

Proves d'accés a la universitat

Física

Sèrie 1

L'examen consta d'una part comuna (problemes P1 i P2), que heu de fer obligatòriament, i d'una part optativa, de la qual heu d'escollir UNA de les dues opcions (A o B) i fer els problemes P3, P4 i P5 corresponents.

Cada problema val 2 punts.

PART COMUNA

P1) El projecte ExoMars és una missió espacial amb la finalitat de buscar vida al planeta Mart. En una primera fase, el 2016, constava d'un satèl·lit, l'*ExoMars Trace Gas Orbiter*, en òrbita circular al voltant de Mart a 400 km d'altura, i d'un mòdul de descens, l'*Schiaparelli*, que havia d'aterrar a Mart.

Però quan el mòdul de descens estava a 3,7 km d'altura sobre Mart, pràcticament aturat, els sistemes automàtics van interpretar erròniament que ja havia arribat a la superfície. Van aturar els retrocoets i el mòdul es va desprendre del paracaigudes. Com a resultat, l'*Schiaparelli* es va precipitar en caiguda lliure.

a) Calculeu el període de l'*ExoMars Trace Gas Orbiter*.

b) Determineu el valor de l'acceleració de la gravetat a la superfície de Mart i la velocitat a la qual la nau va impactar a la superfície. (Considereu que la gravetat és constant durant la caiguda i la fricció amb l'atmosfera de Mart és negligible.)

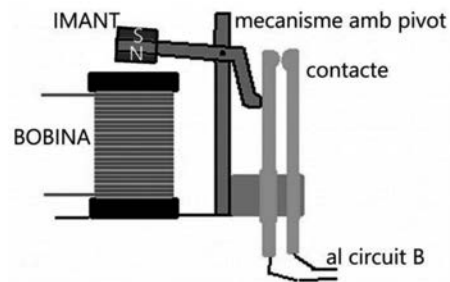
DADES: Massa de Mart = $6,42 \times 10^{23}$ kg.

Radi de Mart = $3,38 \times 10^6$ m.

$G = 6,67 \times 10^{-11}$ N m² kg⁻².



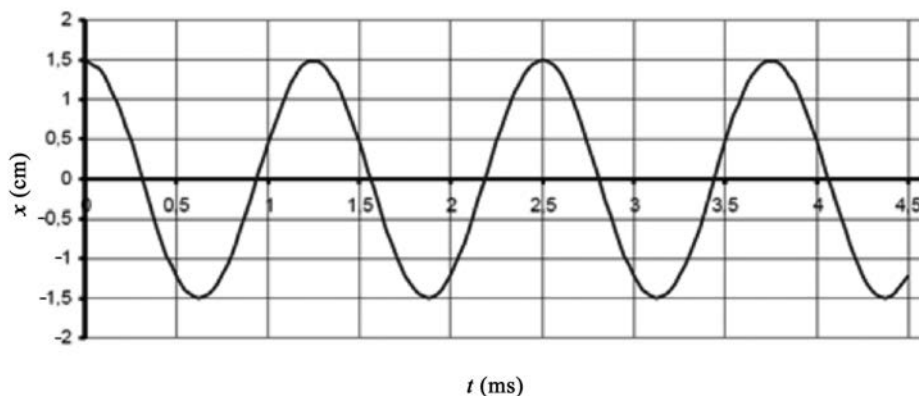
P2) La figura mostra l'esquema d'un relé. Quan circula un corrent elèctric per la bobina, l'extrem inferior de l'imant (nord) és atret per la bobina i el moviment es transmet per un pivot, de manera que es tanca el circuit B.



- a)** Especifiquen clarament quin ha de ser el sentit del corrent elèctric a la bobina perquè s'activi el relé (i es tanqui el circuit B) i dibuixeu les línies del camp magnètic generat per la bobina en aquesta situació.
- b)** En unes proves observem que el mecanisme no fa prou força per a tancar el contacte. Indiqueu quin efecte tindria sobre el dispositiu cadascuna de les modificacions següents:
 - 1) Augmentar la intensitat del corrent que circula per la bobina.
 - 2) Situar un material ferromagnètic al nucli de la bobina.
 - 3) Fer passar per la bobina un corrent altern en comptes d'un corrent continu.

