Generalitat de Catalunya
Consell Interuniversitari de Catalunya
Oficina d'Accés a la Universitat

2022

Proves d'accés a la universitat

Física

Sèrie 3

Qualificació			TR
Problemes	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
Suma de notes parcials			
Qualificació final			

Etiqueta de l'alumne/a

Ubicació del tribunal .....

Número del tribunal .....

Etiqueta de qualificació

Etiqueta del corrector/a

Responeu a QUATRE dels vuit problemes següents. En el cas que respongueu a més problemes, només es valoraran els quatre primers.

Cada problema val 2,5 punts.

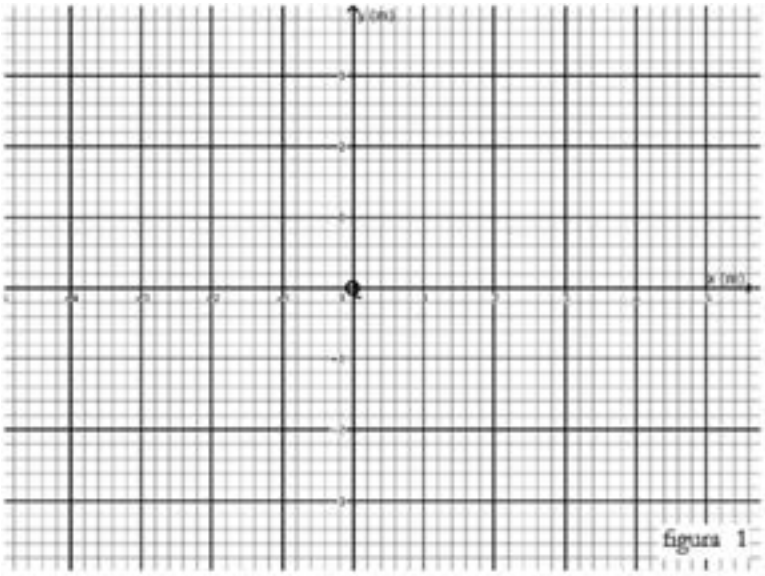
P1) El març del 2021 es va llançar el primer nanosatèl·lit de la Generalitat de Catalunya a l'espai. Els nanosatèl·lits tenen com a funció millorar les comunicacions, controlar els cabals dels cursos d'aigua i prevenir incendis. També contribueixen a la recerca i realització de missions espacials més àgils i econòmiques. Aquests nanosatèl·lits acostumen a orbitar a uns 500 km d'altura (distància respecte a la superfície de la Terra).

***a*)** Suposant que l'òrbita d'un d'aquests nanosatèl·lits és circular, a partir de la llei de la gravitació universal deduïu-ne l'expressió de la velocitat orbital en funció del radi orbital. Calculeu també la velocitat i el període orbitals d'aquests nanosatèl·lits.
[1,25 punts]

***b*)** Partint de la llei de la conservació de l'energia mecànica (negligiu la força de fregament), deduïu l'expressió de la velocitat de llançament necessària per a posar en òrbita un satèl·lit en funció del radi orbital. Calculeu la velocitat de llançament necessària per a posar en òrbita el nanosatèl·lit a 500 km d'altura.
[1,25 punts]

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N\ m^2\ kg^{-2}}$.
$M_{\mathrm{Terra}} = 5{,}98 \times 10^{24}\ \mathrm{kg}$.
$R_{\mathrm{Terra}} = 6{,}37 \times 10^{3}\ \mathrm{km}$.

P2) En la figura 1 adjunta, hem situat una càrrega puntual $Q = +1{,}00$ nC a l'origen de coordenades.



a) Determineu a quina distància de la càrrega el potencial és igual a 3,00 V, 6,00 V, 9,00 V i 12,0 V, respectivament. Representeu dins de la figura les línies equipotencials corresponents als potencials de 3,00 V, 6,00 V, 9,00 V i 12,0 V. Digueu si la distància entre les línies equipotencials és constant i quant val o valen aquestes distàncies.

[1,25 punts]

b) En la mateixa figura, representeu 8 línies de camp elèctric. Quin angle formen les línies de camp amb les línies equipotencials en el punt on es creuen?

[1,25 punts]

DADA: $k = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cong 9{,}00 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$.

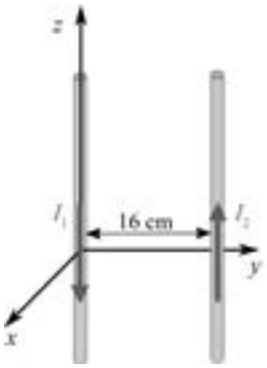
P3) El volcà Cumbre Vieja va entrar en erupció el 19 de setembre de 2021 a l'illa de La Palma. El so de l'erupció volcànica va ser mesurat per un equip de vulcanòlegs, que van detectar que estava format per diferents freqüències i que tenia un nivell d'intensitat sonora variant. Pel que fa al so que 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.

