

# DIFRACCIÓN EN UN ORIFICIO CIRCULAR

**LOVINO, Ma. Belén.**

Escuela Industrial Superior, anexa a la Facultad de Ingeniería Química, dependiente de la Universidad Nacional del Litoral.

Profesor Guía: SCHAPCHUK, Patricia

## INTRODUCCIÓN

Muchas veces, durante el cursado de una cátedra de física, siempre que sea posible, es importante representar los fenómenos que estudiamos. De este modo se comprende mejor y difícilmente se olvida lo que se ve y se comprueba. Además esto ayuda a relacionar las cosas, demostrando que la física no son conceptos aislados, sino que todo guarda relación, haciéndola más atractiva e interesante.

Así nace la idea de encaminar este proyecto, calculando el coeficiente de dilatación térmica de los sólidos a través de una experiencia, que involucra la difracción de la luz y los fenómenos ópticos que desarrolla. A primera vista, parecería difícil relacionar estos fenómenos de manera directa. A continuación, está mi propuesta de cómo abordar estos dos temas, relacionándolos en una misma experiencia.

### **I) Conceptos a tener en cuenta.**

#### **a) Temperatura.**

Magnitud que caracteriza el grado de calentamiento del cuerpo.

#### **b) Dilatación térmica.**

Los átomos que conforman la red de un sólido están vibrando en torno a posiciones de equilibrio, para una determinada temperatura. Un cambio de la temperatura hace que la energía térmica aumente o disminuya y que la amplitud de vibración de los átomos se modifique proporcionalmente. Para una disminución de temperatura se produce una contracción, es decir disminuye la amplitud. Por el contrario, para un aumento de temperatura le corresponde un incremento de amplitud y en nuestro caso, el incremento es tan grande que la posición de equilibrio de oscilación se desplaza hacia mayores distancias interatómicas. Así también aumenta la distancia media entre los átomos próximos, provocando lo que llamamos dilatación térmica, que ocurre en todas las dimensiones del sólido.

#### **c) Dilatación lineal.**

Se produce cuando la variación predomina en una dimensión del sólido. Para esta experiencia, se toma éste tipo de dilatación ya que solo se estudiará la ocurrida en el radio del orificio del metal.

#### **d) Naturaleza de la luz.**

Como este trabajo pretende ser, breve y descriptivo, haré una breve reseña para explicar este concepto.

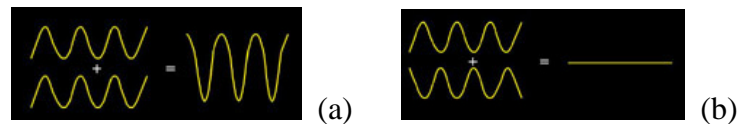
La luz ha sido objeto de estudio desde hace muchísimo tiempo, así como también los fenómenos que produce. Actualmente se conocen dos modelos que intentan explicar el comportamiento de la misma: la teoría corpuscular y la teoría ondulatoria.

A mediados del siglo XVII, fue Isaac Newton quien propuso que el comportamiento de la luz en los fenómenos ópticos de reflexión y refracción se podría explicar con el modelo corpuscular que proponía, suponiendo que la luz estaba formada por diminutas “partículas”, se movían a una velocidad muy alta.

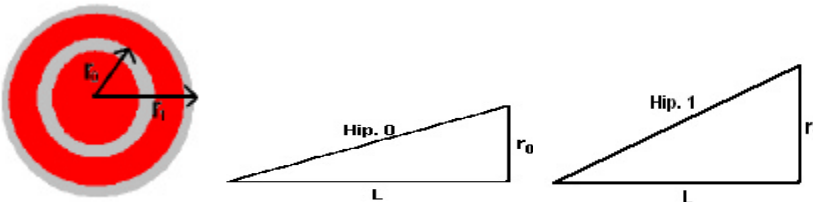
Newton también estudio otros aspectos que se resumen en la transversalidad de los rayos luminosos, su difracción y su interferencia. En particular explico los famosos anillos que llevan su nombre, producidos a través de los fenómenos de interferencia. En esta experiencia la luz monocromática sufre este fenómeno al pasar por una abertura lo suficientemente pequeña. El patrón que se observa es una serie de anillos concéntricos que alternan entre negro y blanco, lo suficientemente nítidos como para poder realizar las mediciones que necesito y hasta incluso, tomar fotografías.

Para la misma época, Christian Huygens postulaba las leyes de reflexión y refracción, y a grandes rasgos define que la luz es un movimiento ondulatorio semejante al que se produce con el sonido, y que necesaria mente debía existir un medio que las soporte (el llamado éter).

Esta idea, aunque era más sencilla que la teoría corpuscular, tuvo sus dificultades para ser aceptada, debido al éxito y a la influencia de Newton con su modelo. Años mas tarde, Thomas Young inicio un estudio muy amplio con rayos de luz, llegando a la conclusión de que todos los fenómenos se podían explicar basándose en que la luz esta compuesta por ondas. Y para sorpresa de Newton, explico también que sus anillos estaban dados por un fenómeno de **interferencias**, (b), las zonas de luz eran producidas por un **“acoplamiento constructivo”** (a) y las zonas de oscuridad era en resultado de que dos ondas se **“acoplan destructivamente”** (b).



## II) Fenómeno de Difracción en un orificio circular:



**a) Tenemos:** siendo  $\theta_1$  el ángulo formado hasta el primer anillo oscuro, y  $\theta_2$  el formado hasta el segundo anillo oscuro, las ecuaciones que corresponden son las siguientes:

.D = diámetro del orificio realizado en el metal, al cual quiero calcular su coeficiente de dilatación.

. $\lambda$  = Longitud de onda de la luz.

$\text{Sen } \theta_1 = 1.22 \cdot \frac{\lambda}{D_0}$	$\text{Sen } \theta_2 = 2.23 \cdot \frac{\lambda}{D_1}$
↓	↓
$\frac{\text{Cat. Opuesto}}{\text{Hip.}_0} = 1.22 \cdot \frac{\lambda}{D_0}$	$\frac{\text{Cat. Opuesto}}{\text{Hip.}_1} = 2.23 \cdot \frac{\lambda}{D_1}$
↓	↓
$\frac{r_1}{\text{Hip.}_1} = 2.23 \cdot \frac{\lambda}{D_1}$	$\frac{r_0}{\text{Hip.}_0} = 1.22 \cdot \frac{\lambda}{D_0}$

**b) Entonces:**



$$\frac{r_0}{\text{Hip}_0} = 1.22 \cdot \frac{\lambda}{D_0}$$

$$r_0 = 1.22 \cdot \frac{\lambda}{D_0} \cdot \text{Hip}_0$$



$$\frac{r_1}{\text{Hip}_1} = 2.33 \cdot \frac{\lambda}{D_1}$$

$$r_1 = 2.33 \cdot \frac{\lambda}{D_1} \cdot \text{Hip}_1$$

**c) Además:**

$$\text{Hip} = \sqrt{L^2 + r_0^2}$$

y

$$\text{Hip} = \sqrt{L^2 + r_1^2}$$

Considero que  $\text{Hip}_{.0} \sim \text{Hip}_{.1}$ .

Esto deriva de la comparación entre L (distancia del equipo hasta la pared) y los radios de los anillos, al ser L muy grande en comparación con las medidas de dichos radios, estos se pueden despreciar.

### **Experiencia propiamente dicha:**

Frio: Considerando el primer anillo oscuro.

$$r_0 = 1.22 \cdot \frac{\lambda}{D_0} \cdot \text{Hip}_0$$

Caliente: Considerando el primer anillo oscuro.

$$r_1 = 1.22 \cdot \frac{\lambda}{D_1} \cdot \text{Hip}_1$$

Relacionando:

$$\frac{r_0}{r_1} = \frac{1.22 \cdot \frac{\lambda}{D_0} \cdot \text{Hip}_0}{1.22 \cdot \frac{\lambda}{D_1} \cdot \text{Hip}_1} \Rightarrow \frac{r_0}{r_1} = \frac{D_1}{D_0}$$

### **III) Materiales usados.**

- Lamina de metal desconocido, al que se quiere calcular su coeficiente de dilatación térmico.
- Solador de resistencia.
  - *Características:*  
Modelo: *K.A- 30*, Potencia: *30 W* Tensión: *220-240 V*
- Sopote con dos cabezales.
- Puntero Láser (de fácil obtención).
  - *Características:*  
Longitud de onda de éste Láser: *630 – 680 nm*  
Potencia. : *< 1 mw*
- Hojas milimetradas.
- Tester para medir la temperatura:
  - *Características:*  
Modelo *M 890 G*
- Aguja o elemento punzante fino.
- Tijeras.
- Cámara Fotográfica Digital.

### **VI) Desarrollo.**

### **a) Consideraciones.**

Se busco un lugar físico que tuviera luz tenue, poca circulación de aire para no hacer inestable la temperatura medida y una distancia considerable desde la fuente hasta una pared donde visualizó el fenómeno de difracción. Sobre dicha pared, se colocó un papel milimetrado, para poder medir de forma sencilla el radio de los anillos.

Hay que tener en cuenta, que se busco optimizar al máximo las condiciones de trabajo, a la hora de efectuar las medidas, para minimizar los posibles errores.

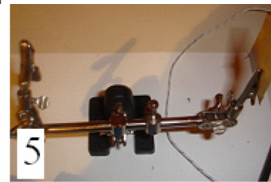
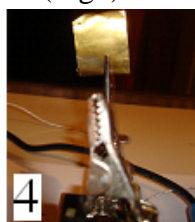
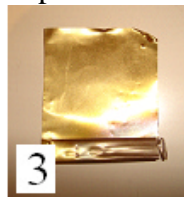
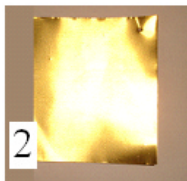
### **b) Modo de trabajo.**



1- Para comenzar se trasladaron todos los materiales a un sector con las características mencionadas en las consideraciones, teniendo un lugar estable para el equipo.

2- Se colocó el soporte sobre la superficie elegida (Fig. 1).

3- Se tomó la lámina y se le realizo la perforación con una aguja en la parte superior derecha.(Fig2).

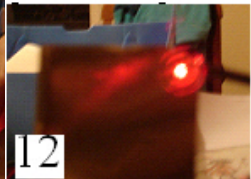
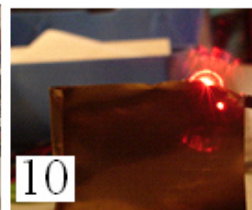
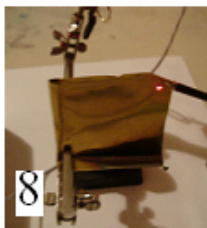


4- Se efectuaron dos pliegues. Uno en la esquina superior, justo encima de la perforación, con cuidado de no doblar el resto de lámina, siendo este el lugar para conectar el sensor de temperatura, y así saber con exactitud la temperatura de trabajo. El segundo dobles, se hace en la parte inferior, para permitir posteriormente que el soldador caliente el material (Fig. 3.)

5- Se sujetó la lámina, como lo indican desde diferentes perspectivas de las figuras 4 y 5.

