

Moviment harmònic simple.

1.

Les ones del mar fan navegar un vaixell a la deriva, de manera que es mou 2,00 m en vertical des del punt més alt al punt més baix cada 6,28 s.

- a) Escriviu l'equació del moviment del vaixell suposant que a l'instant inicial es troba en el punt més alt. Indiqueu les unitats de totes les magnituds.

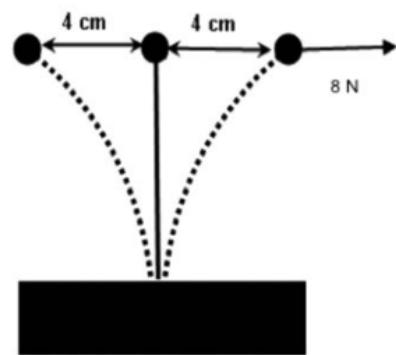
[1 punt]

- b) Determineu la velocitat i l'acceleració inicials del vaixell.

[1 punt]

2.

Una massa esfèrica d'acer de 0,300 kg està subjecta a una vareta metàllica prima i de massa negligible. Aquesta vareta està clavada verticalment a una massa fixa, de manera que l'extrem on hi ha la massa pot oscillar lliurement. Si apliquem una força de 8,00 N sobre l'esfera, aquesta es desplaça 4,0 cm. Supposeu que aquest desplaçament és rectilini i horitzontal, com mostra la figura, i que la força recuperadora de la vareta obedeix la llei de Hooke.



- a) Calculeu la constant elàstica k . Deduiu, a partir de la segona llei de Newton, la fórmula per a obtenir la freqüència d'oscillació i calculeu el període d'oscillació.

[1 punt]

- b) Deduiu, a partir de l'equació del moviment harmònic simple (MHS), la fórmula per a obtenir l'acceleració màxima i calculeu-la en aquest cas.

[1 punt]

3.

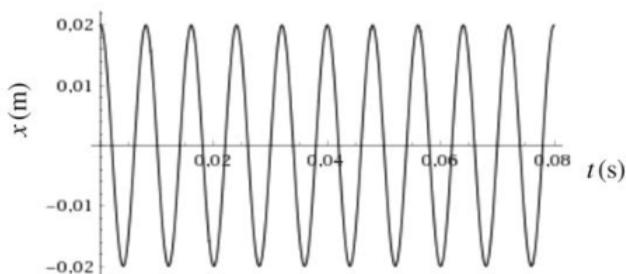
L'agulla d'una màquina de cosir oscilla amb un desplaçament vertical de 15 mm d'un extrem a l'altre. En les especificacions del fabricant, s'indica que l'agulla fa 1 200 puntes per minut. Supposeu que l'agulla descriu un moviment harmònic simple.

- a) Escriviu l'equació del moviment i representeu la gràfica posició-temps durant dos períodes, suposant que a l'instant inicial l'agulla es troba en la posició més alta.

- b) Calculeu la velocitat i l'acceleració màximes de l'agulla.

4.

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



- 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]
- 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]

5.

Tenim dues molles idèntiques. Un objecte A de 100 g que penja d'una de les molles oscilla amb un període d'1,00 s i amb una amplitud de 5,00 cm.

- a) Volem que l'altra molla oscilli amb la mateixa amplitud, però amb una freqüència doble que la de la molla de què penja l'objecte A. Quina massa hem de penjar a la segona molla?
- b) Els dos objectes es deixen anar des de l'extrem inferior de l'oscillació. Representeu en una gràfica velocitat-temps la velocitat de cadascun dels objectes quan oscil·len durant 2 s en les condicions descrites. En la gràfica heu d'indicar clarament les escales dels eixos, les magnituds i les unitats. Durant els 2 s representats en la gràfica, en quins moments la diferència de fase entre els dos objectes és de π radians?

6.

El pistó d'un cilindre del motor d'explosió d'un vehicle desenvolupa un moviment vibratori harmònic simple. En un règim de funcionament determinat, té un recorregut de 20,0 cm (d'extrem a extrem) i el motor fa $1,91 \times 10^3$ rpm (revolucions per minut). En l'instant $t = 0,00$ s, el pistó està situat a 10,0 cm de la seva posició d'equilibri. Determineu:

- a) L'equació de moviment i la velocitat màxima del pistó.
- b) El valor de la força màxima que actua sobre el pistó, si té una massa de 200 g.

7.

Les aranyes tenen uns òrgans sensibles en els extrems de les potes que els permeten detectar les vibracions que produeixen els insectes que queden atrapats a la seva teranyina. Considereu que en una teranyina el moviment dels insectes és equivalent al que tindrien en un sistema que es mogués amb un moviment harmònic simple (MHS). Hem observat que un insecte de massa 1,58 g atrapat en una teranyina produeix una vibració de 12 Hz.



- Calculeu la constant elàstica d'aquesta teranyina.
- Determineu la massa d'un insecte que, en quedar atrapat a la teranyina, té un període d'oscillació de 0,12 s. Calculeu el valor absolut de l'acceleració màxima de l'insecte, durant el temps en què es mou a la teranyina, si l'amplitud de l'oscillació és de 2,0 mm.

8.

Una boia marina sura sobre la superfície de l'aigua i descriu un moviment harmònic simple (MHS) a mesura que li arriben les ones. En un instant inicial $t = 0,0$ s, l'onatge que hi ha fa que el punt més alt de les ones estigui 1,0 m més amunt que el punt més baix i que arribi una ona cada 2,0 segons.

- Escriviu l'equació del moviment de la boia.
- Si la boia té una massa d'1,5 kg, quina és l'energia cinètica màxima de la boia?

9.

L'agulla d'una màquina de cosir oscilla verticalment entre dos punts separats per una distància de 20 mm. En les especificacions del fabricant s'indica que l'agulla pot fer 1 800 puntades per minut. Si sabem que l'agulla descriu un moviment harmònic simple:

- Determineu la freqüència en Hz i escriviu l'equació del moviment suposant que en el moment inicial l'agulla es troba en la posició de màxima altura.
- Calculeu la velocitat i l'acceleració màximes de l'agulla.



10.

En la vida quotidiana estem sotmesos a moviments vibratoris. Per exemple, en caminar, córrer, viatjar amb algun mitjà de locomoció o estar a prop d'alguna màquina. A l'hora de dissenyar vehicles i màquines, cal fer un estudi d'aquests moviments per tal d'aconseguir que siguin confortables i segurs, ja que els efectes de les vibracions poden anar des de simples molèsties fins al dolor o la mort.

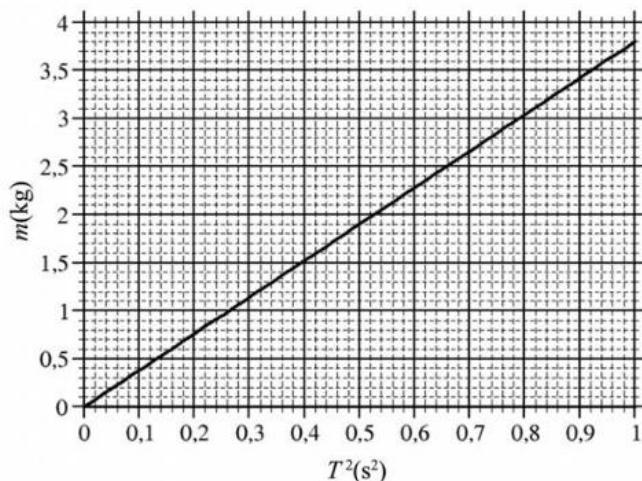
Aquests estudis solen utilitzar l'acceleració màxima del moviment vibratori com a variable, per a relacionar-la amb les molèsties que percebem.

Se sap que som molt sensibles a un moviment vibratori de 6,0 Hz i que, amb aquesta freqüència, a partir d'una acceleració màxima de $6,0 \text{ m s}^{-2}$, les molèsties són tan fortes que ens poden arribar a alarmar.

- Calculeu l'amplitud d'oscillació que correspon a un moviment vibratori harmònic de 6,0 Hz i una acceleració màxima de $6,0 \text{ m s}^{-2}$.
- Calculeu el valor de la constant elàstica d'una molla per tal que una massa de 85 kg que hi estigui enganxada oscilli amb una freqüència de 6,0 Hz.

11.

Una manera d'obtenir la constant elàstica d'una molla és penjar-hi una massa i mesurar-ne el període de les petites oscillacions al voltant de la posició d'equilibri. En la gràfica següent hi ha representada la relació entre la massa penjada de la molla i el quadrat del període de les oscillacions:



- A partir de la gràfica, calculeu la constant elàstica de la molla. Si l'amplitud de les oscillacions fos de 0,10 m, quina seria l'energia cinètica màxima assolida per la massa en l'oscillació?
- Suposem que la constant elàstica de la molla és de 150 N m^{-1} , hi pengem una massa d'1,5 kg i la fem oscillar amb una amplitud de 0,20 m. Quina és l'acceleració màxima que assoleix? Si submergem tot el conjunt en un recipient ple d'aigua de manera que la massa oscilla fins a aturar-se a causa del fregament, quin és el treball fet per la força de fregament que ha aturat l'oscillació?

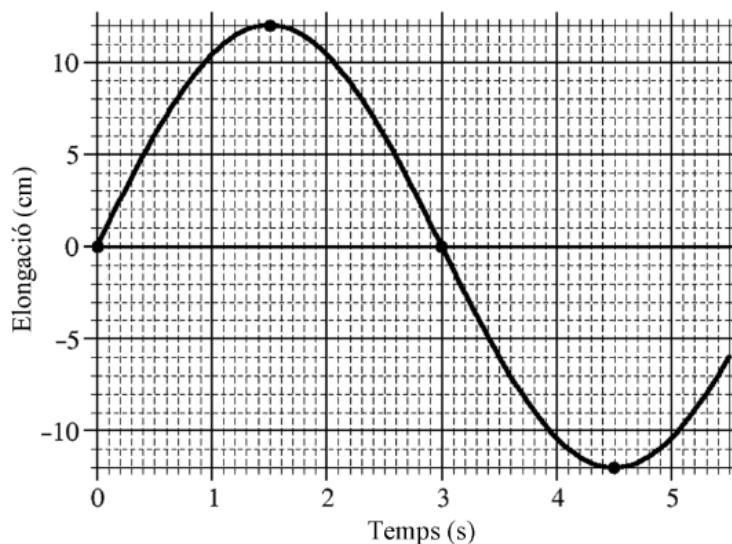
12.

Disposem d'una massa lligada a una molla que fa un moviment harmònic simple. Sabem que a l'instant inicial la seva posició i velocitat són $x = 1,00 \text{ m}$ i $v = -5,44 \text{ m s}^{-1}$, i que les energies cinètica i potencial en aquest instant són $E_k = 12,00 \text{ J}$ i $E_p = 4,00 \text{ J}$. Calculeu:

- La constant de recuperació de la molla i el valor de la massa del cos que fa el moviment, així com l'energia mecànica total del sistema.
- L'amplitud, la freqüència angular i la fase inicial del moviment harmònic que fa la massa. Escriviu l'equació del moviment resultant.

