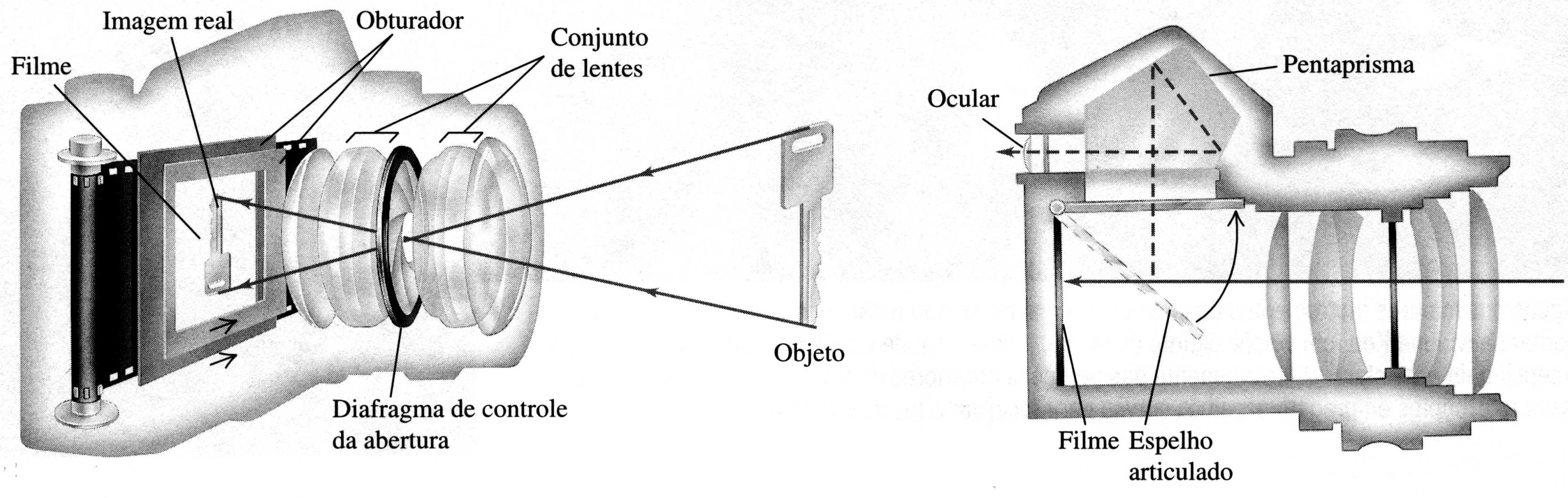
Instrumentos Ópticos

Prof. Herculano Martinho
UFABC

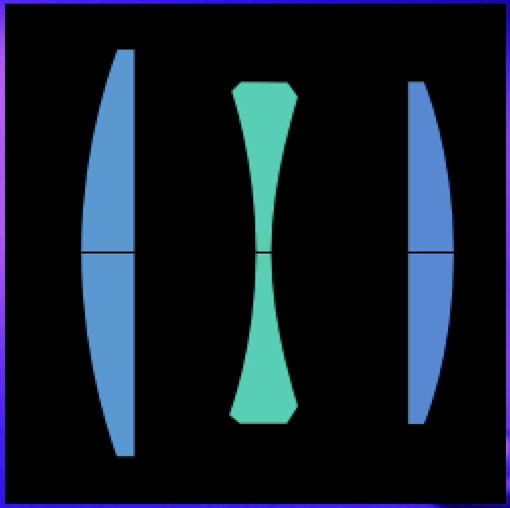
ÓPTICA -1.2018

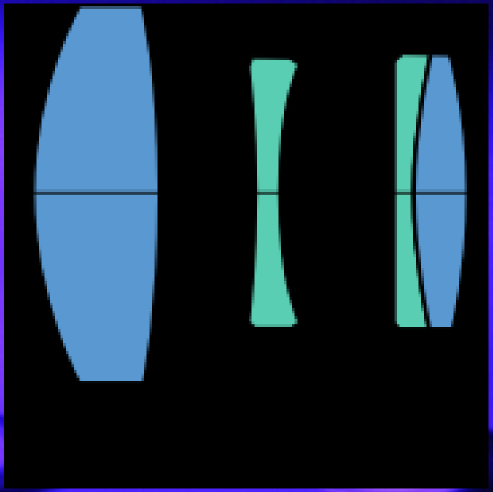
Máquina fotográfica



(a) (b)

Máquina fotográfica



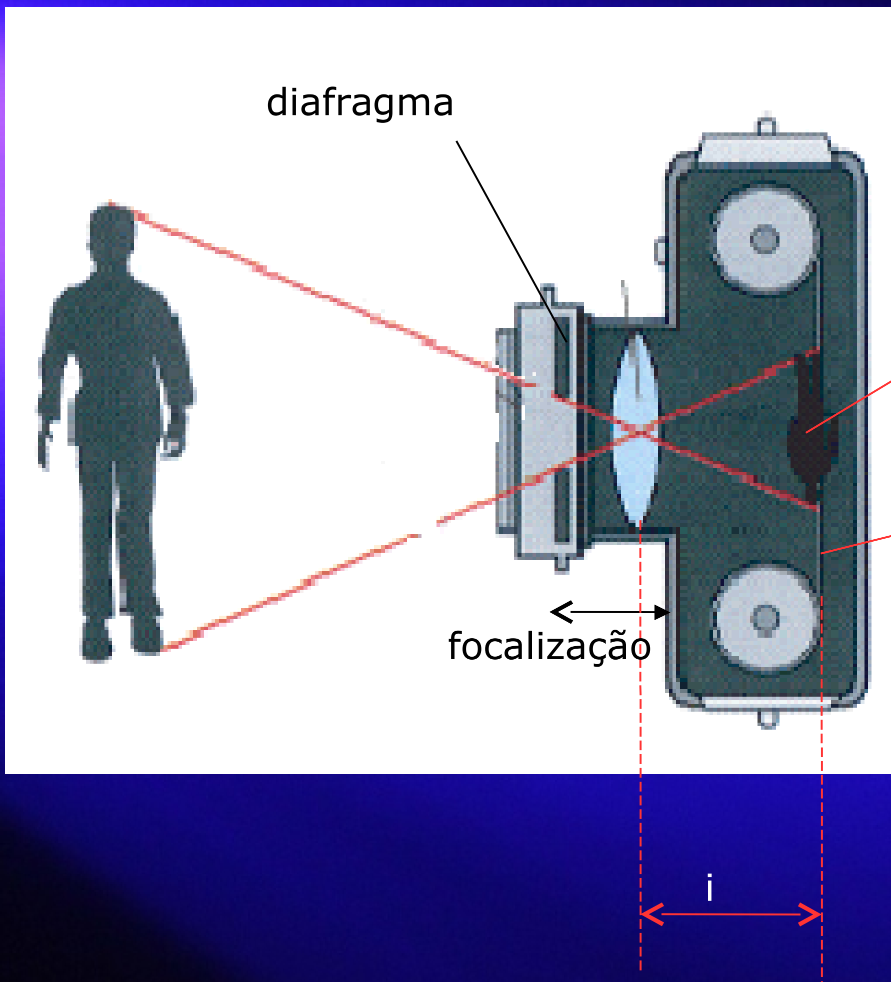


Tipos de objetivas de máquinas fotográficas

Combinação de lentes convergentes e divergentes, feitas de vidros diferentes para minimizar as aberrações (cromática, esférica, etc.)

Máquina fotográfica

Filmes fotográficos 35mm



A escolha da objetiva depende do que se deseja fotografar

Escolha da distância focal da objetiva

Como o aumento depende da posição da imagem, se usarmos uma lente com distância focal maior, a distância imagem também será maior, portanto será também mais ampliada.

Por isso trabalhar com objetivas de grande distância focal, permite fotografias de objetos distantes, porém o campo de visada, é reduzido, uma vez que a área do filme permanece inalterada (24x36mm). Algumas objetivas fotográficas podem ter algumas lentes móveis que permitem um “zoom” no objeto fotografado, isto é, a distância focal da objetiva pode ser variada dentro de um certo intervalo.

28 mm

70mm

$$M = \frac{h'}{h} = \frac{i}{p}$$

Escolha da distância focal da objetiva

28 mm lens

50 mm lens

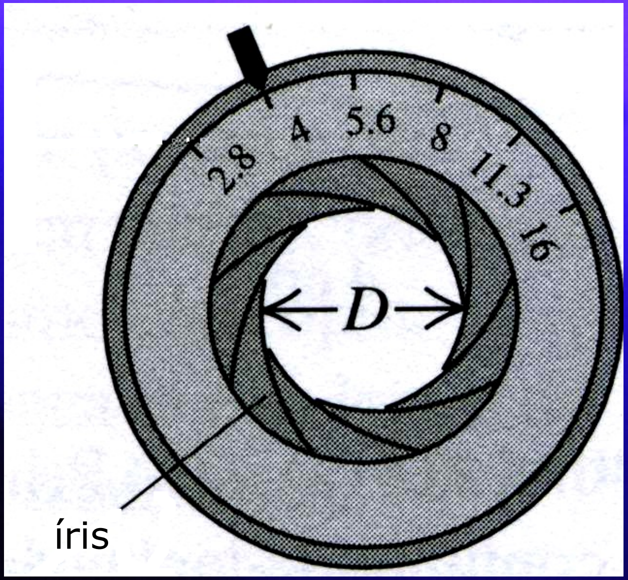
70 mm lens

210 mm lens

Escolha da abertura da objetiva

Utiliza-se a grandeza chamada número f (#f), para denominar a abertura da lente

$$f = \frac{f}{D} = \frac{distância focal}{\text{diâmetro efetivo da objetiva}}$$



f= 28mm # f=2,8 D=10mm

f= 28mm # f=4 D=7mm

f= 28mm # f=16 D=1,75mm

f=70mm # f=2,8 D=25mm

A intensidade de luz que atinge o filme (I) é proporcional à área efetiva da objetiva:

$$I \propto D^2$$

$$I \propto \left(\frac{f}{f}\right)^2$$

A energia luminosa (E) que atinge o filme é produto da intensidade de luz (I) pelo tempo de exposição t; **E= I.t**

