3B SCIENTIFIC® PHYSICS

...going one step further

Kit de ótica laser de demonstração 1003049
Kit complementar 1003050

Manual de instruções

06/18 ALF

Índice de conteúdo

Página	Exp - N°	Experiência	Kit de aparelhos
1		Introdução	
2		Fornecimento	
3	E1	Reflexão num espelho plano	1003049/50
3	E2	Reflexão em dois espelhos planos	1003050
3	E3a	Reflexão num espelho côncavo – Raios luminosos paralelos ao eixo ótico	1003049
4	E3b	Reflexão num espelho côncavo – Raios luminosos não paralelos ao eixo ótico	1003049
4	E4a	Reflexão num espelho convexo – Raios luminosos paralelos ao eixo ótico	1003049
4	E4b	Reflexão num espelho convexo – Raios luminosos não paralelos ao eixo ótico	1003049
5	E5a	Refração de um raio luminoso ao passar do ar para o acrílico	1003049
5	E5b	Profundidade aparente de um objeto	1003050
5	E6a	Refração de um raio luminoso ao passar do acrílico para o ar	1003049
6	E6b	Refração num prisma de acrílico	1003049/50
6	E6c	Ângulo crítico, reflexão total	1003049
6	E6d	Reflexão total – Propagação da luz em condutores de luz	1003049
7	E7	Deslocamento de um raio luminoso, placas de acrílico plano paralelas	1003049/50
7	E8	Deslocamento de um raio luminoso, ar entre duas placas de acrílico plano paralelas	1003050
7	E9a	Desvio de um raio luminoso por um prisma de acrílico	1003049/50
8	E9b	Desvio mínimo através de um prisma de acrílico	1003049/50
8	E10a	Desvio de um raio luminoso por um prisma de ar	1003050
8	E10b	Desvio mínimo através de um prisma de ar	1003050
9	E11a	Reflexão numa aresta de um prisma de acrílico	1003050
9	E11b	Reflexão em duas arestas de um prisma de acrílico	1003050
9	E11c	Reflexão em dois prismas de acrílico	1003050
10	E11d	Reflexão em dois prismas de acrílico	1003050
10	E11e	Reflexão em dois prismas de acrílico	1003050
10	E12	Reflexão num prisma de ar	1003050
11	E13a	Percurso de um raio luminoso através de uma superfície de separação ar-acrílico convexa	1003050
11	E13b	Percurso de um raio luminoso através de uma superfície de separação ar-acrílico convexa	1003050
11	E14a	Percurso de um raio luminoso através de uma superfície de separação ar-acrílico côncava	1003050
12	E14b	Percurso de um raio luminoso através de uma superfície de separação ar-acrílico côncava	1003050
12	E15a	Percurso de um raio luminoso através de uma superfície de separação acrílico-ar convexa	1003050
12	E15b	Percurso de um raio luminoso através de uma superfície de separação acrílico-ar convexa	1003050
13	E16a	Percurso de um raio luminoso através de uma superfície de separação acrílico-ar côncava	1003050

13	E16b	Percurso de um raio luminoso através de uma superfície de separação acrílico-ar côncava	1003050
13	E17a	Percurso de raios luminosos através de uma lente de acrílico convexa – Raios luminosos paralelos ao eixo ótico	1003049/50
14	E17b	Percurso de raios luminosos através de uma lente de acrílico convexa – Raios luminosos não paralelos ao eixo ótico	1003049/50
14	E17c	Percurso de raios luminosos através de uma lente de acrílico convexa grossa	1003050
14	E18a	Percurso de raios luminosos através de uma lente de acrílico côncava – Raios luminosos paralelos ao eixo ótico	1003049/50
15	E18b	Percurso de raios luminosos através de uma lente de acrílico côncava – Raios luminosos não paralelos ao eixo ótico	1003049/50
15	E19a	Percurso de raios luminosos através de uma lente de ar convexa – Raios luminosos paralelos ao eixo ótico	1003050
15	E19b	Percurso de raios luminosos através de uma lente de ar convexa – Raios luminosos não paralelos ao eixo ótico	1003050
16	E20a	Percurso de raios luminosos através de uma lente de ar côncava – Raios luminosos paralelos ao eixo ótico	1003050
16	E20b	Percurso de raios luminosos através de uma lente de ar côncava – Raios luminosos não paralelos ao eixo ótico	1003050
16	E21a	Parâmetros de lentes grossas – Determinação do raio de curvatura	1003049/50
17	E21b	Parâmetros de lentes grossas – Distância focal	1003049/50
17	E22a	Modelo de olho	1003049
17	E22b	Modelo de olho, miopia	1003049
18	E22c	Modelo de olho, hipermetropia	1003049
18	E23a	Correção da aberração esférica através da redução do diâmetro do feixe de raios luminosos	1003049/50
18	E23b	Correção da aberração esférica através de uma combinação de lentes	1003049
19	E24a	Telescópio segundo Kepler	1003049
19	E24b	Telescópio segundo Galileu	1003049
19	E25	Câmera	1003049

Kit de ótica laser de demonstração	1003049
Kit complementar	1003050

A coluna "Kit de aparelhos" indica o kit de aparelhos necessário para cada experiência, 1003049, 1003050 ou ambos.

Introdução

O kit de ótica laser de demonstração permite uma montagem simples e clara das experiências para a representação dos fundamentos da ótica geométrica assim como do modo de funcionamento de diversos aparelhos óticos. Um laser diodo de 5 feixes 1003051/1003052 serve de fonte luminosa.
Neste manual de instruções encontram-se descritas numerosas experiências fundamentais com os elementos óticos de ambos kits, 1003049 e 50. Cada descrição de experiência está composta por três partes:

1. Uma descrição simples da experiência
2. Uma representação gráfica da experiência
3. Uma representação da montagem da experiência

Debaixo de cada título encontra-se indicado entre parênteses com qual kit de aparelhos a experiência pode ser executada, 1003049, 1003050 ou 1003049/50. A mesma informação encontra-se também naúltima coluna do índice de conteúdo.
Um elemento constituinte fundamental das montagens de experiências é o laser diodo Laserraybox 1003051/1003052. Cinco diodos laser produzem cinco raios luminosos paralelos. O número de feixes produzidos pode ser escolhido. Para tal, coloca-se a placa de metal com perfurações incluída no fornecimento na frente do diodo laser. Ao utilizar o laser deve-se evitar o contato direto do olho com o feixe do laser.

Fornecimento

Kit de ótica laser de demonstração 1003049

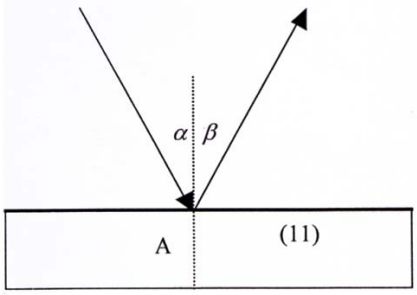
1 Lente bicôncava
2 Lente biconvexa
3 Lente biconvexa
4 Lente biconvexa
5 Lente biconvexa
6 Lente plano côncava pequena
7 Lente plano convexa pequena
8 Lente plano convexa grande
9 Espelho, côncavo
10 Espelho, convexo

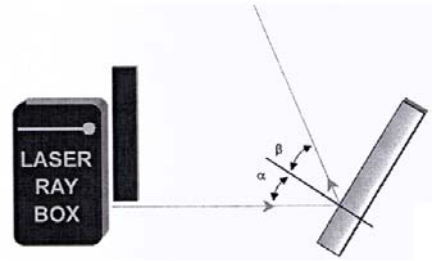
11 Espelho plano
12 Placa plano paralela
13 Prisma
14 Condutor de luz

Transparências
A Modelo de olho
B Câmera
C Telescópio segundo Galileu
D Telescópio segundo Kepler
E Aberração esférica
F Escala angular de 360°

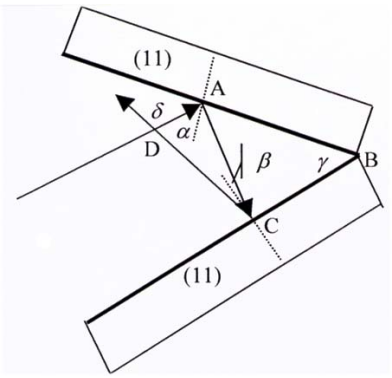
Kit complementar 1003050
21 Lente de ar bicôncava
22 Lente bicôncava
23 Lente de ar biconvexa
24 Lente biconvexa
25 Prisma de ar
26 Prisma equilátero
27 2 prismas retangulares
28 Placa plano paralela, quadrada
29 2 placas plano paralelas, retangular
11 2 espelhos planos

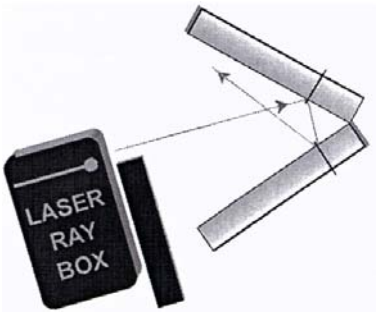
E1 Reflexão no espelho
(1003049/50)
Representação da lei dos reflexos. Um raio luminoso que incide na superfície espelhada plana com um ângulo de incidência α, será refletido com o ângulo ß
α = ß
Ambos ângulos são medidos em relação à normal da superfície.





