

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se realizó con el fin de recopilar toda la información posible para darnos cuenta de las formas que adopta la luz y su naturaleza se han visto diferentes leyes sobre diferentes personajes de la historia que han demostrado las variadas propiedades de la luz.

Los personajes a ver han aportado grandes teorías e información a la historia de la humanidad para poder ver la física de una manera diferente y poder explicar algunos de los fenómenos que nos rodean constantemente y que al parecer no tienen explicación.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción

2. Tabla de contenido

3.1 teoría ondulatoria

3.2 teoría electromagnética

3.3 teoría cuántica

3.4 teoría corpuscular o emisiva

3.5 mecánica ondulatoria

4. Principio de Huygens

- Para ondas planas

4.2 Para ondas esféricas

5. Flujo luminoso

6. Método de Fizeau

TEORÍA ONDULATORIA



Christian Huygens (1629 – 1695) Fue un físico y astrónomo holandés mejor conocido por sus contribuciones en los campos de la dinámica y la óptica. Como físico, sus aportes incluyen la invención del reloj, del péndulo y la primera exposición de la teoría ondulatoria de la luz. Como astrónomo, fue el primero en reconocer los anillos alrededor de Saturno y de descubrir a Titán, uno de sus satélites.

Nació en 1629 en una prominente familia en La Haya. Hijo de Constantin Huygens, una de las más importantes figuras del renacimiento en Holanda. Educado en la universidad de Leyden, Christian fue un amigo cercano de René Descartes, un invitado frecuente al hogar del científico holandés. El primer artículo de Huygens trató sobre el tema de la cuadratura de diversas curvas y fue publicado en 1651.

La reputación de Huygens en óptica y dinámica se difundió por toda Europa y en 1663 fue elegido socio fundador de la Royal Society. Luis XIV llevó con engaños a Huygens a Francia en 1666, según su política de reunir sabios para la gloria de su régimen. Mientras permaneció en esa nación, Huygens fue uno de los fundadores de la Academia de Ciencias de Francia.

En 1673, en París, Huygens publicó *Horologium Oscillatorium*. En este trabajo describió una solución al problema del péndulo compuesto, para el cual calculó la longitud del péndulo simple equivalente. En la misma publicación obtuvo también una fórmula para calcular el periodo de oscilación de un péndulo simple y explicó sus leyes de la fuerza centrífuga para movimiento uniforme en un círculo.

Huygens regresó a Holanda en 1681, construyó algunas lentes de grandes longitudes focales e inventó el ocular acromático para telescopios. Poco después de regresar de una visita a Inglaterra, donde se encontró con Newton, Huygens publicó su tratado sobre la teoría ondulatoria de la luz. Para Huygens, la luz era un movimiento vibratorio en el éter, que se difundía y producía la sensación de luz al tropezar con el ojo. Con base en su teoría, pudo deducir las leyes de la reflexión y la refracción y de explicar el fenómeno de la doble refracción.

Huygens, quien estuvo sólo después de Newton entre los más grandes científicos de la segunda mitad del siglo XVII, fue el primero en avanzar en el campo de la dinámica más allá del punto al que llegaron Galileo y Descartes. Fue Huygens quien resolvió en esencia el problema de la fuerza centrífuga. Hombre solitario, Huygens no atrajo estudiantes o discípulos y tardó mucho en publicar sus descubrimientos. Después de una larga enfermedad murió en 1695.

Físico, matemático y astrónomo holandés, inició los estudios de la derivada segunda al estudiar la evoluta de una curva (1673). Formuló también la teoría ondulatoria de la luz.

TEORÍA CUÁNTICA

A comienzos del siglo veinte, los científicos pensaban que habían logrado comprender la mayoría de los principios fundamentales de la naturaleza. Los átomos eran los bloques constructivos sólidos de la naturaleza; la gente creía en las leyes Newtonianas del movimiento; y la mayoría de los problemas parecían estar resueltos. Sin embargo, comenzando con la teoría de la relatividad de Einstein, que modifica la mecánica de Newton, los científicos gradualmente se dieron cuenta de que su conocimiento estaba lejos de ser completo. El creciente campo de la mecánica cuántica era de particular interés; la mecánica cuántica alteró completamente los conceptos fundamentales de la física.

Max Planck nacido en 1858, fue un físico alemán, premiado con el Nobel, considerado el creador de esta teoría, la cual es basada en la utilización del concepto de unidad cuántica para describir las propiedades dinámicas de las partículas subatómicas y las interacciones entre la materia y la radiación. Otra contribución fundamental al desarrollo de la teoría fue el ***principio de incertidumbre***, formulado en 1927 por el físico alemán **Werner Heisenberg** (nacido el 5 de diciembre de 1901 en Wurzburg y muerto en el año de 1976), que afirma que no es posible especificar con exactitud simultáneamente la posición y el momento lineal (cantidad fundamental que caracteriza el movimiento de cualquier objeto. Es el producto de la masa de un cuerpo en movimiento y de su velocidad lineal.) de una partícula subatómica.

