**P.368** Como a vergência da lente equivalente é a soma algébrica das vergências das lentes associadas, vem:

$$D = D_1 + D_2 \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{0,1} + \frac{1}{-0,2} \Rightarrow \boxed{f = 0,2 \text{ m}}$$

Pela definição de vergência, vem:

$$D = \frac{1}{f} \Rightarrow D = \frac{1}{0,2} \Rightarrow \boxed{D = 5 \text{ di}}$$

**P.369** a) **Lente biconvexa**:

Pela equação dos fabricantes de lentes, temos:

$$\frac{1}{f_1} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right) \cdot \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R}\right) \Rightarrow \frac{1}{f_1} = \left(\frac{1,8}{1,0} - 1\right) \cdot \frac{2}{10} \Rightarrow \boxed{f_1 = 6,25 \text{ cm}}$$

Como $D_1 = \dfrac{1}{f_1}$ vem: $D_1 = \dfrac{1}{6,25 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{D_1 = 16 \text{ di}}$

**Lente plano-côncava**:

Aplicando a equação dos fabricantes de lentes no caso da lente plano côncava, vem:

$$\frac{1}{f_2} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right) \cdot \frac{1}{-R} \Rightarrow \frac{1}{f_2} = \left(\frac{1,5}{1,0} - 1\right) \cdot \frac{1}{-10} \Rightarrow \boxed{f_2 = -20 \text{ cm}}$$

De $D_2 = \dfrac{1}{f_2}$, obtemos: $D_2 = \dfrac{1}{-20 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{D_2 = -5 \text{ di}}$

b) A vergência da lente equivalente é a soma algébrica das vergências das lentes associadas. Portanto:

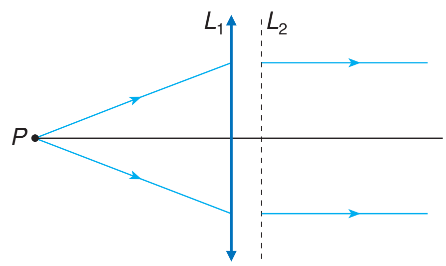
$$D = D_1 + D_2 \Rightarrow D = 16 + (-5) \Rightarrow \boxed{D = 11 \text{ di}}$$

Como $D = \dfrac{1}{f}$, vem: $11 = \dfrac{1}{f} \Rightarrow f \simeq 0,091 \text{ m} \Rightarrow \boxed{f \simeq 9,1 \text{ cm}}$

**P.370** Dados: $p = 20$ cm; $p' = 20$ cm

Com a equação dos pontos conjugados, calculamos a distância focal da primeira lente ($f_1$):

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{f_1} = \frac{1}{20} + \frac{1}{20} \Rightarrow \frac{1}{f_1} = \frac{2}{20} \Rightarrow f_1 = 10 \text{ cm}$$




Para a associação, a lâmpada deve estar no foco, pois os raios emergentes devem ser paralelos. Então:

$f_{ass.} = 20$ cm

Mas: $\frac{1}{f_{ass.}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$. Logo:

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{f_{ass.}} - \frac{1}{f_1} \Rightarrow \frac{1}{f_2} = \frac{1}{20} - \frac{1}{10} \Rightarrow \frac{1}{f_2} = \frac{1-2}{20} \Rightarrow \frac{1}{f_2} = \frac{-1}{20} \Rightarrow \boxed{f_2 = -20 \text{ cm}}$$

O sinal negativo indica que a segunda lente deve ser divergente.

**P.371** a) Não. A **lente divergente** conjuga, de um objeto real, uma **imagem virtual**. Esta não pode ser projetada no filme.

b) A imagem de um objeto infinitamente afastado se forma no **plano focal imagem**. Por isso, o filme deve ser colocado no plano focal imagem.

c) Da equação dos pontos conjugados $\left(\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}\right)$, sendo $f$ constante, quando o objeto se aproxima da câmara, $p$ diminui. Nessas condições, como $f$ é constante, $p'$ deve aumentar. Para isso, deve-se **afastar a lente do filme**.

