



2º de Bachillerato

Física

Contenidos

**Óptica:
La luz como onda electromagnética**

1. Introducción

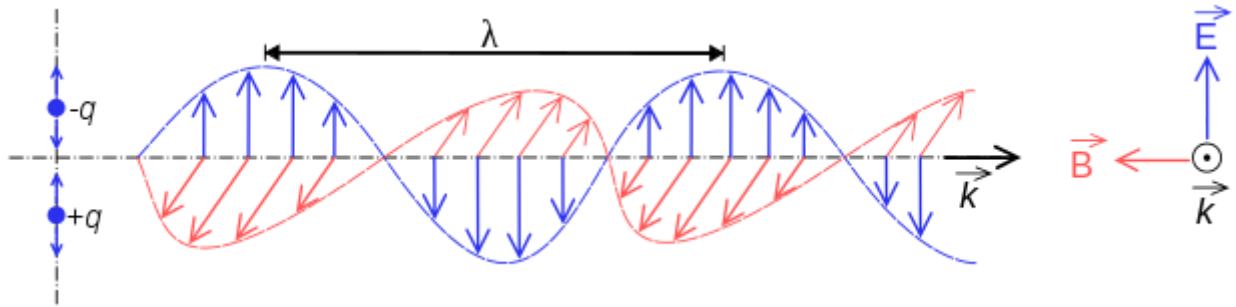


Imagen de Supermanuen COMMONS.WIKIMEDIA. CC

Hace aproximadamente unos cientos y pico de años, la fecha no tiene importancia, [Fresnel](#) y [Young](#) observaron los fenómenos de interferencia y difracción para la luz.

Pero, ¿a qué viene esto?

Huygens

Newton

VS

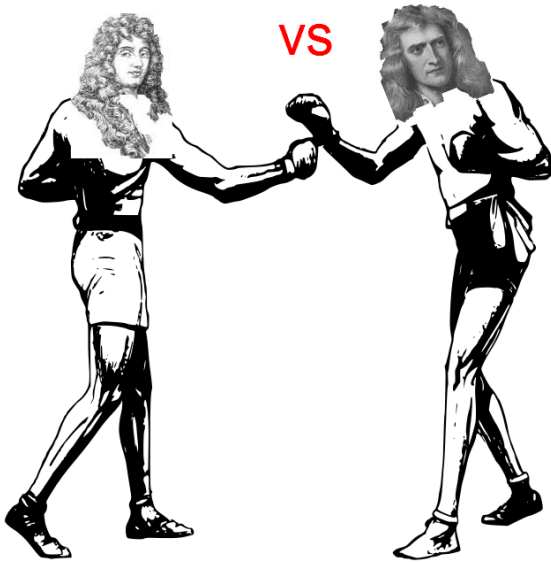


Imagen de FJGAR en COMMONS.WIKIMEDIA. dominio público

Como has visto en el tema anterior, existía una lucha encarnizada, observa la imagen de la izquierda, entre dos grandes científicos que daban visiones diferentes sobre la luz.

La propuesta de [Newton](#) estaba sustentada en la mecánica, modelo corpuscular, mientras que [Huygens](#) tenía su particular visión sustentado en las perturbaciones, modelo ondulatorio. La influencia de Newton en los foros académicos le hacía ganar el combate a los puntos.

Hasta aquí bien, ¿no?, espero haber conseguido situarte de nuevo en la idea que trabajarás.

Retomando a Fresnel y Young, tocaría preguntarse qué modelo se ajusta a sus observaciones.

Pues bien, la interpretación de los fenómenos estaba fuera de lugar dentro de la hipótesis corpusculares de Newton para la luz. Incluso se debe hacer constar que se logró un gran acercamiento al valor del módulo de la velocidad de la luz, gracias a [Foucault](#). Es más, obtuvo valores en medios distintos al aire y advirtió que al pasar del aire al agua disminuía la velocidad del rayo que cambiaba de medio. Por ello, se acercaba a lo que

había propuesto Huygens, lo que estaba en contradicción a las especulaciones que Newton hizo al respecto.

Las interferencias y la difracción, la imagen siguiente es una analogía de este fenómeno, posibilitaron el fortalecimiento de las ideas de Huygens sobre la naturaleza ondulatoria de la luz.



[Imagen](#) de Jack Delano en COMMONS.WIKIMEDIA. [dominio público](#)

Pero estos son pequeños pasos y todavía quedaban algunas cuestiones sin resolver vinculadas a la propia naturaleza de la luz y la posibilidad de propagación en el vacío.

Pero, ¿qué tipo de onda es la luz?

La respuesta vendrá a lo largo del tema, pero desde un solo punto de vista.

2. Unificación de campos eléctrico y magnético

El apoyo a las ideas de Huygens se incrementa notablemente durante los comienzos del siglo XIX, pero el modelo necesita tener un trasfondo matemático y establecer el patrón que permita clasificar la luz dentro de los tipos de ondas.

Pues bien, unos de los mayores genios de la Física por sus dotes interpretativas y capacidad de síntesis es, sin lugar a dudas, James C. [Maxwell](#).

A finales del siglo XIX, en pleno estudio de la electricidad y el magnetismo, intuyó la existencia de una relación entre ambos campos, el magnético y el eléctrico.

Recuerda que un campo magnético variable a lo largo del tiempo es capaz de inducir un campo eléctrico, luego, Maxwell, teniendo en cuenta lo anterior propuso que, asimismo, un campo eléctrico variable debía inducir un campo magnético.

Aquí no quedó la cosa, logró hacer por primera vez una fusión de teorías, es decir una teoría unificada. Dicho de otra forma, juntó todas las leyes básicas de la electricidad y el magnetismo en cuatro ecuaciones, que, hoy, se conocen por el nombre de ecuaciones de Maxwell y que fueron publicadas en el año 1873 en el un tratado que tenía por título *Treatise on Electricity and Magnetism*, donde estableció la teoría electromagnética. El libro fue considerado como el texto definitivo.

