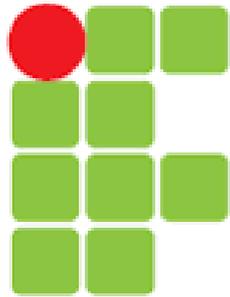


Física IV



INSTITUTO FEDERAL
SUL-RIO-GRANDENSE

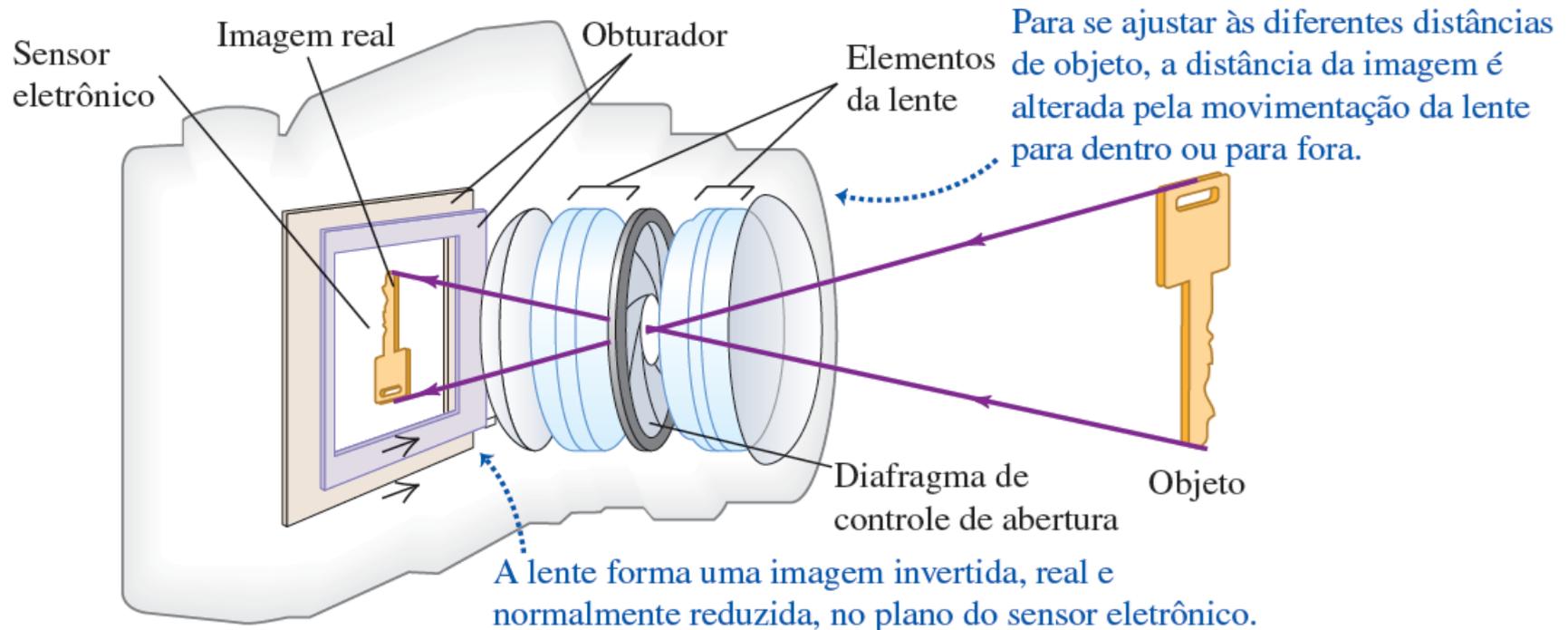


Óptica Geométrica: Câmeras

Prof. Nelson Luiz Reyes Marques

Câmera digital

- Elementos básicos de uma **câmera** digital:



Câmera digital

- Os elementos básicos de uma câmera são uma lente convergente, uma caixa hermética (a palavra “câmera” é de origem latina e significa “compartimento fechado”), um obturador para abrir a lente durante determinado intervalo de tempo e um meio sensível à luz para registrar a imagem.
- Nas câmeras digitais (incluindo as de telefones celulares), esse meio é um sensor eletrônico; nas câmeras mais antigas, é uma película fotográfica (filme).
- A lente forma, sobre o meio de registro, uma imagem invertida real do objeto que está sendo fotografado.
- As lentes de câmeras de alta qualidade possuem diversos elementos usados para corrigir diferentes aberrações, incluindo a dependência do índice de refração em relação ao comprimento de onda e as limitações impostas pela aproximação paraxial.

