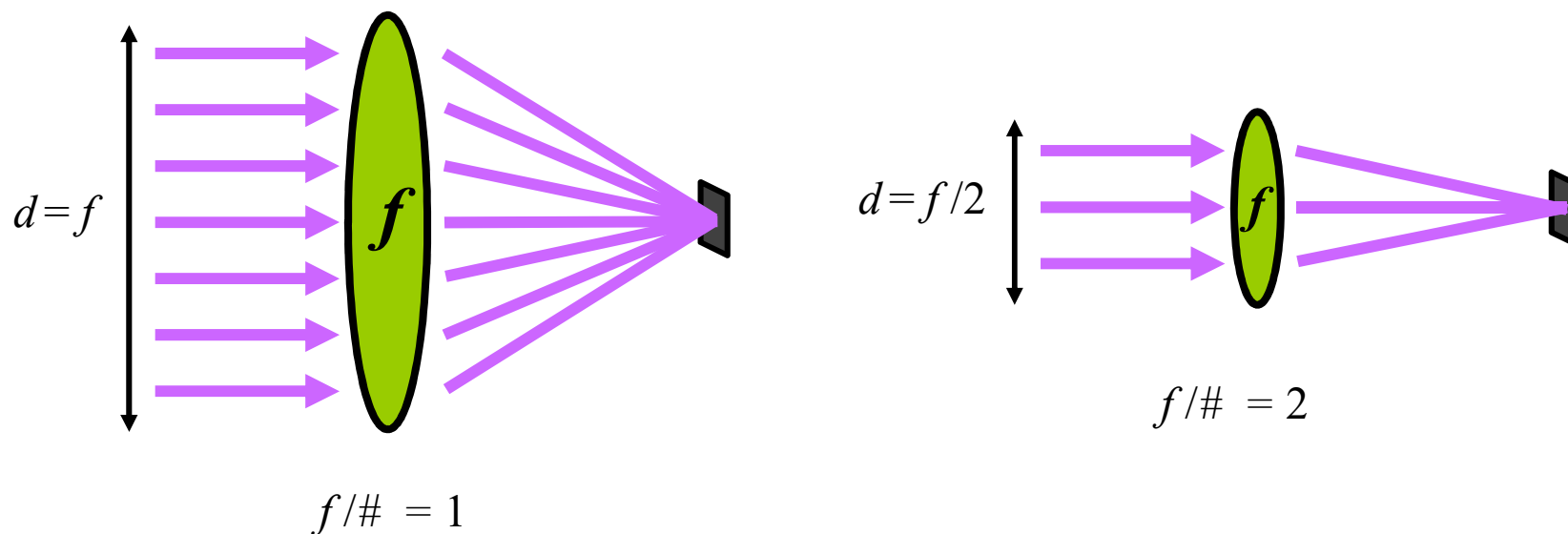


“Numero F” ($f/\#$)

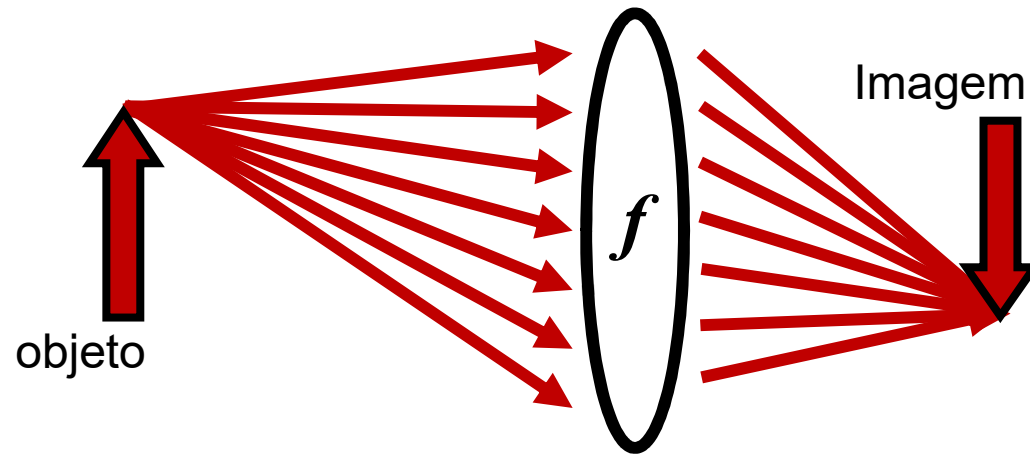
O número F ($f/\#$) é a razão entre o comprimento focal e o diâmetro duma lente



$$\text{Irradiância num pixel} \propto \text{ângulo sólido dos raios incidentes} \propto (d/f)^2 = \left(\frac{1}{f/\#} \right)^2$$

Lentes maiores ($f/\#$ menores) captam mais luz.

Profundidade do campo

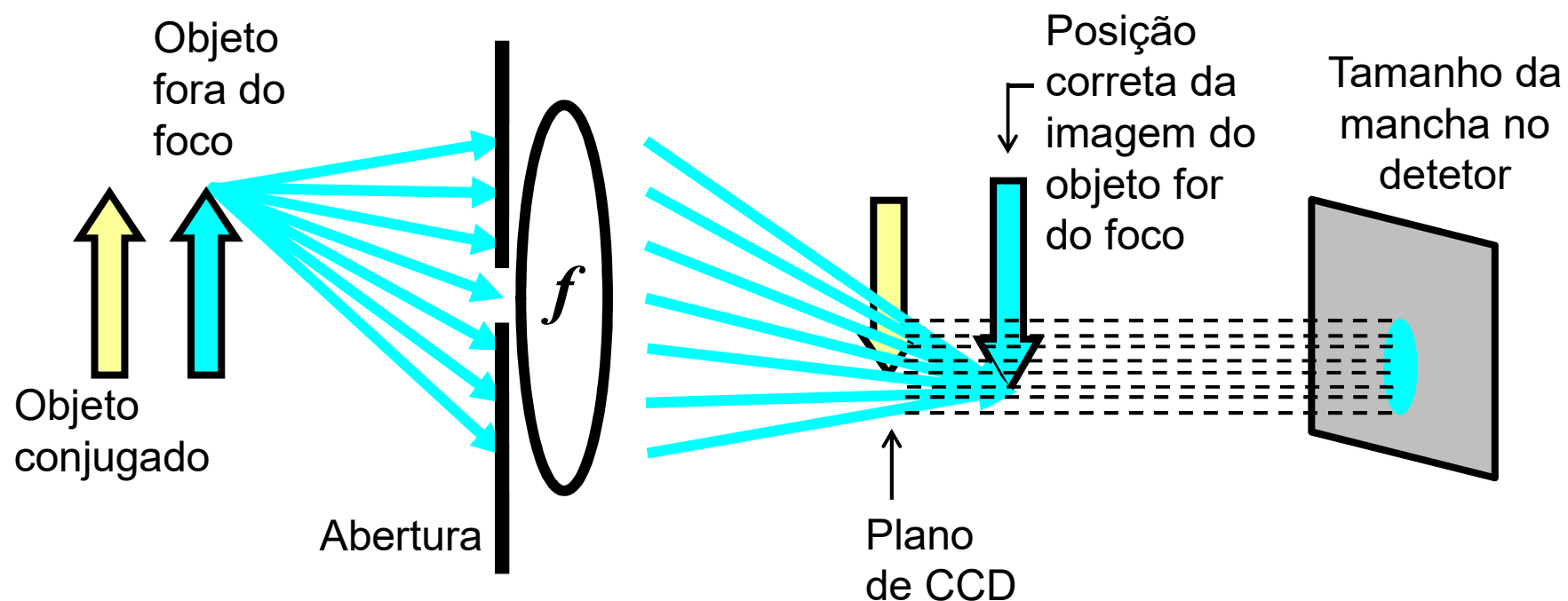


Apenas um plano do objeto é conjugado com um dado plano de imagem. Mas planos próximos do plano do objeto dão uma imagem mais ou menos nítida.

A gama das distâncias que se resultam numa imagem aceitável é conhecido com a **profundidade do campo**.

A profundidade do campo varia com a extensão da lente que é usada (abertura)

Profundidade do campo



Quanto menor a abertura, tanto maior a profundidade do campo.

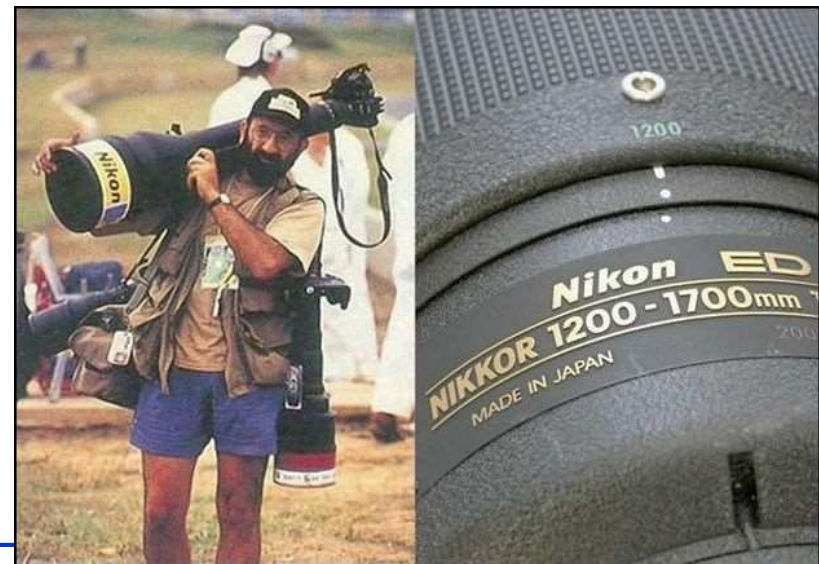
Variação da profundidade do campo com f/#



As vezes pouco profundidade do campo é desejada



Requer lentes grandes
Podem custar vários k€



Optometristas

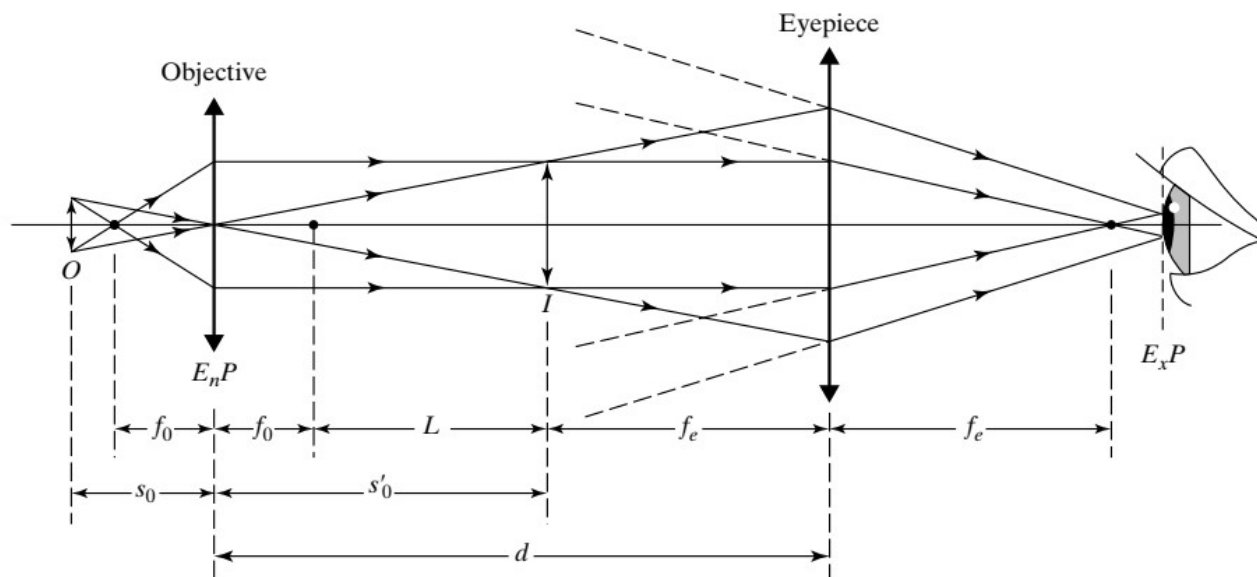
Optometristas medem acuidade visual em salas com pouca luz. A pupila fica maior e existe menos profundidade do campo

Apertar os olhos pode diminuir o tamanho da pupila e melhorar a visão



E	1	20/200
F P	2	20/100
T O Z	3	20/70
L P E D	4	20/50
P E C F D	5	20/40
E D F C Z P	6	20/30

Microscópios



Agora o problema é de ampliar algo que esteja perto.
(Também em geral não há dificuldade e coletar a luz)

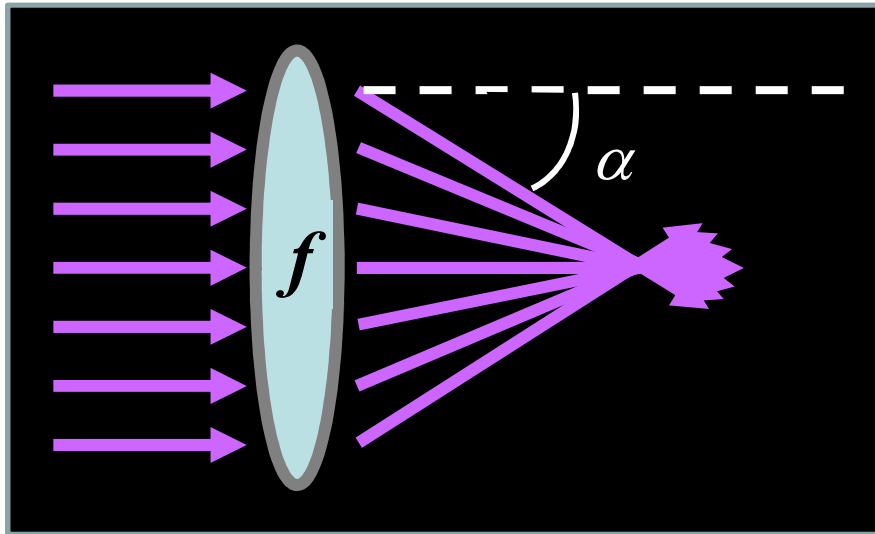
- A objetiva forma uma imagem real com ampliação
 - A lente ocular serve como uma lupa
- $$-\frac{s'_0}{s_0} \approx -\frac{f_0 + L}{f_0}$$
- Tipicamente entre 5-100x

Microscópios - Resolução

Na microscopia a resolução é de importância primária.

O Limite da resolução num microscópio convencional é determinado pelos efeitos de difração.

$$\Delta d \sim \left(\frac{\lambda_0}{n} \right) \frac{f}{d} \sim f / \#$$

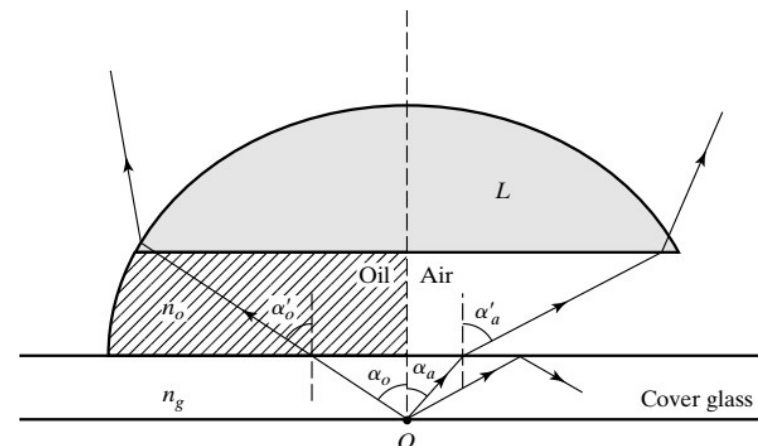


Na microscopia o parâmetro usado é a abertura numérica (Numerical aperture ou N.A.)

$$NA = n \sin(\alpha)$$

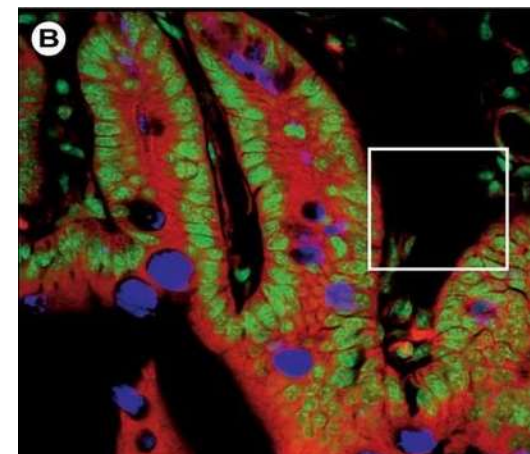
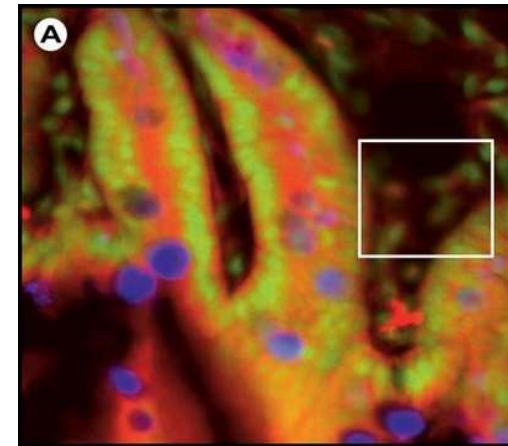
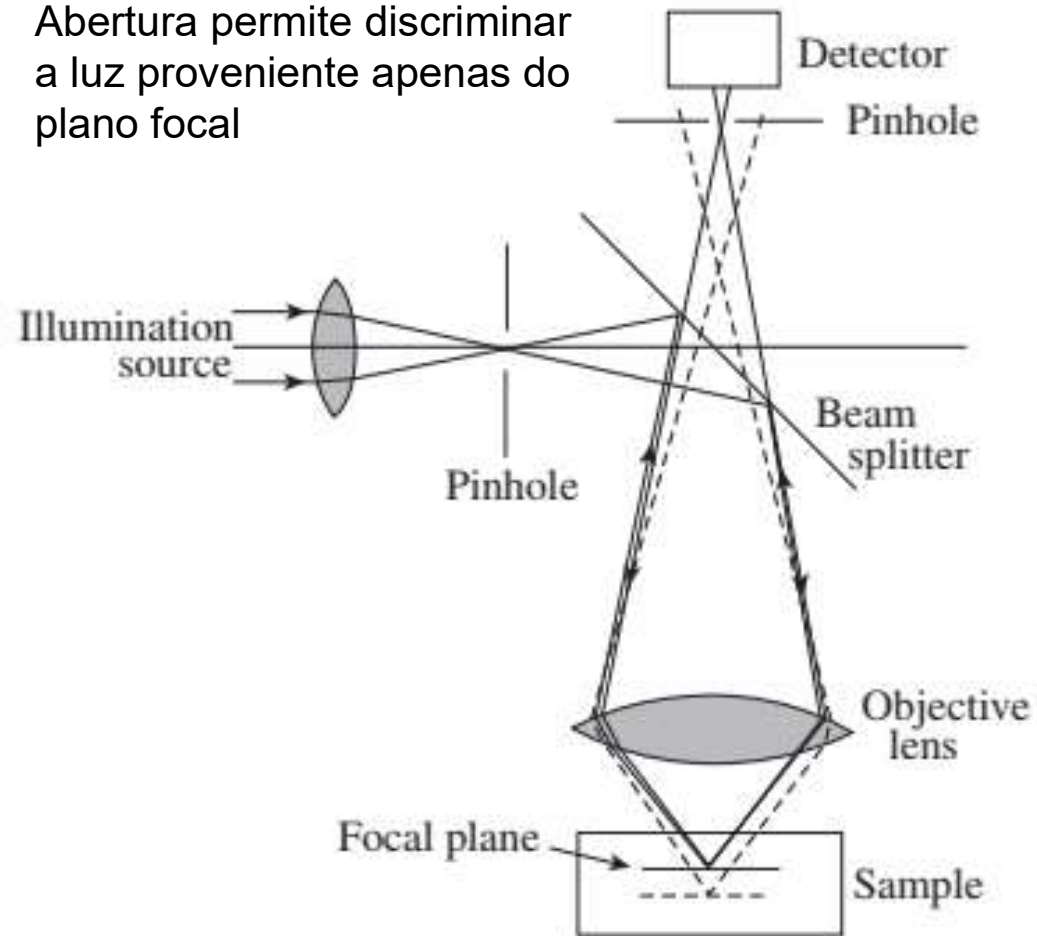
α é o angulo do raio marginal

É comum o uso dum óleo para aumentar a abertura numérica

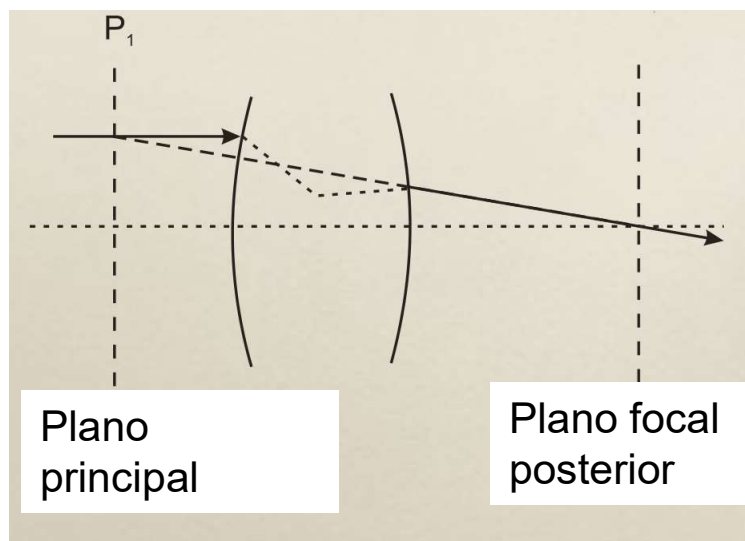


Microscópio confocal

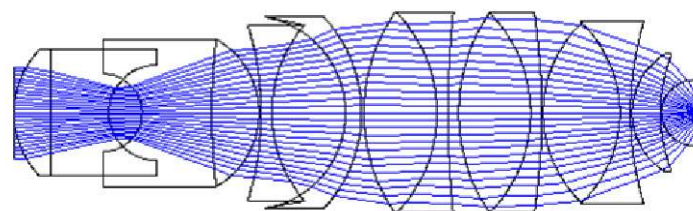
Abertura permite discriminar a luz proveniente apenas do plano focal



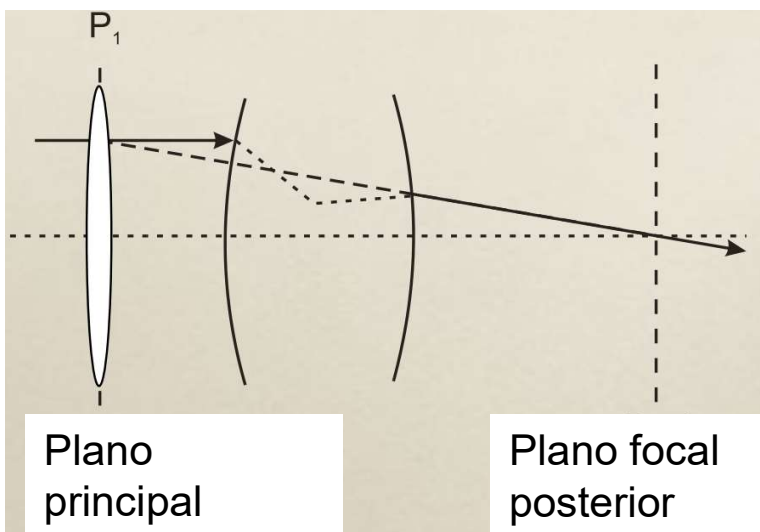
Planos Principais - o conceito



A propagação dos raios dentro dum sistema óptico pode ser complicado

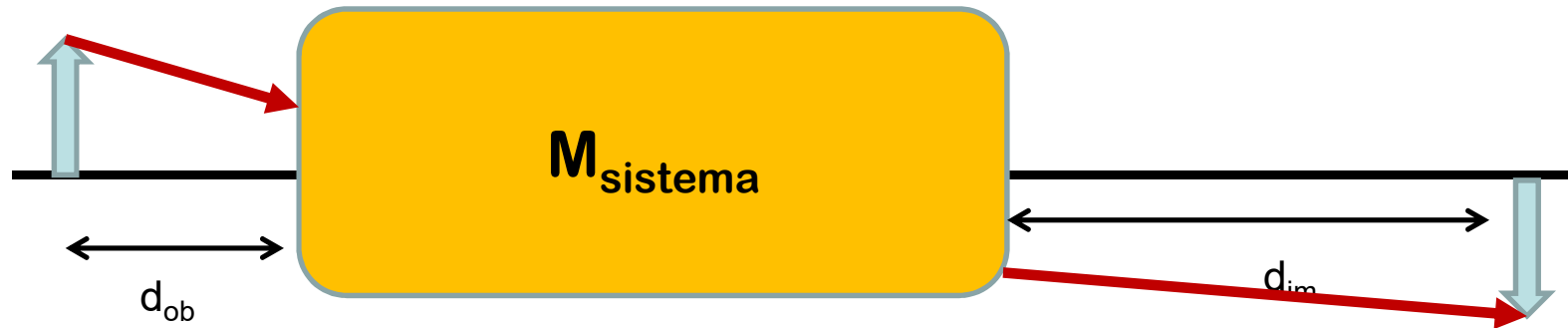


Mais dentro da aproximação paraxial podemos sempre calcular uma matriz, M , do sistema



O efeito global num raio paralelo será equivalente á ação duma lente fina efetiva colocado no primeiro plano principal

Alguns cálculos



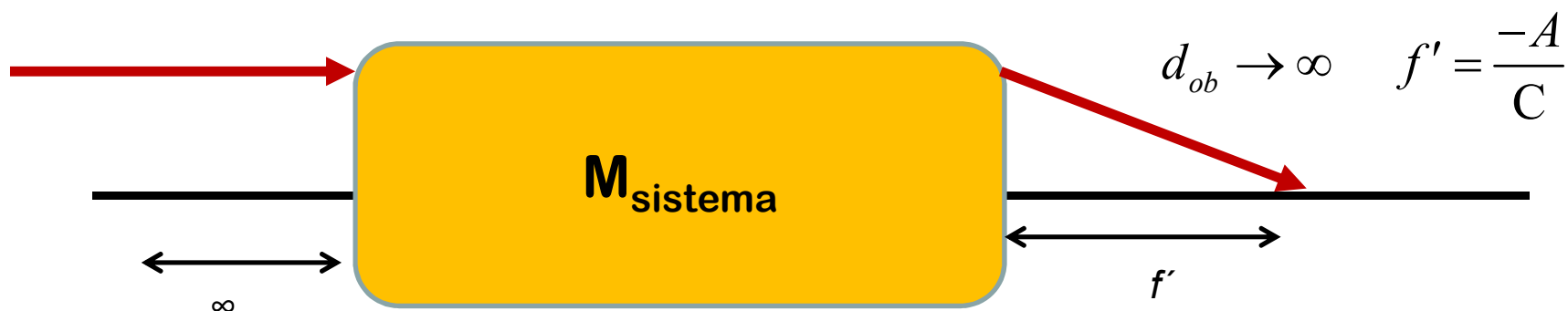
$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} x_{im} \\ \theta_{im} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 1 & d_{im} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & d_{ob} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{ob} \\ \theta_{ob} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} A + Cd_{im} & Ad_{ob} + B + Cd_{ob}d_{im} + Dd_{im} \\ C & Cd_{ob} + D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{ob} \\ \theta_{ob} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Condição dos planos conjugados

$$Ad_{ob} + B + Cd_{ob}d_{im} + Dd_{im} = 0$$

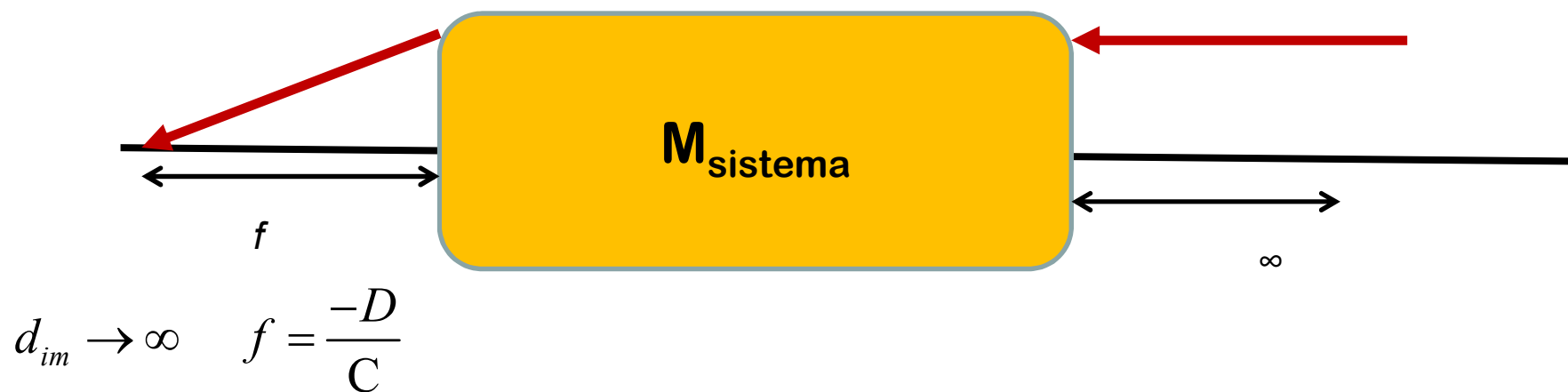
$$d_{ob} = \frac{-(B + Dd_{im})}{A + Cd_{im}} \quad d_{im} = \frac{-(Ad_{ob} + B)}{Cd_{ob} + D}$$

Distâncias focais



Condição dos planos conjugados

$$d_{ob} = \frac{-(B + Dd_{im})}{A + Cd_{im}} \quad d_{im} = \frac{-(Ad_{ob} + B)}{Cd_{ob} + D}$$



Planos principais



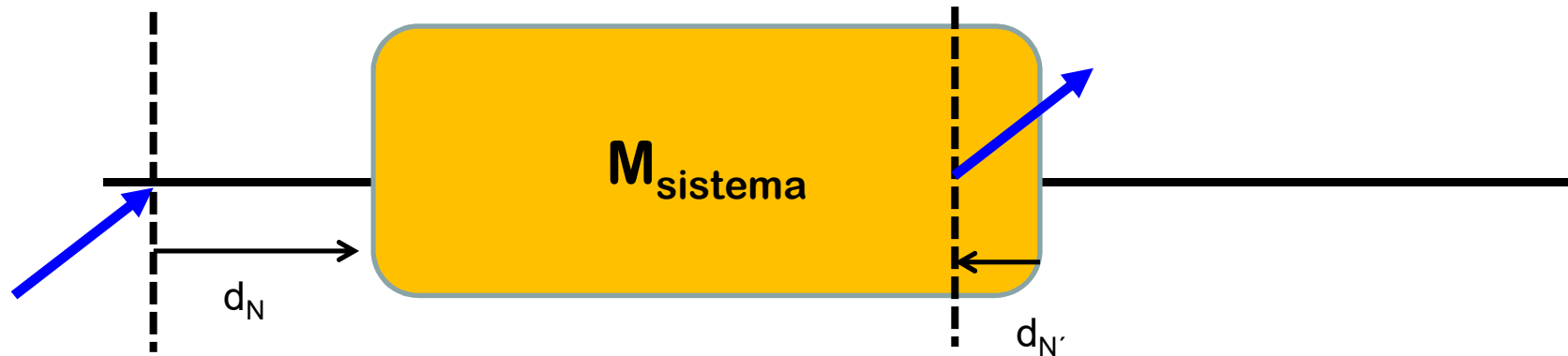
Os planos principais são planos conjugados com ampliação lateral unitária

$$\begin{bmatrix} x_{im} \\ \theta_{im} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A + Cd_{im} & 0 \\ C & Cd_{ob} + D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{ob} \\ \theta_{ob} \end{bmatrix}$$

$$\frac{x_{im}}{x_{ob}} = 1 = A + Cd_{p'} \quad d_{p'} = \frac{1 - A}{C}$$

$$d_{ob} = \frac{-(B + Dd_{im})}{A + Cd_{im}} \quad d_p = \frac{-\left(B + \frac{D}{C} - \frac{AD}{C}\right)}{A + (1 - A)} = \frac{-1}{C}(BC + D - AD) = \frac{(1 - D)}{C}$$

Planos nodais



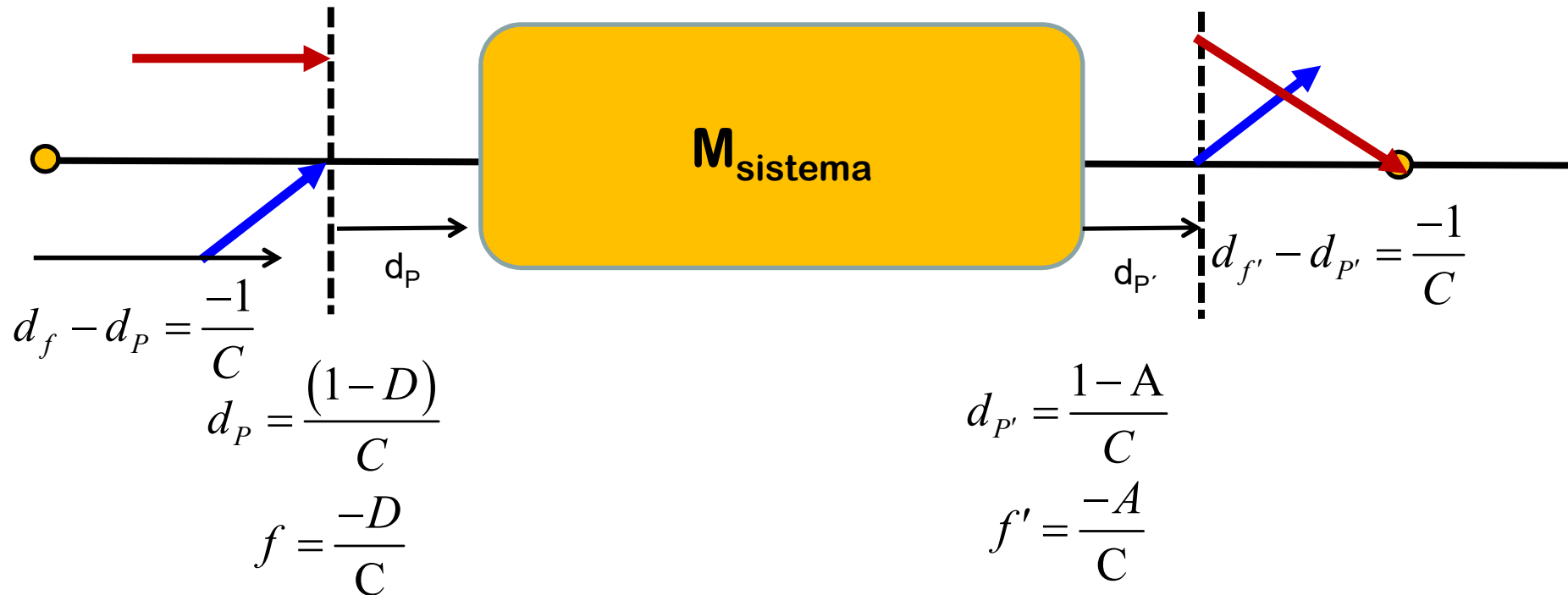
Os planos nodais são planos conjugados com ampliação angular unitária

$$\begin{bmatrix} x_{im} \\ \theta_{im} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A + Cd_{im} & 0 \\ C & Cd_{ob} + D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{ob} \\ \theta_{ob} \end{bmatrix}$$

$$1 = Cd_N + D \quad d_N = \frac{(1-D)}{C} = d_P \quad d_{N'} = d_{P'}$$

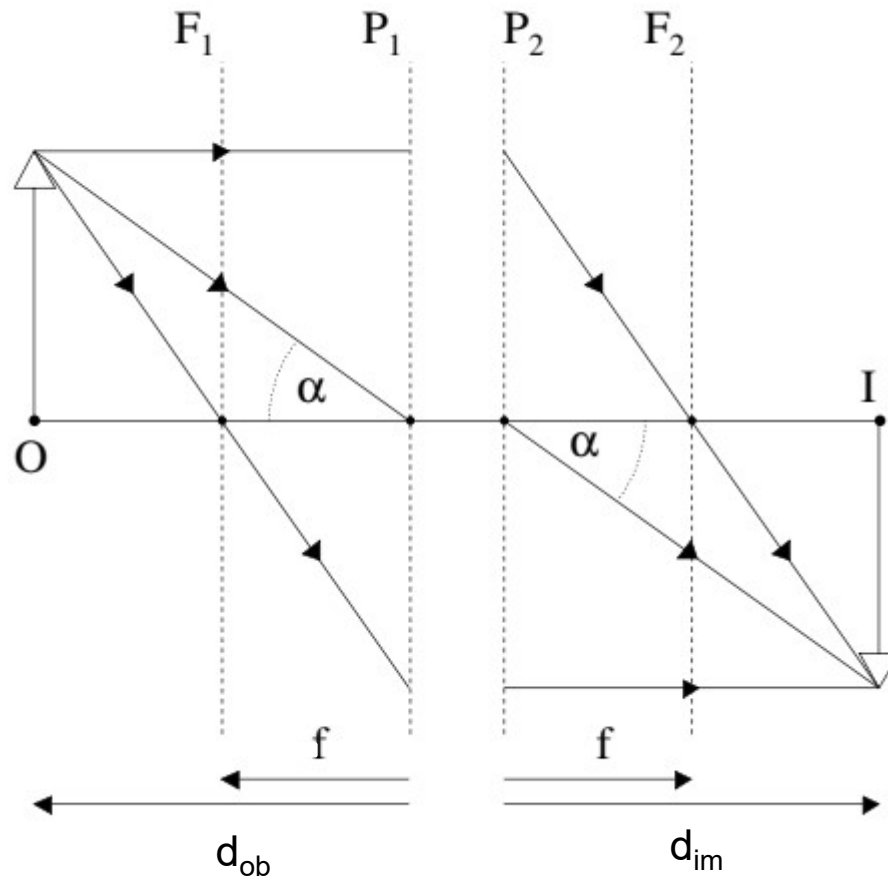
Resumo

Quando o índice de refração do espaço do objeto é igual ao espaço de imagem

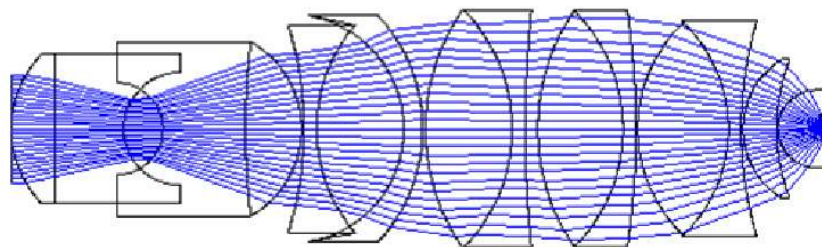


Sistema se comporta como uma lente delgada + “teleportação” entre os planos principais

Lente delgada + teleportação entre os planos principais



Os raios comportam como fossem refratados por uma lente delgada situado no plano principal + “teleportação” entre os planos principais



- Specifications
- Learn More
- Accessories
- Technical Images
- Resources
- Related Products

Magnification:	10X	Numerical Aperture NA:	0.25
Compatible Tube Lens Focal Length (mm):	Focal Length: 180mm	Compatible Cover Glass Thickness (mm):	N/A
Depth of Field (μm):	4.4	Field Number (mm):	22
Focal Length FL (mm):	18.00	Length excluding Threads (mm):	34.3
Manufacturer:	Olympus	Maximum Diameter (mm):	24
Model Number:	1-U2B223	Mounting Threads:	RMS / 20.32mm x 36 TPI
Parfocal Length (mm):	44.9	Resolving Power (μm):	1.34
Style:	Infinity Corrected	Type:	Microscope Objective
Weight (g):	80.1	Working Distance (mm):	10.6
Immersion Liquid:	N/A	Field of View (mm):	2.2

