

Física

2019

Agosto



Este conteúdo pertence ao Descomplica. Está vedada a cópia ou a reprodução não autorizada previamente e por escrito. Todos os direitos reservados.

Associação de resistores

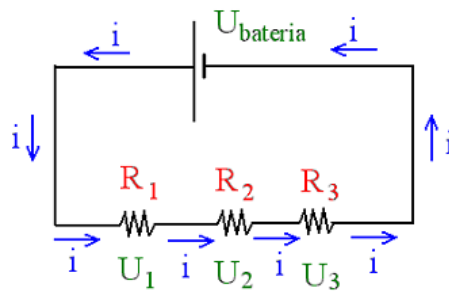
Quer ver esse material pelo Dex? Clica [aqui](#).

Resumo

Associação de Resistores

Série

- Resistores percorridos pela mesma corrente;
- A diferença de potencial do circuito (ddp) é a soma das ddp's individuais de cada resistor.
- A resistência equivalente é a soma das resistências individuais.
- É um circuito com elementos dependentes. Caso um falhe o sistema para de funcionar.

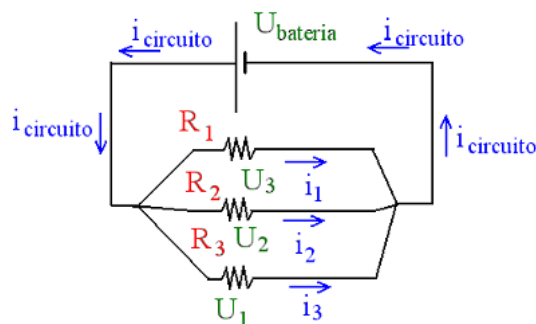


$$R_{Eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$U_{bateria} = U_1 + U_2 + U_3$$

Paralelo

- Resistores submetidos a mesma diferença de potencial;
- A soma das intensidades de corrente que chegam no nó é igual a soma das intensidades de corrente que saem do nó.
- O inverso da resistência equivalente é a soma dos inversos das resistências individuais.
- É um circuito independente. Mesmo com a falha de um elemento, os outros podem continuar funcionando.



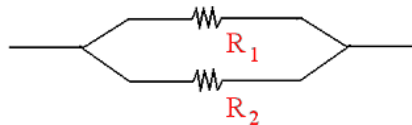
$$U_{\text{bateria}} = U_1 = U_2 = U_3$$

$$i_{\text{circuito}} = i_1 + i_2 + i_3$$

$$\frac{1}{R_{\text{Eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Obs.: Alguns casos são comuns na associação em paralelo.

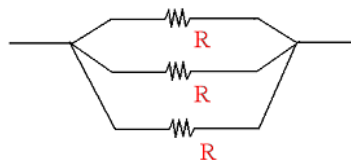
- Associação com apenas 2 resistores: o resultado do M.M.C fornece a fórmula do produto sobre a soma (bastante prática).



Par de resistores

$$R_{\text{equivalente}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

- Para associação de resistores iguais, deve-se dividir o valor do resistor pelo número de resistores presentes no circuito.



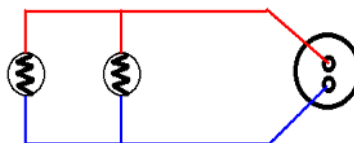
resistores iguais

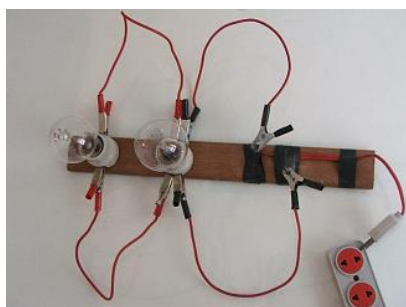
$$R_{\text{equivalente}} = \frac{R}{n}$$

onde n é o número de resistores

Um detalhe sobre associações:

- Lâmpadas em paralelo e em série
Lâmpadas em paralelo recebem a mesma ddp.

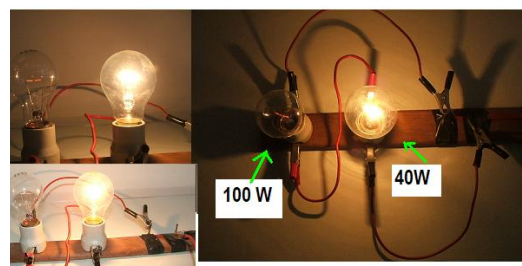
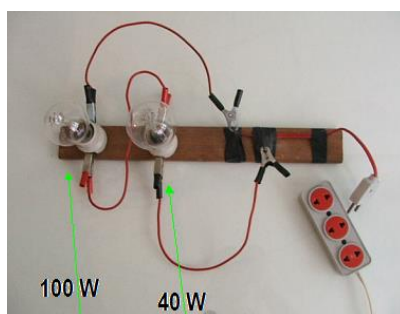
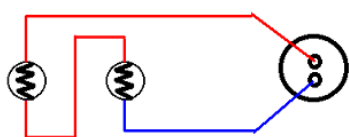




Observe a associação: a lâmpada da esquerda é de 100 W (brilho maior) e a da direita 40 W (brilho menor). Cada lâmpada está com um brilho que corresponde ao funcionamento normal.

Lâmpadas em série

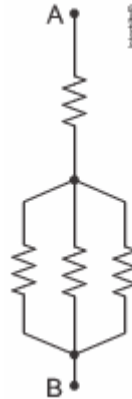
A colocação de lâmpadas em série acarreta mais problemas do que parece. Quando uma lâmpada apaga, todas apagam. Este não é o maior problema. A associação em série provoca um aumento na resistência equivalente que diminui muito a corrente do circuito. Observe:



Observe que a lâmpada de 100W está com menor brilho (filamento incandescente), enquanto que a lâmpada de 40W consegue um brilho razoável.

Exercícios

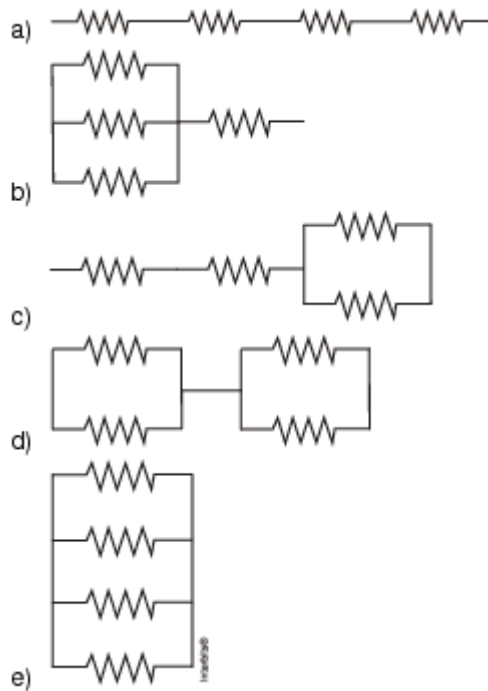
1. Quatro resistores, todos de mesma resistência elétrica R , são associados entre os pontos A e B de um circuito elétrico, conforme a configuração indicada na figura.



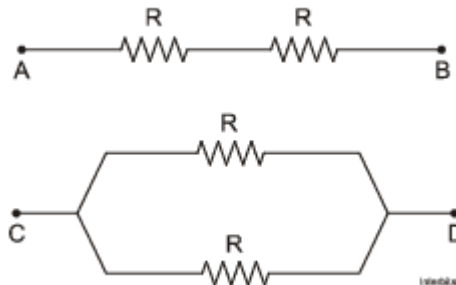
A resistência elétrica equivalente entre os pontos A e B é igual a:

- a) $R/4$
 - b) $3R/4$
 - c) $4R/3$
 - d) $4R$
 - e) $12R$
2. Um circuito tem 3 resistores idênticos, dois deles colocados em paralelo entre si, e ligados em série com o terceiro resistor e com uma fonte de 12 V. A corrente que passa pela fonte é de 5 mA. Qual é a resistência de cada resistor, em $k\Omega$?
- a) 0,60
 - b) 0,80
 - c) 1,2
 - d) 1,6
 - e) 2,4

3. Uma associação de quatro resistores idênticos e que fornece uma resistência equivalente igual a R está corretamente representada por:



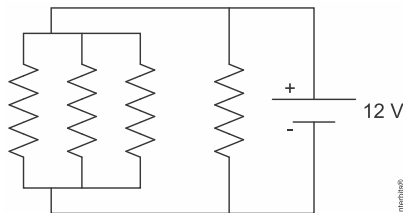
4. Na figura estão representadas duas associações de resistores.



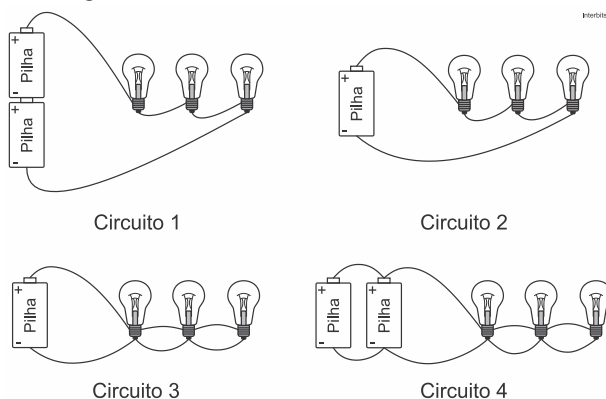
Considere que, aplicando-se uma tensão de 60 V nos seus terminais, a diferença entre as correntes totais que percorrem seja igual a 9 A. Sendo assim, o valor de R é igual a

- a) 2Ω
 b) 5Ω
 c) 8Ω
 d) 10Ω
 e) 12Ω

5. Quatro resistores idênticos, de resistência R , estão ligados a uma bateria de 12 V . Pela bateria, flui uma corrente $I = 12\text{ mA}$. A resistência R de cada resistor, em $\text{k}\Omega$, é



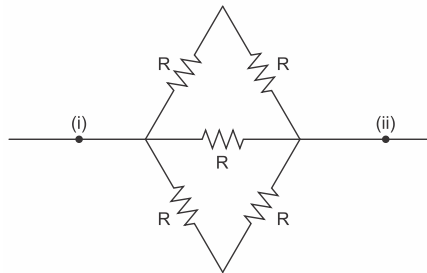
- a) 4
b) 1
c) $3/4$
d) $5/3$
e) $1/4$
6. Um professor de Física elaborou quatro circuitos, utilizando pilhas idênticas e ideais e lâmpadas idênticas e ideais, conforme a figura.



Considere a tensão de cada pilha V e a resistência de cada lâmpada R . Depois, fez algumas afirmações sobre os circuitos. Analise-as.

- I. A corrente elétrica total que percorre o circuito 1 é de mesma intensidade que a corrente elétrica total que percorre o circuito 4.
 - II. A corrente elétrica total que percorre o circuito 3 é de mesma intensidade que a corrente elétrica total que percorre o circuito 4.
 - III. A corrente elétrica que atravessa uma das lâmpadas do circuito 3 tem o triplo da intensidade da corrente elétrica que atravessa uma lâmpada do circuito 2.
 - IV. A tensão sobre uma das lâmpadas do circuito 1 é maior que a tensão sobre uma das lâmpadas do circuito 4. **Todas** as afirmativas estão **corretas** em:
- a) II – III
b) I – II
c) I – II – III
d) II – III – IV
e) I – III

7. A diferença de potencial entre os pontos (i) e (ii) do circuito abaixo é V .

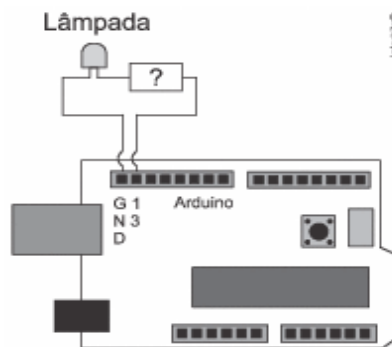


Considerando que todos os cinco resistores têm resistência elétrica R , a potência total por eles dissipada é

- $2V^2/R$.
 - $V^2/(2R)$.
 - $V^2/(5R)$.
 - $4V^2/R^2$.
 - $V^2/(4R^2)$.
8. Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto, baseada em hardware e software, fáceis de usar. Você pode informar o que deseja fazer, enviando um conjunto de instruções para o microcontrolador na placa. (...) Ao longo dos anos, tem sido o cérebro de milhares de projetos desde objetos comuns até instrumentos científicos complexos, que envolvem automação, medição e controle.

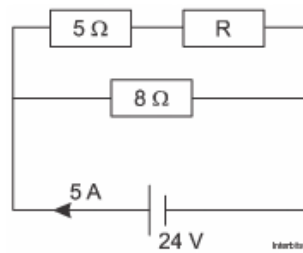
Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>, acessado e adaptado em: 16 de julho de 2017.

A figura ao lado representa a montagem de um circuito Arduino, que faz uma pequena lâmpada acender. O circuito consiste em uma fonte de tensão contínua, configurada para fornecer 3,0 V entre as portas 13 e GND do Arduino, uma lâmpada em série com uma configuração de resistores desconhecida. Sabendo que a lâmpada precisa de uma tensão de 2,0 V e de uma corrente de 0,02 A entre seus terminais, qual deverá ser a configuração de resistências utilizada para acender a lâmpada?



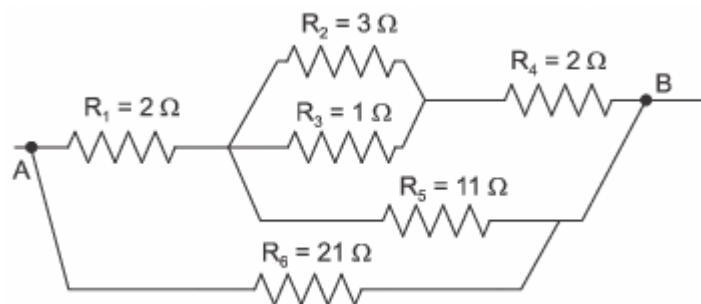
- Um resistor de $20\ \Omega$
- Dois resistores de $25\ \Omega$ em série.
- Dois resistores de $30\ \Omega$ em série.
- Três resistores de 10, 20 e $30\ \Omega$ em paralelo.
- Três resistores de $30\ \Omega$ em paralelo.

9. O circuito elétrico representado abaixo é composto por fios e baterias ideais.



Com base nas informações, qual o valor da resistência R indicada?

- a) $5\ \Omega$
 - b) $6\ \Omega$
 - c) $7\ \Omega$
 - d) $8\ \Omega$
 - e) $9\ \Omega$
10. A figura a seguir representa o esquema das resistências elétricas de um certo aparelho, no qual o valor de cada resistência está indicado.



Sabendo-se que a corrente elétrica, na resistência $R_2 = 3\ \Omega$ é de $i_2 = 1\text{ A}$, pode-se afirmar que a potência elétrica dissipada no resistor R_1 , em watts, é de

- a) 20
- b) 30
- c) 40
- d) 50
- e) 60

Gabarito

1. C

$$R_{eq} = \frac{R}{3} + R \Rightarrow R_{eq} = \frac{4R}{3}.$$

2. D

O resistor equivalente para o circuito será:

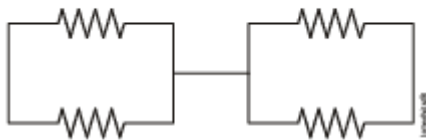
$$R_{eq} = \frac{R}{2} + R \therefore R_{eq} = \frac{3R}{2}$$

Assim, com o auxílio da Primeira Lei de Ohm, determinamos o valor de cada resistência.

$$U = Ri \Rightarrow 12V = \frac{3R}{2} \cdot 5mA \Rightarrow R = \frac{12V \times 2}{3 \times 5mA} \therefore R = 1,6k\Omega$$

3. D

Para a associação abaixo:



$$R_{eq} = \frac{R}{2} + \frac{R}{2} = \frac{2R}{2} \Rightarrow R_{eq} = R.$$

4. D

Seja i_1 a corrente total na associação série e i_2 a corrente total na associação paralelo, aplicando a 1ª lei de Ohm às duas associações, temos:

Dados: $U = 60V$; $i_2 - i_1 = 9A$.

$$\begin{cases} U = 2Ri_1 & (I) \\ U = \frac{R}{2}i_2 & (II) \end{cases} \Rightarrow \frac{R}{2}i_2 = 2Ri_1 \Rightarrow i_2 = 4i_1.$$

$$i_2 - i_1 = 9 \Rightarrow 4i_1 - i_1 = 9 \Rightarrow 3i_1 = 9 \Rightarrow i_1 = 3A.$$

Voltando em (I):

$$U = 2Ri_1 \Rightarrow 60 = 2 \cdot R \cdot 3 \Rightarrow R = \frac{60}{6} \Rightarrow$$

$$R = 10\Omega.$$

5. A

Usando a Primeira Lei de Ohm no circuito, com os dados, obtemos o valor do resistor equivalente do circuito.

$$U = R_{eq} \cdot i \Rightarrow R_{eq} = \frac{U}{i} \Rightarrow R_{eq} = \frac{12 \text{ V}}{12 \text{ mA}} \therefore R_{eq} = 1 \text{ k}\Omega$$

Observando o circuito, todos os resistores estão associados em paralelo, ou seja, a resistência equivalente foi dividida por quatro, então cada resistor será de:

$$R_{eq} = \frac{R}{4} \Rightarrow R = 4 \cdot R_{eq} \therefore \boxed{R = 4 \text{ k}\Omega}$$

6. A

No circuito 1, com as lâmpadas em série, a tensão e resistência equivalentes do circuito serão iguais respectivamente a $2V$ e $3R$. Cada lâmpada estará sujeita a uma tensão de $\frac{2V}{3}$ e corrente igual a

$$2V = 3R \cdot i_1 \Rightarrow i_1 = \frac{2V}{3R} \text{ . Da mesma forma, para os demais circuitos, teremos:}$$

Circuito 2:

Corrente do circuito:

$$V = 3R \cdot i_2 \Rightarrow i_2 = \frac{1V}{3R}$$

Corrente e tensão sobre cada lâmpada:

$$\frac{1V}{3R} \text{ e } \frac{V}{3}$$

Circuito 3:

Corrente do circuito:

$$V = \frac{R}{3} \cdot i_3 \Rightarrow i_3 = \frac{3V}{R}$$

Corrente e tensão sobre cada lâmpada:

$$\frac{V}{R} \text{ e } V$$

Circuito 4:

Corrente do circuito:

$$V = \frac{R}{3} \cdot i_4 \Rightarrow i_4 = \frac{3V}{R}$$

Corrente e tensão sobre cada lâmpada:

$$\frac{V}{R} \text{ e } V$$

Dessa forma, as únicas afirmativas corretas são a [II] e a [III].

7. A

Cálculo da resistência equivalente:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{2R} \therefore R_{eq} = \frac{R}{2}$$

Cálculo da potência dissipada: $P = V^2/R \Rightarrow P = V^2/R/2 \therefore P = 2V^2/R$

8. B

Dados: $U = 3,0$; $U_L = 2,0 \text{ V}$; $i = 0,02 \text{ A}$.

Como a lâmpada está em série com a configuração de resistores, a tensão no conjunto é igual à soma das tensões.

$$U = U_L + U_R \Rightarrow U = U_L + R_{eq} i \Rightarrow 3 = 2 + R_{eq} 0,02 \Rightarrow R_{eq} = \frac{1}{0,02} \Rightarrow R_{eq} = 50 \Omega$$

Das propostas apresentadas, só se obtém uma associação de resistores de resistência equivalente igual ao valor calculado, ligando-se, em série, dois resistores de 25Ω .

9. C

Usando a primeira Lei de Ohm, obtemos a resistência equivalente do circuito:

$$U = R_{eq} \cdot i \Rightarrow R_{eq} = \frac{U}{i} \Rightarrow R_{eq} = \frac{24 \text{ V}}{5 \text{ A}} \therefore R_{eq} = 4,8 \Omega$$

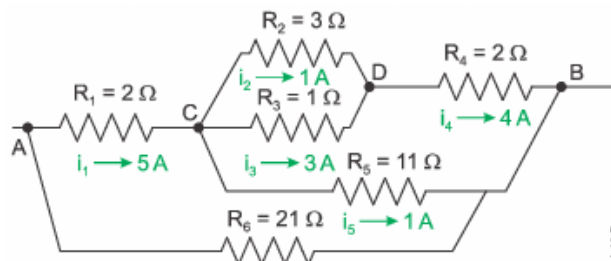
Observando o circuito temos em série os resistores R e de 5Ω e em paralelo com o resistor de 8Ω .

Assim,

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{eq}} &= \frac{1}{8 \Omega} + \frac{1}{R + 5 \Omega} \Rightarrow \frac{1}{4,8 \Omega} - \frac{1}{8 \Omega} = \frac{1}{R + 5 \Omega} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{8 \Omega - 4,8 \Omega}{4,8 \Omega \cdot 8 \Omega} &= \frac{1}{R + 5 \Omega} \Rightarrow \frac{3,2 \Omega}{38,4 \Omega^2} = \frac{1}{R + 5 \Omega} \Rightarrow \\ \Rightarrow R + 5 \Omega &= 12 \Omega \therefore R = 7 \Omega \end{aligned}$$

10. D

A figura mostra as correntes relevantes para a resolução da questão. Os respectivos cálculos estão a seguir.



