

Tema 3: Vibracions i ones



Activitat de raonament



Activitat de càlcul (numèric o algebraic)



Utilització dels recursos informàtics



Tractament de dades amb gràfics



Elaboració d'un treball bibliogràfic

Moviment vibratori harmònic simple (MVHS)



1. Problema núm. 4, pàg. 51.



2. Problema núm. 5, pàg. 51.



3. Problema núm. 2, pàg. 51.



4. Quina amplitud, A , i quin període, T , ha de tenir un MVHS perquè la velocitat màxima en un punt sigui $v_{\text{màx}} = 30 \text{ cm/s}$ i l'acceleració màxima $a_{\text{màx}} = 12 \text{ cm/s}^2$? Expressa, també, l'equació de l'elongació $y(t)$ del MVHS si per a $t = 0 \text{ s}$ és $y = 0 \text{ cm}$. **Sol. $A = 75 \text{ cm}$; $T = 5\pi \text{ s}$; $y = 75 \cdot \cos(0,4 \cdot t + \pi/2) \text{ cm}$.**



5. Una mosca (*Musca domestica*) de 0,30 g de massa queda enganxada en una teranyina d'una aranya que vibra amb una freqüència $f = 15 \text{ Hz}$.

(a) Què val la constant elàstica de la teranyina? **Sol. $K = 2,7 \text{ N/m}$.**

(b) Amb quina freqüència vibrarà si hi queda enganxat un mosquit (*Anopheles maculipennis*) de 0,10 g de massa? **Sol. $f = 26 \text{ Hz}$.**



6. Problema núm. 3, pàg. 51.



7. Problema núm. 7, pàg. 51.



8. Realitza les activitats de l'applet *Oscil·lacions d'una molla* que hi ha a la secció recursos de la web del departament de física i química.



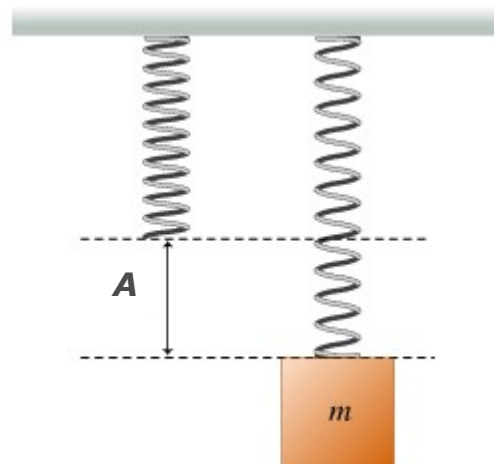
9. Problema núm. 9, pàg. 51.



10. Problema núm. 10, pàg. 52.



11. Es fa oscil·lar verticalment un cos de massa $m = 80 \text{ g}$ que es troba penjat d'una molla en forma d'hèlix de constant elàstica $k = 2,0 \text{ N/m}$. Si l'amplitud de l'oscil·lació és $A = 10 \text{ cm}$, i per a $t = 0 \text{ s}$ és $y = A$, respon:
- (a) Quina serà l'equació de l'elongació en funció del temps? **Sol.** $y = 0,10 \cdot \cos 5t \text{ m}$.
- (b) Quina és l'expressió de la força recuperadora? **Sol.** $F = -0,20 \cdot \cos 5t \text{ N}$
- (c) Què val l'energia cinètica a $y = -5 \text{ cm}$? I l'energia mecànica? **Sol.** $K = 7,5 \text{ mJ}$; $E = 10 \text{ mJ}$.
- (d) Què val l'energia potencial a $y = 7,5 \text{ cm}$? I l'energia mecànica? **Sol.** $U = 5,6 \text{ mJ}$; $E = 10 \text{ mJ}$.



12. Un objecte es mou sobre l'eix d'abscisses (eix x) sotmès a una força total $\vec{F}(x)$ continguda dins l'eix x . Quina és l'expressió de $\vec{F}(x)$ si l'energia potencial associada a aquesta força és $U(x) = 7x^4$?



13. Determina la longitud d'un pèndol simple si el període és $1,00 \text{ s}$ en un punt de la superfície de la Terra on $g_T = 9,81 \text{ m/s}^2$. Quin serà el període a la Lluna on l'acceleració de la gravetat val $1/16$ la de la Terra? **Sol.** $L = 0,248 \text{ m}$; $T_{\text{lluna}} = 4,0 \text{ s}$.



