

## (2) Exercicios autoavaliabes

Datos:  $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ J}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8\text{ m/s}$ ;  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}\text{ Js}$ ;  $n_{\text{aire}} = 1$

1. Cando unha luz que se propaga pola auga atravesa un anaco de cuarzo diminúe a súa velocidade. Cando acabe de atravesar o cuarzo, moverase coa velocidade que adquiriu nel?
2. Téñense tres medios transparentes de índices de refracción  $n_1$ ,  $n_2$  e  $n_3$ , separados entre si por superficies planas e paralelas. Un raio de luz de frecuencia  $f = 8 \cdot 10^{13}\text{ Hz}$  incide desde o primeiro medio ( $n_1 = 1,4$ ) sobre o segundo formando un ángulo  $\alpha_1 = 25^\circ$  coa normal á superficie de separación.
  - a) Sabendo que o ángulo de refracción no segundo medio é  $\alpha_2 = 22^\circ$ , cal será a lonxitude de onda da luz neste segundo medio?
  - b) Tras atravesar o segundo medio, o raio chega á superficie de separación co terceiro medio. Se o índice de refracción do terceiro medio é  $n_3 = 1,1$ , cal será o ángulo de emerxencia do raio?
  - c) Debuxa o diagrama de raios correspondente.
3. Un feixe de luz láser de  $570\text{ nm}$  incide nun bloque de vidro:
  - a) Describe os fenómenos ópticos que ocorren.
  - b) Se o ángulo de incidencia é de  $45^\circ$  e o de refracción é de  $25^\circ$ , cal é o índice de refracción do vidro?
  - c) Sería diferente o valor anterior se a lonxitude de onda fose de  $730\text{ nm}$ ?
  - d) Razona como calcularías o ángulo límite e ofrece o seu valor a partir dos datos do apartado b).
4. Un obxecto que está situado no fondo dun recipiente con alcol etílico emite un raio luminoso que incide sobre a superficie e cun ángulo de  $45^\circ$ . Se o índice de refracción do alcol etílico é  $1,361$ , e o do aire,  $1$ :
  - a) Calcula o ángulo de refracción.
  - b) Acha a velocidade coa que sae o raio luminoso que se propaga polo alcol e a velocidade que adquire no aire.
5. Producirase sempre refracción cando un raio luminoso incida na superficie de separación de dous medios?
6. Un feixe fino de luz verde de  $530\text{ nm}$  pasa de propagarse no aire a facelo por un anaco de vidro. Cando o ángulo de incidencia é de  $45^\circ$ , obsérvase que o de refracción é de  $25,2^\circ$ . Determina:
  - a) O índice de refracción do vidro para esa luz.
  - b) A velocidade á que se propaga dita luz no vidro.
  - c) A lonxitude de onda no novo medio.
7. Un raio de luz de lonxitude de onda  $\lambda = 0,75\mu\text{m}$  (luz vermella) propágase desde o aire cara á auga. Sabendo que o índice de refracción da auga,  $n_{\text{auga}}$ , é  $4/3$ , calcula a lonxitude de onda que posúe neste segundo medio,  $\lambda_{\text{auga}}$ .  
 Sabendo que no espectro electromagnético a lonxitude de onda obtida no apartado anterior corresponde á cor verde, di que cor verá unha persoa mergullada na auga.

8. Un raio de luz pasa da auga (índice de refracción  $n = 4/3$ ) ao aire ( $n = 1$ ). Calcula:
- a) O ángulo de incidencia se os raios reflectido e refractado son perpendiculares entre eles.
  - b) O ángulo límite.
  - c) Existe ángulo límite se a luz incide do aire á auga?

## Solucións

1. Non, a velocidade da onda depende da súa lonxitude de onda e do índice de refracción do medio polo que circula. Se cambia o medio (e cambia o índice de refracción) tamén cambia a súa velocidade. Neste caso, se ao pasar o cuarzo volve á auga, volverá a adquirir a velocidade que tiña antes de entrar no cuarzo.

