UNIVERSIDAD DEL NORTE
DPTO. DE FISICA & GEO-CIENCIAS
EXAMEN FINAL DE FISCA CALOR-ONDAS $\boxed{\text{A}}$

NOMBRE: ______________________ **FIRMA:** ______________________ **NOV. 23/2023.**

Sección I (Preguntas de selección múltiple con única respuesta) Valoración: 3.0/5.0

En cada caso señale la letra correspondiente a la respuesta correcta. Todas las preguntas tienen la misma valoración.

Pregunta 1
En una calle por la que circula únicamente automóviles, el ruido del tráfico tiene un nivel de intensidad sonoro de 88 dB. Cuando por dicha calle, además de los autos, circula también una motocicleta, el ruido del motor hace que el nivel de intensidad sonoro suba hasta 93 dB. El nivel de intensidad sonoro producido por la motocicleta es:

a) 30,46 dB; **b)** 5,0 dB; **c)** 20,46 dB; **d)** 91,46 dB; **e)** 19,46 dB.

Solución
Sean $\beta^{(a)} = 88\,\text{dB}$ y $\beta^{(t)} = 93\,\text{dB}$ respectivamente, los niveles de intensidad sonoros cuando, solo transitan autos y cuando, además de autos, también transita la motocicleta por la calle considerada.
Se tiene entonces:

$$\beta^{(a)} = 10\log\left(\frac{I^{(a)}}{I_0}\right) = 88\,\text{dB} \quad\Longrightarrow\quad I^{(a)} = 10^{8,8} I_0 = (10^{8,8})(10^{-12}) = 10^{-3,2}$$

$$\beta^{(t)} = 10\log\left(\frac{I^{(t)}}{I_0}\right) = 10\log\left(\frac{I^{(a)}+I^{(m)}}{I_0}\right) = 93\,\text{dB},$$

donde $I^{(m)}$ es la intensidad sonora cuando solo circula la motocicleta por la calle.
Se tiene entonces que:

$$I^{(a)} + I^{(m)} = 10^{9,3} I_0 = (10^{9,3})(10^{-12}) = 10^{-2,7}\,\text{W/m}^2$$

De otro lado

$$I^{(m)} = 10^{-2,7} - I^{(a)} = 10^{-2,7} - 10^{-3,2} = 1{,}4\times 10^{-3}\,\text{W/m}^2$$

Por lo tanto

$$\beta^{(m)} = 10\log\left(\frac{I^{(m)}}{I_0}\right) = 10\log\left(\frac{1{,}4\times10^{-3}}{10^{-12}}\right) = 91{,}46\,\text{dB}$$

■

Pregunta 2
Una cuerda homogénea fija en ambos extremos, de longitud $L = 2\,\text{m}$, masa $m = 0{,}1\,\text{kg}$ y sometida a una tensión $T = 150\,\text{N}$, vibra en uno de sus modos normales de onda estacionaria descrito por la función expresada en unidades del S.I: $y(x,t) = 0{,}1\sin\left(\frac{3\pi}{L}x\right)\sin(\omega t)$. El modo normal de vibración y la frecuencia angular de la onda estacionaria considerada son, respectivamente:

a) El segundo armónico y 258,10 rad/s; **b)** El segundo sobretono y 258,10 rad/s; **c)** El primer sobretono y 358,10 rad/s; **d)** El tercer sobretono y 258,10 rad/s; **e)** El tercer armónico y 458,10 rad/s.

Solución
La función que describe la onda estacionaria está dada por $y_n(x,t) = A_0\sin(k_n x)\sin(\omega_n t)$. Del enunciado $L = 2\,\text{m}$, por lo tanto $k_n = \frac{3\pi}{2}\,\text{m}^{-1}$. De otro lado

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{T}{\frac{m}{L}}} = \sqrt{\frac{TL}{m}} = \sqrt{\frac{(150)(2)}{0{,}1}} = 54{,}77\,\text{m/s}$$

Se tiene entonces que

$$\omega_n = k_n v = \left(\frac{3\pi}{2}\right)(54{,}77) = 258{,}10\,\mathrm{rad/s}$$

Además, dado que

$$k_n = \frac{2\pi}{\lambda_n} \quad\Longrightarrow\quad \lambda_n = \frac{2\pi}{k_n} = \frac{2\pi}{\frac{3\pi}{2}} = \frac{4}{3}\,\mathrm{m}$$

Para una onda estacionaria en una cuerda fija en ambos extremos se cumple que:

$$L = \frac{n\lambda_n}{2} \quad\Longrightarrow\quad n = \frac{2L}{\lambda_n} = \frac{(2)(2)}{\frac{4}{3}} = 3 \quad\Longrightarrow\quad \text{Se trata del tercer armónico o segundo sobretono.}$$

■

Pregunta 3
El agua de sal es más densa que el agua dulce. Un barco flota tanto en agua dulce como en agua salada. La fuerza de flotación (empuje) en agua salada es:
a) Mayor que en agua dulce. **b)** Menor que en agua dulce. **c)** La misma que en agua dulce. **d)** No hay suficiente información para decidir.

Solución

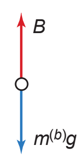


Diagrama de cuerpo libre del barco

Del diagrama de cuerpo libre del barco se tiene

$$\Sigma F_y = B - m^{(b)}g = 0 \quad\Longleftrightarrow\quad B = m^{(b)}g = W^{(b)}$$

Lo cual demuestra que B solo depende del peso del barco independientemente de la densidad del fluido desplazado. Por lo tanto la respuesta correcta es la **c).**

■

Pregunta 4
Una esfera de corcho se mantiene completamente sumergida en agua salada de densidad $\rho = 1030\,\mathrm{kg/m^3}$, mediante una cuerda firmemente sujeta al fondo del recipiente. Si el volumen de la esfera es $0{,}30\,\mathrm{m^3}$ y la tensión en la cuerda $900\,\mathrm{N}$, entonces la densidad del corcho es igual a:

a) $723{,}87\,\mathrm{kg/m^3}$; **b)** $732{,}87\,\mathrm{kg/m^3}$; **c)** $372{,}87\,\mathrm{kg/m^3}$; **d)** $237{,}87\,\mathrm{kg/m^3}$; **e)** $273{,}87\,\mathrm{kg/m^3}$.

Solución

Del diagrama de cuerpo libre de la esfera se corcho, se tiene:

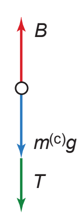


Diagrama de cuerpo libre de la esfera de corcho

$$\Sigma F_y = B - m^{(c)}g - T = 0 \iff \rho^{(as)}V^{(c)}g - m^{(c)}g - T = 0 \iff m^{(c)} = \rho^{(as)}V^{(c)} - \frac{T}{g}$$

$$m^{(c)} = (1030)(0{,}3) - \left(\frac{900}{9{,}8}\right) = 217{,}16\,\mathrm{kg}$$

Por lo tanto

$$\rho^{(c)} = \frac{m^{(c)}}{V^{(c)}} = \frac{217{,}16}{0{,}3} = 723{,}87\,\mathrm{kg/m^3}$$

■

Pregunta 5

Una onda armónica viajera, transversal, se propaga en el sentido positivo del eje x con una rapidez de $3/4\,\mathrm{m/s}$, según la ecuación $y(x,t) = A_0 \sin(kx - \omega t + \varphi)$. En el instante $t = 1\,\mathrm{s}$, el punto situado en $x = 1\,\mathrm{m}$ tiene una aceleración de $27\pi^2\,\mathrm{cm/s^2}$ y un desplazamiento con respecto a su posición de equilibrio estable de $-3\,\mathrm{cm}$. Además, en el instante $t = 0\,\mathrm{s}$ el punto situado en $x = 0$ experimenta desplazamiento máximo, medido con respecto a su posición de equilibrio estable de $3\,\mathrm{cm}$. La velocidad de vibración de un punto del medio en el que se propaga la onda, situado a $25\,\mathrm{cm}$ de la fuente que produce la perturbación, en el instante $t = 2\,\mathrm{s}$ es, aproximadamente:

a) $2{,}75\,\mathrm{m/s}$; **b)** $2{,}50\,\mathrm{m/s}$; **c)** $-2{,}75\,\mathrm{m/s}$; **d)** $0{,}0\,\mathrm{m/s}$; **e)** $-2{,}85\,\mathrm{m/s}$.

Solución

Del enunciado se tiene que:

$$a(1\,\mathrm{m}, 1\,\mathrm{s}) = 27\pi^2\,\mathrm{cm/s^2}; \;\; y(0\,\mathrm{m}, 0\,\mathrm{s}) = A_0 = 3\,\mathrm{cm}; \;\; y(1\,\mathrm{m}, 1\,\mathrm{s}) = -3\,\mathrm{cm} = -A_0 \;\text{ y se pide calcular }\; v(0{,}25\,\mathrm{m}, 2\,\mathrm{s})$$

De acuerdo con el enunciado, el desplazamiento de cualquier punto del medio, en cualquier instante está dado por:

$$y(x,t) = A_0 \sin(kx - \omega t + \varphi)$$

Evaluando $y(0\,\mathrm{m}, 0\,\mathrm{s}) = A_0 = 3\,\mathrm{cm}$; se tiene:

$$A_0 = A_0 sin\varphi \implies \sin\varphi = 1 \implies \varphi = \frac{\pi}{2}\,\mathrm{rad}$$

La aceleración de cualquier punto del medio, en cualquier instante está dada por:

$$a(x,t) = -A_0\omega_0^2 \sin(kx - \omega t + \varphi)$$

Dado que $y(1\,\mathrm{m}, 1\,\mathrm{s}) = -A_0 \implies a(1\,\mathrm{s}, 1\,\mathrm{m}) = 27\pi^2\,\mathrm{cm/s^2} = a_{max} = A_0\omega_0^2$, por lo tanto

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{27\pi^2}{A_0}} = \sqrt{\frac{27\pi^2}{3}} = 3\pi\,\mathrm{rad/s}$$

Evaluando $y(1\,\mathrm{m}, 1\,\mathrm{s}) = -3\,\mathrm{cm} = -A_0$ se tiene:

$$-3 = 3\sin(k - 3\pi + \frac{\pi}{2}) \implies k - 3\pi + \frac{\pi}{2} = \frac{3\pi}{2} \implies k = \frac{3\pi}{2} - \frac{\pi}{2} + 3\pi = 4\pi\,\mathrm{m^{-1}}$$

La velocidad de cualquier punto del medio, en cualquier instante está dada por:

$$v(x,t) = -A_0\omega_0 \cos(kx - \omega t + \varphi)$$

Sustituyendo en la ecuación para la velocidad se tiene:

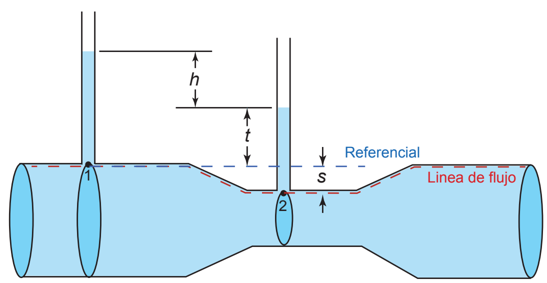
$$v(0,25\,\mathrm{m}, 2\,\mathrm{s}) = (-0{,}03)(3\pi)\cos\left[(4\pi)(0{,}25) - (3\pi)(2) + (\frac{\pi}{2})\right] = 1{,}55 \times 10^{-16}\,\mathrm{m/s} \approx 0\,\mathrm{m/s}$$

■

Sección II (Problemas) Valoración 2.0/5.0

Problema 1 (Valoración 1.0/5.0)
Para determinar la rapidez con la que circula el agua ($\rho = 1000\text{kg/m}^3$) en una tubería, se empalman en ella dos tubos manométricos verticales como se mustra en la figura 1 y se mide la diferencia de altura h entre los niveles superiores del líquido en ambos tubos. Sabiendo que en el tubo horizontal, la sección transversal en la constricción es 10 veces menor que en la sección mayor y que $h = 5{,}0\text{cm}$, calcule:
a) La rapidez del líquido en la constricción. (0,5/5,0)
b) Si el área transversal de la sección mayor del tubo horizontal es 40cm^2, determine el gasto o caudal. (0,5/5,0)
Nota: $1{,}0\,\text{cm}^2 = 1.0 \times 10^{-4}\,\text{m}^2$

Solución parte a



Esquema problema 1

Aplicando la ecuación de Bernoulli de $1 \to 2$ se tiene:

$$p_1 + \rho g y_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \rho g y_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

Dado que el punto 2 está sobre el referencial, entonces $y_2 = 0$ y $y_1 = s$.
Se tiene entonces que:

$$p_1 + \rho g s + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \iff p_1 - p_2 = \frac{1}{2}\rho\left(v_2^2 - v_1^2\right) - \rho g s$$

De otro lado, para los tubos manométricos verticales, se tiene:

$$p_1 = p_0 + \rho g(h+s) \text{ y } p_2 = p_0 + \rho g(t+s) \implies p_1 - p_2 = \rho g(h + s - t - s) = \rho g(h - s)$$

Igualando estas dos últimas ecuaciones se tiene que

$$\frac{1}{2}\rho\left(v_2^2 - v_1^2\right) - \rho g s = \rho g(h - s) = \rho g h - \rho g s \iff v_2^2 - v_1^2 = 2gh$$

Aplicando la ecuación de continuidad de $1 \to 2$ se tiene

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \iff 10 A_2 v_1 = A_2 v_2 \iff v_1 = \frac{v_2}{10}$$

Sustituyendo en la ecuación anterior, se tiene

$$\left(v_2^2 - \frac{v_2^2}{100}\right) = 2gh \implies v_2 = \sqrt{\frac{100}{99}(2gh)} = \sqrt{\frac{100}{99}(2)(9{,}8)(0{,}05)} = 1{,}0\,\text{m/s}$$

Solución parte b

Cálculo del flujo Φ

$$\Phi = A_2 v_2 = \left(\frac{A_1}{10}\right) v_2 = \left(\frac{0{,}004}{10}\right)(1{,}0) = 4{,}0 \times 10^{-4}\,\text{m}^3/\text{s}$$

■

Problema 2 (Valoración 1.0/5.0)
En la figura 2, se muestra un alambre de aluminio, de longitud $L_1 = 60{,}0\,\text{cm}$, con un área de sección transversal $1{,}0 \times 10^{-2}\,\text{cm}^2$ y densidad $2{,}6\,\text{g/cm}^3$ unido a un alambre de acero de densidad $7{,}8\,\text{g/cm}^3$ y la misma área de sección transversal. El alambre compuesto, tensado debido a la acción de un bloque de masa 10 kg unido a su extremo libre, se dispone de manera que, la distancia L_2 desde la unión hasta la polea de soporte sea de 86,6 cm. Las ondas transversales se generan en el cable compuesto mediante una fuente externa de frecuencia variable. Se sabe que cuando el alambre compuesto considerado vibra en cualquiera de sus modos normales, siempre se forman nodos en los extremos de la cuerda y en la unión de los dos alambres. Con la información sumistrada:
a) Halle la frecuencia más baja f que genera una onda estacionaria en el alambre compuesto.(0,5/5,0)
b) ¿Cuántos husos se observan a esta frecuencia?(0,2/5,0)
c) Si en la parte inferior del alambre compuesto se ubican dos tubos sonoros de longitudes y_1 y y_2 siendo uno de ellos $A-A$ y el otro $A-C$ (ver figura 2), determine la razón entre las longitudes de los tubos de tal forma que, en el tubo $A-A$ se forme el $5to$ armónico mientras que en el tubo $A-C$ se forma el $3er$ armónico. (0,3/5,0).

Solución parte a

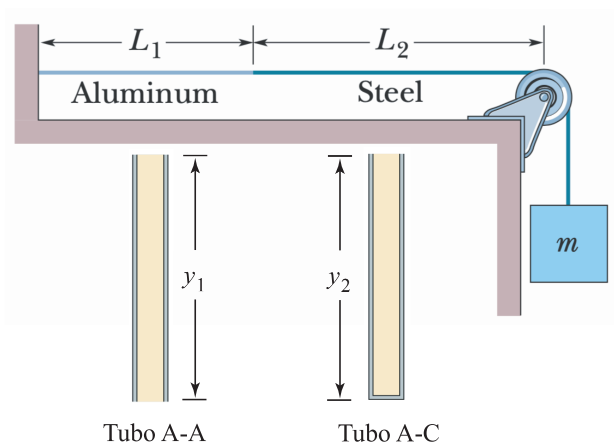


Figura 2

De acuerdo con el enunciado, para el alambre de aluminio (1) y para el alambre de acero (2), se tiene que:

$$f_1 = \frac{n_1}{2L_1}\sqrt{\frac{T}{\mu_1}} \quad \text{y} \quad f_2 = \frac{n_2}{2L_2}\sqrt{\frac{T}{\mu_2}}$$

Dado que $f_1 = f_2$, se tienen entonces que

$$\frac{n_1}{2L_1}\sqrt{\frac{T}{\mu_1}} = \frac{n_2}{2L_2}\sqrt{\frac{T}{\mu_2}} \iff \frac{n_1}{L_1\sqrt{\mu_1}} = \frac{n_2}{2L_2}\sqrt{\frac{T}{\mu_2}} \iff \frac{n_1}{n_2} = \frac{L_1\sqrt{\mu_1}}{L_2\sqrt{\mu_2}}$$

De otro lado, para cada segmento de alambre se verifica que

$$V = AL \iff \rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{AL} = \frac{\mu}{A} \implies \mu = \rho A$$

De acuerdo con lo anterior, se tiene que

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{L_1\sqrt{\rho_1 A}}{L_2\sqrt{\rho_2 A}} = \frac{L_1\sqrt{\rho_1}}{L_2\sqrt{\rho_2}} = \frac{6{,}0\sqrt{2{,}6}}{86{,}6\sqrt{7{,}80}} = \frac{2}{5} \iff n_2 = \frac{5}{2}n_1$$

Por lo tanto, los armónicos con las frecuencias más bajas que satisfacen la ecuación anterior, son: $n_1 = 2$ y $n_2 = 5$ y la frecuencia a la oscila la cuerda compuesta será:

$$f = f_1 = \frac{n_1}{2L_1}\sqrt{\frac{T}{\mu_1}} = \frac{2}{(2)(0{,}6)}\sqrt{\frac{(10)(9{,}8)}{(2600)(10^{-6})}} = 323{,}58\,\mathrm{Hz} = f_2$$

Solución parte b
Dado que el número de husos coincide con el entero correspondiente al armónico, entonces de acuerdo con lo anterior, en el alambre compuesto se forman $n_1 + n_2 = 2 + 5 = 7$ husos.

Solución parte c
Para el tubo $A - A$ se tiene:

$$f_5^{(A-A)} = \frac{5}{2y_1} v_s$$

Para el tubo $A - C$ se tiene:

$$f_5^{(A-C)} = \frac{5}{4y_2} v_s$$

Por resonancia

$$f_5^{(A-A)} = f_5^{(A-C)} = 323{,}58\,\mathrm{Hz} \iff \frac{5}{2y_1} v_s = \frac{5}{4y_2} v_s \iff \frac{5}{y_1} = \frac{5}{2y_2} \iff \frac{y_1}{y_2} = 2$$

$\blacksquare$

ALFREDO E LORA M
Profesor.