

EXPERIMENTO THOMAS YOUNG

En este trabajo vamos a estudiar la naturaleza ondulatoria de la luz, demostrada a través del experimento que realizó Thomas Young en 1801

Antecedentes al experimento de Young

La naturaleza corpuscular de la luz está basada principalmente en los trabajos de Newton. La naturaleza ondulatoria, en los trabajos clásicos de Hooke y Huygens.

Debido a la influencia de Newton y a la poca habilidad de Huygens para desarrollarla matemáticamente, la teoría ondulatoria quedó descartada durante un siglo.

Los experimentos sobre la naturaleza de la luz de Newton le llevaron a formular su teoría, en la cual determinaba que la luz está formada por corpúsculos y se propaga en línea recta y no por medio de ondas.

Además, explicó fenómenos como:

La reflexión, debida al rebote de los corpúsculos sobre la superficie reflectora

La refracción, que explicó con la existencia de unas fuerzas atractivas que provocaban cambios en la dirección de propagación y la velocidad de las partículas.

Sin embargo este modelo era incapaz de explicar las interferencias luminosas, los fenómenos de difracción y el hecho de que los cuerpos no perdían masa al emitir corpúsculos.

La teoría de Newton fue severamente criticada por la mayor parte de sus contemporáneos, entre ellos Hooke y Huygens, quienes sostenían ideas diferentes defendiendo una naturaleza ondulatoria.

Huygens elaboró la teoría ondulatoria de la luz, partiendo del concepto de que cada punto luminoso de un frente de ondas puede considerarse una nueva fuente de ondas, este es el denominado Principio de Huygens. A partir de esta teoría explicó la reflexión y refracción de la luz, ya que son fenómenos típicos de las ondas.

Sin embargo no pudo explicar la propagación de la luz en el vacío ya que se pensaba que todas las ondas necesitaban un medio material para propagarse.

La primera demostración convincente de la naturaleza ondulatoria de la luz la dio Thomas Young en 1801 al probar que, en condiciones apropiadas, los haces de luz pueden interferir, es decir se pueden combinar y cancelar entre sí debido a la interferencia destructiva.

EXPERIMENTO

Este experimento fue diseñado para responder a la pregunta de si la luz tenía una naturaleza corpuscular o si, más bien, consistía en ondas.

Thomas Young en su experimento demostró la naturaleza ondulatoria de la luz.

¿En qué consiste su experimento?

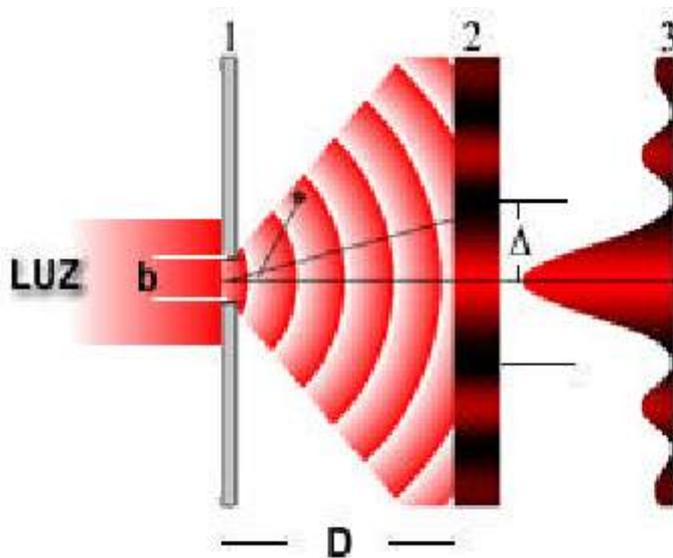
Antes de abordar su experimento propiamente dicho tenemos que tener claro un concepto.

La difracción es un fenómeno en el que al pasar una onda por una rendija o abertura se forman nuevos frentes de onda

La interferencia es un fenómeno en el que dos o más ondas se superponen para formar una onda resultante de mayor o menor amplitud.

Hay dos tipos de interferencia la constructiva y la destructiva (las ondas se anulan).

Young en primer lugar puso una rendija muy estrecha delante de una fuente de luz solar. Este haz de luz incidía sobre una pantalla opaca en la que había dos rendijas muy estrechas y cercanas entre sí (S_1 y S_2).



1. Rendija 2. Luz recogida en la pantalla 3. Distribución de intensidades

Suponemos que las ondas que atraviesan las rendijas tienen una longitud de onda λ y están separadas una distancia d . Al atravesar las rendijas S_1 y S_2 , las ondas se dispersan en todas direcciones.