2. a) De acordo coa lei de Snell:

$$n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r} \rightarrow 1,5 \cdot \sin 25^\circ = n_2 \cdot \sin 22^\circ \rightarrow n_2 = 1,69$$

Por tanto:

$$n_2 = \frac{c}{v_{\text{luz},2}} \rightarrow v_{\text{luz},2} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,69} = 1,8 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

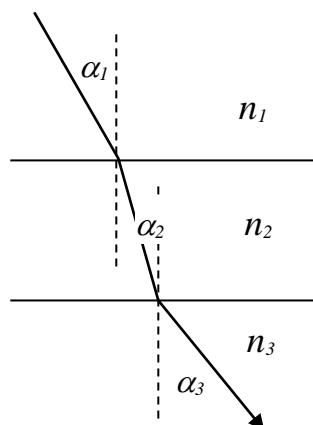
Agora calculamos a lonxitude de onda:

$$v_{\text{luz},2} = \lambda f \rightarrow \lambda = \frac{1,8 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{8 \cdot 10^{13} \text{ Hz}} = 2,25 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

b) Aplicamos novamente a lei de Snell aos medios 2 e 3

$$n_2 \sin \hat{i} = n_3 \sin \hat{r} \rightarrow 1,69 \cdot \sin 22^\circ = 1,1 \cdot \sin \hat{r}_3 \rightarrow \hat{r}_3 = 35,1^\circ$$

c) O esquema podería ser o seguinte:



3. a) Parte do feixe incidente refléxase, e outra parte pasa a propagarse polo vidro, isto é, refráctase.

b) Considerando que o índice de refracción do aire é 1, o índice de refracción do vidro será (lei de Snell):

$$n_2 = n_1 \cdot \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = 1 \cdot \frac{\sin 45^\circ}{\sin 25^\circ} = 1,67$$

c) O valor calculado é para luz amarela (570 nm). O valor deducido sería lixeiramente distinto se se calculase para a luz vermella (730 nm), pois o vidro é un medio dispersivo, polo que o índice de refracción depende lixeiramente de  $\lambda$ . Pero o valor obtido afectaría soamente á segunda cifra decimal considerada producíndose unha lixeira diminución. Podemos supor, pois, que apenas variará.

d) O ángulo límite ou crítico será aquel que corresponde cunha incidencia rasante ( $\sin \hat{i} = 1$ , xa que  $\hat{i} = 90^\circ$ ). Dese xeito:

$$\sin \hat{r}_c = \frac{1}{n_2} \Rightarrow \hat{r}_c = 36,8^\circ$$

4. a) Recordando a lei de Snell:

$$n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r} \Rightarrow 1,361 \cdot \sin 45^\circ = n_2 \cdot \sin \hat{r} \Rightarrow \hat{r} = \arcsin(0,9624) = 74^\circ$$

b) Pola definición de índice de refracción teremos que:

$$n_2 = \frac{c}{v_{\text{luz},2}} \Rightarrow v_{\text{luz},2} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{1,361} = 2,2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

No caso do aire, como  $n_1 = 1$  vese claramente que  $v_{\text{luz},1} = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

5. Non. Só cando o índice de refracción do medio de incidencia sexa menor ca o do medio de refracción, noutro caso pode producirse reflexión total cando se supera o ángulo límite.

6. a) Recordando a lei de Snell:

$$n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r} \Rightarrow 1 \cdot \sin 45^\circ = n_2 \cdot \sin 25,2 \Rightarrow n_2 = 1,66$$

b) Pola definición de índice de refracción teremos que:

$$n_2 = \frac{c}{v_2} \Rightarrow v_2 = \frac{3,0 \cdot 10^8}{1,66} = 1,8 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

c) Sabemos que a frecuencia non varía dun medio a outro. Calcularemos canto vale cos datos que temos para o aire:

$$n_1 = \frac{c}{v_1} \Rightarrow v_1 = \frac{3 \cdot 10^8}{1} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$v_1 = \lambda_1 \cdot f \Rightarrow f = \frac{3 \cdot 10^8}{530 \cdot 10^{-9}} = 5,66 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Agora calculamos a lonxitude de onda no vidro, xa que coñecemos a frecuencia e o índice de refracción:

$$v_2 = \lambda_2 \cdot f \Rightarrow \lambda_2 = \frac{1,8 \cdot 10^8}{5,66 \cdot 10^{14}} = 319 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

