

Proves d'accés a la universitat

Física

Sèrie 5

L'examen consta d'una part comuna (problemes P1 i P2), que heu de fer obligatòriament, i d'una part optativa, de la qual heu d'escollir UNA de les dues opcions (A o B) i fer els problemes P3, P4 i P5 corresponents.

Cada problema val 2 punts.

PART COMUNA

P1) A finals de l'any 1933, a la Universitat de Stanford (EUA), Fritz Zwicky i Walter Baade van proposar per primera vegada l'existència de les estrelles de neutrons. Aquestes estrelles, formades només per neutrons, es poden originar després de l'explosió d'una supernova. Els neutrons que les formen són el resultat de la fusió de protons i electrons, provocada per la compressió que exerceix el camp gravitatori d'aquestes estrelles. Per a una estrella de neutrons determinada que té una massa de $2,9 \times 10^{30}$ kg i un radi de 10 km, calculeu:



- El mòdul de la intensitat de camp gravitatori que l'estrella de neutrons crea a la seva pròpia superfície.
- La velocitat mínima que hem de donar a un coet en el moment del llançament des de la superfície de l'estrella perquè es pugui escapar de l'atracció d'aquesta (ignoreu els possibles efectes relativistes). Demostreu l'expressió utilitzada per a fer el càlcul i feu esment del principi de conservació en què us baseu.

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

P2) Un remer assegut a la seva barca, de comportament estacionari respecte a l'aigua, observa que les crestes de les ones passen per la proa cada 4,00 s, que l'amplitud de les crestes és de 0,30 m i que la distància entre dues crestes és de 9,00 m.

- Calculeu la velocitat de propagació de les ones. Determineu l'equació de l'ona suposant que la fase inicial és zero.
- En un instant donat, calculeu la diferència de fase entre dos punts que disten 4,00 m l'un de l'altre.

OPCIÓ A

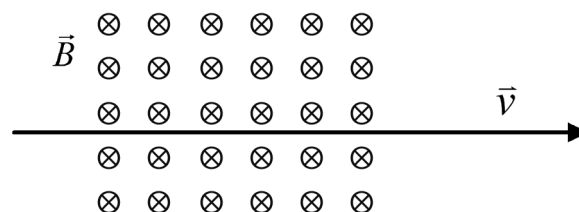
P3) Per a fer observacions, els microscopis òptics fan servir fotons i els microscopis electrònics utilitzen electrons. El poder de resolució d'un microscopi és la capacitat que té per a diferenciar com a punts separats dos punts molt propers i està determinat (en part) per la longitud d'ona de la radiació emprada, de tal manera que com més petita és la longitud d'ona de la radiació, més gran és la resolució del microscopi.

- Calculeu l'energia dels fotons utilitzats en un microscopi òptic de llum visible de 400 nm de longitud d'ona. Quina és la quantitat de moviment d'aquests fotons?
- Fem servir un microscopi electrònic en què els electrons que ens permeten fer l'observació són accelerats per una diferència de potencial, de manera que assoleixen una quantitat de moviment de $3,31 \times 10^{-25} \text{ kg m s}^{-1}$. Calculeu la relació que hi ha entre el poder de resolució d'aquest microscopi electrònic i el del microscopi òptic de l'apartat anterior. Quin dels dos microscopis té més poder de resolució?

DADES: Velocitat de la llum, $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.
Constant de Planck, $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$.

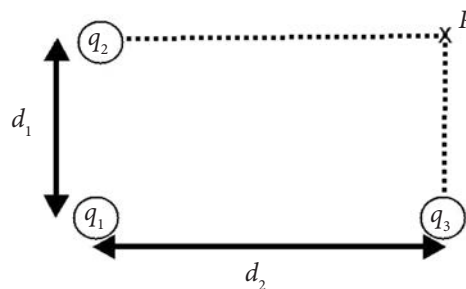


P4) En un selector de velocitats, un camp elèctric i un camp magnètic formen un angle de 90° entre si. El selector deixa passar ions de He^+ amb una velocitat de $3,20 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$, que no es desvien de la trajectòria rectilínia inicial. El camp elèctric té un mòdul de $2,00 \times 10^5 \text{ N C}^{-1}$. La disposició del camp magnètic i la velocitat són els que es veuen en la figura.



