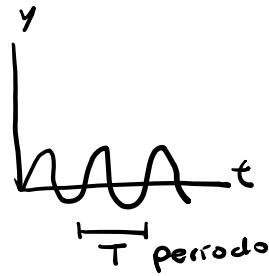
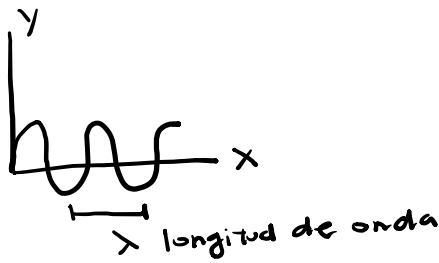


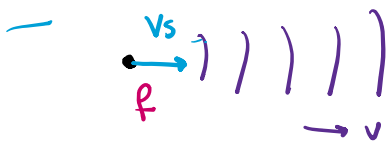
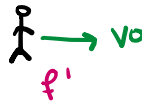
Efecto Doppler



f frecuencia $\rightarrow f = \frac{1}{T}$

\rightarrow velocidad: $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$

2 casos:



Cambio de frecuencia: $f' = \frac{v + v_o}{v - v_s} f$

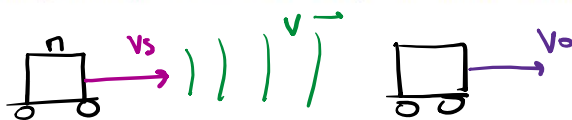
Signos: $v_o > 0$ si obs. se acerca a la fuente

$v_o < 0$ si obs. se aleja de la fuente

$v_s > 0$ si la fuente se acerca al obs.

$v_s < 0$ si la fuente se aleja del obs.

4.2.12- Segundo parcial 2023- En una persecución automovilística un auto de policía se encuentra persiguiendo a un segundo auto en el cual viajan dos científicos a 144 km/h. Suponga que la sirena del auto de policía tiene una frecuencia de $f = 1000$ Hz y suponga además que los científicos tienen un instrumento el cual les permite medir la frecuencia y notan que es de 984 Hz. ¿A qué velocidad se mueve el auto de policía?



$v_o = -144 \text{ km/h} = -144 \frac{\text{km}}{\text{h}} \xrightarrow{1000 \text{ m}} = -144 \cdot \frac{1000}{3600} = -\frac{144}{3,6} \frac{\text{m}}{\text{s}} = -40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$$V_0 = -144 \text{ km/h} = -144 \frac{\text{km}}{\text{h}} \xrightarrow{\substack{1000 \text{ m} \\ 3600 \text{ s}}} = -144 \cdot \frac{1000}{3600} = -\frac{144}{3,6} \frac{\text{m}}{\text{s}} = -40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$f = 1000 \text{ Hz}, \quad f' = 984 \text{ Hz}$$

$$V = 343 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow \text{velocidad del sonido en el aire}$$

$$f' = \frac{V+V_0}{V-V_s} f \rightarrow f' (V-V_s) = (V+V_0) f \rightarrow V-V_s = \frac{(V+V_0) f}{f'} \\ + V_s = -\frac{(V+V_0) f}{f'} + V$$

$$V_s = -\left(343 - 40\right) \cdot \frac{1000}{984} + 343 = 35 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 35 \cdot 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 126 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

4.2.10- Examen diciembre 2022- Un aficionado a la música clásica llega tarde a una función de cuerdas. Mientras corre a su asiento, en dirección hacia el escenario, percibe el sonido del modo fundamental de una cuerda del contrabajo a una frecuencia de 57,0 Hz. El aficionado corre velozmente a una velocidad $v = 12,0 \text{ m/s}$. Estimando la velocidad de propagación de ondas en dicha cuerda en 120 m/s, ¿cuál es la longitud de la cuerda vibrante de dicho instrumento? Tome como valor de referencia para la velocidad del sonido en el aire $v_s = 343 \text{ m/s}$.



$$V_0 = 12,0 \text{ m/s}$$

$$f' = 57,0 \text{ Hz}$$

$$f' = \frac{V+V_0}{V-V_s} f \rightarrow f = f' \frac{V}{V+V_0} = 57 \cdot \frac{343}{343+12} = 55 \text{ Hz}$$