7. a) Sabemos que a frecuencia non varía dun medio a outro. Calcularemos canto vale cos datos que temos para o aire:

$$n_{\text{aire}} = \frac{c}{v_{\text{luz, aire}}} \Rightarrow v_{\text{luz, aire}} = \frac{3 \cdot 10^8}{1} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{luz, aire}} = \lambda_{\text{luz, aire}} \cdot f \Rightarrow f = \frac{1,8 \cdot 10^8}{0,75 \cdot 10^{-6}} = 4 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Agora calculamos a lonxitude de onda na auga, xa que coñecemos a frecuencia e o índice de refracción:

$$n_{\text{auga}} = \frac{c}{v_{\text{luz, auga}}} \Rightarrow v_{\text{luz, auga}} = \frac{3 \cdot 10^8}{4/3} = 2,25 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

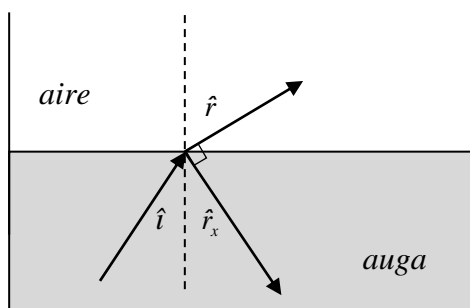
$$v_{\text{luz, auga}} = \lambda_{\text{luz, auga}} \cdot f \Rightarrow \lambda_{\text{luz, auga}} = \frac{2,25 \cdot 10^7}{4 \cdot 10^{14}} = 0,56 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

b) O que estimula o nervio óptico e nos fai percibir unha determinada cor é a frecuencia de vibración da onda de luz. Polo tanto, a cor que vemos non depende da lonxitude da onda. E como a frecuencia da radiación depende do foco emisor e non do medio material no que se propague, cando a luz pasa do aire á auga, unha persoa mergullada na auga ve a mesma cor vermella que o foco emite.

8.

a) Aplicando a lei de Snell da refracción:

$$n \cdot \sin \hat{i} = n_1 \cdot \sin \hat{r} \Rightarrow 1,33 \cdot \sin \hat{i} = 1 \cdot \sin \hat{r}$$



Á vista do debuxo debe cumprirse que  $\hat{r} + 90^\circ + \hat{r}_x = 180^\circ$

Como o ángulo de reflexión  $\hat{r}_x$  é igual ao ángulo de incidencia  $\hat{i}$ , a ecuación anterior pode escribirse como  $\hat{i} + \hat{r} = 90^\circ$  co que  $\hat{r} = 90^\circ - \hat{i}$

Recordando de trigonometría que  $\sin(90^\circ - \hat{i}) = \cos \hat{i}$  a primeira ecuación queda:

$$1,33 \cdot \sin \hat{i} = \sin(90^\circ - \hat{i}) = \cos \hat{i}$$

$$\text{tg } \hat{i} = 1/1,33 = 0,75 \quad \hat{i} = \text{arc tg } 0,75 = 36,9^\circ$$

b) Ángulo límite é aquel ángulo de incidencia tal que o de refracción vale  $90^\circ$ . Neste caso:

$$1,33 \cdot \sin \hat{r}_L = 1 \cdot \sin 90^\circ$$

$$\sin \hat{r}_L = 1/1,33 = 0,75$$

$$\hat{r}_L = \text{arc sen } 0,75 = 48,6^\circ$$

c) Non. Cando a luz pasa do aire á auga, o ángulo de refracción é menor que o de incidencia. Para conseguir un ángulo de refracción de  $90^\circ$  o ángulo de incidencia tería que ser maior que  $90^\circ$  e non estaría no aire.

Tamén pode deducirse da lei de Snell:  $1 \cdot \sin \hat{r}_L = 1,33 \cdot \sin 90^\circ$

$\sin \hat{r}_L = 1,33/1 = 1,33 > 1$  o que é absurdo.