13.

La gràfica següent representa el moviment d'un cos de 250 g de massa que oscilla, sense fregament, unit a una molla.

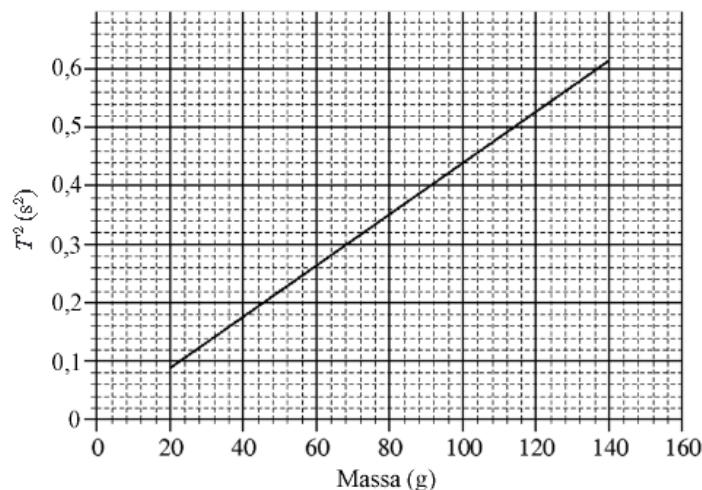


- Calculeu l'amplitud, la freqüència angular, el període i la fase inicial d'aquest moviment.
- Escriviu l'equació del moviment i calculeu l'energia mecànica total del sistema.

14.

Duem a terme l'experiència següent: pengem d'una molla fixada en un suport per un dels seus extrems set masses diferents, i provoquem que aquestes masses facin petites oscil·lacions i realitzin un MVHS. Mesurem amb molta cura el temps que triga a fer deu oscil·lacions cadascuna de les masses i, a partir d'aquí, obtenim els períodes (T) del moviment, el quadrat dels quals es representa en la gràfica.

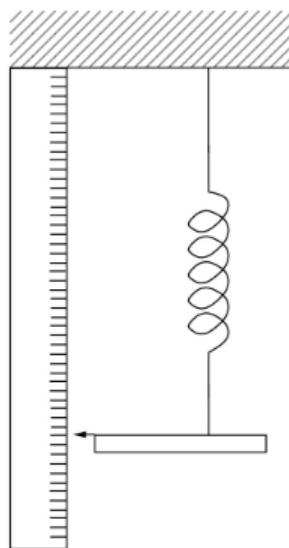
- a) Calculeu la constant elàstica de la molla i expliqueu raonadament si depèn de la massa. Indiqueu el període que mesuraríem si provoquéssim les oscil·lacions amb una massa de 32,0 g.
- b) El MVHS que descriu la massa de 100 g que hem penjat de la molla té una amplitud de 10,0 cm. Calculeu l'elongació i l'acceleració que tindrà la massa quan hauran transcorregut 3,00 s des del moment en què l'hem deixat oscillar a partir del punt més baix de la trajectòria.



15.

Disposem d'una molla de constant de recuperació $k = 4,00 \text{ N m}^{-1}$ i de longitud natural $l = 20,0 \text{ cm}$, amb la qual volem fer una balança. Per fer-la, pengem la molla verticalment per un dels extrems i, a l'altre, colloquem una plataforma de massa $m = 20,0 \text{ g}$ amb un dial, de manera que aquest indiqui el valor de la mesura sobre una escala graduada, tal com es mostra a la figura.

- a) Determineu la lectura que marca el dial en collocar la plataforma i deixar que el sistema s'aturi. Considereu que el zero del dial coincideix amb l'extrem superior del rengle de la figura.
- b) Afegim un objecte de massa $M = 300 \text{ g}$ damunt de la plataforma. A continuació, desplaçem el conjunt una distància de 10,0 cm respecte a la nova posició d'equilibri i el deixem anar, de manera que el sistema comença a oscillar lliurement. Amb quina velocitat tornarà a passar per la posició d'equilibri?

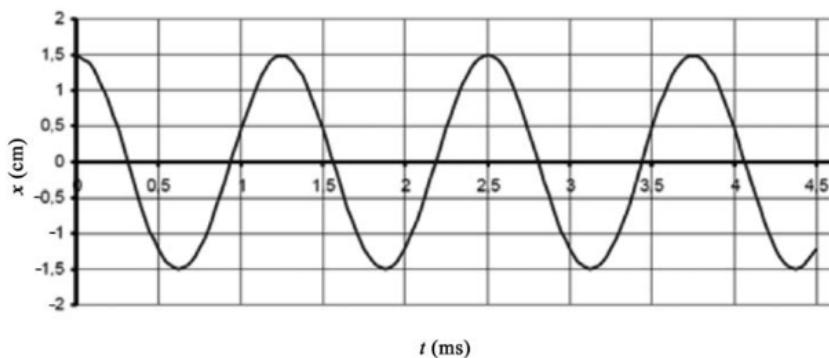


DADA: $\mathbf{g} = 9,81 \text{ m s}^{-2}$

Ones. El so.

16.

Un sistema vibrador situat al punt $x=0$ oscilla 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.



- a) 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).
- b) 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).

17.

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).
- 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.



18.

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 ratpenat emet ultrasons amb una freqüència de 83,0 kHz quan caça mosquits.

- a) Calculeu la longitud d'ona i el període dels ultrasons emesos per aquests ratpenats.

Considereu un mosquit situat a 1,5000 m de

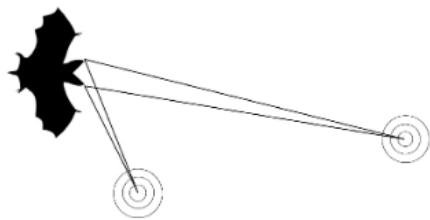
l'orella dreta i a 1,5030 m de l'orella esquerra del ratpenat. Calculeu la diferència de fase en l'eco percebut per cada orella, provinent del mosquit.

- b) Quan el mosquit està més a prop, el ratpenat també podria utilitzar la diferència

d'intensitats dels ecos. Calculeu el quotient d'intensitats sonores $\frac{I_{\text{dreta}}}{I_{\text{esquerra}}}$ 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.

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



19.

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.

- b) En un instant donat, calculeu la diferència de fase entre dos punts que disten 4,00 m l'un de l'altre.

20.

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), $I_0 = 1,00 \times 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$.

21.

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

- Calculeu les freqüències i les longituds d'ona de les ones estacionàries que es poden propagar per aquest tub.
- 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?

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

22.

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 canvién les notes emeses.

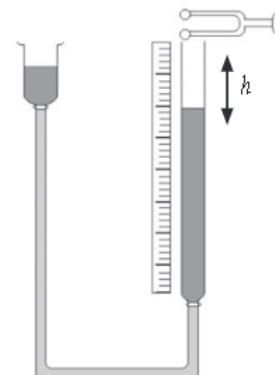
- Si la longitud total del tub que representa la trompeta és $l_0 = 0,975 \text{ m}$, indiqueu quina és la longitud d'ona i la freqüència dels tres primers modes de vibració estacionaris que es poden generar a la trompeta.
- Quan el músic fa sonar l'instrument mentre prem el segon piston, produeix la nota *si* de la tercera octava, de freqüència $f = 247 \text{ Hz}$. 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 piston?

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

23.

Per a mesurar la velocitat del so en l'aire podem fer servir un tub de ressonància. Regulant el nivell de l'aigua, es poden produir situacions de ressonància quan l'ona estacionària té un ventre a l'extrem obert del tub. Quan el diapasó vibra amb una freqüència de 440 Hz , fem baixar el nivell de l'aigua fins que observem la primera situació de ressonància per a $h = 19 \text{ cm}$, que es reconeix perquè es produeix una intensificació nítida del so, i també observem una segona situació de ressonància per a $h = 57 \text{ cm}$.

- Dibuixeu l'esquema de l'ona estacionària per a cadascuna de les situacions de ressonància descrites i determineu la velocitat del so en l'aire.
- Si el diapasó emet ones sonores amb una potència de $0,01 \text{ W}$, calculeu els decibels que percebrà una persona situada a 3 m .



DADA: Intensitat del llindar d'audició: $I_0 = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$

24.

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.
- Dibuixeu, de manera esquemàtica, el perfil de l'ona estacionària del tercer i del cinquè modes de vibració i calculeu-ne les freqüències.



25.

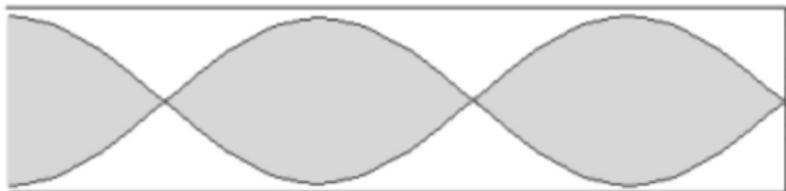
Les sis cordes d'una guitarra vibren entre dos punts fixos (el pont i la celleta). Per a certes freqüències de vibració de la corda es generen ones estacionàries entre tots dos extrems. Si la guitarra està afinada, la vibració de la primera corda en el mode fonamental correspon a la nota mi, de 330 Hz.

- 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.
- 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?

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

26.

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.



- Quina és la llargària del clarinet?
- Si la nota es toca amb una intensitat d' $1,00 \times 10^{-5} \text{ W m}^{-2}$ i produueix 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 duplique?

DADA: $\nu_{s_0} = 340 \text{ m s}^{-1}$

27.

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 do₃ (261,7 Hz) al re₅ (1 174,7 Hz).

- Calculeu les longituds d'ona dels sons més greu i més agut que pot emetre una cantant *soprano*.
- 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.

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}

28.

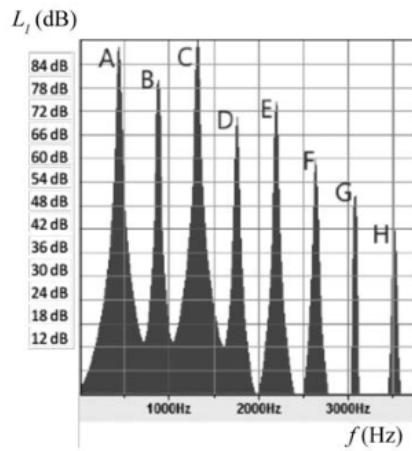
Hem recollit el so produït per un instrument musical i n'hem obtingut l'espectre representat en la figura. Els pics que hi apareixen corresponen als diferents harmònics del so produït i s'han etiquetat amb lletres de la A a la H. El pic B correspon a una freqüència de 880 Hz.

- Digueu si el so produït per l'instrument musical és un so 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]

- 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]



29.

