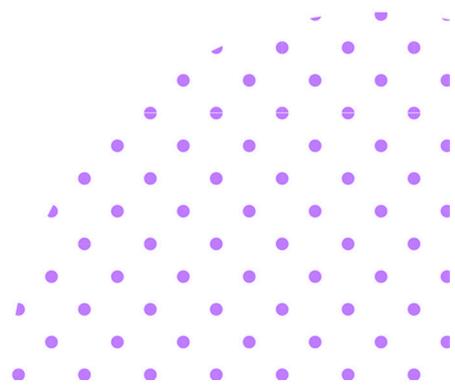


CHAMA O FÍSICO



# ELETROMAGNETISMO

**PROF. THALES RODRIGUES**







# Sumário

<b>Campo Magnético</b>	<b>2</b>
<b>Força Magnética</b>	<b>12</b>
<b>Indução Eletromagnética</b>	<b>22</b>
<b>Gabarito</b>	<b>29</b>



## MÓDULO 01: CAMPO MAGNÉTICO

Nesse módulo estudaremos como os fenômenos elétricos e magnéticos se encaixam. Essas duas que eram tidas como disciplinas isoladas, começaram a se cruzar no século XIX.

### MAGNETISMO

O estudo do magnetismo consiste em entender as propriedades magnéticas dos ímãs. Os primeiros envolvimento do homem com o assunto datam de antes de Cristo, quando foi encontrado em uma região da Ásia conhecida como Magnésia, uma pedra que recebeu o nome de Magnetita. Essa pedra, que pode ser encontrada na natureza, possui as mesmas características dos ímãs que conhecemos atualmente.

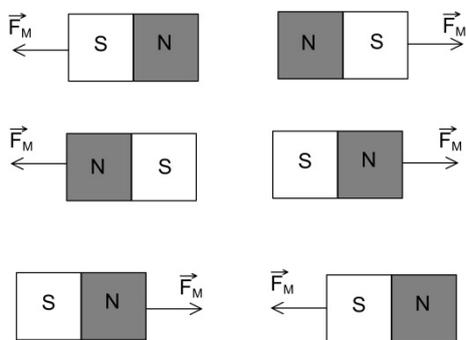
As propriedades magnéticas dos ímãs são:

1ª) Todo ímã, se estive livre para girar, ele sempre se orienta na direção norte-sul do planeta Terra. Além disso, o ímã aponta o mesmo lado para o polo norte e sempre o mesmo lado para o polo sul. Por causa dessa propriedade, todo ímã é dividido em duas partes: aquela que aponta para o polo norte da Terra, recebeu o nome de polo norte do ímã e, conseqüentemente, a outra parte recebeu o nome de polo sul.



Convencionalmente o polo norte de um ímã é sempre a parte colorida.

2ª) Todo polo de ímã possui a propriedade de atrair polos diferentes e repelir polos iguais, veja:



A força com a qual os ímãs se atraem e se repelem é conhecida como força magnética ( $F_M$ ).

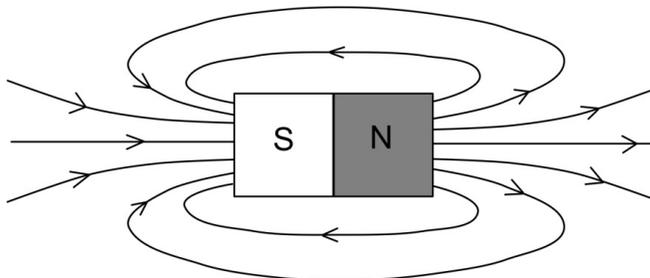
3ª) Ao dividirmos um ímã em pedaços, ele sempre dá origem a ímãs. Isso significa que esses pedaços sempre possuem cada um deles, um polo norte e um polo sul. Isso ocorre sempre e por causa dessa propriedade, dizemos que os polos de um ímã são inseparáveis.

4ª) Os ímãs também são capazes de interagir com alguns metais denominados ferromagnéticos. São eles: o ferro (Fe), o níquel (Ni) e o Cobalto (Co). No entanto, a interação desses metais com os ímãs é sempre atrativa e nunca repulsiva. Os outros metais não são atraídos por ímãs.

### CAMPO MAGNÉTICO

Os ímãs exercem força uns nos outros de uma maneira parecida com a que as cargas elétricas o fazem. A força é exercida através de um campo. No caso das cargas elétricas esse campo é o elétrico e no caso dos ímãs chamamos o campo de magnético.

Todo ímã cria em torno de si um campo magnético. Observe a figura:



O campo magnético em torno de um ímã possui sempre esse formato, delineado pelas linhas de campo, ou linhas de força. Convencionalmente, essas linhas sempre deixam o ímã pelo polo norte e chegam ao ímã pelo polo sul.

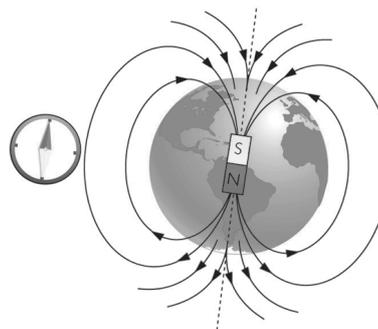
Através das linhas, podemos retirar algumas conclusões a respeito do vetor campo magnético naquela região:

- O seu sentido será sempre tangente a essas linhas e apontando no mesmo sentido delas;
- O módulo do campo magnético é proporcional à concentração das linhas de campo. Assim, percebemos claramente que o campo magnético é mais intenso nas proximidades dos polos dos ímãs.

### CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE

Uma bússola nada mais é do que um ímã que fique livre para girar. Dessa forma, ele aponta sempre a mesma parte para a região norte do planeta, permitindo uma orientação. Como vimos anteriormente, essa parte do ímã que aponta para o norte da Terra também recebeu o nome de polo norte. Então vamos separar as coisas da seguinte forma: polo norte e sul geográficos se referem às regiões do nosso planeta e polo norte e sul magnéticos se referem às partes do ímã.

Mas como a bússola funciona? A resposta está no fato de que o nosso planeta também produz um campo magnético em torno de si, como se fosse um ímã gigante. No entanto, as linhas de campo magnético da Terra deixam o nosso planeta no sul geográfico e chegam pelo polo norte. Assim, o polo sul geográfico apresenta comportamento de norte magnético! Parece confuso não é mesmo? Mas não é, veja a figura:





Por isso é que as bússolas apontam o polo norte para o norte geográfico da Terra. É porque essa região apresenta o comportamento de polo sul, magneticamente falando!

A Terra se comporta como se tivesse um ímã gigante dentro de si, mas com o polo norte do ímã voltado para o sul geográfico do planeta e vice-versa.

### EXPERIMENTO DE OERSTED

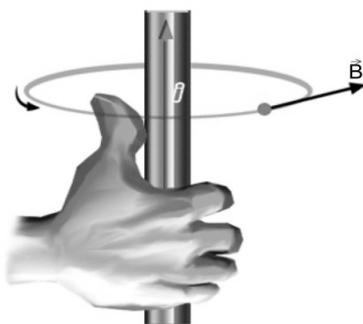
Aproximadamente em 1820 o dinamarquês Hans Christian Oersted fez uma descoberta por acaso que mudou para sempre a nossa concepção de mundo. Conta-se que durante uma aula experimental ele percebeu que a sua bússola passava a apontar em direções diferentes sempre que ele estabelecia uma corrente elétrica em um fio que estava próximo à bússola. Ele percebeu pela primeira vez na história que a eletricidade e o magnetismo são conhecimentos relacionados. Essa é a única descoberta científica que se tenha notícia de ter acontecido durante uma aula.

Através desse fato, Oersted descobriu que uma corrente elétrica cria envolta dela um campo magnético. Foi por causa desse campo que a bússola estava sendo desviada. Hoje enunciamos a descoberta de Oersted assim:

Toda carga elétrica em movimento cria um campo magnético em torno de si.

Sabemos que o campo magnético produzido pelas correntes elétricas surge envolta do fio e é sempre circular. Para determinarmos o seu sentido de circulação, utilizamos a regra da mão direita. Veja:

A regra da mão direita diz que devemos posicionar o nosso polegar direito no mesmo sentido da corrente elétrica que atravessa o fio. Os outros dedos abraçam o fio mostrando o sentido de circulação do campo magnético.



Fonte: <http://efisica.if.usp.br>

Também podemos ver na figura uma demonstração do vetor campo magnético. Repare que no ponto mostrado, o vetor aparece tangente à linha de campo, característica desse vetor em todas as situações físicas.

O campo magnético criado pelas correntes elétricas possui módulo muito bem definido:

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2\pi d}$$

Na fórmula acima "i" representa a corrente elétrica, "d" a distância do fio ao ponto onde se quer calcular o campo magnético e  $\mu_0$  é a chamada constante de permeabilidade magnética do meio. O seu valor depende do meio onde o campo magnético está inserido. Para o vácuo, o seu valor é de  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$ .

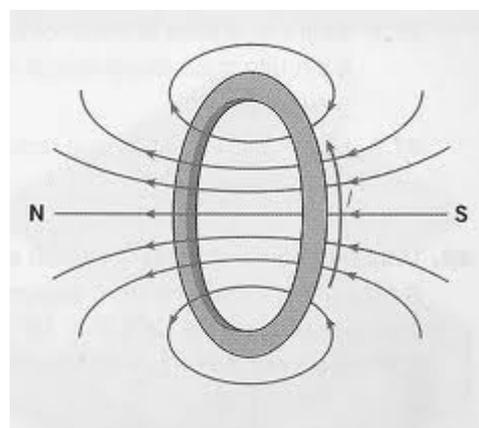
No entanto, para a grande maioria das provas, basta lembrar uma relação de proporcionalidade:

$$B \propto \frac{i}{d}$$

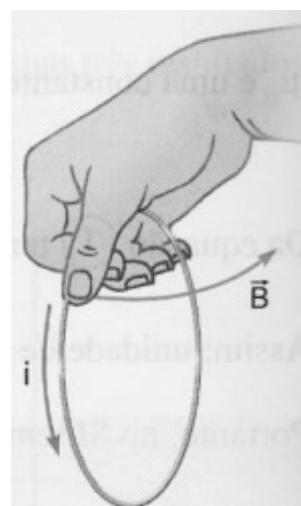
Ou seja, é suficiente saber que o campo magnético é proporcional à corrente que o cria e inversamente proporcional à distância do fio.

### CAMPO MAGNÉTICO EM ESPIRAS E SOLENÓIDES (BOBINAS)

Quando um fio dá uma volta completa, formando um caminho circular, retangular ou quadrado, dizemos que ele constitui uma espira. O campo magnético criado por uma espira tem um formato completamente diferente daquele criado por um fio retilíneo e, por isso, possui mais aplicações. Veja a figura:



Repare que o campo magnético possui sentido que pode ser determinado pela regra da mão direita. Além disso, como as linhas de campo deixam a espira pelo lado esquerdo e chegam nela pelo lado direito, esse campo gera polos magnéticos: lado esquerdo é um polo norte magnético e o lado direito um polo sul. Se invertermos o sentido da corrente, esse campo magnético inverte o sentido e consequentemente os polos trocam de lugar.



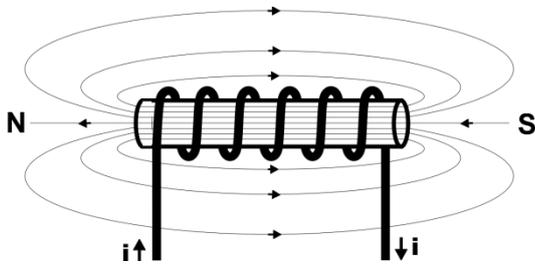
Assim, uma espira percorrida por corrente passa a atuar como se fosse um ímã, pois apresenta polaridades magnéticas. Essa espira é capaz de atrair ou repelir outros ímãs! Por causa disso, elas podem ser chamadas de eletroímãs, pois são ímãs movidos por eletricidade.

O campo magnético gerado pelas espiras obedece a relação de proporção:

$$B \propto \frac{i}{R}$$

Essa relação mostra que no centro da espira, esse campo magnético é proporcional à corrente elétrica que circula na espira e inversamente proporcional ao raio R da espira.

Um eletroímã mais eficiente do que as espiras, são as bobinas, que também são chamadas de solenoides. Para montarmos uma bobina, basta enrolarmos um fio várias vezes. Ao contrário da espira em que o fio dá apenas uma volta, na bobina o fio dá muitas voltas, algumas bobinas possuem dezenas de milhares de voltas! O objetivo disso é produzirmos várias espiras juntas, fazendo com que o campo magnético resultante fique bem mais intenso.



O resultado é tão mais satisfatório que, as bobinas são muito mais utilizadas na prática do que as espiras. Para determinarmos o sentido do campo magnético, podemos proceder como nas espiras, ou seja, usarmos a regra da mão direita.

Um solenoide fica ainda mais forte (campo magnético mais forte) se o fio der voltas em torno de um núcleo de metal ferromagnético (Fe, Ni ou Co). Pois assim, o metal também apresentará propriedades magnéticas, fortalecendo o campo magnético resultante.

Além disso, o campo magnético do solenoide é proporcional ao número de voltas por unidade de comprimento e à corrente elétrica que percorre o fio.

$$B \propto \frac{N \cdot i}{L}$$

N representa o número de voltas que fio completa em torno do solenoide e L o seu comprimento.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01

(Fuvest) A figura I adiante representa um ímã permanente em forma de barra, onde N e S indicam, respectivamente, polos norte e sul. Suponha que a barra seja dividida em três pedaços, como mostra a figura II.

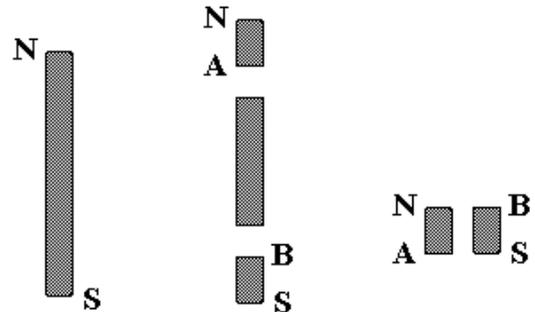


Figura I

Figura II

Figura III

Colocando lado a lado os dois pedaços extremos, como indicado na figura III, é correto afirmar que eles

- A) se atrairão, pois A é polo norte e B é polo sul.
- B) se atrairão, pois A é polo sul e B é polo norte.
- C) não serão atraídos nem repelidos.
- D) se repelirão, pois A é polo norte e B é polo sul.
- E) se repelirão, pois A é polo sul e B é polo norte.

02

(IFSP) Dispõe-se de três ímãs em formato de barra, conforme mostra a figura a seguir:



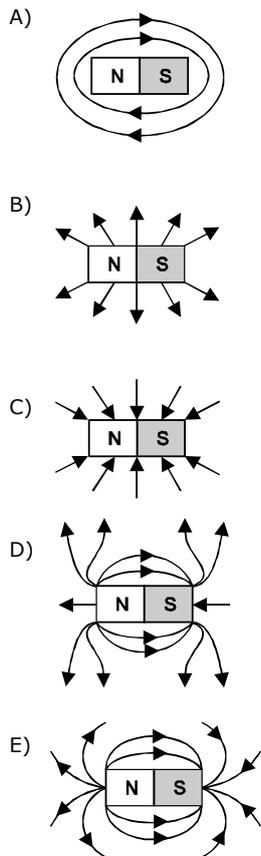
Sabe-se que o polo A atrai o polo C e repele o polo E. Se o polo F é sul, pode-se dizer que:

- A) A é polo sul e B polo Sul.
- B) A é polo sul e C é polo norte.
- C) B é polo norte e D é polo norte.
- D) A é polo norte e C é polo sul.
- E) A é polo norte e E é polo sul.



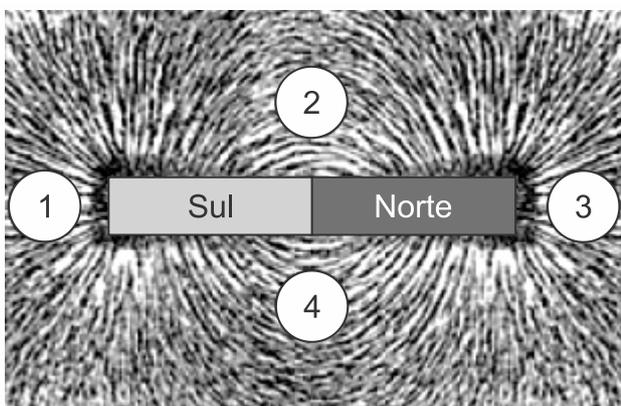
03

(UFFRJ) Assinale a opção em que as linhas de indução do campo magnético de um ímã estão mais bem representadas.



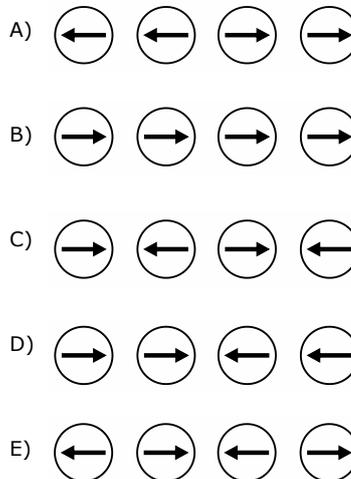
04

(Unesp) Um ímã em forma de barra, com seus polos Norte e Sul, é colocado sob uma superfície coberta com partículas de limalha de ferro, fazendo com que elas se alinhem segundo seu campo magnético. Se quatro pequenas bússolas, 1, 2, 3 e 4, forem colocadas em repouso nas posições indicadas na figura, no mesmo plano que contém a limalha, suas agulhas magnéticas orientam-se segundo as linhas do campo magnético criado pelo ímã.



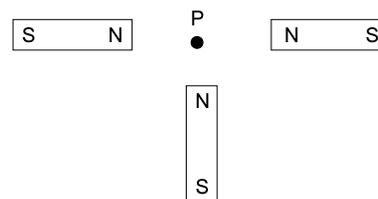
(www.grupoescolar.com. Adaptado.)

Desconsiderando o campo magnético terrestre e considerando que a agulha magnética de cada bússola seja representada por uma seta que se orienta na mesma direção e no mesmo sentido do vetor campo magnético associado ao ponto em que ela foi colocada, assinale a alternativa que indica, correta e respectivamente, as configurações das agulhas das bússolas 1, 2, 3 e 4 na situação descrita.



05

(UNIFOR) Considere três ímãs em barra, dispostos conforme está indicado no esquema.



Supondo que cada ímã, isoladamente, crie no ponto P um campo magnético de intensidade 2 teslas, a intensidade do campo magnético no ponto P, resultante da ação conjunta dos três ímãs, vale, em teslas,

- A) 2
- B)  $\sqrt{8}$
- C) 4
- D)  $\sqrt{20}$
- E) 6

06

► (UERN) A agulha de uma bússola ao ser colocada entre dois ímãs sofre um giro no sentido anti-horário. A figura que ilustra corretamente a posição inicial da agulha em relação aos ímãs é

A) agulha da bússola



B) agulha da bússola



C) agulha da bússola



D) agulha da bússola



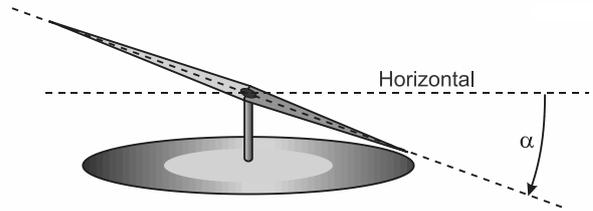
07

(CEFET-MG) Em relação às propriedades e aos comportamentos magnéticos dos ímãs, das bússolas e do nosso planeta, é correto afirmar que

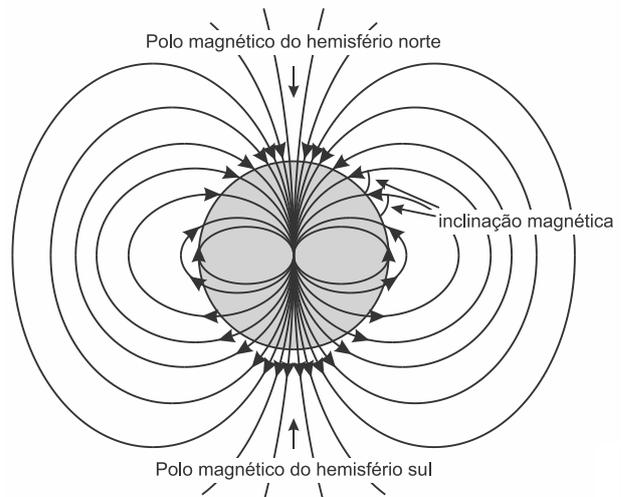
- A) a agulha de uma bússola inverte seu sentido ao cruzar a linha do Equador.
- B) um pedaço de ferro é atraído pelo polo norte de um ímã e repelido pelo polo sul.
- C) as propriedades magnéticas de um ímã perdem-se quando ele é cortado ao meio.
- D) o polo norte geográfico da Terra corresponde, aproximadamente, ao seu polo sul magnético.

08

► (Unifesp) A figura mostra uma bússola que, além de indicar a direção dos polos magnéticos da Terra, indica também a inclinação  $\alpha$  das linhas de campo no local onde ela está.



Bússolas como essa se inclinam  $\alpha_E$  em regiões próximas ao equador,  $\alpha_T$  em regiões próximas aos trópicos e  $\alpha_P$  em regiões próximas aos círculos polares.



Conhecendo a configuração do campo magnético terrestre, pode-se afirmar que:

- A)  $\alpha_P > \alpha_T > \alpha_E$ .
- B)  $\alpha_T > \alpha_P > \alpha_E$ .
- C)  $\alpha_P > \alpha_E > \alpha_T$ .
- D)  $\alpha_T > \alpha_E > \alpha_P$ .
- E)  $\alpha_E > \alpha_T > \alpha_P$ .

09

► (Ufrgs) Em certa localidade, a componente horizontal do campo magnético terrestre tem módulo B.

Uma agulha de bússola, que só pode se mover no plano horizontal, encontra-se alinhada com essa componente. Submetendo a bússola à ação de um campo magnético adicional, dirigido horizontalmente na direção perpendicular a B, a agulha assume nova posição de equilíbrio, ficando orientada a  $45^\circ$  em relação à direção original.

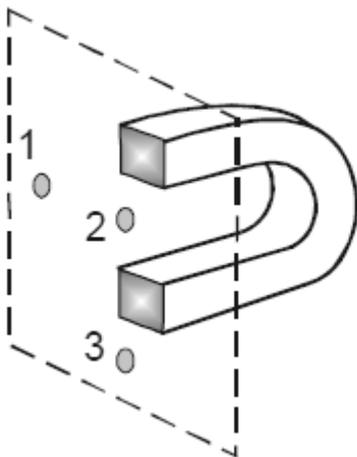
Pode-se concluir que o módulo do campo adicional é

- A)  $B/\sqrt{2}$
- B)  $B/2$
- C) B
- D)  $\sqrt{2} \cdot B$
- E) 2B



10

▶ (FCMMG) A figura mostra um ímã na forma de U e três pontos 1, 2 e 3 dispostos no mesmo plano, que contém os seus polos.



Desconsiderando o campo magnético terrestre, o sentido do campo magnético do ímã em cada um dos pontos está melhor representado pela figura da alternativa:

- A)
- B)
- C)
- D)

11

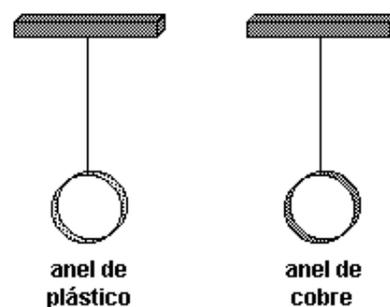
(Eear) Entre as substâncias magnéticas, aquelas que ao serem colocadas próximas a um ímã, cujo campo magnético é intenso, são repelidas por ambos os polos do ímã, são classificadas como

- A) diamagnéticas.
- B) paramagnéticas.
- C) ferromagnéticas.
- D) ímãs permanentes.

12

▶ (UFMG) Em uma aula, o Prof. Antônio apresenta uma montagem com dois anéis dependurados, como representado na figura.

Um dos anéis é de plástico - material isolante - e o outro é de cobre - material condutor.



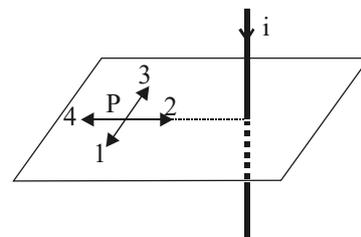
Em seguida, o Prof. Antônio mostra que o anel de plástico e o de cobre não são atraídos nem repelidos por um ímã que está parado em relação a eles. Ele, então, aproxima rapidamente o ímã, primeiro, do anel de plástico e, depois, do anel de cobre.

Com base nessas informações, é correto afirmar que

- A) os dois anéis se aproximam do ímã.
- B) o anel de plástico não se movimenta e o de cobre se afasta do ímã.
- C) nenhum dos anéis se movimenta.
- D) o anel de plástico não se movimenta e o de cobre se aproxima do ímã.

13

▶ (PUC-MG) Um fio longo retilíneo vertical é percorrido por uma corrente  $i$  para baixo. Em um ponto P situado em um plano perpendicular ao fio, o vetor que representa a direção e sentido do campo magnético criado pela corrente é:



- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) um vetor nulo.

14

(FCMMG) A figura 1 representa um fio reto, perpendicular ao plano do papel, sendo percorrido por uma corrente elétrica que está saindo dele. A figura 2 representa uma agulha magnética (bússola) cuja parte escura indica o norte da agulha.

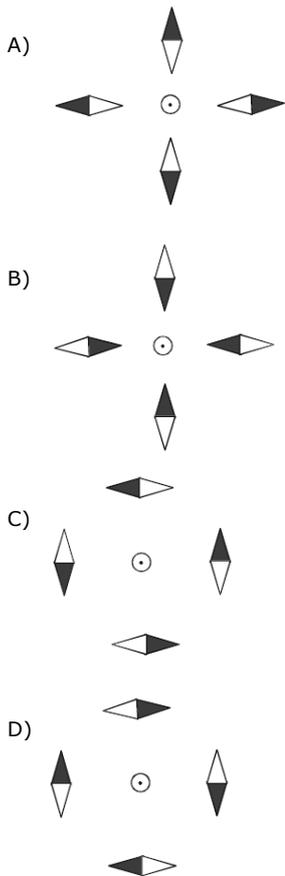


Figura 1



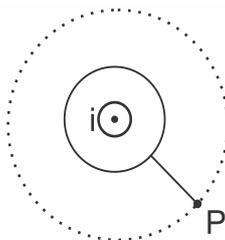
Figura 2

Desprezando o campo magnético terrestre, a alternativa que indica o CORRETO posicionamento de agulhas magnéticas ao redor do fio é:

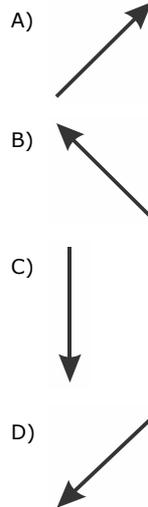


15

(Eear) Um fio condutor é percorrido por uma corrente  $i$  como mostra a figura.

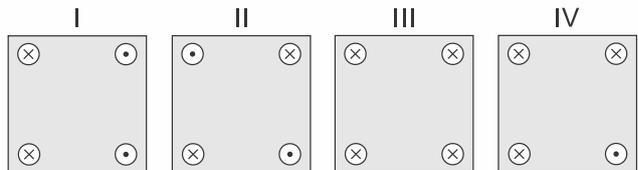


Próximo ao condutor existe um ponto P, também representado na figura. A opção que melhor representa o vetor campo magnético no ponto P é:



16

(Fuvest) As figuras representam arranjos de fios longos, retilíneos, paralelos e percorridos por correntes elétricas de mesma intensidade. Os fios estão orientados perpendicularmente ao plano desta página e dispostos segundo os vértices de um quadrado. A única diferença entre os arranjos está no sentido das correntes: os fios são percorridos por correntes que entram ( $\otimes$ ) ou saem ( $\odot$ ) do plano da página.

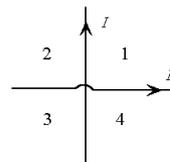


O campo magnético total é nulo no centro do quadrado apenas em

- A) I.
- B) II.
- C) I e II.
- D) II e III.
- E) III e IV.

17

(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:

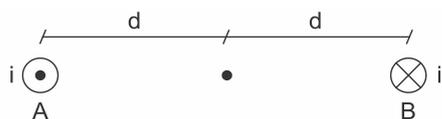


- A) Nas regiões 1 e 3.
- B) Nas regiões 1 e 2.
- C) Nas regiões 3 e 4.
- D) Nas regiões 2 e 4.
- E) Nas regiões 1 e 4.



18

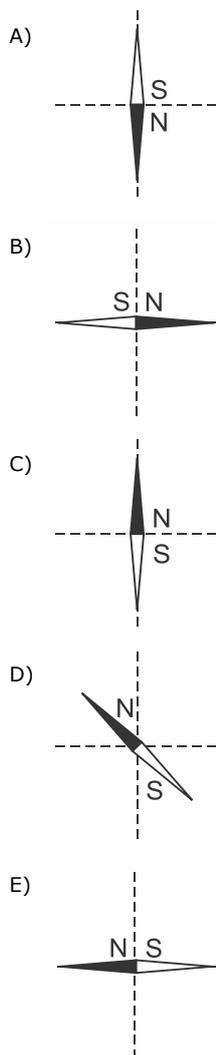
► (PUC-SP) O Eletromagnetismo estuda os fenômenos que surgem da interação entre campo elétrico e campo magnético. Hans Christian Oersted, em 1820, realizou uma experiência fundamental para o desenvolvimento do eletromagnetismo, na qual constatou que a agulha de uma bússola era defletida sob a ação de uma corrente elétrica percorrendo um fio condutor próximo à bússola. A figura a seguir representa as seções transversais de dois fios condutores A e B, retos, extensos e paralelos. Esses condutores são percorridos por uma corrente elétrica cujo sentido está indicado na figura a seguir.



Legenda:

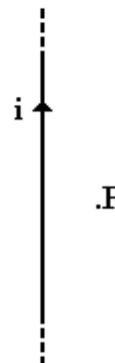
- ⊗ Corrente elétrica entrando ortogonalmente ao plano do papel
- ⊙ Corrente elétrica saindo ortogonalmente ao plano do papel

Uma pequena bússola é colocada no ponto P equidistante dos fios condutores. Desprezando os efeitos do campo magnético terrestre e considerando a indicação N para polo norte e S para polo sul, a alternativa que apresenta a melhor orientação da agulha da bússola é



19

(Unesp) A figura a seguir representa um condutor retilíneo, percorrido por uma corrente  $i$ , conforme a convenção indicada. O sentido do campo magnético no ponto P, localizado no plano da figura, é



- A) contrário ao da corrente
- B) saindo perpendicularmente da página
- C) entrando perpendicularmente na página
- D) para sua esquerda, no plano do papel.
- E) para sua direita no plano do papel.

20

(PUC-MG) O campo magnético medido em um ponto P próximo de um condutor longo retilíneo no qual circula uma corrente constante, terá o seu valor quadruplicado quando:

- A) a corrente for quadruplicada e a distância ao condutor também.
- B) a corrente for duplicada e a distância reduzida à metade.
- C) a corrente for mantida constante e a distância reduzida à metade.
- D) a corrente for duplicada e a distância ficar inalterada.
- E) a corrente e a distância forem reduzidas à metade dos seus valores iniciais.

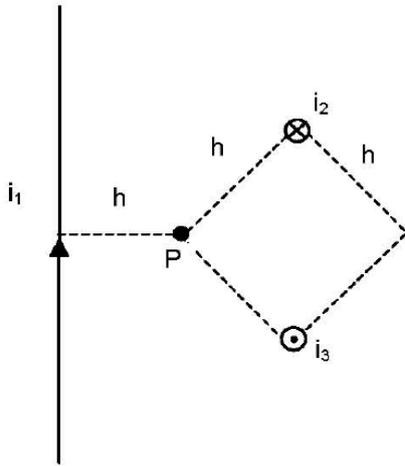
21

► (UNIMONTES) A intensidade do campo magnético a 20 cm de um fio retilíneo e muito longo, conduzindo uma corrente de 20 A, é igual a  $2 \times 10^{-5}$  T. Se a corrente for duplicada, o valor do campo magnético a 10 cm do fio será

- A)  $8 \times 10^{-5}$  T.
- B)  $4 \times 10^{-5}$  T.
- C)  $6 \times 10^{-5}$  T.
- D)  $2 \times 10^{-5}$  T.

22

- ▶ (FCMMG) Três fios longos e retos 1, 2 e 3 são percorridos pela mesma intensidade de corrente elétrica ( $i$ ). A figura abaixo mostra a disposição desses fios; o fio 1 está sobre o plano do papel e os fios 2 e 3 estão perpendiculares a este plano. No fio 2, o sentido da corrente é entrando no papel, no fio 3, é saindo do papel.

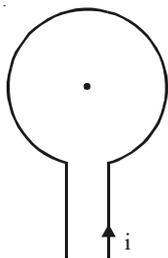


Os fios 2 e 3 estão posicionados sobre os vértices de um quadrado de lado  $h$ . O ponto  $P$  está a uma distância  $h$  do fio 1. Cada fio cria um campo magnético de intensidade  $B$  a uma distância  $h$  de dele. O campo magnético resultante no ponto  $P$ , devido à corrente dos três fios, vale:

- A)  $B\sqrt{3}/2$
- B)  $B\sqrt{2}/2$
- C)  $B\sqrt{2}$
- D)  $B\sqrt{3}$

23

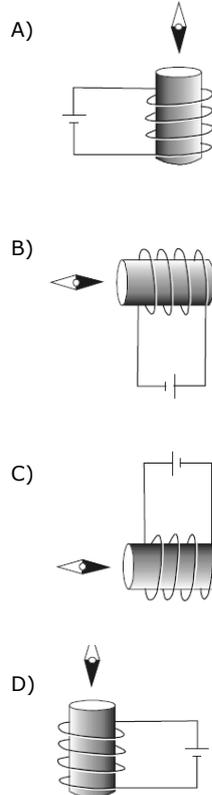
- ▶ (UNIUBE) Uma espira circular de raio 10 cm, conforme a figura, é percorrida por uma corrente de intensidade 6 A. Considerando-se  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T.m/A}$ , as características do vetor indução magnético no centro da espira são



- A)  $1,2\pi \cdot 10^{-5} \text{ T}$  ; ⊗
- B)  $1,2\pi \cdot 10^{-5} \text{ T}$  ; ⊙
- C)  $1,2\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$  ; ⊙
- D)  $1,2\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$  ; ⊗
- E)  $0,5\pi \cdot 10^{-5} \text{ T}$  ; ⊙

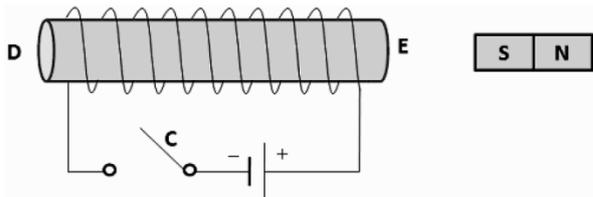
24

- ▶ (FCMMG) As figuras a seguir representam um núcleo de ferro envolvido por um fio condutor, ligado aos polos de uma bateria. Uma bússola é colocada nas proximidades do núcleo de ferro e seu polo norte corresponde à sua parte escura. A figura que mostra corretamente a posição da bússola juntamente com as ligações do fio à bateria é



25

- (UFOP) Uma bobina de fio condutor está nas vizinhanças de um ímã, em repouso, como é mostrado na figura abaixo.



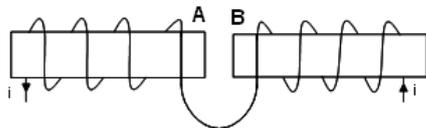
Após a chave  $C$  ser fechada, pode-se afirmar:

- A) O campo magnético no interior da bobina está orientado de  $D$  para  $E$ .
- B) O ímã será repellido pela espira de fio condutor.
- C) O ímã será atraído pela espira de fio condutor.
- D) Haverá a inversão dos polos no ímã.



26

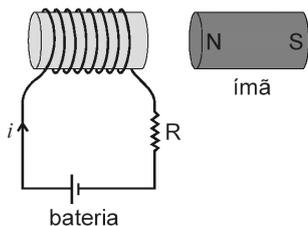
(UNIFEI) Considere dois solenóides A e B percorridos por uma corrente elétrica cujo sentido é indicado na figura. Qual é a afirmação verdadeira?



- A) A e B se atraem;
- B) A extremidade de B mais próxima de A corresponde ao polo norte do solenóide B;
- C) A extremidade de A mais próxima de B corresponde ao polo norte do solenóide A.
- D) A e B se repelem

27

(UFMG) Na figura, estão representados uma bobina (fio enrolado em torno de um tubo de plástico) ligada em série com um resistor de resistência R e uma bateria. Próximo à bobina, está colocado um ímã com os polos norte (N) e sul (S) na posição indicada. O ímã e a bobina estão fixos nas posições mostradas na figura.



Com base nessas informações, é correto afirmar que

- A) a bobina não exerce força sobre o ímã.
- B) a força exercida pela bobina sobre o ímã diminui quando se aumenta a resistência R.
- C) a força exercida pela bobina sobre o ímã é diferente da força exercida pelo ímã sobre a bobina.
- D) o ímã é repelido pela bobina.

28

(UFPB) Os eletroímãs, formados por solenoides percorridos por correntes elétricas e um núcleo de ferro, são dispositivos utilizados por guindastes eletromagnéticos, os quais servem para transportar materiais metálicos pesados. Um engenheiro, para construir um eletroímã, utiliza um bastão cilíndrico de ferro de 2,0 metros de comprimento e o enrola com um fio dando  $4 \times 10^6$  voltas. Ao fazer passar uma corrente de 1,5 A pelo fio, um campo magnético é gerado no interior do solenoide, e a presença do núcleo de ferro aumenta em 1.000 vezes o valor desse campo.

Adotando para a constante  $\mu_0$  o valor  $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T.m/A}$ , é correto afirmar que, nessas circunstâncias, o valor da intensidade do campo magnético, no interior do cilindro de ferro, em tesla, é de:

- A)  $24\pi \cdot 10^2$
- B)  $12\pi \cdot 10^2$
- C)  $6\pi \cdot 10^2$
- D)  $3\pi \cdot 10^2$
- E)  $\pi \cdot 10^2$

29

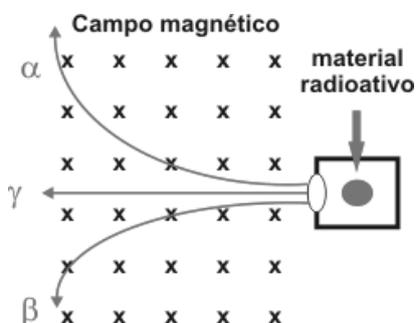
(Enem) Um guindaste eletromagnético de um ferro-velho é capaz de levantar toneladas de sucata, dependendo da intensidade da indução em seu eletroímã. O eletroímã é um dispositivo que utiliza corrente elétrica para gerar um campo magnético, sendo geralmente construído enrolando-se um fio condutor ao redor de um núcleo de material ferromagnético (ferro, aço, níquel, cobalto).

Para aumentar a capacidade de carga do guindaste, qual característica do eletroímã pode ser reduzida?

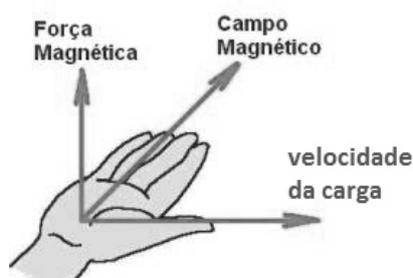
- A) Diâmetro do fio condutor.
- B) Distância entre as espiras.
- C) Densidade linear de espiras.
- D) Corrente que circula pelo fio.
- E) Permeabilidade relativa do núcleo.

## MÓDULO 02: FORÇA MAGNÉTICA

Quando uma carga elétrica penetra em um campo magnético, ela fica submetida a uma força, exercida por esse campo, ou seja, ela fica submetida a uma força magnética. Essa força pode desviar a carga elétrica do seu curso e, por isso, possui várias aplicações tecnológicas.



A força magnética exercida sobre uma carga em movimento aparece em direções que são, a princípio, difíceis de determinar. Então, para isso, utilizamos uma regra, denominada regra do tapa. Veja a ilustração:



Usando a mão direita, posicionamos:

- O polegar no mesmo sentido do movimento da carga (vetor velocidade);
- Os demais dedos no mesmo sentido do campo magnético;

Depois desse posicionamento, a força magnética surge em sentido perpendicular à palma da mão, no sentido em que se daria um tapa. Daí o nome da regra.

Importante: Se a carga em questão for negativa, a força surge em sentido contrário ao mencionado, ou seja, no sentido oposto ao do tapa. É por isso que as cargas positivas das partículas a desviam-se em sentidos opostos das cargas negativas das partículas b, na figura acima.

O módulo dessa força magnética é dado por:

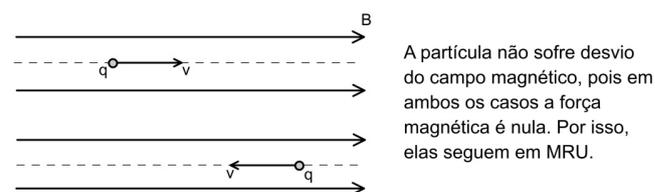
$$F_m = B \cdot q \cdot v \cdot \text{sen}\theta$$

Onde B representa o módulo do campo magnético, q a carga da partícula, v a velocidade da partícula e  $\theta$  o ângulo entre os vetores velocidade e campo magnético.

Analisando a fórmula acima, podemos retirar algumas conclusões bem importantes:

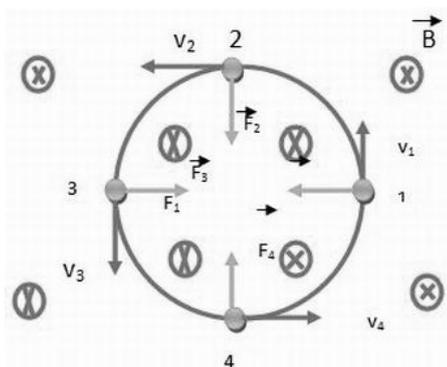
- A força magnética não existe em partículas neutras. Por isso, a radiação gama não sofreu desvio na figura anterior.
- Se a partícula estiver em repouso em um campo magnético, a força magnética será nula, pois a velocidade também é.

- Essa força também será nula se o  $\text{sen}\theta$  for nulo. Isso ocorre quando o ângulo for  $0^\circ$  ou  $180^\circ$ , veja no desenho abaixo:



A partícula não sofre desvio do campo magnético, pois em ambos os casos a força magnética é nula. Por isso, elas seguem em MRU.