E2 Reflexão em dois espelhos planos
(1003050)
Demonstração da relação:
$\delta = 2\gamma$
sendo que o ângulo δ é formado pelo raio incidente e o raio refletido e γ é o ângulo formado pelas superfícies dos espelhos.

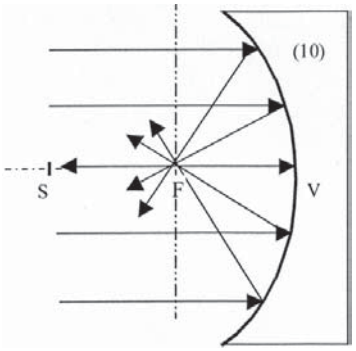


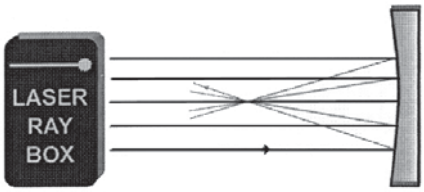


E3a Reflexão em espelhos côncavos – raios paralelos ao eixo ótico
(1003049)
A distância focal *f* de um espelho côncavo é determinada pelo comprimento do percurso VF. O raio de curvatura pode ser calculado com a fórmula

$$f = \frac{r}{2}$$

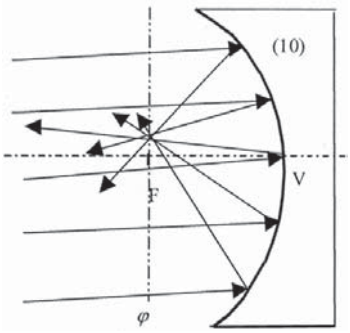
O percurso VS é duas vezes mais longo que VF.

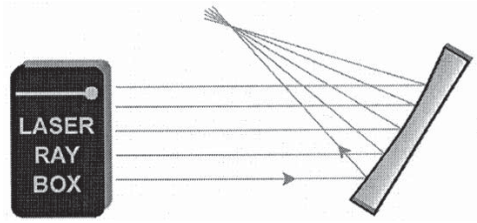




E3b Reflexão em espelhos côncavos – Raios luminosos não paralelos ao eixo ótico
(1003049)

O eixo φ perpendicular ao eixo ótico e passa pelo ponto focal. Ele é chamado de plano focal. Os raios incidentes paralelos são refletidos e convergem num ponto no plano focal φ. Se os raios são paralelos ao eixo ótico, então o ponto encontra-se lá e este chama-se ponto focal F.



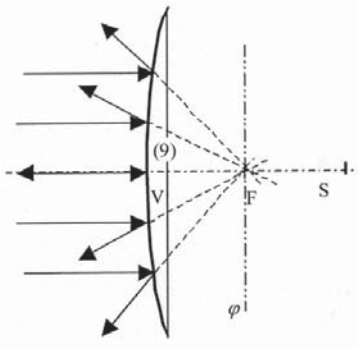


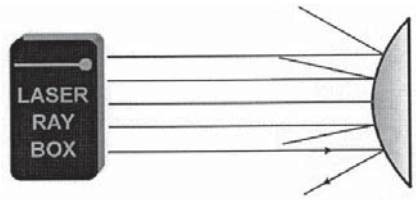
E4a Reflexão em espelhos convexos – Raios luminosos paralelos ao eixo ótico
(1003049)

Os raios refletidos parecem ter origem num ponto atrás do espelho. É o chamado ponto focal virtual. O percurso VF determina a distância focal do espelho. O raio de curvatura pode ser calculado com a fórmula

$$f = \frac{r}{2}$$

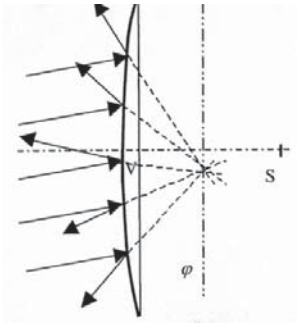
O percurso VS é duas vezes mais longo que VF.

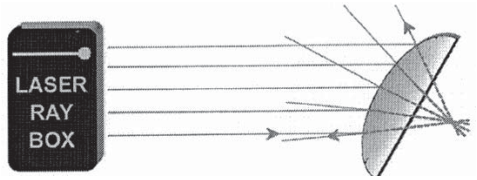




E4b Reflexão em espelhos convexos – Raios luminosos não paralelos ao eixo ótico
(1003049)

O eixo φ perpendicular ao eixo ótico e passa pelo ponto focal. Ele é chamado de plano focal. Se raios paralelos incide sobre o espelho eles são divergidos de modo que parece que eles têm a sua origem num ponto do plano focal φ atrás do espelho.



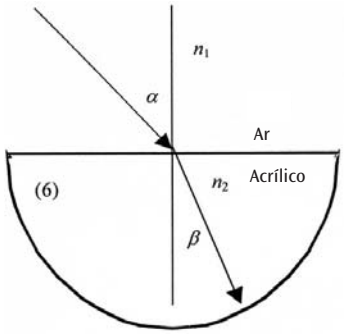


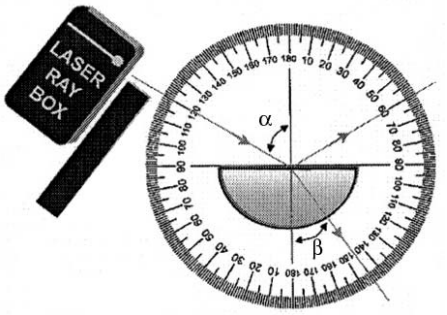
E5a Refração de um raio luminoso ao passar do ar para o acrílico
(1003049, transparência F)

Na passagem de um raio luminoso de um meio com o índice de refração n_1 para um meio com índice de refração n_2, a sua mudança de direção é determinada pela Lei da refração de Snellius:

$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin ß$

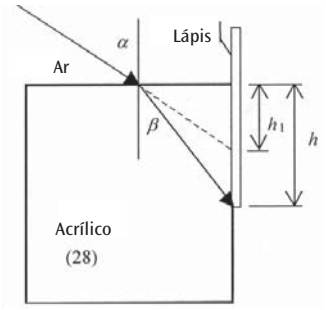
α é o ângulo de incidência no meio n_1 e ß é o ângulo de refração no meio n_2.

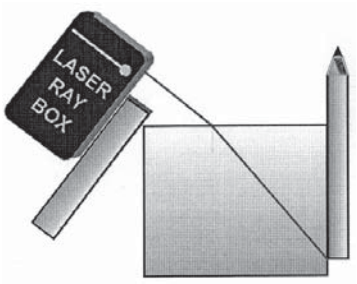




E5b Profundidade aparente de um objeto
(1003050)

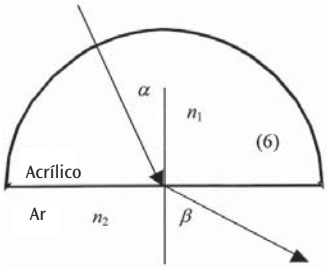
Montagem da experiência para a observação da profundidade aparente de um objeto na água ou por trás de acrílico visto pelo ar.

