

SESIÓN 11

PROPIEDADES ONDULATORIAS DE LA LUZ

I. CONTENIDOS:

1. Naturaleza de las ondas luminosas.
2. Difracción de la luz.
3. Interferencia: elementos y características.
4. Polarización: elementos y características.

II. OBJETIVOS:

Al término de la Sesión, el alumno será capaz:

- Comprenderá la naturaleza ondulatoria de la luz.
- Analizará el fenómeno de la difracción.
- Explicará la interferencia de la luz.
- Describirá el proceso de la polarización de la luz.

III. PROBLEMATIZACIÓN:

Comenta las preguntas con tu Asesor y selecciona las ideas más significativas.

- Dos ondas de luz ¿pueden producir oscuridad?
- ¿Cómo se produce una sombra?

IV. TEXTO INFORMATIVO-FORMATIVO:

1.1. Naturaleza de las ondas luminosas

En 1675, el Danés Olaf Roemer al observar las lunas de Júpiter, calculó que la velocidad de la luz es de 300000 Km/s, sin embargo en ese tiempo lo que se conocía de la luz eran los fenómenos de refracción y reflexión de la luz. Isaac Newton, para explicar el comportamiento de la luz, supuso que la luz estaba formada por pequeños corpúsculos que se movían a determinada velocidad; explicó que la luz se reflejaba cuando las pequeñísimas partículas (corpúsculos) rebotaban en las superficies de algunos cuerpos; y la refracción se producía por el cambio de velocidad de los corpúsculos al pasar de un medio transparente a otro de mayor o menor densidad.

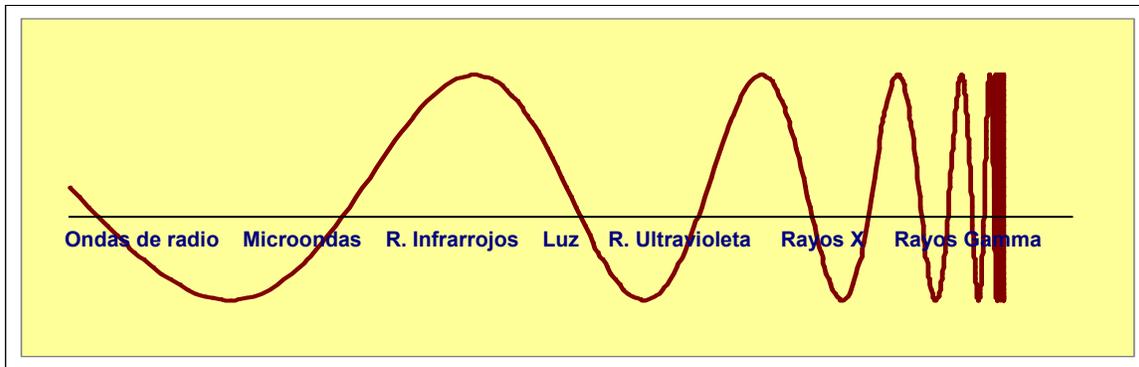
El mismo Isaac Newton, descubrió que la luz blanca está formada por una serie de colores. Al hacer pasar luz blanca por un prisma (cuerpo sólido de material transparente que no tiene caras opuestas paralelas) observó que los rayos de luz de cada color se refractaban con un ángulo diferente, permitiendo esto que la luz se separara en una serie de luces de color que van del rojo al violeta. Al fenómeno descrito se le llama dispersión de la luz.

Un fenómeno que el mismo Newton conoció es el de la difracción. La difracción la descubrió el italiano F. M. Grimaldi en año 1665. Grimaldi hizo una pequeña perforación en las persianas de una de las ventanas de su casa que eran iluminadas directamente por el sol, la luz pasaba por el pequeño orificio circular y se proyectaba en la pared de la habitación. El italiano interpuso algunos objetos en la trayectoria de la luz y apreció que se proyectaba, en la pared, una sombra con bordes no definidos, con bandas de colores alternando zonas oscuras con zonas iluminadas. De estas observaciones y otras, Grimaldi concluyó que la luz “se dobla” al pasar por los bordes de cuerpos opacos cuando son iluminados por una fuente de luz pequeña.

Sir Isaac Newton destacó en el campo de las matemáticas, la óptica y la mecánica. Tuvo un enorme prestigio, él defendía la teoría corpuscular de la luz; en el siglo XVIII los diferentes pensadores fueron influidos por el gran genio y aceptaron la teoría corpuscular de la luz.

