

Experimento de Prisma

Javier Alejandro Salcedo Castañeda
Laboratorio III - Departamento de Física – Facultad de Ciencias
Universidad de Los Andes
Mérida, Venezuela

RESUMEN:

Este informe describe un experimento para estudiar la refracción y dispersión de la luz usando prismas. Los objetivos principales fueron medir el índice de refracción de un prisma sólido y de dos líquidos, utilizando el método de desviación mínima con un espectrómetro y también un refractómetro de Abbe. Se midieron ángulos clave y se calcularon los índices de refracción, observando la variación con el color de la luz (dispersión) y comparando los resultados obtenidos por ambos métodos para los líquidos.

I. OBJETIVOS

- Estudiar la dispersión producida por un prisma.
- Obtener el índice de refracción de un prisma sólido transparente.
- Obtener el índice de refracción de varias sustancias con el prisma y el refractómetro de Abbe.

II. MARCO TEÓRICO

II-A. Prisma:

En óptica, un prisma es un objeto transparente, generalmente con caras planas y pulidas, utilizado para refractar, reflejar o dispersar la luz. Comúnmente tiene forma de prisma triangular, lo que permite estudiar la desviación y la descomposición de la luz blanca en sus colores constituyentes.

II-B. Dispersión:

En física, la dispersión es un fenómeno general que describe la separación de ondas (como la luz o el sonido) según alguna propiedad, típicamente su frecuencia o longitud de onda, al interactuar con un medio o una estructura.

II-C. Dispersión de la luz:

Es el fenómeno por el cual la luz blanca se separa en su espectro de colores (arcoíris) al atravesar un medio dispersor, como un prisma. Esto ocurre porque el índice de refracción del medio varía ligeramente para cada longitud de onda (color) de la luz, haciendo que cada color se desvíe en un ángulo diferente.

II-D. Desviación angular:

Se refiere al cambio en la dirección de propagación de un rayo de luz o de otra onda al pasar de un medio a otro (por refracción) o al incidir sobre una superficie (por reflexión). Se cuantifica como el ángulo entre la dirección original del rayo y su dirección después de interactuar con el medio o la superficie.

II-E. Refracción:

Es el cambio de dirección y velocidad que experimenta una onda, como la luz, al pasar de un medio a otro con diferente índice de refracción. Este fenómeno está descrito por la Ley de Snell.

II-F. Reflexión:

Es el fenómeno por el cual una onda, como la luz, rebota al incidir sobre una superficie, regresando al medio del que provenía. El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

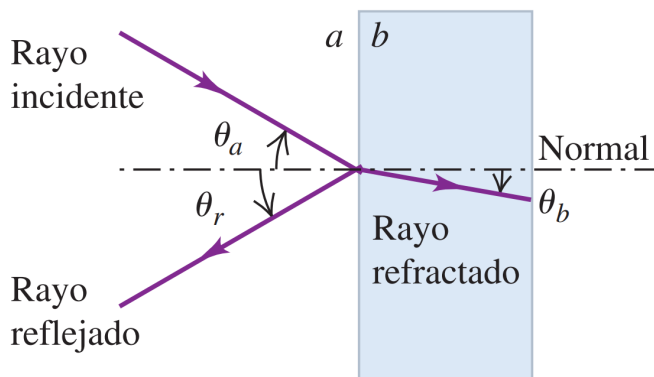


Fig. 1. Diagrama de reflexión y refracción. Adaptado de [1]

II-G. Índice de refracción (n):

Es una propiedad de un medio transparente que indica cuánto se reduce la velocidad de la luz al atravesarlo en comparación con la velocidad de la luz en el vacío (c). Se define como la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio (v):

$$n = \frac{c}{v} \quad (1)$$

Un índice de refracción más alto significa que la luz viaja más lento en ese medio y se desviará más al refractarse.