OPCIÓ A

P3) Un sistema vibrador situat al punt $x=0$ oscil·la tal com s'indica en aquest gràfic elongació-temps i transmet el moviment a una corda, de manera que es genera una ona transversal amb una longitud d'ona de 20,0 cm.



- a)** Determineu el període, l'amplitud i la freqüència de la vibració i la velocitat de propagació de l'ona per la corda. Escriviu l'equació de l'ona plana (no oblideu indicar totes les unitats de les magnituds que hi apareixen).
- b)** Demostreu, a partir de l'equació d'ona, que la velocitat màxima a la qual es mouen els punts de la corda en les seves oscil·lacions es pot calcular amb l'expressió $v_{\max} = A\omega$ (en què A és l'amplitud i ω és la pulsació).

P4) L'enllaç iònic de la sal comuna (NaCl) es produeix per l'atracció electrostàtica entre el catió Na^+ i l'anió Cl^- .

a) Calculeu la separació entre aquests dos ions, sabent que l'energia potencial elèctrica del sistema és de $-9,76 \times 10^{-19} \text{ J}$.

b) Si apliquem un camp elèctric uniforme de $50,0 \text{ N C}^{-1}$ a l'ió Na^+ , calculeu el treball necessari per a separar els ions fins a una distància de 2 cm.

DADES: $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$.

Càrrega elemental = $1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.



P5) La presència de l'isòtop ferro 60 (^{60}Fe) en algunes roques lunars i en alguns sediments oceànics indica, segons alguns astrofísics, que una supernova va esclatar a les proximitats del Sistema Solar en una època relativament recent (a escala còsmica) i va fer arribar aquest isòtop fins a la Terra. El ^{60}Fe té un període de semidesintegració de 2,6 milions d'anys.

a) Si hi hagués hagut ^{60}Fe quan la Terra es va formar, fa 4 400 milions d'anys, quin percentatge d'aquest ^{60}Fe primordial quedaria ara? Si el ^{60}Fe es va originar en l'explosió d'una supernova fa 13 milions d'anys, quin percentatge d'aquest ^{60}Fe hauria de quedar encara?

b) El ^{60}Fe es transforma, mitjançant una desintegració β^- , en un isòtop de cobalt (Co) de vida breu, el qual torna a patir una nova desintegració β^- i produeix un isòtop estable de níquel (Ni). Escriviu les equacions nuclears de les dues desintegracions, incloent-hi els antineutrins.

DADA: Nombre atòmic del ferro (Fe): 26.

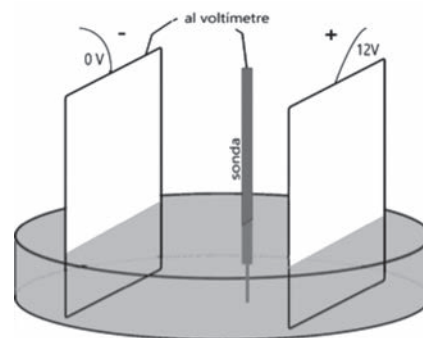
OPCIÓ B

P3) L'agulla d'una màquina de cosir oscilla amb un desplaçament vertical de 15 mm d'un extrem a l'altre. En les especificacions del fabricant, s'indica que l'agulla fa 1 200 puntes per minut. Supposeu que l'agulla descriu un moviment harmònic simple.

a) Escriviu l'equació del moviment i representeu la gràfica posició-temps durant dos períodes, suposant que a l'instant inicial l'agulla es troba en la posició més alta.

b) Calculeu la velocitat i l'acceleració màximes de l'agulla.

P4) En una càpsula de Petri plena d'aigua destil·lada hem submergit dues plaques metàl·liques paral·leles connectades a una diferència de potencial de 12,0 V, tal com mostra la figura. Les dues plaques estan separades per una distància de 6,00 cm. Amb un voltímetre, explorem la diferència de potencial entre la placa negativa i diferents punts de la regió intermèdia.



- a)** Calculeu el camp elèctric (suposant que és uniforme) entre les dues plaques, i indiqueu-ne també la direcció i el sentit. Feu un dibuix en què representeu, de manera aproximada, les superfícies equipotencials que espereu trobar a la regió compresa entre les dues plaques i indiqueu el valor del potencial en cadascuna de les superfícies representades.
- b)** Amb la sonda, tal com veiem a la figura, el voltímetre indica 7,0 V. Calculeu el treball que hauria de fer una força externa per a desplaçar una càrrega positiva de $0,1 \mu\text{C}$ des d'aquest punt fins a la placa positiva.