14. Realitza les activitats de l'applet *Oscil·lacions d'un pèndol* que hi ha a la secció recursos de la web del departament de física i química.



15. Suposa que durant un examen necessites emprar l'equació del període del pèndol simple i dubtes entre les equacions I i II:

$$(I) \quad T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{g}{L}} \quad (II) \quad T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Descobreix quina és la correcta comprovant si les unitats de l'esquerra de cada equació (el període té unitats de segons), són les mateixes que les de la part dreta.



16. Els enllaços entre àtoms es poden considerar com a vibradors harmònics. Si per a la molècula d'hidrogen (H-H) s'ha determinat que la constant d'elasticitat val $k = 569 \text{ N/m}$ i la massa d'un àtom d'hidrogen és $m = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, calcula el període d'oscil·lació (suposa que un dels àtoms està fix). **Sol.** $T = 10,8 \text{ fs}$.



17. Una partícula està sotmesa a una força $\vec{F} = (y^2 - x^2) \cdot \vec{i} + 3xy \cdot \vec{j}$. Determina l'expressió de la seva energia potencial U .



18. L'energia potencial d'un cos és $U = 12x - x^3$. Respon a les següents qüestions:
- (a) On és l'origen d'energia potencial, $U = 0$? És únic?
- (b) Quina és la força que té associada aquesta energia potencial?
- (c) Fes un gràfic de l'energia potencial en funció de x . Quins són els punts d'equilibri estable i inestable?

- (d) Si un cos que té aquesta energia potencial, té energia total, $E = 0$, a quina zona de l'eix X es podrà moure? Quina energia cinètica tindrà a $x = -0,5 \text{ m}$.

Moviment Ondulatori Harmònic (MOH)



19. Completa la següent taula d'ones electromagnètiques. Consulta els prefixos a http://ca.wikipedia.org/wiki/Prefixos_del_SI. També a la Viquipèdia cerca-hi el valor de la velocitat de la llum en el buit c (agafa 4 xifres significatives).

| Tipus d'ona | Longitud d'ona | Freqüència | Període |
|--------------------|----------------|-----------------------------|----------------|
| Raigs X | | 10^9 GHz | |
| Llum vermella | 750 a 620 nm | | |
| Radiació infraroja | | $5 \cdot 10^8$ a 10^5 MHz | |
| Microones | | | 0,1 a 2 500 ps |



20. Determina les magnituds característiques d'una ona: amplitud, període, freqüència, pulsació, longitud d'ona i velocitat de propagació, sabent que es propaga per una corda i la seva expressió, en unitats SI, és: $y = 0,02 \cos(64 \cdot t - 4 \cdot x)$. **Sol.** $A = 0,02$ m; $T = \pi/32$ s; $f = 32/\pi$ Hz; $\omega = 64$ rad/s; $v_{\text{ona}} = 16$ m/s.



21. Classifica les següents ones com a materials o electromagnètiques, i també com a transversals o longitudinals: a) Els sons. b) Les microones. c) La llum. d) Les ones damunt una corda. e) Els raigs X. f) Les ones del Bluetooth. g) Ones sísmiques P. h) Ones sísmiques S. i) Les ones dels radars. j) Les ones dels sonars.



22. Problema núm. 13, pàg. 52.



23. Un oscil·lador de freqüència 2,0 Hz actua a l'extrem d'una piscina. Un/a turista observa que la pertorbació empra 20 s en recórrer els 10 m que hi ha fins a l'altre extrem on un tap de suro d'una botella de cava s'eleva 5 cm per damunt la seva posició d'equilibri.

- (a) Escriu l'expressió matemàtica de l'ona agafant les condicions inicials: per a $t = 0$ s i $x = 0$ m és $y = A$. **Sol.** $y = 0,05 \cdot \cos 2\pi(2,0 \cdot t - 4,0 \cdot x)$
- (b) Representa el diagrama elongació (y) respecte a la posició (x) per a $t = 10$ s. Fes-ho en un paper mil·limetrat (el pots descarregar a la web del departament).
- (c) Representa el diagrama elongació (y) respecte al temps (t) per a $x = 5,0$ m. Fes-ho en un paper mil·limetrat.



