



Proves d'accés a la universitat

Física

Sèrie 5

Qualificació			TR
Problemes	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
Suma de notes parcials			
Qualificació final			

Etiqueta de l'alumne/a

Ubicació del tribunal

Número del tribunal

Etiqueta de qualificació

Etiqueta del corrector/a

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

Cada problema val 2,5 punts.

P1) El 20 de juliol de 1969, la missió nord-americana *Apollo 11* va aconseguir que l'ésser humà trepitges per primera vegada la Lluna.

a) Dibuixeu les línies de camp gravitatori i les superfícies equipotencials al voltant de la Lluna en un pla que la contingui. Indiqueu si el potencial gravitatori augmenta o disminueix quan ens allunyem de la superfície de la Lluna. Justifiqueu la resposta. A quina distància de la superfície de la Lluna començà la maniobra d'allunatge si en aquest punt $g = 1,306 \text{ m/s}^2$?

[1,25 punts]

b) Quina energia mínima han d'aportar els motors a la nau per a poder escapar-se de la gravetat de la Lluna, partint de la seva superfície?

[1,25 punts]

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

$$m_{\text{Lluna}} = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg.}$$

$$m_{\text{nau}} = 45,7 \times 10^3 \text{ kg.}$$

$$r_{\text{Lluna}} = 1,74 \times 10^3 \text{ km.}$$

P2) Una espira conductora i circular de 25 cm de radi descansa sobre el pla XY (centrada a l'origen de coordenades) i està sotmesa a un camp magnètic uniforme donat per l'expressió $\vec{B}(t) = 0,014 \cdot t^2 \vec{k}$, on el temps està expressat en segons i el camp magnètic en tesles.

a) Representeu les línies de camp magnètic a través de l'espira. S'indueix un corrent a l'espira? Justifiqueu la resposta.

[1,25 punts]

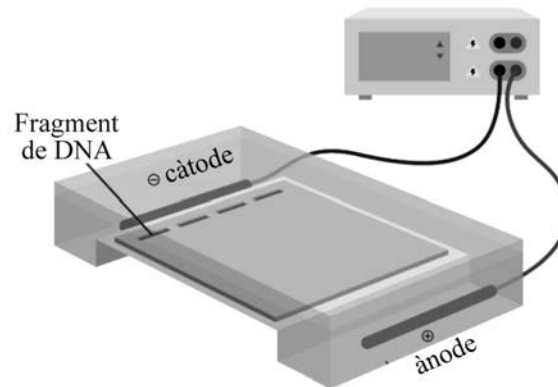
b) Determineu l'expressió del flux magnètic en funció del temps. Determineu el valor de la força electromotriu induïda. Indiqueu esquemàticament el sentit del corrent induït i justifiqueu la resposta.

[1,25 punts]

- P3)** Una corda de 60 cm té els extrems fixats i oscil·la amb una freqüència de 200 Hz en un mode que té quatre nodes: dos nodes als extrems i dos nodes interns. El punt central de la corda oscil·la amb una amplitud de 2 cm. Calculeu:
- a)** La velocitat de propagació de l'ona per la corda, la longitud de l'ona i la velocitat vertical màxima al centre de la corda.
[1,25 punts]
- b)** L'amplitud de l'oscil·lació d'un punt de la corda situat a 10 cm d'un dels extrems. L'amplitud de l'oscil·lació d'un punt de la corda situat a 20 cm d'un dels extrems. Justifiqueu les respostes.
[1,25 punts]

