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

2026

Proves d'accés a la universitat

Física

Sèrie 5

Indiqueu les opcions triades:

Exercici 1: Opció A ☐ Opció B ☐

Exercici 3: 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 3, 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

La nau espacial *Hera* ($m_H = 1\,130$ kg) ha d'arribar a un sistema d'asteroides per a recollir-ne informació. Per aconseguir-ho, el 2025 va passar a prop de Mart i en va aprofitar la gravetat per a accelerar.

1.1. En un punt de la trajectòria, *Hera* va passar a una distància de 5 000 km de la superfície de Mart. Calculeu en aquest punt la intensitat del camp gravitatori generat per Mart i la força gravitatòria exercida per Mart sobre *Hera*. Feu un esquema que representi Mart i *Hera*, i dibuixeu la força que Mart exerceix sobre *Hera*.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 1.1	

1.2. *Hera* descriu una trajectòria el·líptica al voltant del Sol amb un període de 2 anys i 274 dies. Sabent que el període de l'òrbita de la Terra al voltant del Sol és de 365 dies, calculeu el semieix major de l'òrbita el·líptica d'*Hera*. Sabent que el periheli de l'òrbita d'*Hera* es troba a $1{,}49 \times 10^8$ km, a quina distància del Sol es troba l'afeli? Calculeu el quocient entre la velocitat d'*Hera* al periheli i a l'afeli.

[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 Mart: $M_M = 6{,}42 \times 10^{23}$ kg.
Radi de Mart: $R_M = 3{,}39 \times 10^3$ km.
Semieix major Sol-Terra: $a_{ST} = 1{,}50 \times 10^8$ km.
Tercera llei de Kepler: $\frac{T^2}{a^3} = constant$, on a és el semieix major de l'òrbita.

OPCIÓ B

La sonda *Mars Global Surveyor* de la NASA es va llançar l'any 1996 i va acabar la missió l'any 2006. Aquesta missió va permetre elaborar un primer mapa de la superfície de Mart. La seva òrbita al voltant de Mart era estacionària, és a dir, era una òrbita circular amb un període igual a la duració d'un dia marcià.

1.1. Determineu l'altura a què es trobava la sonda per sobre de la superfície de Mart. Quina és la intensitat del camp gravitatori creat per Mart a aquesta altura?

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 1.1	

1.2. Una segona sonda, la *Mars Reconnaissance Orbiter*, està ampliant l'estudi de la superfície de Mart des del 2006. Aquesta sonda segueix una òrbita el·líptica al voltant del planeta a una altura sobre la superfície de Mart de 255 km al periastre i de 320 km a l'apoastre. Determineu el semieix de l'òrbita $a = \frac{r_a + r_p}{2}$ i el període de la sonda. Tenint en compte que l'energia mecànica d'una òrbita el·líptica és $E_m = -G\frac{M \cdot m}{2a}$ i que la massa de la sonda és de 1 187 kg, trobeu la velocitat al periastre i el mòdul del seu moment angular.

[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 Mart: $M_M = 6{,}42 \times 10^{23}$ kg.
Radi de Mart: $R_M = 3{,}39 \times 10^3$ km.
Dia marcià: 24 h 37 min.

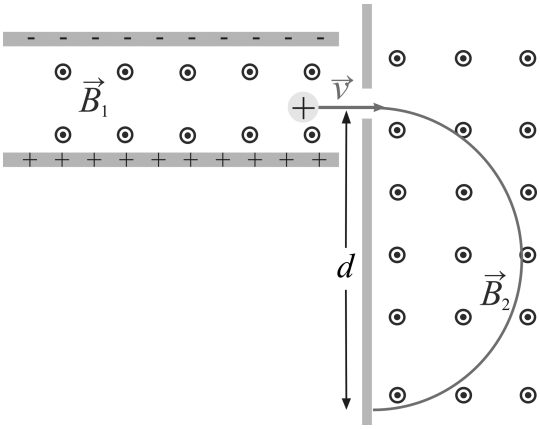
[Si us cal més espai per a respondre, podeu utilitzar les pàgines 10 i 11.]

