

# Birrefringencia

L. A. Soto Ruiz

*Laboratorio de Fisica II, ESFM-IPN, CDMX, México*

Enviada 25 Septiembre 2024

En esta practica analizamos el fenómeno de birrefringencia en barras de acrílico las cuales al ser expuestas a un láser incidente nos proporciona patrones de espiral dentro de la misma barra, estos son debidos a esfuerzos internos que se produjeron al fabricar la barra, nosotros medimos este fenómeno usando una serie de lasers y variando el ángulo de incidencia con respecto a la barra, después midiendo las distancias entre los patrones producidos dentro de la misma y finalmente calculando un  $\Delta n$  promedio para cada láser y una general, así obteniendo  $\Delta n = 2.27$  el cual varia con respecto del valor encontrado por Schneider [1],  $\Delta n = 1.9$  así obteniendo un error porcentual de 19.67%.

**Keywords:** *Mica, láser, óptica, birrefringencia*

## 1 Introducción

La birrefringencia es un fenómeno inherente a los materiales translúcidos el cual surge cuando se producen esfuerzos internos en la fabricación de los materiales, así pues al hacer pasar un láser a través de una barra de Plexiglas se producen patrones helicoidales los cuales pueden ser medidos.

En este caso tomaremos las formulas descritas por Schneider [1] en su artículo, el propone

$$\delta = 2\pi\Delta n d / \lambda \quad (1)$$

ya que esta describiendo la birrefringencia que induce un cambio de fase entre dos componentes de polarización de los lasers incidentes, donde  $\Delta n$  es la diferencia entre los indices de refraccion,  $\lambda$  es la longitud de onda del laser utilizado y  $d$  es la distancia entre nodos; tomando así  $\delta = 2\pi$  obtenemos

$$\Delta n = \frac{\lambda}{d} \quad (2)$$

## 2 Desarrollo

El siguiente equipo de laboratorio fue utilizado en la realización de esta practica:

- Barras de acrílico
- Láseres (405nm, 515nm, 633nm)

- Transportador
- Regla transparente
- Bases elevadoras

Para el desarrollo de esta practica al principio estábamos bastante perdidos, empezamos trabajando con los cortes ya dados en las barras, el problema de esto es que la cantidad de datos que se obtienen son tan escasos que no pueden mostrar ninguna correlación real, sin embargo se nos ocurrió una nueva metodología tratando de obtener mas datos, lo cual sucedió al utilizar un sistema alternativo al propuesto inicialmente.

El primer montaje experimental fue el propuesto, hacer incidir un láser sobre la superficie cortada a diferentes ángulos de una barra de acrílico, sin embargo mas adelante lo modificamos a utilizar una barra plana de 22cm esto es bastante interesante ya que elegimos esta barra en lugar de las mas largas de 44cm, que uno pensaría que se obtendrían mejores mediciones pero no es así, realmente las difracciones internas evitan lecturas iguales o mayores a las obtenidas con las primeras barras; así tomando estas barras, movemos el láser para hacerlo incidir a diferentes ángulos a la barra recta, así podemos obtener muchas mediciones. Ver apéndice I.

Las mediciones se hicieron de la siguiente forma; primero movíamos el láser, esto ya que al ser una sola pieza y por lo tanto mas fácil de mover de forma angular, así haciendo intervalos de  $10^\circ$  pudimos obtener las mediciones, estas fueron hechas con una regla transparente y sobre la barra de acrílico para poder observar los puntos donde se reflejaba el láser de mejor manera.

Un gran problema que obtuvimos fueron con las mediciones del láser violeta ( $405nm$ ) el cual al no ser un láser tan puntual como los otros dos las mediciones fueron casi imposibles con este segundo método, sin embargo con el primero si fuimos capaces de obtener datos, aunque estos con la misma problemática, la falta de correlación de los datos.

### 3 Resultados

Asi pues pudimos obtener los siguientes gráficos para los tres láseres (rojo, verde, violeta), mostrando correlaciones muy interesantes para los lasers rojo y verde, sin embargo como vimos anteriormente el láser violeta resalta por su falta de datos que analizar.

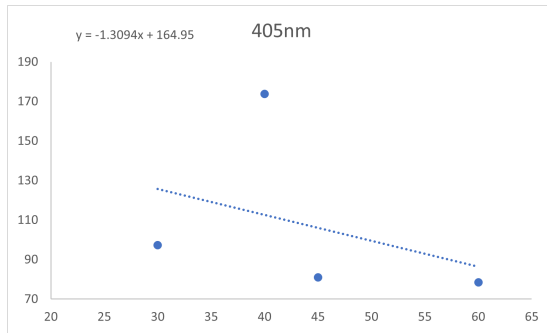


FIGURE 1. Grafico angulo- $\Delta n$  para  $\lambda = 405nm$

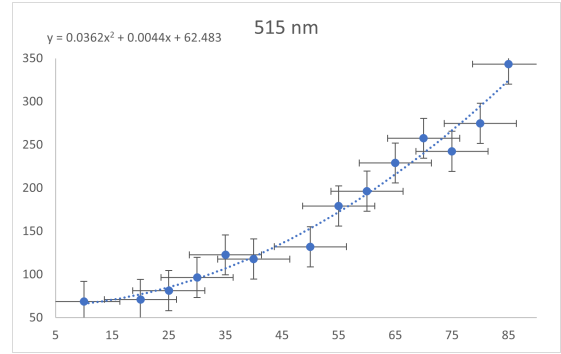


FIGURE 2. Grafico angulo- $\Delta n$  para  $\lambda = 515nm$

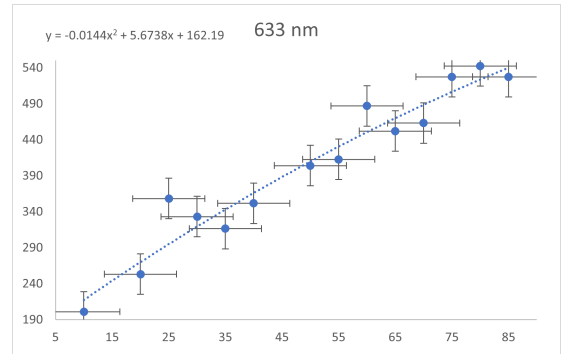


FIGURE 3. Grafico angulo- $\Delta n$  para  $\lambda = 633nm$

### 4 Análisis de resultados

Viendo las tomas de valores podemos obtener los valores promedio

$$\Delta n_{rojo} = 4.0217 \quad (3)$$

$$\Delta n_{verde} = 1.7228 \quad (4)$$

$$\Delta n_{violeta} = 1.0766 \quad (5)$$

El promedio de estos valores es

$$\Delta n = 2.2737 \quad (6)$$

Pimero tomemos el valor del laser rojo que es el que mas se acerca al usado en el experimento de control [1], obteniendo asi El cual difiere del valor encontrado por Schneider de 1.9 de la siguiente forma

$$e\% = \frac{|1.9 - 4.0217|}{1.9} * 100 = 111.66\% \quad (7)$$

El cual no es posible, así pues tomaremos el valor promedio de los 3  $\Delta n$  el cual difiere del valor encontrado por Schneider de 1.9 de la siguiente forma

$$e\% = \frac{|1.9 - 2.2737|}{1.9} * 100 = 19.6717\% \quad (8)$$

## 5 Conclusión

Aquí podemos ver como aunque pensamos que el violeta al ser el que menos datos tiene y que su toma fue mas difícil realmente no se aleja demasiado del valor de Schneider, sin embargo el laser rojo que fue una toma de datos mas normal con mediciones constantes y aparentemente coherentes realmente son las que mas se alejaron del valor propuesto, de hecho al hacer un analisis similar pero con la primera

toma de datos del laser rojo aumenta el error porcentual en 0.3% mostrando que realmente no eran una mejora con respecto a la segunda toma, sin embargo dadas las condiciones de la toma de datos las cuales no pudieron ser tan exactas debido a la naturaleza del fenomeno en las cuales el haz de luz se mueve de manera helicoidal a traves de la barra de acrilico, haciendo difícil saber donde se refleja exactamente el laser.

## 6 Referencias

1. W. B. Schneider, "A surprising optical property of Plexiglas rods—An unusual approach to birefringence," *Am. J. Phys.*, vol. 59, pp. 1086–1087, Dec. 1991.

## 7 Apéndice I: Tablas

Ángulo (°)	Distancia(cm)	$\Delta n$	$n\#$ nodos
10	7.5	68.6666667	3
20	7.25	71.0344828	3
25	6.33333333	81.3157895	4
30	5.33333333	96.5625	4
35	4.2	122.619048	5
40	4.375	117.714286	5
50	3.9	132.051282	6
55	2.875	179.130435	6
60	2.625	196.190476	5
65	2.25	228.888889	6
70	2	257.5	6
75	2.125	242.352941	5
80	1.875	274.666667	6
85	1.5	343.333333	5

TABLE I. Variación de con  $\lambda = 515nm$

Ángulo (°)	Distancia(cm)	$\Delta n$	$n\#$ nodos
10	3.15	128.571429	4
20	2.5	162	5
25	1.76666667	229.245283	6
30	1.9	213.157895	4
35	2	202.5	5
40	1.8	225	5
50	1.56666667	258.510638	5
55	1.53333333	264.130435	4
60	1.3	311.538462	4
65	1.4	289.285714	5
70	1.36666667	296.341463	5
75	1.2	337.5	4
80	1.16666667	347.142857	5
85	1.2	337.5	5

TABLE II. Variación de con  $\lambda = 633nm$ 

Ángulo (°)	Distancia(cm)	$\Delta n$
30	3	211
40	2.8	226.071429
45	4.5	140.666667
60	5	126.6

TABLE III. Variación de con  $\lambda = 405nm$ 

## 8 Apéndice II: Fotos de referencia

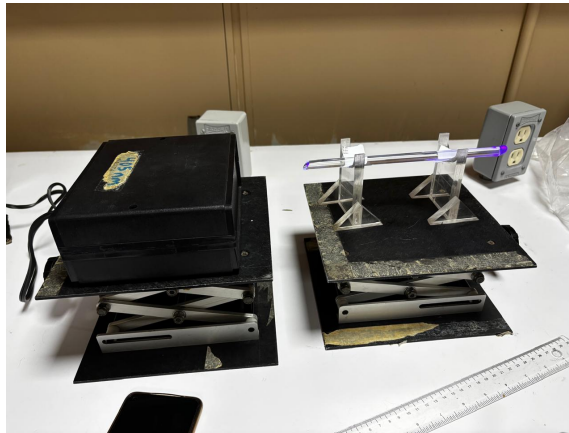


FIGURE 4. Caption

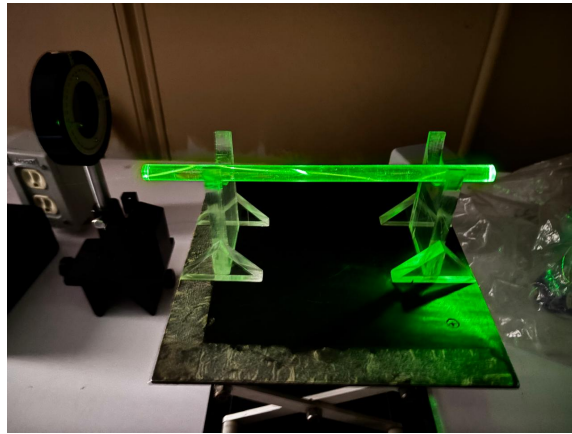


FIGURE 5. Caption

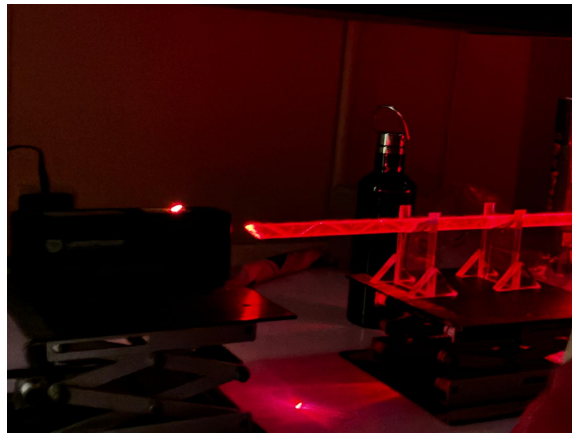


FIGURE 6. Caption

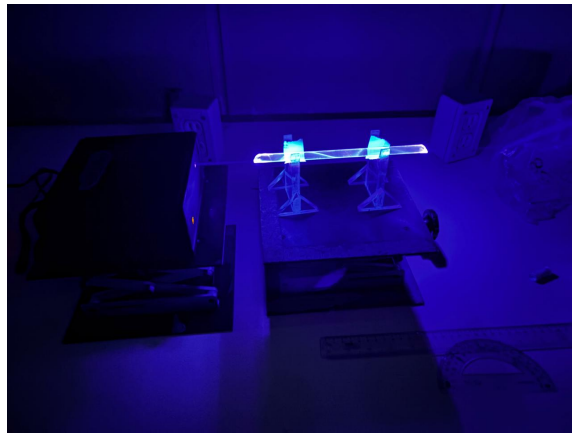


FIGURE 7. Caption

*IPN*