



La puntuació d'un apartat que requereixi una resposta numèrica es reduirà en 0,1 punts si el valor difereix del correcte en una potència de 10 amb les unitats ben escrites, o bé si es presenta sense unitats, amb unitats incorrectes o amb unitats diferents de les indicades a l'enunciat. Si hi hagués tots dos errors alhora, la penalització total serà igualment de 0,1 punts.

1

a) Tot bé : 1 punt

Sigui x la distància entre la Lluna i el punt P. En aquest punt,

$$G \frac{M_L}{x^2} = G \frac{M_T}{(356\,833\,000 - x)^2} \quad +0,25$$

$$(356\,833\,000 - x)^2 = 81,28 x^2 \quad \text{o} \quad 356\,833\,000 - x = \sqrt{81,28} x \quad +0,25$$

Aïllant, s'obté l'arrel

$$x = 3,56 \times 10^7 \text{ m} \quad +0,25 \quad \Rightarrow \quad x / d_{T-L} = 0,100 \quad +0,25$$

Si es calcula la distància s de la Terra al punt P, es puntuaran les equacions corresponents i el resultat si és el següent:

$$s = 3,21 \times 10^8 \text{ m} \quad +0,25$$

Si no es calcula x / d_{T-L} , es puntuaran + 0,15 punts si es presenta

$$s / d_{T-L} = 0,900 \quad +0,15$$

b) Tot bé : 0,5 punts

L'energia potencial gravitatòria de la sonda és la suma de les energies potencials gravitatòries generades pels camps de la Lluna i de la Terra. Amb la distància d_p obtinguda a l'apartat anterior, tant si és correcta com si no, s'ha de plantejar:

$$E_p(P) = 1400 \text{ kg} \left(-G \frac{M_L}{d_p} - G M_T / (356\,833\,000 - d_p) \right) \quad +0,35$$

El valor correcte de l'energia potencial és:

$$E_p(P) = -1,93 \times 10^9 \text{ J} \quad +0,15$$

c) Tot bé : 0,5 punts

Amb $m = 1400 \text{ kg}$ i $v_p = 6200 \text{ m/s}$, l'equació que permet determinar la velocitat demanada és la següent.

$$\frac{1}{2} m v_p^2 + E_p(P) = \frac{1}{2} m v^2 - 5,52 \times 10^9 \text{ J} \quad +0,35$$



Es puntuarà el plantejament correcte encara que l'energia potencial $E_p(P)$ obtinguda a l'apartat b no sigui correcta.

El valor correcte de la velocitat és

$$v = 6600 \text{ m/s} \quad +0,15$$

2

a) Tot bé : 0,75 punts

(i) El camp creat per la càrrega positiva en el punt B és:

$$q_1 = 2,5 \text{ nC}, r_{1B} = \sqrt{10^2 + 7,5^2} = 12,5 \text{ cm} = 0,125 \text{ m}$$

$$\mathbf{E}_1(B) = K \frac{2,5 \cdot 10^{-9}}{0,125^2} \frac{(10 \text{ cm}, 7,5 \text{ cm})}{12,5 \text{ cm}} = \boxed{(1152, 864) \text{ N/C}} \quad +0,2$$

Si es calcula el vector $\mathbf{E}_1(B)$ a partir del mòdul del camp i de l'angle del vector amb l'eix x, s'ha de presentar:

$$\mathbf{E}_1(B) = (1440 \cos(36,87^\circ), 1440 \sin(36,87^\circ)) \text{ N/C}.$$

Puntuarà +0,2 si s'obté el camp correcte.

El camp creat per la càrrega negativa en el punt B és:

$$q_2 = -1,28 \text{ nC}, r_{2B} = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

$$\mathbf{E}_2(B) = K \frac{-1,28 \cdot 10^{-9}}{0,10^2} (1, 0) = \boxed{(-1152, 0) \text{ N/C}} \quad +0,2$$

El camp elèctric total en el punt B és:

+0,1 si indica la suma vectorial +0,25 si suma bé els seus camps

$$\mathbf{E}(B) = \mathbf{E}_1(B) + \mathbf{E}_2(B) \Rightarrow \boxed{\mathbf{E}(B) = (0, 864) \text{ N/C}}$$

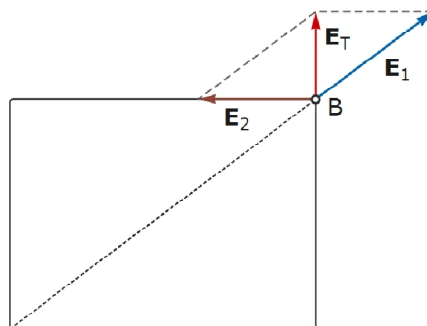
Si s'inverteixen les posicions de les càrregues quan s'escriuen les equacions, s'ha d'obtenir

$$\mathbf{E}_1(B) = (2250, 0) \text{ N/C} \quad +0,2$$

$$\mathbf{E}_2(B) = (-589,8, -442,4) \text{ N/C} \quad +0,2$$

(ii) Tot bé : 0,25 punts

La representació demanada es pot dibuixar com a la figura següent o bé representant les components del camp $\mathbf{E}_1(B)$ (la component x cancel·la $\mathbf{E}_2(B)$). Si a l'apartat anterior no s'han calculat bé els camps, la suma gràfica ha d'estar ben feta.



b.1) Tot bé : 0,5 punts

La càrrega q_A ha de generar un camp de 864 N/C en el sentit de B cap a A. Per tant, la càrrega ha de ser negativa.

$$K \frac{|q_A|}{0,075^2} = 864 \frac{\text{N}}{\text{C}} \quad +0,25 \quad \Rightarrow \quad q_A = -0,54 \text{ nC} \quad +0,25$$

● Si es respon $q_A = 0,54 \text{ nC}$ i no s'indica que la càrrega ha de ser negativa, puntuaran per l'equació.

Si es repon $q_A = 0,54 \text{ C}$ (coulombs en lloc de nanocoulombs), puntuen per l'equació. No es penalitza per les unitats.

b.2) Tot bé : 0,5 punts

En funció de la distància x a la càrrega positiva, el potencial en els punts de la línia entre les càrregues de 2,50 nC i -1,28 nC és

$$V(x) = K \frac{2,50 \cdot 10^{-9}}{x} + K \frac{-1,28 \cdot 10^{-9}}{7,5 - x}$$

El potencial és zero quan

$$\frac{2,50}{x} + \frac{-1,28}{7,5 - x} = 0 \quad +0,25 \quad \Rightarrow \quad x = 4,96 \text{ cm} \quad +0,25$$

● Si, en lloc de calcular la distància a la càrrega positiva tal com demana l'enunciat, es calcula la distància a la càrrega negativa i s'obté $s = 2,54 \text{ cm}$, es puntuarà el plantejament de l'equació.

Si, a més, es calcula $x = 7,5 \text{ cm} - s = 4,96 \text{ cm}$ o s'indica explícitament que s'ha determinat la distància a la càrrega negativa, se sumaran +0,25 punts.

Si només es calcula s , se sumaran +0,15 punts.

● Si s'utilitzen els 10 cm de la base del rectangle com a distància entre càrregues, en lloc de la separació de 7,5 cm, es puntuarà correctament el plantejament de l'equació. El resultat també es considerarà correcte si s'ha obtingut $x = 6,61 \text{ cm}$.

3

a.1)

(i) Tot bé : 0,75 punts

Siguin $\mathbf{B}_1$, $\mathbf{B}_2$ i $\mathbf{B}_3$ els camps magnètics generats pels fils 1, 2 i 3, respectivament, a la posició del fil 4. Tots aquests camps són perpendiculars al pla que conté els fils, i el sentit de cadascun es determina mitjançant la regla de la mà dreta. Es considerarà positiu el sentit que surt del pla del dibuix.

El camp total és:

$$\mathbf{B}_T = \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{19,5 \text{ A}}{13 \text{ mm}} + \frac{17,5 \text{ A}}{7 \text{ mm}} - \frac{12 \text{ A}}{4 \text{ mm}} \right) \Rightarrow \mathbf{B}_T = 200 \mu\text{T} \odot$$

+0,45
Error d'unitats: -0,1

Si es calculen els camps individuals, la puntuació és:

$$B_1 = \frac{\mu_0 19,5 \text{ A}}{2\pi 13 \text{ mm}} = 300 \mu\text{T} \Rightarrow \mathbf{B}_1 = 300 \mu\text{T} \odot$$

+0,1 +0,1

$$B_2 = \frac{\mu_0 17,5 \text{ A}}{2\pi 7 \text{ mm}} = 500 \mu\text{T} \Rightarrow \mathbf{B}_2 = 500 \mu\text{T} \text{ sentit igual que } \mathbf{B}_1$$

+0,1 +0,1

$$B_3 =$$

$$- \frac{\mu_0 12 \text{ A}}{2\pi 4 \text{ mm}} = -600 \mu\text{T} \Rightarrow \mathbf{B}_3 = 600 \mu\text{T} \text{ sentit contrari a } \mathbf{B}_1$$

+0,1 +0,1

$$\mathbf{B}_T = 200 \mu\text{T}$$

+0,15

(ii) Tot bé : 0,75 punts

Les forces entre els fils es troben en el mateix pla que els conté i són perpendiculars als fils.

La força entre els corrents 2 i 4 és atractiva, ja que circulen en el mateix sentit, mentre que la força entre els corrents 3 i 4 és repulsiva, perquè tenen sentits oposats.

$$\mathbf{F}_{2 \rightarrow 4} = \frac{\mu_0 17,5 \text{ A } 12 \text{ A}}{2\pi 7 \text{ mm}} \uparrow = 6 \frac{\text{mN}}{\text{m}} \uparrow$$

+0,2 +0,1

$$\mathbf{F}_{3 \rightarrow 4} = \frac{\mu_0 12 \text{ A } 12 \text{ A}}{2\pi 4 \text{ mm}} \downarrow = 7,2 \frac{\text{mN}}{\text{m}} \text{ contrari a } \mathbf{F}_{2 \rightarrow 4}$$

+0,2 +0,1

La força resultant té sentit cap avall.

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_{2 \rightarrow 4} + \mathbf{F}_{3 \rightarrow 4} \Rightarrow \mathbf{F} = 1,2 \frac{\text{mN}}{\text{m}} \downarrow$$

+0,15

Error d'unitats: -0,1

a.2)

(i) Tot bé : 0,5 punts

El radi de l'espira circular ha de ser tal que l'àrea que delimita sigui cinc vegades més gran que la de l'espira quadrada.

$$A_{\text{cercle}} = 5 A_{\text{quadrat}} \Rightarrow \pi R^2 = 5 \times 2,6^2 \Rightarrow R = 3,28 \text{ cm}$$

Si s'equivoquen i s'escriu $5 A_{\text{cercle}} = A_{\text{quadrat}}$, es puntuarà el càlcul del radi si s'obté 0,656 cm.

(ii) Tot bé : 1 punt

El flux de camp magnètic és

$$\phi(t) = (0,026 \text{ m})^2 B(t) \cos(60^\circ)$$

La força electromotriu és

$$fem(t) = - \frac{d\phi(t)}{dt} = 16,9 \text{ mV} \sin(20 t + 0,51)$$

Per tant,

$$fem(680 \mu\text{s}) = 8,45 \text{ mV}$$

Si es comet l'error d'escriure $\phi(t) = (0,026 \text{ m})^2 B(t) \sin(60^\circ)$, es pot puntuar així:

$$fem(t) = - \frac{d\phi(t)}{dt} = 29,3 \text{ mV} \cos(20 t + 0,51)$$

$$fem(680 \mu\text{s}) = 14,6 \text{ mV}$$

4

a) L'enunciat presenta el moviment harmònic simple vertical d'una massa descrit amb

$$y(t) = 5 \text{ cm} \cos(3,7 t + 25^\circ).$$

(i) Tot bé : 0,5 punts

La velocitat vertical de la massa a $t = 2 \text{ s}$ és

$$v_y(2 \text{ s}) = y'(2 \text{ s}) \quad +0,15$$

- Si es segueix la notació utilitzada als exercicis de la Guia, la freqüència angular és $3,7 \text{ rad/s}$. La fase s'ha de convertir a radians i s'obté:

$$y'(t) = -18,5 \sin(3,7 t + 25^\circ) \quad +0,15 \Rightarrow v_y(2 \text{ s}) = -18,5 \text{ cm/s} \quad +0,2$$

(A $t = 2 \text{ s}$, la fase és quasi igual a $2\pi + \pi/2$, d'aquí que el sinus valgui pràcticament la unitat).

- Si s'ha suposat que la freqüència angular és $3,7^\circ/\text{s}$, la fase es mantindrà en graus i s'ha de calcular:

$$y'(t) = -0,323 \sin(3,7 t + 25^\circ) \quad +0,15 \Rightarrow v_y(2 \text{ s}) = -0,173 \text{ cm/s} \quad +0,2$$



Si s'ha suposat que la freqüència angular és $3,7^\circ/\text{s}$, s'ha escrit la derivada així

$$y'(t) = -5 \text{ cm } 3,7 \sin(3,7 t + 25^\circ),$$

i s'obté $v_y(2 \text{ s}) = 9,91 \text{ cm/s}$, la puntuació corresponent a la derivada es reduirà en 0,1 punts, mentre que el resultat final es puntuarà amb +0,2 punts

(ii) Tot bé : 0,5 punts

- Si es segueix la notació utilitzada als exercicis de la Guia, la freqüència angular és $3,7 \text{ rad/s}$. La fase s'ha de convertir a radians i s'obté:

$$3,7 t + 25 \frac{\pi}{180} = \frac{3\pi}{2} \quad +0,25 \Rightarrow t = 1,16 \text{ s} \quad +0,25$$



Si es resol $3,7 t + 25 \pi/180 = \pi/2$ i s'obté $t = 0,31 \text{ s}$, es puntuarà amb 0,25 punts.

Si es resol $3,7 t + 25 = 270$ i s'obté $t = 66,2 \text{ s}$, es puntuarà amb 0,25 punts

- Si s'ha suposat que la freqüència angular és $3,7^\circ/\text{s}$, la fase es mantindrà en graus i s'ha de calcular:

$$(3,7^\circ/\text{s}) t + 25^\circ = 270^\circ \quad +0,25 \Rightarrow t = 66,2 \text{ s} \quad +0,25$$

b.1)

(i) Tot bé : 1 punt

S'usa el criteri DIN.

 γ = amplada real de la façana, $\gamma' = 12$ cm (amplada de la façana a la imatge), $s = -1293$ cm, $s' =$ distància entre la placa i la lent, $f' = 180$ mm = 18 cm.L'equació de Descartes permet aïllar s' :

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{s'} - \frac{1}{-1293} = \frac{1}{18} \Rightarrow s' = 18,25 \text{ cm}$$

L'equació de l'augment lateral permet aïllar γ :

$$M_T = \frac{s'}{s} = \frac{\gamma'}{\gamma} \Rightarrow \frac{18,25 \text{ cm}}{-1293 \text{ cm}} = \frac{12 \text{ cm}}{\gamma} \Rightarrow \gamma = -8,50 \text{ m}$$

El valor d' γ és negatiu perquè la imatge sobre la placa està invertida.

El resultat d'un estudiant pot coincidir amb el correcte o diferir-ne només en el signe, i això pot no ser conseqüència d'un simple petit error de càlcul, sinó d'una assignació incorrecta dels valors i dels signes a les variables.

(ii) Tot bé : 0,5 punts

L'objecte ha d'estar situat

$$\text{entre la lent i el focus objecte} \quad s \in (-18 \text{ cm}, 0)$$

b.2)

(i) Tot bé : 0,5 punts

Després d'atravessar una làmina de cares plano-paral·leles,

la direcció del raig és paral·lela a la direcció del raig incident.



Es puntuarà la simple menció del fet; no caldrà presentar la deducció.

L'angle que forma el raig a la sortida amb la normal a la superfície és de 35° . Per tant,

$$\theta_i = 35^\circ$$

(ii) Tot bé : 0,5 punts

L'angle límit líquid-aire és

$$1,39 \sin(\theta_l) = 1 \sin(90^\circ) \Rightarrow \theta_l = 46,0^\circ$$

El raig no sortirà del líquid quan l'angle d'incidència sigui superior a l'angle límit

o $46^\circ \leq \theta_i \leq 90^\circ$ ^{+0,25}

(iii) Tot bé : 0,5 punts

L'angle límit oli-aire és

$$1,46 \sin(\theta_l) = 1 \sin(90^\circ) \Rightarrow \theta_l = 43,23^\circ$$
 ^{+0,15}

Aquest angle d'incidència és el mateix amb què el raig surt refractat a la superfície líquid–oli. Per tant, l'angle d'incidència en aquesta superfície és:

$$1,39 \sin(\theta_i) = 1,46 \sin(43,23^\circ) \Rightarrow \theta_i = 46,0^\circ$$
 ^{+0,15}

El raig no sortirà del líquid perquè es reflectirà totalment quan l'angle d'incidència sigui superior a l'angle límit:

$$46^\circ \leq \theta_i \leq 90^\circ$$
 ^{+0,2}

5

a.1)

(i) Tot bé : 1 punt

La velocitat màxima dels electrons emesos per efecte fotoelèctric és

$$\frac{1}{2} m_e v_{\text{màx}}^2 = hf - W = h \frac{c}{\lambda} - W.$$

A partir del gràfic, la velocitat màxima és zero per a

$$\lambda_u = 640 \text{ nm} \quad +0,2$$

Per tant,

$$h \frac{c}{640 \text{ nm}} - W = 0 \quad +0,2$$

$$W = 3,104 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad +0,2 \Rightarrow W = 1,94 \text{ eV} \quad +0,2$$

L'element de la taula amb aquest treball d'extracció és el **cesi.** $+0,2$ 

Si s'usa algun punt del gràfic per determinar una parella de valors $(\lambda, v_{\text{màx}})$, es puntuarà sempre que els càlculs estiguin realitzats correctament.

(ii) Tot bé : 0,5 punts

La velocitat màxima dels electrons emesos per efecte fotoelèctric

no depèn de la intensitat de la radiació $+0,2$

$$v_x \text{ no canvia} \quad +0,3$$

(iii) Tot bé : 1 punt

El treball d'extracció del silici és

$$W = 3,59 \text{ eV} \quad +0,2 \Rightarrow W = 5,744 \times 10^{-19} \text{ J} \quad +0,2$$

S'ha d'aïllar λ de l'equació següent amb $v_{\text{màx}} = 147 \text{ km/s}$:

$$\frac{1}{2} m_e v_{\text{màx}}^2 = h \frac{c}{\lambda} - W \Rightarrow \lambda = 340 \text{ nm} \quad +0,6$$

a.2)

(i) Tot bé : 0,75 punts

En la desintegració α :

el nombre màssic (A) disminueix en 4 unitats^{+0,2}
el nombre atòmic (Z) disminueix en 2 unitats^{+0,2}

En la desintegració β^- ,

el nombre màssic (A) no varia^{+0,15}
el nombre atòmic (Z) augmenta en 1 unitat^{+0,2}

(ii) Tot bé : 0,75 punts

L'exercici es pot plantejar de dues maneres:

- Amb el nombre màssic A

L'urani 238 té $A = 238$ i el plom, $A = 206$. La diferència és de 32 unitats.

El nombre màssic disminueix en 4 unitats amb cada desintegració α . Per tant, el nombre de desintegracions alfa entre l'urani 238 i el plom 206 és

$$\frac{238 - 206}{4} = \frac{32}{4} = 8 \text{ des. alfa} \quad +0,25$$

El número atòmic de l'urani és $Z = 92$. Cada desintegració α redueix Z en 2 unitats. Després de 8 desintegracions α :

$$Z = 92 - 8 \times 2 = 76 \quad +0,25$$

Però el plom estable té $Z = 82$.

Després de 8 desintegracions alfa, el nombre atòmic no coincideix amb el del nucli final estable. La sèrie ha d'incloure desintegracions beta menys, que no canvien el nombre màssic però augmenten el nombre atòmic en una unitat, corregint així el valor de Z . Raonament correcte +0,25

- Amb el nombre atòmic Z

L'urani 238 té $Z = 92$ i el plom, $Z = 82$. La diferència és de 10 unitats.

El nombre atòmic disminueix en 2 unitats amb cada desintegració α . Per tant, el nombre de desintegracions alfa seria

$$\frac{92 - 82}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ des. alfa} \quad +0,25$$

Cada desintegració α redueix A en 2 unitats. Després de 5 desintegracions α de l'urani 238:

$$A = 238 - 5 \times 4 = 218 \quad +0,25$$

Però el plom estable té $Z = 82$.

Amb 5 desintegracions alfa el nombre màssic no arribaria a 206. Això indica que hi ha d'haver altres desintegracions en la cadena radioactiva.

Raonament correcte +0,25

(iii) Tot bé : 1 punt

L'activitat decau exponencialment.

$$A(t) = 10^6 \exp\left(-\frac{\ln(2)}{4,2 \text{ min}} t\right) \text{ Bq} \quad +0,5 \quad \Rightarrow \quad A(30 \text{ min}) = 7076 \text{ Bq} \quad +0,5$$

Error d'unitats: -0,1



Si, per error, s'utilitza $\lambda = 1 / 4,2 \text{ min}$ i s'obté

$$A(30 \text{ min}) = 790 \text{ Bq},$$

es puntuaran 0,5 punts en total en aquest apartat.