

# FÍSICA

com Rogério Andrade

Lentes esféricas





# LENTES ESFÉRICAS

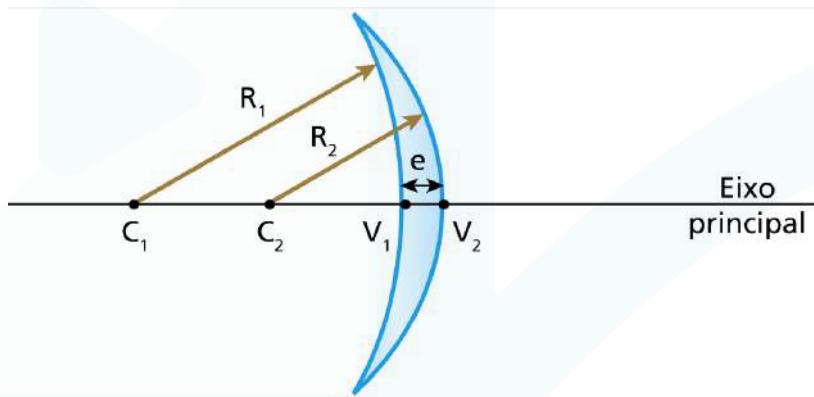
## INTRODUÇÃO

As lentes estão presentes no nosso dia a dia. Temos lentes nos óculos, na máquina fotográfica, na luneta, no telescópio, no microscópio e em outros instrumentos óticos.

### O que é uma lente esférica?

É um sistema constituído de dois dioptrios esféricos ou um dioptrio esférico e um plano, nos quais a luz sofre duas refrações consecutivas.

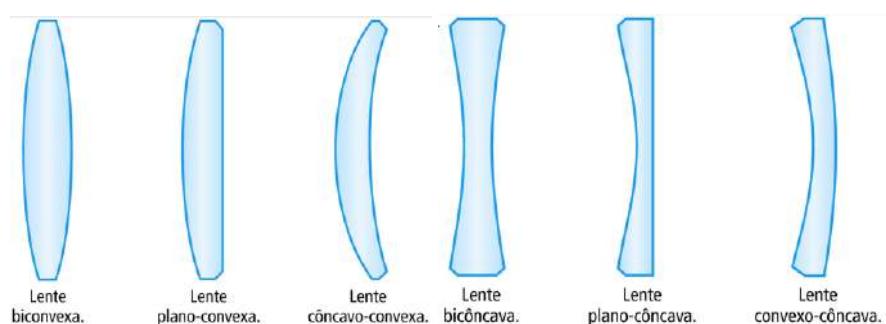
### Elementos de uma lente esférica



- \*  $C_1$  e  $C_2$  são os centros de curvatura das faces da lente.
- \*  $R_1$  e  $R_2$  são os raios de curvaturas das faces da lente.
- \* A reta  $\overrightarrow{C_1} e \overrightarrow{C_2}$  é o eixo principal (ou eixo óptico) da lente. Esse eixo é normal às faces da lente.
- \* O segmento  $\overrightarrow{V_1} e \overrightarrow{V_2}$  determina a espessura ( $e$ ) da lente

## CLASSIFICAÇÃO DAS LENTES

### Quanto à forma das lentes



**CÁLCULOS E NOTAS**

Observe que as lentes são denominadas côncavas ou convexas, conforme se apresentam para o observador. A denominação de uma lente é realizada, indicando em primeiro lugar a natureza da face menos curva, ou seja, aquela que se apresenta com maior raio de curvatura.

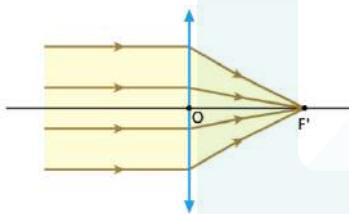
#### OBS.:

Nós estudaremos as lentes esféricas como sendo **delgadas**, ou seja, quando a sua espessura for desprezível em relação aos raios de curvatura.

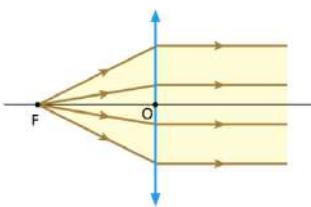
## QUANTO AO COMPORTAMENTO ÓPTICO

### Lente convergente

Quando um feixe de raios paralelos ao eixo principal, incide sobre uma lente convergente, emerge convergindo os raios de luz para um ponto denominado **foco imagem  $F'$** .



A distância do foco  $F'$  à lente é a **distância focal imagem  $f'$** . Fisicamente o foco imagem  $F'$  significa o ponto onde está localizada a imagem de um objeto situado no infinito. Como a lente é constituída de dois dióptros, há um segundo foco que é denominado **foco objeto  $F$** .