Em contrapartida, quando as cargas penetram em um campo magnético com velocidade perpendicular ao mesmo, elas tendem a ficar em movimento circular uniforme.



Repare, através da regra do tapa que, a força magnética aparece sempre perpendicular ao vetor velocidade. Dessa maneira, ela atua como força centrípeta, fazendo com que a partícula entre em MCU:

$$F_m = F_c$$

$$B \cdot q \cdot v \cdot \text{sen}\theta = \frac{mv^2}{R}$$

Na expressão acima, podemos anular o seno pois o ângulo  $90^\circ$ . Simplificando, obtemos uma equação para o raio dessa trajetória:

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

Com essa expressão, podemos determinar qual será exatamente a trajetória da partícula, permitindo que esse fenômeno seja aplicado tecnologicamente. Durante décadas, utilizamos televisores que utilizavam esse princípio. Os televisores de tudo de imagem funcionam através da emissão de elétrons em direção à tela da TV. Onde colidem emitem luz, fazendo aquele pequeno pontinho da tela brilhar. Assim, esses televisores possuem bobinas que criam campos magnéticos para desviar os elétrons para os lugares certos, a fim de que esses pontinhos brilhantes criem as imagens. Para tudo funcionar bem, esses aparelhos de TV jogavam elétrons em toda a tela cerca de 30 vezes por segundo, para que os nossos olhos não percebessem os pontinhos brilhando individualmente.

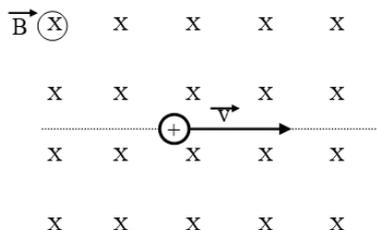
Ao aproximarmos um ímã de um televisor de tubo, o campo magnético do ímã desvia os elétrons para os lugares errados, atrapalhando a imagem da TV. Antes de fazer isso, verifique se que no manual existe a recomendação de não aproximar materiais magnéticos da TV, sob o risco de danificá-la.



## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

30

(FEEVALE-RS) A figura mostra um campo magnético uniforme, perpendicular ao plano da página, com sentido entrando na página.

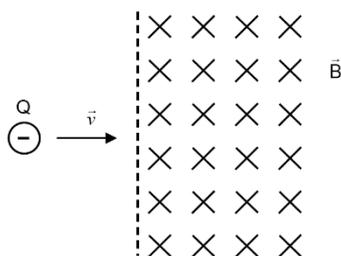


A direção e o sentido da força magnética que atua na carga  $q$ , positiva, que se movimenta com velocidade  $v$  em relação ao campo, serão

- A) paralelo ao plano da página, para cima.
- B) paralelo ao plano da página, para baixo.
- C) paralelo ao plano da página, para esquerda.
- D) paralelo ao plano da página, para direita.
- E) perpendicular ao plano da página, para dentro.

31

(EFOA-MG) Um corpo carregado com carga  $-Q$  penetra com velocidade  $v$  em uma região onde existe um campo magnético uniforme  $B$ , como ilustrado na figura abaixo.

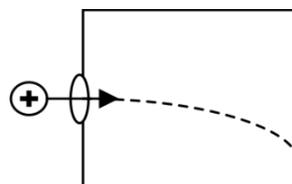


Das alternativas abaixo, aquela que ilustra corretamente a direção e o sentido da força magnética atuando no corpo no instante imediatamente após este penetrar na região do campo magnético é:

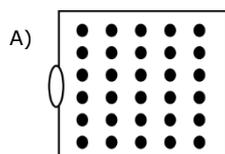
- A)
- B)
- C)
- D)
- E)

32

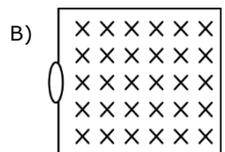
(UEMG) Uma partícula, de carga elétrica positiva, é lançada numa região do espaço onde existe um campo magnético. Verifica-se que a partícula é desviada para baixo, em relação ao plano desta folha de papel, como na figura abaixo.



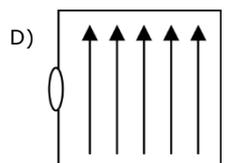
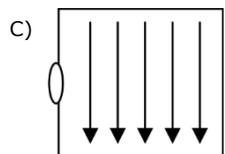
Para que isso aconteça da forma descrita, assinale a alternativa que melhor representa as linhas de força do campo magnético nessa região do espaço:



Saindo da folha de papel



Entrando na folha de papel

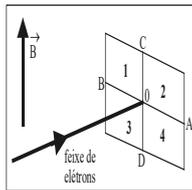


33

(Espcex) Uma carga elétrica puntiforme, no interior de um campo magnético uniforme e constante, dependendo de suas condições cinemáticas, pode ficar sujeita à ação de uma força magnética. Sobre essa força pode-se afirmar que

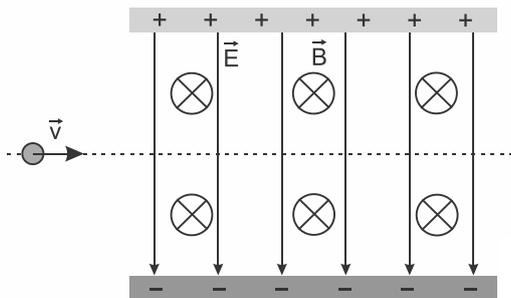
- A) tem a mesma direção do campo magnético, se a carga elétrica tiver velocidade perpendicular a ele.
- B) é nula se a carga elétrica estiver em repouso.
- C) tem máxima intensidade se o campo magnético e a velocidade da carga elétrica forem paralelos.
- D) é nula se o campo magnético e a velocidade da carga elétrica forem perpendiculares.
- E) tem a mesma direção da velocidade da carga elétrica.

34 (PUCCAMP) Um feixe de elétrons incide horizontalmente no centro do anteparo. Estabelecendo-se um campo magnético vertical para cima, o feixe de elétrons passa a atingir o anteparo em que região?



- A) região 1
- B) região 2
- C) segmento OB
- D) segmento OA
- E) região 3

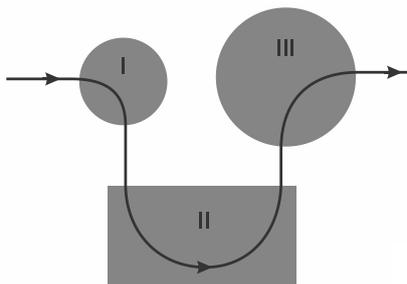
35 (UEG) A figura a seguir descreve uma região do espaço que contém um vetor campo elétrico E e um vetor campo magnético B.



Mediante um ajuste, percebe-se que, quando os campos elétricos e magnéticos assumem valores de  $1,0 \times 10^3$  N/C e  $2,0 \times 10^{-2}$  T respectivamente, um íon positivo, de massa desprezível, atravessa os campos em linha reta. A velocidade desse íon, em m/s, foi de

- A)  $5,0 \times 10^4$
- B)  $1,0 \times 10^5$
- C)  $2,0 \times 10^3$
- D)  $3,0 \times 10^3$
- E)  $1,0 \times 10^4$

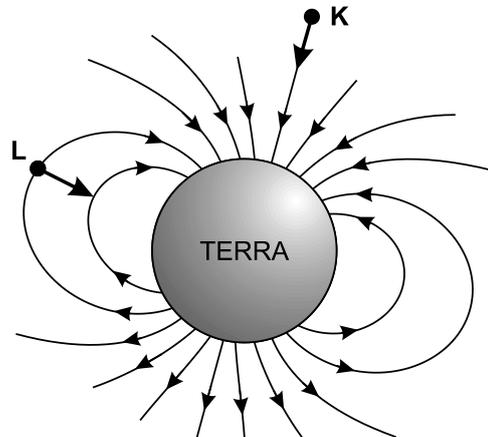
36 (Ufrgs) Na figura abaixo, está representada a trajetória de uma partícula de carga negativa que atravessa três regiões onde existem campos magnéticos uniformes e perpendiculares à trajetória da partícula.



Nas regiões I e III, as trajetórias são quartos de circunferências e, na região II, a trajetória é uma semicircunferência. A partir da trajetória representada, pode-se afirmar corretamente que os campos magnéticos nas regiões I, II e III, em relação à página, estão, respectivamente,

- A) entrando, saindo e entrando.
- B) entrando, saindo e saindo.
- C) saindo, saindo e entrando.
- D) entrando, entrando e entrando.
- E) saindo, entrando e saindo.

37 (UFMG) Reações nucleares que ocorrem no Sol produzem partículas - algumas eletricamente carregadas -, que são lançadas no espaço. Muitas dessas partículas vêm em direção à Terra e podem interagir com o campo magnético desse planeta. Nesta figura, as linhas indicam, aproximadamente, a direção e o sentido do campo magnético em torno da Terra:



Nessa figura, K e L representam duas partículas eletricamente carregadas e as setas indicam suas velocidades em certo instante.

Com base nessas informações, Alice e Clara chegam a estas conclusões:

- Alice - "Independente do sinal da sua carga, a partícula L terá a direção de sua velocidade alterada pelo campo magnético da Terra."
- Clara - "Se a partícula K tiver carga elétrica negativa, sua velocidade será reduzida pelo campo magnético da Terra e poderá não atingi-la."

Considerando-se a situação descrita, é correto afirmar que

- A) apenas a conclusão de Alice está certa.
- B) apenas a conclusão de Clara está certa.
- C) ambas as conclusões estão certas.
- D) nenhuma das duas conclusões está certa.



38

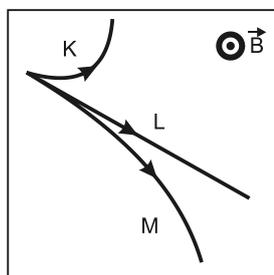
(Fuvest) Raios c3smicos s3o part3culas de grande velocidade, proveniente do espaco, que atingem a Terra de todas as direcoes. Sua origem e, atualmente, objeto de estudos. A Terra possui um campo magn3tico semelhante ao criado por um 3m3 em forma de barra cil3ndrica, cujo eixo coincide com o eixo magn3tico da Terra. Uma part3cula c3smica P com carga el3trica positiva, quando ainda longe da Terra, aproxima-se percorrendo uma reta que coincide com o eixo magn3tico da Terra, como mostra a figura adiante. Desprezando a atracao gravitacional, podemos afirmar que a part3cula, ao se aproximar da Terra:



- A) aumenta sua velocidade e n3o se desvia de sua trajet3ria retil3nea.
- B) diminui sua velocidade e n3o se desvia de sua trajet3ria retil3nea.
- C) tem sua trajet3ria desviada para Leste.
- D) tem sua trajet3ria desviada para Oeste.
- E) n3o altera sua velocidade nem se desvia de sua trajet3ria retil3nea.

39

(UECE) Em um acelerador de part3culas, tr3s part3culas K, L, e M, de alta energia, penetram em uma regi3o onde existe somente um campo magn3tico uniforme B, movendo-se perpendicularmente a esse campo. A figura a seguir mostra as trajet3rias dessas part3culas (sendo a direcao do campo B perpendicular ao plano do papel, saindo da folha).

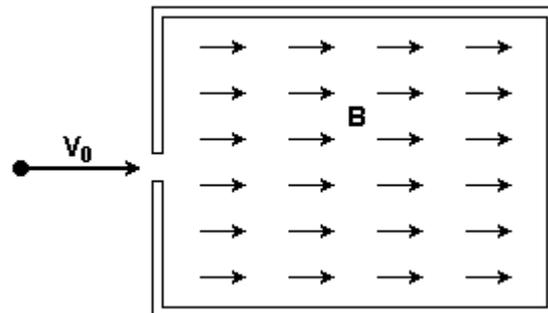


Com relacao 3s cargas das part3culas podemos afirmar, corretamente, que

- A) as de K, L e M s3o positivas.
- B) as de K e M s3o positivas.
- C) somente a de M e 3 positiva.
- D) somente a de K e 3 positiva.

40

(UFRRJ) Uma part3cula de carga q entra com velocidade  $V_0$  numa regi3o onde existe um campo magn3tico uniforme B.

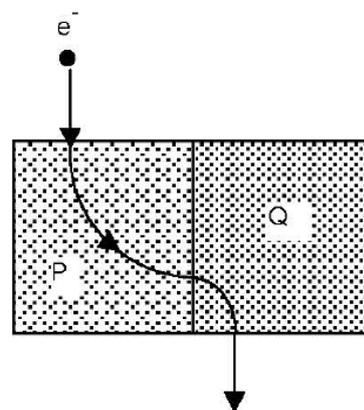


No caso em que  $V_0$  e B possuem a mesma direcao, podemos afirmar que a part3cula

- A) sofrer3 um desvio para sua direita.
- B) sofrer3 um desvio para sua esquerda.
- C) ser3 acelerada na direcao do campo magn3tico uniforme B.
- D) n3o sentir3 a acao do campo magn3tico uniforme B.
- E) ser3 desacelerada na direcao do campo magn3tico uniforme B.

41

(FCMMG) Um el3tron penetra numa regi3o P e depois passa por outra regi3o Q com trajet3rias circulares de raios diferentes, como mostrado na figura abaixo. Em cada uma dessas regi3es, existe um campo magn3tico B perpendicular ao plano dessa folha de papel.

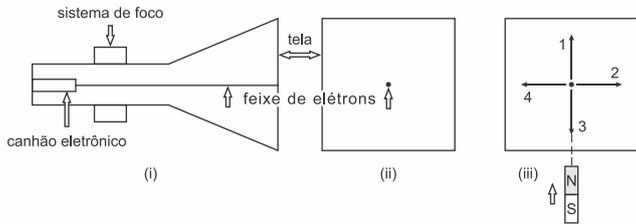


Para que a trajet3ria do el3tron seja mostrada na figura, os campos magn3ticos B de cada regi3o devem ser

- A)  $B_p$  para dentro do papel e  $B_q$  para fora do papel, sendo  $B_p > B_q$ .
- B)  $B_p$  para dentro do papel e  $B_q$  para fora do papel, sendo  $B_q > B_p$ .
- C)  $B_p$  para fora do papel e  $B_q$  para fora do papel, sendo  $B_q > B_p$ .
- D)  $B_p$  para fora do papel e  $B_q$  para fora do papel, sendo  $B_p > B_q$ .

42

► (Ufrgs) A figura (i) abaixo esquematiza um tubo de raios catódicos. Nele, um feixe de elétrons é emitido pelo canhão eletrônico, é colimado no sistema de foco e incide sobre uma tela transparente que se ilumina no ponto de chegada. Um observador posicionado em frente ao tubo vê a imagem representada em (ii). Um ímã é então aproximado da tela, com velocidade constante e vertical, conforme mostrado em (iii).

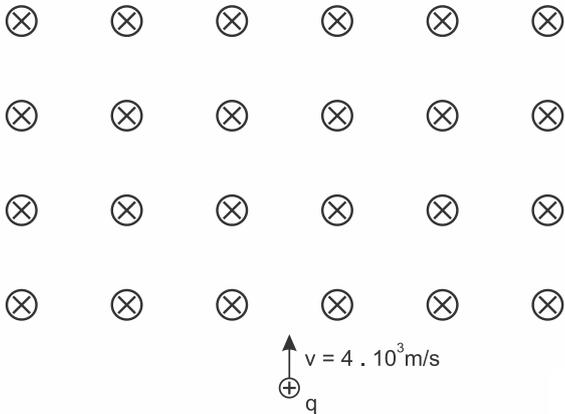


Assinale a alternativa que descreve o comportamento do feixe após sofrer a influência do ímã.

- A) O feixe será desviado seguindo a seta 1.
- B) O feixe será desviado seguindo a seta 2.
- C) O feixe será desviado seguindo a seta 3.
- D) O feixe será desviado seguindo a seta 4.
- E) O feixe não será desviado.

43

► (UERN) Numa região em que atua um campo magnético uniforme de intensidade 4 T é lançada uma carga elétrica positiva conforme indicado a seguir:



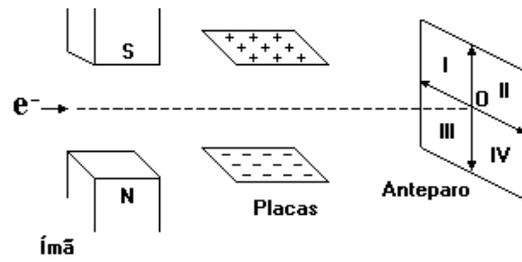
Ao entrar na região do campo, a carga fica sujeita a uma força magnética cuja intensidade é de  $3,2 \times 10^{-2}$  N. O valor dessa carga e o sentido do movimento por ela adquirida no interior do campo são, respectivamente:

- A)  $1,6 \times 10^{-6}$  C e horário.
- B)  $2,0 \times 10^{-6}$  e horário.
- C)  $2,0 \times 10^{-6}$  e anti-horário.
- D)  $1,6 \times 10^{-6}$  e anti-horário.

44

► (UFMG) Um feixe de elétrons passa inicialmente entre os polos de um ímã e, a seguir, entre duas placas paralelas, carregadas com cargas de sinais contrários, dispostos conforme a figura a seguir. Na ausência do ímã e das placas, o feixe de elétrons atinge o ponto O do anteparo.

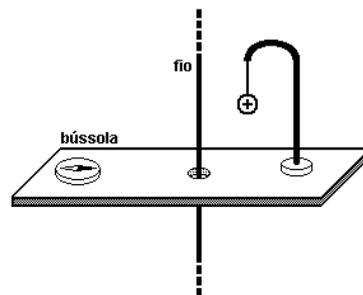
Em virtude das opções dos campos magnético e elétrico, pode-se concluir que o feixe



- A) passará a atingir a região I do anteparo.
- B) passará a atingir a região II do anteparo.
- C) passará a atingir a região III do anteparo.
- D) passará a atingir a região IV do anteparo.
- E) continuará a atingir o ponto O do anteparo.

45

► (UFMG) Um fio condutor reto e vertical passa por um furo em uma mesa, sobre a qual, próximo ao fio, são colocadas uma esfera carregada, pendurada em uma linha de material isolante, e uma bússola, como mostrado na figura:



Inicialmente, não há corrente elétrica no fio e a agulha da bússola aponta para ele, como se vê na figura.

Em certo instante, uma corrente elétrica constante é estabelecida no fio.

Considerando-se essas informações, é correto afirmar que, após se estabelecer a corrente elétrica no fio,

- A) a agulha da bússola vai apontar para uma outra direção e a esfera permanece na mesma posição.
- B) a agulha da bússola vai apontar para uma outra direção e a esfera vai se aproximar do fio.
- C) a agulha da bússola não se desvia e a esfera permanece na mesma posição.
- D) a agulha da bússola não se desvia e a esfera vai se afastar do fio.

46

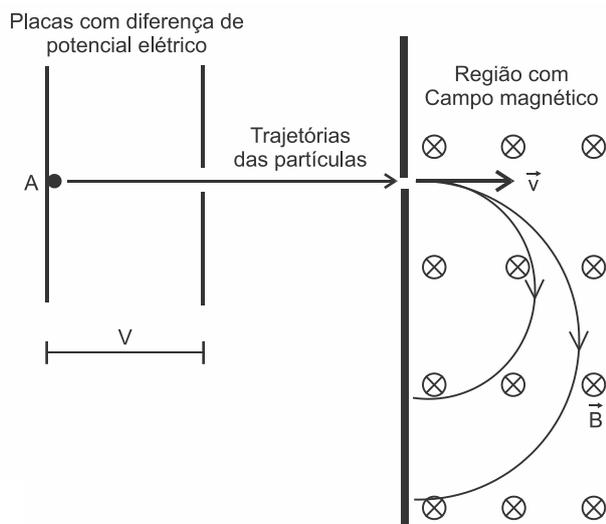
► (CEFET-MG) Um objeto de relação carga-massa igual a  $4,0 \times 10^{-3}$  C/kg desloca-se a 0,25 m/s em um plano horizontal com movimento circular uniforme sob ação de um campo magnético de 100 T perpendicular ao plano. A aceleração desse objeto vale, em  $m/s^2$ ,

- A) 0,0010.
- B) 0,010.
- C) 0,10.
- D) 1,0.
- E) 10.



47

► (UFU) Uma forma de separar diferentes partículas carregadas é acelerá-las, utilizando placas que possuem diferença de potencial elétrico ( $V$ ) de modo que adquiram movimento retilíneo para, em seguida, lançá-las em uma região onde atua campo magnético uniforme ( $B$ ). Se o campo magnético atuar em direção perpendicular à velocidade ( $v$ ) das partículas, elas passam a descrever trajetórias circulares e, dependendo de suas características, com raios de curvaturas diferentes. A figura ilustra o esquema de um possível equipamento que possui funcionamento similar ao descrito. Nesse esquema, dois tipos diferentes de partículas são aceleradas a partir do repouso do ponto A, descrevem inicialmente uma trajetória retilínea comum e, em seguida, na região do campo magnético, trajetórias circulares distintas.



Considerando-se a situação descrita e representada na figura, é correto afirmar que

- A) ambas as partículas gastam o mesmo tempo para descrever a trajetória circular.
- B) ambas as partículas possuem carga elétrica negativa.
- C) a partícula que possui maior carga possui trajetória com maior raio de curvatura.
- D) a partícula que possui maior relação massa/carga possui menor raio de curvatura.

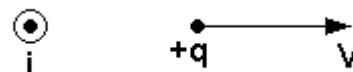
48

► (UEG) Uma partícula de  $9,0 \times 10^{-30}$  kg carregada com carga elétrica de  $1,0 \times 10^{-16}$  C penetra perpendicularmente em um campo magnético uniforme de  $1,0 \times 10^{-6}$  T quando sua velocidade está em  $1,0 \times 10^6$  m/s. Ao entrar no campo magnético, a carga passa a descrever um círculo. O raio desse círculo, em metros, é

- A)  $9,0 \times 10^0$
- B)  $9,0 \times 10^1$
- C)  $9,0 \times 10^{-1}$
- D)  $9,0 \times 10^{-2}$

49

(PUC-RS) A figura a seguir representa um fio metálico longo e retilíneo, conduzindo corrente elétrica  $i$ , perpendicularmente e para fora do plano da figura. Um próton move-se com velocidade  $v$ , no plano da figura, conforme indicado.



A força magnética que age sobre o próton é

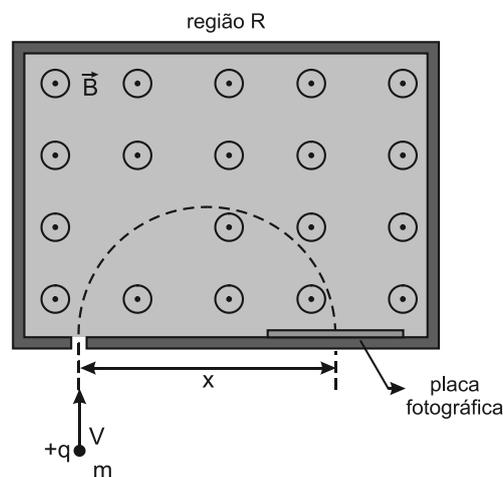
- A) paralela ao plano da figura e para a direita.
- B) paralela ao plano da figura e para a esquerda.
- C) perpendicular ao plano da figura e para dentro.
- D) perpendicular ao plano da figura e para fora.
- E) nula.

50

► (Unesp) Espectrometria de massas é uma técnica instrumental que envolve o estudo, na fase gasosa, de moléculas ionizadas, com diversos objetivos, dentre os quais a determinação da massa dessas moléculas. O espectrômetro de massas é o instrumento utilizado na aplicação dessa técnica.

(www.em.iqm.unicamp.br. Adaptado.)

A figura representa a trajetória semicircular de uma molécula de massa  $m$  ionizada com carga  $+q$  e velocidade escalar  $V$ , quando penetra numa região R de um espectrômetro de massa. Nessa região atua um campo magnético uniforme perpendicular ao plano da figura, com sentido para fora dela. A molécula atinge uma placa fotográfica, onde deixa uma marca situada a uma distância  $x$  do ponto de entrada.



Considerando as informações do enunciado e da figura, é correto afirmar que a massa da molécula é igual a

- A)  $\frac{q \cdot V \cdot B \cdot x}{2}$
- B)  $\frac{2 \cdot q \cdot B}{V \cdot x}$
- C)  $\frac{q \cdot B}{2 \cdot V \cdot x}$
- D)  $\frac{q \cdot x}{2 \cdot B \cdot V}$
- E)  $\frac{q \cdot B \cdot x}{2 \cdot V}$

51

► (Espcex) Sob a ação exclusiva de um campo magnético uniforme de intensidade  $0,4 \text{ T}$ , um próton descreve um movimento circular uniforme de raio  $10 \text{ mm}$  em um plano perpendicular à direção deste campo. A razão entre a sua massa e a sua carga é de  $10^{-8} \text{ kg/C}$ . A velocidade com que o próton descreve este movimento é de:

- A)  $4 \times 10^5 \text{ m/s}$
- B)  $2 \times 10^5 \text{ m/s}$
- C)  $8 \times 10^4 \text{ m/s}$
- D)  $6 \times 10^4 \text{ m/s}$
- E)  $5 \times 10^3 \text{ m/s}$

52

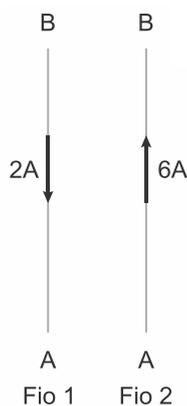
(UFMG) Dois fios paralelos, percorridos por correntes elétricas de intensidades diferentes, estão se repelindo.

Com relação às correntes nos fios e às forças magnéticas com que um fio repele o outro, é correto afirmar que

- A) as correntes têm o mesmo sentido e as forças têm módulos iguais.
- B) as correntes têm sentidos contrários e as forças têm módulos iguais.
- C) as correntes têm o mesmo sentido e as forças têm módulos diferentes.
- D) as correntes têm sentidos contrários e as forças têm módulos diferentes.

53

► (Fac. Albert Einstein) Dois fios condutores retos, muito compridos, paralelos e muito próximos entre si, são percorridos por correntes elétricas constantes, de sentidos opostos e de intensidades  $2 \text{ A}$  e  $6 \text{ A}$ , conforme esquematizado na figura.

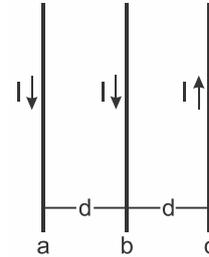


A razão entre os módulos das forças magnéticas de um fio sobre o outro e o tipo de interação entre essas forças é igual a:

- A) 1, repulsiva
- B) 3, atrativa
- C) 12, atrativa
- D) a resultante das forças será nula, portanto, não haverá interação entre elas.

54

► (CEFET-CE) Três fios flexíveis e condutores, a, b e c, paralelos, encontram-se fixos em suas extremidades e separados por uma pequena distância  $d$ . Quando percorridos, simultaneamente, por correntes de mesma intensidade nos sentidos indicados na figura, suas configurações são melhor representadas na alternativa:

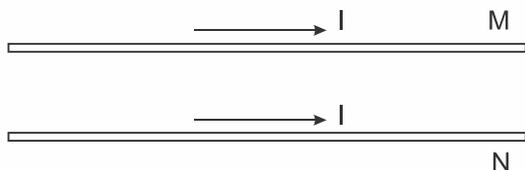


- A)
- B)
- C)
- D)
- E)



55

(PUC-MG) Dois fios paralelos conduzem correntes elétricas no mesmo sentido de acordo com a figura. A direção e sentido do campo magnético gerado pela corrente do fio M são para dentro da página, na posição em que está o fio N.

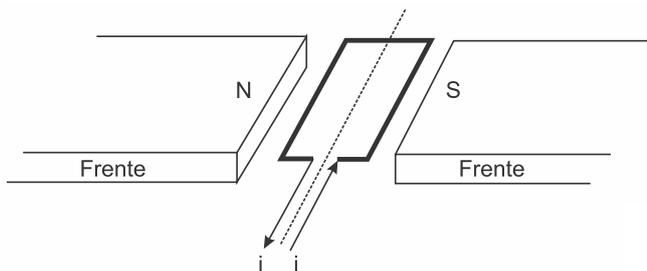


A força magnética que o campo do fio M exerce no fio N tem direção e sentido:

- A) para dentro da página.
- B) para baixo, apontando para N.
- C) para cima, apontando para M.
- D) para fora da página.

56

(PUC-RS) A figura a seguir mostra a posição inicial de uma espira retangular acoplada a um eixo de rotação, sob a ação de um campo magnético originado por ímãs permanentes, e percorrida por uma corrente elétrica. A circulação dessa corrente determina o aparecimento de um par de forças na espira, que tende a movimentá-la.

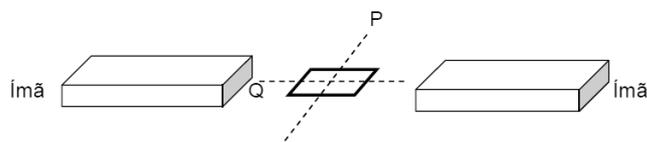


Em relação aos fenômenos físicos observados pela interação dos campos magnéticos originados pelos ímãs e pela corrente elétrica, é correto afirmar que

- A) o vetor indução magnética sobre a espira está orientado do polo S para o polo N.
- B) o vetor indução magnética muda o sentido da orientação enquanto a espira se move.
- C) a espira, percorrida pela corrente  $i$ , tende a mover-se no sentido horário quando vista de frente.
- D) a força magnética que atua no lado da espira próximo ao polo N tem orientação vertical para baixo.
- E) a força magnética que atua no lado da espira próximo ao polo S tem orientação vertical para cima.

57

(FCMMG) A figura mostra dois ímãs de barra e uma espira de fio condutor. A parte escura de cada ímã indica seu polo norte. As linhas pontilhadas P e Q representam eixos em que a espira pode girar.

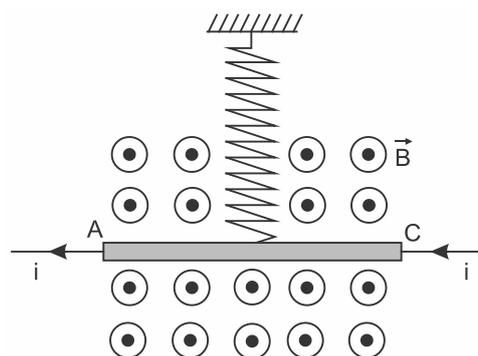


Se a espira for percorrida por uma corrente elétrica no sentido horário, as forças magnéticas farão a espira girar em torno do eixo:

- A) P no sentido horário.
- B) P no sentido anti-horário.
- C) Q no sentido horário.
- D) Q no sentido anti-horário.

58

(Ufscar) Um fio AC de 20 cm de comprimento, está posicionado na horizontal, em repouso, suspenso por uma mola isolante de constante elástica  $k$ , imerso num campo magnético uniforme horizontal  $B = 0,5 \text{ T}$  conforme mostra a figura.



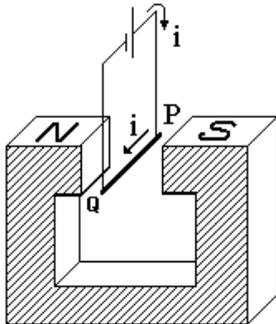
Sabendo-se que a massa do fio é  $m = 10 \text{ g}$  e que a constante da mola é  $k = 5 \text{ N/m}$  a deformação sofrida pela mola, quando uma corrente  $i = 2 \text{ A}$  passar pelo fio, será de:

- A) 3 mm.
- B) 4 mm.
- C) 5 mm.
- D) 6 mm.
- E) 7 mm.

59

(UFMG) A figura a seguir mostra uma bateria que gera uma corrente elétrica "i" no circuito. Considere uniforme o campo magnético entre os polos do ímã.

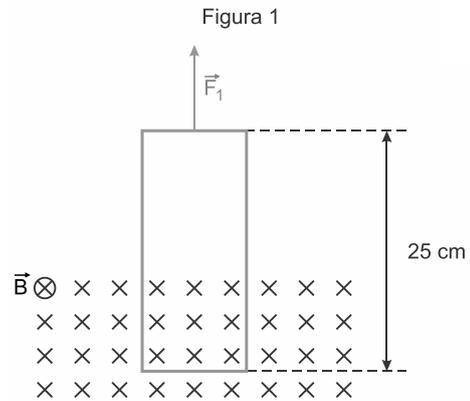
O vetor que representa, corretamente, a força magnética que esse campo exerce sobre o trecho horizontal PQ do fio situado entre os polos do ímã é



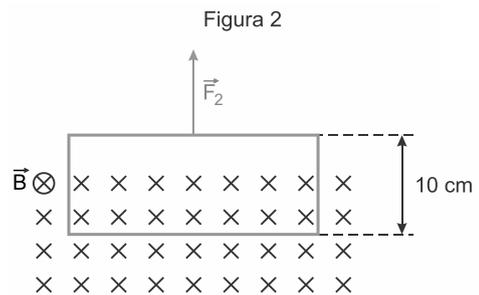
- A)  $\rightarrow$
- B)  $\uparrow$
- C)  $\leftarrow$
- D)  $\downarrow$
- E) Essa força é nula.

60

(Famema) Uma mesma espira retangular, de massa desprezível, foi parcialmente imersa em um mesmo campo magnético constante e uniforme  $B$  de duas maneiras distintas. Na primeira, a espira é mantida em equilíbrio sob ação apenas da força vertical  $F_1$  e da força magnética gerada pela circulação de uma corrente elétrica contínua pela espira, conforme figura 1.



Na segunda, a espira é mantida em equilíbrio sob ação apenas da força vertical  $F_2$  e da força magnética gerada pela circulação de uma corrente elétrica contínua pela espira, conforme figura 2.



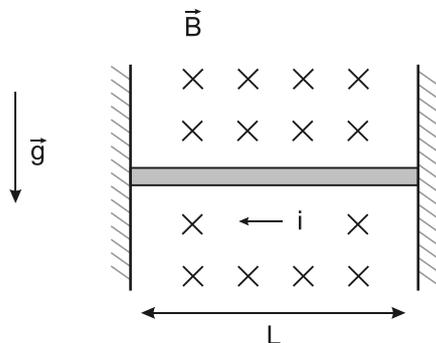
Sabendo que nas duas situações a intensidade da corrente elétrica que circula pela espira é a mesma, que a intensidade de  $F_1$  é 10 N e considerando as informações contidas nas figuras, é correto afirmar que a intensidade de  $F_2$  é igual a

- A) 50 N
- B) 10 N
- C) 75 N
- D) 20 N
- E) 25 N



61

(UPE) Uma barra uniforme, condutora, de massa  $m = 100 \text{ g}$  e comprimento  $L = 0,50 \text{ m}$ , foi posicionada entre duas superfícies rugosas. A barra permanece em repouso quando uma corrente elétrica  $i = 2,0 \text{ A}$  a atravessa na presença de um campo magnético de módulo  $B = 1,0 \text{ T}$ , constante, que aponta para dentro do plano da figura.



Com base nessas informações, determine o módulo e o sentido da força de atrito resultante que atua na barra e o sentido.

- A) 1001,0 N para cima
- B) 1001,0 N para baixo
- C) 2,0 N para cima
- D) 2,0 N para baixo
- E) 1,0 N para cima
- F)

62

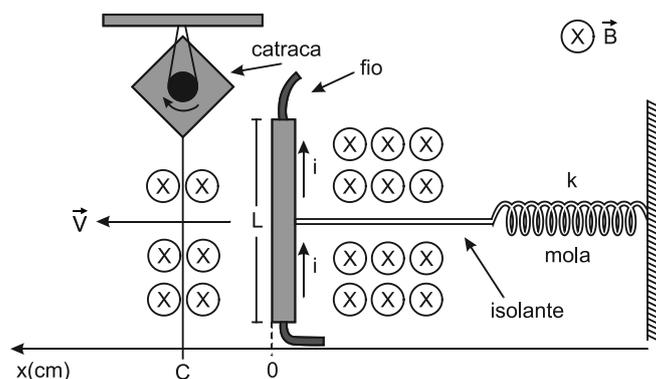
(Enem) A magnetohipertermia é um procedimento terapêutico que se baseia na elevação da temperatura das células de uma região específica do corpo que estejam afetadas por um tumor. Nesse tipo de tratamento, nanopartículas magnéticas são fagocitadas pelas células tumorais, e um campo magnético alternado externo é utilizado para promover a agitação das nanopartículas e consequente aquecimento da célula.

A elevação de temperatura descrita ocorre porque

- A) o campo magnético gerado pela oscilação das nanopartículas é absorvido pelo tumor.
- B) o campo magnético alternado faz as nanopartículas girarem, transferindo calor por atrito.
- C) as nanopartículas interagem magneticamente com as células do corpo, transferindo calor.
- D) o campo magnético alternado fornece calor para as nanopartículas que o transfere às células do corpo.
- E) as nanopartículas são aceleradas em um único sentido em razão da interação com o campo magnético, fazendo-as colidir com as células e transferir calor.

63

(Enem) Desenvolve-se um dispositivo para abrir automaticamente uma porta no qual um botão, quando acionado, faz com que uma corrente elétrica  $i = 6 \text{ A}$  percorra uma barra condutora de comprimento  $L = 5 \text{ cm}$ , cujo ponto médio está preso a uma mola de constante elástica  $k = 5,0 \times 10^{-2} \text{ N/cm}$ . O sistema mola-condutor está imerso em um campo magnético uniforme perpendicular ao plano. Quando acionado o botão, a barra sairá da posição do equilíbrio a uma velocidade média de  $5 \text{ m/s}$  e atingirá a catraca em 6 milissegundos, abrindo a porta.



A intensidade do campo magnético, para que o dispositivo funcione corretamente, é de

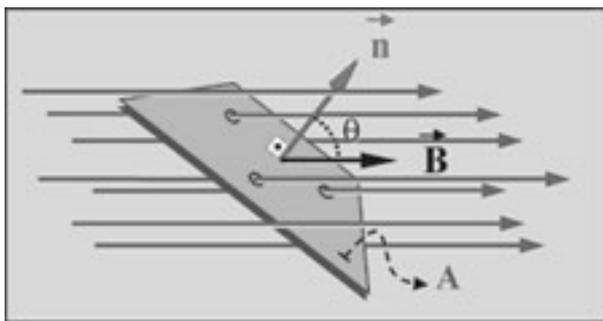
- A)  $5 \times 10^{-1} \text{ T}$
- B)  $5 \times 10^{-2} \text{ T}$
- C)  $5 \times 10^1 \text{ T}$
- D)  $2 \times 10^{-2} \text{ T}$
- E)  $2 \times 10^0 \text{ T}$

## MÓDULO 03: INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Até agora já aprendemos como a eletricidade pode gerar magnetismo. Agora, aprenderemos como o contrário pode acontecer, ou seja, como o magnetismo pode gerar eletricidade. Esse princípio, descoberto por Michael Faraday, permite o funcionamento de quase todas as usinas que produzem eletricidade, sendo, portanto, essencial em nossa vida moderna.

### FLUXO MAGNÉTICO

Chamamos de fluxo magnético a grandeza física representada pelo número de linhas de campo que atravessam uma região fechada. Independentemente da concentração dessas linhas, dizemos que o fluxo magnético aumenta sempre que o número absoluto de linhas atravessando a região aumentar. Veja a figura:



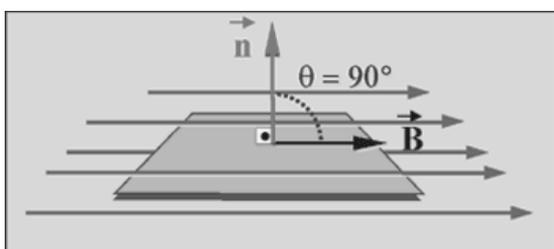
As linhas de campo que não atravessam a região, não fazem parte do fluxo magnético. Observe a fórmula do fluxo ( $\Phi$ ) para melhor compreendermos:

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos\theta$$

Repare que o fluxo é proporcional ao campo magnético, pois se aumentarmos o campo, aumentaremos a concentração de linhas, aumentando assim o número absoluto de linhas que atravessam a região.

Note também que o fluxo é proporcional à área da região, pois em áreas maiores teremos um número maior de linhas atravessando, conseqüentemente um maior fluxo.

E finalmente, podemos variar o fluxo girando a região. Pois dessa forma, alteramos o ângulo  $\theta$  mostrado na figura, o que altera o valor do  $\cos\theta$ . É fácil perceber que na situação abaixo o fluxo é nulo, pois não existem linhas de campo atravessando a região:



Como o ângulo  $\theta$  é de  $90^\circ$ , o seu cosseno é nulo e, conseqüentemente, o fluxo também.

Michael Faraday descobriu que sempre que o fluxo magnético variar, surge nessa região uma diferença de potencial, chamada de d.d.p induzida.

A frase acima é conhecida como Lei de Faraday e é a base da indução eletromagnética.

Assim, quando o fluxo magnético em uma região varia, podemos utilizar essa d.d.p induzida para criar uma corrente elétrica produzindo energia elétrica.

A lei de Faraday nos permite calcular o módulo da d.d.p induzida pela variação do fluxo, veja:

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

Assim, quanto maior for a variação do fluxo, maior será a d.d.p induzida.

O que uma hidroelétrica faz é usar o movimento das águas para girar as turbinas, onde existem ímãs. Quando esses ímãs giram, o fluxo magnético varia através de bobinas colocadas próximas às turbinas. Dessa forma, a d.d.p induzida gera nessas bobinas uma corrente elétrica, que é diretamente enviada para as nossas casas.

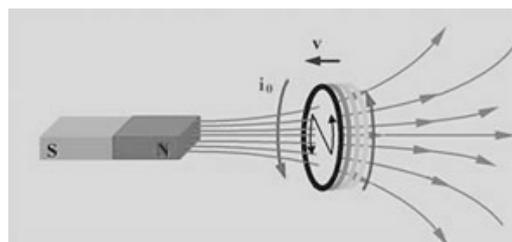
Dessa forma, a única diferença entre uma usina hidroelétrica para uma termoeétrica e uma usina nuclear é que elas utilizam diferentes processos para girar os ímãs. No entanto, uma vez que eles se encontrem em movimento o processo de geração de energia se dará pela lei de Faraday. A termoeétrica e a usina nuclear aquecem vapor d'água para girar a turbina, a termo por aquecimento direto da água e a nuclear usando a energia gerada pela fissão atômica.

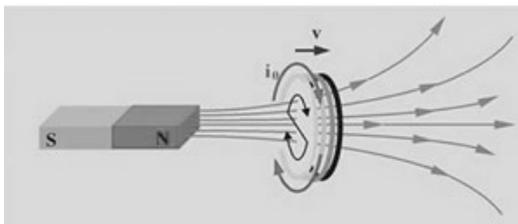
### CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

Sempre que o fluxo magnético varia e gera energia elétrica, essa energia precisa ter alguma procedência, pois como sabemos energia não pode ser criada, ela é sempre transformada. Então, corrente induzida sempre surge de maneira que acaba retirando energia de sua fonte. Assim, ela obtém energia suficiente para si própria.

Então, como toda corrente elétrica, a corrente induzida pode aparecer em um circuito em dois sentidos, a princípio. Mas ela acaba aparecendo em sentido tal que lhe permita retirar um pouco de energia de sua fonte.

Quando aproximamos ou afastamos uma espira de um ímã, o fluxo magnético varia na espira gerando a corrente induzida. A figura abaixo mostra essas duas situações, assim como a corrente que surge na espira:





Estudaremos primeiramente o exemplo de cima, em que a espira aproxima do ímã. Para surgir corrente na espira, ela precisa estar em movimento, para provocar a variação do fluxo. É do movimento da espira que surgirá a energia necessária para a corrente induzida. Repare que no sentido em que ela aparece (mostrado na figura), o campo magnético gerado pela própria corrente induzida cria um polo norte voltado para o ímã. Como polos opostos se repelem, a espira será freada e, portanto, perde energia cinética.

No caso de baixo, a espira afasta-se do ímã. Então, a corrente induzida inverte o seu sentido. Dessa maneira, ela cria com o seu próprio campo magnético um polo sul voltado para o polo norte do ímã. Como polos opostos se atraem, a espira será puxada para a esquerda e novamente freada, para que ceda parte de sua energia cinética para tornar possível o surgimento da corrente induzida.

Dessa maneira, podemos utilizar esse raciocínio para entendermos o movimento dos corpos que geram corrente induzida, assim como para encontrar o sentido dessa corrente.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

64

(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.

65

(UCS) Um dos fornos mais utilizados em indústrias é o chamado forno de indução. Seu princípio de funcionamento está baseado na Lei de Faraday, ou seja,

- A) temperatura homogênea no espaço vazio gera corrente elétrica.
- B) fluxo magnético variando no tempo gera força eletromotriz induzida.
- C) luz que varia de intensidade no espaço vazio gera condução térmica constante.
- D) corrente elétrica constante num condutor gera ponto de fusão variante no tempo.
- E) pressão que varia sobre uma área gera convecção constante.

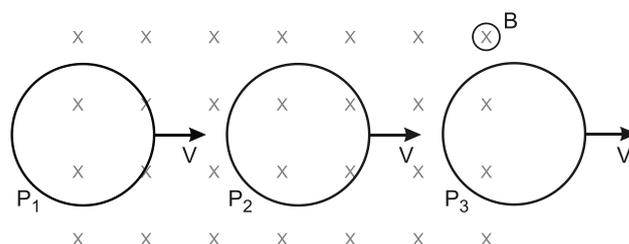
66

(UNIUBE) Uma espira retangular de lados 5 cm e 8 cm está imersa em uma região em que existe um campo de indução magnética uniforme de 0,4 T, perpendicular ao plano da espira. O fluxo de indução magnética através da espira é igual a

- A) 16 T
- B) 16 Wb
- C) 1,6 Wb
- D)  $1,6 \times 10^{-3}$  T
- E)  $1,6 \times 10^{-3}$  Wb

67

(Ufrgs) A figura abaixo representa três posições,  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$ , de um anel condutor que se desloca com velocidade  $v$  constante numa região em que há um campo magnético  $B$ , perpendicular ao plano da página.

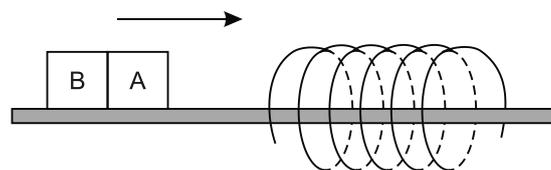


Com base nestes dados, é correto afirmar que uma corrente elétrica induzida no anel surge

- A) apenas em  $P_1$ .
- B) apenas em  $P_3$ .
- C) apenas em  $P_1$  e  $P_3$ .
- D) apenas em  $P_2$  e  $P_3$ .
- E) em  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$ .

68

(Epcar) A figura abaixo mostra um ímã AB se deslocando, no sentido indicado pela seta, sobre um trilho horizontal envolvido por uma bobina metálica fixa.

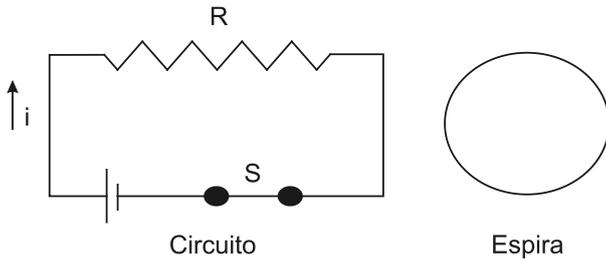


Nessas condições, é correto afirmar que, durante a aproximação do ímã, a bobina

- A) sempre o atrairá.
- B) sempre o repelirá.
- C) somente o atrairá se o polo A for o Norte.
- D) somente o repelirá se o polo A for o Sul.

69

(Udesc) A Figura ilustra uma espira condutora circular, próxima de um circuito elétrico inicialmente percorrido por uma corrente "i" constante; "S" é a chave desse circuito.

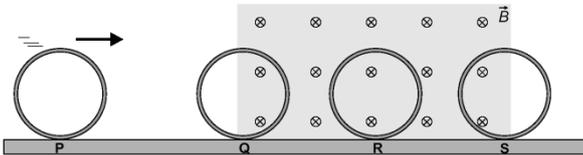


É correto afirmar que:

- A) haverá corrente elétrica constante na espira enquanto a chave "S" for mantida fechada.
- B) não haverá uma corrente elétrica na espira quando ela se aproximar do circuito, enquanto a chave "S" estiver fechada.
- C) haverá uma corrente elétrica na espira quando a chave "S" for repentinamente aberta.
- D) haverá corrente elétrica constante na espira quando a chave "S" estiver aberta e assim permanecer.
- E) haverá uma corrente elétrica constante na espira quando ela for afastada do circuito, após a chave "S" ter sido aberta.

70

► (UFMG) Um anel metálico rola sobre uma mesa, passando, sucessivamente, pelas posições P, Q, R e S, como representado nesta figura :



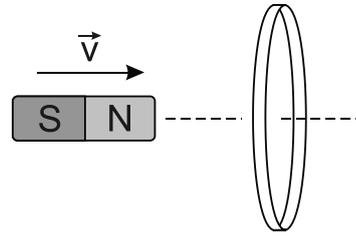
Na região indicada pela parte sombreada na figura, existe um campo magnético uniforme, perpendicular ao plano do anel, representado pelo símbolo  $\otimes$ .

Considerando-se essa situação, é correto afirmar que, quando o anel passa pelas posições Q, R e S, a corrente elétrica, nele,

- A) é nula apenas em R e tem sentidos opostos em Q e em S.
- B) tem o mesmo sentido em Q, em R e em S.
- C) é nula apenas em R e tem o mesmo sentido em Q e em S.
- D) tem o mesmo sentido em Q e em S e sentido oposto em R.

71

(UFJF) Um ímã natural está se aproximando, com velocidade  $v$  constante, de uma espira condutora, conforme mostrado na figura ao lado. É correto afirmar que a força eletromotriz na espira:



- A) existe somente quando o ímã está se aproximando da espira.
- B) existe somente quando o ímã está se afastando da espira.
- C) existe quando o ímã está se aproximando ou se afastando da espira.
- D) existe somente quando o ímã está no centro da espira.
- E) é sempre nula.

72

(Unifesp) A foto mostra uma lanterna sem pilhas, recentemente lançada no mercado. Ela funciona transformando em energia elétrica a energia cinética que lhe é fornecida pelo usuário - para isso ele deve agitá-la fortemente na direção do seu comprimento. Como o interior dessa lanterna é visível, pode-se ver como funciona: ao agitá-la, o usuário faz um ímã cilíndrico atravessar uma bobina para frente e para trás. O movimento do ímã através da bobina faz aparecer nela uma corrente induzida que percorre e acende a lâmpada.



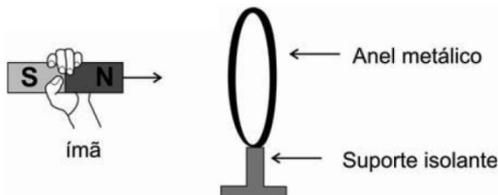
O princípio físico em que se baseia essa lanterna e a corrente induzida na bobina são, respectivamente:

- A) indução eletromagnética; corrente alternada.
- B) indução eletromagnética; corrente contínua.
- C) lei de Coulomb; corrente contínua.
- D) lei de Coulomb; corrente alternada.
- E) lei de Ampere; correntes alternada ou contínua podem ser induzidas.



73

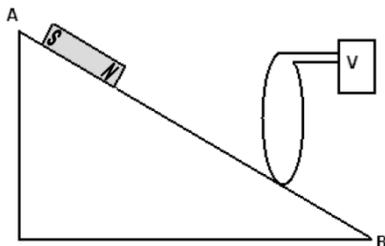
(Fuvest) Aproxima-se um ímã de um anel metálico fixo em um suporte isolante, como mostra a figura. O movimento do ímã, em direção ao anel,



- A) não causa efeitos no anel.
- B) produz corrente alternada no anel.
- C) faz com que o polo sul do ímã vire polo norte e viceversa.
- D) produz corrente elétrica no anel, causando uma força de atração entre anel e ímã.
- E) produz corrente elétrica no anel, causando uma força de repulsão entre anel e ímã.

74

(PUC-MG) A figura mostra um plano inclinado sobre o qual se coloca um ímã no ponto A, que desliza livremente em direção a B. No trajeto, ele passa através de uma espira circular, ligada a um voltímetro V.

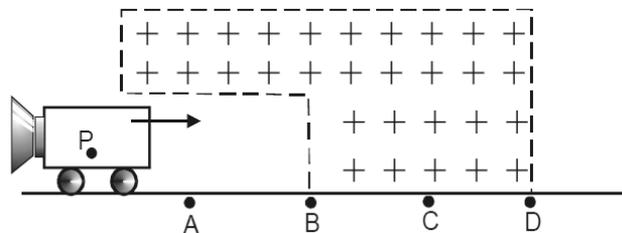


Desprezando-se todos os atritos mecânicos, pode-se afirmar que:

- A) haverá uma diferença de potencial (ddp) induzida na bobina apenas nos momentos de entrada e saída do ímã através da espira.
- B) o voltímetro não vai acusar nenhuma ddp, porque a espira não está ligada a nenhuma pilha ou bateria.
- C) durante toda a passagem do ímã através da espira, o voltímetro vai acusar leituras da ddp induzida.
- D) o voltímetro somente acusaria a leitura de uma ddp induzida na espira se houvesse atrito entre o ímã e o plano inclinado, fazendo com que o ímã passasse através da espira com velocidade constante.

75

(FCMMG) Um carrinho possui nas suas bordas uma espira retangular ligada a um pequeno alto-falante muito sensível, pois qualquer corrente elétrica, por menor que seja, fará com que ele emita som. O carrinho se move numa superfície horizontal em cujas proximidades existe um campo magnético representado, na figura abaixo, pela região delimitada pelas linhas tracejadas e pelas cruzes.

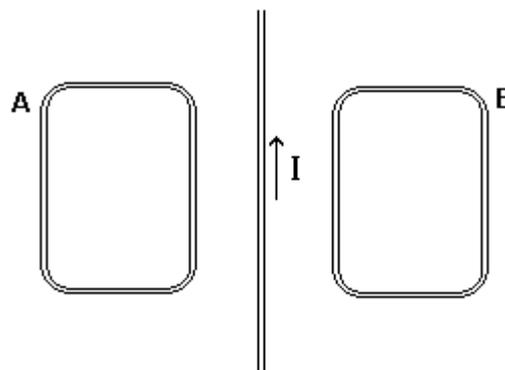


O alto-falante emitirá som quando o ponto P do carrinho passar pelos pontos:

- A) A e C.
- B) A e B.
- C) B e D.
- D) C e D.

76

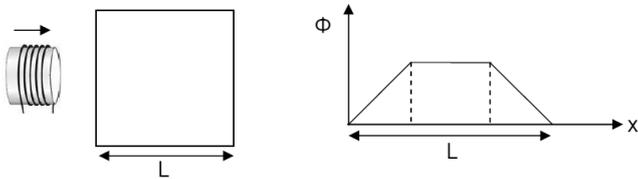
(UFV) Duas espiras, A e B, estão próximas de um fio percorrido por uma corrente  $I$  variável. Quando a intensidade da corrente aumenta, é correto afirmar que:



- A) não aparece corrente induzida em nenhuma das espiras.
- B) aparece uma corrente induzida no sentido horário na espira A e no sentido anti-horário na espira B.
- C) nas duas espiras aparecem correntes induzidas no sentido horário.
- D) aparece corrente induzida apenas na espira B, pois o campo magnético é formado somente no lado direito.
- E) aparece corrente induzida apenas na espira A, pois o campo magnético é formado somente no lado esquerdo.

77

- (FCMMG) Uma bobina entra e sai de uma região delimitada pelo quadrado, onde existe um campo magnético uniforme, provocando uma variação do fluxo magnético ( $\phi$ ) no interior da bobina, como mostra o gráfico abaixo.

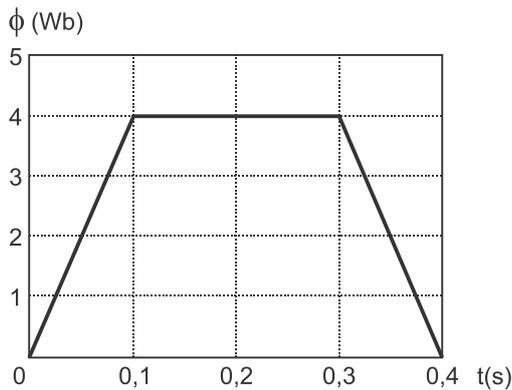


Para que tal fato aconteça, o campo magnético dentro da região quadrada deve ter sua direção e sentido

- A) perpendicular a esta folha, entrando nela.
- B) perpendicular a esta folha, saindo dela.
- C) horizontal para a esquerda.
- D) vertical para cima.

78

- (Unesp) Uma espira, locomovendo-se paralelamente ao solo e com velocidade constante, atravessa uma região onde existe um campo magnético uniforme, perpendicular ao plano da espira e ao solo. O fluxo magnético registrado, a partir do instante em que a espira entra nessa região até o instante de sua saída, é apresentado no gráfico da figura.

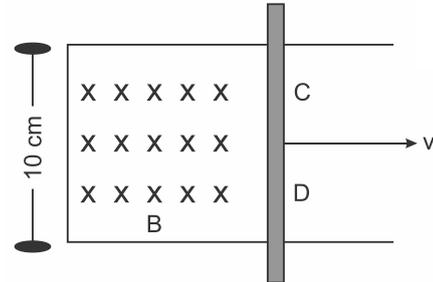


Analisando o gráfico, pode-se dizer que a força eletromotriz induzida, em volts, no instante  $t = 0,2$  s, é

- A) 80.
- B) 60.
- C) 40.
- D) 20.
- E) 0.

79

- (Udesc) Na figura abaixo, a barra feita de material condutor desliza sem atrito, com velocidade constante de  $6,0$  cm/s para a direita, sobre trilhos de material também condutor, no plano horizontal. A barra partiu da extremidade esquerda do trilho em  $t = 0$  s. Nesta região, há um campo magnético uniforme de intensidade de  $10^{-4}$  T como mostra a Figura.



Assinale a alternativa que corresponde ao valor absoluto da tensão induzida, em microvolts, entre os pontos C e D da barra.

- A) 600
- B) 6.000
- C) 0,060
- D) 60
- E) 0,60

80

(PUC-MG) Um transformador é utilizado nas redes de distribuição de energia elétrica para:

- A) aumentar a potência da energia distribuída.
- B) bloquear descargas elétricas.
- C) prevenir superaquecimento de aparelhos eletrodomésticos.
- D) transformar corrente alternada em corrente contínua.
- E) abaixar ou aumentar a diferença de potencial da rede.

81

(UERJ) A corrente elétrica no enrolamento primário de um transformador corresponde a  $10$  A, enquanto no enrolamento secundário corresponde a  $20$  A.

Sabendo que o enrolamento primário possui  $1200$  espiras, o número de espiras do enrolamento secundário é:

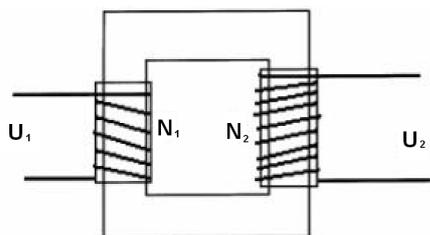
- A) 600
- B) 1200
- C) 2400
- D) 3600



82

► (UFPR) O fenômeno da indução eletromagnética permite explicar o funcionamento de diversos aparelhos, entre eles o transformador, o qual é um equipamento elétrico que surgiu no início do século 19, como resultado da união entre o trabalho de cientistas e engenheiros, sendo hoje um componente essencial na tecnologia elétrica e eletrônica.

Utilizado quando se tem a necessidade de aumentar ou diminuir a tensão elétrica, o transformador é constituído por um núcleo de ferro e duas bobinas, conforme ilustra a figura abaixo. Uma das bobinas (chamada de primário) tem  $N_1$  espiras e sobre ela é aplicada a tensão  $U_1$ , enquanto que a outra (chamada de secundário) tem  $N_2$  espiras e fornece a tensão  $U_2$ .



Sobre o transformador, é correto afirmar:

- A) Quando o número de espiras  $N_1$  é menor que  $N_2$ , a tensão  $U_2$  será maior que a tensão aplicada  $U_1$ .
- B) É utilizado para modificar a tensão tanto em sistemas de corrente contínua quanto nos de corrente alternada.
- C) Só aparece a tensão  $U_2$  quando o fluxo do campo magnético produzido pelo primário for constante.
- D) Num transformador ideal, a potência fornecida ao primário é diferente da potência fornecida pelo secundário.
- E) Quando o número de espiras  $N_1$  é menor que  $N_2$ , a corrente no secundário é maior que a corrente no primário.

83

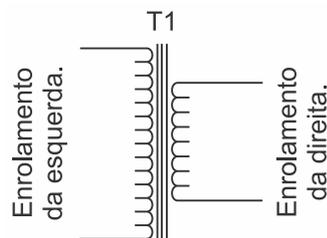
► (Udesc) Um transformador possui 50 espiras no enrolamento primário e 200 espiras no secundário.

Ao ligar o primário a uma bateria de tensão contínua e constante de 12 V, o valor da tensão de saída, no enrolamento secundário, é igual a:

- A) 12 V, pois a tensão de saída é igual à tensão de entrada.
- B) zero, pois o número de espiras do enrolamento secundário é maior do que o dobro do número de espiras do primário.
- C) zero, pois não há força eletromotriz induzida nas espiras do secundário.
- D) 72 V, pois a razão entre a tensão de saída e a tensão de entrada é igual à razão entre o número de espiras do enrolamento secundário e o número de espiras do enrolamento primário.
- E) 48 V, pois a razão entre a tensão de entrada e a tensão de saída é igual à razão entre o número de espiras do enrolamento primário e o número de espiras do enrolamento secundário.

84

(Acafe) O carregador de celular é um dispositivo que consegue transferir energia elétrica da rede elétrica residencial para as baterias do aparelho. No entanto, para realizar essa transferência utiliza um equipamento bastante conhecido, o transformador. Na figura abaixo, recortamos o esquema do transformador de um carregador de celular que é igual à de qualquer transformador comum.



Considere a figura e assinale a alternativa correta que completa as lacunas da frase a seguir.

O princípio de funcionamento do transformador é \_\_\_\_\_. Com base na figura, deduzimos que a tensão do enrolamento da \_\_\_\_\_ é \_\_\_\_\_ que a tensão do enrolamento da \_\_\_\_\_.

- A) a indução eletromagnética – direita – igual – esquerda
- B) a indução eletrostática – esquerda – menor – direita
- C) a indução eletromagnética – esquerda – maior – direita
- D) a indução eletrostática – direita – maior – esquerda

85

(FCMMG) Um carregador de celular é ligado numa tomada de 127 V – 220 V para recarregar a bateria do celular. Sabe-se que a voltagem dessa bateria é aproximadamente 4 V.

A principal lei física envolvida no processo de redução da voltagem de um carregador de celular é a lei de:

- A) Coulomb, que relaciona a força elétrica entre cargas e suas distâncias.
- B) Ampère, que mede a força magnética sobre cargas em movimento.
- C) Faraday, que envolve a variação do fluxo magnético entre bobinas.
- D) Ohm, que relaciona voltagem, corrente e resistência elétrica.

86

► (PUC-MG) O enrolamento do primário de um transformador tem 2000 espiras. O secundário tem 6000 espiras. Uma diferença de potencial de 12 volts aplicada no primário gera nele uma corrente de 3,0 ampères. Considere que as perdas sejam desprezíveis. A corrente que circulará no secundário será, em ampères, de:

- A) 1,0
- B) 3,0
- C) 6,0
- D) 9,0
- E) 36

87

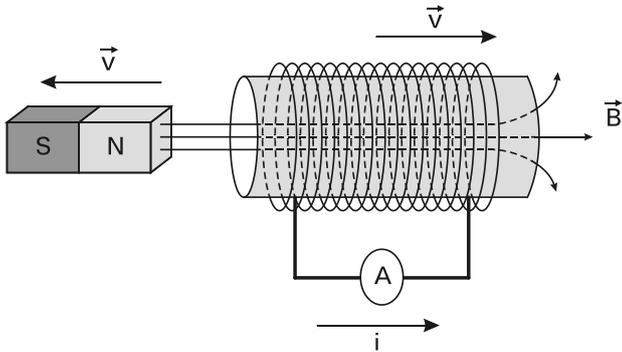
- (FFFCMPA) Um transformador é usado para reduzir uma tensão alternada de 60 V para 12 V.

Supondo que o transformador é ideal com 400 espiras no primário, e que a intensidade da corrente no secundário é 0,5 A, o número de espiras do secundário e a intensidade de corrente no primário, são, respectivamente,

- A) 40 espiras e 0,10 A.
- B) 80 espiras e 0,10 A.
- C) 40 espiras e 2,5 A.
- D) 80 espiras e 0,25 A.
- E) 200 espiras e 0,25 A.

88

- (Enem) O funcionamento dos geradores de usinas elétricas baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética, descoberto por Michael Faraday no século XIX. Pode-se observar esse fenômeno ao se movimentar um ímã e uma espira em sentidos opostos com módulo da velocidade igual a  $v$ , induzindo uma corrente elétrica de intensidade  $i$ , como ilustrado na figura.



A fim de se obter uma corrente com o mesmo sentido da apresentada na figura, utilizando os mesmos materiais, outra possibilidade é mover a espira para a

- A) esquerda e o ímã para a direita com polaridade invertida.
- B) direita e o ímã para a esquerda com polaridade invertida.
- C) esquerda e o ímã para a esquerda com mesma polaridade.
- D) direita e manter o ímã em repouso com polaridade invertida.
- E) esquerda e manter o ímã em repouso com mesma polaridade.

89

- (Enem) Para demonstrar o processo de transformação de energia mecânica em elétrica, um estudante constrói um pequeno gerador utilizando:

- um fio de cobre de diâmetro  $D$  enrolado em  $N$  espiras circulares de área  $A$ ;
- dois ímãs que criam no espaço entre eles um campo magnético uniforme de intensidade  $B$ ; e
- um sistema de engrenagens que lhe permite girar as espiras em torno de um eixo com uma frequência  $f$ .

Ao fazer o gerador funcionar, o estudante obteve uma tensão máxima  $V$  e uma corrente de curto-circuito  $i$ .

Para dobrar o valor da tensão máxima  $V$  do gerador mantendo constante o valor da corrente de curto  $i$ , o estudante deve dobrar o(a)

- A) número de espiras.
- B) frequência de giro.
- C) intensidade do campo magnético.
- D) área das espiras.
- E) à diâmetro do fio.

90

- (Enem) O manual de funcionamento de um captador de guitarra elétrica apresenta o seguinte texto:

Esse captador comum consiste de uma bobina, fios condutores enrolados em torno de um ímã permanente. O campo magnético do ímã induz o ordenamento dos polos magnéticos na corda da guitarra, que está próxima a ele. Assim, quando a corda é tocada, as oscilações produzem variações, com o mesmo padrão, no fluxo magnético que atravessa a bobina. Isso induz uma corrente elétrica na bobina, que é transmitida até o amplificador e, daí, para o alto-falante.

Um guitarrista trocou as cordas originais de sua guitarra, que eram feitas de aço, por outras feitas de náilon. Com o uso dessas cordas, o amplificador ligado ao instrumento não emitia mais som, porque a corda de náilon

- A) isola a passagem de corrente elétrica da bobina para o alto-falante.
- B) varia seu comprimento mais intensamente do que ocorre com o aço.
- C) apresenta uma magnetização desprezível sob a ação do ímã permanente.
- D) induz correntes elétricas na bobina mais intensas que a capacidade do captador.
- E) oscila com uma frequência menor do que a que pode ser percebida pelo captador.



91

(Enem) Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador, encontram-se um ímã e uma bobina.



Disponível em: <http://www.if.usp.br>. Acesso em: 1 maio 2010.

O princípio de funcionamento desse equipamento é explicado pelo fato de que a

- A) corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.
- B) bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- C) bobina em atrito com o campo magnético no circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- D) corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético.
- E) corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.

92

- (Enem) Há vários tipos de tratamentos de doenças cerebrais que requerem a estimulação de partes do cérebro por correntes elétricas. Os eletrodos são introduzidos no cérebro para gerar pequenas correntes em áreas específicas. Para se eliminar a necessidade de introduzir eletrodos no cérebro, uma alternativa é usar bobinas que, colocadas fora da cabeça, sejam capazes de induzir correntes elétricas no tecido cerebral.

Para que o tratamento de patologias cerebrais com bobinas seja realizado satisfatoriamente, é necessário que

- A) haja um grande número de espiras nas bobinas, o que diminui a voltagem induzida.
- B) o campo magnético criado pelas bobinas seja constante, de forma a haver indução eletromagnética.
- C) se observe que a intensidade das correntes induzidas depende da intensidade da corrente nas bobinas.
- D) a corrente nas bobinas seja contínua, para que o campo magnético possa ser de grande intensidade.
- E) o campo magnético dirija a corrente elétrica das bobinas para dentro do cérebro do paciente.

## Gabarito

### Campo Magnético

- |     |         |     |         |
|-----|---------|-----|---------|
| 01. | Letra E | 16. | Letra D |
| 02. | Letra D | 17. | Letra A |
| 03. | Letra E | 18. | Letra C |
| 04. | Letra C | 19. | Letra C |
| 05. | Letra A | 20. | Letra B |
| 06. | Letra C | 21. | Letra A |
| 07. | Letra D | 22. | Letra D |
| 08. | Letra A | 23. | Letra B |
| 09. | Letra C | 24. | Letra A |
| 10. | Letra A | 25. | Letra B |
| 11. | Letra A | 26. | Letra D |
| 12. | Letra B | 27. | Letra B |
| 13. | Letra C | 28. | Letra B |
| 14. | Letra C | 29. | Letra B |
| 15. | Letra A |     |         |

### Força Magnética

- |     |         |     |         |
|-----|---------|-----|---------|
| 30. | Letra A | 47. | Letra B |
| 31. | Letra B | 48. | Letra D |
| 32. | Letra A | 49. | Letra D |
| 33. | Letra B | 50. | Letra E |
| 34. | Letra C | 51. | Letra A |
| 35. | Letra A | 52. | Letra B |
| 36. | Letra A | 53. | Letra A |
| 37. | Letra A | 54. | Letra A |
| 38. | Letra E | 55. | Letra C |
| 39. | Letra C | 56. | Letra C |
| 40. | Letra D | 57. | Letra B |
| 41. | Letra C | 58. | Letra A |
| 42. | Letra B | 59. | Letra B |
| 43. | Letra C | 60. | Letra E |
| 44. | Letra A | 61. | Letra C |
| 45. | Letra A | 62. | Letra B |
| 46. | Letra C | 63. | Letra A |

### Indução Eletromagnética

- |     |         |     |         |
|-----|---------|-----|---------|
| 64. | Letra E | 79. | Letra E |
| 65. | Letra B | 80. | Letra E |
| 66. | Letra E | 81. | Letra A |
| 67. | Letra C | 82. | Letra A |
| 68. | Letra B | 83. | Letra C |
| 69. | Letra C | 84. | Letra C |
| 70. | Letra A | 85. | Letra C |
| 71. | Letra C | 86. | Letra A |
| 72. | Letra A | 87. | Letra B |
| 73. | Letra E | 88. | Letra A |
| 74. | Letra C | 89. | Letra A |
| 75. | Letra C | 90. | Letra C |
| 76. | Letra B | 91. | Letra E |
| 77. | Letra E | 92. | Letra C |
| 78. | Letra E |     |         |



