

FAP 0214 - LabFlex 2008/1
Ótica Geométrica
Ótica Física

exp 2.1 - Distância focal

Manfredo Harri Tabacniks
IFUSP

Ótica

- 2.1. Lentes espessas e delgadas. Medida de distâncias focais;
- 2.2. Óptica matricial. Associação de lentes;
- 2.3. Difração: fenda simples, fenda dupla, orifício circular;
- 2.4. Óptica de fourier. Fenda simples.
- 2.5. Óptica de fourier. Operações e filtros.
- 2.6. Óptica de fourier. Operações simples.

Objetivos

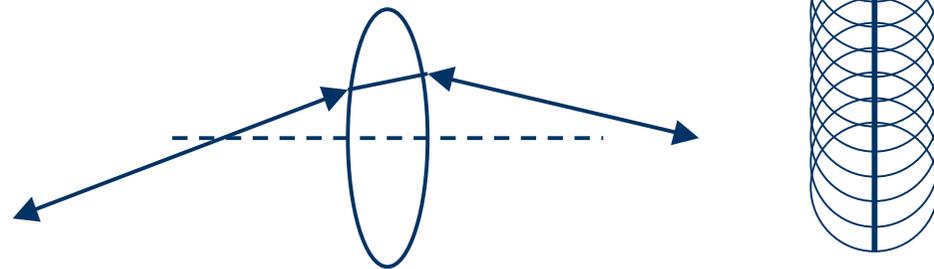
1. Medir a distância focal de 2 lentes (1 divergente, 1 convergente)
2. Verificar a validade (ou não) da aproximação de lente fina

Desenvolver a metodologia (note: A lente divergente forma imagem virtual ' $i < 0$ ')
Escolher 2 lentes convenientes (f, R, etc..). Medir suas dimensões físicas;
Executar medidas de 'I e O' num banco óptico;
Comparar com o(s) modelo(s).

Referência: Hecht & Zajac. *Optics*. Addison-Wesley.

Ótica geométrica

- Ótica geométrica
 - Foco: Ponto para o qual converge (ou diverge) uma onda esférica.
 - Lente delgada ($d \cong 0$)
 - Aproximação paraxial: $\sin \varphi = \varphi$
 - Sistemas com dimensão $\gg \lambda$
 - índice de refração
- Princípio de Huygens
 - Frente de onda
- Reversibilidade



Raio luminoso numa interface

Índice de refração:

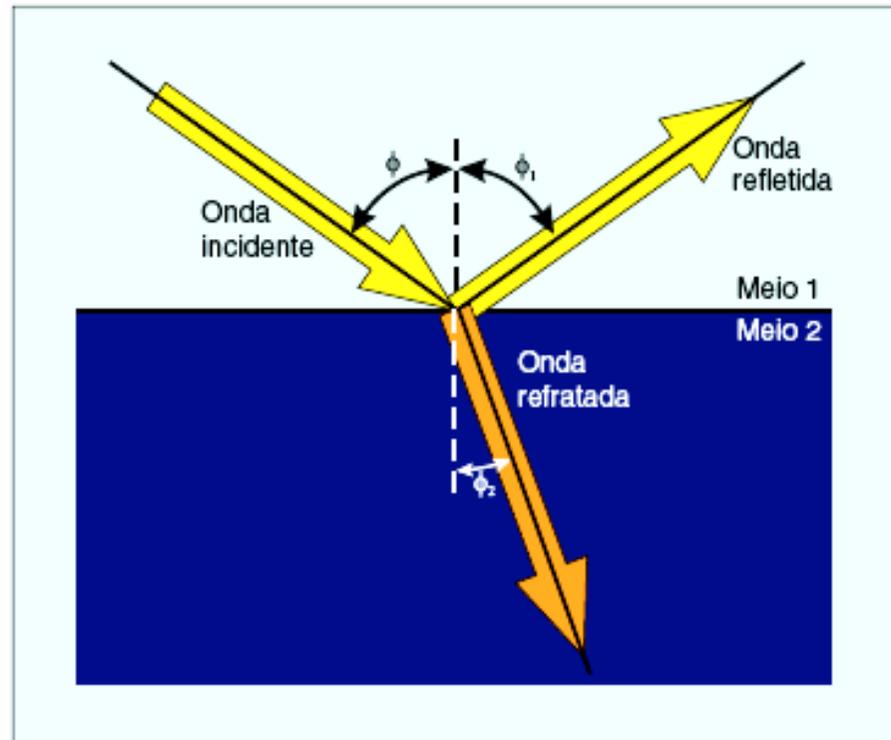
$$n = \frac{c}{v}$$

Reflexão:

$$\phi_i = \phi_o$$

Refração (Lei de Snell):

$$\eta_1 \text{sen} \phi_1 = \eta_2 \text{sen} \phi_2$$

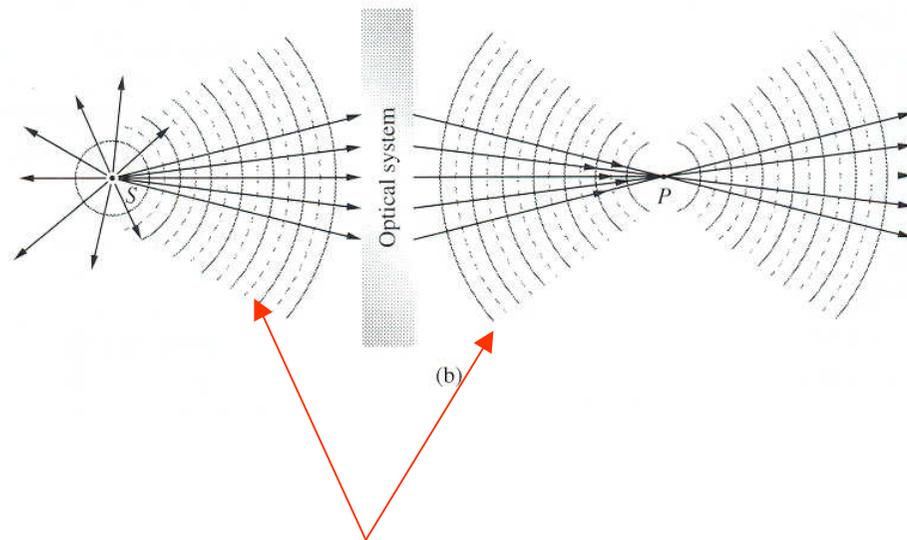
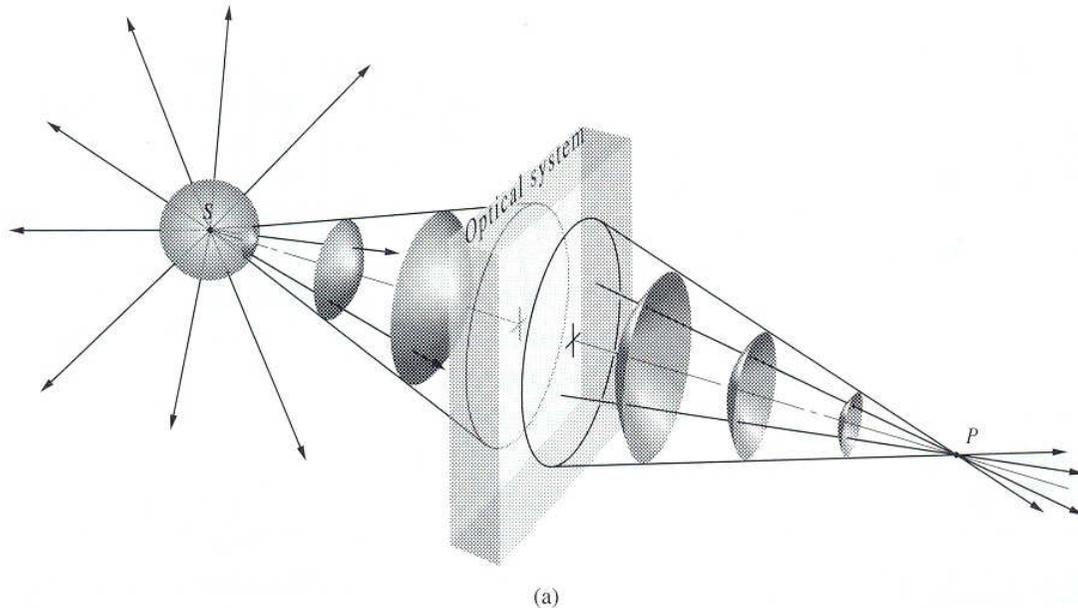


Note: ângulos medidos em relação à normal

Lentes

- Sistema refrator imerso em um meio.
- O índice de refração da lente é diferente do meio.