Exercici 2. Camps electromagnètics

[2,5 punts en total]

Puntuació total de l'exercici 2	

La figura mostra l'esquema d'un espectròmetre de masses. Hi tenim un ió de clor (Cl^+) que surt de la font d'ions cap al selector de velocitats. En el selector de velocitats hi ha un camp elèctric generat per les plaques carregades i un camp magnètic extern B_1, en sentit cap enfora del paper.



2.1. Volem que els ions surtin del selector de velocitats a una velocitat de $4{,}00 \times 10^4\ \mathrm{m\,s^{-1}}$. Dibuixeu el diagrama de les forces que actuen sobre l'ió Cl^+ dins el selector de velocitats. Si el voltatge aplicat a les plaques, que estan separades a una distància de 20,0 mm, és de 500 V, quin valor ha de tenir el mòdul del camp magnètic B_1 perquè els ions surtin a la velocitat desitjada?

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 2.1	

2.2. Posteriorment, els ions entren per una escletxa en una zona on només hi ha un camp magnètic B_2, de mòdul 0,30 T, en sentit enfora del paper. A quina distància d de l'escletxa impactarà l'ió Cl^+? Calculeu també quin serà l'increment de l'energia cinètica de l'ió des que surt del selector de velocitats fins que impacta a la placa.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 2.2	

DADES: $|e| = 1{,}602 \times 10^{-19}$ C.
Massa de l'ió de clor: $Cl^+ = 5{,}81 \times 10^{-26}$ kg.

Exercici 3. Vibracions i ones

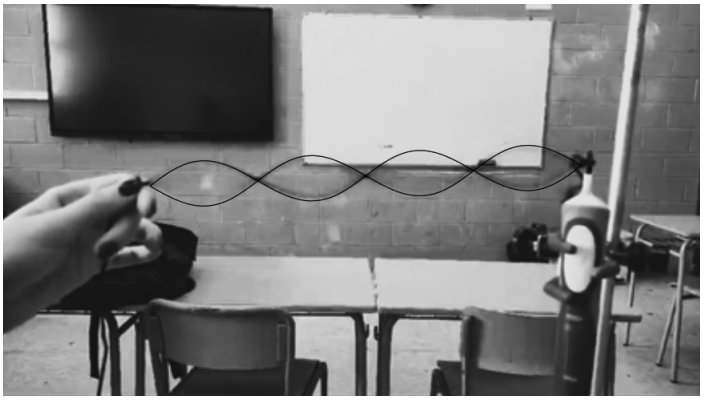
[2,5 punts en total]

Puntuació total de l'exercici 3	

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

Un raspall de dents elèctric es pot fer servir com un oscil·lador harmònic per a generar ones estacionàries en una corda. L'eix oscil·lador del raspall vibra amb una freqüència de 357 Hz. Si lliguem una corda elàstica a l'eix oscil·lador, engeguem el raspall i anem deixant anar corda i jugant amb la tensió que fem amb la mà, anirem observant diferents harmònics.



3.1. Quin harmònic hi ha representat a la imatge de dalt? Per a l'harmònic representat, calculeu la longitud d'ona i la velocitat de propagació. Indiqueu en quina posició es troben els nodes i els ventres si la separació entre el primer i l'últim node és de 36,0 cm.

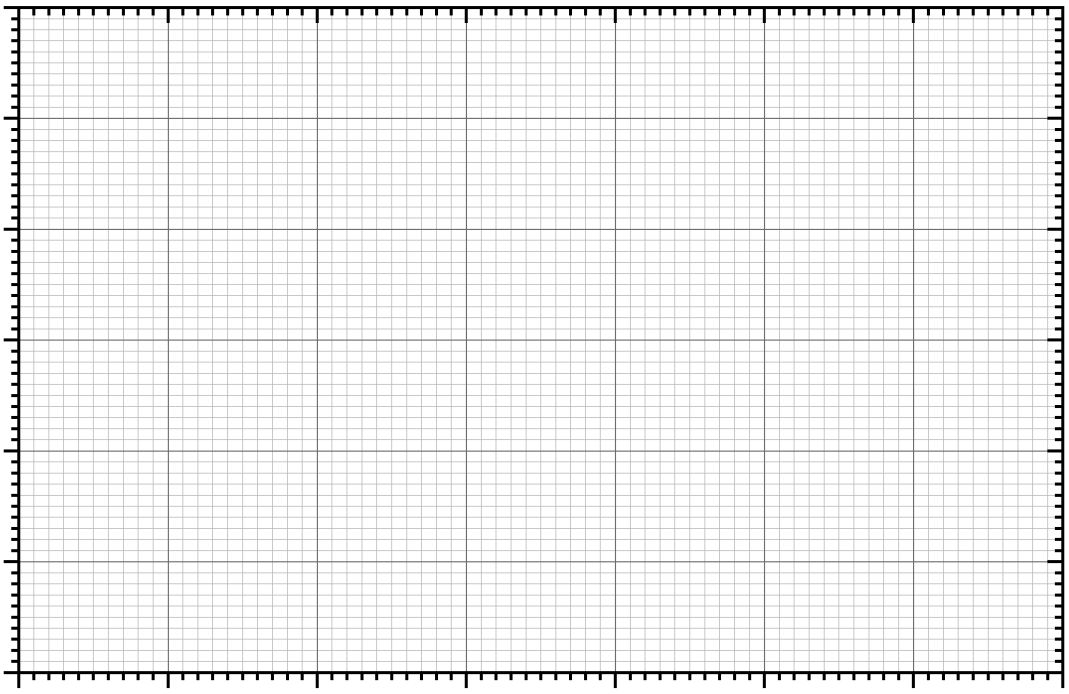
[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 3.1	

3.2. L'eix del raspall de dents oscil·la lateralment amb un moviment harmònic simple. Tenint en compte que l'amplitud del moviment és de 0,50 mm i el moviment comença quan l'eix metàl·lic es troba en el punt de màxim desplaçament, escriviu l'equació de la posició de l'eix metàl·lic del raspall de dents. Representeu gràficament en la quadrícula de sota un període complet del moviment.

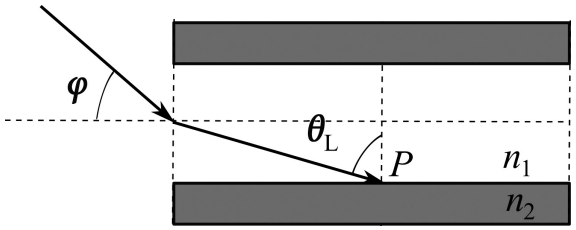
[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 3.2	



OPCIÓ B

La fibra òptica ens permet disposar de comunicació per Internet d'alta velocitat a casa. La fibra òptica consisteix en un filament flexible de secció circular a través del qual es transmeten polsos de llum, que es transmeten a còpia de reflectir-se a les parets internes del filament. Un raig de llum, de longitud d'ona en el buit $\lambda_0 = 650\,\text{nm}$, incideix des de l'aire sobre l'extrem d'una fibra òptica i forma un angle φ amb l'eix de la fibra (vegeu la figura). L'índex de refracció dins la fibra és $n_1 = 1{,}48$.



3.1. Quina és la freqüència de la llum incident? Calculeu la velocitat de propagació de la llum dins de la fibra òptica. Calculeu també la longitud d'ona de la llum dins la fibra òptica.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 3.1	

3.2. La fibra està recoberta d'un material que té un índex de refracció $n_2 = 1{,}44$. Calculeu quin valor ha de tenir l'angle límit θ_L perquè es produeixi una reflexió total interna al punt *P*. Quin és el valor de l'angle φ en aquest cas?

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 3.2	

DADES: $c = 3{,}00 \times 10^8\,\text{m s}^{-1}$.
$n_{\text{aire}} = 1{,}00$.

[Si us cal més espai per a respondre, podeu utilitzar les pàgines 10 i 11.]

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

[2,5 punts en total]

Puntuació total de l'exercici 4	

Un dels accidents nuclears més importants dels darrers temps va ser el de Fukushima, l'11 de març de 2011. Les mesures de l'activitat radioactiva que es van fer al cap de cinc anys van mostrar que un tanc de $8{,}60 \times 10^5\ \text{m}^3$ d'aigua contaminada amb triti radioactiu produïa una activitat de 760 TBq.

4.1. Escriviu la reacció de desintegració del triti radioactiu, ${}^{3}_{1}\text{H}$, si un dels productes de la reacció és heli-3, ${}^{3}_{2}\text{He}$. Completeu la reacció nuclear amb totes les partícules que intervenen en el procés. Justifiqueu de quin tipus de decaïment radioactiu es tracta.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 4.1	

4.2. Determineu la constant de desintegració d'aquesta reacció. Quina era l'activitat original del tanc en el moment de l'accident? Si l'OMS recomana que l'activitat per triti per cada litre d'aigua no hauria de superar els $10^7\ \text{Bq m}^{-3}$, quants anys des del dia de l'accident han de passar perquè l'aigua d'aquest tanc sigui segura? El Japó va proposar desfer-se d'aquesta aigua abocant-la en petites quantitats a l'oceà Pacífic. Expliqueu si aquesta proposta és raonable o bé implica un risc ambiental.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 4.2	

DADA: Període de semidesintegració del triti: 4 500 dies.

[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 5

EXERCICI 1

OPCIÓ A

1.1.

0,75 p Segons la llei de la gravitació universal, el mòdul de la força sobre la Hera degut a l'atracció del Mart és:

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

D'altra banda, la relació entre la força i la intensitat del camp gravitatori és.

$$F = M_H g$$

Per tant la intensitat del camp gravitatori és:

$$g = G\,\frac{M_M}{r^2} = 6{,}67\cdot 10^{-11}\,\frac{6{,}42\cdot 10^{23}}{(\,3{,}39\cdot 10^{6} + 5\cdot 10^{6}\,)^2} = 0{,}608\ \mathrm{m/s^2}$$

0,25 p I la força és:

$$F = M_H g = 1130\cdot 0{,}608 = 687\ \mathrm{N}$$

0,25 p La força és atractiva i dirigida al llarg de la línia que uneix els dos objectes:



1.2.

La tercera llei de Kepler estableix:

$$\frac{T^2}{a^3} = constant$$

0,75 p Per tant,

$$\frac{T_H^2}{a_H^3} = \frac{T_T^2}{a_T^3} \Rightarrow a_H = a_T\sqrt[3]{\left(\frac{T_H}{T_T}\right)^2} = 1{,}50\cdot 10^{11}\sqrt[3]{\left(\frac{2\cdot 365 + 274}{365}\right)^2} = 2{,}94\cdot 10^{11}\ \mathrm{m}$$

0,25 p $a_H = \frac{r_{aH}+r_{pH}}{2} \Rightarrow r_{aH} = 2a_H - r_{pH} = 4{,}40\cdot 10^{11}\ \mathrm{m}$

0,25 p El moment angular s'expressa com:

$$\vec{L} = M_H \vec{r} \times \vec{v},$$

on $\vec{r}$ és el vector de posició que apunta del centre del Sol a Hera i $\vec{v}$ és la velocitat d'Hera. El mòdul del moment angular s'expressa com:

$$L = M_H \, r \, v \, sin\theta,$$

on θ és l'angle que formen $\vec{r}$ i $\vec{v}$. Com al periheli i a l'afeli $\vec{r}$ i $\vec{v}$ són perependiculars, $\theta = \pi/2$ i $sin\theta = 1$.

Per tant, si imposem la conservació del moment angular entre el periheli i l'afeli tenim:

$$M_H \, r_{aH} \, v_a = M_H \, r_{pH} \, v_p$$

I si aïllem el quocient de velocitats tenim:

$$\frac{v_p}{v_a} = \frac{r_{aH}}{r_{pH}}$$

$$\frac{v_p}{v_a} = \frac{r_{aH}}{r_{pH}} = \frac{4{,}40 \cdot 10^{11}\ \text{m}}{1{,}49 \cdot 10^{11}\ \text{m}} = 2{,}95$$

És a dir, la velocitat al periheli és pràcticament el triple de la velocitat a l'afeli.

OPCIÓ B

1.1.