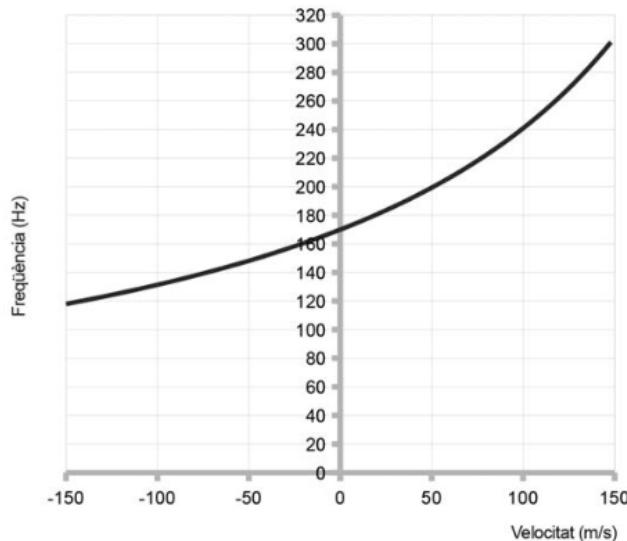
El timbre que sona en una escola a l'hora del pati perquè els alumnes tornin a classe és molt fort. Per tal de saber fins on el sentiran, en cas de no haver-hi edificis ni cap mena de pèrdua d'energia, mesurem amb el telèfon intel·ligent (*smartphone*) el nivell d'intensitat sonora a 7,0 m de distància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

- La intensitat del so en el lloc on fem la mesura.
- La potència del timbre. A partir de quina distància del timbre els alumnes deixaran de sentir el so?

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.

30.

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.



- 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?
- 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.

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

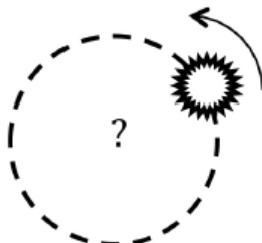
Camp gravitatori.

31.

Un dels candidats a forat negre més pròxims a la Terra és A0620-00, que està situat a uns 3 500 anys llum. Es calcula que la massa d'aquest forat negre és de $2,2 \times 10^{31}$ kg. Encara que A0620-00 no és visible, s'ha detectat una estrella que descriu cercles amb un període orbital de 0,33 dies al voltant d'un lloc on no es detecta cap altre astre.

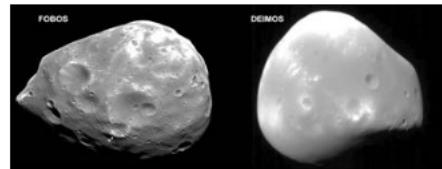
- a) Deduiu la fórmula per a obtenir el radi d'una òrbita circular a partir de les magnituds proporcionades. Utilizeu aquesta fórmula per a calcular el radi de l'òrbita de l'estrella que es mou al voltant d'A0620-00.
- b) Calculeu la velocitat lineal i l'acceleració centrípeta de l'estrella i representeu els dos vectors v i a_c sobre una figura similar a la d'aquest problema.

DADA: $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$.



32.

El 1877, l'astrònom Asaph Hall va descobrir els satèl·lits del planeta Mart: Fobos i Deimos. El dia 6 d'agost de 2012, el robot *Curiosity* va arribar al planeta Mart i des de llavors envia informació a la Terra sobre les característiques d'aquest planeta. A partir de les dades subministrades, calculeu:



- a) La massa del planeta Mart.
- b) El radi de l'òrbita de Deimos i la velocitat d'escapament del robot *Curiosity* des de la superfície del planeta.

DADES: Radi de Mart, $R_{\text{Mart}} = 3\,390 \text{ km}$

Acceleració de la gravetat en la superfície de Mart, $g_{\text{Mart}} = 3,71 \text{ m s}^{-2}$

Període orbital de Deimos, $T_{\text{Deimos}} = 30,35 \text{ h}$

Massa de Deimos, $m_{\text{Deimos}} = 2 \times 10^{15} \text{ kg}$

$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$

33.

Calculeu la velocitat mínima a la qual s'ha de llançar verticalment cap amunt un satèl·lit des de la superfície terrestre perquè assoleixi una altura igual que el radi de la Terra.

DADES: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$; $M_{\text{T}} = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_{\text{T}} = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$.

34.

A partir de les dades de la taula següent, calculeu el radi de l'òrbita del planeta Júpiter.

Planeta	Radi de l'òrbita (km)	Període de revolució (anys)
Terra	$148 \cdot 10^6$	1,0
Júpiter		11,9

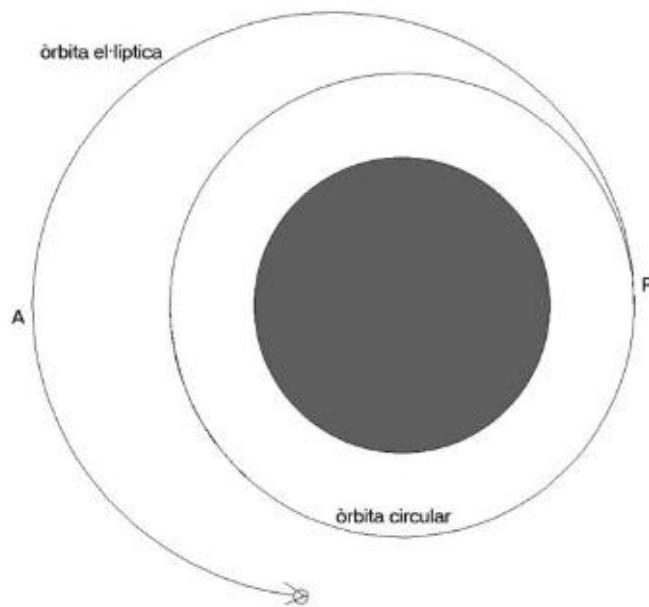
35.

Un satèl·lit de 2 000 kg de massa gira en una òrbita circular a una altura de 3 630 km sobre la superfície de la Terra.

a) Calculeu el període d'aquesta òrbita circular i la velocitat del satèl·lit.

En passar pel punt P, el satèl·lit augmenta la velocitat fins a $7,00 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$ i passa a descriure una òrbita ellíptica amb una altura màxima (apogeu) en el punt A de 9 530 km.

b) Calculeu l'energia cinètica, l'energia potencial gravitatorià i l'energia mecànica total en els punts P i A en la nova òrbita ellíptica.



DADES: $M_{\text{Terra}} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$
 $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
 $R_{\text{Terra}} = 6\,370 \text{ km}$

36.

L'Estació Espacial Internacional es mou en una òrbita pràcticament circular al voltant de la Terra a 385 km d'altura sobre la superfície terrestre. Des de la superfície terrestre som capaços de veure l'estació orbital.

- Quina és la velocitat lineal orbital de l'estació i quin és el temps que s'ha d'esperar entre dues visualitzacions consecutives?
- Des de l'estació espacial es vol llançar un coet que escapi de l'atracció terrestre. Considerant negligible la massa de l'estació, quina velocitat addicional hem de donar al coet en el moment del llançament?



DADES: $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$

$$M_{\text{Terra}} = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$$

$$R_{\text{Terra}} = 6\,370 \text{ km}$$

NOTA: Considereu negligible el moviment de rotació de la Terra.

37.

Galatea és el quart satèl·lit de Neptú més allunyat del planeta. Va ser descobert per la sonda espacial *Voyager 2* l'any 1989. Suposem que l'òrbita que descriu és circular.

- Calculeu la velocitat lineal orbital de Galatea en el sistema de referència centrat en Neptú i calculeu la massa de Neptú.
- Calculeu el valor de la intensitat de camp gravitatori que Neptú crea a la seva pròpia superfície.



imatge de Galatea vista per la sonda *Voyager 2*

DADES: Període de l'òrbita de Galatea, $T_{\text{Galatea}} = 0,428$ dies

$$\text{Radi de l'òrbita de Galatea, } R_{\text{Galatea}} = 6,20 \times 10^4 \text{ km}$$

$$\text{Radi de Neptú, } R_{\text{Neptú}} = 2,46 \times 10^4 \text{ km}$$

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$$

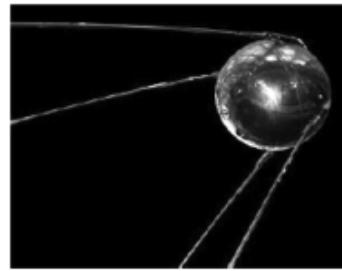
38.

Calculeu el valor de l'energia mecànica de la Lluna. Considereu únicament el sistema format per la Terra i la Lluna.

DADES: Constant de la gravitació universal $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$; massa de la Terra $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; massa de la Lluna $M_L = 7,36 \cdot 10^{22} \text{ kg}$; distància de la Terra a la Lluna $D_{\text{T-L}} = 3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$.

39.

L'*Sputnik 1* va ser el primer satèl·lit artificial de la història. Consistia en una esfera d'alumini de 58 cm de diàmetre, que allotjava dins seu l'instrumental científic i de transmissions i amb quatre antenes longitudinals adossades a la part exterior. Tenia una massa de 83,6 kg i el seu període orbital era de 96,2 minuts. Actualment, hi ha rèpliques del satèl·lit en diversos museus del món, com la que es mostra en la fotografia.



- a) Expliqueu raonadament si l'*Sputnik 1* pot ser considerat un satèl·lit geostacionari. Suposant que l'òrbita hagués estat circular, calculeu-ne l'altura sobre la superfície de la Terra.
- b) L'*Sputnik 1* va ser llançat a prop de Baikonur, ciutat del Kazakhstan que es troba a uns $45,5^\circ$ de latitud nord. A aquesta latitud, els objectes en repòs sobre la superfície de la Terra van a una velocitat d'uns 325 m/s a causa de la rotació del planeta. Calculeu l'energia que va caldre subministrar a l'*Sputnik 1* per a situar-lo en la seva òrbita circular.

DADES: $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$

$$M_{\text{Terra}} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$$

$$R_{\text{Terra}} = 6\,370 \text{ km}$$

40.

- a) Demostreu, a partir del principi de conservació de l'energia mecànica, que la velocitat d'escapament des d'un punt pròxim a la superfície d'un astre esfèric de massa M

$$\text{i radi } R \text{ és } v_{\text{esc}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}.$$

- b) Un objecte es llança verticalment des de la superfície de la Lluna amb una velocitat igual a la meitat de la velocitat d'escapament de la Lluna. Calculeu a quina altura màxima arribarà abans de tornar a caure.

DADES: $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$

$$M_{\text{Lluna}} = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$$

$$R_{\text{Lluna}} = 1\,737 \text{ km}$$

41.

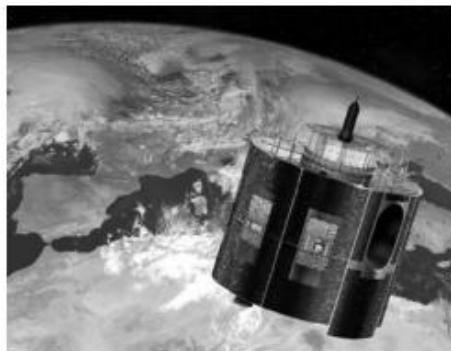
La distància mitjana del planeta Júpiter al Sol és 5,203 vegades la distància mitjana de la Terra al Sol. La massa de Júpiter és 317,8 vegades la massa de la Terra, i té un radi que és 10,52 vegades el radi terrestre. Suposem que les òrbites dels planetes que giren al voltant del Sol són circulars. Calculeu:

- a) La durada de l'«any» de Júpiter, és a dir, el temps que triga Júpiter a fer una volta entorn del Sol.
- b) La velocitat d'escapament a la superfície de Júpiter.

DADES: $R_{\text{Terra}} = 6\,367 \text{ km}$; $g = 9,80 \text{ m/s}^2$.

42.

El *Meteosat* és un satèl·lit meteorològic llançat per l'Agència Espacial Europea (ESA) que proporciona informació meteorològica d'Àfrica i Europa. Com que l'objectiu del *Meteosat* és oferir imatges d'una mateixa zona del planeta, el satèl·lit segueix una òrbita geostacionària: gira en el pla equatorial a la mateixa velocitat angular que la Terra.



- A quina distància de la superfície terrestre es troba el *Meteosat*?
- Quina és l'energia cinètica del *Meteosat*? Quina energia mínima caldria proporcionar-li perquè s'allunyés indefinidament de la Terra?

DADES: $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$

$$R_{\text{Terra}} = 6\,370 \text{ km}$$

$$M_{\text{Terra}} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$$

$$m_{\text{Meteosat}} = 2,00 \times 10^3 \text{ kg}$$

43.

Un meteorit, de 400 kg de massa, cau sobre la Lluna amb una trajectòria perpendicular a la superfície d'aquest satèl·lit. Quan es troba a 10 000 km de la superfície lunar, la velocitat del meteorit és de 15 000 km/h.

- Determineu el valor de la velocitat amb què el meteorit arriba a la superfície de la Lluna.
- Calculeu l'energia mecànica que té el meteorit a 10 000 km de la Lluna i la que té un cos de la mateixa massa situat en una òrbita a aquesta mateixa altura sobre la superfície de la Lluna. Indiqueu quina de les dues energies mecàniques és més gran.

DADES: $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$

$$M_{\text{Lluna}} = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$$

$$R_{\text{Lluna}} = 1,74 \times 10^6 \text{ m}$$

Camp elèctric.

44.

Dues càrregues elèctriques de $0,03 \mu\text{C}$ cadascuna, però de signe contrari, es troben separades $40,0 \text{ cm}$.

- Representeu i calculeu el vector del camp elèctric en el punt que forma un triangle equilàter amb la posició de les càrregues. Calculeu també el potencial elèctric en el mateix punt.
- Si modifiquem la distància entre les càrregues fins a duplicar-la, en quant varia l'energia potencial elèctrica de la distribució de càrregues? Expliqueu raonadament si augmenta o disminueix.

DADA: $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$

45.

Tenim tres partícules carregades, $Q_1 = 3,0 \mu\text{C}$, $Q_2 = -5,0 \mu\text{C}$ i $Q_3 = -8,0 \mu\text{C}$, situades, respectivament, en els punts $P_1 = (-1,0, 3,0)$, $P_2 = (3,0, 3,0)$ i $P_3 = (3,0, 0,0)$.

- Dibuixeu les forces que exerceixen Q_1 i Q_2 sobre Q_3 . Calculeu la força elèctrica total, expressada en coordenades cartesianes, que actua sobre Q_3 .
- Calculeu el treball que fa la força elèctrica sobre Q_3 quan aquesta càrrega es desplaça des del punt P_3 , que ocupa inicialment, fins al punt $P_4 = (-1,0, -3,0)$. Interpreteu el signe del resultat.

NOTA: Les coordenades dels punts estan expressades en metres.

DADA: $k = 9,0 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$.

46.

Dues càrregues elèctriques puntuals de $+3 \mu\text{C}$ i $-7 \mu\text{C}$ es troben situades, respectivament, en els punts $(0, 3)$ i $(0, -5)$ d'un pla. Calculeu:

- El camp elèctric que creen aquestes càrregues en el punt $P(4, 0)$.
- La diferència de potencial $V(O) - V(P)$, on O és el punt $(0, 0)$.
- El treball que cal fer per a traslladar una càrrega de $+5 \mu\text{C}$ des del punt $O(0, 0)$ fins al $P(4, 0)$. Interpreteu el signe del resultat.

NOTA: Les coordenades dels punts s'expressen en metres.

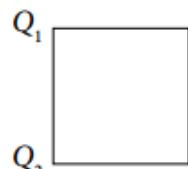
DADES: $k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$.

47.

En el quadrat de la figura, de $2,00 \text{ m}$ de costat, hi ha dues càrregues $Q_1 = 9,00 \mu\text{C}$ i $Q_2 = -9,00 \mu\text{C}$ en els vèrtexs de l'esquerra.

- Determineu la intensitat del camp elèctric en el centre del quadrat.
- En el centre del quadrat hi situem una tercera càrrega $Q_3 = 7,00 \mu\text{C}$. Calculeu el treball que farà la força elèctrica que actua sobre Q_3 quan la traslladem del centre del quadrat al vèrtex inferior dret.

DADA: $k = 9,00 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$



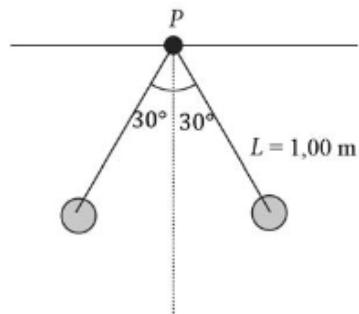
48.

Dues esferes metàl·liques massisses pengen cadascuna d'un fil no conductor, com mostra la figura. Les dues esferes tenen la mateixa massa i la mateixa càrrega negativa de valor $-5,80 \mu\text{C}$ i es troben en equilibri formant un angle de 30° amb la vertical. La distància des del punt P fins al centre de cada esfera és d'1,00 m.

- Calculeu el valor de la massa de cadascuna de les esferes.
- Calculeu el camp elèctric total (mòdul, direcció i sentit) en el punt P .

DADES: $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$$



49.

Un canó electrònic que dispara electrons els accelera, mitjançant un camp elèctric uniforme generat per dues plaques metàl·liques (A i B), des del repòs fins a una velocitat de $2,00 \times 10^6 \text{ m s}^{-1}$ (figura 1). Dins del canó, els electrons inicien el recorregut a la placa A i viatgen cap a la placa B, per on surten horitzontalment cap a la dreta per un petit orifici. Les dues plaques són paralles i estan separades per 4,00 cm.

- Calculeu la diferència de potencial entre les dues plaques i indiqueu quina placa té el potencial més alt i quina té el potencial més baix. Dibuixeu la figura 1 i representeu-hi les línies de camp elèctric entre les dues plaques.
- Més endavant, els electrons passen entre dues altres plaques, que generen un camp elèctric uniforme de 500 N C^{-1} vertical cap amunt (figura 2). Calculeu l'acceleració dels electrons quan estiguin sota l'acció d'aquest camp elèctric i les dues components de la velocitat en sortir del recinte on hi ha el camp elèctric.

DADES: $|e| = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.
 $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$.

NOTA: Considereu negligible el camp gravitatori.

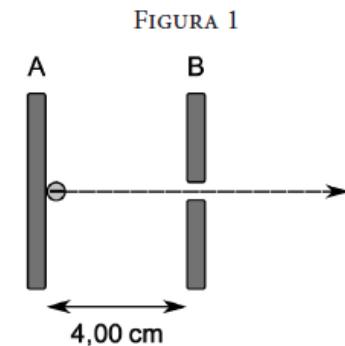


FIGURA 1

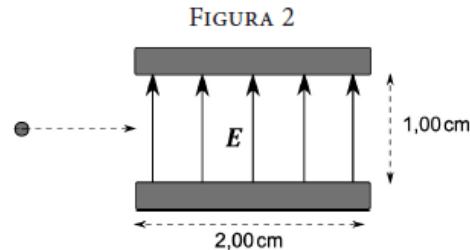


FIGURA 2

50.

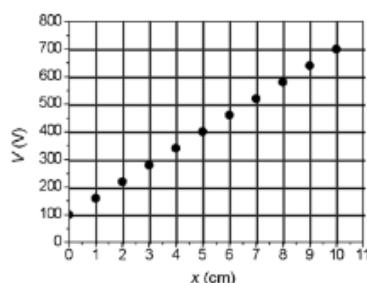
Per a obtenir un camp elèctric vertical aproximadament uniforme de $5\,000\text{ N/C}$ i dirigit cap amunt, disposem de dues plaques metàl·liques paraleles separades $10,0\text{ mm}$, a les quals apliquem una diferència de potencial.

- Feu un esquema del muntatge en què indiqueu el signe de la càrrega de cada placa i representeu-hi les línies del camp elèctric. Calculeu la diferència de potencial entre les plaques i justifiqueu el signe del resultat.
- Dues partícules de pols, de $0,50\text{ }\mu\text{g}$ de massa cadascuna, es troben entre les dues plaques. Una de les partícules (A) queda suspesa en equilibri i l'altra (B) es mou amb una acceleració de $14,7\text{ m/s}^2$ cap avall. Determineu la càrrega elèctrica de cada partícula. Considerieu que entre les plaques no hi ha aire.

DADA: $g = 9,81\text{ m s}^{-2}$

51.

En la gràfica següent es representa el potencial elèctric que hi ha a l'interior d'un condensador planoparal·lel, en què la x indica la distància a una de les armadures del condensador. La distància entre les armadures és de 10 cm .



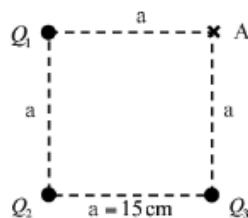
Determineu:

- La diferència de potencial entre les armadures.
- L'equació de la recta que ajusta els punts de la gràfica i la intensitat del camp elèctric a l'interior del condensador.

52.

En tres dels vèrtexs d'un quadrat de 15 cm de costat hi ha les càrregues $Q_1 = +1,0\text{ }\mu\text{C}$, $Q_2 = -2,0\text{ }\mu\text{C}$ i $Q_3 = +1,0\text{ }\mu\text{C}$, tal com indica la figura. Calculeu:

- El camp elèctric (mòdul, direcció i sentit) creat per les tres càrregues en el quart vèrtex, punt A.
- El potencial elèctric total en el punt A. Calculeu el treball que cal fer per a traslladar una càrrega de $7,0\text{ }\mu\text{C}$ des de l'infinit fins al punt A. Digueu si el camp fa aquest treball o si el fa un agent extern.



53.

