

# UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL MAULE

---

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

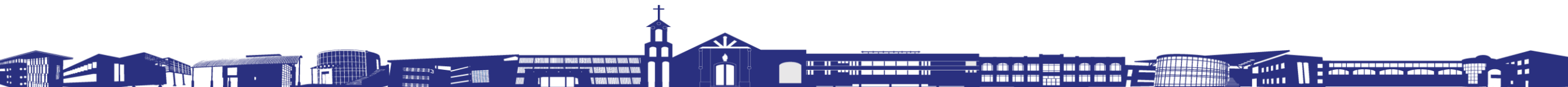
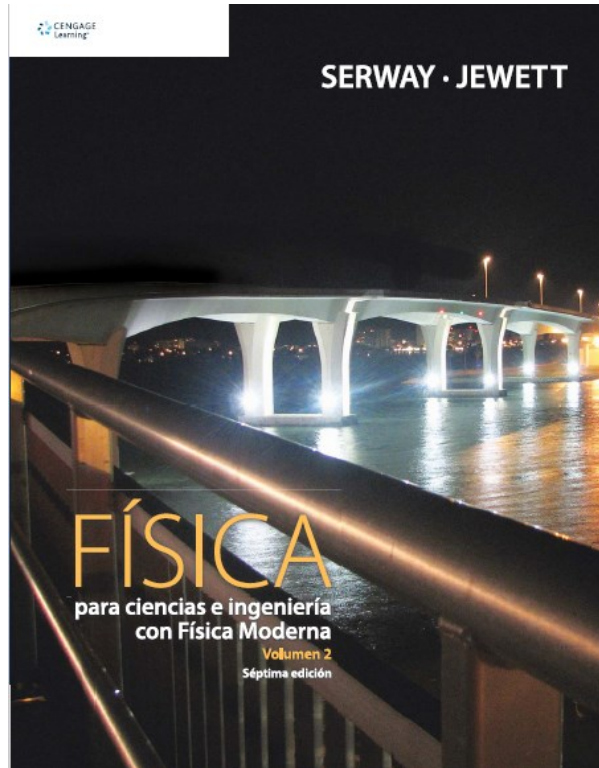
# Ingeniería Civil Informática .

---

## FÍSICA III

Ing. José Martí Jomarrón Garrido. M.Sc.

jose.jomarron@gmail.com



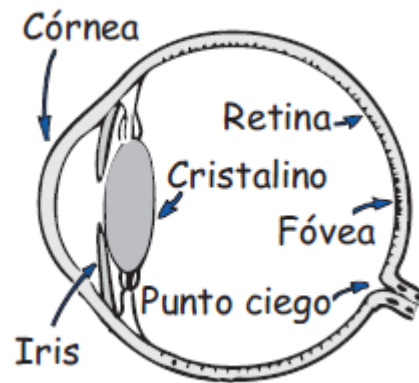
# Unidad 1. Óptica.

## *NATURALEZA Y PROPAGACIÓN DE LA LUZ*

### Clase 3

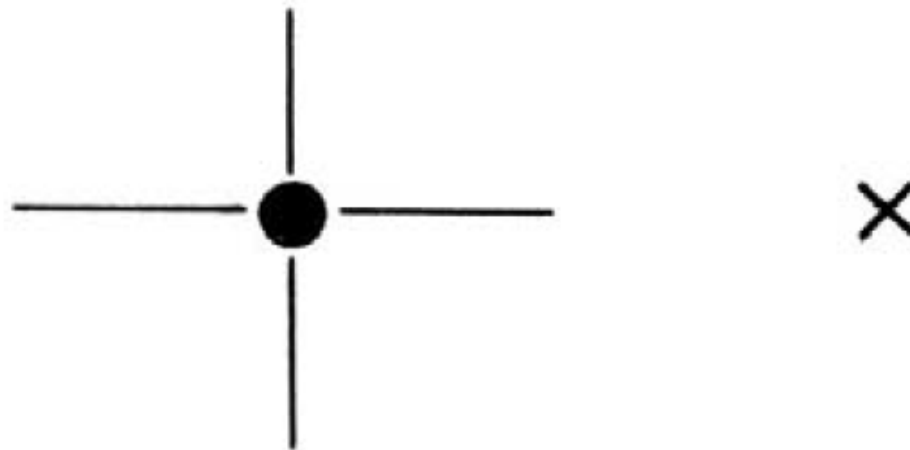


## Visión de la luz: el ojo



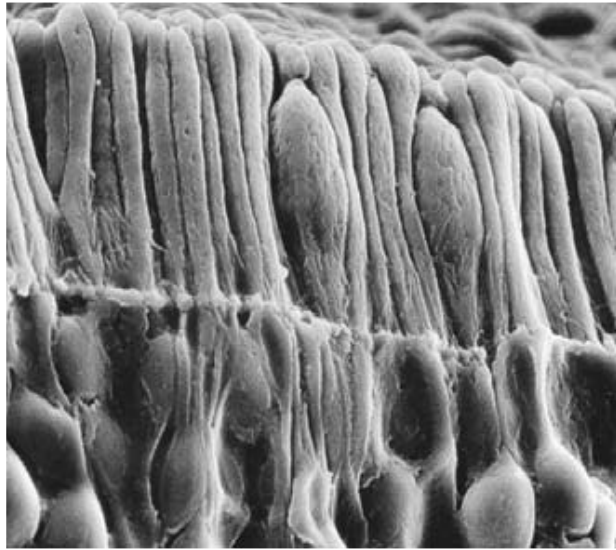
*córnea*, produce 70% de la desviación necesaria de la luz

*punto ciego.*





*Imagen ampliada de los bastones y los conos en el ojo humano.*

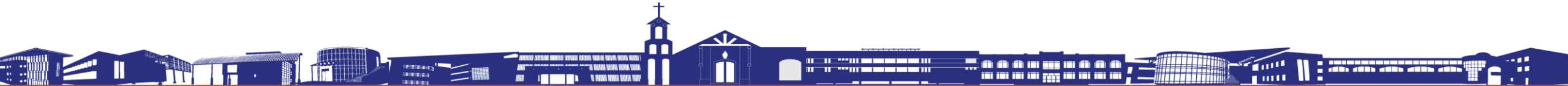


bastones y los conos

se estimulan con luz de baja frecuencia

se estimulan con luz de frecuencia intermedia

se estimulan con luz de mayor frecuencia





Ella te ama...



¿Ella no te ama?

*El estudio del tamaño de la pupila en función de las actitudes se llama pupilometría*



*¿es discontinua la línea inclinada ?*



*¿Realmente es discontinua la línea inclinada?*

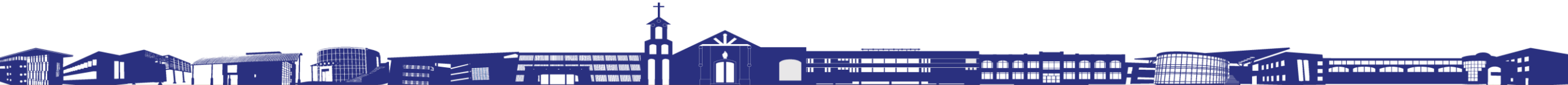




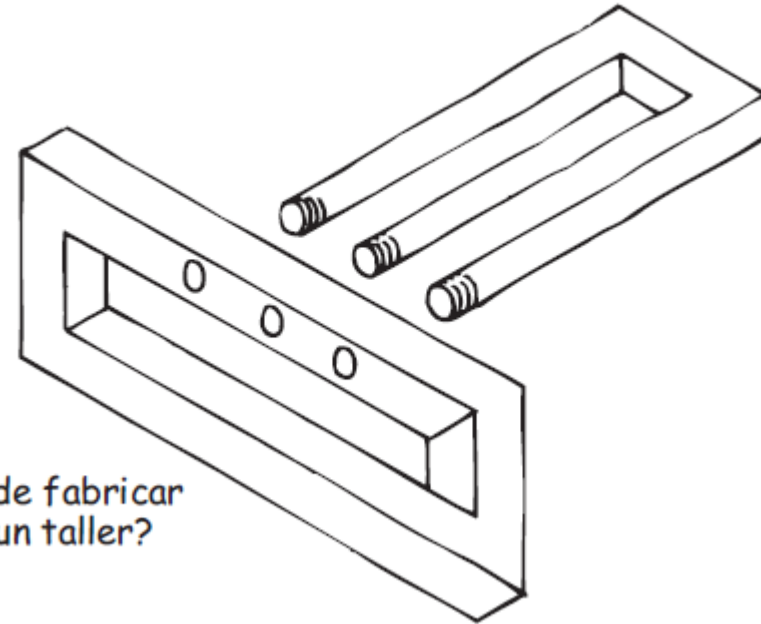
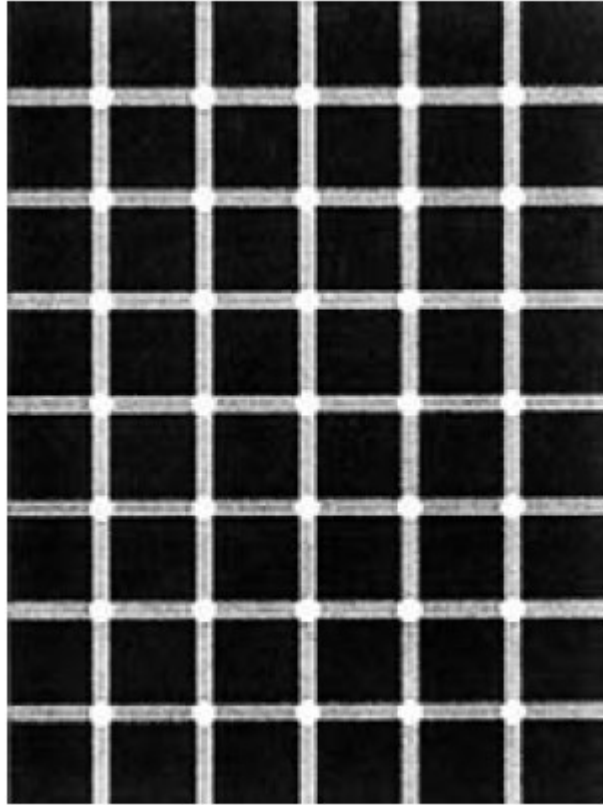
*¿Cuales son mas anchas ?*



*¿Realmente son menos altas las rayas de la derecha?*

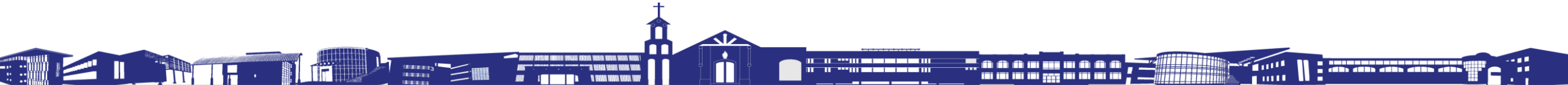


*contar los puntos negros*

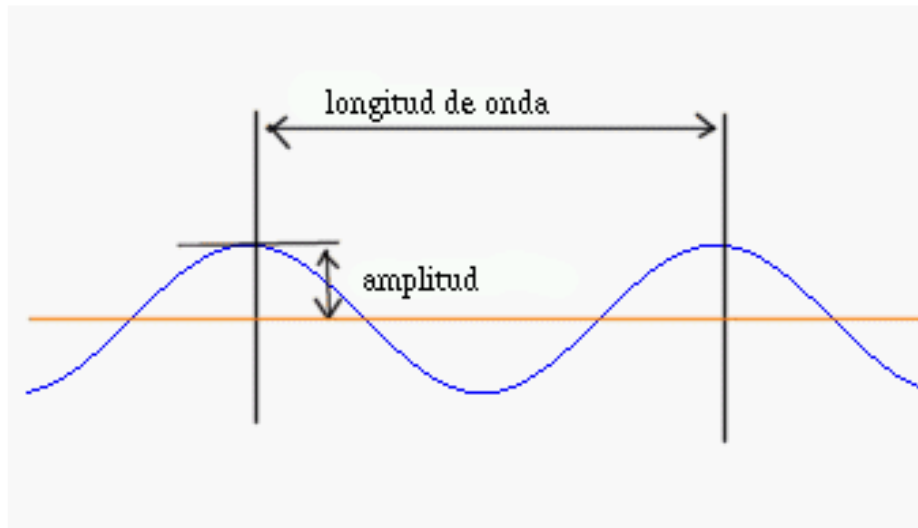


¿Se puede fabricar  
esto en un taller?

*¿Puedes contar los puntos negros?*



## PROPIEDADES DE UNA ONDA LUMINOSA.

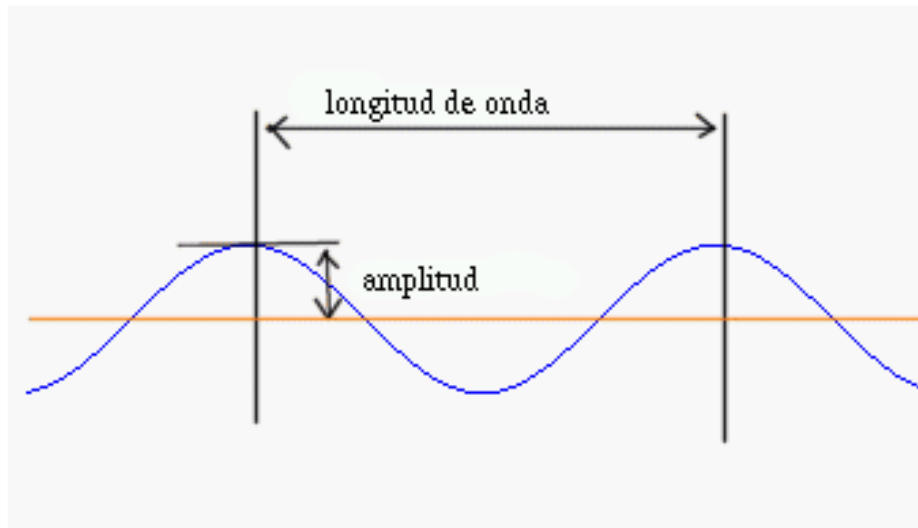


*a) Se denomina un ciclo de la onda a la distancia recorrida por el fotón entre dos crestas o dos valles.*

La longitud de una onda luminosa se expresa por la letra griega lambda ( $\lambda$ ).