P5) El període de semidesintegració d'un nucli radioactiu és de 600 s. Disposem d'una mostra que inicialment té 10^{10} d'aquests nuclis.

- a)** Calculeu la constant de desintegració i el nombre de nuclis que queden després d'una hora.
- b)** Calculeu l'activitat de la mostra dues hores després de l'instant inicial.

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 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 l'alumne ha resolt un problema per un altre procediment vàlid diferent del descrit en aquestes pautes, la resolució es considera vàlida.
7. Els errors d'unitats o el fet de no posar-les restaran el 20% de la puntuació d'aquest apartat. Exemple: si l'apartat (a) val 1 punt i s'ha equivocat en les unitats l'haurem de puntuar amb 0,8 punts.
8. Cal resoldre els exercicis fins al resultat final i no es poden deixar indicades les operacions. Tanmateix, els errors en el càlcul restaran el 20% de la puntuació d'aquest apartat. Exemple: si l'apartat (a) val 1 punt i s'ha equivocat en les càlculs l'haurem de puntuar amb 0,8 punts.
9. Cal fer la substitució numèrica en les expressions que s'utilitzen per resoldre les preguntes.
10. Un resultat amb un nombre molt elevat de xifres significatives (6 xifres significatives) es penalitzarà amb 0,1p.

PART COMUNA

P1)

a)

0.1 p $F = ma$

0.4 p
$$\begin{cases} \frac{GMm}{R^2} = m\omega^2 R = m \frac{4\pi^2}{T^2} R \\ GMT^2 = 4\pi^2 R^3 \\ T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^3}{GM}} \end{cases}$$

0.3 p $R = 400 \cdot 10^3 + 3,38 \cdot 10^6 = 3,78 \times 10^6 m$

0.2 p $T = 7,062 \times 10^3 s$

b)

0.2 p
$$\begin{cases} \frac{GMm}{R_M^2} = mg \\ g = \frac{GM}{R_M^2} \end{cases}$$

0.1 p $R_M = 3,38 \cdot 10^6 m$

0.2 p $g = 3,75 m/s^2$

0.2 p $v^2 = v_0^2 + 2gh$

0.1 p $h = 3700 m$

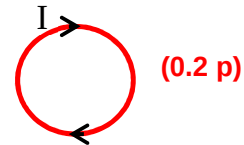
0.2 p $v = \sqrt{0 + 2 \cdot 3,75 \cdot 3700} = 166,6 m/s$

P2)

a)

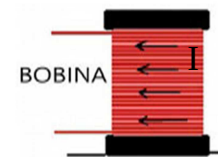
Cal que a la superfície superior de la bobina hi hagi un pol SUD (0.3 p) per tal que atregui el pol NORD de l'imant. El sentit del corrent a la bobina es pot descriure de diferents maneres, ambdues es donaran com a correctes

- ✓ Vist des de dalt, el corrent girarà en sentit horari (vist des de sota en sentit antihorari).

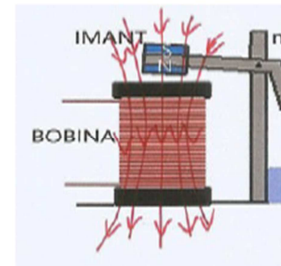


O bé,

- ✓ tal com s'indica a la figura (orientada com a l'enunciat):



0.5 p Les línies del camp magnètic es representen al dibuix



b)

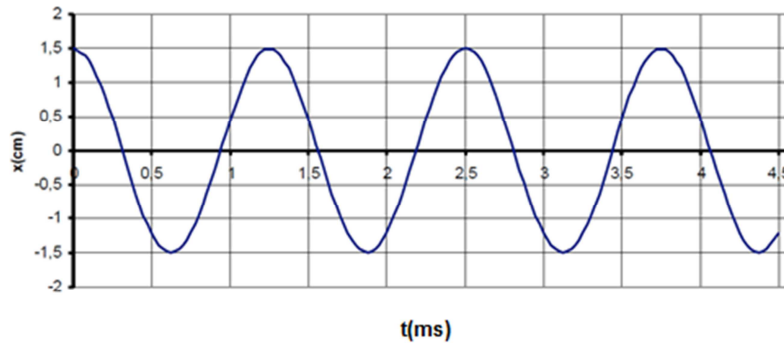
0.4 p b1) Augmentaria el camp magnètic produït per la bobina, que atrauria l'imant amb MÉS força.

0.3 p b2) En augmentar la permeabilitat magnètica, augmentaria el camp magnètic produït per la bobina, que atrauria l'imant amb MÉS força.

0.3 p b3) El camp magnètic canviaria de sentit molt ràpidament. L'imant serà successivament atret i repel·lit (potser observariem una vibració amb la freqüència del corrent altern).

OPCIÓ A

P3)



a)

Del gràfic es pot extraure: $T = 1,25 \text{ ms}$ (0.1 p), $A = 1.5 \text{ cm}$ (0.1 p)

0.1 p $f = \frac{1}{T} = 800 \text{ s}^{-1}$

0.1 p $v = \lambda f = 160 \text{ ms}^{-1}$

0.2 p $y(x, t) = A \cos(\omega t - kx + \varphi_0)$

Si s'usa la funció cosinus, $\varphi_0 = 0$. Si s'usa la funció sinus, aleshores

$$\varphi_0 = \frac{\pi}{2} \text{ rad} \quad \text{o bé} \quad \varphi_0 = -\frac{3\pi}{2} \text{ rad}.$$

0.1 p $\omega = 2\pi f = 1600\pi \text{ rad/s}$

0.1 p $k = \frac{2\pi}{\lambda} = 10\pi \text{ rad/m}$

0.2 p $y(x, t) = 1.5 \text{ cm} \cos\left(1600\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} t - 10\pi \frac{\text{rad}}{\text{m}} x\right)$

També serien vàlides expressions equivalents (amb sinus, amb A en metres, traient el π factor comú, escrivint $\omega = 5027 \text{ rad/s}$ i $k = 31,4 \text{ rad/m}$, etc.

b)

0.4 p $v_y(x, t) = \frac{dy}{dt} = -A\omega \sin(\omega t - kx + \varphi_0)$

0.6 p Quan el valor de la fase $(\omega t - kx + \varphi_0)$ va prenent tots els valors possibles, el seu sinus varia entre -1 i +1. El valor màxim de la velocitat és $A\omega$.

P4)

a)

$$\text{0.4 p } U = k \frac{q_- \cdot q_+}{r}$$

$$-9,76 \times 10^{-19} = 8,99 \times 10^9 \cdot \frac{(-1,6 \times 10^{-19}) \cdot 1,6 \times 10^{-19}}{r}$$

$$\text{0.6 p } r = 2,36 \times 10^{-10} \text{ m} = 0.236 \text{ nm}$$

b) El treball extern per a separar els dos ions (contra el treball fet per la força de atracció mútua) és de $9,76 \times 10^{-19} \text{ J}$. (0.4 p)

(*) Si el camp elèctric aplicat i el desplaçament estan a la mateixa direcció i sentit, el treball per a superar la força del camp aplicat és:

$$W_{\text{ext}} = qEd = 1,6 \times 10^{-19} \cdot 50 \cdot 0,02 = -1,6 \times 10^{-19} \text{ J} \quad (0.4 \text{ p})$$

i el treball total és:

$$W_{\text{ext,total}} = 9,76 \times 10^{-19} - 1,6 \times 10^{-19} = 8,16 \times 10^{-19} \text{ J} \quad (0.2 \text{ p})$$

(**) Si el camp elèctric aplicat sobre el ió Na^+ i el desplaçament estan a la mateixa direcció però sentit contrari, el treball per a superar la força del camp aplicat és:

$$W_{\text{ext}} = qEd = 1,6 \times 10^{-19} \cdot 50 \cdot 0,02 = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J} \quad (0.4 \text{ p})$$

i el treball total és:

$$W_{\text{ext,total}} = 9,76 \times 10^{-19} + 1,6 \times 10^{-19} = 1,136 \times 10^{-18} \text{ J} \quad (0.2 \text{ p})$$

Es donaran per vàlides les dues respostes (*) ó (**)

P5)

a)

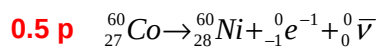
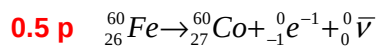
0.5 p Dels nuclis presents a l'origen de la Terra, no en quedarà cap.

$$\frac{N}{N_0} = 2^{(-t/t_{1/2})} = 2^{(-4400/2,6)} \approx 0$$

0.5 p Dels nuclis generats fa 13 milions d'anys:

$$\frac{N}{N_0} = 2^{(-t/t_{1/2})} = 2^{(-13/2,6)} = 0,03125 \Rightarrow 3,1\%$$

b)

Alternativament es pot indicar l'electró o partícula beta amb el símbol β **Restarem 0.2 p** si no escriuen els antineutrins

OPCIÓ B

P3)

a)

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

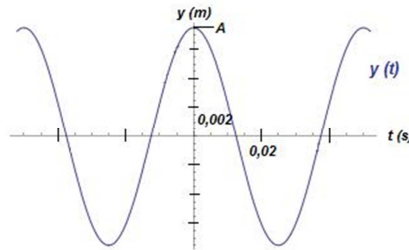
0.2 p $A = \frac{15 \times 10^{-3}}{2} = 7,5 \times 10^{-3} \text{ m}$

0.2 p $\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{1200}{60} = 40\pi \text{ rad/s}$

0.2 p $y(0) = A \sin \varphi_0 = A \rightarrow \sin \varphi_0 = 1 \rightarrow \varphi_0 = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$

0.1 p $y(t) = 7,5 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \sin\left(40\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} t + \frac{\pi}{2}\right)$

També serà vàlida l'expressió amb cosinus ($\varphi_0 = 0$)

0.2 p

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{40\pi} = 0,05 \text{ s}$$

b)

$$v(t) = \frac{dy}{dt} = A\omega \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

0.4p

$$a(t) = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

El valor màxim de la velocitat s'obté quan el cosinus val 1 i el de l'acceleració quan el sinus és -1.

0.3 p $v_{\max} = A\omega = 7,5 \times 10^{-3} \cdot 40\pi = 0,94 \text{ ms}^{-1}$

0.3 p $a_{\max} = A\omega^2 = 7,5 \times 10^{-3} \cdot (40\pi)^2 = 118 \text{ ms}^{-2}$

No és necessària la demostració dels valors màxims

P4)

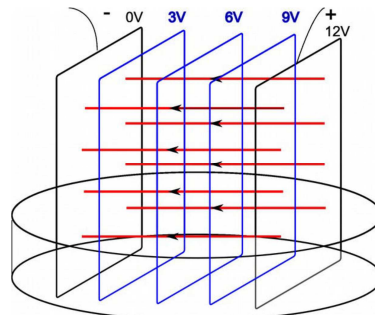
a)

$$E = \frac{\Delta V}{d}$$

0.5 p

$$E = \frac{12}{0,06} = 200 \text{ V/m}$$

0.2 p Camp elèctric dirigit cap a l'esquerra.



0.3 p

Els estudiants poden indicar un nombre diferent de superfícies equipotencials, superior a 1, respectant l'equidistància.

b)

$$0.2 \text{ p } W_{\text{ext}} = q\Delta V$$

$$0.6 \text{ p } \Delta V = 12 - 7 = 5 \text{ V}$$

$$0.2 \text{ p } W_{\text{ext}} = 0,1 \times 10^{-6} \cdot 5 = 5 \times 10^{-7} \text{ J}$$

P5)

a)

$$0.2 \text{ p } \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

$$0.2 \text{ p } \lambda = \frac{\ln 2}{600} = 1,155 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$$

$$0.2 \text{ p } N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$0.4 \text{ p } N(t = 3600 \text{ s}) = 10^{10} e^{-1,155 \times 10^{-3} \cdot 3600} = 1,56 \times 10^8 \text{ nuclis}$$

b)

$$0.4 \text{ p } A(t) = \lambda \cdot N(t)$$

$$0.6 \text{ p } A(t = 7200) = 1,16 \times 10^{-3} \cdot \underbrace{10^{10} e^{-1,155 \times 10^{-3} \cdot 7200}}_{2,36 \times 10^6} = 2,82 \times 10^3 \text{ Bq}$$