



Caro(a) aluno(a),

O estudo sobre eletricidade e magnetismo prossegue neste volume, em que você aprenderá a importante relação existente entre esses dois ramos da Física. Você irá compreender como ocorre essa associação entre eletricidade e magnetismo, o que culminará no estudo do eletromagnetismo.

O desenvolvimento de pesquisas sobre eletromagnetismo permitiu o surgimento de motores e geradores elétricos, que impulsionaram, de forma incrível, o avanço científico e tecnológico da humanidade, dando continuidade aos processos iniciados na primeira Revolução Industrial.

Você aprenderá os conceitos físicos básicos envolvidos no funcionamento dos motores e geradores, e nos processos de transformação de energia – assunto estudado nas séries anteriores – que ocorrem nos dois casos: energia elétrica produzindo movimento, caso do motor elétrico, e movimento produzindo energia elétrica, caso do gerador. Na sequência, você estudará o funcionamento das usinas hidrelétricas, em que a energia potencial gravitacional é transformada em energia cinética, que, por sua vez, graças ao gerador, é transformada em energia elétrica. Estudará também a maneira como essa energia chega até sua casa.

Por fim, esse estudo permitirá discussões sobre o uso racional da energia elétrica considerando questões relacionadas ao meio ambiente e ao desenvolvimento econômico sustentável. Como no Brasil a produção de energia em grande escala se dá por meio de usinas hidrelétricas, essa análise é fundamental para que você desenvolva sua cultura científica e possa formar, assim, uma opinião pessoal sobre a melhor maneira de utilizar essa energia, o uso de energias alternativas, os investimentos nessa área e os impactos ambientais, considerando as vantagens e as desvantagens de todo o processo.





Este Caderno apresenta sugestões de atividades práticas e experimentais de investigação, pesquisa de campo e consultas a *sites*, livros, revistas e filmes, dando atenção à evolução de modelos teóricos, à linguagem matemática e a leis e conceitos estudados em Física, necessários ao domínio dos conhecimentos propostos nesta etapa. Tudo isso com a devida coordenação e orientação de seu professor.

Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas – CENP
Secretaria da Educação do Estado de São Paulo
Equipe Técnica de Ciências da Natureza



TEMA 1:

CAMPOS E FORÇAS ELETROMAGNÉTICAS

O mundo moderno está repleto de fenômenos, processos e situações que envolvem propriedades elétricas e magnéticas da matéria, nem sempre percebidas diretamente. Por que uma bússola aponta sempre para o norte? Por que é necessário utilizar para-raios nas edificações? Como uma usina hidrelétrica produz energia a partir do movimento de queda da água? As respostas para essas questões envolvem conhecimentos de eletricidade e magnetismo. O estudo dos campos elétricos e magnéticos, sua origem, interação com a matéria e relevância na tecnologia moderna constituem os conteúdos escolhidos para tratarmos aqui.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 CONHECENDO AS LINHAS DE CAMPO MAGNÉTICO DE UM ÍMÃ

O ímã é um objeto interessante, por suas propriedades de atração e repulsão. Quem nunca brincou com ímãs tentando atrair alguns metais? Ou ainda tentando atrair/repelir outro ímã? Já vimos que a atração ou a repulsão ocorrem por causa do campo magnético do ímã. Mas seria possível visualizar esse campo magnético? Para responder a essa questão e a outras que surgirão, realize a atividade seguinte.



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Conhecendo as linhas de campo do ímã

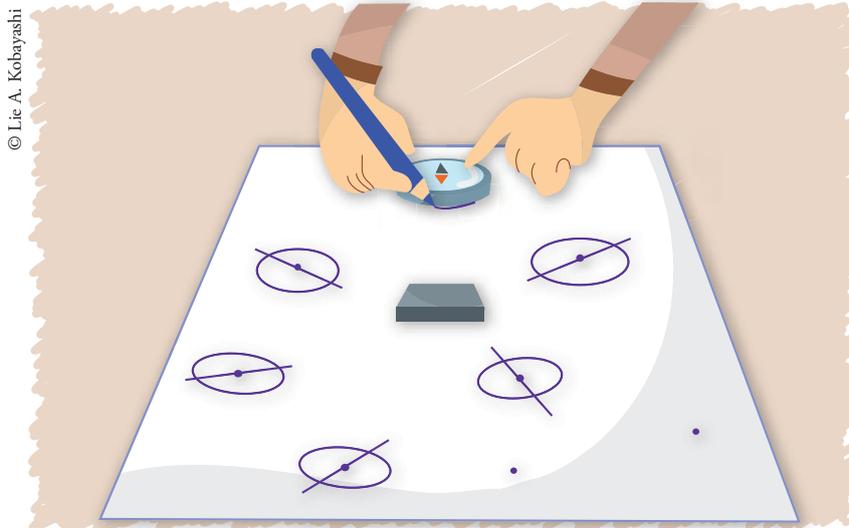
Materiais

- um ímã em forma de barra e ímãs de outros formatos; se possível, um circular;
- uma bússola;
- um pouco de limalha de ferro;
- uma folha de papel em branco.

1ª Parte – O que fazer?

Mãos à obra!

1. Fixe o papel na carteira/mesa e coloque o ímã sobre ele.
2. Marque o contorno do ímã no papel. Evite aproximar materiais metálicos para não prejudicar suas observações.
3. Em seguida, aproxime a bússola do ímã até que ela sofra a ação do campo (aproximadamente a 10 cm do ímã).
4. Marque a direção da agulha da bússola, conforme mostra a figura.
5. Repita esse procedimento em cerca de dez pontos diferentes, procurando atingir toda a área ao redor do ímã.



Dica: para observar melhor, deixe a bússola no mínimo a uma distância de 2 a 3 centímetros do ímã.

Baseando-se nos resultados do experimento, responda:

1. É possível, para cada ponto que você tomou, traçar mais de uma direção da agulha da bússola?



2. Com base nas observações feitas, você consegue prever a direção da agulha em outros pontos sem fazer novas medidas? Coloque a bússola sobre um desses pontos e veja se sua previsão está correta.

2ª Parte – O que fazer?

Mãos à obra!

1. Agora coloque sobre a mesa um ímã em forma de barra.
2. Cubra-o com uma folha de papel sulfite e espalhe sobre ela um pouco de limalha de ferro. A limalha deve ser espalhada uniformemente sobre o papel.
3. Faça em seu caderno um desenho simplificado que reproduza a figura que apareceu sobre a folha de papel.
4. Repita os procedimentos anteriores com um ímã circular e desenhe em seu caderno a figura que aparece com as limalhas de ferro.

Analisando os resultados do experimento, responda:

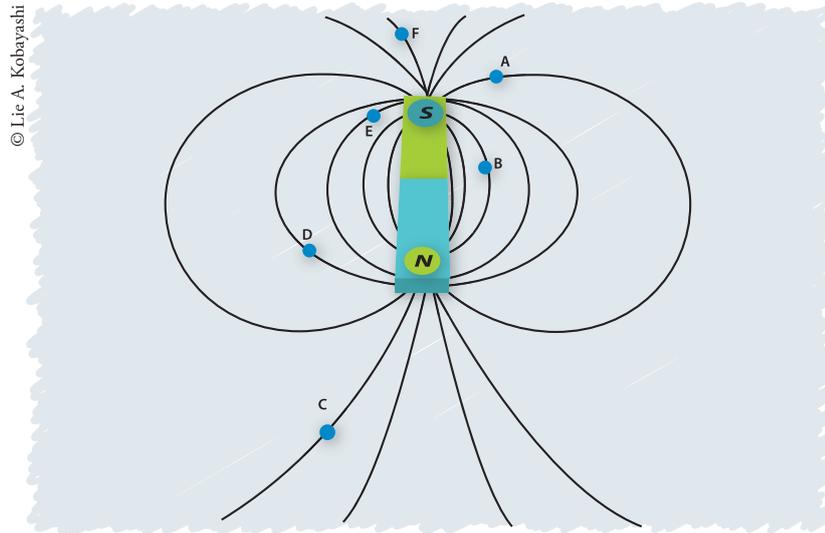
1. Que relação existe entre as direções que foram traçadas com a bússola e as figuras formadas com a limalha de ferro?

2. Conhecidas as linhas de campo com o alinhamento da limalha, é possível determinar a direção que assumiria a agulha da bússola? Explique como.

3. É possível determinar o polo norte e o polo sul do ímã? Como?



4. Marque na figura a direção da agulha da bússola em cada um dos pontos identificados pelas letras de A a F.



Agora que você visualizou o campo magnético do ímã e trabalhou com as questões de análise do experimento, responda à pergunta feita na introdução da Situação de Aprendizagem:

5. É possível visualizar o campo magnético de um ímã?

VOCÊ APRENDEU?