Trecho CD, em paralelo (mesma tensão):

$$R_2 i_2 = R_3 i_3 \Rightarrow 3 \cdot 1 = 1 i_3 \Rightarrow i_3 = 3 \text{ A.}$$

Trecho CB, ramo superior:

$$i_4 = i_2 + i_3 = 1 + 3 \Rightarrow i_4 = 4 \text{ A.}$$

$$R_{234} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_4 = \frac{3 \times 1}{3 + 1} + 2 \Rightarrow R_{234} = \frac{3}{4} + 2 \Rightarrow R_{234} = \frac{11}{4} \Omega.$$

Os dois ramos estão sob mesma tensão:

$$R_{234} i_4 = R_5 i_5 \Rightarrow \frac{11}{4} \cdot 4 = 11 i_5 \Rightarrow i_5 = 1 \text{ A.}$$

Trecho AB, ramos superior:

$$i_1 = i_4 + i_5 = 4 + 1 \Rightarrow i_1 = 5 \text{ A.}$$

A potência dissipada em R_1 é:

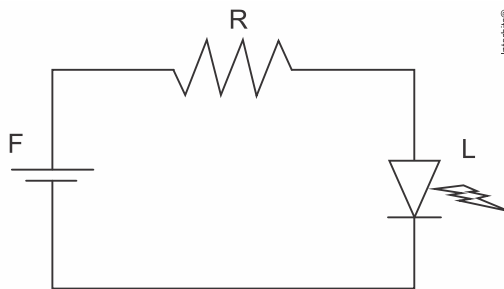
$$P = R_1 i_1^2 = 2 \cdot 5^2 \Rightarrow \boxed{P = 50 \text{ W.}}$$

Exercícios sobre associação de resistores

Quer ver esse material pelo Dex? Clica [aqui](#).

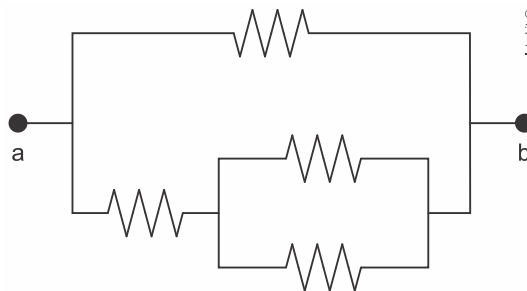
Exercícios

1. Atualmente são usados LEDs (*Light Emitting Diode*) na iluminação doméstica. LEDs são dispositivos semicondutores que conduzem a corrente elétrica apenas em um sentido. Na figura, há um circuito de alimentação de um LED (L) de 8 W, que opera com 4 V, sendo alimentado por uma fonte (F) de 6 V.



O valor da resistência do resistor (R), em Ω , necessário para que o LED opere com seus valores nominais é, aproximadamente,

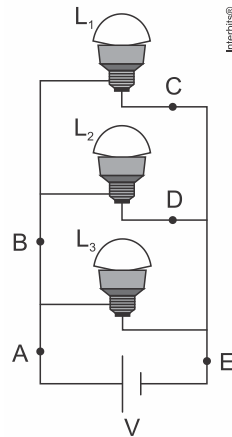
- a) 1,0.
 - b) 2,0.
 - c) 3,0.
 - d) 4,0.
 - e) 5,0.
2. A imagem abaixo ilustra a associação de resistores em um circuito misto.



Considerando que todos os resistores possuem a mesma resistência elétrica R, a resistência equivalente da associação é igual a

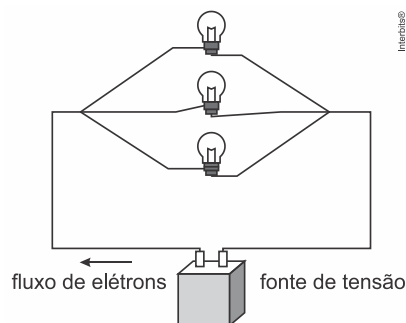
- a) R
- b) 4R
- c) $3R/5$
- d) $4R/3$
- e) $5R/3$

3. Três lâmpadas idênticas foram ligadas no circuito esquematizado. A bateria apresenta resistência interna desprezível, e os fios possuem resistência nula. Um técnico fez uma análise do circuito para prever a corrente elétrica nos pontos: A, B, C, D e E; e rotulou essas correntes de I_A , I_B , I_C , I_D e I_E , respectivamente.



O técnico concluiu que as correntes que apresentam o mesmo valor são

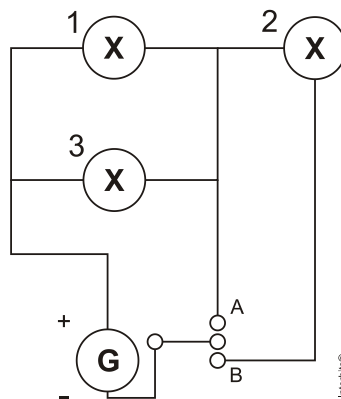
- $I_A = I_E$ e $I_C = I_D$.
 - $I_A = I_B = I_E$ e $I_C = I_D$.
 - $I_A = I_B$, apenas.
 - $I_A = I_B = I_E$, apenas.
 - $I_C = I_D$, apenas.
4. Numa instalação elétrica de um escritório, são colocadas 3 lâmpadas idênticas em paralelo conectadas a uma fonte de tensão.



Se uma das lâmpadas queimar, o que acontecerá com a corrente nas outras lâmpadas?

- Aumentará por um fator 1,5.
- Aumentará por um fator 2.
- Diminuirá por um fator 1,5.
- Diminuirá por um fator 2.
- Permanecerá a mesma.

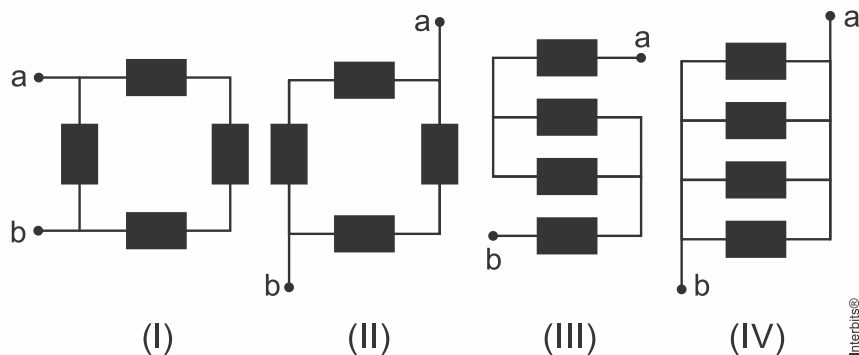
5. Um sistema de iluminação foi construído com um circuito de três lâmpadas iguais conectadas a um gerador (G) de tensão constante. Esse gerador possui uma chave que pode ser ligada nas posições A ou B.



Considerando o funcionamento do circuito dado, a lâmpada 1 brilhará mais quando a chave estiver na posição

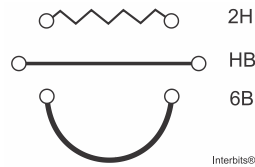
- a) B, pois a corrente será maior nesse caso.
 - b) B, pois a potência total será maior nesse caso.
 - c) A, pois a resistência equivalente será menor nesse caso.
 - d) B, pois o gerador fornecerá uma maior tensão nesse caso.
 - e) A, pois a potência dissipada pelo gerador será menor nesse caso.
6. Considere um ferro elétrico de passar roupas. De modo simplificado, ele pode ser tratado como um resistor ligado a uma fonte de tensão. Há também no circuito os condutores que conectam o ferro de passar à tomada. Como não se trata de cabos feitos de material supercondutor, há também a resistência do cabo. Do ponto de vista prático, é como se as resistências do ferro e da cabo fossem ligadas em série à fonte de tensão.
- Para geração de calor do ferro com maior eficiência, é recomendável que a resistência do cabo seja:
- a) muito maior do que a resistência elétrica do ferro de passar.
 - b) proporcional à corrente elétrica na rede.
 - c) proporcional à tensão elétrica na rede.
 - d) muito menor do que a resistência elétrica do ferro de passar.
 - e) desprezível.

7. Os seguintes circuitos elétricos têm as mesmas resistências valendo cada uma R . Afirma-se que os circuitos que tem entre os pontos a e b a menor e a maior resistência equivalente são, respectivamente, os seguintes circuitos:

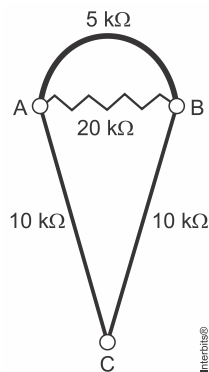


- a) (I) e (II)
- b) (III) e (IV)
- c) (IV) e (III)
- d) (III) e (II)
- e) (II) e (IV)

8. Por apresentar significativa resistividade elétrica, o grafite pode ser utilizado para simular resistores elétricos em circuitos desenhados no papel, com o uso de lápis e lapiseiras. Dependendo da espessura e do comprimento das linhas desenhadas, é possível determinar a resistência elétrica de cada traçado produzido. No esquema foram utilizados três tipos de lápis diferentes (2H, HB e 6B) para efetuar três traçados distintos.



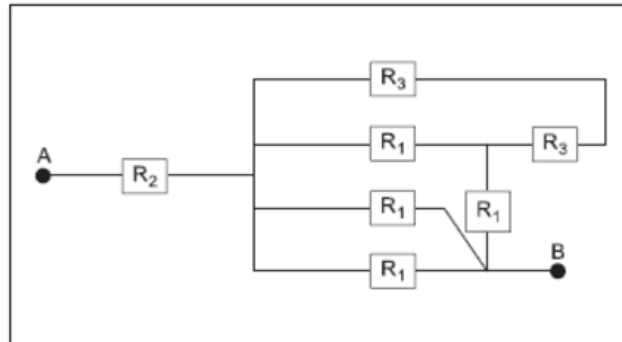
Munida dessas informações, um estudante pegou uma folha de papel e fez o desenho de um sorvete de casquinha utilizando-se desses traçados. Os valores encontrados nesse experimento, para as resistências elétricas (R), medidas com o auxílio de um ohmímetro ligado nas extremidades das resistências, são mostrados na figura. Verificou-se que os resistores obedeciam a Lei de Ohm.



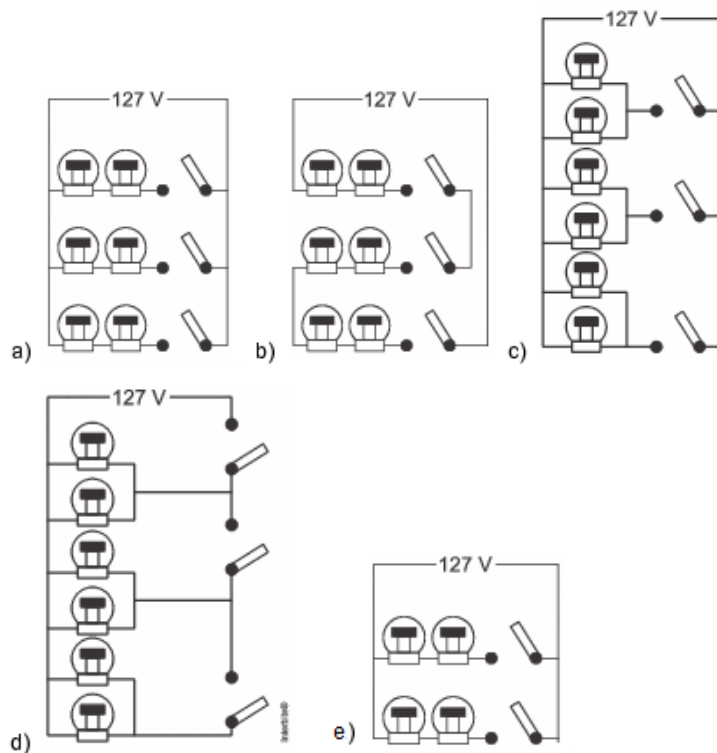
Na sequência, conectou o ohmímetro nos terminais A e B do desenho e, em seguida, conectou-o nos terminais B e C, anotando as leituras R_{AB} e R_{BC} , respectivamente. Ao estabelecer a razão $\frac{R_{AB}}{R_{BC}}$ qual resultado o estudante obteve?

- a) 1
- b) $\frac{4}{7}$
- c) $\frac{10}{27}$
- d) $\frac{14}{81}$
- e) $\frac{4}{81}$

9. No circuito elétrico da figura, os vários elementos têm **resistência** R_1 , R_2 , R_3 conforme indicado. Sabendo que $R_3 = R_1/2$, para que a resistência equivalente entre os pontos A e B da associação da figura seja igual a $2R_2$ a razão R_2/R_1 deve ser de:



- a) $3/8$
 b) $8/3$
 c) $5/8$
 d) $8/5$
 e) 1
10. Em uma sala de aula, há seis lâmpadas ligadas a três interruptores. As lâmpadas estão associadas de forma que, caso alguma delas queime, as outras continuem funcionando normalmente. Para que cada interruptor acenda e apague duas lâmpadas, a representação abaixo que indica a maneira correta de ligarem os interruptores e as lâmpadas é



Gabarito

1. A

Dados: $P_L = 8 \text{ W}$; $U_L = 4 \text{ V}$; $E = 6 \text{ V}$.

Calculando a corrente de operação do LED:

$$P_L = U_L i \Rightarrow 8 = 4 i \Rightarrow i = 2 \text{ A.}$$

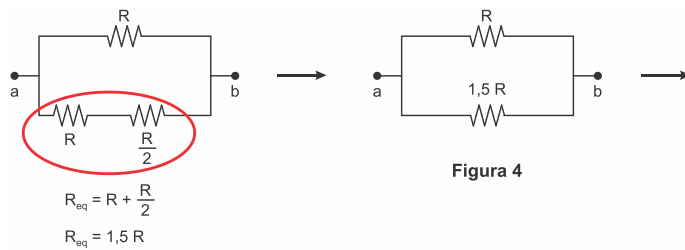
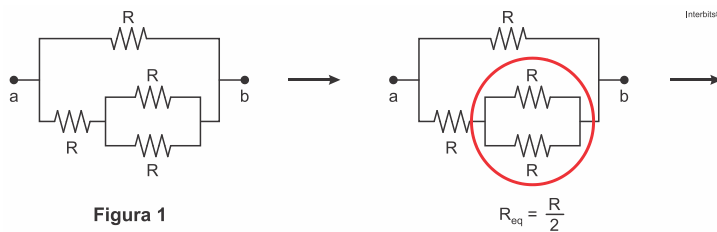
A tensão elétrica no resistor é:

$$U_R = E - U_L = 6 - 4 \Rightarrow U_R = 2 \text{ V.}$$

Aplicando a 1ª Lei de Ohm:

$$U_R = R i \Rightarrow R = \frac{U_R}{i} = \frac{2}{2} \Rightarrow R = 1 \Omega.$$

2. C



Quando o circuito está em série utilizamos a fórmula: $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$

E quando o circuito está em paralelo usamos a fórmula: $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$

Quando o circuito está em paralelo e todas as resistências são iguais, usamos essa fórmula: $R_{eq} = \frac{R}{n}$, onde n é o número de resistores.

Figura 2:

$$R_{eq} = \frac{R}{n} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R}{2}$$

Figura 3:

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

$$R_{eq} = R + \frac{R}{2}$$

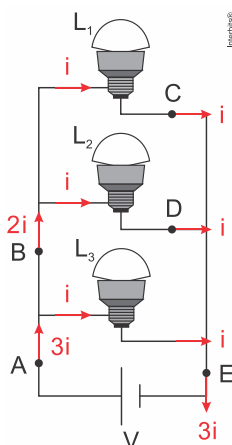
$$R_{eq} = 1,5 R \quad \text{ou} \quad R_{eq} = \frac{3}{2} R$$

Figura 4:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{1,5R} \Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{3/2 \cdot R} \Rightarrow R_{eq} = \frac{3R}{5}$$

3. A

As três lâmpadas estão em paralelo. Como são idênticas, são percorridas pela mesma corrente, i . A figura mostra a intensidade da corrente elétrica em cada lâmpada e nos pontos destacados.



De acordo com a figura:

$$I_A = 3i; I_B = 2i; I_C = i; I_D = i \text{ e } I_E = 3i.$$

Portanto:

$$I_A = I_E \text{ e } I_C = I_D.$$

4. E

A quantidade de corrente que passa em cada lâmpada permanecerá a mesma, pois em um circuito em paralelo, com todas as lâmpadas possuindo a mesma resistência, a quantidade de corrente em cada lâmpada sempre será a mesma. O que acontecerá é que o gerador vai precisar enviar menos corrente elétrica e, conseqüentemente, o dono do escritório irá pagar uma conta de luz menor (caso ele não troque a lâmpada).

5. C

O brilho de uma lâmpada depende da sua potência. A lâmpada de maior potência apresenta brilho mais intenso.

Com a chave na posição A, as lâmpadas 1 e 3 ficam ligadas em paralelo e a lâmpada 2 não acende; sendo R a resistência de cada lâmpada, a resistência equivalente é $R_A = \frac{R}{2}$.

A potência dissipada na lâmpada 1 (P_{1A}) é metade da potência dissipada na associação (P_A). Se a tensão fornecida pelo gerador é U, temos:

$$P_A = \frac{U^2}{R_A} = \frac{U^2}{R/2} \Rightarrow P_A = \frac{2U^2}{R}.$$

$$P_{1A} = \frac{P_A}{2} \Rightarrow P_{1A} = \frac{U^2}{R}.$$

Com a chave na posição B, as lâmpadas 1 e 3 continuam em paralelo e em série com a lâmpada 2.

A resistência equivalente (R_B), a corrente total (I), a corrente na lâmpada 1 (i_{1B}) e a potência dissipada na lâmpada 1 (P_{1B}) são:

$$\left\{ \begin{array}{l} R_B = \frac{R}{2} + R \Rightarrow R_B = \frac{3R}{2}. \\ I = \frac{U}{\frac{3R}{2}} = \frac{2U}{3R}. \\ i_{1B} = \frac{I}{2} = \frac{U}{3R}. \\ P_{1B} = R i_{1B}^2 = R \frac{U^2}{9R^2} \Rightarrow P_{1B} = \frac{U^2}{9R}. \end{array} \right.$$

Assim:

$$R_A < R_B \Rightarrow P_{1A} > P_{1B}.$$

Assim, a lâmpada 1 brilhará mais quando a chave estiver em A.

6. D

Para que o aquecimento por Efeito Joule ocorra prioritariamente no ferro, este deve ter uma resistência muito maior do que a do cabo.

7. C

Cálculos das resistências equivalentes:

[I] 3 resistores em série ligados em paralelo com outro: $R_{eq} = \frac{3R \cdot R}{3R + R} = \frac{3R}{4}$

[II] Ligação em paralelo onde cada ramo tem dois resistores em série: $R_{eq} = \frac{2R}{2} = R$

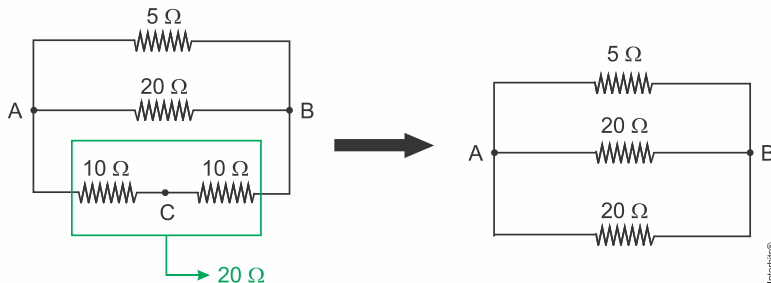
[III] 2 resistores em paralelo ligados com outros 2 resistores em série: $R_{eq} = \frac{R}{2} + 2R = \frac{5R}{2}$

[IV] Todos os resistores ligados em paralelo: $R_{eq} = \frac{R}{4}$

Portanto, a menor R_{eq} é da afirmativa [IV] e a maior é da afirmativa [III].

