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

2026

Proves d'accés a la universitat

Física

Sèrie 1

Indiqueu les opcions triades:

Exercici 1: Opció A ☐ Opció B ☐

Exercici 4: Opció A ☐ Opció B ☐

Espai per a la correcció

Qualificació	
Exercici 1	
Exercici 2	
Exercici 3	
Exercici 4	
Suma de notes parcials	
Qualificació final	

Espai per a la revisió

Comprovació	2a correcció

Etiqueta de qualificació

Etiqueta de correcció

Etiqueta de l'estudiant

Ubicació del tribunal .....

Número del tribunal .....

L'examen consta de QUATRE exercicis obligatoris. Cada exercici val 2,5 punts. Als exercicis 1 i 4, trieu UNA de les dues opcions (A o B) que s'hi proposen i indiqueu-les a la portada de l'examen.

Podeu utilitzar calculadora, però no es permet l'ús de calculadores o altres aparells capaços d'emmagatzemar dades o de transmetre o rebre informació.

Les respostes han de ser clares i han d'estar redactades de manera coherent i cohesionada, amb correcció gramatical, lèxica i ortogràfica.

Exercici 1. Camps gravitatoris

[2,5 punts en total]

Puntuació total de l'exercici 1	

Trieu UNA de les dues opcions (A o B) i responeu als apartats corresponents. **Indiqueu a la portada de l'examen l'opció escollida**.

OPCIÓ A

A finals de l'any 2025, la Generalitat de Catalunya va llançar a l'espai un nanosatèl·lit que descriu una òrbita circular al voltant de la Terra a una altura aproximada de 500 km per sobre de la superfície terrestre.

1.1. A partir de la llei de la gravitació universal, deduïu l'expressió del període orbital en funció del radi orbital i de la massa de la Terra, i calculeu el període orbital del nanosatèl·lit.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 1.1	

1.2. Sabent que la massa del nanosatèl·lit és d'11,1 kg, calculeu l'increment d'energia potencial gravitatòria del satèl·lit en passar de la superfície terrestre a l'òrbita. Calculeu també l'energia mecànica del satèl·lit a l'òrbita. Es tracta d'una òrbita tancada? Justifiqueu la resposta.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 1.2	

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$.
Massa de la Terra: $M_T = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg.
Radi de la Terra: $R_T = 6\,370$ km.

OPCIÓ B

Edmond Halley (1656-1742) va estudiar els registres històrics d'observacions de cometes dels segles XVI i XVII, i va concloure que diverses d'aquestes observacions corresponien al mateix objecte. Es tractava d'un cometa periòdic gran i brillant que orbitava al voltant del Sol i que havia estat observat per darrera vegada l'any 1682. Actualment aquest cometa és conegut com el cometa Halley.

1.1. Feu un dibuix esquemàtic de l'òrbita el·líptica del cometa Halley, indicant-ne el periheli i l'afeli. Calculeu el semieix major de l'el·lipse i el període orbital del cometa. Raoneu si Edmond Halley va poder observar el cometa que porta el seu nom més d'una vegada.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 1.1	

1.2. Raoneu en quin punt de l'òrbita el cometa assoleix la velocitat màxima. A partir de les dades que es faciliten, calculeu la velocitat del cometa Halley quan passa pel periheli de l'òrbita, indicant clarament els principis físics que heu emprat.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 1.2	

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$.
Massa del Sol: $M_S = 1{,}99 \times 10^{30}$ kg.
Distància del periheli al centre del Sol: $r_P = 0{,}575$ ua.
Velocitat a l'afeli: $v_A = 896\ \text{m s}^{-1}$.
Distància de l'afeli al centre del Sol: $r_A = 35{,}3$ ua.
$1\ \text{ua} = 1{,}50 \times 10^{11}$ m.

Exercici 2. Camps electromagnètics

[2,5 punts en total]

Puntuació total de l'exercici 2	

Els raigs X es generen mitjançant un tub on s'ha fet el buit i que conté dues plaques de tungstè. La placa negativa (càtode) s'escalfa i emet electrons, els quals són accelerats cap a la placa positiva (ànode). En xocar contra aquesta altra placa, els electrons s'aturen bruscament i es generen els raigs X.

