

Física Experimental IV

<https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=90535>

2º Semestre 2021

Exp. 1 - Ótica Geométrica

Atividade 1 – Estudo de uma lente simples

Semana 1 - 19/Agosto

Prof. Henrique Barbosa

hbarbosa@if.usp.br

<http://www.fap.if.usp.br/~hbarbosa>

Exp. 1 - Óptica Geométrica

- Objetivos
 - Estudar algumas características da óptica geométrica e construir imagens utilizando lentes simples e sistemas de lentes.

Cronograma

- 3 atividades:

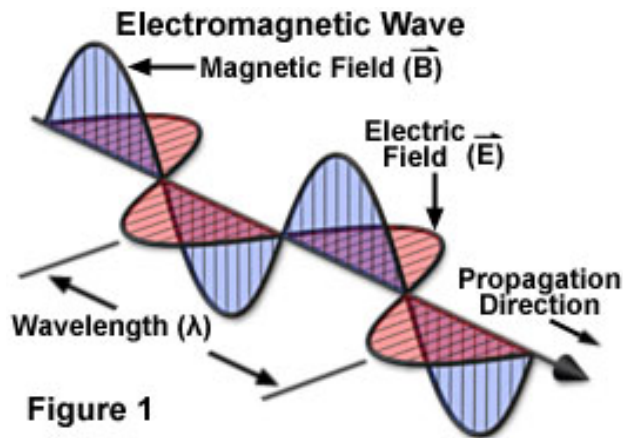
– **Atividade 1:** distância focal de uma lente

– **Atividade 2:** associação de lentes

– **Atividade 3:** aproximação de lente delgada

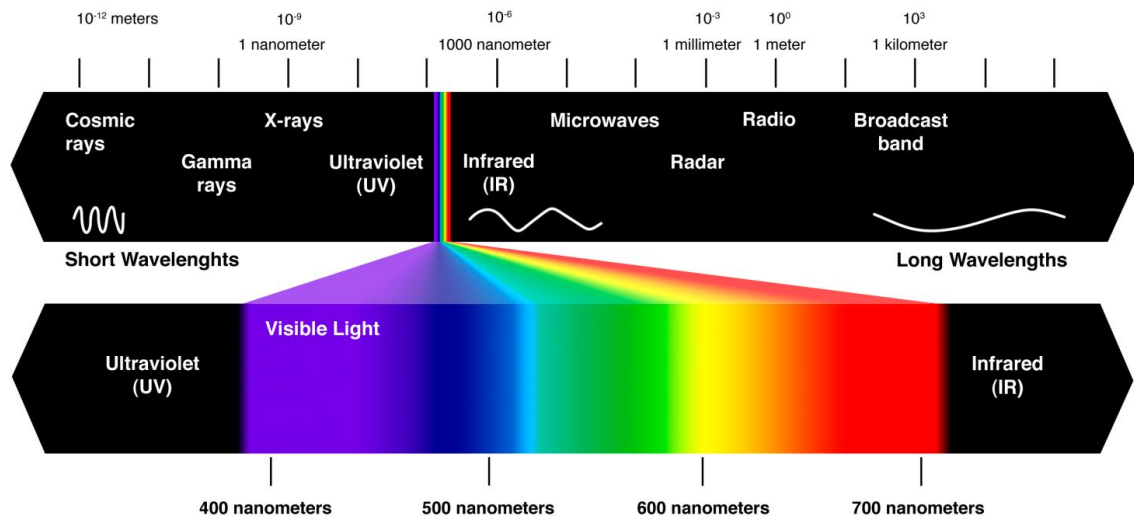
Radiação Eletromagnética

- É uma forma de energia emitida e absorvida por partículas carregadas e que se propaga no espaço como uma onda e como partícula ao mesmo tempo;
- É formada por um campo magnético e um campo elétrico que vibram em fase, perpendiculares entre si e a direção de propagação;
- A velocidade de propagação no vácuo é a constante e dada pela razão $E/B = c$



Radiação Eletromagnética

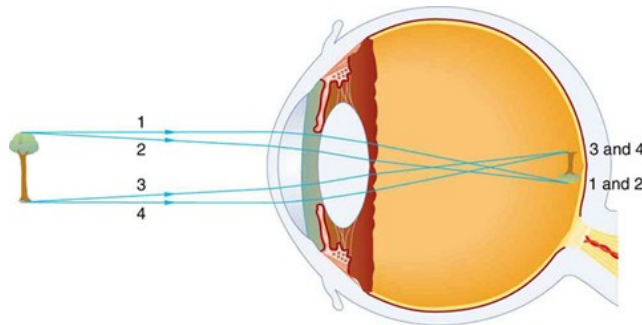
A luz visível é um pequeno intervalo do espectro eletromagnético.



