

## TEMA Nº 7. MOVIMIENTO ONDULATORIO

**1.-** Es lo mismo un movimiento ondulatorio que un movimiento vibratorio?

**Respuesta:**

El **movimiento ondulatorio** es el causante de la **propagación de un movimiento vibratorio** (movimiento oscilatorio rectilíneo en donde la partícula que vibra se desplaza de un lado a otro de su posición de equilibrio)

**2.-** La propagación del sonido en el aire, ¿es un movimiento longitudinal o transversal?

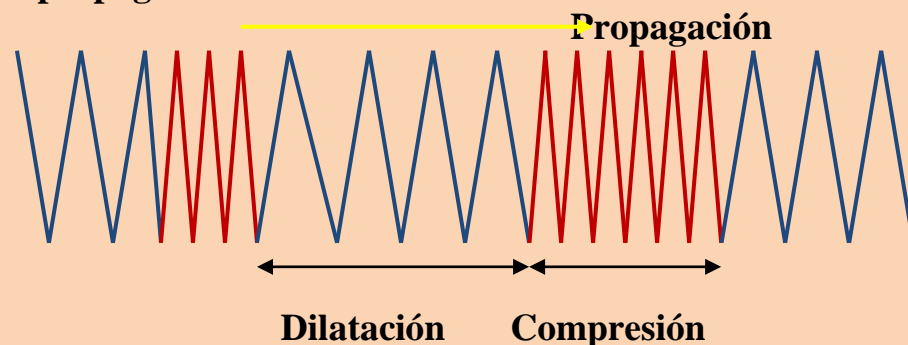
**Respuesta:**

Una **oscilación** [1] que se propaga en un medio, por ejemplo el aire, recibe el nombre de **onda**.

[1] **Oscilación** es el **movimiento repetido** de un lado a otro en **torno a una posición central**. El recorrido que consiste en ir desde una posición extrema a la otra y volver a la primera, **pasando dos veces por la posición central**, se denomina **ciclo**.

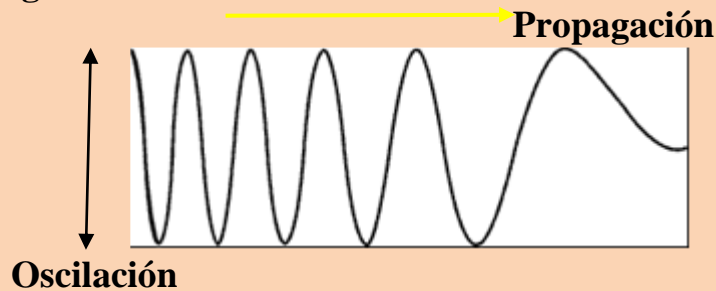
Dependiendo de la relación que exista entre el **sentido de la oscilación** y el de la **propagación**, se pueden establecer:

a) **Ondas Longitudinales.-** El sentido de la oscilación coincide con el de propagación:



En esta vibración de las partículas del medio en la misma dirección de propagación de la perturbación, en ciertos momentos hay acercamiento de las partículas (compresión, condensación de la materia) y en otros se alejan unas de otras (dilatación, enrarecimiento de la materia)

b) **Ondas Transversales.-** La oscilación es perpendicular a la propagación:



En el aire el sonido se propaga en forma de **ondas longitudinales**, es decir, el **sentido de la oscilación** coincide con el de la **propagación de la onda**.

**3.-** Cita algunos ejemplos en la vida ordinaria que se presenten como fenómeno ondulatorio.

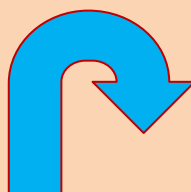
**Respuesta:**

- .- **Propagación de la luz** (transversal)
- .- Las **ondas de radio** (transversal)
- .- Las **ondas sísmicas** (longitudinales y transversales)
- .- Las **olas del mar** (longitudinales y transversales)

**4.-** Define los siguientes conceptos:

- a) Longitud de onda
- b) Periodo
- c) Elongación
- d) Amplitud

**Respuesta:**

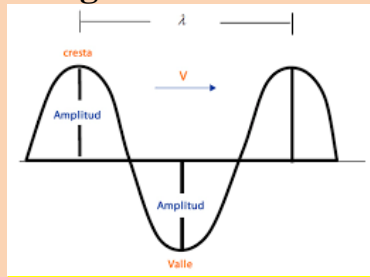


**Longitud de onda ( $\lambda$ ).**- Distancia entre dos puntos que están en concordancia de fase

**Periodo (T).**- Tiempo que se tarda en recorrer una longitud de onda

**Elongación.**- Distancia existente entre el punto en que se encuentra la onda y el centro de equilibrio

**Amplitud.**- La máxima elongación



5.- ¿De qué factores depende la energía que transportan las ondas?

