Física

Camp elèctric

Solucions · 92 exercicis

Proves d'accés a la universitat (PAU) de Catalunya. Ordenats del més recent al més antic.
Retalls dels exàmens i pautes oficials (selecat.cat / universitats.gencat.cat).

1. PAU 2026 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 2 (Opció A)

EXERCICI 2, opció 1

a)

Per puntuar aquest exercici cal tenir present que es demana una representació qualitativa, per tant, no es demana precisió sinó que quan l'estudiant dibuixi les línies de camp i equipotencials, tingui cura dels detalls que s'indiquen a continuació:

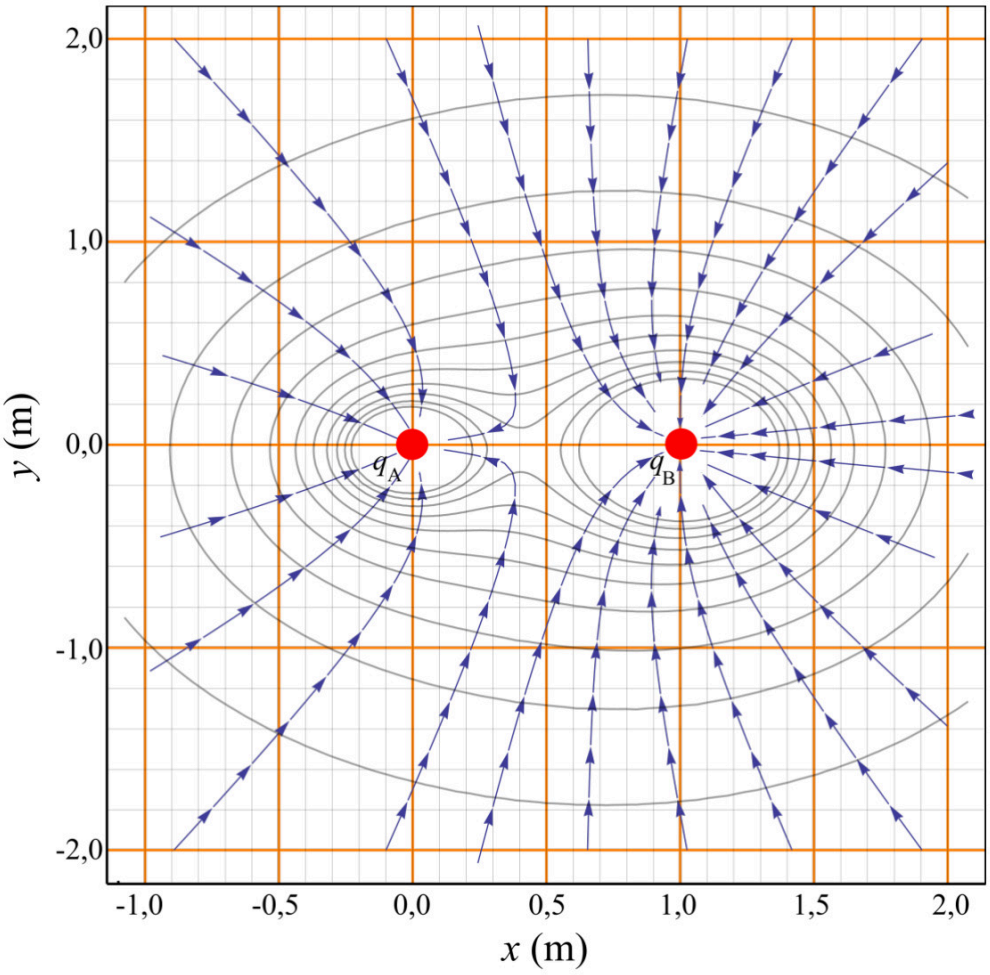
0,25 p Les dues carregues estan situades correctament segons les coordenades donades a l'enunciat.

0,25 p Les línies de camp apunten cap a les càrregues i totes es dirigeixen cap a una de les dues càrregues puntuals.

0,25 p El nombre de línies de camp que es dirigeixen a la càrrega q_B és aproximadament el doble de línies que convergeixen a q_A.

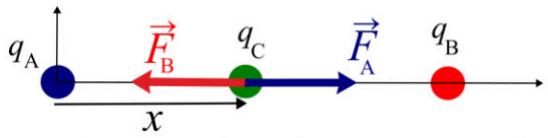
0,25 p Les línies equipotencials són aproximadament perpendiculars a les línies de camp.

0,25 p Les línies equipotencials són més properes entre elles quan ens acostem a les càrregues puntuals.



b)

0,5 p Com que la força que fan les dues càrregues és repulsiva, cal situar la càrrega q_C entre q_A i q_B.



Com que les dues forces tenen la mateixa direcció i sentits oposats, la condició d'equilibri correspon a igualar els mòduls de les dues forces:

$$k\frac{q_A q_C}{x^2} = k\frac{q_B q_C}{(1-x)^2}.$$

Simplificant:

$$\frac{q_A}{x^2} = \frac{q_B}{(1-x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{2}{(1-x)^2} \Rightarrow (1-x)^2 = 2x^2 \Rightarrow x^2 + 2x - 1 = 0$$

L'equació anterior té dues solucions, però només la positiva és correcta:

$$x = -1 + \sqrt{2} = 0{,}414 \text{ m}$$

0,5 p El treball que fa el camp elèctric és igual a menys la variació d'energia potencial:

$$W = -\Delta U = -q_C(V_f - V_i)$$

El potencial inicial és:

$$V_i = k\left(\frac{q_A}{x} + \frac{q_B}{1-x}\right) = 8{,}99 \times 10^9 \left(\frac{-2 \times 10^{-6}}{0{,}414} + \frac{-4 \times 10^{-6}}{0{,}586}\right) = -1{,}048 \times 10^5 \text{ V}$$

El potencial final és:

$$V_f = k\left(\frac{q_A}{x} + \frac{q_B}{1-x}\right) = 8{,}99 \times 10^9 \left(\frac{-2 \times 10^{-6}}{0{,}5} + \frac{-4 \times 10^{-6}}{0{,}5}\right) = -1{,}079 \times 10^5 \text{ V}$$

Així el treball és:

$$W = -\Delta U = -q_C(V_f - V_i) = -2{,}47 \times 10^{-2} \text{ J}$$

0,25 p El treball que fa el camp elèctric és negatiu, és a dir, el camp elèctric s'oposa al desplaçament, per tant, ha calgut aplicar una força externa per traslladar la càrrega q_C des del punt inicial fins al punt final.

2. PAU 2026 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 2

EXERCICI 2

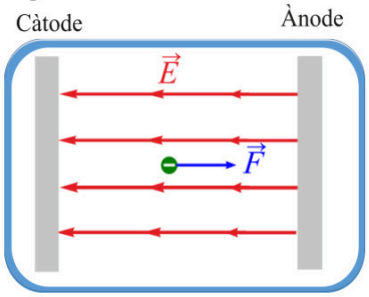
a)

0,5 p $|\vec{E}| = \frac{\Delta V}{d} = \frac{70.000}{0{,}02} = 3{,}5 \times 10^6 \text{ V/m} = 3{,}5 \times 10^6 \text{ N/C}$

0,25 p $|\vec{F}| = eE = 1{,}602 \times 10^{-19} \times 3{,}5 \times 10^6 = 5{,}61 \times 10^{-13} \text{ N}$

0,5 p Cal dibuixar correctament les línies de camp, perpendiculars a les plaques, dirigides cap el càtode i equidistants atès que el camp és uniforme. Si el sentit és incorrecte, cal restar 0,2 punts; si no es dibuixen equidistants o simplement es representa el camp amb un únic vector enlloc de línies de camp, cal restar 0,2 punts.

Com que la càrrega de l'electró és negativa, el sentit d'$\vec{E}$ és l'oposat del de la força $\vec{F}$. Si no és representa correctament $\vec{F}$, cal restar 0,1 punts.



b)

0,75 p Es poden abordar dos plantejaments diferents: un basat en les energies i un altre en les forces.

Per energies: segons el teorema de les forces vives, la variació d'energia cinètica és igual al treball del camp elèctric:

$$\Delta E_C = W_e = -\Delta U = -q\Delta V = |e|\Delta V = 1{,}602 \times 10^{-19} \times 70.000 = 1{,}12 \times 10^{-14} \text{ J}$$

$$\Delta E_C = \frac{1}{2}mv^2 - 0 \Longrightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}12 \times 10^{-14}}{9{,}11 \times 10^{-31}}} = 1{,}57 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Per forces: segons la segona llei de Newton.

$$a = \frac{F}{m} = \frac{5{,}61 \times 10^{-13}}{9{,}11 \times 10^{-31}} = 6{,}15 \times 10^{17} \text{ m/s}^2$$

$$v^2 - 0 = 2 \cdot a \cdot d \Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot a \cdot d} = \sqrt{2 \cdot 6{,}15 \times 10^{17} \cdot 0{,}02} = 1{,}57 \times 10^8 \text{ m/s}$$

0,25 p L'energia del fotó és:

$$E_f = hf = h\frac{c}{\lambda} = 6{,}63 \times 10^{-34} \frac{3{,}00 \times 10^8}{1{,}00 \times 10^{-9}} = 1{,}99 \times 10^{-16} \text{ J}$$

0,25 p Per conservació de l'energia, podem calcular l'energia cinètica després del xoc:

$$E_{C,i} = E_{C,f} + E_f \Longrightarrow E_{C,f} = 1{,}121 \times 10^{-14} \text{ J} - 1{,}99 \times 10^{-16} \text{ J} = 1{,}10 \times 10^{-14} \text{ J}$$

I la velocitat de l'electró després del xoc és:

$$v_f = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}101 \times 10^{-14}}{9{,}11 \times 10^{-31}}} = 1{,}56 \times 10^8 \text{ m/s}$$

3. PAU 2025 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 2 (Opció B)

EXERCICI 2, opció 2

a)

0,5 p. Segons la llei de Coulomb, el mòdul de la força sobre l'electró degut a l'atracció del protó és:

$$F_e = k\frac{e^2}{r^2}$$

La segona llei de Newton estableix que $\vec{F} = m\vec{a}$.

D'altra banda, considerant que la trajectòria és circular, la seva acceleració és l'acceleració centrípeta, $a = v^2/r$:

$$k\frac{e^2}{r^2} = \frac{m \cdot v^2}{r} \Rightarrow m \cdot v^2 = k\frac{e^2}{r}$$

De l'anterior expressió, podem obtenir-ne la velocitat:

$$v = e\sqrt{\frac{k}{m \cdot r}}$$

0,25 p. El moment angular s'expressa així:

$$\vec{L} = m\vec{r} \times \vec{v}$$

En què $\vec{r}$ és el vector de posició que apunta del protó a l'electró. El mòdul del moment angular s'expressa així:

$$L = m\, r\, v\, sin\theta$$

En què θ és l'angle que formen $\vec{r}$ i $\vec{v}$. Com que la òrbita és circular, $\vec{r}$ i $\vec{v}$ són perependiculars, $\theta = \pi/2$ i $sin\theta = 1$.

Per tant:

$$L = m \cdot r \cdot v = m \cdot r \cdot e\sqrt{\frac{k}{m \cdot r}} = e\sqrt{k \cdot m \cdot r}$$

0,25 p. Si fem servir l'expressió $L = \frac{n \cdot h}{2\pi}$:

$$\frac{n \cdot h}{2\pi} = e\sqrt{k \cdot m \cdot r} \Rightarrow r = \frac{1}{k \cdot m}\left(\frac{n \cdot h}{2\pi \cdot e}\right)^2$$

Alternativament, es pot plantejar $L = m \cdot r \cdot v = \frac{n \cdot h}{2\pi}$ i $v = e\sqrt{\frac{k}{m \cdot r}}$.

0,25 p. I el radi per a $n = 1$ és:

$$r = \frac{1}{k \cdot m}\left(\frac{n \cdot h}{2\pi \cdot e}\right)^2 = \frac{1}{8{,}99 \cdot 10^9 \cdot 9{,}11 \cdot 10^{-31}}\left(\frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}}{2\pi \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}}\right)^2 = 5{,}30 \cdot 10^{-11}\ \text{m}$$

b)

De l'apartat anterior, tenim:

$$v = e\sqrt{\frac{k}{m \cdot r}} = 2{,}18\ \cdot 10^6\ \text{m/s}$$

Alternativament: $L = e\sqrt{k \cdot m \cdot r} = 1{,}055\ \cdot 10^{-34}\ \text{kg}\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \Rightarrow v = \frac{L}{m \cdot r} = 2{,}18\ \cdot 10^6\ \text{m/s}$ o $L = \frac{h}{2\pi} = 1{,}055\ \cdot 10^{-34}\ \text{kg}\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \Rightarrow v = \frac{L}{m \cdot r} = 2{,}18\ \cdot 10^6\ \text{m/s}$

0,5 p. I l'energia cinètica és:

$$E_c = \frac{1}{2}m \cdot v^2 = \frac{1}{2}9{,}11 \cdot 10^{-31} \cdot (2{,}18\ \cdot 10^6)^2 = 2{,}18 \cdot 10^{-18}\ \text{J}$$

0,5 p. L'energia potencial s'expressa així:

$$E_p = -k\frac{e^2}{r} = -8{,}99 \cdot 10^9 \frac{(1{,}602 \cdot 10^{-19})^2}{5{,}3 \cdot 10^{-11}} = -4{,}35 \cdot 10^{-18}\ \text{J}$$

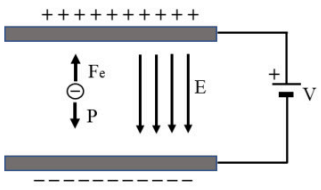
0,25 p. I l'energia mecànica:

$$E_m = E_c + E_p = 2{,}18 \cdot 10^{-18} - 4{,}35 \cdot 10^{-18} = -2{,}18 \cdot 10^{-18}\ \text{J}$$

4. PAU 2025 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 2 (Opció A)

EXERCICI 2, opció 1

a)



0,25 p. Esquema: han d'aparèixer les plaques metàl·liques horitzontals, el voltatge i les dues forces que actuen sobre l'electró.

0,25 p. Les dues plaques formen un condensador pla. La placa superior ha de tenir una càrrega positiva i la inferior negativa per crear un camp elèctric vertical i dirigit cap avall de manera que creï una força vertical cap amunt en la càrrega negativa de la gota per contrarestar el pes dirigit cap avall.

0,5 p. El potencial elèctric és l'integral del camp elèctric i en aquest cas on el camp és homogeni, $|\vec{E}| = \frac{V}{d} = \frac{2000}{0{,}02} = 10^5$ V/m.

0,25 p. El camp elèctric és homogeni i dirigit cap avall; per tant, les línies de camp seran línies verticals equiespaiades i cap avall.

b)

0,75 p. El pes de la gota és $P = m \cdot g$, i la massa la calculem amb la densitat i el volum de la gota esfèrica: $m = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 = 923 \cdot \frac{4}{3}\pi(1{,}08 \cdot 10^{-6})^3 = 4{,}87 \cdot 10^{-15}$ kg.

La força elèctrica és $|\vec{F}_e| = q|E|$.

En l'equilibri la força elèctrica sobre la gota ha de ser igual al seu pes: $F_e = P$.

Igualant les dues forces: $|\vec{F}_e| = P = m \cdot g$, per tant $q = \frac{m \cdot g}{E} = \frac{4{,}87 \cdot 10^{-15} \cdot 9{,}8}{10^5} = 4{,}77 \cdot 10^{-19}$ C

0,25 p. Dividint la càrrega per la càrrega de l'electró $|e|$ trobem el número d'electrons n:

$$n = \frac{4{,}77 \cdot 10^{-19}\ \text{C}}{1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \text{C}} = 3$$

0,25 p. Si la gota perd un electró, el mòdul de la força elèctrica esdevé menor que el pes, i la gota cau: $|\vec{F}_e| = q|E| < P$.

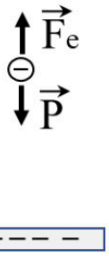
Alternativament, l'alumne/a ho pot justificar calculant la força elèctrica per dos electrons i el pes: $|\vec{F}_e| = q|E| = 3{,}20 \cdot 10^{-14}$N, $P = mg = 4{,}87 \cdot 10^{-15} \cdot 9{,}8 = 4{,}77 \cdot 10^{-14}$ N. I, per tant, $|\vec{F}_e| < P$, i la gota cau.

5. PAU 2024 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 3

P3)

a)

0,5 p Dibuix: La força elèctrica és repulsiva ja que les càrregues tenen el mateix signe i s'oposa al pes.



0,25 p L'objecte levita, per tant, està en equilibri, i el sumatori de forces que actuen sobre ell serà zero. Per tant, els mòduls de la força elèctrica i del pes seran iguals: $\vec{F}_e + \vec{P} = 0$ i $|\vec{F}_e| = |\vec{P}|$,

0,5 p Per calcular la càrrega de l'objecte, utilitzem l'expressió de la força elèctrica i la igualem a la del pes:

$$k\frac{q_{obj}q_{bar}}{r^2} = mg$$

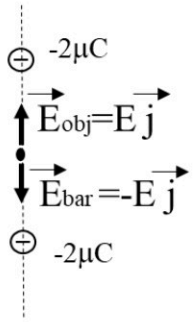
En què la càrrega de l'objecte i de la barra són iguals: $q_{obj} = q_{bar} = Q$ i, per tant, podem escriure : $k\frac{Q\cdot Q}{r^2} = mg$ i, per tant, $Q = \sqrt{\frac{mgr^2}{k}} = \sqrt{\frac{0{,}01\cdot 9{,}8\cdot 0{,}55^2}{8{,}99\cdot 10^9}} = 1{,}82\cdot 10^{-6}\ C = 1{,}82\ \mu C$.

Per tant, la càrrega de l'objecte és $q_{obj} = 1{,}82\ \mu C$.

b)

0,15 p El camp elèctric en el punt central és la suma dels dos camps.

0,15 p Les càrregues són iguals, $-2\ \mu C$, i les distàncies al punt també, $0{,}3\ m$, per tant ambdós camps tindran el mateix mòdul. El camp elèctric creat per una càrrega negativa està dirigit cap a la càrrega que el crea, així doncs tindran sentit contrari.



$$\vec{E} = \vec{E}_{obj} + \vec{E}_{bar} = k\frac{q}{r^2}\vec{j} - k\frac{q}{r^2}\vec{j} = 0$$

L'alumne ha de calcular o justificar el resultat.

0,15 p El potencial serà la suma dels potencials creats per cada càrrega. Considerant el potencial nul a l'infinit:

$$V = V_{obj} + V_{bar} = k\frac{q}{r} + k\frac{q}{r}\ .$$

0,20 p Per tant $V = 8{,}99\cdot 10^9\frac{-2\cdot 10^{-6}}{0{,}3} + 8{,}99\cdot 10^9\frac{-2\cdot 10^{-6}}{0{,}3} = -1{,}20\cdot 10^5\ V$

Càlcul del treball de la força externa:

0,20 p Per portar un electró des de l'infinit fins al punt central haurem de fer en tot moment una força contraria al camp elèctric, per tant el treball fet per la força externa és el treball fet per la força elèctrica canviat de signe.

0,40 p El treball realitzat pel camp elèctric és menys l'increment d'energia potencial:

$$W_E = -\Delta U = -q \cdot \Delta V = 1{,}602 \cdot 10^{-19} \cdot (-1{,}2 \cdot 10^5 \ - 0) = -1{,}92 \cdot 10^{-14}\, J$$

Per tant, la força externa ha de fer un treball: $W_{ext} = 1{,}92 \cdot 10^{-14}\, J$

O, alternativament:

0,20 p El treball de les forces externes és la variació d'energia potencial: $W_{F\,ext} = \Delta U$

0,40 p Per tant, calculem la variació d'energia potencial al portar la càrrega des de l'infinit al punt central: $\Delta U = q \cdot \Delta V = -1{,}602 \cdot 10^{-19} \cdot (-1{,}2 \cdot 10^5 \ - 0) = 1{,}92 \cdot 10^{-14}\, J$

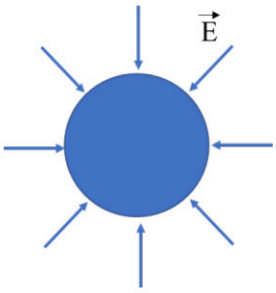
i per tant $W_{ext} = 1{,}92 \cdot 10^{-14}\, J$.

6. PAU 2024 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 3

P3)

***a*)**

0,5 p. Dibuix: el camp elèctric està dirigit cap a càrregues negatives i radial per la geometria esfèrica:



0,5 p. L'enunciat ens diu que el camp elèctric és el generat per tota la càrrega al centre de l'esfera. Sabem que el mòdul de camp elèctric en aquest cas és:

$$|\vec{E}| = k\frac{q}{r^2}$$

0,15 p. Per tant, la càrrega és: $|q| = \frac{|E|r^2}{k} = \frac{150\cdot(6{,}37\ 10^6)^2}{8{,}99\ 10^9} = 6{,}77 \cdot 10^5\ C$

0,10 p. Per considerar que la càrrega és negativa: $q = -6{,}77 \cdot 10^5\ C$

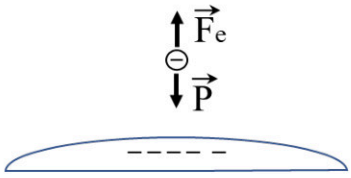
***b*)**

0,25 p. El seu mòdul serà: $|\vec{F}_e| = q|E| = 1{,}602\ 10^{-19} \cdot 150 = 2{,}403\ 10^{-17} N$

0,5 p. El pes de la gota d'aigua ha de ser igual a la força elèctrica creada pel camp ja calculada:

$|\vec{F}_e| = |\vec{P}| = mg$ i, per tant, $m = \frac{|\vec{F}_e|}{g} = \frac{2{,}403\ 10^{-17}}{9{,}81} = 2{,}45\ \ 10^{-18}\ kg$

0,25 p. Esquema: la força elèctrica, contrària al camp elèctric. S'oposa al pes.