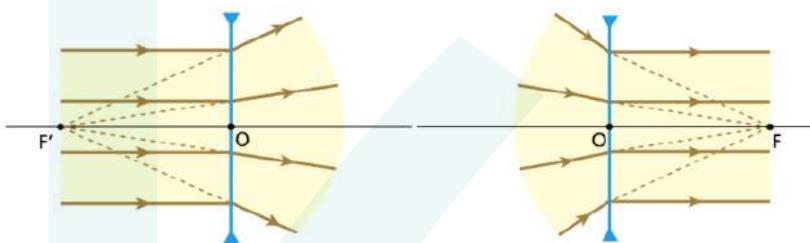


A distância do foco objeto  $F$  à lente é a **distância focal objeto  $f$** . Esta distância  $f$  é simétrica à distância focal  $f'$ . Fisicamente o foco objeto  $F$  significa o ponto onde está localizado o objeto de uma imagem no infinito. Como os focos são reais, as distâncias focais objeto  $f$  e imagem  $f'$  serão consideradas positivas para lentes convergentes.

Na situação mais comum de nosso dia a dia ( $n_{\text{lente}} > n_{\text{meio}}$ ) são lentes convergentes as lentes biconvexas, plano-convexas e côncavo-convexas. (lentes de bordas finas)

### Lente divergente

Quando um feixe de raios de luz, paralelos ao eixo principal, incide em uma lente divergente, ele emerge divergindo os raios de luz. Prolongando os raios divergentes, estes se interceptam no ponto  $F'$  denominado **foco imagem da lente**. O **foco objeto  $F$**  da lente divergente é obtido pelo prolongamento dos raios incidentes. O significado físico desses focos são os mesmos para lentes convergentes.



São lentes divergentes: as lentes bicôncava, plano-côncava e convexo-côncava

Na prática reconhecemos se uma lente é divergente ou convergente do seguinte modo: quando o bordo da lente tem menor espessura que a região central da lente é uma lente convergente; quando o bordo da lente tem maior espessura que a região central, é uma lente divergente.

### CÁLCULO ENOTAS

## VERGÊNCIA DE UMA LENTE (V)

Se você observar uma receita de óculos você lerá as medidas, por exemplo, + 5 di ou - 5di e assim por diante. O que significam estas medidas? Estas medidas indicam as vergências das lentes. A vergência V de uma lente é uma grandeza que corresponde ao inverso da distância focal da lente:

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

A unidade de medida usual é a DIOPTRIA (di) que corresponde ao inverso do metro ( $m^{-1}$ ).

**Quando a lente é divergente a distância focal é NEGATIVA, portanto, a vergência também será NEGATIVA. Quando a lente for convergente, a vergência será POSITIVA.**

### Equação dos fabricantes de lentes (Equação de Halley)

A equação dos fabricantes de lentes relaciona a distância focal f e a vergência V com os raios de curvatura R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub> e o índice de refração relativo n<sub>lente/meio</sub>. A equação é:

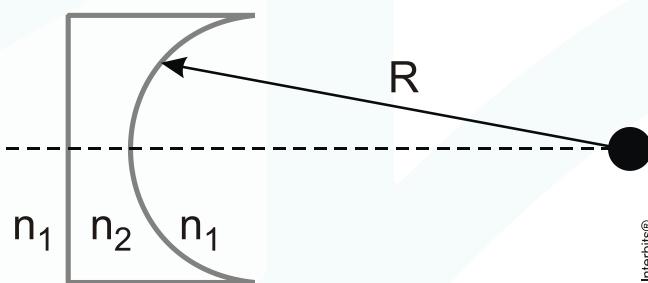
$$V = \frac{1}{f} = \left( \frac{n_{\text{lente}}}{n_{\text{meio}}} - 1 \right) \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

### Convenção

Para a face convexa considera o raio de curvatura POSITIVO e para a face côncava o raio de curvatura NEGATIVO.

#### EXEMPLO 1

Uma lente plano-côncava, mostrada na figura a seguir, possui um raio de curvatura R igual a 30 cm. Quando imersa no ar ( $n_1 = 1$ ), a lente comporta-se como uma lente divergente de distância focal f igual a -60 cm. **Assinale a alternativa que corresponde ao índice de refração n<sub>2</sub> dessa lente.**

