

# Clase 08

1er parte: Interferencia (Biprisma de Fresnel)

2da parte: Difracción

Laboratorio de física 2 para químicos

# 1era parte

## Interferencia: Biprisma de Fresnel

# 1) Explicación teórica: Interferencia

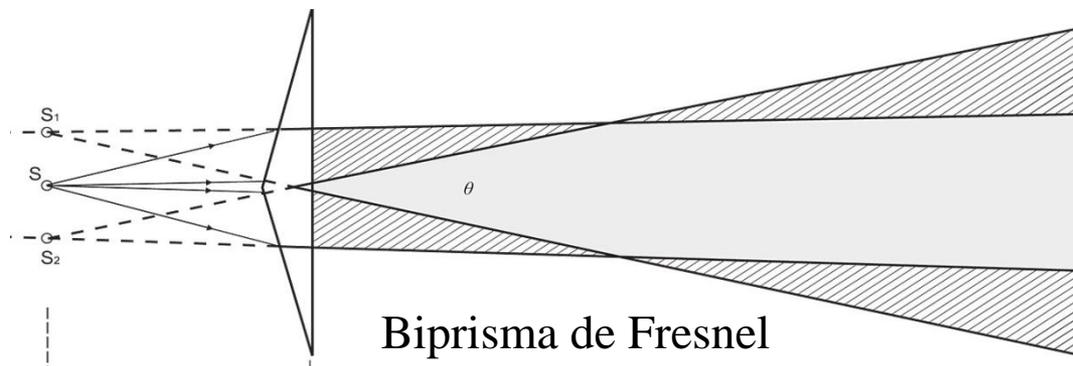
➤ El biprisma de Fresnel es un interferómetro de **división de frente de onda** similar al experimento de la **doble rendija de Young**. Es la forma experimental de generar dos fuentes **coherentes**.

➤ Este consta de dos prismas delgados que sirven para generar dos imágenes coherentes de una fuente (rendija iluminada) de modo tal que la luz proveniente de ambas da lugar a interferencias en la zona situada a continuación del biprisma.

➤ Estas son franjas reales **no localizadas**, es decir pueden verse en una pantalla en toda una región que se extiende más allá del biprisma.

➤ Se puede demostrar que el plano donde se encuentran ubicadas las fuentes virtuales generadas por el biprisma es el mismo plano en el cual está ubicada la rendija.

➤ En cada punto del espacio donde la diferencia de camino óptico, de las ondas provenientes de cada fuente, es igual a un número entero de longitudes de onda habrá interferencia constructiva y se verá una franja brillante.



# 1) Explicación teórica: Interferencia

➤ De esta forma, se puede calcular que la separación entre franjas viene dada por:

$$\Delta y = L * \lambda / d$$

Si vale la aproximación paraxial,  $L \gg d$

Donde:

$\Delta y$  = distancia entre dos máximos brillantes consecutivos (interfranja)

$L$  = distancia entre el plano de las fuentes virtuales y el plano donde se observa la interfranja

$d$  = distancia entre fuentes virtuales

➤ En el caso que la aproximación paraxial **no es válida** (o sea,  $L \sim d$ ), se debería de usar la siguiente relación:

$$\Delta y = \frac{\lambda}{d} \sqrt{L^2 + \Delta y^2}$$

Donde:

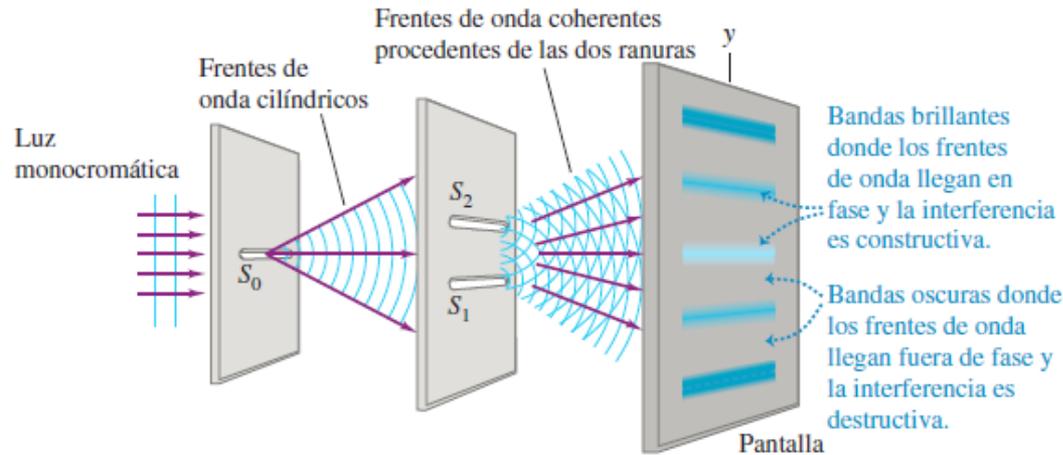
$\Delta y$  = distancia entre dos máximos brillantes consecutivos (interfranja)

$L$  = distancia entre el plano de las fuentes virtuales y el plano donde se observa la interfranja

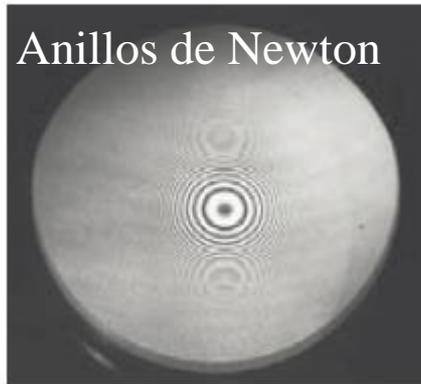
$d$  = distancia entre fuentes virtuales

# 1) Explicación teórica: Interferencia

a) Interferencia de las ondas de luz que pasan a través de dos ranuras



Física Universitaria con física moderna-SEARS • ZEMANSKY Volumen 2



Observación: Un ejemplo de interferómetro de **divisor de amplitud** son los Anillos de Newton

## 2) Objetivos de la práctica: Interferencia

- Estudiar el interferómetro Biprisma de Fresnel a partir de una simulación, obteniendo  $\lambda$  del ajuste correspondiente.
- Determinar si es válida la aproximación paraxial.