## PROPIEDADES DE UNA ONDA LUMINOSA.



### b) AMPLITUD DE ONDA

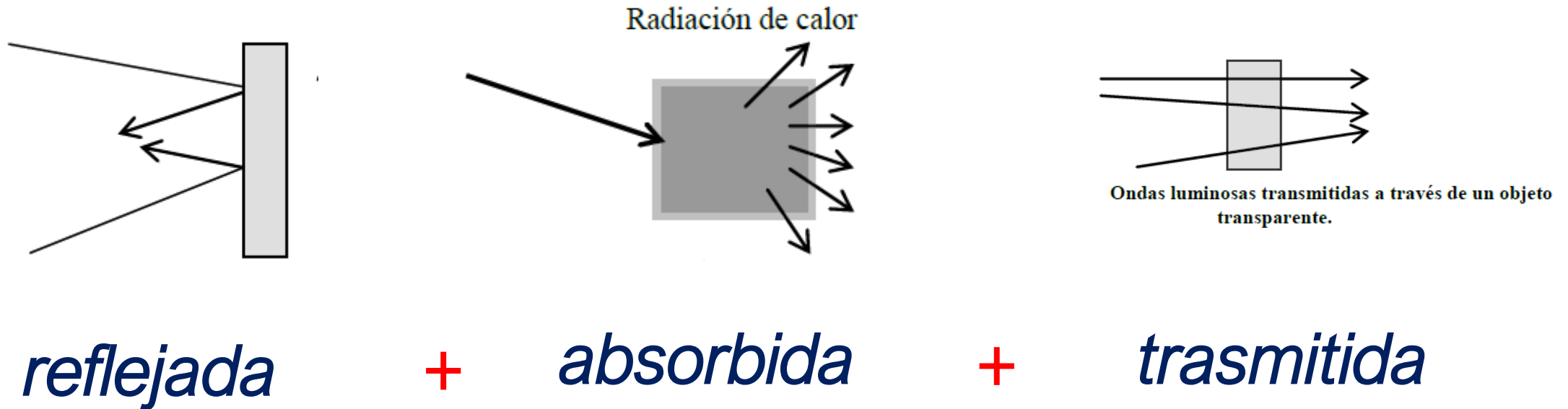
*Es la distancia que existe entre la parte superior e inferior de la onda*

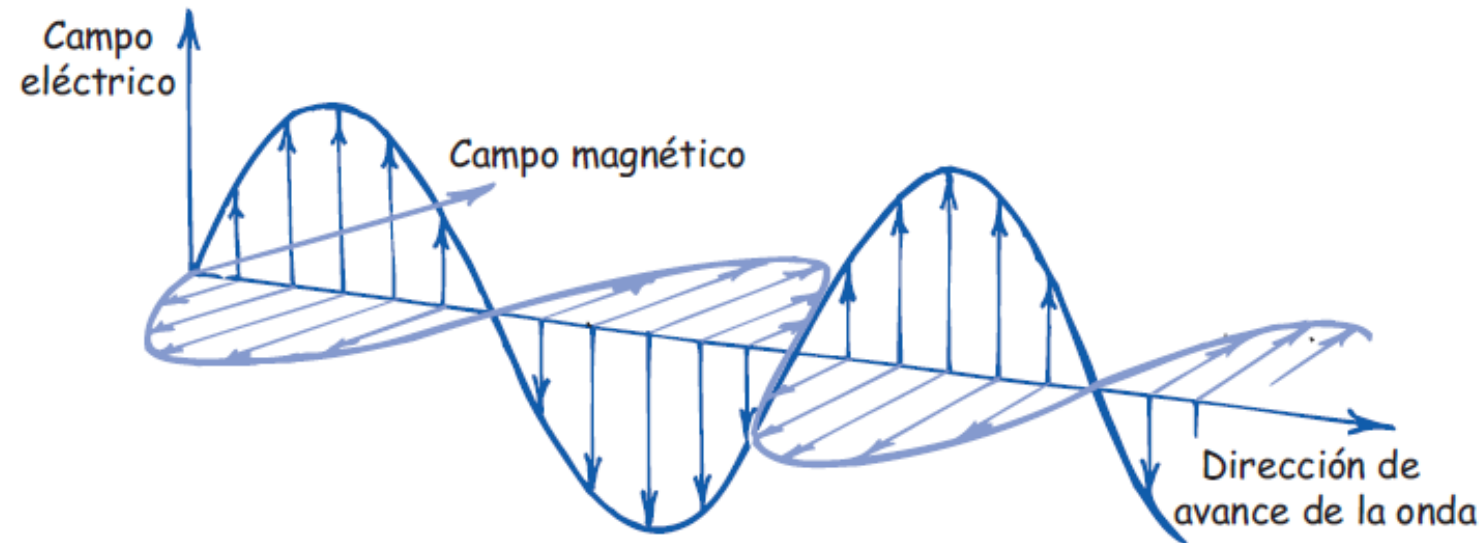
*La amplitud de onda le confiere a un rayo luminoso, la intensidad luminosa o brillantez sin modificar el color.*



La energía total de un haz luminoso que llega a un objeto (luz incidente) debe equivaler a la suma de la energía de la luz

$$E =$$



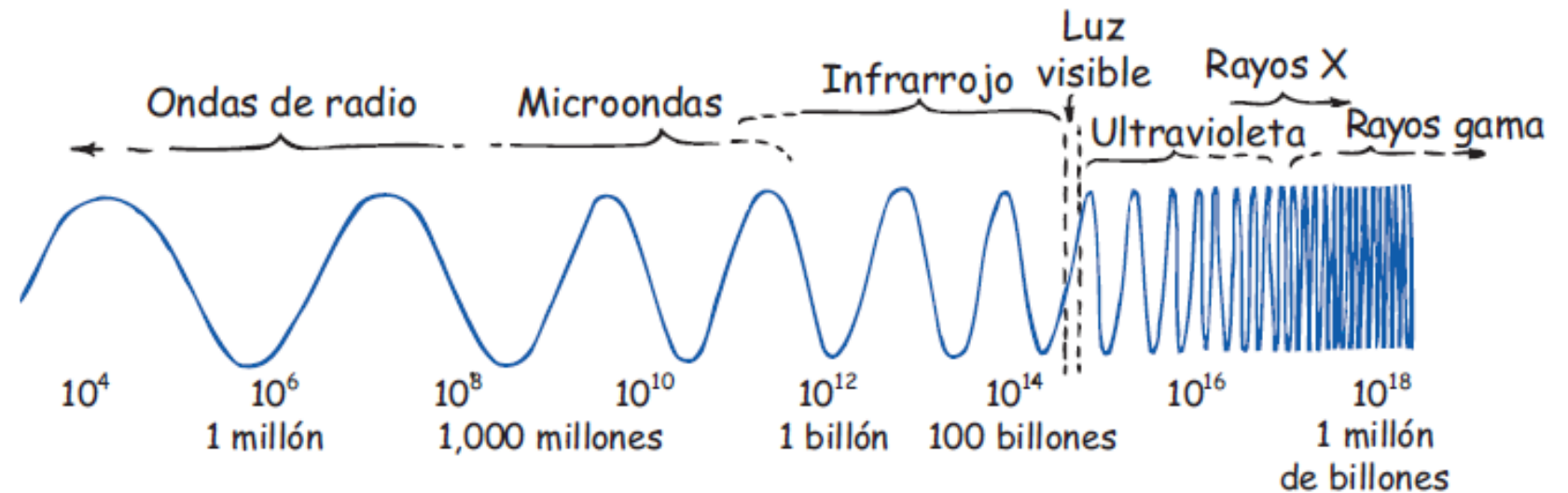


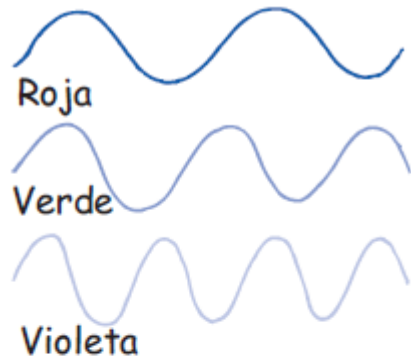
Los campos eléctrico y magnético de una onda electromagnética son perpendiculares entre sí y a la dirección del movimiento de la onda.





