

Óptica: ¿Qué es la luz? Historia de una controversia



2º de Bachillerato

Física

Contenidos

**Óptica:
¿Qué es la luz? Historia de una controversia**

1. Introducción: Qué es la luz

Es fácil encontrar en Internet que la luz es una radiación que se propaga en forma de ondas. ¿Es correcta esta definición?

Para llegar a una definición de este fenómeno de la naturaleza han sido necesarios siglos de investigación y aún así todavía hay pequeñas discusiones sobre algunos aspectos.

Tradicionalmente se ha llamado "luz" a aquello que podemos percibir mediante nuestro sentido de la vista. Algunos de los fenómenos relacionados con la luz, tales como la propagación rectilínea, la reflexión y la refracción son conocidos desde muy antiguo; el mismo Euclides enunció en el siglo III a.C. la ley de la reflexión. También muy pronto empezaron a construirse instrumentos que aprovechaban las propiedades de la luz, tales como lentes y espejos.

Esta pequeña introducción bien podría servirte como punto inicial para empezar a entender el concepto de luz. A tu derecha, dejo una imagen que te muestra los tres principales modelos que se estudiarán en este tema.

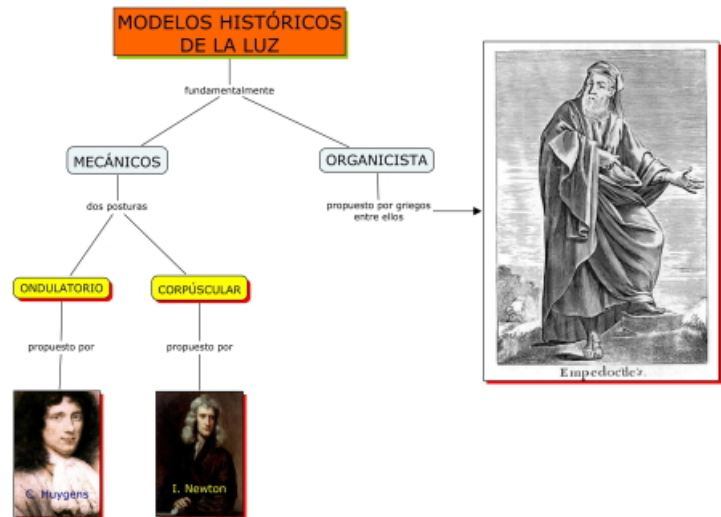


Imagen de FJGAR en Wikimedia Commons. [CC](#)

2. Modelos de la luz

Una de las primeras hipótesis sobre la naturaleza de la luz y conjuntamente de la visión, aparece en los padres de la civilización científica, es decir, en la civilización griega. Sus ideas eran algo estrambóticas pero para sus conocimientos de la época eran perfectamente válidas.

Entre las primeras propuestas elaboradas sobre el tema de la visión en la antigua Grecia, se debe citar a la formulada, en el siglo VI a. de C., por Pitágoras. Este planteó que la luz emanaba del ojo en forma de rayos luminosos que se propagan en línea recta formando conos con el vértice de éste. Supuso que esta emanación chocaba con los cuerpos y la visión era el resultado de este choque.

Empédocles, medio siglo más tarde, consideró a la luz constituida por efluvios que eran proyectados por las fuentes incandescentes, los ojos y los cuerpos visibles.

Algo más tarde, el filósofo Platón propuso que nuestros ojos emitían pequeñas partículas de luz, del objeto también surgía una sutil capa o un efluvio, al que llamó la "eidola", y que era el contacto entre el fuego visual emitido por el ojo y este efluvio lo que producía la sensación de la visión.

Hasta este momento de la historia, siglo I d.C., la luz siempre estuvo unida al fenómeno de la visión, pero de una forma bastante artificial. Herón de Alejandría, nacido en Egipto, fue el primero que desligo la visión de la luz. La mayoría de sus trabajos los realizó en la biblioteca de Alejandría.

Sus aportaciones a la ciencia fueron numerosas, escribió obras sobre mecánica, matemáticas y física, algunas de las mismas solo se conocen a través de las traducciones árabes realizada durante la expansión musulmana. En la obra "Dioptra" recoge lo que se puede llamar como modelo griego de la visión, según la cual el ojo lanza unas partículas especiales que rebotan en los objetos no transparentes y vuelven de nuevo al ojo, produciendo el fenómeno de la visión.

Posteriormente, Claudio Ptolomeo, en uno de sus trabajos menores hace referencia a cómo se regula la reflexión, proponiendo las normas que la rigen. Este fenómeno será crucial en la discusión acerca de la naturaleza de la luz que se llevó a cabo durante los dieciocho siglos siguientes de desarrollo de la óptica.

En los experimentos realizados por Ptolomeo se aprecia una subjetividad en preconcepciones geométricos de tipo euclideo, de los mismos se deduce que un rayo de luz cuando pasa del aire a otro medio transparente se acerca a la normal.

modelo
organicista de la luz



Imagen de FJGAR en Wikimwdi Commons. CC

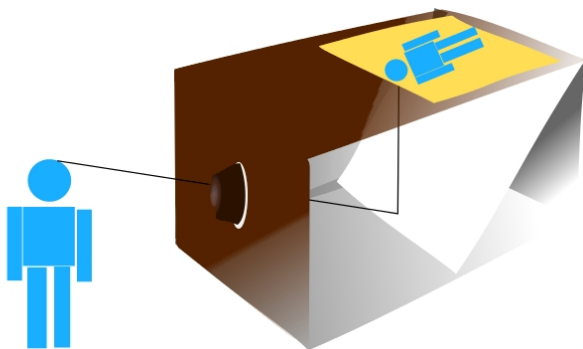


Imagen de FJGAR en Wikimedia Commons. CC

Pero retomando el modelo de visión que hemos descrito como griego, te puedo indicar que se mantuvo hasta finales del primer milenio. Ibn-al Haytam, conocido en las traducciones latinas como Alhazen. Nacido en Basora en el 965 y muerto en El Cairo en 1039, se dedicó fundamentalmente a la Astronomía, aunque también realizó importantes trabajos en Física e Ingeniería.