Dentro de las cuestiones importantes que incluían sus ideas, era que que la oscilación de una carga eléctrica crea un campo eléctrico variable y éste a su vez un campo magnético que varía de forma conjunta con el anterior.

Un pasito para la luz.



Imagen de Ad Meskens en Wikimedia Commons. CC

Para saber más

Las ecuaciones de Maxwell:

Son la traducción al lenguaje matemático las leyes propuestas por Coulomb, Biot y Savart, Ampere y Faraday-Henry

Ley de Gauss para el campo eléctrico.

$$\Phi = \oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

La interpretación de la ecuación viene a exponer que el flujo del vector intensidad de campo eléctrico a través de una superficie está en relación con la carga que encierra la misma. Con ello, se consigue describir cómo las líneas de campo se dirigen hacia las cargas negativas o salen de las positivas. Está claro que debe tener un sustento experimental el mismo corresponde a la ley de Coulomb.

Ley de Gauss para el campo magnético.

$$\Phi = \oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

Al igual que la anterior viene a indicar que el flujo del vector inducción magnética o campo magnético a través de una superficie cerrada, pero en este caso es cero, es decir, el número de líneas de campo que entran y que salen coinciden. Es evidente que está en consonancia con lo experimental que indica que las líneas del campo magnético no divergen ni convergen en ningún punto del espacio, es decir, no existen polos magnéticos aislados. Aunque recientemente ha habido un descubrimiento que revolucionara la Física

descubrió. Aunque recientemente ha habido un descubrimiento que revolucionará la física actual, la existencia de **monopolos magnéticos**.

Ley de Faraday-Henry.

$$\oint \vec{E} d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} d\vec{S}$$

La expresión vienen a indicar el modo de generación de un campo eléctrico gracias al cambio temporal de un campo magnético. La ecuación tiene como base el fenómeno de inducción magnética.

Ley de Ampère-Maxwell o Ley de Ampère generalizada.

$$\oint_C \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \int_S \vec{J} d\vec{S}$$

La ley de Ampère cuantificaba el campo magnético debido a corrientes eléctricas. Maxwell amplió la idea para que también incluyera la producción del campo magnético debido a campos eléctricos variables.

Todas estas ecuaciones buscan ser una forma de secundar la teoría de campo, a la cual tenía una firme fe. Llegó a establecer unas analogías mecánicas para poner de manifiesto el comportamiento de los campos en el espacio y como eran transportadas las influencias magnéticas y eléctricas por esa zona gracias a dientes invisibles de circulación.

¿Quizás los fotones tengan algo que ver?

2.1 Ecuaciones de Maxwell

Recuerdas que te he hablado de un pasito para la luz, debería haber dicho mejor para las ondas electromagnéticas.

Pero, ¿por qué?

Te daré una sorpresa, esas cuatro leyes encierran algo importante.

Con las ecuaciones, Maxwell no sólo permite deducir todas las leyes de la electricidad y del magnetismo conocidas, sino que además predice hechos nuevos.

Justamente en 1864, Maxwell presentó a la Royal Society uno de los artículos más importantes jamás escritos. Su título es: *Una teoría dinámica del campo electromagnético*.

En él se describe cómo se puede obtener una **ecuación de ondas**, si esa que viste en la unidad primera, que deben satisfacer a la vez tanto los campos eléctrico y magnético. Pero para que no te quede duda es la misma fórmula que describe cualquier movimiento ondulatorio, desde las vibraciones de un tambor hasta las ondas en el agua pasando por la que pueda producirse con la cuerda de una guitarra.

Yo estoy seguro que con cierta habilidad matemática y un conocimiento superior de las mismas, no mucho más al que posees ahora serías capaz, al igual que hizo Maxwell, de revelar lo que estaba oculta en las mismas.

Esa ecuación predice la existencia de las ondas electromagnéticas y que su velocidad de propagación es la misma a la velocidad que posee la luz.

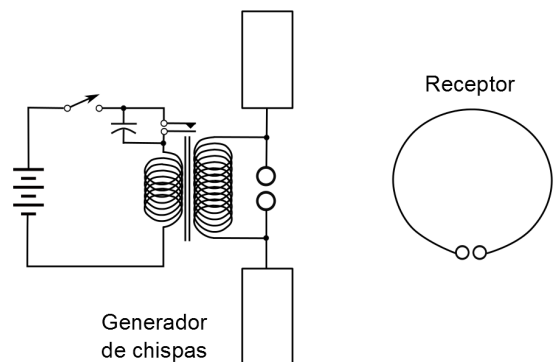
No voy a escribir aquí lo que hizo para lograrlo, no quiero agobiarte y hacer que dejes de estudiar.

Pero sí te diré lo siguiente: el campo electromagnético que se produce se radia al exterior, su propagación es constante, es decir, el módulo de la velocidad no cambia. Este campo se puede separar en dos vectores perpendiculares entre sí y, a su vez, a la dirección de propagación. Luego se está hablando que se produce una perturbación que viaja de forma transversal.

Como consecuencia de las deducciones se puede establecer que la luz es una onda electromagnética, como consecuencia que la velocidad de propagación de la onda viene dada por:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}}$$

donde la velocidad de propagación depende de las características eléctricas y magnéticas del medio por donde viaja.



[Imagen](#) de DMGualtieri en Wikimedia Commons. [CC](#)

Pero, por desgracia, Maxwell no pudo confirmar experimentalmente su predicción teórica acerca de la existencia de las ondas electromagnéticas. Por ello, esta teoría no llamó mucho la atención en los bares de los científicos, perdón en los foros de los científicos. Pero hubo un punto de inflexión, cuando [Heinrich Hertz](#) comprobó en 1888 que realmente dichas ondas existen. Utilizando el esquema de la imagen.

