

Proves d'accés a la universitat

Física

Sèrie 1

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) Segons el model atòmic de Bohr, en l'àtom d'hidrogen en estat fonamental l'electró està separat del protó per una distància mitjana $r = 5,30 \times 10^{-11} \text{ m}$.

a) Quin és el mòdul de la força elèctrica del protó sobre l'electró? Quina acceleració li provoca?

[1 punt]

b) Calculeu el potencial elèctric (en V) a la distància r del protó i l'energia potencial (en eV) de la distribució de càrregues.

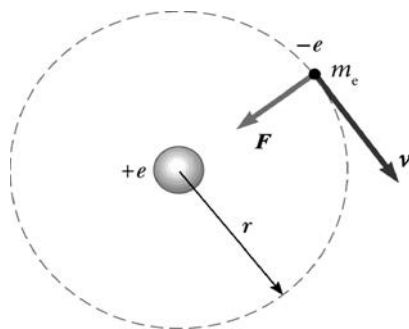
[1 punt]

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

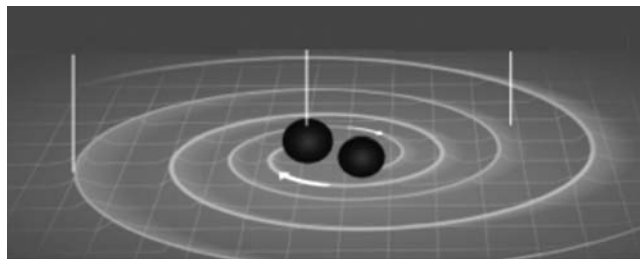
Càrrega elemental, $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.

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

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



P2) Una vegada més, Einstein tenia raó. Cent anys després d'haver predit l'existència d'ones gravitatòries en la seva teoria general de la relativitat, han estat detectades, i aquesta detecció ha comportat la concessió del Premi Nobel de Física de l'any 2017. Les ones gravitatòries detectades van ser originades per la col·lisió de dos forats negres.



Igual que les ones gravitatòries, els forats negres també van ser descrits per la teoria general de la relativitat. Les idees bàsiques relatives als forats negres es poden entendre amb les lleis de Newton.

a) L'any 1783, noranta-sis anys abans del naixement d'Einstein, l'astrònom John Michell (1724-1793) va publicar que un cos esfèric que tingués la mateixa densitat que el Sol i 500 vegades el radi d'aquest tindria una velocitat d'escapament, des de la seva superfície, superior a la velocitat de la llum. Calculeu la massa del cos i aquesta velocitat d'escapament.

[1 punt]

b) Calculeu el mòdul de la intensitat del camp gravitatori que el cos de l'apartat anterior crea a la seva pròpia superfície. Quina força (mòdul, direcció i sentit) fa el cos sobre 1 μg situat a la seva superfície?

[1 punt]

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

Massa del Sol, $M_s = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$.

Radi del Sol, $R_s = 6,96 \times 10^8 \text{ m}$.

OPCIÓ A

P3) Un protó en repòs és accelerat en el sentit positiu de l'eix x fins a assolir una velocitat d' $1,00 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$. Aleshores, penetra en un espectròmetre de masses on hi ha un camp magnètic $\vec{B} = 1,00 \times 10^{-2} \text{ T } \vec{k}$.

a) Calculeu la força (mòdul, direcció i sentit) que actua sobre el protó.

[1 punt]

b) Calculeu el camp magnètic (mòdul, direcció i sentit) tal que, si entra un electró amb la mateixa velocitat en l'espectròmetre, segueixi la mateixa trajectòria que el protó.

[1 punt]

DADES: Càrrega elemental, $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.

Massa del protó, $m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

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

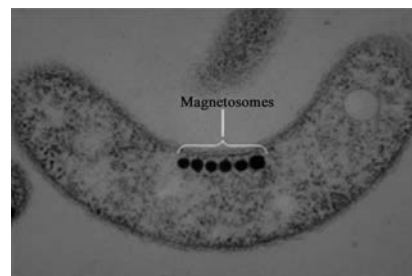
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}.$$

