Óptica

Método e recomendacións

◊ PROBLEMAS

● Espellos

1. Un espello cóncavo ten 50 cm de raio. Un obxecto de 5 cm colócase a 20 cm do espello:
   a) Debuxa a marcha dos raios.
   b) Calcula a posición, tamaño e natureza da imaxe.
   c) Debuxa unha situación na que non se forme imaxe do obxecto.

(P.A.U. xuño 14)

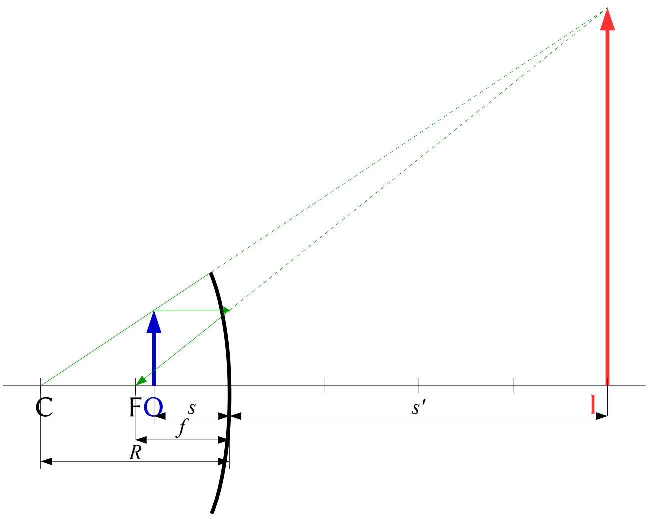
Rta.: b) $s´$ = 1,00 m; $y´$ = 25 cm; imaxe virtual, dereita e maior.

Datos (convenio de signos DIN)	***Cifras significativas: 2***
Raio de curvatura do espello	R = −50 cm = −0,50 m
Tamaño do obxecto	y = 5,0 cm = 0,050 m
Posición do obxecto	s = −20 cm = −0,20 m
Incógnitas	
Posición da imaxe	$s´$
Tamaño da imaxe	$y´$
Outros símbolos	
Distancia focal do espello	f
Ecuacións	
Relación entre a posición da imaxe e a do obxecto nos espellos	$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f}$
Aumento lateral nos espellos	$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{-s'}{s}$
Relación entre a distancia focal e o raio de curvatura	$f = R / 2$

Solución:

a)
Debúxase un esquema de espello cóncavo (un arco de circunferencia vertical cóncavo cara á esquerda), e sitúase o foco F á esquerda do espello, á metade da distancia entre o espello e o seu centro C.
Debúxase, á súa esquerda, unha frecha vertical cara arriba, que representa ao obxecto O.
Desde o punto superior do obxecto debúxanse dous raios:

- Un, horizontal cara ao espello, que se reflicte de maneira que o raio reflectido pasa polo foco F.
- Outro, cara ao espello, que se reflicte sen desviarse pasando polo centro C de curvatura do espello.



Como os raios non se cortan, prolónganse alén do espello ata que as súas prolongacións se corten.
O punto de corte é o correspondente á punta da imaxe I. Debúxase unha frecha vertical nese punto.

b) Polo convenio de signos, os puntos situados á esquerda do espello teñen signo negativo.
Calcúlase a distancia focal, que é a metade do raio do espello.

$$f = R / 2 = −0,50 \text{ [m]} / 2 = −0,25 \text{ m}$$

Substitúense os datos na ecuación dos espellos:

$$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{s'}+\frac{1}{-0{,}20\,[\mathrm{m}]}=\frac{1}{-0{,}25\,[\mathrm{m}]}$$

Calcúlase a posición da imaxe despexando:

$$\frac{1}{s'}=\frac{1}{-0{,}25\,[\mathrm{m}]}-\frac{1}{-0{,}20\,[\mathrm{m}]}=-4{,}0\,[\mathrm{m}]^{-1}+5{,}0\,[\mathrm{m}]^{-1}=1{,}0\,[\mathrm{m}]^{-1} \Rightarrow s' = +1{,}0\ \mathrm{m}$$

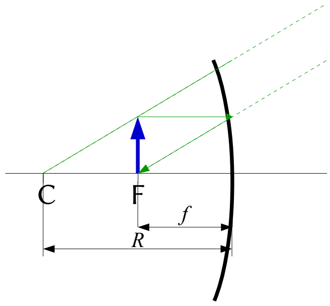
A imaxe fórmase a 1,0 m á dereita do espello.

Substitúense os datos na ecuación do aumento lateral nos espellos, e calcúlase a altura da imaxe despexando:

$$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{-s'}{s}=\frac{-1{,}0\,[\mathrm{m}]}{-0{,}20\,[\mathrm{m}]}=5{,}0$$

$$y' = A_L \cdot y = 5{,}0 \cdot 5{,}0\ \mathrm{cm} = 25\ \mathrm{cm}$$

A imaxe é virtual ($s' > 0$), dereita ($A_L > 0$) e maior ($|A_L| > 1$).



Análise: Os resultados dos cálculos están en consonancia co debuxo.

c) Cando o obxecto atópase no foco, os raios saen paralelos e non se cortan, polo que non se forma imaxe.

2. Un obxecto de 1,5 cm de altura está situado a 15 cm dun espello esférico convexo de raio 20 cm. Determina a posición, tamaño e natureza da imaxe:
   a) Graficamente.
   b) Analiticamente.
   c) Pódense obter imaxes reais cun espello convexo?

(P.A.U. set. 09)

Rta.: b) $s' = +6{,}0$ cm; $y' = 6{,}0$ mm

Datos (convenio de signos DIN)	***Cifras significativas: 2***
Raio de curvatura do espello convexo	$R = +0{,}20$ m
Tamaño do obxecto	$y = 1{,}5$ cm $= 0{,}015$ m
Posición do obxecto	$s = -0{,}15$ m
Incógnitas	
Posición da imaxe	s'
Tamaño da imaxe	y'
Outros símbolos	
Distancia focal do espello	f
Ecuacións	
Relación entre a posición da imaxe e a do obxecto nos espellos	$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f}$
Aumento lateral nos espellos	$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{-s'}{s}$
Relación entre a distancia focal e o raio de curvatura	$f = R / 2$

Solución:

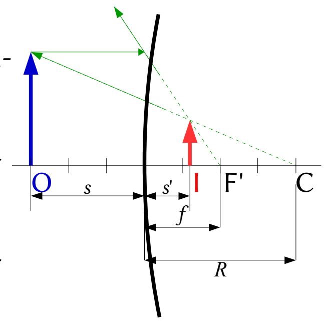
a)

Debúxase un esquema de espello convexo (un arco de circunferencia vertical cóncavo cara á dereita), e sitúase o foco F á dereita do espello, á metade da distancia entre o espello e o seu centro C.

Debúxase, á súa esquerda, unha frecha vertical cara arriba, que representa ao obxecto O.

Desde o punto superior do obxecto debúxanse dous raios:

- Un, horizontal cara ao espello, que se reflicte de maneira que a prolongación do raio reflectido pasa polo foco F á dereita do espello.



- Outro, cara ao espello, que se reflicte sen desviarse, de forma que a prolongación do raio reflectido pasa polo centro C de curvatura á dereita do espello.

Como os raios non se cortan, prolónganse alén do espello ata que as súas prolongacións se corten.
O punto de corte é o correspondente á punta da imaxe I. Debúxase unha frecha vertical nese punto.

b) Polo convenio de signos, os puntos situados á esquerda do espello teñen signo negativo.
Calcúlase a distancia focal, que é a metade do raio do espello.

$$f = R / 2 = 0{,}20 \text{ [m]} / 2 = 0{,}10 \text{ m}$$

Substitúense os datos na ecuación dos espellos:

$$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{s'}+\frac{1}{-0{,}15\,[\text{m}]}=\frac{1}{0{,}10\,[\text{m}]}$$

Calcúlase a posición da imaxe despexando:

$$\frac{1}{s'}=\frac{1}{0{,}10\,[\text{m}]}-\frac{1}{-0{,}15\,[\text{m}]}=10\,[\text{m}]^{-1}+6{,}7\,[\text{m}]^{-1}=17\,[\text{m}]^{-1} \Rightarrow s' = 0{,}060 \text{ m}$$

A imaxe fórmase a 6,0 cm á dereita do espello.

Substitúense os datos na ecuación do aumento lateral nos espellos, e calcúlase a altura da imaxe despexando:

$$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{-s'}{s}=\frac{-0{,}060[\text{m}]}{-0{,}15[\text{m}]}=0{,}40$$

$$y' = A_L \cdot y = 0{,}40 \cdot 1{,}5 \text{ cm} = 0{,}60 \text{ cm} = 6{,}0 \text{ mm}$$

A imaxe é virtual ($s' > 0$), dereita ($A_L > 0$) e menor ($|A_L| < 1$).

Análise: Os resultados dos cálculos están en consonancia co debuxo.

c) As imaxes producidas por espellos convexos son sempre virtuais. Isto pode demostrarse coa ecuación dos espellos:

$$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{s'}=\frac{1}{f}-\frac{1}{s} \Rightarrow s'=\frac{1}{\frac{1}{f}-\frac{1}{s}}$$

Polo criterio de signos, $s < 0$, e nos espellos convexos, $f > 0$, polo que:

$$\frac{1}{f}-\frac{1}{s}>0$$

Por tanto, $s' > 0$ sempre. A imaxe vaise formar á dereita do espello e vai ser virtual (os raios de luz non atravesan os espellos).

3. Un obxecto de 3 cm está situado a 8 cm dun espello esférico cóncavo e produce unha imaxe a 10 cm á dereita do espello:
   a) Calcula a distancia focal.
   b) Debuxa a marcha dos raios e obtén o tamaño da imaxe.
   c) En que posición do eixe hai que colocar o obxecto para que non se forme imaxe?

   (P.A.U. xuño 08)

   Rta.: a) $f = -0{,}40$ m; b) $y' = 3{,}8$ cm

Datos (convenio de signos DIN)	***Cifras significativas: 3***
Posición do obxecto	$s = -8{,}00 \text{ cm} = -0{,}0800 \text{ m}$
Posición da imaxe	$s' = 10{,}0 \text{ cm} = -0{,}100 \text{ m}$
Tamaño do obxecto	$y = 3{,}00 \text{ cm} = 0{,}0300 \text{ m}$
Incógnitas	
Distancia focal do espello	f

Incógnitas

Tamaño da imaxe y'

Ecuacións

Relación entre a posición da imaxe e a do obxecto nos espellos $\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f}$

Aumento lateral nos espellos $A_L=\frac{y'}{y}=\frac{-s'}{s}$

Relación entre a distancia focal e o raio de curvatura $f = R / 2$

Solución:

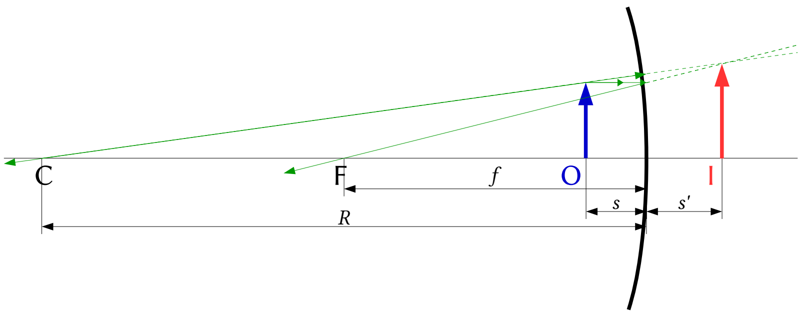
a) Polo convenio de signos, os puntos situados á esquerda do espello teñen signo negativo.
Substitúense os datos na ecuación dos espellos:

$$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{0{,}100\ [\mathrm{m}]}+\frac{1}{-0{,}080\,0\ [\mathrm{m}]}=\frac{1}{f}$$

Calcúlase a distancia focal despexando:

$$\frac{1}{f}=10{,}0\ [\mathrm{m}]^{-1}-12{,}5\ [\mathrm{m}]^{-1}=-2{,}50\ [\mathrm{m}]^{-1} \Rightarrow f = -0{,}400\ \mathrm{m}$$

b)



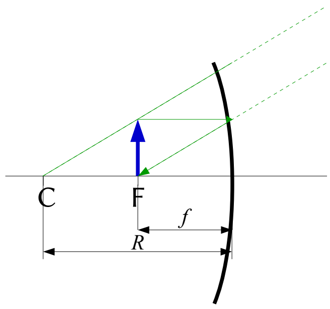
Debúxase un esquema de espello cóncavo (un arco de circunferencia vertical cóncavo cara á esquerda), e sitúase o foco F á esquerda do espello, á metade da distancia entre o espello e o seu centro C.
Debúxase, á súa esquerda, unha frecha vertical cara arriba, que representa ao obxecto O.
Desde o punto superior do obxecto debúxanse dous raios:

- Un, horizontal cara ao espello, que se reflicte de maneira que o raio reflectido pasa polo foco F.
- Outro, cara ao espello, que se reflicte sen desviarse pasando polo centro C de curvatura do espello.

Como os raios non se cortan, prolónganse alén do espello ata que as súas prolongacións se corten.
O punto de corte é o correspondente á punta da imaxe I. Debúxase unha frecha vertical nese punto.
Substitúense os datos na ecuación do aumento lateral nos espellos, e calcúlase a altura da imaxe despexando:

$$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{-s'}{s}=\frac{-0{,}100\,[\mathrm{m}]}{-0{,}080\,0\,[\mathrm{m}]}=1{,}25$$

$$y' = A_L \cdot y = 1{,}25 \cdot 3{,}00\ \mathrm{cm} = 3{,}75\ \mathrm{cm} = 0{,}0375\ \mathrm{m}$$



A imaxe é virtual ($s' > 0$), dereita ($A_L > 0$) e maior ($|A_L| > 1$).

Análise: Os resultados dos cálculos están en consonancia co debuxo.

c) No foco. Os raios que saen dun obxecto situado no foco saen paralelos e non se cortan, polo que non se forma imaxe.

1. Dado un espello esférico de 50 cm de raio e un obxecto de 5 cm de altura situado sobre o eixe óptico a unha distancia de 30 cm do espello, calcula analítica e graficamente a posición e tamaño da imaxe:
   a) Se o espello é cóncavo.
   b) Se o espello é convexo.

(P.A.U. xuño 06)

Rta.: a) $s'_1 = -1{,}5$ m; $y'_1 = -0{,}25$ m; b) $s'_2 = 0{,}14$ m; $y'_2 = 0{,}023$ m

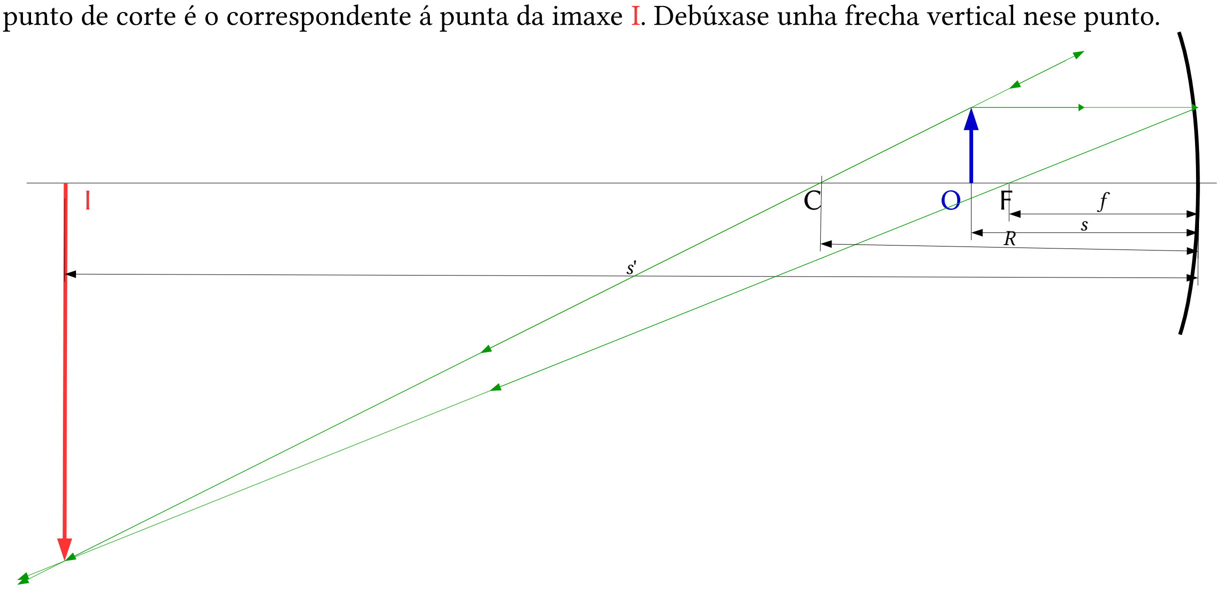
Datos (convenio de signos DIN)	***Cifras significativas: 3***
Raio de curvatura do espello cóncavo	R = −0,500 m
Raio de curvatura do espello convexo	R = +0,500 m
Tamaño do obxecto	y = 5,00 cm = 0,0500 m
Posición do obxecto	s = −0,300 m
Incógnitas	
Posición das imaxes que dan ambos os espellos	s'_1, s'_2
Tamaño das imaxes que dan ambos os espellos	y'_1, y'_2
Outros símbolos	
Distancia focal do espello	f
Ecuacións	
Relación entre a posición da imaxe e a do obxecto nos espellos	$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f}$
Aumento lateral nos espellos	$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{-s'}{s}$
Relación entre a distancia focal e o raio de curvatura	$f = R / 2$

Solución:

a)
Debúxase un esquema de espello cóncavo (un arco de circunferencia vertical cóncavo cara á esquerda), e sitúase o foco F á esquerda do espello, á metade da distancia entre o espello e o seu centro C.
Debúxase, á súa esquerda, unha frecha vertical cara arriba, que representa ao obxecto O.
Desde o punto superior do obxecto debúxanse dous raios:

- Un, horizontal cara ao espello, que se reflicte de maneira que o raio reflectido pasa polo foco F.
- Outro, cara ao espello, que se reflicte sen desviarse pasando polo centro C de curvatura do espello.

O punto de corte é o correspondente á punta da imaxe I. Debúxase unha frecha vertical nese punto.



Polo convenio de signos, os puntos situados á esquerda do espello teñen signo negativo.
Calcúlase a distancia focal, que é a metade do raio do espello.

$$f = R / 2 = -0{,}500\ [\text{m}] / 2 = -0{,}250\ \text{m}$$

Substitúense os datos na ecuación dos espellos:

$$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{s'_1}+\frac{1}{-0{,}300\ [\text{m}]}=\frac{1}{-0{,}250\ [\text{m}]}$$

Calcúlase a posición da imaxe despexando:

$$\frac{1}{s'_1}=\frac{1}{-0{,}250\ [\text{m}]}-\frac{1}{-0{,}300\ [\text{m}]}=-4{,}00\ [\text{m}]+3{,}33\ [\text{m}]=-0{,}67\ [\text{m}] \Rightarrow s'_1 = -1{,}5\ \text{m}$$

A imaxe fórmase a 1,5 m á esquerda do espello.

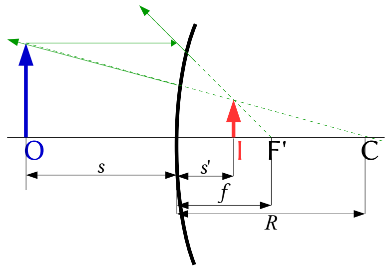
Substitúense os datos na ecuación do aumento lateral nos espellos, e calcúlase a altura da imaxe despexando:

$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{-s'}{s} = \frac{1,50[\text{m}]}{-0,300[\text{m}]} = -5,00$$

$$y' = A_L \cdot y = -5,00 \cdot 5,00 \text{ cm} = -25,0 \text{ cm} = -0,250 \text{ m}$$

A imaxe é real ($s' < 0$), invertida ($A_L < 0$) e maior ($|A_L| > 1$).

b) Constrúese un novo debuxo aplicando as indicacións do apartado anterior, pero tendo en conta que como os raios non se cortan, prolónganse alén do espello ata que se corten. O punto de corte é o correspondente á punta da imaxe I.



Nos espellos convexos a distancia focal é positiva: $f = 0,250$ m.
Calcúlase a posición da imaxe de forma semellante ao caso anterior.

$$\frac{1}{s'_2} + \frac{1}{-0,300 \text{ [m]}} = \frac{1}{0,250 \text{ [m]}}$$

$$\frac{1}{s'_2} = \frac{1}{0,250 \text{ [m]}} - \frac{1}{-0,300 \text{ [m]}} = 4,00 \text{ [m]}^{-1} + 3,33 \text{ [m]}^{-1} = 7,33 \text{ [m]}^{-1} \Rightarrow s'_2 = 0,136 \text{ m}$$

A imaxe fórmase a 0,14 m á dereita do espello.

Substitúense os datos na ecuación do aumento lateral nos espellos, e calcúlase a altura da imaxe despexando:

$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{-s'}{s} = \frac{-0,136[\text{m}]}{-0,300[\text{m}]} = 0,455$$

$$y' = A_L \cdot y = 0,455 \cdot 5,0 \text{ cm} = 2,27 \text{ cm} = 0,0227 \text{ m}$$

A imaxe é virtual ($s' > 0$), dereita ($A_L > 0$) e menor ($|A_L| < 1$).

Análise: En ambos os casos, os resultados dos cálculos están en consonancia cos debuxos.

1. Un espello esférico cóncavo ten un raio de curvatura de 0,5 m. Determina analítica e graficamente a posición e aumento da imaxe dun obxecto de 5 cm de altura situado en dúas posicións diferentes:
   a) A 1 m do espello.
   b) A 0,30 m do espello.

   (P.A.U. set. 05)

   Rta.: a) $s' = -0,33$ m; $A_{L1} = -0,33$; b) $s' = -1,5$ m; $A_{L2} = -5,0$

Datos (convenio de signos DIN)	***Cifras significativas: 3***
Raio de curvatura do espello	$R = -0,500$ m
Tamaño do obxecto	$y = 5,0$ cm $= 0,0500$ m
Posición do obxecto: no primeiro caso	$s_1 = -1,00$ m
no segundo caso	$s_2 = -0,300$ m
Incógnitas	
Posición da imaxe en ambos os casos	s'_1, s'_2
Aumento da imaxe en ambos os casos	A_{L1}, A_{L2}
Outros símbolos	
Distancia focal do espello	f
Ecuacións	
Relación entre a posición da imaxe e a do obxecto nos espellos	$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f}$

Ecuacións

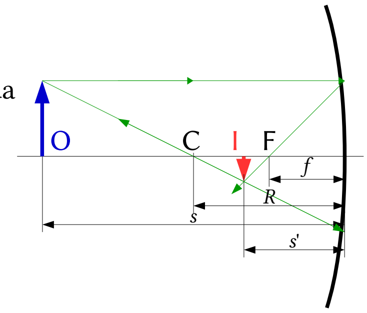
Aumento lateral nos espellos $A_L = \frac{y'}{y} = \frac{-s'}{s}$

Relación entre a distancia focal e o raio de curvatura $f = R / 2$

Solución:

a)
Debúxase un esquema de espello cóncavo (un arco de circunferencia vertical cóncavo cara á esquerda), e sitúase o foco F á esquerda do espello, á metade da distancia entre o espello e o seu centro C.
Debúxase, á súa esquerda, unha frecha vertical cara arriba, que representa ao obxecto O.
Desde o punto superior do obxecto debúxanse dous raios:

- Un, horizontal cara ao espello, que se reflicte de maneira que o raio reflectido pasa polo foco F.
- Outro, cara ao espello, que se reflicte sen desviarse pasando polo centro C de curvatura do espello.



O punto de corte é o correspondente á punta da imaxe I. Debúxase unha frecha vertical nese punto.
Polo convenio de signos, os puntos situados á esquerda do espello teñen signo negativo.
Calcúlase a distancia focal, que é a metade do raio do espello.

$$f = R / 2 = -0{,}500\ [\text{m}] / 2 = -0{,}250\ \text{m}$$

Substitúense os datos na ecuación dos espellos:

$$\frac{1}{s'_1} + \frac{1}{-1{,}00\ [\text{m}]} = \frac{1}{-0{,}250\ [\text{m}]} \quad \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f} \Rightarrow$$

Calcúlase a posición da imaxe despexando:

$$\frac{1}{s'_1} = \frac{1}{-0{,}250\ [\text{m}]} - \frac{1}{-1{,}00\ [\text{m}]} = -4{,}00\ [\text{m}]^{-1} + 1{,}00\ [\text{m}]^{-1} = -3{,}00\ [\text{m}]^{-1} \Rightarrow s'_1 = -0{,}333\ \text{m}$$

A imaxe fórmase a 33 cm á esquerda do espello.

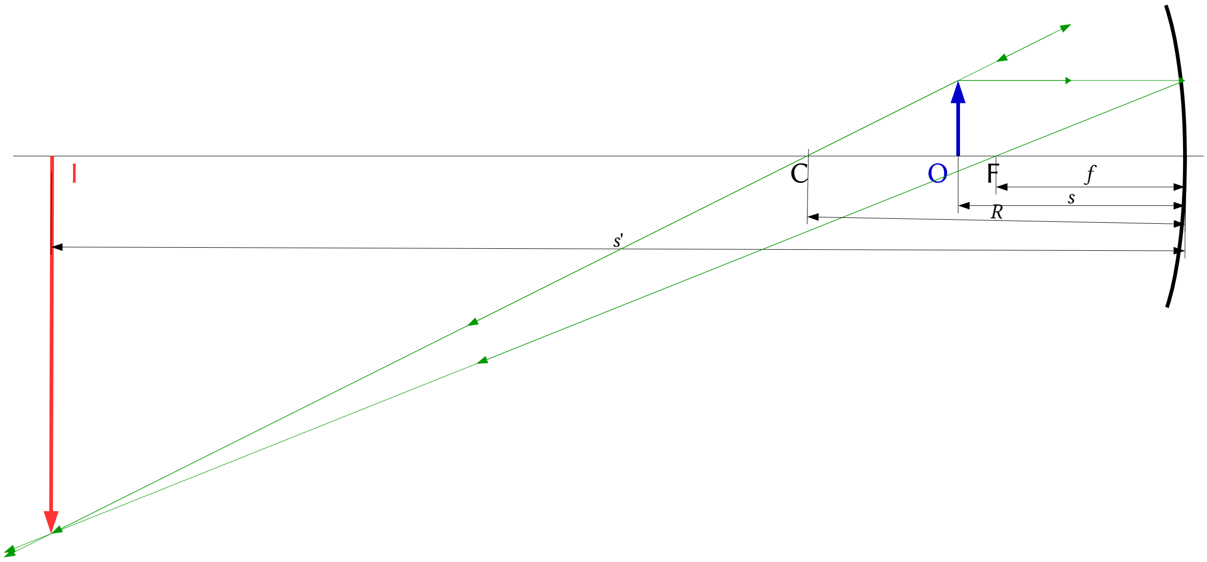
Substitúense os datos na ecuación do aumento lateral nos espellos, e calcúlase a altura da imaxe despexando:

$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{-s'}{s} = \frac{0{,}333[\text{m}]}{-1{,}00[\text{m}]} = -0{,}333$$

$$y' = A_{L1} \cdot y = -0{,}333 \cdot 5{,}00\ \text{cm} = -1{,}67\ \text{cm}$$

A imaxe é real ($s' < 0$), invertida ($A_{L1} < 0$) e menor ($|A_{L1}| < 1$).

b) Constrúese un novo debuxo aplicando as indicacións do apartado anterior.



