

Capítulo 1 – Medidas elétricas e circuitos elétricos

Desenvolva

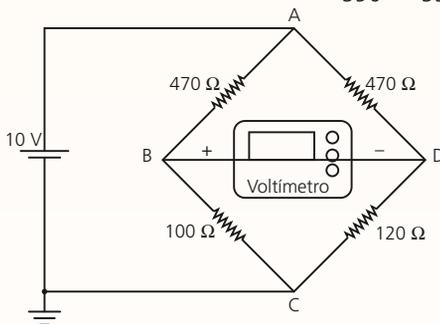
- Comparando os chuveiros, podemos concluir que não haverá economia de energia elétrica. Pelo fato de a rede ser 220 V, durante o mesmo tempo de funcionamento, o consumo dentro das especificações é o mesmo.
- Para o chuveiro 1, temos $i_1 = 40$ A e para o chuveiro 2, temos $i_2 = 20$ A, podendo, assim, usar fios mais finos para o chuveiro 2, visto que a corrente que o percorre (20 A) é menor que a do chuveiro 1 (40 A).

Info + Enem

Considerando o voltímetro ideal, teremos uma associação de resistores dois a dois em série e em paralelo. Como a tensão é a mesma para cada ramo, 10 V, é possível encontrar as correntes. Chamaremos de i_1 a corrente que passa por R_5 e o de 470Ω e, i_2 a que passa pelos resistores de 470Ω e 120Ω , a soma deste chamaremos de R_2 . Com isso, temos:

$$U = R_1 \cdot i_1 \Rightarrow 10 = (470 + 100) \cdot i_1 \Rightarrow i_1 = \frac{10}{570} = \frac{1}{57} \text{ A}$$

$$U = R_2 \cdot i_2 \Rightarrow 10 = (470 + 120) \cdot i_2 \Rightarrow i_2 = \frac{10}{590} = \frac{1}{59} \text{ A}$$



No trecho BC, temos:

$$V_B - V_C = R_{BC} \cdot i_1 \text{ e } V_C = 0$$

$$V_B = 100 \cdot \frac{1}{57} \approx 1,75 \text{ V}$$

No trecho DC, temos:

$$V_D - V_C = R_{DC} \cdot i_2 \Rightarrow V_D = 120 \cdot \frac{1}{59} = 2,03 \text{ V}$$

Assim, a tensão medida pelo voltímetro será de:

$$V_B - V_D = 1,75 - 2,03 \Rightarrow V_B - V_D = -0,3 \text{ V}$$

Alternativa: **d**

Conexões

A resistência interna do amperímetro tem uma grande influência, seu aumento no valor pode ocasionar um erro na leitura. Caso seja menor, sua interferência diminuirá significativamente.

Complementares

9. $R = 16 \Omega$

$$P = 1,5 \text{ W}$$

Encontrando as resistências das lâmpadas que são todas iguais, temos:

$$P = \frac{U^2}{R} \Rightarrow R = \frac{U^2}{P} = \frac{12 \cdot 12}{6} \Rightarrow R = 24 \Omega$$

Calculando a resistência equivalente da associação, temos:

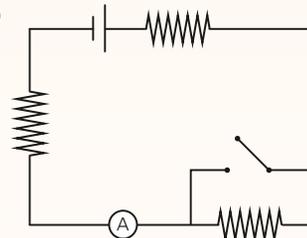
$$R_{eq} = \frac{2R \cdot R}{2R + R} = \frac{2R}{3} = \frac{2 \cdot (24)}{3} \Rightarrow R = 16 \Omega$$

No ramo onde se encontram L_2 e L_3 , temos 6 V para cada uma delas.

Assim, a potência elétrica dissipada em L_2 , será:

$$P_2 = \frac{U_2^2}{R} = \frac{6 \cdot 6}{24} \Rightarrow P_2 = 1,5 \text{ W}$$

10. a)



b) Com a chave aberta:

$$\varepsilon = (5 + 5 + r) \cdot 1,2$$

Com a chave fechada:

$$\varepsilon = (5 + r) \cdot 2$$

Resolvendo:

$$(10 + r) \cdot 1,2 = (5 + r) \cdot 2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 12 + 1,2 \cdot r = 10 + 2 \cdot r \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2 = 0,8 \cdot r \Rightarrow r = 2,5 \Omega$$

$$\varepsilon = (5 + r) \cdot 2 \Rightarrow \varepsilon = (5 + 2,5) \cdot 2 \Rightarrow \varepsilon = 15 \text{ V}$$

11. e

Observamos que o circuito é uma ponte de *Wheatstone*, com dois resistores representados pelo comprimento de um fio condutor de 100 cm. Assim, temos:

$$L_1 + L_2 = 100 \Rightarrow L_2 = 100 - L_1$$

Na situação de equilíbrio da ponte, temos:

$$R_1 \cdot L_2 = R_2 \cdot L_1 \Rightarrow 10 \cdot (100 - L_1) = 40 \cdot L_1 \Rightarrow L_1 = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Portanto: } L_2 = 100 - L_1 \Rightarrow L_2 = 100 - 20 = 80 \text{ cm}$$

12. a) resistência elétrica equivalente do circuito pode ser encontrada por:

$R + 2R$ em paralelo com $R + 2R$:

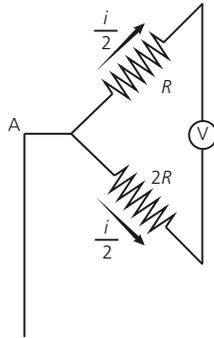
$$R_{eq(\text{parcial})} = \frac{3R}{2} = 1,5 \cdot R$$

$$R_{eq(\text{total})} = 1,5R + 0,5R = 2,0R = 2 \cdot 1000 = 2000 \Omega$$

Então:

$$\varepsilon = R_{eq} \cdot i \Rightarrow 10 = 2000 \cdot i \Rightarrow i = \frac{10}{2 \cdot 10^3} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

b) No ponto A, a seguir, temos a corrente dividida em quantidades iguais.



Em R, temos:

$$U_1 = \frac{1000 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{2} = \frac{5}{2} \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} \Rightarrow U_1 = 2,5 \text{ V}$$

Em 2R, temos:

$$U_{11} = \frac{2R \cdot i}{2} = 2000 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \Rightarrow U_{11} = 5 \text{ V}$$

Sendo U_1 a ddp que passa pelo voltmetro:

$$U = U_{11} - U_1$$

$$U = 5 - 2,5 = 2,5 \text{ V}$$

21. 20 Ω

A ddp de 4,0 V, medida pelo voltmetro, nos permite calcular as correntes em R_2 e R_3 . Então:

$$U_v = R_2 \cdot i_2 \Rightarrow i_2 = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ A}$$

$$\text{Como } R_2 = R_3 \Rightarrow i_2 = i_3 = 0,4 \text{ A}$$

Como a corrente total no circuito é a medida pelo amperímetro, ou seja, 1,0 A, temos que:

$$i_{\text{amp}} - (i_2 + i_3) = i_{\text{volt}} \Rightarrow i_{\text{volt}} = 1,0 - (0,4 + 0,4) = 0,2 \text{ A.}$$

Assim, a resistência interna do voltmetro pode ser encontrada por:

$$r_{\text{volt.}} = \frac{4}{0,2} \Rightarrow r_{\text{volt.}} = 20 \Omega$$

22. $R_{S1} = 8 + 2 = 10 \Omega \Rightarrow$

$$\Rightarrow U = R_{S1} \cdot i_1 \Rightarrow 20 = 10 \cdot i_1 \Rightarrow i_1 = 2 \text{ A}$$

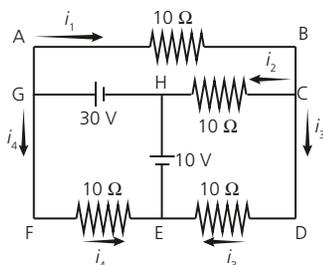
$$R_{S2} = 5 + 3 = 8 \Omega \Rightarrow U = R_{S2} \cdot i_2 \Rightarrow 20 = 8 \cdot i_2 = 2,5 \text{ A}$$

$$U_{AB} = \sum U = -8 \cdot i_1 + 5 \cdot i_2 = -8 \cdot 2 + 5 \cdot 2,5 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U_{AB} = -3,5 \text{ V}$$

23. b

Considere o circuito representado a seguir.



Aplicando a lei dos nós para o nó C:

$$i_1 = i_2 + i_3 \text{ (I)}$$

Aplicando a lei das malhas para a malha ABCHGA:

$$-10 \cdot i_1 - 10 \cdot i_2 + 30 = 0 \Rightarrow i_1 + i_2 = 3 \text{ (II)}$$

Aplicando a lei das malhas para a malha ABCDEHGA:

$$-10 \cdot i_1 - 10 \cdot i_3 + 10 + 30 = 0 \Rightarrow i_1 + i_3 = 4 \text{ (III)}$$

Somando (II) e (III), temos:

$$2i_1 + i_2 + i_3 = 7$$

Substituindo (I), temos:

$$2i_1 + i_1 = 7 \Rightarrow i_1 = \frac{7}{3} \text{ A}$$

Substituindo em (II) e em (III), temos:

$$i_2 = \frac{2}{3} \text{ A e } i_3 = \frac{5}{3} \text{ A}$$

Aplicando a lei das malhas para a malha EHGFE:

$$10 + 30 - 10 \cdot i_4 = 0 \Rightarrow i_4 = 4 \text{ A}$$

24. d

De acordo com a lei das malhas e tomando como referência o sentido horário para a corrente, temos:

$$-\varepsilon_1 + (r_1 \cdot i) + (r_2 \cdot i) - \varepsilon_2 = 0 \Rightarrow -10 + 2i + 2i - 10 = 0 \Rightarrow i = 5 \text{ A}$$

Assim, a ddp medida no voltmetro pode ser encontrada por:

$$U = \varepsilon_1 - r_1 \cdot i \Rightarrow U = 10 - 2 \cdot 5 \Rightarrow U = 0 \text{ V}$$

Tarefa proposta

1. a

Observando o circuito de lâmpadas, podemos concluir:

Conexão 1: certa.

Conexão 2: certa.

Conexão 3: errada. $i_{\text{lâmp.}} = 0$

Conexão 4: errada. $i_{\text{lâmp.}} = 0$

Assim, temos que somente a situação descrita na letra **a** é a correta.

2. e

O voltmetro deve ser ligado em paralelo com a geladeira, um dos amperímetros deve ser ligado em série com a lâmpada e o outro amperímetro deve ser ligado em série com todo o circuito.

3. a

Como a tensão fornecida é maior que a necessária para o componente eletrônico, será preciso incluir um resistor em série, para consumir parte da tensão.

Com os dados nominais, temos:

$$P = i \cdot U \Rightarrow i = \frac{2}{4} \Rightarrow i = 0,5 \text{ A}$$

Assim, o valor da resistência a ser incluída no circuito será de:

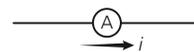
$$R = \frac{U}{i} = \frac{8}{0,5} \Rightarrow R = 16 \Omega$$

Então, a potência dissipada nele será de:

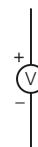
$$P = R \cdot i^2 = 16 \cdot (0,5)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P = 4 \text{ W}$$

4. a) Observe a figura:



b) Observe a figura:



c) $R_p = \frac{12 \cdot 24}{12 + 24} = 8 \Omega$

$$R_e = 4 + R_p = 12 \Omega$$

d) $U = R_e \cdot i \Rightarrow 12 = 12 \cdot i \Rightarrow i = 1 \text{ A}$

e) $U_v = R_p \cdot i = 8 \cdot 1 \Rightarrow U_v = 8 \text{ V}$

5. a

A associação correta para o voltímetro deve ser em paralelo e a do amperímetro em série no circuito.

6. d

A intensidade de corrente elétrica no circuito é:

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{60}{30} \Rightarrow i = 2,0 \text{ A}$$

A indicação do voltímetro é:

$$U = R \cdot i = 20 \cdot 2,0 \Rightarrow U = 40 \text{ V}$$

7. c

Calculando a resistência equivalente do circuito, temos:

$$R_{\text{eq.}} = \frac{2}{2} + 1 \Rightarrow R_{\text{eq.}} = 2 \Omega$$

Com isso, podemos determinar a corrente elétrica no circuito, que será a mesma medida pelo amperímetro. Assim, temos:

$$U = R_{\text{eq.}} \cdot i \Rightarrow 10 = 2 \cdot i \Rightarrow i = 5 \text{ A}$$

8. e

Analisando o circuito, temos: As resistências de 6Ω e 3Ω em paralelo e 12Ω e 4Ω também em paralelo. Ambos os conjuntos ainda se encontram ligados em série e, em seguida, em paralelo com a resistência de 20Ω .

Assim, a resistência equivalente é dada por:

$$R_{\text{eq.}} = \frac{\left(\frac{6 \cdot 3}{6 + 3} + \frac{12 \cdot 4}{12 + 4} \right) \cdot 20}{\left(\frac{6 \cdot 3}{6 + 3} + \frac{12 \cdot 4}{12 + 4} \right) + 20} = \frac{100}{25} = 4 \Omega$$

Dessa forma, encontramos a corrente elétrica por:

$$U = R_{\text{eq.}} \cdot i \Rightarrow 60 = 4 \cdot i \Rightarrow i = 15 \text{ A}$$

9. d

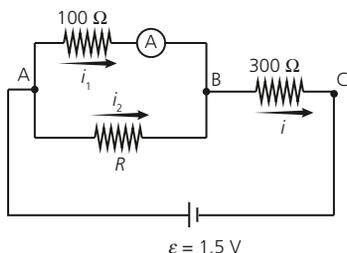
Com as chaves abertas, a resistência equivalente do circuito é:

$$R_{\text{eq.}} = 50 + 100 + 300 = 450 \Omega$$

A corrente elétrica no amperímetro é:

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{eq.}}} = \frac{1,5}{450} \Rightarrow i = \frac{1}{300} \text{ A}$$

Com as chaves fechadas, o resistor de 50Ω fica em curto-circuito e teremos o circuito a seguir.



Considerando que a corrente elétrica no amperímetro não se altera, a tensão entre os pontos A e B será:

$$U_{AB} = R' \cdot i_1 = 100 \cdot \frac{1}{300} = \frac{1}{3} \text{ V}$$

A tensão entre os pontos B e C será:

$$U_{BC} = 1,5 - \frac{1}{3} = \frac{3}{2} - \frac{1}{3} = \frac{7}{6} \text{ V}$$

Com isso, a corrente elétrica no resistor de 300Ω será:

$$i = \frac{U_{BC}}{R_{BC}} = \frac{\frac{7}{6}}{300} = \frac{7}{1800} \text{ A}$$

Por sua vez, a corrente no resistor R será:

$$i_1 + i_2 = i \Rightarrow \frac{1}{300} + i_2 = \frac{7}{1800} \Rightarrow i_2 = \frac{1}{1800} \text{ A}$$

Finalmente, a resistência elétrica R é:

$$R = \frac{U_{AB}}{i_2} = \frac{\frac{1}{3}}{\frac{1}{1800}} \Rightarrow R = 600 \Omega$$

10. b

As lâmpadas estão ligadas em paralelo, portanto, a leitura do voltímetro permanece a mesma. Já a leitura do amperímetro irá dobrar.

11. d

Calculando a potência dissipada na lâmpada, de acordo com as informações dos medidores, temos:

$$P = U \cdot i = 3 \cdot 0,5 = 1,5 \text{ W}$$

De acordo com o enunciado, essa potência se refere a 1/4 da potência nominal da lâmpada. Assim, temos:

$$P = \frac{P_L}{4} \Rightarrow 1,5 = \frac{P_L}{4} \Rightarrow P_L = 6,0 \text{ W}$$

Observando o circuito, o voltímetro está medindo a tensão de duas pilhas associadas em série que não têm resistência interna. Dessa forma, temos:

$$U = 3,0 + 3,0 = 6,0 \text{ V}$$

12. a

No circuito as resistências R_1 e R_2 se encontram associadas em série, da mesma forma que R_3 e R_4 . Além disso, os dois ramos estão associados em paralelo e, em seguida, em série com a resistência R_5 .

Assim, a resistência equivalente do circuito pode ser encontrada por:

$$R_{\text{eq.}} = \frac{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4)}{(R_1 + R_2) + (R_3 + R_4)} + R_5 \Rightarrow \Rightarrow \frac{(0,3 + 0,6) \cdot (0,3 + 0,6)}{(0,3 + 0,6) + (0,3 + 0,6)} + 0,15 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_{\text{eq.}} = \frac{0,81}{1,8} + 0,15 = 0,45 + 0,15 = 0,60 \Omega$$

Para a tensão de $1,5 \text{ V}$ da bateria, temos que a corrente elétrica medida no amperímetro, será de:

$$\mathcal{E} = R_{\text{eq.}} \cdot i \Rightarrow i = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{eq.}}} = \frac{1,5}{0,6} \Rightarrow i = 2,5 \text{ A}$$

Esta corrente se divide igualmente entre os dois ramos, devido às resistências em cada um serem as mesmas, ou seja, $1,25$ para cada um dos ramos.

No voltímetro, teremos:

$$U_{\text{volt.}} = -R_1 \cdot i_1 + R_3 \cdot i_2 = -0,3(1,25) + 0,3(1,25) = -0,375 + 0,75 \Rightarrow U_{\text{volt.}} = 0,375 \text{ V}$$

13. a e b conectados por um fio:

$$\mathcal{E} = (R_A + R) \cdot i \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mathcal{E} = (100 + 1400) \cdot 1 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \mathcal{E} = 1,5 \text{ V}$$

a e b conectados por um resistor R' :

$$\mathcal{E} = (R_A + R + R') \cdot i \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1,5 = (100 + 1400 + R') \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1,5}{2 \cdot 10^{-4}} = 1500 + R' \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R' = 7500 - 1500 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R' = 6000 \Omega = 6 \cdot 10^3 \Omega$$

14. d

Com a chave aberta, o resistor central e o da direita não são percorridos por uma corrente elétrica, portanto a resistência equivalente do circuito é R , pois somente o resistor da esquerda é percorrido por corrente.

Ligando-se a chave Ch, muda-se totalmente a configuração e os três resistores passam a estar associados em paralelo. Como são iguais, a nova resistência equivalente do circuito é dada por:

$$R_{\text{eq.}} = \frac{R}{n} \Rightarrow R_{\text{eq.}} = \frac{R}{3}$$

Como a ddp foi mantida constante, para tanto, vale a seguinte relação:

$$U_{\text{antes}} = U_{\text{depois}} \Rightarrow R_{\text{antes}} \cdot i_{\text{antes}} = R_{\text{depois}} \cdot i_{\text{depois}} \Rightarrow R \cdot 0,8 = \frac{R}{3} \cdot i_{\text{depois}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow i_{\text{depois}} = 2,4 \text{ A}$$

15. a) Com a chave aberta, o voltímetro indica a tensão U na bateria; portanto: $\varepsilon = 12 \text{ V}$

b) Com a chave C fechada, temos:

$$i = \frac{\varepsilon}{r + R} \Rightarrow 100 = \frac{12}{r + R} \Rightarrow r + R = \frac{12}{100} \text{ (I)}$$

Na bateria:

$$U = \varepsilon - r \cdot i \Rightarrow 10 = 12 - r \cdot 100 \Rightarrow r = 0,02 \Omega \text{ (II)}$$

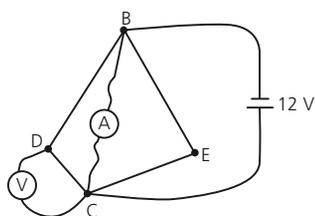
Substituindo (II) em (I), vem:

$$0,02 + R = 0,12 \Rightarrow R = 0,10 \Omega$$

16. 0,15 A e 6,0 V

Observamos no circuito que os fios BE e EC estão conectados em série, da mesma forma que os fios BD e DC também estão. Além disso, esses conjuntos estão em paralelo com o fio BC.

Figura 2



Assim, a leitura do amperímetro será dada pela corrente que passa pelo fio BC, de resistência 80Ω , conectada à bateria de 12 V .

Então, temos:

$$i_{\text{bc}} = \frac{U}{R} = \frac{12}{80} \Rightarrow i_{\text{bc}} = i_{\text{amp.}} = 0,15 \text{ A}$$

Para o voltímetro, temos dois fios de resistências iguais conectados à bateria. Assim, a corrente que passa por este ramo BDC é a metade daquela que passa por BC.

Então, a medida do voltímetro será de:

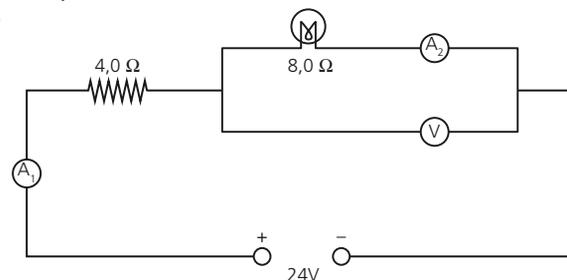
$$U_{\text{volt.}} = R \cdot \frac{i}{2} \Rightarrow U_{\text{volt.}} = 80 \cdot \frac{0,15}{2} = 6,0 \text{ V}$$

17. Como os produtos das resistências opostas são iguais, temos uma ponte de *Wheatstone* em equilíbrio; portanto:

a) $i_A = 0$

b) $U_{xy} = 0$

18.



I. (V) Pelo voltímetro, dito ideal, não há passagem de corrente e, portanto:

$$i = \frac{\varepsilon}{R + R_L} \Rightarrow i = \frac{24}{4 + 8} \Rightarrow i = 2 \text{ A}$$

Que é a corrente que passa pela lâmpada.

II. (F) A leitura do voltímetro será dada por:

$$U_{\text{volt.}} = R_L \cdot i \Rightarrow U_{\text{volt.}} = 8 \cdot 2 = 16 \text{ V}$$

III. (V) Calculando as potências no resistor e na lâmpada, temos:

$$P_R = R \cdot i^2 \Rightarrow P_R = 4 \cdot (2)^2 = 16 \text{ W}$$

$$P_L = R_L \cdot i^2 \Rightarrow P_L = 8 \cdot (2)^2 = 32 \text{ W}$$

19. d

Considerando i_1 como a corrente que passa pelo amperímetro e i_2 , aquela que passa pelo ramo com dois resistores, temos uma associação em paralelo, alimentada por uma mesma tensão. Assim:

$$U_1 = U_2 \Rightarrow 12 \cdot i_1 = (2 + R) \cdot i_2 \text{ (1)}$$

Como $U = U_1 = U_2$, temos, para i_2 :

$$U = R \cdot i_2 \Rightarrow i_2 = \frac{U}{R} \text{ (2)}$$

Substituindo (2) em (1), temos:

$$12 \cdot i_1 = (2 + R) \cdot \frac{U}{R} \Rightarrow 12 \cdot R = (2 + R) \cdot \frac{U}{i_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 12 \cdot R = (2 + R) \cdot 2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 12 \cdot R = 4 + 2 \cdot R \Rightarrow R = 0,4 \Omega$$

Com isso, podemos encontrar a resistência equivalente para o circuito.

$$R_{\text{eq.}} = \frac{(2 + 0,4) \cdot 12}{(2 + 0,4) + 12} = \frac{2,4 \cdot 12}{14,4} \Rightarrow R_{\text{eq.}} = 2 \Omega$$

A indicação do voltímetro, levando-se em conta a divisão de tensão, será:

$$U_{\text{volt.}} = \frac{0,4}{2} \cdot 10 \Rightarrow U_{\text{volt.}} = 2 \text{ V}$$

Já a corrente i_2 , será de:

$$U_{\text{volt.}} = R \cdot i_2 \Rightarrow 2 = 0,4 \cdot i_2 \Rightarrow i_2 = 5 \text{ A}$$

Sendo a tensão a mesma em cada um dos ramos, temos:

$$12 \cdot i_1 = 2,4 \cdot i_2 \Rightarrow i_1 = 1 \text{ A}$$

Logo, a corrente total no circuito é de:

$$i = i_1 + i_2 = 1 + 5 \Rightarrow i = 6 \text{ A}$$

E a potência útil do circuito:

$$P_u = R_{\text{eq.}} \cdot i^2 = 2 \cdot 6^2 \Rightarrow P_u = 72 \text{ W}$$

Dessa forma, o rendimento do gerador pode ser encontrado por:

$$\eta = \frac{72}{80} = 0,9 \Rightarrow \eta = 90\%$$

20. a) Usando a equação de Clapeyron temos:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \left(\frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{p \cdot V}{300} = \frac{\frac{p}{3} \cdot 4V}{T_2} \Rightarrow T = 400 \text{ K}$$

No gráfico:

$$300 \text{ K} \text{ ————— } 12 \text{ mV}$$

$$400 \text{ K} \text{ ————— } 16 \text{ mV}$$

$$\Delta U = 4 \text{ mV}$$

b) $R_e = \frac{0,4 \cdot 1,2}{0,4 + 1,2} + 0,3 \Rightarrow$

$$\Rightarrow R_e = 0,6 \Omega$$

$$P = 0,1 \cdot P_d \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{Q}{\Delta t} = 0,1 \cdot P_d \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{540}{40} = 0,1 \cdot P_d \Rightarrow P_d = 135 \text{ W}$$

$$P_d = R_e \cdot i_c^2 \Rightarrow 135 = 0,6 \cdot i_c^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow i_c = 15 \text{ A}$$

21. 6 A (eliminado) e 3 A (acertos)

Na condição de nenhum acerto, o circuito se resume à resistência de 20Ω e o gerador. Assim, a corrente no circuito será de:

$$\varepsilon = R \cdot i \Rightarrow i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{120}{20} \Rightarrow i = 6 \text{ A}$$

Errando apenas a pergunta 2, teremos o acendimento das lâmpadas 1, 3 e 4, ou seja, três resistências de 60Ω associadas em paralelo e em série com a resistência de 20Ω .

Nesse caso, a resistência equivalente da associação será:

$$R_{eq.} = 20 + \frac{60}{3} \Rightarrow R_{eq.} = 40 \Omega$$

Então, calculando a corrente nesse caso, temos:

$$\varepsilon = R_{eq.} \cdot i' \Rightarrow i' = \frac{\varepsilon}{R_{eq.}} = \frac{120}{40} \Rightarrow i' = 3 \text{ A}$$

22. c

Na ponte em equilíbrio, temos:

$$120 \cdot 40 = 60 \cdot R_x \therefore R_x = 80 \Omega$$

23. b

Com o voltímetro em M, temos 0 de ddp, uma vez que com ele em N teremos medido a ddp no reostato todo por onde passa a corrente de:

$$\varepsilon = (r + R) \cdot i \Rightarrow 20 = (2 + 48) \cdot i \Rightarrow i = 0,4 \text{ A}$$

Logo, a ddp no reostato todo será de:

$$U_R = R \cdot i \Rightarrow U_R = 48 \cdot 0,4 \therefore U_R = 19,2 \text{ V}$$

24. b

$$U_{AE} = U_{AB} + R_4 \cdot i + U_{CD} + R_2 \cdot i \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 6 = -12 + 4i + 9 + 2i \Rightarrow$$

$$\Rightarrow i = 1,5 \text{ A}$$

25. c

Na situação de equilíbrio da ponte, temos:

$$R_1 \cdot R_x = R_2 \cdot R_3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_x} = \frac{20 \cdot 15}{kp + 10} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{300}{2 \cdot 10^{-4} p + 10}$$

Para o valor de pressão máxima, o valor de R_1 terá seu mínimo.

Assim, temos:

$$R_{1\text{min.}} = \frac{300}{2 \cdot 10^{-4} p_{\text{máx.}} + 10} = \frac{300}{2 \cdot 10^{-4} \cdot (10^5) + 10} = \frac{300}{30} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_{1\text{min.}} = 10 \Omega$$

Já para o valor mínimo de pressão, o valor de R_1 terá seu máximo.

Assim, temos:

$$R_{1\text{máx.}} = \frac{300}{2 \cdot 10^{-4} p_{\text{mín.}} + 10} = \frac{300}{2 \cdot 10^{-4} \cdot (10^4) + 10} = \frac{300}{12} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_{1\text{máx.}} = 25 \Omega$$

26. e

O ramo central está em paralelo com o ramo superior.

A ddp do ramo superior é dada por:

$$U = R \cdot i_1 \Rightarrow U = 120 \cdot 1 \Rightarrow U = 120 \text{ V}$$

A ddp do ramo central pode ser substituída na seguinte equação:

$$U_c = 20 \cdot i_2 + 100 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 120 = 20 \cdot i_2 + 100 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow i_2 = 1 \text{ A}$$

Pela lei dos nós, conclui-se que $i = 2 \text{ A}$, pois esta é a soma das outras correntes do circuito. A ddp do ramo inferior também é 120 V e pode-se encontrar o valor de R na seguinte equação:

$$U_j = R \cdot i - 150 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -120 = R \cdot 2 - 150 \Rightarrow R = 15 \Omega$$

27. b

Se, nessa posição não há corrente no amperímetro, isso significa que a ddp entre os pontos A e C é igual a 4 V , pois há um elemento no ramo inferior de fem 4 V . Como a ddp total do circuito deve ser de 10 V , entre C e B a ddp deve ser de 6 V .

28. a) $U_{CD} = R_3 \cdot i_A = 10 \cdot 0,50 \Rightarrow U_{CD} = 5,0 \text{ V}$

b) Para a malha externa: $\sum U = 0$

$$0,50 \cdot i_1 - 6,0 + 10 \cdot 0,50 = 0 \Rightarrow i_1 = 2,0 \text{ A}$$

$$P = i_1 \cdot \varepsilon_1 = 2,0 \cdot 6,0 \Rightarrow P = 12 \text{ W}$$

29. a

Calculando as correntes em cada malha, temos:

$$-6 - 4 + 5 \cdot i_1 = 0 \Rightarrow i_1 = 2 \text{ A (malha esquerda)}$$

$$-8 - 4 + 4 \cdot i_2 = 0 \Rightarrow i_2 = 3 \text{ A (malha direita)}$$

Assim, pela lei dos nós, temos:

$$i_1 + i_2 = i_3 \Rightarrow i_3 = 2 + 3 = 5 \text{ A}$$

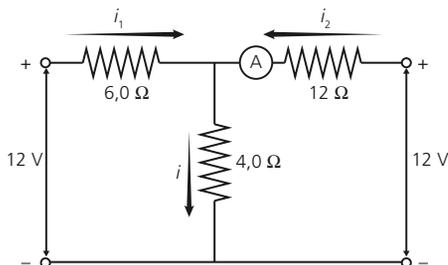
30. $U_0 = R_e \cdot i = 12 \cdot i$

$$U = R \cdot i = 4 \cdot i$$

$$\frac{U_0}{U} = \frac{12 \cdot i}{4 \cdot i} \Rightarrow \frac{U_0}{U} = 3$$

31. d

Pelas polaridades apresentadas nas extremidades, temos:



Trecho da esquerda:

$$6i_1 + 4i = 12 \Rightarrow i_1 = \frac{12 - 4i}{6} \quad (1)$$

Trecho da direita:

$$12i_2 + 4i = 12 \Rightarrow i_2 = \frac{12 - 4i}{12} \quad (2)$$

Pelo sentido das correntes: $i = i_1 + i_2$ (3)

Substituindo-se 1 e 2 em 3, resolve-se o sistema e temos:

$$i = 1,5 \text{ A}; i_1 = 1 \text{ A}; i_2 = 0,5 \text{ A}$$

32. d

Malha esquerda (horário):

$$-2 + 10i_3 + 1 \cdot i_1 = 0 \Rightarrow i_1 + 10i_3 = 2 \quad (I)$$

Malha direita (horário):

$$+2 - 1 \cdot i_2 + 2 - 1 \cdot i_2 - 10i_3 = 0$$

$$-2i_2 - 10i_3 = -4 \Rightarrow 2i_2 + 10i_3 = 4 \quad (II)$$

$$i_1 + i_2 = i_3 \Rightarrow i_2 = i_3 - i_1 \quad (III)$$

Resolvendo (III) em (II):

$$2 \cdot (i_3 - i_1) + 10 \cdot i_3 = 4 \Rightarrow 12i_3 - 2i_1 = 4 \quad (IV)$$

$$\text{Resolvendo (I) e (IV): } \begin{cases} i_1 + 10 \cdot i_3 = 2 \\ -2 \cdot i_1 + 12 \cdot i_3 = 4 \end{cases} \quad (2x)$$

$$32 \cdot i_3 = 8 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow i_3 = 0,25 \text{ A}$$

$$i_1 + 10 \cdot (0,25) = 2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow i_1 = -0,50 \text{ A}$$

$$i_2 = i_3 - i_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,25 - (-0,50) = 0,75 \text{ A}$$

Capítulo 2 – Campo magnético

Conexões

- Professor, peça aos alunos que façam um levantamento de dados sobre poluição e uso intenso dos recursos naturais, além de proporem soluções para esses pontos.
- Sugestão de *site* para a pesquisa: <www.inovacao.ufrj.br/index.php/noticias/545-maglev-cobra-amplia-horario-de-visitacao>. Acesso em: 15 jun. 2018.

Complementares

9. Soma = 23 (01 + 02 + 04 + 16)

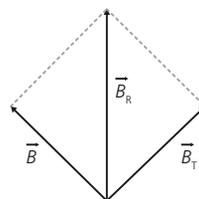
(08) (F) Polo norte com polo sul se atraem (e vice-versa) e polo norte com polo norte se repelem, assim como polo sul com polo sul se repelem.

10. Soma = 11 (01 + 02 + 08)

(04) (F) A “inseparabilidade dos polos” também pode ser observada em outras ligas metálicas magnéticas.

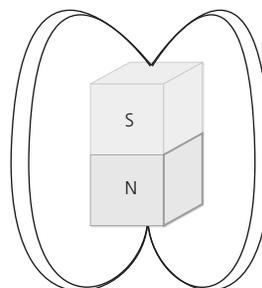
11. b

Para que os feixes voltem a se orientar da mesma forma que na figura 1 (esquerda), o campo magnético resultante \vec{B}_R deve apontar para cima. Como na figura 2 (direita) o campo magnético terrestre \vec{B}_T está inclinado para a direita, deve estabelecer um campo magnético \vec{B} inclinado para a esquerda, como mostra o esquema a seguir.



12. c

Observe a figura:



As bússolas orientam-se de acordo com o sentido do campo magnético do ímã.

21. b

Para que se anulem, os campos gerados pelo fio e pela espira devem ter o mesmo módulo e sentidos opostos. Seus módulos são determinados por:

$$B_{\text{fio}} = B_{\text{espira}} \Rightarrow \frac{\mu \cdot i_1}{2\pi \cdot 2R} = \frac{\mu \cdot i}{2R} \Rightarrow \frac{i_1}{i} = 2\pi$$

Pela regra da mão direita, o fio gera, no centro da espira, um campo magnético perpendicular ao plano do papel entrando nele, portanto a espira deve gerar um campo magnético perpendicular a esse mesmo plano saindo dele. Pela mesma regra determina-se que o sentido da corrente deve ser anti-horário.

22. $B = 0,015 \text{ T}$

Associado em série à resistência de 85Ω do solenoide, temos outra resistência de 15Ω . Como o circuito é alimentado por uma tensão de 60 V , vamos encontrar a corrente elétrica que percorre o solenoide. Para isso, será necessário encontrar a resistência equivalente da associação. Assim, temos:

$$R_{\text{eq.}} = r + R \Rightarrow R_{\text{eq.}} = 85 + 15 \Rightarrow R_{\text{eq.}} = 100 \Omega$$

A corrente elétrica do circuito será de:

$$U = R_{\text{eq.}} \cdot i \Rightarrow 60 = 100 \cdot i \Rightarrow i = \frac{60}{100} = 0,6 \text{ A}$$

Podemos, então, encontrar o módulo do vetor indução magnética, por:

$$B = \frac{n}{\ell} \cdot \mu_0 \cdot i \Rightarrow B = \frac{5000}{(8\pi \cdot 10^{-2})} \cdot (4\pi \cdot 10^{-7}) \cdot 0,6 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B = 0,015 \text{ T}$$

23. $B = 3 \cdot 10^{-6} \text{ T}$

Os campos apresentam a mesma direção, porém, sentidos contrários.

Então:

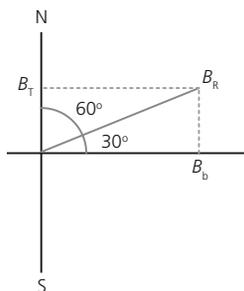
$$B = B_2 - B_1 = \frac{\mu \cdot i_2}{2\pi \cdot 2r} - \frac{\mu \cdot i_1}{2\pi \cdot r} =$$

$$= \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5}{2\pi \cdot 0,2} - \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2}{2\pi \cdot 0,2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B = 5 \cdot 10^{-6} - 2 \cdot 10^{-6} \Rightarrow B = 3 \cdot 10^{-6} \text{ T}$$

24. a) Direção leste-oeste e sentido oeste-leste.

b) De acordo com a regra da mão direita, o campo magnético gerado tem direção leste-oeste e sentido oeste-leste.



$$\text{tg } 30^\circ = \frac{B_T}{B_b} \Rightarrow B_T = B_b \cdot \frac{\text{sen } 30^\circ}{\text{cos } 30^\circ} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B_T = 435 \cdot \frac{0,50}{0,87} \Rightarrow B_T = 250 \text{ mG}$$

Tarefa proposta

1. e

O par de forças trocadas entre o ímã e o ferro formam um par de ação-reação.

Portanto, são forças de mesma intensidade, mesma direção e sentidos contrários.

2. e

a) (V) Princípio de inseparabilidade dos polos.

b) (V) O ímã alinha-se com a direção das linhas de indução magnética, é o princípio de funcionamento da bússola.

c) (V) Propriedade dos polos.

d) (V) Princípio de inseparabilidade dos polos.

e) (F) Princípio de inseparabilidade dos polos.

3. b

Pelo teste II, conclui-se que B e E representam um mesmo polo. Para haver repulsão entre eles, as barras 1 e 3 devem estar magnetizadas. Como há atração entre B e C e entre E e D, a barra 2 deve estar desmagnetizada.

4. Soma = 70 (02 + 04 + 64)

(01) (F) O vetor campo magnético é paralelo às linhas de campo magnético.

(08) (F) As linhas de campo partem do polo norte e chegam ao polo sul.

(16) (F) Quanto maior a proximidade das linhas de campo, maior a intensidade do campo magnético.

(32) (F) A quebra de um ímã resulta sempre em novos ímãs.

5. a

O norte da bússola se "voltará" para o sul do ímã que está direcionado para o norte do outro ímã no mesmo alinhamento.

6. a

A magnetita é considerada um ímã natural e apresenta dois polos, norte e sul, que podem atrair o ferro e outros materiais ferromagnéticos.

7. Soma = 24 (08 + 16)

(01) (F) O correto seria diretamente proporcional à intensidade da corrente e inversamente proporcional à distância do ponto ao fio, conforme equação: $B = \frac{\mu \cdot i}{2\pi \cdot r}$

(02) (F) O campo magnético é mais intenso no centro da espira.

(04) (F) As linhas de campo magnético são paralelas entre si, e perpendiculares aos planos das espiras individuais.

8. d

Para não ocorrer contato, a proximidade de polos iguais é necessária durante a sequência.

Assim, temos: 2(S) – 1(N) – 6(N) – 5(S) – 3(S) – 4(N).

9. b

Para atingir a estabilidade, deve haver contato entre os polos opostos.

10. c

Somente Amanda fez um comentário apropriado.

Sobre o comentário de Leonardo: não existem fios ou circuitos em uma bússola.

Sobre o comentário de Lorena: o polo norte da bússola realmente aponta para o norte geográfico, que corresponde ao sul magnético.

11. a

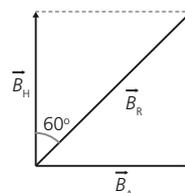
O campo magnético terrestre, produzido como se a Terra fosse um gigantesco ímã, sofre a influência do Sol, por meio dos ventos solares, cujas interações promovem deformações em sua configuração. Esse entorno onde se configura o campo magnético chama-se magnetosfera.

12. c

Em qualquer ímã, as linhas de campo magnético saem do polo magnético norte e chegam ao polo magnético sul.

13. d

A agulha da bússola fica alinhada com o campo magnético resultante \vec{B}_R entre o campo magnético da Terra \vec{B}_H e o campo magnético adicional \vec{B}_A , como mostra a figura:



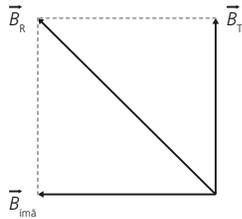
Portanto, temos:

$$\text{tg } 60^\circ = \frac{B_A}{B_H} \Rightarrow \sqrt{3} = \frac{B_A}{B_H} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B_A = B_H \cdot \sqrt{3}$$

14. F – V – F – F

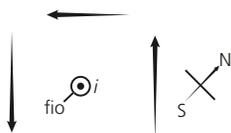
Observe a figura:



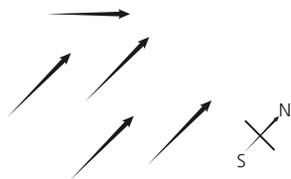
I. $(F) \operatorname{tg} \theta = \frac{B_T}{B_H} \Rightarrow B_T = B_H \cdot \operatorname{tg} \theta$

II. $(V) \operatorname{tg} 45^\circ = 1 \Rightarrow B_T = B_H$

15. a)



b)



16. c

Pela regra da mão direita, vemos que o sentido dos campos magnéticos gerados por cada um dos fios tem sentidos opostos, portanto o módulo do campo resultante será dado pela diferença de seus módulos. O campo magnético (B) gerado por um fio é: $B = \frac{\mu \cdot i}{2\pi \cdot d}$

Percebe-se que o módulo de B é diretamente proporcional a i , sendo assim, por estarem à mesma distância do ponto P , o módulo do campo magnético gerado por y é $3B$. Portanto, o módulo do campo resultante será $2B$.

17. e

Escrevendo as equações para os campos produzidos por cada fio em relação ao centro da espira, temos:

$$B_1 = \frac{\mu_0 \cdot i_1}{2\pi \cdot (3R)}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 \cdot i_2}{2\pi \cdot (3R)}$$

Para que o campo no centro da espira seja nulo, temos:

$$\vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_E = 0$$

Já para o campo produzido pela corrente que percorre a espira, temos:

$$B_i = \frac{\mu_0 \cdot i}{2R}$$

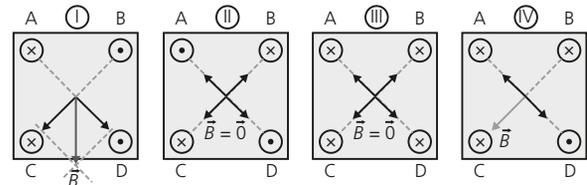
Assim, considerando os sentidos de cada campo, de acordo com a regra da mão direita, temos:

$$B_i = B_1 + B_2 \Rightarrow \frac{\mu_0 \cdot i}{2R} = \frac{\mu_0 \cdot i_1}{6\pi \cdot R} + \frac{\mu_0 \cdot i_2}{6\pi \cdot R} = \frac{\mu_0}{6\pi \cdot R} \cdot (i_1 + i_2)$$

$$i = \frac{2R}{\mu_0} \cdot \frac{\mu_0}{6\pi \cdot R} \cdot (i_1 + i_2) \Rightarrow i = \frac{i_1 + i_2}{3\pi} \text{ sentido anti-horário}$$

18. d

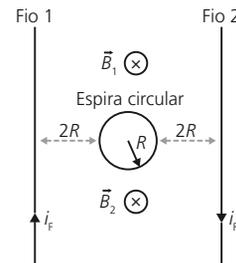
Utilizando a regra da mão direita e representando os vetores referentes aos campos produzidos por cada fio, no centro do quadrado, temos:



O campo será nulo em II e III.

19. d

Utilizando a regra da mão direita, encontramos o sentido dos campos relacionados aos fios 1 e 2. Observe a figura.



Ambos os campos têm o sentido de penetrar na folha de papel.

Assim, o campo resultante no centro da espira será de:

$$\vec{B}_i = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 \Rightarrow \vec{B}_i = 2 \vec{B}_1$$

Então:

$$\vec{B}_i = 2 \cdot \vec{B}_1 \Rightarrow \vec{B}_i = 2 \cdot \frac{\mu_0}{2r} \cdot \frac{i_F}{3R} \Rightarrow \vec{B}_i = \frac{\mu_0}{\pi} \cdot \frac{i_F}{3R} \quad (1)$$

Já o campo produzido pela espira circular, é dado por:

$$\vec{B}_E = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i_E}{R} \quad (2)$$

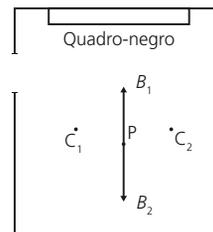
Para que o campo resultante seja nulo no centro da espira, temos:

$$\vec{B}_i = \vec{B}_E \Rightarrow \frac{\mu_0}{\pi} \cdot \frac{i_F}{3R} = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i_E}{R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{i_F}{i_E} = 1,5\pi \text{ no sentido anti-horário.}$$

20. a

Pela regra da mão direita, determinamos os sentidos dos campos magnéticos gerados:



O módulo do campo magnético gerado pelos fios é:

$$B_1 = \frac{\mu \cdot i_1}{2\pi \cdot d} = \frac{\mu \cdot 3}{2\pi \cdot d}$$

$$B_2 = \frac{\mu \cdot i_2}{2\pi \cdot d} = \frac{\mu \cdot 4}{2\pi \cdot d}$$

$$B_2 > B_1$$

Sendo assim, a resultante tem o mesmo sentido de B_2 .

21. a

De acordo com a regra da mão direita, somente na figura I.

22. a

O movimento do elétron é semelhante a uma corrente numa espira, mas se trata de uma partícula com carga negativa. Observamos a corrente real nesse caso, porém a regra da mão direita usa a corrente convencional que estaria no sentido horário. Portanto, o campo gerado é perpendicular ao plano do papel e está entrando nele.

23. c

O módulo do campo magnético pode ser encontrado por:

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2R}$$

Podemos observar que o campo é diretamente proporcional à corrente elétrica. Portanto, se aumentarmos a corrente, o campo aumentará na mesma proporção. Assim, se o campo passar para $5B$, a corrente também aumentará 5 vezes.

Dessa forma, a razão $\frac{i_{\text{final}}}{i} = 5$.

24. Pelos dados fornecidos, temos que:

$$B = 1,6 \cdot 10^{-6} \cdot i$$

$$V = 500 \cdot B$$

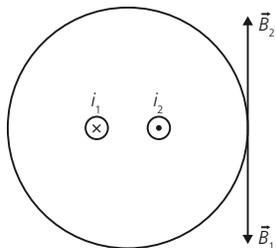
$$V = 500 \cdot 1,6 \cdot 10^{-6} \cdot i \Rightarrow V = 8 \cdot 10^{-4} \cdot i$$

Substituindo o valor fornecido de V :

$$50 \cdot 10^{-3} = 8 \cdot 10^{-4} \cdot i \Rightarrow i = 62,5 \text{ A}$$

25. a

Representando o vetor indução magnética produzido por cada uma das correntes, temos:



Como os módulos dos campos são iguais, eles se anulam.

26. c

Pelo sentido da corrente, determina-se, pela regra da mão direita, o sentido do campo magnético gerado pelo fio. Se a corrente é da esquerda para a direita, na região onde se encontra a bússola, o campo magnético será perpendicular ao plano do papel entrando nele. As linhas de indução do campo magnético saem do polo norte e chegam ao polo sul; sendo assim, a bússola se posiciona de tal maneira que o campo gerado pelo fio encontra seu polo sul.

27. d

Em princípio, não se conhece o sentido do campo magnético gerado pela corrente elétrica i que atravessa a espira circular, sabendo-se apenas que ele é perpendicular ao plano da figura.

No entanto, sua intensidade é:

$$B_{\text{esp.}} = \frac{\mu \cdot i}{2R}$$

Os campos magnéticos gerados pelas correntes elétricas i_1 e i_2 que atravessam os fios retilíneos também serão per-

pendiculares ao plano da figura e apontando para dentro da figura (regra da mão direita). Com isso, o campo resultante gerado pelas correntes i_1 e i_2 é: $B_{\text{fios}} = B_1 + B_2$ (campos no mesmo sentido) \Rightarrow

$$\Rightarrow B_{\text{fios}} = \frac{\mu \cdot i_1}{2\pi \cdot 2R} + \frac{\mu \cdot i_2}{2\pi \cdot 2R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B_{\text{fios}} = \frac{\mu}{2\pi \cdot R} \cdot (i_1 + i_2)$$

Para que a intensidade do campo magnético no centro da espira não se altere quando as correntes nos fios retilíneos são estabelecidas, o campo magnético gerado pela espira deve ter sentido oposto do campo magnético gerado pelos fios e, em módulo, $B_{\text{fios}} = 2B_{\text{esp.}}$. Sendo assim, pela regra da mão direita, a corrente elétrica i na espira deve ser no sentido anti-horário.

$$2 \cdot B_{\text{esp.}} = B_{\text{fios}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2 \cdot \frac{\mu \cdot i}{2R} = \frac{\mu}{4\pi \cdot R} (i_1 + i_2) \Rightarrow i = \frac{1}{4\pi} \cdot (i_1 + i_2)$$

28. 100

Escrevendo a equação para o módulo do campo magnético, com superposição de N espiras, temos:

$$B = N \cdot \frac{\mu \cdot i}{2R} \Rightarrow N = \frac{B \cdot 2R}{\mu \cdot i}$$

Assim, podemos escrever:

$$\frac{N_{\text{terra}}}{N_{\text{aparelho}}} = \frac{B_{\text{terra}} \cdot R_{\text{terra}}}{B_{\text{aparelho}} \cdot R_{\text{aparelho}}} = \frac{(5 \cdot 10^{-5}) \cdot (6 \cdot 10^6)}{(3) \cdot (1)} = 100$$

29. b

A intensidade do campo do eletroímã pode ser escrita como:

$$B = \mu \cdot i \cdot \frac{n}{\ell}$$

Para aumentarmos a capacidade do guindaste, devemos aumentar a densidade de espiras, ou seja, o número de espiras por unidade de comprimento, diminuindo a distância entre elas.

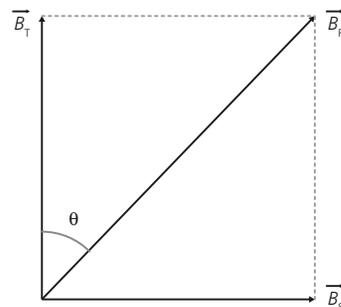
30. b

A intensidade do campo no interior de um solenoide pode ser calculada por:

$$B = \frac{\mu \cdot N \cdot i}{\ell}$$

Como o campo é diretamente proporcional ao número de espiras pelo comprimento do solenoide, a alternativa correta é a **b**.

31. Observe a figura:



$$\text{tg } \theta = \frac{B_s}{B_T} \text{ e } B_s = \mu_0 \cdot n \cdot i$$

$$\text{Logo: } B_1 = \frac{\mu_0 \cdot n \cdot i}{\text{tg } \theta} = \frac{\mu_0 \cdot n \cdot i}{\text{tg } 62^\circ}$$

Substituindo os valores:

$$B_T = \frac{1,26 \cdot 10^{-6} \cdot 300 \cdot 100 \cdot 10^{-3}}{1,87} \Rightarrow B_T = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

32. c

No caso de uma corrente alta, a lâmina bimetálica irá se aquecer e deve curvar para a direita a fim de tocar a extremidade do atuador A. Para isso, o metal X deve ter maior coeficiente de dilatação linear do que o metal Y, ou seja, $\alpha_x > \alpha_y$. Em relação ao eletroímã, pela regra da mão direita pode-se determinar que, para o sentido da corrente indicado, o campo magnético em seu interior apontará para a direita.

Capítulo 3 – Força e indução magnética

Info +Enem

De acordo com a lei de Lenz, o afastamento inicial do ímã em relação à primeira espira, provoca nela uma polaridade de sul e, conseqüentemente, uma corrente elétrica com sentido horário.

Ao invertermos a polaridade do ímã, além de aproximá-lo da espira, teremos uma repulsão entre eles, surgindo um polo sul na espira e uma corrente elétrica no sentido horário.

Alternativa: a

Contextualize

Professor, nesse momento é importante alertar os alunos sobre o consumo exagerado de energia. Utilize as pesquisas, realizadas por eles, para promover um debate sobre os assuntos abordados no capítulo e também como forma de conscientização da preservação do meio ambiente.

1. A Usina de Três Gargantas, instalada no Rio Yang-Tsé (Rio Azul) é a maior do mundo, tem 32 turbinas e gera 22,5 GW/h. A segunda maior é a Usina de Itaipu, instalada no rio Paraná, tem 20 turbinas e gera 14 GW/h. A terceira maior é a Usina de Belo monte, instalada no rio Xingu, tem 24 turbinas e está programada para gerar 11,2 GW/h.
2. Os impactos ambientais em busca do progresso na produção de energia são inúmeros. Uma vez que são implantadas em bacias de rios, suas águas mudam, espécies de peixes desaparecem, o clima muda, florestas são inundadas e animais são expulsos de seu *habitat*, ou seja, seus efeitos são devastadores.

Complementares

9. d

Calculando o raio da trajetória, temos:

$$R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B} \Rightarrow R = \frac{(9 \cdot 10^{-30}) \cdot (1 \cdot 10^6)}{(1 \cdot 10^{-16}) \cdot (1 \cdot 10^{-6})} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R = \frac{9 \cdot 10^{-24}}{1 \cdot 10^{-22}} = 9 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

10. 3 N

$$F_{\text{mag.}} = B \cdot i \cdot \ell \cdot \text{sen } 30^\circ = 5 \cdot 4 \cdot 0,3 \cdot 0,5 \Rightarrow F_{\text{mag.}} = 3 \text{ N}$$

11. c

$$F = \frac{\mu_0 \cdot i_1 \cdot i_2}{2 \cdot \pi \cdot d} \cdot \ell \Rightarrow \frac{F}{\ell} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 3 \cdot 7}{2 \cdot \pi \cdot 15 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow$$

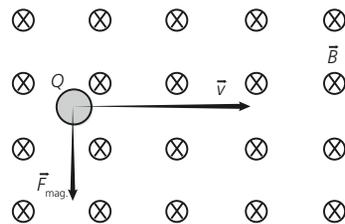
$$\Rightarrow \frac{F}{\ell} = \frac{2 \cdot 10^{-7} \cdot 7}{5 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \frac{F}{\ell} = 2,8 \cdot 10^{-7} \cdot 10^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{F}{\ell} = 2,8 \cdot 10^{-5} = 28 \mu\text{N/m}$$

12. a) O módulo da força magnética sobre a carga é:

$$F = Q \cdot v \cdot B$$

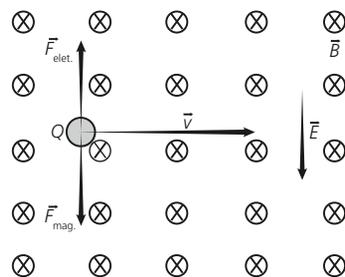
Direção e sentido: na figura



b) Para que a carga descreva um MRU, devemos ter:

$$F_{\text{elét.}} = F_{\text{mag.}} \Rightarrow Q \cdot E = Q \cdot v \cdot B \Rightarrow v = \frac{E}{B}$$

Direção e sentido do campo elétrico: na figura:



21. c

Nos casos 1 e 2, as possíveis movimentações do ímã ou da corrente elétrica no circuito podem gerar corrente elétrica induzida na espira circular, devido às variações do fluxo magnético. Isso não é possível ocorrer na situação 3.

22. $\phi = B \cdot S \cdot \cos(\omega \cdot t) \Rightarrow$

$$\Rightarrow \phi = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10 \cdot 10^{-4} \cdot \cos \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot t \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \phi = 2 \cdot 10^{-8} \cdot \cos \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot t \right)$$

- Para $t = 0 \Rightarrow \phi = 2 \cdot 10^{-8} \cdot \cos 0^\circ \Rightarrow$

$$\Rightarrow \phi = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Wb}$$

- Para $t = \frac{T}{4} \Rightarrow \phi = 2 \cdot 10^{-8} \cdot \cos \frac{\pi}{2} \Rightarrow \phi = 0$

- Para $t = \frac{T}{2} \Rightarrow \phi = 2 \cdot 10^{-8} \cdot \cos \pi \Rightarrow$

$$\Rightarrow \phi = -2 \cdot 10^{-8} \text{ Wb}$$

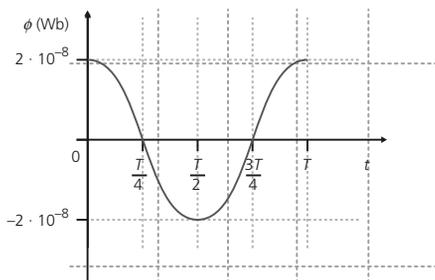
- Para $t = \frac{3 \cdot T}{4} \Rightarrow \phi = 2 \cdot 10^{-8} \cdot \cos \frac{3 \cdot \pi}{2} \cdot \pi \Rightarrow$

$$\Rightarrow \phi = 0$$

- Para $t = T \Rightarrow \phi = 2 \cdot 10^{-8} \cdot \cos(2 \cdot \pi) \Rightarrow$

$$\Rightarrow \phi = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Wb}$$

O gráfico correspondente é:



23. Soma = 14 (02 + 04 + 08)

(01) (F) Observar a regra da mão direita.

(02) (V) Havendo variação de fluxo, uma corrente elétrica induzida existirá. Seu sentido promove um campo magnético induzido que se opõe à variação de fluxo. Com isso, a força magnética irá se opor à variação de fluxo, com sentido oposto ao da velocidade.

(04) (V):

$$\varepsilon = \left| \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right| \Rightarrow \varepsilon = \frac{B \cdot A}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varepsilon = \frac{B \cdot \ell \cdot \Delta s}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varepsilon = B \cdot \ell \cdot v \Rightarrow \varepsilon = 3 \cdot 0,2 \cdot 1 = 0,6 \text{ V}$$

(08) (V)

$$i = \frac{\varepsilon}{R} \Rightarrow i = \frac{V \cdot \ell \cdot B}{R}$$

$$P = R \cdot i^2 \Rightarrow P = R \cdot \left(\frac{V \cdot \ell \cdot B}{R} \right)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P = \frac{1^2 \cdot 0,2^2 \cdot 3^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P = 0,18 \text{ W}$$

(16) (F) Não há necessidade de um agente externo aplicar uma força variável sobre ela.

24. d

A aproximação do ímã gera uma força eletromotriz induzida ε_{ind} , cujo módulo é dado pela variação do fluxo magnético pelo tempo (lei de Faraday).

$$\varepsilon_{\text{ind}} = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

Por sua vez, a corrente elétrica induzida i_{ind} é dada pela lei de Ohm:

$$i_{\text{ind}} = \frac{\varepsilon_{\text{ind}}}{R} \quad \Delta i_{\text{ind}} = \frac{\Delta\phi}{\Delta t \cdot R}$$

Sendo a corrente a razão entre a carga e o tempo, temos:

$$i_{\text{ind}} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\Delta\phi}{\Delta t \cdot R}$$

Cancelando o intervalo de tempo, temos:

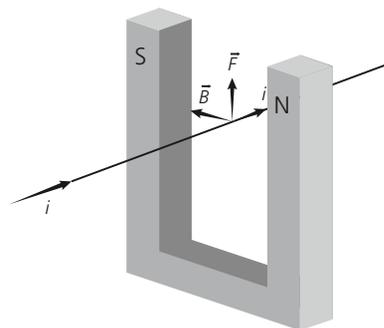
$$\Delta Q = \frac{\Delta\phi}{R}$$

Portanto, a quantidade de carga elétrica não depende do tempo.

Tarefa proposta

1. a

Regra da mão esquerda:



2. Pela regra da mão esquerda, como a velocidade dos íons aponta para o alto da página e o campo magnético aponta para fora da página, os íons de carga positiva desviam-se para a direita e os íons negativos desviam-se para a esquerda. Portanto, os íons positivos atingem a chapa C_1 e os íons negativos atingem a chapa C_2 .

Cálculo da razão entre as massas dos íons:

$$R_2 = 2 \cdot R_1 \Rightarrow \frac{m_2 \cdot v}{|q_2| \cdot B} = 2 \cdot \frac{m_1 \cdot v}{|q_1| \cdot B}$$

$$\text{Sendo } |q_1| = |q_2|, \text{ temos: } m_2 = 2 \cdot m_1 \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{2}$$

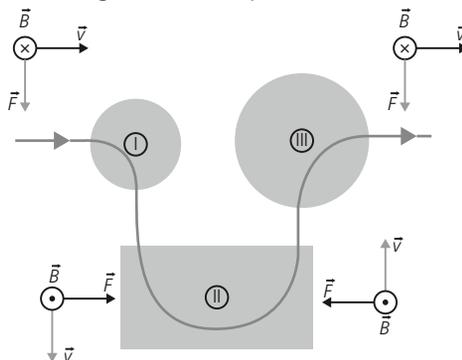
3. e

De acordo com a regra da mão esquerda:

- I. Prótons.
- II. Nêutrons.
- III. Elétrons.

4. a

Utilizando a regra da mão esquerda, temos:



5. b

Ocorre aumento de velocidade da carga negativa no interior do campo elétrico. Sendo negativa, a carga acelera no sentido da placa positiva.

Já na região B, a perpendicularidade do campo magnético em relação ao movimento da carga provoca na carga um movimento circular uniforme.

De acordo com a regra da mão direita, o sentido da força magnética pode ser determinado, para a esquerda da carga. Assim, a trajetória correta é a I.

6. Soma = 05 (01 + 04)

(01) (V)

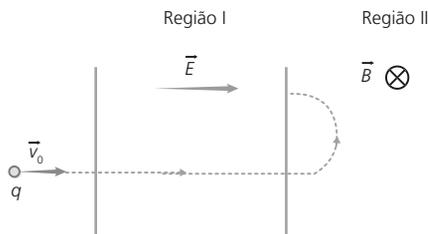
$$F_E = q \cdot E$$

$$F_B = q \cdot v \cdot B \cdot \sin 90^\circ \Rightarrow F_B = q \cdot v \cdot B$$

$$F_B = F_E \Rightarrow q \cdot v \cdot B = q \cdot E \Rightarrow v = \frac{E}{B}$$

- (02) (F) Com o desligamento do campo elétrico, a partícula passa a realizar movimento circular uniforme.
- (08) (F) Pelo contrário, a trajetória depende da direção do vetor velocidade.
- (16) (F) Não, apenas a força magnética poderia ser, porém, a força elétrica que independe da velocidade, continuaria existindo.

7. a) Na região I, a partícula sofre uma força elétrica no mesmo sentido do campo elétrico e , portanto, mantém trajetória retilínea, mas executando um movimento uniformemente acelerado. Já na região II, a partícula sofre uma força magnética perpendicular à sua velocidade e executa um movimento circular uniforme, como mostra a figura.



- b) Aceleração da partícula na região I:

$$F_R = m \cdot a \Rightarrow |q| \cdot E = m \cdot a \Rightarrow a = \frac{|q| \cdot E}{m}$$

$$\Rightarrow a = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^3}{1,6 \cdot 10^{-27}} \Rightarrow a = 10^{11} \text{ m/s}^2$$

Velocidade no final da região I:

$$v = v_0 + a \cdot t = 10^5 + 10^{11} \cdot 10^{-6} \Rightarrow v = 2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

c) $R = \frac{m \cdot v}{|q| \cdot B} = \frac{1,6 \cdot 10^{-27} \cdot 2 \cdot 10^5}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,1} \Rightarrow R = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 2 \text{ cm}$

8. b

- (1) Regra da mão direita para determinar o sentido do campo magnético gerado pela corrente i_2 no ponto onde se encontra o fio (1):

O polegar aponta para dentro da página (sentido da corrente i_2) e os outros quatro dedos giram em torno do fio (2). Note que o giro será no sentido horário, indicando que o campo magnético \vec{B} no ponto onde se encontra o fio (1) será para cima da página.

- (2) Regra da mão esquerda para determinar o sentido da força magnética sobre o fio (1):

Dedo médio no sentido da corrente i_1 (para fora da página), dedo indicador no sentido do campo magnético \vec{B} (para cima da página) e o polegar indica o sentido da força magnética \vec{F}_{mag} sobre o fio (1), que apontará para a esquerda.

9. Sem desvio $\Rightarrow F_{\text{elét.}} = F_{\text{mag.}}$

$$q \cdot E = q \cdot v \cdot B \Rightarrow B = \frac{E}{v} \Rightarrow B = \frac{U}{d \cdot v}$$

$$\Rightarrow B = \frac{200}{10^{-2} \cdot 10^7} \Rightarrow B = 2 \cdot 10^{-3} \text{ T}$$

10. a

$$F_R = F_e + F_m \Rightarrow F_R = q \cdot E + q \cdot v \cdot B \Rightarrow F_R = q(E + v \cdot B)$$

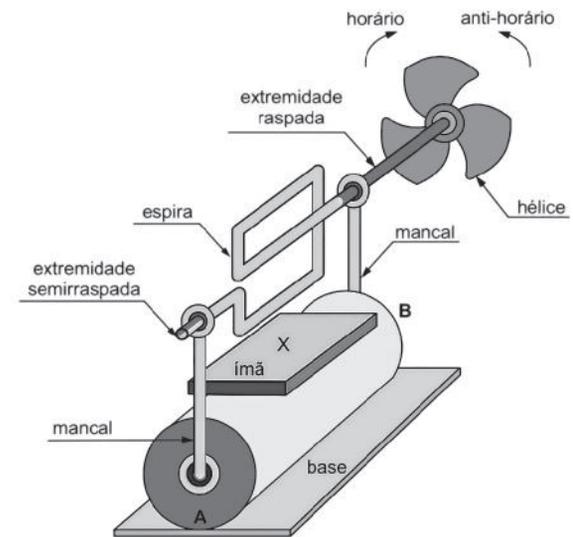
$$F_R = 0 \Rightarrow q = 0$$

11. b

Como o campo magnético é direcionado na vertical e com sentido para cima, pela regra da mão direita, o feixe de elétrons será desviado para a posição 2 da tela.

12. e

Sendo X um polo norte, temos um campo magnético na direção vertical e para cima. Sendo A um polo negativo e B, positivo, utilizando-se da regra da mão direita, teremos uma corrente percorrendo a espira de B para A. Com isso, as forças \vec{F}_1 e \vec{F}_2 , representadas na figura a seguir, provocarão o giro da espira no sentido horário.



13. b

No movimento de uma carga elétrica em um campo magnético surge uma força magnética que atua na carga, mudando a trajetória da carga. Sendo o ângulo entre o campo e a velocidade diferente de 90° a trajetória será helicoidal e não circular.

14. d

Observe a figura a seguir.



$$F_{\text{elét.}} = F_{\text{mag.}} \Rightarrow q \cdot E = q \cdot v \cdot B \Rightarrow E = v \cdot B \text{ (I)}$$

Temos:

$$E \cdot d = U \Rightarrow E = \frac{U}{d} \text{ (II)}$$

De (II) em (I), temos:

$$\frac{U}{d} = v \cdot B \Rightarrow U = d \cdot v \cdot B$$

$$\Rightarrow U = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 3,5 \cdot 10^6 \cdot 1,2 = 8400 \text{ V ou } U = 8,4 \cdot 10^3 \text{ V}$$

15. a)

Com a chave desligada, o condutor fica submetido apenas às forças peso e tração, que devem se equilibrar:

$$T = P = m \cdot g \Rightarrow T = 0,2 \cdot 10 =$$

$$\Rightarrow T = 2 \text{ N}$$

b) Para que a indicação no dinamômetro seja nula, a força magnética sobre o fio deve ser vertical para cima e ter a mesma intensidade da força peso. Para isso, pela regra da mão esquerda é possível concluir que a corrente elétrica deve fluir do contato A para o contato B (da esquerda para a direita) e sua intensidade será de:

$$F_{\text{mag.}} = P \Rightarrow i \cdot \ell \cdot B \cdot \sin \theta = m \cdot g \Rightarrow \\ \Rightarrow i \cdot 0,2 \cdot 1,0 \cdot \sin 90^\circ = 0,2 \cdot 10 \Rightarrow \\ \Rightarrow i = 10 \text{ A}$$

c) Pela lei de Ohm, temos:

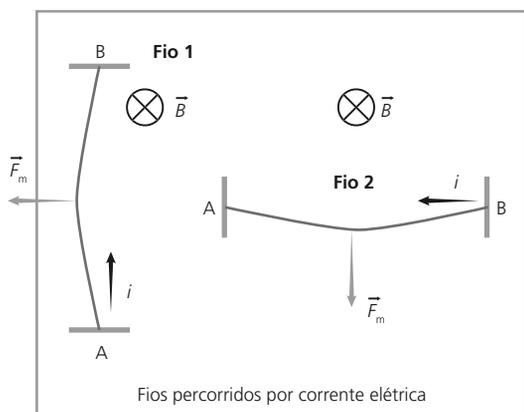
$$U = R \cdot i \Rightarrow U = 6 \cdot 10 \Rightarrow U = 60 \text{ V}$$

16. d

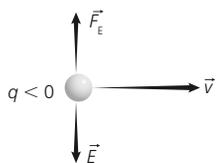
Devido à maior massa do próton, o raio de sua trajetória será maior e com isso levará mais tempo para executar uma volta completa e, como consequência, uma frequência menor.

17. a

Utilizando a regra da mão esquerda em cada fio, podemos observar na figura a seguir, os sentidos do campo magnético e da corrente elétrica.



18. a)



b) Mantendo a velocidade constante, temos um equilíbrio entre força magnética e força elétrica. Assim,

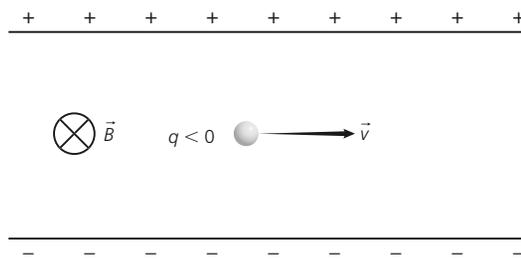
$$|\vec{F}_{\text{mag.}}| = |\vec{F}_e| \Rightarrow q \cdot B \cdot v \sin \theta = q \cdot E \Rightarrow$$

$$B = \frac{U}{d \cdot v \sin \theta} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B = \frac{200 \text{ V}}{0,2 \cdot 100 \cdot \sin 90^\circ} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B = 10 \text{ T}$$

A direção e o sentido do campo, de acordo com a regra da mão esquerda, estão representados na figura a seguir.



19. O deslocamento do ímã no interior do tubo induz um fluxo magnético, em oposição ao do ímã. Com isso, uma força contrária ao seu movimento reduzirá sua velocidade e aumentará seu tempo de queda, enquanto estiver no interior do tubo.

20. c

A fem induzida depende do movimento relativo entre o ímã e a espira.

$$\varepsilon = - \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

21. a

São várias as situações de geração de energia originadas da indução eletromagnética. Das possibilidades apresentadas, a pilha, que produz energia a partir de reações químicas, e os painéis fotovoltaicos, que produzem eletricidade a partir da energia solar, não utilizam a indução eletromagnética na geração de energia.

22. e

A corrente elétrica induzida será de B para A na aproximação e de A para B no afastamento.

23. c

Para existir corrente elétrica induzida na espira, deve haver variação do fluxo magnético em sua área. No caso do problema em questão, isso só ocorre quando a espira está entrando ou saindo da região onde existe campo magnético (posições P_1 e P_3).

24. d

Na condição inicial, o deslocamento do ímã com o polo sul voltado para a bobina promove um aumento do fluxo magnético, gerando uma corrente induzida na bobina, com sentido horário de acordo com a regra da mão direita. Assim, temos a formação de um polo norte à direita e um polo sul à esquerda da bobina.

Dessa forma, temos:

Em I, o aumento do fluxo magnético, com a geração de um campo magnético induzido contrário, que, por sua vez, gera uma corrente elétrica induzida no sentido horário.

Em II, uma diminuição do fluxo magnético com a geração de um campo magnético induzido na bobina, que gera uma corrente elétrica induzida no sentido horário.

Em III, um aumento do fluxo magnético, que gera uma corrente induzida no sentido anti-horário com polos sul à direita e norte à esquerda da bobina.

Entre as três situações, a que se diferencia da situação original é a III.

25. d

26. Variação do fluxo magnético:

$$\begin{aligned}\Delta\phi &= \phi_f - \phi_i \Rightarrow \Delta\phi = B \cdot A_f - B \cdot A_i \Rightarrow \\ &\Rightarrow \Delta\phi = B \cdot \pi \cdot \left(\frac{a}{2}\right)^2 - B \cdot \pi \cdot a^2 \Rightarrow \\ &\Rightarrow \Delta\phi = -\frac{3}{4} \cdot \pi \cdot B \cdot a^2\end{aligned}$$

Módulo da força eletromotriz induzida:

$$\varepsilon = \left| \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right| = \frac{\frac{3}{4} \cdot \pi \cdot B \cdot a^2}{1} \Rightarrow \varepsilon = \frac{3}{4} \cdot \pi \cdot B \cdot a^2 \text{ (SI)}$$

Corrente elétrica induzida:

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\frac{3}{4} \cdot \pi \cdot B \cdot a^2}{R} \Rightarrow \frac{3\pi \cdot B \cdot a^2}{4 \cdot R}$$

Considerando-se que a área da espira diminui, o fluxo magnético em seu interior também diminui. Com isso, pela lei de Lenz, a corrente elétrica induzida deve gerar um campo magnético no mesmo sentido do campo magnético original, ou seja, apontando para dentro do plano do papel. Com isso, pela regra da mão direita, o sentido da corrente elétrica induzida na espira deve ser horário.

27. c

A indução eletromagnética, de acordo com a lei de Lenz, é gerada em função da variação de fluxo magnético, que, por sua vez, irá gerar uma corrente elétrica induzida, em oposição à variação do fluxo magnético.

28. a

Em Q, a variação de fluxo é positiva (o fluxo está aumentando).

Em R, não há variação de fluxo. A corrente é nula.

Em S, a variação de fluxo é negativa (o fluxo está diminuindo).

29. a

(F) A corrente não é contínua, e sim alternada por conta da variação do campo magnético.

(V) A variação no fluxo magnético induz uma corrente elétrica.

(V) Quando o ímã se aproxima da bobina aparece uma força de repulsão e quando ele se afasta aparece uma força de atração, dificultando o movimento do ímã.

(F) Não há geração de corrente elétrica induzida sem variação do fluxo magnético.

(F) Se toda energia mecânica do braço fosse convertida em calor, o braço iria parar.

30. a) Utilizando a regra da mão esquerda, obtemos o sentido orientado para a direita, para a força magnética. Portanto o sistema gira para a direita.

b) Como a força magnética é diretamente proporcional à corrente elétrica, veja: $F = B \cdot i \cdot \ell \cdot \sin \theta$, basta aumentarmos a corrente para que uma maior força magnética atue, girando mais rapidamente o braço.

31. b

Força eletromotriz induzida:

$$\varepsilon_{\text{ind.}} = B \cdot \ell \cdot v \Rightarrow \varepsilon_{\text{ind.}} = 0,5 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \Rightarrow \varepsilon_{\text{ind.}} = 0,6 \text{ V}$$

Pela lei de Ohm, temos:

$$i_{\text{ind.}} = \frac{\varepsilon_{\text{ind.}}}{R} = \frac{0,6}{200} \Rightarrow i_{\text{ind.}} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

O deslocamento do lado CD faz aumentar o fluxo no inte-

rior da espira ABCD. Nesse caso, pela lei de Lenz, a corrente elétrica induzida deve gerar um campo magnético induzido apontando para dentro do plano da figura. Usando a regra da mão direita, podemos concluir que a corrente elétrica induzida deve circular no sentido horário.

32. b

$$\phi = B \cdot A \cdot \cos 60^\circ \Rightarrow \phi = 0,4 \cdot 0,30 \cdot 0,50 \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow \phi = 0,03 \text{ Wb}$$

Capítulo 4 – Ondas eletromagnéticas

Desenvolva

Professor, após a apresentação dos trabalhos, promova uma discussão ampla com a turma sobre o comportamento das ondas eletromagnéticas, na busca de velocidades e conectividades mais rápidas. Comente sobre os obstáculos a serem vencidos, fazendo conexões com os fenômenos da difração e interferência. Informações importantes sobre a chegada do 5G.

Essas informações podem ser obtidas no *link* sugerido: <www.tecmundo.com.br/5g/106782-5g-vem-ai-veja-mudancas-novas-velocidades-tudo-tecnologia.htm>. Acesso em: 12 abr. 2018.

E se fosse possível?

Professor, aproveite esse momento para enfatizar a presença dessas ondas em nossas vidas e o porquê de não visualizarmos elas de fato, mesmo que separadamente. Se pudéssemos visualizar todas essas ondas o cenário seria uma teia gigante, em que padrões de ondas diversos, estariam se misturando, interagindo, desviando de obstáculos rígidos e promovendo inúmeras interferências.

Contextualize

Professor, os meios de transmissão variam de acordo com a região do país em que vivemos. Se houver algum meio de transmissão que não exista na realidade dos alunos procure demonstrar esse meio por vídeos ou por fotos, enfatizando suas relações com as ondas eletromagnéticas.

Complementares

9. e

Evitar o contato físico é a forma mais eficiente.

10. a) $T = \frac{1}{f} \Rightarrow T = \frac{1}{10^{11}} \Rightarrow T = 10^{-11} \text{ s}$

b) $v = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{2 \cdot 10^8}{10^{11}} \Rightarrow \lambda = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

11. d

Em função das altas frequências e energias transportadas, a radiação X apresenta maior facilidade de penetração em tecidos moles que a luz visível.

12. c

O som emitido pelo despertador, assim como qualquer onda sonora, não se propaga no vácuo. Já a luz, exemplo de onda eletromagnética, propaga-se normalmente.

21. d

A propagação da luz ocorre por um campo elétrico e um magnético, perpendiculares entre si, sendo a direção de polarização a do campo elétrico.