Ondas estacionarias:  $f_n = \frac{nv_c}{2L}$, $n = 1, 2, 3, \dots$

$$\rightarrow \text{Frecuencia fundamental } n=1 \rightarrow f_1 = \frac{V_c}{2L} = 55 \text{ Hz}$$

$$\rightarrow L = \frac{V_c}{2f_1} = \frac{12,0}{2 \cdot 55} = 1,09 \text{ m}$$

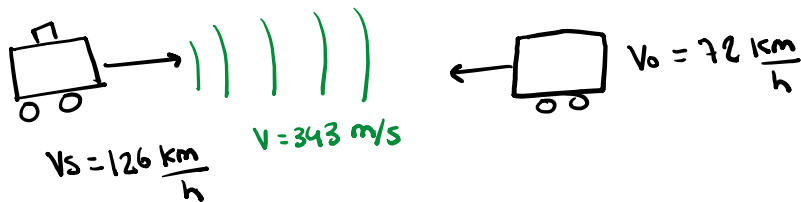
4.2.8- Un auto de policía que suena una sirena con una frecuencia de 1200 Hz viaja a 126 km/h. Otro automóvil viaja en sentido contrario a una velocidad de 72,0 km/h. Considere que la velocidad del sonido en el aire vale 343 m/s. ¿Cuánto vale, en Hz, la diferencia entre la frecuencia que percibe el conductor del auto antes y después de que lo pase el auto de policía?

Inicial:



$$\bullet V_0 = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Inicial:

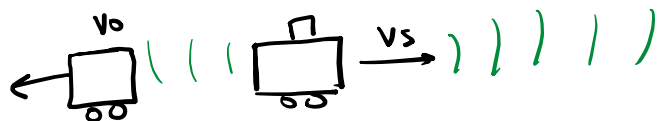


$\bullet V_o = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$\bullet V_s = 126 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$V_s > 0, V_o > 0 \rightarrow f' = \frac{v + V_o}{v - V_s} f = \frac{343 + 20}{343 - 35} 1200 \text{ Hz} = 1414 \text{ Hz}$
 $f = 1200 \text{ Hz}$

Final:



$V_s < 0, V_o < 0 \rightarrow f' = \frac{343 - 20}{343 + 35} 1200 \text{ Hz} = 1025 \text{ Hz}$

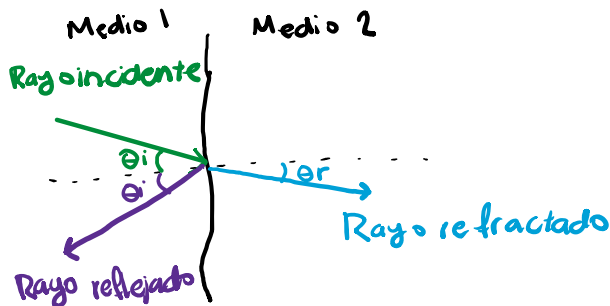
$\Delta f' = 1414 - 1025 \text{ Hz} = 389 \text{ Hz}$

Práctico 5 - Luz y óptica geométrica

Pensamos la luz como rayos



Reflexión y refracción:

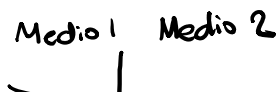


• Reflexión: $\theta_{\text{incidente}} = \theta_{\text{reflejado}}$

Índice de refracción: $n = \frac{c}{v}$ → vel. de la luz en el vacío $\sim 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$
 → vel. de la luz en el material

• Refracción: $n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$ → ley de Snell
 θ_1 θ_2

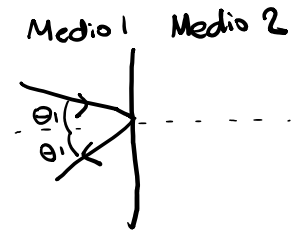
Reflexión interna total



Reflexión interna total \rightarrow solo rayo reflejado

Se tiene que cumplir: $n_2 < n_1$

$$\theta_1 > \theta_{crit} = \text{sen}^{-1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$



