

# Experimento I

Ótica geométrica



A. Suaide  
Aeroporto do México, 2015

# Objetivos do experimento

- Explorar fenômenos de reflexão e refração do ponto de vista da óptica geométrica
- Noções de óptica geométrica
- Estudo de lentes delgadas e espessas

# Cronograma

- ◉ 4 semanas

- ◉ Semana 1

- ◉ Lentes delgadas

- ◉ Semana 2

- ◉ Estudo de aberrações cromáticas em lentes

- ◉ Semana 3

- ◉ Lentes espessas

- ◉ Lei de Snell

- ◉ Semana 4

- ◉ Algumas análises com dados tomados anteriormente

# Objetivos da semana

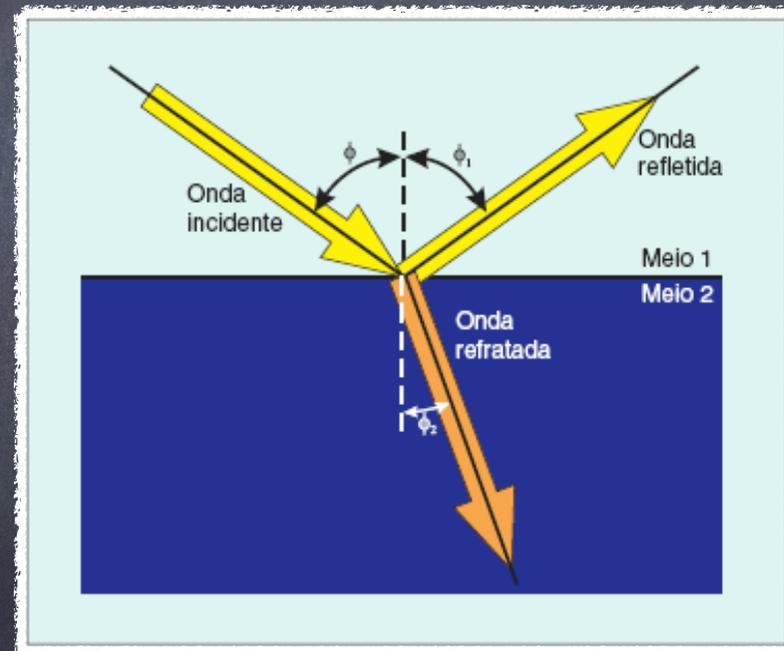
- ◉ Estudar uma lente espessa
  - ◉ Semi-disco de acrílico
  - ◉ Qual o índice de refração do material que compõe a lente?
  - ◉ Quais as distâncias focais?
    - ◉ Elas são iguais dos dois lados?
    - ◉ De onde eu meço estas distâncias? das bordas, do centro, de outro lugar?

# Propagação de um raio luminoso

- ◉ A raio luminoso refratado em uma superfície muda de direção de acordo com a lei de Snell