- Indiqueu, d'una manera justificada, la direcció i el sentit del camp elèctric i de la força magnètica que actua sobre un ió He^+ amb una càrrega d' $1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$. Calculeu també el mòdul del camp magnètic en aquest dispositiu.
- Calculeu el radi de l'òrbita que descriu un ió He^+ si només hi actua el camp magnètic. La massa d'aquests ions és de $6,68 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

P5) Tres càrregues elèctriques $q_1 = 1,00 \mu\text{C}$, $q_2 = 3,00 \mu\text{C}$ i $q_3 = 12,00 \mu\text{C}$ estan fixades en tres dels vèrtexs del rectangle, tal com es veu en la figura. La distància d_1 és de 2,00 m i la distància d_2 és de 4,00 m.



- Representeu en un esquema les forces elèctriques que actuen sobre la càrrega q_1 per efecte de les altres dues càrregues. Representeu-hi també la força total i calculeu-ne el mòdul.
- Calculeu el potencial elèctric en el punt P i l'energia potencial de la distribució de les tres càrregues.

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

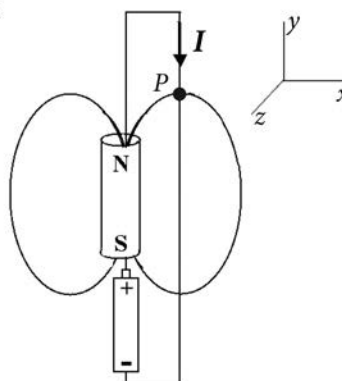
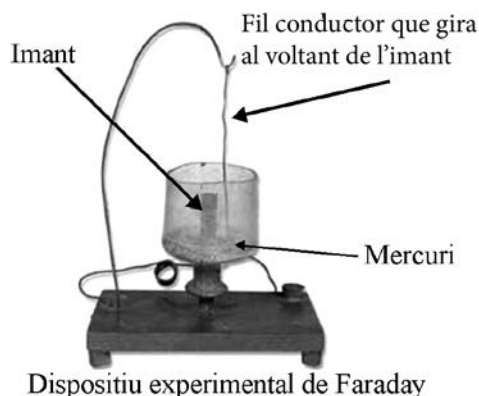
OPCIÓ B

P3) La desintegració del tori, ^{232}Th , fins a arribar al plom, ^{208}Pb , passa per diferents isòtops i elements: ^{228}Ra , ^{228}Ac , ^{228}Th , ^{224}Ra , ^{220}Rn , ^{216}Po , ^{212}Pb , ^{212}Bi , ^{212}Po i ^{208}Pb .

- Completeu les reaccions que permeten arribar al ^{208}Pb a partir del ^{232}Th .
- Tenint en compte que el període de semidesintegració del ^{232}Th és d' $1,4 \times 10^{10}$ anys, quin tant per cent de ^{232}Th roman sense desintegrar-se al cap de $2,0 \times 10^{10}$ anys?

P4) De les dues imatges de sota, la figura de l'esquerra mostra un dels dispositius experimentals que Faraday va construir l'any 1821 i que es considera el primer motor elèctric. L'esquema de la dreta representa un circuit equiparable format per una pila, un imant i un conductor que gira al voltant de l'imat. També hi ha representada una línia de camp que té un vector de camp magnètic $\vec{B}$ perpendicular al fil en el punt P.

- Representeu el vector de camp magnètic en el punt P. Indiqueu i justifiqueu el sentit de gir del fil.
- Calculeu el mòdul de la força magnètica que actua sobre 1 cm del conductor centrat en el punt P, suposant que en aquest segment el camp és constant, amb el mòdul igual a 0,1 T i la intensitat de corrent igual a 10 A.



- P5)** En el model clàssic de l'àtom d'hidrogen, l'electró gira al voltant del protó en una òrbita circular de radi $r = 53 \text{ pm}$.
- a)** Calculeu el mòdul de la força elèctrica que actua sobre l'electró. Representeu aquesta força en dos punts de l'òrbita amb una separació angular de 90° . Calculeu el mòdul del camp elèctric que crea el protó en un punt de la trajectòria de l'electró.
- b)** Calculeu l'energia mecànica d'aquest sistema, que consta d'un protó i un electró girant al seu voltant. Expressau el resultat en eV.