É uma onda e todos os fenômenos ondulatórios se aplicam: interferência, difração, etc...

O que é óptica geométrica?

- A **óptica geométrica** despreza os efeitos ondulatórios, o que é válido apenas quando o comprimento de onda da energia radiante é pequeno se comparado às dimensões físicas do sistema óptico com o qual ela interage.



O que é óptica geométrica?

- Os comprimentos de onda típicos da **luz visível** estão entre 400 a 700 nm.
 - Sistemas macroscópicos simples, do dia a dia, possuem dimensões tais que $\lambda/d < 10^{-3}$, ou seja, os efeitos ondulatórios são muito pequenos.
- Nestes caso, a óptica geométrica permite:
 - Aproximar a **propagação da luz por raios luminosos que se propagam de forma retilínea**.
 - Descrever de uma maneira simplificada a propagação dos raios luminosos ao passarem por aparatos que refletem e/ou refratam a luz.

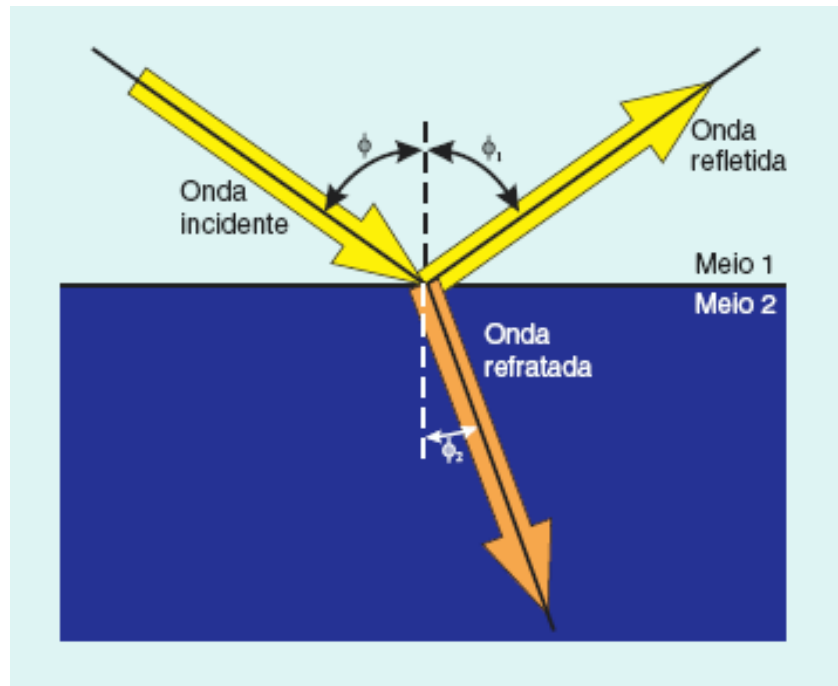
Propagação de um Raio Luminoso

- Quando a luz atinge uma superfície de separação entre meios de propriedades óticas diferentes ocorre:
 - Reflexão
 - Refração

Índice de refração:

