

ANTIGUOS INSTRUMENTOS DE LABORATORIO DE FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

59. ESPEJO DE INTERFERENCIAS DE FRESNEL

Ref.- OPTIC-13

Descripción: Tal y como consta en el catálogo de Max Kohl (Figura 1): espejo de interferencia según Fresnel, con movimiento micrométrico paralelo, equipo micrométrico con tambor y graduación, sobre soporte, construido con el mayor cuidado. Micrómetro ocular tipo Fresnel para medir bandas de interferencia, sobre soporte.

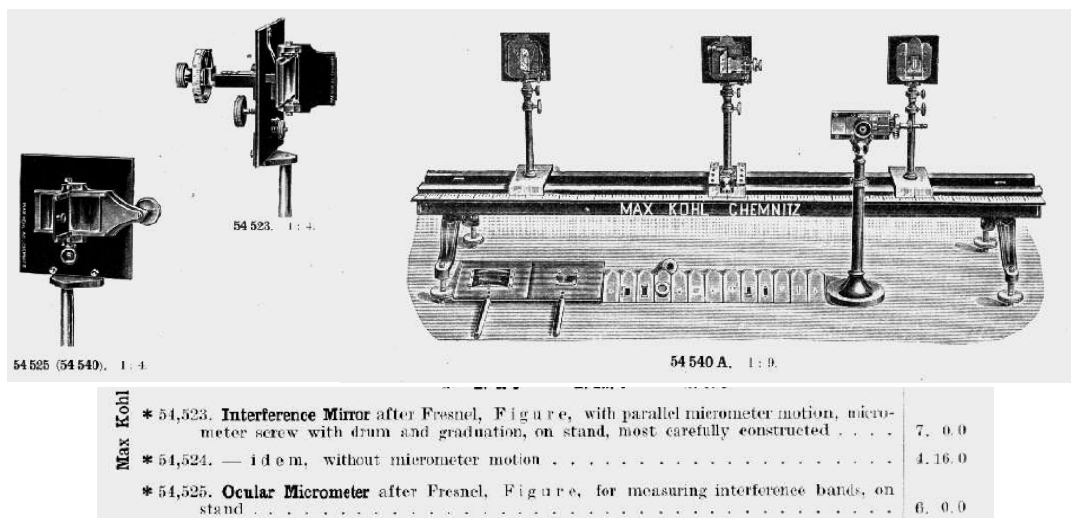


Figura 1. Capturas de páginas 545 y 546 del catálogo/lista de precios nº 50 de Max Kohl y el espejo de interferencias de Fresnel y el texto que lo acompaña (refs. 54523 y 54525). Soporte para montaje de banco óptico que se observa en la figura superior derecha para experimentos del capítulo "Interferencia y difracción".

Augustin-Jean Fresnel: fue un físico e ingeniero francés (1788-1827), conocido por sus contribuciones a la óptica. Nació en Broglie, Normandía, y mostró interés por la ciencia desde joven. Fresnel estudió en la École Centrale de Caen y posteriormente en la École Polytechnique de París, una de las instituciones más prestigiosas de Francia. Tras completar sus estudios, trabajó como ingeniero en los departamentos de puentes y caminos, desempeñando roles en varias regiones de Francia. A pesar de sus deberes como ingeniero, dedicó tiempo a la investigación científica, en particular en la óptica. En 1818, Fresnel presentó su trabajo sobre la difracción de la luz a la Academia de Ciencias de París, donde introdujo el concepto de "ondas secundarias" y desarrolló la integral de difracción de Fresnel. También investigó la polarización de la luz, demostrando que la luz polarizada transversalmente podría explicar muchos



Figura 2. Lente de Fresnel que reproduce la curvatura de la superficie de la lente gruesa en secciones, manteniendo la misma longitud focal.

ANTIGUOS INSTRUMENTOS DE LABORATORIO DE FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

fenómenos ópticos que no podían ser explicados por la teoría corpuscular. Sus investigaciones de interferencias con **espejos de Fresnel** llevaron a la aceptación casi unánime de la teoría ondulatoria de la luz propuesta por Christiaan Huygens, en contraposición a la teoría corpuscular de Newton. Confirmó que las ondas luminosas podían interferir y crear patrones de difracción, sentando las bases para la óptica moderna. Otro de los logros más importantes de Fresnel fue la invención de la lente escalonada de Fresnel en 1822 para ampliar la visibilidad de los faros marítimos (Figura 2, derecha arriba), permitiendo una mayor eficiencia y alcance en la proyección de luz sin el peso y volumen de las lentes convencionales. La lente utiliza anillos concéntricos que reducen su espesor y peso, manteniendo su capacidad de refracción. Esta innovación mejoró la visibilidad y seguridad en la navegación marítima, transformando los faros en todo el mundo y sigue siendo una tecnología clave en la ingeniería de la iluminación.

Patrones de interferencias: El fenómeno de la **difracción** evidencia la naturaleza ondulatoria de la luz, y es la desviación de las ondas al encontrarse con un obstáculo o al pasar por una abertura estrecha. Tiene lugar cuando las dimensiones del obstáculo (o abertura) son comparables a la longitud de onda de las ondas incidentes. La difracción se observa comúnmente con ondas de luz, sonido y agua (Figura 3, izquierda). Thomas Young realizó el experimento de la doble rendija en 1801 (o interferómetro de Young) con el objetivo de determinar la naturaleza corpuscular u ondulatoria de la luz, y descubrió que la luz de una fuente lejana al difractarse en el paso por dos ranuras forma un patrón de interferencias.

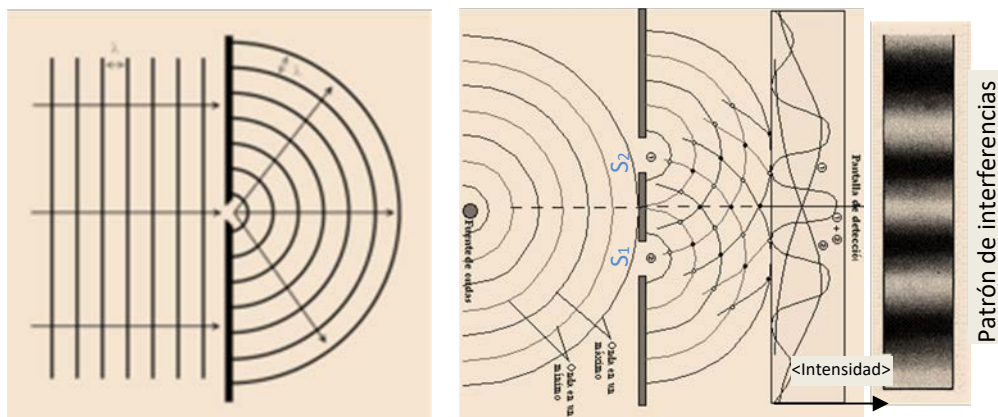


Figura 3. Difracción de la luz. Patrón de difracción obtenido mediante el experimento de doble rendija.

Para obtener un diagrama de interferencia óptica (o patrón de difracción formado por franjas oscuras y claras, Figura 3, derecha) se debe cumplir que:

- Obtengamos una fuente (source, S) de luz coherente seleccionando una parte reducida de la luz de origen mediante un pequeño orificio o rendija (Figura 3, izquierda). Según el principio de Huygens-Fresnel los puntos que son alcanzados por una onda luminosa pasan a ser centros (S_1 y S_2) de nuevas ondas elementales.
- Al provenir del mismo origen ambas fuentes son mutuamente coherentes (comparten la misma amplitud, longitud de onda y su diferencia de fase permanece constante en el tiempo).

ANTIGUOS INSTRUMENTOS DE LABORATORIO DE FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

- La interferencia es producida por la superposición de ambas ondas, que han recorrido caminos ópticos diferentes. Este patrón de interferencia no se observaría en ondas cuyas fuentes son diferentes porque no son coherentes.
- Los patrones pueden ser destructivos cuando se produce una superposición entre el máximo de la onda y el mínimo de la otra onda (patrón negro) o constructivos cuando los dos máximos o los dos mínimos coinciden, reforzándose (Figura 3 derecha).

Interferencia en espejos de Fresnel o doble espejo de Fresnel. En vez de utilizar una doble rendija para obtener un diagrama de interferencias, Fresnel demostró que se puede realizar este experimento mediante un doble espejo, denominado de Fresnel (Figura 4). Es un sistema con una única fuente de luz (S) que se ve reflejada por dos espejos planos que forman un ángulo muy pequeño (θ) entre ellos. Mediante reflexión, el sistema es capaz de simular la situación en la que los rayos tienen origen en dos fuentes puntuales (S_1 y S_2 , situadas en la parte inferior izquierda de la Figura 4, ambas virtuales). Si aislamos la fuente de luz de la pantalla mediante una lámina opaca, las ondas que “proviene de S_1 y S_2 ” recorrerán trayectorias de longitud ligeramente diferente antes de combinarse en la pantalla (P) con un patrón de franjas de interferencia, ya que las fuentes son coherentes. Con este montaje experimental, teniendo en cuenta diferentes relaciones trigonométricas, se puede determinar con razonable precisión la longitud de onda de la radiación (λ). Esta longitud de onda está relacionada con varias longitudes del montaje y la distancia entre dos bandas coloreadas consecutivas del patrón de difracción (Δy).

$$\Delta y = \frac{\lambda d}{a}$$

siendo a la distancia entre las dos fuentes virtuales, S_1 y S_2 ; y d , la distancia entre el plano de las dos fuentes puntuales y el punto de observación en la pantalla (DP).

Para el estudio de estos fenómenos se suelen utilizar los llamados bancos ópticos que nos van a permitir realizar multitud de experiencias relacionadas con la difracción e interferencias de ondas de luz. Este tipo de banco óptico suele tener una serie de accesorios (fuentes, rendijas, prismas, espejos, etc.), situados sobre una regla graduada, que se montan rígidamente sobre unos acoples que fijados mediante una sencilla disposición evitan los tornillos (base de Figura 5). De esa forma se asegura la correcta alineación de todas las piezas necesarias para cada experimento.

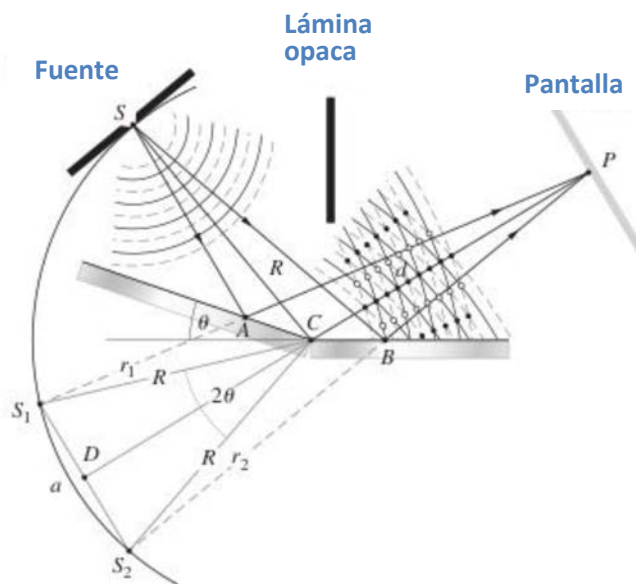


Figura 4. Esquema de funcionamiento del doble espejo de Fresnel para formar patrones de difracción.

ANTIGUOS INSTRUMENTOS DE LABORATORIO DE FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

Doble espejo de Fresnel de Max Kohl: Aparato de espejo Fresnel con 2 espejos negros pulidos sobre trípode telescópico que permite realizar con la mayor facilidad experiencias de interferometría y la observación de los patrones de difracción. Combina una hendidura, cuyo ancho se ajusta mediante un tornillo micrométrico y está cubierta por un escudo (hacia el observador en la Figura 5) que aísla la fuente de luz de los patrones de difracción, y un soporte rígido cuadrado que permite la colocación de un par de espejos. Un primer espejo es fijo (a la izquierda en la Figura 5) y un segundo espejo (a la derecha) tiene una superficie prácticamente coplanar con el primero. Diferentes tornillos micrométricos situados en la parte posterior del segundo espejo controlan el pequeño ángulo entre el espejo móvil y el fijo (θ). El resultado del experimento depende únicamente de la capacidad del operador para lograr la apertura de hendidura adecuada entre el escudo y el soporte, así como el ángulo con el que gira el segundo espejo y la posición de la lámpara.



Figura 5. Espejo de interferencias de Fresnel fabricado por Max Kohl.

Fabricante: Max Kohl.

Fecha de Fabricación: Principios del Siglo XX.

Material: latón lacado, latón y cristal.

Aplicaciones: Los espejos de Fresnel que generan patrones de difracción tienen varias aplicaciones importantes. En microscopía y óptica, mejoran la resolución al manipular la luz con precisión, mientras que en holografía se utilizan para crear y reconstruir hologramas con gran detalle. En telescopios, tanto de radio como ópticos, corrigen aberraciones y mejoran la calidad de la imagen. También se integran en sensores ópticos y fotónicos para aumentar la sensibilidad y precisión en la detección, y se aplican en sistemas de comunicación láser para enfocar y dirigir señales ópticas con alta eficiencia.

- Chapter 13. Fundamentals of Optics, 4th Ed. F.A. Jenkins, H. E. White, McGraw-Hill, 1976.
- Light: a course of Experimental Optics” de Lewis Wright, 2ª ed., 1892, lámina 113 (pp 172) <https://archive.org/details/lightcourseexper00wrigrich/page/172/mode/2up>
- <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/geoopt/fresnellens.html>