Escolha da abertura da objetiva

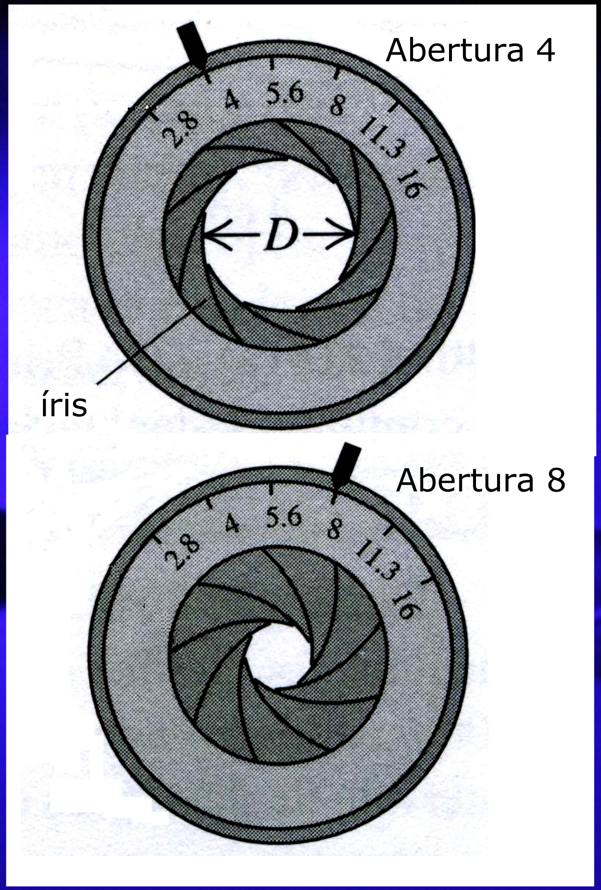
Para aumentar a intensidade de luz de um fator 2, a abertura tem que aumentar de um $\sqrt{2}$ fator 1/

Essa abertura é regulada pelo diafragma, na objetiva, que tem a forma de íris, com uma graduação, que varia com 1/$\sqrt{2}$:

f/2, f/2,8, f/4, f/5,6, f/8 e f/16

Os números maiores correspondem à abertura maiores, portanto, tempos de exposição curtos.
Os tempos de exposição são dados em fração de segundos;1/500, 1/250, 1/100, etc.

Ex.: quando a abertura passa de f/4 para f/5,6, o tempo de exposição tem que ser aumentado de um fator 2.



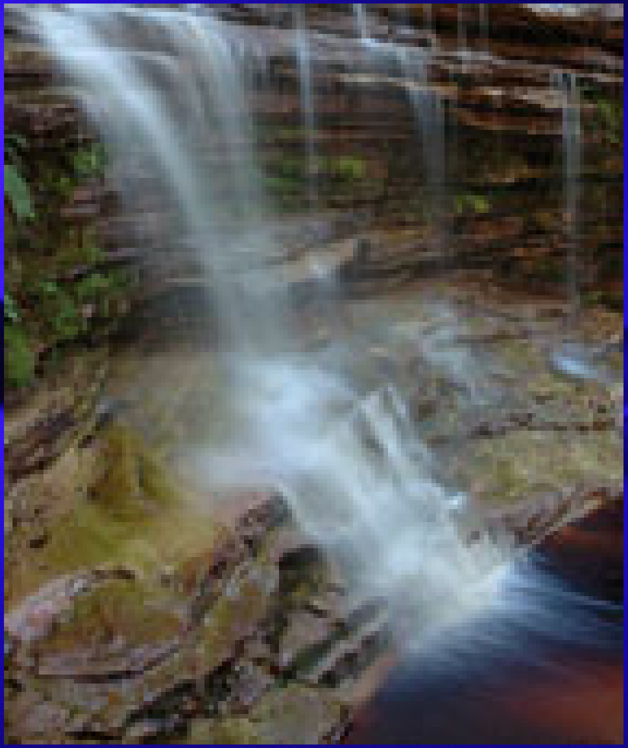
Ao reduzir a abertura de um fator 2, o tempo de exposição deve aumentar de um fator 4.

Escolha da abertura da objetiva

Grandes aberturas (tempo de exposição curto) são úteis para fotografar objetos em movimento.

Escolha da abertura da objetiva

Aberturas pequenas (longo tempo de exposição), são mais indicadas para fotografar objetos em repouso (paisagem).



Exemplo

A lente de uma máquina fotográfica utilizando filmes de 35mm de largura tem uma distância focal de 55 mm e uma abertura de f/1,8. Sob certas circunstâncias de iluminação e para essa abertura, o tempo de exposição é de (1/500)s.

a)Determine o diâmetro da objetiva

b) Calcule o tempo de exposição correto se o número f for modificado para f/4, com as mesmas condições de iluminação

$$f = \frac{f}{D} \Rightarrow \quad 1{,}8 = \frac{55\text{mm}}{D}$$

$$D = 30{,}6\, mm$$

A abertura diminui, então o tempo de exposição deve aumentar.

$$I \;\alpha\; \left(\frac{1}{f}\right)^2 \qquad E = I\,.\,t \quad \Rightarrow \quad I_1 t_1 = I_2 t_2$$

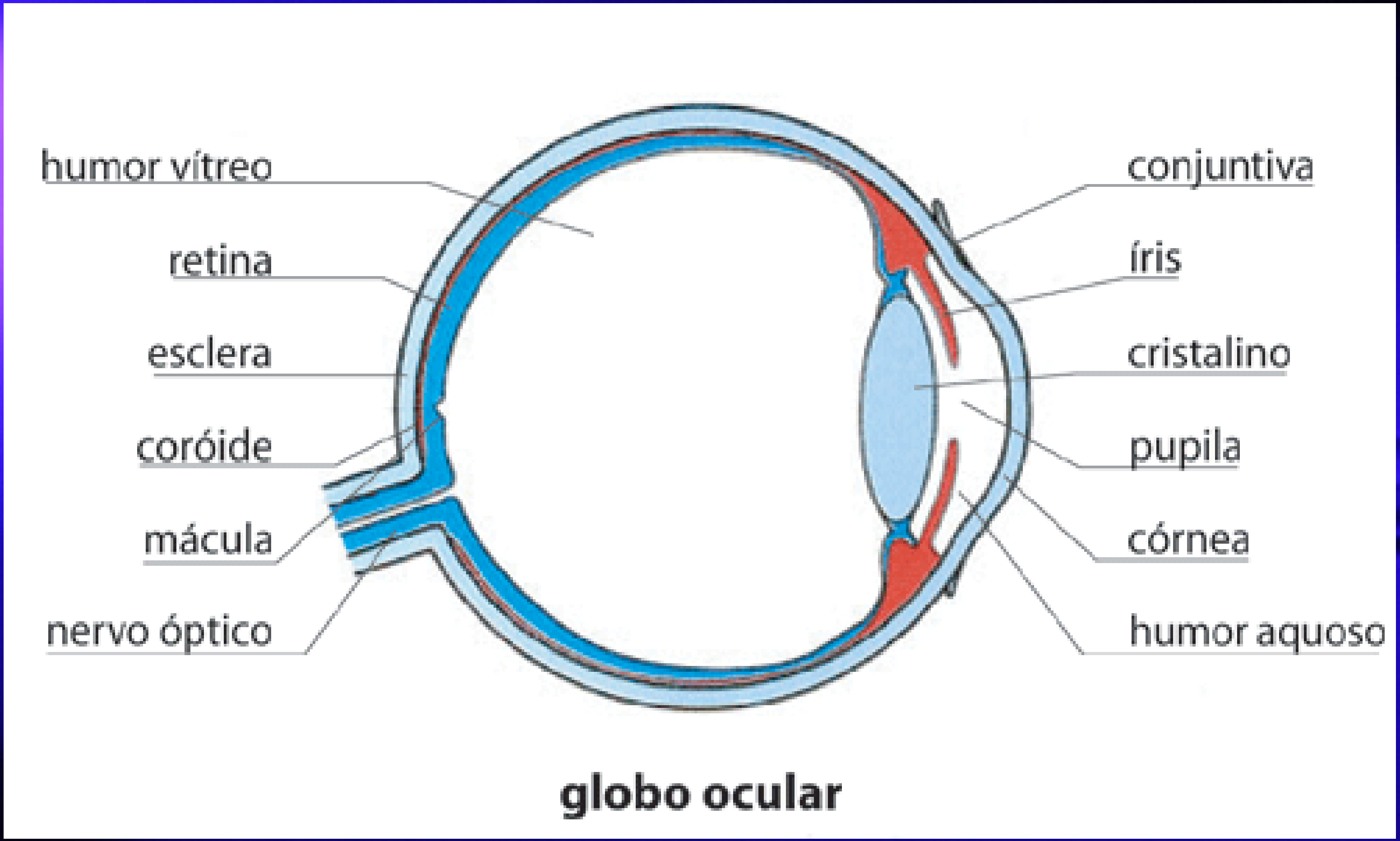
$$\frac{t_1}{(num\,.\,f_1)^2} = \frac{t_2}{(num\,.\,f_2)^2}$$

$$\frac{t_1}{(1{,}8)^2} = \frac{t_2}{(4)^2} \quad \Rightarrow t_2 = \left(\frac{4}{1{,}8}\right)^2 (1/500)\,s$$

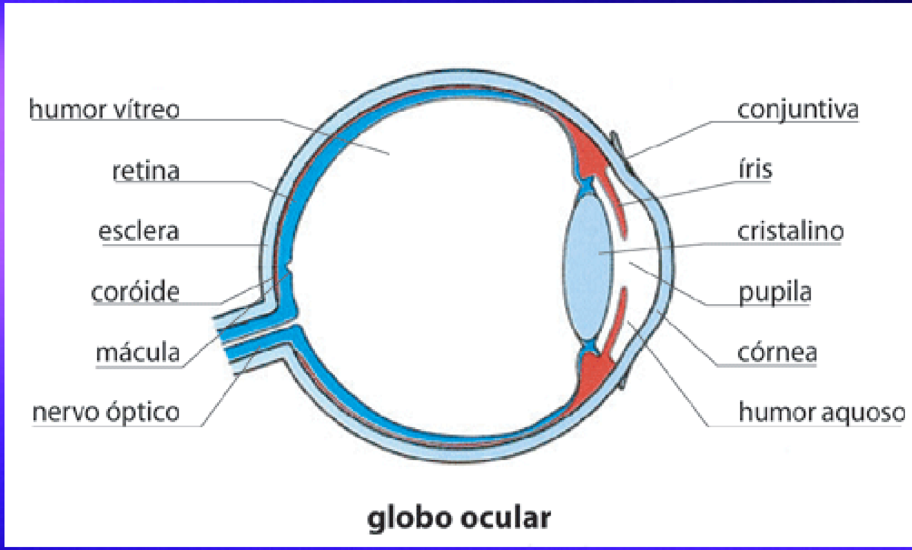
$$t_2 \simeq 5(1/500)\,s \simeq (1/100)\,s.$$

A abertura diminui de um fator ≈ 2,2 e o tempo de exposição aumenta de um fator ≈ 5.