- P4)** Segons els mesuraments efectuats amb tècniques de datació radiomètrica, les roques procedents de la Lluna són molt més antigues que les roques de la Terra. La roca més jove recollida a la Lluna (3 200 milions d'anys) és més antiga que les roques més antigues localitzades a la Terra. La nit del 4 d'agost del 2018, els residents de Neftejugansk i Surgut, al nord de Rússia, van poder observar la caiguda d'un meteorit. L'endemà diverses persones afirmaven haver trobat fragments procedents de la Lluna. Una de les mostres recollides presenta una certa activitat radioactiva deguda a la desintegració del $^{40}_{19}\text{K}$ en $^{40}_{18}\text{Ar}$ amb un període de semidesintegració d' $1,248 \times 10^9$ anys. En aquesta mostra es van trobar $0,84 \mu\text{g}$ de $^{40}_{18}\text{Ar}$ i $0,10 \mu\text{g}$ de $^{40}_{19}\text{K}$.
- a)** Escriviu la reacció de desintegració del $^{40}_{19}\text{K}$.
[1,25 punts]
- b)** Aquesta mostra pot procedir de la Lluna? Justifiqueu la resposta.
[1,25 punts]

- P5)** L'electroforesi és una tècnica que s'utilitza per a estudiar fragments de DNA carregats elèctricament. Tal com mostra la figura, els fragments de DNA es col·loquen a l'interior d'un condensador submergit en un gel que permet el moviment lliure dels fragments de DNA. El condensador genera un camp elèctric uniforme i constant entre el càtode (carregat negativament, $-$) i l'ànode (carregat positivament, $+$). Les mostres se situen prop del càtode i són accelerades cap a l'ànode. A partir de l'anàlisi de les seves acceleracions es pot estimar la massa dels fragments de DNA. El càtode i l'ànode es troben separats 18 cm i estan sotmesos a una diferència de potencial de 115 V.



- a)** Quin és el signe de la càrrega dels fragments de DNA? Justifiqueu la resposta. Determineu el mòdul de la força electroestàtica que experimenten els fragments de DNA. Dibuixeu les línies de camp elèctric i indiqueu en aquest esquema la direcció i el sentit de la força que actua sobre el fragment de DNA.
[1,25 punts]
- b)** Un fragment de DNA experimenta una acceleració de $2,13 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2$. Considerant que no hi ha fricció, quina seria la seva massa? Si no negligim la fricció, el resultat que obtindrem serà més gran o més petit que el valor de la massa que heu determinat anteriorment? Justifiqueu la resposta.
[1,25 punts]

DADES: $|q_{\text{fragment}}| = 2,00 \times 10^{-18} \text{ C}$.

- P6)** Una saltadora de 60 kg fa salt de pont (*pònting*) vertical amb una corda elàstica de 30 m de longitud. A partir d'aquest moment, la persona efectua 6 oscil·lacions en 30 s. La distància del punt d'equilibri al punt més alt del moviment oscil·latori són 4 m.
- a)** Calculeu la freqüència, el període i la freqüència angular. Escriuiu l'equació del moviment (desplaçament respecte a l'equilibri en funció del temps) si l'instant inicial correspon al punt més alt del moviment.
[1,25 punts]
- b)** Quant val la constant elàstica de la corda? Quan la saltadora queda aturada en el punt d'equilibri, quina és la longitud de la corda?
[1,25 punts]
- DADA:** No tingueu en compte les forces de fregament i suposeu que la corda elàstica es comporta com una molla que compleix la llei de Hooke.

P7) Tenim tres càrregues puntuals fixes, $Q_1 = -3 \mu\text{C}$, $Q_2 = 2 \mu\text{C}$ i $Q_3 = 3 \mu\text{C}$, situades respectivament a l'origen de coordenades i en els punts $(2, 0) \text{ m}$ i $(0, 2) \text{ m}$.

a) Representeu les tres càrregues indicant clarament els eixos de coordenades, etiquetant numèricament els segments i indicant les unitats. Determineu les components i el mòdul de la força que actua sobre Q_2 . Indiqueu esquemàticament la direcció i el sentit d'aquesta força en la representació de les tres càrregues.

[1,25 punts]

b) Quin treball haurem de fer per a portar una càrrega puntual de $5 \mu\text{C}$ des d'una distància molt gran fins al punt $(2, 2) \text{ m}$?

[1,25 punts]

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

P8) El 1916 Robert A. Millikan va determinar la constant de Planck a partir d'uns mesuraments molt acurats de l'energia dels electrons emesos i de la freqüència de la llum incident en uns experiments sobre l'efecte fotoelèctric. Paradoxalment, malgrat que Millikan volia refutar la teoria d'Albert Einstein, aquests experiments van confirmar plenament la teoria de l'efecte fotoelèctric proposada per Einstein.

a) La teoria d'Einstein anava en contra de la concepció clàssica que la llum només és una ona electromagnètica. Quina concepció nova sobre la naturalesa de la llum aportava la teoria de l'efecte fotoelèctric d'Einstein? Millikan va trobar que per a un cert metall la freqüència llindar tenia un valor de $4,39 \times 10^{14}$ Hz. Calculeu el treball d'extracció (o funció de treball) d'aquest metall. Doneu el resultat en joules i electró-volts.

[1,25 punts]

b) Si es fa incidir llum de 420 nm de longitud d'ona sobre el metall de l'apartat anterior, s'arranquen electrons? Raoneu la resposta. Si la resposta és afirmativa, trobeu l'energia cinètica i la longitud d'ona dels electrons emesos.

[1,25 punts]

DADES: $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$ kg.
 $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19}$ 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 5

Criteris generals d'avaluació i qualificació

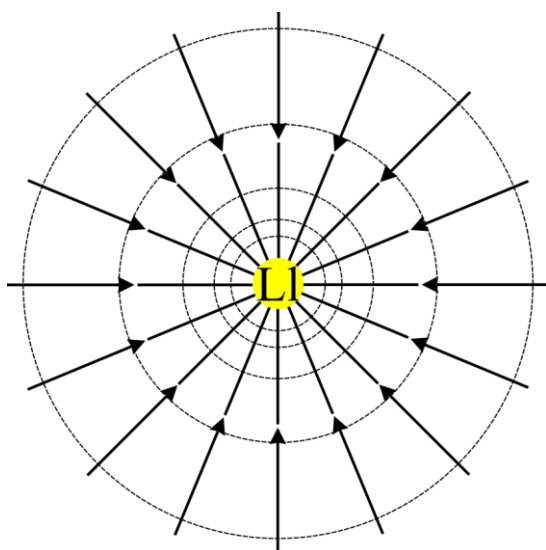
1. Les respostes s'han d'ajustar a l'enunciat de la pregunta. Es valorarà sobretot que l'alumnat demostrï que té clars els conceptes de caràcter físic sobre els quals tracta cada pregunta.
2. Es tindrà en compte la claredat en l'exposició dels conceptes, dels processos, dels passos a seguir, de les hipòtesis, 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 0,2 punts en la qualificació d'aquest apartat. Es consideren errors d'unitats: omitir 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 punt i s'ha equivocat en les unitats l'hauréu de puntuar amb 0,8 punts.
8. Un o més errors de càlcul en un apartat restarà 0,2 punts en la qualificació d'aquest apartat. Exemple: si l'apartat (a) val 1 punt i s'ha equivocat en les càlculs l'hauréu de puntuar amb 0,8 punts.
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)

a)



0,25 p Cal dibuixar les línies de camp radials i distribuïdes uniformement.

0,1 p Cal indicar el sentit: de l'infinit cap a la Lluna.

0,1 p Les corbes equipotencials són circumferències concèntriques amb la Lluna.

0,25 p Quan ens allunyem de la Lluna, el potencial augmenta. Dues possibles justificacions:

$V_g = -G \frac{M_{Ll}}{r}$, si r augmenta llavors $G \frac{M_{Ll}}{r}$ disminueix i el potencial augmenta.

Les línies de camp indiquen la direcció en la que el potencial disminueix, llavors com que les línies de camp apunten cap a la Lluna, el potencial gravitatori disminueix quan ens acostem a la Lluna.

0,25 p $g = -G \frac{M_{Ll}}{r^2} \Rightarrow r = \sqrt{G \frac{M_{Ll}}{g}}$

0,2 p $r = \sqrt{6,67 \times 10^{-11} \frac{7,35 \times 10^{22}}{1,306}} = 1,937 \times 10^6 \text{ m}$

0,1 p $d = r - R_{Ll} = 1,937 \times 10^6 - 1,740 \times 10^6 = 1,97 \times 10^5 \text{ m}$



b)

0,65 p Per escapar la gravetat de la Lluna, cal com a mínim que l'energia mecànica quan la distància a la Lluna és molt gran sigui zero. Com que el camp gravitatori és conservatiu l'energia mecànica a la superfície de la Lluna serà:

$$E_m = \frac{1}{2} M_{Nau} v^2 - G \frac{M_{Nau} M_{Ll}}{R_{Ll}} = 0$$

0,6 p Llavors l'energia cinètica que cal subministrar és:

$$E_c = \frac{1}{2} M_{Nau} v^2 = G \frac{M_{Nau} M_{Ll}}{R_{Ll}} = 6,67 \times 10^{-11} \frac{4,57 \times 10^4 \cdot 7,35 \times 10^{22}}{1,740 \times 10^6} = 1,29 \times 10^{11} \text{ J}$$

Una resolució alternativa seria:

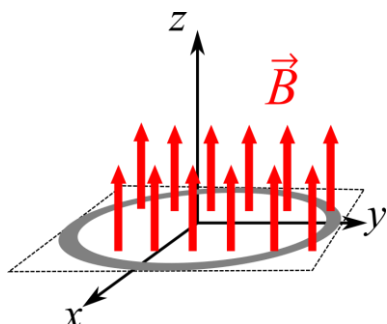
$$**0,65 p** \quad v_{esc} = \sqrt{2 G \frac{M_{Ll}}{R_{Ll}}} = 2374 \text{ m/s}$$

$$**0,6 p** \quad E_c = \frac{1}{2} M_{Nau} v_{esc}^2 = 1,29 \times 10^{11} \text{ J}$$



P2)

a)



0,5 p Representació gràfica de l'espira i les línies de camp.

0,5 p Segons la Llei de Faraday, s'induirà una força electromotriu i per tant un corrent elèctric si el flux de camp magnètic varia.

0,25 p Atès que la intensitat del camp magnètic dins de la bobina augmenta amb el temps, també augmentarà el flux de camp magnètic a través de la bobina. Per tant, s'induirà un corrent. Per que la resposta sigui totalment correcta, cal esmentar la Llei de Faraday i cal indicar que el flux de camp magnètic varia, no n'hi ha prou en dir que la intensitat del camp magnètic varia.

b)

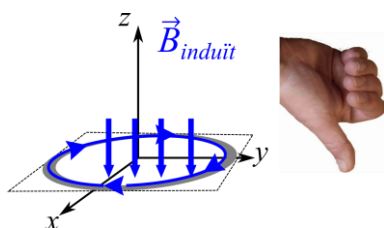
0,35 p $\phi_m = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S = B \cdot \pi \cdot r^2$

0,2 p $\phi_m = 0,014 \cdot t^2 \cdot \pi \cdot 0,25^2 = 2,75 \times 10^{-3} t^2$, flux en weber i temps en segons.

Llei de Faraday:

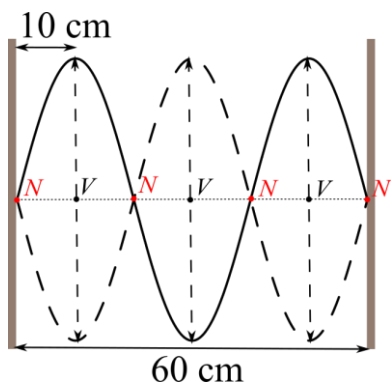
0,3 p $\varepsilon = \frac{d\phi_m}{dt} = 2 \cdot 2,75 \times 10^{-3} t = 5,50 \times 10^{-3} t$, força electromotriu en volts i temps en segons.

0,4 p Segons la llei de Lenz, el sentit del corrent induït serà tal que el camp magnètic induït s'oposarà a la variació del flux magnètic que el genera. Com la intensitat del camp magnètic dins l'espira augmenta, el camp magnètic induït tindrà un sentit oposat al camp magnètic exterior, per tant, segons la regla de la mà dreta el corrent circularà en el sentit indicat a la figura.



P3)

a)



0,5 p Si té 4 nodes, llavors es tracta del tercer harmònic.

$$\lambda = \frac{2}{3}L = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

També es pot raonar a partir del gràfic que a dins la cavitat hi han $1,5 \lambda$, és a dir que:
 $L = 1,5 \lambda$.

0,4 p $v = \lambda f = 0,4 \cdot 200 = 80 \text{ m/s}$

0,35 p $y(x, t) = A \cdot \sin kx \cdot \cos \omega t$

$$v(x, t) = \frac{dy(x, t)}{dt} = -A\omega \cdot \sin kx \cdot \sin \omega t$$

Al centre de la corda: $A \cdot \sin kx = 2 \text{ cm}$

Llavors la velocitat màxima és:

$$v_{\max} = A\omega \sin kx = A \cdot \sin kx \cdot 2\pi f = 0,02 \cdot 2\pi \cdot 200 = 25,1 \text{ m/s}$$

Alternativament, també es pot argumentar que el moviment vertical en el centre de la corda és un MHS d'amplitud 2 cm, de manera que:

$$v_{\max} = A\omega = A2\pi f = 0,02 \cdot 2\pi \cdot 200 = 25,1 \text{ m/s}$$

b)

0,65 p A 10 cm, com s'indica al dibuix, tenim un ventre de l'ona. Llavors, en aquest punt l'amplitud és 2,00 cm.

0,6 p A 20 cm estem a una distància $\lambda/2$ d'un node. Aleshores, ens trobem en un altre node i en aquest punt l'amplitud és de 0 cm.



P4)

a)

1,25 p ${}^{40}_{19}\text{K} \rightarrow {}^{40}_{18}\text{Ar} + {}^0_1e^+ + \nu_e$

En aquest apartat es penalitzarà amb 0,25p l'omissió del neutrí.

Alternativament es pot escriure ${}^0_1\beta$ o ${}^0_1e$ enlloc de ${}^0_1e^+$.

b)

0,25 p $m(t) = m_0 e^{-\lambda t}$

0,25 p $\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \Rightarrow \lambda = -\frac{\ln 0,5}{T_{1/2}} = 5,55 \times 10^{-10} \text{ anys}^{-1}$

0,1 p $\frac{m(t)}{m_0} = \frac{0,1}{0,84+0,1} = 0,106$

0,4 p $\frac{m(t)}{m_0} = 0,106 = e^{-\lambda t} \Rightarrow t = -\frac{\ln 0,106}{\lambda} = 4,03 \times 10^9 \text{ anys}$

Alternativament

0,25 p $m(t) = m_0 2^{-t/T_{1/2}}$

0,1 p $\frac{m(t)}{m_0} = \frac{0,1}{0,84+0,1} = 0,106$

0,65 p $\frac{m(t)}{m_0} = 0,106 = 2^{-t/T_{1/2}} \Rightarrow t = -T_{1/2} \frac{\ln 0,106}{\ln 2} = 4,03 \times 10^9 \text{ anys}$

Alternativament

0,25 p $m(t) = m_0 e^{-\lambda t}$

0,1 p $\frac{m(t)}{m_0} = \frac{0,1}{0,84+0,1} = 0,106$

0,4 p $\left. \begin{array}{l} 0,106 = e^{-\lambda t} \\ 0,5 = e^{-\lambda T_{1/2}} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{\ln 0,106}{\ln 0,5} = \frac{t}{T_{1/2}}$

0,25 p $t = T_{1/2} \frac{\ln 0,106}{\ln 0,5} = 4,03 \times 10^9 \text{ anys}$

Finalment:

0,25 p $t = 4,03 \times 10^9 \text{ anys} > 3,2 \times 10^9 \text{ anys}$, per tant, aquest meteorit ve de la Lluna.



P5)

a)

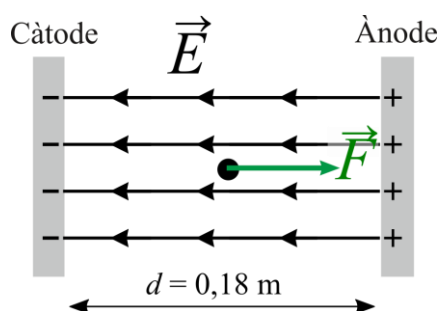
0,25 p Si els fragments s'acceleren des del càtode carregat negativament cap a l'ànode carregat positivament, llavors els fragments tenen càrrega negativa.

També es pot raonar indicant que el camp elèctric va de l'ànode al càtode i que les càrregues es mouen en el sentit oposat al camp.

0,4 p $|\vec{E}| = \frac{\Delta V}{d} = \frac{115}{0,18} = 639 \text{ V/m} = 639 \text{ N/C}$

0,35 p $|\vec{F}| = q \cdot E = 2,00 \times 10^{-18} \cdot 639 = 1,28 \times 10^{-15} \text{ N}$

0,25 p



b)

Dins l'aproximació que la força de fricció és negligible:

0,65 p $m_{aprox} = \frac{|\vec{F}_e|}{|\vec{a}|} = \frac{1,28 \times 10^{-15}}{2,13 \times 10^{-2}} = 6,00 \times 10^{-14} \text{ kg}$

0,6 p Si tenim en compte la fricció:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow F_e - F_{Fricció} = ma \Rightarrow m = \frac{F_e - F_{Fricció}}{a} = m_{aprox} - \frac{F_{Fricció}}{a}$$

Llavors, si tenim en compte la fricció, la massa del fragment serà menor que la massa que hem determinat anteriorment.



P6)

a)

0,25 p $T = \frac{30}{6} = 5,00 \text{ s}$

0,25 p $f = \frac{1}{T} = 0,20 \text{ Hz}$

0,25 p $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = 1,26 \text{ rad/s}$

0,5 p Si y és màxima quan $t=0$, llavors la fase inicial és 0 rad :

$y(t) = A \cos(\omega t) = 4 \cos(1,26 \cdot t)$, y en metres i t en segons.

Ó si y és màxima quan $t=0$, llavors la fase inicial és $\pi/2 \text{ rad}$:

$y(t) = A \sin(\omega t + \pi/2) = 4 \sin(1,26 \cdot t + \pi/2)$, y en metres i t en segons.

b)

0,65 p $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow k = \omega^2 m = 94,7 \text{ N/m}$

0,4 p al punt d'equilibri la suma de forces és zero,

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow mg = k\Delta l \Rightarrow \Delta l = \frac{mg}{k}$$

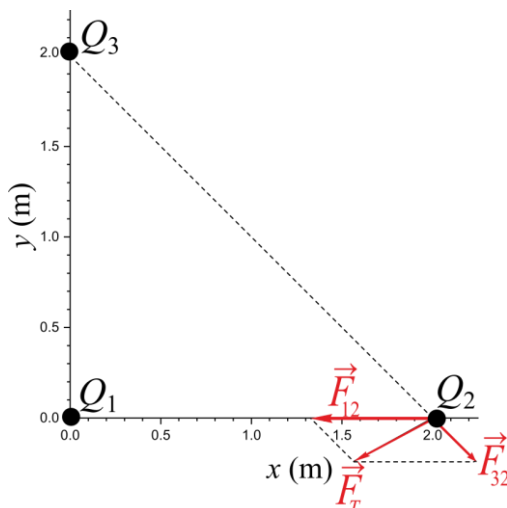
0,1 p $\Delta l = \frac{mg}{k} = \frac{60 \cdot 9,81}{94,7} = 6,21 \text{ m}$

0,1 p $l = l_0 + \Delta l = 30,0 + 6,21 = 36,21 \text{ m}$



P7)

a)



0,25 p No incloure les etiquetes es penalitzarà amb 0,1 p, no incloure les unitats es penalitzarà en 0,1 p.

No escalar correctament els eixos es penalitzarà amb 0,1 p.

En cap cas, aquesta part tindrà una puntuació negativa.

0,25 p $|\vec{F}_{12}| = k \frac{|Q_1 Q_2|}{r_{12}^2} = 8,99 \times 10^9 \frac{3 \times 10^{-6} \cdot 2 \times 10^{-6}}{(2)^2} = 13,5 \times 10^{-3} \text{ N}$

$$\vec{F}_{12} = -13,5 \times 10^{-3} \text{ N } \vec{i}$$

0,25 p $|\vec{F}_{32}| = k \frac{|Q_3 Q_2|}{r_{32}^2} = 8,99 \times 10^9 \frac{3 \times 10^{-6} \cdot 2 \times 10^{-6}}{(2\sqrt{2})^2} = 6,74 \times 10^{-3} \text{ N}$

$$\vec{F}_{32} = 6,74 \times 10^{-3} \text{ N } (\cos(45) \vec{i} - \sin(45) \vec{j}) = 4,77 \times 10^{-3} \text{ N } (\vec{i} - \vec{j})$$

0,25 p $\vec{F}_T = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} = 10^{-3} \text{ N } (-8,72 \vec{i} - 4,77 \vec{j})$

$$|\vec{F}_T| = \sqrt{F_{T,x}^2 + F_{T,y}^2} = 10^{-3} \text{ N } \sqrt{8,72^2 + 4,77^2} = 9,93 \times 10^{-3} \text{ N}$$

0,25 p No es puntuarà si no es dibuixen les forces o es dibuixen incorrectament el sentit o la direcció de qualsevol força.



b)

0,25 p $V = k \frac{Q_1}{r_1} + k \frac{Q_2}{r_2} + k \frac{Q_3}{r_3}$

0,1 p $r_1 = \sqrt{2^2 + 2^2} = 2\sqrt{2} \text{ m}, r_2 = r_3 = 2 \text{ m}$

0,25 p $V = 8,99 \times 10^9 \frac{-3 \times 10^{-6}}{2\sqrt{2}} + 8,99 \times 10^9 \frac{2 \times 10^{-6}}{2} + 8,99 \times 10^9 \frac{3 \times 10^{-6}}{2} = -9540 + 8990 + 13485 = 12940 \text{ V}$

0,65 p $W_{Apl} = -W_{Camp} = q\Delta V = 5 \times 10^{-6}(12940 - 0) = 0,0647 \text{ J} = 6,47 \times 10^{-2} \text{ J}$

Un error en el signe descomptarà 0,25 p.



P8)

a)

0,65 p La dualitat ona-corpúscle o ona-partícula, la llum és alhora una ona electromagnètica i una partícula, el fotó.

0,6 p $W_e = hf_{\text{llindar}} = 6,63 \times 10^{-34} \cdot 4,39 \times 10^{14} = 2,91 \times 10^{-19} \text{ J} = 1,82 \text{ eV}$

b)

En aquest apartat no cal donar els resultats en J i eV, és suficient una sola d'aquestes unitats.

0,5 p S'arrenquen electrons atès que la freqüència dels fotons és superior a la freqüència:

$$f = \frac{c}{\lambda} = 7,14 \times 10^{14} \text{ Hz} > 4,39 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

Alternativament es pot fer un raonament energètic: s'arrenquen electrons atès que l'energia dels fotons és més gran que el treball d'extracció:

$$E_{\text{fotons}} = hf = h \frac{c}{\lambda} = 4,74 \times 10^{-19} \text{ J} = 2,96 \text{ eV}$$

Balanç energètic:

0,25 p $E_c = E_{\text{fotons}} - W_e = 1,82 \times 10^{-19} \text{ J} = 1,14 \text{ eV}$

0,1 p $v = \sqrt{2 \frac{E_c}{m_e}} = 6,33 \times 10^5 \text{ m/s}$

0,15 p $p = m_e v = 5,77 \times 10^{-25} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

0,25 p $\lambda_e = \frac{h}{p} = 1,15 \times 10^{-9} \text{ m}$