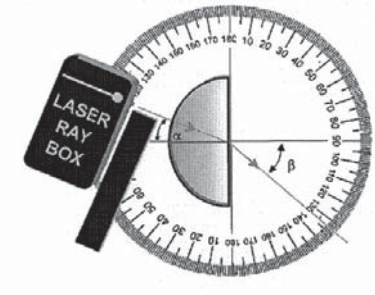




E6a Refração de um raio luminoso ao passar do acrílico para o ar
(1003049, transparência F)

O ângulo de refração ß é maior do que o ângulo de incidência α. O raio é refratado para além da normal à superfície.



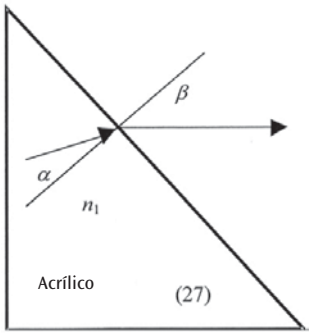


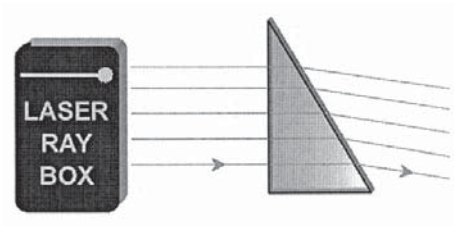
E6b Refração num prisma de acrílico
(1003049/50)

Na passagem de um raio luminoso do acrílico para o ar, a Lei de Snellius pode ser escrita da seguinte forma:

$$n_1 \sin \alpha = \sin ß$$

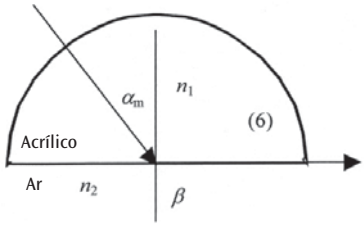
Índice de refração do ar $n_2 = 1$.

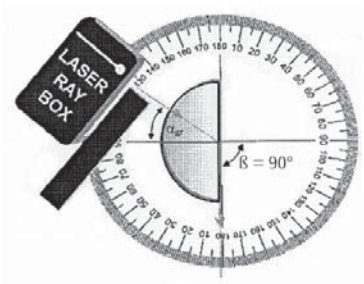




E6c Ângulo crítico, reflexão total
(1003049, transparência F)

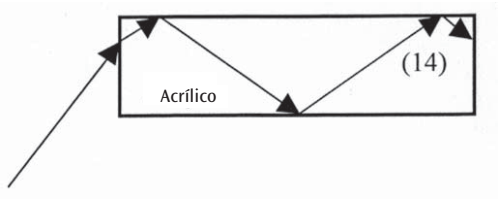
Quanto maior é o ângulo de incidência, maior será o ângulo de refração. Se $n_1 < n_2$, então existe um ângulo crítico α. O raio refratado encontra-se então na superfície de separação entre dois meios. Caso o ângulo de incidência for maior que o ângulo crítico não há mais refração e a totalidade da luz é refletida. Neste caso fala-se de reflexão total.

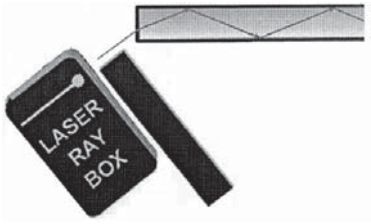




E6d Reflexão total – Propagação da luz em condutores de luz
(1003049)

A luz se propaga num condutor de luz graças à reflexão total. O parâmetro, a abertura numérica, determina qual é o ângulo que não deve ser ultrapassado. Ele corresponde ao seno do ângulo de entrada máximo da luz. Também determina-se o menor rádio, quando o condutor é dobrado, por esse parâmetro. Ele não deve ser ultrapassado quando o condutor de luz for instalado.

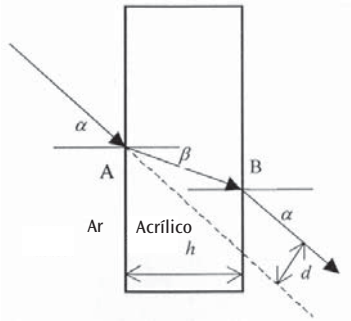


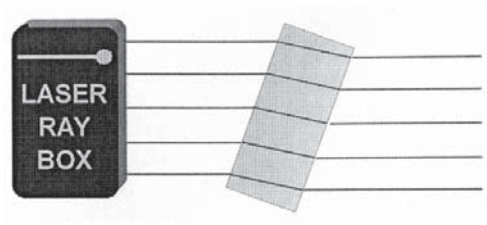


E7 Deslocamento de um raio luminoso, placa de acrílico plano paralela
(1003049/50)

Quando um raio luminoso atravessa uma placa plano paralela, a sua direção não é alterada. O raio emergente é deslocado num valor *d*. Para uma placa de espessura *h* resulta para *d*:

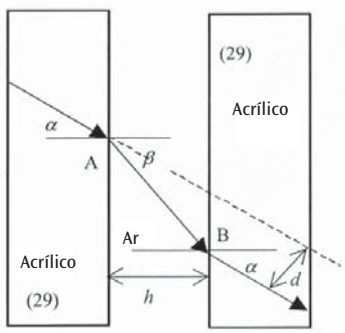
$$d = h\frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos\beta}$$

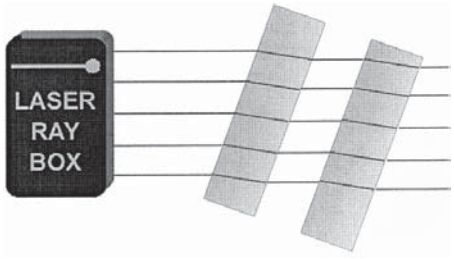




E8 Deslocamento de um raio luminoso, ar entre duas placas de acrílico plano paralelas
(1003050)

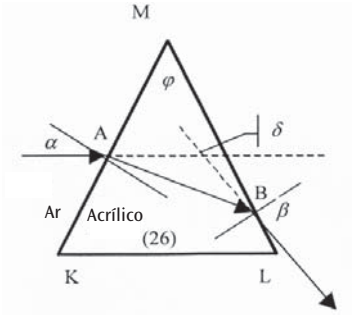
Neste caso ocorre um deslocamento entre o raio incidente e o raio emergente. Porém, o deslocamento ocorre no sentido contrário do deslocamento com a placa de acrílico.

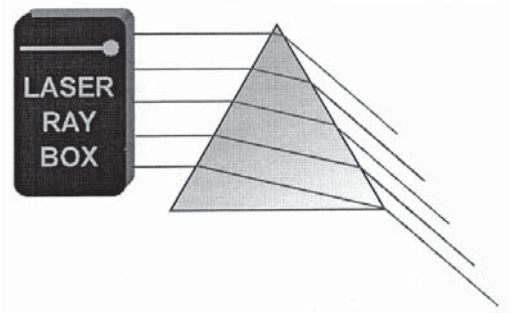




E9a Desvio de um raio luminoso através de um prisma de acrílico
(1003049/50)

Um raio luminoso incidente num prisma de acrílico no ponto A é refratado em direção à normal da superfície. No ponto de saída B a refração ocorre para fora da normal da superfície. A soma de todos os ângulos de refração resulta no ângulo de desvio δ. Este é o ângulo formado pelo raio luminoso incidente e o raio luminoso emergente.

