

—14—

Motores elétricos

Nesta aula você
vai observar
internamente um
motor para
saber do que eles
são feitos.

Grande parte dos aparelhos elétricos que usamos têm a função de produzir movimento. Isso nós verificamos no início deste curso. Você se lembra disso? Olhe a figura e refresque sua memória. Vamos começar a entender como isso é feito!



(o que mais eles têm em comum?)

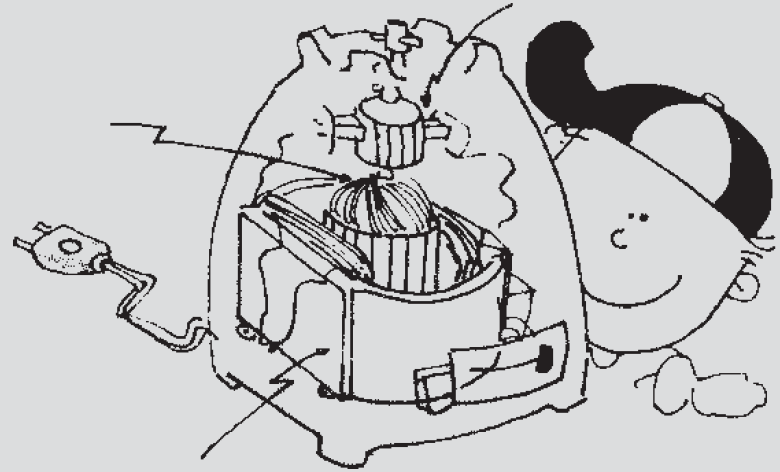
Neste momento vamos retomar o levantamento e a classificação realizados no início deste curso. Lá identificamos um grande número de aparelhos cuja função é a produção de movimento a partir da eletricidade: são os motores elétricos. Dentre eles estão: batedeira, ventilador, furadeira, liquidificador, aspirador de pó, enceradeira, espremedor de frutas, lixadeira, além de inúmeros brinquedos movidos a pilha ou ligados numa tomada, como robôs, carrinhos etc. A partir de agora, vamos examinar em detalhes o motor de um liquidificador. Um roteiro de observação encontra-se logo abaixo.

O motor de um liquidificador

A parte externa de um liquidificador é geralmente de plástico, que é um material eletricamente isolante. É no interior dessa carcaça que encontramos o motor, conforme ilustra a figura abaixo.

ROTEIRO

1. Acompanhe os fios do plugue em direção à parte interna do motor. Em qual das partes do motor eles são ligados?
2. Gire o eixo do motor com a mão e identifique os materiais que se encontram na parte que gira junto com o eixo do motor.
3. Identifique os materiais que se encontram na parte do motor que não gira com o eixo do motor.
4. Verifique se existe alguma ligação elétrica entre as duas partes que formam o motor. De que materiais eles são feitos?
5. Identifique no motor as partes indicadas com as setas na figura ao lado.



Nos motores elétricos encontramos duas partes principais: uma fixa, que não se move quando ele entra em funcionamento, e uma outra que, em geral, gira em torno de um eixo quando o motor é ligado.

A parte fixa é constituída de fios de cobre, encapados com um material transparente formando duas bobinas (fig. 1). Já na parte fixada ao eixo, os fios de cobre são enrolados em torno do eixo (fig. 2)

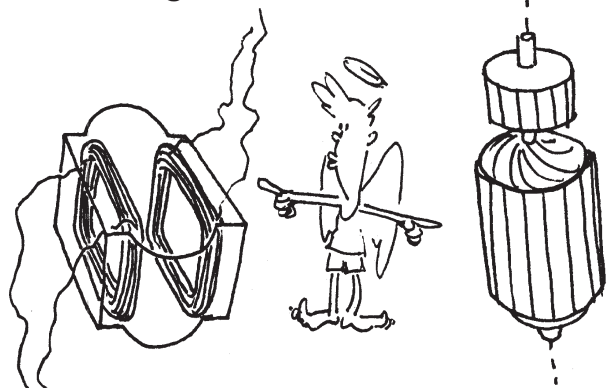
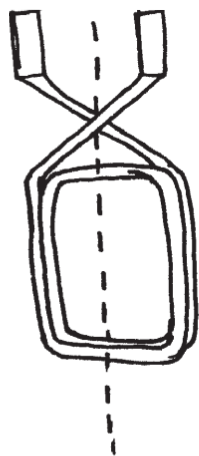


figura 1

figura 2

A observação da parte móvel de um motor de liquidificador mostra que ela também apresenta, acoplada ao eixo, um cilindro metálico, formado de pequenas placas de cobre, separadas entre si por ranhuras, cuja função é isolar eletricamente uma placa da outra. O circuito elétrico da parte móvel é formado por vários pedaços de fio de cobre independentes. O fio é coberto por um material isolante transparente e suas extremidades são ligadas às placas de cobre.

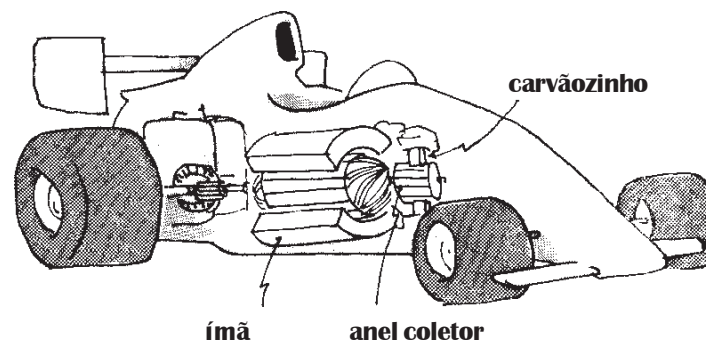
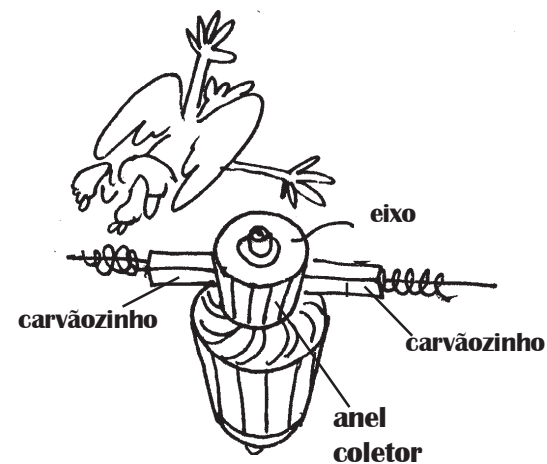


Essa peça de formato cilíndrico acoplada ao eixo é denominada de **anel coletor**, e sobre as plaquinhas deslizam dois **carvãozinhos**.

Quando o motor elétrico é colocado em funcionamento, passa a existir corrente elétrica nas bobinas fixas e também no circuito elétrico fixado ao eixo e que se encontra em contato com os **carvãozinhos**. Nesse momento, o circuito do eixo fica sujeito a uma força e o faz girar, e um outro circuito é ligado, repetindo o procedimento anterior.

O resultado é o giro completo do eixo, característico dos motores elétricos.

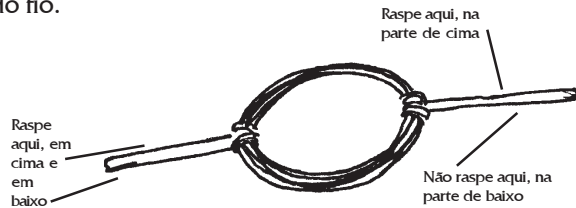
Em alguns casos, tais como pequenos motores elétricos utilizados em brinquedos, por exemplo, a parte fixa é constituída de um ou dois ímãs em vez de bobinas. Isso não altera o princípio de funcionamento do motor, uma vez que uma bobina com corrente elétrica desempenha a mesma função de um ímã.



Após essa investigação, pense e responda: por que existe movimento nesses aparelhos?

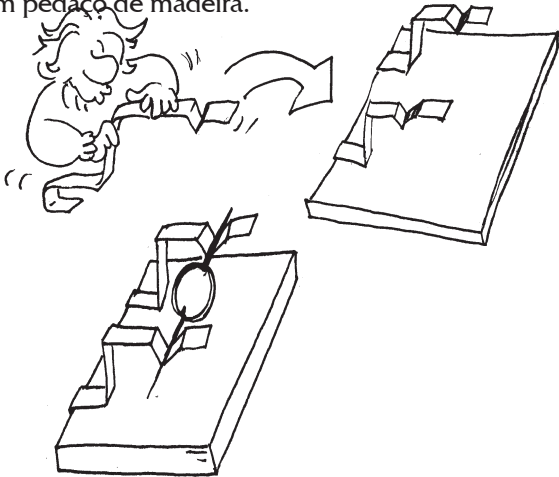
atividade extra: construa você mesmo um motor elétrico

Para construir um pequeno motor elétrico vai ser necessário um pedaço de 90 cm de fio de cobre esmaltado número 26 para fazer uma bobina. Ela será o eixo do motor, por isso deixe aproximadamente 3 cm em cada extremidade do fio.



