

Física

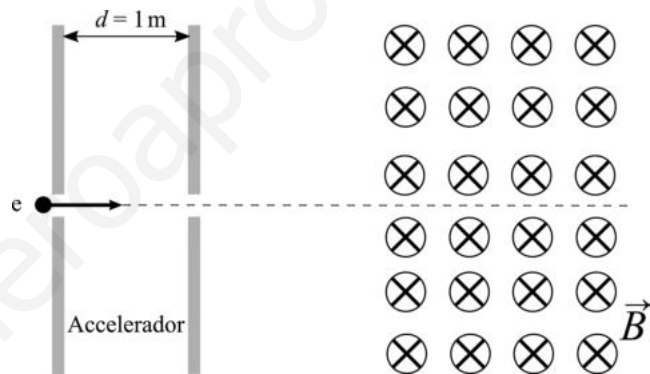
Sèrie 1

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 sincrotró Alba és una instal·lació de recerca que utilitza llum generada per electrons accelerats per a analitzar les propietats i l'estructura de la matèria. Les principals qualitats d'aquesta radiació són un ampli espectre, una intensitat elevada i una brillantor extraordinària. Per a accelerar els electrons s'utilitzen camps elèctrics i magnètics. L'esquema mostra un model



molt simplificat de funcionament: al començament del procés es generen electrons que s'acceleren en un accelerador lineal mitjançant un camp elèctric que suposarem uniforme al llarg de la zona d'acceleració, la qual té una longitud $d = 1,00$ m.

L'energia cinètica inicial dels electrons és zero, però quan surten de l'accelerador és d'1,00 keV.

a) Calculeu la intensitat del camp elèctric dins de l'accelerador i dibuixeu com són les línies de camp en aquesta regió.

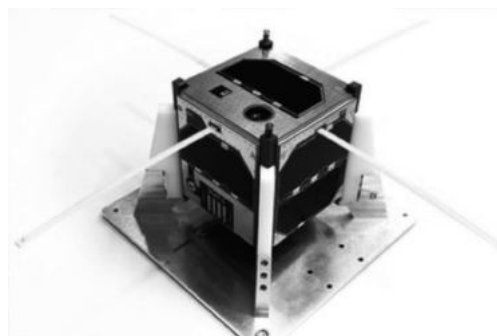
[1 punt]

b) Un cop els electrons han estat accelerats, se'ls condueix a l'anell de propulsió. Per a guiar els electrons al llarg de l'anell s'utilitzen camps magnètics. En l'esquema es mostra el primer camp magnètic que troben els electrons quan surten de l'accelerador lineal i entren a l'anell de propulsió. Si en aquesta regió no hi ha camp elèctric i el camp magnètic és de 0,15 T, calculeu la magnitud de la força que actuarà sobre l'electró. Quin tipus de trajectòria descriurà l'electró en aquesta regió? Justifiqueu la resposta.

[1 punt]

DADES: $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$ kg.
 $|e| = 1,602 \times 10^{-19}$ C.
 $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19}$ J.

- P2)** El 29 de novembre de 2018, el nanosatèl·lit *CubeCat-1*, desenvolupat per estudiants i investigadors de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), es va llançar a l'espai des de la base espacial de Sriharikota, a la costa est de l'Índia, dins d'un coet de l'agència espacial índia ISRO.



FONT: <https://www.upc.edu>.

El *CubeCat-1* té una massa d'1,30 kg i orbita a 530 km de la superfície de la Terra.

- a)** Calculeu el període orbital del *CubeCat-1* i indiqueu el nombre de voltes completes que fa cada dia al voltant de la Terra.
[1 punt]
- b)** Quin és el pes del nanosatèl·lit en la seva òrbita?
[1 punt]

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

$M_{\text{Terra}} = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$.

$R_{\text{Terra}} = 6,37 \times 10^6 \text{ m}$.

OPCIÓ A

- P3)** Un astronauta que és a l'espai vol mesurar la seva massa. Per fer-ho, s'asseu i es lliga a una cadira de 2,00 kg de massa que està unida a una molla de constant elàstica $k = 320 \text{ N m}^{-1}$. L'astronauta s'impulsa i triga 62,8 s a fer 20 oscil·lacions completes.

- a)** Quina és la massa de l'astronauta?
[1 punt]
- b)** Posteriorment aquest astronauta arriba a la Lluna, on fa oscil·lar un pèndol simple d'1,00 kg de massa i 1,50 m de longitud. Aquest pèndol triga 2 min i 1 s a fer 20 oscil·lacions completes. Quina és la intensitat del camp gravitatori a la superfície de la Lluna? Quina és la massa de la Lluna?
[1 punt]

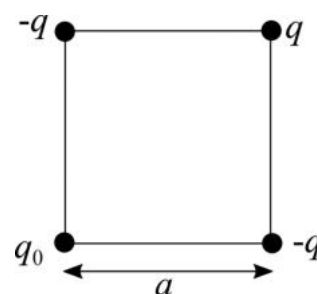
DADES: $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$.

$R_{\text{Lluna}} = 1,737 \times 10^6 \text{ m}$.

El període d'oscil·lació d'un pèndol de longitud L és $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$.

- P4)** Hem situat una partícula puntual amb una càrrega $q = 10 \mu\text{C}$ i dues partícules puntuals amb una càrrega $-q$ als vèrtexs d'un quadrat de costat $a = 1,50 \text{ cm}$ tal com s'indica en la figura.