Olho humano


humor vítreo
retina
esclera
coróide
mácula
nervo óptico
conjuntiva
íris
cristalino
pupila
córnea
humor aquoso
globo ocular

Olho

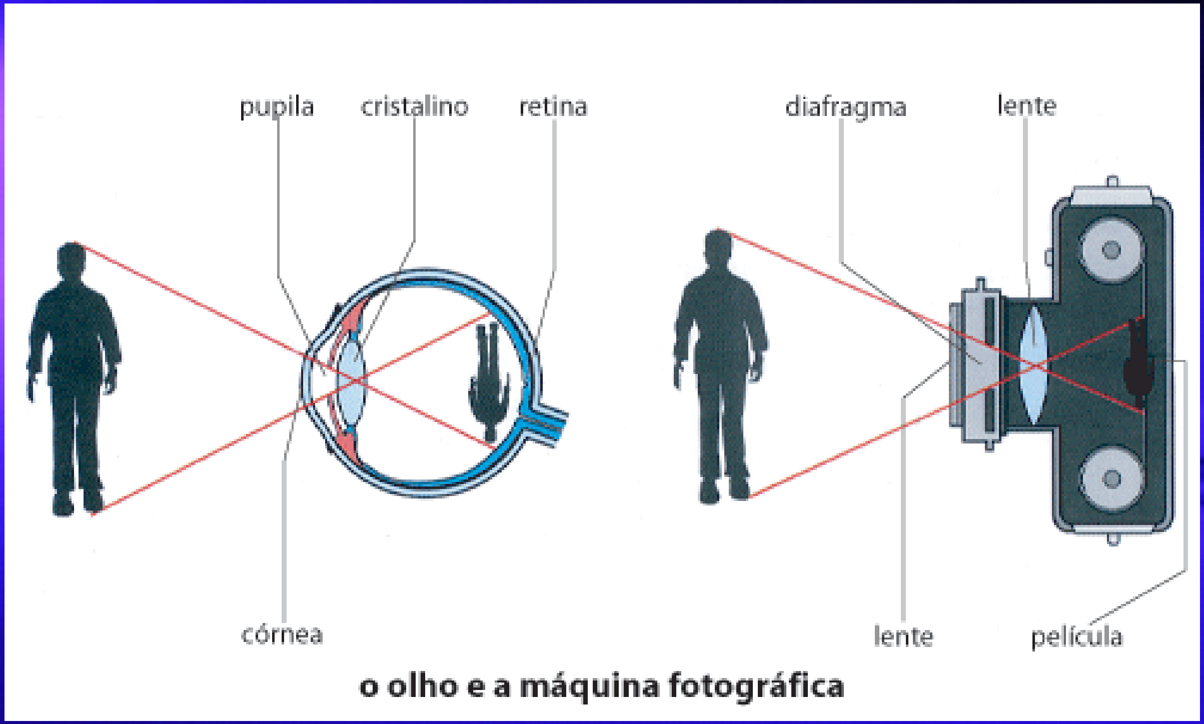


A forma do olho humano é quase esférica, com diâmetro aproximado de 25mm. A parte frontal é ligeiramente mais encurvada, recoberta por uma membrana dura e transparente, a *córnea*.

A região atrás da córnea contém um líquido, chamado de *humor aquoso* e a seguir vem o *cristalino*, uma lente em forma de cápsula com uma gelatina fibrosa dura no centro e progressivamente mais macia à medida que se aproxima da sua periferia. A íris, é um diafragma que controla a entrada de luz.

Atrás dessa lente, o olho está cheio de um líquido gelatinoso, chamado de *humor vítreo*. Os índices de refração do *humor vítreo*, e do *humor aquoso* são aproximadamente iguais a 1,336, valor quase igual ao índice de refração da água. O cristalino apesar de não ser homogêneo, possui um índice de refração de 1,437. Esse valor não é muito diferente do índice de refração do humor vítreo e do humor aquoso; a maior parte da refração ocorre na superfície externa da córnea.

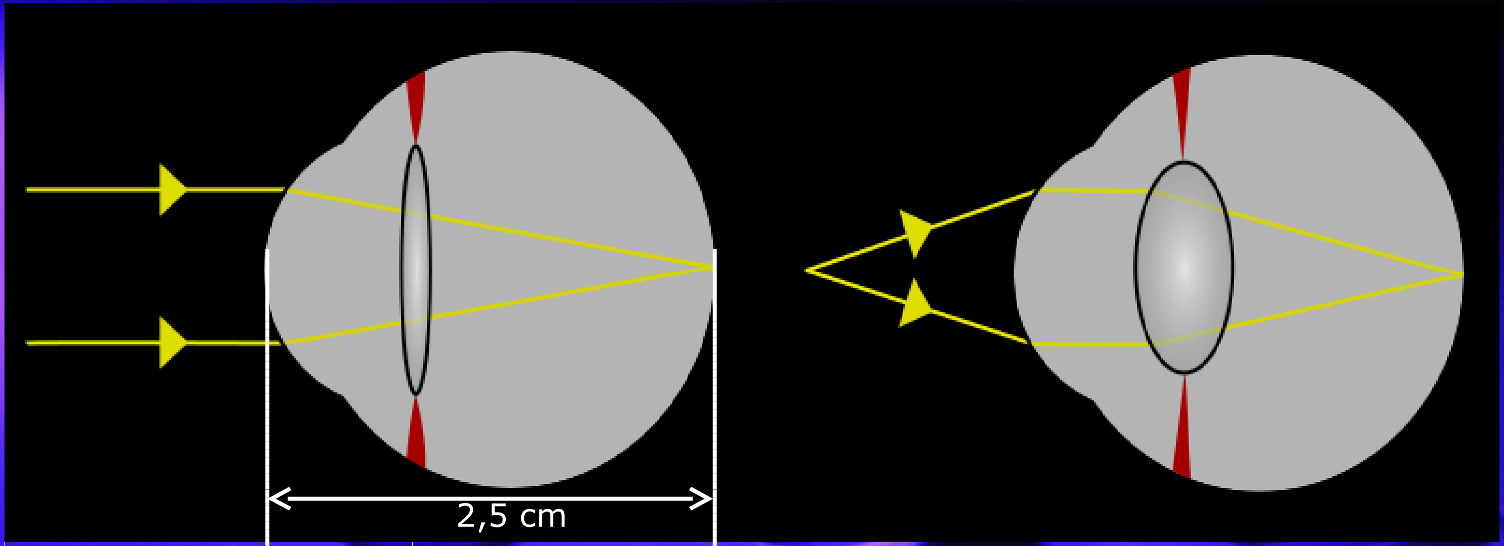
O olho e máquina fotográfica



Abertura da íris- varia de f/2 a f/8- para controlar a intensidade de luz.

Distância focal ajustável para que a imagem se forme sobre a retina

Acomodação

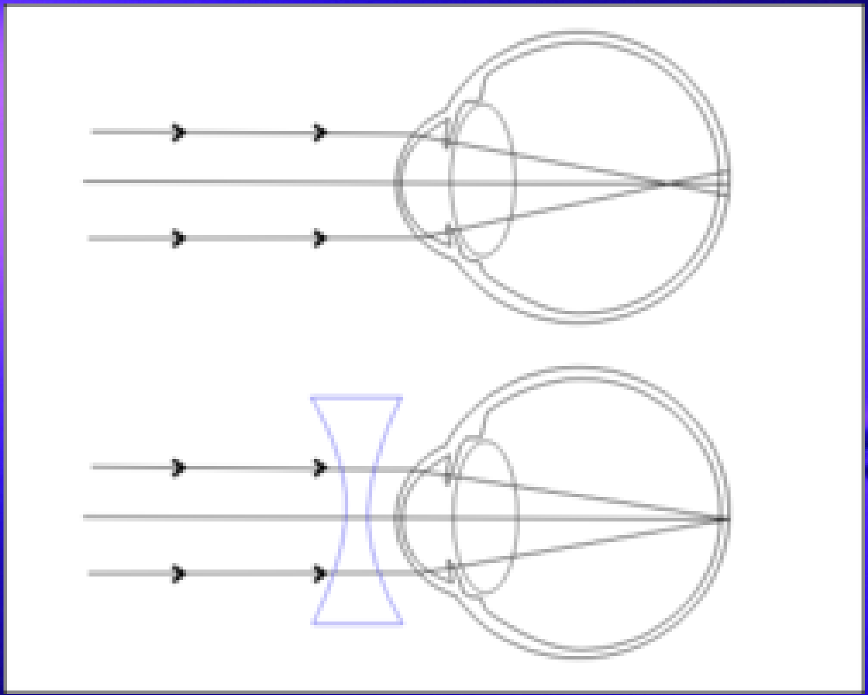


Distância objeto	Distância focal
0,25m	1,59 cm
1 m	1,67 cm
3 m	1,69 cm
100 m	1,70 cm

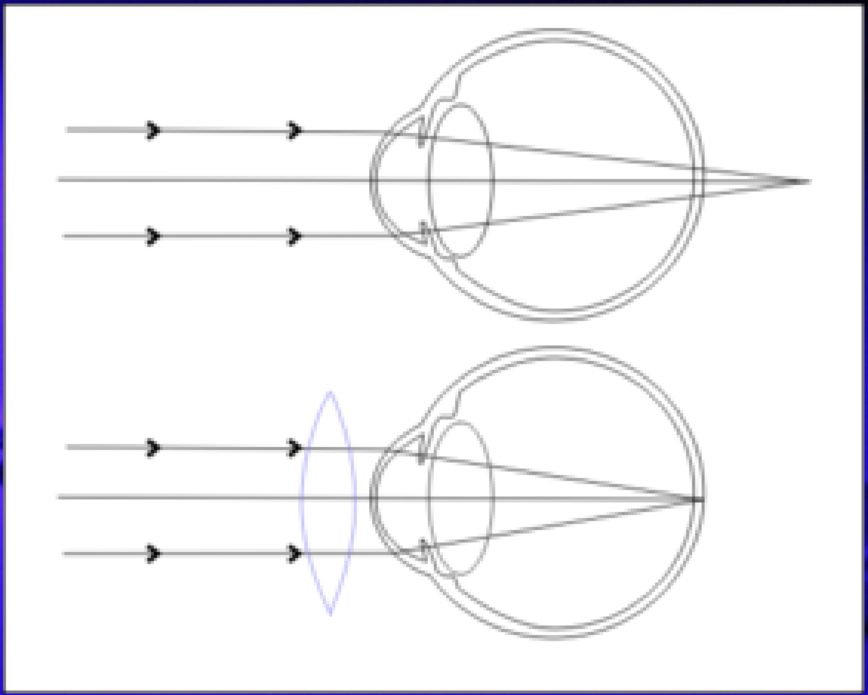
Ponto Próximo - 25cm

Menor distância para a qual é possível obter uma imagem nítida na retina.