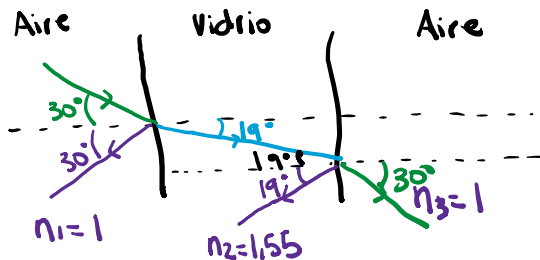
$$\frac{n_2}{n_1} < 1$$

5.2- Un rayo de luz llega desde afuera y pasa por una ventana de vidrio en nuestra habitación. Inicialmente ingresa desde el aire al vidrio con un ángulo de $30,0^\circ$ respecto a la normal. Parte de la luz se refleja y parte se refracta. El índice de refracción del vidrio es 1,55.

a) ¿Cuánto valen los ángulos de reflexión y refracción?

b) El rayo refractado sigue su curso dentro del vidrio hasta que pasa al interior de la habitación. ¿Cuánto vale el ángulo respecto a la dirección normal al vidrio del rayo que ingresa a la habitación?

c) ¿Con qué ángulo debería incidir un rayo desde el vidrio para que no pueda pasar del vidrio a la habitación? ¿Qué fenómeno se produciría en ese caso?



a) Reflexión: $\theta = 30^\circ$

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

$$\hookrightarrow \text{sen} \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \text{sen} \theta_1 \rightarrow \theta_2 = \text{sen}^{-1} \left(\frac{n_1}{n_2} \text{sen} \theta_1 \right)$$

$$\theta_2 = \text{sen}^{-1} \left(\frac{1}{1,55} \text{sen} 30^\circ \right) = 19^\circ$$

b) Reflexión: 19°

Refracción: $n_2 \text{sen} \theta_2 = n_3 \text{sen} \theta_3 \rightarrow \theta_3 = \text{sen}^{-1} \left(\frac{n_2}{n_3} \text{sen} \theta_2 \right)$

$$\theta_3 = \text{sen}^{-1} \left(1,55 \text{sen} 19^\circ \right) = 30^\circ$$

c) Reflexión total interna

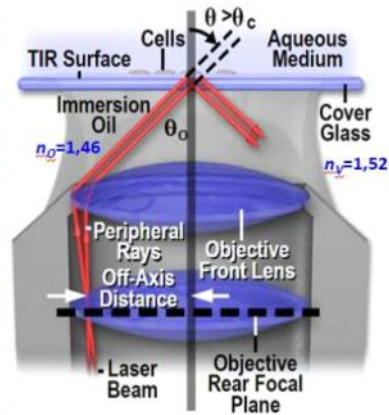
$$n_3 < n_2 \quad \checkmark \quad n_3 = 1, n_2 = 1,55$$

$$\theta_2 > \theta_{critico}, \quad \theta_{critico} = \text{sen}^{-1} \left(\frac{n_3}{n_2} \right)$$

$$\theta_2 > \theta_{\text{crítico}}, \quad \theta_{\text{crítico}} = \text{sen}^{-1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$

$$\theta_{\text{crítico}} = \text{sen}^{-1} \left(\frac{1}{1.55} \right) = 40^\circ$$

5.3- Un microscopio de fluorescencia de reflexión total interna (TIRFM, por sus siglas en inglés), es un tipo de microscopio que permite la visualización de muestras de espesor muy bajo, que usualmente son complicadas de observar mediante microscopía de fluorescencia convencional debido a que son opacadas por la fluorescencia de fondo. Los TIRFM son especialmente útiles para la visualización del contacto entre cultivos celulares y su sustrato, o para la medición de velocidad de reacciones que involucran proteínas intracelulares y extracelulares.



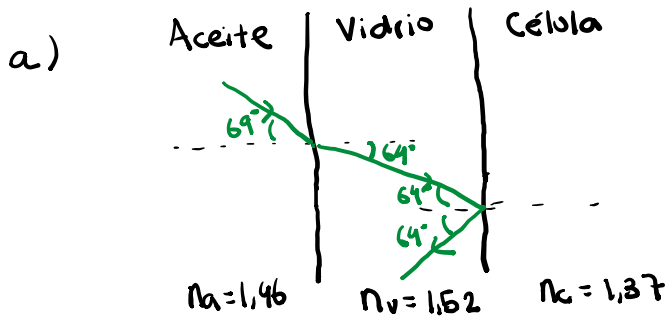
a) Supongamos que tenemos un cultivo celular en sustrato de vidrio. Hacemos ingresar luz desde el exterior (aceite de inmersión con $n_o = 1,46$) al vidrio (con $n_v = 1,52$), y buscamos que se dé una reflexión total interna en la interfase vidrio-célula. Si el índice de refracción de las células es de 1,37, ¿cuál es el ángulo crítico entre el vidrio y las células para la reflexión total interna? ¿Con qué ángulo debería ingresar entonces la luz desde el aceite?

b) Cuando se da la reflexión total interna con un ángulo mayor al crítico, la luz no se desvanece completamente en la superficie sino que penetra pero su intensidad decae exponencialmente con la distancia a la superficie. En particular, la distancia característica de penetración depende del ángulo de la luz incidente y de su longitud de onda, según $d = \frac{\lambda_0}{4\pi} (n_v^2 \sin^2 \theta - n_c^2)^{-\frac{1}{2}}$ donde λ_0 es la longitud de la onda incidente en el vacío, n_c y n_v los índices de refracción de una célula y del vidrio, respectivamente, y θ es el ángulo de incidencia de la onda sobre la superficie vidrio-cultivo.

¿Cuál es la longitud de onda (en el vacío) con la que deberíamos iluminar la muestra si queremos una longitud de penetración de 140 nm a $80,0^\circ$?

¿Cuál es la mínima longitud de penetración que se puede obtener con esa longitud de onda?

c) ¿Cuál es la mínima longitud de penetración que se puede obtener con esa longitud de onda?



$$n_c < n_v \quad \checkmark$$

$$\theta_{\text{crítico}} = \text{sen}^{-1} \left(\frac{n_c}{n_v} \right) = \text{sen}^{-1} \left(\frac{1,37}{1,52} \right) = 64^\circ$$

Ley de Snell: $n_a \text{sen } \theta_a = n_v \text{sen } \theta_v \rightarrow 64^\circ$

$$\theta_a = \text{sen}^{-1} \left(\frac{n_v}{n_a} \text{sen } \theta_v \right)$$

$$= \text{sen}^{-1} \left(\frac{1,52}{1,46} \text{sen } 64^\circ \right) = 69^\circ$$

b) $d = \frac{\lambda_0}{4\pi} (n_v^2 \text{sen}^2 \theta - n_c^2)^{-\frac{1}{2}}$

$$d = 140 \text{ nm} = 140 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\theta = 80^\circ$$

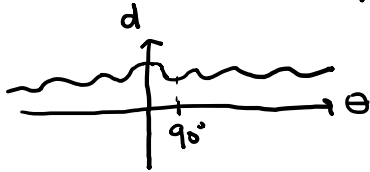
~ i i ~ ?

$\theta = 0$

$\leadsto \lambda_0?$

$$\lambda_0 = \frac{d4\pi}{(n_v^2 \sin^2 \theta - n_c^2)^{-1/2}} = \frac{140 \times 10^{-9} \cdot 4\pi}{(1.52^2 \sin^2 80^\circ - 1.37^2)^{-1/2}} = 1.06 \times 10^{-6} \text{ m}$$

c) ¿Mínimo d? $d = \frac{\lambda_0}{4\pi} (n_v^2 \sin^2 \theta - n_c^2)^{-1/2}$



Mínimo: $\theta = 90^\circ \rightarrow \sin 90^\circ = 1$

$$\text{si } \theta = 90^\circ \rightarrow d = \frac{\lambda_0}{4\pi} (n_v^2 - n_c^2)^{-1/2} = \frac{1.06 \times 10^{-6} \text{ m}}{4\pi} (1.52^2 - 1.37^2)^{-1/2}$$
$$= 1.28 \times 10^{-7} \text{ m} \sim 128 \text{ nm}$$