2.1. La diferència de potencial entre dues plaques d'un tub de raigs X és de 70,0 kV i la separació entre elles és de 2,00 cm. Calculeu el mòdul del camp elèctric (suposeu que és constant i uniforme entre les plaques) i, tot seguit, el mòdul de la força elèctrica que experimenta un electró dins del tub. A la figura adjunta, representeu el camp elèctric entre plaques i la força elèctrica que actua sobre l'electró.

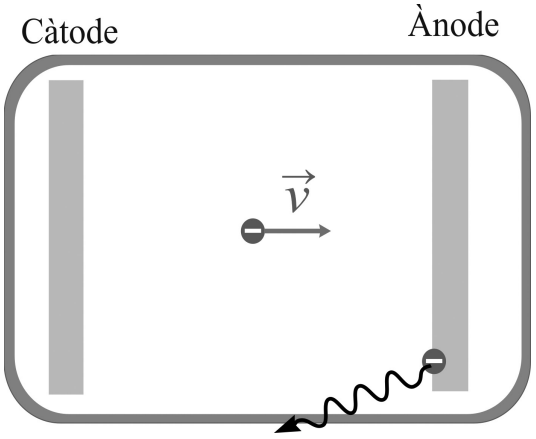
[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 2.1	

2.2. Determineu l'energia cinètica i la velocitat d'un electró quan arriba a l'ànode, suposant que parteix del repòs des del càtode. A continuació, sabent que en el xoc amb l'ànode l'electró perd part de la seva energia, que es transforma en un fotó de raigs X amb una longitud d'ona d'1,00 nm, calculeu l'energia d'aquest fotó i la nova velocitat de l'electró després de l'emissió.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 2.2	



DADES: $|e| = 1{,}602 \times 10^{-19}$ C.
$m_e = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg.
$c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m s^{-1}.
$h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J s.

NOTA: Negligiu els efectes del camp magnètic terrestre i els efectes relativistes.

Exercici 3. Vibracions i ones

[2,5 punts en total]

Puntuació total de l'exercici 3	

Un telèfon mòbil conté un motor vibrador que genera un moviment harmònic simple (al llarg de l'eix y) al xassís del dispositiu quan es reben trucades o notificacions. Suposem que aquest moviment té una amplitud de 2,00 mm i una freqüència de 150 Hz.

3.1. Escriviu l'equació de moviment del telèfon si considerem que inicialment es troba a la posició d'equilibri $y = 0$ m. Quan es col·loca el telèfon damunt d'una superfície metàl·lica rígida, les vibracions es transmeten al material i generen ones mecàniques transversals que es propaguen a $3\,200\ \text{m s}^{-1}$. Calculeu la longitud d'ona de l'ona mecànica que es propaga per la superfície i escriviu l'equació de l'ona corresponent, suposant que la propagació es produeix en el sentit positiu de l'eix x, que inicialment es troba en la posició d'equilibri $y = 0$ m, i que l'amplitud de l'ona és de 2,00 mm.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 3.1	

3.2. Suposant que el telèfon emet una potència acústica d'1,00 mW durant la vibració i que el so es propaga per l'aire de manera isotròpica (uniformement en totes direccions), calculeu el nivell d'intensitat sonora que percebrà una persona situada a 3,00 m del telèfon.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 3.2	

DADES: $I_0 = 10^{-12}\ \text{W m}^{-2}$.

NOTA: Assumiu que el front d'ona és esfèric.

Exercici 4. Física relativista, quàntica, nuclear i de partícules

Puntuació total de l'exercici 4	

[2,5 punts en total]

Trieu UNA de les dues opcions (A o B) i responeu als apartats corresponents. **Indiqueu a la portada de l'examen l'opció escollida**.

OPCIÓ A

Enguany fa 40 anys de l'accident nuclear més greu de la història. La central nuclear de Txernòbil va alliberar una gran quantitat de materials radioactius a l'atmosfera. En particular, cesi-137 ($^{137}_{55}$Cs), que en desintegrar-se mitjançant una emissió β^- genera un nucli de bari. Aquest isòtop té una vida mitjana llarga (30,17 anys) i, per tant, representa un perill durant dècades.