Planck nació en Kiel el 23 de abril de 1858 y estudió en las universidades de Munich y Berlín. Fue nombrado profesor de física en la Universidad de su pueblo natal en 1885, y desde 1889 hasta 1928 ocupó el mismo

cargo en la Universidad de Berlín. En 1900 Planck formuló que la energía se radia en unidades pequeñas separadas denominadas cuantos. Avanzando en el desarrollo de esta teoría, descubrió una constante de naturaleza universal que se conoce como la constante de Planck. La ley de Planck establece que la energía de cada cuanto es igual a la frecuencia de la radiación multiplicada por la constante universal. Sus descubrimientos, sin embargo, no invalidaron la teoría de que la radiación se propagaba por ondas. Los físicos en la actualidad creen que la radiación electromagnética combina las propiedades de las ondas y de las partículas. Los descubrimientos de Planck, que fueron verificados posteriormente por otros científicos, fueron el nacimiento de un campo totalmente nuevo de la física, conocido como **mecánica cuántica** y proporcionaron los cimientos para la investigación en campos como el de la energía atómica. Reconoció en 1905 la importancia de las ideas sobre la cuantificación de la radiación electromagnética expuestas por Albert Einstein, con quien colaboró a lo largo de su carrera.

Planck recibió muchos premios por este trabajo, especialmente, el Premio Nobel de Física, en 1918. En 1930 Planck fue elegido presidente de la Sociedad *Kaiser Guillermo* para el Progreso de la Ciencia, la principal asociación de científicos alemanes, que después se llamó *Sociedad Max Planck*. Sus críticas abiertas al régimen nazi que había llegado al poder en Alemania en 1933 le forzaron a abandonar la Sociedad, de la que volvió a ser su presidente al acabar la II Guerra Mundial. Murió en Gotinga el 4 de octubre de 1947. Entre sus obras más importantes se encuentran *Introducción a la física teórica* (5 volúmenes, 1932–1933) y *Filosofía de la física* (1936).

TEORÍA CORPUSCULAR O EMISIVA

Los sabios de todas las épocas han tratado de responder a la gran pregunta de ¿Qué es la luz? Los griegos suponían que la luz emanaba de los objetos, y era algo así como un "espectro" de los mismos, extraordinariamente sutil, que al llegar al ojo del observador le permitía verlo.

De esta manera los griegos y los egipcios se abocaron a la solución de estos problemas sin encontrar respuestas adecuadas. Posteriormente en la Europa del S. XV al XVII, con los avances realizados por la ciencia y la técnica, surgieron suficientes matemáticos y filósofos que produjeron importantes trabajos sobre la luz y los fenómenos luminosos.

Es Newton el que formula la primera hipótesis importante sobre la naturaleza de la luz.

A su demostración se la conoce como **Teoría Corpuscular o de la Emisión**. Según Newton, las fuentes luminosas emiten corpúsculos muy livianos que se desplazan a gran velocidad y en línea recta. Podemos fijar ya la idea de que esta teoría además de concebir la propagación de la luz por medio de corpúsculos, también afirma el principio de que los rayos se desplazan en forma rectilínea.

Como toda teoría física es válida en tanto y en cuanto pueda explicar los fenómenos conocidos hasta el momento, en forma satisfactoria.

Newton explicó que la variación de intensidad de la fuente luminosa es proporcional a la cantidad de corpúsculos que emite en determinado tiempo.

La reflexión de la luz consiste en la incidencia de dichos corpúsculos en forma transversal en una superficie espejada, de manera que al llegar a ella varía de dirección pero siempre en el mismo medio.

La igualdad del ángulo de incidencia con el de reflexión se debe a la circunstancia de que tanto antes como después de la reflexión los corpúsculos conservan la misma velocidad (debido a que permanece en el mismo medio).

La refracción la resolvió expresando que los corpúsculos que inciden oblicuamente en una superficie de

separación de dos medios de distinta densidad son atraídos por la masa del medio más denso y, por lo tanto, aumenta la componente de la velocidad que es la velocidad que es perpendicular a la superficie de separación, razón por la cual los corpúsculos luminosos se acercan a la normal.

Según lo expresado por Newton, la velocidad de la luz aumentaría en los medios de mayor densidad, lo cual contradice los resultados de los experimentos realizados años después.

Esta explicación, contradictoria con los resultados experimentales sobre la velocidad de la luz en medios más densos que el vacío, obligó al abandono de la teoría corpuscular.

MECANICA ONDULATORIA

El físico francés Louis Victor de Broglie sugirió en 1924 que, puesto que las ondas electromagnéticas muestran algunas características corpusculares, las partículas también deberían presentar en algunos casos propiedades ondulatorias (véase Dualidad onda-corpúsculo). Esta predicción fue verificada experimentalmente pocos años después por los físicos estadounidenses Clinton Davisson y Lester Halbert Germer y el físico británico George Paget Thomson, quienes mostraron que un haz de electrones dispersado por un cristal da lugar a una figura de difracción característica de una onda. El concepto ondulatorio de las partículas llevó al físico austriaco Erwin Schrödinger a desarrollar una 'ecuación de onda' para describir las propiedades ondulatorias de una partícula y, más concretamente, el comportamiento ondulatorio del electrón en el átomo de hidrógeno.

Aunque esta ecuación diferencial era continua y proporcionaba soluciones para todos los puntos del espacio, las soluciones permitidas de la ecuación estaban restringidas por ciertas condiciones expresadas por ecuaciones matemáticas llamadas funciones propias o eigenfunciones (del alemán *eigen*, 'propio'). Así, la ecuación de onda de Schrödinger sólo tenía determinadas soluciones discretas; estas soluciones eran expresiones matemáticas en las que los números cuánticos aparecían como parámetros (los números cuánticos son números enteros introducidos en la física de partículas para indicar las magnitudes de determinadas cantidades características de las partículas o sistemas). La ecuación de Schrödinger se resolvió para el átomo de hidrógeno y dio resultados que encajaban sustancialmente con la teoría cuántica anterior. Además, tenía solución para el átomo de helio, que la teoría anterior no había logrado explicar de forma adecuada, y también en este caso concordaba con los datos experimentales. Las soluciones de la ecuación de Schrödinger también indicaban que no podía haber dos electrones que tuvieran sus cuatro números cuánticos iguales, esto es, que estuvieran en el mismo estado energético. Esta regla, que ya había sido establecida empíricamente por Wolfgang Pauli en 1925, se conoce como principio de exclusión.

TEORIA DE HUYGENS

Hacia los años de 1690, cuando todavía se admitía la *teoría corpuscular* de la propagación de la luz, un físico, matemático y astrónomo holandés llamado **Christian Huygens** expuso su teoría sobre este fenómeno.

Huygens emitió la hipótesis de que la luz era un fenómeno ondulatorio, de naturaleza semejante a la del sonido.

Según esta teoría, la velocidad de la luz disminuye al penetrar en el agua, que es lo contrario de lo que se deduce de la *teoría corpuscular*, ya vista anteriormente.

La única diferencia entre la luz y las ondas sonoras es que el sonido no se propaga en el vacío mientras que la luz sí lo hace.

Para explicar esta trayectoria de la luz en el vacío, Huygens completó su teoría agregando que el rayo

luminoso se propagaría entonces por la vibración de cada uno de los puntos que son alcanzados por la luz, aún aquellos del "éter cósmico" que se encuentra en el vacío.

PRINCIPIO DE HUYGENS:

"Cada punto alcanzado por la onda luminosa actúa como centro emisor de ondas secundarias. Y la onda principal es la envolvente de todas esas ondas secundarias."

FLUJO LUMINOSO

Es la magnitud que mide la potencia o caudal de energía de la radiación luminosa y se puede definir de la siguiente manera:

Flujo luminoso, simbolizado por (ϕ), es la cantidad total de luz radiada o emitida por una fuente durante un segundo. Se puede hallar la cantidad por su formula:

$$\phi = \frac{Q}{t}$$

f = Flujo luminoso en Lúmenes.

Q = Cantidad de luz emitida en Lúmenes x seg.

t = Tiempo en segundos.

El flujo luminoso se mide en lúmenes (Lm). Un lumen es, por lo visto, el flujo luminoso emitido en un ángulo sólido unidad por una fuente de luz puntual y uniforme que emite con una intensidad de una candela. El Lumen como unidad de potencia corresponde a 1/680 W emitidos a la longitud de onda de 550 nm .

METODO DE FIZEAU

Los antiguos creían que la luz se propagaba instantáneamente. Esto desde luego que no es así. La luz tiene una determinada velocidad de propagación.

Descartes fue uno de los que afirmaron tal creencia

Después Galileo trató de medir su velocidad sin poder conseguirlo. Galileo ideó un método sencillo. Colocó dos personas en lugar despejado, separadas por una distancia de 1 Km por ejemplo.