8. B

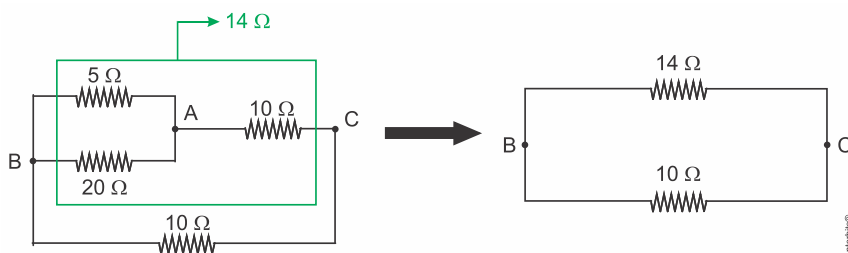
Esquemmatizando a 1ª situação proposta e fazendo as simplificações:



A resistência equivalente nessa situação 1 é:

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{5} + \frac{1}{20} + \frac{1}{20} = \frac{4+1+1}{20} = \frac{6}{20} = \frac{3}{10} \Rightarrow R_{AB} = \frac{10}{3} \Omega.$$

Esquemmatizando a 2ª situação proposta e fazendo as simplificações:



No ramo superior da figura acima a resistência equivalente é:

$$R_{BC1} = \frac{20 \cdot 5}{25} + 10 = 4 + 10 \Rightarrow R_{BC1} = 14 \Omega.$$

A resistência equivalente na situação 2 é:

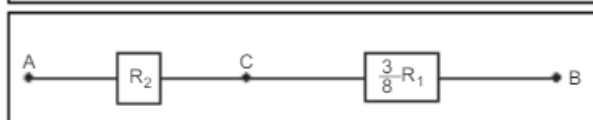
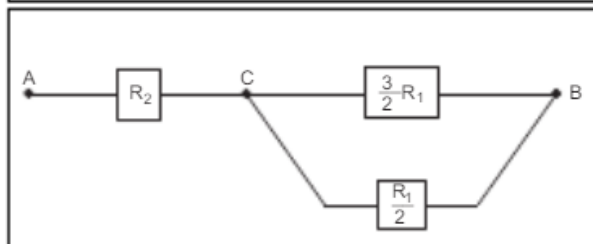
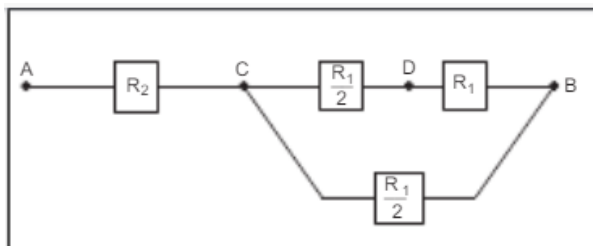
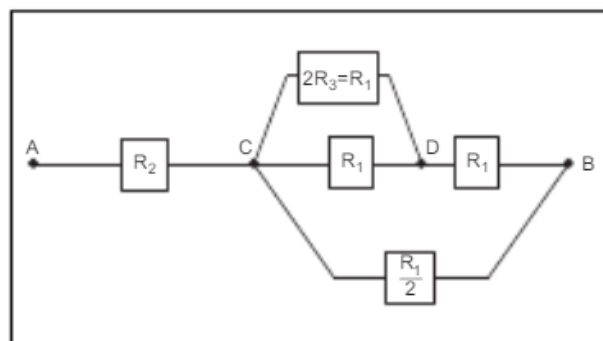
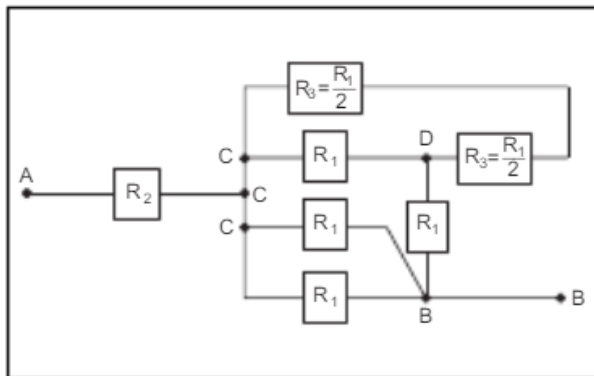
$$R_{BC} = \frac{14 \cdot 10}{24} = \frac{140}{24} \Rightarrow R_{BC} = \frac{35}{6} \Omega.$$

Fazendo a razão pedida:

$$\frac{R_{AB}}{R_{BC}} = \frac{\frac{10}{3}}{\frac{35}{6}} = \frac{10}{3} \times \frac{6}{35} = \frac{20}{35} \Rightarrow \boxed{\frac{R_{AB}}{R_{BC}} = \frac{4}{7}}.$$

9. A

Redesenhando, temos que:



Para que $R_{eq\ A, B} = 2R_2$, temos que:

$$R_2 = 3R_1/8 \rightarrow R_2/R_1 = 3/8$$

10. C

Para que cada interruptor acenda duas lâmpadas cada, sem desligar alguma, caso uma delas queime é necessário que a ligação entre elas seja em paralelo como aparecem nas alternativas [C] e [D], porém na alternativa [D] temos dois interruptores ligando quatro lâmpadas. Assim, a resposta correta é [C].

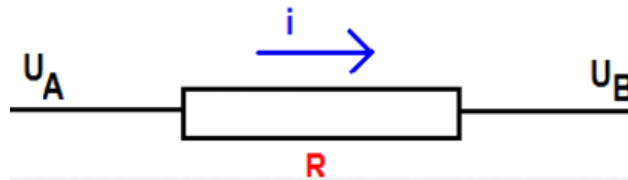
Curto-circuito (medidores elétricos)

Quer ver esse material pelo Dex? Clique [aqui](#).

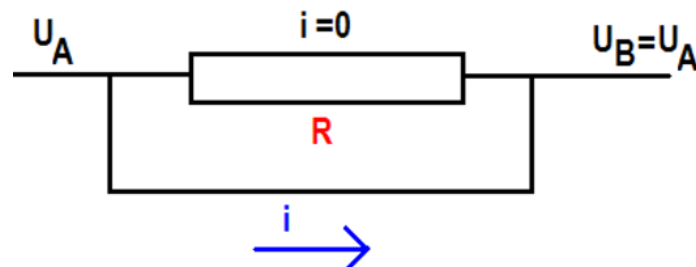
Resumo

“Um curto-circuito ocorre quando a resistência elétrica em um circuito é muito pequena e a corrente elétrica que o atravessa atinge uma intensidade muito elevada.”

Considere um fio com um resistor de resistência R percorrido por corrente i devida a diferença de potencial entre A e B.



Um curto circuito ocorre quando dois pontos de diferentes potenciais elétricos são unidos por outro fio (**de resistência desprezível**). Assim os pontos assumem o mesmo potencial.



A diferença de potencial agora é zero. Assim na fórmula $U = Ri$ temos $Ri = 0$.
Se $R \cdot i = 0$ temos $R = 0$ ou $i = 0$

No resistor a resistência R é diferente de zero, logo sua corrente é nula. No fio a resistência é nula logo a corrente é diferente de zero. A corrente vai pelo fio sem resistência.

Esse aumento na corrente elétrica causa uma grande liberação de energia e, consequentemente, um superaquecimento dos condutores. Essa liberação de calor pode ser obtida matematicamente.

Primeiro utilizamos a Lei de Ohm para relacionar a corrente (i) com a tensão elétrica (V) e a resistência (R) de um circuito:

$$i = \frac{V}{R}$$

Em seguida, calculamos a potência dissipada no resistor, que representa a quantidade de energia que é transformada em calor por efeito Joule, com a expressão:

$$P = V \cdot i$$

Substituindo i , temos:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

A partir da equação obtida, podemos concluir que a potência dissipada é inversamente proporcional ao valor da resistência. Assim, quanto menor a resistência, maior é a dissipação de energia elétrica no condutor. Note que, na equação acima, se R tende a zero ($R \rightarrow 0$), P tende ao infinito ($P \rightarrow \infty$).

A dissipação instantânea de energia que ocorre em um curto-circuito pode gerar faíscas e explosões, ocasionando vários danos nos circuitos elétricos, além de poder originar incêndios devastadores em residências e indústrias. Para evitar esse tipo de acidente, são utilizados os **fusíveis e os disjuntores**, que são dispositivos que detectam a alteração da corrente elétrica e interrompem sua passagem automaticamente.

Instrumentos de Medida

Amperímetros e voltímetros são aparelhos usados para medir, respectivamente, intensidade de corrente elétrica e diferença de potencial entre dois pontos. Esses aparelhos funcionam como se fossem resistências para o circuito e assim conseguem fazer as medidas.

Amperímetro:

- Deve ser ligado em série no circuito.
- Em um amperímetro ideal sua resistência interna deve ser nula (tende a zero).

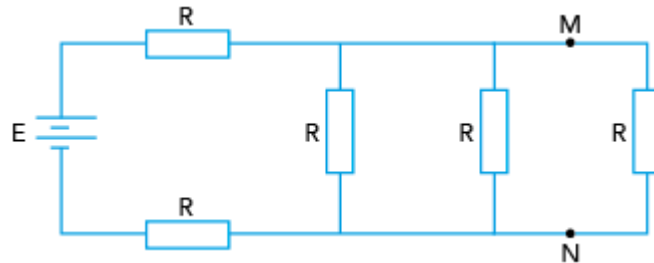
Voltímetro:

- Deve ser ligado em paralelo.
- Em um voltímetro ideal sua resistência interna deve ser infinita (tende a infinito).
- O voltímetro deve ter seu polo positivo ligado ao maior potencial e o polo negativo no menor potencial. Caso contrário, a leitura do voltímetro será um valor negativo.

Obs.: Quando ligados de forma errada o amperímetro (em paralelo) produz curto circuito e o voltímetro (em série) reduz a corrente a zero e marca a força eletromotriz da bateria.

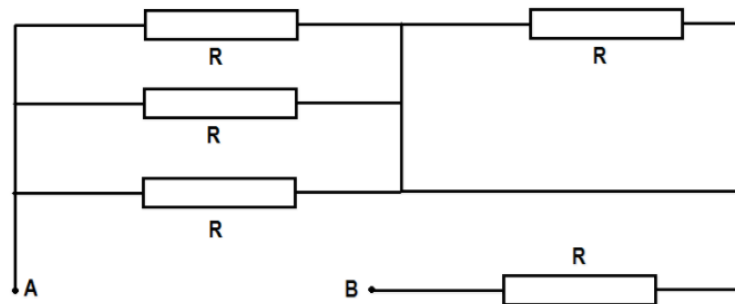
Exercícios

1. Cinco resistores de mesma resistência R estão conectados à bateria ideal E de um automóvel, conforme mostra o esquema:



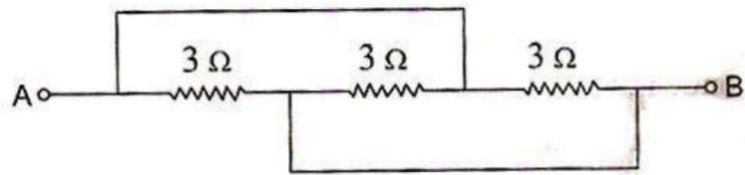
Inicialmente, a bateria fornece ao circuito uma potência P_1 . Ao estabelecer um curto-circuito entre os pontos M e N, a potência fornecida é igual a P_F . A razão $\frac{P_F}{P_1}$ é dada por:

- 7/9
 - 14/15
 - 1
 - 7/6
 - 8/3
2. No circuito a seguir o valor da resistência equivalente entre os pontos A e B é:

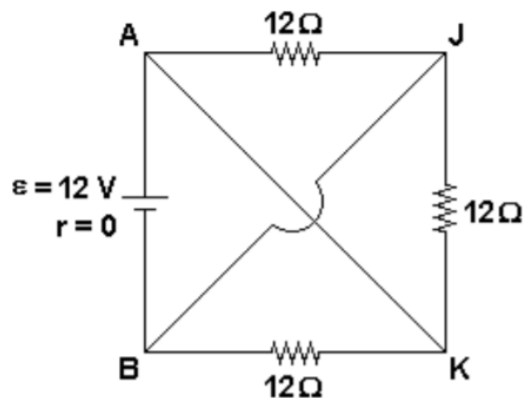


- $3R/4$
- $4R/3$
- $5R/2$
- $2R/5$
- R

3. A resistência equivalente entre os pontos A e B é, em ohms:



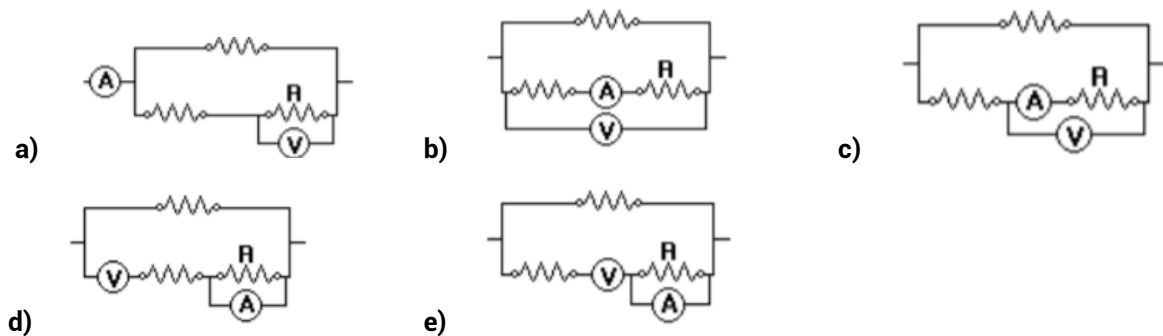
- a) 1
 - b) 2
 - c) 3
 - d) 5
 - e) 9
4. No circuito esquematizado na figura, os fios AK e BJ têm resistências desprezíveis (quando comparadas a $12\ \Omega$) e não se tocam.



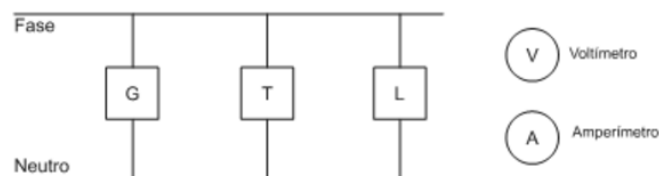
Qual o valor da resistência equivalente entre A e B e as intensidades das correntes nos fios AK e BJ, respectivamente?

- a) $4\ \Omega$, 1 A e 1 A
- b) $2\ \Omega$, 2 A e 2 A
- c) $4\ \Omega$, 2 A e 2 A
- d) $2\ \Omega$, 1 A e 1 A
- e) $4\ \Omega$, $1/2\ \text{A}$ e $1/2\ \text{A}$

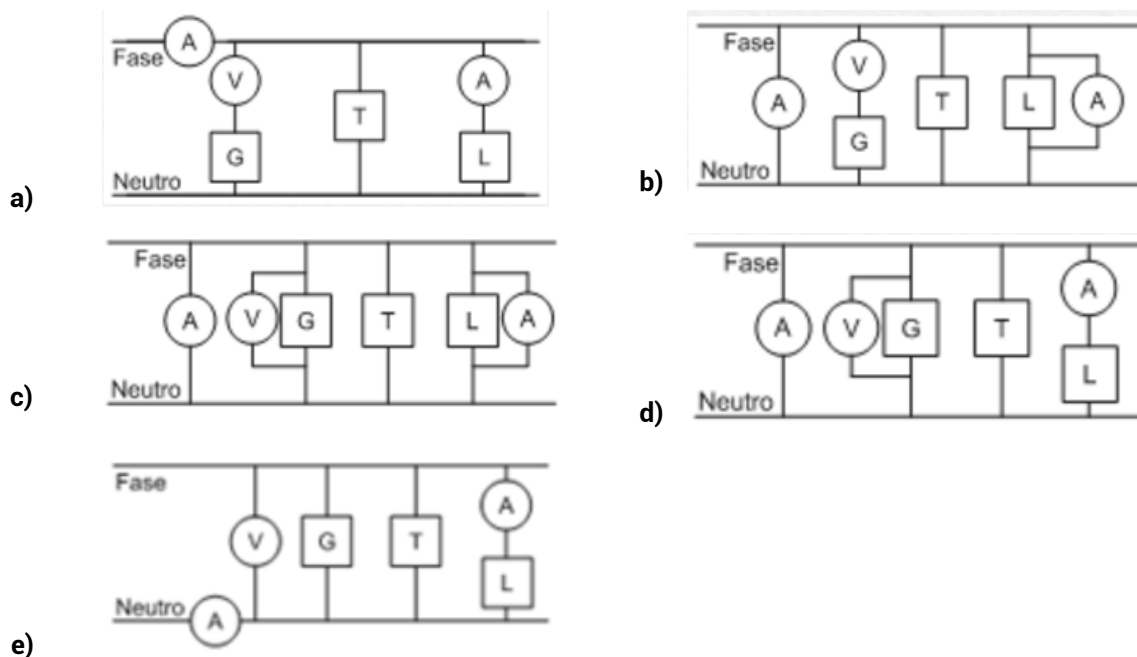
5. Um voltímetro representado pela letra V e um amperímetro representado pela letra A, ambos ideais, são utilizados para medir a ddp e a intensidade de corrente elétrica num resistor R. Assinale a opção que indica uma maneira correta de usar esses instrumentos.



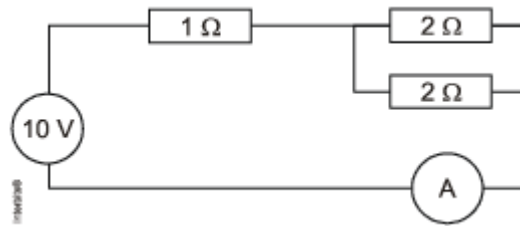
6. Um eletricitista analisa o diagrama de uma instalação elétrica residencial para planejar medições de tensão e corrente em uma cozinha. Nesse ambiente existem uma geladeira (G), uma tomada (T) e uma lâmpada (L), conforme a figura. O eletricitista deseja medir a tensão elétrica aplicada à geladeira, a corrente total e a corrente na lâmpada. Para isso, ele dispõe de um voltímetro (V) e dois amperímetros (A).



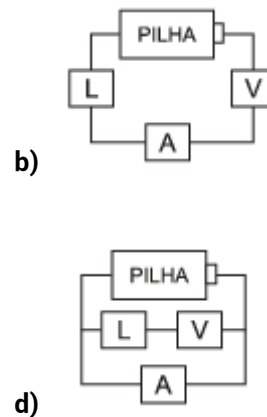
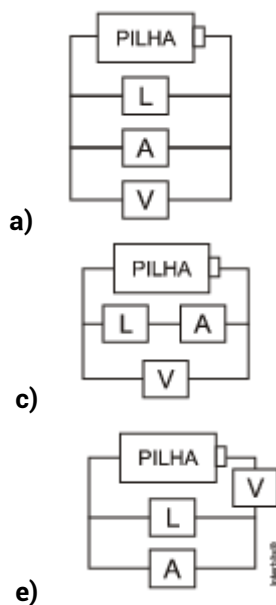
Para realizar essas medidas, o esquema da ligação desses instrumentos está representado em:



7. Calcule a corrente em amperes medida no amperímetro (A) do circuito apresentado na figura.

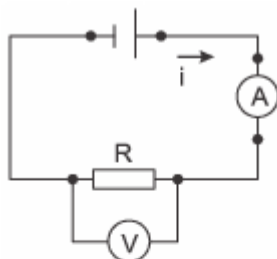


- a) 1,6
b) 3,3
c) 5,0
d) 8,3
e) 20,0
8. Um eletrícista precisa medir a resistência elétrica de uma lâmpada. Ele dispõe de uma pilha, de uma lâmpada (L), de alguns fios e de dois aparelhos: um voltímetro (V), para medir a diferença de potencial entre dois pontos, e um amperímetro (A), para medir a corrente elétrica. O circuito elétrico montado pelo eletrícista para medir essa resistência é

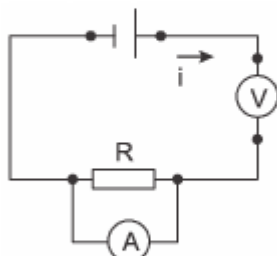


9. Em uma aula no laboratório de Física, o professor solicita aos alunos que meçam o valor da resistência elétrica de um resistor utilizando um voltímetro ideal e um amperímetro ideal. Dos esquemas abaixo, que representam arranjos experimentais, qual o mais indicado para a realização dessa medição?

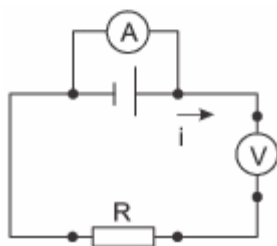
a) Esquema A



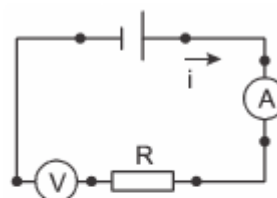
b) Esquema B



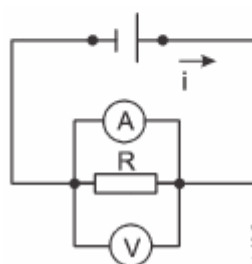
c) Esquema C



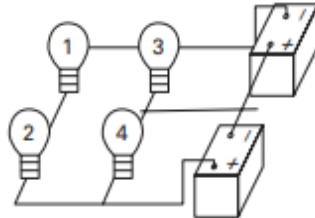
d) Esquema D



e) Esquema E



10. Um rapaz montou um pequeno circuito utilizando quatro lâmpadas idênticas, de dados nominais $5\text{ W} - 12\text{ V}$, duas baterias de 12 V e pedaços de fios sem capa ou verniz. As resistências internas das baterias e dos fios de ligação são desprezíveis. Num descuido, com o circuito ligado e as quatro lâmpadas acesas, o rapaz derrubou um pedaço de fio condutor sobre o circuito entre as lâmpadas indicadas com os números 3 e 4 e o fio de ligação das baterias, conforme mostra a figura.



O que o rapaz observou, a partir desse momento, foi:

- a) as quatro lâmpadas se apagarem devido ao curto-circuito provocado pelo fio.
- b) as lâmpadas 3 e 4 se apagarem, sem qualquer alteração no brilho das lâmpadas 1 e 2.
- c) as lâmpadas 3 e 4 se apagarem e as lâmpadas 1 e 2 brilharem mais intensamente.
- d) as quatro lâmpadas permanecerem acesas e as lâmpadas 3 e 4 brilharem mais intensamente.
- e) as quatro lâmpadas permanecerem acesas, sem qualquer alteração em seus brilhos.