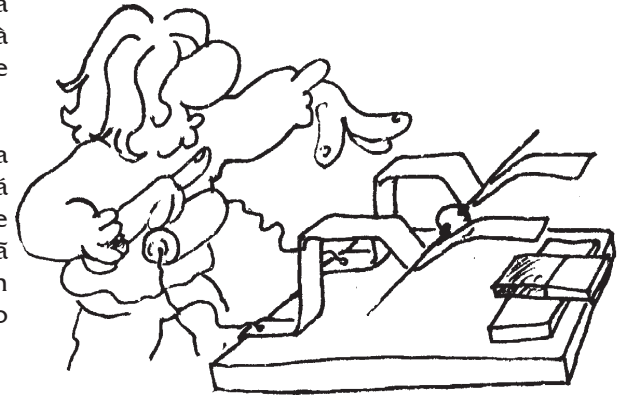
Como o esmalte do fio da bobina é isolante elétrico, você deve raspá-lo para que o contato elétrico seja possível. De um dos lados da bobina, você deve raspar em cima e em baixo; do outro lado, só em cima.

A bobina será apoiada em duas hastes feitas de metal, presilhas de pasta de cartolina, por exemplo, dando-lhes o formato indicado na figura e, posteriormente, encaixadas num pedaço de madeira.



A fonte de energia elétrica será uma pilha comum, que será conectada à bobina através de dois pedaços de fio ligados nas presilhas.

A parte fixa do motor será constituída de um ímã permanente, que será colocado sobre a tábua, conforme indica a figura. Dependendo do ímã utilizado, será necessário usar um pequeno suporte para aproximá-lo da bobina.



Para colocar o motor em funcionamento, não esqueça que é necessário um impulso inicial para dar a partida.

atenção

- veja se os contatos elétricos estão perfeitos
- observe se a bobina pode girar livremente
- fixe os fios de ligação na pilha com fita adesiva

Feitos esses ajustes necessários, observe:

1) o que acontece quando o ímã é retirado do local?

2) inverta a pilha e refaça as ligações. O que acontece com o sentido de giro do motor?

—15—

Ímãs e bobinas

Aqui você vai saber a natureza das forças que movimentam os ímãs, as bússolas e os motores elétricos.

Ímãs e bobinas estão presentes nos motores elétricos e em muitos outros aparelhos. Só que eles estão na parte interna, e por isso nem sempre nos apercebemos de sua presença. A partir desta aula vamos começar a entender um pouco sobre eles. Afinal, alguém pode explicar o que está acontecendo?



No estudo dos motores elétricos podemos verificar que eles são feitos de duas partes: uma é o eixo, onde se encontram vários circuitos elétricos, e a outra é fixa. Nesta, podemos encontrar tanto um par de ímãs como um par de bobinas. Em ambos os tipos de motor, o princípio de funcionamento é o mesmo, e o giro do eixo é obtido quando uma corrente elétrica passa a existir nos seus circuitos. Nesta aula vamos entender melhor a natureza da força que faz mover os motores elétricos, iniciando com uma experiência envolvendo ímãs e bobinas.

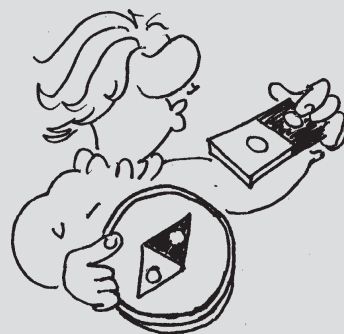
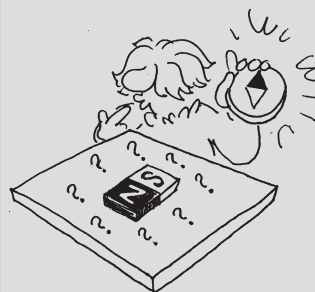
Investigação com ímãs, bússolas e bobinas

Para realizar esta investigação serão necessários uma bússola, dois ímãs, quatro pilhas comuns, uma bobina (que é fio de cobre esmaltado enrolado) e limalha de ferro.

ROTEIRO

1. Aproxime um ímã do outro e observe o que acontece.

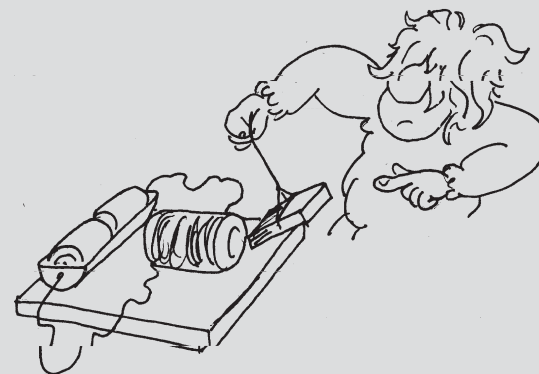
2. Aproxime um ímã de uma bússola e descubra os seus pólos norte e sul. Lembre que a agulha da bússola é também um ímã e que o seu pólo norte é aquele que aponta para a região norte.



3. Coloque o ímã sobre uma folha de papel e aproxime a bússola até que sua ação se faça sentir. Anote o posicionamento da agulha, desenhando sobre o papel no local da bússola. Repita para várias posições.

4. Coloque sobre o ímã essa folha de papel na mesma posição anterior e espalhe sobre ela limalha de ferro. Observe a organização das limalhas e compare com os desenhos que indicavam o posicionamento da agulha.

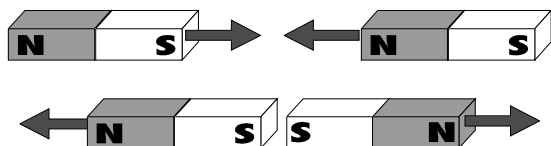
5. Ligue a bobina à pilha utilizando fios de ligação. Aproxime um ímã e observe o que ocorre.



6. No mesmo circuito anterior, aproxime uma folha de papel ou de cartolina contendo limalha de ferro e verifique o que ocorre com a limalha.

Independentemente da forma, quando se aproxima um ímã de outro, eles podem tanto se atrair como se repelir. Esse comportamento é devido ao **efeito magnético** que apresentam, sendo mais intenso nas proximidades das extremidades, razão pela qual elas são denominadas de **pólos magnéticos**.

A possibilidade de atração ou de repulsão entre dois pólos indica a existência de dois tipos diferentes de pólo magnético, denominados de **pólo norte** e **pólo sul**. A atração entre os ímãs ocorre quando se aproximam dois pólos diferentes e a repulsão ocorre na aproximação de dois pólos iguais.



A atração ou a repulsão entre ímãs é resultado da ação de uma força de natureza magnética e ocorre independentemente do contato entre eles, isto é, ocorre a distância. O mesmo se pode observar na aproximação do ímã com a bússola. Isso evidencia a existência de um **campo magnético** em torno do ímã, criado por ele. A agulha de uma bússola, que é imantada, tem sensibilidade de detectar campos magnéticos criados por ímãs e, por isso, alteram sua posição inicial para se alinhar ao campo magnético detectado. Ela é usada para orientação justamente pelo fato de que sua agulha fica alinhada ao campo magnético terrestre, que apresenta praticamente a direção norte-sul geográfica.

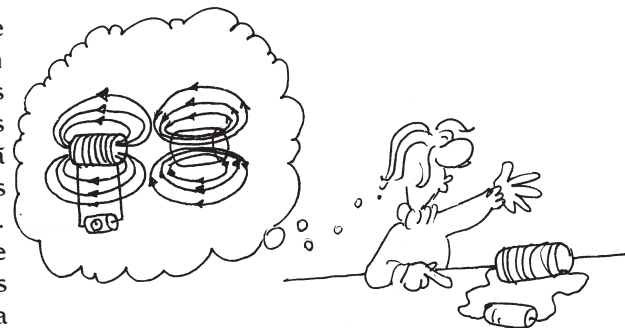


O mapeamento do campo magnético produzido por um ímã nas suas proximidades pode ser feito com o auxílio de uma bússola. Esse mapa nos permite "visualizar" o campo magnético.

Não são apenas os ímãs que criam campo magnético. O fio metálico com corrente elétrica também cria ao seu redor um campo magnético. Quando o fio é enrolado e forma uma bobina, existindo corrente elétrica, o campo magnético tem um mapeamento semelhante ao de um ímã em barra.



Isso nos permite entender por que a limalha de ferro fica com um aspecto muito parecido em duas situações: quando é colocada nas proximidades de um pólo de um ímã e quando é colocada nas proximidades de uma bobina. Podemos agora entender fisicamente a origem do movimento nos motores elétricos. Ele é entendido da mesma maneira que se compreende a repulsão ou a atração entre dois ímãs, entre um ímã e uma bússola, entre um ímã e uma bobina com corrente ou entre duas bobinas com corrente. Esses movimentos acontecem devido a uma ação a distância entre eles. Da mesma forma que a agulha da bússola se move quando "sente" o campo magnético de um ímã, o eixo do motor também se move quando um dos seus circuitos que está com corrente "sente" o campo magnético criado pela parte fixa do motor. Esse campo tanto pode ser criado por um par de ímãs (motor do carrinho do autorama) como por um par de bobinas com corrente elétrica (motor de um liquidificador).



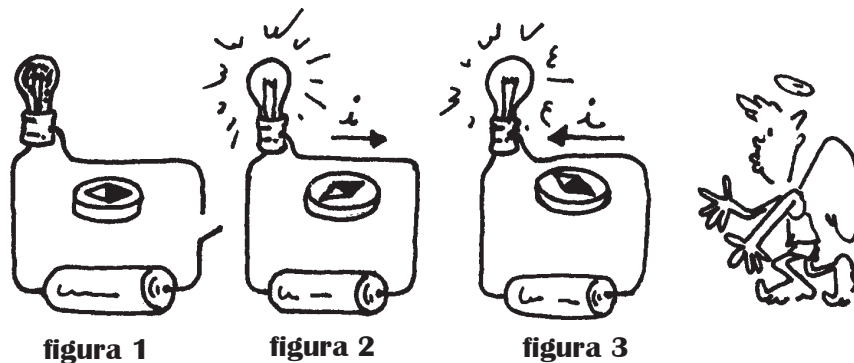
A diferença em relação ao ímã é que no fio o campo magnético deixa de existir quando a corrente elétrica cessa.

exercitando...

1. Analise se a afirmação abaixo é verdadeira ou falsa e justifique:

"O movimento da agulha de uma bússola diante de um ímã é explicado da mesma forma que o movimento de um ímã fdiante de um outro ímã."

2. A agulha de uma bússola próxima a um fio que é parte de um circuito elétrico apresenta o comportamento indicado nas três figuras:



a) como se explica o posicionamento da agulha na figura 1?

b) como se explica a alteração da posição da agulha após o circuito ser fechado na figura 2?

c) analisando as figuras 2 e 3 é possível estabelecer uma relação entre o posicionamento da agulha e o sentido da corrente elétrica no fio?

3. Se imaginássemos que o magnetismo terrestre é produzido por um grande ímã cilíndrico, colocado na mesma direção dos pólos geográficos norte-sul, como seriam as linhas do campo magnético? Faça uma figura.

4. Imagine agora que o campo magnético da Terra fosse criado por uma corrente elétrica em uma bobina. Onde ela estaria localizada para que as linhas do campo magnético coincidisse com as do ímã do exercício anterior?

teste seu vestibular

1. Uma pequena bússola é colocada próxima de um ímã permanente. Em quais posições assinaladas na figura ao lado a extremidade norte da agulha apontará para o alto da página?

2. Uma agulha magnética tende a:

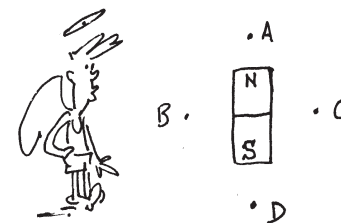
a) orientar-se segundo a perpendicular às linhas de campo magnético local.

b) orientar-se segundo a direção das linhas do campo magnético local.

c) efetuar uma rotação que tem por efeito o campo magnético local.

d) formar ângulos de 45 graus com a direção do campo magnético local.

e) formar ângulos, não nulos, de inclinação e de declinação como a direção do campo mangético local.



—16—

Campainhas e medidores elétricos

Vamos descobrir como é produzido o som numa campainha e como se movem os ponteiros dos medidores.

Sinal de entrada, sinal de saída, sinal do intervalo... haja orelha. Você também faz parte dos que dançam como aqueles ponteirinhos?



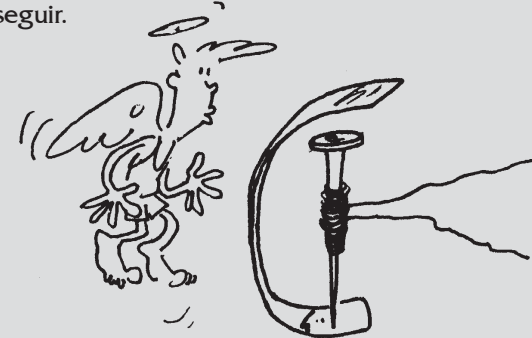
A produção de movimento a partir da eletricidade tem, além dos motores elétricos, outras aplicações, como as campainhas e os medidores elétricos que utilizam ponteiros. Começemos pela campainha.

CAMPAINHA

Existem vários tipos de campainha, e você pode construir uma usando fio de cobre 26 enrolado em um prego grande. Além disso é necessário fixar no prego uma tira de latão dobrada conforme indica a figura.

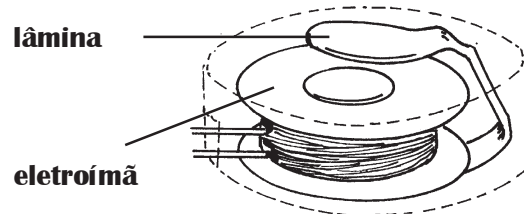


A campainha montada terá o aspecto da figura ilustrada a seguir.



Conectando os terminais da bobina a duas pilhas ligadas em série, podemos colocar a campainha em funcionamento. Observe o que acontece e tente explicar.

A montagem realizada assemelha-se à campainha do tipo cigarra, que é de mais simples construção. Ela é constituída por uma bobina contendo um pedaço de ferro no seu interior. Esse conjunto é denominado **eletroímã**.



Próximo a ele existe uma lâmina de ferro, que é atraída quando existe uma corrente elétrica na bobina. Essa atração acontece porque a corrente elétrica na bobina cria um campo magnético na região próxima e imanta o ferro, transformando-o em um ímã. Essa imantação existe apenas enquanto houver corrente elétrica na bobina. Daí esse conjunto ser entendido como um ímã elétrico.

Esse efeito magnético desaparece quando a campainha é desligada, deixando de haver corrente elétrica na bobina.

Os medidores elétricos que têm ponteiro são utilizados para várias finalidades, como indicar o volume de som, o nível de combustível nos veículos e a temperatura dos seus motores, além de medir a corrente, a tensão e também a resistência elétrica. Vejamos na atividade a seguir como é obtido o movimento dos ponteiros.

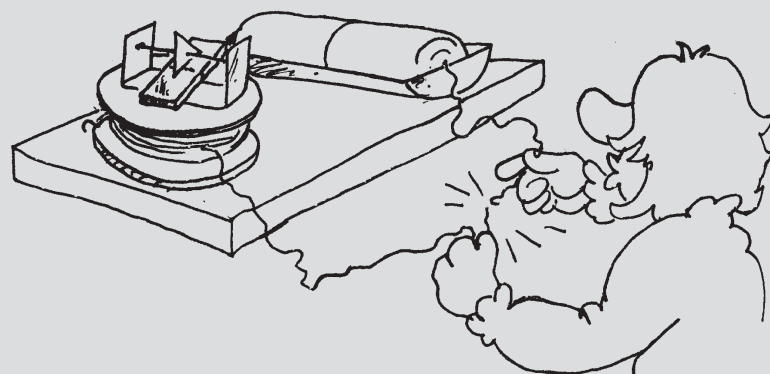
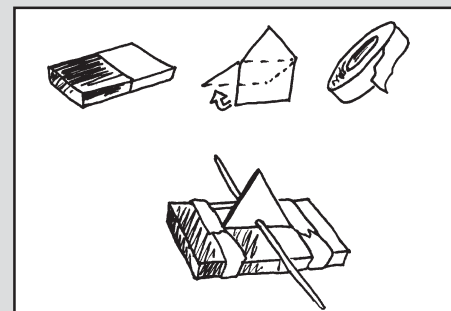
GALVANÔMETRO

Para se construir um dispositivo capaz de movimentar um ponteiro, precisamos de uma bobina, um ímã pequeno em forma de barra, uma agulha de costura ou um arame fino e fita adesiva. Se não houver disponível uma bobina pronta, construa uma usando fio de cobre esmaltado 26 enrolado em um tubo de papelão com 4 cm de diâmetro ou use o mesmo fio da campainha.

O ponteiro pode ser feito com um pedaço de cartolina e fixado ao ímã com fita adesiva. Ele será atravessado pela agulha ou arame, conforme indica a figura ao lado.

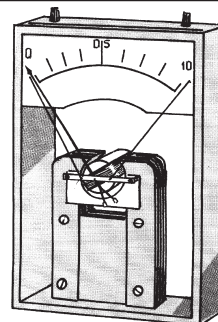
O conjunto móvel ponteiro + ímã será apoiado, através do eixo, em um suporte feito de chapa de alumínio ou cobre, com dois furinhos para a passagem da agulha ou arame.

Fixado a uma base de madeira, e ligando os terminais da bobina a uma ou duas pilhas, o medidor será o ilustrado na figura ao lado.



A produção de movimento nos medidores elétricos que utilizam ponteiro tem explicação semelhante à dos motores elétricos. O que difere um do outro é que nos motores a construção permite que o eixo dê voltas completas, e isso não acontece nos medidores. A bobina, quando está com corrente elétrica, cria um campo magnético na região onde se encontra o ímã. Este, da mesma forma que a agulha magnética de uma bússola, "sente" esse campo e procura se alinhar a ele.

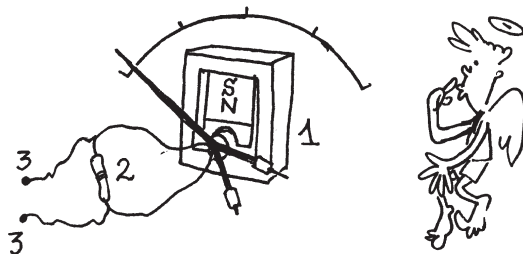
Dessa forma, o ímã se move, e com ele o ponteiro. Devido à posição do ímã em relação à bobina, o movimento é de rotação, como no motor elétrico. Nos medidores reais é a bobina que é fixada ao eixo, e os ímãs estão fixadas na carcaça do medidor.



Medidores de corrente, tensão e resistência elétrica

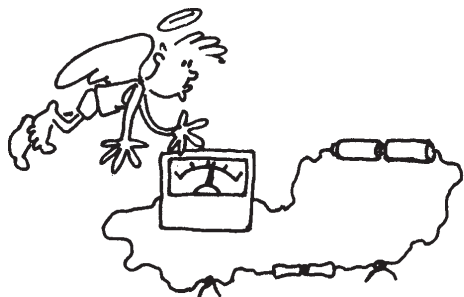
Amperímetro

O medidor de corrente elétrica, denominado amperímetro, é constituído por um galvanômetro e um resistor em paralelo à bobina.



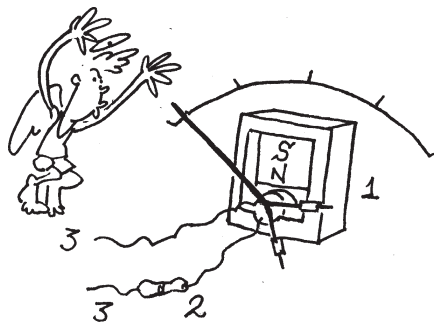
1. galvanômetro; 2. resistor; 3. terminais

Uma vez que o amperímetro é colocado em série ao circuito cuja corrente se deseja medir, esse resistor deve ter uma baixa resistência elétrica. Desse modo, a maior parte da corrente elétrica é desviada para o resistor, e a parte restante passa pela bobina, movendo o ponteiro. Quanto maior a corrente que passa pela bobina, maior será o giro descrito pelo ponteiro.



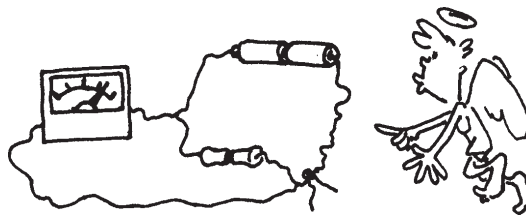
Voltímetro

O voltmímetro é o medidor de tensão elétrica. Ele é constituído das mesmas partes do amperímetro: um galvanômetro e um resistor ligado em série com a bobina.



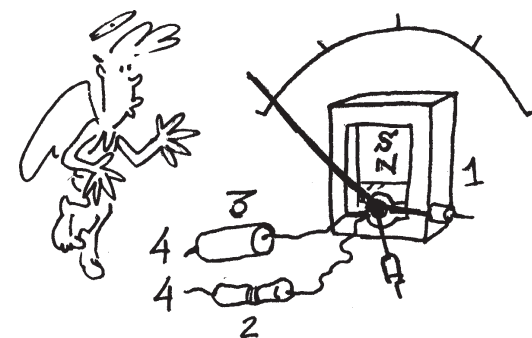
1. galvanômetro; 2. resistor; 3. terminais

O voltmímetro é colocado em paralelo ao circuito cuja tensão se deseja medir, e, por isso, a resistência elétrica do seu resistor deve ter um valor relativamente alto: apenas o suficiente para movimentar o ponteiro. Além disso, desviando uma corrente de pequena intensidade do circuito, a sua interferência pode ser considerada desprezível.



Ohmímetro

Para medir a resistência elétrica de um resistor, o ohmímetro precisa de um galvanômetro, um resistor ligado em série com a bobina e uma bateria.



1. galvanômetro
2. resistor
3. pilha ou bateria
4. terminais

Essa bateria permitirá que uma corrente elétrica passe a existir quando o circuito estiver fechado. Quanto maior a resistência elétrica do resistor cuja resistência se deseja medir, menor será a corrente no circuito e, assim, menor será o movimento do ponteiro.

—17—

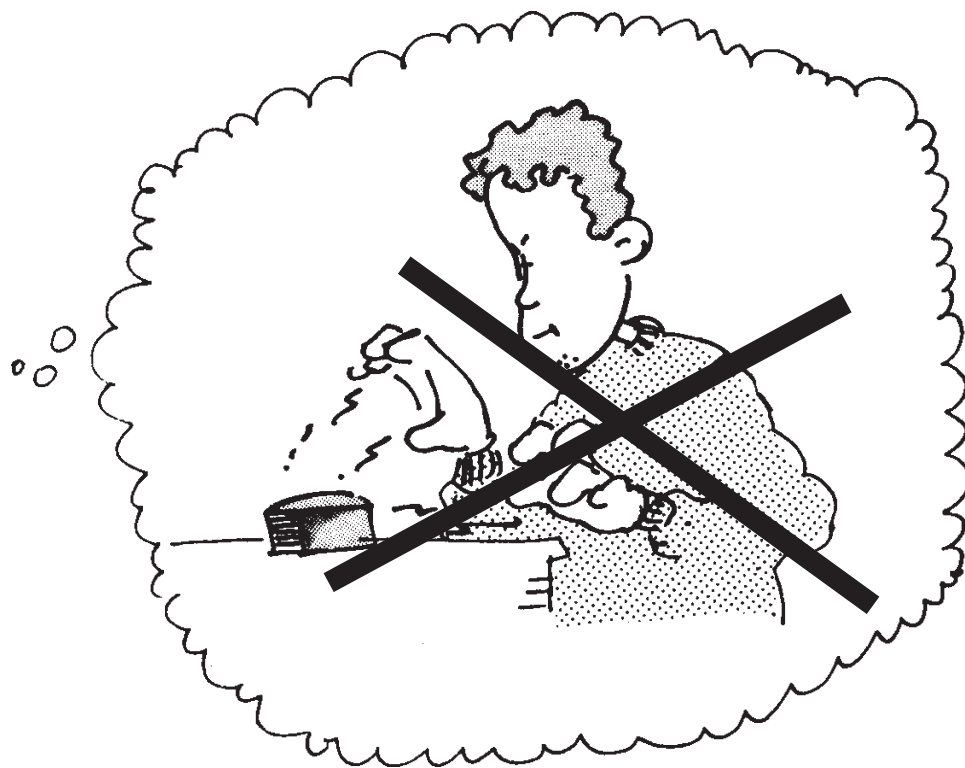
Força magnética e corrente elétrica

Nesta aula você vai
saber como
é explicada a origem
da força que move os
motores, campainhas
e galvanômetros.



Movimentar ar e produzir vento quente ou frio, mover rodas, mexer ponteiros, rodar pás, misturar massas, lixar, fazer furos... Pegue uma cadeira, sente-se e vire a página. Você vai conhecer como o funcionamento dessas coisas é explicado.

Chegou a hora!



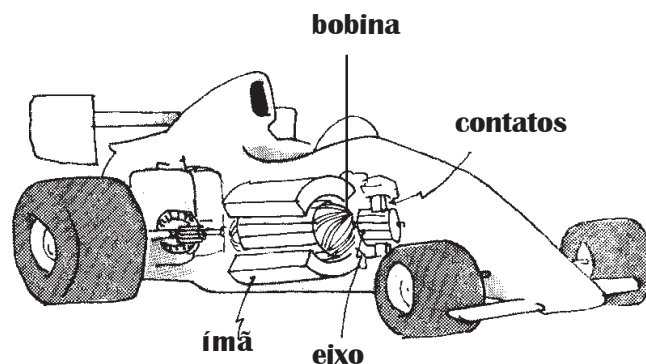
Nas aulas anteriores estudamos o princípio de funcionamento dos motores elétricos, da campainha e do galvanômetro. Em todos eles está presente o efeito magnético da corrente elétrica. Vejamos agora com mais detalhes o conteúdo físico envolvido.

O giro do eixo dos motores elétricos e também o do ponteiro do galvanômetro indica uma interação entre uma bobina com um ímã ou entre uma bobina com uma outra bobina, dependendo das partes de que eles são feitos.

Essa interação decorre do fato de que tanto um ímã como uma bobina com corrente elétrica criam no espaço ao redor um campo magnético. Em razão disso, a interação entre eles, que torna possível a obtenção do movimento, se dá ainda que não haja contato. Do mesmo modo podemos entender a atração ou a repulsão observada entre dois ímãs.

interação bobina-ímã

1. Quando em um motorzinho de brinquedo encontramos um ímã fixado à carcaça do motor e uma bobina fixada ao eixo, o primeiro cria campo magnético na região onde se encontra a bobina.

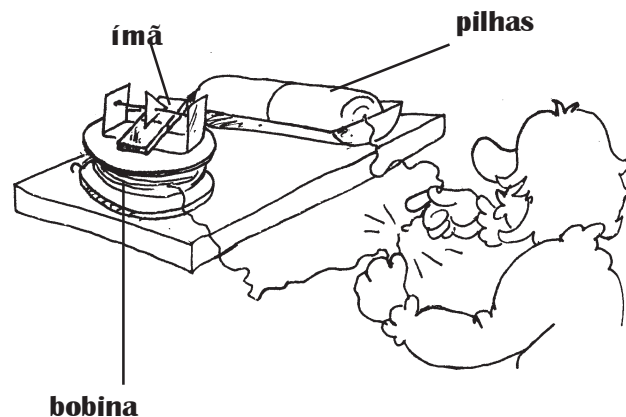


Quando o circuito é fechado, uma corrente passa a existir na bobina, criando um outro campo magnético na região onde se encontra o ímã.

A partir desse momento há interação entre o ímã e a bobina com corrente, isto é, cada um "sente" o campo magnético criado pelo outro. Isso significa que cada um deles fica sujeito a uma força cuja natureza é magnética.

Como somente o que está fixado ao eixo tem mobilidade para se mover, no caso do motor do carrinho é a bobina junto com o eixo que gira. E esse movimento é efeito da ação da força magnética sobre a bobina.

2. No galvanômetro como o montado na aula 16, a bobina era fixada à base, o ímã colocado junto ao ponteiro e ambos fixados ao eixo.

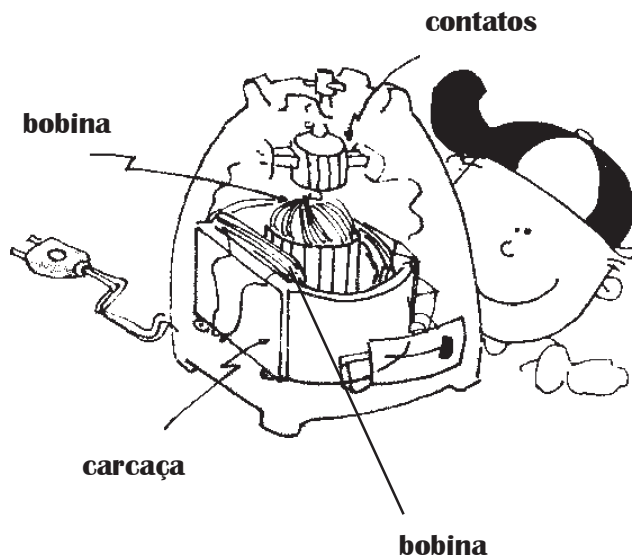


O ímã cria um campo magnético na região onde se encontra a bobina, e a partir do momento em que há corrente elétrica nela, ambos ficam sujeitos a uma força de natureza magnética, e como a bobina está fixada ela não se move. Já o ímã entra em movimento, e como ele está preso ao eixo, ele gira.

Comparando-se o princípio de funcionamento do motorzinho do carrinho e do galvanômetro, podemos perceber que tanto o ímã como a bobina com corrente podem entrar em movimento quando estão próximos um do outro. Nos dois casos, é a ação da força magnética que os movimentam.

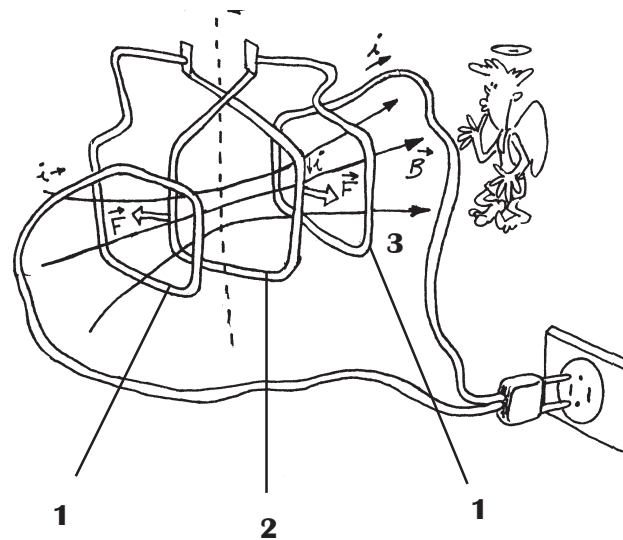
interação bobina-bobina

Nos liquidificadores, furadeiras, batedeiras... os motores elétricos não apresentam ímãs, conforme verificamos na aula 14. Em seu lugar e desempenhando a mesma função encontramos bobinas, tanto no eixo como fora dele.



Quando um motor desse tipo é colocado em funcionamento, passa a existir corrente elétrica nas bobinas presas à carcaça e também em uma das bobinas fixas no eixo. Cada uma delas cria na região um campo magnético. As duas primeiras têm a função de criar um campo magnético na região onde se encontra o eixo. A bobina com corrente fixada ao eixo vai "sentir" esse campo magnético, isto é, sobre ela vai atuar a força magnética, e por isso ela gira junto com o eixo.

Para visualizar, podemos imaginar que cada uma dessas bobinas tem apenas uma volta, conforme ilustra a figura.



Veja na figura que a corrente elétrica na bobina fixada ao eixo fica sujeita a um par de forças magnéticas e, por isso, faz o giro do eixo. Se houvesse apenas essa bobina, o giro não seria completo, pois as forças não moveriam a bobina quando elas tivessem a mesma direção do campo magnético. É por isso que no eixo do motor existem várias bobinas em vez de uma só. No momento certo uma delas é ligada, passa a ter corrente elétrica e a força magnética gira a bobina. Posteriormente ela é desligada, e uma outra é ligada e recebe a força. Desse modo o giro contínuo é obtido.

Em conclusão, pelo funcionamento do motor feito apenas com bobinas tanto na parte fixa como no eixo, podemos ressaltar que duas bobinas com corrente elétrica interagem, isto é, ambas criam campo magnético e cada uma delas "sente" o campo da outra.

1. bobinas fixas na carcaça

2. bobina fixa ao eixo

3. linhas do campo magnético criado pelas bobinas fixas

Note que a força magnética é perpendicular à corrente no fio e também ao campo magnético criado pelas bobinas fixas (1)

exercitando...

1. Identifique o que "sente" o campo magnético e entra em movimento nos seguintes aparelhos:

- galvanômetro
- liquidificador
- motor do carrinho de autorama

2. Analise as afirmações abaixo dizendo se são verdadeiras ou falsas e justifique sua resposta:

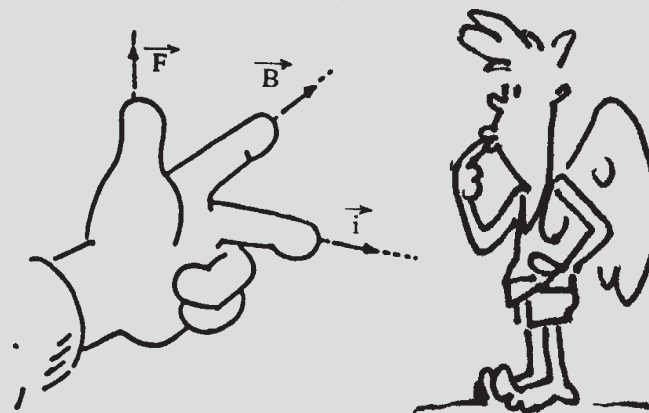
- "A obtenção de movimento a partir da eletricidade, só pode ser feita se o ímã for colocado na parte fixa e a bobina na parte móvel, uma vez que só ela pode sentir o campo magnético criado por ele."
- "Dois fios com corrente elétrica paralelos entre si ficam sujeitos a forças magnéticas."
- "No momento em que a bobina presa ao eixo é desligada, o campo magnético criado por ela não deixa de existir."
- "A explicação do funcionamento de um motor que contém apenas bobinas é diferente da dos motores que têm ímãs e bobinas."

3. Resolva o teste: A corrente elétrica que passa por um fio metálico, condutor:

- só produz campo magnético;
- só produz campo magnético no interior do fio;
- apresenta no condutor o efeito joule e produz um campo magnético ao redor do fio;
- produz campo magnético somente se a corrente for variável.

O SENTIDO DA FORÇA MAGNÉTICA

A força magnética tem um sentido que é sempre perpendicular ao plano formado pela corrente elétrica e pelo campo magnético. Podemos descobrir sua direção e sentido usando a mão esquerda disposta conforme a figura.



Veja que o dedo médio indica o sentido da corrente elétrica, o dedo indicador o campo magnético e o dedo polegar o sentido da força magnética. Desse modo, "armando" a mão desse jeito, de preferência sem deixar que o vejam nessa situação para que não parem suspeitas sobre você, poderá descobrir o sentido da força magnética.

Treine o uso da mão e descubra a força magnética nas situações abaixo:

a. força sobre um fio com corrente elétrica para a direita e campo magnético entrando no plano do papel (fig. 1)

b. força sobre um fio com corrente elétrica para a esquerda e campo magnético saindo do plano do papel (fig. 2)

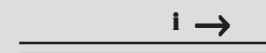


fig. 1
Esse símbolo representa o campo B "entrando" perpendicularmente no papel.



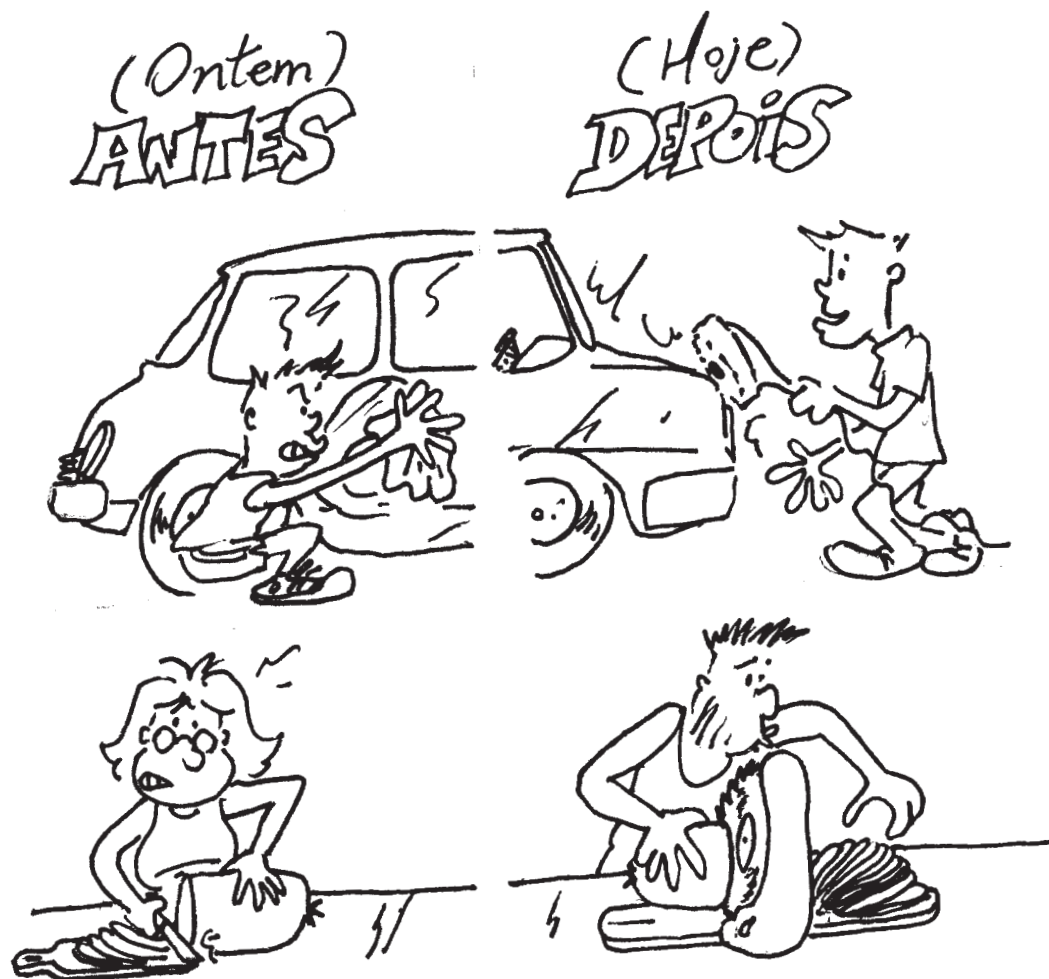
fig. 2

—18—

Força e campo magnéticos

Como se calcula a força magnética e como se explica a origem do campo magnético você vai aprender nesta aula.

Atualmente podemos deixar de realizar manualmente uma série de trabalhos no dia-a-dia: picar, mexer, moer, lustrar, furar, girar, torcer, fatiar... . Adivinha quem é que dá aquela força?



O cálculo da força magnética

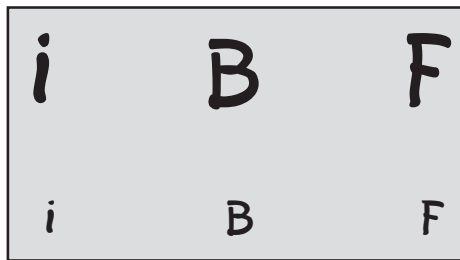
A produção de movimento a partir da eletricidade nos motores elétricos, campainhas, galvanômetros etc. envolve o surgimento de um campo magnético numa certa região e a existência de um fio condutor com corrente elétrica colocado nessa mesma região. Nessa situação, o fio com corrente fica sujeito a uma força magnética e entra em movimento.

Note que o surgimento da força depende da existência do campo magnético e da corrente elétrica. Esse campo magnético não é o criado por essa corrente elétrica no fio em que a força atua. Ela não "sente" o próprio campo magnético, mas o campo criado por outro.

Além disso, a intensidade da força magnética depende do valor do campo e da corrente:

F proporcional a **i**

F proporcional a **B**



Ou seja, a força magnética é diretamente proporcional à corrente elétrica e ao campo magnético. Além disso, influi também o tamanho do trecho do fio que está no campo magnético.

A expressão matemática que relaciona o valor da força com o do campo e da corrente é:

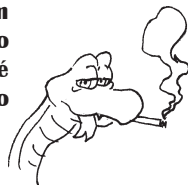
F é a força magnética

B é o campo magnético

i é a corrente elétrica

L é o trecho do fio

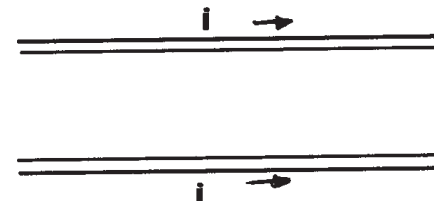
$$F = B \cdot i \cdot L$$



Se a força é medida em newton, a corrente em ampère e o comprimento do fio em metros, qual é a unidade do campo magnético?

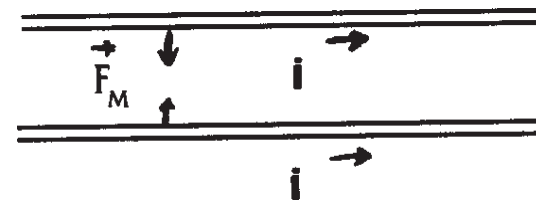
Ela só vale quando o campo magnético faz um ângulo de 90° com a corrente elétrica no fio.

Vejam a sua utilização em um exemplo bastante simples: o de dois trechos de fios paralelos com corrente elétrica de mesmo valor e sentido, conforme ilustra a figura.

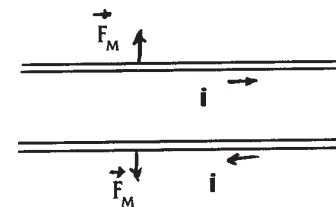


Cada corrente cria um campo magnético ao seu redor e uma sente o campo criado pela outra. O resultado é que os dois trechos de fio ficam sujeitos a uma força magnética. Supondo que o valor da corrente elétrica nos fios seja $2A$, o campo onde cada fio se encontra vale $5 \cdot 10^{-7} N/A \cdot m$ e que o trecho de fio tenha $10 m$ de comprimento, o valor da força será: $F = B \cdot i \cdot L = 5 \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10 = 100 \cdot 10^{-7} = 1 \cdot 10^{-5} N$.

A força magnética em cada fio é perpendicular à corrente e ao campo magnético. Nesse caso em que as correntes têm mesmo sentido, as forças fazem os fios se atraírem.



Se as correntes elétricas nos fios tiverem sentidos opostos, as forças magnéticas farão os fios repelirem-se.

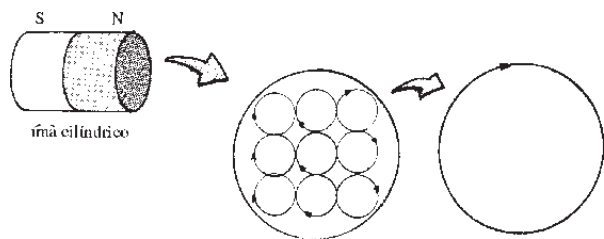


A atração ou a repulsão entre dois fios paralelos que tenham corrente elétrica elétrica têm a mesma natureza das atrações e repulsões entre ímãs. Isso porque ambos, fio com corrente elétrica e ímãs, criam campo magnético no espaço ao redor.

Se no caso dos fios e bobinas está claro que a origem do campo magnético é atribuída à corrente elétrica, como se explica a origem do campo magnético nos ímãs?