razão entre a velocidade da luz no meio e no vácuo

$$n = \frac{c}{v} \geq 1$$

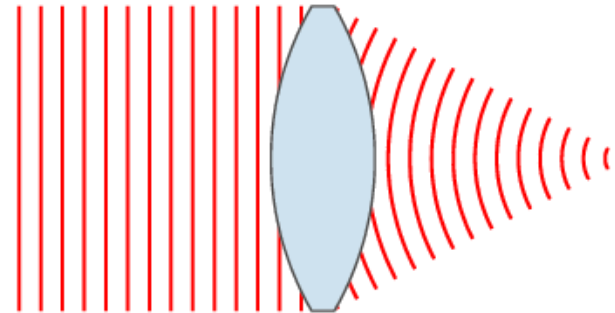
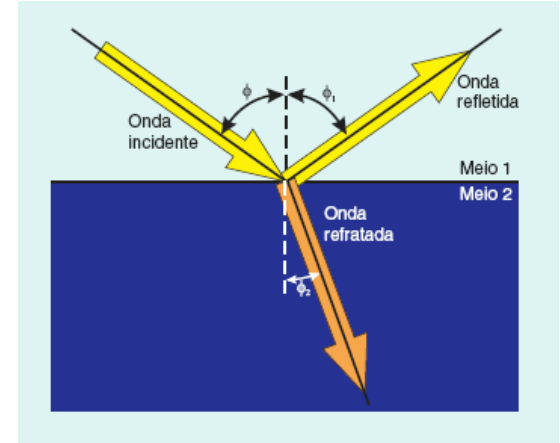


Refração

- O raio luminoso refratado em uma superfície muda de direção de acordo com a lei de Snell:

$$n_1 \sin \varphi_1 = n_2 \sin \varphi_2$$

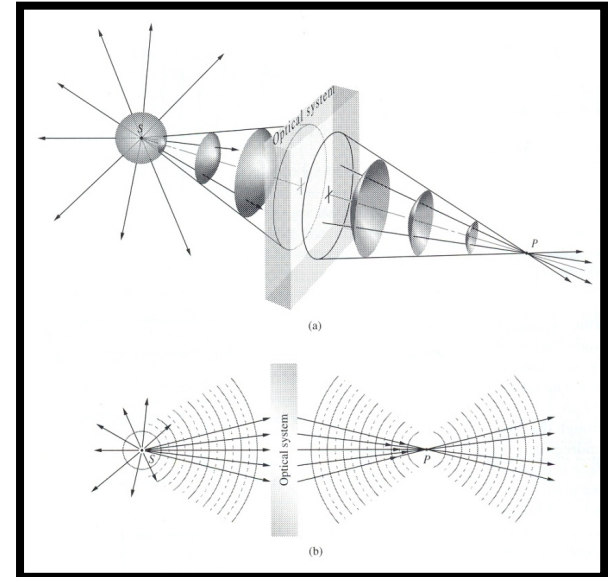
- Esse é o princípio básico de funcionamento das lentes, pois determina a mudança de direção dos raios luminosos



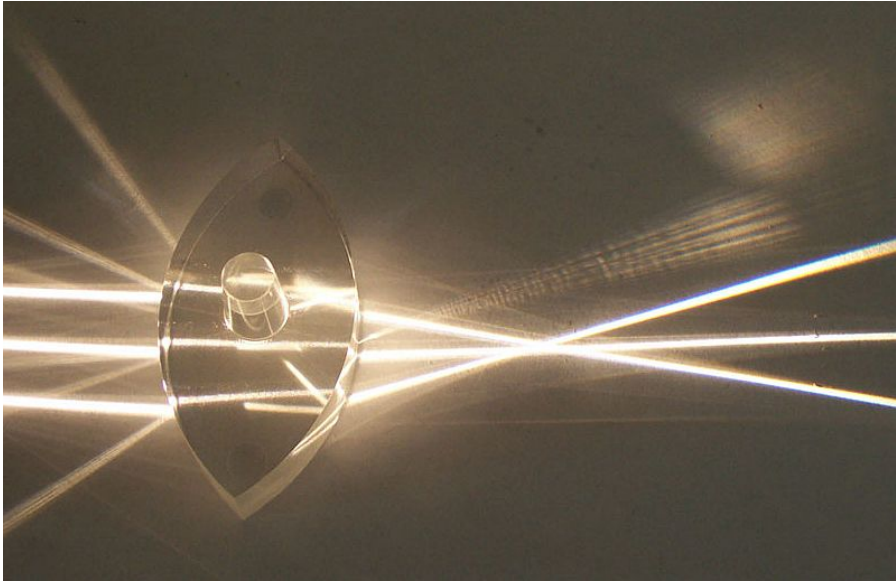
Lentes

Lente é um dispositivo que muda a distribuição de energia transmitida, quer se trate de ondas eletromagnéticas (visíveis, ultra-violeta, infravermelho, microonda, ondas de rádio), ou mesmo de ondas sonoras ou ondas de gravidade.

