

### 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:  $M_p = 7,1 \cdot 10^{22}$  kg,  $R_L = 1700$  km,  $m = 500$  kg,  $r_1 = 14000$  km,  $v_1 = 5,2$  km/s.

a) L'energia mecànica total de l'asteroide és constant. La velocitat  $v_2$  de l'asteroide quan impacta sobre el planeta s'obté de l'equació de conservació de l'energia,

$$\frac{1}{2} m v_1^2 - G \frac{m M_p}{r_1} = \frac{1}{2} m v_2^2 - G \frac{m M_p}{R_L} \rightarrow v_2 = 5,65 \text{ km/s}$$

L'energia mecànica de l'asteroide just abans d'impactar sobre el planeta és la mateixa que tenia en qualsevol punt de la trajectòria,

$$E_T = \frac{1}{2} m v_1^2 - G \frac{m M_p}{r_1} \rightarrow E_T = 6,59 \cdot 10^9 \text{ J}$$

b) L'energia mecànica de l'asteroide és  $6,59 \cdot 10^9$  J. Com que l'energia és positiva, la seva òrbita no pot ser tancada.

Aquest asteroide no pot seguir una òrbita circular o el·líptica.

La força centrípeta sobre un objecte en una òrbita circular és igual a la força gravitatòria. La velocitat de l'asteroide hauria de ser la següent

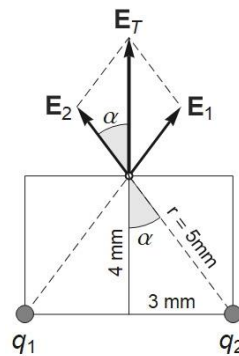
$$m \frac{v^2}{R_0} = G \frac{m M_p}{R_0^2} \rightarrow v = 0,582 \text{ km/s}$$

## Criteris específics de correcció del problema 1

<b>1a</b> .....	<b>1 p.</b>
Escriu bé l'expressió de l'energia mecànica. ....	0,15
Escriu bé el principi de conservació de l'energia mecànica. ....	0,15
Respon que la velocitat d'impacte és 5,65 km/s. ....	0,4
Error d'unitats. ....	-0,2
Error potència de 10. ....	-0,1
Respon que l'energia mecànica és $6,59 \cdot 10^9$ J. ....	0,3
Error d'unitats. ....	-0,2
Error potència de 10 si no prové d'un error potència de 10 en la velocitat. ....	-0,1
Error aïllant. ....	-0,15
<b>1b</b> .....	<b>1 p.</b>
Respon que l'òrbita no pot ser circular o el·líptica perquè l'energia mecànica és positiva. ...	0,5
Respon bé la pregunta anterior i calcula $v = 0,582$ km/s. ....	0,5
Error d'unitats. ....	-0,2
Error potència de 10. ....	-0,1

## Problema 2

a) La figura mostra els vectors que representen els camps  $\mathbf{E}_1$  i  $\mathbf{E}_2$  a causa de les dues càrregues per separat i el camp  $\mathbf{E}_T$  suma dels anteriors.



b) El camp total a causa de les dues càrregues és vertical i el seu mòdul val

$$E_T = 2 E_2 \cos(\alpha) = 2 K \frac{q_2}{r^2} \frac{4}{5} = 2 K \frac{5 \times 10^{-9} \text{ C}}{(5 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2} \frac{4}{5} \rightarrow E_T = 2,88 \text{ MN/C}$$

També es pot calcular a partir de la suma dels camps a causa de cada càrrega,

$$\mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 = (1.08, 1.44) + (-1.08, 1.44) = (0, 2.88) \text{ MN/C}.$$

c) Com que el camp a causa de les càrregues de 5 nC és vertical cap a dalt, la càrrega elèctrica en el punt A ha de ser negativa i valer

$$K \frac{q_A}{(4 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2} = -2,88 \text{ N/C} \rightarrow q_A = -5,12 \text{ nC}$$

