

Lentes

Uma das aplicações mais importantes da refração são as lentes, um dos componentes ópticos mais utilizados (inclusive o olho humano tem duas lentes), como veremos adiante. Para entender a função de uma lente começemos aplicando o princípio do tempo mínimo no percurso da luz de um ponto A até B num prisma (figura 36 a). Veremos que o percurso da luz não é a linha tracejada que liga A com B, mas a indicada pela linha sólida, a luz aumenta o percurso no ar, onde a velocidade é maior, mas atravessa num ponto do prisma mais estreito, onde a velocidade é menor, minimizando o tempo de percurso da luz para ir de A até B. Com esse raciocínio poderíamos pensar que a luz deveria tomar o caminho mais próximo do vértice superior, procurando a parte mais estreita, mas nesse caso a distância no ar seria maior, aumentando o tempo de percurso.

Utilizando um prisma com as faces mais curvas, como mostra a figura 36 b, veremos que isso compensa a distância extra que a luz precisa percorrer para pontos mais altos desse prisma, de modo que teremos diversos pontos de mesmo tempo para a luz ir de A até B. Com isso obtemos uma propriedade importante de uma lente, ou seja, um dispositivo que liga o ponto A ao ponto B. Em outras palavras, através da lente podemos “ligar” o ponto A ao ponto B, isto é, a luz saindo do ponto A, atravessa a lente e chega ao ponto B!

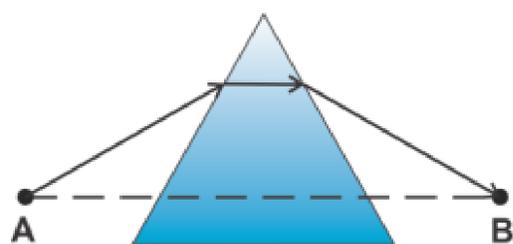


Figura 36 a

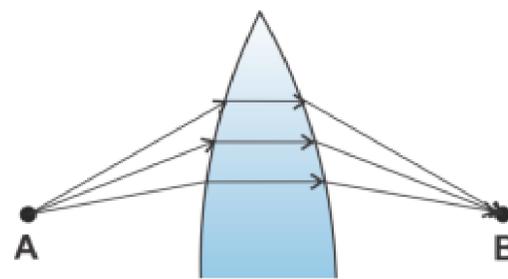
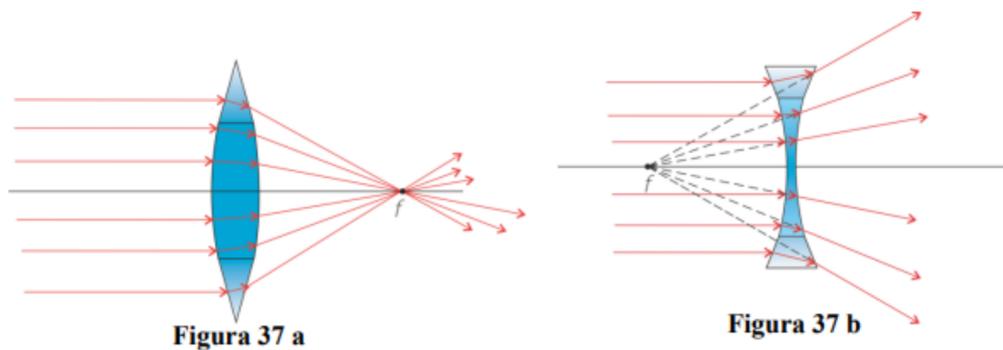
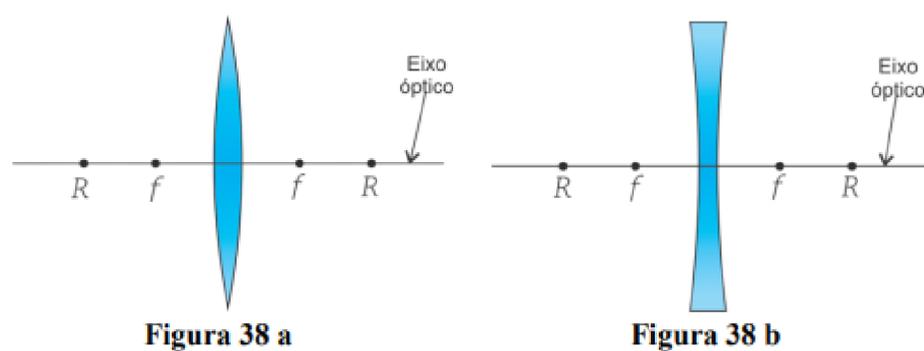


