

Ficha — Campos elétrico e magnético: linhas, forças, Faraday e a unificação de Maxwell

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

Objetivo: Identificar as **origens** do campo elétrico e do campo magnético, caracterizá-los pelas **linhas de campo**, relacioná-los **qualitativamente** com as forças, aplicar a **Lei de Faraday** e seguir a cadeia **Oersted → Faraday → Maxwell → Hertz** como construção do conhecimento científico.

Revisão rápida

	Campo elétrico (E)	Campo magnético (B)
Origem	cargas elétricas (em repouso ou em movimento)	ímãs e correntes elétricas
Linhas	de + para -; mais densas = mais intenso	de N para S (fora do íman); fechadas
Força	sobre carga ($F = q \cdot E$) — atrai/repõe	sobre ímã e sobre cargas em movimento (corrente)

Lei de Faraday (indução): toda a **variação** de fluxo magnético numa bobina origina uma **f.e.m.** induzida — só enquanto **varia**:

$$\varepsilon = N \cdot |\Delta\Phi / \Delta t| \quad \Phi = B \cdot S \text{ (fluxo, weber } Wb) \cdot \varepsilon \text{ em volts (V)} \cdot N = n^\circ \text{ de espiras}$$

O **sentido** é dado pela **Lei de Lenz**: a corrente induzida opõe-se à causa que a originou (energia não aparece de graça).

A **cadeia do eletromagnetismo** (construção do conhecimento):

Ano	Cientista	Contributo
1820	Oersted	corrente elétrica → desvia agulha: nasce o eletromagnetismo
1831	Faraday	indução : variação de B → f.e.m. (geradores)
1865	Maxwell	equações unificam E e B → prevê a onda eletromagnética
1887–88	Hertz	gera e deteta ondas EM experimentalmente → rádio

Aplicações da indução: geradores/alternadores (produção industrial de corrente), transformadores, fornos de indução, correntes de Foucault.

Estratégia: identificar origem → desenhar linhas → (problema) escrever $\Phi = B \cdot S$, calcular $\Delta\Phi$ e dividir por Δt → aplicar N → conferir unidades (V).

Exercícios

1. Completar: o campo elétrico tem origem em _____; o campo magnético em _____ e em _____. Como se caracterizam graficamente? O que indica a densidade das linhas num e noutro?

2. Linhas de campo elétrico: (a) qual o sentido das linhas entre uma carga + e uma -? (b) O que acontece à densidade se as cargas se aproximarem? (c) Num condutor entre placas paralelas, as linhas são retas e paralelas — que tipo de campo é esse e porque é útil nas fórmulas?

3. Compara as linhas de campo magnético e elétrico: sentido ($N \rightarrow S$ vs $+\rightarrow-$) · fechadas ou não · e porque é que nunca se encontram linhas de um lado só (não há monopólos magnéticos — o que se partir um íman ao meio?).

4. Campos e forças (qualitativo): (a) porque é que uma carga elétrica em repouso sente força num campo E, mas uma carga parada não sente força num campo B? (b) O que tem de ter uma carga para a força magnética agir sobre ela?

5. Oersted (1820): o que observou ao passar corrente por um fio perto de uma agulha magnética? Que ligação isso estabeleceu entre eletricidade e magnetismo — e que consequência prática tem (eletroímã, relé, campainha)?

6. Faraday (1831): descreve a experiência clássica (bobina + íman) e explica: porque é que o íman dentro da bobina parada não dá corrente, mas ao mover dá? O que a f.e.m. induzida «mede»?

7. Lei de Faraday (cálculo): uma bobina de 100 espiras tem o seu fluxo alterado de 0,02 Wb para 0,005 Wb em 0,01 s. (a) Calcula $\Delta\Phi$ e a f.e.m. induzida. (b) Se o tempo fosse 0,001 s, que f.e.m. terias?

8. Só com variação: porquê nada acontece com o íman em repouso no interior da bobina? Indica três formas práticas de variar o fluxo (mecânica, geométrica, campo) e nomeia o dispositivo que aproveita cada uma.

9. Lei de Lenz e aplicações: (a) porque é que a corrente induzida se opõe à variação que a originou — o que aconteceria se fosse ao contrário (energia infinita)? (b) Liga cada dispositivo à energia que converte: gerador (___) · transformador (___) · forno de indução (___). Opções: mecânica→elétrica · elétrica→elétrica (TAC) · elétrica→térmica.

10. Maxwell e Hertz: (a) o que Maxwell unificou com as suas equações (1865) e o que previu? (b) O que Hertz provou em 1887–88 e porque é que é considerado o nascimento das comunicações sem fios (de quem desceu a tecnologia)?

11. A cadeia do conhecimento: preenche — «1820 Oersted: _____ · 1831 Faraday: _____ · 1865 Maxwell: _____ · 1887 Hertz: _____». Que passo é teórico/preditivo e qual é experimental? Como é que isto ilustra «o conhecimento científico é construído e validado pela comunidade»?

12. Síntese — o conceito de campo: porque é que se inventou «campo» em vez de «ação à distância instantânea» (a Terra atrai a Lua sem tocar)? Que vantagem explica o atraso de 8 minutos na luz solar e o que os campos prevêm (propagação finita)? Indica três aplicações quotidianas do eletromagnetismo.

Soluções — Campos elétrico e magnético

11.º Ano

Física e Química A

Resolução completa

1. elétrico: **cargas** · magnético: **ímãs** e **correntes**. Caracterizam-se pelas **linhas de campo** (tangentes à força em cada ponto); densidade = **intensidade** do campo: mais juntas → campo mais forte (e forças maiores).

2. (a) de + **para** – (sentido das linhas). (b) Densidade **aumenta** — campo mais intenso (F maior). (c) Campo **uniforme** (E constante em módulo, direção e sentido) — por isso se pode sair do integral e usar $F = q \cdot E$ e $U = E \cdot d$ diretamente.

3. Magnético: de **N para S** fora do íman (e S→N por dentro, formando **curvas fechadas**); elétrico: de + para –, **abertas** nas cargas (partem e terminam nelas). Não há monopólos: se partires um íman ao meio, cada metade tem **N e S próprios** — não se isolam polos (diferente de cargas +/- isoláveis).

4. (a) A força elétrica $F = q \cdot E$ age **independentemente do movimento** da carga — a parada sente-a. A força magnética, porém, exige **carga em movimento** (é a corrente que a senta): carga parada → nada. (b) **Movimento** (velocidade com componente fora do campo) — por isso o fio com corrente é empurrado/atraído e o íman age sobre ele (motor) — a força magnética é sempre perpendicular a v (não faz trabalho, só curva).

5. Observou que a **agulha se desviou** quando a corrente circulou — e só enquanto circulou. Prova: **a corrente elétrica gera campo magnético** ($E \rightarrow B$), unificando eletricidade e magnetismo. Práticas: **eletroímã** (campainhas, relés, ímãs de sucção, portas automáticas), contadores de corrente, MRIs — em qualquer dispositivo que liga, puxa ou desvia por corrente.

6. Bobina ligada a um galvanómetro; íman **parado dentro** → ponteiro quieto; ao **mover** (entrar/sair) → ponteiro deflecta enquanto se mexe. Porquê: a corrente induzida depende de $\Delta\Phi/\Delta t$ — parado, $\Delta\Phi = 0$; ao mover, o fluxo **varia** → f.e.m. A f.e.m. mede a **tendência para mover carga** (v.t.s indusidos) — não é corrente: circuito fechado é que dá corrente.

7. (a) $\Delta\Phi = |0,005 - 0,02| = 0,015 \text{ Wb}$; $\varepsilon = 100 \cdot 0,015/0,01 = 100 \cdot 1,5 = 150 \text{ V}$. (b) $\varepsilon = 100 \cdot 0,015/0,001 = 100 \cdot 15 = 1500 \text{ V}$ — variação mais rápida → 10× mais f.e.m. (ε é proporcional à rapidez da variação).

8. Parado: Φ constante → $\Delta\Phi = 0$ → sem f.e.m. (indução exige **variação**). Três formas: (1) **mover** o íman/bobina (mecânica) → geradores, alternadores; (2) **mudar a posição/área** relativa (geométrica) → microfone de bobina, alto-falante invertido; (3) **variar B** (corrente numa bobina vizinha) → transformador (TAC), forno de indução.

9. (a) A corrente induzida cria campo que se **opõe** à variação (Lei de Lenz): se fosse ao acelerar, amplificaria a variação e produziria energia sem input — violação da conservação da energia. Lenz é a razão física do sinal negativo em $\varepsilon = -N \cdot \Delta\Phi/\Delta t$. (b) gerador → **mecânica→elétrica** · transformador → **elétrica→elétrica (TAC)** · forno → **elétrica→térmica**.

10. (a) Maxwell unificou **eletricidade + magnetismo + óptica** nas quatro equações e previu que campos E e B a oscilar em fase se propagam como **onda eletromagnética** no vácuo a $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ — a luz é uma onda EM. (b) Hertz **gerou e detetou** ondas de rádio em laboratório (arco elétrico + detetor de fenda) — provou a previsão experimentalmente. Da sua experiência desceu a tecnologia: Marconi e a telegrafia sem fios → rádio, TV, Wi-Fi, satélites.

11. 1820: **corrente → campo magnético** · 1831: **indução (variação → f.e.m.)** · 1865: **equações unificadoras + previsão da onda EM** · 1887: **confirmou as ondas EM**.

Teórico/preditivo: **Maxwell** (matemática previu o que faltava ver) · experimental: **Hertz** (verificação em laboratório). Ilustra a construção do conhecimento: Oersted (fenómeno inesperado) → Faraday (regularidade) → Maxwell (síntese matemática) → Hertz (teste) → tecnologia — cada passo depende do anterior e é validado publicamente (replicável).

12. «Campo» é a **propriedade do espaço** à volta da fonte: a fonte não age «de repente» a distância — «transmite» a alteração na **velocidade da luz** (as ondas EM levam 8 min do Sol: $150 \times 10^6 \text{ km} \div 3 \times 10^5 \text{ km/s} = 500 \text{ s} \approx 8 \text{ min}$). Isto prevê **atrasos finitos** (rádio, GPS, olhar o céu como arqueologia) e remove a magia da ação instantânea. Aplicações: **geração e distribuição de energia** (geradores/transformadores) · **comunicações** (rádio, telemóvel, satélite) · **vida doméstica** (forno de indução, motores, disco rígido, alto-falantes).

Nota: quatro blocos — **origens e linhas** · **forças (qE, corrente)** · Faraday: $\varepsilon = N \cdot \Delta\Phi/\Delta t$ + Lenz · cadeia Oersted-Faraday-Maxwell-Hertz + **campo**. Próxima ficha: a luz — reflexão, refração e difração.