

# Ley de Snell y Refracción de la Luz

Guía de 25 Ejercicios Resueltos Paso a Paso y Formulario Esencial

 Edición de Estudio Gratuita (Primeros 5 Resueltos + 20 de Práctica)

## ★ Formulario Rápido y Conceptos Fundamentales

**Ley de Snell (Forma Fundamental):** Relaciona los ángulos de incidencia y refracción medidos siempre respecto a la normal.

$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$$

**Índice de Refracción Absoluto:** Donde  $c = 3 \times 10^8$  m/s es la velocidad en el vacío y  $v$  en el medio.

$$n = \frac{c}{v}$$

**Ángulo Crítico (Reflexión Interna Total):** Ángulo de incidencia límite a partir del cual el rayo no emerge y se refleja al 100%.

$$\sin(\theta_c) = \frac{n_2}{n_1} \quad (\text{para } n_1 > n_2)$$

**Longitud de Onda en un Medio:** La frecuencia  $f$  se mantiene constante al cambiar de medio, pero la longitud de onda se acorta.

$$\lambda_n = \frac{\lambda_0}{n}$$

## Parte 1: Calentamiento (Uso Directo de Fórmulas)

Enfocada en afianzar conceptos clave y despejes básicos.

### Ejercicio 1 Refracción en la interfaz Aire - Agua

Un haz de luz incide desde el aire ( $n_1 = 1.00$ ) sobre una superficie de agua tranquila ( $n_2 = 1.33$ ) con un ángulo de incidencia de  $30^\circ$  respecto a la normal. Calcula el ángulo de refracción.

#### 💡 Procedimiento Paso a Paso:

##### Datos Clave:

- Medio 1 (Aire):  $n_1 = 1.00$
- Medio 2 (Agua):  $n_2 = 1.33$
- Ángulo de incidencia:  $\theta_1 = 30^\circ$

##### Fórmula y Despeje:

$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$$

Despejando:

$$\sin(\theta_2) = \frac{n_1 \sin(\theta_1)}{n_2}$$

##### Sustitución y Operaciones:

$$\sin(\theta_2) = \frac{(1.00) \sin(30^\circ)}{1.33} = \frac{0.5000}{1.33} \approx 0.3759 \implies \theta_2 = \arcsin(0.3759)$$

#### RESULTADO:

$$\theta_2 \approx 22.08^\circ$$

*Nota Física:* Al pasar de un medio menos denso a uno más denso ópticamente ( $n_2 > n_1$ ), el rayo se desvía acercándose a la normal ( $\theta_2 < \theta_1$ ).

**Ejercicio 2 Velocidad de propagación en Vidrio Crown**

El índice de refracción del vidrio crown para la luz amarilla de sodio es  $n = 1.52$ . Determina la velocidad a la que se propaga la luz a través de este bloque de vidrio.

 **Procedimiento Paso a Paso:****Datos Clave:**

- Velocidad en el vacío:  $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$
- Índice de refracción del vidrio:  $n = 1.52$

**Fórmula y Despeje:**

$$n = \frac{c}{v}$$

Despejando:

$$v = \frac{c}{n}$$

**Sustitución y Operaciones:**

$$v = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.52} \approx 1.9737 \times 10^8 \text{ m/s}$$

**RESULTADO:**

$$v \approx 1.97 \times 10^8 \text{ m/s}$$

*Nota Física:* La luz reduce su velocidad aproximadamente un 34% respecto al vacío al interactuar con los átomos del vidrio.

**Ejercicio 3**   **Ángulo Crítico para Vidrio Flint hacia el Aire**

Un cristal de vidrio flint pesado tiene un índice de refracción de  $n = 1.66$ . Calcula el ángulo crítico a partir del cual ocurre reflexión interna total al pasar hacia el aire ( $n = 1.00$ ).

 **Procedimiento Paso a Paso:****Datos Clave:**

- Medio denso:  $n_1 = 1.66$
- Medio exterior:  $n_2 = 1.00$

**Fórmula y Despeje:**

$$\sin(\theta_c) = \frac{n_2}{n_1}$$

Despejando:

$$\theta_c = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

**Sustitución y Operaciones:**

$$\theta_c = \arcsin\left(\frac{1.00}{1.66}\right) = \arcsin(0.6024)$$

**RESULTADO:**

$$\theta_c \approx 37.04^\circ$$

*Nota Física:* Cualquier rayo que incida desde el interior del vidrio flint con un ángulo mayor a  $37.04^\circ$  no saldrá al aire, sino que se reflejará completamente hacia adentro.