- P4)** Les ones del mar fan navegar un vaixell a la deriva, de manera que es mou 2,00 m en vertical des del punt més alt al punt més baix cada 6,28 s.
- a)** Escriviu l'equació del moviment del vaixell suposant que a l'instant inicial es troba en el punt més alt. Indiqueu les unitats de totes les magnituds.
[1 punt]
- b)** Determineu la velocitat i l'acceleració inicials del vaixell.
[1 punt]
- P5)** El poloni, ^{210}Po , és un emissor natural de partícules α .
- a)** Escriviu la reacció de desintegració del ^{210}Po sabent que quan es desintegra genera un isòtop del plom (Pb).
[1 punt]
- b)** Sabent que el període de semidesintegració del ^{210}Po és de 138 dies, quina quantitat de ^{210}Po queda en una mostra de 10,0 g després de 69 dies des de l'inici de l'activitat?
[1 punt]

DADES: Nombre atòmic del poloni, $Z(\text{Po}) = 84$.

OPCIÓ B

- P3) a)** El bacteri *Aquaspirillum magnetotacticum* conté partícules molt petites, els magnetosomes, que són sensibles als camps magnètics. Fan servir el camp magnètic terrestre per a orientar-se en els oceans i nedar cap al pol Nord geogràfic. S'ha quantificat que una intensitat de camp magnètic inferior al 5 % del camp magnètic terrestre no té efectes sobre aquests bacteris. El camp magnètic terrestre és de $5,00 \times 10^{-5} \text{ T}$. Si circula un corrent elèctric de 100 A per una línia submarina, a partir de quina distància d'aquesta línia el camp magnètic deixarà de tenir efecte sobre els bacteris? Considereu la línia submarina com un fil infinit i ignoreu els efectes de l'aigua del mar.



Aquaspirillum magnetotacticum

- b)** En la figura es mostren dos fils conductors rectilinis i infinitament llargs, que es troben situats als punts 1 i 2. Estan separats per 10,0 m, són perpendiculars al pla del paper i per tots dos hi circula una mateixa intensitat de corrent de 100 A en el sentit que va cap endins del paper. Representeu en un esquema el camp magnètic a la posició 1 generat pel conductor que passa per 2. Representeu també la força sobre el conductor que passa per 1 causada pel conductor que passa per 2, i calculeu el mòdul de la força que suporten 2,00 m del conductor que passa per 1.



[1 punt]

NOTA: El mòdul del camp magnètic a una distància r d'un fil infinit pel qual circula

una intensitat I és $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$, en què $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}$.

- P4)** Un gos borda amb una potència de 2,00 mW.
- a)** Si aquest so es distribueix uniformement per l'espai, quin és el nivell d'intensitat sonora (en dB) a una distància de 5,00 m?
[1 punt]
- b)** Si en comptes d'un gos, fossin dos gossos bordant alhora, quin seria el nivell d'intensitat sonora?
[1 punt]

DADA: Intensitat del llindar d'audició (0 dB), $I_0 = 1,00 \times 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$.

- P5)** Sobre un metall alcalí incideix llum de longitud d'ona $\lambda = 3,00 \times 10^2 \text{ nm}$. Si els fotoelectrons emesos tenen una energia cinètica màxima de 2,00 eV, calculeu:
- a)** L'energia (en eV) d'un fotó de la llum incident.
[1 punt]
- b)** El treball d'extracció (en eV) corresponent a aquest metall.
[1 punt]

DADES: $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$.
Constant de Planck, $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$.
Velocitat de la llum, $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.



Institut
d'Estudis
Catalans

SÈRIE 1

Criteris generals d'avaluació i qualificació

1. Les respostes s'han d'ajustar a l'enunciat de la pregunta. Es valorarà sobretot que l'alumnat 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 l'apartat (a) val 1 punt i s'ha equivocat en les unitats l'haurem de puntuar amb 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 l'apartat (a) val 1 punt i s'ha equivocat en les càlculs l'haurem de puntuar amb 0,8 punts.
9. Cal fer la substitució numèrica en les expressions que s'utilitzen per resoldre les preguntes.
- 10 Un resultat amb un nombre molt elevat de xifres significatives (6 xifres significatives) es penalitzarà amb 0,1p.