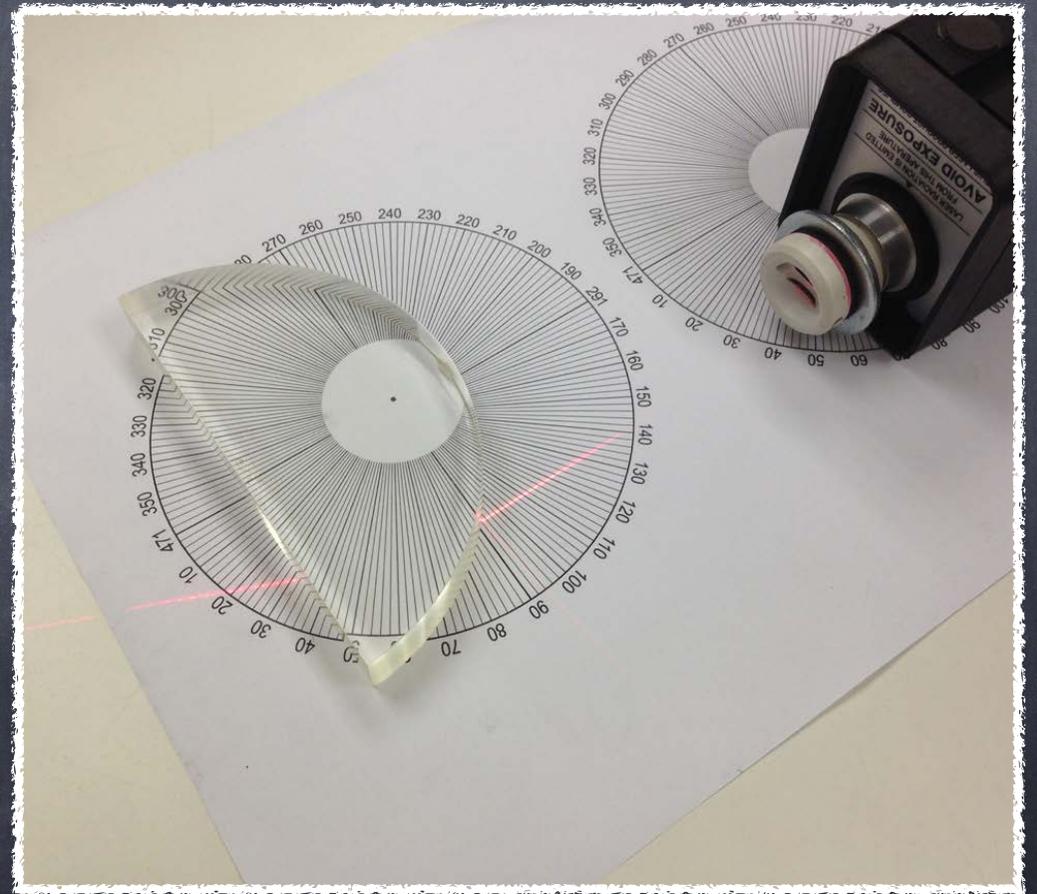
$$n_1 \sin \phi_1 = n_2 \sin \phi_2$$

- ◉ Princípio básico para a construção de lentes



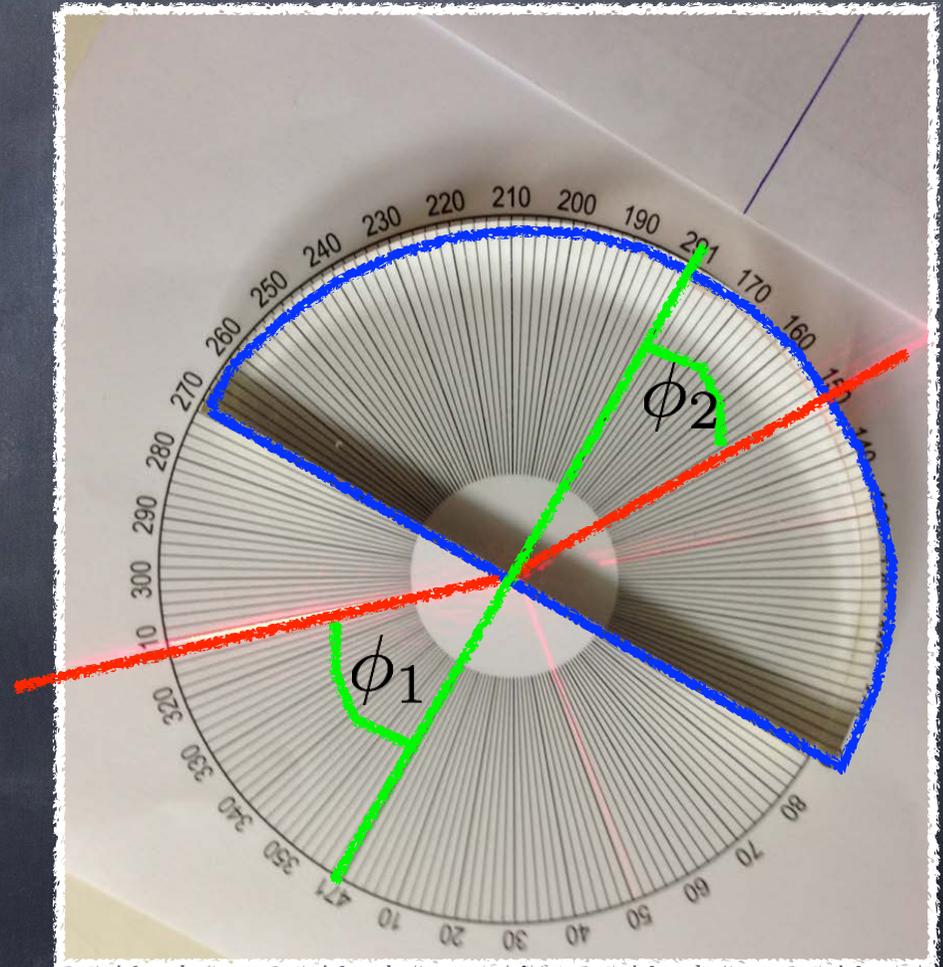
# Arranjo experimental para esta semana

- Laser com lente cilíndrica
- Semi-disco de acrílico
- Papel graduado em ângulo e milimetrado



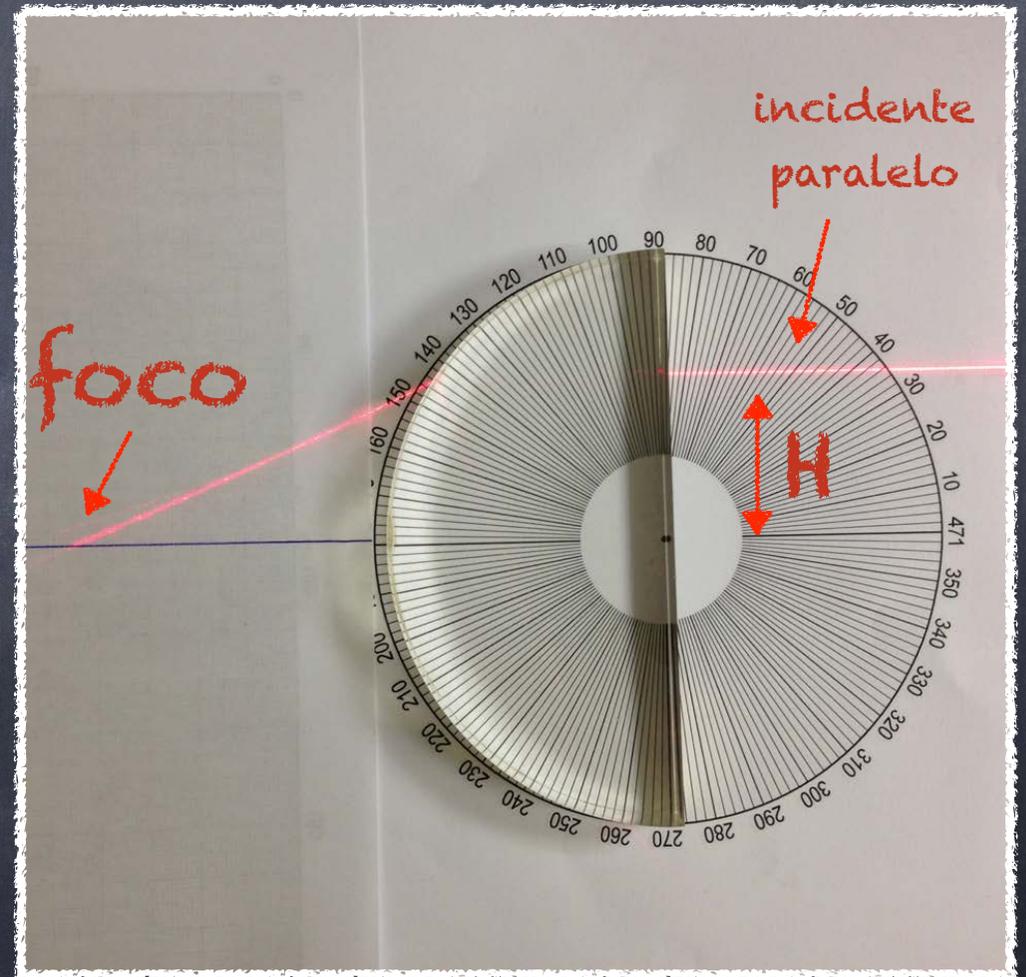
# Primeira atividade: Determinar o índice de refração do acrílico

- Usando Lei de Snell
  - Medir ângulo refratado em função do ângulo incidente
- Ver roteiro para como utilizar o semi-disco neste caso
- Cuidado com alinhamento