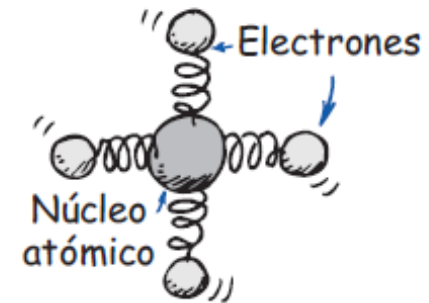
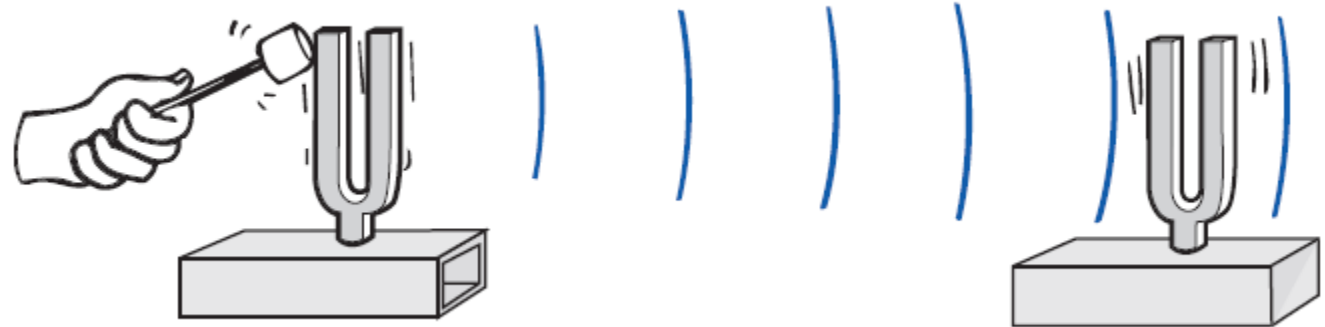
El espectro electromagnético es un intervalo continuo de ondas, que va desde las ondas de radio hasta los rayos gamma. Los nombres descriptivos de sus partes sólo son una clasificación histórica, porque todas las ondas tienen la misma naturaleza; difieren principalmente en la frecuencia y la longitud de onda. Todas se propagan a la misma rapidez





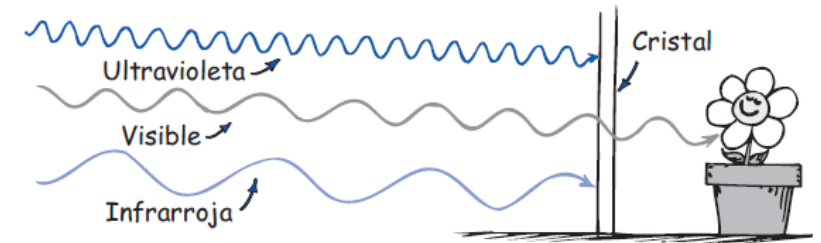
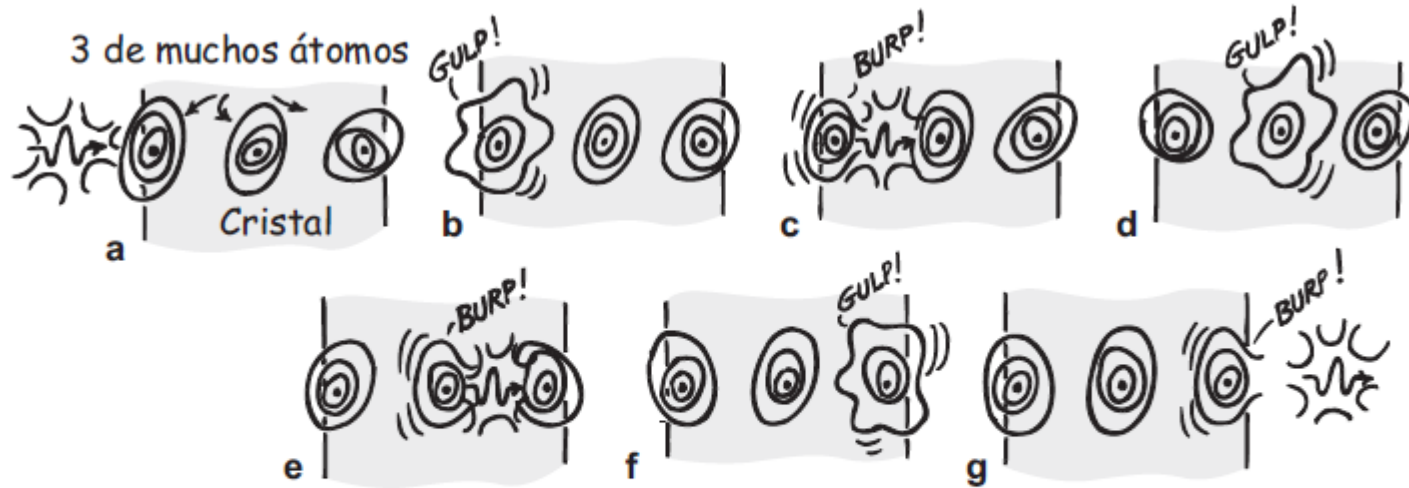
Longitudes de onda relativas de la luz roja, verde y violeta. La luz violeta tiene casi el doble de frecuencia que la luz roja, y la mitad de su longitud de onda.

Así como una onda sonora puede forzar la vibración de un receptor de sonido, una onda luminosa puede forzar a los electrones a vibrar en los materiales.



Los electrones de los átomos en el vidrio tienen ciertas frecuencias naturales, y se pueden modelar como partículas unidas al núcleo atómico mediante resortes.

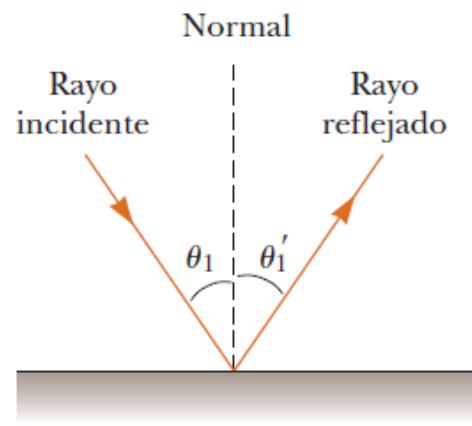




Una onda de luz visible que incide en una lámina de vidrio pone a vibrar a los átomos, que a la vez producen una cadena de absorciones y reemisiones. Así pasa la energía luminosa por el material y sale por la otra cara. Debido a las demoras entre absorciones y reemisiones, la luz se propaga por el vidrio con más lentitud que por el espacio vacío.



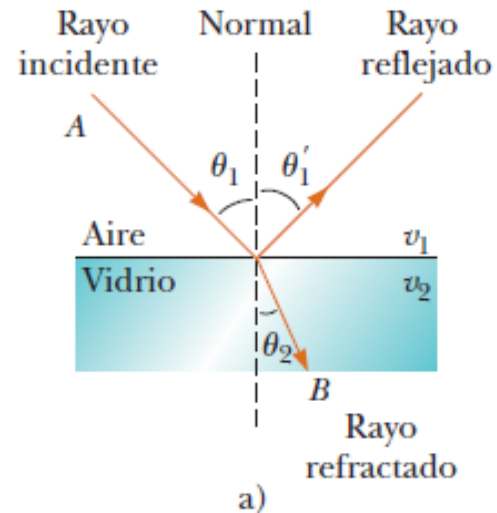
## La onda bajo reflexión



$\theta_1$  y  $\theta'_1$



## La onda bajo refracción

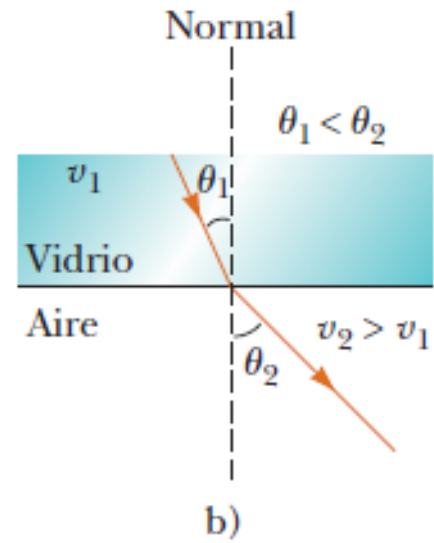
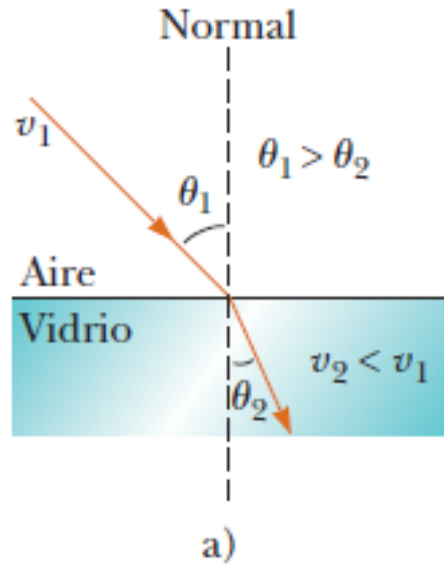


$$\frac{\text{sen } \theta_2}{\text{sen } \theta_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

