

## EXERCICIS DE MOVIMENT VIBRATORI HARMÒNIC SIMPLE, MOVIMENT ONDULATORI I NATURALESA DE LA LLUM

- 1 En penjar una massa  $m = 2 \text{ kg}$  de l'extrem d'una molla aquesta s'allarga  $40 \text{ cm}$ . A continuació li donem un petit impuls i la massa segueix un moviment harmònic simple en la direcció vertical. Determineu la constant elàstica de la molla. Quant val la freqüència del moviment harmònic?
- 2 Expliqueu breument en què consisteix l'efecte fotoelèctric.
- 3 A la superfície d'un llac es generen ones planes de longitud d'ona  $\lambda = 1,5 \text{ m}$  i equació:  
 $y = A \sin(kx - \omega t)$ . La velocitat de propagació de les ones és  $2 \text{ m/s}$  i la seva amplitud  $3 \text{ cm}$ .
  - a) Quant valdran  $k$  i  $\omega$ ?
  - b) Quina és la velocitat de la partícula situada a  $x = 4 \text{ m}$  en l'instant  $t = 0$ ?
  - c) Quina és l'expressió de l'acceleració de les partícules en funció de  $x$  i de  $t$ ?
- 4 L'equació d'una ona estacionària és (en unitats de l'SI):  
 $y = 4 \cos \pi t \cos (\pi/12)x$ 
  - a) Quant val l'amplitud de vibració de la partícula del medi situada a  $x = 3 \text{ m}$ ? I l'amplitud de cadascuna de les ones components?
  - b) Determineu la posició de tots els nodes i ventres situats entre  $x = 5 \text{ m}$  i  $x = 25 \text{ m}$ .
  - c) Quant val la velocitat de la partícula del medi situada a  $x = 4 \text{ m}$  en funció del temps?
- 5 Una ona harmònica de freqüència  $550 \text{ Hz}$  es propaga a una velocitat de  $300 \text{ m/s}$ . Quina és la distància mínima entre dos punts que en tot moment es troben en el mateix estat de vibració?
- 6 Un ciclista es desplaça per una carretera rectilínia a velocitat constant. En aquesta carretera hi ha dos cotxes aturats, l'un davant i l'altre darrere del ciclista. Els cotxes tenen botzines idèntiques però el ciclista sentirà que el to (freqüència) de les dues botzines és diferent. Com s'anomena aquest efecte? Segons el ciclista, quin cotxe emetrà una freqüència més alta? Justifiqueu la resposta.
- 7 L'agulla d'una màquina de cosir oscil·la entre dos punts separats una distància vertical de  $20 \text{ mm}$ . Suposant que fa un moviment harmònic simple de freqüència  $30 \text{ Hz}$ , quina és la seva acceleració màxima en unitats de l'SI?
- 8 Una partícula segueix un moviment harmònic simple d'equació (en unitats de l'SI):  $y = 0,02 \sin 3\pi t$ . Quant val la velocitat d'aquesta partícula en l'instant  $t = 2 \text{ s}$ ?
- 9 Enuncieu el principi de Huygens i apliqueu-lo per explicar el fenomen de la refracció.
- 10 La longitud d'ona de la freqüència fonamental en una corda de guitarra és d' $1,8 \text{ m}$ . Si la velocitat a què es propaguen les ones per la corda és de  $200 \text{ m/s}$ .
  - a) Quina és la freqüència de l'ona fonamental? Quina serà la longitud de la corda?

- b) Quines seran la freqüència i la longitud d'ona de l'ona emesa per la guitarra quan es propagui per l'aire? (La velocitat de propagació del so per l'aire és de 340 m/s.)
- c) Si amb un dit premem la corda disminuint-ne la longitud però mantenint la tensió, raoneu si variaran la velocitat de propagació i la longitud d'ona. En cas que variïn, indiqueu en quin sentit.

11 L'equació d'una ona estacionària és (en unitats de l'SI):  $y = \sin(\pi/4) \times \cos 5\pi t$ .

- a) Quina serà la velocitat i l'amplitud de les ones components?
- b) Quant val l'amplitud i la freqüència del moviment de vibració del punt situat a  $x = 1$  m? I del punt situat a  $x = 2$  m?
- c) Trobeu l'expressió de l'acceleració del punt  $x = 1$  m en funció del temps.

12 Si tirem una pedra a l'aigua es generen ones que es desplacen a 2 m/s. Si la distància entre dos fronts d'ona consecutius és de 15 cm, quant val la freqüència d'aquestes ones?

13 Un raig de llum passa de l'aire a un vidre. Raoneu si cadascuna de les següents afirmacions referides al raig de llum són vertaderes o falses:

- a) Augmenta la freqüència. c) Disminueix la velocitat de propagació.
- b) Augmenta el període. d) Augmenta la longitud d'ona.

*Dada:* L'índex de refracció del vidre és més gran que el de l'aire.

14 L'equació d'una ona transversal és (en unitats de l'SI):  $y = 0,4 \sin \pi (t/2 - x/4)$ .

Quant valdran l'elongació i la velocitat transversals del punt  $x = 0$  a l'instant  $t = 6$  s?

15 L'equació d'una ona transversal harmònica en una corda és (en unitats de l'SI):

$$y = 0,03 \sin(10\pi x - 40\pi t)$$

Quina és la velocitat transversal d'un punt situat 0,1 m a la dreta de l'origen de coordenades en l'instant  $t = 0,025$  s?

16 Enumereu tres experiències a favor de la naturalesa ondulatoria de la llum i una que doni suport a la seva naturalesa corpuscular.

17 Un cos descriu un moviment harmònic simple d'equació:  $x = A \sin(\omega t + j)$ . Quina serà l'equació de la seva velocitat en funció del temps? Quant val la constant de fase  $j$  si per a  $t = 0$  la velocitat del cos és nul·la?

18 Si observem el fons d'una piscina, sembla que sigui menys profunda del que realment és. Raoneu si això és conseqüència:

- a) De l'efecte Doppler. c) D'un fenomen d'interferències.
- b) De la refracció de la llum. d) De la difracció de la llum.

19 El focus emissor d'una ona harmònica vibra amb una freqüència de 20 Hz i una amplitud de 2 cm. Si la distància mínima entre dos punts que estan en fase és de 15 cm, quina serà la velocitat de propagació de l'ona?

20 Una massa de 4 kg està lligada a l'extrem d'una molla de constant recuperadora  $k = \pi^2$  N/m. El conjunt es troba sobre una taula horitzontal sense fregament. La molla s'estira

20 cm i es deixa anar a una velocitat  $v_0 = 0$ , amb la qual cosa la massa experimenta un moviment vibratori harmònic simple. Quina és la freqüència del moviment? Escriuiu les funcions posició - temps ( $x(t)$ ) i velocitat - temps ( $v(t)$ ) per al moviment de la massa.

- 21 Un cotxe de bombers que està aparcad fa sonar la sirena. Una moto que circula a gran velocitat s'acosta al cotxe i el motorista percep un so més agut que el propi de la sirena. Raoneu a quina de les causes següents es pot atribuir aquest fet:

- a) L'ona sonora es refracta.
- b) El motorista rep més fronts d'ona per unitat de temps que un observador en repòs.
- c) El motorista rep menys fronts d'ona per unitat de temps que un observador en repòs.
- d) L'ona sonora està polaritzada.

- 22 Les equacions de dues ones harmòniques que viatgen en la mateixa direcció i en sentits oposats són (en unitats de l'SI):

$$y_1 = 10 \cos(2t - 4x); \quad y_2 = 10 \cos(2t + 4x)$$

- a) Quant valen la freqüència i la velocitat de propagació d'aquestes ones? [1 punt]
- b) Determineu l'equació de l'ona estacionària resultant de la seva superposició. [1 punt]
- c) Deduïu quina és la distància entre dos nodes consecutius. [1 punt]

- 23 En un moviment harmònic simple, quant val l'elongació en l'instant en què la velocitat val la meitat del seu valor màxim? Expressau el resultat en funció de l'amplitud  $A$ .

- 24 Compareu la longitud d'ona d'un fotó de raigs X de freqüència  $3 \cdot 10^{19}$  Hz amb la longitud d'ona associada a un camió de  $2 \cdot 10^4$  kg que viatja a 72 km/h.

Dades:  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

- 25 En una cubeta d'ones s'origina un moviment ondulatori de longitud d'ona 0,75 m que tarda 25 s a recórrer 12 m. Quant valen el període i la freqüència d'aquesta ona?

- 26 Comenteu breument en què consisteix la difracció de les ones i poseu-ne un exemple.

- 27 Un cos de 0,5 kg penja d'un dinamòmetre i quan se'l deixa oscil·lar ho fa amb un període de 0,5 s. Si estant en repòs traiem el cos, quant s'escurçarà la molla del dinamòmetre?

- 28 Expliqueu el fenomen de la refracció de les ones a partir del principi de Huygens.

- 29 Un focus de llum monocromàtica emet ones electromagnètiques de longitud d'ona  $6.200 \text{ Å}$ . El focus emet 1020 fotons per segon. Quant val l'energia de cada fotó? Quina és la potència del focus?