# Segunda atividade: Determinar as distâncias focais

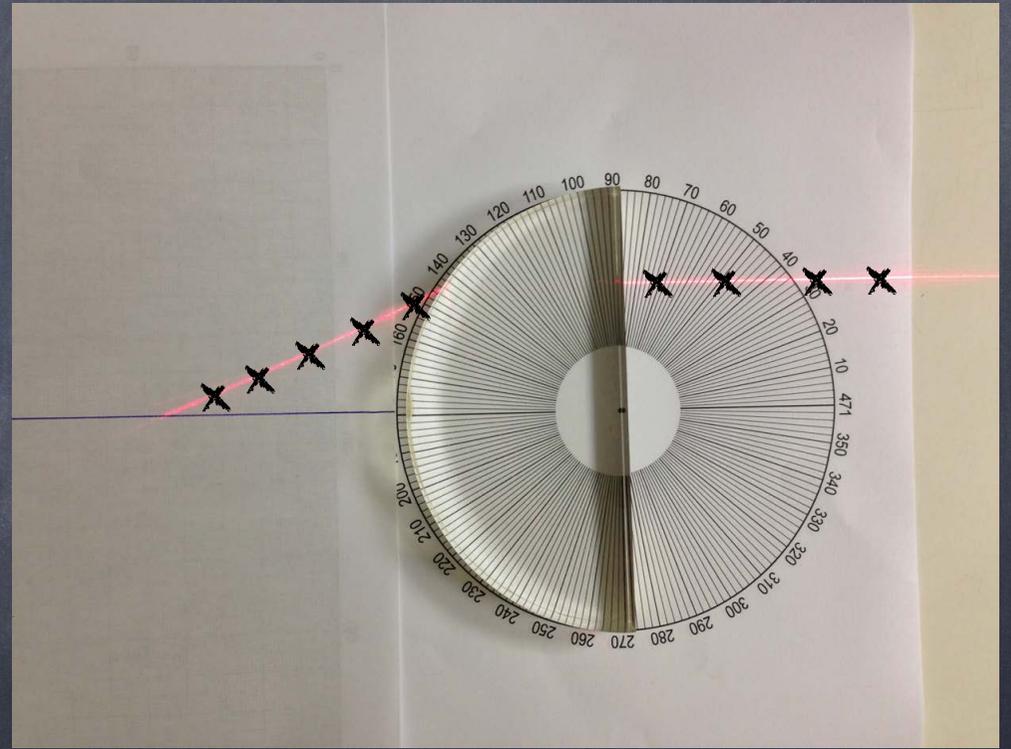
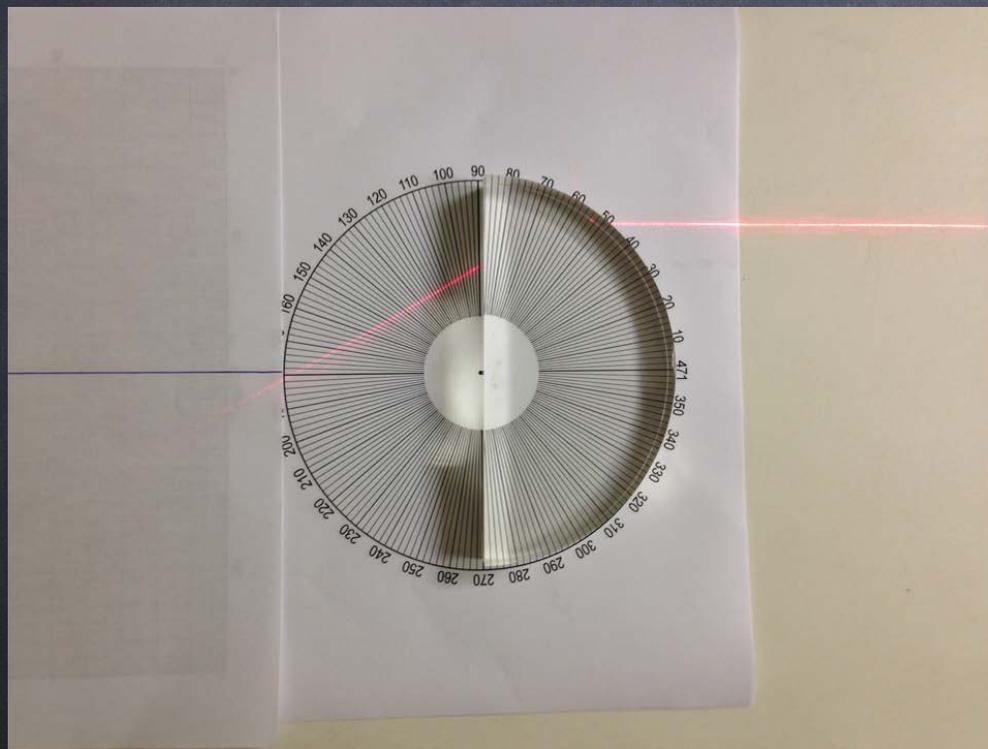
- Usar o mesmo arranjo com outra "montagem"
- Raios incidentes paralelos convergem para o foco da lente.



# Algumas perguntas

- O foco é sempre o mesmo, independente do valor de  $H$ ?
- Qual o limite para  $H$  no qual o foco não é mais fixo?
- Qual a referência de medida do foco?

O foco é o mesmo dos dois lados?



