



departamento de Física
universidad de buenos aires - exactas
Juan José Giambiagi



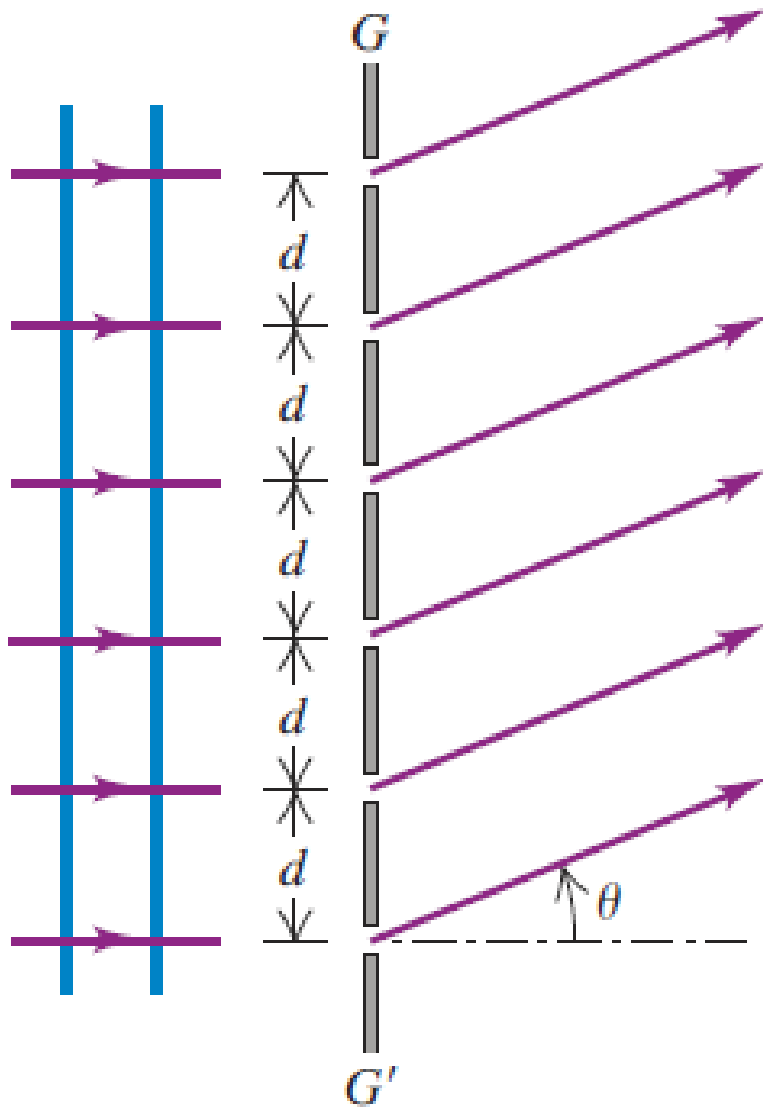
Clase 20

Red de difracción

Cátedra: Diego Arbó

Red de difracción

Una **red de difracción** es una serie de ranuras paralelas en gran número, todas del mismo ancho a y separadas por distancias iguales d entre sus centros.

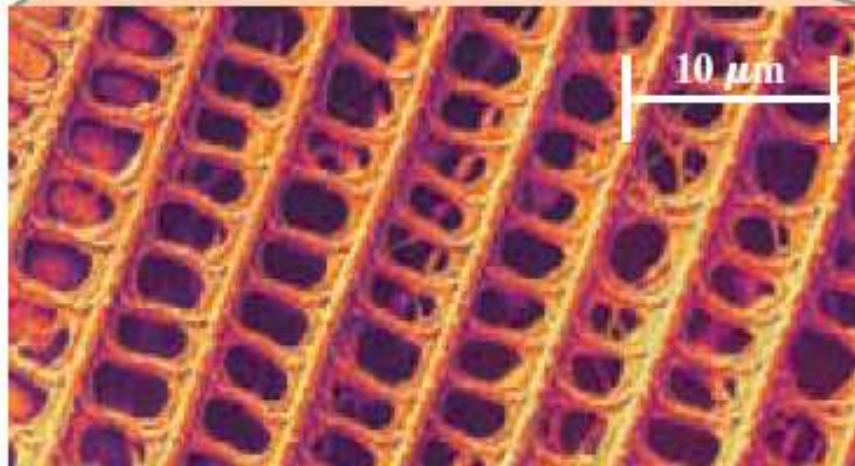


Red de difracción de transmisión



Ejemplo de red de difracción por reflexión: Las millones de escalas microscópicas en las alas de la mariposa tropical *Morpho peleides* se comportan como red de difracción.

