Física

Òptica

Solucions · 7 exercicis

Proves d'accés a la universitat (PAU) de Catalunya. Ordenats del més recent al més antic.
Retalls dels exàmens i pautes oficials (selecat.cat / universitats.gencat.cat).

1. PAU 2026 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 3 (Opció B)

EXERCICI 3, opció 2

a)

0,5 p Sabem que la imatge és de la mateixa mida però està invertida, llavors:

$$\beta = \frac{y'}{y} = -1$$

A més:

$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = -1 \Longrightarrow s' = -s$$

I també sabem que $s = -20\ \text{cm}$, llavors $s' = 20\ \text{cm}$, per tant, cal col·locar el sensor a 20 cm de la lent.

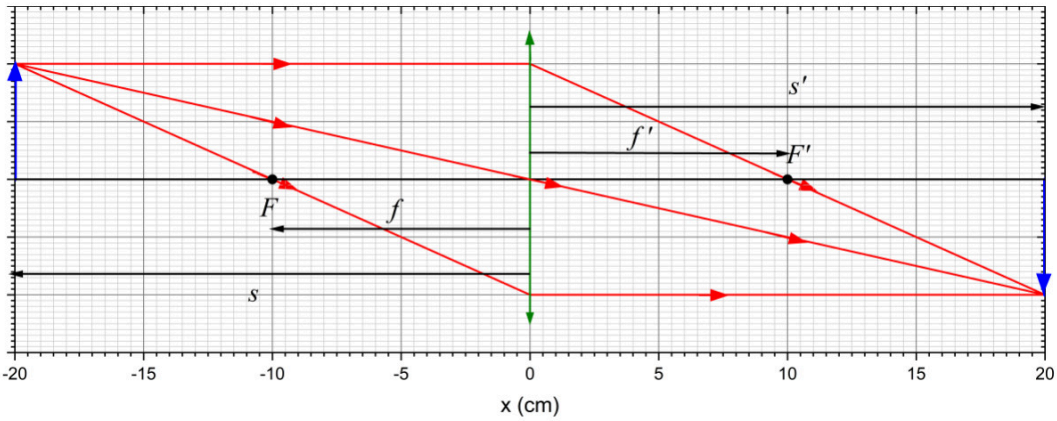
0,5 p Per trobar la focal de la lent, farem servir l'equació de la lent:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{20} - \frac{1}{-20} = \frac{1}{10} \Longrightarrow f' = 10\ \text{cm}$$

0,25 p Com que la longitud focal imatge és positiva, llavors la lent ha de ser **convergent**. També es pot justificar que la focal imatge està situada a la dreta de la lent i, per tant, que la lent és convergent.

b)

1,25 p Per al diagrama de rajos només cal dibuixar 2 dels 3 rajos indicats a la figura: el raig que surt de l'objecte i és paral·lel a l'eix passa pel punt focal imatge F', el raig que passa pel centre de la lent i no es desvia, i el raig que surt de l'objecte passa per F i surt paral·lel a l'eix.



També es considerarà correcte que es representi l'objecte invertit i la imatge dreta.

2. PAU 2026 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 3 (Opció B)

OPCIÓ B

3.1.

0,5 p La longitud d'ona depèn del medi, però la freqüència no depèn del medi, per tant, podem determinar la freqüència a partir de la velocitat de la llum i la longitud d'ona al buit:

$$f = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3{,}00 \cdot 10^8}{650 \cdot 10^{-9}} = 4{,}62 \cdot 10^{14}\ \text{Hz}$$

0,5 p Per altra banda, la velocitat de propagació de la llum a la fibra és:

$$v = \frac{c}{n_1} = \frac{3{,}00 \cdot 10^8}{1{,}48} = 2{,}03 \cdot 10^8\ \text{m/s}$$

0,25 p I finalment, al longitud d'ona dins la fibra és:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{2{,}03 \cdot 10^8}{4{,}62 \cdot 10^{14}} = 439 \cdot 10^{-9}\ \text{m} = 439\ \text{nm}$$

3.2.

0,5 p Perquè hi hagi reflexió total, l'angle d'incidència respecte la normal a *P* ha de ser més gran o igual que l'angle límit. L'angle límit (o crític) és l'angle d'incidència respecte la normal de la interfície pel qual l'angle de refracció és 90º. A partir de la llei de Snell:

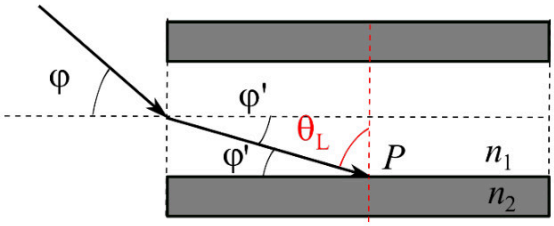
$$n_1 sin\theta_L = n_2 sin90^o$$

Per tant l'angle límit serà:

$$\theta_L = arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) = arcsin\left(\frac{1{,}44}{1{,}48}\right) = 76{,}65^o$$

0,75 p Per trobar l'angle màxim d'incidència φ, primer cal trobar l'angle transmès φ'. De la figura és evident que

$$\varphi' = 90^o - \theta_L = 90^o - 76{,}65^o = 13{,}35^o$$



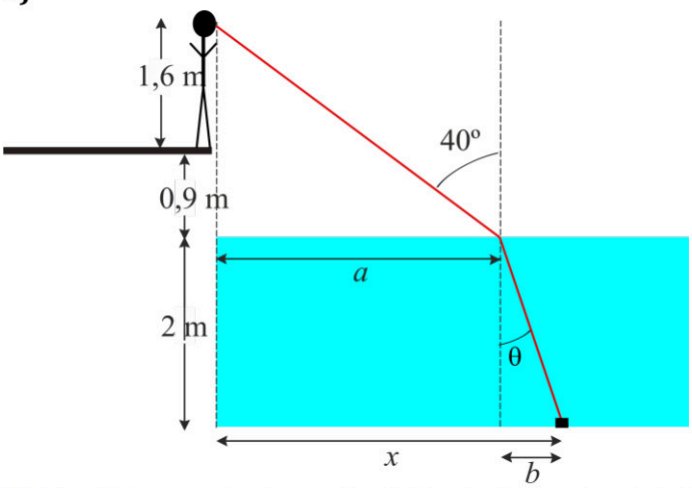
Un cop coneixem φ' podem determinar φ a partir de la Llei de Snell:

$$n_{aire} sin\varphi = n_1 sin\varphi' \Rightarrow \varphi = arcsin\left(\frac{n_1 sin\varphi'}{n_{aire}}\right) = arcsin\left(\frac{1{,}48\ \sin\ (13{,}35^o)}{1}\right) = 20{,}0^o$$

3. PAU 2025 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 3 (Opció B)

EXERCICI 3, opció 2

a)



0,75 p. Primer, calcularem la distància b: Per fer això, hem de determinar l'angle θ a partir de la llei de Snell:

$$n_{aire}\sin(40^o) = n_{aigua} sin\theta \Rightarrow \theta = arcsin\left(\frac{n_{aire}\sin(40^o)}{n_{aigua}}\right) = arcsin\left(\frac{1\,\sin(40^o)}{1{,}33}\right) = 28{,}9^o$$

0,2 p. I *b és*:

$$tan(\theta) = \frac{b}{2} \Rightarrow\ b = 2\ tan(\theta) = 1{,}10\ \text{m}$$

0,2 p. Fent servir la trigonometria, també obtenim a:

$$tan(40^o) = \frac{a}{1{,}6 + 0{,}9} \Rightarrow\ a = 2{,}5\ tan(40^o) = 2{,}10\ \text{m}$$

0,1 p. I, finalment:

$$x = a + b = 3{,}20\ \text{m}$$

b)

0,5 p. Perquè hi hagi reflexió total, l'angle d'incidència respecte de la normal ha de ser més gran o igual que l'angle límit. L'angle límit (o crític) és l'angle d'incidència respecte de la normal de la interfície pel qual l'angle de refracció és 90º. A partir de la llei de Snell:

$$n_{aigua} sin\theta_{lim} = n_{aire} sin90^o$$

Per tant, l'angle límit és:

$$\theta_{lim} = arcsin\left(\frac{n_{aire}}{n_{aigua}}\right) = arcsin\left(\frac{1}{1{,}33}\right) = 48{,}75^o$$

