

# A LUZ. ÓPTICA XEOMÉTRICA

## PROBLEMAS

1. Un espello esférico ten 0,80 m de raio.

- Se o espello é cóncavo, calcula a que distancia hai que colocar un obxecto para obter unha imaxe real dúas veces maior que o obxecto.
- Se o espello é convexo, calcula a que distancia hai que colocar un obxecto para obter unha imaxe dúas veces menor que o obxecto.
- Fai os diagramas de raios dos apartados a e b.

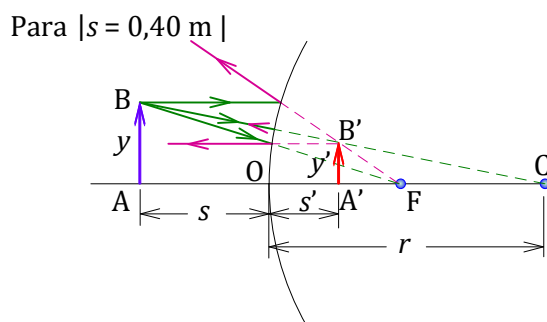
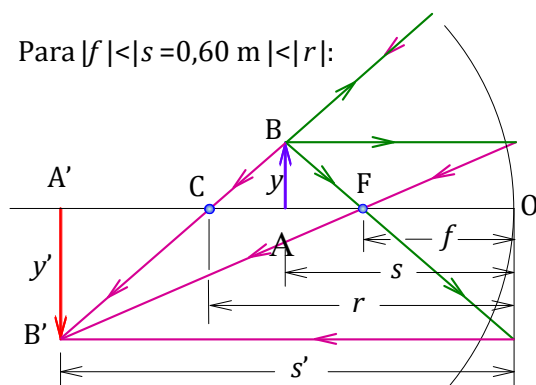
a) Calculamos a distancia obxecto  $s$  a partir da ecuación fundamental dos espellos esféricos:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{r} \\ A_L = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \\ y' = -2y \text{ (imaxe real: invertida)} \\ r = -0,8 \text{ m} \end{array} \right\} \rightarrow s' = 2s \rightarrow \frac{1}{2s} + \frac{1}{s} = \frac{2}{-0,8} \rightarrow \boxed{s = -0,60 \text{ m}}$$

b)

$$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{r} \\ A_L = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \\ y' = 0,5y \text{ (imaxe virtual: dereita)} \\ r = 0,8 \text{ m} \end{array} \right\} \rightarrow s' = -0,5s \rightarrow \frac{1}{-0,5s} + \frac{1}{s} = \frac{2}{0,8} \rightarrow \boxed{s = -0,40 \text{ m}}$$

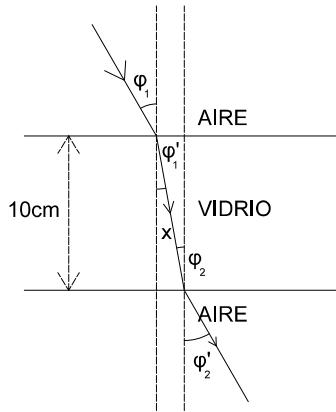
c)



2. Sobre unha lámina de vidro de caras plano-paralelas, de espesor 10 cm e situada no aire, incide un raio de luz cun ángulo de incidencia de  $30^\circ$ . Sabendo que o índice de refracción do vidro é 1,50, e o do aire a unidade:

- Fai un esquema da marcha dos raios
- Calcula a lonxitude percorrida polo raio no interior da lámina
- Calcula o ángulo que forma coa normal o raio que emerxe da lámina.

a)



b) Aplicamos a lei de Snell para calcular o ángulo de refracción  $\phi'_1$  :

$$\text{sen } \phi_1 = n \text{ sen } \phi'_1 \rightarrow \text{sen } \phi'_1 = \frac{\text{sen } 30^\circ}{1,50} \rightarrow \phi'_1 = 19,5^\circ$$

$$\cos \phi'_1 = \frac{0,10}{x} \rightarrow \boxed{x = 0,11 \text{ m}}$$

c) Por simetría, obtemos que o ángulo de saída da lámina é o mesmo que o da entrada. Matematicamente:

$$\left. \begin{array}{l} \text{sen } \phi_1 = n \text{ sen } \phi'_1 \\ n \text{ sen } \phi_2 = \text{sen } \phi'_2 \\ \phi'_1 = \phi_2, \text{ por alternos internos} \end{array} \right\} \rightarrow \text{sen } \phi_1 = \text{sen } \phi'_2 \rightarrow \boxed{\phi_1 = \phi'_2 = 30^\circ}$$

3. Un proyector de cine ten unha lente converxente de 20,0 dioptrías.

- A que distancia da lente debe situarse a película se queremos que a imaxe sexa 100 veces maior que o obxecto?
- A que distancia da lente debe situarse a pantalla?
- Debuxa o diagrama de raios

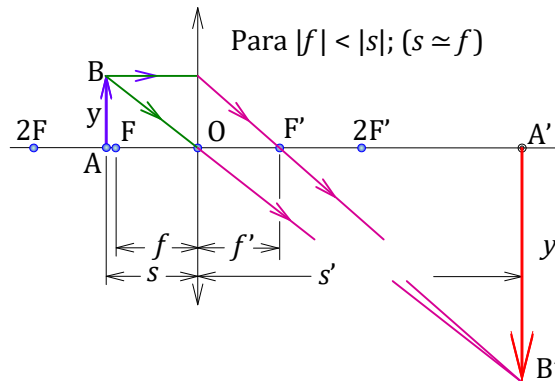
a) Calculamos a distancia obxecto  $s$  a partir da ecuación fundamental das lentes delgadas:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} &= \frac{1}{f'} \\ A_l &= \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \\ y' &= -100 y \text{ (imaxe real: invertida)} \\ P &= \frac{1}{f'} = 20 \text{ m}^{-1} \end{aligned} \right\} \rightarrow s' = -100 s \rightarrow \frac{1}{-100 s} - \frac{1}{s} = 20 \rightarrow \boxed{s = -5,05 \cdot 10^{-2} \text{ m}}$$

b)

$$\left. \begin{aligned} s' &= -100 s \\ s &= -5,05 \cdot 10^{-2} \text{ m} \end{aligned} \right\} \rightarrow \boxed{s = 5,05 \text{ m}}$$

c) Diagrama de raios:



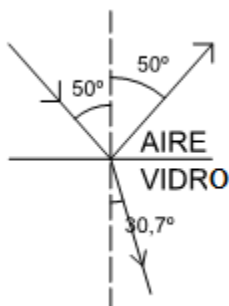
4. Un raio luminoso incide na superficie dun bloque de vidro cun ángulo de incidencia de  $50^\circ$ . Calcula as direccións dos raios:
- Reflectido.
  - Refractado.
- a) Representa os raios reflectido e refractado.  
Dato: O índice de refracción do vidro é 1,50.

a) Segundo a lei de Snell, o raio reflectido forma coa normal un ángulo de  $50^\circ$ , igual ó de incidencia  $\hat{i}$ .

b) O raio refractado formará coa normal un ángulo  $r$ , que calculamos aplicando a Lei de Snell:

$$n_{\text{aire}} \cdot \sin \hat{i} = n_{\text{vidro}} \cdot \sin \hat{r} \rightarrow \sin 50^\circ = 1,5 \cdot \sin \hat{r} \rightarrow \hat{r} = 30,7^\circ$$

c) Representación gráfica



5. Un espello esférico cóncavo ten un raio de curvatura de 1,5 m. Determina:

- A posición da imaxe dun obxecto situado diante do espello a unha distancia de 1 m.
- A altura da imaxe dun obxecto real de 10 cm de altura.
- Realiza o diagrama de raios

a) Calculamos a distancia imaxe  $s'$  a partir da ecuación fundamental dos espellos esféricos:

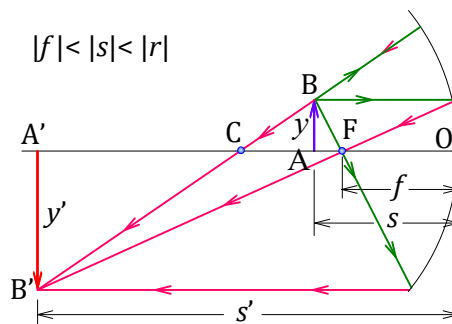
$$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{r} \\ s = -1 \text{ m} \\ r = -1,5 \text{ m} \end{array} \right\} \rightarrow \frac{1}{s'} + \frac{1}{-1} = \frac{2}{-1,5} \rightarrow \boxed{s' = -3,0 \text{ m}}$$

b) O tamaño da imaxe obtémolo a partir da ecuación do aumento lateral:

$$\left. \begin{array}{l} A_L = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \rightarrow y' = -\frac{s'}{s} \cdot y \\ y = 0,10 \text{ m} \\ s' = -3 \text{ m} \\ s = -1 \text{ m} \end{array} \right\} \rightarrow y' = -\frac{-3}{-1} \cdot 0,10 \rightarrow \boxed{y' = -0,3 \text{ m}}$$

