



## SÈRIE 5

### *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 mostri 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 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 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. *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 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 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 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 les 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) o molt petit (1 xifra significativa) es penalitzarà amb 0,1p.*



P1)

a)

**0,2 p** Segons la llei de la gravitació universal, el mòdul de la força sobre el telescopi degut a la atracció del Sol és:

$$F_{Sol} = G \frac{mM_{Sol}}{r_{Sol}^2} = 6,67 \times 10^{-11} \frac{6161 \times 1,99 \times 10^{30}}{(1,511 \times 10^{11})^2} = 35,82 \text{ N}$$

**0,2 p** Segons la llei de la gravitació universal, el mòdul de la força sobre el telescopi degut a la atracció de la Terra és:

$$F_{Terra} = G \frac{mM_T}{r_T^2} = 6,67 \times 10^{-11} \frac{6161 \times 5,98 \times 10^{24}}{(1,5 \times 10^9)^2} = 1,092 \text{ N}$$

**0,2 p** I com tots tres objectes estan alineats, les dues forces tenen la mateixa direcció i sentit, per tant, en aquest cas el mòdul de la força total és al suma dels mòduls de les dues forces:

$$F = F_{Sol} + F_{Terra} = 36,91 \text{ N}$$

**0,4 p** I la segona llei de Newton estableix que:  $\vec{F} = m\vec{a}$

D'altra banda, com el telescopi descriu un moviment circular uniforme al voltant del sol, la seva acceleració centrípeta és:

$$a = \omega^2 r_{Sol} = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r_{Sol}$$

Substituint la força total a la segona llei de Newton tenim:

$$F = m \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r_{Sol}$$

**0,25 p** I si aïllem el període obtenim:

$$T = 2\pi \sqrt{r_{Sol} \frac{m}{F}} = 2\pi \sqrt{1,511 \times 10^{11} \frac{6161}{36,91}} = 3,16 \times 10^6 \text{ s} = 365,2 \text{ dies}$$



b)

**0,75 p** La constant de Kepler és segons la tercera llei de Kepler:

$$C_K = \frac{r_{Sol-Terra}^3}{T^2}$$

$$r_{Sol-Terra} = 1,511 \times 10^{11} - 1,5 \times 10^9 = 1,496 \times 10^{11} \text{ m}$$

$$C_K = \frac{r_{Sol-Terra}^3}{T^2} = \frac{(1,496 \times 10^{11})^3}{(3,16 \times 10^7)^2} = 3,35 \times 10^{18} \text{ m}^3/\text{s}^2$$

**Alternativament:**

$$C_K = \frac{r_{Sol-Terra}^3}{T^2} = \frac{GM_{Sol}}{(2\pi)^2} = 3,35 \times 10^{18} \text{ m}^3/\text{s}^2$$

Si es dona com a resultat l'invers, és a dir,  $C'_K = \frac{T^2}{r_{Sol-Terra}^3} = 2,98 \times 10^{-19} \text{ s}^2/\text{m}^3$ , també es considerarà correcte atès que en alguns llibres també s'utilitza aquesta definició per a la constant de Kepler.

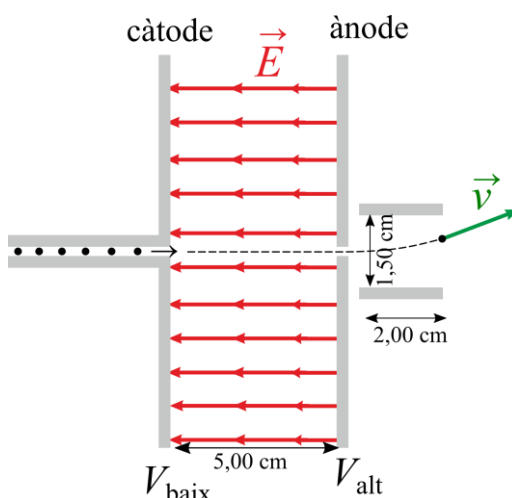
**0,5 p** La tercera Llei de Kepler ens permet determinar el període orbital d'un objecte que orbita al voltant del Sol en el supòsit que la única força que actua sobre l'objecte és la atracció del Sol, és a dir, negligim la influència de tercers cossos. La tercera Llei de Kepler només s'aplica a un sistema de dos cossos. En canvi en aquest problema la força que aplica la Terra no és negligible i per tant quan determinem la força gravitatòria aplicada sobre el telescopi tenim la contribució de dos cossos, el Sol i la Terra, per tant ja no és pot aplicar la tercera Llei de Kepler. De fet, segons la tercera Llei de Kepler el període orbital del telescopi hauria de ser més gran que el de la Terra atès que està més allunyat del Sol, però degut a la contribució de l'atracció gravitatòria de la Terra aquest període acaba sent igual al de la Terra.

**Comentari pel lector:** La característica del punt  $L_2$  és que el període orbital és igual al de la Terra i això fa que sigui un bon lloc per situar observatoris espacials atès que el telescopi sempre mantindrà la mateixa orientació respecte al Sol i la Terra.

P2)

a)

**0,2 p** Les línies de camp són perpendiculars a les plaques, és a dir, horitzontals, com s'indica a la figura. Alternativament, sabem que  $\vec{F} = q\vec{E} = m\vec{a}$ , perquè no es desviï l'acceleració ha de ser paral·lela a la velocitat, tangent a la trajectòria, és a dir horitzontal. Per tant la força i el camp elèctric han de ser horitzontals.



**0,1 p** La intensitat del camp elèctric és proporcional a la densitat de línies de camp, per aquesta raó les línies són equidistants, la densitat de línies de camp és la mateixa en tot l'espai entre plaques.

**0,2 p**  $\vec{F} = q\vec{E}$ , com la càrrega és negativa el sentit de  $\vec{F}$  és l'oposat al de  $\vec{E}$ . Si la gota accelera, la força ha d'anar dirigida d'esquerra a dreta, per tant, el sentit del camp elèctric és l'oposat, com s'indica al dibuix.

**0,2 p** Les línies de camp indiquen la direcció en la que el potencial disminueix, per tant, la placa de la dreta està connectada al potencial alt i la placa de l'esquerra està connectada al potencial baix.

**0,1 p** Les línies de camp surten de les càrregues positives i convergeixen cap a les càrregues negatives, per tant, la placa de la dreta, la que està connectada al potencial alt, és l'ànode i la placa de l'esquerra, la que està connectada al potencial baix, és el càtode.

**0,45 p**

Segons el teorema de les forces vives, el treball total, que és el treball fet pel camp elèctric és igual a la variació d'energia cinètica (també es pot plantejar a partir d'imposar la conservació de l'energia mecànica):

$$\Delta E_c = W_{camp} = -q\Delta V = 9,00 \times 10^{-9} \text{ C} \times 50 \text{ V} = 4,5 \times 10^{-7} \text{ J}$$

Com que l'energia cinètica inicial és pràcticament nul·la:

$$\Delta E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

I finalment el mòdul de la velocitat és:



$$v = \sqrt{2 \frac{E_c}{m}} = \sqrt{2 \frac{4,5 \times 10^{-7}}{3 \times 10^{-9}}} = 17,3 \text{ m/s}$$

Alternativament és pot fer per forces.

$$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{50}{0,05} = 1000 \text{ V/m}$$

$$\vec{F} = q\vec{E} = m\vec{a} \Rightarrow a = \frac{|qE|}{m} = \frac{9,00 \times 10^{-9} \cdot 1000}{3 \times 10^{-9}} = 3000 \text{ m/s}^2$$

I per un MRUA:

$$v_f^2 - v_i^2 = 2ad \Rightarrow v_f = \sqrt{2ad} = \sqrt{2 \cdot 3000 \cdot 0,05} = 17,3 \text{ m/s}$$

b)

**0,3 p** En aquesta zona el camp és perpendicular a les plaques per tant és vertical. Atès que com indica el dibuix la gota es desvia cap amunt l'acceleració apunta cap a dalt i com les gotes estan carregades negativament el camp elèctric apunta cap avall.

El mòdul del camp és:

$$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{30}{0,015} = 2.000 \text{ V/m}$$

**0,7 p** I el mòdul de l'acceleració és:

$$\vec{F} = q\vec{E} = m\vec{a} \Rightarrow a = \frac{|qE|}{m} = \frac{9,00 \times 10^{-9} \cdot 2000}{3 \times 10^{-9}} = 6.000 \text{ m/s}^2$$

**0,25 p** Atès que l'acceleració només té component vertical, la gota descriu una trajectòria parabòlica o tir parabòlic.



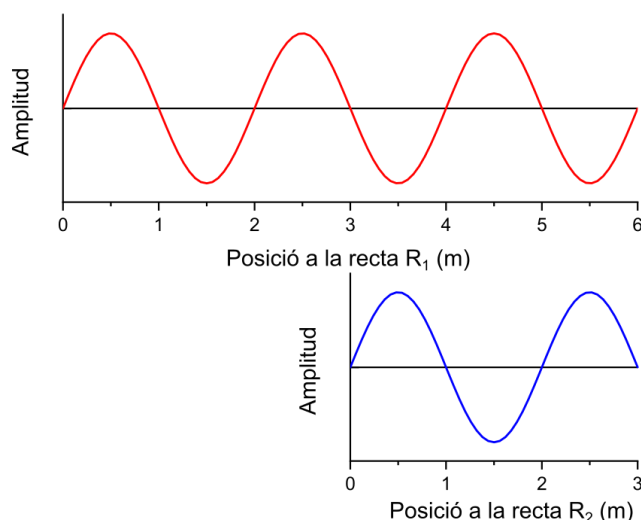
P3)

a)

**0,25 p** Per dibuixar l'ona cal primer determinar la longitud de l'ona:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{170} = 2 \text{ m}$$

**0,5 p** En la representació s'ha de veure que durant el recorregut per R1 hi ha 3 longituds d'ona mentre que en el de R2 n'hi han 1,5 longituds d'ona



**0,5 p** En el punt 1, l'ona que ha fet el recorregut R1 i l'ona que ha fet el recorregut R2 arriben en oposició de fase per tant es crea una interferència destructiva i no se sent res si les amplituds són iguals. És a dir, una ona ha recorregut  $3\lambda$  mentre que l'altre ha recorregut  $1,5\lambda$ . Per tant arriben en oposició de fase atès que hi ha una diferència en el camí recorregut per les dues ones de  $1,5\lambda$ .

b)

**0,4 p** i) Si un dels altaveus deixa de funcionar no hi haurà interferència en el Punt 1 i per tant passarem de no sentir res a sentir el so que s'emet per un altaveu. El so tindrà una freqüència de 170 Hz i l'amplitud de l'ona sonora que genera un altaveu.

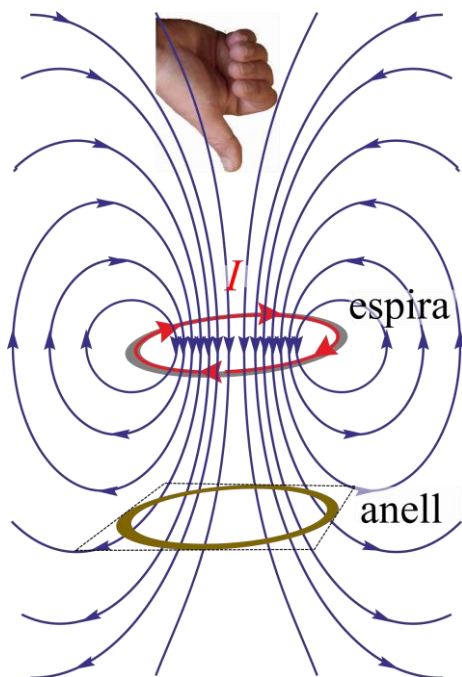
**0,4 p** ii) Si el recorregut a través de R1 s'escurça en un metre, és a dir en  $\lambda/2$ , llavors quan arriben al Punt 1, una ona ha recorregut  $2,5\lambda$  i l'altre ona  $1,5\lambda$ , és a dir la diferència és  $\lambda$ , per tant arriben en fase, la interferència és constructiva. El so tindrà una freqüència de 170 Hz i l'amplitud de l'ona sonora serà la suma de les amplituds generades per cada altaveu.

**0,45 p** iii) Si ens posicionem en un punt equidistant als dos altaveus, la distància que han de recórrer les dues ones és la mateixa i per tant també arribaran en fase produint-se una interferència constructiva. El so tindrà una freqüència de 170 Hz i l'amplitud de l'ona sonora serà la suma de les amplituds generades per cada altaveu.

P4)

a)

**0,25 p** Cal representar correctament tant les línies de camp com el sentit de les mateixes en funció del sentit del corrent que circula per la espira. Com que el corrent és altern, es pot triar el sentit que es vulgui. El sentit de les línies de camp ens el dona la regla de la mà dreta.



**0,25 p** Atès que el corrent és altern, el camp magnètic que travessa l'espira és variable en el temps.

**0,25 p** Per tant el flux de camp magnètic a través de l'anell també serà variable i segons la **Llei de Faraday**, s'induirà una força electromotriu i per tant, segons la llei d'Ohm, es generarà un corrent elèctric a través de l'anell.

**0,25 p** Finalment, si per l'anell circula un corrent, llavors es generarà un camp magnètic, que segons la llei de Lenz s'oposarà al canvi, és a dir, si la intensitat a l'espira disminueix, el camp magnètic induït serà paral·lel al generat per l'espira, si en canvi, la intensitat a l'espira augmenta el camp magnètic induït serà oposat al generat per l'espira.

Finalment, la diferència de camp magnètic degut al corrent induït que circula per l'anell serà detectat per l'aparell i generarà un senyal acústic degut.

**0,25 p** Si el corrent que circula per la espira és continu, el camp magnètic i el flux que travessen l'anell són constants en el temps, i per tant segons la Llei de Faraday no hi haurà força electromotriu induïda, atès que aquesta és igual a la derivada temporal del flux magnètic a través de l'anell. Per tant, no s'induirà cap camp magnètic.



b)

**0,75 p** Correspon a la gràfica (a), quan l'imatge s'acosta a la bobina, el camp magnètic dins la bobina augmenta i això fa que s'indueixi una tensió que creix monòtonament. Quan l'imatge es mou dins de la bobina el camp magnètic pràcticament no varia, de manera que la tensió disminueix fins fer-se nul·la quan l'imatge s'atura. Quan l'imatge recula, el camp a l'interior de la bobina s'afebleix, per tant l'efecte de la inducció és l'oposat, intenta evitar l'afebliment del camp dins la bobina, per tant, la polaritat de la tensió s'inverteix. A mesura que l'imatge s'allunya de la bobina, la variació del camp magnètic s'afebleix i per tant, la tensió induïda tendeix a zero. **Només en el gràfic (a) reproduceix aquest comportament, noteu que és l'únic on hi ha un canvi de polaritat de la tensió.**

**0,25 p** Si la velocitat és duplica, segons la llei de Faraday també es duplicarà la tensió (la derivada temporal serà el doble de gran), per tant el senyal tindrà una amplitud de 4 Volts enlloc de 2 Volts.

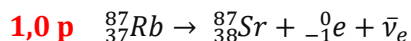
**0,25 p** Si triga la meitat l'escala de temps també es reduirà a la meitat, anirà de 0 a 100 s.





P5)

a)



Si no s'inclou  $\bar{\nu}_e$  cal restar **0,5 p**.

**Alternativament** es pot escriure  ${}^0_{-1}\beta^-$  enlloc de  ${}^0_{-1}\text{e}^-$ .

**0,25 p** Es tracta d'una desintegració  $\beta^-$ .

b)

Trobem la constant de desintegració:

**0,2 p**  $m(t) = m_0 e^{-\lambda t}$

**0,3 p**  $\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \Rightarrow \lambda = -\frac{\ln 0,5}{T_{1/2}} = 1,41 \times 10^{-11} \text{ anys}^{-1}$

**0,3 p** Si s'han format 0,0048 mols de Sr per cada mol que ens queda de  ${}^{87}_{37}\text{Rb}$ , llavors originàriament hi havien 1,0048 mols de  ${}^{87}_{37}\text{Rb}$ :

$$\frac{m(t)}{m_0} = \frac{1}{1,0048}$$

**0,45 p**  $\frac{1}{1,0048} = e^{-\lambda t} \Rightarrow t = \frac{\ln 1,0048}{\lambda} = 3,40 \times 10^8 \text{ anys} = 340 \text{ milions d'anys}$

**Alternativament**

**0,25 p**  $\left. \begin{array}{l} \frac{1}{1,0048} = e^{-\lambda t} \\ \frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{\ln 1,0048}{\ln 0,5} = \frac{t}{T_{1/2}}$

**0,2 p**  $t = T_{1/2} \frac{\ln \frac{1}{1,0048}}{\ln 0,5} = 3,40 \times 10^8 \text{ anys}$



P6)

a)

Del gràfic tenim

**0,1 p**  $A = 100 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ m}.$

**0,1 p**  $T = \pi \mu\text{s} = \pi \times 10^{-6} \text{ s}$

**0,1 p**  $T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = 2,0 \times 10^6 \text{ rad/s}$

Primera opció

**0,2 p** Equació del MHS:  $y(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0)$

**0,2 p** Inicialment  $y_0 = y(t = 0) = A$

$$A = A \sin(\varphi_0) \Rightarrow \varphi_0 = \text{ArcSin}(1) = \pi/2 \text{ rad.}$$

**0,25 p** Finalment l'equació del moviment és:

$$y(t) = 10^{-7} \sin\left(2,0 \times 10^6 t + \frac{\pi}{2}\right), y \text{ en m i } t \text{ en s.}$$

Alternativament:

**0,2 p** Equació del MHS:  $y(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0)$

**0,2 p** Inicialment  $y_0 = y(t = 0) = A$

$$A = A \cos(\varphi_0) \Rightarrow \varphi_0 = \text{ArcCos}(1) = 0.$$

**0,25 p** Finalment l'equació del moviment és:

$$y(t) = 10^{-7} \cos(2,0 \times 10^6 t), y \text{ en m i } t \text{ en s.}$$

**0,3 p** L'acceleració màxima es pot determinar a partir de l'expressió de l'acceleració:

$$a(t) = \frac{d^2 y(t)}{dt^2} = -A \omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0)$$

Llavors:  $a_{\max} = A \omega^2 = 4,0 \times 10^5 \text{ m/s}^2$

O a partir de la segona llei de Newton:

$$F_{\max} = m a_{\max} = kA \Rightarrow a_{\max} = \frac{k}{m} A = A \omega^2 = 4,0 \times 10^5 \text{ m/s}^2$$



b)

**0,65 p** Per un objecte de massa  $m$  unit a una molla que descriu un MHS tenim:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow m = \frac{k}{\omega^2} = 2,0 \times 10^{-12} \text{ kg}$$

**0,6 p** Si el període augmenta, llavors la freqüència angular disminueix:  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ .

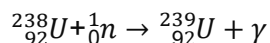
I com  $m = \frac{k}{\omega^2}$ , si la freqüència angular disminueix llavors la massa ha augmentat.



P7)

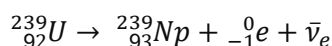
a)

**0,25 p** Si imposem la conservació del nombre de nucleons i de la càrrega elèctrica tenim:

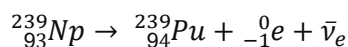


**0,75 p** En una desintegració  $\beta^-$  un neutró es transforma en un protó, un electró i un l'antineutrí. Si s'omet l'electró cal restar 0,5 p, si s'omet l'antineutrí o es dona un neutrí enlloc de l'antineutrí cal restar 0,25 p.

**0,15 p** Si imposem la conservació del nombre de nucleons i de la càrrega elèctrica tenim:



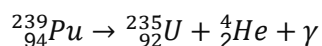
**0,1 p** Si imposem la conservació del nombre de nucleons i de la càrrega elèctrica tenim:



No es penalitzarà l'omissió del fotó.

b)

**0,25 p** Si imposem la conservació del nombre de nucleons i de la càrrega elèctrica tenim:



No es penalitzarà l'omissió del fotó.

La disminució de massa és:

**0,6 p**  $\Delta m = m({}^{239}_{94}\text{Pu}) - (m({}^{235}_{92}\text{U}) + m({}^4_2\text{He})) = 1,116 \times 10^{-29} \text{ kg}$

**0,4 p** I l'energia alliberada és

$$E = \Delta mc^2 = 1,116 \times 10^{-29} \times (3,00 \times 10^8)^2 = 1,005 \times 10^{-12} \text{ J}$$