

5. METROLOGÍA OPTICA

5.1 Introducción a la óptica

Gran parte de los conocimientos que poseemos sobre estas materias se hayan sintetizados en unos cuantos principios conocidos por las leyes de óptica geométrica, que son:

1.- Propagación de la luz. En un medio homogéneo la luz se propaga en línea recta, cumpliendo así su principio de Fermat, que dice que el camino más corto entre 2 puntos es una línea recta.

2.- Independencia reciproca. Dado un haz de rayos luminosos, si se intercepta una parte con un cuerpo opaco los rayos restantes no interceptados no sufren variación.

3.- Ley de reflexión.- a) el rayo incidente el reflejo y la normal al punto de incidencia están en un mismo plano. B) El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión

4.- Leyes de refracción: a) El rayo incidente la normal y el rayo refractado están en un mismo plano. B) la relación entre el seno del rayo de incidencia y el seno del rayo de refracción es una constante llamada " constante de refracción ", que depende de cada medio.

Aunque la óptica geométrica da una adecuada explicación teórica los hechos relativos a la explicación de la imagen, es sin embargo incompleta a l explicar algunos resultados del experimento en ciencia óptica. Los fenómenos de interferencia, difracción, pulverización y aun dispersión cromática rebasan completamente este objetivo.

Con una simple afirmación de interferencia podremos decir que es posible, para dos fuentes de luz, producir oscuridad a lo largo de ciertas trayectorias comenzándose esto con la iluminación reforzada a lo largo de otras.

OPTICA GEOMETRICA: Se ocupa de los fenómenos de radiación luminosa en los medios homogéneos, sin considerar su naturaleza u origen.

OPTICA FISICA: Estudia la velocidad, la naturaleza y las características de la luz.

Los espejos esféricos cóncavos permiten obtener imágenes mayores, menores o de mismo tamaño que el objeto. Estas imágenes pueden ser también virtuales (aparentes) o reales (formada por la intersección de los verdaderos rayos reflejados).

Los espejos esféricos convexos producen siempre imágenes virtuales, y mas pequeñas que el objeto, independientemente de la distancia a la que esta se encuentra .

FOTOMETRO: Instrumento para medir la intensidad de 2 fuentes luminosas de la cual una se toma como tipo midiendo la distancia a que ambas tiene igual brillo sobre la superficie pulimentada.

Los métodos por comparación permiten una exactitud del 1 % . Pueden disminuirse los errores de apreciación utilizando fotómetros fotoeléctricos, que miden directamente la iluminación.

El flujo luminoso total emitido en todos sentidos por un manantial pueden medirse con un fotómetro esférico. Tiene una esfera recubierta en su interior con pintura blanca, para reflexión difusa y una puerta con bisagras que pueden abrirse para introducir primero la lampara patrón y luego la sometida a ensayo.

FOTOMETRIA: Medición de la intensidad y densidad de la luz; la intensidad es la cantidad de luz emitida por segundo en una dirección dada, y su unidad de medida es la bujía; la densidad es la cantidad de luz que atraviesa una superficie dada por segundo, y su unidad es la lumen.

En los últimos años la fotometría ha adquirido una importancia especial en la astrofísica, pues la medición de la luz proveniente de las estrellas ha permitido establecer una escala precisa de magnitudes de estas; ha llevado al descubrimiento de las estrellas dobles y las variables, entre estas las cefopides, y, por consiguiente a calcular las distancias interestelares inaccesibles al método del paralaje.

Otra definición seria la siguiente: es una medida de la intensidad luminosa de una fuente de luz, o de la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. La fotometría es importante en fotografía, astronomía e ingeniería de iluminación . Los instrumentos empleados para la fotometría se denominan fotómetros. Las ondas de luz estimulan el ojo humano en diferentes grados según su longitud de onda. Como es difícil fabricar un instrumento con la misma sensibilidad que el ojo humano para las distintas longitudes de onda, muchos fotómetros requieren un observador humano. Los fotómetros fotoeléctricos necesitan filtros coloreados especiales para responder igual que el ojo humano . Los instrumentos que miden toda la energía radiante, no sólo la radiación visible, se llaman radiómetros y deben construirse de forma que sean igual de sensibles a todas las longitudes de onda.

La intensidad de una fuente de luz se mide en candelas, generalmente comparándola con una fuente patrón. Se iluminan zonas adyacentes de una ventana con las fuentes conocida y desconocida y se ajusta la distancia de las fuentes hasta que la iluminación de ambas zonas sea la misma. La intensidad

relativa se calcula entonces sabiendo que la iluminación decrece con el cuadrado de la distancia.

CALORIMETRIA: Técnica para medir las constantes térmicas como el calor específico, el latente o la potencia calorífica.

CALORIMETRO: Instrumento para medir la cantidad de calor absorbido por un cuerpo o desprendida de él en un fenómeno físico o químico; se usa para determinar la energía de los combustibles (gas, carbón) , el valor energético de los alimentos, etc.

