

AL — Luz: índice de refração de um meio e comprimento de onda do laser

11.º Ano Física e Química A 3 páginas Atividade laboratorial

Objetivo: Investigar experimentalmente **refração, reflexão total e difração/interferência** da luz — determinando o **índice de refração** de um meio (profundidade aparente e Lei de Snell) e o **comprimento de onda do laser** (franjas de Young).

Material e reagentes

Material	Função / nota
Apontador laser (vermelho $\approx 650\text{ nm}$ ou verde $\approx 532\text{ nm}$) + bloco de vidro/perspex	feixe fino — nunca aos olhos
Bequer com água, alfinete/pau de vidro, régua (0,5 mm)	n por profundidade aparente
Papel branco + transportador + esfera de apontar raios	medir θ_i , θ_r (Snell) e marcar raios
Fenda de Young (fio de cabelo/fenda 0,20 mm) + régua longa ($D \approx 2\text{ m}$)	franjas $\rightarrow \lambda$
Bañador/bequer fundo escuro (para θ_c)	reflexão total observada por cima

Normas de segurança

- Laser:** **nunca apontar a olhos** (diretos ou refletidos em espelhos/água/metálicos) — usar sempre sobre bancada, com óculos se disponíveis.
- Bloco de vidro: cuidado com bordos; limpar sem pano encardido.
- Água no bequer com cuidado (chapadas, equipamento elétrico longe).
- Fenda perto do laser só com feixe de baixa potência (apontador $\leq$ classe 2).

Procedimento

- Hipóteses:** (a) o laser na água curva-se? Em que sentido? (b) haverá franjas com uma fenda estreita — o que isso provaria?
- Profundidade aparente:** alfinete no bequer; observar de cima e marcar a posição «aparente» $\rightarrow$ medir h (real) e h' (aparente) $\rightarrow n = h/h'$.
- Snell:** laser sobre papel, entrar na água/bloco com $\theta_i \approx 30^\circ$; marcar raios (incidente/refletido/refratado), medir ângulos (da normal) e verificar $n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \text{sen} \theta_2$.
- Reflexão total:** com o bloco, aumentar θ , até o raio refratado desaparecer $\rightarrow \theta_c$; comparar com $\text{sen} \theta_c = 1/n$.
- Difração/Young:** laser a atravessar a fenda/fio; a $D \approx 2\text{ m}$, medir o espaçamento entre franjas (10 franjas $\rightarrow$ média) $\rightarrow \lambda = \Delta y \cdot a / D$.
- Repetir medições (3 $\times$), registar e comunicar: tabelas, ângulos, franjas, comparação com o valor nominal do laser.

Âncora das AE: «investigar experimentalmente reflexão, refração, reflexão total e difração da luz, determinando o índice de refração de um meio e o comprimento de onda da luz num laser» — os quatro fenómenos num só protocolo.

Registo de dados

Tabela 1 — Profundidade aparente (água)

Ensaio	h real (cm)	h' aparente (cm)	n = h/h'
1–3 (média)			

Tabela 2 — Lei de Snell (bloco de vidro, $n_2 \approx 1,5$)

θ_1 (ar, graus)	θ_1 medido	θ_2 medido	n_2 calculado = $\text{sen}\theta_1/\text{sen}\theta_2$
30			
45			
60			

Tabela 3 — Franjas de Young ($a = 0,20\text{ mm}$, $D = 2,00\text{ m}$): mm medidos para 10 franjas $\rightarrow$ mm por franja (Δy).

Tratamento de resultados

n por profundidade aparente (verificação): $h = 10,0\text{ cm}$, $h' = 7,5\text{ cm} \rightarrow$

$$n = 10,0 / 7,5 \approx 1,33 \checkmark \text{ (água)}$$

Snell: $n_2 = \text{sen}\theta_1/\text{sen}\theta_2$ — ex.: $\theta_1 = 30^\circ$, $\theta_2 \approx 22^\circ \rightarrow n \approx 0,50/0,37 \approx 1,35$ (aproximação de leitura).

Ângulo crítico: $\text{sen}\theta_c = 1/n$ — para $n = 1,33$; $\theta_c \approx 48,7^\circ$ — observar que acima disso «não sai raio».

Comprimento de onda do laser (Young):

$$\lambda = \Delta y \cdot a / D$$

Verificação: $\Delta y = 5,0\text{ mm} = 5,0 \times 10^{-3}\text{ m}$, $a = 2,0 \times 10^{-4}\text{ m}$, $D = 2,00\text{ m} \rightarrow$

$$\lambda = (5,0 \times 10^{-3} \times 2,0 \times 10^{-4}) / 2,00 = 5,0 \times 10^{-7}\text{ m} = 500\text{ nm} \checkmark \text{ (verde-laranja do visível)}$$

Comparação com o nominal: laser verde $\approx 532\text{ nm} \rightarrow Er \approx |500-532|/532 \approx 6\%$ (bom para medição com régua!).

Nota: $n_1 \text{sen}\theta_1 = n_2 \text{sen}\theta_2$ e λ independe do meio? (não: $\lambda_{\text{meio}} = \lambda_{\text{ar}}/n$ — mas f mantém-se; rever ficha 7).

Análise e conclusão

1. Os dois métodos de n (profundidade aparente e Snell) deram valores próximos ($\approx 1,33$)? Que método achas mais fiável e porquê? E para vidro (1,5), qual ajusta melhor?
2. Refração observada: em que sentido o laser curva ao entrar na água (perto/longe da normal)? E ao sair? Confirma com a lei e com $n > 1$.
3. **Reflexão total:** confirma-se $\sin \theta_c = 1/n$? Liga o fenómeno à **fibra ótica** (núcleo n maior — ficha 7): porque é que a luz «fica presa»?
4. **Franjas de Young:** o que as franjas provam sobre a luz (ondulatório: interferência/difração) e porque é que um feixe de luz comum **não** dá franjas visíveis (coerência)? O λ obtido está no visível?
5. **Fontes de erro:** espessura do feixe, leitura da régua, fenda não perfeitamente estreita, ponto de olho em h' , ângulos estimados. Qual afeta mais λ e qual afeta mais n ? Como reduzir (10 franjas em vez de 1, médias)?
6. **Comunicação:** conclusão (4–5 linhas) — n de dois métodos, θ_c confirmado, λ com erro, e o que os quatro fenómenos em conjunto dizem da natureza ondulatória da luz.

Fontes de erro sistemático

- **Espessura do feixe** do apontador (não é idealmente fino) — alarga franjas e contornos de ângulos.
- Olho/perspetiva em h' (paralaxe) e na leitura de ângulos no papel.
- Fenda não ideal (fio de cabelo = difração larga; fenda comercial melhor).
- Referências nominais do laser (λ de catálogo vs verdadeiro lote).

Conclusão-chave: a água tem $n \approx 1,33$ (dois métodos concordantes), a reflexão total ocorre a $\theta_c \approx 48,7^\circ$ (fibra ótica!) e as franjas de Young dão $\lambda \approx 500$ nm — a luz é uma **onda** que curva, reflete internamente e difrata: os quatro fenómenos das AE numa bancada, com erro quantificado de 5–10 %.

Nota: AL das AE de FQ-A 11.º ano — domínio «Eletromagnetismo e ondas eletromagnéticas» (reflexão, refração, reflexão total, difração + determinação de n e λ do laser). Liga: fichas 4 e 7 (Snell, θ_c , difração) · fibra ótica (ficha 7, ex. 6).