Su obra más importante de Óptica se traduce al latín con el nombre de *Opticae Thesaurus Aldrazeui Arabis* se mantuvo como la obra básica de Óptica hasta el s. XVII. Practicó el método experimental siguiendo las ideas de Averroes y

Aristoteles.

Entre sus principales aportaciones se encuentra la de explicar por primera vez el funcionamiento de la cámara oscura y, sobre todo, la de separar en el proceso de la visión y el comportamiento de la luz y del ojo.

Alhazen indica que la luz es emitida por los cuerpos calientes y que el ojo recoge la luz que se refleja en los objetos y la detecta, aunque se equivoca al suponer que es el cristalino la parte fotosensible. Discutió los experimentos de refracción de Ptolomeo, aunque no los repitió por razones desconocidas.

2.1 Modelo corpuscular

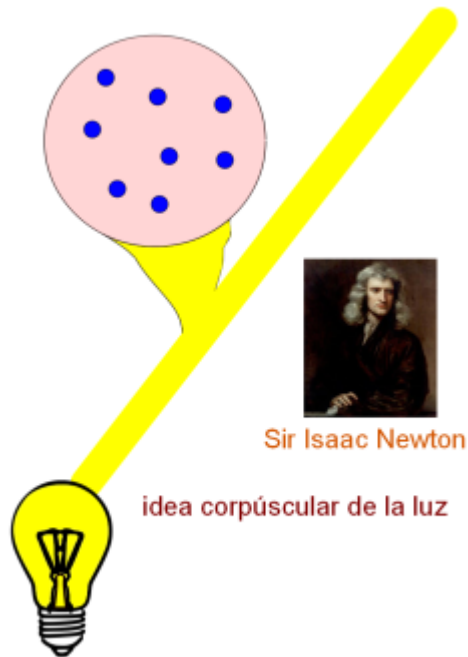


Imagen de FJGAR en Wikimdia Commons. CC

Seguro que te suena un tal Sir Isaac Newton. Bueno, pues este caballero también tiene algo que decir en el campo de la óptica. Además, de establecer fórmulas para instrumentos ópticos, probar que la luz blanca es una mezcla, propuso una idea de como sería la luz.

Siguiendo los pasos de su visión mecánica del Universo, Newton propugnaba en 1704 con su publicación llamada "Óptica". Su modelo se basaba en que los rayos luminosos estaban formados por multitud de pequeñas partículas, con masas diferentes para cada color, que eran emitidas por los cuerpos luminosos y se reflejaban en los demás objetos siguiendo las leyes habituales de la mecánica.

La visión acontecía cuando dichas partículas de luz chocaban con la retina de nuestros ojos. Dichos corpúsculos debían ser muy pequeños en comparación con la materia ordinaria, y no estar sometidos a rozamientos viscosos.

Si te fijas, casi siempre lo más simple puede permitir una interpretación correcta de un fenómeno. Esta teoría, con la simplicidad mencionada, era suficiente para explicar las propiedades de la luz entonces conocidas: la propagación rectilínea, la reflexión y la refracción.

La propagación rectilínea se explicaba como el resultado de la enorme velocidad de los corpúsculos luminosos, según valores de la época esa velocidad rondaba 10^8 m/s. La idea

era similar a la situación de que la trayectoria de una bala se mantiene recta sin que se vea aparentemente afectada por los efectos gravitatorios.

La reflexión se entendía como un juego de billar o lo que hace el jugador de baloncesto de la imagen, es decir, se produce un simple choque perfectamente elástico entre los corpúsculos luminosos y la superficie donde tiene lugar el reflejo. En el choque, se conserva el módulo de la cantidad de movimiento de los corpúsculos. Pero se debe tener en cuenta el carácter vectorial, la componente paralela a la superficie reflectante se mantiene y la parte normal se invierte.

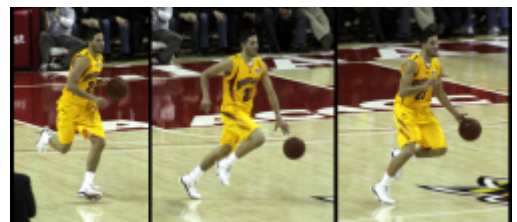


Imagen de
Mr Schultz en Wikimwdia Commons. CC

Con respecto al modelo propuesto para la refracción, se puede decir que supone la existencia de fuerzas de atracción o repulsión sobre los corpúsculos luminosos al atravesar la superficie de separación de dos medios. Estas fuerzas actúan perpendicularmente a dicha superficie, con lo que la componente perpendicular de la cantidad de movimiento de los corpúsculos a la superficie de separación de los dos medios, sufría un aumento o disminución de módulo. Algunos medios atraían a los corpúsculos, con lo que aumentaba haciendo que la luz viajase más rápidamente, esto en algunas ocasiones suponía superar la velocidad de la luz en el vacío, y su trayectoria se acercase a la normal; en cambio, otros medios repelían a los corpúsculos haciendo que disminuyera y la luz viajase más lentamente, con lo que su trayectoria se alejaría de la normal.

2.2 Modelo ondulatorio



Imagen de FJGAR en Wikimedia Commons. CC

Para que lo sepas al físico inglés ya tenía un oponente algunos años antes de publicar éste su obra sobre la luz. En 1690, un coetáneo a Newton, matemático, físico y astrónomo holandés llamado Christiaan Huygens, publicaba una obra llamada "Tratado de la luz", en el que defiende una postura radicalmente distinta sobre la naturaleza de la misma.