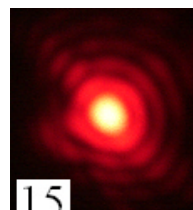
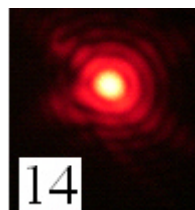
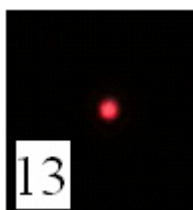
6- Se sujeta el sensor de temperatura con el pliegue de la esquina superior derecha (Fig. 6) y se enciende el tester hasta que la medida de temperatura que registra se estabilice. Es importante anotar la temperatura a la que se encuentra la chapa al momento de comenzar a trabajar.

7- El láser se coloca de manera tal que apunte hacia la pared, donde se observará el fenómeno de “Interferencia”, como lo demuestra la Fig. 7.

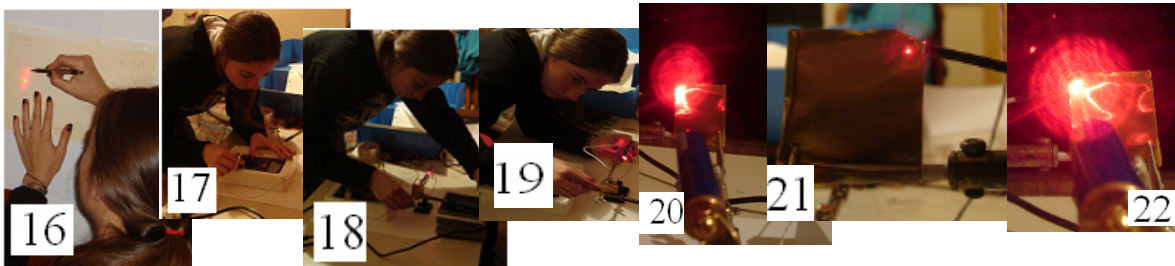


9- Lo que sigue es lograr que la luz que emite el láser, pase por la perforación. Se debe mover el láser y tocar lo menos posible la lamina para no doblarla y arruinar la perforación. (Fig. 8 a 12)

Luego de lograr este objetivo, se observara un punto de color, pero cuando nos acercamos más a la zona de proyección podemos distinguir perfectamente los anillos que se forman, como muestran las Fig. 13, 14 y 15. Estas son las mejores fotos que conseguí de los anillos, tomadas con la cámara digital. En la práctica se ven sumamente nítidos.



10- Con una hoja milimetrada y rotulada (siempre se mezclan las cosas...) se toman las medidas de los diámetros. Se marca donde comienza hasta donde termina cada anillo. En la Fig. 16 se puede observar las mediciones. (La fotografía fue tomada con flash, por eso se ve iluminada, en realidad el sector esta casi a oscuras). Es importante realizar como mínimo, 5 medidas consecutivas, para disminuir el error producido.

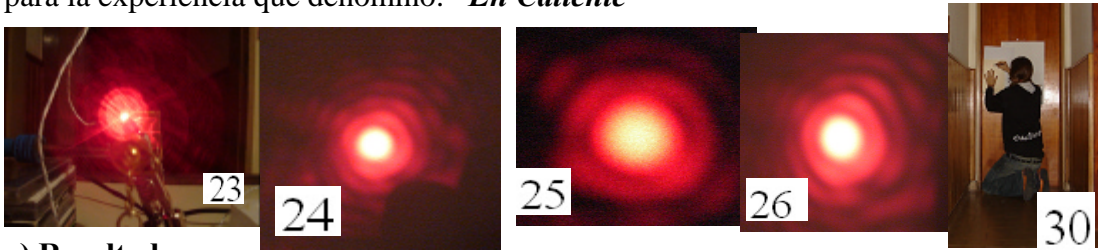


11- Luego de hacer las medidas necesarias, con la temperatura a la cual denomino **“Experiencia en Frío”**, se conecta el soldador a 220 V.

12- Se espera un tiempo, entre 15 a 20 minutos para que se establezca la lectura de la temperatura.