0,25 p. La velocitat de propagació de la llum dins la piscina és:

$$v = \frac{c}{n_1} = \frac{3{,}00 \cdot 10^8}{1{,}33} = 2{,}26 \cdot 10^8\ \text{m/s}$$

0,25 p. La longitud d'ona depèn del medi, però no la freqüència; per tant, podem determinar la freqüència a partir de la velocitat de la llum i la longitud d'ona al buit:

$$f = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3{,}00 \cdot 10^8}{632{,}8 \cdot 10^{-9}} = 4{,}74 \cdot 10^{14}\ \text{Hz}$$

0,25 p. I, finalment, la longitud d'ona dins de la piscina és:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{2{,}26 \cdot 10^8}{4{,}74 \cdot 10^{14}} = 476 \cdot 10^{-9}\ \text{m} = 476\ \text{nm}$$

4. PAU 2025 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 3 (Opció A)

EXERCICI 3, opció 1

a)

0,5 p. L'angle límit (o crític) és l'angle d'incidència respecte de la normal de la interfície pel qual l'angle de refracció és de 90 º, també respecte de la normal. A partir de la llei de Snell: $n_{bloc} sin\theta_i = n_{aire} sin\theta_r$.

Si l'angle refractat és 90º, l'angle d'incidència compleix: $sin\theta_{límit} = \frac{n_{aire}}{n_{bloc}} sin90^o = \frac{n_{aire}}{n_{bloc}}$.

Per tant, l'angle límit serà: $\theta_{límit} = arcsin\left(\frac{n_{aire}}{n_{bloc}}\right)$.

0,25 p. L'angle límit per a les dades del problema és: $\theta_{límit} = arcsin\left(\frac{1}{1{,}58}\right) = 39{,}3\,^o$.

0,5 p. El fenomen de la reflexió total i l'angle límit no es pot donar si invertim els medis. En aquest cas, la llum passaria d'un índex de refracció petit a un índex gran i, per tant, l'angle refractat seria menor que l'incident. Matemàticament, es pot deduir de la llei de Snell: $n_1 sin\theta_1 = n_2 sin\theta_2$, recordant que la funció sinus creix amb l'angle per angles petits. Per al nostre cas concret, l'angle límit hauria de complir $\theta_{límit} = arcsin\left(\frac{1{,}58}{1}\right)$, que no té solució.

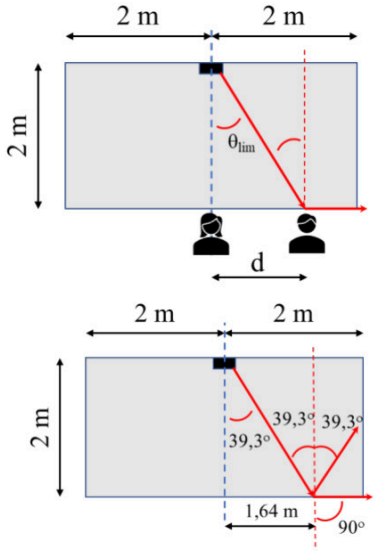
b)

0,75 p. Per poder veure la moneda, la distància ha de ser menor que la que correspon a l'angle límit. Per a distàncies més grans, tindrem reflexió total i no podrem veure la moneda.

La relació entre la distància d i l'angle d'incidència θ_i és:

$$tg(\theta_i) = \frac{d}{2}$$

Calculem la distància màxima, la d per l'angle límit $\theta_{límit} = 39{,}3^o$: $d_{max} = 2 \cdot tg(\theta_{límit}) = 2 \cdot tg(39{,}3^o) = 1{,}635$ m



0,5 p. Esquema: angle reflectit igual a l'incident i angle refractat de 90 º

També és correcte indicar que no hi ha raig refractat.

5. PAU 2024 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 5

P5)

a)

L'alumne pot utilitzar qualsevol criteri de signe coherent (Aquí utilitzem el criteri DIN):

0,25 p L'objecte, llibre, està a 35 cm davant de la lent (s=-35cm),

0,25 p La imatge ha d'estar a 70cm també davant de la lent (s'=-70cm) per poder-la enfocar.

0,25 p Per tant, utilitzant l'equació de la lent prima $\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f}$, tenim: $\frac{1}{-70}-\frac{1}{-35}=-\frac{1}{70}+\frac{2}{70}=\frac{1}{70}=\frac{1}{f'}$. Per tant *f '*=70cm

0,25 p La potència és la inversa de la distància focal:

0,25 p $\mathrm{P}=\frac{1}{f'}=\frac{1}{0{,}7}=1{,}43\ D\ (dioptries)$

b)

0,25 p L'objecte està a 25 cm davant de la lent (s=-25cm) i la focal de la lent és 20cm. Per tant, utilitzant $\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'}$, tenim: $\frac{1}{s'}-\frac{1}{-25}=\frac{1}{20}$ i $\frac{1}{s'}=\frac{1}{20}-\frac{1}{25}=\frac{5}{100}-\frac{4}{100}=\frac{1}{100}$.

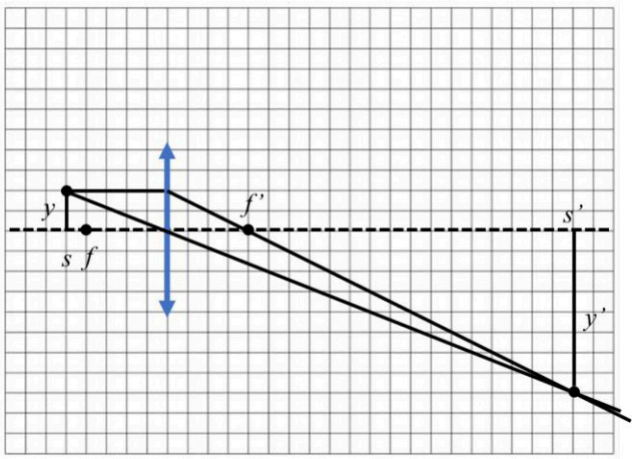
Per tant, *s '*=100 cm

0,25 p La mida de la imatge la podem trobar amb la relació $\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s}$, i, per tant,

$$y'=y\frac{s'}{s}=10\cdot\frac{100}{-25}=-40\ cm.$$

0,25 p +gran/real/invertida

0,5 p diagrama de rajos: Utilitzem rajos que surten d'un punt de l'objecte per trobar la imatge. El raig paral·lel a l'eix és desviat per la lent i passa per *f '*. El raig que passa pel centre de la lent no es desvia. La imatge es crea on es creuen els dos rajos.



6. PAU 2020 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 7

P7)

a)

0,25 p L'equació d'una ona és: $\psi(x,t) = A\cos(\omega t - kx) = A\cos 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$

0,25 p Llavors $\omega = 2{,}40 \times 10^{15}$ rad/s i $k = 1{,}20 \times 10^{7}$ rad/s

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2{,}618 \times 10^{-15}\ \text{s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} = 3{,}82 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} = 5{,}24 \times 10^{-7}\ \text{m} \qquad \textbf{0,1 p}$$

0,1 p $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f = 2{,}00 \times 10^{8}$ m/s

0,2 p $n = \frac{c}{v} = 1{,}5$

0,15 p En el vuit la velocitat de propagació és $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m/s

0,2 p $\lambda = cf = 7{,}85 \times 10^{-7}$ m

b)

0,65 p La direcció de propagació és l'eix x atès que la coordenada x apareix en l'argument de l'equació de l'ona.

0,6 p El camp magnètic és perpendicular a la direcció de propagació (eix x) i al camp elèctric. Segons l'equació de l'ona electromagnètica el camp elèctric oscil·la en l'eix (z) (segons l'equació de l'ona, la direcció $\vec{E}(x,t)$ ve donada pel vector unitari $\vec{k}$). Per tant, el camp magnètic oscil·la en la direcció de l'eix y.

7. PAU 2010 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 4 (Opció A)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.