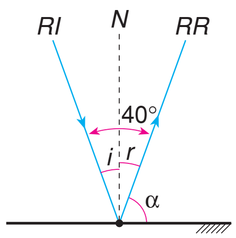
P.226 Como o ângulo entre os raios incidente (RI) e refletido (RR) é de 40°, temos:

$i + r = 40°$

Mas: $i = r$; logo: $i + i = 40° \Rightarrow \boxed{i = 20°}$

Sendo N a reta normal à superfície dos espelhos, os ângulos r e α são complementares. Logo:

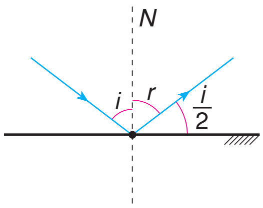
$r + \alpha = 90° \Rightarrow 20° + \alpha = 90° \Rightarrow \boxed{\alpha = 70°}$



P.227 $r + \dfrac{i}{2} = 90° \Rightarrow 90° - r = \dfrac{i}{2}$

Como $i = r$, então:

$90° - r = \dfrac{r}{2} \Rightarrow \dfrac{3r}{2} = 90° \Rightarrow \boxed{r = 60°}$

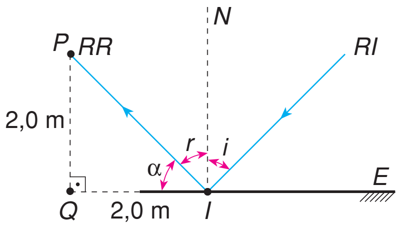


P.228 O triângulo PQI é retângulo e isósceles.

Logo: $\alpha = 45°$

$\alpha + r = 90° \Rightarrow 45° + r = 90° \Rightarrow r = 45°$

Como $i = r$, temos: $\boxed{i = 45°}$

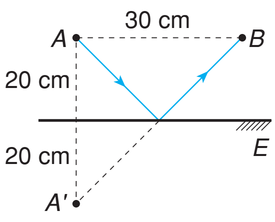


P.229 O triângulo $AA'B$ é retângulo. Aplicando o teorema de Pitágoras, tem-se:

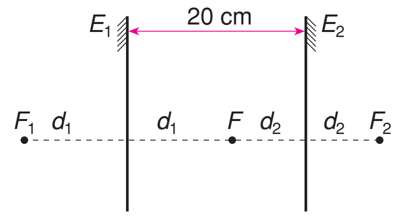
$(BA')^2 = (AA')^2 + (AB)^2$

$(BA')^2 = (40)^2 + (30)^2$

$\boxed{BA' = 50 \text{ cm}}$



P.230 A partir da figura, temos:



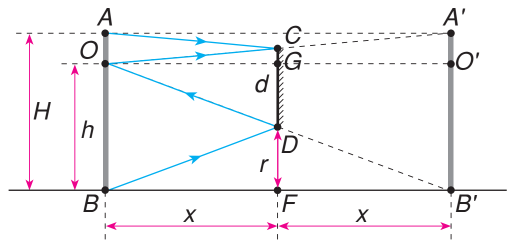
$d_{F_1F_2} = 2d_1 + 2d_2 = 2 \cdot (d_1 + d_2)$

($d_{F_1F_2}$ é a distância entre as imagens F_1 e F_2)

Mas: $d_1 + d_2 = 20$ cm

Logo: $\boxed{d_{F_1F_2} = 40 \text{ cm}}$

P.231 a) Como os triângulos *OCD* e *OA'B'* são semelhantes, temos:



$$\frac{CD}{A'B'} = \frac{OG}{OO'} \Rightarrow \frac{d}{H} = \frac{x}{2x} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d = \frac{H}{2} \Rightarrow d = \frac{2{,}10 \text{ m}}{2} \Rightarrow$$