*El ángulo de refracción, depende de las propiedades de los dos medios y del ángulo de incidencia por medio de la correspondencia donde  $v_1$  es la rapidez de la luz en el primer medio y  $v_2$  es la rapidez de la luz en el segundo.*

*Cuando la luz pasa de un material transparente a otro, se refracta*

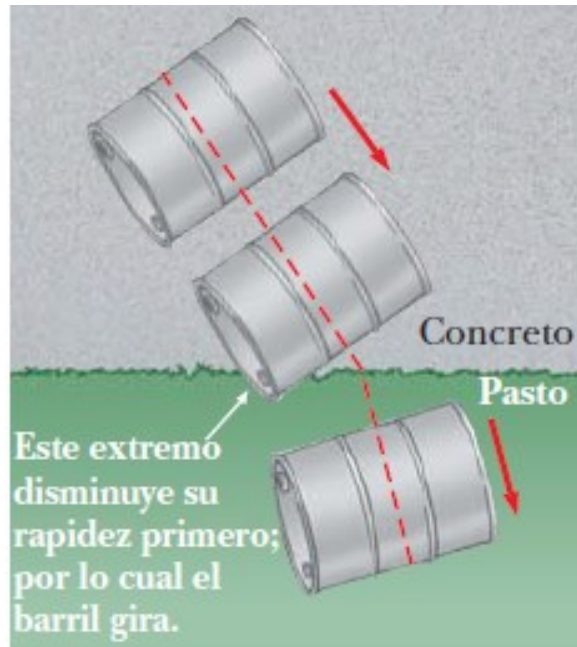




$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1}$$







caso análogo de mecánica de refracción



La luz se desplaza a su máxima rapidez en el vacío

## Índice de refracción

$$n \equiv \frac{\text{rapidez de la luz en el vacío}}{\text{rapidez de la luz en un medio}} \equiv \frac{c}{v}$$



**TABLA 35.1**

**Índices de refracción**

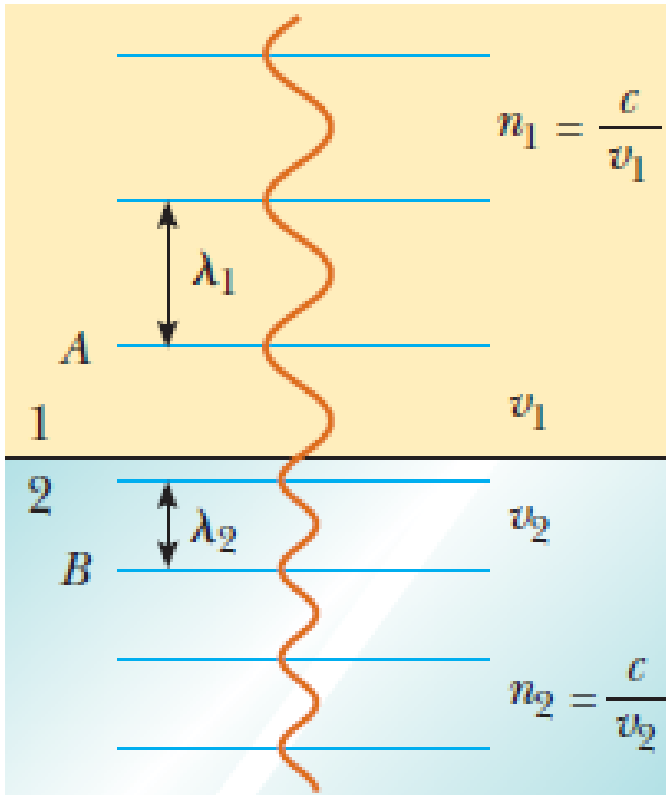
Sustancia	Índice de refracción	Sustancia	Índice de refracción
<i>Sólidos a 20°C</i>		<i>Líquidos a 20°C</i>	
Circonio cúbico	2.20	Benceno	1.501
Diamante (C)	2.419	Disulfuro de carbono	1.628
Fluorita (CaF <sub>2</sub> )	1.434	Tetracloruro de carbono	1.461
Cuarzo fundido (SiO <sub>2</sub> )	1.458	Alcohol etílico	1.361
Fosfato de galio	3.50	Glicerina	1.473
Vidrio, sin plomo	1.52	Agua	1.333
Vidrio, con plomo	1.66		
Hielo (H <sub>2</sub> O)	1.309	<i>Gases a 0°C, 1 atm</i>	
Poliestireno	1.49	Aire	1.000 293
Cloruro de sodio (NaCl)	1.544	Dióxido de carbono	1.000 45

*Nota:* Todos los valores son para luz cuya longitud de onda sea de 589 nm en el vacío.

$$n \equiv \frac{\text{rapidez de la luz en el vacío}}{\text{rapidez de la luz en un medio}} \equiv \frac{c}{v}$$



*Cuando una onda se mueve del medio 1 al medio 2, cambia su longitud de onda, pero su frecuencia permanece*



$$v_1 = \lambda_1 f \quad \text{y} \quad v_2 = \lambda_2 f$$

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\lambda_1 n_1 = \lambda_2 n_2$$

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

longitud de onda de la luz en el vacío

longitud de onda de la luz en el medio

cuyo índice de refracción es  $n$ .

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



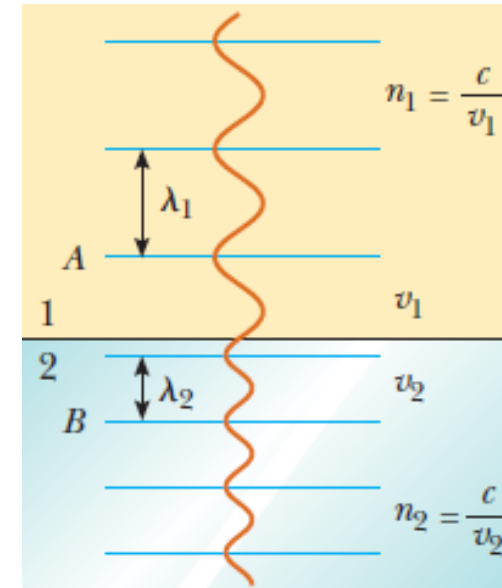
## Ley de refracción de Snell

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

$$n \equiv \frac{\text{rapidez de la luz en el vacío}}{\text{rapidez de la luz en un medio}} \equiv \frac{c}{v}$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

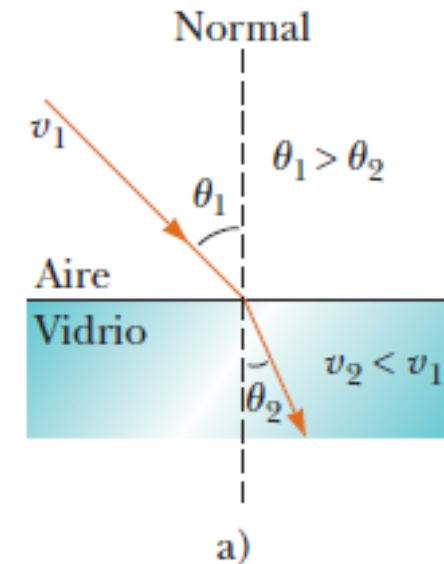
$$\lambda_1 n_1 = \lambda_2 n_2$$



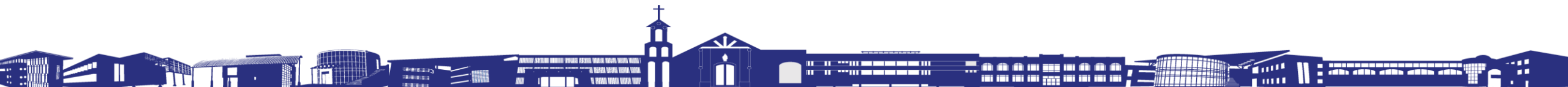
## Ángulo de refracción para vidrio

Un rayo de luz, de 589 nm de longitud de onda, que viaja a través de aire, incide sobre una lámina plana y uniforme de vidrio sin plomo con un ángulo de  $30.0^\circ$  con la normal.