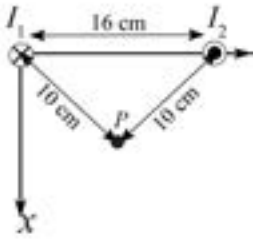
a) En un moment determinat de l'erupció del Cumbre Vieja, es va detectar que la freqüència fonamental del so que emetia era de 5,40 Hz. Calculeu la longitud d'ona d'aquest so. Dibuixeu el perfil de l'ona estacionària corresponent i calculeu la longitud del tub, que correspon a la longitud del tram de 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: $I_0 = 10^{-12}\ \mathrm{W\ m^{-2}}$.
La velocitat del so en l'aire és de 340 m/s.

P4) Dos fils conductors rectilinis molt llargs es troben situats paral·lels a l'eix z (perpendiculars al pla xy) i separats una distància de 16,0 cm. Pel fil 1 circula un corrent $I_1 = 1{,}50$ A dirigit cap avall i pel fil 2 circula un corrent $I_2 = 1{,}50$ A dirigit cap amunt.





a) Donat un punt P situat al pla xy i equidistant als dos fils (la distància a cada fil és de 10,0 cm), feu un esquema sobre el pla xy del camp magnètic creat per cada fil al punt P i justifiqueu la direcció i el sentit del camp. Quin és el sentit i la direcció del camp magnètic total al punt P? Justifiqueu la resposta.
[1,25 punts]

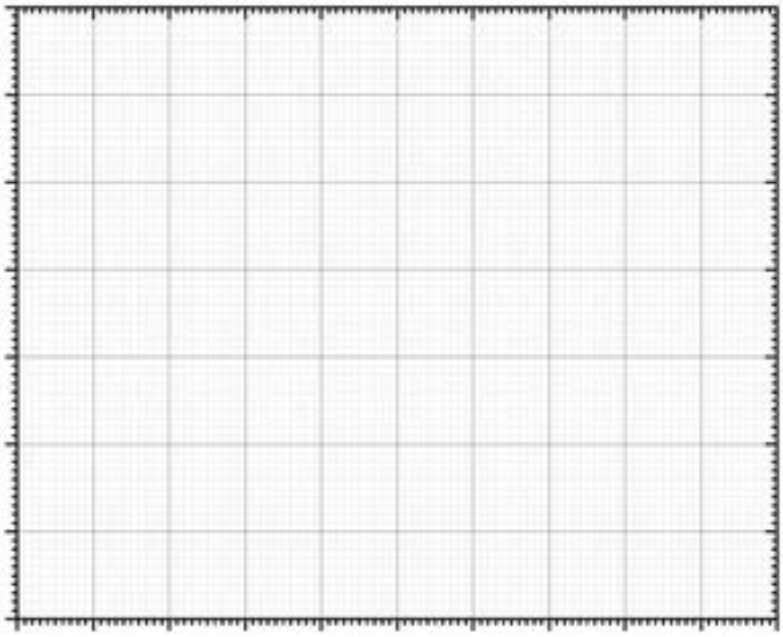
b) Calculeu la força per unitat de longitud que fa el fil 1 sobre el fil 2, és a dir, la força que fa el fil 1 sobre un tram d'1,00 m de longitud del fil 2. Indiqueu tant el mòdul com la direcció i el sentit de la força.
[1,25 punts]

DADES: El mòdul de camp magnètic creat per un fil infinit per on circula un corrent I a una distància r del fil és $B = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$.

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

P5) Per a mesurar la concentració de radó d'una estança, s'agafa una mostra de 180 cm^3 d'aire. Es col·loca la mostra dins d'un detector que compta el nombre total de desintegracions α. Considerem que totes les desintegracions provenen del radó 222, $^{222}_{86}Rn$. S'efectua un mesurament de les desintegracions durant 10 minuts cada dia, 10 dies seguits, i sempre a la mateixa hora. Les dades obtingudes són les següents:

t (dies)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N (nuclis desintegrats)	130	108	91	77	65	55	45	38	33	30



a) Representeu, dins la quadrícula adjunta, els nuclis desintegrats en funció del temps. A partir de la gràfica determineu el període de semidesintegració. Tenint en compte que l'evolució temporal del nombre de nuclis desintegrats és la mateixa que la del nombre total de nuclis de radó a l'estança, calculeu la constant de desintegració.
[1,25 punts]

b) Tenint en compte que un mesurament dura 10 minuts, quina activitat té la mostra de 180 cm^3 d'aire de l'estança el dia $t = 0$? L'Agència de Protecció Ambiental dels Estats Units (EPA) recomana no sobrepassar l'activitat de 4 pCi per litre d'aire. Segons aquest límit, és perillosa la concentració a $t = 0$ a l'estança d'on s'ha extret la mostra?
[1,25 punts]

DADA: $1\ Ci = 3{,}70 \times 10^{10}\ Bq$.