**P.372** Como o objeto está muito afastado (50 m), podemos admitir que as imagens se formam nos planos focais, isto é: $p'_1 = f_1 = 10$ cm e $p'_2 = f_2 = 40$ cm. Aplicando a relação entre os tamanhos de objeto e imagem e as respectivas abscissas, obtemos:

$$\frac{i_1}{o} = -\frac{p'_1}{p} \Rightarrow \frac{i_1}{p'_1} = -\frac{o}{p} \quad ①$$

$$\frac{i_2}{o} = -\frac{p'_2}{p} \Rightarrow \frac{i_2}{p'_2} = -\frac{o}{p} \quad ②$$

Igualando ① e ②, obtemos:

$$\frac{i_1}{p'_1} = \frac{i_2}{p'_2} \Rightarrow \frac{i_1}{i_2} = \frac{p'_1}{p'_2} \Rightarrow \frac{i_1}{i_2} = \frac{10}{40} \Rightarrow \boxed{\frac{i_1}{i_2} = 0,25}$$

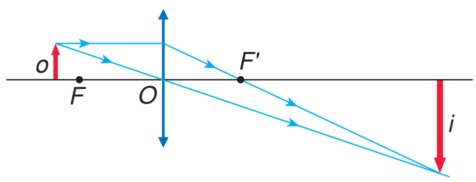
**P.373** Dados: $p' = 7$ m; $A = -20$

a) De $A = -\dfrac{p'}{p}$, obtemos: $-20 = -\dfrac{7}{p} \Rightarrow p = 0{,}35\text{ m} \Rightarrow \boxed{p = 35\text{ cm}}$

b) Como $D = \dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{p} + \dfrac{1}{p'}$, vem: $D = \dfrac{1}{0{,}35} + \dfrac{1}{7} \Rightarrow \boxed{D = 3\text{ di}}$

**P.374** Dados: $f = 10$ cm; $p = 10{,}4$ cm

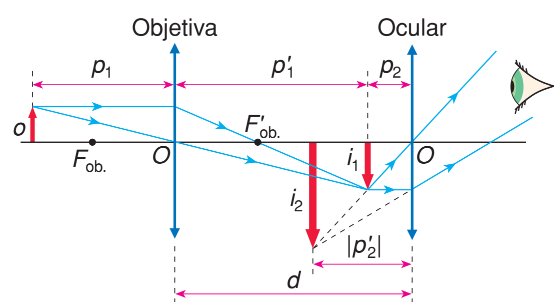
a)




b) Utilizando a equação dos pontos conjugados, obtemos:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{10} = \frac{1}{10{,}4} + \frac{1}{p'} \Rightarrow p' = 260\text{ cm} \Rightarrow \boxed{p' = 2{,}6\text{ m}}$$

**P.375** Dados: distância focal da objetiva $(f_1) = 6$ mm; distância focal da ocular $(f_2) = 24$ mm; $p_1 = 6{,}1$ mm; $p'_2 = -250$ mm




a) De $A_{ob} = \dfrac{f_1}{f_1 - p_1}$, vem:

$$A_{ob} = \frac{6}{6 - 6{,}1} \Rightarrow \boxed{A_{ob} = -60}$$

Da equação dos pontos conjugados, vem:

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{p_2} + \frac{1}{p'_2} \Rightarrow \frac{1}{24} = \frac{1}{p_2} + \frac{1}{-250} \Rightarrow p_2 \simeq 21{,}9\text{ mm}$$

Como $A_{oc} = -\dfrac{p'_2}{p_2}$, vem: $A_{oc} = -\dfrac{-250}{21{,}9} \Rightarrow \boxed{A_{oc} \simeq 11{,}4}$

O aumento linear transversal $A$ do microscópio é dado pelo produto dos aumentos da objetiva e da ocular:

$$A = A_{ob} \cdot A_{oc} \Rightarrow A = -60 \cdot 11{,}4 \Rightarrow \boxed{A = -684}$$

b) Como $A_{ob} = -\dfrac{p'_1}{p_1}$, vem: $-60 = -\dfrac{p'_1}{6{,}1} \Rightarrow p'_1 = 366\text{ mm}$

