

Ones

Física 2n de Batxillerat

Exercicis

★ Aplicació directa

1. Llegir una equació d'ona

Per una corda es propaga una ona d'equació $y(x, t) = 0,05 \cdot \sin(10\pi \cdot t - 2\pi \cdot x)$, en unitats SI. Determina:

- a) l'amplitud, la freqüència, el període i la longitud d'ona;
 - b) la velocitat de propagació i el sentit;
 - c) la velocitat màxima d'un punt de la corda.
-

2. Escriure l'equació d'una ona

Una ona transversal de 3,0 cm d'amplitud i 60 cm de longitud d'ona es propaga per una corda a 12 m/s en el sentit negatiu de l'eix x. En $t = 0$, el punt $x = 0$ és a l'equilibri i puja.

- a) Calcula la freqüència i el període.
 - b) ESCRIU l'equació de l'ona.
-

3. El so canvia de medi

Un diapasó emet un so de 440 Hz a l'aire. Part del so entra a l'aigua d'una piscina. ($v_{\text{aire}} = 340$ m/s; $v_{\text{aigua}} = 1480$ m/s)

- a) Quina és la freqüència del so a l'aigua?
 - b) Calcula la longitud d'ona a l'aire i a l'aigua.
-

4. Intensitat i decibels d'una font

Un altaveu petit emet 0,10 W de potència sonora per igual en totes direccions. ($I_0 = 10^{-12}$ W/m²)

- a) Calcula la intensitat i el nivell d'intensitat sonora a 10 m.
 - b) Quin nivell hi ha a 20 m?
-

5. La corda d'una guitarra

Una corda de guitarra de 65 cm entre els dos punts fixos té una freqüència fonamental de 110 Hz.

- a) Calcula la velocitat de les ones a la corda.
 - b) Calcula les freqüències del segon i del tercer harmònic, i la longitud d'ona del tercer.
-

★★ Combinació de conceptes

6. Diferència de fase entre punts

Per una corda es propaga una ona de 50 Hz a 20 m/s.

- a) Quina diferència de fase hi ha entre dos punts separats 10 cm?
 - b) A quina distància mínima hi ha un punt en fase amb un de donat? I en oposició de fase?
 - c) Quina diferència de fase té un mateix punt entre dos instants separats 5,0 ms?
-

7. Dos altaveus: on se sent i on no

Dos altaveus connectats al mateix amplificador emeten en fase un so de 680 Hz. ($v_{so} = 340$ m/s)

- a) En un punt P, a 3,00 m d'un altaveu i a 3,75 m de l'altre, hi ha interferència constructiva o destructiva?
 - b) I en un punt Q, a 4,00 m i a 5,00 m?
 - c) Quina és la freqüència més baixa per a la qual a P hi hauria silenci?
-

8. Un tub d'orgue

Un tub d'orgue de 85 cm està obert per un extrem i tancat per l'altre. ($v_{so} = 340$ m/s)

- a) Calcula la freqüència fonamental i la dels dos harmònics següents que pot emetre.
 - b) Si s'obre l'extrem tancat, quina és la nova freqüència fonamental? Quins harmònics apareixen?
-

9. Una ona estacionària de tres fusos

Una corda d'1,20 m fixada pels dos extrems vibra a 60 Hz formant una ona estacionària amb 4 nodes, comptant els dels extrems.

- a) Quin harmònic és? Calcula la longitud d'ona i la velocitat de propagació.
 - b) Calcula la freqüència fonamental i la distància entre un node i el ventre del costat.
 - c) A quina freqüència vibraria amb 5 fusos?
-

10. Un violí, dos violins, deu violins

Un violí que toca sol produeix un nivell d'intensitat sonora de 60 dB en un punt de la sala.

- a) Quin nivell hi haurà si toquen dos violins iguals?
 - b) Quants violins calen per arribar a 70 dB?
 - c) Quin nivell produeix un sol violí al doble de distància (ona esfèrica, sense absorció)?
-

PAU Problemes de les PAU

45 problemes de les PAU de Catalunya, ordenats de més fàcil a més difícil. Cada apartat porta la puntuació oficial i, a la solució, com la reparteix la pauta de correcció. Els enunciats són els oficials de les PAU de Catalunya (Generalitat de Catalunya), reproduïts d'acord amb les condicions de reutilització de la informació del sector públic; cada problema enllaça a l'examen original.

11. Del violí a l'aire: el so del primer harmònic ★

PAU Setembre 2021 · Sèrie 1 · P3

La corda d'un violí fa 32 cm de llarg i vibra amb una freqüència fonamental de 196 Hz.

- a) Quina és la longitud d'ona del primer harmònic (fonamental)? Justifiqueu la resposta. Representeu el segon harmònic i indiqueu-hi la posició dels nodes i els ventres. [1,25 punts]
- b) Quina és la freqüència i la longitud d'ona del so que és produït pel primer harmònic del violí i que es propaga per l'aire? [1,25 punts]

Dada: La velocitat del so en l'aire és de 340 m s^{-1} .

12. Cinc violins: quants decibels més? ★

PAU Setembre 2021 · Sèrie 1 · P6

Un violinista interpreta un solo durant un concert. De cop i volta, quatre violins més l'acompanyen, tocant amb la mateixa intensitat que el primer.

- a) Quants decibels ha augmentat el nivell d'intensitat del so? [1,25 punts]
- b) Ara els cinc violins passen de *mezzo piano* a *forte* i mesurem un nivell d'intensitat del so de 76,98 dB. Suposant que tots els violins toquen amb la mateixa intensitat, quina és la intensitat I amb la qual toca un sol violí? [1,25 punts]

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

13. Un gos que borda, i després dos ★

PAU Juny 2018 · Sèrie 1 · P4 · Opció B

Un gos borda amb una potència de 2,00 mW.

- a) Si aquest so es distribueix uniformement per l'espai, quin és el nivell d'intensitat sonora (en dB) a una distància de 5,00 m? [1 punt]
- b) Si en comptes d'un gos, fossin dos gossos bordant alhora, quin seria el nivell d'intensitat sonora? [1 punt]

Dada: Intensitat del llindar d'audició (0 dB), $I_0 = 1,00 \times 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$.

14. Boies marines: longitud d'ona i equació de l'ona ★

PAU Setembre 2016 · Sèrie 1 · P3 · Opció B

Les boies marines s'utilitzen sovint per a mesurar l'alçària de l'onatge. Una d'aquestes boies es mou seguint una oscil·lació harmònica de 3,00 m d'amplitud i 0,10 Hz de freqüència i l'ona es propaga a una velocitat de $0,50 \text{ m s}^{-1}$.

- a) Calculeu la longitud d'ona i el nombre d'ona. [1 punt, segons la pauta]
 - b) Escriviu l'equació de les ones que fan moure la boia suposant que la fase inicial és zero. [1 punt, segons la pauta]
-

15. La veu d'una soprano: longituds d'ona i potència ★

PAU Juny 2015 · Sèrie 4 · P5 · Opció A

El terme musical *soprano* es refereix a la veu més aguda, característica del sexe femení. El rang vocal típic d'aquesta veu és de més de dues octaves, del do_3 (261,7 Hz) al re_5 (1 174,7 Hz).

- a) Calculeu les longituds d'ona dels sons més greu i més agut que pot emetre una cantant *soprano*. [1 punt, segons la pauta]
- b) En una actuació, un espectador situat a 10,0 m d'una *soprano* percep un nivell d'intensitat sonora de 80 dB. Calculeu la potència d'aquest so. [1 punt, segons la pauta]

Dades: Intensitat del llindar d'audició (0 dB), $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$

Velocitat del so en l'aire = 340 m s^{-1}

16. Un altaveu de 300 Hz: Doppler i reflexió ★

PAU Setembre 2012 · Sèrie 4 · P4 · Opció B

La membrana d'un altaveu vibra amb una freqüència de 300 Hz i una amplitud de 1,00 mm i produeix un to pur. En les condicions de l'experiment, la velocitat del so és 340 m s^{-1} .

- a) Calculeu la longitud d'ona, la pulsació i el període del so produït. [1 punt, segons la pauta]
- b) Indiqueu com seran, qualitativament, la freqüència i la longitud d'ona enregistrades per un observador en cada un dels casos següents, comparades (més gran / més petit / igual) amb la freqüència i la longitud d'ona originals:
 - L'altaveu s'acosta ràpidament a l'observador.
 - El so arriba a l'observador després d'haver-se reflectit en una paret. [1 punt, segons la pauta]

17. La veu de Freddie Mercury i el públic de Rock in Rio ★

PAU Juny 2020 · Sèrie 1 · P1

Freddie Mercury ha passat a la història com una de les millors veus del rock. La seva màgica veu ha estat objecte de discussió i estudi, també per a la ciència. El biofísic austríac Christian Herbst va estudiar la veu del cantant de Queen i va determinar que Mercury era un baríton amb un registre vocal que anava del fa 2 (al voltant de 92,2 Hz) al sol 5 (al voltant de 784 Hz).

Font: <https://queenphotos.wordpress.com>.

- a) Calculeu les longituds d'ona dels sons més greus i més aguts que Mercury podia emetre. [1,25 punts]
- b) L'any 1985, Queen va actuar al festival Rock in Rio, en un concert que va aplegar unes 350 000 persones. En un moment de molta emoció, els assistents van començar a cantar *a cappella* la famosa cançó *Love of my life*. Si cada assistent al concert cantava amb una potència de 10^{-7} W , quin nivell d'intensitat sonora (en decibels) es podia percebre a 1 km del concert? (A aquesta distància, podeu considerar que el concert és una font puntual de so.) [1,25 punts]

Dades: $I_0 = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$.

La velocitat del so en l'aire és de 340 m s^{-1} .

18. El tercer harmònic d'una corda de violoncel ★

PAU Juny 2019 · Sèrie 1 · P4 · Opció B

La longitud de la corda d'un violoncel és de 70 cm i la velocitat de propagació de les ones en aquesta corda és de 308 m s^{-1} . Per al tercer harmònic:

- a) Representeu esquemàticament l'ona estacionària d'aquest harmònic i indiqueu-hi tots els nodes i tots els ventres. Calculeu la longitud d'ona. Quina és la distància entre dos nodes consecutius? [1 punt]
- b) Suposant que la corda està en posició horitzontal, calculeu, per a un ventre, el temps que triga la posició vertical a passar del seu valor màxim al valor mínim (del punt més alt al punt més baix). [1 punt]

19. Les ones que passen per la proa d'una barca ★

PAU Juny 2017 · Sèrie 5 · P2

Un remer assegut a la seva barca, de comportament estacionari respecte a l'aigua, observa que les crestes de les ones passen per la proa cada 4,00 s, que l'amplitud de les crestes és de 0,30 m i que la distància entre dues crestes és de 9,00 m.

- a) Calculeu la velocitat de propagació de les ones. Determineu l'equació de l'ona suposant que la fase inicial és zero. [1 punt, segons la pauta]
 - b) En un instant donat, calculeu la diferència de fase entre dos punts que disten 4,00 m l'un de l'altre. [1 punt, segons la pauta]
-

20. L'onada a la graderia d'un estadi ★

PAU Setembre 2017 · Sèrie 2 · P2

En un estadi el públic fa l'onada per celebrar la bona actuació de l'equip local. L'onada és tan gran que dos espectadors de la mateixa fila separats com a mínim per 50 m es mouen igual i ho fan cada 10 s.

- a) Si modelitzéssim aquesta onada a l'estadi com una ona, de quin tipus d'ona estaríem parlant? Calculeu-ne la longitud d'ona i la pulsació (freqüència angular). [1 punt, segons la pauta]
 - b) Un espectador es mou 1,0 m verticalment quan s'aixeca i s'asseu per fer passar l'onada. Escriviu l'equació del moviment d'aquest espectador considerant que descriu un moviment harmònic simple i que en l'instant inicial es troba assegut, és a dir, en la seva posició mínima. [1 punt, segons la pauta]
-

21. Un tub d'orgue amb aire i amb heli ★

PAU Setembre 2016 · Sèrie 1 · P3 · Opció A

Un tub d'un orgue de la basílica de la Sagrada Família està obert pels dos extrems i fa 1,0 m de longitud.

- a) Calculeu les freqüències i les longituds d'ona de les ones estacionàries que es poden propagar per aquest tub. [1 punt, segons la pauta]
- b) Si el tub estigués ple d'heli, el so s'hi propagaria a una velocitat de $975,0 \text{ m s}^{-1}$. En aquest cas, quines serien les freqüències? [1 punt, segons la pauta]

Dada: Velocitat del so en l'aire = $343,0 \text{ m s}^{-1}$.

22. Fins on se sent el timbre de l'escola ★

PAU Juny 2014 · Sèrie 3 · P5 · Opció B

El timbre que sona en una escola a l'hora del pati perquè els alumnes tornin a classe és molt fort. Per tal de saber fins on el sentiran, en cas de no haver-hi edificis ni cap mena de pèrdua d'energia, mesurem amb el telèfon intel·ligent (*smartphone*) el nivell d'intensitat sonora a 7,0 m de distància del timbre i obtenim un valor de 50 dB. Calculeu:

- a) La intensitat del so en el lloc on fem la mesura. [1 punt, segons la pauta]
- b) La potència del timbre. A partir de quina distància del timbre els alumnes deixaran de sentir el so? [1 punt, segons la pauta]

Dada: Les persones no poden percebre els sons que tenen una intensitat inferior a $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$.
Suposeu que el timbre és un emissor de so puntual que emet en totes les direccions.

23. La primera corda de la guitarra i tres guitarres alhora ★

PAU Juny 2013 · Sèrie 3 · P5 · Opció A

Les sis cordes d'una guitarra vibren entre dos punts fixos (el pont i la celleta). Per a certes freqüències de vibració de la corda es generen ones estacionàries entre tots dos extrems. Si la guitarra està afinada, la vibració de la primera corda en el mode fonamental correspon a la nota mi, de 330 Hz.

- a) Determineu la longitud d'ona del mode fonamental, si la longitud de la corda són 65,0 cm, i calculeu també la velocitat de propagació de les ones que, per superposició, generen l'ona estacionària. [1 punt, segons la pauta]
- b) Si un espectador situat a 3,0 m de distància de la guitarra percep una sensació sonora de 30 dB, quina sensació sonora percebrà si sonen tres guitarres idèntiques tocant la mateixa nota? [1 punt, segons la pauta]

Dada: Intensitat llindar, $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$

24. Dues boies que oscil·len igual ★

PAU Juny 2010 · Sèrie 4 · P3 · Opció A

Observem que dues boies de senyalització en una zona de bany d'una platja, separades una distància de 2 m, oscil·len de la mateixa manera amb l'onatge de l'aigua del mar. Veiem que la mínima distància en què té lloc aquest fet és, justament, la separació entre les dues boies. Comptem que oscil·len trenta vegades en un minut i observem que pugen fins a una alçada de 20 cm.

- a) Determineu la freqüència, la longitud d'ona i la velocitat de les ones del mar. [1 punt, segons la pauta]
- b) Escriviu l'equació que descriu el moviment de les boies en funció del temps, si comencem a comptar el temps quan les boies són en la posició més alta. Escriviu l'equació de la velocitat de les boies en funció del temps. [1 punt, segons la pauta]

25. El motor vibrador d'un mòbil ★★

PAU Juny 2026 · Sèrie 1 · Exercici 3

Un telèfon mòbil conté un motor vibrador que genera un moviment harmònic simple (al llarg de l'eix y) al xassís del dispositiu quan es reben trucades o notificacions. Suposem que aquest moviment té una amplitud de 2,00 mm i una freqüència de 150 Hz.

- 3.1.** Escriviu l'equació de moviment del telèfon si considerem que inicialment es troba a la posició d'equilibri $y = 0$ m. Quan es col·loca el telèfon damunt d'una superfície metàl·lica rígida, les vibracions es transmeten al material i generen ones mecàniques transversals que es propaguen a $3\,200\text{ m s}^{-1}$. Calculeu la longitud d'ona de l'ona mecànica que es propaga per la superfície i escriviu l'equació de l'ona corresponent, suposant que la propagació es produeix en el sentit positiu de l'eix x , que inicialment es troba en la posició d'equilibri $y = 0$ m, i que l'amplitud de l'ona és de 2,00 mm. [1,25 punts]
- 3.2.** Suposant que el telèfon emet una potència acústica d'1,00 mW durant la vibració i que el so es propaga per l'aire de manera isotròpica (uniformement en totes direccions), calculeu el nivell d'intensitat sonora que percebrà una persona situada a 3,00 m del telèfon. [1,25 punts]

Dades: $I_0 = 10^{-12}\text{ W m}^{-2}$.

Nota: Assumiu que el front d'ona és esfèric.

26. La sirena d'una alarma i l'observador del semàfor ★★

PAU Juny 2022 · Sèrie 5 · P7

La sirena d'una alarma d'un edifici emet una ona sonora de 0,136 m de longitud d'ona, que en l'aire es propaga a una velocitat d'uns 340 m/s. L'ona sonora arriba a un observador que està aturat en un semàfor, segons la direcció de l'eix x en sentit positiu i amb una amplitud A_0 .

- a)** Escriviu l'equació de l'ona harmònica plana, $A(x, t)$, que arriba a l'observador. Suposeu que la fase inicial és zero. [1,25 punts]
- b)** A continuació, el semàfor es posa verd, i l'observador es posa en moviment i s'acosta a l'alarma a una velocitat constant. En aquestes condicions, l'observador percep un canvi de la freqüència de l'ona. Quin canvi de la freqüència percep l'observador? Quin o quins dels arguments següents descriuen millor aquest fenomen?:
1. El canvi de la freqüència és degut al moviment de la font.
 2. L'aparent canvi de la freqüència és degut al moviment relatiu entre la font i l'observador.
 3. El canvi en la longitud d'ona de la font és degut al moviment de l'observador.
 4. L'aparent canvi de la longitud d'ona és degut al moviment de l'observador.
- Justifiqueu la tria i per què heu descartat la resta d'arguments, i indiqueu el fenomen en què us heu basat. [1,25 punts]

27. El volcà Cumbre Vieja com un tub sonor gegant ★★

PAU Setembre 2022 · Sèrie 3 · P3

El volcà Cumbre Vieja va entrar en erupció el 19 de setembre de 2021 a l'illa de La Palma. El so de l'erupció volcànica va ser mesurat per un equip de vulcanòlegs, que van detectar que estava format per diferents freqüències i que tenia un nivell d'intensitat sonora variant. Pel que fa al so que produeix en alguns moments de l'erupció, un volcà es pot modelitzar com si fos un instrument musical de vent gegant. D'una manera simplificada, podem considerar un volcà com un tub d'aire amb un extrem tancat i l'altre obert, on es produeixen ones estacionàries d'una manera semblant a una trompeta.

- a) En un moment determinat de l'erupció del Cumbre Vieja, es va detectar que la freqüència fonamental del so que emetia era de 5,40 Hz. Calculeu la longitud d'ona d'aquest so. Dibuixeu el perfil de l'ona estacionària corresponent i calculeu la longitud del tub, que correspon a la longitud del tram de la xemeneia ple d'aire. [1,25 punts]
- b) En un moment de l'erupció, es va detectar un nivell d'intensitat sonora de 72,0 dB a la localitat de Todoque, que és a 5,22 km del con del volcà. Calculeu el nivell d'intensitat sonora que se sentirà des de la costa de l'illa d'El Hierro, que és a 92,3 km del volcà Cumbre Vieja. (Suposeu que no hi ha obstacles en la propagació del so entre el volcà Cumbre Vieja i l'illa d'El Hierro.) [1,25 punts]

Dades: $I_0 = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$.