0,25 p. Per calcular el diàmetre de la gota, sabem que la massa de la gota és el seu volum per la densitat de l'aigua $m = \rho\frac{4}{3}\pi r^3$ i trobem el radi:

$r = \sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\rho}} = \sqrt[3]{\frac{3\cdot 2{,}45\ \ 10^{-18}}{4\pi\cdot 10^3}} = 0{,}836 \cdot 10^{-7}\ m$. El diàmetre és dues vegades el radi,

$d = 1{,}67 \cdot 10^{-7}\ m = 0{,}167\mu m = 167nm$

7. PAU 2023 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 2

P2)

a)

Càlcul de la mitjana aritmètica:

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

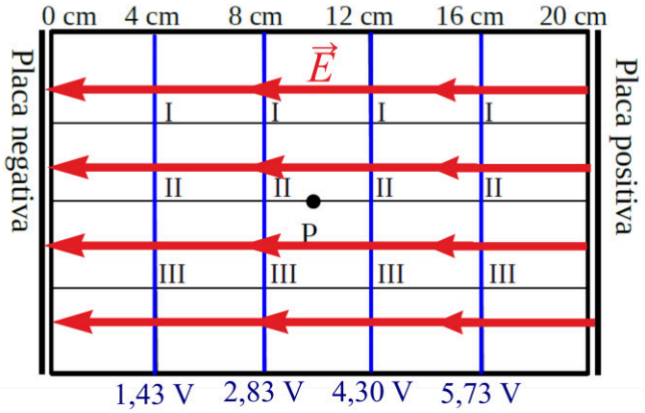
0,1 p

Les línies equipotencials són paral·leles a les plaques.

0,2 p

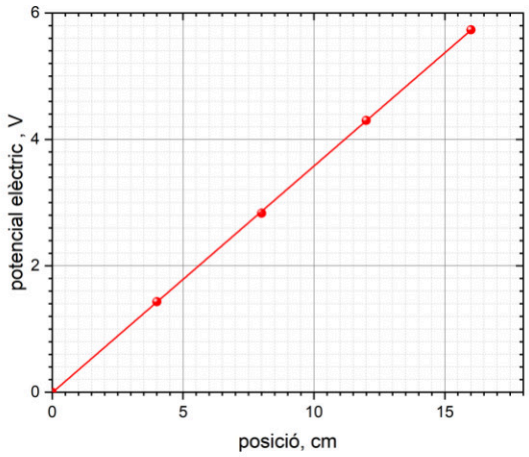
Les línies de camp són perpendiculars a les línies equipotencials i van dirigides del potencial alt al potencial baix.

0,25 p



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

Representació gràfica:



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

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

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

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

0,4 p

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

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

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

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

0,3 p

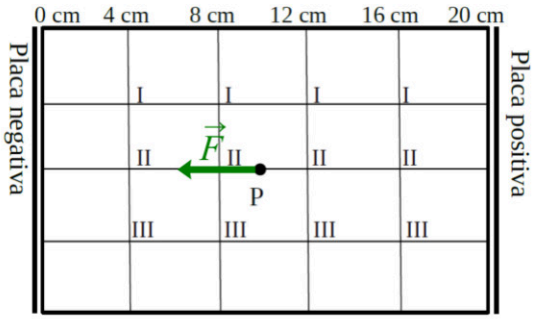
b)

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

0,3 p

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

0,35 p



El mòdul de la força és

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

0,3 p

I el treball és:

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

0,3 p

8. PAU 2023 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 5

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

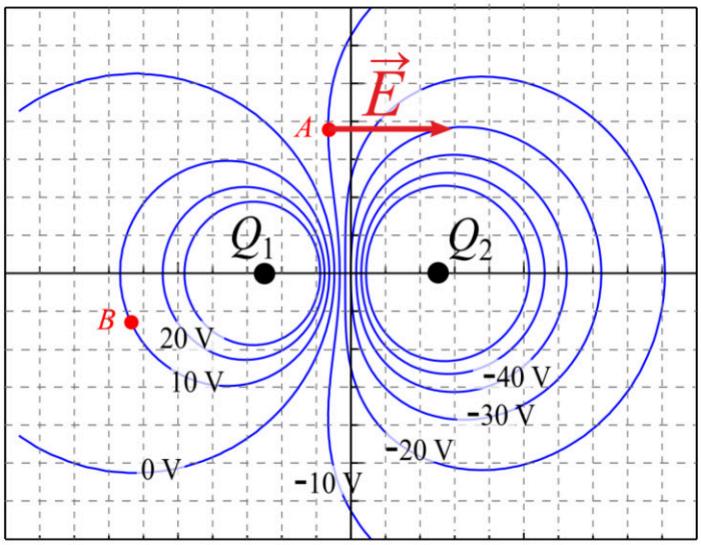
Sabem que el camp elèctric apunta en la direcció que disminueix el potencial i podem veure que quan ens movem de Q_1 cap a Q_2 el potencial disminueix. Per tant, el camp es dirigeix de Q_1 cap a Q_2. Per una altra banda, les línies de camp surten de les càrregues positives i van a parar a les negatives;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

9. PAU 2023 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 2

P2)

a)

0,4 p

Sabem que les línies de camp surten de les càrregues positives i van a morir a les càrregues negatives.

0,15 p

Per tant, l'ió positiu es trobarà on hi hagi una font de línies de camp. A partir del gràfic i aproximadament, podem situar una font de línies de camp al punt (-1,0) m

0,15 p

En canvi, l'ió negatiu es trobarà on hi hagi un pou de línies de camp. A partir del gràfic i aproximadament, podem situar un pou de línies de camp al punt (1,0) m.

0,35 p

El nombre de línies de camp que surt d'una càrrega puntual (o va a morir a una càrrega puntual) és proporcional al valor absolut de la càrrega.

0,1 p

Podem comprovar que surten més línies de camp de la posició on es troba l'ió carregat positivament, (-1,0), que de la posició on es troba l'ió carregat negativament, (1,0).

0,1 p

per tant a (-1,0) tenim una càrrega +4e i a (1,0) tenim una càrrega –e.

b)

0,65 p

Si ens situem a una distància molt més gran que al separació de les dues càrregues, el que veuríem es una càrrega puntual de valor igual a la suma de les dues càrregues, és a dir, veuríem el camp creat per una càrrega puntual de magnitud +3e.

0,6 p

Per tant, la superfície equipotencial s'aproximarà al d'una càrrega puntual, és a dir, serà una superfície esfèrica.

---

10. PAU 2023 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 4

P4)

a)

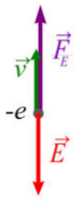
0,2 p

$$|\vec{E}| = \frac{\Delta V}{d} = \frac{220}{0{,}2} = 1100\ \text{V/m}$$

0,2 p

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

0,3 p



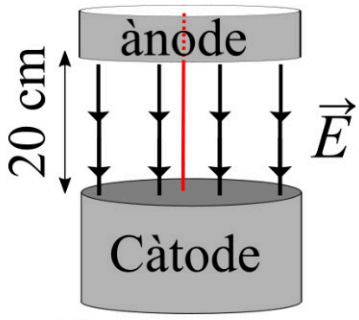
Per que l'electró es mogui en línia recta vertical i cap amunt, la força aplicada pel camp elèctric ha de ser vertical i sentit cap amunt (dirigida del càtode cap a l'ànode).

La força i el camp elèctric són paral·lels, llavors la direcció del camp elèctric és vertical, perpendicular a les superfícies de l'ànode i del càtode.

0,3 p

Com la càrrega de l'electró és negativa el sentit del camp elèctric és l'oposat al de la força, és a dir, va dirigit cap avall, de l'ànode cap al càtode.

Així les línies de camp elèctric són:



0,25 p

Les línies de camp indiquen la direcció en la que el potencial disminueix, per tant, el potencial ha de ser més gran a l'ànode que al càtode.

b)

Velocitat quan surten de l'ànode:

Primera opció, per forces

0,2 p

$$a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m} = 1{,}93 \times 10^{14}\ \mathrm{m/s^2}.$$

0,2 p

$$v_f^2 - v_i^2 = 2a\Delta s \Rightarrow v = \sqrt{2a\Delta s} = \sqrt{2 \times\ 1{,}93 \times 10^{14} \times 0{,}2} = 8{,}80 \times 10^6\ \mathrm{m/s}$$

Alternativament, per energies:

0,3 p

$$\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = W_{Tot} = -q\Delta V = e\Delta V = 3{,}52 \times 10^{-17}\ \mathrm{J}.$$

0,1 p

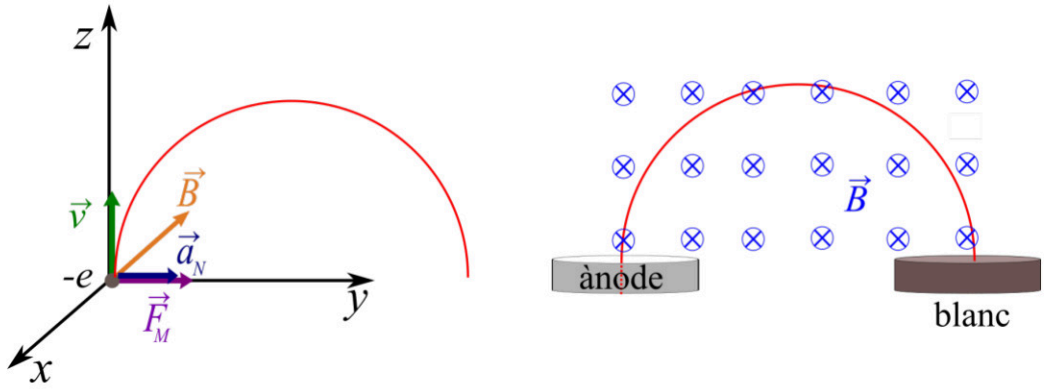
$$v = \sqrt{2\frac{e\Delta V}{m}} = 8{,}80 \times 10^6\ \mathrm{m/s}$$

0,3 p

Velocitat quan impacten en el blanc: el camp magnètic aplica una força normal a la trajectòria, de manera que no produeix cap canvi en el mòdul de la velocitat, només provoca un canvi en la direcció del moviment, per tant, $v = 8{,}80 \times 10^6\ \mathrm{m/s}$.

0,2 p

Per tal que els electrons descriguin la trajectòria circular del dibuix, l'acceleració normal o centrípeta ha de tenir el sentit indicat a la figura. Llavors, com la força i l'acceleració tenen la mateixa direcció i sentit, la força magnètica ha d'anar dirigida segons l'eix *y*, com s'indica a la figura.



0,1 p

Sabem que $\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B}$, llavors $\vec{B}$ ha de ser perpendicular a $\vec{v}$ i $\vec{F}_m$, per tant, segons els eixos del dibuix, $\vec{B}$ ha d'anar dirigit segons l'eix *x*.

0,25 p

El sentit el podem establir a partir de la regla de la mà dreta, perquè el producte vectorial $\vec{v} \times \vec{B}$ estigui dirigit segons l'eix *y* en el sentit de la figura, $\vec{B}$ hauria de tenir el sentit positiu segons l'eix de les *x*, però com la càrrega de l'electró és negativa, el sentit final és l'oposat, per tant $\vec{B}$ ha de tenir el sentit negatiu segons l'eix de les *x*. Per tant, representem $\vec{B}$ perpendicular al pla del dibuix i sentit cap endins, és a dir, el representem amb creus.

---

11. PAU 2022 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 2

P2)

a)

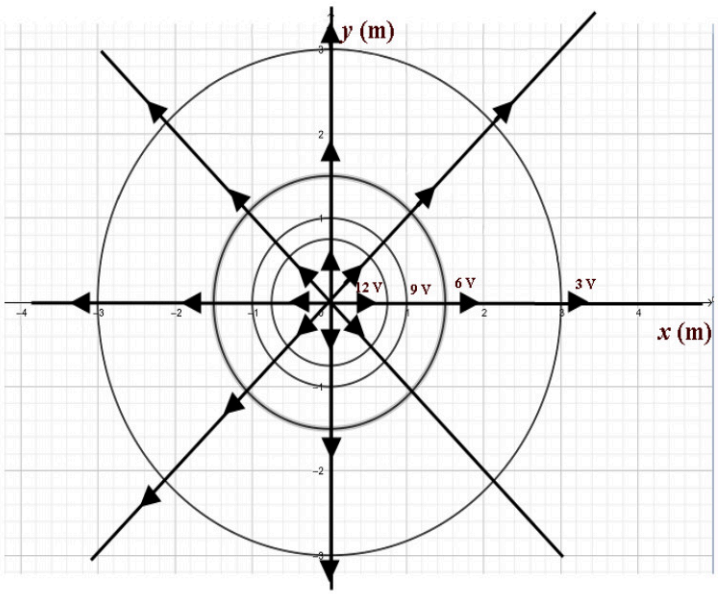
0,1 p El potencial s'expressa com a:

$$V = k\frac{q}{r} \Longrightarrow r = k\frac{q}{V}$$

0,4 p $r_1 = k\frac{Q}{V_1} = 9 \times 10^9 \frac{1\times10^{-9}}{3} = 3\ \text{m}$, $r_2 = k\frac{Q}{V_2} = 9 \times 10^9 \frac{1\times10^{-9}}{6} = 1{,}5\ \text{m}$,

$r_3 = k\frac{Q}{V_3} = 9 \times 10^9 \frac{1\times10^{-9}}{9} = 1\ \text{m}$ i $r_4 = k\frac{Q}{V_4} = 9 \times 10^9 \frac{1\times10^{-9}}{12} = 0{,}75\ \text{m}$.

0,5 p Per a la representació correcta de la projecció de les superfícies equipotencials, si aquestes no són circumferències, es restaran 0,25 punts. Si no estan a la distància correcta, es restaran 0,25 punts.



0,25 p La distància entre les superfícies equipotencials no és constant. Són, respectivament, 1,5 m, 0,5 m i 0,25 m.

---

12. PAU 2022 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 2

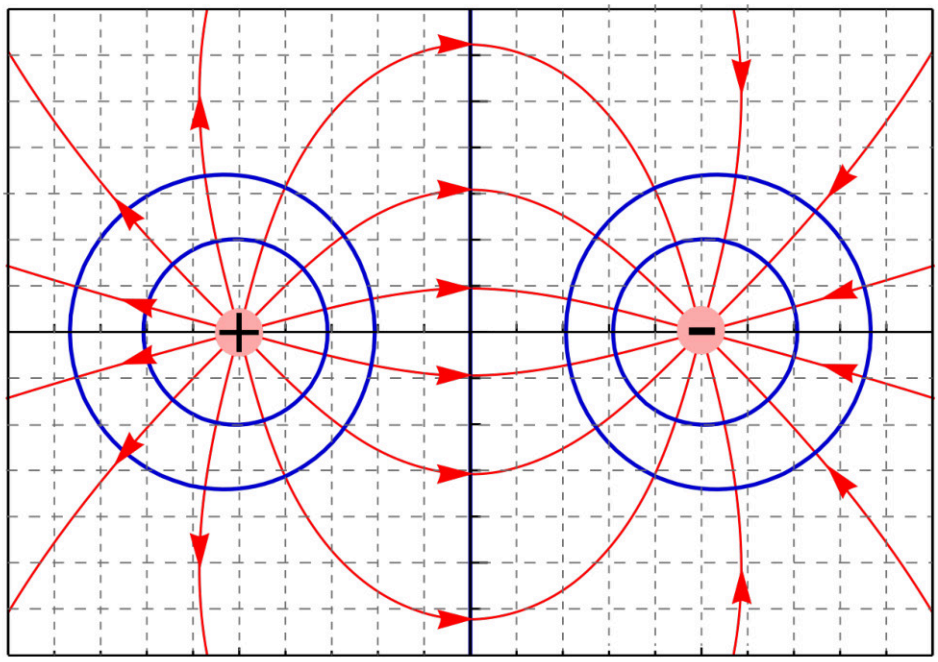
P2)

a)

0,75 p per la representació correcta de les línies de camp. Si no s'indica el sentit de les línies, o les línies surten de la càrrega negativa o les línies convergeixen cap a la càrrega positiva es considerarà que la representació és totalment incorrecte. Si les línies no surten/entren radialment a prop de la càrrega puntual, es restarà 0,5 punts. Si les línies no estan distribuïdes homogèniament quan surten/entren a prop de la càrrega, es restarà 0,25 punts.

0,5 p per la representació correcta de la projecció de les superfícies equipotencials. Si les línies equipotencials no són perpendiculars a les línies de camp es considerarà que la representació és totalment incorrecta.

No es penalitza no representar la línia que passa per l'origen. Cal tenir present que es demana una representació esquemàtica, no un gràfic acurat, per tant, no cal que la representació sigui molt acurada; el que es demana és que l'estudiant evidenciï que té clars els conceptes.



---

b)

0,25 p $E_p = E_n = k\frac{|Q|}{r^2}, E_p = E_n = 8{,}99 \times 10^9 \frac{1{,}5\times10^{-6}}{0{,}05^2} = 5{,}39 \times 10^6\ \text{N/C}$

0,3 p $\vec{E}_p = \vec{E}_n = 5{,}39 \times 10^6\ \vec{\imath}\ \text{N/C}$

0,3 p $\vec{E} = \vec{E}_p + \vec{E}_n = 1{,}08 \times 10^7\ \vec{\imath}\ \text{N/C}$

0,4 p $V_p = k\frac{|Q|}{r} = 2{,}70 \times 10^5\ \text{V}, V_n = -k\frac{|Q|}{r} = -2{,}70 \times 10^5\ \text{V}$

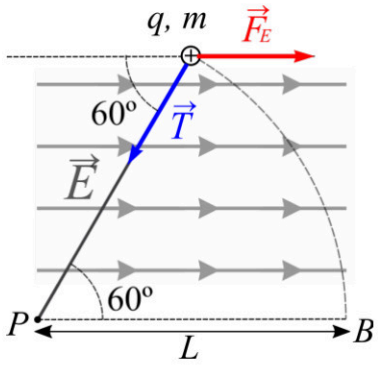
$V = V_p + V_n = 0\ \text{V}$

---

13. PAU 2022 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 2

P2)

a)



0,4 p Representació correcte indicant clarament les direccions dels vectors.

0,45 p $F_e = qE = 3{,}00 \times 10^{-6} \times 1{,}2 \times 10^{3} = 3{,}60 \times 10^{-3}$ N

0,4 p Al llarg de la trajectòria des d'*A* fins a *B* el camp elèctric és constant i la càrrega també, així doncs la força elèctrica que és el producte $q \cdot E$ també serà constant**.**

b)

0,25 p El càlcul de la velocitat de la partícula en el punt *B* es basa en el principi de la conservació de l'energia mecànica. El treball de la tensió al llarg de la trajectòria, així com el de la normal i el pes són zero, per tant la única força que fa treball és l'elèctrica, i per tant es conserva l'energia

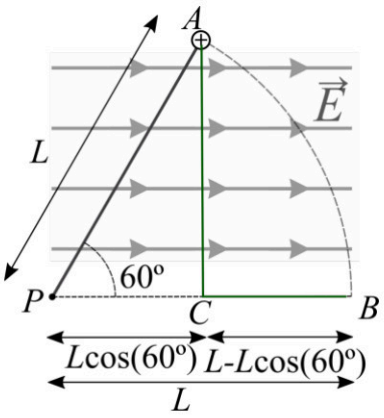
0,25 p $E_{m,A} = E_{m,B} \Rightarrow E_{C,A} + U_{E,A} = E_{C,B} + U_{E,B}$

A més, de les condicions inicials tenim que $E_{C,A} = 0$.

Llavors: $E_{C,B} = U_{E,A} - U_{E,B} = q(V_A - V_B) = -q(V_B - V_A)$

Alternativament, ens podem basar en el teorema de les forces vives o teorema de l'energia cinètica:

$$E_{C,B} - E_{C,A} = W_{Tot} = -\Delta U = -q(V_B - V_A)$$



0,25 p Per calcular la diferència de potència $V_B - V_A$ podem seguir qualsevol trajectòria (força conservativa) i en particular seguirem al trajectòria marcada en verd al dibuix. Aquesta trajectòria té dos trams, un d'*A* a *C* en que és movem perpendiculars a les línies de camp. Quan ens desplacem perpendicularment a les línies de camp seguim una superfície equipotencial, llavors, $V_C = V_A$ i per tant $V_A - V_C = 0$.

En el segon tram de *C* a *B* ens movem paral·lels a les línies de camp. Les línies de camp indiquen la direcció en la que el potencial disminueix, per tant, el potencial a *C* ha de ser més gran que a *B*, $V_B - V_C < 0$. Per altre banda, si el camp és constat, llavors $\Delta V = Ed$ on *d* és la distància entre *C* i *B* que segons el dibuix és $L(1 - \cos(60°)) = 0{,}5\ \mathrm{m}$. (alternativament es pot justificar geomètricament que el punt *C* es troba al centre de la base de un triangle equilàter de manera que $d = 0{,}5\ \mathrm{m}$). Així doncs:

0,25 p $V_B - V_A = -Ed = -600\ \mathrm{V}$

Alternativament

$$V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\int_A^C \vec{E}\cdot d\vec{l} - \int_C^B E\,dx = 0 - E\int_A^B dx = -Ed = -600\ \text{V}$$

En aquest càlcul el trajecte per anar de *A* a *C* segueix una línia recta vertical i com que la direcció del camp elèctric és horitzontal: $\vec{E}\cdot d\vec{l} = 0$.

En el trajecte per anar d'*A* a *B* segueix una línia recta horitzontal i tenim en compte que *E* és constant, no depèn de la posició per tant només cal integrar el desplaçament horitzontal que és *d*.