Comprueba lo aprendido

Lee y completa:

Maxwell fue un físico escocés desarrollador de la electromagnética clásica. Logró todas las observaciones, experimentos y leyes que había

hasta el momento sobre electricidad, magnetismo y , en una teoría unificadora y consistente.

Sus de Maxwell demostraron que la electricidad, el magnetismo y

Sus de Maxwell demostraron que la electricidad, el magnetismo y hasta la , son manifestaciones del mismo fenómeno: el campo electromagnético. Gracias a sus deducciones, todas las leyes y ecuaciones clásicas que abordaban los , eléctricos y magnéticos, pasaron a transformarse en meros casos simplificados de las ecuaciones de Maxwell. Su trabajo ejemplar ha sido reconocido como la "segunda gran unificación en física", después de la llevada a cabo por y, además, puso los cimientos para un nuevo científico, no hay que olvidar que dedujo la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas, incluyendo a la luz dentro del conjunto.

Comprobar respuesta

2.2 Experimento de Hertz



Imagen de Ms. Barbara Hertz en COMMONS.WIKIMEDIA de [dominio público](#)

Te recuerdo que el trabajo realizado no atrajo en demasía a los científicos durante dos décadas. Sin embargo encontró un apoyo en [Heinrich Rudolf Hertz](#). Se empeñó en demostrar que la premisa realizada por Maxwell era correcta.

El científico realizó un experimento que consistió en producir ondas electromagnéticas. Para ello, construyó un circuito formado por dos esferas conectadas a una bobina de inducción. Al producir una descarga entre las esferas se originan unas chispas eléctricas oscilantes, semejantes a las que se producen en un mechero eléctrico con los que se enciende el calentador de agua. Entonces se producen radiaciones electromagnéticas, pues toda carga eléctrica acelerada emite energía por medio de estas perturbaciones.

Con la intención de detectar las ondas, Hertz diseñó un receptor o antena, está claro que este

instrumento es el origen de nuestras antenas de televisión y radio.

El aparato era simple y estaba constituido por un cable curvado con dos pequeñas esferas en sus extremos, muy semejante a un [tipo de pulsera](#) de moda hace unos años. La forma del receptor se fundamentaba en la idea de que si las ondas electromagnéticas llegaban al mismo se producía en él una corriente oscilante que finalmente provocaría que saltaran chispas entre esas bolas de pequeño tamaño.

Hertz fue moviendo el detector situándolo en varias posiciones y distancias del transmisor, con la intención de determinar la longitud de onda de la onda emitida.

Todo los ensayos e indagaciones llevaron a Hertz a demostrar que estas ondas eran de origen electromagnético y que su velocidad coincidía con la que posee la luz verificando lo predicho por Maxwell.

Te ofrezco la posibilidad de ver lo que no se puede, me refiero a las ondas que salen de aparato que construyó Hertz, y todo ello gracias a la siguiente [animación](#). Y puedes ver el experimento con las siguientes imágenes:

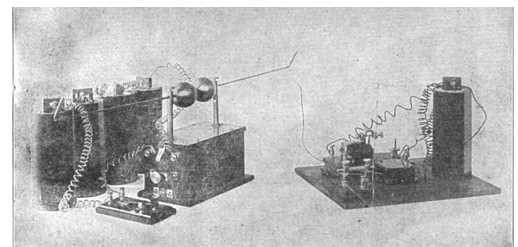


Imagen de Victor Hugo Laughter en COMMONS.WIKIMEDIA de [dominio público](#)

experimentos de Hertz 1



La manera más simple de producir ondas electromagnéticas es con un [dipolo oscilante](#), es decir, con un movimiento armónico de dos cargas iguales pero opuestas alrededor de un punto de equilibrio. Si lo piensas un poco, y teniendo la tecnología adecuada, se podría obtener este tipo de ondas usando moléculas polares, como el cloruro de hidrógeno, no debes olvidar que los átomos se están moviendo continuamente en el entorno de la distancia de enlace, cuyo valor es un promedio. Si quieres otra visión del dipolo visita el [enlace](#).

Para saber más

Seguidamente hay un pequeño corto sobre la historia de las telecomunicaciones, tanto televisivas como radiadas.

Hertz - Las ondas electromagnéticas - Física



Vídeo de Moisés López Caeiro alojado en [Youtube](#)

Años más tarde [Marconi](#), tuvo la primera patente del receptor de radio, mejoró la producción de ondas y como suele ocurrir con los conflictos bélicos no fue hasta pasada la primera guerra mundial cuando se dominaron las ondas cortas. La siguiente actividad militar provocó el impulso del ingenio haciendo que se usaran frecuencias moduladas (FM) y ondas de alta frecuencia (VHF)

Aquí te dejo un [enlace](#) donde se hace un recorrido por la historia de las telecomunicaciones.

3. En el interior de una onda electromagnética

Desde la teoría, o si lo prefieres desde especulaciones, Maxwell logró obtener una expresión que viene a representar la ecuación de una perturbación provocada conjuntamente y en fase de un campo eléctrico y otro magnético.

Desde las ecuaciones que propuso Maxwell se puede deducir que tanto el campo eléctrico y el campo magnético se propagan en el vacío con movimiento ondulatorio a la velocidad de la luz.

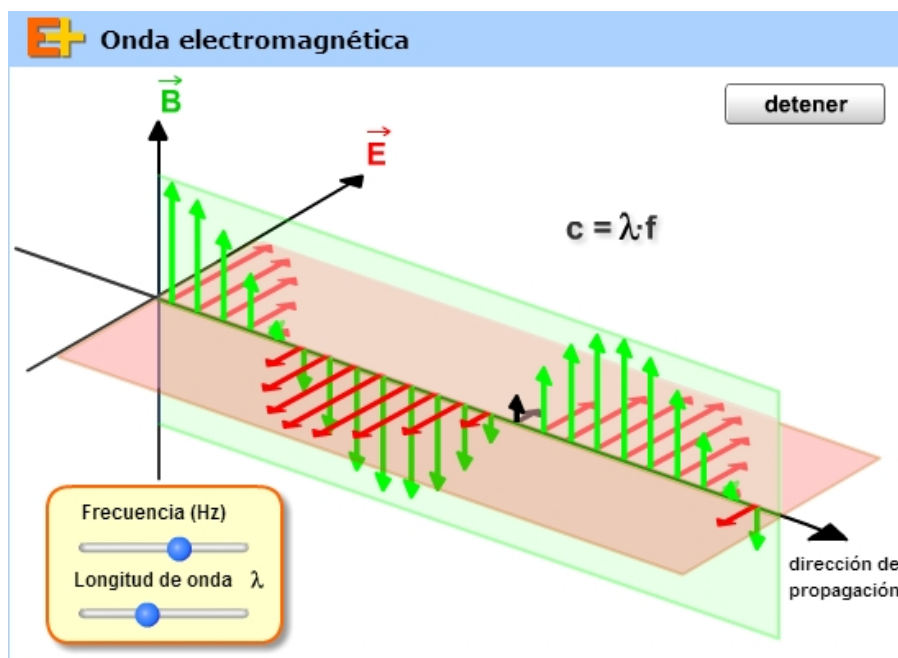
Consecuentemente, las ondas electromagnéticas están formadas por un campo eléctrico y otro magnético cambiantes con el tiempo que de forma armónica varían en planos perpendiculares entre sí y, a su vez, perpendiculares a la dirección de propagación de la onda.

Por ello, el campo eléctrico y magnético se pueden expresar de la siguiente manera:

$$E_y = E_0 \operatorname{sen}(\omega t - kx)$$

$$B_z = B_0 \operatorname{sen}(\omega t - kx)$$

La pulsación, ω , depende de foco emisor, mientras que el número de onda, k , depende del medio por el que se transmite la onda. Por otro lado, los valores del campo magnético y del campo eléctrico están relacionados con la velocidad de propagación, v , la cual es máxima en el vacío, y se simboliza con la letra "c". Tal y como se han expresados los campos temporales la velocidad de propagación lo hace en el eje de abscisa, eje "x".



Animación de Jesús Peñas en Educaplus con permiso del autor

Ejercicio resuelto

Imagina que los astrónomos están recibiendo una onda electromagnética procedente de [Betelgeuse](#), una estrella supergigante roja de la Constelación de Orión, que viaja por el espacio hasta llegar a nosotros en línea recta que haremos coincidir con la dirección del eje de abscisa.

Los aparatos han determinado que su frecuencia es de 103,5 MHz y el valor máximo del campo eléctrico en un punto 1000 V/m. Sabiendo que el campo magnético oscila en el

eje Z, y que la velocidad de la luz es $3 \cdot 10^8$ m/s.

¿Cuál es la longitud de onda y el período de la onda electromagnética?

Mostrar retroalimentación

El periodo es una magnitud que es inversa a la frecuencia y se puede deducir de ésta de la siguiente manera:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{103.5 \cdot 10^6} = 9.66 \cdot 10^{-9} \text{ s}$$

La longitud de onda se deduce de:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{103.5 \cdot 10^6} = 2.9 \text{ m}$$

Escribe las ecuaciones de la variación, en función del tiempo y de la posición, tanto para el campo eléctrico como el campo magnético de esta onda.

Mostrar retroalimentación

Partiendo de la expresión general:

$$E_y = E_0 \text{ sen } (\omega t - kx)$$

$$B_z = B_0 \text{ sen } (\omega t - kx)$$

Sustituyendo los valores se tiene:

$$E_y = 1000 \text{ sen } (6.5 \cdot 10^9 t - 2.2x)$$

Para el magnético es:

$$B_z = 3.3 \cdot 10^{-6} \text{ sen } (6.5 \cdot 10^9 t - 2.2x)$$

Te recuerdo, aunque sé que no hace ninguna falta que:

$$\omega = 2\pi f; k = \frac{2\pi}{\lambda}; E = c \cdot B$$

Para saber más

Espero que te haya quedado claro que una onda electromagnética está constituida por un campo magnético y campo eléctrico que oscilan que se inducen uno a otro y que, además, esta perturbación se propaga a la una velocidad constante que es igual a la que posee la luz, aproximadamente 300000 km/s en el vacío.

Todas las ondas electromagnéticas tienen las mismas características, es decir, la misma naturaleza y se propagan con la misma velocidad en el vacío, te recuerdo que la longitud de onda depende del medio por donde oscila la onda y, además, este tipo perturbación no requiere de la existencia de un medio para transportar la energía. Por ello, las ondas se califican en función de su frecuencia.

La velocidad de propagación se puede establecer como:

$$v = \lambda \cdot f$$

Si te has fijado en lo que antes está escrito, uno de los aspectos más importante que se puede hacer indicar de una onda electromagnética es que puede transportar energía de un punto a otro. [Max Planck](#), en 1900, afirmó que la energía que se transfería a través de una onda electromagnética o si lo prefieres radiación electromagnética era realizada en unos paquetes, si como hace SEUR u otra empresa de paquetería, a los cuales se les llamó [cuantos](#) o [fotones](#). La energía que se transfiere por medio de esos paquetes está dada por:

$$E = h \cdot f$$

donde h es la constante de Planck, de valor $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s, y, obviamente, " f " es la frecuencia de la onda.

Con esto se está diciendo que el sistema no es continuo, no obstante, en el electromagnetismo clásico está claro que la situación no fue determinada como consecuencia del pequeño valor que posee la constante de Planck.

4. Espectro electromagnético

Ya sabes que las ondas, y las electromagnéticas no van a ser menos, se diferencian unas de otras por su frecuencia, ya que este parámetro depende del foco emisor.

Pues bien, las infinitas ondas de estas características forman un conjunto que se denomina **espectro electromagnético**. Éste se divide en partes que reciben nombres diferentes, según se han ido descubriendo, pero existe el problema que no existe una separación clara entre ellas. Seguidamente, se muestra una imagen con la división, pero si te preguntas por qué hay un termómetro, te diré que se debe al **cuerpo negro** que estudiarás en un poco más adelante.

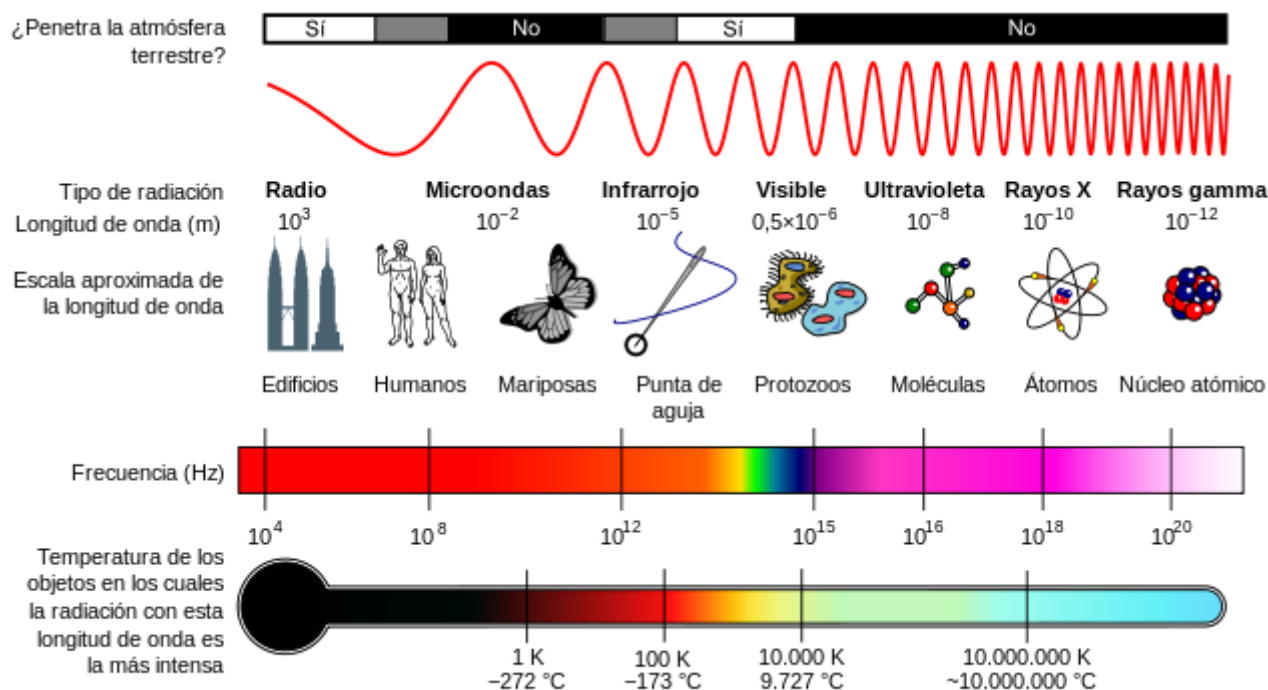


Imagen de Crates en Wikimedia Commons. dominio público

Dentro de las clases de ondas electromagnéticas se tienen los siguientes grupos, de mayor a menor frecuencia, aunque las siete zonas que verás no presentan límites muy claros:

Rayos gamma

Su frecuencia está por encima de $3 \cdot 10^{18}$ Hz. Se originan en las desintegraciones nucleares naturales que emiten radiación gamma. Son radiaciones con una capacidad muy alta de penetrar en los objetos y transportan una gran cantidad de energía del orden de $2 \cdot 10^{-20}$ J/fotón. Hasta el momento no existe un límite superior para sus frecuencias y no se conoce el límite más bajo de su longitud de onda. Son útiles para los astrónomos en el estudio de objetos o regiones de alta energía, y, además, las emplean para producir radioisótopos. La longitud de onda de esta radiación pueden ser determinada con gran exactitud y precisión usando la dispersión Compton.

Rayos X

Este tipo de radiaciones se obtienen desde el movimiento de electrones cercanos al núcleo atómico. Su frecuencia oscila entre:

$$3 \cdot 10^{16} \text{ Hz} < f < 3 \cdot 10^{18} \text{ Hz}$$

Los rayos X son capaces de atravesar la mayor parte de sustancias, pero, por ejemplo, son opacos para los huesos y esto los hace útiles en medicina, además, ese mismo hecho es aprovechable para la industria. Este tipo de radiación también es emitida por las estrellas y, en especial, algunas nebulosas son emisoras. Son dañinos para los organismos vivos, pero su uso controlado permite los diagnósticos clínicos. Dentro de la industria, es muy usado para encontrar fallos en objetos tanto manufacturados como pertenecientes a la propia industria.



Imagen de Iconographic Collection en Wikimedia Commons. CC

Dentro de la investigación, los rayos X han permitido confirmar diversas teorías cristalográficas.

Rayos Ultravioletas

Estos tipos de ondas son las que los amantes al bronceado esperan de una forma ansiosa todos los veranos. Se producen por saltos electrónicos entre átomos y moléculas excitados.

$$7.89 \cdot 10^{10} \text{ Hz} < f < 3 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$$

El Sol es el emisor de rayos ultravioleta más cercano. El transporte de energía por estas ondas es elevado pudiendo llegar a romper enlaces químicos, pudiendo llegar a producir radicales, iones o moléculas inestables con tendencia a la reactividad.

Como ya se ha citado la gente les gusta tomar el Sol y en ciertas ocasiones aparecen quemaduras. Estas están causadas por los efectos perjudiciales de la radiación en las células de la piel, pudiendo incluso provocar cáncer de piel si la radiación penetra lo suficiente y modifica las moléculas de ADN.

El asesino Sol con esas ráfagas de ondas mutágenas destruiría a nuestro planeta en un abrir y cerrar de boca, sin embargo hay un aliado que va a evitar que se convierta en un yermo y estéril desierto, hablo del ozono.

El ozono se extiende en una capa de pequeño espesor cuyas dimensiones van cambiando, pero se dedica a recibir gran parte de las ondas y "robarles" la energía que pueden transferir, evitando que lleguen al suelo del planeta y posibilita la vida en el tercer planeta. Por otro lado, este grupo se puede dividir en dos: cercano y extremo. Claramente, el cercano es el que colinda con la zona visible.

Luz visible

Es la franja mas pequeña del espectro electromagnético, no te tengo que decir que muchos animales, entre ellos tú, poseen un instrumento capaz de detectar estas radiaciones, por tal motivo se conoce por visible.

$$3.84 \cdot 10^{10} \text{ Hz} < f < 7.89 \cdot 10^{10} \text{ Hz}$$

La emisión de la radiación se producen por saltos electrónicos en átomos y moléculas.

En la actualidad, las comunicaciones por fibra óptica emplean luz visible, aunque ésta no es apta para nuestros ojos. Gracias a la mismas se pueden enviar grandes cantidades de información, en realidad unos y ceros, que luego son traducidas a un lenguaje audiovisual que el hombre es capaz de codificar.

Radiación infrarroja

Se debe a las vibraciones de los átomos en los enlaces y suelen ser emitidas por objetos con cierta temperatura. El intervalo de frecuencia es:

$$3 \cdot 10^9 \text{ Hz} < f < 3.84 \cdot 10^{10} \text{ Hz}$$

En ocasiones esta franja se divide en partes como infrarrojo lejano, medio y cercano, los procesos físicos asociados a la última zona son muy similares a los que se vinculan a la luz visible.

Una de las aplicaciones de esta zona es la fotografía infrarroja, la misma tiene grandes aplicaciones: en medicina se tiene la termografía, en la industria textil se utiliza para identificar colorantes, en investigación policial para detectar falsificaciones de pinturas, en el hogar pueden encontrarse en los telemandos, o en la vitrocerámica, en meteorología sirven para detectar zonas donde hay perturbaciones atmosféricas.



Imagen de [Arno/Coen](#) en COMMONS.WIKIMEDIA. [GNU](#)

Radiación de microondas

Seguro que no te hace falta indicarte lo que son las microondas, pero sí te puedo indicar que su intervalo de frecuencia es:

$$1 \cdot 10^9 \text{ Hz} < f < 3 \cdot 10^9 \text{ Hz}$$

Las microondas son capaces de ceder energía a moléculas que tienen un momento dipolar, como el agua, haciéndolas que vibren y al incrementarse la energía cinética se eleva con ella la temperatura de la sustancia, es por tal motivo que se usa para calentar comida.

Como estas ondas son de baja intensidad se utilizan en el hogar y en las oficinas para el intercambio de información como en la red Wi-Fi o en algunos mandos a distancias.

Ondas de radio

Son generadas por el hombre mediante circuitos oscilantes, y se detectan mediante antenas diseñadas a tal efecto. Su rango comprende el siguiente intervalo:

$$3 \cdot 10^4 \text{ Hz} < f < 1 \cdot 10^9 \text{ Hz}$$

Por su nombre habrás adivinado para que se usan, está claro para la radiodifusión. En la transmisión de datos para la televisión, los teléfonos móviles o para las resonancias magnéticas, la onda es modulada, tanto la frecuencia, FM, como la amplitud, AM. Debes de saber que el uso del espectro de radio está regulado por muchos gobiernos mediante la asignación de frecuencias.

Una cuestión curiosa de este tipo de ondas que es aprovecha desde la tecnología es cuando la perturbación impacta sobre un conductor, se empareja con él y se transmite a lo largo del mismo, con lo que induce una corriente eléctrica, ley de Faraday-Lenz, en la superficie de ese conductor debido a que los electrones de la banda de conducción del material se excitan. Este efecto, llamado efecto piel, es el que permite la recepción de las ondas en las antenas.



Imagen de [W7KVA](#) en COMMONS.WIKIMEDIA. [CC](#)

Para saber más

La radioastronomía se puede decir que es una importante rama de la astronomía. La misma se dedica a estudiar los cuerpos celestes a través de las ondas que estos emiten esencialmente en la zona correspondiente a la radio.

Tras la Primera Guerra Mundial, comienza la generación de ondas para la radio y, con ello, las interferencias. Un joven ingeniero americano, Karl Jansky, estaba estudiando en Holmdel (New Jersey) las causas de los problemas de radio suponiendo un origen atmosférico.

Sus resultados indicaron la presencia de tres tipos de interferencias: descargas breves cuyo origen era la meteorología local, descargas análogas correspondientes a fenómenos atmosféricos muy lejanos y unos misteriosos silbidos persistentes cuyo centro emisor tenía un movimiento regular a través del cielo. Tras meses de investigación llegó a determinar el origen de esa molestia para nuestras ondas; el lugar era la constelación de Sagitario y la dirección seguida era hacia el núcleo de nuestra Galaxia.

Esta claro que esas emisiones provocaron un buen susto a la población, extraterrestre, aunque el sentido común llegó a imperar. Está claro que no sólo hay emisiones en el rango de la luz visible.

Con todo esto, se daba el pistoletazo de salida hacia un nuevo instrumento de investigación astronómica y conocer al universo con unos ojos nunca antes empleados.

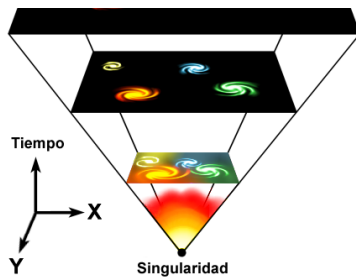
A este nuevo instrumental le llamaron *radiotelescopio*.

Hay algunos elementos como el hidrógeno que pueden ser visibles en las ondas de radio al poseer una emisión característica de longitud de onda de 21 cm. Este hecho y otros han logrado



Imagen de NASA en COMMONS.WIKIMEDIA. [dominio público](#)





El siglo XX ha sido rico en descubrimientos importantes por parte de la radioastronomía. Entre éstos cabe citarla individualización de numerosas especies de moléculas interestelares; confirmaciones de la teoría de expansión del universo tras el Big Bang inicial, gracias al descubrimiento de radiofuentes lejanas que debido al efecto Doppler muestran un fuerte desplazamiento hacia el rojo y, también, se ha detectado la radiación de fondo.

[Imagen](#) de Maksim en Wikimedia Commons. [CC](#)

5. Especial PEvAU

Ejercicio resuelto

a) Los rayos X, la luz visible y los rayos infrarrojos son radiaciones electromagnéticas. Ordénalas en orden creciente de sus frecuencias e indique algunas diferencias entre ellas.

Mostrar retroalimentación

Como se puede deducir claramente del propio enunciado, las tres son ondas electromagnéticas, pero se diferencian en la frecuencia que poseen y, lógicamente, en la longitud de onda, no se debe olvidar que las tres se propagan por el vacío a la misma velocidad.

La luz visible se diferencia de las demás por ser las únicas que nuestro sensor natural, el ojo, es capaz de detectar gracias a la reflexión de la misma. La misma es generada por cuerpos a elevadas temperaturas por encima de los 500 °C o por saltos electrónicos dentro de los orbitales.

Por otro lado, la luz infrarroja tiene frecuencias inferiores a las que les corresponde a la luz visible, pero en las cercanías a ésta, por ello, ciertos animales se han adaptado a esa franja. Una característica importante de estas radiaciones es su emisión por parte de cuerpos calientes, coinciden con las vibraciones moleculares.

Por último, las radiaciones más penetrantes y con mayor transporte de energía son los rayos X y, consecuentemente, tienen un gran potencial para influir en la salud de los seres vivos. El hecho de que sean opacos a ciertos materiales a fomentado su uso en radiodiagnóstico y en cristalografía. Se generan gracias a los saltos electrónicos entre los orbitales internos de los átomos.

El orden solicitado sería el siguiente:

rayos infrarrojos < visible < rayos X

a) ¿Qué es una onda electromagnética? Explique sus características.

Mostrar retroalimentación

Las ondas electromagnéticas son ondas transversales que no necesitan un medio material para propagarse. Todas se propagan en el vacío a una velocidad constante, muy alta, igual a la velocidad de la luz. Las ondas electromagnéticas se propagan mediante una oscilación de campos eléctrico y magnético perpendiculares entre sí y, además perpendiculares a la dirección de propagación. Se caracterizan por su frecuencia.

Ejercicio resuelto

Una antena emite una onda electromagnética de frecuencia 50 Hz.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; v_s = 340 \text{ m s}^{-1}$$

a) Calcule su longitud de onda.

Mostrar retroalimentación

La velocidad de propagación de cualquier perturbación vincula frecuencia y longitud de onda por medio de la expresión:

$$v = \lambda \cdot f$$

Sustituyendo y despejando se tiene:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{50} = 6 \cdot 10^6 \text{ m}$$

b) Determine la frecuencia de una onda sonora de la misma longitud de onda.

Mostrar retroalimentación

De la mismas forma que antes la velocidad de propagación es:

$$v = \lambda \cdot f$$

Sustituyendo y despejando se tiene:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{6 \cdot 10^6} = 5.7 \cdot 10^{-7} \text{ Hz}$$

Ejercicio resuelto

Una onda electromagnética armónica de 20 MHz se propaga en el vacío, en el sentido positivo del eje OX. El campo eléctrico de dicha onda tiene la dirección del eje OZ y su amplitud es de $3 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$. $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

a) Escriba la expresión del campo eléctrico $E(x, t)$, sabiendo que en $x = 0$ su módulo es máximo cuando $t = 0$.

Mostrar retroalimentación

Primero desde la velocidad de propagación de la onda electromagnética se puede conocer la longitud de onda:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^7} = 15 \text{ m}$$

Una vez conocido este parámetro y con las condiciones iniciales, se puede establecer la expresión:

$$E = 3 \cdot 10^{-3} \cos [2\pi(\frac{1}{15}x - 2 \cdot 10^7 t)] \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$$

b) Represente en una gráfica los campos $E(t)$ y $B(t)$ y la dirección de propagación de la onda.

Mostrar retroalimentación

Para proceder a construir la gráfica previamente se debe conocer como varía el campo magnético. Su valor máximo se puede establecer desde la expresión siguiente:

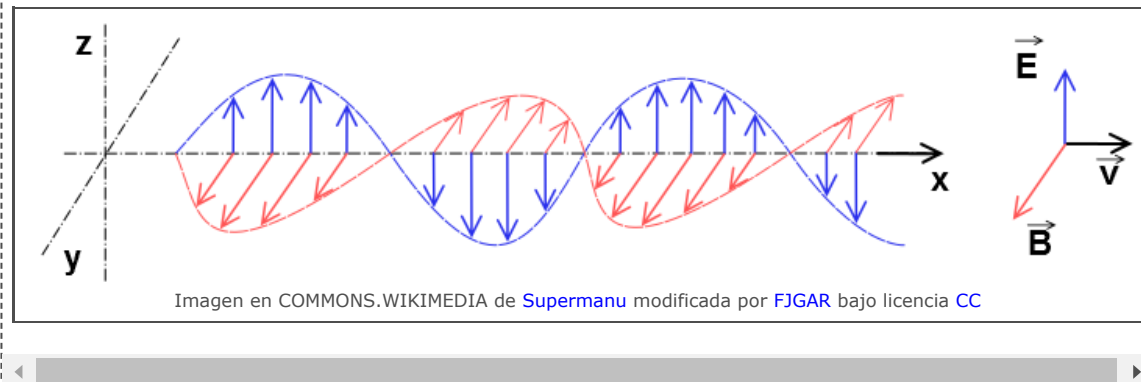
siguiente:

$$E = c \cdot B$$
$$B = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^8} = 1 \cdot 10^{-11} \text{ T}$$

Con la amplitud podemos construir la variación oscilante del campo magnético

$$B = 1 \cdot 10^{-11} \cos \left[2\pi \left(\frac{1}{15}x - 2 \cdot 10^7 t \right) \right] \text{ T}$$

Y para un valor $x=0$, la gráfica sería:



Resumen

Importante

Una onda electromagnética está constituida por un campo magnético y campo eléctrico que oscilan que se inducen uno a otro y, además, esta perturbación se propaga a la una velocidad constante que es igual a la que posee la luz, aproximadamente 300000 km/s en el vacío.

Todas las ondas electromagnéticas tienen las mismas características, es decir, la misma naturaleza y se propagan con la misma velocidad en el vacío, te recuerdo que la longitud de onda depende del medio por donde oscila la onda y, además, este tipo perturbación no requiere de la existencia de un medio para transportar la energía. Por ello, las ondas se califican en función de su frecuencia.

La velocidad de propagación se puede establecer como:

$$v = \lambda \cdot f$$

Importante

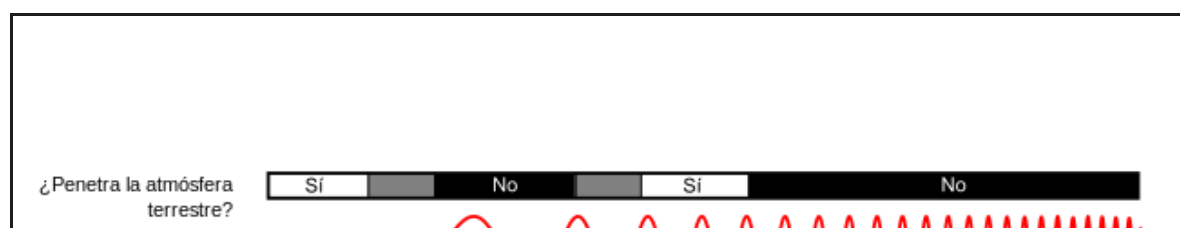
Como consecuencia de las deducciones de Maxwell se puede establecer que la luz es una onda electromagnética, como consecuencia que la velocidad de propagación de la onda viene dada por:

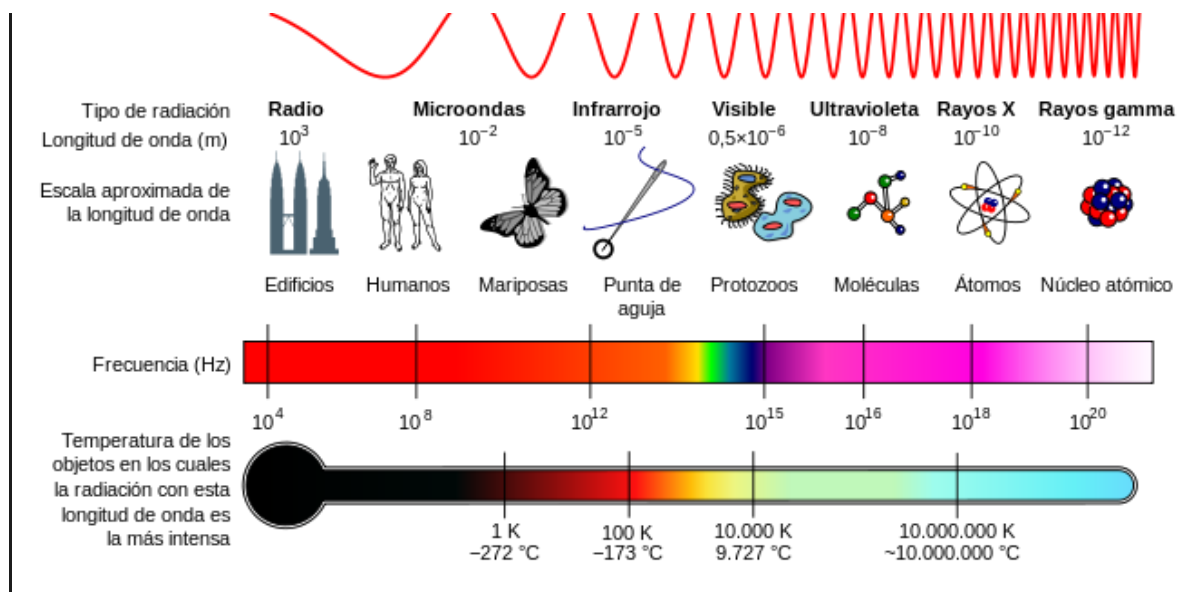
$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}}$$

donde la velocidad de propagación depende de las características eléctricas y magnéticas del medio por donde viaja.

Importante

Espectro electromagnético. Éste se divide en partes que reciben nombres diferentes, no existe una separación clara entre ellas.





AVISO DEL SERVIDOR

Por motivos de seguridad esta página web solo está accesible mediante acceso seguro (https):

https://www.juntadeandalucia.es/Aviso_Legal_Andalucia_v04.htm

Por favor, actualice sus marcadores. Gracias.

Imprimible

Descargar [imprimible](#) (pdf - 1325.02 KB) .