La velocitat del so en l'aire és de 340 m/s.

28. Quatre nodes en una corda de 60 cm ★★

PAU Juny 2021 · Sèrie 5 · P3

Una corda de 60 cm té els extrems fixats i oscil·la amb una freqüència de 200 Hz en un mode que té quatre nodes: dos nodes als extrems i dos nodes interns. El punt central de la corda oscil·la amb una amplitud de 2 cm. Calculeu:

- a) La velocitat de propagació de l'ona per la corda, la longitud de l'ona i la velocitat vertical màxima al centre de la corda. [1,25 punts]
- b) L'amplitud de l'oscil·lació d'un punt de la corda situat a 10 cm d'un dels extrems. L'amplitud de l'oscil·lació d'un punt de la corda situat a 20 cm d'un dels extrems. Justifiqueu les respostes. [1,25 punts]

29. El camp elèctric d'un làser dins d'un vidre ★★

PAU Juny 2020 · Sèrie 3 · P7

El camp elèctric d'un feix de llum emès per un làser quan passa a través d'un vidre el podem expressar amb l'equació $\vec{E}(x, t) = 28 \cos(2,4 \times 10^{15} t - 1,2 \times 10^7 x) \vec{k}$, tot en unitats del sistema internacional.

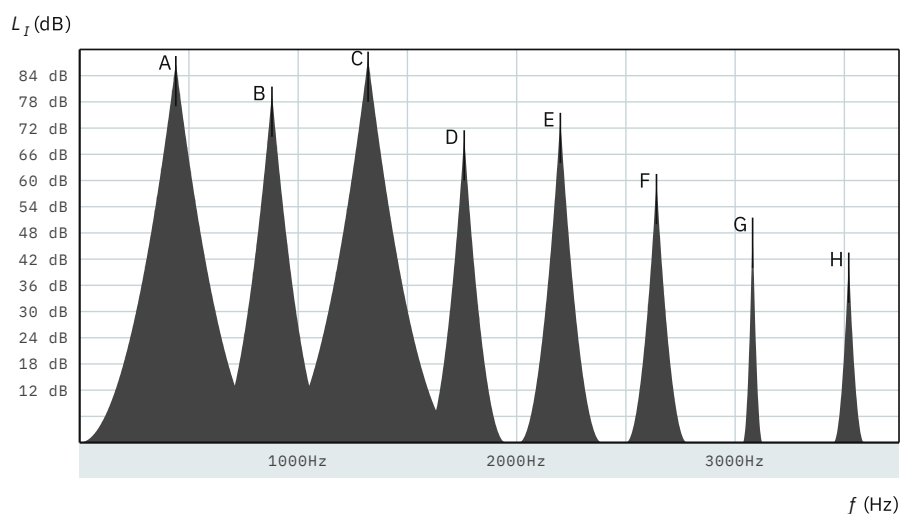
- a) Determineu la longitud d'ona i la velocitat de l'ona electromagnètica dins d'aquest vidre. Quant val l'índex de refracció d'aquest vidre? Quan la llum canvia de medi, la freqüència de l'ona electromagnètica no canvia. Quina és la longitud d'ona quan aquest feix de llum viatja pel buit? [1,25 punts]
- b) Quina és la direcció de propagació d'aquesta ona? En quin eix oscil·la el camp magnètic? Justifiqueu la resposta. [1,25 punts]

Dada: $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.

30. L'espectre d'un instrument musical ★★

PAU Juny 2018 · Sèrie 5 · P3 · Opció B

Hem recollit el so produït per un instrument musical i n'hem obtingut l'espectre representat en la figura. Els pics que hi apareixen corresponen als diferents harmònics del so produït i s'han etiquetat amb lletres de la A a la H. El pic B correspon a una freqüència de 880 Hz.



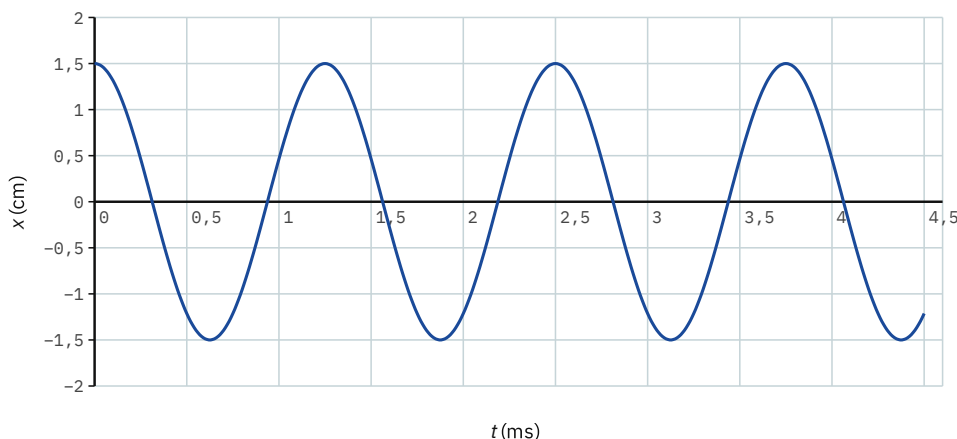
Espectre del so de l'instrument: nivell d'intensitat sonora en funció de la freqüència.

- a) Digueu si el so produït per l'instrument musical és un to pur o bé és un so complex i justifiqueu la resposta. Indiqueu quin és el pic que correspon a la freqüència fonamental i quina és aquesta freqüència. Indiqueu també a quina freqüència s'espera trobar el pic següent (pic I), que no ha cabut a la figura. [1 punt]
- b) El pic amb més nivell d'intensitat (pic C) arriba a 87 dB, mentre que el pic F arriba a 60 dB. Quantes vegades és més gran la intensitat sonora corresponent al pic C que la del pic F? [1 punt]

31. Del gràfic d'un vibrador a l'equació de l'ona ★★

PAU Juny 2017 · Sèrie 1 · P3 · Opció A

Un sistema vibrador situat al punt $x = 0$ oscil·la tal com s'indica en aquest gràfic elongació-temps i transmet el moviment a una corda, de manera que es genera una ona transversal amb una longitud d'ona de 20,0 cm.



Elongació del vibrador situat a $x = 0$ en funció del temps.

- Determineu el període, l'amplitud i la freqüència de la vibració i la velocitat de propagació de l'ona per la corda. Escriviu l'equació de l'ona plana (no oblideu indicar totes les unitats de les magnituds que hi apareixen). [1 punt, segons la pauta]
- Demostreu, a partir de l'equació d'ona, que la velocitat màxima a la qual es mouen els punts de la corda en les seves oscil·lacions es pot calcular amb l'expressió $v_{\max} = A\omega$ (en què A és l'amplitud i ω és la pulsació). [1 punt, segons la pauta]

32. La corda d'un violí: fonamental, tercer i cinquè modes ★★

PAU Juny 2014 · Sèrie 4 · P5 · Opció B

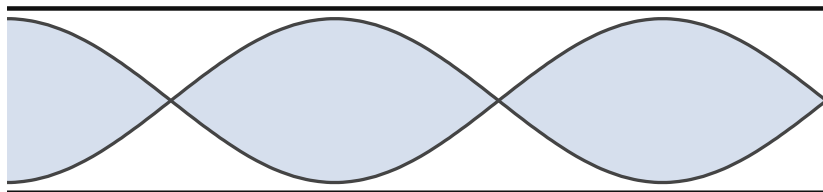
La corda d'un violí fa 32 cm de llargària i vibra amb una freqüència fonamental de 196 Hz.

- Expliqueu raonadament quina és la longitud d'ona del mode fonamental i digueu en quins punts de la corda hi ha els nodes i els ventres. Calculeu la velocitat de propagació de les ones que, per superposició, han generat l'ona estacionària de la corda. [1 punt, segons la pauta]
- Dibuixeu, de manera esquemàtica, el perfil de l'ona estacionària del tercer i del cinquè modes de vibració i calculeu-ne les freqüències. [1 punt, segons la pauta]

33. El clarinet com un tub tancat per un extrem ★★

PAU Setembre 2013 · Sèrie 1 · P4 · Opció B

El clarinet és un instrument de fusta en forma de tub en el qual es generen ones estacionàries. L'instrument es pot assimilar a un tub ple d'aire obert per un extrem i tancat per l'altre. La figura mostra el mode tercer harmònic, on l'aire vibra amb una freqüència de 637 Hz.



El clarinet com un tub obert per un extrem (esquerra) i tancat per l'altre (dreta), vibrant en el mode tercer harmònic.

- a) Quina és la llargària del clarinet? [1 punt, segons la pauta]
- b) Si la nota es toca amb una intensitat d' $1,00 \times 10^{-5} \text{ W m}^{-2}$ i produeix una intensitat sonora determinada a dos metres de distància, en quants decibels augmenta el nivell de sensació sonora a la mateixa distància si la intensitat es duplica? [1 punt, segons la pauta]

Dada: $v_{so} = 340 \text{ m s}^{-1}$

34. Un emissor de 25,0 Hz en una corda ★★

PAU Juny 2012 · Sèrie 3 · P4 · Opció B

Una ona transversal avança per una corda. L'emissor que la produeix vibra amb una freqüència de 25,0 Hz. Considereu que l'ona avança en el sentit positiu de l'eix x . El centre emissor està situat a l'origen de coordenades, i l'elongació en l'instant inicial és nul·la. Sabem que la distància entre dos punts consecutius que estan en el mateix estat de vibració és 24,0 cm i que l'amplitud de l'ona és 3,00 cm. Calculeu:

- a) La velocitat de l'ona, la freqüència angular (pulsació), el nombre d'ona i l'equació de l'ona.
[1 punt, segons la pauta]
- b) La velocitat d'oscil·lació i l'acceleració d'un punt situat en $x = 6,00 \text{ m}$ en l'instant $t = 3,00 \text{ s}$.
[1 punt, segons la pauta]

35. Harmònics d'una corda de guitarra ★★

PAU Setembre 2012 · Sèrie 4 · P5 · Opció A

Les cordes d'una guitarra tenen una longitud de 78,0 cm. Sabem que una de les cordes, quan vibra en el seu harmònic fonamental, emet un la, que correspon a una freqüència de 220 Hz.

