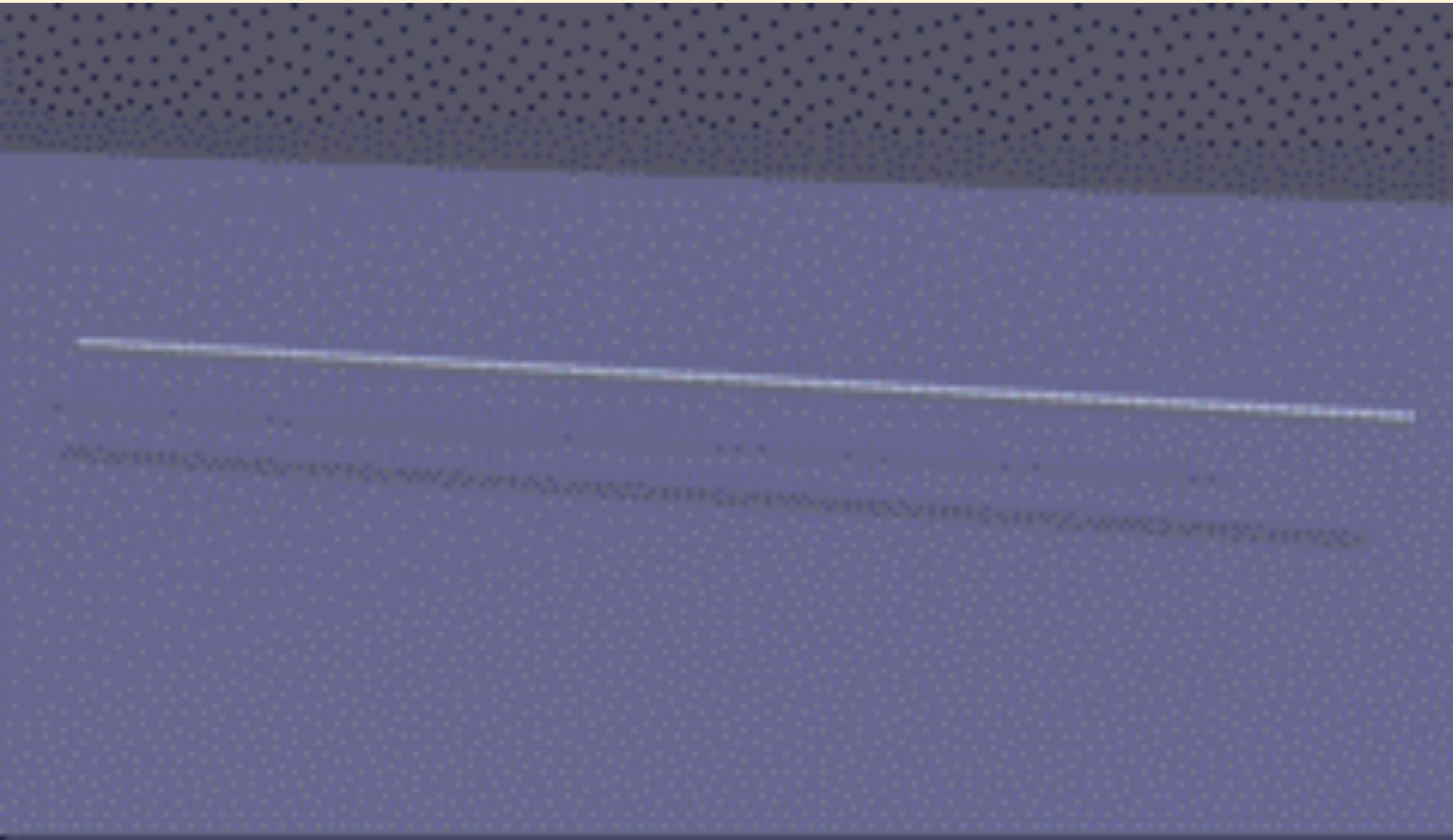
fue un ingeniero civil francés y físico cuya investigación en óptica condujo a la aceptación casi unánime de la teoría ondulatoria de la luz.

