

# Proves d'accés a la universitat

Convocatòria 2015

## Física

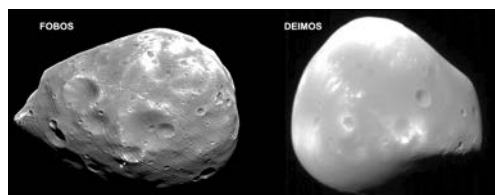
### Sèrie 5

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

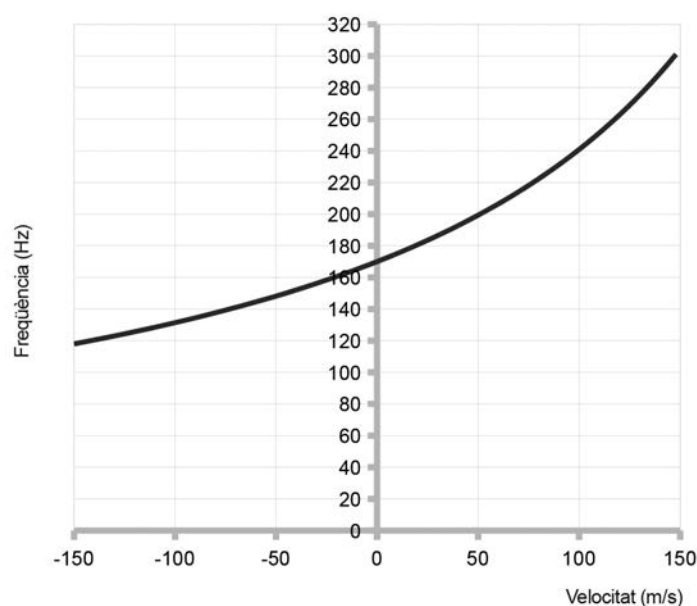
**P1)** El 1877, l'astrònom Asaph Hall va descobrir els satèl·lits del planeta Mart: Fobos i Deimos. El dia 6 d'agost de 2012, el robot *Curiosity* va arribar al planeta Mart i des de llavors envia informació a la Terra sobre les característiques d'aquest planeta. A partir de les dades subministrades, calculeu:



- a) La massa del planeta Mart.
- b) El radi de l'òrbita de Deimos i la velocitat d'escapament del robot *Curiosity* des de la superfície del planeta.

DADES: Radi de Mart,  $R_{\text{Mart}} = 3\,390 \text{ km}$   
Acceleració de la gravetat en la superfície de Mart,  $g_{\text{Mart}} = 3,71 \text{ m s}^{-2}$   
Període orbital de Deimos,  $T_{\text{Deimos}} = 30,35 \text{ h}$   
Massa de Deimos,  $m_{\text{Deimos}} = 2 \times 10^{15} \text{ kg}$   
 $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$

- P2)** Hem construït aquesta gràfica a partir de dades de freqüència recollides quan una font de so es movia acostant-se a nosaltres (velocitats positives) o allunyant-se'n (velocitats negatives), a velocitats diferents.



- a)** Com s'anomena el fenomen que hem estudiat en aquest experiment? La font de so s'acosta a nosaltres amb un moviment rectilini uniforme (MRU) a  $100 \text{ m s}^{-1}$  i ens sobrepassa. Quin canvi de freqüència (expressada en Hz) sentirem en el moment en què passi just pel nostre costat? La freqüència que sentirem augmentarà o disminuirà?
- b)** La taula següent mostra com disminueix la intensitat sonora quan ens situem a diferents distàncies d'un emissor puntual de so.

|                              |       |       |        |        |        |        |        |
|------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <i>Distància (m)</i>         | 5,0   | 10,0  | 15,0   | 20,0   | 25,0   | 30,0   | 35,0   |
| <i>I (mW m<sup>-2</sup>)</i> | 0,080 | 0,020 | 0,0089 | 0,0050 | 0,0032 | 0,0022 | 0,0016 |

Calculeu a quina distància, aproximadament, haurem d'estar perquè el nivell de sensació sonora sigui de 65 dB i calculeu la potència de la font sonora, suposant que emet igual en totes les direccions.

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

## OPCIÓ A

- P3)** El radó 222, de símbol Rn, és un gas noble responsable de bona part de l'exposició de les persones a les radiacions ionitzants. El  $^{222}\text{Rn}$  es forma al subsòl a partir del radi (Ra) i a causa del seu estat gasós es difon cap a l'atmosfera.
- a)** Quan el  $^{222}\text{Rn}$  es desintegra emet partícules  $\alpha$ . Escriviu l'equació nuclear d'aquest procés de desintegració.
- b)** A més de la radiació  $\alpha$ , durant el procés de desintegració també s'emeten raigs  $\gamma$  (no cal que els inclogueu en l'equació de l'apartat anterior). Calculeu la freqüència i la longitud d'ona d'un fotó  $\gamma$  d'energia 5,50 MeV.

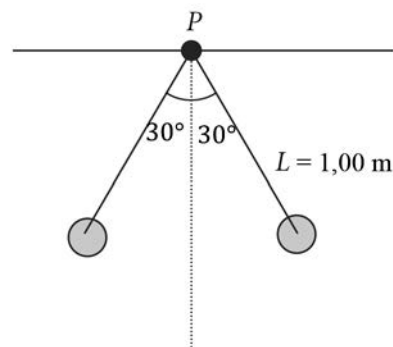
**DADES:** Nombres atòmics: Bi, 83; Po, 84; At, 85; Rn, 86; Fr, 87; Ra, 88; Ac, 89.

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

$$\text{Constant de Planck, } h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$\text{Velocitat de la llum, } c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

- P4)** Dues esferes metàl·liques massisses pengen cadascuna d'un fil no conductor, com mostra la figura. Les dues esferes tenen la mateixa massa i la mateixa càrrega negativa de valor  $-5,80 \mu\text{C}$  i es troben en equilibri formant un angle de  $30^\circ$  amb la vertical. La distància des del punt  $P$  fins al centre de cada esfera és d'1,00 m.



- a)** Calculeu el valor de la massa de cadascuna de les esferes.  
**b)** Calculeu el camp elèctric total (mòdul, direcció i sentit) en el punt  $P$ .

DADES:  $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$

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

- P5)** En un selector de velocitats, un protó es mou en la direcció  $x$  en una regió amb camps creuats, on  $\mathbf{E} = 2,00 \times 10^5 \text{ N/C } \mathbf{j}$  i  $\mathbf{B} = 3,00 \times 10^3 \text{ G } \mathbf{k}$ .

- a)** Dibuixeu un esquema dels camps i també de les forces que actuen sobre el protó. Quina és la velocitat del protó si no es desvia de la seva trajectòria rectilínia?  
**b)** Mentre el protó es mou sense desviar-se interrompem el camp elèctric. Calculeu el radi de curvatura de la trajectòria del protó.

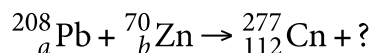
DADES:  $1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$

Càrrega del protó,  $Q_{\text{protó}} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

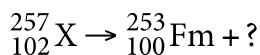
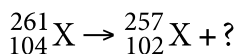
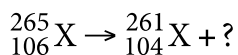
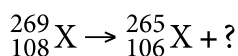
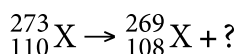
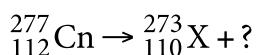
Massa del protó,  $m_{\text{protó}} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

## OPCIÓ B

- P3)** El copernici  $^{277}_{112}\text{Cn}$  va ser sintetitzat al laboratori del Centre per a la Recerca d'Ions Pesants (GSI) de Darmstadt (Alemanya) el 9 de febrer del 1999. El nom oficial data del febrer del 2010, en honor de Nicolau Copèrnic. Per a obtenir-lo, es bombardeja una diana de plom amb projectils d'àtoms de zinc. La reacció es pot escriure així:



El  $^{277}_{112}\text{Cn}$  es desintegra segons la seqüència següent:



El  $^{277}_{112}\text{Cn}$  té un període de semidesintegració de 0,17 ms.

- Completeu la reacció d'obtenció del  $^{277}_{112}\text{Cn}$  a partir de plom i de zinc. Quin tant per cent de  $^{277}_{112}\text{Cn}$  roman sense desintegrar-se al cap d'un minut d'haver-se produït la reacció d'obtenció d'aquest isòtop?
- Escriviu la seqüència o sèrie radioactiva (amb tots els símbols dels elements) fins a arribar al fermi.

DADES:

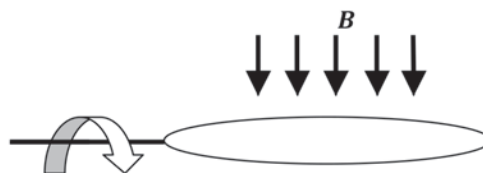
|                       |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                       |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| $^{82}_{82}\text{Pb}$ | $^{110}_{110}\text{Ds}$ | $^{108}_{108}\text{Hs}$ | $^{106}_{106}\text{Sg}$ | $^{104}_{104}\text{Rf}$ | $^{102}_{102}\text{No}$ | $^{100}_{100}\text{Fm}$ | $^{30}_{30}\text{Zn}$ |
| plom                  | darmstadt               | hassi                   | seaborgi                | rutherfordi             | nobeli                  | fermi                   | zinc                  |

- P4)** En una zona de l'espai hi ha dues càrregues elèctriques puntuals de la mateixa magnitud però de signe contrari separades 20,0 cm.
- Calculeu l'energia potencial de la distribució de càrregues.
  - Quin treball cal fer per a separar les càrregues des d'una distància inicial de 20,0 cm fins a una distància final de 50,0 cm?