P6) S'observa que els fotons d'una determinada freqüència que incideixen sobre una superfície metàl·lica provoquen l'emissió d'electrons d'aquesta superfície.

***a*)** Si mantenim la intensitat de la llum constant i augmentem la freqüència dels fotons, com varia el nombre d'electrons emesos i l'energia d'aquests? Encercleu la resposta correcta dins del requadre següent i, a continuació, justifiqueu les dues respostes.

Nombre d'electrons emesos: Disminueix / Es manté constant / Augmenta
Energia dels electrons emesos: Disminueix / Es manté constant / Augmenta

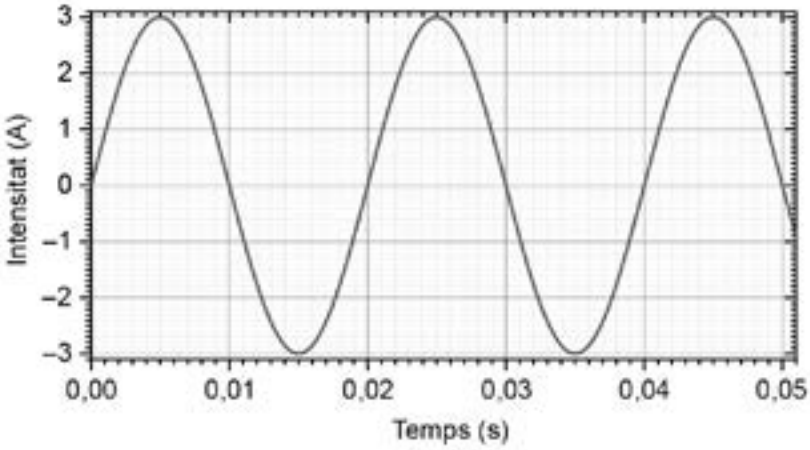
[1,25 punts]

***b*)** Determineu la funció de treball dels electrons emesos sabent que el potencial de frenada és de 0,29 V, quan la longitud d'ona incident és de 550 nm. Expresseu el resultat en eV.

[1,25 punts]

DADES: $1\ \text{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}\ \text{J}$.
$c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m s}^{-1}$.
$h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ \text{J s}$.

P7) Considereu un petit generador elèctric domèstic que està format per una bobina que pot girar tallant les línies de camp magnètic d'un imant fix. Aquest generador produeix el corrent altern representat en el gràfic següent:



a) A partir del gràfic, deduïu la freqüència de gir de la bobina (en Hz) i el valor de la intensitat màxima $I_{màx}$. Escriviu la funció $I(t)$ que descriu la relació entre la intensitat i el temps que mostra el gràfic.

[1,25 punts]

b) Per a poder connectar electrodomèstics a aquest generador elèctric, disposem d'un transformador. Connectem aquest corrent altern al primari d'un transformador. La bobina del primari del transformador té 124 voltes. Calculeu el nombre de voltes que són necessàries a la bobina del secundari per a obtenir una FEM eficaç (ε_{ef}) de 220 V. Suposeu que es tracta d'un transformador ideal. Es tracta d'un transformador elevador o reductor?

[1,25 punts]

P8) A principis dels anys seixanta del segle XX, els físics Robert Pound, Glen Anderson Rebka i Joseph Snider van verificar al Jefferson Physical Laboratory de Harvard la predicció d'Einstein que la gravetat canvia la freqüència de la llum. Entendre aquest efecte és essencial per a la navegació moderna, com per exemple per al funcionament del GPS. L'experiment consistia a mesurar la variació de freqüència d'uns fotons entre dos punts a diferent altura.

a) Calculeu la freqüència, la massa (vegeu la nota) i la quantitat de moviment dels fotons al terra del laboratori de l'experiment si tenen una energia de 14,4 keV.
[1,25 punts]

b) L'energia mecànica dels fotons és la suma de l'energia dels fotons i de l'energia potencial gravitatòria. A partir del principi de conservació de l'energia mecànica, calculeu la variació (en valor absolut) de l'energia i de la freqüència dels fotons entre dos punts separats verticalment 22,6 m. És a dir, entre el terra del laboratori i un altre punt a la mateixa vertical, 22,6 m més amunt. En quin punt el fotó té una freqüència més gran, quan es troba al terra o quan està 22,6 m per sobre del terra?
[1,25 punts]

NOTA: Tot i que la massa en repòs d'un fotó és zero, la seva massa efectiva quan és atret per les altres masses és: $m = \frac{E_{\text{fotó}}}{c^2}$.

DADES: $1\ \text{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}\ \text{J}$.
$c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m s}^{-1}$.
$h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ \text{J s}$.
$g = 9{,}81\ \text{m/s}^2$.

Etiqueta de l’alumne/a

Institut d’Estudis Catalans

L’Institut d’Estudis Catalans ha tingut cura de la correcció lingüística i de l’edició d’aquesta prova d’accés

Sèrie 3

Criteris generals d'avaluació i qualificació

1. Les respostes s'han d'ajustar a l'enunciat de la pregunta. Es valorarà sobretot que l'alumnat demostri que té clars els conceptes de caràcter físic sobre els quals tracta cada pregunta.

2. Es tindrà en compte la claredat en l'exposició dels conceptes, dels processos, dels passos que cal seguir, de les hipòtesis, l'ordre lògic, l'ús correcte dels termes científics i la contextualització segons l'enunciat.

3. En les respostes cal que l'alumnat mostri una adequada capacitat de comprensió de les qüestions plantejades i organitzi de manera lògica la resposta, tot analitzant i utilitzant les variables en joc. També es valorarà el grau de pertinença de la resposta, el que l'alumnat diu i les mancances manifestes sobre el tema en qüestió.

4. Totes les respostes s'han de raonar i justificar. Un resultat erroni amb un raonament correcte es valorarà. Una resposta correcta sense raonament ni justificació pot ser valorada amb un 0, si el corrector no és capaç de veure d'on ha sortit el resultat.

5. Tingueu en compte que un error no s'ha de penalitzar dues vegades en el mateix problema. Si un apartat necessita un resultat anterior, i aquest és erroni, cal valorar la resposta independentment del seu valor numèric, i tenir en compte el procediment de resolució.

6. Si la resolució presentada a l'examen és diferent però correcta i està d'acord amb els requisits de l'enunciat, s'ha d'avaluar positivament encara que no coincideixi amb la resolució donada a la pauta de correcció.

7. Un o més errors en les unitats d'un apartat restarà 0,25 punts en la qualificació d'aquest l'apartat. Es consideren errors d'unitats: ometre les unitats en els resultats (finals o intermedis), utilitzar unitats incorrectes per a una magnitud (tant en els resultats com en els valors intermedis) o operar amb magnituds d'unitats incompatibles (excepte en el cas d'un quocient on numerador i denominador tenen les mateixes unitats). Exemple: si l'apartat (a) val 1,25 punts i només s'ha equivocat en les unitats, l'haurem de puntuar amb 1 punt.

8. Un o més errors de càlcul en un apartat restarà 0,25 punts en la qualificació d'aquest apartat. Exemple: si l'apartat (a) val 1,25 punts i només s'ha equivocat en els càlculs, l'haurem de puntuar amb 1 punt.

9. Cal resoldre els exercicis fins al resultat final i no es poden deixar indicades les operacions.

10. Cal fer la substitució numèrica en les expressions que s'utilitzen per resoldre les preguntes.

11. Un resultat amb un nombre molt elevat de xifres significatives (6 xifres significatives) es penalitzarà amb 0,1 punts.

P1)

a)

0,2 p Segons la llei de gravitació universal, el mòdul de la força sobre un satèl·lit de massa m que orbita al voltant de la Terra amb un radi orbital r s'expressa com a:

$$F = G\,\frac{mM_T}{r^2}$$

0,2 p I la segona llei de Newton estableix que: $\vec{F} = m\vec{a}$

0,2 p D'altra banda, considerant que el satèl·lit descriu un moviment circular uniforme al voltant de la Terra, la seva acceleració centrípeta és: $a = \frac{v^2}{r}$

0,25 p Com que sobre el satèl·lit només hi actua la força de la gravetat:

$$G\,\frac{mM_T}{r^2} = m\frac{v^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{G\,\frac{M_T}{r}}$$

0,2 p La velocitat orbital del nanosatèl·lit és:

$$v = \sqrt{G\,\frac{M_T}{r}} = \sqrt{6{,}67\times10^{-11}\,\frac{5{,}98\times10^{24}}{6{,}37\times10^{6}+500\times10^{3}}} = 7620\ \text{m/s}$$

0,2 p I el període és:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi(6{,}37\times10^{6}+500\times10^{3})}{7620} = 5660\ \text{s}$$

b)

0,4 p Com que el camp gravitatori és conservatiu, l'energia mecànica del satèl·lit a la superfície de la Terra és igual a l'energia mecànica a l'òrbita.
De l'apartat anterior sabem la velocitat orbital:

$$v = \sqrt{G\,\frac{M_T}{r}}$$

0,1 p Per tant, l'energia cinètica per a una òrbita de radi r és:

$$E_c(r) = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}G\,\frac{M_T m}{r}$$

0,2 p L'energia potencial a l'òrbita és:

$$E_p(r) = -G\,\frac{M_T m}{r}$$

0,2 p I l'energia mecànica a l'òrbita és:

$$E_m(r) = E_c(r) + E_p(r) = -\frac{1}{2}G\,\frac{M_T m}{r}$$

0,1 p A la superfície de la Terra, l'energia potencial és:

$$E_p(R_T) = -G\,\frac{M_T m}{R_T}$$

I si igualem les energies mecàniques obtenim:

$$\frac{1}{2}mv^2 - G\,\frac{M_T m}{R_T} = -\frac{1}{2}G\,\frac{M_T m}{r} \Rightarrow \frac{1}{2}v^2 = GM_T\left(\frac{1}{R_T} - \frac{1}{2r}\right)$$

0,1 p I, finalment, si aïllem la velocitat obtenim:

$$v = \sqrt{GM_T\left(\frac{2}{R_T} - \frac{1}{r}\right)}$$

0,15 p Per al nanosatèl·lit:

$$v = \sqrt{6{,}67 \times 10^{-11} \cdot 5{,}98 \times 10^{24}\left(\frac{2}{6{,}37 \times 10^6} - \frac{1}{6{,}37 \times 10^6 + 500 \times 10^3}\right)} = 8200\ \mathrm{m/s}$$

P2)

a)

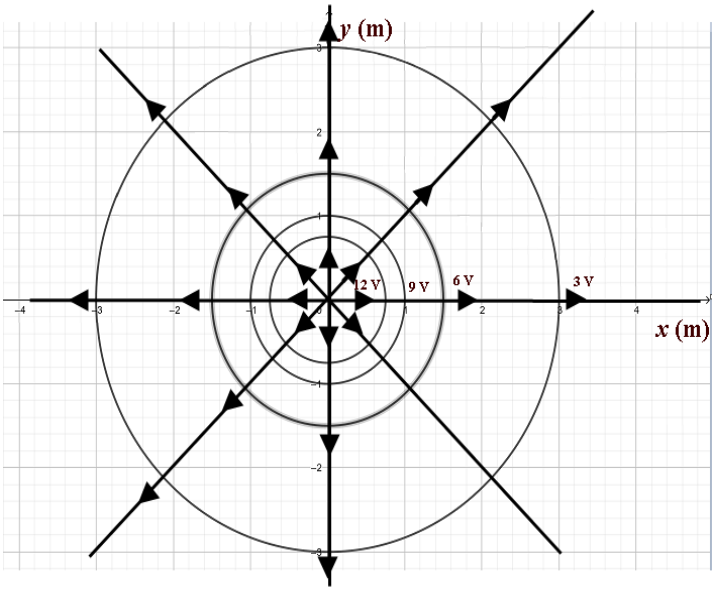
0,1 p El potencial s'expressa com a:

$$V = k\frac{q}{r} \Longrightarrow r = k\frac{q}{V}$$

0,4 p $r_1 = k\frac{Q}{V_1} = 9\times10^9\frac{1\times10^{-9}}{3} = 3\text{ m}, r_2 = k\frac{Q}{V_2} = 9\times10^9\frac{1\times10^{-9}}{6} = 1{,}5\text{ m},$

$r_3 = k\frac{Q}{V_3} = 9\times10^9\frac{1\times10^{-9}}{9} = 1\text{ m i } r_4 = k\frac{Q}{V_4} = 9\times10^9\frac{1\times10^{-9}}{12} = 0{,}75\text{ m}.$

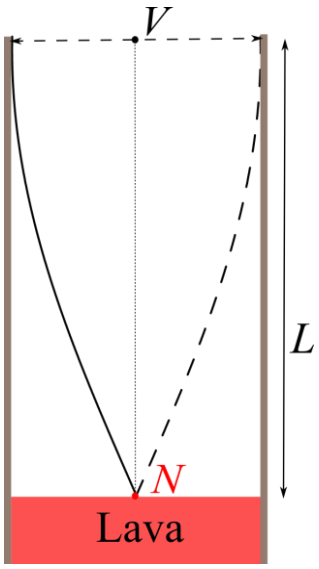
0,5 p Per a la representació correcta de la projecció de les superfícies equipotencials, si aquestes no són circumferències, es restaran 0,25 punts. Si no estan a la distància correcta, es restaran 0,25 punts.



0,25 p La distància entre les superfícies equipotencials no és constant. Són, respectivament, 1,5 m, 0,5 m i 0,25 m.

P3)

a)



0,4 p $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{5{,}4} = 63{,}0 \text{ m}$

0,4 p Dibuix correcte, indicat el node en contacte amb la lava i el ventre i a l'extrem obert.