Problemas de acomodação e correção



Miopia



Hipermetropia

Problemas de acomodação e correção

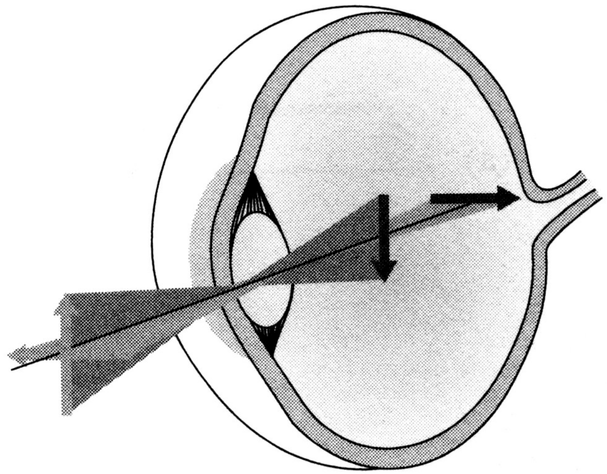


FIGURA 36.9 As imagens de linhas verticais se formam antes da retina para este olho com astigmatismo.

Córnea ou cristalino, não são esféricos (como a superfície de um câmara de pneu)

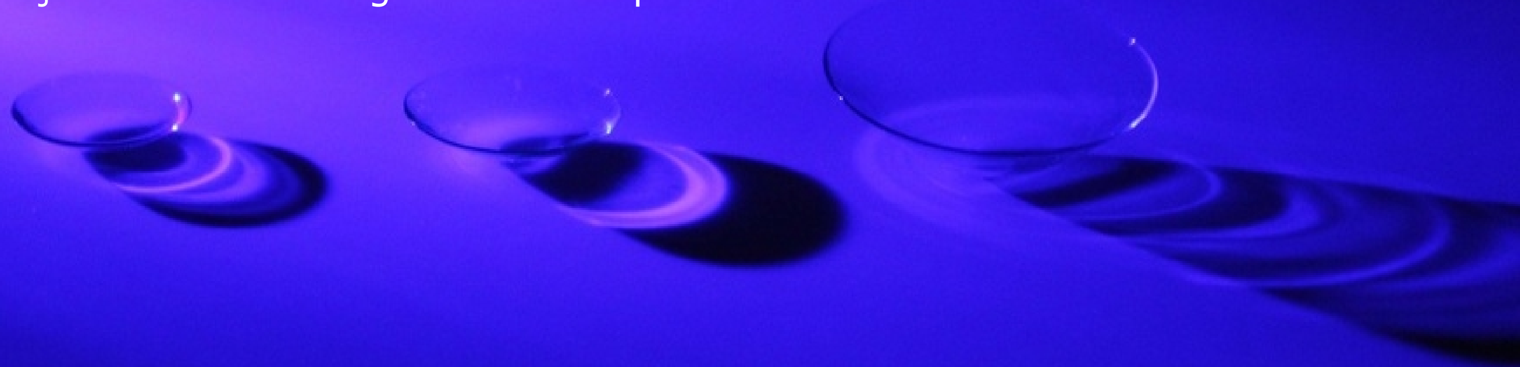
Correção: lentes cilíndricas

Exemplo 1

Uma pessoa com hipermetropia tem seu ponto próximo a 75cm. Utilizando óculos de leitura, a distância do ponto próximo do sistema lente-olhos é deslocado para 25cm. Isto é, se um objeto é colocado a 25cm das lentes, uma imagem virtual é formada a uma distância de 75cm na frente das lentes.

a) Qual a potência das lentes dos óculos *(potência da lente =1/f)*?.

b) Qual a ampliação lateral da imagem formada pelas lentes?



Solução

Objeto virtual a 75cm (é o que olho vê no final)

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{p}-\frac{1}{i}=\frac{1}{25\,cm}-\frac{1}{(75\,cm)}$$

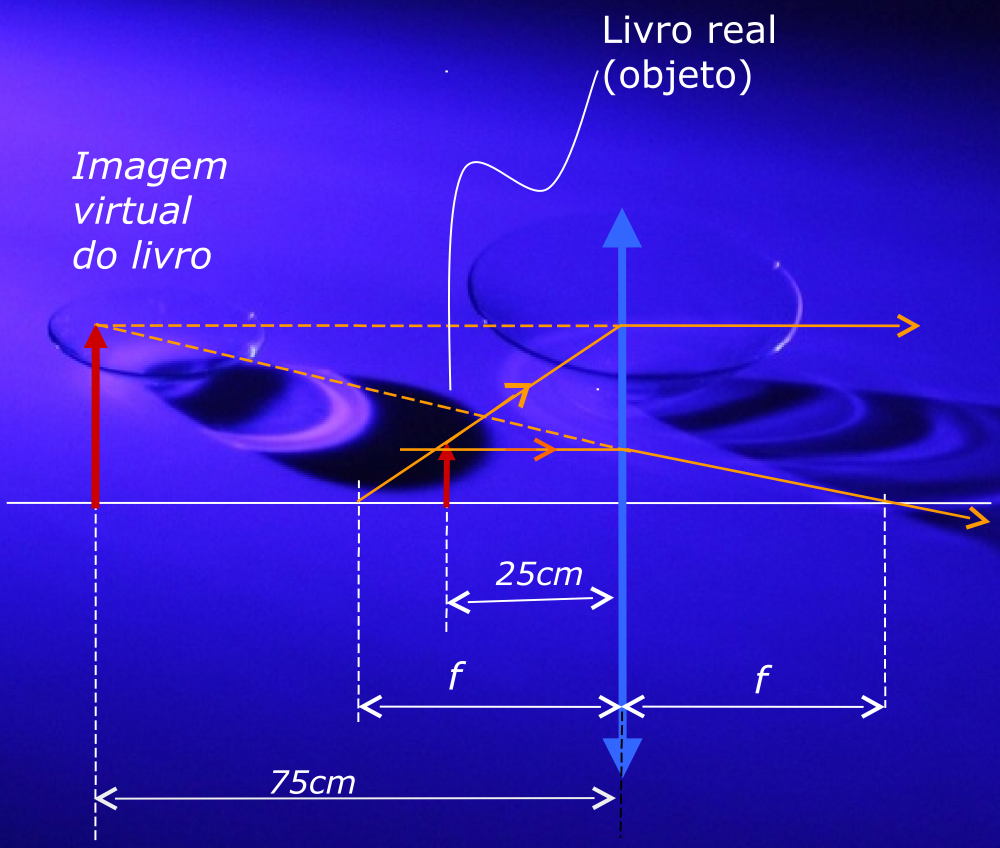
$$\frac{1}{f}=\frac{3-1}{75\,cm}=\frac{2}{0{,}75\,m}=$$

$$\frac{1}{f}=\ 2{,}67\ \mathrm{m}^{-1}=2{,}67\ \text{dioptrias}$$

$$f=37{,}5\,cm$$

f>0, Lente convergente,

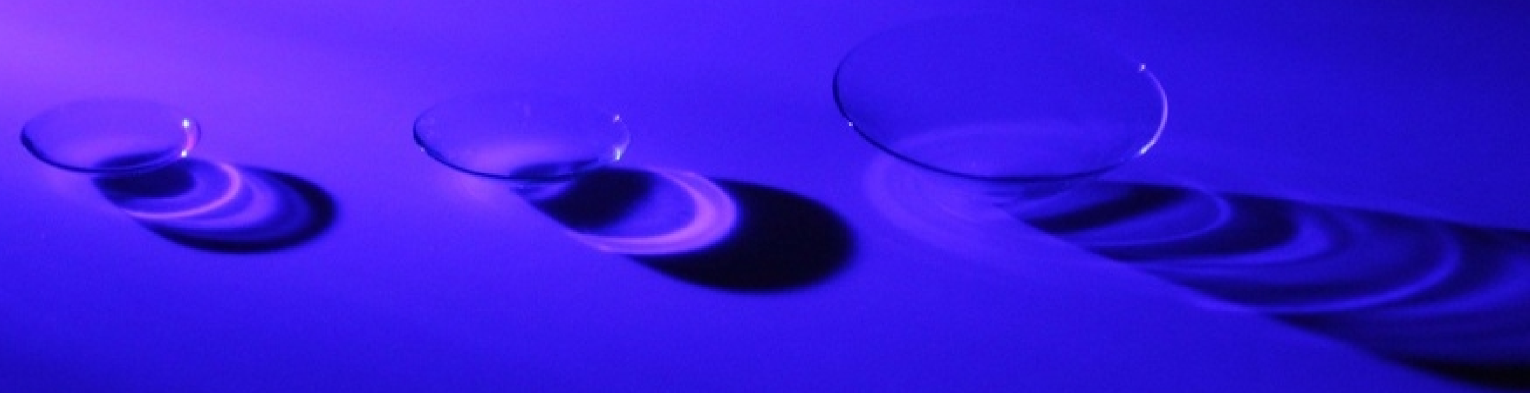
$$M=\frac{i}{p}=\frac{75\,cm}{25\,cm}=3$$



Exemplo 2

O ponto próximo de uma pessoa com hipermetropia está a 100cm em frente ao olho. (a) Para ver com nitidez um objeto situado a uma distância de 25cm do olho, qual é potencia da lente corretora?

