Sèrie 1

Criteris generals d'avaluació i qualificació

1. *Les respostes s'han d'ajustar a l'enunciat de la pregunta. Es valorarà sobretot que l'alumnat demostri que té clars els conceptes de caràcter físic sobre els quals tracta cada pregunta.*
2. *Es tindrà en compte la claredat en l'exposició dels conceptes, dels processos, dels passos a seguir, de les hipòtesis, l'ordre lògic, l'ús correcte dels termes científics i la 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 0,1p.*

P1)

0,1 p. El període en unitats del SI s'expressa així:

$$T = 7\ \text{h}\frac{3600\ \text{s}}{1\ \text{h}} + 39\ \text{min}\frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}} + 14\ \text{s} = 27554\ \text{s}$$

La velocitat angular orbital de Fobos és:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{27554} = 2{,}28 \times 10^{-4}\ \text{rad/s}$$

0,2 p. Segons la llei de la gravitació universal, el mòdul de la força sobre Fobos degut a l'atracció de Mart és:

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

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

0,2 p. D'altra banda, considerant que Fobos descriu un moviment circular uniforme al voltant de Mart, la seva acceleració centrípeta és: $a = \omega^2 r$

0,2 p. Com que sobre Fobos només actua la força de la gravetat:

$$G\,\frac{M_F M_M}{r^2} = M_F\omega^2 r \Rightarrow M_M = \frac{\omega^2 r^3}{G} = \frac{(2{,}28 \times 10^{-4})^2(9{,}377 \times 10^6)^3}{6{,}67 \times 10^{-11}} = 6{,}43 \times 10^{23}\ \text{kg}$$

0,2 p. Segons la llei de gravitació universal, el mòdul de la força sobre un objecte de massa m a la superfície de Mart s'expressa així:

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

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 els dos costats per m obtenim:

$$g = G\,\frac{M_M}{R_M^2}$$

0,15 p. Per tant, obtenim:

$$g = G\,\frac{M_M}{R_M^2} = 6{,}67 \times 10^{-11}\,\frac{6{,}43 \times 10^{23}}{(3{,}390 \times 10^6)^2} = 3{,}73\ \text{m/s}^2$$

A l'enunciat no es demana deduir l'expressió anterior; per tant, també es considerarà correcte que l'estudiant introdueixi directament l'expressió $g = G\,\frac{M_M}{R_M^2}$.

b)

0,25 p. A partir de les relacions de l'apartat anterior tenim:

$$G\,\frac{M_D M_M}{r^2} = M_D\omega^2 r \Rightarrow \omega = \sqrt{G\,\frac{M_M}{r^3}} = \sqrt{6{,}67 \times 10^{-11}\,\frac{6{,}43 \times 10^{23}}{(2{,}346 \times 10^7)^3}} = 5{,}76 \times 10^{-5}\ \text{rad/s}$$

0,25 p. I el període de Deimos és:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{5{,}76 \times 10^{-5}} = 1{,}09 \times 10^5\ \text{s}$$

Alternativament

0,5 p. A partir de la tercera llei de Kepler:

$$\frac{T_D^2}{r_D^3} = \frac{T_F^2}{r_F^3} \Rightarrow T_D = T_F\sqrt{\frac{r_D^3}{r_F^3}} = 27554\left(\frac{2{,}346 \times 10^7}{9{,}377 \times 10^6}\right)^{3/2} = 1{,}09 \times 10^5 \text{ s}$$

0,25 p. La velocitat de Deimos és:

$$v = \omega\, r = 5{,}76 \times 10^{-5} \times 2{,}346 \times 10^7 = 1352 \text{ m/s}$$

0,5 p. I l'energia mecànica és:

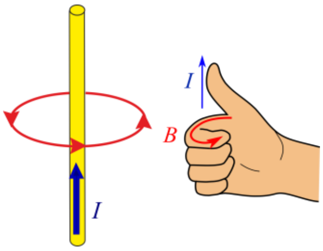
$$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2}M_D v^2 - G\,\frac{M_D M_M}{r} = -1{,}83 \times 10^{21} \text{ J}$$