0,15 p I l'energia cinètica a *B* és: $E_{C,B} = -q(V_B - V_A) = 1{,}8\times 10^{-3}$ J

I finalment:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v_B = \sqrt{\frac{2\,E_{C,B}}{m}} = 1{,}20\ \text{m/s} \qquad \textbf{0,1 p}$$

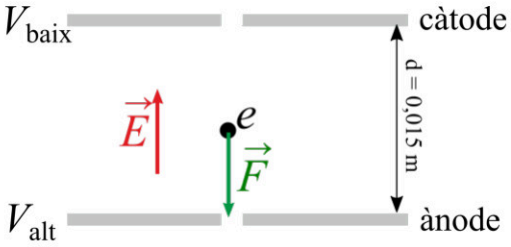
14. PAU 2021 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 2

P2)

a)

0,25 p $|\vec{E}| = \frac{\Delta V}{d} = \frac{15000}{0{,}015} = 10^6$ V/m

0,5 p Per moure els electrons cap a la peça a soldar, la força ha d'anar dirigida del càtode a l'ànode, i com que els electrons tenen càrrega negativa el camp elèctric té el sentit oposat de la força:



0,5 p El potencial alt correspon a l'ànode.

Justificació: el camp elèctric sempre apunta en la direcció que disminueix el potencial.

Alternativament, atès que les partícules han d'accelerar-se sota l'acció del camp, llavors el treball fet pel camp elèctric ha de ser positiu:

$$W_{Camp} = -q\Delta V = |e|\Delta V = |e|(V_{\text{ànode}} - V_{\text{càtode}}) > 0 \Longrightarrow V_{\text{ànode}} > V_{\text{càtode}}$$

b)

0,4 p $\Delta E_C = \frac{1}{2}mv^2 - 0 = W_{Camp} = -q\Delta V = |e|\Delta V = 2{,}403 \times 10^{-15}$J

0,4 p $v = \sqrt{\frac{2W_{Camp}}{m}} = 7{,}26 \times 10^7$ m/s

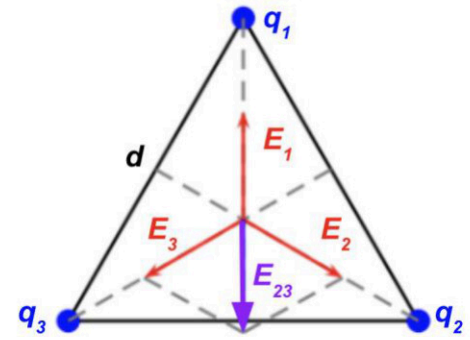
0,45 p $v = 7{,}26 \times 10^7$ m/s. Atès que la diferència de potencial és zero entre la peça i l'ànode, el camp elèctric no fa cap treball o també es pot afirmar que el camp elèctric en aquesta regió és zero i, per tant, l'electró es mou a velocitat constant.

---

15. PAU 2021 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 2

P2)

a)



0,35 p Per simetria serà el punt central del triangle (baricentre). És equidistant a les tres càrregues, per tant, el mòdul dels camps creats serà igual.

$$E_1 = E_2 = E_3 = k\frac{q}{r^2}$$

La component *x* dels camps $\vec{E}_2$ i $\vec{E}_3$ es cancel·len mútuament.

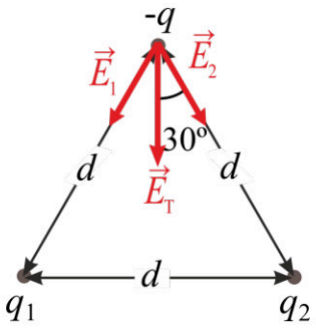
En aquest cas, l'angle que formen els camp respecte la vertical és 60º, i la component *y* de la suma de dels camps $\vec{E}_2$ i $\vec{E}_3$ és:

$$E_{23,y} = -E_2\cos(60°) - E_3\cos(60°) = -2k\frac{q}{r^2}\frac{1}{2} = -k\frac{q}{r^2}$$

I, finalment, el camp total és:

$$E_{T,y} = E_1 - E_{23,y} = k\frac{q}{r^2} - k\frac{q}{r^2} = 0$$

La justificació també es pot basar en arguments exclusivament geomètrics i de simetria. Per exemple, atès que les tres càrregues són iguals i el triangle és equilàter, si suposem que el camp elèctric en el centre no és nul, només cal fer una rotació de 120º respecte el punt central (una rotació de 120º dona una distribució de càrrega idèntica) i veurem que el mateix problema té dues solucions diferents, cosa que és impossible, per tant, el camp en aquest punt ha de ser nul.



0,4 p Calculem el camp al vèrtex superior. Per simetria sabem que el resultat no depèn del vèrtex triat.

La direcció del camp elèctric creat per una càrrega correspon a la línia que uneix la càrrega amb el vèrtex on calculem el camp, és a dir, el camp està dirigit segons el costat del triangle que uneix els dos vèrtexs. Com que les dues càrregues de la base són negatives, el sentit apuntarà cap a la càrrega que crea el camp, com s'indica al dibuix.

0,1 p El camp total serà la suma vectorial del camp creat per els dues càrregues:

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

0,2 p Com que les dues càrregues són iguals i estan a la mateixa distància, el mòdul del camp que creen és el mateix. $E_1 = E_2 = k\frac{q}{d^2}$

0,2 p Els camps $\vec{E}_1$i $\vec{E}_2$ formen el mateix angle respecte la vertical, que és la meitat de l'angle que formen els dos costats del triangle. Com que és un triangle equilàter, els angles del triangle són de 60º i l'angle que formen els camps respecte la vertical serà 30º.

Llavors les components *x* es cancel·len perquè són d'igual magnitud però tenen sentits oposats, metre que les components *y* es sumen perquè tenen el mateix sentit (negatiu perquè apunten cap avall):

$$E_{T,x} = E_2 \sin(30°) - E_1 \sin(30°) = 0$$

$$E_{T,y} = -E_2 \cos(30°) - E_2 \cos(30°) = -2k\frac{q}{d^2}\frac{\sqrt{3}}{2} = -\sqrt{3}k\frac{q}{d^2}$$

Així doncs, el camp és :$\vec{E}_T = -\sqrt{3}k\frac{q}{d^2}\vec{j}$

Noteu que la notació vectorial dependrà del vèrtex triat. No cal que l'estudiant doni el resultat en notació vectorial, el sentit i direcció també es poden indicar gràficament, com per exemple en l'esquema de forces adjunt. També s'ha de considerar correcte que el resultat es doni en funció del $\cos(30°)$, no cal substituir el seu valor.

b)

0,25 p Definim l'energia de formació o energia potencial electroestàtica d'un sistema com el treball necessari per constituir-lo.

0,25 p Primer cal l'energia per dur la primera càrrega des de l'infinit fins a la seva ubicació final. Com que no hi ha més càrregues, el camp elèctric extern i la força a què està sotmesa la càrrega és zero i, per tant, el treball serà nul.

$$W_1 = 0$$

0,25 p Per dur la segona càrrega, caldrà superar la força que aplica la primera sobre la segona, de manera que el treball que caldrà fer serà igual a la variació de l'energia potencial:

$$W_2 = k\frac{q_1 \cdot q_2}{d} = k\frac{q^2}{d}$$

0,25 p Per dur la tercera càrrega, caldrà superar la força que apliquen les dues primeres carregues sobre la tercera, de manera que el treball que caldrà fer serà igual a la variació de l'energia potencial:

$$W_3 = k\frac{q_1 \cdot q_3}{d} + k\frac{q_2 \cdot q_3}{d} = 2k\frac{q^2}{d}$$

0,25 p Finalment, si sumen tots els termes tenim: $U = 3k\frac{q^2}{d}$

També es considerarà vàlid que l'estudiant doni directament l'expressió:

$$U = k\frac{q_1 \cdot q_2}{d} + k\frac{q_1 \cdot q_3}{d} + k\frac{q_2 \cdot q_3}{d}$$

16. PAU 2021 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 4

P4)

a)

0,65 p Les línies de camp indiquen la direcció en la qual el potencial disminueix, per tant, el potencial a *A* ha de ser més gran que a *B*, $V_B - V_A < 0$. Per altra banda, si el camp és constat, llavors $\Delta V = Ed$ on *d* és la distància entre els dos punts on calculem la diferència de potencial. Per tant:

$$V_B - V_A = -Ed = -24.000\ \text{V} = -24\ \text{kV}$$

Alternativament

$$V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\int_A^B E\, dx = -E\int_A^B dx = -Ed = -24.000\ \text{V} = -24\ \text{kV}$$

En aquest càlcul el trajecte per anar d'*A* a *B* segueix una línia recta horitzontal, i tenim en compte que *E* és constant, no depèn de la posició.

0,6 p Les línies de camp indiquen la direcció en la qual el potencial disminueix, el sentit de les línies de camp ens indica que el potencial disminueix en la direcció de *A* cap a *B*, per anar de *C* a *D* ens desplacem perpendicularment a les línies de camp, és a dir, seguint una superfície equipotencial, llavors, $V_C = V_D$ i, per tant, $V_D - V_C = 0$.

Alternativament

$$V_D - V_C = -\int_C^D \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$

En aquest càlcul el trajecte per anar de *C* a *D* segueix una línia recta vertical i com que la direcció del camp elèctric és horitzontal: $\vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$.

b)

0,4 p Descriu un moviment rectilini uniformement accelerat atès que està sotmès a una força constant (constant en mòdul, direcció i sentit).

$$\vec{F} = e\vec{E}$$

0,4 p El treball que ha fet el camp sobre el protó és:

$W_{Tot} = -\Delta U = -q\Delta V = -e\Delta V = 3{,}85 \times 10^{-15}\ \text{J}$.

Primera opció, per forces

0,25 p $a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m} = 1{,}92 \times 10^{14}\ \text{m/s}^2$.

0,2 p $v_f^2 - v_i^2 = 2a\Delta s \Rightarrow v = \sqrt{2a\Delta s} = \sqrt{2 \times\ 1{,}92 \times 10^{14} \times 0{,}012} = 2{,}14 \times 10^6\ \text{m/s}$

Alternativament, per energies:

0,2 p $\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = W_{Tot} = -q\Delta V = -e\Delta V = 3{,}85 \times 10^{-15}$ J.

0,25 p $v = \sqrt{-2\frac{e\Delta V}{m}} = 2{,}14 \times 10^6$ m/s

---

17. PAU 2021 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 5

P5)

a)

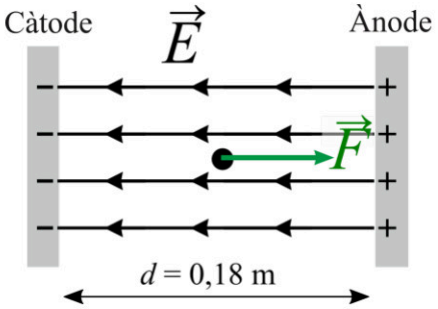
0,25 p Si els fragments s'acceleren des del càtode carregat negativament cap a l'ànode carregat positivament, llavors els fragments tenen càrrega negativa.

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

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

0,25 p



b)

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

0,65 p $m_{aprox} = \frac{|\vec{F_e}|}{|\vec{a}|} = \frac{1{,}28\times10^{-15}}{2{,}13\times10^{-2}} = 6{,}00 \times 10^{-14}$ kg

0,6 p Si tenim en compte la fricció:

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

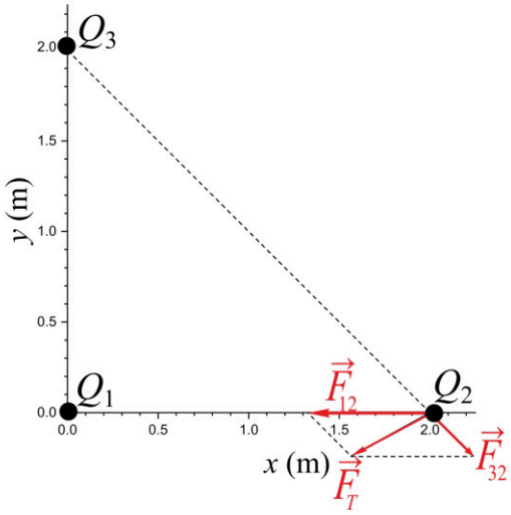
Llavors, si tenim en compte la fricció, la massa del fragment serà menor que la massa que hem determinat anteriorment.

---

18. PAU 2021 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 7

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 $\left|\vec{F}_{12}\right| = k\frac{|Q_1 Q_2|}{r_{12}^2} = 8{,}99 \times 10^9 \frac{3\times10^{-6}\cdot 2\times10^{-6}}{(2)^2} = 13{,}5 \times 10^{-3}\ \text{N}$

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

0,25 p $\left|\vec{F}_{32}\right| = k\frac{|Q_3 Q_2|}{r_{32}^2} = 8{,}99 \times 10^9 \frac{3\times10^{-6}\cdot 2\times10^{-6}}{(2\sqrt{2})^2} = 6{,}74 \times 10^{-3}\ \text{N}$

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

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

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

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 $r_1 = \sqrt{2^2 + 2^2} = 2\sqrt{2}$ m, $r_2 = r_3 = 2$ m

0,25 p $V = 8{,}99 \times 10^9 \frac{-3\times10^{-6}}{2\sqrt{2}} + 8{,}99 \times 10^9 \frac{2\times10^{-6}}{2} + 8{,}99 \times 10^9 \frac{3\times10^{-6}}{2} = -9540 + 8990 + 13485 = 12940$ V

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

Un error en el signe descomptarà 0,25 p.

---

19. PAU 2020 · Setembre · Sèrie 4 · Exercici 2

P2)

a)

0,25 p $|\vec{F}_m| = K_m \Delta l = 10 \cdot 0{,}60 = 6{,}00$ N **0,1 p**

0,25 p $|\vec{F}_e| = \left|k_e \frac{Q^2}{d^2}\right| = |\vec{F}_m| = 6{,}00$ N **0,1 p**

0,45 p $Q = d\sqrt{\frac{|\vec{F}_m|}{k_e}} = 1{,}00\sqrt{\frac{6{,}00}{8{,}99\times10^9}} = 2{,}58 \times 10^{-5}$ C $= 25{,}8\ \mu$C **0,1 p**

b)

0,25 p $E_1 = E_2 = \left|k\frac{Q}{d^2}\right|$

0,1 p $E_1 = E_2 = 8{,}99 \times 10^9 \frac{2{,}58\times10^{-5}}{1^2} = 2{,}32 \times 10^5$ N/C

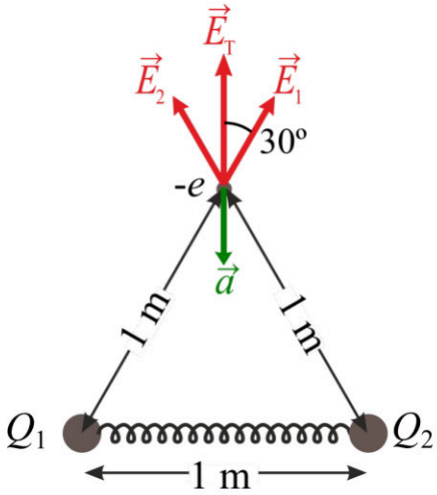
0,25 p $E_T = 2E_1 \cos(30°) = 4{,}02 \times 10^5$ N/C

0,2 p $|\vec{F}| = e \cdot E_T = 6{,}44 \times 10^{-14}$N

0,1 p $|\vec{a}| = \frac{|\vec{F}|}{m_e} = 7{,}07 \times 10^{16}$ m/s^2

0,25 p Representació correcta del camp elèctric.

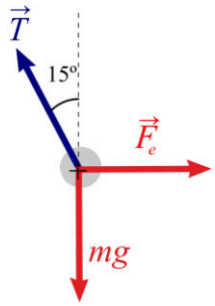
0,1 p Representació correcta de l'acceleració.



20. PAU 2020 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 4

P4)

a)



0,25 p $|\vec{F}_e| = \left|k\frac{q^2}{d^2}\right|$

Condició d'equilibri:

0,5 p $\left.\begin{matrix} Tsin(15°) = k\frac{q^2}{d^2} \\ Tcos(15°) = mg \end{matrix}\right\} \Rightarrow \tan(15°) = k\frac{q^2}{mg\,d^2} \Rightarrow q = d\sqrt{\tan(15°)\frac{mg}{k}}$

0,25 p $q = d\sqrt{\tan(15°)\frac{mg}{k}} = 0{,}1\sqrt{\tan(15°)\frac{0{,}02\ 9{,}81}{8{,}99\times10^9}} = 2{,}42\times10^{-7}\ \text{C}$

0,25 p $|\vec{F}| = \left|k\frac{q^2}{d^2}\right| = 8{,}99\times10^9\frac{(2{,}42\times10^{-7})^2}{(0{,}1)^2} = 5{,}26\times10^{-2}\ \text{N}$

Alternativament

0,5 p $\left.\begin{matrix} Tsin(15°) = |\vec{F}_e| \\ Tcos(15°) = mg \end{matrix}\right\} \Rightarrow \tan(15°) = \frac{|\vec{F}_e|}{mg} \Rightarrow |\vec{F}_e| = mg\tan(15°)$

0,25 p $|\vec{F}_e| = mg\tan(15°) = 0{,}02\cdot9{,}81\tan(15°) = 5{,}26\times10^{-2}\ \text{N}$

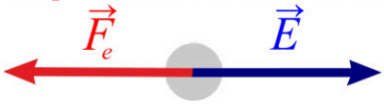
0,25 p $q = d\sqrt{\frac{|\vec{F}_e|}{k}} = 0{,}1\sqrt{\frac{5{,}26\times10^{-2}}{8{,}99\times10^9}} = 2{,}42\times10^{-7}\ \text{C}$

b)

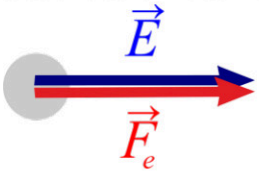
Serà el mateix camp que crea la càrrega positiva:

0,5 p $|\vec{E}| = \left|k\frac{q}{d^2}\right| = 8{,}99\times10^9\frac{2{,}42\times10^{-7}}{(0{,}1)^2} = 2{,}17\times10^5\ \text{N/C}$

0,4 p La direcció és horitzontal i el sentit oposat a la força, és a dir apunta cap a la dreta:



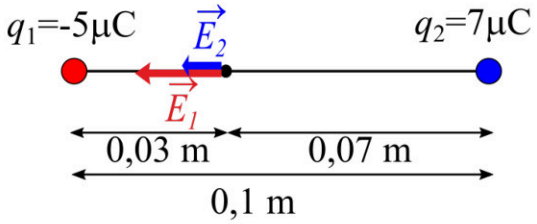
0,35 p Serà el mateix camp, per una banda com el valor absolut de la càrrega i la distància són iguals, la intensitat del camp elèctric serà la mateixa. Per altra banda, la força elèctrica té la mateixa direcció que el cas anterior però sentit oposat. Com que es tracta d'una càrrega positiva, la força i el camp tenen el mateix sentit, per tant, el sentit del camp elèctric és el mateix que en el cas anterior:



21. PAU 2020 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 7

P7)

a)



0,45 p Com que el punt on hem de calcular el camp està situat entre les dues càrregues i aquestes tenen signe diferent, el camp total serà la suma dels valors absoluts dels camps de cadascuna de les càrregues, la direcció serà la de la recta que uneix les dues càrregues i el sentit serà el que va de la càrrega positiva cap a la negativa.

0,25 p $|\vec{E}_1| = \left|k\frac{q_1}{d_1^2}\right| = 8{,}99\times10^9\frac{5\times10^{-6}}{(0{,}03)^2} = 4{,}99\times10^7\ \text{N/C}$

0,25 p $|\vec{E}_2| = \left|k\frac{q_1}{d_1^2}\right| = 8{,}99\times10^9\frac{7\times10^{-6}}{(0{,}07)^2} = 1{,}28\times10^7\ \text{N/C}$

I com els dos camps són paral·lels, el mòdul de la suma és la suma de mòduls:

0,3 p $|\vec{E}_{Total}| = |\vec{E}_1| + |\vec{E}_2| = 6{,}28\times10^7\ \text{N/C}$

b)

0,25 p $V_P = V_1 + V_2 = 0$

0,4 p $0 = -8{,}99\times10^9\frac{5\times10^{-6}}{\text{d}} + 8{,}99\times10^9\frac{7\times10^{-6}}{0{,}1\text{-d}}$

0,4 p $\frac{5}{\text{d}} = \frac{7}{0{,}1\text{-d}} \Rightarrow \frac{\text{d}}{5} = \frac{0{,}1\text{-d}}{7} \Rightarrow 12d = 0{,}5 \Rightarrow d = 0{,}0417\ \text{m}$ **0,2 p**

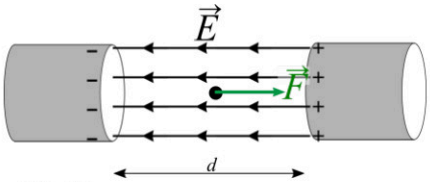
22. PAU 2020 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 4

P4)

a)

0,4 p Al primer cilindre càrrega negativa per tal de repel·lir l'electró i al segon cilindre càrrega positiva per tal d'atreure'l.