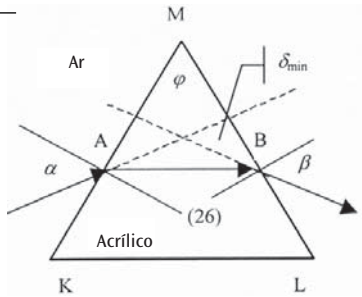


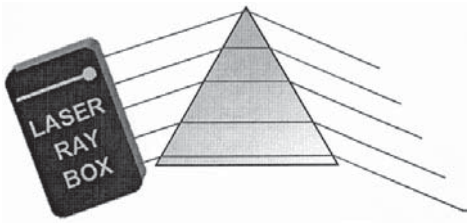


E9b Desvio mínimo através de um prisma de acrílico
(1003049/50)

Pode ser demonstrado que o ângulo de incidência a, no caso do ângulo mínimo de desvio δ_{min}, é igual ao ângulo de saída ß. O raio refratado atravessa então o prisma paralelamente ao lado que não é atravessado. Para o índice de refração do prisma é valido:

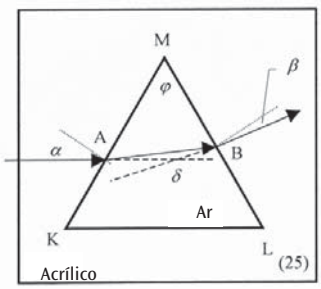
$$n = \frac{\sin\frac{\delta_{min} + \varphi}{2}}{\sin\frac{\varphi}{2}}$$

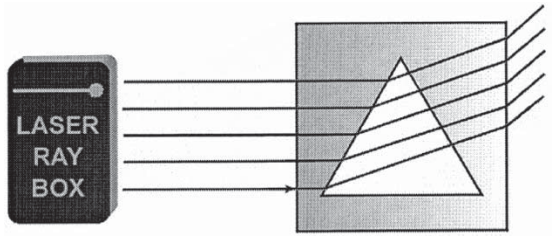




E10a Desvio de um raio luminoso através de um prisma de ar
(1003050)

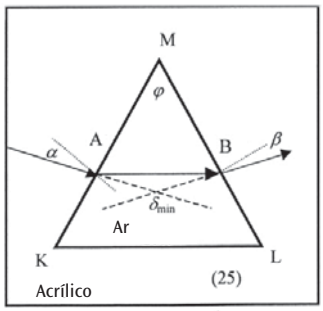
A luz atravessa a superfície de separação acrílico/ar no ponto A. O raio luminoso é refratado para fora da normal da superfície. No ponto de saída B ele é refratado em direção à normal da superfície. A soma de todos os ângulos de refração resulta no ângulo de desvio δ. Este é o ângulo formado pelo raio luminoso incidente e o raio luminoso emergente.

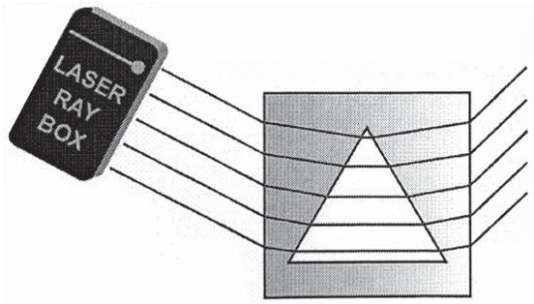




E10b Desvio mínimo através de um prisma de ar
(1003050)

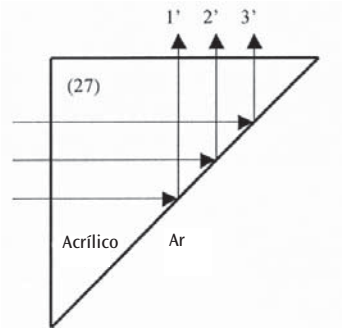
No caso do desvio mínimo δ_{min}, o ângulo de incidência α é igual ao ângulo de saída ß. O raio refratado atravessa o prisma então paralelamente ao lado que não é atravessado. Para o índice de refração do prisma é valido: (veja E9b). A direção do desvio é oposta à do caso do prisma de acrílico.

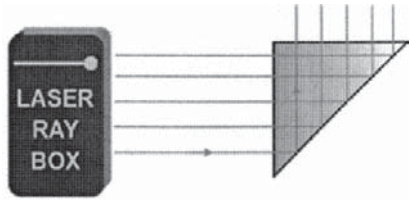




E11a Reflexão numa aresta de um prisma de acrílico
(1003050)

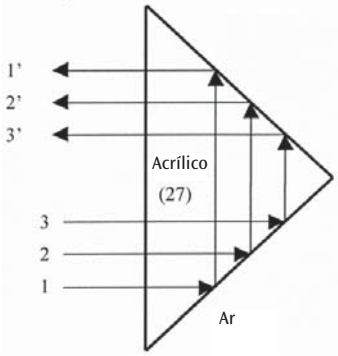
Quando os raios luminosos atingem a aresta, eles são totalmente refletidos. Girando levemente o prisma pode-se observar tanto a refração quanto a reflexão.

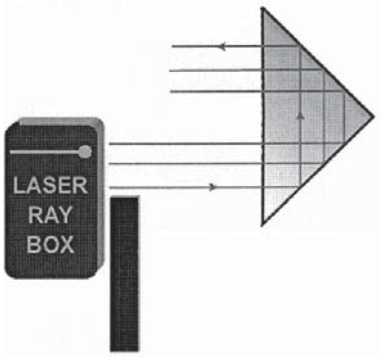




E11b Reflexão em duas arestas de um prisma de acrílico
(1003050)

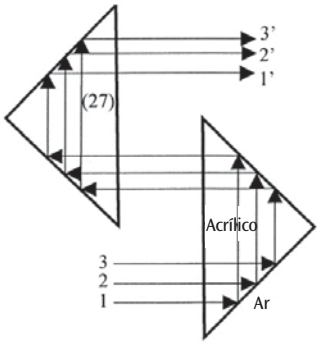
Neste caso encontram-se reunidas as condições para a reflexão total em ambas arestas. Se o raio incidente superior for interrompido, então desaparece o raio emergente inferior. A imagem está invertida em 180°.

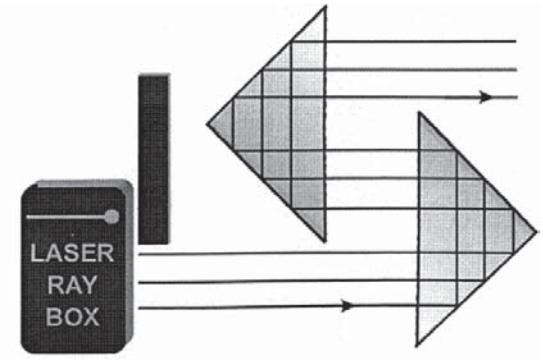




E11c Reflexão em dois prismas de acrílico
(1003050)

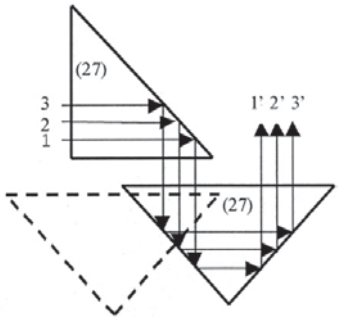
As condições para a reflexão total estão reunidas em todas as arestas do prisma.

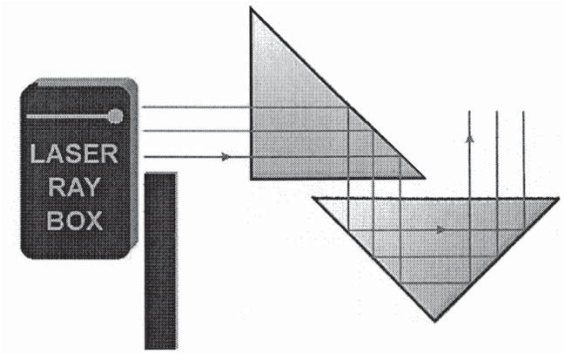




E11d Reflexão em dois prismas de acrílico
(1003050)

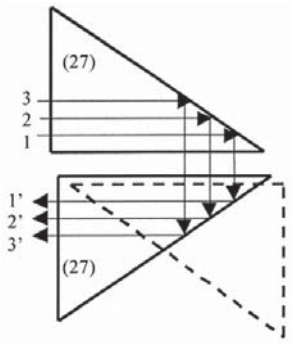
As condições para a reflexão total estão reunidas em todas as arestas do prisma.

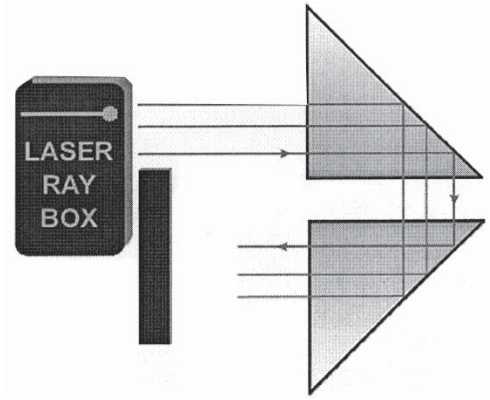




E11e Reflexão em dois prismas de acrílico
(1003050)

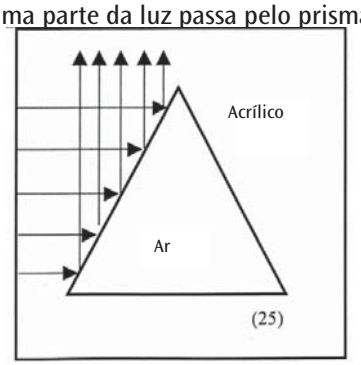
As condições para a reflexão total estão reunidas em todas as arestas do prisma.