En el libro, el autor expone como hipótesis que la luz se desplaza con un movimiento ondulatorio similar al sonido, es decir, la imagina como una onda longitudinal donde su foco es localizado en los cuerpos luminosos.

La ventaja de esta teoría corresponde a la posibilidad de explicación de ciertos fenómenos. Podía explicar, a la perfección, tanto la reflexión como la refracción de la luz.

No obstante, había que tener una imaginación increíble como tragarse la hipótesis, un tanto descabellada, de la existencia de un material con una rigidez tal que permitiera a la luz viajar a una enorme velocidad, al medio se le denominó **éter**.

Si te parece inverosímil o inconcebible, espera y verás, el éter debería completar el Universo, recuerda que hay estrellas, satélites, planetas y cometas.

Los oponentes a esta teoría hacían llagas en la herida diciendo que no era capaz de explicar la trayectoria rectilínea que presentaba la luz en su movimiento. Sin embargo, lograría explicar las interferencias, la polarización y la difracción. La polarización de la luz requería que las ondas fueran transversales y que, por lo tanto, el éter fuera un medio sólido. Esto hace todavía más sorprendentes a ese mágico medio de propagación.

Por si fuera poco, Huygens no tenía ninguna explicación clara y razonable para fenómenos típicamente ondulatorios como la difracción y las interferencias. Además a esto se le puede agregar el prestigio del principal defensor de la teoría rival, nada menos que el todopoderoso Newton, hizo que la teoría ondulatoria no fuera tenida en cuenta hasta mucho tiempo después.

Reflexiona

¿Qué fenómenos luminosos apoyan el modelo ondulatorio?

Mostrar retroalimentación

Aspectos como la reflexión, la refracción, las interferencias, la difracción o la polarización son explicados por el modelo ondulatorio.

2.3 ¿Quién tiene razón?

Ya sabrás que dos visiones de una misma cosa se han propuesto. Seguro que te preguntarás quién tenía razón. Bueno, te dejo este pequeño vídeo por si acaso te sitúa un poco más.

Pero vamos, te voy a indicar que, de buenas a primeras, la tortilla cambia y se pasa a una visión ondulatoria con Maxwell. Pero, luego, vuelve a caer la idea.

Lo que te puedo decir, en esta unidad no se aclarará del todo la controversia y disputa. Cuando llegues a estudiar la introducción a la Física Moderna, lo tendrás más claro y no quiero despejarte aquí esta incógnita.

¿La luz es una partícula o una onda?



Vídeo de Date un Voltio alojado en [Youtube](#)

3. Ecuaciones de Maxwell

Si tuviera dinero y con el conocimiento que poseo hasta el momento arriesgaría mi fortuna por el holandés Christiaan Huygens. La razón: James Clerk Maxwell.



Imagen de
Anónimo en Wikimedia Commons. CC

Este físico publicó en 1865 su obra titulada **Teoría Dinámica del Campo Electromagnético**. En este compendio de Física incluye un fascinante y maravilloso conjunto de ecuaciones, perdón por la pasión y admiración por el científico. En realidad son cuatro ecuaciones que relacionan al campo electromagnético con sus fuentes.

En las ecuaciones de Maxwell se sintetizan todos los fenómenos electromagnéticos. Son tan especiales que se pueden considerar las primeras ecuaciones relativistas.

La primera ecuación de Maxwell en el vacío no es sino el teorema de Gauss para el campo electrostático:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}$$

Esta ecuación vincula al campo electrostático con sus fuentes escalares, que en este caso son las cargas eléctricas.

De la misma, deberás entender que el número de líneas de fuerza que atraviesa una superficie, flujo, en esta situación, del campo eléctrico a través de una superficie cerrada sólo tomará un valor nulo si en el volumen delimitado por dicha

superficie no existe carga eléctrica neta.

La segunda ecuación de Maxwell es el teorema de Gauss para el campo magnético. Al igual que la anterior, relaciona al campo magnético con sus fuentes escalares, es decir, con los **monopolos** magnéticos, descritos por Dirac en 1931.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

Dado que dichos monopolos en la naturaleza no se dan, sólo han sido fabricados por el hombre, es posible indicar que esta ley nos transmite que las líneas de fuerza que atraviesan una superficie cerrada es cero, es decir, el número de las que entran es idéntico a las que salen.

La tercera ecuación de Maxwell establece un nexo entre el campo eléctrico con sus fuentes vectoriales. Simplemente, es la conocida ley de inducción de Faraday-Lenz. La misma pronostica la posibilidad de crear campo eléctricos desde campos magnéticos variables en el tiempo.

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \left(\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} \right)$$

Desde esta se puede ver la existencia de una primera relación entre los campos eléctrico y magnético. Un campo magnético variable con el tiempo es capaz de generar un campo eléctrico.

Finalmente, la cuarta ecuación de Maxwell, de forma semejante a la anterior, relaciona al campo magnético con sus fuentes vectoriales. Esta si es una verdadera aportación de Maxwell a la teoría electromagnética. Se trata de la ley de Ampere, ampliada por Maxwell con un término, denominado **corriente de desplazamiento de Maxwell**, que da cuenta de la simetría entre los campos eléctricos y los magnéticos.