Seu formato é construído de forma a alterar a direção dos raios luminosos incidentes



frentes de onda

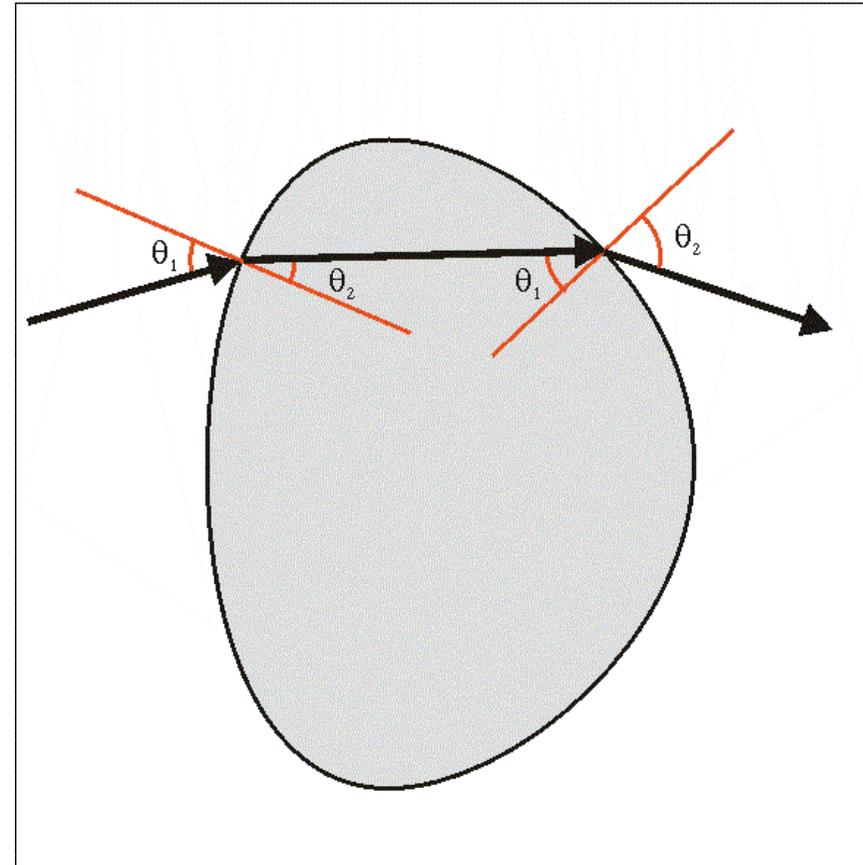
Lentes: funcionamento

Luz incide em uma superfície

Ocorre refração nesta superfície

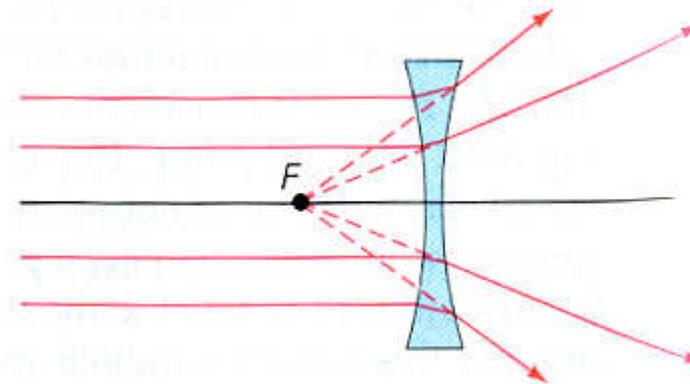
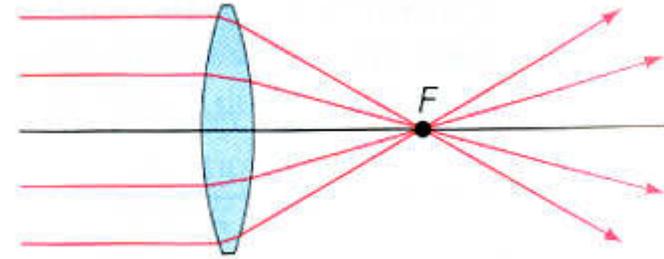
A luz se propaga para a segunda superfície