DADES: Valor absolut de cada càrrega = 1,00  $\mu\text{C}$

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

- P5)** En una zona de l'espai hi ha un camp magnètic uniforme de 0,40 T. En aquesta regió hi ha una espira circular de 200  $\text{cm}^2$  d'àrea que gira a 191 rpm (revolucions per minut), tal com indica la figura.



- Si en l'instant inicial el camp magnètic és perpendicular al pla de l'espira, expresseu l'equació del flux magnètic que travessa l'espira en funció del temps.
- Quina és la força electromotriu (FEM) màxima generada per l'espira?

## 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 que 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 50 % de la puntuació d'aquest subapartat. Exemple: Si un subapartat val 0,2 i s'ha equivocat en les unitats li haurem de puntuar 0,1.
8. Cal resoldre els exercicis fins al resultat final i no es poden deixar indicades les operacions. Tanmateix, els errors en el càlcul es consideraran lleus, excepte en el cas que els resultats siguin molt desorbitats i l'alumnat no faci un raonament sobre aquest resultat, indicant-ne la falsedat.
9. Cal fer la substitució numèrica a les expressions que s'usen per resoldre les preguntes.

P1)

a)

0,2

$$F_g = mg_M$$

0,2

$$G \frac{M_M m}{R_M^2} = mg_M \Rightarrow M_M = \frac{g_M R_M^2}{G}$$

0,6

$$M_M = \frac{3,71 \times (3390 \times 10^3)^2}{6,67 \times 10^{-11}} = 6,39 \times 10^{23} \text{ kg}$$

b)

0,1

$$T_D = 30,35h \times \frac{3600s}{1h} = 1,093 \times 10^5 \text{ s}$$

El radi de l'òrbita de Deimos:

0,1

$$F_g = ma_c$$

0,1

$$G \frac{M_M M_D}{r_D^2} = M_D \omega^2 r_D = M_D \left( \frac{2\pi}{T_D} \right)^2 r_D$$

0,3

$$r_D = \sqrt[3]{\frac{GM_M T_D^2}{4\pi^2}} = 2,3479 \times 10^7 \text{ m} = 23479 \text{ km}$$

La velocitat d'escapament de *Curiosity*:

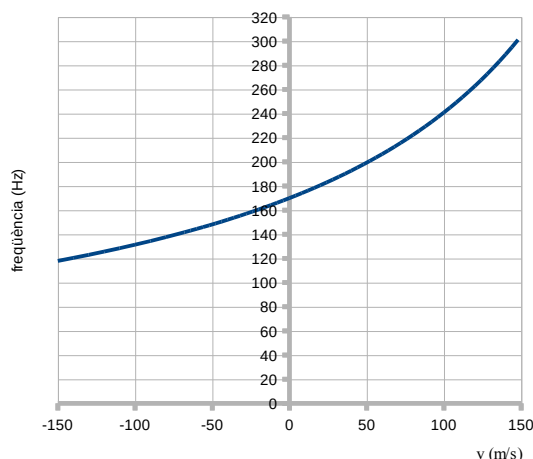
0,2

$$\left. \begin{array}{l} E_m = 0 \Rightarrow E_C = -E_p \\ \frac{1}{2} m v_{esc}^2 = G \frac{M_M m}{R_M} \end{array} \right\} v_{esc} = \sqrt{\frac{2GM_M}{R_M}}$$

0,2

$$v_{esc} = 5015 \text{ ms}^{-1} \approx 5 \text{ km/s}$$

P2)



a)

0,2

Mostra la variació de la freqüència amb la velocitat de la font.

→ **Efecte Doppler**

0,2

Segons la gràfica, una font amb  $v=+100\text{m/s}$  la sentim amb  $f=240\text{ Hz}$  i una font amb  $v = -100\text{ m/s}$  amb  $f=130\text{ Hz}$ . La freqüència més alta ha de correspondre a la font acostant-se a nosaltres, per tant el canvi serà:

0,4

$$f_{\text{final}} - f_{\text{inicial}} = 130 - 240 = -110\text{ Hz},$$

0,2

La freqüència **disminuirà**.

b)

0,1

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

0,2

$$I = I_0 10^{\frac{L_I}{10}} = (1 \times 10^{-12}) \times 10^{6.5} = 3,2 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2 \quad \boxed{0.1}$$

0,2

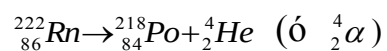
Aquesta intensitat correspon a 25 m, tal com es veu a la taula.

