

## INSTRUMENTOS ÓPTICOS

**ESPEJO:** Dispositivo óptico, generalmente de vidrio, con una superficie lisa y pulida, que forma imágenes mediante la reflexión de los rayos de luz.

El método original para fabricar espejos de vidrio consistía en 'azogar' una lámina de vidrio, recubriéndola con una amalgama de mercurio y estaño. La superficie del vidrio se recubría de hojas de papel de estaño, que se alisaban y se cubrían de mercurio. Mediante pesos de hierro se apretaba firmemente un paño de lana contra la superficie durante un día aproximadamente. Después se inclinaba el vidrio, con lo que el mercurio sobrante escurría y la superficie interior quedaba reluciente. El primero en intentar cubrir el reverso del vidrio con una solución de plata fue el químico alemán Justus von Liebig, en 1836; desde entonces se han desarrollado diferentes métodos que se basan en la reducción química a plata metálica de una sal de plata. En la actualidad, para fabricar espejos según este principio, se corta una plancha de vidrio del tamaño adecuado y se eliminan todos sus defectos puliéndola con rojo de joyero. El vidrio se frota y se baña con una disolución reductora como cloruro de estaño, tras lo cual se coloca el vidrio sobre un soporte hueco de hierro colado, se cubre con fieltro y se mantiene caliente con vapor. Después se vierte una disolución de nitrato de plata sobre el vidrio y se deja reposar durante aproximadamente una hora. El nitrato de plata se reduce a plata metálica, con lo que se forma gradualmente un reluciente depósito de plata que se deja secar, se cubre con goma laca y se pinta. En otros métodos de fabricación de espejos, se añade a la disolución de plata un agente reductor, como formaldehído o glucosa. Frecuentemente, los compuestos químicos para el plateado se aplican en forma de aerosol. A veces, algunos espejos especiales se recubren de metal vaporizando eléctricamente plata sobre ellos en un vacío. Muchas veces, los espejos grandes se recubren de aluminio con este mismo sistema.

Además de su uso habitual en el hogar, los espejos se emplean en aparatos científicos; por ejemplo, son componentes importantes de los microscopios y los telescopios.

**PRISMA (OPTICA):** Bloque de vidrio u otro material transparente que tiene la misma sección transversal (generalmente un triángulo) en toda su longitud. Los dos tipos de prisma más frecuentes tienen secciones transversales triangulares con ángulos de 60° o de 45°. Los prismas tienen diversos efectos sobre la luz que pasa a través de ellos.

Cuando se dirige un rayo de luz hacia un prisma, sus componentes de distintos colores son refractados (desviados) en diferente medida al pasar a través de cada superficie, con lo que se produce una banda coloreada de luz denominada espectro. Este fenómeno se conoce como dispersión cromática, y se debe al hecho de que los diferentes colores de la luz tienen distintas longitudes de onda, y son más o menos frenados al pasar a través del vidrio: la luz roja es la que resulta menos frenada, y la violeta la que más. El físico británico del siglo XVII Isaac Newton fue el primero en deducir, a partir de experimentos con prismas, que la luz solar ordinaria es una mezcla de los diferentes colores.

**FIBRA OPTICA:** Fibra o varilla de vidrio u otro material transparente con un índice de refracción alto que se emplea para transmitir luz. Cuando la luz entra por uno de los extremos de la fibra, se transmite con muy pocas pérdidas incluso aunque la fibra esté curvada.

El principio en que se basa la transmisión de luz por la fibra es la reflexión interna total; la luz que viaja por el centro o núcleo de la fibra incide sobre la superficie externa con un ángulo mayor que el ángulo crítico (*véase Óptica*), de forma que toda la luz se refleja sin pérdidas hacia el interior de la fibra. Así, la luz puede transmitirse a larga distancia reflejándose miles de veces. Para evitar pérdidas por dispersión de luz debida a impurezas de la superficie de la fibra, el núcleo de la fibra óptica está recubierto por una capa de vidrio con un índice de refracción mucho menor; las reflexiones se producen en la superficie que separa la fibra de vidrio y el recubrimiento.

La aplicación más sencilla de las fibras ópticas es la transmisión de luz a lugares que serían difíciles de iluminar de otro modo, como la cavidad perforada por la turbina de un dentista. También pueden emplearse para transmitir imágenes; en este caso se utilizan haces de varios miles de fibras muy finas, situadas exactamente una al lado de la otra y ópticamente pulidas en sus extremos. Cada punto de la imagen proyectada sobre un extremo del haz se reproduce en el otro extremo, con lo que se reconstruye la imagen, que puede ser observada a través de una lupa. La transmisión de imágenes se utiliza mucho en instrumentos médicos para examinar el interior del cuerpo humano y para efectuar cirugía con láser, en sistemas de reproducción mediante facsímil y fotocomposición, en gráficos de ordenador o computadora y en muchas otras aplicaciones.

Las fibras ópticas también se emplean en una amplia variedad de sensores, que van desde termómetros hasta giroscopios. Su potencial de aplicación en este campo casi no tiene límites, porque la luz transmitida a través de las fibras es sensible a numerosos cambios ambientales, entre ellos la presión, las ondas de sonido y la deformación, además del calor y el movimiento. Las fibras pueden resultar especialmente útiles cuando los efectos eléctricos podrían hacer que un cable convencional resultara inútil, impreciso o incluso peligroso. También se han desarrollado fibras que transmiten rayos láser de alta potencia para cortar y taladrar materiales.

La fibra óptica se emplea cada vez más en la comunicación, debido a que las ondas de luz tienen una frecuencia alta y la capacidad de una señal para transportar información aumenta con la frecuencia. En las redes de comunicaciones se emplean sistemas de láser con fibra óptica. Hoy funcionan muchas redes de fibra para comunicación a larga distancia, que proporcionan conexiones transcontinentales y transoceánicas. Una ventaja de los sistemas de fibra óptica es la gran distancia que puede recorrer una señal antes de necesitar un repetidor para recuperar su intensidad. En la actualidad, los repetidores de fibra óptica están separados entre sí unos 100 km, frente a aproximadamente 1,5 km en los sistemas eléctricos. Los amplificadores de fibra óptica recientemente desarrollados pueden aumentar todavía más esta distancia.

Otra aplicación cada vez más extendida de la fibra óptica son las redes de área local. Al contrario que las comunicaciones de larga distancia, estos sistemas conectan a una serie de abonados locales con equipos centralizados como ordenadores (computadoras) o impresoras. Este sistema aumenta el rendimiento de los equipos y permite fácilmente la incorporación a la red de nuevos usuarios. El desarrollo de nuevos componentes electro ópticos

**MICROSCOPIO:** Cualquiera de los distintos tipos de instrumentos que se utilizan para obtener una imagen aumentada de objetos minúsculos o detalles muy pequeños de los mismos. El tipo de microscopio más utilizado es el microscopio óptico, que se sirve de la luz visible para crear una imagen aumentada del objeto. El microscopio óptico más simple es la lente convexa doble con una distancia focal corta. Estas lentes pueden aumentar un objeto hasta 15 veces. Por lo general, se utilizan microscopios compuestos, que disponen de varias lentes con las que se consiguen aumentos mayores. Algunos microscopios ópticos pueden aumentar un objeto por encima de las 2.000 veces.

El microscopio compuesto consiste en dos sistemas de lentes, el objetivo y el ocular, montados en extremos opuestos de un tubo cerrado. El objetivo está compuesto de varias lentes que crean una imagen real aumentada del objeto examinado. Las lentes de los microscopios están dispuestas de forma que el objetivo se encuentre en el punto focal del ocular. Cuando se mira a través del ocular se ve una imagen virtual aumentada de la imagen real. El aumento total del microscopio depende de las distancias focales de los dos sistemas de lentes.

y de óptica integrada aumentará aún más la capacidad de los sistemas de fibra.

Cuando se envía un rayo de luz hacia un prisma con un ángulo adecuado, incide internamente sobre la cara del prisma con un ángulo mayor que el ángulo crítico por lo que experimenta una reflexión total. Esto hace que el prisma actúe como un espejo muy eficiente, un efecto que se utiliza en muchos instrumentos ópticos como

periscopios y binoculares o prismáticos (de ahí este nombre).

**TELESCOPIO:** Instrumento con el que se consiguen imágenes amplificadas de objetos distantes.

En la actualidad, el mayor telescopio reflector del mundo es el telescopio Keck, de 982 cm, en el Observatorio Mauna Kea en Hawái. Entre la lista de reflectores de más de 254 cm de diámetro están el telescopio de 600 cm de diámetro del Observatorio Astrofísico de Rusia, cerca de Zelenchukskaya; el telescopio de 508 cm del Observatorio Monte Palomar, California, Estados Unidos; el de 420 cm del Observatorio del Roque de los Muchachos en las Islas Canarias, España; el instrumento de 401 cm del Observatorio Interamericano de Cerro Tololo cerca de La Serena, Chile; el telescopio de 389 cm del Observatorio Anglo-australiano cerca de Coonabarabran, en Australia; el de 381 cm del Observatorio Nacional Kitt Peak en Arizona, Estados Unidos, y el telescopio de 381 cm de Mauna Kea. Un telescopio estadounidense famoso, el Hooker de 254 cm, en el Observatorio Monte Wilson en Pasadena, California, fue cerrado desde 1985 a 1992, por causa de las presiones financieras, por los nuevos desarrollos tecnológicos y por el deseo de simplificar su funcionamiento.

