

ÓPTICA

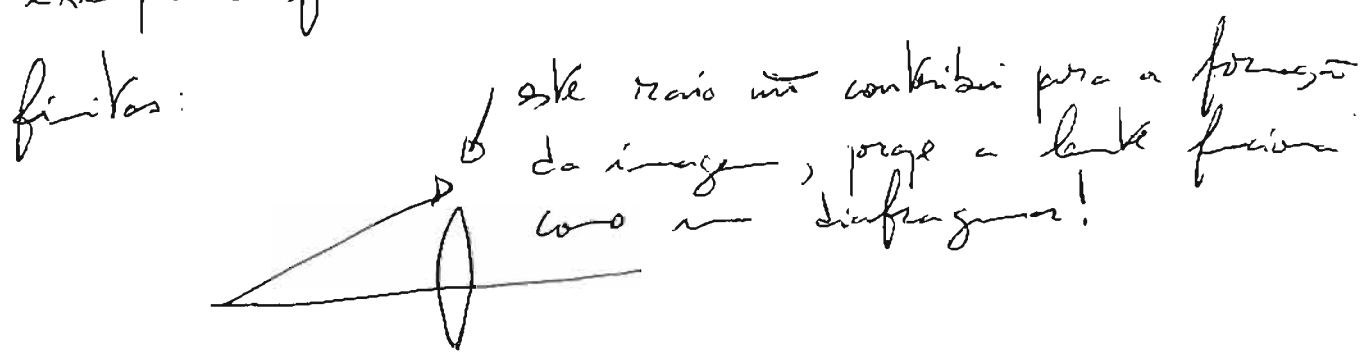
Aula 7

(Óptica Geométrica 2)

→ Diafragmas

Qualquer elemento que determine a quantidade de energia luminosa que contribui para a formação da imagem tem o nome genérico de Diafragma.

Pode ser um diafragma independente, ou por exemplo o facto de uma lente ter dimensões finitas:



Nas máquinas fotográficas os diafragmas são utilizados para controlar a quantidade de luz que chega ao filme, de modo a evitar sobre-exposições, que tornam a imagem denominada "branca".

5.32

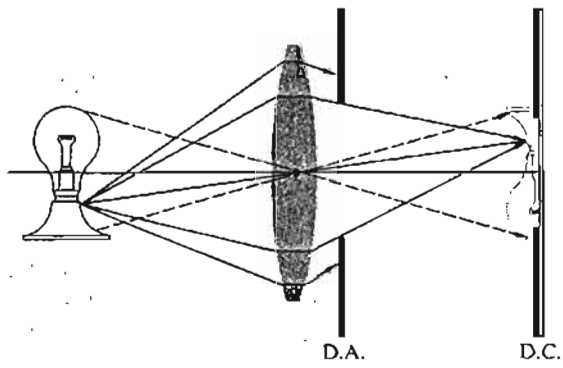


Figura 5.32 Diafragmas de abertura e de campo.

(2)

A existência de um diafragma de abertura não impede que os raios entrem (e se propaguem) no sistema óptico. Impede sim que eles cheguem ao plano da imagem!

Dois conceitos muito úteis qdo se lida com diafragmas de ~~entrada~~ abertura são as Pupilas de entrada e de saída:

A pupila de entrada é simplesmente uma imagem do diafragma de abertura, dada pelos elementos que o precedem.

A pupila de saída é a imagem do diafragma de abertura, dada pelos elementos que se lhe seguem.

5

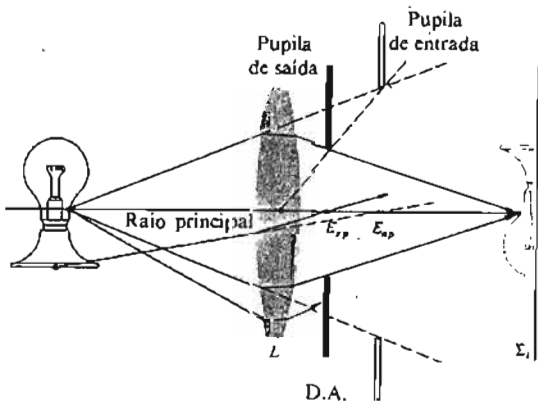


Figura 5.33 Pupilas de entrada e saída.

5.34

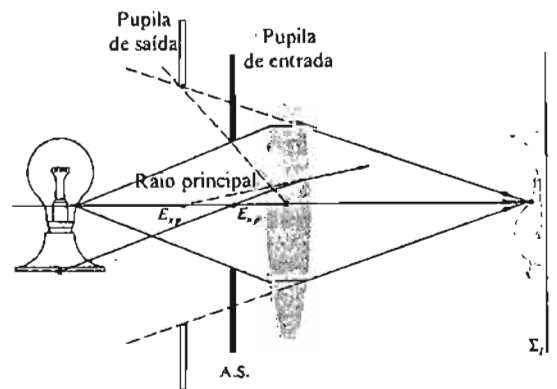


Figura 5.34 Um diafragma de abertura em posição frontal.

A pupila de saída coincide com o diafragma

A pupila de entrada coincide com o diafragma

Nenhum raio exterior aos cones, definidos pelas
 fúlas de entrada e de saída, atinge o plano imagem,
 e reciprocamente, todos os raios interiores contribuem
 para a imagem. ③

Nas figuras estas também marcados os raios principais:

Esses raios são raios de um ponto do objecto (fora do
 eixo) que passa pelo centro da diaphragma de abertura, além
 disso, o raio incide no sistema numa direcção que passa
 pelo centro da pupila de entrada ~~do sistema de aberturas~~, e sai segundo uma
 direcção que passa pelo centro da pupila de saída.

EH.535

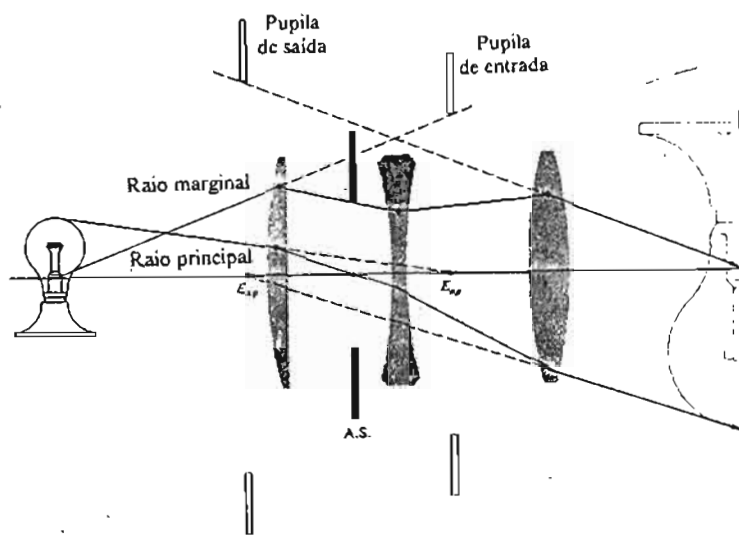
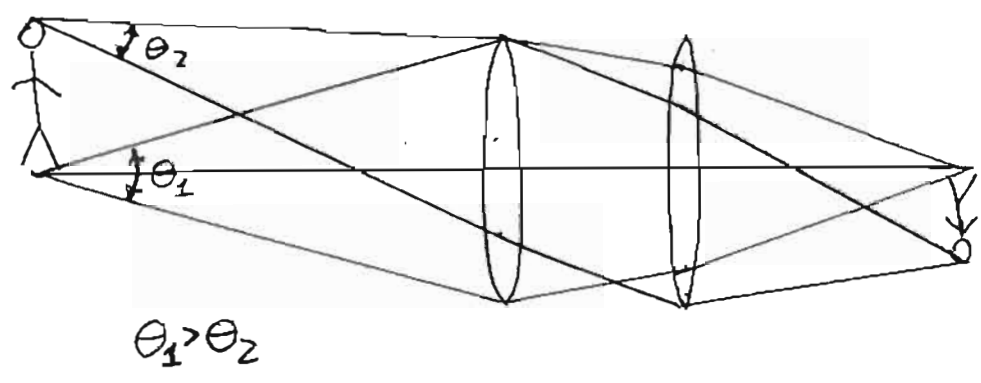


Figura 5.35 Pupilas e diafragmas num sistema de três lentes.

Por outro lado o raio marginal sai de um ponto axial
 e passa no bordo da pupila de entrada

De notar ainda que o cone de raios que chega
 o plano imagem se torna cada vez mais estreito, à medida
 que o ponto objecto se afasta do eixo. O resultado é uma
 redução da irradiância para pontos mais afastados do eixo,
 o que se designa de Vinhetação



Para avaliar de forma quantitativa a importância das
 pupilas na intensidade (irradiância) da imagem, é costume
 definir-se o número f, como:

$$f/\# = \frac{f}{D}$$

em que f é o valor da distância focal e D é a
~~o~~ o diâmetro da pupila de entrada.

