

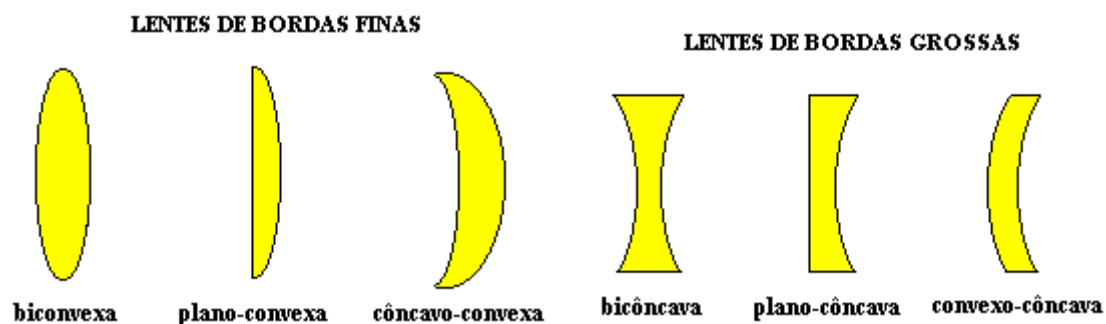
Introdução:

Com este trabalho experimental pretende-se observar o comportamento de feixes ao atravessar lentes e, ao mesmo tempo, verificar o comportamento dos feixes ao incidir em espelhos. Os conceitos base destes dois comportamentos são semelhantes. Existem focos em ambas as situações, foco esse onde vão incidir os raios no caso de espelhos côncavo e lente convergente, no caso do espelho convexo e lente divergente a prolongação dos feixes vai convergir para o foco. Podemos constatar que o foco é peça essencial no estudo de espelhos e lentes.

Imagine se não existisse nada que fosse capaz de **aumentar** ou **diminuir** o tamanho das imagens dos objectos. A fotografia de uma pessoa, por exemplo, teria o mesmo tamanho da pessoa. Imagine o tamanho de uma máquina fotográfica necessária para isso . Por outro lado, não poderíamos observar coisas muito pequenas através do microscópio, pois este não nos iria fornecer uma imagem maior do objecto observado. O microscópio neste caso não serviria para muita coisa.

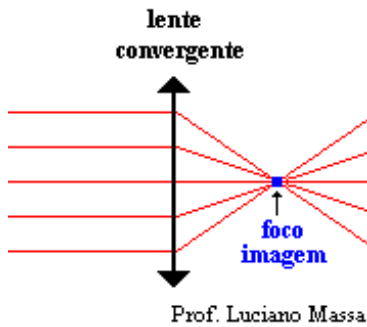
Mas elas existem, felizmente, e por causa disso podemos ir ao cinema, tirar fotografias, assistir televisão, vêr melhor (para quem usa óculos), observar coisas pequenas através dos microscópios.

Vamos então observar alguns tipos de lentes . Inicialmente iremos dividi-las em duas partes: **lentes de bordas finas** e **lentes de bordas grossas**.

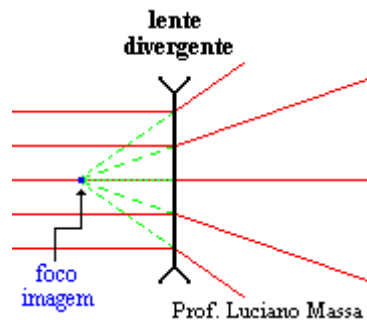


Mas, todas estas lentes podem ser na verdade **convergentes** ou **divergentes**, dependendo do que acontece com a luz quando esta passa por ela.

As lentes ditas convergentes **concentram** os raios de luz, enquanto as lentes divergentes **espalham** estes raios de luz.



Os raios de luz chegam formando um ângulo de 90° com a lente. Como a lente é do tipo convergente, ela irá concentrá-los num ponto, que iremos chamar de **foco imagem**. Note que aqui os raios de luz atravessam a lente e convergem para o foco imagem.



Neste caso, os raios também chegam formando um ângulo de 90° com a lente, mas como ela é divergente, irá espalhá-los. Mas repare que se você prolongar para trás os raios que atravessaram a lente, eles irão se cruzar num ponto, que será chamado de **foco imagem**.

Pretende-se também estudar as leis de reflexão e refração em espelhos e lentes planas.

Nota: Ao longo do relatório e em cada objectivo fomos apresentando os fundamentos teóricos, enunciando as leis de reflexão e refração bem como a restante teoria que fundamenta os cálculos efectuados.

Objectivos:

- 1- Observar e medir ângulos de incidência e reflexão para o espelho plano
- 2- Observar e descrever os trajectos da luz num prisma recto
- 3- Medir os ângulos de incidência e refração
- 4- Medir e observar o ângulo crítico para a refração interna
- 5- Medir o ângulo de desvio mínimo de um prisma
- 6- Medir o desvio lateral de uma lâmina espessa de faces paralelas
- 7- Determinar o foco de um espelho parabólico
- 8- Determinar o foco de um espelho esférico
- 9- Determinar os focos de uma lente convergente , de uma lente divergente e de um dióptro esférico

Resultados, Cálculos e Observações

Objectivo 1 – Neste ponto pretende-se verificar as leis da reflexão para um espelho plano. Para tal, necessitamos medir os ângulos de incidência e reflexão.

Leis da reflexão :

1ª Lei - Os raios incidente e reflectido e a normal à superfície estão no mesmo plano (plano de incidência).

2ª Lei - Os ângulos de incidência e reflexão são iguais.

No anexo 1 a) encontra-se o esquema de montagem da experiência. Como se pode constatar os raios incidentes e reflectido estão no mesmo plano (do papel) verificando-se a primeira lei. Com o auxílio de um transferidor fizemos as medições dos ângulos de incidência e reflexão em cada um dos feixes.

$$\theta_{1i} = 10^{\circ} \pm 0,5$$

$$\theta_{1r} = 11^{\circ} \pm 0,5$$

$$\theta_{2i} = 22^{\circ} \pm 0,5$$

$$\theta_{2r} = 24^{\circ} \pm 0,5$$

Podemos verificar que os valores não são exactamente iguais como deveria acontecer ($\theta_{1r} = \theta_{1i} \wedge \theta_{2r} = \theta_{2i}$), isto pode dever-se à má representação dos raios incidentes e reflectidos, visto as imagens obtidas não serem muito claras. De qualquer forma, parece-nos que os resultados obtidos são bastante aceitáveis e dão-nos uma noção muito aproximada do que seria de esperar.

Objectivo 2 – Neste ponto pretende-se verificar as leis da refacção bem como voltar a verificar as leis da reflexão. Também pretende-se observar e descrever os trajectos da luz num prisma recto.

Leis da refacção :

1ª Lei - Os raios incidente e refractado e a normal à superfície estão no mesmo plano (plano de incidência).

2ª Lei - Os ângulos de incidência e refração estão relacionados por :

$$n_1 \cdot \text{sen}\theta_1 = n_2 \cdot \text{sen}\theta_2 \quad (1)$$

nota: a lei da reflexão está enunciada no objectivo 1, por isso achamos não ser necessário enunciar novamente.

O esquema de montagem e percurso do laser passando por um prisma recto encontra-se no anexo 1b). Neste fase do trabalho fizemos rodar o prisma verificando o percurso do raio refractado. Este percurso sofre duas refrações, uma em cada face do prisma.

$$n_1 = 1,003$$

$$\theta_1 = 20^\circ \pm 0,5$$

$$\theta_2 = 7 \pm 0,5$$

$$\Delta n_2 = \left[\left(\frac{\partial n_2}{\partial \theta_1} \right) \right] \Delta \theta_1 + \left[\left(\frac{\partial n_2}{\partial \theta_2} \right) \right] \Delta \theta_2 = 0.27$$

$$n_2 = n_1 \cdot \text{sen}\theta_1 / \text{sen}\theta_2 = 2,81 (\pm 0.27)$$

Este resultado parece um pouco exagerado à primeira vista, no entanto temos de ter em conta que neste caso utilizamos um prisma logo o angulo refractado é a soma de duas refrações, uma em cada uma das faces.

Nota: não tendo disponível o índice de refração do prisma não podemos fazer a validação da 2ª lei da refração. Em vez disso fizemos o cálculo desse mesmo índice.