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot I_{int} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \left(\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} \right)$$

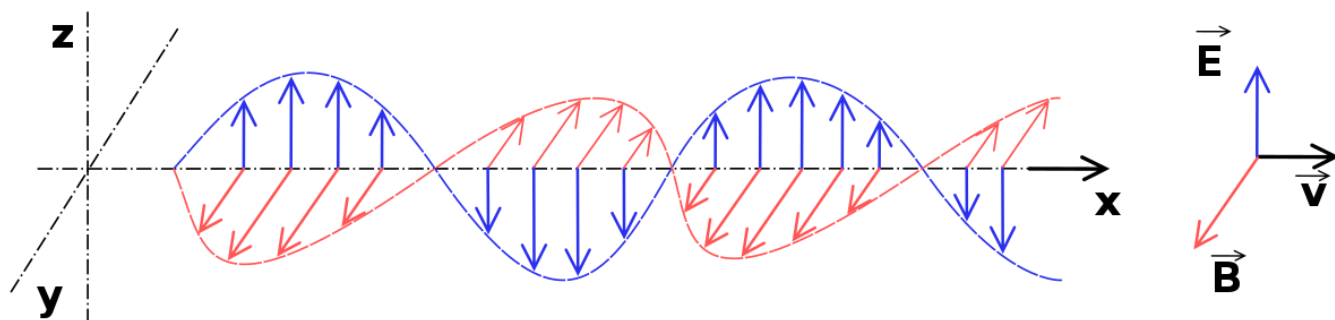
La interpretación física que se obtiene de la expresión anterior es que un campo eléctrico variable con el tiempo genera un campo magnético, sin necesidad de que haya presentes corrientes eléctricas reales como fuentes del campo magnético. Como ejemplo te puedo indicar que se genera un campo eléctrico variable durante los procesos de carga y descarga de un condensador.

Con todo esto te puedo decir que voy ganando la apuesta, ya que desde esas ecuaciones se puede encontrar una expresión muy semejante a las ondas sobre una cuerda. Por consiguiente, los campos generan una onda que se van a denominar electromagnética. Con ello, Maxwell postuló la existencia de

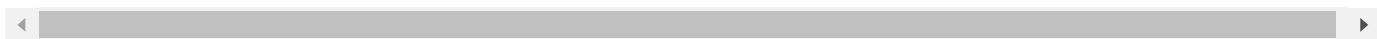
estas ondas consiguió aclarar el problema de la naturaleza de la luz, y además unir la electricidad, el magnetismo y la óptica en una misma rama.

Cuando Hertz, en 1887, por primera vez fue capaz de producir **ondas electromagnéticas** y, con ello, confirmar las leyes de Maxwell.

El descubrimiento de las ondas electromagnéticas fue uno de los avances más importantes del siglo XIX como consecuencia de las múltiples aplicaciones como las ondas de radio y televisión, los rayos X.



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



4.Propagación de la luz

Seguro que has visto más de una vez sombras, pero curiosamente no toda la sombra es oscura del todo, a la parte más clara me tomo la libertad de recordarte que se llama penumbra.

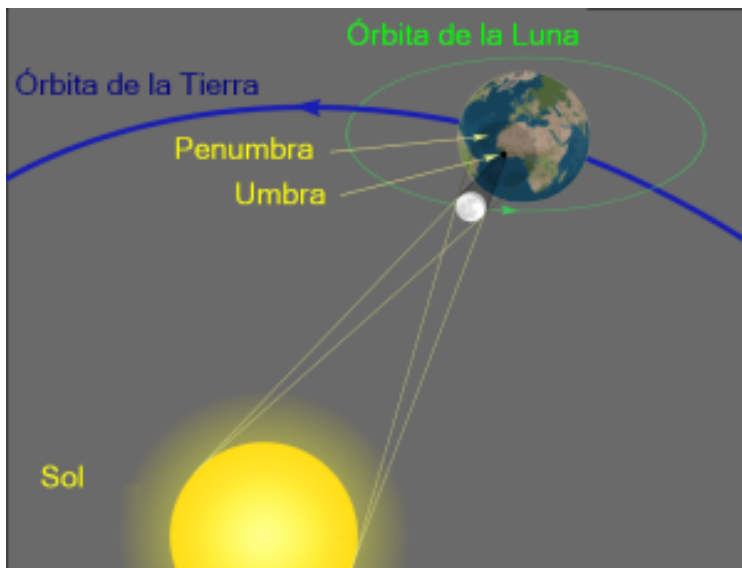


Imagen de Sagredo en Wikimediacommons. CC

Pero, ¿por qué ocurre?

Responder a la pregunta es preguntarse sobre las propiedades de la luz. Y la cualidad que interesa es la forma de propagación.

Antes de continuar debes saber que la luz procede de un foco o fuente luminosa. Éstas se pueden clasificar en primarias o secundarias. Las fuentes primeras son aquellos materiales que tienen la temperatura suficiente como para emitir la luz visible y las fuentes secundarias son objetos que irradian la luz que reciben, en ciertos libros de textos las puedes encontrar bajo el nombre de cuerpos iluminados.

Pero además de estas conceptualizaciones es necesario precisar algo más. Lo que vas a estudiar en la unidad se debe basar en la premisa de que se empleará un medio homogéneo y transparente para

que la luz se propague.

La luz se propaga en línea recta en un medio homogéneo y transparente, esto quiere decir que se mueve por un espacio cuya composición y propiedades son idénticas en todas sus direcciones. Esta hipótesis constituirá la base de lo que se va a llamar Óptica Geométrica.

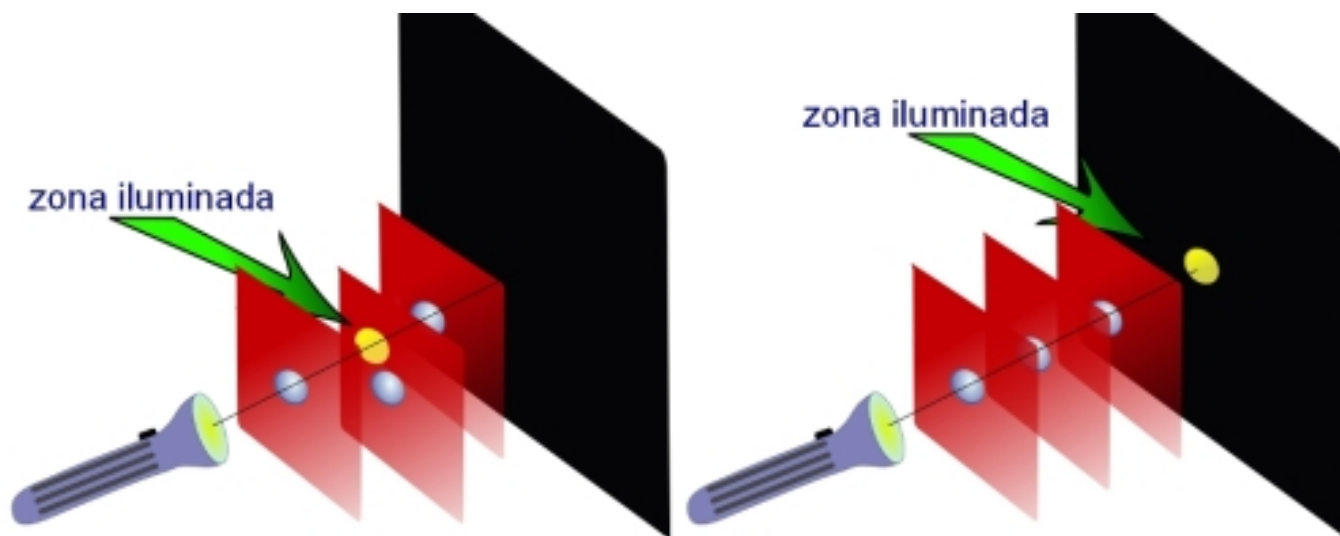
Además de la premisa anterior, es posible indicar que todos los rayos de luz se propagan independientemente unos de otros y si un rayo de luz sigue una trayectoria, puede recorrerla en sentido inverso posteriormente, siguiendo el mismo trayecto.

Esta hipótesis, absolutamente admisible en las condiciones en las que se aplica la Óptica Geométrica, tiene como primera consecuencia que cuando la luz procedente de un foco luminoso puntual encuentra en su propagación un objeto opaco, existe una demarcación situada detrás del objeto, en virtud del sentido de propagación de la luz, a la que no llega la luz. Esa franja se conoce como zona de sombra.

En el caso de que el foco luminoso no es puntual, sino extenso, lo más normal, junto a la citada zona de sombra es posible apreciar otra región parcialmente iluminada, llamada penumbra.

Si quieres hacer la prueba del movimiento rectilíneo de la luz, puedes recortar varios cuadrados en una cartulina los suficientemente grandes como para tapar a una linterna. Haz un orificio en el centro geométrico de un centímetro de diámetro, aproximadamente.

Si colocas los recortables separados unos cinco centímetros, con los orificios perfectamente alineados, se podrá ver la luz, si desvía tan sólo un poco uno de los cuadrados, la luz no podrá pasar, confirmando la trayectoria rectilínea. Sería algo semejante a la imagen siguiente.



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



5. Velocidad de la luz

Hay un título de una película del género, por excelencia estadounidense, Western, muy curioso. La cinta se conoce por: *Más rápido que el viento* (1958) de Robert Parrish; su título es una incitación a velocidades altas en este caso superando el movimiento del aire.

También, en la cinematografía, aparecen alusiones a velocidades mayores como la frase de Han Solo: *esta nave supera en cinco puntos la velocidad de la luz*, refiriéndose al Halcón Milenario. La serie Star Trek habla de la velocidad WARP, aunque con esta velocidad lo que hacen los motores es plegar el continuo espacio-tiempo, es decir, construyendo un atajo.

Te recuerdo que la velocidad de la luz es de 299.792.458 m/s o 300.000 km/s para andar por casa y hacer los cálculos más simples.

Alcanzar esa velocidad parece de ensueño y de momento imposible. Si en un futuro cercano se lograra, ello permitiría explorar con una mayor facilidad el universo, al menos, el más cercano y conseguir más información para mejorar o secundar las ideas dominantes y quien sabe quizás tengamos un nuevo paradigma.

Pasando de la imaginación cinematográfica, pues ahora te toca disfrutar, te dejo dos muestras de vídeo. Uno corresponde a una simulación de la serie científica *Cosmos* y otro corresponde a una simulación de un viaje del Sol a la Tierra a la velocidad de la luz.

MPL3D Solar System - Travel fro...



Vídeo de mpl3d alojado en [Youtube](#)

[8] Carl Sagan viajes atraves del ...



Vídeo de klykontr alojado en [Youtube](#)

5.1 Medida de la velocidad de la luz

El sentido común te indica que la luz tiene una propagación instantánea, no fue hasta la época de Galileo, finales del siglo XVI, cuando se comenzó a cuestionar la condición.

Galileo realizó un experimento para determinar la velocidad de la luz. Éste consistía en hacer señales con linternas desde dos colinas separadas por un kilómetro de distancia.

la idea era simple. Se trataba de medir el tiempo que tarda la luz en recorrer dos veces la distancia entre dos hombres situados en las colinas. Uno de ellos destapaba su linterna y cuando el otro veía la luz, destapaba la suya.

Por tanto ese tiempo, resultaba del viaje de la luz por dos kilómetros. Aunque el método es correcto tiene una salvedad, la medida del tiempo y el tiempo transcurrido en abrir la lámpara para el segundo observador. Además, la distancia entre las personas es excesivamente pequeño comparado con el valor correspondiente a la velocidad de la luz. Por estos motivos, Galileo no pudo obtener un valor razonable para la misma.