0,5 p Les línies de camp surten de les càrregues positives i van a parar a les càrregues negatives:



0,25 p $|\vec{E}| = \frac{\Delta V}{d} \Rightarrow d = \frac{\Delta V}{|\vec{E}|} = \frac{250.000}{8{,}00\times10^6} = 0{,}0312\ \text{m} = 3{,}12\times10^{-2}\ \text{m}$ **0,1 p**

b)

0,6 p $E_c = n \cdot e \cdot \Delta V = 1{,}00 \times 10^6 \text{ eV} = 1{,}602 \times 10^{-13} \text{ J}$

$$n = \frac{E_c}{e \cdot \Delta V} = \frac{1{,}602 \times 10^{-13}}{1{,}602 \times 10^{-19} \cdot 250.000} = 4$$

O de la definició de eV, directament:

$$n = \frac{E_c}{e \cdot \Delta V} = \frac{1{,}00 \times 10^6 \text{ V}}{250.000} = 4$$

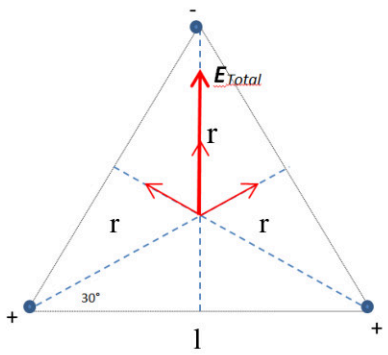
0,4 p $v = \sqrt{2\,\frac{E_C}{m_e}} = 5{,}93 \times 10^8 \text{ m/s}$

0,25 p Surt un resultat impossible $v > c$, la velocitat de l'electró no pot superar la velocitat de la llum. Caldria aplicar la correcció relativista per calcular la velocitat correcte.

23. PAU 2019 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 3 (Opció A)

OPCIÓ A

P3)
a)
0,2 p (Esquema)



0,1 p Per simetria s'anul·len les components horitzontals. Només hi ha camp en la direcció vertical i cap amunt.

0,3 p $E = k\frac{q}{r^2}$

$E_{\text{Total}} = E + 2E\sin 30 = E(1 + 2\sin 30)$

$\cos 30 = \frac{l/2}{r} \Rightarrow r = \frac{l/2}{\cos 30} = \frac{0{,}05}{\sqrt{3}/2} = 0{,}0577 \text{ m}$

$E_{\text{Total}} = k\frac{q}{r^2} + 2k\frac{q}{r^2}\frac{1}{2} = 2k\frac{q}{r^2}$

0,4 p $E_{\text{Total}} = 2 \times 8{,}99 \times 10^9 \frac{10^{-9}}{0{,}0577^2} = 5400 \text{ N/C}$

b)

0.6 p

$$\left.\begin{aligned} U_{\text{inicial}} &= k\frac{q^2}{l_{\text{in}}} - k\frac{q^2}{l_{\text{in}}} - k\frac{q^2}{l_{\text{in}}} \\ l_{\text{in}} &= 0{,}10 \text{ m} \end{aligned}\right\} \Rightarrow U_{\text{inicial}} = -k\frac{q^2}{l_{\text{in}}} = -8{,}99 \times 10^{-8} \text{ J}$$

$$\left.\begin{aligned} U_{\text{final}} &= k\frac{q^2}{l_{\text{fin}}} - k\frac{q^2}{l_{\text{fin}}} - k\frac{q^2}{l_{\text{fin}}} \\ l_{\text{fin}} &= 0{,}20 \text{ m} \end{aligned}\right\} \Rightarrow U_{\text{final}} = -k\frac{q^2}{l_{\text{fin}}} = -4{,}50 \times 10^{-8} \text{ J}$$

0,4 p $\Delta U = U_{\text{final}} - U_{\text{inicial}} = 4{,}50 \times 10^{-8} \text{ J}$

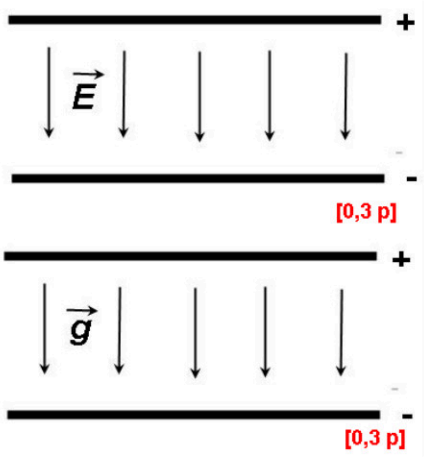
L'energia augmenta

24. PAU 2019 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 3 (Opció B)

OPCIO B

P3)

a)



0,4 p $\Delta V = Ed = 5{,}92 \times 10^4 \cdot 2 \times 10^{-2} = 1\,180$ V

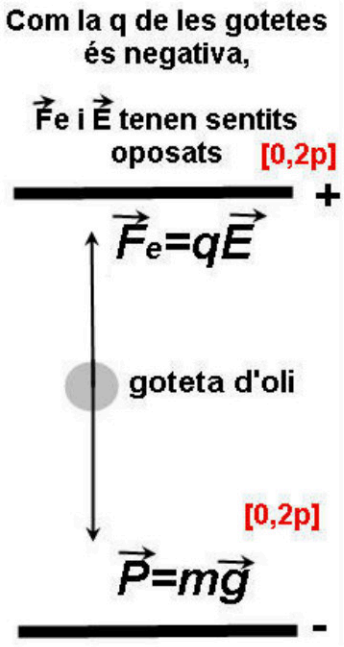
b)

0,3 p $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$

0,1 p $\vec{F} - \vec{P} = 0$

$qE = mg$

0,2 p $q = \frac{mg}{E} = \frac{2{,}93\times10^{-15}\cdot 9{,}80}{5{,}92\times10^4} = 4{,}85 \times 10^{-19}$ C



25. PAU 2019 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

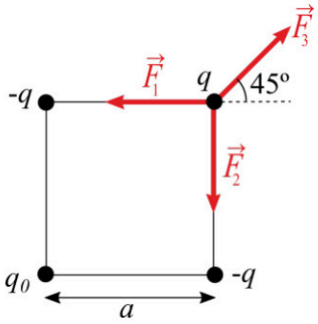
a)

0,1 p $|\vec{F}_1|=|\vec{F}_2|=k\frac{q^2}{a^2}=\frac{8{,}99\times10^9(10^{-5}\text{C})^2}{(0{,}015)^2}=4000\text{ N}$

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 $q_0=\frac{2a^2}{k\cdot q}\frac{8000}{\sqrt{2}}=2{,}83\times10^{-5}\text{C}=28{,}3\ \mu\text{C}$ **0,2 p**



O, 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 $q_0=\frac{4}{\sqrt{2}}q=2{,}83\times10^{-5}\text{C}=28{,}3\ \mu\text{C}$ **0,2 p**

b)

0,1 p per totes les càrregues $d=\frac{\sqrt{2}}{2}a=1{,}06\text{ cm}=1{,}06\times10^{-2}\text{ m}$

0,2 p $V=-k\frac{q}{d}-k\frac{q}{d}+k\frac{q}{d}+k\frac{q_0}{d}=k\frac{(q_0-q)}{d}=1{,}55\times10^7\text{V}$ **0,2 p**

0,5 p $W_{Apl}=-W_{Camp}=q\Delta V=5\times10^{-7}\left(1{,}55\times10^7-0\right)=7{,}75\text{ J}$

Un error en el signe descomptarà 0,2 p.

26. PAU 2019 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

a)

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

0,2 p $Q=\frac{R_{\text{Terra}}^2E}{k}=\frac{(6{,}40\times10^6)^2\cdot150}{8{,}99\times10^9}=6{,}83\times10^5\text{C}$ **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 $m=\rho V=\rho\frac{4}{3}\pi r^3=1000\frac{4}{3}\pi(18\times10^{-6})^3=2{,}443\times10^{-11}\text{ kg}$

0,1 p $Pes=mg=2{,}44\times10^{-11}\times9{,}81=2{,}396\times10^{-10}\text{ N}$

0,1 p $q=\frac{\text{Pes}}{E}=\frac{2{,}40\times10^{10}}{150}=1{,}60\times10^{-12}\text{ C}$ (càrrega negativa)

0,2 p $n=\frac{-1{,}60\times10^{-12}\text{ C}}{-1{,}60\times10^{-19}\text{ C}}=10^7\text{electrons}$

27. PAU 2019 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 4 (Opció B)

P4)

a)

0,5 p $\Delta V = Ed$

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

b)

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

0.2 p $U(\infty) = 0$ J

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

0.2 p $U_{12} = U_{13} = U_{23} = 8{,}99 \times 10^9 \frac{(-1{,}60\times10^{-19})\times(-1{,}60\times10^{-19})}{10^{-10}} = 2{,}31 \times 10^{-18}$ J

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

28. PAU 2018 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 3 (Opció A)

OPCIÓ A

P3)

a)

0,2 p Equilibri de forces sobre la partícula, $\Sigma F = 0$

0,4 p $F_e = F_g \Rightarrow qE = mg$; $\frac{q}{m} = \frac{g}{E}$

0,2 p $\frac{q}{m} = \frac{1{,}62}{10} = 0{,}162\ C\ kg^{-1}$

0,2 p La càrrega de la partícula **és positiva.**

b)

A la cara fosca de la Lluna, segons l'enunciat, la força gravitatòria i la força elèctrica sobre una càrrega positiva tenen el mateix sentit, cap al centre de la Lluna. A partir d'aquí, considerarem amb signe positiu els vectors que es dirigeixen cap a l'exterior. Únicament hi intervenen les coordenades verticals.

0,2 p $\Sigma F = mg + qE$

0,1 p $\Sigma F = 0{,}020\times10^{-6}(1{,}62) + 10\times10^{-9}(1{,}0) = 4{,}2\times10^{-8}\,N$ (mòdul)

0,1 p Aquesta força resultant va **dirigida** cap al centre de la Lluna, segons la direcció i sentit del camp elèctric.

En 10 metres no canviaran de manera apreciable $\vec{g}$ i $\vec{E}$.

0,2 p $a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{4{,}24\times10^{-8}}{0{,}020\times10^{-6}} = 2{,}12 ms^{-2}$ cap al centre de la Lluna

0,2 p $y - y_0 = v_{y0}t + \frac{1}{2}a_y t^2$

0,2 p $t = \sqrt{\frac{10}{1{,}06}} = 3{,}07 s$

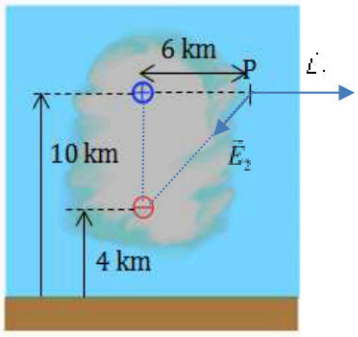
29. PAU 2018 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 3 (Opció B)

OPCIÓ B

P3)

a)

0,2 p $\vec{E}_1 = k\dfrac{q_1}{d_1^2}\vec{i} = 9{,}0\times10^9\dfrac{40}{\left(6\times10^3\right)^2}\vec{i} = 1{,}0\times10^4\vec{i}\ N\,C^{-1}$



0,2 p

$$\left.\begin{aligned}&\vec{E}_2 = E_{2x}\vec{i} + E_{2y}\vec{j}\\&E_{2x} = -E_2\cos 45^\circ\\&E_{2y} = -E_2\sin 45^\circ\\&d_2 = \sqrt{6^2+6^2} = 6\sqrt{2}\ km\end{aligned}\right\}\vec{E}_2 = -k\frac{q_2}{d_2^2}\frac{\sqrt{2}}{2}\left(\vec{i}+\vec{j}\right) = -2{,}65\times10^3\left(\vec{i}+\vec{j}\right)NC^{-1}$$ **0,2 p**

0,4 p

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \left(1{,}0\times10^4 - 2{,}65\times10^3\right)\vec{i} - 2{,}65\times10^3\,\vec{j} = \left(7{,}35\times10^3\,\vec{i} - 2{,}65\times10^3\,\vec{j}\right)NC^{-1}$$

o mòdul i direcció/sentit $E = \sqrt{E_x^2+E_y^2} = 7{,}81\times10^3\ NC^{-1}$; $\beta = arctg\dfrac{E_y}{E_x} = 19{,}8^\circ$

b)

0,2 p $U = k\dfrac{q_1q_2}{d}$

0,8 p $U = 9{,}0\times10^9\dfrac{40\times(-30)}{6\times10^3} = -1{,}8\times10^9\,J$

30. PAU 2018 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 1 (Part comuna)

PART COMUNA

P1)

a)

0.3 p $F = k\dfrac{|q_p q_e|}{r^2}$

0.2 p $F = \dfrac{8{,}99\times10^{9}\left(1{,}60\cdot10^{-19}C\right)^2}{\left(5{,}30\cdot10^{-11}\right)^2} = 8{,}19\times10^{-8}N$

0.3 p $a = \dfrac{F}{m_e} = 9{,}00\times10^{22}ms^{-2}$ **0.2 p**

b)

0.3 p $V = k\dfrac{q_p}{r}$

0.2 p $V = \dfrac{8{,}99\times10^{9}\times1{,}60\times10^{-19}C}{5{,}30\cdot10^{-11}} = 27.1V$

0.3 p $U = q_e V$

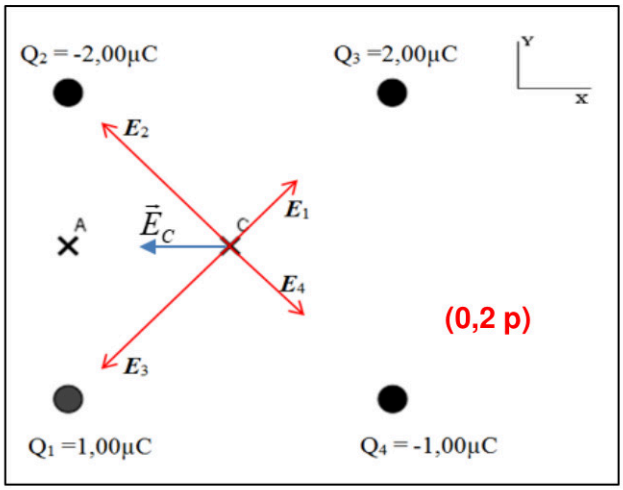
0.2 p $U = \left(-1{,}60\times10^{-19}\right)\times27{,}1 = -4{,}34\times10^{-18}J\times\dfrac{1eV}{1{,}60\times10^{-19}J} = -27.1eV$

31. PAU 2018 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

a)

Els components verticals s'anul·len per simetria



(0,2 p)

0,2 p $E_{1x} = E_{4x} = 8{,}99\times10^{9}\cdot\dfrac{10^{-6}}{8}\dfrac{\sqrt{2}}{2} = 794{,}6N/C$

0,2 p $E_{2x} = E_{3x} = 8{,}99\times10^{9}\cdot\dfrac{2\times10^{-6}}{8}\dfrac{\sqrt{2}}{2} = 1589{,}2N/C$

0,2 p $E_C = 2\cdot794{,}6 - 2\cdot1589{,}2 = -1589{,}2N/C$

0,2 p $\vec{E}_C - 1589{,}2\vec{i}\ N/C$

b)

0,4 p $V_C = 0$

$V_A = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$

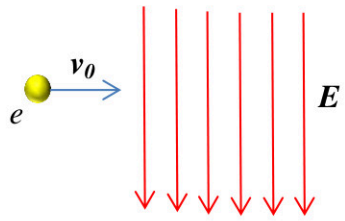
0,4p $V_A = 8{,}99\times10^{9}\left(\dfrac{10^{-6}}{2} - \dfrac{2\times10^{-6}}{2} + \dfrac{2\times10^{-6}}{\sqrt{20}} - \dfrac{10^{-6}}{\sqrt{20}}\right) = -2{,}48\times10^{3}V$

0,2 p $V_A - V_C = -2{,}48\times10^{3}V$

32. PAU 2018 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 4 (Opció B)

P4)

a)



0.4 p $\frac{F_e}{F_g} = \frac{eE}{mg}$

0.4 p $\frac{F_e}{F_g} = \frac{1{,}60\times10^{-19}\times2000}{9{,}10\times10^{-31}\times9{,}80} = 3{,}6\times10^{13}$

0.2 p La força elèctrica és $3{,}6\times10^{13}$ vegades més gran que la força gravitatòria.

b)

L'electró trigarà un temps per a recórrer la distància de 1 cm en la direcció *x*:

0.4 p $t = \frac{x}{v_0} = \frac{10^{-2}}{10^6} = 10^{-8}\,s$

En aquest temps, l'electró és desviat cap amunt, una distancia "*y*" antiparal·lela al camp elèctric:

0.3 p $F_e = eE = ma_y \Rightarrow a_y = \frac{eE}{m} = 3{,}52\times10^{14}\,ms^{-2}$

0.3 p $y = \frac{1}{2}at^2 = 1{,}76\times10^{-2}\,m = 1{,}76\,cm$

33. PAU 2017 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 3 (Opció A)

OPCIÓ A

P3)

a)

0.2 p $E = k\dfrac{q}{r^2}$

0.4 p $$\frac{E_B}{E_A} = \frac{k\dfrac{q_U}{r_B^2}}{k\dfrac{q_U}{r_A^2}} = \frac{r_A^2}{r_B^2}$$

0.4 p $$\frac{E_B}{E_A} = \frac{\left(0{,}008\times10^{-9}\right)^2}{\left(0{,}008\times10^{-12}\right)^2} = 10^6$$

És a dir, el mòdul del camp elèctric en B es un milió de vegades més gran que el mòdul del camp elèctric en A.

b)

0.2 p Cal que es conservi l'energia mecànica: $K_A + U_A = K_B + U_B$. Com a mínim K_B = $0 \rightarrow K_A + U_A \geq U_B \rightarrow K_A \geq U_B - U_A$.
Podria negligir-se la U_A i obtenir legítimament el mateix resultat, però caldria incloure alguna justificació explicita (per exemple "tenint present que $|U_A|<<|U_B|$...")

0.4 p $$K_A \geq k\frac{q_\alpha q_U}{r_B} - k\frac{q_\alpha q_U}{r_A} = kq_\alpha q_U\left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A}\right)$$

0.4 p $$K_A \geq 8.99\cdot10^9 \cdot \underbrace{2\cdot1{,}6\times10^{-19}}_{q_\alpha} \cdot \underbrace{92\cdot1{,}6\times10^{-19}}_{q_U} \cdot \left(\frac{1}{0{,}008\times10^{-12}} - \frac{1}{0{,}008\times10^{-9}}\right)$$

$$K_A \geq 5{,}29\times10^{-12}\,J$$

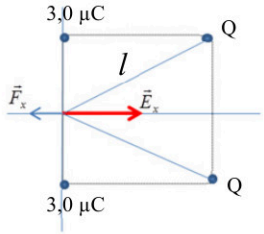
34. PAU 2017 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 4 (Opció B)

P4)

a)

$$E = k\frac{q}{r^2};\ \vec{E}_x = (4000 N/C)\vec{i}$$

A l'eix vertical el camp elèctric s'anul·la per simetria.



0.4 p $E_x = 2k\frac{Q}{l^2}\cos\theta \rightarrow Q = \frac{E_x l^2}{2k\cos\theta}$

0.2 p $\cos\theta = \frac{4}{\sqrt{4^2+2^2}} = \frac{4}{\sqrt{20}}$

0.2 p $Q = \frac{4\times10^3 \cdot 20}{2\cdot 8{,}99\times10^9 \cdot \frac{4}{\sqrt{20}}} = 4{,}97\times10^{-6} C = 4{,}97\mu C$ i és negativa **(0.2 p)** perquè el camp elèctric total va dirigit en el sentit positiu de l'eix X.

b)

0.2 p $F_y = 0$ per simetria.

$$\left.\begin{array}{l} F_x = q_p E_x \\ E_x = 2k\frac{Q}{l^2}\cos\theta \\ Q = 2\times10^{-6} C \end{array}\right\} \rightarrow F_x = 2k\frac{Q q_p}{l^2}\cos\theta \qquad \textbf{0,4 p}$$

$$F_x = 2\cdot 8{,}99\times10^9 \cdot \frac{2\times10^{-6}\cdot 1{,}6\times10^{-19}}{20}\cdot\frac{4}{\sqrt{20}} = 2{,}57\times10^{-16} N$$

En aquest cas, la càrrega Q (protó) és positiva, el camp elèctric total va dirigit en el sentit negatiu de l'eix X i la força sobre un protó també.

0.4 p $\vec{F} = (-2{,}57\times10^{-16} N)\vec{i}$

35. PAU 2017 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

a)

0.4 p $U = k\dfrac{q_- \cdot q_+}{r}$

$$-9{,}76\times10^{-19} = 8{,}99\times10^{9}\cdot\frac{\left(-1{,}6\times10^{-19}\right)\cdot 1{,}6\times10^{-19}}{r}$$

0.6 p $r = 2{,}36\times10^{-10}\,m = 0.236nm$

b) El treball extern per a separar els dos ions (contra el treball fet per la força de atracció mútua) és de 9,76x10^{-19} J. **(0.4 p)**

(*) Si el camp elèctric aplicat i el desplaçament estan a la mateixa direcció i sentit, el treball per a superar la força del camp aplicat és:

$$W_{ext} = qEd = 1{,}6\times10^{-19}\cdot 50\cdot 0{,}02 = -1{,}6\times10^{-19}\,J$$ **(0.4 p)**

i el treball total és:

$$W_{ext,total} = 9{,}76\times19^{-19} - 1{,}6\times10^{-19} = 8.16\times10^{-19}\,J$$ **(0.2 p)**

(**) Si el camp elèctric aplicat sobre el ió Na^+ i el desplaçament estan a la mateixa direcció però sentit contrari, el treball per a superar la força del camp aplicat és:

$$W_{ext} = qEd = 1{,}6\times10^{-19}\cdot 50\cdot 0{,}02 = 1{,}6\times10^{-19}\,J$$ **(0.4 p)**

i el treball total és:

$$W_{ext,total} = 9{,}76\times19^{-19} + 1{,}6\times10^{-19} = 1{,}136\times10^{-18}\,J$$ **(0.2 p)**

Es donaran per vàlides les dues respostes **(*)** ó **(**)**

36. PAU 2017 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 4 (Opció B)

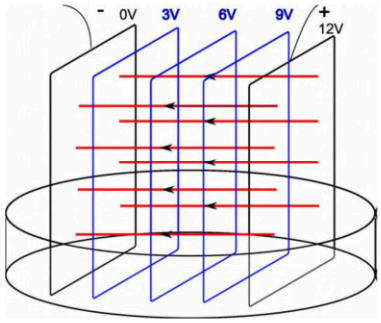
P4)

a)

0.5 p

$$E = \frac{\Delta V}{d}$$

$$E = \frac{12}{0{,}06} = 200\,V/m$$



0.3 p

0.2 p Camp elèctric dirigit cap a l'esquerra.