P2)

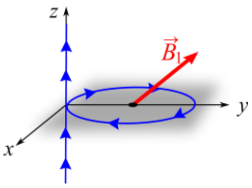
a)

0,1 p. Primer calcularem la magnitud del camp magnètic creat pel tram recte:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 2}{2\pi \cdot 0{,}02} = 2{,}00 \times 10^{-5} \text{ T}$$



0,3 p. Sabem que les línies de camp són circumferències en el pla xy centrades en el fil, i el sentit es determina amb la mà dreta posant el dit polze en el mateix sentit que el corrent, com s'indica en la figura.

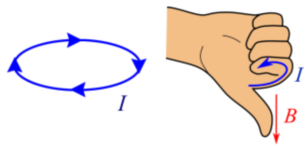


Com que el camp magnètic és tangent a les línies i té el mateix sentit, el camp magnètic creat pel fil (1) té la direcció i el sentit indicats a la figura:

$$\vec{B}_1 = -2{,}00 \times 10^{-5}\vec{\imath} \text{ T}$$

0,1 p. Ara calcularem la magnitud del camp magnètic creat pel tram circular:

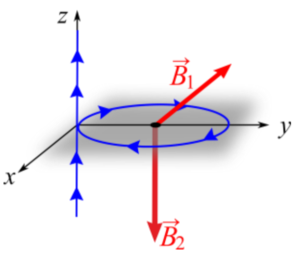
$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 2}{2 \cdot 0{,}02} = 2\pi \times 10^{-5} \text{ T}$$



0,3 p. La direcció del camp és perpendicular a l'espira i el sentit l'obtenim a partir de la regla de la mà dreta:

$$\vec{B}_2 = -2\pi \times 10^{-5}\vec{k} \text{ T}$$

0,25 p.



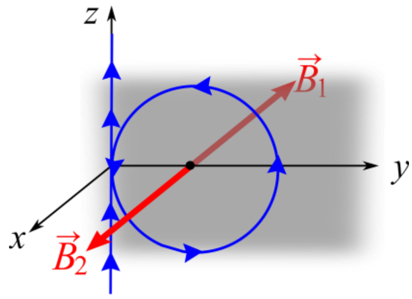
El camp magnètic total és la suma vectorial dels camps magnètics $\vec{B}_1$ i $\vec{B}_2$:

$$\vec{B} = \left(-2{,}00 \times 10^{-5}\vec{\imath} - 2\pi \times 10^{-5}\vec{k}\right) \text{T}$$
$$= (-2{,}0\,,-2\pi) \times 10^{-5} \text{ T}$$

0,2 p. I finalment el mòdul és:

$$B = \left(\sqrt{2^2 + (2\pi)^2}\right) \times 10^{-5} = 6{,}59 \times 10^{-5} \text{ T}$$

b)



0,4 p. Per obtenir un camp magnètic mínim, el camp $\vec{B}_2$ ha de tenir la mateixa direcció que el camp $\vec{B}_1$ però el sentit ha de ser l'oposat:

$$\vec{B}_2 = 2\pi \times 10^{-5}\vec{\imath}\ \mathrm{T}$$

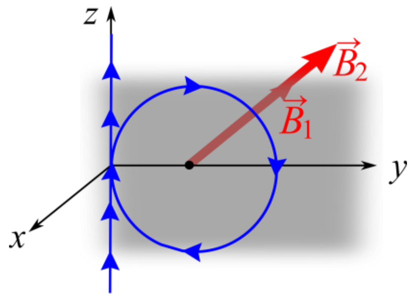
Per tant, aplicant la regla de la mà dreta, l'espira s'ha d'orientar en el pla yz i el corrent ha de girar en sentit antihorari.