### Criteris específics de correcció del problema 2

<b>2a</b> .....	<b>0,7 p.</b>
Dibuixa el vector que representa el camp $\mathbf{E}_1$ a causa de la càrrega esquerra clarament sobre la línia que passa per aquesta càrrega i el punt P. ....	0,15
Dibuixa el vector que representa el camp $\mathbf{E}_2$ a causa de la càrrega dreta clarament sobre la línia que passa per aquesta càrrega i el punt P. ....	0,15
Dibuixa els dos vectors, $\mathbf{E}_1$ i $\mathbf{E}_2$ , des del punt P amb els sentits correctes. ....	0,2
Dibuixa el vector del camp total vertical cap a dalt amb el paral·lelogram de la suma o amb la mida aproximadament correcta. ....	0,2
<b>2b</b> .....	<b>1 p.</b>
Escriu que el mòdul del camp a causa de cada càrrega val $K q / (5 \text{ mm})^2$ .....	0,2
Calcula bé el vector $\mathbf{E}$ de la càrrega esquerra. ....	0,25
Calcula bé el vector $\mathbf{E}$ de la càrrega dreta. ....	0,25
No puntua pels dos criteris anteriors. Escriu que el mòdul de la suma dels camps és $2 E \cos(\alpha)$ o $2 E$ pel sinus de l'angle complementari. ....	0,5
Error perquè usa $\sin(\alpha)$ o cosinus de l'angle complementari. ....	-0,2
Respon que el camp a causa de les dues càrregues val $2,88 \text{ MN/C}$ .....	0,3
Error d'unitats. ....	-0,2
Error potència de 10. ....	-0,1
<b>2c</b> .....	<b>0,3 p.</b>
Indica que la càrrega ha de ser negativa o dona un resultat que té el valor negatiu. ....	0,1
Respon que la càrrega ha de ser de $-5,12 \text{ nC}$ . ....	0,2

### Problema 3

a) La força sobre l'electró a causa de  $q_1$  és atractiva, i a causa de  $q_2$ , repulsiva. Sigui  $d = 3 \cdot 10^{-3}$  m. Amb el sentit positiu cap a la dreta, la força total sobre l'electró és

$$F = -K \frac{7 \cdot 10^{-9} \text{ C} |e|}{(3d)^2} + K \frac{|-2 \cdot 10^{-9} \text{ C}| |e|}{d^2} \rightarrow F = 1,96 \cdot 10^{-13} \text{ N} \text{ cap a la dreta.}$$

b) El mòdul del treball és  $|W| = |e (V_p - V_A)|$  on

$$V_A = K \frac{7 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{d} + K \frac{-2 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{d} = 15 \text{ kV,}$$

$$V_p = K \frac{7 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{3d} + K \frac{-2 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{d} = 1 \text{ kV,}$$

Llavors,

$$|W| = 2,24 \cdot 10^{-15} \text{ J}$$

### Criteris específics de correcció del problema 3

**3a** ..... **1 p.**

Escriu l'expressió de Coulomb amb els valors numèrics de les càrregues. ....0,2

El valor de  $F_1$  que calcula és igual en valor absolut a  $1,24 \cdot 10^{-13}$  N. ....0,2

El valor de  $F_2$  que calcula és igual en valor absolut a  $3,20 \cdot 10^{-13}$  N. ....0,2

Respon que el mòdul de la força és  $1,96 \cdot 10^{-13}$  N. ....0,2

Error d'unitats. ....-0,2

Error potència de 10. ....-0,1

Escriu explícitament que la força és cap a la dreta.....0,2

**3b** ..... **1 p.**

Obté que  $V_A = 15$  kV.....0,2

Obté que  $V_p = 1$  kV .....0,2

Escriu  $|W| = |q (V_p - V_A)|$ .....0,2

Respon que el mòdul del treball val  $2,24 \cdot 10^{-15}$  J.....0,4

Error d'unitats. ....-0,2

Error potència de 10. ....-0,1

## Problema 4

Dades:  $A = 3 \text{ cm}$ ,  $\lambda = 0,2 \text{ m}$ ,  $v = 0,25 \text{ m/s}$ .