4.1. Escriviu la reacció de desintegració del cesi-137. Calculeu quin percentatge de la quantitat inicial de cesi-137 queda avui, 40 anys després de l'accident.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 4.1	

4.2. En una zona a uns 10,0 km de la central es va detectar una concentració inicial de $6{,}00 \times 10^5$ Bq m^{-2} de cesi-137, immediatament després de l'accident. Segons alguns estudis, es considera segur tornar a habitar una zona afectada quan la concentració estigui per sota de $3{,}70 \times 10^4$ Bq m^{-2}. Quin any podrà tornar-se a habitar aquesta zona si només considerem la desintegració natural del cesi-137?

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 4.2	

OPCIÓ B

En un experiment d'efecte fotoelèctric, fem incidir una llum monocromàtica sobre el càtode d'una cèl·lula fotoelèctrica. Quan s'il·lumina el càtode amb llum blava de longitud d'ona 460 nm, s'observa un corrent fotoelèctric. Aplicant una diferència de potencial de com a mínim 0,50 V entre càtode i ànode, el corrent desapareix completament.

4.1. Calculeu l'energia mínima necessària per a arrencar un electró del càtode (funció de treball) i la velocitat màxima amb què surten els electrons emesos quan no s'aplica cap diferència de potencial.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 4.1	

4.2. Determineu quina diferència de potencial caldria aplicar per a anul·lar el corrent fotoelèctric si primer el càtode s'il·lumina amb llum verda de longitud d'ona 520 nm, i després amb llum vermella de longitud d'ona 650 nm. Justifiqueu els resultats obtinguts.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 4.2	

DADES: $|e| = 1{,}602 \times 10^{-19}$ C.
$m_e = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg.
$c = 3{,}00 \times 10^8$ m s^{-1}.
$h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J s.

[Pàgina per a fer esborranys o per a acabar de respondre a algun exercici.]

[Pàgina per a fer esborranys o per a acabar de respondre a algun exercici.]

Comprovació i 2a correcció:

3a correcció:

Etiqueta de l'estudiant

IEC
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 1

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 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 resultats amb un nombre molt elevat de xifres significatives (6 xifres significatives) o amb només una xifra significativa es penalitzarà amb 0,1 p. en aquest problema.*

EXERCICI 1, opció 1

Trobar l'expressió del període orbital

0,75 p Segons la llei de la gravitació universal, el mòdul de la força sobre el satèl·lit a causa de 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 nanosatèl·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 nanosatèl·lit només actua la força de la gravetat:

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

El període orbital està relacionat amb la velocitat mitjançant:

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

Substituint l'expressió de la velocitat obtenim:

$$T = 2\pi r\sqrt{\frac{r}{GM_T}} = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_T}}$$

0,5 p El radi $r = R_T + h = (6370 + 500)\,\text{km} = 6{,}87\cdot 10^6\,\text{m}$.

Utilitzant l'expressió obtenim el valor del període orbital per al nanosatèl·lit:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{(6{,}87\times10^6)^3}{(6{,}67\times10^{-11})(5{,}98\times10^{24})}} = 5{,}66\cdot10^3\ \text{s}$$

b)

0,5 p L'energia potencial gravitatòria d'un cos de massa m a una distància r del centre de la Terra és:

$$U(r) = -G\,\frac{m_s M_T}{r}$$

L'increment d'energia potencial en passar de la superfície terrestre a l'òrbita és:

$$\Delta U = U(r) - U(R_T) = -Gm_s M_T\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R_T}\right)$$

Radi: $r = 6{,}37\cdot10^6 + 5{,}0\cdot10^5 = 6{,}87\cdot10^6$ m

$$\Delta U = U(r) - U(R_T) = -6{,}67\times10^{-11}\cdot 11{,}1\cdot 5{,}98\times10^{24}\left(\frac{1}{6{,}87\cdot10^6} - \frac{1}{6{,}37\cdot10^6}\right)$$
$$= 5{,}06\times10^7\ \text{J}$$

0,5 p L'energia mecànica és suma de l'energia cinètica i potencial: $E_m = E_c + U$.

