

1. Onde não está a eelectricidade?
2. Pondo ordem dentro e fora de casa
3. Elementos dos circuitos elétricos
4. Cuidado! É 110 ou 220?
 5. A conta de luz
 6. Atividade e exercícios
 7. Chuveiros elétricos
 8. Lâmpadas e fusíveis
9. A potência nos aparelhos resistivos
10. O controle da corrente elétrica
11. Ligações elétricas na residência
12. Circuitos elétricos e sua representação
13. Exercícios
 14. Motores elétricos
 15. Ímãs e bobinas
16. Campainhas e medidores elétricos
17. Força magnética e corrente elétrica
18. Força e campo magnéticos
19. Exercícios: ímãs e motores elétricos
20. Usinas geradoras de eletricidade



1 a 40

Vol. 3

21. Dinamo de bicicleta
22. Transformadores no circuito
 23. A corrente elétrica vista por dentro
 24. Fumaça, cheiros e campos
25. Exercícios: geradores e outros dispositivos (1ª parte)
 26. Pilhas e baterias
 27. Força e campo elétrico
28. A onipresença das interações elétricas
 29. Exercícios: geradores e outros dispositivos (2ª parte)
30. Diferentes formas de comunicação
31. Alô, pronto. Desculpe, engano!
 32. Radio ouvintes
 33. Plugados na televisão
 34. Luz, câmara, AÇÃO!
35. Transmissão aérea de informações
 36. Radiações eletromagnéticas
 37. Salvando e gravando
 38. Tamanhos são documentos
 39. Partículas e interações
 40. Exercícios

Leituras de Física é uma publicação do

GRAF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física Instituto de Física da USP

EQUIPE DE ELABORAÇÃO DAS LEITURAS DE FÍSICA

Anna Cecília Copelli
Carlos Toscano
Dorival Rodrigues Teixeira
Isilda Sampaio Silva
Jairo Alves Pereira
João Martins
Luís Carlos de Menezes (coordenador)
Luís Paulo de Carvalho Piassi
Suely Baldin Pelaes
Wilton da Silva Dias
Yassuko Hosoume (coordenadora)

ILUSTRAÇÕES:

Fernando Chuí de Menezes
Mário Antonio Kanno

COLABORADORES ACADÊMICOS:

Marcelo de Carvalho Bonetti

ELABORADORES PARTICIPANTES DE ETAPAS ANTERIORES:

Cassio Costa Laranjeiras
Cintia Cristina Paganini
Marco Antonio Corrêa
Rebeca Villas Boas Cardoso de Oliveira

APLICADORES: Centenas de professores do ensino público, com seus alunos, fizeram uso de versões anteriores de diferentes partes desta publicação, tendo contribuído para sua avaliação e aperfeiçoamento, que deve prosseguir na presente utilização.

Financiamento e apoio:

Convênio USP/MEC-FNDE
Sub-programa de educação para as Ciências (CAPES-MEC)
FAPESP / MEC - Programa Pró-Ciência
Secretaria da Educação do Estado de São Paulo - CENP



A reprodução deste material é permitida, desde que observadas as seguintes condições:

1. Esta página deve estar presente em todas as cópias impressas ou eletrônicas.
2. Nenhuma alteração, exclusão ou acréscimo de qualquer espécie podem ser efetuados no material.
3. As cópias impressas ou eletrônicas não podem ser utilizadas com fins comerciais de qualquer espécie.

junho de 2005

Apresentação

O GREF, Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, reuniu por vários anos no Instituto de Física da Universidade de São Paulo alguns docentes universitários e vários professores da rede estadual paulista de ensino público. Essa equipe, dedicada ao aperfeiçoamento em serviço de professores de física, apresentou em três livros¹ sua proposta de ensino. Em seguida, concebeu estas Leituras de Física para alunos, que têm sido continuamente aperfeiçoadas a partir de sugestões decorrentes de sua aplicação escolar.

A concepção de educação dialógica de Paulo Freire, na discussão de temas da vida real, está entre as que inspiraram o trabalho do GREF, resultando em critérios incorporados às Leituras, mas que podem ser explicitados para os professores que as utilizem:

- Processos e equipamentos, do cotidiano de alunos e professores, interligam a realidade vivida e os conteúdos científicos escolares, o que facilita o desenvolvimento de habilidades práticas nos alunos, associadas a uma compreensão universal da física.
- Os alunos são interlocutores essenciais, desde o primeiro dia, participando do levantamento temático de conceitos, equipamentos e processos relacionados ao assunto tratado, como Mecânica, Termodinâmica, Óptica ou Eletromagnetismo.
- A linguagem e o formato das leituras procuram facilitar seu uso e cadenciar o aprendizado. Uma primeira página apresenta o assunto, duas páginas centrais problematizam e desenvolvem os conteúdos científicos e uma quarta página sugere atividades, exercícios e desafios.
- O número de Leituras leva em conta a quantidade de aulas usualmente reservadas à física, para poupar o professor da necessidade de promover cortes substanciais nos conteúdos gerais e específicos tratados.

O trabalho desenvolvido pelo GREF, que também teve eco nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino de Ciências e Matemática, dá margem aos professores de ciências em geral a tratar as suas disciplinas de forma articulada com o aprendizado da física. As Leituras de Física do GREF para alunos têm sido utilizadas há vários anos na forma de apostilas, em nossa rede estadual e em nível nacional, numa grande variedade de escolas públicas de ensino médio regular e de ensino técnico. Professores e alunos têm feito uso de cópias obtidas diretamente pela internet² e se espera que isto continue acontecendo, sem finalidade lucrativa.

Os que conceberam essas Leituras se alegram com a presente edição, pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, que fará chegar o resultado de seu trabalho a um número maior de alunos, na forma de três livros.

Bom trabalho!

Coordenadores e elaboradores do GREF/IFUSP

¹ Mecânica (Vol 1); Física Térmica e Óptica (Vol.2) e Eletromagnetismo (Vol 3), publicados pela EDUSP, Editora da Universidade de São Paulo.

² www.if.usp.br/gref

1

Onde não está a
eletricidade?

Você vai elaborar, em conjunto com seus colegas de classe, uma lista de coisas que farão parte do programa deste curso.

A figura a seguir você provavelmente já observou nos volumes anteriores desta coleção. Agora, entretanto, o jogo é diferente. Você vai analisá-la e responder à questão proposta ao lado.



Leia o texto a seguir, escrito pelo poeta e escritor Carlos Drummond de Andrade, e responda às questões.

Carta a uma senhora

A garotinha fez esta redação no ginásio:

"Mamy, hoje é dia das Mães e eu desejo-lhe milhões de felicidades e tudo mais que a Sra. sabe. Sendo hoje o dia das Mães, data sublime conforme a professora explicou o sacrifício de ser Mãe que a gente não está na idade de entender mas um dia entenderemos, resolvi lhe oferecer um presente bem bacaninha e fui ver as vitrinas e li as revistas.

Pensei em dar à Sra. o radiofono Hi-Fi de som estereofônico e caixa acústica de 2 alto-falantes amplificador e transformador mas fiquei na dúvida se não era preferível uma tv legal de cinescópio multirreacionário som frontal, antena telescópica embutida, mas o nosso apartamento é um ovo de tico-tico, talvez a Sra. adorasse o transistor de 3 faixas de ondas e 4 pilhas de lanterna bem simplesinho, levava para a cozinha e se divertia enquanto faz comida. Mas a Sra. se queixa tanto do barulho e dor de cabeça, desisti desse projeto musical, é uma pena, enfim trata-se de um modesto sacrifício de sua filhinha em intenção da melhor Mãe do Brasil.

Falei de cozinha, estive quase te escolhendo o *grill* automático de 6 utilidades porta de vidro refratário e completo controle visual, só não comprei-o porque diz que esses negócios eletrodomésticos dão prazer uma semana, chateação o resto do mês, depois enconsta-se eles no armário da copa.

Como a gente não tem armário da copa, me lembrei de dar um, serve de copa, despensa e bar, chapeado de aço tecnicamente subdesenvolvido. Tinha também um conjunto para cozinha de pintura porcelanizada fecho magnético ultra-silencioso puxador de alumínio anodizado, um amoreco. Fiquei na dúvida e depois tem o refrigerador de 17 pés cúbicos integralmente utilizáveis, congelador cabendo um leitão ou peru inteiro, esse eu vi que não cabe lá em casa, sai dessa!

Me virei para a máquina de lavar roupa sistema de tambor rotativo mas a Sra. podia ficar ofendida deu querer acabar com a sua roupa lavada no tanque, alvinha que nem pomba branca, Mamy esfrega e bate com tanto capricho enquanto eu estou no cinema ou tomo sorvete com a turma. Quase entrei na loja para comprar o aparelho de ar condicionado de 3 capacidades, nosso apartamentinho de fundo embaixo do terraço é um forno, mas a Sra. vive espirrando, o melhor é não inventar moda.

Mamy, o braço dói de escrever e tinha um liquidificador de 3 velocidades, sempre quis que a Sra. não tomasse trabalho de espremer a laranja, a máquina de tricô faz 500 pontos, a Sra. sozinha faz muito mais. Um secador de cabelo para Mamy! gritei, com capacete plástico mas passei adiante, a Sra. não é desses luxos, e a poltrona anatômica me tentou, é um estouro, mas eu sabia que minha Mãezinha nunca tem tempo de sentar.

Mais o que? Ah sim, o colar de pérolas acetinadas, caixa de talco de plástico perolado, par de meias, etc. Acabei achando tudo meio chato, tanta coisa para uma garotinha só comprar e uma pessoa só usar, mesmo sendo a Mãe mais bonita e merecedora do Universo. E depois, Mamy, eu não tinha nem 20 cruzeiros, eu pensava na véspera deste Dia a gente recebesse não sei como uma carteira cheia de notas amarelas, não recebi nada e te ofereço este beijo bem beijado e carinhosão de tua filhinha *Isabel*".

questões

1. Quantos presentes *Isabel* pensou em dar para sua Mamy?



2. Quais eram e quais não eram elétricos?

Uma outra maneira de percebermos a presença da eletricidade em nosso dia-a-dia consiste em fazer um levantamento das atividades que você realizou hoje, desde o momento em que saiu da cama. Anote a resposta no caderno.

A seguir assinale qual delas dependeu da eletricidade para ser realizada.



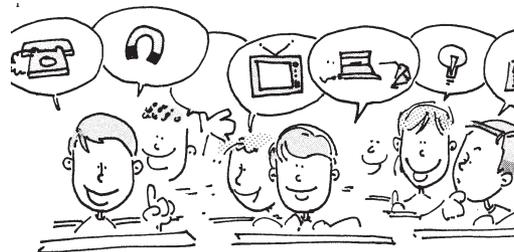
Esquentar água, iluminar os ambientes internos de uma residência, escritório, providenciar uma torrada para o café da manhã, falar ao telefone, aspirar o pó, encerar o chão, fazer as contas para ver se o dinheiro vai dar para pagar as contas, assistir a um filme em vídeo, ou a um jogo esportivo ao vivo, ouvir música, acordar ao som das notícias do dia, enviar um fax, receber recados gravados numa secretária eletrônica, enviar mensagens através de uma rede de computadores, são exemplos de atividades que fazemos hoje com a ajuda da Eletricidade.

Não é à toa que, nos momentos em que o fornecimento de eletricidade é interrompido, a nossa vida sofre uma grande alteração: ficamos de certo modo desamparados quando estamos em nossa casa; a alegria é geral quando há dispensa das aulas na escola; o metrô e os trens urbanos não funcionam; os semáforos se apagam etc.

A *Enciclopédia Mirador*, apresenta a seguinte conceituação para a palavra eletricidade :

ELETRICIDADE

1. **Conceito** - São fenômenos elétricos todos aqueles que envolvem cargas elétricas em repouso ou em movimento; as cargas em movimento são usualmente elétrons. A importância da eletricidade advém essencialmente da possibilidade de se transformar a energia da corrente elétrica em outra forma de energia: mecânica, térmica, luminosa etc.

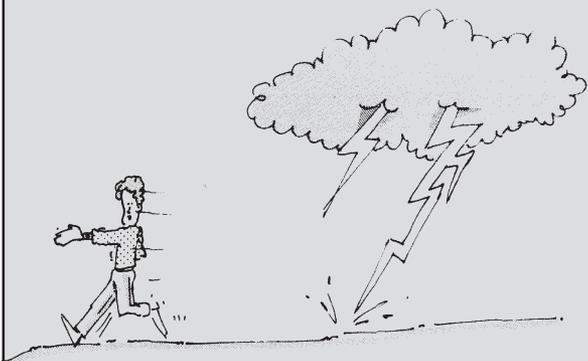


Para finalizar esta introdução ao estudo da Eletricidade você vai fazer uma lista dos aparelhos, instrumentos, componentes elétricos e eletrônicos que usa ou conhece em casa, no trabalho ou no lazer. Essa lista será o ponto de partida para a sua próxima aula.

ENCICLOPÉDIA
MIRADOR
INTERNACIONAL

Eletricidade na natureza:

relâmpago

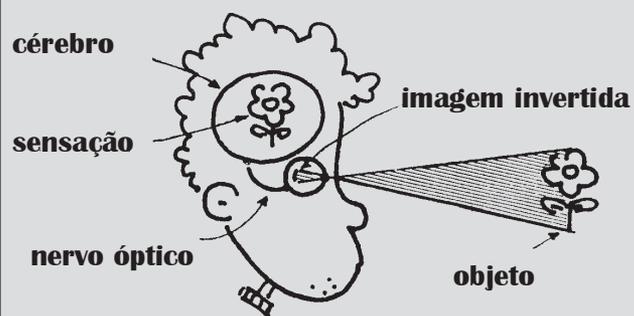


Os raios ou relâmpagos são descargas elétricas naturais que são produzidas quando se forma uma enorme tensão entre duas regiões da atmosfera (100.000 vezes maior que a tensão de 220 volts de sua residência para ligar o chuveiro). Nessas condições, o ar não se comporta como um isolante elétrico e o valor da corrente elétrica pode atingir valores de até 200.000 ampères.

Em certos casos pode-se sobreviver a um raio, desde que a corrente elétrica seja desviada dos órgãos vitais para as partes superficiais do corpo, como a pele molhada de suor ou a roupa molhada pela chuva ou também pelo medo.

Eletricidade no corpo humano:

impulsos elétricos do olho para o cérebro



A visão é o sentido que domina a nossa vida! Ela começa com a luz refletida pelo objeto que estamos observando e que atinge o nosso olho. Após atravessar várias substâncias transparentes, é formada uma imagem invertida do objeto numa região do olho chamada retina.

Ela é uma membrana transparente, cujo formato se assemelha ao fundo de uma concha. Nas células da retina encontram-se substâncias químicas sensíveis à luz. A incidência da luz sobre tais substâncias produz impulsos elétricos que são enviados para uma determinada região do cérebro através do nervo óptico.

Embora a imagem na retina seja invertida, é no cérebro que ela é colocada na posição normal.

2

Pondo ordem dentro e fora de casa

Você vai organizar as "coisas" da eletricidade ao mesmo tempo que constrói um plano de curso.



Quando pensamos nas coisas que utilizamos dentro e fora de casa, no lazer e no trabalho, ou mesmo nas coisas que conhecemos mas que estão distantes de nós, a lista é muito grande.

Se você pensou um pouco nisso quando foi solicitado no final da aula, certamente apareceram coisas como as exemplificadas na tabela 1.

tabela 1

rádio	faísca
televisão	motor elétrico
fita magnética	chave de luz
aparelho de som	transformador
calculadora	interruptor
liquidificador	toca-disco
campainha	dinamo
videocassete	fita isolante
filmadora	secador de cabelo
tomada	ferro de passar roupa
chuveiro	torneira elétrica
microfone	usina de eletricidade
soquete	bobina
lâmpada	batedeira
barbeador	fio de cobre
máquina de lavar	computador
barbeador	relógio de luz
alto-falante	bateria
enceradeira	raio
torradeira	pilha
relógio a pilha	aspirador de pó
gravador	máquina de escrever elétrica
fusível	linha de alta tensão
metrô	eletroímã
antena	voltímetro

Essa tabela é apenas uma amostra das coisas em que você pode ter pensado e que associamos à eletricidade, de maneira mais imediata e direta.

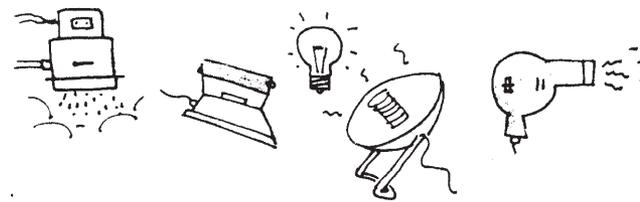
Se pensarmos no processo de fabricação dessas coisas, certamente a eletricidade também estará presente.

Olhando os aparelhos que compõem essa lista, cada um tem uma especificidade própria, de acordo com o uso que dele fazemos.

Mas se pensarmos no que eles produzem enquanto funcionam, veremos que é possível achar mais pontos em comum, pelo menos em alguns deles. Por exemplo, alguns aparelhos que utilizamos em nosso dia-a-dia têm como função comum produzir o aquecimento.

Identifique na lista ao lado os aparelhos que têm essa função.

Além desses que você identificou na lista, certamente existem outros.



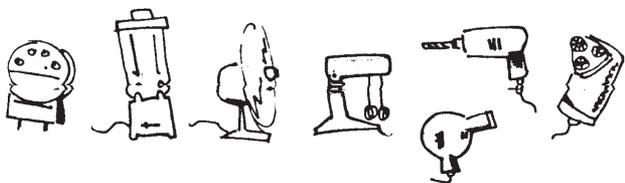
Todos eles têm em comum o fato de transformarem a energia elétrica fornecida por uma fonte em energia térmica. Esses aparelhos são os que têm a construção mais simples: possuem um pedaço de fio em forma de espiral cujo nome é **resistor**.

Quando um aparelho desse tipo é posto para funcionar, o resistor é aquecido. É por isso que tais aparelhos são denominados de **resistivos**.



resistor

Se tivermos um olho mais atento no que os aparelhos fazem quando são colocados em funcionamento, notaremos que grande parte deles produz algum tipo de movimento, isto é, transformam a maior parte da energia elétrica que recebem da fonte em energia mecânica. Veja na tabela da página anterior quais deles têm essa característica. Dentre os que você identificou, existem, por exemplo, os ilustrados a seguir:

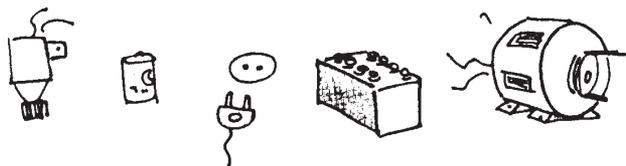


Tais aparelhos são denominados **motores elétricos**. Eles são utilizados para realizar inúmeros trabalhos: moer, picar, lustrar, furar, cortar, ventilar, medir etc.

Para funcionar, os aparelhos elétricos precisam ser "alimentados" energeticamente por uma fonte de energia elétrica. No dia-a-dia fazemos uso de vários tipos de fonte; lembre-se de algumas ou identifique-as na lista ao lado. Existem algumas que hoje são pouco usadas, como o dínamo de bicicleta. Outras, como os alternadores, estão presentes nos automóveis.

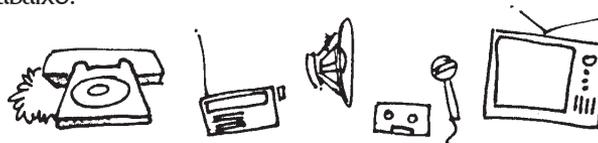
Aparelhos que transformam outras formas de energia (mecânica, química,..) em energia elétrica são denominados **fontes**.

Algumas fontes estão ilustradas a seguir:



Nos dias de hoje, os aparelhos elétricos mais atrativos estão ligados à comunicação ou ao armazenamento de informações.

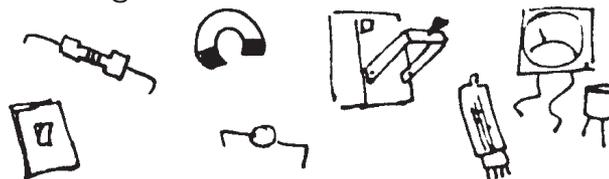
Consulte a lista da página anterior e verifique se existe algum com esta característica. Outros estão ilustrados abaixo.



Tais aparelhos permitem a comunicação entre uma ou mais pessoas, como o rádio, a tevê, o telefone e o micro-computador, ou o armazenamento de informações, como as fitas magnéticas e os disquetes. Eles fazem parte de um conjunto muito maior e, por isso, podem formar um agrupamento chamado **elementos de comunicação e informação**.

Estes, como outros aparelhos elétricos, são constituídos de muitos componentes, como fios, chaves, ímãs, resistores, botões interruptores, diodos, transistores etc.

Consulte novamente a lista da página ao lado e verifique se existe algum outro.



Em conjunto eles formam um agrupamento.

Esse conjunto forma um grupo denominado **componentes elétricos e eletrônicos**.

Encontrando semelhanças nas funções desempenhadas pelos aparelhos elétricos foi possível formar quatro grandes grupos: os que produzem aquecimento, os que produzem movimento, aqueles que são utilizados na comunicação e no armazenamento de informações e aqueles que são fontes de energia elétrica e possibilitam colocar todos os demais em funcionamento.

exercitando....

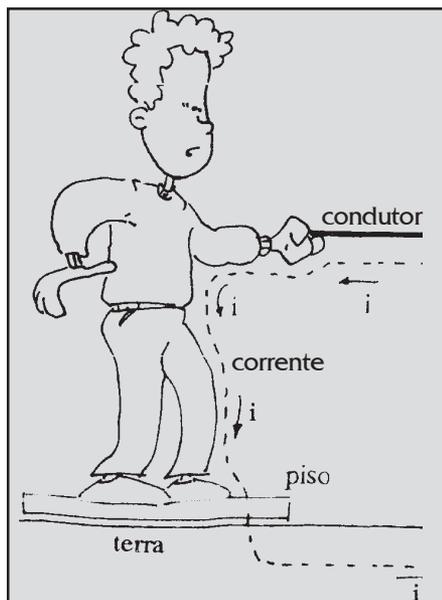
Durante o curso iremos discutir as "coisas" do levantamento, use os critérios propostos para classificá-las, completando a tabela no seu caderno. Se alguma "coisa" não encaixou em nenhuma coluna, coloque-a na coluna de **outros**.

Resistivos	Motores	Fontes	Comunicadores	Componentes	Outros
.....