**Ejercicio 4 Refracción en Alcohol Etílico**

Un rayo luminoso incide con un ángulo de  $45^\circ$  desde el aire sobre la superficie de alcohol etílico ( $n = 1.36$ ). Encuentra el valor exacto del ángulo de refracción.

 **Procedimiento Paso a Paso:****Datos Clave:**

- Índice del aire:  $n_1 = 1.00$
- Índice del alcohol:  $n_2 = 1.36$
- Ángulo de incidencia:  $\theta_1 = 45^\circ$

**Fórmula y Despeje:**

$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$$

Despejando:

$$\sin(\theta_2) = \frac{n_1 \sin(\theta_1)}{n_2}$$

**Sustitución y Operaciones:**

$$\sin(\theta_2) = \frac{(1.00) \sin(45^\circ)}{1.36} = \frac{0.7071}{1.36} \approx 0.5199 \implies \theta_2 = \arcsin(0.5199)$$

**RESULTADO:**

$$\theta_2 \approx 31.33^\circ$$

*Nota Física:* El rayo experimenta una desviación angular de  $\delta = 45^\circ - 31.33^\circ = 13.67^\circ$ .

**Ejercicio 5** Ángulo Crítico en Diamante

El diamante posee uno de los índices de refracción más altos en la naturaleza ( $n = 2.42$ ). Calcula su ángulo crítico con respecto al aire y explica por qué brilla tanto.

 **Procedimiento Paso a Paso:****Datos Clave:**

- Índice del diamante:  $n_1 = 2.42$
- Índice del aire:  $n_2 = 1.00$

**Fórmula y Despeje:**

$$\sin(\theta_c) = \frac{n_2}{n_1}$$

Despejando:

$$\theta_c = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

**Sustitución y Operaciones:**

$$\theta_c = \arcsin\left(\frac{1.00}{2.42}\right) = \arcsin(0.4132)$$

**RESULTADO:**

$$\theta_c \approx 24.41^\circ$$

*Nota Física:* Su bajísimo ángulo crítico (apenas  $24.4^\circ$ ) causa que casi toda la luz que entra quede atrapada rebotando en múltiples reflexiones internas antes de salir por la corona, produciendo el destello característico.

## Parte 2: Análisis y Aplicación Práctica

Problemas contextualizados que requieren más de un paso analítico.

### Ejercicio 6 Desplazamiento Lateral en una Placa de Vidrio

Un rayo de luz incide a  $50^\circ$  sobre una placa de vidrio de caras paralelas de espesor  $e = 3.0 \text{ cm}$  y  $n = 1.50$ . Al emerger al aire, el rayo sale paralelo pero desplazado lateralmente. Calcula la distancia de desplazamiento lateral  $d$ .

#### Datos del Problema:

- Espesor de la placa:  $e = 3.0 \text{ cm} = 0.030 \text{ m}$
- Ángulo de incidencia:  $\theta_1 = 50^\circ$
- Índice de la placa:  $n = 1.50$



#### ¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **\$49 MXN**.

👉 **Desbloquear Guía Completa de Ley de Snell y Refracción de la Luz**

### Ejercicio 7 Profundidad Aparente de un Objeto Sumergido

Una moneda descansa en el fondo de una alberca de agua limpia de  $2.40 \text{ m}$  de profundidad real. Si un observador la mira casi verticalmente desde el borde exterior, ¿a qué profundidad aparente parece encontrarse la moneda?

#### Datos del Problema:

- Profundidad real:  $h = 2.40 \text{ m}$
- Índice del agua:  $n_{\text{agua}} = 1.33$
- Índice del aire:  $n_{\text{aire}} = 1.00$



#### ¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **\$49 MXN**.

👉 **Desbloquear Guía Completa de Ley de Snell y Refracción de la Luz**

**Ejercicio 8 Fibra Óptica: Ángulo Crítico de Guía de Onda**

Una fibra óptica para telecomunicaciones consta de un núcleo de cuarzo de índice  $n_1 = 1.48$  recubierto por una funda protectora con  $n_2 = 1.44$ . Determina el ángulo crítico mínimo de reflexión total interna dentro del núcleo.