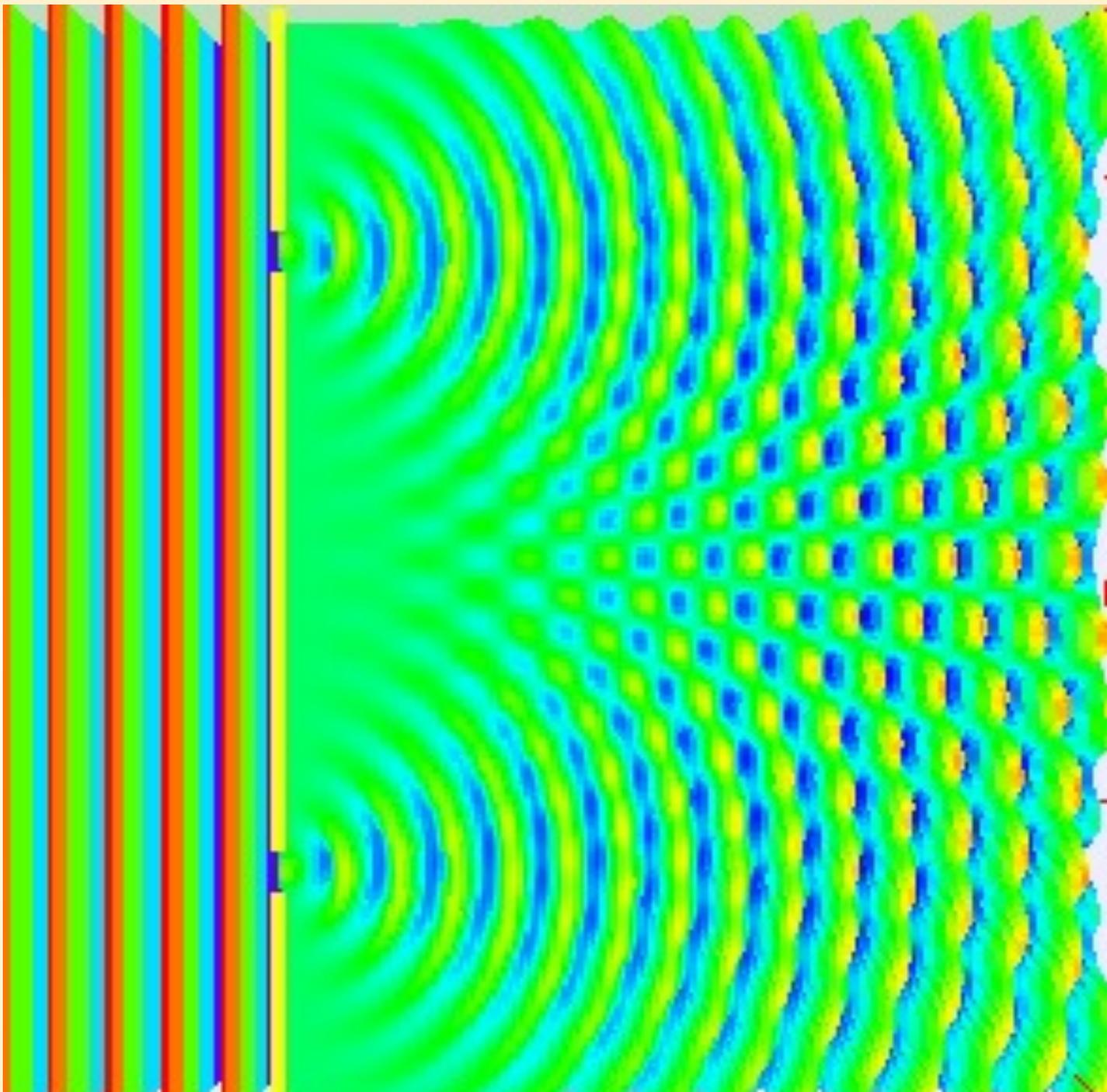
Quizás sea mejor conocido por inventar la lente Fresnel y por ser pionero en el uso de lentes "escalonados" para extender la visibilidad de los faros, salvando innumerables vidas en el mar.