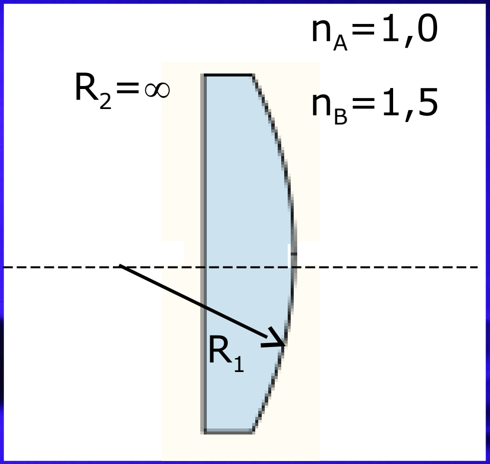
(b) Se a lente corretora tiver uma face plana e for feita de um vidro com índice de refração igual 1,5, qual deve ser o raio de curvatura da superfície curva da lente?



Solução

A lente deve formar uma imagem virtual a 100cm do olho quando o objeto for colocado a uma distância confortável, no ponto próximo, igual a 25cm do olho.

Assim temos: p=25cm e i=100cm (virtual)



$$\frac{1}{f}=\frac{1}{p}-\frac{1}{i}=\frac{1}{25\,cm}-\frac{1}{(100\,cm)}$$

$$\frac{1}{f}=\frac{4-1}{100\,cm}=\frac{3}{100\,cm}\Rightarrow f=33\,cm$$

$$P=\frac{1}{f}=\ 3{,}3\ \mathrm{m}^{-1}=3{,}3\ \text{dioptrias}$$

f>0 lente convergente!

$$\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{R_2}-\frac{1}{\infty}\right)$$

$$3{,}3=-\frac{0{,}5}{R_2}\quad\Rightarrow\ \mathrm{R}_2=\frac{0{,}5}{3{,}3\,m}$$

$$R_2=0{,}15\,m$$

Exemplo 3

Uma pessoa não pode perceber com clareza objetos além de de 50cm.

a) Qual seria a distância focal da lente receitada para corrigir esse problema de acomodação?

b) Qual a potência dessa lente?

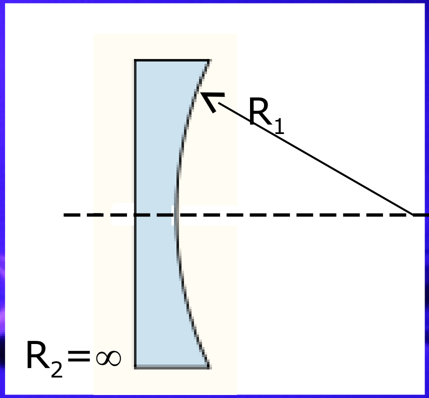
c) supondo que essa lente seja fabricada com uma face plana e de um vidro com índice de refração igual a 1,5, qual será o raio de curvatura da outra superfície

Solução

O objetivo da lente corretora é deslocar objetos do infinito até um ponto em que possam ser focalizados pelo olho; para uma distância de 50 cm do olho.

Essa será uma imagem virtual para o olho, pois ainda estará a frente da lente corretora (isto é do lado oposto aos raios emergentes).

Assim: p=∞, i=50cm.



$$\frac{1}{f}=\frac{1}{p}-\frac{1}{i} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{f}=\frac{1}{\infty}-\frac{1}{50\,cm}$$

$$f=-50\,cm$$

Potência da Lente: P=1/f (f em metros)

f=0,5m,   P=-2 dioptrias

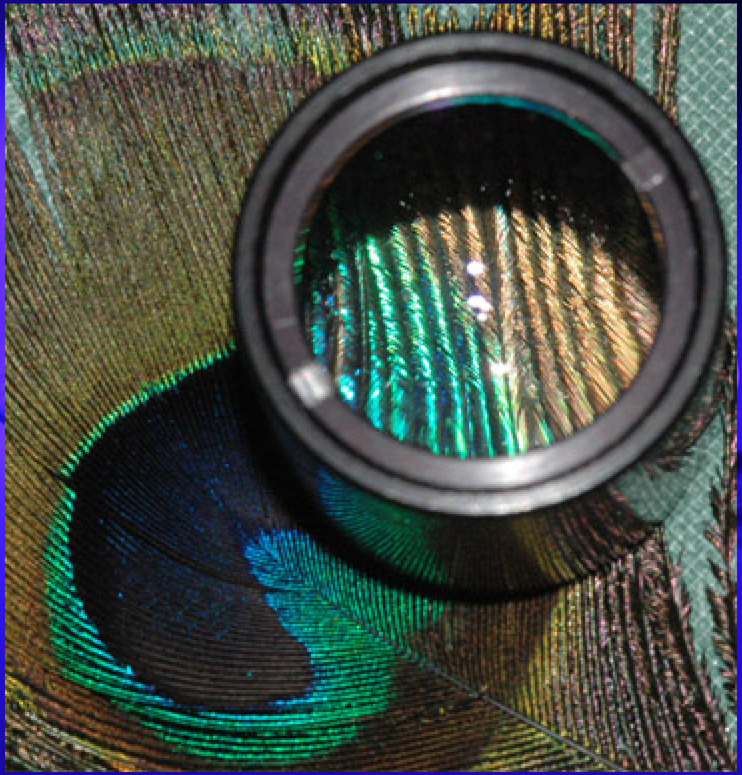
$$\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{R_2}-\frac{1}{\infty}\right)$$

A lente corretora deve ser divergente!

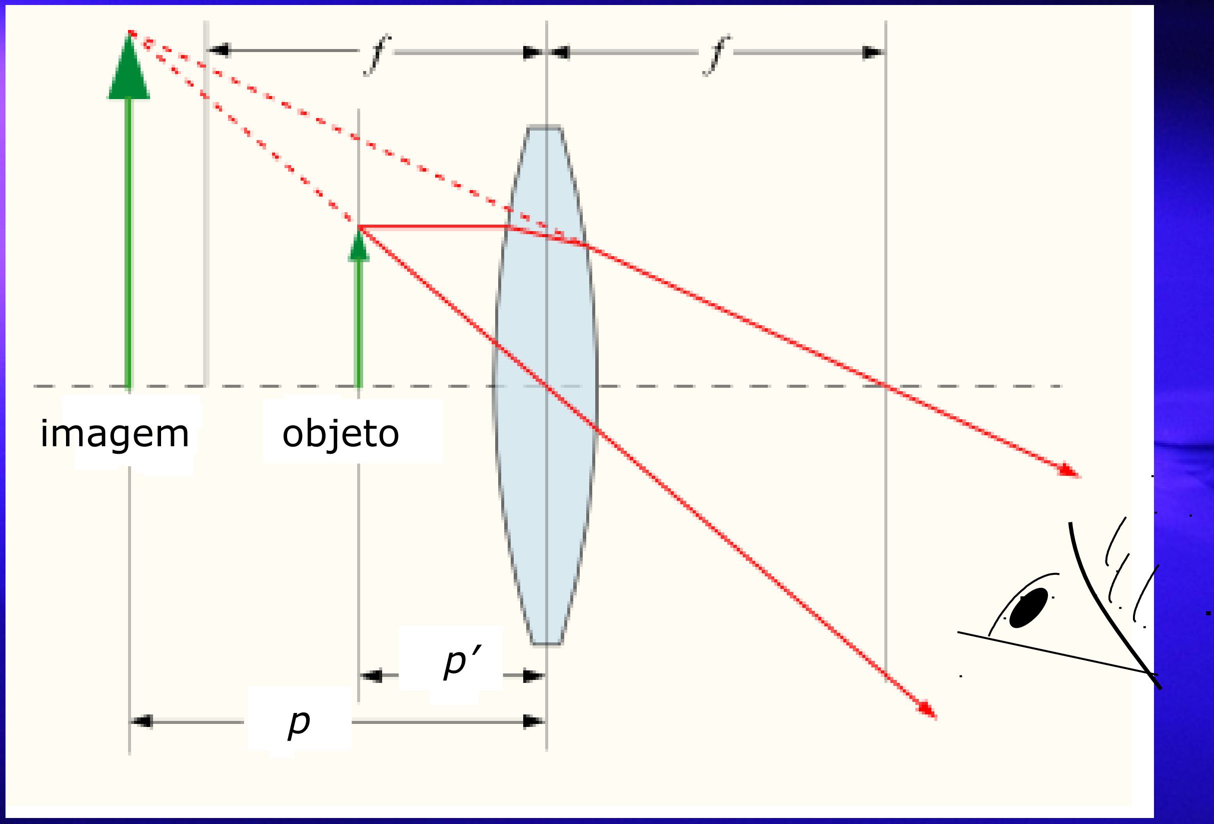
$$\frac{1}{0{,}5\,m}=\frac{0{,}5}{R_2} \quad \Rightarrow R_2=0{,}5\,x\,0{,}5\,m=0{,}25\,m$$

$$R_2=25\,cm$$

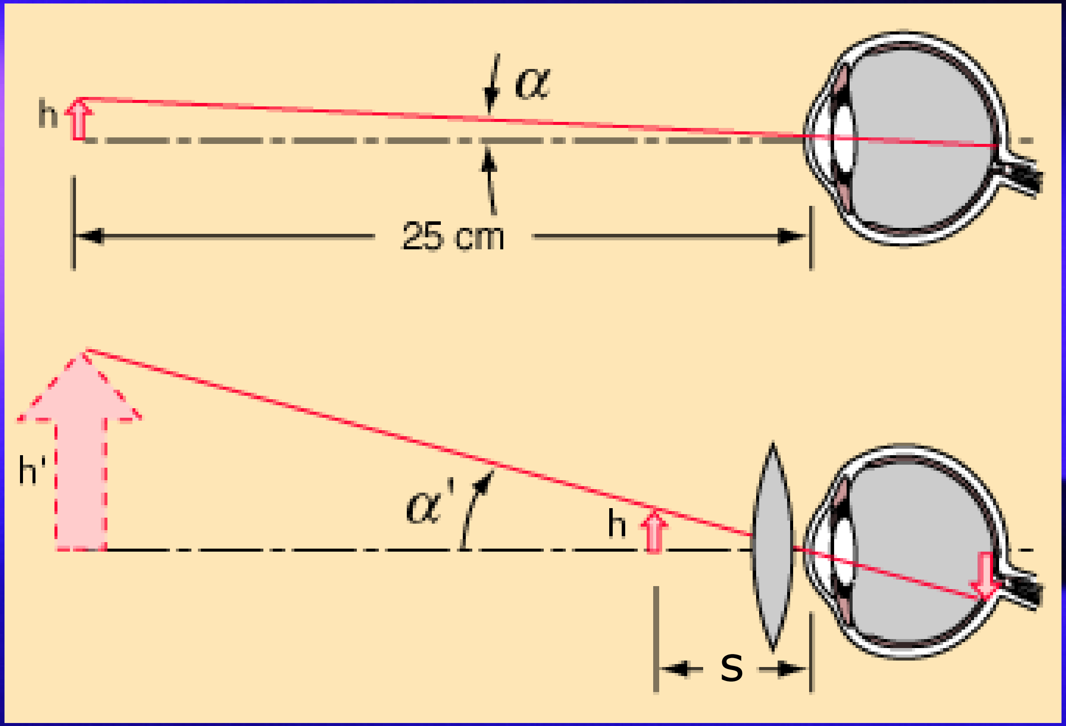
Lupa



Lupa



Lupa



Para pequenos ângulos

$$\alpha = \frac{h}{25} \qquad \alpha' = \frac{h}{s}$$

$$M_\alpha = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{h/s}{h/25} = \frac{25}{s}$$

Quanto maior o valor de α', maior o aumento, e isso acontece quando $s \rightarrow f$.