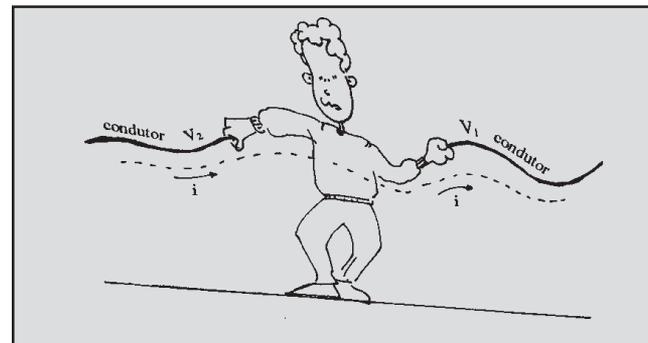
Cuidado com o choque elétrico!!

Quando nosso corpo fizer parte de um circuito elétrico, é bem provável que tomaremos um choque elétrico, se o circuito estiver fechado e ligado a uma fonte de energia elétrica. Nesse caso, algum trecho do nosso corpo será submetido a corrente elétrica do circuito, e, dependendo de sua intensidade, os efeitos podem ser muito graves.

A parte de nosso corpo que pode integrar um circuito elétrico pode ser pequena como a região formada pelo dedo polegar e o dedo indicador, quando mexemos nos botões de um aparelho ou nos fios da instalação. Outras vezes chega a tomar quase o corpo todo, envolvendo toda parte do corpo entre a mão e os pés, conforme indica a figura. Esse tipo de choque ocorre, por exemplo, quando estamos com os pés descalços no banheiro e com a mão vamos ligar ou desligar o chuveiro.



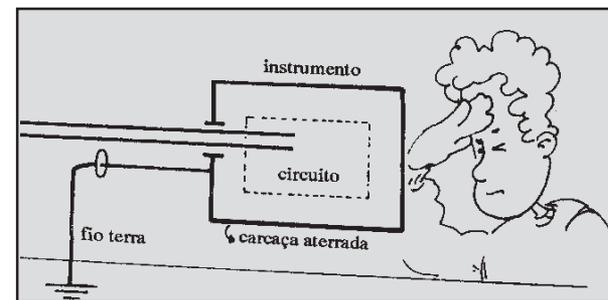
Se o trecho do nosso corpo que faz parte do circuito elétrico envolve as duas mãos, o risco é maior que nas situações anteriores. Isso porque a corrente elétrica passa diretamente pelo coração. Dependendo de sua intensidade, pode provocar até fibrilação ventricular, o que pode levar à morte em poucos minutos.



Uma maneira de evitar os choques elétricos é fazer a ligação dos aparelhos à terra. O "fio terra" é feito enterrando-se, no local da instalação, uma barra de cobre em local úmido, para garantir alta condutividade elétrica entre os condutores e a terra.

Conectado à barra, deve haver um fio de cobre que siga junto aos demais fios da instalação elétrica, formando, no caso da tomada, o terceiro fio.

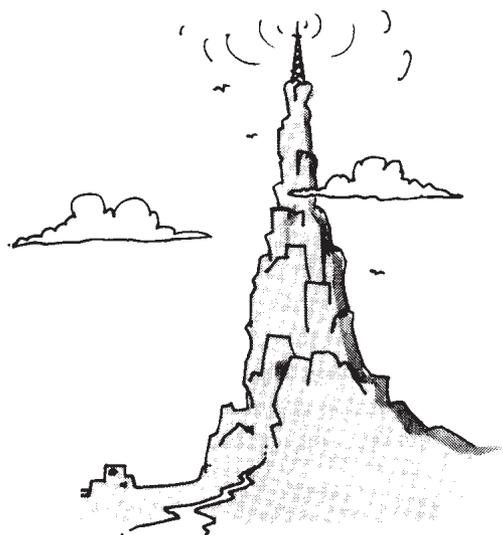
O fio terra também é utilizado para aterramento das carcaças metálicas de chuveiros e outros aparelhos, conforme ilustra a figura ao lado.



3

Elementos dos circuitos elétricos

Nesta aula você vai reconhecer os diferentes tipos de circuito e os seus elementos principais.



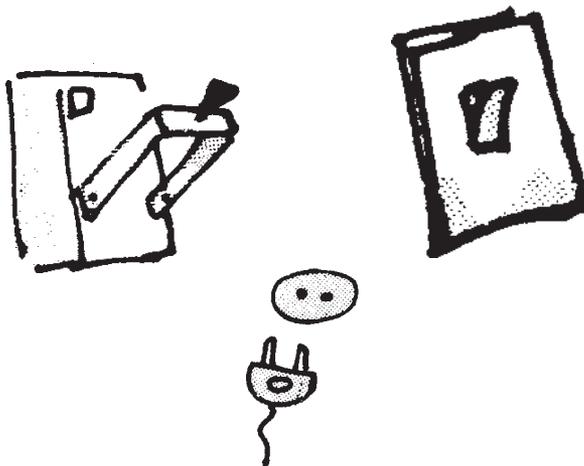
Ligar e desligar; abrir e fechar; acender e apagar; sintonizar...

Adivinhe do que nós estamos falando.



Ao colocar um aparelho elétrico em funcionamento estamos fechando um circuito elétrico. Esse circuito é constituído de **aparelho elétrico**; **fonte de energia elétrica**, que pode estar situada próximo ou distante do aparelho; e **fiOS de ligação**, que conectam adequadamente um ao outro.

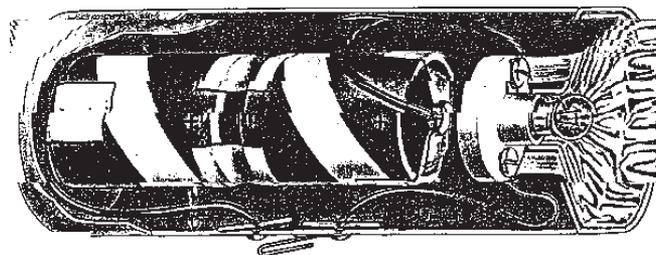
Para facilitar o manuseio, os circuitos elétricos contêm um elemento extremamente importante, que é o **interruptor**. Nos aparelhos elétricos o interruptor é o botão liga-desliga. Já no circuito elétrico residencial existem vários locais onde ele pode ser interrompido, tais como: chaves, disjuntores, tomadas, plugues, soquetes onde são rosqueadas as lâmpadas, dentre outros.



A principal função dos fios de ligação em um circuito elétrico é delimitar o local que servirá como um caminho ou uma trilha através da qual a energia elétrica da fonte chega até o aparelho elétrico e assim, passa ser utilizada por ele. Por exemplo, o fio de cobre utilizado na instalação elétrica residencial inclui uma capa plástica. O metal, nesse caso, é o caminho ou a trilha por onde a energia elétrica da fonte vai chegar até os aparelhos e a capa plástica que é um material isolante, delimita esse caminho. Quando a energia da fonte está sendo utilizada pelo aparelho, dizemos que o **circuito está fechado** e que há uma **corrente elétrica**.

Quando ligamos uma lanterna e sua lâmpada acende, o seu circuito elétrico, constituído de filamento da lâmpada e seus pontos de contato – fios de ligação cujas extremidades são conectadas aos dois terminais da pilha –, está fechado.

Desse modo, a energia química da pilha, transformada em energia elétrica, é utilizada pela lâmpada.



O mesmo se dá quando acendemos uma lâmpada ou ligamos um chuveiro, só que nestes casos, a fonte está longe e é de uso coletivo: é a usina.

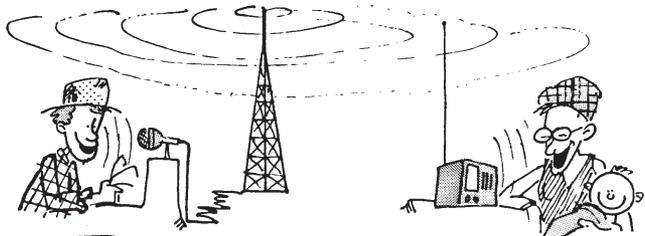
Quando ligamos para uma pessoa por um telefone comum, pelo sistema de fios, estamos tentando fechar um circuito elétrico que envolve o nosso aparelho, uma ou mais centrais telefônicas e o aparelho telefônico que está sendo chamado. Esse circuito, que é parte da rede elétrica telefônica, é constituído de fios de ligação e vários pontos de interrupção.

Se o telefone da outra pessoa está fora do gancho, o circuito elétrico não fecha e, por isso, a ligação não se completa. O mesmo se dá quando o fone não é retirado do gancho; isto é, toca e ninguém atende.

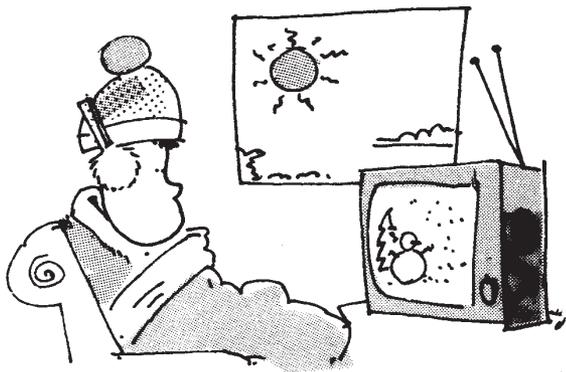
Mais recentemente, as ligações telefônicas também estão sendo realizadas através de microcomputadores, nos quais a voz é complementada por mensagens e imagens na tela.

Nesta situação, se a ligação entre os microcomputadores é feita através de fios condutores de eletricidade, vários pontos de interrupção são encontrados ao longo desse circuito e que durante a comunicação são acionados para fechá-lo.

Quando ligamos o rádio, mesmo que nenhuma estação esteja sintonizada, estamos fechando o seu circuito elétrico interno que inclui, entre muitas coisas, a fonte de energia, fios de ligação, o alto-falante. Ao sintonizarmos uma estação, algo a mais acontece, relacionado com a antena do aparelho e a da estação. Que tipo de coisa é essa você vai estudar em detalhes neste curso, mais adiante. Agora, podemos adiantar que a antena da estação comunica-se com a do aparelho de rádio sem necessidade de fios.



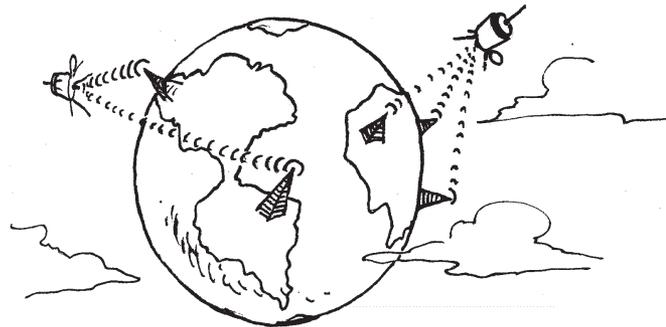
Com a TV acontece algo semelhante quando sintonizamos uma determinada estação. A diferença reside em que a comunicação entre as antenas do aparelho e da estação escolhida envolve, além do som, a imagem. Internamente, o aparelho de TV contém vários circuitos elétricos que envolvem diferentes materiais condutores de eletricidade. Tais circuitos estão conectados à mesma fonte de energia elétrica que faz funcionar os demais aparelhos elétricos que são ligados na rede elétrica residencial.



Mais recentemente temos encontrado cada vez mais os chamados telefones celulares. Internamente, os circuitos elétricos são alimentados por uma bateria, mas a comunicação entre eles dá-se por meio de antenas.



A comunicação entre microcomputadores também tem sido possível não apenas através de circuitos com fios mas também fazendo uso de antenas. Com o crescimento das comunicações entre governos, instituições científicas, bibliotecas, dos mais diferentes locais do planeta, além dos eventos que hoje têm transmissão para todas as regiões ou boa parte delas, a utilização de antenas e satélites artificiais tem sido cada vez mais presente.



Atividade experimental

FAÇA VOCÊ MESMO...

1- Você realizará nesta atividade um levantamento dos componentes e dispositivos elétricos residenciais e a identificação das suas funções para a constatação de alguns parâmetros comuns aos aparelhos elétricos. Veja o exemplo a seguir e siga em frente com os outros componentes, além dos que já estão listados.

nome do componente ou dispositivo	materiais utilizados	função que desempenha no circuito
soquete	porcelana e latão	faz a ligação entre a lâmpada e os fios de ligação
fios de ligação		
interruptor		
plugue		
tomada		

2- Faça uma lista dos materiais acima identificados e classifique-os como condutores ou isolantes elétricos.

4

Cuidado!
É 110 ou 220 ?

Aqui você vai aprender um pouco de Eletricidade com as informações das "chapinhas" dos aparelhos elétricos.

Todo aparelho elétrico tem um manual com instruções de uso e informações sobre as condições de seu funcionamento. Muitas vezes, elas também aparecem nas "chapinhas" fixadas nos próprios aparelhos.

TIPO	Chuveiro
MARCA	Lorenzetti
MODELO	Maxi Ducha Plus
TENSÃO NOMINAL	220 V
POTÊNCIA NOMINAL	4400 W

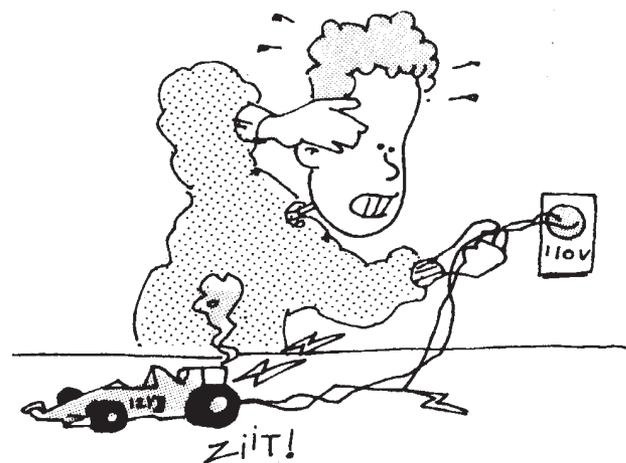
CONSUMO DE ENERGIA
em kWh
ÁGUA 38° C, DURAÇÃO 8 min. 1 PESSOA

MENSAL MÍNIMO ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA 10,0°C VAZÃO 4,0 l/min. 12,9	MENSAL MÁXIMO ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA 19,0°C VAZÃO 3,0 l/min. 19,0
---	---

NORMA UTILIZADA CONSUMO DE ENERGIA MB-3426
IMPORTANTE:
ANTES DE INSTALAR E USAR O APARELHO
LEIA O MANUAL DE INSTRUÇÕES

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA





Você vai escolher pelo menos 5 aparelhos elétricos de sua casa e anotar todas as informações que estão nas suas "chapinhas". Veja como fazer observando o exemplo a seguir:

aparelhos elétricos	informações dos fabricantes
1. ventilador de bolso	60 voltas por minuto - cc 15 watts
2. palitador de dentes	3 dentes por vez - 0,5 W (escove os dentes após)
3. escovador de sapatos	um pé por vez frequência de escovação 20 hertz
4. pregador de botão	2 pilhas de 1,5 volt linha corrente

Com o levantamento das informações você deve ter percebido que elas podem aparecer de diferentes maneiras: existem números, letras, palavras e sinais. O importante é saber que muitas vezes, apesar de aparecer de forma diferente, trata-se da mesma informação. Por exemplo: em alguns aparelhos vem escrito **110 V**; em outros vem escrito **voltagem 110 V**; já em outros essa mesma informação aparece como **tensão elétrica 110 volts**.

aparelho	informação do fabricante
aspirador de pó	110 volts
máquina de lavar roupa	tensão elétrica 110 V
lâmpada	110 V

Veja que por simples comparação você pode saber que se trata de várias informações a respeito de uma mesma **grandeza elétrica**, que no caso é a tensão, o seu **valor numérico**, que é 110; a sua **unidade de medida**, que é volt e o **símbolo** de sua unidade, que é V.

Se você observar o conjunto das informações que aparecem nos aparelhos, perceberá que existem outras grandezas elétricas, com outros valores, unidades de medida e símbolos diferentes.

Que outras grandezas elétricas você identificou nas informações dos fabricantes?

Para organizar as suas respostas você pode construir uma tabela como a ilustrada a seguir:

nome da grandeza	o valor e sua unidade	o símbolo
1. tensão elétrica	110/220 volts	V
2.
3.

Pelo levantamento das informações fornecidas pelos fabricantes de aparelhos elétricos e sua organização em tabelas de acordo com o que você acabou de fazer, foram identificadas algumas das principais grandezas elétricas. Comentaremos algo sobre elas a partir de agora.

Tensão elétrica ou voltagem (U)

Os aparelhos elétricos que são ligados na tomada ou à rede elétrica da residência trazem escrito os valores de 110 V ou 220 V. Alguns aparelhos, como os rádios, por exemplo, permitem que se ajuste o aparelho à tensão da rede elétrica da residência da cidade onde você mora e que pode ser 110 V ou 220 V.

Outros aparelhos, como a geladeira, a máquina de lavar roupas, o ferro de passar, o liquidificador, não têm tal botão que permite o ajuste da tensão. Eles funcionam ou na tensão 110 V ou na 220 V.

No caso de um desses aparelhos ser ligado numa tensão maior que a especificada pelo fabricante, ele queima quase imediatamente. Se ele for ligado a uma tensão menor que a especificada, ou o aparelho não funciona ou funciona precariamente.



Potência (P)

A potência é a grandeza elétrica que indica o consumo de energia elétrica do aparelho em cada unidade de tempo de seu funcionamento. Por exemplo, se uma lâmpada tem potência de 100 watts, significa que em cada segundo de funcionamento ela consome 100 joules de energia elétrica.

A maioria dos aparelhos elétricos tem apenas um valor de potência, mas existem alguns que trazem escrito mais de um valor, como por exemplo o chuveiro elétrico. Nesse caso, ele tem geralmente um valor para a posição verão e outro para o inverno. Na verão, em que a água é menos aquecida, o valor é menor. Na inverno, em que a água é mais aquecida, o valor da potência é maior e, conseqüentemente, o consumo de energia elétrica é também maior.



Corrente elétrica (i)

A maioria dos aparelhos elétricos não traz essa informação especificada. Ela, entretanto, está presente em todos os aparelhos elétricos quando eles estão em funcionamento.

A corrente elétrica é uma grandeza cujo valor depende da potência do aparelho e também da tensão em que ele é colocado para funcionar. Por exemplo, uma lâmpada de 100 watts feita para funcionar na tensão 110 volts, quando ligada requer maior corrente elétrica que uma de potência

de 60 watts e de mesma tensão. É por essa razão que a lâmpada de 100 watts apresenta luminosidade maior que a de 60 watts.

Existem dois tipos de corrente elétrica: a corrente contínua, que é fornecida por pilhas e baterias, e a corrente alternada, que é aquela fornecida pelas usinas para casas, indústrias etc.

A corrente contínua tem valor que não se altera para um mesmo aparelho e tem como símbolo nos folhetos ou mesmo nas chapinhas dos aparelhos as letras "CC" ou "DC".

A corrente alternada tem um valor que varia dentro de um intervalo durante o funcionamento de um mesmo aparelho elétrico. Ela tem como símbolos as letras "CA" ou "AC" ou mesmo o sinal \sim .

Frequência (f)

Embora a frequência seja uma grandeza presente na maioria dos aparelhos elétricos nos valores 50/60 e na unidade hertz (Hz), ela não é usada somente na eletricidade. Nesse caso, ela se refere a uma característica da corrente elétrica alternada obtida com as usinas geradoras de eletricidade. No Brasil, a frequência da corrente alternada é de 60 hertz, ou seja, 60 ciclos por segundo. Há países, como Portugal e o Paraguai, em que a frequência é de 50 hertz.

nomes de nomes

esclarecendo...

Antes que você pense que isso é tudo convém esclarecer que a voltagem, a potência, a corrente e a frequência não são as únicas grandezas elétricas que existem. Mas elas são as que mais aparecem quando investigamos as informações fornecidas pelos fabricantes de aparelhos elétricos.

Saiba que elas constituem um conjunto mínimo de informações necessárias para a utilização adequada dos aparelhos. Por isso é sempre recomendável ler as instruções antes de ligar o aparelho que se acabou de comprar.

Você pode estar se perguntando por que as unidades de medida dessas grandezas têm nomes tão diferentes das que você estudou até hoje: volt, watt, ampère e hertz.

Essas palavras são sobrenomes de cientistas que tiveram uma contribuição importante no conhecimento dos fenômenos da eletricidade. Veja na tabela a seguir algumas informações sobre de onde elas surgiram:

Responda rápido:

1. No folheto de uma secadora encontram-se as seguintes informações:



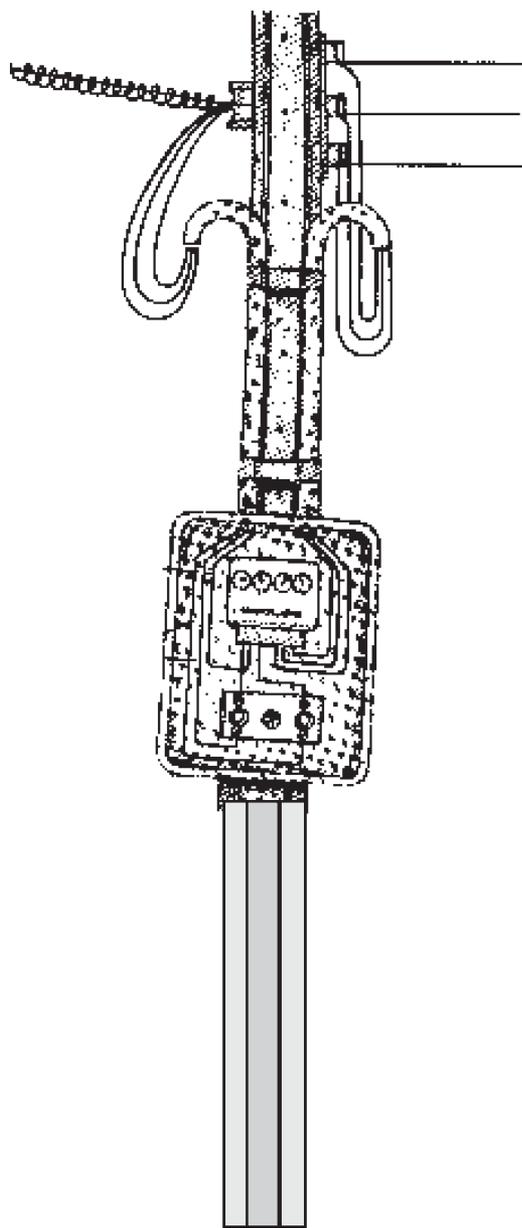
- a) quais as grandezas que aparecem?
b) quais seus valores e unidades?

unidade	grandezas	homenageado	nacionalidade	época em que viveu
volt	tensão elétrica	Alessandro Volta	italiano	1745–1827
watt	potência	James P. Watt	inglês	1818–1889
ampère	corrente elétrica	André M. Ampère	francês	1775–1836
hertz	frequência	Heinrich R. Hertz	alemão	1857–1894

5

A conta de luz

Aqui será o local em que vamos entender as informações que fazem parte da sua "conta de luz".



Você é pai de família? Mãe de família? Não? Que sorte!

Não diga que você é filhinho ou filhinha de papai!