- a) Dibuixeu el perfil de l'ona quan la corda vibra en l'harmònic fonamental. Quina serà la longitud d'ona del so produït? Quina és la velocitat de propagació de les ones que, per superposició, han format l'ona estacionària de la corda? [1 punt, segons la pauta]
 - b) Dibuixeu la corda quan vibra i emet un so corresponent al tercer harmònic. Indiqueu, en aquest cas, els nodes i els ventres de l'ona i calculeu-ne les posicions. [1 punt, segons la pauta]
-

36. Punts en fase a 0,40 m en una corda ★★

PAU Juny 2010 · Sèrie 1 · P2

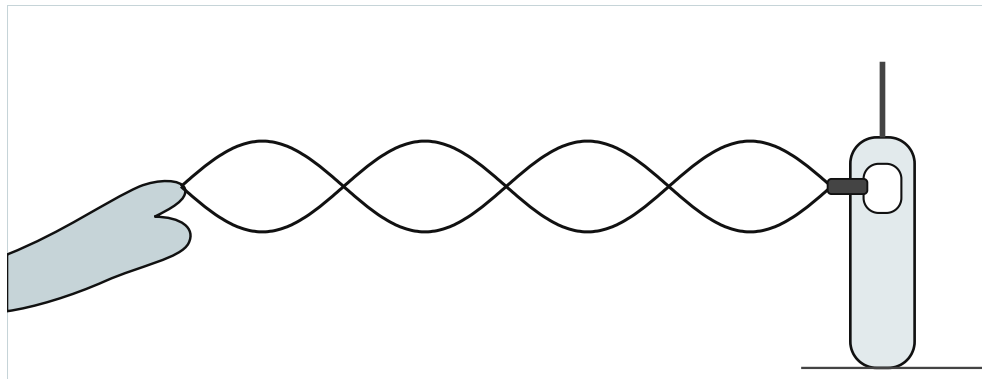
Una ona harmònica transversal es propaga per una corda a una velocitat de 6,00 m/s. L'amplitud de l'ona és 20 mm i la distància mínima entre dos punts que estan en fase és 0,40 m. Considereu la direcció de la corda com l'eix x i que l'ona es propaga en el sentit positiu d'aquest eix.

- a) Calculeu la longitud d'ona, el nombre d'ona, la freqüència, el període i la freqüència angular (pulsació). [1 punt, segons la pauta]
 - b) Escriviu l'equació de l'ona sabent que, en l'instant inicial, l'elongació d'un punt situat a l'origen de coordenades és màxima. Calculeu l'expressió de la velocitat amb què vibra un punt de la corda situat a una distància de 10 m respecte de l'origen de la vibració. Quina és la velocitat màxima d'aquest punt? [1 punt, segons la pauta]
-

37. Ones estacionàries amb un raspall de dents elèctric ★★

PAU Juny 2026 · Sèrie 5 · Exercici 3 · Opció A

Un raspall de dents elèctric es pot fer servir com un oscil·lador harmònic per a generar ones estacionàries en una corda. L'eix oscil·lador del raspall vibra amb una freqüència de 357 Hz. Si lliguem una corda elàstica a l'eix oscil·lador, engegum el raspall i anem deixant anar corda i jugant amb la tensió que fem amb la mà, anirem observant diferents harmònics.



Esquema propi de la fotografia de l'examen: la corda, subjectada amb la mà (esquerra) i lligada a l'eix del raspall (dreta), vibrant en un dels harmònics.

- 3.1.** Quin harmònic hi ha representat a la imatge de dalt? Per a l'harmònic representat, calculeu la longitud d'ona i la velocitat de propagació. Indiqueu en quina posició es troben els nodes i els ventres si la separació entre el primer i l'últim node és de 36,0 cm. [1,25 punts]
- 3.2.** L'eix del raspall de dents oscil·la lateralment amb un moviment harmònic simple. Tenint en compte que l'amplitud del moviment és de 0,50 mm i el moviment comença quan l'eix metàl·lic es troba en el punt de màxim desplaçament, escriviu l'equació de la posició de l'eix metàl·lic del raspall de dents. Representeu gràficament en la quadrícula de sota un període complet del moviment. [1,25 punts]



Quadrícula per representar el moviment.

38. Els harmònics d'una flauta travessera ★★

PAU Juny 2025 · Sèrie 1 · Exercici 3 · Opció B

Una flauta travessera és un tub metàl·lic obert pels dos extrems que té una longitud de 67,0 cm. El seu so abraça un interval extens de freqüències i és un instrument molt comú en orquestres.

- a) Per a tocar la nota més greu, el flautista ha de tancar amb els dits tots els forats laterals del tub. Calculeu les freqüències del primer i el tercer harmònics d'una flauta travessera en aquest cas. Dibuixeu aquests dos harmònics i calculeu per a cada un la posició dels nodes i els ventres respecte d'un extrem de la flauta. [1,25 punts]
- b) Tapem un dels extrems de la flauta de manera que aquesta es comporta com un tub amb un extrem obert i un de tancat. Dibuixeu l'ona estacionària corresponent al primer i el segon modes de vibració possibles i indiqueu els seus nodes i ventres. Calculeu la longitud d'ona i la freqüència d'aquests dos modes de vibració. [1,25 punts]

Dada: Velocitat del so en l'aire = 343 m s^{-1} .

39. L'altura dels coets de Sant Joan ★★

PAU Juny 2024 · Sèrie 1 · P5

L'Ainhoa està intrigada per saber a quina altura exploten els coets llançats a la revetlla de Sant Joan. Per a poder-ho determinar se situa a una distància de 50 metres del punt on es llancen els coets i enregistra, amb un sonòmetre, un nivell d'intensitat sonora de 100 decibels en l'explosió d'un coet que no s'ha enlairat.

- a) Quina potència sonora emet el coet en el moment de l'explosió? Si l'explosió ha durat 0,03 s, quina energia sonora s'ha alliberat? [1,25 punts]
- b) Des de la mateixa distància al punt de llançament, enregistra 90 decibels d'intensitat sonora en el cas d'un coet igual a l'anterior que s'ha enlairat verticalment i ha explotat a certa altura. Calculeu a quina altura ha explotat el coet. Si dos coets idèntics a l'anterior exploten simultàniament a la mateixa altura que abans, quin nivell d'intensitat sonora percebrà l'Ainhoa, si està situada a la mateixa posició d'abans? [1,25 punts]

Nota: Considereu que les ones sonores es propaguen en les tres dimensions de l'espai i la seva energia es distribueix en superfícies esfèriques.

Dades: $I_0 = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$.

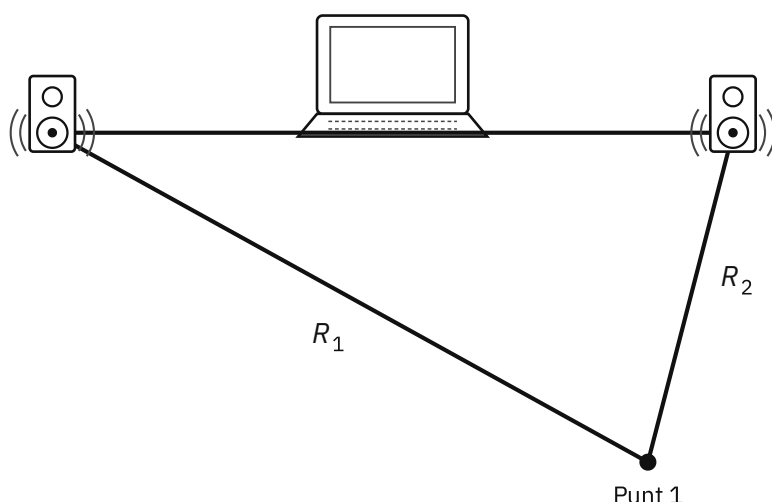
La velocitat del so en l'aire és de 340 m/s.

Superfície esfèrica: $4\pi r^2$.

40. Dos altaveus connectats a un ordinador: on se sent i on no ★★

PAU Juny 2024 · Sèrie 5 · P3

Quan dos o més senyals acústics coherents coincideixen en l'espai, les ones es combinen i l'ona resultant és la suma algebraica de les ones individuals. Aquest fenomen es coneix com a *interferència*. En una experiència d'interferències disposem de dos altaveus connectats a un ordinador i separats entre ells 6,00 m i equidistants de l'ordinador. Ambdós altaveus emeten la mateixa ona harmònica amb una freqüència de 170 Hz i amb la mateixa fase inicial.



Els dos altaveus, l'ordinador i el punt 1, on es troben les rectes R_1 i R_2 (dibuixat a escala).