La descripción matemática de la relación entre los índices de refracción n_i , n_t y los ángulos θ_i , θ_t está determinada por la ley de Snell:

$$n_i \sin \theta_i = n_t \sin \theta_t \quad (2)$$

donde i corresponde al medio incidente y t al medio transmitido. Se observa que:

- Si $n_i > n_t$, ocurre un desvío hacia la normal ($\theta_t < \theta_i$).
- Si $n_t > n_i$, ocurre un alejamiento de la normal ($\theta_t > \theta_i$).

II-H. Ángulo del prisma (α) y de desviación mínima (δ_{min})

Un haz incidente emerge desviado un ángulo δ . Para una desviación mínima δ_{min} , el índice de refracción n_t del prisma (asumiendo medio incidente aire, $n_i \approx 1$) se relaciona con el ángulo del prisma α y δ_{min} mediante:

$$n_t = \frac{\sin\left(\frac{\delta_{min} + \alpha}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \quad (3)$$

La Fig. 2 ilustra la desviación.

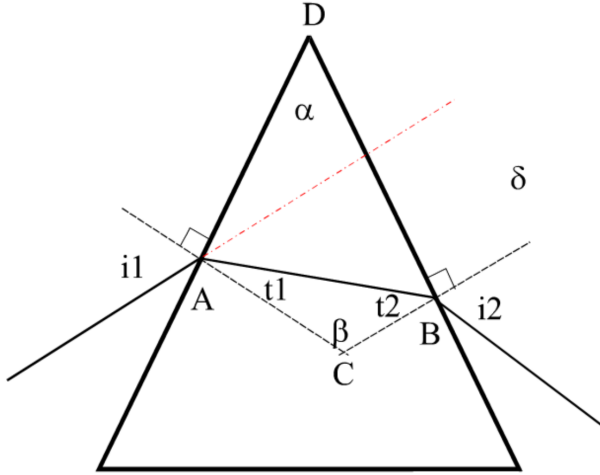


Fig. 2. Diagrama de la desviación de un rayo de luz dentro de un prisma. Adaptado de [2].

III. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Ajustar el espectrómetro para las mediciones.
- Medir el ángulo del prisma
- Medir el ángulo de desviación mínima para cada longitud de onda.
- Determinar el índice de refracción del material y los líquidos dados.
- Determinar el índice de refracción para cada líquido dado con el refractómetro de Abbe.

III-A. Ajustar el espectrómetro para las mediciones

Se debe enfocar el telescopio para rayos paralelos usando un objeto lejano y eliminando el paralaje con el hilo de referencia. Es esencial nivelar el espectrómetro y alinear ópticamente todos los componentes, asegurando que estén a la altura correcta del eje óptico. La rendija del colimador debe ajustarse para obtener una imagen clara y estrecha. Finalmente, el prisma debe centrarse y alinearse correctamente, con sus caras perpendiculares al colimador y el telescopio.

III-B. Medir el ángulo del prisma

Se ajusta la plataforma del prisma hasta que la luz alcance una de sus esquinas y se divida en dos.

Para medir α , se usa la reflexión en las caras del vértice (Fig. 3). Si de θ_1 a θ_2 es el ángulo recorrido donde se observan los espectros reflejados, entonces:

$$\alpha = \frac{|\theta_2 - \theta_1|}{2} \quad (4)$$

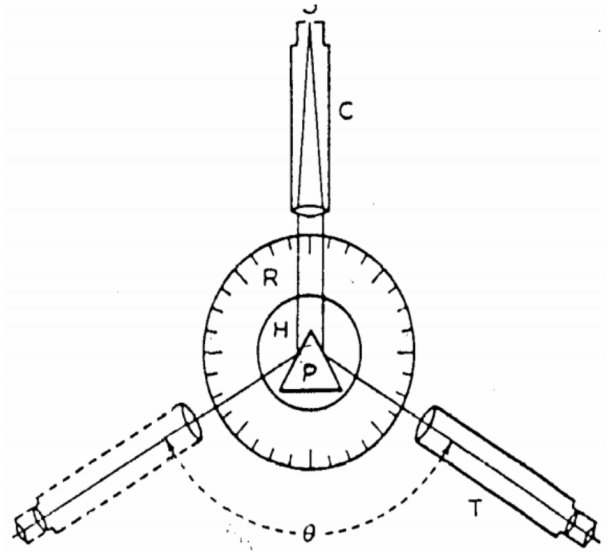


Fig. 3. Esquemático para medir el ángulo α del prisma. Adaptado de [2].