La velocitat és: $v = \sqrt{G\,\frac{M_T}{r}} = 7{,}62\times10^3\ \text{m/s}$

L'energia cinètica és: $E_c = \frac{1}{2}m_s v^2 = 3{,}22\times10^8\ \text{J}$

I l'energia potencial és: $U = -G\,\frac{m_s M_T}{r} = -6{,}44\times10^8\ \text{J}$

I l'energia mecànica per al satèl·lit: $E_m = E_c + U = -3{,}22\times10^8\ \text{J}$

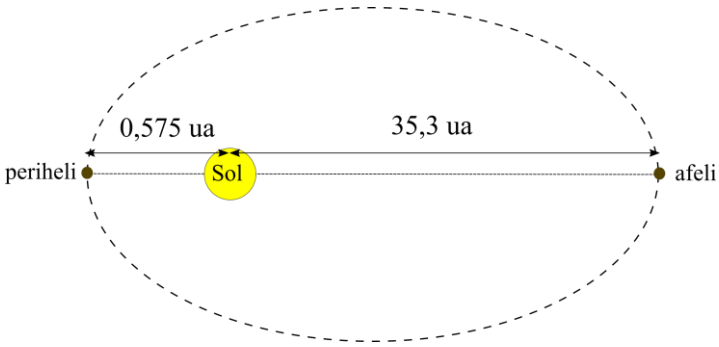
Alternativament, es pot calcular directament com: $E_m = -G\,\frac{1}{2}\,\frac{m_s M_T}{r} = -3{,}22\times10^8\ \text{J}$

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

EXERCICI 1, opció 2

a)

0,25 p Cal dibuixar una el·lipse amb el Sol en un dels focus. El periheli i l'afeli estan a l'el·lipse, sobre l'eix major; l'afeli se situa al punt més allunyat i el periheli, al punt més proper:



0,25 p El semieix major a es calcula a partir de les distàncies al periheli i a l'afeli:

$$a = \frac{r_p + r_a}{2} = \frac{0{,}575 + 35{,}3}{2} = 17{,}94 \text{ ua} = 2{,}69 \times 10^{12} \text{ m}$$

0,5 p La tercera llei de Kepler estableix que el quadrat del període orbital és proporcional al cub del semieix major de la seva òrbita. La constant de proporcionalitat és:

$$\frac{(2\pi)^2}{GM_{\text{Sol}}} = 2{,}97 \times 10^{-19} \text{ s}^2\text{m}^{-3} = 1{,}00 \text{ anys}^2\text{ua}^{-3}$$

Es considerarà correcte tant si l'estudiant calcula la constant com si dona directament el seu valor.

Llavors el període és:

$$T = \sqrt{\frac{(2\pi)^2}{GM_{\text{Sol}}} a^3} = \sqrt{2{,}97 \times 10^{-19} \cdot (2{,}69 \times 10^{12})^3} = 2{,}41 \times 10^9 \text{ s}$$

o

$$T = \sqrt{a^3} = \sqrt{(17{,}94)^3} = 76{,}0 \text{ anys}$$

0,25 p L'Edmon Halley va néixer el 1656, per tant, va poder veure el cometa per primer cop l'any 1682. La següent aparició del cometa Halley va tenir lloc l'any 1758, 16 anys després de la defunció d'Edmond Halley, per tant, només va poder observar el cometa una vegada, l'any 1682.

b)

0,75 p La velocitat serà màxima al punt més proper al Sol, és a dir, al periheli. Aquesta conclusió es pot justificar de dues maneres diferents, qualsevol d'elles és vàlida:

- Segona llei de Kepler. La segona llei de Kepler estableix que un segment rectilini que uneix el planeta i el Sol escombra àrees iguals en temps iguals. Per tant, per escombrar la mateixa àrea quan està al punt més proper, cal que recorri una distància més gran per mantenir l'àrea constant.

- Conservació de l'energia mecànica. L'energia mecànica s'expressa com $E_m = \frac{1}{2}m_H v^2 - G\frac{m_H M_{Sol}}{r}$. Com que l'energia mecànica és constant, la velocitat serà màxima quan el terme $G\frac{m_H M_{Sol}}{r}$ sigui màxim, és a dir, quan la distància r sigui mínima.

Per altra banda, és parcialment correcte:

- Conservació del moment angular. El mòdul del moment angular és
$$L = m\, r\, v\, sin\theta$$
on θ és l'angle que formen $\vec{r}$ i $\vec{v}$. Com el moment angular és constant, $v\, sin\theta$ serà màxim quan la distància r sigui mínima. Aquest argument és parcialment correcte atès que al periheli $sin\theta$ és màxim per tant no podem garantir que la velocitat sigui màxima. En aquest cas es valorarà com **0,5 p.**

0,5 p Com al periheli i a l'afeli $\vec{r}$ i $\vec{v}$ són perpendiculars, $\theta = \pi/2$ i $sin\theta = 1$.
Per tant, si imposem la conservació del moment angular entre el periheli i l'afeli tenim:
$$m_H\, r_P\, v_P = m_H\, r_A\, v_A \Rightarrow v_P = v_A\frac{r_A}{r_P} = 896\frac{35{,}3}{0{,}575} = 5{,}5\times 10^4 \text{ m/s}.$$
Nota per als correctors: no es penalitzarà el fet que l'estudiant utilitzi directament l'expressió $L = m\, r\, v$ sense justificar-la.

Alternativament, es pot plantejar la conservació de l'energia mecànica:
$$\frac{1}{2}m_H v_A^2 - G\frac{m_H M_{Sol}}{r_A} = \frac{1}{2}m_H v_P^2 - G\frac{m_H M_{Sol}}{r_P}$$
Si simplifiquem la massa del cometa tenim:
$$\frac{1}{2}v_A^2 - G\frac{M_{Sol}}{r_A} = \frac{1}{2}v_P^2 - G\frac{M_{Sol}}{r_P}$$
I si aïllem la velocitat al periheli:
$$v_P = \sqrt{v_A^2 + 2GM_{Sol}\left(\frac{1}{r_P} - \frac{1}{r_A}\right)} = \sqrt{896^2 + \frac{2\times 6{,}67\times 10^{-11}\times 1{,}99\times 10^{30}}{1{,}50\times 10^{11}}\left(\frac{1}{35{,}3} - \frac{1}{0{,}575}\right)}$$
$$= 5{,}5\times 10^4 \text{ m/s}$$

EXERCICI 2

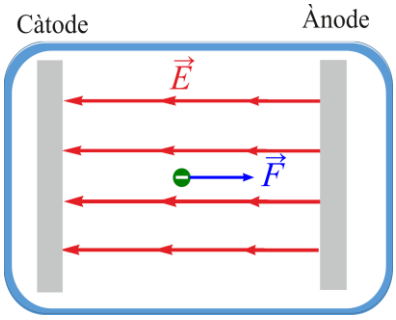
a)

0,5 p $|\vec{E}| = \frac{\Delta V}{d} = \frac{70.000}{0{,}02} = 3{,}5 \times 10^6 \text{ V/m} = 3{,}5 \times 10^6 \text{ N/C}$

0,25 p $|\vec{F}| = eE = 1{,}602 \times 10^{-19} \times 3{,}5 \times 10^6 = 5{,}61 \times 10^{-13} \text{ N}$

0,5 p Cal dibuixar correctament les línies de camp, perpendiculars a les plaques, dirigides cap el càtode i equidistants atès que el camp és uniforme. Si el sentit és incorrecte, cal restar 0,2 punts; si no es dibuixen equidistants o simplement es representa el camp amb un únic vector enlloc de línies de camp, cal restar 0,2 punts.

Com que la càrrega de l'electró és negativa, el sentit d'$\vec{E}$ és l'oposat del de la força $\vec{F}$. Si no és representa correctament $\vec{F}$, cal restar 0,1 punts.



b)

0,75 p Es poden abordar dos plantejaments diferents: un basat en les energies i un altre en les forces.