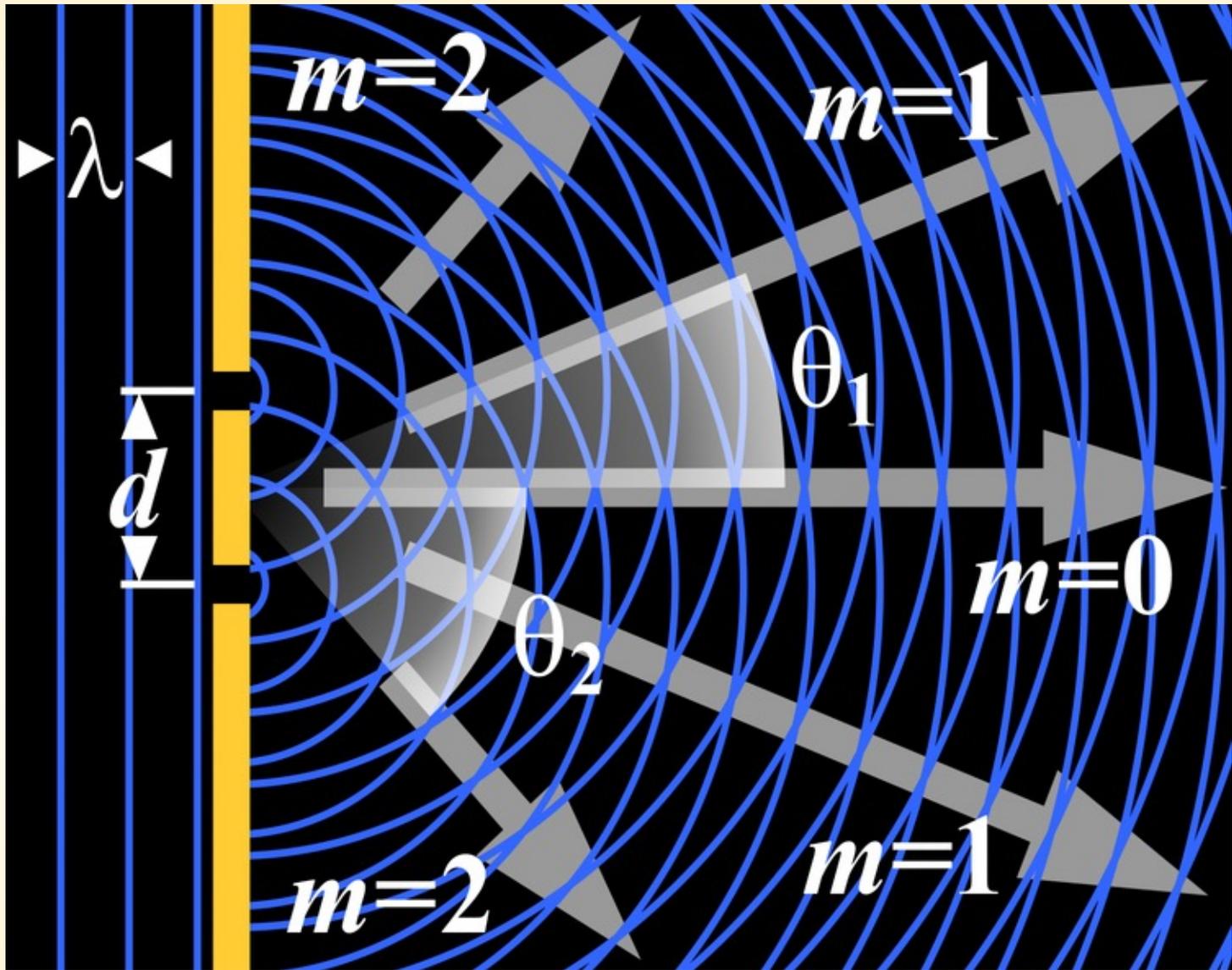


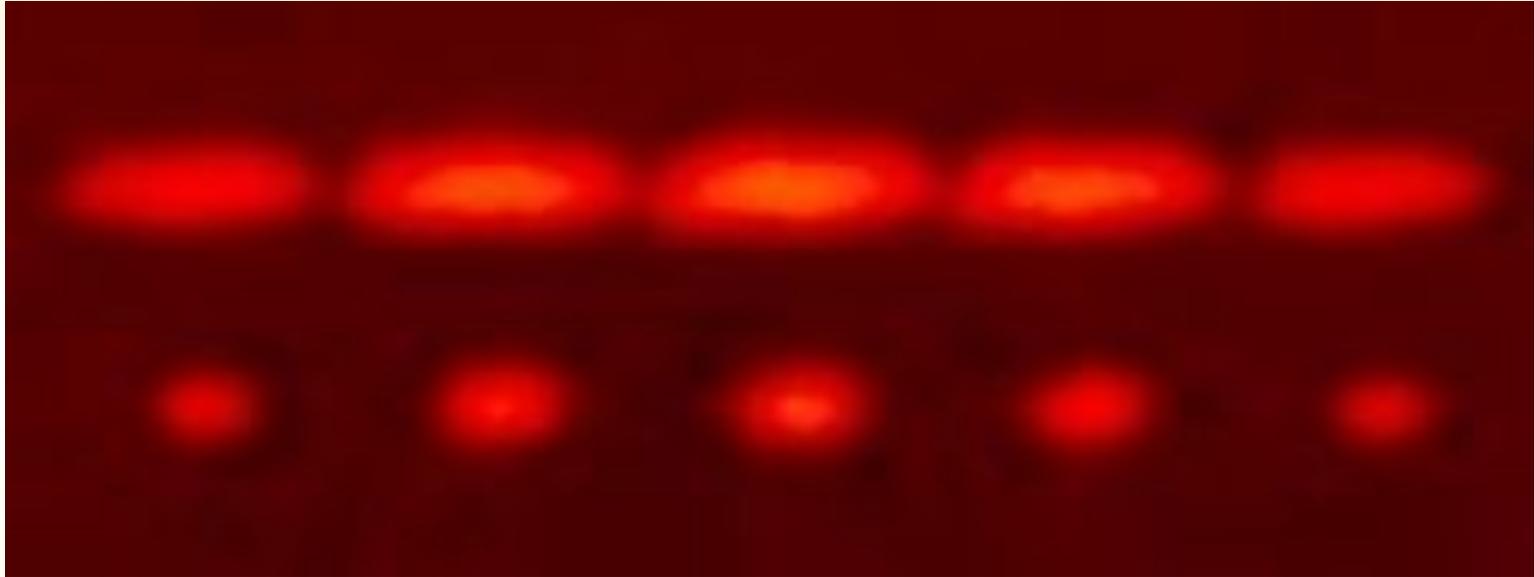
Interferencia

En la superposición de ondas con la misma frecuencia el resultado depende de la cantidad y de la diferencia de fase. Si sumamos dos ondas, la onda resultante tendrá la misma frecuencia, y en el caso que la diferencia de fase sea $0, 2\pi, \dots$, la amplitud será $2A$. Este tipo de interferencias da lugar a patrones de interferencia, ya que dependiendo de la fase, la interferencia será destructiva (las ondas se encuentran desfasadas de $\pi, 3\pi, \dots$







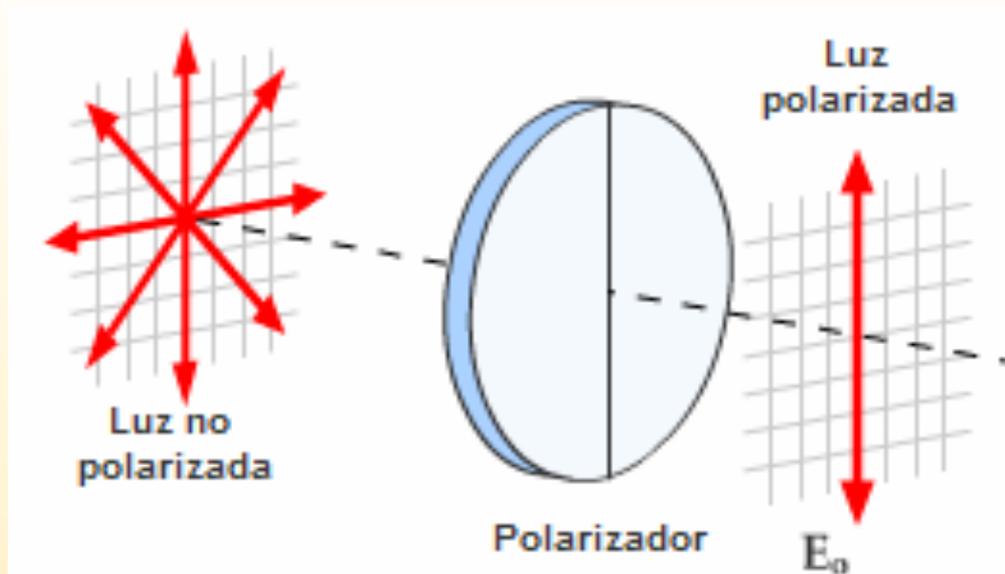


Comparación entre los patrones de difracción e interferencia producidos por una doble rendija (arriba) y cinco rendijas (abajo).

Polarización

La polarización electromagnética es una propiedad de las ondas que pueden oscilar con más de una orientación. Esto se refiere normalmente a las ondas transversales, en particular de las ondas electromagnéticas, aunque también se puede dar en ondas mecánicas transversales.

Por otra parte, las ondas de sonido en un gas o líquido son ondas exclusivamente longitudinales en la que la oscilación va siempre en la dirección de la onda; por lo que no se habla de polarización en este tipo de ondas.



Teoría corpuscular



Teoría corpuscular

La teoría corpuscular estudia la luz como si se tratase de un torrente de partículas sin carga y sin masa llamadas **fotones**, capaces de portar todas las formas de radiación electromagnética.

El nombre fotón deriva de la palabra griega para luz, φῶς (phos).

En la óptica, la teoría corpuscular de la luz, que había manifestado Sir Isaac Newton, afirma que la luz está formada por pequeñas partículas discretas llamadas "corpúsculos" (pequeñas partículas) que pueden desplazarse en línea recta con una velocidad finita y poseen energía cinética.

El concepto se remonta a Alhazens Libro de Óptica (1021), que celebró los rayos de luz que se corrientes de partículas minutos que viajan en línea recta a una velocidad finita y la "falta todas las cualidades sensibles, excepto la energía."

Alhacén (965-1040)

Abū 'Alī al-Ḥasan ibn al-Ḥasan ibn al-Hayṭam

fue un matemático, físico y astrónomo árabe musulmán.

Está considerado el creador del método científico, realizó importantes contribuciones a los principios de la óptica y a la concepción de los experimentos científicos.



Esta interpretación resurgió debido a que, la luz, en sus interacciones con la materia, intercambia energía sólo en cantidades discretas (múltiplas de un valor mínimo) de energía denominadas **cuantos**.

Este hecho es difícil de combinar con la idea de que la energía de la luz se emita en forma de ondas, pero es fácilmente visualizado en términos de corpúsculos de luz o fotones.

La palabra "quanta" (cuantos, singular "quantum" quanta) es latín para cuántos.

En física, el fotón se representa normalmente con el símbolo γ (la letra griega gamma).

La energía de las pequeñas partículas discretas = **fotones** es relacionada con su frecuencia o su longitud de onda con esta fórmula:

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

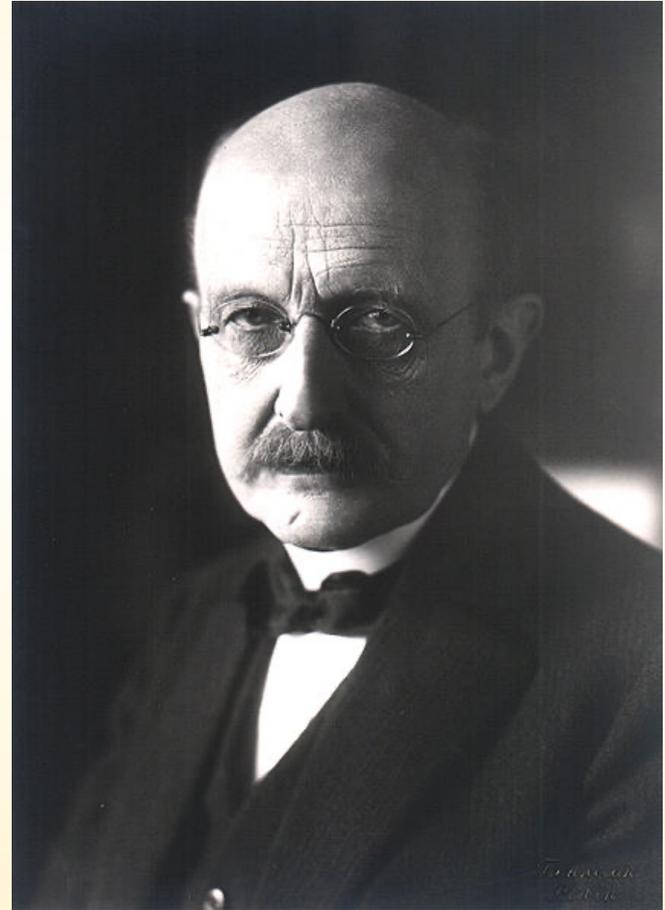
h es la **constante de Planck**.