0,2

$$\text{Potència} = I \times 4\pi R^2$$

0,2

$$P = 3,2 \times 10^{-6} \times 4\pi (25)^2 = 0,025 \text{ W}$$

**Opció A****P3)****a)****1**Descomptarem **0,3** per cada mancança o terme incorrecte.**b)****0,2**

$$E = 5,50 \times 10^6 \text{ eV} \times \frac{1,60 \times 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 8,80 \times 10^{-13} \text{ J}$$

**0,2**

$$E = hf \Rightarrow f = \frac{E}{h}$$

**0,2**

$$f = \frac{8,80 \times 10^{-13}}{6,63 \times 10^{-34}} = 1,33 \times 10^{21} \text{ s}^{-1}$$

**0,2**

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

**0,2**

$$\lambda = \frac{3,00 \times 10^8}{1,33 \times 10^{21}} = 2,26 \times 10^{-13} \text{ m}$$

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

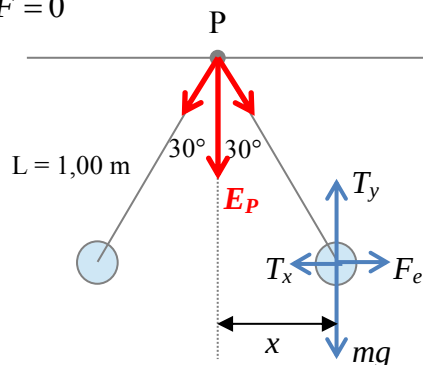
$$\operatorname{tg} 30^\circ = \frac{kq^2}{mg(2x)^2}$$

0,1

$$x = L \sin 30^\circ = 0.5m$$

0,1

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



0,4

$$m = \frac{8,99 \times 10^9 \times (5,80 \times 10^{-6})^2}{9,81 \times 0,577 \times 1} = 5,34 \times 10^{-2} \text{ kg}$$

b)

Les components  $x$  del camp elèctric en  $P$  s'anul·len per simetria

0,2

Les components  $y$ :

$$E_y = 2E \cos 30^\circ \quad \text{on} \quad E = k \frac{q}{L^2} = 8,99 \times 10^9 \frac{5,8 \times 10^{-6}}{1} = 52142 \text{ N/C}$$

$$E_y = 2 \times 52142 \times \cos 30^\circ = 9,03 \times 10^4 \text{ N/C}$$

0,2

El camp elèctric total en  $P$  és:  $E_p = E_y$ 

0,1

Mòdul:  $E_p = 2 \times 52142 \times \cos 30^\circ = 9,03 \times 10^4 \text{ N/C}$ 

0,2

Direcció i sentit: vertical i cap avall.

També seria correcte expressar el camp en notació vectorial:  $\vec{E}_p = (0, -9,03 \times 10^4) \text{ N/C}$   
 ó  $\vec{E}_p = -9,03 \times 10^4 \vec{j} \text{ N/C}$

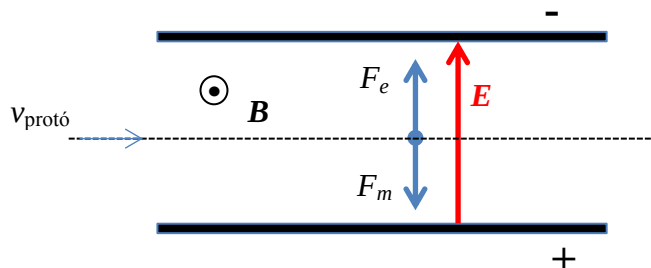
P5)

a)

Si el protó no es desvia, la força resultant és zero,  $F_e = F_m$

0,4

Esquema



$$B = 3,00 \times 10^3 \text{ G} \times \frac{1 \text{ T}}{10^4 \text{ G}} = 3,00 \times 10^{-1} \text{ T}$$

0,2

Perquè el protó no es desviï de la seva trajectòria:  $F_e = F_m$

0,1

$$\left. \begin{array}{l} F_e = qE \\ F_m = qvB \end{array} \right\} v = \frac{E}{B}$$

0,3

$$v = \frac{2,00 \times 10^5}{3,00 \times 10^{-1}} = 6,67 \times 10^5 \text{ m/s} = 667 \text{ km/s}$$

b)

Si només hi ha camp magnètic, el protó es desviarà seguint una trajectòria circular per l'efecte de la força magnètica.