- a)** Quin és el valor de la càrrega puntual q_0 situada al quart vèrtex si la força elèctrica sobre la càrrega q és nul·la?
[1 punt]
- b)** Quin treball haurem de fer per a portar una càrrega puntual de $0,50 \mu\text{C}$ des d'una distància molt gran fins al centre del quadrat?
[1 punt]



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

NOTA: Suposeu que les velocitats inicial i final de la càrrega que portem fins al centre del quadrat són nul·les.

P5) El Reactor Experimental Termonuclear Internacional (International Thermonuclear Experimental Reactor, ITER) és el primer projecte que estudia la possibilitat de produir energia per fusió nuclear. De totes les reaccions de fusió possibles, la reacció entre el deuteri i el triti (dos isòtops de l'hidrogen) és la més factible amb la tecnologia actual. Aquesta fusió dona ${}^4_2\text{He}$ i un neutró.

a) A partir de les dades, digueu quants protons i quants neutrons tenen el deuteri, el triti i el ${}^4_2\text{He}$. Escriviu l'equació nuclear que correspon a aquest procés de fusió.

[1 punt]

b) Calculeu l'energia que s'allibera en la reacció de fusió anterior.

[1 punt]

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

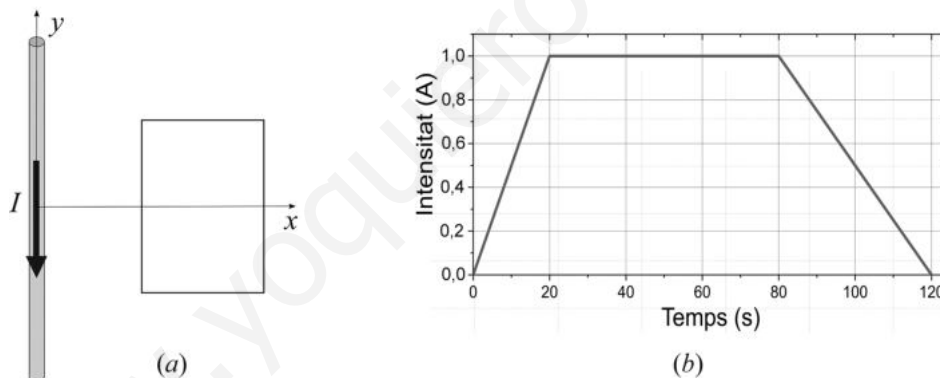
$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.

Masses (en kg):

${}^1_0\text{n}$ (neutró)	${}^4_2\text{He}$ (heli)	${}^2_1\text{H}$ (deuteri)	${}^3_1\text{H}$ (triti)
$1,674\,927 \times 10^{-27}$	$6,644\,657 \times 10^{-27}$	$3,343\,584 \times 10^{-27}$	$5,007\,357 \times 10^{-27}$

OPCIÓ B

P3) Una espira rectangular i conductora es troba a prop d'un fil conductor rectilini infinit pel qual circula una intensitat de corrent I cap avall, tal com es mostra en la figura *a*.



a) Representeu el sentit i la direcció del camp magnètic creat pel fil conductor en la regió plana delimitada per l'espira. Aquest camp magnètic és uniforme en la regió delimitada per l'espira? Justifiqueu la resposta.

[1 punt]

b) El fil conductor i l'espira no es mouen, però la intensitat del corrent que circula pel conductor varia amb el temps, tal com indica la gràfica (figura *b*). Argumenteu si s'indueix o no corrent en l'espira en els intervals de temps següents: de 0 a 20 s, de 20 a 80 s i de 80 a 120 s. En quin d'aquests tres intervals de temps la intensitat del corrent induït és més gran? Justifiqueu la resposta.

[1 punt]

- P4)** La longitud de la corda d'un violoncel és de 70 cm i la velocitat de propagació de les ones en aquesta corda és de 308 m s^{-1} . Per al tercer harmònic:
- Representeu esquemàticament l'ona estacionària d'aquest harmònic i indiqueu-hi tots els nodes i tots els ventres. Calculeu la longitud d'ona. Quina és la distància entre dos nodes consecutius?
[1 punt]
 - Suposant que la corda està en posició horitzontal, calculeu, per a un ventre, el temps que triga la posició vertical a passar del seu valor màxim al valor mínim (del punt més alt al punt més baix).
[1 punt]

- P5)** Quan s'illumina una superfície metàl·lica amb una radiació ultraviolada $\lambda = 300 \text{ nm}$, el metall emet electrons amb una energia cinètica tan gran que, per a frenar-los (anullar el corrent), cal aplicar-hi un potencial de frenada d'1,04 V.
- Calculeu l'energia dels fotons incidents i el treball d'extracció (o funció de treball) d'aquest metall.
[1 punt]
 - A partir del balanç d'energia de l'efecte fotoelèctric, trobeu l'expressió de la velocitat màxima dels fotoelectrons emesos en funció de la massa dels electrons (m), la constant de Planck, la velocitat de la llum, la longitud d'ona de la llum incident i el treball d'extracció (W_e).
[1 punt]

DADES: $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.
 $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.
 $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$.