Per energies: segons el teorema de les forces vives, la variació d'energia cinètica és igual al treball del camp elèctric:

$$\Delta E_C = W_e = -\Delta U = -q\Delta V = |e|\Delta V = 1{,}602 \times 10^{-19} \times 70.000 = 1{,}12 \times 10^{-14} \text{ J}$$

$$\Delta E_C = \frac{1}{2}mv^2 - 0 \Longrightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}12 \times 10^{-14}}{9{,}11 \times 10^{-31}}} = 1{,}57 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Per forces: segons la segona llei de Newton.

$$a = \frac{F}{m} = \frac{5{,}61 \times 10^{-13}}{9{,}11 \times 10^{-31}} = 6{,}15 \times 10^{17} \text{ m/s}^2$$

$$v^2 - 0 = 2 \cdot a \cdot d \Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot a \cdot d} = \sqrt{2 \cdot 6{,}15 \times 10^{17} \cdot 0{,}02} = 1{,}57 \times 10^8 \text{ m/s}$$

0,25 p L'energia del fotó és:

$$E_f = hf = h\frac{c}{\lambda} = 6{,}63 \times 10^{-34} \frac{3{,}00 \times 10^8}{1{,}00 \times 10^{-9}} = 1{,}99 \times 10^{-16} \text{ J}$$

0,25 p Per conservació de l'energia, podem calcular l'energia cinètica després del xoc:

$$E_{C,i} = E_{C,f} + E_f \Longrightarrow E_{C,f} = 1{,}121 \times 10^{-14} \text{ J} - 1{,}99 \times 10^{-16} \text{ J} = 1{,}10 \times 10^{-14} \text{ J}$$

I la velocitat de l'electró després del xoc és:

$$v_f = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}101 \times 10^{-14}}{9{,}11 \times 10^{-31}}} = 1{,}56 \times 10^8 \text{ m/s}$$

EXERCICI 3

a)

Primera opció:

0,5 p Equació del MHS:

$$y(t) = A\,\sin(\omega t + \varphi_0)$$

Paràmetres: $\omega = 2\pi f = 300\pi$ rad/s, $y_0 = y(t=0) = 0$ m.

$$0 = A\,sin(\varphi_0) \Rightarrow \varphi_0 = ArcSin(0) = 0 \text{ o } \pi \text{ rad.}$$

Finalment l'equació del moviment és:

$y(t) = 2{,}0 \times 10^{-3} sin(300\pi t)$, y en m i t en s.

Una fase inicial de π rad també és correcte atès que no s'indica el sentit de la velocitat inicial.

Alternativament:

0,5 p Equació del MHS:

$$y(t) = A\,cos(\omega t + \varphi_0)$$

Paràmetres: $\omega = 2\pi f = 300\pi$ rad/s, $y_0 = y(t=0) = 0$ m.

$$0 = A\,cos(\varphi_0) \Rightarrow \varphi_0 = ArcCos(0) = \frac{\pi}{2} \text{ rad o } -\frac{\pi}{2} \text{ rad.}$$

Finalment, l'equació del moviment és:

$y(t) = 2{,}0 \times 10^{-3}\,cos\left(300\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$, y en m i t en s.

Una fase inicial de $\pi/2$ rad també és correcta, atès que no s'indica el sentit de la velocitat inicial.

Si no s'analitza la condició de posició inicial nul·la, cal restar **0,25 p**.

0,25 p La longitud d'ona és: $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3200}{150} = 21{,}3$ m

0,5 p El nombre d'ona s'expressa com: $k = \frac{2\pi}{\lambda} = 0{,}294\ \text{m}^{-1}$

L'equació d'ona s'expressa com: $y(x,t) = A \cdot sin[kx - \omega t + \varphi_0]$

Condició inicial: $y(0{,}0) = 0 \Longrightarrow sin[\varphi_0] = 0 \Longrightarrow \varphi_0 = \begin{cases} 0 \text{ rad} \\ \pi \text{ rad} \end{cases}$

$y(x,t) = 2{,}0 \times 10^{-3} \cdot sin[0{,}294x - 300\pi t]$ amb y i x en m i t en s.