Regulatory Compliance

RoHS:	Not Compliant
-------	---------------



Olympus PLN 10X Objective



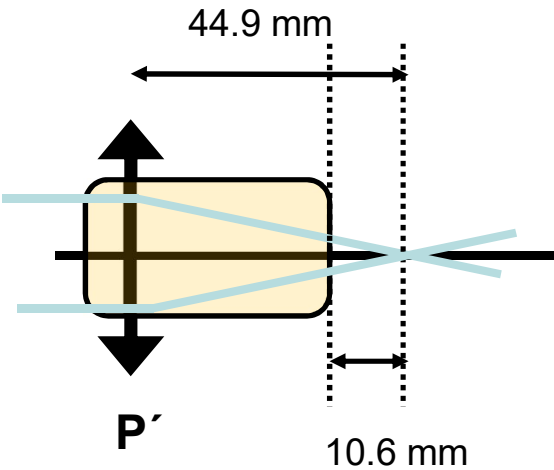
#86-813

Stock #86-813

€350.00

Qty 1-2	Qt
€350.00	€33

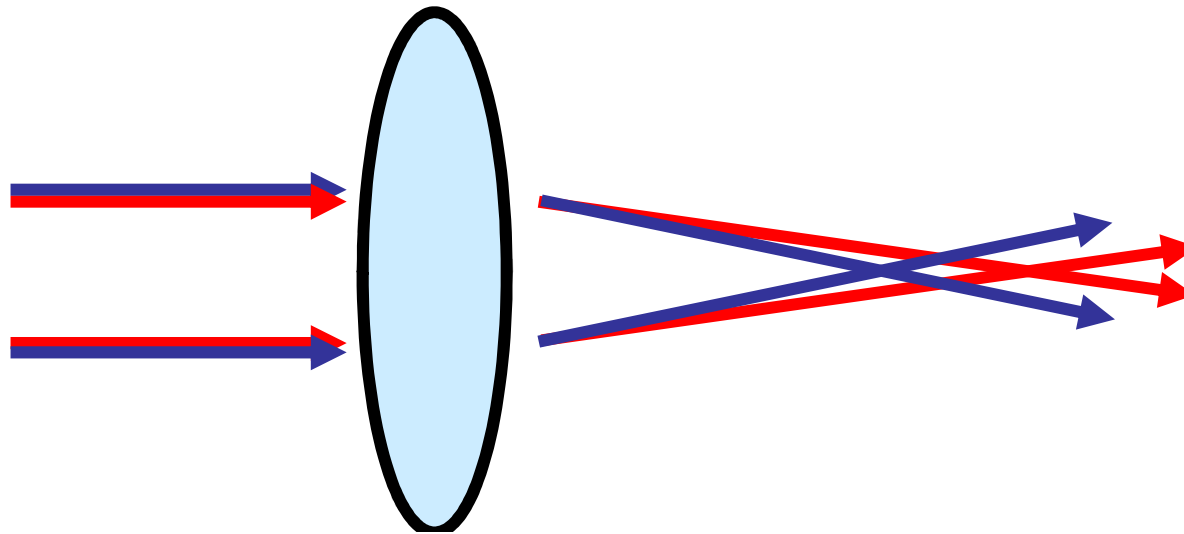
eDrawings: eprt IG



Aberração cromática

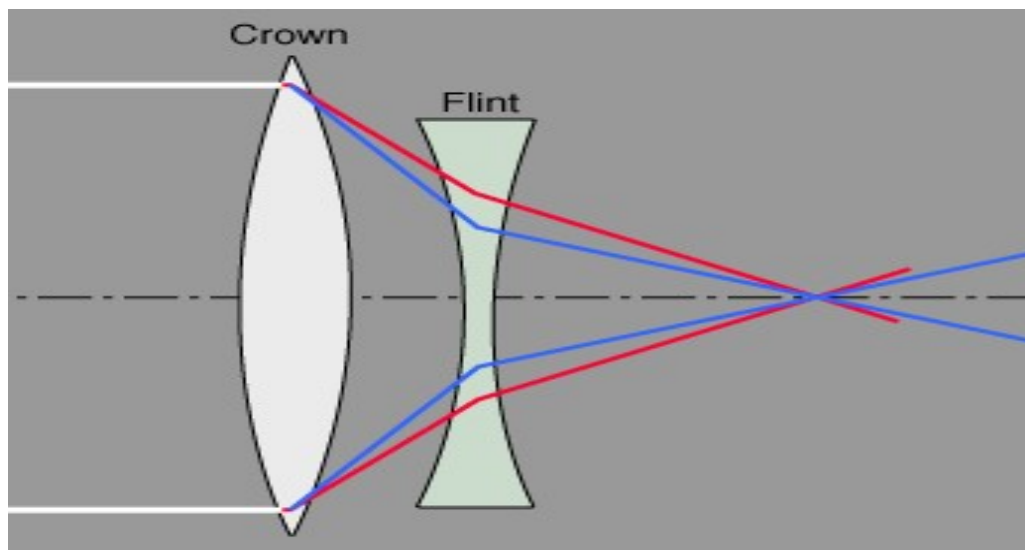
Devida dispersão no índice de refração nem todas as cores vão ter o mesmo comprimento focal

$$\frac{1}{f(\lambda)} = [n(\lambda) - 1](1/R_1 - 1/R_2)$$



É possível tomar em conta este efeito no traçados dos raios, mas têm ser feita uma cor cada vez.

Minimizar aberrações cromáticas

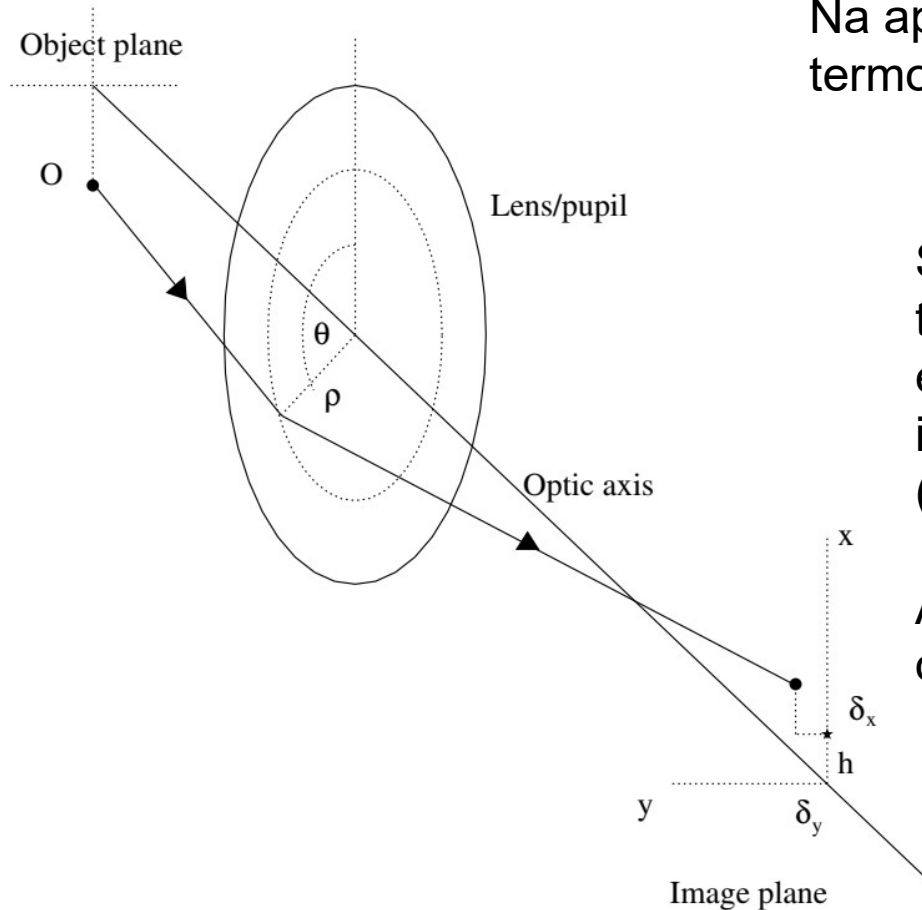


Lentes acromáticas são combinações de duas lentes

A segunda lente cancela a dispersão da primeira.

A dispersão é positiva para ambos os vidros, mas como a segunda lente é negativa o efeito é ao contrário

Aberrações monocromáticas



Na aproximação paraxial só consideramos termos até a primeira ordem

$$\sin \theta \approx \theta - \frac{1}{3!} \theta^3 + \dots$$

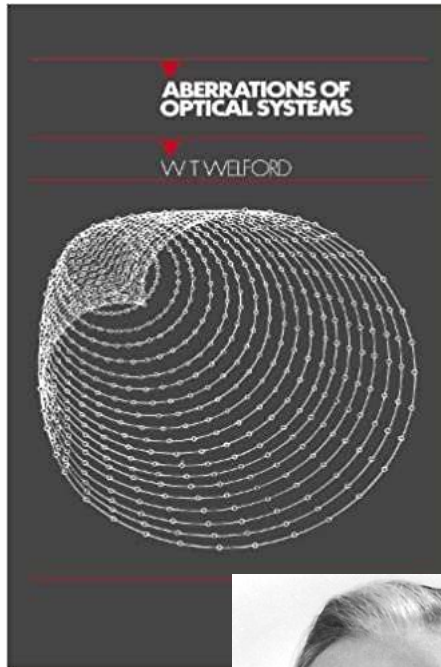
Sem aberrações a frente da onda transmitida pela lente é uma onda esférica que converge no ponto da imagem h . Imagem paraxial no ponto $(h, 0)$

Aberrações possam desviar as frentes de ondas

$$\Delta R = \Delta R(\rho, h)$$

Que introduzem desvios nos raios $(\delta x, \delta y)$

Aberrações principais



~ 300
páginas

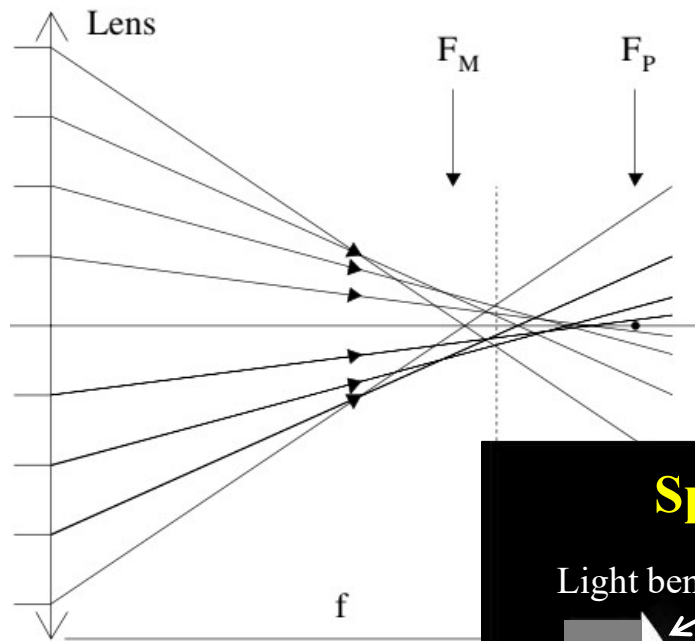


Polirmos de Zernike

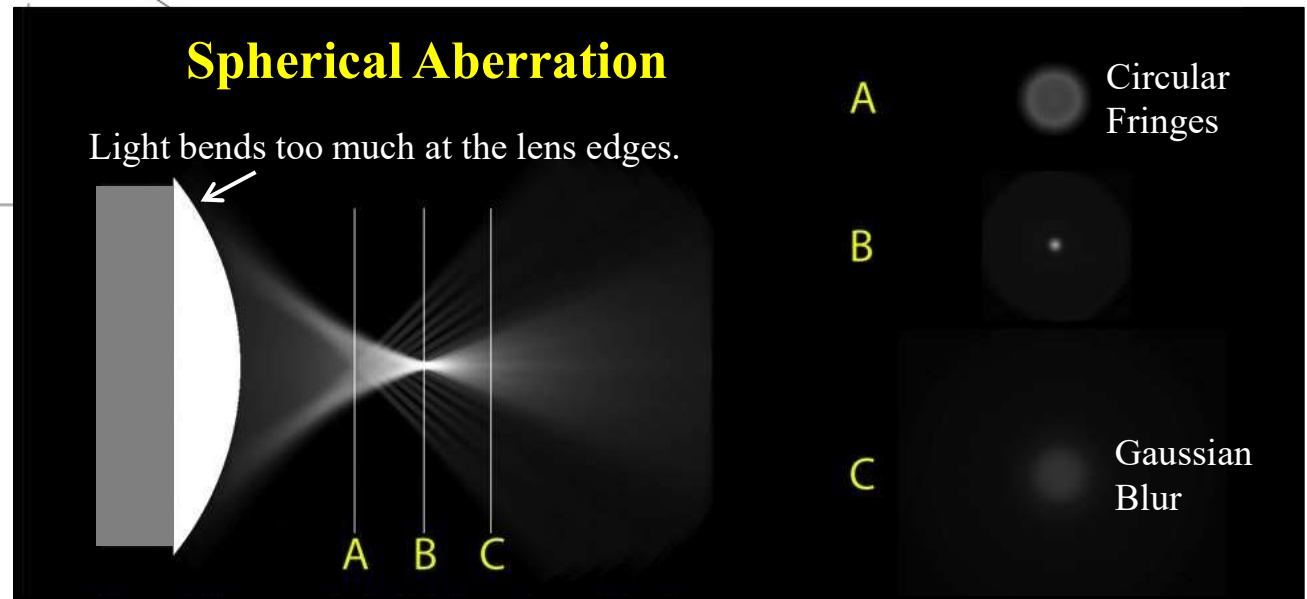
$$\begin{aligned}
 W(\rho, \theta') = & Z_0 - Z_3 + Z_8 && \text{piston} \\
 & + \rho \sqrt{(Z_1 - 2Z_6)^2 + (Z_2 - 2Z_7)^2} \\
 & \times \cos \left[\theta' - \tan^{-1} \left(\frac{Z_2 - 2Z_7}{Z_1 - 2Z_6} \right) \right] && \text{tilt} \\
 & + \rho^2 (2Z_3 - 6Z_8 \pm \sqrt{Z_4^2 + Z_5^2}) && \text{focus} \\
 & \pm 2\rho^2 \sqrt{Z_4^2 + Z_5^2} \cos^2 \left[\theta' - \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{Z_5}{Z_4} \right) \right] && \text{astigmatism} \\
 & + 3\rho^3 \sqrt{Z_6^2 + Z_7^2} \cos \left[\theta' - \tan^{-1} \left(\frac{Z_7}{Z_6} \right) \right] && \text{coma} \\
 & + 6\rho^4 Z_8. && \text{spherical}
 \end{aligned}$$

Fritz Zernike
Nobel 1953

Aberração esférica

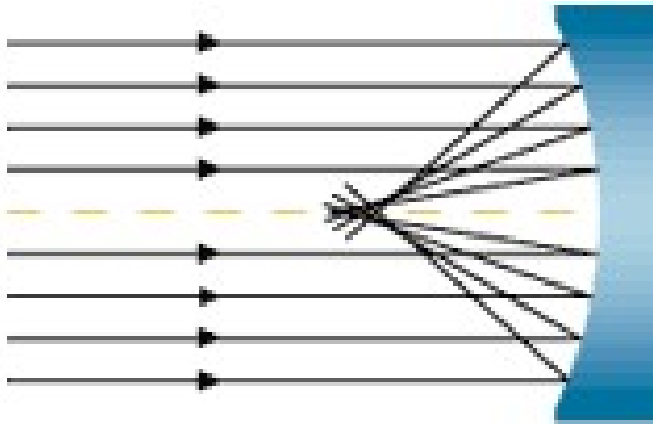


Raios nas margens da lente focam antes dos raios centrais

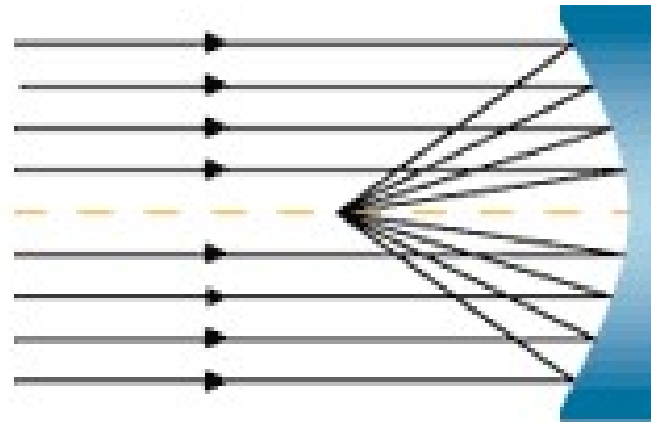


Também acontece nos espelhos

Spherical surface



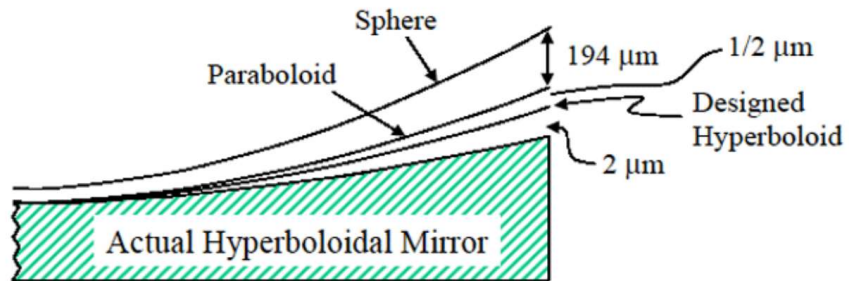
Paraboloidal surface



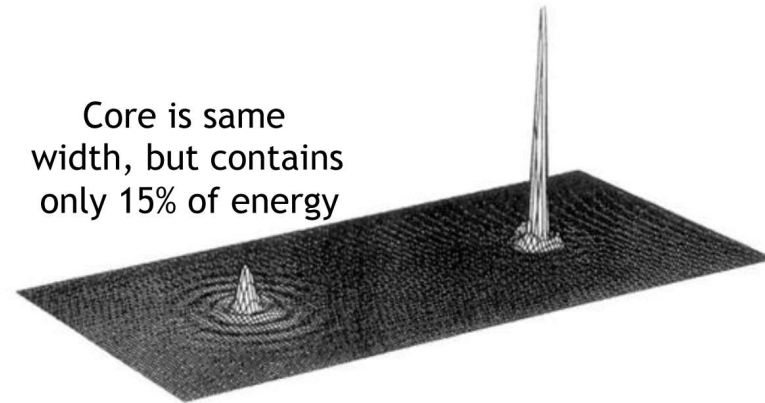
Uma superfície parabólica compensa os erros

Aberração Esférica no HST

HST Primary Figuring Error



Core is same width, but contains only 15% of energy



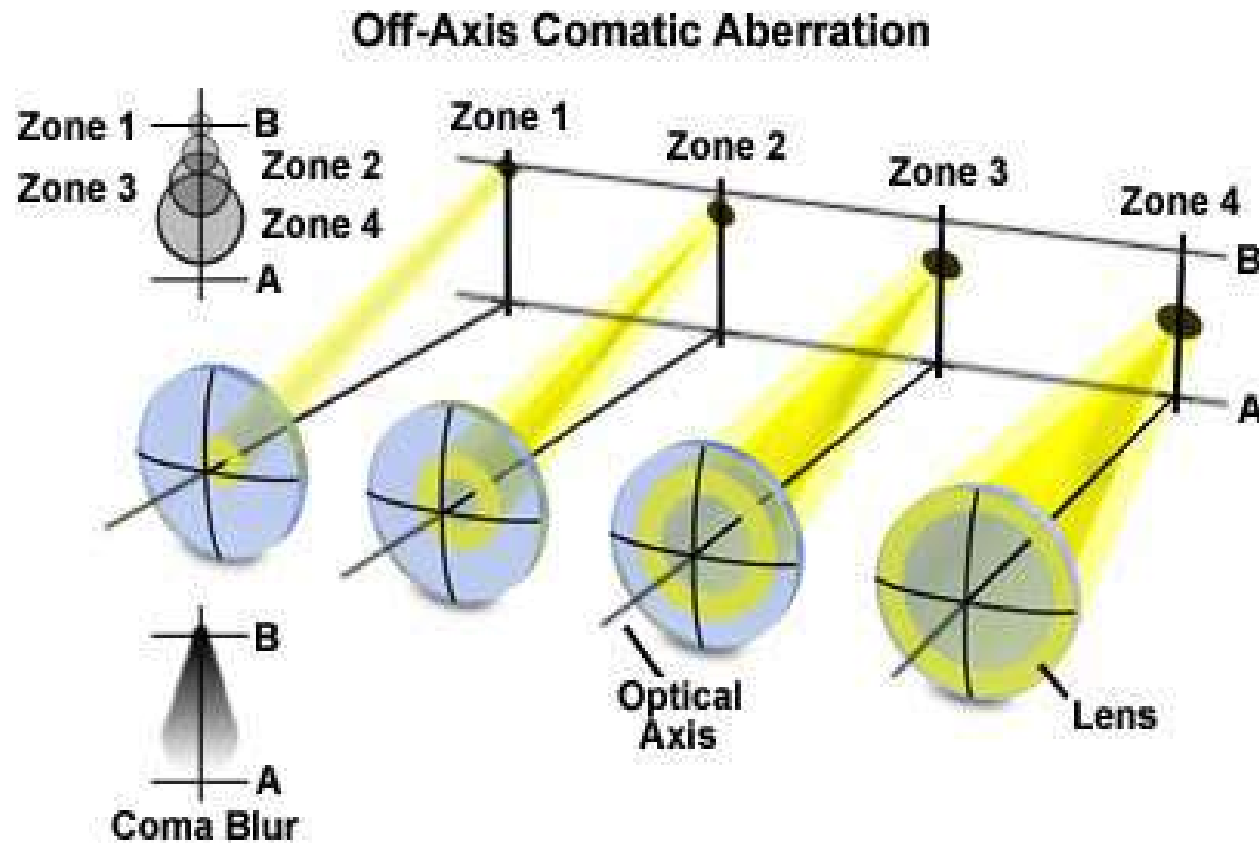
Before COSTAR fix

After COSTAR fix

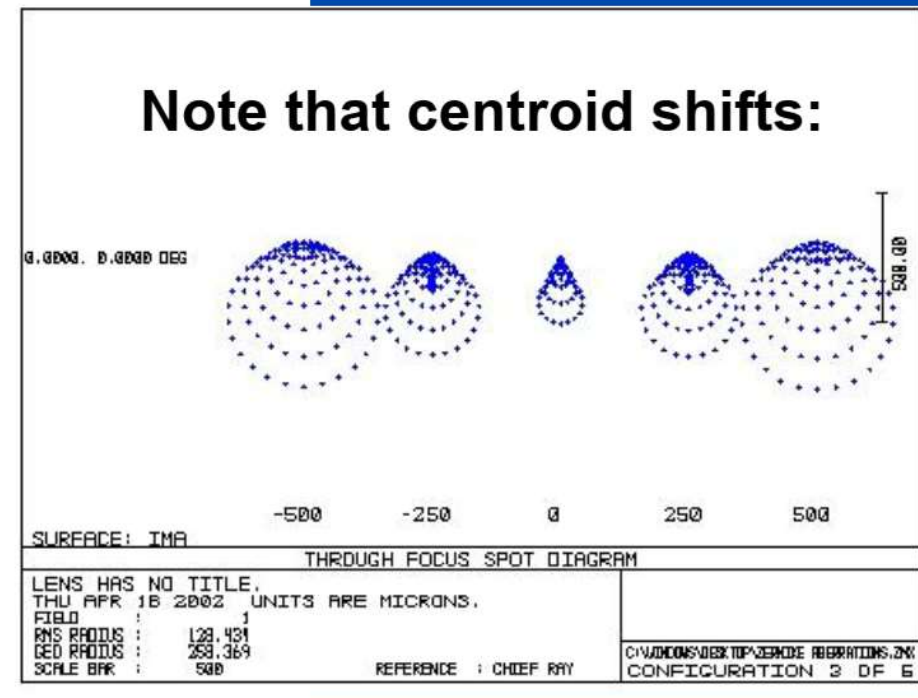
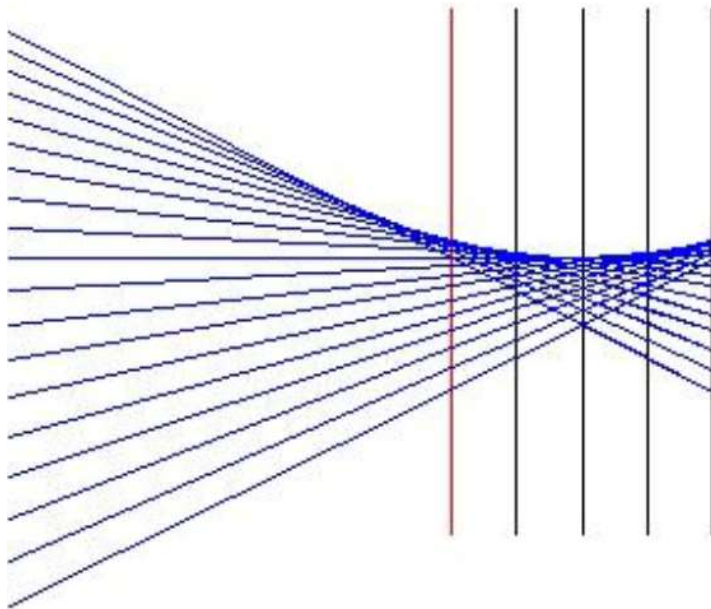


Coma

Numa imagem fora do eixo ótico os raios que vem de zonas diferentes da lente sofrem desvios diferentes. (Essencialmente acumulação de aberrações esféricas fora do eixo ótico)



Variação de coma ao longo do eixo óptico

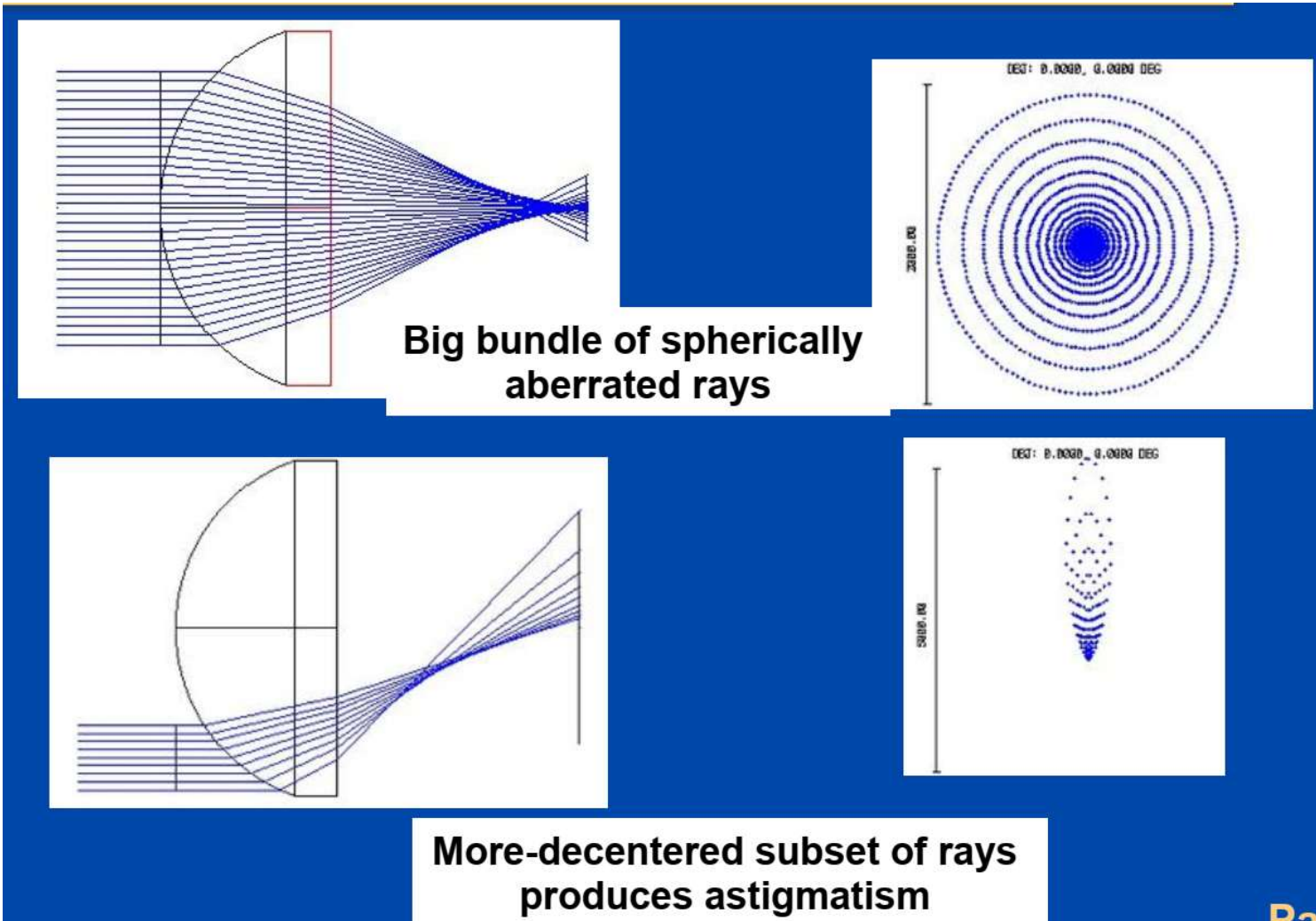


Rays from a comatic wavefront

Through-focus spot diagram for coma

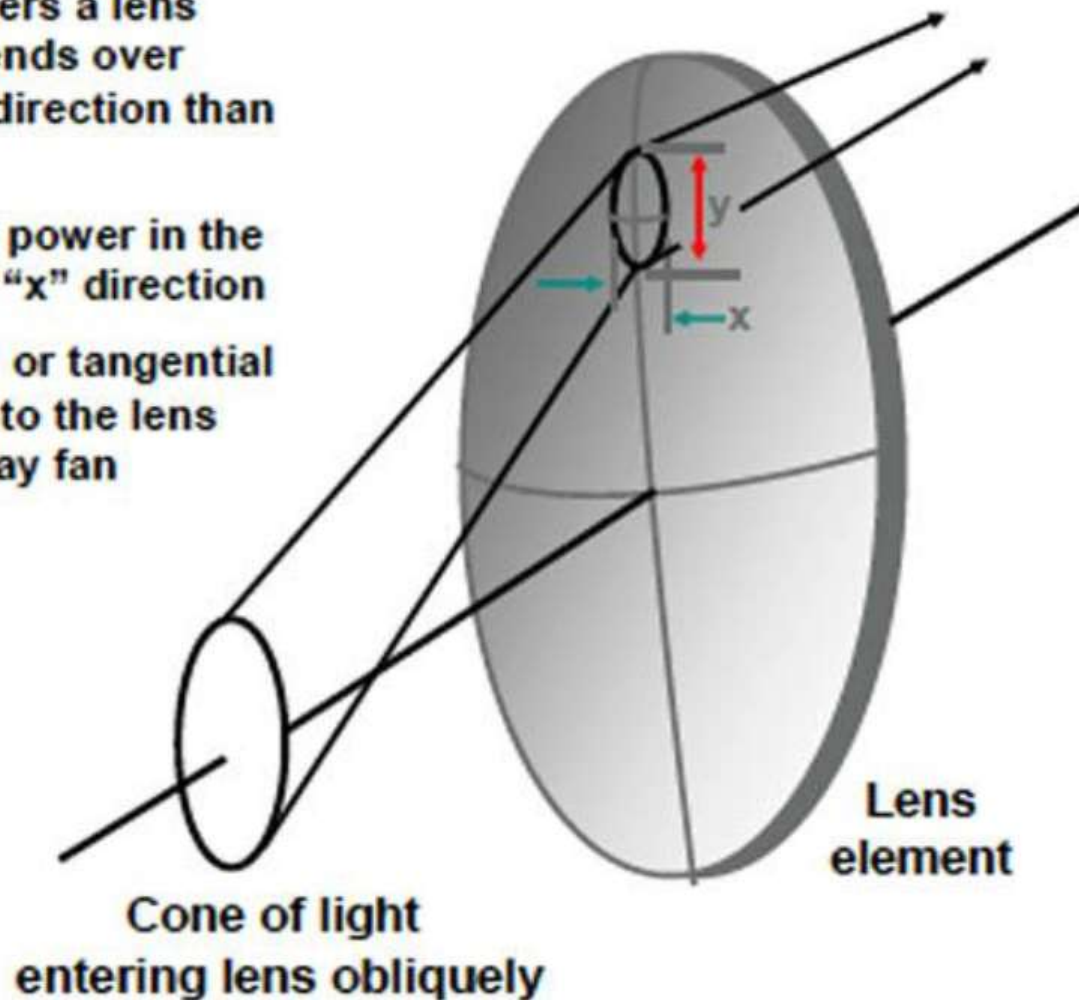
Claire Max
UC Santa Cruz

Astigmatismo (acentuada nos raio fora do eixo)

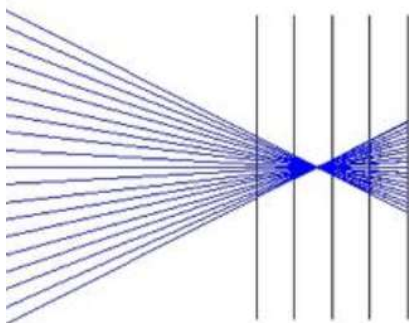


Astigmatismo

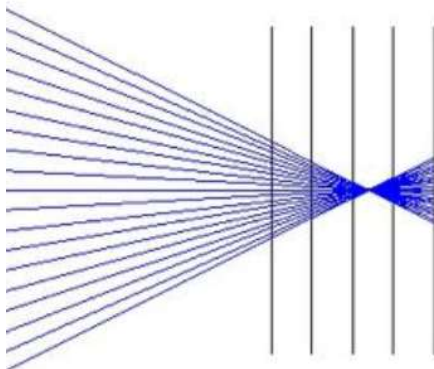
- When a cone of light enters a lens surface obliquely, it extends over more surface in the “y” direction than the “x” direction
- This will introduce more power in the “y” direction than in the “x” direction
- The result is that the “y” or tangential ray fan will focus closer to the lens than the “x” or sagittal ray fan
- This is astigmatism



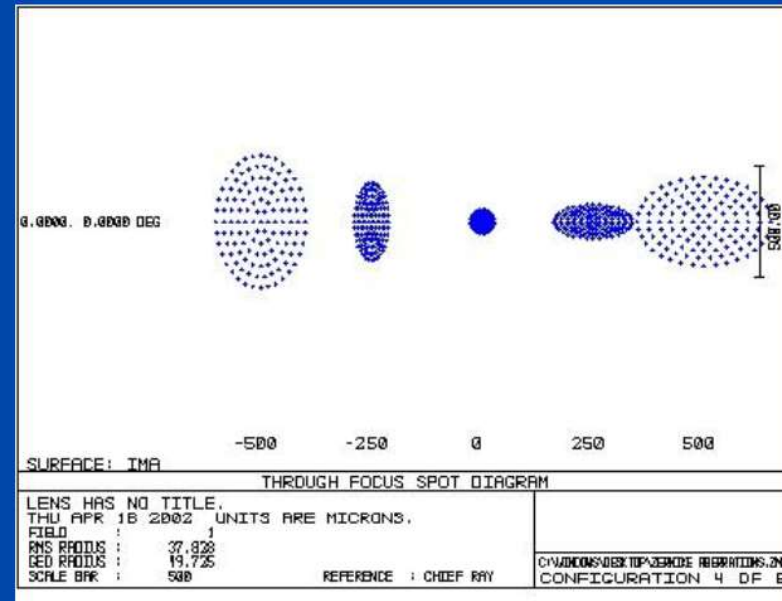
Astigmatismo



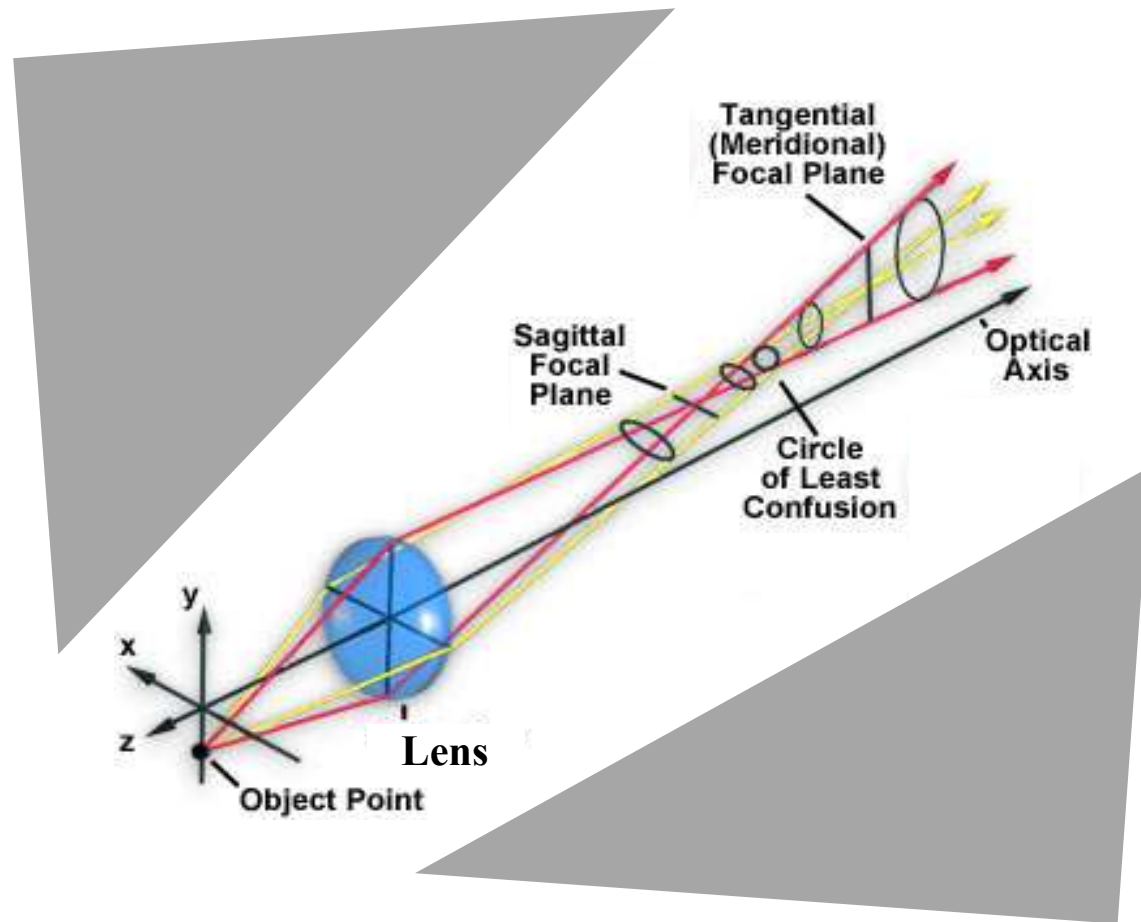
Top view of rays



Side view of rays

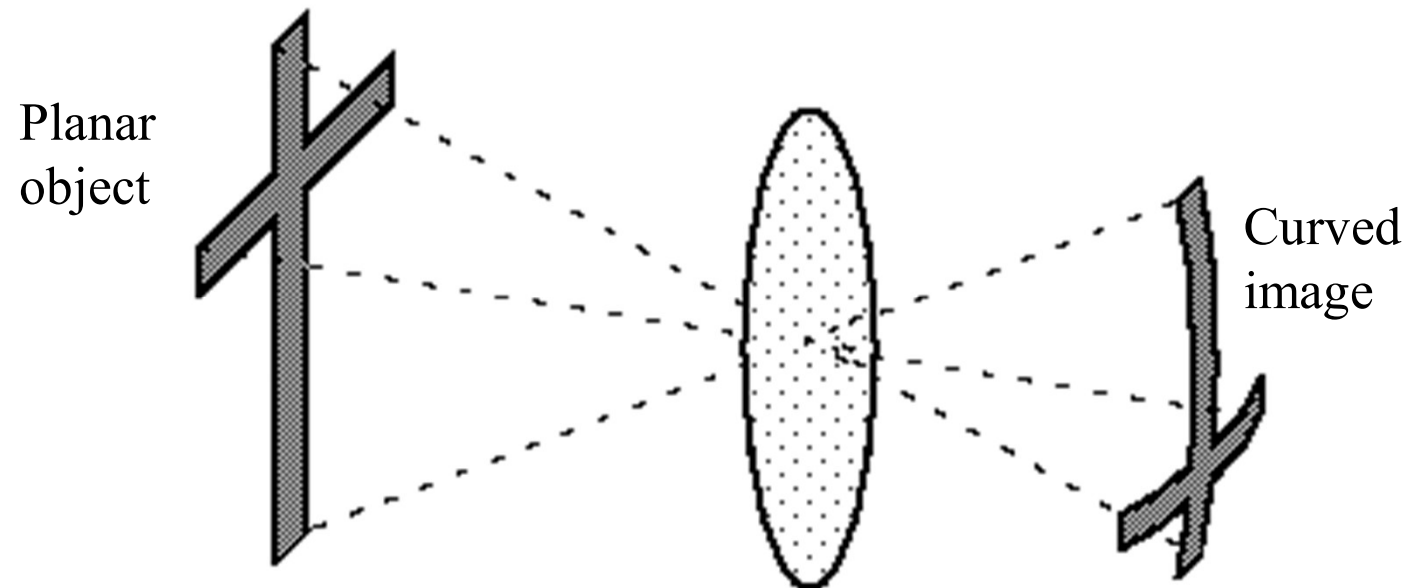


Through-focus spot diagram
for astigmatism

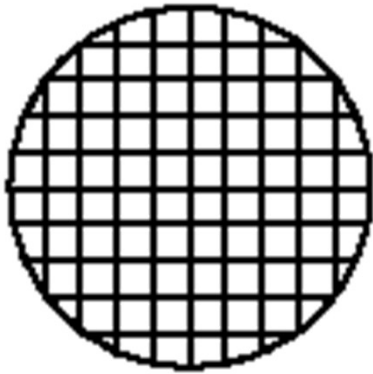


Curvatura do campo

Para os raios fora do eixo ótico, o comprimento focal da lente efetiva é diferente.



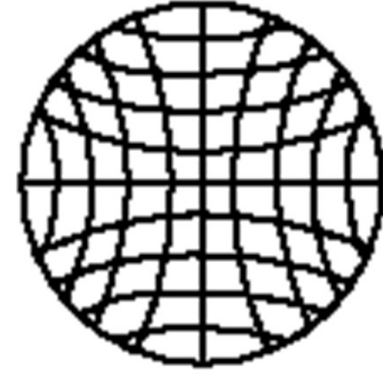
Pode ser vantajosa se o detetor está numa superfície curvada (como a retina)



**Undistorted
Image**



**Barrel
Distortion**



**Pincushion
Distortion**

