



SÈRIE 2

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 demostrï 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 a seguir, de les hipòtesis, l'ordre lògic, l'ús correcte dels termes científics i la conceptualització segons l'enunciat.*
3. *En les respostes cal que l'alumnat mostri una adequada capacitat de comprensió de les qüestions plantejades i organitzi de forma 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. *Les respostes s'han de raonar i justificar. Un resultat erroni amb un raonament correcte es valorarà. Una resposta correcta sense raonament ni justificació es pot valorar amb un 0.*
5. *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 requeriments 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 d'unitats o no posar-les (resultats intermedis i finals) en un problema es penalitzaran amb 0,25 punts en aquest problema.*
8. *Cal resoldre els exercicis fins al final i no es poden deixar indicades les operacions.*
9. *Cal fer la substitució numèrica en les expressions que s'utilitzen per resoldre les preguntes.*
10. *Un o més resultat amb un nombre molt elevat de xifres significatives (6 xifres significatives) o amb només una xifra significativa es penalitzarà amb 0,1p en aquest problema..*



EXERCICI 1

a)

0,5 p Segons la llei de la gravitació universal, el mòdul de la força sobre el satèl·lit per l'atracció de la Terra és:

$$F = G \frac{m_s M_T}{r^2}$$

La segona llei de Newton estableix que: $\vec{F} = m_s \vec{a}$

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

Com que sobre el satèl·lit només actua la força de la gravetat:

$$G \frac{m_s M_T}{r^2} = \frac{m_s v^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{G \frac{M_T}{r}}$$

0,25 p El radi $r = R_T + h = (6370 + 550) \text{ km} = 6,92 \times 10^6 \text{ m}$.

Utilitzant l'expressió, obtenim el valor de la velocitat orbital per al satèl·lit:

$$v = \sqrt{G \frac{M_T}{r}} = \sqrt{6,67 \times 10^{-11} \frac{5,98 \cdot 10^{24}}{6,92 \cdot 10^6}} = 7,59 \times 10^3 \text{ m/s}$$

0,5 p El nombre de voltes al voltant de la Terra que fa el satèl·lit durant un dia. Hem de comparar els dos temps.

$$\text{El període del satèl·lit: } T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi \cdot 6,92 \cdot 10^6}{7,59 \cdot 10^3} = 5,73 \times 10^3 \text{ s}$$

I un dia amb segons: $t_{dia} = 24 \text{ h} \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 8,64 \times 10^4 \text{ s}$

I el nombre de voltes: $n_{voltes} = \frac{t_{dia}}{T} = \frac{86,4 \times 10^3}{5,73 \times 10^3} = 15,1 \text{ voltes}$

b)

0,75 p L'energia mecànica és la suma de l'energia cinètica i potencial:

$$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2} m_s v^2 - G \frac{m_s M_T}{r} = \frac{1}{2} m_s G \frac{M_T}{r} - G \frac{m_s M_T}{r} = -\frac{1}{2} G \frac{m_s M_T}{r}$$

0,25 p Calculem l'energia mecànica a l'òrbita de 530 km d'alçada:

$$\text{radi } r = 6,37 \times 10^6 + 5,3 \cdot 10^5 = 6,90 \times 10^6 \text{ m}$$

I utilitzant l'expressió, obtenim el valor de l'energia mecànica per al satèl·lit:

$$E_m = -\frac{1}{2} G \frac{m_s M_T}{r} = -\frac{1}{2} 6,67 \times 10^{-11} \frac{227 \times 5,98 \times 10^{24}}{6,90 \times 10^6} = -6,56 \times 10^9 \text{ J}$$

0,25 p El signe negatiu de l'energia mecànica indica que el satèl·lit està seguint una òrbita tancada (o lligada) al voltant de la Terra.



EXERCICI 2, opció 1

a)

Per puntuar aquest exercici cal tenir present que es demana una representació qualitativa, per tant, no es demana precisió sinó que quan l'estudiant dibuixi les línies de camp i equipotencials, tingui cura dels detalls que s'indiquen a continuació:

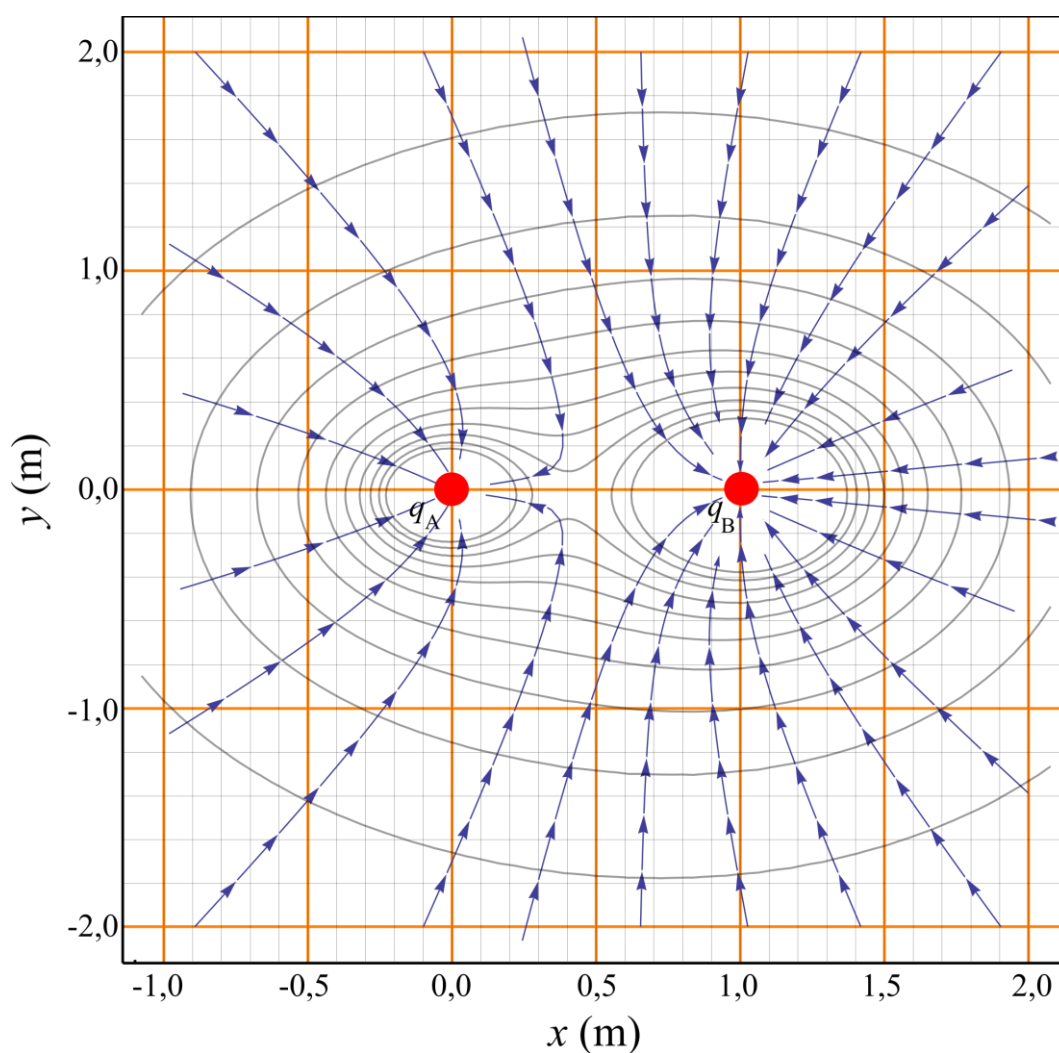
0,25 p Les dues càrregues estan situades correctament segons les coordenades donades a l'enunciat.

0,25 p Les línies de camp apunten cap a les càrregues i totes es dirigeixen cap a una de les dues càrregues puntuals.

0,25 p El nombre de línies de camp que es dirigeixen a la càrrega q_B és aproximadament el doble de línies que convergeixen a q_A .

0,25 p Les línies equipotencials són aproximadament perpendiculars a les línies de camp.

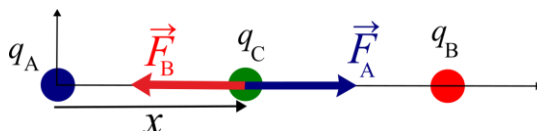
0,25 p Les línies equipotencials són més properes entre elles quan ens acostem a les càrregues puntuals.





b)

0,5 p Com que la força que fan les dues càrregues és repulsiva, cal situar la càrrega q_C entre q_A i q_B .



Com que les dues forces tenen la mateixa direcció i sentits oposats, la condició d'equilibri correspon a igualar els mòduls de les dues forces:

$$k \frac{q_A q_C}{x^2} = k \frac{q_B q_C}{(1-x)^2}.$$

Simplificant:

$$\frac{q_A}{x^2} = \frac{q_B}{(1-x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{2}{(1-x)^2} \Rightarrow (1-x)^2 = 2x^2 \Rightarrow x^2 + 2x - 1 = 0$$

L'equació anterior té dues solucions, però només la positiva és correcta:

$$x = -1 + \sqrt{2} = 0,414 \text{ m}$$

0,5 p El treball que fa el camp elèctric és igual a menys la variació d'energia potencial:

$$W = -\Delta U = -q_C(V_f - V_i)$$

El potencial inicial és:

$$V_i = k \left(\frac{q_A}{x} + \frac{q_B}{1-x} \right) = 8,99 \times 10^9 \left(\frac{-2 \times 10^{-6}}{0,414} + \frac{-4 \times 10^{-6}}{0,586} \right) = -1,048 \times 10^5 \text{ V}$$

El potencial final és:

$$V_f = k \left(\frac{q_A}{x} + \frac{q_B}{1-x} \right) = 8,99 \times 10^9 \left(\frac{-2 \times 10^{-6}}{0,5} + \frac{-4 \times 10^{-6}}{0,5} \right) = -1,079 \times 10^5 \text{ V}$$

Així el treball és:

$$W = -\Delta U = -q_C(V_f - V_i) = -2,47 \times 10^{-2} \text{ J}$$

0,25 p El treball que fa el camp elèctric és negatiu, és a dir, el camp elèctric s'oposa al desplaçament, per tant, ha calgut aplicar una força externa per traslladar la càrrega q_C des del punt inicial fins al punt final.



EXERCICI 2, opció 2

a)

0,5 p El flux del camp magnètic és el producte escalar del camp magnètic per l'àrea de l'espira:

$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{S}$$

Com que $\vec{B}$ i $\vec{S}$ tenen la mateixa direcció: $|\phi| = B \cdot S$.

Nota per als correctors: no es penalitzarà el fet que l'estudiant utilitzi directament l'expressió $|\phi| = B \cdot S$ sense justificar-la.

0,25 p A $t = 1$ s l'espira haurà avançat una distància $x = vt = 5$ cm, i, per tant, $S = 5 \times 10 = 50 \text{ cm}^2$, llavors el flux és:

$$|\phi|(t = 1s) = B \cdot S = 5 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-4} = 2,5 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

0,25 p A $t = 5$ s l'espira haurà avançat una distància $x = vt = 25$ cm, l'espira és totalment dins del camp, per tant, $S = 10 \times 10 = 100 \text{ cm}^2$, llavors el flux és:

$$|\phi|(t = 5s) = B \cdot S = 5 \times 10^{-3} \times 100 \times 10^{-4} = 5,0 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

0,25 p A $t = 7$ s l'espira haurà avançat una distància $x = vt = 35$ cm, només 5 cm estan dins el camp magnètic i, per tant, $S = 5 \times 10 = 50 \text{ cm}^2$, llavors el flux és:

$$|\phi|(t = 7s) = B \cdot S = 5 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-4} = 2,5 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

b)

0,5 p Segons la llei de Faraday només s'induirà una fem quan el flux variï, és a dir, quan la superfície de la bobina dins de la zona on hi ha camp magnètic variï, per tant, serà durant dos intervals de temps:

- Mentre està entrant de $t=0$ s fins a $t=2$ s, atès que triga 2 s en entrar totalment dins la zona on hi ha camp magnètic. En aquest cas $S = l \cdot v \cdot t$, on és l la longitud del costat.

$$\phi(t) = B \cdot S = B \cdot l \cdot v \cdot t$$

$$\varepsilon = \left| \frac{d\phi}{dt} \right| = B \cdot l \cdot v = 5 \times 10^{-3} \times 0,1 \times 0,05 = 2,5 \times 10^{-5} \text{ V}$$