(A razão deste parâmetro é que a irradiância é proporcional
 ao inverso da área, (que é proporcional ao quadrado do D).

Por outro lado, as dimensões da imagem são proporcionais a
 f^2 , daí que se faça f/D).

Por exemplo um lente de 25 mm de diâmetro e com 50 mm de distância focal tem um $f/\#$ ⑤

$$f/\# = \frac{50}{25} = 2 = f/2$$

(este parâmetro é muito usado em fotografia).

Quanto menor for o $f/\#$ mais luz pode contribuir para a formação da imagem.

→ Espelhos

Os espelhos têm a vantagem de não sofrerem da absorção do material. Por exemplo um lente de vidro é opaca para o U.V.

Espelhos planos:

Podem ~~ser~~ ser construídos através do revestimento de uma das faces de um bloco de vidro (e.g.), quer na face frontal ou na face posterior (espelhos mais comuns lá em casa, porque assim a face reflectora está protegida).

Olhando para figura do lado, é fácil concluir que $|s_o| = |s_i|$, ou seja, que o objecto e a imagem se encontram à mesma distância da superfície.

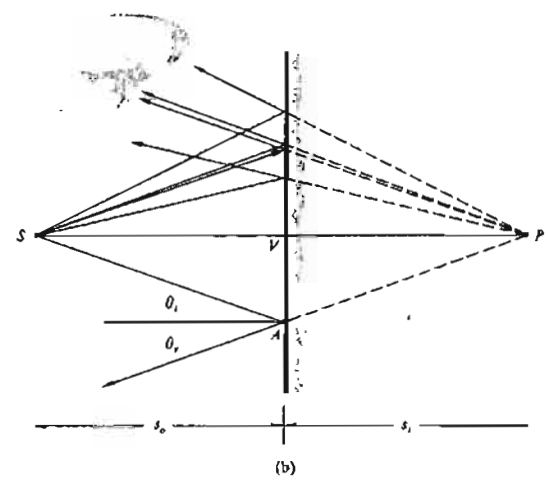
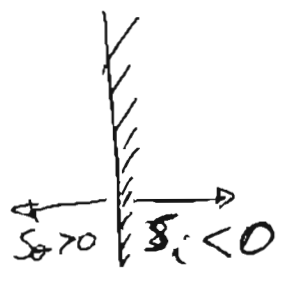


Figura 5.38 Espelho plano. (a) Reflexão de ondas. (b) Reflexão de raios.

Mas agora tem o problema de definir a convergência de sinais que vamos utilizar. É óbvio que a imagem em um espelho plano é virtual, e mantendo a convenção que vimos anteriormente, então $s_i < 0$ se po que a imagem esteja para direita do vértice V. (Para s_o mantém-se a definição anterior:

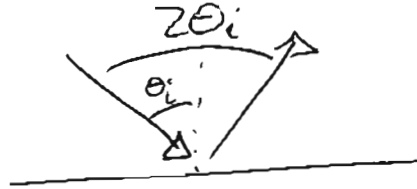


Naturalmente, a imagem de cada ponto de um objecto extenso (que está a uma distância s_o) forma-se à mesma distância, mas do lado oposto do espelho. A imagem é construída Ponto - a - ponto (ao contrário das lentes e

para diferentes pontos do objecto (com 50 diferentes) ⑦
 vai ter s_i diferentes, ou dito de outro modo para uma
 lente $M_L \neq M_T$.)

Nos espelhos planos verifica-se a inversão da imagem
 (uma no direita "torna-se" esquerda e vice-versa).

De notar que o desvio angular, para um feixe que
 incide segundo um ângulo θ_i , é $2\theta_i$

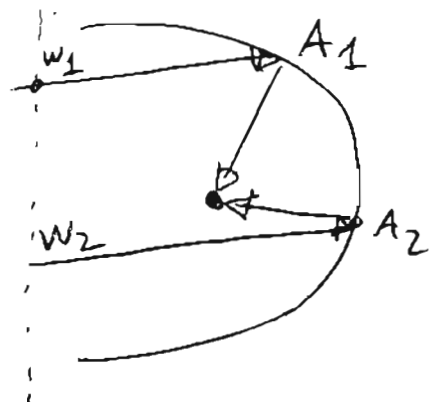


Espelhos esféricos

Para a análise destes espelhos deve ser utilizado
 o Princípio de Fermat: (O ~~mais~~ percurso que a luz
 segue entre dois pontos é tal que o percurso óptico
 seja mínimo).

Por exemplo

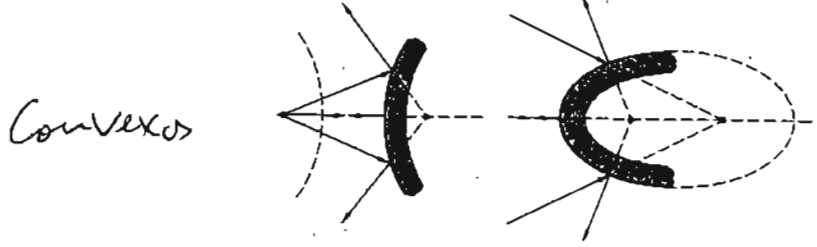
$$\begin{aligned} \overline{PO} &= \overline{W_1 A_1} + \overline{A_1 F} \\ &= \overline{W_2 A_2} + \overline{A_2 F} \end{aligned}$$



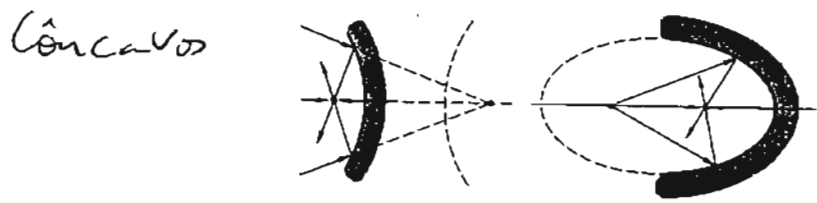
Quando a superfície satisfaz
 esta condição tem o quê?

Temos um parabolóide, com foco F , e que em linguagem do dia-a-dia é chamada "antena parabólica" (8)

~~Naturalmente~~ Naturalmente estes espelhos parabólicos pode ser



(a) Espelho hiperbólico convexo (b) Espelho elíptico convexo



(c) Espelho hiperbólico côncavo (d) Espelho elíptico côncavo

Figura 5.46 Espelhos hiperbólicos e elípticos:

Mas mais interessantes são os espelhos esféricos

→ Espelhos Esféricos

Para já vamos ver o que a aproximação paraxial permite dizer em relação a parabolas e esferas

para uma esfera:

$$y^2 + (x - R)^2 = R^2$$

que pode ser escrita

$$x = R \pm (R^2 - y^2)^{1/2}$$

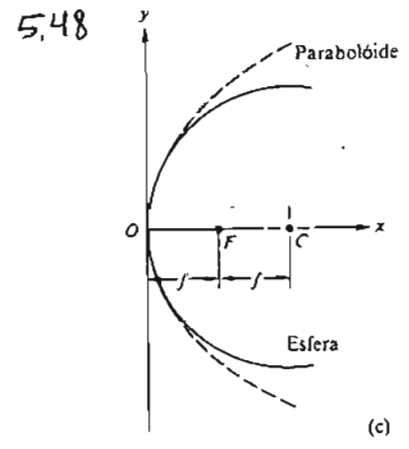


Figura 5.48 Comparação entre um espelho esférico e um espelho paraboloidal.

na região proximal ($y \ll R$) poderemos aproximar:

$$x = \frac{y^2}{2R} + \frac{y^4}{8R^3} + \dots$$

Recordando que para uma parábola

$$y^2 = 4fx$$

Tomando apenas o primeiro termo da expressão de cima:

$$y^2 = 2Rx$$

$$\Rightarrow |2R| = 4f$$

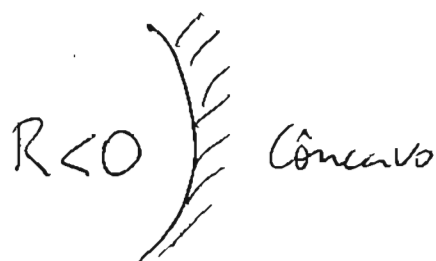
$$|f| = \frac{R}{2}$$

Outra coisa, na região proximal, um espelho esférico é exatamente idêntico a um espelho parabólico, com uma distância focal igual a metade do Raio de curvatura.