a) L'equació general demanada és

$$\gamma(x, t) = 3 \text{ cm} \cos(kx - \omega t + \delta) = 3 \text{ cm} \cos\left(2\pi\left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T}\right) + \delta\right).$$

El període de l'ona a la superfície de l'aigua es determina amb la longitud d'ona i la velocitat de propagació,

$$T = \frac{\lambda}{v} = \frac{0,2 \text{ m}}{0,25 \text{ m/s}} = 0,8 \text{ s} \rightarrow T = 0,8 \text{ s} \rightarrow \omega = 2,5 \pi$$

Llavors, l'equació d'ona d'aquest cas és:

$$\gamma(x, t) = 3 \text{ cm} \cos\left(2\pi\left(\frac{x}{0,2 \text{ m}} - \frac{t}{0,8 \text{ s}}\right)\right) = 3 \text{ cm} \cos(10\pi x - 2,5\pi t)$$

Amb la funció sinus, l'equació d'ona es pot escriure d'una de les dues maneres següents:

$$\gamma(x, t) = 3 \text{ cm} \sin\left(10\pi x - 2,5\pi t + \frac{\pi}{2}\right) = 3 \text{ cm} \sin\left(-10\pi x + 2,5\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

b) Atès que  $0,4 \text{ s}$  és la meitat del període, el punt que a  $t = 0$  estava en una cresta, a  $t = 0,4 \text{ s}$  estarà en un mínim, com es pot comprovar amb l'equació d'ona:

$$\gamma(x = 0, t = 0,4) = 3 \text{ cm} \cos\left(-2\pi \frac{0,4}{0,8}\right) = 3 \text{ cm} \cos(-\pi) = -3 \text{ cm}$$

c) El punt de l'origen de coordenades està en una cresta a  $t = 0$ . S'ha de cercar en quin temps la perturbació en aquest punt val  $\gamma = 3 \text{ cm} - 4,5 \text{ cm} = -1,5 \text{ cm}$ ,

$$\gamma(x = 0, t) = 3 \text{ cm} \cos\left(-2\pi \frac{t}{0,8}\right) = -1,5 \rightarrow t = 0,267 \text{ s}$$

### Criteris específics de correcció del problema 4

<b>4a</b> .....	<b>0,8 p.</b>
Escriu l'equació harmònica general de l'ona cap a la dreta correcta. ....	0,3
Determina que el període és 0,8 s o $\omega = 2.5\pi$ . ....	0,3
Escriu l'equació particular correcta. ....	0,2
Error d'unitats de l'amplitud de l'ona. ....	-0,1
<b>4b</b> .....	<b>0,5 p.</b>
En l'argument presentat per respondre, esmenta que 0,4 s és la meitat del període. ....	0,3
Té l'argument bé i respon que la pertorbació valdrà -3 cm. ....	0,2
No presenta cap argument i no puntua en els dos criteris anteriors, però calcula -3 cm. ....	0,35
Error d'unitats. ....	-0,2
Error potència de 10. ....	-0,1
<b>4c</b> .....	<b>0,7 p.</b>
Identifica que la pertorbació ha de valer -1,5 cm. ....	0,2
Respon que han de passar 0,267 s. ....	0,5
Error d'unitats. ....	-0,2
Error potència de 10. ....	-0,1

## Problema 5

a) Amb la regla de la mà dreta, es determina que el corrent del fil esquerre crea un camp magnètic en el punt C cap a l'interior del pla; i que el corrent del fil dret crea un camp en sentit contrari. La distància dels fils al punt C és  $d = 0,04$  m. Llavors,

$$\frac{\mu_0 2 I_1}{2 \pi d} - \frac{\mu_0 I_1}{2 \pi d} = 12 \mu\text{T} \rightarrow I_1 = 2,4 \text{ A}$$

b) La intensitat  $I_1 = 1,2$  A del corrent indicat en aquest apartat és la meitat de la intensitat obtinguda a l'apartat anterior. Per tant, el camp magnètic en el punt C a causa dels dos fils rectes serà la meitat de  $12 \mu\text{T}$ . Per la regla de la mà dreta, el corrent a l'espira ha d'anar en

sentit antihorari

i ha de crear un camp magnètic de  $6 \mu\text{T}$ . Llavors,

$$\frac{\mu_0 I_2}{2 R} = \frac{\mu_0 I_2}{2 \times 0,025 \text{ m}} = 6 \mu\text{T} \rightarrow I_2 = 0,239 \text{ A}$$

### criteris específics de correcció del problema 5

**5a** ..... **1 p.**

Escriu bé l'equació: Els camps dels fils rectes estan restats i la distància a C és 0,4 cm..... 0,5

Respon que el corrent del fil dret és de 2,4 A. .... 0,5

Hi una errada, perquè l'equació és correcta però usa que la distància a C és 0,8 cm i

obté  $I_1 = 4,8$  A. .... 0,5

Escriu incorrectament que els camps se sumen. Resol bé l'equació i obté 0,8 A. .... 0,5

Error d'unitats. .... -0,2

Error potència de 10. .... -0,1

**5b** ..... **1 p.**

Calcula o argumenta que el mòdul del camp en el centre a causa dels fils rectes

és de  $6 \mu\text{T}$  o planteja l'equació correcta de la suma dels tres camps implicats. .... 0,2

Respon que la intensitat en el fil circular ha de ser de 0,239 A. .... 0,4

Indica i justifica correctament que el corrent en el fil circular va en sentit antihorari. .... 0,4

No té el camp a causa dels fils correctes, per tant, no puntua en els dos primers criteris,

però el corrent per l'anell que calcula anul·la el camp dels fils rectes. .... 0,4

Error d'unitats. .... -0,2

Error potència de 10. .... -0,1



## Problema 6

a) Per la llei de Faraday, la força electromotriu a l'espira és

$$fem = - \frac{d\phi}{dt} = -4 + 2t.$$

El signe menys és per la llei de Lenz. La FEM és zero a

$$t = 2 \text{ s}$$

La FEM dins l'interval és màxima a

$$t = 4 \text{ s}$$

b) El flux a  $t = 1 \text{ s}$  val  $3 \mu\text{Wb}$  i és igual a l'àrea  $S$  de l'espira per la intensitat  $B$  del camp,

$$\phi = SB = \pi R^2 B = \pi R^2 0,2 \text{ mT} = 3 \mu\text{Wb} \rightarrow R = 6,9 \text{ cm}$$

### criteris específics de correcció del problema 6

<b>6a</b> .....	<b>1 p.</b>
Escriu que usa la llei de Faraday. ....	0,2
Escriu $FEM = -d\phi / dt$ . ....	0,2
Escriu $FEM = -4 + 2t$ . ....	0,2
Respon que la FEM val zero a $t = 2 \text{ s}$ . ....	0,1
Respon que la FEM és màxima dins l'interval a $t = 4 \text{ s}$ . ....	0,3
<b>6b</b> .....	<b>1 p.</b>
Determina que el flux a $t = 1 \text{ s}$ val $3 \mu\text{Wb}$ . ....	0,2
Escriu que el flux del camp és el mòdul del camp per l'àrea de l'espira. ....	0,4
Respon que el radi de l'espira és $6,9 \text{ cm}$ . ....	0,4
Error d'unitats. ....	-0,2
Error potència de 10. ....	-0,1