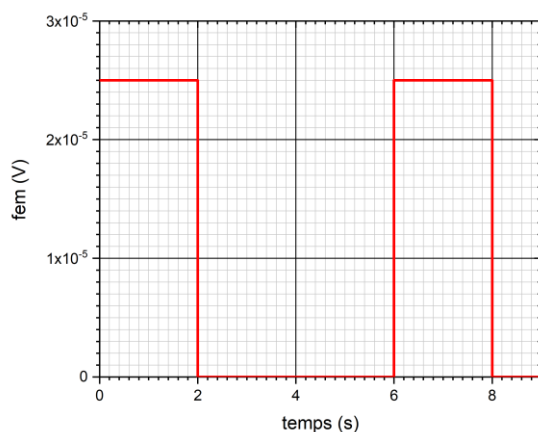
- Mentre està sortint de $t=6$ s (comença a sortir quan ha recorregut 30 cm) fins a $t=8$ s (surto totalment quan ha recorregut 40 cm). En aquest cas $S = l \cdot (0,4 - v \cdot t)$

$$\phi(t) = B \cdot S = B \cdot l \cdot (0,4 - v \cdot t)$$

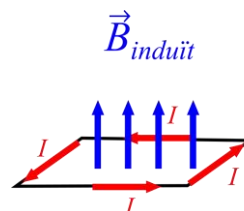
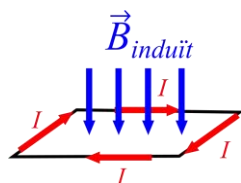
$$\varepsilon = \left| \frac{d\phi}{dt} \right| = B \cdot l \cdot v = 5 \times 10^{-3} \times 0,1 \times 0,05 = 2,5 \times 10^{-5} \text{ V}$$

Nota per als correctors: també es considerarà correcte que justifiqui que el valor absolut entrant és igual que el valor absolut sortint atès que es mou a velocitat constant. També es considerarà correcte l'ús de diferencials.

0,25 p De 2 a 6 s l'espira està totalment immersa dins la zona on hi ha camp magnètic, per tant, el flux és constant i la fem és nul·la. Per $t > 8$ s l'espira està totalment fora de la zona on hi ha camp magnètic, per tant, el flux tampoc varia i la fem és nul·la.



0,25 p Quan entra, de $t=0$ s a 2 s, el flux augmenta, per tant, el camp magnètic induït s'oposa al camp magnètic existent, i segons la regla de la mà dreta el corrent circula en sentit antihorari.



0,25 p Quan surt, de $t=6$ s a 8 s, el flux disminueix, per tant, el camp magnètic induït és paral·lel al camp magnètic existent, i segons la regla de la mà dreta el corrent circula en sentit horari.



EXERCICI 3, opció 1

a)

1,0 p El nivell d'intensitat sonora està definit com:

$$\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

I la intensitat sonora és:

$$I = I_0 10^{\frac{\beta}{10}}$$

I la relació d'intensitats sonores és:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{10^{\frac{\beta_1}{10}}}{10^{\frac{\beta_2}{10}}} = 10^{\left(\frac{\beta_1}{10} - \frac{\beta_2}{10}\right)} = 10^{\frac{3}{10}} = 10^{0,3} = 1,995$$

D'altra banda, la relació entre les dues intensitats és:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{P/4\pi r_1^2}{P/4\pi r_2^2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \Rightarrow r_2 = r_1 \sqrt{\frac{I_1}{I_2}}$$

i

$$r_1 = \sqrt{15^2 + 5^2} = 15,8 \text{ m}$$

Llavors:

$$r_2 = r_1 \sqrt{\frac{I_1}{I_2}} = 15,8 \sqrt{1,995} = 22,3 \text{ m}$$

0,25 p Per altra banda:

$$r_2 = \sqrt{20^2 + h_2^2} = 22,3 \text{ m} \Rightarrow h_2 = \sqrt{22,3^2 - 20^2} = 9,94 \text{ m}$$

Alternativament,

0,25 p es pot calcular primer les intensitats:

$$I_1 = I_0 10^{\frac{\beta_1}{10}} = 3,162 \times 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}, I_2 = I_0 10^{\frac{\beta_2}{10}} = 1,585 \times 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

0,5 p I a partir de I_1 calcular la potència:

$$P = 4\pi r_1^2 I_1 = 9,934 \times 10^{-3} \text{ W}$$

0,25 p I a partir de I_2 i la potència calcular r_2 :

$$r_2 = \sqrt{\frac{P}{4\pi I_2}} = 22,3 \text{ m}$$

b)

0,25 p Primer determinarem la longitud d'ona:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{80} = 4,25 \text{ m}$$

0,25 p Donat un punt situat entre els dos elefants i situat dins la de la línia recta que els uneix, anomenem x_1 la distància recorreguda per l'ona que surt del primer elefant fins aquest punt i x_2 la distància recorreguda per l'ona que surt del segon elefant fins aquest punt:

$$x_1 + x_2 = 10 \text{ m}$$



0,25 p Les interferències destructives es produeixen quan hi ha un desfasament de mitja longitud d'ona, és a dir, quan la diferència de recorregut és:

$$\Delta x = |x_1 - x_2| = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

0,5 p Per a $n = 0$, tenim

$$x_1 + x_2 = 10 \text{ m}$$

$$|x_1 - x_2| = 2,125 \text{ m}$$

Que té com a solucions $x_1 = 6,06 \text{ m}$, $x_2 = 3,94 \text{ m}$ i $x_1 = 3,94 \text{ m}$, $x_2 = 6,06 \text{ m}$.

Per a $n = 1$, tenim

$$x_1 + x_2 = 10 \text{ m}$$

$$|x_1 - x_2| = 6,375 \text{ m}$$

Que té com a solucions $x_1 = 8,19 \text{ m}$, $x_2 = 1,81 \text{ m}$ i $x_1 = 1,81 \text{ m}$, $x_2 = 8,19 \text{ m}$.

Per $n = 3$ tenim,

$$x_1 + x_2 = 10 \text{ m}$$

$$|x_1 - x_2| = 10,625 \text{ m}$$

Que té com a solucions $x_1 = 10,31 \text{ m}$, $x_2 = -0,31 \text{ m}$ i $x_1 = -0,31 \text{ m}$, $x_2 = 10,31 \text{ m}$.

Que estan fora de l'espai entre els dos elefants, per tant, ja no són solucions vàlides i el mateix passarà per a $n > 3$. Per tant, només tenim les solucions per a $n = 0$ i $n = 1$:

6,06 m, 3,94 m, 8,19 m i 1,81 m

Nota per als correctors: si donen la meitat de solucions, cal restar 0,25 p. en aquest apartat.



EXERCICI 3, opció 2

a)

0,5 p Sabem que la imatge és de la mateixa mida però està invertida, llavors:

$$\beta = \frac{y'}{y} = -1$$

A més:

$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = -1 \Rightarrow s' = -s$$

I també sabem que $s = -20$ cm, llavors $s' = 20$ cm, per tant, cal col·locar el sensor a 20 cm de la lent.

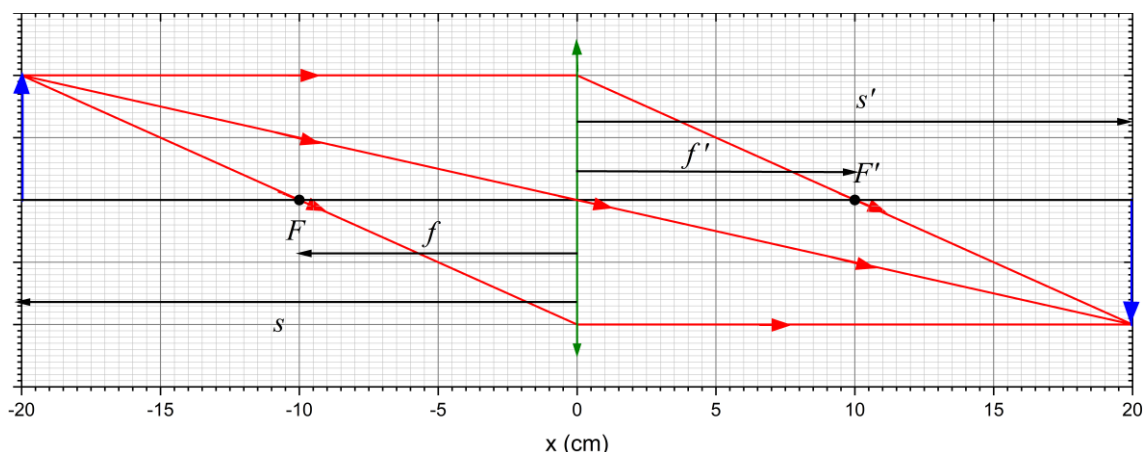
0,5 p Per trobar la focal de la lent, farem servir l'equació de la lent:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{20} - \frac{1}{-20} = \frac{1}{10} \Rightarrow f' = 10 \text{ cm}$$