Calcúlase a posición da imaxe de forma semellante ao caso anterior.

$$\frac{1}{s'_2}+\frac{1}{-0{,}300\,[\mathrm{m}]}=\frac{1}{-0{,}250\,[\mathrm{m}]}$$

$$\frac{1}{s'_2}=\frac{1}{-0{,}250\,[\mathrm{m}]}+\frac{1}{-0{,}300\,[\mathrm{m}]}=-4{,}00[\mathrm{m}]^{-1}+3{,}33[\mathrm{m}]^{-1}=-0{,}67[\mathrm{m}]^{-1} \Rightarrow s'_2 = -1{,}5\ \mathrm{m}$$

A imaxe fórmase a 1,5 m á esquerda do espello.

Substitúense os datos na ecuación do aumento lateral nos espellos, e calcúlase a altura da imaxe despexando:

$$A_\mathrm{L}=\frac{y'}{y}=\frac{-s'}{s}=\frac{1{,}50[\mathrm{m}]}{-0{,}300[\mathrm{m}]}=-5{,}00$$

$$y' = A_{\mathrm{L}2} \cdot y = -5{,}00 \cdot 5{,}00\ \mathrm{cm} = -25{,}0\ \mathrm{cm} = -0{,}250\ \mathrm{m}$$

A imaxe é real ($s' < 0$), invertida ($A_{\mathrm{L}2} < 0$) e maior ($|A_{\mathrm{L}2}| > 1$).

Análise: En ambos os casos os resultados dos cálculos están en consonancia cos debuxos.

1. Un obxecto de 5 cm de altura está situado a unha distancia x do vértice dun espello esférico cóncavo, de 1 m de raio de curvatura. Calcula a posición e tamaño da imaxe:
   a) Se x = 75 cm
   b) Se x = 25 cm
   Nos dous casos debuxa a marcha dos raios. *(P.A.U. set. 04)*
   Rta.: a) s' = −1,5 m; y' = −10 cm; b) s' = 0,5 m; y' = 10 cm.

Datos (convenio de signos DIN)	***Cifras significativas: 3***
Raio de curvatura do espello	$R = -1{,}00$ m
Tamaño do obxecto	$y = 5{,}00$ cm $= 0{,}0500$ m
Posición do obxecto: no primeiro caso	$s_1 = -75{,}0$ cm $= -0{,}750$ m
no segundo caso	$s_2 = -25{,}0$ cm $= -0{,}250$ m
Incógnitas	
Posición da imaxe en ambos os casos	s'_1, s'_2
Tamaño da imaxe en ambos os casos	y_1', y_2'
Outros símbolos	
Distancia focal do espello	f
Ecuacións	
Relación entre a posición da imaxe e a do obxecto nos espellos	$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f}$

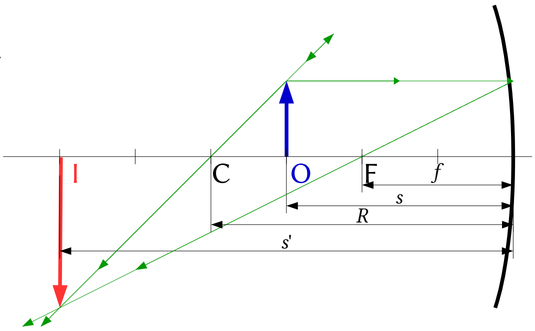
Ecuacións

Aumento lateral nos espellos $A_L = \frac{y'}{y} = \frac{-s'}{s}$

Relación entre a distancia focal e o raio de curvatura $f = R / 2$

Solución:

a)



Debúxase un esquema de espello cóncavo (un arco de circunferencia vertical cóncavo cara á esquerda), e sitúase o foco F á esquerda do espello, á metade da distancia entre o espello e o seu centro C.
Debúxase, á súa esquerda, unha frecha vertical cara arriba, que representa ao obxecto O.
Desde o punto superior do obxecto debúxanse dous raios:

- Un, horizontal cara ao espello, que se reflicte de maneira que o raio reflectido pasa polo foco F.
- Outro, cara ao espello, que se reflicte sen desviarse pasando polo centro C de curvatura do espello.

O punto de corte é o correspondente á punta da imaxe I. Debúxase unha frecha vertical nese punto.
Polo convenio de signos, os puntos situados á esquerda do espello teñen signo negativo.
Calcúlase a distancia focal, que é a metade do raio do espello.

$$f = R / 2 = -1{,}00\ [\text{m}] / 2 = -0{,}500\ \text{m}$$

Substitúense os datos na ecuación dos espellos:

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{s'_1} + \frac{1}{-0{,}750\ [\text{m}]} = \frac{1}{-0{,}500\ [\text{m}]}$$

Calcúlase a posición da imaxe despexando:

$$\frac{1}{s'_1} = \frac{1}{-0{,}500\ [\text{m}]} - \frac{1}{-0{,}750\ [\text{m}]} = -2{,}00\ [\text{m}]^{-1} + 1{,}33\ [\text{m}]^{-1} = -0{,}67\ [\text{m}]^{-1} \Rightarrow s'_1 = -1{,}5\ \text{m}$$

A imaxe fórmase a 1,5 m á esquerda do espello.

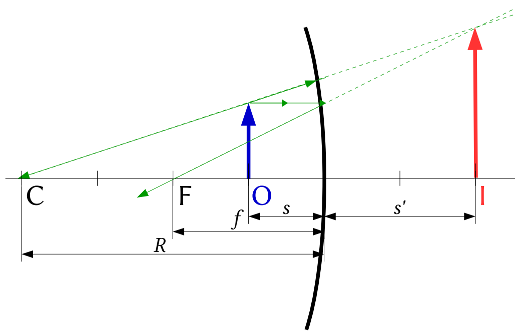
Substitúense os datos na ecuación do aumento lateral nos espellos, e calcúlase a altura da imaxe despexando:

$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{-s'}{s} = \frac{1{,}50\ [\text{m}]}{-0{,}750\ [\text{m}]} = -2{,}00$$

$$y'_1 = A_L \cdot y = -2{,}00 \cdot 5{,}00\ \text{cm} = -10{,}0\ \text{cm} = -0{,}100\ \text{m}$$

A imaxe é real ($s' < 0$), invertida ($A_L < 0$) e maior ($|A_L| > 1$).

b) Constrúese un novo debuxo aplicando as indicacións do apartado anterior, pero tendo en conta que como os raios non se cortan, prolónganse alén do espello ata que se corten. O punto de corte é o punto correspondente á punta da imaxe I.
Substitúense os datos na ecuación dos espellos, e calcúlase a posición da imaxe despexando:



$$\frac{1}{s'_2} + \frac{1}{-0{,}250\ [\text{m}]} = \frac{1}{-0{,}500\ [\text{m}]}$$

$$\frac{1}{s'_2} = \frac{1}{-0{,}500\ [\text{m}]} - \frac{1}{-0{,}250\ [\text{m}]} = -2{,}00\ [\text{m}]^{-1} + 4{,}00\ [\text{m}]^{-1} = 2{,}00\ [\text{m}]^{-1} \Rightarrow s'_2 = +0{,}500\ \text{m}$$

A imaxe fórmase a 0,50 m á dereita do espello.

Substitúense os datos na ecuación do aumento lateral dos espellos, e calcúlase a altura da imaxe despexando.

$$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{-s'}{s}=\frac{-0{,}500\ [\mathrm{m}]}{-0{,}250\ [\mathrm{m}]}=2{,}00$$

$$y'_2 = A_L \cdot y = 2{,}00 \cdot 5{,}00 \text{ cm} = 10{,}0 \text{ cm} = 0{,}100 \text{ m}$$

A imaxe é virtual ($s' > 0$), dereita ($A_L > 0$) e maior ($|A_L| > 1$).

Análise: En ambos os casos, os resultados dos cálculos están en consonancia cos debuxos.

● Lentes

1. Unha lente diverxente de distancia focal 10 cm forma unha imaxe de 2 cm de altura. Se o tamaño do obxecto é 10 cm:
   a) Calcula a distancia á que se atopa o obxecto da lente.
   b) Debuxa a marcha dos raios.
   c) A miopía é un defecto visual. Explica como se pode corrixir.

   (P.A.U. set. 16)

   Rta.: a) $s = 0{,}40$ m

Datos (convenio de signos DIN)	***Cifras significativas: 2***
Distancia focal da lente	$f = -10$ cm $= -0{,}10$ m
Altura do obxecto	$y = 10$ cm $= 0{,}10$ m
Altura del a imaxe	$y' = 2{,}0$ cm $= 0{,}020$ m
Incógnitas	
Posición do obxecto	s
Outros símbolos	
Posición da imaxe	s'
Ecuacións	
Relación entre a posición da imaxe e a do obxecto nas lentes	$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'}$
Aumento lateral nas lentes	$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s}$

Solución:

a) A partir da ecuación de aumento lateral nas lentes pódese establecer a relación matemática entre as distancias s do obxecto á lente e s' da imaxe á lente:

$$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s} \Rightarrow \frac{s'}{s}=\frac{0{,}020\ [\mathrm{m}]}{0{,}10\ [\mathrm{m}]}=0{,}20 \Rightarrow s' = 0{,}20\ s$$

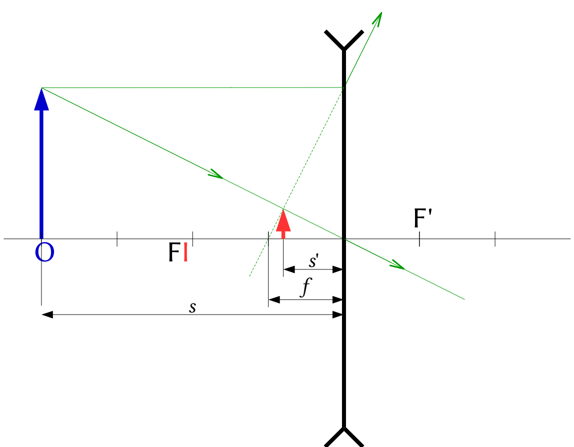
Substituíndo esta relación na ecuación das lentes e despexando, obtense a posición do obxecto:

$$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{0{,}20 \cdot s}-\frac{1}{s}=\frac{1}{-0{,}10\ [\mathrm{m}]}$$

$$\frac{5}{s}-\frac{1}{s}=\frac{4}{s}=-10\ [\mathrm{m}]^{-1} \Rightarrow s = -0{,}40 \text{ m}$$

Análise: O obxecto atópase á esquerda da lente.

b)



Debúxase un esquema de lente diverxente (unha liña vertical rematada por dous «ángulos» ou puntas de frechas investidas), e sitúase o foco F á esquerda da lente.

Debúxase, á súa esquerda, unha frecha vertical cara arriba, que representa ao obxecto O.

Desde o punto superior do obxecto debúxanse dous raios:

- Un, cara ao centro da lente. Atravésaa sen desviarse.
- Outro, horizontal cara á lente, que a atravesa e se refracta.
  Debúxase de forma que a súa prolongación pase polo foco da esquerda, F, un punto simétrico ao foco F′.

Os raios non se cortan. Córtase o raio dirixido ao centro da lente coa prolongación do raio refractado.
O punto de corte é o correspondente á punta da imaxe I. Debúxase unha frecha vertical nese punto.

c) A miopía é un defecto óptico que se produce cando os raios luminosos dun obxecto se enfocan por diante da retina. Isto resulta nunha imaxe borrosa. Para corrixir a miopía úsanse lentes correctoras (lentes ou lentes de contacto). Estas lentes son bicóncavas (diverxentes).

1. Unha lente converxente proxecta sobre unha pantalla a imaxe dun obxecto. O aumento é de 10 e a distancia do obxecto á pantalla é de 2,7 m.
   a) Determina as posicións da imaxe e do obxecto.
   b) Debuxa a marcha dos raios.
   c) Calcula a potencia da lente.

   (P.A.U. set. 12)

   Rta.: a) $s = -0{,}245$ m; $s' = 2{,}45$ m; c) $P = 4{,}49$ dioptrías

Datos (convenio de signos DIN)	***Cifras significativas: 3***
Aumento da lente	$A_L = 10{,}0$
Distancia entre o obxecto e a súa imaxe	$d = 2{,}70$ m
Incógnitas	
Posición do obxecto e da imaxe	s, s'
Potencial da lente	P
Outros símbolos	
Distancia focal da lente	f
Ecuacións	
Relación entre a posición da imaxe e a do obxecto nas lentes	$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f}$
Aumento lateral nas lentes	$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s}$
Potencia dunha lente	$P=\frac{1}{f}$

Solución:

a) Do aumento lateral podemos establecer a relación matemática entre as distancias s do obxecto á lente e s' da imaxe á lente.

$$A_L=\frac{s'}{s} \Rightarrow s' = 10{,}0\ s$$

A distancia do obxecto á pantalla (onde se forma a imaxe) é a suma desas dúas distancias (sen ter en conta os signos):

$$|s| + |s'| = 2{,}70 \text{ m}$$

Tendo en conta que, polo criterio de signos, a distancia do obxecto á lente é negativa, $s < 0$, pero a distancia da imaxe, cando é real, á lente é positiva $s' > 0$, queda:

$$-s + s' = 2{,}70 \text{ m}$$

Aínda que nos din que o aumento é 10, o signo correcto é −10, polo que, a relación co signo adecuado entre as dúas distancias é:

$$s' = -\ 10{,}0\ s$$

Substituíndo s' e despexando s, obtéñense os valores da distancia do obxecto e a distancia da imaxe:

$$-s - 10{,}0\ s = 2{,}70\ \text{m}$$

$$s=\frac{2{,}70\ [\text{m}]}{-11{,}0}=-0{,}245\ \text{m}$$

$$s' = -10{,}0\ s = 2{,}45\ \text{m}$$

O obxecto atópase á 0,245 m á esquerda da lente e a imaxe fór-

b)

Debúxase un esquema de lente converxente (unha liña vertical rematada por dúas puntas de frechas) e sitúase o foco F′ á dereita da lente.