Vistas desde el ángulo adecuado, estas escamas reflejan intensamente la luz azul, que es como un mecanismo de defensa.



Los destellos de luz que emiten las alas en movimiento de una *Morpho* pueden deslumbrar y aturdir momentáneamente a depredadores como lagartos y aves.

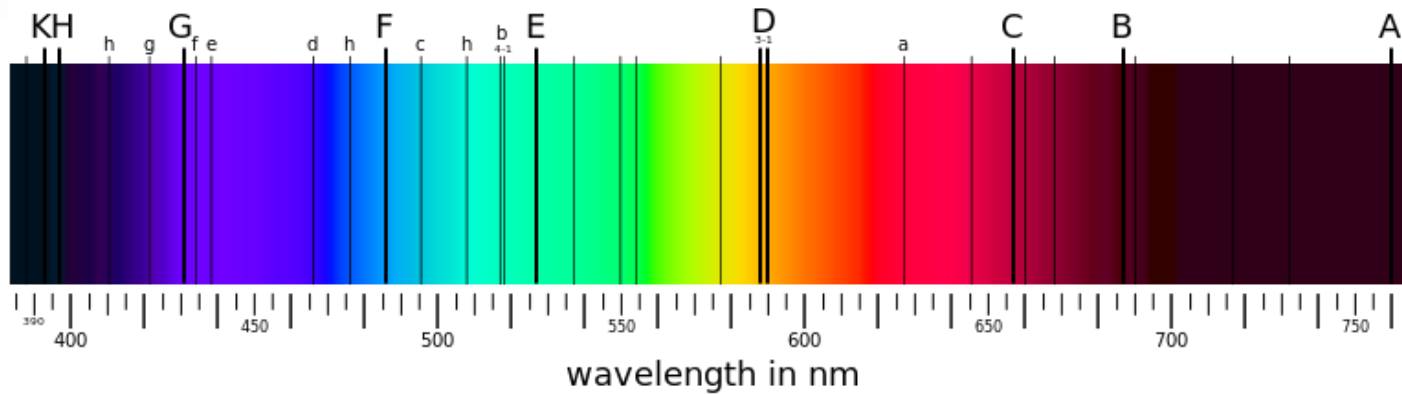
Las redes que se utilizan con luz visible (λ de 400 a 700 nm) tienen por lo regular unas 1000 ranuras por milímetro; el valor de d es el *recíproco* del número de ranuras por unidad de longitud, por lo que d es del orden de 0.001 mm = 1000 nm.

$$d \sin \theta = m \lambda \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots) \quad (\text{máximos de intensidad, ranuras múltiples})$$

Las líneas $m = \pm 1$ se llaman *líneas de primer orden*, las líneas $m = \pm 2$, *líneas de segundo orden*, y así sucesivamente.

ESPECTROSCOPIA

Espectro solar con líneas de absorción de Fraunhofer



Fraunhofer
(1787-1826)

Kirchhoff y Bunsen: Líneas de Fraunhofer coinciden con líneas de emisión características de elementos calentados. Composición de cuerpos celestes.

Las redes de difracción se utilizan extensamente para medir el espectro de la luz que emite una fuente.

La luz que incide en una red de espaciado conocido se dispersa para formar un espectro.

Se miden entonces los ángulos de desviación de los máximos y se calcula la longitud de onda con base en la ecuación anterior.

Utilizando una red con muchas ranuras, se obtienen máximos muy pronunciados y se puede medir con gran precisión el ángulo de desviación (y, por ende, la longitud de onda).