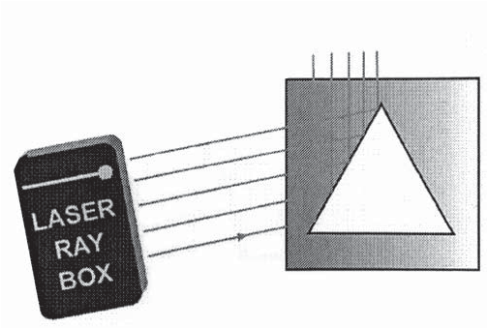




E12 Reflexão num prisma de ar
(1003050)

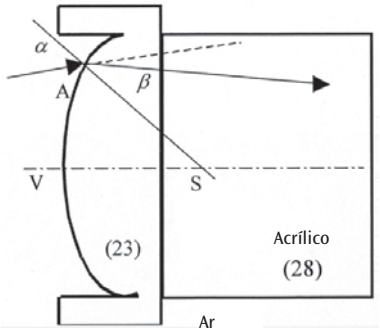
Quando o ângulo de incidência dos raios luminosos é menor do que o ângulo crítico (42°), os raios luminosos são refletidos para dentro do acrílico. Se o ângulo é maior, uma parte da luz passa pelo prisma de ar.

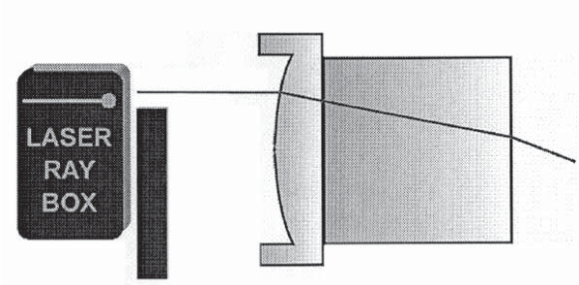




E13a Percurso de um raio luminoso através de uma superfície de separação ar-acrílico convexa
(1003050)

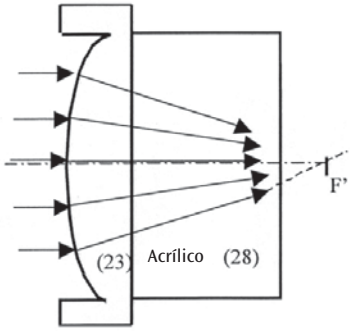
Quando um raio luminoso atravessa a superfície de separação ar/acrílico no ponto A ele é refratado em direção à normal da superfície. A normal da superfície é a reta que vai do ponto A ao ponto S centro da curvatura.

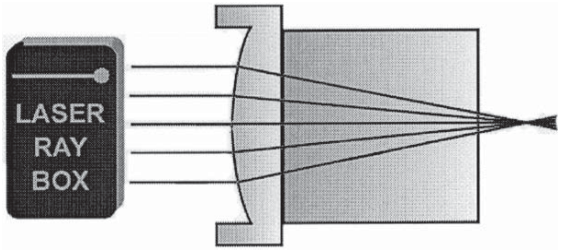




E13b Percurso de um raio luminoso através de uma superfície de separação ar-acrílico convexa
(1003050)

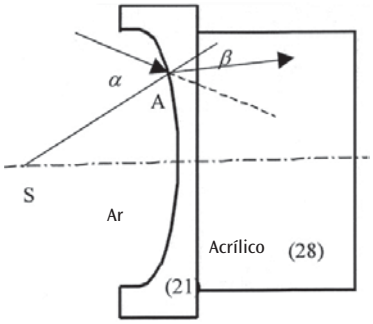
Os raios luminosos incidentes são refratados duas vezes e se encontram no ponto F' no eixo ótico, o ponto focal.

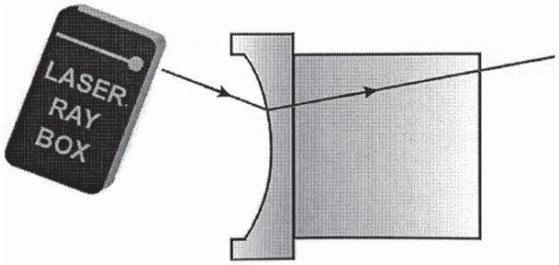




E14a Percurso de um raio luminoso através de uma superfície de separação ar-acrílico côncava
(1003050)

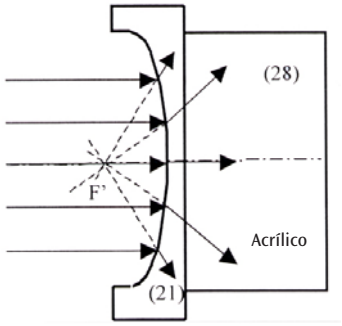
Se o raio luminoso atinge a superfície de separação no ponto A, observa-se uma refração em direção à normal da superfície. A normal da superfície é a reta que vai do ponto A ao ponto S centro da curvatura.

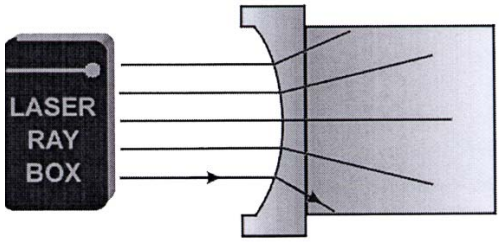




E14b Percurso de um raio luminoso através de uma superfície de separação ar-acrílico côncava
(1003050)

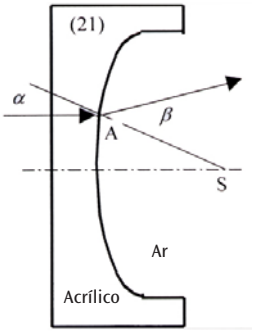
Após a passagem pela superfície de separação acrílico/ar o feixe luminoso é refratado de modo divergente. Se os raios refratados fossem prolongados para trás, então eles se encontrariam num ponto no eixo ótico. Esse ponto chama-se ponto focal virtual F'.

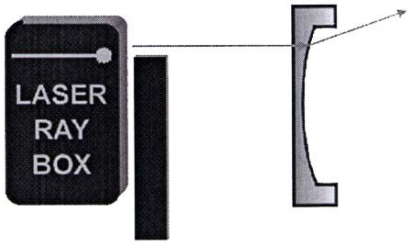




E15a Percurso de um raio luminoso através de uma superfície de separação acrílico-ar convexa
(1003050)

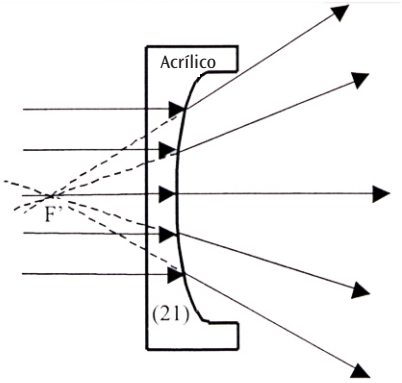
Após a passagem do raio luminoso pelo ponto A este é refratado para fora da normal da superfície. A normal da superfície é a reta que vai do ponto A ao ponto S centro da curvatura.

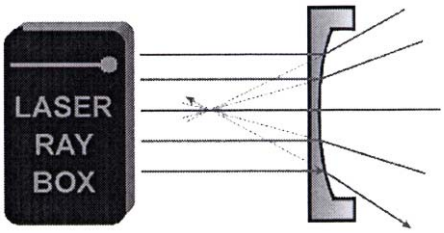




E15b Percurso de um raio luminoso através de uma superfície de separação acrílico-ar convexa
(1003050)

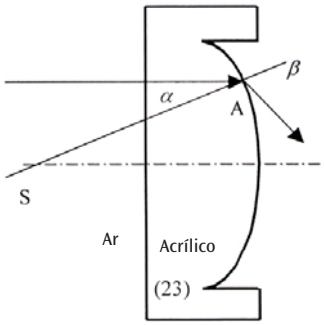
Após a passagem pela superfície de separação acrílico/ar o feixe luminoso é refratado de modo divergente. Se os raios refratados fossem prolongados para trás, então eles se encontrariam num ponto no eixo ótico. Esse ponto chama-se ponto focal virtual F'.

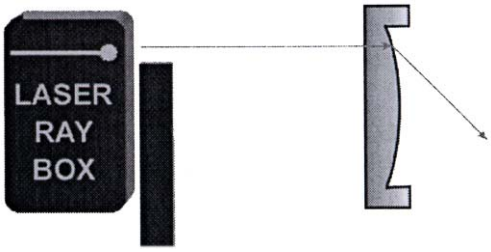




E16a Percurso de um raio luminoso através de uma superfície de separação acrílico-ar côncava
(1003050)

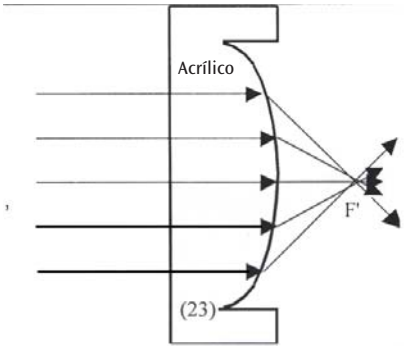
Após a passagem do raio luminoso pelo ponto A este é refratado para fora da normal da superfície. A normal da superfície é a reta que vai do ponto A ao ponto S centro da curvatura.

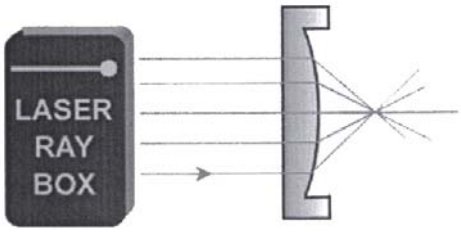




E16b Percurso de um raio luminoso através de uma superfície de separação acrílico-ar côncava
(1003050)

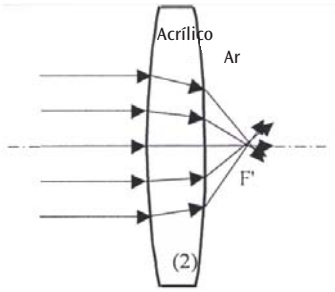
Após a passagem através da superfície de separação o feixe de raios luminosos é convergente. Raios paralelos encontram-se num ponto do eixo ótico, o ponto focal F'.

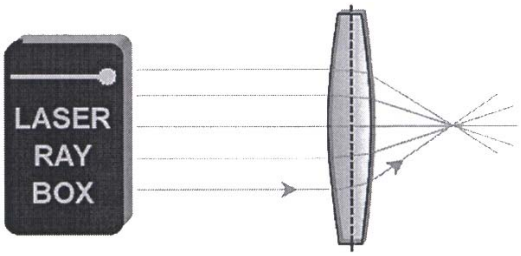




E17a Percurso de raios luminosos através de uma lente de acrílico convexa – Raios luminosos paralelos ao eixo ótico
(1003049/50)

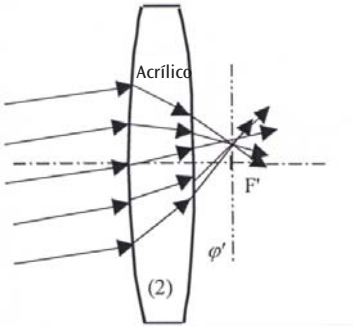
Uma lente de acrílico convexa é uma lente convergente e os raios luminosos se encontram no ponto focal F' após atravessar a lente.

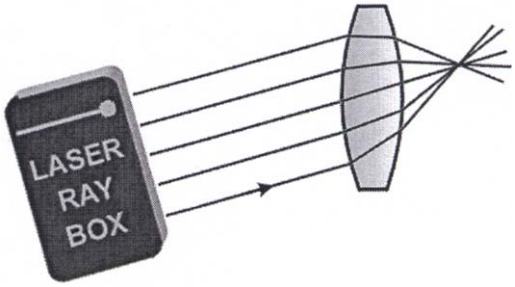




E17b Percurso de raios luminosos através de uma lente de acrílico convexa – Raios luminosos não paralelos ao eixo ótico
(1003049/50)

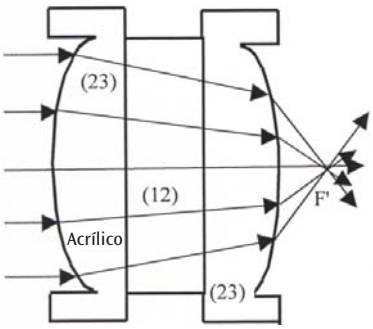
O eixo φ' perpendicular ao eixo ótico e passa pelo ponto focal F'. Ele é chamado de plano focal. Os raios incidentes são refratados e convergem num ponto no eixo φ'.

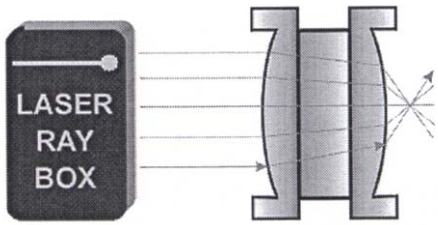




E17c Percurso de raios luminosos através de uma lente de acrílico convexa grossa
(1003050)

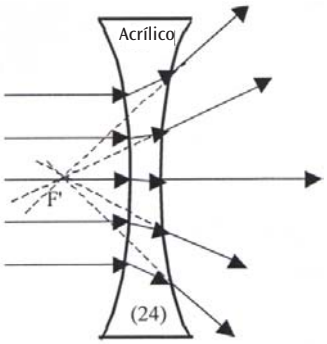
Colocando uma placa plano paralela entre duas lentes (23) pode-se realizar o modelo de uma lente grossa. Com a alteração da espessura d da lente também altera-se a distância focal, quanto mais grossa a lente, menor a distância focal. A partir de uma espessura crítica, a lente convergente torna-se uma lente divergente.

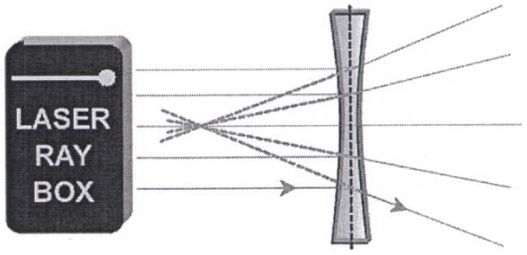




E18a Percurso de raios luminosos através de uma lente de acrílico côncava – Raios luminosos paralelos ao eixo ótico
(1003049/50)

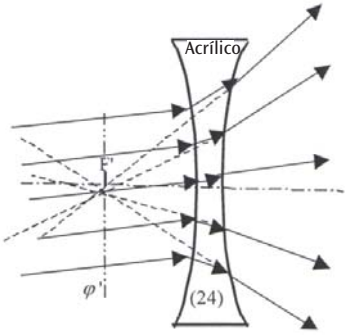
Os raios luminosos são divergentes após a passagem pela lente. Não é projetado um objeto. Se prolongados para trás, os raios se encontram no ponto focal virtual F'.

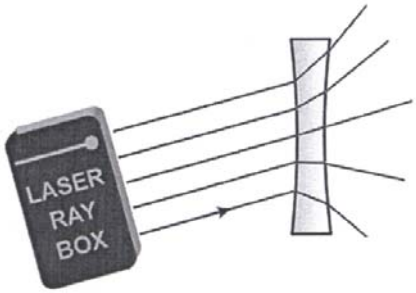




E18b Percurso de raios luminosos através de uma lente de acrílico côncava – Raios luminosos não paralelos ao eixo ótico
(1003049/50)

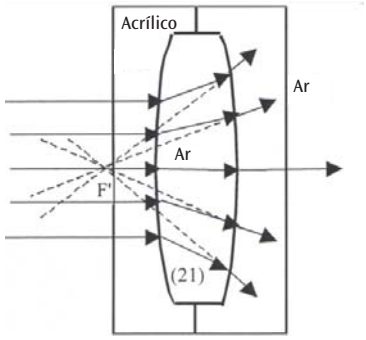
O eixo φ' perpendicular ao eixo ótico e passa pelo ponto focal virtual F'. Ele é chamado de plano focal. Os prolongamentos dos raios refratados se encontram num ponto no eixo φ'.