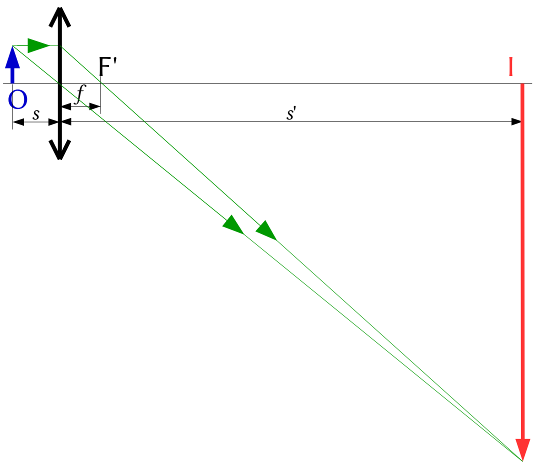
Debúxase, á súa esquerda, unha frecha vertical cara arriba, que representa ao obxecto O.

Desde o punto superior do obxecto debúxanse dous raios:

- Un, cara ao centro da lente. Atravésaa sen desviarse.
- Outro, horizontal cara á lente, que a atravesa e se refracta.

  Debúxase de forma que o raio refractado pase polo foco da dereita F′.

O punto de corte é o correspondente á punta da imaxe I. Debúxase unha frecha vertical nese punto.



c) A potencia da lente é a inversa da distancia focal (expresada en metros) e pode calcularse da ecuación das lentes.

$$\frac{1}{2{,}45\ [\text{m}]}-\frac{1}{-0{,}245\ [\text{m}]}=\frac{1}{f}=P$$

$$P = 0{,}408\ [\text{m}^{-1}] + 4{,}08\ [\text{m}^{-1}] = 4{,}49\ \text{dioptrías}$$

1. Un obxecto de 3 cm sitúase a 20 cm dunha lente cuxa distancia focal é 10 cm:
   a) Debuxa a marcha dos raios si a lente é converxente.
   b) Debuxa a marcha dos raios si a lente é diverxente.
   c) En ambos os casos, calcula a posición e o tamaño da imaxe.

   (P.A.U. xuño 12)

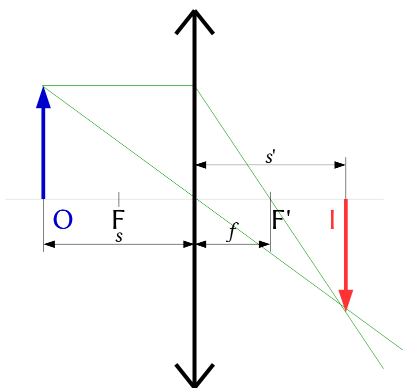
   Rta.: c) $s' = 0{,}20$ m; $y' = -3{,}0$ cm; d) $s' = -0{,}067$ m; $y' = 1{,}0$ cm

Datos (convenio de signos DIN)	***Cifras significativas: 2***
Tamaño do obxecto	$y = 3{,}0$ cm $= 0{,}030$ m
Posición do obxecto	$s = -20$ cm $= -0{,}20$ m
Distancia focal da lente	$f = 10$ cm $= 0{,}10$ m
Incógnitas	
Posición da imaxe en ambas as lentes	s_1', s_2'
Tamaño da imaxe en ambas as lentes	y_1', y_2'
Ecuacións	
Relación entre a posición da imaxe e a do obxecto nas lentes	$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f}$
Aumento lateral nas lentes	$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s}$

Solución:

a)

Debúxase un esquema de lente converxente (unha liña vertical rematada por dúas puntas de frechas) e sitúase o foco F′ á dereita da lente.

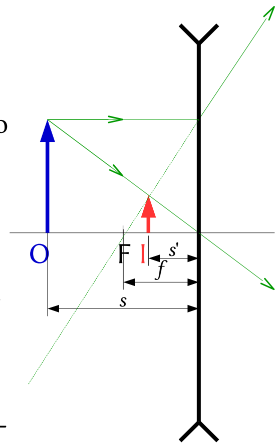


Debúxase, á súa esquerda, unha frecha vertical cara arriba, que representa ao obxecto O.
Desde o punto superior do obxecto debúxanse dous raios:

- Un, cara ao centro da lente. Atravésaa sen desviarse.
- Outro, horizontal cara á lente, que a atravesa e se refracta.
  Debúxase de forma que o raio refractado pase polo foco da dereita F′.

O punto de corte é o correspondente á punta da imaxe I. Debúxase unha frecha vertical nese punto.
Análise: A imaxe é real xa que s′ é positiva, é dicir á dereita da lente que é a zona onde se forman as imaxes reais nas lentes. O signo negativo do tamaño indícanos que a imaxe é invertida. Os resultados dos cálculos están en consonancia co debuxo.

b)
Debúxase un esquema de lente diverxente (unha liña vertical rematada por dous «ángulos» ou puntas de frechas investidas), e sitúase o foco F á esquerda da lente.
Debúxase, á súa esquerda, unha frecha vertical cara arriba, que representa ao obxecto O.
Desde o punto superior do obxecto debúxanse dous raios:



- Un, cara ao centro da lente. Atravésaa sen desviarse.
- Outro, horizontal cara á lente, que a atravesa e se refracta.
  Debúxase de forma que a súa prolongación pase polo foco da esquerda, F, un punto simétrico ao foco F′.

Os raios non se cortan. Córtase o raio dirixido ao centro da lente coa prolongación do raio refractado.
O punto de corte é o correspondente á punta da imaxe I. Debúxase unha frecha vertical nese punto.
Análise: A imaxe é virtual xa que s′ é negativa, é dicir á esquerda da lente que é a zona onde se forman as imaxes virtuais nas lentes. O signo positivo do tamaño indícanos que a imaxe é dereita. Os resultados dos cálculos están en consonancia co debuxo.

c) Polo convenio de signos, os puntos situados á esquerda da lente teñen signo negativo.
Para a lente converxente, f = +0,10 m.
Substitúense os datos na ecuación das lentes:

$$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{s'}-\frac{1}{-0{,}20\,[\mathrm{m}]}=\frac{1}{0{,}10\,[\mathrm{m}]}$$

Calcúlase a posición da imaxe despexando:

$$\frac{1}{s'}=\frac{1}{0{,}10\,[\mathrm{m}]}+\frac{1}{-0{,}20\,[\mathrm{m}]}=10\,[\mathrm{m}]^{-1}-5{,}0\,[\mathrm{m}]^{-1}=5\,[\mathrm{m}]^{-1} \Rightarrow s' = 0{,}2\ \mathrm{m}$$

A imaxe fórmase a 0,2 m á dereita da lente.

Substitúense os datos na ecuación do aumento lateral nas lentes, e calcúlase a altura da imaxe despexando:

$$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s} \quad =\frac{y'}{0{,}030\,[\mathrm{m}]}=\frac{0{,}20\,[\mathrm{m}]}{-0{,}20\,[\mathrm{m}]}=-1{,}0$$

$$y' = A_L \cdot y = -1{,}0 \cdot 0{,}030\ \mathrm{m} = -0{,}030\ \mathrm{m} = -3{,}0\ \mathrm{cm}$$

A imaxe é real ($s' > 0$), invertida ($A_L < 0$) e do mesmo tamaño ($|A_L| = 1$).

Para a lente diverxente, f = −0,10 m.
A posición da imaxe calcúlase dun xeito similar ao caso anterior.

$$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{s'}-\frac{1}{-0{,}20\,[\mathrm{m}]}=\frac{1}{-0{,}10\,[\mathrm{m}]}$$

$$\frac{1}{s'}=\frac{1}{-0{,}10\,[\mathrm{m}]}+\frac{1}{-0{,}20\,[\mathrm{m}]}=-10\,[\mathrm{m}]^{-1}-5{,}0-10\,[\mathrm{m}]^{-1}=-15\,[\mathrm{m}]^{-1} \Rightarrow s'_2 = -0{,}067\ \mathrm{m}$$

A imaxe fórmase a 0,067 m á esquerda da lente.

Calcúlase a altura da imaxe dun xeito similar ao caso anterior.:

$$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s} \Rightarrow \frac{y'}{0{,}030\ [\text{m}]}=\frac{-0{,}067\ [\text{m}]}{-0{,}20\ [\text{m}]}0{,}33$$

$$y'_2 = 0{,}33 \cdot 0{,}030 \text{ m} = 0{,}010 \text{ m} = 1{,}0 \text{ cm}$$

A imaxe é virtual ($s' < 0$), dereita ($A_L > 0$) e menor ($|A_L| < 1$).

Análise: En ambos os casos, os resultados dos cálculos están en consonancia cos debuxos.

1. Quérese formar unha imaxe real e de dobre tamaño dun obxecto de 1,5 cm de altura. Determina:
   a) A posición do obxecto si emprégase un espello cóncavo de $R = 15$ cm.
   b) A posición do obxecto si emprégase unha lente converxente coa mesma distancia focal que o espello.
   c) Debuxa a marcha dos raios para os dous apartados anteriores.

   (P.A.U. xuño 11)

   Rta.: a) $s_e = -11$ cm; b) $s_l = -11$ cm

Datos (convenio de signos DIN)	***Cifras significativas: 2***
Tamaño do obxecto	$y = 1{,}5$ cm $= 0{,}015$ m
Aumento lateral	$A_L = -2{,}0$
Raio do espello cóncavo	$R = -15$ cm $= -0{,}15$ m
Incógnitas	
Posición do obxecto ante o espello	s_e
Posición do obxecto ante a lente	s_l
Outros símbolos	
Distancia focal do espello e da lente	f
Tamaño da imaxe	y'
Ecuacións	
Relación entre a posición da imaxe e a do obxecto nos espellos	$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f}$
Aumento lateral nos espellos	$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{-s'}{s}$
Relación entre a distancia focal e o raio de curvatura	$f = R / 2$
Relación entre a posición da imaxe e a do obxecto nas lentes	
Aumento lateral nas lentes	

Solución:

a) Se a imaxe no espello é real e de tamaño dobre, ten que ser invertida, polo que o aumento lateral será negativo.
Aplicando a ecuación do aumento lateral atópase a relación entre as distancias do obxecto e imaxe:

$$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{-s'}{s} = -2{,}0 \Rightarrow s' = 2{,}0\ s$$

Calcúlase a distancia focal, que é a metade do radio do espello.

$$f_e = R / 2 = -0{,}15\ [\text{m}] / 2 = -0{,}075 \text{ m}$$

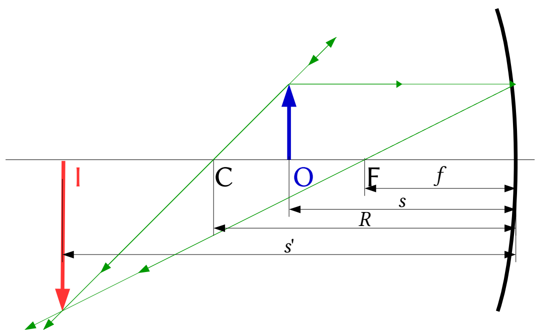
Substitúense os datos na ecuación dos espellos:

$$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{2{,}0\ s}+\frac{1}{s}=\frac{1}{-0{,}075\ [\text{m}]}$$

Calcúlase a distancia do obxecto despexando:

$$\frac{1}{2\,s}+\frac{1}{s}=\frac{1}{2\,s}+\frac{2}{2\,s}=\frac{3}{2\,s}=\frac{1}{-0{,}075\ [\text{m}]} \Rightarrow$$

$$s_e=3\cdot\frac{(-0{,}075\ [\text{m}])}{2}=-0{,}11 \text{ m}$$

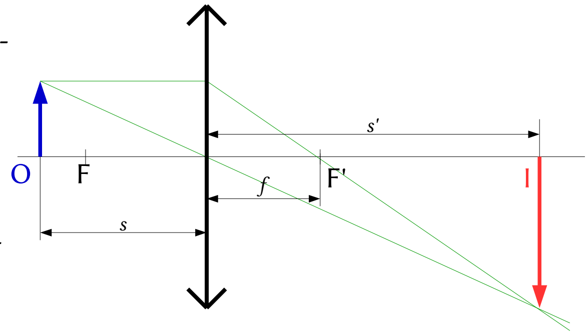


Debúxase un esquema de espello cóncavo (un arco de circunferencia vertical cóncavo cara á esquerda), e sitúase o foco F á esquerda do espello, á metade da distancia entre o espello e o seu centro C.
Debúxase, á súa esquerda, unha frecha vertical cara arriba, que representa ao obxecto O.
Desde o punto superior do obxecto debúxanse dous raios:

- Un, horizontal cara ao espello, que se reflicte de maneira que o raio reflectido pasa polo foco F.
- Outro, cara ao espello, que se reflicte sen desviarse pasando polo centro C de curvatura do espello.

O punto de corte é o correspondente á punta da imaxe I. Debúxase unha frecha vertical nese punto.
Análise: Nun espello, a imaxe é real se se forma á esquerda do espello, xa que os raios que saen reflectidos só se cortan á esquerda.

b)



Debúxase un esquema de lente converxente (unha liña vertical rematada por dúas puntas de frechas) e sitúase o foco F′ á dereita da lente.
Debúxase, á súa esquerda, unha frecha vertical cara arriba, que representa ao obxecto O.
Desde o punto superior do obxecto debúxanse dous raios:

- Un, cara ao centro da lente. Atravésaa sen desviarse.
- Outro, horizontal cara á lente, que a atravesa e se refracta.
  Debúxase de forma que o raio refractado pase polo foco da dereita F′.

O punto de corte é o correspondente á punta da imaxe I. Debúxase unha frecha vertical nese punto.
Se a lente é converxente, a distancia focal é positiva: f_l = 0,075 m
Como a imaxe é real, o aumento lateral é negativo.

$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = -2{,}0 \Rightarrow s' = -2{,}0\ s$$

Substitúense os datos na ecuación dos espellos:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{-2{,}0\,s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{0{,}075\ [\mathrm{m}]}$$

Calcúlase a distancia do obxecto despexando:

$$\frac{-1}{2\,s} + \frac{-1}{s} = \frac{-1}{2\,s} - \frac{2}{2\,s} = \frac{-3}{2\,s} = \frac{1}{0{,}075\ [\mathrm{m}]} \Rightarrow s_l = \frac{-3 \cdot 0{,}075\ [\mathrm{m}]}{2} = -0{,}11\ \mathrm{m}$$

Análise: En ambos os casos, os resultados dos cálculos están en consonancia cos debuxos.