Marque os raios luminosos

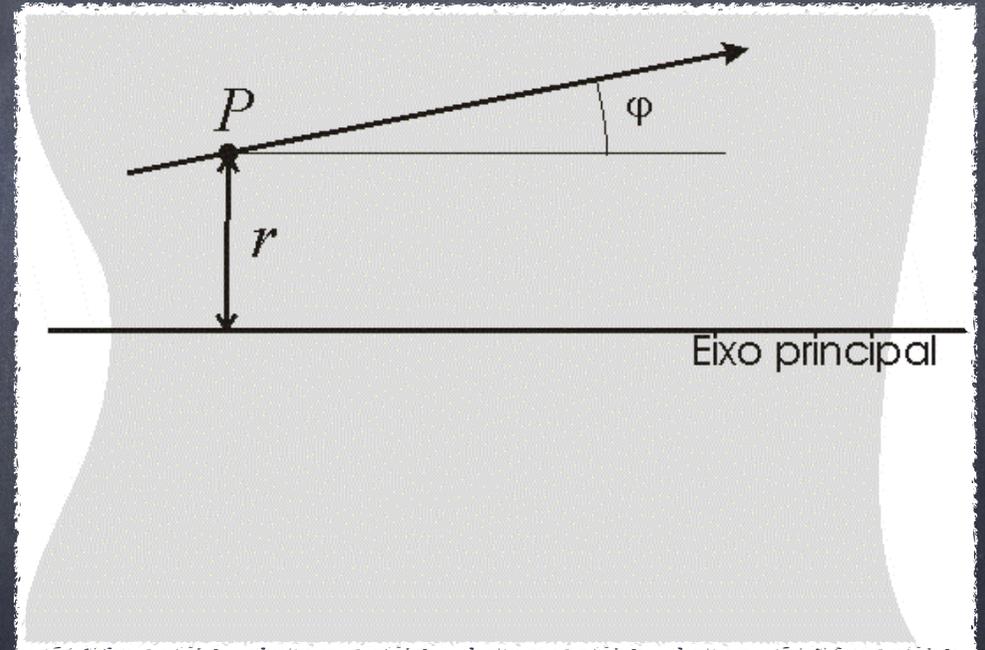
# Atividade pré-Lab

- ◉ Vamos medir o índice de refração do acrílico usado na nossa lente.
- ◉ Gostaríamos de atingir uma determinada precisão estatística nesta medida.
- ◉ A atividade é, considerando as características do arranjo, estimar quantos pontos são necessários medir e a região angular a ser medida.
  - ◉ Ver o site da disciplina para mais detalhes.

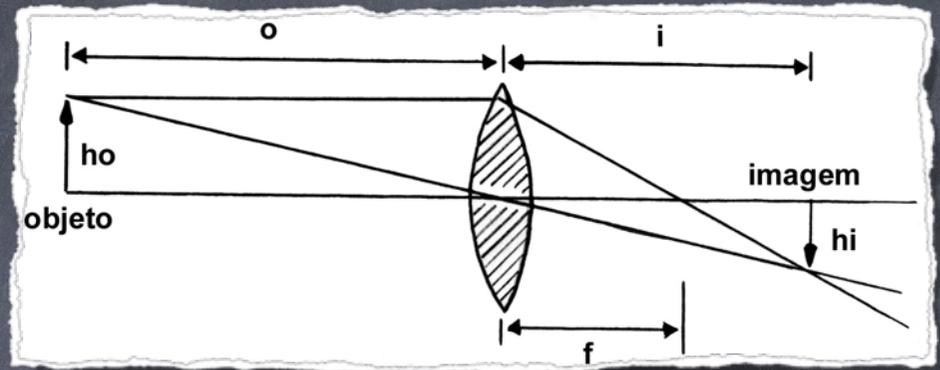
# O método matricial

- Uma transformação de um ponto a outro

$$\begin{pmatrix} r_2 \\ \phi_2 \end{pmatrix} = M \cdot \begin{pmatrix} r_1 \\ \phi_1 \end{pmatrix}$$



# Exemplo: Lente simples



- Assim, a transformação completa para uma lente simples, delgada vale:

$$\begin{pmatrix} r_2 \\ \phi_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & i \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -1/f & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & o \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} r_1 \\ \phi_1 \end{pmatrix}$$

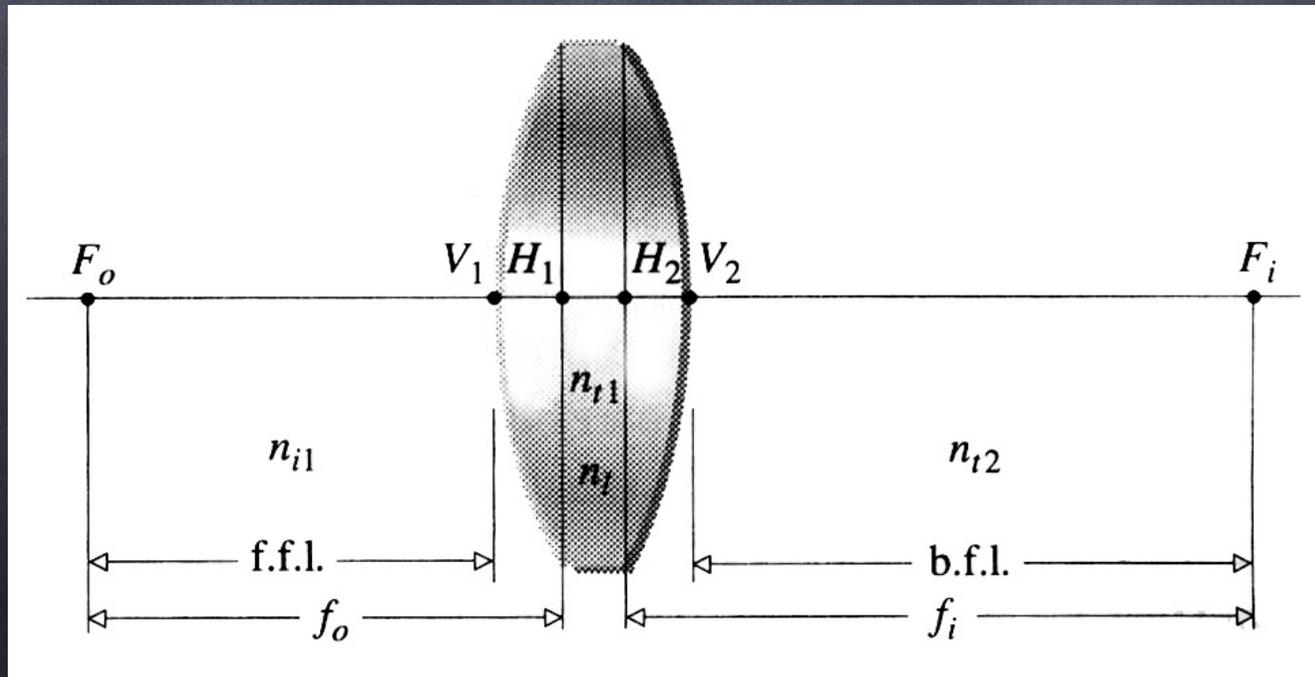
Transformação  
Saída da lente ( $B$ ) até  
O ponto imagem ( $i$ )

