

# Textos Explicativos

## Óptica

Material de apoio para a Lista de Exercícios — Reflexão, refração e absorção da luz

### 1. As Leis da Reflexão da Luz

Questões relacionadas: 1 e 2

Quando um raio de luz atinge uma superfície refletora, como um espelho plano, ele obedece a duas leis da reflexão. Pela primeira lei, o raio incidente, a reta normal à superfície no ponto de incidência e o raio refletido estão sempre contidos em um mesmo plano. Pela segunda lei, o ângulo de incidência é sempre igual ao ângulo de reflexão, ambos medidos em relação à normal:

$$\theta_i = \theta_r$$

**Exemplo prático:** um raio de luz incide sobre um espelho plano com ângulo de incidência de  $35^\circ$  em relação à normal. Pela lei da reflexão, o ângulo de reflexão também é  $\theta_r = 35^\circ$ . O ângulo formado entre o raio incidente e o raio refletido é a soma dos dois ângulos, medidos a partir da normal:  $35^\circ + 35^\circ = 70^\circ$ .

### 2. Índice de Refração e a Velocidade da Luz em Diferentes Meios

Questões relacionadas: 3 e 4

O índice de refração absoluto de um meio é uma grandeza que indica o quanto a luz se propaga mais lentamente nesse meio em comparação ao vácuo. Ele é definido como a razão entre a velocidade da luz no vácuo ( $c$ ) e a velocidade de propagação da luz nesse meio ( $v$ ):

$$n = c / v \quad v = c / n$$

O índice de refração é uma grandeza adimensional e sempre  $n \geq 1$ , já que nenhum meio material permite que a luz se propague mais rápido do que no vácuo.

**Exemplo prático:** a velocidade da luz no vácuo é  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ . Em um meio cujo índice de refração é  $n = 1,5$ , a velocidade de propagação da luz nesse meio é  $v = c/n = (3 \times 10^8)/1,5 = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$  — mais lenta do que no vácuo, como esperado para qualquer meio material.

### 3. A Lei de Snell-Descartes e a Refração da Luz

Questão relacionada: 5

Quando um raio de luz passa de um meio para outro com índice de refração diferente, ele sofre um desvio em sua direção de propagação — fenômeno chamado de refração. A relação entre os ângulos de incidência e refração, e os índices de refração dos dois meios envolvidos, é dada pela Lei de Snell-Descartes:

$$n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2$$

**Exemplo prático:** um raio de luz passa do ar ( $n_1 = 1,0$ ) para um bloco de vidro ( $n_2 = 1,5$ ), incidindo com ângulo  $\theta_1 = 30^\circ$  em relação à normal ( $\sin 30^\circ = 0,5$ ). Pela Lei de Snell-Descartes,  $n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2 \rightarrow 1,0 \times 0,5 = 1,5 \times \sin \theta_2 \rightarrow \sin \theta_2 = 0,5/1,5 \approx 0,333 \rightarrow \theta_2 = \arcsen(0,333) \approx 19,5^\circ$ . Como esperado, ao entrar em um meio mais refringente (maior índice de refração), o raio se aproxima da normal ( $\theta_2 < \theta_1$ ).

## 4. Reflexão Total da Luz e o Ângulo Crítico

Questões relacionadas: 6 e 7

A reflexão total é um fenômeno que ocorre quando a luz se propaga de um meio mais refringente (maior índice de refração, menor velocidade de propagação) para um meio menos refringente (menor índice, maior velocidade), e o ângulo de incidência é maior ou igual a um determinado valor limite, chamado ângulo crítico (ou ângulo-limite). Nessas condições, não existe mais raio refratado: toda a luz incidente é refletida de volta para o primeiro meio, como se a superfície de separação entre os dois meios se comportasse como um espelho perfeito.

O ângulo crítico é calculado a partir dos índices de refração dos dois meios envolvidos:

$$\text{sen } \theta_c = n_2 / n_1$$

**Exemplo prático:** um raio de luz se propaga da água ( $n_1 = 1,33$ ) para o ar ( $n_2 = 1,0$ ). O ângulo crítico para que ocorra reflexão total é  $\text{sen } \theta_c = n_2/n_1 = 1,0/1,33 \approx 0,7519 \rightarrow \theta_c = \arcsen(0,7519) \approx 48,8^\circ$ . Para qualquer ângulo de incidência igual ou maior que  $48,8^\circ$ , toda a luz que tenta sair da água para o ar é refletida de volta para dentro da água.

## 5. Por Que Vemos Cores: Absorção e Espalhamento da Luz

Questões relacionadas: 8 e 9

A absorção da luz é o fenômeno em que parte da energia luminosa incidente sobre um material é convertida em outra forma de energia — geralmente térmica — pelas partículas do meio, deixando de ser refletida ou transmitida. A cor percebida de um objeto opaco corresponde às frequências (cores) da luz branca que ele reflete ou difunde de volta para o observador; as demais frequências da luz branca incidente são absorvidas pelo material e não chegam aos nossos olhos.

Um fenômeno relacionado, mas distinto, é o espalhamento da luz, responsável pela cor do céu. Durante o dia, a luz solar atravessa uma camada relativamente curta da atmosfera; as moléculas do ar espalham preferencialmente os comprimentos de onda menores da luz — fenômeno conhecido como espalhamento de Rayleigh, mais intenso para o azul e o violeta —, fazendo o céu parecer azul em todas as direções para quem observa de baixo.

Ao entardecer, a luz solar percorre uma camada muito mais espessa da atmosfera antes de chegar ao observador, já que o Sol está mais próximo do horizonte. Grande parte da luz azul já foi espalhada para fora da linha de visão direta ao longo desse caminho mais longo, restando predominantemente os comprimentos de onda maiores — vermelho e laranja — na luz que chega diretamente do Sol, o que dá ao céu a cor avermelhada característica do entardecer.

## 6. A Imagem Formada por um Espelho Plano

Questão relacionada: 10

A imagem formada por um espelho plano tem propriedades bem definidas: ela é virtual (não pode ser projetada em um anteparo), direita (não invertida verticalmente em relação ao objeto), de mesmo tamanho do objeto, e está localizada simetricamente em relação ao espelho — ou seja, à mesma distância do espelho que o objeto, porém do lado oposto (atrás do espelho).

$$d_{\text{imagem}} \text{ (em relação ao objeto)} = 2 \cdot d_{\text{objeto-espelho}}$$

**Exemplo prático:** um objeto está a 20 cm de um espelho plano. Como a imagem se forma à mesma distância do espelho, porém do lado oposto, a distância entre o objeto e sua imagem é o dobro da distância do objeto ao espelho:  $2 \times 20 \text{ cm} = 40 \text{ cm}$ .