Objectivo 3 – Nesta fase do trabalho pretendia-se observar e verificar as leis de reflexão e refração com a ajuda de um componente hemisférico. E, ao mesmo tempo, determinar o índice de refração do material. (anexo 2)

No início tínhamos a face recta do hemecilindro numa posição normal ao raio incidente, em seguida, roda-mos o componente hemecilíndrico. Observamos na primeira face a existência de um raio reflectido e um refractado. Na segunda face constatou-se o mesmo efeito, a existência de um raio incidente e outro refractado. Ou seja existem efeitos de reflexão e refração nas duas faces do componente hemecilíndrico. Os raios incidentes têm o mesmo angulo dos raios reflectidos em relação à normal e os raios refractados têm um ligeiro desvio, desvio esse devido à diferença entre os índices de refração

Calculo do índice de refração do material do componente hemecilíndrico

$$\theta_1 = 12^\circ \quad \theta_2 = 8^\circ \quad n_1 = 1.003 \text{ (índice de refração do ar)}$$

Usando a expressão (1), vem que:

$$n_2 = 1,49839$$

Usando a fórmula de propagação de erros:

$$\Delta n_2 = \left[\left(\frac{\partial n_2}{\partial \theta_1} \right) \right] \cdot \Delta \theta_1 + \left[\left(\frac{\partial n_2}{\partial \theta_2} \right) \right] \cdot \Delta \theta_2 = 0.16$$

$$n_2 = 1,50 \pm 0.16$$

Objectivo 4 – Neste ponto pretende-se, novamente, verificar as leis de reflexão e refração e também determinar o índice de refração do material do componente hemecilíndrico, bem como medir o ângulo crítico. (anexo 3

Desta vez a primeira face no qual o laser foi incidir era a face circular e no início colocamos a segunda face (plana) normal ao raio incidente. Em seguida rodamos o componente hemisilíndrico, ao fazer isto o raio refractado rodou no mesmo sentido do hemisilindro de acordo com as leis de refração. Este efeito aconteceu até um determinado angulo, nesse angulo o raio refractado é tangente à face plana. A este angulo dá-se o nome de angulo critico. Esta situação está descrita no anexo...

Cálculo do índice de refração através do angulo critico

θ_c - angulo critico

$$\theta_c = 43^\circ$$

$$n_2 \cdot \text{sen} \theta_c = \text{sen} 90^\circ \Leftrightarrow n_2 = \frac{1}{\text{sen} \theta_c} \Leftrightarrow n_2 = \frac{1}{\text{sen} 43^\circ} = 1,46$$

$$\Delta n_2 = \left(\frac{\partial n_2}{\partial \theta_c} \right) \Delta \theta_c = \left| \frac{-\cos \theta_c}{\text{sen}^2 \theta_c} \cdot 0,5 \right| = \frac{\cos 43^\circ}{\text{sen}^2 43^\circ} \cdot 0,5 = 0,02$$

$$n_2 = 1,46 \pm 0,02$$

Objectivo 5 – Neste ponto pretendemos determinar o índice de refração através da observação do desvio mínimo com auxilio de um prisma. (anexo 4)

O esquema de montagem e percurso do laser passado por um prisma recto encontra-se no anexo 4. Neste fase do trabalho fizemos rodar o prisma verificando o percurso do raio refractado. Constatámos que ao rodar o prisma o raio refractado seguia o seu movimento até um certo angulo, a partir desse angulo o raio refractado fazia o movimento contrário, voltava para trás. Apenas fizemos um registo dos raios refractados e incidentes, este é o registo

da situação imediatamente anterior ao movimento retrogrado do raio refractado. Nessa altura observa-se o desvio mínimo.

Ao observar a figura representativa desta situação, constatámos que o raio incidente e refractado encontram-se no mesmo plano (do papel) verificando assim a primeira lei da refacção. (medir ângulos, fazer contas) verificar a segunda lei...)

Calculo do índice de refacção através do desvio mínimo

$\alpha =$ angulo entre as faces intervenientes no desvio do raio luminoso $= 28^\circ$

$\delta m =$ desvio mínimo $= 20^\circ$

$$n = \frac{\text{sen}\left[\left(\frac{\delta m + \alpha}{2}\right)\right]}{\text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = 1,68$$

Objectivo 6 - Neste ponto pretendemos medir o desvio lateral e o índice de refacção, utilizando uma lâmina de faces paralelas.

Colocou-se a lâmina de faces paralelas por forma a observar o desvio lateral do feixe. O esquema de montagem encontra-se no anexo 5. Determinou-se ainda o índice de refacção da lâmina recorrendo à medição dos ângulos incidente e refractado.