- A) Encuentre el ángulo de refracción.
- B) Encuentre la rapidez de esta luz una vez que entra al vidrio.
- C) ¿Cuál es la longitud de onda de esta luz en el vidrio?



$n_1 = 1.00$  para aire y  $n_2 = 1.52$  para vidrio sin plomo:





## Ángulo de refracción para vidrio

Un rayo de luz, de 589 nm de longitud de onda, que viaja a través de aire, incide sobre una lámina plana y uniforme de vidrio sin plomo con un ángulo de  $30.0^\circ$  con la normal.

**A)** Encuentre el ángulo de refracción.

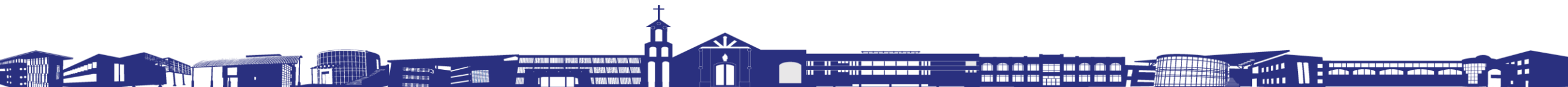
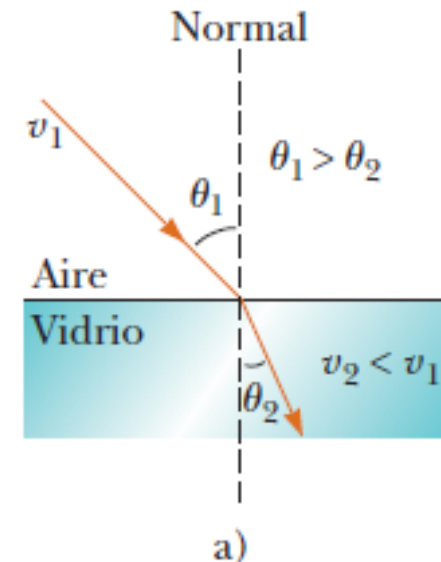
$n_1 = 1.00$  para aire y  $n_2 = 1.52$  para vidrio sin plomo:

$$n_1 \sen \theta_1 = n_2 \sen \theta_2$$

$$\sen \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \sen \theta_1$$

$$\sen \theta_2 = \left( \frac{1.00}{1.52} \right) \sen 30.0^\circ = 0.329$$

$$\begin{aligned} \theta_2 &= \sen^{-1} (0.329) \\ &= 19.2^\circ \end{aligned}$$



## Ángulo de refracción para vidrio

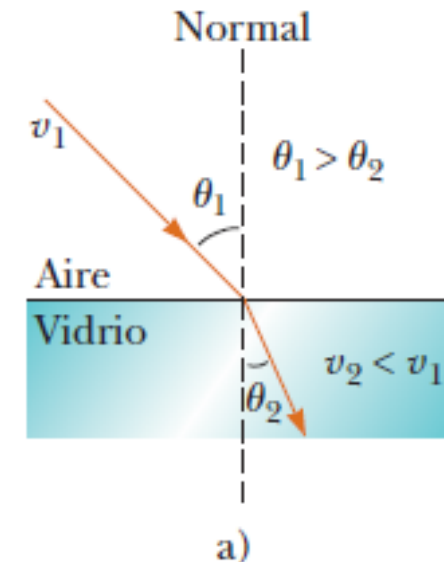
Un rayo de luz, de 589 nm de longitud de onda, que viaja a través de aire, incide sobre una lámina plana y uniforme de vidrio sin plomo con un ángulo de  $30.0^\circ$  con la normal.

**B)** Encuentre la rapidez de esta luz una vez que entra al vidrio.

$$n \equiv \frac{\text{rapidez de la luz en el vacío}}{\text{rapidez de la luz en un medio}} \equiv \frac{c}{v}$$

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

$$v = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.52} = 1.97 \times 10^8 \text{ m/s}$$



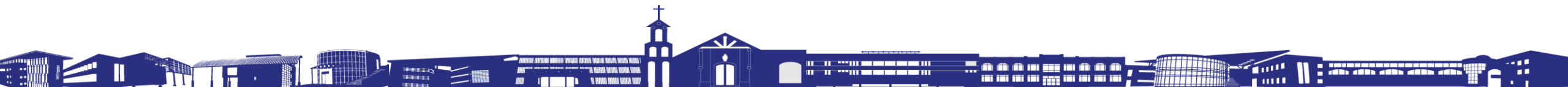
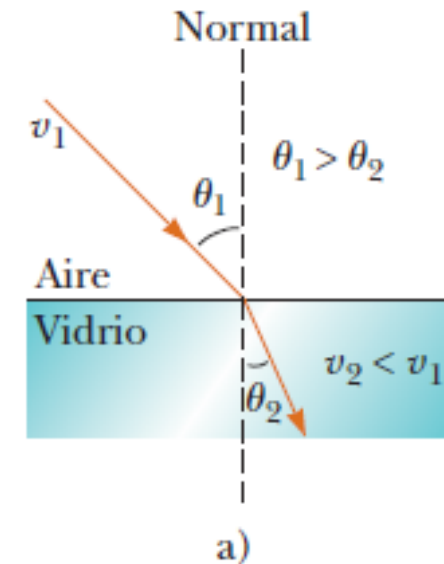
## Ángulo de refracción para vidrio

Un rayo de luz, de 589 nm de longitud de onda, que viaja a través de aire, incide sobre una lámina plana y uniforme de vidrio sin plomo con un ángulo de  $30.0^\circ$  con la normal.

C) ¿Cuál es la longitud de onda de esta luz en el vidrio?

