

Orientações

Começar relembando o fenômeno da refração da luz, em que parte do feixe luminoso incidente atravessa a superfície de separação entre dois meios ópticos. Ressaltar que o que caracteriza esse fenômeno é a mudança de meio com mudança de velocidade.

Representar graficamente o fenômeno da refração, comentando que, por simplicidade, apenas a luz refratada será desenhada, salvo em situações que abordem a reflexão juntamente com a refração. Construir a representação típica do raio luminoso refratado apresentando desvio, identificar a reta normal e os ângulos correspondentes. Ao lado, representar a incidência normal, sem desvio, ressaltando que a refração também ocorre nos casos em que a velocidade se altera, mas que não há desvio.

Conceituar índice de refração absoluto e reforçar que se trata de uma grandeza adimensional, que simplifica o estudo da refração ao relacionar as velocidades de propagação da luz, que são altíssimas, e cujos valores típicos são próximos à unidade. Mostrar que o índice de refração do vácuo é a unidade, como consequência da definição, sendo o menor valor de índice de refração absoluto. Comentar que o índice de refração do ar é ligeiramente maior que o do vácuo, mas que na maioria das situações será aproximado da unidade. Apresentar o termo “refringência”, associado ao índice de refração, reforçando que, na linguagem usual, maior índice de refração significa maior refringência e vice-versa. Explicar o índice de refração relativo e o fato de apresentar valores quaisquer. Fazer os exercícios correspondentes.

Apresentar as leis da refração e mostrar graficamente o desvio angular decorrente de refração em incidência oblíqua. Comentar o desvio do raio luminoso associado à relação entre os índices de refração dos dois meios, constituindo-se em estratégia preditiva do desenrolar do fenômeno, sem que haja necessidade de cálculos de comprovação. Fazer os exercícios correspondentes.

Retomar a ideia de desvio associado aos índices e refração e construir o conceito de ângulo limite a partir de uma estratégia gráfica. Nesse momento, lembrar que o feixe luminoso sempre se divide em reflexão, refração e absorção. Pode-se argumentar que a absorção em boa parte das interfaces pode ser desprezada, mas a reflexão não. Conforme o ângulo do raio luminoso proveniente do meio mais refringente aumenta, a parcela de luz refratada diminui, enquanto a parcela de luz refletida aumenta. Ao atingir o ângulo crítico ou limite, a refração torna-se praticamente rasante à superfície, e a intensidade do feixe refratado é mínima. A partir desse ângulo, a refração deixa de existir, passando a ocorrer somente a reflexão, que, por se aproximar de 100%, é denominada **reflexão total**. Equacionar a lei de Snell-Descartes para a situação do ângulo limite, reforçando que se trata de um limite matemático, e não de uma igualdade. Apresentar a equação do seno do ângulo limite, generalizando na forma apresentada no resumo de aula. Fazer os exercícios correspondentes.

Havendo tempo, apresentar a fibra óptica e seu funcionamento, bem como suas aplicações tecnológicas, principalmente na transmissão de informação, como nos serviços ópticos de internet. Aplicações na Medicina, unindo a fibra óptica aos raios *laser*, também podem ser comentadas, pois mostram a versatilidade e o potencial dessa tecnologia.

RESOLUÇÕES

Exercícios de sala

- A**

Da definição de índice de refração relativo, temos que:

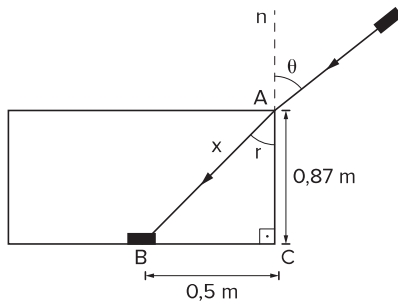
$$n_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{120\,000}{200\,000} \Rightarrow n_{1,2} = 0,6$$
- E**

Para que haja desvio do raio, é necessário que a refração ocorra associada de um ângulo de incidência diferente de zero. Raios que incidem normalmente na superfície não sofrerão desvios.
- Tomando o ponto (30; 90) do gráfico e substituindo na lei de Snell-Descartes, obtemos:

$$\text{sen}(30^\circ) \cdot n = \text{sen}(90^\circ) \cdot 1 \Rightarrow n = 2$$

4. C

Para que o laser ilumine a moeda, é necessário que o raio refrate com um ângulo \hat{r} de tal forma que atinja a moeda (ponto B).



Cálculo da hipotenusa x do triângulo ABC:

$$x^2 = 0,5^2 + 0,87^2 \Rightarrow x^2 = 0,25 + 0,7569$$

$$x^2 = 1,0069 \Rightarrow x \cong 1 \text{ m}$$

Assim, o seno do ângulo \hat{r} é dado por:

$$\text{sen } \hat{r} = \frac{0,5}{1} \Rightarrow \text{sen } \hat{r} = 0,5$$

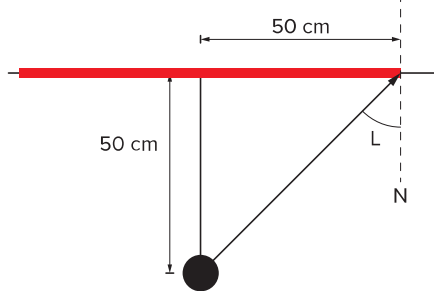
Pela lei de Snell-Descartes, podemos obter θ :

$$n_{\text{ar}} \cdot \text{sen } \theta = n_{\text{água}} \cdot \text{sen } \hat{r} \Rightarrow 1 \cdot \text{sen } \theta = 1,4 \cdot 0,5$$

$$\text{sen } \theta = 0,7 \Rightarrow \theta = 45^\circ$$

5. C

Para garantir que o objeto não possa ser visto de fora da água, devemos garantir que nenhum raio vindo da pepita consiga escapar da água. Isso é possível quando todos os raios incidentes na interface água-ar sejam maiores ou iguais ao ângulo limite:



