

Ficha — O som: onda de pressão, velocidade e leitura gráfica

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

Objetivo: Identificar o **som como onda mecânica longitudinal de pressão**, relacionar a sua **velocidade de propagação** com o meio e a temperatura, aplicar $v = \lambda \cdot f$ ao que ouvimos (e ao que não ouvimos) e ler as **características de um som** (tom, intensidade) no sinal gráfico.

Revisão rápida

Som = onda **mecânica longitudinal de pressão**: a fonte vibra e comprime/rarefa o meio em cadeia (**compressões** = pressão alta · **rarefações** = pressão baixa). Sem meio material → **não há som** (vácuo = silêncio absoluto).

Meio	Velocidade (aprox.)
Ar (20 °C)	$\approx 340 \text{ m/s}$ (sobe $\approx 0,6 \text{ m/s}$ por °C)
Água (20 °C)	$\approx 1\,480 \text{ m/s}$
Aço	$\approx 5\,000 \text{ m/s}$
Vácuo	sem propagação

Depois de nascido, o som **não depende do volume** — $v = \lambda \cdot f$ mantém-se; ao mudar de meio, **f fica** (só da fonte) e **λ ajusta-se**.
Faixa audível: $20 \text{ Hz} - 20\,000 \text{ Hz}$ (diminui com a idade). **Infrassons** ($< 20 \text{ Hz}$: terremotos, elefantes) e **ultrassons** ($> 20 \text{ kHz}$: morcegos, ecografia) existem — **não os ouvimos**.
Gráfico pressão/tempo: **amplitude** → **intensidade** (volume; escala em **decibel (dB)**, logarítmica — 0 dB = limiar audível, $\sim 120 \text{ dB}$ = limiar de dor) · **período** → $f = 1/T$ → **tom** (grave/agudo).
Estratégia: reconhecer o meio → velocidade da tabela → $v = \lambda \cdot f$ → conferir se f fica na faixa audível → ler A e T do gráfico.

Exercícios

1. Completar: o som é uma onda mecânica _____ de _____, formada por zonas de _____ e de _____. Porque é que no vácuo não há som? Que propriedade do ar (ou do meio) permite a propagação?

2. Classifica o som: transversal ou longitudinal? Mecânica ou eletromagnética? Justifica cada escolha comparando com a luz — e indica em que meio a luz viaja mais depressa e em que meio o som viaja mais depressa (com justificação qualitativa: rigidez/cerca das partículas).

3. Trovão e relâmpago: a luz chega quase instantaneamente e o som a ≈ 340 m/s. (a) Se o atraso é de 9 s, a que distância está o relâmpago? (b) Porque é que a conta é $d = v \cdot t$ e não envolve a velocidade da luz?

4. Verificação de v : um som no ar tem $f = 170$ Hz e $\lambda = 2$ m. (a) Calcula v — confirma os ≈ 340 m/s? (b) A 0°C a velocidade seria menor? (c) Se o mesmo som entrasse na água, o que mudaria em λ (f não muda)?

5. Faixa audível: (a) calcula λ no ar para 20 Hz e para 20 000 Hz — porque é que «ouve-se» o baixo ao longe e não se ouvem os agudos? (b) O que são infrassons e ultrassons? Dá um exemplo de aplicação de cada um.

6. Meio e velocidade: porque é que o som faz $\approx 4,4$ vezes mais depressa na água do que no ar, se a água é mais densa (não mais leve)? Relaciona com o que as moléculas têm de «espremidas» e próximas — e diz o que acontece a λ quando o som entra na água.

7. Dois sinais sonoros no osciloscópio: S1 tem $T = 5$ ms, $A = 2$ V; S2 tem $T = 20$ ms, $A = 6$ V. Calcula f de cada, diz qual é mais agudo e qual é mais intenso — e o que a amplitude «mede» no transdutor.

8. Decibéis: completa e explica — «0 dB é o _____ · +10 dB significa intensidade _____ vezes maior · ~120 dB é o limiar de _____ · a escala é _____ (logarítmica) porque o ouvido humano cobre um intervalo enorme de intensidades».

9. Dois alunos ouvem um trovão 3 s depois do relâmpago e o som do outro a 30 s. (a) Distância de cada? (b) Porque é que o segundo aluno ouve o mesmo trovão mais «surdo» e sem agudos — o que a distância faz a amplitude e ao espetro de frequências?

10. Sinais elétricos (artigo das AE): o microfone converte variação de pressão em variação de tensão. (a) Porque é que isto permite «concluir sobre as características de sons» com um osciloscópio? (b) Que duas grandezas do som se leem diretamente no sinal elétrico e onde se lê cada uma?

11. Aplicações: (a) a ecografia médica usa frequências de 1–15 MHz — está na faixa audível? Porque é escolhida essa gama (λ pequeno $\rightarrow$ resolução)? (b) Porque é que cetáceos e morcegos usam ultrassons para «ver»? (c) Um exemplo de infrassom e a sua utilidade.

12. Experimento histórico: Boyle (1660) pôs um sino a tocar dentro de um frasco e evacuou o ar — o sino continuava a mover-se, mas deixou de se ouvir. Que conclusão se tira e porquê é este o experimento fundador da ideia de «o som precisa de meio»? Que conceito de onda ele ajuda a separar (movimento vs audição)?

Soluções — O som como onda de pressão

11.º Ano

Física e Química A

Resolução completa

1. **longitudinal** · **pressão** · **compressões** e **rarefações**. No vácuo não há partículas para comprimir — **não há meio**, logo não há propagação (a fonte vibra, mas nada recebe a perturbação). O meio permite porque as moléculas estão **coligidas**: a vizinha é empurrada pela que está a vibrar.
 2. Som: **longitudinal** (as moléculas oscilam na *mesma direção* da propagação — compressões) e **mecânica** (precisa meio). Luz: transversal e **eletromagnética** (sem meio; viaja no vácuo a $3 \times 10^8 \text{ m/s}$). Luz vai mais depressa em **vazio/ar** ($\approx c$) — em qualquer meio material abranda; som vai mais depressa em meios **mais rígidos e com moléculas mais próximas** (aço > água > ar > vácuo — onde nem vai).
 3. (a) $d = 340 \cdot 9 = 3\,060 \text{ m} \approx 3 \text{ km}$. (b) Porque a **luz chega praticamente ao mesmo instante** ($3 \text{ km} / 3 \times 10^8 = 0,00001 \text{ s}$) — o atraso medido é **todo do som**: dá para ignorar o tempo da luz e usar $d = v_{\text{som}} \cdot t$.
 4. (a) $v = 170 \cdot 2 = 340 \text{ m/s}$ ✓. (b) **Sim, menor** — em gases, a velocidade cresce com a temperatura (a $0^\circ\text{C} \approx 331 \text{ m/s}$): moléculas com mais energia cinética colidem mais depressa. (c) Na água, $v \approx 1\,480 \text{ m/s}$ e f fica (170 Hz) $\rightarrow \lambda = v/f \approx 8,7 \text{ m}$ — λ aumenta $\approx 4,4\times$.
 5. (a) $\lambda = 340/20 = 17 \text{ m}$ · $\lambda = 340/20000 = 0,017 \text{ m} = 1,7 \text{ cm}$. Os graves (λ longa) difratam e contornam obstáculos $\rightarrow$ chegam mais longe; os agudos são facilmente bloqueados/absorvidos $\rightarrow$ ficam curtos. (b) **Infrassons** < 20 Hz: terremotos, erupções, elefantes (comunicação) · **ultrassons** > 20 kHz: ecografia, sonar, ecolocação de morcegos/cetáceos.
 6. A propagação depende **menos da densidade isolada** e mais da **rígidez/cerca das ligações** entre moléculas: na água as moléculas estão muito mais próximas e «encostadas» — a vizinha recebe a vibração quase de imediato. Na verdade, meios *mais densos mas muito mais rígidos* ganham: $v \propto \sqrt{\text{rígidez/densidade}}$ — o aumento de rigidez da água supera o de densidade. Ao entrar na água, f mantém e **λ aumenta $\approx 4,4\times$** .
 7. $f_{S1} = 1/0,005 = 200 \text{ Hz}$ · $f_{S2} = 1/0,020 = 50 \text{ Hz}$. Mais **agudo**: S1 (f maior) · mais **intenso**: S2 (A maior). A amplitude do sinal elétrico é proporcional à **pressão sonora** que chegou ao microfone — é a tradução elétrica da intensidade.
 8. 0 dB = **limiar audível** · +10 dB $\rightarrow$ intensidade **10 vezes** maior · ~120 dB = limiar de **dor** · escala **logarítmica** porque o ouvido cobre intensidades de 10^{12} (de 10^{-12} W/m^2 a 1 W/m^2) — uma escala linear exigiria números impraticáveis.
 9. (a) $d_1 = 340 \cdot 3 = 1\,020 \text{ m} \approx 1 \text{ km}$ · $d_2 = 340 \cdot 30 = 10\,200 \text{ m} \approx 10 \text{ km}$. (b) Com a distância, a **amplitude cai** (energia espalha-se e absorve-se no ar — os agudos, que oscilam mais, perdem-se primeiro) $\rightarrow$ mais «surdo» e sem brilho: é o **abrandamento dos agudos** (por isso o trovão longo é um rouco grave).
 10. (a) Porque o osciloscópio mostra a **tensão no tempo** — forma de onda do som traduzida; mede-se diretamente T ($\rightarrow f$) e A ($\rightarrow$ intensidade) e pode comparar sons (frequências, timbres, distorções) sem ouvir. (b) **Período/frequência** (eixo do tempo $\rightarrow$ tom) e **amplitude** (eixo da tensão $\rightarrow$ intensidade).
 11. (a) 1–15 MHz > 20 kHz $\rightarrow$ **ultrassons**, fora da audição. Escolhe-se λ pequeno (mm) porque a **resolução** da imagem é da ordem de λ — λ curta distingue estruturas finas (fetos, tendões). (b) λ pequenos $\rightarrow$ feixe direcional e eco fiel $\rightarrow$ «ver» no escuro/turbidez (navegação e caça). (c) **Infrassom**: sismógrafos/terremotos (alerta antecipado), erupções — ou a comunicação de longa distância dos elefantes (λ longa atravessa florestas).
 12. O sino continuava a **tremir** (movimento) mas **silêncio** $\rightarrow$ o que faltava era o **meio de transporte**: sem ar, a vibração não se propaga até ao ouvinte. Conclusão: **o som é uma perturbação que precisa de matéria** — não é «energia que voa sozinha». É fundador porque separa duas ideias que se confundiam: (1) a fonte *move-se* (isso continua no vácuo), (2) o som *ouvido* exige a cadeia de partículas — ou seja, a onda sonora $\neq$ o movimento da fonte, é a **propagação** da perturbação pelo meio.
- Nota:** quatro blocos — **onda de pressão e meio** · **velocidades (tabela + trovão)** · **faixa audível, infrassons/ultrassons, gráfico e dB** · **transdução (sinal elétrico) + Boyle 1660**. Próximas fichas: campos eletromagnéticos; a luz.