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

Càrrega de l'electró, $q_{\text{electró}} = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

Càrrega del protó, $q_{\text{protó}} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

Massa de l'electró, $m_{\text{electró}} = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$.

$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$.



Institut
d'Estudis
Catalans

SÈRIE 5

Criteris generals d'avaluació i qualificació

1. Les respostes s'han d'ajustar a l'enunciat de la pregunta. Es valorarà sobretot que l'alumnat mostri que té clars els conceptes de caràcter físic sobre els quals tracta cada pregunta.
2. Es tindrà en compte la claredat en l'exposició dels conceptes, dels processos, dels passos a seguir, de les hipòtesis, l'ordre lògic, l'ús correcte dels termes científics i la contextualització segons l'enunciat.
3. En les respostes cal que l'alumnat mostri una adequada capacitat de comprensió de les qüestions plantejades i organitzi de forma lògica la resposta, tot analitzant i utilitzant les variables en joc. També es valorarà el grau de pertinença de la resposta, el que l'alumnat diu i les mancances manifestes sobre el tema en qüestió.
4. Totes les respostes s'han de raonar i justificar. Un resultat erroni amb un raonament correcte es valorarà. Una resposta correcta sense raonament ni justificació pot ser valorada amb un 0, si el corrector no és capaç de veure d'on ha sortit el resultat.
5. Tingueu en compte que un error no s'ha de penalitzar dues vegades en el mateix problema. Si un apartat necessita un resultat anterior, i aquest és erroni, cal valorar la resposta independentment del seu valor numèric, i tenir en compte el procediment de resolució.
6. Si l'alumne ha resolt un problema per un altre procediment vàlid diferent del descrit en aquestes pautes, la resolució es considera vàlida.
7. Els errors d'unitats o el fet de no posar-les restaran el 20 % de la puntuació d'aquest apartat. Exemple: Si un apartat val 1 punt i s'ha equivocat en les unitats li haurem de puntuar 0,8 punts.
8. Cal resoldre els exercicis fins al resultat final i no es poden deixar indicades les operacions. Tanmateix, els errors en el càlcul restaran el 20% de la puntuació d'aquest apartat. Exemple: Si un apartat val 1 punt i s'ha equivocat en les càlculs li haurem de puntuar 0,8 punts.
9. Cal fer la substitució numèrica a les expressions que s'usen per resoldre les preguntes.

PART COMUNA

P1)

a)

0.2 p $F = G \frac{Mm}{R^2}$

0.4 p $g = \frac{F}{m} = G \frac{M}{R^2}$

0.4 p $g = 1,93 \times 10^{12} \text{ Nkg}^{-1} \text{ (ó ms}^{-2}\text{)}$

b)

0.2 p La deducció es basa en el principi de conservació de l'energia mecànica.

0.4 p L'energia mecànica a l'infinit és zero.

$$\left. \begin{array}{l} E = U + K \\ E(\text{sup. estrella}) = E(\infty) = 0 \end{array} \right\} \text{velocitat mínima d'escapament} \rightarrow E = 0 = \frac{1}{2}mv^2 - G \frac{Mm}{R}$$

0.2 p $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$

0.2 p $v = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,67 \times 10^{-11} \cdot 2,9 \times 10^{30}}{10 \times 10^3}} = 1,97 \times 10^8 \text{ m/s}$

P2)

a)

0.2 p $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{9}{4} = 2,25m$

0.4 p
$$\begin{cases} y(x,t)A \sin(\omega t - kx + \phi_0) \\ \phi_0 = 0 \\ \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2} \text{ rad / s} \\ k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{9} m^{-1} \end{cases}$$

0.4 p $y(x,t) = 0,3m \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2}t - \frac{2\pi}{9}x\right)$

b)

0.5 p $\Delta\phi = \left(\frac{\pi}{2}t - \frac{2\pi}{9}x_2\right) - \left(\frac{\pi}{2}t - \frac{2\pi}{9}x_1\right) =$

0.5 p $= \frac{2\pi}{9}(x_1 - x_2) = \frac{2\pi}{9}4 = \frac{8\pi}{9} \text{ rad}$

OPCIÓ A

P3)

a)

0.2 p $c = \lambda f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,00 \times 10^8}{400 \times 10^{-9}} = 7,50 \times 10^{14} \text{ Hz}$