**CRISTAL:** Porción homogénea de materia con una estructura atómica ordenada y definida y con forma externa limitada por superficies planas y uniformes simétricamente dispuestas. Los cristales se producen cuando un líquido forma lentamente un sólido; esta formación puede resultar de la congelación de un líquido, el depósito de materia disuelta o la condensación directa de un gas en un sólido. Los ángulos entre las caras correspondientes de dos cristales de la misma sustancia son siempre idénticos, con independencia del tamaño o de la diferencia de forma superficial.

**INTERFEROMETRO:** Instrumento que emplea la interferencia de ondas de luz para la medida ultraprecisa de longitudes de onda de la luz misma, de distancias pequeñas y de determinados fenómenos ópticos. Existen muchos tipos de interferómetros, pero en todos ellos hay dos haces de luz que recorren dos trayectorias ópticas distintas determinadas por un sistema de espejos y placas que finalmente se unen para formar franjas de interferencia. Para medir la longitud de onda (*véase* Movimiento ondulatorio) de una luz monocromática se utiliza un interferómetro dispuesto de tal forma que un espejo situado en la trayectoria de uno de los haces de luz puede desplazarse una distancia pequeña que puede medirse con precisión y varía así la trayectoria óptica del haz. Cuando se desplaza el espejo una distancia igual a la mitad de la longitud de onda de la luz, se produce un ciclo completo de cambios en las franjas de interferencia. La longitud de onda se calcula midiendo el número de ciclos que tienen lugar cuando se mueve el espejo una distancia determinada.

**RED DE DIFRACCIÓN:** Dispositivo óptico empleado para separar las distintas longitudes de onda (colores) que contiene un haz de luz. El dispositivo suele estar formado por una superficie reflectante sobre la que se han trazado miles de surcos paralelos muy finos. Al incidir sobre una superficie así, un haz de luz se ve dispersado en todas las direcciones o difractado en cada surco. Las ondas de luz procedentes de los distintos surcos se refuerzan mutuamente en determinadas direcciones y se anulan en otras. Las direcciones de refuerzo y anulación son distintas para cada longitud de onda.

**ESPECTROSCOPIO:** En 1859, los científicos alemanes Gustav Robert Kirchhoff y Robert Wilhelm Bunsen fueron los primeros en darse cuenta de que cada elemento emite y absorbe luz de colores característicos, que componen su espectro. Desarrollaron el espectroscopio de prisma en su forma moderna y lo aplicaron al análisis químico. Este instrumento, que es uno de los dos tipos principales de espectroscopio, está formado por una rendija, un conjunto de lentes, un prisma y un ocular. La luz que va a ser analizada pasa por una lente colimadora, que produce un haz de luz estrecho y paralelo, y a continuación por el prisma. Con el ocular se enfoca la imagen de la rendija. De hecho, lo que se ve son una serie de imágenes de la rendija, conocidas como líneas espectrales, cada una con un color diferente, porque el prisma separa la luz en los colores que la componen.

**ESPECTROHELIOGRAFO:** Elemento importante del equipo utilizado en astronomía para fotografiar las protuberancias del Sol, como la fotosfera (la capa interior de gases calientes más cercana a la superficie del

Sol) y la cromosfera (la capa exterior más fría). El espectroheliógrafo, junto con un telescopio, fotografía el Sol en luz monocromática (con una única longitud de onda). En su forma más simple consta de un espectrógrafo con dos ranuras delante de una placa fotográfica; la ranura más cercana al Sol es más pequeña. La imagen del Sol la proyecta el telescopio en la primera ranura, que transmite la luz a la segunda ranura. Esta segunda ranura se coloca a una cierta longitud de onda para registrar la radiación de la línea espectral producida por un elemento químico como el hidrógeno (que produce la línea espectral marcada como H) o el calcio (que produce la línea marcada como K; véase Espectroscopia). En la placa fotográfica se acumula una película mixta del Sol mostrando la distribución de este elemento a medida que el Sol cruza por el cielo.

Fue inventado en 1889 por el astrónomo estadounidense George Hale, que tuvo una parte importante en el desarrollo del espectrohelioscopio; este instrumento permite la observación visual de fenómenos solares creando una visión persistente cuando las dos ranuras vibran sincrónicamente a alta frecuencia.

**HOLOGRAMA:** Método de obtener imágenes fotográficas tridimensionales. Las imágenes se crean sin lente alguna, por lo que esta técnica también se denomina fotografía sin lente. Las grabaciones reciben el nombre de hologramas (en griego, *holos*, 'todo'; *gram*, 'mensaje'). Los principios teóricos de la holografía fueron desarrollados por el físico británico de origen húngaro Dennis Gabor en 1947. La primera producción real de hologramas tuvo lugar a principios de los años sesenta una vez disponible el láser. A finales de los años ochenta se comenzó la fabricación de hologramas en color, así como de hologramas que cubrían desde la región del espectro de las microondas hasta los rayos X. También se crearon hologramas ultrasónicos utilizando ondas de sonido.