0,65 p Segons la llei de la gravitació universal, el mòdul de la força sobre la sonda degut a l'atracció del Mart és:

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

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

Considerant que la sonda descriu un moviment circular la seva acceleració centrípeta és: $a = \omega^2 r = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$, on $T = 24\,\text{h} + 37\,\text{min} = \ 88620\,\text{s}$

I substituint el valor de l'acceleració centrípeta obtenim:

$$G\,\frac{mM_M}{r^2} = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r \Rightarrow r = \sqrt[3]{T^2\,\frac{GM_M}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{88620^2\,\frac{6{,}67\cdot 10^{-11}\cdot 6{,}42\cdot 10^{23}}{4\pi^2}} = 2{,}04\cdot 10^7\ \text{m}$$

Alternativament, a partir de la 3ª llei de Kepler

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM_M} \Rightarrow r = \sqrt[3]{T^2\,\frac{GM_M}{4\pi^2}} = 2{,}04\cdot 10^7\ \text{m}$$

0,1 p I l'alçada sobre la superfície és:

$$h = r - R_M = 2{,}04\cdot 10^7 - 3{,}39\cdot 10^6 = 1{,}70\cdot 10^7\ \text{m}$$

0,5 p D'altra banda, la relació entre la força i la intensitat del camp gravitatori és: $F = mg$

Per tant la intensitat del camp gravitatori és:

$$g = G\,\frac{M_M}{r^2} = 6{,}67\cdot 10^{-11}\,\frac{6{,}42\cdot 10^{23}}{(\,2{,}04\cdot 10^7)^2} = 0{,}103\ \text{m/s}^2$$

1.2.

0,25 p Les distància al periastre, a l'apoastre i el semieix major es poden calcular directament a partir de les altures:

$$r_a = (320 + 3{,}39 \cdot 10^3) \cdot 10^3 = 3{,}71 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$r_p = (255 + 3{,}39 \cdot 10^3) \cdot 10^3 = 3{,}645 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$a = \frac{r_a + r_p}{2} = 3{,}68 \cdot 10^6 \text{ m}$$

0, 5 p I la tercera llei de Kepler estableix: $\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM_M}$

Així: $T = \sqrt{a^3 \frac{4\pi^2}{GM_M}} = \sqrt{(3{,}68 \cdot 10^6)^3 \frac{4\pi^2}{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 6{,}42 \cdot 10^{23}}} = 6{,}78 \cdot 10^3 \text{ s}$

0,25 p A partir de la definició de l'energia mecànica tenim:

$$\frac{1}{2} m v_p^2 - G\,\frac{m M_M}{r_p} = -G\,\frac{m M_M}{2a} \Rightarrow v_p = \sqrt{G M_M \left(\frac{2}{r_p} - \frac{1}{a}\right)} = 3{,}44 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

0,25 p El moment angular s'expressa com:

$$\vec{L} = m\vec{r} \times \vec{v}$$

on $\vec{r}$ és el vector de posició que apunta del centre de Mart a la sonda i $\vec{v}$ és la seva velocitat. El mòdul del moment angular s'expressa com:

$$L = m\, r\, v\, sin\theta$$

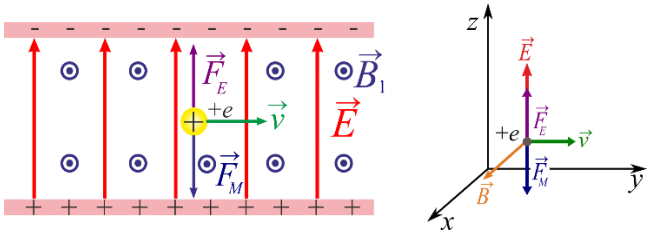
on θ és l'angle que formen $\vec{r}$ i $\vec{v}$. Com al periastre $\vec{r}$ i $\vec{v}$ són perependiculars, $\theta = \pi/2$ i $sin\theta = 1$. Llavors:

$$L = m\, r_p\, v_p = 1187 \cdot 3{,}645 \cdot 10^6 \cdot 3{,}44 \cdot 10^3 = 1{,}49 \cdot 10^{13} \text{ kg m}^2/\text{s}$$

EXERCICI 2

2.1.

0,25 p La força elèctrica és paral·lela al camp elèctric (càrrega positiva), la força magnètica és perpendicular a la velocitat i al camp magnètic i el sentit el determinem amb la regla de la ma dreta:



0,25 p El camp elèctric creat entre les plaques és:

$$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{500}{0{,}02} = 2{,}50 \cdot 10^4 \text{ V}$$

0,25 p La força elèctrica s'expressa com:

$$\vec{F}_E = e\vec{E}$$

0,25 p La força magnètica s'expressa com:

$$\vec{F}_M = e\vec{v} \times \vec{B}$$

0,25 p No es desvia quan $\vec{F}_E + \vec{F}_M = \vec{0}$ i com $\vec{B}$ és perpendicular a $\vec{v}$

$$eE = evB \Rightarrow B = \frac{E}{v}$$

$$B = \frac{E}{v} = \frac{2{,}50 \cdot 10^4}{4{,}0 \cdot 10^4} = 0{,}625 \text{ T}$$

2.2.

0,85 p Sabem que $\vec{F}_m = e\vec{v} \times \vec{B}$. Com $\vec{B}$ és perpendicular a $\vec{v}$, el mòdul de la força magnètica s'expressa com:

$$F_m = evB$$

Com la força magnètica és perpendicular a $\vec{v}$ i de mòdul constant, l'acceleració serà normal i constant, és a dir, l'ió descriurà un moviment circular uniforme (mòdul de la velocitat constant).

El radi de la trajectòria es pot obtenir a partir de la segona llei de Newton:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

i tenint en compte que l'acceleració centrípeta s'expressa com:

$$a = \frac{v^2}{r}$$

I el radi és,

$$evB = m\frac{v^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv}{eB} = \frac{5{,}81 \cdot 10^{-26} \cdot 4{,}0 \cdot 10^4}{1{,}602 \cdot 10^{-19} \cdot 0{,}3} = 4{,}83 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$$

0,15 p I finalment l'ió impacta a una distància igual al diàmetre:

$$d = 2r = 9{,}67 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$$

0,25 p Com la força (i l'acceleració) són perpendicular a la velocitat, el mòdul de la velocitat no canvia (no hi ha component tangencial de l'acceleració), només hi ha un canvi de direcció. Per tant, el mòdul de la velocitat i l'energia cinètica romanen constants.

EXERCICI 3

OPCIÓ A

3.1.

0,25 p Es veuen 5 nodes i 4 ventres, per tant, correspon al quart harmònic.

0,25 p Hi ha dues longituds d'ona complertes, per tant:

$$2\lambda = 0{,}36 \text{ m} \Rightarrow \lambda = 0{,}18 \text{ m}$$

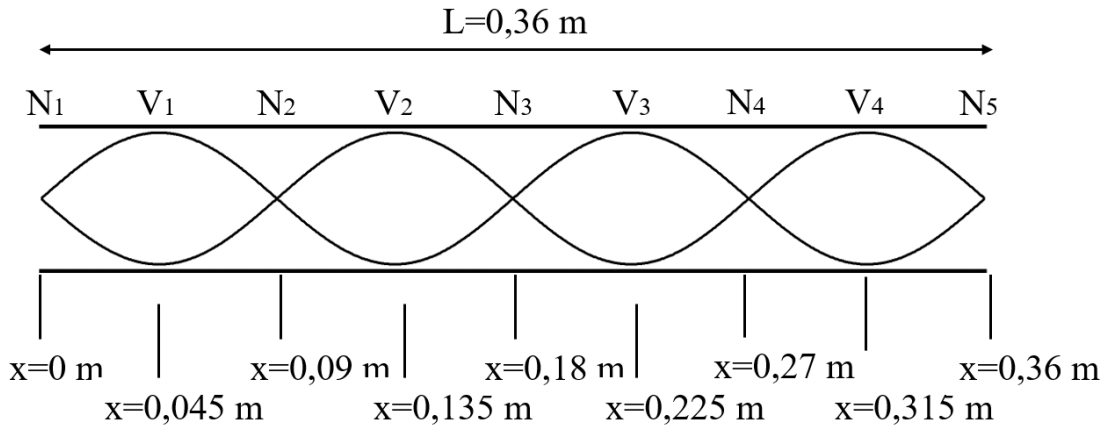
0,25 p Podem obtenir la velocitat a partir de la relació entre la longitud d'ona i la freqüència:

$$v = \lambda \cdot f = 0{,}18 \cdot 357 = 64{,}3 \text{ m/s}$$

0,5 p La distància entre nodes és mitja longitud d'ona, 0,09 m. Els ventres es troben entre nodes a mitja distància, $x_N = (2n-1)\frac{\lambda}{4}$, llavors:

Primer node $x_{N1} = 0$ m, segon node $x_{N2} = 0{,}09$ m, tercer node $x_{N3} = 0{,}18$ m, quart node $x_{N4} = 0{,}27$ m, cinquè node $x_{N5} = 0{,}36$ m, primer ventre $x_{V1} = 0{,}045$, segon ventre $x_{V2} = 0{,}135$ m, tercer ventre $x_{V3} = 0{,}225$ m i quart ventre $x_{V4} = 0{,}315$ m.