Las que llegan al centro de la pantalla habrán recorrido la misma distancia, por lo que están en fase, se forma entonces una interferencia constructiva y las amplitudes de ambas ondas se suman.

El resultado de esta interferencia constructiva es un área brillante en el centro de la pantalla.

La interferencia constructiva también ocurrirá cuando las trayectorias de los dos rayos difieran en una longitud de onda (o en cualquier número entero de longitudes de onda, es decir, $n\lambda$, siendo n un número entero).

Las interferencias destructivas ocurrirán cuando un rayo recorre una distancia adicional de media longitud de onda (o $n + (1/2)\lambda$ siendo n un número entero). En este caso las ondas estarían totalmente fuera de fase al llegar a la pantalla: Entonces, al sumar las amplitudes de onda daría como resultado una amplitud cero.

Se forma así una interferencia destructiva y en la pantalla se ve una franja oscura.

Conclusión lo que observamos en la pantalla va ser una sucesión de líneas oscuras y brillantes.

EXPERIMENTO DE YOUNG

Resultados:

Al incidir la luz de esas dos rendijas sobre una pantalla distante se obtiene, en lugar de dos manchas nítidas, una serie de franjas, en las que se observan máximos y mínimos dispuestos de manera regular. Esto se conoce con el nombre de diagrama de interferencia. Este diagrama tiene su origen en la naturaleza ondulatoria de la luz.

Las ondas que llegan a la rendija están en fase. Por el principio de Huygens cada una de estas rendijas se convertirá en una fuente puntual de ondas que saldrán de ellas con la misma fase; pero los rayos provenientes de cada rendija no siguen el mismo camino hasta llegar a la pantalla. La diferencia de caminos ópticos es la distancia x en ese diagrama, que viene dado cuando la distancia D de las rendijas de la pantalla es muy superior a la separación d entre las rendijas

$$x = d \sin(\alpha)$$

Cuando la diferencia de camino x es un múltiplo impar de una semilongitud de onda $\lambda/2$ se produce una región oscura. Por tanto, la condición de amplitud nula sobre la pantalla se da para aquellos ángulos que cumplan la relación

$$\text{Amplitud nula: } d \sin(\alpha)_n = \pm (2n+1) \lambda / 2$$

Los máximos se producirán en aquellos puntos sobre los que inciden las dos ondas en fase, es decir, cuando la diferencia de camino óptico sea nula o un múltiplo de la longitud de onda

$$\text{Amplitud máxima: } d \sin(\alpha')_n = \pm n \lambda$$

Y ahí se producirán franjas brillantes.

Se puede establecer la distancia de dos franjas consecutivas: si una se encuentra en $y_1 = n \lambda d/a$, para la siguiente, $y_2 = (n+1) \lambda d/a$; por tanto la separación entre dos franjas, $y_2 - y_1 = \lambda d/a$

es constante para un montaje determinado por lo que se puede determinar experimentalmente λ . De esta forma Young calculó las longitudes de onda de la luz

DIFRACCION DE RAYOS X Y DE RADIACION SINCROTÓN. ESTRUCTURA DE PROTEÍNAS

Los fenómenos de interferencia que acabamos de explicar nos permiten estudiar problemas de biofísica como la determinación de la estructura de proteínas mediante difracción de rayos X o de radiación sincrotrón. Estos métodos fueron los que condujeron a la determinación de la estructura de doble hélice del ADN por Watson y Crick, a partir de datos de difracción de rayos X de R. Franklin en 1953 y han permitido la resolución estructural de varias proteínas.

¿Cómo se halla la estructura?: Tomaremos una proteína en disolución o cristalizada y la iluminaremos con un haz de rayos X o de radiación sincrotrón con una longitud de onda expresada en nanómetros o décimas de nanómetro (que es el orden de magnitud de la separación entre átomos en la proteína). La proteína actuará como una red de difracción tridimensional que produce en una pantalla fluorescente un conjunto de máximos de interferencia. A partir de las posiciones relativas y las intensidades de estos máximos es posible llegar a obtener la distancia y los ángulos entre los diversos átomos y toda la estructura tridimensional de la proteína.

IRIDISCENCIA:

El fenómeno de iridiscencia es aquel que podemos observar en la vida cotidiana en los distintos colores de las pompas de jabón, en manchas de gasolina. Son el resultado de la interferencia de algunas ondas luminosas reflejadas en la primera capa con las reflejadas en la segunda, anulando uno u otro color de los que forman la luz blanca, por lo que la luz reflejada que se percibe es de otro color dependiendo de cuál ha sido anulado. Ya que el espesor de estas capas no es regular, en unas zonas se eliminan un determinado color y en otras otro, percibiéndose diferentes colores.