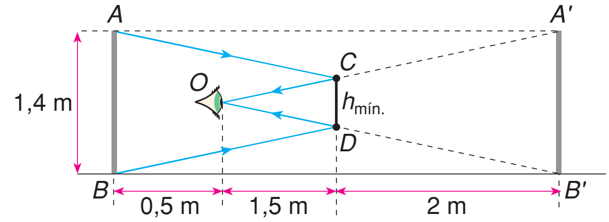
$$\Rightarrow \boxed{d = 1{,}05 \text{ m}}$$

b) Da mesma forma, como os triângulos *B'DF* e *B'OB* são semelhantes, temos:

$$\frac{DF}{OB} = \frac{B'F}{B'B} \Rightarrow \frac{r}{h} = \frac{x}{2x} \Rightarrow r = \frac{h}{2}$$

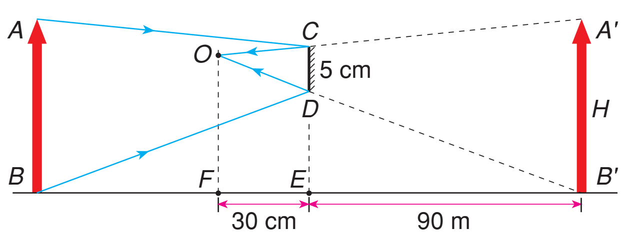
Como $h = H - 0{,}12 \text{ m} = 1{,}98 \text{ m}$, vem: $r = \dfrac{1{,}98 \text{ m}}{2} \Rightarrow \boxed{r = 0{,}99 \text{ m}}$

P.232 Da semelhança entre os triângulos *OCD* e *OA'B'*, temos:



$$\frac{h_{mín.}}{1{,}4} = \frac{1{,}5}{3{,}5} \Rightarrow \boxed{d = 0{,}6 \text{ m}}$$

P.233

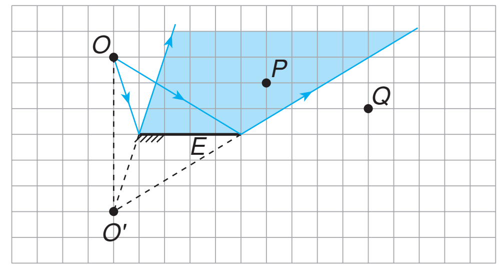


Como os triângulos *OA'B'* e *OCD* são semelhantes, temos:

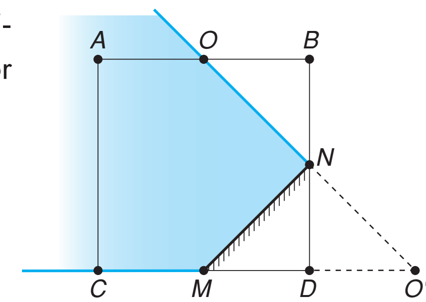
$$\frac{A'B'}{CD} = \frac{B'F}{EF} \Rightarrow \frac{H}{5 \text{ cm}} = \frac{90{,}3 \text{ m}}{30 \text{ cm}} \Rightarrow \boxed{H = 15{,}05 \text{ m}}$$

P.234 a) Sim, pois existem raios de luz provenientes de *O*, *P* e *Q* que sofrem reflexão no espelho.

b) Basta determinar o campo visual do espelho em relação ao observador *O*. Note que o observador vê, por reflexão no espelho, somente a imagem de *P*.



P.235 Determinamos o campo visual do espelho relativamente ao observador *O*. Note que ele vê, por reflexão, os cantos *A* e *C*.



P.236 Quando o espelho plano translada de uma distância *d*, a imagem de um objeto fixo translada de 2*d*, no mesmo sentido do espelho. Assim, sendo $d = 20$ cm, vem:

$$\boxed{2d = 40 \text{ cm}}$$

P.237 A velocidade do espelho em relação à Terra é $v_e = 10$ m/s.

a) Em relação ao objeto, fixo à Terra, a velocidade da imagem é:

$$v_i = 2v_e = 2 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{v_i = 20 \text{ m/s}}$$

b) A velocidade relativa da imagem em relação ao espelho é dada pela diferença entre as velocidades em relação à Terra:

$$v_{rel.} = v_i - v_e = 20 - 10 \Rightarrow \boxed{v_{rel.} = 10 \text{ m/s}}$$

P.238 a) A velocidade da imagem em relação ao objeto (isto é, em relação à estrada) é o dobro da velocidade do espelho (que é a velocidade do carro):

$v_i = 2v_e = 2 \cdot 50$ km/h $= 100$ km/h

b) Sendo $v_i = 100$ km/h e $v_e = 50$ km/h, em relação à estrada, a velocidade da imagem em relação ao espelho (isto é, em relação ao motorista) é dada pela diferença entre as velocidades: $v_{rel.} = 100 \text{ km/h} - 50 \text{ km/h} \Rightarrow \boxed{v_{rel.} = 50 \text{ km/h}}$

P.239 Para que a imagem sofra uma translação de 5 m (5 quadradinhos), o espelho deve transladar de 2,5 m, no mesmo sentido.

P.240 O ângulo de rotação Δ do raio refletido, para o mesmo raio incidente, é o dobro do ângulo α de rotação do espelho: $\Delta = 2\alpha$. Sendo $\alpha = 25°$, vem: $\boxed{\Delta = 50°}$

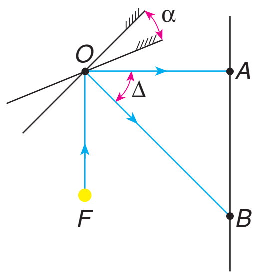
P.241 Aplicando a definição de velocidade angular média, obtemos:

$$\omega_m = \frac{\Delta}{\Delta t} = \frac{2\alpha}{\Delta t} = \frac{2 \cdot 30°}{3\ s} \Rightarrow \boxed{\omega_m = 20°/s}$$

Sendo $20° = \frac{\pi}{9}$ rad, vem: $\boxed{\omega_m = \frac{\pi}{9}\ \text{rad/s}}$

P.242 O triângulo *OAB* é retângulo e isósceles.
Logo: $\Delta = 45°$
De $\Delta = 2\alpha$, vem:

$$\alpha = \frac{\Delta}{2} = \frac{45°}{2} \Rightarrow \boxed{\alpha = 22{,}5°}$$

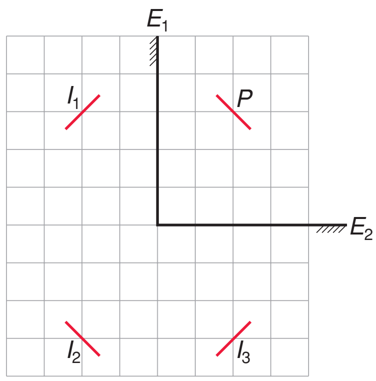


P.243 O número *N* de imagens é dado pela fórmula:

$$N = \frac{360°}{\alpha} - 1 = \frac{360°}{60°} - 1 = 6 - 1 \Rightarrow \boxed{N = 5}$$

Sendo $\frac{360°}{\alpha}$ um número par, concluímos que esse número de imagens vale para qualquer posição do ponto luminoso.

P.244 a)

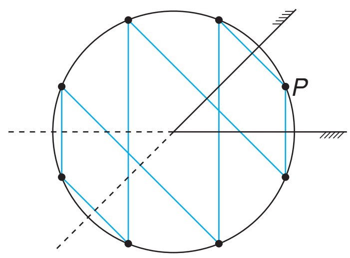


b) I_1 e I_3:  I_2: 

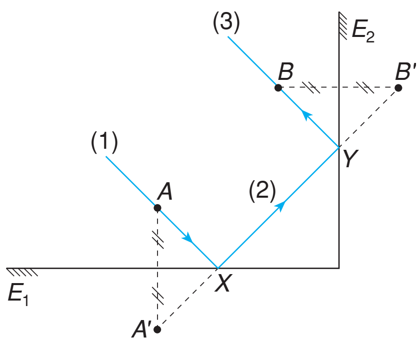
P.245 Como o número de imagens N formado pelos dois espelhos planos é igual a 7, vem:

a) $N = \dfrac{360°}{\alpha} - 1 \Rightarrow 7 = \dfrac{360°}{\alpha} - 1 \Rightarrow \boxed{\alpha = 45°}$

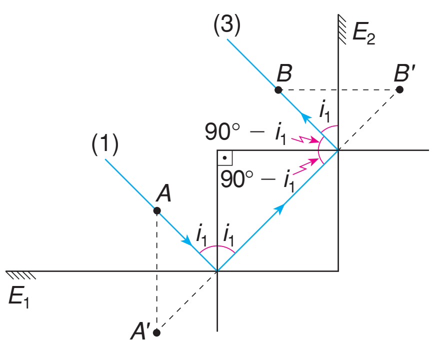
b)



P.246



O raio de luz (1) que incide no espelho E_1, passando por A, reflete (raio 2) e seu prolongamento passa por A'. O raio (2), ao incidir no espelho E_2, reflete, passando por B (raio 3). O prolongamento do raio 2 passa por B'. Assim, para a determinação gráfica de X e Y, achamos as imagens A' e B' e unimos A' com B'. Onde o segmento $A'B'$ corta os espelhos E_1 e E_2, temos, respectivamente, X e Y.



Observe, na figura, que os raios (1) e (3) formam o mesmo ângulo i_1 com retas paralelas (E_2 e a reta normal a E_1). São, portanto, paralelos.

P.247 O triângulo PQM é retângulo e isósceles.

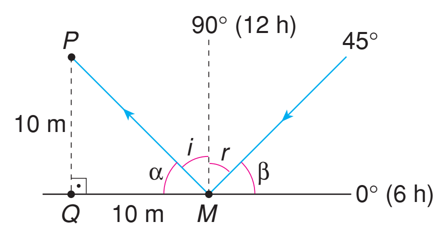
Logo: $\alpha = 45°$

$\alpha + i = 90° \Rightarrow 45° + i = 90° \Rightarrow$

$\Rightarrow i = 45° \Rightarrow r = i = 45°$

$\beta + r = 90° \Rightarrow \beta + 45° = 90° \Rightarrow \beta = 45°$

Às 6 h da manhã (0°), o Sol estava no horizonte, e às 12 h, no zênite (90°). Logo, para o ângulo $\beta = 45°$, concluímos que eram 9 h.

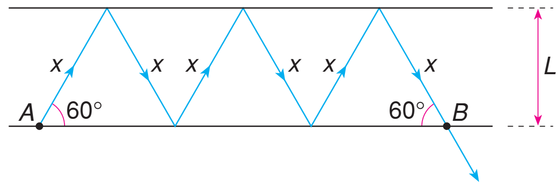


P.248 a) $\Delta s = v \cdot \Delta t$

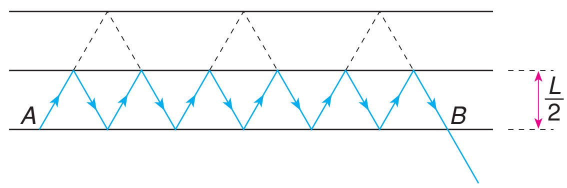
$6x = 3{,}0 \cdot 10^8 \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-8}$

$x = 0{,}50$ m

$AB = 3 \cdot x \Rightarrow \boxed{AB = 1{,}5 \text{ m}}$

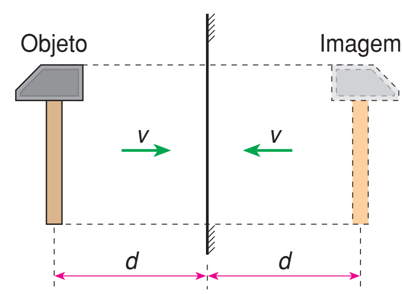


b) Observe na figura que, ao reduzir à metade a altura L, o número de reflexões passa de 5 para 11. Note que a distância que a luz percorre entre a entrada e a saída do feixe não se altera. Logo, o intervalo de tempo também permanece o mesmo.