Alternativament:



3.2.

0,25 p $\omega = 2\pi f = 714\pi$ rad/s = 2240 rad/s i $A = 5 \cdot 10^{-4}$ m

Primera opció

0,25 p Equació del MHS:

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

0,25 p $x_0 = x(t=0) = A$.

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

Finalment l'equació del moviment és:

$x(t) = 5 \cdot 10^{-4}\, sin(2240\, t + \pi/2)$, x en m i t en s.

Alternativament:

0,25 p Equació del MHS:

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

0,25 p $x_0 = x(t=0) = A$.

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

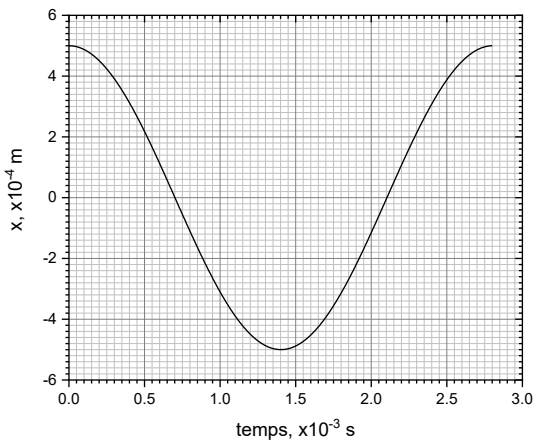
Finalment l'equació del moviment és:

$x(t) = 5 \cdot 10^{-4}\, cos(2240\, t)$, x en m i t en s.

0,2 p Per fer la representació gràfica primer calcularem el període

$$T = \frac{1}{f} = 2{,}80 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

0,3 p Representació gràfica amb títols, unitats i ben escalada:



OPCIÓ B

3.1.

0,5 p La longitud d'ona depèn del medi, però la freqüència no depèn del medi, per tant, podem determinar la freqüència a partir de la velocitat de la llum i la longitud d'ona al buit:

$$f = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3{,}00 \cdot 10^8}{650 \cdot 10^{-9}} = 4{,}62 \cdot 10^{14}\ \text{Hz}$$

0,5 p Per altra banda, la velocitat de propagació de la llum a la fibra és:

$$v = \frac{c}{n_1} = \frac{3{,}00 \cdot 10^8}{1{,}48} = 2{,}03 \cdot 10^8\ \text{m/s}$$

0,25 p I finalment, al longitud d'ona dins la fibra és:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{2{,}03 \cdot 10^8}{4{,}62 \cdot 10^{14}} = 439 \cdot 10^{-9}\ \text{m} = 439\ \text{nm}$$

3.2.

0,5 p Perquè hi hagi reflexió total, l'angle d'incidència respecte la normal a *P* ha de ser més gran o igual que l'angle límit. L'angle límit (o crític) és l'angle d'incidència respecte la normal de la interfície pel qual l'angle de refracció és 90º. A partir de la llei de Snell:

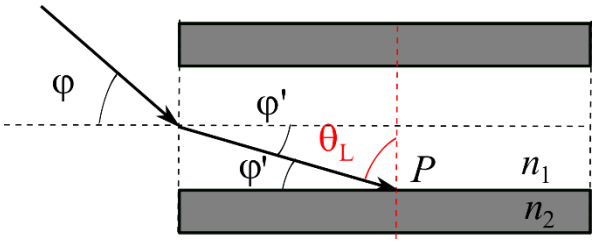
$$n_1 sin\theta_L = n_2 sin90^o$$

Per tant l'angle límit serà:

$$\theta_L = arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) = arcsin\left(\frac{1{,}44}{1{,}48}\right) = 76{,}65^o$$