Transformação  
Dentro da lente

Transformação  
Ponto objeto ( $o$ ) até a  
lente ( $A$ )

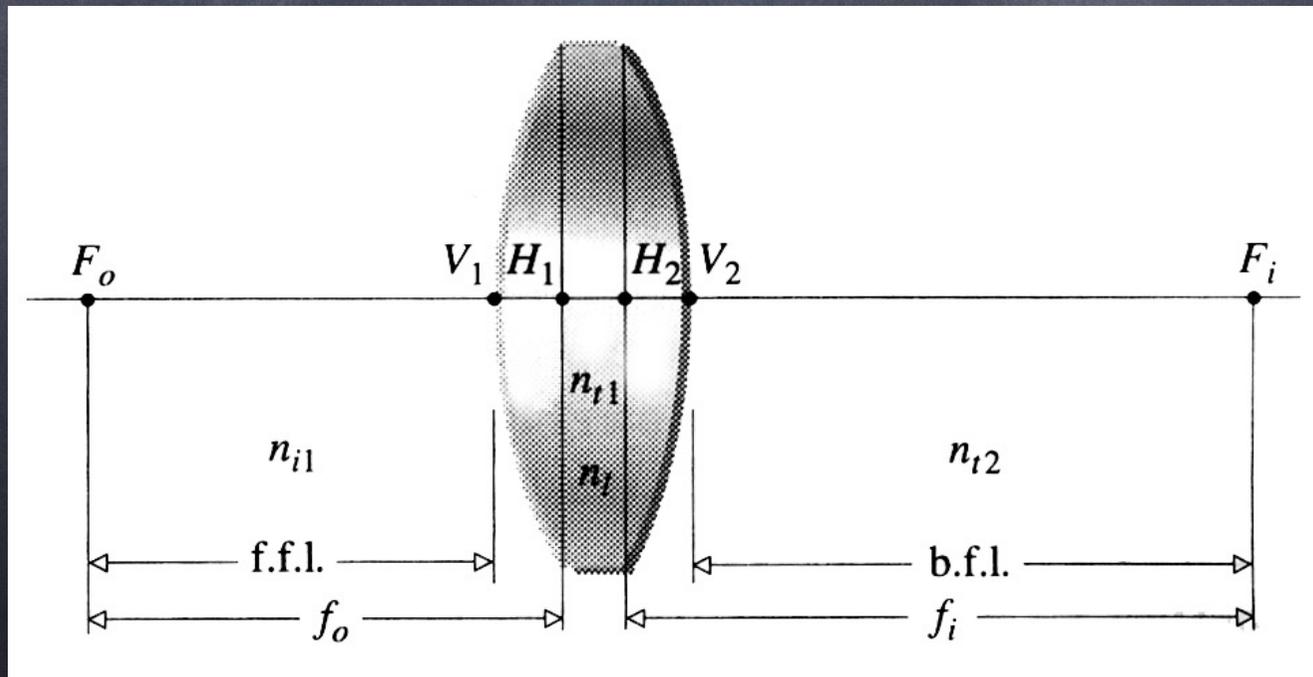
# Lentes espessas: algumas definições

- Na lente espessa muitas aproximações adotadas para lente delgada não são válidas. Neste caso, tanto a espessura como a forma da superfície da lente são importantes para estabelecer as relações entre objeto e imagem.



