

# **Material teórico – Óptica Geométrica IV**

**Lentes: Formação de imagens**

**Segundo Ano do Ensino Médio**

**Autor: Thales Azevedo**

**Revisor: Luna Lima**



**Portal  
da Física  
OBMEP**

## 1. Introdução

Neste texto, começaremos a estudar as **imagens formadas por lentes esféricas**. Faremos uma abordagem mais qualitativa, deixando a análise quantitativa para um texto futuro. Fazendo uso dos **raios particulares** estudados anteriormente, determinaremos as **características da imagem** formada pelas lentes convergente e divergente quando um objeto luminoso é colocado perpendicularmente sobre seu eixo principal. No caso da lente convergente, veremos que a posição do objeto influencia bastante no tipo de imagem formada.

Em todos os casos, ficará evidente a semelhança com a formação de imagens nos espelhos esféricos, a qual já estudamos. Recomenda-se fazer uma comparação entre o presente texto e aquele que trata dos espelhos esféricos.

## 2. Formação da imagem em uma lente divergente

Considere um objeto extenso posicionado de maneira perpendicular ao eixo focal de uma lente esférica, de frente para a mesma. Para estudar a imagem formada pela lente, é suficiente considerar dois raios luminosos particulares emitidos pela extremidade do objeto. De fato, a imagem daquele ponto do objeto será formada na posição em que aqueles dois raios (ou seus prolongamentos) interceptarem-se. É claro que tal ponto é o mesmo para todos os raios emitidos pela extremidade do objeto, mas dois raios já são o bastante para determiná-lo, da mesma forma que já discutimos no caso das imagens formadas em espelhos esféricos.

Nas deduções que se seguem, consideraremos o raio que incide na lente paralelamente ao seu eixo focal (que é refratado na direção do foco objeto, como vimos anteriormente) e o raio que incide no vértice (que é transmitido sem mudança de direção). Em particular, nesta seção investigaremos a formação da imagem por uma lente divergente, como ilustra a figura 1 (estamos supondo que o índice de refração do material de que é feita a lente seja maior do que o índice de refração do meio no qual ela está inserida, de modo que uma lente de borda grossa, como a da figura, seja de fato divergente).

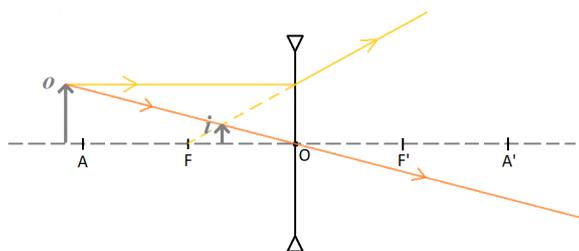


Figura 1: Formação da imagem em uma lente divergente. Note que a posição da imagem é determinada pelos prolongamentos dos raios particulares refratados.

A partir da figura acima, podemos facilmente identificar as três principais **características da imagem** formada em uma lente divergente. De fato, uma vez que ela é formada pelos prolongamentos dos raios refratados, trata-se de uma imagem **virtual**. Além disso, vemos que a imagem possui a mesma orientação que o objeto e, portanto, dizemos que ela é **direita** (ou seja, não é invertida). Por fim, nota-se claramente que a imagem é **menor** que o objeto.

Essas características são iguais às da imagem formada por um espelho convexo. Note também que essas características independem da posição do objeto em relação à lente, assim como, no caso do espelho convexo, as características independem da posição do objeto em relação ao espelho.

Na próxima seção, passaremos à investigação das imagens formadas por lentes convergentes.

### 3. Formação da imagem em uma lente convergente

Diferente do que acontece com as lentes divergentes – que, em relação à formação de imagens, têm propriedades semelhantes às dos espelhos convexos –, as características da imagem formada por uma lente convergente dependem fortemente da posição do objeto relativa ao centro óptico da lente, de modo análogo ao que ocorre com as imagens formadas por um espelho côncavo. A seguir, estudaremos cada caso separadamente.