III-C. Medir el ángulo de desviación mínima

Se coloca un prisma en el espectrómetro y se hace incidir luz de mercurio. Al girar la plataforma, se busca el ángulo de desviación mínima δ_{min} (Fig. 4), donde la línea espectral parece detenerse. Luego, se fijan lecturas y se compara con el ángulo del rayo directo como referencia. Esto se hace para cada línea espectral.

Se mide este ángulo (θ_{min}) y el ángulo de referencia sin desviación (θ_{ref}): $\delta_{min} = |\theta_{min} - \theta_{ref}|$.

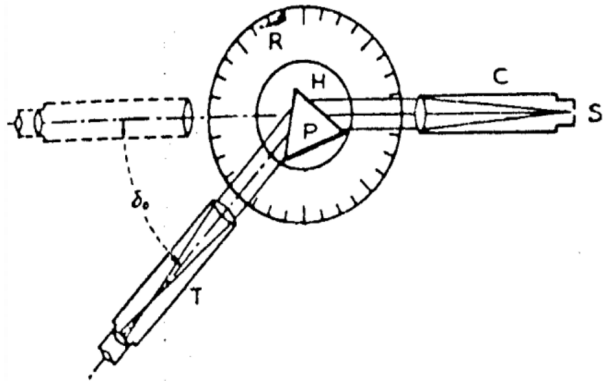


Fig. 4. Esquemático para medir el ángulo de desviación mínima δ_{min} . Adaptado de [2].

III-D. Refractómetro de Abbe

Instrumento que mide el índice de refracción (n) de líquidos o sólidos (Fig. 5) midiendo el ángulo crítico de refracción total interna. Se coloca la muestra entre los prismas, se ilumina y se ajusta hasta ver la línea divisoria claro/oscuro en el ocular, leyendo n en la escala. Se repite con diferentes filtros de color.

IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

IV-A. Ángulo del prisma (α)

Se midieron el ángulo θ para el prisma sólido (TABLA I).

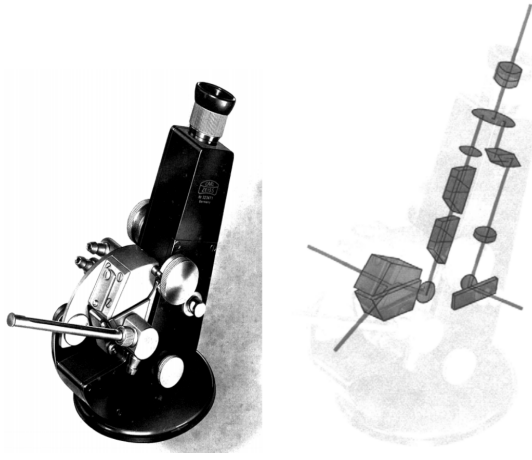


Fig. 5. Refractómetro de Abbe. Adaptado de [2].

TABLA I
ÁNGULO MEDIDO (PRISMA SÓLIDO)

θ (grados, minutos)	θ (grados)
158°34'	158,56
278°33'	278,55
$\Delta = \pm 0,5^\circ 0,1'$	$\Delta\theta = 0,01$

Usando la Ec. (4), se determinó α :

$$\alpha = \left(\frac{278,55 - 158,56}{2} \pm 0,01 \right)^\circ \quad (5)$$

$$\alpha = (59,99 \pm 0,01)^\circ \quad (6)$$

El resultado coincide con el valor esperado para un prisma equilátero, con una discrepancia porcentual $D\% = 0,0167\%$.