Ocorre nova refração



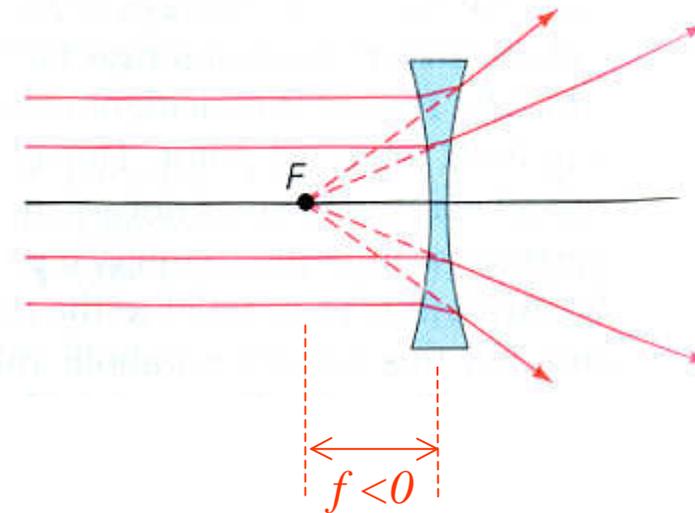
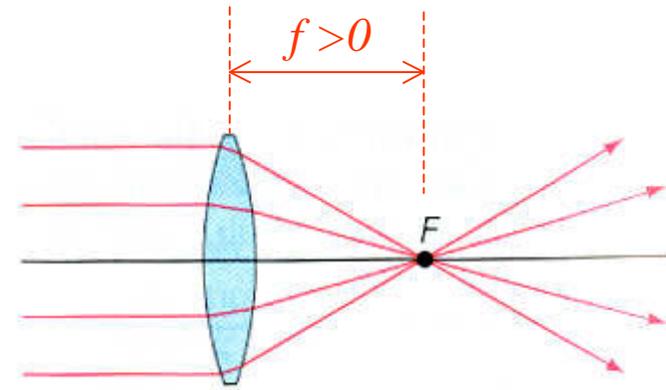
Tipos de lentes: quanto à convergência dos raios

- Lentes Convergentes ($f > 0$)
aproximam os raios luminosos
- Lentes Divergentes ($f < 0$)
afastam os raios luminosos



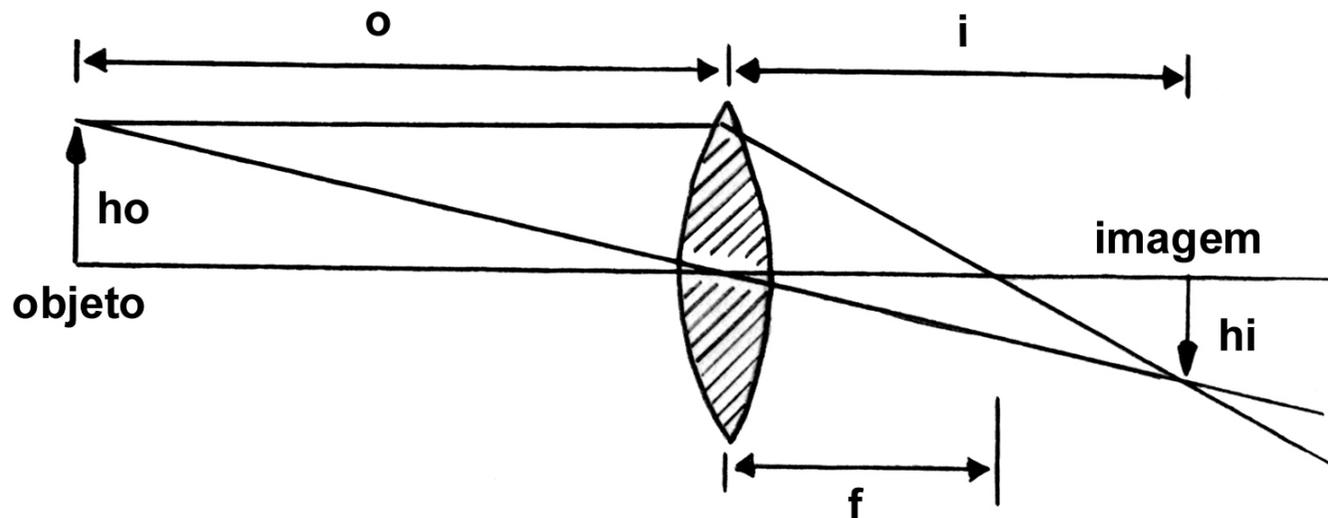
Lentes delgadas: algumas definições

- Distância focal, única e independente da face que o raio luminoso atinge a lente;
- A distância focal (f) é a distância entre o centro da lente e o ponto de convergência de raios luminosos incidentes paralelos ao eixo da lente;
- Lentes convergentes: $f > 0$
- Divergentes: $f < 0$



Lentes delgadas: algumas definições

- Objeto e imagem de uma lente
- Distância objeto (o) é a distância entre a posição do objeto e o centro da lente
- Distância imagem (i) é a distância entre a posição da imagem e o centro da lente
- Dimensão do objeto (h_o), dimensão da imagem (h_i)
- Magnificação $M = i/o = h_i/h_o$



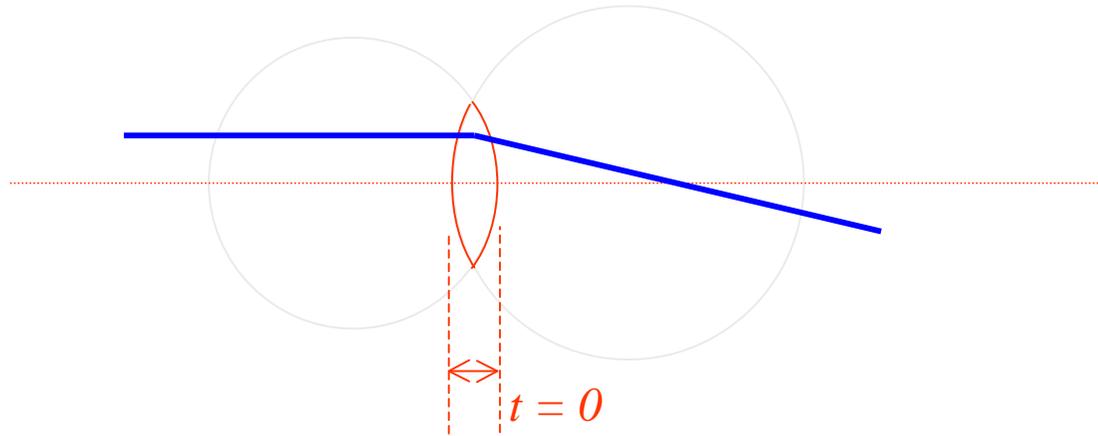
Ótica geométrica: lentes delgadas

- Luz visível $400 < \lambda < 700$ nm
- Índice de refração $\eta = c/v$ para $\lambda = 589,29$ nm
- $\text{sen}\varphi \cong \varphi$ (aproximação paraxial)

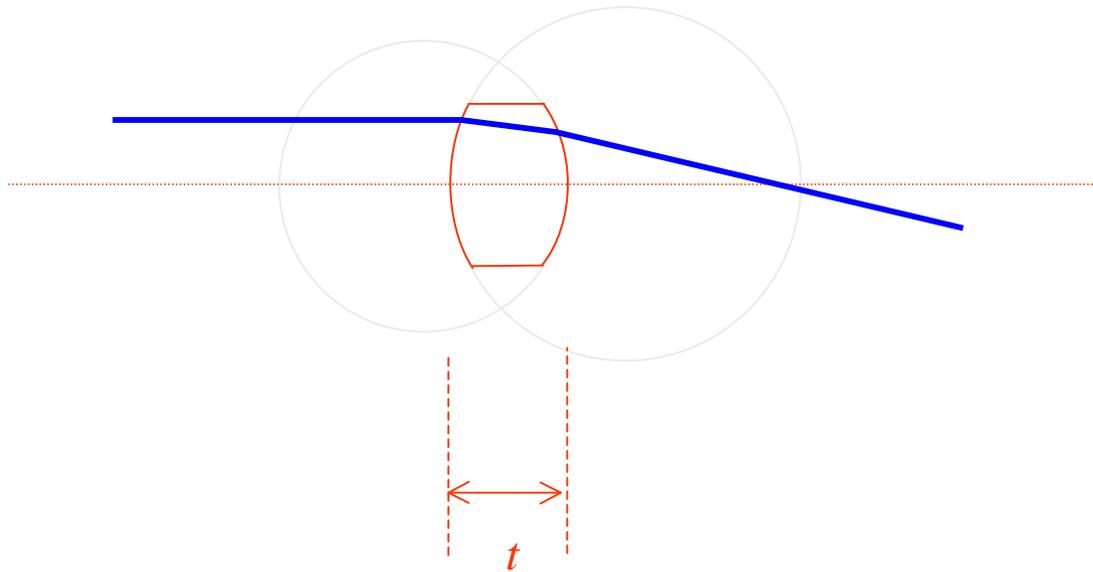
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{i} + \frac{1}{o} \quad \text{Equação de Gauss para lentes delgadas}$$

$$M = \frac{hi}{ho} = \frac{i}{o} \quad \text{Magnificação para lentes delgadas}$$

Ótica geométrica: lente delgada x lente espessa



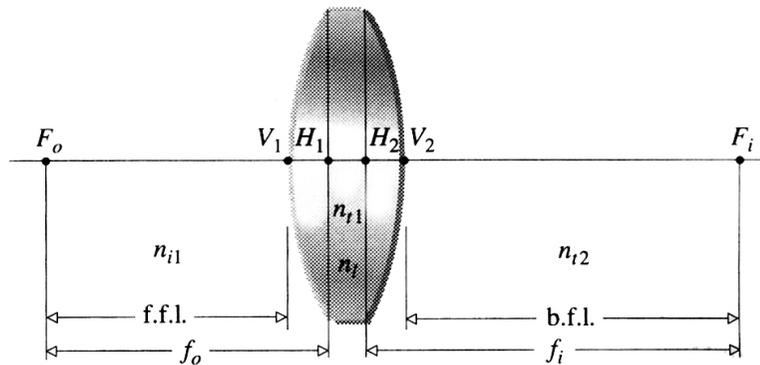
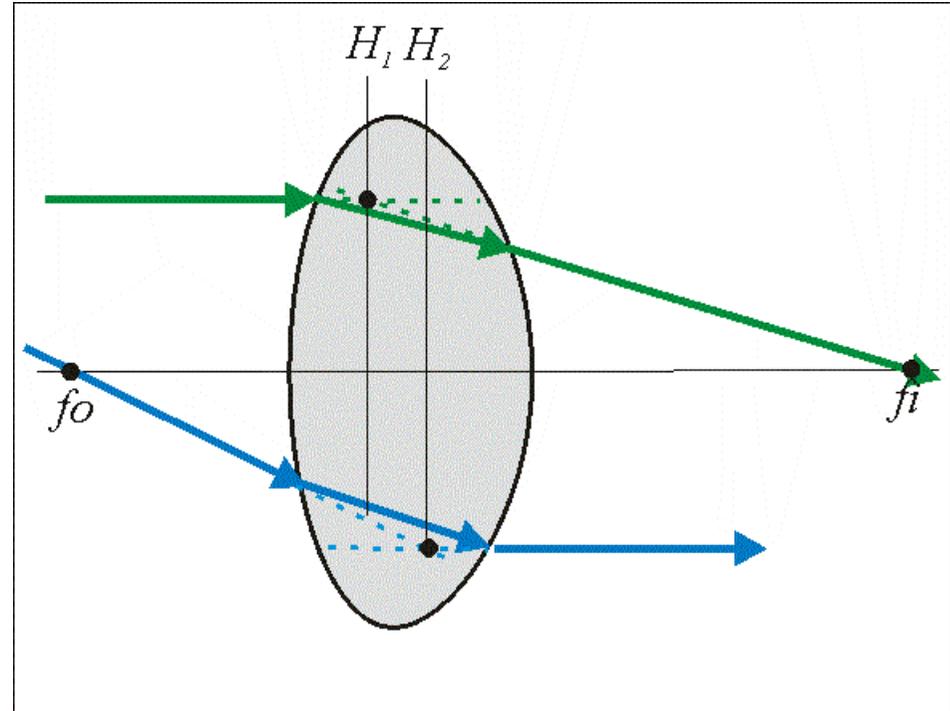
Espesura desprezível.
O raio 'entra' no mesmo
ponto que 'sai'.