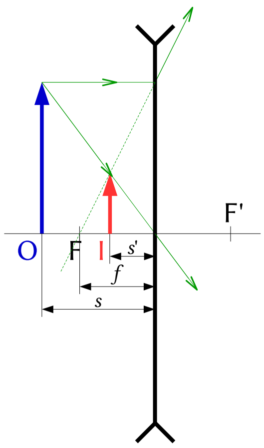
1. Un obxecto de 1,5 cm de altura sitúase a 15 cm dunha lente diverxente que ten unha focal de 10 cm. Determina a posición, tamaño e natureza da imaxe:
   a) Graficamente.
   b) Analiticamente.
   c) Pódense obter imaxes reais cunha lente diverxente?

(P.A.U. set. 09)

Rta.: b) s' = −6,0 cm; y' = 6,0 mm

Datos (convenio de signos DIN)	***Cifras significativas: 3***
Tamaño do obxecto	y = 1,50 cm = 0,0150 m
Posición do obxecto	s = −15,0 cm = −0,150 m
Distancia focal da lente	f = −10,0 cm = −0,100 m
Incógnitas	
Posición da imaxe	s'
Tamaño da imaxe	y'
Ecuacións	
Relación entre a posición da imaxe e a do obxecto nas lentes	$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}$
Aumento lateral nas lentes	$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$

Solución:



a)
Debúxase un esquema de lente diverxente (unha liña vertical rematada por dous «ángulos» ou puntas de frechas investidas), e sitúase o foco F á esquerda da lente.
Debúxase, á súa esquerda, unha frecha vertical cara arriba, que representa ao obxecto O.
Desde o punto superior do obxecto debúxanse dous raios:

- Un, cara ao centro da lente. Atravésaa sen desviarse.
- Outro, horizontal cara á lente, que a atravesa e se refracta.
  Debúxase de forma que a súa prolongación pase polo foco da esquerda, F, un punto simétrico ao foco F′.

Os raios non se cortan. Córtase o raio dirixido ao centro da lente coa prolongación do raio refractado.
O punto de corte é o correspondente á punta da imaxe I. Debúxase unha frecha vertical nese punto.

b) Polo convenio de signos, os puntos situados á esquerda da lente teñen signo negativo.
Para unha lente diverxente, $f = -0{,}10$ m.
Substitúense os datos na ecuación das lentes:

$$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{s'}-\frac{1}{-0{,}150\,[\mathrm{m}]}=\frac{1}{-0{,}100\,[\mathrm{m}]}$$

Calcúlase a posición da imaxe despexando:

$$\frac{1}{s'}=\frac{1}{-0{,}10\,[\mathrm{m}]}+\frac{1}{-0{,}15\,[\mathrm{m}]}=-10{,}0\,[\mathrm{m}]^{-1}-6{,}67\,[\mathrm{m}]^{-1}=-16{,}7\,[\mathrm{m}]^{-1} \Rightarrow s' = -0{,}0600\ \mathrm{m}$$

A imaxe fórmase a 0,060 m á esquerda da lente.

Substitúense os datos na ecuación do aumento lateral nas lentes, e calcúlase a altura da imaxe despexando:

$$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s}=\frac{-0{,}060\ 0\,[\mathrm{m}]}{-0{,}150\,[\mathrm{m}]}=0{,}400$$

$$y' = A_L \cdot y = 0{,}400 \cdot 0{,}0150\ \mathrm{m} = 0{,}00600\ \mathrm{m} = 6{,}00\ \mathrm{mm}$$

A imaxe é virtual ($s' < 0$), dereita ($A_L > 0$) e menor ($|A_L| < 1$).

Análise: Os resultados dos cálculos están en consonancia co debuxo.

c) As imaxes producidas polas lentes diverxentes son sempre virtuais. Da ecuación das lentes:

$$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{s'}=\frac{1}{f}+\frac{1}{s} \Rightarrow s'=\frac{1}{\frac{1}{f}+\frac{1}{s}}$$

Aplicando o criterio de signos, s < 0, e nas lentes diverxentes, f < 0, polo que:

$$\frac{1}{f}+\frac{1}{s}<0$$

Por tanto, $s' < 0$ sempre. A imaxe vaise formar á esquerda da lente e vai ser virtual (os raios de luz atravesan as lentes e forman as imaxes reais á dereita delas)

2. Un obxecto de 3 cm de altura sitúase a 75 cm dunha lente delgada converxente e produce unha imaxe a 37,5 cm á dereita da lente:
   a) Calcula a distancia focal.
   b) Debuxa a marcha dos raios e obtén o tamaño da imaxe.
   c) En que posición do eixe hai que colocar o obxecto para que non se forme imaxe?

(P.A.U. xuño 08)

Rta.: a) $f = 0{,}25$ m; b) $y' = -1{,}5$ cm

Datos (convenio de signos DIN)	***Cifras significativas: 3***
Tamaño do obxecto	$y = 3{,}00$ cm $= 0{,}0300$ m
Posición do obxecto	$s = -75{,}0$ cm $= -0{,}750$ m
Posición da imaxe	$s' = 37{,}5$ cm $= 0{,}375$ m
Incógnitas	
Distancia focal da lente	f'
Tamaño da imaxe	y'
Ecuacións	
Relación entre a posición da imaxe e a do obxecto nas lentes	$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'}$
Aumento lateral nas lentes	$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s}$

Solución:

a) Polo convenio de signos, os puntos situados á esquerda da lente teñen signo negativo.
Substitúense os datos na ecuación das lentes:

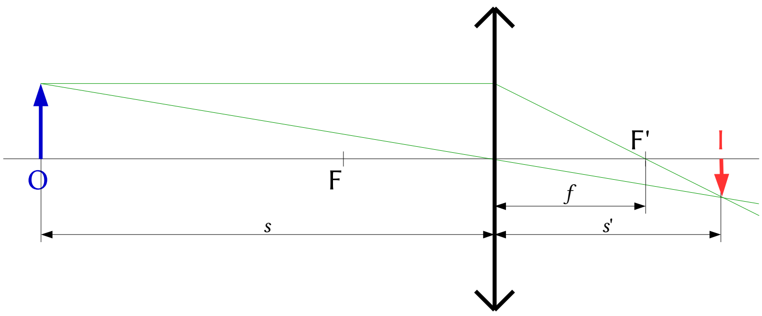
$$\frac{1}{0{,}375\ [\mathrm{m}]}-\frac{1}{-0{,}750\ [\mathrm{m}]}=\frac{1}{f}$$

Calcúlase a distancia focal:

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{0{,}375\ [\mathrm{m}]}-\frac{1}{-0{,}750\ [\mathrm{m}]}=2{,}67\ [\mathrm{m}]^{-1}+1{,}33\ [\mathrm{m}]^{-1}=4{,}00\ [\mathrm{m}]^{-1} \Rightarrow f=0{,}250\ \mathrm{m}$$

Análise: A distancia focal dá positiva, que es-

b)
Debúxase un esquema de lente converxente (unha liña vertical rematada por dúas puntas de frechas) e sitúase o foco F′ á dereita da lente.
Debúxase, á súa esquerda, unha frecha vertical cara arriba, que representa ao obxecto O.
Desde o punto superior do obxecto debúxanse dous raios:



- Un, cara ao centro da lente. Atravésaa sen desviarse.
- Outro, horizontal cara á lente, que a atravesa e se refracta.
  Debúxase de forma que o raio refractado pase polo foco da dereita F′.

O punto de corte é o correspondente á punta da imaxe I. Debúxase unha frecha vertical nese punto.
Substitúense os datos na ecuación do aumento lateral nas lentes, e calcúlase a altura da imaxe despexando:

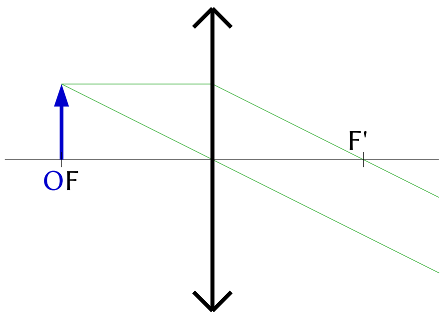
$$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s}\ =\frac{0{,}375\,[\mathrm{m}]}{-0{,}750\ [\mathrm{m}]}=-0{,}50$$

$$y' = A_L \cdot y = -0{,}50 \cdot 0{,}030\ [\mathrm{m}] = -0{,}0150\ \mathrm{m} = -1{,}50\ \mathrm{cm}$$

A imaxe é real ($s' > 0$), invertida ($A_L < 0$) e menor ($|A_L| < 1$).

Análise: Os resultados dos cálculos están en consonancia co debuxo.

c) No foco. Os raios que saen dun obxecto situado no foco saen paralelos e non se cortan, polo que non se forma imaxe.



3. Un obxecto de 3 cm de altura colócase a 20 cm dunha lente delgada de 15 cm de focal. Calcula analítica e graficamente a posición e tamaño da imaxe:
   a) Se a lente é converxente.

b) Se a lente é diverxente.

(P.A.U. set. 06)

Rta.: a) $s' = 0{,}60$ m; $y' = -9{,}0$ cm; b) $s' = -0{,}086$ m; $y' = 1{,}3$ cm

Datos (convenio de signos DIN)	***Cifras significativas: 2***
Tamaño do obxecto	$y = 3{,}0$ cm $= 0{,}030$ m
Posición do obxecto	$s = -20$ cm $= -0{,}20$ m
Distancia focal da lente	$f = 15$ cm $= 0{,}15$ m
Incógnitas	
Posición da imaxe en ambas as lentes	s_1', s_2'
Tamaño da imaxe en ambas as lentes	y_1', y_2'
Ecuacións	
Relación entre a posición da imaxe e a do obxecto nas lentes	$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f}$
Aumento lateral nas lentes	$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s}$

Solución:

a) Polo convenio de signos, os puntos á esquerda da lente teñen un signo negativo.
Para a lente converxente, $f = +0{,}15$ m.
Substitúense os datos na ecuación das lentes:

$$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{s'}-\frac{1}{-0{,}20\,[\mathrm{m}]}=\frac{1}{0{,}15\,[\mathrm{m}]}$$

Calcúlase a posición da imaxe despexando:

$$\frac{1}{s'}=\frac{1}{0{,}15\,[\mathrm{m}]}+\frac{1}{-0{,}20\,[\mathrm{m}]}=6{,}7\,[\mathrm{m}]^{-1}-5{,}0\,[\mathrm{m}]^{-1}=-1{,}7\,[\mathrm{m}]^{-1} \Rightarrow s' = 0{,}60\text{ m}$$

A imaxe fórmase a 0,60 m á dereita da lente.

Substitúense os datos na ecuación do aumento lateral nas lentes, e calcúlase a altura da imaxe despexando:

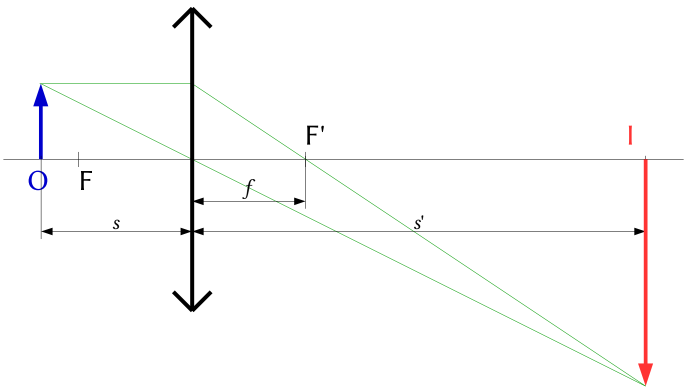
$$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s}\;=\frac{0{,}60\,[\mathrm{m}]}{-0{,}20\,[\mathrm{m}]}=-3{,}0$$

$$y' = A_L \cdot y = -3{,}0 \cdot 0{,}030\text{ m} = -0{,}090\text{ m} = -9{,}0\text{ cm}$$

A imaxe é real ($s' > 0$), invertida ($A_L < 0$) e maior ($|A_L| > 1$).
Debúxase un esquema de lente converxente (unha liña vertical rematada por dúas puntas de frechas) e sitúase o foco F′ á dereita da lente.
Debúxase, á súa esquerda, unha frecha vertical cara arriba, que representa ao obxecto O.
Desde o punto superior do obxecto debúxanse dous raios:

- Un, cara ao centro da lente. Atravésaa sen desviarse.
- Outro, horizontal cara á lente, que a atravesa e se refracta.
  Debúxase de forma que o raio refractado pase polo foco da dereita F′.

O punto de corte é o correspondente á punta da imaxe I. Debúxase unha frecha vertical nese punto.



b) Para a lente diverxente, $f = -0{,}15$ m.
Substitúense os datos na ecuación das lentes:

$$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{s'}-\frac{1}{-0{,}20\,[\mathrm{m}]}=\frac{1}{-0{,}15\,[\mathrm{m}]}$$

Calcúlase a posición da imaxe despexando:

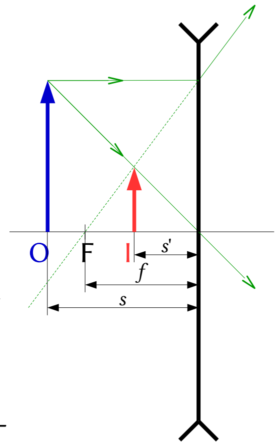
$$\frac{1}{s'}=\frac{1}{-0{,}15\,[\mathrm{m}]}+\frac{1}{-0{,}20\,[\mathrm{m}]}=-6{,}7\,[\mathrm{m}]^{-1}-5{,}0\,[\mathrm{m}]^{-1}=-11{,}7\,[\mathrm{m}]^{-1} \Rightarrow s' = -0{,}086 \text{ m}$$

A imaxe fórmase a 0,086 m á esquerda da lente.

Substitúense os datos na ecuación do aumento lateral nas lentes, e calcúlase a altura da imaxe despexando:

$$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s}=\frac{-0{,}086\,[\mathrm{m}]}{-0{,}20\,[\mathrm{m}]}=0{,}43$$

$$y' = A_L \cdot y = 0{,}43 \cdot 0{,}030 \text{ m} = 0{,}013 \text{ m} = 1{,}3 \text{ cm}$$



A imaxe é virtual ($s' < 0$), dereita ($A_L > 0$) e menor ($|A_L| < 1$).
Debúxase un esquema de lente diverxente (unha liña vertical rematada por dous «ángulos» ou puntas de frechas investidas), e sitúase o foco F á esquerda da lente.
Debúxase, á súa esquerda, unha frecha vertical cara arriba, que representa ao obxecto O.
Desde o punto superior do obxecto debúxanse dous raios:

- Un, cara ao centro da lente. Atravésaa sen desviarse.
- Outro, horizontal cara á lente, que a atravesa e se refracta.
  Debúxase de forma que a súa prolongación pase polo foco da esquerda, F, un punto simétrico ao foco F′.

Os raios non se cortan. Córtase o raio dirixido ao centro da lente coa prolongación do raio refractado.
O punto de corte é o correspondente á punta da imaxe I. Debúxase unha frecha vertical nese punto.

Análise: En ambos os casos, os resultados dos cálculos están en consonancia cos debuxos.

◊ CUESTIÓNS

● Espellos.

1. A imaxe formada nos espellos é:
   A) Real se o espello é convexo.
   B) Virtual se o espello é cóncavo e a distancia obxecto é menor que a focal.
   C) Real se o espello é plano.

(P.A.U. set. 06)

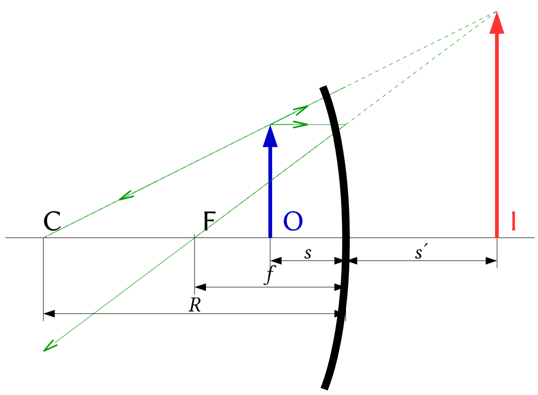
Solución: B

Como se ve na figura.
As ecuacións dos espellos son:

$$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f}$$

Despexando s'

$$\frac{1}{s'}=\frac{1}{f}-\frac{1}{s}=\frac{s-f}{s \cdot f}$$



$$s' = \frac{f \cdot s}{s - f}$$

Como as coordenadas s e f son negativas, se $|s| < |f|$

$$s > f$$

Por tanto

$$s' = (-)(-) / (+) > 0$$

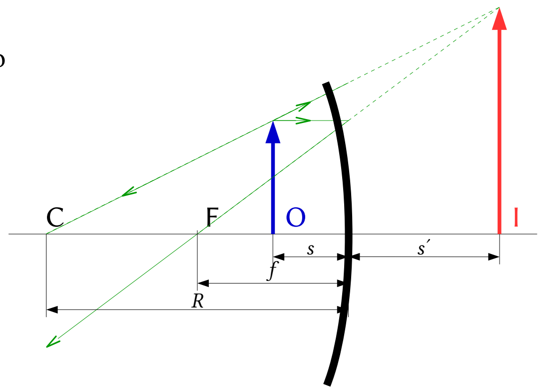
A imaxe é virtual (fórmase detrás do espello)

2. Se cun espello quérese obter unha imaxe maior que o obxecto, haberá que empregar un espello:
   A) Plano.
   B) Cóncavo.
   C) Convexo.

(P.A.U. set. 08)

Solución: B

Nos espellos planos o tamaño da imaxe é igual e nos convexos é sempre menor. Haberá que usar un espello cóncavo e situar o obxecto dentro da distancia focal, como se ve na figura.
As ecuacións dos espellos son:



$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f}$$

$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{-s'}{s}$$

Para que a imaxe sexa maior, o aumento lateral ten que ser, en valor absoluto, maior que a unidade, e por tanto:

$$|s'| > |s|$$

Despexando f

$$f = \frac{1}{\frac{1}{s'} + \frac{1}{s}}$$

Se $|s'| > |s|$

$$\frac{1}{|s'|} < \frac{1}{|s|}$$

A coordenada s é negativa e se a s' é positiva, (o que ocorre cando a imaxe é virtual e fórmase á dereita do espello)

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} < 0$$

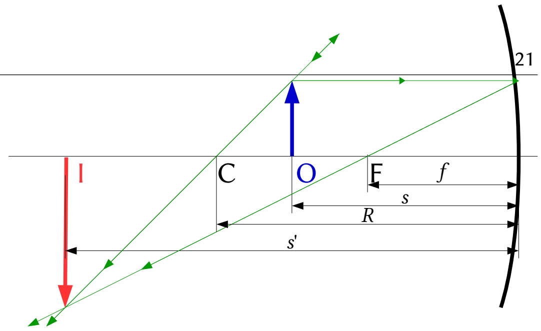
Por tanto $f < 0$, o que indica que o espello debe ser cóncavo.

3. Se un espello forma unha imaxe real invertida e de maior tamaño que o obxecto, trátase dun espello:
   A) Cóncavo e o obxecto está situado entre o foco e o centro da curvatura.
   B) Cóncavo e o obxecto está situado entre o foco e o espello.
   C) Convexo co obxecto en calquera posición.

(P.A.U. xuño 12)

Solución: A

Nos espellos convexos o tamaño da imaxe é sempre menor. Haberá que usar un espello cóncavo e situar o obxecto entre o centro de curvatura e o foco como se ve na figura.

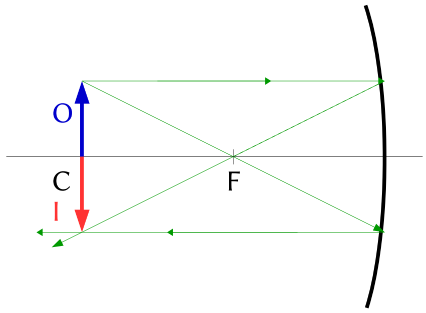


4. Para obter unha imaxe na mesma posición na que está colocado o obxecto, que tipo de espello e en que lugar ten que colocarse o obxecto?:
A) Cóncavo e obxecto situado no centro de curvatura.
B) Convexo e obxecto situado no centro de curvatura.
C) Cóncavo e obxecto situado no foco.

(P.A.U. set. 11)

Solución: A

O resultado vese na figura, na que O é o obxecto, I a imaxe, C o centro de curvatura e F o foco do espello cóncavo.

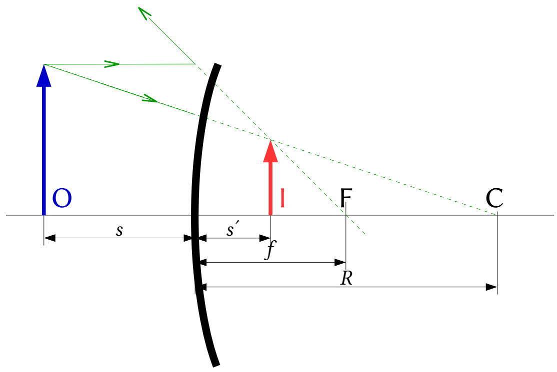


5. Se se desexa obter unha imaxe virtual, dereita e menor que o obxecto, úsase:
A) Un espello convexo.
B) Unha lente converxente.
C) Un espello cóncavo.

(P.A.U. xuño 13)

Solución: A

Véxase a marcha dos raios.
A imaxe fórmase detrás do espello, polo que é virtual.
O tipo de imaxe é independente da distancia do obxecto ao espello.



6. Un espello cóncavo ten 80 cm de raio de curvatura. A distancia do obxecto ao espello para que a súa imaxe sexa dereita e 4 veces maior é:
A) 50 cm.
B) 30 cm.
C) 60 cm.

(P.A.U. set. 13)

Datos (convenio de signos DIN)	***Cifras significativas: 3***
Raio de curvatura	R = −80,0 cm = −0,800 m
Aumento lateral	A_L = 4,00
Incógnitas	
Posición do obxecto	s
Outros símbolos	
Distancia focal do espello	f
Posición da imaxe	$s´$
Tamaño do obxecto	y
Tamaño da imaxe	$y´$

Outros símbolos
Ecuacións

Relación entre a posición da imaxe e a do obxecto nos espellos	$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f}$
Aumento lateral nos espellos	$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{-s'}{s}$

Solución: B

A distancia focal do espello é a metade do raio de curvatura. Como o espello é cóncavo o foco atópase á esquerda, e, polo convenio de signos, a distancia focal é negativa

$$f = R / 2 = -0{,}400 \text{ m}$$

O aumento lateral en espellos é

$$A_L=-\frac{s'}{s}=4{,}00$$

$$s' = -4{,}00\ s$$

Substitúense f, s' na ecuación dos espellos

$$\frac{1}{-4{,}00\ s}+\frac{1}{s}=\frac{1}{-0{,}400\,[\text{m}]}$$

Multiplicando ambos os lados por ($-4{,}00\ s$) queda unha ecuación sinxela

$$1 - 4{,}00 = 10\ s$$

A solución é:

$$s = -0{,}300 \text{ m}$$

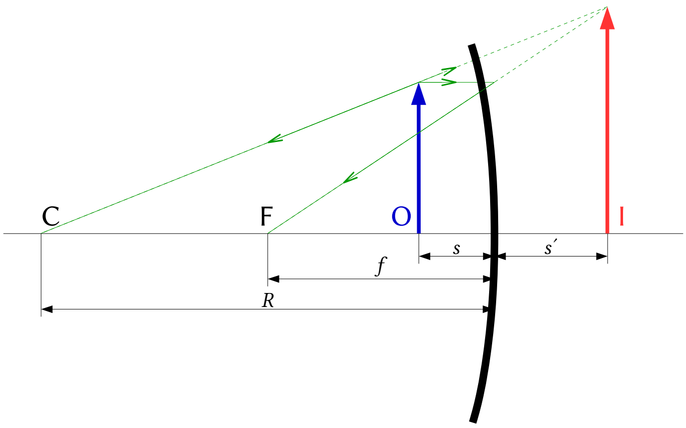
7. Queremos ver unha imaxe da nosa cara para afeitarnos ou maquillarnos. A imaxe debe ser virtual, dereita e ampliada 1,5 veces. Se colocamos a cara a 25 cm do espello. Que tipo de espello debemos empregar?:
   A) Convexo.
   B) Cóncavo.
   C) Plano.

(P.A.U. xuño 16)

Datos (convenio de signos DIN)	***Cifras significativas: 2***
Posición do obxecto	s = −25 cm = −0,25 m
Aumento lateral	A_L = 1,5
Incógnitas	
Distancia focal do espello	f
Outros símbolos	
Posición da imaxe	s'
Tamaño do obxecto	y
Tamaño da imaxe	y'
Ecuacións	
Relación entre a posición da imaxe e a do obxecto nos espellos	$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f}$
Aumento lateral nos espellos	$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{-s'}{s}$

Solución: B

No debuxo represéntase o obxecto O antes do espello e desde o seu punto superior debúxanse dous raios:
- Un, horizontal cara ao espello, que se reflicte de maneira que o raio reflectido pasa polo foco F (que se atopa á metade da distancia entre o espello e o seu centro C).
- Outro, cara ao espello, que se reflicte sen desviarse pasando polo centro C de curvatura do espello.
Como os raios non se cortan, prolónganse alén do espello ata que as súas prolongacións córtanse. O punto de corte é o correspondente á imaxe I.



a) Para calcular a posición da imaxe úsase a expresión do aumento lateral

$$A_L = 1{,}5 = -s' / s$$

$$s' = -1{,}5\ s = -1{,}5 \cdot (-25 \text{ cm}) = +37{,}5 \text{ cm} = +0{,}375 \text{ m}$$

A imaxe atópase a 37,5 cm á dereita do espello.
Análise: Nun espello, a imaxe é virtual se se forma á dereita do espello, xa que os raios que saen reflectidos só se cortan á esquerda.

b) Úsase a ecuación dos espellos:

$$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f}$$

Substitúense os datos:

$$\frac{1}{0{,}375\ [\text{m}]}+\frac{1}{-0{,}25\ [\text{m}]}=\frac{1}{f}$$

E calcúlase a distancia focal:

$$f = -0{,}75 \text{ m} = -75 \text{ cm}$$

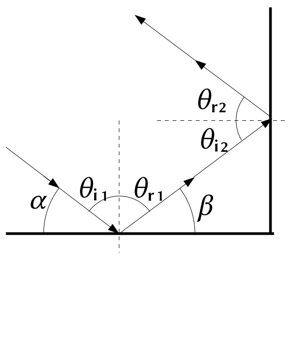
Análise: O signo negativo indica que o espello é cóncavo, xa que o seu foco e o seu centro de curvatura atópanse á esquerda do espello. O espello ten que ser cóncavo, xa que os espellos convexos dan unha imaxe virtual pero menor que o obxecto. Os resultados de s´ e f están de acordo co debuxo.

1. Dous espellos planos están colocados perpendicularmente entre si. Un raio de luz que se despraza nun terceiro plano perpendicular aos dous, reflíctese sucesivamente nos dous espellos. O raio reflectido no segundo espello, con respecto ao raio orixinal:
A) É perpendicular.
B) É paralelo.
C) Depende do ángulo de incidencia.

(P.A.U. set. 04)

Solución: B

Véxase a figura. Se se chama α ao ángulo que forma o raio co espello horizontal, o ángulo con que sae o raio reflectido no espello vertical respecto da horizontal, tamén vale α.
Cúmprese que:



$$\beta = \pi - \alpha$$

$$\theta_{i2} = -\beta = -\alpha$$

$$\theta_{r2} = -\theta_{i2} = \alpha$$

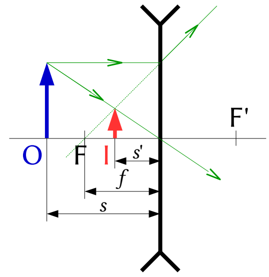
● Lentes.

1. Nas lentes diverxentes a imaxe sempre é:
   A) Dereita, maior e real.
   B) Dereita, menor e virtual.
   C) Dereita, menor e real.

(P.A.U. xuño 06)

Solución: B

Dereita, menor e virtual.
De acordo coa representación gráfica:

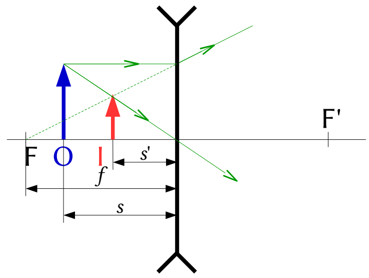


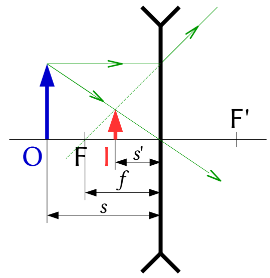
2. Se se desexa formar unha imaxe virtual, dereita e de menor tamaño que o obxecto, débese utilizar:
   A) Un espello cóncavo.
   B) Unha lente converxente.
   C) Unha lente diverxente.

(P.A.U. xuño 07)

Solución: C

Os debuxos mostran a formación de imaxes nos casos en que o obxecto se atopa despois do foco obxecto e antes do foco obxecto.
En todos os casos a imaxe é virtual, dereita e menor que o obxecto.





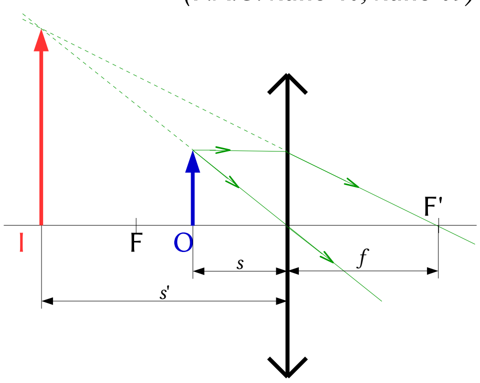
3. Para obter unha imaxe virtual, dereita e de maior tamaño que o obxecto se usa:
   A) Unha lente diverxente.
   B) Unha lente converxente.
   C) Un espello convexo.

(P.A.U. xuño 10, xuño 09)

Solución: B

O diagrama mostra a formación da imaxe cando o obxecto atópase dentro da distancia focal.

As outras opcións:
A e B. Falsas. As lentes diverxentes e os espellos convexos sempre producen imaxes virtuais, dereitas pero de menor tamaño que o obxecto.



◊ LABORATORIO

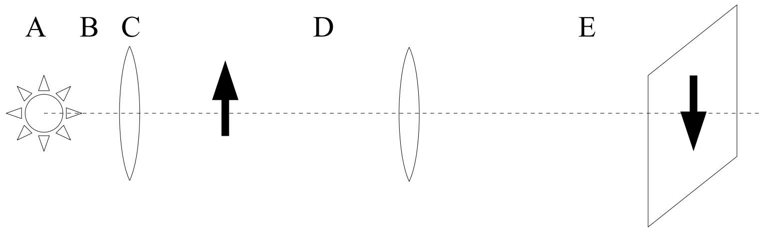
1. Medíronse no laboratorio os seguintes valores para a distancia obxecto-imaxe dunha lente converxente:
a) Explica a montaxe experimental utilizado.
a) Calcula o valor da potencia da lente.

s(cm)	39,0	41,9	49,3	59,9	68,5
s'(cm)	64,3	58,6	48,8	40,6	37,8

(P.A.U. set. 16)

Solución:

a) A montaxe é o da figura.



A é a fonte luminosa, B unha lente converxente que se sitúa de forma que a fonte luminosa estea no foco, para que os raios saian paralelos. C é o obxecto, D a lente converxente da que queremos achar a distancia focal e E a imaxe do obxecto.
Vaise variando a posición da lente D e movendo a pantalla E até obter unha imaxe enfocada.

b) Substitúense os valores de s e s' na ecuación das lentes

$$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f}$$

Calcúlase o inverso da distancia focal (potencia) e o valor da distancia focal para cada par de datos.

N.º. exp.	s (cm)	s' (cm)		s (m)	s' (m)		$1/s$ (m⁻¹)	$1/s'$ (m⁻¹)		$1/f$ (m⁻¹)	f (m)
1	−39,0	64,3		−0,390	0,643		−2,56	1,56		4,12	0,243
2	−41,9	58,6		−0,419	0,586		−2,39	1,71		4,09	0,244
3	−49,3	48,8		−0,493	0,488		−2,03	2,05		4,08	0,245
4	−59,9	40,6		−0,599	0,406		−1,67	2,46		4,13	0,242
5	−68,5	37,8		−0,685	0,378		−1,46	2,65		4,11	0,244

De ter unha folla de cálculo poderíase representar unha gráfica como a seguinte:
Comparando coa ecuación dunha recta, a ecuación das lentes quedaría:

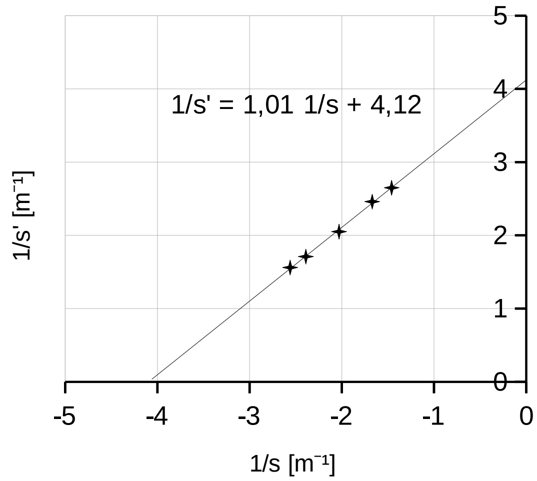
$$\frac{1}{s'}=\frac{1}{s}+\frac{1}{f}$$

Nela $1/f$ sería a ordenada na orixe:

$$P = 1 / f = 4{,}12 \text{ m}^{-1} = 4{,}12 \text{ dioptrías.}$$

Pero é máis doado calcular a potencia como valor medio:

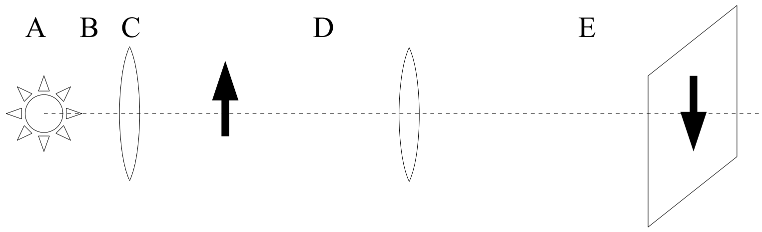
$$P = 1 / f = 4{,}11 \text{ m}^{-1} = 4{,}11 \text{ dioptrías.}$$

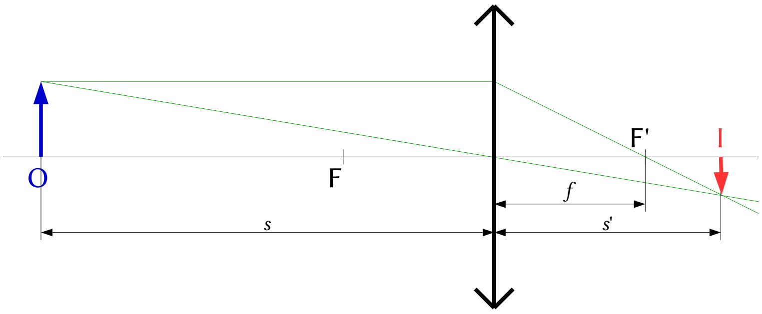


1. Fai un esquema da práctica de óptica, situando o obxecto, a lente e a imaxe, debuxando a marcha dos raios.

(P.A.U. set. 15)

Solución:





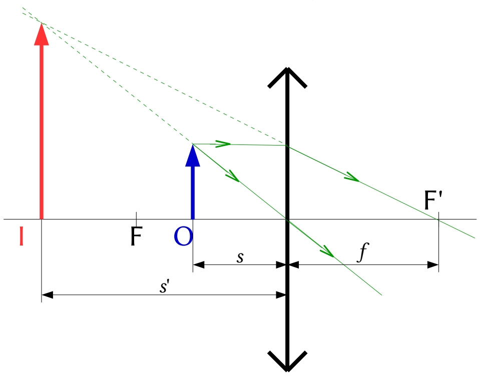
A é a fonte luminosa, B unha lente converxente que se sitúa de forma que a fonte luminosa estea no foco, para que os raios saian paralelos. C é o obxecto, D a lente converxente da que queremos achar a distancia focal e E a imaxe do obxecto.
Para obter unha imaxe real, que se poida recoller nunha pantalla, o obxecto debe situarse antes do foco. Neste caso a imaxe é sempre invertida.
Se colocamos o obxecto a unha distancia maior que a distancia focal, $|s| > |f|$, a imaxe que se forma é real e invertida e situada a unha distancia s' que se rexe pola relación:

$$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'}$$

1. No laboratorio traballas con lentes converxentes e recolles nunha pantalla as imaxes dun obxecto. Explica o que sucede, axudándoche do diagrama de raios, cando sitúas o obxecto a unha distancia da lente inferior á súa distancia focal.

(P.A.U. set. 14)

Solución:



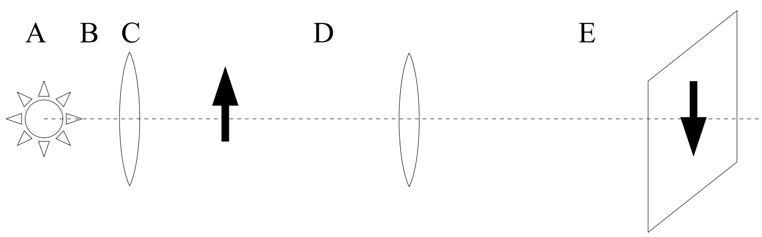
Se colocamos o obxecto á distancia inferior á distancia focal, a imaxe fórmase antes da lente, é virtual e non se pode recoller nunha pantalla.

1. Na práctica de óptica, púidose determinar a distancia focal da lente? Como?

(P.A.U. xuño 14, set. 06)

Solución:

Si. Fíxose a montaxe da figura e foise variando a posición da lente D e movendo a pantalla E até obter unha imaxe enfocada.



Medíanse os valores de s (distancia do obxecto á lente s = CD) e s' (distancia da imaxe á lente s' = DE)
Aplicábase a ecuación das lentes:

$$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'}$$

Calculábase a distancia focal f para cada medida.
Logo calculábase o valor mediou dos valores calculados da distancia focal.

1. Se na práctica de óptica xeométrica a lente converxente ten unha distancia focal imaxe de +10 cm, a que distancias da lente podes situar o obxecto para obter imaxes sobre a pantalla, se se cumpre que $|s| + |s'| = 80$ cm? Debuxa a marcha dos raios.
Rta.: $s_1 = -0{,}117$ m, $s_2 = -0{,}683$ m

(P.A.U. set. 13)

Datos (convenio de signos DIN)	***Cifras significativas: 3***
Distancia focal da lente	$f' = 10{,}0$ cm $= 0{,}100$ m
Distancia entre o obxecto e a súa imaxe	$d = 80{,}0$ cm $= 0{,}800$ m
Incógnitas	
Posición do obxecto	s
Outros símbolos	
Tamaño do obxecto	y
Posición da imaxe	s'
Tamaño da imaxe	y'
Ecuacións	
Relación entre a posición da imaxe e a do obxecto nas lentes	$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'}$

Solución:

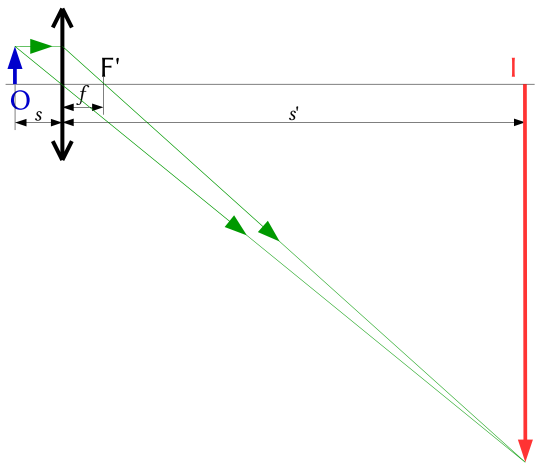
Úsase a ecuación:

$$|s| + |s'| = 0{,}800 \text{ m}$$

Tendo en conta que, polo criterio de signos, a distancia do obxecto á lente é negativa, $s < 0$, pero a distancia da imaxe, cando é real, é positiva $s' > 0$, queda

$$-s + s' = 0{,}800 \text{ m}$$

Substituíndo f e s´ na ecuación das lentes, queda:



$$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'}$$

$$\frac{1}{s+0{,}800\,[\text{m}]}-\frac{1}{s}=\frac{1}{0{,}100\,[\text{m}]}$$

$$\frac{1}{s+0{,}800}=\frac{1}{s}+\frac{1}{0{,}100}=\frac{s+0{,}100}{0{,}100\,s}$$

$$0{,}100\ s = (s + 0{,}100)\ (s + 0{,}800)$$

$$s^2 + 0{,}800\ s + 0{,}0800 = 0$$

$$s_1 = -0{,}117 \text{ m}$$

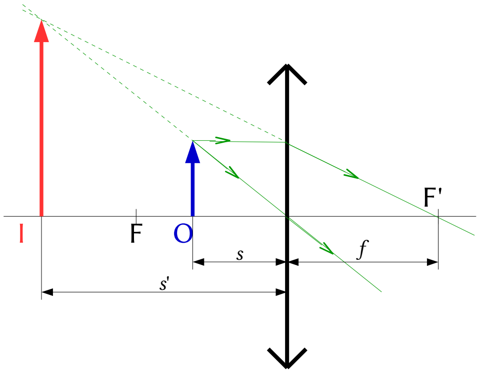
$$s_2 = -0{,}683 \text{ m}$$

O debuxo representa de forma aproximada a primeira solución.