INTERFEROMETRO: Instrumento para medir longitudes de ondas de luz, radio, sonido, etc., y para efectuar otras observaciones de precisión aprovechando el fenómeno de la interferencia de las ondas; el instrumento divide un haz de ondas homogéneas en dos o más rayos por medio de dispositivos adecuados como espejos semitransparentes y los dirige por trayectorias distintas.

Por ejemplo uno a través de la sustancia que se desea examinar y otro por el aire. En el detector del instrumento se vuelven a combinar estos rayos: la intensidad de las ondas superpuestas es mayor donde están en fase, y viceversa. Esta comparación de fases permite medir desde las longitudes pequeñísimas de ciertas ondas hasta el diámetro de una estrella o la separación entre 2 estrellas dobles. El interferómetro tiene muchas aplicaciones en cristalografía, acústica, astronomía, etc.

PIROMETRIA OPTICA: Parte de la física que se ocupa de la medición de las temperaturas por medio de los instrumentos ópticos.

RADIOMETRO: El radiómetro infrarrojo es un instrumento típico que sirve para medir la radiación terrestre de onda larga en la región infrarroja de 4 a 50 mm.

RADIOMETRO ULTRAVIOLETA: La cantidad de energía solar absorbida o reflejada en una específica de la superficie terrestre se mide con la energía total de las contribuciones, por lo que se refiere a la longitud de onda, que se van desde el ultravioleta hasta el infrarrojo.

REFLEXION DE LA LUZ: Toda superficie donde los rayos de luz se reflejan al incidir, constituyen un espejo: tales como las aguas tranquilas, laminas de metal pulidas, vidrio pulido, etc., estos cuerpos al reflejar la luz producen una sensibilización en nuestros ojos al percibir la imagen que se forma siendo estas de mayor o menor intensidad, dependiendo de las diferentes clases de superficies reflectantes, así como de su capacidad para reflejar la luz que perciben del sol o de cualquier otra fuente luminosa natural o artificial. A continuación damos algunas de las características de las superficies reflectantes:

Cuando los rayos de luz inciden sobre superficies blancas y rugosas se reflejan en todas direcciones, esto se debe a que la luz incidente llega a la superficie con

diferentes ángulos. Sin embargo si la superficie es blanca y sin rugosidad, los rayos de luz se reflejan regularmente, siendo su ángulo de incidencia igual al ángulo de reflexión.

Si la superficie es negra no reflejan la luz solo la absorben.

Las superficies bien pulidas reflejan la luz uniformemente debido a que los rayos inciden con un mismo ángulo, dando como resultado rayos reflejados paralelos entre si.

Se llama reflexión difusa o de difusión al fenómeno que se produce cuando un haz de rayos paralelos incide sobre una superficie ordinaria y se desvían en todas direcciones al grado que es difícil percibir una imagen virtual.

5.2 Instrumentos ópticos

MICROSCOPIOS: Las aplicaciones de estos aparatos están destinados fundamentalmente a la medición de longitudes, pero su campo de medición es mas reducido empleándose en consecuencia para la medición de piezas relativamente pequeñas, reglas, herramientas, etc.

El objeto de muy pequeñas dimensiones que se desea examinar se coloca en una placa de vidrio llamado porta objetos, se coloca a distancia algo superior a la distancia focal del objeto, iluminándola por la parte inferior mediante un espejo plano. Se forma una imagen real y aumentada dentro de la distancia focal del ocular que a su vez produce una imagen virtual, todavía mayor en algún punto situado entre el próximo y el distante del observador.

COMPARADORES: Son amplificadores que permiten efectuar la medición de la longitud por comparación. El sistema de amplificación utilizada en estos aparatos es el de palanca de reflexión.

PERFILOMETROS: En estos aparatos la imagen del perfil de la pieza es aumentada por un microscopio y proyectada por medio de espejos sobre una pantalla de vidrio deslustrado. El aumento de las dimensiones de las piezas en imagen proyectada puede ser de 10, 20, 50 y hasta 100 veces.

Las mediciones del perfil proyectado puede hacerse sobre la pantalla con reglas graduadas, teniendo en cuenta el aumento de la imagen. Las mediciones regulares se realizan con transportadores graduados de material transparente.

LUPAS: Permite que el ojo vea una imagen según el ángulo visual mayor que el ángulo con el que vería el objeto sin su intermedio. La relación entre los dos ángulos representa el aumento angular.

TELESCOPIOS: Los telescopios astronómicos se dividen en reflectores y refractores. Un refractor puede construirse mediante 2 lentes sencillas, en forma parecida a un microscopio compuesto.

Una lente de gran tamaño (longitud) focal hace de objetivo siendo su misión recoger tanta luz como sea posible. El ocular es una lente de corta longitud focal. El objetivo forma una imagen real y disminuida de un cuerpo celeste, a la que a su vez se observa mediante el ocular.

TEODOLITOS: Instrumento de precisión que se compone de un circuito horizontal y un semicírculo vertical, ambos graduados y provistos de anteojos, para medir ángulos en sus planos respectivos.

CAMARAS FOTOGRAFICAS: Las cámaras fotográficas se parecen a cierto modo al ojo en algunos detalles, proporcionando como el ojo, una imagen real e invertida de los objetos. La cámara requiere de un concurse de un fotómetro para guardar adecuadamente la abertura.