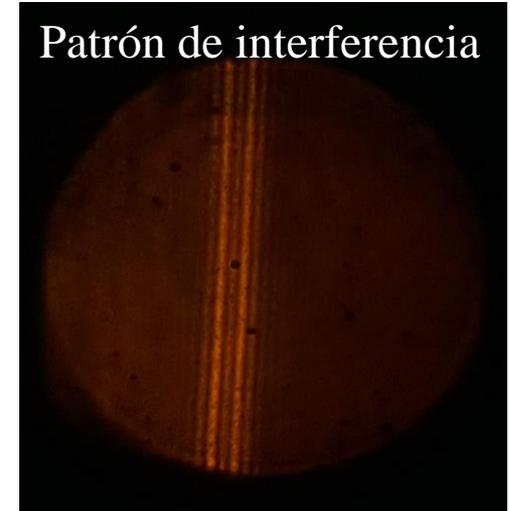
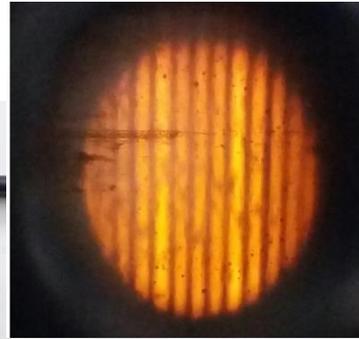
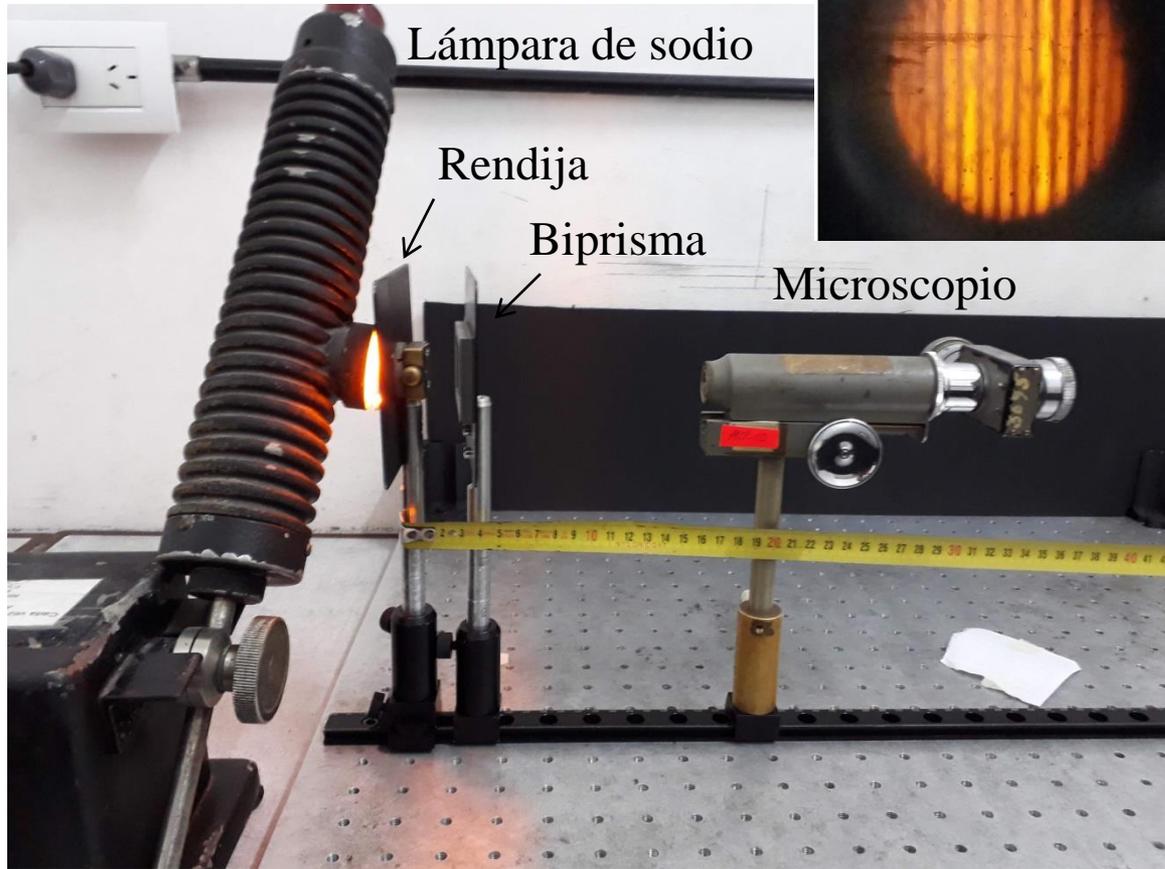
## 3) Arreglo experimental: Interferencia

- Usar el applet: <https://ophysics.com/15.html>
- Variar la distancia entre fuentes virtuales,  $d$  (“slit distance”) y medir la interfranja  $\Delta y$ .
- De un ajuste (decidir qué variables graficar) obtener  $\lambda$  y corroborar el resultado con el valor prefijado. ¿Vale o no vale la aproximación paraxial?

Observación: uso el valor de  $L$  del simulador.

### 3) Arreglo experimental: Interferencia

-En el laboratorio



El patrón es muy pequeño por lo que se debe usar un microscopio.



Video demostrativo: <https://www.youtube.com/watch?v=qUYU5WV0V5Q>

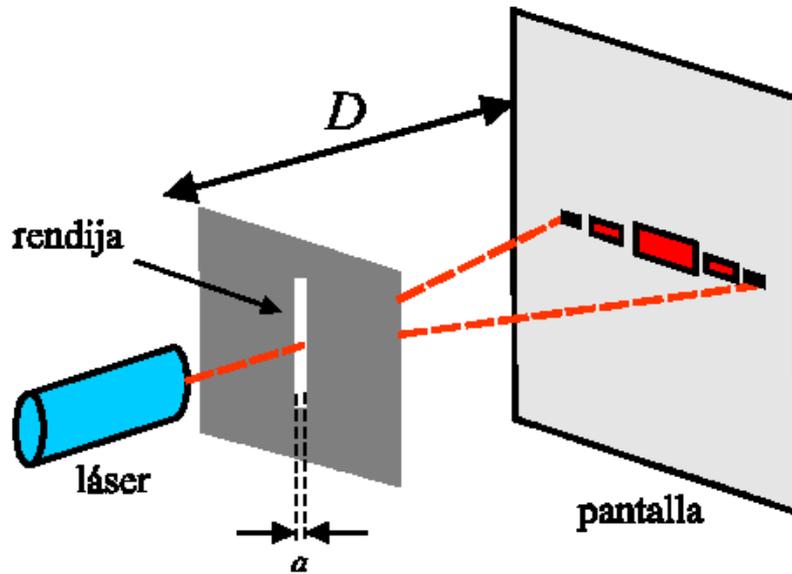
[http://www.ugr.es/~laboptic/s6\\_new\\_1213.htm](http://www.ugr.es/~laboptic/s6_new_1213.htm)

# 2da parte

# Difracción

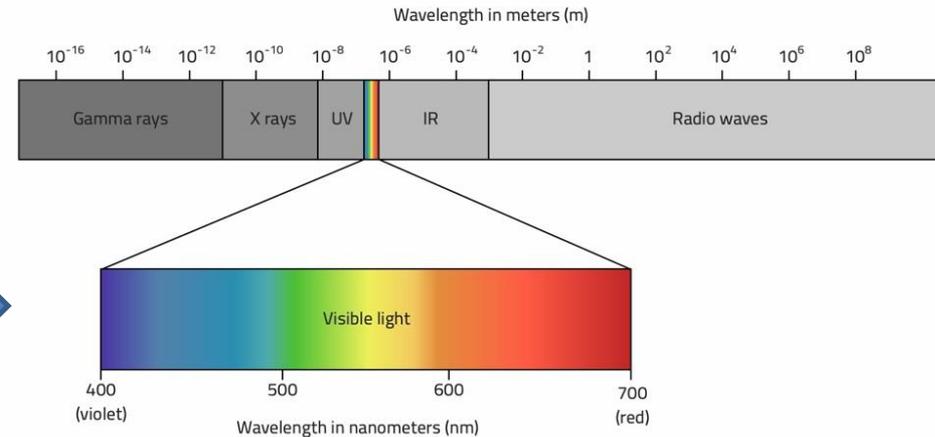
# 1) Explicación teórica: Difracción

- Se tiene una fuente de luz (ej: láser) que ilumina una abertura de ancho  $a$ .
- A una distancia  $D$  se observa el patrón de difracción sobre una pantalla.



← Experimento

Espectro electromagnético →

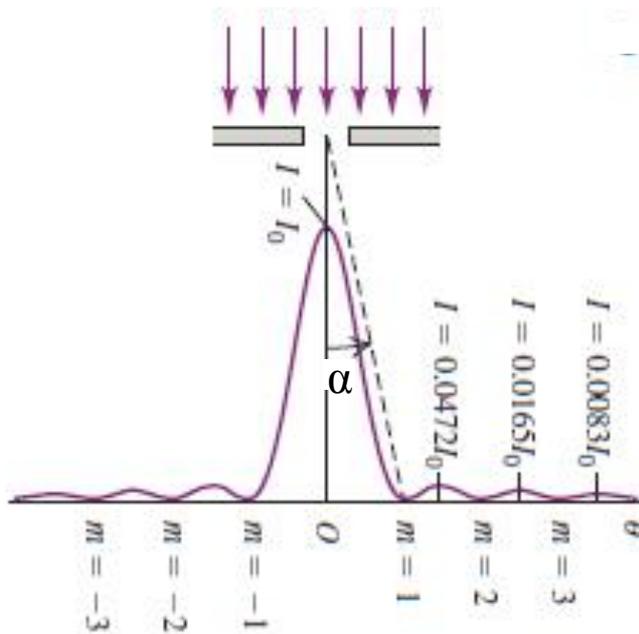


# 1) Explicación teórica: Difracción

-Sabido que la relación entre los mínimos de difracción, el ancho de la rendija  $a$  y la longitud de onda  $\lambda$  están dados por la relación:

$$y_n^{(\text{min})} = n \cdot \frac{D \cdot \lambda}{a}, \quad n = \pm 1, \pm 2, \dots$$

Donde  $n$  es el orden del  $n$ -ésimo mínimo y  $D$  es la distancia rendija–pantalla.



Física Universitaria con física moderna-SEARS • ZEMANSKY Volumen 2

# 1) Explicación teórica: Difracción

- La distribución de intensidad de las figuras de difracción,  $I$  vs posición, es:

$$I = I_0 \cdot \left( \frac{\text{sen}(z)}{z} \right)^2 \quad \text{Donde:} \quad z = \pi \cdot \frac{a}{\lambda} \cdot \text{sen}(\alpha)$$

El ángulo  $\alpha$  mide la apertura angular de la figura de difracción respecto del máximo central y verifica:

$$\text{tg}(\alpha) = \frac{y}{D}$$

Siendo  $y$  la coordenada sobre la pantalla.

## 2) Objetivos de la práctica: Difracción

- Estudiar la figura de difracción producida por una ranura rectangular localizando sus mínimos con el programa **Image J**.
- Levantar el perfil de intensidad formada por dicha ranura usando el mismo programa.
- Analizar de forma cualitativa otras figuras de difracción producidas por aberturas y obstáculos.

## 3) Arreglo experimental: Difracción

-Usar el applet:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_en.html)

- Elegir el experimento de difracción y dentro del mismo, elegir la opción de ranura.
- Elegir una longitud de onda y una ranura donde el ancho (“width”) sea **menor** que la altura (“height”), dado que se estudiará el patrón de difracción en la dirección horizontal.
- Tomar una captura de pantalla y levantar la imagen con el programa **Image J** (<https://imagej.nih.gov/ij/download.html>).
- **Importante!** Recortar la imagen de forma conveniente pero mantener la escala.

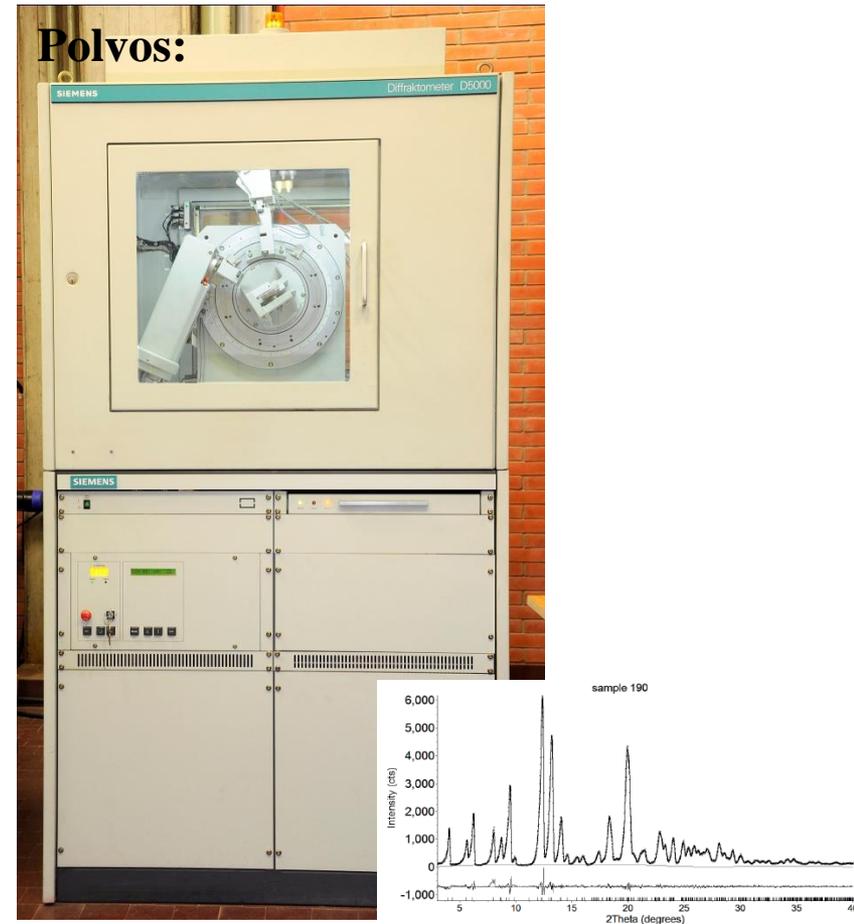
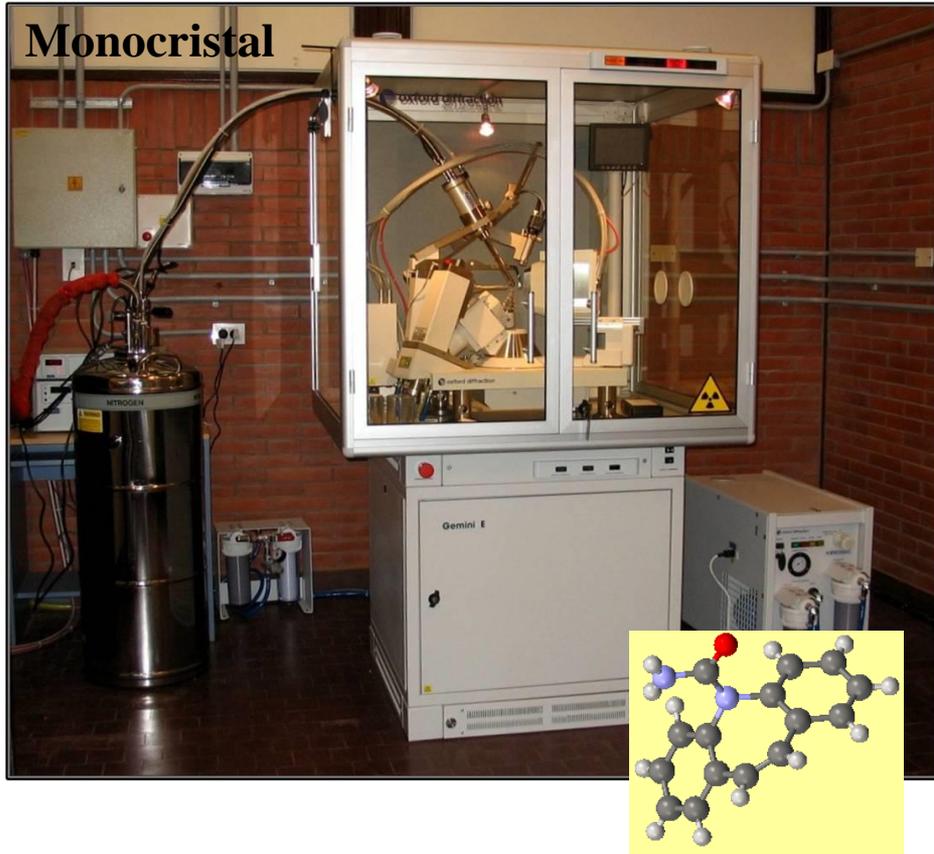
### 3) Arreglo experimental: Difracción

- Con el **Image J** graficar el perfil de intensidades,  $I$ , en función de la posición y (ver **Tutorial Imaje J**)
- Exportar los datos del perfil de intensidades a Origin, y centrar el perfil para que el orden 0 coincida con el valor máximo de intensidades (la imagen pueden estar saturada por lo que el máximo principal puede estar recortado).
- Luego con la misma imagen, localizar los mínimos de posición de intensidad,  $y_n^{\min}$ , del patrón de difracción.
- Graficar  $y_n^{\min}$  vs orden  $n\lambda/a$  y determinar la distancia  $D$  (distancia rendija–pantalla).
- Observación 1: para poder medir los mínimos se debe previamente calibrar los pixeles en nm según la escala que muestra el programa. Ver material en adicional: **Tutorial Image J**
- Por último, estudiar otros patrones de difracción usando las aberturas y obstáculos que ofrece el applet. ¿Qué conclusiones obtiene en cada caso?

Observación 2: ¿Cómo podemos centrar los mínimos? Restar a todos la **posición** del máximo de intensidad.

## 4) Técnicas y aplicaciones: Difracción

➤ Técnica de difracción por Rayos X: técnica usual en cualquier laboratorio de caracterización de muestras (caso de DRX polvos; monocristal sólo 3 en el país)



**Determinación de estructuras**

<http://drx.qi.fcen.uba.ar/>

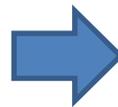
## 4) Técnicas y aplicaciones: Difracción

➤ Técnica de difracción por neutrones: (una de las tantas técnicas que se va a tener el lahn)



<http://www.lahn.cnea.gov.ar/>

Ejemplo de Tomografía con rayos X y con neutrones



This figure was made by [Anton S. Tremsin](#)

## 4) Técnicas y aplicaciones: Difracción

➤ Técnica de difracción por luz de sincrotrón: amplio espectro de longitudes de onda entre otras ventajas.

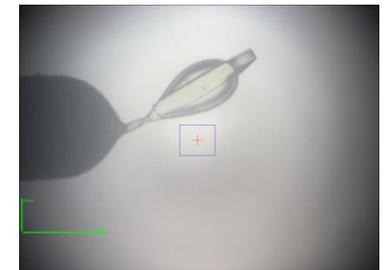
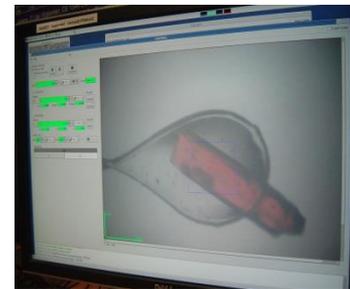
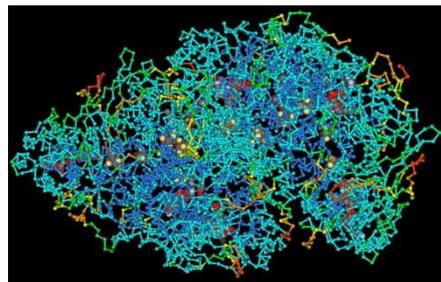
-Campinas, San Pablo, Brasil (hay otros sincrotrones en el mundo)



LNLS: Laboratorio Nacional de Luz de Sincrotrón (Brasil)

<https://www.lnls.cnpem.br/>

Ej: Determinación de macromoléculas



Cristales biológicos- Dr. S Klinke (Leloir)

Pausa

Volvemos en 10 min

# Armado de salas de trabajo con Zoom en grupos de 2 personas

Subir figuras a:

<https://docs.google.com/document/d/1n4xQhbDnDOZLi7CyXLeZ2eGQBYpYaFHxLiI9w1TXm9o/edit?usp=sharing>

## Trabajo en salas por 1 hora

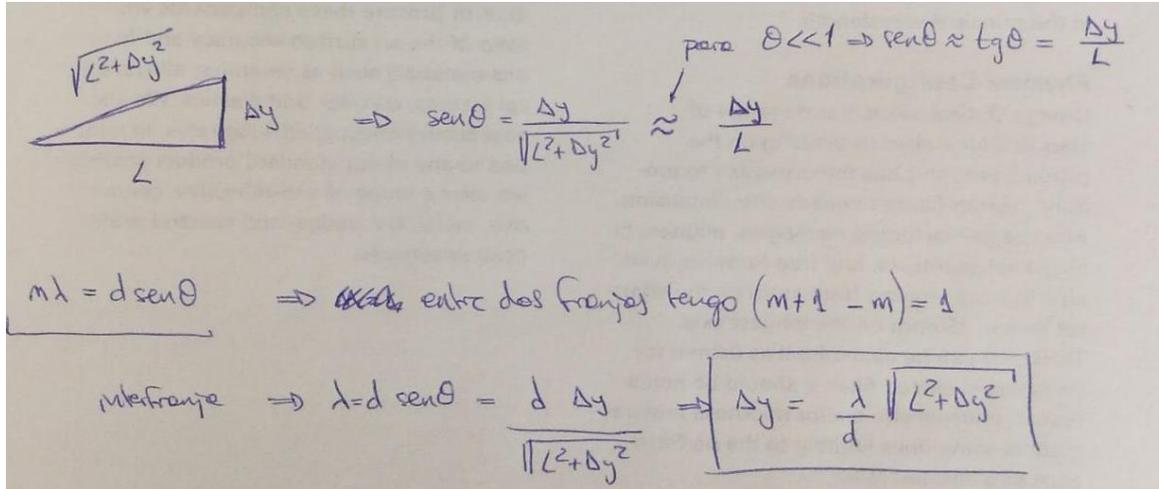
# Resultados de 1era parte

## Interferencia: Biprisma de Fresnel

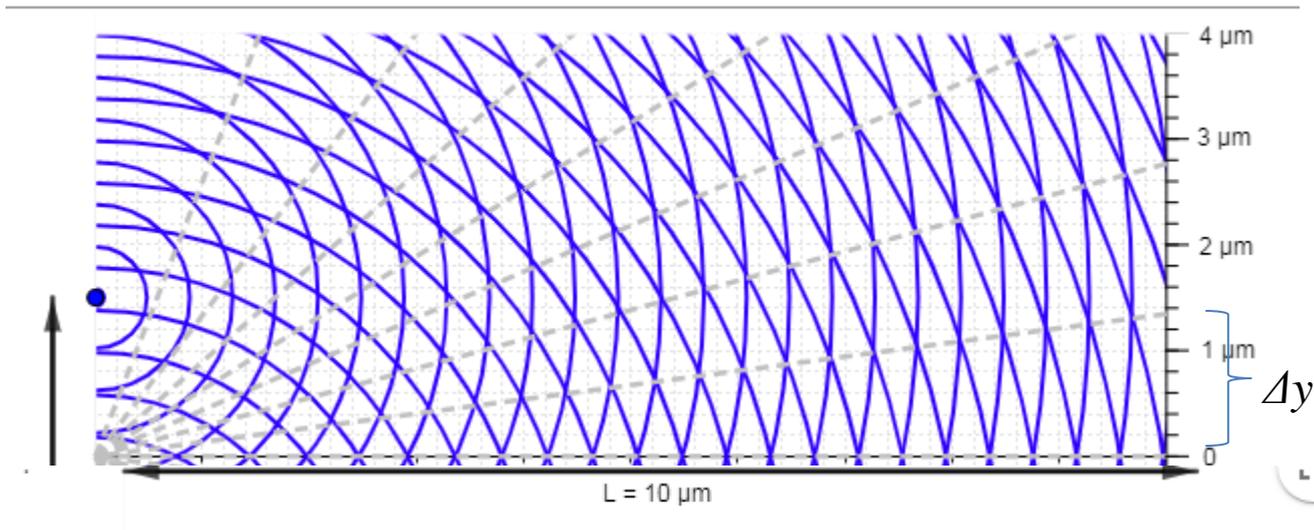
## 4) Resultados y análisis: Interferencia

-En el simulador no se cumple la aproximación paraxial ( $1\mu\text{m} < d < 3\mu\text{m}$  y  $L = 10\mu\text{m}$ )

Deducción:

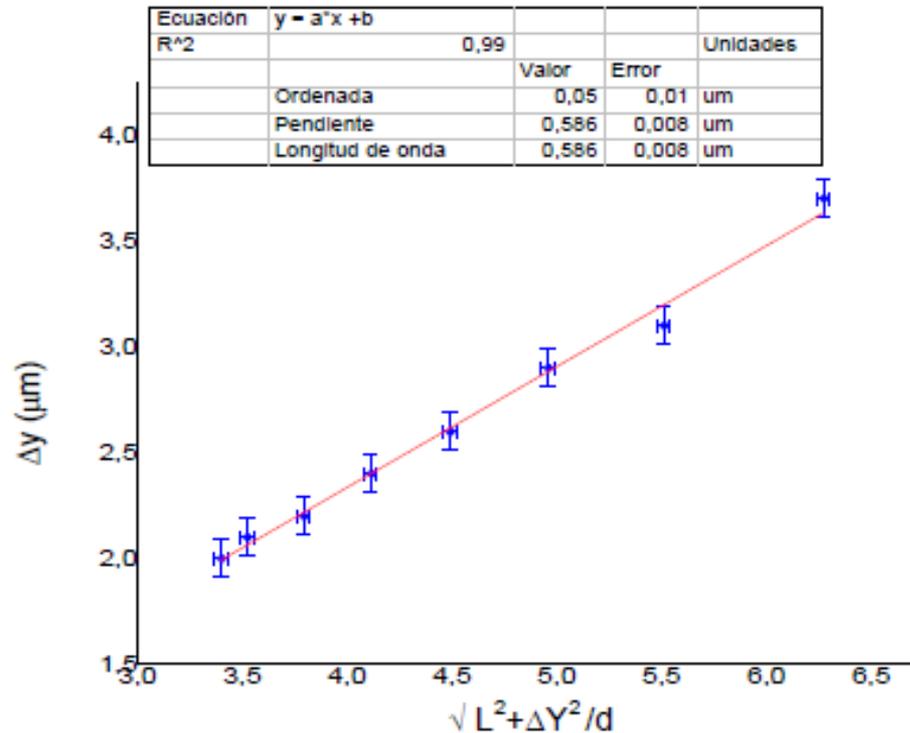


$\sqrt{L^2 + \Delta y^2}$   
 $L$   $\Delta y$   $\Rightarrow \sin\theta = \frac{\Delta y}{\sqrt{L^2 + \Delta y^2}} \approx \frac{\Delta y}{L}$  para  $\theta \ll 1 \Rightarrow \sin\theta \approx \tan\theta = \frac{\Delta y}{L}$   
 $m\lambda = d \sin\theta \Rightarrow$  entre dos franjas tengo  $(m+1 - m) = d$   
 entre franjas  $\Rightarrow \lambda = d \sin\theta = \frac{d \Delta y}{\sqrt{L^2 + \Delta y^2}} \Rightarrow \Delta y = \frac{\lambda}{d} \sqrt{L^2 + \Delta y^2}$



## 4) Resultados y análisis: Interferencia

-Al graficar  $\Delta y$  vs  $\sqrt{L^2 + \Delta y^2}$  se obtiene  $\lambda$  de la pendiente, que se puede comparar con el valor que figura en el applet.



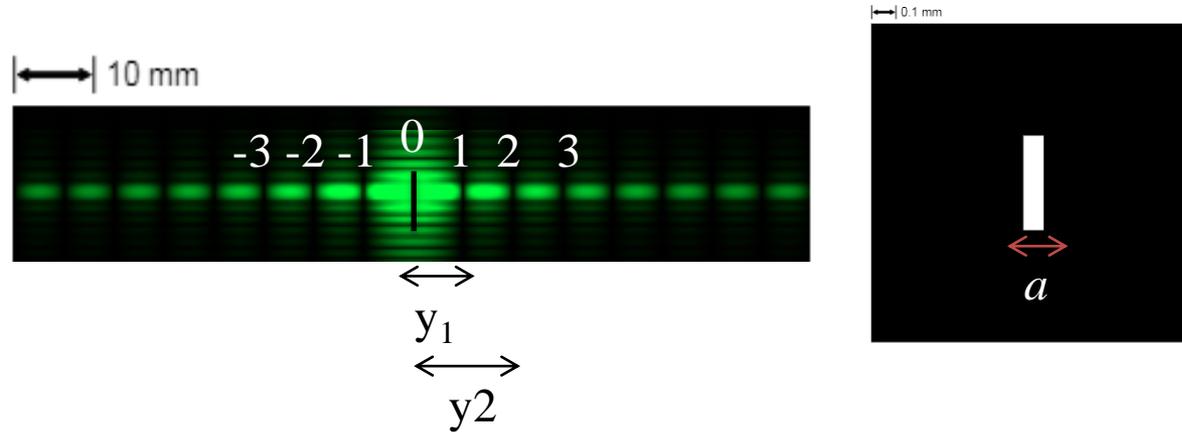
Observación: Como la relación entre  $\Delta y$  y  $\lambda$  es proporcional, se va a observar que al aumentar  $\lambda$  también aumenta la interfranja y van variando los colores del patrón de interferencia de acuerdo a los valores de  $\lambda$ .

# Resultados de 2da parte

## Difracción

## 5) Resultados y análisis

➤ Ej: Patrón de difracción para  $\lambda = (511 \pm 1) \text{ nm}$  y  $a = (0.08 \pm 0.01) \text{ mm}$ .

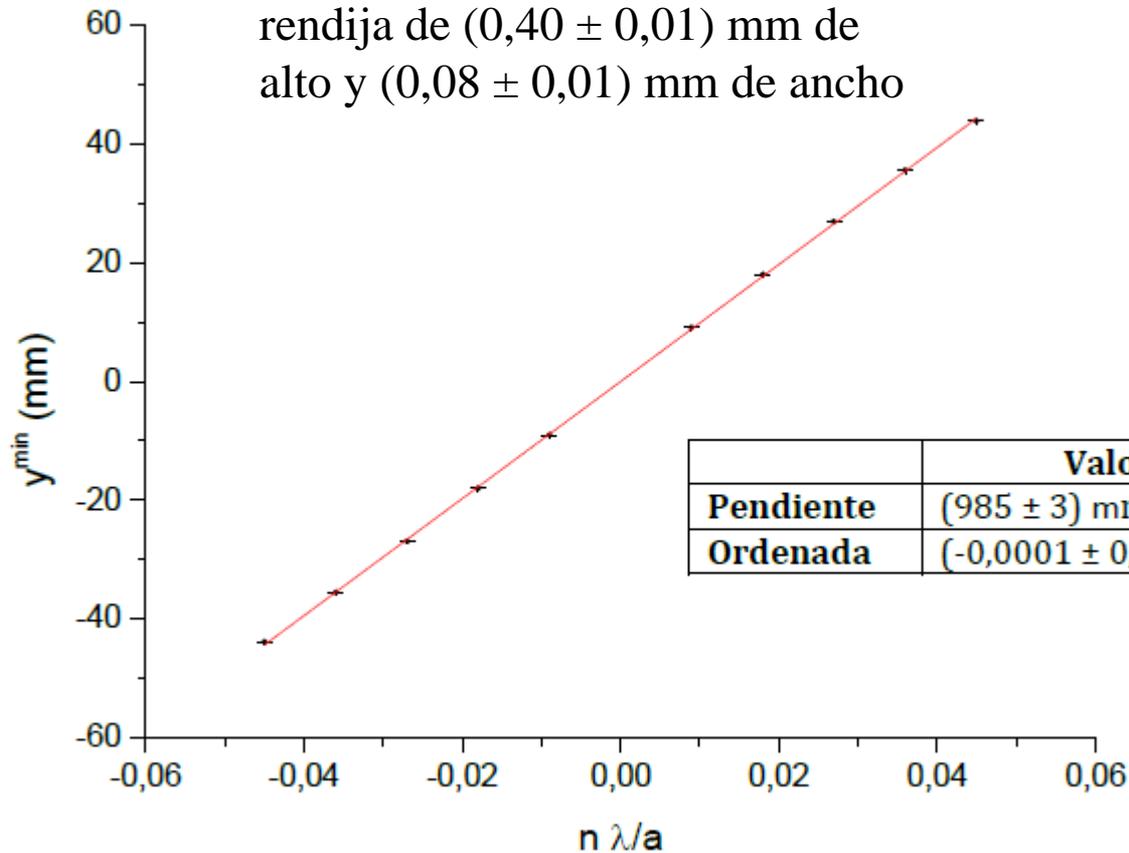
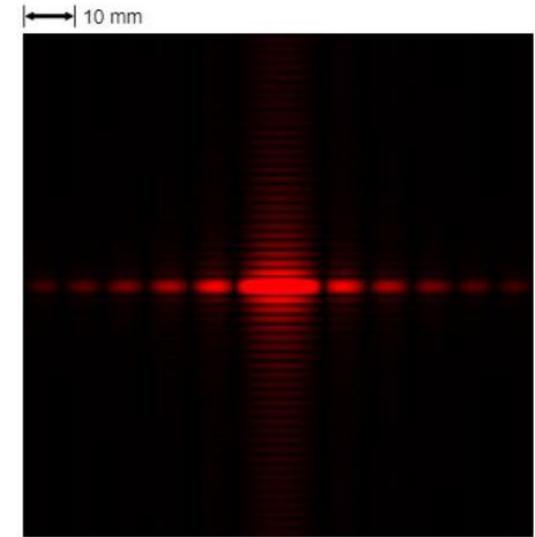


Comentario: el patrón de difracción se observa en el espacio recíproco.

