



# FISICA II

## TRABAJO PRÁCTICO Nº 5:

### ÓPTICA FÍSICA

Alumnos:

De Giorgio, Ignacio 61527

Guazzaroni, Luca 62630

Trinfetti, María Lucrecia 60096

Zuin, Catalina 60697



## Introducción

El presente trabajo, correspondiente al tercer laboratorio de la materia “Física II” tiene por objetivos ampliar conocimientos como así también conocer más acerca de temas que están estrechamente relacionados con óptica, temáticas que son, sin duda, muy importantes e interesantes de aprender: “difracción e interferencia”.

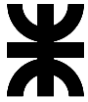
Por lo tanto, se puede definir a los conceptos antes nombrados de la siguiente manera:

La **difracción** es uno de los fenómenos más importantes relacionados con el carácter ondulatorio de la luz que se observa cuando un frente de ondas se encuentra con un obstáculo o una rendija de dimensiones comparables a su longitud de onda ( $\lambda$ ). El obstáculo, que puede ser un pequeño objeto (cabello, hilo fino, etc) interrumpe el paso de una pequeña porción del frente de ondas mientras la rendija permite el paso sólo a una pequeña porción del mismo. Si se utilizan obstáculos o rendijas rectangulares muy estrechos y ondas incidentes planas, se observará, a una distancia suficientemente grande, la difracción de Fraunhofer, un fenómeno en honor al físico alemán Joseph Von Fraunhofer (1787-1826). Este fenómeno permitirá relacionar de manera matemáticamente sencilla el ancho del obstáculo o de la rendija y de la longitud de onda con las características del patrón de difracción observado.

Si se irradian varios obstáculos o rendijas se produce además la interferencia de las ondas refractadas por cada rendija. El patrón correspondiente es un patrón de interferencia que está modulado por la difracción.

La **interferencia** es cualquier proceso que altera, modifica o destruye una señal durante su trayecto en el canal existente entre el emisor y el receptor. La palabra destrucción, en este caso, debe entenderse en el sentido de que las ondas cambian de forma al unirse con otras, es decir, después de la interferencia normalmente vuelven a ser las mismas ondas con la misma frecuencia.

A lo largo de este trabajo se verán dos experiencias en relación a los temas planteados.



## Teoría

Los fenómenos físicos que distinguen las ondas de las partículas son la interferencia y la difracción explicadas anteriormente. El fenómeno de interferencia de la luz al atravesar una doble rendija fue comprobada experimentalmente por el científico inglés Tomás Young, cuando utilizando la luz del sol y un simple dispositivo (dispositivo de Young), determinó la longitud de onda de las ondas luminosas.

En el presente experimento contamos con un sistema óptico conformado con los siguientes dispositivos: accesorio de Rendijas PASCO OS-8523, Láser Diode PASCO OS-8525, Banco de óptica PASCO OS-8515, el cual genera dos fuentes luminosas coherentes situadas en S iluminando dos rendijas, paralelas con una sola fuente, desde F, Figura 1. En el experimento cada rendija, separadas entre sí una distancia  $d$ , Figura 2, actúa como una fuente. El diagrama de interferencia se observa sobre una pantalla, situada en P bastante alejada de las rendijas.

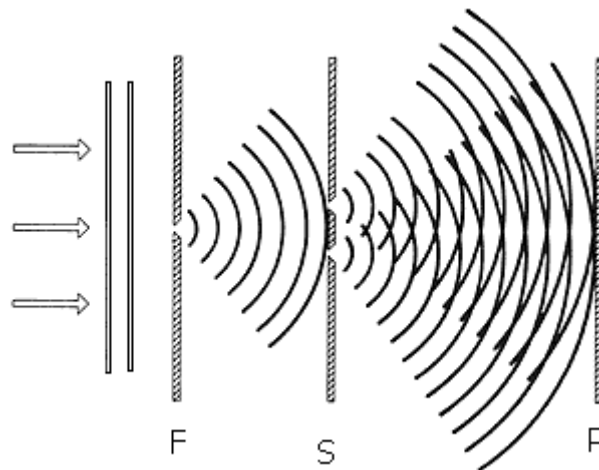


Figura 1

Lo que se observa en P es un diagrama de interferencia que solo puede explicarse teniendo la luz un comportamiento ondulatorio. Se alternan las zonas de máximos, donde tenemos luz, con las de mínimos.