El valor conocido de la constante de Planck es:

$$\begin{aligned} h &= 6.62606896(33) \times 10^{-34} && \text{J}\cdot\text{s} \\ h &= 4.13566733(10) \times 10^{-15} && \text{eV}\cdot\text{s} \end{aligned}$$

Max Karl Ernest Ludwig Planck

Kiel, Alemania, 23.04.1858 -
Gotinga, Alemania, 4.10.1947
fue un físico alemán
considerado como el
fundador de la teoría cuántica
y galardonado con el Premio
Nobel de Física en 1918.





Espectro electromagnético



480 THz
635 nm

510 THz
590 nm

540 THz
560 nm

610 THz
490 nm

670 THz
450 nm

750 THz
400 nm

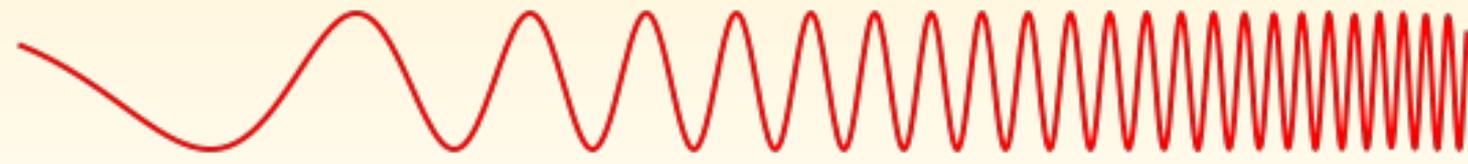
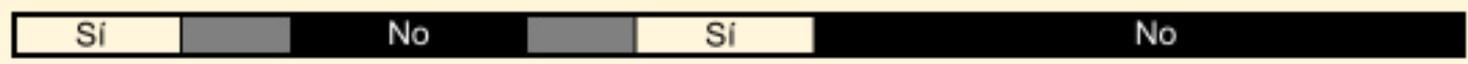


El espectro electromagnético está constituido por todos los posibles niveles de energía que la luz puede tomar.

Hablar de energía es equivalente a hablar de longitud de onda; luego, el espectro electromagnético abarca, también, todas las longitudes de onda que la luz pueda tener, desde miles de kilómetros hasta femtómetros.

Es por eso que la mayor parte de las representaciones esquemáticas del espectro suelen tener escala logarítmica.

¿Penetra la atmósfera terrestre?



Tipo de radiación
Longitud de onda (m)

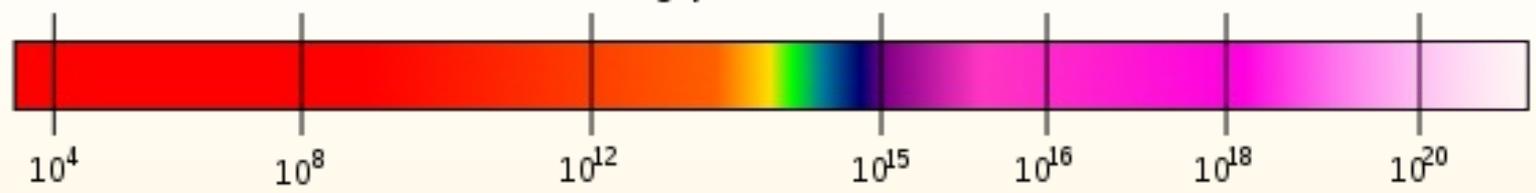
Radio 10^3	Microondas 10^{-2}	Infrarrojo 10^{-5}	Visible $0,5 \times 10^{-6}$	Ultravioleta 10^{-8}	Rayos X 10^{-10}	Rayos gamma 10^{-12}
------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--	----------------------------------	------------------------------	----------------------------------