**Datos del Problema:**

- Núcleo (medio 1):  $n_1 = 1.48$
- Cubierta (medio 2):  $n_2 = 1.44$

**¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?**

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **\$49 MXN**.

👉 **Desbloquear Guía Completa de Ley de Snell y Refracción de la Luz**

**Ejercicio 9 Desviación Mínima en un Prisma Triangular Equilátero**

Un prisma equilátero (ángulo de ápice  $A = 60^\circ$ ) está hecho de vidrio con  $n = 1.50$ . Calcula el ángulo de desviación mínima  $\delta_{min}$  que experimenta un rayo de luz al atravesarlo simétricamente.

**Datos del Problema:**

- Ángulo del prisma:  $A = 60^\circ$
- Índice del prisma:  $n = 1.50$
- Medio circundante:  $n_{aire} = 1.00$

**¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?**

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **\$49 MXN**.

👉 **Desbloquear Guía Completa de Ley de Snell y Refracción de la Luz**

**Ejercicio 10 Longitud de Onda de Luz Láser en Benceno**

Un rayo de luz monocromática procedente de un láser de He-Ne tiene una longitud de onda en el aire de  $\lambda_0 = 632.8 \text{ nm}$ . Al penetrar en un recipiente con benceno ( $n = 1.50$ ), ¿cuál es su nueva longitud de onda y qué ocurre con su color/frecuencia?

**Datos del Problema:**

- Longitud de onda en vacío:  $\lambda_0 = 632.8 \text{ nm}$
- Índice del benceno:  $n = 1.50$

**¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?**

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **\$49 MXN**.

👉 **Desbloquear Guía Completa de Ley de Snell y Refracción de la Luz**

**Ejercicio 11 Prisma de Porro y Reflexión Total Interna**

En unos prismáticos binoculares se utilizan prismas isósceles rectángulos ( $45^\circ - 90^\circ - 45^\circ$ ) de vidrio crown ( $n = 1.52$ ). Comprueba analíticamente si un rayo que incide normalmente por un cateto se reflejará totalmente en la hipotenusa.

**Datos del Problema:**

- Índice del prisma:  $n_1 = 1.52$
- Índice del aire exterior:  $n_2 = 1.00$
- Ángulo de incidencia en hipotenusa:  $\theta_1 = 45^\circ$

**¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?**

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **\$49 MXN**.

👉 **Desbloquear Guía Completa de Ley de Snell y Refracción de la Luz**

**Ejercicio 12** Refracción en Interfaz Líquida Benceno - Agua

Un haz luminoso viaja a través de una capa de benceno ( $n_1 = 1.50$ ) e incide a  $35^\circ$  sobre una capa subyacente de agua ( $n_2 = 1.33$ ). Calcula el ángulo de refracción en el agua.

**Datos del Problema:**

- Medio 1 (Benceno):  $n_1 = 1.50$
- Medio 2 (Agua):  $n_2 = 1.33$
- Ángulo incidente:  $\theta_1 = 35^\circ$

**¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?**

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **\$49 MXN**.

👉 **Desbloquear Guía Completa de Ley de Snell y Refracción de la Luz**

**Ejercicio 13** Condición Geométrica: Ángulo Duplicado ( $\theta_1 = 2\theta_2$ )

Un rayo de luz pasa del aire a un bloque de vidrio con índice  $n = 1.50$ . Halla el ángulo de incidencia  $\theta_1$  necesario para que el ángulo de incidencia sea exactamente el doble del ángulo refractado.

**Datos del Problema:**

- Medio 1:  $n_1 = 1.00$
- Medio 2:  $n_2 = 1.50$
- Condición:  $\theta_1 = 2\theta_2$

**¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?**

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **\$49 MXN**.

👉 **Desbloquear Guía Completa de Ley de Snell y Refracción de la Luz**

**Ejercicio 14** La Ventana Circular de Snell para un Buzo

Un buceador está sumergido a una profundidad de  $h = 3.0 \text{ m}$  en una laguna cristalina ( $n = 1.33$ ). Al mirar hacia arriba, todo el mundo exterior sobre la superficie queda comprimido en un círculo luminoso (cono de Snell). Calcula el radio  $R$  de dicho círculo.

**Datos del Problema:**

- Profundidad:  $h = 3.0 \text{ m}$
- Índice del agua:  $n = 1.33$
- Ángulo crítico agua-aire:  $\theta_c = \arcsin(1/1.33) \approx 48.75^\circ$

**¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?**

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **\$49 MXN**.

👉 **Desbloquear Guía Completa de Ley de Snell y Refracción de la Luz**

**Ejercicio 15** Bloque de Acrílico sobre Líquido

Un rayo de luz atraviesa un bloque de acrílico ( $n_1 = 1.49$ ) e incide a  $55^\circ$  sobre una capa de glicerina ( $n_2 = 1.47$ ). Determina el ángulo de refracción y evalúa el margen respecto al ángulo crítico.

**Datos del Problema:**

- Acrílico:  $n_1 = 1.49$
- Glicerina:  $n_2 = 1.47$
- Ángulo incidente:  $\theta_1 = 55^\circ$

**¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?**

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **\$49 MXN**.

👉 **Desbloquear Guía Completa de Ley de Snell y Refracción de la Luz**

## Parte 3: Nivel Examen e Ingeniería

Ejercicios de alta exigencia, situaciones combinadas y casos reales.

### Ejercicio 16 Apertura Numérica (NA) y Ángulo de Aceptación de Fibra

Una fibra óptica tiene un núcleo con  $n_1 = 1.55$  y una cubierta con  $n_2 = 1.50$ . Si el extremo de entrada está cortado a  $90^\circ$  en el aire, calcula su Apertura Numérica (NA) y el semi-ángulo máximo de aceptación cónica  $\alpha_{max}$ .

#### Datos del Problema:

- Índice del núcleo:  $n_1 = 1.55$
- Índice de la funda:  $n_2 = 1.50$
- Índice del aire:  $n_0 = 1.00$



#### ¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **\$49 MXN**.

 **Desbloquear Guía Completa de Ley de Snell y Refracción de la Luz**

### Ejercicio 17 Ángulo de Brewster y Polarización por Refracción

Halla el ángulo de incidencia (Ángulo de Brewster  $\theta_B$ ) para el cual un haz de luz no polarizada que incide desde el aire sobre un cristal de cuarzo ( $n = 1.54$ ) produce un rayo reflejado 100% linealmente polarizado.

#### Datos del Problema:

- Medio incidente (Aire):  $n_1 = 1.00$
- Medio transmisor (Cuarzo):  $n_2 = 1.54$



#### ¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **\$49 MXN**.

 **Desbloquear Guía Completa de Ley de Snell y Refracción de la Luz**

**Ejercicio 18 Sistema Multicapa Estratificado (Aire - Aceite - Agua - Vidrio)**

Un rayo de luz incide desde el aire a  $60^\circ$  sobre tres capas paralelas de líquidos y vidrio: Aceite ( $n = 1.45$ ), Agua ( $n = 1.33$ ) y base de Vidrio pesado ( $n = 1.65$ ). Demuestra y calcula el ángulo de refracción en la base de vidrio.

**Datos del Problema:**

- Capa 0 (Aire):  $n_0 = 1.00$ ,  $\theta_0 = 60^\circ$
- Capa final (Vidrio):  $n_3 = 1.65$

**¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?**

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **\$49 MXN**.

👉 **Desbloquear Guía Completa de Ley de Snell y Refracción de la Luz**

**Ejercicio 19 Refracción en una Superficie Esférica**

Un cilindro de vidrio de radio  $R = 5.0 \text{ cm}$  y  $n = 1.50$  termina en una cara semiesférica convexa hacia el aire. Un rayo paralelo al eje óptico incide a una altura paraxial  $h = 1.0 \text{ cm}$ . Determina la distancia focal paraxial  $f$  en el vidrio.

**Datos del Problema:**

- Radio de curvatura:  $R = +5.0 \text{ cm}$
- Índice del medio 1 (Aire):  $n_1 = 1.00$
- Índice del medio 2 (Vidrio):  $n_2 = 1.50$

**¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?**

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **\$49 MXN**.

👉 **Desbloquear Guía Completa de Ley de Snell y Refracción de la Luz**

**Ejercicio 20**    **Dispersión Cromática en un Prisma**

Un prisma equilátero de vidrio flint tiene índices  $n_{rojo} = 1.620$  y  $n_{violeta} = 1.660$ . Si un haz blanco incide a  $50^\circ$ , calcula la separación angular  $\Delta\theta$  entre ambos colores en la primera refracción.

**Datos del Problema:**

- Ángulo incidente:  $\theta_1 = 50^\circ$
- $n_{rojo} = 1.620$ ,  $n_{violeta} = 1.660$

**¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?**

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **\$49 MXN**.

👉 **Desbloquear Guía Completa de Ley de Snell y Refracción de la Luz**

**Ejercicio 21**    **Prisma Triangular Sumergido en Agua**

Un prisma de vidrio flint ( $n_p = 1.65$ ) con ángulo de ápice  $A = 40^\circ$  está completamente sumergido en agua ( $n_a = 1.33$ ). Calcula el ángulo de incidencia en la primera cara para que el rayo viaje paralelo a la base.

**Datos del Problema:**

- Medio exterior:  $n_a = 1.33$
- Medio del prisma:  $n_p = 1.65$
- Ángulo interno simétrico:  $r_1 = A/2 = 20^\circ$

**¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?**

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **\$49 MXN**.

👉 **Desbloquear Guía Completa de Ley de Snell y Refracción de la Luz**

**Ejercicio 22** Modelo Físico de Espejismo Inferior (Gradiente de Temperatura)

Sobre el asfalto caliente, el aire tiene un gradiente térmico de modo que el índice pasa de  $n = 1.00029$  a 1.5 m de altura a  $n = 1.00020$  cerca del suelo. ¿Cuál es el ángulo de incidencia rasante necesario para que un rayo se refleje totalmente sin tocar el pavimento?

**Datos del Problema:**

- Índice superior:  $n_1 = 1.00029$
- Índice en asfalto:  $n_2 = 1.00020$

**¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?**

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **\$49 MXN**.

👉 **Desbloquear Guía Completa de Ley de Snell y Refracción de la Luz**

**Ejercicio 23** Radio Mínimo de Curvatura de una Fibra Óptica

Una fibra óptica plástica homogénea ( $n = 1.50$ ) de diámetro  $d = 1.0 \text{ mm}$  se dobla en un arco circular en el aire. Encuentra el radio de curvatura interior mínimo  $R_{min}$  que garantiza que cualquier rayo axial no escape por refracción.

**Datos del Problema:**

- Índice de la fibra:  $n = 1.50$
- Diámetro:  $d = 1.0 \text{ mm}$
- Ángulo crítico:  $\sin(\theta_c) = 1/1.50 = 0.6667 \implies \theta_c = 41.81^\circ$

**¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?**

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **\$49 MXN**.

👉 **Desbloquear Guía Completa de Ley de Snell y Refracción de la Luz**

**Ejercicio 24** Principio de Refractometría de Abbe

En un refractómetro de Abbe, un líquido desconocido se deposita sobre un prisma de iluminación de índice conocido  $n_p = 1.720$ . El telescopio detecta el borde de la sombra de reflexión total a un ángulo límite de  $58.5^\circ$ . Halla el índice de refracción  $n_x$  del líquido.

**Datos del Problema:**

- Índice del prisma de Abbe:  $n_p = 1.720$
- Ángulo límite medido:  $\theta_c = 58.5^\circ$

**¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?**

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **\$49 MXN**.

👉 **Desbloquear Guía Completa de Ley de Snell y Refracción de la Luz**

**Ejercicio 25** Rayo que Incide en un Cilindro Transparente (Problema Olímpico)

Un haz de luz láser incide sobre la pared lateral de un cilindro macizo de vidrio transparente ( $n = \sqrt{2} \approx 1.414$ ) con un ángulo de incidencia  $\theta_1$  cualquiera. Demuestra que el rayo que penetra en el cilindro sufrirá reflexión interna total en su siguiente choque con la pared.

**Datos del Problema:**

- Índice del cilindro:  $n = \sqrt{2}$
- Relación geométrica en el triángulo isósceles del cilindro: el ángulo de incidencia en el segundo choque es igual al ángulo de refracción del primero:  $\theta_2$

**¿Quieres ver el procedimiento paso a paso y la comprobación de este ejercicio?**

Desbloquea la **Guía Completa en PDF** con los 25 ejercicios resueltos paso a paso, diagramas vectoriales y formulario extendido por solo **\$49 MXN**.

👉 **Desbloquear Guía Completa de Ley de Snell y Refracción de la Luz**