A origem do campo magnético nos ímãs

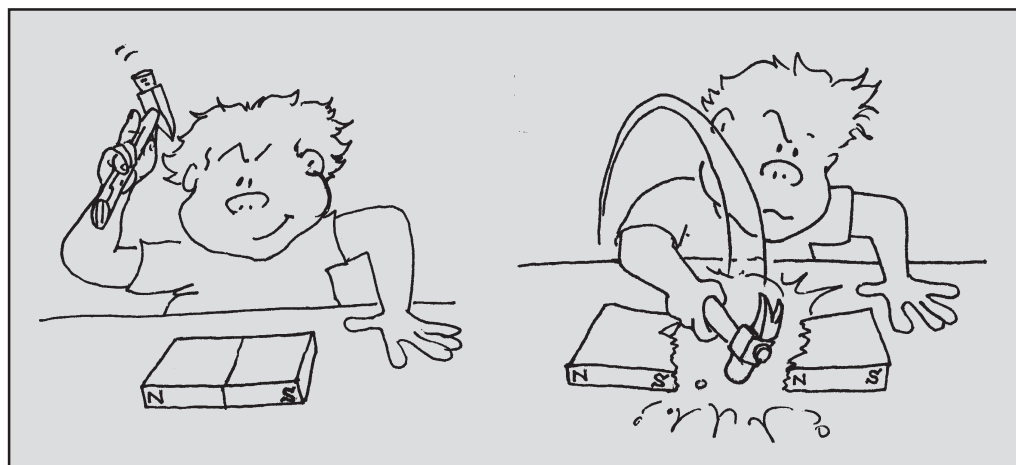
O campo magnético criado pelos ímãs, ainda que possa parecer estranho, também se deve às correntes elétricas existentes no seu interior ao nível atômico. Elas estão associadas aos movimentos dos elétrons no interior dos átomos. Apesar de estarem presentes em todos os materiais, nos ímãs o efeito global dessas correntes atômicas não é zero e corresponde a uma corrente sobre a sua superfície, conforme ilustra a figura.



Assim, podemos pensar que o campo magnético criado pelo ímã deve-se ao conjunto de correntes elétricas em sua superfície. Em conseqüência, o ímã com formato cilíndrico pode ser considerado como análogo a uma bobina com corrente elétrica no fio.

É possível separar os pólos de um ímã?

Poderíamos pensar em conseguir essa separação quebrando-se um ímã ao meio. Se fizermos isso, veremos que cada pedaço forma dois ímãs novos com os dois pólos norte e sul.



Embora com menor intensidade, os dois novos ímãs têm pólo norte e sul, o que indica que não podemos separá-los. Isso continuará a acontecer se o processo de quebra for adiante.

O mesmo também acontece quando o campo magnético é criado por uma corrente elétrica na bobina: se formos diminuindo o número de voltas de fio na bobina, haverá sempre a formação dos dois pólos. Além disso, nos dois casos, as linhas do campo magnético são linhas fechadas.

Essa semelhança no efeito magnético dos ímãs e das bobinas é explicada pela idêntica origem do campo magnético: em ambos, tal campo é devido a correntes elétricas.

exercitando...

1. Calcule a força magnética que age sobre um fio de 0,5 m de comprimento que se encontra num campo magnético cujo valor é $0,5 \cdot 10^{-2} \text{ N/A.m}$ quando:

a. a corrente elétrica vale 0,2A e o fio está perpendicular ao campo;

b. a corrente é nula.

2. Em um fio condutor de 2,5 m de comprimento, há uma corrente elétrica de 1,5A e age uma força magnética de $2,0 \cdot 10^{-5} \text{ N}$. Supondo que o ângulo entre o fio e o campo magnético seja 90° , calcule a sua intensidade.

3. Qual o valor da corrente elétrica que existe num fio de 1,5 m de comprimento que se encontra numa região cujo campo magnético vale 10^{-3} N/A.m e sofre uma força de 10^{-2} N . Considere 90° o ângulo entre a corrente e o campo.

4. Como é explicada a origem do campo magnético nos ímãs?

5. Analise as afirmações abaixo e diga se são verdadeiras ou falsas.

a. o campo magnético produzido por bobinas deve-se à corrente elétrica em seus fios;

b. o fato de as linhas do campo magnético serem fechadas está relacionado com o fato de não ser possível separar os pólos magnéticos norte e sul.

c. a intensidade da força magnética sobre um fio só depende diretamente da corrente elétrica no fio.

d. quando dois fios paralelos têm corrente elétrica de sentidos opostos, eles são repelidos devido à ação da força elétrica entre eles.

teste seu vestibular

1. Dentre os aparelhos ou dispositivos elétricos abaixo, é uma aplicação prática do eletromagnetismo:

- a. a lâmpada b. o chuveiro c. a campainha
d. a torradeira e. o ferro de passar

2. Considerando-se que a Terra se comporta como um gigantesco ímã, afirma-se que:

I. o pólo norte geográfico da Terra é o pólo sul magnético;

II. os pólos magnéticos e geográficos da Terra são absolutamente coincidentes;

III. uma agulha imantada aponta seu pólo sul para o pólo norte magnético da Terra.

Assinale a alternativa correta:

- a. as afirmativas I e II são verdadeiras;
b. as afirmativas I e III são verdadeiras;
c. as afirmativas I, II e III são verdadeiras;
d. apenas a afirmativa II é verdadeira;
e. apenas a afirmativa III é verdadeira;

3. Sabemos que os ímãs produzem, em torno de si, um certo campo magnético. Sabemos ainda que os ímãs possuem dois pólos: um pólo norte e um pólo sul. Se dividirmos um ímã ao meio, podemos dizer que:

- a. os pólos do ímã serão separados;
b. por mais que se divida um ímã, ele conservará seus pólos;
c. não se pode dividir um ímã;
d. as alternativas **a** e **b** estão corretas.

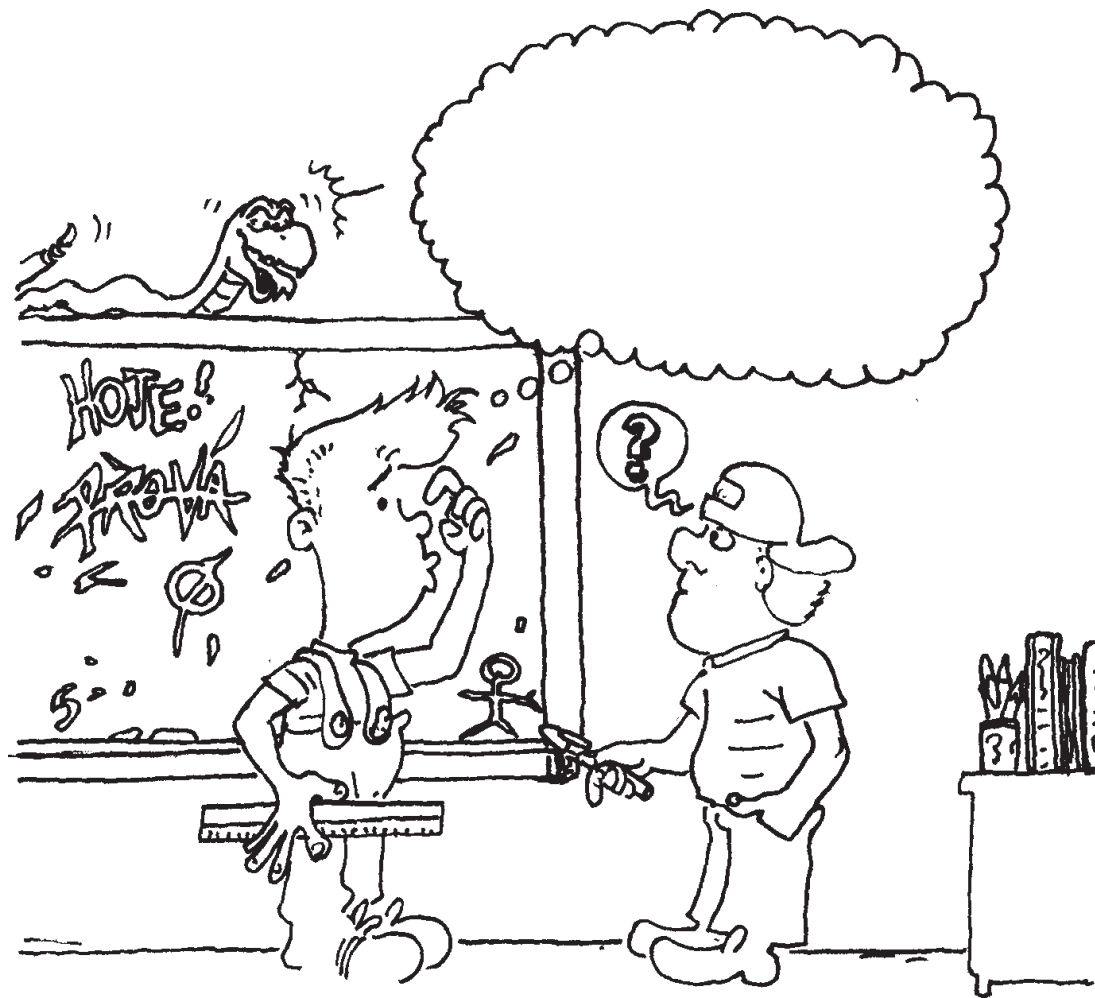
—19—

Exercícios

É hora de fazer uma revisão e também de aprender a fazer o cálculo do campo magnético produzido pela corrente elétrica em algumas situações.

EXEXEXEXEXERCÍCIOS

(Ímãs e motores elétricos)

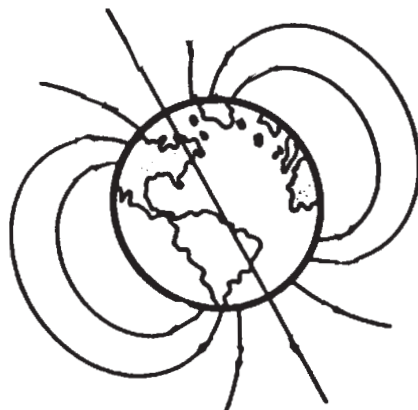


Exercícios: ímãs e motores elétricos

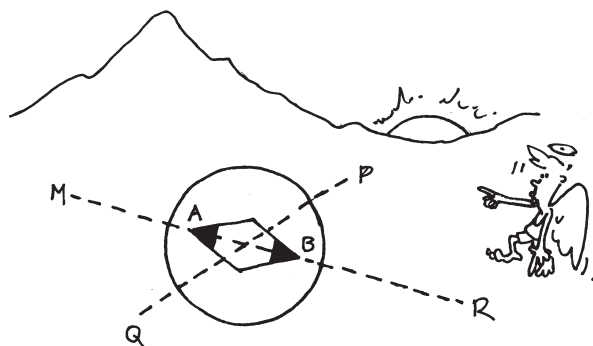
1. Quando aproximamos uma bússola de um fio em que circula uma corrente, a agulha da bússola pode sofrer uma deflexão ou pode não sofrer deflexão. Explique.

2. Um fio condutor de eletricidade está embutido em uma parede. Uma pessoa deseja saber se existe, ou não, uma corrente contínua passando pelo fio. Explique como ela poderá verificar este fato usando uma agulha magnética.

3. Na figura são representadas algumas linhas do campo magnético terrestre. Indique, com setas, o sentido dessas linhas e responda: no pólo norte geográfico elas estão "entrando" na superfície da Terra ou "saíndo"? Explique.



4. Sabe-se que o Sol mostrado na figura deste exercício está nascendo; responda:



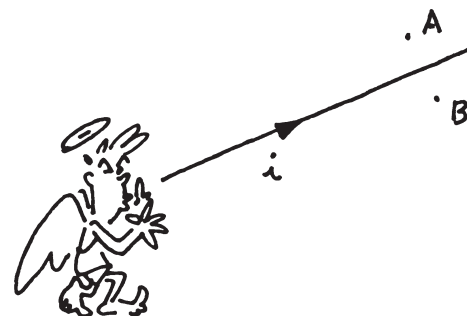
a) Dos pontos M, P, Q e R, qual deles indica o sentido do norte geográfico?

b) Observe os pontos A e B indicados na bússola e diga qual deles é o pólo norte e qual é o pólo sul da agulha magnética.

5. Sabe-se que a Lua, ao contrário da Terra, não possui um campo magnético. Sendo assim, poderia um astronauta se orientar em nosso satélite usando uma bússola comum? Explique.

6. Alguns galvanômetros possuem uma escala cujo zero é central. Seu ponteiro pode sofrer deflexão para a direita e para a esquerda do zero, dependendo do sentido da corrente. Como se explica seu funcionamento?

7. A figura representa um fio com corrente e o seu sentido. Indique o sentido do campo magnético nos pontos A e B.



8. Faça uma descrição de uma campainha do tipo cigarra e explique seu funcionamento com base nos seus conhecimentos de eletromagnetismo. Se quiser faça um desenho

9. Qual é a finalidade de um núcleo de ferro no eletroímã de uma campainha?

10. Num motor de liquidificador, o fio do enrolamento do estator é visivelmente mais grosso do que o do rotor. Qual a explicação para esse fato?

Vamos aprender a calcular o campo magnético em três situações:

Campo magnético no centro de uma espira circular

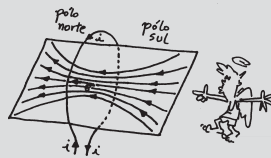
O vetor indução magnética \vec{B} no centro de uma espira tem as seguintes características:

- a) **direção:** perpendicular ao plano da espira
- b) **sentido:** determinado pela regra da mão direita

c) **intensidade:** $B = \frac{\mu}{2} \cdot \frac{i}{R}$

Para N voltas,

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

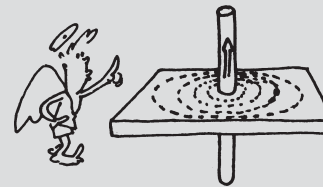


Campo magnético de um fio condutor reto

O vetor indução magnética \vec{B} num ponto P, à distância r do fio, tem as seguintes características:

- a) **direção:** tangente à linha de indução que passa pelo ponto P
- b) **sentido:** determinado pela regra da mão direita
- c) **intensidade:**

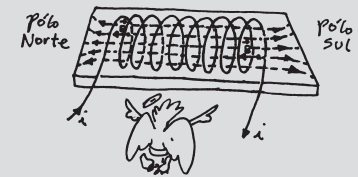
$$B = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{i}{r}$$



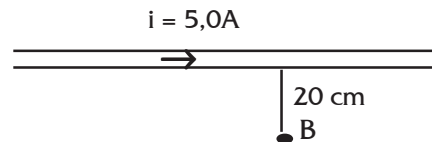
Campo magnético no interior de um solenóide

No interior do solenóide, o vetor indução magnética \vec{B} tem as seguintes características:

- a) **direção:** do eixo do solenóide
- b) **sentido:** determinado pela regra da mão direita
- c) **intensidade:** $B = \mu \cdot \frac{N}{l} \cdot i$



11. Um fio retilíneo muito longo, situado num meio de permeabilidade absoluta $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$, é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade $i = 5,0\text{A}$. Considerando a figura ao lado um fio no plano do papel, caracterizar o vetor indução magnética no ponto P, situado nesse plano.

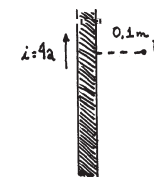


12. A espira condutora circular esquematizada tem raio $2\pi \text{ cm}$, sendo percorrida pela corrente de intensidade $8,0\text{A}$ no sentido indicado. Calcule o valor do campo magnético no seu centro.



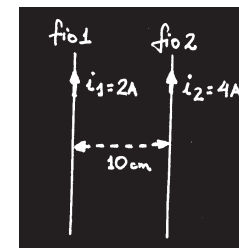
13. Uma bobina é formada de 40 espiras circulares de raio $0,1 \text{ m}$. Sabendo que as espiras são percorridas por uma corrente de 8A , determine a intensidade do vetor indução magnética no seu centro.

14. Um solenóide é constituído de 600 espiras iguais, enroladas em 10 cm . Sabendo que o solenóide é percorrido por uma corrente de $0,2\text{A}$, determine a intensidade do vetor indução magnética no seu interior.



15. Determine a intensidade do campo magnético no ponto P indicado na figura.

16. Dois fios retos e paralelos são percorridos pelas correntes com intensidades i, conforme a figura.



a) Desenhe o campo magnético que a corrente (1) causa no fio (2) e vice-versa.

b) calcule o valor do campo magnético no local onde se encontra cada fio.

Teste seu vestibular...

1. São dadas três barras de metal aparentemente idênticas: AB, CD e EF. Sabe-se que podem estar ou não imantadas, formando, então, ímãs retos. Verifica-se, experimentalmente, que:

- a extremidade A atrai as extremidades C e D;
- a extremidade B atrai as extremidades C e D;
- a extremidade A atrai a extremidade E e repele a F.

Pode-se concluir que:

- a) () a barra AB não está imantada
- b) () a barra CD está imantada
- c) () a extremidade E repele as extremidades A e B
- d) () a extremidade E atrai as extremidades C e D
- e) () a extremidade F atrai a extremidade C e repele a extremidade D

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

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

3. Um solenóide de 5 cm de comprimento apresenta 20 mil espiras por metro. Sendo percorrido por uma corrente de 3A, qual é a intensidade do vetor indução magnética em seu interior? (dado: $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$)

- a) () $0,48 \pi \text{ T}$
- b) () $4,8 \cdot 10^{-3} \pi \text{ T}$
- c) () $2,4 \cdot 10^{-2} \pi \text{ T}$
- d) () $3,0 \cdot 10^{-12} \pi \text{ T}$
- e) () n.d.a

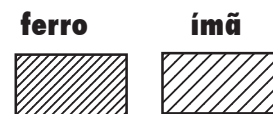
4. Considerando o elétron, em um átomo de hidrogênio, como sendo uma massa puntual, girando no plano da folha em uma órbita circular, como mostra a figura, o vetor campo magnético criado no centro do círculo por esse elétron é representado por:

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



5. Um pedaço de ferro é posto nas proximidades de um ímã, conforme a figura ao lado. Qual é a única afirmação correta relativa à situação em apreço?

- a) () é o ímã que atrai o ferro
- b) () é o ferro que atrai o ímã
- c) () a atração do ferro pelo ímã é mais intensa que a atração do ímã pelo ferro
- d) () a atração do ímã pelo ferro é mais intensa do que a atração do ferro pelo ímã
- e) () a atração do ferro pelo ímã é igual à atração do ímã pelo ferro



6. Quando um ímã em forma de barra é partido ao meio, observa-se que:

- a) () separamos o pólo norte do pólo sul
- b) () obtemos ímãs unipolares
- c) () damos origem a dois novos ímãs
- d) () os corpos não mais possuem a propriedade magnética
- e) () n.d.a.