

# Astronomia Observacional

Aula sobre lentes, espelhos e telescópios  
ópticos usados em Astronomia

Prof. Basílio Santiago

# Resumo da aula

- Tipos de telescópio
- Lentes e espelhos
- Aberrações ópticas
- Tipos de foco para telescópios
- Limite de resolução
- Limite de detecção

# Telescópios

- Têm como função coletar a luz das fontes observadas.
- Caracterizam-se basicamente pela abertura da superfície primária ( $D$ ), que coleta a luz, e pela distância focal ( $F$ ) da mesma.
- O processo de detecção da luz coletada exige um outro dispositivo, o detector, no plano focal do telescópio. Exemplos de detectores: olho, placa fotográfica, CCD.

# Tipos de telescópio

Quanto ao material que coleta a luz:

- Refratores: usam lentes; a imagem se forma por refração da luz pela lente coletora (lente objetiva) e por outras lentes que possam existir (oculares, colimadores, etc)
- Refletores: usam espelhos: a imagem se forma pela reflexão da luz pelo espelho primário e por outros espelhos que possam existir (secundário, terciário, etc).

# Refratores e refletores



Yerkes:  $D=1\text{m}$



SOAR:  $D=4,1\text{m}$

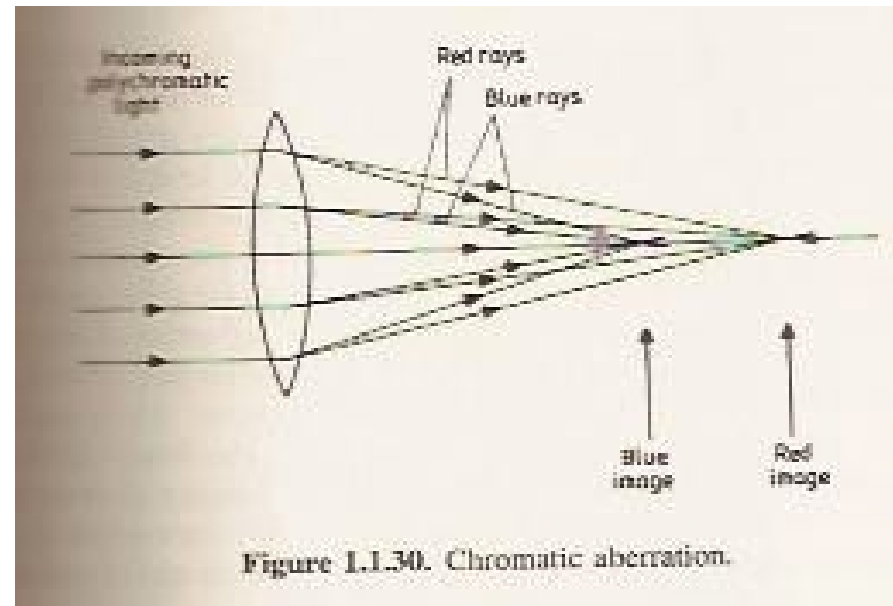
# Tipos de telescópio

Quanto ao movimento:

- Montagem alto-azimutal: movimento se dá em torno de eixo horizontal e eixo vertical.
- Montagem equatorial: movimento se dá em torno de eixo polar e eixo equatorial
- Exemplos: os dois telescópios anteriores.

# Aberração cromática

- Ocorre com lentes apenas.
- O índice de refração varia com o comprimento de onda  $\lambda$  da luz.
- O foco se forma mais perto da objetiva para  $\lambda$  menor.



# Constringência ( $\nu$ )

- Quantifica o efeito da aberração cromática:
  - Sílex leve:  $\nu = 41,1$
  - Sílex denso:  $\nu = 32,5$
  - Vidro “crown”:  $\nu = 57,4$

Fórmula da constringência:

$$\nu = \frac{\mu_{589} - 1}{\mu_{486} - \mu_{656}},$$

onde  $\mu_\lambda$  é o coeficiente de refração do material que compõe a lente para um dado comprimento de onda  $\lambda$ , expresso em nm ( $= 10^{-9}m$ ).

$$\mu_\lambda = c/v_{luz,\lambda},$$

onde  $v_{luz,\lambda}$  é a velocidade da luz no material em questão .



# Dependência da aberração cromática com parâmetros da lente objetiva

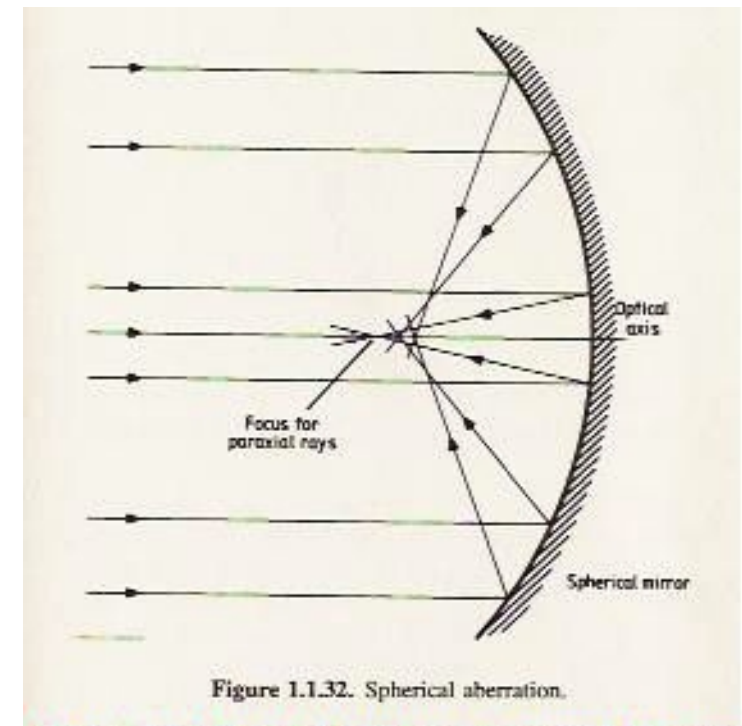
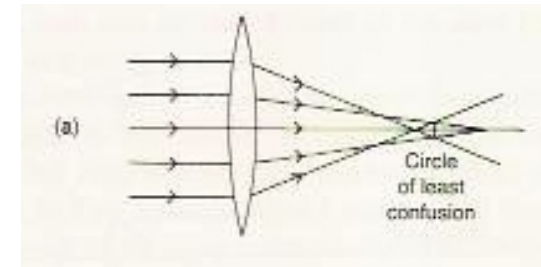
Dependência da constringência com parâmetros da lente objetiva:

$$\nu \propto \frac{F}{D^2},$$

onde  $D$  é o diâmetro da objetiva e  $F$  é a sua distância focal. Objetivas com  $D > 25cm$  sofrem fortemente com a aberração cromática.

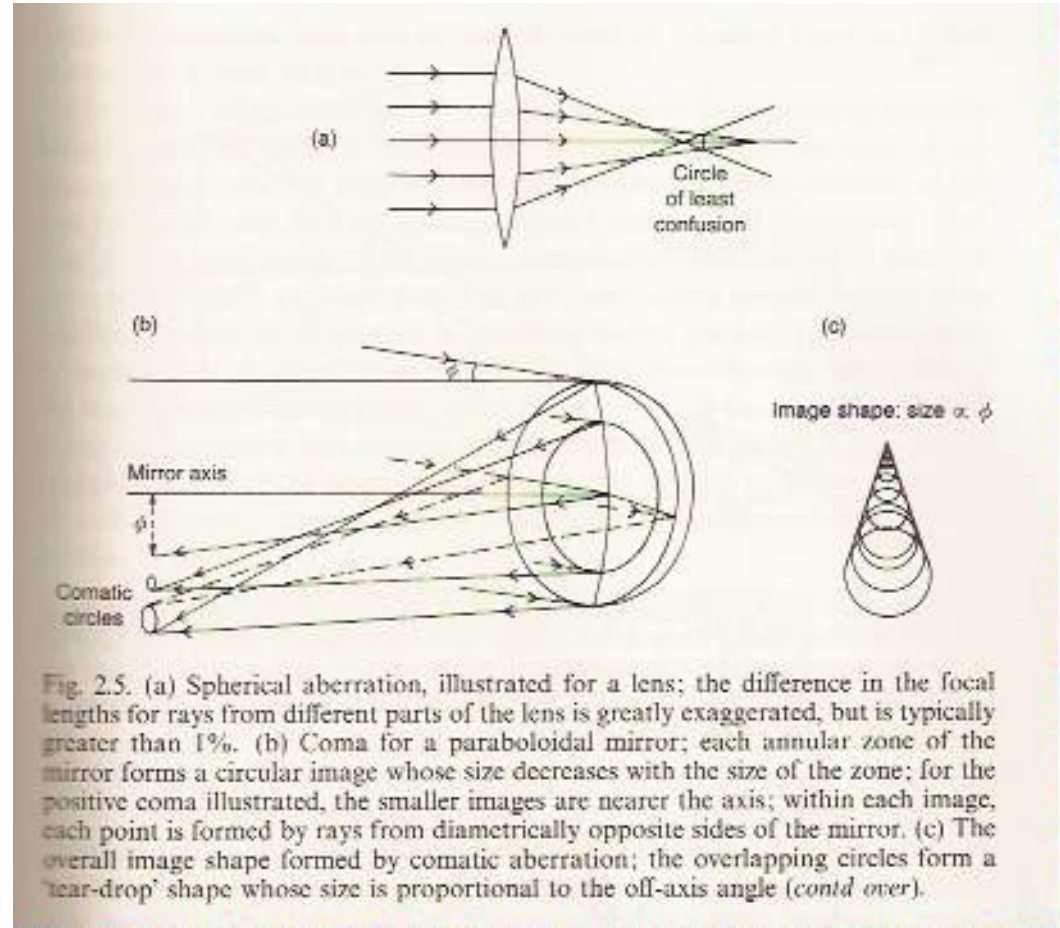
# Aberração esférica

- Para superfícies coletoras com simetria esférica, foco se forma antes para feixes que incidem nas bordas da mesma.
- Pode ser corrigida com superfícies parabólicas ou hiperbólicas.

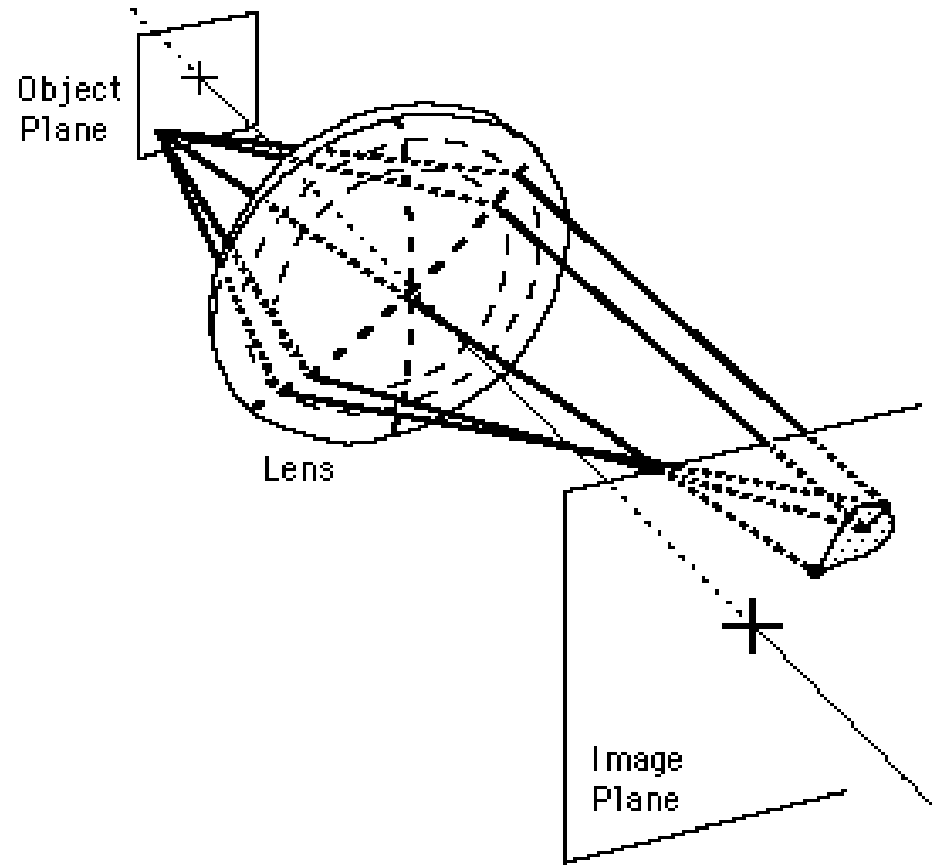


# Coma

- Ocorre somente com superfícies não esféricas.
- Efeito que se amplia com a distância da imagem ao eixo focal.
- Efeito inversamente proporcional ao quadrado da razão focal:  $(F/D)^{-2}$



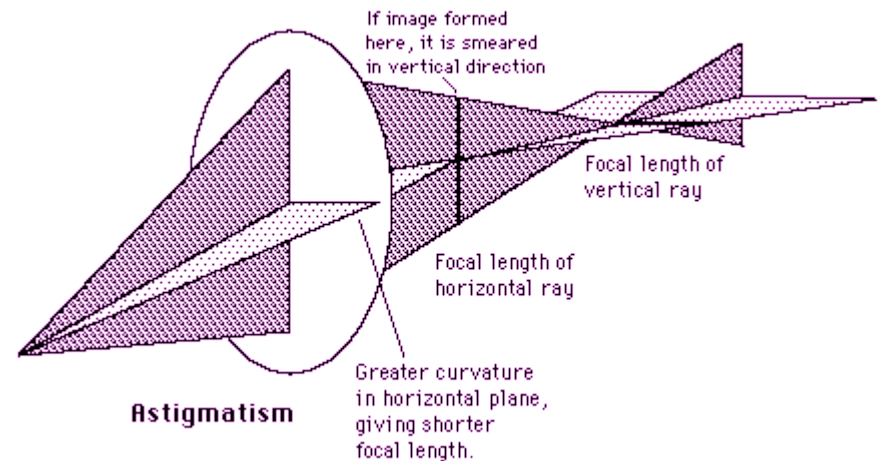
# Coma - cont.



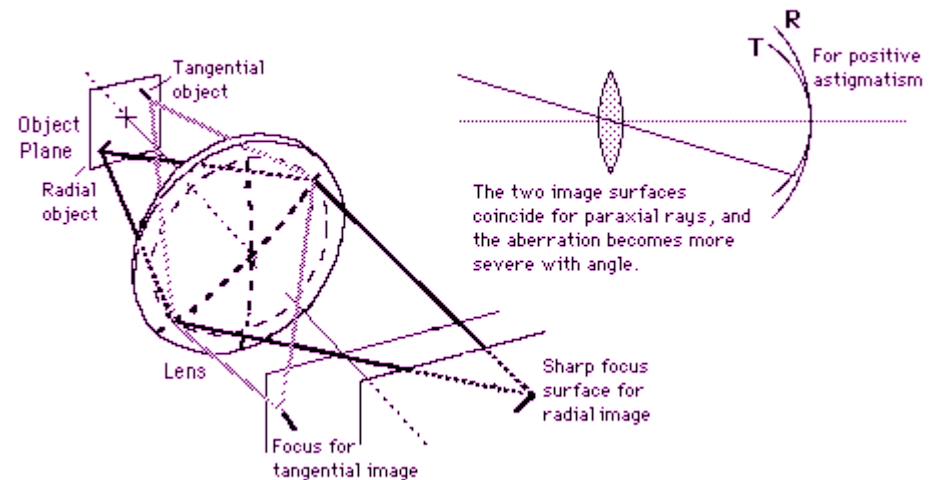
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/geoopt/>

# Outras aberrações - Astigmatismo

Variação na curvatura da lente para diferentes planos

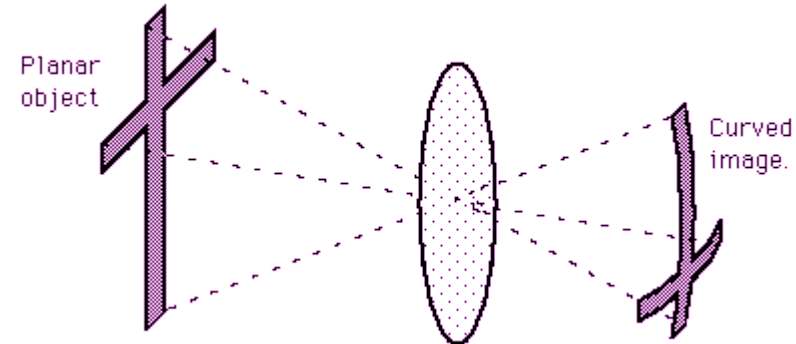


Astigmatismo oblíquo: distância focal diferente para objetos radiais e transversais



# Curvatura da imagem

- Objeto planar forma imagem curva.



## Distorção

Efeito da geometria da lente

## Vinhetamento

Iluminação menos eficiente nas bordas do campo imageado

# Refratores

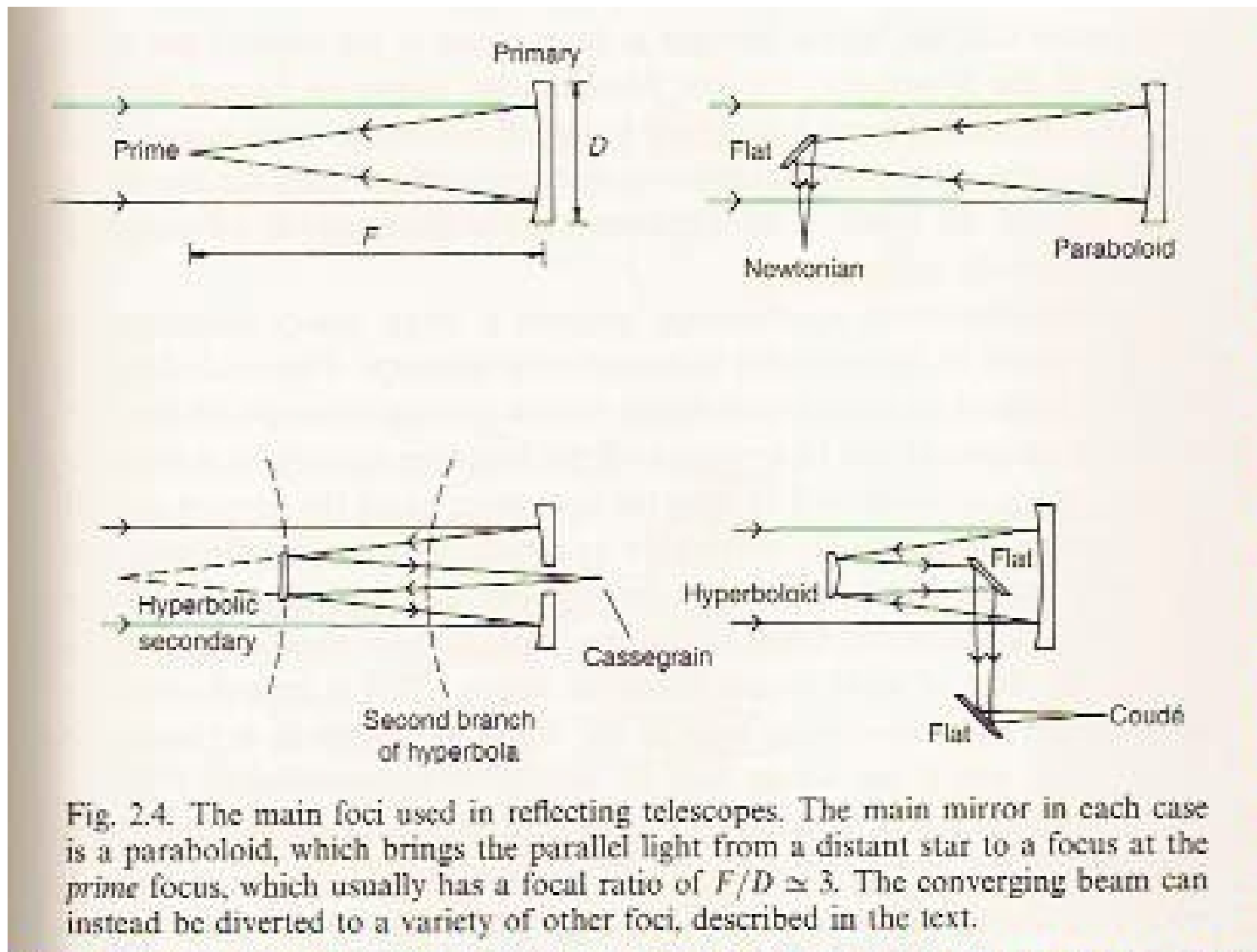
- Primeiros telescópios de uso astronômico
- ★ Sofrem de aberração cromática:
  - ★ efeito pode ser reduzido combinando lentes de diferentes distâncias focais e materiais
  - ★ muito difícil corrigir para aberturas maiores do que 30cm
- telescópios com  $D > 1\text{m}$  são impraticáveis, pois requerem longos tubos e sofrem de aberração.

# Refletores

- espelhos esféricos sofrem com aberração esférica.
- espelhos não esféricos sofrem com efeito de coma.
- reflexões múltiplas permitem desenhos compactos.

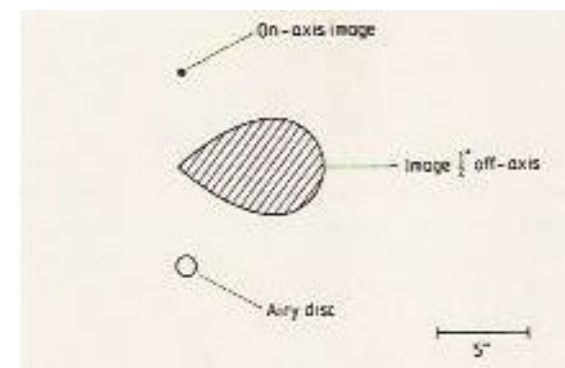
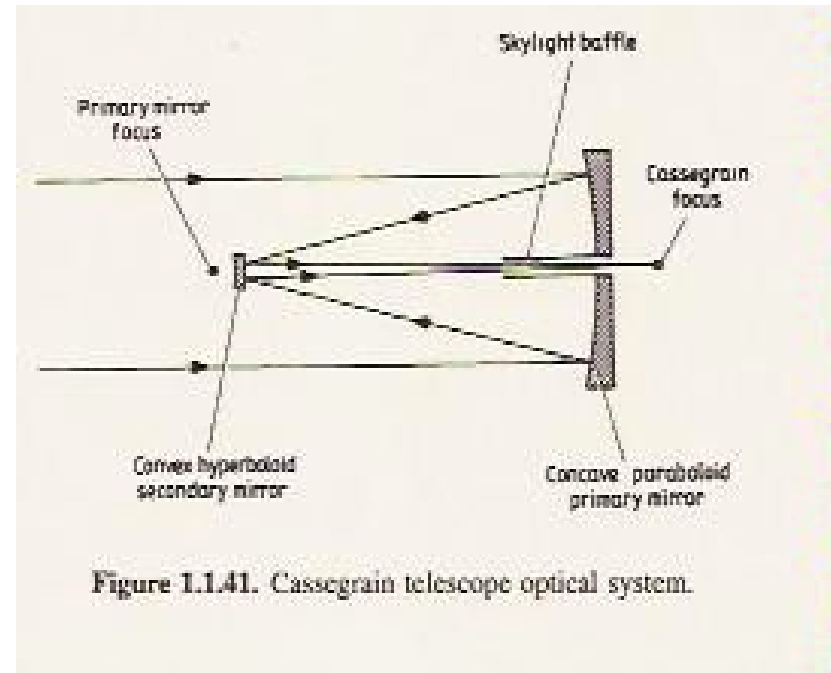


# refletores: tipo tradicionais de foco



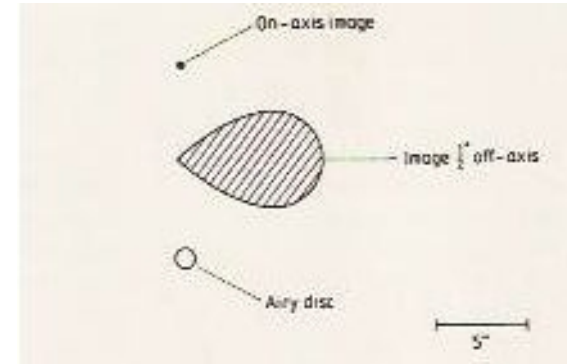
# Foco Cassegrain

- Primário parabólico: sem aberração esférica, mas com coma.
- Secundário hiperbólico: aumenta  $F/D$ , o que diminui coma.
- Ao lado: coma para um  $f4/f16$  Cassegrain com  $D=0.25\text{m}$ .

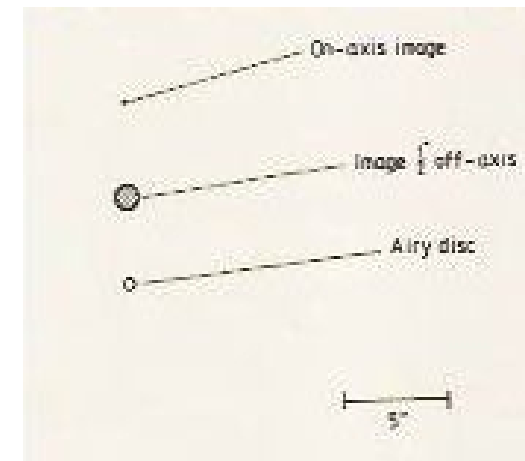


# Richtey-Chrétien

- Primário hiperbólico, assim como o secundário.
- Aberrações fortemente reduzidas.
- Ao lado: coma para um Richtey-Chrétien com  $f3/f8$  e  $D=0.5m$



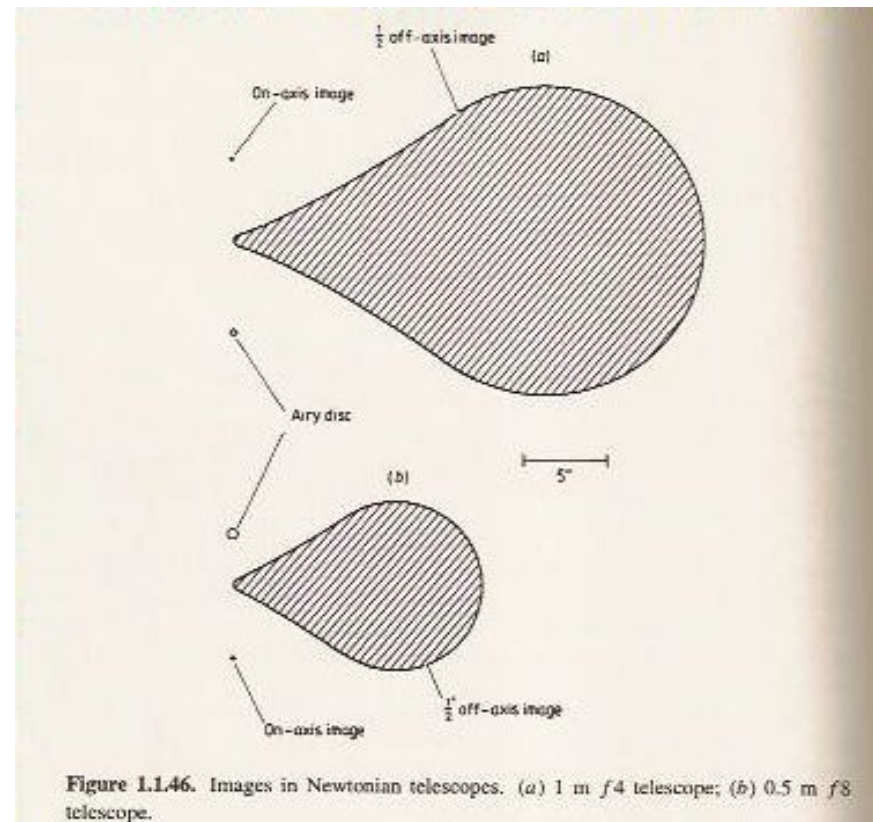
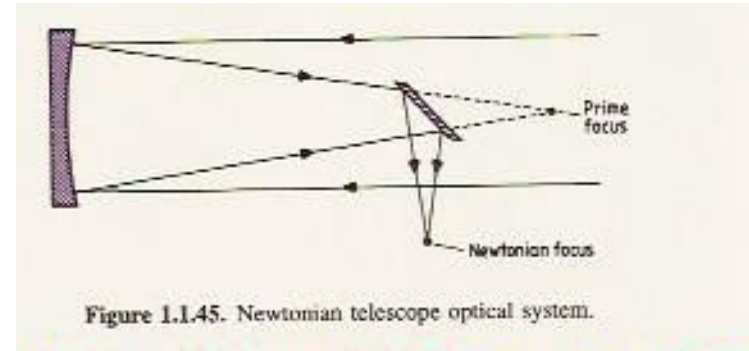
Cassegrain,  $D=0,25m$ ,  $f4/f16$