13- Se verifica que el equipo este correctamente instalado, de la misma manera que para la experiencia en Frío. (Fig. 20, 21, 22 y 23)

14- Se realizan las mismas mediciones de los diámetros de los anillos, pero en esta oportunidad es para la experiencia que denomino: **“En Caliente”**



v) **Resultados:**

- a) Con las mediciones de los diámetros de los anillos oscuros ( en frío y en caliente), reemplazo en la ecuación hallada anteriormente

$$\frac{r_0}{r_1} = \frac{D_1}{D_0}$$

$D_0$  = Diámetro del orificio en frío

$D_1$  = Diámetro del orificio en caliente

El coeficiente de Dilatación Lineal, responde a la siguiente ecuación:

$$D_1 = D_0 (1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

- b) **Despejando y reemplazando:**

➔  $\frac{\left(\frac{D_1}{D_0} - 1\right)}{\Delta t} = \alpha$        $\frac{\left(\frac{r_0}{r_1} - 1\right)}{\Delta t} = \alpha$

- c) De acuerdo a los datos numéricos obtenidos en la experiencia:

Temperatura en frío = 20,5 °C

$D_0 = (0,0325 + 0,0330 + 0,0320 + 0,0320 + 0,0330 + 0,0315 + 0,0315) / 7 = 0,0322$  m

$r_0 = 0,0161$  m

Temperatura en caliente = 145 °C

$D_1 = (0,0310 + 0,0320 + 0,0315 + 0,0310 + 0,0300 + 0,0310 + 0,0300) / 7 = 0,0309$  m

$r_1 = 0,0155$  m



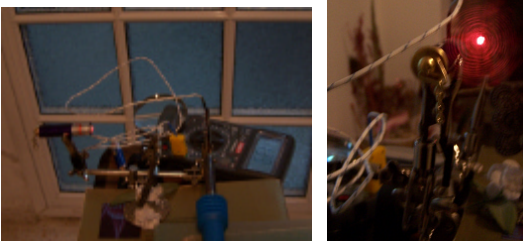
$$\frac{\left(\frac{0.0161 \text{ m}}{0.0155 \text{ m}} - 1\right)}{(145^\circ - 20.5^\circ)} = \alpha$$

$$a = 3,05 * 10^{-4} (^\circ\text{C})^{-1}$$

**Aclaración:** La primera idea de la experiencia era estudiar el mismo fenómeno, pero producido por dos rendijas paralelas, tal cual lo planteaba el mismo Young. El problema se presentó, cuando los cálculos finales no eran coherentes, fue cuando asesorada por mi profesora guía, ella notó que las rendijas, realizadas con una trincheta y manualmente, nunca serían **paralelas**, debido a las limitaciones naturales del ojo y el pulso.

Entonces sugirió la posibilidad de realizar la experiencia con una pequeña perforación, de manera que se pueda relacionar el fenómeno de Interferencia de la Luz, con el de Dilatación térmica. Los resultados obtenidos fueron exitosos, a nuestro entender.

Las fotografías siguientes, fueron las primeras tomadas, comenzando a estudiar el fenómeno.



#### BIBLIOGRAFÍA

<http://bacterio.uc3m.es/docencia/laboratorio/guiones/termo/DilatacionLineal.pdf>

[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/112/htm/sec\\_18.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/112/htm/sec_18.htm)

<http://colos.fcu.um.es/LVE/utiles/fisicaii/cuerpo2.htm>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Luz>

[http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/26/htm/sec\\_6.html](http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/26/htm/sec_6.html)

[http://www.unalmed.edu.co/~daristiz/notas\\_clase/clases\\_fisica\\_3/peliculas\\_delgadas.pdf](http://www.unalmed.edu.co/~daristiz/notas_clase/clases_fisica_3/peliculas_delgadas.pdf)

[http://www.fisicanet.com.ar/fisica/termoestatica/ap05\\_dilatacion.php](http://www.fisicanet.com.ar/fisica/termoestatica/ap05_dilatacion.php)