Como  $y'$  é negativa, a imaxe é invertida (está orientada en sentido inverso ó obxecto) e, neste caso, de maior tamaño que o obxecto. Ademais é real, xa que se forma pola intersección dos raios reflectidos ( $s'$  é negativa).

c)



6. Un obxecto de 6 cm de altura está situado a unha distancia de 30 cm dun espello esférico convexo de 40 cm de raio. Determina:
- A posición da imaxe.
  - O tamaño da imaxe.
  - Realiza o diagrama de raios.

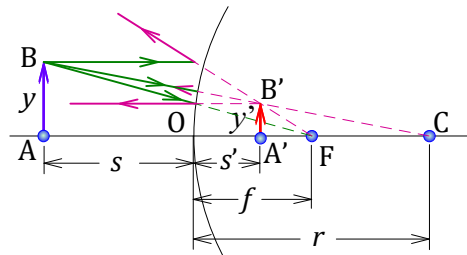
a) Calculamos a distancia imaxe  $s'$  a partir da ecuación fundamental dos espellos esféricos:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{r} \\ s = -30 \text{ cm} \\ r = 40 \text{ cm} \end{array} \right\} \rightarrow \frac{1}{s'} + \frac{1}{-30} = \frac{2}{40} \rightarrow \boxed{s' = 12 \text{ cm}}$$

b) O tamaño da imaxe obtémolo a partir da ecuación do aumento lateral:

$$\left. \begin{array}{l} A_l = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \rightarrow y' = -\frac{s'}{s} \cdot y \\ y = 6 \text{ cm} \\ s' = 12 \text{ cm} \\ s = -30 \text{ cm} \end{array} \right\} \rightarrow y' = -\frac{12}{-30} \cdot 6 \rightarrow \boxed{y' = 2,4 \text{ cm}}$$

c) A imaxe é virtual,  $s' > 0$ , dereita,  $y' > 0$  a igual que  $y$ , e de menor tamaño que o obxecto.



A imaxe que se forma é, para calquera posición do obxecto, virtual, dereita e de menor tamaño que o obxecto

7. Un obxecto de 4 cm de altura está situado 20 cm diante dunha lente delgada converxente de distancia focal 12 cm. Determina:
- A posición da imaxe
  - O tamaño da imaxe
  - Resolve o problema considerando que a lente é diverxente

a) Calculamos a distancia imaxe  $s'$  a partir da ecuación fundamental das lentes delgadas:

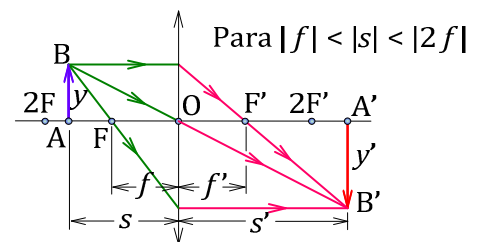
$$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \\ s = -20 \text{ cm} \\ f' = 12 \text{ cm} \end{array} \right\} \rightarrow \frac{1}{s'} - \frac{1}{-20} = \frac{1}{12} \rightarrow \boxed{s' = 30 \text{ cm}}$$

A imaxe é real porque se forma á dereita da lente:  $s' > 0$ .

b) O tamaño da imaxe obtense aplicando a ecuación do aumento lateral da lente:

$$\left. \begin{array}{l} A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \rightarrow y' = \frac{s'}{s} \cdot y \\ y = 4 \text{ cm} \\ s' = 30 \text{ cm} \\ s = -20 \text{ cm} \end{array} \right\} \rightarrow y' = \frac{30}{-20} \cdot 4 \rightarrow \boxed{y' = -6 \text{ cm}}$$

O signo negativo indícanos que a imaxe é invertida.



