

Proves d'accés a la universitat

Física

Sèrie 2

Qualificació			TR
Problemes	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
Suma de notes parcials			
Qualificació final			

Etiqueta de l'alumne/a

Ubicació del tribunal

Número del tribunal

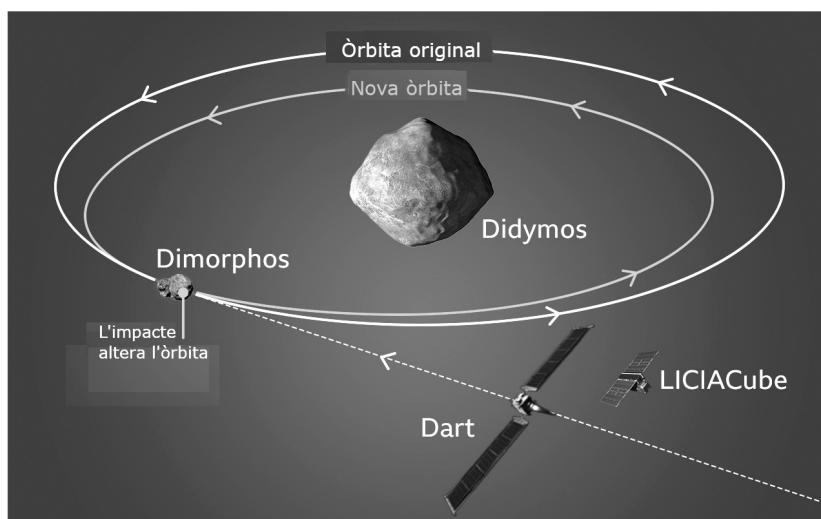
Etiqueta de qualificació

Etiqueta del corrector/a

Responeu a QUATRE dels set problemes següents. En el cas que respongueu a més problemes, només es valoraran els quatre primers.

Cada problema val 2,5 punts.

- P1)** El mes de novembre del 2021, la NASA va llançar la missió DART (Double Asteroid Redirection Test). Aquesta missió té per objectiu canviar l'òrbita de Dimorphos, un petit asteroide que orbita al voltant de Didymos, que és un asteroide més gran.



Esquema de la missió DART.

NOTA: La imatge no està escalada, les proporcions entre les òrbites i els objectes no es corresponen a les escales reals.

FONT: NASA.

- a)** A partir de la llei de la gravitació universal, trobeu l'expressió de la intensitat del camp gravitatori que crea un objecte astronòmic esfèric de massa M i radi R a la seva superfície. El diàmetre de Didymos és de 781 m i la seva densitat és de $2\,146\text{ kg/m}^3$. Calculeu el valor de la intensitat del camp gravitatori que crea Didymos a la seva superfície. Si Dimorphos té una massa de $4,42 \times 10^{10}\text{ kg}$ i el radi orbital mitjà (distància entre els centres dels dos objectes) és d'1,12 km, calculeu el mòdul de la força gravitatòria mitjana entre Didymos i Dimorphos.

[1,25 punts]

- b)** L'objectiu de la missió DART és colpejar Dimorphos, de tal manera que orbiti en una nova òrbita de radi menor, com s'indica en la figura anterior. Deduïu, a partir de principis fonamentals, l'expressió de la velocitat orbital d'un satèl·lit en funció del radi de l'òrbita. Argumenteu si Dimorphos orbitarà a més velocitat a la nova òrbita o a l'òrbita original.

[1,25 punts]

DADA: $G = 6,67 \times 10^{-11}\text{ N m}^2\text{ kg}^{-2}$.

NOTA: Considereu que les òrbites són circulars i que els dos asteroides són esfèrics.

- P2)** En un laboratori s'ha fet l'experiment que es mostra a la figura 1. En una cubeta de plàstic transparent s'ha afegit aproximadament un centímetre d'aigua de l'aixeta, i s'han col·locat a banda i banda dues plaques conductores de coure separades a una distància de 20 cm. Les plaques s'han connectat a una font d'alimentació. A sota de la cubeta transparent hi ha un paper quadriculat que permet determinar les posicions (figura 1). A la placa connectada al terminal negatiu de la font d'alimentació s'hi ha connectat el terminal negatiu del voltímetre. El terminal positiu del voltímetre s'ha mogut per diferents punts de la quadricula per a mesurar el potencial elèctric i el resultat s'indica a la taula de sota.

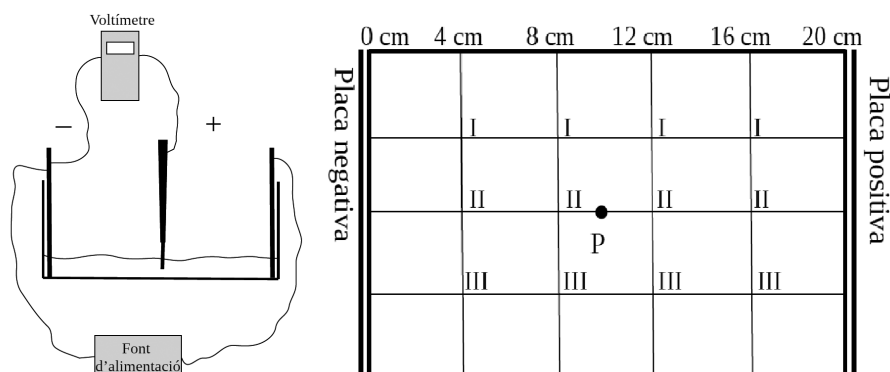


FIGURA 1. Esquema del muntatge de l'experiment i paper quadriculat de la cubeta

x (cm)	V_I (V)	V_{II} (V)	V_{III} (V)	$V_{mitjà}$ (V)
4,00	1,4	1,5	1,4	
8,00	2,8	2,9	2,8	
12,00	4,2	4,3	4,4	
16,00	5,7	5,7	5,8	

- a)** Empleneu la taula de dalt amb la mitjana aritmètica del potencial elèctric a les posicions $x = 4, 8, 12$ i 16 cm. Dibuixeu les línies equipotencials a $x = 4, 8, 12$ i 16 cm i les línies de camp elèctric en el paper quadriculat de la cubeta (figura 1). Representeu en els eixos de coordenades (figura 2) la mitjana aritmètica del potencial elèctric en funció de x . Calculeu el mòdul del camp elèctric a partir de la gràfica.

[1,25 punts]

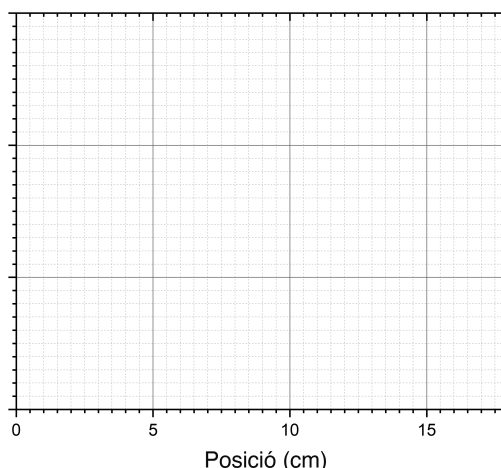
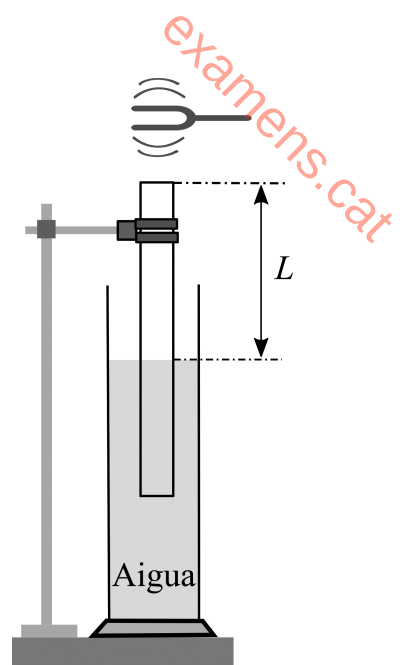


FIGURA 2

- b)** Colloquem una càrrega positiva de $3,00$ mC al punt P indicat dins la cubeta en la figura 1. Indiqueu quina trajectòria seguirà. Representeu en el paper quadriculat (figura 1) la direcció i el sentit de la força que aplica el camp elèctric sobre aquesta càrrega. Determineu el mòdul de la força. Calculeu el treball que fa el camp elèctric per moure la càrrega des de $x = 8$ cm fins a $x = 0$ cm.

[1,25 punts]

P3) Duem a terme una experiència de ressonància en un tub amb aigua que consisteix a submergir un tub obert pels dos extrems en un recipient que conté aigua, tal com es mostra en la figura de la dreta. Damunt de l'extrem superior del tub fem vibrar un diapasó, que emet un so de freqüència 442 Hz. La longitud de la columna d'aire (L) s'ajusta elevat el tub fora de l'aigua fins a trobar un punt on es produeix la ressonància (se sent una nota intensa). Comencem l'experiència amb tot el tub submergit i observem la primera ressonància quan $L = 19,3$ cm i la segona ressonància quan $L = 58,0$ cm.



a) Dibuixeu la forma de l'ona ressonant per a la primera i segona ressonàncies. Indiqueu en tots dos casos de quin harmònic es tracta i identifiqueu els ventres i els nodes. Justifiqueu per què en tots dos casos la longitud d'ona no varia. Determineu la longitud del tub que ha de quedar per sobre de l'aigua quan ressona el cinquè harmònic.

[1,25 punts]

b) A partir dels resultats de l'experiència, determineu la velocitat del so a l'aire. Si substituïm l'aigua per glicerina, variarà aquest resultat? Raoneu la resposta.

[1,25 punts]

DADES: La velocitat del so a l'aigua és de $1\,493\text{ m s}^{-1}$.

La velocitat del so a la glicerina és de $1\,904\text{ m s}^{-1}$.