- a) Determineu la longitud d'ona emesa pels altaveus. El punt 1 es troba a una distància de 6,00 m d'un altaveu (recta R_1) i a 3,00 m de l'altre altaveu (recta R_2). Representeu esquemàticament i en gràfiques separades l'amplitud de l'ona en funció de la posició sobre la recta R_1 i sobre la recta R_2 , i determineu quin tipus d'interferència té lloc al punt 1. Justifiqueu la resposta.
[1,25 punts]
- b) Determineu com variarà el so pel que fa a la freqüència i la intensitat en les situacions següents:
- si un dels altaveus deixa de funcionar.
 - si l'altaveu de l'esquerra es desplaça 1,00 m al llarg de la recta R_1 de manera que el punt 1 queda situat a 5,00 m d'aquest altaveu i es manté a 3,00 m de l'altaveu de la dreta.
 - si canviem el punt on mesurem la intensitat sonora, i ara el nou punt està a 3,00 m de l'ordinador i equidistant dels dos altaveus.
- Justifiqueu les respostes. [1,25 punts]

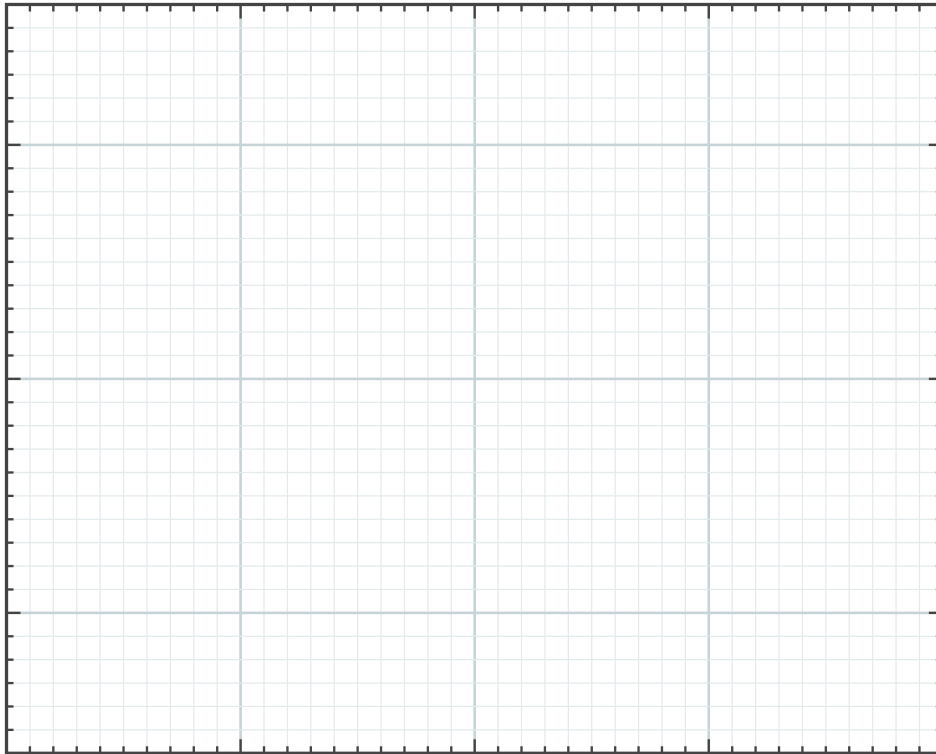
Dada: La velocitat del so en l'aire és de 340 m s^{-1} .

41. Onades a la platja i la velocitat d'una boia ★★

PAU Juny 2023 · Sèrie 1 · P3

Des de la platja, observem que la distància entre les crestes de dues onades consecutives és de 4 m. Per altra banda, tot observant una de les boies que limita la zona de bany, comptem que oscil·la 30 vegades en un minut i que el seu desplaçament vertical total, des de la posició més baixa fins al punt més alt, és de 40 cm.

- a) Determineu la freqüència, la longitud d'ona i la velocitat de propagació de les ones. Escriviu l'equació que descriu el moviment de la boia en funció del temps. [1,25 punts]
- b) Deduïu l'expressió de la velocitat i l'acceleració de la boia i calculeu els valors màxims de la velocitat i l'acceleració. Representeu a la quadrícula de sota l'evolució de la velocitat respecte al temps durant un període. [1,25 punts]



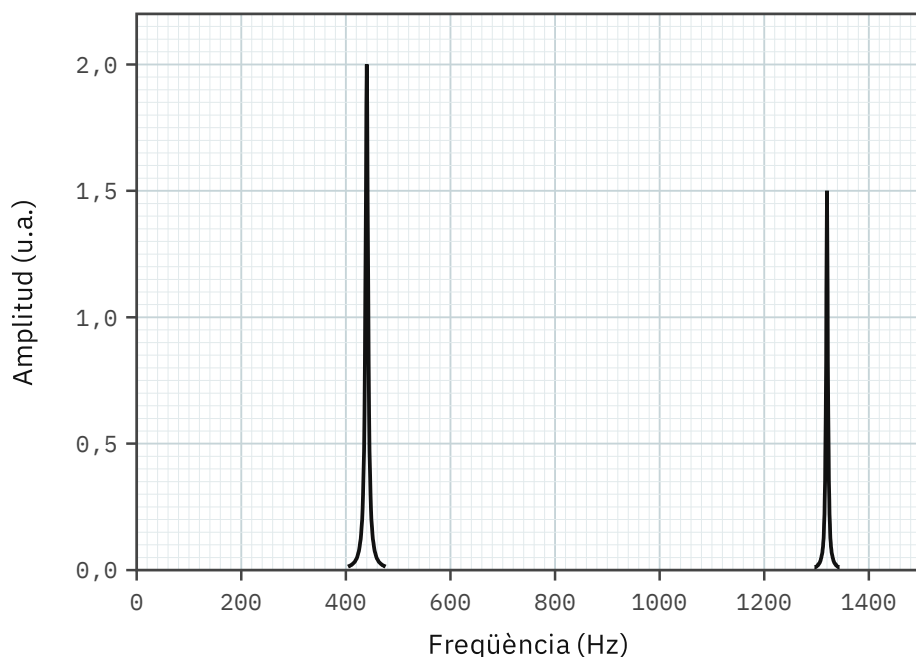
Quadrícula per representar la velocitat de la boia.

Nota: Per determinar la fase inicial considereu que al principi la boia es troba en la posició més alta.

42. L'espectre d'un oboè i un quintet de vent ★★

PAU Juny 2022 · Sèrie 2 · P7

Per a identificar els instruments musicals es pot utilitzar un espectre de freqüències. A la figura següent es representa l'espectre d'un instrument que es vol identificar. L'oboè és un instrument que té un extrem obert i un extrem tancat que és l'embocadura amb una canya. A l'extrem obert, l'amplitud de la vibració de les molècules és màxima: tenim un ventre. En canvi, a l'altre extrem, el tudell per on es bufa és una canya que comunica pressió a l'aire i impedeix que aquest es pugui moure amb llibertat: és un node. D'altra banda, en un piano les cordes estan pinçades pels dos extrems, és a dir, els dos extrems de la corda són nodes.



Espectre de freqüències de l'instrument que es vol identificar.

- a) Quina és la freqüència fonamental d'aquest espectre? Determineu si es tracta d'un oboè o d'un piano, i justifiqueu la resposta. Determineu també la llargària del tub o de la corda. [1,25 punts]
- b) Un quintet de vent acostuma a estar format per cinc instrumentistes, normalment flauta travessera, oboè, clarinet, trompa i fagot. A l'inici de la interpretació d'una composició tots 5 toquen de forma suau i amb la mateixa intensitat, generant un nivell d'intensitat sonora de 80 dB a un espectador que es troba a una distància d'1,5 m. Quina és la potència sonora de cada instrument? Supposeu que aquesta potència es distribueix uniformement per tota l'àrea d'una semiesfera. [1,25 punts]

Dades: $I_0 = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$.

La velocitat del so en l'aire és de 340 m s^{-1} .

43. Bach al Palau: harmònics d'un violí i nivell sonor ★★

PAU Juny 2021 · Sèrie 2 · P7

Magnificat en re major (BWV 243) és una de les grans obres vocals de Johann Sebastian Bach, publicada el 1723 i escrita per a cor a cinc veus i orquestra. La corda d'un violí fa 32,5 cm de llargària i la freqüència fonamental corresponent al re major és de 38,89 Hz.

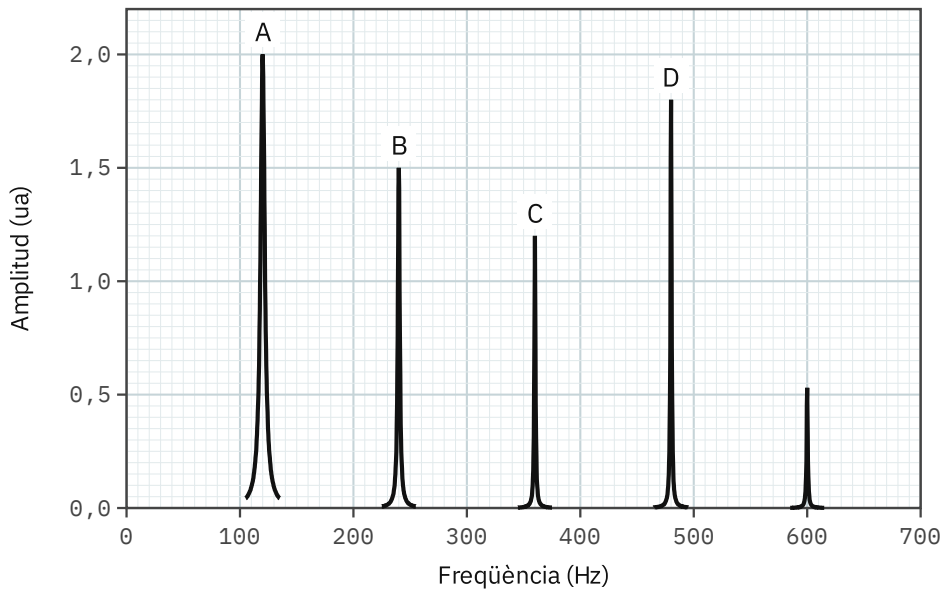
- a) Dibuixeu l'harmònic fonamental i el tercer harmònic i indiqueu-ne els nodes i els ventres. Determineu les longituds d'ona de cadascun dels harmònics i calculeu la velocitat de propagació de l'ona que produeix aquesta nota en la corda del violí. Quina serà la freqüència de l'harmònic fonamental si reduïm la llargària de la corda a 27 cm tot mantenint la mateixa tensió a la corda? [1,25 punts]
- b) Un espectador situat al segon pis del Palau de la Música Catalana percep un nivell d'intensitat sonora de 30 dB, corresponent al so dels violins, situats a 23 m. Quina és la potència amb què els violins emeten el so? Si, degut a les restriccions per la COVID-19, el nombre de violinistes es redueix a la meitat, quin serà el nivell de la intensitat sonora generada pels violins a 23 m de distància? [1,25 punts]

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

44. L'espectre d'una corda de 40 cm ★★

PAU Setembre 2020 · Sèrie 4 · P7

Quan es fa vibrar una corda de 40,0 cm de llargada i fixada pels dos extrems emet un so que, un cop analitzat, produeix l'espectre següent:



Espectre del so emès per la corda.