Câmera digital

- Quando a câmera está corretamente focalizada, a posição do meio de registro corresponde à posição da imagem real formada pela lente.
- A fotografia resultante terá a maior nitidez possível.
- Com uma lente convergente, a distância da imagem aumenta quando a distância do objeto diminui.
- Portanto, para “focalizar” a câmera, a lente deve ficar mais próxima do sensor ou do filme para um objeto distante e mais afastada quando o objeto está próximo da câmera.

Câmera digital

(a) $f = 28$ mm



(b) $f = 70$ mm



(c) $f = 135$ mm



Câmera digital

- Três fotografias tiradas com a mesma câmera, na mesma posição, usando lentes com distâncias focais $f = 28 \text{ mm}$, 70 mm e 135 mm .
- O aumento da distância focal produz um aumento proporcional do tamanho da imagem.
- O maior tamanho da imagem referente ao maior valor de f corresponde ao menor ângulo de visão.
- Os ângulos aqui indicados são de uma câmera com área de imagem de $24 \text{ mm} \times 36 \text{ mm}$ (correspondente a um filme de 35 mm) e referem-se ao ângulo de visão ao longo da dimensão de 36 mm do filme.

Câmera digital

- **Lentes de câmeras: distância focal**
- A escolha de uma distância focal f para uma dada câmera depende do tamanho do sensor eletrônico ou filme e do ângulo de visão desejado.
- As três fotografias anteriores foram obtidas com um filme de 35 mm, usando a mesma câmera e focalizando a mesma cena na mesma posição, porém empregando lentes com diferentes distâncias focais.

Câmera digital

- Uma lente com distância focal muito grande, denominada ***lente telefoto***, fornece ângulo de visão pequeno e imagem grande de um objeto distante.

(c) $f = 135 \text{ mm}$



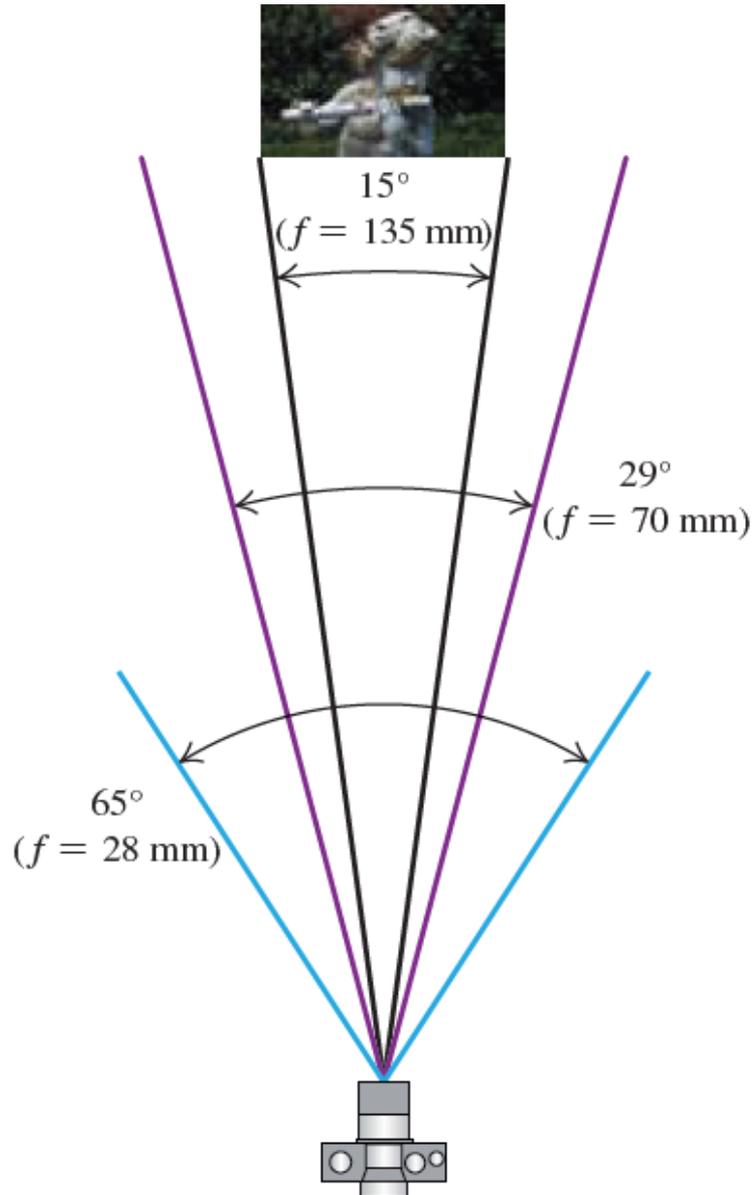
- A chamada lente grande angular é uma lente com distância focal muito pequena, que fornece um ângulo de visão grande e uma imagem pequena.