P.249 a) Com base na propriedade de simetria, concluímos que, em relação ao espelho, as distâncias percorridas pela marreta e por sua imagem são iguais, num mesmo intervalo de tempo. Logo, a marreta e sua imagem terão velocidade de mesmo módulo v, em relação ao espelho.

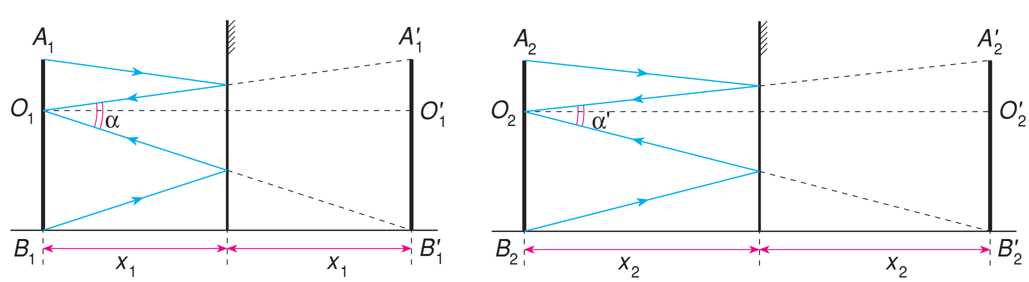
Por terem sentidos opostos, a velocidade da marreta, em relação à sua imagem, será:



$$v_{rel.} = 2 \cdot v = 2 \cdot 3 \ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

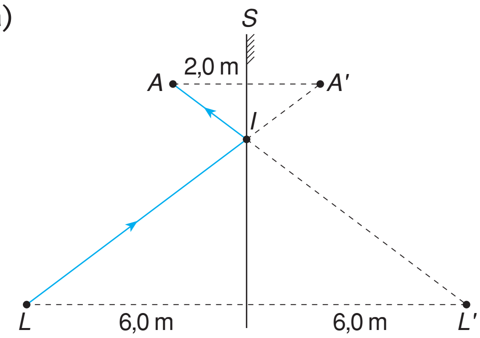
$$\boxed{v_{rel.} = 6 \text{ m/s}}$$

b)



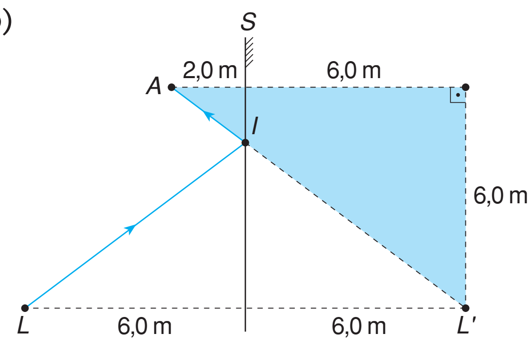
Nos espelhos planos, em virtude da propriedade de simetria, o tamanho da imagem é sempre igual ao do objeto, mesmo que o objeto se afaste do espelho. A impressão de uma redução no tamanho com que a imagem é observada deve-se à diminuição do ângulo visual. Nas figuras, observe que α′ é menor do que α.

P.250 a)



- localizamos L', imagem de L;
- unimos os pontos A e L';
- determinamos o ponto de incidência I;
- traçamos o raio incidente LI e o raio refletido IA.

b)

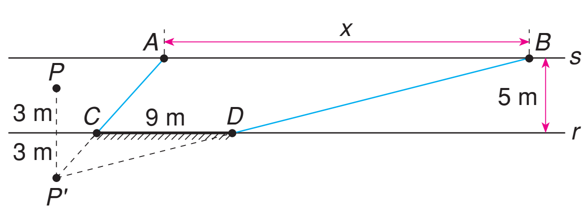


O triângulo destacado é retângulo. Seus catetos valem 6,0 m e 8,0 m. Logo, sua hipotenusa AL' é igual a 10 m:

$AL' = 10 \text{ m} \Rightarrow AI + IL' = 10 \text{ m}$

Sendo $IL' = IL$, vem: $\boxed{AI + IL = 10 \text{ m}}$

P.251 Da semelhança dos triângulos $P'AB$ e $P'CD$, obtém-se a distância x, que corresponde ao trecho sobre a reta s de onde se pode visualizar a imagem P' do ponto P.