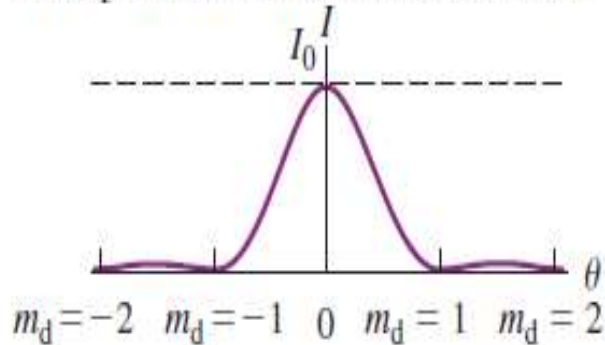
Fotografía de luz visible del Sol.



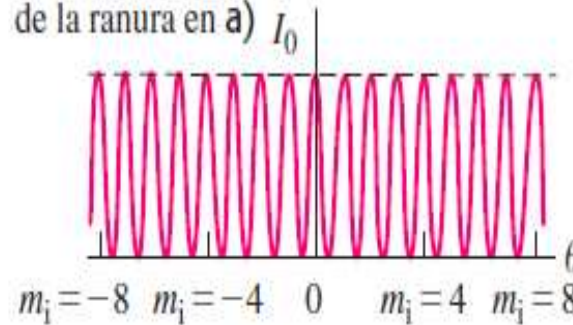
Una red de difracción dispersa la luz solar para formar un espectro. Ciertas longitudes de onda específicas son absorbidas cuando la luz solar pasa a través de la atmósfera del Sol, dejando líneas oscuras en el espectro.

Ejemplo: Cálculo del patrón de intensidad para dos ranuras de ancho finito:

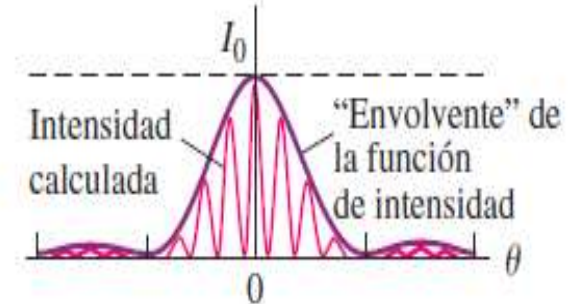
a) Patrón de difracción de una sola ranura correspondiente a una ranura de ancho a



b) Patrón de interferencia de doble ranura correspondiente a ranuras angostas, cuya separación d equivale a cuatro veces el ancho de la ranura en a) I_0



c) Cálculo del patrón intensidad para dos ranuras con ancho a y separación $d = 4a$, incluyendo los efectos tanto de la interferencia como de la difracción



La intensidad en una pantalla por transmisión o reflexión de una red difracción es:

$$I = I_0 \left[\frac{\sin(\beta / 2)}{\beta / 2} \right]^2 \left[\frac{\sin(N\phi / 2)}{\sin(\phi / 2)} \right]^2$$

Factor de difracción

Factor de interferencia

$$\beta = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta, \quad \phi = \frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta$$

Poder de resolución cromático

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} \quad (\text{poder de resolución cromático})$$

Dos longitudes de onda diferentes dan máximos de difracción a ángulos ligeramente distintos.

Como **criterio** razonable (aunque arbitrario), supongamos que podemos distinguirlas como dos crestas individuales si el máximo de una coincide con el primer mínimo de la otra.

El máximo de orden m se presenta cuando $\phi = 2\pi m$
El primer mínimo al lado de ese máximo aparece cuando $\phi = 2\pi m + 2\pi/N$

$$\phi = \frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta$$

$$\frac{2\pi}{N} = d\phi = \frac{2\pi d \cos \theta d\theta}{\lambda} \quad \longrightarrow \quad d \cos \theta d\theta = \frac{\lambda}{N}$$

la separación angular $d\theta$ entre máximos de dos longitudes de onda levemente distintas se puede calcular como la diferencia de $d \operatorname{sen} \theta_1 = m\lambda_1$ y $d \operatorname{sen} \theta_2 = m\lambda_2$

$$d \operatorname{sen} \theta_1 - d \operatorname{sen} \theta_2 = m\lambda_1 - m\lambda_2$$
$$d (\operatorname{sen} \theta_1 - \operatorname{sen} \theta_2) = m(\lambda_1 - \lambda_2)$$

$$d \cos \theta d\theta = m d\lambda$$

Criterio →

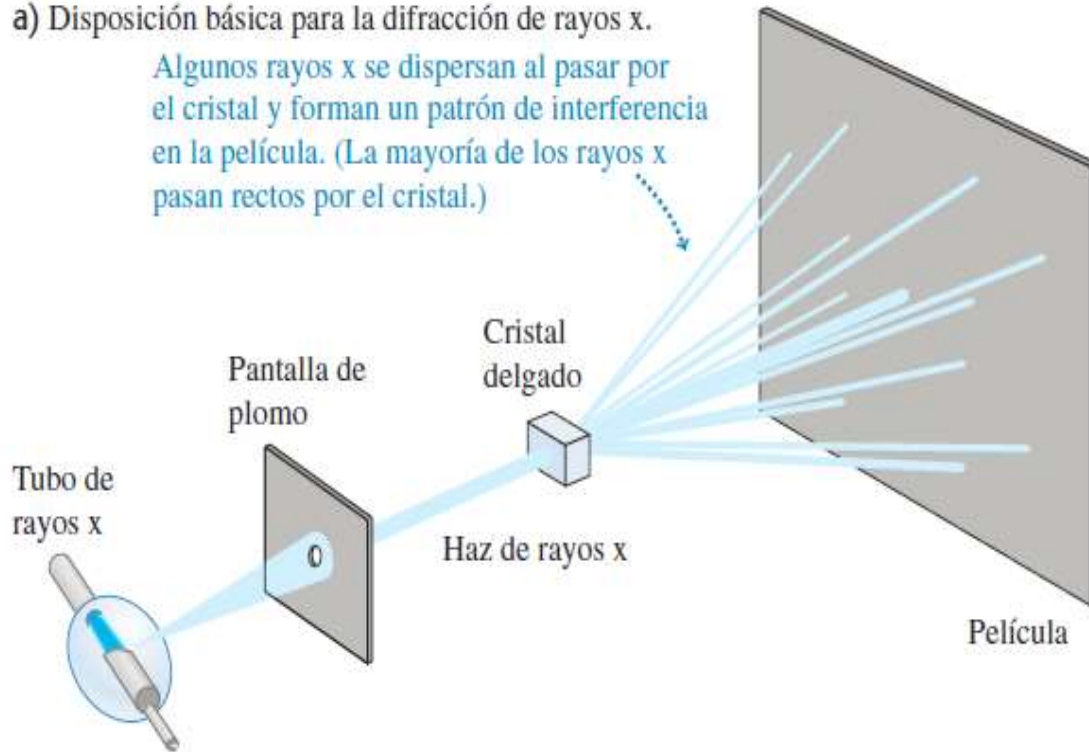
$$\frac{\lambda}{N} = m d\lambda \quad \text{y} \quad \frac{\lambda}{d\lambda} = Nm$$

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = Nm$$

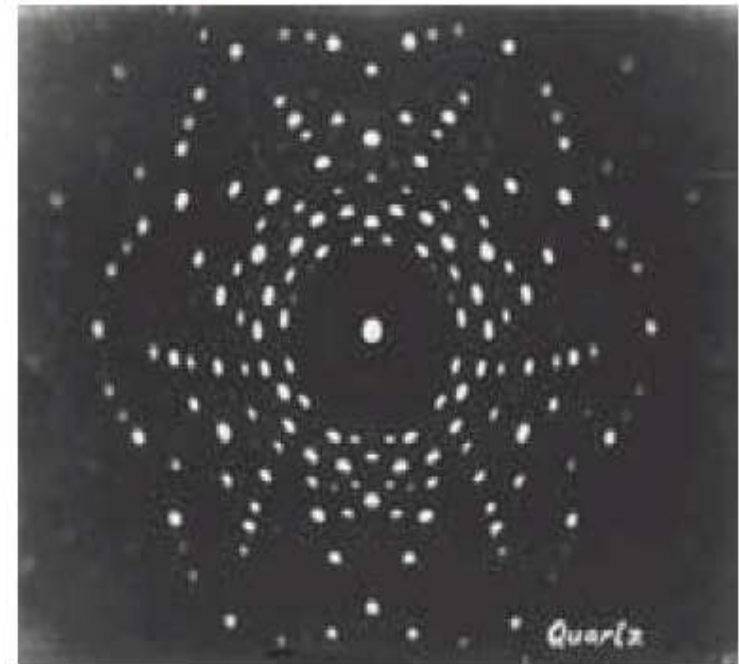
Ejemplo: Difracción de rayos X

a) Disposición básica para la difracción de rayos x.