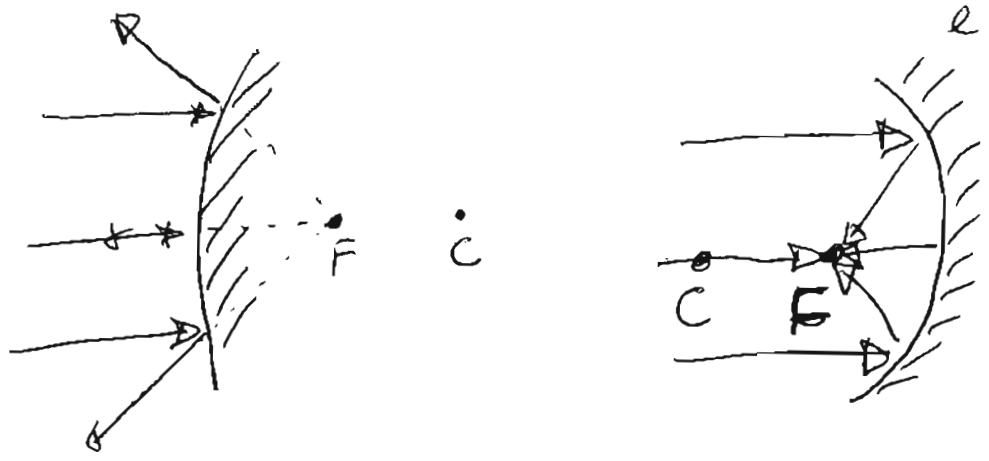
Para podermos continuar a eq. das lentes, devemos

considerar

$$f = -\frac{R}{2}$$



Note-se que f é positivo para espelhos côncavos (e negativo para espelhos convexos) e que isso significa que a imagem se forma para a esquerda do espelho e é real



Para desenharmos o traçado dos raios podemos usar as mesmas regras que antes:

- 1) Se passa no centro óptico não é desviado
- 2) Se "entra" paralelo ao eixo, passa no foco
- 3) Se passa no foco, "sai" paralelo ao eixo

e naturalmente se incide no vértice e reflectido com o mesmo ângulo.

EP 5.51

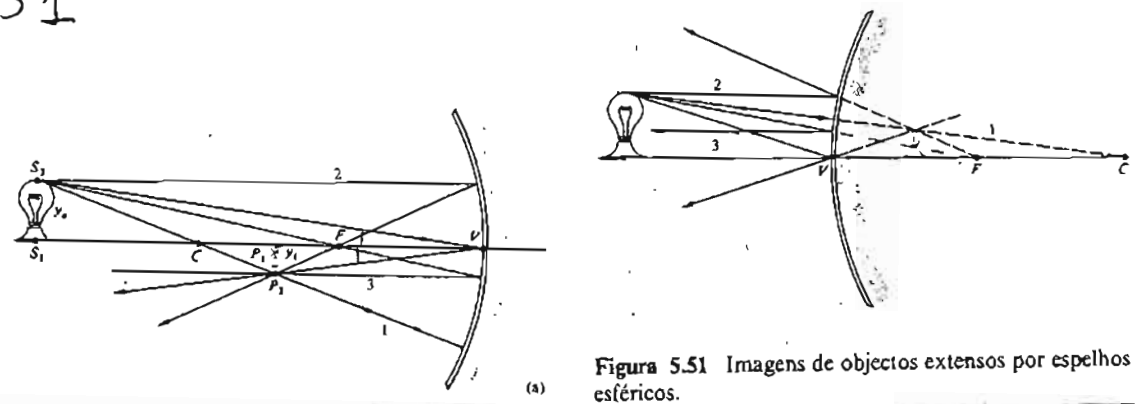


Figura 5.51 Imagens de objectos extensos por espelhos esféricos.

A Ampliação transversal M_T é idêntica à dos lentes:

$$M_T = \frac{y_i}{y_o} = - \frac{s_i}{s_o}$$

A única diferença é que s_i é positivo quando a imagem está à esquerda do vértice.

Tabela 5.4

EH 5.53

Tabela 5.4 Convenção de sinais para espelhos esféricos

GRANDEZA	SINAL	
	+	-
s_o	à esquerda de V, objecto real	à direita de V, objecto virtual
s_i	à esquerda de V, imagem real	à direita de V, imagem virtual
f	espelho côncavo	espelho convexo
R	C à direita de V, convexo	C à esquerda de V, côncavo
y_o	acima do eixo, objecto não invertido	abaixo do eixo, objecto invertido
y_i	acima do eixo, imagem não invertida	abaixo do eixo, imagem invertida

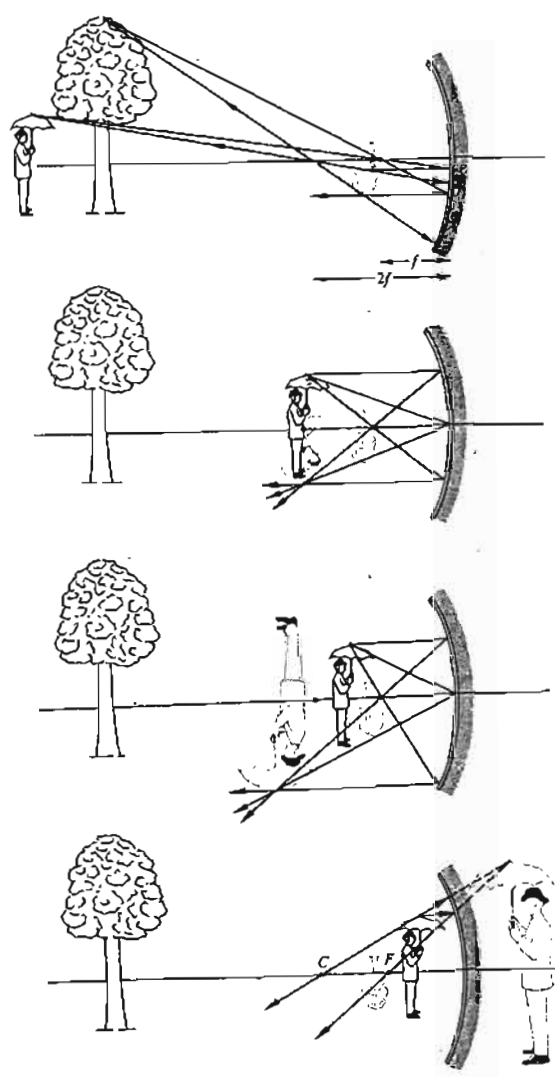


Tabela 5.5 (idêntica à 5.3)

Tabela 5.5 Imagens de objectos reais formadas por espelhos esféricos

CÔNCAVO				
OBJECTO		IMAGEM		
Localização	Tipo	Localização	Orientação	Tamanho relativo
$\infty > s_o > 2f$	Real	$f < s_i < 2f$	Invertida	Reduzida
$s_o = 2f$	Real	$s_o = 2f$	Invertida	Igual
$f < s_o < 2f$	Real	$\infty > s_i > 2f$	Invertida	Aumentada
$s_o = f$		$\pm \infty$		
$s_o < f$	Virtual	$ s_i > s_o$	Direita	Aumentada

CONVEXO				
OBJECTO		IMAGEM		
Localização	Tipo	Localização	Orientação	Tamanho relativo
Qualquer	Virtual	$ s_i < f $ $s_o > s_i $	Direita	Reduzida

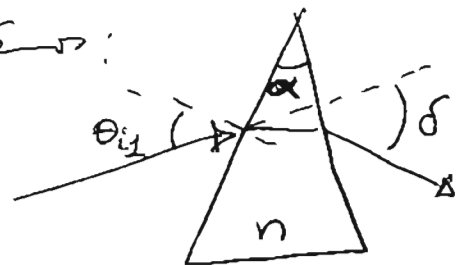
Figura 5.53 Formação de imagens por um espelho esférico côncavo.

→ PRISMAS

Tem inúmeras aplicações. As duas principais são como elementos dispersores (para separarem os diferentes componentes da luz) e para o controle e orientação de imagens.

(Elas podem ser (e.g.) divisores de feixe, polarizadores, ou até interferômetros).

Já vimos no TP que para um prisma com índice de refração n e ângulo α temos:



$$\delta = \theta_{i1} + \arcsin \left[\sin \alpha \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_{i1}} - \sin \theta_{i1} \cos \alpha \right] - \alpha$$

Ou seja $\delta(n)$, e até poder dizer que δ é proporcional a n .

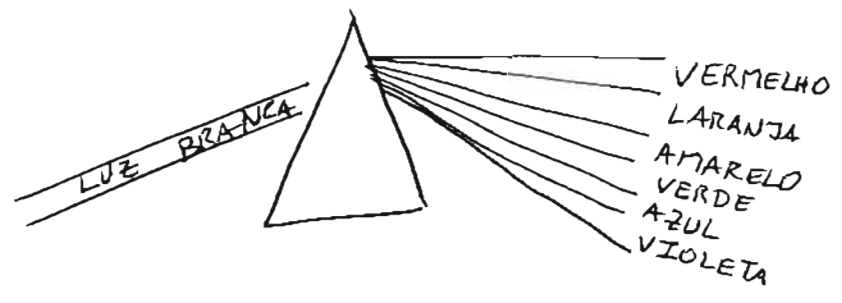
Ora já vimos que n é função de ω , ou de λ se gostarem mais. E vimos que para dieletricos (como o vidro) $n(\lambda)$ é do tipo



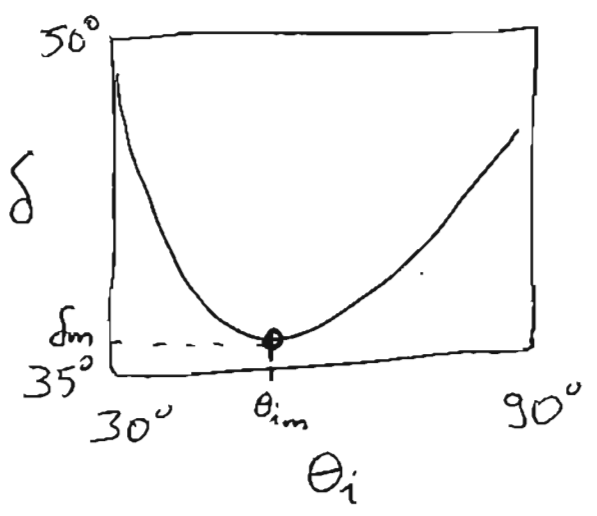
Logo vemos que: δ aumenta com n
 n diminui com λ

Logo δ diminui com λ

ou seja o Vermelho é menos desviado
que o azul



Por outro lado, também podemos ver, para um
dado comprimento de onda λ , qual é a influência
do ângulo de incidência no desvio?
 θ_{i1} δ



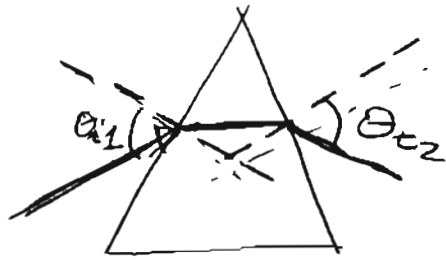
Existe um ângulo de incidência
para o qual o ângulo de desvio
é mínimo δ_m
esse ângulo é obtido fazendo

$$\frac{d\delta}{d\theta_{i1}} = 0$$

Fazendo esses cálculos, obtém-se que o δ (14)

$$\delta = \delta_m \Rightarrow \theta_{i1} = \theta_{t2}, \text{ ou seja, qe o}$$

feixe atravessa o prisma simetricamente, ~~ou seja,~~
ou se quizerem paralelo à base:



Por outro lado, mostra-se que:

$$n = \frac{\text{Sen} \left[\frac{\delta_m + \alpha}{2} \right]}{\text{Sen} \left[\frac{\alpha}{2} \right]}$$

O que permite determinar o índice de refração do prisma, à custa do ângulo do prisma (α) e do ângulo de desvio mínimo.

De referir-se que existem outros tipos de Prismas que permitem fazer medidas mais rigorosas, por exemplo os Prismas de Pellin-Broca e de Abbe, que utilizam 2 refrações e 1 reflexão para gerar um desvio mais elevado do feixe.

Este sistema pode ser calibrado de modo a que o ângulo de rotacion da pirâmida corresponde a um determinado comprimento de onda.

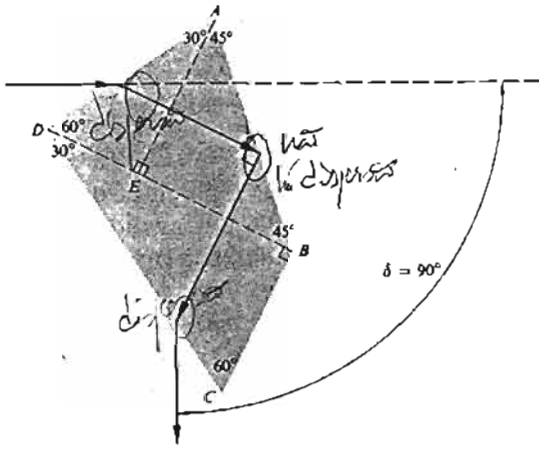


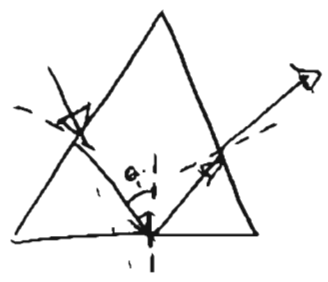
Figura 5.57 Prisma de Pellin-Broca.

(Rodando o prisma, o raio que sai a 90° corresponde a 1 determinado comprimento de onda (que é função do ângulo de dispersão)).

Prismas de Reflexão

Utilizam o fenómeno da reflexão interna total com o objectivo de alterar a direcção de propagação.

Para ocorrer reflexão interna total temo que ter $\theta_i > \theta_c$ (Para o vidro $n \approx 1,5 \rightarrow \theta_c = 42^\circ$).

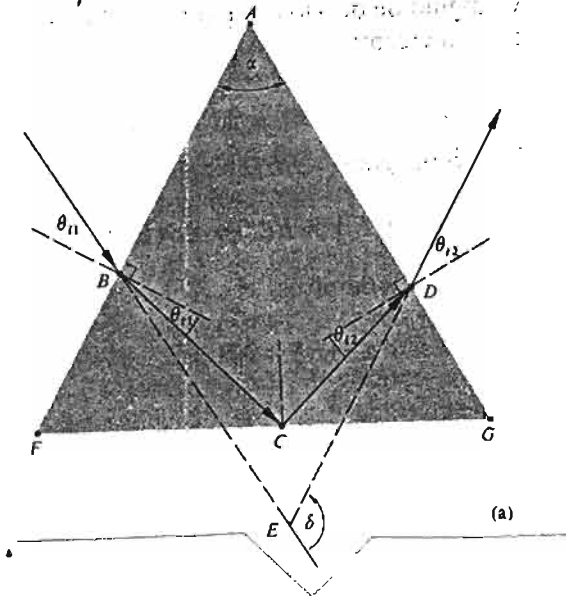


Caso o ângulo de incidência não seja superior ao ângulo de incidência a reflexão não será total. Isto pode ser superado através da utilização de faces espelhadas.

Um facto importante é que o desvio entre os feixes (δ) é dado por

$$\delta = 2\theta_{i1} + \alpha$$

Note-se que δ não depende nem de n nem de λ , ou seja não depende do material do prisma, nem da ~~comprimento~~ frequência ~~refr~~ da radiação.



Por esse último motivo chamam-se Acromáticos

Vejam-se alguns exemplos de prismas "úteis"

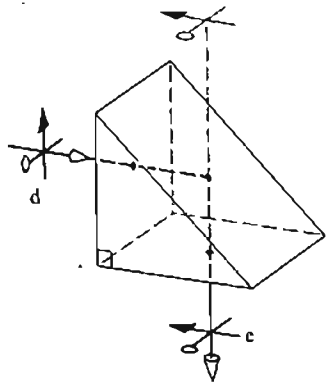


Figura 5.60 Prisma de ângulo recto.

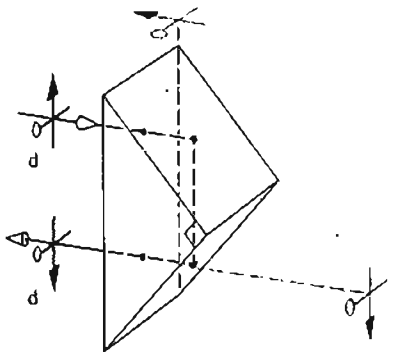


Figura 5.61 Prisma de Porro.

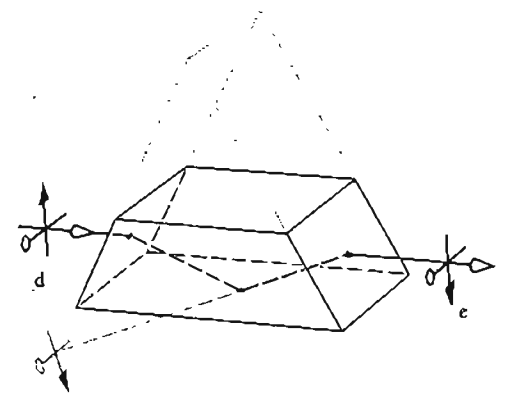


Figura 5.62 Prisma de Dove.

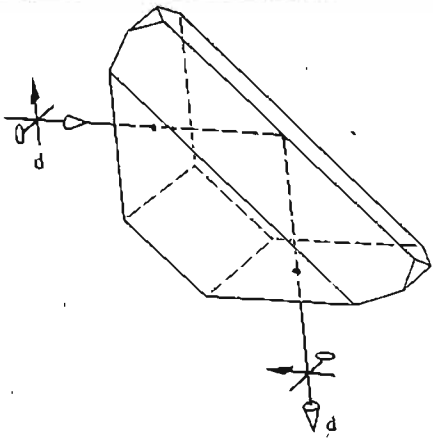


Figura 5.63 Prisma de Amici.