IV-B. Índice de Refracción (n_t) y Desviación Mínima (δ_{min})

Se midieron los ángulos de desviación mínima para diferentes líneas espectrales y se calculó n_t usando la Ec. (3) con $\alpha = 59,99^\circ$

IV-B1. Prisma Sólido: Resultados en TABLA II.

En este caso se tiene que $\theta_{ref} = 325,40^\circ$.

TABLA II
RESULTADOS PARA PRISMA SÓLIDO

Línea Espectral	θ_{min} (Grados)	δ_{min} (Radianes)	n_t
Rojo	286,92	0,672	1,515
Naranja	286,60	0,677	1,519
Amarillo	286,50	0,679	1,520
Verde	286,48	0,679	1,520
Azul	285,78	0,692	1,528
Rosado	285,48	0,697	1,531
Incertidumbre	$\Delta\theta_{min} = 0,01$	$\Delta\delta_{min} = 0,001$	$\Delta n_t = 0,001$

IV-B2. Prisma con Líquido I: Resultados en TABLA III.

En este caso se tiene que $\theta_{ref} = 262,58^\circ$.

TABLA III
RESULTADOS PARA PRISMA CON LIQUIDO I

Estudiante			
Línea Espectral	θ_{min} (Grados)	δ_{min} (Radianes)	n_t
Rojo	No se veía		
Naranja	295,65	0,577	1,452
Amarillo	295,52	0,575	1,450
Verde	No se veía		
Azul	294,90	0,564	1,443
Rosado	294,57	0,558	1,439
Profesora			
Línea Espectral	θ_{min} (Grados)	δ_{min} (Radianes)	n_t
Rojo	295,83	0,580	1,454
Naranja	295,73	0,579	1,453
Amarillo	295,65	0,577	1,452
Verde	295,50	0,575	1,450
Azul	294,90	0,564	1,443
Violeta	No se veía		
Incertidumbre	$\Delta\theta_{min} = 0,01$	$\Delta\delta_{min} = 0,001$	$\Delta n_t = 0,001$

IV-B3. Prisma con Líquido II: Resultados en TABLA IV.

En este caso se tiene que $\theta_{ref} = 274,76^\circ$.

TABLA IV
RESULTADOS PARA PRISMA CON LIQUIDO II

Estudiante			
Línea Espectral	θ_{min} (Grados)	δ_{min} (Radianes)	n_t
Rojo	No se veía		
Naranja	300,90	0,456	1,366
Amarillo	300,82	0,455	1,365
Verde	No se veía		
Azul Oscuro	No se veía		
Azul	300,27	0,445	1,358
Rosado	300,07	0,442	1,355
Preparador			
Línea Espectral	θ_{min} (Grados)	δ_{min} (Radianes)	n_t
Rojo	301,07	0,459	1,368
Naranja	300,98	0,458	1,367
Amarillo	300,90	0,456	1,366
Verde	300,75	0,454	1,364
Azul Oscuro	300,50	0,449	1,361
Azul	300,28	0,445	1,358
Violeta	No se veía		
Incertidumbre	$\Delta\theta_{min} = 0,01$	$\Delta\delta_{min} = 0,001$	$\Delta n_t = 0,001$

En este caso se mide el índice de refracción (n_t) y desviación mínima (δ_{min}) para el prisma sólido, un prisma con líquido I y un prisma con líquido II. Como se puede observar en las tablas II, III y IV, los resultados no discrepan mucho entre ellos, logrando obtener en promedio los siguientes índices de refracción:

$$\text{Prisma Sólido} : 1,522 \quad (7)$$

$$\text{Prisma con Líquido I} : 1,448 \quad (8)$$

$$\text{Prisma con Líquido II} : 1,363 \quad (9)$$

IV-C. Índice de Refracción con Refractómetro de Abbe

Se midió n_t para los líquidos de los prismas con líquido I y II usando el refractómetro con 4 diferentes filtros.