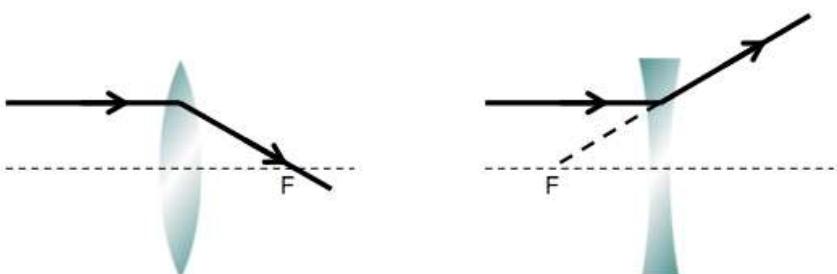


- a) 0,5
- b) 1,0
- c) 1,5
- d) 2,0
- e) 2,5

## PROPRIEDADES DOS RAIOS INCIDENTES

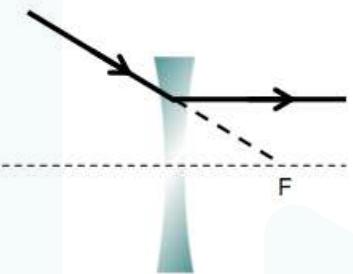
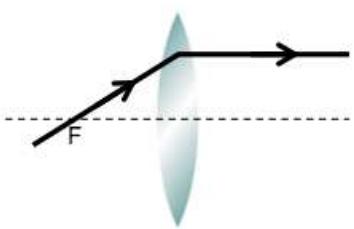
São utilizados três raios para a construção de imagens

**Raio 1:** Raio que incide paralelo ao eixo principal refrata passando pelo foco imagem.

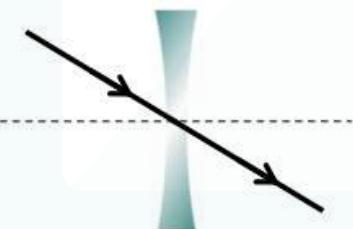
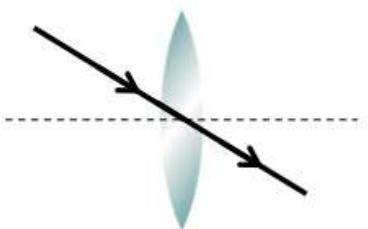



**CÁLCULOSENOTAS**

**Raio 2:** Raio que incide passando pelo foco objeto, refrata paralelo ao eixo principal.

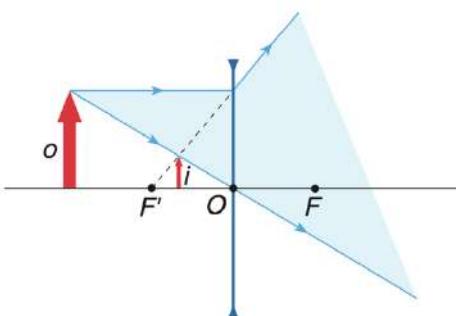


**Raio 3:** Raio que incide passando pelo centro ótico da lente, não sofre desvio.



## CONSTRUÇÃO DE IMAGENS EM LENTES ESFÉRICAS

### Lente divergente

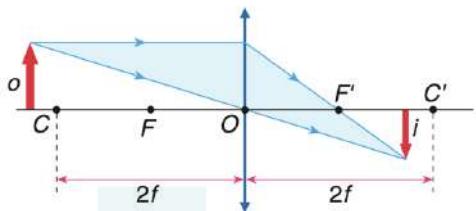


#### Características da Imagem

**Menor**  
**Virtual**  
**Direita**

### Lente convergente

#### Objeto além da dupla distância focal

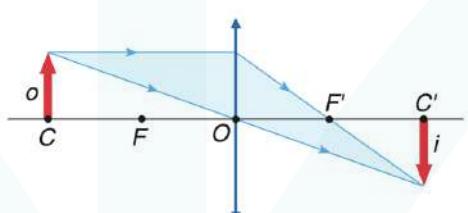


#### Características da Imagem

**Menor**  
**Real**  
**Invertida**

A situação apresentada é o esquema da formação de uma imagem em uma máquina fotográfica.

#### Objeto sobre a dupla distância focal



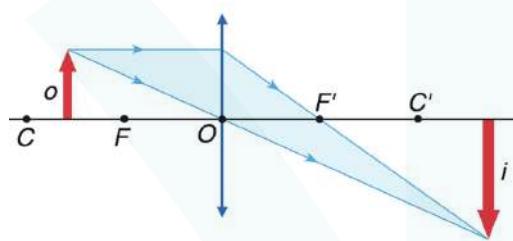
#### Características da Imagem

**Mesmo tamanho**  
**Real**  
**Invertida**

A situação representa o esquema de uma máquina copiadora (xerográfica) sem ampliação.



Objeto entre a dupla distância focal e a distância focal.

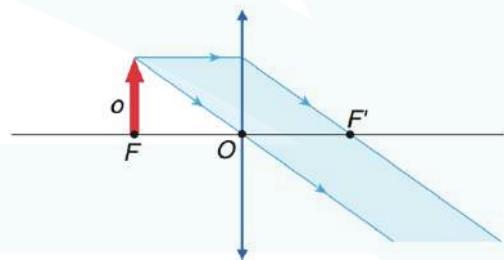


#### Características da Imagem

**Maior**  
**Real**  
**Invertida**

A situação apresentada para uma lente convergente é o esquema de um projetor de filmes ou slides.