Las perturbaciones máximas se llaman crestas, y las perturbaciones mínimas valles. La distancia entre dos crestas o dos valles se conoce como longitud de onda, se mide en metros. La amplitud de onda es la distancia del eje de la onda a una cresta o un valle, se mide en metros. Un ciclo es una perturbación hacia arriba seguida de una perturbación hacia abajo, consiste en todo el recorrido que hace una onda. La onda se mueve en el espacio, la cantidad de ciclos que pasan por un punto en el tiempo de un segundo se llama frecuencia, se mide en Hertz (Hz)

La luz es un fenómeno electromagnético. Es una emisión de energía que se origina por la perturbación de campos eléctricos y magnéticos en los electrones de los átomos. Pero los electrones no sólo emiten luz, pueden radiar otras formas de energía. Según la cantidad de energía que irradian es la manifestación energética que percibimos. Esta cantidad de energía se mide en términos de frecuencia. A continuación se muestra una gráfica que representa cómo va disminuyendo la longitud de onda de las diferentes formas de energía radiante.



	Ondas de radio	Microondas	Rayos Infrarrojos	Luz	Rayos Ultravioleta	Rayos X	Rayos Gamma
Frecuencia en Hz.	hasta 1×10^9	de 1×10^9 a 3×10^{11}	3×10^{11} 3.8×10^{14}	3.8×10^{14} 7.9×10^{14}	7.9×10^{14} 3×10^{16}	3×10^{16} 3×10^{19}	mayor a 3×10^{19}

La longitud de onda de algún componente (color) de la luz blanca, se calcula dividiendo la rapidez de la luz entre la frecuencia que le corresponde. La rapidez de la luz en el vacío es de 299 792 458 m/s.

Tal como aparece la representación gráfica para la energía radiante, en cada una de sus categorías se manifiesta la misma configuración. Conforme se avanza hacia la derecha, en la secuencia del espectro electromagnético, la longitud de onda va disminuyendo y la frecuencia va aumentando. La energía asociada con cada frecuencia, se calcula multiplicando la frecuencia por la constante de Planck: $h = 6.62606896 \times 10^{-34} J \cdot s$

La luz blanca está formada por una serie de ondas de diferente longitud, el ser humano percibe a estas diferentes ondas como luz de diferentes colores. La secuencia de los colores de la luz blanca de mayor a menor longitud de onda es: Rojo, Anaranjado, Amarillo, Verde, Azul, Violeta.

La secuencia anterior es muy útil para identificar la energía asociada a cada color de luz. Como la energía de cada color de luz está asociada con su frecuencia, y en la secuencia anterior la frecuencia va aumentando: la luz roja tiene asociada una menor energía que cualquier de los demás colores, y la luz violeta tiene asociada la mayor energía de todos los colores. Un vidrio de color rojo transmite la luz roja absorbiendo la luz azul y la verde; el vidrio no es transparente a ondas electromagnéticas muy largas como los rayos infrarrojos (calor), por eso se pudieron

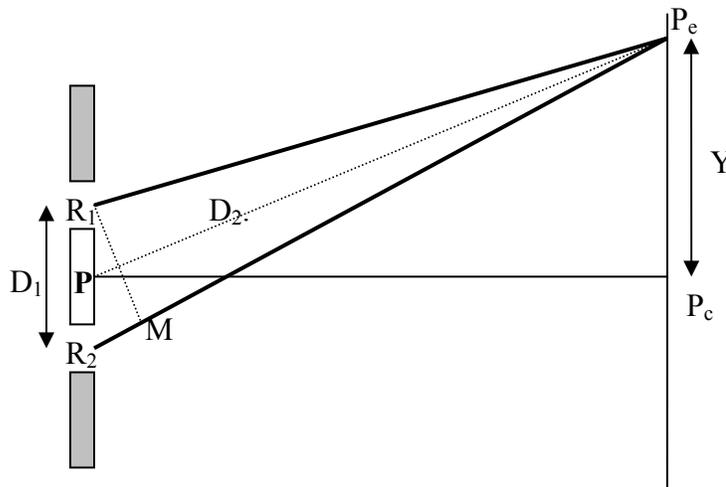
construir en Inglaterra, con su clima frío, enormes invernaderos con paredes de cristal que albergaban especies tropicales. El vidrio impide que el calor dentro del invernadero se fugue al exterior.

2.1. Difracción de la luz

La difracción es un fenómeno que ocurre cuando una onda pasa por un obstáculo, como una rendija, que tiene un tamaño menor a la propia longitud de onda y ocasiona que la onda se desvíe de su trayectoria; entre más sea la diferencia entre el tamaño de la rendija y la longitud de la onda mayor es la desviación. La difracción de la luz se puede apreciar cuando se tiene una pantalla en la que se proyecta la luz que pasa por una rendija pequeña, como una serie de bandas alternadas de luz y sombra.

El experimento de Thomas Young, fue el parteaguas para comprender qué es la luz. Tal como ya se ha descrito, la luz tiene naturaleza ondulatoria. De acuerdo con lo que ya se ha estudiado, en la difracción de la luz blanca se aprecian bandas de colores. El color rojo es el que más se desvía pues es al que le corresponde una mayor longitud de onda y el color azul es el que menos se desvía al ser el que presenta la menor longitud de onda. Sin embargo, en la dispersión de la luz ocurre algo distinto. Las longitudes de onda mayores interactúan menos con la materia que las longitudes de onda pequeñas; por ello en la dispersión de la luz el color rojo es el que menos se desvía y el azul es el que sufre la mayor desviación. Las ondas de radio tienen una longitud de onda muy grande por ello se pueden difractar con facilidad en las diferentes estructuras arquitectónicas de un ciudad, posibilitando que lleguen a todos los rincones de un edificio o casa.

A través de la difracción de la luz, es posible calcular la longitud de onda de la misma. Sólo hay que analizar una simple configuración geométrica. En la siguiente figura, R_1 y R_2 son las ranuras por donde pasa la luz. Estas ranuras están separadas una distancia D_1 . El punto central P es perpendicular al la franja central iluminada P_c . Hay otro punto en la pantalla que corresponde a otra franja iluminada P_e , ambos están separados una distancia Y , la distancia entre los puntos P y P_e es D_2 . La línea de R_1 a M es un arco cuyo centro es P_e



Considerando que la distancia D_1 , comparada con la distancia D_2 es muy pequeña, se puede considerar que la línea de R_1 a M es recta. Además, el segmento de recta de R_2 a M , es la distancia adicional que tiene que viajar una onda luminosa que surja de la rendija 2, para iluminar el punto P_e , con respecto a la distancia que tiene que viajar una onda desde R_1 hasta P_e . entonces

esa distancia de R_2 a M es la longitud de onda de la luz que pasa por las rendijas. Utilizando el teorema de Tales para triángulos semejantes se tiene que:

$$\lambda = \frac{YD_1}{nD_2} \quad \text{Donde } n \text{ es el número de franja desde la franja central dónde se encuentra } P_e.$$

3.1. Interferencia: elementos y características

En la serie de franjas brillantes y oscuras del experimento de Young, la dispersión es lo que origina la repetición de las franjas; la luz se desvía al pasar por las ranuras y cubre una amplia zona en la pantalla que tiene delante. Pero la alternancia de zonas oscuras y brillantes es originada por la interferencia. La interferencia de la luz, es un fenómeno que ocurre cuando dos o más ondas de luz inciden en algún punto de la superficie de un cuerpo opaco. La manera como inciden determina el tipo de interferencia.

Se llama interferencia constructiva cuando las ondas en cuestión, inciden en fase; esto significa que al momento de llegar al cuerpo van en la misma posición de su evolución ondulatoria, coinciden por ejemplo valle con valle o cresta con cresta; en estas condiciones se manifiesta una amplificación y el resultado es un punto brillante en la pantalla.

La interferencia destructiva es lo opuesto, la incidencia de las ondas en un punto está fuera de fase; coinciden, por ejemplo, el valle de una onda con la cresta de otra. En estas condiciones el punto de incidencia deja de ser iluminado pues se anulan las amplitudes de onda y tenemos un punto oscuro. La energía de las ondas no se anula cuando se presenta la interferencia destructiva, lo que ocurre es que la suma de sus amplitudes es cero y por ello no vemos luz. Hay sin embargo, puntos en donde la interferencia no es del todo constructiva o destructiva y en esas posiciones se puede apreciar la transición entre las zonas totalmente oscuras y las zonas perfectamente iluminadas.

4.1. Polarización: elementos y características

La polarización de la luz consiste en la transmisión de la luz a través de un material translúcido llamado filtro polarizador, de tal manera que las ondas electromagnéticas que surgen del filtro polarizador vibran en el mismo plano. Las fuentes comunes de luz como un foco emiten luz no polarizada porque vibra en diferentes planos. Los lentes para sol, no transmiten la luz que vibra en un plano horizontal, pues la absorben, así descansan los ojos al no percibir el reflejo luminoso de la superficie del agua. Las gafas para ver películas de tercera dimensión usan filtros polaroid que llevan a cada ojo una imagen ligeramente distinta para crear la ilusión de una tercera dimensión.

La polarización de la luz se aprovecha en las pantallas de calculadoras, relojes y en otros dispositivos como los indicadores en una bomba despachadora de gasolina que señala los litros consumidos y el costo correspondiente. Estas pantallas tienen una capa de una sustancia llamada cristal líquido en una serie de celdas. Esta capa se encuentra entre dos filtros polarizadores, al fondo se encuentra un espejo. Si se suministra un voltaje a una de las celdas que contienen el cristal líquido, la sustancia transmite la luz pero cambia su plano de vibración 90° . Los filtros polarizadores que se encuentran antes y después de la capa de cristal líquido, se encuentran en el mismo plano de vibración. Cuando las celdas de cristal líquido no reciben voltaje; la luz externa (del sol o de un foco) pasa por el primer filtro y luego por el cristal líquido, se transmite al segundo filtro polarizador y se refleja en el espejo para retornar hasta nuestros ojos a través de los filtros y el cristal líquido. Pero si se suministra voltaje a algunas celdas, el cambio del plano de vibración de la luz que entra a la pantalla, impide que pase por el segundo filtro y vemos la zona oscura. Estas zonas oscuras son los números o caracteres que interpretamos como información que la máquina nos proporciona