## Problema 7

a) L'angle d'incidència del raig A sobre el bloc de plàstic és de  $25^\circ$ . La llei de Snell estableix que  $\sin(25^\circ) = 1,4 \sin(\theta_k)$ , d'on s'aïlla l'angle de refracció  $\theta_k = 17,57^\circ$ . Aquest angle és el que forma la línia RM amb la línia RP que segueix el raig; per tant, la distància  $d_{MP}$  entre M i P és

$$d_{MP} = (5 \text{ cm}) \tan(17,57^\circ) \rightarrow d_{MP} = 1,58 \text{ cm}$$

b) L'índex de refracció d'un medi és el quocient entre les velocitats de la llum en el buit i en el medi. El temps que tarda la llum per avançar 3 cm en el medi d'índex de refracció 1,4 és

$$t = \frac{3 \text{ cm}}{v} = \frac{3 \text{ cm}}{c/n} \rightarrow t = 1,4 \cdot 10^{-10} \text{ s}$$

c) L'angle d'incidència del raig B és de  $55^\circ$ . La llei de Snell,  $\sin(55^\circ) = 1,4 \sin(\theta_k)$ , proporciona l'angle de refracció  $\theta_k = 35,81^\circ$ . L'angle d'incidència del raig en el punt Q és  $90^\circ - 35,81^\circ = 54,19^\circ$ . Aquest angle d'incidència és més gran que l'angle límit entre el plàstic i l'aire,

$$\theta_{lim} = \arcsin\left(\frac{1}{1,4}\right) = 45,48^\circ < 54,19^\circ \rightarrow \text{el raig es reflecteix totalment.}$$

### Criteris específics de correcció del problema 7

**7a** ..... **0,8 p.**

Escriu que la distància  $d_{MP}$  és  $(5 \text{ cm}) \tan(\theta_k)$ . ..... 0,2

Determina que l'angle d'incidència és de  $25^\circ$ . ..... 0,2

Obté que l'angle de refracció val  $\theta_k = 17,57^\circ$ . ..... 0,2

Respon  $d_{MP} = 1,58 \text{ cm}$  o el que correspongui amb el valor de  $\theta_k$  que hagi obtingut. .... 0,2

Error d'unitats. .... -0,2

Error potència de 10. .... -0,1

**7b** ..... **0,4 p.**

Escriu que  $v = c / n$ . ..... 0,2

Respon  $1,4 \cdot 10^{-10} \text{ s}$ . ..... 0,2

Error d'unitats. .... -0,2

Error potència de 10. .... -0,1

**7c** ..... **0,8 p.**

Determina que l'angle d'incidència és de  $55^\circ$ . ..... 0,1

Obté que l'angle de refracció val  $\theta_k = 35,81^\circ$ . ..... 0,2

Determina que l'angle d'incidència a la cara lateral és de  $54,19^\circ$ . ..... 0,2

Calcula que l'angle límit val  $45,48^\circ$  o que  $1,4 \sin(54,19^\circ) = \sin(\theta)$  no té solució. .... 0,2

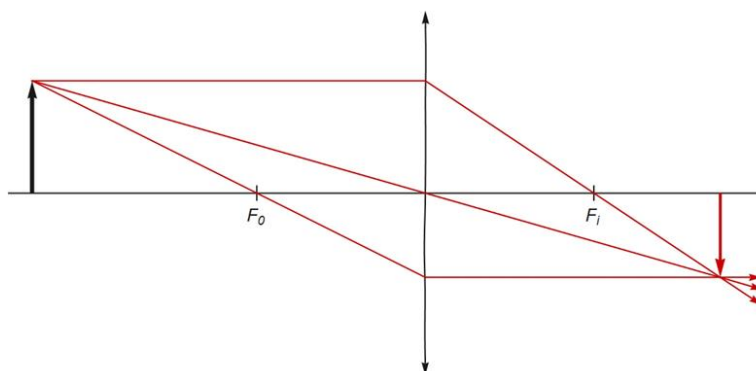
Respon explícitament que hi ha reflexió total. .... 0,1