Gabarito

1. D

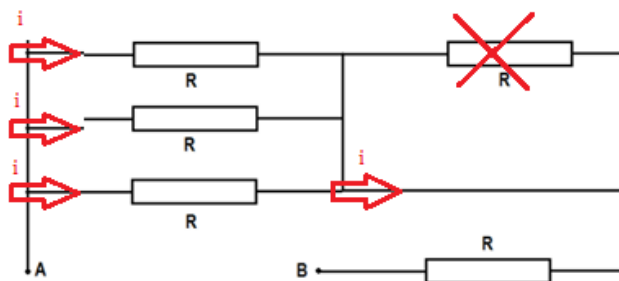
$$P_I = \frac{E^2}{R_{eqI}}, \text{ onde } R_{eqI} = R + \frac{R}{3} + R = \frac{7R}{3} \rightarrow P_I = \frac{E^2}{7R/3} = \frac{3E^2}{7R}$$

$$P_F = \frac{E^2}{R_{eqF}}, \text{ onde } R_{eqF} = R + R = 2R \rightarrow P_F = \frac{E^2}{2R}$$

$$\frac{P_F}{P_I} = \frac{E^2}{2R} \cdot \frac{7R}{3E^2} = \frac{7}{6}$$

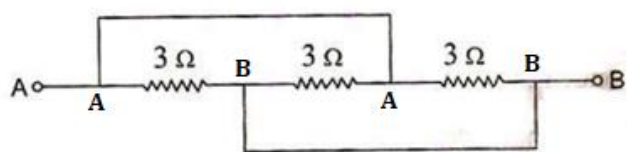
2. B

Temos que:

Então, a $R_{eq} = R/3 + R = 4R/3$

3. A

Temos que:

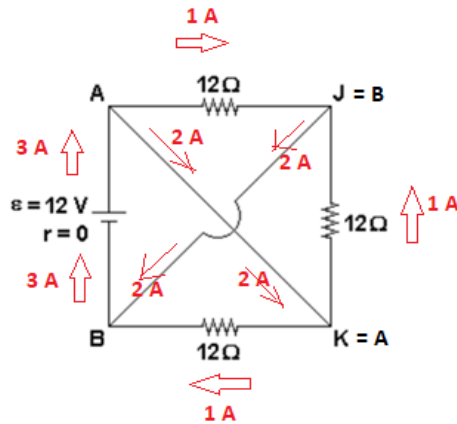


Percebe-se, então, que como os resistores estão submetidos a mesma diferença de potencial AB, trata-se de uma associação em paralelo. Portanto, podemos fazer:

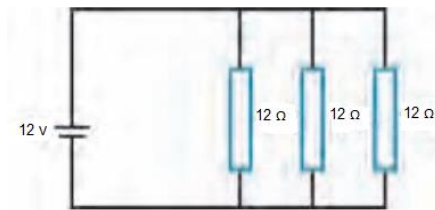
$$R_{eq} = R/n = 3/3 = 1 \, \Omega$$

4. C

Temos que:



A fim de calcular a R_{eq} , pode ser melhor redesenhar e então teremos algo assim:



Ou seja, $R_{eq} = 12/2 = 4 \Omega$

Já para verificar a intensidade da corrente elétrica nos ramos do circuito pedido, a primeira figura evidencia que para ambos os ramos temos o a valor de 2 A.

5. C

Amperímetro deve ser ligado em série ao ramo o qual quer se medir a intensidade de corrente elétrica que por ali circula e o voltímetro deve ser ligado em paralelo ao ramo o qual quer se medir a tensão elétrica que ali o alimenta.

6. E

O voltímetro deve ser ligado em paralelo com o trecho de circuito onde se quer medir a tensão elétrica, ou seja, entre os terminais fase e neutro.

O amperímetro para medir a corrente total deve ser instalado no terminal fase ou no terminal neutro.

O outro amperímetro para medir a corrente na lâmpada deve ser ligado em série com ela.

7. C

A resistência equivalente do circuito é:

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

A corrente medida no amperímetro é a corrente no circuito.

Aplicando a lei de Ohm-Pouillet:

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

8. C

O amperímetro deve ser ligado em série com a lâmpada e o voltímetro em paralelo.

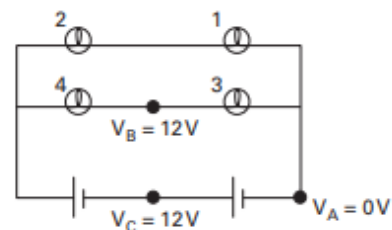
9. A

Para efetuar as medidas solicitadas, o amperímetro deve ser ligado em série e o voltímetro em paralelo ao elemento que se deseja medir. Com isso, a alternativa correta é [A].

10. E

Adotando-se o potencial 0V em A e sendo as quatro lâmpadas idênticas, pode-se determinar os potenciais em B (entre as lâmpadas 3 e 4) e em C (entre as duas baterias):

Com a conexão do fio entre os pontos B e C, os potenciais não são alterados e, conseqüentemente, as quatro lâmpadas permanecem acesas, sem qualquer mudança em seus brilhos.

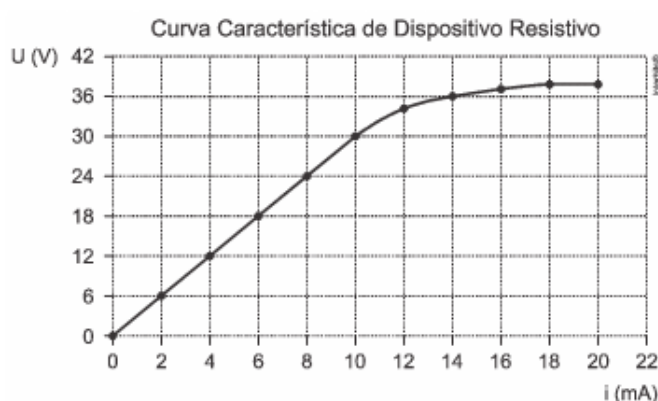


Exercícios de eletrodinâmica

Quer ver esse material pelo Dex? Clique [aqui](#).

Exercícios

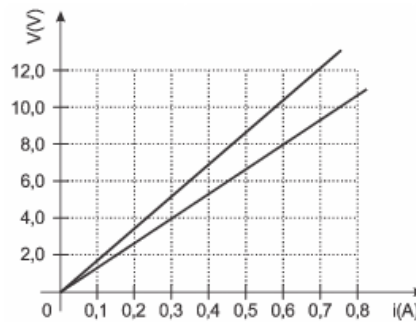
1. Em uma disciplina de circuitos elétricos da FATEC, o professor de Física pede aos alunos que determinem o valor da resistência elétrica de um dispositivo com comportamento inicial ôhmico, ou seja, que obedece à primeira lei de Ohm. Para isso, os alunos utilizam um multímetro ideal de precisão e submetem o dispositivo a uma variação na diferença de potencial elétrico anotando os respectivos valores das correntes elétricas observadas. Dessa forma, eles decidem construir um gráfico contendo a curva característica do dispositivo resistivo, apresentada na figura.



Com os dados obtidos pelos alunos, e considerando apenas o trecho com comportamento ôhmico, podemos afirmar que o valor encontrado para a resistência elétrica foi, em $k\Omega$, de

- a) 3,0
- b) 1,5
- c) 0,8
- d) 0,3
- e) 0,1

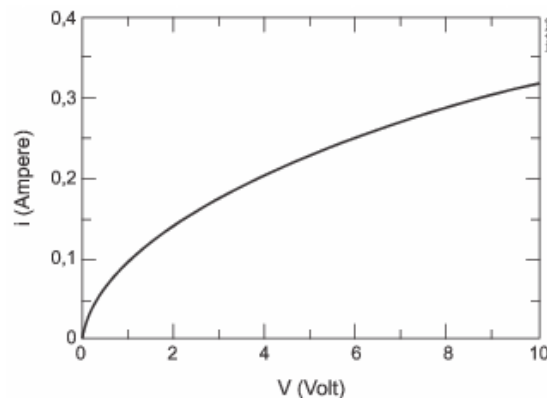
2. Sejam dois resistores ôhmicos R_X e R_Y associados em paralelo e ligados a uma bateria ideal de 12 V. A figura abaixo mostra as curvas que caracterizam esses resistores.



A intensidade de corrente elétrica em ampères, fornecida pelo gerador ao circuito, é:

- a) 16
 - b) 0,8
 - c) 8
 - d) 1,6
 - e) 16
3. Em algumas residências, cercas eletrificadas são utilizadas com o objetivo de afastar possíveis invasores. Uma cerca eletrificada funciona com uma diferença de potencial elétrico de aproximadamente 10000V. Para que não seja letal, a corrente que pode ser transmitida através de uma pessoa não deve ser maior do que 0,01 A. Já a resistência elétrica corporal entre as mãos e os pés de uma pessoa é da ordem de 1000 Ω .
- Para que a corrente não seja letal a uma pessoa que toca a cerca eletrificada, o gerador de tensão deve possuir uma resistência interna que, em relação à do corpo humano, é
- a) praticamente nula.
 - b) aproximadamente igual.
 - c) milhares de vezes maior.
 - d) da ordem de 10 vezes maior.
 - e) da ordem de 10 vezes menor.

4. Uma lâmpada incandescente foi submetida a voltagens crescentes e verificaram-se as correntes elétricas correspondentes, mostradas no gráfico a seguir.



Sobre o comportamento elétrico dessa lâmpada, três estudantes fizeram as seguintes afirmações:

- Elias afirmou que a resistência elétrica dessa lâmpada cresce com o aumento da voltagem a ela aplicada.
- Felipe disse que, quando a d.d.p. sobre a lâmpada for de 4 volt, a sua resistência vale cerca de 20 ohm.
- Glória acha que, nesse tipo de gráfico, a resistência elétrica do dispositivo é calculada pela inclinação da tangente no ponto.

Do ponto de vista da Física, apenas:

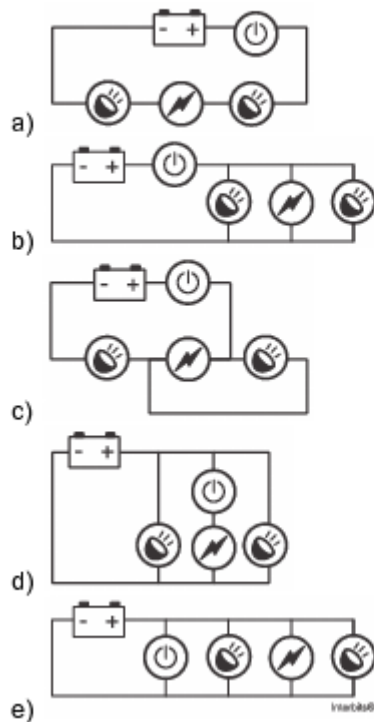
- a) Elias fez uma afirmação correta.
 - b) Glória fez uma afirmação correta.
 - c) Elias e Felipe fizeram afirmações corretas.
 - d) Felipe e Glória fizeram afirmações corretas.
 - e) Ninguém fez afirmações corretas.
5. As células fotovoltaicas transformam luz em energia elétrica. Um modelo simples dessas células apresenta uma eficiência de 10%. Uma placa fotovoltaica quadrada com 5 cm de lado, quando exposta ao sol do meio dia, faz funcionar uma pequena lâmpada, produzindo uma tensão de 5,0 V e uma corrente de 100 mA. Essa placa encontra-se na horizontal em uma região onde os raios solares, ao meio dia, incidem perpendicularmente à superfície da Terra, durante certo período do ano.

A intensidade da luz solar, em W/m^2 , ao meio dia, nessa região é igual a:

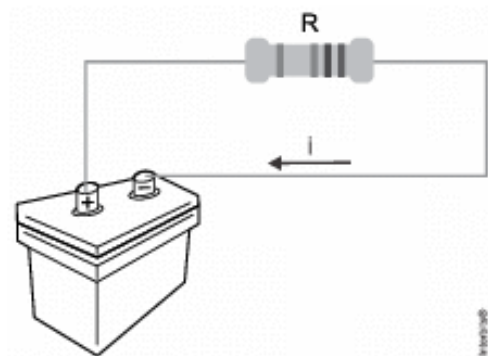
- a) $1 \cdot 10^2$.
- b) $2 \cdot 10^2$
- c) $2 \cdot 10^3$
- d) $1 \cdot 10^6$
- e) $2 \cdot 10^6$

6. Tendo em vista a Lei Federal 13290/2016, que “Torna obrigatório o uso, as rodovias, de farol baixo aceso durante o dia e dá outras providências...”, um estudante de ensino médio está propondo um circuito para um carro elétrico. Nesse veículo, o motorista liga lâmpadas resistivas e o motor simultaneamente, evitando, assim, uma infração de trânsito de gravidade média na qual ele estaria sujeito, ainda, ao pagamento de multa no valor de R\$ 85,13. Das seguintes alternativas, qual permite ligar simultaneamente o motor e as lâmpadas na condição de máxima potência de funcionamento do sistema?

Legenda:  Motor de partida  Interruptor  Lâmpada

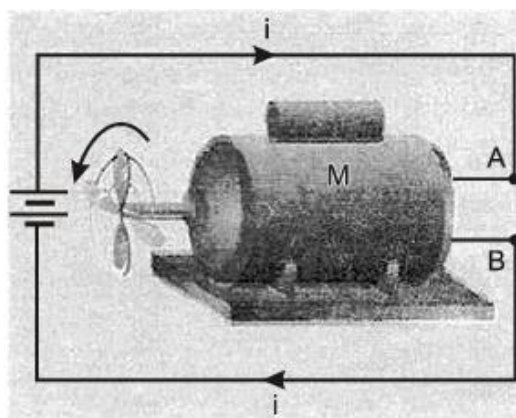


7. Quando um gerador de força eletromotriz 12 V é ligado a um resistor R de resistência $5,8 \, \Omega$, uma corrente elétrica i de intensidade $2,0 \, \text{A}$ circula pelo circuito.



A resistência interna desse gerador é igual a

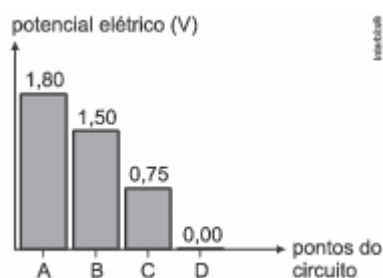
- a) $0,40 \, \Omega$
 - b) $0,20 \, \Omega$
 - c) $0,10 \, \Omega$
 - d) $0,30 \, \Omega$
 - e) $0,50 \, \Omega$
8. Um motor elétrico M , (figura abaixo), ligado a uma bateria que lhe aplica uma diferença de potencial $V_{AB} = 15 \, \text{V}$, fornecendo-lhe uma corrente de $6,0 \, \text{A}$.



O motor possui uma resistência interna de $0,30 \, \Omega$. Em virtude desta resistência, parte da energia fornecida ao motor pela bateria é transformada em calor (o motor se aquece), sendo a energia restante transformada em energia mecânica de rotação do motor. Baseando-se nestas informações, pode-se afirmar que:

- a) a potência total desenvolvida no motor e a potência dissipada por efeito joule no interior do motor são, respectivamente, $80 \, \text{W}$ e $10,6 \, \text{W}$.
- b) a potência total desenvolvida no motor é $80 \, \text{W}$.
- c) a potência dissipada por efeito joule no interior do motor é $10,4 \, \text{W}$.
- d) a potência mecânica de rotação do motor é $78 \, \text{W}$.
- e) a potência total desenvolvida no motor e a potência mecânica de rotação do motor são respectivamente, $90 \, \text{W}$ e $79,8 \, \text{W}$.

9. O gráfico mostra valores dos potenciais elétricos em um circuito constituído por uma pilha real e duas lâmpadas idênticas de $0,75 \text{ V} - 3 \text{ mA}$, conectadas por fios ideais.



O valor da resistência interna da pilha, em Ω , é

- a) 100
 - b) 120
 - c) 150
 - d) 180
 - e) 300
10. Uma fonte de tensão cuja força eletromotriz é de 15 V tem resistência interna de 5Ω . A fonte está ligada em série com uma lâmpada incandescente e com um resistor. Medidas são realizadas e constata-se que a corrente elétrica que atravessa o resistor é de $0,20 \text{ A}$, e que a diferença de potencial na lâmpada é de 4 V .
- Nessa circunstância, as resistências elétricas da lâmpada e do resistor valem, respectivamente,
- a) $0,8 \Omega$ e 50Ω
 - b) 20Ω e 50Ω
 - c) $0,8 \Omega$ e 55Ω
 - d) 20Ω e 55Ω
 - e) 20Ω e 70Ω

Gabarito

1. A

Questão de resolução muito simples, bastando aplicar a 1ª Lei de Ohm ao trecho onde o resistor apresenta o comportamento linear no gráfico.

$$U = R \cdot i \Rightarrow R = \frac{U}{i} \Rightarrow R = \frac{24 \text{ V}}{8 \text{ mA}} \Rightarrow R = \frac{24 \text{ V}}{8 \cdot 10^{-3} \text{ A}} \Rightarrow R = 3 \cdot 10^3 \Omega \therefore R = 3 \text{ k}\Omega$$

2. D

Supondo a curva pertencente a R_x como sendo a de menor inclinação, para $i_x = 0,6 \text{ A}$, obtemos $V_x = 8 \text{ V}$, logo:

$$R_x = \frac{8 \text{ V}}{0,6 \text{ A}} = \frac{40}{3} \Omega$$

Para a outra curva, para $i_y = 0,7 \text{ A}$, obtemos $V_y = 12 \text{ V}$, logo:

$$R_y = \frac{12 \text{ V}}{0,7 \text{ A}} = \frac{120}{7} \Omega$$

Como os resistores estão associados em paralelo, a resistência equivalente será dada por:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_y} = \frac{3}{40} + \frac{7}{120} \Rightarrow R_{eq} = 7,5 \Omega$$

Portanto, a corrente i_c fornecida pelo gerador ao circuito será:

$$12 = 7,5 \cdot i_c \\ \therefore i_c = 1,6 \text{ A}$$

3. C

Sendo r o valor da resistência interna do gerador, pela 1ª Lei de Ohm, temos que:

$$V = (r + R)i$$

$$10000 = (r + 1000)0,01$$

$$r = 999000 \Omega = 10^6 \Omega$$

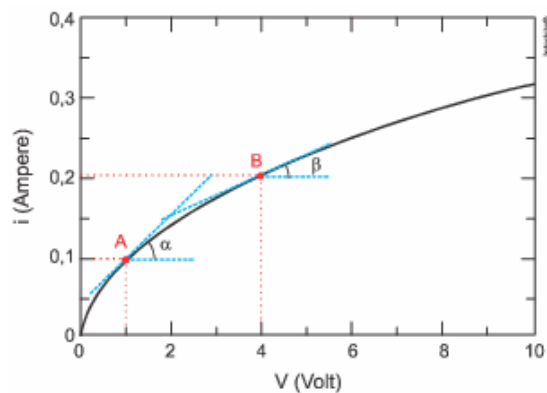
Em relação à do corpo humano:

$$\frac{r}{R} = \frac{10^6}{10^3} = 10^3$$

Ou seja, o valor da resistência deve ser cerca de 1000 vezes maior.

4. C

- A figura mostra as tangentes geométricas à curva dada em dois pontos, A e B, e os correspondentes ângulos de inclinação, α e β .



- **Elias:**

Pela 1ª lei de Ohm:

$$U = Ri \Rightarrow i = \frac{U}{R} \Rightarrow i = \frac{1}{R}U.$$

A Matemática afirma que o coeficiente angular da reta tangente é dado pela declividade da curva em cada ponto. Assim:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{R_A} = \text{tg } \alpha \\ \frac{1}{R_B} = \text{tg } \beta \end{array} \right\} \Rightarrow \text{tg } \alpha > \text{tg } \beta \Rightarrow \frac{1}{R_A} > \frac{1}{R_B} \Rightarrow \boxed{R_A < R_B}.$$

Então a resistência da lâmpada cresce com o aumento da tensão. Elias fez uma afirmação correta.

- **Felipe:**

Para $U = 4\text{ V} \Rightarrow i \cong 0,2\text{ A}$.

$$\text{Então: } R = \frac{U}{i} = \frac{4}{0,2} \Rightarrow \boxed{R \cong 20\Omega}. \text{ Felipe fez uma afirmação correta.}$$

- **Glória:**

Como demonstrado para Elias, nesse tipo de gráfico, o inverso da resistência elétrica do dispositivo é calculado pela inclinação da tangente no ponto.

Glória fez uma afirmação incorreta.

5. C

Dados: $U = 5 \text{ V}$; $i = 100 \text{ mA} = 0,1 \text{ A}$; $L = 5 \text{ cm}$; $\eta = 10\% = 0,1$.

A potência elétrica (útil) para acender a lâmpada é:

$$P_U = U \cdot i = 5 \times 0,1 \Rightarrow \underline{P_U = 0,5 \text{ W.}}$$

Essa potência é 10% da potência (total) incidente na placa fotovoltaica.

$$\eta = \frac{P_U}{P_T} \Rightarrow P_T = \frac{P_U}{\eta} = \frac{0,5}{0,1} \Rightarrow \underline{P_T = 5 \text{ W.}}$$

A área de captação de energia da placa é:

$$A = L^2 = 5 \times 5 = 25 \text{ cm}^2 \Rightarrow \underline{A = 25 \times 10^{-4} \text{ m}^2.}$$

A intensidade da radiação incidente é:

$$I = \frac{P_T}{A} = \frac{5}{25 \times 10^{-4}} = 0,2 \times 10^4 \text{ W/m}^2 \Rightarrow \boxed{I = 2 \times 10^3 \text{ W/m}^2.}$$

6. B

Para maximizar a potência de funcionamento do sistema, deveremos ter a máxima corrente e a menor resistência possível, levando em conta que o circuito do automóvel tem tensão constante. O tipo de circuito que possui a menor resistência é o paralelo para todos os equipamentos.

7. B

Sabendo que toda a força eletromotriz entregue ao circuito deve ser gasta nos resistores, temos:

$$\mathcal{E} - r \cdot i = R \cdot i \Rightarrow \mathcal{E} = i(R + r) \Rightarrow \frac{\mathcal{E}}{i} - R = r \Rightarrow r = \frac{12 \text{ V}}{2 \text{ A}} - 5,8 \therefore r = 0,2 \Omega$$

8. E

A potência total desenvolvida no motor é toda a potência que aquele equipamento em condições ideais pode fornecer

$$P_{\text{total}} = U \cdot i$$

$$P_{\text{total}} = 15 \cdot 6$$

$$P_{\text{total}} = 90 \text{ W}$$

Já a potência mecânica de rotação do motor é a potência que o motor dissipa. Por conta disso também pode receber o nome de potência dissipada ou potência real do motor.

$$\mathcal{E} = r i$$

$$\mathcal{E} = 0,3 \cdot 6$$

$$\mathcal{E} = 1,8 \text{ V}$$

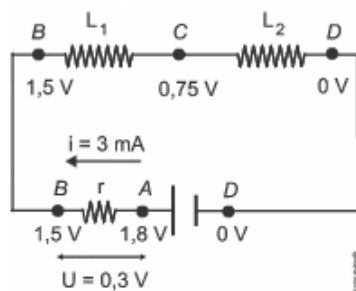
$$P_{\text{mecânica}} = \mathcal{E} \cdot i$$

$$P_{\text{mecânica}} = 1,8 \cdot 6$$

$$P_{\text{mecânica}} = 10,8 \text{ W}$$

9. A

Como há duas quedas seguidas de potencial elétrico, as duas lâmpadas estão em série. O esquema representa o circuito sugerido.



Aplicando a lei de Ohm na resistência interna, temos:

$$U = r i \Rightarrow r = \frac{U}{i} = \frac{0,3}{3 \times 10^{-3}} \Rightarrow r = 100 \, \Omega.$$

10. B

Como o circuito está associado em série, a intensidade da corrente elétrica é a mesma para cada elemento do circuito, então a resistência na lâmpada \$R_1\$ será:

$$R_1 = \frac{U_1}{i} \Rightarrow R_1 = \frac{4}{0,2} \therefore R_1 = 20 \, \Omega$$

Para calcular a resistência do resistor, primeiramente achamos a tensão gasta com a resistência interna \$U_i\$ obtida pela 1ª

Lei de Ohm:

$$U_i = r \cdot i \Rightarrow U_i = 5 \cdot 0,2 \therefore U_i = 1 \, V$$

Logo, a tensão sobre o resistor \$U_2\$ será:

$$U_2 = 15 - 1 - 4 \therefore U_2 = 10 \, V$$

Assim, a resistência do resistor \$R_2\$ é:

$$R_2 = \frac{U_2}{i} \Rightarrow R_2 = \frac{10}{0,2} \therefore R_2 = 50 \, \Omega$$

Associação de capacitores

Resumo

Capacitores em série

Da mesma forma que foi possível construir as ideias de associação de resistores, também é possível construir associação de capacitores. Então, observe a imagem 1 que representa um circuito com uma associação de capacitores em série:

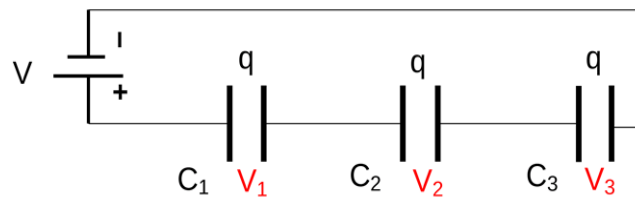


Figura 1: Associação de capacitores em série

A carga $+Q$ que transita pelo circuito começará a se acumular no primeiro capacitor C_1 , carregando a primeira placa positivamente e induzindo a segunda placa a ficar carregada negativamente até que o capacitor alcance seu valor máximo ($+Q$). Logo em seguida, a carga $+Q$ continuará o seu trajeto, carregando o segundo capacitor C_2 , repetindo o processo feito em C_1 e assim sucessivamente até passar por todos os capacitores. Podemos dizer então que, na associação em série, todos os capacitores presentes em um circuito elétrico são percorridos pelo mesmo valor $+Q$ fornecido pela ddp.

Como vimos anteriormente, o Capacitor é dito totalmente carregado quando o seu valor de ddp for máximo e, para cada capacitor, existirá o seu próprio valor de ddp (apesar dos capacitores possuírem o mesmo Q , seus valores de capacitância C não são necessariamente iguais). Logo, a ddp total do circuito pode ser descrita como a soma de todas as ddps.

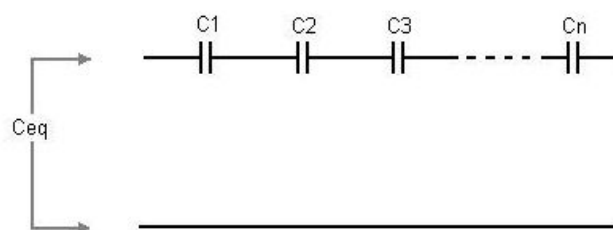


Figura 2: Capacitor equivalente

Construir uma ddp total significa construir um Capacitor equivalente, então teremos apenas um capacitor no circuito que representa todos, como é demonstrado na figura 2. Calculando a ddp total:

$$U_t = U_1 + U_2 + U_3$$

Utilizando a equação $U = \frac{Q}{C}$ e atribuindo essa igualdade para todas as ddp's:

$$\frac{Q}{C_{eq}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

NOTA: No caso de uma associação de dois capacitores em série:

$$C_{eq} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Capacitores em paralelo

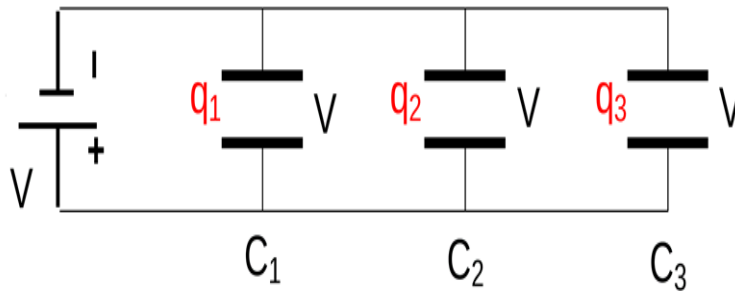


Figura 3: Associação de capacitores em paralelo

No caso de uma associação em paralelo, a carga $+Q$ tem um comportamento similar a da corrente elétrica em associação de resistores, se dividindo nos pontos do circuito onde possuem divisórias e se unindo no final, formando a carga $+Q$ novamente. Logo, haverá parte da carga da ddp (na imagem essas "partes" foram nomeadas de Q_1 , Q_2 e Q_3) sendo acumulada em cada capacitor do circuito.

Observa-se que os capacitores são alimentados pelo mesmo valor de ddp e cada um possui seu valor de capacitância e carga acumulada. Logo, a carga total do circuito pode ser descrita da seguinte maneira:

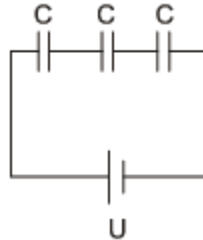
$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$C_{eq}U = C_1U + C_2U + C_3U$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$$

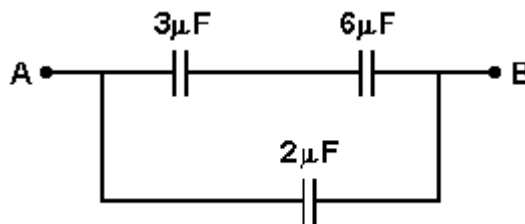
Exercícios

1. Qual a capacitância equivalente do circuito abaixo?



- a) $3C$.
- b) C^3 .
- c) $C/3$.
- d) $3C/2$.
- e) $2C/3$.

- 2.



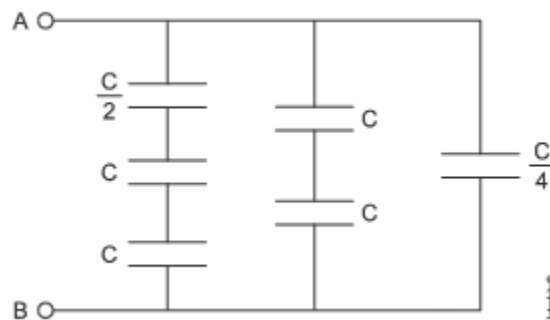
A carga elétrica que a associação de capacitores abaixo armazena, quando estabelecemos entre A e B a ddp de 22 V, é:

- a) $22 \mu\text{C}$.
 - b) $33 \mu\text{C}$.
 - c) $44 \mu\text{C}$.
 - d) $66 \mu\text{C}$.
 - e) $88 \mu\text{C}$.
3. Considere dois capacitores com diferentes capacitâncias, ligados em paralelo e conectados a uma bateria. É correto afirmar que, após carregados,
- a) a tensão entre os terminais do de maior capacitância é menor.
 - b) a tensão entre os terminais dos dois capacitores é a mesma.
 - c) a corrente fornecida pela bateria é sempre maior que zero.
 - d) a corrente fornecida pela bateria é sempre menor que zero.
 - e) a corrente fornecida pela bateria é sempre igual a zero.

4. Três capacitores, de placas paralelas, estão ligados em paralelo. Cada um deles tem armaduras de área A , com espaçamento d entre elas. Assinala a alternativa que contém o valor da distância entre as armaduras, também de área A , de um único capacitor, de placas paralelas, equivalente à associação dos três.
- a) $d/3$.
 - b) $3d$.
 - c) $(3d)/2$.
 - d) $(2d)/3$.
 - e) $(4d)/3$.
5. Considere dois capacitores, $C_1 = 2 \mu\text{F}$ e $C_2 = 3 \mu\text{F}$, ligados em série e inicialmente descarregados. Supondo que os terminais livres da associação foram conectados aos polos de uma bateria, é correto afirmar que, após cessar a corrente elétrica,
- a) as cargas nos dois capacitores são iguais e a tensão elétrica é maior em C_2 .
 - b) a carga é maior em C_2 e a tensão elétrica é igual nos dois.
 - c) as cargas nos dois capacitores são iguais e a tensão elétrica é maior em C_1 .
 - d) a carga é maior em C_1 e a tensão elétrica é igual nos dois.
 - e) tanto a carga quanto a tensão elétrica são iguais em C_1 e C_2 .
6. Capacitores são componentes eletrônicos que têm por função básica armazenar cargas elétricas e, conseqüentemente, energia potencial elétrica. Em circuitos elétricos compostos apenas por capacitores, eles podem ser associados em série, em paralelo ou de forma mista. Em relação às características desses tipos de associação, quando associadas em série,
- a) os capacitores armazenam cargas iguais.
 - b) os capacitores submetem-se sempre à mesma diferença de potencial.
 - c) a carga total estabelecida na associação é igual a soma das cargas de cada capacitor.
 - d) a capacitância equivalente da associação é igual à soma das capacitâncias individuais.
 - e) os capacitores armazenam diferentes.
7. (Enem 2ª aplicação 2016) Um cosmonauta russo estava a bordo da estação espacial MIR quando um de seus rádios de comunicação quebrou. Ele constatou que dois capacitores do rádio de $3 \mu\text{F}$ e $7 \mu\text{F}$ ligados em série estavam queimados. Em função da disponibilidade, foi preciso substituir os capacitores defeituosos por um único capacitor que cumpra a mesma função.
- Qual foi a capacitância, medida em μF , do capacitor utilizado pelo cosmonauta?
- a) 0,10
 - b) 0,50
 - c) 2,1
 - d) 10
 - e) 21

8. O capacitor equivalente de uma associação em série, constituída por 3 capacitores iguais, tem capacitância $2 \mu\text{F}$, utilizando-se 2 destes capacitores para montar uma associação em paralelo, a mesma apresentará uma capacitância de
- a) $3 \mu\text{F}$.
 - b) $6 \mu\text{F}$.
 - c) $12 \mu\text{F}$.
 - d) $18 \mu\text{F}$.
 - e) $20 \mu\text{F}$.

9.



Na associação de capacitores, esquematizada acima, a capacitância está indicada na figura para cada um dos capacitores. Assim, a capacitância equivalente, entre os pontos A e B no circuito, é

- a) C .
 - b) $2C$.
 - c) $3C$.
 - d) $4C$.
 - e) $8C$.
10. Considere dois capacitores ligados em série e conectados a uma bateria. Um dos capacitores tem capacitância maior que a do outro. É correto afirmar que a capacitância equivalente
- a) é menor que qualquer uma das capacitâncias individuais.
 - b) é maior que qualquer uma das capacitâncias individuais.
 - c) tem valor entre as duas capacitâncias da associação.
 - d) depende da tensão na bateria.
 - e) depende do valor da corrente elétrica.

Gabarito

1. C

Os capacitores estão em série.

$$C_{eq} = \frac{C}{n} = \frac{C}{3}$$

2. E

A capacitância equivalente C será:

$$C = \frac{3 \times 6}{3 + 6} + 2 = 4 \mu F$$

Encontramos a carga elétrica Q pela seguinte relação:

$$Q = CV$$

$$Q = 4 \mu F \cdot 22V$$

$$Q = 88 \mu C.$$

3. B

Dois capacitores de diferentes capacitâncias, ligados em paralelo, ficam submetidos à mesma tensão e adquirem cargas diferentes.

4. A

O capacitor equivalente de área A e distância entre as placas d' que está em paralelo com os três capacitores C de área A e distância d vale:

$$C_{eq} = 3C$$

$$\frac{\epsilon A}{d'} = 3 \frac{\epsilon A}{d}$$

$$d' = d/3$$

5. C

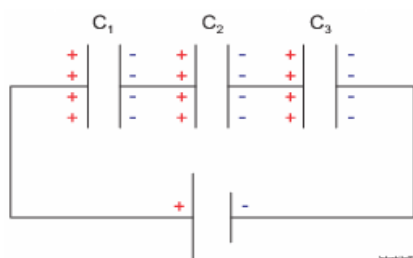
Capacitores em série carregam-se com a mesma carga.

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow C_1 U_1 = C_2 U_2 \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{3}{2} \Rightarrow U_1 = 1,5 U_2 \Rightarrow U_1 > U_2.$$

6. A

Em uma associação em série de capacitores, todos estão ligados em um único ramo do circuito, conforme representado na figura abaixo, devido às características dessa associação, a carga elétrica acumulada nas placas dos capacitores é sempre igual (em módulo). Já a diferença de potencial entre eles é diferente. E a capacitância em série é feita da seguinte forma:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$



7. C

Como os capacitores estavam ligados em série, a capacitância do capacitor equivalente é dada por:

$$C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{3 \cdot 7}{3 + 7} \Rightarrow C_{eq} = 2,1 \mu F.$$

8. C

Para a associação em série:

$$C_s = \frac{C}{3} \Rightarrow C = 3 C_s \Rightarrow C = 3 \cdot 2 \Rightarrow C = 6 \mu F.$$

Para a associação em paralelo:

$$C_p = 2 C = 2 \cdot 6 \Rightarrow C_p = 12 \mu F.$$

9. A

Cálculo das capacitâncias em série:

$$\frac{1}{C_1} = \frac{2}{C} + \frac{1}{C} + \frac{1}{C} = \frac{4}{C} \therefore C_1 = \frac{C}{4}$$

$$\frac{1}{C_2} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} = \frac{2}{C} \therefore C_2 = \frac{C}{2}$$

Cálculo da capacitância em paralelo (capacitância equivalente):

$$C_{eq} = \frac{C}{4} + \frac{C}{2} + \frac{C}{4} = \frac{C + 2C + C}{4} = \frac{4C}{4} \therefore C_{eq} = C$$

10. A

Para dois capacitores de capacitâncias C_1 e C_2 associados em série, a capacitância equivalente é:

$$C_{eq} = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}.$$

Supondo que a capacitância equivalente seja maior ou igual que a capacitância de um deles:

$$C_{eq} \geq C_1 \Rightarrow \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} \geq C_1 \Rightarrow \frac{C_2}{C_1 + C_2} \geq 1. \text{ Sendo } C_1 \text{ e } C_2 \text{ números positivos, a desigualdade obtida é } \underline{\text{absurda}}. \text{ Logo,}$$

para dois capacitores associados em série, a capacitância equivalente da associação é menor que qualquer uma das capacitâncias individuais.

Capacitores

Resumo

Introdução a Capacitores

O capacitor elétrico é um dos diversos componentes de um circuito elétrico. A função dele é armazenar energia, através do acúmulo de cargas. O capacitor é simbolizado por dois traços de mesmo comprimento, conforme a figura:

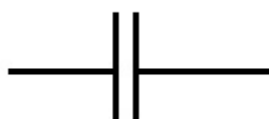


Figura 1: Símbolo do capacitor em circuitos elétricos.

Para entender o processo de carga de um capacitor, considere um circuito simples composto por uma d.d.p (bateria) e um capacitor.

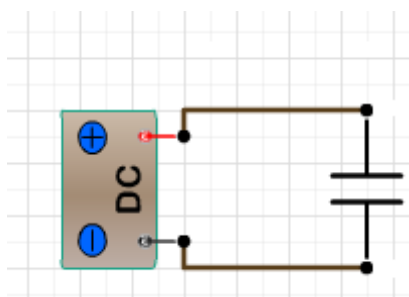


Figura 2: Circuito Simples bateria – capacitor

NOTA: Lembre-se que tomaremos o sentido convencional de corrente, ou seja, as cargas vão do polo positivo para o polo negativo.

Teremos uma carga positiva $+Q$ saindo do polo positivo e acumulando-se em um lado do capacitor, que não poderá continuar o caminho devido ao espaçamento entre as placas (esse espaçamento é chamado de dielétrico). A outra placa sofrerá uma polarização, tendo uma concentração de cargas negativas.

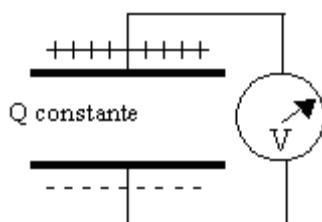


Figura 3: Esquema de um capacitor carregado.

Podemos dizer então que o capacitor foi carregado por uma carga $+Q$ (conforme a figura 3).

O capacitor possui uma grandeza atrelada a ele chamada de Capacitância. Essa grandeza representa a capacidade que o capacitor tem de acumular carga e durante esse processo, conforme o capacitor vai carregando, a d.d.p dele também aumenta. Logo, temos três grandezas que se relacionam nesse circuito. Podemos formalizar matematicamente essa relação da seguinte forma:

$$Q = C \cdot U \rightarrow C = \frac{Q}{U}$$

Sendo as unidades

- $Q = [C]$ Colomb
- $U = [V]$ Volts
- $C = [C/V] = [F]$ Farad

Análise do gráfico QxU e Energia potencial elétrica

É possível ver pela equação que Q e U são grandezas diretamente proporcionais e já que C é uma característica do material, pode-se perceber que o valor máximo de d.d.p (valor da bateria) será encontrado quando o valor de carga for máximo. Com isso em mente, ao montar o gráfico QxU dessa situação:

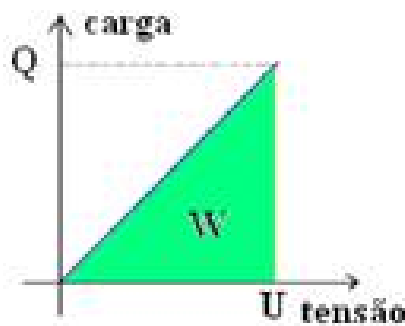


Figura 4: Gráfico QxU

Teremos um gráfico em que a Área (W) corresponde a Energia armazenada no capacitor ou Energia potencial elétrica (E_{pel}). Logo, a equação que corresponde a essa energia é descrita como:

$$E_{pel} = \frac{Q \cdot U}{2} = \frac{C \cdot U^2}{2}$$

Capacitor Plano

Nos circuitos elétricos, é bem comum a utilização de capacitores planos. Observe o esquema abaixo:

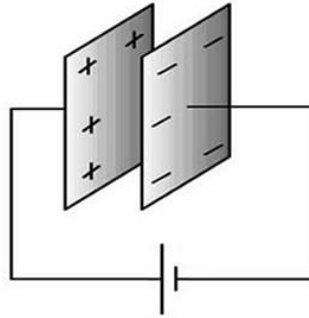


Figura 5: Representação capacitor

Analisando geometricamente a placa do capacitor, é possível perceber que a área dessa placa influencia na quantidade de carga que esse capacitor pode armazenar e a proximidade das placas influencia na capacidade de uma indução entre elas. A partir dessas observações, foi possível formar uma equação referente à capacitância de um capacitor plano:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot A}{d}$$

Sendo ε um valor característico do meio (ε_0 é para o vácuo). As unidades são:

- $A = [m^2]$ metro quadrado
- $d = [m]$ metro

Exercícios

1. *Tasers* são armas de eletrochoque que usam uma corrente elétrica para imobilizar pessoas que estejam representando alguma ameaça a alguém ou à ordem pública. O sistema interno da arma cria e trata a corrente elétrica que será descarregada por meio dos fios de cobre. Capacitores, transformadores e baterias são peças fundamentais nesse processo.

Fonte: Disponível em: < <https://www.tecmundo.com.br/infografico/12216-a-tecnologia-das-armas-taser-infografico-.htm> >.

Adaptada. Acesso em: 03 de set. 2017.

Nesse sentido, assinale a alternativa correta que completa as lacunas das frases a seguir.

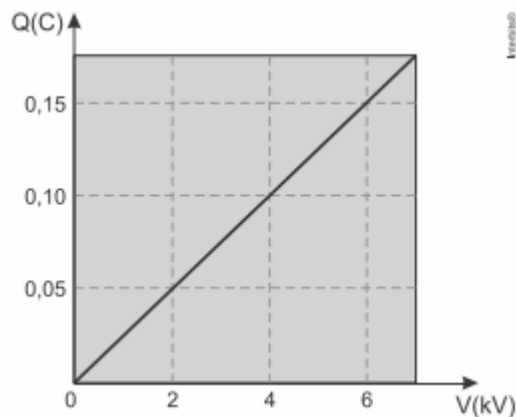
A bateria é uma fonte de energia que transforma energia _____ em energia elétrica. O capacitor é um dispositivo que armazena _____.

- a) Térmica – campo magnético.
 - b) Lumisosa – corrente elétrica.
 - c) Química – cargas elétricas.
 - d) Magnética – resistência elétrica.
 - e) Solar – energia elétrica.
2. Analise as seguintes afirmativas, referentes a um capacitor de placas planas e paralelas:
- I. A capacitância do capacitor depende da carga armazenada em cada uma de suas placas em determinado instante.
 - II. A diferença de potencial elétrico entre as placas do capacitor depende da capacitância e da carga de cada placa.
 - III. Quando as placas do capacitor se aproximam, sem que outros fatores sejam alterados, a sua capacitância aumenta.

Está(ão) correta(s) a(s) afirmativa(s)

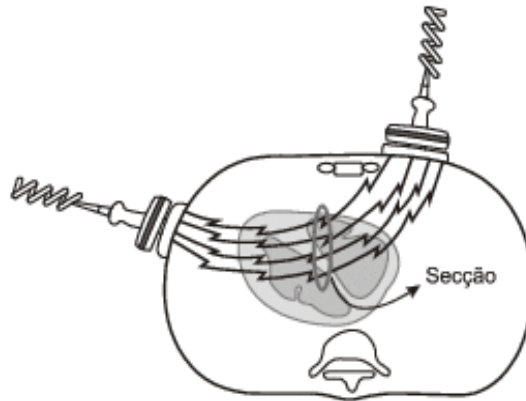
- a) I e III, apenas.
- b) III apenas.
- c) II e III, apenas.
- d) I, II e III.
- e) Nenhuma.

3. Fibrilação ventricular é um processo de contração desordenada do coração que leva à falta de circulação sanguínea no corpo, chamada parada cardiorrespiratória. O desfibrilador cardíaco é um equipamento que aplica um pulso de corrente elétrica através do coração para restabelecer o ritmo cardíaco. O equipamento é basicamente um circuito de carga e descarga de um capacitor (ou banco de capacitores). Dependendo das características da emergência, o médico controla a energia elétrica armazenada no capacitor dentro de uma faixa de 5 a 360 J. Suponha que o gráfico dado mostra a curva de carga de um capacitor de um desfibrilador. O equipamento é ajustado para carregar o capacitor através de uma diferença de potencial de 4 kV. Qual o nível de energia acumulada no capacitor que o médico ajustou?



- a) 100 J.
- b) 150 J.
- c) 200 J.
- d) 300 J.
- e) 400 J.

4. É comum vermos em filmes ou séries de TV a utilização de um equipamento elétrico capaz de estimular os batimentos do coração após uma parada cardíaca. Tal equipamento é o desfibrilador, aparelho provido de dois eletrodos que aplica um choque no paciente, a fim de provocar a passagem de uma grande corrente variável pelo coração em um curto intervalo de tempo, estabelecendo assim o ritmo normal das contrações. A descarga acontece porque o desfibrilador libera a energia elétrica acumulada em um capacitor.



Fonte: BIT Boletim Informativo de Tecnovigilância, Brasília, Número 01, jan/fev/mar 2011 - ISSN 2178-440X (Adaptado).

Imagine que um desses aparelhos possua uma tensão de 3kV entre os eletrodos e que o capacitor esteja carregado com 300 J de energia. Despreze as resistências elétricas dos componentes do desfibrilador e também do paciente.

A alternativa correta que apresenta o módulo da corrente média, em ampère, que atravessa o tórax do paciente se a descarga ocorre no tempo de 10ms é:

- a) 20
- b) 30
- c) 10
- d) 40
- e) 50

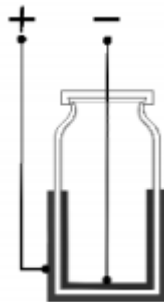
5. (Enem 2ª aplicação 2010) Atualmente, existem inúmeras opções de celulares com telas sensíveis ao toque (touchscreen). Para decidir qual escolher, é bom conhecer as diferenças entre os principais tipos de telas sensíveis ao toque existentes no mercado. Existem dois sistemas básicos usados para reconhecer o toque de uma pessoa:
- O primeiro sistema consiste de um painel de vidro normal, recoberto por duas camadas afastadas por espaçadores. Uma camada resistente a riscos é colocada por cima de todo o conjunto. Uma corrente elétrica passa através das duas camadas enquanto a tela está operacional. Quando um usuário toca a tela, as duas camadas fazem contato exatamente naquele ponto. A mudança no campo elétrico é percebida, e as coordenadas do ponto de contato são calculadas pelo computador.
 - No segundo sistema, uma camada que armazena carga elétrica é colocada no painel de vidro do monitor. Quando um usuário toca o monitor com seu dedo, parte da carga elétrica é transferida para o usuário, de modo que a carga na camada que a armazena diminui. Esta redução é medida nos circuitos localizados em cada canto do monitor. Considerando as diferenças relativas de carga em cada canto, o computador calcula exatamente onde ocorreu o toque.

Disponível em: <http://eletronicos.hsw.uol.com.br>. Acesso em: 18 set. 2010 (adaptado).

O elemento de armazenamento de carga análogo ao exposto no segundo sistema e a aplicação cotidiana correspondente são, respectivamente,

- a) receptores – televisor.
 - b) resistores – chuveiro elétrico.
 - c) geradores – telefone celular.
 - d) fusíveis – caixa de força residencial.
 - e) capacitores – flash de máquina fotográfica.
6. Uma das aplicações dos capacitores é no circuito eletrônico de um flash de máquina fotográfica. O capacitor acumula carga elétrica por um determinado tempo (alguns segundos) e, quando o botão para tirar a foto é acionado, toda carga acumulada é “despejada” sobre a lâmpada do flash, daí o seu brilho intenso, porém de curta duração.
- Se nesse circuito houver um capacitor de dados nominais 315 V e 100 μF , corresponderá a uma carga, em coulomb, máxima, acumulada de
- a) 3,1500
 - b) 0,3175
 - c) 0,3150
 - d) 0,0315
 - e) 3,1750

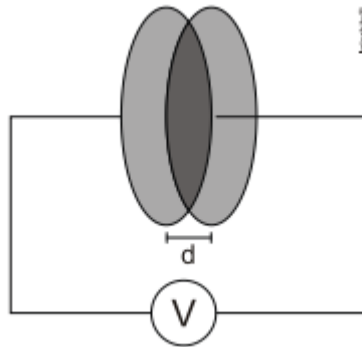
7. Uma garrafa de Leyden é um capacitor de alta tensão, inventado por volta do ano de 1745. Consiste num pote cilíndrico de material altamente isolante com folhas metálicas fixadas nas superfícies interna e externa do frasco, como mostra a figura. Um terminal elétrico, atravessando a tampa do pote, faz contato com a folha interior; e um terminal externo faz contato com a folha exterior. Ligando os terminais a uma bateria, pode-se acumular carga nas superfícies metálicas. A ideia de usar pote tampado veio da teoria antiga de que a eletricidade era um fluido, e que poderia ser armazenado na garrafa. Num experimento de eletrostática, Ana quer construir garrafas de Leyden com frascos de vidro. Ela usa dois frascos de maionese, A e B, de tamanhos iguais, mas a espessura das paredes de vidro do frasco A é 4,0mm e a espessura das paredes do frasco B é de 2,0mm. Os terminais dos dois frascos são submetidos a uma tensão de 12,0V, com o uso de baterias, durante bastante tempo. Considere que área total das folhas metálicas em cada uma das garrafas é de $0,02\text{m}^2$.



Sabe-se que o campo elétrico entre as placas do capacitor é calculado aproximadamente por $E = \sigma/\epsilon$. Nesta equação, σ é a densidade superficial de carga acumulada no capacitor e tem unidades de Coulomb por metro quadrado, e $\epsilon = 4,5 \times 10^{-11} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$ é a permeabilidade elétrica do meio. Com base nestas informações, qual a capacitância de cada garrafa.

- a) $2,25 \cdot 10^{-10} \text{ F}$ e $4,5 \cdot 10^{-10} \text{ F}$
- b) $2,50 \cdot 10^{-10} \text{ F}$ e $4,0 \cdot 10^{-10} \text{ F}$
- c) $2,0 \cdot 10^{-10} \text{ F}$ e $9,0 \cdot 10^{-10} \text{ F}$
- d) $5,0 \cdot 10^{-10} \text{ F}$ e $8,0 \cdot 10^{-10} \text{ F}$
- e) $25 \cdot 10^{-10} \text{ F}$ e $45 \cdot 10^{-10} \text{ F}$

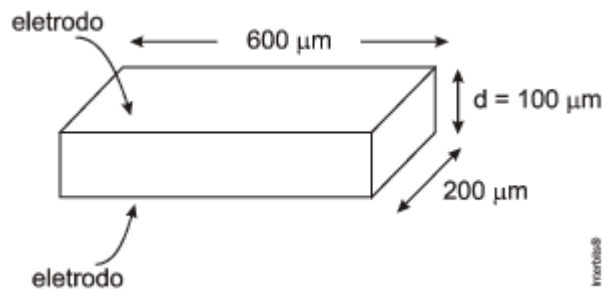
8. O sistema composto de duas placas metálicas circulares, móveis e de diâmetro 20 cm, formam um capacitor, conforme ilustrado na figura a seguir.



Quando a distância d entre as placas é da ordem de um milésimo do diâmetro das placas, este é, com boa aproximação, um capacitor plano de placas paralelas. Nessas condições, esse sistema é usado para medir o campo elétrico atmosférico. Considerando-se que $\pi = 3$, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ e que a ddp medida é de 20 mV, qual o módulo da carga elétrica em cada placa

- a) $4,22 \cdot 10^{-11} \text{ C}$
 - b) $3,60 \cdot 10^{-11} \text{ C}$
 - c) $2,66 \cdot 10^{-14} \text{ C}$
 - d) $2,66 \cdot 10^{-11} \text{ C}$
 - e) $4,22 \cdot 10^{-14} \text{ C}$
9. Em dias secos, algumas pessoas podem perceber descargas elétricas quando se aproximam de superfícies metálicas. Numa condição específica, o corpo humano pode ficar eletrizado estaticamente com uma diferença de potencial de 30 kV. Neste caso, a pele humana funciona como as placas de um capacitor de 300 pF, e o estrato córneo (a camada mais externa na pele) funciona como o dielétrico, podendo armazenar energia elétrica. Considerando-se o exposto, a energia eletrostática e a carga elétrica, armazenada pelo corpo, são, respectivamente,
- a) 0,250 J e $4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$
 - b) 0,135 J e $9 \cdot 10^{-6} \text{ C}$
 - c) 0,250 J e $4 \cdot 10^{-10} \text{ C}$
 - d) 0,135 J e $9 \cdot 10^{-10} \text{ C}$
 - e) 0,750 J e $3,6 \cdot 10^{-10} \text{ C}$

10. Numa tela de televisor de plasma, pequenas células contendo uma mistura de gases emitem luz quando submetidas a descargas elétricas. A figura abaixo mostra uma célula com dois eletrodos, nos quais uma diferença de potencial é aplicada para produzir a descarga. Considere que os eletrodos formam um capacitor de placas paralelas, cuja capacitância é dada por $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$, onde $\epsilon_0 = 8,9 \times 10^{-12}$ F/m, A é a área de cada eletrodo e d é a distância entre os eletrodos.



A capacitância da célula é

- a) $1,068 \cdot 10^{-14}$ F.
- b) $1,068 \cdot 10^{-16}$ F.
- c) $1,068 \cdot 10^{-18}$ F.
- d) $1,068 \cdot 10^{-20}$ F.
- e) $1,068 \cdot 10^{-22}$ F.

Gabarito

1. C

As baterias são dispositivos que transformam a energia **química** em energia elétrica através de reações espontâneas de oxirredução.

Capacitor é um dispositivo eletrônico cuja sua função básica é armazenar **cargas elétricas**, consequentemente é um acumulador de energia potencial elétrica.

2. C

[I] Incorreta. Conforme a expressão: $C = \frac{\epsilon A}{d}$, a capacitância depende: da área das placas, da distância entre elas e do dielétrico que preenche o espaço entre elas.

[II] Correta. A ddp no capacitor é $U = \frac{Q}{C}$.

[III] Correta. Conforme a expressão: $C = \frac{\epsilon A}{d}$, a capacitância é inversamente proporcional à distância entre as placas. Logo, diminuindo a distância entre elas, a capacitância

3. C

A energia em um capacitor é dada por:

$$E = \frac{Q \cdot U}{2}$$

Analisando o ponto em que a tensão é 4 kV, a carga $Q = 0,10$ C. Substituindo os valores na equação, temos que:

$$E = \frac{0,10 \cdot 4 \cdot 10^3}{2}$$

$$E = 200 \text{ J}$$

4. A

Dados: $U = 3 \text{ kV} = 3 \times 10^3 \text{ V}$; $E = 300 \text{ J}$; $\Delta t = 10 \text{ ms} = 10^{-2} \text{ s}$.

Calculando a carga armazenada:

$$E = \frac{Q U}{2} \Rightarrow Q = \frac{2 E}{U} = \frac{2 \cdot 300}{3 \times 10^3} \Rightarrow Q = 0,2 \text{ C.}$$

A intensidade média da corrente elétrica é:

$$i_m = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{0,2}{10^{-2}} \Rightarrow i_m = 20 \text{ A}$$

5. E

Dispositivos que armazenam carga elétrica são chamados **capacitores** ou **condensadores**. A carga armazenada é descarregada num momento oportuno, como por exemplo, através do filamento de uma lâmpada de máquina fotográfica, emitindo um *flash*.

6. D

A carga elétrica, em coulombs, é dada pelo produto da capacitância em farad pela diferença de potencial em volt:

$$Q = C \cdot U \Rightarrow Q = 100 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 315 \text{ V} \therefore Q = 0,0315 \text{ C}$$

7. A

$$C = \frac{\epsilon A}{d} \begin{cases} C_A = \frac{4,5 \times 10^{-11} \times 2 \times 10^{-2}}{4 \times 10^{-3}} \Rightarrow C_A = 2,25 \times 10^{-10} \text{ F.} \\ C_B = \frac{4,5 \times 10^{-11} \times 2 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-3}} \Rightarrow C_B = 4,5 \times 10^{-10} \text{ F.} \end{cases}$$

8. D

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2; D = 20 \text{ cm} = 2 \times 10^{-1} \text{ m}; \pi = 3.$$

$$Q = C U \Rightarrow Q = \frac{\epsilon_0 A}{d} U \Rightarrow Q = \epsilon_0 \frac{\pi D^2}{4} \frac{U}{d} = \epsilon_0 \frac{\pi D^2}{4} E \Rightarrow$$

$$Q = \frac{8,85 \times 10^{-12} \cdot 3 \cdot (2 \times 10^{-1})^2 \cdot 100}{4} = \frac{8,85 \times 10^{-12} \cdot 3 \cdot \cancel{4} \times 10^{-2} \cdot 100}{\cancel{4}} = 2,655 \times 10^{-11} \Rightarrow$$

$$Q = 2,66 \times 10^{-11} \text{ C.}$$

9. B

$$\text{Dados: } U = 30 \text{ kV} = 3 \times 10^4 \text{ V} = 30 \times 10^3; C = 300 \text{ pF} = 300 \times 10^{-12} \text{ F} = 3 \times 10^{-10} \text{ F.}$$

Da expressão da energia armazenada no capacitor plano:

$$E = \frac{C U^2}{2} = \frac{3 \times 10^{-10} \times (3 \times 10^4)^2}{2} = \frac{3 \times 10^{-10} \times 9 \times 10^8}{2} \Rightarrow E = 0,135 \text{ J.}$$

Da expressão da carga elétrica armazenada pelo capacitor:

$$Q = CU = 3 \times 10^{-10} \times 3 \times 10^4 \Rightarrow Q = 9 \times 10^{-6} \text{ C.}$$

10. A

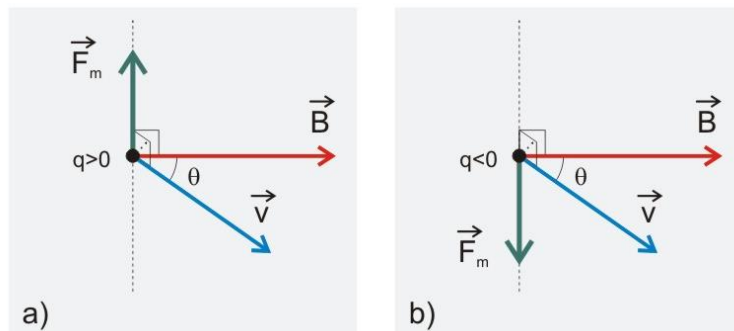
$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} = \frac{8,9 \times 10^{-12} \times 600 \times 200 \times 10^{-12}}{100 \times 10^{-6}} = 1,068 \times 10^{-14} \text{ F}$$

Magnetismo: força magnética

Resumo

Força magnética sobre uma partícula eletrizada lançada num campo magnético uniforme

Como já vimos, portadores de carga elétrica em movimento geram campo magnético. Se o movimento da partícula ocorre num campo magnético uniforme, teremos a interação desses campos se manifestando através de uma força magnética.



Força magnética $\vec{F}_m$ que age numa partícula eletrizada com carga elétrica q lançada com velocidade $\vec{v}$ num campo magnético $\vec{B}$.

a) $q > 0$ e b) $q < 0$

Essa força magnética (**Força de Lorentz**) é calculada por:

$$\vec{F}_m = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$

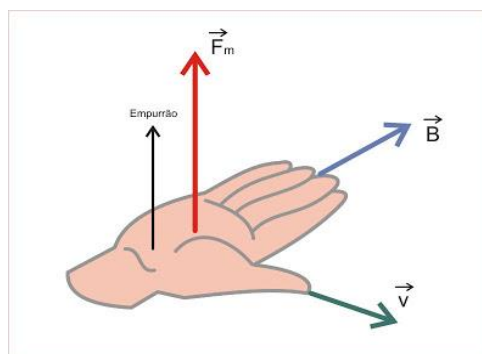
Onde o símbolo " $\times$ " significa *produto vetorial*. Não é uma multiplicação!

Módulo $\rightarrow F_m = |q| \cdot v \cdot B \cdot \sin\theta$

Direção $\rightarrow$ Perpendicular ao plano determinado pelos vetores $\vec{B}$ e $\vec{v}$.

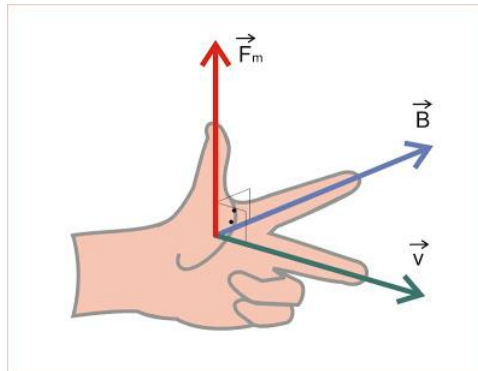
Sentido $\rightarrow$ Determinado pela "regra da mão direita" (também tem a "regra da mão esquerda").

Regra da mão direita:



A força magnética será perpendicular ao plano da palma da mão. Seu sentido será o mesmo do produto vetorial ($\vec{v} \times \vec{B}$) caso a carga tenha sinal positivo ($q > 0$). No caso da carga elétrica ser negativa ($q < 0$) terá sentido contrário ao do produto vetorial.

Obs.: O sentido da força magnética pode também ser determinado pela regra da mão esquerda. Veja a figura abaixo. O dedo polegar fornece o sentido da força magnética considerando $q > 0$. Para $q < 0$, o sentido da força magnética é oposto.

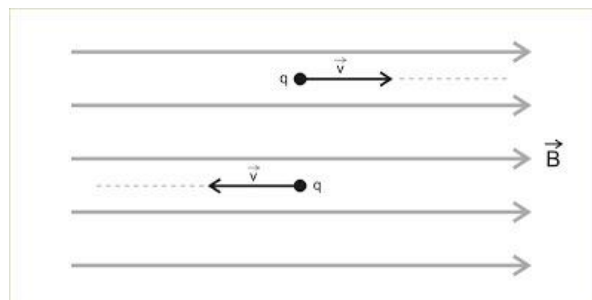


Unidades no S.I.

Força (F_m)	Carga elétrica (q)	Velocidade (v)	Campo magnético (B)
Newton (N)	Coulomb (C)	m/s	Tesla (T)

Análise do movimento de uma partícula eletrizada lançada num campo magnético uniforme

- 1) Partícula eletrizada com carga $q > 0$ lançada paralelamente às linhas de indução magnética do campo ($\vec{v} // \vec{B}$).

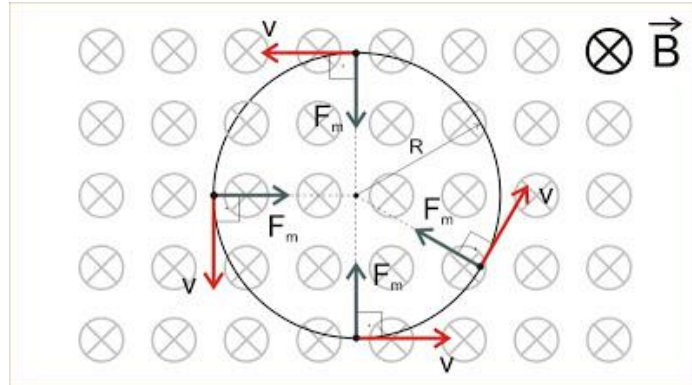


Sendo: $F_m = |q| \cdot v \cdot B \cdot \sin\theta$ e $\theta = 0^\circ$ ou $\theta = 180^\circ$, em ambos os casos $\sin\theta = 0$.

Sendo assim: $F_m = 0$, temos então, um movimento retilíneo uniforme (MRU).

$$\vec{v} // \vec{B} \rightarrow F_m = 0$$

- 2) Partícula eletrizada com carga $q > 0$ lançada perpendicularmente às linhas de indução magnética do campo ($\vec{v} \perp \vec{B}$).



Sendo $F_m = q.v.B.\sin\theta$ e $\theta = 90^\circ$, temos $\sin 90^\circ = 1$.

Sendo assim: $F_m = q.v.B$

Atenção!

Sendo $\vec{F}_m$ perpendicular à $\vec{v}$ ao longo de todo o movimento, esta força tem sua atuação como resultante centrípeta, não variando o módulo da velocidade, mas somente sua direção, obrigando a partícula eletrizada à realizar um movimento circular uniforme (MCU).

$$\vec{F}_m = \vec{R}_{\text{centrípeta}}$$

$$\vec{v} \perp \vec{B} \rightarrow \text{MCU}$$

Obs.: Cálculo do raio R da trajetória:

$$F_m = R_{cp} \rightarrow |q|vB = m \frac{v^2}{R} \rightarrow R = \frac{mv}{qB}$$

Obs.: Cálculo do período T do movimento:

$$v = \omega R \rightarrow v = \frac{2\pi}{T} R \rightarrow vT = 2\pi \frac{mv}{qB} \rightarrow T = \frac{2\pi m}{|q|B}$$

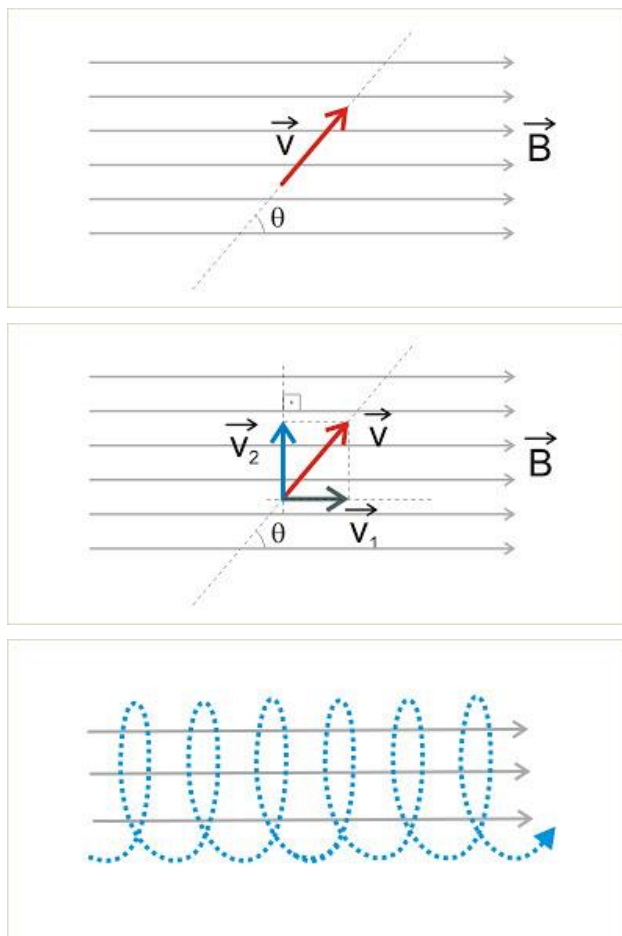
Obs.: Cálculo da frequência f do movimento:

$$f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{|q|B}{2\pi m}$$

Obs.: Período e frequência não dependem da velocidade de lançamento.

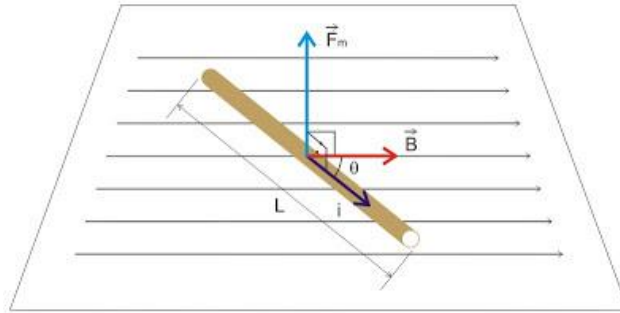
Obs.: $F_m \perp v \rightarrow$ a F_m não realiza trabalho.

- 3) Partícula eletrizada com carga $q > 0$ lançada obliquamente às linhas de indução magnética do campo.



Neste caso, decompomos a velocidade de lançamento v nas componentes: v_1 (paralela a B) e v_2 (perpendicular a B). Devido a v_1 a partícula descreve um MRU e devido a v_2 , um MCU. A composição de um MRU com um MCU resulta em um movimento uniforme com trajetória helicoidal.

Força magnética sobre condutores retilíneos percorridos por corrente elétrica imersos num campo magnético uniforme.



Um condutor de comprimento L , percorrido pela corrente i , está imerso em um campo de indução magnética $\vec{B}$ uniforme. O ângulo entre $\vec{B}$ e o fio é θ .

Vamos considerar Q a carga total livre que se movimenta no condutor. Sendo assim:

$$F_m = Q \cdot v \cdot B \cdot \sin\theta$$

Sabemos que:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow v = \frac{L}{\Delta t}$$

E que:

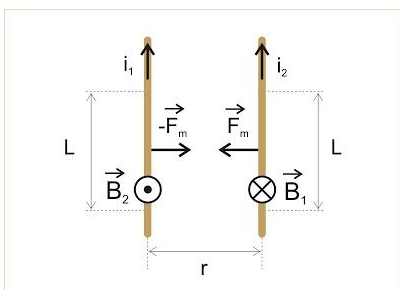
$$i = \frac{Q}{\Delta t} \rightarrow Q = i \cdot \Delta t$$

Podemos então concluir que:

$$F_m = i \cdot \Delta t \cdot \frac{L}{\Delta t} \cdot B \cdot \sin\theta \rightarrow F_m = B \cdot i \cdot L \cdot \sin\theta$$

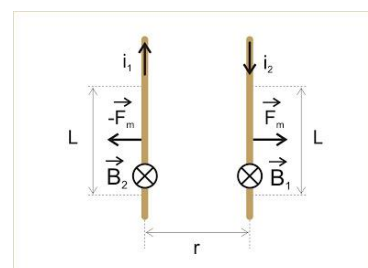
A direção da $\vec{F}_m$ é perpendicular ao plano e o sentido é dado pela regra da mão direita (ou regra da mão esquerda).

Força magnética entre condutores retilíneos paralelos



Correntes elétricas no mesmo sentido:

Condutores se **ATRAEM**



Correntes elétricas em sentidos opostos:

Condutores se **REPELEM**

Intensidade da força magnética entre os condutores:

$$F_m = B_1 \cdot i_2 \cdot L \text{ ou } F_m = B_2 \cdot i_1 \cdot L$$

$$\text{com } B_1 = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi r} \text{ e } B_2 = \frac{\mu_0 i_2}{2\pi r}$$

Assim, vem:

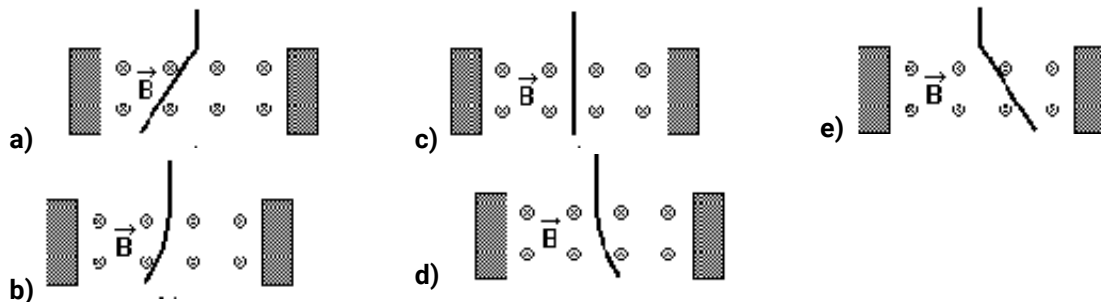
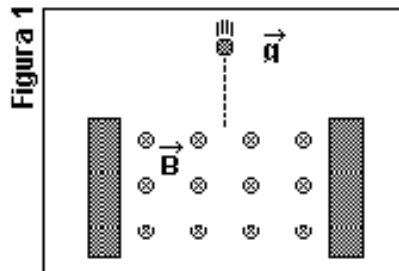
$$F_m = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi r} L$$

Exercícios

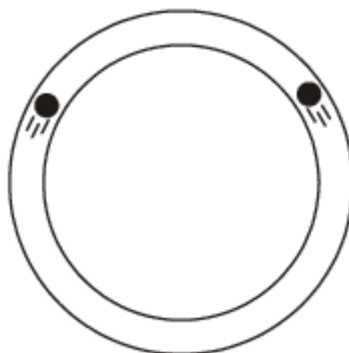
1. Uma partícula de carga q , com velocidade $\vec{v}$ e massa m dentro de um campo magnético $\vec{B}$, fica sujeita a uma força $\vec{F}_m$ pela ação desse campo. Sobre a situação, foram feitas três afirmações.
- A intensidade da força $\vec{F}_m$ depende do valor de q .
 - O sentido da força $\vec{F}_m$ depende do sinal de q .
 - A intensidade da força $\vec{F}_m$ depende da velocidade v e da massa m da partícula.

A afirmativa correta é:

- I e III apenas
 - I e II apenas
 - II e III apenas
 - I, II e III
2. Uma pequena esfera carregada eletricamente com carga positiva e em queda livre penetra em uma região onde um campo magnético horizontal atua uniformemente. O esboço que melhor representa a trajetória da esfera no interior dessa região é:



3. Um feixe de raios catódicos, que nada mais é do que um feixe de elétrons, está preso a um campo magnético girando numa circunferência de raio $R = 2,0\text{cm}$. Se a intensidade do campo é de $4,5 \times 10^{-3}\text{T}$ e sua carga é $1,6 \times 10^{-19}\text{C}$ e $m = 9,11 \times 10^{-31}\text{kg}$, podemos dizer que a velocidade dos elétrons, no feixe, vale:
- a) $2,0 \times 10^3\text{ m/s}$
 - b) $1,6 \times 10^3\text{ m/s}$
 - c) $1,6 \times 10^7\text{ m/s}$
 - d) $2,0 \times 10^7\text{ m/s}$
 - e) $2,0 \times 10^4\text{ m/s}$
4. O acelerador LHC colidiu dois prótons, girando em trajetórias circulares com sentidos opostos, sendo um no sentido horário e o outro no sentido anti-horário, veja a figura. Considere que as trajetórias dos prótons antes da colisão eram mantidas circulares devido unicamente à interação de campos magnéticos perpendiculares ao plano das órbitas dos prótons. Com fundamentos no eletromagnetismo, é correto afirmar:

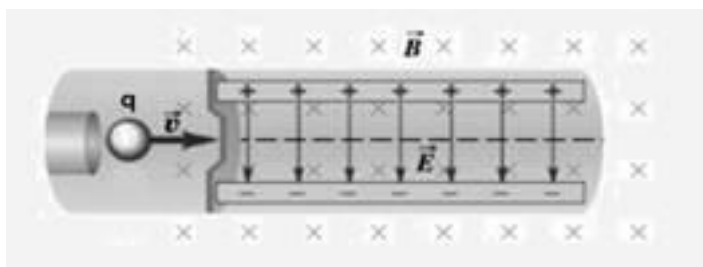


- (01) A finalidade do campo magnético é apenas mudar a direção da velocidade dos prótons.
- (02) A finalidade do campo magnético é aumentar a energia cinética dos prótons.
- (04) O próton que está girando no sentido horário está submetido a um campo magnético que possui um sentido que está entrando no plano da página.
- (08) A força magnética aplicada em cada próton possui direção tangente à trajetória.
- (16) A força magnética aplicada em cada próton não realiza trabalho.

A soma dos números das alternativas corretas da:

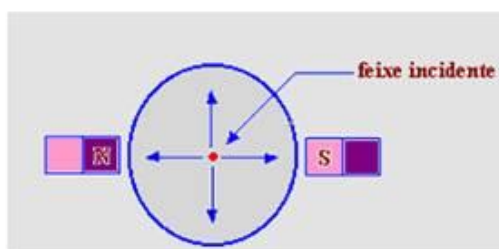
- a) 6
- b) 12
- c) 24
- d) 21
- e) 3

5. A figura a seguir representa uma partícula com carga elétrica q e velocidade $\vec{v}$, entrando em uma região onde há um campo magnético $\vec{B}$ orientando para dentro da página e perpendicular a um campo elétrico $\vec{E}$.



Essa configuração de campos elétrico e magnético funciona como um seletor de velocidade para partículas carregadas. Desprezando-se a força gravitacional, a velocidade em que a partícula não sofre desvio, ou seja, a força elétrica anula a força magnética, é dada por:

- qE/B
 - E/B
 - B/q
 - B/E
6. A figura mostra a tela de um osciloscópio onde um feixe de elétrons, que provém perpendicularmente da página para seus olhos, incide no centro da tela. Aproximando-se lateralmente da tela dois ímãs iguais com seus respectivos polos mostrados, verificar-se-á que o feixe:



- será desviado para cima.
 - será desviado para baixo.
 - será desviado para a esquerda.
 - será desviado para a direita.
 - não será desviado.
7. Uma partícula com carga $q = 2,0\mu\text{C}$, de massa $m = 1,0 \times 10^{-7}\text{kg}$ penetra, com uma velocidade $v = 20\text{m/s}$, num campo magnético uniforme de indução $B = 4,0\text{T}$ através de um orifício existente no ponto O de um anteparo. Determine a que distância do ponto O a partícula incide no anteparo.
- 15 cm.
 - 30 cm.
 - 25 cm.
 - 45 cm.
 - 40 cm.

8. Duas partículas, A e B, de massas e cargas elétricas desconhecidas, entram numa região onde há um campo magnético uniforme, com velocidades idênticas e perpendiculares ao campo. Elas descrevem trajetórias circulares de raios r_a e r_b , respectivamente, tais que $r_a > r_b$. A respeito de suas massas e cargas, podemos dizer que:
- a) $q_a > q_b$; $m_a = m_b$
 - b) $q_a = q_b$; $m_a < m_b$
 - c) $m_a/q_a > m_b/q_b$
 - d) $m_a/q_a < m_b/q_b$
 - e) $m_a/q_a = m_b/q_b$
9. Um condutor retilíneo é percorrido por uma corrente elétrica igual a 50A. Medindo 25m de comprimento, esse condutor está totalmente imerso num campo magnético uniforme, cuja intensidade é $B = 2,5 \times 10^{-5} \text{T}$. Determine a direção, o sentido e a intensidade de força magnética sobre o condutor, sabendo que ele forma um ângulo de 30° com a direção do campo.
- a) 0,015625N; direção: horizontal e sentido: para a direita.
 - b) 0,043265N; direção: vertical e sentido: para baixo.
 - c) 0,043265N; direção: vertical e sentido: para cima.
 - d) 0,015625N; direção: perpendicular ao plano da folha e sentido: entrando na folha.
 - e) 0,015625N; direção: perpendicular ao plano da folha e sentido: saindo na folha.
10. A intensidade da força de interação eletromagnética entre dois condutores retilíneos, dispostos paralelamente um ao outro e percorridos por correntes elétricas de intensidades i_1 e i_2 é dada pela equação.

$$F = \mu_0 \cdot L \cdot i_1 \cdot i_2 / 2\pi d$$

Dois condutores idênticos estão dispostos paralelamente um ao outro, como mostra figura, distantes 10,00cm um do outro. Se a distância entre estes condutores passar a ser o dobro da inicial, eles irão _____ com uma força de intensidade_____.

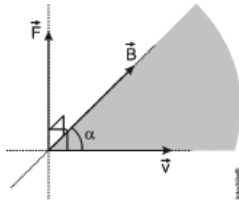


- a) repelir-se; $2F$
- b) repelir-se; $F/2$
- c) atrair-se; $2F$
- d) atrair-se; $F/2$
- e) atrair-se; $\sqrt{F}$

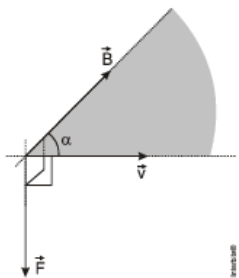
Gabarito

1. B

A figura mostra a velocidade de uma partícula carregada positivamente um campo magnético e a força recebida pela partícula. Note que a força é perpendicular ao plano formado por $\vec{v}$ e $\vec{B}$.



A figura mostra a mesma situação para uma carga elétrica negativa:



O módulo da força magnética é dado pela expressão: $F_m = q.V.B.\text{sen}\alpha$.

2. D

Pela regra da mão direita além do peso passa a agir uma força magnética para a direita que provoca uma curva no seu movimento.

3. C

$$R = \frac{mv}{qB} \rightarrow v = \frac{RqB}{m} = \frac{2 \cdot 10^{-2} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4,5 \cdot 10^{-3}}{9,11 \cdot 10^{-31}} \cong 1,6 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

4. D

$$01 + 04 + 16 = 21$$

(01) Correta. A força magnética sobre uma partícula eletrizada tem direção simultaneamente perpendicular ao campo e à velocidade. Assim sendo, Essa força exerce a função apenas de força centrípeta, alterando somente a direção do movimento, não alterando a velocidade. Logo, ela não transfere energia cinética às partículas, não realizando trabalho.

(02) Errada. Já justificado em (01).

(04) Correta. Basta aplicar a "regra da mão direita".

(08) Errada. Já justificado em (01).

(16) Correta. Já justificado em (01).

5. **B**

Para a condição de equilíbrio da situação descrita, as duas forças (elétrica e magnética) devem se equilibrar:

$$F_e = F_{\text{mag}} \rightarrow Eq = qvB \rightarrow v = \frac{E}{B}$$

6. **B**

Pela regra da mão esquerda a força magnética estará para cima, mas como são eletros estará para baixo.

7. **C**

$$R = \frac{mv}{qB} = \frac{10^{-7} \cdot 20}{2 \cdot 10^{-6} \cdot 4} = 0,25 \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

8. **C**

$$v_A = \frac{m_A \cdot v}{q_A \cdot B}$$

$$v_B = \frac{m_B \cdot v}{q_B \cdot B}$$

v e B são constante, logo, para que $v_A > v_B$, devemos

$$\text{ter } \frac{m_A}{q_A} > \frac{m_B}{q_B}.$$

9. **D**

O módulo da força é calculado através da expressão:

$$F = Bilsen\theta = 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot 50 \cdot 25 \cdot \text{sen}30^\circ = 1,5625 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

0,015625n; direção: perpendicular ao plano da folha e sentido: entrando na folha.

10. **D**

Dobrando-se a distância r a força magnética passa a ter intensidade $f/2$ e tendo mesmo sentido os condutores se atraem.

Magnetismo: ímã

Resumo

Ímãs e magnetos

Um ímã é definido com um objeto capaz de provocar um campo magnético à sua volta. Podendo ser ele natural ou artificial.

Um ímã natural é feito de minerais com substâncias magnéticas, como por exemplo, a magnetita. Já o ímã artificial é feito de um material sem propriedades magnéticas, mas que pode adquirir permanente ou instantaneamente características de um ímã natural.

Os ímãs artificiais também são subdivididos em: permanentes ou temporais:

- Um ímã permanente é feito de material capaz de manter as propriedades magnéticas mesmo após cessar o processo de imantação, estes materiais são chamados ferromagnéticos.
- Um ímã temporal tem propriedades magnéticas apenas enquanto se encontra sob ação de outro campo magnético, os materiais que possibilitam este tipo de processo são chamados paramagnéticos.

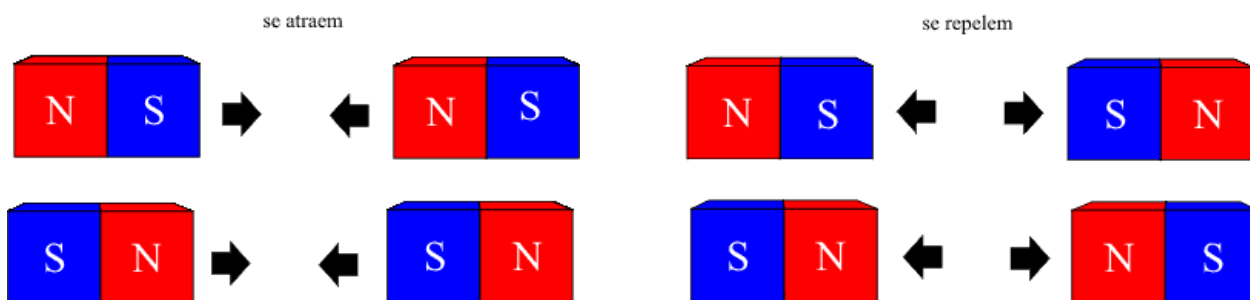
Polos magnéticos

São as regiões onde se intensificam as ações magnéticas. Um ímã é composto por dois polos magnéticos, norte e sul, normalmente localizados em suas extremidades, exceto quando estas não existirem, como em um ímã em forma de disco, por exemplo. Por esta razão são chamados **dipolos magnéticos**.

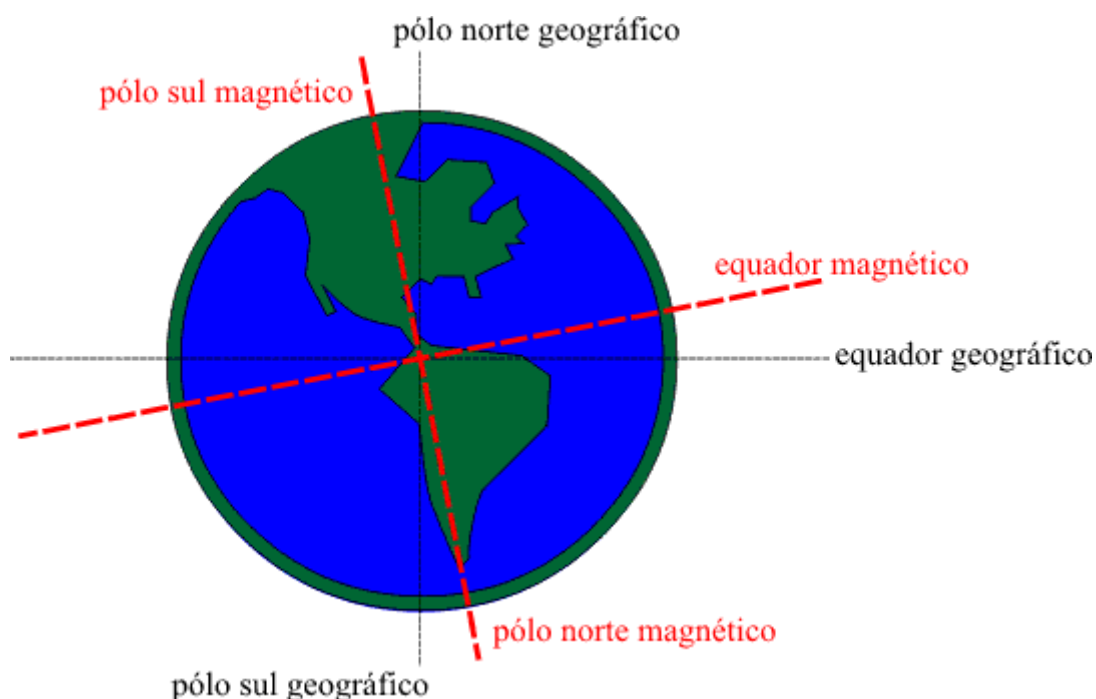
Para que sejam determinados estes polos, se deve suspender o ímã pelo centro de massa e ele se alinhará aproximadamente ao polo norte e sul geográfico recebendo nomenclatura equivalente. Desta forma, o polo norte magnético deve apontar para o polo norte geográfico e o polo sul magnético para o polo sul geográfico.

Atração e repulsão

Ao manusear dois ímãs percebemos claramente que existem duas formas de colocá-los para que estes sejam repelidos e duas formas para que sejam atraídos. Isto se deve ao fato de que polos com mesmo nome se repelem, mas polos com nomes diferentes se atraem, ou seja:



Esta propriedade nos leva a concluir que os polos norte e sul geográficos não coincidem com os polos norte e sul magnéticos. Na verdade eles se encontram em pontos praticamente opostos, como mostra a figura abaixo:



A inclinação dos eixos magnéticos em relação aos eixos geográficos é de aproximadamente 191° , fazendo com os seus polos sejam praticamente invertidos em relação aos polos geográficos.

Interação entre polos

Dois polos se atraem ou se repelem, dependendo de suas características, à razão inversa do quadrado da distância entre eles. Ou seja, se uma força de interação F é estabelecida a uma distância d , ao dobrarmos esta distância a força observada será igual a uma quarta parte da anterior $F/4$. E assim sucessivamente.

Inseparabilidade dos polos de um ímã

Esta propriedade diz que é impossível separar os polos magnéticos de um ímã, já que toda vez que este for dividido serão obtidos novos polos, então se diz que qualquer novo pedaço continuará sendo um dipolo magnético.

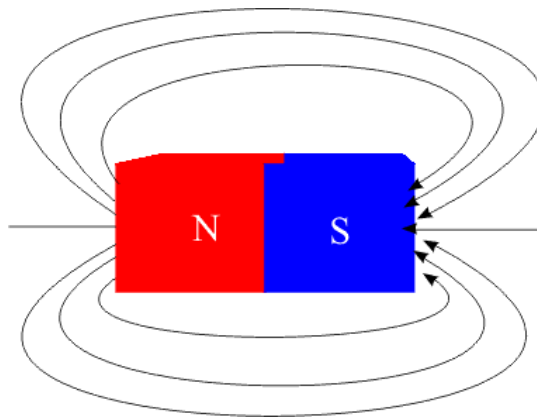
Campo Magnético

É a região próxima a um ímã que influencia outros ímãs ou materiais ferromagnéticos e paramagnéticos, como cobalto e ferro.

Compare campo magnético com campo gravitacional ou campo elétrico e verá que todos estes têm as características equivalentes.

Também é possível definir um vetor que descreva este campo, chamado vetor indução magnética e simbolizado por $\vec{B}$. Se pudermos colocar uma pequena bússola em um ponto sob ação do campo o vetor $\vec{B}$ terá direção da reta em que a agulha se alinha e sentido para onde aponta o polo norte magnético da agulha.

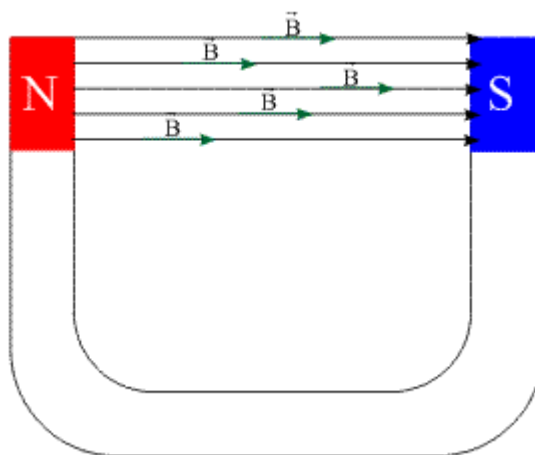
Se pudermos traçar todos os pontos onde há um vetor indução magnética associado veremos linhas que são chamadas linhas de indução do campo magnético. estas são orientados do polo norte em direção ao sul, e em cada ponto o vetor $\vec{B}$ tangencia estas linhas.



As linhas de indução existem também no interior do ímã, portanto são linhas fechadas e sua orientação interna é do polo sul ao polo norte. Assim como as linhas de força, as linhas de indução não podem se cruzar e são mais densas onde o campo é mais intenso.

Campo Magnético Uniforme

De maneira análoga ao campo elétrico uniforme, é definido como o campo ou parte dele onde o vetor indução magnética $\vec{B}$ é igual em todos os pontos, ou seja, tem mesmo módulo, direção e sentido. Assim sua representação por meio de linha de indução é feita por linhas paralelas e igualmente espaçadas.



Exercícios

1. Três barras, PQ, RS e TU, são aparentemente idênticas.



Verifica-se experimentalmente que P atrai S e repele T; Q repele U e atrai S. Então, é possível concluir que:

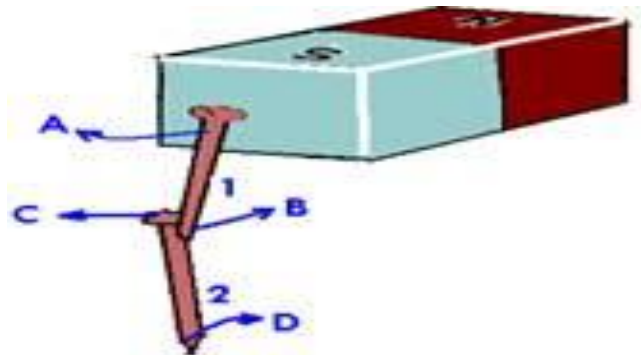
- a) PQ e TU são ímãs
 - b) PQ e RS são ímãs
 - c) RS e TU são ímãs
 - d) as três são ímãs
 - e) somente PQ é ímã
2. A figura mostra um pedaço de ferro nas proximidades de um dos polos de um ímã permanente.



Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas nas seguintes afirmações sobre essa situação. A extremidade L do pedaço de ferro é _____ pelo polo K do ímã. Chamando o polo sul do ímã de S e o norte de N, uma possível distribuição dos polos nas extremidades K, L e M é, respectivamente, _____.

- a) atraída – N, N e S
- b) atraída – N, S e N
- c) repelida – N, S e N
- d) repelida – S, S e N
- e) repelida – S, N e S

3. Na figura, um ímã natural, cujos polos magnéticos norte, N, e sul, S, estão representados, equilibra dois pregos 1 e 2. Os pontos A e B pertencem a 1 e os pontos C e D pertencem a 2.

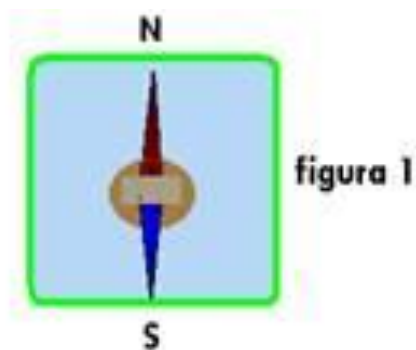


- a) B e C são polos norte
 - b) A é um polo norte e D um polo sul
 - c) A e D são polos sul
 - d) A é um polo sul e B um polo norte
 - e) B é um polo sul e D um polo norte
4. A Terra é considerada um ímã gigantesco, que tem as seguintes características:

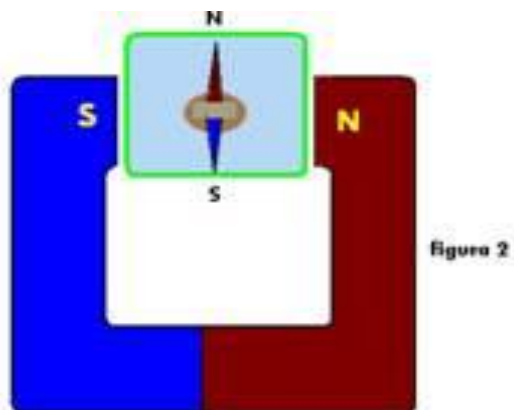


- a) O polo Norte geográfico está exatamente sobre o polo sul magnético, e o Sul geográfico está na mesma posição que o norte magnético.
- b) O polo Norte geográfico está exatamente sobre o polo norte magnético, e o Sul geográfico está na mesma posição que o sul magnético.
- c) O polo norte magnético está próximo do polo Sul geográfico, e o polo sul magnético está próximo do polo Norte geográfico.
- d) O polo norte magnético está próximo do polo Norte geográfico, e o polo sul magnético está próximo do polo Sul geográfico.
- e) O polo Norte geográfico está defasado de um ângulo de 45° do polo sul magnético, e o polo Sul geográfico está defasado de 45° do polo norte magnético.

5. Uma agulha magnética atravessada numa rolha de cortiça flutua num recipiente que contém água, na posição mostrada na figura 1, sob a ação do campo magnético terrestre.



Coloca-se, envolvendo o recipiente, um outro ímã com seus polos posicionados como indicado na figura 2:



A nova posição da agulha, sob a ação dos dois campos magnéticos, será:

a)



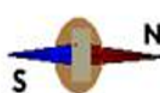
b)



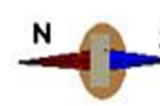
c)



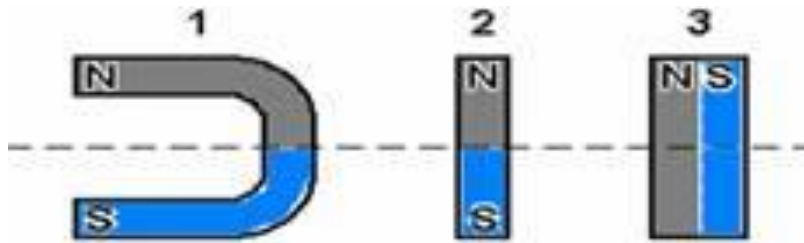
d)



e)



6. Os ímãs 1, 2 e 3 foram cuidadosamente seccionados em dois pedaços simétricos, nas regiões indicadas pela linha tracejada.



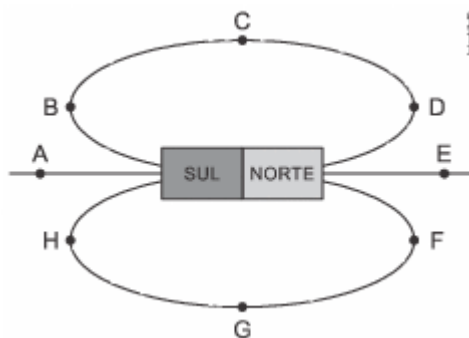
Analise as afirmações referentes às consequências da divisão dos ímãs:

- I. todos os pedaços obtidos desses ímãs serão também ímãs, independentemente do plano de secção utilizado;
- II. os pedaços respectivos dos ímãs 2 e 3 poderão se juntar espontaneamente nos locais da separação, retomando a aparência original de cada ímã;
- III. na secção dos ímãs 1 e 2, os polos magnéticos ficarão separados mantendo cada fragmento um único polo magnético.

Está correto o contido apenas em

- a) I
- b) III
- c) I e II
- d) I e III
- e) II e III

7. A figura representa um ímã em forma de barra, seus dois polos magnéticos Norte e Sul e algumas linhas de indução, contidas no plano da figura, do campo magnético criado pelo ímã. Sobre essas linhas estão assinalados os pontos de A até H.



Desprezando a ação de quaisquer outros campos magnéticos, o vetor campo magnético criado por esse ímã tem a mesma direção e mesmo sentido em

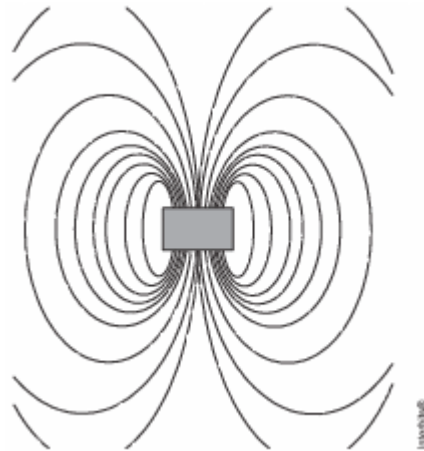
- B e H.
 - B e D.
 - E e G.
 - A e C.
 - D e H.
8. A magnetohipertermia é um procedimento terapêutico que se baseia na elevação da temperatura das células de uma região específica do corpo que estejam afetadas por um tumor. Nesse tipo de tratamento, nanopartículas magnéticas são fagocitadas pelas células tumorais, e um campo magnético alternado externo é utilizado para promover a agitação das nanopartículas e consequente aquecimento da célula.
- A elevação de temperatura descrita ocorre porque
- o campo magnético gerado pela oscilação das nanopartículas é absorvido pelo tumor.
 - o campo magnético alternado faz as nanopartículas girarem, transferindo calor por atrito.
 - as nanopartículas interagem magneticamente com as células do corpo, transferindo calor.
 - o campo magnético alternado fornece calor para as nanopartículas que o transfere às células do corpo.
 - as nanopartículas são aceleradas em um único sentido em razão da interação com o campo magnético, fazendo-as colidir com as células e transferir calor.

9. O disco rígido de um computador é um meio magnético utilizado para armazenar informação em forma digital. Sua superfície é dividida em trechos retangulares, muito pequenos, que funcionam como ímãs microscópicos e podem ser orientados em dois sentidos opostos,  e , respectivamente.

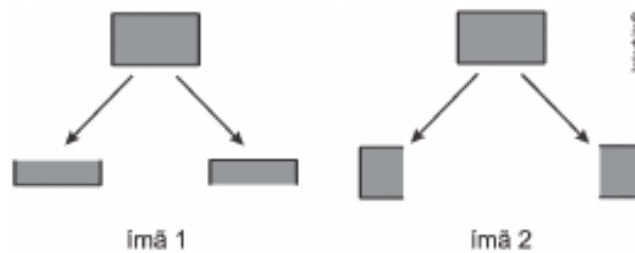
Um modelo simplificado do processo de leitura da informação gravada no disco rígido envolve um conjunto de bússolas I, II e III representado na figura. Se o polo norte da bússola aponta para cima, () sua orientação é representada pelo dígito 1, se aponta para baixo () representada pelo dígito 0. Assinal a opção que representa a orientação das bússolas na situação da figura.

	I	II	III
			
			
a)	1	0	1
b)	0	1	0
c)	1	0	0
d)	0	1	1
e)	0	0	1

10. Dois pequenos ímãs idênticos têm a forma de paralelepípedos de base quadrada. Ao su redor, cada um produz um campo magnético cujas linhas se assemelham ao desenho esquematizado.



Suficientemente distantes um do outro, os ímãs são cortados de modo diferente. As partes obtidas são então afastadas para que não haja nenhuma influência mútua e ajeitadas, conforme indica a figura seguinte.



Se as partes do ímã 1 e do ímã 2 forem aproximadas novamente na região em que foram cortadas, mantendo-se as posições originais de cada pedaço, deve-se esperar que

- a) as partes correspondentes de cada ímã atraiam-se mutuamente, reconstituindo a forma de ambos os ímãs.
- b) apenas as partes correspondentes do ímã 2 se unam reconstituindo a forma original desse ímã.
- c) apenas as partes correspondentes do ímã 1 se unam reconstituindo a forma original desse ímã.
- d) as partes correspondentes de cada ímã sejam repelidas mutuamente, impedindo a reconstituição de ambos os ímãs.
- e) devido ao corte, o magnetismo cesse por causa da separação dos polos magnéticos de cada um dos ímãs.

Gabarito

1. A

P repele T $\rightarrow$ P e T são polos iguais de ímãs (suponhamos que seja norte N).

Q repele U $\rightarrow$ Q e U são polos iguais de ímãs (polo sul).

P atrai S $\rightarrow$ S pode ser um polo sul ou uma barra de ferro não imantada.

Q atrai S $\rightarrow$ S pode ser um polo norte ou uma barra de ferro não imantada.

Conclusão: PQ e TU são ímãs e RS podem ser ímãs, mas não tem como afirmar.

2. B

A extremidade L do pedaço de ferro é atraída pelo polo K do ímã (ímã atrai ferro independente da polaridade) – uma das possibilidades é a da figura da questão.

3. B

A - Norte

B - Sul

C - Norte

D - Sul

4. C

O polo norte magnético está próximo ao polo sul geográfico, e o polo sul magnético está próximo ao sul geográfico. Os polos magnéticos e geográficos não se coincidem, estando afastados $11,5^\circ$ um do outro.

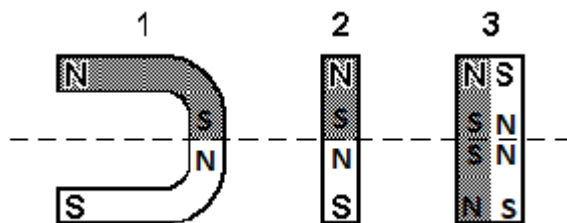
5. C

A alternativa mais coerente é a C, supondo as forças que a agulha troca com a Terra e com o ímã comparáveis.

6. A

I – Correta. Um ímã permanente é feito de material capaz de manter as propriedades magnéticas mesmo após cessar o processo de imantação, estes materiais são chamados ferromagnéticos.

II – Falsa. Podemos perceber que depois do corte, teremos que:

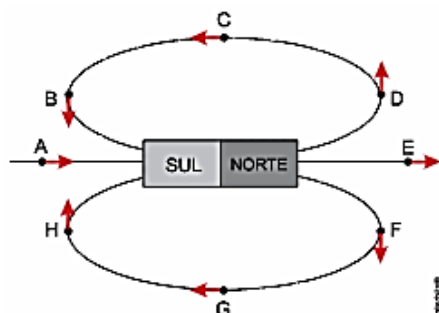


E na situação 3 os ímãs não retomariam à posição original.

III – Falsa. Como visto anteriormente na proposição II, somente as peças I e II retomam à posição original pós-corte.

7. E

O vetor campo magnético criado por esse ímã em cada ponto está representado na figura abaixo:



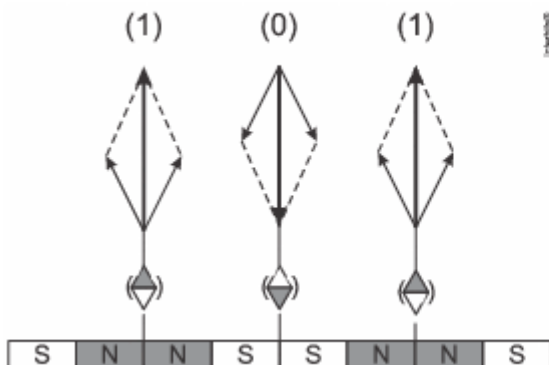
Logo, a mesma direção e sentido do vetor campo magnético está representado em D e H, A e E, B e F e finalmente em C e G. Alternativa correta letra [E].

8. B

O campo magnético alternado faz com que as nanopartículas, que se comportam como nanoímãs, estejam em constante agitação, chocando-se contra as células tumorais, aquecendo-as por atrito.

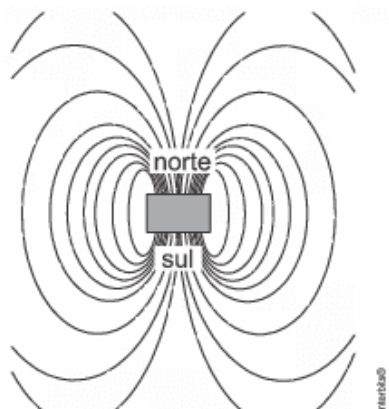
9. A

Observe as orientações dos campos nos pontos citados. O norte da bússola aponta no sentido do campo.

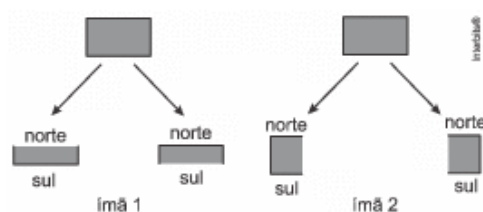


10. C

Conforme o esquema apresentado, vamos supor que o polo norte está acima e o polo sul está abaixo:



Ao partir os ímãs geram-se novos polos norte e sul.



Ao tentar recompor o ímã 1 haverá atração e ele se reconstituirá. Ao tentar recompor o ímã 2 haverá repulsão e o ímã não se reconstituirá.