(a) $f = 28 \text{ mm}$



Câmera digital

- Ângulo de visão



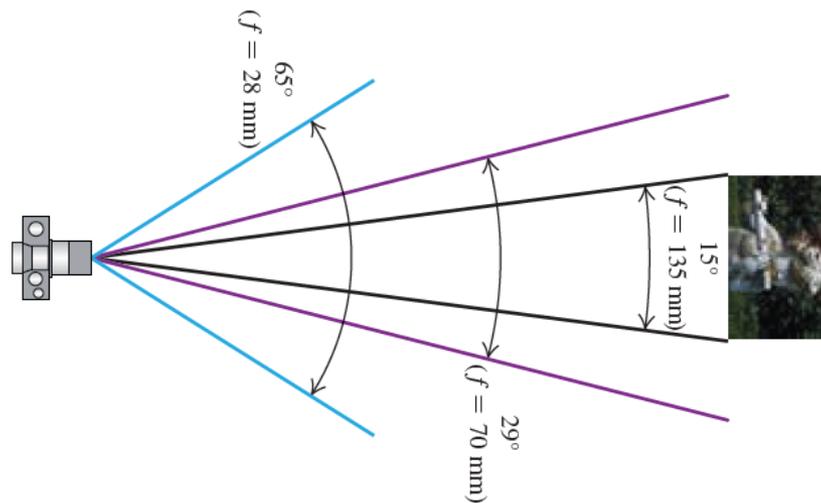
Câmera digital

- Para entender esse comportamento, lembre-se de que a distância focal é a distância entre a imagem e a lente quando o objeto está no infinito.
- Em geral, para qualquer distância do objeto, o uso de uma lente com distância focal maior resulta em uma distância maior para a imagem.
- Isso também faz aumentar a altura da imagem; a razão entre a altura da imagem y' e a altura do objeto y (a ampliação transversal):

$$m = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s}$$

Câmera digital

- Com uma lente com distância focal pequena, a razão s'/s é pequena e um objeto distante fornece somente uma imagem pequena.
- Quando usamos uma lente com distância focal grande, a imagem desse mesmo objeto pode cobrir inteiramente a área do filme ou sensor eletrônico.
- Quanto maior for a distância focal, menor será o ângulo de visão



Câmera digital

- **Lentes de câmeras: número f**

- Para que uma câmera registre a imagem corretamente, a energia total da luz incidente que atinge o filme ou sensor por unidade de área (a “exposição”) deve ficar dentro de determinados limites.
- Isso é controlado pela velocidade do *obturador* e pela abertura de lente.
- O *obturador* controla o intervalo de tempo durante o qual a luz entra na lente.
- O tempo pode ser ajustado em intervalos correspondentes a fatores de 2, geralmente de 1 a 1/1000 segundo.

Câmera digital

- A intensidade da luz que atinge o filme ou sensor é proporcional à área vista pela lente da câmera e à área efetiva da lente.
- O tamanho da área que a lente “enxerga” é proporcional ao quadrado do ângulo de visão da lente e, portanto, é aproximadamente proporcional a $1/f^2$.
- A área efetiva da lente é controlada por meio do ajuste da abertura da lente, ou diafragma, um orifício aproximadamente circular com diâmetro variável D .
- A área efetiva é proporcional a D^2 .

Câmera digital

- Esses dois fatores, vemos que a intensidade da luz que atinge o filme ou sensor com uma lente particular é proporcional a D^2/f^2 .
- A capacidade de captação de luz de uma lente é expressa pelos fotógrafos em termos da razão f/D , chamada de número f da lente:

$$\text{Número } f \text{ da lente} = \frac{f}{D}$$

Onde:

f = distância focal da lente

D = diâmetro de abertura

Câmera digital

- **Exemplo 1:** Dizemos que uma lente com distância focal $f = 50$ mm e diâmetro de abertura $D = 25$ mm possui um número f igual a 2, ou “uma abertura de $f/2$ ”. A intensidade da luz que atinge o filme ou sensor é inversamente proporcional ao quadrado do número f .

$$\text{Número } F \text{ da lente} = \frac{f}{D} = \frac{50}{25} = 2$$

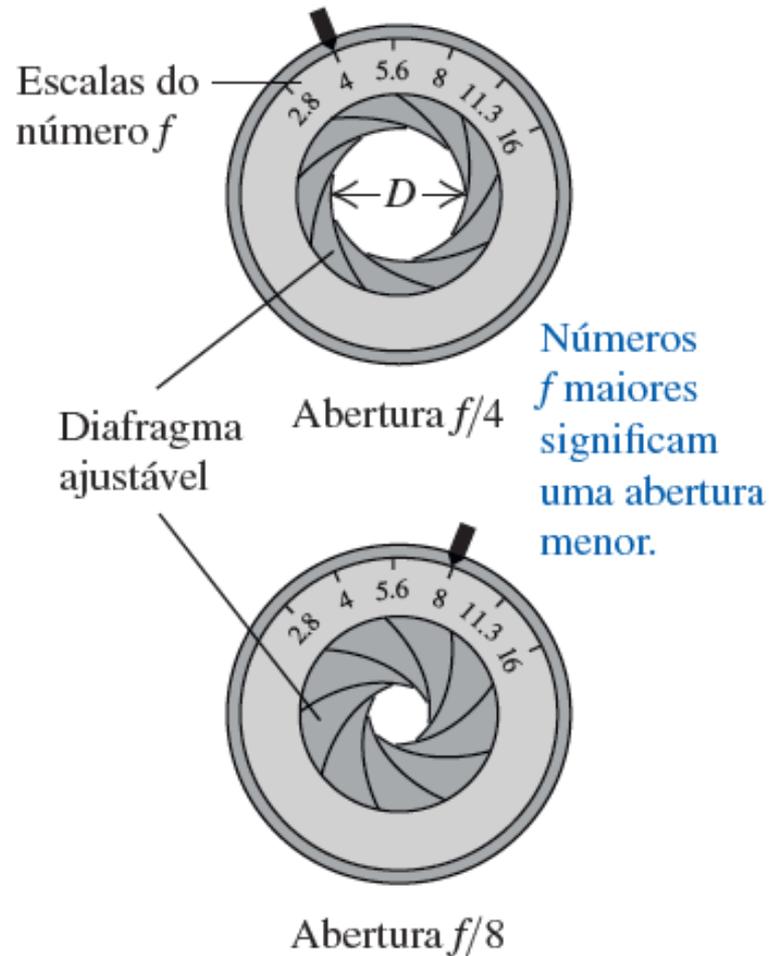
- A intensidade da luz que atinge o filme ou sensor é inversamente proporcional à f^2 .

Câmera digital

- **Exemplo 2:** Para uma lente com diâmetro de abertura variável, quando este aumenta por um fator igual a $\sqrt{2}$, o número f aumenta por $1/\sqrt{2}$ e a intensidade da luz que atinge o filme sensor aumenta por um fator 2. As aberturas ajustáveis geralmente possuem uma escala com números sucessivos (chamada de escala do número f) relacionados por fatores de $\sqrt{2}$ como:

$$\frac{f}{2} = \frac{f}{2,8} = \frac{f}{4} = \frac{f}{5,6} = \frac{f}{8} = \dots$$

Alterar o diâmetro por um fator de $\sqrt{2}$ altera a intensidade por um fator de 2.