0.2 p $E_{\text{fotó}} = hf = 6,63 \times 10^{-34} \cdot 7,50 \times 10^{14} = 4,97 \times 10^{-19} \text{ J}$ **0.2 p**

0.2 p $p = \frac{E_{\text{fotó}}}{c} = \frac{4,97 \cdot 10^{-19}}{3,00 \cdot 10^8} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg ms}^{-1}$ **0.2 p**

b)

0.3 p $h \frac{c}{\lambda} = pc \Rightarrow \lambda = \frac{h}{p} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{3,31 \cdot 10^{-25}} = 2,00 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 2 \text{ nm}$ **0.3 p**

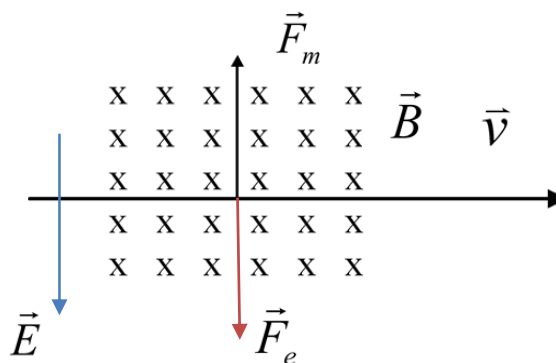
0.4 p Relació = $\frac{2}{400} \approx 5 \times 10^{-3}$ és a dir, la resolució del microscopi electrònic es 200 vegades més gran que la resolució del microscopi òptic.

P4)

a)

0.3 p

Si l'ió no es desvia de la trajectòria rectilínia, s'ha de complir que la resultant de forces sigui zero sobre l'ió He, la **força elèctrica** ha de tenir el mateix mòdul que la força magnètica i sentit oposat.



0.1 p

I atès que l'ió és positiu, el **camp elèctric** tindrà el mateix sentit que la força elèctrica.

0.2 p

$$\vec{E} = -2,00 \cdot 10^5 \vec{j} \text{ N/C}$$

0.2 p

$$F_m = F_e$$

$$qvB = qE$$

0.2 p

$$B = \frac{E}{v} = \frac{2,00 \times 10^5}{3,2 \times 10^5} = 0,625 \text{ T}$$

b)

0.4 p

$$F_m = ma_c$$

0.2 p

$$qvB = m \frac{v^2}{R} \rightarrow R = \frac{mv^2}{qvB} = \frac{mv}{qB}$$

0.4 p

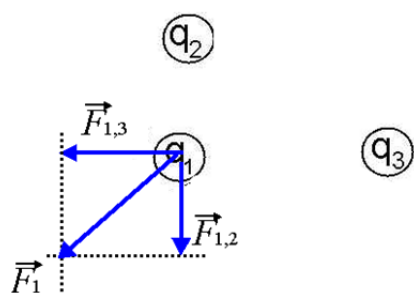
$$R = \frac{6,68 \times 10^{-27} \cdot 3,2 \times 10^5}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,625} = 0,0214 \text{ m}$$

P5)

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

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

0.2 p $|\vec{F}_1| = \sqrt{(6,74 \times 10^{-3})^2 + (6,74 \times 10^{-3})^2} = 9,54 \times 10^{-3} \text{ N}$

0.4 p

b)

0.2 p $V_p = V_{p1} + V_{p2} + V_{p3} = k \frac{q_1}{\sqrt{(d_1^2 + d_2^2)}} + k \frac{q_2}{d_2} + k \frac{q_3}{d_1}$

0.3 p

$$V = 8,99 \cdot 10^9 \left(\frac{1,00 \times 10^{-6}}{\sqrt{(2,00^2 + 4,00^2)}} + \frac{3,00 \times 10^{-6}}{4,00} + \frac{12,00 \times 10^{-6}}{2,00} \right) = 6,27 \times 10^4 \text{ V}$$