IV-C1. Líquido I: Resultados en TABLA V.

TABLA V
RESULTADOS REFRACTÓMETRO ABBE (LÍQUIDO I)

Filtro	n_t
Azul	1.438
Rojo	1.454
Naranja	1.450
Amarillo	1.451
Incertidumbre	$\Delta n_t = 0,001$

IV-C2. Líquido II: Resultados en TABLA VI.

TABLA VI
RESULTADOS REFRACTÓMETRO ABBE (LÍQUIDO II)

Filtro	n_t
Azul	1.345
Rojo	1.362
Naranja	1.357
Amarillo	1.359
Incertidumbre	$\Delta n_t = 0,001$

En este caso se mide el índice de refracción (n_t) con el espectrómetro de Abbe, un prisma con líquido I y un prisma con líquido II. Como se puede observar en las tablas V y VI, los resultados no discrepan mucho entre ellos, logrando obtener en promedio los siguientes índices de refracción:

$$\text{Líquido I} : 1,448 \quad (10)$$

$$\text{Líquido II} : 1,356 \quad (11)$$

CONCLUSIONES

IV.A Ángulo del prisma (α)

La medición del ángulo del prisma sólido mediante la técnica de reflexión resultó en un valor de $(59,99 \pm 0,01)^\circ$. Este resultado está en excelente concordancia con el valor de 60° para un prisma equilátero, validando la precisión del método de medición angular empleado.

IV.B Índice de Refracción, Dispersión y Comparación de Métodos

Mediante el método de desviación mínima con el espectrómetro, se determinaron los índices de refracción y se estudió la dispersión para el prisma sólido y los líquidos I y II. El prisma sólido mostró el comportamiento típico de dispersión normal, donde el índice de refracción aumenta con la disminución de la

longitud de onda. Por otro lado, los líquidos I y II exhibieron dispersión en el rango visible, con índices de refracción que decrecen al pasar de longitudes de onda más largas a más cortas.

Un aspecto relevante fue el impacto de la percepción visual individual en la observación. Como experimentador con daltonismo, tuve dificultades para ver ciertas líneas de color (rojo, verde) visibles para otros, pero percibí consistentemente una línea rosada (teóricamente en el UV/violeta profundo para otros) que ellos no vieron. Esta observación única fue medida y su índice de refracción calculado, demostrando cómo la percepción subjetiva puede afectar la recopilación de datos espectrales.

Posteriormente, se midieron los índices de refracción de los líquidos I y II utilizando el refractómetro de Abbe. La comparación de los valores promedio de n_t obtenidos con ambos instrumentos reveló: para el Líquido I, Espectrómetro $\approx 1,448$ vs. Refractómetro Abbe $\approx 1,448$, resultando en una excelente concordancia; para el Líquido II, Espectrómetro $\approx 1,363$ vs. Refractómetro Abbe $\approx 1,356$, presentando una ligera discrepancia de aproximadamente 0.007, atribuible a diferencias instrumentales o metodológicas.

En suma, el experimento validó principios ópticos clave, demostró diferentes tipos de dispersión y permitió comparar la efectividad de dos métodos de medición del índice de refracción, al tiempo que destacó la influencia inesperada de la observación subjetiva en las mediciones científicas.

REFERENCIAS

- [1] F. W. Sears, M. W. Zemansky, H. D. Young, and R. A. Freedman, *Física Universitaria con Física Moderna*, 12th ed. México: Pearson Educación, 2009, vol. 2.
- [2] J. Martín and F. Dugarte, *Guías de laboratorio (Laboratorio III)*, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, (Material no publicado).
- [3] D. Halliday, R. Resnick, and J. Walker, *Fundamentals of Physics Extended*, 10th ed. Wiley, 2013.