0,2

$$\vec{F}_m = m\vec{a}$$

0,2

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

0,6

$$R = \frac{(1,67 \times 10^{-27}) \times (6,67 \times 10^5)}{(1,60 \times 10^{-19}) \times (3,00 \times 10^{-1})} = 2,30 \times 10^{-2} \text{ m} = 2,30 \text{ cm}$$

## Opció B

**P3)**

**a)**

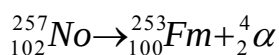
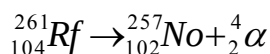
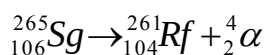
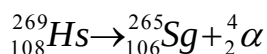
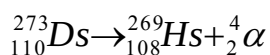
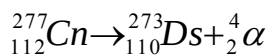
Les reaccions nuclears conserven la massa i la càrrega.

$$\left. \begin{array}{l} \text{massa inicial : } 208 + 70 = 278 \\ \text{massa final : } 277 + d = 277 + d \\ \text{càrrega inicial : } a + b \\ \text{càrrega final : } c + e \\ a = 82, b = 30, c = 112 \end{array} \right\} \begin{array}{l} d = 1 \\ e = 0 \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} {}_{82}^{208}\text{Pb} + {}_{30}^{70}\text{Zn} \rightarrow {}_{112}^{277}\text{Cn} + {}_0^1n \text{ (neutró)}$$

0.6

El període de semidesintegració,  $T_{1/2}$ , és el temps que ha de passar per reduir-se a la meitat la quantitat d'una substància radioactiva, en aquest cas  $T_{1/2} = 0.17 \text{ ms} \Rightarrow$  En  $t = 1 \text{ minut}$  no hi haurà res  $\rightarrow 0 \%$  de copernici.

**b)**



Es produeix una desintegració alfa repetida.

1

Per cada desintegració incompleta o incorrecta es penalitzarà amb **0,2 p**. Si totes les reaccions són incorrectes, la puntuació serà de **zero**.

**P4)****a)****0,2**

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

$$|q_+| = |q_-| = 1.0 \times 10^{-6} \text{ C}$$

**0,8**

$$U_i = 8,99 \times 10^9 \frac{(1,0 \times 10^{-6}) \times (-1,0 \times 10^{-6})}{0,20} = -0,045 \text{ J}$$

**b)****0,5**

$$U_f = k \frac{q_+ q_-}{r} = 8,99 \times 10^9 \frac{1,0 \times 10^{-6} \times (-1,0 \times 10^{-6})}{0,50} = -0,018 \text{ J}$$

**0,2**

$$\Delta U = U_f - U_i = -0,018 - (-0,045) = 0,027 \text{ J}$$

**0,3**

$$W_{\text{força elèctrica}} = -\Delta U = -0,027 \text{ J}$$

$$W_{\text{ext}} = 0,027 \text{ J}$$

P5)

a)

El flux magnètic es calcula a partir del producte escalar dels dos vectors, camp magnètic i vector superfície.

$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{A} \quad \boxed{0,1}$$

0,5 =

En aquest cas el vector superfície canvia amb el temps i el flux magnètic és:  $\phi(t) = BA \cos(\omega t + \delta)$ . Si en l'instant inicial el camp magnètic és perpendicular al pla de l'espina, el flux serà màxim en aquest instant  $\Rightarrow \cos(\omega t + \delta) = 1 \Rightarrow \omega t + \delta = 0 \Rightarrow \delta = 0$  0,1

Per tant:  $\phi(t) = BA \cos(\omega t)$  0,3

0,1

$$A = 2 \times 10^2 \text{ cm}^2 = 2,0 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

0,1

$$\omega = 191 \frac{\text{revol}}{\text{min}} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ revol}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 20,0 \text{ rad/s}$$

0,3

$$\phi(t) = 8 \times 10^{-3} \text{ (Wb)} \cos(20t) \quad \text{ó} \quad \phi(t) = 8 \times 10^{-3} \cos(20t) \text{ Wb}$$

b)

0,2

$$\varepsilon = - \frac{d\phi(t)}{dt}$$

0,2

$$\varepsilon(t) = -(-BA\omega \sin \omega t) = BA\omega \sin \omega t$$

0,2

La FEM és màxima quan el sinus val 1;  $\varepsilon_{\max} = BA\omega$

0,4

$$\varepsilon_{\max} = 0,40 \times 2,0 \times 10^{-2} \times 20,0 = 0,16 \text{ V}$$