Dades:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ;  $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$

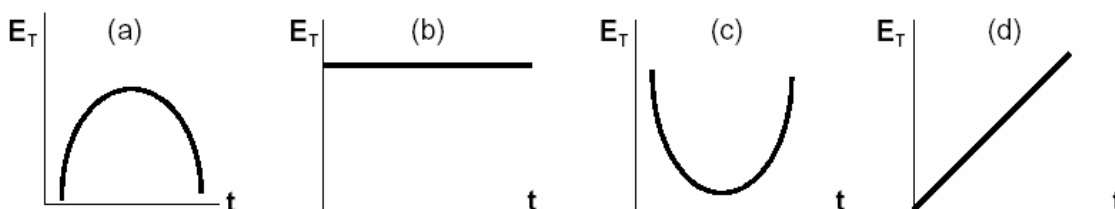
- 30 En una corda de 2,4 m de longitud fixada pels seus extrems s'ha generat una ona estacionària. Sabent que es formen 5 nodes (comptant-hi els dels extrems), que l'amplitud dels ventres és de 8 cm i que la velocitat de propagació de les ones en la corda és de 12 m/s:

- a) Quina és la longitud d'ona de les ones que es propaguen per la corda?
- b) Escriuiu l'equació de l'ona estacionària resultant.

c) Quina és la velocitat en funció del temps d'un punt de la corda situat a 0,3 m d'un dels seus extrems?

- 31 Un oscil·lador harmònic simple té una velocitat màxima de 20 cm/s i la seva acceleració màxima és de 4 m/s<sup>2</sup>. Quant valen l'amplitud i el període?
- 32 És possible polaritzar una ona sonora? I una ona electromagnètica? Per què?
- 33 En el centre d'una piscina circular de 10 m de radi es genera una ona harmònica que tarda 5 s a arribar a la vora de la piscina. Durant aquest temps s'han observat 30 crestes en el focus del moviment. Calculeu el període i la longitud d'ona d'aquest moviment ondulatori.
- 34 Un raig lluminós que es propaga per l'aire arriba a la superfície de l'aigua amb un angle d'incidència de 15°, i es produeixen els fenòmens de reflexió i de refracció. L'índex de refracció de l'aigua respecte de l'aire és de 4/3. Feu un dibuix esquemàtic de la situació i calculeu els angles de reflexió i de refracció.
- 35 Es produeix la interferència de dues ones d'equacions (en unitats de l'SI)  
 $y_1 = 3 \sin(25t - 15x)$ ;  $y_2 = 3 \sin(25t + 15x)$ . Es demana:
- a) L'equació de l'ona estacionària resultant.
  - b) L'amplitud i la freqüència del moviment oscil·latori que segueix el punt  $x = 0$ .
  - c) La distància entre un ventre i un node consecutius.
- 36 Descriviu breument en què consisteix l'efecte Doppler i indiqueu en quines circumstàncies es produeix.
- 37 El període d'un moviment ondulatori que es propaga per l'eix de les  $x$  és de  $2 \cdot 10^{-3}$  s. La distància entre dos punts consecutius que es troben en el mateix estat de vibració és de 10 cm. Quines són la longitud d'ona i la velocitat de propagació d'aquest moviment?
- 38 Un oscil·lador harmònic té una velocitat màxima de 20 cm/s i una acceleració màxima de 4 m/s<sup>2</sup>. Quant valen la seva amplitud i el seu període?
- 39 L'equació d'una ona harmònica és, en unitats de l'SI,  $y = 20 \cos \pi (20t - 4x)$ . Es demana l'amplitud, la longitud d'ona, la velocitat de propagació i el període.
- 40 Un mòbil descriu un moviment harmònic d'equació  $x = A \sin \omega t$ . Quina serà la seva velocitat en l'instant en què l'elongació sigui màxima ( $x = A$ )?
- 41 Quin és l'angle d'incidència mínim per al qual un raig de llum que es propaga per un vidre d'índex de refracció  $n_v = 1,6$  es reflecteix totalment en arribar a la superfície de separació entre aquest vidre i l'aire? L'índex de refracció de l'aire és  $n_a = 1$ .
- 42 Una ona sonora de 440 Hz té una longitud d'ona de 77 cm. Quina serà la longitud d'ona d'una ona sonora de 200 Hz que es propagui en el mateix medi?
- 43 L'equació d'una ona estacionària és  $y = 3 \cos(0,5\pi x) \sin(7\pi t)$ , en unitats de l'SI. Quina és l'amplitud del moviment harmònic en els punts on hi ha un ventre? I en el punt  $x = 0,5$  m?
- 44 L'equació d'una ona estacionària en una corda és  $y(x, t) = 7 \sin(\pi x/3) \cos(2\pi t)$ , on  $x$ ,  $y$  es mesuren en cm, i  $t$ , en s. Calculeu:
- a) La distància entre un ventre i un node consecutius.