#### 3.1 Objeto mais distante que o ponto antiprincipal

A figura 2, abaixo, representa o caso em que a distância entre a base do objeto e o centro óptico da lente é maior que o dobro da distância focal da mesma.

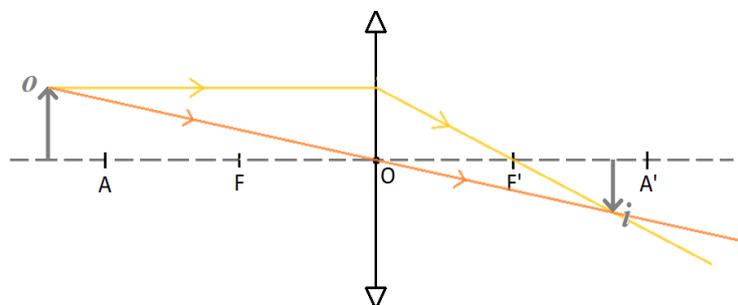


Figura 2: Formação da imagem (*i*) em uma lente convergente quando o objeto (*o*) é colocado a uma distância de *O* maior que o dobro da distância focal da lente (ou seja, maior que *OA*).

Neste caso, fica evidente que a imagem formada é **real** (formada pelo encontro dos próprios raios refratados, e não de seus prolongamentos), **invertida** e **menor** que o objeto. Note que, quanto mais distante o objeto, mais perto do foco forma-se a imagem, e menor ela é. No limite em que o objeto está infinitamente distante da lente, a imagem torna-se um ponto luminoso localizado no foco imagem, o que é característico de uma lente convergente.

### 3.2 Objeto sobre o ponto antiprincipal

Vejamos agora o que acontece quando o objeto é posto exatamente sobre o ponto antiprincipal da lente convergente, como representado na figura 3.

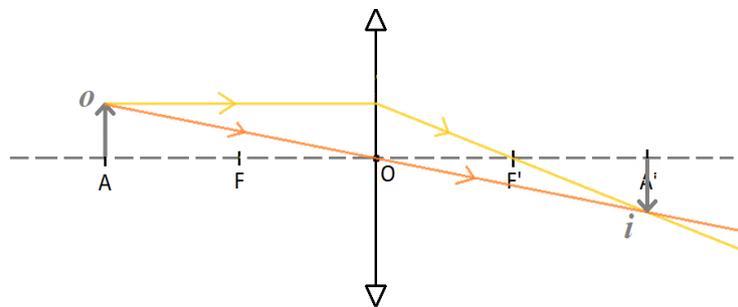


Figura 3: Formação da imagem (*i*) em uma lente convergente quando o objeto (*o*) é colocado exatamente sobre o ponto antiprincipal (A).

Aqui vemos que a imagem formada é **real**, **invertida** e **normal**, ou seja, do mesmo tamanho do objeto, como pode ser deduzido por simetria. Note que essas são as mesmas características da imagem formada por um espelho côncavo quando o objeto é posicionado sobre seu centro de curvatura.

### 3.3 Objeto entre o ponto antiprincipal e o foco

Prosseguindo com nosso estudo, o próximo passo natural é avaliar o caso em que o objeto é posto entre o ponto antiprincipal e o foco da lente convergente, como representado na figura 4, abaixo. Basta olhar para a figura para concluir que, nesse caso, a imagem formada é **real**, **invertida** e **maior** que o objeto. Mais uma vez, enfatizamos o paralelo com o caso da imagem formada em um espelho côncavo quando o objeto é colocado entre o centro de curvatura e o foco principal do mesmo.

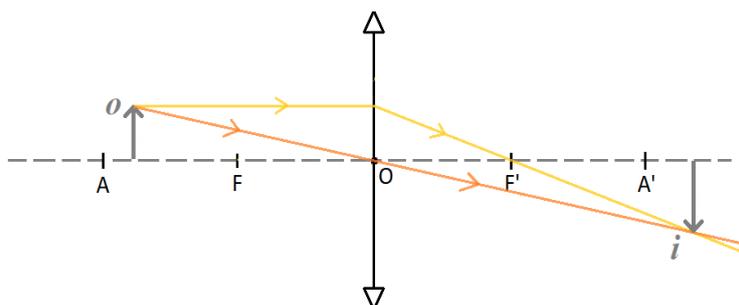


Figura 4: Formação da imagem (**i**) em uma lente convergente quando o objeto (**o**) é colocado entre o ponto antiprincipal (A) e o foco (F).