PART COMUNA

P1)

a)

$$0.3 \text{ p} \quad F = k \frac{|q_p q_e|}{r^2}$$

$$0.2 \text{ p} \quad F = \frac{8,99 \times 10^9 (1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2}{(5,30 \cdot 10^{-11})^2} = 8,19 \times 10^{-8} \text{ N}$$

$$0.3 \text{ p} \quad a = \frac{F}{m_e} = 9,00 \times 10^{22} \text{ ms}^{-2} \quad 0.2 \text{ p}$$

b)

$$0.3 \text{ p} \quad V = k \frac{q_p}{r}$$

$$0.2 \text{ p} \quad V = \frac{8,99 \times 10^9 \times 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}}{5,30 \cdot 10^{-11}} = 27,1 \text{ V}$$

$$0.3 \text{ p} \quad U = q_e V$$

$$0.2 \text{ p} \quad U = (-1,60 \times 10^{-19}) \times 27,1 = -4,34 \times 10^{-18} \text{ J} \times \frac{1 \text{ eV}}{1,60 \times 10^{-19} \text{ J}} = -27,1 \text{ eV}$$

P2)

a)

$$0.2 \text{ p} \quad \left. \begin{array}{l} \rho_{\text{cos}} = \rho_{\text{Sol}} \\ R_{\text{cos}} = 500 R_{\text{Sol}} \end{array} \right\} \frac{M_{\text{cos}}}{\frac{4}{3} \pi R_{\text{cos}}^3} = \frac{M_{\text{Sol}}}{\frac{4}{3} \pi R_{\text{Sol}}^3} \Rightarrow M_{\text{cos}} = \frac{M_{\text{Sol}} 500^3 R_{\text{Sol}}^3}{R_{\text{Sol}}^3}$$

$$0.3 \text{ p} \quad M_{\text{cos}} = 500^3 M_{\text{Sol}} = 500^3 \times 1,99 \times 10^{30} = 2,49 \times 10^{38} \text{ kg}$$

0.1 p La condició d'escapament exigeix que $E_m = 0$

$$0.2 \text{ p} \quad E_m = E_c + E_p = 0 \Rightarrow \frac{1}{2} m v_{\text{esc}}^2 - G \frac{m M_{\text{cos}}}{R_{\text{cos}}} = 0$$

$$0.2 \text{ p} \quad \frac{1}{2} m v_{\text{esc}}^2 = G \frac{m M_{\text{cos}}}{R_{\text{cos}}} \Rightarrow v_{\text{esc}} = \sqrt{\frac{2 G M_{\text{cos}}}{R_{\text{cos}}}} = \sqrt{\frac{2 \times 6,67 \times 10^{-11} \cdot 2,49 \times 10^{38}}{3,48 \times 10^{11}}} = 3,09 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

b)

$$0.2 \text{ p} \quad g = G \frac{M_{\text{cos}}}{R_{\text{cos}}^2}; \quad g = 1,37 \times 10^5 \text{ m s}^{-2} \quad 0.3 \text{ p}$$

$$0.2 \text{ p} \quad F = m g$$

$$0.3 \text{ p} \quad F = 1,00 \times 10^{-9} \cdot 1,37 \times 10^5 = 1,37 \times 10^{-4} \text{ N}$$

Direcció radial i cap al centre de l'astre.

OPCIÓ A

P3)

a)

0.2 p $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$

0.8 p $\vec{F} = 1,60 \cdot 10^{-19} (1,00 \cdot 10^5 \vec{i} \times 1,00 \cdot 10^{-2} \vec{k}) = -1,60 \cdot 10^{-16} \vec{j} \text{ N}$

b)

El radi de la trajectòria del protó ve donat per:

0.4 p
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Volem que : } r_p = r_e; qvB = m \frac{v^2}{r} \\ v_p = v_e \\ \frac{m_p v_p}{q_p B_p} = \frac{m_e v_e}{q_e B_e} \end{array} \right.$$

0.4 p $B_e = \frac{m_e}{m_p} B_p = \frac{9,11 \times 10^{-31}}{1,67 \times 10^{-27}} \times 10^{-2} = 5,45 \times 10^{-6} \text{ T}$

0.2 p El camp tindrà aquest mòdul i la mateixa direcció que el primer camp però sentit contrari ja que la càrrega de l'electró té signe contrari a la del protó.

$$\vec{B} = -5,45 \times 10^{-6} \vec{k} \text{ T}$$

P4)

a)

0.1 p L'equació del moviment serà de la forma: $y(t) = A \cos(\omega t + \phi)$ **0.2 p** Segons l'enunciat, el desplaçament total del vaixell és de 2 m i, per tant, l'amplitud del moviment és $A=1$ m i $\frac{T}{2} = 6,28 \text{ s} \Rightarrow T = 12,56 \text{ s}$ (*)**0.2 p** La freqüència angular (pulsació) és:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{12,56} = 0,50 \text{ rad s}^{-1}$$

0.2 p Segons l'enunciat, $y(t=0) = A = 1$ m**0.3 p** Així, l'equació del moviment del vaixell és: $y(t) = 1 \cdot \cos(0,50t)$ (m) o

$$y(t) = 1 \cdot \sin\left(0,50t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ (m)}$$

b) **1 p**

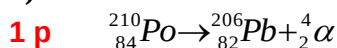
$$\text{Si } y = A \text{ en } t = 0 \begin{cases} v = 0 \text{ m s}^{-1} \\ a = -A\omega^2 = -0,25 \text{ m s}^{-2} \end{cases}$$

o fer les derivades de la posició.

(*) l'enunciat podria prestar-se a una doble lectura i per tant es donarà com a vàlid interpretar que el període és 6.28 s.

P5)

a)



b)

0,2 p $m(t) = m_0 e^{-\lambda t}$

0,2 p $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = 5,02 \times 10^{-3} \text{ dies}^{-1}$

0,6 p $m(69 \text{ dies}) = 10,0 \times e^{-5,02 \times 10^{-3} \times 69} = 7,07 \text{ g}$

OPCIÓ B

P3)

a)

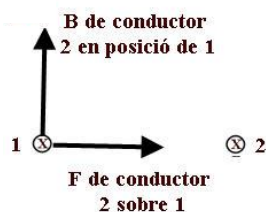
$$0.2 \text{ p} \quad B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \rightarrow r = \frac{\mu_0 I}{2\pi B}$$

$$0.4 \text{ p} \quad 5\% B_{\text{Terrestre}} = \frac{5}{100} \times 5,00 \times 10^{-5} = 2,50 \times 10^{-6} T$$

$$0.4 \text{ p} \quad r = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 100}{2\pi \times 2,50 \times 10^{-6}} = 8,0 m$$

b)

0.5 p



$$0.2 \text{ p} \quad B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 100}{2\pi \times 10} = 2,00 \times 10^{-6} T$$

$$0.3 \text{ p} \quad \vec{F} = I(\vec{l} \times \vec{B}) \rightarrow |\vec{F}| = I|\vec{l}||\vec{B}|\sin(90^\circ)$$

$$F = IlB = 100 \cdot 2,00 \cdot 2,00 \cdot 10^{-6} = 4,00 \times 10^{-4} N$$

P4)

a)

$$0.2 \text{ p} \quad L_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

$$0.4 \text{ p} \quad I_1 = \frac{P}{4\pi r^2} \rightarrow I_1 = \frac{2,00 \times 10^{-3}}{4\pi (5,00)^2} = 6,37 \times 10^{-6} Wm^{-2}$$

$$0.4 \text{ p} \quad L_1 = 10 \log \frac{6,37 \cdot 10^{-6}}{1,00 \times 10^{-12}} = 68,0 dB$$

$$b) \quad I_2 = 2I_1$$

$$0.8 \text{ p} \quad L_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} = 10 \log \frac{2I_1}{I_0} = 10 \log 2 + 10 \log \frac{I_1}{I_0} = 10 \log 2 + L_1$$

$$0.2 \text{ p} \quad L_2 = 71,0 dB$$

$$o \quad P = 4 \text{ mW} \rightarrow I_2 = 1,27 \times 10^{-5} Wm^{-2} \rightarrow L_2 = 71,0 \text{ dB}$$

P5)

a)

0.4 p $h\nu = h \frac{c}{\lambda}$

0.4 p $h\nu = 6,63 \times 10^{-34} \frac{3,00 \times 10^8}{3,00 \times 10^{-7}} = 6,63 \times 10^{-19} J = 4,14 eV$ **0.2 p**

b)

0.4 p $h\nu + (-W_e) = E_{c,\max} \Rightarrow W_e = h\nu - E_{c,\max}$

0.4 p $W_e = 6,63 \times 10^{-19} - 2,00 \cdot (1,60 \times 10^{-19}) = 3,43 \times 10^{-19} J = 2,14 eV$ **0.2 p**