1. Cun banco óptico de lonxitude l, obsérvase que a imaxe producida por unha lente converxente é sempre virtual. Como se pode interpretar isto?

(P.A.U. set. 10, xuño 07)

Solución:



A distancia focal da lente é maior que a metade da lonxitude do banco óptico.

$$f > l / 2$$

As imaxes virtuais non se poden recoller nunha pantalla. Na práctica de laboratorio con lentes converxentes sitúase un obxecto (unha placa cun símbolo 1 na traxectoria dos raios paralelos) a unha certa distancia dunha lente converxente, e cunha pantalla búscase a posición da imaxe nítida. Non se pode, por tanto, obter unha imaxe virtual.
Teoricamente a posición do obxecto para que unha lente converxente dea unha imaxe virtual e dereita, pode calcularse da ecuación das lentes:

$$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'}$$

Despéxase a distancia obxecto, *s*, desta ecuación:

$$\frac{1}{s}=\frac{1}{s'}-\frac{1}{f'}=\frac{f'-s'}{s' \cdot f'} \Rightarrow s=\frac{s' \cdot f'}{f'-s'}$$

Se a imaxe é virtual, $s' < 0$. Nunha lente converxente $f > 0$. Polo tanto:

$$f' - s' > |s'|$$

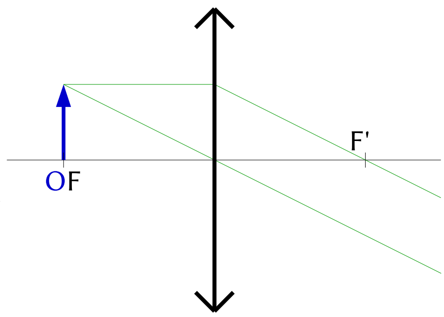
$$|s|=f' \frac{|s'|}{f'-s'} < f'$$

Para que a imaxe sexa virtual o obxecto debe atoparse dentro da distancia focal.

1. Na práctica da lente converxente debuxa a marcha dos raios e a imaxe formada dun obxecto cando:
 a) Sitúase no foco.
 b) Sitúase entre o foco e o centro óptico.

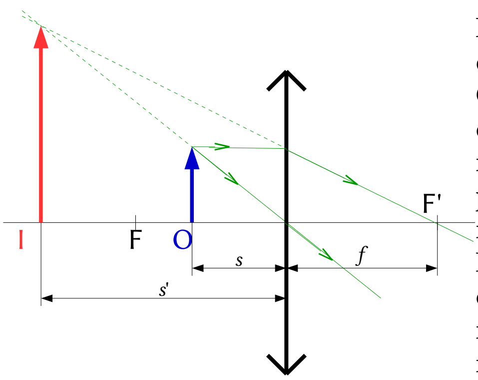
(P.A.U. xuño 10)

Solución:



a) Neste caso non se forma imaxe, porque os raios saen paralelos despois de atravesar a lente.

b) A imaxe é virtual, dereita e maior, e situada entre -∞ e o foco.

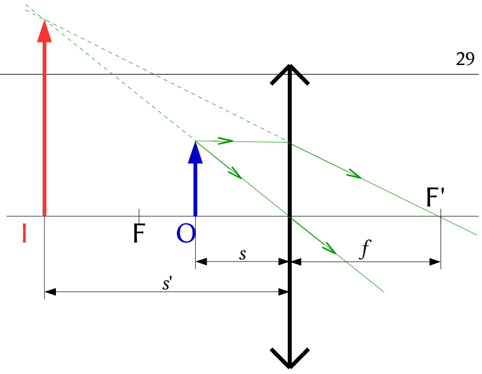


Hai que facer constar que nada disto pódese facer na práctica. Cando o obxecto ponse no foco, a imaxe non se forma (fórmase no infinito), e cando se pon entre o foco e a lente, a imaxe é virtual, e non se pode recoller nunha pantalla para facer medidas.
Pero se se fai no laboratorio, en ambos os casos unha imaxe parece que se forma na pantalla só que non é unha imaxe definida. Como non podemos obter unha imaxe definida, podería ser que tomásemos as imaxes que se forman na pantalla como imaxes reais.

1. Debuxa a marcha dos raios nunha lente converxente, cando a imaxe producida é virtual.

(P.A.U. set. 08)

Solución:



Debúxase un esquema de lente converxente (unha liña vertical rematada por dúas puntas de frechas) e sitúase o foco F′ á dereita da lente.
Debúxase, á súa esquerda, unha frecha vertical cara arriba, que representa ao obxecto O.
Desde o punto superior do obxecto debúxanse dous raios:

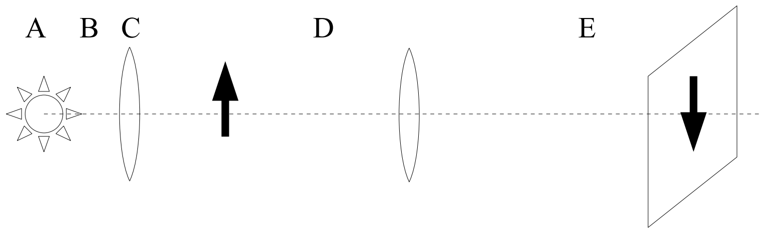
- Un, cara ao centro da lente. Atravésaa sen desviarse.
- Outro, horizontal cara á lente, que a atravesa e se refracta.
  Debúxase de forma que o raio refractado pase polo foco da dereita F′.

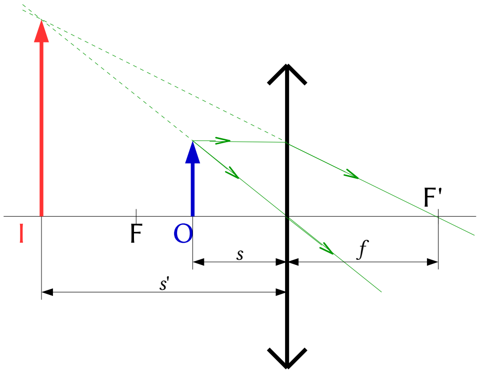
Os raios non se cortan. Córtase o raio dirixido ao centro da lente coa prolongación do raio refractado.
O punto de corte é o correspondente á punta da imaxe I. Debúxase unha frecha vertical nese punto.

1. Fai un esquema da práctica de óptica, situando o obxecto, a lente e a imaxe, e debuxando a marcha dos raios para obter unha imaxe dereita e de maior tamaño que o obxecto.

(P.A.U. set. 07)

Solución:





A é a fonte luminosa, B unha lente converxente que se sitúa de forma que a fonte luminosa estea no foco, para que os raios saian paralelos. C é o obxecto, D a lente converxente da que queremos achar a distancia focal e E a imaxe do obxecto.
Para obter unha imaxe real, que se poida recoller nunha pantalla, o obxecto debe situarse antes do foco. Neste caso a imaxe é sempre invertida.
Para obter unha imaxe dereita e de maior tamaño que o obxecto, hai que situar o obxecto dentro da distancia focal da lente, pero a imaxe será virtual e non poderá recollerse nunha pantalla.

1. Na práctica da lente converxente, fai un esquema da montaxe experimental seguido no laboratorio, explicando brevemente a misión de cada un dous elementos empregados.

(P.A.U. set. 05)

Solución: Véxase o exercicio de setembro de 2006

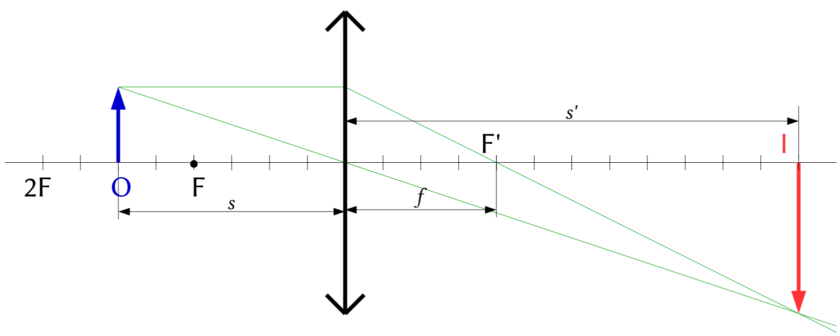
1. Dispone dun proxector cunha lente delgada converxente, e deséxase proxectar unha transparencia de forma que a imaxe sexa real e invertida e maior que o obxecto. Explica como facelo. (Fai un debuxo mostrando a traxectoria dos raios)

(P.A.U. xuño 05)

Solución:

Se a diapositiva (obxecto) atópase a unha distancia s da lente comprendida entre

$$|f| < |s| < |2f|$$

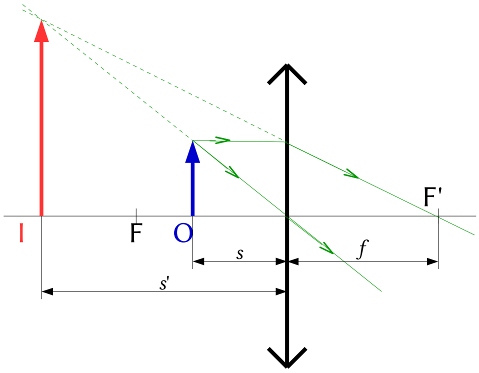


A imaxe que se forma é real, invertida e maior, como se ve na figura.

1. Na práctica da lente converxente explica se hai algunha posición do obxecto para a que a imaxe sexa virtual e dereita, e outra para a que a imaxe sexa real e invertida e do mesmo tamaño que o obxecto.
(P.A.U. xuño 04)

Solución:

As imaxes virtuais non se poden recoller nunha pantalla. Na práctica de laboratorio con lentes converxentes sitúase un obxecto (unha placa cun símbolo 1 na traxectoria dos raios paralelos) a unha certa distancia dunha lente converxente, e cunha pantalla búscase a posición da imaxe nítida. Non se pode, por tanto, obter unha imaxe virtual.



Teoricamente a posición do obxecto para que unha lente converxente dea unha imaxe virtual e dereita, pode calcularse da ecuación das lentes:

$$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'}$$

Despéxase a distancia obxecto, s, desta ecuación:

$$\frac{1}{s}=\frac{1}{s'}-\frac{1}{f'}=\frac{f'-s'}{s'\cdot f'}\Rightarrow s=\frac{s'\cdot f'}{f'-s'}$$

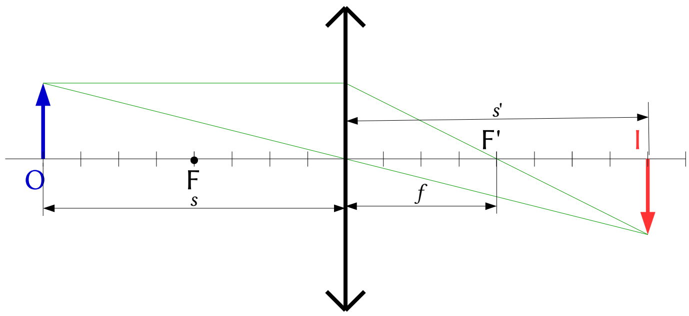
Se a imaxe é virtual, $s' < 0$. Nunha lente converxente $f > 0$. Polo tanto:

$$f' - s' > |s'|$$

$$|s|=f'\frac{|s'|}{f'-s'}<f'$$

Para que a imaxe sexa virtual o obxecto debe atoparse dentro da distancia focal.

As ecuacións das lentes permítenos determinar a posición do obxecto para que a imaxe sexa real e invertida e do mesmo tamaño ($y' = -y$):



$$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s}\Rightarrow s' = -s$$

$$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'}\Rightarrow\frac{2}{s}=\frac{1}{f'}\Rightarrow s = 2\,f$$

O esquema da marcha dos raios é o da figura.

Actualizado: 21/02/24

ACLARACIÓNS

Os datos dos enunciados dos problemas non adoitan ter un número adecuado de cifras significativas, ben porque o redactor pensa que a Física é unha rama das Matemáticas e os números enteiros son números «exactos» (p. ex. a velocidade da luz: $3\cdot10^8$ m/s cre que é 300 000 000,000000 000 000 000... m/s) ou porque aínda non se decatou de que se pode usar calculadora no exame e parécelle máis sinxelo usar $3\cdot10^8$ que 299 792 458 m/s).
Por iso supuxen que os datos teñen un número de cifras significativas razoables, case sempre tres cifras significativas. Menos cifras darían resultados, en certos casos, cunha incerteza desmedida. Así que cando tomo un dato como $c = 3\cdot10^8$ m/s e reescríboo como:
Cifras significativas: 3

$c = 3{,}00·10^8$ m/s
O que quero indicar é que supoño que o dato orixinal ten tres cifras significativas (non que as teña en realidade) para poder realizar os cálculos cunha incerteza máis pequena que a que tería nese caso. ($3·10^8$ m/s ten unha soa cifra significativa, e unha incerteza relativa do 30 %. Como as incertezas adóitanse acumular ao longo do cálculo, a incerteza final sería inadmisible. Entón, para que realizar os cálculos? Cunha estimación sería suficiente).

Cuestións e problemas das Probas de avaliación de Bacharelato para o acceso á Universidade (A.B.A.U. e P.A.U.) en Galiza.
Respostas e composición de Alfonso J. Barbadillo Marán.
Algúns cálculos fixéronse cunha folla de cálculo de LibreOffice do mesmo autor.
Algunhas ecuacións e as fórmulas orgánicas construíronse coa extensión CLC09 de Charles Lalanne-Cassou.
A tradución ao/desde o galego realizouse coa axuda de *traducindote*, de Óscar Hermida López.
Procurouse seguir as recomendacións do Centro Español de Metrología (CEM).
Consultouse ao Copilot de Microsoft Edge e tivéronse en conta algunhas das súas respostas nas cuestións.

Sumario

ÓPTICA

Índice de probas P.A.U.