

### 1. OPCIÓ A. (a) L'equació de l'ona s'escriu

$$y(x, t) = 0,025 \cos(10\pi t - kx + \varphi_0)$$

de les condicions de l'enunciat podem dir que

$$-k \cdot 0,5 + \varphi_0 = 0$$

per una altra banda es veu que  $\omega = 10\pi \text{ rad/s}$ , llavors podem calcular la freqüència com

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{10\pi}{2\pi} = 5 \text{ Hz}$$

i amb  $v = \lambda f$  trobem la longitud d'ona

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{20}{5} = 4 \text{ m}$$

de manera que el nombre d'ona val

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2} \text{ rad/m}$$

finalment, l'angle de fase valdrà

$$\varphi_0 = k \cdot 0,5 = \frac{\pi}{2} \cdot 0,5 = \frac{\pi}{4} \text{ rad}$$

l'equació de l'ona és doncs,

$$y(x, t) = 0,025 \cos \left( 10\pi t - \frac{\pi}{2}x + \frac{\pi}{4} \right)$$

(b) Derivant tenim

$$v_y = \dot{y}(x, t) = -0,025 \cdot 10\pi \sin \left( 10\pi t - \frac{\pi}{2}x + \frac{\pi}{4} \right)$$

de forma que la velocitat màxima val

$$v_{y,max} = \pm 0,25\pi = 0,785 \text{ m/s}$$

en quant a l'acceleració, tenim

$$a_y = \ddot{y}(x, t) = -0,025(10\pi)^2 \cos \left( 10\pi t - \frac{\pi}{2}x + \frac{\pi}{4} \right)$$



i l'acceleració màxima valdrà

$$a_{y,max} = \pm 2,5 \cdot \pi^2 = 24,67 \text{ m/s}^2$$

OPCIÓ B. (a) L'equació de l'ona s'escriu

$$y(x,t) = A \sin(\omega t + kx + \varphi_0)$$

i la de la velocitat vertical dels punts

$$v_y = \dot{y}(x,t) = A\omega \cos(\omega t + kx + \varphi_0)$$

les condicions de l'enunciat es poden escriure com

$$y(0,0) = 0 \Rightarrow 0 = A \sin \varphi_0$$

que té com a possibles solucions  $\varphi_0 = 0$  o  $\varphi_0 = \pi$ , per decidir quina de les dues prenem fem servir la condició sobre la velocitat

$$v_y(0,0) = -40\pi \Rightarrow A\omega \cos \varphi_0 = -40\pi$$

de forma que ha de ser  $\varphi_0 = \pi$  per tal que el cosinus sigui negatiu.

De l'enunciat es dedueix que  $\lambda = 0,5 \text{ m}$  i fent servir la dada sobre la velocitat de fase, podem calcular

$$f = \frac{2}{0,5} = 4 \text{ Hz} \rightarrow \omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 4 = 8\pi \text{ rad/s}$$

finalment podem trobar l'amplitud de l'ona amb

$$A\omega = 0,4\pi \rightarrow A = \frac{0,4\pi}{\omega} = \frac{0,4\pi}{8\pi} = 0,05 \text{ m}$$

(b) Calclem el nombre d'ona amb

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{0,5} = 4\pi \text{ rad/m}$$

i junt amb la informació de l'apartat anterior podem escriure directament

$$y(x,t) = 0,05 \sin(8\pi t + 4\pi + \pi)$$



**2.** Podeu consultar les representacions dels harmònics d'aquest exercici a la teoria de l'assignatura.

OPCIÓ A. (a) Per aquest harmònic tenim que

$$\frac{1}{2}\lambda = L$$

de forma que serà

$$\lambda = 2L = 2 \cdot 0,17 = 0,34\text{ m}$$

i la freqüència

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{0,34} = 1000\text{ Hz}$$

(b) La nova freqüència ha de ser

$$\frac{2}{3} \cdot 1000 = 666,67\text{ Hz}$$

de forma que la longitud d'ona valdrà

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{666,67} = 0,51\text{ m}$$

i finalment, la longitud del tub ha de ser

$$L = \frac{\lambda}{2} = \frac{0,51}{2} = 0,255\text{ m}$$

OPCIÓ B. (a) L'harmònic fonamental en les cordes lligades pels dos extrems es compleix la condició

$$\lambda = 2L = 1,5\text{ m}$$

(b) Podem calcular directament

$$v = \lambda f = 1,5 \cdot 440 = 660\text{ m/s}$$

La posició dels ventres en el tercer harmònic vindrà donada per

$$x_1 = \frac{L}{6} = \frac{0,75}{6} = 0,125\text{ m}$$

$$x_2 = \frac{3L}{6} = \frac{L}{2} = \frac{0,75}{2} = 0,375\text{ m}$$

$$x_3 = \frac{5L}{6} = \frac{5 \cdot 0,75}{6} = 0,625\text{ m}$$

tots aquests càlculs s'han de justificar a partir de l'esquema corresponent.



**3. OPCIÓ A.** (a) Per una banda, tenim

$$I = \frac{P}{4\pi R^2} = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 35^2} = 6,5 \cdot 10^{-7} W/m^2$$

llavors el nivell d'intensitat sonora valdrà

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{6,5 \cdot 10^{-7}}{10^{-12}} = 58,3 dB$$

(b) A 100 m de distància la distància de l'observador al campanar serà

$$d = \sqrt{35^2 + 100^2} = 106 m$$

i per les quatre campanes tocant simultàniament, tenim

$$I = \frac{4 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 106^2} = 2,836 \cdot 10^{-7} W/m^2$$

i el nivell d'intensitat sonora serà

$$\beta' = 10 \log \frac{2,836 \cdot 10^{-7}}{10^{-12}} = 54,53 dB$$

que no supera el límit establert.

**OPCIÓ B.** (a) Calculem la velocitat de les ones sonores emeses per la balena

$$v = \lambda f = 25 \cdot 60 = 1500 m/s$$

Ara, amb una fórmula de cinemàtica senzilla

$$h = vt = 1500 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 120 m$$

(b) La potència que emet la balena es pot calcular amb

$$P = IA = 3 \cdot 10^{-6} \cdot 4\pi \cdot 120^2 = 0,543 W$$

Tenint en compte la geometria del problema, podem calcular la intensitat que rep el vaixell *B* com

$$I_2 = I_1 \frac{R_1^2}{R_2^2} = 3 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{120^2}{\sqrt{300^2 + 120^2}} = 4,138 \cdot 10^{-7} W/m^2$$

d'aquesta manera, el nivell d'intensitat sonora que detecta el vaixell *B* serà

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} = \frac{4,138 \cdot 10^{-7}}{10^{-12}} = 56,17 dB$$



#### 4. OPCIÓ A. (a) L'equació de loscillador s'escriu

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

com ens diuen que  $x(0) = 0$ , deduïm que ha de ser  $\varphi_0 = \pi/2$ . Per una altra banda, podem calcular

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 4 = 8\pi \text{ rad/s}$$

de manera que podem escriure

$$x(t) = 6 \cdot 10^{-3} \cos\left(8\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

en quant a la velocitat

$$v(t) = \dot{x}(t) = -48 \cdot 10^{-3} \pi \sin\left(8\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

i finalment

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \rightarrow k = m\omega^2 = 10 \cdot 10^{-3} \cdot (8\pi)^2 = 6,32 \text{ N/m}$$

(b) Calclem directament

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{8\pi} = 0,25 \text{ s}$$

i en quant a la força màxima

$$F = ma = m \cdot A\omega^2 = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot (8\pi)^2 = 0,019 \text{ N}$$

OPCIÓ B. (a) Apliquem la tercera llei d'Snell

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

per trobar

$$n_1 = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{\sin 40^\circ}{\sin 23,7^\circ} = 1,6$$

on hem tingut en compte que per l'aire,  $n_2 = 1$ . La velocitat demandada es pot calcular com

$$v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,6} = 1,875 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

(b) La longitud d'ona en l'aire es pot calcular com

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^{14}} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

i en quant a l'angle límit d'aquest vidre,

$$n_1 \sin \alpha_l = n_2 \rightarrow \alpha_l = \arcsin \frac{n_2}{n_1} = \arcsin \frac{1}{1,6} = 38,68^\circ$$