Institut
d'Estudis
Catalans

Física

Sèrie 4

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) L'any 2004 es va aconseguir mesurar la massa d'un virus. Es va determinar la freqüència d'oscil·lació d'un braç horitzontal petitíssim, primer sense el virus i després amb el virus adherit. Sense el virus, la freqüència d'oscil·lació era de $2,00 \times 10^{15}$ Hz, i amb el virus, aquesta freqüència va ser de $2,87 \times 10^{14}$ Hz.

a) Si suposem que el braç horitzontal sense el virus adherit es comporta com una molla amb una massa oscil·lant de $2,10 \times 10^{-16}$ g lligada a un extrem, quina és la constant elàstica d'aquesta suposada molla?

[1 punt]

b) Partint de la mateixa suposició anterior sobre el comportament oscil·latori del sistema, calculeu la massa del virus.

[1 punt]

P2) Determinar la massa i les posicions dels cossos celestes va ser, sens dubte, un gran repte per als primers astrònoms. Gràcies a les valuoses dades sobre les posicions dels astres que Tycho Brahe va recollir al llarg de la seva vida, Johannes Kepler va poder formular les seves famoses tres lleis.

a) Deduïu la tercera llei de Kepler a partir de la segona llei de Newton i de la llei de la gravitació universal, suposant que els planetes descriuen moviments circulars uniformes al voltant del Sol.

[1 punt]

b) Determineu la massa del Sol emprant les dades que necessiteu de la taula següent:

Planeta	Radi de l'òrbita (m)	Període (anys)
Mercuri	$57,90 \times 10^9$	0,2408
Venus	$108,2 \times 10^9$	0,6152
Terra	$149,6 \times 10^9$	1,000
Mart	$228,0 \times 10^9$	1,881

[1 punt]

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



Kepler (esquerra) i Brahe (dreta)

OPCIÓ A

P3) a) Escriviu l'equació del balanç energètic en l'efecte fotoelèctric. Digueu el significat de cada un dels termes i deduiu l'expressió de la longitud d'ona lliard a partir, únicament, de la funció de treball (treball d'extracció) del metall i de constants universals.

[1 punt]

b) Il·luminem una placa de sodi (funció de treball, 2,36 eV) amb radiació de freqüència de 660 THz. Calculeu l'energia cinètica màxima dels fotoelectrons que s'emetran i el potencial de frenada necessari per a aturar-los.

[1 punt]

DADES: Constant de Planck, $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J s.
Velocitat de la llum, $c = 3,00 \times 10^8$ m s⁻¹.
1 eV = $1,60 \times 10^{-19}$ J.
Càrrega de l'electró, $q_e = -1,60 \times 10^{-19}$ C.

P4) Després de diversos mesuraments es va determinar que hi ha un camp elèctric que envolta la Terra. La magnitud d'aquest camp a la superfície terrestre és d'uns 150 N m⁻¹ i està dirigit cap al centre de la Terra.

a) Quin és el valor de la càrrega elèctrica de la Terra? (Considereu tota la càrrega concentrada en un punt al centre del planeta.)

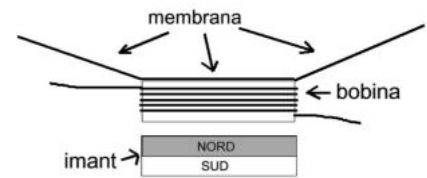
[1 punt]

b) Quants electrons de més ha de tenir una gota d'aigua de 18 µm de radi perquè estigui estacionària, és a dir, perquè no caigui, quan es troba a una altura propera a la superfície terrestre? (Considereu que la gota té forma esfèrica.)

[1 punt]

DADES: Radi de la Terra, $R_T = 6,37 \times 10^6$ m.
Càrrega de l'electró, $q_e = -1,60 \times 10^{-19}$ C.
Densitat de l'aigua, $\rho_{\text{aigua}} = 1,00 \times 10^3$ kg m⁻³.
 $g = 9,81$ m s⁻².
 $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \times 10^9$ N m² C⁻².

P5) a) Un altaveu està format per un imant permanent en forma de disc i per una bobina per la qual circula un corrent elèctric. La bobina està unida a una membrana que participa dels moviments de la bobina.



— Com es mourà el conjunt bobina-membrana si fem circular un corrent continu per la bobina que, vist des de dalt, giri en sentit horari?

[0,5 punts]

— Com es mourà el conjunt bobina-membrana si fem circular un corrent altern per la bobina?

[0,5 punts]

Justifiqueu les respostes explicitant en cada cas la direcció i el sentit del camp magnètic produït per la bobina.

b) Necessitem més força sobre la bobina i per aconseguir-ho cal que generi un camp magnètic més intens. Justifiqueu quin efecte tindria cada una de les modificacions següents sobre la intensitat del camp magnètic produït per la bobina:

— Un augment del nombre de voltes de la bobina.

[0,5 punts]

— Un augment de la intensitat del corrent elèctric.

[0,5 punts]

NOTA: S'entén que en cada cas es manté constant el paràmetre que canvia en l'altra opció.

OPCIÓ B

P3) El novembre del 2017, diversos observatoris de tot Europa van enregistrar un augment de les concentracions de l'isòtop ruteni 106 (^{106}Ru). Es desconeix la naturalesa exacta de l'accident que va provocar aquesta emissió radioactiva. Es calcula que, en el moment de l'emissió, l'activitat de la fuita era de 200 TBq aproximadament. El període de semidesintegració d'aquest isòtop és de 374 dies i es transforma en rodi 106 (^{106}Rh).

a) Escriviu l'equació nuclear de la desintegració del ruteni 106, incloent-hi tots els subíndexs i superíndexs, així com els noms de totes les partícules que intervenen en l'equació. Com s'anomena aquesta desintegració?

[1 punt]

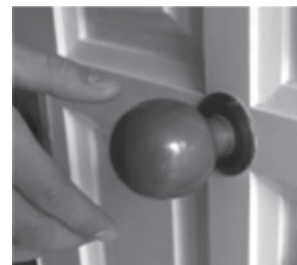
b) Calculeu l'activitat del ruteni 106 al cap de set mesos (210 dies) de ser alliberat a causa de l'accident.

[1 punt]

DADES: Nombre atòmic del ruteni, $Z(\text{Ru}) = 44$.

Nombre atòmic del rodi, $Z(\text{Rh}) = 45$.

- P4) a) Un camp elèctric de més de $3,00 \times 10^6 \text{ V m}^{-1}$ provoca la ruptura dielèctrica de l'aire (els electrons són arrencats dels àtoms i en recombinar-se emeten llum). La descàrrega a través de l'aire causada per la ruptura dielèctrica s'anomena *descàrrega en arc*. Un exemple familiar de descàrrega en arc és la descàrrega elèctrica que rebem quan toquem el pom metàl·lic d'una porta després d'haver caminat per una catifa en un dia sec. Calculeu, en aquest cas, la mínima diferència de potencial entre la mà i el pom de la porta si en el moment de la descàrrega elèctrica estan separats per 1,00 mm.



[1 punt]

- b) Calculeu el treball que s'ha de fer perquè tres electrons que inicialment estaven molt separats quedin a 0,1 nm l'un de l'altre i configurin un triangle equilàter.

[1 punt]

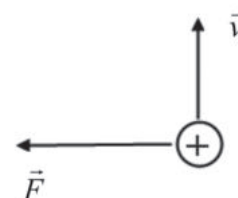
DADES: Càrrega de l'electró, $q_e = -1,60 \times 10^{-9} \text{ C}$.

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

- P5) a) Un mètode per a determinar les masses d'ions pesants consisteix a mesurar el temps que necessiten per a fer un nombre determinat de voltes en un camp magnètic conegut. En un d'aquests mesuraments, un ió amb una càrrega igual a la d'un electró fa 7,00 voltes en 1,29 ms en un camp magnètic perpendicular a la velocitat i amb un mòdul de 45,0 mT. Feu una representació de la trajectòria de l'ió i dibuixeu en dues posicions d'aquesta trajectòria el vector força que actua sobre l'ió. Calculeu la massa de l'ió.

[1 punt]

- b) Un protó que es mou a una velocitat de $5,00 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$ entra en una regió de l'espai on hi ha un camp magnètic. El mòdul de la força que produeix el camp magnètic sobre la càrrega és $8,00 \times 10^{-14} \text{ N}$. Calculeu el mòdul del camp magnètic. Especifiqueu clarament la direcció i el sentit d'aquest camp magnètic si les direccions i els sentits, tant de la força com de la velocitat, són els representats en la figura.



[1 punt]

DADES: Càrrega de l'electró, $q_e = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.

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



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

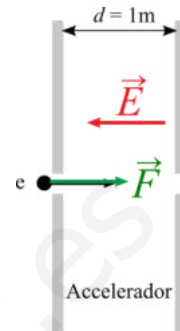
P1)

a)

0,3 p $\Delta V = \frac{E_C}{e} = \frac{1000 \text{ eV}}{e} = 1000 \text{ V}$

0,4 p $|\vec{E}| = \frac{\Delta V}{d} = 1000 \text{ V/m} = 1000 \text{ N/C}$

0,3 p Els electrons parteixen del repòs, de manera que descriuen una trajectòria rectilínia i la força té la mateixa direcció i sentit que el desplaçament de la càrrega. Com que la càrrega de l'electró és negativa, el sentit d' \vec{E} és l'oposat del de la força \vec{F} .



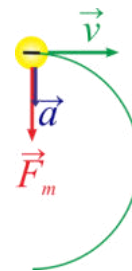
b)

0,3 p $E_C = 1000 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-16} \text{ J}$

$E_C = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,602 \times 10^{-16}}{9,11 \times 10^{-31}}} = 1,875 \times 10^7 \text{ m/s}$

0,4 p $|\vec{F}| = e \cdot v \cdot B \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = 4,51 \times 10^{-13} \text{ N}$

0,3 p És necessari que en la justificació o es faci un esquema de les forces i de la trajectòria o s'indiqui que la força magnètica és perpendicular a la velocitat, per tant, només hi ha la component normal de l'acceleració. A més, aquesta acceleració és de mòdul constant, per tant, la trajectòria serà circular.



P2)

a)

La segona llei de Newton estableix que: $\vec{F} = m\vec{a}$ **0,1 p.**

Segons la llei de gravitació universal, el mòdul de la força s'expressa com:

$F = G \frac{mM_T}{r^2}$ **0,2 p**

Per tant, obtenim que: $a = G \frac{M_T}{r^2}$ **0,1 p**

D'altra banda, considerant que el satèl·lit descriu un moviment circular uniforme al voltant de la terra, la seva acceleració centrípeta és: $a = \frac{v^2}{r}$ o $a = \omega^2 r$ **0,1 p**, i la velocitat es

pot expressar com $v = \frac{2\pi r}{T}$ o $\omega = \frac{2\pi}{T}$ **0,1 p**

Per tant: $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM_T}}$ **0,1 p**

D'altra banda, $r = (530 + 6370) \times 1000 = 6,9 \times 10^6 \text{ m}$ **0,1 p**

Llavors: $T = 2\pi \sqrt{\frac{(6,9 \times 10^6)^3}{6,67 \times 10^{-11} \cdot 5,98 \times 10^{24}}} = 5700 \text{ s}$ **0,1 p**

I el nombre de voltes és $\frac{86400}{5700} = 15,15$, voltes senceres = 15 **0,1 p**

b)

Intensitat del camp gravitatori a l'òrbita del satèl·lit $g = G \frac{M_T}{r^2} = 8,38 \text{ m/s}^2$ **0,5 p**

$Pes = mg = 10,9 \text{ N}$ **0,5 p**



OPCIÓ A

P3)

a)

0,1 p $T = \frac{62,8}{20} = 3,14 \text{ s}$

0,3 p $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2 \text{ rad/s}$

0,4 p $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow m_T = \frac{k}{\omega^2} = \frac{320}{4} = 80 \text{ kg}$

0,2 p $m = m_T - 2 = 78 \text{ kg}$

b)

0,1 p $T = \frac{121}{20} = 6,05 \text{ s}$

0,3 p $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow g = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 L = \left(\frac{2\pi}{6,05}\right)^2 1,5 = 1,62 \text{ m/s}^2$

Intensitat del camp gravitatori a la lluna:

0,4 p $g = G \frac{M_{Lluna}}{R_{Lluna}^2} \Rightarrow M_{Lluna} = g \frac{R_{Lluna}^2}{G} = 1,62 \frac{(1,737 \times 10^6)^2}{6,67 \times 10^{-11}} = 7,32 \times 10^{22} \text{ kg}$ **0,2 p**

P4)

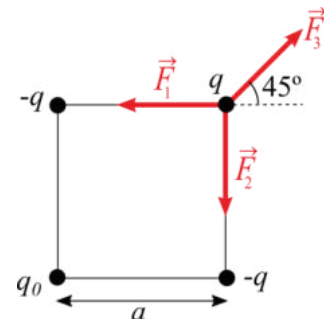
a)

0,1 p $|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2| = k \frac{q^2}{a^2} = \frac{8,99 \times 10^9 (10^{-5} \text{ C})^2}{(0,015)^2} = 4000 \text{ N}$

0,1 p $|\vec{F}_3| = k \frac{q \cdot q_0}{2a^2}$

0,5 p $\sum \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow \begin{cases} -|\vec{F}_1| + |\vec{F}_3| \cos(45) = 0 \\ -|\vec{F}_2| + |\vec{F}_3| \sin(45) = 0 \end{cases} \Rightarrow |\vec{F}_3| = \frac{8000}{\sqrt{2}} \text{ N}$

0,1 p $q_0 = \frac{2a^2}{k \cdot q} \frac{8000}{\sqrt{2}} = 2,83 \times 10^{-5} \text{ C} = 28,3 \text{ } \mu\text{C}$ **0,2 p**



0, alternativament,

0,1 p $|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2| = k \frac{q^2}{a^2}$

0,1 p $|\vec{F}_3| = k \frac{q \cdot q_0}{2a^2}$

0,5 p $\sum \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow \begin{cases} -|\vec{F}_1| + |\vec{F}_3| \cos(45) = 0 \\ -|\vec{F}_2| + |\vec{F}_3| \sin(45) = 0 \end{cases} \Rightarrow |\vec{F}_3| = \frac{2}{\sqrt{2}} k \frac{q^2}{a^2} \text{ N}$

0,1 p $q_0 = \frac{4}{\sqrt{2}} q = 2,83 \times 10^{-5} \text{ C} = 28,3 \text{ } \mu\text{C}$ **0,2 p**

b)

0,1 p per totes les càrregues $d = \frac{\sqrt{2}}{2} a = 1,06 \text{ cm} = 1,06 \times 10^{-2} \text{ m}$

0,2 p $V = -k \frac{q}{d} - k \frac{q}{d} + k \frac{q}{d} + k \frac{q_0}{d} = k \frac{(q_0 - q)}{d} = 1,55 \times 10^7 \text{ V}$ **0,2 p**

0,5 p $W_{\text{Apl}} = -W_{\text{Camp}} = q\Delta V = 5 \times 10^{-7} (1,55 \times 10^7 - 0) = 7,75 \text{ J}$

Un error en el signe descomptarà 0,2 p.



P5)

a)

0,2 p 2_1H , deuteri, 1 protó i 1 neutró

0,2 p 3_1H , triti, 1 protó i 2 neutrons

0,2 p 4_2He , heli, 2 protons i 2 neutrons

0,4 p ${}^2_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$

b)

Disminució de la massa:

0,5 p $\Delta m = [m({}^2_1H) + m({}^3_1H)] - [m({}^4_2He) + m({}^1_0n)] = 3,14 \times 10^{-29} \text{kg}$

0,5 p $E = \Delta mc^2 = 3,14 \times 10^{-29} \times (3,00 \times 10^8)^2 = 2,82 \times 10^{-12} \text{J}$



OPCIÓ B

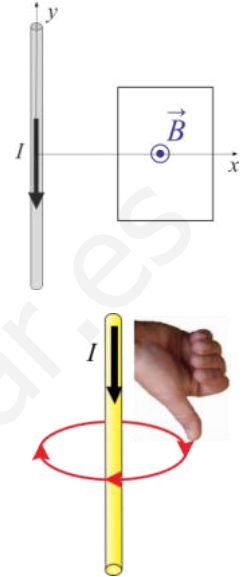
P3)

a)

0,5 p

Les línies de camp magnètic són perpendiculars al pla de l'espira i sentit cap en fora del paper.

Cal justificar la direcció indicant que han de ser perpendiculars al corrent i al vector posició, i que el sentit es determina a partir de la regla de la mà dreta.



També s'accepta un esquema del camp magnètic com el que apareix en el dibuix, on es representa el camp magnètic com a tangent a una circumferència centrada al fil i continguda al pla perpendicular a la direcció del fil. En qualsevol cas, s'ha d'indicar com s'obté el sentit del camp magnètic.

Finalment, també es pot deduir a partir de: $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \left[\frac{Id\vec{l} \times \vec{u}_r}{r^2} \right]$ indicant que tots els elements generen un camp en el mateix sentit i direcció.

0,5 p No, atès que el camp magnètic s'afebleix amb la distància. Com a justificació, n'hi ha prou a dir que la intensitat de camp magnètic disminueix quan ens allunyem de les fonts de camp.

Alternativament, també es pot donar la relació del camp creat per un fil infinit i indicar que és inversament proporcional a la distància:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

b)

0,5 p El camp magnètic és proporcional a la intensitat que circula pel fil, per tant, el flux de camp magnètic també és proporcional a la intensitat.

Perquè hi hagi un corrent induït cal que el flux de camp magnètic variï en el temps, per tant, quan el corrent és constant, també ho serà el flux i el corrent induït serà nul:

- de 0 a 20s el corrent augmenta, hi haurà un corrent induït
- de 20 a 80 s el corrent roman constant, no hi haurà corrent induït
- de 80 a 120 s el corrent disminueix, hi haurà corrent induït.

0,5 p La força electromotriu és la derivada temporal del flux, per tant, com més ràpid variï el corrent, més gran serà la derivada temporal i més intens el corrent induït. En el tram de 0 a 20s el corrent augmenta a un ritme constant de 0,05 A/s, mentre que en el darrer tram de 80 a 120 disminueix a un ritme de 0,025 A/s. Com que el ritme és més gran en el primer tram, el corrent induït també serà més intens en el tram de 0 a 20 s.

També es considerarà correcte si es determina correctament (i es justifica) el sentit del corrent induït en tots dos casos, i es dona com a correcte un dels resultats basant-se en el signe del corrent, és a dir, es dona com a valor més gran el positiu respecte el negatiu enlloc de basar-se en la magnitud del corrent.



P4)

a)

0,4 p Cal identificar 3 ventres i 4 nodes. Si manquen els dos nodes dels extrems es restarà 0,1 p.

0,3 p Del gràfic: $L = 1,5\lambda \Rightarrow \lambda = 0,467 \text{ m}$

Alternativament, la longitud d'ona de l'harmònic n és:

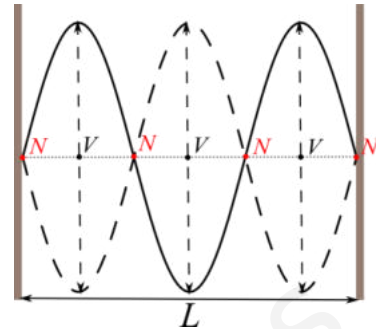
$$\lambda = \frac{2}{n}L$$

Per tant, per al tercer harmònic:

$$\lambda = \frac{2}{3}L = 0,467 \text{ m}$$

0,3 p Del gràfic, la distància entre nodes consecutius és $\frac{1}{3}L = 0,233 \text{ m}$

O, també, es pot justificar com que és $\frac{\lambda}{2} = 0,233 \text{ m}$



b)

0,4 p $f = \frac{v}{\lambda} = 660 \text{ Hz}$

0,3 p $T = \frac{1}{f} = 1,51 \times 10^{-3} \text{ s}$

0,3 p D'altra banda, el temps que triga un ventre a passar del seu valor màxim al mínim és mig període: $\Delta t = \frac{T}{2} = 7,58 \times 10^{-4} \text{ s}$

P5)

a)

0,2 p $E_{\text{fotons}} = hf = h\frac{c}{\lambda} = 6,63 \times 10^{-19} \text{ J} = 4,14 \text{ eV}$

Si per frenar-los calen 1,04 V, l'energia cinètica màxima serà 1,04 eV i del balanç d'energia:

0,4 p $hf + (-W_e) = E_{C,\text{màx}}$

0,2 p $W_e = hf - E_{C,\text{màx}} = 4,14 - 1,04 = 3,10 \text{ eV} = 4,96 \times 10^{-19} \text{ J}$ **0,2 p**

b)

0,2 p $h\frac{c}{\lambda} + (-W_e) = \frac{1}{2}mv_{\text{màx}}^2$

0,8 p $v_{\text{màx}} = \sqrt{\frac{2}{m}\left(h\frac{c}{\lambda} - W_e\right)}$



SÈRIE 4

Criteris generals d'avaluació i qualificació

10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. Si l'alumne ha resolt un problema per un altre procediment vàlid diferent del descrit en aquestes pautes, la resolució es considera vàlida.
16. 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.
17. 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.
18. 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)

0,4 p $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

0,2 p $\omega_{\text{braç}} = 2\pi f_{\text{braç}} = 2\pi \times 2,00 \times 10^{15} = 4\pi \times 10^{15} \text{ rad s}^{-1}$

0,4 p $k = m_{\text{braç}} \omega_{\text{braç}}^2 = 2,10 \times 10^{-19} \times (4\pi \times 10^{15})^2 = 3,32 \times 10^{13} \text{ N m}^{-1}$

b)

0,2 p $\omega_{\text{braç+virus}} = 2\pi f_{\text{braç+virus}} = 2\pi \times 2,87 \times 10^{14} = 5,74\pi \times 10^{14} \text{ rad s}^{-1}$

0,3 p $k = (m_{\text{braç}} + m_{\text{virus}}) \omega_{\text{braç+virus}}^2$

0,4 p $m_{\text{braç}} + m_{\text{virus}} = \frac{k}{\omega_{\text{braç+virus}}^2} = \frac{3,32 \times 10^{13}}{(5,74\pi \times 10^{14})^2} = 1,02 \times 10^{-17} \text{ kg}$

0,1 p

$m_{\text{virus}} = 1,02 \times 10^{-17} - m_{\text{braç}} = 1,02 \times 10^{-17} - 2,10 \times 10^{-19} = 9,99 \times 10^{-18} \text{ kg}$

P2)

a)

La segona llei de Newton estableix que: $F = ma$ **0,2 p.**

Segons la llei de gravitació universal, el mòdul de la força és: $F = G \frac{mM}{r^2}$ **0,2 p**

Per tant obtenim que: $a = G \frac{M}{r^2}$ **0,1 p**

D'altra banda, considerant que els planetes descriuen moviments circulars uniformes, la seva velocitat es pot expressar com el perímetre de l'òrbita dividit pel període: $v = \frac{2\pi r}{T}$ **0,1 p** i tenint en compte que en aquest cas l'acceleració

centrípeta val: $a = \frac{v^2}{r}$ **0,1 p**, obtenim que: $a = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$ **0,1 p.**

Per tant: $G \frac{M}{r^2} = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$ que reordenem per obtenir la tercera llei de Kepler:

$\frac{r^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2} \Rightarrow T^2 \propto r^3$ **0,2 p**

b) Aïllem M:

0,6 p $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2} = \frac{4\pi^2 (1,496 \times 10^{11})^3}{6,67 \times 10^{-11} \times (3,154 \times 10^7)^2} = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$ **0,4 p**



OPCIÓ A

P3)

a)

0,3 p $h\nu + (-W_e) = E_c$

0,1 p $h\nu$: Energia del fotó

0,1 p W_e : Treball d'extracció de l'electró al metall

0,1 p E_c : Energia cinètica màxima dels fotoelectrons

0,4 p La condició de llindar correspon a $E_c = 0$, per tant $h\nu_L = W_e$.

$$\text{Com } \nu = \frac{c}{\lambda} \rightarrow \frac{hc}{\lambda_L} = W_e \Rightarrow \lambda_L = \frac{hc}{W_e}$$

Nota: S'han d'acceptar com a vàlides expressions equivalents amb altres símbols per a la freqüència (f) o el treball d'extracció (Φ), o expressant la E_c com $(1/2)mv^2$ o en funció del potencial de frenat (eV_{frenat}), o fins hi tot expressions com "energia del fotó - treball d'extracció de l'electró al metall = energia cinètica màxima dels fotoelectrons" (en aquest cas també s'explicita el significat de cada terme. En qualsevol cas, hi ha d'haver tres termes i cadascun ha de representar una energia.

b)

0,2 p Energia del fotó: $h\nu = 4,375 \times 10^{-19} \text{ J} = 2,735 \text{ eV}$

0,5 p $E_c = h\nu + (-W_e) = 4,375 \times 10^{-19} - 2,36 \text{ eV} \times \frac{1,60 \times 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 6,00 \times 10^{-20} \text{ J}$
o bé, de manera equivalent

$$E_c = h\nu + (-W_e) = 2,735 \text{ eV} - 2,36 \text{ eV} = 0,375 \text{ eV}$$

0,3 p Per frenar-los cal aplicar una diferència de potencial que provoqui un augment de l'energia potencial elèctrica igual a aquesta energia cinètica, per tant:

$$\Delta V = 0,375 \text{ V}$$

Nota: No s'exigeix a l'exercici que indiquin el signe



P4)

a)

0,2 p $E = k \frac{Q}{r^2} \Rightarrow Q = \frac{r^2 E}{k}$

0,2 p $Q = \frac{R_{\text{Terra}}^2 E}{k} = \frac{(6,40 \times 10^6)^2 \cdot 150}{8,99 \times 10^9} = 6,83 \times 10^5 \text{ C}$ **0,2 p**

0,4 p Al estar \vec{E} dirigit cap al centre de la Terra, la càrrega ha de ser negativa.

b)

0,5 p La càrrega de l'electró és negativa, això fa que el camp elèctric faci una força vertical, contrària al pes.

$$qE = mg \Rightarrow q = \frac{mg}{E}$$

0,1 p $m = \rho V = \rho \frac{4}{3} \pi r^3 = 1000 \frac{4}{3} \pi (18 \times 10^{-6})^3 = 2,443 \times 10^{-11} \text{ kg}$

0,1 p $Pes = mg = 2,44 \times 10^{-11} \times 9,81 = 2,396 \times 10^{-10} \text{ N}$

0,1 p $q = \frac{Pes}{E} = \frac{2,40 \times 10^{10}}{150} = 1,60 \times 10^{-12} \text{ C}$ (càrrega negativa)

0,2 p $n = \frac{-1,60 \times 10^{-12} \text{ C}}{-1,60 \times 10^{-19} \text{ C}} = 10^7 \text{ electrons}$

P5)

a)

0,5 p a1) Si el corrent vist des de dalt gira en sentit horari, la cara superior de la bobina serà el pol sud d'un electroimant i la cara inferior de la bobina en serà un pol nord, per tant el camp magnètic generat pel corrent que recorre la bobina estarà dirigit cap avall.

Dos pols nord encarats resultaran en una repulsió entre l'imant i la bobina, per tant la bobina (i la membrana adherida) pujaran.

0,5 p a2) Si el corrent que circula per la bobina és altern, els extrems superior i inferior alternaran la seva polaritat, produint un camp magnètic vertical, que canviarà tota l'estona entre els dos sentits (amunt i avall) .

L'alternança entre pol nord i pol sud a la cara inferior de la bobina generarà alternativament repulsió i atracció sobre el conjunt imant+membrana, de manera que el conjunt vibrarà en la direcció vertical amb la mateixa freqüència del corrent altern.

b)

0,5 p b1) En augmentar el nombre de voltes el camp magnètic augmentarà (de manera proporcional) .

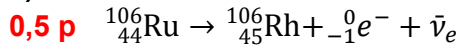
0,5 p b2) En augmentar la intensitat del corrent elèctric el camp magnètic augmentarà (de manera proporcional).



OPCIÓ B

P3)

a)



0,5 p Han d'indicar expressament que ${}^0_{-1}e^-$ és un electró o bé que és ${}^0_{-1}\beta^-$ una partícula beta o beta negativa i que $\bar{\nu}_e$ és un antineutrí.

Es tracta d'una desintegració (o emissió) beta (o beta negativa)

b)

0,4 p
$$\left. \begin{aligned} A(t) &= A_0 e^{-\lambda t} \\ \lambda &= \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow A(t) = A_0 2^{-\frac{t}{t_{1/2}}} \quad \mathbf{0,4 p}$$

0,2 p $A(210 \text{ dies}) = 200 \times 2^{-210/374} = 135,5 \text{ TBq}$

O alternativament

0,5 p $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = 1,853 \times 10^{-3} \text{ dies}^{-1} = 2,145 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$

0,5 p $A(t) = A_0 e^{-\lambda t} = 200 e^{-1,853 \times 10^{-3} \times 210} = 135,5 \text{ TBq}$

P4)

a)

0,5 p $\Delta V = Ed$

0,3 p $\Delta V = 3,00 \times 10^6 \times 10^{-3} = 3 \times 10^3 \text{ V} \quad \mathbf{0.2 p}$

b)

0.2 p $W_{ext} = \Delta U = U - U(\infty)$

0.2 p $U(\infty) = 0 \text{ J}$

0.2 p $U = U_{12} + U_{13} + U_{23}$

0.2 p $U_{12} = U_{13} = U_{23} = 8,99 \times 10^9 \frac{(-1,60 \times 10^{-19}) \times (-1,60 \times 10^{-19})}{10^{-10}} = 2,31 \times 10^{-18} \text{ J}$

0.2 p $U = 3 \times 2,3 \times 10^{-18} = 6,92 \times 10^{-18} \text{ J}$



a)

0,2 p $\vec{F}_m = q(\vec{v} \times \vec{B}); F_m = qvB\sin(90^\circ) = qvB$

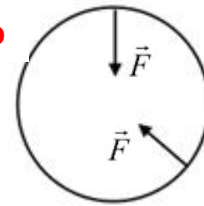
0,2 p
$$\begin{cases} F_m = ma_c \\ qvB = m\frac{v^2}{R} \end{cases}$$

0,2 p $\omega = \frac{7 \times 2\pi}{1,29 \times 10^{-3}} = 3,41 \times 10^4 \text{ rad s}^{-1}$

0,2 p $qvB = m\frac{v^2}{r} \Rightarrow qB = m\frac{v}{r} = m\omega \Rightarrow m = \frac{qB}{\omega}$

0,2 p $m = \frac{|-1,60 \times 10^{-19}| \times 45,0 \times 10^{-3}}{3,41 \times 10^4} = 2,11 \times 10^{-25} \text{ kg}$

0,3 p



b)

0,1 p $\vec{F}_m = q(\vec{v} \times \vec{B})$

0,2 p $F_m = qvB\sin(90^\circ) = qvB$

0,4 p $B = \frac{8,00 \times 10^{-14}}{1,60 \times 10^{-19} \times 5,00 \times 10^5} = 1,00 \text{ T}$

0,3 p Direcció perpendicular al pla del paper, sentit cap dins del pla del paper. La justificació es pot fer a partir de les propietats del producte vectorial o aplicant la regla de la mà dreta.