Este fenómeno también es el responsable de cómo percibimos el color de las plumas de los pavos reales o el color de algunos insectos.

CONCLUSIONES

Este experimento permitió deducir la doble identidad de determinadas entidades cuánticas.

Nos ha servido para entender y reconocer aún más su importancia en la controversia sobre la naturaleza de la luz.

Se trata de un experimento sencillo y que es de gran utilidad para algunos aspectos de la física, como:

- Mostrar el patrón de interferencia característico del dispositivo de Young.
- Revelar la dependencia funcional entre la λ , la separación entre las rendijas y la distancia entre las pantallas.

DESPUÉS....

Ahora bien, la colaboración de Auguste Fresnel para el rescate de la teoría ondulatoria de la luz estuvo dada por el aporte matemático que le dio rigor a las ideas propuestas por Young y la explicación que presentó sobre el fenómeno de la polarización al transformar el movimiento ondulatorio longitudinal, supuesto por Huygens y ratificado por Young, quien creía que las vibraciones luminosas se efectuaban en dirección paralela a la propagación de la onda luminosa, en transversales. Pero aquí, y pese a las sagaces explicaciones que incluso rayan en las adivinanzas dadas por Fresnel, inmediatamente queda presentada una gran contradicción a esta doctrina, ya que no es posible que se pueda propagar en el éter la luz por medio de ondas transversales, debido a que éstas sólo se propagan en medios sólidos.

En su trabajo, Fresnel explica una multiplicidad de fenómenos manifestados por la luz polarizada. Observa que dos rayos polarizados ubicados en un mismo plano se interfieren, pero no lo hacen si están polarizados entre sí cuando se encuentran perpendicularmente. Este descubrimiento lo invita a pensar que en un rayo polarizado debe ocurrir algo perpendicularmente en dirección a la propagación y establece que ese algo no puede ser más que la propia vibración luminosa. La conclusión se impone: las vibraciones en la luz no pueden ser longitudinales, como Young lo propusiera, sino perpendiculares a la dirección de propagación, transversales.

En sus experimentos, Foucault logró comprobar, en 1851, que la velocidad de la luz cuando transcurre por el agua es inferior a la que desarrolla cuando transita por el aire. Con ello, la teoría ondulatoria adquiere cierta preeminencia sobre la corpuscular, y pavimenta el camino hacia la gran síntesis realizada por Maxwell.

Naturaleza cuántica de la luz

Sin embargo, la teoría electromagnética clásica no podía explicar la emisión de electrones por un conductor cuando incide luz sobre su superficie, fenómeno conocido como efecto fotoeléctrico.

Este efecto consiste en la emisión espontánea de electrones (o la generación de una diferencia de potencial eléctrico) en algunos sólidos (metálicos o semiconductores) irradiados por luz. Fue descubierto y descrito experimentalmente por Heinrich Hertz en 1887 y suponía un importante desafío a la teoría electromagnética de la luz. En 1905, el joven físico Albert Einstein presentó una explicación del efecto fotoeléctrico basándose en una idea propuesta anteriormente por Planck para la emisión espontánea de radiación lumínica por cuerpos cálidos y postuló que la energía de un haz luminoso se hallaba concentrada en pequeños paquetes, que denominó cuantos de energía y que en el caso de la luz se denominan fotones. El mecanismo del efecto fotoeléctrico consistiría en la transferencia de energía de un fotón a un electrón. Cada fotón tiene una energía proporcional a la frecuencia de vibración del campo electromagnético que lo conforma. Posteriormente, los experimentos de Millikan demostraron que la energía cinética de los fotoelectrones coincidía exactamente con la dada por la fórmula de Einstein.

El punto de vista actual es aceptar el hecho de que la luz posee una doble naturaleza que explica de forma diferente los fenómenos de la propagación de la luz (naturaleza ondulatoria) y de la interacción de la luz y la materia (naturaleza corpuscular). Esta dualidad onda/partícula, postulada inicialmente para la luz, se aplica en la actualidad de manera generalizada para todas las partículas materiales y constituye uno de los principios básicos de la mecánica cuántica.

Hecho por:

- Celia Amil Manjón
- Laura Baz Sanz
- Roxana Madalina Ianos
- Cristina Pintado Gómez