Nesse caso, quando chega em sua casa a conta de luz, no máximo você a pega e entrega rápido para outra pessoa?

Quem põe a mão no bolso para pagar a conta?



Toda vez que um aparelho elétrico entra em funcionamento, ocorre uma transformação de energia elétrica em outras formas de energia, como luminosa, sonora, mecânica de rotação, térmica, dentre outras. Sem uma fonte de energia elétrica adequada e em condições de funcionamento, os aparelhos de nada servem.

As pilhas, as baterias, os acumuladores (usualmente chamados de baterias de automóveis e motos) e as usinas são as fontes de energia elétrica mais utilizadas no nosso dia-a-dia.

O acesso e a utilização de tais fontes representa, para nós, um custo a pagar, seja na hora da compra das pilhas e baterias nos bares, mercados, relojoeiros, no auto-elétrico, seja na hora de pagar a conta de energia elétrica, comumente chamada de “conta de luz”.

A partir desse momento, passaremos a analisar do que se compõe e como se calcula o custo da energia elétrica em nossa casa, que é fornecida pelas usinas geradoras de eletricidade através das companhias distribuidoras. Observe o modelo de uma conta de luz e responda às questões que vêm a seguir.



ELETROCHOQUE
A sua companhia de energia elétrica

CUIDADO: SAIBA COMO ENTENDER A SUA CONTA
NOTA FISCAL
CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA

Nome
VITIMA DOS PREÇOS ATACADOS

Endereço da Unidade Consumidora
TRAVESSA DOS AFLITOS, 10 ALTOS

Número de Referência
417627090

Categoria Apresentação Vencimento
Dia Mes Dia Mes Ano
04/99 5 6 15 4 99

Número da Conta
Lote Local Lote Instalação
3 100 21828 32 321

M E D I D O R		Consumo	Leitura	Cód.	Emissão em
Número	Constante	KWh	Dia Mes	F C	
7131312	00002	7372	264 31	3 2 1	01/04/99

Identificação Bancária		Município
Banco	Agência	
197	321	BANMIAS

Consumo Registrado nos últimos Meses - KWh			Descrição		VALOR TOTAL EM MERRECCAS
244 - MAR/99	251 - NOV/98	298 - JUL/98	FORNECIMENTO (F) ICMS		20,31
271 - FEV/99	233 - OUT/98	235 - JUN/98			6,76
278 - JAN/99	268 - SET/98	294 - MAI/98			
170 - DEZ/98	304 - AGO/98	297 - ABR/98			

COMPOSIÇÃO DO FORNECIMENTO			
Faixa de Consumo	CONSUMO KWh	MERCC/KWh	VALORES EM MERRECCAS
0 - 30	30	0,0194	0,58
31-100	70	0,0489	3,42
101 - 200	100	0,0882	8,81
ACIMA 200	64	0,1173	7,50
	264	Total	

C.G.C.	Insc. Estadual	ICMS Base de Cálculo
		27,07

Alíquota (%)	Valor
25%	6,76

Total a Pagar
27,07

Sua Agência de Atendimento
LADEIRA DA AGONIA S/N 666-6060 ramal 7070 DAS 2:28 HS ÀS 3:12 HS

CONTA EMITIDA EM MERRECCAS
O FIM DO SÉCULO ESTÁ PRÓXIMO: EVITE RESPIRAR

1. DATA DE VENCIMENTO _____
2. MULTA POR ATRASO _____
3. TOTAL A PAGAR _____
4. CONSUMO E UNIDADE _____

O consumo representa a quantidade de energia consumida ou utilizada por sua residência. Ela é medida em **kWh**, que significa quilowatt-hora. O *quilo* é o mesmo do *quilograma*, do *quilômetro*, e significa 1000 vezes. Já watt-hora representa a medida da energia elétrica. Embora possa lhe parecer “estranho” que watt-hora seja uma unidade de energia (você se lembra de uma outra?), recorde que watt é uma unidade de potência, e hora uma unidade de tempo. O produto potência x tempo resulta na energia. Assim, watt-hora representa o produto da potência pelo tempo, e 1 kWh é 1.000 watt-hora. Essa unidade é a medida da energia elétrica utilizada pelas casas porque a potência dos aparelhos elétricos é medida em watt, e o tempo de funcionamento dos aparelhos em horas.

Se você dividir o valor total a pagar ou já pago pelo consumo, ou seja, a quantidade de kWh utilizada pela sua casa, obterá o valor médio de quanto lhe custou cada kWh de energia.

Faça o cálculo e anote aqui o valor encontrado :

1kWh = _____

Algumas companhias distribuidoras de eletricidade adotam valores diferentes para certas faixas de kWh consumidos, conforme está indicado na figura a seguir.

COMPOSIÇÃO DO FORNECIMENTO			
Faixa de Consumo	CONSUMO kWh	MER\$/kWh	VALORES EM MERREAS
0 - 30	30	0,0194	0,58
31-100	70	0,0489	3,42
101 - 200	100	0,0882	8,81
ACIMA 200	64	0,1173	7,50

A quantidade de energia que você utiliza em casa depende de dois fatores básicos: da potência dos aparelhos e do tempo de funcionamento. Os dois fatores, ao contrário do que se imagina, são igualmente importantes, quando se pensa no custo a pagar pela energia elétrica utilizada.

Um aparelho de baixa potência, mas que funcione durante muito tempo diariamente, pode gastar tanta ou mais energia que um outro aparelho de maior potência que funcione durante pouco tempo.

O valor indicado na conta como consumo da energia elétrica representa o somatório do produto da potência de cada aparelho elétrico pelo tempo de funcionamento entre uma medida e outra.

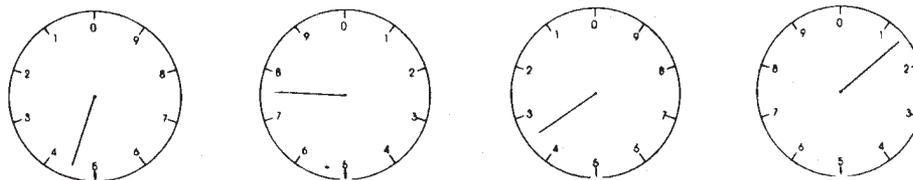
Esse valor é obtido a partir de duas leituras realizadas, em geral, no período de trinta dias.

No "relógio de luz", essa leitura é feita pela indicação de quatro ponteiros, da esquerda para a direita, conforme indica o exemplo a seguir.

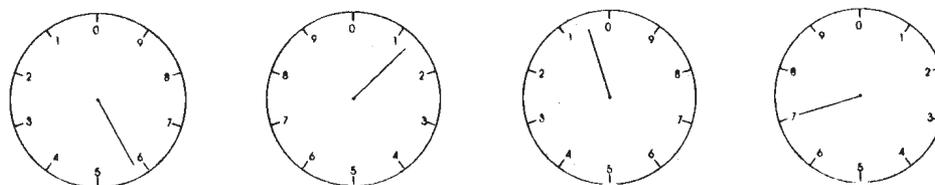
ENERGIA = POTÊNCIA X TEMPO

E = P X t

leitura realizada no início do mês de abril



leitura realizada no início do mês de maio



consumo = 5 107 - 4 731 = 376 kWh

exercitando....

1. Custo e imposto

A conta de luz de uma residência indica o valor a pagar igual a \$ 76,00. O consumo da energia elétrica medido em kWh é 443. Qual é, em média, o valor pago por 1 kWh? Compare o valor encontrado com o calculado na página anterior. Admitindo-se que o mês de utilização seja o mesmo, explique a diferença no valor encontrado.

2. Dilemas da juventude

Um aluno do colegial leu o anúncio reproduzido abaixo e ficou com a seguinte dúvida: comprar o secador de cabelos mais potente e mais caro ou comprar o mais barato e menos potente? Ajude o aluno a resolver este problema, pois ele ainda não estudou eletricidade, e discuta as vantagens e desvantagens de cada um.

ANÚNCIOS MÁGICOS

**CABELOS LONGOS, BEM CUIDADOS,
VALORIZAM SEU VISUAL!**

Por apenas \$ 45,00, você adquire um secador de cabelos de 1000 watts, ou, se preferir, por \$ 31,50, você leva um de 800 watts.

faça você mesmo

Você pode ter idéia se o consumo indicado na sua "conta de luz" não está fora da realidade por erro de leitura fazendo a atividade proposta a seguir. Para tanto, utilize a tabela abaixo e anote os valores referentes a cada uma das colunas. O tempo de funcionamento de cada aparelho deve ser o mais preciso possível. Lembre-se de que a geladeira e o freezer funcionam, em média, 8 horas por dia, pois eles ligam e desligam. Se você tiver radiorelógio, leve em conta apenas o tempo de funcionamento do rádio, pois o relógio tem consumo muito pequeno.

aparelho	potência em watt	tempo de funcionamento na semana em horas	potência x tempo em watt-hora

A soma de todos os produtos da potência pelo tempo de funcionamento medido em horas indica a energia utilizada em uma semana medida em watt-hora. Para saber o consumo mensal, basta multiplicar por 4, que é o número de semanas por mês. Dividindo-se por 1000, o resultado será o valor do consumo medido em kWh. Faça as contas e compare com o valor impresso em sua conta. Verifique se eles são próximos ou muito diferentes. Tente explicar as razões das possíveis diferenças.

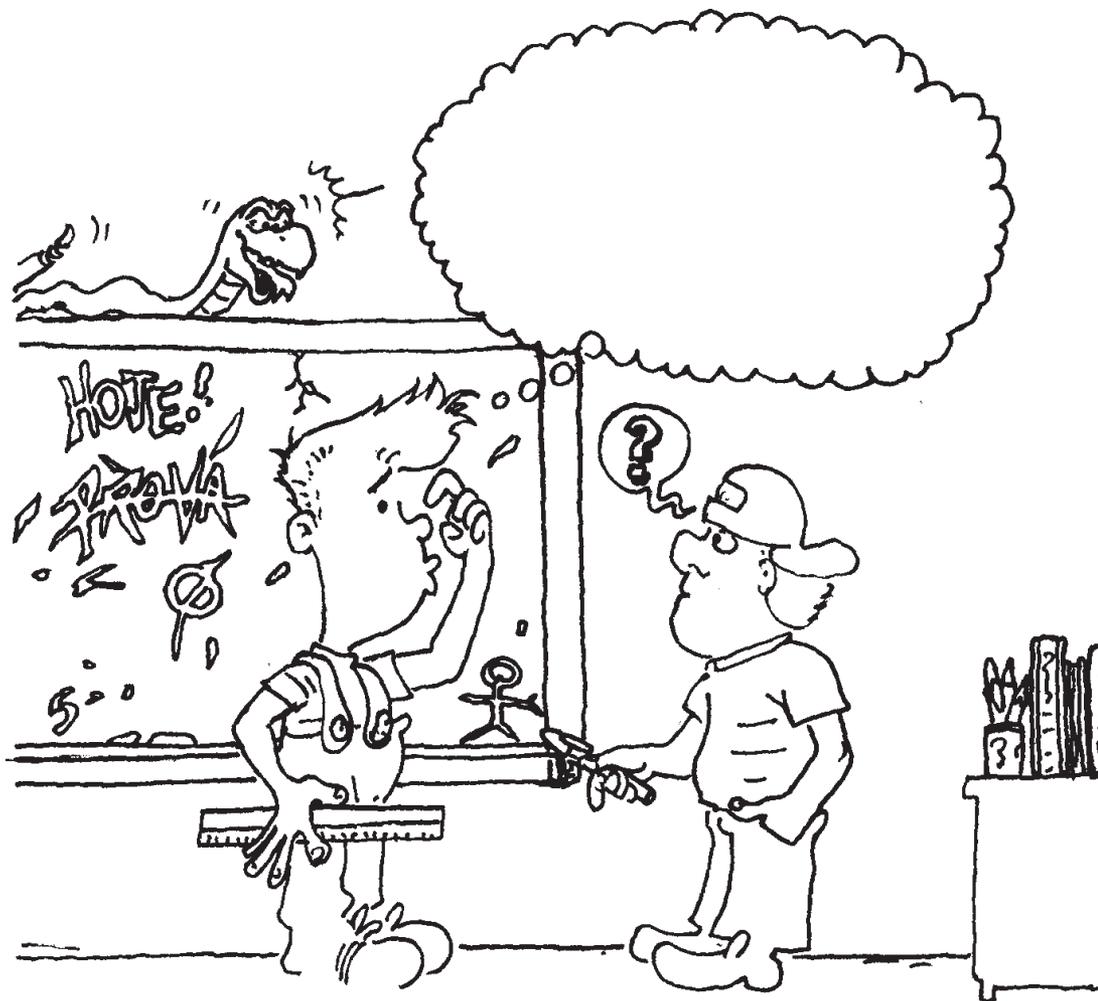
6

Atividade e exercícios

Você vai rever o que foi discutido nas aulas anteriores fazendo as questões propostas.

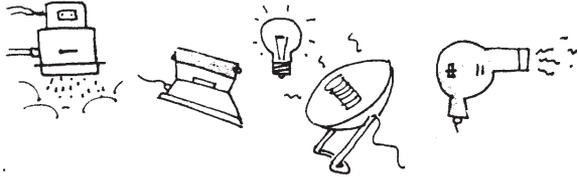
EXEXEXEXEXERCÍCIOS

(Eletricidade: presença e entendimento)

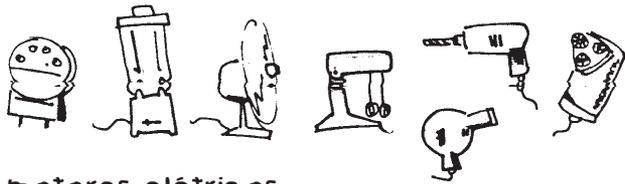


exercitando...

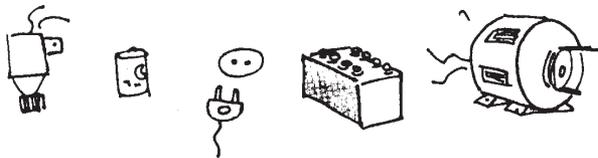
1. Analise as figuras abaixo e responda



aparelhos resitivos



motores elétricos



fontes de energia elétrica

- Explique a classificação dos aparelhos dada acima.
- Há aparelhos que podem ser classificados em mais de um tipo. Dê exemplos e justifique a resposta.
- Que tipos de transformação de energia ocorrem nos aparelhos resitivos? E nos motores?
- As fontes de energia produzem energia elétrica ou simplesmente transformam? Explique.

2. Que informações estão sendo fornecidas em cada um dos itens abaixo:

- 110/127 V
- 3 V CC
- 123 W CA
- 50/60 Hz

3. Como se dá a transmissão e a recepção em aparelhos que transmitem sem fio?

4. A figura é a reprodução de uma parte da conta de luz.

MEDIDOR		Consumo	Ledura	Cód.	Emissão em	Identificação Bancária		Município	
Número	Consumo	KWh	Da	Mês	F C	Banco	Agência		
7131312	00002	2372	204	31	3 2 1	01/04/99	137	321	BANANAS
Consumo Registrado nos últimos Meses - kWh			Destinação			VALOR TOTAL EM REECARGAS			
244 - MAR/99	251 - NOV/98	298 - JUL/98	FORNECIMENTO (F)			20,31			
271 - FEV/99	283 - OUT/98	235 - JUN/98	ICMS			6,76			
278 - JAN/99	288 - SET/98	294 - MAI/98							
170 - DEZ/98	304 - AGO/98	297 - ABR/98							
C.B.C.	hc. Estadual	CMR Base de Cálculo	23,17	Alíquota (%)	25%	Valor	5,78	Total Fatur	28,95

- É possível calcular o consumo de energia de uma residência sem usar a informação da conta? Como? Que dados são necessários?
- Se na residência da conta acima fosse acrescentada uma secadora de 1200 W, usada 50 horas por mês, para quanto iria o consumo? E o custo?

5. Numa conta de luz encontramos o seguinte valor: **234 kWh**. Ele se refere a:

- potência consumida
- tensão consumida
- energia consumida
- corrente do circuito

6. Observe a figura e responda:



- Qual a energia gasta por essa lâmpada em uma hora?
- De onde vem essa energia?
- Toda essa energia é transformada em luz? Explique.
- Essa lâmpada é usada normalmente em corrente contínua ou alternada?
- Explique a diferença entre esses dois tipos de corrente.

7. Uma residência pagou \$ 65,00 (valor em merrecas) pelo consumo de 384 kWh.

Qual o valor médio pago por cada kWh?

8. Uma lâmpada de filamento apresenta o valor escrito sobre o vidro.



O que é esse valor e qual seu significado?

9. Uma lâmpada com inscrição 110 V-100 W brilha mais ou menos que uma de 220 V-60 W? A que se refere os números e letras impressos nessas lâmpadas?

10. Um chuveiro de 2800 W/220 V é usado 30 horas por mês, enquanto um aquecedor de 1200 W/110 V é usado 50 horas no mesmo período. Qual dos dois consome mais energia?

11. Para secar o cabelo, um jovem dispõe de dois secadores elétricos: um de 1200 W-110 V e outro de 700 W-110 V. Discuta as vantagens de utilizar um e outro.

teste seu vestibular...

12. Em um secador de cabelo as informações fornecidas pelo fabricante são: 110 V; 50-60 Hz; 100 W.

Esse aparelho, quando ligado durante 10 minutos, "gasta" mais energia que:

- Uma lâmpada 110 V-60 W
- Uma lâmpada de 220 V-100 W
- Uma lâmpada de 110 V-150 W

ligadas também durante 10 minutos cada uma.

7

Chuveiros elétricos

Agora você vai
ficar por dentro
de como são
construídos esses
aparelhos.



Quando está quente, o chuveiro faz a água "ferver"; quando está frio, a água não esquenta. O que é que tem esse chuveiro?

Observação do chuveiro

As informações contidas nas chapinhas geralmente se referem a grandezas físicas que indicam as condições de funcionamento desses aparelhos.

Vamos descobrir qual é a relação entre essas grandezas e os aparelhos elétricos presentes em nosso dia-a-dia.

roteiro

1. Dados do fabricante:

Tensão

Potência

2. Qual a transformação de energia realizada pelo

chuveiro? Onde ela é realizada?

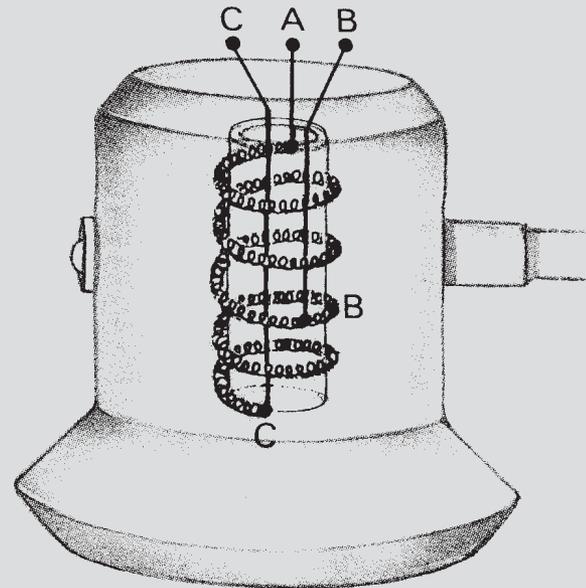
3. Quando a água esquenta menos?

4. Dá choque em algum lugar quando você toma banho?

5. Quantos pontos de contato elétrico existem no resistor?

6. Observe que o resistor é dividido em dois trechos. Quais são os pontos de contato para a posição verão? E para a posição inverno?

7. Por que o chuveiro não liga quando a água não tem muita pressão?



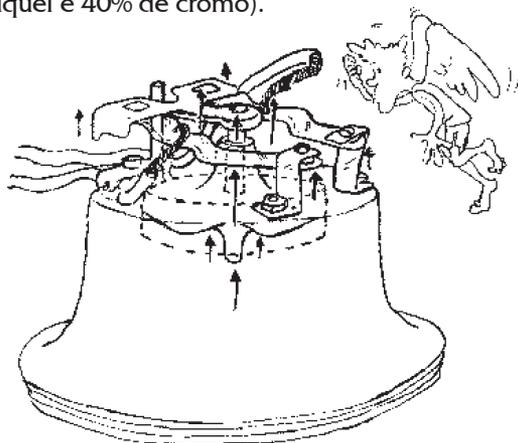
Quando fizemos a classificação dos aparelhos e componentes eletrônicos, o grupo dos resistivos, cuja função é produzir aquecimento, foi colocado em primeiro lugar. A razão dessa escolha é que, normalmente, os resistivos são os aparelhos mais simples. Desse grupo vamos destacar chuveiros, lâmpadas incandescentes e fusíveis para ser observados e comparados.

A maioria dos chuveiros funciona sob tensão elétrica de 220 V e com duas possibilidades de aquecimento: inverno e verão. Cada uma delas está associada a uma potência.

Na posição **verão**, o aquecimento da água é menor, e corresponde à **menor potência** do chuveiro. Na posição **inverno**, o aquecimento é maior, e corresponde à **maior potência**.

As ligações **inverno-verão** correspondem, para uma mesma tensão, a diferentes potências. Na maioria dos chuveiros a espessura do fio enrolado – o resistor – comumente chamado de "resistência", é a mesma.

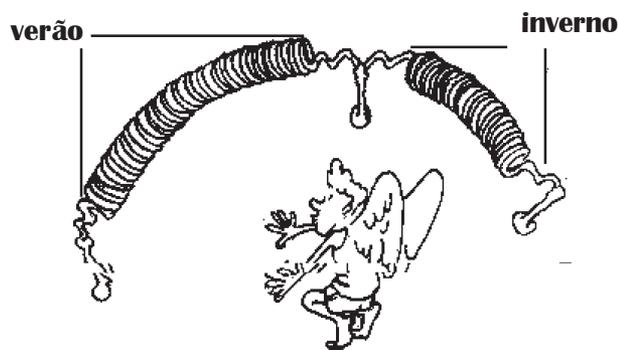
O circuito elétrico do chuveiro é fechado somente quando o registro de água é aberto. A pressão da água liga os contatos elétricos através de um diafragma. Assim, a corrente elétrica produz o aquecimento no resistor. Ele é feito de uma liga de níquel e cromo (em geral com 60% de níquel e 40% de cromo).



Observe que o resistor tem três pontos de contato, sendo que um deles permanece sempre ligado ao circuito.

As ligações **inverno-verão** são obtidas usando-se comprimentos diferentes do resistor.

Na ligação **verão** usa-se um pedaço maior desse mesmo fio, enquanto a ligação **inverno** é feita usando-se um pequeno trecho do fio.



Alguns fabricantes usam para o verão todo o comprimento do resistor, e um dos pedaços para o inverno.

Na ligação **inverno**, a corrente no resistor deverá ser maior do que na posição **verão**, permitindo assim que a potência e, portanto, o aquecimento sejam maiores.