5.3 Mediciones con óptica física

Desde el punto de vista físico, la luz es una onda electromagnética. Según el modelo utilizado para la luz, se distingue entre las siguientes ramas, por orden creciente de precisión (cada rama utiliza un modelo simplificado del empleado por la siguiente):

La óptica geométrica: Trata a la luz como un conjunto de rayos que cumplen el principio de Fermat. Se utiliza en el estudio de la transmisión de la luz por medios homogéneos (lentes, espejos), la reflexión y la refracción.

La óptica ondulatoria: Considera a la luz como una onda plana, teniendo en cuenta su frecuencia y longitud de onda. Se utiliza para el estudio de difracción e interferencia.

La óptica electromagnética: Considera a la luz como una onda electromagnética, explicando así la reflectancia y transmitancia, y los fenómenos de polarización y anisotropía.

La óptica cuántica u óptica física: Estudio cuántico de la interacción entre las ondas electromagnéticas y la materia, en el que la dualidad onda-corpúsculo desempeña un papel crucial

Si bien la Óptica se inició como una rama de la física distinta del electromagnetismo en la actualidad se sabe que la luz visible parte del espectro electromagnético, que no es más que el conjunto de todas las frecuencias de vibración de las ondas electromagnéticas. Los colores visibles al ojo humano se agrupan en la parte del espectro denominado visible.

Un espectrofotómetro es un instrumento usado en la física óptica que sirve para medir, en función de la longitud de onda, la relación entre valores de una misma magnitud fotométrica relativos a dos haces de radiaciones. También es utilizado en los laboratorios de química para la cuantificación de sustancias y microorganismos.

Hay varios tipos de espectrofotómetros, puede ser de absorción atómica o espectrofotómetro de masa.

Este instrumento tiene la capacidad de proyectar un haz de luz monocromática a través de una muestra y medir la cantidad de luz que es absorbida por dicha muestra. Esto le permite al operador realizar dos funciones:

1. Dar información sobre la naturaleza de la sustancia en la muestra
2. Indicar indirectamente que cantidad de la sustancia que nos interesa está presente en la muestra.

Se denomina espectro electromagnético a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas. Referido a un objeto se denomina espectro electromagnético o simplemente espectro a la radiación electromagnética que emite (espectro de emisión) o absorbe (espectro de absorción) una sustancia. Dicha radiación sirve para identificar la sustancia de manera análoga a una huella dactilar. Los espectros se pueden observar mediante espectroscopios que, además de permitir observar el espectro, permiten realizar medidas sobre éste, como la longitud de onda, la frecuencia y la intensidad de la radiación.

El espectro electromagnético se extiende desde la radiación de menor longitud de onda, como los rayos gamma y los rayos X, pasando por la luz ultravioleta, la luz visible y los rayos infrarrojos, hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda, como son las ondas de radio. Se cree que el límite para la longitud de onda más pequeña posible es la longitud de Planck mientras que el límite máximo sería el tamaño del Universo (véase Cosmología física) aunque formalmente el espectro electromagnético es infinito y continuo.

5.4 Fotometría

La fotometría es la rama de la Astronomía que se dedica a medir el brillo de los diferentes astros: estrellas, planetas, satélites, asteroides, cometas, etc. La escala de brillos de las estrellas fue establecida por el astrónomo griego Hiparco de Nicea, quien dividió estos brillos en cinco grados o magnitudes; más tarde, con la invención del telescopio por Galileo en 1609, se amplió la escala para incluir estos astros telescópicos, invisibles al ojo humano por su extrema debilidad.

Los astros más brillantes (como el Sol) tienen magnitud negativa mientras que los más débiles la tienen positiva, siendo ésta tanto mayor cuanto más débiles son: el Sol tiene magnitud -26.8, Sirio -1.5, la Estrella Polar 2.12, Urano 5.8, Neptuno 7.2 y Plutón 13.6. Las estrellas más débiles que un telescopio profesional puede capturar es superior a la 25.

En el siglo XIX Norman Pogson determinó correctamente la escala de magnitudes, de tal manera que el salto de una magnitud a otra (por ejemplo de la 1ª a la 2ª, o de la 2ª a la 3ª) corresponde a un cambio igual a 2,512 veces, siendo este valor la raíz quinta de 100.

Existen distintos métodos: fotometría visual, fotográfica, con fotómetro fotoeléctrico (fotometría fotoeléctrica) y más reciente con cámaras CCD (fotometría CCD); todos ellos trabajan en distintas bandas (Banda V, Banda B, etc.) según el filtro utilizado al efectuar las mediciones.

Para efectuar estas mediciones se han definido unos sistemas fotométricos, los más conocidos de los cuales son el UBV de W. W. Morgan y Harold Johnson y el UBVRI de A. Cousins y J. Menzies.

Si la precisión con la que se medían las magnitudes a mediados del s. XX era de una centésima, con el uso de la fotometría CCD se ha ampliado esta precisión a milésimas de magnitud (en 2006 a diezmilésimas de magnitud, en un estudio fotométrico del cúmulo abierto M67).