

Ficha — A luz: leis da reflexão e da refração, reflexão total e difração

11.º Ano Física e Química A 4 páginas 12 exercícios

Objetivo: Aplicar as Leis da Reflexão e da Refração (Snell) em problemas, determinar o índice de refração e o ângulo crítico, explicar a reflexão total (fibra ótica) e a difração, e fundamentar o uso das ondas eletromagnéticas nas comunicações e no conhecimento do Universo.

Revisão rápida

Convenção: todos os ângulos se medem em relação à **normal** (perpendicular à superfície), no mesmo plano.

Fenómeno	Lei / condição	Aplicação típica
Reflexão (espelhos)	$\theta_{inc} = \theta_{ref}$	espelho plano (imagem simétrica)
Refração (mudança de meio)	$n_1 \cdot \text{sen } \theta_1 = n_2 \cdot \text{sen } \theta_2$	lentes, óculos, aquários («pernas cortadas»)
Reflexão total	$n_1 > n_2, \theta_{inc} > \theta_c \cdot \text{sen } \theta_c = n_2/n_1$	fibra ótica, prismas
Difração	abertura $\approx \lambda \rightarrow$ espalhamento	laser, fendas, «luz contorna»

Índice de refração $n = c/v \geq 1$ (sem unidades; ar $\approx 1,0003 \cdot$ água 1,33 $\cdot$ vidro 1,5 $\cdot$ diamante 2,42). Quanto maior n , mais a luz «abrandá» e mais curva — e menor o ângulo crítico.

Valores de referência: θ_c ar-vidro $\approx 42^\circ \cdot$ ar-água $\approx 48,7^\circ \cdot$ diamante-ar $\approx 24,4^\circ$ (brilho do diamante: quase toda a luz sofre reflexão total).

Modelos da luz (AE): **ondulatório** (explica difração, reflexão total, interferência — a luz é uma onda EM) e **geométrico/ray** (raios retos — ótica de lentes e espelhos). **São complementares:** o modelo certo depende da escala (raios quando $\lambda \ll$ objetos; ondas quando a escala é de λ).

Estratégia: desenhar com a normal $\rightarrow$ identificar meios e $n \rightarrow$ escolher lei (igualdade ou Snell) $\rightarrow$ calcular $\rightarrow$ conferir se θ está do lado certo (sempre $< 90^\circ$).

Exercícios

1. Completar: na lei da reflexão, o ângulo de incidência é _____ ao ângulo de reflexão; ambos se medem em relação à _____. Porque se medem da normal e não da superfície?

2. Espelho plano: um objeto está a 2 m do espelho. (a) A que distância está a imagem? (b) Que três caraterísticas tem a imagem (virtual/direita/invertida)? (c) Descreve por que caminho a luz «vai» do objeto ao olho — e porque parece vir de trás do espelho.

3. Lei de Snell: um raio sai do ar ($n = 1$) com $\theta_1 = 30^\circ$ e entra em vidro ($n = 1,5$). (a) Calcula θ_2 ($\sin 19,5^\circ \approx 0,33$). (b) O raio curva para perto ou para longe da normal? Porque?

4. Índice de refração: a luz viaja a $2 \times 10^8 \text{ m/s}$ num vidro. (a) Calcula n . (b) Porque é que n nunca é inferior a 1? (c) Calcula v na água ($n = 1,33$).

5. Reflexão total: (a) enuncia as duas condições; (b) calcula o ângulo crítico do vidro para o ar ($n = 1,5$, $\sin 42^\circ \approx 0,67$) e confirma $\approx 42^\circ$; (c) o que acontece a θ_c se usasses diamante ($n = 2,42$)?

6. Fibra ótica: descreve como a luz «viaja» dentro do cabo (reflexão total repetida, ângulo sempre $> \theta_c$) e indica duas vantagens face ao cobre (banda larga, imunidade a interferências eletromagnéticas, peso). Porque é que o núcleo tem n maior que o revestimento?