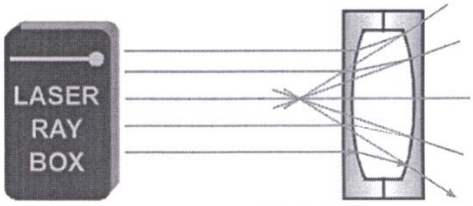




E19a Percurso de raios luminosos através de uma lente de ar convexa – Raios luminosos paralelos ao eixo ótico
(1003050)

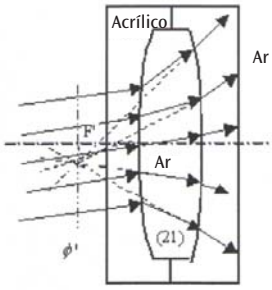
Os raios luminosos são divergentes após a passagem pela lente. Eles não projetam um objeto. Se prolongados para trás, os raios se encontram no ponto focal virtual F'.

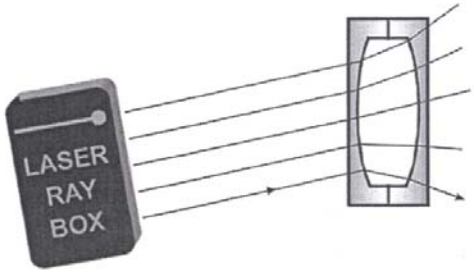




E19b Percurso de raios luminosos através de uma lente de ar convexa – Raios luminosos não paralelos ao eixo ótico
(1003050)

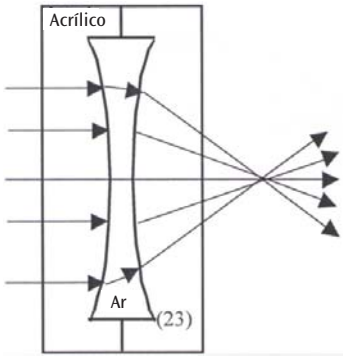
O eixo φ' perpendicular ao eixo ótico e passa pelo ponto focal virtual F'. Ele é chamado de plano focal. Os prolongamentos dos raios refratados se encontram num ponto no eixo φ'.

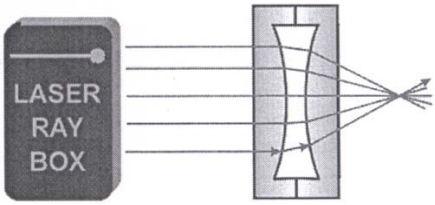




E20a Percurso de raios luminosos através de uma lente de ar côncava – Raios luminosos paralelos ao eixo ótico
(1003050)

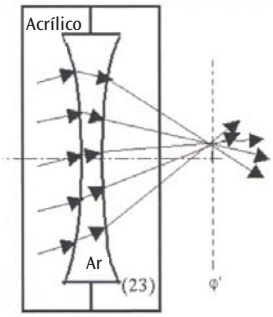
Uma lente de ar côncava se comporta como uma lente convergente e os raios refratados se encontram no ponto focal F' após a passagem pela lente.

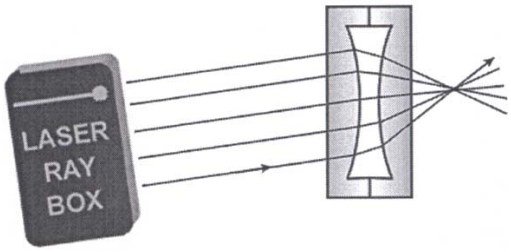




E20b Percurso de raios luminosos através de uma lente de ar côncava – Raios luminosos paralelos ao eixo ótico
(1003050)

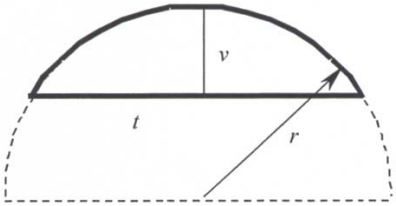
O eixo φ' perpendicular ao eixo ótico e passa pelo ponto focal virtual F'. Ele é chamado de plano focal. Os raios refratados se encontram num ponto no eixo φ'.

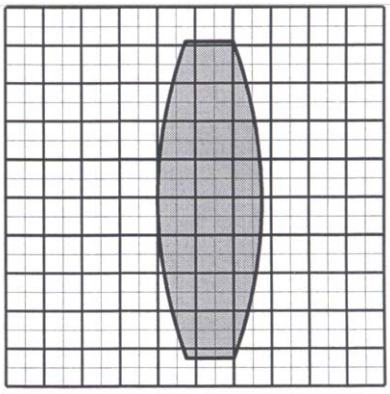




E21a Parâmetros de lentes grossas – Determinação do raio de curvatura
(1003049/50)

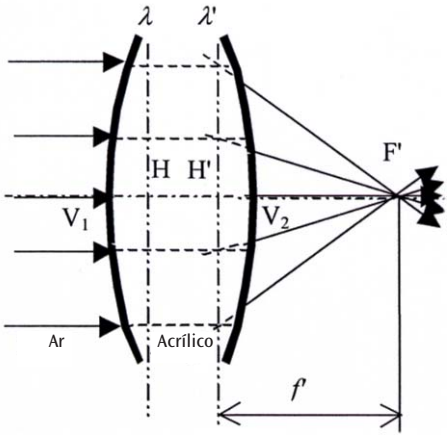
As lentes do kit de ótica laser possuem uma superfície de refração cilíndrica sobre uma base circular com de curvatura iguais. Com a ajuda de papel milimetrado pode-se determinar esses rádios.

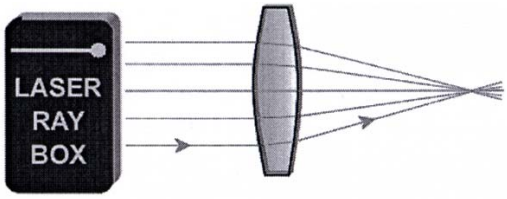




E21b Parâmetros de lentes grossas – Distância focal
(1003049/50)

Lentes grossas são aquelas nas quais a espessura não é desprezível. Ao definir-se a distância focal deve-se levar em consideração a distância entre os dois planos principais H e H'.



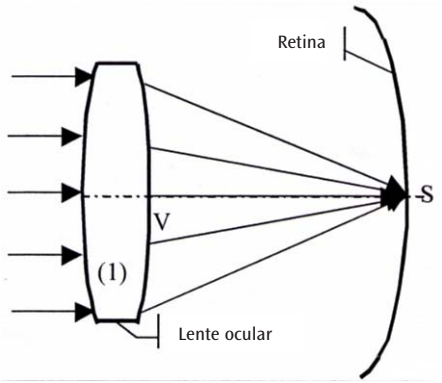


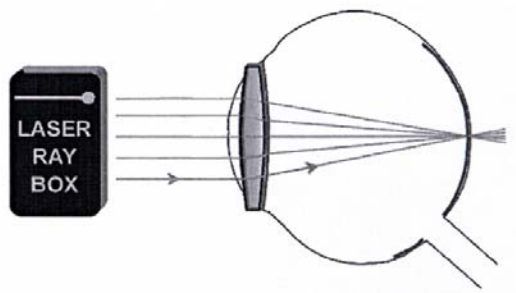
E22a Modelo de olho

(1003049, transparência A)

Raios luminosos paralelos ao eixo ótico são refratados pelo cristalino e se encontram num ponto sobre a retina.

Colocar o cristalino (1) diretamente atrás da linha O_2.



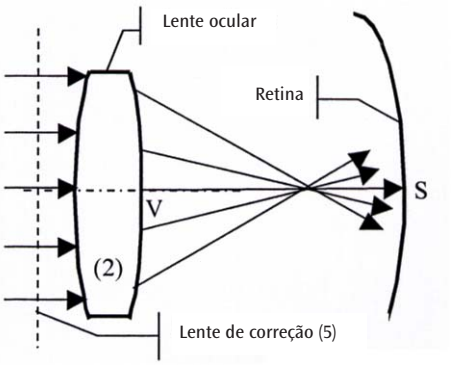


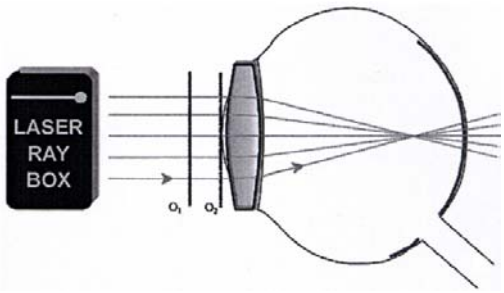
E22b Modelo de olho, miopia

(1003049, transparência A)

Raios luminosos paralelos ao eixo ótico são refratados pelo cristalino e se encontram num ponto antes da retina.

Colocar o cristalino (2) diretamente atrás da linha O_2 e a lente de correção (5) entre a linha O_1 e O_2.





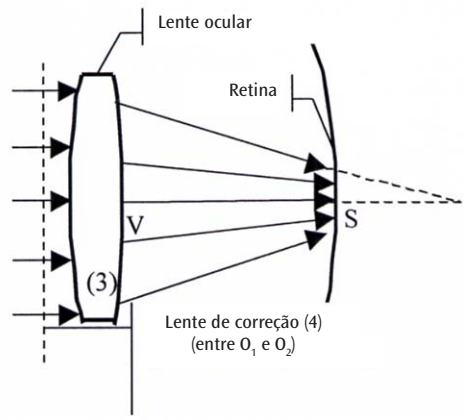
E22c Modelo de olho, hipermetropia

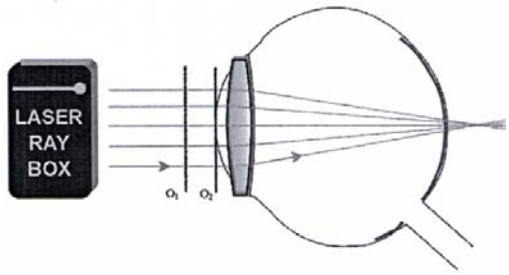
(1003049, transparência A)

Raios luminosos paralelos ao eixo ótico são refratados pelo cristalino e se encontram num ponto atrás da retina. A lente de correção é uma lente convergente. Para a distância focal f' do sistema de lentes vale:

$$f' = \frac{f'_1 f'_2}{f'_1 + f'_2}$$

sendo que f_1' é a distância focal do cristalino e f_2' é a da lente de correção.

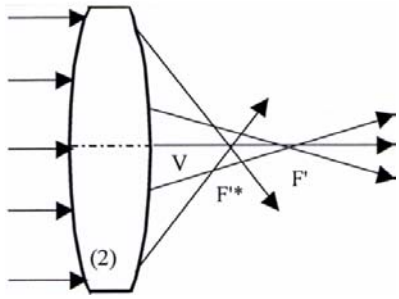


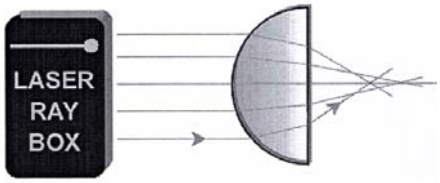


E23a Correção da aberração esférica através da redução do diâmetro do feixe de raios luminosos

(1003049/50)

A aberração esférica de uma lente pode ser reduzida pela diminuição do diâmetro do feixe de raios luminosos que atravessa a lente. Para tal, utilizar os raios mais exteriores.

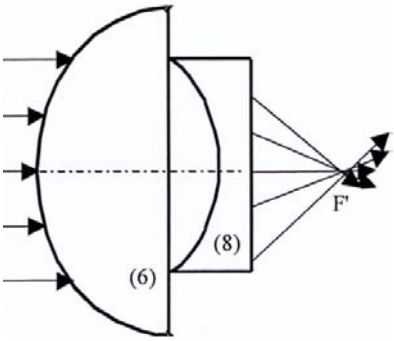


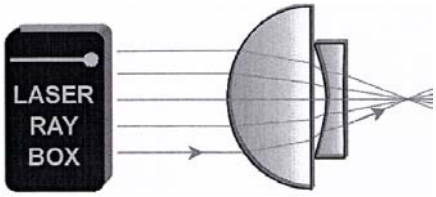


E23b Correção da aberração esférica através de uma combinação de lentes

(1003049, transparência E)

As aberrações esféricas de lentes convergentes e divergentes têm efeitos opostos. Por uma combinação de lentes pode-se corrigir esses erros. A aberração $\Delta f = f_1 - f_2$ é definida como a diferença entre a distância focal f_1 dos raios exteriores e a f_2 dos raios interiores. No caso das lentes convergentes a aberração tem um valor com sinal positivo, no das lentes divergentes com sinal negativo.

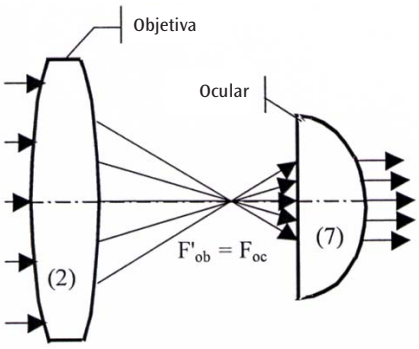


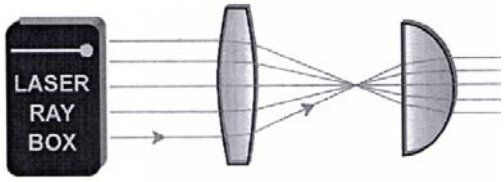


E24a Telescópio segundo Kepler

(1003049, transparência D)

A objetiva no telescópio de Kepler produz uma imagem real reduzida do objeto observado, a qual é ampliada pelo ocular como por uma lupa. Resulta disto uma imagem invertida (acima e abaixo como esquerda e direita estão invertidos) e fortemente ampliada. Para a demonstração desse comportamento apagar um dos raios mais periféricos. Se o raio incidente superior é interrompido, então o raio emergente inferior desaparece.

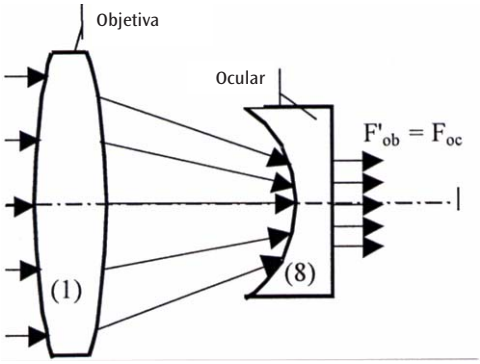


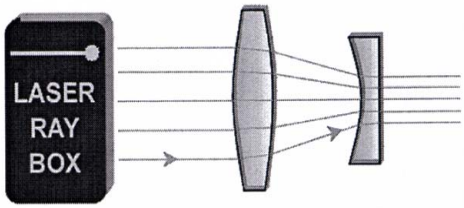


E24b Telescópio segundo Galileu

(1003049, transparência C)

No telescópio de Galileu, os raios que vêm da objetiva encontram uma lente divergente antes de atingir o ponto focal. Os raios chegam aos olhos como raios paralelos. A imagem do objeto é ampliada, de pé e lateralmente correta.

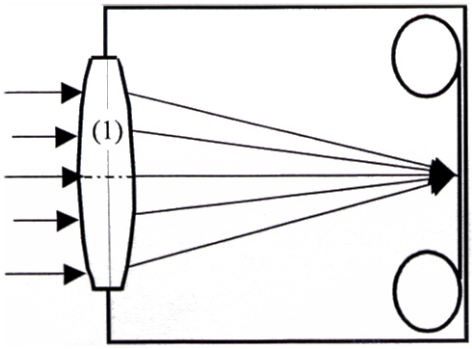


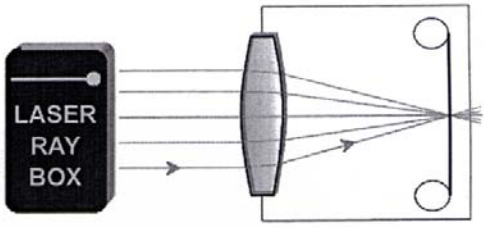


E25 Câmera

(1003049, transparência B)

A lente da câmera é uma lente convergente. Ela projeta um objeto numa imagem real, de cabeça para baixo, no filme que se encontra na parte traseira da câmera.





© Copyright 2018 3B Scientific GmbH