0,25 p. I el camp magnètic total és:

$$\vec{B} = \left(-2{,}00 \times 10^{-5}\vec{\imath} + 2\pi \times 10^{-5}\vec{\imath}\right)\mathrm{T} = 4{,}28 \times 10^{-5}\vec{\imath}\,\mathrm{T}$$

I el seu mòdul és:

$$B = 4{,}28 \times 10^{-5}\ \mathrm{T}$$



0,4 p. Per obtenir un camp magnètic màxim, el camp $\vec{B}_2$ ha de tenir la mateixa direcció i sentit que el camp $\vec{B}_1$:

$$\vec{B}_2 = -2\pi \times 10^{-5}\vec{\imath}\ \mathrm{T}$$

Per tant, aplicant la regla de la mà dreta, l'espira s'ha d'orientar en el pla yz i el corrent ha de girar en sentit horari.

0,2 p. I el camp magnètic total és:

$$\vec{B} = \left(-2{,}00 \times 10^{-5}\vec{\imath} - 2\pi \times 10^{-5}\vec{\imath}\right)\mathrm{T} = -8{,}28 \times 10^{-5}\vec{\imath}\,\mathrm{T}$$

I el seu mòdul és:

$$B = 8{,}28 \times 10^{-5}\ \mathrm{T}$$

P3)

a)

0,1 p. La longitud d'ona és la distància mínima que separa dues crestes: $\lambda = 4$ m.

0,1 p. La freqüència és el nombre de cicles que es produeixen per segon:

$$f = \frac{30\ \text{cicles}}{60\ \text{s}} = 0{,}50\ \text{Hz}.$$

0,2 p. La velocitat de propagació de l'ona és: $v = \lambda f = 2{,}00$ m/s.

0,2 p. La boia descriurà un MHS:

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

0,1 p. La separació entre una cresta i una vall és dues vegades l'amplitud:
A = 0,20 m.

0,1 p. $\omega = 2\pi f = \pi$ rad/s

0,2 p. $A = A\,sin(\varphi_0) \Rightarrow \varphi_0 = ArcSin(1) = \pi/2$ rad.

0,25 p. Així, l'equació del moviment de la boia és:

$$y(t) = 0{,}2\,sin\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right), t \text{ en s}, y \text{ en m}.$$

Alternativament, es pot descriure l'MHS així: $x(t) = A\,cos(\omega t + \varphi_0)$. En aquest cas, $\varphi_0 =$ 0 rad.

b)

0,5 p. $v(t) = \frac{dy(t)}{dt} = A\omega\,cos(\omega t + \varphi_0)$,

Llavors:

$v(t) = 0{,}628\;\;cos\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$, t en s, v en m/s.

Atès que el valor màxim de cosinus és 1:

$$v_{màx} = A\omega = 0{,}628 \text{ m/s}$$

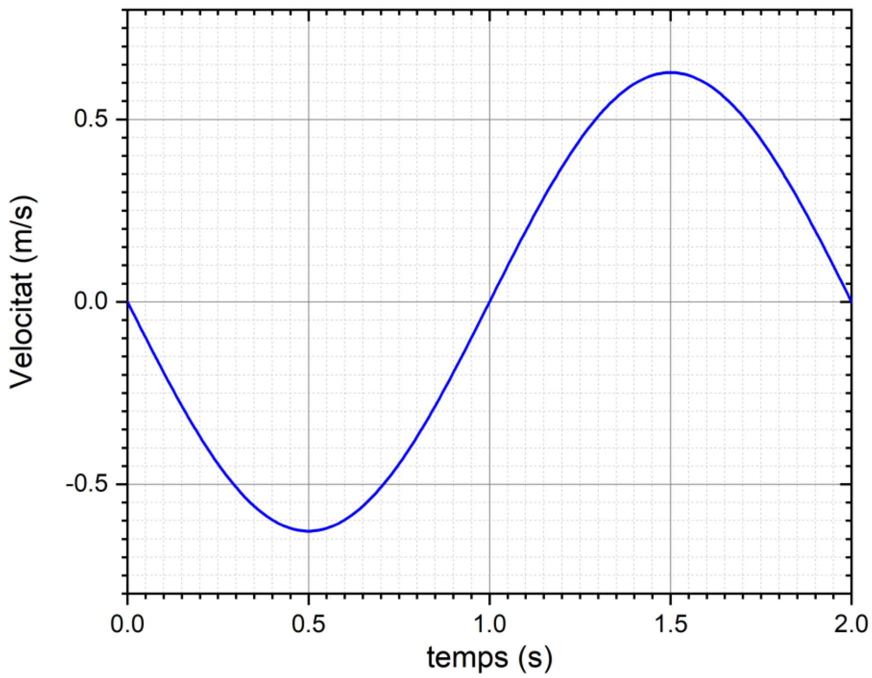
0,25 p. $a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = -A\omega^2\,sin(\omega t + \varphi_0) = -y(t)\omega^2$