### 3.4 Objeto sobre o foco

A figura 5 representa a situação em que um objeto luminoso é colocado exatamente sobre o foco principal de uma lente convergente.

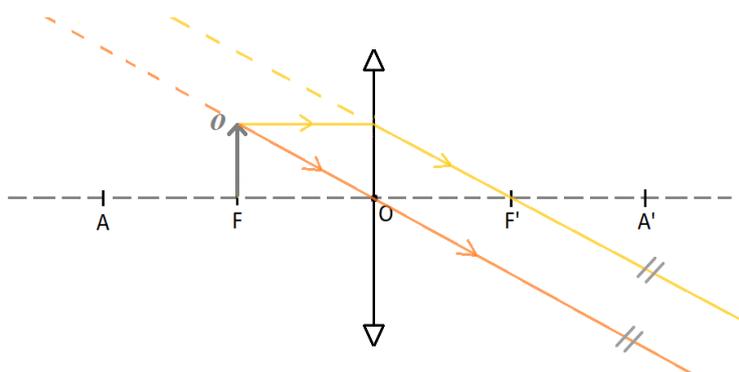


Figura 5: Representação da situação em que um objeto (**o**) é colocado exatamente sobre o foco (F) de uma lente convergente.

Neste caso particular, vemos que os raios refratados são paralelos um ao outro, de modo que nem eles nem seus prolongamentos interceptam-se. Portanto, não há formação de imagem nestas circunstâncias, ou, em outras palavras, diz-se que a imagem é **imprópria**. Mais uma vez, fica evidente a semelhança com o caso do espelho côncavo.

### 3.5 Objeto entre o foco e o centro óptico

Finalmente, o último caso que falta investigar é aquele em que o objeto está localizado entre o foco e o centro óptico da lente convergente. Outra vez, a construção de uma figura é de grande ajuda. De fato, podemos ver na figura 6 que, neste caso, a imagem é **virtual**, **direita** e **maior** que o objeto, mantendo a analogia com os espelhos côncavos.

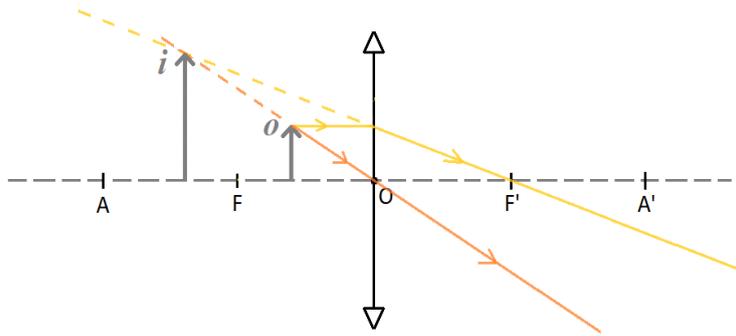


Figura 6: Formação da imagem (**i**) em uma lente convergente quando o objeto (**o**) é colocado entre o foco (F) e o centro óptico (O) da lente.

De fato, por serem capazes de produzir imagens ampliadas, as lentes convergentes possuem muitas aplicações, como, por exemplo, em lupas, óculos de leitura e na construção de telescópios.

Vimos que a analogia entre lentes esféricas e espelhos esféricos é de fato muito abrangente, sendo as lentes convergentes semelhantes aos espelhos côncavos, enquanto as lentes divergentes apresentam propriedades semelhantes às dos espelhos convexos. Será que essa analogia mantém-se na determinação da distância da imagem à lente? E quanto ao tamanho da imagem em relação ao objeto? Este será o assunto do nosso próximo texto, em que faremos um estudo analítico das lentes esféricas.