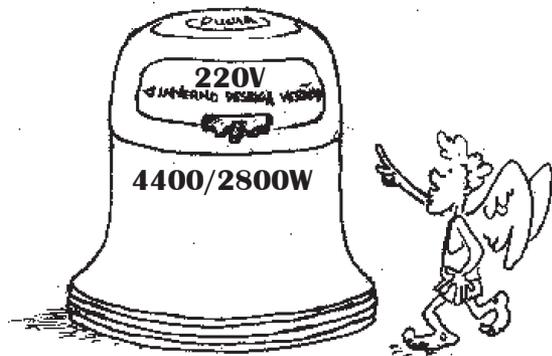
Quando a tensão, o material e a espessura são mantidos constantes, podemos fazer a seguinte relação, conforme a tabela a seguir.

	verão	inverno
aquecimento	menor	maior
potência	menor	maior
corrente	menor	maior
comprimento do resistor	maior	menor

exercitando....

1. Leia o texto e observe a figura.

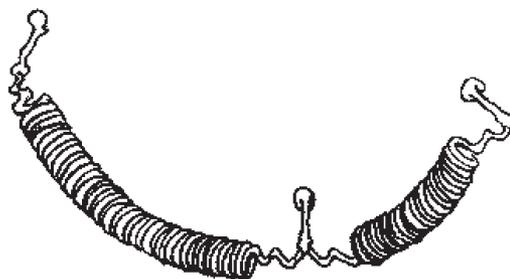
Os chuveiros elétricos têm uma chave para você regular a temperatura de aquecimento da água, de acordo com suas necessidades: na posição verão, o aquecimento é mais brando, e na posição inverno, o chuveiro funciona com toda sua potência. Mas, se for necessário, você poderá regular a temperatura da água abrindo mais ou fechando o registro da água: quanto menos água, mais aumenta o aquecimento.



Responda as seguintes questões:

- Qual é a tensão do chuveiro?
- Qual é a potência que corresponde à posição verão?
- Em qual das duas posições o resistor tem maior comprimento?
- Em qual posição a corrente é maior?

e) Indique no esquema as ligações inverno e verão.



f) De acordo com suas observações, você diria que o aumento no comprimento do filamento dificulta ou favorece a passagem de corrente elétrica? Explique.

g) O que acontece se ligarmos esse chuveiro na tensão 110 V? Explique

2. Complete a tabela abaixo usando adequadamente as palavras menor e maior:

	verão	inverno
aquecimento		
potência		
corrente		
comprimento do resistor		

8

Lâmpadas e fusíveis

Aqui você vai ficar por dentro de como se obtêm diferentes brilhos sem mudar a tensão e para que servem os fusíveis.

**Lâmpada de 100, de 60, de 25...
Final, o que é que as lâmpadas têm
para se diferenciarem
umas das outras?**



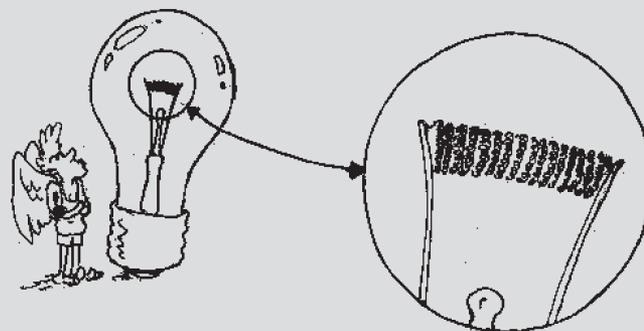
Observação de lâmpadas

Vamos comparar um conjunto de lâmpadas e analisar como os fabricantes conseguem obter diferentes potências sem variar a tensão.

Os filamentos mais usados são os de formato em dupla espiral, que permitem a redução de suas dimensões e, ao mesmo tempo, aumentam sua eficiência luminosa. Eles são feitos de tungstênio.

roteiro

1. Qual delas brilha mais?
2. Qual a relação entre a potência e o brilho?
3. Em qual delas o filamento é mais fino?
4. Qual a relação existente entre a espessura do filamento e a potência?
5. Em qual lâmpada a corrente no filamento é maior?
6. Qual a relação existente entre a corrente e a espessura?



As lâmpadas elétricas se dividem em dois tipos básicos: **INCANDESCENTES** e de **DESCARGA**, usualmente chamadas de fluorescentes.

As lâmpadas **incandescentes** produzem luz por meio do aquecimento de um filamento de tungstênio, enquanto nas lâmpadas de descarga a luz é emitida graças à excitação de gases ou vapores metálicos dentro de um tubo. Por isso, as lâmpadas fluorescentes são conhecidas como lâmpadas frias.

Neste momento vamos tratar, apenas, das lâmpadas quentes: as incandescentes.

Essas lâmpadas de filamento são classificadas no grupo dos resistivos, pois, embora sejam utilizadas para iluminar, uma fração muito pequena da energia é luz (~ 5%), o restante, 95%, produz aquecimento.

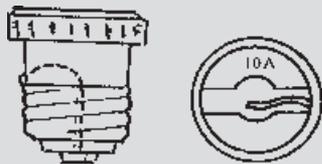
O princípio de funcionamento da lâmpada incandescente baseia-se na corrente elétrica que aquece um filamento de tungstênio. As lâmpadas são fabricadas a vácuo para evitar a oxidação dos filamentos: o ar é retirado no processo de fabricação e é injetado um gás inerte, em geral o argônio.

Para obter diferentes luminosidades, o fabricante altera, geralmente, a espessura do filamento: quanto maior a espessura, maior a corrente e, portanto, maior a luminosidade.

Observação dos fusíveis

Os fusíveis são elementos essenciais dos circuitos elétricos, pois sua função é proteger a instalação. Existem vários tipos de fusível; o mais simples deles é o de rosca, conforme ilustra a figura a seguir. Nesse tipo, o material utilizado é uma liga que contém estanho. Outro tipo de fusível é o de cartucho, geralmente utilizado em aparelhos de som.

fusível de rosca



fusível de cartucho



roteiro

Nesta atividade vamos comparar um conjunto de diferentes fusíveis de rosca.

1. Identifique num fusível de rosca seus elementos essenciais: pontos de contato elétrico, filamento e outros materiais que o constituem.
2. Em qual deles a espessura é maior?
3. Qual a relação existente entre a espessura e a corrente indicada pelo fabricante?
4. De que maneira os fusíveis conseguem proteger o circuito elétrico de uma residência?

Os fusíveis se encontram normalmente em dois lugares nas instalações elétricas de uma residência: no quadro de distribuição e junto do relógio medidor. Além disso eles estão presentes no circuito elétrico dos aparelhos eletrônicos, no circuito elétrico do carro etc.

Quando há um excesso de aparelhos ligados num mesmo circuito elétrico, a corrente elétrica é elevada e provoca aquecimento nos fios da instalação elétrica. Como o fusível faz parte do circuito, essa corrente elevada também o aquece. Se a corrente for maior do que aquela que vem especificada no fusível: 10A, 20A, 30A etc, o seu filamento se funde (derrete) antes que os fios da instalação sejam danificados

O controle da corrente elétrica é feito pela espessura do filamento.

Por isso é que os fusíveis devem ser feitos de um material de **baixo ponto de fusão**, para proteger a instalação.

Quando ocorre a fusão, o circuito fica aberto, interrompendo a passagem da corrente, e os aparelhos deixam de funcionar. Quanto maior for a corrente especificada pelo fabricante, maior a espessura do filamento. Assim, se a espessura do filamento do fusível suporta no máximo uma corrente de 10A e por um motivo qualquer a corrente exceder esse valor, a temperatura atingida pelo filamento será suficiente para derretê-lo, e dessa forma a corrente é interrompida.

exercitando...

1. Preencha o quadro a seguir utilizando setas na vertical, cujo sentido indica o valor crescente da grandeza indicada.

lâmpada	brilho	potência	espessura	corrente
25w				
60w				
100w				

2. O que acontecerá se ligarmos uma lâmpada com as inscrições (60W-110V) na tensão 220V? Por que?

3. Por meio de qual processo se obtém luz numa lâmpada de filamento?

4. Preencha a tabela abaixo utilizando setas na vertical, cujo sentido indica o valor crescente da grandeza indicada, ou o sinal de igual.

fusíveis	comprimento	espessura	corrente
10A			
20A			
30A			

5. Numa instalação elétrica residencial ocorre freqüentemente a queima do fusível de 15A. Para resolver o problema, um vizinho sugere que se troque por um outro de 30A. Esse procedimento é correto? Justifique, levando em conta a sua função no circuito.

Rapidinhas

- Qual a função do fusível na instalação residencial?
- O que significa a informação 10A no fusível da figura?
- Há diferença no fio de fusível de 20A em relação ao de 10A da figura ao lado? Qual? Por quê?

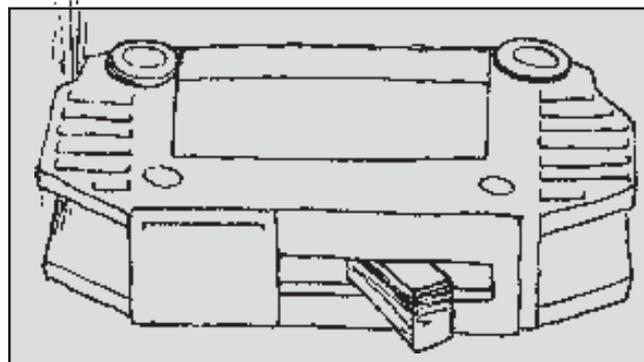
fusível visto de cima



saiba que...

Os disjuntores também têm a mesma função dos fusíveis: proteger a instalação elétrica.

Ao contrário dos fusíveis, os disjuntores não são danificados quando a corrente no circuito é maior que a permitida; eles apenas interrompem a corrente abrindo o circuito, de forma que, depois de resolvido o problema, o dispositivo pode voltar a funcionar novamente.

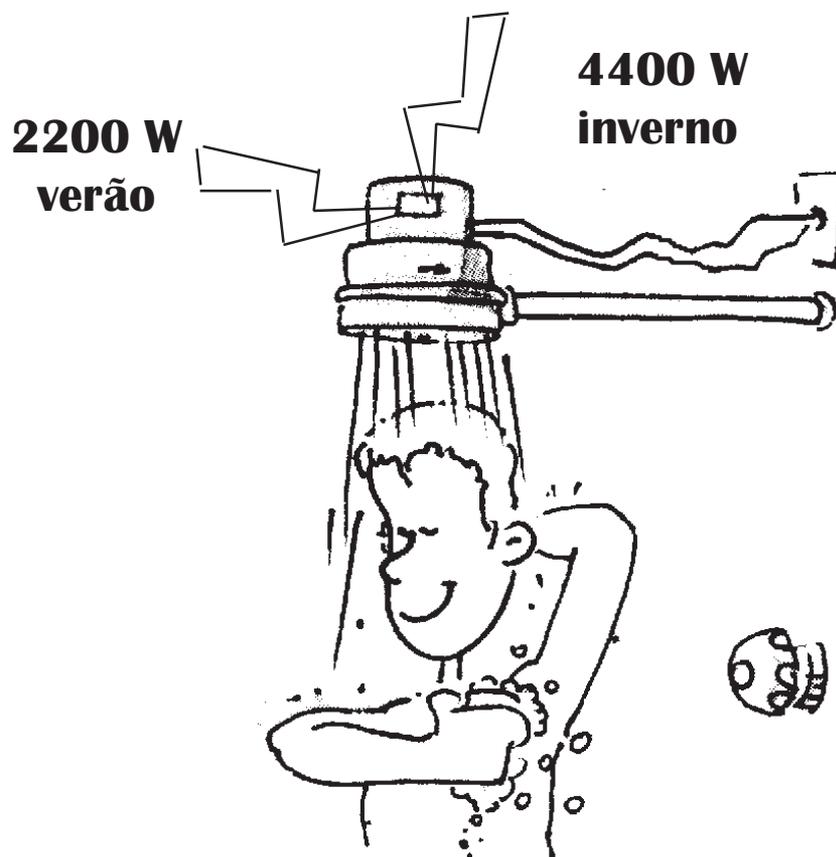


9

A potência nos aparelhos resistivos

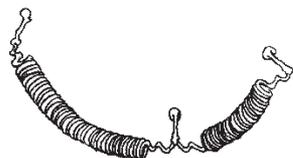
Aqui você vai aprender em que condições os aparelhos apresentam a potência indicada pelo fabricante.

Tomar banho é uma das boas e desejáveis coisas a fazer após um dia de trabalho, ou de um jogo na quadra da escola. Mas se o chuveiro é daqueles que quando o tempo está frio ele esquenta pouco e nos dias quentes ele ferve, o banho pode tornar-se um martírio. Como é que se obtém o aquecimento desejado nesses aparelhos?



Para entrar em funcionamento, um aparelho elétrico tem de estar conectado a um circuito elétrico fechado, que inclui além dele uma fonte de energia elétrica. No caso do circuito elétrico da nossa casa, ele é formado de fios de cobre cobertos por uma capa de plástico, e a fonte é a usina.

A maioria dos aparelhos resistivos são formados de apenas um fio metálico enrolado, que é chamado de *resistor*.



Há também aparelhos resistivos que não possuem o enrolamento de fio metálico, como o ferro de passar roupas, os ebulidores de metal, os resistores cerâmicos de aquecedores.

Os fios de cobre da instalação da casa são ligados às suas extremidades e, assim, o circuito é fechado. Quando o aparelho entra em funcionamento, a corrente elétrica no circuito faz com que o aquecimento fique mais concentrado no resistor. Por exemplo, nas lâmpadas esse aquecimento é muito grande e o filamento atinge temperaturas acima de 2000°C. Já nos chuveiros e torneiras elétricas, a

temperatura atingida é menor, até porque o filamento está em contato com a água. A mesma coisa acontece nos aquecedores, que são utilizados nos dias frios, em que o resistor adquire a cor vermelha. Sua temperatura fica entre 650°C e 1000°C, dependendo da intensidade da cor.

O aquecimento obtido com tais aparelhos é um efeito da corrente elétrica que existe no seu circuito. Esse efeito térmico da corrente elétrica, que tem o nome de **efeito Joule**, é inseparável da sua causa, isto é, **onde houver corrente, há aquecimento**.

Para um certo aparelho, a tensão é sempre a mesma durante o seu funcionamento. O chuveiro é um exemplo disso. Mas mesmo assim podem-se obter diferentes potências (verão e inverno) sem variarmos a tensão. Isso só vai acontecer se a corrente no resistor for também diferente, já que a tensão da fonte é sempre a mesma. Para visualizar, podemos escrever uma tabela:

Potência corrente tensão

Potência corrente tensão

Potência corrente tensão

A relação entre a potência, a corrente e a tensão pode ser expressa pela fórmula:

Potência = corrente x tensão

ou

$$P = i \cdot U$$



O controle do aquecimento em lâmpadas, chuveiros e outros aparelhos resistivos é realizado através do valor da corrente elétrica que existe no resistor. Assim,

MAIOR → MAIOR → MAIOR
AQUECIMENTO → POTÊNCIA → CORRENTE

Para que se possa obter esses diferentes graus de aquecimento é preciso controlar o valor da corrente elétrica no resistor.

Ao variar a resistência elétrica do resistor, aumentando-a muito, mais ou menos ou pouco, regulamos a passagem da corrente no resistor e controlamos o valor da corrente.

Assim, uma primeira forma de pensar esse efeito foi considerar a resistência elétrica de um resistor como a medida da "dificuldade" que ele "opõe à passagem" de corrente, idéia que surgiu quando a corrente elétrica era tida como um fluido. Embora não seja assim, esse modelo permite explicar a relação entre resistência e corrente elétrica de forma adequada.

resistência elétrica	X	corrente elétrica
grande		pequena

Os resistores não são feitos de cobre, que é o material das instalações. Nas lâmpadas, por exemplo, o material utilizado é o tungstênio.

Além disso, a espessura do filamento é alterada; assim, obtêm-se valores diferentes de corrente e, conseqüentemente, de potência sem que seja necessário mudar o valor da tensão.

Já no chuveiro o material utilizado é uma mistura de níquel e cromo, e o aquecimento maior no inverno é obtido com o uso de um pedaço menor do seu filamento.

resumindo...

Para se obter diferentes graduações no aquecimento de um certo tipo de aparelho resistivo, o fabricante ou muda a espessura e/ou muda o comprimento do resistor.

exercitando...

Rompendo a barreira da escuridão

parte 1

Como diz o grande sábio que mora aqui no bairro, “depois de um tropeço vem uma escorregada”. Estava eu com a cozinha na mais completa escuridão quando não tive outra saída senão ir até o mercadinho e comprar uma lâmpada.

Na urgência em que me encontrava, peguei a lâmpada e fui logo substituindo-a pela queimada. Ao ligar, percebi que a luz que ela produzia era tão fraquinha que parecia a de uma vela.

Minha primeira reação foi culpar o mercadinho, mas logo me dei conta de que fui eu mesmo quem pegou a lâmpada.

Verificando a potência da lâmpada, observei o valor de 60 W, a mesma da lâmpada queimada, mas a sua tensão era de 220 volts, e não de 110 V.

Você pode me explicar por que a claridade não foi a esperada?

parte 2

Voltando ao mercadinho, verifiquei que todas as lâmpadas postas à venda eram de tensão 220 V, mas as potências iam de 25 W até 250 W. Que sugestão você me daria para que fosse possível, emergencialmente, aumentar a luminosidade da minha cozinha? Explique sua sugestão.

Efeito bumerangue

Preocupada com o aumento da conta de luz que subia a cada mês, uma mãe, que era a chefe daquela família, resolveu agir, depois de todos os apelos para que seus “anjinhos” ficassem mais “espertos” na hora do banho.

Ela retirou o chuveiro novo que havia comprado e que tinha a potência de 5600 W / 2800 W - 220 V e recolocou o antigo, que tinha potência de 3300 W/2200 W - 220 V. Houve mudança no aquecimento da água?

Calcule o valor da corrente em cada caso e verifique se isso está de acordo com sua resposta anterior.

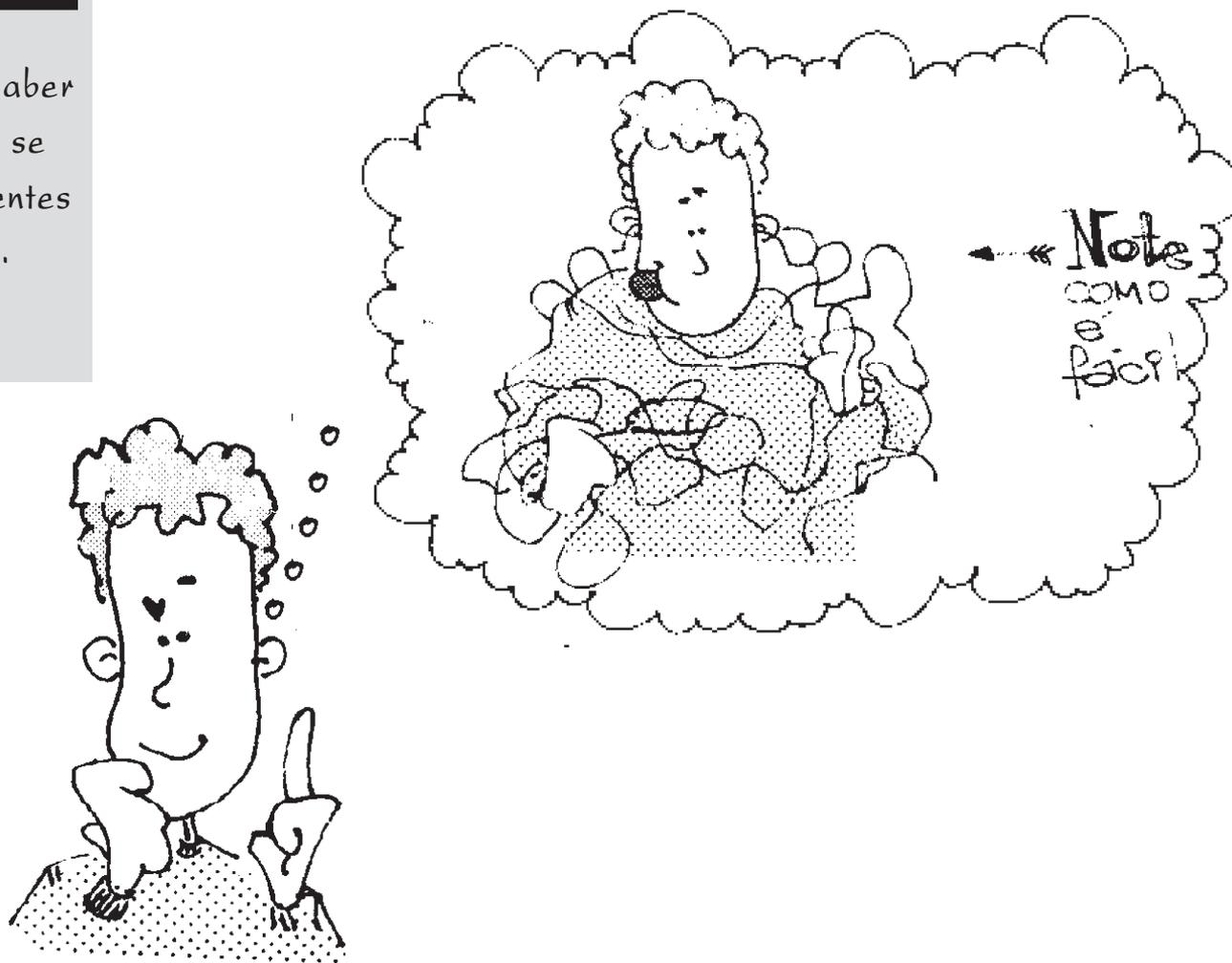
Se isso acontecesse com você, que outra providência tomaria?

—10—

O controle da corrente elétrica

Agora você vai saber de que maneira se conseguem diferentes aquecimentos.

Verão-inverno no chuveiro; 40 W, 60 W, 100 W nas lâmpadas. Pela potência, obtêm-se diferentes aquecimentos. Como o fabricante consegue fazer isso?



Resistência elétrica

A escolha adequada do material a ser usado como resistor leva em conta a temperatura que ele deverá atingir (lembre-se de que ele não pode derreter) e também a sua capacidade de "resistir" à corrente elétrica. Essa capacidade é diferente para cada tipo de material, e por isso ela é denominada de **resistência específica**. O valor da resistência específica do material vai dizer se ele é bom condutor ou não: quanto maior for esse valor, maior será a "resistência" que ele oferece à corrente:

resistência específica ALTA	mau condutor elétrico
resistência específica baixa	bom condutor elétrico

A tabela a seguir ilustra os valores de alguns materiais:

uso	material	resistência específica*
instalação residencial	cobre	$1,7 \cdot 10^{-8}$
antena	alumínio	$2,8 \cdot 10^{-8}$
lâmpada	tungstênio	$5,6 \cdot 10^{-8}$
chuveiro	níquel-cromo	$1,1 \cdot 10^{-6}$
capa de fios	borracha	10^{13} a 10^{16}
suporte de fios em postes	madeira	10^8 a 10^{14}
apoio de fios em postes	vidro	10^{10} a 10^{14}

*materiais a 20 °C, medido em volt x metro/ampère

É pelo controle da corrente que se pode graduar o aquecimento produzido pelos aparelhos resistivos. Escolhendo um material para ser o resistor, uma espessura e um comprimento adequados, a resistência elétrica do resistor fica determinada, e assim o valor da corrente elétrica pode ser controlado.