Un dipol elèctric és un sistema constituït per dues càrregues del mateix valor i de signe contrari, separades per una distància fixa. Sabem que la càrrega positiva d'un dipol està situada en el punt $(0, 0)$, que la negativa és en el punt $(3, 0)$ i que el valor absolut de cada una de les càrregues és 10^{-4} C. Calculeu:

- El potencial elèctric creat pel dipol en el punt $(0, 4)$.
- L'acceleració que experimenta un protó situat en el punt mitjà del segment que uneix les dues càrregues del dipol, si el deixem inicialment en repòs en aquest punt.
- L'energia necessària per a separar les càrregues del dipol fins a una distància doble de la inicial.

NOTA: Les coordenades s'expressen en metres.

DADES: $q_{\text{protó}} = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C; $m_{\text{protó}} = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg; $k = 1/4\pi\epsilon_0 = 9,00 \cdot 10^9$ N · m²/C².

54.

Dues càrregues puntuals de $+2 \mu\text{C}$ i $+20 \mu\text{C}$ es troben separades per una distància de 2 m.

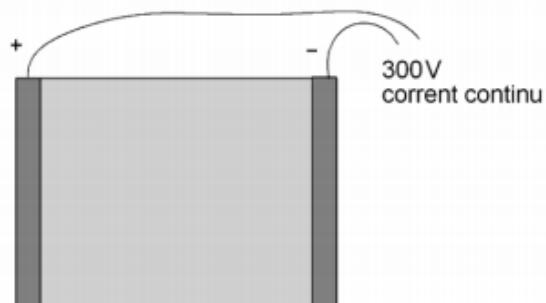
- Calculeu el punt, situat entre les dues càrregues, en què el camp elèctric és nul.
- Busqueu el potencial elèctric en un punt situat entre les dues càrregues i a 20 cm de la càrrega menor.
- Determineu l'energia potencial elèctrica del sistema format per les dues càrregues.

DADES: $k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9$ N · m²/C².

55.

L'electroforesi és un mètode per a analitzar mescles. Disposem una mostra entre dos elèctrodes connectats a una diferència de potencial de 300 V. La distància entre els elèctrodes és de 20,0 cm.

- Dibuixeu les línies del camp elèctric que hi ha entre els dos elèctrodes i les diferents superfícies equipotencials. Indiqueu el potencial de cada una de les superfícies. Calculeu el valor del camp elèctric que hi ha entre els dos elèctrodes, i indiqueu la direcció i el sentit de les partícules positives i les negatives.
- En les condicions adequades, les molècules adquereixen càrrega elèctrica i es desplacen en l'aparell d'electroforesi amb un moviment rectilini lent i uniforme. Calculeu la força elèctrica i la força de fricció que actuen sobre una molècula de timina amb una càrrega de $-1,60 \times 10^{-19}$ C.



56.

Un electró es llança des del punt P i passa successivament per les regions A i B. A la regió A, un camp elèctric constant fa que l'electró es mogui amb un moviment rectilini i una acceleració uniforme cap a la dreta. A la regió B, el camp elèctric també és constant i està dirigit cap avall.



- a) Quina direcció i quin sentit té el camp elèctric a la regió A? Quin tipus de moviment realitza l'electró a la regió B?

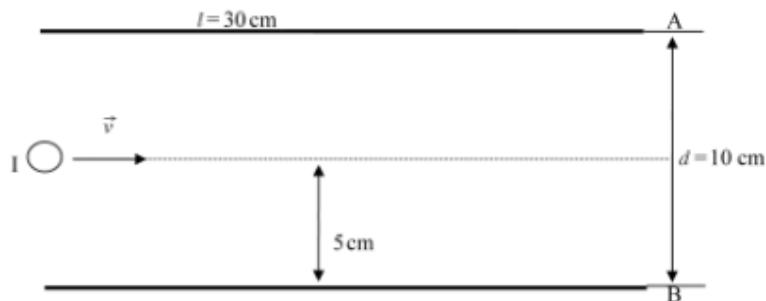
Sabem que la regió A fa 5,00 cm de llarg i que el camp elèctric en aquesta regió és $E = 40,0 \times 10^3 \text{ N C}^{-1}$.

- b) Calculeu la diferència de potencial entre l'inici i el final de la regió A i l'energia cinètica que guanyarà l'electró en travessar-la.

DADA: $Q_{\text{electrò}} = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.

57.

Entre dues plaques metàl·liques conductores, de 30 cm de llargària, hi ha un camp elèctric uniforme vertical, d'intensitat $E = 10^4 \text{ V/m}$.



- a) A quina velocitat \vec{v} (horitzontal) s'ha de llançar un electró des de la posició I, a l'entrada del camp, perquè en surti fregant un dels extrems (A o B) de les plaques?
- b) Expliqueu raonadament quin tipus de trajectòria descriu l'electró dins del camp. Calculeu el treball que fa la força elèctrica que actua sobre l'electró en el recorregut que descriu pel camp.

DADES: $m_{\text{electrò}} = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$; $Q_{\text{electrò}} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$.

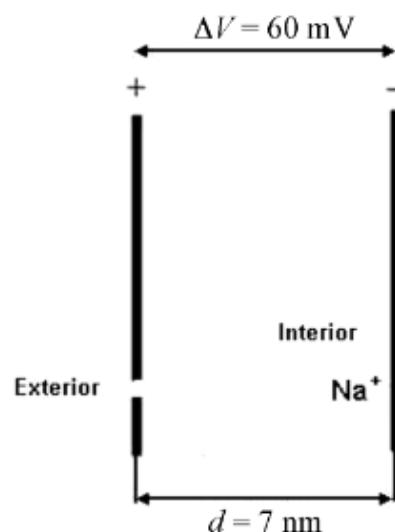
58.

Molts processos vitals tenen lloc en les membranes cel·lulars i depenen bàsicament de l'estructura elèctrica d'aquestes.

La figura següent mostra l'esquema d'una membrana biològica.

- Calculeu el camp elèctric, suposat constant, a l'interior de la membrana de la figura. Indiqueu-ne el mòdul, la direcció i el sentit.
- Calculeu l'energia que es requereix per a transportar l'ió Na^+ de la cara negativa a la positiva.

DADES: $Q_{\text{Na}^+} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.

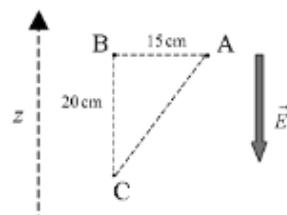


59.

En una regió de l'espai hi ha un camp elèctric constant de mòdul 500 N C^{-1} dirigit cap avall. Vegeu la figura, en què l'eix z representa la vertical.

- Calculeu les diferències de potencial següents: $V_A - V_B$, $V_B - V_C$ i $V_A - V_C$.
- Colloquem una partícula carregada, de massa $2,00 \text{ g}$, en el punt C i volem que es mantingui en equilibri. Calculeu quina càrrega i quin signe hauria de tenir aquesta partícula. Estarà en equilibri en algun altre punt d'aquesta regió? Justifiqueu les respostes.

DADA: $\mathbf{g} = 9,80 \text{ m/s}^2$.



Camp magnètic.

60.

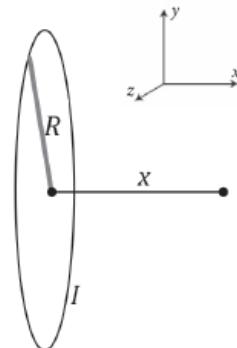
Una espira magnètica es troba situada en el pla YZ, té un radi $R = 5 \text{ cm}$ i transporta un corrent de 10 A .

- Calculeu el mòdul del camp magnètic en el centre de l'espira (en μT).
- Quin sentit ha de tenir el corrent elèctric que circula per l'espira perquè el camp magnètic en el centre vagi en el sentit positiu de l'eix x ?

DADA: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}$.

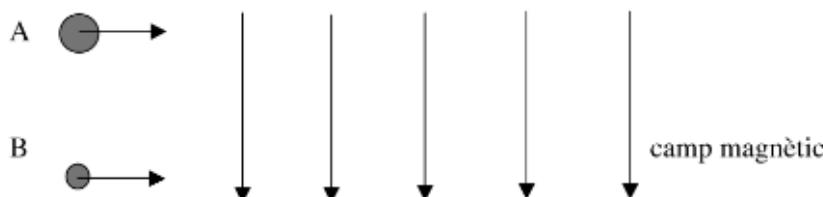
NOTA: El mòdul del camp magnètic creat per una espira magnètica en un punt de l'eix x és:

$$B(x) = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R^2}{(x^2 + R^2)^{3/2}}.$$



61.

Dos ions positius A i B de càrrega elèctrica igual ($1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$) es mouen, separats, amb la mateixa velocitat ($3,00 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$), tal com indica la figura, i entren en una regió on hi ha un camp magnètic de mòdul $0,42 \text{ T}$ dirigit cap avall. La massa de l'ió A és el doble que la de l'ió B.



- Calculeu la força magnètica que actua sobre cada un dels dos ions, i especifiqueu-ne la direcció i el sentit.
- Indiqueu la relació que hi ha entre els radis de les trajectòries descrites pels ions A i B, és a dir, r_A/r_B .

62.

Per la paret que teniu al darrere de l'aula on feu l'examen, entren protons amb una trajectòria horitzontal i a una velocitat $\vec{v}_{p+} = 2,00 \times 10^6 \vec{i} \text{ m/s}$. Dins l'aula hi ha un camp magnètic també horitzontal el valor del qual és $\vec{B} = 0,500 \vec{j} \text{ T}$. Determineu:

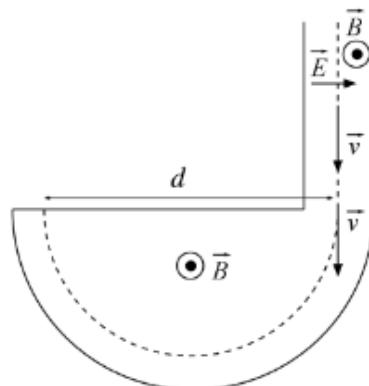
- La força causada pel camp magnètic que actua sobre els protons quan entren en la zona on hi ha aquest camp magnètic.
- El radi de la trajectòria circular dels protons dins l'aula i indiqueu si aquests protons impactaran contra les persones que estan assegudes a l'aula.

DADES: Càrrega del protó: $1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
Massa del protó: $1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

NOTA: Negligiu el pes del protó.

63.

Un espectròmetre de masses consta d'un selector de velocitats i d'un recinte semicircular. En el selector de velocitats hi ha un camp elèctric i un camp magnètic, perpendiculars entre si i en la direcció de la velocitat dels ions. En entrar al selector, els ions d'una velocitat determinada no es desvien i entren a la zona semicircular, on només hi ha el camp magnètic perpendicular a la velocitat, que els fa descriure una trajectòria circular.

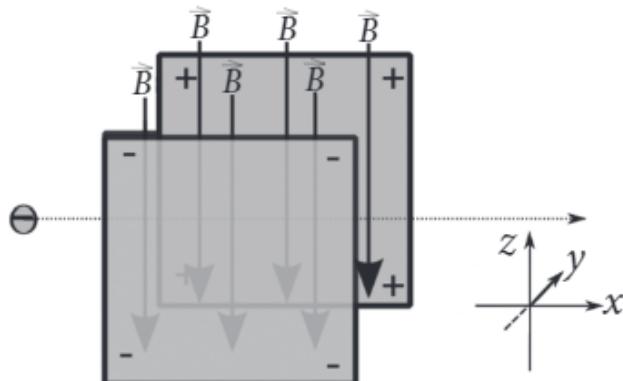


- Si el camp elèctric del selector té un valor $E = 20,0 \text{ N C}^{-1}$ i el valor de la inducció magnètica és $B = 2,50 \times 10^{-3} \text{ T}$, calculeu el valor del mòdul de la velocitat dels ions que NO es desvien. Feu l'esquema corresponent dels vectors següents: velocitat, força elèctrica, camp magnètic i força magnètica.
- Calculeu la distància, d , a què impactaran els ions de triti, que són isòtops de l'hidrogen i tenen una massa $m = 3 \text{ u}$.

DADES: $1 \text{ u} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$; $Q_{\text{protó}} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.

64.

Uns electrons que es mouen horitzontalment travessen un selector de velocitats format per un camp magnètic de $0,040 \text{ T}$ dirigit cap avall i un camp elèctric de 250 V/m perpendicular al camp magnètic i a la direcció de moviment dels electrons.



- Dibuixeu i anomeneu les forces que actuen damunt l'electró quan és dins del selector de velocitats. Calculeu la velocitat dels electrons que travessaran el selector sense desviar-se.
- Dins del selector un electró té una velocitat $\vec{v} = 1,25 \times 10^4 \text{ m s}^{-1}$ en el moment en què es desactiva el camp elèctric sense modificar el camp magnètic. Indiqueu la freqüència de rotació, el radi, el pla de gir i el sentit de gir del moviment circular uniforme d'aquest electró.

DADES: $Q_{\text{electrò}} = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
 $m_{\text{electrò}} = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

NOTA: Considerieu negligible l'efecte de la força gravitatòria.

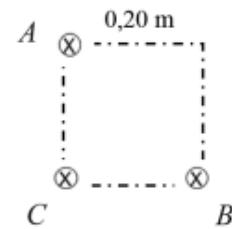
65.

En la figura es mostren tres fils conductors rectilinis i infinitament llargs, perpendiculars al pla del paper, per cadascun dels quals circula una mateixa intensitat de corrent de $0,30\text{ A}$ en el sentit que va cap a dins del paper. Aquests tres conductors estan situats en tres vèrtexs d'un quadrat de $0,20\text{ m}$ de costat.

- Representeu en un esquema els camps magnètics, en el vèrtex C , generats pels conductors A i B , i també el camp total. Calculeu el mòdul del camp magnètic total en aquest punt.
- Representeu la força total sobre el conductor C i calculeu el mòdul de la força que suporten $2,00\text{ m}$ del conductor que passa per C .

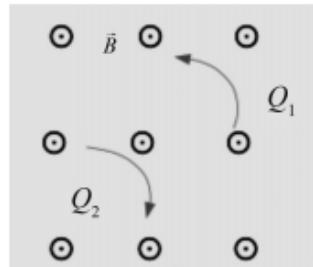
NOTA: El mòdul del camp magnètic a una distància r d'un fil infinit pel qual circula una

$$\text{intensitat } I \text{ és: } B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}, \text{ on } \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}.$$



66.

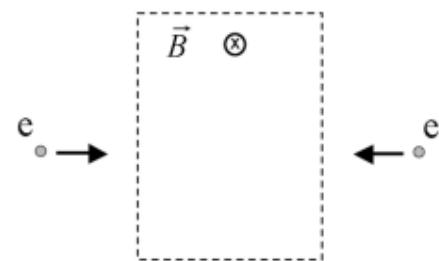
Dues partícules carregades es mouen en el pla del paper a la mateixa velocitat per una zona en què hi ha un camp magnètic uniforme de valor $4,50 \times 10^{-1}\text{ T}$ perpendicular al pla i que surt del paper (vegeu la figura). Part de les trajectories descrites per les càrregues són les que es veuen també en la figura. La partícula Q_1 té una massa de $5,32 \times 10^{-26}\text{ kg}$ i la partícula Q_2 , de $1,73 \times 10^{-25}\text{ kg}$. La magnitud de cadascuna de les càrregues és la mateixa, $3,20 \times 10^{-19}\text{ C}$, i la força magnètica que actua sobre elles també té el mateix mòdul, que és $1,01 \times 10^{-12}\text{ N}$.



- Expliqueu raonadament el signe que tindrà cadascuna de les càrregues. Calculeu la velocitat d'aquestes càrregues.
- Calculeu els radis de les trajectories de cada partícula i la freqüència (Hz) del moviment de Q_2 .

67.

En una regió de l'espai hi ha un camp magnètic constant dirigit cap a l'interior del paper. En aquesta regió entren dos electrons amb la mateixa rapidesa i la mateixa direcció, però movent-se en sentits contraris, tal com indica la figura.



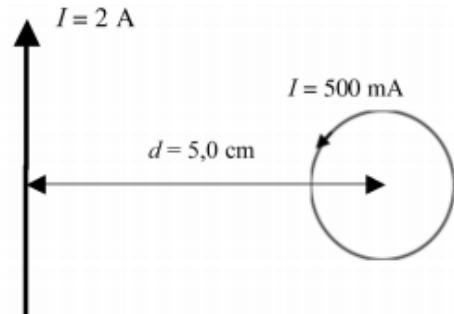
- Dibuixeu la força magnètica que actua sobre cada electró quan entra en la regió on hi ha el camp magnètic. Justifiqueu i dibuixeu les trajectories dels dos electrons i indiqueu el sentit de gir.
- Eliminem aquest camp magnètic i el substituïm per un altre camp magnètic, de manera que els electrons no es desvien quan entren en aquesta regió. Dibuixeu com hauria de ser aquest nou camp magnètic. Justifiqueu la resposta.

NOTA: No és vàlida la resposta $\vec{B} = 0$.

68.

Un fil infinit que porta un corrent de 2 A es troba a 5,0 cm de distància del centre d'una espira circular de 2,0 cm de diàmetre que transporta 500 mA.

- Calculeu el vector del camp magnètic al centre de l'espira produït pel fil infinit i el vector del camp magnètic al centre de l'espira que produceix la mateixa espira.
- Quin és el valor del camp magnètic total al centre de l'espira? Si volem un camp magnètic total $B = 0$ al centre de l'espira, quin ha de ser el valor de la nova intensitat que hi circuli?



DADA: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}$

NOTA: El mòdul del camp magnètic creat per un fil infinit pel qual circula una inten-

sitat I és: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$, on r és la distància al fil conductor. El mòdul del camp

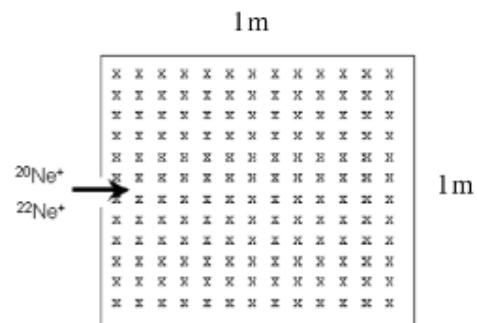
magnètic al centre d'una espira de corrent de radi R és: $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$.

69.

L'espectròmetre de masses fa entrar partícules carregades, com per exemple ions, dins un camp magnètic uniforme. Quan les partícules carregades i amb una velocitat coneguda entren dins del camp magnètic constant, a partir de la trajectòria, en podem calcular la massa.

Un feix de ions compost per $^{20}\text{Ne}^+$ i $^{22}\text{Ne}^+$ (que foren els primers isòtops naturals trobats) entra en l'espectròmetre de masses de la figura. La velocitat dels ions és $1,00 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$ i el camp magnètic de l'espectròmetre de 0,23 T, perpendicular al paper.

- Expliqueu raonadament quin tipus de trajectòria descriu cada un dels ions dins del camp. Quin treball realitzarà la força que exerceix el camp magnètic en aquesta trajectòria?
- Calculeu a quina distància del punt d'entrada impactarà cada un dels ions.



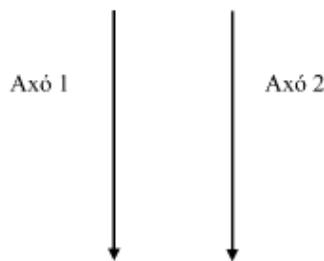
DADES: $m(\text{ió } ^{22}\text{Ne}^+) = 22,0 \text{ u}; m(\text{ió } ^{20}\text{Ne}^+) = 20,0 \text{ u};$

$Q(\text{ió } ^{22}\text{Ne}^+) = Q(\text{ió } ^{20}\text{Ne}^+) = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C};$

$1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}.$

70.

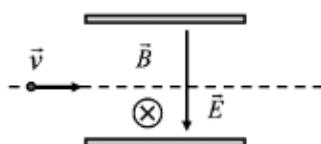
Els axons són una part de les neurones i transmeten l'impuls nerviós. El corrent elèctric que circula per l'axó produeix un camp magnètic que podem considerar igual al que produiria un fil conductor rectilini infinitament llarg. Per dos axons paral·lels, representats en la figura següent, circula un corrent de $0,66 \times 10^{-6} \text{ A}$ en el mateix sentit:



- Indiqueu la direcció i el sentit del camp magnètic que produeix cada axó en la posició que ocupa l'altre. Dibuixeu la força que actua sobre cada axó causada pel corrent que circula per l'altre.
- Calculeu el mòdul de la força que actua sobre 2 cm de l'axó 2 si el mòdul del camp magnètic que produeix l'axó 1 en la posició de l'axó 2 és $1,1 \times 10^{-10} \text{ T}$.

71.

En la figura següent es mostra un esquema d'un selector de velocitat d'ions, que és una màquina que serveix per a seleccionar els ions que van a una velocitat determinada. Bàsicament, es tracta de fer passar un feix d'ions, que inicialment van a velocitats diferents, per una regió on hi ha un camp magnètic i un camp elèctric perpendiculars. L'acció d'aquests camps sobre els ions en moviment fa que els que van a una velocitat determinada no es desviïn.

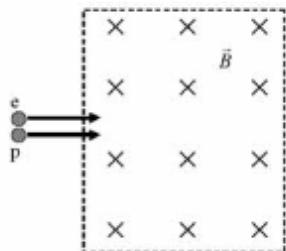


- Dibuixeu la força causada per l'acció del camp magnètic i la força causada per l'acció del camp elèctric sobre un ió positiu que penetra en el selector de velocitats. Si el camp magnètic és $0,50 \text{ T}$ i el camp elèctric és 500 N/C , calculeu la velocitat amb què sortiran del selector els ions que no s'hagin desviat.
- Expliqueu què passaria si en aquest selector entressin ions negatius, en comptes d'ions positius.

72.

Un protó i un electró, ambdós a la mateixa velocitat, \vec{v}_0 , penetren en una regió de l'espai on hi ha un camp magnètic uniforme perpendicular a la velocitat de les partícules, tal com s'indica a la figura de sota. Dibuixeu i justifiqueu la trajectòria que descriu cada partícula. Determineu la relació existent entre els radis de les seves òrbites.

DADES: $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.



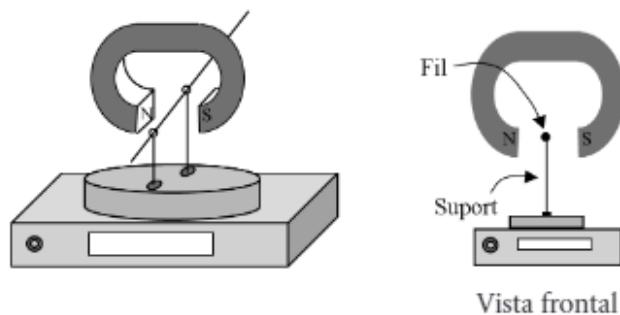
73.

Dins d'un camp magnètic constant, un electró descriu un moviment circular i uniforme en un pla horitzontal com el d'aquest paper, amb un sentit de gir com el de les agulles del rellotge.

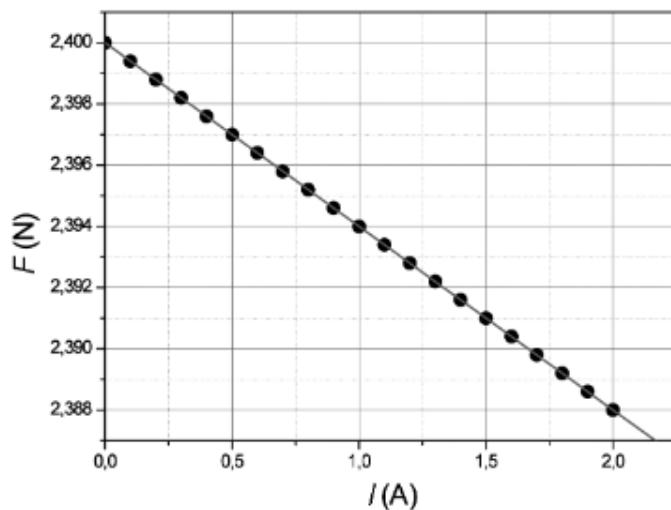
1. El camp magnètic que obliga l'electró a descriure el moviment circular
 - a) depèn de la velocitat de l'electró.
 - b) és perpendicular a aquest paper i de sentit cap enfora.
 - c) és perpendicular a aquest paper i de sentit cap endins.
2. Podem considerar que, quan gira, l'electró és un corrent elèctric elemental i, per tant,
 - a) crea un camp magnètic, a l'interior de la seva trajectòria, perpendicular al paper i de sentit cap enfora.
 - b) no crea cap camp magnètic.
 - c) crea un camp magnètic, a l'interior de la seva trajectòria, perpendicular al paper i de sentit cap endins.

74.

Es col·loca per sobre d'una balança un imant amb els pols N i S enfrontats. Tal com veiem en les figures, entre aquests dos pols passa un fil conductor horitzontal que no toca l'imant. El fil elèctric s'aguanta mitjançant dos suports aïllants que recullen sobre el plat de la balança. En absència de corrent elèctric pel fil, la balança indica un pes de 2,400 N. Quan circula corrent elèctric pel fil conductor, la balança indica pesos aparents més petits, que depenen de la intensitat del corrent, a causa de l'aparició d'una força magnètica cap amunt.



S'han fet circular pel fil diverses intensitats i s'han obtingut els resultats que es mostren en la gràfica següent, en què F és el pes aparent registrat per la balança i I és la intensitat del corrent que circula pel fil conductor.



- Determineu l'equació que relaciona la força amb la intensitat. Calculeu la força magnètica que actua sobre el fil elèctric quan la intensitat del corrent és 2,0 A i quan és 2,5 A.
- Considereu que el tram de fil situat entre els pols de l'imant té una longitud de 6 cm i que el camp magnètic és uniforme (constant) dins d'aquesta zona i nul a fora. Calculeu el camp magnètic entre els pols de l'imant. En quin sentit circula el corrent elèctric?

Inducció electromagnètica.

75.

Un fil conductor rectilini de longitud $l = 5 \text{ m}$ i massa $m = 100 \text{ g}$ es troba situat paral·lelament al terra (pla xy), sobre l'eix x , i sota l'acció d'un camp magnètic uniforme.

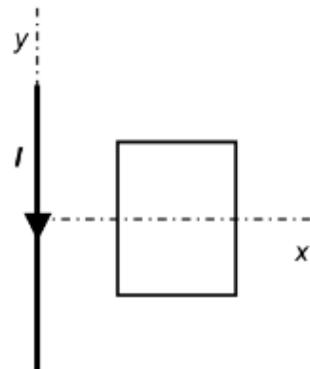
- Determineu el mòdul, la direcció i el sentit del camp magnètic que fa que es mantingui suspès en l'aire quan un corrent $I = 0,3 \text{ A}$ circula pel fil des de les x negatives cap a les x positives.
- Si ara enrotllem el fil per a crear una espira circular i la situem de manera que el seu pla sigui parallel al pla xy , calculeu la FEM que induceix sobre l'espira un camp magnètic variable $\vec{B} = 0,1[\cos(10\pi t)\vec{i} + \cos(10\pi t)\vec{j}]$. Justifiqueu la resposta.

DADA: L'acceleració de la gravetat és $9,8 \text{ m s}^{-2}$

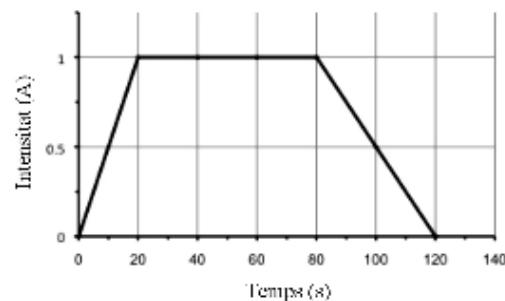
76.

Una espira rectangular es troba prop d'un fil conductor rectilini infinit pel qual circula una intensitat de corrent I cap avall, tal com mostra la figura.

- Si la intensitat de corrent I és constant, dibuixeu el camp magnètic creat pel fil conductor en la regió on es troba l'espira. Es tracta d'un camp magnètic constant? Justifiqueu la resposta.



- Si el conductor i l'espira no es mouen, però la intensitat de corrent que circula pel conductor varia amb el temps tal com indica el gràfic, expliqueu raonadament si s'indueix o no corrent en l'espira en els intervals de temps següents: de 0 a 20 s, de 20 a 80 s i de 80 a 120 s. En quin dels tres intervals de temps el corrent induït és més gran? Justifiqueu la resposta.



77.

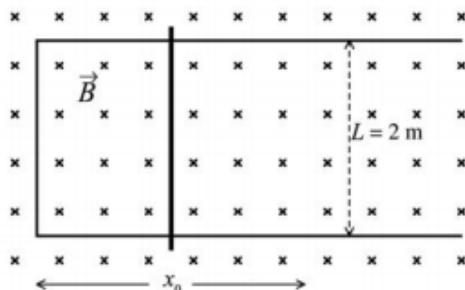
Un grup d'alumnes disposa de bobines de 1 000 i de 500 espires, nuclis de ferro laminats i connectors, en quantitats suficients. A partir d'una tensió eficaç de 220 V i d'una intensitat eficaç d'1,00 A, volen obtenir una tensió final de 110 V de valor eficaç.

- Feu un esquema i expliqueu raonadament quin muntatge cal fer. Especifiqueu clarament on estarà connectat el circuit primari i on estarà connectat el circuit secundari.
- Calculeu els valors màxims de la tensió i la intensitat en el circuit primari. Quina intensitat circula a la part del circuit que es troba a 110 V?

78.

Sobre una forca conductora com la de la figura adjunta, llisca una barra metàllica amb un moviment vibratori harmònic simple al voltant de la posició d'equilibri $x_0 = 1 \text{ m}$, segons l'equació de moviment següent (totes les magnituds estan expressades en el sistema internacional, SI):

$$x(t) = x_0 - 0,3 \sin(32t)$$

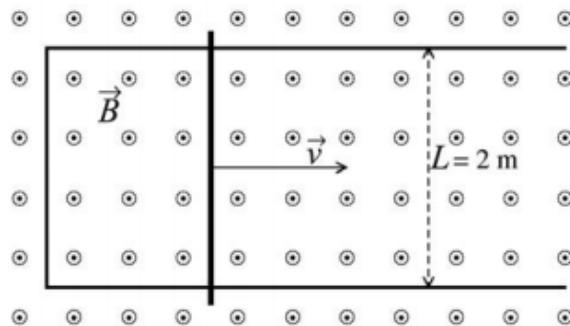


Tot el conjunt es troba dins un camp magnètic uniforme, perpendicular al pla de la forca i en el sentit d'entrada al pla del paper, de mòdul $B = 0,5 \text{ T}$.

- a) Quin valor té el flux de camp magnètic a través de la superfície compresa entre la barra metàllica i la part tancada de la forca en l'instant $t = 0$? Quina és l'expressió d'aquest flux en funció del temps?
- b) Determineu la força electromotriu del corrent induït en funció del temps. Obteniu-ne el valor màxim.

79.

Una vareta metàllica es desplaça a una velocitat constant $v = 6 \text{ m/s}$ sobre una forca conductora dins un camp magnètic uniforme, $\vec{B} = 0,25 \text{ T}$, perpendicular al pla i en sentit sortint:



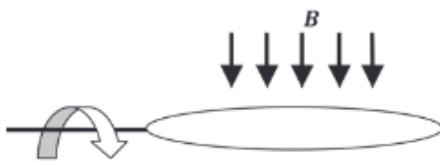
Si suposem que la resistència de la vareta és de 30Ω i que la de la forca és negligible, calculeu:

- a) La força electromotriu del corrent induït en el circuit i expliqueu raonadament el sentit de la circulació del corrent.
- b) La intensitat del corrent que circula pel circuit i la força que cal fer sobre la vareta, en mòdul, direcció i sentit, per a mantenir la velocitat constant sobre la forca.

NOTA: Llei d'Ohm, $I = V/R$.

80.

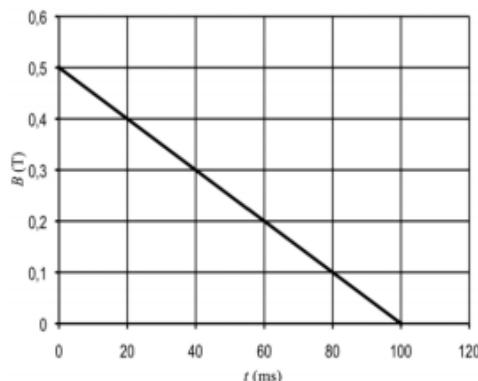
En una zona de l'espai hi ha un camp magnètic uniforme de $0,40\text{ T}$. En aquesta regió hi ha una espira circular de 200 cm^2 d'àrea que gira a 191 rpm (revolucions per minut), tal com indica la figura.



- Si en l'instant inicial el camp magnètic és perpendicular al pla de l'espira, expresseu l'equació del flux magnètic que travessa l'espira en funció del temps.
- Quina és la força electromotriu (FEM) màxima generada per l'espira?

81.

Una espira circular de $4,0\text{ cm}$ de radi es troba en repòs en un camp magnètic constant de $0,50\text{ T}$ que forma un angle de 60° respecte de la normal a l'espira.

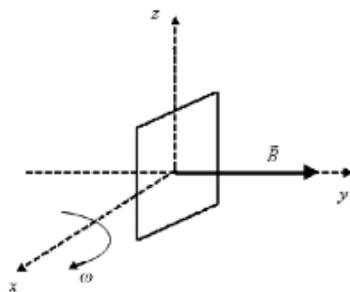


- Calculeu el flux magnètic que travessa l'espira. S'indueix una força electromotriu en l'espira dins el camp magnètic? Justifiqueu la resposta.
- En un moment determinat el camp magnètic disminueix tal com mostra la figura. Calculeu la força electromotriu induïda en l'espira.

82.

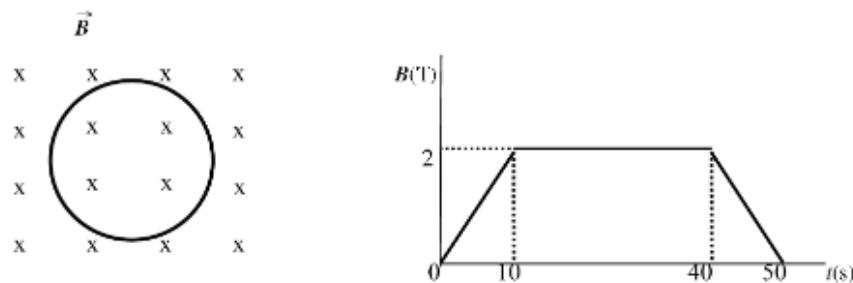
Calculeu, dins d'un camp magnètic $\vec{B} = 0,2\hat{j}$, expressat en T:

- La força (mòdul, direcció i sentit) que actua sobre una càrrega positiva $Q = 3,2 \times 10^{-19}\text{ C}$ que es mou a una velocitat $\vec{v} = 2\hat{k}$, expressada en m/s.
- La força electromotriu induïda en funció del temps quan una espira quadrada de $0,01\text{ m}^2$ de superfície gira, a una velocitat angular constant de 30 rad/s , al voltant d'un eix fix (l'eix x de la figura) que passa per la meitat de dos dels seus costats oposats, tal com s'indica en la figura.



83.

Una espira de radi $r=25\text{ cm}$ està sotmesa a un camp magnètic que és perpendicular a la superfície que delimita l'espira i de sentit entrant. En la gràfica següent es mostra el valor de la inducció magnètica B en funció del temps:



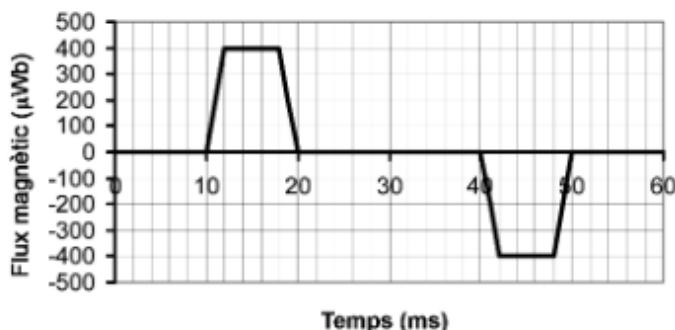
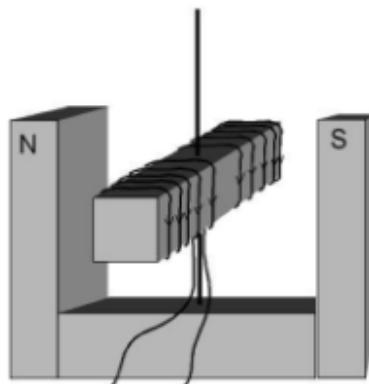
- a) Expliqueu raonadament si circula corrent elèctric per l'espira en cadascun dels intervals de temps indicats i determineu-ne, si s'escau, el sentit de circulació.
- b) Calculeu la intensitat de corrent elèctric en cada interval de temps, si la resistència de l'espira és 5Ω . Recordeu que la llei d'Ohm estableix que

$$I = \frac{\Delta V}{R}.$$

84.

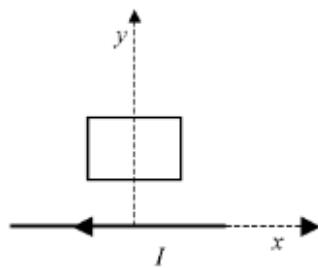
En la figura es mostra un dispositiu format per una barra de ferro que pot girar lliurement al voltant d'un eix vertical entre els pols d'un imant permanent de ferradura. Un fil elèctric aïllat envolta la barra.

- a) Fem circular un corrent continu pel fil elèctric en el sentit indicat en la figura. Dibuixeu les línies del camp magnètic generat per l'electroimant i expliqueu raonadament com es mourà la barra.
- b) Si fem girar la barra sense fer circular cap corrent elèctric, tenim un generador. En la gràfica es mostra la variació del flux magnètic (Φ) a través de la bobina en funció del temps quan la barra gira. Expliqueu raonadament en quins moments hi ha força electromotriu (FEM) induïda en les espires.



85.

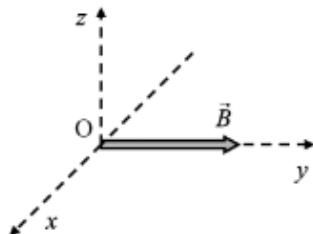
Tenim una espira a prop d'un fil rectilini indefinit, tal com indica la figura següent:



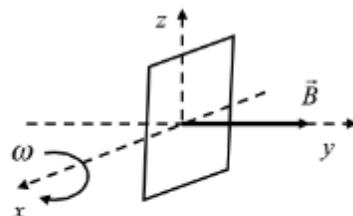
- a) Justifiqueu si apareixerà un corrent induït en l'espira si
 - la movem en la direcció x ;
 - la movem en la direcció y .
- b) Dibuixeu el camp magnètic creat pel fil rectilini indefinit i la força que actua sobre cada costat de l'espira, quan hi circula un corrent elèctric en sentit horari. De les dues forces que actuen sobre els dos costats paral·lels al fil rectilini indefinit, quina és la més gran? Justifiqueu la resposta.

86.

En una regió àmplia de l'espai hi ha un camp magnètic dirigit en la direcció de l'eix y , de mòdul $5,0 \cdot 10^{-5}$ T, tal com mostra la figura següent. Calculeu:



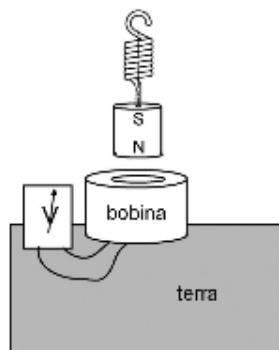
- a) El mòdul i el sentit que ha de tenir la velocitat d'un electró que es mou en la direcció de l'eix x , perquè la força magnètica sigui vertical (eix z), de mòdul igual que el pes de l'electró i de sentit contrari.
- b) Una espira quadrada de $0,025\text{ m}^2$ de superfície gira, en la regió on hi ha el camp magnètic anterior, amb una velocitat angular constant de 100π rad/s, al voltant d'un eix fix que passa per la meitat de dos dels seus costats opositos, tal com s'indica en la figura. Calculeu l'expressió de la força electromotriu induïda en funció del temps.



DADES: $m_{\text{electrò}} = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg; $q_{\text{electrò}} = -1,60 \cdot 10^{-19}$ C; $g = 9,80$ m/s².

87.

Un imant penja d'una molla sobre una bobina conductora, fixada a terra, i un voltímetre tanca el circuit de la bobina, tal com mostra la figura següent:



Quan es produeix un terratrèmol, l'imant es manté immòbil, mentre que la bobina puja i baixa seguint els moviments del terra.

a) Expliqueu què indicarà el voltímetre en les tres situacions següents:

1. El terra puja.
2. El terra baixa.
3. No hi ha cap terratrèmol (i el terra no es mou).

b) Si retirem el voltímetre i apliquem un corrent elèctric altern a la bobina, quin efecte es produirà en l'imant suspès a sobre? Justifiqueu la resposta.

88.

Per un fil conductor que podem considerar infinitament llarg circula un corrent elèctric ascendent. Tal com s'indica en la figura següent, prop del fil hi ha una espira rectangular amb dos costats paral·lels al fil.



1. Si augmenta la intensitat del corrent que circula pel fil,
 - a) a l'espira s'indueix un corrent elèctric en sentit horari.
 - b) a l'espira s'indueix un corrent elèctric en sentit antihorari.
 - c) a l'espira no s'indueix cap corrent elèctric.
2. Si mantenim constant la intensitat del corrent que passa pel fil i movem l'espira paral·lelament a si mateixa apropiant-la al fil conductor,
 - a) a l'espira s'indueix un corrent elèctric en sentit antihorari.
 - b) a l'espira s'indueix un corrent elèctric en sentit horari.
 - c) a l'espira no s'indueix cap corrent elèctric.

89.

Trobem una aplicació de la inducció electromagnètica en els aparells de soldadura elèctrica. En un d'aquests aparells desmuntat veiem dues bobines com les d'un transformador.

La bobina primària té 1 000 espires i la secundària en té 20. En la bobina secundària, feta d'un fil molt més gruixut, és on va connectat l'eletrode per a fer la soldadura.

Sabem, per les especificacions tècniques impreses en la màquina, que pel circuit secundari circula una intensitat de corrent de 100 A. Determineu:

- a) La tensió del circuit secundari quan es connecta la màquina, és a dir, quan es connecta el circuit primari a una tensió alterna de 220 V.
- b) La intensitat que circula pel circuit primari i la potència consumida per la màquina.

NOTA: Negligiu qualsevol tipus de dissipació d'energia.

90.

Un timbre funciona a 12,0 V de tensió i 0,200 A d'intensitat. Per tal de poder-lo connectar a la xarxa elèctrica i que funcioni correctament, disposa d'un transformador ideal que té 20 espires en el secundari.

- a) Connectem el primari del transformador a un corrent altern de 220 V. Calculeu quantes espires té el primari i quina intensitat de corrent hi circula.
- b) Si connectem el primari d'aquest transformador a un corrent continu de 24 V, quina intensitat de corrent circularà pel timbre? Justifiqueu la resposta.