## 5) Resultados y análisis

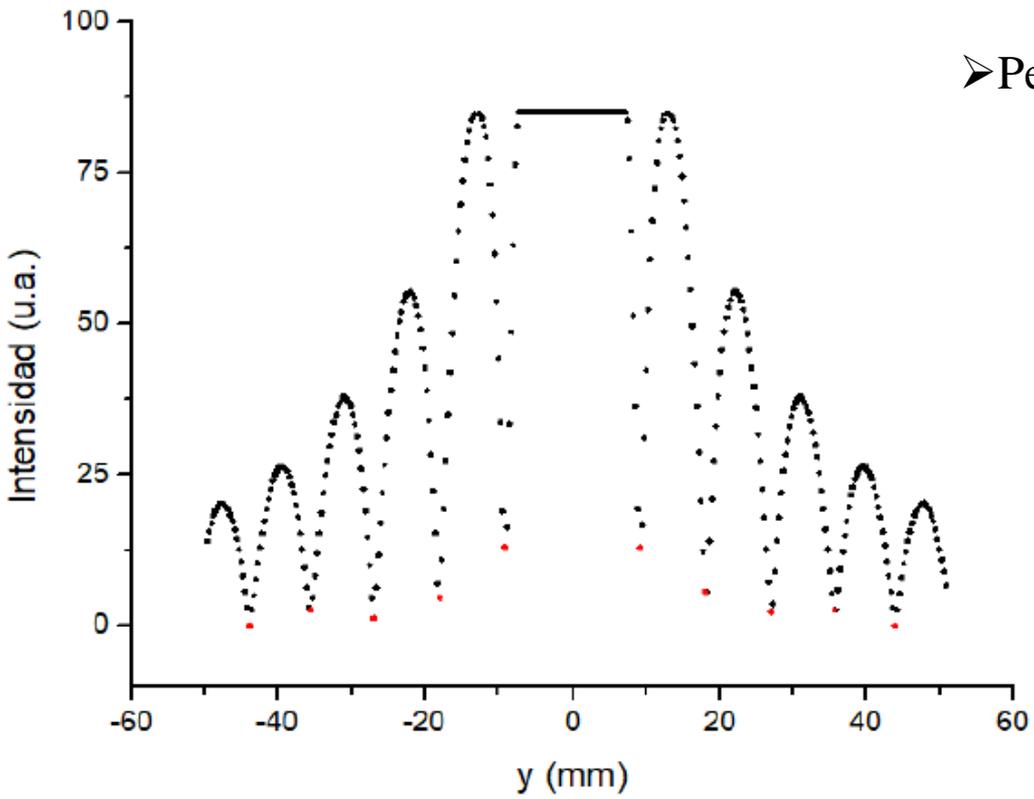
➤ Gráfico de  $y$  vs  $n$ :

Caso:  $\lambda=719$  nm  
 rendija de  $(0,40 \pm 0,01)$  mm de  
 alto y  $(0,08 \pm 0,01)$  mm de ancho

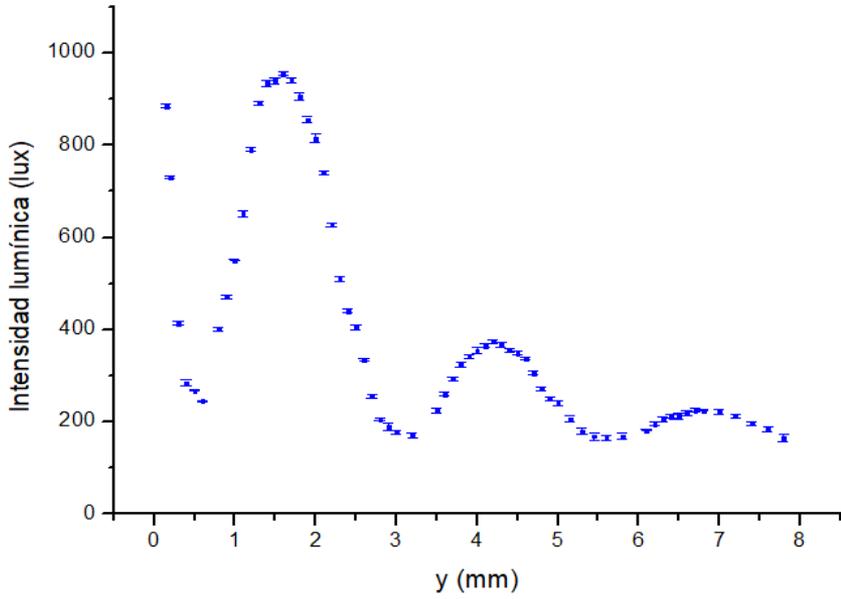


# 5) Resultados y análisis

➤ Perfil de intensidades  $I$  vs  $y$  (para el caso anterior)



➤ Perfil de intensidades medido en laboratorio:

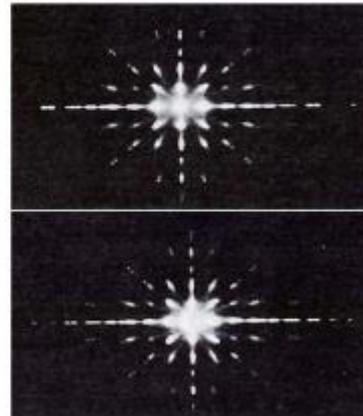
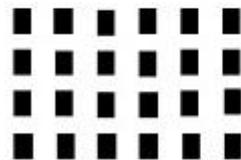
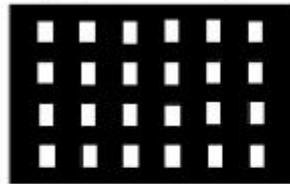


## 5) Resultados y análisis

➤ Estudio de aberturas y obstáculos:

Comentario: El sistema ranura-obstáculo de igual dimensión corresponden a los tipos de sistemas llamados complementarios, es decir, que si se superponen completan una pantalla opaca. Una característica notable de estos sistemas es que forman las mismas figuras de difracción. Este resultado se conoce como *principio de Babinet*

*Ejemplo (experimental):*



Universidad de Cantabria-J.M. Saiz 2010 (<https://es.slideshare.net/saizvj/optica-fisica-leccin-3>)

## 5) Resultados y análisis

➤ Estudio de aberturas y obstáculos: algunos ejemplos del applet

-Hacer descripción cualitativa, poner condiciones (abertura utilizada, tamaños, escala, etc)