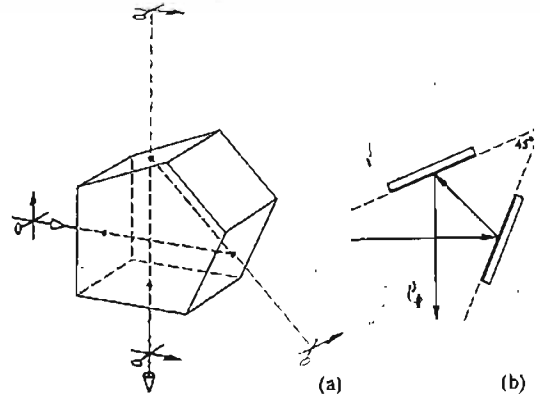


Figura 5.64 O penta prisma e o sistema de espelhos que lhe é equivalente.

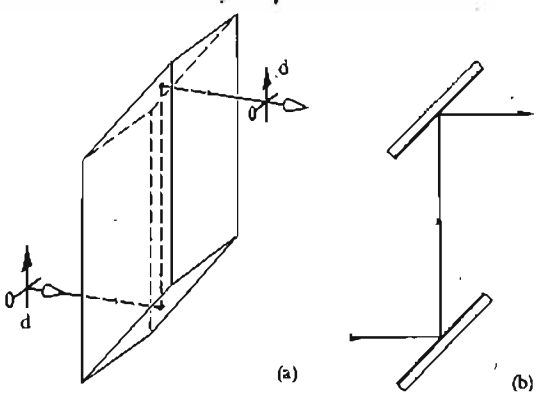


Figura 5.65 O prisma rombóide e o sistema de espelhos que lhe é equivalente.

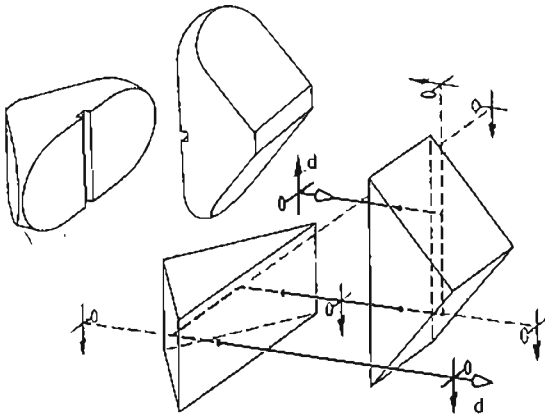


Figura 5.67 Duplo prisma de Porro.

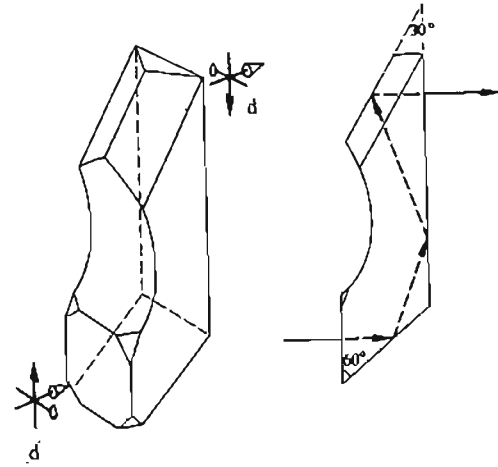


Figura 5.66 Prisma de Leman - Springer.

Além disto ainda temos os "Cantos de Cubo" (corner cube reflectors) que são utilizados nos retro-reflectores, por exemplo nos marcadores laterais das estradas.

→ FIBRAS ÓPTICAS

Uma nota prévia: A realidade é muito mais complexa que a breve descrição que vai ser feita aqui. A natureza ondulatória da luz é muito importante, mas nesta descrição vamos ignorar esse facto, e falar apenas de raios.

EP.5.671

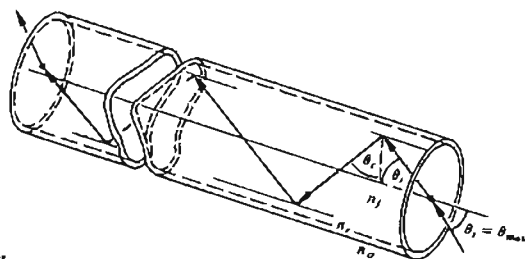
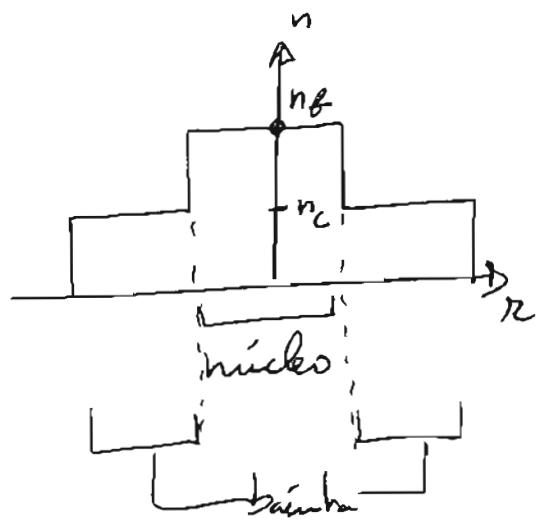


Figura 5.71 Raios luminosos numa fibra óptica revestida.

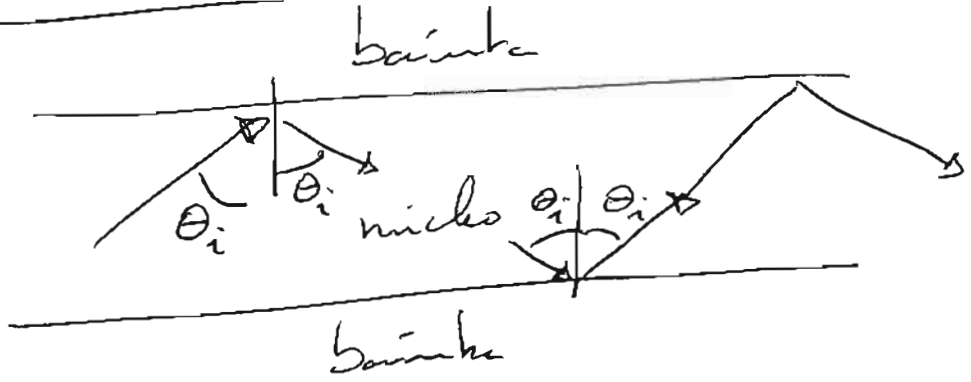
O perfil de índice de refração de uma fibra óptica "normal" é do tipo do representado aqui ao lado.



A casca tem a função de proteger o núcleo, de modo a reduzir as perdas que podem surgir devido a poeiras, umidade, etc.

[na realidade, existe normalmente uma 3ª camada, de plástico, para dar mais resistência mecânica à fibra, mas que não é importante para a condução da luz.]

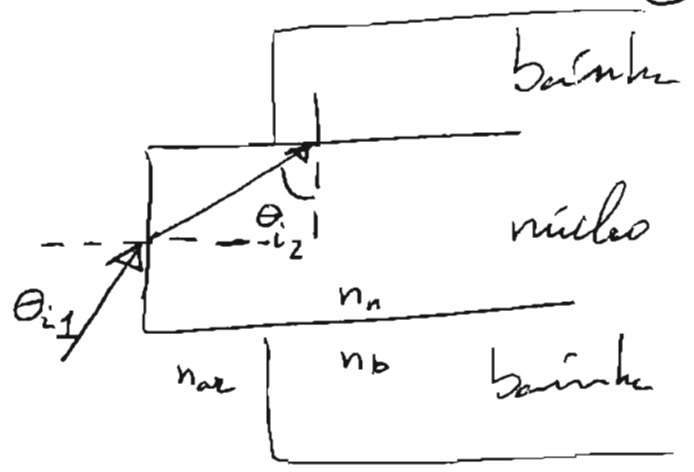
Como é que a fibra "guia" a luz? através de reflexões internas totais



Se $\theta_i > \theta_c$ $\left[\theta_c = \text{arc sen} \left(\frac{n_{\text{casca}}}{n_{\text{núcleo}}} \right) \right]$ a luz

é sempre totalmente refletida.

Mas para isso é preciso que a luz já esteja dentro da fibra. Como é que ela pode entrar?



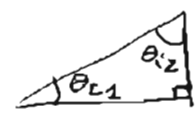
Pode ser injectada pela face. Mas temos que ver qual é a condição para que a luz seja conduzida:

- θ_{i2} tem que ser $\geq \theta_c$

$$\theta_{i2} \geq \theta_c$$

- $\theta_{i2} + \theta_{t1} + 90^\circ = 180^\circ$

$$\theta_{i2} = 90^\circ - \theta_{t1}$$



$$90^\circ - \theta_{t1} \geq \theta_c$$

$$\theta_{t1} \leq 90^\circ - \theta_c$$

- Como sabemos que $n_{ar} \text{ Sen } \theta_{i1} = n_n \text{ Sen } \theta_{t1}$

$$n_{ar} \text{ Sen } \theta_{i1} \leq n_n \text{ Sen } \theta_{t1}$$

$$n_{ar} \text{ Sen } \theta_{i1} \leq n_n \text{ Sen } [90^\circ - \theta_c]$$

$$\text{Sen } \theta_{i1} \leq \frac{n_n}{n_{ar}} \text{ Cos } \theta_c$$

$$\text{Sen } \theta_{i1} \leq \frac{n_n}{n_{ar}} \sqrt{1 - \text{Sen}^2 \theta_c}$$

Ora $\text{Sen } \theta_c = \frac{n_b}{n_n}$

$$\text{Sen } \theta_{i1} \leq \frac{n_n}{n_{ar}} \sqrt{1 - \left(\frac{n_b}{n_n}\right)^2}$$

$$\text{Sen } \theta_{i1} \leq \frac{1}{n_{ar}} \sqrt{n_n^2 - n_b^2}$$

Para luz entrar e ser guiada na fibra, é necessário que o ângulo de incidência na face lateral seja menor que este valor.