0,45 p $L = \frac{\lambda}{4} = \frac{63}{4} = 15{,}7 \text{ m}$

b)

Todoque: $\beta_1 = 72$ dB i $r_1 = 5{,}22 \times 10^3$ m

0,4 p Intensitat sonora a Todoque, I_1

$$\beta_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} \Rightarrow \frac{\beta_1}{10} = \log \frac{I_1}{I_0} \Rightarrow I_1 = I_0 10^{\beta_1/10} = 1{,}58 \times 10^{-5} \text{ W m}^{-2}$$

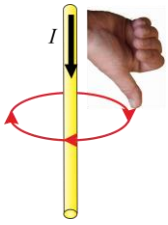
0,6 p Intensitat sonora a El Hierro, I_2

$$I = \frac{\text{Potència}}{\text{A}} \Rightarrow I_1 A_1 = I_2 A_2 \Rightarrow I_2 = I_1 \frac{A_1}{A_2} = I_1 \frac{r_1^2}{r_2^2} = 1{,}58 \times 10^{-5} \frac{(5{,}22 \times 10^3)^2}{(92{,}3 \times 10^3)^2}$$

$$= 5{,}07 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2}$$

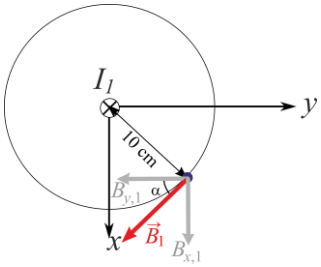
0,25 p $\beta_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} = 10 \log \frac{5{,}07 \times 10^{-8}}{10^{-12}} = 47{,}0 \text{ dB}$

P4)



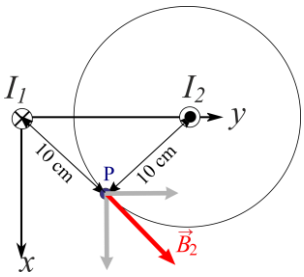
a)

0,4 p Primer determinarem la direcció i el sentit del camp magnètic creat pel fil (1). Sabem que les línies de camp són circumferències en el pla *xy* centrades en el fil, i el sentit es determina amb la mà dreta posant el dit polze en el mateix sentit que el corrent, com s'indica a la figura.



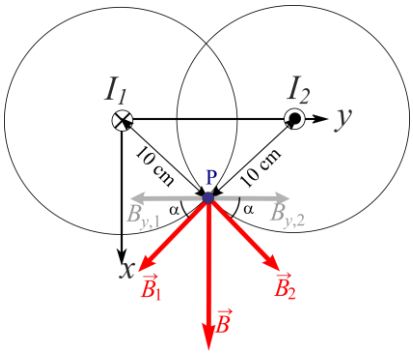
Com que el camp magnètic és tangent a les línies i té el mateix sentit, el camp magnètic creat pel fil (1) té la direcció i el sentit indicats a la figura. Noteu que, com que és tangent a la circumferència, és perpendicular al radi. Aquest camp magnètic té dues components segons els eixos *x* i *y*, o el que és equivalent, forma un cert angle α amb l'eix *y*.

0,4 p Seguint el mateix raonament anterior i tornant a aplicar la regla de la mà dreta, es veu immediatament que el sentit i la direcció del camp magnètic creat pel fil 2 al punt P són els indicats a la figura adjunta.



0,2 p Els mòduls dels camps B_1 i B_2 són iguals, atès que el corrent que circula pels dos fils és el mateix i el punt és equidistant als dos fils.

0,25 p A més, com que el punt *P* és equidistant als dos cables, llavors per simetria els vectors $\vec{B}_1$ i $\vec{B}_2$ formen el mateix angle α respecte a l'eix *y*, i com que $|B_y| = B\cos(\alpha)$, llavors $|B_{y,1}| = |B_{y,1}|$. A més, de l'anàlisi anterior de la direcció i el sentit dels camps $\vec{B}_1$ i $\vec{B}_2$, tenim que $B_{y,2} = -B_{y,1}$. En canvi, les dues components en l'eix de les *x* són positives. Per tant, quan fem la suma vectorial, les components en la direcció *y* es cancel·len mútuament, de manera que només ens queda la suma de les components en la direcció *x*:



b)

0,4 p Primer calcularem la magnitud del camp magnètic:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 1{,}5}{2\pi \cdot 0{,}16} = 1{,}875 \times 10^{-6}\ \mathrm{T}$$

0,25 p Si apliquem la regla de la mà dreta, el camp magnètic va dirigit segons l'eix *x* i en la direcció positiva:

$$\vec{B}_1 = 1{,}875 \times 10^{-6}\vec{\imath}\ \mathrm{T}$$

0,35 p Seguidament, calcularem el mòdul de la força:

$$\vec{F}_m = I(\vec{l} \times \vec{B}_1)$$

El camp magnètic va dirigit segons l'eix *x*, mentre que $\vec{l}$ va dirigit segons l'eix *z*; per tant, són perpendiculars i el mòdul de la força per unitat de longitud serà:

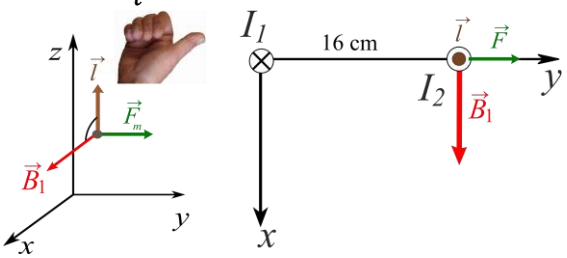
$$F_m = IlB_1 \Rightarrow \frac{F_m}{l} = IB_1 = 2{,}81 \times 10^{-6}\ \mathrm{N/m}$$

També es considerarà correcte que es doni com a resultat la força aplicada sobre un metre de fil:

$$F_m = IlB_1 = 1{,}5\mathrm{A} \cdot 1\mathrm{m} \cdot 1{,}875 \times 10^{-6}\ \mathrm{T} = 2{,}81 \times 10^{-6}\ \mathrm{N}$$

0,25 p Finalment, la direcció de $\vec{F}_m$ és perpendicular tant a $\vec{l}$, eix *z*, com a $\vec{B}_1$, eix *x*; per tant, $\vec{F}_m$ va dirigida segons l'eix *y*. El sentit el determinem a partir de la regla de la mà dreta:

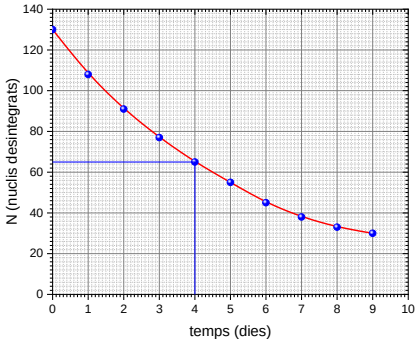
$$\frac{\vec{F}_m}{l} = 2{,}81 \times 10^{-6}\,\vec{\jmath}\ \mathrm{N/m}$$



P5)

a)

0,45 p



Si no s'indiquen els títols als eixos, cal restar 0,1 punts.
Si no s'indiquen les unitats als eixos, cal restar 0,25 punts.
Si no està ben escalat o la representació és deficient, cal restar 0,2 punts.
En cap cas, la valoració de la representació gràfica no pot ser negativa, ha d'estar puntuada de 0 a 0,45.

0,4 p Del gràfic obtenim $T_{1/2} = 4$ dies.

0,4 p $N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \Longrightarrow \lambda = -\frac{\ln 0{,}5}{T_{\frac{1}{2}}} = 0{,}173 \text{ dies}^{-1} = 2{,}00 \times 10^{-6}\ \text{s}^{-1}$$

b)

0,1 p De la taula $N_0 = 130$ per cada 10 minuts, $\Delta t = 600$ s

0,55 p

$$A_0 = \frac{N_0}{\Delta t} = 0{,}217 \text{ Bq}$$

0,20 p La concentració és:

$$C_0 = \frac{A_0}{V} = \frac{0{,}217}{180 \times 10^{-6}} = 1200 \text{ Bq/m}^3$$

0,20 p I la concentració límit segons l'EPA és:

$$C_{lim} = 4\,\frac{\text{pCi}}{\text{litre}}\,\frac{10^{-12}\text{ Ci}}{1\text{ pCi}}\,\frac{3{,}70 \times 10^{10}\text{ Bq}}{1\text{ Ci}}\,\frac{10^3\text{ litres}}{1\text{ m}^3} = 148 \text{ Bq/m}^3$$

0,20 p

$$\frac{C_0}{C_{lim}} = \frac{1200}{148} = 8{,}1$$

La concentració de l'estança és 8 vegades superior a la recomanada per l'EPA; per tant, és perillosa.

P6)

a)

0,65 p L'efecte fotoelèctric es produeix per la transferència d'energia dels fotons als electrons. Si la intensitat de llum és constant, el nombre d'electrons emesos serà el mateix, perquè el nombre de fotons que arriba a la superfície és el mateix.
Nombre d'electrons emesos: Es manté constant
0,6 p En augmentar la freqüència dels fotons també augmenta l'energia que transfereixen als electrons i, per aquest motiu, l'energia dels electrons emesos serà més gran.
Energia dels electrons emesos: Augmenta

b)

0,3 p Balanç d'energia: $E_C = hf - W_0 \Rightarrow W_0 = hf - E_C$
0,3 p El potencial de frenada ens permet calcular l'energia necessària per aturar els electrons i, per tant, l'energia cinètica que adquireixen els electrons:

$$E_C = e \times V_{frenada} = 0{,}29 \text{ eV} \frac{1{,}602 \times 10^{-19}\text{J}}{1 \text{ eV}} = 4{,}64 \times 10^{-20} \text{ J}$$

0,3 p La freqüència dels fotons és:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3{,}00 \times 10^{8}}{550 \times 10^{-9}} = 5{,}45 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

0,35 p I el balanç energètic dona:

$$W_0 = hf - E_C = 3{,}62 \times 10^{-19} - 4{,}64 \times 10^{-20} = 3{,}15 \times 10^{-19} \text{ J} \frac{1 \text{ eV}}{1{,}602 \times 10^{-19}\text{J}} = 1{,}97 \text{ eV}$$

O directament en eV:

$$W_0 = hf - E_C = 3{,}62 \times 10^{-19} J \frac{1 \text{ eV}}{1{,}602 \times 10^{-19}\text{J}} - 0{,}29 \text{ eV} = 1{,}97 \text{ eV}$$

P7)

Per resoldre el segon apartat, calia saber la tensió eficaç o màxima del generador. Com que aquesta dada no apareix a l'enunciat, la qualificació de l'apartat (a) és de 2,5.

a)

0,5 p A partir del gràfic podem veure que el període és: $T = 0{,}02$ s

0,6 p Llavors, la freqüència és:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0{,}02} = 50{,}0 \text{ Hz}$$

0,6 p A partir del gràfic podem veure que la intensitat màxima és:

$$I_{màx} = 3{,}0 \text{ A}$$

0,2 p La freqüència angular és:

$$\omega = 2\pi f = 100\pi \text{ rad/s}$$

Primera opció

0,2 p $I(t) = I_{màx}\, cos(\omega t + \varphi_0)$

0,2 p Inicialment, $I(t = 0) = 0$

$$0 = cos(\varphi_0) \Rightarrow \varphi_0 = ArcCos(0) = \pi/2 \text{ rad.}$$

0,2 p Finalment, l'equació és:

$I(t) = 3\, cos\left(100\pi\, t + \frac{\pi}{2}\right)$, I en A i t en s.

Alternativament:

0,2 p $I(t) = I_{màx}\, sin(\omega t + \varphi_0)$

0,2 p Inicialment, $I(t = 0) = 0$

$$0 = sin(\varphi_0) \Rightarrow \varphi_0 = ArcSin(0) = 0.$$

0,2 p Finalment, l'equació és:

$I(t) = 3\, sin(100\pi\, t)$, I en A i t en s.

P8)

a)

0,35 p L'energia del fotó en eV és:

$$E_{fotó} = 14{,}4 \times 10^3 \text{ eV} \frac{1{,}602 \times 10^{-19} \text{J}}{1 \text{ eV}} = 2{,}31 \times 10^{-15} \text{ J}$$

0,3 p La freqüència del fotó és:

$$f = \frac{E_{fotó}}{h} = \frac{2{,}31 \times 10^{-15}}{6{,}63 \times 10^{-34}} = 3{,}48 \times 10^{18} \text{ Hz}$$

0,3 p La massa és:

$$m = \frac{E_{fotó}}{c^2} = \frac{2{,}31 \times 10^{-15}}{(3{,}00 \times 10^8)^2} = 2{,}56 \times 10^{-32} \text{ kg}$$

0,3 p I la quantitat de moviment és:

$$p = mc = 2{,}56 \times 10^{-32} \cdot 3{,}00 \times 10^8 = 7{,}69 \times 10^{-24} \text{ kg m s}^{-1}$$

b)

0,2 p L'energia mecànica d'un fotó és la suma de l'energia cinètica i potencial gravitatòria:

$$E_m = E_P + E_C = mgh + hf$$

0,4 p Si imposem la conservació de l'energia, tenim que la diferència d'energia dels fotons és:

$$E_{m,0} = E_{m,f} \Rightarrow mgh_0 + hf_0 = mgh_f + hf_f$$

$$\Delta E_{fotó} = hf_f - hf_0 = mgh_0 - mgh_f = 5{,}68 \times 10^{-30} \text{ J}$$

Hem considerat com a punt inicial el punt elevat i, com a punt final, el punt més baix, per obtenir una variació positiva. En tot cas, el signe no és rellevant, atès que es demana el valor absolut de la variació d'energia i freqüència.

0,4 p I la variació de la freqüència és:

$$\Delta f = \frac{\Delta E_{fotó}}{h} = \frac{5{,}68 \times 10^{-30}}{6{,}63 \times 10^{-34}} = 8{,}570 \times 10^3 \text{ Hz}$$

0,25 p Atès que l'energia mecànica és la mateixa, i l'energia potencial gravitatòria és més gran en el punt elevat, l'energia del fotó i la seva freqüència seran més petites al punt més elevat. Per tant, el fotó té una freqüència més gran quan està a terra.