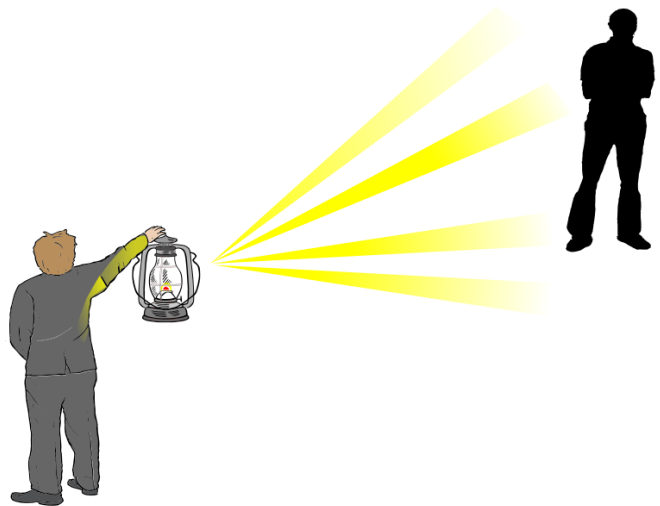
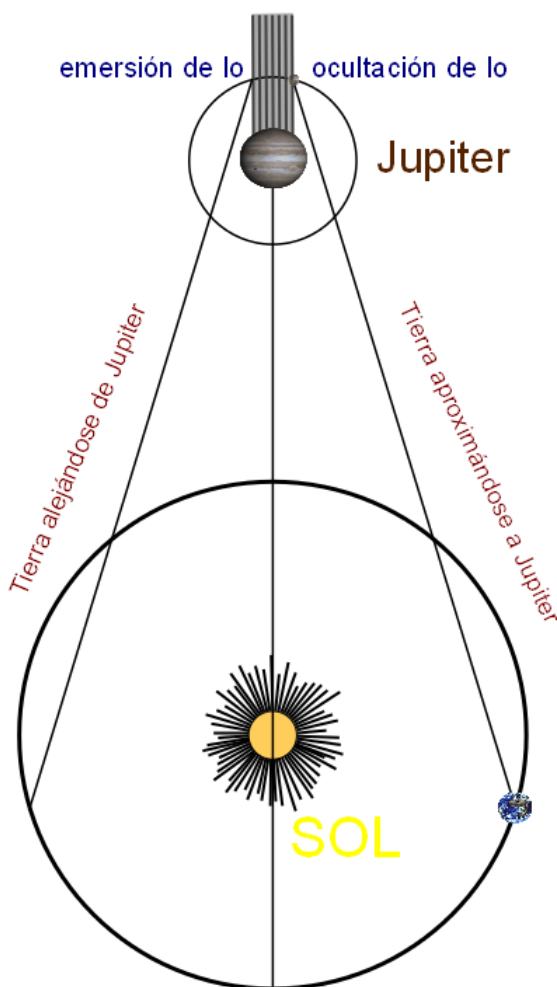


Imagen de [FJGAR](#) en Wikimedia Commons. [CC](#)



La velocidad de la luz fue calculada por primera vez por Olaf Römer en 1675, mientras observaba las lunas de Júpiter, se percató que el lapso de tiempo entre los eclipses de Júpiter con sus lunas se hacía más corto cuando la Tierra se movía hacia Júpiter, y más largo cuando la Tierra se alejaba.

Este comportamiento anómalo de los anteriores eventos planetarios sólo tenía sentido bajo la consigna de una velocidad finita para la luz. Sus cálculos dieron un resultado un tanto alejado, pero para la época, algo magnífico. El valor estimado fue de 214000 km/s.

Cerca de doscientos años después, concretamente en 1849, Armand Fizeau intentó medir la velocidad de la luz sin usar métodos astronómicos, la experiencia usaba espejos separados por una gran distancia y en la trayectoria del rayo interponía un engranaje en movimiento con 720 dientes, que podía girar a una velocidad conocida y constante.

Colocó un espejo a 8633 m. Una luz muy brillante se dirigía entre los espacios existentes entre dos dientes de la rueda y se reflejaba en el espejo. En función de la velocidad de giro, se podía conseguir que el rayo reflejado alcanzara al observador o impactara sobre la rueda. Conocida la velocidad angular del engranaje para la cual no se ve la luz, se puede estimar el valor que posee la velocidad de la luz. Fizeau obtuvo un valor de $3,1 \cdot 10^5$ km/s.

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

Con la teoría de Maxwell sobre el papel, fueron muchos los que mejoraron las mediciones de la velocidad de la luz, hasta llegar al valor adoptado

en 1983, siendo este de 299792.458 km/s. En la práctica se usa 300000 km/s por razones de comodidad en las operaciones.

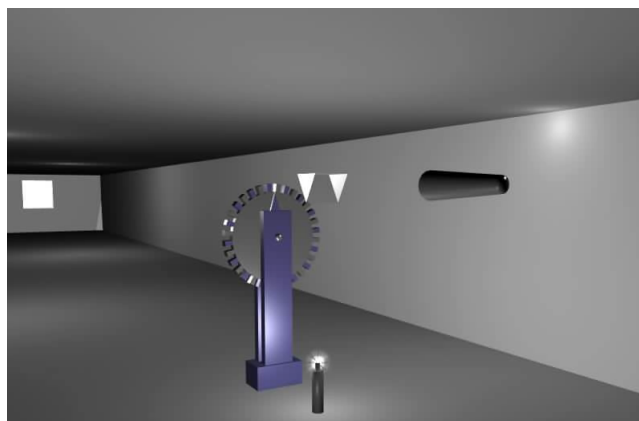
EXPERIENCIA DE FIZEAU

Si quieres hacer el cálculo por tu cuenta, coge una loncha de queso y tu microondas y disponte a determinar la velocidad de la luz.

Te preguntarás ¿cómo?

Es simple, quita las ruedecillas que hacen girar el plato, coloca la loncha sobre el plato y ponla a calentar, no te pases en el tiempo.

Con ayuda de una regla mide la distancia entre los dos abultamientos más cercanos. Como el aparato de microondas funciona con una onda estacionaria, la distancia entre los dos abultamientos corresponde a semilongitudes de onda, con sólo multiplicar por dos y la frecuencia del aparato, se encuentra en las especificaciones de la parte trasera, tendrás el valor de la velocidad de la luz, o casi depende de la precisión de la medida y de lo arrugado que quede el queso, que si quieres luego te lo puedes comer. Suerte en tus quehaceres científicos.



0:00 / 0:16

Imagen de [Bertino Matteo](#) en commons.wikimedia. CC

Ejercicio resuelto

A lo largo de la historia se han empleado muchas unidades de longitud. En la actualidad se emplea un sistema arbitrario de unidades que se conoce por Sistema Internacional de Unidades (S.I.). Pero hay distancias tan grandes que requieren del uso de unidades que faciliten la comprensión y su empleo.

Una de esas unidades es el año-luz. Recibe ese porque equivale a la distancia que recorre la luz en un año. Determina a cuántos kilómetros equivale.

Mostrar retroalimentación

$$1 \text{ año} = 1 \text{ año} \cdot \frac{365 \text{ día}}{1 \text{ año}} \cdot \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}} = 31536000 \text{ s}$$

$$\text{distancia} = \text{velocidad} \cdot \text{tiempo} = 300000 \cdot 31536000 = 9460800000000 \text{ km}$$

5.2 Índice de refracción

La velocidad de propagación de la luz y de todas las ondas electromagnéticas, como verás un poco más adelante, es la misma cuando la propagación se produce en el vacío. Este hecho cambia cuando éstas se propagan en algún otro medio material.

La velocidad de propagación depende del medio por cual se está extendiendo y de la frecuencia de la onda, con la excepción del vacío. En cualquier medio material, la luz, te recuerdo que ya has visto que se puede considerar una onda electromagnética, junto con éstas poseen una velocidad inferior a la que gozan en el vacío.

Al igual que con la densidad se puede caracterizar los distintos medios transparentes, aquellos que permiten el paso de la luz y las ondas electromagnéticas, por medio de un coeficiente denominado **índice de refracción**, y que se simboliza con la letra "**n**".

El cociente se define como la relación entre la velocidad de propagación de la onda en el vacío y en el medio material:

$$n = \frac{c}{v}$$

Para que entiendas el proceso que ocurre te paso un enlace donde se ve una simulación.

Simulación de cambio de velocidad de la luz

Si piensas un poco la velocidad en el vacío siempre es el valor máximo que puede tener la luz y cualquier onda electromagnética. Luego, los índices de refracción serán superiores a la unidad. Consecuentemente, cuanto mayor sea el índice de refracción de un medio, menor será la velocidad de propagación en el mismo.

Importante

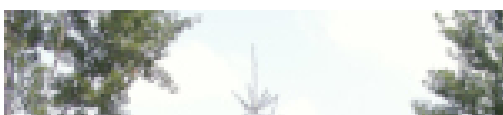
Al igual que las ondas mecánicas, la frecuencia de la luz o de cualquier onda electromagnética no cambia al pasar de un medio transparente y homogéneo a otro

Ejercicio resuelto

El bálsamo de Canadá se emplea de forma constante en los protocolos de preparados citológicos o histológicos para lograr una mejor conservación. La sustancia es una resina líquida extraída del abeto de navidad, *Abies balsamea*, de índice de refracción semejante al que presenta el vidrio. Este hecho permite realizar cortes de las muestras mencionadas para la observación al microscopio sin que influya en la imagen.

La velocidad de la luz al atravesar el "bálsamo de Canadá" es de 195.000 km/s. Calcular el índice de refracción absoluto.

Mostrar retroalimentación



$$n = \frac{c}{v} = \frac{300000}{195000} = 1.538$$



[Imagen](#) en Wikimedia Commons. CC0

Ejercicio resuelto

El espectro visible tiene frecuencias comprendidas entre $4 \cdot 10^{14}$ Hz y $7 \cdot 10^{14}$ Hz. DATOS: Índice de refracción del agua respecto al aire: $n = 1.3$; $c = 3 \cdot 10^8$ m s⁻¹

a) Determine las longitudes de onda correspondientes a dichas frecuencias en el vacío.

Mostrar retroalimentación

Desde de la relación existente entre la velocidad de propagación, la frecuencia y la longitud de onda, es posible establecer los valores solicitados:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{4 \cdot 10^{14}} = 7.5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{7 \cdot 10^{14}} = 4.29 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

b) ¿Se modifican estos valores de las frecuencias y de las longitudes de onda cuando la luz se propaga por el agua? En caso afirmativo, calcule los valores correspondientes.

Mostrar retroalimentación

Una onda electromagnética al cambiar de medio modifica su velocidad de propagación. Como dicha velocidad de propagación depende de la longitud de onda y de la frecuencia, una de las dos variará. Hay que pensar que la primera está vinculada a la relación espacial y la segunda a la relación temporal. Como al variar la velocidad de propagación de un medio a otro, se está modificando las condiciones espaciales es, pues, la magnitud: **longitud de onda** la que se ve afectada manteniendo inalterada la **frecuencia** que caracterizará la onda.

Para determinar la longitud de onda debemos usar el índice de refracción:

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda \cdot f}{\lambda_{\text{agua}} \cdot f} = \frac{\lambda}{\lambda_{\text{agua}}}$$

Sustituyendo los valores

$$\lambda_{\text{agua}} = \frac{\lambda}{n} = \frac{7.5 \cdot 10^{-7}}{1.3} = 5.77 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$
$$\lambda_{\text{agua}} = \frac{\lambda}{n} = \frac{4.29 \cdot 10^{-7}}{1.3} = 3.3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Ejercicio resuelto

a) Comente la concepción actual de la naturaleza de la luz.

Mostrar retroalimentación

Basándonos en lo que expresa el tema, la naturaleza física de la luz ha sido uno de los grandes problemas de la ciencia desde los griegos hasta principios del siglo XX. Siguiendo las líneas atomistas, en la primera civilización occidental, Grecia, la luz era considerada como un ente, es decir, como algo de naturaleza corpuscular por parte de los seguidores de Pitágoras y por una perturbación del espacio por la ideología expuesta por Empédocles. Así explicaban fenómenos como la reflexión y refracción de la luz. Newton, con su poder de convicción gracias a su fama impuso la postura corpuscular en el siglo XVIII, suponía que la luz estaba formada por corpúsculos lanzados a gran velocidad por los focos emisores de luz. En su tratado de Óptica expone desde esta visión, multitud de fenómenos que sufría la luz. Su gran antagonista, en 1678, Huygens, defiende un modelo diferente, tal modelo defendía que la luz era una onda semejante al sonido. Con este modelo ondulatorio, se explicaban fenómenos como la interferencia y difracción que el modelo corpuscular no era capaz de explicar.

No olvides que las ondas longitudinales precisan de un medio para poder propagarse y, por ello, surgió el concepto de éter como el medio invisible en el que estamos inmersos.

La concepción de esta celestial sustancia en vez de solucionar el problema los incrementa, basta sólo pensar en su naturaleza.

La solución provisional fue aportada por Maxwell en 1865, la luz pasa a ser una onda electromagnética que se propaga en el vacío. Maxwell se basó en los estudios de Faraday acerca del electromagnetismo, y concluyó que las ondas luminosas son de naturaleza electromagnética fusionando electricidad, magnetismo y óptica en la primera gran teoría unificada.

Así pues, una onda electromagnética se produce por la perturbación en algún lugar del espacio de las propiedades eléctricas y magnéticas del lugar. No necesita ningún medio para propagarse, son ondas transversales.

El efecto fotoeléctrico puso las dudas sobre el modelo ondulatorio y las explicaciones ofrecidas por Einstein hacia que todo volviera hacia la idea corpuscular.

Hoy en día, se hace una propuesta dual donde unas veces la luz tiene un comportamiento como onda y otras veces como partícula de esta manera los modelos se fusionan y son capaces de dar una explicación satisfactoria a todos los fenómenos asociados a la luz.

b) Describa algún fenómeno relativo a la luz que se pueda explicar usando la teoría ondulatoria y otro que requiera la teoría corpuscular.

Mostrar retroalimentación

La hipótesis corpuscular, propuesta por Isaac Newton, establece que la luz sale de una fuente en todas direcciones y se propagan según las leyes de la mecánica con enorme rapidez. En virtud a lo anterior, la reflexión de la luz se puede explicar gracias al principio de conservación de la cantidad de movimiento. La luz, al rebotar, mantiene el módulo de la velocidad alterando sólo la dirección de la misma. Desde esta postura es posible llegar a establecer que el ángulo de incidencia y de reflexión es el mismo. La teoría corpuscular es inadecuada para explicar el hecho de que dos rayos luminosos coherentes, al incidir en un mismo punto pudieran ocasionar oscuridad. La propiedad que presentan esos rayos se conoce por interferencia. Cuando dos ondas llegan a un mismo punto y se encuentran en oposición de fase resulta que la suma de las ondas es anula dando lugar a una interferencia destructiva, siendo la oscuridad el resultado. Por el contrario, si alcanzan un punto con la misma fase ambas ondas se suman de forma constructiva.

Una antena emite una onda electromagnética de frecuencia 50 Hz. DATOS: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; $v_s = 340 \text{ m s}^{-1}$

a) Calcule su longitud de onda.

Mostrar retroalimentación

Partiendo de la relación entre la velocidad de propagación, la frecuencia y la longitud de onda, esta última se puede determinar como sigue:

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

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

Mostrar retroalimentación

De la misma forma se puede establecer la frecuencia:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{340}{6 \cdot 10^6} = 5.7 \cdot 10^{-5} \text{ Hz}$$

Resumen

Importante

Modelo corpuscular

El modelo defendido por Isaac Newton se basaba en que los rayos luminosos estaban formados por multitud de pequeñas partículas, con masas diferentes para cada color, que eran emitidas por los cuerpos luminosos y se reflejaban en los demás objetos siguiendo las leyes habituales de la mecánica. La visión acontecía cuando dichas partículas de luz chocaban con la retina de nuestros ojos.

Importante

Modelo ondulatorio

Con este modelo, Huygens expone como hipótesis que la luz se desplaza con un movimiento ondulatorio similar al sonido, es decir, la imagina como una onda longitudinal donde su foco es localizado en los cuerpos luminosos.

La ventaja de esta teoría corresponde a la posibilidad de explicación de ciertos fenómenos. Podía explicar, a la perfección, tanto la reflexión como la refracción de la luz.

Importante

Propagación de la luz

La luz se propaga en línea recta en un medio homogéneo y transparente, esto quiere decir que se mueve por un espacio cuya composición y propiedades son idénticas en todas sus direcciones. Esta hipótesis constituirá la base de lo que se va a llamar Óptica Geométrica.

Importante

La velocidad de propagación de la luz y de todas las ondas electromagnéticas, es la misma cuando la propagación se produce en el vacío. Su valor es de $3 \cdot 10^8$ m/s

Este hecho cambia cuando éstas se propagan en algún otro medio material.

La velocidad de propagación depende del medio por cual se está extendiendo. El **índice**

de refracción, n , es la relación entre la velocidad de propagación de la onda en el vacío y en el medio material:

$$n = \frac{c}{v}$$



Importante

Al igual que las ondas mecánicas, la frecuencia de la luz o de cualquier onda electromagnética no cambia al pasar de un medio transparente y homogéneo a otro.

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 - 946.64 KB)