**Respuesta:**

De la **Amplitud** y de la **Frecuencia**

6.- ¿Qué ondas genera un microondas?

**Respuesta:**

Ondas **electromagnéticas** (similar longitud de onda de las generadas por los radares)

7.- ¿Qué distancia corresponde a media longitud de onda?

**Respuesta:**

Si la **longitud de onda ( $\lambda$ )** es la **distancia de separación de dos partículas que vibran en igualdad de fase**. **Media longitud de onda** corresponderá a la **distancia entre dos partículas que vibran en fase opuesta**.

**8.-** Las ondas transversales se caracterizan por:

- a) Son perpendiculares a las horizontales
- b) Tienen dirección de propagación perpendicular a la de propagación
- c) Se propagan perpendicularmente a la energía
- d) No se propagan horizontalmente porque vibran verticalmente

**Respuesta:**

El apartado **b)** es el **correcto**

**9.-** Cuando lanzamos una piedra a un estanque se origina una onda que se propaga hacia la orilla del estanque, pero una hoja que está en el mismo no se traslada, sube y baja. ¿Sabes cuál es la razón?

**Respuesta:**

En un movimiento ondulatorio la materia no se desplaza, vibra alrededor de su posición de equilibrio. Se desplaza la energía que genera la honda.

**10.-** Como conclusión sobre el movimiento ondulatorio determina si son o no ciertas las siguientes afirmaciones:

- a) No hay desplazamiento de materia
- b) Se propaga el periodo
- c) Hay desplazamiento de longitud de onda
- d) Se propaga energía

**Respuesta:**

Los apartados **a)** y **d)** son **ciertos**

**11.-** ¿Qué longitud de onda tiene la nota «La» de un diapasón de 440 Hz?

(  $V_{\text{sonido}} = 340 \text{ m/s}$  )

**Resolución:**

$$f = 440 \text{ Hz}$$

$$V = \lambda \cdot f ; \quad \lambda = \frac{V}{f} = 340 \text{ (m/s)} / 440 \text{ (1/s)} = 0,77 \text{ m}$$

**12.-** Si el período de un movimiento vibratorio es 10 segundos, la frecuencia valdrá: ¿0,1 Hz?, ¿100 Hz?  
Razona la respuesta.

**Resolución:**

La relación entre el periodo (T) y la frecuencia (f) de un movimiento vibratorio es :

$$f = \frac{1}{T} ; \quad f = \frac{1}{10 \text{ s}} = \frac{1}{10} \cdot \frac{1}{\text{s}} = 0,1 \text{ Hz}$$

**13.-** Si un cuerpo vibra a razón de 100 ciclos por segundo, su período es: a) 100 segundos. c) 0,01 segundos. b) 0,1 segundos. d) 1 segundo.

**Resolución:**

Relación entre T y f :

$$T = 1 / f$$

$$f = 100 \text{ ciclos/s} = 100 \text{ Hz} = 100 \text{ 1/s}$$

$$T = 1 / 100 \text{ (1/s)} ; \quad T = 0,01 \text{ s}$$

**14.-** El período de un movimiento vibratorio es 0,02 s. ¿Cuál es su frecuencia? ¿Cuántas vibraciones se producen en 2 minutos?

**Resolución:**

a)

$$f = 1 / T ; f = 1 / (0,02 \text{ s}) ; f = \frac{1}{0,02} \cdot \frac{1}{\text{s}} = 50 \text{ Hz}$$

b)

Si definimos el **T**: *Tiempo que se tarda en producir una vibración* podemos conocer las vibraciones producidas en 2 minutos:

$$t = 2 \text{ min} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 120 \text{ s}$$

$$120 \text{ s} \cdot \frac{1 \text{ vibración}}{0,02 \text{ s}} = 6000 \text{ vibraciones}$$

**15.-** Una onda sonora, de longitud de onda 1,7 m, se propaga en el aire con una velocidad de 340 m/s. ¿Qué valor tienen su período y su frecuencia?

**Resolución:**

$$\lambda = 1,7 \text{ m}$$

$$V = 340 \text{ m/s}$$

Recordemos que las magnitudes  $\lambda$ , V y T se relacionan mediante la ecuación:

$$V = \frac{\lambda}{T} \quad (1)$$

De (1) podemos despejar el **T**:

$$T = \lambda / V ; T = \frac{1,7 \text{ m}}{340 \text{ m/s}} = 0,005 \text{ s}$$

Sabemos que :

$$f = 1 / T ; f = 1 / (0,005 \text{ s}) ; f = 200 (1/\text{s}) = 200 \text{ Hz}$$

**16.-** ¿Con qué velocidad se propaga una onda de longitud de onda 40 m y frecuencia 3000 Hz?

**Resolución:**

Recordemos la ecuación:

$$V = \lambda \cdot f$$

$$V = 40 \text{ m} \cdot 3000 \text{ Hz} = 120.000 \text{ m} \cdot \text{1/s} = 120.000 \text{ m/s} = 120.000 \text{ m.s}^{-1}$$

**17.-** Un movimiento vibratorio de frecuencia 100 Hz se transmite a una velocidad de 72 km/h. ¿Cuál es la longitud de onda de este movimiento vibratorio?