Escala aproximada de la longitud de onda

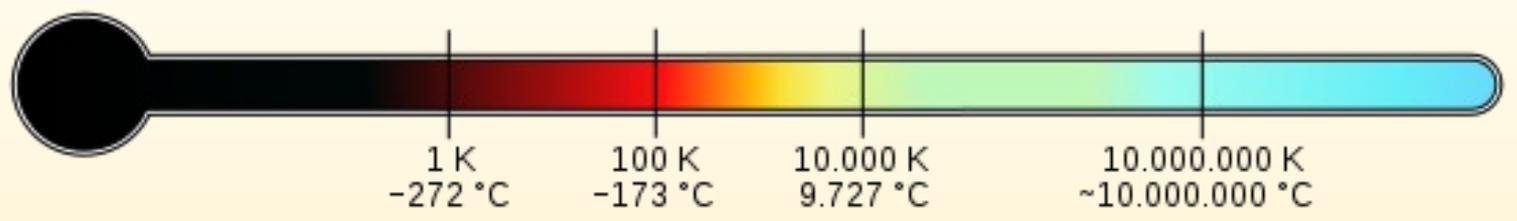


Edificios	Humanos	Mariposas	Punta de aguja	Protozoos	Moléculas	Átomos	Núcleo atómico
-----------	---------	-----------	-------------------	-----------	-----------	--------	----------------

Frecuencia (Hz)



Temperatura de los objetos en los cuales la radiación con esta longitud de onda es la más intensa



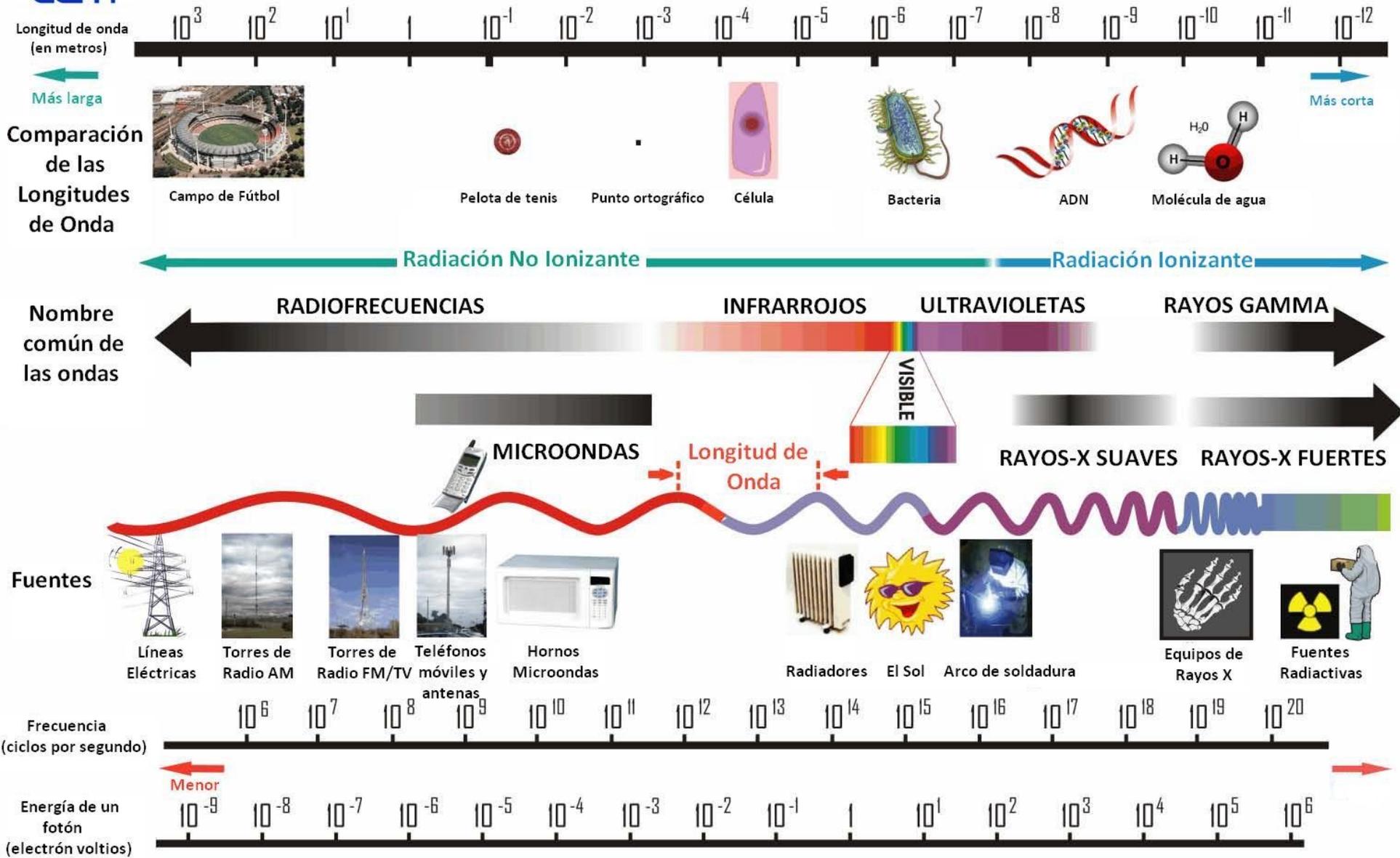
1 K -272 °C	100 K -173 °C	10.000 K 9.727 °C	10.000.000 K ~10.000.000 °C
----------------	------------------	----------------------	--------------------------------

El espectro electromagnético (o simplemente espectro) es el rango de todas las radiaciones electromagnéticas posibles. El espectro de un objeto es la distribución característica de la radiación electromagnética de ese objeto.