Normalmente define-se a abertura numérica como sendo

$$n_{ar} \cdot \text{Sen } \theta_{i1} = N.A. \quad (\text{numerical aperture})$$

Portanto

$N.A. = \sqrt{n_n^2 - n_b^2}$

[Na realidade a condição $\theta_{i1} \leq \frac{NA}{n_{ar}}$ ou $\left[\frac{NA}{n_{ar}}\right]$ é uma condição necessária, mas não suficiente].

Mas para qê meter luz numa fibra?

Existem 2 aplicações principais: A transmissão de dados ou a transmissão de imagens.

Para a transmissão de imagens usam-se Endoscópios, que são conjuntos de fibras, sendo qe ~~estas~~ elas podem ser utilizados para transmitir imagens do interior do corpo humano, ou de outros lugares recônditos.

Para a transmissão de dados utilizam-se fibras com diâmetros da ordem dos 10µm (diâmetro do núcleo), tirando vantagem das perdas extremamente baixas do vidro (nos fios não há perdas (RIT), por isso as perdas são devidas apenas à absorção do vidro).

Com os processos de fabricação atuais as perdas são da ordem dos 0,2 dB/km (@ λ = 1,5µm), o que é pouco superior ao limite teórico devido à absorção do vidro.

[Como as perdas são tão baixas usa-se na escala logarítmica:

$$\text{atenuação [dB]} = 10 \log_{10} \left[\frac{P_{\text{entrada}}}{P_{\text{saida}}} \right]$$

0,2 dB/km significa qe à saída [ao fim de 1 km] temos cerca de 4% de perdas, o que é muito pouco].

A principal dificuldade associada à transmissão em fibras ópticas é a Dispersão. (22)

Como já vimos para um prisma, a dispersão resulta de diferentes λ terem diferentes n (ou seja diferentes velocidades).

Temos ver, quando falamos na óptica de Fourier, que para termos 1 impulso, temos que ter várias frequências. Se cada uma delas se propaga na fibra com velocidade diferentes, então à saída os impulsos vão estar distorcidos, podendo mesmo ser "ilegíveis".

Ex. 5.76

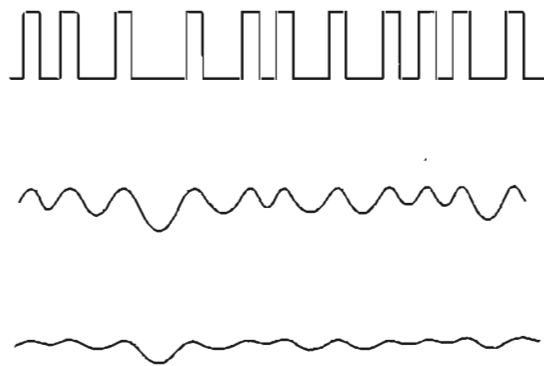
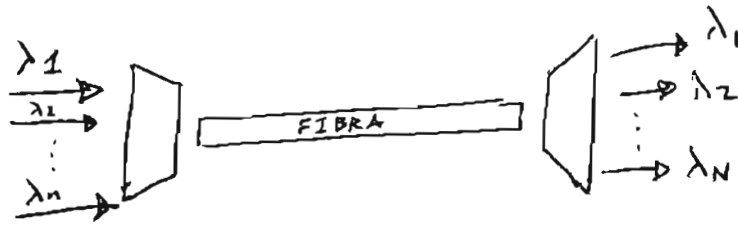


Figura 5.76 Impulsos retangulares de luz esbatem-se em virtude da dispersão crescente. Note-se como os impulsos mais próximos se degradam mais rapidamente.

Ainda assim, é possível hoje ~~ter~~ instalar sistemas de transmissão com velocidades da ordem dos 40 Gbit/s, por canal. [Em laboratório já se trabalha a 160 Gb/s e até mais].

"Por canal" deve-se entender cada λ utilizado. (23)
 Como sinais com frequências diferentes não interferem significativamente, podem-se enviar vários canais (vários λ) na mesma fibra.



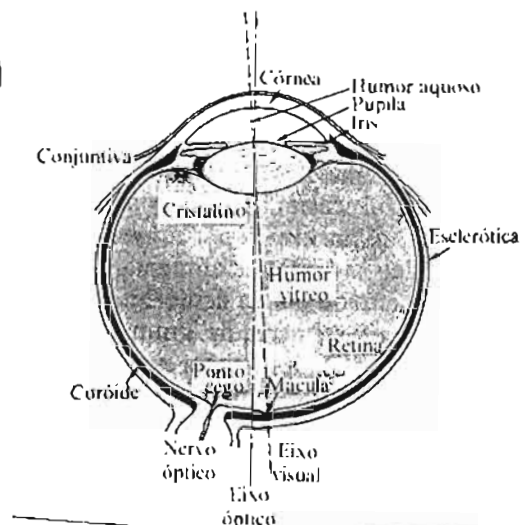
O último "recorde" que eu me lembro de ver publicado já foi a uns 4 anos (de certeza que já foi ultrapassado) e era de 80 canais a 40 Gb/s cada, numa distância de 6400 Km, numa única fibra.

São perto 3200 Gb/s (em cada direção) o que permite transmitir um DVD (4,7 Gb) em cerca de 1,5 ms!

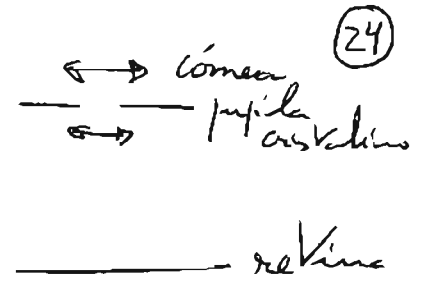
→ OUTROS SISTEMAS ÓPTICOS

→ OLHO HUMANO 5.79

É composto essencialmente por duas lentes: córnea e cristalino, com uma pupila.



A imagem é projetada na retina, sendo "recollida" por dois tipos de células os cones e os bastonetes.



A pupila varia o seu diâmetro, de modo a controlar a quantidade de luz que entra no olho. Por outro lado o cristalino está "preso" por músculos que fazem a lente alterar a sua distância focal. EH 5.82

É deste modo que o olho se adapta para "focar" objectos próximos ou longínquos.

Quando o olho perde essa capacidade ... tem-se que usar óculos.

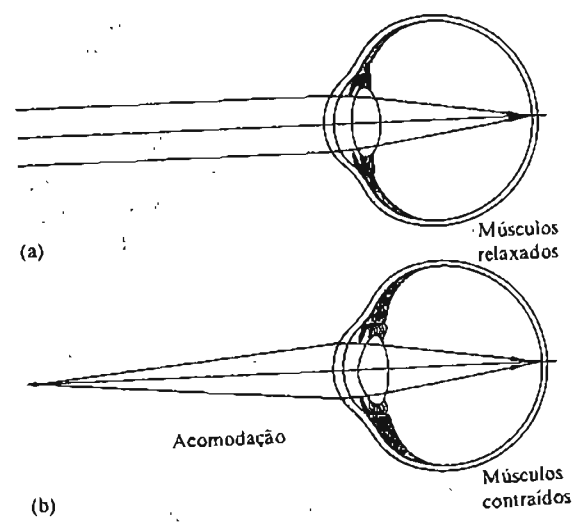


Figura 5.82 Acomodação — alteração da forma do cristalino.