**Resolución:**

Cambio de unidades:

$$V = 72 \cdot \frac{\cancel{\text{Km}}}{\cancel{\text{h}}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \cancel{\text{Km}}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{h}}}{3600 \text{ s}} = 20 \text{ m/s}$$

Sabemos que:

$$V = \lambda \cdot f \rightarrow \lambda = V / f ; \lambda = (20 \text{ m/s}) / (100 \text{ 1/s}) = 0,2 \text{ m}$$

**18.-** La frecuencia inferior y superior de los sonidos audibles son, respectivamente, 20 Hz y 20000 Hz. Calcula las longitudes de onda correspondientes a estas frecuencias.

**Resolución:**

$$f_{\text{infe}} = 20 \text{ Hz}$$

$$f_{\text{sup.}} = 20000 \text{ Hz}$$

$$\lambda = V / f$$

$$\lambda_{\text{infe}} = (340 \text{ m/s}) / (20 \text{ 1/s}) = 17 \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{sup.}} = (340 \text{ m/s}) / (20000 \text{ 1/s}) = 0,017 \text{ m}$$

**19.-** Una perturbación que se transmite en forma de ondas por una cuerda tarda 8 s en recorrer 12 m, produciendo 8 oscilaciones completas. Calcula:

- La velocidad de propagación de la onda.
- La longitud de onda.
- La frecuencia de la onda.

**Resolución:**

a)

$$V = e / t ; V = 12\text{m} / 8 \text{ s} = 1,5 \text{ m/s}$$

b)

**T** = Tiempo en producirse una oscilación

$$1 \text{ oscilación} \cdot \frac{8 \text{ s}}{8 \text{ oscilaciones}} = 1 \text{ s} = \mathbf{T}$$

$$\lambda = V \cdot T ; \lambda = 1,5 \text{ m/s} \cdot 1 \text{ s} = 1,5 \text{ m}$$

c)

$$f = 1 / T ; f = 1 / 1 \text{ s} = 1 \text{ (1/s)} = \mathbf{1 \text{ Hz}}$$

**20.-** La cuerda de una guitarra vibra con una frecuencia de 435 Hz. ¿Cuál es la longitud de onda del sonido originado? ¿Cuál sería la longitud de este sonido en el agua?

**Resolución:**

$$\left. \begin{array}{l} V_{\text{sonidoaire}} = 340 \text{ m/s} \\ f = 435 \text{ Hz} \end{array} \right\} \lambda = V / f ; \lambda = 340 \text{ (m/s)} / 435 \text{ (1/s)} = \mathbf{0,78 \text{ m}}$$

$$V_{\text{sonidoagua}} = 1450 \text{ m/s} \rightarrow \lambda = V / f ; \lambda = (1450 \text{ m/s}) / (435 \text{ 1/s}) = \mathbf{3,33 \text{ m}}$$



**21-** En una ecografía exploratoria del corazón se utilizan ultrasonidos de 2 MHz. ¿Cuál es la longitud de onda de estos ultrasonidos en el aire? ¿Cuál es su longitud de onda en los tejidos celulares si en ellos se propaga a 1500 m/s?

**Resolución:**

a)

En el corazón:

$$f = 2 \text{ MHz} = 2 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$V = 340 \text{ m/s}$$

$$\lambda = V / f ; \lambda = (340 \text{ m/s}) / (2 \cdot 10^6 \text{ 1/s}) = 170 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

b)

En los tejidos:

$$V = 1500 \text{ m/s} \rightarrow \lambda = V / f ; \lambda = (1500 \text{ m/s}) / (2 \cdot 10^6 \text{ 1/s}) = 750 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

**22.-** Se lanza un grito a 34 m de un monte. Si la velocidad del sonido es 340 m/s. Determinar el tiempo que tarda en oírse el eco:

**Resolución:**

$$e = 34 \text{ m}$$

$$V = 340 \text{ m/s}$$

Para poder oír el eco el *sonido debe hacer viaje de ida y vuelta* a la fuente sonora, por tanto:

$$e_{\text{sonido}} = e_{\text{ida}} + e_{\text{vuelta}}$$

$$e_{\text{sonido}} = 34 \text{ m} + 34 \text{ m} = 68 \text{ m}$$

Recordando el M.R.U.:

$$e = V \cdot t ; t = e / V : t = 68 \text{ m} / (340 \text{ m/s}) = 0,2 \text{ s}$$

**23.-** Dos montañas, A y B, están separadas horizontalmente por una distancia de 3 500 m. Si se produce un disparo en A tarda 10 segundos en oírse en B. ¿Es eso posible? ¿Cómo lo explicarías? Si en esas condiciones el disparo se produjera en B, ¿cuánto tiempo tardaría en escucharse en A?

**Resolución:**

Cinemáticamente es muy fácil determinarlo:

$$e = V \cdot t ; t = e / V ; t = 3500 \text{ m} / 340 \text{ (m/s)} = 10,30 \text{ s}$$

Demostramos que no son 10 s, son 10,30 s . La única explicación a esto es que exista *una corriente de aire en sentido contrario al sentido del sonido*.

Cuando el disparo se produzca en B, *la corriente de aire la tenemos en el mismo sentido* y por lo tanto el sonido tendrá una velocidad superior a 340 m/s:

$$V = e/t ; V = 3500 \text{ m} / 10,30 \text{ s} = 339,8 \text{ m/s (Ida)}$$

La velocidad de ida del sonido de A a B ha sufrido una disminución de:

$$\Delta V = 339,8 - 340 = - 0,2 \text{ m/s}$$

Esta disminución será el aumento de la velocidad del sonido de B a A:

$$V_{BA} = 340 + 0,2 = 340,2 \text{ m/s (Vuelta)}$$

$$t_{BA} = e / V ; t = 3500 \text{ m} / (340,2 \text{ m/s)} = 10,28 \text{ s}$$

**24-** Las ondas que emite en cada segundo un foco emisor tienen una energía de 25 J. Si esas ondas se propagan mediante ondas esféricas, ¿qué intensidad existe a 5 m del foco emisor?:

- a) 0,08 W/m<sup>2</sup>. c) 5 W/m<sup>2</sup>.  
b) 125 W/m<sup>2</sup>. d) 0,2 W/m<sup>2</sup>.

**Resolución:**

Recordando la definición de la intensidad del sonido:

*Es la energía que transmite el SONIDO por unidad de tiempo a través de la unidad de superficie colocada perpendicularmente a la dirección de propagación.*

$$I = \frac{W}{S \cdot t}$$

$$t = 1 \text{ s}$$

$$S_{\text{esfera}} = 4 \cdot \pi \cdot r^2 = 4 \cdot 3,14 \cdot (5 \text{ m})^2 = 314 \text{ m}^2$$

$$I = 25 \text{ J} / (314 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ s}) = [0,079 \text{ J} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})] = 0,079 \text{ W/m}^2$$

**Cuestion cierta a)**

**25.-** Calcula el tiempo que invierte el avión Concorde, que vuela a 2,2 veces la velocidad del sonido, en ir de París a Nueva York, si estas dos ciudades están separadas por una distancia aproximada de 6500 km.

**Resolución:**

$$V_{\text{CONCORDE}} = 2,2 \cdot V_{\text{sonido}} = 2,2 \cdot 340 \text{ m/s} = 748 \text{ m/s}$$

$$e = 6500 \text{ Km} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ Km}} = 6500000 \text{ m}$$

$$e = V \cdot t ; t = e / V ; t = 6500000 \text{ m} / 748 \text{ (m/s)} = 8689,84 \text{ s} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 2,41 \text{ h}$$

**26.-** Un sonido de 1400 Hz de frecuencia se propaga dentro de una viga de hierro. ¿Cuál es su longitud de onda?

**Resolución:**

$$\left. \begin{array}{l} V_{\text{sonidohierro}} = 5150 \text{ m/s} \\ f = 1400 \text{ Hz} \end{array} \right\} \begin{array}{l} V = \lambda \cdot f \ ; \ \lambda = V / f \\ \lambda = (5150 \text{ m/s}) / (1400 \text{ 1/s}) = 3,7 \text{ m} \end{array}$$

**27.-** Los delfines emiten ultrasonidos en el intervalo de frecuencias que va desde 40 MHz hasta 170 MHz. Calcula entre qué longitudes de onda emiten los delfines estos ultrasonidos (recuerda que el sonido se propaga en el agua a 1500 m/s).

**Resolución:**

$$f = 40 \text{ MHz} = 40 \text{ MHz} \cdot 10^6 \text{ Hz} / 1 \text{ MHz} = 40000000 \text{ Hz}$$

$$\lambda_{\text{pequeña}} = V / f = [1500 \text{ (m/s)}] / [40000000(1/s)] = 3,75 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$f_{\text{grande}} = 170 \text{ MHz} = 170 \text{ MHz} \cdot 10^6 \text{ Hz} / 1 \text{ MHz} = 170 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$\lambda_{\text{grande}} = V / f = [1500 \text{ (m/s)}] / [170 \cdot 10^6 \text{ (1/s)}] = 8,82 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

**28.-** El sonar de un submarino envía verticalmente hacia el fondo del mar un pulso de ultrasonidos y capta el eco reflejado al cabo de 0,46 s. ¿A qué distancia del fondo se encuentra el submarino?

**Resolución:**

*El sonar es un instrumento cuyo funcionamiento se basa en el ECO. El sonar manda un sonido y rebota en el cuerpo y luego lo recibe. El tiempo empleado por el sonar es la suma del tiempo de ida y del tiempo de regreso:*

$$t = 0,46 \text{ s}$$

$$V_{\text{sonidoagua}} = 1450 \text{ m/s}$$

$$e = V \cdot t \ ; \ e = (1450 \text{ m/s}) \cdot (0,46 \text{ s}) = 667 \text{ m}$$

*Este espacio corresponde a la suma del espacio de ida más el espacio de regreso. Estos espacios son iguales y por tanto:*

$$e = e_{\text{ida}} + e_{\text{regreso}} ; e_{\text{ida}} = e_{\text{regreso}} ; 667 \text{ m} = 2 \cdot e_{\text{fondo}}$$

$$e_{\text{fondo}} = 667 \text{ m} / 2 = 333,5 \text{ m}$$

**29.-** Una radiación emitida por una lámpara de vapor de sodio tiene una longitud de onda, en el vacío, de 589nm. Calcula la frecuencia de esta radiación. ( $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ )

**Resolución:**

$$\lambda = 589 \text{ nm} \cdot 10^{-9} \text{ m} / 1 \text{ nm} = 5,89 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = c / f ; f = c / \lambda ; f = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 5,89 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 0,50 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

**30.-** ¿Cuál es la longitud de onda de una emisora de radio que emite con una frecuencia de 100 MHz. ( $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ )

**Resolución:**

$$f = 100 \text{ MHz} \cdot 10^6 \text{ Hz} / 1 \text{ MHz} = 10^8 \text{ Hz}$$

$$\lambda = c / f ; \lambda = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 10^8 \text{ (1/s)} = 3 \text{ m}$$

**31.-** ¿Qué tiempo tardaría la luz en ir de la Tierra a la Luna, si la distancia entre ambos cuerpos celestes es 380.000 km?

**Resolución:**

$$V_{\text{luz}} = 300000 \text{ Km/s} = c$$
$$e = 380000 \text{ Km}$$

En este caso no hace falta pasar las unidades al S.I.

$$c = e / t ; t = e / c ; t = 380000 \text{ Km} / 300000 \text{ (Km/s)} = 1,27 \text{ s}$$

**32.-** La luz amarilla tiene una longitud de onda de unos 580 nm.  
Calcula su frecuencia y su período.

DATO:  $V_{\text{luzamarilla}} = 299700 \text{ Km/s}$

**Resolución:**

$$V_{\text{luzamarilla}} = 299700 \text{ Km/s} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ Km}} = 2,997 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\lambda = 580 \text{ nm} = 580 \text{ nm} \cdot \frac{10^{-9} \text{ m}}{1 \text{ nm}} = 580 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$V = \lambda / T ; T = 580 \cdot 10^{-9} \text{ m} / 2,997 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} = 1,936 \cdot 10^{-17} \text{ s} =$$
$$= 1,94 \cdot 10^{-17} \text{ s}$$

$$f = 1 / T ; f = 1 / 1,94 \cdot 10^{-17} \text{ s} = 5,15 \cdot 10^{16} \text{ 1/s} = 5,15 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$$

**33.-** ¿A qué frecuencias corresponden las longitudes de onda que marcan los límites para la luz visible?

(Recuerda que  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ).

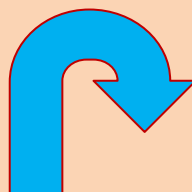
DATOS:  $\lambda_1 = 380 \text{ nm}$  ;  $\lambda_2 = 780 \text{ nm}$

**Resolución:**

Para  $\lambda_1$  :

$$\lambda_1 = 380 \text{ nm} \cdot \frac{10^{-9} \text{ m}}{1 \text{ nm}} = 380 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$V_{\text{luz}} = \lambda_1 \cdot f_1 ; f_1 = V_{\text{luz}} / \lambda_1 = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 380 \cdot 10^{-9} \text{ m} =$$
$$= 7,89 \cdot 10^{14} \text{ 1/s} = 7,89 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$



Para  $\lambda_2$ :

$$\lambda_2 = 780 \text{ nm} \cdot \frac{10^{-9} \text{ m}}{1 \text{ nm}} = 780 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$f_2 = V_{\text{luz}} / \lambda_2 = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 780 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 3,8 \cdot 10^{14} \text{ 1/s} = \\ = 3,8 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

**34.-** Un trueno se oye 5,2 segundos después de producirse el relámpago. ¿A qué distancia se ha producido esta descarga eléctrica?

**Resolución:**

Tiempo en verse el relámpago =  $t = 5,2 \text{ s}$

$$V_{\text{luz}} = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)}$$

$$e = V_{\text{luz}} \cdot t ; e = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 5,2 \text{ s} = 15,6 \cdot 10^8 \text{ m} = 15,6 \cdot 10^5 \text{ Km}$$

**35.-** Si ves un relámpago y a los 15 segundos oyes el trueno deduces que, aproximadamente, la tormenta se encuentra a:

- a) 5100 m. c) 22,6 km.  
b) 5,1 km. d) 0,044 km.

**Resolución:**

Los 15 s es el tiempo que tarda en oírse el sonido. Respecto al tiempo que se tarda en verse la luz, el problema no dice nada. Resolveremos el problema atendiendo solamente al sonido.

Para el sonido:

$$V_{\text{sonido}} = 340 \text{ m/s} \\ t = 15 \text{ s}$$

$$e = V_{\text{sonido}} \cdot t = 340 \text{ m/s} \cdot 15 \text{ s} = 5100 \text{ m} = 5,1 \text{ Km}$$

Apartado correcto: **a) y b)**

**36.-** Siendo las velocidades de la luz: 300.000 km/s en el vacío; 225.000 km/s en el agua, y 199.000 km/s en el vidrio, calcular:

- El índice de refracción absoluto del vidrio y del agua.
- El índice de refracción relativo del vidrio respecto al agua.

**Resolución:**

a) Para el agua:

Recordar que:

$$n_1 = c / V_{\text{agua}} ; c = \text{Velocidad de la luz}$$

$$n_1 = 300000 \text{ Km/s} / 225000 \text{ Km/s} = 1,33$$

Para el vidrio:

$$n_2 = c / V_{\text{vidrio}}$$

$$n_2 = 300000 \text{ Km/s} / 199000 \text{ Km/s} = 1,507$$

b) El índice de refracción del vidrio respecto al agua valdrá:

$$n_{21} = n_2 / n_1 ; n_{21} = 1,507 / 1,33 = 1,13$$

**37.-** El índice de refracción del agua respecto al aire es 4/3. ¿Con qué velocidad se propaga la luz en el agua?

**Resolución:**

Recordar que:

$$V = c / n \quad \left. \begin{array}{l} C = \text{Velocidad de la luz} \\ n = \text{Índice de refracción} \\ \text{Absoluto} \end{array} \right\}$$

$$V = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} / (4/3) = 2,25 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$



**38.-** Un rayo de luz de 5.000 angstrom ( $10^{-10}$  m) de longitud de onda en el aire penetra en el agua ( $n = 1,333$ ). ¿Cuál es su frecuencia en el agua? ¿Y su longitud de onda?

**Resolución:**

$$\lambda_0 = 5000 \text{ \AA} \cdot \frac{10^{-10} \text{ m}}{1 \text{ \AA}} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m} ; \text{ \AA} = \text{Angstrom}$$

$$f = c / \lambda_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 5 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

La longitud de onda en el agua será:

$$\lambda = c/f = (c/n) / (c/\lambda_0) = \lambda_0 / n = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m} / 1,333 = 3,75 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

**39.-** Una estación de radio emite ondas electromagnéticas, cuya velocidad de propagación es  $3 \cdot 10^8$  m/s. Si la frecuencia es de 100.000 Hz, ¿cuál es la longitud de onda de la onda emitida?

**Resolución:**

$$V_{\text{luz}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$F = 100000 \text{ Hz} = 10^5 \text{ Hz}$$

$$\lambda = c / f = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 10^5 \text{ (1/s)} = 3 \cdot 10^3 \text{ m}$$

**40.-** ¿Qué distancia recorrería un automóvil que lleva una velocidad de 90 km/h mientras la luz recorre una distancia igual a la circunferencia de la Tierra?

DATO: Longitud de la circunferencia de la Tierra = 40000 Km

**Resolución:**

El tiempo que tarda la luz en recorrer la longitud de la circunferencia de la tierra lo calcularemos:

$$e = V \cdot t ; t = e/c ; t = 4 \cdot 10^7 \text{ m} / 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} = 0,133 \text{ s}$$

$$V = 90 \text{ Km/h} \cdot 1000 \text{ m} / 1 \text{ Km} \cdot 1 \text{ h} / 3600 \text{ s} = 25 \text{ m/s}$$

En este tiempo el coche recorre una distancia:

$$e = V \cdot t = 25 \text{ m/s} \cdot 0,133 \text{ s} = 3,325 \text{ m}$$

**41.-** Los rayos X tienen una frecuencia de  $2 \cdot 10^{17}$  Hz, ¿cuál es su longitud de onda?

**Resolución:**

$$f = 2 \cdot 10^{17} \text{ Hz}$$
$$V_{\text{luz}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\lambda = c / f$$

$$\lambda = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 2 \cdot 10^{17} \text{ (1/s)} = 1,5 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

**42.-** ¿Cuál es la velocidad de la luz en un medio de índice de refracción 1,36?

**Resolución:**

$$n = 1,36$$
$$V_{\text{luz}}?$$
$$\left. \begin{array}{l} n = c/V; V = c / n; V = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 1,36 = 2,2 \cdot 10^8 \text{ m/s} \end{array} \right\}$$

**43.-** La velocidad de la luz a través de un medio transparente es 150 000 km/s. ¿Cuánto vale el índice de refracción de ese medio?

**Resolución:**

$$V = 150000 \text{ Km/s} \cdot 1000 \text{ m} / 1 \text{ Km} = 15 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

$$n = c / V; n = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 15 \cdot 10^7 \text{ (m/s)} = 0,2 \cdot 10 = 2$$

**44.-** El espectro visible contiene frecuencias entre  $4 \cdot 10^{14}$  y  $7 \cdot 10^{14}$  Hz.

a) Determine las longitudes de onda correspondientes a dichas frecuencias en el vacío. b) Determinar la velocidad de la luz en el agua cuyo Índice de Refracción  $n = 4/3$ .

a)

**Vacío**

$$f_1 = 4 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \rightarrow \lambda_1 = c/f ; \lambda_1 = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 4 \cdot 10^{14} \text{ (1/s)} = \\ = 0,75 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$f_2 = 7 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \rightarrow \lambda_2 = c/f ; \lambda_2 = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 7 \cdot 10^{14} \text{ (1/s)} = \\ = 0,43 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

b)

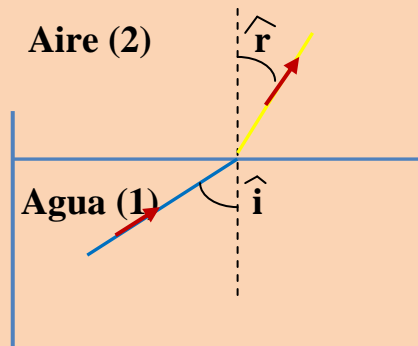
**Agua**

$$n = c / V_{\text{agua}} ; V_{\text{agua}} = c / n = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / (4/3) = 2,25 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

**45.-** Un rayo pasa del agua al aire con un ángulo de incidencia de  $30^\circ$  respecto a la normal. Dibuje en un esquema los rayos incidente y refractado y calcule el ángulo de refracción.

DATOS:  $n_{\text{agua}} = 1,333$  ;  $n_{\text{aire}} = 1$

**Resolución:** Aire (2)



$\hat{i} = 30^\circ$  ;  $i$  = ángulo de Incidencia ;  $r$  = ángulo de Refracción  
 $n_{\text{agua}} = 1,333$   
 $n_{\text{aire}} = 1$

**Mediante la ley de Snell:**

$$n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{sen } r$$

$$n_{\text{agua}} \cdot \text{sen } i = n_{\text{aire}} \cdot \text{sen } r$$

$$1,333 \cdot \text{sen } 30^\circ = 1 \cdot \text{sen } r \quad ; \quad 1,333 \cdot 0,5 = 1 \cdot \text{sen } r$$

$$\text{sen } r = 1,333 \cdot 0,5 / 1 = 0,665 \quad \rightarrow \quad \hat{r} = 41,8^\circ$$

**46.-** Una antena emite una onda electromagnética de  $f = 50$  kHz. a) Calcule su longitud de onda. b) Halle la frecuencia de una onda sonora de la misma longitud de onda. ( $c = 3 \cdot 10^8$  m s<sup>-1</sup>;  $v_s = 300$  m s<sup>-1</sup>).

**Resolución:**

a)

$$f = 50 \text{ KHz} \cdot 1000 \text{ Hz} / 1 \text{ KHz} = 50000 \text{ Hz}$$

$$\lambda = c / f \quad ; \quad \lambda = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} / 50000 \text{ (1/s)} = 0,6 \cdot 10^4 \text{ m} = 6 \cdot 10^3 \text{ m}$$

b)

$$\lambda = 6 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$f = v_{\text{sonido}} / \lambda \quad ; \quad f = 300 \text{ (m/s)} / 6 \cdot 10^3 \text{ m} = 0,05 \text{ Hz}$$

**47.-** Una onda electromagnética tiene en el vacío una longitud de onda de  $5 \cdot 10^{-7}$  m. a) Determine la frecuencia. b) Si dicha onda entra en un determinado medio, su velocidad se reduce a  $3c/4$ . Calcule el índice de refracción del medio. c) Determine la frecuencia y la longitud de onda del nuevo medio.  $c = 3 \cdot 10^8$  m s<sup>-1</sup>.

**Resolución:**

a)

$$\lambda_{\text{vacío}} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = c / f ; f = c / \lambda = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 5 \cdot 10^{-7} \text{ (m)} = 6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

b)

$$V_{\text{medio}} = 3 c / 4$$

$$n = c / V_{\text{medio}} ; n = c / (3 \cdot c / 4) = 4/3 = 1,333$$

c)

La frecuencia no cambia con respecto al primer medio, luego:

$$f = 6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\lambda = V_{\text{medio}} / f \quad (1)$$

Debemos conocer antes la  $V_{\text{medio}}$ :

$$n = c / V_{\text{medio}} ; V_{\text{medio}} = c / n ; V_{\text{medio}} = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 1,333 = \\ = 2,25 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

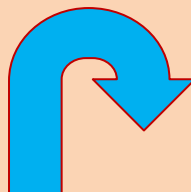
Volviendo a (1):

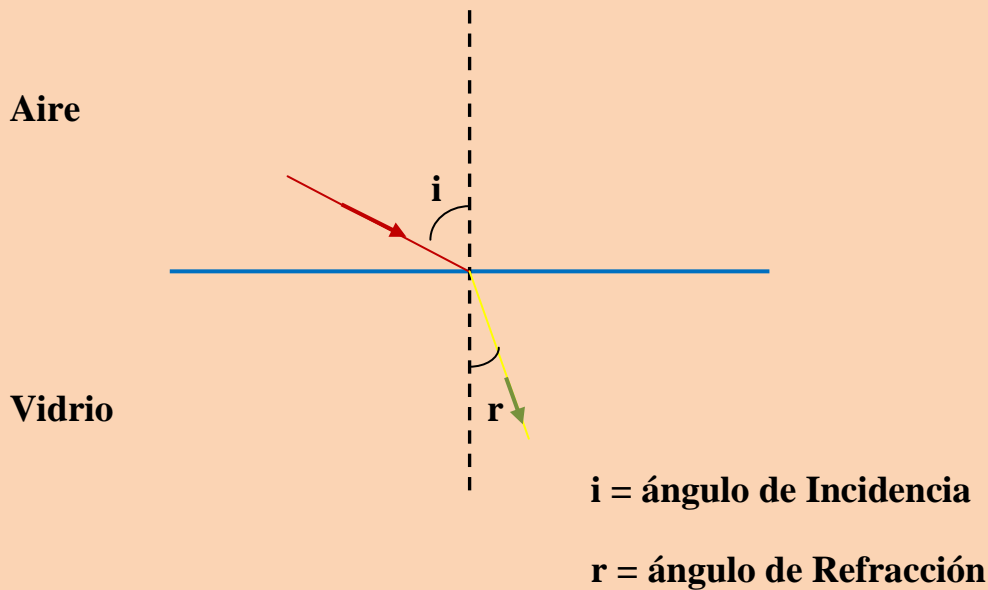
$$\lambda = 2,25 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 6 \cdot 10^{14} \text{ (1/s)} = 0,375 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 3,75 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

**48.-** Un haz de luz roja penetra en una lámina de vidrio con un ángulo de incidencia de  $45^\circ$ . Determine el ángulo de refracción.

$$n_{\text{vidrio}} = 1,3 ; n_{\text{aire}} = 1$$

**Resolución:**





$$n_{\text{aire}} \cdot \text{sen } i = n_{\text{vidrio}} \cdot \text{sen } r$$

$$1 \cdot \text{sen } 45^\circ = 1,3 \text{ sen } r ; \text{ sen } r = 1 \cdot \text{sen } 45^\circ / 1,3 = 0,7 / 1,3 = \mathbf{0,54}$$

$$r = \mathbf{32,7^\circ}$$

**48.-** Un rayo de luz monocromática emerge desde el interior de un bloque de vidrio hacia el aire. Si el ángulo de incidencia es de  $19,5^\circ$ , y el de refracción de  $30^\circ$ . Determine el índice de refracción y la velocidad de propagación de la luz en el vidrio.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}, n_{\text{aire}} = 1$$

**Resolución:**

a)

$$i = 19,5^\circ$$

$$r = 30^\circ$$

$$n_{\text{aire}} = 1$$

$$n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \text{ sen } r ; n_{\text{vidrio}} \cdot \text{sen } 19,5^\circ = 1 \cdot \text{sen } 30^\circ$$

$$n_{\text{vidrio}} \cdot 0,33 = 1 \cdot 0,5 ; n_{\text{vidrio}} = 1 \cdot 0,5 / 0,33 = \mathbf{1,51}$$

b)

$$n_{\text{vidrio}} = c / V_{\text{vidrio}} ; V_{\text{vidrio}} = c / n_{\text{vidrio}}$$

$$V_{\text{vidrio}} = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 1,51 = 1,98 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

----- O -----