1. As linhas de campo são as únicas formas de representar o campo magnético de um ímã? Cite outras.

2. Pode-se falar que a Terra é um grande ímã? Explique sua resposta.



3. Explique o que representa a orientação da agulha da bússola, a partir das evidências discutidas no experimento.



LIÇÃO DE CASA



1. Carga elétrica é uma propriedade da matéria que se apresenta de duas formas distintas: positiva e negativa. Na natureza, podemos encontrar objetos carregados negativamente e objetos carregados positivamente; portanto, é possível que cargas negativas sejam encontradas separadas ou na ausência de cargas positivas. Ocorre o mesmo com os polos magnéticos dos ímãs? Um polo sul pode existir sem haver um polo norte? Explique.

2. Se você quebrar um ímã ao meio, o que acontecerá ao tentar uni-lo novamente? Explique sua resposta.

3. Pegue uma garrafa PET, encha com água e acrescente um pouco de limalha de ferro. Agite-a e, em seguida, aproxime um ímã. Observe o que ocorre e responda: as linhas de campo são iguais àquelas que apareceram no experimento realizado em sala de aula? O que diferencia uma situação da outra?

4. Escreva com suas palavras por que a agulha da bússola aponta sempre para o norte.



5. Um ímã sempre possui um polo norte e um polo sul. Essa afirmação é correta? Explique.

6. Suponha que um de seus colegas afirmou que uma bússola é um detector de objetos magnéticos. Você concorda com ele? Explique.



Desafio!

É comum ler recomendações em cartões de banco dizendo: mantenha o cartão distante de objetos magnéticos. Essa informação está relacionada com a perda de informações presentes no cartão devido ao campo magnético dos ímãs. A partir disso, reflita sobre como é possível manter essas informações armazenadas no cartão a despeito da presença do campo magnético da Terra.



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Construa sua própria bússola

É fácil construir uma bússola. Para isso, você vai precisar de:

Materiais

- um copo ou uma xícara;
- uma agulha de costura;
- um pedaço de rolha ou isopor;
- um ímã.

Mãos à obra!

1. Encha o copo (xícara) um pouco mais que a metade.
2. Fixe a agulha no pedaço de rolha ou no isopor.
3. Esfregue o ímã na agulha sempre na mesma direção para imantá-la.
Cuidado: se você encostar na agulha, poderá desmagnetizá-la.
4. Coloque a rolha dentro do copo de forma a manter a agulha fora da água. Assim, ela poderá se movimentar em direção ao norte ou ser orientada por um ímã próximo.

**PARA SABER MAIS****Livros**

- GONÇALVES FILHO, Aureliano; TOSCANO, Carlos. *Física*. São Paulo: Scipione, 1997. O texto *Bússola e campo magnético da Terra* discute a questão relacionada à direção da bússola com o campo magnético da Terra. Em *Inexistência do monopolo magnético* encontra-se um breve texto que discute a impossibilidade da existência de um polo magnético separado do outro.

Filme

- *O núcleo* – missão ao centro da Terra (*The core*). Direção: Jon Amiel. EUA, 2003. 135min. 14 anos. O geofísico Dr. Josh Keyes (Aaron Eckhart) descobre que um experimento fracassado fez o movimento de rotação da Terra cessar. Com a rápida deterioração do magnetismo na Terra, a atmosfera começa a se desfazer, o que é fatal para os seres vivos do planeta. Para tentar resolver a crise, Keyes reúne os melhores cientistas do mundo para entrar no centro da Terra e reativar a rotação.

Sites (Acessos em: 2 dez. 2009)

- Magnetismo terrestre. Disponível em:
<http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/campo_magnetico/mag_terrestre/>.
- Simulação do campo magnético de um ímã. Disponível em:
<http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Magnet_and_Compass>.



PESQUISA INDIVIDUAL

Faça uma pesquisa sobre quais os seres vivos que se utilizam do magnetismo para se localizar, um fenômeno conhecido também como biomagnetismo. Informe-se também sobre a origem do magnetismo nos materiais e registre suas conclusões em seu caderno.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2 CAMPO MAGNÉTICO DE UMA CORRENTE ELÉTRICA

É bem provável que você não tenha parado para pensar se há alguma relação entre eletricidade e magnetismo. Será que esses fenômenos estão relacionados? Para ajudá-lo a encontrar uma resposta para essa questão, vamos realizar um experimento, porém, antes de fazê-lo, tente completar a tabela a seguir, com SIM ou NÃO, utilizando seus conhecimentos sobre os fenômenos elétricos e magnéticos.

	Eletricidade	Magnetismo
Atrai objetos a certa distância		
Apresenta situações de atração e de repulsão		
Pode ocorrer quando atritado		
Pode causar choques		
Atrai apenas um reduzido número de metais		
Pode ser usado para orientação geográfica		



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Campo magnético de uma corrente elétrica

Você já notou que há semelhanças entre os fenômenos elétricos e os magnéticos? Corpos eletrizados e magnetizados podem gerar atração e repulsão. Nos dois casos, essa interação ocorre a distância. Será que existem outras semelhanças entre ambos? Faça o experimento e anote em seu caderno as suas observações.

Materiais

- uma bússola;
- duas pilhas pequenas de 1,5 V;
- um pouco de limalha de ferro;
- uma cartolina ou um pedaço de papelão rígido para apoio;
- uma folha de papel;
- um compasso;
- um pedaço de fio metálico rígido;
- fios para conexão (opcional).

1ª Parte – O que fazer?**Mãos à obra!**

1. Prenda ou apoie uma cartolina (ou papelão) em um suporte de tal maneira que ela fique na horizontal e apoie nela uma folha de papel.
2. Faça um furo na cartolina e no papel e passe um fio condutor por ele, de modo que fique perpendicular à superfície, ou seja, na vertical.
3. Marque vários pontos próximos ao fio, formando círculos um pouco maiores do que o raio da bússola de tal forma que ela não encoste no fio. Veja a sugestão de montagem na figura.



© Fernando Favoretto

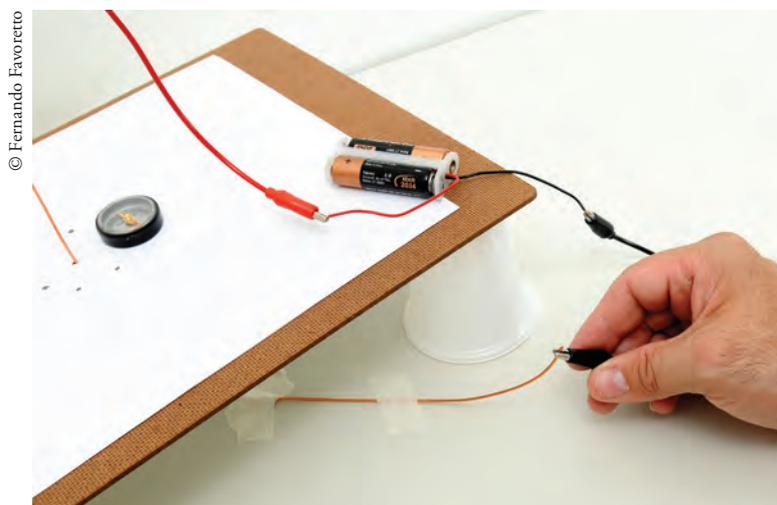
4. Em seguida, com a pilha desconectada, coloque-a sobre todos os pontos marcados, anotando em cada ponto a direção da agulha.

5. Copie neste espaço a orientação da agulha em cada ponto, indicando os polos **norte** e **sul**.

2ª Parte – O que fazer?

Mãos à obra!

1. Conecte os terminais do fio a uma pilha*.



2. Refaça o procedimento anterior, anotando a direção da agulha da bússola em cada ponto.

* No lugar da pilha, pode-se utilizar um carregador de bateria de celular que não esteja mais sendo utilizado. Mas, para isso, deve-se retirar o *plug* de saída para que dois fios possam ser ligados ao terminal do fio da experiência.



3. Copie neste espaço a orientação da agulha da bússola em cada ponto. Não deixe de indicar os polos **norte** e **sul** da bússola.

Analisando os resultados do experimento, responda:

4. A orientação da agulha permaneceu a mesma nos dois casos?

3ª Parte – O que fazer?

Mãos à obra!

1. Retire o papel e, com o auxílio de um compasso, trace circunferências com o centro no furo, passando pelos pontos em que foi colocada a bússola.
2. Recoloque o papel no suporte e espalhe um pouco de limalha de ferro sobre ele.
3. Em seguida, ligue os terminais do fio à pilha.
4. Dê leves batidas no papel, de modo a movimentar um pouco a limalha.
5. Observe o que ocorre com a limalha de ferro.





6. Faça o desenho da figura que aparece.

Analisando os resultados do experimento, responda:

1. Compare a figura deste experimento com a da Situação de Aprendizagem 1, relacionada às limalhas de ferro. A partir dessa comparação, o que você consegue concluir sobre a passagem da corrente elétrica pelo fio?

2. O que você imagina que irá ocorrer se a corrente elétrica que percorre o fio se intensificar?





3. Se a bússola for colocada a distâncias cada vez maiores em relação ao fio, o que irá ocorrer com a orientação da agulha?

4. Podemos dizer que a intensidade do campo magnético é a mesma em todos os pontos? Justifique.

5. Quais são as grandezas físicas que influenciam na intensidade do campo magnético nesse caso?

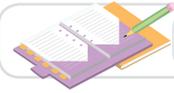
Ao final da atividade, escreva em seu caderno um relatório sintetizando suas observações e as conclusões obtidas.