$a(t) = -1{,}97\,sin\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$, t en s, a en m/s^2.

Atès que el valor màxim de $-\,sin(\omega t + \varphi_0)$ és 1:

$$a_{màx} = A\omega^2 = 1{,}97 \text{ m/s}^2$$

0,5 p. Representació gràfica:



No incloure el títol en l'eix resta **0,1 p.**
No incloure les unitats en l'eix resta **0,2 p.**
Si, en la representació, la fase inicial no es correspon amb la de l'equació deduïda resta **0,2 p.**
No escalar o representar correctament la gràfica serà qualificat amb un zero.

P4)

a) Disminució de la massa:

0,25 p. $\Delta m = 4\, m({}_{1}^{1}p) - m({}_{2}^{4}He) = 4{,}765\ \times 10^{-29}\text{kg}$

Energia alliberada per nucli d'heli:

0,25 p. $E_{at,Heli} = \Delta m\, c^2 = 4{,}765\ \times 10^{-29} \times (3{,}00\ \times 10^{8})^2 = 4{,}29\ \times 10^{-12}\text{J}$

0,5 p. Per formar un nucli d'heli calen 2 molècules d'aigua; per tant, el nombre total de nuclis d'heli que es poden formar és:

$$n = N_A \frac{n_{mols\ H2O}}{2} = 5{,}12\ \times 10^{24}$$

0,25 p. I, finalment, l'energia total que es pot extreure del got d'aigua és:

$$E_{Tot} = n\, \Delta m\, c^2 = 5{,}12\ \times 10^{24} \times 4{,}29\ \times 10^{-12} = 2{,}20\ \times 10^{13}\text{J}$$

b)

0,2 p. Una partícula α és un nucli d'heli (és un àtom d'heli totalment ionitzat): ${}_{2}^{4}He$ o ${}_{2}^{4}\alpha$.

0,7 p. ${}_{3}^{6}Li + {}_{0}^{1}n \rightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{1}^{3}H$

0,15 p. A partir de l'energia que es pot extreure de l'aigua mitjançant la cadena protó-protó i el consum energètic per persona, podem comprovar que l'energia continguda a l'aigua és superior al consum d'una persona durant mil anys.

No obstant això, en els reactors de fusió nuclear no es produeix la cadena protó-protó, sinó que l'energia s'obté de la fusió del triti amb el deuteri. La quantitat de triti natural és ínfima i s'ha d'obtenir artificialment a partir de la fissió del liti. Així doncs, no és cert que amb un simple got d'aigua es pugui produir l'energia que consumeix una família de quatre persones durant tota la vida. Per tant, no es pot considerar una font d'energia tan il·limitada com la quantitat d'aigua del nostre planeta.

0,2 p. Per una altra banda, la fusió del deuteri i del triti genera neutrons d'elevada energia que poden convertir en radioactius els materials del reactor. Certament, la fusió genera menys residus nuclears que la fissió, però no es pot considerar totalment neta.

P5)

a)

0,75 p. Sabem que el potencial creat per una càrrega puntual s'expressa així:

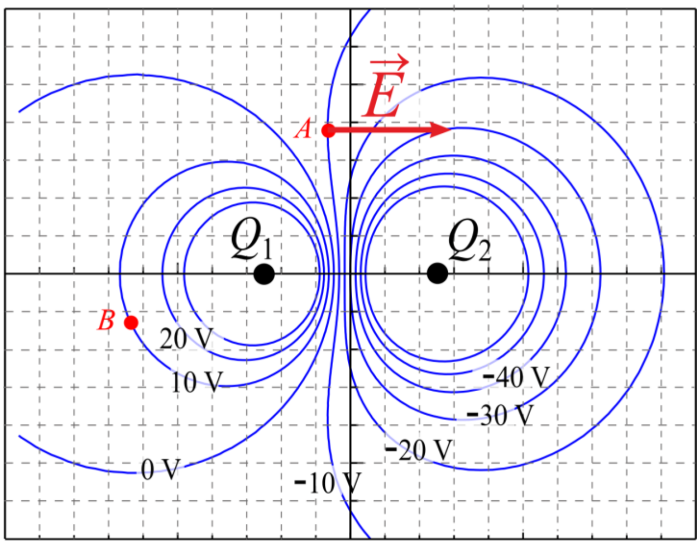
$$V = k\frac{Q}{r}$$

En aquesta fórmula, la constant de Coulomb (k) i la distància (r) són magnituds positives. Per tant, el signe del potencial depèn del signe de la càrrega. Així, a prop d'una càrrega positiva el potencial ha de ser positiu i a prop d'una càrrega negativa el potencial ha de ser negatiu. Així doncs, Q_1 és una càrrega positiva i Q_2 és una càrrega negativa.

Alternativament, sabem que el camp elèctric apunta en la direcció que disminueix el potencial i podem veure que quan ens movem de Q_1 cap a Q_2 el potencial disminueix. Per tant, el camp es dirigeix de Q_1 cap a Q_2. Per una altra banda, les línies de camp surten de les càrregues positives i van a parar a les negatives; per tant, Q_1 és una càrrega positiva i Q_2 és una càrrega negativa.

0,25 p. Per una banda, el camp elèctric ha de ser perpendicular a les línies equipotencials. Al punt A les línies equipotencials són aproximadament verticals. Per tant, al punt A el camp elèctric ha de ser aproximadament horitzontal. En la correcció s'ha de valorar que el camp elèctric s'hagi representat clarament perpendicular a les línies equipotencials.

0,25 p. Per una altra banda, ha d'apuntar en la direcció en què el potencial disminueix (o de les càrregues positives cap a les negatives). Per tant, el sentit és el que s'indica a la figura següent:



b)

0,75 p.

El treball fet pel camp elèctric s'expressa així:

$$W_{A\to B} = -q\Delta V = -(-e)(V_B - V_A) = 1{,}602 \times 10^{-19}(10 - (-10)) = 3{,}204 \times 10^{-18}\ \text{J}$$

0,5 p. El treball és zero perquè la diferència de potencial entre el punt inicial i el final és zero.

P6)
a)

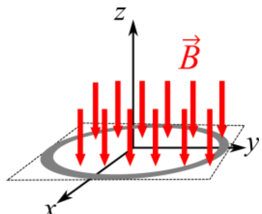


Figura 1

0,25 p. De 0 a 4 s el flux augmenta de 0 a $2{,}4 \times 10^{-3}$ Wb; per tant, el camp magnètic augmenta (figura 1). Llavors, s'induirà un corrent que s'oposa al canvi. Segons la regla de la mà dreta, el corrent circularà en sentit antihorari, com s'indica a la figura 2.

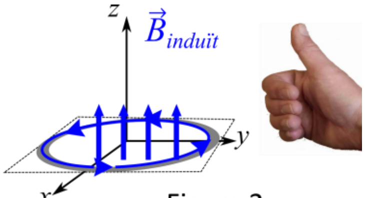


Figura 2

0,25 p. De 4 a 8 s el flux no varia, no hi ha corrent induït.

0,25 p. de 8 a 12 s el flux augmenta de $2{,}4 \times 10^{-3}$ a $7{,}2 \times 10^{-3}$ Wb; per tant, el camp magnètic augmenta (figura 1). Llavors, s'induirà un corrent que s'oposa al canvi. Segons la regla de la mà dreta, el corrent circularà en sentit antihorari, com s'indica a la figura 2.

