

Física 12.º ano
Quarto teste — Electricidade e Indução
(versão sem respostas)

Versão: 1,2

José Pedro do Amaral

31 de janeiro de 2026

Introdução — fórmulas e convenções necessárias

Constantes (usar quando necessário).

$$k_e = 8,99 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2, \quad \varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N}\cdot\text{m}^2), \quad |e| = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}.$$

Electrostática (problemas 1 a 6).

Lei de Coulomb (magnitude):

$$F = k_e \frac{|q_1 q_2|}{r^2}.$$

Campo eléctrico de uma carga pontual (magnitude):

$$E = k_e \frac{|q|}{r^2}.$$

Potencial eléctrico de uma carga pontual (com $V(\infty) = 0$):

$$V = k_e \frac{q}{r}.$$

Energia potencial eléctrica e trabalho quasi-estático:

$$U = q_0 V, \quad W_{\text{ext}} = \Delta U.$$

Campo aproximadamente uniforme entre placas paralelas:

$$E \approx \frac{V}{d}.$$

Condensador plano (no ar):

$$C = \varepsilon_0 \frac{A}{d}, \quad Q = CV, \quad U = \frac{1}{2} CV^2.$$

Esfera condutora isolada (modelo de Van de Graaff):

$$V = k_e \frac{Q}{R}, \quad U = \frac{1}{2} QV.$$

Indução electromagnética (problemas 7 a 10).

Área do circuito com barra deslizante: $A = Lx$ (onde L é a distância entre carris).

Fluxo magnético:

$$\Phi_B = BA \cos \theta.$$

Lei de Faraday-Lenz:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}.$$

Quando $\vec{B}$ é perpendicular ao plano do circuito e L e v são constantes:

$$|\varepsilon| = BLv.$$

Corrente no circuito (modelo resistivo simples):

$$I = \frac{\varepsilon}{R} \quad \Rightarrow \quad |I| = \frac{|\varepsilon|}{R}.$$

Convenções: $\odot$ significa $\vec{B}$ a **sair** do papel; $\otimes$ significa $\vec{B}$ a **entrar** no papel.

Regra da mão direita: corrente anti-horária $\Rightarrow \vec{B}$ induzido $\odot$; corrente horária $\Rightarrow \vec{B}$ induzido $\otimes$.

Força magnética na barra (magnitude):

$$F_{\text{mag}} = BIL,$$

com sentido tal que **se opõe** ao movimento (Lei de Lenz), quando o movimento é mantido por uma força externa.

Problema 1 — Lei de Coulomb: distância para obter uma força dada

Duas cargas pontuais têm valores $q_1 = +2,0 \mu\text{C}$ e $q_2 = -5,0 \mu\text{C}$.

- a) Determina a distância r entre as cargas para que a **magnitude** da força eléctrica seja $F = 0,90 \text{ N}$.
- b) Indica se a força é **atractiva** ou **repulsiva**.
- c) Se a distância passar a ser $\frac{1}{2}r$, por que **factor** muda a força?

Resposta:

Problema 2 — Campo eléctrico resultante no ponto médio de duas cargas

Duas cargas pontuais estão numa linha recta e separadas por 0,60 m: $q_A = +4,0 \mu\text{C}$ (à esquerda) e $q_B = +1,0 \mu\text{C}$ (à direita).

- a) Calcula a **magnitude** do campo eléctrico resultante no ponto médio entre as cargas.
- b) Indica a **direcção e sentido** do campo no ponto médio (para a esquerda ou para a direita).

Resposta:

Problema 3 — Potencial eléctrico: ponto onde o potencial é nulo

Duas cargas pontuais estão na mesma recta, separadas por 0,40 m: $q_1 = +6,0 \mu\text{C}$ e $q_2 = -2,0 \mu\text{C}$.

- a) Determina (em relação a q_1) a posição ao longo da recta onde o **potencial** total é $V = 0$.
- b) Esse ponto fica **entre** as cargas ou **fora** do segmento que as une?

Resposta:

Problema 4 — Placas paralelas: energia cinética adquirida por um electrão

Entre duas placas paralelas existe um campo aproximadamente uniforme. A diferença de potencial é $V = 350$ V. Um electrão parte do repouso junto da placa negativa e move-se até à placa positiva (ignora colisões e bordas).