### Problema 8

a) S'usa el criteri DIN. Una imatge virtual es forma a l'esquerra de la lent; per tant,  $s' = -14$  cm. L'augment transversal és  $s'/s = \gamma'/\gamma = 10/3$ , llavors  $s = 3s'/10 = -4.2$  cm. La distància focal de la lent s'obté amb l'equació de Descartes

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f}; \quad \frac{1}{-14} - \frac{1}{-14(3/10)} = \frac{1}{f} \rightarrow f = +6 \text{ cm} > 0 \rightarrow \text{Lent convergent.}$$

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



### Criteris específics de correcció del problema 8

**8a** ..... **1,2 p.**

Indica explícitament que la imatge es forma a l'esquerra de la lent perquè és virtual, o escriu que usa el criteri DIN (o descriu el que usa) i després escriu  $s'$  amb el signe correcte.....0,1

Escriu que  $s' = -14$  cm. ....0,3

Determina que  $s = 3 s' / 10$ . ....0,3

Respon  $f = +6$  cm.....0,3

Obté una distància focal positiva i respon que la lent és convergent. ....0,2

Error d'unitats. ....-0,2

Error potència de 10. ....-0,1

**8b** ..... **0,8 p.**

Dibuixa bé el raig que passa pel centre de la lent. ....0,1

Dibuixa bé el raig que passa pel focus objecte. ....0,2

Dibuixa bé el raig que passa pel focus imatge. ....0,2

Els tres raigs estan bé, el diagrama és clar i els tres raigs principals es creuen clarament a l'extrem de la imatge. També puntua en aquest criteri, encara que no hagi dibuixat la fletxa que representa la imatge. ....0,3

## Problema 9

a) L'energia dels fotons de la llum és  $h c / (538 \text{ nm}) = 2,306 \text{ eV}$ . El silici i l'alumini tenen treballs d'extracció superiors. El sodi té un treball d'extracció de  $2,28 \text{ eV}$ , per tant

només emetrà electrons per efecte fotoelèctric la placa de sodi

L'exercici també es pot resoldre comparant la longitud d'ona o la freqüència de la llum amb la longitud d'ona o la freqüència lliandar per a l'emissió fotoelèctrica.

b) L'energia cinètica màxima dels electrons emesos per la placa de sodi s'obté amb l'equació de l'efecte fotoelèctric

$$E_{c,\text{màx}} = \frac{1}{2} m v_{\text{màx}}^2 = 2,306 \text{ eV} - 2,28 \text{ eV} \rightarrow v_{\text{màx}} = 95,9 \text{ km/s}$$

c) La velocitat màxima dels electrons emesos no canvia perquè no depèn de la intensitat de la llum.

### Críteris específics de correcció del problema 9

**9a** ..... **0,6 p.**

Calcula que l'energia dels fotons és de  $2,306 \text{ eV}$  o calcula les longituds d'ona lliandar o calcula les freqüències lliandar. ....0,2

Esmenta o amb el que escriu demostra que sap que l'emissió d'electrons es produeix si l'energia dels fotons és superior al treball d'extracció del material o  $\lambda_{\text{llum}} < \lambda_{\text{lliandar}}$

o  $v_{\text{llum}} > v_{\text{lliandar}}$  .....0,2

Respon que només la placa de sodi emet electrons. ....0,2

**9b** ..... **1 p.**

Escriu que l'energia cinètica màxima és  $h c / \lambda - W$  o escriu  $h f - W$ .....0,4

Respon que  $v_{\text{màx}} = 95,9 \text{ km/s}$ . ....0,6

Error d'unitats. ....-0,2

Error potència de 10. ....-0,1

**9c** ..... **0,4 p.**

Respon que no canvia, perquè la velocitat màxima és independent de la intensitat de la llum. ....0,4