0,5 p. Com que l'àrea de l'espira és constant i la direcció del camp magnètic és constant i el camp magnètic és uniforme, el flux s'expressa així:

$$\phi_m = B \cdot S$$

En aquesta fórmula, S és la superfície de l'espira. Com que S és constant, l'augment de flux només es pot explicar perquè augmenta el camp magnètic. Així, durant els intervals de temps de 0 a 4 i de 4 a 8, el camp magnètic ha d'augmentar; llavors, la figura (a) és la que correspon a la variació de flux observada.

A més, com que de 0 a 4 s el flux augmenta de 0 a $2{,}4 \times 10^{-3}$ Wb i el camp de 0 a 1 T, la superfície ha de ser 24 cm^2. De 8 a 12 s veiem que el camp magnètic augmenta d'1 a 3 T i si S=24 cm^2, llavors el flux ha d'augmentar de $2{,}4 \times 10^{-3}$ a $7{,}2 \times 10^{-3}$ Wb; per tant, els valors numèrics també són correctes.

Nota per als correctors: Per considerar correcta la resposta no cal que es doni l'expressió del flux ni que es justifiquin els valors numèrics del camp magnètic i del flux. S'ha de considerar correcta una resposta que justifiqui que l'única evolució compatible amb la variació observada és la de la figura (a).

b)

0,5 p. El mòdul de la FEM induïda és:

$$\varepsilon = \frac{d\phi_m}{dt} = \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = \frac{2{,}4 \times 10^{-3}}{4} = 6{,}00 \times 10^{-4}\ \mathrm{V}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{6{,}00 \times 10^{-4}}{5{,}0 \times 10^{-3}} = 0{,}12\ \mathrm{A}$$

0,25 p.

$$\varepsilon = \frac{d\phi_m}{dt} = \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = 0\ \mathrm{V}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0}{5{,}0 \times 10^{-3}} = 0\ \mathrm{A}$$

0,5 p.

$$\varepsilon = \frac{d\phi_m}{dt} = \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = \frac{7{,}2 \times 10^{-3} - 2{,}4 \times 10^{-3}}{4} = 1{,}20 \times 10^{-3}\ \mathrm{V}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{1{,}20 \times 10^{-3}}{5{,}0 \times 10^{-3}} = 0{,}24\ \mathrm{A}$$

P7)

a)

0,2 p. $f = \frac{c}{\lambda} = 10^{15}$ Hz

0,3 p. $E_{fotó} = hf = 6{,}63 \times 10^{-19}$ J $= 4{,}14$ eV.

0,5 p. $E_{C,màx} = hf - W_e = 2{,}78 \times 10^{-19}$ J $= 1{,}74$ eV

0,25 p. $I = 2{,}00 \times 10^{15}\,\frac{e}{s}\,\frac{1{,}602\times10^{-19}\ \text{C}}{1e} = 3{,}20 \times 10^{-4}$ A $= 0{,}320$ mA

(Com que no s'indica en quin sistema d'unitats s'ha de respondre, els resultats es poden donar tant en J com en eV.)

b)

0,25 p. La freqüència llindar correspon a la dels fotons que tenen una energia W_e:

$$f = \frac{W_e}{h} = \frac{2{,}4 \cdot 1{,}602 \times 10^{-19}}{6{,}63 \times 10^{-34}} = 5{,}80 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

0,1 p. La freqüència dels fotons del nou tub és: $f = \frac{c}{\lambda} = 8{,}57 \times 10^{14}$ Hz

0,25 p. Per tant, també s'arrencaran electrons per efecte fotoelèctric amb el nou tub.

0,4 p. El nombre d'electrons arrencats depèn del nombre de fotons incidents, i com que el nombre de fotons és el mateix, el nombre d'electrons arrencats no varia.

0,25 p. L'única diferència serà que l'energia cinètica dels electrons emesos serà menor, atès que la freqüència (i, per tant, l'energia) dels fotons emesos pel nou tub és menor. Ara bé, el que és important és que els fotons generats pel nou tub tenen suficient energia per arrencar electrons, de manera que el dispositiu de seguretat segueix funcionant. En cas contrari, hauria estat necessari canviar aquest dispositiu.