Algunos rayos x se dispersan al pasar por el cristal y forman un patrón de interferencia en la película. (La mayoría de los rayos x pasan rectos por el cristal.)



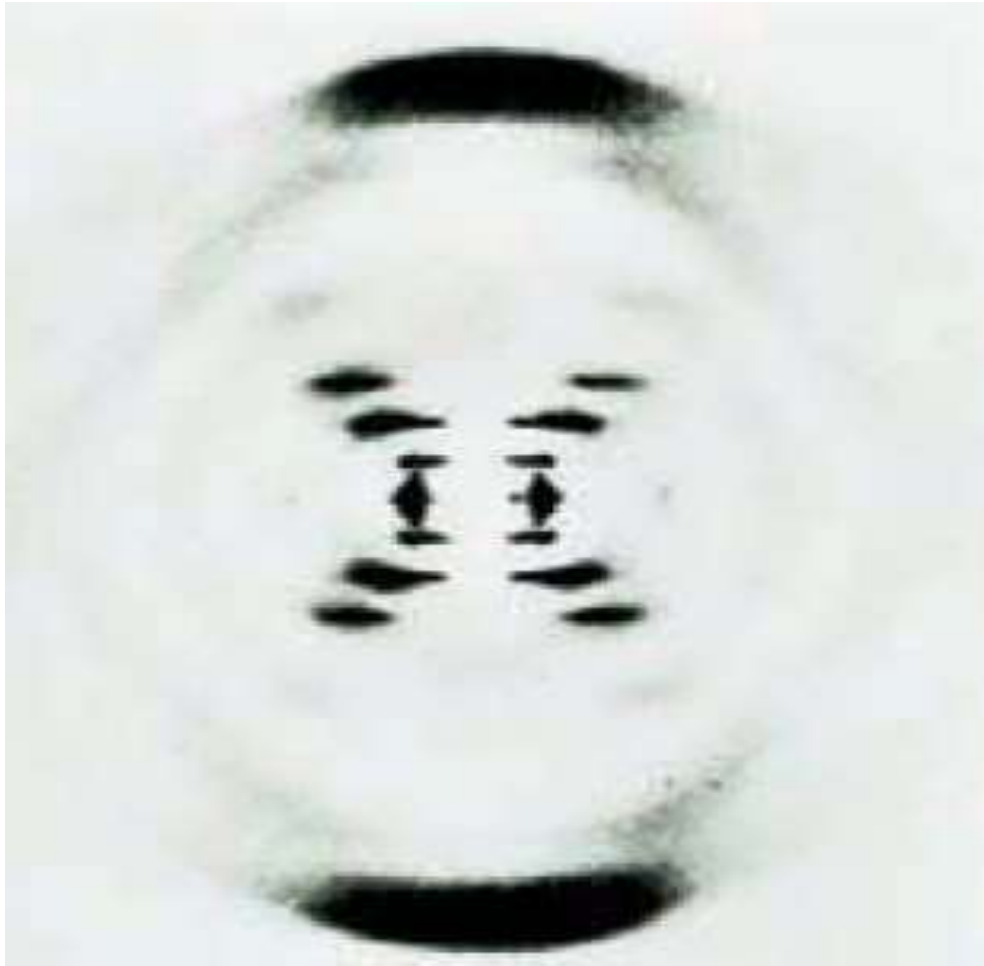
b) Patrón de difracción de Laue para una sección delgada de cristal de cuarzo



$$2d \sin \theta = m\lambda \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$$

(condición de Bragg para que haya interferencia constructiva desde una formación)

La científica británica Rosalind Franklin obtuvo esta revolucionaria imagen de difracción de rayos X del DNA en 1953.



Las bandas oscuras dispuestas en cruz suministraron la primera prueba de la estructura helicoidal de la molécula de DNA.