També es pot expressar com: $y(x,t) = 2{,}0 \times 10^{-3} \cdot cos\left[0{,}294x - 300\pi t - \frac{\pi}{2}\right]$ amb y i x en m i t en s.

Si no s'analitza la condició de posició inicial nul·la, no penalitzem la nota, atès que ja s'ha tingut en compte al MHS.

Si el terme de fase és $kx + \omega t$, es penalitzarà amb 0,25 punts.

b)

0,5 p Si el so es propaga de forma isotròpica amb un el front d'ona és esfèric, la intensitat a una distància r es calcula com:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{10^{-3}}{4\pi 3^2} = 8{,}84 \times 10^{-6}\ \text{W/m}^2$$

0,75 p El nivell d'intensitat sonora es defineix com:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{8{,}84 \times 10^{-6}}{10^{-12}} = 69{,}5\ \text{dB}$$

EXERCICI 4, opció 1

a)

0,75 p Es tracta d'una desintegració β^-, per tant, s'emeten un electró i un antineutrí. A més, la reacció ha de complir la conservació del nombre màssic nuclear i, a més, ha de conservar la càrrega; amb aquestes premisses, la reacció de desintegració serà:

$$^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow {}^{x}_{y}\text{Ba} + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}_e$$

Per una banda, es compleix la conservació del nombre màssic:

$$137 = x + 0 \quad \Rightarrow \quad x = 137$$

I per a la conservació de càrrega:

$$55 = y - 1 \quad \Rightarrow \quad y = 56$$

Per tant, la reacció completa és:

$$^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow {}^{137}_{56}\text{Ba} + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}_e$$

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

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.

0,25 p El nombre de nuclis al cap d'un temps ve donada per:

$$N = N_0\, e^{-\lambda t}$$

El coeficient de desintegració λ s'obté del temps de vida mitja: $\lambda = \frac{1}{t_{vm}} = 1{,}05 \times 10^{-9}\ \text{s}^{-1}$

0,25 p i per tant l'activitat al cap de 40 anys és:

$$t = 40\ \text{anys} = 1{,}26 \times 10^{9}\ \text{s}$$

$$N(40\ \text{anys}) = 100\%\ e^{-\lambda t} = 100\%\ e^{-1{,}05\times10^{-9}\times1{,}26\times10^{9}} = 26{,}6\ \%$$

Alternativament. Atès que els estudiants estan més familiaritzats amb el temps de semidesintegració, s'han considerat correctes aquelles resolucions que estiguin ben plantejades tant si l'estudiant interpreta que el paràmetre proporcionat a l'enunciat és la vida mitjana com si interpreta que és el període de semidesintegració. Així, també es considera correcte el següent plantejament:

el coeficient de desintegració λ s'obté del temps de semidesintegració:

$N(t) = \frac{N_0}{2} = N_0\, e^{-\lambda t_{1/2}}$ i per tant, $t_{1/2} = \frac{ln2}{\lambda}$.

I obtenim:

$$t_{1/2} = 30{,}17 \times 365 \times 24 \times 3600 = 9{,}51 \times 10^{8}\ \text{s}$$

$$\lambda = \frac{ln2}{t_{1/2}} = \frac{ln2}{9{,}51 \times 10^{8}} = 7{,}28 \times 10^{-10}\ \text{s}^{-1}$$

0,25 p i per tant l'activitat al cap de 40 anys és:

$$t = 40\ \text{anys} = 1{,}26 \times 10^{9}\ \text{s}$$

$$N(40\ \text{anys}) = 100\%\ e^{-\lambda t} = 100\%\ e^{-7{,}28\times10^{-10}\times1{,}26\times10^{9}} = 39{,}9\ \%$$

No cal que l'estudiant faci els càlculs dins el SI; per exemple, si ha operat amb anys també es considerarà correcte.

b)