Existe uma fórmula que permite o cálculo da resistência elétrica. Adotando-se:

R para a resistência elétrica do resistor;

ρ (lê-se rô) para resistência específica do material;

l para o comprimento do resistor;

A para a área de sua espessura;

podemos escrever que:

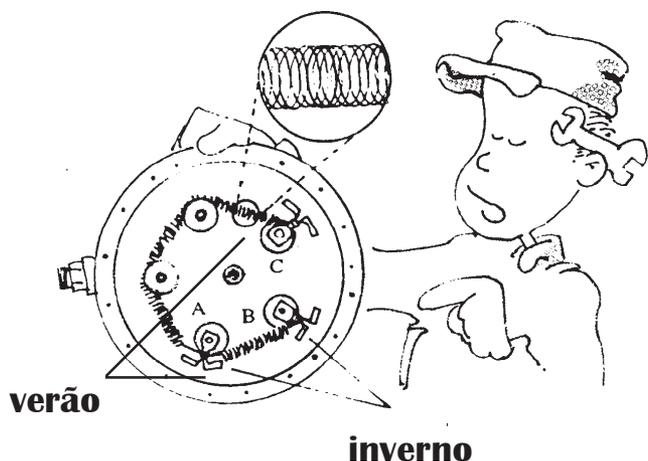


$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Nesta expressão matemática podemos obter um valor numérico para a resistência elétrica do resistor dos aparelhos resistivos, como o filamento da lâmpada, do chuveiro, dos aquecedores, os fios de ligação etc.

Note que esta expressão está de acordo com a forma como as lâmpadas são construídas, pois quanto maior for a espessura do filamento, maior será a sua área e menor será a resistência elétrica (lembre-se de que ela aparece no denominador da fórmula).

Conseqüentemente, maior serão a corrente e a potência. O mesmo se pode dizer para os chuveiros: como o comprimento aparece no numerador da fórmula, quanto maior ele for, maior será a resistência elétrica e, portanto, menor serão a corrente e a potência. Isso corresponde à posição verão.



Atenção

Esta expressão permite o cálculo da resistência elétrica de um resistor na temperatura em que o valor da resistência específica foi obtida. Isso quer dizer que se tivermos o comprimento e a área da espessura do resistor do chuveiro e conhecermos o material utilizado, poderemos calcular a sua resistência elétrica. O valor encontrado, entretanto, pode não ser aquele que o resistor do chuveiro vai ter ao funcionar.

**resistência
desligada**



**resistência
ligada**

A temperatura do resistor muda bastante quando por ele está passando corrente elétrica, e conseqüentemente o valor de sua resistência elétrica também se altera: ele aumenta muito. Isso acontece porque o valor da resistência específica depende da temperatura.

O filamento de uma lâmpada de 40 W - 110 V, por exemplo, tem resistência elétrica de aproximadamente 30 unidades quando ela está desligada. Acesa, a temperatura do filamento chega a 2200°C, e o valor de sua resistência passa a ter o valor de aproximadamente 302,5 unidades.

Existe uma fórmula que permite o cálculo da resistência de um resistor em funcionamento:

$$\text{Resistência elétrica} = \frac{\text{tensão elétrica}}{\text{corrente elétrica}}$$

ou seja:



$$R = U/I$$



Unidade:

Quando a tensão é medida em volt e a corrente em ampère, a resistência é medida em volt/ampère (V/A), também conhecida por Ohm (Ω).

exercitando...

Planos (nada) econômicos

parte 1

Numa certa escola, já há algum tempo, os alunos reivindicavam um chuveiro para tomar banho quente depois dos jogos de campeonatos que se realizavam aos sábados à tarde. Com a verba curta e os preços nada atrativos, foi providenciado um chuveiro "baratinho", que depois de instalado mal dava para perceber que estava funcionando, pois a água praticamente não esquentava. Proponha duas maneiras diferentes de solucionar esse problema, excluindo a possibilidade de trocar o chuveiro.

parte 2

Na organização da entrega dos diplomas no teatro da escola, a diretora verificou que era preciso fazer a ligação de uma tomada para a aparelhagem de som. Encarregou o vigia de providenciar o material necessário mas recomendou: "não gaste muito, que a verba está no fim". Na loja de material elétrico, o vendedor coloca o vigia diante de um dilema: comprar os 10 m de fios necessários de qual espessura: mais fino e mais barato ou o outro, um pouco mais grosso e mais caro? Ajude o vigia a não entrar numa fria e não deixe que ele coloque em risco a formatura dos alunos. Leve em conta que a potência do aparelho de som é 350 W - 110 V.

Teste seu vestibular

1) Qual dos eletrodomésticos abaixo tem seu funcionamento baseado no efeito Joule?

- a. Geladeira b. Batedeira c. Torradeira
d. Liquidificador e. Espremedor de laranjas

2) No caso de um chuveiro ligado à rede de distribuição de energia elétrica:

- a. diminuindo-se o comprimento do resistor, reduz-se a potência consumida.
b. aumentando-se o comprimento do resistor e conservando-se constante a vazão de água, a sua temperatura aumenta.
c. para conservar a temperatura da água, quando se aumenta a vazão, deve-se diminuir o comprimento do resistor do chuveiro.
d. a potência consumida independe da resistência elétrica do chuveiro.
e. nenhuma das anteriores.

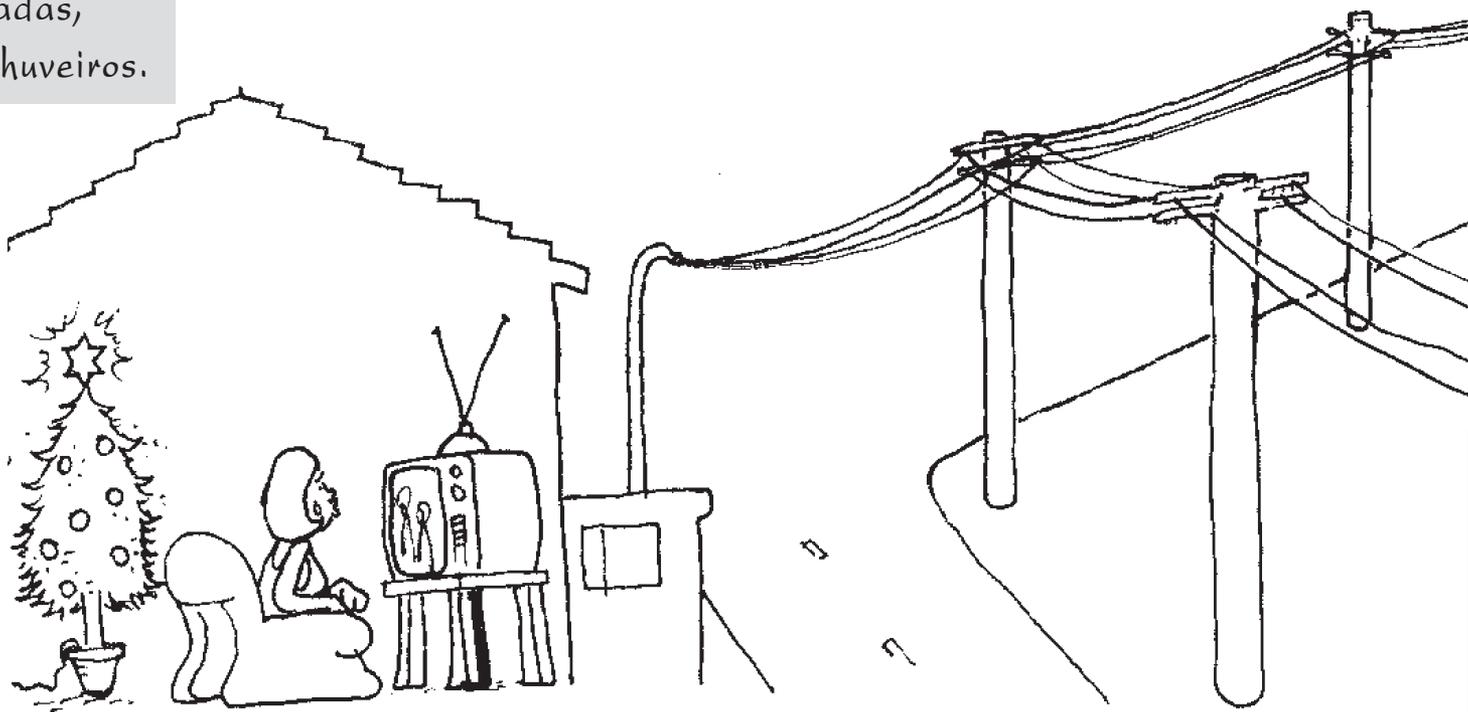
11

Ligações elétricas na residência

Agora você vai saber como se obtêm o 110 e o 220 e ainda como se fazem as ligações de lâmpadas, tomadas e chuveiros.

Nas ruas somos capazes de observar quilômetros e mais quilômetros de fios apoiados nos postes. Em nossa casa dois ou três desses fios passam pelo medidor e depois deixam de ser vistos.

O que foi feito deles?



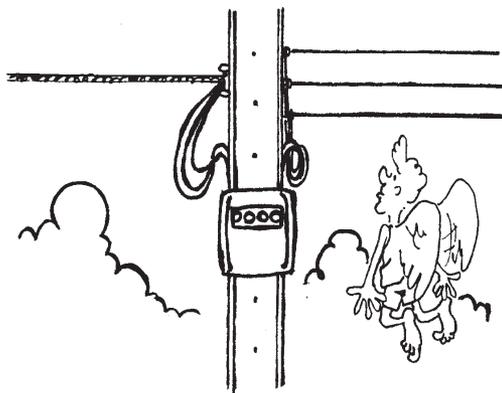
Para compreender um pouco mais e saber como é feita a instalação elétrica em nossa casa, vamos ver os fios que chegam dos postes.

As características da eletricidade da rede pública

Em alguns municípios a rede elétrica é feita com dois fios, um fio **fase**, que é um fio energizado, e um fio **neutro**, que pode ser tocado sem que se leve choque quando o circuito está aberto. Nesse caso, a rede é chamada de **monofásica**, e nela só podem ser ligados aparelhos de 110 V. Às vezes a rede elétrica é constituída de dois fios fase, e a tensão fornecida é de 220 V.

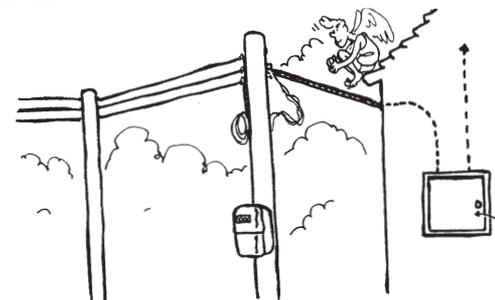


Em outros municípios chegam três fios, sendo dois fios **fase** e um fio **neutro**; nesse caso, a rede é chamada de **bifásica**, podendo ligar aparelhos de 110 V ou 220 V, dependendo da distribuição do circuito residencial.



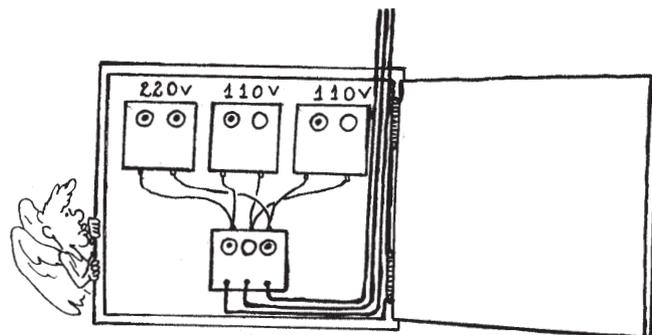
Detalhes da instalação elétrica residencial

Vamos olhar com mais atenção para os fios que chegam do poste de sua casa ou prédio e descem para o medidor de consumo de energia elétrica (relógio de luz). Normalmente são três fios que vão para o quadro de distribuição. Depois de passar pelo relógio de luz, que é o aparelho que mede o consumo de energia elétrica, chegam ao quadro de distribuição três fios que passam pela chave geral, daí para outras chaves.



A chave geral serve como interruptor de toda a instalação elétrica; quando desligada, os aparelhos não funcionam. Isso facilita o manuseio na instalação e até pequenos reparos.

Da chave geral os fios podem ser combinados dois a dois, podendo fornecer tensões 110 V e 220 V, passando por outras chaves de distribuição: fase e neutro (110 V) e fase fase (220 V).



Os fusíveis são colocados somente nos fios energizados (fios fase). Não devemos colocar fusíveis nos contatos da chave por onde passa o fio neutro, pois se ele queimar o circuito ficará sem o neutro, e um aparelho ligado a este circuito não funcionará. Além disso, se uma pessoa tocar o aparelho, poderá levar um choque, conduzindo a corrente elétrica para a Terra.

Tipos de ligação

Os aparelhos elétricos normalmente já vêm com a tensão e a potência elétrica especificadas e que precisam de intensidades de correntes diferentes para funcionarem corretamente.

Pelo funcionamento das lâmpadas e aparelhos elétricos de uma residência é possível perceber que as suas ligações são independentes. Isto é, se a lâmpada da sala queimar ou for desligada, não haverá interferência no funcionamento de outras lâmpadas ou aparelho que estiver funcionando.

Nessa situação, os aparelhos são ligados de forma que tenham a mesma tensão. A esse tipo de ligação chamamos de **ligação em paralelo**.

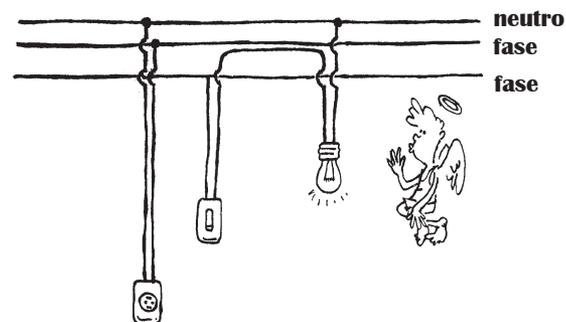
Uma outra maneira de ligar os aparelhos elétricos é chamada de **ligação em série**. Nesse caso, uma lâmpada ou aparelho depende do funcionamento dos demais. Se um aparelho for desligado por qualquer motivo, o circuito ficará aberto, impedindo o funcionamento dos outros, pois será impedida a passagem da corrente. Portanto, esse tipo de ligação não é feito nas instalações de aparelhos elétricos residenciais.

A ligação em série é utilizada em alguns circuitos de iluminação de árvores de Natal e nos circuitos internos de alguns aparelhos, como: rádio, TV etc.

Como devem ser instalados os aparelhos

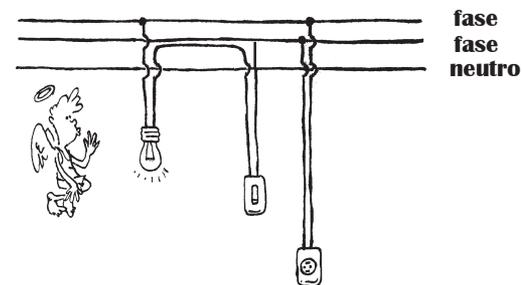
1. Tomada simples e lâmpada com interruptor (110 V)

Na ligação da tomada, um fio é ligado ao fase, e o outro ao neutro. Na lâmpada, o fio neutro deve estar ligado ao soquete, e o fio fase ao interruptor. Essa medida evita que se tome choque quando for trocar a lâmpada, estando o interruptor desligado.



2. Tomada simples e lâmpada com interruptor (220 V)

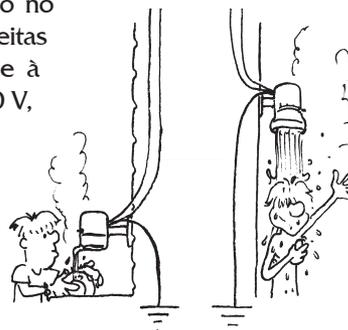
Nesse caso, os dois fios de ligação da tomada são ligados aos fios fase da rede elétrica. Na lâmpada, um fio fase é ligado ao interruptor e o outro é ligado diretamente a um dos contatos no soquete.



3. Torneira e chuveiro elétrico

Normalmente esses aparelhos são fabricados para funcionar em 220 V mas podem ser fabricados para 110 V.

Tanto num caso como no outro, as ligações são feitas de modo semelhante à tomada 220 V ou 110 V, conforme o caso.



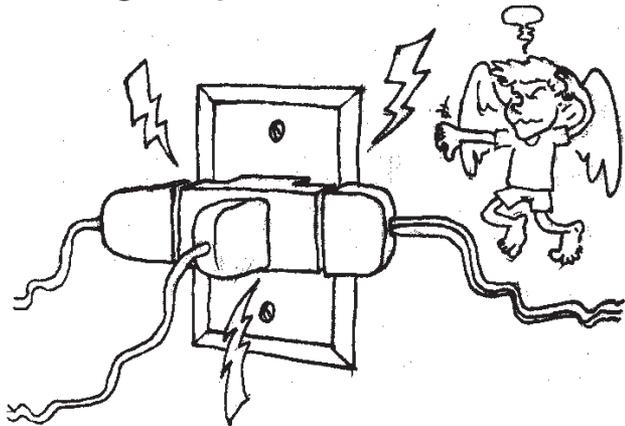
atenção!

1. Na ligação de torneiras e chuveiros é necessária a ligação de um fio terra para evitar possíveis choques.

2. O manuseio durante uma troca de lâmpada ou um reparo numa tomada deve sempre ser realizado com o circuito aberto, o que é feito desligando-se a chave geral.

saiba que...

1. Quando mais de um aparelho entra em funcionamento, em certos trechos de circuito elétrico residencial a corrente elétrica é maior do que se estivesse ligado apenas um aparelho. Isso deve ser levado em conta no uso de benjamins, que servem para deixar simultaneamente vários aparelhos conectados numa tomada. Em muitos casos o correto é ligar um aparelho de cada vez na tomada.



2. A espessura dos fios de ligação tem um papel importante. Nas instalações pode ocorrer perdas de energia, seja por aquecimento dos fios (efeito joule), seja por fugas de corrente etc., colocando em risco a segurança das pessoas e de toda a instalação.

Como a corrente é determinada pelo aparelho, a espessura dos fios da instalação tem um papel importante, pois se estes forem finos sua resistência elétrica será maior, aumentando assim a potência dissipada.

Uma mesma corrente que passa por um fio de cobre fino provoca um aquecimento maior do que se ela passar por um fio de cobre grosso. Portanto, quanto mais grosso o fio, maior a corrente que ele suporta sem aquecer.

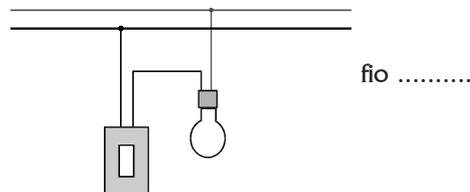
A escolha da fiação para uma instalação deve levar em conta a corrente máxima que os fios suportam.

tabela

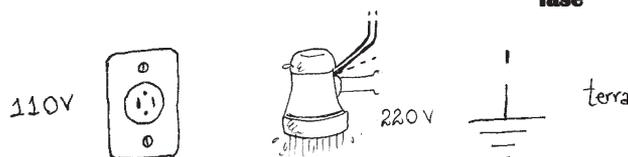
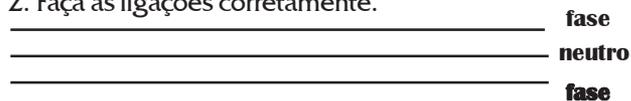
fio em AWG	espessura em mm ²	corrente máxima em aberto (A)	corrente máxima em conduíte (A)
16	1,5	15	11
14	2,1	20	15
12	3,3	25	20
10	5,3	40	30
8	8,4	55	40
6	13	80	55
4	21	105	70
2	34	140	95

exercitando....

1. A figura ilustra uma instalação feita corretamente, descubra o fio fase e o fio neutro.



2. Faça as ligações corretamente.

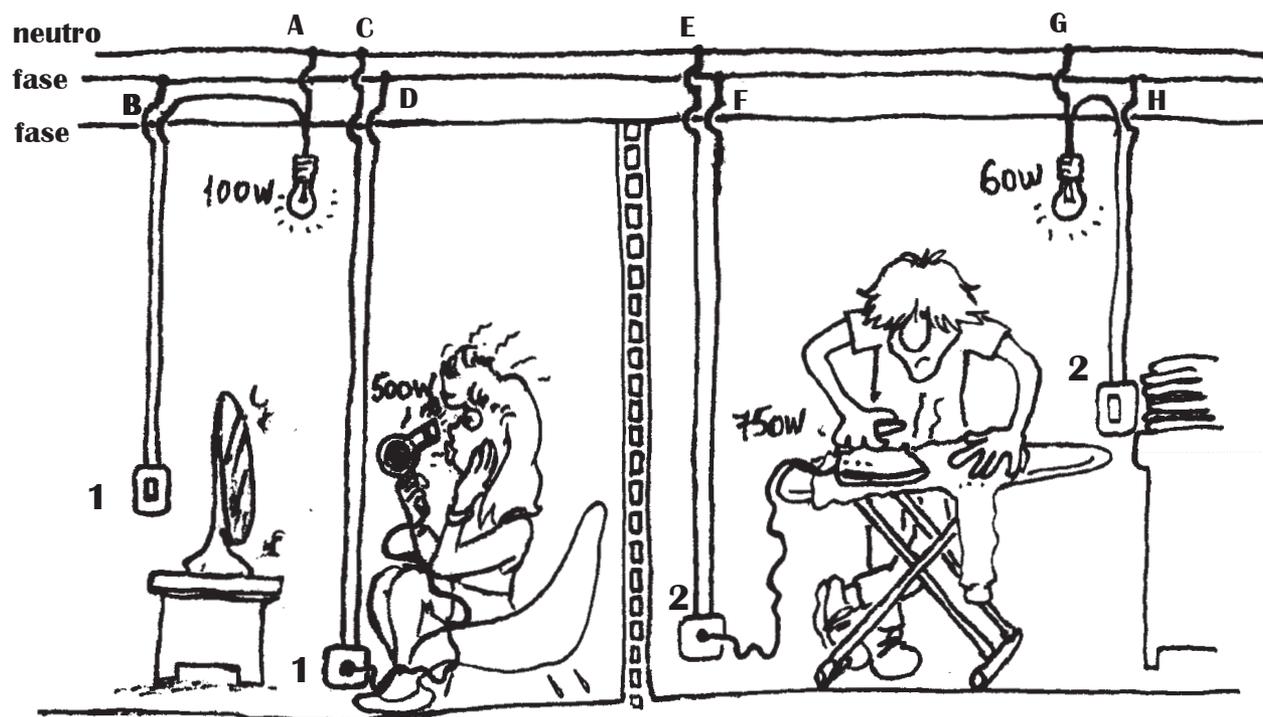


—12—

Circuitos elétricos e sua representação

Vamos aprender uma maneira de simplificar desenhos que representam os circuitos elétricos.