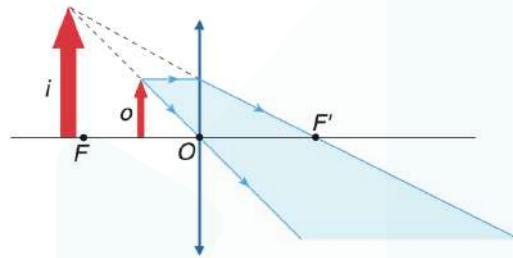
Objeto na distância focal.



#### Características da Imagem

**Imagem imprópria**

Objeto situado entre o foco e o vértice.



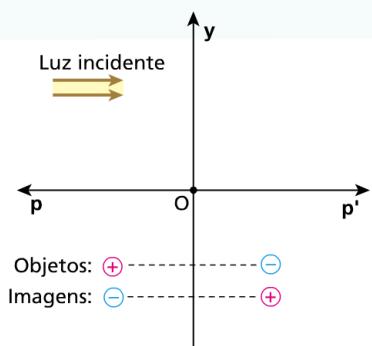
#### Características da Imagem

**Maior**  
**Virtual**  
**Direita**

## EQUAÇÕES DE GAUSS

Dadas a posição e a altura de um objeto relativamente a uma lente delgada, a posição e a altura da imagem podem ser determinadas analiticamente. Para isso, adotaremos o seguinte sistema de coordenadas, chamado referencial de Gauss:

- \* **origem:** centro óptico da lente;
- \* **eixo das abscissas:** direção do eixo principal e sentido contrário ao da luz incidente para os objetos e a favor do da luz incidente para as imagens;
- \* **eixo das ordenadas:** direção da perpendicular ao eixo principal e sentido ascendente.



- $f > 0 \Rightarrow$  Lente Convergente
- $f < 0 \Rightarrow$  Lente Divergente
- $p' > 0 \Rightarrow$  Imagem Real
- $p' < 0 \Rightarrow$  Imagem Virtual
- $h_i > 0 \Rightarrow$  Imagem Direita
- $h_i < 0 \Rightarrow$  Imagem Invertida

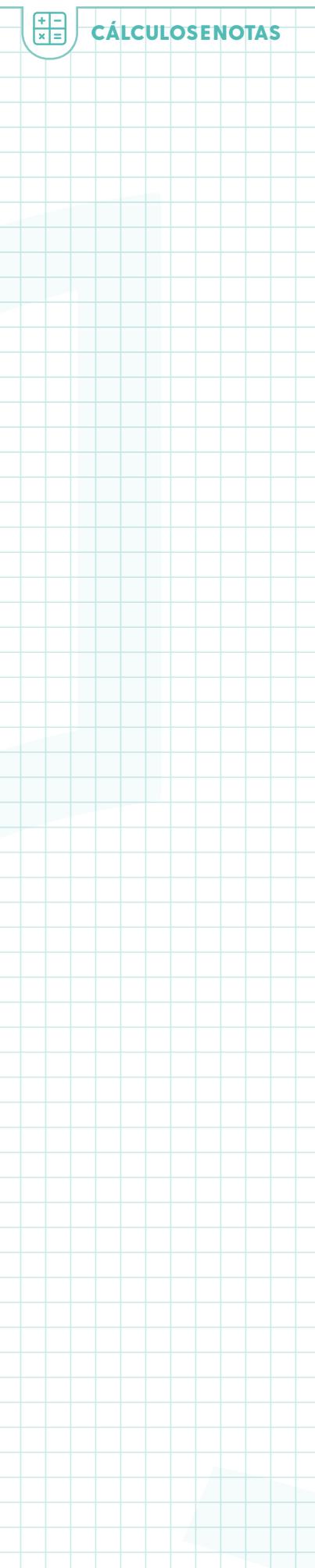
## EQUAÇÕES DE GAUSS

Equação dos pontos

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

Aumento linear transversal

$$A = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-p'}{p}$$



**EXEMPLO 2**

Uma câmara fotográfica artesanal possui uma única lente delgada convergente de distância focal 20 cm. Você vai usa-la para fotografar uma estudante que está em pé a 100 cm da câmara. Qual deve ser a distância, em centímetros, da lente ao filme, para que a imagem completa da estudante seja focalizada sobre o filme?

- a) 25      b) 30      c) 50      d) 75      e) 100

**ANOTAÇÕES****CÁLCULOS E NOTAS**

*Estamos juntos nessa!*



CURSO  
**FERNANDA PESSOA**  
ONLINE

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS.