

MÓDULO 12

1- GERADOR

1.1 – CONCEITO

É um dispositivo em que ocorre a conversão em energia elétrica outras formas de energia.

1.2 – FOÇA ELETROMOTRIZ

Uma pilha de lanterna é um exemplo de gerador elétrico. Os portadores de carga, ao atravessarem a pilha, têm um ganho de energia potencial elétrica por causa da energia química transformada. Para cada unidade de carga que atravessa o gerador, existe, em correspondência, uma quantidade de energia de outra modalidade transformada em energia elétrica.

Essa quantidade de energia elétrica (ΔE) por unidade de carga (Δq) é chamada força eletromotriz (fem) do gerador, sendo representada por \mathcal{E} . Assim temos

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta E}{\Delta q}$$

1.3 – RESISTÊNCIA INTERNA (r)

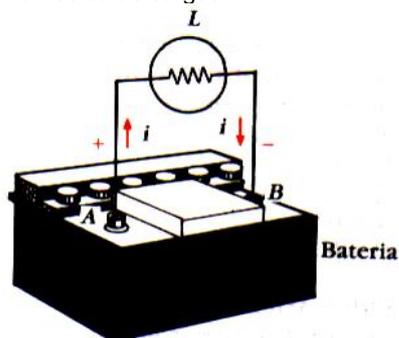
Os geradores são fabricados com condutores e, portanto parte da energia elétrica é dissipada por efeito joule no seu interior, quando atravessado por cargas elétricas. Podemos dizer, então que o gerador possui **resistência interna**. A resistência interna é uma característica do gerador e, nas pilhas e baterias, geralmente aumenta à medida que são utilizadas.



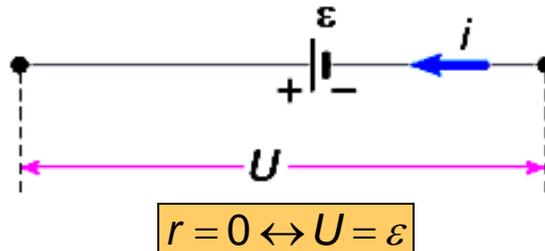
1.4 – EQUAÇÃO

a- Gerador ideal

Se fosse possível construir um gerador elétrico ideal, ele não apresentaria resistência interna ($r = 0$). Nesse caso não haveria dissipação de energia no seu interior e toda energia elétrica, convertida a partir de outra forma de energia, seria integralmente fornecida as cargas.



A tensão nos terminais de um gerador ideal chama-se força eletromotriz, indicada abreviadamente por f.e.m (\mathcal{E}). A fora eletromotriz em uma bateria resulta de um fenômeno químico que ocorre dentro dela e que força a corrente elétrica a atravessá-la de seu pólo negativo para o positivo. Representa-se a bateria ideal pelo esquema:

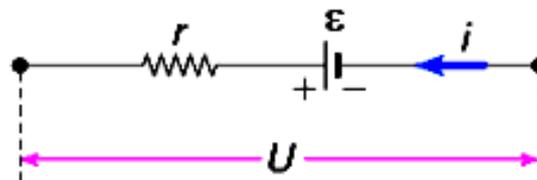


b- Gerador real

Na prática, todo gerador possui resistência interna $r \neq 0$. Sendo assim, o gerador real, ao ser percorrido por uma corrente elétrica de intensidade i , mantém em seus terminais uma ddp U menor que a força eletromotriz \mathcal{E} , pois em seu interior já está ocorrendo uma queda de potencial U' em sua resistência interna.

Assim, a ddp mantida entre os terminais do gerador real é dada por $U = \mathcal{E} - U'$. A queda de potencial interna U' pode ser obtida a partir da lei de ohm: $U' = r \cdot i$. Logo, nos terminais do gerador real teremos uma ddp U dada por:

$$U = \mathcal{E} - r \cdot i$$



1.5 – POTÊNCIAS

a- Total ou gerada

É a energia de qualquer outra forma que é consumida para produzir energia elétrica, por unidade de tempo, é dada por:

$$P_t = \mathcal{E} \cdot i$$

b- Dissipada internamente

É a potência consumida pela resistência interna, dada por:

$$P_d = r \cdot i^2$$

c- Lançada no circuito externo (útil)

É a potência que o gerador fornece para o circuito externo, dada por:

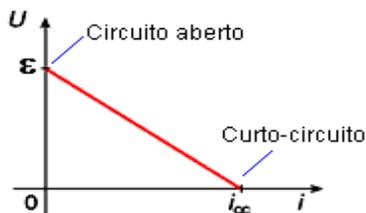
$$P_U = U \cdot i$$

De acordo com o princípio da conservação da energia, podemos escrever:

$$P_t = P_U + P_d$$

1.6 – CURVA CARACTERÍSTICA DO GERADOR

A equação do gerador $U = \varepsilon - r \cdot i$ é uma equação do primeiro grau na variável i , com ε e r constantes. O gráfico dessa função é uma reta.



Na curva característica do gerador, dois pontos merecem destaque:

- **Circuito aberto** ($i = 0$ e $U = \varepsilon$). Se $i = 0$, não há consumo devido à resistência interna. A ddp (U) nos terminais do gerador é igual a força eletromotriz (ε). Dizemos que o circuito está aberto, pois não há circulação de corrente.

- **Curto-circuito** ($U = 0$ e $i_{cc} = \frac{\varepsilon}{r}$). Para que os dois pólos

tenham o mesmo potencial elétrico, basta ligarmos esses pontos com um fio ideal. O gerador ficará em uma situação de curto-circuito. A potência útil é nula e toda a energia de outra modalidade que está sendo transformada em energia elétrica é dissipada inteiramente, no próprio gerador.

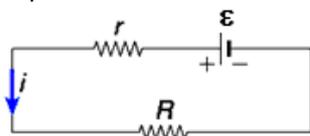
1.7 – RENDIMENTO

O rendimento de um gerador é o quociente da potência elétrica lançada no circuito externo pela potência total gerada

$$n = \frac{P_u}{P_t} = \frac{U}{\varepsilon}$$

1.8 – LEI DE PUILLET – CIRCUITO SIMPLES

Circuito simples é aquele que apresenta um caminho para a corrente elétrica, isto é, nenhum dos seus elementos possui ligações em paralelo



$$U = \varepsilon - ri \Rightarrow R \cdot i = \varepsilon - ri \Rightarrow \varepsilon = (R + r) \cdot i$$

$$i = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

Observe que i é a intensidade da corrente elétrica que atravessa o gerador e o resistor, e R é a resistência externa do circuito. Essa resistência poderá ser a **resistência equivalente de qualquer associação de resistores**.

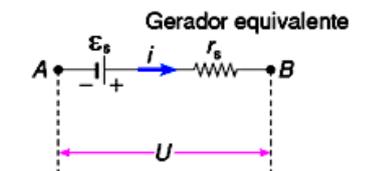
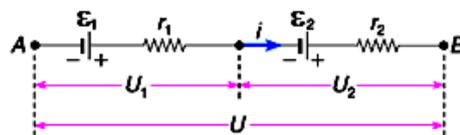
1.9 – ASSOCIAÇÃO DE GERADORES

Os geradores podem ser associados, assim como os resistores, em série e em paralelo.

Gerador equivalente à associação é aquele que, percorrido pela corrente elétrica da associação, mantém entre seus terminais uma ddp igual àquela mantida pela associação.

a- Associação em Série

Na associação em série, o pólo positivo de cada gerador é ligado ao pólo negativo do seguinte, de modo que todos os geradores são percorridos pela mesma corrente elétrica.



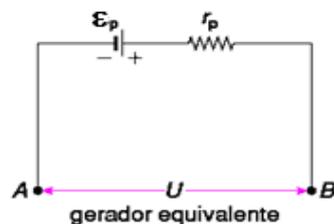
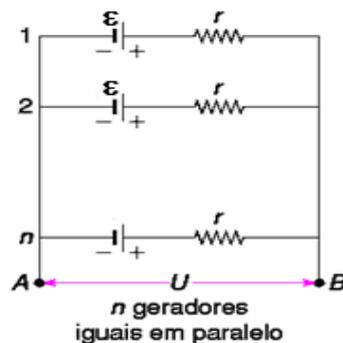
$$\varepsilon_S = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$$

$$r_S = r_1 + r_2$$

b- Associação em Paralelo

Na associação em paralelo, os pólos positivos dos geradores são ligados entre si, assim como os pólos negativos.

Vamos analisar o caso em que os geradores são iguais, isto é, têm mesma fem e mesma resistência interna.



$$\varepsilon_p = \varepsilon$$

$$r_p = \frac{r}{n}$$

Onde n é o número de geradores iguais.

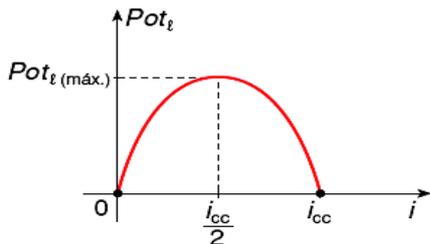
1.10 – POTÊNCIA MÁXIMA LANÇADA POR UM GERADOR

O gráfico da potência lançada pelo gerador é uma parábola ($P_U = U \cdot i = (\varepsilon - r \cdot i) \cdot i = \varepsilon \cdot i - r \cdot i^2$) cuja concavidade é voltada para baixo.

$$P_U = 0 \Leftrightarrow \varepsilon \cdot i - r \cdot i^2 = 0 \Rightarrow i \cdot (\varepsilon - r \cdot i) = 0$$

Nestas condições temos as raízes:

$i = 0$ (que fisicamente corresponde ao gerador em circuito aberto) e $\varepsilon - r \cdot i = 0 \Rightarrow i = i_{cc} = \frac{\varepsilon}{r}$ (que corresponde ao gerador em curto-circuito).



Quando a potência elétrica lançada é máxima, a corrente elétrica que percorre o gerador tem intensidade igual à metade da intensidade de corrente de curto-circuito e a ddp nos seus terminais é igual à metade de sua fem:

$$i = \frac{i_{cc}}{2} = \frac{\varepsilon}{2r} \quad e \quad U = \frac{\varepsilon}{2}$$

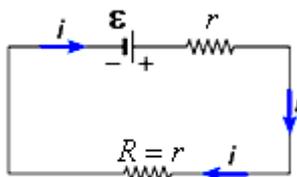
A potência elétrica máxima que o gerador lança vale:

$$P_{máx} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$$

O rendimento do gerador nessas condições é igual a:

$$n = \frac{U}{\varepsilon} = \frac{\frac{\varepsilon}{2}}{\varepsilon} = \frac{1}{2} = 0,5 \Rightarrow n = 50\%$$

No circuito gerador-resistor, o gerador lança a máxima potência quando a resistência externa do circuito é igual à resistência interna do gerador:



2 – RECEPTOR

2.1 – CONCEITO

É um aparelho que transforma energia elétrica em outra forma de energia que não seja exclusivamente térmica.

2.2 – FORÇA CONTRA-ELETROMOTRIZ

Vamos eleger como receptor um motor elétrico qualquer como, por exemplo, o de uma furadeira. A função desse motor é transformar a energia elétrica em energia mecânica. Na prática, o aproveitamento da energia elétrica não é total, ou seja, nem toda a energia elétrica é transformada em energia mecânica. Uma parte é perdida na forma de calor.

Assim, a quantidade de carga que atravessa o receptor, obtém-se uma certa quantidade de energia mecânica. A relação entre a quantidade de energia de outra modalidade que se obtém e a quantidade de carga que atravessa o aparelho receptor chama-se força contra-eletromotriz (ε'):

$$\varepsilon' = \frac{\Delta E}{\Delta q}$$

2.3 – RESISTÊNCIA INTERNA DO RECEPTOR (r')

Os receptores são fabricados com condutores, onde parte da energia elétrica é dissipada por efeito joule no seu interior, quando atravessado pelas cargas elétricas. Podemos dizer, então, que o receptor possui uma **resistência interna**,

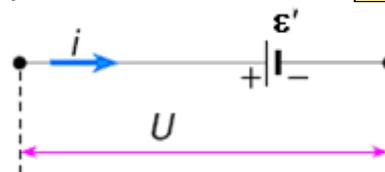
geralmente representada por r' . A resistência interna é uma característica do receptor.

2.4 – EQUAÇÃO

Se fosse possível construir um **receptor ideal**, ele não apresentaria resistência interna ($r' = 0$). Nesse caso não haveria dissipação de energia em seu interior e toda energia elétrica seria convertida em outra forma de energia. Então, no sentido da corrente elétrica i , haveria uma queda de potencial E' no interior do receptor, e a ddp entre seus terminais seria igual a E' . Essa ddp ε' estabelecida entre os terminais do receptor ideal é, também, uma grandeza característica de cada receptor e denominada **força contra-eletromotriz (fcem)** do receptor.

Resumindo, a fcem de um receptor elétrico correspondente a ddp ε' que deveríamos manter entre seus terminais, caso esse receptor fosse ideal.

A figura a seguir representa um circuito contendo um gerador e um receptor ideal. A ddp nos terminais do receptor ideal é sua força contra-eletromotriz E' , isto é: $U = \varepsilon'$.

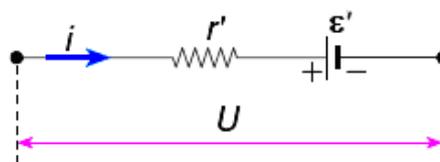


Mas é impossível fabricar um receptor sem resistência interna. Na prática, todo receptor possui uma resistência interna ($r' \neq 0$). Sendo assim, o **receptor real**, ao ser percorrido por uma corrente elétrica de intensidade i , terá estabelecida entre seus terminais um ddp U maior que sua força contra-eletromotriz E' , pois no seu interior estará ocorrendo uma queda de potencial U' devido à sua resistência interna. Por esse motivo, a ddp U entre os terminais de um receptor real é dada por: $U = \varepsilon' + U'$.

A queda de potencial interna U' pode ser obtida pela lei de Ohm: $U' = r'.i$.

Assim, nos terminais do receptor real teremos uma ddp U dada por: $U = \varepsilon' + r'.i$.

A figura a seguir representa um circuito constituído por um gerador e um receptor real. A ddp nos terminais do receptor corresponde à queda total de tensão que realmente ocorre em seu interior, uma parcela devido à fcem e a outra devido à resistência interna: $U = \varepsilon' + r'.i$.



2.5 – POTÊNCIAS

a- Fornecida ao receptor (total): diz respeito à energia elétrica total fornecida ao receptor por unidade de tempo.

$$P_T = U.i$$

b- Dissipada internamente: refere-se à energia consumida pela resistência interna por unidade de tempo.

$$P_d = r'.i^2$$

c- Útil do receptor: refere-se à parcela da energia total, por unidade de tempo, que realmente é aproveitada pelo receptor.

$$P_U = \varepsilon'.i$$

2.6 – RENDIMENTO

O rendimento de um receptor é o quociente da potência elétrica útil no circuito pela potência elétrica fornecida ao receptor.

$$n = \frac{P_u}{P_t} = \frac{\varepsilon'}{U}$$

2.7 – CURVA CARACTERÍSTICA DO RECEPTOR

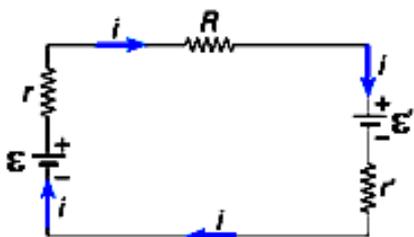
A equação de um receptor, de constantes (ε' , r'): $U = \varepsilon' + r' \cdot i$ é uma função do primeiro grau entre a ddp e a corrente elétrica.



2.8- LEI DE PUILLET – CIRCUITO GERADOR-RECEPTOR-RESISTOR

Quando um circuito simples é formado por um gerador (ε , r), um resistor (R), um receptor (ε' , r') e fios de ligação de resistência desprezível, a lei de Pouillet é dada por

$$i = \frac{\varepsilon - \varepsilon'}{R + r + r'}$$



EXERCÍOS DE AULA

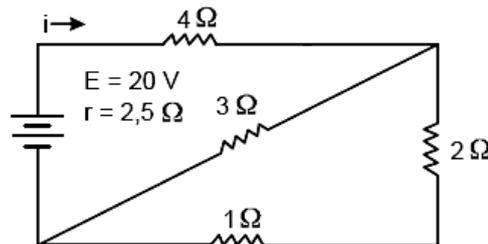
1. (VUNESP) A tensão medida nos terminais de uma bateria, fora do circuito, é 9,0 V. A bateria, inserida como gerador num circuito, é percorrida por uma corrente elétrica de 0,5 A. Em consequência, a medida da tensão nos terminais da bateria passa a ser de 8,0 V. Com esses dados, pode-se concluir que a resistência interna da bateria é de

- a) 0,5 Ω
- b) 1,0 Ω
- c) 2,0 Ω
- d) 4,0 Ω
- e) 5,0 Ω

2. (MACK) A bateria de um automóvel é um gerador reversível de força eletromotriz 12 V e resistência interna 0,8 Ω . Quando essa bateria é ligada a um circuito e é percorrida por corrente elétrica de intensidade 5 A, a potência transferida ao circuito é

- a) 20 W
- b) 30 W
- c) 36 W
- d) 40 W
- e) 60 W

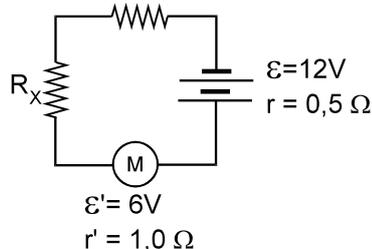
3. (UEL) A intensidade de corrente i , no circuito abaixo, é igual



- a) 1,6 A
- b) 2,0 A
- c) 2,5 A
- d) 3,6 A
- e) 4,1 A

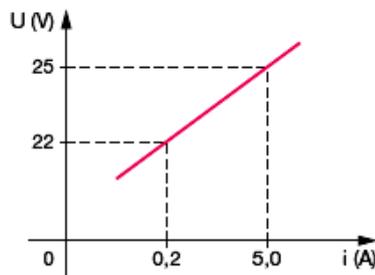
4. (ACAFE) A figura deste problema apresenta uma bateria ligada, em série, com um motor M e uma resistência R . Para que a corrente no circuito não seja superior a 1,0A, o mínimo valor que deve ter a resistência R_x , em Ω , é:

$$R = 2,5 \Omega$$



- a) 2,0.
- b) 4,0.
- c) 1,0.
- d) 6,0.
- e) 1,5.

5. (MACK) A ddp nos terminais de um receptor varia com a corrente conforme o gráfico. A fcm e a resistência interna desse receptor são, respectivamente:



- a) 25 V e 5,0 W
- b) 22 V e 2,0 W
- c) 20 V e 1,0 W
- d) 12,5 V e 2,5 W
- e) 11 V e 1,0 W

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. (UFPEL) Um voltímetro ideal, ao medir a tensão de uma bateria desconectada de qualquer outro circuito, indica exatamente 12V. Se, nos extremos dessa bateria, for ligado um resistor de 10Ω , observa-se que a corrente elétrica fornecida pela bateria é de 1,0A. Com base nesses dados, podemos afirmar que a resistência interna da bateria, enquanto ligada ao resistor, e a ddp, nos terminais dessa bateria, são, respectivamente:

- a) 2Ω e 12V
- b) 1Ω e 12V
- c) 10Ω e 1V
- d) 1Ω e 10V
- e) 2Ω e 10V

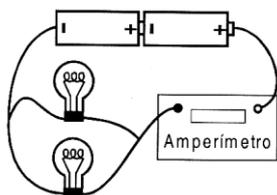
2. (UFRS) Uma bateria tem força eletromotriz de 12 V e uma resistência interna de $1,0\Omega$. Quando essa bateria é ligada a um circuito elétrico, estabelece-se uma corrente de 2,0 A. Nesse caso, qual a ddp entre os pólos da bateria?

- a) 6V
- b) 8V
- c) 10V
- d) 12V
- e) 14V

3. (FURN) Uma bateria de força eletromotriz 6,0 V, que tem resistência interna de $1,0\Omega$, alimenta um aquecedor que está funcionando com uma corrente elétrica de intensidade igual a 2,0 A. Nestas condições, a diferença de potencial, em volts, aplicada no aquecedor é igual a:

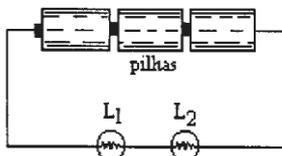
- a) 6,0
- b) 5,0
- c) 4,5
- d) 4,0
- e) 3,0

4. (FURG) Numa aula experimental de física, o professor utilizou como material duas pilhas de 1,5 V cada uma, duas lâmpadas idênticas, um amperímetro e um conjunto de fios. Para efeito dos cálculos, sugeri que se desprezasse a resistência interna das pilhas e a resistência dos fios. Quando uma das lâmpadas foi ligada às duas pilhas em série, calculou-se uma potência de consumo de 0,45 W. A seguir, ele pediu a um aluno que montasse uma ligação qualquer e concluisse seus resultados. O aluno então fez a ligação mostrada abaixo. Qual das alternativas é a conclusão correta?



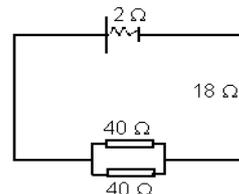
- a) Amperímetro 0,300 A, cada lâmpada 0,300A.
- b) Amperímetro 0,300 A, cada lâmpada 0,150A.
- c) Amperímetro 0,150 A, cada lâmpada 0,150A.
- d) Amperímetro 0,150 A, cada lâmpada 0,075A.
- e) Amperímetro 0,075 A, cada lâmpada 0,075A.

5. (UFRS) A figura apresenta um circuito elétrico com três pilhas de 1,5 V cada, ligadas em série às lâmpadas L_1 e L_2 . A resistência elétrica de cada uma das lâmpadas é de 15Ω . Desprezando-se a resistência interna das pilhas, qual a corrente elétrica que passa pela lâmpada L_1 ?



- a) 0,05 A
- b) 0,10 A
- c) 0,15 A
- d) 0,30 A
- e) 0,45 A

6. (UPF) No circuito, pode-se deduzir que o gerador de $E=120$ v tem um rendimento, em porcentagem, de:

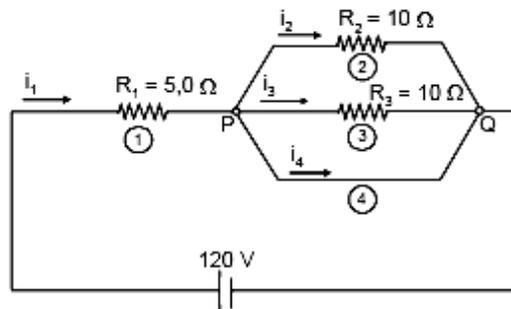


- a) 95
- b) 92
- c) 90
- d) 85
- e) 80

7. (PUC-MG) Quando duas baterias iguais são ligadas em paralelo, é CORRETO afirmar:

- a) A resistência interna equivalente fica reduzida à metade.
- b) A resistência interna equivalente fica dobrada.
- c) A força eletromotriz fornecida ao circuito dobra de valor.
- d) A força eletromotriz fornecida ao circuito fica reduzida à metade.
- e) A força eletromotriz fornecida ao circuito e a resistência interna equivalente não ficam modificadas.

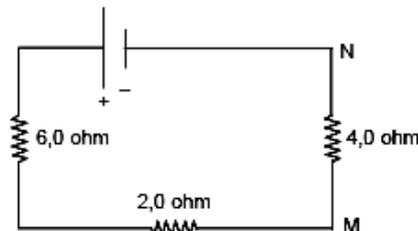
8. (UFF) Considere o circuito abaixo, no qual os elementos 1, 2 e 3 são resistores e o elemento 4 é um fio com resistência desprezível.



Pode-se afirmar corretamente que

- a) $i_1 = 4,8$ A; $i_2 = i_3 = 2,4$ A; $U_{PQ} = 45$ V
- b) $i_1 = 12$ A; $i_2 = i_3 = 4,0$ A; $U_{PQ} = 40$ V
- c) $i_1 = 12$ A; $i_2 = i_3 = 6,0$ A; $U_{PQ} = 60$ V
- d) $i_1 = 24$ A; $i_2 = i_3 = \text{zero}$; $U_{PQ} = \text{zero}$
- e) $i_1 = 24$ A; $i_2 = i_3 = 12$ A; $U_{PQ} = 1,2 \cdot 10^2$ V

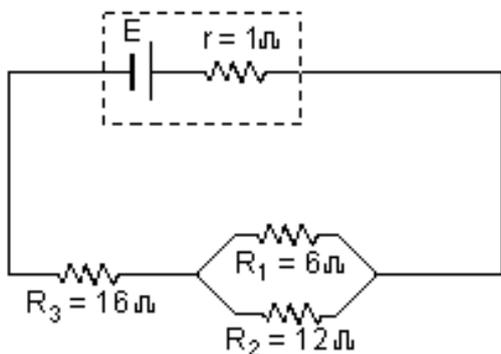
9. (CESGRANRIO) No circuito da figura a diferença de potencial $U_M - U_N = 6,0$ V.



Tendo o gerador resistência interna desprezível, sua força eletromotriz vale

- a) 1,5 V
- b) 3,0 V
- c) 6,0 V
- d) 9,0 V
- e) 18 V

10. (UFSM) No circuito representado na figura, a corrente elétrica no resistor R_1 , tem intensidade de 4 A. Calcule a força eletromotriz do gerador.



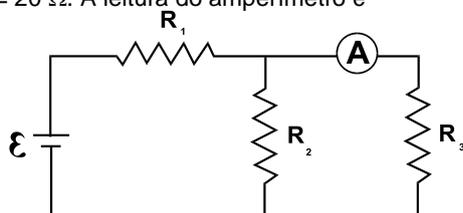
11. (FEI) Um liquidificador de f.cem igual a 110 V é ligado a uma tomada de 120 V. Sabendo-se que a potência dissipada pelo liquidificador é 100 W, pode-se afirmar que sua resistência interna é:

- a) 5 Ω
- b) 1 Ω
- c) 150 Ω
- d) 10 Ω
- e) 2 Ω

12. (UNIMEP-SP) Um motor elétrico tem f.cem de 130 V e é percorrido por uma corrente de 10 A. Se a sua resistência interna é de 2 Ω, então a potência mecânica desenvolvida pelo motor vale:

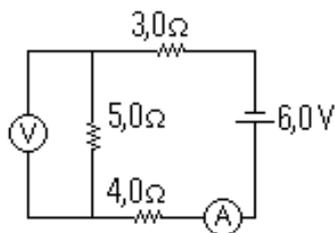
- a) 1 300 W
- b) 1 100 W
- c) 1 280 W
- d) 130 W
- e) O motor não realiza trabalho mecânico.

13. (FURG) No circuito da figura abaixo, $\epsilon = 5$ V, $R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = R_3 = 20 \Omega$. A leitura do amperímetro é



- a) zero
- b) 0,075A
- c) 0,125A
- d) 0,250A.
- e) 0,500^a

14. (PUC) No circuito da figura a seguir, A é um amperímetro e V um voltímetro supostos ideais, cujas leituras são, respectivamente:



- a) 6,0 A e 0,5 V
- b) 3,0 A e 1,0 V
- c) 2,0 A e 1,5 V
- d) 1,0 A e 2,0 V
- e) 0,5 A e 2,5 V

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. (UFRS) Um gerador elétrico com força eletromotriz de 60 V é ligado a um resistor de 300 Ω e estabelece nele uma corrente elétrica de 0,18 A. Qual é aproximadamente, a resistência interna do gerador?

- a) 5 Ω
- b) 11 Ω
- c) 28 Ω
- d) 33 Ω
- e) 54 Ω

2. (UEFS) A diferença de potencial entre os terminais de uma bateria é de 8,5 V, quando existe uma corrente de 3 A dirigida do terminal negativo para o positivo. Quando a corrente for de 2 A no sentido inverso, a ddp torna-se 11 V. Nessas condições, pode-se afirmar que a resistência interna e a f.e.m. da bateria, são iguais, respectivamente, a

- a) 0,5 Ω e 10 V
- b) 1,0 Ω e 8,5 V
- c) 1,5 Ω e 15 V
- d) 2,5 Ω e 8,5 V
- e) 1,0 Ω e 11 V

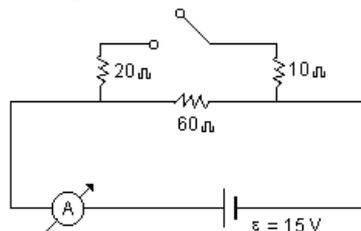
3. (UFRS) Um gerador possui uma força eletromotriz igual a 20 V. Quando os pólos positivo e negativo do gerador estão em curto-circuito, a corrente elétrica entre eles tem intensidade igual a 5 A. Com base nestas informações, analise as afirmações seguintes.

- I. A corrente elétrica máxima possível em um circuito ligado ao gerador é 5 A.
- II. A resistência interna do gerador tem 4 Ω.
- III. Quando os pólos do gerador não estão ligados a um circuito fechado, a diferença de potencial entre eles é de 20 V.

Quais estão corretas?

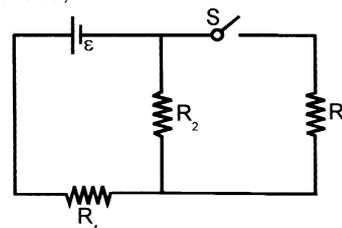
- a) apenas I
- b) apenas II
- c) apenas III
- d) apenas II e III
- e) I, II e III

4. (FUVEST) O circuito mostra três resistores, uma bateria, um amperímetro, fios de ligação e uma chave. Qual a intensidade de corrente acusada pelo amperímetro, quando a chave está:



- a) aberta?
- b) fechada?

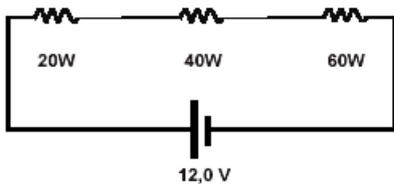
5. (FURG) No circuito da figura, podemos afirmar que, quando a chave S é fechada,



- a) a resistência equivalente do circuito aumenta.
- b) a corrente que atravessa a bateria permanece a mesma.
- c) a corrente que atravessa R_1 aumenta.
- d) a queda de tensão sobre R_1 diminui.
- e) a queda de tensão sobre R_2 aumenta.

INSTRUÇÃO: Responder à questão 6 com base nos dados abaixo.

“A figura representa três resistências elétricas, ligadas em série, que dissipam as potências de 20W, 40W e 60W, respectivamente, quando a ddp aplicada nas extremidades da ligação é de 12,0 V.”



6. Partindo da resistência que dissipa a menor potência para a que dissipa a maior potência, a intensidade de corrente, em cada resistência, é

- a) 2,0 A, 4,0 A e 6,0 A.
- b) 6,0 A, 4,0 A e 2,0 A.
- c) 6,0 A, 6,0 A e 6,0 A.
- d) 10,0 A, 10,0 A e 10,0 A.
- e) 12,0 A, 12,0 A e 12,0 A.

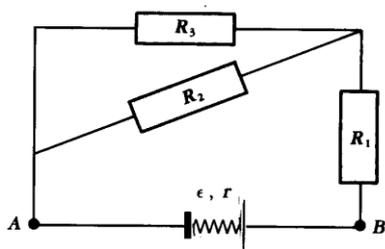
7. (MACK) Quando a intensidade de corrente elétrica que passa no gerador do circuito elétrico a seguir é 2,0 A, o rendimento do mesmo é de 80%. A resistência interna desse gerador vale

- a) 1,0 Ω
- b) 1,5 Ω
- c) 2,0 Ω
- d) 2,5 Ω
- e) 3,0 Ω

8. (UEL) A força eletromotriz de uma bateria é

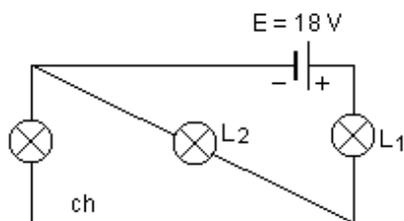
- a) a força elétrica que acelera os elétrons.
- b) igual à tensão elétrica entre os pólos da bateria quando a eles está ligado a um resistor de resistência elétrica igual à resistência interna da bateria.
- c) a força dos motores elétricos ligados à bateria.
- d) igual à tensão elétrica entre os bornes da bateria enquanto eles estão em aberto.
- e) igual ao produto da resistência interna pela corrente elétrica.

9. (UFV) No circuito abaixo, numa associação de resistores R_1 , R_2 e R_3 é ligada a uma bateria com fem $\epsilon = 24V$ e resistência interna $r = 0,8 \Omega$. Sabendo que $R_1 = 4 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$ e $R_3 = 3 \Omega$, determine:



- a) a corrente total do circuito;
- b) a corrente em cada um dos resistores;
- c) a ddp entre os pontos A e B.

10. (FUVEST) No circuito, as lâmpadas L_1 , L_2 e L_3 são idênticas com resistências de 30Ω cada. A força eletromotriz vale 18 V e *ch* é uma chave que está inicialmente fechada.



- a) Qual a corrente que passa por L_2 ?
- b) Abrindo a chave *ch*, o que acontece com o brilho da lâmpada L_1 ?

11. (UEL) A diferença de potencial obtida nos terminais de um gerador é 12 volts. Quando esses terminais são colocados em curto-circuito, a corrente elétrica fornecida pelo gerador é 5,0 ampères. Nessas condições, a resistência interna do gerador é, em ohms, igual a

- a) 2,4
- b) 7,0
- c) 9,6
- e) 17
- e) 60

12. (UNIP-SP) Um gerador elétrico (E ; r) alimenta um resistor elétrico (R). Os fios de ligação são supostos ideais.

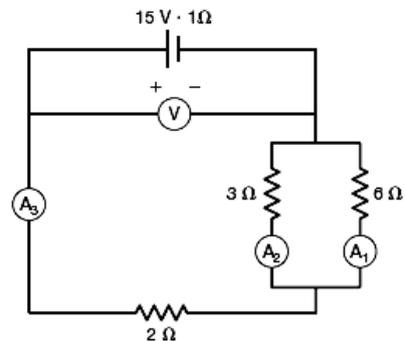


$E = 12 V$ $r = 1,0 \Omega$ $R = 2,0 \Omega$

A potência elétrica que o gerador transfere para o resistor vale:

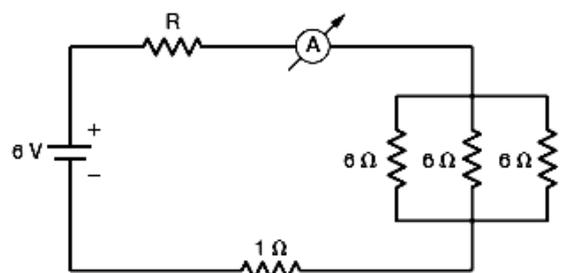
- a) 32 W
- b) 20 W
- c) 16 W
- d) 8,0 W
- e) 4,0 W

13. (FAFOD-MG) Sobre o circuito dado, qual é a afirmativa incorreta?



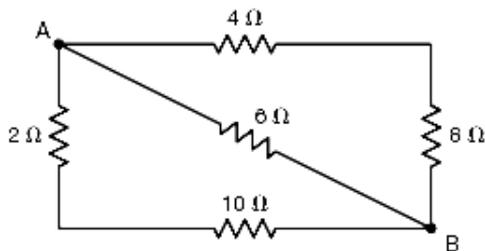
- a) O medidor A_1 indica 1 A.
- b) O medidor A_2 indica 2 A.
- c) O medidor V indica 15 V.
- d) O medidor A_3 indica 3 A.
- e) A potência consumida internamente na bateria é 9W.

14. (UFPB) No circuito da figura, para que a leitura no amperímetro A seja de 1 A, o valor da resistência R deve ser de:



- a) 2 Ω
- b) 2,5 Ω
- c) 3 Ω
- d) 3,5 Ω
- e) 4 Ω

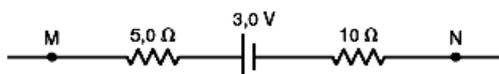
15. (FAMECA-SP) Os pontos A e B do circuito são ligados a uma bateria de 4 pilhas de 1,5 V cada uma, colocadas em série.



A potência dissipada no sistema é:

- a) 6 W
- b) 24 W
- c) 12 W
- d) 36 W
- e) 3 W

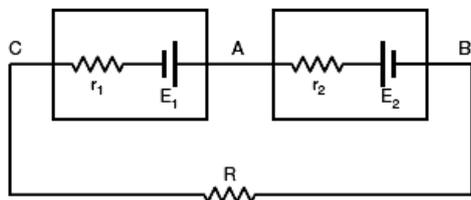
16. (Med. ABC-SP) Na figura, o potencial elétrico do ponto M é 36 V. De M para N circula uma corrente elétrica de intensidade 2,0 A.



O potencial elétrico do ponto N é mais corretamente expresso, em volts, pelo valor:

- a) 30
- b) 27
- c) 18
- d) 12
- e) 3,0

17. (UFPA) No circuito, $E_1 = 2,0$ volts, $E_2 = 4,0$ volts, $r_1 = 1,0$ ohm, $r_2 = 2,0$ ohms e $R = 5,0$ ohms.



O valor da intensidade de corrente no circuito é:

- a) 0,25 A
- b) 0,50 A
- c) 0,75 A
- d) 0,85 A
- e) 1,0 A

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) E	2) C	3) D	4) B	5) C	6) A
7) A	8) D	9) E	10) 126V	11) B	12) A
13) C	14) E				

EXERCÍCIOS FIXAÇÃO

1) D	2) A	3) E	4) —	5) C	6) D
7) E	8) D	9) —	10) —	11) A	12) A
13) C	14) C	15) C	16) E	17) A	

FIXAÇÃO

- 4) a) 0,25A b) 0,75A
- 9) a) 4A b) 4 A, 2,4 A e 1,6 A c) 20,8V
- 10) a) 0,2A b) diminui

MÓDULO 13

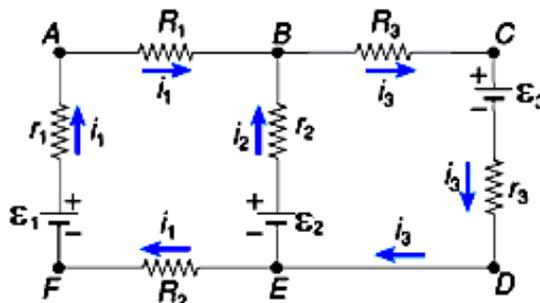
3 - LEIS DE KIRCHHOFF

3.1 — **Nó** é um ponto de uma rede elétrica no qual a corrente elétrica se divide.

3.2 — **Ramo** é um trecho de circuito entre dois nós consecutivos.

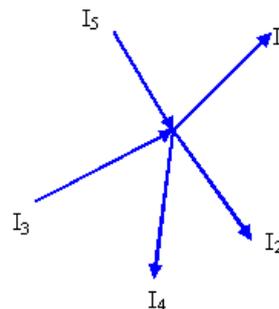
3.3 — **Malha** é qualquer conjunto de ramos formando um percurso fechado.

Exemplo:



B e E: nós
BAFE, BE e BCDE: ramos
ABEFA, BCDEB e ABCDEFA: malhas

3.4 — **1ª Lei de Kirchhoff (lei das correntes)**: o somatório das correntes que convergem para um mesmo nó é igual a zero;



$$\sum I = 0$$

$$I_3 + I_5 - I_1 - I_2 - I_4 = 0$$

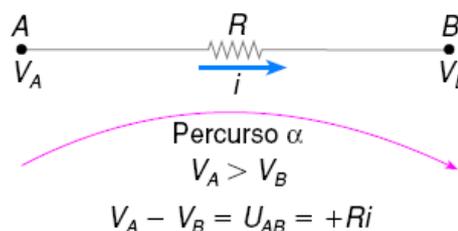
$$I_3 + I_5 = I_1 + I_2 + I_4$$

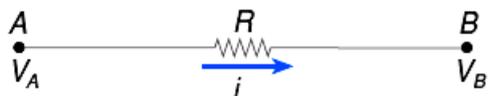
3.5 — **2ª Lei de Kirchhoff (lei das tensões)**: a soma algébrica das tensões ao longo de um caminho fechado é igual à soma algébrica das quedas de voltagem existentes nessa.

$$\sum \mathcal{E} = \sum RI \quad \text{ou} \quad \sum E - \sum RI = 0$$

3.6 — Sinais das ddps

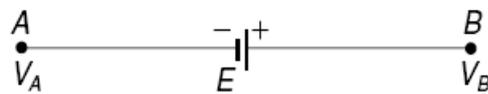
- Num resistor a ddp é do tipo $\pm Ri$, valendo o sinal + se o sentido da corrente coincide com o sentido do percurso adotado e o sinal - no caso contrário:



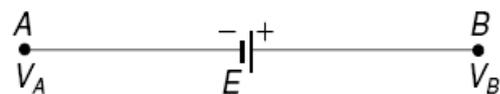


Percurso α
 $V_A > V_B$
 $V_B - V_A = U_{BA} = -Ri$

- Para as fem e fcm vale o sinal de entrada no sentido do percurso adotado:

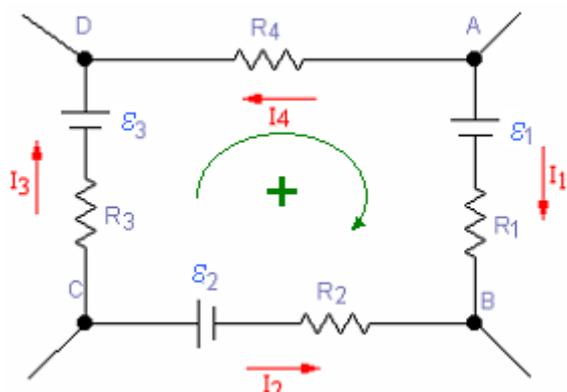


Percurso α
 $V_A - V_B = U_{AB} = -E$



Percurso α
 $V_B - V_A = U_{BA} = +E$

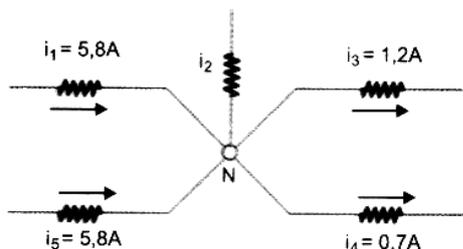
Exemplo:



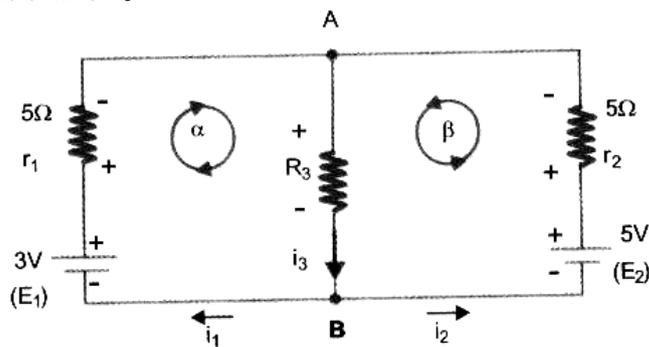
$$+\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3 + I_1R_1 - I_2R_2 + I_3R_3 - I_4R_4 = 0$$

EXERCÍCIOS DE AULA

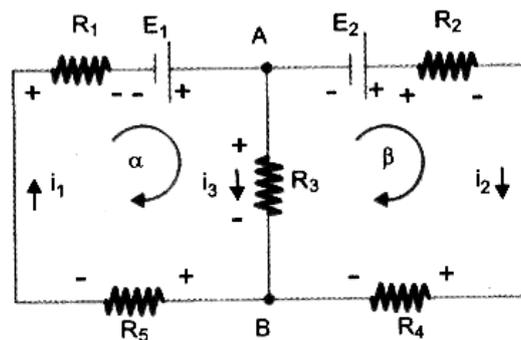
1. Determine a intensidade e o sentido da corrente i_2 , referente ao circuito abaixo.



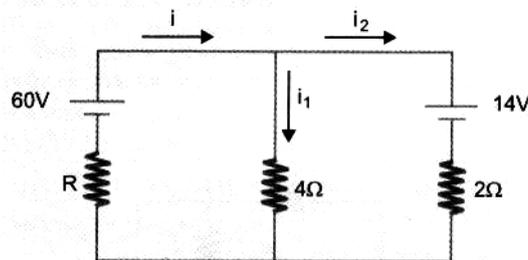
2. No circuito abaixo, a intensidade de corrente i_1 vale 0,2 A. determine R_3 .



3. Determine as correntes i_1, i_2 e i_3 no circuito abaixo. $R_1 = R_2 = 1\Omega; R_3 = 5\Omega; R_4 = R_5 = 4\Omega; E_1 = 1,2V$ e $E_2 = 1,8V$.



4. (MACKENZIE)



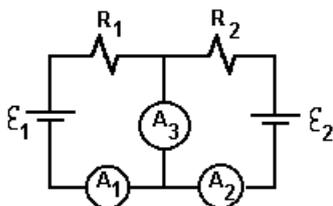
No circuito acima, o gerador e o receptor são ideais e as correntes têm os sentidos indicados. Se a intensidade da corrente i_1 é 5 A, então o valor da resistência do resistor R é:

- a) 8 Ω
- b) 5 Ω
- c) 4 Ω
- d) 6 Ω
- e) 3 Ω

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. (FURG) Os valores dos componentes do circuito da figura abaixo são:

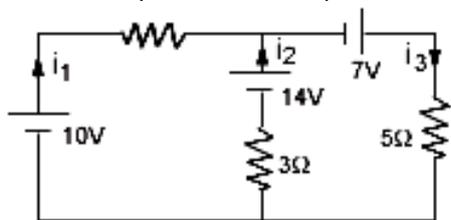
$\varepsilon_1 = 6V$; $\varepsilon_2 = 12V$; $R_1 = 1\text{ k}\Omega$; $R_2 = 2\text{ k}\Omega$.



Os valores medidos pelos amperímetros A_1 , A_2 e A_3 são, respectivamente, em mA,

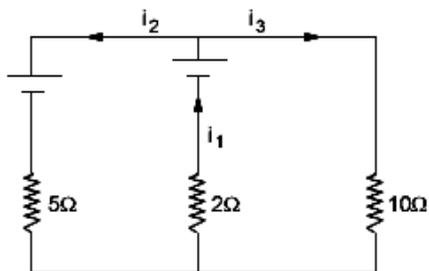
- a) 1, 2 e 3
- b) 6, 12 e 18
- c) 6, 6 e 12
- d) 12, 12 e 6
- e) 12, 12 e 24

2. (UNISA-SP) No circuito a seguir, as intensidades das correntes i_1 , i_2 e i_3 , em ampères, valem, respectivamente:



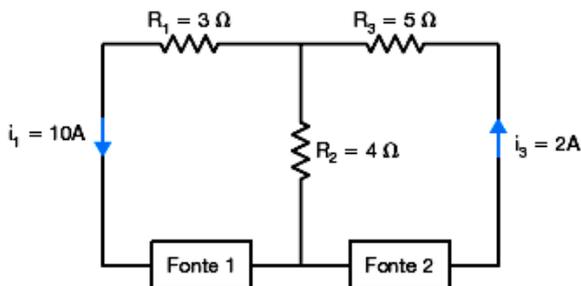
- a) 1,0; 2,5; 3,0.
- b) 1,0; 1,5; 2,0.
- c) 1,0; 2,0; 2,5.
- d) 1,0; 2,0; 3,0.
- e) 2,0; 3,0; 1,0.

3. (MACK) No circuito elétrico representado a seguir, os sentidos das correntes foram indicados corretamente e a intensidade de corrente i_3 é 3A. A força eletromotriz do gerador ideal vale 40V e a força contra-eletromotriz do receptor ideal vale:



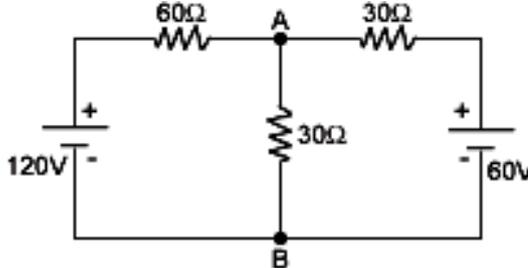
- a) 5V.
- b) 12V.
- c) 15V.
- d) 20V.
- e) 25V.

4. (UFMS) A diferença de potencial no resistor R_2 do circuito mostrado na figura vale, em volts:



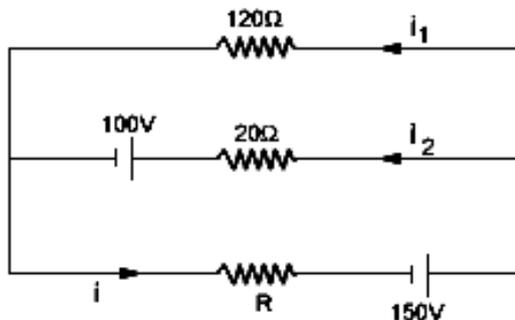
- a) 48
- b) 32
- c) 16
- d) 8
- e) 4

5. (PUC-SP) No circuito elétrico esquematizado na figura, o valor da intensidade da corrente no ramo AB é:



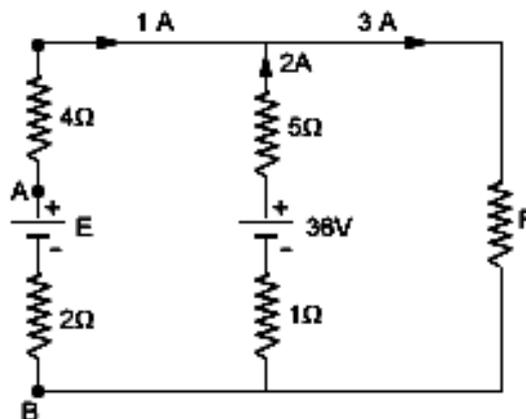
- a) 6,4A.
- b) 4,0A.
- c) 3,2A.
- d) 2,0A.
- e) 1,6A.

6. (MACK) No circuito representado pela figura, os geradores são ideais, as correntes elétricas têm os sentidos indicados e $i_1 = 1A$. O valor da resistência R é:



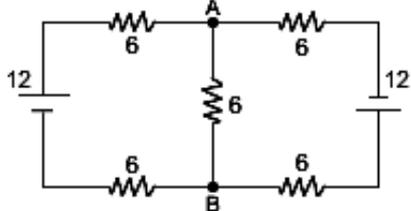
- a) 3 Ω.
- b) 6 Ω.
- c) 9 Ω.
- d) 12 Ω.
- e) 15 Ω.

7. (MACK) No circuito da figura são dados os sentidos e as intensidades das correntes dos ramos. A força eletromotriz E do gerador de resistência interna de 2Ω, inserido entre os pontos A e B, é de:



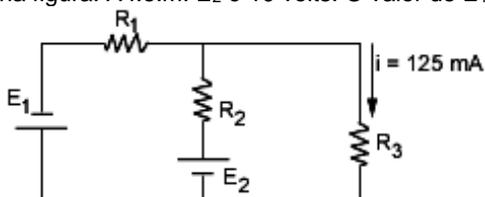
- a) 6V.
- b) 12V.
- c) 24V.
- d) 30V.
- e) 36V.

8. (UECE) No circuito visto na figura, as f.e.m.s das baterias são dadas em volts e as resistências em ohms. A corrente, em ampères, no trecho AB é igual a:



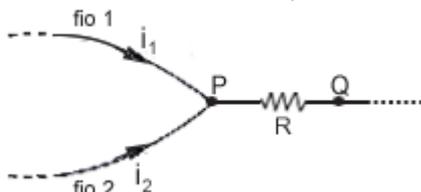
- a) 0.
- b) 6.
- c) 12.
- d) 24.

9. (PUC-SP) A figura mostra um circuito elétrico onde as fontes de tensão ideais têm f.e.m. E_1 e E_2 . As resistências de ramo são $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 50 \Omega$ e $R_3 = 20 \Omega$; no ramo de R_3 a intensidade de corrente é de 125 miliampères com o sentido indicado na figura. A f.e.m. E_2 é 10 volts. O valor de E_1 é:



- a) 3,0 volts.
- b) 2,5 volts.
- c) 2,0 volts.
- d) 1,5 volts.
- e) zero.

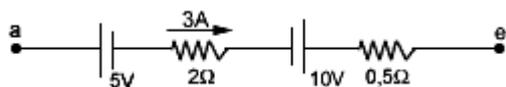
10. (VUNESP) Um resistor de resistência R está inserido entre os pontos P e Q de um circuito elétrico, como mostra a figura.



Se as correntes que passam pelos fios 1 e 2, que chegam a P, são, respectivamente, i_1 e i_2 , a diferença de potencial entre P e Q será igual a:

- a) $\frac{i_1 + i_2}{R}$.
- b) $\frac{i_1 + i_2}{i_1 \cdot i_2} R$.
- c) $\frac{R}{i_1 + i_2}$.
- d) $\frac{i_1 \cdot i_2}{i_1 + i_2} R$.
- e) $R(i_1 + i_2)$.

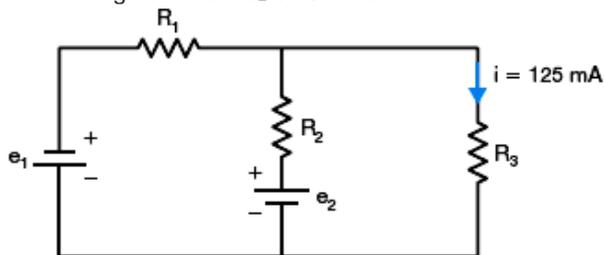
11. (UFPA) O trecho a-e do circuito a seguir está sendo percorrido por uma corrente de 3A. Qual a ddp entre os pontos a e e?



- a) -2,0V.
- b) +2,5V.
- c) -3,5V..
- d) -4,0V.
- e) +4,5V.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. (PUC-SP) A figura mostra um circuito elétrico onde as fontes de tensão ideais têm fem e_1 e e_2 . As resistências de ramo são $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 50 \Omega$ e $R_3 = 20 \Omega$; no ramo de R_3 a intensidade da corrente é de 125 miliampères com o sentido indicado na figura. A fem e_2 é 10 volts.

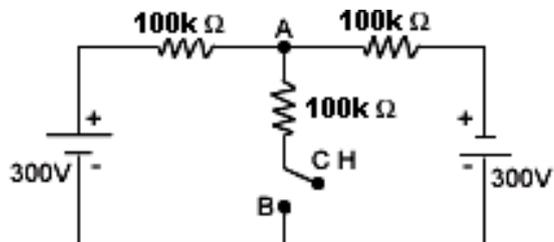


O valor de e_1 é:

- a) 3,0 volts
- b) 2,5 volts
- c) 2,0 volts
- d) 1,5 volt
- e) zero

Testes 2, 3 e 4.

(FEI-SP) No circuito esquematizado, a chave CH comanda o ramo AB através do resistor de 100 kΩ:



2. A chave CH está aberta; a ddp entre A e B vale:

- a) 0.
- b) 100V.
- c) 150V.
- d) 300V.
- e) n.d.a.

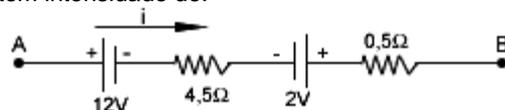
3. A chave CH está fechada; a ddp entre A e B vale:

- a) 0.
- b) 100V.
- c) 150V.
- d) 300V.
- e) n.d.a.

4. A chave está aberta; muda-se a polaridade do gerador à direita. A ddp entre A e B é:

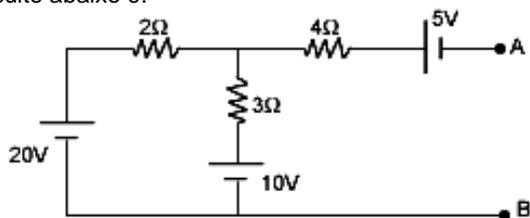
- a) 0.
- b) 100V.
- c) 150V.
- d) 300V.
- e) n.d.a.

5. (UNIFOA-MG) Entre os pontos A e B da figura a seguir é mantida uma ddp $U = 20V$. A corrente que atravessa este trecho tem intensidade de:



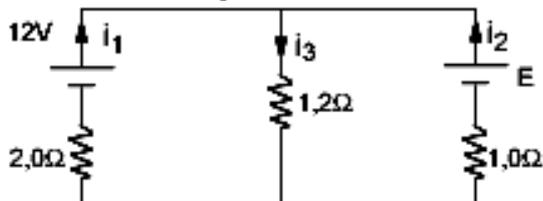
- a) 2,8A.
- b) 2,5A.
- c) 3,5A.
- d) 2,0A.
- e) 4,0A.

6. (MACK) A diferença de potencial V_{AB} entre os pontos A e B do circuito abaixo é:



- a) 3V.
- b) 4V.
- c) 11V.
- d) 16V.
- e) 19V.

7. No circuito a seguir, o valor de E para que a corrente i_2 tenha intensidade 2,0A é igual a:



- a) 12V.
- b) 10V.
- c) 8,0V.
- d) 6,0V.
- e) 4,0V.

8. (UFPEL) Num circuito de corrente contínua, ao percorrermos uma malha fechada, partindo de um determinado ponto, observamos que as variações de potencial elétrico sofridas pelos portadores de carga é tal que, ao retornarmos ao ponto de partida, obtemos o mesmo valor para o potencial elétrico. Baseado no texto e em seus conhecimentos, o fato descrito acima é uma consequência do princípio da conservação

- a) da carga.
- b) da energia.
- c) da massa.
- d) da quantidade de movimento.
- e) da potência elétrica.

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) C	2) D	3) D	4) B	5) E	6) E
7) D	8) A	9) E	10) E	11) B	

EXERCÍCIOS FIXAÇÃO

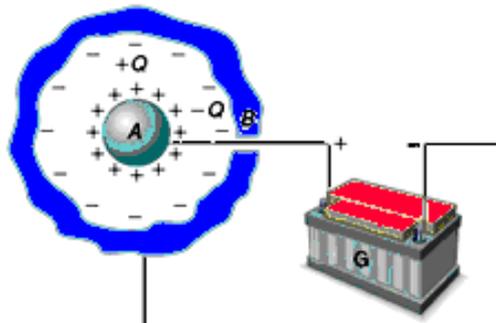
1) E	2) A	3) A	4) D	5) D	6) C
7) C	8) B				

MÓDULO 14

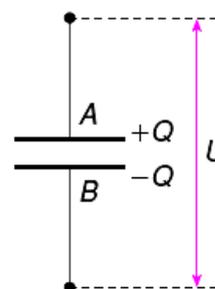
4 - CAPACITORES

4.1 – DEFINIÇÃO

Chamamos de capacitor uma associação de dois condutores em regime de indução total, ou seja, a carga elétrica do indutor será igual, em módulo, à carga do induzido. Cada condutor constitui uma das armaduras do capacitor.



Símbolo:



4.2 – CAPACIDADE OU CAPACITÂNCIA

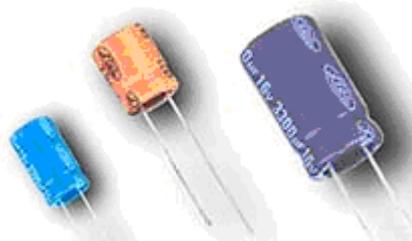
No caso dos capacitores, não importa o potencial de cada condutor, isoladamente, mas a ddp entre eles. À medida que as cargas vão sendo armazenadas nas armaduras do capacitor, a ddp entre elas aumenta, de tal forma que a relação entre a carga (Q) e a ddp (U) entre as armaduras seja constante.

Nessas condições, define-se a **capacidade (C)** de um capacitor pela relação:

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

Nessa expressão, Q é a carga elétrica da armadura positiva, pois as cargas nas armaduras são opostas e a carga total é nula. Na prática, Q representa a carga elétrica do capacitor.

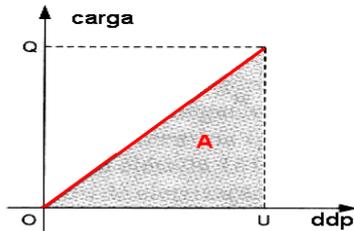
No sistema internacional de unidades a capacidade é dada em **farad (F)**.



A capacidade é uma constante do capacitor. Varia de um capacitor para outro em função de sua geometria e do dielétrico utilizado. Não depende de sua carga e tensão (ddp), do mesmo modo que a capacidade de um reservatório de água não depende do fato de ele ter pouca, bastante ou nenhuma água.

4.3 – ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA

Como $Q = C.U$ e, sendo C um valor constante para um dado capacitor, podemos concluir que a carga elétrica armazenada por um capacitor é diretamente proporcional à ddp entre suas armaduras. A energia potencial elétrica armazenada no capacitor, é dada, numericamente, pela área destacada do gráfico abaixo.

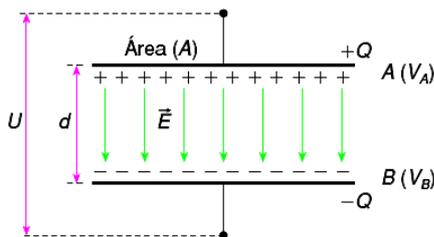


$$E_p = \overset{N}{\text{Área do triângulo sombreado}} \Rightarrow E_p = \frac{Q.U}{2}$$

$$E_p = \frac{Q^2}{2C} = \frac{Q.U}{2} = \frac{C.U^2}{2}$$

4.4 – CAPACITOR PLANO

Capacitor cujas armaduras são planas, iguais e paralelas entre si.



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

A = área de cada armadura

d = distância entre as armaduras

ϵ = permissividade (permitividade) elétrica do dielétrico e é característico do meio.

Vácuo: $\epsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$

A (permissividade) absoluta do vácuo (ϵ_0) e a constante da Eletrostática k_0 para o vácuo relacionam-se pela fórmula:

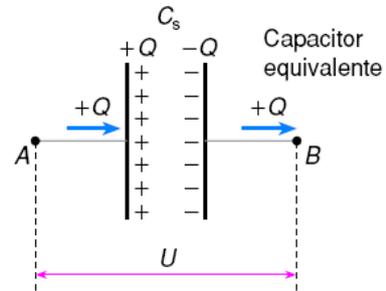
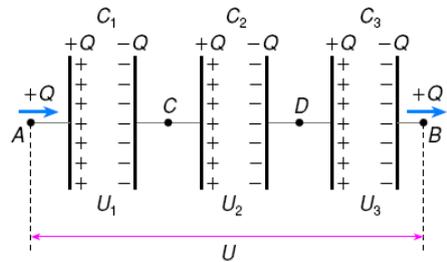
$$k_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

4.5 – ASSOCIAÇÃO DE CAPACITORES

Os capacitores, analogamente aos resistores e geradores, podem ser associados em série e em paralelo. Denomina-se capacitor equivalente da associação aquele que, eletrizado com a mesma carga que a associação, suporta em seus terminais a mesma ddp.

a- SÉRIE:

Na associação em série, a armadura negativa de um capacitor está ligada à armadura positiva do seguinte. A carga $+Q$, que é comunicada à associação, é recebida pela armadura positiva do primeiro capacitor. Esta induz $-Q$ na armadura negativa do primeiro capacitor, e a carga induzida $+Q$ escoia para armadura positiva do segundo capacitor. Esta, por sua vez, induz $-Q$ na armadura negativa do segundo capacitor e $+Q$ na armadura positiva do terceiro capacitor, e assim sucessivamente.



Propriedades:

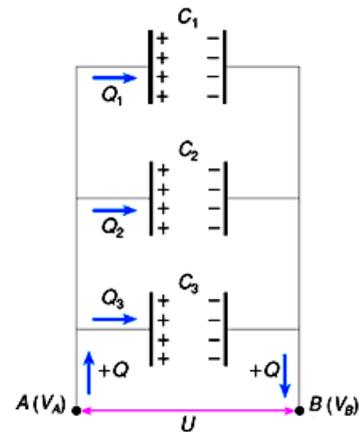
$$* Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$$

$$* U = U_1 + U_2 + U_3$$

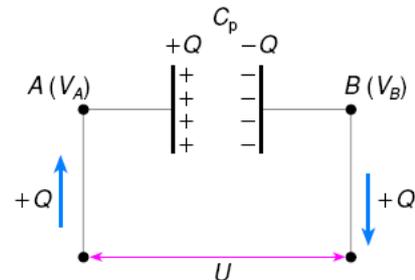
$$* \frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

b- PARALELO:

Na associação em paralelo, as armaduras positivas estão ligadas entre si, apresentando o mesmo potencial V_A , e as armaduras negativas também estão ligadas entre si possuindo o potencial comum V_B .



Capacitor equivalente



Propriedades:

$$* U_1 = U_2 = U_3 = U$$

$$* Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

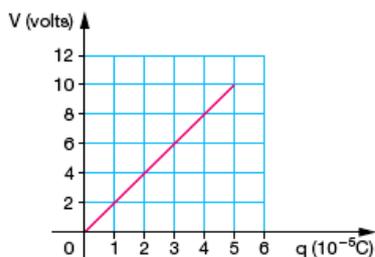
$$* C_p = C_1 + C_2 + C_3$$

EXERCÍCIOS DE AULA

1. (UFPB) Um capacitor é carregado por uma bateria até atingir uma diferença de potencial de 600 V entre suas placas. Em seguida, estas placas são desligadas da bateria e interligadas através de um resistor, de grande valor, até que o capacitor esteja totalmente descarregado. Durante o processo de descarga, a quantidade total de calor produzida no resistor é 0,9 J. Determine:

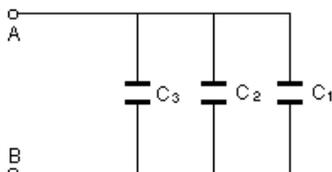
- a) a capacitância deste capacitor
- b) a carga nesse capacitor, quando a diferença de potencial entre suas placas for de 150 V

2. (UFPE) O gráfico a seguir representa a variação da diferença de potencial entre as placas de um capacitor plano de placas paralelas e capacitância igual a $5,0 \cdot 10^{-5}$ F, quando carregado de uma carga inicial $q_i = 0$ até uma carga final $q_f = 5,0 \cdot 10^{-5}$ C.



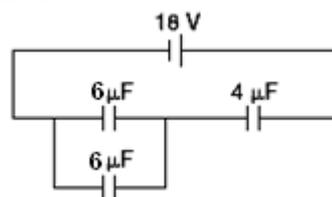
Determine o valor, em unidades de 10^{-5} J, da energia armazenada no capacitor.

3. (INATEL-MG) Considere a seguinte associação de condensadores, com $C_1 = 2 \mu\text{F}$, $C_2 = 5 \mu\text{F}$ e $C_3 = 10 \mu\text{F}$, sendo $U = 8$ V a diferença de potencial entre os terminais A e B da associação. Calcule:



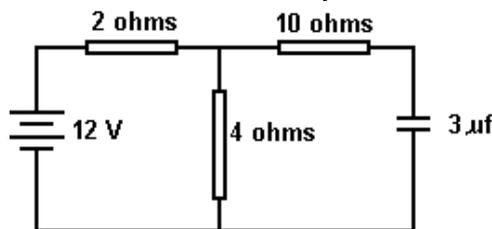
- a) o valor do condensador equivalente à associação;
- b) a carga total da associação.

4. (MACK) Na associação dada, a ddp entre as armaduras do capacitor de $4 \mu\text{F}$ é:



- a) 3,0 V
- b) 4,5 V
- c) 6,0 V
- d) 9,0 V
- e) 13,5 V

5. (UFPEL) No circuito abaixo têm-se três resistores, um capacitor e um gerador. Sabe-se que o capacitor encontra-se carregado. Com base nessas informações, calcule:



- a) a corrente fornecida pela bateria;
- b) a ddp nos terminais do resistor de 4Ω ;
- c) a carga elétrica armazenada no capacitor.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. (UEPI) Um capacitor possui capacitância igual a $4,0 \cdot 10^{-6}$ F. Quando submetido a uma tensão de 200 V ele acumula uma quantidade de carga igual a:

- a) $4,0 \cdot 10^{-4}$ C
- b) $5,0 \cdot 10^{-4}$ C
- c) $6,0 \cdot 10^{-4}$ C
- d) $7,0 \cdot 10^{-4}$ C
- e) $8,0 \cdot 10^{-4}$ C

2. (UEPI) Assinale a alternativa correta acerca da capacitância de um capacitor de placas paralelas:

- a) é diretamente proporcional à área de cada placa e à distância entre elas
- b) é inversamente proporcional à área de cada placa e à distância entre elas
- c) é inversamente proporcional à área de cada placa e diretamente proporcional à distância entre elas
- d) é diretamente proporcional à área de cada placa e inversamente proporcional à distância entre elas
- e) independe do isolante entre as placas do capacitor

3. (USC) Um capacitor de capacidade $C = 2 \mu\text{F}$ é submetido a uma tensão de 10 V. A energia acumulada nesse capacitor, em J, é de

- a) $1 \cdot 10^{-4}$
- b) $2 \cdot 10^{-4}$
- c) $3 \cdot 10^{-4}$
- d) $4 \cdot 10^{-4}$
- e) $5 \cdot 10^{-4}$

4. (UEFS) Dois capacitores de $0,3 \mu\text{F}$ e $0,5 \mu\text{F}$ são associados em paralelo e posteriormente carregados com uma carga de $200 \mu\text{C}$. Dessa forma, a ddp da associação é igual a

- a) 150 V
- b) 200 V
- c) 250 V
- d) 300 V
- e) 350 V

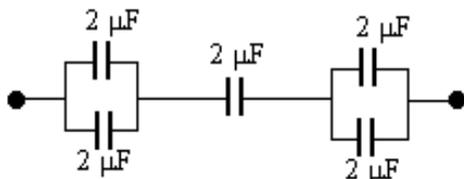
5. (OSEC) Dois capacitores de mesma capacidade $C = 2 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ são associados em série e aos terminais da associação é aplicada a diferença de potencial $U = 20 \text{ V}$. Qual é a carga, em coulomb, de cada capacitor?

- a) $2 \cdot 10^{-6}$
- b) $1 \cdot 10^{-6}$
- c) $2 \cdot 10^{-5}$
- d) $1 \cdot 10^{-5}$
- e) $4 \cdot 10^{-5}$

6. (PUCSP) São dados dois capacitores C_1 e C_2 de capacidades, respectivamente, iguais a $10 \mu\text{F}$ e $40 \mu\text{F}$. Associando-se os capacitores em série e aplicando-se uma tensão de 100 V nos extremos da associação, as tensões em C_1 e C_2 serão, respectivamente, iguais a

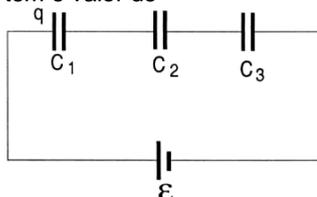
- a) 10 e 40 V
- b) 20 e 80 V
- c) 50 e 50 V
- d) 80 e 20 V
- e) 500 e 125 V

7. (UCMG) A capacitância entre os pontos A e B da figura, em microfarad, vale:



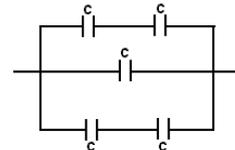
- a) 1
- b) 2
- c) 6
- d) 8
- e) 10

8. (FURG) Três capacitores de capacitâncias $C_1 = 20 \mu\text{F}$, $C_2 = 40 \mu\text{F}$ e $C_3 = 40 \mu\text{F}$ estão associados em série. Esta associação é ligada a uma fonte de fem ϵ , conforme a figura. Sabendo-se que a carga em uma das placas do capacitor C_1 é $q = 30 \mu\text{C}$, a fem ϵ tem o valor de



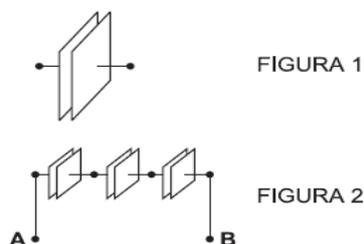
- a) 24V
- b) 12V
- c) 6,0V
- d) 4,5V
- e) 3,0V

9. (UFSM) O capacitor de capacitância C , quando ligado a uma dada fonte de força eletromotriz, armazena uma carga Q . Considerando que a associação de capacitores de capacitâncias C e $2C$ representada na figura está ligada àquela mesma fonte, a carga armazenada na associação será



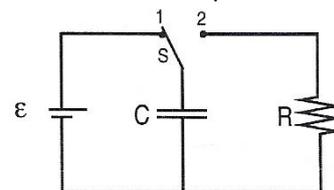
- a) 6Q
- b) 3Q
- c) $2/3Q$
- d) $3/2Q$
- e) $1/3Q$

10. (MACK) A figura 1 ilustra um capacitor plano, cujas armaduras, idênticas, distam entre si de 2,0 mm. Associamos três capacitores iguais a esse, conforme a ilustração da figura 2, e estabelecemos entre os pontos A e B uma d.d.p. de 240 V. A intensidade do vetor campo elétrico num ponto entre as armaduras de um desses capacitores, equidistante delas e longe de suas bordas, é:



- a) zero
- b) $4,0 \cdot 10^4 \text{ V/m}$
- c) $8,0 \cdot 10^4 \text{ V/m}$
- d) $1,2 \cdot 10^5 \text{ V/m}$
- e) impossível de ser determinada sem conhecermos a capacitância de cada capacitor.

11. (FURG) A figura mostra uma fonte ideal de fem $\epsilon = 10 \text{ V}$, ligada ao capacitor de capacitância $C = 4,0 \mu\text{F}$. Depois de totalmente carregado o capacitor, a chave é colocada na posição 2 e permanece nessa posição por um tempo indeterminado, descarregando totalmente o capacitor.



Nessas condições, a energia total dissipada no resistor de resistência $R = 3,0 \text{ M}\Omega$ é

- a) 0,20 mJ.
- b) 3,33 mJ.
- c) 33,3 mJ.
- d) 120 J.
- e) 18 MJ.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. (UNIPAC) Dois capacitores de 10 mF , cada um, são ligados em série a uma bateria de força eletromotriz $E = 10 \text{ V}$ e resistência interna nula. Após alcançado o equilíbrio, pode-se afirmar que:

- a) A diferença de potencial entre as placas de cada capacitor é 10V.
- b) A carga de cada capacitor é 100 mC .
- c) A energia acumulada em cada capacitor é 1000 mJ .
- d) A carga da associação é 200 mC .
- e) Todas as alternativas estão erradas

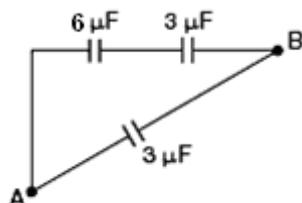
2. (PUC- MG) Você dispõe de um capacitor de placas planas e paralelas. Se dobrar a área das placas e dobrar a separação entre elas, a capacitância original ficará:

- a) inalterada
- b) multiplicada por dois
- c) multiplicada por quatro
- d) dividida por dois
- e) dividida por quatro

3. (PUC- MG) Se dobrarmos a carga acumulada nas placas de um capacitor, a diferença de potencial entre suas placas ficará:

- a) inalterada.
- b) multiplicada por quatro.
- c) multiplicada por dois.
- d) dividida por quatro.
- e) dividida por dois.

4. (AMAN) Na figura aplica-se entre os pontos A e B uma ddp de 100 V.



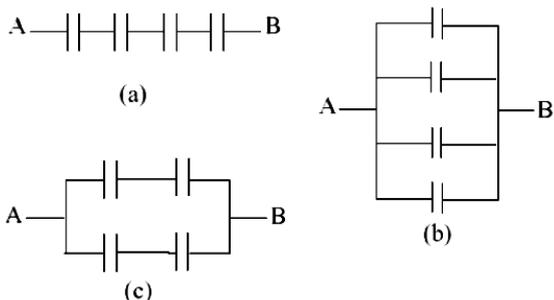
A energia potencial elétrica armazenada na associação dos capacitores vale:

- a) $7,5 \cdot 10^{-1}$ J
- b) $2,5 \cdot 10^{-2}$ J
- c) $2,0 \cdot 10^{-2}$ J
- d) $7,5 \cdot 10^{-3}$ J
- e) $5,0 \cdot 10^{-2}$ J

5. (FURG) Todos os capacitores que aparecem nas figuras abaixo têm a mesma capacitância. Escolha a associação cuja capacitância equivalente é igual à de um único capacitor.

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

6. (UFMS) Considere quatro capacitores, cada um com capacitância (C), associados e submetidos à mesma ddp (V), entre os pontos A e B, como mostram as figuras (a), (b) e (c).



Sendo E_a , E_b e E_c as energias elétricas armazenadas nas associações (a), (b) e (c), respectivamente, é correto afirmar que

- a) $E_c = 4E_a$
- b) $E_c = 4E_b$
- c) $E_a = 8E_b$
- d) $E_a = E_b$
- e) $E_c = 2E_a$

7. (VUNESP) Capacitores são elementos de circuitos destinados a

- a) armazenar corrente elétrica.
- b) permitir a passagem de corrente elétrica de intensidade constante.
- c) corrigir as variações de tensão nos aparelhos de televisão.
- d) armazenar energia elétrica.
- e) nenhuma das afirmações acima é satisfatória.

8. (PUCCAMP) Um capacitor de $8 \cdot 10^{-6}$ F é sujeito a uma diferença de potencial de 30 V. A carga que ele acumulou vale

- a) $1,2 \cdot 10^{-4}$ C
- b) $2,4 \cdot 10^{-4}$ C
- c) $2,7 \cdot 10^{-7}$ C
- d) $3,7 \cdot 10^6$ C
- e) $7,4 \cdot 10^6$ C

9. (PUCCAMP) Um capacitor de $10 \mu\text{F}$ está carregado e com uma diferença de potencial de 500 V. Qual é a energia de sua descarga?

- a) 2,51 J
- b) 2,15 J
- c) 1,25 J
- d) 5,21 J
- e) n.d.a.

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) E	2) D	3) A	4) C	5) C	6) D
7) A	8) E	9) B	10) B	11) A	

EXERCÍCIOS FIXAÇÃO

1) B	2) A	3) C	4) B	5) D	6) A
7) D	8) B	9) C			

MÓDULO 15

ELETROMAGNETISMO

INTRODUÇÃO

1 – ÍMÃS

O nome magnetismo vem de Magnésia, pequena região da Ásia Menor, onde foi encontrado em grande abundância um mineral naturalmente magnético. A pedra desse mineral é chamada magnetita (Fe_3O_4 – ímã natural). Atualmente são mais usados ímãs artificiais, obtidos a partir de determinados processos de imantação.



Se tomarmos um ímã, de formato alongado, e pendurarmos pelo seu centro de massa, veremos que ele fica alinhado na direção geográfica norte-sul. A extremidade que aponta para o pólo norte geográfico é chamado **pólo norte do ímã**. A outra, aponta para o sul geográfico, é denominada **pólo sul do ímã**.

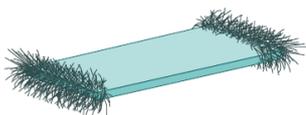
A bússola é um aparelho que explora essa característica, constituído apenas de uma agulha imantada, apoiada pelo seu centro de massa.



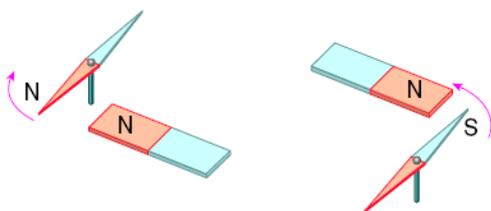
2 – PROPRIEDADE DOS ÍMÃS

1º- POLOS DE UM ÍMÃ

- Região onde as ações magnéticas são mais intensas.

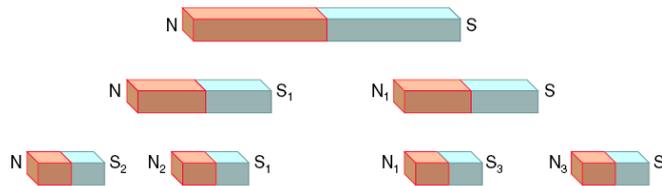


- Pólos de mesmo nome se repelem e de nomes diferentes se atraem.



2º- INSEPARABILIDADE DOS POLOS

Quando um ímã é dividido em várias partes, cada uma das partes comporta-se como um novo ímã. Aparecem sempre os dois pólos.

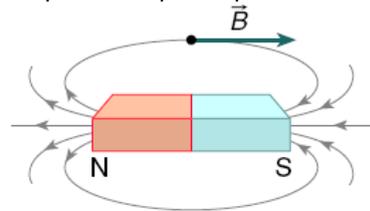


3 – CAMPO MAGNÉTICO

A força magnética é uma força de campo, ou seja, atua mesmo que não haja contato entre os corpos. Logo, é conveniente imaginar a transmissão dessa ação por um agente que denominamos de campo magnético.

Campo magnético é a região do espaço onde um pequeno corpo de prova fica sujeito a uma força de origem magnética. Esse corpo de prova pode ser um pequeno objeto de material que apresente propriedades magnéticas.

Representamos o campo magnético em cada ponto de uma região pelo vetor campo magnético (\vec{B}). Para construir as linhas de campo, podemos usar o conceito de domínio magnético. Cada domínio magnético é um pequeno ímã. Internamente as linhas de campo vão do pólo sul ao pólo norte e externamente do pólo norte para o pólo sul.



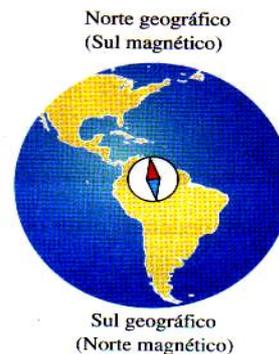
Em um campo magnético as linhas de indução do campo magnético são tais que o vetor campo magnético apresenta as seguintes características:

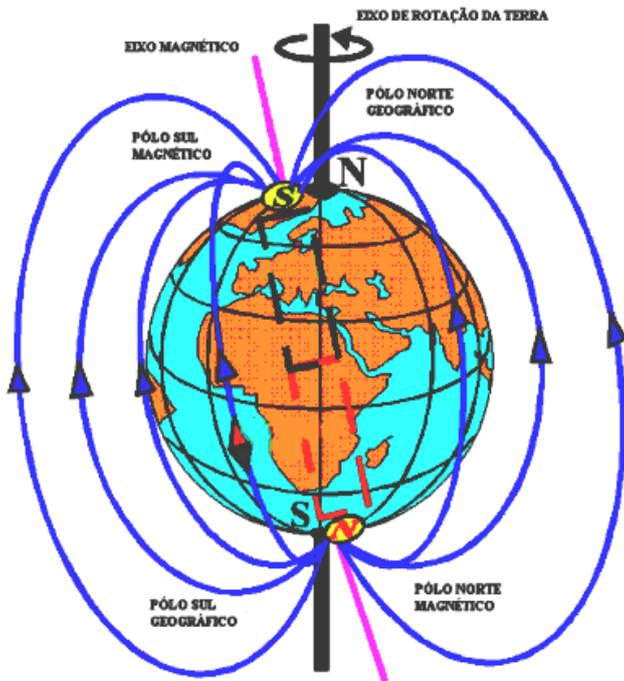
- sua direção é sempre tangente às linhas de campo em qualquer ponto dentro do campo magnético;
- seu sentido é o mesmo da linha de indução campo magnético;
- sua intensidade é proporcional à densidade das linhas de indução campo magnético.

No SI a unidade do vetor campo magnético \vec{B} é denominada Tesla (T).

4 - MAGNETISMO TERRESTRE

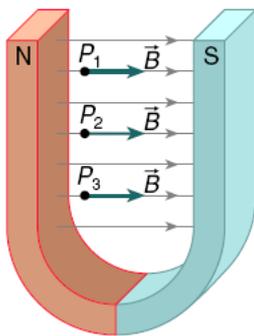
A Terra é um grande ímã. Sob a influência exclusiva do campo magnético da Terra, o pólo norte da bússola aponta para o pólo norte geográfico, portanto o pólo norte geográfico da Terra é um pólo sul em termos magnéticos. O pólo norte geográfico da Terra contém um pólo sul em termos magnéticos e o pólo sul geográfico da Terra contém um pólo norte em termos magnéticos.





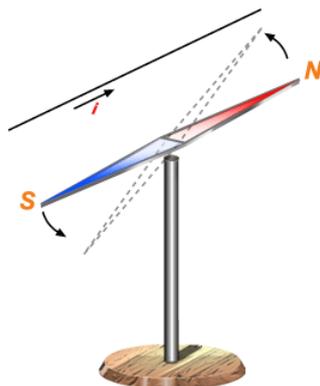
5 – CAMPO MAGNÉTICO UNIFORME

É aquele no qual, em todos os pontos, o vetor \vec{B} tem a mesma direção, o mesmo sentido e a mesma intensidade. No campo magnético uniforme, as linhas de indução são retas paralelas igualmente espaçadas.



6 – EXPERIÊNCIA DE OERSTED

Em 1819 o físico dinamarquês Oersted observou que, quando a agulha de uma bússola é colocada próxima de uma corrente elétrica, essa agulha é desviada de sua posição. Ora, uma agulha magnética, suspensa pelo centro de gravidade, só entra em movimento quando está em um campo magnético. O deslocamento da agulha só se explica pela formação de um campo magnético em torno do condutor percorrido por corrente elétrica. Foi essa a primeira vez que se observou o aparecimento de um campo magnético juntamente com uma corrente elétrica.



7 – MAGNETISMO NA MATÉRIA

a) **SUBSTÂNCIAS FERROMAGNÉTICAS:** são substâncias que têm a propriedade de possuir domínios magnéticos, "pequenos ímãs" que sob a influência de um campo magnético externo, tendem a se alinhar com ele, fazendo com que a substância também se torne um ímã. Ex: ferro, cobalto, níquel e ligas que contenham esses elementos.

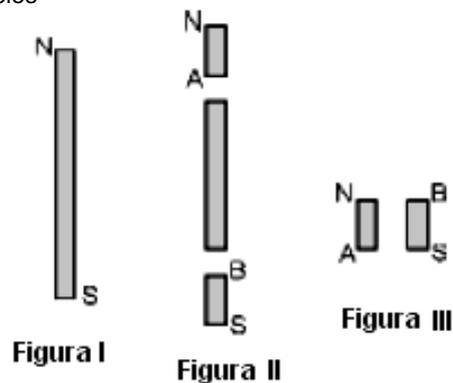
b) **SUBSTÂNCIAS PARAMAGNÉTICAS:** são as substâncias que se imantam fracamente sob influência de um campo magnético externo, resultando uma força de atração muito fraca. Ex: alumínio, cromo, platina, manganês, estanho, ar.

c) **SUBSTÂNCIA DIAMAGNÉTICAS:** são as substâncias que interagem com o campo magnético, resultando uma fraca repulsão. Ex: prata, ouro, mercúrio, chumbo, zinco, bismuto, água.

d) **PONTO DE CURIE:** considere um prego atraído por um ímã e submetido a uma fonte de calor. Acima de determinada temperatura, a agitação térmica se torna tão intensa que impede a orientação dos domínios magnéticos. Nessas condições, o prego deixa de ser atraído pelo ímã. A temperatura a partir da qual a magnetização se desfaz é chamado ponto de Curie, cujo valor é específico para cada substância (aproximadamente 770 °C para o ferro).

EXERCÍCIOS DE AULA

1. (FUVEST) A figura I representa um ímã permanente em forma de barra, onde N e S indicam, respectivamente, pólos norte e sul. Suponha que a barra seja dividida em três pedaços, como mostra a figura II. Colocando lado a lado os dois pedaços extremos, como indicado na figura III, é correto afirmar que eles



- se atrairão, pois A é pólo norte e B é pólo sul.
- se atrairão, pois A é pólo sul e B é pólo norte.
- não serão atraídos nem repelidos.
- se repelirão, pois A é pólo norte e B é pólo sul.
- se repelirão, pois A é pólo sul e B é pólo norte.

2. (UEL) Considere as seguintes afirmativas:

I - Um prego será atraído por um ímã somente se já estiver imantado.

II - As linhas de força de um campo magnético são fechadas.

III - Correntes elétricas fluindo por dois condutores paralelos provocam força magnética entre eles.

Pode-se afirmar que somente

- I é correta.
- II é correta.
- III é correta.
- I e II são corretas.
- II e III são corretas.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

3. (UFSM) Considere as afirmações a seguir, a respeito de ímãs.

I. Convencionou-se que o pólo norte de um ímã é aquela extremidade que, quando o ímã pode girar livremente, aponta o norte geográfico da Terra.

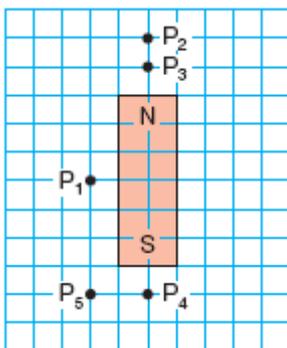
II. Pólos magnéticos de mesmo nome se repelem e pólos magnéticos de nomes contrários se atraem.

III. Quando se quebra, ao meio, um ímã em forma de barra, obtêm-se dois novos ímãs, cada um com apenas um pólo magnético.

Está(ão) correta(s)

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

4. (UEL) Considere o campo magnético nos pontos P1, P2, P3, P4 e P5 nas proximidades de um ímã em barra, conforme representado na figura.



A intensidade do campo magnético é menor no ponto:

- a) P1
- b) P2
- c) P3
- d) P4
- e) P5

5. (UERJ) As linhas de indução de um campo magnético uniforme são mostradas abaixo.



Designando por N o pólo norte e por S o pólo sul de um ímã colocado no mesmo plano da figura, é possível concluir que o ímã permanecerá em repouso se estiver na seguinte posição:

- a)
- b)
- c)
- d)

1. (CESGRANRIO-RJ) Uma barra imantada, apoiada numa superfície perfeitamente lisa e horizontal, é dividida habilidosamente em três pedaços (A, B e C).



Se a parte B é cuidadosamente retirada, então A e C:

- a) aproximam-se;
- b) afastam-se;
- c) oscilam;
- d) permanecem em repouso;
- e) desmagnetizam-se.

2. (UFSM) Leia atentamente as afirmativas que seguem.

I – O pólo norte geográfico é um pólo sul magnético.

II – Em um ímã permanente, as linhas de indução saem do pólo norte e vão para o pólo sul, independentemente de estarem na parte interna ou externa do ímã.

III – Considerando a agulha de uma bússola, a extremidade que aponta para o norte geográfico é o pólo norte magnético da agulha.

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

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

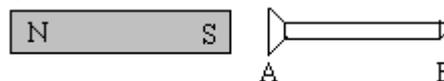
3. (FURG) O ímã em forma de barra mostrado abaixo é quebrado, com cuidado, em duas partes.



Os pólos das peças obtidas estão corretamente representados na alternativa

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

4. (UFRS) Um prego de ferro AB, inicialmente não imantado, é aproximado do pólo sul (S) de um ímã permanente, conforme mostra a figura.



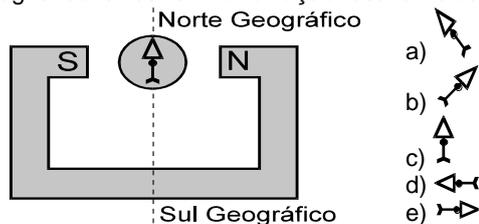
Nessa situação, forma-se um pólo, e o ímã e o prego se

- a) sul em A – atraem
- b) sul em A – repelem.
- c) sul em B – repelem.
- d) norte em A – atraem.
- e) norte em B – atraem.

5. (UEL) No Equador geográfico da Terra, o campo magnético terrestre tem sentido do:

- a) centro da Terra para o espaço exterior.
- b) Norte para o Sul geográficos.
- c) Sul para o Norte geográficos.
- d) Oeste para o Leste.
- e) Leste para o Oeste

6. (ACAFE) Uma bússola, com uma agulha orientada inicialmente na direção Norte/Sul da Terra, é colocada entre os pólos de um ímã, conforme a figura abaixo. O ímã possui um campo magnético da mesma ordem de grandeza do campo magnético terrestre. A orientação resultante da agulha é:



7. (UFRS) Analise cada uma das afirmações e indique se é verdadeira (V) ou falsa (F).

- () Nas regiões próximas aos pólos de um ímã permanente, a concentração de linhas de indução é maior do que em qualquer outra região ao seu redor.
- () Qualquer pedaço de metal colocado nas proximidades de um ímã permanente torna-se magnetizado e passa a ser atraído por ele.
- () Tomando-se um ímã permanente em forma de barra e partindo-o ao meio em seu comprimento, obtém-se dois pólos magnéticos isolados, um pólo norte em uma das metades e um pólo sul na outra.

Quais são, pela ordem, as indicações corretas?

- a) V - F - F
- b) V - F - V
- d) F - F - V
- c) V - V - F
- e) F - V - V

8. (UFRS) Quando se tem uma barra de ferro magnetizada, pode-se explicar essa magnetização, admitindo que foram:

- a) acrescentados elétrons à barra.
- b) retirados elétrons da barra.
- c) acrescentados ímãs elementares à barra.
- d) retirados ímãs elementares da barra.
- e) ordenados os ímãs elementares da barra.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. (UFRS) Considere as seguintes afirmações sobre magnetismo:

- I - O pólo magnético de um ímã repele uma das extremidades de uma barra de aço. Esse fato prova que a barra de aço está imantada.
- II - O pólo norte de um ímã atrai o pólo sul de uma barra de ferro com uma força menor do que aquela com que repele o pólo norte (mais distante) dessa mesma barra.
- III - Se um ímã atrai um pedaço de ferro, esse pedaço de ferro atrai o ímã.

Quais estão corretas?

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

2. (UEL) Considere as afirmações:

- I - A atração que um ímã exerce num prego é maior que a atração que o prego exerce no ímã.
- II - O pólo sul de um ímã atrai o pólo sul de outro ímã.
- III - Tanto um fio conduzindo corrente elétrica quanto uma partícula eletrizada em movimento podem exercer força sobre outro fio condutor percorrido por corrente.

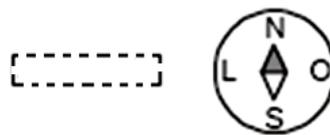
Pode-se concluir que somente

- a) I é correta.
- b) II é correta.
- c) III é correta.

- d) I e II são corretas.
- e) II e III são corretas.

3. (CESGRANRIO)

A bússola representada na figura repousa sobre sua mesa de trabalho.



O retângulo tracejado representa a posição em que você vai colocar um ímã, com os pólos respectivos nas posições indicadas. Em presença do ímã, a agulha da bússola permanecerá como em:

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

4. (ESAM-RN) Um estudante possui dois objetos semelhantes, sendo que um deles é um ímã permanente e o outro é constituído de material não imantável.

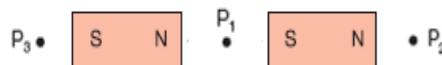
Desejando descobrir qual é o ímã, pensou em proceder de três maneiras:

- I. Pendurar os dois objetos por fios e verificar qual deles assume a direção norte-sul.
- II. Aproximar os dois objetos e verificar qual deles atrai o outro.
- III. Aproximar os dois objetos e verificar qual deles repele o outro.

O estudante poderá determinar qual dos dois objetos é um ímã permanente com os métodos:

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

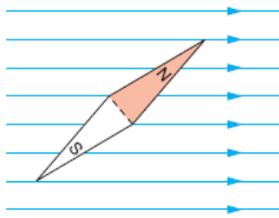
5. (UFAL) O esquema representa as posições relativas de dois ímãs idênticos, com pólos nas extremidades, e os pontos P₁, P₂ e P₃ nas proximidades dos ímãs.



Considerando somente os pontos P₁, P₂ e P₃, o campo magnético gerado por esses ímãs pode ser nulo

- a) somente no ponto P₁
- b) somente no ponto P₂
- c) somente no ponto P₃
- d) somente nos pontos P₁ e P₂
- e) em P₁, P₂ e P₃

6. (UEL) A agulha de uma bússola assume a posição indicada no esquema quando colocada numa região onde existe, além do campo magnético terrestre, um campo magnético uniforme e horizontal.



Considerando a posição das linhas de campo uniforme, desenhadas no esquema, o vetor campo magnético terrestre na região pode ser indicado pelo vetor:

- a) 
- b) 
- c) 
- d) 
- e) 

7. (UMESP-SP) Serrando transversalmente um ímã em forma de barra, o que acontece?

- a) As duas partes se desmagnetizam.
 b) Obtém-se um pólo norte e um pólo sul isolados.
 c) Na secção de corte, surgem pólos contrários àqueles das extremidades das partes.
 d) O pólo norte conserva-se isolado, mas o pólo sul desaparece.
 e) O pólo sul conserva-se isolado, mas o pólo norte desaparece.

8. (UNIPAC-MG) Ao aproximar-se um ímã permanente de uma barra observa-se que a barra se transforma em um ímã. Isto acontece porque:

- a) a barra possui elétrons livres
 b) a barra encontra-se em sua temperatura Curie
 c) a barra sofreu indução eletrostática
 d) a barra é de material ferromagnético

9. (UNEB) A Terra produz um campo magnético responsável pela orientação que uma bússola assume em cada ponto da superfície terrestre. De acordo com a teoria mais aceita atualmente, o campo magnético referido acima

- a) possui um pólo sul magnético que coincide com o pólo sul geográfico da Terra.
 b) é representado por linhas de indução que se interceptam perpendicularmente.
 c) ocorre devido às propriedades ferromagnéticas das substâncias que compõem o núcleo da Terra.
 d) é gerado por correntes elétricas existentes nas camadas líquidas do núcleo terrestre.
 e) não sofre influência do vento solar.

10. (UNIRIO) Assinale a opção que apresenta a alternativa correta, a respeito de fenômenos eletromagnéticos.

- a) É possível isolar os pólos de um ímã.
 b) Imantar um corpo é fornecer elétrons a um de seus pólos e prótons ao outro.
 c) Ao redor de qualquer carga elétrica, existe um campo elétrico e um campo magnético.
 d) Cargas elétricas em movimento geram um campo magnético.
 e) As propriedades magnéticas de um ímã de aço aumentam com a temperatura.

7) A	8) E				
------	------	--	--	--	--

EXERCÍCIOS FIXAÇÃO

1) C	2) C	3) B	4) E	5) A	6) E
7) C	8) D	9) D	10) D		

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

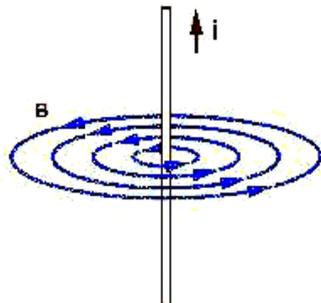
1) A	2) E	3) C	4) D	5) C	6) A
------	------	------	------	------	------

MÓDULO 16

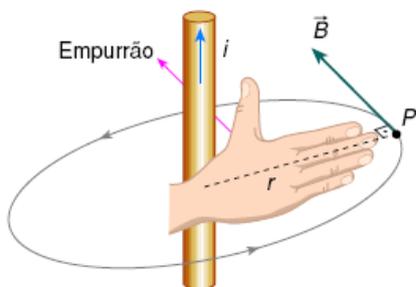
CAMPO MAGNÉTICO DAS CORRENTES

1- CAMPO DE UM CONDUTOR LONGO

As linhas de indução do campo magnético de um condutor reto e longo, percorrido por corrente elétrica, são circunferências concêntricas ao condutor, situadas em planos perpendiculares a ele.



Em um ponto P, a uma distância r do fio, o vetor indução magnética terá as seguintes características:



- **Direção:** tangente à linha de indução que passa pelo ponto P;
- **Sentido:** determinado pela regra da mão direita.

• **INTENSIDADE:** $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$

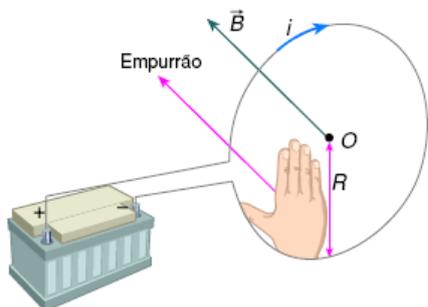
μ_0 = permeabilidade magnética do vácuo e vale $4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$

OBS.:

- \odot representa a ponta do vetor orientado do plano para o observador
- \otimes representa o penacho do vetor orientado do observador para o plano.

2- ESPIRA CIRCULAR

Considere uma espira circular (condutor dobrado com forma de circunferência) de centro O e raio R.

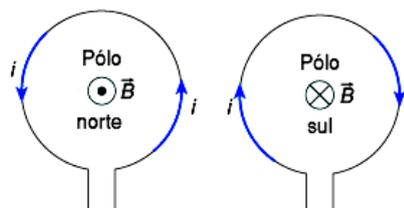
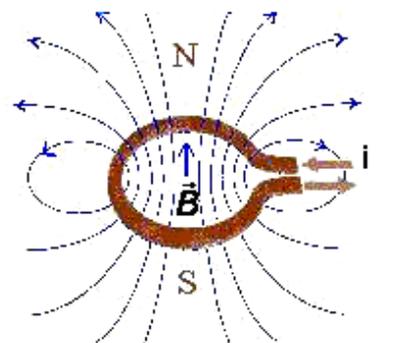


No centro de uma espira circular que transporta uma corrente elétrica, fica estabelecido um campo magnético \vec{B} , com as seguintes características:

- **Direção:** perpendicular ao plano da espira.
- **Sentido:** determinado pela regra da mão direita.

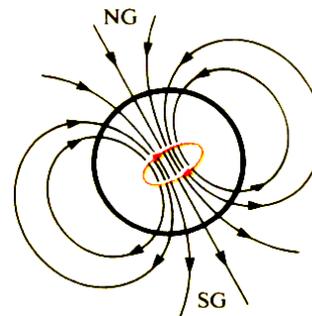
• **Intensidade:** $B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2R}$

Em um ímã, as linhas de indução saem do pólo norte e chegam ao pólo sul. Uma espira percorrida por corrente elétrica origina um campo magnético análogo ao de um ímã, e então atribui-se a ele um pólo norte, do qual as linhas saem, e um pólo sul, no qual elas chegam.



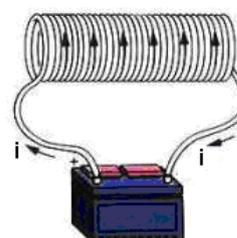
Pólo norte: se a corrente for vista no sentido anti-horário.
Pólo sul: se a corrente for vista no sentido horário.

Modernamente, determinações do campo magnético da Terra mostram que ele é semelhante ao campo magnético originado por uma espira circular percorrida por corrente muito intensa.



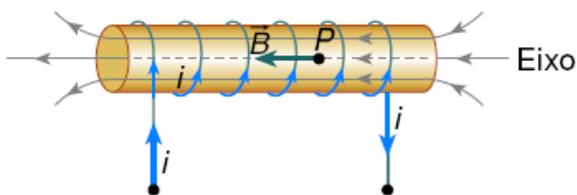
3- CAMPO DE UM SOLENÓIDE

Denomina-se **solenóide** um fio condutor enrolado segundo espiras iguais, de um lado ao outro, igualmente espaçadas.



No interior do solenóide, o campo é praticamente uniforme e tem direção de seu eixo geométrico. Na região externa o campo é praticamente nulo.

Se no interior do solenóide for introduzido um núcleo de ferro, a intensidade do vetor indução magnético aumentará.



No interior do solenóide, o vetor indução magnética B tem as seguintes características:

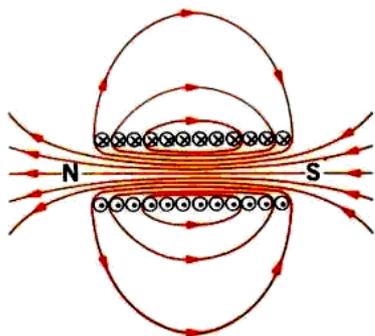
- **direção:** do eixo geométrico do solenóide.
- **sentido:** determinado pela regra da mão direita

• **intensidade:**
$$B = \frac{\mu_0 N \cdot i}{L}$$

N = n° de espiras.

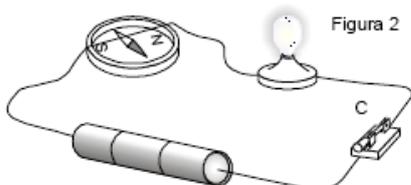
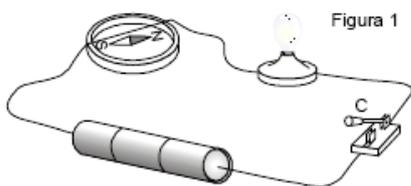
L = comprimento do solenóide

Nas extremidades do solenóide formam-se dois pólos: norte, de onde saem as linhas de indução; sul, por onde entram.



EXERCÍOS DE AULA

1. (PUCSP) Na experiência de Oersted, o fio de um circuito passa sobre a agulha de uma bússola. Com a chave C aberta, a agulha alinha-se como mostra a figura 1. Fechando-se a chave C, a agulha da bússola assume nova posição (figura 2).

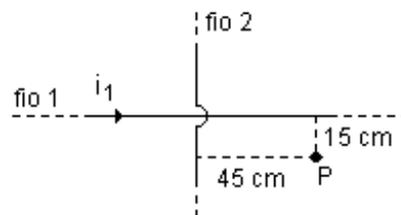


A partir desse experimento, Oersted concluiu que a corrente elétrica estabelecida no circuito

- a) gerou um campo elétrico numa direção perpendicular à da corrente.
- b) gerou um campo magnético numa direção perpendicular à da corrente.

- c) gerou um campo elétrico numa direção paralela à da corrente.
- d) gerou um campo magnético numa direção paralela à da corrente.
- e) não interfere na nova posição assumida pela agulha da bússola que foi causada pela energia térmica produzida pela lâmpada.

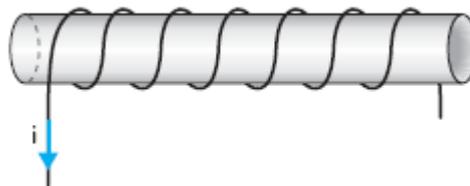
2. (UFMG) Os fios 1 e 2, mostrados na figura, são retilíneos e muito compridos, estando ambos no ar e situados no plano desta folha. Há, no fio 1, uma corrente $i_1=5,0$ A e uma corrente i_2 no fio 2. Deseja-se que o campo magnético resultante, devido aos fios, seja nulo no ponto P (figura).



Para que isso aconteça:

- a) determine qual deve ser o sentido da corrente i_2 no fio 2;
- b) calcule qual deve ser o valor de i_2 .

3. (UEPG) Uma bobina é obtida enrolando-se um fio na forma helicoidal, como ilustrado na figura

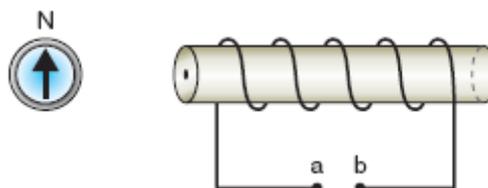


A configuração correta do campo magnético no interior da bobina, se ela é percorrida por uma corrente elétrica contínua no sentido indicado, é:

- a)
- b)
- c)
- d)

e) O campo magnético no interior da bobina é nulo.

4. (FAFEOD-MG) A figura representa uma bússola alinhada com o campo magnético da Terra e no eixo de um solenóide em que não passa corrente. Uma bateria será ligada aos pontos ab, com seu terminal positivo conectado ao ponto a.



Assim, sem desprezar o campo da Terra, a orientação da bússola passa a ser indicada corretamente na alternativa

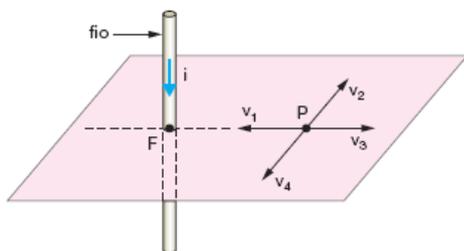
- a) ↙
- b) ↖
- c) ↗
- d) ↘
- e) →

5. (OSEC) Nos pontos internos de um longo solenóide percorrido por corrente elétrica contínua, as linhas de indução do campo magnético são:

- a) radiais com origem no eixo do solenóide.
- b) circunferências concêntricas.
- c) retas paralelas ao eixo do solenóide.
- d) hélices cilíndricas.
- e) não há linhas de indução, pois o campo magnético é nulo no solenóide.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

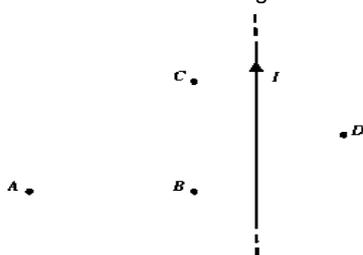
1. (UEL) O esquema representa os vetores v_1, v_2, v_3 e v_4 no plano horizontal. Pelo ponto F passa um fio condutor retilíneo bem longo e vertical. Uma corrente elétrica I percorre esse fio no sentido de cima para baixo e gera um campo magnético no ponto P .



O campo magnético gerado no ponto P pode ser representado:

- a) por um vetor cuja direção é paralela ao fio condutor
- b) pelo vetor v_4
- c) pelo vetor v_3
- d) pelo vetor v_2
- e) pelo vetor v_1

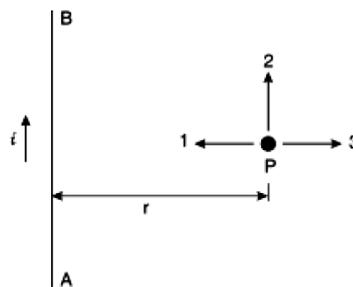
2. (UFU) Um fio retilíneo longo é percorrido por uma corrente elétrica I , com o sentido indicado na figura abaixo.



Os pontos A, B, C e D e o fio encontram-se no plano do papel, e os pontos B e C são equidistantes do fio. Da intensidade e sentido do campo magnético gerado pela corrente elétrica em cada ponto, é correto afirmar que

- a) o módulo do campo magnético no ponto C é maior que no ponto B e o sentido dele no ponto D está saindo da folha de papel, perpendicularmente à folha.
- b) o módulo do campo magnético no ponto B é maior que no ponto A e o sentido dele no ponto D está entrando na folha de papel, perpendicularmente à folha.
- c) o módulo do campo magnético no ponto A é maior que no ponto B e o sentido dele no ponto B está de B para A .
- d) o módulo do campo magnético nos pontos A e B são idênticos e o sentido dele no ponto B está entrando da folha de papel, perpendicularmente à folha.

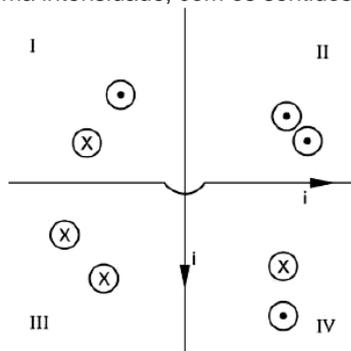
3. (UFPEL) A figura abaixo representa um fio retilíneo e muito longo percorrido por uma corrente elétrica convencional i , de A para B .



Com relação ao sentido do campo magnético criado pela corrente elétrica no ponto P e a sua intensidade, é correto afirmar que

- a) o sentido é para fora da página e sua intensidade depende da distância " r ".
- b) o sentido é para o ponto "1" e sua intensidade depende da distância " r ".
- c) o sentido é para o ponto "2" e sua intensidade independe da distância " r ".
- d) o sentido é para dentro da página e sua intensidade depende da distância " r ".
- e) o sentido é para o ponto "3" e sua intensidade depende de " i " e independe de " r ".

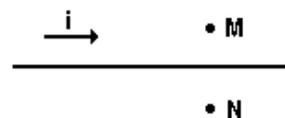
4. (UFPEL) A figura abaixo mostra dois fios retos e longos, ortogonais entre si, cada um percorrido por uma corrente elétrica i , de mesma intensidade, com os sentidos mostrados.



De acordo com seus conhecimentos e com as informações dadas, das regiões I, II, III, IV, aquelas em que podem existir pontos nos quais o campo magnético resultante criado pelas correntes seja "não nulo", são

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

5. (FURG) Um fio é percorrido por uma corrente elétrica como mostra a figura. A direção e o sentido do campo magnético criado pela corrente, em cada um dos pontos M e N indicados são, respectivamente,



- a) perpendicular ao fio e penetrando nesta folha, perpendicular ao fio e saindo desta folha.
- b) perpendicular ao fio e saindo desta folha, perpendicular ao fio e penetrando nesta folha.
- c) perpendicular ao fio e saindo desta folha, perpendicular ao fio e saindo desta folha.
- d) paralela ao fio e no sentido contrário ao da corrente, paralelo ao fio e no mesmo sentido da corrente.
- e) paralela ao fio e no mesmo sentido da corrente, paralelo ao fio e no sentido contrário ao da corrente.

6. (UFRS) Um fio condutor retilíneo e muito longo é percorrido por uma corrente elétrica que cria um campo magnético \vec{B} em torno do fio. Nessa situação,

- a) \vec{B} tem direção paralela ao fio.
- b) \vec{B} tem a mesma direção em qualquer ponto equidistante do fio.
- c) \vec{B} tem o mesmo sentido da corrente elétrica.
- d) o módulo de \vec{B} não depende da intensidade da corrente elétrica.
- e) o módulo de \vec{B} diminui à medida que a distância em relação ao condutor aumenta.

7. (FURG) A figura abaixo mostra uma bússola colocada logo acima de um fio condutor. Não há contato físico entre a bússola e o fio, e a agulha está apontando na direção do campo magnético terrestre.



Assinale qual das alternativas abaixo expressa corretamente o comportamento da agulha da bússola ao passar uma corrente elétrica pelo fio.

- a) a agulha não se movimenta.
- b) a agulha gira e se orienta na direção do fio, independentemente do valor da corrente elétrica.
- c) a agulha gira e se orienta na direção perpendicular a do fio, independentemente do valor da corrente elétrica.
- d) a agulha gira e se orienta na direção do fio somente se o valor do campo magnético gerado pela corrente elétrica for muito superior ao valor do campo magnético terrestre local.
- e) a agulha gira e se orienta na direção perpendicular a do fio somente se o valor do campo magnético gerado pela corrente for muito superior ao valor do campo magnético terrestre local.

8. (UFSM) Considere as seguintes afirmações:

I - Um pedaço de ferro comum se transforma em um ímã pela orientação de seus ímãs elementares, constituídos pelos seus átomos.

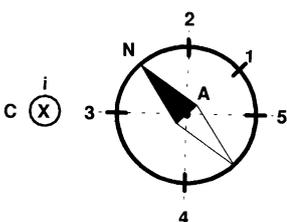
II - O campo magnético de um solenóide pode ficar mais intenso com a introdução de uma substância ferromagnético no seu interior.

III - Nas substâncias ferromagnéticos, por efeito de um campo magnético externo, ocorre um alto grau de alinhamento dos ímãs elementares.

Está(ão) correta(s)

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

9. (PUC) A figura representa um condutor retilíneo C, de grande comprimento, perpendicular ao plano da página, e uma agulha magnética situada no plano da página, que coincide com o plano horizontal, a qual pode girar livremente, tendo como apoio o ponto A.



Desprezando o campo magnético terrestre, quando o condutor for percorrido por uma corrente elétrica i , dirigida de cima para baixo, a extremidade Norte da agulha se posicionará sobre o ponto

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

10. (UCS) Um solenóide de extremidades A e B é percorrido por uma corrente elétrica i , conforme mostra a figura abaixo.



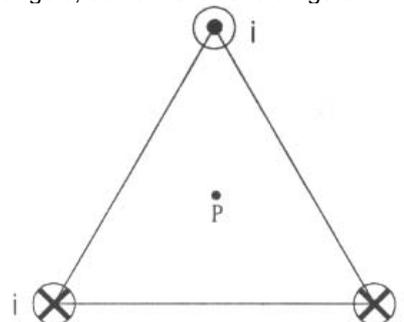
Com base nas informações e na figura acima, analise a veracidade (V) ou falsidade (F) das seguintes afirmações.

- () A é o norte magnético do solenóide.
- () Uma bússola colocada junto à extremidade B sobre o eixo do solenóide terá seu sul magnético próximo a B.
- () As linhas de indução do campo magnético dentro do solenóide são retas igualmente espaçadas entre si.

Assinale a alternativa que preenche corretamente os parênteses, de cima para baixo.

- a) F - V - F
- b) V - F - V
- c) V - V - F
- d) F - F - V
- e) F - V - V

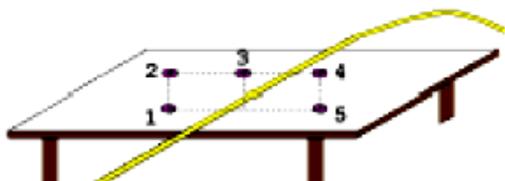
11. (FURG) Uma corrente constante i passa em cada um dos três fios retilíneos longos, situados nos vértices de um triângulo equilátero. Os fios são normais em relação ao plano que contém o triângulo, conforme mostra a figura.



Desconsiderando o campo magnético terrestre, a orientação de uma bússola colocada no ponto P é:

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

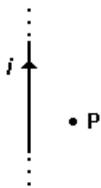
12. (FUVEST) Apoiado sobre uma mesa, observa-se o trecho de um fio longo, ligado a uma bateria. Cinco bússolas são colocadas próximas ao fio, na horizontal, nas seguintes posições: 1 e 5 sobre a mesa; 2, 3 e 4 a alguns centímetros acima da mesa. As agulhas das bússolas só podem mover-se no plano horizontal. Quando não há corrente no fio, todas as agulhas das bússolas permanecem paralelas ao fio. Se passar corrente no fio, será observada deflexão, no plano horizontal, das agulhas das bússolas colocadas somente



- a) na posição 3.
- b) nas posições 1 e 5.
- c) nas posições 2 e 4.
- d) nas posições 1, 3 e 5.
- e) nas posições 2, 3 e 4.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. (VUNESP) A figura abaixo representa um condutor retilíneo percorrido por uma corrente i :



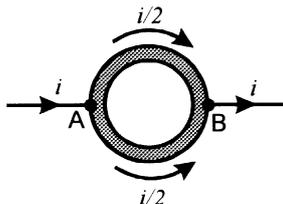
O sentido do campo magnético no ponto P, localizado no plano da figura:

- a) é contrário ao da corrente.
- b) sai perpendicularmente da página.
- c) entra perpendicularmente na página.
- d) é para a esquerda do leitor, no plano do papel.
- e) é para a direita do leitor, no plano do papel.

2. (UCPEL) Uma corrente elétrica i atravessa um fino retilíneo longo e horizontal. Para uma distância r próxima do fio pode-se afirmar que:

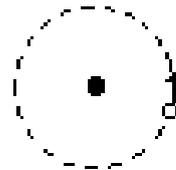
- a) a direção do campo magnético é vertical.
- b) a direção do campo magnético é horizontal.
- c) a intensidade do campo magnético é inversamente proporcional a r^2 .
- d) a intensidade do campo magnético é inversamente proporcional a r .
- e) Nenhuma das respostas anteriores.

3. (FURG) Um condutor homogêneo tem a forma de um anel de raio r , conforme a figura. Uma corrente i chega por um fio no ponto A, divide-se em dois componentes iguais e sai pelo ponto B. Podemos afirmar que o campo magnético B no centro do anel é:



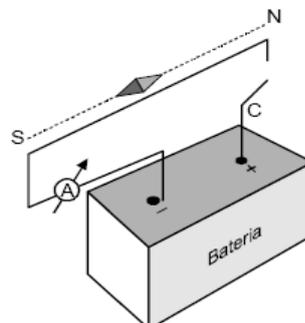
- a) proporcional a i/r .
- b) proporcional a $1/r^2$.
- c) proporcional a i .
- d) proporcional a i^2 .
- e) zero.

4. (UFUB) Considerando o elétron, em um átomo de hidrogênio, como sendo uma massa pontual girando, no plano da folha, em uma órbita circular como mostra a figura, o vetor campo magnético criado no centro do círculo por esse elétron é representado por:



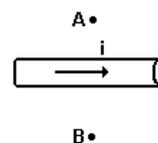
- a) \otimes
- b) \rightarrow
- c) \odot
- d) \leftarrow
- e) \uparrow

5. (FEI) O esquema abaixo representa uma réplica da experiência de Oersted. Nessa experiência, temos uma bússola acima de um circuito constituído por um amperímetro e uma bateria. Ao fecharmos a chave C, podemos afirmar que:



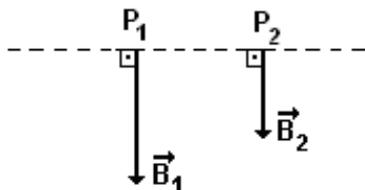
- a) a agulha da bússola gira cerca de 30°
- b) a agulha da bússola gira cerca de 90°
- c) a agulha da bússola gira cerca de 120°
- d) a agulha da bússola gira cerca de 180°
- e) a agulha da bússola não se movimentará

6. (UEL) Um fio retilíneo, longo, é percorrido por uma corrente elétrica contínua i , no sentido indicado pela figura abaixo. Os campos magnéticos \vec{B}_A e \vec{B}_B , gerados por essa corrente nos pontos A e B, são mais bem representados em:



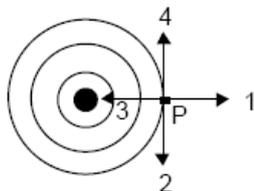
- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

7. (FEI-SP) Na figura estão representados em escala os campos de indução magnética criados nos pontos P_1 e P_2 por um condutor reto muito longo, perpendicular ao plano de representação. O ponto O, onde o condutor fura esse plano, encontra-se:



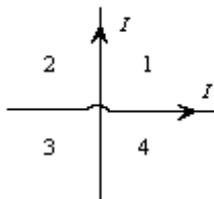
- a) à esquerda de P_1 , com a corrente entrando no plano.
- b) à direita de P_2 , com a corrente entrando no plano.
- c) à esquerda de P_1 , com a corrente saindo do plano.
- d) à direita de P_2 , com a corrente saindo do plano.
- e) entre P_1 e P_2 , com a corrente entrando no plano.

8. (UCS) Um fio reto e longo, representado pela área escura da figura, é colocado perpendicularmente a esta folha de papel. Esse fio é percorrido por uma corrente elétrica cujo sentido é o da folha para o leitor. Essa corrente elétrica gera um campo magnético ao redor do fio. Para melhor visualização, foram construídas três linhas de campo ao redor do fio, sendo que uma delas contém o ponto P. É correto afirmar que o campo magnético gerado pela corrente elétrica, no ponto P, tem o sentido.



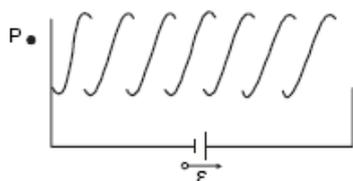
- a) indicado pela seta de número 1.
- b) indicado pela seta de número 3.
- c) indicado pela seta de número 2.
- d) indicado pela seta de número 4.
- e) da folha de papel para o leitor.

9. (UFAM) A figura mostra dois fios condutores retilíneos muito longos colocados perpendicularmente um ao outro, mas sem se tocarem, transportando a mesma corrente I nos sentidos indicados pelas setas na figura. Os números 1, 2, 3 e 4 indicam as correspondentes regiões no plano formado pelos dois fios. O campo magnético total gerado pelas duas correntes pode ser nulo em pontos localizados:



- a) Nas regiões 1 e 3.
- b) Nas regiões 1 e 2.
- c) Nas regiões 3 e 4.
- d) Nas regiões 2 e 4.
- e) Nas regiões 1 e 4.

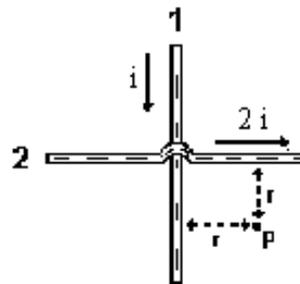
10. (UNA) Uma agulha magnética é colocada em um ponto P próximo a um solenóide percorrido por corrente elétrica. Observe a figura:



A orientação da agulha magnética está melhor representada em:

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

11. (UFPEL) Dois fios condutores retilíneos cruzam-se perpendicularmente. A corrente no condutor 1 tem intensidade i , enquanto a corrente no condutor 2 vale $2i$. Se chamamos B o módulo da indução magnética em P gerada exclusivamente pela corrente no condutor 1, responda:



- a) Qual a direção e qual o sentido do vetor indução magnética resultante no ponto P?
- b) Quanto vale, relativamente a B, a indução magnética resultante no ponto P?

12. (FEI) Um condutor reto muito longo é percorrido por uma corrente constante. Quanto à intensidade do campo magnético em um ponto próximo do condutor podemos afirmar que:

- a) independe da distância do ponto ao condutor.
- b) nada se pode afirmar.
- c) só depende da distância do ponto ao condutor.
- d) só depende da corrente que atravessa o condutor.
- e) é diretamente proporcional à intensidade da corrente.

13. (FATEC) A passagem de uma corrente elétrica i por um fio condutor gera um campo magnético de intensidade B num ponto situado à distância d do fio.

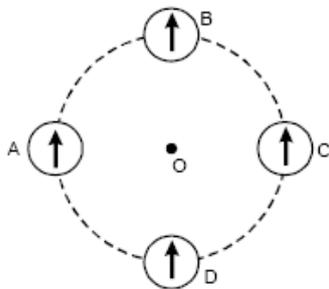
Se dobrarmos a corrente elétrica pelo fio, a intensidade do campo magnético, num outro ponto distante $\frac{d}{2}$ do fio, será

- a) $\frac{B}{2}$
- b) B
- c) 2B
- d) 4B
- e) 16B

14. (FUVEST) A figura representa quatro bússolas apontando inicialmente para o pólo Norte terrestre. Pelo ponto O, perpendicularmente ao plano do papel, coloca-se um fio condutor retilíneo e longo. Ao se fazer passar pelo condutor uma corrente elétrica contínua e intensa no sentido do plano do papel para a vista do leitor, permanece(m) praticamente inalterado(s) somente a(s) posição(ões):

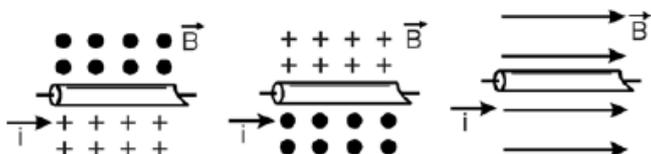
MÓDULO 17

FORÇA MAGNÉTICA



- a) das bússolas A e C.
- b) das bússolas B e D.
- c) das bússolas A, C e D
- d) da bússola C.
- e) da bússola D.

15. (PUCSP) Em cada uma das figuras abaixo está representado um fio conduzindo uma corrente elétrica i e algumas linhas de campo do campo magnético produzido pela corrente. Os símbolos $+$ e \bullet significam, respectivamente, linhas de campo entrando e saindo da folha, do ponto de vista de quem olha para a folha:



O campo magnético está corretamente representado:

- a) somente na figura I.
- b) nas figuras I e II.
- c) somente na figura II.
- d) somente na figura III.
- e) nas figuras II e III.

16. (UNIFEI) Das afirmativas abaixo, assinale a correta:

- a) Quando ligamos o interruptor de uma lâmpada elétrica, ela se acende quase que instantaneamente. Isso ocorre porque a velocidade dos elétrons na corrente elétrica é igual à velocidade da luz.
- b) Uma corrente elétrica, passando por um fio retilíneo, gera campos magnéticos circulares em torno do fio.
- c) Em uma associação de resistores diferentes em paralelo, a ddp é igual em todos eles e a maior resistência dissipa a maior potência.
- d) Dois capacitores iguais, cada um com capacitância C , ligados em série, possuem uma capacitância equivalente igual a $2C$.

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) B	2) B	3) D	4) B	5) B	6) E
7) E	8) E	9) D	10) E	11) C	12) D

EXERCÍCIOS FIXAÇÃO

1) C	2) D	3) E	4) A	5) B	6) E
7) A	8) D	9) A	10) E	11) —	12) E
13) D	14) D	15) A	16) B		

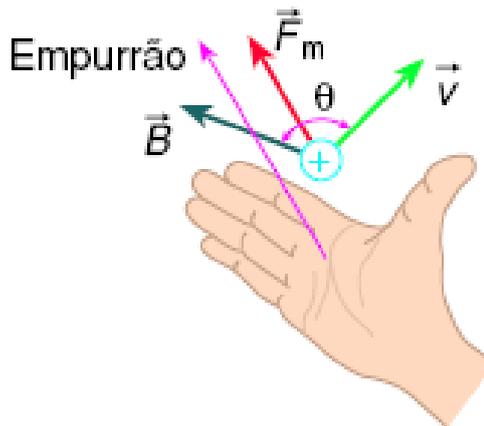
FIXAÇÃO

- 11) a) perpendicular ao plano entrando. b) B

1- FORÇA MAGNÉTICA SOBRE UMA CARGA ELÉTRICA

Cargas elétricas em movimento originam campos magnéticos. Estando a carga elétrica em movimento em um campo magnético, há uma interação entre esse campo e o campo originado pela carga. Essa interação manifesta-se por forças que agem na carga elétrica, denominadas forças magnéticas.

A força magnética que age sobre uma carga elétrica q , lançada com velocidade \vec{v} num campo magnético uniforme de indução \vec{B} , tem as seguintes características:



- **direção:** perpendicular ao plano formado por \vec{v} e \vec{B} .
- **sentido:** determinado pela regra da mão direita (regra do Tapa)

• **intensidade:** $F_m = B \cdot |q| \cdot v \cdot \text{sen} \theta$

- θ = é o ângulo que \vec{v} forma com \vec{B} .

2- MOVIMENTO DE UMA CARGA NUM CAMPO MAGNÉTICO

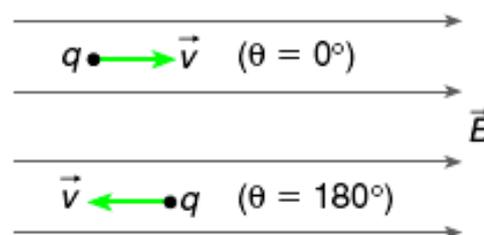
a) Carga em repouso

Nesse caso a força magnética sobre a carga é nula.

$$F_m = 0$$

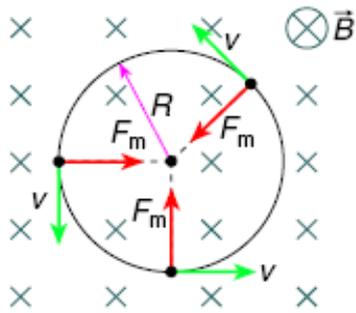
b) Carga lançada na direção do campo

Nesse caso, $\theta = 0^\circ$ ou $\theta = 180^\circ$, logo $\text{sen} \theta = 0$. Como a força magnética é nula, decorre que a velocidade permanece constante e carga segue em **movimento retilíneo uniforme**.



c) Carga lançada perpendicularmente ao campo

Nesse caso, como $\theta = 90^\circ$, o $\text{sen} \theta = 1$. Sendo a força magnética \vec{F}_m é perpendicular a velocidade \vec{v} , decorre que a força magnética é a **resultante centrípeta, alterando apenas a direção da velocidade**. Como o módulo da velocidade permanece constante, o **movimento é circular uniforme**.



$$F_m = q \cdot v \cdot B$$

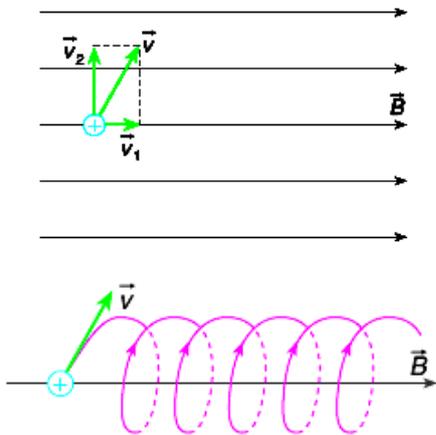
- Cálculo do raio da trajetória

$$F_m = m \cdot a_{cp} = m \cdot \frac{v^2}{R} \Rightarrow B \cdot |q| \cdot v = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

$$R = \frac{mV}{qB}$$

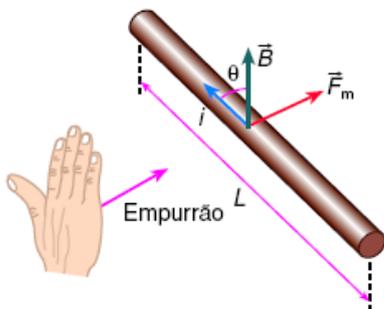
d) Carga lançada obliquamente ao campo

Para um lançamento oblíquo às linhas de indução do campo magnético, a partícula eletrizada realiza um movimento helicoidal uniforme. A trajetória é uma hélice cilíndrica.



3- FORÇA MAGNÉTICA SOBRE UM CONDUTOR RETILÍNEO

A força que age sobre um condutor reto, de comprimento L, percorrido por uma corrente elétrica de intensidade i, em um campo magnético uniforme de indução B, tem as seguintes características:



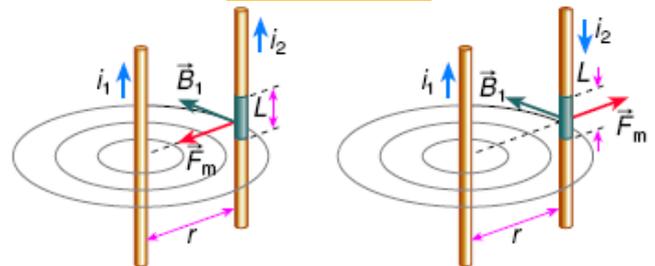
- **direção:** perpendicular ao plano determinado por B e i.
- **sentido:** é dado pela regra da mão direita (regra do Tapa).

• **intensidade:** $F_m = B \cdot i \cdot L \cdot \text{sen} \theta$

4- FORÇA MAGNÉTICA ENTRE CONDUTORES PARALELOS

Sejam dois fios paralelos de comprimentos iguais L, separados por uma distância r e percorridos pelas correntes i1 e i2. Cada um dos fios sujeito a uma força magnética dada por

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



Entre dois condutores retos e extensos, paralelos e percorridos por correntes, a força magnética será de atração, se as correntes tiverem o mesmo sentido, e de repulsão, se tiverem sentidos opostos.

EXERCÍCIOS DE AULA

1. Calcule a intensidade da força magnética atuante num próton (carga = $1,6 \cdot 10^{-19}$ C) submetido a um campo magnético de intensidade $B = 2,5 \cdot 10^{-1}$ T, quando o mesmo:
 - a) estiver em repouso em relação ao campo.
 - b) move-se a $2 \cdot 10^6$ m/s, na direção do campo.
 - c) move-se a $2 \cdot 10^6$ m/s, perpendicularmente ao campo.
 - d) move-se a $2 \cdot 10^6$ m/s, numa direção que forma 30° com o campo.

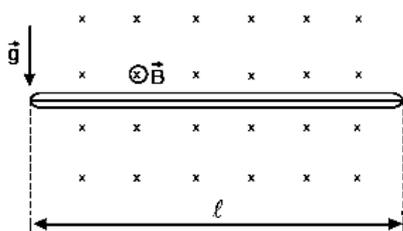
2. (FATEC) Com relação a um campo magnético e a uma carga elétrica são feitas as seguintes afirmações:

- I - Campo magnético e carga elétrica são grandezas distintas que nunca interagem entre si.
- II - O campo magnético não atua em carga elétrica que esteja em repouso.
- III - Se a carga elétrica se move na mesma direção do campo magnético, sobre ela atua o campo magnético.
- IV - Quando o movimento da carga é perpendicular ao campo magnético, sobre ela atua o campo magnético.

São verdadeiras somente:

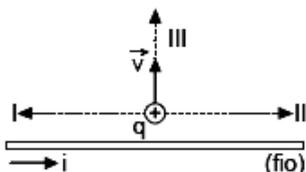
- a) I e II.
- b) I e III.
- c) I e IV.
- d) II e III.
- e) II e IV.

3. Um segmento de condutor reto e horizontal, tendo comprimento $l = 20 \text{ cm}$ e massa $m = 60 \text{ g}$, percorrido por corrente $i = 3,0 \text{ A}$, apresenta-se em equilíbrio sob as ações exclusivas da gravidade g e de um campo magnético de indução horizontal. Adotar $g = 10 \text{ m/s}^2$.



Determine a intensidade \vec{B} de e o sentido de i .

4. (PUCRS) A carga q da figura se move com velocidade, nas proximidades de um fio percorrido por uma corrente elétrica i . A força magnética que atua sobre a carga aponta:



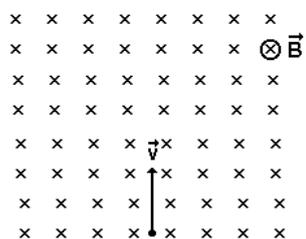
- a) na direção de I.
- b) na direção de II.
- c) na direção de III.
- d) perpendicularmente para fora da folha.
- e) perpendicularmente para dentro da folha.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. (UFMS) Uma partícula com carga elétrica está em uma região onde existe um campo magnético uniforme. É correto afirmar que

- a) a força magnética sobre a partícula será nula somente se a partícula estiver em repouso.
- b) a força magnética poderá aumentar ou diminuir a energia cinética da partícula.
- c) se a velocidade da partícula e o campo magnético tiverem a mesma direção, a força magnética sobre a partícula será nula.
- d) se a velocidade da partícula e o campo magnético forem perpendiculares, a força magnética sobre a partícula será nula.
- e) se a velocidade da partícula e o campo magnético forem perpendiculares, a trajetória da partícula será retilínea.

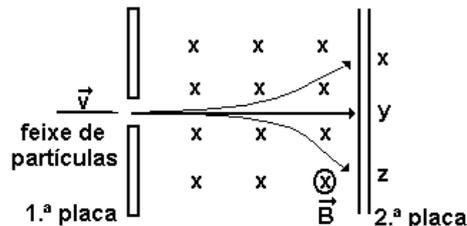
2. (UFRS) Um feixe de elétrons é lançado com velocidade \vec{v} , paralelamente ao plano da página, no interior de um campo magnético uniforme de intensidade B , para dentro da página, como mostra a figura:



Nessas condições, verifica-se que:

- a) os elétrons sofrem um desvio para dentro da página, no interior do campo magnético.
- b) o módulo da velocidade dos elétrons no interior do campo diminui.
- c) os elétrons sofrem um desvio para a direita no plano da página, sendo que o módulo da sua velocidade não varia.
- d) os elétrons não mudam a direção de seu movimento, e o módulo da sua velocidade aumenta.
- e) a força magnética sobre os elétrons tem a mesma direção que sua velocidade.

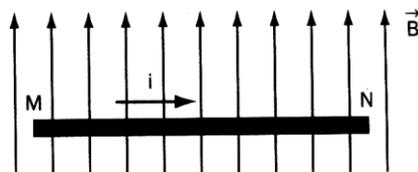
3. (UF Viçosa-MG) A figura seguinte ilustra um feixe de partículas, com velocidade \vec{v} , desviadas por um campo magnético uniforme \vec{B} entre duas placas. As partículas, então, atingem a segunda placa nos pontos X, Y e Z.



As cargas das partículas que atingem os pontos X, Y e Z são, respectivamente:

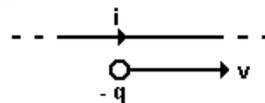
- a) positiva, negativa e neutra.
- b) negativa, neutra e positiva.
- c) positiva, neutra e negativa.
- d) neutra, positiva e negativa.
- e) neutra, negativa e positiva.

4. (PUC-SP) Um trecho MN de um fio retilíneo, com comprimento de 10 cm , conduzindo uma corrente elétrica e 10 A , está imerso em uma região, no vácuo, onde existe um campo de indução magnética de $1,0 \text{ T}$, conforme a figura. A força que age no trecho do fio tem intensidade:



- a) $1,0 \text{ N}$ e para dentro do papel.
- b) $0,5 \text{ N}$ e para fora do papel.
- c) $1,0 \text{ N}$ e no sentido do campo.
- d) $1,5 \text{ N}$ e no sentido oposto ao do campo.
- e) $1,0 \text{ N}$ e para fora do papel.

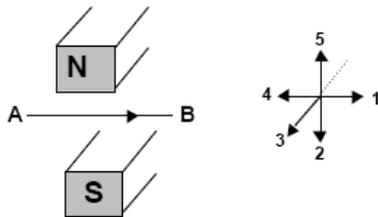
5. (FURG) A figura abaixo mostra um fio condutor retilíneo por onde passa uma corrente elétrica i . Uma carga negativa $-q$ move-se com velocidade v , paralelamente ao fio e no mesmo sentido da corrente.



A direção e o sentido da força F , do fio sobre a carga $-q$, pode ser representado pelo vetor:

- a) \rightarrow
- b) \uparrow
- c) \leftarrow
- d) \downarrow
- e) \nearrow

6. (UCS) A figura abaixo mostra os pólos de um ímã. Um feixe de elétrons é lançado de A para B. Enquanto os elétrons, por serem cargas elétricas em movimento, estiverem no campo magnético do ímã, uma força magnética desviará o feixe no sentido indicado pela seta



- a) 2.
- b) 5.
- c) 3.
- d) 4.
- e) 1.

7. (UF Viçosa-MG) Um feixe de partículas penetra em um campo magnético uniforme com velocidade \vec{v} , perpendicular a esse campo, como ilustra a figura abaixo:



A trajetória das partículas é:

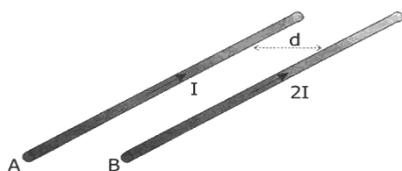
- I – retilínea, independente da carga
 - II – circular, no sentido anti-horário, se a carga for positiva
 - III – circular, no sentido horário, se a carga for negativa
- Da(s) afirmativa(s) acima é (são) correta(s), apenas:
- a) I.
 - b) II.
 - c) III.
 - d) I e II.
 - e) II e III.

8. (FURG) Das afirmativas abaixo, relativas à interação entre correntes e campo magnético uniforme, assinalar qual(ais) está(ão) correta(s).

- I - Num condutor percorrido por uma corrente, imerso em um campo magnético, sempre haverá uma força atuando.
 - II - Num condutor retilíneo, percorrido por uma corrente, imerso transversalmente em relação às linhas de indução, sempre haverá uma força atuando.
 - III - Dois condutores retilíneos paralelos, percorridos por correntes, nunca se atraem nem se repelem.
- a) I
 - b) II
 - c) III
 - d) I e II
 - e) II e III

9. (UFRGS) Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que elas aparecem.

A figura abaixo representa dois fios metálicos paralelos, A e B, próximos um do outro, que são percorridos por correntes elétricas de mesmo sentido e de intensidades iguais a I e $2I$, respectivamente. A força que o fio A exerce sobre o fio B é e sua intensidade é intensidade da força exercida pelo fio B sobre o fio A.



- a) repulsiva - duas vezes maior do que a
- b) repulsiva - igual à
- c) atrativa - duas vezes menor do que a
- d) atrativa - duas vezes maior do que a
- e) atrativa - igual à

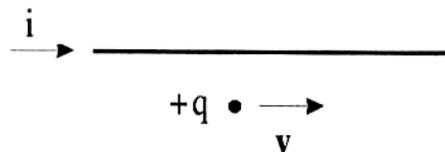
10. (UFSM) Considere as seguintes afirmações:

- I - A passagem de uma corrente elétrica por um fio cria, ao seu redor, um campo magnético apenas se a corrente varia no tempo.
- II - Uma partícula carregada que se propaga no vácuo cria, ao seu redor, um campo magnético.
- III - As linhas de indução associadas ao campo magnético criado por uma corrente elétrica num condutor retilíneo são circunferências concêntricas.

Está(ão) correta(s)

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

11. (FURG) O fio de cobre, contido no plano do papel, transporta uma corrente elétrica i . Uma carga $+q$ é lançada paralelamente e no mesmo sentido da corrente, com velocidade v em relação ao fio.



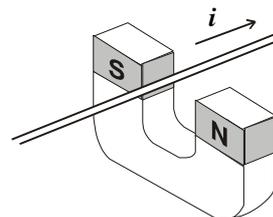
Desconsiderando a aceleração da gravidade, é correto afirmar que a carga $+q$

- a) continua a se mover paralelamente ao fio, com velocidade constante v .
- b) continua a se mover paralelamente ao fio, com movimento acelerado.
- c) continua a se mover paralelamente ao fio, com movimento retardado.
- d) é atraída pelo fio.
- e) é repelida pelo fio.

12. (UFSM) Em uma região do espaço existe um campo magnético de $4 \cdot 10^2$ T. Uma partícula com carga de $2 \cdot 10^{-6}$ C e velocidade de 100 m/s é lançada fazendo 30° com a direção do campo. Então, atuará sobre a partícula uma força de:

- a) $0,1 \cdot 10^{-2}$ N
- b) $0,4 \cdot 10^{-2}$ N
- c) $1 \cdot 10^{-2}$ N
- d) $4 \cdot 10^{-2}$ N
- e) $8 \cdot 10^{-2}$ N

13. (UFSM)

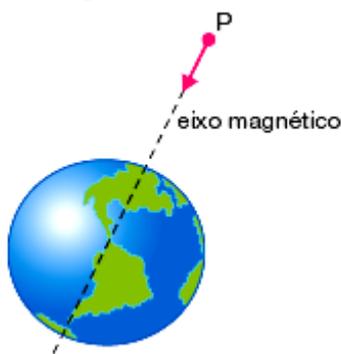


Um fio condutor entre os pólos de um ímã em forma de U é percorrido pôr uma corrente i , conforme está indicado na figura. Então, existe uma força sobre o fio que tende a movê-lo:

- a) na direção da corrente.
- b) para fora do ímã.
- c) para dentro do ímã.
- d) para perto do pólo S.
- e) para perto do pólo N.

14. (FUVEST) Raios cósmicos são partículas de grande velocidade, provenientes do espaço, que atingem a Terra de todas as direções. Sua origem é, atualmente, objeto de estudos. A Terra possui um campo magnético semelhante ao criado por um ímã em forma de barra cilíndrica, cujo eixo coincide com o eixo magnético da Terra. Uma partícula cósmica P , com carga elétrica positiva, quando ainda longe da Terra, aproxima-se

percorrendo uma reta que coincide com o eixo magnético da Terra, como mostra a figura.



Desprezando a atração gravitacional, podemos afirmar que a partícula, ao se aproximar da Terra:

- a) aumenta sua velocidade e não se desvia de sua trajetória retilínea.
- b) diminui sua velocidade e não se desvia de sua trajetória retilínea.
- c) tem sua trajetória desviada para leste.
- d) tem sua trajetória desviada para oeste.
- e) não altera sua velocidade nem se desvia de sua trajetória retilínea.

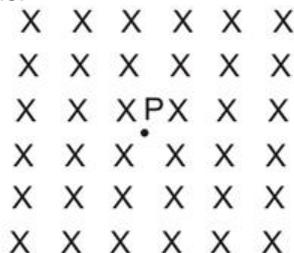
EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. (UEFS) A força magnética que atua sobre uma carga elétrica, de peso \vec{P} , em repouso no interior de um campo magnético uniforme,

- a) é nula.
- b) tem intensidade igual à do peso \vec{P} .
- c) tem a mesma direção do peso \vec{P} .
- d) tem sentido contrário ao do peso \vec{P} .
- e) produz, na carga, um movimento circular.

2. (UFRGS) A figura abaixo representa uma região do espaço no interior de um laboratório, onde existe um campo magnético estático e uniforme. As linhas do campo apontam perpendicularmente para dentro da folha, conforme indicado. Uma partícula carregada negativamente é lançada a partir do ponto P com velocidade inicial v_0 em relação ao laboratório.

Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações abaixo, referentes ao movimento subsequente da partícula, com respeito ao laboratório.



() Se V_0 for perpendicular ao plano da página, a partícula seguirá uma linha reta, mantendo sua velocidade inicial.

() Se V_0 apontar para a direita, a partícula se desviará para o pé da página.

() Se V_0 apontar para o alto da página, a partícula se desviará para a esquerda.

A seqüência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

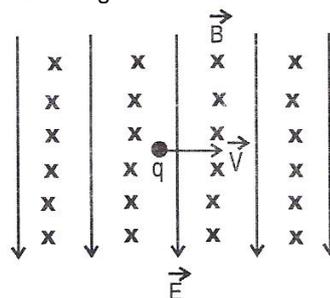
- a) V - V - F.
- b) F - F - V.
- c) F - V - F.
- d) V - F - V.
- e) V - V - V.

3. (UFMG) Um feixe de elétrons entra em uma região onde existe um campo magnético, cuja direção coincide com a direção da velocidade dos elétrons.

Com base nessas informações, é **CORRETO** afirmar que, ao entrar no campo magnético, os elétrons desse feixe:

- a) são desviados e sua energia cinética não se altera.
- b) não são desviados e sua energia cinética aumenta.
- c) são desviados e sua energia cinética aumenta.
- d) não são desviados e sua energia cinética não se altera.

4. (FURG) A figura mostra uma região do espaço onde existe um campo elétrico uniforme \vec{E} e um campo magnético uniforme \vec{B} , perpendiculares entre si, estando \vec{E} apontando verticalmente para baixo, e \vec{B} entrando perpendicularmente ao plano desta folha. Uma carga positiva q está se movendo nessa região, com velocidade \vec{v} , horizontalmente, e no plano da folha, como indica a figura.



Se \vec{F}_E e \vec{F}_B as forças elétrica e magnética sobre a carga, a direção e o sentido desses vetores, bem como os seus módulos, são:

- a) $\vec{F}_E \downarrow$, $\vec{F}_B \uparrow$, $F_E = qvB$ e, $F_B = qvE$.
- b) $\vec{F}_E \uparrow$, $\vec{F}_B \downarrow$, $F_E = qE$ e, $F_B = qvB$.
- c) $\vec{F}_E \rightarrow$, $\vec{F}_B \uparrow$, $F_E = qE$ e, $F_B = qvB$.
- d) $\vec{F}_E \downarrow$, $\vec{F}_B \uparrow$, $F_E = qE$ e, $F_B = qvB$.
- e) $\vec{F}_E \downarrow$, $\vec{F}_B \downarrow$, $F_E = qvE$ e, $F_B = qvB$.

5. (UFPA) Uma carga puntiforme q é lançada obliquamente, com velocidade \vec{v} , em um campo magnético uniforme \vec{B} . A trajetória dessa carga, enquanto estiver sob influência do campo \vec{B} , é:

- a) um círculo.
- b) uma reta.
- c) uma espiral de passo variável.
- d) uma hélice cilíndrica de passo variável.
- e) uma hélice cilíndrica de passo constante.

6. (UFRGS) Sobre um fio condutor, colocado perpendicularmente às linhas de indução de um campo magnético uniforme, é exercida uma força de módulo F , quando ele é percorrido por uma corrente elétrica. Duplicando-se essa corrente e mantendo-se inalteradas as demais condições, o módulo da força exercida sobre o fio será:

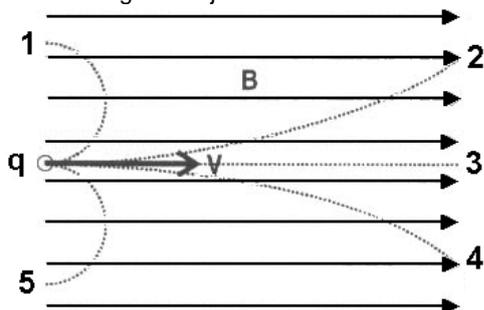
- a) $F/4$
- b) $F/2$
- c) F
- d) $2F$
- e) $4F$

7. (UFRS) Em qual das situações descritas nas alternativas é possível que esteja sendo exercida uma força magnética sobre a partícula em questão?

- a) Um próton move-se em um campo magnético.
- b) Um elétron encontra-se em repouso em um campo magnético.
- c) Um nêutron move-se em um campo magnético.

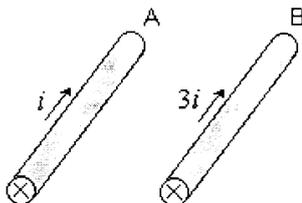
- d) Uma partícula gama move-se em um campo magnético.
- e) Uma partícula alfa encontra-se em repouso em um campo magnético.

8. (FURG) Uma carga positiva q é lançada com velocidade v numa região onde existe campo magnético uniforme B , conforme mostra a figura. As linhas tracejadas são as possíveis trajetórias desta carga. A trajetória correta é a



- a) 1.
- b) 2.
- c) 3.
- d) 4.
- e) 5.

9. (FURG) Dois fios paralelos e próximos A e B têm correntes i e $3i$ de mesmo sentido. Com relação às forças que cada fio exerce um sobre o outro, podemos afirmar que:



- a) os fios exercem forças repulsivas de igual magnitude um sobre o outro.
- b) os fios exercem forças atrativas de igual magnitude de um sobre o outro.
- c) os fios não exercem forças um sobre o outro.
- d) o fio A exerce uma força maior sobre o fio B do que o fio B exerce sobre o A.
- e) o fio B exerce uma força maior sobre o fio A do que o fio A exerce sobre o B.

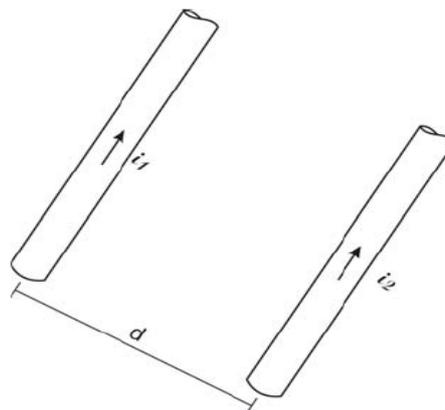
10. (UEL) Uma partícula eletrizada penetra em uma região onde existe um campo magnético uniforme. A força magnética que atua sobre a partícula será:

- a) nula, porque o campo magnético, ao contrário do campo elétrico, não age sobre cargas elétricas.
- b) nula, se a partícula penetrar perpendicularmente às linhas de força desse campo.
- c) nula, se a partícula penetrar paralelamente às linhas de força desse campo.
- d) máxima, se a partícula penetrar formando um ângulo de 45° com as linhas de força desse campo.
- e) máxima, se a partícula penetrar formando um ângulo de 180° com as linhas de força desse campo.

11. (UEL) Considere que no Equador, o campo magnético da Terra é horizontal, aponta para o Norte e tem intensidade $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ Wb/m}^2$. Lá, uma linha de transmissão transporta corrente de 500 A de Oeste para Leste. A força que o campo magnético da Terra exerce em 200 m da linha de transmissão tem módulo, em newtons: (considere $1 \text{ Wb/m}^2 = 1 \text{ T}$)

- a) 1,0
- b) 10
- c) 10^2
- d) 10^3
- e) 10^4

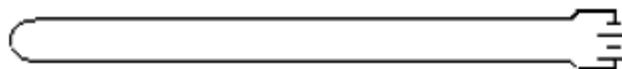
12. (UFPEL) Considere que dois fios longos, condutores e paralelos, separados por uma distância "d", são percorridos por correntes i_1 e i_2 , no mesmo sentido, como mostra a figura.



É correto afirmar que, nos fios,

- a) atuam duas forças repulsivas, de mesmo módulo, mesma direção e mesmo sentido.
- b) atuam duas forças de mesmo módulo, perpendiculares ao plano que contém os fios.
- c) não atua nenhuma força.
- d) atuam duas forças atrativas de mesmo módulo, mesma direção e sentidos opostos.
- e) atuam dois campos magnéticos paralelos ao plano que contém os fios.

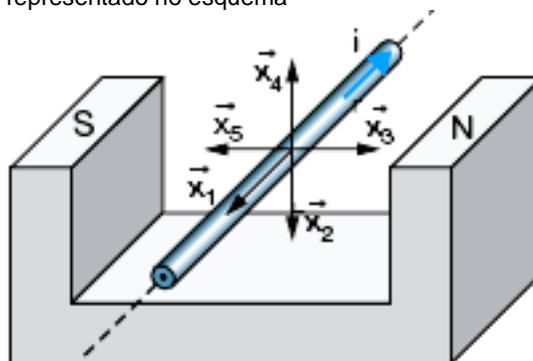
13. (FUVEST) Um circuito é formado por dois fios muito longos, retilíneos e paralelos, ligados a um gerador de corrente contínua, como mostra a figura. O circuito é percorrido por uma corrente constante I .



Pode-se afirmar que a força de origem magnética que um trecho retilíneo exerce sobre o outro é

- a) nula.
- b) atrativa e proporcional a I .
- c) atrativa e proporcional a I^2 .
- d) repulsiva e proporcional a I .
- e) repulsiva e proporcional a I^2 .

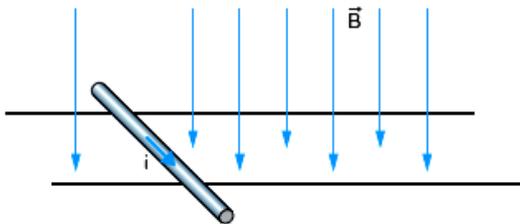
14. (UEL) Um condutor, suportando uma corrente elétrica i , está localizado entre os pólos de um ímã em ferradura, como está representado no esquema



Entre os pólos do ímã, a força magnética que age sobre o condutor é melhor representada pelo vetor:

- a) x_1
- b) x_2
- c) x_3
- d) x_4
- e) x_5

15. (FAFEOD-MG) Uma barra de cobre está em repouso sobre dois trilhos e é atravessada por uma corrente I , conforme indicado na figura.



Se um campo magnético uniforme, de indução B , é criado perpendicularmente aos trilhos e à barra, é correto afirmar que:

- a) A barra permanece em repouso.
- b) A barra desliza perpendicularmente aos trilhos.
- c) A barra rola para a direita.
- d) A barra rola para a esquerda.

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) C	2) C	3) C	4) E	5) D	6) C
7) E	8) B	9) E	10) C	11) D	12) D
13) B	14) E				

EXERCÍCIOS FIXAÇÃO

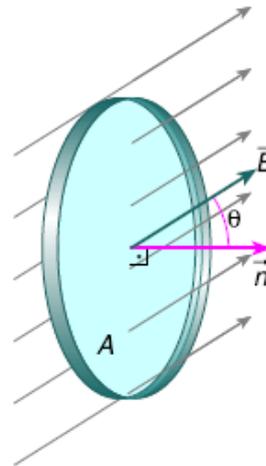
1) A	2) A	3) D	4) D	5) E	6) D
7) A	8) C	9) B	10) C	11) B	12) D
13) E	14) D	15) C			

MÓDULO 18

INDUÇÃO MAGNÉTICA

1- FLUXO MAGNÉTICO (Φ)

O físico inglês Michael Faraday, considerado o descobridor do fenômeno da indução eletromagnética, propôs o uso de uma grandeza, o *fluxo magnético*, para medir o número de linhas que atravessam a superfície de uma espira mergulhada num campo magnético.



O fluxo magnético Φ em uma espira é definido pelo produto:

$$\Phi = B.S.\cos\theta$$

Sendo:

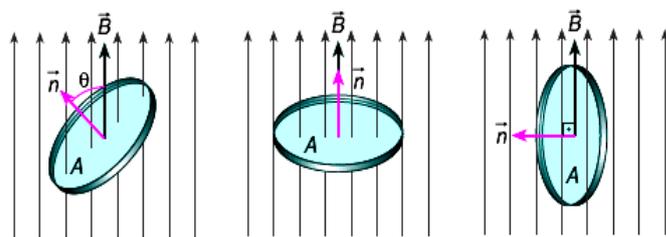
Φ = intensidade

S = área da superfície

θ = ângulo entre a normal à superfície e o vetor campo magnético \vec{B} .

Unidade no SI: Weber (W_b)

Se a espira estiver inclinada em relação ao vetor B (caso a), ela será atravessada por um número de linhas de indução menor do que aquele que a atravessa quando ela é perpendicular a B (caso b), sendo o fluxo conseqüentemente menor. Quando a espira for paralela ao campo, não será atravessada por linhas de indução e o fluxo será nulo (caso c).



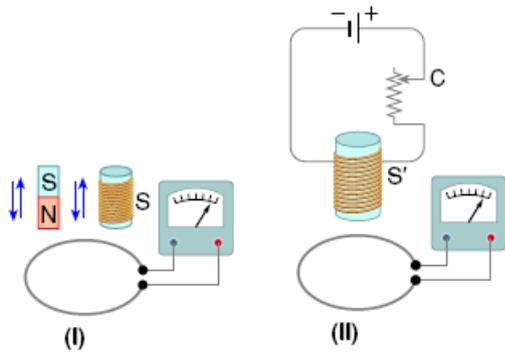
- a) $\cos\theta < 1$
 $\Phi = BA \cdot \cos\theta$
- b) $\cos\theta = 1$
 $\Phi = BA$
- c) $\cos\theta = 0$
 $\Phi = 0$

2- INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

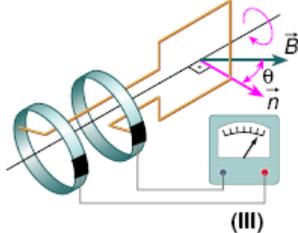
Toda vez que o fluxo magnético através de um circuito varia com o tempo, surge, no circuito, uma fem induzida.

Maneiras de se variar o fluxo magnético $\Phi = BA.\cos\theta$

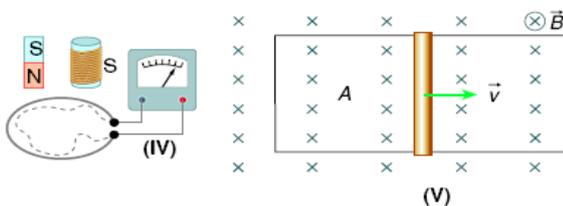
- **Variando B:** basta aproximar ou afastar um ímã ou um solenóide de uma espira (I) ou mantendo-se o solenóide fixo, varia-se a resistência do reostato e conseqüentemente varia o campo magnético que ele gera (II)



• Variando o ângulo θ : basta girar a espira (III)



• Variando a área A (IV) e (V)

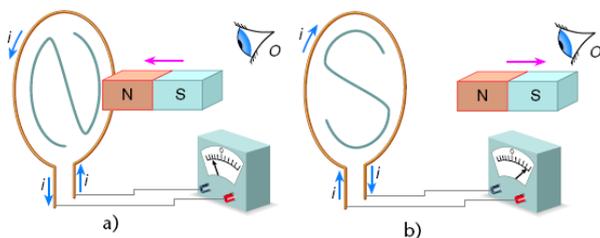


3- LEI DE LENZ

A lei de Lenz permite determinar o sentido da corrente elétrica induzida:

O sentido da corrente elétrica induzida é tal que, por seus efeitos, opõe-se à causa que lhe deu origem.

Na figura a, consideramos como circuito induzido uma espira ligada a um amperímetro de zero central. Enquanto o pólo norte do ímã se aproxima da espira, a corrente induzida tem um sentido tal que origina, na face da espira voltada para o ímã, um pólo norte. Esse pólo opõe-se à aproximação do ímã e, portanto, à variação do fluxo magnético, que é a causa da fem induzida. Ao se afastar o ímã, a corrente induzida origina, na face da espira voltada para o ímã, um pólo sul, que se opõe ao afastamento do ímã (figura b). Na figura a, em relação ao observador O, a corrente induzida tem sentido anti-horário e, na figura b, horário.



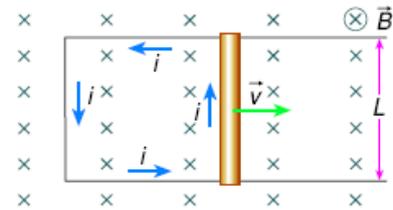
4- LEI DE FARADAY – NEUMANN

A lei de Faraday-Neumann permite determinar a fem induzida: a fem induzida média em uma espira é igual ao quociente da variação do fluxo magnético pelo intervalo de tempo em que ocorre, com sinal trocado:

$$e = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

5- FORÇA ELETROMOTRIZ INDUZIDA

Para um condutor retilíneo deslizando com velocidade \vec{V} sobre um condutor dobrado em forma de U e imerso num campo magnético uniforme de indução B, a fem induzida é dada por:

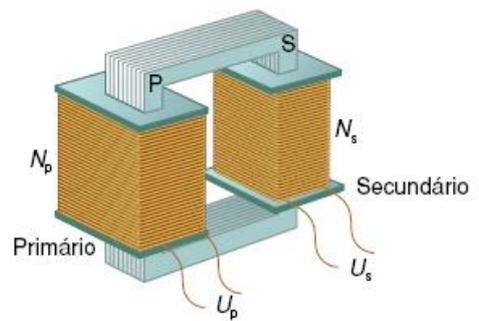


$$e = v \cdot B \cdot L$$

L = comprimento do condutor

6- TRANSFORMADOR

O transformador é um aparelho que permite modificar uma ddp alternada aumentando-a ou diminuindo-a conforme a conveniência.



$$\frac{U_P}{U_S} = \frac{N_P}{N_S}$$

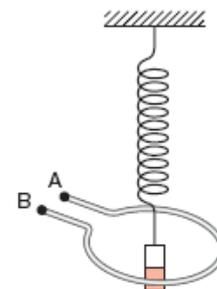
$$U_P \cdot i_P = U_S \cdot i_S$$

- Up = ddp de entrada
- Us = ddp de saída
- Np = nº de espiras primários
- Ns = nº de espiras secundários
- ip = corrente alternada primária
- is = corrente alternada secundária

OBS.: um transformador funciona como elevador de tensão quando o número de espiras do secundário é maior que o do primário. Em caso contrário, o transformador funciona como rebaixador de tensão.

EXERCÍOS DE AULA

1. (UFES) Um pequeno corpo imantado está preso à extremidade de uma mola e oscila verticalmente na região central de uma bobina cujos terminais A e B estão abertos, conforme indica a figura.

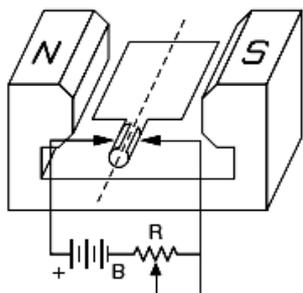


Devido à oscilação do ímã, aparece entre os terminais A e B da bobina:

- a) uma corrente elétrica constante
- b) uma corrente elétrica variável
- c) uma tensão elétrica constante

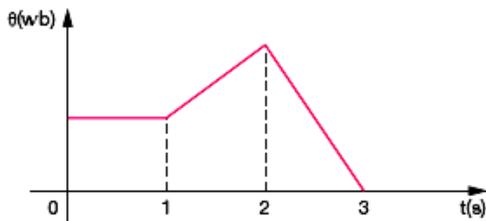
- d) uma tensão elétrica variável
- e) uma tensão e uma corrente elétrica, ambas constantes

2. (UFPEL) A figura representa, esquematicamente, um motor elétrico elementar, ligado a uma bateria B , através de um reostato R (resistor variável).



- a) Represente, na figura, o vetor campo magnético.
- b) Qual o sentido de rotação do motor?
- c) Qual deve ser o procedimento para aumentar o binário produzido pelo motor? Justifique.

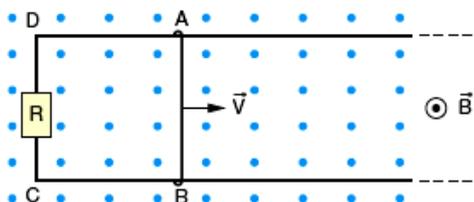
3. (UEL) Uma espira circular está imersa em um campo magnético. O gráfico representa o fluxo magnético através da espira em função do tempo.



O intervalo de tempo em que aparece na espira uma corrente elétrica induzida é de:

- a) 0 a 1 s, somente
- b) 0 a 3 s
- c) 1 s a 2 s, somente
- d) 1 s a 3 s, somente
- e) 2 s a 3 s, somente

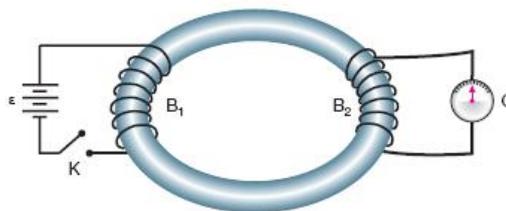
4. (PUCCAMPINAS) Uma espira ABCD está totalmente imersa em um campo magnético B , uniforme, de intensidade 0,50 T e direção perpendicular ao plano da espira, como mostra a figura.



O lado AB, de comprimento 20 cm, é móvel e se desloca com velocidade constante de 10 m/s, e R é um resistor de resistência $R = 0,50 \Omega$. Nessas condições é correto afirmar que, devido ao movimento do lado AB da espira:

- a) Não circulará nenhuma corrente na espira, pois o campo é uniforme.
- b) Aparecerá uma corrente induzida, no sentido horário, de 2,0 A.
- c) Aparecerá uma corrente induzida, no sentido horário, de 0,50 A.
- d) Aparecerá uma corrente induzida, no sentido anti-horário, de 2,0 A.
- e) Aparecerá uma corrente induzida, no sentido anti-horário, de 0,50 A.

5. (VUNESP) A figura representa uma das experiências de Faraday que ilustram a indução eletromagnética, em que ϵ é uma bateria de tensão constante, K é uma chave, B_1 e B_2 são duas bobinas enroladas num núcleo de ferro doce e G é um galvanômetro ligado aos terminais de B_2 que, com o ponteiro na posição central, indica corrente elétrica de intensidade nula.



Quando a chave K é ligada, o ponteiro do galvanômetro se desloca para a direita e:

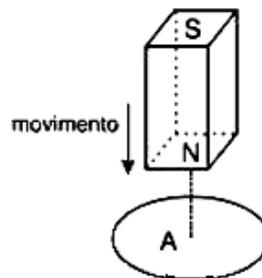
- a) assim se mantém até a chave ser desligada, quando o ponteiro se desloca para a esquerda por alguns instantes e volta à posição central.
- b) logo em seguida volta à posição central e assim se mantém até a chave ser desligada, quando o ponteiro se desloca para a esquerda por alguns instantes e volta à posição central.
- c) logo em seguida volta à posição central e assim se mantém até a chave ser desligada, quando o ponteiro volta a se deslocar para a direita por alguns instantes e volta à posição central.
- d) para a esquerda com uma oscilação de frequência e amplitude constantes e assim se mantém até a chave ser desligada, quando o ponteiro volta à posição central.
- e) para a esquerda com uma oscilação cuja frequência e amplitude se reduzem continuamente até a chave ser desligada, quando o ponteiro volta à posição central.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. (FURG) Praticamente toda a energia elétrica que consumimos é gerada pela utilização do fenômeno da indução eletromagnética. Este fenômeno consiste no aparecimento de uma força eletromotriz entre os extremos de um fio condutor submetido a um

- a) campo elétrico.
- b) campo eletromagnético constante.
- c) campo magnético variável.
- d) fluxo magnético constante.
- e) fluxo magnético variável.

2. (UFPEL) Considere uma espira circular fixa e um ímã em forma de barra, cujo eixo longitudinal é perpendicular ao plano da espira e passa pelo seu centro, conforme indica a figura abaixo.



Ao se aproximar o ímã da espira, observa-se a formação de um pólo na parte superior da espira (A), uma entre o ímã e a espira e uma corrente elétrica induzida no sentido, determinada pela lei de

A alternativa que preenche respectiva e corretamente as lacunas da afirmação é

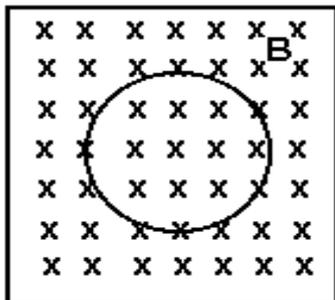
- a) sul, atração, anti-horário, Lenz.
- b) norte, repulsão, horário, Faraday.
- c) sul, atração, horário, Faraday.
- d) norte, repulsão, anti-horário, Lenz.
- e) sul, atração, anti-horário, Faraday.

3. (UFSM) Se o fluxo da indução magnética \vec{B} através da área limitada por um circuito é _____ no tempo, a corrente induzida nesse circuito é tal que a indução magnética que ela produz _____ que a induziu.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas.

- a) variável, aumenta aquela.
- b) variável, opõe-se àquela.
- c) variável, não altera aquela.
- d) constante, aumenta aquela.
- e) constante, opõe-se àquela.

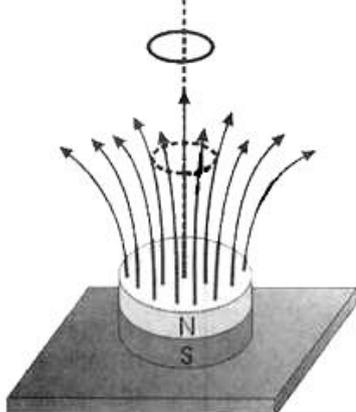
4. (FURG) A figura abaixo mostra uma espira circular condutora imersa num campo magnético B, perpendicular e entrando no plano da folha e cujo módulo está aumentando com o tempo.



Assinale a afirmativa correta.

- a) Existe uma corrente induzida na espira, no sentido anti-horário.
- b) Existe uma corrente induzida na espira, no sentido horário.
- c) Não existe nenhuma corrente na espira, pois ela não está conectada a uma pilha.
- d) Existiria corrente na espira, se o campo magnético B fosse constante no tempo.
- e) Existiria corrente na espira, se o campo magnético B fosse substituído por um campo elétrico E, constante no tempo.

5. (UFRGS) Um ímã, em formato de pastilha, está apoiado sobre a superfície horizontal de uma mesa. Uma espira circular, feita de um determinado material sólido, é mantida em repouso, horizontalmente, a uma certa altura acima de um dos pólos do ímã, como indica a figura abaixo, onde estão representadas as linhas do campo magnético do ímã. Ao ser solta, a espira cai devido à ação da gravidade, em movimento de translação, indo ocupar, num instante posterior, a posição representada pelo círculo tracejado.



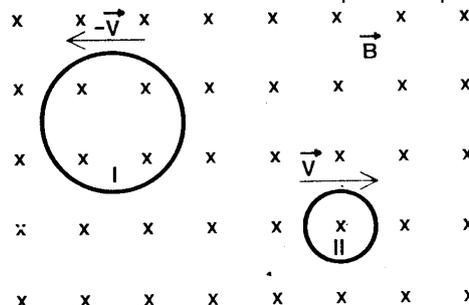
Examine as afirmações abaixo, relativas à força magnética F exercida pelo ímã sobre a espira durante sua queda.

- I - Se a espira for de cobre, a força F será orientada de baixo para cima.
- II - Se a espira for de alumínio, a força F será orientada de cima para baixo.
- III - Se a espira for de plástico, a força F será orientada de cima para baixo.

Quais estão corretas?

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

6. (UFRS) A figura abaixo representa as espiras I e II, ambas com a mesma resistência elétrica, movendo-se no plano da página com velocidades de mesmo módulo, em sentidos opostos. Na mesma região, existe um campo magnético uniforme que aponta perpendicularmente para dentro da página, cuja intensidade está aumentando à medida que o tempo decorre.

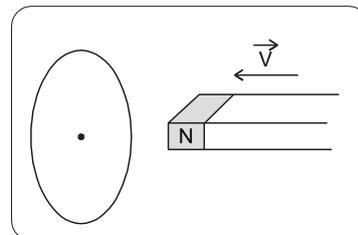


Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas no parágrafo abaixo.

A intensidade da corrente induzida na espira I é que a intensidade da corrente induzida na espira II, e as duas correntes têm

- a) a mesma – sentidos opostos
- b) a mesma – o mesmo sentido
- c) menor – sentidos opostos
- d) maior – sentidos opostos
- e) maior – o mesmo sentido

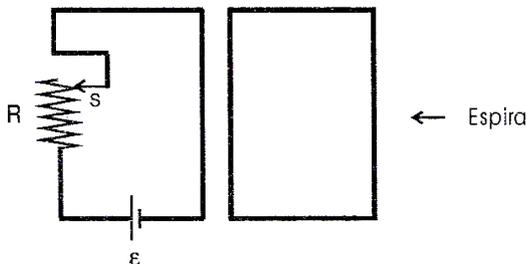
7. (UFPEL) Em uma aula de Física, Pedro brinca com um ímã e uma espira, aproximando rapidamente o ímã da espira fixa, como mostra a figura. Admira-se, então, com o fato de a espira repelir o ímã, enquanto ele insiste na aproximação, deixando de repeli-la, no momento em que Pedro pára de mover o ímã. Para ajudar Pedro a entender o que está acontecendo, você lhe explica que:



- a) o fluxo magnético que atravessa a espira aumenta, enquanto ele aproxima o ímã, o que faz com que ela seja percorrida por corrente e gere um campo em sentido contrário ao do ímã.
- b) certamente a espira é feita do mesmo material do ímã e apresenta um pólo N voltado para o pólo N do ímã.
- c) o fluxo magnético que atravessa a espira permanece constante, enquanto ele mover o ímã, o que faz com que ela se comporte como um outro ímã, capaz de repelir o que Pedro tem na mão.
- d) o fluxo magnético que atravessa a espira desaparece quando ele pára de mover o ímã, enfraquecendo o campo magnético da espira que, assim, deixa de repelir o ímã.
- e) a espira certamente não será percorrida por corrente, mas a variação do fluxo magnético que a atravessa poderá gerar um campo magnético contrário ao do ímã.

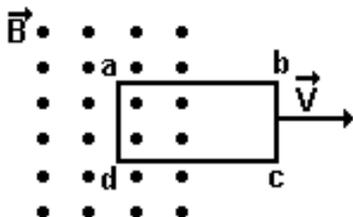
8. (FURG) A figura mostra um circuito e uma espira contidos no plano da folha. O circuito contém uma fonte de tensão, de fem ϵ , e um resistor de resistência R. A resistência deste circuito está sendo diminuída pelo deslocamento descendente do cursor S.

Quanto à corrente na espira, assinale a afirmativa correta.



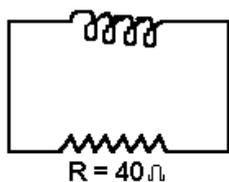
- a) A corrente é nula porque não existe contato físico entre os dois circuitos.
- b) Existe uma corrente no sentido horário.
- c) Existe uma corrente no sentido anti-horário.
- d) Aparecerá uma corrente somente quando o cursor parar o seu movimento descendente sobre o resistor R.
- e) A corrente é nula porque não existe nenhuma fonte de fem nessa espira.

9. (FURG) A figura mostra uma espira metálica sendo deslocada para a direita com uma velocidade, $V = 10 \text{ m/s}$, em um campo magnético uniforme, $B = 0,20 \text{ W/m}^2$. Suponha que $ad = 20 \text{ cm}$, então, podemos afirmar que o sentido da corrente induzida e a f.e.m. induzida no trecho ad , respectivamente são:



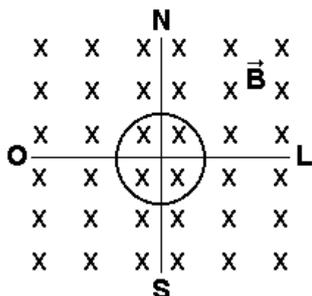
- a) horário, 0,4V
- b) anti-horário, 0,4V
- c) horário, 4,0V
- d) anti-horário, 4,0V
- e) horário, 2,5V

10. (FURG) No circuito da figura, o fluxo magnético em cada espira da bobina sofre uma variação uniforme de 240 weber em 60s. Se o número de espiras da bobina é 250, a corrente no resistor R é



- a) 25 A
- b) 30 A
- c) 45 A
- d) 60 A
- e) 2,5 A

11. (PUC-RS) A figura abaixo representa um condutor em forma de anel plano, dentro de um campo magnético \vec{B} uniforme e constante no tempo.



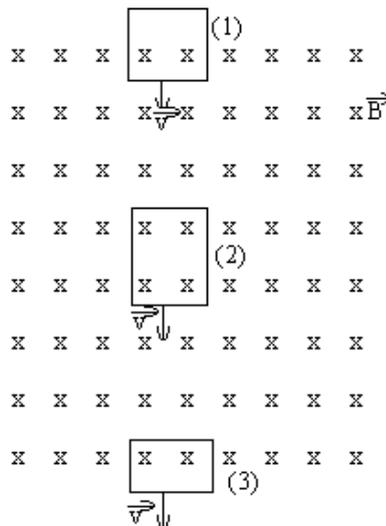
O condutor, embora permanecendo integralmente dentro do campo, é submetido a quatro movimentos distintos e sucessivos:

- I – deslocamento sobre o eixo NS;
- II – deslocamento sobre o eixo LO;
- III – rotação em torno do eixo NS;
- IV – rotação em torno do eixo LO.

Existe corrente induzida no anel.

- a) somente durante o movimento I.
- b) somente durante o movimento III.
- c) somente durante o movimento IV.
- d) durante os movimentos III e IV.
- e) durante os movimentos I e II.

12. (UFRS) A figura representa três posições sucessivas de uma espira condutora que se desloca com velocidade \vec{V} constante numa região em que há um campo magnético uniforme, perpendicular ao plano da página e para dentro da página.



Selecione a alternativa que apresenta as palavras que preenchem corretamente as lacunas nas seguintes afirmações, respectivamente.

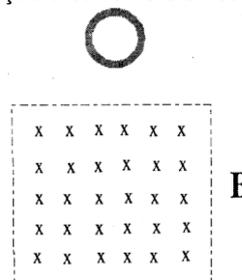
Na oposição (1) a espira está penetrando na região onde existe o campo magnético e conseqüentemente está o fluxo magnético através da espira.

Na posição (2) não há na espira.

Na posição (3) a corrente elétrica induzida na espira, em relação à corrente elétrica induzida na posição (1), tem sentido

- a) aumentando - fluxo magnético - igual
- b) diminuindo - corrente elétrica - contrário
- c) diminuindo - fluxo magnético - contrário
- d) aumentando - corrente elétrica - contrário
- e) diminuindo - fluxo magnético - igual

13. (FURG) Um anel de cobre cai devido ao seu peso e passa por uma região do espaço onde existe campo magnético estacionário B. Com base na ilustração abaixo, assinale a afirmação correta em relação à corrente elétrica i no anel.



- a) Existe uma corrente i durante toda a queda do anel, devido a sua proximidade com o campo B.

- b) Existe uma corrente i durante toda a queda do anel, devido à variação na sua posição em relação ao campo B .
- c) Existe uma corrente i somente durante o tempo em que todo o anel está imerso no campo B .
- d) Existe uma corrente i somente quando o anel está entrando ou saindo da região onde existe o campo B .
- e) Não existe corrente i em nenhum momento da queda, porque não existe uma bateria inserida neste anel.

14. (UFMS) Para obter uma voltagem de 120V, um leigo em eletromagnetismo ligou aos terminais de uma bateria de 12V o primário de 400 espiras de um transformador cujo secundário tinha 4000 espiras. A voltagem desejada não apareceu no secundário, porque:

- a) o número de espiras do secundário deveria ser 120.
- b) o número de espiras do primário deveria ser 120 e do secundário, 12.
- c) os papéis do primário e do secundário foram trocados.
- d) a bateria não tem energia suficiente para a transformação.
- e) o transformador não funciona com corrente contínua.

15. (UNISINOS) As companhias de distribuição de energia elétrica utilizam transformadores nas linhas de transmissão. Um determinado transformador é utilizado para baixar a diferença de potencial de 3800 V (rede urbana) para 115 V (uso residencial). Neste transformador

- I - o número de espiras no primário é maior que no secundário.
- II - a corrente elétrica no primário é menor que no secundário.
- III - a diferença de potencial no secundário é contínua.

Das afirmações acima:

- a) somente I é correta.
- b) Somente II é correta.
- c) Somente I e II são corretas.
- d) Somente I e III são corretas.
- e) I, II e III são corretas.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. (UCS) Um cartão de crédito consiste de uma peça plástica na qual há uma faixa contendo milhões de minúsculos domínios magnéticos mantidos juntos por uma resina. Cada um desses domínios atua como se fosse um minúsculo ímã com sentido de polarização norte-sul bem definido. Um código contendo informações particulares de uma pessoa (como nome, número do cartão, data de validade do cartão) pode ser gravado na faixa através de um campo magnético externo que altera o sentido de polarização dos domínios em alguns locais selecionados.

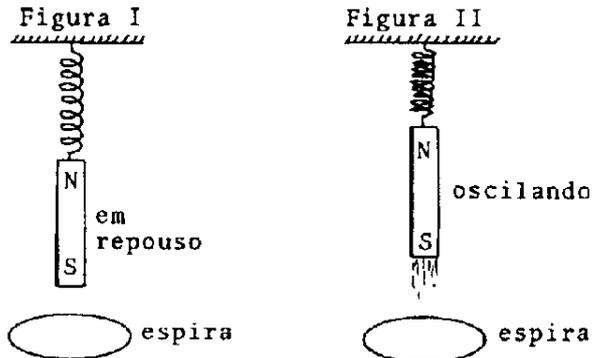
Quando o cartão desliza através de uma fenda de um caixa eletrônico ou equipamento similar, os domínios magnéticos passam por um cabeçote de leitura, e pulsos de voltagem e corrente são induzidos segundo o código contido na faixa. Esse processo de leitura do cartão por indução magnética tem seus fundamentos nas

- a) Lei de Coulomb e Lei de Lenz.
- b) Lei de Faraday e Lei de Lenz.
- c) Lei de Biot-Savart e Lei de Gauss.
- d) Lei de Faraday e Lei de Coulomb.
- e) Lei de Coulomb e Lei de Ampere.

2. (UCPEL) O fenômeno da indução eletromagnética é usado para gerar praticamente toda a energia elétrica que consumimos. Esse fenômeno consiste no aparecimento de uma força eletromotriz entre os extremos de um fio condutor submetido a um:

- a) fluxo magnético variável.
- b) campo elétrico.
- c) campo magnético invariável.
- d) campo eletromagnético invariável.
- e) fluxo magnético invariável.

3. (UFRS) As figuras representam um ímã suspenso por uma mola, logo acima de uma espira condutora circular. Na figura I, o ímã está em repouso e, na figura II, ele está oscilando verticalmente.

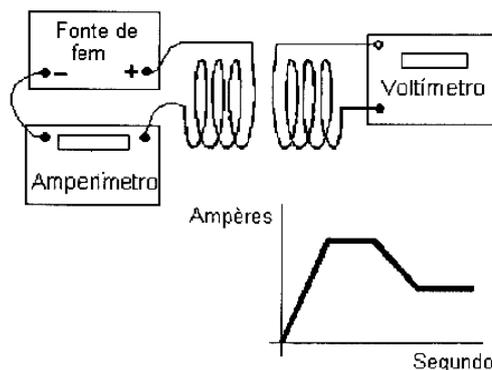


A corrente elétrica induzida pelo campo magnético do ímã, na espira da figura I, é e, na figura II, é,

Qual a alternativa que apresenta as palavras que preenchem corretamente as duas lacunas do texto acima, respectivamente?

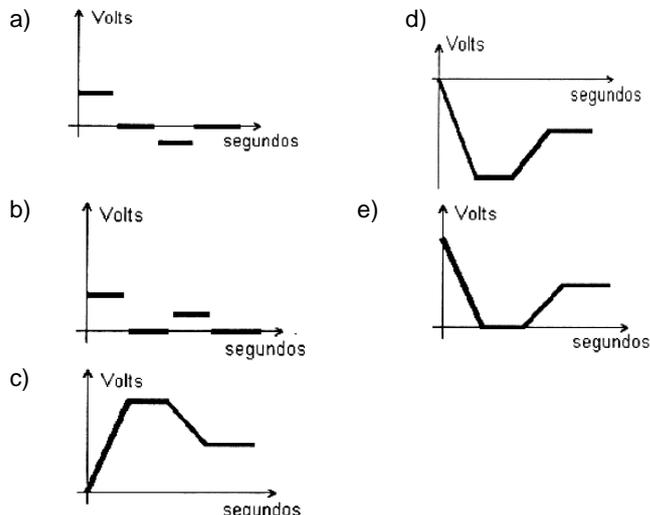
- a) contínua – nula
- b) alternada – alternada
- c) alternada - contínua
- d) nula – contínua
- e) nula – alternada

4. (FURG) Uma fonte de força eletromotriz variável é conectada a uma bobina e a um amperímetro. Uma Segunda bobina é conectada a um voltímetro e aproximada da primeira, conforme figura.



O gráfico acima corresponde às leituras do amperímetro em função do tempo.

Qual dos gráficos abaixo melhor representa as leituras do voltímetro?



5. (UFRS) Selecione a alternativa que apresenta as palavras que preenchem corretamente as três lacunas nas frases seguintes, respectivamente:

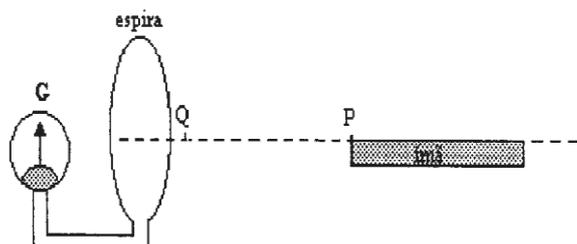
I – quando giramos uniformemente uma espira condutora dentro de um campo magnético uniforme, aparece uma corrente elétrica.....induzida no fio da espira.

II – Quando uma lâmpada de lanterna de pilhas secas está ligada, ela é percorrida por uma corrente elétrica

III – O funcionamento de um transformador está baseado na existência de corrente elétrica

- a) contínua – alternada – contínua.
- b) alternada – alternada – alternada.
- c) contínua – alternada – alternada.
- d) alternada – contínua – alternada.
- e) alternada – contínua – contínua.

6. (UFRS) A figura representa uma espira que é ligada a um galvanômetro G. Quando o ímã está parado com a extremidade esquerda no ponto P, o ponteiro do galvanômetro está na posição indicada.



Considere agora as seguintes etapas:

- I- O ímã sendo aproximado da espira até a posição Q.
- II- O ímã parado na posição Q.
- III- O ímã sendo afastado da espira até sua posição original P.

O ímã é movimentado apenas ao longo da reta que liga P e Q. Quais as indicações possíveis do ponteiro do galvanômetro nas etapas I, II e III, respectivamente?

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

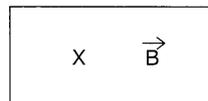
7. (UFRS) Um ímã se desloca com uma velocidade \vec{V} ao encontro da bobina X e depois, com a mesma velocidade \vec{V} , ao encontro da bobina Y, conforme representam as figuras 1 e 2, respectivamente. Os diâmetros das espiras condutoras das bobinas são iguais, mas Y tem um número de espiras maior do que X.

Nessas condições, a força eletromotriz induzida na bobina X é força eletromotriz induzida na bobina Y, e os sentidos das correntes elétricas são

Selecione a alternativa que apresenta os termos que preenchem de forma correta as duas lacunas, respectivamente, no texto acima.

- a) menor do que a - iguais
- b) menor do que a - contrários
- c) maior do que a - iguais
- d) igual à - contrários
- e) igual à - iguais

8. (UFSM) Se um campo magnético que passa através da espira aumenta uniformemente com o tempo, então a corrente induzida



- a) é nula
- b) está no sentido horário e é constante no tempo.
- c) está no sentido anti-horário e é constante no tempo.
- d) está no sentido horário e é crescente no tempo.
- e) está no sentido anti-horário e é crescente no tempo.

9. (PUC) Um transformador tem 300 espiras no enrolamento primário e 30 no secundário. Se o primário é ligado em uma rede residencial de 110 V, a tensão no secundário é de aproximadamente,

- a) 11 V
- b) 30 V
- c) 110 V
- d) 220 V
- e) 300 V

10. (UFSM) Um transformador é constituído por duas bobinas enroladas sobre um mesmo núcleo de ferro. A corrente que circula na bobina primária, gera um campo magnético, Na bobina secundária, com um maior número de espiras que a primária, surge uma força eletromotriz (f.e.m.) induzida, que a tensão da primária.

Assinale a alternativa que completa corretamente, as lacunas.

- a) alternada – variável – maior.
- b) contínua – constante – maior.
- c) alternada – constante – maior.
- d) alternada – variável – menor.
- e) contínua – constante – menor.

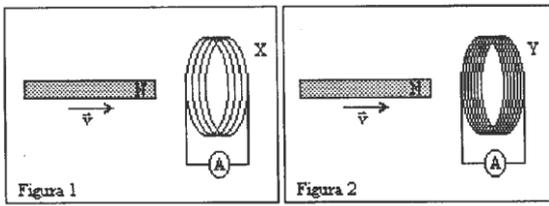
11. (UFRS) Um aparelho de rádio portátil pode funcionar tanto ligado a um conjunto de pilhas que fornece uma diferença de potencial de 6 V quanto a uma tomada elétrica de 120 V e 60 Hz. Isso se deve ao fato de a diferença de potencial de 120 V ser aplicada ao primário de um transformador existente no aparelho, que reduz essa diferença de potencial para 6 V.

Para esse transformador, pode-se afirmar que a razão N_1/N_2 , entre o número N_1 de espiras no primário e o número N_2 de espiras no secundário, é, aproximadamente,

- a) 1/20
- b) 1/10
- c) 1
- d) 10
- e) 20

EXERCÍCIOS FIXAÇÃO

12.



(UCS) Numa usina hidrelétrica, converte-se energia mecânica em energia elétrica. Isso é feito através do direcionamento de uma queda de água para dínamos. Essa energia elétrica é transmitida da usina para as fábricas e residências via cabos. Para reduzir perdas de energia por efeito Joule, nessa transmissão, utilizam-se cabos de altíssima tensão. Antes de chegar às fábricas e residências, porém, essa tensão é baixada para limites adequados às necessidades desses dois ambientes. Neste último processo, o fenômeno e o dispositivo envolvidos, respectivamente, são

- capacitância e transformador.
- magnetização e estabilizador.
- indução e transformador.
- resistência e transformador.
- eletrólise e estabilizador.

13. (UFRS) Considere as seguintes situações:

- Um corpo condutor retilíneo percorrido por uma corrente elétrica.
- Um transformador em funcionamento.
- Um feixe de elétrons movimentando-se com velocidade constante.

Em que situações se forma um campo magnético?

- Apenas I.
- Apenas II.
- Apenas I e II.
- Apenas II e III
- I, II e III.

14. (UFRS) O primário de um transformador alimentado por uma corrente elétrica alternada tem mais espiras do que o secundário. Nesse caso, comparado com o primário, no secundário

- a diferença de potencial é a mesma, e a corrente elétrica é contínua.
- a diferença de potencial é a mesma, e a corrente elétrica é alternada.
- a diferença de potencial é menor, e a corrente elétrica é alternada.
- a diferença de potencial é maior, e a corrente elétrica é alternada.
- a diferença de potencial é maior, e a corrente elétrica é contínua.

15. (UFRS) Assinale a afirmativa INCORRETA:

- O gerador elétrico é um dispositivo que converte outras formas de energia em energia elétrica.
- O pólo negativo de uma pilha corresponde ao terminal de menor potencial elétrico dessa pilha.
- Um transformador elétrico funciona tanto com corrente alternada quanto com corrente contínua.
- Um motor elétrico converte energia elétrica em energia mecânica.
- Uma bateria de carro converte energia proveniente de reações químicas em energia elétrica.

1) B	2) A	3) E	4) A	5) D	6) A
7) A	8) C	9) A	10) A	11) E	12) C
13) E	14) B	15) C			

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) E	2) D	3) B	4) A	5) A	6) E
7) A	8) B	9) B	10) A	11) D	12) D
13) D	14) E	15) C			