Para medir a "potência" das lentes dos óculos usa-se as Dioptrias:

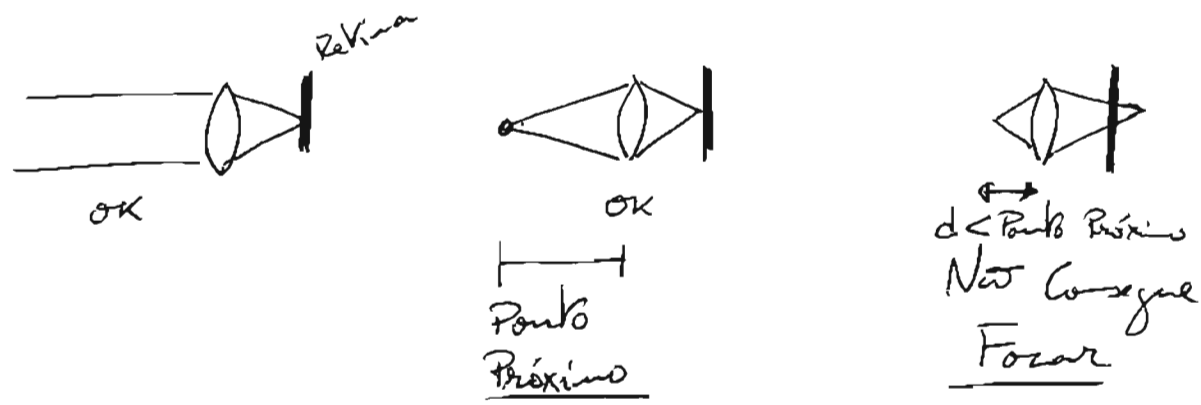
$$D = m^{-1}$$

$$D = \frac{1}{f}$$

Já isso se faz por duas lentes delgadas coladas $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$

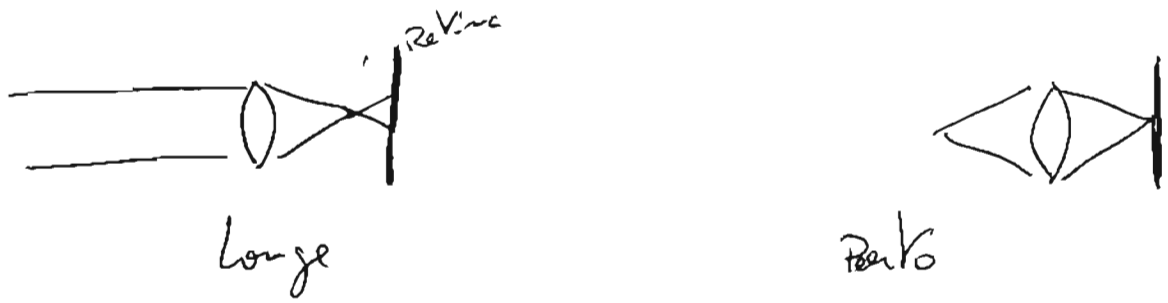
$$D = D_1 + D_2$$

De referir que mesmo num olho "normal" existe uma distancia a partir da qual ~~é~~ não é possível o olho conseguir focar a imagem: o Ponto Proximo



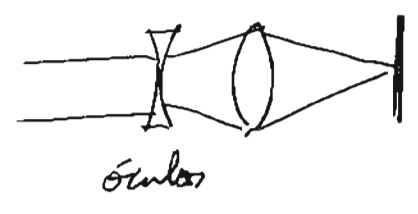
Para um adulto essa distancia é entre os 28 e os 40cm (não conseguimos ver o objecto focado qdo ele está a uma distancia menor qe esta).

Quando um olho é miope isso significa qe o cristalino perdeu a capacidade de se adaptar para objectos qe estão demasiado afuorados. Nesse caso a imagem foca-se demasiado perto da lente, ou seja à frente da retina



Miopia

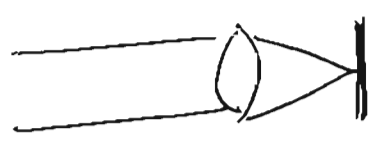
Para compensar a miopia usa-se lente divergente



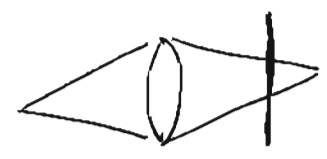
óculos

(Para pontos próximos o olho, mesmo com a lente, ainda é capaz de obter uma imagem formada.)

Para a Hipermetropia o problema é o oposto



longe



Perto

Hipermetropia

Para compensar usa-se lente ~~divergente~~ convergente



óculos

(Para pontos afastados o olho ainda compensa a lente).

Finalmente o 3º tipo do defeito do olho que vamos estudar é o Astigmatismo e que corresponde à situação de olho ver distâncias focais diferentes, segundo direções diferentes.

[imagem que na vertical a distância focal é x e na horizontal a distância focal é y]

Para corrigir o astigmatismo usam-se lentes cilíndricas (em vez de lentes esféricas).

Normalmente as lentes utilizadas nos óculos podem ser feitas de modo a corrigir 2 (ou até os 3) defeitos em simultâneo

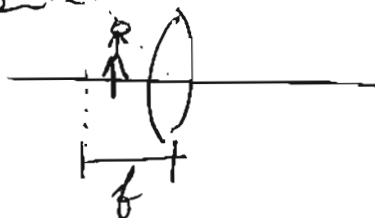
{ Miopia
ou
Hipermetropia } + Astigmatismo

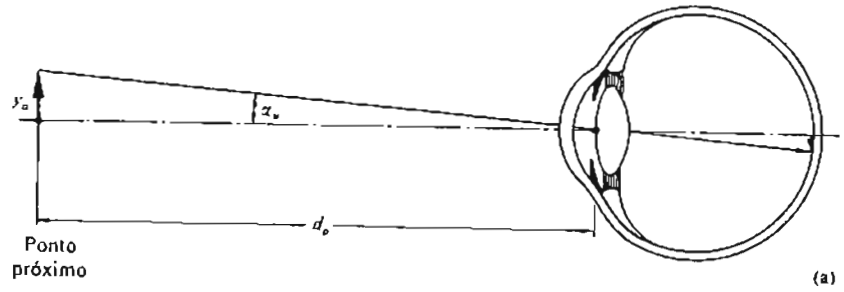
As lentes Bi-focais permitem resolver os 3 problemas.

→ LUPAS

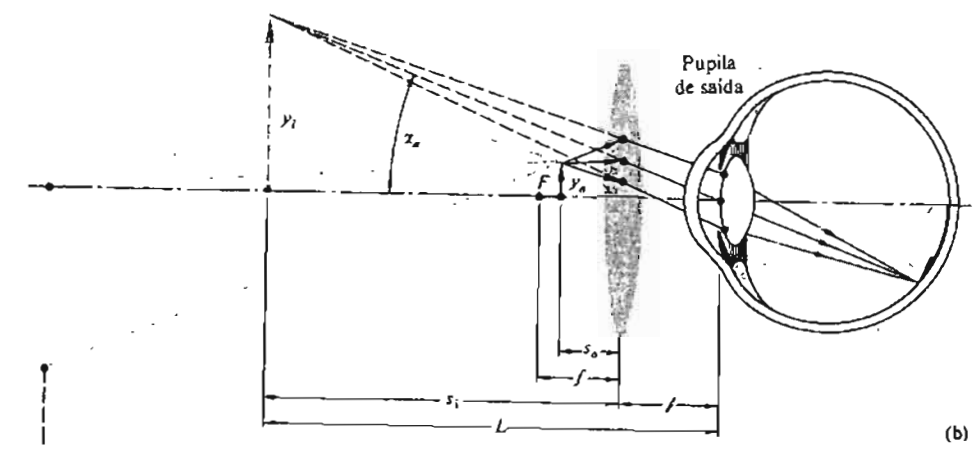
Como já se disse, qdo um objecto está a uma distância menor qe o ponto próximo, o olho não consegue observá-lo correctamente. Mas pode ser desejável analisar ainda mais esse objecto. E para isso usam-se lupas (p.e. exemplo).

Como pretendemos uma imagem ampliada, se consultarmos a tabela 5.3, vemos qe devemos colocar o objecto a uma distância menor qe a distância focal da lente.





D.A.
Pupila de entrada



Definido - ampliação angular

$$M_A = \frac{\alpha_o}{\alpha_i}$$

Podemos escrever, na aproximação

praxial

$$M_A = \frac{y_i d_o}{y_o L}$$

e que pode ser reescrita:

$$M_A = \frac{d_o}{L} [1 + \mathcal{D}(L-l)]$$

em que d_o distância do ponto próximo; L é a distância entre o olho e a imagem, \mathcal{D} é a potência da lupa, e l é a distância entre a lupa e o olho.

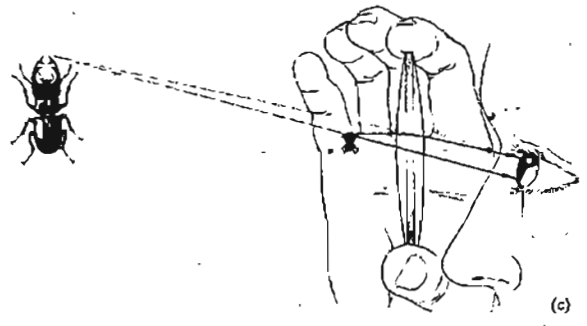


Figura 5.90 (a) Visão directa de um objecto. (b) Visão auxiliada por uma lupa. (c) Uma lente positiva utilizada como lupa. O objecto encontra-se entre a lupa e o seu foco imagem.

A situação mais interessante é quando o objecto é colocado no foco da lente ($s_o = f$) de onde resulta que $L = \infty$ e então $M_A = d_o \mathcal{D}$

Como a distância do ponto próximo é da ordem dos 25cm (para jovens), uma lupa com uma distância focal de 10cm ($\mathcal{D} = \frac{1}{0.1} = 10D$) dá uma ampliação angular de 2,5 o que se escreve $2,5x$.