0.2 p

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

0.3 p

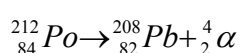
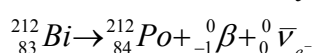
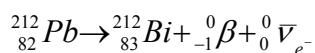
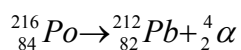
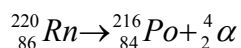
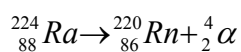
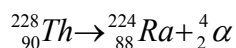
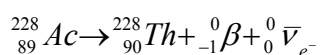
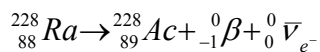
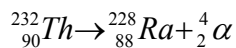
$$U = 8,99 \times 10^9 \left(\frac{3,00 \times 10^{-6} \cdot 12,00 \times 10^{-6}}{\sqrt{(2,00^2 + 4,00^2)}} + \frac{1,00 \cdot 10^{-6} \cdot 3,00 \times 10^{-6}}{2,00} + \frac{1,00 \times 10^{-6} \cdot 12,00 \times 10^{-6}}{4,00} \right) = 0,113 \text{ J}$$

OPCIÓ B

P3)

a)

1 p



Es consideren mal plantejades aquelles reaccions en les quals falta algun dels termes i per tant **es restaran 0.1 p** en cadascuna de les reaccions mal plantejades.

b)

$$T_{1/2} = 1,4 \times 10^{10} \text{ anys}$$

0.2 p

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

0.4 p

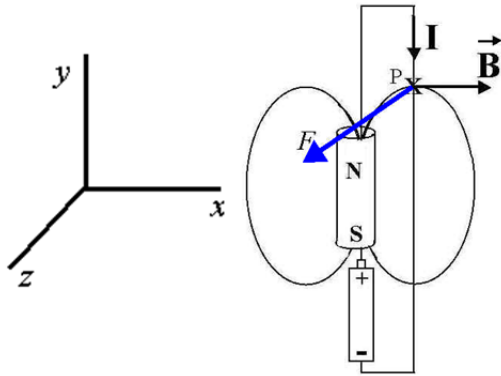
$$0,5 N_0 = N_0 e^{-\lambda 1,4 \times 10^{10}} \Rightarrow \lambda = -\frac{\ln 0,5}{1,4 \times 10^{10}} = 4,95 \times 10^{-11} \text{ anys}^{-1}$$

0.4 p

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{N(t)}{N_0} = e^{-\lambda t} = e^{-4,95 \times 10^{-11} \cdot 2 \times 10^{10}} = 0,37 = 37\%$$

P4)

a)



El vector camp magnètic és tangent a la línia de camp (direcció x). **0.5 p**

El sentit de la força que actua sobre el fil determina el sentit de gir. **(0.2 p)**

El sentit de la força magnètica és perpendicular al pla format pel camp magnètic i la intensitat (cal avaluar el producte vectorial entre la intensitat i el camp magnètic). Segons el sistema de referència adjunt, la força "surts del pla del paper" (direcció z). **0.3 p**

b)

$$\mathbf{0.5 p} \quad \vec{F} = I(\vec{l} \wedge \vec{B}) \Rightarrow F = IlB \sin 90^\circ = 10 \cdot 0,01 \cdot 0,1 = 0,01N \quad \mathbf{0.5 p}$$

P5)

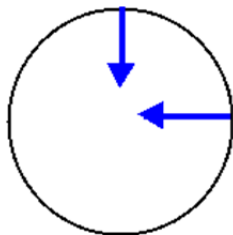
a)

0.1 p

$$F_e = k \frac{q_p q_e}{r^2} = 8,99 \times 10^9 \frac{(1,6 \times 10^{-19})^2}{(53 \times 10^{-12})^2} = 8,19 \times 10^{-8} \text{ N}$$

0.2 p

0.4 p



0.1 p

$$E = \frac{F}{q_e} = \frac{8,19 \times 10^{-8}}{1,6 \times 10^{-19}} = 5,12 \times 10^{11} \text{ N/C}$$

0.2 p

b)

0.1 p

$$E = K + U$$

0.2 p

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

0.2 p

$$K = \frac{1}{2} 53 \times 10^{-12} \cdot 8,19 \times 10^{-8} = 2,17 \times 10^{-18} \text{ J}$$

0.1 p

$$U = k \frac{q_p q_e}{r} = 8,99 \times 10^9 \frac{1,6 \times 10^{-19} (-1,6 \times 10^{-19})}{53 \times 10^{-12}} = -4,34 \times 10^{-18} \text{ J}$$

0.2 p

0.2 p

$$E = 2,17 \times 10^{-18} - 4,34 \times 10^{-18} = -2,17 \times 10^{-18} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ eV}}{1,6 \times 10^{-19}} = -13,6 \text{ eV}$$