A imaxe que se forma é real, invertida e de maior tamaño que o obxecto, sendo  $s' > 2f'$

c) Calculamos a distancia imaxe  $s'$  a partir da ecuación fundamental das lentes delgadas:

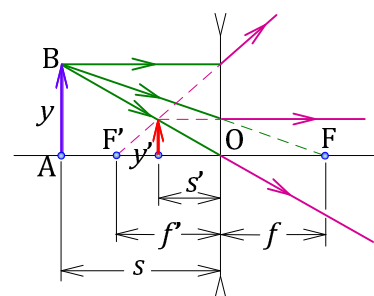
$$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \\ s = -20 \text{ cm} \\ f' = -12 \text{ cm} \end{array} \right\} \rightarrow \frac{1}{s'} - \frac{1}{-20} = \frac{1}{-12} \rightarrow \boxed{s' = -7,5 \text{ cm}}$$

A imaxe é virtual porque se forma á esquerda da lente:  $s' < 0$ .

O tamaño da imaxe obtense aplicando a ecuación do aumento lateral da lente:

$$\left. \begin{array}{l} A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \rightarrow y' = \frac{s'}{s} \cdot y \\ y = 4 \text{ cm} \\ s' = -7,5 \text{ cm} \\ s = -20 \text{ cm} \end{array} \right\} \rightarrow y' = \frac{-7,5}{-20} \cdot 4 \rightarrow \boxed{y' = 1,5 \text{ cm}}$$

O signo positivo indícanos que a imaxe está orientada igual que o obxecto: é dereita.



A imaxe que se forma é virtual, dereita e de menor tamaño que o obxecto

8. Determina:

- a) En que posicións se poderá colocar unha lente converxente de +15 cm de distancia focal imaxe, para obter a imaxe dun obxecto de 5 cm de altura sobre unha pantalla situada a 80 cm del?  
b) Os aumentos laterais e os tamaños das imaxes.  
c) Realiza o diagrama de raios considerando unha das posicións do apartado a).

- a) A suma dos valores absolutos de  $s$  e  $s'$  son 80 cm; tendo en conta que  $s'$  é positivo e  $s$  negativo, teremos que:  $s' + (-s) = 0,80$  m.

Aplicando a ecuación fundamental das lentes delgadas resulta:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \\ s' = (0,80 + s) \text{ m} \\ f' = 0,15 \text{ m} \end{array} \right\} \rightarrow \frac{1}{0,80 + s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{0,15} \rightarrow \begin{cases} s' = -0,6 \text{ m} \\ s' = -0,2 \text{ m} \end{cases}$$

Hai dúas posicións para a colocación da lente.

- b) Aumento para o caso da lente próxima:  $s = -0,2$  m e  $s' = 0,6$  m.

$$\left. \begin{array}{l} A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \\ s' = 0,6 \text{ m} \\ s = -0,2 \text{ m} \end{array} \right\} \rightarrow A_L = \frac{0,6}{-0,2} \rightarrow \boxed{A_L = -3}$$

Tamaño da imaxe:

$$\left. \begin{array}{l} A_L = \frac{y'}{y} \rightarrow y' = A_L \cdot y \\ A_L = -3 \text{ m} \\ y = 0,05 \text{ m} \end{array} \right\} \rightarrow y' = -3 \cdot 0,05 \rightarrow \boxed{y' = -0,15 \text{ m}}$$

O signo negativo indícanos que a imaxe está invertida respecto ó obxecto.

Aumento para o caso da lente afastada:  $s = -0,6$  m e  $s' = 0,2$  m.

$$\left. \begin{array}{l} A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \\ s' = 0,2 \text{ m} \\ s = -0,6 \text{ m} \end{array} \right\} \rightarrow A_L = \frac{0,2}{-0,6} \rightarrow \boxed{A_L = -0,33}$$

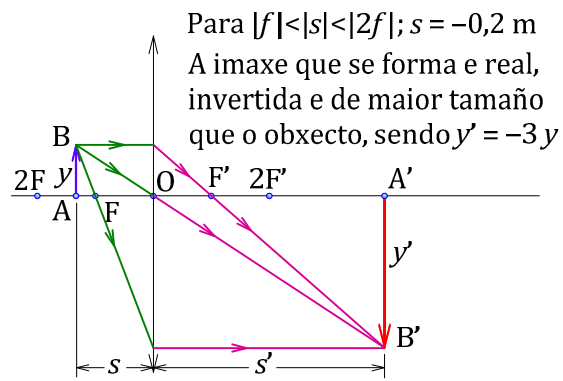
Tamaño da imaxe:

$$\left. \begin{array}{l} A_L = \frac{y'}{y} \rightarrow y' = A_L \cdot y \\ A_L = -0,33 \text{ m} \\ y = 0,05 \text{ m} \end{array} \right\} \rightarrow y' = -0,33 \cdot 0,05 \rightarrow \boxed{y' = -0,017 \text{ m}}$$



O signo negativo indícanos que a imaxe a imaxe está invertida respecto ó obxecto.

c) Diagrama no caso  $s = -0,2$  m e  $s' = 0,6$  m.



## CUESTIONS

1. Os ollos dunha persoa están a 1,70 m do chan. A que altura sobre o chan debe estar a parte inferior dun espello plano para que esta persoa vexa a imaxe dos seus pés?  
 a) 0,85 m ; b) 1 m ; c) 1,70 m.

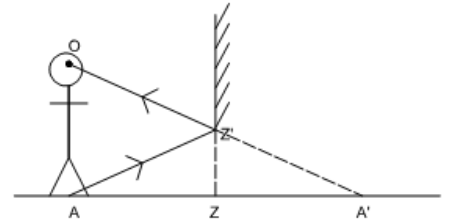
SOL. a

O ollo sempre ve na dirección do raio que lle chega, polo tanto debe recibir un raio procedente dos pés para que poida velos.

A imaxe nun espello plano é virtual, dereita, co mesmo tamaño e simétrica respecto do espello.

Triángulos semellantes:  $AOA'$  e  $ZZ'A'$ .

$$\frac{1,70}{ZZ'} = \frac{2 \cdot ZA'}{ZA'} \rightarrow ZZ' = 0,85\text{m}$$



2. A altura mínima dun espello plano para que unha persoa poda verse de corpo inteiro é:  
 a) igual á altura da persoa ; b) a metade de dita altura ; c) a terceira parte de dita altura.

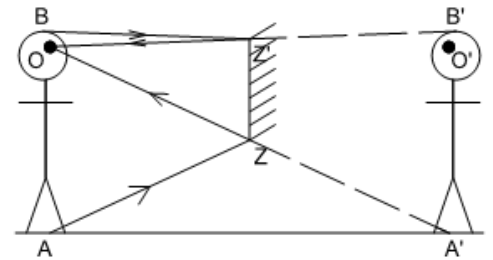
SOL. b

O ollo sempre ve na dirección do raio que lle chega. Para verse de corpo inteiro, é necesario que reciba raios dos pés e da parte superior da cabeza.

A imaxe nun espello plano é virtual, dereita, do mesmo tamaño e simétrica respecto do espello.

Os triángulos  $OZZ'$  e  $OA'B'$  son semellantes:

$$\frac{OZ'}{OB'} = \frac{ZZ'}{A'B'} \rightarrow \frac{OZ'}{2 \cdot OZ'} = \frac{ZZ'}{A'B'} \rightarrow ZZ' = \frac{1}{2} A'B'$$



3. A profundidade real dunha piscina con respecto á observada é: a) menor ; (b) maior ; (c) igual.  
 Dato: os índices de refracción da auga e o aire son  $4/3$  e 1, respectivamente.

SOL. b

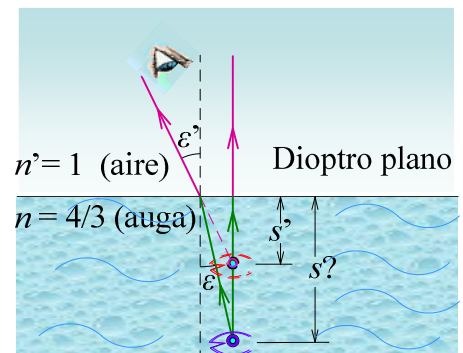
Recordando a ecuación fundamental do dioptro plano:

$$\frac{\text{Profundidade aparente, } s'}{\text{Profundidade real, } s} = \frac{n'}{n} \rightarrow s' = s \cdot \frac{n'}{n} \rightarrow s' = (-|s|) \cdot \frac{1}{4/3}$$

O signo menos indica que a imaxe está, con respecto á superficie de separación dos dous medios, do lado de onde proceden os raios

e a relación entre a profundidade real e aparente é:  $\frac{s}{s'} = \frac{|s|}{|s'|} = \frac{4}{3}$ ,

logo a profundidade real é maior que a observada.



4. Un ollo miope ten o punto remoto a 125 cm. Calcula a potencia e indica o tipo de lente que se debe empregar para que os raios que veñen do infinito converxan na retina do ollo.

a) +0,8 dioptrías, lente converxente ; b) -0,8 dioptrías, lente diverxente ; c) -1,25 dioptrías, lente diverxente.

Nota: Para un ollo san, o punto próximo está a 25 cm e o punto remoto, no infinito.

SOL. b

A lente sitúa a un obxecto que se atopa moi lonxano,  $s \approx -\infty$ , a 125 cm diante da mesma ( $s' = -1,25$  m); deste xeito é visto polo ollo.

$$P = \frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} \rightarrow P = \frac{1}{-1,25} \rightarrow P = -0,8 \text{ dioptrías: lente diverxente}$$

5. Calcula a potencia e indica o tipo de lente que necesita para ler unha persoa cuxo punto próximo se atopa a 1 m.

a) +3 dioptrías, lente converxente ; b) -3 dioptrías, lente diverxente ; c) +0,33 dioptrías, lente converxente.

Nota: Para un ollo san, o punto próximo está a 25cm e o punto remoto, no infinito.

SOL. a

Debe empregarse unha lente converxente de distancia focal superior a 25cm para que a imaxe se forme, como mínimo a un metro.

Distancia (típica de lectura) obxecto:  $s = -0,25$  m.

Distancia imaxe:  $s' = -1$  m.

$$P = \frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} \rightarrow P = \frac{1}{-1} - \frac{1}{-0,25} \rightarrow P = +3 \text{ dioptrías: lente converxente}$$

6. A distancia focal do sistema formado por unha lente converxente de 2 dioptrías e outra diverxente de 4,5 dioptrías é: a) -0,4m; b) -0,65m; c) 2,5m

SOL. a

A potencia do sistema será:  $P = P_1 + P_2 = 2 + (-4,5) = -2,5$  dioptrías

Polo que a distancia focal será:  $P = \frac{1}{f'} \rightarrow f' = \frac{1}{P} \rightarrow f' = \frac{1}{-2,5} \rightarrow f' = -0,4$  m

7. A teoría ondulatoria de Huygens sobre a natureza da luz vén confirmada polos fenómenos:

- a) Reflexión e formación de sombras.
- b) Refracción e interferencias.
- c) Efecto fotoeléctrico e efecto Compton.

SOL. b

Huygens explicou a reflexión e a refracción da luz a partir da consideración de que cada punto da fronte de ondas é un novo foco luminoso e, polo tanto, a partir deles se constrúe unha nova fronte de ondas que se propaga polo espazo. A enerxía estaría distribuída uniformemente por toda a fronte de ondas.

8. Cando un raio de luz pasa do aire a auga, non cambia a:

- a) velocidade de propagación; b) frecuencia; c) lonxitude de onda.

SOL. b

Cando un raio de luz cambia de medio, está a modificar a súa velocidade de propagación xa que se altera a súa lonxitude de onda. A frecuencia non cambia porque o foco emisor é o mesmo, e a frecuencia depende dese foco emisor. No paso do aire á auga prodúcese un cambio nas características do medio de propagación, polo tanto, do espazo e nas características espaciais da onda, pero non nas temporais. As características exclusivamente temporais dunha onda son frecuencia e período.

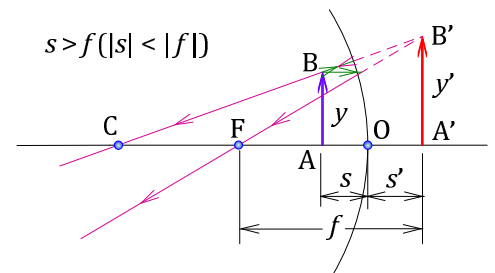
9. Para afeitarse, unha persoa precisa ver a súa imaxe dereita e do maior tamaño posible. Que clase de espello debe usar?

- a) Plano; b) cóncavo; c) convexo

SOL. b

Deberá empregar un espello que permita a obtención de imaxes aumentadas, de aí que o espello deba ser cóncavo, colocándose entre o foco F e o centro óptico O.

Dita construción corresponde a unha distancia entre obxecto e espello inferior á distancia focal.



Para  $|s| < |f|$ : A imaxe que se forma é virtual, dereita e de maior tamaño que o obxecto

10. Cando a luz pasa dun medio a outro de distinto índice de refracción, o ángulo de refracción é:

- a) Sempre maior que o de incidencia.  
b) Sempre menor que o de incidencia.  
c) Depende dos índices de refracción.

SOL. c

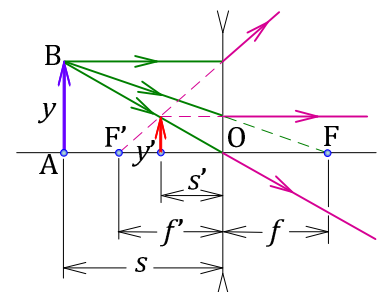
Aplicando a 2ª lei de Snell:  $\frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{n_1}{n_2}$ .

A relación entre os ángulos dependerá da relación dos índices de refracción.

11. Nas lentes diverxentes a imaxe sempre é: a) dereita, menor e virtual; b) dereita, maior e real; c) dereita, menor e real.

SOL. a

Dacordo coa representación gráfica:



A imaxe que se forma é virtual, dereita e de menor tamaño que o obxecto

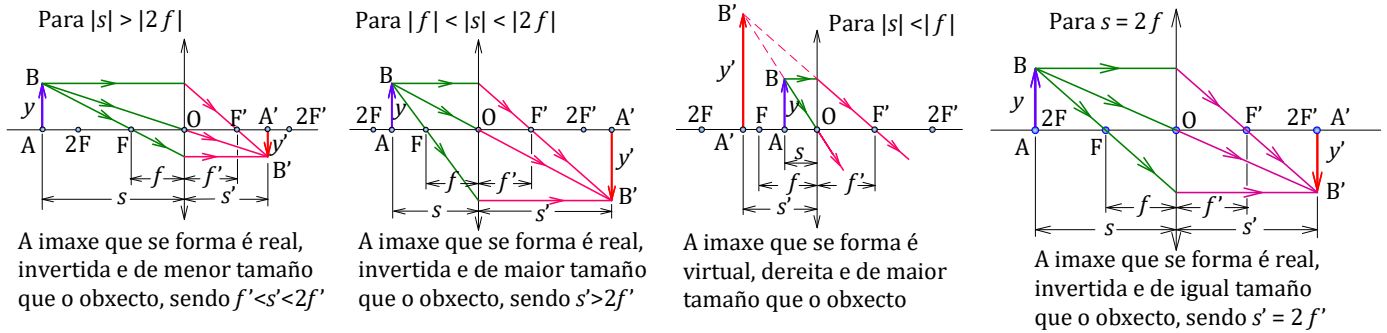
12. Nas lentes converxentes a imaxe é:

- a) dereita, menor e virtual; b) dereita maior e real. c) depende da posición do obxecto.

SOL. c

Dependerá da posición relativa do obxecto respecto do foco e do centro da lente.

Depende da posición do obxecto, xa que se está máis separado da lente que 2 veces a distancia focal, terá unha imaxe real, invertida e menor. Cunha separación igual a  $2f$ , a imaxe será real, invertida e do mesmo tamaño. Se está situado entre  $f$  e  $2f$ , a imaxe será real, invertida e maior. Para distancias menores, a imaxe é virtual, dereita e maior.

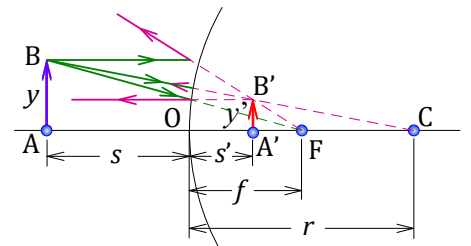


13. Dispoñemos dun espello convexo de raio de curvatura 1 m. Como é a imaxe dun obxecto real?

- a) Real, invertida e de menor tamaño.
- b) Virtual, invertida e de maior tamaño.
- c) Virtual, dereita e de menor tamaño.

SOL. c

De acordo coa marcha dos raios:



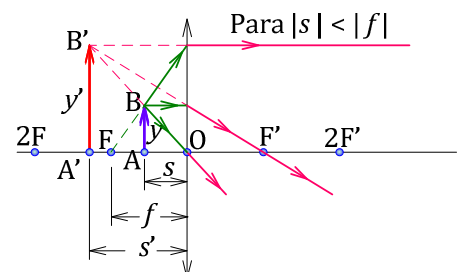
A imaxe que se forma é, para calquera posición do obxecto, virtual, dereita e de menor tamaño que o obxecto

14. Ó colocar un obxecto a 15 cm de distancia dunha lente converxente de 30 cm de distancia focal. A imaxe formada é:

- a) Real, invertida e aumentada.
- b) Virtual, dereita e aumentada.
- c) Real, dereita e reducida.