As aberrações, que vamos falar mais tarde, limitam a ampliação das lentes simples a valores da ordem dos 3x. Com lentes complexas (associações de várias lentes) é possível obter ampliações maiores.

→ Oculares

Uma ocular é uma lupa que cria uma imagem, não do objecto inicial, mas de uma outra imagem intermédia ~~intermédia~~.

A imagem ~~intermédia~~ final deverá ser uma imagem virtual, posicionada normalmente no infinito, de modo a que o olho não tenha que realizar esforço para focar a imagem.

Existem diferentes tipos de oculares, normalmente baseadas em apenas já algo clássico, dos quais a mais famosa seria, talvez, a Ocular de Huygens. Outras são as de Ramsden, de Kellner, Plössl, Ortopédica e de Erfle.

Vejam dois exemplos

5.92

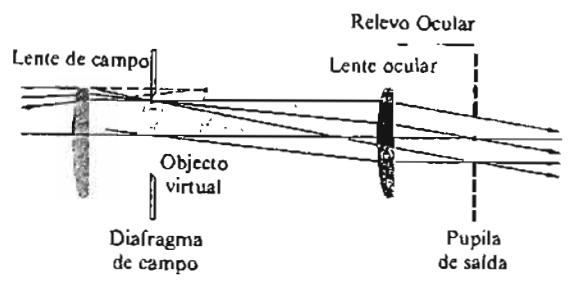


Figura 5.92 Ocular de Huygens

5.93

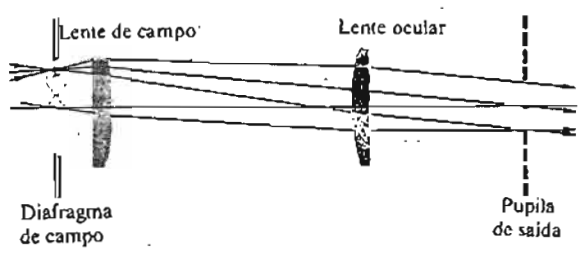
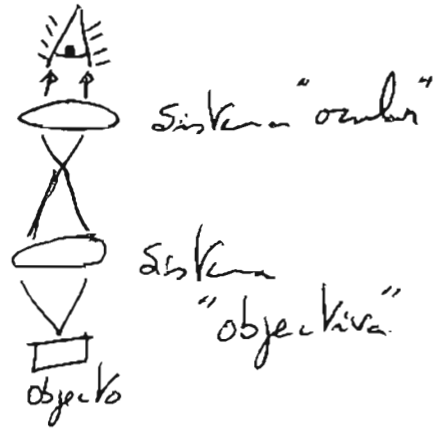


Figura 5.93 Ocular de Ramsden.

Note-se que a ocular, nestes dois casos é composta por 2 lentes. Elas "pegam" nas imagens (virtuais no caso da esquerda, e real no caso da direita) e ampliam essa imagem para uma nova imagem virtual (raios paralelos à saída).

→ ○ MICROSCÓPIO

Um microscópio precisa obter ampliações elevadas, e baseia-se em sistema com 2 "bloco", primeiro a objetiva, seguida da ocular.



A objetiva tem por missão formar uma imagem real, invertida e ampliada do objeto. Essa imagem deve ficar "colocada" no plano do diáfragma de campo da ocular.

A ampliação total do sistema corresponde ao produto da ampliação transversal da objetiva (M_{T0}) com a ~~pr~~ ampliação angular da ocular (M_{A0})

$$M = M_{T0} \cdot M_{A0}$$

(Uma objetiva de 10x e uma ocular de 5x dá origem a um microscópio com 50x de ampliação).

De referir que as objectivas pde ser desenhadas de modo a que realize a "observação" de objectos afatidos afast da lente, entostados à lente ^(líquidos) ou que estejam cobertos por uma lamela de microscópio.

→ Telescópios

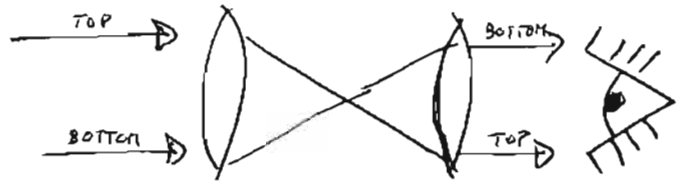
Caso tenha apenas lentes chama-se Dióptricos

Caso tenha apenas espelhos chama-se Catóptricos

Caso tenha ambos os elementos chama-se Catadióptricos

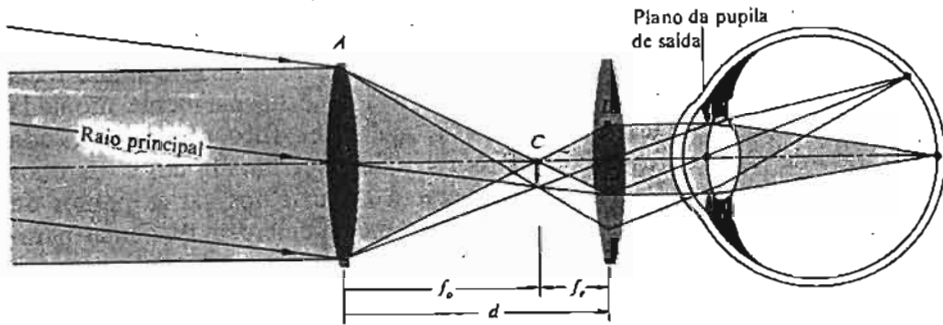
Dióptricos

Note-se a diferença
em relação ao microscópio



é que o microscópio "tinha os objectos" próximos da objectiva.
Nos telescópios os objectos são longínquos (no infinito).

Note-se que a imagem aparece invertida, mas tal, realmente,
não é importante na astronomia.



$$M_A = -\frac{f_o}{f_e}$$

$$d = f_o + f_e$$

Figura 5.101 Telescópio astronómico (conjugados infinitos).

Qdo é importante (por exemplo em binóculos) é necessário
utilizar um sistema inversor (que pode ser 2 lentes
adicionais ou um conjunto de prismas).

Catóptricos

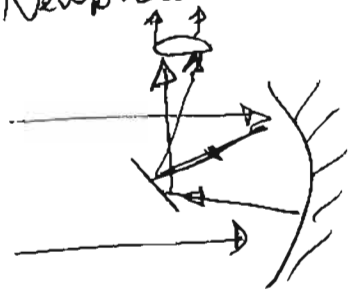
Devido à dificuldade de se construir lentes de
grandes diâmetros, e com qualidade (s/ aberrações), e
graças pelo facto de a reflexão ser independente do
comprimento de onda (ao contrário da refração),
leva a que muitas vezes se opte por espelhos em vez de
lentes.

Exemplos:

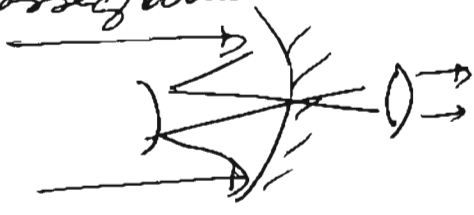
Foco directo



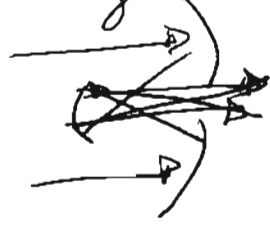
Newtoniano



~~Cassegrain~~
Cassegrainiano



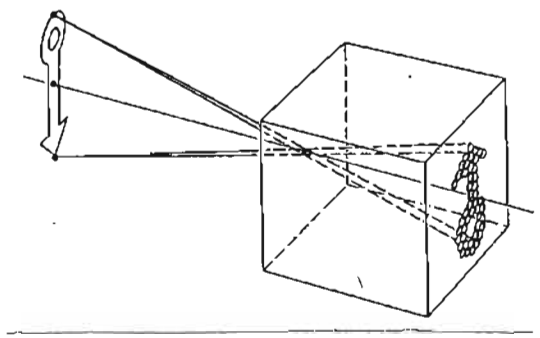
~~Cassegrain~~
Gregoriano



→ Máquinas Fotográficas

EH5,10E Câmara escura

As máquinas fotográficas podem
 ser sistemas muito simples,
 semelhantes a uma câmara escura,
 (o alvo de observação era substituído
 pelo filme fotográfico).



A descrição correta desta fenómeno
 só pode ser feita com a teoria da difração.

Actualmente os sistemas do tipo representado na
 figura seguinte:

Naturalmente o espelho "tapa"
o filme, só o expando
à luz qdo fazemos o disparo.

Nessa altura o espelho roda,
deixando o filme ser "marcado".

O diafragma controla a quantidade de luz qe chega
ao filme.

[Naturalmente os sistemas podem ser muito mais
complexos, mas no essencial, são assim].

Os diferentes tipos de objectivos permitem efectuar
diferentes tipos de fotografias.