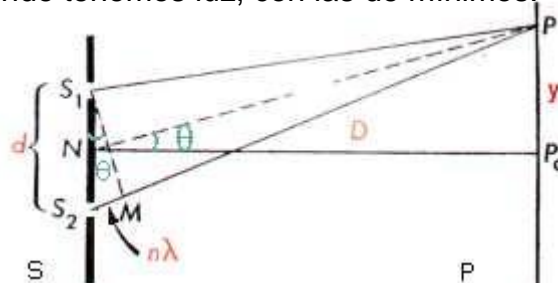


Figura 2



A distancias muy grandes de las rendijas, las líneas que van desde las mismas a un cierto punto P situado sobre la pantalla son aproximadamente paralelas y la diferencia de caminos ópticos es aproximadamente  $d \sin \theta$ . Cuando la diferencia de caminos ópticos es un número entero de longitudes de onda,  $\lambda$ , la interferencia es constructiva. Así pues, tenemos máximos de interferencia cuando:

$$d \sin \theta = n \lambda \quad (n=0,1,2,3,\dots) \quad [1]$$

Para ángulos pequeños,  $\sin \theta \approx \theta$ ,

$$d \theta \approx n \lambda \quad (n=0,1,2,3,\dots) \quad [2]$$

La separación angular entre franjas vecinas será igual a la diferencia entre  $\theta_{n+1}$  y  $\theta_n$ ,  $\Delta \theta$ ,

$$\Delta \theta = \lambda / d \quad [3]$$

Este ángulo se relaciona con la distancia medida en la pantalla desde el máximo central,  $y$ , y la distancia de las rendijas a la pantalla de observación,  $D$ , a través de la expresión

$$\tan \theta = y / d \quad [4]$$

Aproximando de nuevo para ángulos pequeños, la separación entre franjas brillantes vecinas medida en la pantalla es,

$$\Delta y = \lambda D / d \quad [5]$$

Y de aquí se determina, conociendo la separación entre las rendijas y la pantalla,  $D$ , la longitud de onda conociendo la separación entre las rendijas,  $d$ , o dicha separación conociendo la longitud de onda de la luz incidente.

Si solo tendríamos un diagrama de interferencia sería de esperar que todos los máximos se vieran con la máxima intensidad independientemente de lo alejados que estarían de  $P_0$ .

Esta suposición es cierta si la anchura de cada una de las rendijas, de  $S_1$  y de  $S_2$ , es muy estrecha. Cuando la rendija no es estrecha, la intensidad recibida en la pantalla no es independiente del ángulo sino que disminuye cuando aumenta el ángulo. A este fenómeno se le conoce con el nombre de difracción.

Cuando los diagramas pueden observarse a grandes distancias del obstáculo o abertura, de modo que los rayos que alcancen un punto cualquiera sean aproximadamente paralelos la difracción es la de Fraunhofer.

Para una sola rendija en la Figura 3 se muestra el diagrama de intensidad sobre una pantalla lejana en función de  $y$ . La intensidad es máxima en la dirección normal,  $y = 0$ ,  $\theta = 90^\circ$ , y disminuye hasta cero para un ángulo que depende de la anchura de la rendija,  $a$ , y de la longitud de onda. La mayor parte de la intensidad luminosa se concentra en un amplio máximo central de



difracción, aunque existen bandas de máximos secundarios menores a cada lado del máximo central. Los primeros valores nulos de la intensidad se presentan para ángulos dados por:

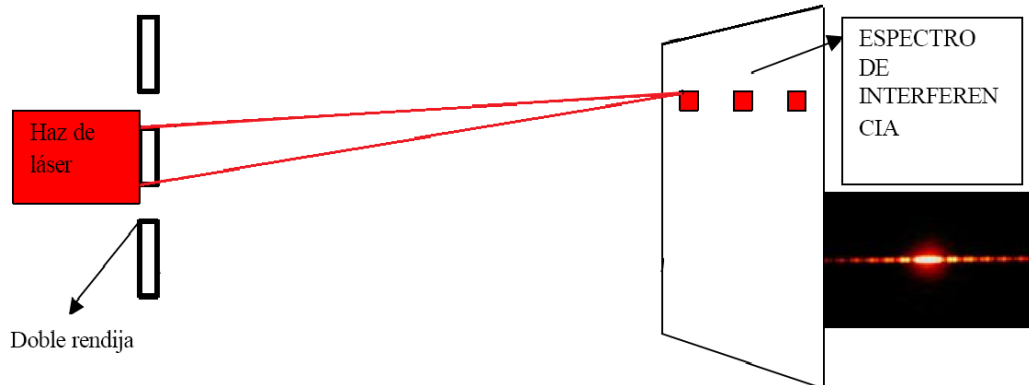
$$\text{sen}\theta = \lambda/a \text{ [6]}$$

Si la anchura es muy pequeña, el ángulo aumenta y disminuyen como se comentó anteriormente los efectos de la difracción. Si la anchura es muy grande no se producen fenómenos de difracción ni de interferencia y no se puede estudiar el comportamiento ondulatorio de la luz. En este caso la naturaleza es de tipo corpuscular.



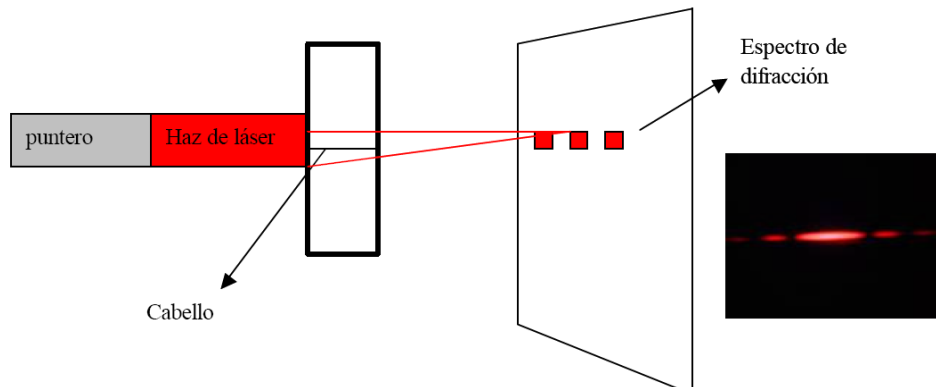
## Datos y mediciones

En el correspondiente laboratorio se tuvieron como objetivos la búsqueda del valor de  $\lambda$  y luego con el mismo, el valor del espesor de un cabello. Por lo que realizamos mediciones para graficar la función, que en principio debería dar una recta, donde la pendiente nos permitiría alcanzar el valor del error de  $\lambda$  buscado. Una imagen estimativa de la experiencia es la siguiente:



Luego una vez conocido  $\lambda$ , podemos interferir el haz de láser con un cabello, el cuál actuará como una doble rendija, de espesor desconocido. Este fenómeno de interferencia de la luz en una única rendija o en el cabello se conoce como fenómenos de difracción.

En esta experiencia se pegó un cabello a través de la abertura de un láser. La luz láser se difracta alrededor del pelo y un patrón de manchas claras y oscuras se forman en una pantalla distante. El punto brillante en el centro nos indica matemáticamente diciendo  $m = 0$ . Es decir,  $m$  es el "orden" de la franja. Los puntos a cada lado del punto central son las franjas de primer orden ( $m = 1$ ), a continuación, al margen de segundo orden ( $m = 2$ ) y así sucesivamente. Una imagen estimativa de la experiencia es la siguiente:





### Experiencia N°1: interferencia por una Doble Rendija.

Para obtener los siguientes datos se dispuso un láser en una mesa de laboratorio a una distancia “D” de una pared, donde se colocó una hoja de color blanca para poder ver de manera más clara y correcta lo que sucedía con la luz del láser al pasar por una doble rendija colocada entre la pared y el láser.

$$Z_{max} = \lambda \cdot m \cdot \frac{D}{d}$$

En esta ecuación nos basamos para aplicar el método de cuadrados mínimos para poder obtener el valor de  $\lambda$  con el error correspondiente.

Medidas experimentales:

Zmax(cm)	m(unidades)
0,5	1
1	2
1,5	3
2	4
2,5	5
3	6
3,5	7

D= (185±1) cm.

d= 0,025 cm.

$$Y = ax + b$$

$$Y = Z_{max}$$

$$a = \lambda$$

$$x = m \cdot \frac{D}{d}$$

$$a = \frac{\sum x \sum y - N \sum xy}{(\sum x)^2 - N \sum x^2}$$

$$a = \frac{207200 \times 14cm - 7 \times 518000cm}{4,3 \times 10^{10} - 7 \times 7,7 \times 10^9}$$

$$a = 665 \times 10^{-3}cm$$

$$a = \lambda = 665nm$$



$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y - y_i)^2}{N - 2}}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1015 \text{ cm}^2}{5}}$$

$$\sigma_y = 14,25 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_y}{\sqrt{\sum (\bar{x} - x_i)^2}}$$

$$\sigma_a = \frac{14,25 \text{ cm}}{\sqrt{1,53 \times 10^9}}$$

$$\sigma_a = 36 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \Delta\lambda = 36 \text{ nm}$$

$$(\lambda \pm \Delta\lambda) = (665 \pm 36) \text{ nm}$$

De esta forma logramos obtener el error que presentaba  $\lambda$ , el cual estaba impreso en la parte trasera del láser con un valor de 650nm. El error es pequeño ya que estamos hablando en unidades muy chicas.





## Difracción

$$I(\theta) = I_0 \left( \frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2$$

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

$$\beta = \frac{2\pi d z}{\lambda r}$$

Método de cuadrados mínimos.

$$z_{min} = \frac{1}{d} m \cdot \lambda \cdot r$$

$$a = \frac{1}{d}$$

$$d = \frac{1}{a} \quad y_i = z_{min} \quad x_i = m \cdot r \cdot \lambda$$

$$r = (1,85 \pm 0,01)m$$

$$\lambda = 6,5 \cdot 10^{-7} m$$

$Y_i(m)$	$X_i$
0,020	$1,20 \cdot 10^{-6}$
0,038	$2,41 \cdot 10^{-6}$
0,060	$3,61 \cdot 10^{-6}$
0,078	$4,81 \cdot 10^{-6}$

$$a = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} = 1,59 \cdot 10^4$$

$$d = \frac{1}{1,59 \cdot 10^4} = 6,29 \cdot 10^{-5} m$$

$$\hat{y} = a \cdot X_i$$

$$\hat{y}_1 = 0,0191$$

$$\hat{y}_2 = 0,0382$$

$$\hat{y}_3 = 0,0571$$

$$\hat{y}_4 = 0,0762$$



$$\sigma_{\hat{y}} = \sqrt{\frac{\sum (\hat{y}_i - y_i)^2}{N - 2}} = 2,65 \cdot 10^{-3}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\hat{y}}}{\sqrt{\sum (\bar{X} - X_i)^2}} = 987,46$$

$$\sigma_d = \left| \frac{\sigma_d}{\sigma_a} \right| \Delta d$$

$$(d \pm \Delta d) = (6,29 \cdot 10^{-5} \pm 1 \cdot 10^{-5})m$$



## Conclusión

El trabajo realizado permitió conocer acerca de difracción e interferencia a través de las experiencias realizadas.

Del primer experimento se puede decir que al atravesar un haz de luz monocromático por una doble rendija muy pequeña se produce sobre la pared un espectro de interferencia, en donde se visualizan zonas de luminosidad y zonas de oscuridad, es decir ausencia de luz ( $\text{luz} + \text{luz} = \text{oscuridad}$ ). Por lo tanto se utiliza el concepto de luz como onda para explicar que en las zonas iluminadas, las ondas interfieren positivamente mientras que en las zonas de oscuridad, las ondas interfieren negativamente, anulando el efecto luminoso. Luego de realizar mediciones y de efectuar ciertos cálculos, se obtuvo el valor de  $\lambda$ , que permitió realizar la experiencia para averiguar el grosor de un cabello, el mismo actuó como una doble rendija y luego de mediciones y cálculos se obtuvo el valor buscado.

Finalmente, analizando todo lo aprendido puede decirse que el trabajo cumplió satisfactoriamente con los objetivos planteados.