A distância entre a objetiva e a ocular é dada por:

$$d = p'_1 + p_2 \Rightarrow d = 366 + 21{,}9 \Rightarrow \boxed{d = 387{,}9\text{ mm}}$$

**P.376** Dados: distância focal da objetiva ($f_1 = 2$ cm); $p_1 = 3$ cm; distância focal da ocular ($f_2 = 5$ cm); $d = p'_1 + p_2 = 10$ cm

O aumento linear transversal da objetiva ($A_{ob.}$) é dado por:

$$A_{ob.} = \frac{f_1}{f_1 - p_1} \Rightarrow A_{ob.} = \frac{2}{2-3} \Rightarrow A_{ob.} = -2$$

De $A_{ob.} = -\frac{p'_1}{p_1}$, obtemos: $-2 = -\frac{p'_1}{3} \Rightarrow p'_1 = 6$ cm

Como $d = p'_1 + p_2$, vem: $10 = 6 + p_2 \Rightarrow p_2 = 4$ cm

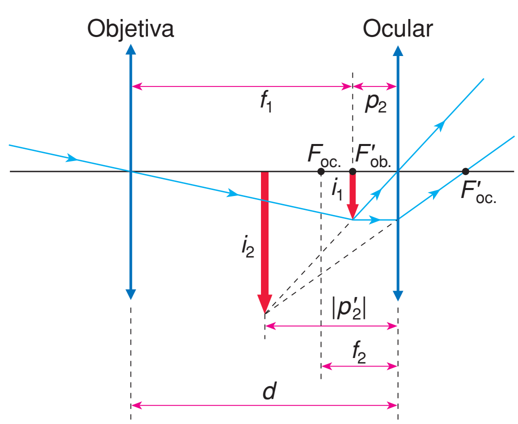
O aumento linear transversal da ocular ($A_{oc.}$) é dado por:

$$A_{oc.} = \frac{f_2}{f_2 - p_2} \Rightarrow A_{oc.} = \frac{5}{5-4} \Rightarrow A_{oc.} = 5$$

Por fim, o aumento linear transversal do microscópio ($A$) é obtido pelo produto entre o aumento linear transversal da objetiva ($A_{ob.}$) e o aumento transversal linear da ocular ($A_{oc.}$).

$$A = A_{ob.} \cdot A_{oc.} \Rightarrow A = -2 \cdot 5 \Rightarrow \boxed{A = -10}$$

**P.377** Dados: objetiva $f_1 = 2$ m;
ocular $f_2 = 5$ cm;
$d = f_1 + p_2 = 2{,}04$ m




A partir da figura pode-se observar que:

a) $d = f_1 + p_2 \Rightarrow 2{,}04 = 2 + p_2 \Rightarrow$
$\Rightarrow p_2 = 0{,}04 \text{ m} \Rightarrow p_2 = 4$ cm

Utilizando a equação dos pontos conjugados para a lente ocular, vem:

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{p_2} + \frac{1}{p'_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{5} = \frac{1}{4} + \frac{1}{p'_2} \Rightarrow$$

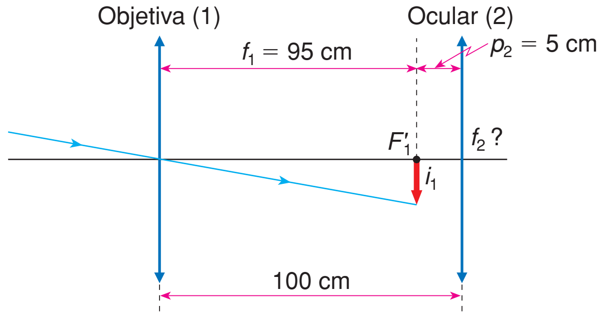
$$\Rightarrow \boxed{p'_2 = -20 \text{ cm}}$$

Logo, a imagem está a 20 cm da ocular e é virtual.

b) Em condições usuais de observação, o aumento visual $G$ é dado por:

$$G = \frac{f_1}{f_2} \Rightarrow G = \frac{200 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} \Rightarrow \boxed{G = 40}$$

**P.378**




$p_2 = 100 \text{ cm} - 95 \text{ cm} = 5 \text{ cm}$; $p'_2 = -15$ cm (a imagem final é virtual); logo:

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{p_2} + \frac{1}{p'_2} \Rightarrow \frac{1}{f_2} = \frac{1}{5} + \frac{1}{-15} \Rightarrow \boxed{f_2 = 7{,}5 \text{ cm}}$$

**P.379** A amplitude de acomodação é expressa por:

$$a = \frac{1}{p_P} - \frac{1}{p_R}$$

Em que, $p_P$ é a abscissa do ponto próximo e $p_R$, a abscissa do ponto remoto. Sendo $p_P = 50 \text{ cm} = 50 \cdot 10^{-2}$ m e $p_R \to \infty$, temos:

$$a = \frac{1}{50 \cdot 10^{-2}} - 0 \Rightarrow \boxed{a = 2 \text{ di}}$$

**P.380** Aplicando a fórmula da amplitude de acomodação, vem:

$$a = \frac{1}{p_P} - \frac{1}{p_R} \Rightarrow 4 = \frac{1}{p_P} - \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{p_P \simeq 0{,}22 \text{ m}} \text{ ou } \boxed{p_P \simeq 22 \text{ cm}}$$

Observe que o **ponto próximo** do míope está mais próximo do olho que o de uma pessoa de visão normal.

**P.381** A distância focal $f$ da lente que corrige a miopia deve ser igual, em módulo, à abscissa $p_R$ do ponto remoto do olho:

$$f = -p_R \Rightarrow \boxed{f = -2 \text{ m}}$$

Pela definição de vergência, obtemos:

$$D = \frac{1}{f} \Rightarrow D = \frac{1}{-2} \Rightarrow \boxed{D = -0{,}5 \text{ di}}$$

**P.382** Como $D = \frac{1}{f}$, vem:

$$-2 = \frac{1}{f} \Rightarrow f = -0{,}5 \text{ m}$$

Mas a distância focal $f$ da lente que corrige a miopia é igual, em módulo, à abscissa $p_R$ do ponto remoto do olho dessa pessoa. Logo:

$$f = -p_R \Rightarrow -0{,}5 = -p_R \Rightarrow \boxed{p_R = 0{,}5 \text{ m}}$$

**P.383** a) O míope deve usar **lentes divergentes**.

b) $f = -p_R \Rightarrow \boxed{f = -20 \text{ cm}}$

**P.384** a) O hipermetrope deve usar **lentes convergentes**.

b) Sua vergência é dada por:

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{0{,}25} - \frac{1}{p_P} \Rightarrow D = \frac{1}{0{,}25} - \frac{1}{0{,}75} \Rightarrow \boxed{D \simeq 2{,}67 \text{ di}}$$

**P.385** A lente que a pessoa deve usar é **convergente**.

A distância focal $f$ dessa lente é dada por:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{25} - \frac{1}{p_P} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{25} - \frac{1}{125} \Rightarrow \boxed{f = 31{,}25 \text{ cm}}$$

**P.386** Se o cristalino está comprimido ao máximo, o ponto $P$ é o ponto próximo. Logo, $p_P = 1$ m. A lente a ser usada é **convergente**. Sua vergência é dada por:

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{0{,}25} - \frac{1}{p_P} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow D = \frac{1}{0{,}25} - \frac{1}{1} \Rightarrow \boxed{D = 3 \text{ di}}$$

**P.387** A pessoa possui **presbiopia**. A correção da presbiopia para a visão próxima é realizada com **lentes convergentes**, de modo semelhante ao que foi visto na correção da hipermetropia:

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{0{,}25} - \frac{1}{p_P} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow D = \frac{1}{0{,}25} - \frac{1}{1{,}0} \Rightarrow \boxed{D = 3 \text{ di}}$$

**P.388** **Lente bicôncava**

$$\frac{1}{f_1} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

$$\frac{1}{f_1} = \left(\frac{1,5}{1,0} - 1\right) \cdot \left(\frac{1}{-20} + \frac{1}{-100}\right)$$

$$\frac{1}{f_1} = -\frac{3}{100}\ \text{cm}^{-1}$$

**Lente plano-convexa**

$$\frac{1}{f_2} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right) \cdot \frac{1}{R}$$

$$\frac{1}{f_2} = \left(\frac{1,7}{1,0} - 1\right) \cdot \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{7}{200}\ \text{cm}^{-1}$$

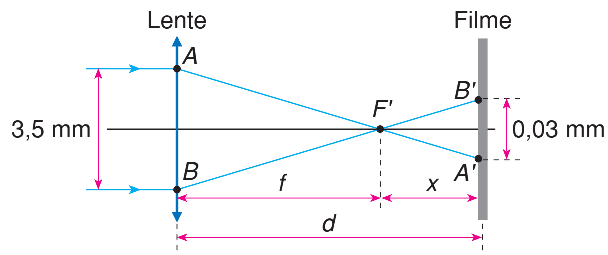
**Distância focal *f* da lente equivalente**

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow \frac{1}{f} = -\frac{3}{100} + \frac{7}{200} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{200}\ \text{cm}^{-1} \Rightarrow f = 200\ \text{cm}$$

Sendo $o = 10$ cm e $p = 40$ cm, vem:

$$\frac{i}{o} = \frac{f}{f - p} \Rightarrow \frac{i}{10} = \frac{200}{200 - 40} \Rightarrow \boxed{i = 12,5\ \text{cm}}$$

**P.389** a)




Da semelhança entre os triângulos $ABF'$ e $A'B'F'$, obtemos: $\frac{x}{f} = \frac{0,03}{3,5}$

Como $f = 35$ mm, vem:

$$\frac{x}{35} = \frac{0,03}{3,5} \Rightarrow x = 0,3\ \text{mm}$$

Portanto, a distância *d* do filme à lente é dada por:

$$d = f + x \Rightarrow d = 35 + 0,3 \Rightarrow \boxed{d = 35,3\ \text{mm}}$$

b) $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{35} = \frac{1}{p} + \frac{1}{35,3} \Rightarrow \boxed{p = 4.118\ \text{mm}}$

**P.390** Dados: $p' = 4{,}1$ m; $o = 35$ mm; $i = -1{,}4$ m ($i < 0$, pois a imagem que está sendo projetada é real e, portanto, invertida).

a) De $\dfrac{i}{o} = -\dfrac{p'}{p}$ vem:

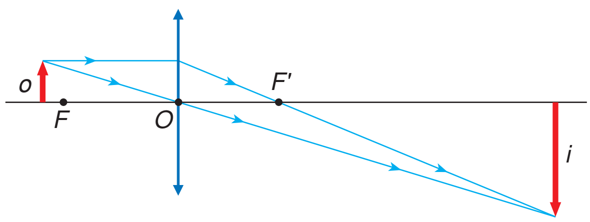
$$\frac{-1{,}4}{35 \cdot 10^{-3}} = -\frac{4{,}1}{p} \Rightarrow p = 102{,}5 \cdot 10^{-3}\ \text{m}$$

A distância focal da lente que compõe o projetor de *slides* pode ser obtida pela equação dos pontos conjugados (equação de Gauss):

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{102{,}5 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{4{,}1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1.000 + 25}{102{,}5} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1.025}{102{,}5} \Rightarrow f = 0{,}1\ \text{m} \Rightarrow \boxed{f = 10\ \text{cm}}$$

b)




**P.391** Dados: $f = 100$ mm; $p = 102$ mm

a) De $\dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{p} + \dfrac{1}{p'}$ vem:

$$\frac{1}{100} = \frac{1}{102} + \frac{1}{p'} \Rightarrow p' = 5.100\ \text{mm} \Rightarrow \boxed{p' = 5{,}1\ \text{m}}$$

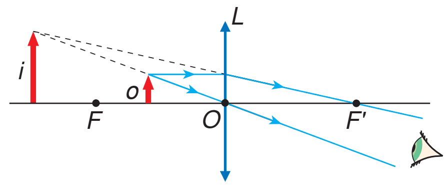
b) Como $A = -\dfrac{p'}{p}$ obtemos:

$$A = -\frac{5.100}{102} \Rightarrow A = -50 \Rightarrow \boxed{\frac{i}{o} = -50}$$

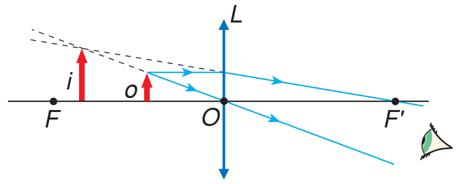
A razão entre o tamanho da imagem e o tamanho do objeto é igual a $-50$. O sinal negativo significa que a imagem é invertida em relação ao objeto.

**P.392** a) O objeto (palavras) deve estar situado entre o foco objeto principal $F$ e o centro óptico $O$ da lente.

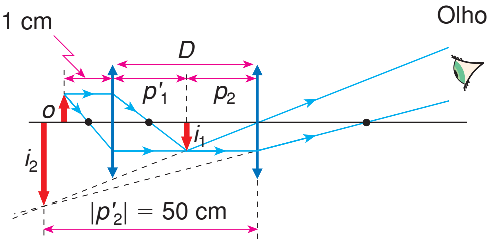
Nessas condições, a imagem é direita e ampliada, como indicado na figura ao lado.




b) De $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_{\text{lente}}}{n_{\text{água}}} - 1\right) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$ concluímos que $f$ aumenta pois $n_{\text{água}} > n_{\text{ar}}$. Logo, o poder de ampliação diminui, como se mostra no esquema ao lado.




**P.393**




$$A_{\text{ob.}} = -\frac{p'_1}{p_1} \Rightarrow -20 = -\frac{p'_1}{1} \Rightarrow p'_1 = 20\text{ cm}$$

$$A_{\text{microscópio}} = A_{\text{ob.}} \cdot A_{\text{oc.}} \Rightarrow -100 = -20 \cdot A_{\text{oc.}} \Rightarrow A_{\text{oc.}} = 5$$

$$A_{\text{oc.}} = -\frac{p'_2}{p_2} \Rightarrow 5 = -\frac{-50}{p_2} \Rightarrow p_2 = 10\text{ cm}$$

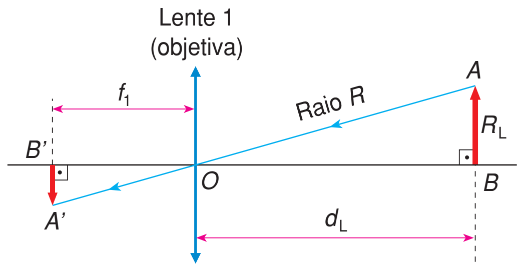
$$D = p'_1 + p_2 \Rightarrow D = 20 + 10 \Rightarrow \boxed{D = 30\text{ cm}}$$

**P.394** a) O triângulo $A'B'O$ é semelhante ao triângulo $ABO$:

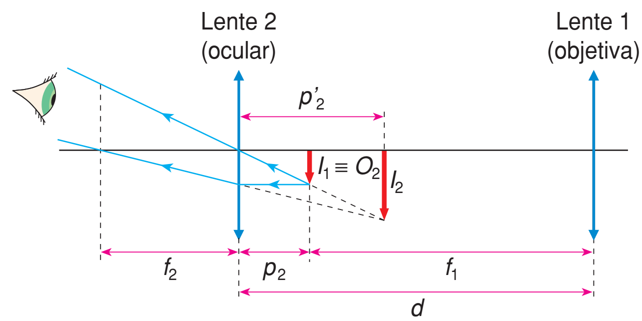
$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{B'O}{BO}$$

$$\frac{A'B'}{1.750\text{ km}} = \frac{133\text{ cm}}{384.000\text{ km}}$$

$$\boxed{A'B' \simeq 0{,}61\text{ cm}}$$



b) Vamos aplicar a equação dos pontos conjugados para a ocular.




Sendo $p'_2 = -20$ cm ($p'_2 < 0$, pois a imagem é virtual) e $f_2 = 9{,}5$ cm, vem:

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{p_2} + \frac{1}{p'_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{9{,}5} = \frac{1}{p_2} + \frac{1}{-20} \Rightarrow \frac{1}{p_2} = \frac{1}{9{,}5} + \frac{1}{20} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_2 = \frac{20 \cdot 9{,}5}{29{,}5} \Rightarrow p_2 \simeq 6{,}4 \text{ cm}$$

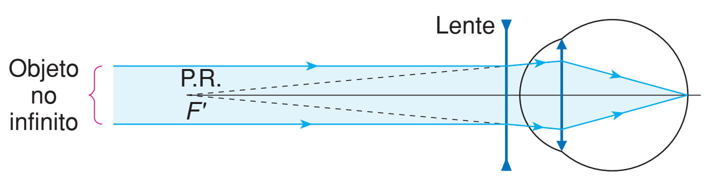
Distância $d$ entre a ocular e a objetiva:

$d = p_2 + f_1$

$d \simeq 6{,}4 + 133$

$\boxed{d \simeq 139{,}4 \text{ cm}}$

**P.395** a)




P.R.: ponto remoto do míope

$F'$: foco principal imagem da lente divergente

P.R. $\equiv F'$

b) $f = -p_R \Rightarrow f = -0{,}40$ m

$$D = \frac{1}{f} \Rightarrow D = \frac{1}{-0{,}40} \Rightarrow \boxed{D = -2{,}5 \text{ di}}$$

c) Basta calcular a abscissa $p_R$ do ponto remoto:

$$D = \frac{1}{f} \Rightarrow -4 = \frac{1}{f} \Rightarrow f = -0{,}25 \text{ m}$$

$$f = -p_R \Rightarrow -0{,}25 = -p_R \Rightarrow \boxed{p_R = 0{,}25 \text{ m}}$$

Sem os óculos o míope pode enxergar bem a partir de 0,25 m.

**P.396** a) As lentes dos óculos ampliam as imagens dos olhos. Logo, as lentes dos óculos são **convergentes**. Provavelmente o defeito visual é a **hipermetropia**.

b) Sabendo que $i$ é 25% maior do que $o$, obtemos: $i = 1{,}25 \cdot o$

De $\frac{i}{o} = \frac{f}{f - p}$ vem:

$$\frac{1{,}25 \cdot o}{o} = \frac{f}{f - 2} \Rightarrow f = 10 \text{ cm} = 0{,}1 \text{ m}$$

Aplicando a definição de vergência, vem:

$$D = \frac{1}{f} \Rightarrow D = \frac{1}{0{,}1} \Rightarrow \boxed{D = 10 \text{ di}}$$

**P.397** a) Andréa apresenta **miopia**, pois deve utilizar para os olhos direito e esquerdo (OD e OE) lentes esféricas de vergência negativa, isto é, **lentes esféricas divergentes**. Observe que os óculos foram receitados "para longe", o que confirma a miopia. Além desse defeito visual, Andréa apresenta também **astigmatismo**, pois as lentes receitadas são **cilíndricas**.

Rafael apresenta **hipermetropia**, pois deve utilizar óculos cujas lentes esféricas têm vergência positiva, isto é, **lentes esféricas convergentes**. Observe que os óculos foram receitados "para perto", o que confirma a hipermetropia. Rafael também apresenta **astigmatismo**.

b) Para o olho direito (OD):

$$D = \frac{1}{f} \Rightarrow 5{,}50 = \frac{1}{f} \Rightarrow \boxed{f \simeq 0{,}182 \text{ m}}$$

Para o olho esquerdo (OE):

$$D = \frac{1}{f} \Rightarrow 5{,}00 = \frac{1}{f} \Rightarrow \boxed{f = 0{,}200 \text{ m}}$$