Richtey-Chrétien,  $D=0,50m$ ,  $f3/f8$

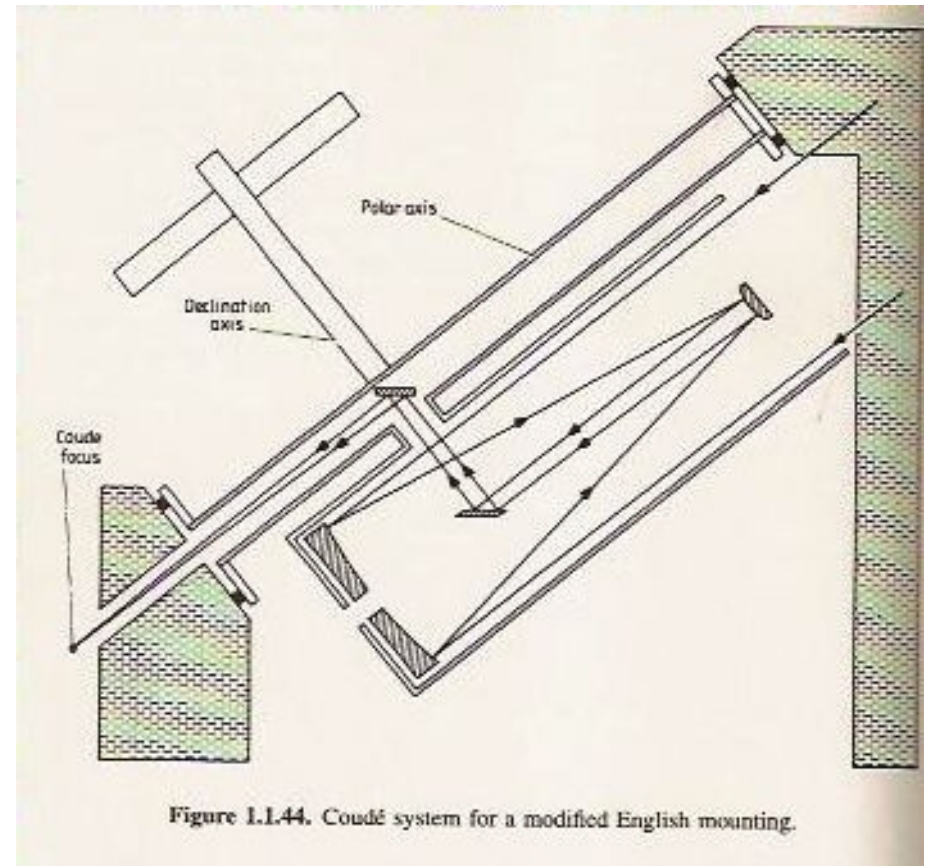
# Foco Newtoniano

- Primário parabólico ou hiperbólico e secundário plano.
- Muito comum em telescópios amadores.
- Pouco usado profissionalmente, pois não apresenta vantagem sobre o Cassegrain.



# Foco Coudé

- Foco longo,  $f25$  a  $f40$ , e fixo no solo.
- Permite uso com detetores pesados.
- Grande escala angular e espectral.
- Campo rotaciona com o movimento do telescópio.
- Perda de luz por múltiplas reflexões.



Feixe transmitido ao longo do eixo polar

# Foco Nasmyth

- Fixo como o foco Coudé, mas aplica-se à montagem alto-azimutal.
- Feixe é transmitido ao longo do eixo de altura.

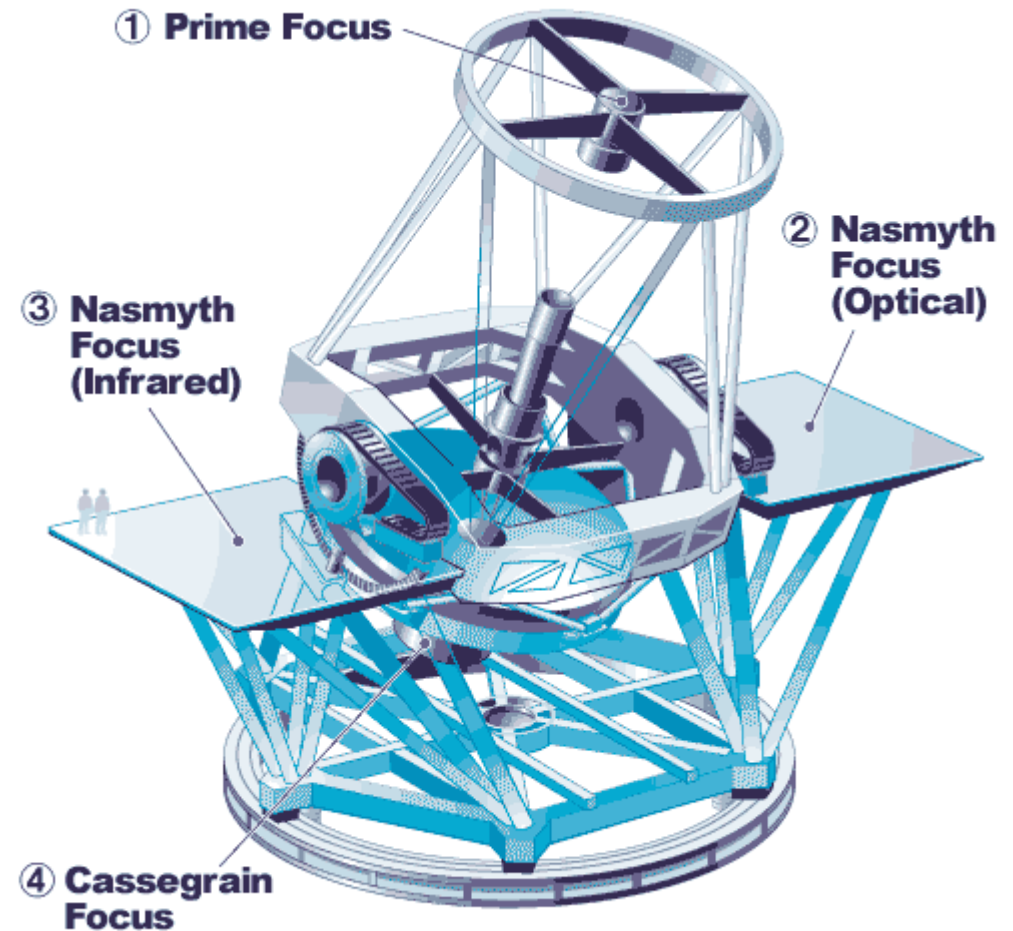
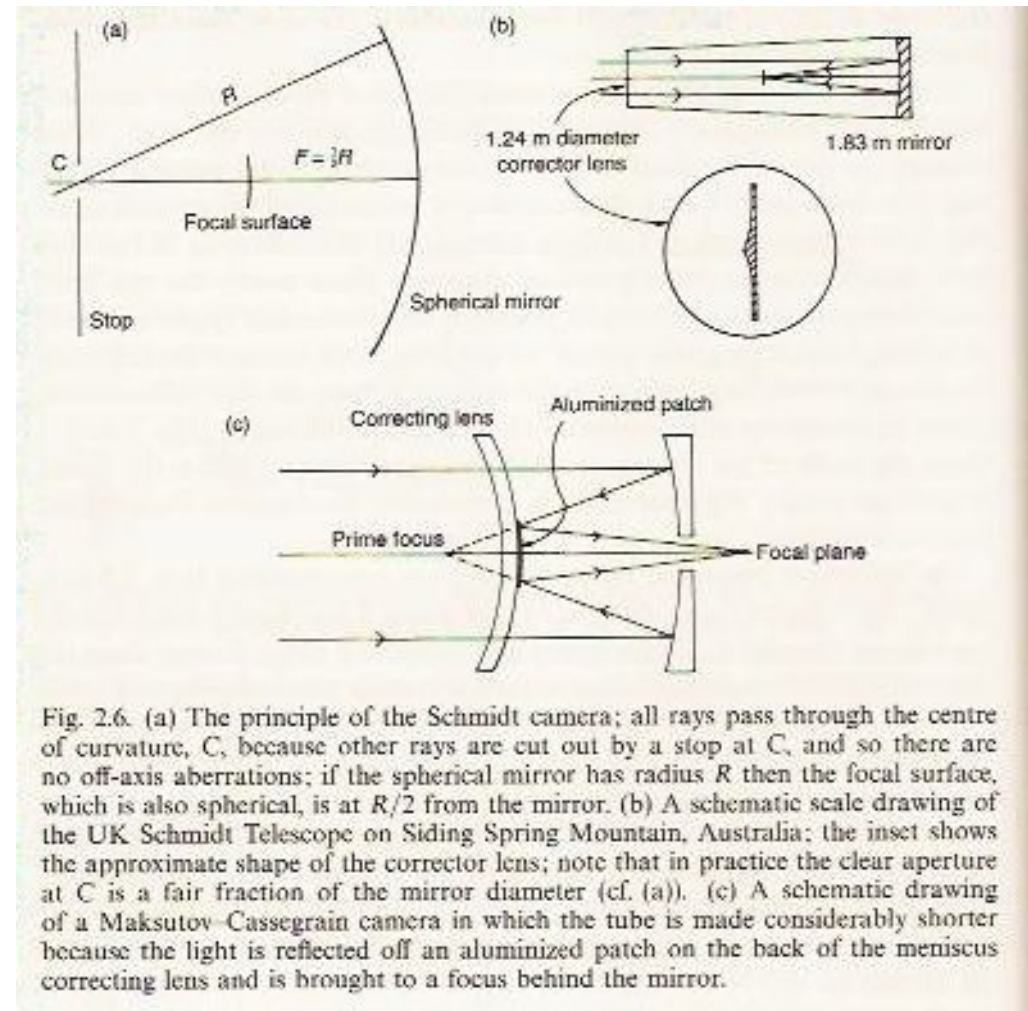


Illustration by Kouetsu Endo, taken from Nikkei Science 1996

# Câmara Schmidt

- Sistema catadióptrico (combina lente e espelho primário).
- Primário esférico com lente corretora.
- Imageamento de grande campo, sem aberrações

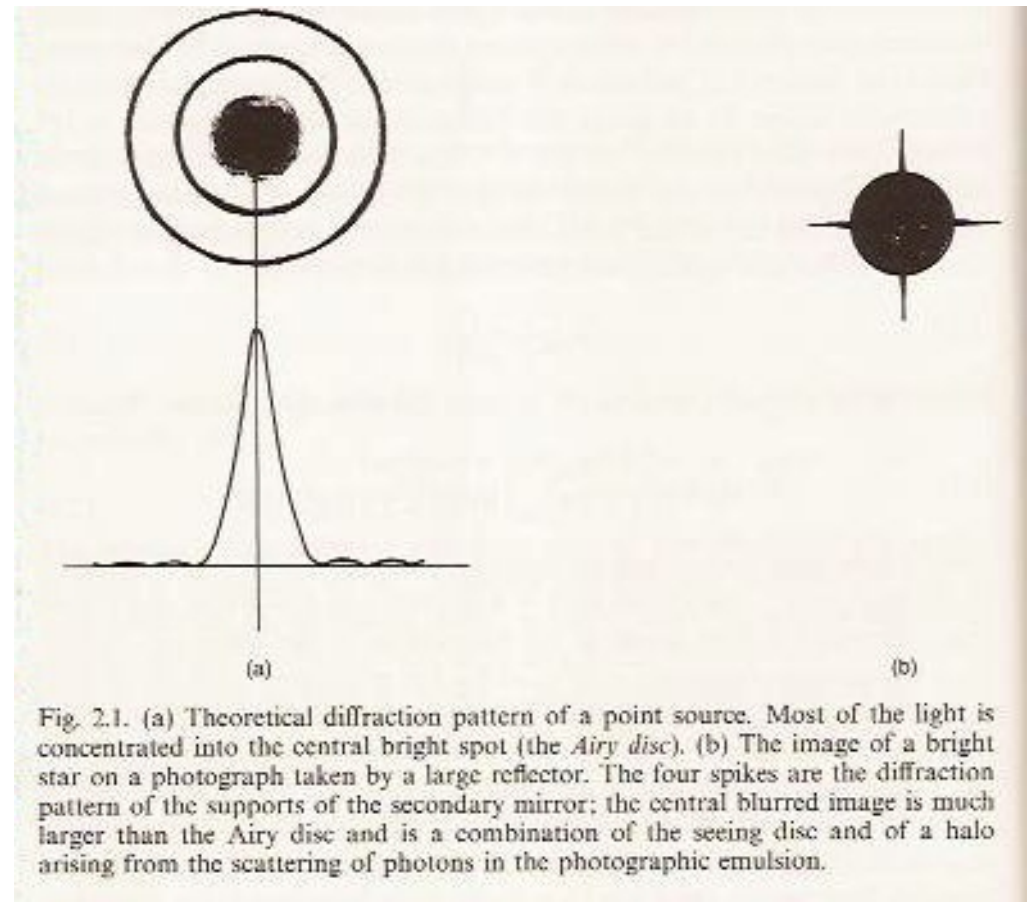
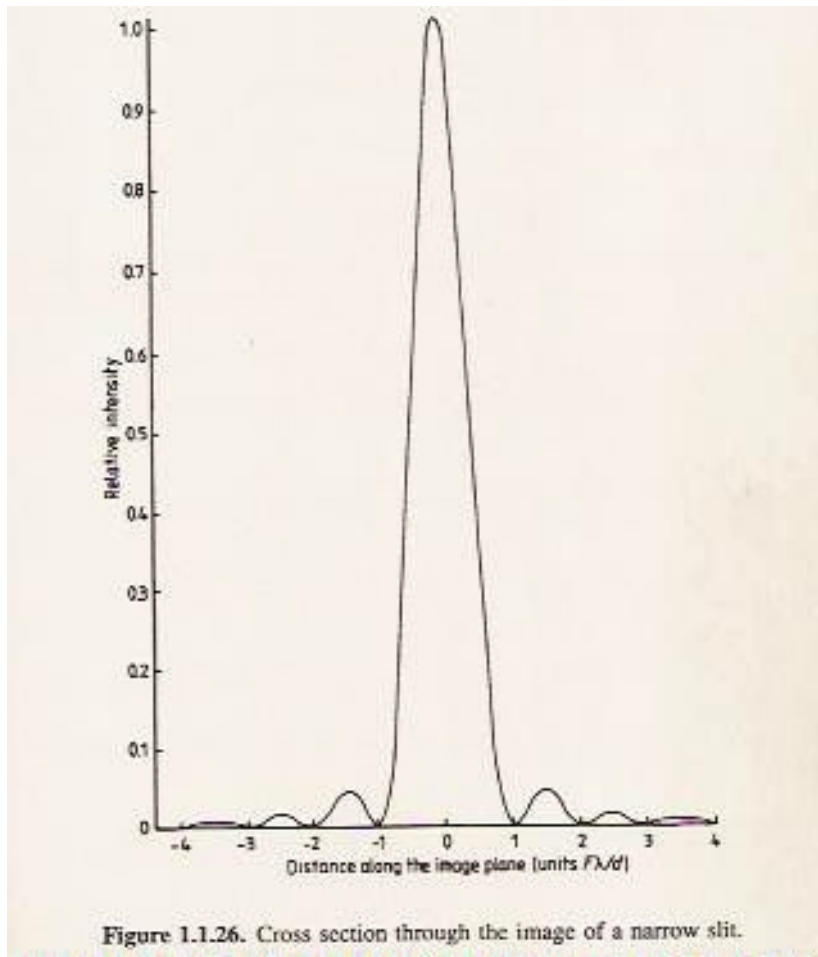


# Limite de resolução

- Quantifica a capacidade de se separar duas fontes pontuais. Expressa-se geralmente como o ângulo mínimo,  $\theta_{\min}$ , entre essas duas fontes no céu para que sejam separadas.
- Limite de resolução teórico: é a resolução mínima para uma abertura  $D$ , definida pelo padrão de difração da luz ao passar por esta abertura:  $\theta_{\min} = 1.22 \lambda/D$



# Padrão de difração por uma abertura D



# Limite de resolução (cont.)

- Quando a resolução de uma imagem é definida pelo padrão de difração, diz-se que a imagem está **limitada por difração**.
- Esse é o caso das imagens a olho nu ou produzidas pela observação ocular com telescópios de  $D < 10\text{cm}$  aproximadamente.
- É também o caso de grande parte das imagens em rádio e de vários telescópios espaciais.

# Limite de resolução (cont.)

- Imagens ópticas obtidas com grandes telescópios baseados em solo não são limitadas por difração.
- Isso porque a turbulência da atmosfera espalha a luz de uma fonte pontual numa escala da ordem de 0.5" a 1.5" nos melhores sítios astronômicos. Isso faz com que  $\theta_{\min} \simeq 1.0''$ , independente de D.

# Limite de detecção

- Ver próximo texto no sítio da disciplina!