0,5 p L'activitat al cap d'un temps ve donada per:

$$A = A_0\, e^{-\lambda t}$$

Si aïllem el temps:

$$\frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t} \Longrightarrow ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = -\lambda t \Longrightarrow t = -\frac{1}{\lambda} ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = \frac{1}{\lambda} ln\left(\frac{A_0}{A}\right)$$

0,5 p I si substituïm:

$$t = \frac{1}{\lambda} ln\left(\frac{A_0}{A}\right) = \frac{1}{7{,}28 \times 10^{-10}} ln\left(\frac{6{,}00 \times 10^5}{3{,}70 \times 10^4}\right) = \ 3{,}82 \times 10^9 \text{ s} = 121 \text{ anys}$$

0,25 p Per tant, hauran de passar aproximadament 121 anys des de l'accident perquè la zona sigui habitable, és a dir, fins aproximadament el 2107.

EXERCICI 4, opció 2

a)

0,25 p L'energia del fotó incident és:

$$E_{fotons} = hf = h\frac{c}{\lambda} = 6{,}63 \cdot 10^{-34}\frac{3{,}00 \times 10^{8}}{460 \times 10^{-9}} = 4{,}32 \times 10^{-19}\ \text{J} = 2{,}70\ \text{eV}$$

0,5 p L'energia cinètica màxima que poden adquirir els electrons emesos per efecte fotoelèctric depèn de l'energia dels fotons E_{fotons} i la funció de treball del metall, W, de la manera següent:

$$E_{C,màx} = E_{fotons} - W$$

El potencial de frenada és el potencial elèctric mínim que cal aplicar entre el metall emissor i l'ànode receptor per aturar completament els electrons emesos. Això impedeix que els electrons arribin a l'ànode. Per tant, el potencial de frenada, V_f, es relaciona amb l'energia cinètica màxima dels electrons:

$$E_{C,màx} = eV_f$$

Combinant les dues expressions anteriors tenim:

$$eV_f = E_{fotons} - W \Longrightarrow W = E_{fotons} - eV_f$$

I si substituïm:

$$W = E_{fotons} - eV_f = 4{,}32 \times 10^{-19} - 0{,}5 \times 1{,}602 \times 10^{-19} = 3{,}52 \times 10^{-19}\ \text{J} = 2{,}20\ \text{eV}$$

No és necessari que l'estudiant doni el resultat en J i eV. També es poden fer els càlculs directament en eV.

0,5 p L'energia cinètica màxima és:

$$E_{C,màx} = E_{fotons} - W = 8{,}01 \cdot 10^{-20}\ \text{J}$$

I la velocitat d'aquests electrons és:

$$v = \sqrt{\frac{2\,E_{C,màx}}{m_e}} = \sqrt{\frac{2\ \times 8{,}01 \times 10^{-20}}{9{,}11 \times 10^{-31}}} = 4{,}19 \times 10^{5}\ \text{m/s}$$

b)

0,25 p A partir de les expressions anteriors, podem calcular el potencial de frenada com:

$$V_f = \frac{E_{fotons} - W}{e}$$

0,5 p Per a la llum verda:

$$E_{fotons} = hf = h\frac{c}{\lambda} = 6{,}63 \cdot 10^{-34}\frac{3{,}00 \times 10^{8}}{520 \times 10^{-9}} = 3{,}82 \cdot 10^{-19}\ \text{J} = 2{,}39\ \text{eV}$$

$$V_f = \frac{E_{fotons} - W}{e} = \frac{3{,}82 \times 10^{-19} - 3{,}52 \times 10^{-19}}{1{,}602 \times 10^{-19}} = 0{,}19\ \text{V}$$

0,5 p Per a la llum vermella:

$$E_{fotons} = hf = h\frac{c}{\lambda} = 6{,}63 \cdot 10^{-34}\frac{3{,}00 \times 10^{8}}{650 \times 10^{-9}} = 3{,}06 \cdot 10^{-19}\ \text{J} = 1{,}91\ \text{eV}$$

Tenim que $E_{fotons} < W$; els fotons no tenen prou energia per arrencar electrons del càtode. Per tant, no es produeix efecte fotoelèctric i no cal aplicar cap potencial de frenada.