Figura 36 b

Para entender o funcionamento de uma lente podemos supor que ela seja constituída de uma superposição de vários blocos e prismas de vidro, como indicado na figuras 37 a e 37 b. Incidindo raios paralelos, os raios refratados irão convergir (ou divergir) num ponto. No caso da figura 37 a teremos uma lente convergente, que é caracterizada pelo fato da borda ser mais fina que o centro, ao passo que na divergente a borda é mais espessa que o centro.



O ponto onde a luz converge é denominado de foco da lente e como é o cruzamento efetivo dos raios de luz esse foco é dito de real, ao passo que na lente divergente os raios parecem divergir de um ponto, denominado de foco virtual. A distância do foco ao centro da lente é denominada de distância focal e, por convenção ela é positiva para lente convergente e negativa para divergente. Como temos duas superfícies teremos também dois focos e geralmente dois centros de curvatura. A linha que passa pelos raios (ou centros) de curvatura é o eixo principal da lente. Todos esses elementos estão indicados nas figuras 38 a, para uma lente convergente, e 38 b, para uma divergente.



Observe também que para qualquer tipo de lente as superfícies na parte central são praticamente paralelas e, dependendo das distâncias de foco e raio, podemos considerá-las finas, de modo que a luz não sofre desvio significativo. Dessa maneira podemos usar essa propriedade e do foco para traçar graficamente as imagens formadas pelas lentes: Figura 38 a Figura 38 b

Atividade 4: Formação de imagens por lentes delgadas

Para esta atividade vamos utilizar os principais raios de luz que passam pela lente ao serem difundidos ou emitidos pelo objeto. Já sabemos que os raios de luz que passam paralelos às lentes têm seus desvios na mesma direção do foco da lente, seja convergente ou divergente. No caso da convergente temos um foco real, onde os raios são desviados para este ponto. Já na divergente os raios são desviados na direção desse ponto, mas os prolongamentos vão ao sentido do foco.

Todos os raios de luz que incidem no centro da lente não sofrem desvios significativos. Assim, para cada um dos pontos do objeto poderemos tomar dois raios de luz, começando principalmente da ponta. Para fazer os traçados de raios de luz e a construção da imagem devemos utilizar os esquemas para as lentes convergentes (figura a) e divergentes (figura b) apresentados abaixo. 58 Observando o diagrama de raios utilizado na atividade anterior, tem-se as relações entre as distâncias de imagem, objeto e foco das lentes. Assim, a equação de Gauss, utilizada no tratamento matemático dos espelhos esféricos também pode ser utilizada para as lentes:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{di} + \frac{1}{do}$$

onde f é a distância focal e do e di a distância da lente ao objeto e da imagem à lente, respectivamente. Para uma distância focal dada, só existe um par de pontos que satisfaz a equação acima. A grandeza $1/f$ é a potência da lente, às vezes também denominada de convergência ou potência dióptrica. Quando a distância focal f é expressa em metros a unidade m^{-1} é denominada de dioptria, conhecida popularmente como “grau” da lente. Ela representa a capacidade da lente em encurvar a luz: quanto maior a sua potência (portanto de maior grau ou dioptria) há mais desvio da luz (convergindo ou divergindo) e, portanto, menor a sua distância focal. Por exemplo, uma pessoa que usa uma lente de grau $-0,5$, significa que a lente é divergente e de distância focal $-0,5 = 1/f$, portanto, $f = -2m$, se o grau for $+1,0$, a $f = 1m$ e a lente é convergente, e assim por diante.

Experimento 4: Determinação do foco pelo método de projeção

Para este experimento vamos precisar de:

1. Uma lupa (comprada em lojas de produtos importados da China)
2. Uma vela
3. Uma trena
4. Uma placa branca (para o anteparo, pode ser um caderno ou a parede da sala)

Tudo pronto? Vamos lá!

Neste experimento faremos igual ao espelho côncavo, mas no lugar de colocarmos a vela entre o espelho e o anteparo, como aqui estamos utilizando uma lente convergente e a luz deve passar por ela, a colocaremos entre a vela e o anteparo.