Ambos pusieron sus relojes a la misma hora y acordaron de que uno de ellos encendiera una luz exactamente a las doce de la noche. Si el segundo observador veía encenderse la luz a las 12 y 2 seg. por ejemplo la luz habría tardado 2 seg. en recorrer 1.000 m que los separa y su velocidad sería de 500 m/s.

Galileo realizó la experiencia, pero los relojes no indicaron ninguna diferencia. Galileo atribuyó el resultado negativo de su experiencia a la extraordinaria magnitud que debería tener, basta pensar que la luz recorre 1 Km en solo 0,000003 seg.

Hay tres métodos que permitieron calcular aproximadamente la velocidad de la luz; el primero se basó en observaciones astronómicas, el siguiente lo fue en la superficie terrestre pero en distancias bastante grandes y el último es prácticamente un experimento de laboratorio.

Más tarde en 1670, por primera vez en la historia, el astrónomo danés **Olaf Roemer** pudo calcular la velocidad de la luz.

Se hallaba estudiando los eclipses de uno de los satélites de Júpiter, cuyo período había determinado tiempo atrás. Estaba en condiciones de calcular cuales serían los próximos eclipses. Se dispuso a observar uno de ellos, y con sorpresa vio que a pesar de que llegaba el instante tan cuidadosamente calculado por él, el eclipse no se producía y que el satélite demoró 996 seg. en desaparecer.

Roemer realizó sus primeros cálculos cuando la tierra se encontraba entre el Sol y Júpiter; pero cuando observó el retraso en el eclipse era el Sol quien se encontraba entre la Tierra y Júpiter.

Por lo tanto la luz debía recorrer una distancia suplementaria de 299.000.000 Km., que es el diámetro de la órbita terrestre, por lo tanto:

Vel. Luz = Diam. Órbita terrestre 299.000.000 Km / Atraso observado 996 seg. Lo que daría 300.200 Km/seg.

Observaciones posteriores llevaron a la conclusión que el atraso en cuestión era de 1.002 seg. , lo cual da por resultado que la velocidad de la luz sería de 298.300 Km/seg. Y no se tendría una velocidad exacta sino con aproximaciones.

En 1849, el físico francés Fizeau, logró medir la velocidad de la luz con una experiencia hecha en la tierra, envió un rayo de luz, por entre los dientes de una rueda dentada que giraba a gran velocidad, de modo que se reflejara en un espejo y volviera hacia la rueda.

Esta relación de velocidad entre el camino recorrido por la luz en su ida y vuelta y las revoluciones de la rueda dentada, fue la que tomó Fizeau de base para calcular la velocidad de la luz.

Podemos escribir: $t = 2d / v$

Si la rueda tiene N dientes y N espacios, y da n vueltas por segundo y pasan en 1 seg. 2 Nn dientes y espacios

$$t = 1 / 2Nn$$

Cuando no llega mas luz al observador es evidente que estos tiempos son iguales y por lo tanto tenemos:

$$2d / v = 1 / 2Nn$$

de donde $v = 4 d Nn$

Fizeau colocó el espejo a 8.633 m del observador, la rueda tenía 760 dientes y giraba a 12,6 revoluciones por segundo.

Si aplicamos la fórmula obtenida, resultará que la velocidad es de:

$$V = 313.274 \text{ Km./seg.}$$

Metodo de Foucault: León Foucault y casi simultáneamente Fizeau, hallaron en 1850 un método que permite medir la velocidad de la luz en espacios reducidos.

La idea consiste en enviar un haz de luz sobre un espejo giratorio haciéndole atravesar una lámina de vidrio semitransparente y semirreflectora, un espejo fijo devuelve el rayo y atraviesa luego lámina observándose la mancha luminosa en una pantalla.

Con este método se obtuvo que:

$V = 295.680 \text{ Km./seg.}$

Luego Foucault pensó en la idea de calcular la velocidad de la luz en otro medio que no sea el aire.

Midieron la velocidad de la luz en el agua y obtuvieron un resultado experimental que decidió la controversia a favor de la teoría ondulatoria.

En general todas las mediciones de que se tiene conocimiento obtuvieron resultados entre **298.000 Km/seg** y **313.300 Km/seg**, sin embargo se toma como velocidad de la luz la de **300.000 Km/seg** por ser un término medio entre los valores obtenidos y por ser una cifra exacta que facilitan los cálculos.

BIBLIOGRAFIA

TIPPENS, paul e. Fisica Tipples 2, editorial Mc GRAW Hill, Santa fe de Bogota, Colombia 1992.

Larousse, Enciclopedia Mundo, Plaza & Janes, en 12 volúmenes, volumen 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, Barcelona, 1984.

Zamora Color, Diccionario enciclopédico, Editorial Norma, S.A. Santafé de Bogota, Colombia, 1997.

11

8 Km.

Espejo 1

Rueda

Espejo 2

Foco