O raio 'corre' dentro da
lente.
Pode ser modelado como
uma associação de lentes
delgadas

Lentes espessas: planos principais

- Os planos principais são determinados pelo cruzamento das extrapolações dos raios paralelos que convergem para o foco da lente.
- Isso é feito para os dois focos da lente (f_o e f_i)

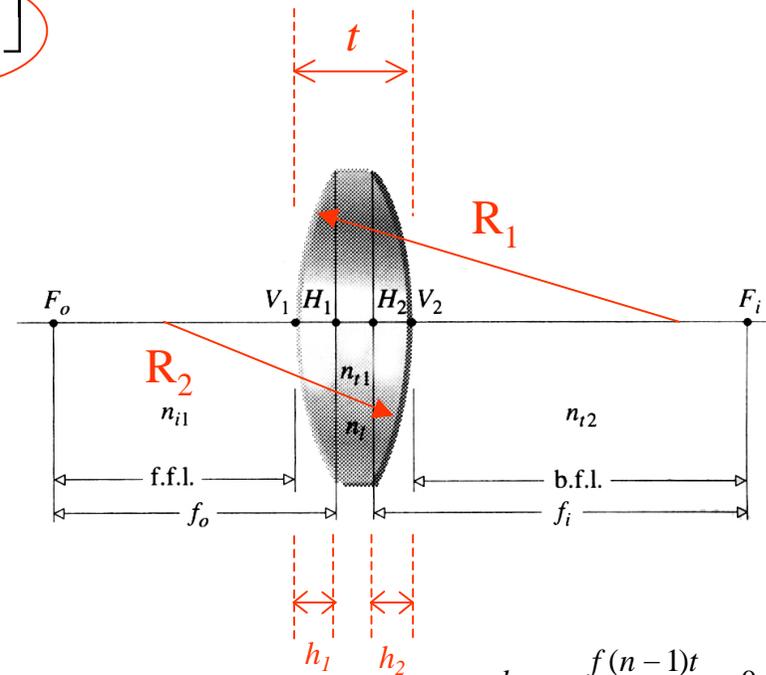


Lentes espessas: equação do fabricante de lentes

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right] + \frac{(n - 1)^2}{n} \left[\frac{t}{R_1 R_2} \right]$$

cuidado com a
convenção de sinais

$$\frac{1}{f} \sim (n - 1) \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right]$$



$$h_1 = -\frac{f(n-1)t}{R_2 n} > 0$$

$$h_2 = -\frac{f(n-1)t}{R_1 n} < 0$$

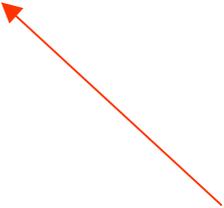
positivos quando o plano
está à direita do vértice

Objetivos

1. Medir a distância focal de 2 lentes (1 divergente, 1 convergente).
2. Verificar a validade (ou não) da aproximação de lente fina.

Desenvolver a metodologia (note: A lente divergente forma imagem virtual ' $i < 0$ ')
Escolher 2 lentes **convenientes** (f, R, etc..). Medir suas dimensões físicas;
Executar medidas de 'I e O' num banco óptico;
Comparar com o(s) modelo(s).

CUIDADO! A incerteza nas determinações da posição imagem e do objeto podem ser diferente que a da régua.



No laboratório existe um esferômetro e respectiva curva de calibração. Verifique seu uso e meça o raio das superfícies das lentes. Note que um esferômetro mede dioptrias.

Metodologia (para determinar a imagem de um objeto)

Tome como objeto um emissor de luz com algum contraste preto/branco

- Estime (uma medida aproximada e rápida) a distância focal das lentes;
- Na bancada óptica. Monte o objeto numa das extremidades.
- Mova a **lente ou o anteparo (?)** até obter uma imagem nítida;
- Meça a distância entre o objeto e a lente (**onde?**);
- Meça a distância entre a imagem e a lente (**onde?**);
- Meça os tamanhos do objeto e da imagem. Obtenha a magnificação, m ;
- Grafique $i(o)$ ou alguma função $f(i(g(o)))$, buscando determinar f .
(valem simulações, ajustes, etc..)
- Busque um método que seja sensível à aproximação (lente fina ou espessa);
- Calcule $f(R_1, R_2, t, n)$ usando a equação do fabricante de lentes;
- Verifique se a expressão $m = i/o$ é válida.

CUIDADO! A incerteza nas determinações da posição imagem e do objeto podem ser diferente que a da régua.

Ray-trace

No LabDid existe um programa: Raytrace. Serve para traçar raios de luz e simular o efeito de lentes e associação de lentes.

Serve para simular lentes delgadas e espessas e eventualmente auxiliar para definir a estratégia na tomada de dados.

Permite por exemplo desenhar uma lente espessa com os valores nominais (raios, espessura e índice de refração) e verificar em que a lente espessa difere de uma lente delgada.