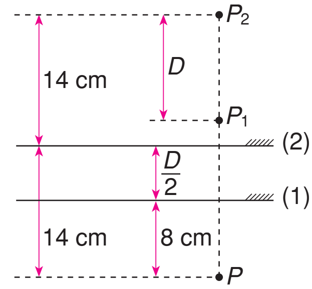
$$\frac{x}{9} = \frac{8}{3} \Rightarrow x = 24 \text{ m}$$

Da definição de velocidade média, vem:

$$v = \frac{x}{\Delta t} \Rightarrow 1 = \frac{24}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 24 \text{ s}}$$

P.252 A partir da figura é possível observar que:

$14 = 8 + \frac{D}{2} \Rightarrow \boxed{D = 12 \text{ cm}}$

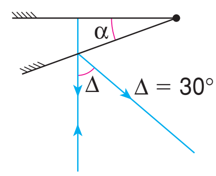


P.253 Sabemos que $\Delta = 2\alpha$. Sendo $\Delta = 30°$, vem:

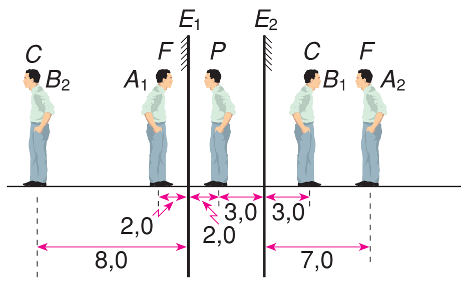
$\Delta = 2\alpha$

$30° = 2\alpha$

$\boxed{\alpha = 15°}$



P.254 a) e b)



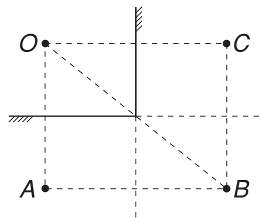
(distâncias expressas em m)

c) $A_1B_2 = 6{,}0$ m; $B_1A_2 = 4{,}0$ m

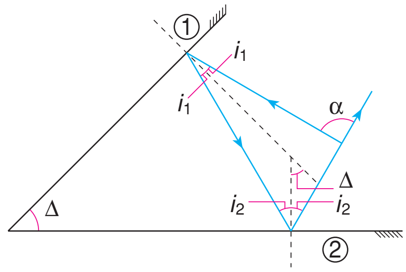
P.255 a) Temos $AB = 80$ cm e $BC = 60$ cm. Como a imagem no espelho é simétrica ao objeto, $OA = 60$ cm. No triângulo retângulo OAB, aplicando o teorema de Pitágoras, obtemos:

$OB^2 = AB^2 + OA^2 \Rightarrow OB^2 = 80^2 + 60^2 \Rightarrow \boxed{OB = 100 \text{ cm}}$

b)



P.256



Genericamente, Δ é o ângulo entre os espelhos (e entre as normais) e α é o ângulo entre os raios refletido e incidente. Assim, aplicando o teorema do ângulo externo a cada triângulo, obtemos:

$\Delta = i_1 + i_2$; $\alpha = 2i_1 + 2i_2 = 2 \cdot (i_1 + i_2) \Rightarrow \alpha = 2\Delta$

No caso: $\Delta = 45° \Rightarrow \alpha = 2 \cdot 45° \Rightarrow \boxed{\alpha = 90°}$

O ângulo de incidência $i_1 = 38°$ não é necessário para a resolução do exercício.