Na figura abaixo está representada uma rede de distribuição de 110 V em que foram instaladas 2 lâmpadas e 2 tomadas: uma para ligar um ferro elétrico e outra para um secador de cabelo. Do relógio de luz até a última lâmpada foram utilizados 30 metros de fio de cobre 14, incluindo o fase e o neutro. Para completar as ligações das tomadas e das lâmpadas, foram necessários 4 metros de fio 16.



1. Com base nos dados indicados na figura da página anterior, vamos discutir as questões:

- a) Identifique se as ligações dos aparelhos foram feitas em série ou em paralelo.
- b) Qual o fusível adequado para proteger essa instalação, sabendo-se que a corrente máxima admissível para o fio 14 é 20A?
- c) Discuta por que é possível substituir por um fio mais fino (16) as ligações das lâmpadas e tomadas.
- d) Represente esquematicamente esse circuito, calculando os valores das resistências em cada trecho.

a) Para identificar se as ligações foram feitas em **série** ou em **paralelo**, vamos observar onde os fios da tomada e das lâmpadas foram conectados. Nesse caso foram conectados nos fios fase e neutro, que fornecem uma tensão de 110 V. Portanto, a ligação foi feita em paralelo.

Nesse tipo de ligação, o funcionamento desses aparelhos não é interrompido quando um deles é ligado, desligado ou está "queimado".

b) Para sabermos qual o fusível adequado para uma instalação, devemos levar em conta que todos os aparelhos estejam ligados, fazer a soma total da potência consumida de cada aparelho e desprezar a potência dissipada na fiação,

$$P_{\text{total}} = 500 + 100 + 60 + 750 = 1410 \text{ W}$$

Usando a equação: $P = Ui$, obtemos: $i = \frac{P}{U} = \frac{1410 \text{ W}}{110 \text{ V}} \cong 12,8 \text{ A}$,

que é a corrente que passa pela chave na caixa de luz. O fusível adequado para proteger a instalação elétrica é de 15A, pois é compatível com a corrente máxima admitida pelo fio de cobre 14 e está acima do valor da corrente requerida por todos os aparelhos funcionando ao mesmo tempo.

c) Suponhamos que apenas a lâmpada do interruptor 1 esteja ligada. A corrente exigida para seu funcionamento será:

$$i_1 = \frac{100 \text{ W}}{110 \text{ V}} \cong 0,91 \text{ A},$$

Se ligarmos também o ferro elétrico na tomada 2, a corrente exigida para seu funcionamento será: i_2 .

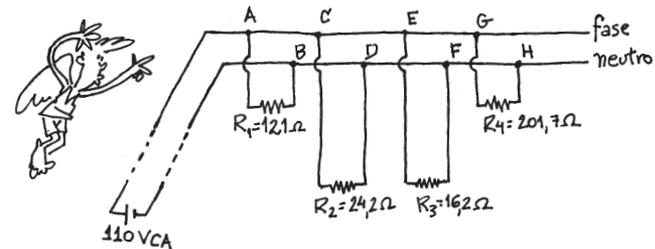
$$i_2 = \frac{750 \text{ W}}{110 \text{ V}} \cong 6,81 \text{ A},$$

De modo que a corrente entre o relógio de luz e os pontos E e F será:

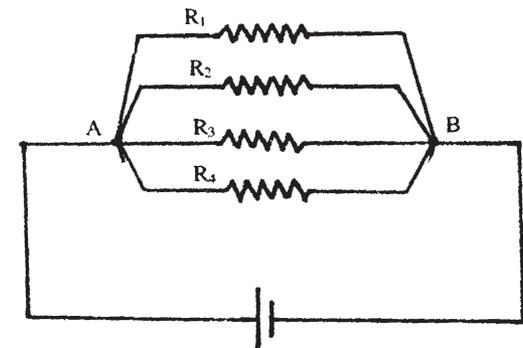
$$i = i_1 + i_2 = 0,91 + 6,81 = 7,72 \text{ A}$$

Se todos os aparelhos estiverem funcionando, cada um exigirá uma determinada corrente que pode ser calculada pela equação $P = U \cdot i$, e a corrente total, que é a soma de todas essas correntes, corresponderá apenas ao trecho entre o relógio de luz e os pontos A e B.

d) O cálculo das resistências podem ser feitos usando-se as equações: $P = U \cdot i$ e $R = U/i$. Usando o símbolo  para os resistores, temos:



Admitindo-se que a escolha dos fios foi adequada, tanto os fios da rede principal quanto os fios que se ligam aos aparelhos, possuem resistência elétrica desprezível. Assim, podemos simplificar um pouco mais o circuito e representá-lo da maneira ilustrada ao lado.

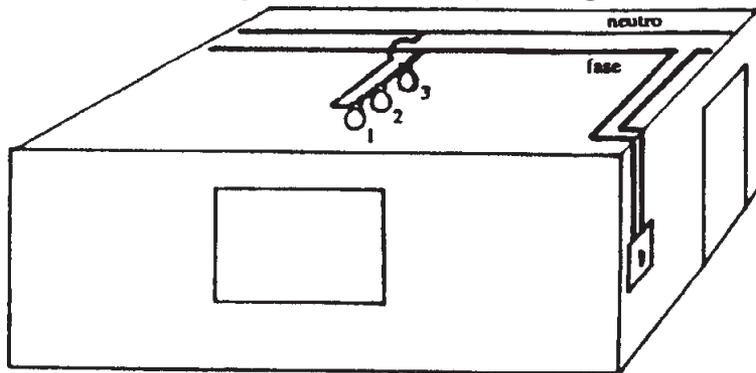


2. Vamos verificar de que modo podemos ligar três lâmpadas L_1 , L_2 e L_3 de mesma tensão em um circuito.

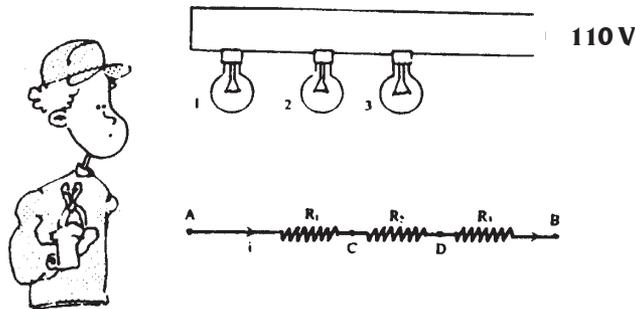
Existem quatro formas diferentes: todas em série, todas em paralelo, duas em série e em paralelo com a terceira ou duas em paralelo e em série com a terceira.

As vantagens e as desvantagens de cada tipo de associação, serão discutidas a seguir:

1. Ligação em série: neste tipo de ligação a mesma corrente se estabelece nas três lâmpadas do circuito. Vejamos a figura.



De um modo mais simplificado, temos:



Na associação em série, cada lâmpada do circuito está submetida a uma tensão cuja soma equivale à tensão total entre os extremos A e B do circuito (uma vez que as perdas na fiação podem ser consideradas desprezíveis).

A tensão total aplicada às três lâmpadas pode ser escrita como:

$$U_{AB} = U_{AC} + U_{AD} + U_{DB}$$

Como: $U_{AC} = R_1 \cdot i$, $U_{CD} = R_2 \cdot i$ e $U_{DB} = R_3 \cdot i$

então: $U_{AB} = R_1 \cdot i + R_2 \cdot i + R_3 \cdot i$

Para calcularmos a resistência equivalente da associação usaremos a relação: $U_{AB} = R_{eq} \cdot i$, portanto:

$$R_{eq} \cdot i = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot i$$

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

A potência dissipada na associação em série é calculada pela relação:

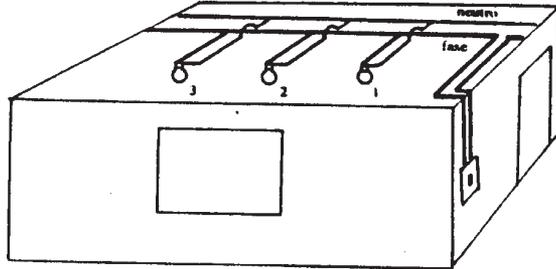
$$P = R \cdot i^2 = R_{eq} \cdot i^2 = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot i^2 = R_1 \cdot i^2 + R_2 \cdot i^2 + R_3 \cdot i^2$$

ou seja,

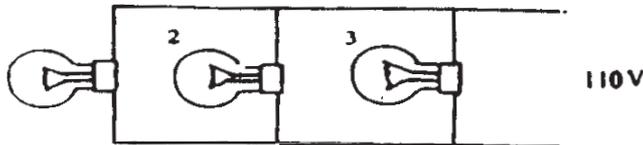
$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

Como a tensão em cada lâmpada é sempre menor que a tensão aplicada nos terminais da associação, a potência dissipada em cada uma delas na ligação em série é sempre menor do que a indicada pelo fabricante. Nessas condições ela terá um brilho bem menor que o esperado. Além disso, se uma lâmpada queimar, interrompe o circuito e conseqüentemente as outras apagam. Por isso esse tipo de ligação não é usado nas instalações residenciais, mas pode ser achada nos cordões de luzes de árvore de natal; se desligarmos apenas uma delas, apagará toda a seqüência de lâmpadas em série.

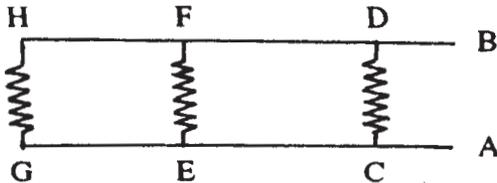
2. Ligação em paralelo: este tipo de ligação se caracteriza pelo fato de todas as lâmpadas estarem submetidas a uma mesma tensão, desprezando-se a resistência elétrica dos fios da instalação.



Podemos ainda representar esquematicamente a mesma ligação da seguinte forma:



A tensão AB é igual às tensões CD, EF e GH, pois estamos desprezando a resistência dos fios. Desse modo podemos reduzir ainda mais o esquema:



As correntes estabelecidas em cada uma delas será i_1, i_2, i_3 , e a corrente total, estabelecida entre os pontos A e B do circuito, será $i = i_1 + i_2 + i_3$.

Assim, se a tensão é a mesma, pela lei de Ohm, temos:

$i = U/R_{eq}$, onde R_{eq} é a resistência equivalente da associação.

Sendo $i_1 = U/R_1, i_2 = U/R_2$ e $i_3 = U/R_3$

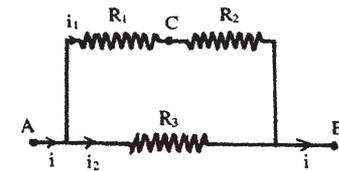
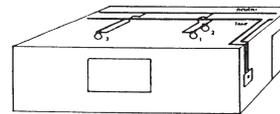
Substituindo na equação $i = i_1 + i_2 + i_3$, teremos:

$$U/R_{eq} = U/R_1 + U/R_2 + U/R_3 \text{ ou}$$

$$1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

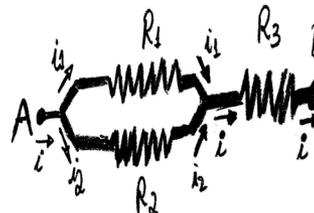
Na associação em paralelo, a tensão em cada lâmpada é a mesma, e a potência dissipada em cada lâmpada independe do número de lâmpadas agrupadas, e, conseqüentemente, o brilho da lâmpada também. O brilho é igual ao que teria se ela estivesse sozinha. Além disso, se uma das lâmpadas queimar, as demais não sofrem alteração. É por isso que essa ligação é utilizada nas instalações elétricas residenciais.

3. Ligação mista: ocorre quando combinamos os dois tipos de ligação conforme mostra a figura:



Nessa situação, a tensão U se aplica nos terminais da série $R_1 + R_2$ e em R_3 . Assim, L_3 terá brilho maior que L_1 e L_2 . Em função dessa característica, esse tipo de circuito também não é empregado nas instalações elétricas residenciais, mas é muito utilizado nos circuitos internos dos aparelhos eletrônicos, como rádio, TV, computadores etc.

A última possibilidade com três lâmpadas é a ligação mista com duas lâmpadas em paralelo associadas a uma em série, representada no esquema abaixo:



Nessa situação, a tensão U_{ab} se aplica nos terminais da série entre R_3 e o circuito paralelo R_1 e R_2 . Assim, a corrente i se divide em duas partes, L_1 e L_2 , e volta a ser a corrente total i em R_3 ; por isso, L_3 terá brilho maior que L_1 e L_2 .

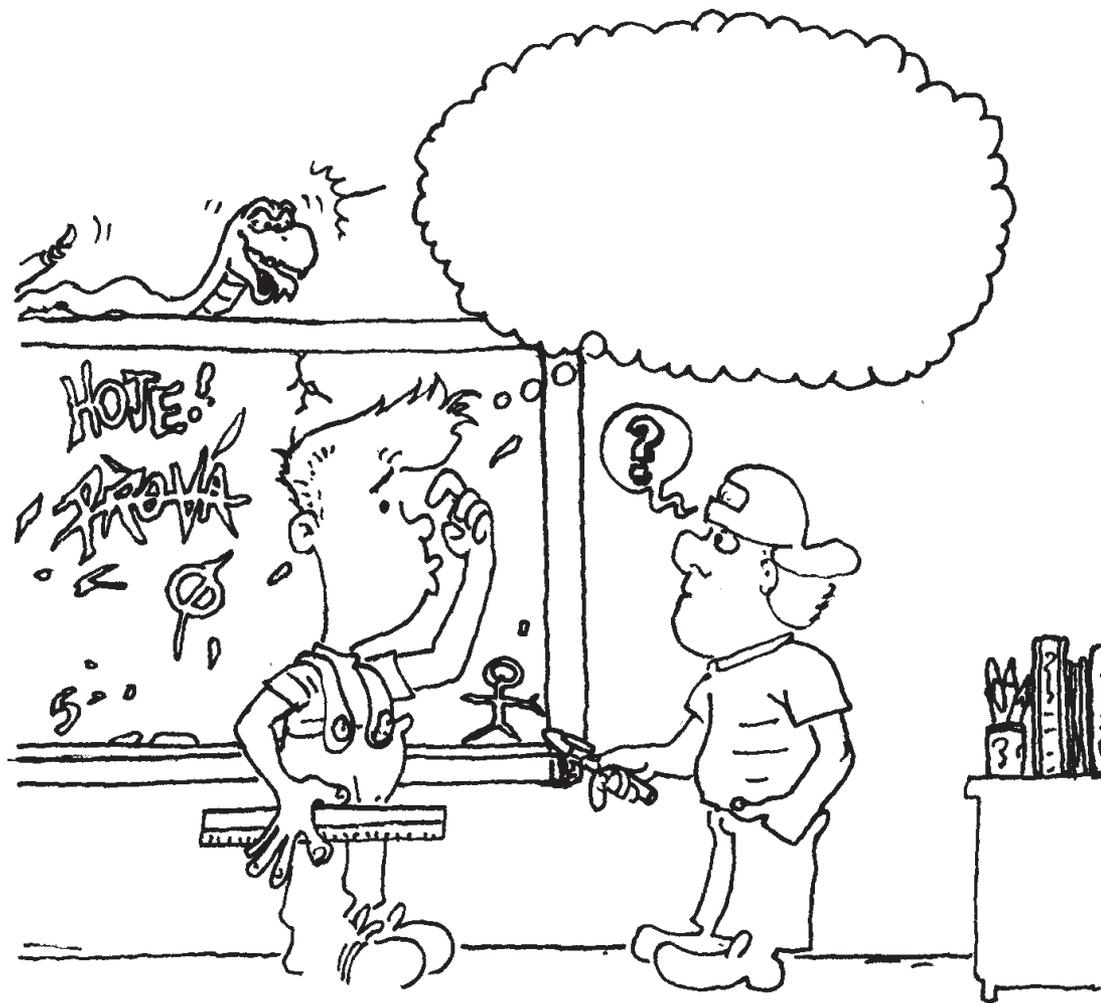
—13—

Exercícios

Você vai rever o conteúdo das aulas anteriores fazendo e pensando nestas questões.

EXEXEXEXEXERCÍCIOS

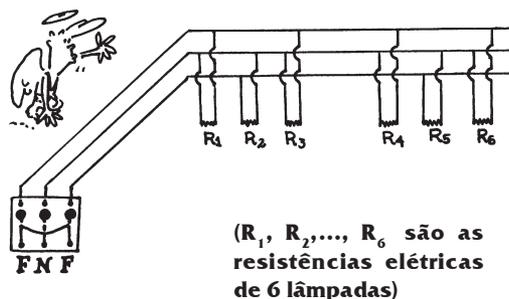
(Resistência, tensão e corrente)



1. Um aquecedor de ambiente cuja potência é 800 W é ligado na tensão 110 V.

- qual o valor da corrente elétrica no resistor?
- qual o valor da resistência elétrica do resistor?
- qual deve ser o valor da resistência elétrica do resistor para que ele tenha a mesma potência e seja ligado na tensão 220 V?

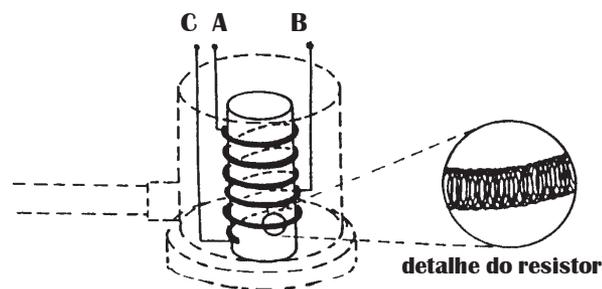
2. Numa instalação elétrica residencial não se deve colocar fusível no fio neutro, pois se ele queimar, é possível que haja um aumento de tensão indesejável em certos aparelhos. Vamos conferir? Considere o esquema:



determine:

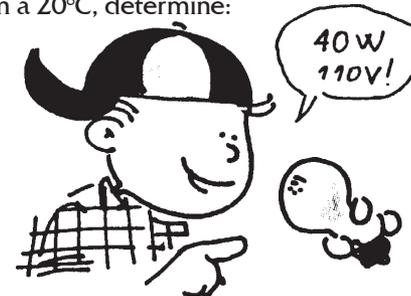
- a tensão aplicada às lâmpadas, quando o fusível do fio neutro está normal (sem queimar);
- a tensão aplicada às duas lâmpadas de baixo, se o fusível do fio neutro queimar.

3. Uma ducha com a inscrição 220 V - 2800 W/3800 W tem o resistor com o aspecto da apresentado na figura a seguir. Esse resistor é constituído de um fio de níquel-cromo de resistência específica $1,1 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$, 0,6 mm de diâmetro e 4 m de comprimento, enrolado em espiral, com três pontos de contato elétrico. No ponto A está ligado um dos fios fase, e aos pontos B e C, dependendo da posição da chave, liga-se o outro fio fase, que estabelece as ligações inverno/verão.



- faça o esquema da ligação verão dessa ducha;
- faça o esquema da ligação inverno;
- calcule a resistência elétrica na posição verão, quando ela está desligada;
- calcule a resistência elétrica da ducha em funcionamento na posição verão;
- faça os mesmos cálculos dos itens c e d para a ligação inverno, considerando que o comprimento do fio, neste caso, é de 2,8 m;
- por que na posição inverno a água da ducha sai mais quente?

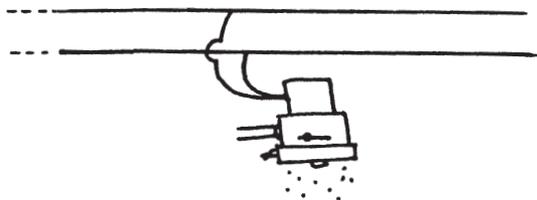
4. Considerando que o diâmetro do filamento de tungstênio de uma lâmpada de 40 W - 110 V é cerca de $3,6 \cdot 10^{-2} \text{ mm}$, seu comprimento 50 cm e sua resistividade $5,6 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ a 20°C, determine:



- a resistência do filamento da lâmpada, quando ela está desligada;
- a resistência do filamento da lâmpada ligada.

5. Numa rede de 220 V é ligado um chuveiro com a inscrição 220 V - 2800/4400 W.

Utilizando essas informações e as da tabela da aula 10, determine:



a) a corrente exigida pelo aparelho para dissipar as potências nominais quando o chuveiro está ligado com a chave na posição verão e na posição inverno;

b) o menor diâmetro possível do fio e o fusível que devem ser utilizados nessa instalação. Consulte a tabela;

c) a energia consumida num banho de 15 minutos com o chuveiro ligado na posição inverno;

d) a porcentagem de consumo de energia em banhos de aproximadamente 15 minutos de uma família de três pessoas, cujo consumo mensal é de 250 kWh.

6. Nas figuras abaixo estão indicadas as informações encontradas nos folhetos ou chapinhas que acompanham aparelhos elétricos.

chuveiro 220 V 2800/3800 W



batadeira



50/60 Hz

250 W

110 V

TV 12 V/DC

30 W



liquidificador

110 V/300 W/60 Hz

Qual(is) dele(s) não poderia(m) ser ligado(s) à tomada de sua casa? Se você o fizesse, quais seriam as conseqüências?

7. Uma lâmpada de abajur possui a seguinte inscrição: 127 V - 22 W.

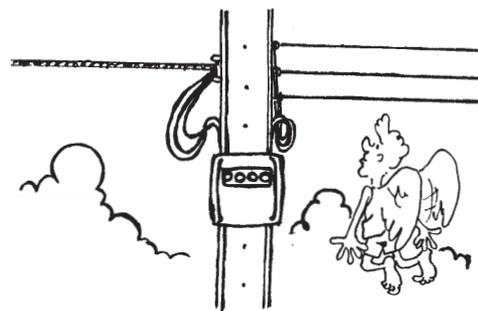
a) O que acontece se a ligarmos nos terminais de uma bateria de 12 V?

b) Seria possível, se dispuséssemos de muitas baterias, ligar essa lâmpada de modo que ela tenha brilho normal?

c) Em caso afirmativo, como você faria?

d) Caso não seja possível fazer a ligação da lâmpada nas baterias, como e onde ela deveria ser ligada para ter brilho normal?

8. Numa residência, geralmente chegam três fios da rua, dois fases e um neutro, que são ligados à chave geral.



a) Faça o esquema de uma chave geral e de três chaves parciais, de modo a obter duas chaves de distribuição de 110 V e outra de 220 V.

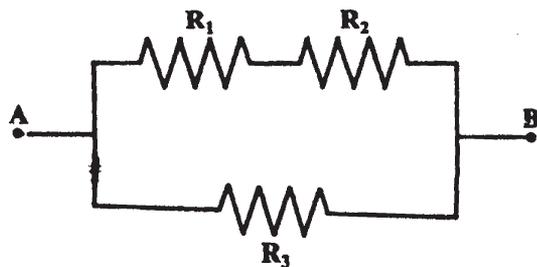
b) Faça um esquema indicando a ligação de uma lâmpada com interruptor, de uma tomada em 110 V e de um chuveiro em 220 V.

teste seu vestibular

1. Uma corrente elétrica de $0,500\text{A}$ flui num resistor de 10Ω . A ddp ou tensão elétrica entre as extremidades do resistor, em volts, é igual a:

- a) () $5,0 \cdot 10^2$ c) () 20 e) () $5,0 \cdot 10^{-2}$
b) () $5,0 \cdot 10$ d) () 5,0

2. Os resistores R_1 , R_2 e R_3 estão associados como indica a figura abaixo. Sabendo que $R_1 = 2,0\Omega$, $R_2 = 2,0\Omega$, e $R_3 = 4,0\Omega$, podemos afirmar que a resistência equivalente entre os pontos A e B em ohms é de:



- a) () 2,0 b) () 3,3 c) () 4,0 d) () 6,0 e) () 8,0

3. Um eletricista instalou numa casa, com tensão de 120 V, dez lâmpadas iguais. Terminado o serviço, verificou que havia se enganado, colocando todas as lâmpadas em série. Ao medir a corrente no circuito, encontrou $5,0 \cdot 10^{-2}\text{A}$. Corrigindo o erro, ele colocou todas as lâmpadas em paralelo. Suponha que as resistências das lâmpadas não variam com a corrente. Após a modificação, ele mediu, para todas as lâmpadas acesas, uma corrente total de:

- a) () 5,0A b) () 100A
c) () 12A d) () 10A
e) () 24A

4. A transmissão de energia elétrica a grande distância é acompanhada de perdas causadas pela transformação de energia elétrica em:

- a. () calor c. () energia cinética
b. () magnetismo d. () luz

5. Um aquecedor elétrico dissipa 240W quando ligado a uma bateria de 12V. A corrente que percorre a resistência é:

- a) () 0,050A c) () 1,67A e) () 2880A
b) () 0,60A d) () 20A

6. Um condutor é atravessado por uma corrente de 2 ampères quando a tensão em seus terminais vale 100 volts. A resistência do condutor é de:

- a) () $0,02\Omega$ c) () 200Ω
b) () 50Ω d) () 400Ω

7. Uma lâmpada incandescente possui as seguintes especificações (ou valor nominal): 120 V, 60 W. Responda as questões a seguir.

- a) Se ela for ligada em 220V, a potência permanecerá 60W?
b) Quando a lâmpada é ligada conforme as especificações, a resistência vale 240Ω ?
c) Qualquer que seja a tensão aplicada a lâmpada, a resistência permanece constante?
d) Quando desligada, a resistência da lâmpada é maior que quando ligada?
e) Quando ligada, conforme as especificações, a corrente é de 2,0A?

—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?)

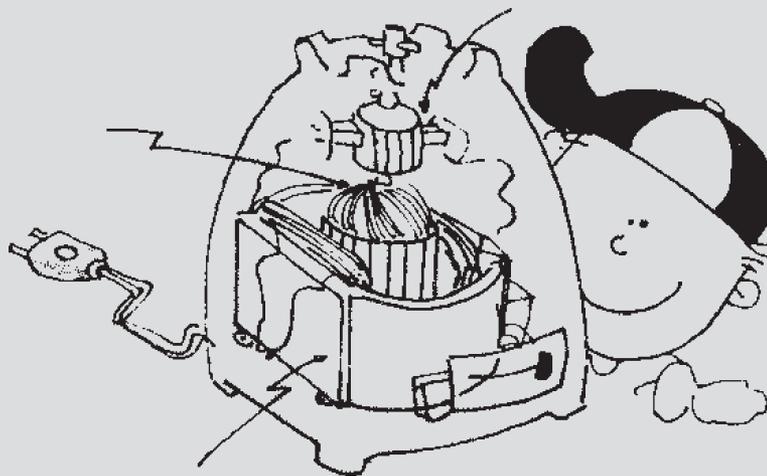
Neste momento vamos retomar o levantamento e a classificação realizados no início deste curso. Lá identificamos um grande número de aparelhos cuja função é a produção de movimento a partir da eletricidade: são os motores elétricos. Dentre eles estão: batedeira, ventilador, furadeira, liquidificador, 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)

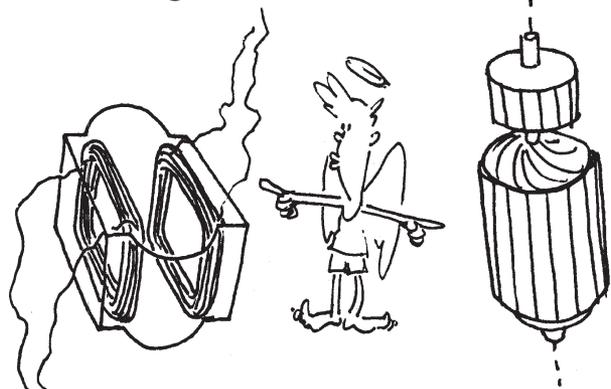
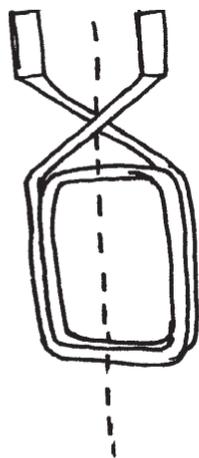


figura 1

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.

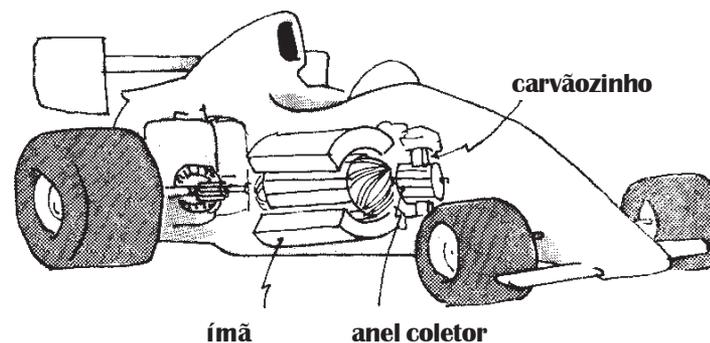
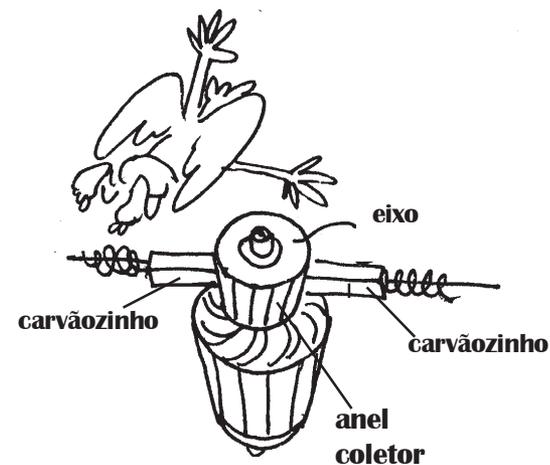


Essa peça de formato cilíndrico acoplada ao eixo é denominada de **anel coletor**, e sobre as plaquinhas deslizam dois **carvãozinhos**.

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.

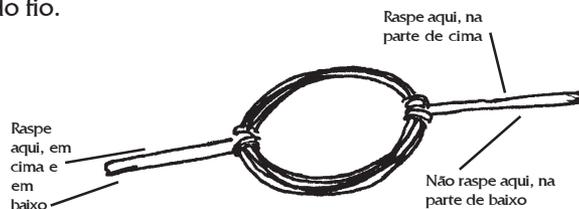
Em alguns casos, tais como pequenos motores elétricos utilizados em brinquedos, por exemplo, a parte fixa é constituída de um ou dois ímãs em vez de bobinas. Isso não altera o princípio de funcionamento do motor, uma vez que uma bobina com corrente elétrica desempenha a mesma função de um ímã.



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

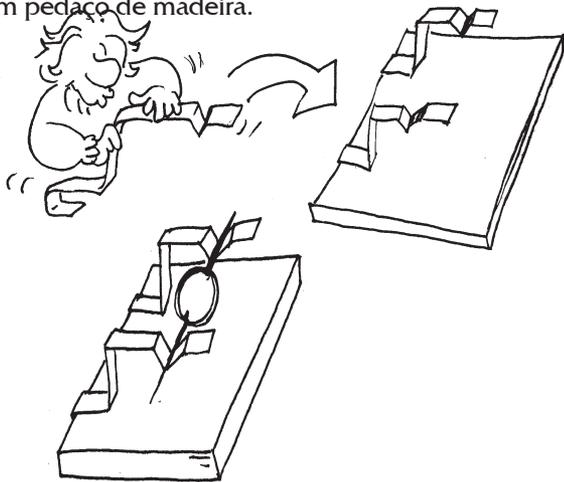
atividade extra: construa você mesmo um motor elétrico

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.



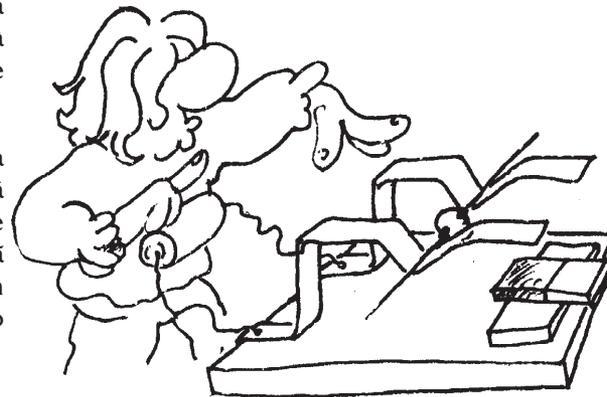
Como o esmalte do fio da bobina é isolante elétrico, você deve raspá-lo para que o contato elétrico seja possível. De um dos lados da bobina, você deve raspar em cima e em baixo; do outro lado, só em cima.

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.

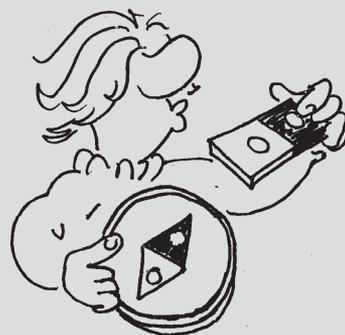
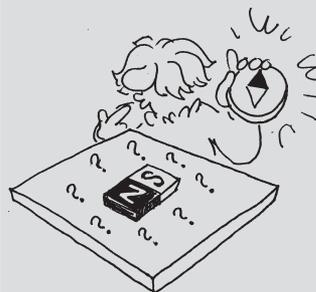
Investigação com ímãs, bússolas e bobinas

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.

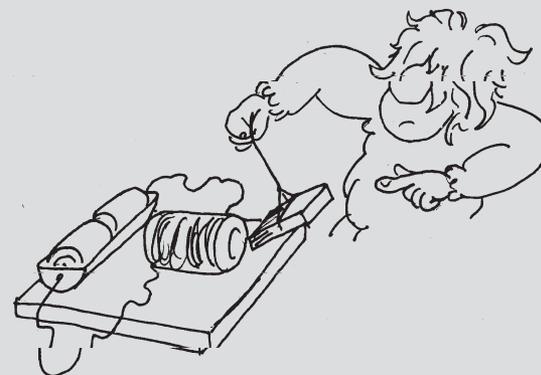
2. Aproxime um ímã de uma bússola e descubra os seus pólos norte e sul. Lembre que a agulha da bússola é também um ímã e que o seu pólo norte é aquele que aponta para a região norte.



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.

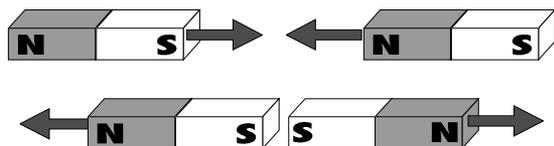
5. Ligue a bobina à pilha utilizando fios de ligação. Aproxime um ímã e observe o que ocorre.



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).



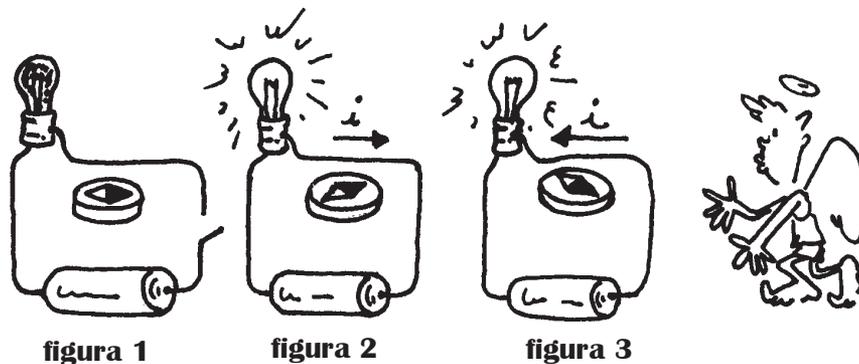
A diferença em relação ao ímã é que no fio o campo magnético deixa de existir quando a corrente elétrica cessa.

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:

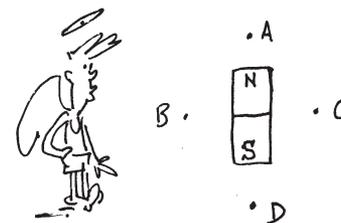
a) orientar-se segundo a perpendicular às linhas de campo magnético local.

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.

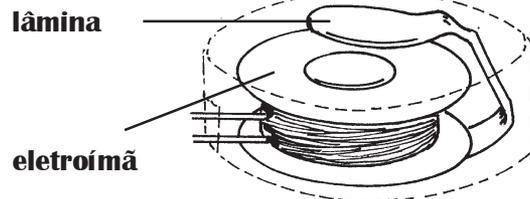


A campainha montada terá o aspecto da figura ilustrada a seguir.



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.

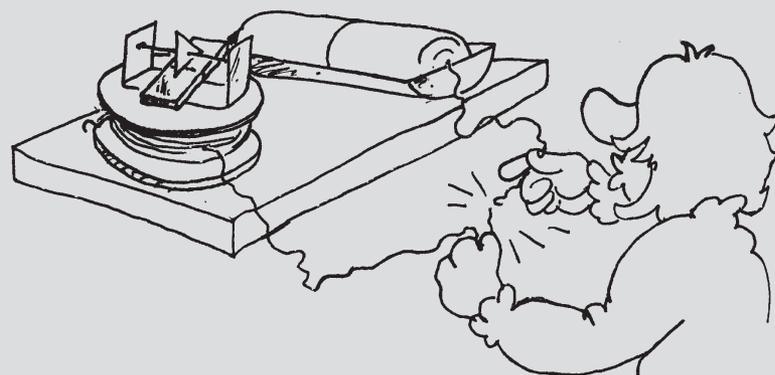
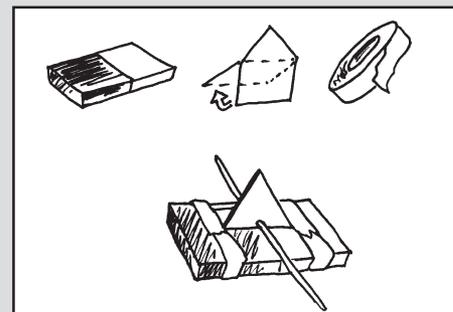
GALVANÔMETRO

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.

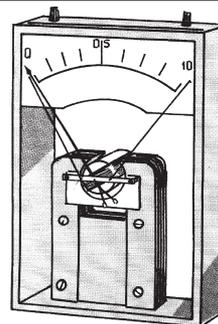
O conjunto móvel ponteiro + ímã será apoiado, através do eixo, em um suporte feito de chapa de alumínio ou cobre, com dois furinhos para a passagem da agulha ou arame.

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.

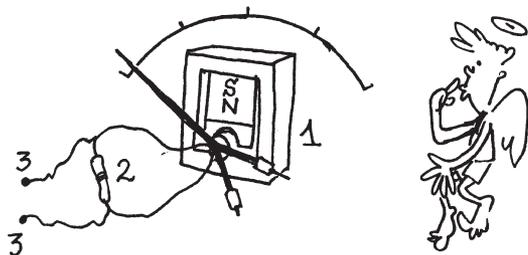
Dessa forma, o ímã se move, e com ele o ponteiro. Devido à posição do ímã em relação à bobina, o movimento é de rotação, como no motor elétrico. Nos medidores reais é a bobina que é fixada ao eixo, e os ímãs estão fixadas na carcaça do medidor.



Medidores de corrente, tensão e resistência elétrica

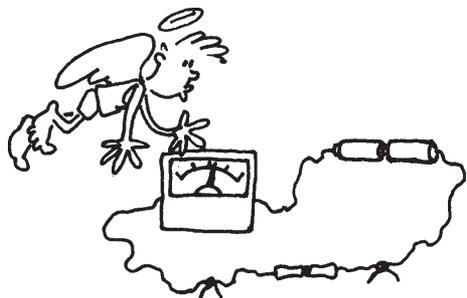
Amperímetro

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



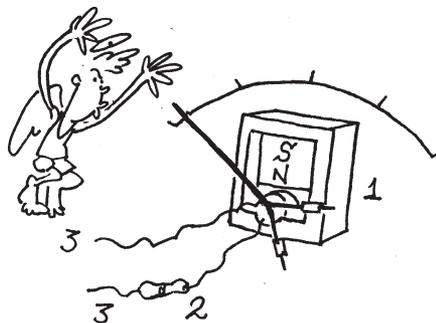
1. galvanômetro; 2. resistor; 3. terminais

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.



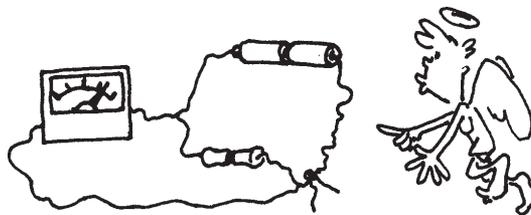
Voltímetro

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.



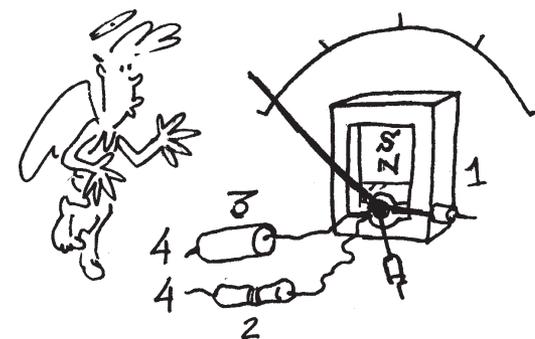
1. galvanômetro; 2. resistor; 3. terminais

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—

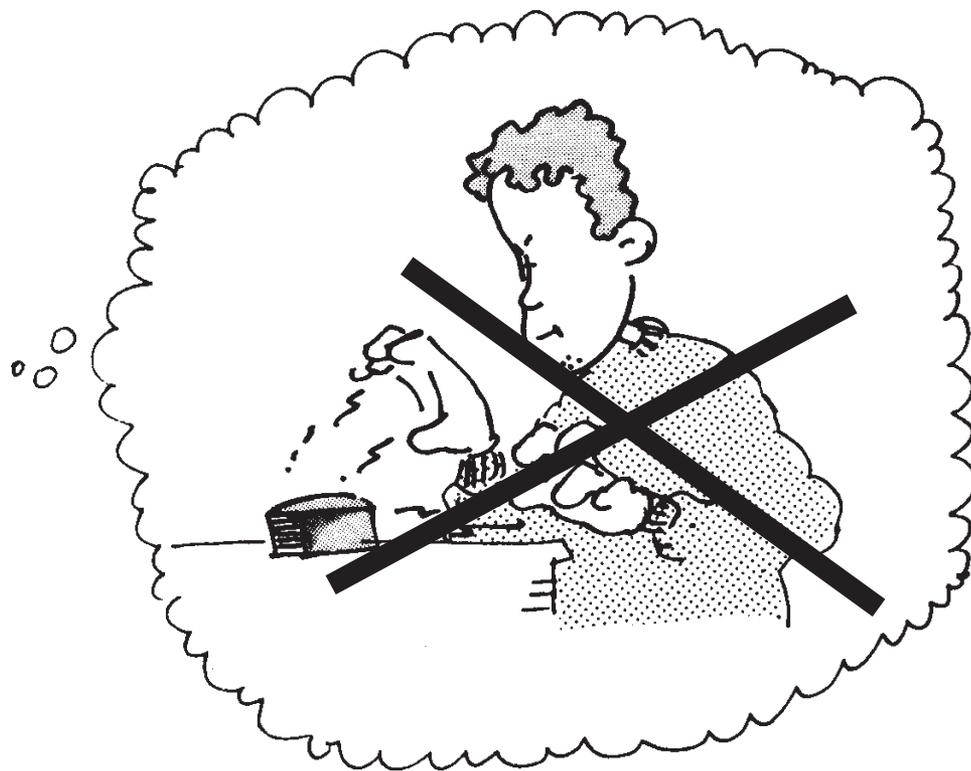
Força magnética e corrente elétrica

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!



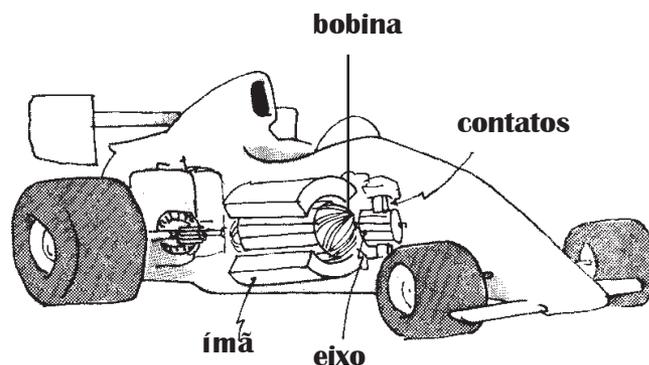
Nas aulas anteriores estudamos o princípio de funcionamento dos motores elétricos, da campainha e do galvanômetro. Em todos eles está presente o efeito magnético da corrente elétrica. Vejamos agora com mais detalhes o conteúdo físico envolvido.

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.

