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:

$$v = \sqrt{G\,\frac{M_T}{r}} = \sqrt{6{,}67 \times 10^{-11}\,\frac{5{,}98 \times 10^{24}}{6{,}37 \times 10^6 + 500 \times 10^3}} = 7620\ \mathrm{m/s}$$

0,2 p I el període és:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi(6{,}37 \times 10^6 + 500 \times 10^3)}{7620} = 5660\ \mathrm{s}$$

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:

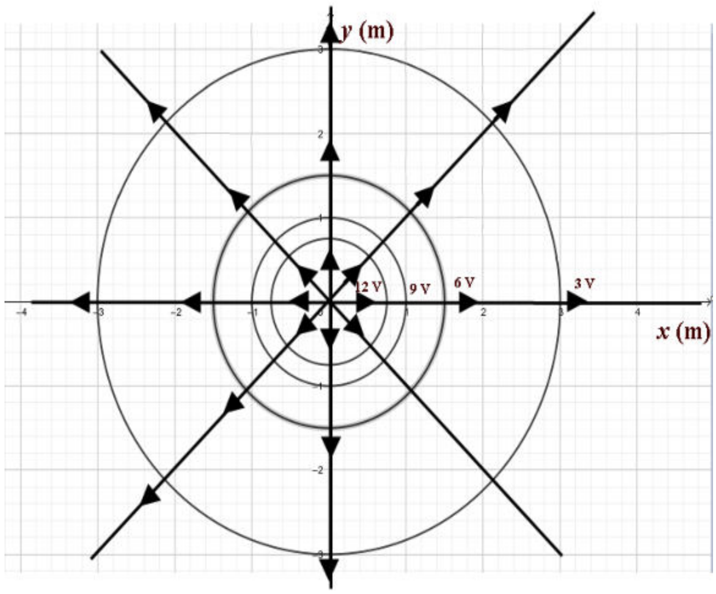
$$V = k\frac{q}{r} \Longrightarrow r = k\frac{q}{V}$$

0,4 p $r_1 = k\frac{Q}{V_1} = 9 \times 10^9 \frac{1\times 10^{-9}}{3} = 3$ m, $r_2 = k\frac{Q}{V_2} = 9 \times 10^9 \frac{1\times 10^{-9}}{6} = 1{,}5$ m,

$r_3 = k\frac{Q}{V_3} = 9 \times 10^9 \frac{1\times 10^{-9}}{9} = 1$ m i $r_4 = k\frac{Q}{V_4} = 9 \times 10^9 \frac{1\times 10^{-9}}{12} = 0{,}75$ m.

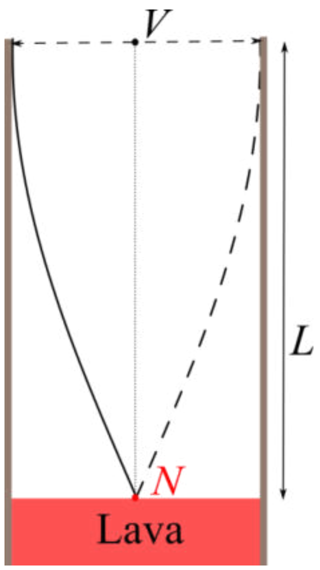
0,5 p Per a la representació correcta de la projecció de les superfícies equipotencials, si aquestes no són circumferències, es restaran 0,25 punts. Si no estan a la distància correcta, es restaran 0,25 punts.

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

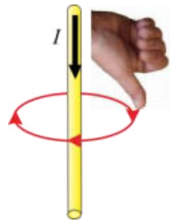
$$I = \frac{\text{Potència}}{\text{A}} \Rightarrow I_1 A_1 = I_2 A_2 \Rightarrow I_2 = I_1 \frac{A_1}{A_2} = I_1 \frac{r_1^2}{r_2^2} = 1,58 \times 10^{-5} \frac{(5,22 \times 10^3)^2}{(92,3 \times 10^3)^2}$$

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

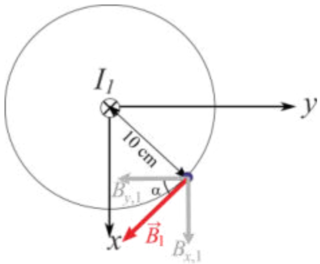
0,25 p $\beta_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} = 10 \log \frac{5,07 \times 10^{-8}}{10^{-12}} = 47,0 \text{ dB}$

P4)

a)

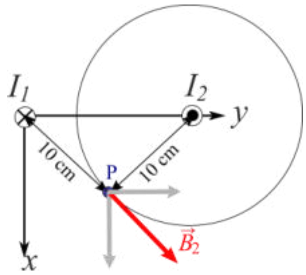


0,4 p Primer determinarem la direcció i el sentit del camp magnètic creat pel fil (1). Sabem que les línies de camp són circumferències en el pla *xy* centrades en el fil, i el sentit es determina amb la mà dreta posant el dit polze en el mateix sentit que el corrent, com s'indica a la figura.



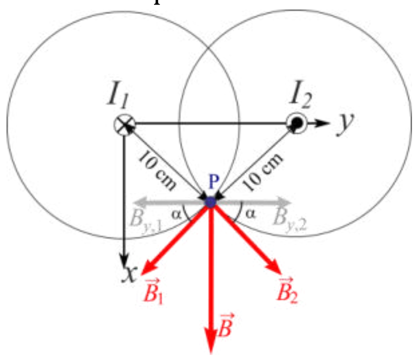
Com que el camp magnètic és tangent a les línies i té el mateix sentit, el camp magnètic creat pel fil (1) té la direcció i el sentit indicats a la figura. Noteu que, com que és tangent a la circumferència, és perpendicular al radi. Aquest camp magnètic té dues components segons els eixos *x* i *y*, 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:

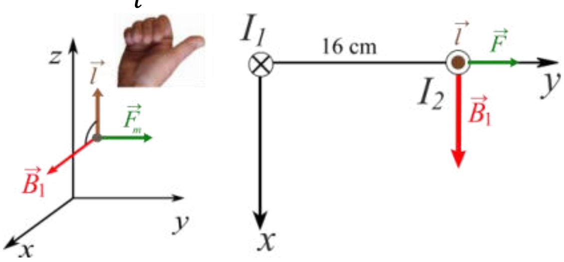
$$F_m = IlB_1 \Rightarrow \frac{F_m}{l} = IB_1 = 2{,}81 \times 10^{-6}\ \mathrm{N/m}$$

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:

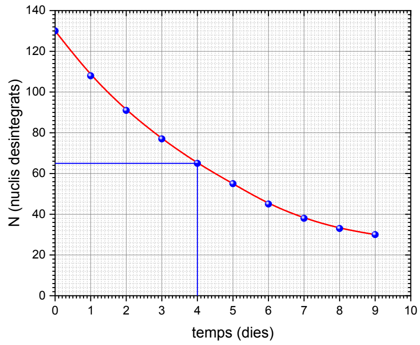
$$\frac{\vec{F}_m}{l} = 2{,}81 \times 10^{-6} \vec{\jmath}\ \mathrm{N/m}$$



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.