- O sistema refrator tem que estar imerso em um meio de índice de refração diferente do seu próprio
- O formato é construído de forma a alterar a direção dos raios luminosos incidentes da maneira desejada



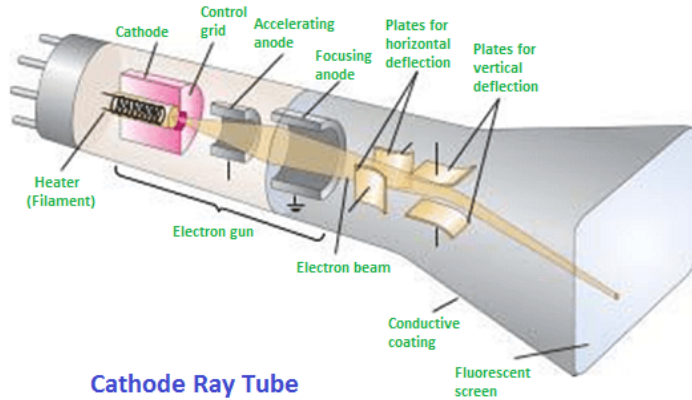
Lentes: Exemplos



Lentes: Exemplos



Lente eletrostática



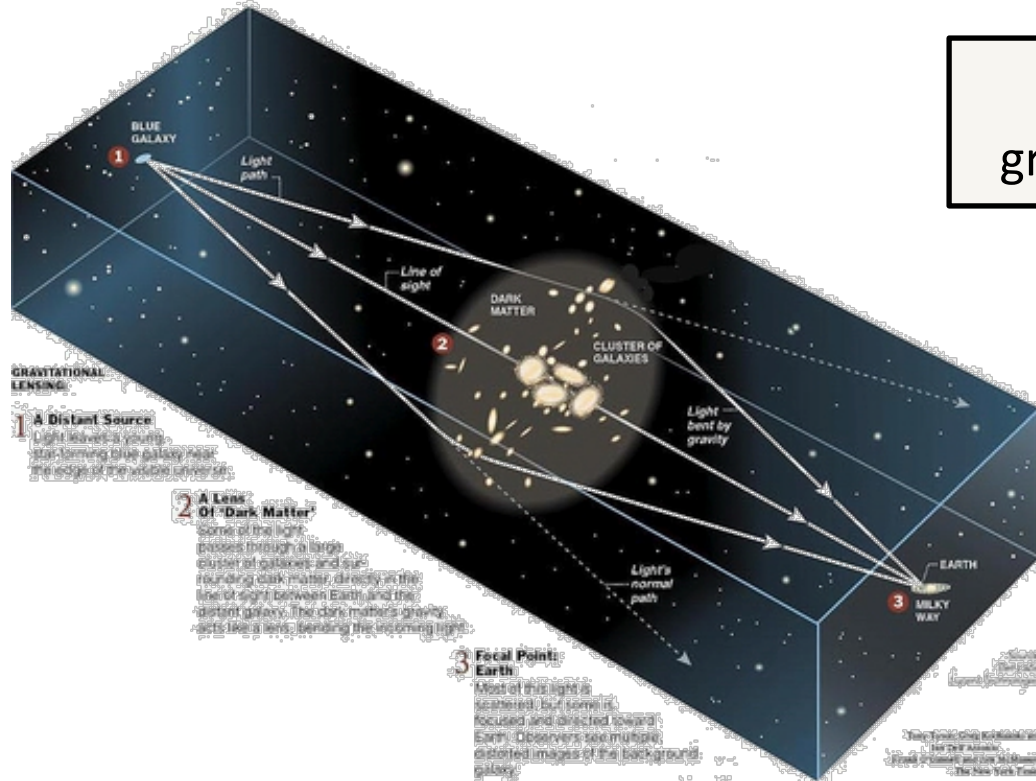
Cathode Ray Tube

Lente acústica



Lentes: Exemplos

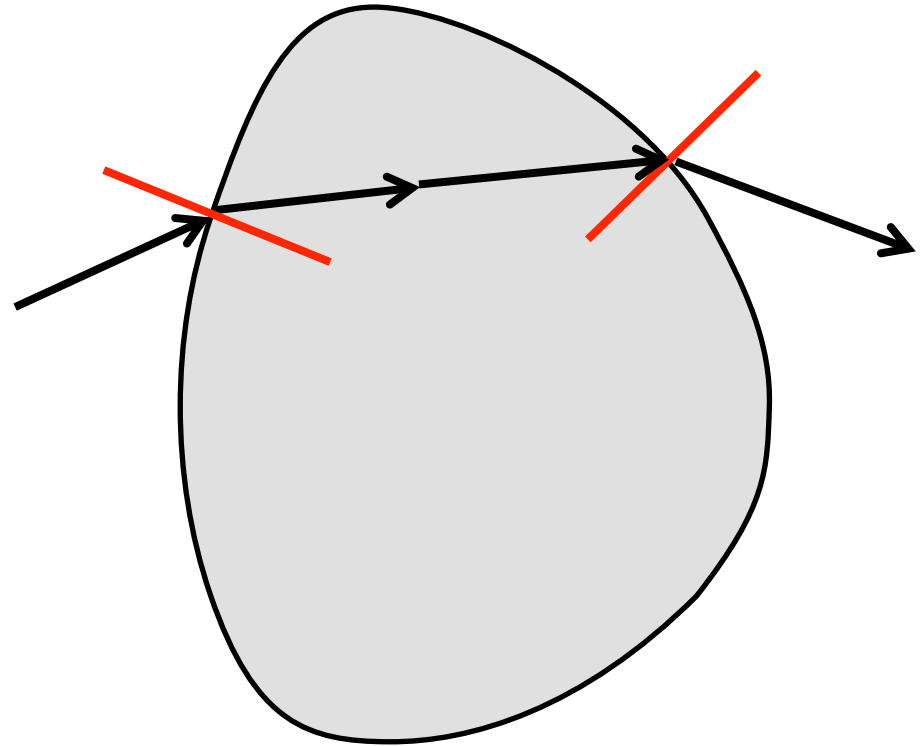
Lente gravitacional



Funcionamento das Lentes

O funcionamento de uma lente é simples:

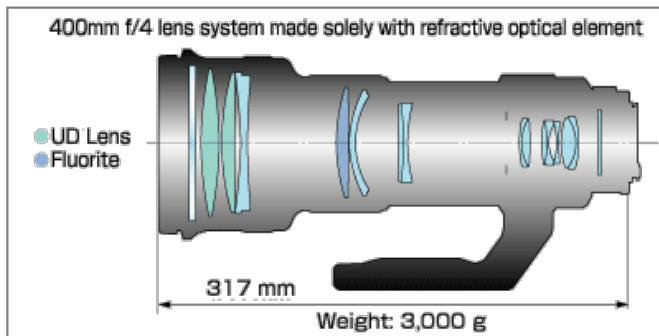
- Luz incide em uma das superfícies
- Ocorre refração nesta superfície
- A luz se propaga para a segunda superfície
- Ocorre nova refração



Tipos de Lentes: Complexidade

Lentes podem ser:

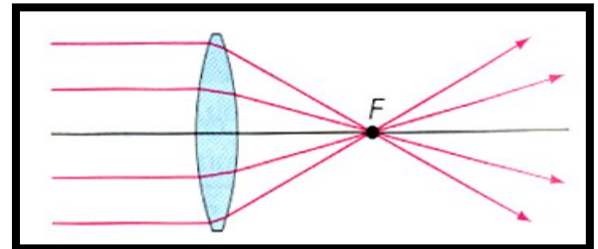
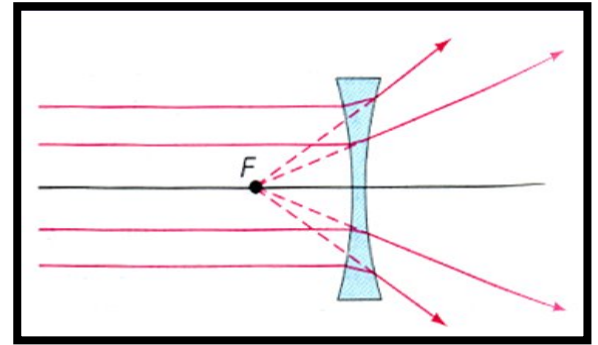
- simples: quando têm um único elemento óptico
- compostas: quando têm mais de um elemento óptico



Tipos de Lentes: Convergência

Quanto à reconfiguração da frente de onda as lentes podem ser convergentes ou divergentes.