- b) L'elongació i la velocitat del punt  $x = 4,5$  cm quan  $t = 0,25$  s.
- c) L'acceleració en funció del temps del punt  $x = 1,5$  cm.
- 45 La longitud natural d'una molla de constant recuperadora  $k = 60$  N/m és  $l_0 = 30$  cm. Quin treball haurem de fer per incrementar-ne la longitud des de  $l_1 = 35$  cm fins a  $l_2 = 45$  cm?
- 46 Sabem que quan cert metall és il·luminat amb llum verda no s'emeten electrons per efecte fotoelèctric. Se n'emetran si il·luminem el mateix metall amb llum roja ( $\lambda_{\text{roja}} > \lambda_{\text{verda}}$ )? Raoneu la resposta.
- 47 Considereu una ona harmònica descrita per l'equació  $y = 0,3 \cos(\pi x - \pi 3t)$ , en unitats de l'SI. En un punt fix de l'espai, quant de temps hem d'esperar perquè es repeteixi el mateix estat de pertorbació?
- 48 Un raig de llum vermella que es propaga per l'aire incideix sobre un vidre amb un angle de  $30^\circ$  respecte a la direcció normal en la superfície del vidre. L'índex de refracció del vidre per a la llum vermella val  $n_v = 1,5$ , i l'índex de refracció de l'aire val  $n_a = 1$ . Feu un esquema indicant les direccions dels raigs reflectit i refractat, i calculeu el valor dels angles que formen aquests raigs amb la normal.
- 49 L'equació del moviment d'un cos que descriu un moviment harmònic és, en unitats de l'SI:  $x = 10 \sin(\pi t - \pi/2)$ . Quant valen l'amplitud i el període del moviment? I la velocitat del cos per a  $t = 2$  s?
- 50 Quina de les gràfiques següents representa millor la variació de l'energia mecànica d'un oscil·lador harmònic simple en funció del temps? Raoneu la resposta.



- 51 L'oïda d'una persona és sensible als sons de freqüències compreses entre 30 Hz i 16.000 Hz. Quina serà la mínima longitud d'ona sonora en l'aire que serà capaç d'apreciar aquesta persona? Velocitat de propagació del so a l'aire: 340 m/s.
- 52 L'amplitud en un moviment harmònic simple originat per una molla de constant recuperadora  $k = 500$  N/m és de 40 cm. Quina serà l'energia total del mòbil? Quant val la seva energia cinètica a l'instant en què l'elongació és de 30 cm?
- 53 Calculeu l'energia cinètica màxima dels electrons emesos per una superfície metàl·lica quan hi incideixen fotons de longitud d'ona  $\lambda = 2 \cdot 10^{-7}$  m. L'energia mínima per alliberar els electrons (treball d'extracció) és  $W = 6,72 \cdot 10^{-19}$  J.
- Dades:  $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  J · s;  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s.
- 54 Una estació de radar utilitza ones electromagnètiques de freqüència  $3 \cdot 10^{10}$  Hz.
- a) Quantes longituds d'ona hi ha entre l'estació i un avió situat a 50 km de distància?

b) Quant de temps transcorre des que s'emet un pols fins que retorna a l'estació, després de rebotar a l'avió?

Dada:  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s.

- 55 L'equació d'una ona transversal, en unitats de l'SI, és  $y = 0,04 \sin 2\pi (t/2 - x/4)$ .  
Determineu el període, la longitud d'ona, la freqüència i la velocitat de propagació.
- 56 La velocitat del so a l'aigua és més gran que a l'aire. Quan una ona harmònica de so passa de l'aire a l'aigua:
- a) La seva freqüència augmenta, disminueix o queda inalterada?
  - b) La seva longitud d'ona augmenta, disminueix o queda inalterada?
- 57 Una partícula de massa 500 g descriu un moviment vibratori harmònic de manera que la seva posició (en unitats del sistema internacional) ve donada per  $x = 0,20 \sin (10 \pi t)$ , on  $t$  és el temps. Calculeu l'energia cinètica màxima de la partícula i la força màxima que actua sobre ella. Indiqueu en quins punts de l'oscil·lació s'assoleixen aquests valors màxims.
- 58 Quina o quines de les magnituds següents varien quan un fotó passa d'un medi a un altre: la freqüència, la longitud d'ona, la velocitat, l'energia? Justifiqueu les respostes.
- 59 Quin dels gràfics següents pot representar l'energia potencial d'un objecte lligat a una molla en funció del seu desplaçament de la posició d'equilibri? Raoneu la resposta.