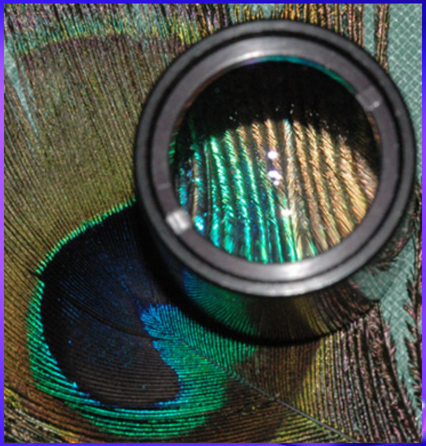
Se o objeto é colocado aproximadamente no ponto focal da lupa $s \approx f$

Ponto próximo=25cm

M_α= aumento angular $\Rightarrow$ $M_\alpha = \dfrac{25\,cm}{f}$

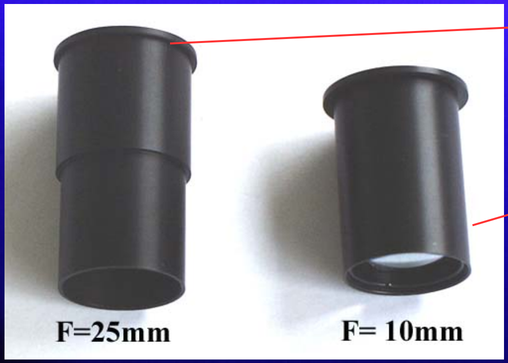
Obs.: com o valor de f em centímetros

Lupa



Aumento	Distância focal da lupa (cm)
2x	12,5
4x	6,25
5x	5,0
10x	2,5
20x	1,25

Oculares



Exemplo 4

Você dispõe de duas lentes de plástico, uma bicôncava, e outra biconvexa, ambas com distância focal com valor absoluto igual a 10,0cm.

(a) qual das duas lentes pode ser usada como lupa?

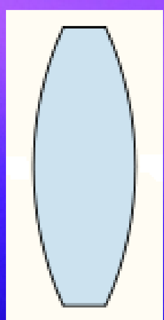
(b) Qual a ampliação angular?

Exemplo 4

Você dispõe de duas lentes de plástico, uma bicôncava, e outra biconvexa, ambas com distância focal com valor absoluto igual a 10,0cm.

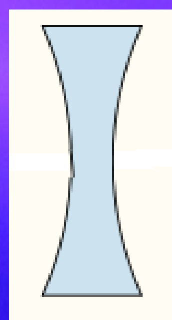
(a) qual das duas lentes pode ser usada como lupa?

(b) Qual a ampliação angular?



biconvexa

f=+10cm



bicôncava

f=-10cm

Para atuar com uma lupa, precisamos de uma lente convergente. Portanto, somente a lente biconvexa poderá ser utilizada como lupa.

$$M_\theta = \frac{25\,cm}{f} = \frac{25\,cm}{10\,cm} = 2{,}5$$

A ampliação angular será de 2,5x.

Lunetas e telescópios

Refrator: usa lentes para formar imagens

<u>Incovenientes</u>

- aberração cromática

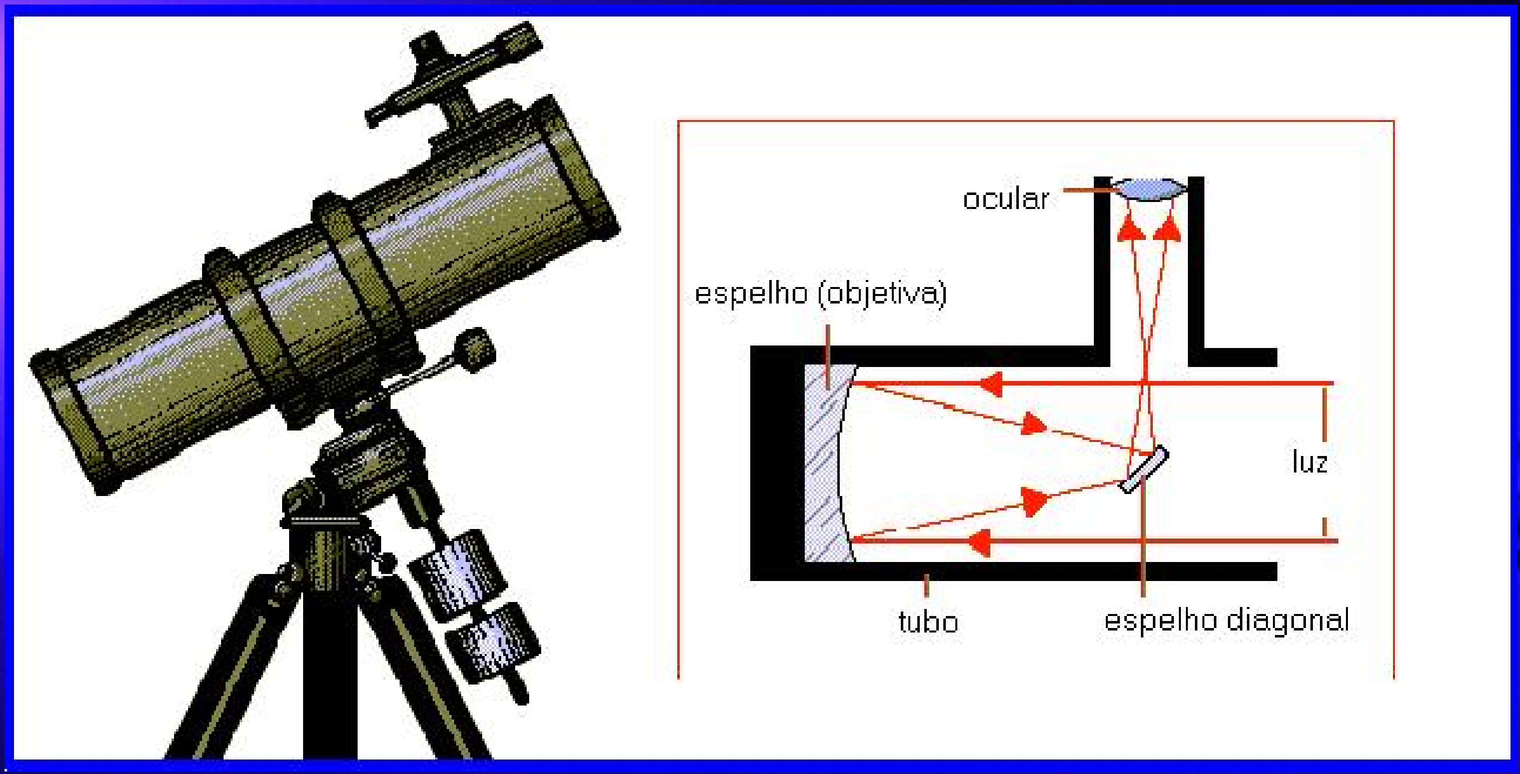
  (f varia com comprimento de onda)
- Pouca luminosidade

Refletores: a objetiva é um espelho esférico (ou parabólico)

<u>Vantagens</u>

- Não há aberração cromática
- Mais luminosidade

Telescópio refletor



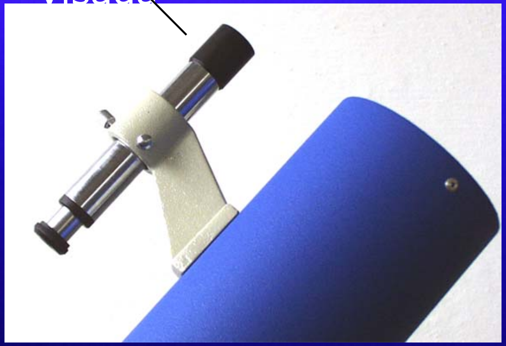
Telescópio de Newton(refletor)

Telescópio refletor - amador

Tripé com boa estabilidade

Oculares

Luneta de pequeno aumento para a visada



Montagem equatorial- rotação para acompanhar a rotação dos astros

Telescópios de grandes aberturas - pesquisa

Organização	European Southern Observatory
Localização	Cerro Paranal, Atacama desert, Chile
Altitude	2.635 m
Clima:	>340 clear nights/year
Website	www.eso.org/projects/vlt/
Telescópios R=29m, f=13m	
Antu (UT1):	8,2 m refletor (diâmetro)
Kueyen (UT2):	8,2 m refletor (diâmetro)
Melipal (UT3):	8,2 m refletor (diâmetro)
Yepun (UT4):	8,2 m refletor (diâmetro)

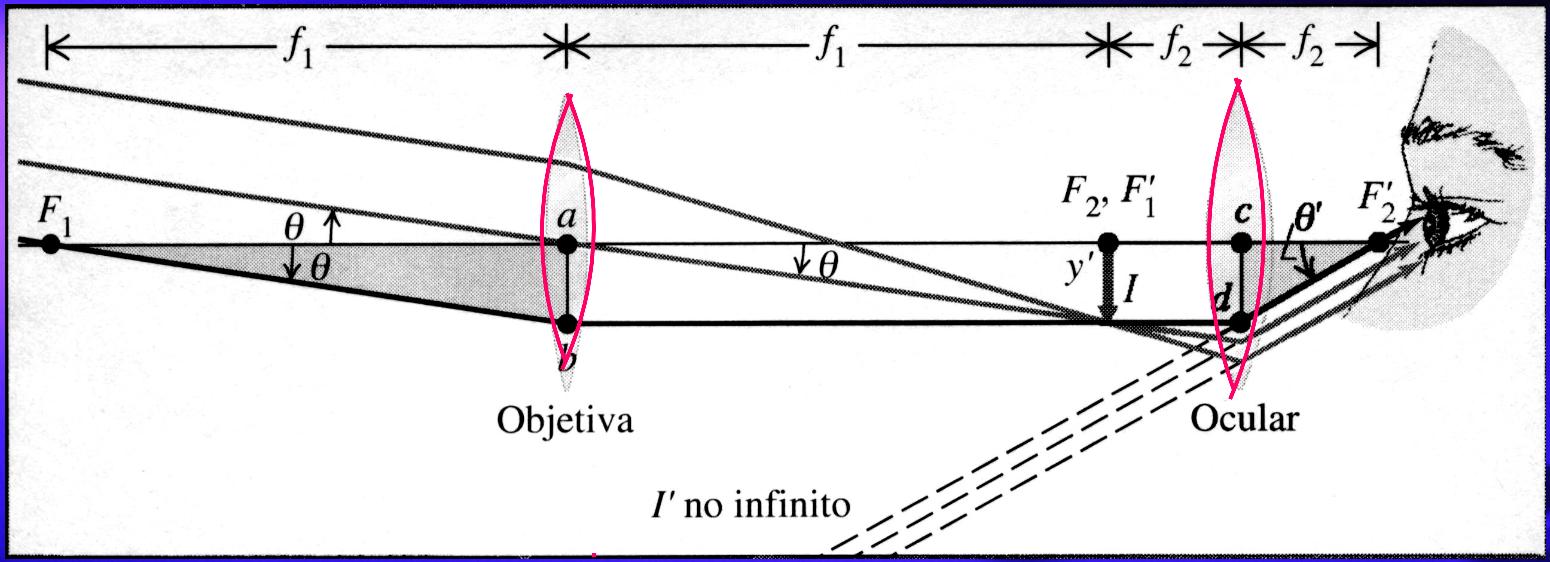
Telescópio Espacial Huble

Organizações	NASA/ESA
Comprimento de onda	Visível, ultravioleta e infravermelho
Localização	Orbita baixa da Terra
Tipo de órbita	Elíptica
Altura da órbita:	589 km.
Período orbital	96-97 min
Velocidade orbital	7.500 m/s,
Aceleração devido à gravidade:	8,169 m/s^2
Lançamento	24 de abril de 1990
Saída da órbita	Por volta de 2020
Massa	11.110 kg ($\approx$11 ton)

Telescópio Espacial Huble

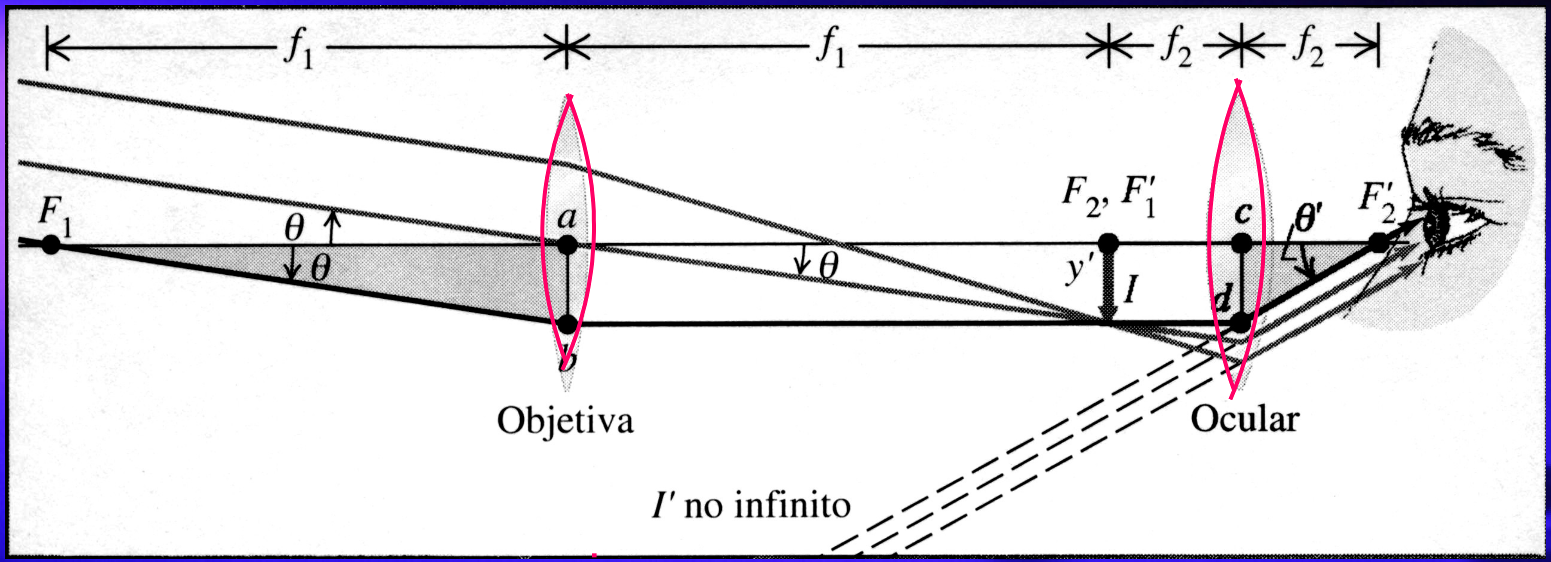
Tipo de	Ritchey-Chretien refletor
Website:	http://www.nasa.gov/hubble http://hubble.nasa.gov http://hubblesite.org http://www.spacetelescope.org http://en.wikipedia.org/wiki/Hubble_Space_Telescope
Comprimento focal	57,6 m
Área útil	≈ 4,3 m^2
Diametro	2,4 m

Telescópio refrator



A objetiva forma uma imagem real, no seu plano focal. Como no caso da objetiva fotográfica, quanto maior a distância focal, maior será a imagem formada. Essa imagem real, funciona como objeto para um segunda lente convergente, que atua como uma lupa, formando uma imagem final virtual e ampliada do objeto.

Aumento angular de um telescópio



$$ab = cd = y'$$

$$\theta = \frac{-y'}{f_1} \qquad \theta' = \frac{y'}{f_2}$$

$$M_\theta = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{-y'/f_2}{y'/f_1}$$

$$M_\theta = -\frac{f_1}{f_2} = -\frac{dist.focaldaobjetiva}{\text{dist. focal da ocular}}$$

A objetiva pode ser uma lente ou um espelho esférico de distância focal positiva igual a f_1.

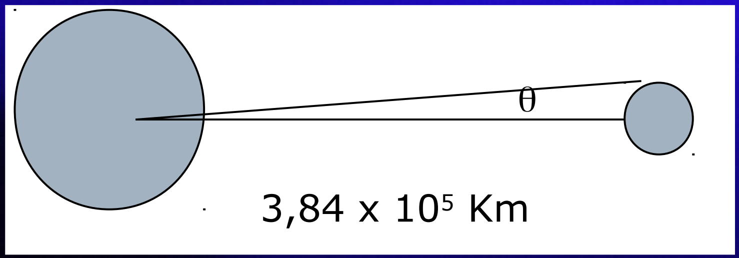
Exemplo 5

Um telescópio refletor, com distância focal de 2m e uma ocular com distância focal de 10 cm, é usado na observação da Lua. Calcular o tamanho da imagem formada no ponto próximo do observador, a 25 cm da vista. (A distância Terra-Lua é $3{,}84 \times 10^5$ Km e o diâmetro da lua é $3{,}5 \times 10^3$ Km).

$$M_\theta = -\frac{f_1}{f_2} = -\frac{dist.\,focal\,da\,objetiva}{\text{dist. focal da ocular}}$$

$$M_\theta = -\frac{2\,m}{0{,}1\,m} = -20$$

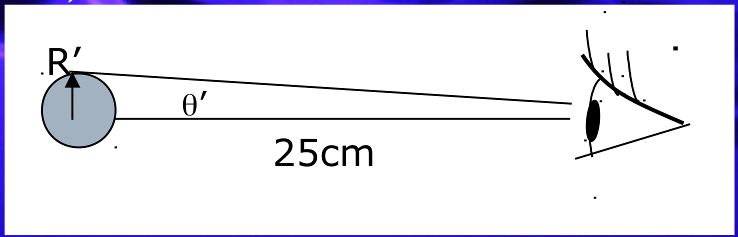
$$\frac{\theta'}{\theta} = -20$$



$$tg\theta = \frac{R_{lua}}{D_{T-L}} = \frac{3{,}5\,x\,10^3\,km}{(3{,}84\,x\,10^5/2)\,km} = 0{,}0045$$

$$\theta \simeq 0{,}0045\,rad \quad \Rightarrow \quad \theta' = 0{,}0045\,x\,20$$