- P4) Un espectròmetre de masses és un aparell que permet determinar la relació càrrega/massa d'ions. L'espectròmetre de masses conté tres parts diferenciades. La primera part és un filament que ionitza les molècules o àtoms que entren dins l'espectròmetre. A la sortida del filament tots els ions tenen una càrrega negativa. A la segona part de l'aparell els ions passen per un selector de velocitats (figura 1) que està format per dues plaques paral·leles, entre les quals es genera un camp elèctric uniforme. La separació entre aquestes plaques és d'1,50 cm. Entre les plaques també es genera un camp magnètic uniforme de 0,50 T perpendicular al pla del paper i en sentit sortint, tal com es mostra en la figura 1.

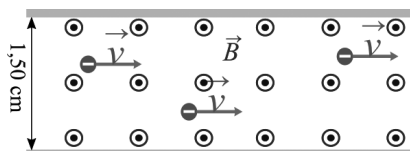


FIGURA 1

- a) Volem que el selector de velocitats només deixi passar els ions que es moguin a una velocitat de $2,00 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$. Determineu la diferència de potencial que hem d'aplicar entre les plaques perquè els ions que es mouen a aquesta velocitat no es desviïn. Quina placa s'ha de connectar a potencial alt i quina a potencial baix? Justifiqueu les respostes i representeu les forces que actuen sobre un ió. Digueu si el selector de velocitats configurat d'aquesta manera també funciona per a ions positius i justifiqueu la resposta.

[1,25 punts]

- b) La tercera part de l'espectròmetre es troba a la sortida del selector de velocitats i és una regió on hi ha un altre camp magnètic uniforme de 0,20 T, perpendicular al pla del paper i en sentit entrant (figura 2). Les pantalles laterals permeten mesurar la posició a què impacten els ions i d'aquesta manera poder determinar-ne la massa.

Representeu esquemàticament sobre la figura 2 la trajectòria que descriuen els ions que surten del selector de velocitats indicant la direcció i el sentit de la força que exerceix el camp magnètic en un punt de la trajectòria. Justifiqueu la resposta. Calculeu a quina distància de la sortida del selector de velocitats impactarà l'ió dels isòtops del neó $^{20}\text{Ne}^-$ (l'ió té la mateixa càrrega que un electró).

[1,25 punts]

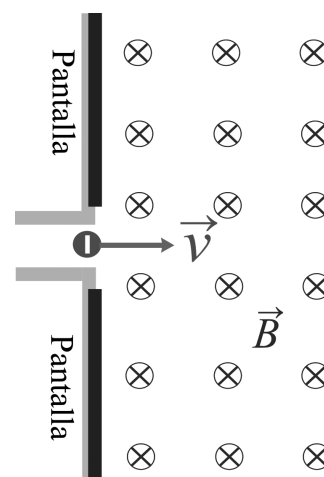


FIGURA 2

DADES: $|e| = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$.

Massa de l'ió: $^{20}\text{Ne}^- = 3,32 \times 10^{-26} \text{ kg}$.

P5) a) Justifiqueu si es podria determinar la massa d'un objecte penjant-lo d'una molla de constant elàstica coneguda (100 N/m) i deixant-lo oscil·lar unes quantes vegades i, en cas afirmatiu, expliqueu com la calcularíeu. Obtindríem el mateix resultat si ho féssim a la Lluna? Negligiu l'efecte de la força de fricció.

[1,25 punts]

b) Deduïu l'equació de moviment de l'objecte a partir de l'equació del moviment harmònic simple (MHS) tenint en compte que l'amplitud del moviment és de $6,00 \text{ cm}$, que la freqüència d'oscil·lació és de $10,0 \text{ Hz}$ i que el moviment s'inicia quan l'acceleració és màxima i positiva. Calculeu la velocitat i l'acceleració màximes del MHS a partir de l'equació de moviment.

[1,25 punts]

P6) En les centrals nuclears es produeix electricitat a partir de la fissió de nuclis d'urani. Aquesta energia s'utilitza per a generar vapor d'aigua, que fa girar una turbina. L'urani és un element químic metàl·lic de símbol U i nombre atòmic 92. A la natura trobem diferents isòtops de l'urani, però els més comuns són l'urani 238 i l'urani 235.

- a)** Calculeu el defecte de massa i l'energia d'enllaç per nucleó per a l'urani 235, i introduïu el valor obtingut a la taula de sota. Expliqueu la relació entre l'energia d'enllaç per nucleó i l'estabilitat del nucli. A partir d'aquí, indiqueu quin dels nuclis de la taula és el més estable.

[1,25 punts]

Nucli	sofre 34	ferro 56	radi 226	urani 235
Energia d'enllaç per nucleó (MeV)	8,58	8,79	7,66	

- b)** En una reacció nuclear de fissió de l'urani 235, un neutró d'alta energia impacta en un nucli d'urani. Com a resultat, es formen dos nuclis més petits i tres neutrons. Si considerem que un dels nuclis que es formen és el bari 141, escriviu-ne la reacció nuclear completa. Per a cada nucli d'urani fissionat, s'alliberen 202,5 MeV. Calculeu quants grams d'urani 235 són necessaris per a produir l'energia necessària per a il·luminar un estadi esportiu durant un partit en què es consumeixen aproximadament 25 000 kW h.

[1,25 punts]

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

$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.

Masses nuclears (en kg):

Protó	Neutró	Nucli d'urani 235
$1,672\,622 \times 10^{-27}$	$1,674\,927 \times 10^{-27}$	$3,902\,158 \times 10^{-25}$

Nombre atòmic de diversos elements químics:

Kr	Rb	Sr	Ba	La	U
Z = 36	Z = 37	Z = 38	Z = 56	Z = 57	Z = 92

P7) Volem construir un sensor de radiació ultraviolada que sigui sensible a radiacions de longitud d'ona de 300 nm. Decidim utilitzar l'efecte fotoelèctric com a principi del sensor. Així doncs, utilitzarem una cèl·lula fotoelèctrica que emeti electrons. Per al bon funcionament d'aquesta cèl·lula, cal que l'energia mínima dels electrons emesos sigui d'1 eV.

a) Calculeu la longitud d'ona llindar del material que hauríem d'utilitzar per a construir la cèl·lula.

[1,25 punts]

b) Empleneu la taula de sota amb els valors de la longitud d'ona llindar dels tres materials donant el resultat en nanòmetres. Si podem triar un dels tres materials mostrats a la taula de sota per a construir la cèl·lula, quin triaríeu? Justifiqueu la resposta.

[1,25 punts]

<i>Element</i>	<i>Símbol</i>	<i>Funció de treball (J)</i>	<i>Longitud d'ona llindar (nm)</i>
tungstè	W	$8,36 \times 10^{-19}$	
magnesi	Mg	$5,86 \times 10^{-19}$	
potassi	K	$3,67 \times 10^{-19}$	

DADES: $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.

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

$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$.

--	--

--	--

Etiqueta de l'alumne/a



Institut
d'Estudis
Catalans



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 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 els 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) es penalitzarà amb 0,1 p.*



P1)

0,2 p Segons la llei de gravitació universal, el mòdul de la força sobre un objecte de massa m a la superfície d'un objecte astronòmic esfèric de radi R i massa M s'expressa com:

$$F = G \frac{mM}{R^2}$$

0,1 p I el mòdul de la força que experimenta un objecte de massa m sota l'acció d'un camp gravitatori d'intensitat g és

$$F = mg$$

Igualant les dues expressions i dividint als dos costats per m obtenim:

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

0,2 p El radi de Didymos és $R_D = \frac{781}{2} = 390,5$ m i la seva massa és:

$$M_D = V \cdot \rho = \frac{4}{3} \pi R_D^3 \rho = \frac{4}{3} \pi \cdot 390,5^3 \cdot 2146 = 5,35 \times 10^{11} \text{ kg}$$

0,35 p Per tant obtenim:

$$g = G \frac{M_D}{R_D^2} = 6,67 \times 10^{-11} \frac{5,35 \times 10^{11}}{390,5^2} = 2,34 \times 10^{-4} \text{ m/s}^2$$

0,4 p Segons la llei de gravitació universal, el mòdul de la força és

$$F = G \frac{mM_D}{R^2} = 6,67 \times 10^{-11} \frac{4,42 \times 10^{10} \cdot 5,35 \times 10^{11}}{1120^2} = 1,26 \times 10^6 \text{ N}$$

b)

0,2 p Segons la llei de gravitació universal, el mòdul de la força sobre Dimorphos, massa m , degut a la atracció de Didymos és:

$$F = G \frac{mM_D}{R^2}$$

0,2 p I la segona llei de Newton estableix que: $\vec{F} = m\vec{a}$

0,2 p D'altra banda, considerant que el satèl·lit descriu un moviment circular uniforme al voltant de Didymos, la seva acceleració centrípeta és: $a = \frac{v^2}{R}$

0,25 p Com sobre Dimorphos només actua la força de la gravetat:

$$G \frac{mM_D}{R^2} = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{G \frac{M_D}{R}}$$

0,4 p Podem comprovar que la velocitat és inversament proporcional a l'arrel quadrada del radi de l'òrbita, per tant, si aquest radi disminueix, el seu invers augmenta i, per tant, la velocitat també serà més gran, és a dir, quan el radi orbital disminueix la velocitat orbital augmenta.

També s'hauria pogut justificar a partir de la tercera llei de Kepler:

$$\frac{R^3}{T^2} = G \frac{M_D}{4\pi^2} \text{ i } T = \frac{2\pi R}{v} \Rightarrow v = \sqrt{G \frac{M_D}{R}}$$



P2)

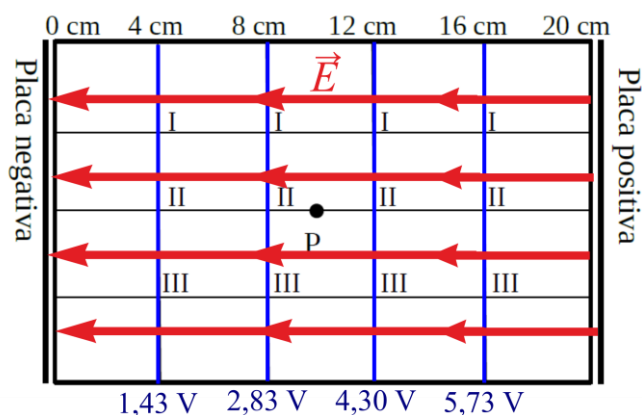
a)

0,1 p Càlcul de la mitjana aritmètica:

x (cm)	V _I (V)	V _{II} (V)	V _{III} (V)	V _{mitjà}
4,00	1,4	1,5	1,4	1,43
8,00	2,8	2,9	2,8	2,83
12,0	4,2	4,3	4,4	4,30
16,0	5,7	5,7	5,8	5,73

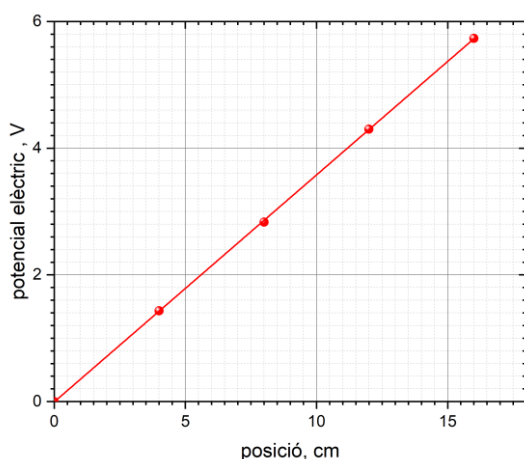
0,2 p Les línies equipotencials són paral·leles a les plaques.

0,25 p Les línies de camp són perpendiculars a les línies equipotencials i van dirigides del potencial alt al potencial baix.



Nota: no cal que a la solució s'indiquin els valors del potencial.

0,4 p Representació gràfica:



No incloure el títol a l'eix resta **0,1 p**

No incloure les unitats a l'eix resta **0,2 p**

Cal observar que disposem d'un punt més que el donat a l'enunciat, si connectem el terminal negatiu a la placa connectada al terminal negatiu de la font d'alimentació i, a més, aquesta placa està ubicada a $x = 0$ cm, llavors en aquest punt el potencial elèctric és zero. No es penalitzarà l'omissió d'aquest punt.



No escalar o representar correctament la gràfica serà qualificat com a zero.

0,3 p Ja hem vist que el camp elèctric és perpendicular a les plaques i també hem determinat el seu sentit, per tant el camp només té component en l'eix de les abscisses i el seu mòdul és igual al valor absolut de la component x del camp elèctric. El camp és la derivada del potencial respecte a la posició o directament el pendent de la representació $V(x)$. Com la gràfica resultat s'ajusta molt bé a una recta, llavors el camp és constant, no depèn de la posició. A partir del pendent de la recta obtenim:

$$E = 0,358 \text{ V/cm} = 35,8 \text{ V/m}$$

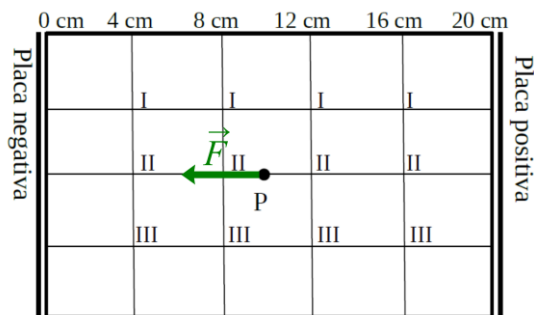
Idealment el pendent s'obté d'un ajust per mínims quadrats o a partir de representar la recta que millor s'ajusta als punts.

Alternativament, també es considerarà correcte que per determinar el pendent faci servir un parell de punts de la taula i **també es considerarà correcte** que l'estudiant apliqui directament $E = \frac{\Delta V}{\Delta x}$ sempre que justifiqui que aquesta equació és vàlida en el cas de camps constants, és a dir, quan tenim el camp creat per dues plaques planes i paral·leles.

b)

0,3 p Seguirà una trajectòria paral·lela a les línies de camp i com que la càrrega és positiva tindrà el mateix sentit, per tant, es mourà en línia recta segons l'eix x cap a la placa negativa.

0,35 p La direcció serà, doncs, horitzontal i sentit cap a la placa negativa:



0,3 p El mòdul de la força és

$$F = qE = 3 \times 10^{-3} \times 35,8 = 0,107 \text{ N}$$

0,3 p I el treball és:

$$W = -q\Delta V = -3 \times 10^{-3} (0 - 2,83) = 8,49 \times 10^{-3} \text{ J}$$



P3)

a)

0,7 p

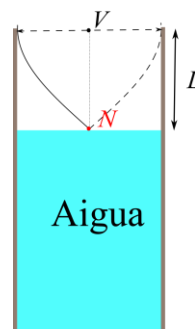
Si els nodes no estan ben identificats es restarà 0,2 p.

Si els ventres no estan ben identificats es restarà 0,2 p.

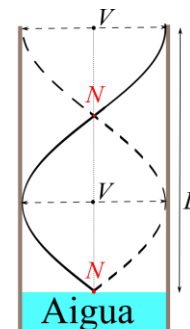
Si no s'identifica la primera ressonància com el primer harmònic es restarà 0,1 p.

Si no s'identifica la segona ressonància com el tercer harmònic es restarà 0,2 p.

No es restarà el fet que no escalin correctament la longitud L.



Harmònic fonamental



Tercer Harmònic

0,15 p Podem comprovar que com que és un tub obert per un costat a la part superior tenim un ventre, per tant pel primer harmònic tenim:

$$L = \frac{\lambda}{4} \Rightarrow \lambda_1 = 4L = 0,7720 \text{ m}$$

Pel tercer harmònic tenim

$$L = \frac{\lambda_3}{4} + \frac{\lambda_3}{2} = \frac{3\lambda_3}{4} \Rightarrow \lambda_3 = \frac{4}{3}L = 0,7733 \text{ m}$$

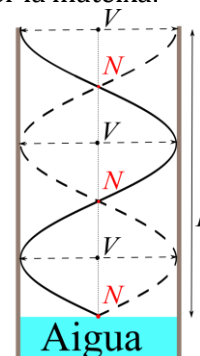
0,2 p Podem comprovar que en els dos casos obtenim la mateixa longitud d'ona, la raó és que en ambdós casos la freqüència de l'ona ressonant és la mateixa, 442 Hz, la velocitat de propagació és la mateixa, c, llavors com la longitud d'ona també ha de ser la mateixa:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

0,2 p El cinquè harmònic és l'indicat a la figura

$$L = \frac{\lambda_5}{4} + \lambda_5 = \frac{5\lambda_5}{4} = \frac{5 \cdot 0,7727}{4} = 0,966 \text{ m}$$

Com a valor de longitud d'ona hem agafat el valor mitjà del primer i tercer harmònics, però es pot considerar vàlida la resposta amb el valor de λ_1 o λ_3 .



Cinquè Harmònic

b)

0,65 p La velocitat del so és:

$$c = \lambda f = 0,7727 \cdot 442 = 340 \text{ m/s}$$

0,6 p No variarà perquè l'ona que percebem és la que es propaga a través de l'aire, i per tant la velocitat de propagació en tots dos casos serà la mateixa, 340 m/s.



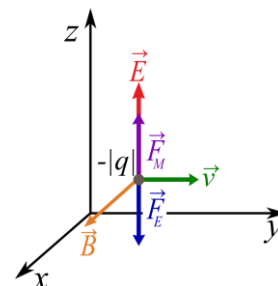
P4)

a)

0,1 p La força aplicada pel camp magnètic és:

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

0,2 p Aplicant la regla de la mà dreta i tenint en compte que els ions estan carregats negativament, podem veure que la força magnètica està dirigida verticalment cap amunt.



0,2 p Perquè l'ió no es desviï, la suma de forces ha de ser zero, $\vec{F}_E + \vec{F}_M = \vec{0}$, per tant la força aplicada pel camp elèctric ha de ser vertical i apuntant cap avall.

0,1 p La força aplicada pel camp elèctric és:

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

0,1 p Com que la càrrega és negativa, el camp elèctric ha de ser vertical i apuntant cap amunt.

0,2 p Perquè no es desviïn els mòduls de les forces elèctrica i magnètica han de ser iguals:

$$qE = qvB \Rightarrow E = vB = 10^5 \text{ V/m}$$

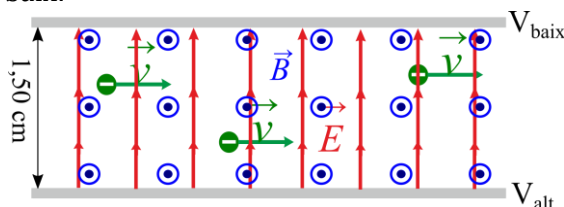
0,1 p El camp creat per dues plaques paral·leles és homogeni i la relació entre diferència de potencial i el camp és:

$$\Delta V = Ed$$

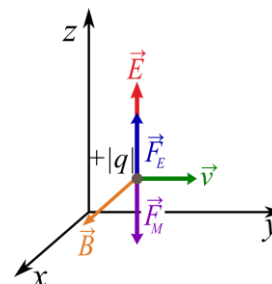
On d és la distància entre plaques, per tant la diferència de potencial que cal aplicar és:

$$\Delta V = Ed = 10^5 \cdot 0,015 = 1500 \text{ V}$$

0,1 p El camp elèctric apunta en la direcció en la qual el potencial disminueix; per tant, cal connectar la placa inferior al terminal de potencial alt i la placa superior al terminal de potencial baix:



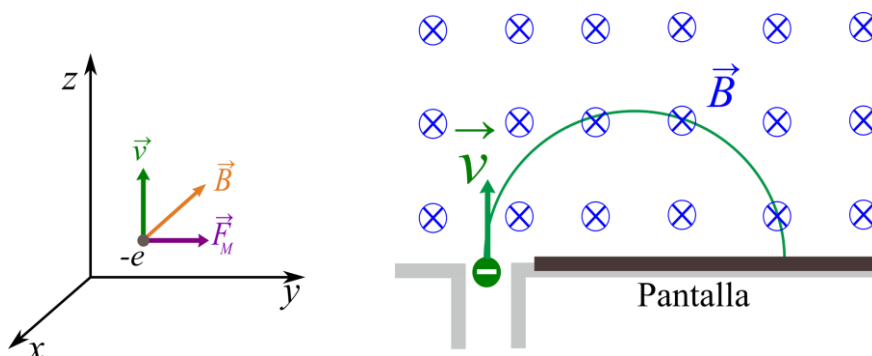
0,15 p Aquest selector de velocitats configurat així també funciona per càrregues positives atès que tant la força elèctrica com la magnètica canvien el sentit, per tant, la seva suma vectorial segueix sent zero.





b)

0,2 p representació



0,3 p A més, la força magnètica és perpendicular a $\vec{v}$, per tant, el resultat serà que aplicarem una força normal constant; és a dir, l'ió descriurà un moviment circular uniforme (mòdul de la velocitat constant). El sentit de la força ve determinat per la regla de la mà dreta.

0,5 p La força total és la força aplicada pel camp magnètic:

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

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, finalment, com la velocitat i el camp magnètic són perpendiculars:

$$evB = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv}{eB}$$

0,25 p I la distància serà dues vegades el radi, per tant, per l'ió $^{20}\text{Ne}^-$ tenim:

$$d = 2 \frac{mv}{eB} = 2 \frac{3,32 \times 10^{-26} \times 2 \times 10^5}{1,602 \times 10^{-19} \times 0,2} = 0,414 \text{ m}$$



P5)

a)

0,6 p Atès que el període d'oscil·lació depèn de la massa i de la constant elàstica:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow m = k \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2$$

A partir de la mesura del període i coneguda la constant elàstica podem determinar la massa d'un cos.

Encara més, si en lloc de comptar el temps per fer una oscil·lació completa mesurem el temps que triga a fer un cert nombre d'oscil·lacions millorem la precisió amb què determinem el període i d'aquesta manera podem determinar amb més precisió la massa de l'objecte.

0,65 p Com que el període només depèn de la massa i la constant elàstica, no depèn de la intensitat del camp gravitatori, la mesura es fa la mateixa a la Terra que a la Lluna.

De fet, a la Lluna serà una mica més precisa atès que no tenim l'efecte de la fricció amb l'aire.

b)

0,1 p

$$A = 0,06 \text{ m}$$

$$\omega = 2\pi f = 20\pi \text{ rad/s}$$

Primera opció

0,1 p Equació del MHS:

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

0,2 p

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0)$$

0,1 p llavors la velocitat màxima és:

$$v_{\max} = A\omega = 3,77 \text{ m/s}$$

0,2 p

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

0,1 p llavors l'acceleració màxima és:

$$a_{\max} = A\omega^2 = 237 \text{ m/s}^2$$

0,2 p Si a $t=0$ l'acceleració és màxima, llavors x és mínima,

$$x(t=0) = -A$$

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

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

$$x(t) = 0,06 \sin(20\pi t - \pi/2), x \text{ en m i } t \text{ en s.}$$



Alternativament:

0,1 p Equació del MHS:

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

0,2 p

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0)$$

0,1 p llavors la velocitat màxima és:

$$v_{màx} = A\omega = 3,77 \text{ m/s}$$

0,2 p

$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0) = -x\omega^2$$

0,1 p llavors l'acceleració màxima és:

$$a_{màx} = A\omega^2 = 237 \text{ m/s}^2$$

0,2 p Si a $t=0$ l'acceleració és màxima, llavors x és mínima,

$$x(t=0) = -A$$

$$-A = A \cos(\varphi_0) \Rightarrow \varphi_0 = \text{ArcCos}(-1) = \pi \text{ rad.}$$

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

$$x(t) = 0,06 \cos(20\pi t + \pi), x \text{ en m i } t \text{ en s.}$$



P6)

a)

0,1 p Com que el nombre de protons és 92 i el nombre nucleons és 235 llavors el nombre de neutrons és 143.

El defecte de massa és:

0,4 p $\Delta m = (92 m({}_1^1p) + 143 m({}_0^1n)) - m({}_{92}^{235}U) = 3,18 \times 10^{-27} \text{ kg}$

I l'energia d'enllaç és

0,3 p $E = \Delta mc^2 = 3,18 \times 10^{-27} \times (3,00 \times 10^8)^2 = 2,862 \times 10^{-10} \text{ J} = 1,78 \times 10^9 \text{ eV}$

I l'energia d'enllaç per nucleó:

0,2 p $\frac{\Delta mc^2}{A} = \frac{2,862 \times 10^{-10} \text{ J}}{235} = 1,22 \times 10^{-12} \text{ J} = 7,60 \times 10^6 \text{ eV}$

0,25 p A partir de la taula:

Nucli	Sofre-34	Ferro-56	Radi-226	Urani-235
Energia d'enllaç per nucleó (MeV)	8,58	8,79	7,66	7,60

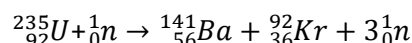
Com que l'estabilitat dels nuclis augmenta amb l'energia d'enllaç per nucleó, podem comprovar que el nucli més estable de la taula seria el Ferro-56.

b)

0,6 p Reacció nuclear

$$\begin{aligned} {}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} &\rightarrow {}_{56}^{141}\text{Ba} + {}_{36}^1\text{n} + {}_y^x\text{Z} \\ 235 + 1 &= 141 + 3 + x \rightarrow x = 92 \\ 92 &= 56 + y \rightarrow y = 36 \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} {}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} &\rightarrow {}_{56}^{141}\text{Ba} + {}_{36}^1\text{n} + {}_y^x\text{Z} \\ 235 + 1 &= 141 + 3 + x \rightarrow x = 92 \\ 92 &= 56 + y \rightarrow y = 36 \end{aligned}} \right\} {}_{36}^{92}\text{Kr}$$

Per tant, la reacció és



0,15 p Energia consumida per la il·luminació d'un estadi esportiu en MeV:

$$\begin{aligned} 25\,000 \text{ kWh} &= 25\,000 \times 1000 \times 3600 = 9,00 \times 10^{10} \text{ J} \\ 9,00 \times 10^{10} \text{ J} &\frac{1 \text{ eV}}{1,602 \times 10^{-19} \text{ J}} \frac{1 \text{ MeV}}{10^6 \text{ eV}} = 5,62 \times 10^{23} \text{ MeV} \end{aligned}$$

0,25 p Nuclis d'urani

$$n({}_{92}^{235}\text{U}) = \frac{5,62 \times 10^{23}}{202,5} = 2,77 \times 10^{21}$$

0,25 p Massa d'urani

$$n({}_{92}^{235}\text{U}) \frac{\times 10^{-25} \text{ kg}}{1 \text{ nucli } {}_{92}^{235}\text{U}} = 1,083 \times 10^{-3} \text{ kg} = 1,083 \text{ g}$$



P7)

a)

0,3 p Si apliquem balanç d'energia de l'efecte fotoelèctric tenim:

$$E_C = hf - W_0$$

0,2 p La freqüència dels fotons és:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,00 \times 10^8}{300 \times 10^{-9}} = 1,00 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

0,2 p I l'energia dels fotons és:

$$hf = 6,63 \times 10^{-19} \text{ J} \frac{1 \text{ eV}}{1,602 \times 10^{-19} \text{ J}} = 4,14 \text{ eV}$$

0,2 p Per tant, la funció de treball que ens cal per construir el sensor és:

$$W_0 = hf - E_C = 4,14 - 1 = 3,14 \text{ eV} \frac{1,602 \times 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 5,03 \times 10^{-19} \text{ J}$$

0,1 p La freqüència llindar és:

$$f_0 = \frac{W_0}{h} = 7,58 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

0,25 p I finalment la longitud d'ona llindar és:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3,00 \times 10^8}{7,58 \times 10^{14}} = 3,96 \times 10^{-7} \text{ m} \frac{10^9 \text{ nm}}{1 \text{ m}} = 396 \text{ nm}$$

b)

0,5 p La freqüència llindar és:

$$f_0 = \frac{W_0}{h}$$

I la longitud d'ona llindar s'expressa com:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{hc}{W_0}$$

Llavors pel tungstè

$$\lambda_0 = h \frac{c}{W_0} = 6,63 \times 10^{-34} \frac{3,00 \times 10^8}{8,36 \times 10^{-19}} = 2,38 \times 10^{-7} \text{ m} \frac{10^9 \text{ nm}}{1 \text{ m}} = 238 \text{ nm}$$

pel magnesi

$$\lambda_0 = h \frac{c}{W_0} = 6,63 \times 10^{-34} \frac{3,00 \times 10^8}{5,86 \times 10^{-19}} = 3,39 \times 10^{-7} \text{ m} \frac{10^9 \text{ nm}}{1 \text{ m}} = 339 \text{ nm}$$

i pel potassi

$$\lambda_0 = h \frac{c}{W_0} = 6,63 \times 10^{-34} \frac{3,00 \times 10^8}{3,67 \times 10^{-19}} = 5,42 \times 10^{-7} \text{ m} \frac{10^9 \text{ nm}}{1 \text{ m}} = 542 \text{ nm}$$

Element	Símbol	Funció Treball (J)	Longitud d'ona llindar (nm)
Tungstè	W	$8,36 \times 10^{-19}$	238
Magnesi	Mg	$5,86 \times 10^{-19}$	339
Potassi	K	$3,67 \times 10^{-19}$	542

0,75 p Només podem fer servir el potassi que té una longitud d'ona llindar més gran que la que hem determinat a l'aparat a: $\lambda_{0,Mg} = 542 \text{ nm} > 396 \text{ nm}$. Les longituds d'ona llindars del tungstè i del potassi són massa petites.