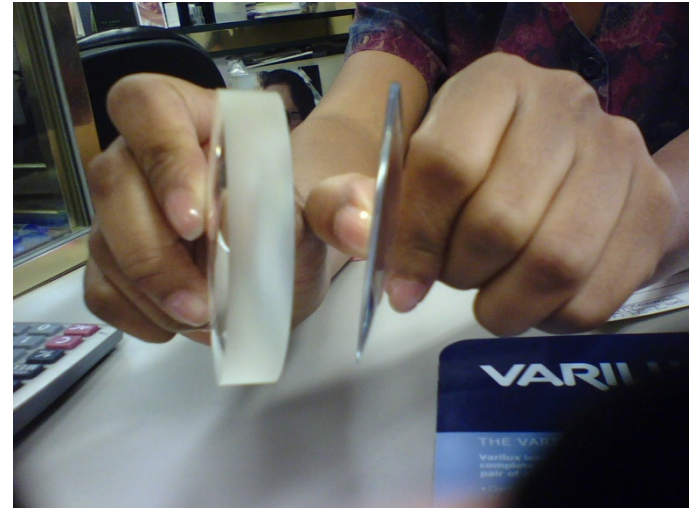
- **Lentes divergentes:** distância focal negativa → os raios se afastam (mais fina no centro que nas bordas)
- **Lentes convergentes:** distância focal positiva → os raios se aproximam (mais espessa no centro que nas bordas)



Tipos de Lentes: Dimensões

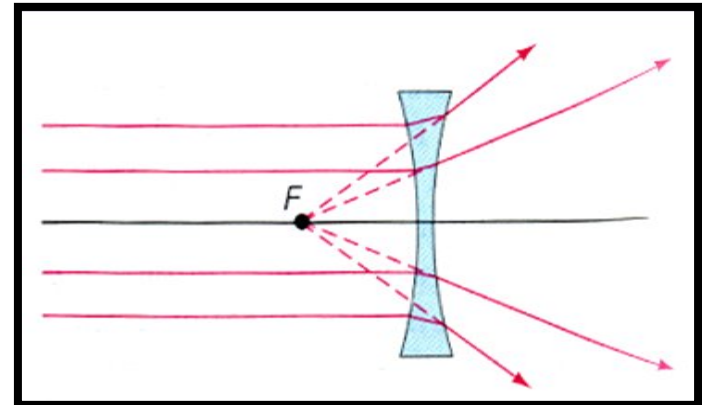
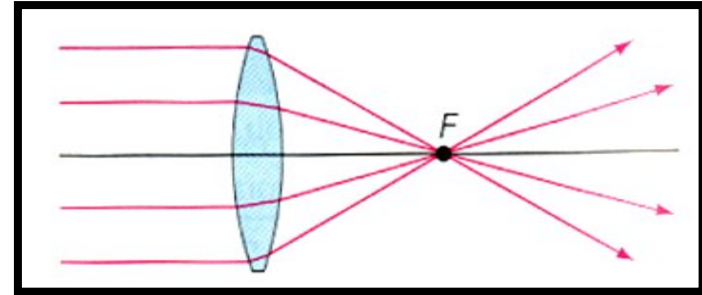
Lentes podem ser **delgadas** ou **espessas**

- Lentes delgadas são aquelas que as suas dimensões não importam, ou seja, não importa onde o raio de luz atinge a lente, o efeito será sempre o mesmo.
- Lentes espessas são aquelas que as dimensões e posição de incidência dos raios são importantes.



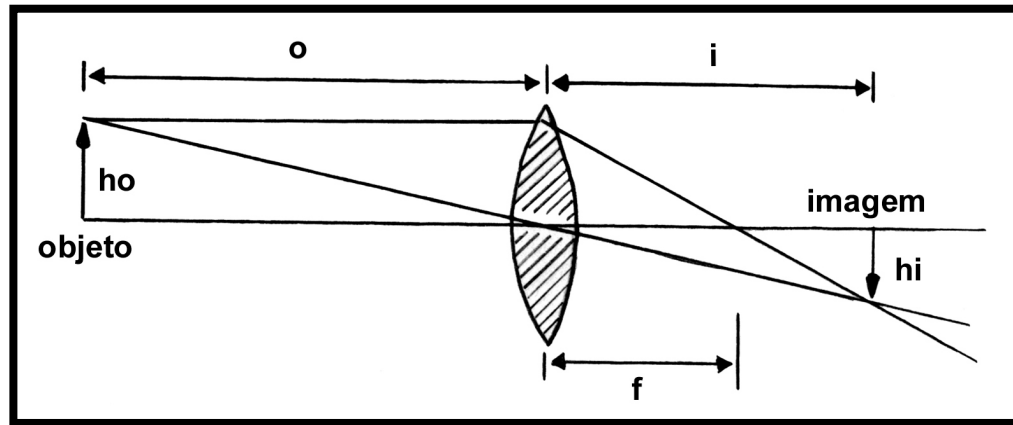
Lentes Delgadas

- Toda lente delgada é caracterizada por uma **distância focal única, independente da face** que o raio luminoso atinge.
- A distância focal (f) é a distância entre o centro da lente e o ponto no qual todos os raios luminosos incidentes paralelo ao eixo da lente convergem (ou divergem)
 - Lentes convergentes: $f > 0$
 - Divergentes: $f < 0$



Definições Úteis

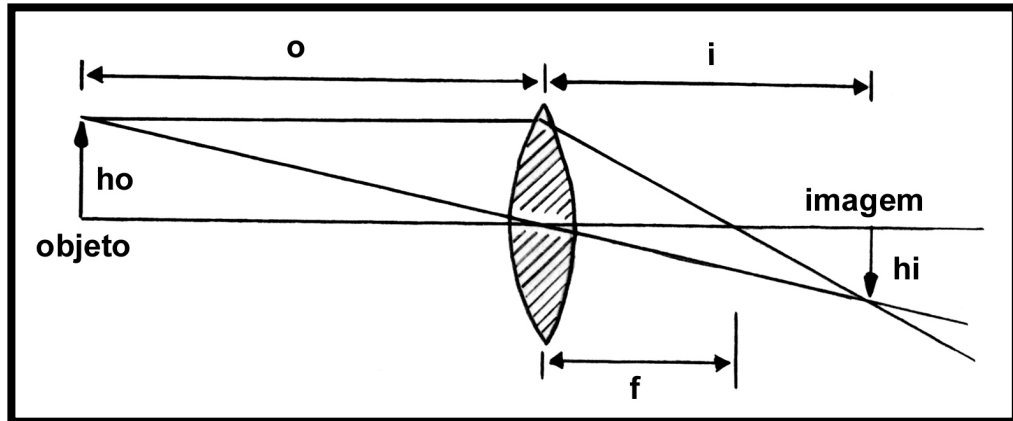
- Objeto e imagem de uma lente:
 - Distância objeto (o) ao centro da lente.
 - Distância imagem (i) ao centro da lente.
 - Tamanho do objeto (h_o)
 - Tamanho da imagem (h_i)



Propriedades

- Um raio que cruza o centro da lente não sofre desvio algum
- Raios que chegam paralelos, são todos desviados no foco
- Raios que saem do foco criam um feixe paralelo
- Magnificação: $m = h_i/h_o = -i/o$ (*imagem invertida se $m < 0$*)
- Lei de Gauss:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{i} + \frac{1}{o}$$



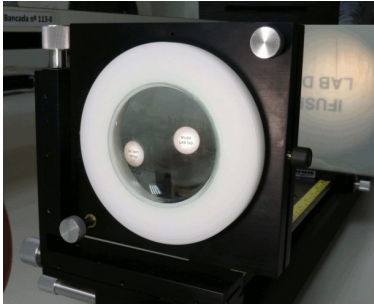
Atividade 1

- Medir a distância focal de uma lente convergente
 - Estabeleça um procedimento experimental para efetuar as medidas e obter f com incerteza de alguns mm.
 - Lembre-se que você precisa construir um modelo teórico também!
 - Tome os dados necessários e obtenha as distâncias focais correspondentes
 - mostre o gráfico, o ajuste, etc...
 - Analise os resíduos (mostre o gráfico) e discuta a qualidade do ajuste
 - Discuta os prós e contras do método proposto

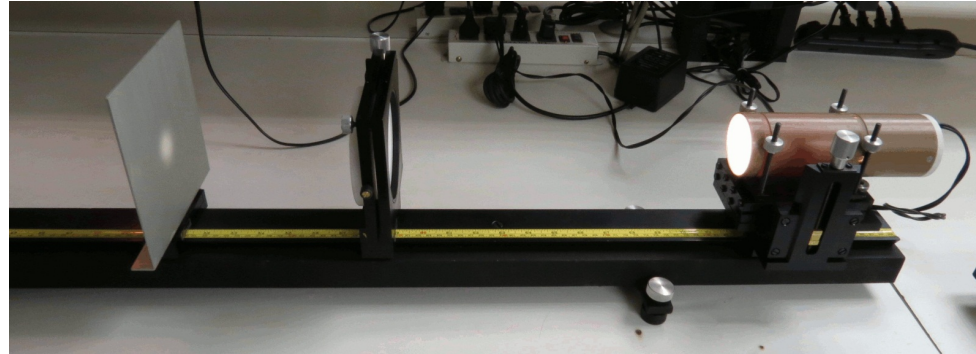
Como podemos fazer esta medida?

Materiais à disposição

Lentes diversas



Medidor de raio de curvatura



Fontes de luz

Trilhos ópticos

Discussão nos grupos
(máx. 10 min)

Lasers



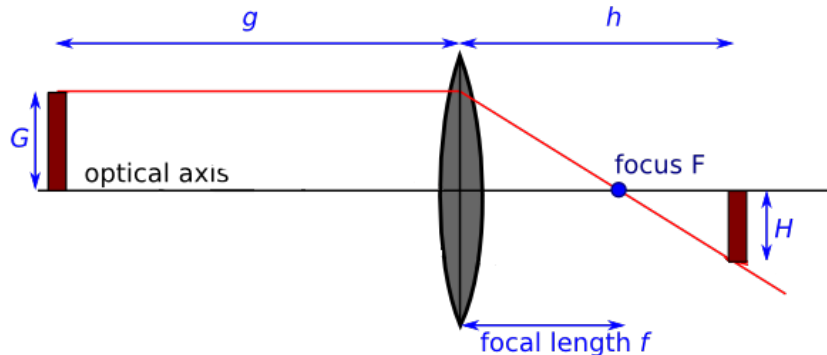
Para pensar...

- Existem várias maneiras de fazer a medida proposta, mas todas envolvem medidas de distância: objeto, imagem, lente, etc...
- Para o método de vocês:
 - Qual a importância do alinhamento nas medidas?
 - Como estimar os erros nas posições?
 - Os erros são independentes?
 - A distribuição da incerteza é gaussiana?

Estamos em um lab-virtual e por isso já definimos o método para vocês usarem.

Método que vamos utilizar

- Montar um laser paralelo ao eixo óptico da lente, e também a bancada óptica. Como podemos fazer isso na prática?
- Variar a separação entre o laser e o eixo óptico, G , e medir diversos valores de H , a posição em um anteparo fixo do outro lado da lente.



Método (2)

- Encontrar a posição (teórica) em que o feixe atinge o anteparo (em relação à posição em que atingia quando o feixe passava pelo centro da lente) em função dos parâmetros do problema.
 - A distancia entre o laser e a lente é importante? Sim/não, por que?
 - DICA: use as propriedades das lentes e faça uma construção geométrica
- É possível, com a medida acima, estimar f ? Sim/não, como?

Método (3)

- Aplique o modelo construído aos dados experimentais
 - Ajuste de dados. Avalie o χ^2 e resíduos do ajuste. É um bom ajuste?
 - O modelo funciona independentemente da distância entre o feixe e o eixo óptico?
 - Quais hipóteses foram feitas? São válidas?
- Obter a distância focal da lente convergente