SOL. b

Facendo a marcha dos raios correspondente resultará que a imaxe será virtual, dereita e aumentada.



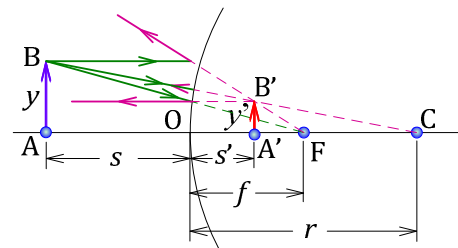
A imaxe que se forma é virtual, dereita e de maior tamaño que o obxecto

15. Nos autobuses urbanos colócase un espello sobre a porta para que o condutor poida observar o interior do autobús na súa totalidade. Como é o espello?:

- a) cóncavo; b) convexo; c) plano.

SOL. b

A solución é escollida de tal xeito que en calquera caso, a imaxe dun obxecto se vexa na área espellada, para o que é necesario reducir o tamaño da imaxe respecto do obxecto, cousa que se consegue cos espellos convexos.



A imaxe que se forma é, para calquera posición do obxecto, virtual, dereita e de menor tamaño que o obxecto

16. As gafas de corrección da miopía usan lentes que son:

- a) converxentes; b) diverxentes; c) doutro tipo.

SOL. b

As lentes de corrección da miopía úsanse para que unha imaxe que se forma adiantada se forme máis atrás no ollo, evitando forzar o mesmo e a mala visión en caso de non poder forzalo abondo. Para isto necesitan facer diverxer os raios de luz que inciden nela

17. Queremos facer pasar un raio de luz a través dun vidro, de xeito que non se desvíe. Terá que ser:

- a) Unha lente plana paralela, en calquera posición.
- b) Non se pode facer.
- c) Calquera lente, atravesándoa polo eixe óptico.

SOL. c

Toda lente, ó ser atravesada por un raio conducido a traveso do seu eixe óptico, non o desvíe, pois implica que as superficies que ten que atravesar son perpendiculares ó raio incidente.

18. Unha lámpada está acendida nunha lámpada que ten unha pantalla reflectora en forma de pirámide de cono truncada. A razón é:

- a) Iluminar por igual en toda a superficie.
- b) Concentrar a maior potencia luminosa posible sobre a superficie iluminada.
- c) Evitar cegamentos.

SOL. b

A pantalla reflicte parte da luz que, doutro xeito, sería inservible para o uso que se lle quere dar, concentrándoa sobre a superficie iluminada e aumentando a intensidade luminosa nela. O apartado c) tamén é certo para determinadas posicións do observador, se ben parte do malestar visual deste tipo ten outras causas, como o reflexo no papel, por exemplo.

19. Dous raios de luz inicialmente paralelos, crúzanse despois de atravesar unha lente. Iso pode darse en caso de que teñamos:

- a) Unha lente de vidro bicóncava en aire.
- b) Un oco bicóncavo cheo de aire no interior dunha masa de vidro.
- c) Necesariamente con outra disposición diferente das anteriores.

SOL. b

Cando os índices de refracción da lente e o medio "externo" de transmisión intercambian os seus valores, o efecto que produce tamén se invirte. Estamos afeitos a ter lentes de vidro actuando no aire, e

en tal caso actuarán como lentes diverxentes. Pero, se o índice de refracción interior é menor que o exterior, entón o efecto é o contrario: son lentes converxentes.

**20.** O ángulo formado polo raio incidente e o reflectido nun espello é  $\alpha$ . Se o espello rota no sentido horario un ángulo  $\beta$  nun eixe perpendicular ó formado polos dous raios anteriores, o novo ángulo que formarán entre eles é: a)  $\alpha + \beta$ ; b)  $\alpha + 2\beta$ ; c)  $\alpha - \beta$ .

**SOL. b**

Cando o espello rota, varía o ángulo de incidencia no mesmo valor que o ángulo de xiro. Como na reflexión se cumpre que o ángulo de incidencia e o de reflexión son iguais, a separación entre ambos varía ese mesmo valor dúas veces.

A ter en conta que se o ángulo é en sentido contrario, poden "cambiarse de lado" os raios incidente e reflectido, así como se o ángulo de incidencia chegara a  $90^\circ$ , entón xa non incidiría e polo tanto non se reflectiría.