Els estudiants poden indicar un nombre diferent de superfícies equipotencials, superior a 1, respectant l'equidistància.

b)

0.2 p $W_{ext} = q\Delta V$

0.6 p $\Delta V = 12 - 7 = 5V$

0.2 p $W_{ext} = 0{,}1\times10^{-6}\cdot 5 = 5\times10^{-7}\,J$

37. PAU 2017 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 5 (Opció A)

P5)

0.2 p

$$\left|\vec{F}_{1,3}\right| = k\frac{q_1 q_3}{d_2^{\,2}} = 8{,}99\cdot 10^{9}\,\frac{1{,}00\times 10^{-6}\cdot 12{,}00\times 10^{-6}}{(4{,}00)^2} = 6{,}74\times 10^{-3}\ \text{N}$$

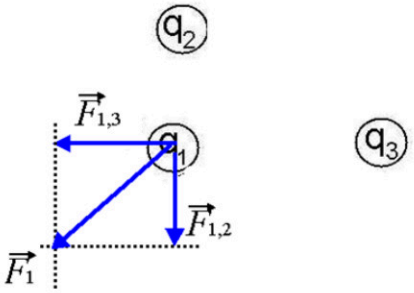
0.2 p

$$\left|\vec{F}_{1,2}\right| = k\frac{q_1 q_2}{d_1^{\,2}} = 8{,}99\cdot 10^{9}\,\frac{1{,}00\times 10^{-6}\cdot 3{,}00\cdot 10^{-6}}{(2{,}00)^2} = 6{,}74\times 10^{-3}\ \text{N}$$

0.2 p

$$\left|\vec{F}_{1}\right| = \sqrt{\left(6{,}74\times 10^{-3}\right)^2 + \left(6{,}74\times 10^{-3}\right)^2} = 9{,}54\times 10^{-3}\ \text{N}$$

0.4 p



b)

0.2 p

$$V_{\text{P}} = V_{\text{P1}} + V_{\text{P2}} + V_{\text{P3}} = k\frac{q_1}{\sqrt{\left(d_1^{\,2} + d_2^{\,2}\right)}} + k\frac{q_2}{d_2} + k\frac{q_3}{d_1}$$

0.3 p

$$V = 8.99\cdot 10^{9}\left(\frac{1{,}00\times 10^{-6}}{\sqrt{\left(2{,}00^2 + 4{,}00^2\right)}} + \frac{3{,}00\times 10^{-6}}{4{,}00} + \frac{12{,}00\times 10^{-6}}{2{,}00}\right) = 6{,}27\times 10^{4}\,\text{V}$$

0.2 p

$$U = U_{12} + U_{13} + U_{23} = k\frac{q_2 q_3}{\sqrt{\left(d_1^{\,2} + d_2^{\,2}\right)}} + k\frac{q_1 q_2}{d_1} + k\frac{q_1 q_3}{d_2}$$

0.3 p

$$U = 8{,}99\times 10^{9}\left(\frac{3{,}00\times 10^{-6}\cdot 12{,}00\times 10^{-6}}{\sqrt{\left(2{,}00^2 + 4{,}00^2\right)}} + \frac{1{,}00\cdot 10^{-6}\cdot 3{,}00\times 10^{-6}}{2{,}00} + \frac{1{,}00\times 10^{-6}\cdot 12{,}00\times 10^{-6}}{4{,}00}\right) = 0{,}113\,\text{J}$$

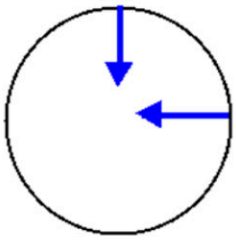
38. PAU 2017 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 5 (Opció B)

P5)

a)

0.1 p $F_e = k\dfrac{q_p q_e}{r^2} = 8{,}99\times10^{9}\dfrac{\left(1{,}6\times10^{-19}\right)^2}{\left(53\times10^{-12}\right)^2} = 8{,}19\times10^{-8}\,N$ **0.2 p**

0.4 p



0.1p $E = \dfrac{F}{q_e} = \dfrac{8{,}19\times10^{-8}}{1{,}6\times10^{-19}} = 5{,}12\times10^{11}\,N/C$ **0.2 p**

b)

0.1 p $E = K + U$

0.2 p
$$\left.\begin{aligned} K &= \frac{1}{2}mv^2 \\ F_e &= m\frac{v^2}{r} \Rightarrow mv^2 = rF_e \end{aligned}\right\} K = \frac{1}{2}rF_e$$

0.2 p $K = \dfrac{1}{2}53\times10^{-12}\cdot 8{,}19\times10^{-8} = 2{,}17\times10^{-18}\,J$

0.1 p $U = k\dfrac{q_p q_e}{r} = 8{,}99\times10^{9}\dfrac{1{,}6\times10^{-19}\left(-1{,}6\times10^{-19}\right)}{53\times10^{-12}} = -4{,}34\times10^{-18}\,J$ **0.2 p**

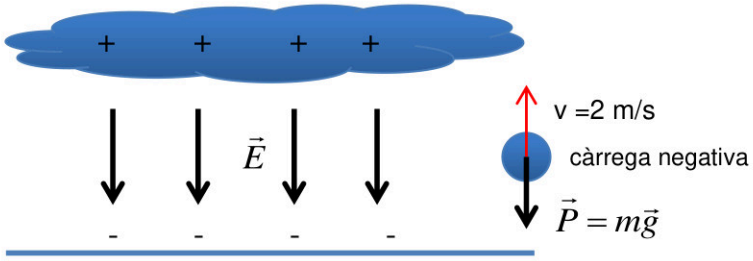
0.2 p $E = 2{,}17\times10^{-18} - 4{,}34\times10^{-18} = -2{,}17\times10^{-18}\,J\cdot\dfrac{1eV}{1{,}6\times10^{-19}} = -13{,}6eV$

39. PAU 2016 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

a)

0.6 p



Si en **l'esquema** no s'han dibuixat els **vectors** camp elèctric, gravitatori i/o la velocitat es restaran 0.1 punts per cada error. Si no s'han dibuixat les **càrregues** del núvol, terra i/o la gota, també es restaran 0.1 punts per cada error.

0.2 p $|\vec{E}| = \dfrac{\Delta V}{d}$

0.2 p $|\vec{E}| = \dfrac{2{,}3\times10^{6}}{4700} = 489 V/m$

b)

0.2 p La càrrega de la gota és negativa

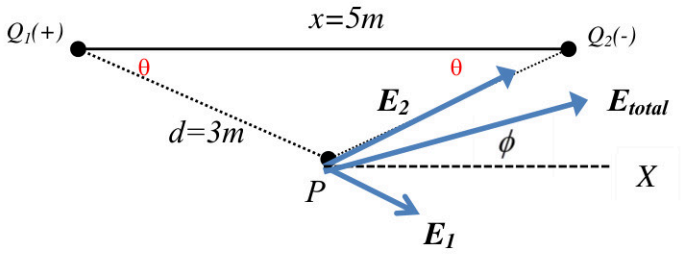
0.4 p La gota puja a velocitat constant $\Rightarrow a = 0 \Rightarrow \Sigma F = 0;\ mg = qE$

0.4 p $q = \dfrac{mg}{E} = \dfrac{1{,}3\times10^{-6}\times9{,}81}{489} = 2{,}6\times10^{-8} C = 26 nC$

40. PAU 2016 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 4 (Opció B)

P4)

a) **X**



0.1 p Esquema , $\cos\theta = \dfrac{2{,}50}{3{,}00}$

0.2 p

$$E = k\frac{Q}{r^2}$$

$$E_x = E_1\cos\theta + E_2\cos\theta$$

$$E_y = E_1\sin\theta - E_2\sin\theta$$

0.2 p

$$E_x = \frac{2{,}50}{3{,}00}\times\frac{8{,}99\times10^9}{9{,}00}\times10^{-6}(2{,}00+4{,}00) = 5000N/C$$

$$E_y = \frac{\sqrt{2{,}75}}{3{,}00}\times\frac{8{,}99\times10^9}{9{,}00}\times10^{-6}(4{,}00-2{,}00) = 1105N/C$$

0.2 p

$$\left.\begin{array}{l} |\vec{E}_{total}| = \sqrt{5000^2+1105^2} = 5120N/C \\ \phi = \text{arc tg}\dfrac{1105}{5000} = 12{,}5^\circ \text{ respecte a l'eix X} \end{array}\right\} \vec{E}_{total} = (5000\vec{i}+1105\vec{j})N/C$$

0.1 p $V_T = V_1 + V_2$; $V = k\dfrac{Q}{r}$

0.2 p $$V_T = \frac{8{,}99\times10^9}{3{,}00}\times10^{-6}(2{,}00-4{,}00) = -6000V$$

b)

0.4 p Les dues càrregues han de tenir el mateix signe ja sigui + o –
D'aquesta manera, els camps ***E*₁** i ***E*₂** en el punt que indica el problema tindran la mateixa direcció i sentits oposats, podent-se anular.

0.4 p

$$E_1 = E_2$$

$$k\frac{Q_1}{r_1^2} = k\frac{Q_2}{(x-r_1)^2}$$

0.2 p

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{(5-1)^2}{1^2} = 16 \Rightarrow Q_2 = 16Q_1$$

41. PAU 2016 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 3 (Opció B)

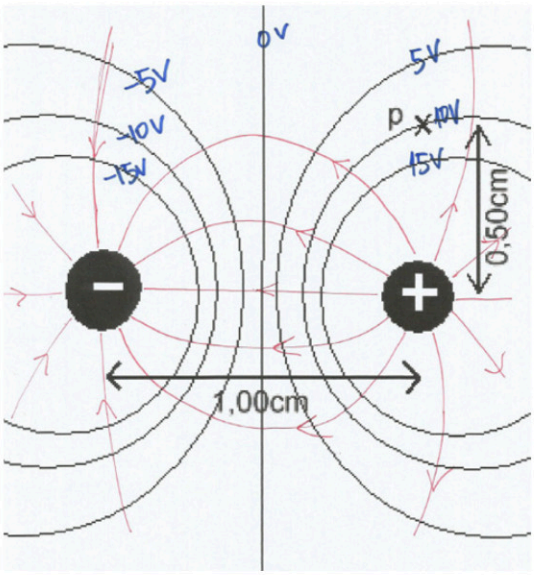
OPCIO B

P3)

a)

La superfície equipotencial que passa per P és la de +10V i el pla que equidista de les dues càrregues ha de ser el de 0 V, de manera que la diferència entre superfícies consecutives ha de ser de 5 V **0.6 p** (Indicar correctament els valors de potencial elèctric en la figura)

Dibuixar correctament les línies del camp elèctric en la figura **0.4 p**



b)

0.3 p $$V_P = kq_+ \frac{1}{r_+} + kq_- \frac{1}{r_-}$$

0.3 p $$10 = 8,99 \times 10^9 \times q \times \left(\frac{1}{0,005} - \frac{1}{\sqrt{0,005^2 + 0.01^2}} \right)$$

0.4 p $$q_+ = 1,0 \times 10^{-11} C;\ q_- = -1,0 \times 10^{-11} C$$

42. PAU 2016 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

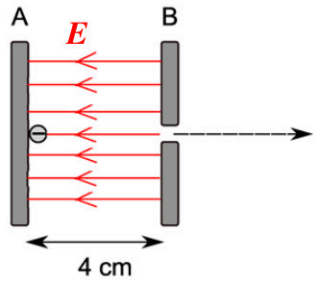
a) L'electró manté la seva energia mecànica quan va de A a B, $E_A = E_B$

0.2 p $$0 + q_e V_A = \frac{1}{2} m_e v_B^2 + q_e V_B \Rightarrow \frac{1}{2} m_e v_B^2 = q_e (V_A - V_B)$$

0.4 p $$V_A - V_B = \frac{1}{2} \frac{m_e v_B^2}{q_e} = \frac{1}{2} \times \frac{9{,}11 \times 10^{-31}}{1{,}6 \times 10^{-19}} \times \left(2{,}00 \times 10^6\right)^2 = -11.4V$$

ó $$V_B - V_A = 11.4V \Rightarrow V_b > V_A$$

0.4 p Esquema



b)

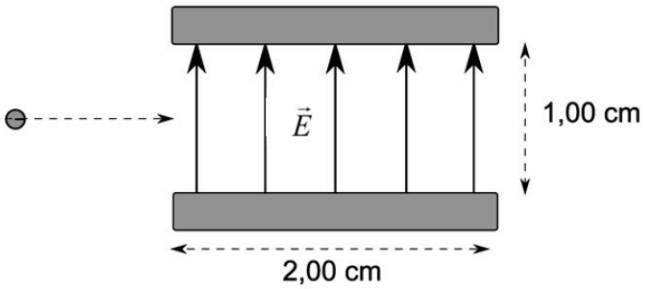
0.1 p $$\vec{F}_e = q_e \vec{E} = m\vec{a}$$

0.4 p $$\vec{a} = \frac{q_e}{m_e} \vec{E} = \frac{\left(-1.6 \times 10^{-19}\right)}{9{,}11 \times 10^{-31}} \times 500\vec{j} = -8{,}78 \times 10^{13}\, \vec{j} m/s^2$$

0.2 p $$\vec{v}_x = ctt = 2 \times 10^6 \vec{i}\, m/s$$

0.1 p $$t = \frac{e}{v_x} = \frac{0.02}{2 \times 10^6} = 10^{-8}\, s$$

0.2 p $$\vec{v}_y = \vec{a}_y t = -8{,}78 \times 10^5\, \vec{j} m/s$$



També serà vàlida la solució de les components de la velocitat sense vectors unitaris.

43. PAU 2016 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 2 (Part comuna)

P2)

a) Atès que les càrregues tenen signe diferent i el punt on hem de calcular el camp està situat entre les dues càrregues, el camp total serà la suma dels valors absoluts dels camps de cada una de les càrregues, la direcció serà la de la recta que uneix les dues càrregues i sentit el de la càrrega positiva a la negativa. **0.3**

$$|\vec{E}_{3\mu C}| = 9{,}0 \cdot 10^9 \frac{3 \cdot 10^{-6}}{(5 \cdot 10^{-2})^2} = 1{,}08 \cdot 10^7 \text{ N/C } \boxed{\mathbf{0.2}}$$

$$|\vec{E}_{-7\mu C}| = 9{,}0 \cdot 10^9 \frac{7 \cdot 10^{-6}}{(1 \cdot 10^{-1})^2} = 6{,}3 \cdot 10^6 \text{ N/C } \boxed{\mathbf{0.2}}$$

$$|\vec{E}| = |\vec{E}_{3\mu C}| + |\vec{E}_{-7\mu C}| = 1{,}7 \cdot 10^7 \text{ N/C } \boxed{\mathbf{0.3}}$$

b) Sigui x la distància que hi ha entre la càrrega de 3μC i el punt on calculem el potencial.

$$V(x) = 9{,}0 \cdot 10^9 \left\{ \frac{3 \cdot 10^{-6}}{x} + \frac{-7 \cdot 10^{-6}}{0{,}15 - x} \right\} = 0 \ \boxed{\mathbf{0.5}} \Rightarrow$$

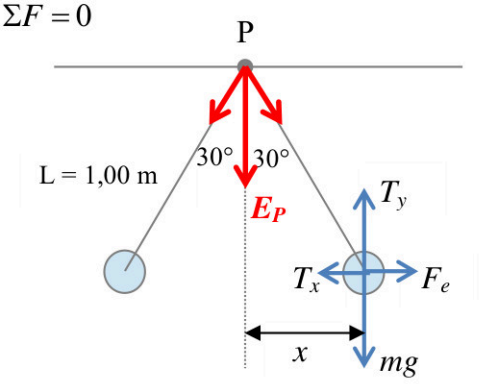
$$\frac{3}{x} - \frac{7}{0{,}15 - x} = 0 \Rightarrow 0{,}45 - 3\,x = 7\,x \Rightarrow x = 0.045 \text{ m} = 4{,}5 \text{ cm } \boxed{\mathbf{0.5}}$$

44. PAU 2015 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

a)

0,1 A l'equilibri es compleix que: $\Sigma F = 0$



0,2
$$\left.\begin{aligned} T\sin 30^\circ &= k\frac{q^2}{(2x)^2} \\ T\cos 30^\circ &= mg \end{aligned}\right\}$$

0,1
$$tg\,30^\circ = \frac{kq^2}{mg(2x)^2}$$

0,1
$$x = L\sin 30^\circ = 0.5m$$

0,1
$$m = \frac{kq^2}{g\cdot tg\,30^\circ\cdot(2x)^2}$$

0,4
$$m = \frac{8{,}99\times10^9\times(5{,}80\times10^{-6})^2}{9{,}81\times0{,}577\times1} = 5{,}34\times10^{-2}\,kg$$

b)

Les components x del camp elèctric en P s'anul·len per simetria 0,2

Les components y:

$E_y = 2E\cos 30^\circ$ 0,1 on $E = k\frac{q}{L^2} = 8{,}99\times10^9\frac{5{,}8\times10^{-6}}{1} = 52142\,N/C$ 0,1

$E_y = 2\times52142\times\cos 30^\circ = 9{,}03\times10^4\,N/C$ 0,1

0,2 El camp elèctric total en P és: $E_P = E_y$

0,1 Mòdul : $E_P = 2\times52142\times\cos 30^\circ = 9{,}03\times10^4\,N/C$

0,2 Direcció i sentit: vertical i cap avall.

També seria correcte expressar el camp en notació vectorial: $\vec{E}_P = (0, -9{,}03\times10^4)\,N/C$

ó $\vec{E}_P = -9{,}03\times10^4\,\vec{j}\;N/C$

45. PAU 2015 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 4 (Opció B)

P4)

a)

0,2

$$U = k\frac{q_+ q_-}{r}$$

$$|q_+| = |q_-| = 1.0\times10^{-6}\,C$$

0,8

$$U_i = 8{,}99\times10^{9}\,\frac{(1{,}0\times10^{-6})\times(-1{,}0\times10^{-6})}{0{,}20} = -0{,}045\,J$$

b)

0,5

$$U_f = k\frac{q_+ q_-}{r} = 8{,}99\times10^{9}\,\frac{1{,}0\times10^{-6}\times(-1{,}0\times10^{-6})}{0{,}50} = -0{,}018\,J$$

0,2

$$\Delta U = U_f - U_i = -0{,}018 - (-0.045) = 0.027\,J$$

0,3

$$W_{\text{força elèctrica}} = -\Delta U = -0.027\,J$$

$$W_{ext} = 0.027\,J$$

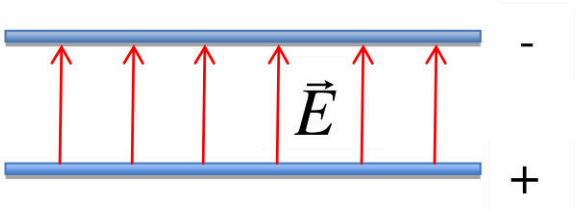
46. PAU 2015 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 2 (Part comuna)

P2)

a)

Esquema

0.4



0.2

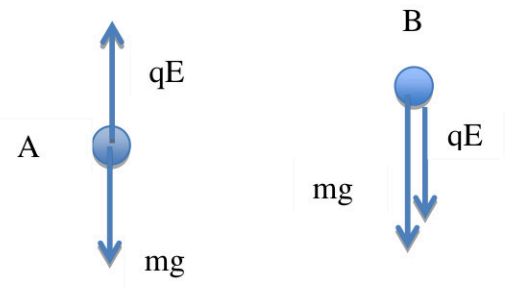
La diferència de potencial entre les plaques en valor absolut és: $\Delta V = Ed$ = 5000×10,0×10^{-3} = 50 V

0.4

El vector camp elèctric punxa cap a potencials decreixents, per tant,

$V_- - V_+ = -50V$ o bé $V_+ - V_- = 50V$

b)



0.3 Per A: $\Sigma F = 0 \Rightarrow q_A E = mg$

0.2 $$q_A = \frac{mg}{E} = \frac{0{,}50\times10^{-9}\times9.8}{5000} = 9{,}8\times10^{-13} C \text{ és positiva}$$

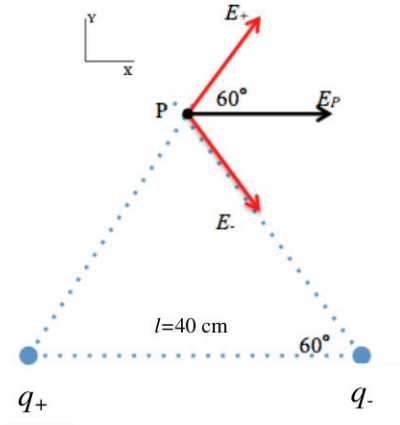
0.3 Per B: $\Sigma F = ma \Rightarrow q_B E + mg = ma$

0.2 $$q_B = \frac{ma - mg}{E} = \frac{0{,}50\times10^{-9}\times(14{,}7 - 9{,}8)}{5000} = 4{,}9\times10^{-13}\text{C} \text{ és negativa}$$

47. PAU 2015 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 1 (Part comuna)

P1)

a)



0.2 Esquema

0.1 Per simetria, el camp total en la direcció vertical es cero.

Només hi ha camp elèctric en la direcció x:

Mòdul del camp elèctric en P:

$$\left.\begin{array}{l} E_P = 2E\cos 60^\circ \\ E = k\dfrac{q}{l^2} \end{array}\right\} E_P = \frac{2kq}{l^2}\cos 60^\circ \quad \boxed{0.2}$$

$$E_P = \frac{2\times 8.99\times 10^9 \times 3{,}0\times 10^{-8}}{(0{,}40)^2}\cos 60^\circ = 1687\,N/C = 1{,}7\times 10^3\,N/C \quad \boxed{0.1}$$

Direcció i sentit del camp elèctric: $\vec{E}_P = 1{,}7\times 10^3 \vec{i}\ N/C$ 0.2

0.2 $V_P = k\dfrac{q_+}{l} + k\dfrac{q_-}{l} = 0$

També es vàlida l'opció de col·locar la càrrega positiva a la dreta i la negativa a l'esquerra o qualsevol altra distribució que compleixi les condicions de l'enunciat.

b)

0.1 $U_i = k\dfrac{q_+ q_-}{r_i}$

0.3 $U_i = 8{,}99\times 10^9 \dfrac{3{,}0\times 10^{-8}\left(-3\times 10^{-8}\right)}{0{,}40} = -2{,}03\times 10^{-5}\,J$

Si es duplica la distància entre càrregues, l'energia potència és: $U_f = k\dfrac{q_+ q_-}{r_f}$

on r_f=2×0,40 m ; $U_f = 8{,}99\times 10^9 \dfrac{3{,}0\times 10^{-8}\left(-3{\cdot}10^{-8}\right)}{2\times 0{,}40} = -1{,}01\times 10^{-5}\,J$ 0.3

$\Delta U = U_f - U_i \Rightarrow \Delta U = 1.01\times 10^{-5}\,J$ 0.3 . L'energia del sistema augmenta.

48. PAU 2014 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 2 (Part comuna)

P2)

a)

$$|\vec{F}_E| = k\frac{q_e^2}{r^2} = 8,99\cdot 10^9 \frac{(1,6\cdot 10^{-19})^2}{(5,29\cdot 10^{-11})^2} = 8,22\cdot 10^{-8}\,\text{N}\ \boxed{\textbf{0.5}}$$

Al ser un moviment circular uniforme, aquesta força elèctrica es la que proporciona l'acceleració centrípeta:

$$ma_n = m\omega^2 r = m4\pi^2\nu^2 r = F_E \Rightarrow \nu = \sqrt{\frac{F_E}{m4\pi^2 r}} == 6,57\cdot 10^{15}\,\text{Hz}\ \boxed{\textbf{0.5}}$$

b)

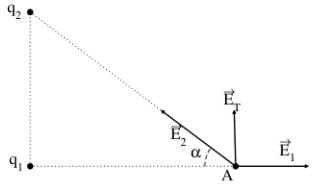
$$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2}mv^2 - k\frac{q_e^2}{r} = \frac{1}{2}k\frac{q_e^2}{r} - k\frac{q_e^2}{r} = -\frac{1}{2}k\frac{q_e^2}{r}\ \boxed{\textbf{0.5}} = -2,18\cdot 10^{-18}\,\text{J}\ \boxed{\textbf{0.5}}$$

49. PAU 2014 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 2 (Part comuna)

P2)

a)

Esquema dels camps elèctrics:



$\boxed{\textbf{0.1}}$

$$d(q_1, A) = 4\,\text{m},\quad d(q_2, A) = \sqrt{3^2+4^4} = 5\,\text{m}$$

$$\cos(\alpha) = \frac{4}{5},\quad \sin(\alpha) = \frac{3}{5}$$

Calculem el camp elèctric:

$$\vec{E}_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{|q_1|}{d(q_1,A)^2}\vec{i}\,\boxed{0.1} = 5,62\,\vec{i}\,\text{N/C}\ \boxed{\textbf{0.1}}$$

$$|\vec{E}_2| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{|q_2|}{d(q_2,A)^2} = 7.19\,\text{N/C}\ \boxed{\textbf{0.1}}$$

$$\vec{E}_2 = |\vec{E}_2|(-\cos(\alpha)\vec{i} + \sin(\alpha)\vec{j})\,\boxed{0.1} = 7,19\,(-\frac{4}{5}\vec{i} + \frac{3}{5}\vec{j}) = (-5.75\vec{i} + 4,31\vec{j})\text{N/C}\ \boxed{\textbf{0.1}}$$

$$\vec{E}_T = (-0,14\vec{i} + 4,31\vec{j})\,\text{N/C}\ \boxed{\textbf{0.1}}$$

Ara calculem el potencial elèctric:

$$V_A = V_1 + V_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left\{\frac{q_1}{d(q_1,A)} + \frac{q_2}{d(q_2,A)}\right\}\ \boxed{\textbf{0.2}} = 8,99\cdot 10^9\left\{\frac{1\cdot 10^{-8}}{4} + \frac{-2\cdot 10^{-8}}{5}\right\} = -13,5\,\text{V}\ \boxed{\textbf{0.1}}$$

b) Calculem el potencial en el punt B:

$$d(q_1, B) = \sqrt{3^2+4^4} = 5\,\text{m},\quad d(q_2, B) = 4\,\text{m}$$

$$V_B = V_1 + V_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left\{\frac{q_1}{d(q_1,B)} + \frac{q_2}{d(q_2,B)}\right\}\ \boxed{\textbf{0.2}} = 8,99\cdot 10^9\left\{\frac{1\cdot 10^{-8}}{5} + \frac{-2\cdot 10^{-8}}{4}\right\} = -27\,\text{V}\ \boxed{\textbf{0.2}}$$

El treball fet pel camp serà:

$$W = -(V_B - V_A)q\ \boxed{\textbf{0.5}} = -(-27+13,5)1 = 13,5\,\text{J}\ \boxed{\textbf{0.1}}$$

50. PAU 2014 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 2 (Part comuna)

P2)

a) El treball fet per la força provinent del camp elèctric serà igual a la variació de l'energia cinètica dels ions de Xe^+ **0.2** ⇒

$$F\,d = E\,q\,d = \frac{1}{2}\,m\,v^2\ \boxed{\mathbf{0.2}} \Rightarrow$$

$$F = \frac{1}{2}\,\frac{mv^2}{d} = m\,a \Rightarrow a = \frac{1}{2}\,\frac{v^2}{d} = 4,5\cdot 10^{11}\,\mathrm{m/s^2}\ \boxed{\mathbf{0.2}}$$

$$E = \frac{1}{2}\,\frac{mv^2}{qd}\ \boxed{\mathbf{0.2}} = \frac{1}{2}\,132\,\mathrm{u}\times\frac{1,66\cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg}}{1u}\times\frac{(3\cdot 10^5)^2\,\mathrm{m^2/s^2}}{1,6\cdot 10^{-19}\,\mathrm{C}\times 0,1\,\mathrm{m}} = 6,16\cdot 10^5\,\mathrm{N/C}\ \boxed{\mathbf{0.2}}$$

b)

Al ser un camp elèctric constant tindrem:

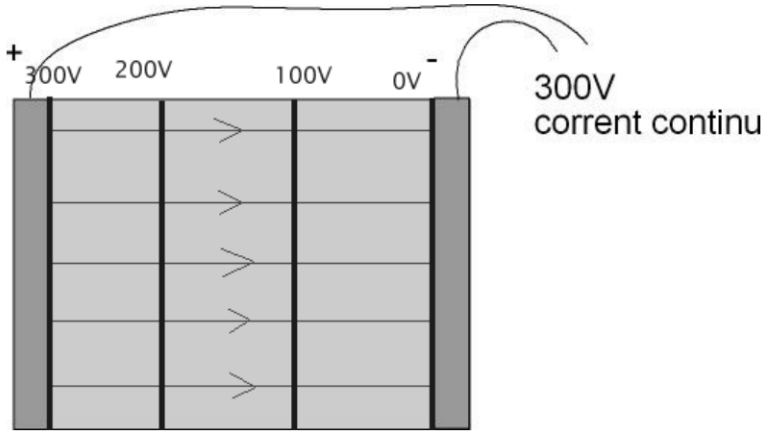
$$E = -\frac{\Delta V}{\Delta x}\ \boxed{\mathbf{0.3}} \Rightarrow \Delta V = -\Delta x\,E = -\frac{1}{2}\,\frac{mv^2}{q}\ \boxed{\mathbf{0.3}} \Rightarrow V_+ - V_- = \frac{1}{2}\,\frac{mv^2}{q} = 6,16\cdot 10^4\,\mathrm{V}\ \boxed{\mathbf{0.2}}$$

Si la velocitat de sortida dels ions és la mateixa encara que la separació entre plaques sigui més petita, de la última expressió veiem que la diferència de potencial entre les plaques és independent de la seva separació, per tant la diferència de potencial serà la mateixa tant si $d = 10\,\mathrm{cm}$ com si és $d = 6\,\mathrm{cm}$ **0.2**

51. PAU 2013 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 3 (Opció A)

Opció A
P3)

a) És important que les línies de camp indiquin el sentit **0.2** i que les superfícies equipotencials indiquin els valors dels seus potencials. [**0.2**] No és necessari que el 0 correspongui a l'elèctrode negatiu.



0.2

El valor del camp serà:

$$E = \frac{\Delta V}{x} = \frac{300V}{0,2m} = 1,50\times 10^3\mathrm{V/m}\ \acute{o}\ 1,50\times 10^3\mathrm{N/C}\ \boxed{\mathbf{0.2}}$$

Les partícules negatives dipositades es mouran cap al pol positiu i les positives cap al pol negatiu. **0.2**

b) La força elèctrica ha de ser: $\overrightarrow{F} = q\,\overrightarrow{E} = -1,6\times 10^{-19}C\ 1500N/C\,\overrightarrow{i} = -2,40\times 10^{-16}N\,\overrightarrow{i}$ o bé $2,40\times 10^{-16}N\,\overrightarrow{i}$ si el signe de la càrrega és positiu. **0.5**

Com que es mou amb un moviment rectilini i uniforme ⇒ $\Sigma\overrightarrow{F} = 0$, per tant la força de fricció ha de ser igual i de sentit contrari a la força elèctrica, o sigui el seu modul val: $2,40\times 10^{-16}N$ **0.5**.

52. PAU 2013 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 5 (Opció B)

P5)

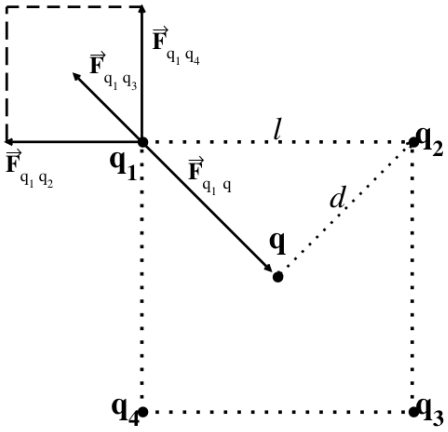
a) L'energia de formació del sistema de càrregues la podem obtenir a partir de l'energia potencial de les diferents parelles presents. **0.2**

$$E_{formació} = K\left\{\frac{q_1\ q_2}{r_{12}} + \frac{q_1\ q_3}{r_{13}} + \frac{q_1\ q_4}{r_{14}} + \frac{q_2\ q_3}{r_{23}} + \frac{q_2\ q_4}{r_{2_4}} + \frac{q_3\ q_4}{r_{34}}\right\}$$ **0.4**

Per altre banda: $r_{12} = r_{14} = r_{23} = r_{34} = \sqrt{2}$ m i $r_{13} = r_{24} = 2$ m; per tan:

$$E_{formació} = 9{\times}10^9{\cdot}10^{-10}\left\{\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{2}}\right\} = 0.9\left\{\frac{4}{\sqrt{2}} + 1\right\} = 3,45\ \text{J}$$ **0.4**

b) Les quatre càrregues son iguals, per tant si trobem la càrrega que compensi la força d'una de les càrregues, per raons de simetria, quedaran compensades totes les forces del reste de càrregues. **0.2** Ho farem per la càrrega q_1:



0.2

A partir del gràfic veiem que, $l = \sqrt{2}$ m i $d = 1$ m i que:

$$\vec{F}_{q_1 q_2} + \vec{F}_{q_1 q_3} + \vec{F}_{q_1 q_4} = \vec{F}_{q_1 q}$$ **0.2**

Igualem les diferents components dels vectors i tindrem:

$|\vec{F}_{q_1 q_4}| + |\vec{F}_{q_1 q_3}|\ \cos(45^o) = |\vec{F}_{q_1 q}|\ \cos(45^o)$ o també $|\vec{F}_{q_1 q_2}| + |\vec{F}_{q_1 q_3}|\ \sin(45^o) = |\vec{F}_{q_1 q}|\ \sin(45^o)$ **0.2**

per tan:

$$K\frac{10^{-10}}{2} + K\frac{10^{-10}}{4}\frac{1}{\sqrt{2}} = K\frac{|q|\cdot 10^{-5}}{1}\frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow$$

$$|q| = 10^{-5}\sqrt{2}\left\{\frac{1}{2} + \frac{1}{4\sqrt{2}}\right\} = 9.57\times 10^{-6}\ \text{C} = 9.57\mu C$$ **0.2**

53. PAU 2013 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 2 (Part comuna)

P2)

a)

$$\vec{F} = \vec{\mathcal{E}}\, q = m\,\vec{a}\ \boxed{0.5} \Rightarrow \vec{\mathcal{E}} = \frac{m\vec{a}}{q} = \frac{9,11\times10^{-31}\text{kg}\cdot 1,20\times10^{13}\text{m/s}^2\vec{i}}{-1,60\times10^{-19}\text{C}} = -68,3\,\vec{i}\,\text{N/C ó V/m}\ \boxed{0.5}$$

b) Al ser el camp elèctric constant:

$$\Delta V = -\vec{\mathcal{E}}\,\Delta\vec{r}\ \boxed{0.2} = -(-68.3\,\vec{i})(0.3\,\vec{i}) = 20,5\text{V}\ \boxed{0.2}$$

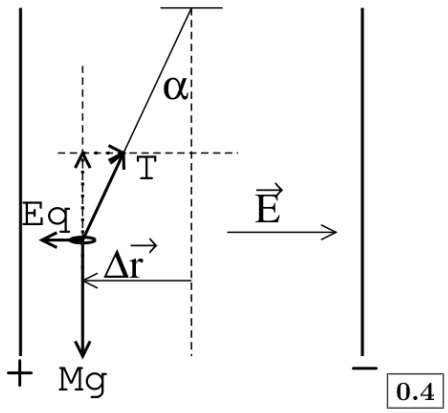
El potencial mes alt serà a la part dreta de la càmera $\boxed{0.2}$

$$\Delta E = \Omega = -\Delta V\, q = -20.5\,(-1.60\times10^{-19}) = 3,28\times10^{-18}\text{ J} = 20.5\text{ eV}\ \boxed{0.4}$$

54. PAU 2013 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 3 (Opció A)

Opció A
P3)

a) De forma esquemàtica tindrem:



$\boxed{0.4}$

Per tant:

$$M\,g\,\tan(\alpha) = E\,q\ \boxed{0.3} \Rightarrow$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{E\,q}{M\,g}\right) = 5,68\cdot10^{-1}\text{ rad} = 33\,^{\text{o}}\ \boxed{0.3}$$

b) Com que el camp elèctric és uniforme:

$$\Delta V = -\vec{E}\cdot\Delta\vec{r}\ \boxed{0.3} = E\,L\,\sin(\alpha) = \boxed{0.2} = 1500\text{ N/C }1,5\text{ m }\sin(32,5^{\text{o}}) = 1,2\cdot10^{3}\text{ V}\ \boxed{0.5}$$

55. PAU 2013 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 3 (Opció B)

Opció B
P3)

a) El camp elèctric és una magnitud vectorial per tant:

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = K\,\frac{q_1\,\vec{\mu}_1}{r_1^2} + K\,\frac{q_2\,\vec{\mu}_2}{r_2^2}\ \boxed{\mathbf{0.2}}$$

On:

$$\vec{\mu}_1 = (\frac{\vec{i}}{\sqrt{2}} - \frac{\vec{j}}{\sqrt{2}});\ \vec{\mu}_2 = (\frac{\vec{i}}{\sqrt{2}} + \frac{\vec{j}}{\sqrt{2}});\ r_1 = r_2 = \sqrt{2}\ \boxed{\mathbf{0.3}}$$

Per tant:

$$\vec{E}_T = \frac{9\cdot 10^9}{2\,\sqrt{2}}\left\{9\cdot 10^{-6}(\vec{i} - \vec{j}) - 9\cdot 10^{-6}(\vec{i} + \vec{j})\right\} \Rightarrow \vec{E}_T = (0\,\vec{i} - 5{,}73\cdot 10^4\,\vec{j})\ \text{N/C}\ \boxed{\mathbf{0.5}}$$

Es considerarà la resposta correcte si raonen que per raons de simetria el camp elèctric ha de tenir només component vertical, de signe negatiu i realitzen el càlcul correctament.

b) Al tractar-se de un camp conservatiu podem podem trobar el treball fet per la força elèctrica a partir del potencial elèctric.

$$V_i = K\left\{\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2}\right\} = \frac{9\cdot 10^9\ \cdot 10^{-6}}{\sqrt{2}}\,(9 - 9) = 0\ \text{V}\ \boxed{\mathbf{0.3}}$$

$$V_f = K\left\{\frac{q_1}{r_1'} + \frac{q_2}{r_2'}\right\} = 9\cdot 10^9\ \cdot 10^{-6}\,(\frac{9}{2\sqrt{2}} - \frac{9}{2}) = -1{,}19\cdot 10^4\ \text{V}\ \boxed{\mathbf{0.3}}$$

Per tant el treball fet per la força elèctrica és:

$$W_E = -\,\Delta V\ q = (V_i - V_f)\ q = (0 + 1{,}19\cdot 10^4)\ (7\cdot\ 10^{-6}) = 8{,}33\cdot 10^{-2}\ \text{J}\ \boxed{\mathbf{0.4}}$$

56. PAU 2012 · Setembre · Sèrie 4 · Exercici 3 (Opció B)

Opció B
P3)

a) Si $V < 0 \Rightarrow q < 0$ [**0.2**]

$$\left.\begin{array}{ll} V & = k\,\frac{q}{d} \\ E & = k\,\frac{q}{d^2} \end{array}\right\} \Rightarrow d = \left|\frac{V}{E}\right| = 9{,}00\ \text{m}\ [\mathbf{0.4}]$$

$$q = \frac{dV}{k} = -6{,}00\times 10^{-6}\ \text{C}\ [\mathbf{0.4}]$$

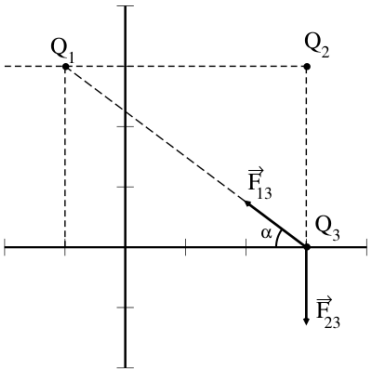
b) Les línies de camp segueixen la direcció radial amb centre la càrrega q [**0.25**] i el sentit és apuntant cap a la càrrega [**0.25**].

Les superfícies equipotencials són esferes centrades en la càrrega q [**0.25**] i són més juntes com més a prop estan de la càrrega que les genera. [**0.25**]

57. PAU 2012 · Setembre · Sèria 4 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

a)



[0.2]

$$r_{13} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5 \text{ m};\ \tan(\alpha) = \frac{3}{4};\ \sin(\alpha) = 0.6;\ \cos(\alpha) = 0.8$$

$$F_{13} = K\frac{Q_1 Q_3}{r_{13}^2} = 9\times 10^9\ \frac{3,0\times 10^{-6}\cdot 8,0\times 10^{-6}}{5^2} = 8,6\times 10^{-3} \text{ N } [\mathbf{0.2}]$$

$$F_{23} = K\frac{Q_2 Q_3}{r_{23}^2} = 9\times 10^9\ \frac{5,0\times 10^{-6}\cdot 8,0\times 10^{-6}}{3^2} = 4,0\times 10^{-2} \text{ N } [\mathbf{0.2}]$$

$$\vec{F_{13}} = -F_{13}\ \cos(\alpha)\ \vec{i} + F_{13}\ \sin(\alpha)\ \vec{j} = -6,9\times 10^{-3}\ \vec{i} + 5.2\times 10^{-3}\ \vec{j} \text{ N } [\mathbf{0.1}]$$

$$\vec{F_{23}} = -F_{23}\ \vec{j} = -4.0\times 10^{-2}\ \vec{j} \text{ N } [\mathbf{0.1}]$$

$$\vec{F_3} = \vec{F_{13}} + \vec{F_{23}} = -6,9\times 10^{-3}\ \vec{i} - 3,5\times 10^{-2}\ \vec{j} \text{ N } [\mathbf{0.2}]$$

b) Al tractar-se d'un camp conservatiu, el treball realitzat pel camp serà igual al canvi de l'energia potencial canviada de signe: **[0.1]**

$$W_{P_3\to P_4} = -\Delta E_p = -Q_3\,[V(P_4) - V(P_3)]\ [\mathbf{0.2}];\quad r_{24} = \sqrt{4^2 + 6^2} = 7.21\text{m};\quad r_{14} = 6 \text{ m}$$

$$V(P_3) = K\frac{Q_1}{r_{13}} + K\frac{Q_2}{r_{23}} = 9\times 10^9\left\{\frac{3\times 10^{-6}}{5} + \frac{-5\times 10^{-6}}{3}\right\} = -9.6\times 10^3 \text{ V } [\mathbf{0.2}]$$

$$V(P_4) = K\frac{Q_1}{r_{14}} + K\frac{Q_2}{r_{24}} = 9\times 10^9\left\{\frac{3\times 10^{-6}}{6} + \frac{-5\times 10^{-6}}{7.21}\right\} = -1.7\times 10^3 \text{ V } [\mathbf{0.2}]$$

Per tan:

$$W_{P_3\to P_4} = 8\times 10^{-6}\ \left\{-1.7\times 10^3 - (\ -9,6\times 10^3)\right\} = 6,3\times 10^{-2} \text{ J } [\mathbf{0.2}]$$

Al ser una quantitat positiva, el treball serà realitzat pel camp. **[0.1]**

58. PAU 2012 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

a) En la regió A el camp ha d'anar dirigit cap a l'esquerra (o en sentit contrari al moviment de l'electró). Es pot justificar indicant que una força cap endavant actuant sobre una partícula negativa requereix un camp elèctric cap enrere. **[0.5]** En la regió B el moviment serà accelerat (però no rectilini), descrivint una paràbola ascendent (o còncava tal com està dibuixat).Poden predir que xocarà amb la placa superior, però han d'especificar que la trajectòria serà parabòlica. **[0.5]**

b) Tractant-se d'un camp elèctric constant

$$\Delta V \;=\; -\vec{E}\cdot\vec{\Delta x} \;=\; -40\times10^{3}\text{N/C}\cdot 0.0500\text{m}\cdot(-1) \;=\; 2,00\times10^{3}\text{V}\;[\mathbf{0.5}]$$

Pot trobar-se ΔE_c calculant el treball que fa la força elèctrica:

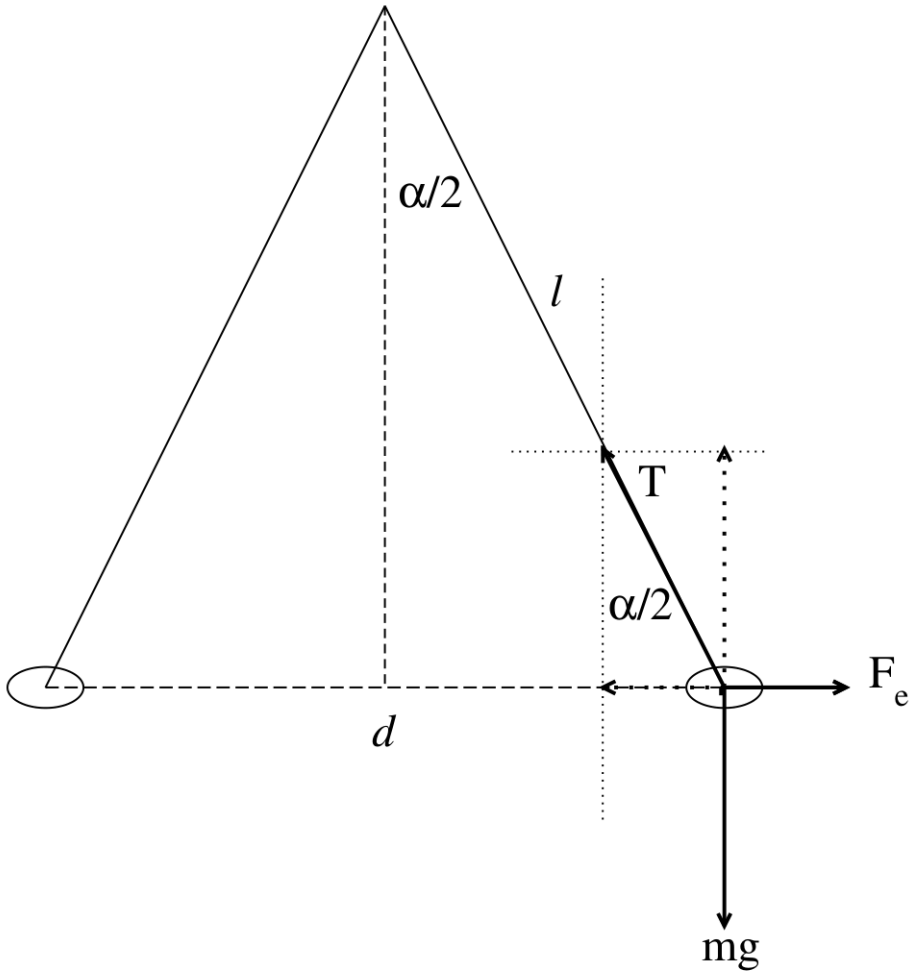
$$\Delta E_c \;=\; W \;=\; \vec{f}\cdot\vec{\Delta x} \;=\; \text{q}\vec{E}\cdot\vec{\Delta x} \;=\; -1.60\times10^{-19}\text{C}\cdot 40\times10^{3}\text{N/C}\cdot 0.0500\text{m}\cdot(-1) \;=3,20\times10^{-16}\text{ J}$$

o bé trobant la disminució d'energia potencial elèctrica

$$\Delta E_c \;=\; -\Delta E_p \;=\; -q\;\Delta V \;=\; -(-1.60\times10^{-19}\text{C}\cdot 2000\text{V} \;=\; 3.20\times10^{-16}\text{J}\;[\mathbf{0.5}]$$

59. PAU 2012 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 5 (Opció B)

P5)



a) **[0.2]**

$$T\cos(\alpha/2) \;=\; m\;g\;[\mathbf{0.4}] \Rightarrow T \;=\; \frac{m\;g}{\cos(\alpha/2)} \;=\; 1.01\times10^{-5}\ \text{N}\ [\mathbf{0.4}]$$

b)

$$d \;=\; 2\;l\;\sin(\alpha/2)\ [\mathbf{0.2}];\quad T\sin(\alpha/2) \;=\; F_e \;=\; \frac{K\;q^2}{d^2}\ [\mathbf{0.4}]$$

$$q \;=\; \sqrt{\frac{T\;\sin(\alpha/2)\;d^2}{K}} \;=\; \sqrt{\frac{4\;l^2\;T\;\sin^3(\alpha/2)}{K}} \;=\; \sqrt{\frac{4\;l^2\;m\;g\;\sin^3(\alpha/2)}{K\;\cos(\alpha/2)}} \;=\; 2.65\times10^{-10}\text{C}\ [\mathbf{0.4}]$$

60. PAU 2012 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 3 (Opció A)

Opció A
P3)

a)

$$E \;=\; \frac{\Delta V}{d} \;=\; \frac{60\times10^{-3}}{7\times10^{-9}} \;=\; 8,57\times10^{6}\ \text{N/C o V/m}\ [\mathbf{0.5}]$$

Direcció: perpendicular a les plaques **[0.2]** Sentit: cap a la placa negativa **[0.3]**

b) Hem de realitzar un treball en contra del camp:

$$\Delta E \;=\; Q\;\Delta V \;=1.60\times10^{-19}\cdot60\times10^{-3} \;=\; 9,60\times10^{-21}\ \text{J}\ [\mathbf{1}]$$

61. PAU 2012 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 3 (Opció B)

Opció B
P3)

a) $V(A) - V(B) = 0$ **[0.2]**, ja que $\vec{E}$ és perpendicular al camí $\vec{AB}$, **[0.1]**
$V(B) - V(C) = -\vec{E} \cdot \vec{CB} = |\vec{E}| \cdot |\vec{CB}| = 500 \cdot 0.2 = 100\text{V}$ **[0.3]**
$V(A) - V(C) = V(A) - V(B) + V(B) - V(C) = 100\text{V}$ **[0.4]**

b) Per qué es mantingui en equilibri la força elèctrica haurà de compensar exactament el pes, **[0.2]** per tant la càrrega haurà de ser negativa **[0.2]**.

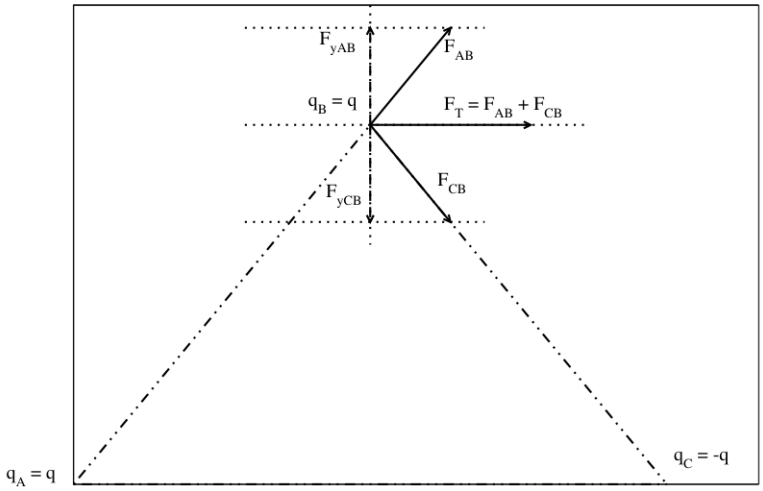
$$q\,E = m\,g \Rightarrow q = \frac{mg}{E} = 3,92 \times 10^{-5}\ \text{C}\ [\mathbf{0.2}]$$

La càrrega estarà en equilibri en qualsevol punt de l'espai on existeixi aquest camp elèctric, ja que aquest és uniforme i per tant la força que exerceix sobre les càrregues elèctriques també és constant. **[0.4]**

62. PAU 2011 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 3 (Opció B)

OPCIÓ B
P3)

a) La gràfica de les forces que intervenen és:



[0.5]

Els components verticals de $\overrightarrow{F}_{AB}$ i $\overrightarrow{F}_{CB}$ són iguals i de sentit contrari, per tant al sumar les forces $\overrightarrow{F}_{AB} + \overrightarrow{F}_{CB}$ ens quedarà un vector que només tindrà component horitzontal, per tant tindrem:

$$|F_{AB}| \;=\; |F_{CB}| \;=\; k\frac{q^2}{l^2} \;= 0{,}3N \;[\mathbf{0{,}25}]$$

L'angle que formen els vectors F_{AB} i F_{CB} és de 120^o per tant:

$$F_{xAB} \;=\; F_{xCB} \;=\; |F_{AB}|\cos(60^o) \;= 0{,}15N$$

en conclusió:

$$\overrightarrow{F}_T = 0{,}3\,\overrightarrow{i}\,N \;[\mathbf{0{,}25}]$$

b) Cada parella de càrregues emmagatzema una certa energia potencial elèctrica. Al ser una magnitud escalar, l'energia potencial total emmagatzemada serà la suma algebraica de les energies potencials respectives, per tant:

$$E_{Pot.Tot.} \;=\; E_{Pot.}(AB) \;+\; E_{Pot.}(AC) \;+\; E_{Pot.}(BC) \;=$$
$$K\frac{q^2}{l} \;-\; K\frac{q^2}{l} \;-\; K\frac{q^2}{l} \;=\; -\,\frac{9\times10^9\;10^{-10}}{\sqrt{3}} \;=\; -\,0,3\sqrt{3}J \;=\; -\,0{,}52J\;[\mathbf{0{,}5}]$$

El treball realitzat per la força elèctrica total el podem calcular de manera senzilla a partir del potencial elèctric generat per les altres dues càrregues:

$$W \;=\; q\;(\;V_{final} \;-\; V_{inical}\;)\;[\mathbf{0{,}25}]$$

$$V_{final} \;= K\frac{q}{l/2} \;-\; K\frac{q}{l/2} \;=\; 0$$
$$V_{inicial} \;= K\frac{q}{l} \;-\; K\frac{q}{l} \;=\; 0$$

Per tant el treball per moure la càrrega positiva del vertex superior al centre del costat que uneix les altres dues càrregues serà 0 **[0.25]**.

Una altre manera de veure-ho, es mitjançant l'esquema de l'apartat a), on veiem que el component vertical de la força que actua sobre la càrrega B és zero, per tant el treball generat per aquesta força quan ens movem verticalment serà també zero.

63. PAU 2011 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

a) En aquest apartat l'alumne ha de fer un esquema de les forces que actuen sobre la càrrega C.
Distància A-C: x, Distància C-B: $1-x$, per tan tindrem:

$$\begin{aligned} \Sigma \overrightarrow{F}_C &= 0 \Rightarrow \\ \overrightarrow{F}_{AC} &= -\overrightarrow{F}_{BC} \Rightarrow \\ K\frac{q_A\, q_C}{x^2} &= K\frac{q_B\, q_C}{(1-x)^2}\ [\mathbf{0{,}5}] \Rightarrow \\ \left(\frac{1-x}{x}\right)^2 = \frac{q_B}{q_A} &\Rightarrow x = \frac{1}{1+\sqrt{\frac{q_B}{q_A}}} = 0{,}41m\ [\mathbf{0{,}5}] \end{aligned}$$

b) Potencial elèctric creat per les càrregues A i B, en el punt on es troba actualment la carrega C:

$$V(i) = k\frac{q_A}{|x|} + k\frac{q_B}{|1-x|}\ [\mathbf{0{,}2}] = -1{,}05\times 10^5 V\ [\mathbf{0{,}1}]$$

Potencial elèctric creat per les càrregues A i B, en el seu punt mig:

$$V(f) = k\frac{q_A}{0{,}5} + k\frac{q_B}{0{,}5} = -1{,}08\times 10^5 V\ [\mathbf{0{,}1}]$$

Diferència de potencial elèctric entre el punt final i el punt de partida:

$$\Delta V = V(f) - V(i) = -1{,}08\times 10^5 + 1{,}05\times 10^5 = -3\times 10^3 V\ [\mathbf{0{,}2}]$$

Treball fet per les forces elèctriques: $-\Delta V\, q_C = -0{,}024J$ **[0.2]** Com que el treball fet per les forces elèctriques és negatiu, vol dir que aquest treball l'hem de fer nosaltres externament en contra del camp elèctric. **[0.2]**

64. PAU 2011 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 1

P1)

a) Direcció horitzontal: moviment uniforme $\Rightarrow vt = L$
Direcció vertical: moviment uniformement accelerat $\Rightarrow \frac{1}{2}at^2 = \frac{D}{2}$ **[0.5]** $\Rightarrow$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m}$$

$$\frac{1}{2}at^2 = \frac{D}{2} \Rightarrow t^2 = \frac{D}{a} = \frac{Dm}{qE} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{Dm}{qE}}\ [\mathbf{0.25}]$$

$$v = \frac{L}{t} = \sqrt{\frac{L^2 qE}{Dm}} = 3{,}98\times 10^7 m/s\ [\mathbf{0.25}]$$

b) 1 Moviment uniforme en una direcció i moviment uniformement accelerat en la direcció perpendicular $\Rightarrow$ trajectòria parabòlica **[0.5]**

2 $W = \frac{FD}{2} = \frac{qED}{2} = 8.01\times 10^{-17} J$[**0.5**]

65. PAU 2011 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 2

P2)

a) La direcció és perpendicular a les plaques i el sentit és tal que va de la placa positiva a la negativa. **[0.5]**

El modul val:

$$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{60 \times 10^3\ V}{0{,}04\ m} = 1{,}5 \times 10^6\ N/C\ \textbf{[0,5]}$$

b)

$$\Delta E_p = q_{e^-}\ \Delta V = -1{,}6 \times 10^{-19}\ C\ 6 \times 10^4\ V = -9{,}6 \times 10^{-15} J$$

$$\Delta E_c = W_{total} = -\Delta E_p = 9{,}6 \times 10^{-15} J\ \textbf{[0,5]}$$

$$E_{fotó} = \Delta E_c$$

$$E_{fotó} = h\ \nu$$

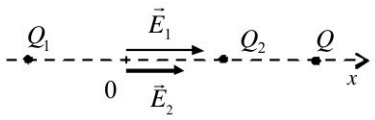
$$\nu = \frac{\Delta E_c}{h} = 1{,}45 \times 10^{19} Hz\ \textbf{[0,5]}$$

66. PAU 2010 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 3 (Opció A)

OPCIÓ A

P3A

a)



$$E = K\frac{Q}{r^2}\begin{cases} E_1 = K\dfrac{Q_1}{x_1^2} = 9\cdot10^3\ \dfrac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}} \\ E_2 = K\dfrac{|Q_2|}{x_2^2} = \dfrac{3}{4}\cdot9\cdot10^3\ \dfrac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}} \end{cases}$$ **[0,2]**

Segons la figura: $\vec{E}_1 = E_1\,\hat{i}$; $\vec{E}_2 = E_2\,\hat{i}$; per tant $\vec{E}_Q = -\left(\vec{E}_1 + \vec{E}_2\right) = -\left(E_1 + E_2\right)\hat{i}$. Això vol dir que Q ha de ser positiva. **[0,3]**

$E_Q = E_1 + E_2 = \frac{7}{4}9\cdot10^3\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}}$ **[0,3]**; però, a més $E_Q = K\frac{Q}{4^2}$ **[0,1]**. D'on s'obté: $Q = 28\,\mu\mathrm{C}$ **[0,1]**

b) $U = qV$ **[0,2]**

$V_1 = k\frac{Q_1}{r_1} = 9\cdot10^9\ \frac{4\cdot10^{-6}}{6} = 6.000\,\mathrm{V}$ **[0,3]**

$V_2 = k\frac{Q_2}{r_2} = 9\cdot10^9\ \frac{-3\cdot10^{-6}}{2} = -13.500\,\mathrm{V}$ **[0,3]**

[per cada signe mal posat resteu 0,1punts (no penalitzeu el mateix error dues vegades)**]**

$U = qV = 28\cdot10^{-6}\cdot\left(6.000 - 13.500\right) = -0{,}21\mathrm{J}$ **[0,2]**

67. PAU 2010 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 3 (Opció B)

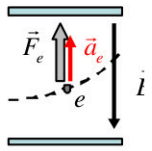
OPCIÓ B

P3B

a) Treball realitzat pel camp elèctric: $|W_e| = |q\Delta V| = 1,6\cdot10^{-19}\cdot5.000 = 8,0\cdot10^{-16}\ \text{J}$ **[0,4]**

$\frac{1}{2}mv^2 = 8,0\cdot10^{-16}\ \text{J}$ **[0,3]** $\Rightarrow\ v = \sqrt{\frac{2\cdot8,0\cdot10^{-16}}{9,1\cdot10^{-31}}} = 4,2\cdot10^{7}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ **[0,3]**

b) $|F_e| = |qE| = |-1,6\cdot10^{-19}\cdot10.000| = 1,6\cdot10^{-15}\ \text{N}$ **[0,2]**



$\vec{F} = m\vec{a}\ ;\ a_e = \frac{F_e}{m_e} = \frac{1,6\cdot10^{-15}}{9,1\cdot10^{-31}} = 1,8\cdot10^{15}\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ **[0,2]**

direcció i sentit $\vec{F}_e$ **[0,2]**; direcció i sentit $\vec{a}_e$ **[0,2]**

$p_e = m_e g = 8,9\cdot10^{-30}\ \text{N}\ ;\ p_e << F_e$, per tant no cal tenir en compte el pes dels electrons **[0,2]**

68. PAU 2010 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 1

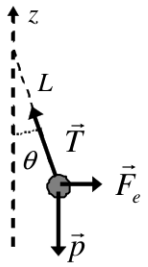
P1

a) $\Delta V = E\,d$ **[0,4]**

$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{200}{20\cdot10^{-3}} = 10.000\ \frac{\text{N}}{\text{C}}$ **[0,2]**

$\vec{E}$ direcció horitzontal, cap a la dreta **[0,3]**,
el camp va de potencials alts a potencials baixos **[0,1]**

b)



[per cada força ben representada] **[0,1]**

$p = m\,g = 20\cdot10^{-3}\cdot9,80 = 0,20\ \text{N}$

$F_e = q\,E = 15\cdot10^{-6}\cdot10^{4} = 0,15\ \text{N}$ **[0,3]**

$\left.\begin{aligned} p &= T\cos\theta \\ F_e &= T\sin\theta \end{aligned}\right\}$ **[0,2]** $\Rightarrow\quad tg\theta = \frac{F_e}{p} = 0,765\quad\Rightarrow\quad \theta = 37,4^\circ$ **[0,2]**

69. PAU 2010 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 4 (Opció A)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

70. PAU 2010 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 4 (Opció B)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

71. PAU 2010 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 4 (Opció B)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

72. PAU 2009 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 2 (Opció B)

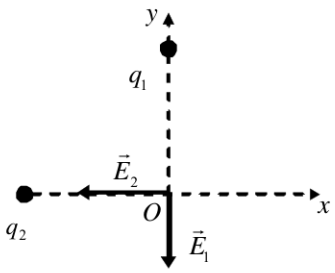
OPCIÓ B

P2

a) $E_1 = k\dfrac{|q_1|}{r_1^2} = 9\cdot 10^9 \cdot \dfrac{10^{-3}}{3^2} = 10^6 \dfrac{\text{N}}{\text{C}}$; $\vec{E}_1 = -10^6\,\hat{j}$ **[0,3]**

$E_2 = k\dfrac{|q_2|}{r_2^2} = 9\cdot 10^9 \cdot \dfrac{10^{-4}}{3^2} = 10^5 \dfrac{\text{N}}{\text{C}}$; $\vec{E}_2 = -10^5\,\hat{i}$ **[0,3]**

$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow E_x = -10^6\ \text{N/C}$ **[0,2]**; $E_y = -10^5\ \text{N/C}$ **[0,2]**



b) energia per formar el sistema

$W = q_1\left(k\dfrac{q_2}{r_{12}}\right)$ **[0,7]**

$r_{12} = \sqrt{3^2+3^2} = 4,24\,\text{m}$ **[0,1]**

$W = -212\,\text{J}$ **[0,2]**

c) treball realitzat en contra de les forces del camp: $W = QV_{(0,-3)}$ **[0,4]**

$W = QV_{(0,-3)} = Q\left(k\dfrac{q_1}{r_{1Q}} + k\dfrac{q_2}{r_{2Q}}\right) = 10^{-4}\cdot 9\cdot 10^9\left(\dfrac{10^{-3}}{6} + \dfrac{-10^{-4}}{4,24}\right) = 129\,\text{J}$ **[0,4]**

treball realitzat en contra de els forces del camp **[0,2]**

Les dues qüestions de l'opció B puntuen entre totes dues un mínim de 0 punts i un màxim de 2 punts. Una resposta correcta es puntua amb 0,50 punts, una resposta en blanc són 0 punts i una resposta errònia es puntual amb –0,25 punts. Si la suma de les notes de les dues qüestions és negativa puntueu amb un zero. No poseu puntuacions totals negatives

Q3
1. C
2. A

Q4
1. A
2. C

73. PAU 2009 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 2 (Opció A)

OPCIÓ A

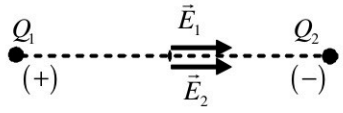
P2

a) $V = k\frac{q}{r}$; $r_1 = 4\,\text{m}$; $r_2 = \sqrt{3^2+4^2} = 5\,\text{m}$

$V_1 = k\frac{q_1}{r_1} = 9\cdot10^9\cdot\frac{10^{-4}}{4} = 225\cdot10^3\ \text{V}$ **[0,4]**; $V_2 = k\frac{q_2}{r_2} = 9\cdot10^9\cdot\frac{-10^{-4}}{5} = -180\cdot10^3\ \text{V}$ **[0,4]**;

$V = V_1 + V_2 = 45\cdot10^3\ \text{V}$ **[0,2]**

b)



[0,2] $\vec{F} = q\vec{E} = q\left(\vec{E}_1 + \vec{E}_2\right)$ **[0,2]**

$E = k\frac{|q|}{r^2}$; $E_1 = 9\cdot10^9\cdot\frac{10^{-4}}{1{,}5^2} = 400\cdot10^3\,\frac{\text{N}}{\text{C}}$ **[0,1]**; $E_2 = 9\cdot10^9\cdot\frac{|-10^{-4}|}{1{,}5^2} = 400\cdot10^3\,\frac{\text{N}}{\text{C}}$ **[0,1]**;

$E = E_1 + E_2 = 8\cdot10^5\ \text{N/C}$ **[0,2]**

$a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = \frac{1{,}60\cdot10^{-19}\cdot8\cdot10^5}{1{,}67\cdot10^{-27}} = 7{,}67\cdot10^{13}\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ **[0,1]**; $\vec{a} = a\,\hat{i}$ (o explicat) **[0,1]**

c) $U_p = QV = Q\left(k\frac{-Q}{r}\right) = -k\frac{Q^2}{r}$ **[0,3]**

$W = U_p\,(\text{final}) - U_p\,(\text{inicial}) = -k\frac{Q^2}{r_f} + k\frac{Q^2}{r_i} = 9\cdot10^9\cdot10^{-8}\cdot\left(\frac{1}{3}-\frac{1}{6}\right) = 15\,\text{J}$ **[0,7]**

Q3

$E_p\,(\text{màxima}) = \frac{1}{2}kA^2 \Rightarrow k = \frac{2E_p\,(\text{màxima})}{A^2} = \frac{2\cdot50}{0{,}5^2} = 400\,\frac{\text{N}}{\text{m}}$ **[0,4]**

$E = E_c + E_p = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$; $E = 50\,\text{J}$ es manté constant; **[0,2]**

$v = \sqrt{\frac{2E - kx^2}{m}} = \sqrt{\frac{2\cdot50 - 400\cdot0{,}2^2}{0{,}5}} = 13\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ **[0,4]**

Q4

a)

acceleració tangencial = 0 (rapidesa constant) **[0,2]**

acceleració centípetra:

$a_c = \frac{v^2}{r} = 1{,}125\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ **[0,3]**

b)

$\omega = \omega_0 + \alpha t$; $\alpha = \frac{\omega - \omega_0}{t} = \frac{v - v_0}{rt} = \frac{1-3}{8\cdot10} = -0{,}025\,\frac{\text{rad}}{\text{m}^2}$ **[0,2]**

$v = \omega r$ **[0,1]**

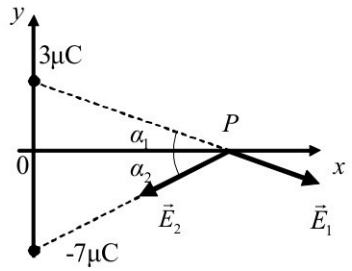
$a_t = \alpha r = -0{,}025\cdot8 = -0{,}20\,\text{m/s}^2$ **[0,2]**

74. PAU 2008 · Setembre · Sèrie 4 · Exercici 2 (Opció A)

OPCIÓ A

P2

a)



$r_1 = \sqrt{3^2+4^2} = 5\,\text{m}\ ;\ r_2 = \sqrt{4^2+5^2} = 6{,}4\,\text{m}$

$E_1 = k\dfrac{|q_1|}{r_1^2} = 9\cdot10^9\cdot\dfrac{3\cdot10^{-6}}{5^2} = 1.080\,\dfrac{\text{N}}{\text{C}}$ **[0,2]**

$E_2 = k\dfrac{|q_2|}{r_2^2} = 9\cdot10^9\cdot\dfrac{7\cdot10^{-6}}{6{,}4^2} = 1.537\,\dfrac{\text{N}}{\text{C}}$ **[0,2]**

$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

$E_x = E_{1x} + E_{2x} = E_1\cos\alpha_1 - E_2\cos\alpha_2 = 1.080\cdot\dfrac{4}{5} - 1.537\cdot\dfrac{4}{6{,}4} = -97\,\dfrac{\text{N}}{\text{C}}$ **[0,3]**

$E_y = E_{1y} + E_{2y} = -E_1\sin\alpha_1 - E_2\sin\alpha_2 = 1.080\cdot\dfrac{3}{5} - 1.537\cdot\dfrac{5}{6{,}4} = -1.849\,\dfrac{\text{N}}{\text{C}}$ **[0,3]**

b) $V = k\dfrac{q}{r}\ ;\ V_0 = 9\cdot10^9\cdot\dfrac{3\cdot10^{-6}}{3} + 9\cdot10^9\cdot\dfrac{-7\cdot10^{-6}}{5} = -3.600\,\text{V}$ **[0,4]**

$V_P = 9\cdot10^9\cdot\dfrac{3\cdot10^{-6}}{5} + 9\cdot10^9\cdot\dfrac{-7\cdot10^{-6}}{6{,}4} = -4.444\,\text{V}$ **[0,4]**; $V_0 - V_P = 844\,\text{V}$ **[0,2]**

c) treball realitzat pel camp: $W = -q\Delta V = -q\left(V_P - V_0\right)$ **[0,4]**;

$W = -q\left(V_P - V_0\right) = q\left(V_0 - V_P\right) = -5\cdot10^{-6}\cdot\left(-844\right) = 4{,}22\cdot10^{-3}\,\text{J}$ **[0,4]**

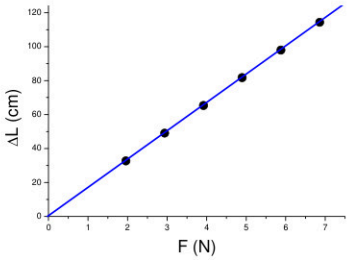
realitzat per les forces del camp **[0,2]**

Q3

a) $F = mg$

m (g)	200	300	400	500	600	700
Δ*L* (cm)	32,7	49,0	65,3	81,7	98,0	114,3
F (N)	1.96	2,94	3,92	4,91	5,89	6,87

[0,2]



equació de la recta: $\Delta L = 16{,}7\,F$ **[0,3]**

b) llei de Hooke: $F = k\Delta\ell$

$F = P = \dfrac{1}{16{,}7}\Delta L = \dfrac{1}{16{,}7}\cdot\dfrac{\Delta L}{100}$ **[0,2]**; (ΔL en m). $k = \dfrac{1}{16{,}7\cdot100} = 5{,}99\cdot10^{-4}\,\dfrac{\text{N}}{\text{m}}$ **[0,3]**

Q4

a) $v = \lambda f \ \Rightarrow\ f = \dfrac{v}{\lambda} = \dfrac{3{,}0\cdot10^8}{580\cdot10^{-9}} = 5{,}2\cdot10^{14}\,\text{Hz}$ **[0,2]**;

$n = \dfrac{c}{v} \ \Rightarrow\ v_{\text{vidre}} = \dfrac{c}{n} = \dfrac{3{,}0\cdot10^8}{1{,}55} = 1{,}9\cdot10^8\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}}$ **[0,3]**

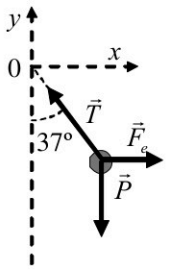
b) $f_{\text{vidre}} = f_{\text{aire}} = 5{,}2\cdot10^{14}\,\text{Hz}$ **[0,3]**; $\lambda_{\text{vidre}} = \dfrac{v_{\text{vidre}}}{f_{\text{vidre}}} = \dfrac{1{,}9\cdot10^8}{5{,}2\cdot10^{14}} = 3{,}6\cdot10^{-7}\,\text{m}$ **[0,2]**

75. PAU 2008 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 2 (Opció A)

OPCIÓ A

P2

a)



representacions: $\vec{F}_e$ **[0,4]**; $\vec{T}$ **[0,3]**; $\vec{P}$ **[0,1]**

q és negativa, ja que $\vec{F}_e = q\vec{E}$, $\vec{E} = -10^3\,\hat{i}$ i la càrrega es desvia cap a la dreta. **[0,2]**

b) equilibri de la partícula: $F_y = T\cos 37 - p = 0$ **[0,7]**; $T = \dfrac{mg}{\cos 37} = \dfrac{0,250\cdot 9,8}{\cos 37} = 3,07\ \text{N}$ **[0,3]**

c) equilibri de la partícula: $F_x = -T\sin 37 + F_e = 0$ **[0,5]**

$-T\sin 37 + qE = 0$ **[0,2]**; $q = \dfrac{T\sin 37}{E} = \dfrac{3,07\cdot\sin 37}{-10^3} = -1,85\cdot 10^{-3}\ \text{C}$ **[0,3]**

També es pot resoldre posant el mòdul de q i del camp: $-T\sin 37 + |q||E| = 0$ **[0,2]**; $|q| = 1,85\cdot 10^{-3}\ \text{C}$ **;**

$q = -1,85\cdot 10^{-3}\ \text{C}$ **[0,3]**

Q3

$\vec{F} = m\vec{a}$; $W = \int_{inicial}^{final} \vec{F}\cdot d\vec{\ell} = \int_{inicial}^{final} F\,dx = \text{àrea sota el gràfic F-x} = m\left(\text{àrea sota el gràfic a-x}\right)$ **[0,6]**

(no cal que, a la resposta, s'expliciti que s'ha de fer una integral)

$W = 10\cdot\dfrac{20\cdot 8}{2} = 800\,\text{J}$ **[0,4]**

Q4

a) $h\upsilon_{\text{incident}} = h\upsilon_{\text{llindar}} + E_c$ **[0,2]**

$E_c = h\left(\upsilon_{\text{incident}} - \upsilon_{\text{llindar}}\right) = 6,62\cdot 10^{-34}\left(1,5\cdot 10^{15} - 1,1\cdot 10^{15}\right) = 2,65\cdot 10^{-19}\ \text{J}$ **[0,3]**

b) energia de la radiació incident: $E = h\upsilon$; però $c = \lambda\upsilon$

$E = h\upsilon = h\dfrac{c}{\lambda} = 6,62\cdot 10^{-34}\,\dfrac{3\cdot 10^8}{3\cdot 10^{-7}} = 6,62\cdot 10^{-19}\ \text{J}$ **[0,1]**

Energia llindar $E = h\upsilon_{\text{llindar}} = 6,62\cdot 10^{-34}\cdot 1,1\cdot 10^{15} = 7,28\cdot 10^{-19}\ \text{J}$ **[0,1]**

No es produirà efecte fotoelèctric ja que l'energia dels fotons de la llum incident és menor que l'energia llindar (que és l'energia mínima perque es produeixi l'efecte fotoelèctric). **[0,3]**

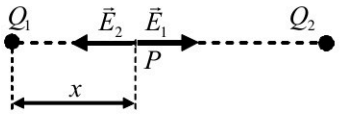
Resposta alternativa: $f = \dfrac{c}{\lambda} = \dfrac{3\cdot 10^8}{3\cdot 10^{-7}} = 1\cdot 10^{15}\ \text{Hz}$ **[0,2]**;

com que $f < f_{\text{llindar}} \Rightarrow E_{\text{incident}} < E_{\text{llindar}}$, no es produirà efecte fotoelèctric **[0,3]**

76. PAU 2008 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 2 (Opció A)

OPCIÓ A

P2



a) $\vec{E}(P)=\vec{E}_1+\vec{E}_2=0 \Rightarrow E_1=E_2$ **[0,2]**;

$E=k\frac{|q|}{r^2}$; $E_1=9\cdot10^9\frac{2\cdot10^{-6}}{x^2}$ **[0,2]**; $E_2=9\cdot10^9\frac{20\cdot10^{-6}}{(2-x)^2}$ **[0,3]**;

$E_1=E_2 \Rightarrow \frac{2}{x^2}=\frac{20}{(2-x)^2} \Rightarrow 9x^2+4x-4=0 \Rightarrow x=\begin{cases}0{,}48\,\text{m}\\-0{,}93\,\text{m}\end{cases}$ **[0,2]**

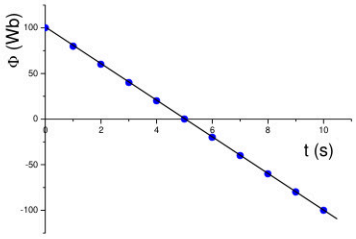
la solució negativa no té sentit en aquest cas **[0,1]**

b) $V=k\frac{q}{r}$; $V_1=9\cdot10^9\cdot\frac{2\cdot10^{-6}}{0{,}20}=90\cdot10^3\,\text{V}$ **[0,4]**; $V_2=9\cdot10^9\cdot\frac{20\cdot10^{-6}}{1{,}80}=100\cdot10^3\,\text{V}$ **[0,4]**;

$V=V_1+V_2=190\cdot10^3\,\text{V}$ **[0,2]**

c) $U_p=k\frac{Q_1Q_2}{d}$ **[0,4]**; $U_p=9\cdot10^9\cdot\frac{2\cdot10^{-6}\cdot20\cdot10^{-6}}{2}=0{,}18\,\text{J}$ **[0,6]**

Q3



[0,1]

$\Phi=100-20t$ **[0,4]**; $\varepsilon=-\frac{d\Phi}{dt}$ **[0,2]**; $\varepsilon=20\,\text{V}$ **[0,3]**

Q4

$F_{\text{centripeta}}=F_{\text{fregament}}$; $m\omega^2r=\mu mg$ **[0,5]**

$\omega=\frac{120}{\pi}\text{rpm}=\frac{120}{\pi}\frac{\text{rev}}{\text{min}}\cdot\frac{1\,\text{min}}{60\,\text{s}}\cdot\frac{2\pi\,\text{rad}}{1\,\text{rev}}=4\frac{\text{rad}}{\text{s}}$ **[0,3]**

$r=\frac{\mu g}{\omega^2}=\frac{0{,}5\cdot9{,}8}{4^2}=0{,}31\,\text{m}$ **[0,2]**

77. PAU 2007 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 2 (Opció B)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

78. PAU 2006 · Setembre · Sèrie 4 · Exercici 2 (Opció B)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

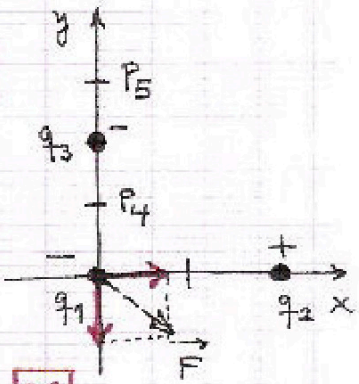
79. PAU 2006 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 2 (Opció A)

OPCIÓ A

P2. a) $\vec{F} = k|q_1|\left\{\frac{|q_2|}{r_{12}^2}(1,0) + \frac{|q_3|}{r_{13}^2}(0,-1)\right\}$ 0,6

$\vec{F} = 9{,}0\cdot10^9 \cdot 1\cdot10^{-6}\left\{\frac{3\cdot10^{-6}}{10^2}(1,0) + \frac{2\cdot10^{-6}}{10^2}(0,-1)\right\}$

$= \boxed{9{,}0\cdot10^{-5}\ (3,-2)\ N}$ 0,4



b) $V_4 = 9{,}0\cdot10^9\left\{\frac{-1\cdot10^{-6}}{5} + \frac{3\cdot10^{-6}}{\sqrt{5^2+10^2}} + \frac{-2\cdot10^{-6}}{5}\right\}$ 0,6

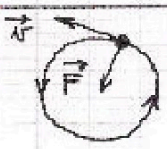
$V_4 = \boxed{-3{,}0\cdot10^3\ V}$ 0,4

c) $V_5 = 9{,}0\cdot10^9\left\{\frac{-1\cdot10^{-6}}{15} + \frac{3\cdot10^{-6}}{\sqrt{15^2+10^2}} + \frac{-2\cdot10^{-6}}{5}\right\} = -2{,}7\cdot10^3 V$ 0,2

$\Delta\mathcal{U} = q_e(V_5 - V_4)$ 0,6 $\rightarrow$ $\Delta\mathcal{U} = \boxed{-4{,}8\cdot10^{-17}\ J}$ 0,2

SÈRIE 1 (CONT.) CURS 2005-06

Q3. $\lambda = c/\nu$ 0,3; $E = h\nu$ 0,3 $\Rightarrow \lambda = \frac{ch}{E}$ 0,2 $\rightarrow \lambda = \boxed{4{,}1\cdot10^{-10}\ m}$ 0,2

Q4. 

$\vec{F} = q\vec{v}\times\vec{B}$ 0,4; $q<0$ 0,2 $\rightarrow \vec{B}\ \odot$ Perpendicular al paper i cap enfora

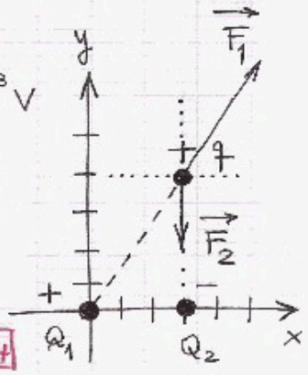
0,4

80. PAU 2006 · Juny · Sèria 3 · Exercici 2 (Opció B)

Opció B

P2. a) $V = 9{,}0 \cdot 10^9 \left(\frac{10 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{3^2+4^2}} + \frac{-10 \cdot 10^{-6}}{4} \right) = -4{,}5 \cdot 10^3 \text{ V}$ **0,5**

$u = q \cdot V$ **0,3** $\rightarrow$ $u = \boxed{-4{,}5 \cdot 10^{-3} \text{ J}}$ **0,2**



b) $\vec{F}_1 = 9{,}0 \cdot 10^9 \frac{10 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-6}}{3^2+4^2} \left(\frac{3}{\sqrt{3^2+4^2}}, \frac{4}{\sqrt{3^2+4^2}} \right)$ **0,4**

$\vec{F}_2 = 9{,}0 \cdot 10^9 \frac{10 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-6}}{4^2} (0, -1)$ **0,4**

$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \boxed{(2{,}16, -2{,}74) \cdot 10^{-3} \text{ N}}$ **0,2**

c) Ambdós resultats quedarien dividits per 81. **0,5** + **0,5**

Q3. 1.b, 2.a

Q4. 1.b, 2.a

Correcta: **0,5**
En blanc: **0**
Incorrecta: **−0,25**

El total de Q3 + Q4 entre 0 i 2 punts (no puntuen valors negatius)

81. PAU 2005 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 2 (Opció B)

Opció B

P2. a) $\Delta V = E \cdot d$ [0,5] $\rightarrow \Delta V = 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 200\ V$ [0,2]

⊖ | $\vec{E}$ | ⊕ El camp elèctric va de la placa ⊕ a la ⊖ [0,3]

b) ⊖ | A • B | ⊕ $V_A - V_B = 0\ V$ [0,5]

perquè els dos punts estan sobre una mateixa superfície equipotencial [0,5]

c) Per energies:

$q_e V_- = q_e V_+ + E_c$ [0,6] $\rightarrow E_c = q_e \cdot (-\Delta V) = 3{,}2 \cdot 10^{-17}\ J$ [0,4]

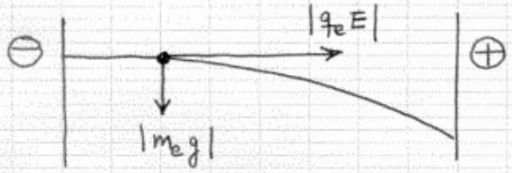
Per les equacs. de la dinàmica:

$|q_e E| = m_e a$ [0,3] $\rightarrow a = \frac{|q_e E|}{m_e} = 1{,}76 \cdot 10^{-16}\ m/s^2$

$E_c = \frac{1}{2} m_e v^2 = \frac{1}{2} m_e (2 \cdot a \cdot d)$ [0,3] $\rightarrow E_c = 3{,}2 \cdot 10^{-17}\ J$ [0,4]

SÈRIE 3 (CONT.)

Comentari: es pot comprovar que $|q_e E| \gg |m_e g|$, i per tant l'acceleració deguda al camp gravitatori és negligible.



Q3.	1.b, 2.b, 3.c, 4.b, 5.a	Correcta: 0,2 En blanc: 0 Incorrecta: −0,1	El total de Q3 + Q4 entre 0 i 2 punts (no puntuacions negatives)
Q4.	1.c, 2.b, 3.a, 4.c, 5.a		

82. PAU 2005 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 2 (Opció B)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

83. PAU 2004 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 2 (Opció B)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

84. PAU 2004 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 2 (Opció A)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

85. PAU 2003 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 2 (Opció B)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

86. PAU 2003 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 2 (Opció B)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

87. PAU 2002 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 2 (Opció B)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

88. PAU 2002 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 2 (Opció A)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

89. PAU 2002 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 1

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

90. PAU 2000 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 2 (Opció B)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

91. PAU 2000 · Setembre · Sèrie 6 · Exercici 2 (Opció A)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

92. PAU 2000 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 2 (Opció B)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.