24. Una emissora de radio (*Los 40 principales*) emet amb una freqüència de 94,1 MHz a Mallorca amb ones electromagnètiques a la velocitat de la llum, $c = 2,998 \cdot 10^8$ m/s.

- (a) Determina la separació entre dos punts que tinguin 45° de diferència de fase. **Sol.** $\Delta x = 39,8$ cm.
- (b) Quina diferència de fase hi ha entre dues elongacions en un cert punt entre dos instants separats un interval $\Delta t = 10$ ps? **Sol.** $\Delta \phi = 1,88 \cdot \pi$ rad.
- (c) Amb quin retard arriba l'emissió en un receptor situat a 80 km de l'antena emissora? **Sol.** $\Delta t = 0,267$ ms.



25. És igual la freqüència d'una ona a la freqüència de l'oscil·lador harmònic que hi ha al focus emissor? Per què?



26. Problema núm. 19, pàg. 52.



27. Problema núm. 15, pàg. 52.



28. L'emissió en **tdt** d'IB3 es realitza amb ones electromagnètiques de freqüència 826 MHz que es propaguen a la velocitat de la llum, $2,998 \cdot 10^8$ m/s. Determina:

(a) L'interval de temps que transcorre entre dos estats de vibració consecutius d'un punt amb una diferència de fase de 180° .

Sol. $\Delta t = 0,605$ ns.

(b) La diferència de fase en un instant entre dos punts separats per 3,63 m. **Sol.** $\Delta \phi = 20 \cdot \pi$ rad.



L'energia de les ones



29. Quina ona (1 o 2) de cadascuna de les quatre parelles següents, suposant la resta de característiques iguals, té més energia? a) $v_{\text{ona1}} = 350$ m/s, $v_{\text{ona2}} = 3 \cdot 10^5$ km/s. b) $\lambda_1 = 2$ mm, $\lambda_2 = 2$ m. c) $f_1 = 50$ s $^{-1}$, $f_2 = 3$ Mhz. d) $A_1 = 45$ Pa, $A_2 = 76$ Pa



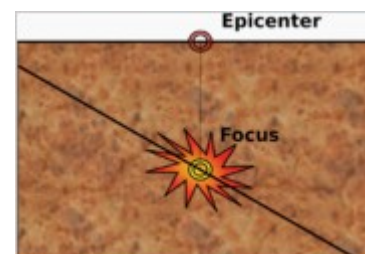
30. Un tren d'ones d'intensitat $I_0 = 20$ W/m 2 i amplitud $A_0 = 4,0$ mm penetra dins un medi de coeficient d'absorció $\beta = 20$ m $^{-1}$. Determina la intensitat i l'amplitud de l'ona després de travessar 3,5 cm del material. **Sol.** $I = 9,9$ W/m 2 ; $A = 2,8$ mm.



31. Problema núm. 23, pàg. 53.



32. Si la intensitat d'una ona sísmica P a 100 km de l'epicentre és 1,0 MW/m 2 , quina serà la intensitat a 400 km de l'epicentre? **Sol.** $I = 1/16$ MW/m 2 .



33. Problema núm. 24, pàg. 53.



34. Les ones procedents del Sol tenen, en arribar a la Terra, una intensitat de 1 350 W/m 2 aproximadament. Calcula la potència del Sol com a focus emissor d'ones sabent que la distància que ens separa és de $150 \cdot 10^6$ km. **Sol.** 382 YW



35. Problema núm. 26, pàg. 53.



36. Un focus puntual emet ones esfèriques. Una placa plana de 20 cm 2 es col·loca a 50 m del focus perpendicular a la direcció de propagació de les ones. En 3,00 minuts arriben a la superfície 5 000 J d'energia. Calcula:

(a) La intensitat de l'ona en la posició on està la placa. **Sol.** $I = 139$ kW.

(b) La potència del focus. **Sol.** $P = 4,36$ GW.

El principi de Huygens



37. Una ona de 2,0 cm de longitud d'ona, que es desplaça dins l'aire amb una velocitat de 0,5 m/s, incideix damunt la superfície de l'aigua d'un safareig d'un hort a Porreres amb un angle de 30° respecte a la normal de dita superfície. Si la longitud d'ona dins l'aigua és de 2,4 cm, quina és l'angle de refracció? **Sol.** $\varepsilon' = 36^\circ 52'$.



38. Problema núm. 29, apartat b), pàg. 53.



39. Problema núm. 30, pàg. 53.



40. Dos focus puntuals situats a 20 cm l'un de l'altre en la superfície de l'aigua emeten ones circulars de la mateixa amplitud, freqüència i fase. La velocitat de propagació de les ones és de 60 cm/s i la seva freqüència de 20 Hz.

(a) Què passarà si les dues ones interfereixen en un punt situat a 20 cm d'un focus i a 12,5 cm de l'altre? **Sol.** **Interferència destructiva.**

(b) I en un punt situat a 30 cm d'un focus i 24 cm de l'altre? **Sol.** **Interferència constructiva.**



41. Realitza l'activitat de l'applet 5, **Interferències d'ones**, de la pàg. 37.



42. Dues antenes de WiFi que emeten a 2,40 GHz estan separades 300 m i transmeten simultàniament senyals idèntics a $2,998 \cdot 10^8$ m/s. Un internauta està just al mig de la recta que uneix les dues antenes amb un netbook damunt una taula cercant cobertura.

(a) Tindrà bona cobertura en aquest punt? Per què?

(b) Quina és la longitud d'ona de l'emissió WiFi? **Sol.** $\lambda = 0,125$ m.

(c) Si desplaça el netbook, damunt la taula, cap a un dels focus a quina distància perdrà la cobertura totalment? **Sol.** $x = 6,25$ cm.

(d) Si desplaça el netbook 25 cm, des del centre, cap a l'altre focus, tindrà cobertura? Per què?



43. Per determinar la longitud d'ona d'un raig de llum monocromàtica el fan passar per una doble esclatxa i es col·loca una pantalla a 1,2 m de distància. La separació de les dues esclatxes és 0,03 mm i s'observa el màxim de la tercera franja brillant superior ($n = 2$) a 4,5 cm del màxim de la franja central.

(a) Quina és la longitud de l'ona? A quin color correspon? **Sol.** $\lambda = 563$ nm.

(b) Quina distància hi ha entre dos màxims consecutius? I entre dos mínims? **Sol.** $\Delta x = 22,5$ mm.



44. A l'experiment de dues esclatxes de Young:

(a) Per què s'empra llum monocromàtica? Si s'empràs llum blanca, quin patró donaria?

(b) Si es realitzàs dins aigua, com canviaria el patró d'interferència?



45. Podem polaritzar una ona longitudinal? Per què? Què ens diu la polarització respecte a la naturalesa de la llum?



46. Un enginyer realitza experiments d'interferència amb dos raigs làser. Un és el vermell emprat en els DVDs ($\lambda = 650$ nm) i l'altre és el blau dels Blu-ray ($\lambda = 405$ nm). Observa una figura amb variacions d'intensitat sobre una pantalla situada a 1,75 m de dos forats per on fa passar successivament ambdós raigs. Si es mesura una separació entre dos màxims d'intensitat d' 11 mm amb el làser vermell,



- (a) Quina separació hi ha entre els forats? Sol. $d = 0,1$ mm.
 (b) Quin fenomen s'empra i com és la figura que s'observa damunt la pantalla?
 (c) Quina separació observarà entre màxims quan empri el raig blau?

El so



47. A quin rang de freqüències és sensible l'oïda humana? I a quin rang d'intensitats?



48. Quina és la longitud d'ona màxima que pot tenir una ona sonora perquè sigui audible a l'oïda humana? (Velocitat del so a l'aire: 340 m/s).



49. Un so es propaga segons l'equació $P(x, t) = \sin(4 \cdot t - 5 \cdot x)$. Si el temps es mesura en segons, la posició en cm i l'elongació en Pascals. Calcula:

- (a) La velocitat de propagació. Sol. $v_{\text{ona}} = 4/5$ cm/s.
 (b) La velocitat d'oscil·lació d'una partícula situada a $x = 8,0$ cm del focus (en general i per a $t = 20$ s). Quina diferència de naturalesa hi ha amb l'anterior? Sol. $v = 4 \cdot \cos(4 \cdot t - 40)$ Pa/s; $v(20) = -2,7$ Pa/s.



50. Una ona de freqüència 0,523 kHz (nota musical **Do** de la 4^a octava) avança dins l'aigua amb una velocitat de 1 440 m/s.

- (a) És la mateixa nota dins l'aigua que dins l'aire? Per què?
 (b) Determina la separació entre dos punts que tinguin $3\pi/2$ de diferència de fase.
 Sol. $\Delta x = 2,07$ m.
 (c) Quina diferència de fase hi ha entre dues elongacions en un cert punt entre dos instants separats un interval $\Delta t = 2,00$ s? Sol. $\Delta \varphi = 2,09 \cdot \pi$ rad.



51. Problema núm. 43, pàg. 54.



52. Una sirena emet la nota musical **Fa** de la 3^a octava (ones de $f = 440$ Hz) amb una amplitud $A = 0,1$ Pa (Pascal, unitat de pressió del SI equivalent a N/m^2). Si l'ona es propaga al llarg de la part positiva de l'eix OX amb una velocitat de 340 m/s (velocitat del so) i a l'instant inicial hi ha un màxim de pressió en el focus, determina:



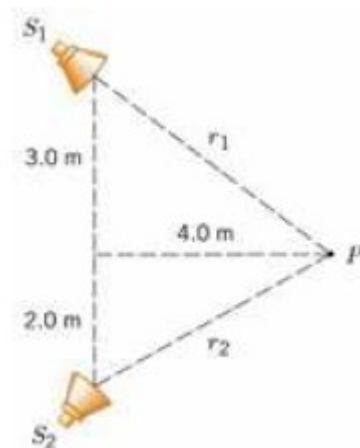
- (a) L'equació del MVHS del focus. Sol. $P = 0,1 \cdot \cos 880 \cdot \pi \cdot t$ Pa.
 (b) L'equació de l'ona. En quina posició coincideix amb l'anterior? Sol. $P = 0,1 \cdot \cos 2\pi(440 \cdot t - x / 0,85)$ Pa.
 (c) La pressió en un punt a 1,7 m de la sirena a l'instant $t = 2,5$ s. Sol. $P = 0,1$ Pa.



53. Dos altaveus petits emeten ones en totes direccions. L'altaveu S_1 emet amb una potència d'1 mW i l'altaveu S_2 ho fa amb una potència d'1.5 mW. Determinau el nivell d'intensitat (en dB) al punt P de la figura.

(Dada: $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.)

- (a) quan només emet S_1 ;
- (b) quan només emet S_2 ;
- (c) quan emeten S_1 i S_2 simultàniament.



54. En el fons de la mar, a quina distància hauria de trobar-se un obstacle en el qual es reflecteixen les ones sonores perquè es pugui distingir l'eco? Velocitat del so en l'aigua: 1 440 m/s.

55. Dos altaveus d'un equip de música estan separats 8,0 m i emeten una certa nota musical. Un enginyer de so que els prova es troba a 10,0 m de distància del centre de la línia que uneix ambdós altaveus. Seguidament es mou paral·lelament a aquesta línia i troba el primer mínim d'intensitat sonora (interferència destructiva) a 0,35 m. Quina és la freqüència de la nota musical emesa que és la La de la 4^a octava? Sol. $f = 880 \text{ Hz}$.



56. La freqüència que predomina a la sirena d'un cotxe de policia té 1 760 Hz (nota La de la 5^{ena} octava) en repòs. Si la velocitat del so és de 340 m/s, quina és

la freqüència que se sent si el cotxe:

- (a) s'aproxima a un observador en repòs a 25 m/s?

Sol. $f' = 1727 \text{ Hz}$.

- (b) s'allunya d'ell a la mateixa velocitat? Sol. $f' = 1490 \text{ Hz}$.



57. Problema núm. 45, pàg. 54.

58. Un dispositiu per mesurar la velocitat del flux sanguini per ecografia empra ones ultrasòniques de 500 kHz. Si la sang s'allunya per les artèries de les cames a 2,000 cm/s i la velocitat del so dins els teixits humans és de 1 540 m/s, calcula:

- (a) La freqüència que arriba als glòbuls vermells. Sol. $f' = 499\,994 \text{ Hz}$.

- (b) La freqüència que retorna al dispositiu. Sol. $f'' = 499\,987 \text{ Hz}$.

- (c) La freqüència de pulsació (diferència de freqüències). Sol. $\Delta f = -13 \text{ Hz}$.



59. Per què no existeixen submarins supersònics?