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

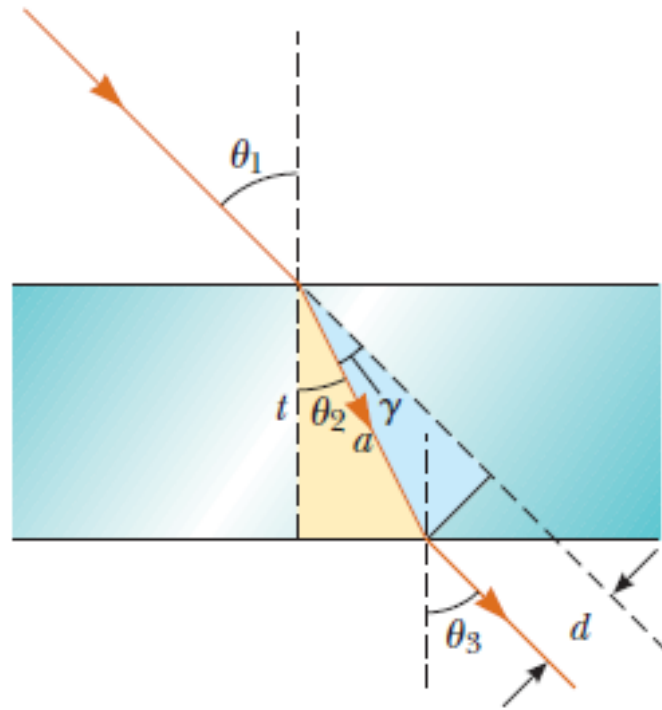
$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n} = \frac{589 \text{ nm}}{1.52} = 388 \text{ nm}$$



### Luz a través de una lámina

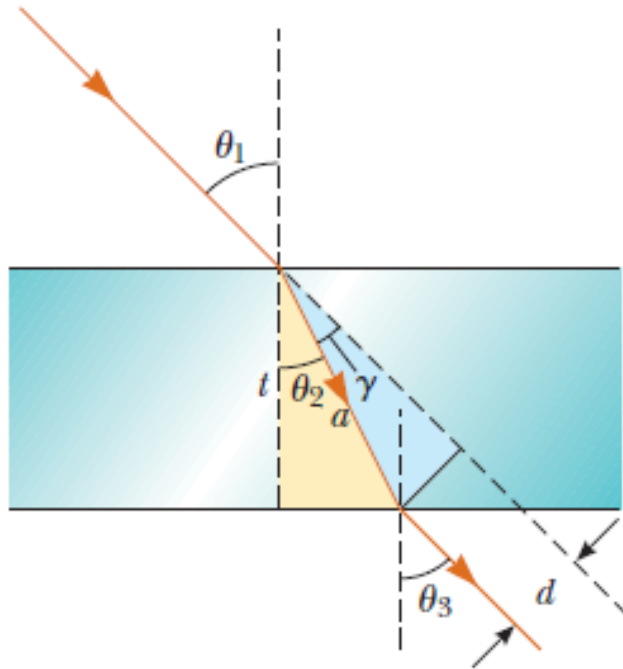
Un haz de luz pasa desde el medio 1 al medio 2, siendo este último una gruesa lámina de material cuyo índice de refracción es  $n_2$ . Demuestre que el haz que emerge en el medio 1 desde el otro lado es paralelo al haz incidente.

**¿Qué pasaría si?** ¿Y si el grosor  $t$  de la lámina se duplica? ¿La distancia  $d$  que sobresale también se duplica?



## Luz a través de una lámina

Un haz de luz pasa desde el medio 1 al medio 2, siendo este último una gruesa lámina de material cuyo índice de refracción es  $n_2$ . Demuestre que el haz que emerge en el medio 1 desde el otro lado es paralelo al haz incidente.



$$1) \quad \text{sen } \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \text{sen } \theta_1$$

$$2) \quad \text{sen } \theta_3 = \frac{n_2}{n_1} \text{sen } \theta_2$$

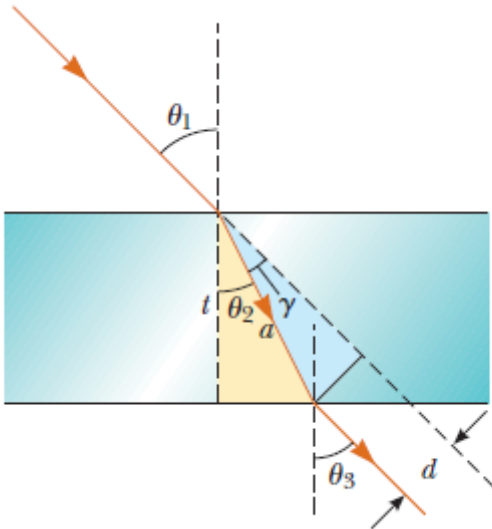
$$\text{sen } \theta_3 = \frac{n_2}{n_1} \left( \frac{n_1}{n_2} \text{sen } \theta_1 \right) = \text{sen } \theta_1$$



## Luz a través de una lámina

Un haz de luz pasa desde el medio 1 al medio 2, siendo este último una gruesa lámina de material cuyo índice de refracción es  $n_2$ . Demuestre que el haz que emerge en el medio 1 desde el otro lado es paralelo al haz incidente.

**¿Qué pasaría si?** ¿Y si el grosor  $t$  de la lámina se duplica? ¿La distancia  $d$  que sobresale también se duplica?



$$a = \frac{t}{\cos \theta_2}$$

$$d = a \sin \gamma = a \sin (\theta_1 - \theta_2)$$

$$d = \frac{t}{\cos \theta_2} \sin (\theta_1 - \theta_2)$$





El **índice de refracción**  $n$  de un medio se define mediante la relación

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

donde  $c$  es la rapidez de la luz en un vacío y  $v$  es la rapidez de la luz en el medio.

En óptica geométrica se usa la **aproximación de rayo**, en donde una onda viaja a través de un medio uniforme en líneas rectas en la dirección de los rayos.

La **reflexión interna total** se presenta cuando la luz viaja de un medio con alto índice de refracción a uno con menor índice de refracción. El **ángulo crítico**  $\theta_c$  para el que se presenta la reflexión interna total en una interfaz se conoce por

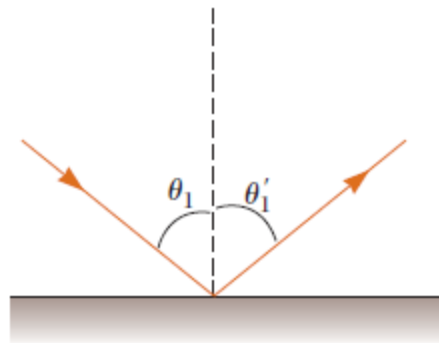
$$\text{sen } \theta_c = \frac{n_2}{n_1} \quad (\text{para } n_1 > n_2)$$



## MODELOS DE ANÁLISIS PARA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Onda bajo reflexión. La ley de reflexión afirma que, para un rayo de luz (u otro tipo de onda) incidente sobre una superficie uniforme, el ángulo de reflexión  $\theta'_1$  es igual al ángulo de incidencia  $\theta_1$ :

$$\theta'_1 = \theta_1$$



Onda bajo refracción. Una onda que cruza una frontera conforme viaja del medio 1 al medio 2 se refracta o dobla. El ángulo de refracción  $\theta_2$  se relaciona con el ángulo incidente  $\theta_1$  mediante la correspondencia

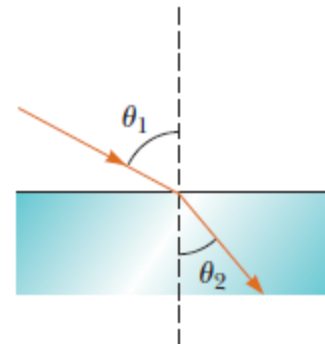
$$\frac{\text{sen } \theta_2}{\text{sen } \theta_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

donde  $v_1$  y  $v_2$  son las magnitudes de velocidad de la onda en los medios 1 y 2, respectivamente. El rayo incidente, el rayo reflejado, el rayo refractado y la normal a la superficie se encuentran todos en el mismo plano.

Para ondas de luz, la ley de refracción de Snell afirma que

$$n_1 \text{ sen } \theta_1 = n_2 \text{ sen } \theta_2$$

donde  $n_1$  y  $n_2$  son los índices de refracción en los dos medios.



○ Una onda luminosa se mueve entre el medio 1 y el medio 2. ¿Cuales de los siguientes son enunciados correctos que relacionan su rapidez, frecuencia y longitud de onda en los dos medios; los índices de refracción de los medios y los ángulos de incidencia y refracción? Elija todos los enunciados correctos.