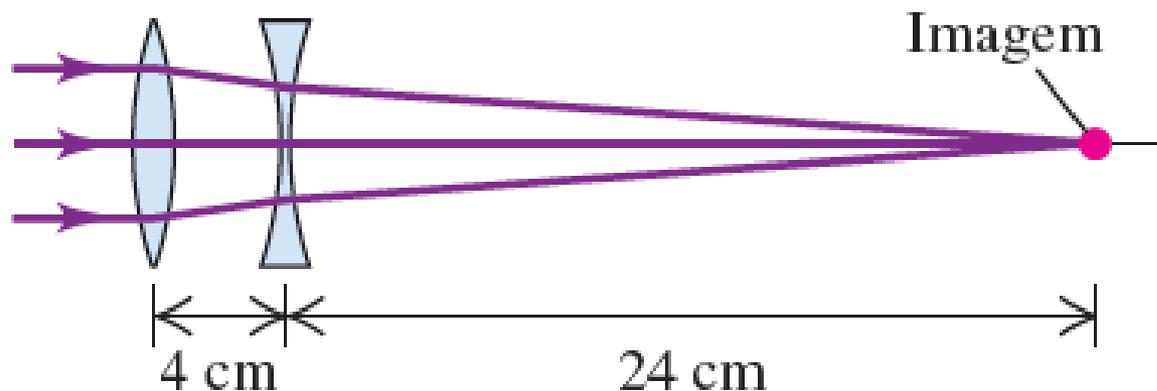
Câmera digital

- **Lentes de zoom e projetores**

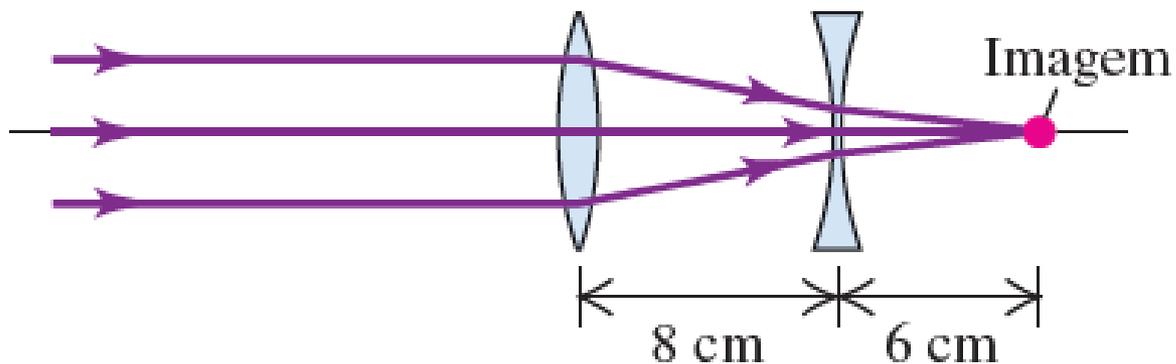
- Muitos fotógrafos usam a chamada lente de zoom, que não é uma lente única, mas um conjunto complexo de vários elementos de lente que fornecem uma distância focal que varia continuamente, em geral em um intervalo da ordem de 10 até 1.
- Uma lente de zoom simples usa uma lente convergente e uma lente divergente em conjunto. (a) Quando as duas lentes estão próximas, a combinação se comporta como uma lente única de longa distância focal. (b) Se as duas lentes estão afastadas, a combinação se comporta como uma lente de distância focal curta.

Câmera digital

(a) Conjunto de lente de zoom para longa distância focal.



(b) Conjunto de lente de zoom para curta distância focal.



Câmera digital

- **Exemplo 3:** Uma lente telefoto comum de uma câmera de filme de 35 mm possui uma distância focal de 200 mm e intervalos da escala f desde $f/2,8$ até $f/22$. (a) Qual é a faixa de diâmetros das aberturas correspondentes? (b) Qual é a faixa correspondente para as intensidades da imagem no filme?

(a) o diâmetro, para o *número f* variando entre 2,8 e 22, varia de

$$\text{número } f = \frac{f}{D} \rightarrow D = \frac{f}{\text{número } f}$$

$$D = \frac{200}{2,8} = 71\text{mm}$$

$$D = \frac{200}{22} = 9,1\text{mm}$$

Câmera digital

(a) Como a intensidade é proporcional ao quadrado do diâmetro (D^2), a razão entre a intensidade para $f/2,8$ e para $f/22$ é

$$\left(\frac{71 \text{ mm}}{9,1 \text{ mm}}\right)^2 = \left(\frac{22}{2,8}\right)^2 = 62 \text{ (aproximadamente } 2^6)$$