El espectro electromagnético se extiende desde las bajas frecuencias usadas para la radio moderna (extremo de la onda larga) hasta los rayos gamma (extremo de la onda corta), que cubren longitudes de onda de entre miles de kilómetros y la fracción del tamaño de un átomo.

Se piensa que el límite de la longitud de onda corta está en las cercanías de la longitud Planck, mientras que el límite de la longitud de onda larga es el tamaño del universo mismo, aunque en principio el espectro sea infinito y continuo.

EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO



El espectro cubre la energía de ondas electromagnéticas que tienen longitudes de onda diferentes. Las frecuencias de 30 Hz y más bajas pueden ser producidas por ciertas nebulosas estelares y son importantes para su estudio. Se han descubierto frecuencias tan altas como $2.9 * 10^{27}$ Hz a partir de fuentes astrofísicas.

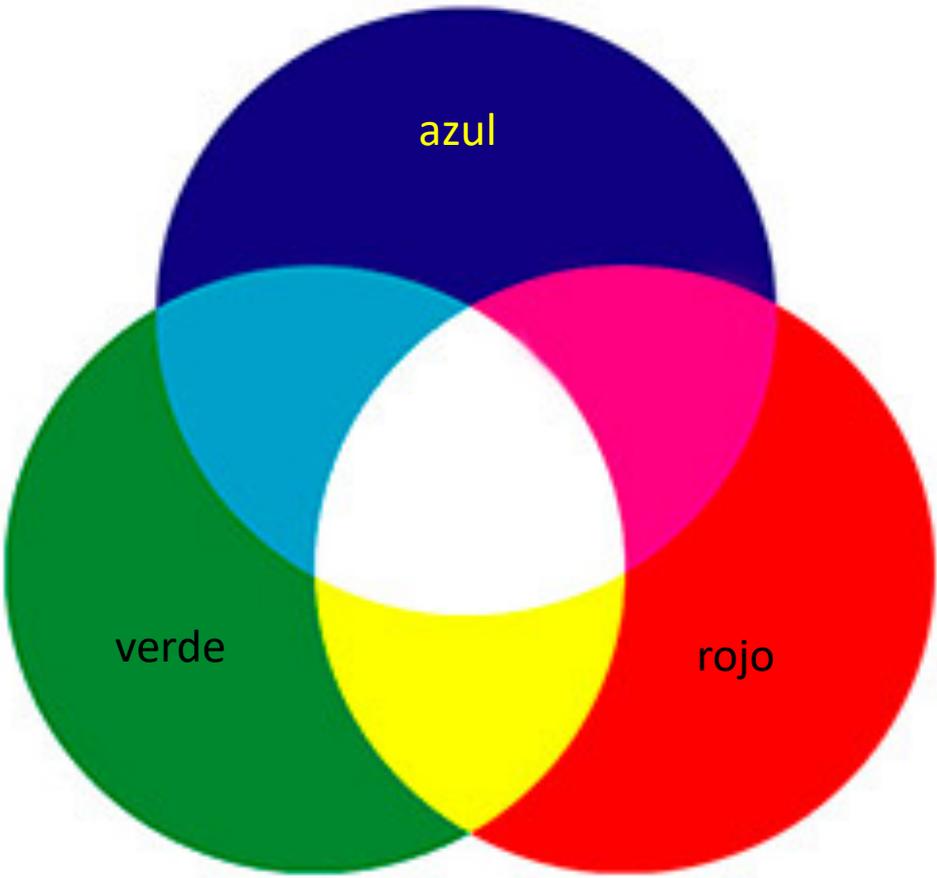
La energía electromagnética en una longitud de onda particular λ (en el vacío) tiene una frecuencia asociada f y una energía fotónica E . Así, el espectro electromagnético puede expresarse en términos de cualquiera de estas tres variables, que están relacionadas mediante ecuaciones.

De este modo, las ondas electromagnéticas de alta frecuencia tienen una longitud de onda corta y energía alta; las ondas de frecuencia baja tienen una longitud de onda larga y energía baja.