22. Quando a fenda é grande, como na figura A, os efeitos de difração praticamente não existem. Isso provoca uma sombra com os contornos bem-definidos. No entanto, diminuindo-se o tamanho da fenda, como na figura B, os efeitos de difração passam a ser acentuados, e os contornos da sombra não são bem-definidos, pois o efeito “borrado” nas bordas aumenta.

23. a

Com a polarização, pelos filtros verticais, barra-se a polarização horizontal.

24. d

$$c = \lambda \cdot f$$

$$3 \cdot 10^8 = 1,15 \cdot 10^{-6} \cdot f$$

$$f = 3 \cdot 10^8 / 1,15 \cdot 10^{-6}$$

$$f = 2,6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Tarefa proposta

1. Young observou que a luz sofria o fenômeno de difração e isso é uma evidência do fenômeno ondulatório da luz.

2. e

- a) (F) Da ordem de 10^{14} Hz.
b) (F) Maior frequência.

3. A energia do *quantum* é diretamente proporcional à frequência da onda eletromagnética. Portanto, um aumento da frequência gera um aumento do *quantum* de energia.

4. b

As ondas propagam-se em todas as direções e são de natureza eletromagnética.

5. b

A lâmpada emite uma faixa de frequências de ondas que correspondem à luz visível que, por sua vez, tem frequência menor que a radiação ultravioleta necessária para a produção de melanina.

6. d

Podemos dizer que o que caracteriza a luz em sua propagação é sua frequência. Na transição para um meio com maior refração, a velocidade da luz será reduzida e, como consequência, seu comprimento de onda será menor.

7. a

Sendo $f_{uv} > f_v$ temos: $\lambda_{uv} < \lambda_v$

8. $E = h \cdot f$

$$E_{ver.} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 4,3 \cdot 10^{14} \Rightarrow E_{ver.} = 2,851 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_{vio.} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 7,5 \cdot 10^{14} \Rightarrow E_{vio.} = 4,973 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

9. b

(III) (F) Os diferentes tipos de tecidos são penetrados pelos raios X, de maneiras diferentes. Desta forma, é possível diferenciar os ossos de outros tecidos.

10. d

- I. (V) A velocidade das radiações no vácuo é de $3 \cdot 10^8$ m/s.
II. (V) Observar ilustração do espectro eletromagnético.
III. (F) Tais efeitos são produzidos pela radiação ultravioleta.

11. b

As regiões mais claras do filme, que representam a parte óssea do indivíduo, são as que receberam menos radiação eletromagnética. Isso ocorre devido ao fato de o cálcio, que compõe os ossos, absorver grande parte da radiação eletromagnética incidente, diferentemente de outros tipos de átomos.

12. e

Se a frequência dos celulares for próxima à frequência dos receptores de rádio da aeronave, mesmo com os filtros passa-baixa, que selecionam as frequências a serem decodificadas, pode ocorrer interferência.

13. Soma = 07 (01 + 02 + 04)

$$(02) (V) E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

$$(04) (V) f_{ultravioleta} > f_{visível} > f_{infravermelho} \rightarrow$$

$$\rightarrow E_{ultravioleta} > E_{visível} > E_{infravermelho}$$

(08) (F) Não se trata de refração, mas sim do fenômeno da difração.

(16) (F) Aumentando a vibração, temos uma aproximação das moléculas e, conseqüentemente, a energia transmitida pela onda permite uma propagação mais rápida.

14. a

Considerando que a velocidade de propagação é a mesma, temos: $\lambda_{(88)} \cdot f_{(88)} = \lambda_{(108)} \cdot f_{(108)}$

Sendo o comprimento de onda inversamente proporcional à frequência, a razão entre o maior e o menor comprimento de onda será dada por:

$$\frac{\lambda_{(88)}}{\lambda_{(108)}} = \frac{f_{(108)}}{f_{(88)}} = \frac{108}{88} \Rightarrow \frac{\lambda_{(88)}}{\lambda_{(108)}} = 1,2$$

15. d

$$\Delta f = \frac{2 \cdot u_r}{c} \cdot f_0 \Rightarrow u_r = \frac{\Delta f \cdot c}{2 \cdot f_0} \Rightarrow u_r = \frac{300 \cdot 3 \cdot 10^8}{2 \cdot 3000 \cdot 10^6} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u_r = 15 \text{ m/s} = 54 \text{ km/h}$$

16. a

De acordo com a observação no gráfico, temos que a energia potencial de ligação mínima é de $E_{\min.} = -6 \cdot 10^{-19}$ J. Quando a ligação é quebrada, a energia potencial cai a zero. Assim, temos:

$$E_{\min.} + h \cdot f = 0 \Rightarrow f = \frac{-E_{\min.}}{h} = \frac{-(-6 \cdot 10^{-19})}{6 \cdot 10^{-34}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f = 1 \cdot 10^{15} \text{ Hz.}$$

17. A luz visível e as radiações ultravioleta e infravermelho podem ser estudadas tanto com o telescópio Gemini quanto com o telescópio Hubble. A radiação em radiofrequências só pode ser estudada como radiotelescópio de Itapetinga, enquanto raios X, por causa da alta frequência, só podem ser estudados com o telescópio Chandra.

Tipo de radiação	Nº do telescópio
Luz visível	1 e 2
Ultravioleta	1 e 2
Raios X	3
Rádio	4
Infravermelho	1 e 2

18. d

Pelo gráfico, percebe-se que o olho é mais sensível à radiação de comprimento de onda 540 nm. Com a velocidade dada, temos:

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{3 \cdot 10^8}{540 \cdot 10^{-9}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f = 5,55 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

19. e

Pelo gráfico da figura 1, percebe-se que a maior intensidade de luz absorvida foi a luz de comprimento de onda próximo a 500 nm. Pelo gráfico da figura 2, encontra-se que esse comprimento de onda se refere à cor verde. Seguindo a instrução do enunciado, a cor do objeto é vermelha, pois se encontra ao lado oposto da cor verde na figura 2.

20. c

- II. (F) Velocidade e comprimento de onda se alteram. A frequência da onda não se altera durante a refração.
- IV. (F) Somente ondas transversais podem ser polarizadas e o som é uma onda longitudinal.

21. Sendo $I = K \cdot E^2$, temos:

$$\frac{I}{I_0} = \frac{E_V^2}{E_H^2 + E_V^2} \Rightarrow \frac{I}{I_0} = \frac{E_V^2}{(2 \cdot E_V)^2 + E_V^2}$$

$$\frac{I}{I_0} = \frac{1}{4 + 1} = \frac{1}{5} \Rightarrow \frac{I}{I_0} = 0,2 = 20\%$$

22. a

De acordo com a ilustração, temos uma exemplificação do experimento da fenda dupla de Young, onde são possíveis de se observar as franjas claras e escuras (interferências construtiva e destrutiva).

23. e

O experimento de Young permitiu que o comportamento ondulatório da luz fosse comprovado. Ao passar pelas fendas e a consequente formação de franjas clara e escuras, a luz caracterizaria dois fenômenos, a difração e a interferência.

24. e

- (F) O caráter corpuscular da luz é uma evidência do efeito fotoelétrico.
- (F) É o caráter ondulatório da luz caracterizado pelos fenômenos de difração e interferência.

25. b

Calculando os comprimentos de onda para as frequências do micro-ondas e do rádio, temos:

$$\text{Micro-ondas: } f_{\text{Micro}} \approx 10^9 \text{ Hz} \Rightarrow \lambda_{\text{Micro}} \approx \frac{3 \cdot 10^8}{10^9} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \lambda_{\text{Micro}} = 0,3 \text{ m} = 30 \text{ cm.}$$

$$\text{Rádio: } f_{\text{Rádio}} \approx 10^6 \text{ Hz} \Rightarrow f_{\text{Rádio}} \approx \frac{3 \cdot 10^8}{10^6} \Rightarrow \lambda_{\text{rádio}} \approx 300 \text{ m.}$$

Podemos destacar a difração, que é a capacidade das ondas de rádio de contornar obstáculos (árvores, edifícios ou pequenos montes), cuja ordem de grandeza é próxima à da fenda.

26. a

O fenômeno retratado nas imagens é a difração, que ocorre quando uma onda contorna um obstáculo ou passa por uma fenda, ambos de tamanho próximo ao seu comprimento de onda. Esse mesmo fenômeno está exemplificado na situação descrita, em que um menino, escondido atrás do muro não vê seus amigos, mas os pode escutar.

27. b

Combinando a lei de Planck com a equação fundamental da ondulatória, temos:

$$E = h \cdot f$$

$$v = \lambda \cdot f$$

$$E = h \cdot \frac{v}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot v}{E}$$

Assim, podemos encontrar o comprimento de onda.

$$\lambda = \frac{h \cdot v}{E} \Rightarrow \lambda = \frac{4,136 \cdot 10^{-15} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,7} \Rightarrow \lambda = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

28. a) Calculando o comprimento de onda, temos:

$$c = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{0,6 \cdot 10^{15}} \Rightarrow \lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

b) A energia do pulso será dada por:

$$E = P \cdot \Delta t = 10^{15} \cdot 30 \cdot 10^{-15} \Rightarrow E = 30 \text{ J}$$

c) Tempo de permanência acesa:

$$E = P_L \cdot \Delta t_L \Rightarrow \Delta t_L = \frac{E}{P_L} = \frac{30}{3} \Rightarrow \Delta t_L = 10 \text{ s}$$

d) Número de fótons:

$$E = N \cdot h \cdot f \Rightarrow N = \frac{E}{h \cdot f} = \frac{30}{6 \cdot 10^{-34} \cdot 0,6 \cdot 10^{15}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N = 8,3 \cdot 10^{19} \text{ fótons.}$$

29. b

De acordo com o padrão de interferência da figura 2, temos ajustada para interferência construtiva:

$$d = \frac{\lambda \cdot D}{\Delta x} \Rightarrow d = \frac{650 \cdot 10^{-9} \cdot 2}{1 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow d = 130 \cdot 10^{-6} = 130 \mu\text{m}$$

30. a

Para que se possa observar a difração, a largura da fenda deve ter, aproximadamente, a mesma ordem de grandeza do comprimento de onda. Portanto:

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,5 \cdot 10^{15}} \Rightarrow \lambda = 2 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 0,2 \mu\text{m}$$

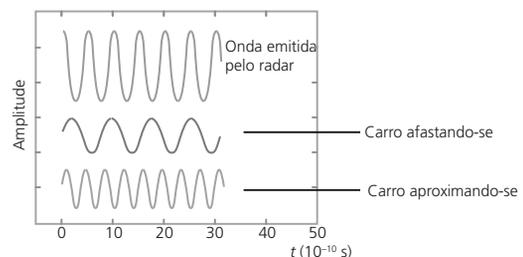
31. a) De acordo com a figura II, a onda emitida pelo radar tem seis períodos completos em $30 \cdot 10^{-10} \text{ s}$ e utilizando, para essa onda, a velocidade de $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, temos:

$$T = \frac{30 \cdot 10^{-10}}{6} = 5 \cdot 10^{-10} \text{ s}$$

$$v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow \lambda = v \cdot T = 3 \cdot 10^8 \cdot 5 \cdot 10^{-10} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \lambda = 0,15 \text{ m}$$

b) Graças ao efeito Doppler-Fizeau, quando o carro se aproxima do radar, a frequência aparente é maior que a refletida e, quando se afasta, é menor. Portanto:



32. b

De acordo com o efeito Doppler-Fizeau, quando a fonte se afasta do receptor, a onda recebida por este tem, aparentemente, uma frequência menor.