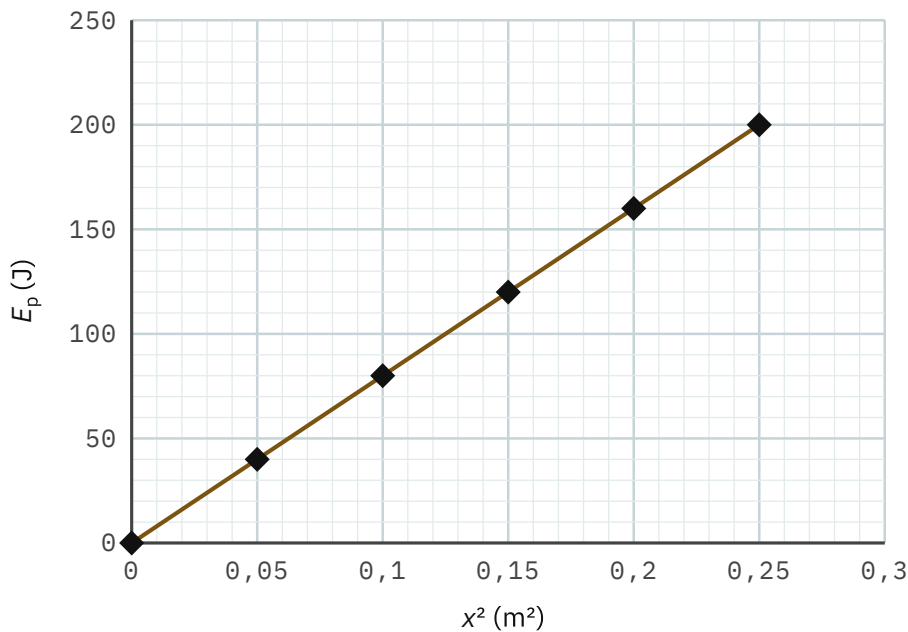
- Representeu esquemàticament les ones estacionàries corresponents als pics A, B, C i D indicant tots els nodes i tots els ventres. Calculeu la longitud d'ona de cadascuna d'aquestes quatre ones estacionàries. Quina és la velocitat de propagació? [1,25 punts]
- La longitud de la corda disminueix fins a 20,0 cm sense que canviï la velocitat de propagació de les ones per la corda. Quines seran les freqüències i les longituds d'ona de les quatre primeres ones estacionàries? [1,25 punts]

45. Energia potencial en funció de x^2 i l'ona que genera ★★

PAU Setembre 2019 · Sèrie 5 · P1

La gràfica següent mostra l'energia potencial elàstica d'un oscil·lador harmònic en funció del quadrat de la seva elongació.

L'oscil·lador té una massa de 62,5 g.



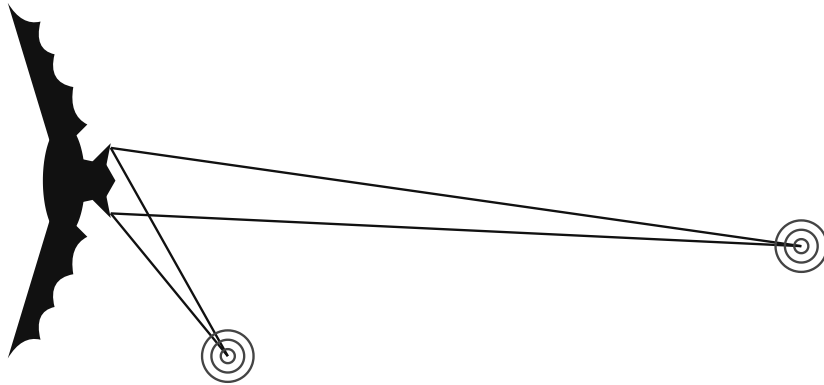
Energia potencial elàstica en funció del quadrat de l'elongació.

- Calculeu el període d'oscil·lació. Si l'oscil·lador descriu un moviment vibratori harmònic amb una amplitud de 60 cm, calculeu-ne l'energia cinètica màxima. [1 punt]
- L'oscil·lació genera una ona en una corda que es propaga a una velocitat de 30 m s^{-1} . Escriuiu l'equació de l'ona que es propaga per la corda. [1 punt]

46. El ratpenat que localitza un mosquit ★★

PAU Juny 2016 · Sèrie 3 · P3 · Opció A

Els ratpenats emeten uns xiscles en forma d'ultrasons i utilitzen els ecos d'aquests ultrasons per a orientar-se i per a detectar obstacles i preses. Una espècie de ratpenats emet ultrasons amb una freqüència de 83,0 kHz quan caça mosquits.



El ratpenat i el mosquit en dues posicions: les línies uneixen cada orella amb el mosquit (esquema redibuixat de la figura de l'examen).

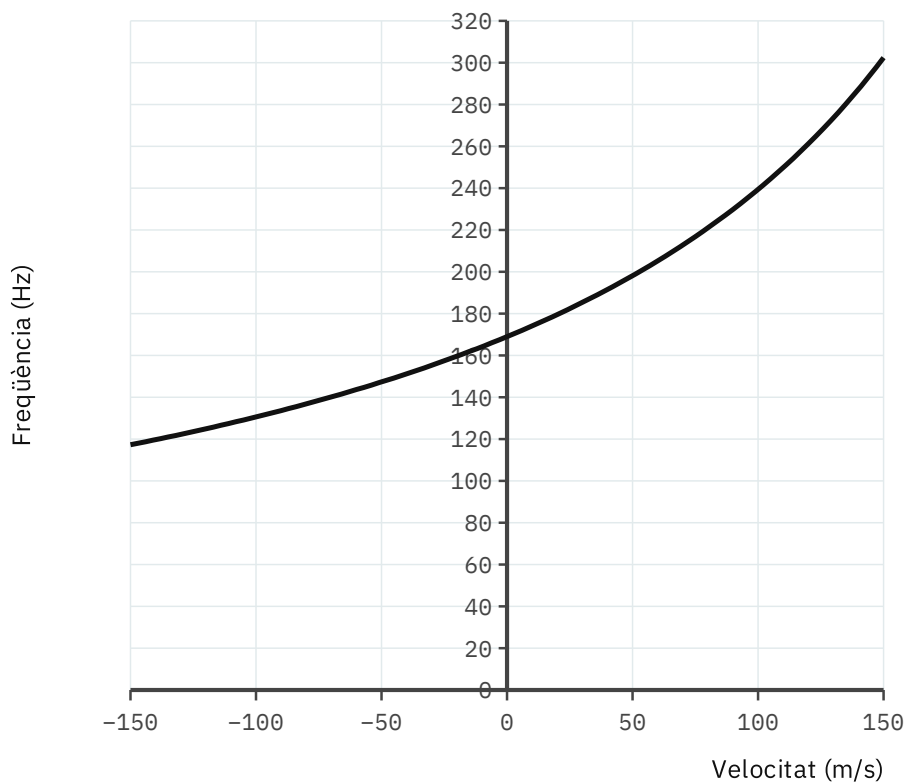
- a) Calculeu la longitud d'ona i el període dels ultrasons emesos per aquests ratpenats. Considereu un mosquit situat a 1,5000 m de l'orella dreta i a 1,5030 m de l'orella esquerra del ratpenat. Calculeu la diferència de fase en l'eco percebut per cada orella, provinent del mosquit. [1 punt, segons la pauta]
- b) Quan el mosquit està més a prop, el ratpenat també podria utilitzar la diferència d'intensitats dels ecos. Calculeu el quocient d'intensitats sonores $I_{\text{dreta}}/I_{\text{esquerra}}$ quan el mosquit està a 33 cm de l'orella dreta i a 34 cm de l'orella esquerra i expresseu en decibels la diferència de nivells d'intensitat sonora. Considereu que l'eco es propaga uniformement des del mosquit en totes les direccions de l'espai. [1 punt, segons la pauta]

Dada: Velocitat dels ultrasons en l'aire = 340 m s^{-1} .

47. Efecte Doppler en una gràfica i intensitats en una taula ★★

PAU Setembre 2015 · Sèrie 5 · P2

Hem construït aquesta gràfica a partir de dades de freqüència recollides quan una font de so es movia acostant-se a nosaltres (velocitats positives) o allunyant-se'n (velocitats negatives), a velocitats diferents.



Freqüència percebuda en funció de la velocitat de la font (positiva si s'acosta, negativa si s'allunya).

- a) Com s'anomena el fenomen que hem estudiat en aquest experiment? La font de so s'acosta a nosaltres amb un moviment rectilini uniforme (MRU) a 100 m s^{-1} i ens sobrepassa. Quin canvi de freqüència (expressada en Hz) sentirem en el moment en què passi just pel nostre costat? La freqüència que sentirem augmentarà o disminuirà? [1 punt, segons la pauta]
- b) La taula següent mostra com disminueix la intensitat sonora quan ens situem a diferents distàncies d'un emissor puntual de so.

Distància (m)	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0
$I (\text{mW m}^{-2})$	0,080	0,020	0,0089	0,0050	0,0032	0,0022	0,0016

Calculeu a quina distància, aproximadament, haurem d'estar perquè el nivell de sensació sonora sigui de 65 dB i calculeu la potència de la font sonora, suposant que emet igual en totes les direccions.

[1 punt, segons la pauta]

Dada: Intensitat del llindar d'audició (0 dB), $I_0 = 1,00 \times 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$

48. Els modes de vibració d'una trompeta ★★

PAU Juny 2014 · Sèrie 3 · P5 · Opció A

D'una manera molt simplificada, podem dir que la trompeta és un instrument musical de vent en què les diferents notes són produïdes aplicant aire per un extrem (que es considera tancat a causa de la presència dels llavis del músic) i que s'emeten per l'altre, considerat obert.

Les notes produïdes corresponen a determinats harmònics associats a les ones estacionàries que s'originen a l'instrument. La trompeta consta també de tres pistons que, quan es premen, augmenten de manera efectiva la longitud i canvien les notes emeses.

- a) Si la longitud total del tub que representa la trompeta és $l_0 = 0,975$ m, indiqueu quina és la longitud d'ona i la freqüència dels tres primers modes de vibració estacionaris que es poden generar a la trompeta. [1 punt, segons la pauta]
- b) Quan el músic fa sonar l'instrument mentre prem el segon pistó, produeix la nota *si* de la tercera octava, de freqüència $f = 247$ Hz. Sabent que aquesta nota correspon al segon mode de vibració permès a la cavitat de l'instrument, quina és ara la longitud efectiva de la cavitat? Quin és el recorregut extra Δl que fa l'aire dins de la trompeta quan es prem aquest pistó?

[1 punt, segons la pauta]

Dada: Velocitat del so en l'aire, 340 m s^{-1}

49. Els dos extrems d'un diapasó ★★

PAU Juny 2010 · Sèrie 4 · P3 · Opció B

Cadascun dels extrems d'un diapasó presenta un moviment vibratori harmònic amb una freqüència de $1\,000$ Hz i una amplitud d' 1 mm. Aquest moviment genera en l'aire una ona harmònica de so de la mateixa freqüència. El moviment dels dos extrems està en fase.

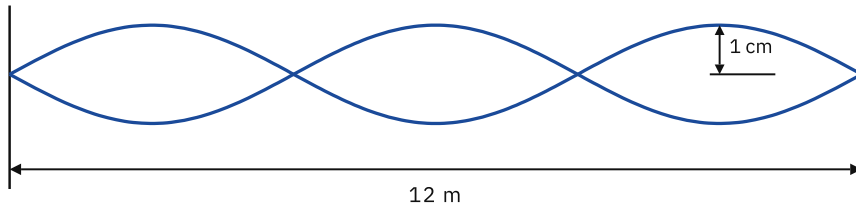
- a) Calculeu, per a un dels extrems del diapasó, l'elongació i la velocitat del seu moviment vibratori quan faci $3,3 \cdot 10^{-4}$ s que ha començat a vibrar, comptat a partir de la posició que correspon a la màxima amplitud. [1 punt, segons la pauta]
- b) Raoneu si, en l'aire, es produiria el fenomen d'interferència a partir de les ones de so que es generen en els dos extrems del diapasó. Si s'esdevé aquest fenomen, indiqueu en quins punts es produiran els màxims d'interferència. [1 punt, segons la pauta]

Dada: $v_{\text{so a l'aire}} = 340 \text{ m/s}$.

50. Ona estacionària de tres fusos en 12 m ★★

PAU Juny 2010 · Sèrie 5 · P3 · Opció B

El dibuix següent representa una ona estacionària que s'ha generat en una corda tensa quan una ona harmònica que es propagava cap a la dreta s'ha superposat amb la que s'ha reflectit en un extrem.



Ona estacionària a la corda tensa.

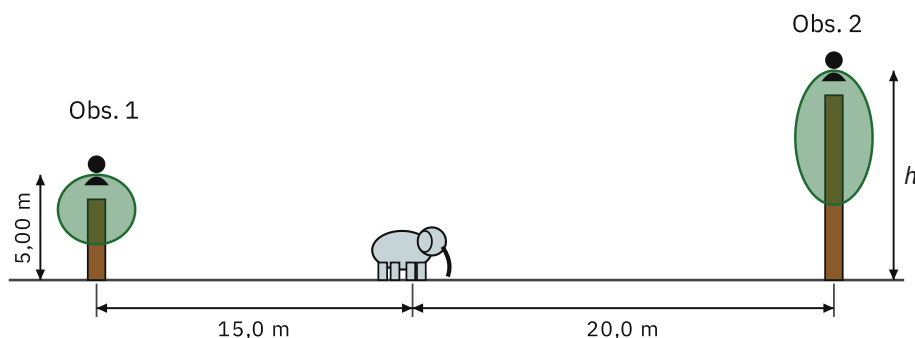
- a)** Indiqueu-ne els nodes. Determineu la distància entre nodes i la longitud d'ona estacionària. Quina és l'amplitud de les ones que, en superposar-se, han originat l'ona estacionària?
[1 punt, segons la pauta]
- b)** Sabent que cada punt de la corda vibra a raó de trenta vegades per segon, escriviu l'equació de l'ona inicial (si suposem que $y(0, 0) = 0$) i calculeu-ne la velocitat de propagació.
[1 punt, segons la pauta]
-

51. Elefants: decibels des dels arbres i punts de silenci ★★

PAU Setembre 2026 · Sèrie 2 · Exercici 3 · Opció A

Un elefant es troba en un parc nacional i, en un moment determinat, és observat per dos investigadors amagats en arbres amb l'objectiu de fer un estudi científic.

- 3.1.** L'elefant bramula i l'observador 1 percep un nivell d'intensitat sonora de 65,0 dB. Aquest observador es troba a una distància horitzontal de 15,0 m de l'elefant i està situat a una altura de 5,00 m sobre el terra. Un segon observador percep el so amb un nivell d'intensitat de 62,0 dB i es troba a una distància horitzontal de 20,0 m de l'elefant. Determineu a quina altura està situat el segon observador. [1,25 punts]



L'elefant i els dos observadors amagats als arbres.

- 3.2.** En una altra observació es detecten dos elefants separats 10,0 m sobre el pla. Suposant que tots dos emeten un so coherent a una freqüència de 80,0 Hz, i amb la mateixa amplitud i en fase, determineu en quins punts de la línia recta que uneix els dos elefants no es percep cap so. [1,25 punts]

Dades: Velocitat del so en l'aire = 340 m s^{-1} .

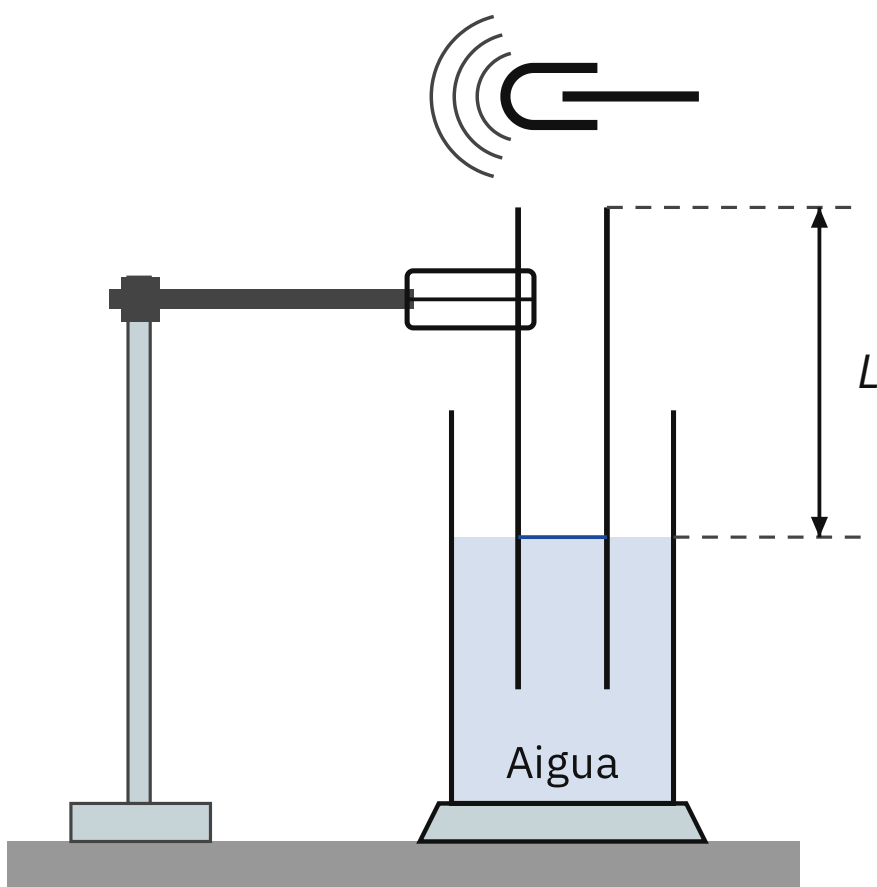
$I_0 = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$.

Nota: Assumiu que el front d'ona és esfèric.

52. Ressonància en un tub amb un diapasó de 442 Hz ★★

PAU Setembre 2023 · Sèrie 2 · P3

Duem a terme una experiència de ressonància en un tub amb aigua que consisteix a submergir un tub obert pels dos extrems en un recipient que conté aigua, tal com es mostra en la figura de la dreta. Damunt de l'extrem superior del tub fem vibrar un diapasó, que emet un so de freqüència 442 Hz. La longitud de la columna d'aire (L) s'ajusta elevant el tub fora de l'aigua fins a trobar un punt on es produeix la ressonància (se sent una nota intensa). Comencem l'experiència amb tot el tub submergit i observem la primera ressonància quan $L = 19,3$ cm i la segona ressonància quan $L = 58,0$ cm.



Muntatge de l'experiència de ressonància: el diapasó vibra damunt del tub i L és la longitud de la columna d'aire.

- Dibuixeu la forma de l'ona ressonant per a la primera i segona ressonàncies. Indiqueu en tots dos casos de quin harmònic es tracta i identifiqueu els ventres i els nodes. Justifiqueu per què en tots dos casos la longitud d'ona no varia. Determineu la longitud del tub que ha de quedar per sobre de l'aigua quan ressona el cinquè harmònic. [1,25 punts]
- A partir dels resultats de l'experiència, determineu la velocitat del so a l'aire. Si substituïm l'aigua per glicerina, variarà aquest resultat? Raoneu la resposta. [1,25 punts]

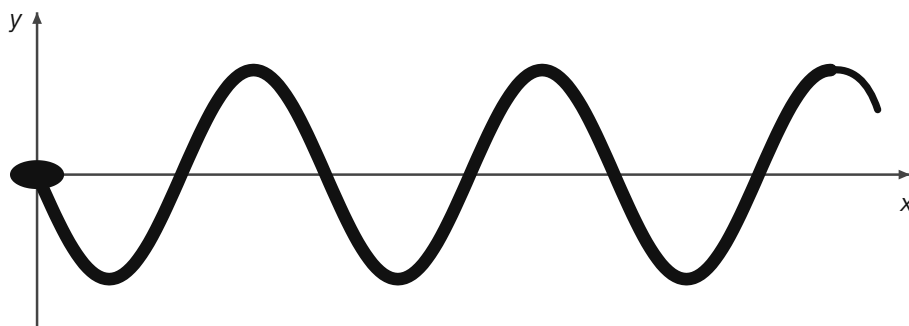
Dades: La velocitat del so a l'aigua és de $1\,493\text{ m s}^{-1}$.

La velocitat del so a la glicerina és de $1\,904\text{ m s}^{-1}$.

53. L'ona que recorre el cos d'una anguila ★★

PAU Juny 2022 · Sèrie 2 · P3

El moviment d'una anguila es pot aproximar al d'una ona harmònica transversal que es propaga des del cap fins a la cua. Per a estudiar-ne el moviment hem de simplificar: no considerem l'aportació al moviment de la resta de músculs del cos, i suposem, simplement, que l'ona es genera al cap de l'anguila, que vibra amb una freqüència de 0,50 Hz i amb una amplitud de 5,00 cm. La distància entre dos punts consecutius del cos de l'anguila que estan en el mateix estat de vibració és de 20,0 cm.



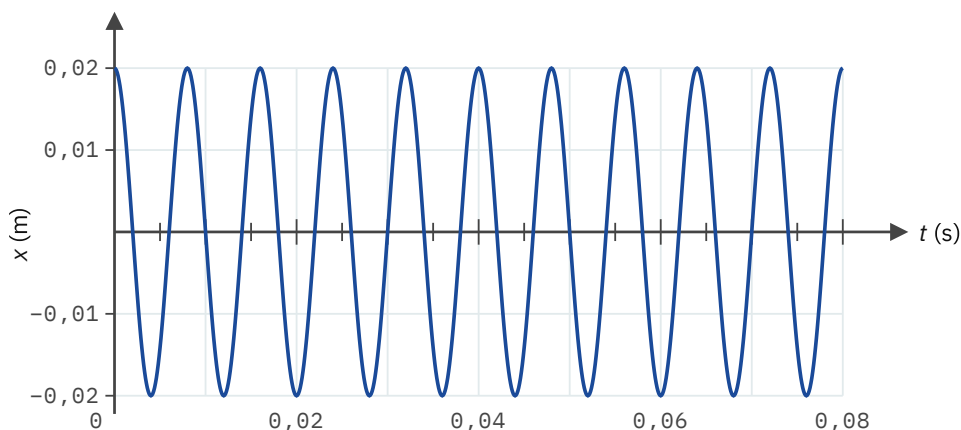
L'anguila i el sistema de coordenades: el cap és sempre a l'origen i l'ona avança cap a les x positives.

- a) Calculeu la velocitat a la qual es propaga l'ona pel cos de l'anguila, la freqüència angular i el nombre d'ona. Si a l'instant inicial el cap té una elongació zero i la velocitat d'oscil·lació transversal és positiva, determineu l'expressió de l'equació d'ona. Per a l'equació d'ona utilitzeu el sistema de coordenades de la figura superior, on el cap de l'anguila es troba sempre a l'origen de les abscisses. [1,25 punts]
- b) A partir de l'equació d'ona, deduiu i calculeu els mòduls de la velocitat i de l'acceleració màximes de l'oscil·lació transversal. Si la longitud total de l'anguila és de 58,0 cm, calculeu també la velocitat i l'acceleració transversals a la cua 10 s més tard d'haver iniciat el moviment. [1,25 punts]

54. Gràfica x-t d'un MHS i el so que genera ★★

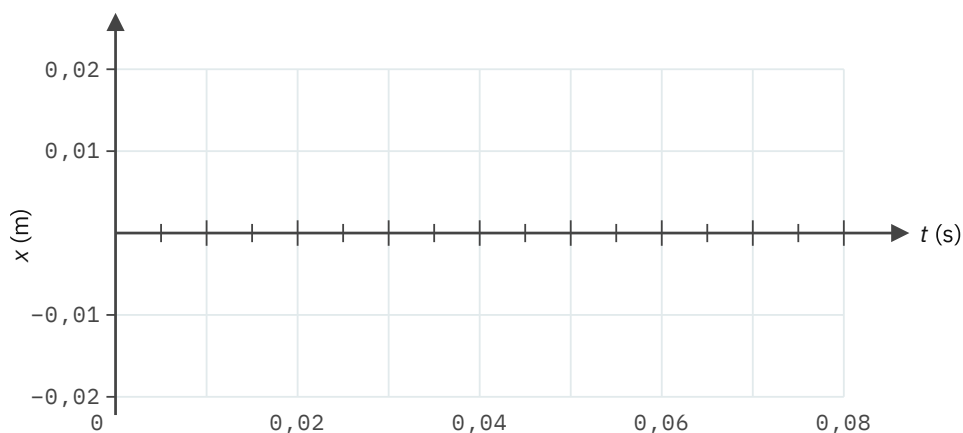
PAU Setembre 2018 · Sèrie 3 · P2

La figura mostra la gràfica posició-temps d'un objecte que descriu un moviment harmònic simple (MHS).



Posició de l'objecte en funció del temps.

- a) Determineu l'amplitud i la freqüència i escriviu l'equació del moviment $x(t)$, incloent-hi totes les unitats. Representeu la gràfica $x-t$ d'un moviment harmònic simple (MHS) que tingui la mateixa amplitud però la meitat de freqüència (les escales dels eixos han d'estar indicades clarament). [1 punt]



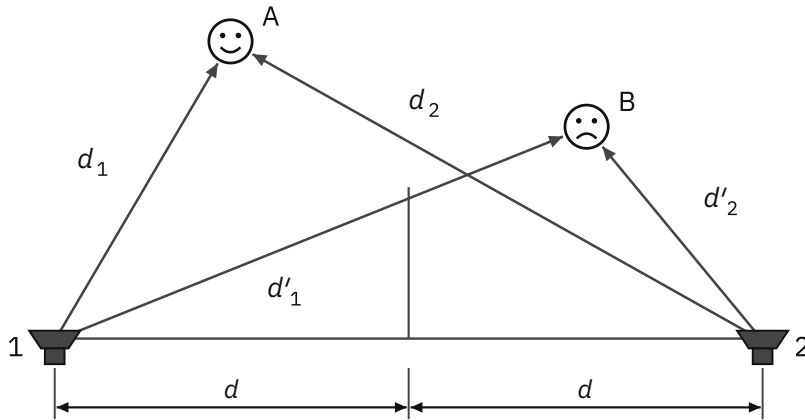
Eixos per dibuixar-hi la gràfica demanada (mateixes escales que la figura de l'enunciat).

- b) Les vibracions de l'objecte generen una ona sonora en el medi que l'envolta. Quins efectes sobre la freqüència i la longitud d'ona d'aquesta ona sonora tindran els canvis següents?
- L'ona es reflecteix en una superfície. [0,3 punts]
 - L'ona passa de l'aire a l'aigua (on la velocitat del so és més gran). [0,3 punts]
 - El focus sonor es posa en moviment en direcció a nosaltres. [0,4 punts] [1 punt]

55. Freqüències que una persona sent i l'altra no ★★★

PAU Setembre 2024 · Sèrie 3 · P2

Dos altaveus estan separats entre si una distància $2d$ i emeten un senyal harmònic i en fase. Produïm el so amb un generador de senyals que podem ajustar entre els 200 i els 400 Hz. La persona A està situada a $d_1 = 5,00$ m de l'altaveu 1 i a $d_2 = 8,68$ m de l'altaveu 2. Una segona persona B està situada a $d'_1 = 8,14$ m de l'altaveu 1 i a $d'_2 = 4,00$ m de l'altaveu 2.



Els dos altaveus i les posicions de les persones A i B.

- a) Calculeu totes les freqüències que podem escollir en el generador perquè la persona A senti els senyals amb una intensitat màxima. Quina freqüència de les anteriors hem d'escollir perquè la persona A senti el senyal amb intensitat màxima i la persona B no el pugui sentir (és a dir, el senti amb intensitat mínima)? [1,25 punts]
- b) Ara emetem música pels dos altaveus amb una potència de $2,36 \times 10^{-3}$ W cadascun. Calculeu la intensitat sonora generada per cada altaveu en la posició de la persona A. Determineu el nivell d'intensitat sonora que percep aquesta persona. [1,25 punts]

Nota: Considereu que les ones sonores es propaguen en les tres dimensions de l'espai i que la seva energia es distribueix en superfícies esfèriques.

Dades: $I_0 = 10^{-12}$ W m⁻².

Velocitat del so en l'aire: 340 m/s.

Superfície esfèrica: $4\pi r^2$.

Convenis: unitats del SI, $g = 9,81$ m/s² a la Terra i fricció menyspreable. Els arguments de sinus i cosinus són en radians.

Els enunciats i els criteris de correcció de les PAU són oficials (Generalitat de Catalunya) i es reproduïxen d'acord amb les condicions de reutilització de la informació del sector públic. Cada problema enllaça a l'examen original.

Materials elaborats per [Nil Munté Guerrero](#) · [nil-munte.github.io](#) · [LinkedIn](#)

[Escriu-me](#) · [nilmunte@gmail.com](#)