0,75 p Per trobar l'angle màxim d'incidència φ, primer cal trobar l'angle transmès φ'. De la figura és evident que

$$\varphi' = 90^o - \theta_L = 90^o - 76{,}65^o = 13{,}35^o$$



Un cop coneixem φ' podem determinar φ a partir de la Llei de Snell:

$$n_{aire} sin\varphi = n_1 sin\varphi' \Rightarrow \varphi = arcsin\left(\frac{n_1 sin\varphi'}{n_{aire}}\right) = arcsin\left(\frac{1{,}48\ \sin\ (13{,}35^o)}{1}\right) = 20{,}0^o$$

EXERCICI 4

4.1.

1,0 p La reacció ha de complir la conservació del nombre màssic nuclears i a més ha de conservar la càrrega, amb aquestes premisses, la reacció de desintegració serà:

$$^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{3}_{2}He + {}^{x}_{y}? + ?$$

Per una banda es compleix la conservació del nombre màssic:

$$3 = 3 + x \quad \Rightarrow \quad x = 0$$

I per a la conservació de càrrega:

$$1 = 2 + y \quad \Rightarrow \quad y = -1$$

Per tant, la partícula que busquem és un electró ($^{0}_{-1}e$). A banda aquestes reaccions per complir la conservació d'energia emeten neutrins, que per conservar el nombre leptònic hauria de tractar-se d'una antipartícula, per tat serà un antineutrí de la família electrònica. La reacció completa és:

$$^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{3}_{2}He + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}_e$$

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 Es tracta d'una desintegració β^-.

4.2.

0,25 p La constant de desintegració λ la obtenim a partir del període de semidesintegració:

$A(t) = \frac{A_0}{2} = A_0\, e^{-\lambda t_{1/2}}$ i per tant, $t_{1/2} = \frac{ln2}{\lambda}$.

i $t_{1/2} = 4500$ dies $= 3{,}89 \cdot 10^8$ s

Directament obtenim $\lambda = \frac{ln2}{t_{1/2}} = \frac{ln2}{3{,}89 \cdot 10^8\ \text{s}} = 1{,}78 \cdot 10^{-9}\ \text{s}^{-1}$

0,4 p Per altra banda sabem que al cap de 5 anys ($t = 1{,}58 \cdot 10^8$ s) l'activitat s'ha reduït a $7{,}60 \cdot 10^{14}$ Bq:

$$A(t) = A_0\, e^{-\lambda t} \Rightarrow A_0 = A(t)e^{\lambda t} = 7{,}60 \cdot 10^{14} e^{1{,}78 \cdot 10^{-9} \cdot 1{,}58 \cdot 10^8} = 1{,}01 \cdot 10^{15}\ \text{Bq}$$

0,4 p Perquè sigui segura l'activitat ha de ser:

$$A(t) = 10^7 \cdot 8{,}60 \cdot 10^5 = 8{,}60 \cdot 10^{12}\ \text{Bq}$$

i:

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

$$t = \frac{-1}{\lambda} ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right) = \frac{-1}{1{,}78 \cdot 10^{-9}} ln\left(\frac{8{,}60 \cdot 10^{12}}{7{,}60 \cdot 10^{14}}\right) = 2{,}67 \cdot 10^9\ \text{s} = 84{,}7\ \text{anys}$$

0,2 p **Aquesta pregunta no té una resposta tancada, per tant, es valorarà correctament si l'argument és coherent.**

Es pot defensar que no és una mesura gaire bona perquè en el moment de fer l'abocament l'activitat per unitat de volum està molt lluny de ser aconsellable. De fet, diversos països veïns veuen amb mals ulls la proposta. A més, depèn de la velocitat amb què tingui lloc la dispersió, existència de corrents (recordem per exemple l'existència de grans illes d'acumulació de plàstics al mig de l'Oceà Pacífic), podent-se produir nivells locals de contaminació massa alts, per no parlar de danys locals en plàncton i fauna marina al lloc d'abocament, ja que la concentració encara que sigui en quantitats petites segueix sent molt per sobre del recomanable.

No obstant, també es considerarà correcte, que l'estudiant argumenti que amb el temps, la concentració disminuirà significativament en diluir-se en una gran massa d'aigua.