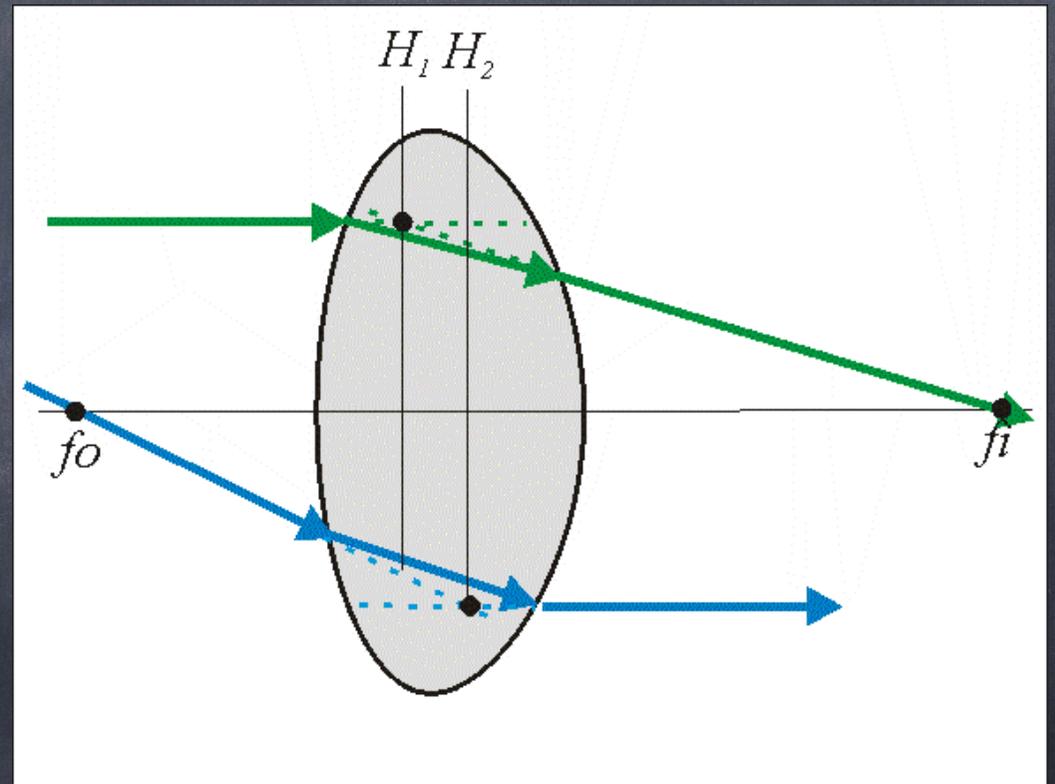
# Lentes espessas: algumas definições

- As distâncias focais dependem do lado da lente. Costuma-se ter duas distâncias focais,  $f_o$ , ou foco objeto; e  $f_i$ , ou foco imagem.
- Estas distâncias são obtidas a partir dos planos principais da lente ( $H_1$  e  $H_2$ )

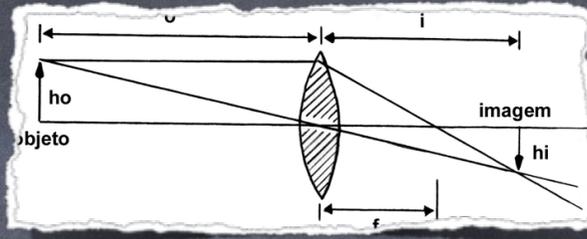


# Lentes espessas: planos principais

- A determinação dos planos principais corresponde ao 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  $f_i$ )



# No caso da lente espessa...



$$M_{delgada} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -1/f & 1 \end{pmatrix}$$

$P_i$  é a potência da superfície  $i$ ,

$$P_1 = \frac{n - 1}{R_1}$$

$$P_2 = \frac{1 - n}{R_2}$$

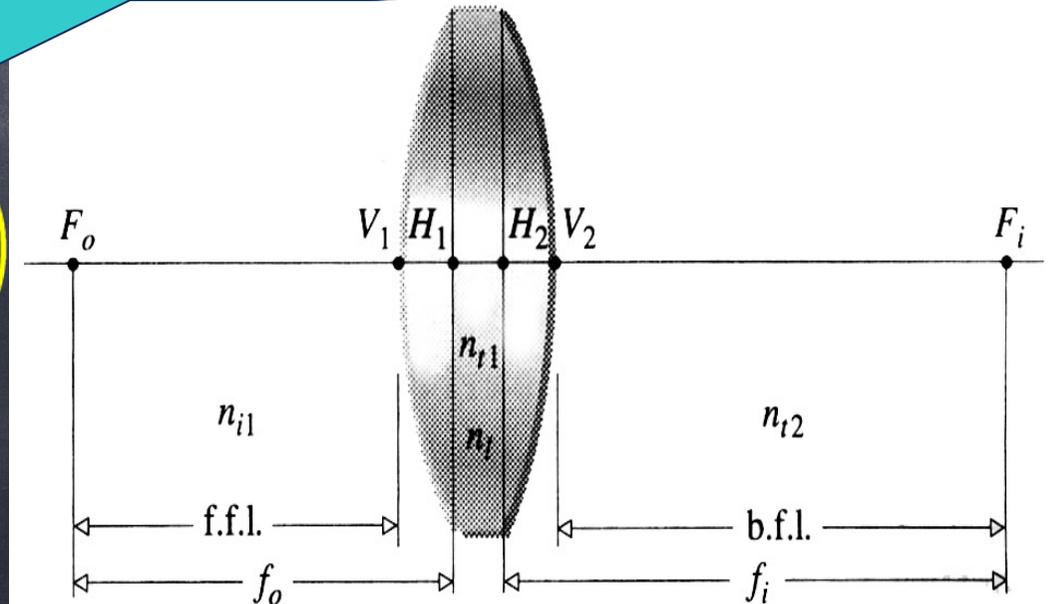
caso, a matriz de propagação é mais exata, porém pode ser demonstrada