Sendo o triângulo retângulo isósceles, concluímos que $L = 45^\circ$:

$$\text{sen } \hat{L} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{1}{n} \Rightarrow n = \sqrt{2}$$

6. B

Afirmativa I: incorreta. Para que haja reflexão total, é necessário que o raio incida de um meio mais refringente para um menos refringente.

Afirmativa II: incorreta. Para que haja reflexão total, o ângulo de incidência deve ser maior que o ângulo limite.

Afirmativa III: correta. O seno do ângulo limite pode ser calculado fazendo a razão entre o índice de refração menos refringente e o mais refringente.

Afirmativa IV: correta. Como o raio permanece no núcleo, ele não muda de meio e, por consequência, não sofre refração.

Orientações

Esse conjunto de aulas é bastante denso e aborda três assuntos distintos. Por isso, um planejamento cuidadoso prévio é fundamental. Se for o caso, escolher os exercícios que você fará em sala antecipadamente, para que a explanação teórica, mesmo reduzida, não seja comprometida.

Dioptro plano

Definir dioptro plano e apresentar exemplos. Enfatizar que o caso do dioptro ar-água é o que mais costuma aparecer nos exercícios. Apresentar graficamente esse dioptro em duas situações: observador no ar e objeto dentro da água e observador na água e objeto no ar. Traçando um raio luminoso que se refrata com desvio, mostrar a formação da imagem virtual em posição aparente, correlacionando a representação à experiência prática: olhar para dentro de uma piscina e percebê-la mais rasa do que realmente é. Aproveitar e verificar se alguém tem a experiência oposta de olhar de dentro da água para fora e perceber as alturas aparentemente maiores. Comentar que, em aproximação matemática para pequenos ângulos de incidência, é possível equacionar o problema de forma simples. Em seguida, apresentar as equações e fazer os exercícios correspondentes.

Lâmina de faces paralelas

Conceituar lâmina de faces paralelas como sendo um duplo dioptro, em que o meio circundante à lâmina pode ser o mesmo (caso de uma placa de vidro envolta por ar), ou não, comungando três meios opticamente distintos. Reforçar que trataremos de lâminas formadas por dioptros planos. Mostrar graficamente a trajetória do raio luminoso atravessando um dioptro envolto por um único meio e identificar os ângulos correspondentes. Investigar a simetria entre os raios, por se tratar de um único meio circundante e das faces serem planas e paralelas. Comentar que, a cada refração, também há uma parcela de luz refletida. Apresentar, sem demonstrar, a equação do desvio lateral. Mostrar também, de forma rápida e simplificada, o caso com três meios ópticos distintos. Resolver os exercícios correspondentes.

Prismas ópticos

Apresentar o conceito de prisma óptico, se possível, associando-o ao conceito geométrico de prisma. Reforçar que serão abordados apenas os prismas de seção transversal triangular. Mostrar graficamente a trajetória do raio luminoso que atravessa o prisma, identificando cuidadosamente as retas normais a cada face e os ângulos associados. Deduzir as equações do prisma e comentar que conceitos básicos de Geometria são suficientes para se chegar a elas. Além de reforçar esses conhecimentos geométricos e aplicá-los a uma situação específica, treina-se a estratégia de abordagem matemática dedutiva de um fenômeno natural. Resolver os exercícios correspondentes.

Abordar a situação de desvio mínimo, se houver tempo. Caso contrário, fazer isso diretamente no exercício correspondente e remeter os estudantes ao livro-texto para reforço e aprofundamento. Pode-se comentar a reflexão total em prismas e seu uso preferencial a espelhos — caso do periscópio de prismas e câmeras fotográficas. Caso não haja tempo suficiente, você pode apenas sugerir esses aprofundamentos no livro-texto.

Apresentar a constatação experimental da relação entre índice de refração e frequência de luz (se necessário, reforçar que esses conceitos serão abordados com maior profundidade no curso de Ondulatória) ou cor de luz. Comentar a relação entre os índices de refração das diferentes cores do espectro visível e a consequência disso na refração: mesmo ângulo de incidência levará a diferentes desvios na refração para cada cor de luz, obedecendo a uma ordem — do vermelho (menor desvio) para o violeta (maior desvio). Representar graficamente esse fenômeno na incidência de um feixe de luz branca em um prisma e a sua consequente decomposição nas cores, chamada de dispersão da luz branca. Remeter os estudantes ao texto sobre o experimento de Newton, presente no livro-texto. Pode-se associar esse fenômeno ao arco-íris, destacando que a formação do arco-íris envolve também o fenômeno da interferência, e, portanto, sua explicação é mais complexa do que simplesmente a associação entre refração, reflexão total e dispersão. Fazer os exercícios correspondentes.