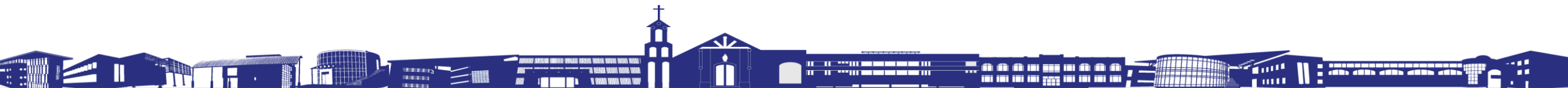
a)  $v_1/\sin u_1 = v_2/\sin u_2$ ,

b)  $\csc u_1/n_1 = \csc u_2/n_2$ ,

c)  $\lambda_1/\sin u_1 = \lambda_2/\sin u_2$ ,

d)  $f_1/\sin u_1 = f_2/\sin u_2$ ,

e)  $n_1/\cos u_1 = n_2/\cos u_2$ .



Los dos espejos que se ilustran en la figura P35.5 forman un ángulo recto. El rayo de luz del plano vertical  $P$  incide en el espejo 1, como se muestra. a) Determine la distancia que el rayo reflejado recorre antes de incidir en el espejo 2.

b) ¿En que dirección se mueve el rayo de luz después de ser reflejado desde el espejo 2?

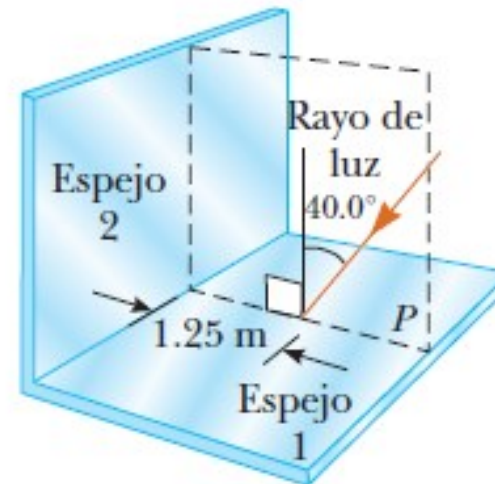
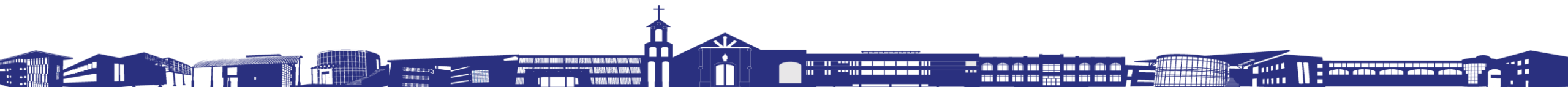


Figura P35.5



1-Un haz de luz tiene una longitud de onda de 650 nm en el vacío.

a) ¿Cuál es la rapidez de esta luz en un líquido cuyo índice de refracción a esta longitud de onda es de 1.47?

b) ¿Cuál es la longitud de onda de estas ondas en el líquido?

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

2-Luz con frecuencia de  $5.80 \times 10^{14}$  Hz viaja en un bloque de vidrio cuyo índice de refracción es de 1.52. ¿Cuál es la longitud de onda de la luz a) en el vacío b) en el vidrio?

$$\lambda_1 n_1 = \lambda_2 n_2$$

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

3-Un haz de luz viaja a  $1.94 \times 10^8$  m/s en el cuarzo. La longitud de onda de la luz en el cuarzo es de 355 nm.

a) ¿Cuál es el índice de refracción del cuarzo a esta longitud de onda?

b) Si esta misma luz viaja a través del aire, ¿cuál es su longitud de onda?

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

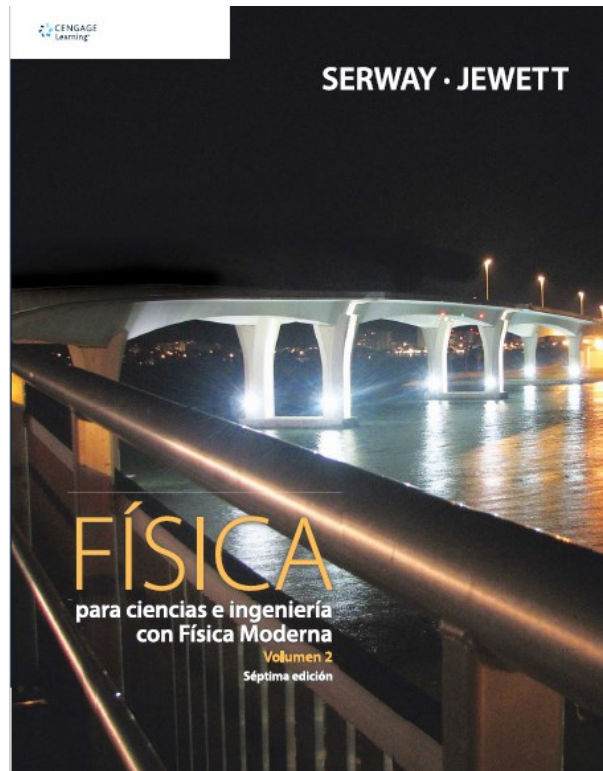
4-Un haz paralelo de luz en el aire forma un ángulo de  $47.5^\circ$  con la superficie de una placa de vidrio que tiene un índice de refracción de 1.66.

a) ¿Cuál es el ángulo entre la parte reflejada del haz y la superficie del vidrio?

$$n \equiv \frac{\text{rapidez de la luz en el vacío}}{\text{rapidez de la luz en un medio}} \equiv \frac{c}{v}$$

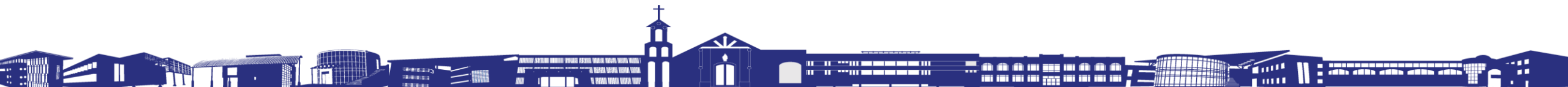
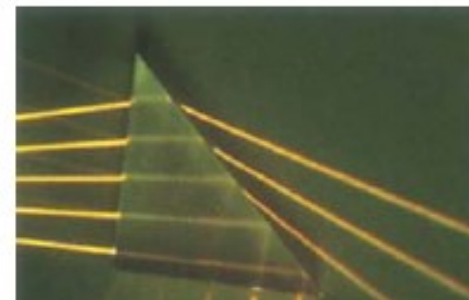


# Bibliografía



## Parte 5 LUZ Y ÓPTICA 977

- 35 Naturaleza de la luz y leyes de óptica geométrica 978
- 36 Formación de las imágenes 1008
- 37 Interferencia de ondas de luz 1051
- 38 Patrones de difracción y polarización 1077



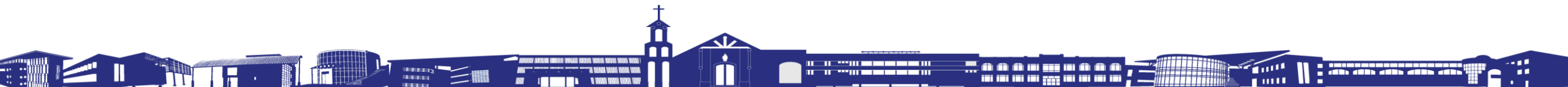


# Bibliografía



## ÓPTICA

33	NATURALEZA Y PROPAGACIÓN DE LA LUZ	1121
33.1	La naturaleza de la luz	1121
33.2	Reflexión y refracción	1123
33.3	Reflexión interna total	1129
*33.4	Dispersión	1132
33.5	Polarización	1133
*33.6	Dispersión de la luz	1142
33.7	Principio de Huygens	1144
	Resumen/Términos clave	1147
	Preguntas para análisis/Ejercicios	
	Problemas	



Gracias.

