

Solucions i criteris específics

En les pàgines següents hi ha les **solucions** i els **criteris específics** de correcció de les preguntes de l'examen. En general, les respostes han d'estar justificades amb càlculs o, si escau, arguments correctes.

S'han aplicat dos criteris sobre la correcció de les **unitats**:

- Error d'unitats:
Falten les unitats de la resposta o no es corresponen amb la magnitud:
–0,2 punts.
- Error potència de 10:
S'han escrit les unitats bàsiques de la magnitud correctes, però hi ha una errada en la resposta per un factor potència de 10:
–0,1 punts.

També s'ha aplica el següent criteri general:

- Error aïllant:
S'ha escrit l'equació final correcta, però per aïllar la variable demanada es comet una i només una errada senzilla.
Les errades poden ser que l'alumne no canvia bé un signe, multiplica o divideix malament algun terme, o oblida una constant o un exponent.
S'aplica a tots els exercicis on s'ha de resoldre una equació per obtenir la resposta.
Si hi ha aquest error, la puntuació per haver donat la resposta numèrica correcta serà el 50% en aquest criteri específic.
En la correcció, s'escriurà la puntuació per haver donat la resposta numèrica correcta i, just davall, s'escriuran els punts restats per l'error aïllant.

Problema 1

Dades: $m_1 = 3 \cdot 10^{21}$ kg, $m_2 = 8 \cdot 10^{21}$ kg,
 $m_3 = 5 \cdot 10^{21}$ kg, $d_{12} = 4 \cdot 10^5$ km,
 $d_{23} = 3 \cdot 10^5$ km.

a) La força sobre m_1 a causa de m_2 és

$$F_{2 \rightarrow 1} = G \frac{m_1 m_2}{r_{12}^2} \rightarrow F_{2 \rightarrow 1} = 1,00 \cdot 10^{16} \text{ N}$$

b) La distància entre m_1 i m_3 és

$r_{13} = 5 \cdot 10^8$ km. La força sobre m_1 a causa de m_3 és

$$F_{3 \rightarrow 1} = G \frac{m_1 m_3}{r_{13}^2} \rightarrow F_{3 \rightarrow 1} = 0,40 \cdot 10^{16} \text{ N}$$

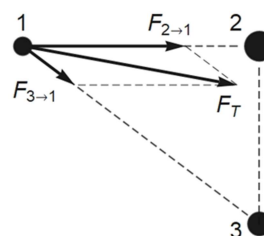
c) La força total sobre m_1 val

$$\mathbf{F}_T = (1,00, 0) \cdot 10^{16} + 0,40 \frac{(4, -3)}{5} \cdot 10^{16}.$$

$$\mathbf{F}_T = (1,32, -0,24) \cdot 10^{16} \text{ N.}$$

$$F_t = 1,34 \cdot 10^{16} \text{ N}$$

d) Representació de les forces sobre el primer asteroide.



Críteris específics de correcció del problema 1

1a **0,3 p.**

Respon $F_{2 \rightarrow 1} = 1,00 \cdot 10^{16}$ N. 0,3

Error d'unitats. -0,2

Error potència de 10. -0,1

1b **0,4 p.**

Respon $F_{3 \rightarrow 1} = 0,40 \cdot 10^{16}$ N. 0,4

Error d'unitats. -0,2

Error potència de 10. -0,1

1c **0,8 p.**

Escriu les forces i les suma en forma vectorial. 0,2

Obté la component x de la força igual a $1,32 \cdot 10^{16}$ N. 0,2

Obté la component y de la força igual a $-0,24 \cdot 10^{16}$ N. 0,2

Respon que el mòdul val $1,34 \cdot 10^{16}$ N. 0,2

Error d'unitats. -0,2

Error potència de 10. -0,1

1d **0,5 p.**

Dibuixa els vectors $\mathbf{F}_{2 \rightarrow 1}$ i $\mathbf{F}_{3 \rightarrow 1}$ amb l'origen, la direcció i el sentit correctes. 0,2

Dibuixa el vector $\mathbf{F}_{2 \rightarrow 1}$ més llarg que el vector $\mathbf{F}_{3 \rightarrow 1}$ 0,2

Dibuixa correctament la suma gràfica dels vectors $\mathbf{F}_{2 \rightarrow 1}$ i $\mathbf{F}_{3 \rightarrow 1}$ que ha dibuixat. 0,1

Problema 2

Dades: $M_p = 8,3 \cdot 10^{24}$ kg, $M = 2,2 \cdot 10^{21}$ kg, $r_a = 2 \cdot 10^8$ m, $v_a = 1,45$ km/s.

a) Conegudes la distància al planeta i la velocitat quan la lluna és a l'apoastre, la distància r_p i la velocitat v_p en el periastre es determinen amb l'equació de conservació de l'energia i l'equació de conservació del moment angular. Aquestes equacions són

$$\frac{1}{2} M v_p^2 - G \frac{M M_p}{r_p} = \frac{1}{2} M v_a^2 - G \frac{M M_p}{r_a},$$

$$M r_p v_p = M r_a v_a.$$

S'aïlla r_p de la segona equació i se substitueix dins la primera. La velocitat de la lluna en el punt més proper al planeta obtinguda amb la resolució de la primera equació és

$$v_p = 2,37 \text{ km/s}$$

b) L'energia potencial gravitatòria de la lluna en el punt més llunyà és

$$E_p(2,0 \cdot 10^8 \text{ m}) = -6,09 \cdot 10^{27} \text{ J}$$

A partir de la conservació del moment angular, s'obté la distància al planeta en el punt més proper, $r_p = 1,0973 \cdot 10^8$ m. Llavors,

$$E_p(1,2234 \cdot 10^8 \text{ m}) = -9,96 \cdot 10^{27} \text{ J}$$

Críteris específics de correcció del problema 2

2a	1,5 p.
Escriu l'equació de la conservació de l'energia amb els termes correctes (la massa de la lluna pot estar simplificada).	0,4
Escriu l'equació de conservació del moment angular (la massa de la lluna pot estar simplificada).	0,4
Escriu explícitament «principi de conservació de l'energia» i «principi de conservació del moment angular» amb les equacions corresponents.	0,2
Respon $v_p = 2,37$ km/s.	0,5
Error d'unitats.	-0,2
Error potència de 10.	-0,1
 2b	 0,5 p.
Respon $E(r_a) = -6,09 \cdot 10^{27}$ J. (Es pot respondre sense usar l'apartat anterior.)	0,3
Respon $E(r_p) = -9,96 \cdot 10^{27}$ J. (Requereix calcular r_p correctament a l'apartat anterior.)	0,2
Error d'unitats.	-0,2
Error potència de 10.	-0,1

Problema 3

a) El camp a causa de la càrrega esquerra segueix la línia de separació entre els sectors número 1 i 2. El camp a causa de la càrrega dreta és vertical. Llavors, la suma dels dos camps és un vector en el

sector 2

b) La distància de l'electró en el punt B a les dues càrregues és $3,354 \mu\text{m}$. Les components horitzontals de les forces de Coulomb a causa de cada càrrega per separat s'anul·len. La força total sobre l'electró només té component vertical cap a baix i val

$$\mathbf{F} = (0, -1,37) \mu\text{N}$$

c) Els potencials elèctrics en els punts A i B són

$$V_A = K \frac{6 \text{ nC}}{3 \mu\text{m}} + K \frac{6 \text{ nC}}{\sqrt{2} 3 \mu\text{m}} \rightarrow V_A = 30,7 \text{ MV},$$

$$V_B = 2 \left(K \frac{6 \text{ nC}}{3,354 \mu\text{m}} \right) \rightarrow V_B = 32,2 \text{ MV}.$$

El mòdul del treball demanat val $|W| = |7 \text{ nC} (V_B - V_A)| \rightarrow |W| = 10,5 \text{ mJ}$.

Criteris específics de correcció del problema 3

3a **0,4 p.**

Indica que el camp a causa de la càrrega esquerra segueix la línia que separa les zones 1 i 2.0,1

Indica que el camp a causa de la càrrega dreta segueix la línia vertical.0,1

Ha indicat les direccions anteriors i respon que el camp total està dins la zona 2.0,2

3b **1 p.**

Suma les forces vectorialment.0,2

Argumenta o obté que la força horitzontal val zero.0,2

Respon que el mòdul de la força sobre l'electró val $-1,37 \mu\text{N}$0,4

Dibuixa un vector amb origen en el punt B, vertical cap a baix.0,2

Error d'unitats.-0,2

Error potència de 10.-0,1

3c **0,6 p.**

Escriu que el mòdul del treball és $|7 \text{ nC} (V_B - V_A)|$0,2

Obté $V_A = 30,7 \text{ MV}$0,1

Obté $V_B = 32,2 \text{ MV}$0,1

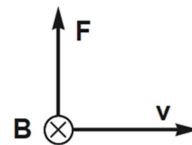
Respon que el mòdul del treball val $10,5 \text{ mJ}$0,2

Error d'unitats.-0,2

Error potència de 10.-0,1

Problema 4

a) La força de Lorentz és $\mathbf{F} = q \mathbf{v} \times \mathbf{B}$. Amb la regla de la mà dreta es determina que la força sobre el protó va cap a dalt com es mostra a la figura.



b) La trajectòria és circular i el protó es mou en sentit antihorari.

c) El temps demanat és el període del moviment circular. El període és $T = 2\pi R/v$. La velocitat es determina igualant la força centrípeta al mòdul de la força de Lorentz,

$$m \frac{v^2}{R} = q v B \rightarrow v = \frac{q R B}{m} \rightarrow T = \frac{2 \pi m}{q B}$$

d) El protó completa una volta cada $T = 0,263 \mu\text{s}$ i en $3 \mu\text{s}$ fa:

$$n = 11 \text{ voltes completes.}$$

Criteris específics de correcció del problema 4

4a **0,4 p.**

Escriu que aplica la «lei de Lorentz».0,1

Escriu la forma matemàtica de la llei de Lorentz $\mathbf{F} = q \mathbf{v} \times \mathbf{B}$0,1

Esmenta la «regla de la mà dreta».0,1

Determina la direcció i el sentit de la força correctes.0,1

4b **0,2 p.**

Escriu que la trajectòria és circular.0,1

Escriu que l'electró es mou en sentit antihorari.0,1

4c **0,8 p.**

Calcula el temps amb l'expressió $2\pi R/v$0,1

Escriu l'equació $m v^2/R = q v B$0,2

Escriu que $m v^2/R$ és la «força centrípeta».0,2

Escriu que $q v B$ és la «força de Lorentz».0,1

Respon que el temps és $2\pi m/qB$0,2

4d **0,6 p.**

Calcula que el temps per completar una volta és $0,263 \mu\text{s}$0,2

Divideix $3 \mu\text{s}$ pel temps anterior o el que hagi obtingut.0,1

Respon amb un nombre sencer.0,1

Respon 11 voltes completes.0,2

Problema 5

a) El camp magnètic en el punt M a causa del corrent del segon fil és

$$B_2(M) = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} \rightarrow B_2(M) = 0,4 \text{ mT}$$

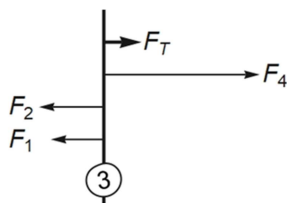
b) El sentit del camp en el punt M a causa de cada fil es determina amb la regla de la mà dreta.

$$\otimes B_1 \quad \otimes B_2 \quad \odot B_3 \quad \odot B_4$$

c) La força per unitat de longitud sobre el fil número tres és

$$F_T = \frac{\mu_0}{2\pi} \left(-\frac{9 \text{ A}}{11 \text{ mm}} - \frac{6 \text{ A}}{6 \text{ mm}} + \frac{12 \text{ A}}{5 \text{ mm}} \right) \rightarrow F_T(M) = 1,28 \text{ mN/m}$$

La figura adjunta representa el sentit i la intensitat de les forces dels fils 1, 2 i 4 sobre el fil número 3 i la força total sobre aquest fil.



Criteris específics de correcció del problema 5

5a **0,4 p.**

Respon 0,4 mT. 0,4

Error d'unitats. -0,2

Error potència de 10. -0,1

5b **0,4 p.**

Escriu que determina el sentit del camp amb la regla de la mà dreta o

l'expressió vectorial del camp a causa d'un fil recte. 0,2

Indica la direcció i el sentit de tots els camps correctament. 0,2

5c **1,2 p.**

Calcula que la força total val 1,28 mN/m. 0,7 p.

Esquema de les forces amb els sentits correctes. 0,3 p.

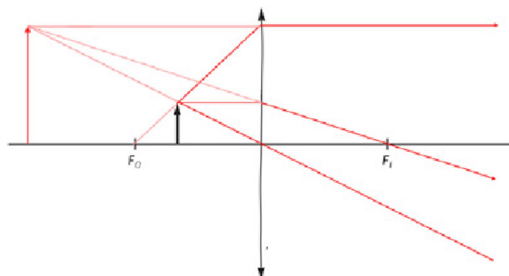
Esquema de les forces amb les longituds dels vectors qualitativament correctes. 0,2 p.

Error d'unitats. -0,2

Error potència de 10. -0,1

Problema 6

a) Diagrama dels tres raigs principals que formen la imatge.



b) S'usa el criteri DIN: $f = 300\text{mm}$, $s = -400\text{mm}$. Amb l'equació de Descartes es troba la posició de la imatge

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{-400\text{ mm}} = \frac{1}{300\text{ mm}} \rightarrow s' = +1200\text{ mm} \text{ Imatge a la dreta de la lent: Real.}$$

c) L'augment transversal és

$$M_t = \frac{s'}{s} = \frac{\gamma'}{\gamma} \rightarrow \gamma' = \frac{1,05}{-0,42} 1,2\text{ cm} \rightarrow \gamma' = -3,0\text{ cm} \text{ Imatge invertida.}$$

Críteris específics de correcció del problema 6

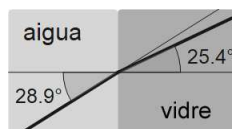
6a	1 p.
Dibuixa bé el raig que passa pel centre de la lent.	0,1
Dibuixa bé el raig que passa pel focus objecte.	0,3
Dibuixa bé el raig que passa pel focus imatge.	0,3
Els tres raigs estan bé, el diagrama és clar i els tres raigs principals es creuen clarament a l'extrem de la imatge.	0,3
6b	0,6 p.
Escriu que usa el criteri DIN o indica explícitament el criteri de signes que usarà.	0,2
Ha escrit l'equació correcta i obtingut $s' = +1200\text{ mm}$. (Si no ha indicat cap criteri explícitament, es corregirà amb el criteri DIN.)	0,2
Escriu explícitament que la imatge es forma a la dreta de la lent.	0,2
Error d'unitats.	-0,2
Error potència de 10.	-0,1
6c	0,4 p.
Obté $\gamma' = -3,0\text{ cm}$ o que la imatge té 3,0 cm d'alçària.	0,2
Escriu explícitament que la imatge és invertida.	0,2
Error d'unitats.	-0,2
Error potència de 10.	-0,1

Problema 7

a) Per la llei de Snell, $1,5 \sin(\theta_i) = \sin(40^\circ) \rightarrow \theta_i = 25,37^\circ$

b) La distància d demanada és $d = (8 \text{ cm}) \tan(\theta_i) \rightarrow d = 3,79 \text{ cm}$

c) Esquema de la trajectòria del raig de llum



d) L'angle límit entre l'aigua i el vidre és

$$1,5 \sin(\theta_{\text{lim}}) = 1,33 \sin(90^\circ) \rightarrow \theta_{\text{lim}} = 62,5^\circ$$

criteris específics de correcció del problema 7

7a **0,4 p.**

Determina que l'angle d'incidència és de 40° 0,2

Obté que l'angle de refracció val $25,37^\circ$ 0,2

7b **0,5 p.**

Esquema correcte i clar per calcular la distància d 0,1

Escriu que la distància cercada és $d = \tan(\theta_k) 5 \text{ cm}$ (puntua, encara que

l'angle θ_k no tingui el valor correcte). 0,2

Respon $d = 3,79 \text{ cm}$ o el valor corresponent amb el valor de θ_k que hagi obtingut. 0,2

Error d'unitats. -0,2

Error potència de 10. -0,1

7c **0,5 p.**

Presenta un diagrama on el raig forma amb la normal un angle més gran dins l'aigua

que dins el vidre, i ha escrit valors numèrics que així ho mostren (encara que

no siguin els valors numèrics correctes). 0,5

7d **0,6 p.**

Respon que el raig es pot reflectir totalment quan va del vidre a l'aigua i que

no es pot reflectir totalment quan va de l'aigua al vidre. 0,2

Escriu que la condició perquè el raig es reflecteixi totalment és que l'angle

d'incidència sigui més gran que l'angle límit. 0,2

Calcula l'angle límit i obté $62,5^\circ$ 0,2

Problema 8

a) El nivell de la intensitat sonora al doble de distància serà aproximadament

$$I(40 \text{ m}) \approx 80 \text{ dB}$$

b) El nivell d'intensitat sonora de 86 dB correspon a $398,1 \mu\text{W}/\text{m}^2$. La intensitat decau amb el quadrat de la distància. A 112 m la intensitat serà de $12,69 \mu\text{W}/\text{m}^2$. El nivell d'intensitat sonora en decibels a 112 m és

$$I(112 \text{ m}) = 71,0 \text{ dB}$$

c) Els nivells d'intensitat sonora de 86 dB i 88 dB corresponen a $398,1 \mu\text{W}/\text{m}^2$ i $631,0 \mu\text{W}/\text{m}^2$, respectivament. La distància a la font on es mesuraran 88 dB és

$$398,1 \times 20^2 = 631,0 r^2 \rightarrow r = 15,9 \text{ m}$$

Críteris específics de correcció del problema 8

8a	0,3 p.
Respon 80 dB.	0,3 p
8b	1 p.
Calcula que la intensitat corresponent a 86 dB correspon a $398,1 \mu\text{W}/\text{m}^2$	0,4
Calcula que la intensitat a 112 m és de $12,69 \mu\text{W}/\text{m}^2$	0,3
Respon que el nivell d'intensitat sonora a 112 m val 71,0 dB.	0,3
8c	0,7 p.
Calcula que la intensitat corresponent a 88 dB correspon a $631,0 \mu\text{W}/\text{m}^2$	0,4
Respon que es mesuren 88 dB a 15,9 m de la font.	0,3
Error d'unitats.	-0,2
Error potència de 10.	-0,1

Problema 9

a) $A(t) = A_0 \exp(-\lambda t) = A_0 \exp\left(-\frac{\ln(2)}{5730 \text{ a}} t\right) = \frac{1}{7} A_0 \rightarrow t = 16\,086 \text{ a}$

b) Desintegració β^- .

c) Les constants de desintegració són $\lambda_1 = 0,02305 \text{ a}^{-1}$ i $\lambda_2 = 0,02197 \text{ a}^{-1}$. Com que $\lambda_1 > \lambda_2$, l'element E_1 es desintegra més aviat que l'element E_2 , per tant, la mostra del primer element és la que tenia més activitat. Si l'origen de temps es posa en el moment en què l'activitat de la primera mostra era 1,2 vegades l'activitat de la segona mostra, es té

$$A_1(t) = 1,2 A_0 \exp(-\lambda_1 t).$$

$$A_2(t) = A_0 \exp(-\lambda_2 t).$$

Des d'aquell moment fins ara ha passat un temps t_x i les activitats s'han igualat, de manera que

$$A_1(t_x) = A_2(t_x) \rightarrow t_x = 169 \text{ a}$$

Si l'origen de temps es posa a l'instant actual quan les activitats són iguals, es té

$$A_1(t) = A_0 \exp(-\lambda_1 t).$$

$$A_2(t) = A_0 \exp(-\lambda_2 t).$$

I s'ha de cercar un temps negatiu quan $A_1(t_a) = 1,2 A_2(t_a)$. En aquest cas s'obté $t_a = -169 \text{ a}$.

criteris específics de correcció del problema 9

9a	1 p.
Escriu la llei $A(t) = A_0 \exp(-\lambda t)$	0,3
Iguala $A(t)$ a $A_0/7$	0,3
Respon $t = 16086 \text{ a}$	0,4
Error d'unitats.	-0,2
Error potència de 10.	-0,1
9b	0,3 p.
Respon «desintegració beta».	0,2
Especifica que és «beta menys».	0,1
9c	0,7 p.
Respon que la mostra de E_1 tenia més activitat que la de E_2 perquè l'element E_1 es desintegra més aviat.	0,3
Indica l'origen del temps i escriu l'equació correcta per a aquest origen.	0,2
Respon 169 a o -169 a segons l'equació correcta que hagi escrit.	0,2
Error d'unitats.	-0,2
Error potència de 10.	-0,1