apostila de ?

$t$  é a espessura da lente

$$M = \begin{pmatrix} 1 - \frac{tP_1}{n} & \frac{t}{n} \\ \frac{t}{n}P_1P_2 - P_1 - P_2 & 1 - \frac{tP_2}{n} \end{pmatrix}$$

$-1/f$  fornece o foco médio da lente



# No caso da lente espessa...

- Uma consequência desta matriz de transformação é que:

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

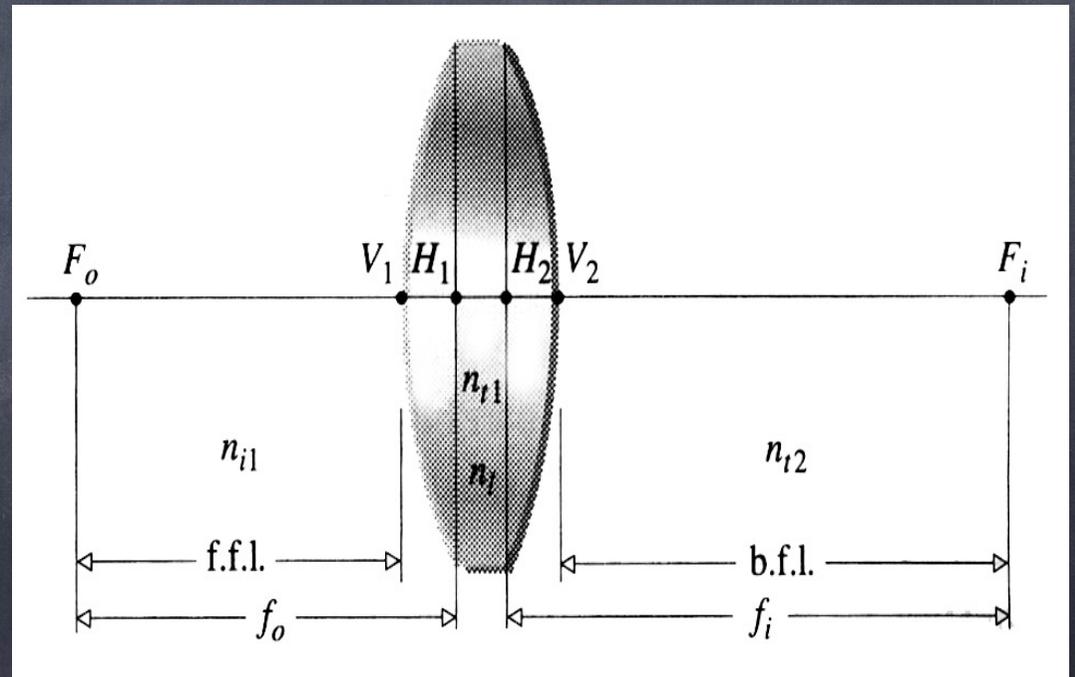
- Denominada equação do fabricante de lentes

# No caso da lente espessa...

- E que os planos principais da lente são dados por:

$$H_1 = \frac{t}{n \left( 1 + \frac{P_1}{P_2} - t \frac{P_1}{n} \right)}$$

$$H_2 = \frac{t}{n \left( 1 + \frac{P_2}{P_1} - t \frac{P_2}{n} \right)}$$



# Análise dos seus dados e relatório

- Para as lentes usadas nas semanas anteriores:
  - Você pode garantir que a aproximação de lente delgada é válida para estas lentes? Quais os critérios utilizados?
- Para a lente de semi-disco, obtenha, das medidas feitas anteriormente, os planos principais. Obtenha as distâncias focais a partir destes planos e compare os resultados.

# AVISO IMPORTANTE

- Coloquem os resultados no banco de dados para comparação entre a turma
- O prazo se encerra no final desta "semana de lab", ou seja, na segunda-feira.
- Na terça-feira os resultados compilados em uma tabela Excel serão disponibilizados para análise.