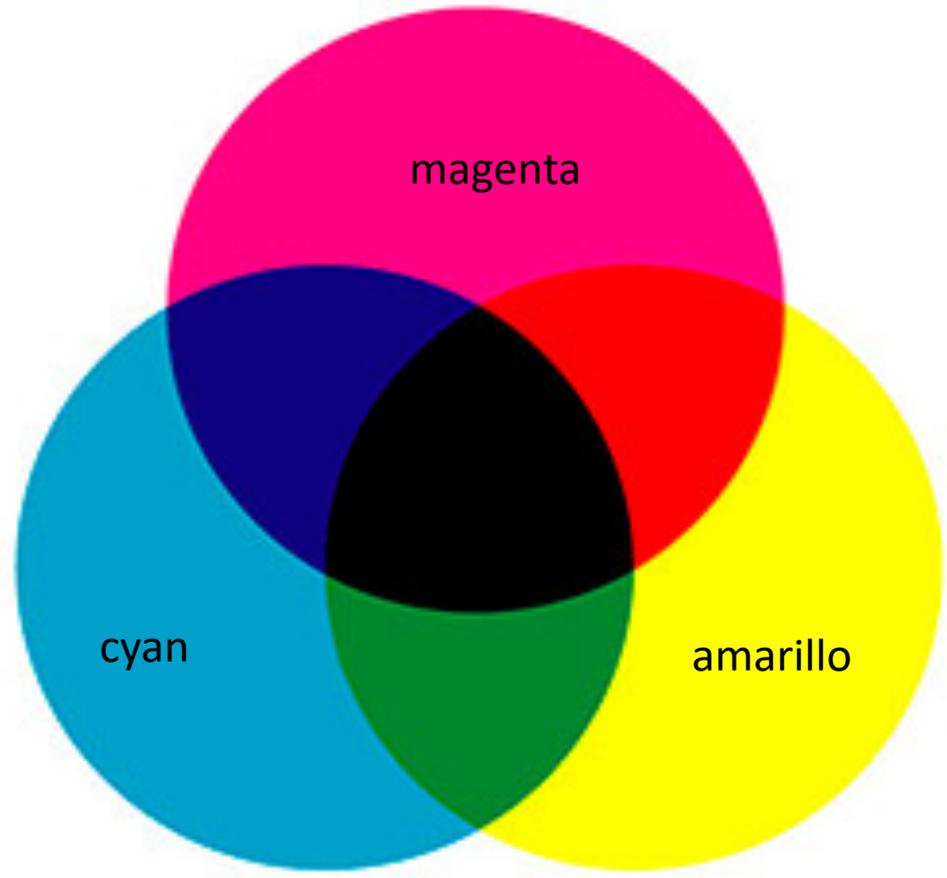
Colores que vemos

Todo cuerpo iluminado absorbe una parte de las ondas electromagnéticas y refleja las restantes.

Las ondas reflejadas son captadas por el ojo e interpretadas en el cerebro como distintos colores según las longitudes de ondas correspondientes.



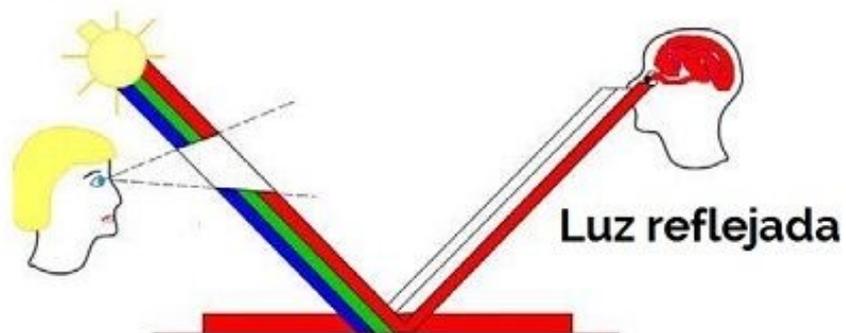
Colores Luz - Síntesis Aditiva



Colores Pigmento - Síntesis Sustractiva

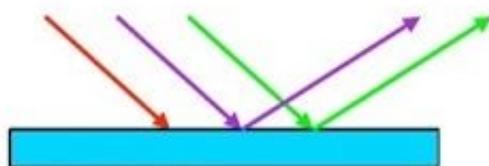
Cómo funciona la síntesis aditiva (modelo RGB)

Luz emitida

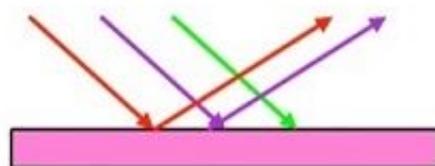


Luz reflejada

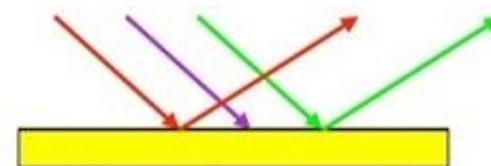
Soporte: papel



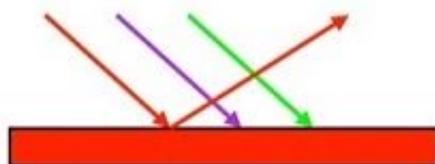
Red - Cyan



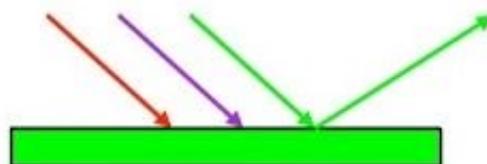
Green - Magenta



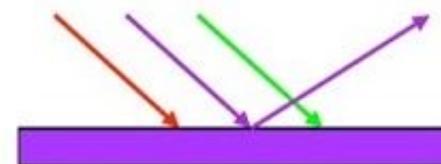
Blue - Yellow



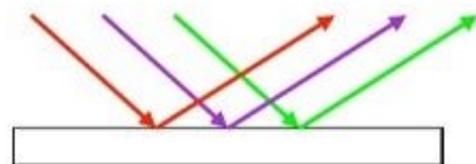
Red - Red



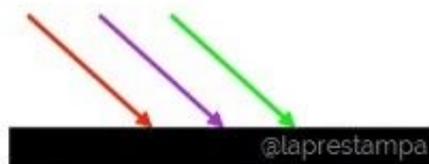
Green - Green



Blue - Blue



Rojo + Verde + Azul = Blanco Teórico



Rojo + Verde + Azul = Blanco Teórico