Calculo do índice de refacção da lâmina de faces paralelas

Desvio lateral: (1.6 ± 0.1) cm

$$n_1 = 1.003$$

$$\theta_1 = 46^\circ$$

$$\theta_2 = 32^\circ$$

Usando a expressão (1), temos que:

$$n_2 = 1,36$$

Usando a fórmula de propagação de erros:

$$\Delta n_2 = \left[\left(\frac{\partial n_2}{\partial \theta_1} \right) \right] d\theta_1 + \left[\left(\frac{\partial n_2}{\partial \theta_2} \right) \right] d\theta_2 = 0.03$$

$$n_2 = 1.36 \pm 0.03$$

Objectivo 7: Neste ponto pretendeu-se verificar que o sistema de espelho parabólico era perfeitamente focalizador. Determinou-se ainda, o foco perfeito, a distância focal e obteve-se a equação da parábola. (anexo 6a)

Colocou-se o espelho parabólico de modo a que o eixo óptico coincidissem com o traço do feixe do laser. Em seguida, deslocou-se o laser para cima e para baixo do eixo óptico, paralelamente a si próprio. Observou-se que nenhum raio sofria mais de duas reflexões no espelho. Qualquer raio que seja reflectido pelo espelho parabólico, intersecta o foco desse espelho, daí o sistema ser perfeitamente focalizador.

Calculo da equação da parábola:

Distancia focal (f) = 2,4cm

$$y^2 = 4.f.x = 9,6.x$$

Objectivo 8 – Com este trabalho pretende-se verificar que o sistema é perfeitamente focalizador. Para raios paraxiais determinar o foco, centro de curvatura a distancia focal, com o auxílio de um espelho esférico. (anexo 6b)

Ao deslocar o laser para cima e para baixo, paralelamente a si próprio, observou-se que para os raios mais distantes do eixo óptico se obtiveram duas ou mais reflexões no espelho. Quando se abriu a cortina da janela em frente do espelho, observou-se o fenómeno da cáustica de reflexão (desenhámos um esquema representativo deste fenómeno). Verificou-se ainda que este sistema não era perfeitamente focalizador.

Como auxilio no esquema desta fase do trabalho, desenhámos o eixo óptico medimos o angulo entre o feixe incidente e reflectido. Uma linha que passe no ponto em que o feixe incidente e reflectido se encontram, e noutro ponto que tenha como angulo metade do anterior, vai encontrar o eixo óptico no centro de curvatura.

Observando a figura e calculando,

F - foco

r – raio de curvatura

f – distancia focal

$$r = 2.f = 2.1,6\text{cm} = 3,2\text{cm}$$

Objectivo 9 – Nesta parte do trabalho pretende-se com o auxílio de uma lente convergente, lente divergente determinar o foco imagem, foco objecto e a distância focal. Fez-se mover o laser paralelamente à lente e representou-se os raios consequentes. (anexo 7a)

Lente convergente

$$F_i = 6.0 \text{ cm (foco imagem)}$$

$$F_o = 6.0 \text{ cm (foco objecto)}$$

Nota : O foco objecto encontra-se do lado esquerdo da lente , o foco imagem é onde os raios convergem depois de passarem pela lente.

Pela equação das lentes (Gauss)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_i} \text{ como } s_0 = \infty, \frac{1}{f} = \frac{1}{s_i} = \frac{1}{6} \Leftrightarrow f = 6 \text{ cm}$$

$$\left(\frac{\partial f}{\partial s_i} \right) \Delta s_i = \Delta f \Leftrightarrow \Delta f = \Delta s_i = 0,5 \text{ mm}$$

$$f = (6,00 \pm 0,05) \text{ cm}$$

No caso da lente divergente os dados obtidos não permitiram retirar valores consistentes, assim sendo, não nos foi possível fazer os cálculos desejados, de qualquer forma apresentamos a forma de o calcular.(anexo 7b)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_i} \text{ como } s_0 = \infty, \frac{1}{f} = \frac{1}{s_i}$$

Conclusão: Com este trabalho prático pretendia-se compreender e testar algumas leis de óptica. No decorrer do trabalho deparámo-nos com algumas dificuldades técnicas, nomeadamente, dificuldade em representar, com rigor, os raios incidentes e reflectidos/refractados. De qualquer forma, achamos que a realização deste trabalho foi bastante útil para uma melhor compreensão das matérias envolvidas. De uma forma geral, e apesar das dificuldades, os resultados foram bastante aceitáveis, as leis envolvidas foram verificadas com alguma precisão.

Para uma melhoria dos trabalhos práticos deixamos uma sugestão. O ponto 9, lentes convergentes e divergentes, era bastante difícil de representar no papel, o sistema de cortar o papel e depois cola-lo não é, de facto muito eficaz. Não sugerimos uma forma de melhorar mas, parece-nos importante referir os problemas encontrados na realização do trabalho.