Agora que verificamos que existe uma relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos, podemos retomar as questões colocadas na introdução desta Situação de Aprendizagem.

1. Quais são as semelhanças e as relações entre a eletricidade e o magnetismo?

2. Corpos eletrizados e magnetizados podem gerar atração e repulsão. Nos dois casos, essa interação ocorre a distância. Será que existem outras semelhanças entre ambos? Descreva-as se for o caso.



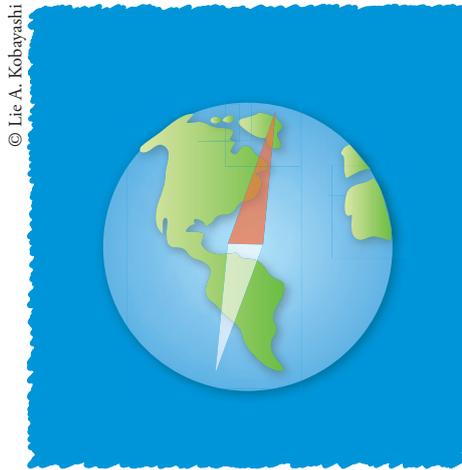


VOCÊ APRENDEU?



Utilizando-se de seu livro didático, procure responder às questões abaixo.

1. Represente na figura as linhas do campo magnético da Terra, assim como seus polos magnéticos.



© Lie A. Kobayashi

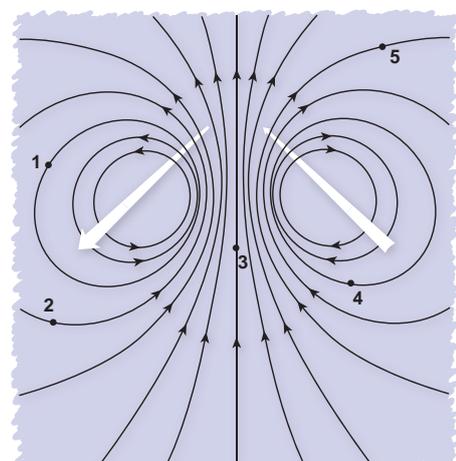
2. Qual é a relação que existe entre a corrente percorrida em um fio e o campo magnético? Escreva a expressão matemática dessa relação.



LIÇÃO DE CASA



1. Na figura, temos representadas as linhas de campo magnético de dois fios que são percorridos por correntes elétricas em sentidos contrários. Represente o vetor campo magnético nos pontos de 1 a 5.



© Lie A. Kobayashi

2. Uma corrente de intensidade i percorre um fio condutor retilíneo, criando um campo magnético B em torno dele. Se essa corrente for dobrada, o que irá ocorrer com a intensidade do campo magnético B ? Elabore sua resposta baseando-se na análise da expressão matemática pesquisada por você na seção **Você Aprendeu?** da página 16.

3. A maioria das grandezas físicas possui uma unidade de medida. Algumas podem ter mais de uma. Esse é o caso do campo magnético. Quais são as unidades de medida do campo magnético e qual é a relação entre elas?

4. Enuncie, com suas palavras, a Lei de Ampère.

5. Todo condutor que é percorrido por uma corrente elétrica tem em torno de si um campo magnético. Você concorda com essa afirmação? Explique.

6. Faça em seu caderno, com ajuda do professor, um gráfico que represente a relação entre a corrente i e o campo magnético B para um fio retilíneo. Faça o mesmo para a distância r e a intensidade do campo magnético B .



PESQUISA INDIVIDUAL

O ferro (Fe) é um elemento que possui magnetismo natural devido à configuração de seus elétrons. Por isso, a maior parte dos objetos que tem ferro em sua constituição possui algum grau de magnetismo; por exemplo, uma lata de alimento em conserva (lata de azeite ou de molho de tomate).

Aproxime uma bússola desses objetos e perceba o que ocorre. Inverta a posição do objeto para que possa perceber melhor seu magnetismo. Escolha uma lata e deixe-a guardada durante um tempo, verificando todos os dias seus polos magnéticos. Assim, você perceberá que, depois de alguns dias, os polos da lata se invertem. Tente explicar isso.



PARA SABER MAIS

Livros

- ALVARENGA, Beatriz; MÁXIMO, Antônio. *Física Ensino Médio*. v. 3. São Paulo: Scipione, 2008. O texto *Influência do meio no valor do campo magnético* trata da influência do meio sobre a propriedade magnética e a origem do magnetismo nos corpos.
- GASPAR, Alberto. *Física*. São Paulo: Ática, 2008. Na página 497, breve texto sobre as aplicações da corrente para a construção de eletroímãs.
- GONÇALVES FILHO, Aureliano; TOSCANO, Carlos. *Física*. São Paulo: Scipione, 1997. O texto *Propriedades magnéticas da matéria* discute o comportamento magnético de vários materiais e a origem da propriedade magnética de alguns deles.

Sites (Acessos em: 2 dez. 2009)

- Simulação de um campo elétrico de um solenoide. Disponível em: <http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Magnets_and_Electromagnets>.
- Como construir um pequeno eletroímã. Disponível em: <http://www.cienciamao.if.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pmd&cod=_pmd2>.



PESQUISA INDIVIDUAL

Pesquise em seu livro didático a respeito da Lei de Ampère e a regra da mão direita. Faça um breve resumo sobre o assunto e procure compreender como se faz o cálculo do módulo do campo magnético para diferentes situações. Após o estudo, responda em seu caderno:

Qual é a relação entre a regra da mão direita e as linhas de campo magnético gerado pela corrente elétrica?



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3 GERANDO ELETRICIDADE COM UM ÍMÃ

Vimos que, quando um fio condutor é percorrido por uma corrente elétrica, um campo magnético à sua volta é gerado, mostrando assim a relação entre corrente elétrica e campo magnético. Você já se perguntou se o contrário é possível? Ou seja, será que um campo magnético pode gerar uma corrente elétrica? Se isso for verdade, podemos utilizar essa corrente para acender uma lâmpada? Para que você possa responder a essas e outras questões, propomos que realize a atividade descrita a seguir.



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Gerando energia elétrica com um ímã

Vamos montar um pequeno circuito como o da figura abaixo para verificar se é possível acender uma pequena lâmpada utilizando um ímã.

Materiais

- aproximadamente 8 metros de fio de cobre esmaltado rígido (número 25);
- um ímã em forma de barra;
- uma bússola.

O que fazer?

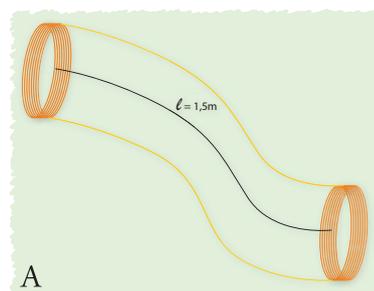
Mãos à obra!

1. Enrole cerca de 2,5 m do fio de cobre em forma circular, de modo que a bússola possa ficar em seu interior.
2. Repita a operação, formando uma segunda espira* circular.
3. Com o restante do fio, ligue as duas bobinas, deixando cerca de 1,5 m de fio separando-as. Veja a figura A como modelo.

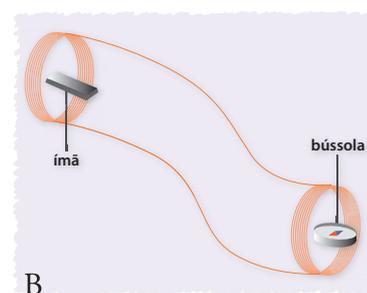
Importante: lembre-se de “descascar” o esmalte do fio no ponto em que fizer as conexões.

4. Coloque, no meio de uma das bobinas, uma bússola, deixando sua agulha alinhada com as espiras da bobina, como mostra a figura B.

* Espira é uma volta completa do fio. Um conjunto de espiras forma uma bobina.



© Lie Kobayashi





Agora, faça um movimento periódico de vaivém com o ímã no centro da outra bobina e responda:

1. O que você observa na agulha da bússola quando o ímã é movimentado na outra bobina?

2. Ao aproximar o ímã da bobina, a agulha é desviada do mesmo modo que no afastamento? Para responder a essa questão, faça primeiro o movimento de aproximação do ímã e observe a agulha, depois faça o afastamento.

Agora, deixe o ímã parado e aproxime a bobina dele. Observe o que ocorre com a agulha da bússola. Faça o mesmo procedimento, só que afastando a bobina do ímã. Cuidado para não mexer na parte que está com a bússola, fazendo um movimento de pequena amplitude, e responda:

1. A agulha desviou com o movimento da bobina?

2. O efeito causado pela movimentação da bobina é o mesmo que o causado pelo movimento do ímã?

3. Como você poderia explicar o desvio da agulha da bússola?

4. Se você aumentasse a frequência do movimento, o que ocorreria com a deflexão da agulha da bússola?



Agora, você já pode retomar as questões propostas no início desta Situação de Aprendizagem e respondê-las.

- Um campo magnético pode gerar uma corrente elétrica?

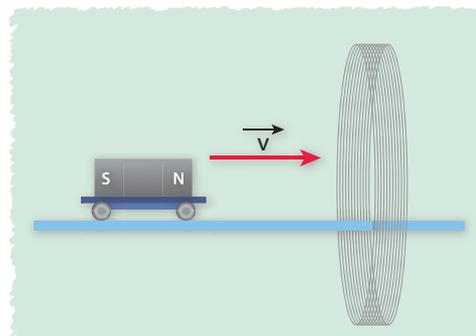
- Podemos utilizar essa corrente para acender uma pequena lâmpada?



LIÇÃO DE CASA



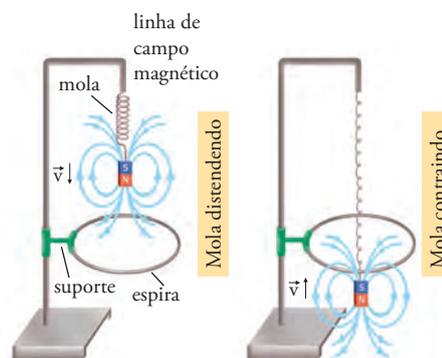
- Um ímã, preso a um carrinho, desloca-se com velocidade constante ao longo de um trilho horizontal. Envolvendo o trilho há uma espira metálica, como mostra a figura. Descreva o sentido da corrente elétrica induzida quando o ímã se aproxima e se afasta da espira.



© Lie Kobayashi

- Um ímã permanente* foi montado na extremidade de uma mola. Quando a mola é distendida e começa a oscilar, o ímã atravessa uma espira circular. Na distensão e na contração da mola, o ímã atravessa o centro da espira, indo e voltando, como mostram as figuras ao lado:

Toda vez que o ímã se aproxima da espira, uma corrente elétrica é induzida na mesma. Usando a Lei de Faraday, construa em seu caderno dois diagramas que mostrem o sentido da corrente induzida e do campo magnético na espira apenas nos dois momentos ilustrados nas figuras.



© Gus Morais

* Ímã permanente é usualmente um pedaço de ferro imantado que não perde seu campo facilmente. Oposto a isso, temos os ímãs temporários, que funcionam como ímã quando há a passagem de uma corrente elétrica em seu dispositivo (é o caso dos eletroímãs).



PARA SABER MAIS

Livros

- ALVARENGA, Beatriz; MÁXIMO, Antônio. *Física Ensino Médio*. v. 3. São Paulo: Scipione, 2008. Nas páginas 293 a 296, encontram-se a discussão da Lei de Faraday e a utilização dos geradores de corrente alternada como exemplo.
- GASPAR, Alberto. *Física*. São Paulo: Ática, 2008. Nas páginas 506 a 508, encontra-se a discussão conceitual da Lei de Faraday.
- GONÇALVES FILHO, Aureliano; TOSCANO, Carlos. *Física*. São Paulo: Scipione, 1997. O texto *Como funciona um microfone* discute o funcionamento do microfone a partir da Lei de Faraday.

Sites (Acessos em: 2 dez. 2009)

- Simulação que representa a Lei de Faraday. Disponível em: <http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Faradays_Law>.
- Simulações que representam diversas maneiras de acender uma lâmpada e aplicações da Lei de Faraday. Disponível em: <<http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Generator>>.

TEMA 2:

MOTORES E GERADORES: PRODUÇÃO DE MOVIMENTO



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 CONSTRUINDO UM MOTOR ELÉTRICO

Você sabe como funciona um motor elétrico? Quais são seus componentes principais? Quais as leis físicas que explicam seu funcionamento? Se não tem respostas para essas questões, convidamos você a desenvolver a atividade seguinte para que possa, ao final dela, respondê-las.



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Construindo um motor elétrico

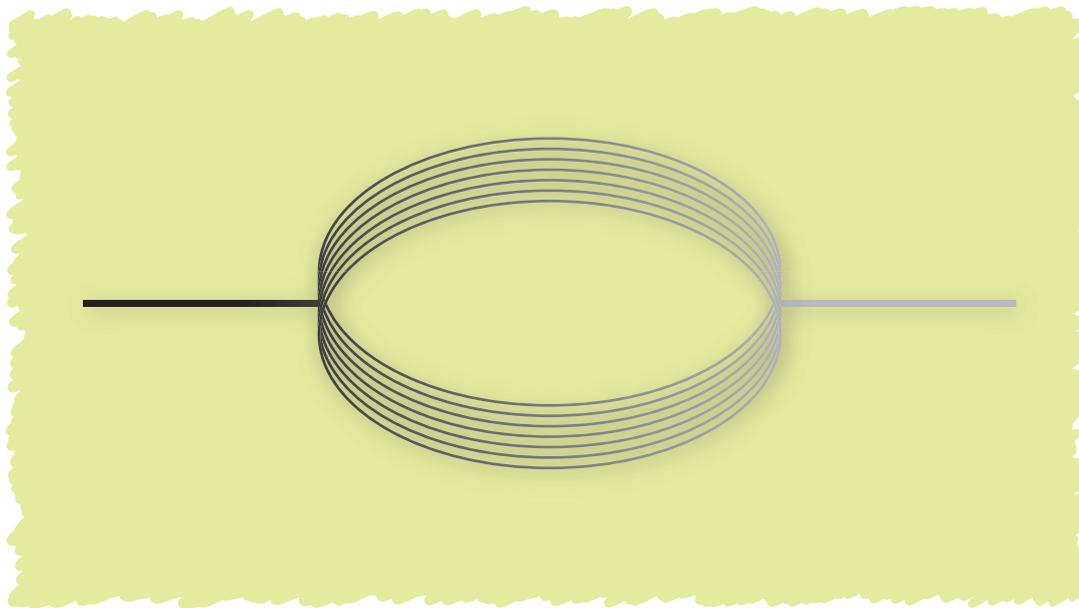
Vamos construir um motorzinho elétrico para discutir seu princípio de funcionamento e os conceitos do eletromagnetismo envolvidos.

Materiais

- 90 cm de fio de cobre esmaltado (número 26);
- duas presilhas metálicas de pasta de arquivo;
- uma pilha grande;
- um ímã em barra;
- um pedaço de madeira.

O que fazer?**Mãos à obra!**¹

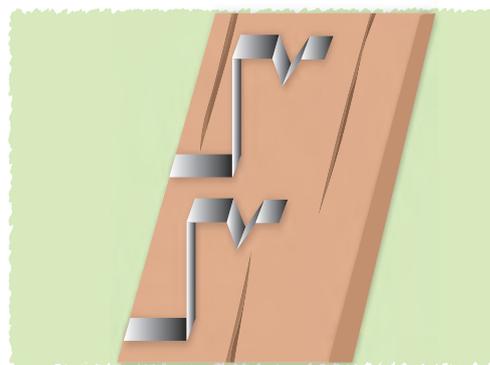
1. Faça uma bobina com o fio esmaltado. Ela pode ser quadrada ou redonda, como mostra a figura. Para a construção da bobina, você pode utilizar seus três dedos centrais, dando aproximadamente dez voltas em torno deles. Deixe sem enrolar aproximadamente 5 cm de fio em suas duas extremidades. Eles servirão de eixo de rotação do motor.



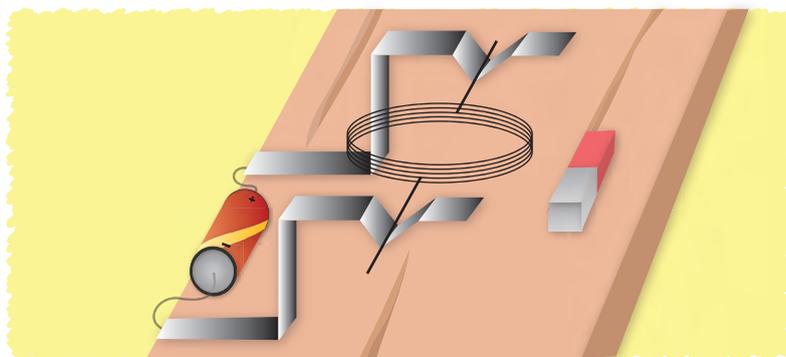
2. Para apoiar a bobina, faça duas hastes com presilhas de pasta de arquivo, dando o formato indicado na primeira figura da próxima página.

¹ Adaptado de GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física: Eletromagnetismo 3. Motores elétricos*. São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1988. p.56. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro3.pdf>> e <<http://cenp.edunet.sp.gov.br/fisica/gref/ELETROMAGNETISMO/eletro14.pdf>>. Acessos em: 2 dez. 2009.

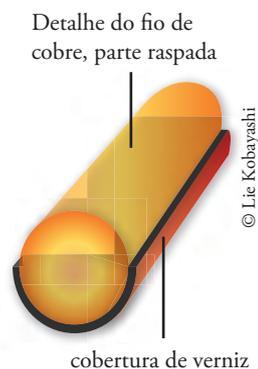
3. Encaixe as hastes no pedaço de madeira.
4. A pilha servirá de fonte de energia elétrica, ficando conectada às presilhas (hastes), produzindo corrente na bobina do motor. No lugar da pilha pode-se utilizar um carregador de bateria de celular que não esteja mais sendo utilizado. Mas, para isso, deve-se retirar o *plug* de saída para que dois fios possam ser ligados ao terminal do fio da experiência.



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



7. Para colocar o motor em funcionamento, não se esqueça de que o verniz do fio da bobina é isolante elétrico. Assim, você deve raspá-lo para que o contato elétrico seja possível. Além disso, em um dos lados você deve raspar só uma parte, deixando o resto intacto ao longo do comprimento (observe na figura a maneira correta de raspá-lo).
8. Dê um pequeno impulso inicial para dar a partida no motor e observe seu funcionamento.



Realize as experiências e responda às questões:

1. Retire o ímã da montagem e observe que o motor para. Por que isso acontece?



2. Inverta a posição do ímã. O que acontece com o sentido de giro do motor?

3. Inverta a pilha e refaça as ligações. O que acontece com o sentido de giro do motor?

4. Faça uma segunda bobina porém, desta vez, raspe integralmente o esmalte das duas pontas livres. Monte-a sobre o suporte. O que acontece? Explique.

5. Quais são os principais componentes do motor? Quais explicam seu funcionamento?



VOCÊ APRENDEU?



1. Qual é a importância do campo magnético no funcionamento do motor?

2. Quais grandezas físicas estão relacionadas com a velocidade de giro do motor?

3. Se fosse alterado o número de espiras da bobina, o que aconteceria com a velocidade de giro do motor? Justifique sua resposta.

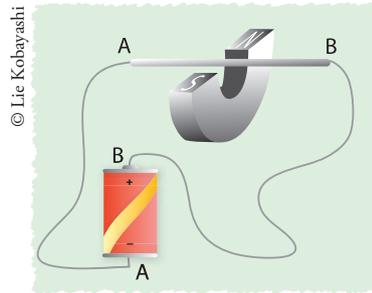




LIÇÃO DE CASA



- Um fio metálico está imerso em um campo magnético como mostra a figura. Em determinado instante, os terminais do fio são ligados a uma fonte (pilha, por exemplo). Na figura, represente o sentido do campo magnético, da corrente elétrica e da força que vai atuar sobre o fio.



- Procure um motor elétrico e identifique seus elementos. Compare-os com os do motor construído por você. Ele apresenta bobina? Ele tem ímã?

- Podemos dizer que a bobina do motor, constituída de várias espiras, quando percorrida por uma corrente também “cria” um campo magnético? Explique.



PARA SABER MAIS

Livros

- ALVARENGA, Beatriz; MÁXIMO, Antônio. *Física Ensino Médio*. v. 3. São Paulo: Scipione, 2008. Na página 254, um breve texto discute a formação da imagem na televisão como aplicação da força magnética sobre os elétrons; na página 227, discute-se a corrente convencional e real em relação à força magnética.

- GONÇALVES FILHO, Aureliano; TOSCANO, Carlos. *Física*. São Paulo: Scipione, 1997. O texto *Imagens no tubo de TV* discute a formação da imagem na televisão a partir do desvio das partículas pelo campo magnético.

Sites (Acessos em: 2 dez. 2009)

- Como funciona o motor elétrico. Disponível em: <http://www.cienciamao.if.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pmd&cod=_pmd2>.
- Simulação do funcionamento de um motor elétrico. Disponível em: <<http://www.labvirt.fe.usp.br/applet.asp?time=9:52:27&lom=4112>>.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 5 ENTENDENDO OS GERADORES ELÉTRICOS

Você já sabe que a energia elétrica que é consumida em sua casa é produzida em usinas; no caso do Brasil, principalmente em hidrelétricas. Mas você sabe como ela é gerada? Ou melhor, você sabe como funciona um gerador? Quais são os princípios físicos que regem a produção da energia elétrica? Para compreender melhor e conseguir responder a essas questões, vamos investigar um pequeno gerador, que, guardadas as devidas proporções, pode ser comparado a uma usina de energia elétrica.



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Entendendo os geradores de eletricidade

Esta atividade analisa os principais elementos e fenômenos eletromagnéticos envolvidos na geração de energia elétrica.

Materiais

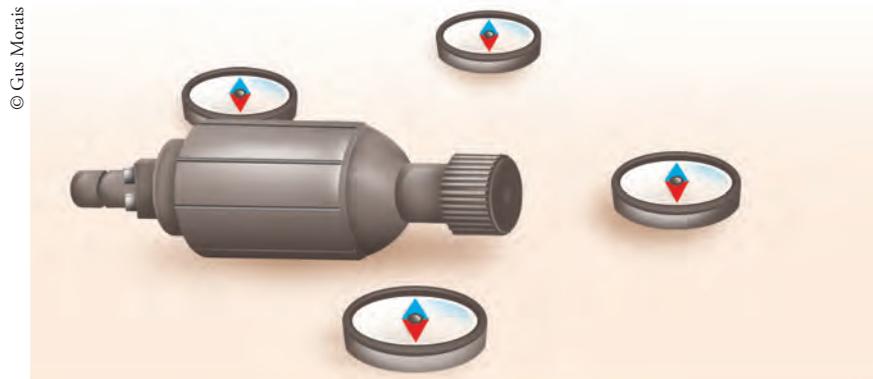
- um dínamo*;
- uma bússola;
- pedaços de fio;
- um *led*.

***Dica:** pode-se obter o dínamo extraíndo-o de uma lanterna manual com gatilho, que, em vez de pilhas, usa o movimento da mão como fonte de energia primária. Há também dínamos usados em bicicletas, movidos pela própria energia mecânica da pedalada transferida às rodas.

1ª Parte – O que fazer?

Mãos à obra!

1. Aproxime a bússola do dínamo pelos diversos lados.
2. Observe o que ocorre com a agulha.



3. Ainda com a bússola próxima do dínamo, comece a girar lentamente seu eixo.
4. Observe novamente o que ocorre com a agulha da bússola.



A partir de suas observações, responda:

1. O que ocorre com a agulha da bússola antes de o eixo ser girado?

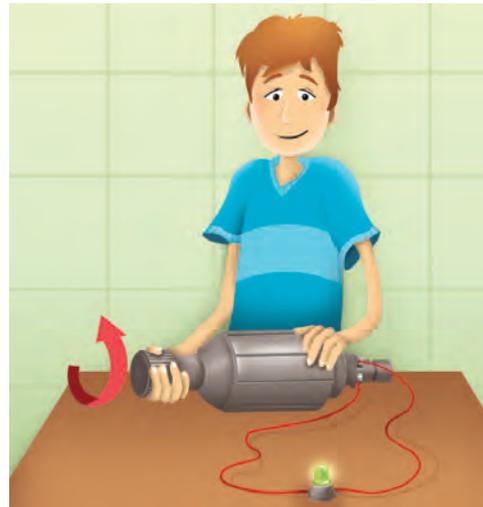
2. O que ocorre com a agulha da bússola quando você começa a girar o eixo?

3. A partir das suas observações, você consegue dizer o que há dentro do dínamo?

2ª Parte – O que fazer?

Mãos à obra!

1. Agora pegue o *led* e conecte-o aos terminais do dínamo.
2. Comece a girar lentamente o eixo do dínamo.
3. Vá aumentando a velocidade do giro.
4. Observe o que ocorre com o *led*.
5. Retire o eixo do dínamo, soltando a porca na ponta do eixo.
6. Aproxime o eixo da bússola.
7. Observe o que ocorre com a agulha da bússola.



© Gus Morais

Responda:

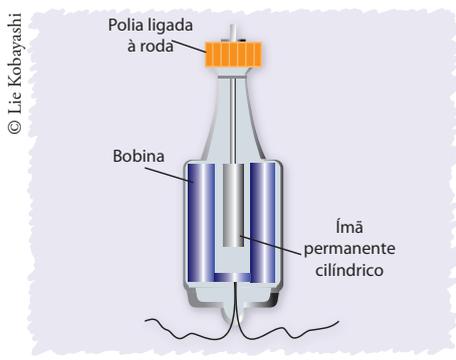
1. O que aconteceu com o *led*? Por quê?



2. Ao aproximar o eixo do dínamo da bússola, o que ocorre com a agulha? Poderíamos dizer que o eixo tem o comportamento idêntico a quê?

3. Analisando a parte interna do dínamo, do que ela é constituída?

4. Compare as duas partes do dínamo (eixo e parte interna) com as do motor elétrico. O que há de similar entre eles? Os dois se comportam da mesma maneira?



Dínamo de bicicleta.





5. Qual é a diferença entre o dínamo e o motor?

6. Você sabe como a energia elétrica é gerada? Ou melhor, você sabe como funciona um gerador?

7. Quais são os princípios físicos que regem a produção da energia elétrica?



LIÇÃO DE CASA



1. Identifique em sua casa os equipamentos que podem ser considerados geradores.

2. Pode-se dizer que todos os geradores possuem ímã permanente em seu interior? Explique.

3. É correto dizer que um gerador produz energia elétrica? Explique.

4. Descreva os elementos constituintes de um gerador.





PARA SABER MAIS

Site (Acesso em: 2 dez. 2009)

- Simulação que representa um gerador de corrente alternada. Disponível em: <<http://www.labvirt.fe.usp.br/applet.asp?time=9:52:27&lom=4113>>.

TEMA 3:

PRODUÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Vivemos um momento de incertezas sobre fontes e consumo de energia, com questões ambientais, sociais e econômicas. O uso racional da energia deve ser meta de todos, visando a contribuir para a melhoria do meio ambiente e para o desenvolvimento econômico sustentável.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 6 COMPREENDENDO O FUNCIONAMENTO DAS USINAS ELÉTRICAS

Grande parte da energia elétrica que utilizamos vem das usinas hidrelétricas. Seu funcionamento já foi discutido na atividade anterior. Nesta Situação de Aprendizagem discutiremos algumas particularidades desse tipo de usina, como por que fazer barragens? Assim como nos dínamos, há enormes ímãs nos geradores das usinas? Que vantagens há na produção de energia elétrica pelas usinas hidrelétricas em relação às outras usinas? Para aprofundar a discussão sobre as usinas hidrelétricas, faça a atividade a seguir.



PESQUISA INDIVIDUAL

Compreendendo o funcionamento de uma usina hidrelétrica

Você já se perguntou de onde vem a energia que ilumina as ruas, faz funcionar os semáforos, aquece a água do nosso banho e permite que assistamos à TV? Cada uma das instalações que produz



energia elétrica é chamada de **usina geradora**. Faça uma pesquisa e descubra qual(is) é(são) a(s) usina(s) elétrica(s) que fornece(m) energia à sua cidade/região. Obtenha o máximo de informações sobre ela(s), tais como características de funcionamento, capacidade de produção em kW (potência), tempo de construção e de operação, custos etc. Consiga fotos, desenhos, esquemas, matérias de jornal, vídeos etc.

Troque informações com seus colegas para enriquecer e comparar os dados obtidos na pesquisa. Depois da discussão e do compartilhamento dos dados da pesquisa realizada, responda:

1. Por que há a necessidade de fazer barragens nas usinas hidrelétricas?

2. Assim como nos dínamos, há enormes ímãs nos geradores das usinas? Explique.

3. Que vantagens há na produção de energia elétrica pelas usinas hidrelétricas em relação às outras usinas?

4. Quais as outras formas que você conhece de produção de energia elétrica em grande escala?





5. Quais transformações de energia estão envolvidas em uma usina hidrelétrica?



LIÇÃO DE CASA



1. Destaque vantagens e desvantagens da utilização de usinas nucleares.

2. A energia solar primária, resultante da incidência dos raios solares, transfere à Terra, em média, $1\,000\text{ W/m}^2$, durante 8 horas. Qual deve ser a área do coletor para gerar energia para uma casa que consome cerca de 150 kWh em um mês? Admita que o coletor solar utilizado absorve e transforma 10% da energia recebida.





3. A expressão para a potência dos ventos de um gerador eólico é: $P = 0,6Av^3$ [W] (v é a velocidade e A é uma constante que está relacionada com densidade linear de ar que passa pelo gerador – kg/m). Qual deve ser a velocidade do vento para gerar uma potência de 8,1 kW? Considere $A = 4$ kg/m.

$P = 0,6Av^3$ [W] In: PEC - *Programa Construindo Sempre* - Aperfeiçoamento de Professores. Física. Módulo 1. São Paulo: SEE/Pró-Reitoria de Graduação da Universidade de São Paulo, 2003. p. 46.



PESQUISA INDIVIDUAL

Pesquise e apresente argumentos favoráveis e desfavoráveis ao uso das seguintes usinas:

a) eólica: _____

b) hidrelétrica: _____

c) termelétrica: _____





PARA SABER MAIS

Livros

- ALVARENGA, Beatriz; MÁXIMO, Antônio. *Física Ensino Médio*. v. 3. São Paulo: Scipione, 2008. Nas páginas 297 a 298 há um breve texto que apresenta alguns tipos de usinas geradoras de energia elétrica.
- GONÇALVES FILHO, Aureliano; TOSCANO, Carlos. *Física*. São Paulo: Scipione, 1997. Na página 375 os autores apresentam tipos de produção de energia elétrica em algumas usinas.
- Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. *Água hoje e sempre – consumo sustentável*. São Paulo, 2003.

Sites (Acessos em: 2 dez. 2009)

- Simulação da produção de energia em grande escala e a necessidade da barragem de água. Disponível em: <http://www.labvirt.fe.usp.br/simulacoes/fisica/sim_energia_represa.htm>.
- Simulação da produção de energia em hidrelétricas. Disponível em: <http://www.labvirt.fe.usp.br/simulacoes/fisica/sim_energia_hidreletrica.htm>.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7 COMPREENDENDO UMA REDE DE TRANSMISSÃO

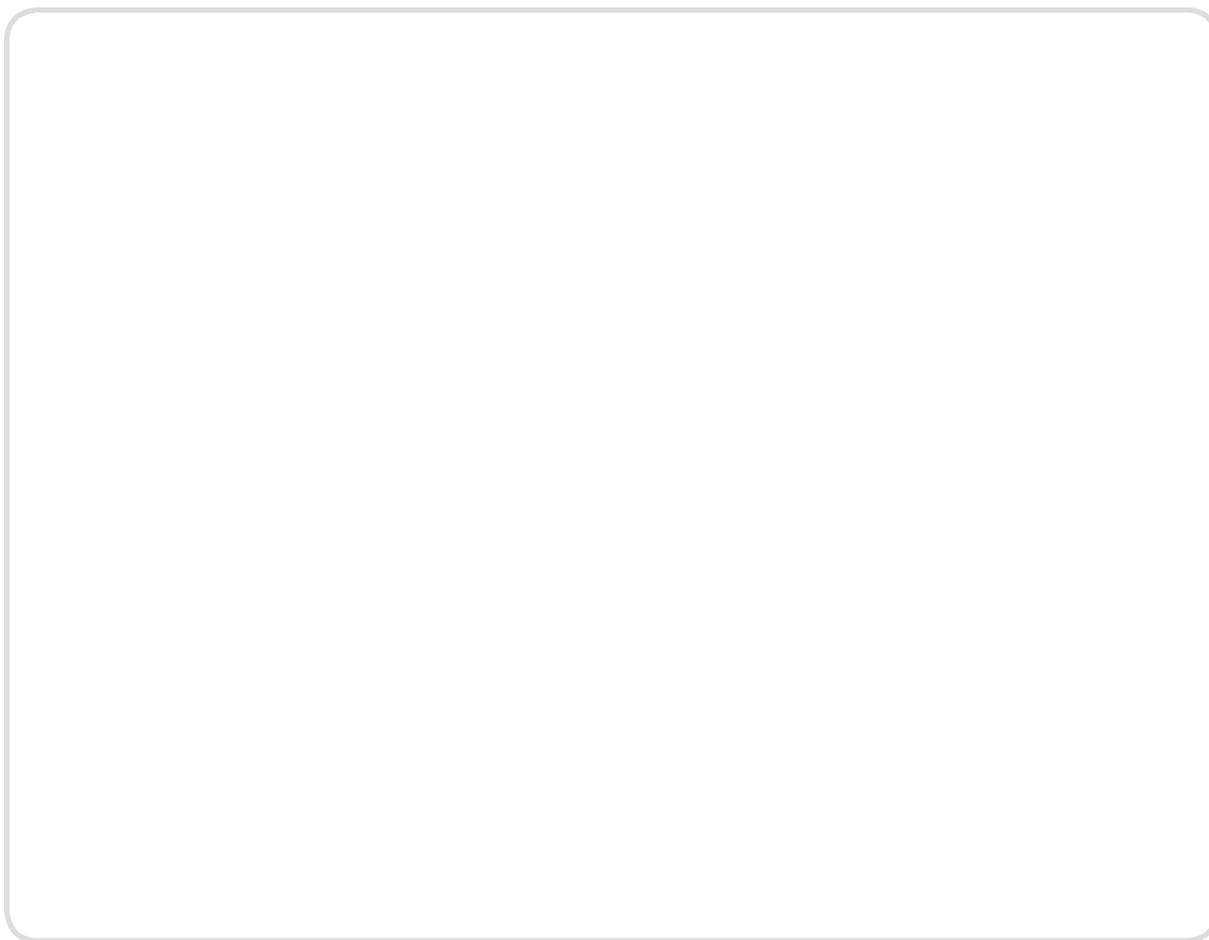
Você já parou para pensar como a energia elétrica chega até o consumidor? Quais são os caminhos que a energia percorre até chegar a nossas casas? A energia elétrica passa por transformações durante esse percurso? Se passa por transformações, como e onde ocorrem? Para tentar compreender essas e outras questões relacionadas à transmissão da energia elétrica, vamos desenvolver a Situação de Aprendizagem a seguir.



PESQUISA EM GRUPO

Compreendendo uma rede de transmissão

Faça um desenho do percurso da energia elétrica desde a saída da usina até sua casa. Se possível, destaque os principais componentes presentes nesse caminho. Se preferir, poderá representar um esquema com legendas mostrando todo o trajeto.



Reúna-se com seu grupo e discuta as diversas propostas, tentando apontar as semelhanças e as diferenças entre cada uma delas.

Em seguida responda às questões:

1. Quais são os principais componentes destacados por você na rede de transmissão?

2. Você sabe a função de cada um deles? Tente descrevê-la.





3. A tensão que chega à sua casa é a mesma que é gerada na usina ou a mesma que é transmitida pela rede? Tente explicar a semelhança ou a diferença.

4. Você já deve ter notado que existem alguns transformadores presos aos postes de energia. Qual é a função deles?

5. Em seguida, faça uma pesquisa sobre o “caminho” da energia até a escola. Para isso, pode-se procurar a agência da companhia de energia elétrica de sua cidade, um de seus funcionários que trabalhe na manutenção da rede elétrica ou acessar o *site* da companhia para obter as seguintes informações:

a) a tensão da fiação da rede elétrica da rua de sua escola: _____

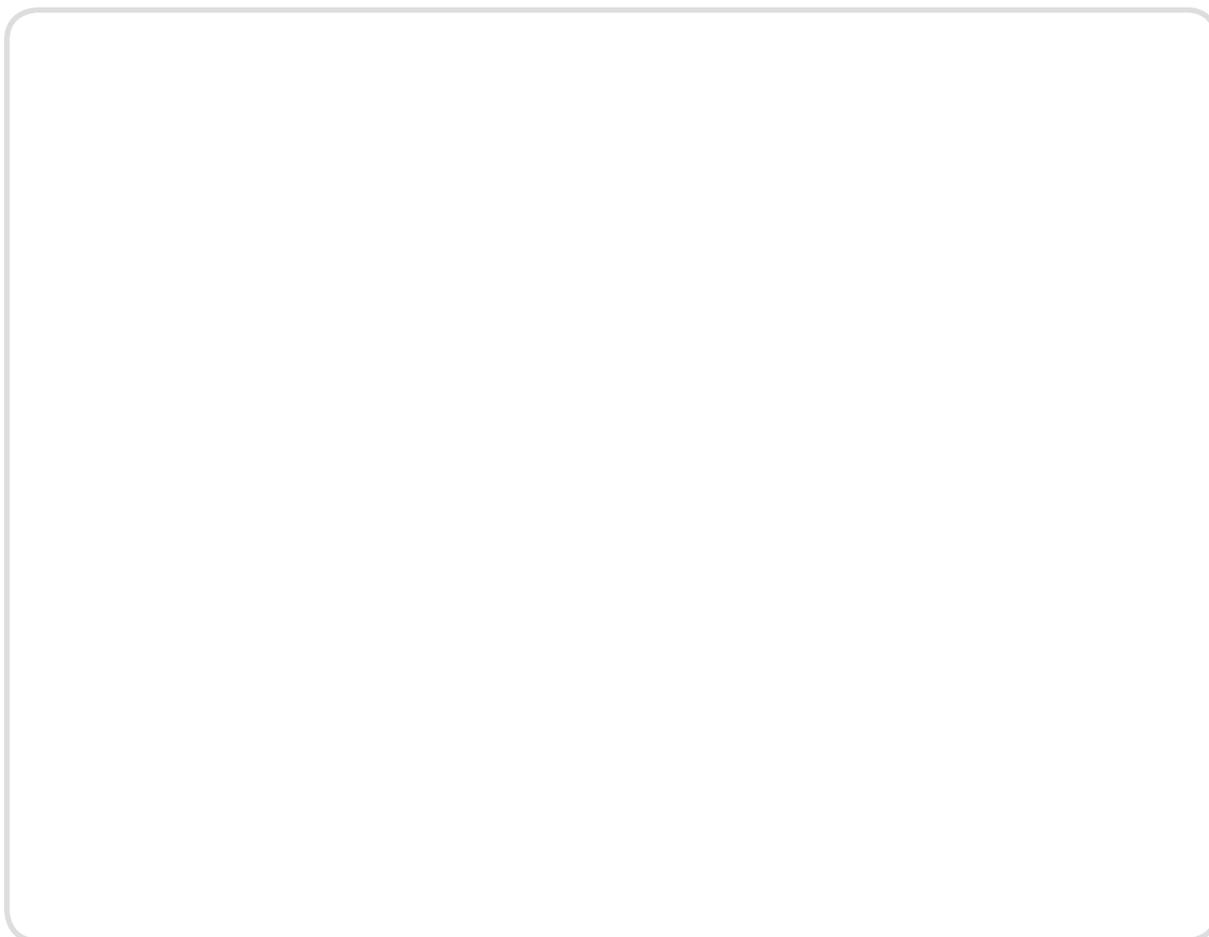
b) a localização da subestação elétrica da região de sua escola: _____

c) a tensão elétrica que chega e sai dessa subestação: _____

d) a usina que alimenta essa subestação: _____

6. Com essas informações, analise, refaça ou complemente o desenho inicial, incluindo as informações acima. Indique nesse desenho os valores da tensão elétrica em cada trecho da fiação (antes da subestação, na rua, dentro da escola etc.).





VOCÊ APRENDEU?



1. Por que a transmissão de energia elétrica é feita em alta-tensão?

2. Uma usina geradora de energia elétrica tem potência de 100 MW e transmite a energia gerada a uma cidade a 20 km de distância com uma tensão de 200 kV. Calcule a corrente elétrica na transmissão e a perda de energia, sabendo que a rede tem resistência de 1000 ohms.





3. Levando em consideração a usina da questão anterior, se a transmissão fosse feita em 1 MV, qual seria a perda de energia?



LIÇÃO DE CASA



1. Um transformador de corrente alternada tem 100 espiras na bobina primária e 300 espiras na secundária. Se 120 V são aplicados na bobina primária, qual será a tensão de saída na bobina secundária?

2. Que relação existe entre as tensões de entrada e saída e o número de espiras dos enrolamentos primário e secundário de um transformador?

3. Quais as vantagens de fazer a transmissão da energia elétrica com corrente alternada?

4. Defina em poucas palavras o que é um transformador.





5. Analise a seguinte afirmativa: *Um transformador perfeitamente eficiente pode elevar a energia elétrica.* Essa afirmativa está correta? Justifique.

6. A partir do que foi estudado, destaque a importância do transformador nas redes de transmissão de energia elétrica.



PARA SABER MAIS

Livros

- ALVARENGA, Beatriz; MÁXIMO, Antônio. *Física Ensino Médio*. v. 3. São Paulo: Scipione, 2008. O texto *O transformador* traz as características do transformador; na página 318, um breve texto discute a transmissão e a distribuição da energia elétrica.
- GASPAR, Alberto. *Física*. São Paulo: Ática, 2008. Nas páginas 509 a 511 há uma discussão sobre o princípio de funcionamento de um transformador e as linhas de transmissão.
- GONÇALVES FILHO, Aureliano; TOSCANO, Carlos. *Física*. São Paulo: Scipione, 1997. Na página 379 há uma breve discussão sobre o transformador.

Site (Acesso em: 2 dez. 2009)

- O princípio de funcionamento de um transformador. Disponível em: <<http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/transformer/index.html>>.





SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 8 ENERGIA ELÉTRICA E USO SOCIAL

Um dos grandes desafios da sociedade moderna é a produção de energia. O século XX foi o período de maior crescimento na produção energética no Brasil e no mundo. Mas a que preço isso foi feito? Esse aumento significativo não veio sem consequências e impactos negativos, quer ambientais, quer socioeconômicos, que podem comprometer o futuro da humanidade. Assim, saber como fazer uso racional da energia, principalmente a elétrica, é de vital importância para a humanidade. Para compreender um pouco mais as principais fontes de produção de energia elétrica, seus impactos ambientais e socioeconômicos, realize a atividade a seguir.



PESQUISA INDIVIDUAL

Faça um levantamento de dados importantes para a discussão do tema, por exemplo:

1. Em que cidade e em que ano foi instalado o primeiro sistema de iluminação pública no Brasil?

2. Onde e quando foi construída a primeira usina hidrelétrica no Brasil?

3. Quando foram construídas as grandes centrais hidrelétricas, como Itaipu, Tucuruí e Ilha Solteira?

4. Quais são as principais usinas brasileiras? Onde estão localizadas? Quais suas “capacidades” (potência)?

5. Quais usinas estão localizadas no Estado de São Paulo?

Energia elétrica e uso social

A relação entre o crescimento de um país e a necessidade de energia não é difícil de ser compreendida: o aumento da produção demanda mais energia em seu processo e a escassez de energia pode estagnar o crescimento de um país. A questão energética é parte da problemática ambiental da atualidade, principalmente se considerarmos o impacto de sua produção.

A tabela a seguir apresenta a matriz de energia elétrica no Brasil nos anos de 2005 e 2006 em gigawatt-hora (GWh) e a porcentagem de crescimento de cada uma das fontes de produção.