- a) Calcula a **energia cinética** adquirida pelo electrão ao atravessar as placas.
- b) Determina a **velocidade** final do electrão (usa $K = \frac{1}{2}m_e v^2$ e $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$ kg).
- c) Indica o **sentido** do movimento do electrão relativamente ao campo $\vec{E}$.

Resposta:

Problema 5 — Condensador plano: escolher d para obter uma capacitância pretendida

Um condensador plano no ar tem placas de área $A = 200 \text{ cm}^2$. Pretende-se uma capacitância $C = 1,2 \text{ nF}$.

- a) Determina a separação d entre as placas.
- b) Se se aplicar $V = 15 \text{ V}$, calcula a **carga** Q (magnitude) em cada placa.
- c) Calcula a **energia armazenada** $U = \frac{1}{2}CV^2$.

Resposta:

Problema 6 — Van de Graaff: raio necessário para não exceder um dado campo à superfície

Uma esfera metálica isolada (tipo Van de Graaff) está a um potencial $V = 90 \text{ kV}$ relativamente à Terra. Pretende-se que o **campo eléctrico** à superfície não exceda $E_{\max} = 1,8 \times 10^6 \text{ V/m}$.

- a) Usando $E \approx k_e Q/R^2$ e $V = k_e Q/R$, mostra que $E \approx V/R$ para a esfera.
- b) Determina o **raio mínimo** $R_{\min}$ para que $E \leq E_{\max}$.
- c) Para esse raio, estima a **carga** Q na esfera.

Resposta:

Problema 7 — Indução: dado $|I|$, determinar v

Carris paralelos com distância L e resistência total do circuito R . O campo magnético uniforme é $\vec{B} = \odot$ (a sair do papel). A barra move-se para a direita, perpendicular aos carris.

Dados: $B = 0,35$ T, $L = 0,40$ m, $R = 0,70$ Ω . Mede-se uma corrente de magnitude $|I| = 0,80$ A.

- a) Determina $|\varepsilon|$.
- b) Calcula a velocidade v da barra.
- c) Indica se a corrente é **horária** ou **anti-horária** (justifica com a Lei de Lenz).

Resposta:

Problema 8 — Indução: $\vec{B}$ variável no tempo (barra parada)

Num circuito rectangular fixo (não há movimento), o campo magnético uniforme é perpendicular ao plano do circuito e $\vec{B} = \odot$. A área do circuito é $A = 0,020 \text{ m}^2$. O campo aumenta linearmente de 0,10 T para 0,50 T em 0,20 s. A resistência total é $R = 2,0 \Omega$.

- a) Calcula a variação de fluxo $\Delta\Phi_B$.
- b) Calcula a FEM induzida (magnitude) $|\varepsilon|$ e a corrente $|I|$.
- c) Indica o sentido da corrente (horária/anti-horária).

Resposta:

Problema 9 — Indução: mudar o sentido de $\vec{B}$ e o sentido do movimento

Carris paralelos com uma barra deslizando e resistência total R . Agora o campo é $\vec{B} = \otimes$ (a entrar no papel) e a barra move-se **para a esquerda** com $v = 1,6$ m/s.

Dados: $B = 0,45$ T, $L = 0,22$ m, $R = 1,1$ Ω .

- a) Calcula $|\varepsilon|$ e $|I|$.
- b) Indica o sentido da corrente (horária/anti-horária).
- c) Qual é o sentido do campo magnético **induzido** $\vec{B}_{\text{ind}}$ ($\odot$ ou $\otimes$)?

Resposta:

Problema 10 — Energia e potência: dissipação em R durante um intervalo de tempo

$\vec{B} = \odot$ (a sair do papel). Uma barra move-se para a direita com velocidade constante $v = 2,0$ m/s. Dados: $B = 0,30$ T, $L = 0,50$ m, $R = 1,5$ Ω .

- a) Calcula $|\varepsilon|$ e $|I|$.
- b) Calcula a potência dissipada em R : $P = I^2 R$.
- c) Em $t = 12$ s, quanta **energia** é dissipada em R ?

Resposta: