

Proves d'accés a la universitat

Convocatòria 2014

Física

Sèrie 3

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) El *Meteosat* és un satèl·lit meteorològic llançat per l'Agència Espacial Europea (ESA) que proporciona informació meteorològica d'Àfrica i Europa. Com que l'objectiu del *Meteosat* és oferir imatges d'una mateixa zona del planeta, el satèl·lit segueix una òrbita geostacionària: gira en el pla equatorial a la mateixa velocitat angular que la Terra.



- a) A quina distància de la superfície terrestre es troba el *Meteosat*?
- b) Quina és l'energia cinètica del *Meteosat*? Quina energia mínima caldria proporcionar-li perquè s'allunyés indefinidament de la Terra?

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

$R_{\text{Terra}} = 6\,370 \text{ km}$

$M_{\text{Terra}} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$

$m_{\text{Meteosat}} = 2,00 \times 10^3 \text{ kg}$

P2) Una càrrega puntual $Q_1 = +1,00 \times 10^{-8} \text{ C}$ està situada a l'origen de coordenades. Una altra càrrega puntual $Q_2 = -2,00 \times 10^{-8} \text{ C}$ està situada en el semieix Y positiu, a 3,00 m de l'origen. Calculeu:

- a) El camp i el potencial electrostàtic en un punt A situat en el semieix X positiu, a 4,00 m de l'origen. Dibuixeu un esquema de tots els camps elèctrics que intervenen en el problema.
- b) El treball fet pel camp elèctric en traslladar una càrrega puntual d'1,00 C des del punt A a un punt B de coordenades (4,00, 3,00) m.

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

OPCIÓ A

P3) A l'espectroscòpia de fotoemissió ultraviolada (UV), il·luminem les mostres amb un feix de radiació UV i analitzem l'energia dels electrons emesos.

- a)** Hem il·luminat una mostra amb radiació de longitud d'ona $\lambda = 23,7 \text{ nm}$ i els fotoelectrons analitzats tenen una energia cinètica màxima de $47,7 \text{ eV}$. Calculeu la funció de treball del material analitzat en J i en eV.
- b)** Determineu el llindar de longitud d'ona per a aquest material. Com canviaria aquest llindar de longitud d'ona si es dupliqués la potència del feix de radiació UV?

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

P4) Trobem una aplicació de la inducció electromagnètica en els aparells de soldadura elèctrica. En un d'aquests aparells desmuntat veiem dues bobines com les d'un transformador.

La bobina primària té 1 000 espires i la secundària en té 20. En la bobina secundària, feta d'un fil molt més gruixut, és on va connectat l'elèctrode per a fer la soldadura.

Sabem, per les especificacions tècniques impreses en la màquina, que pel circuit secundari circula una intensitat de corrent de 100 A . Determineu:

- a)** La tensió del circuit secundari quan es connecta la màquina, és a dir, quan es connecta el circuit primari a una tensió alterna de 220 V .
- b)** La intensitat que circula pel circuit primari i la potència consumida per la màquina.

NOTA: Negligiu qualsevol tipus de dissipació d'energia.

P5) D'una manera molt simplificada, podem dir que la trompeta és un instrument musical de vent en què les diferents notes són produïdes aplicant aire per un extrem (que es considera tancat a causa de la presència dels llavis del músic) i que s'emeten per l'altre, considerat obert.

Les notes produïdes corresponen a determinats harmònics associats a les ones estacionàries que s'originen a l'instrument. La trompeta consta també de tres pistons que, quan es premen, augmenten de manera efectiva la longitud i canvien les notes emeses.

- a)** Si la longitud total del tub que representa la trompeta és $l_0 = 0,975 \text{ m}$, indiqueu quina és la longitud d'ona i la freqüència dels tres primers modes de vibració estacionaris que es poden generar a la trompeta.
- b)** Quan el músic fa sonar l'instrument mentre prem el segon pistó, produeix la nota *si* de la tercera octava, de freqüència $f = 247 \text{ Hz}$. Sabent que aquesta nota correspon al segon mode de vibració permès a la cavitat de l'instrument, quina és ara la longitud efectiva de la cavitat? Quin és el recorregut extra Δl que fa l'aire dins de la trompeta quan es prem aquest pistó?

DADA: Velocitat del so en l'aire, 340 m s^{-1}

OPCIÓ B

P3) En un jaciment arqueològic es troben unes restes òssies antigues d'animals. Un gram d'aquestes restes conté $9,5 \times 10^8$ àtoms de carboni 14. L'anàlisi d'una mostra actual, de la mateixa massa i de característiques similars, revela que, en el moment de la mort dels animals, els ossos tenien $6,9 \times 10^9$ àtoms de C-14/gram.

- Determineu l'antiguitat de les restes si sabem que el període de semidesintegració del C-14 és de 5 760 anys.
- Escriviu l'equació nuclear de la desintegració (amb emissió de β^-) del C-14 i incloeu-hi els antineutrins. Calculeu el defecte de massa per nucleó de C-14.

DADES: $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

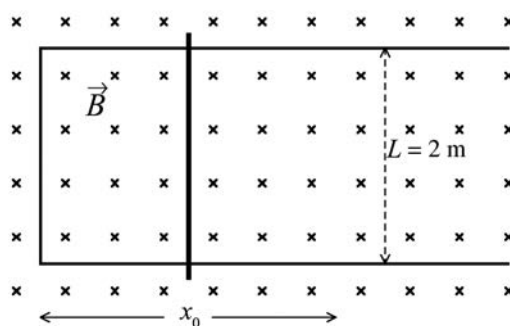
Nombres atòmics: Be, 4; B, 5; C, 6; N, 7; O, 8; F, 9

Masses:

Partícula	Massa (kg)	Partícula	Massa (kg)
protó	$1,672\,6 \times 10^{-27}$	electró	$9,109\,3 \times 10^{-31}$
neutró	$1,674\,9 \times 10^{-27}$	àtom de C-14	$2,325\,3 \times 10^{-26}$

P4) Sobre una forca conductora com la de la figura adjunta, llisca una barra metàl·lica amb un moviment vibratori harmònic simple al voltant de la posició d'equilibri $x_0 = 1 \text{ m}$, segons l'equació de moviment següent (totes les magnituds estan expressades en el sistema internacional, SI):

$$x(t) = x_0 - 0,3 \sin(32t)$$



Tot el conjunt es troba dins un camp magnètic uniforme, perpendicular al pla de la forca i en el sentit d'entrada al pla del paper, de mòdul $B = 0,5 \text{ T}$.

- Quin valor té el flux de camp magnètic a través de la superfície compresa entre la barra metàl·lica i la part tancada de la forca en l'instant $t = 0$? Quina és l'expressió d'aquest flux en funció del temps?
- Determineu la força electromotriu del corrent induït en funció del temps. Obteniu-ne el valor màxim.

- P5)** El timbre que sona en una escola a l'hora del pati perquè els alumnes tornin a classe és molt fort. Per tal de saber fins on el sentiran, en cas de no haver-hi edificis ni cap mena de pèrdua d'energia, mesurem amb el telèfon intel·ligent (*smartphone*) el nivell d'intensitat sonora a 7,0 m de distància del timbre i obtenim un valor de 50 dB. Calculeu:
- a)** La intensitat del so en el lloc on fem la mesura.
 - b)** La potència del timbre. A partir de quina distància del timbre els alumnes deixaran de sentir el so?

DADA: Les persones no poden percebre els sons que tenen una intensitat inferior a $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$. Supposeu que el timbre és un emissor de so puntual que emet en totes les direccions.



Institut
d'Estudis
Catalans

SÈRIE 3

P1)

a)

$$m\omega^2(R_T+d) = \frac{GM_T m}{(R_T+d)^2} \boxed{0.2} \Rightarrow (R_T+d)^3 = \frac{GM_T T^2}{4\pi^2} \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{GM_T T^2}{4\pi^2}} - R_T \boxed{0.6} = 3,59 \cdot 10^4 \text{ km} \boxed{0.2}$$

Si deixen de restar el radi de la Terra se'ls resta **0.2** punts

b)

$$E_c = \frac{1}{2} m \omega^2 (R_T + d)^2 = \frac{1}{2} \frac{GM_T m}{R_T + d} = 9,42 \cdot 10^9 \text{ J} \boxed{0.3}$$

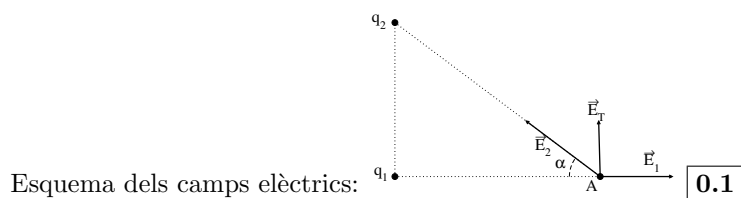
Per tal que el satèl·lit s'allunyi de l'atracció de la Terra, la seva energia mecànica ha de ser 0 **0.2** $\Rightarrow$

$$E_m = E_c + E_p = -\frac{1}{2} \frac{GM_T m}{R_T + d} = -E_c \boxed{0.3}$$

Per tant caldrà subministrar-li una energia igual a $E_c = 9,42 \cdot 10^9 \text{ J}$ **0.2**

P2)

a)



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

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

Calculem el camp elèctric:

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

$$|\vec{E}_2| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_2|}{d(q_2, A)^2} = 7,19 \text{ N/C} \boxed{0.1}$$

$$\vec{E}_2 = |\vec{E}_2|(-\cos(\alpha)\vec{i} + \sin(\alpha)\vec{j}) \boxed{0.1} = 7,19\left(-\frac{4}{5}\vec{i} + \frac{3}{5}\vec{j}\right) = (-5,75\vec{i} + 4,31\vec{j}) \text{ N/C} \boxed{0.1}$$

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

Ara calculem el potencial elèctric:

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

b) Calculem el potencial en el punt B:

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

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

El treball fet pel camp serà:

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

Opció A
P3)

- a) En el balanç energètic de l'efecte fotoelèctric tenim:

$$h \frac{c}{\lambda} - W = E_C \quad \boxed{0.4} \Rightarrow$$

$$W = h \frac{c}{\lambda} - E_c = 6,63 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{23,7 \cdot 10^{-9}} - 47,7 \frac{1,6 \cdot 10^{-19}}{1 \text{eV}} = 7,60 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad \boxed{0.3} = 4,75 \text{ eV} \quad \boxed{0.3}$$

- b) La longitud d'ona llindar la obtindrem fent que l'energia cinètica dels electrons emesos sigui zero.
- 0.2**

$$\lambda_L = h \frac{c}{W} = 2,62 \cdot 10^{-7} \text{ m} \quad \boxed{0.5}$$

La longitud d'ona llindar no depèn de la potència de la radiació incident, per tant si dupliquem aquesta potència la longitud d'ona llindar no variarà **0.3**

P4)

- a) Si analitzem la tensió de les bobines del primari i del secundari tindrem:

$$\left. \begin{array}{l} V_p = N_p \frac{d\Phi}{dt} \\ V_s = N_s \frac{d\Phi}{dt} \end{array} \right\} \quad \boxed{0.3} \Rightarrow \frac{V_p}{N_p} = \frac{V_s}{N_s} \quad \boxed{0.4} \Rightarrow$$

$$V_s = 4,4 \text{ V} \quad \boxed{0.3}$$

- b) La relació de potències la podem escriure com:

$$P = P_p = I_p V_p = I_s V_s \quad \boxed{0.4} \Rightarrow$$

$$I_p = I_s \frac{V_s}{V_p} = 2 \text{ A} \quad \boxed{0.3}$$

$$P = I_p V_p = 2 \text{ A} \times 220 \text{ V} = 440 \text{ W} \quad \boxed{0.3}$$

P5)

- a) Com que la trompeta conté un extrem tancat i un altre obert, la condició per les possibles ones estacionàries dins de la seva cavitat és

$$l_0 = \frac{\lambda_n}{4} + \frac{\lambda_n}{2} \quad n = \frac{\lambda_n}{4}(2n+1) \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad \boxed{0.2}$$

D'aquesta relació obtenim que les possibles ones estacionàries a la trompeta tenen longituds d'ona

$$\lambda_n = \frac{4l_0}{2n+1} \quad \boxed{0.2}$$

Tanmateix, essent $\lambda = v/f$ on v és la velocitat del so al medi i f la freqüència de l'ona, resulta

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{v}{4l_0}(2n+1) \quad \boxed{0.3}$$

Això doncs, amb $n=0, 1$ i 2 obtenim els valors

$$\left. \begin{array}{l} n=0 \\ \lambda_0 = \frac{4 \times 0,975}{1} = 3,90 \text{ m} \\ f_0 = \frac{340}{4 \times 0,975} = 87,2 \text{ Hz} \end{array} \right\} \boxed{0.1} \quad \left. \begin{array}{l} n=1 \\ \lambda_1 = \frac{4 \times 0,975}{3} = 1,30 \text{ m} \\ f_1 = \frac{340}{4 \times 0,975} 3 = 262 \text{ Hz} \end{array} \right\} \boxed{0.1} \quad \left. \begin{array}{l} n=2 \\ \lambda_2 = \frac{4 \times 0,975}{5} = 0,78 \text{ m} \\ f_2 = \frac{340}{4 \times 0,975} 5 = 436 \text{ Hz} \end{array} \right\} \boxed{0.1}$$

- b) L'ona ressonant dins de la cavitat de la trompeta correspon al segon mode de vibració, es a dir, al mode $n = 1$ $\boxed{0.2}$ de les expressions anteriors. Això doncs hauria de ser $l = 3\lambda/4$. Com que $\lambda = v/f$, resulta

$$l = \frac{3}{4}\lambda = \frac{3}{4} \left(\frac{v}{f} \right) = \frac{3 \times 340}{4 \times 247} = 1,03 \text{ m} \quad \boxed{0.4}$$

La variació en la longitud de la cavitat recorreguda per l'aire quan es prem el segon pistó és, per tant,

$$l_1 = l - l_0 = 1,03 - 0,975 = 5,5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \quad \boxed{0.4}$$

Opció B

P3)

a)

$$N(t) = N_0 e^{-\frac{t \ln 2}{t_{1/2}}} = \boxed{0.4} \Rightarrow t = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln \frac{N(t)}{N_0} \boxed{0.4} = -\frac{5760}{\ln 2} \ln \frac{9,5 \cdot 10^8}{6,9 \cdot 10^9} = 1,65 \cdot 10^4 \text{ anys} \boxed{0.2}$$

b)

$${}^{14}_6\text{C} \rightarrow \beta^- + {}^{14}_a\text{X} + {}^0_0\bar{\nu} \boxed{0.2} \Rightarrow a = 7 \boxed{0.1}$$

Per tant ${}^{14}_a\text{X} = {}^{14}_7\text{N} \boxed{0.1}$ Si es deixen l'antineutrí i/o el col·loquen malament, descomptarem **0.1** punts.

$$|\Delta m| = |m({}^{14}_6\text{C}) - 8m({}^1_0n) - 6m({}^1_1p) - 6m(e^-)| \boxed{0.2} = 1.873 \cdot 10^{-28} \text{ kg} \boxed{0.1} \Rightarrow$$

$$\text{Defecte de massa del } {}^{14}_6\text{C} = \frac{|\Delta m|}{14} = 1.338 \cdot 10^{-29} \text{ kg} \boxed{0.3}$$

P4)

a) Al ser el camp magnètic perpendicular al pla de la força tindrem:

$$\Phi(t=0) = B \text{ Àrea}(t=0) = B x_0 L \boxed{0.3} = 0,5 \text{ T} \times 1 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 1 \text{ Wb} \boxed{0.2}$$

$$\text{Àrea}(t) = L x(t) = L (x_0 - 0,3 \sin(32t)) \Rightarrow \boxed{0.2}$$

$$\Phi(t) = B L (x_0 - 0,3 \sin(32t)) = 0,5 \times 2 \times (1 - 0,3 \sin(32t)) \text{ Wb} \boxed{0.3}$$

b)

$$\varepsilon = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| \boxed{0.2} = 0,5 \times 2 \times 0,3 \times 32 \cos(32t) = 9,6 \cos(32t) \text{ V} \boxed{0.3}$$

El seu valor màxim serà:

$$\varepsilon_{\text{màxim}} = 9,6 \text{ V} \boxed{0.5}$$

P5)

a) El nivell d'intensitat β mesurat en dB es defineix com:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \boxed{0.3} \Rightarrow 50 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}} \boxed{0.2} \Rightarrow \frac{I}{10^{-12}} = 10^5 \boxed{0.2} \Rightarrow I = 10^{-7} \text{ W/m}^2 \boxed{0.3}$$

b) La intensitat en funció de la potència ve donada per l'expressió:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \boxed{0.3} \Rightarrow P = 10^{-7} 4\pi 7^2 = 6,2 \cdot 10^{-5} \text{ W} \boxed{0.2}$$

Deixarem de percebre el so quan la seva intensitat sigui igual a la del llindar:

$$I = I_0 \boxed{0.3} \Rightarrow \frac{6,2 \cdot 10^{-5}}{4\pi r^2} = 10^{-12} \Rightarrow r = 2,2 \cdot 10^3 \text{ m}$$

Per tant deixarem de percebre el so a partir d'una distància de $2,2 \cdot 10^3 \text{ m} \boxed{0.2}$