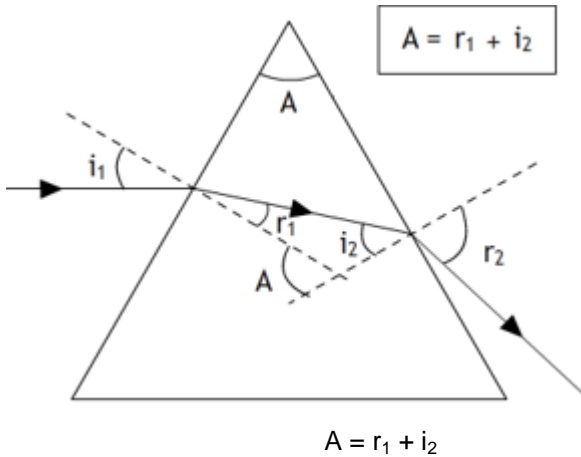




## Refracción (Ampliación)

**IES La Magdalena.  
Avilés. Asturias**



Si un rayo de luz incide sobre una de las caras de un prisma de vidrio con el ángulo adecuado, después de refractarse en la primera cara sufrirá una segunda refracción en la segunda saliendo desviado hacia su base (ver figura).

Aplicando la ley de Snell a cada refracción, y suponiendo que el medio es el aire, tendremos:

$$\text{sen}(i_1) = n \text{sen}(r_1)$$

$$n \text{sen}(i_2) = \text{sen}(r_2)$$

Los ángulos  $r_1$  e  $i_2$  se relacionan con el ángulo del prisma (generalmente  $60^\circ$ ) según:

$$A = r_1 + i_2$$

Si el rayo incide con un ángulo nulo (esto es, perpendicularmente a la cara del prisma), atraviesa el vidrio sin sufrir refracción e incide en la otra cara con un ángulo igual al ángulo del prisma ( $60^\circ$ ). Como este ángulo es mayor que el ángulo límite para el vidrio (unos  $40^\circ$ ) el rayo se reflejará totalmente saliendo perpendicular a la base del prisma sin refractarse. Para este caso particular el rayo atraviesa el prisma sin sufrir refracción alguna.

Si aumentamos el ángulo de incidencia en la primera cara, aumenta  $r_1$  y disminuye  $i_2$ . Por tanto llegará un momento en que  $i_2$  sea igual al ángulo límite y el rayo se refracta en la segunda cara saliendo rasante a la misma.

Se puede calcular el ángulo de incidencia en la primera cara para el cual el rayo se refracta rasante en la segunda.

Suponiendo  $n = 1,60$  para el prisma:

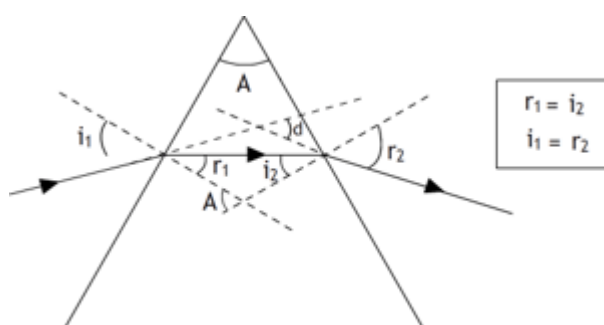
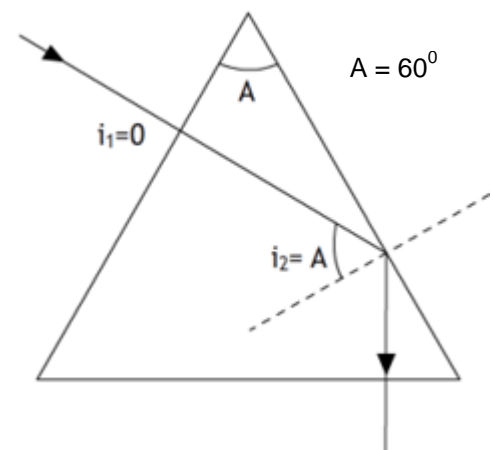
$$n \text{sen}(i_2) = \text{sen}(90^\circ) = 1; \text{sen}(i_2) = \frac{1}{n} = \frac{1}{1,60} = 0,6250 \Rightarrow i_2 = 38,7^\circ$$

$$A = r_1 + i_2; r_1 = A - i_2 = 60,0^\circ - 38,7^\circ = 21,3^\circ$$

$$\text{sen}(i_1) = n \text{sen}(r_1); \text{sen}(i_1) = 1,60 \text{sen}(21,3^\circ) = 0,5812 \Rightarrow i_1 = 35,5^\circ$$

A partir de este ángulo de incidencia se produce la refracción en la segunda cara. Luego:

- Para un ángulo de incidencia comprendido entre  $0^\circ$  y  $35,5^\circ$ , no hay refracción en la segunda cara. Se produce la reflexión total.
- Para un ángulo de incidencia mayor de  $35,5^\circ$  y  $90^\circ$ , hay refracción en la segunda cara. El rayo emerge por la segunda cara del prisma acercándose cada vez más a la normal (ángulo de la segunda refracción cada vez más pequeño).



El ángulo  $d$  que forman el rayo incidente y el refractado mide la desviación sufrida por la luz en el prisma.

$$d = (i_1 - r_1) + (r_2 - i_2) = (i_1 + r_2) - (r_1 + i_2)$$

$$d = (i_1 + r_2) - A$$

A medida que aumenta el ángulo de incidencia (en la primera cara) el ángulo de desviación disminuye hasta llegar a un valor mínimo y después vuelve a aumentar

La desviación es mínima cuando el rayo que atraviesa el prisma lo hace paralelamente a la base (ver figura). Entonces se cumple:

$$r_1 = i_2 \Rightarrow (\text{aplicar ley de Snell}) i_1 = r_2$$

Por tanto para la desviación mínima tendrá lugar para un ángulo de incidencia:

$$\left. \begin{array}{l} A = r_1 + i_2 \\ r_1 = i_2 \end{array} \right\} A = 2 r_1 ; r_1 = \frac{A}{2}$$

$$\text{sen}(i_1) = n \text{sen}\left(\frac{A}{2}\right)$$

El ángulo de desviación mínima se puede obtener entonces a partir de la expresión:

$$r_1 = i_2 \Rightarrow (\text{aplicar ley de Snell}) i_1 = r_2 \quad \boxed{dm = 2(i_1) - A}$$

Teniendo en cuenta lo anterior y aplicando la ley de Snell tendremos:

$$\text{sen}(i_1) = n \text{sen}(r_1) ; \text{sen}\left(\frac{dm + A}{2}\right) = n \text{sen}\left(\frac{A}{2}\right)$$

$$\boxed{n = \frac{\text{sen}\left(\frac{dm + A}{2}\right)}{\text{sen}\left(\frac{A}{2}\right)}}$$

La expresión anterior se usa para calcular el índice de refracción de un prisma. El procedimiento es el siguiente:

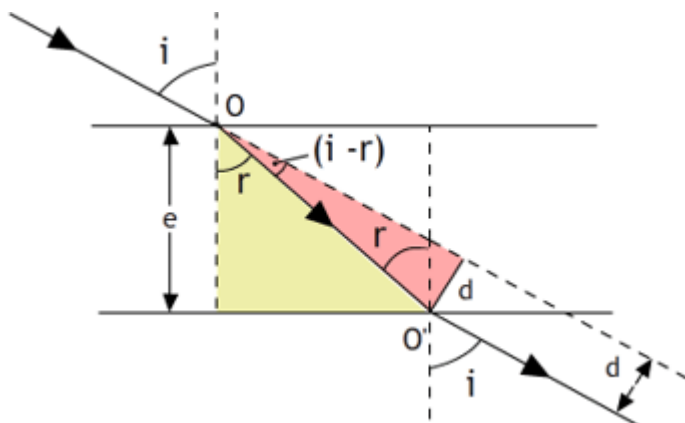
- Medir el ángulo del prisma (A) si no se conoce (generalmente  $A = 60^\circ$ ).
- Girar el prisma hasta lograr que el rayo interior sea paralelo a la base. Posición de desviación mínima.
- Medir el ángulo de incidencia.
- Calcular el ángulo de desviación mínima a partir de:  $d_m = 2(i_1) - A$
- calcular n a partir de la expresión anterior.

Experiencias con el prisma:

1. Calcular el índice de refracción del prisma según el procedimiento explicado más arriba
2. Colocar el prisma sobre una superficie que pueda girar. Rotar la superficie hasta conseguir que el rayo incida perpendicularmente a la arista (no debe observarse refracción). Observar que existe reflexión total y que el rayo reflejado sale perpendicular a la base del prisma.
3. Girar la plataforma lentamente aumentando el ángulo de incidencia. Cuando el rayo reflejado salga rasante a la arista medir el ángulo de incidencia. Comparar el ángulo obtenido con el calculado teóricamente (ver página anterior)
4. Seguir aumentando el ángulo de incidencia. Aparece la refracción en la segunda cara. El rayo refractado se aproxima a la normal. Cuando el rayo que se propaga en el interior del prisma es paralelo a la base nos encontramos en la posición de desviación mínima del rayo incidente.
5. Observar que cuando la incidencia es rasante a la arista ( $i_1 = 90^\circ$ ) el ángulo de refracción es igual al de incidencia calculado en el punto 3.

Un rayo que se refracta en una lámina de caras planas y paralelas sale paralelo a la dirección de incidencia, pero desplazado una cierta distancia ( $d$ ) respecto del rayo incidente. El desplazamiento depende del espesor de la lámina, así como del ángulo de incidencia.

La desviación sufrida en una **lámina de caras paralelas** puede calcularse en la forma siguiente:



$$\left. \begin{array}{l} \cos(r) = \frac{e}{OO'} \\ \text{sen}(i-r) = \frac{d}{OO'} \end{array} \right\} \frac{e}{\cos(r)} = \frac{d}{\text{sen}(i-r)}$$

$$d = \frac{e \text{ sen}(i-r)}{\cos(r)}$$