$$\theta' = 0{,}09\text{rad}$$

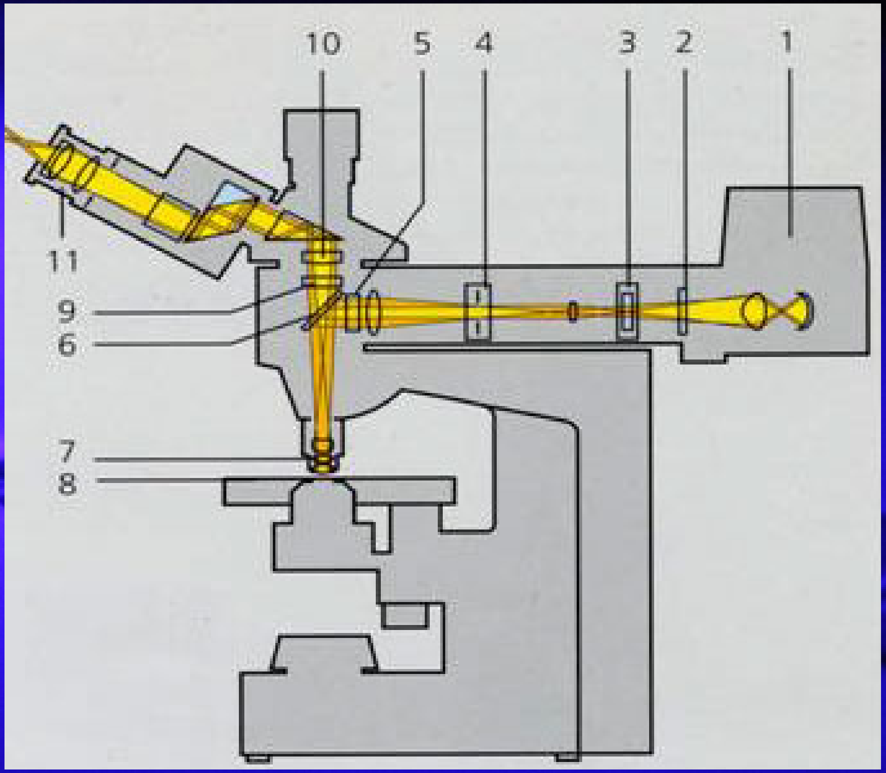


$$\theta' = \frac{R'}{25\,cm} \Rightarrow R' = 0{,}09\,x\,25\,cm$$

$$R' = 2{,}3\,cm$$

Diâmetro aparente da Lua=4,6cm

Microscópio composto



7- objetiva

8- objeto

11- ocular

Microscópio composto

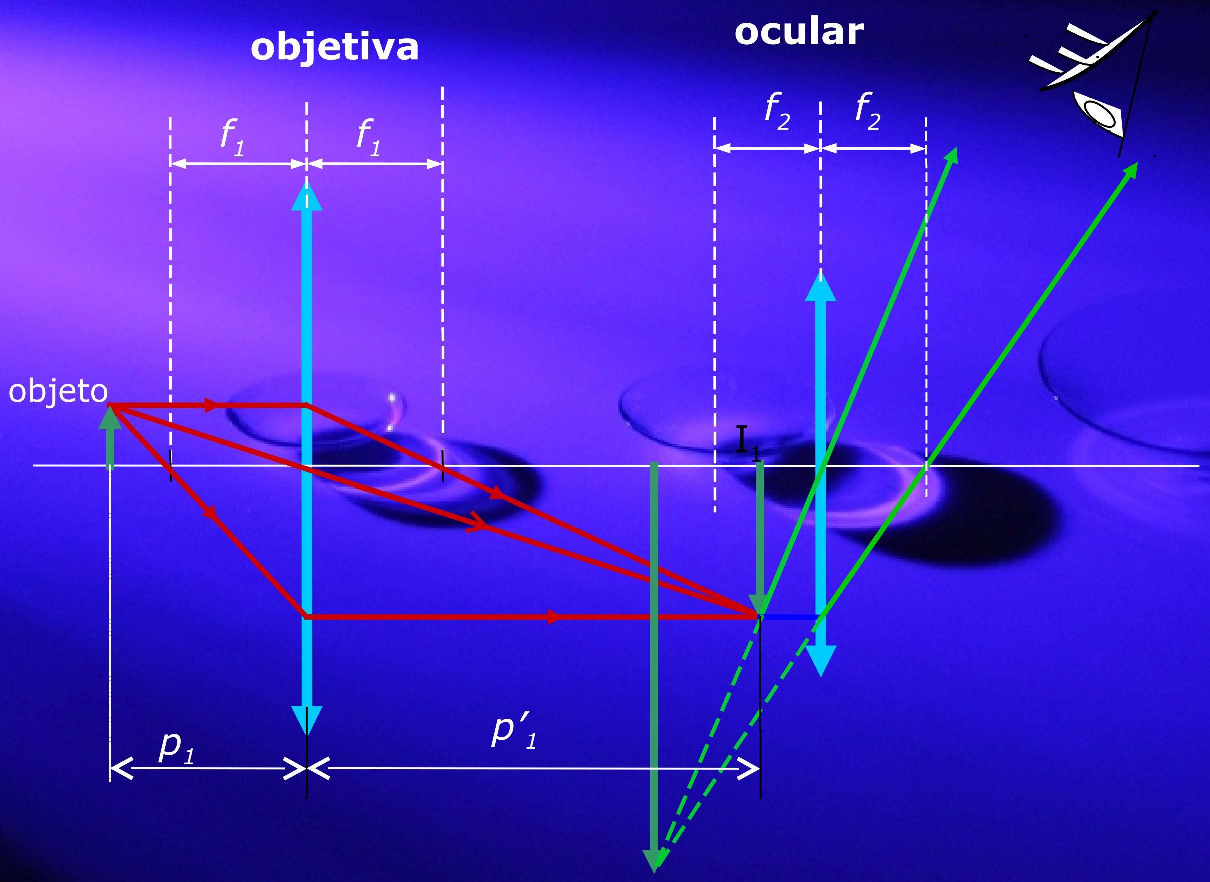
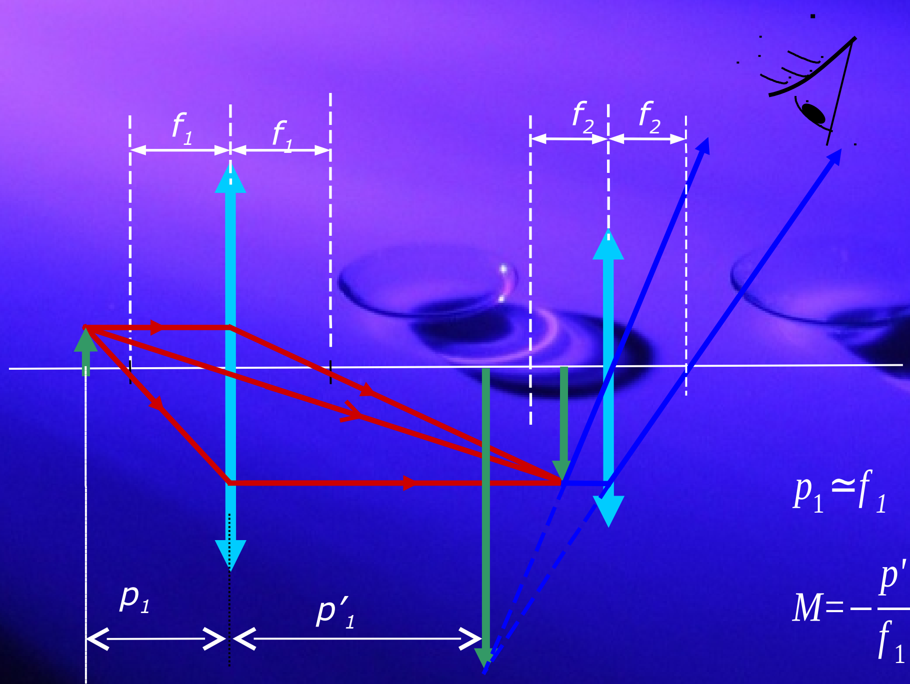


Imagem virtual, invertida

Microscópio composto

Aumento total=M

M=aumento transversal da objetiva x aumento angular da ocular $\Rightarrow M=m_1.M_\theta$



$$m_1=-\frac{p'_1}{p_1} \qquad M_\theta=\frac{25\,cm}{f_2}$$

Como em geral o objeto está muito próximo do foco da objetiva e p'_1 *é muito maior que* p_1*;*

$$p_1 \simeq f_1 \quad \Rightarrow \quad m_1=-\frac{p'_1}{f_1}$$

$$M=-\frac{p'_1.(25\,cm)}{f_1.f_2}$$

O sinal negativo indica que a imagem é invertida.

Obs.: com os valores de p'_1***,*** f_1 ***e*** f_2 ***em centímetros***

Exemplo 6

A objetiva de um microscópio com distância focal de 5,0mm forma uma imagem a uma distância de 165mm. A ocular possui distância focal de 26,0mm.

a) Qual a ampliação angular do microscópio?

b)Sabendo-se que o olho nu pode separar dois pontos na vizinhança do ponto próximo quando a distância entre os pontos for aproximadamente igual a 0,1mm, determine a a separação mínima entre dois pontos que pode ser resolvida por esse microscópio?

Exemplo 6

A objetiva de um microscópio com distância focal de 5,0mm forma uma imagem a uma distância de 165mm. A ocular possui distância focal de 26,0mm.

a) Qual a ampliação angular do microscópio?

b)Sabendo-se que o olho nu pode separar dois pontos na vizinhança do ponto próximo quando a distância entre os pontos for aproximadamente igual a 0,1mm, determine a a separação mínima entre dois pontos que pode ser resolvida por esse microscópio?

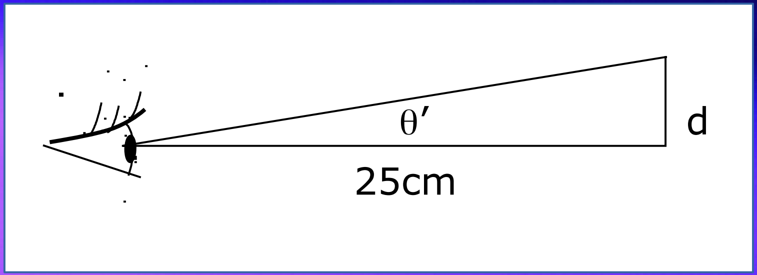
f_1 e f_2 são positivos pois ambas as lentes são convergentes e p'1 é positivo porque a imagem formada pela objetiva é real.

Temos: p'_1=16,5cm, f_1=0,5cm e f_2=2,6cm

$$M=-\frac{p'_1.(25\,cm)}{f_1.f_2} \Rightarrow M=-\frac{(16{,}5\,cm).(25\,cm)}{(0{,}5\,cm).(2{,}6\,cm)}\simeq -317$$

continua

Exemplo 6



Na imagem observada, para d=0,1mm

$\theta' \approx$ (0,1cm)/(25cm)0,004rad

$$M = -\frac{\theta'}{\theta} \quad \Rightarrow \quad \theta = -\frac{\theta'}{M}$$

$$\theta = -\frac{0{,}004}{-317} = 1{,}3\,x\,10^{-5}\,rad$$

No objeto, isso corresponderia a uma separação entre dois pontos igual a d′:

$$d' = (25\,cm).\theta \quad \Rightarrow \quad d' = (25\,cm).1{,}3\,x\,10^{-5}$$

$$d' = 3{,}3\,x\,10^{-4}\,cm = 3{,}3\,\mu m$$

Utilizando esse microscópio dois pontos separados por uma distância igual a cerca de 3μm podem ser distinguidos.