7. Difração: (a) o que acontece à luz quando passa por uma abertura muito pequena (comparável com λ)? (b) Porque é que isto é prova de natureza ondulatória (raios retos não contornam)? (c) Um laser atravessa uma abertura de 1 mm — a $\lambda \approx 500 \text{ nm}$ é desprezável? Justifica a ordem de grandeza.

8. Laser: (a) quatro propriedades da luz laser (coerente, monocromática, direcional, alta intensidade); (b) na experiência Apollo, os astronautas deixaram espelhos na Lua e um laser mede a distância Terra–Lua — porquê o laser e não uma lanterna (coerência e divergência)? (c) Que conceito de onda é usado (tempo de ida e volta $\times c$)?

9. Produtos tecnológicos (AE): liga cada produto ao fenómeno ótico — óculos graduados (___) · cabo de internet por fibra (___) · leitor de CD com laser (___) · espelho retrovisor (___). Opções: refração/lentes · reflexão total · difração/leitura por λ · reflexão plana.

10. Comunicações e Universo: (a) porque é que as ondas EM são ideais para comunicar por satélite (do prato ao transponder)? (b) O telescópio James Webb observa no infravermelho — porque é que «mudar de janela» muda o que vemos do Universo? O que isto ilustra sobre o carácter provisório do conhecimento?

11. Tabela de distinção: completa — reflexão: luz fica no _____ meio, muda _____. refração: entra em meio diferente, muda _____ (não a f), pode ter _____ total se $\theta > \theta_c$ · difração: espalhamento por obstáculo/abertura de escala de _____.

12. Síntese — dois modelos: (a) num farol, a luz viaja «em raios» até ti (modelo geométrico) — porque é adequado? (b) A mesma luz, ao passar pela abertura da tua janela, espalha-se um pouco (difração) — quando é que o modelo ondulatório se torna obrigatório? Conclui como os dois modelos se completam.

Soluções — A luz: reflexão, refração e difração

11.º Ano

Física e Química A

Resolução completa

1. **igual** ($\theta_{inc} = \theta_{ref}$) · à **normal**. Mede-se da normal porque assim a lei é **uniforme para qualquer inclinação da superfície** (a normal acompanha a superfície) — medido da superfície, os ângulos dependeriam do «corte» e a igualdade não seria tão limpa (e a refração, com n , é sempre na normal).
 2. (a) **2 m** atrás do espelho (simétrica). (b) **virtual** (não se projeta em ecrã — a luz não chega realmente lá), **direita** (verticalmente igual) e do **mesmo tamanho** — com inversão lateral (o pé esquerdo do objeto «espelha» à direita). (c) A luz sai do objeto, **reflete** no espelho ($\theta_i = \theta_r$) e chega ao olho; o cérebro projeta os raios **em linha reta para trás do espelho** — daí a imagem parecer estar lá, mas é virtual: não há luz naquele ponto.
 3. (a) $1 \cdot \sin 30^\circ = 1,5 \cdot \sin \theta_2 \rightarrow 0,5 = 1,5 \cdot \sin \theta_2 \rightarrow \sin \theta_2 = 0,333 \rightarrow \theta_2 \approx 19,5^\circ$. (b) **Para perto da normal** — porque entra em meio **mais refringente** (n maior, luz mais lenta): Snell exige que $\theta_2 < \theta_1$.
 4. (a) $n = c/v = 3 \times 10^8 / 2 \times 10^8 = 1,5$. (b) Porque $v \leq c$ — nenhum meio permite superar a velocidade da luz no vácuo (c é o máximo), logo o quociente nunca fica abaixo de 1. (c) $v = c/n = 3 \times 10^8 / 1,33 \approx 2,26 \times 10^8 \text{ m/s}$.
 5. (a) (1) ir de meio **mais refringente para menos** ($n_1 > n_2$); (2) ângulo de incidência **maior que o ângulo crítico** ($\theta_{inc} > \theta_c$). (b) $\sin \theta_c = 1/1,5 = 0,667 \rightarrow \theta_c \approx 42^\circ \checkmark$. (c) $\sin \theta_c = 1/2,42 = 0,413 \rightarrow \theta_c \approx 24,4^\circ$ — menor: o diamante reflete internamente quase tudo («fogo»/brilho) e é cortado para isso.
 6. A luz sofre **reflexão total repetida** nas paredes (mantém-se sempre $\theta > \theta_c$), sem perdas de absorção — guia-a até destino. Vantagens: (1) **banda larga enorme** (portam milhões de sinais em comprimentos de onda diferentes); (2) **imunidade eletromagnética** (não há indução — não há apanhamento de ruído, seguro em zonas explosivas) — e é mais leve. O núcleo tem **n maior** que o revestimento precisamente para garantir $n_1 > n_2$ — a condição da reflexão total.
 7. (a) Espalha-se em **leque** (deixa de seguir «em linha reta») — quanto menor a abertura, maior o leque. (b) Raios retos seguiriam todos em frente e deixariam a sombra dura; contornar/expandir-se é comportamento de **onda** — a difração é uma das marcas da natureza ondulatória. (c) $\lambda = 5 \times 10^{-7} \text{ m}$ vs abertura $10^{-3} \text{ m} \rightarrow$ razão 10^{-4} : **desprezável** ($\lambda \ll$ abertura $\rightarrow$ quase sem difração; para difração apreciável com luz, aberturas $\approx \lambda$ ou fendas de dezenas de μm).
 8. (a) **coerente** (ondas em fase), **monocromática** (um só λ), **direcional** (divergência mínima), **alta intensidade**. (b) A lanterna diverge e é incoerente: a 384 000 km o feixe espalha-se e o retorno seria irre recuperável; o laser mantém-se estreito e o pulso cronometrável. (c) Usa $d = c \cdot t/2$ (ida e volta / 2): com t medido com precisão (nanossegundos), a distância Terra-Lua é conhecida com **milímetros** — confirma a deriva continental e o recuo da Lua.
 9. óculos $\rightarrow$ **refração (lentes)** · fibra $\rightarrow$ **reflexão total** · CD laser $\rightarrow$ **leitura ótica** (feixe modulado por pitos; a λ pequena permite pitos miúdos = mais dados) · retrovisor $\rightarrow$ **reflexão** (em ângulo — com o triplo efeito para o refletir na direção certa).
 10. (a) No espaço não há meio $\rightarrow$ só **ondas EM** viajam; com λ próprio, cada transponder recebe e retransmite sem cruzar com outros canais (multiplexagem) — e o prato concentra o feixe. (b) O Universo espalha/absorve em λ diferentes (poeira opaca ao visível, mas transparente ao IV; a radiação do Big Bang está no IV/micro-ondas): **cada janela do espectro revela objetos que as outras escondiam**. É o caráter provisório: cada nova janela (rádio 1930s, IV agora) reescreve o que sabemos — não porque «a ciência erra», mas porque o olhar aumenta.
 11. reflexão: fica no **mesmo** meio, muda **direção** · refração: muda **velocidade e direção** (f mantém-se), pode ter **reflexão** total se $\theta > \theta_c$ · difração: escala do **λ** (comprimento de onda).
 12. (a) λ de centímetros (luz visível) $\ll$ obstáculos (farol, prédio, olho) $\rightarrow$ a difração é desprezível e o **modelo geométrico** (raios retos: fotometria, distância, sombra) dá previsões certas e simples. (b) O modelo **ondulatório** torna-se obrigatório quando a escala se aproxima de λ (aberturas/fendas finas, antenas, fibras) ou quando se pergunta por **fase** (interferência, difração, cor). Conclusão: os modelos não competem — **cada um tem domínio**; a física avança escolhendo o modelo certo (e um novo fenómeno obriga a um novo modelo — daí o conhecimento ser provisório).
- Nota:** quatro blocos — **leis (Snell + ângulos)** · **n , θ_c , reflexão total/fibra** · **difração e laser** · **produtos, comunicações/Universo e modelos**. Fecha as fichas do Organizador 2 (com as fichas 4-6).