0,25 p Com que la longitud focal imatge és positiva, llavors la lent ha de ser **convergent**. També es pot justificar que la focal imatge està situada a la dreta de la lent i, per tant, que la lent és convergent.

b)

1,25 p Per al diagrama de rajos només cal dibuixar 2 dels 3 rajos indicats a la figura: el raig que surt de l'objecte i és paral·lel a l'eix passa pel punt focal imatge F' , el raig que passa pel centre de la lent i no es desvia, i el raig que surt de l'objecte passa per F i surt paral·lel a l'eix.



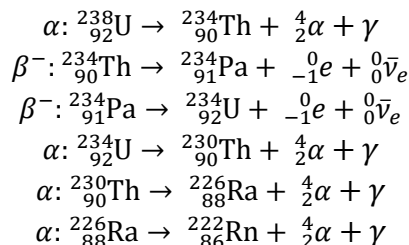
També es considerarà correcte que es representi l'objecte invertit i la imatge dreta.



EXERCICI 4

a)

1,25 p



Alternativament es pot escriure ${}^0_{-1}\beta$ o e^- en lloc de ${}^0_{-1}e$.

Alternativament es pot escriure ${}^4_2\text{He}$ en lloc de ${}^4_2\alpha$.

No es penalitzarà l'omissió del fotó.

Si no s'indica l'antineutrí cal restar 0,25 p.

No cal que l'estudiant detalli les operacions relacionades amb la conservació de la càrrega i del nombre màssic; són operacions molt senzilles que es poden fer de cap, per tant, només es valorarà si ha estat capaç de deduir correctament els diferents termes de la reacció.

b)

0,5 p Per trobar l'activitat necessitem el coeficient de desintegració λ i el nombre d'àtoms. λ l'obtenim del temps de semidesintegració, que és el temps de reduir l'activitat a la meitat:

$$A(t) = \frac{A_0}{2} = A_0 e^{-\lambda t_{1/2}} \text{ i, per tant, } t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}.$$

I obtenim:

$$\begin{aligned}t_{1/2} &= 3,82 \times 24 \times 3600 = 3,30 \times 10^5 \text{ s} \\ \lambda &= \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{3,30 \times 10^5} = 2,10 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}\end{aligned}$$

El nombre d'àtoms és:

$$N = 0,8 \text{ pg} = 8,0 \times 10^{-13} \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{222 \text{ g}} \cdot \frac{6,022 \times 10^{23} \text{ àtoms}}{1 \text{ mol}} = 2,17 \times 10^9 \text{ àtoms}$$

L'activitat és:

$$A = \lambda N = 2,10 \cdot 10^{-6} \times 2,17 \times 10^9 = 4,56 \times 10^3 \text{ Bq}$$

0,25 p L'activitat per unitat de volum és:

$$\frac{A}{V} = \frac{4,56 \times 10^3}{18} = 253 \text{ Bq/m}^3$$

Podem observar que aquest valor és lleugerament inferior al llinar de 300 Bq/m^3 indicat a l'enunciat.

0,5 p L'activitat inicial per unitat de volum és 230 Bq/m^3 . L'activitat per unitat de volum al cap d'un temps ve donada per:

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \rightarrow A/V = A_0/V e^{-\lambda t}$$

i per tant l'activitat al cap de 15 dies és:

$$\begin{aligned}t &= 15 \text{ dies} = 1,296 \times 10^6 \text{ s} \\ A/V(15 \text{ dies}) &= 230 e^{-\lambda t} = 230 e^{-2,10 \times 10^{-6} \times 1,296 \times 10^6} = 15,1 \text{ Bq/m}^3\end{aligned}$$