Como no caso anterior, peça para que alguns alunos ajudem no experimento. Peça para que um deles segure a lente e o outro posicione o anteparo até que a imagem seja formada o mais nítida possível (figura a). Após isso peça ao terceiro aluno que meça a distância da chama da vela até a lente (d_o) e a distância da lente até a imagem no anteparo (d_i). Peça agora para que eles utilizem a equação de Gauss para determinar o foco da lente. Sugira a eles que tentem distâncias de objeto e imagem diferentes e que façam uma média aritmética entre os valores obtidos.

A distância focal de uma lente depende do material de que é constituída e da geometria da superfície (raios de curvaturas). Quando você faz óculos numa óptica, escolhe o material da lente que pode ser de vidro, cristal, acrílico ou policarbonato (um tipo de plástico transparente como o acrílico, mas mais resistente) e o grau é definido pelos raios de curvatura das superfícies e pelo índice de refração do material escolhido. Uma equação mais completa para o cálculo destas lentes finas é a equação dos fabricantes de lentes, que ao contrário da equação de Gauss, relaciona os aspectos geométricos da lente, não os seus aspectos ópticos.

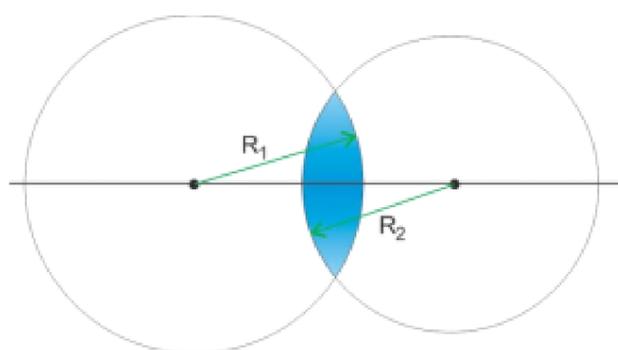


Figura 39: faces de uma lente

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

De acordo com a equação pode-se observar que a forma da lente e o meio em que ela está inserida, além do material da lente, definem o valor da sua distância focal. Isso significa que uma lente de óculos vai ter um valor de distância focal diferente se ela estiver no ar ou dentro d'água. Poderemos ver isso mais nitidamente com a atividade abaixo.

Demonstração 7: lentes de ar

Nesta demonstração podemos observar a influência do meio externo na refração e, conseqüentemente, na formação de imagens por lentes. Para esta demonstração vamos precisar de:

1. Um aquário de acrílico ou de vidro com água e um texto fixado atrás
2. Uma (ou mais) lâmpada incandescente de 30 mm (geralmente utilizada em geladeiras e fogões)
3. Líquidos diferentes para colocar nos bulbos das lâmpadas
4. Alicate de bico, bexigas, cola quente, silicone de construção

Tudo pronto? Vamos lá!

Primeiro temos que retirar a parte preta de cima da lâmpada com um alicate de bico, com muito cuidado para que o bulbo não quebre. Para fazer isso devemos utilizar equipamentos de proteção individual como luva de raspa, óculos de proteção e um pano para segurar a lâmpada. Após a retirada desta parte deve-se retirar também o invólucro da espiral de tungstênio que incandesce quando acendemos a lâmpada (Figuras a e b).

Prenda uma bexiga rasgada na parte de cima da “rolha” da lâmpada, de onde foi retirada a parte preta e prenda com elásticos ou com barbantes, como mostrado na figura c e d abaixo. Agora coloque o bulbo preparado da lâmpada na água e observe as palavras escritas no texto por trás dela. O que ocorreu? O que aconteceria se você colocasse outro líquido na lâmpada, como glicerina, óleo ou álcool, por exemplo?

A distância focal de uma lente depende do material de que é constituída e da geometria da superfície (raios de curvaturas). Quando você faz óculos numa óptica, escolhe o material da lente que pode ser de vidro, cristal, acrílico ou policarbonato (um tipo de plástico transparente como o acrílico, mas mais resistente) e o grau é definido pelos raios de curvatura das superfícies e pelo índice de refração do material escolhido. Uma equação mais completa para o cálculo destas lentes finas é a equação dos fabricantes de lentes, que ao contrário da equação de Gauss, relaciona os aspectos geométricos da lente, não os seus aspectos ópticos.