Matriz de oferta de energia elétrica			GWh
Fontes	Potência GWh		Porcentagem de crescimento***
	2005*	2006**	
Total	442 072	460 500	4,2
Hidro	337 457	348 805	3,4
Nuclear	9 855	13 754	39,6
Gás natural	18 811	18 258	-2,9
Carvão mineral	6 863	7 222	5,2
Derivados de petróleo	11 722	12 374	5,6
Biomassa	14 134	14 959	5,8
Gás industrial	4 188	3 964	-5,4
Importação	39 042	41 164	5,4

* Inclui 39,8 TWh de autoprodutores e 93 GWh de eólica.

** Inclui 41,7 TWh de autoprodutores e 236 GWh de eólica.

*** O cálculo para se obter a porcentagem é realizado da seguinte forma: Documentos%20Energia/Resenha.pdf>. Acesso em: 1 dez. 2009.

$$\left(\frac{\text{Pot}2006 - \text{Pot}2005}{\text{Pot}2005} \right) \times 100\% \text{ (valor da fonte em 2006 menos valor da fonte em 2005 dividido pelo valor da fonte em 2005).}$$

Analise os dados da matriz acima e responda:

1. Qual é a natureza da fonte energética que tem maior participação na produção de energia elétrica no Brasil? Qual é sua porcentagem na matriz? Como você justificaria ser essa a fonte de maior participação na matriz energética brasileira?

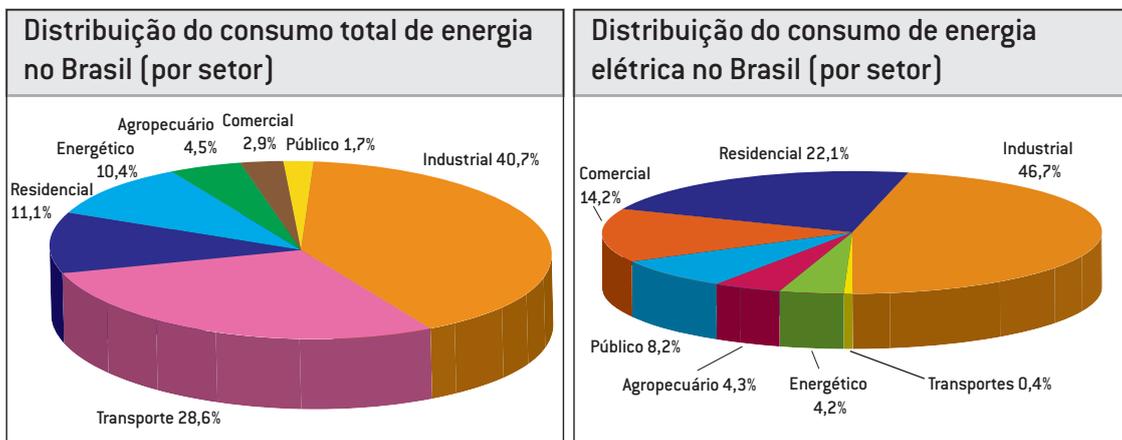
2. Ao longo do tempo, algumas fontes tiveram crescimento na matriz energética e outras diminuíram. Quais poderiam ser as causas dessas variações?

3. É correto afirmar que houve um aumento real (em valores absolutos) da oferta de energia elétrica de 2005 para 2006? Qual foi o valor em GWh?



Leitura e Análise de Gráfico

Vamos agora analisar o consumo de energia no Brasil por setor. Com base nos gráficos apresentados, responda:

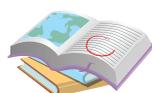


Fonte dos dados: *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1689>. Acesso em: 2 dez. 2009.

- Os gráficos mostram que o setor industrial é o que mais consome energia, cerca de 40%. Você faz parte desse consumo? Explique.

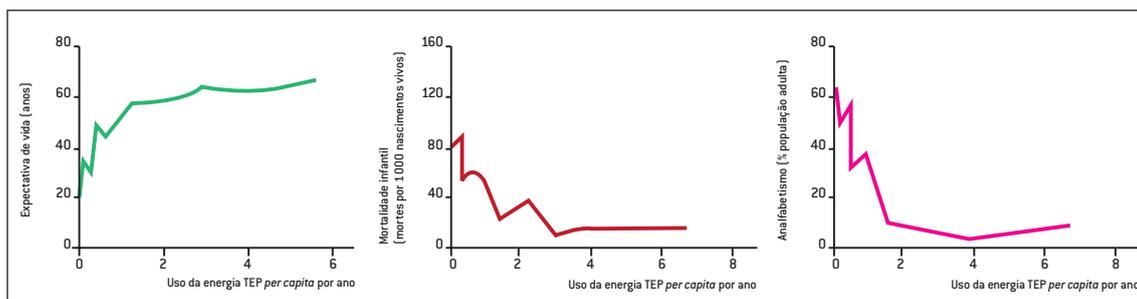
- A partir dos dados apresentados nesses dois gráficos, é possível afirmar que toda energia residencial é elétrica?

- Em que setor uma diminuição no consumo de energia teria maior impacto? De quanto seria o impacto no consumo de energia elétrica total, em termos percentuais, se o setor residencial economizasse 10% de seu consumo?



Leitura e Análise de Gráfico

A relação entre índices socioeconômicos de um país e o consumo de energia *per capita* pode mostrar a importância do setor energético em seu desenvolvimento. Os três gráficos a seguir relacionam o uso de energia em TEP (tonelada equivalente de petróleo) com indicadores de expectativa de vida, mortalidade infantil e analfabetismo.



GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. *Energia, meio ambiente e desenvolvimento*. 3. ed. São Paulo: Edusp, 2008.



1. Descreva a relação que cada um dos gráficos permite estabelecer entre o indicador da qualidade de vida e o consumo de energia *per capita*.

2. Pesquise os valores dos três indicadores e o consumo de energia *per capita* no Brasil e represente esses valores nos gráficos. A partir desses indicadores, o que é possível dizer sobre o Brasil?



LIÇÃO DE CASA



1. É correto dizer que as usinas hidrelétricas são “limpas” porque usam fonte renovável e não têm impactos sobre o ambiente ou o clima?



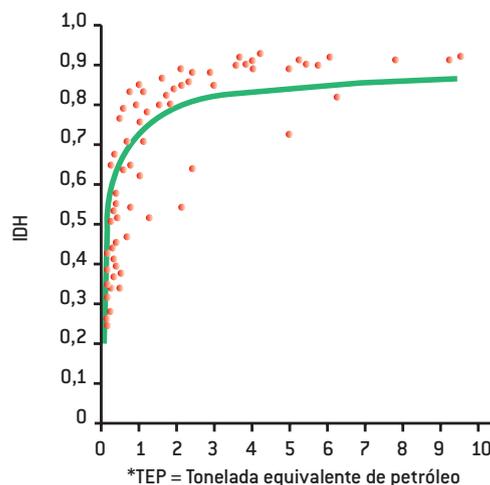
2. (Enem – 2000) As sociedades modernas necessitam cada vez mais de energia. Para entender melhor a relação entre desenvolvimento e consumo de energia, procurou-se relacionar o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de vários países com o consumo de energia nesses países.

O IDH é um indicador social que considera a longevidade, o grau de escolaridade, o PIB (Produto Interno Bruto) *per capita* e o poder de compra da população.

Sua variação é de 0 a 1. Valores do IDH próximos de 1 indicam melhores condições de vida. Tentando-se estabelecer uma relação entre o IDH e o consumo de energia *per capita* nos diversos países, no biênio 1991-1992 obteve-se o gráfico ao lado, em que cada ponto isolado representa um país, e a linha cheia, uma curva de aproximação.

Com base no gráfico, pode-se afirmar que, quanto maior o IDH de um país, maior será o seu consumo de energia? Explique.

Consumo de energia *per capita* (TEP*/capita)



Fonte: GOLDEMBERG, José. *Energia, meio ambiente e desenvolvimento*. São Paulo: Edusp. 1988, p. 44.

3. A partir do que foi estudado, pode ser feita uma relação entre a expectativa de vida de uma população e o consumo de energia? Explique.



PARA SABER MAIS

Livro

- GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. *Energia, meio ambiente e desenvolvimento*. 3. ed. São Paulo: Edusp, 2008. O livro aborda a questão da energia de forma aprofundada, correlacionando-a a questões econômicas e à degradação ambiental, discutindo suas causas e possíveis soluções. Um artigo com parte do conteúdo do livro pode ser acessado no *site* <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142007000100003&lng=en&nrm=iso>.

Sites (Acessos em: 2 dez. 2009)

- Eletrobrás. Nesse *site* é possível encontrar dados sobre a matriz energética brasileira, informações sobre a produção e o consumo de energia no país e dados característicos das principais usinas hidrelétricas. Disponível em: <<http://www.eletrobras.gov.br/elb/portal/main.asp>>.
- Aneel. No *site* da Agência Nacional de Energia Elétrica é possível encontrar informações e dados sobre a produção e o consumo de energia elétrica no Brasil. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>.