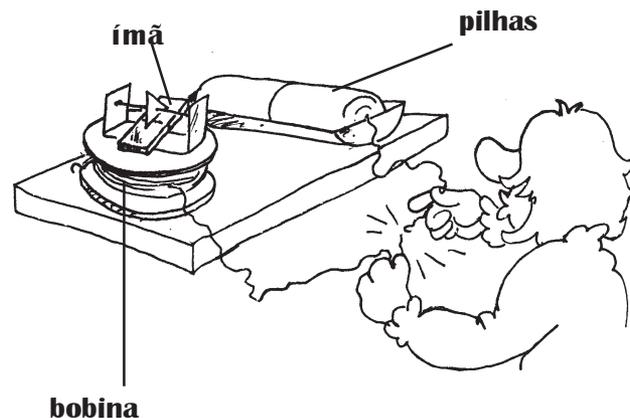


Quando o circuito é fechado, uma corrente passa a existir na bobina, criando um outro campo magnético na região onde se encontra o ímã.

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.

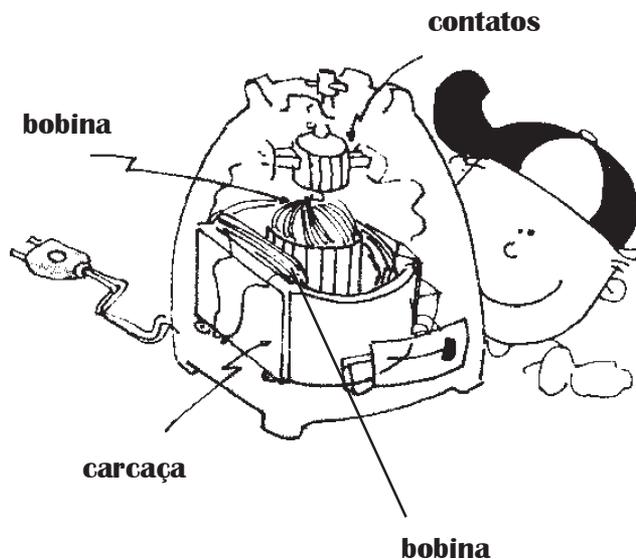


O ímã cria um campo magnético na região onde se encontra a bobina, e a partir do momento em que há corrente elétrica nela, ambos ficam sujeitos a uma força de natureza magnética, e como a bobina está fixada ela não se move. Já o ímã entra em movimento, e como ele está preso ao eixo, ele gira.

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.

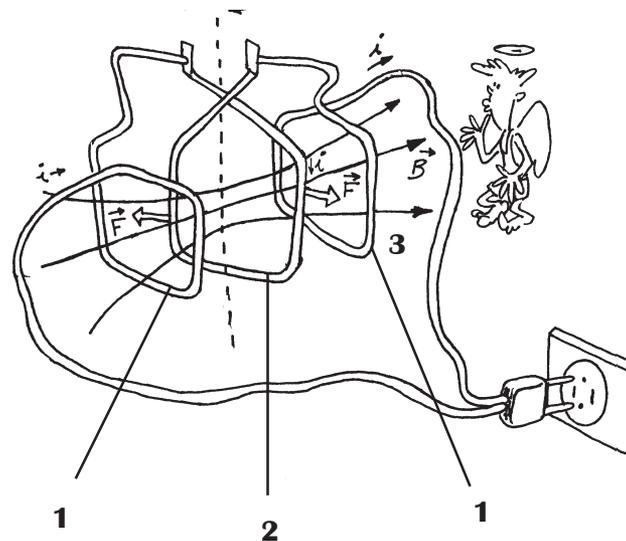
interação bobina-bobina

Nos liquidificadores, furadeiras, bateadeiras... 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:

- a. galvanômetro
- b. liquidificador
- c. motor do carrinho de autorama

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

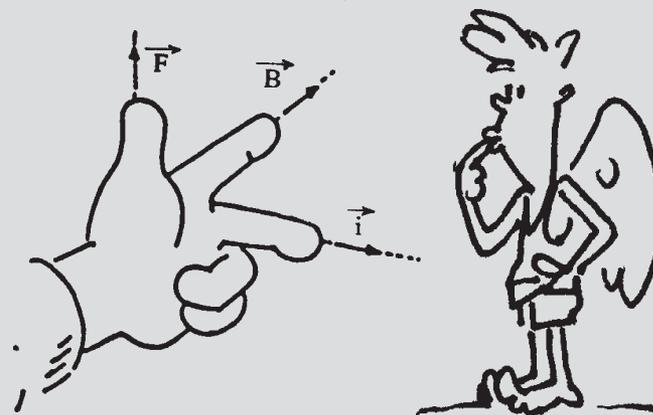
- a. "A obtenção de movimento a partir da eletricidade, só pode ser feita se o ímã for colocado na parte fixa e a bobina na parte móvel, uma vez que só ela pode sentir o campo magnético criado por ele."
- b. "Dois fios com corrente elétrica paralelos entre si ficam sujeitos a forças magnéticas."
- c. "No momento em que a bobina presa ao eixo é desligada, o campo magnético criado por ela não deixa de existir."
- d. "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:

- a. só produz campo magnético;
- b. só produz campo magnético no interior do fio;
- c. apresenta no condutor o efeito joule e produz um campo magnético ao redor do fio;
- d. 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)

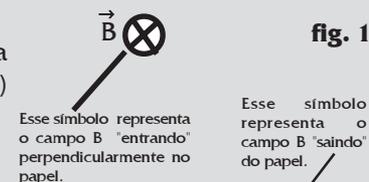
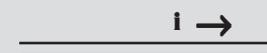


fig. 1

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

Esse símbolo representa o campo B "saindo" do papel.



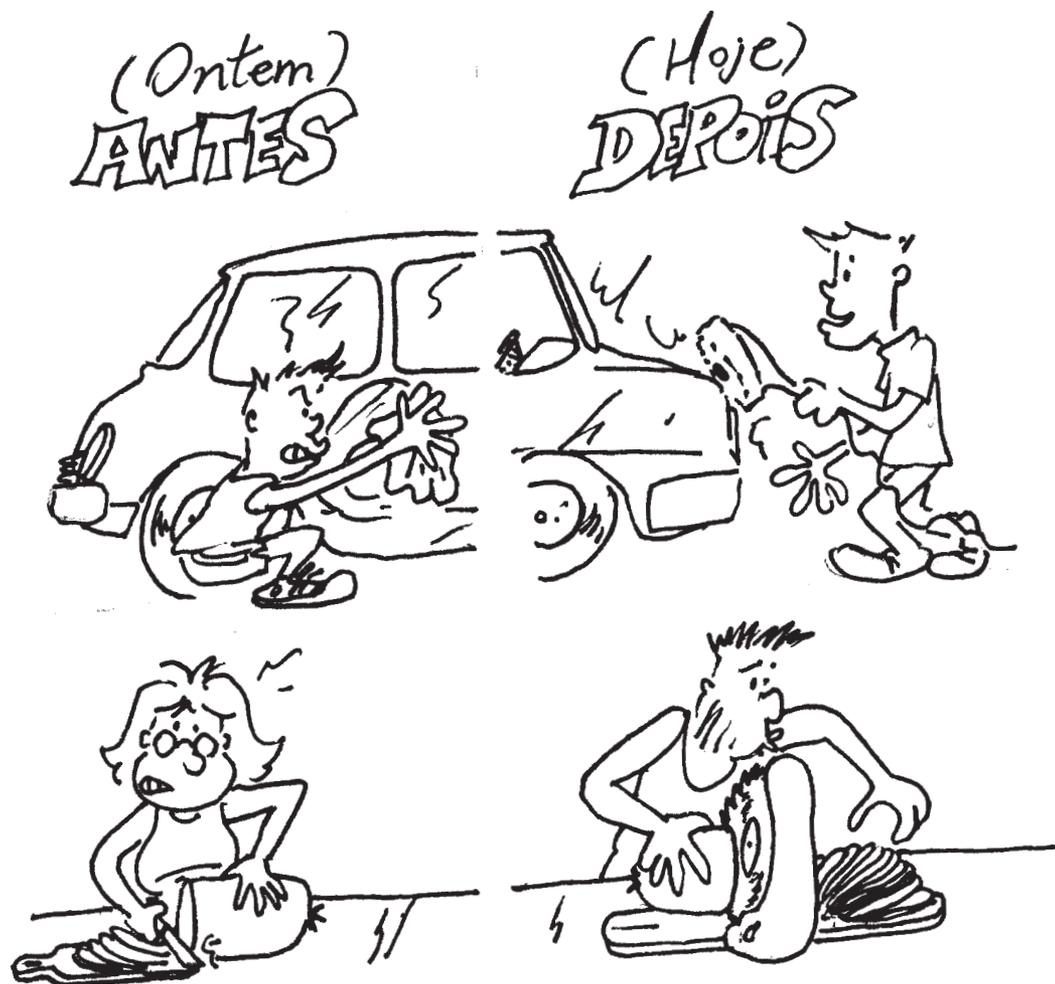
fig. 2

—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

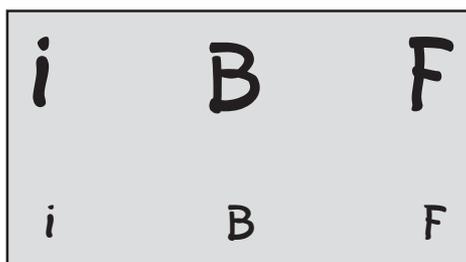
A produção de movimento a partir da eletricidade nos motores elétricos, campainhas, galvanômetros etc. envolve o surgimento de um campo magnético numa certa região e a existência de um fio condutor com corrente elétrica colocado nessa mesma região. Nessa situação, o fio com corrente fica sujeito a uma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

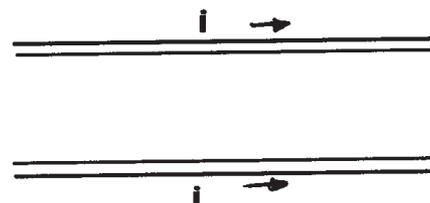
$$F = B \cdot i \cdot L$$



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?

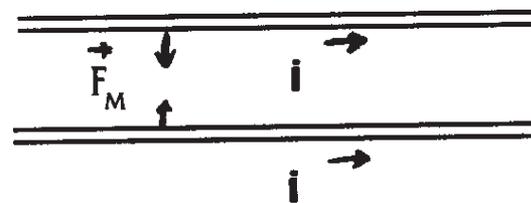
Ela só vale quando o campo magnético faz um ângulo de 90° com a corrente elétrica no fio.

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.

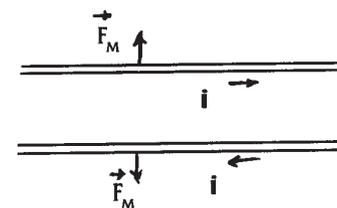


Cada corrente cria um campo magnético ao seu redor e uma sente o campo criado pela outra. O resultado é que os dois trechos de fio ficam sujeitos a uma força magnética. Supondo que o valor da corrente elétrica nos fios seja $2A$, o campo onde cada fio se encontra vale $5 \cdot 10^{-7} N/A \cdot m$ e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

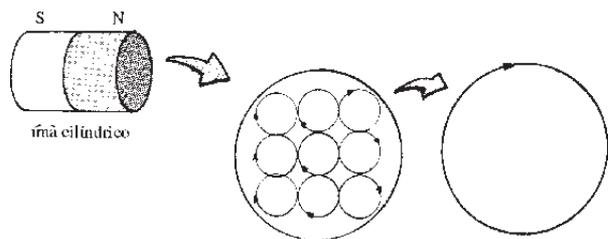


A atração ou a repulsão entre dois fios paralelos que tenham corrente elétrica elétrica têm a mesma natureza das atrações e repulsões entre ímãs. Isso porque ambos, fio com corrente elétrica e ímãs, criam campo magnético no espaço ao redor.

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

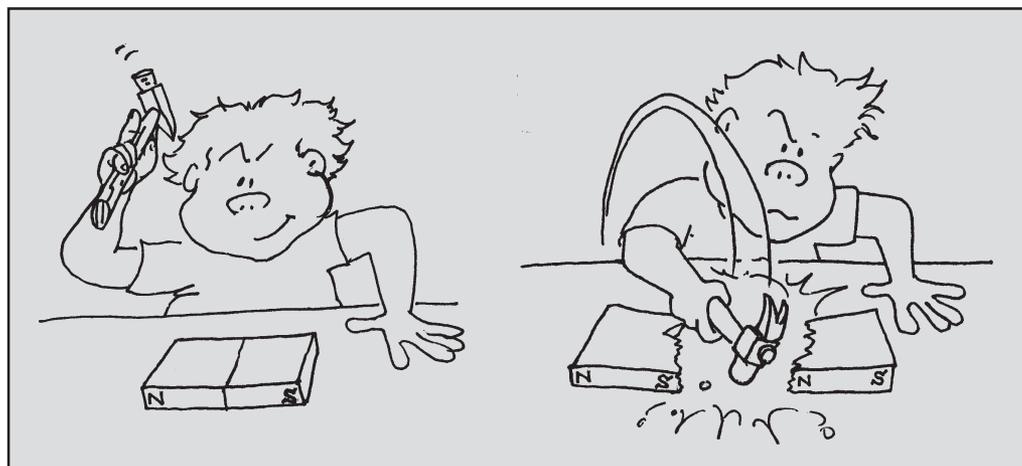
O campo magnético criado pelos ímãs, ainda que possa parecer estranho, também se deve às correntes elétricas existentes no seu interior ao nível atômico. Elas estão associadas aos movimentos dos elétrons no interior dos átomos. Apesar de estarem presentes em todos os materiais, nos ímãs o efeito global 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.

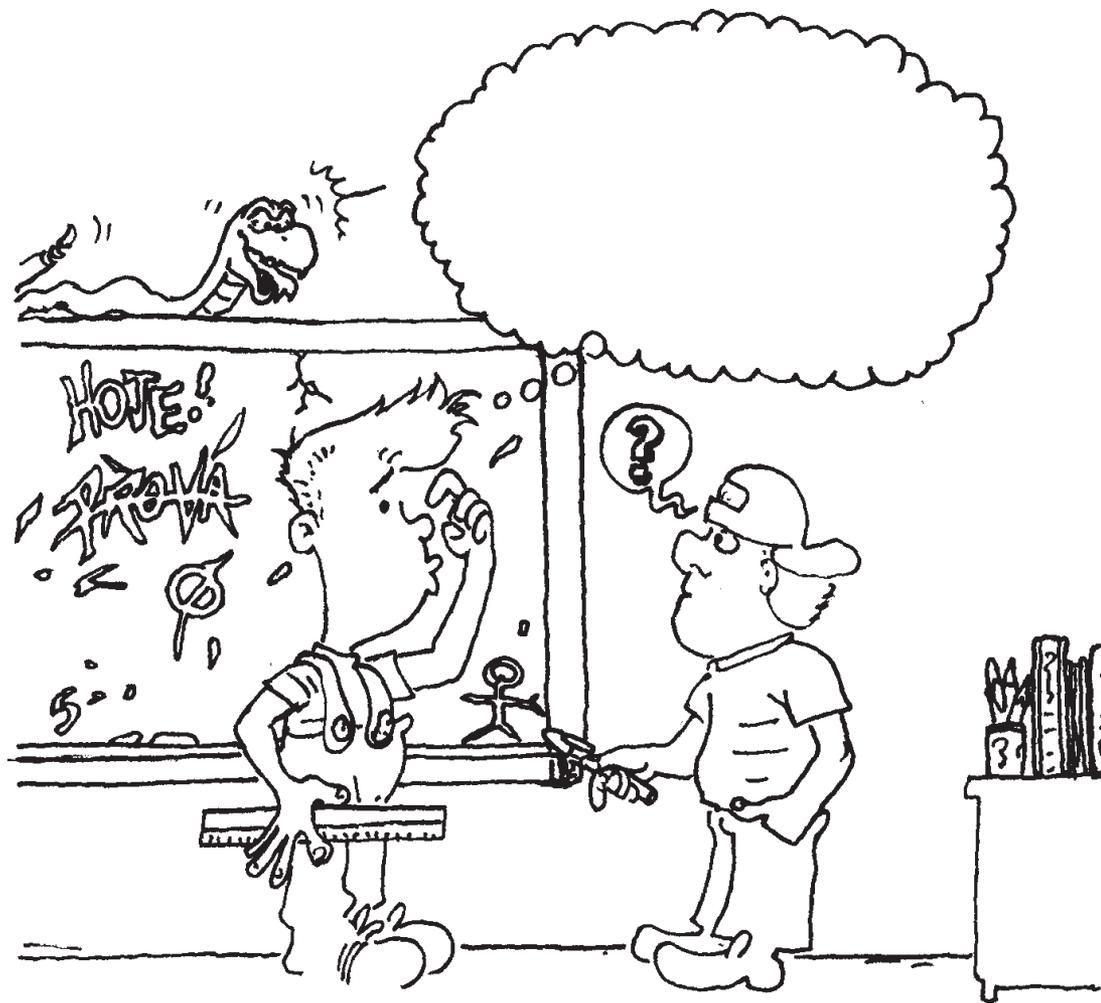
—19—

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)

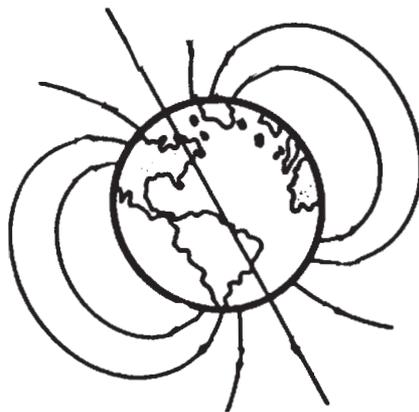


Exercícios: ímãs e motores elétricos

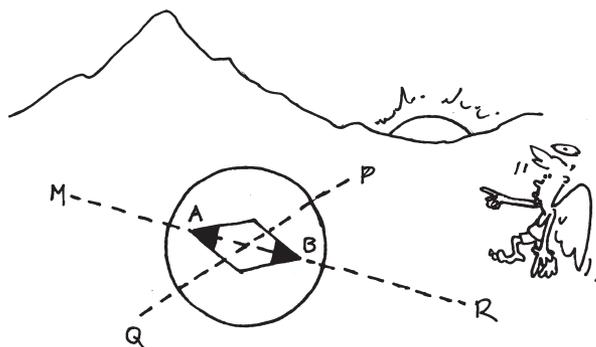
1. Quando aproximamos uma bússola de um fio em que circula uma corrente, a agulha da bússola pode sofrer uma deflexão ou pode não sofrer deflexão. Explique.

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:



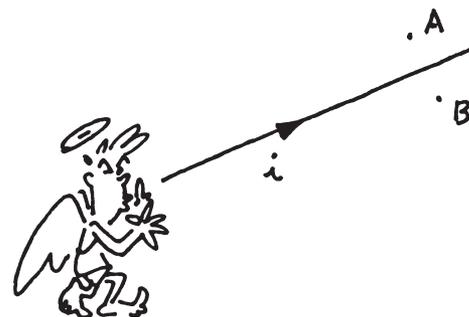
a) Dos pontos M, P, Q e R, qual deles indica o sentido do norte geográfico?

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

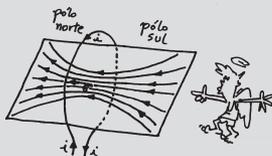
O vetor indução magnética \vec{B} no centro de uma espira tem as seguintes características:

- 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,

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

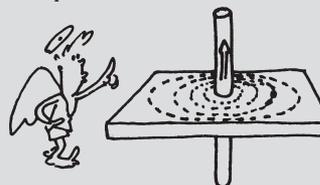


Campo magnético de um fio condutor reto

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:**

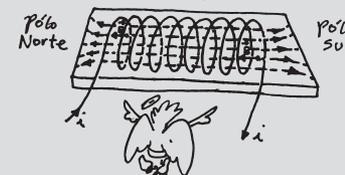
$$B = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{i}{r}$$



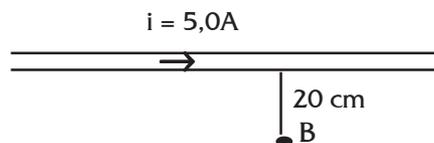
Campo magnético no interior de um solenóide

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.

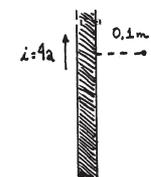


12. A espira condutora circular esquematizada tem raio $2\pi \text{ cm}$, sendo percorrida pela corrente de intensidade $8,0\text{A}$ no sentido indicado. Calcule o valor do campo magnético no seu centro.



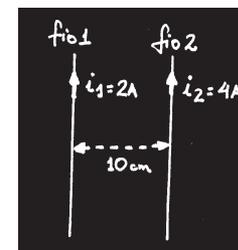
13. Uma bobina é formada de 40 espiras circulares de raio $0,1 \text{ m}$. Sabendo que as espiras são percorridas por uma corrente de 8A , determine a intensidade do vetor indução magnética no seu centro.

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

ferro



ímã



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.

—20—

Usinas geradoras de eletricidade

Vamos conhecer os processos pelos quais diferentes formas de energia podem ser transformadas em energia elétrica.



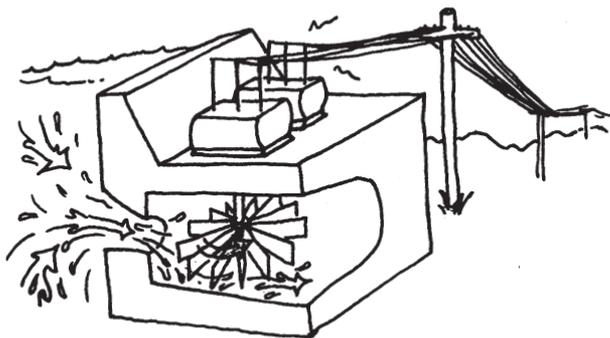
Acende-apaga, liga-desliga...

Quantas fontes de energia elétrica você já utilizou hoje?

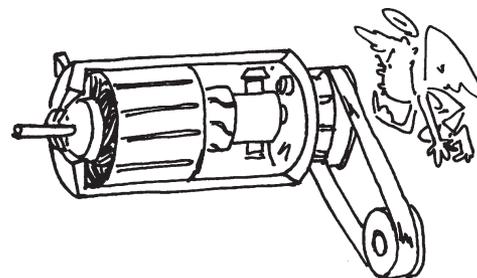
20 A produção de energia elétrica

Todos os aparelhos capazes de transformar alguma energia em energia elétrica são classificados como fontes de energia elétrica.

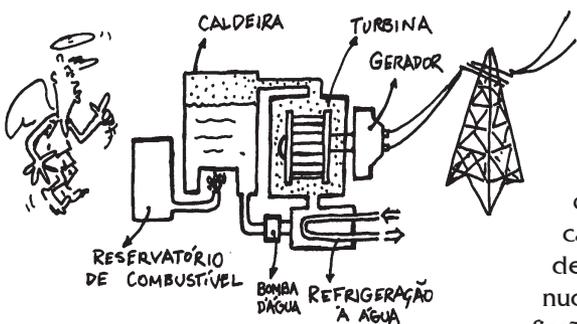
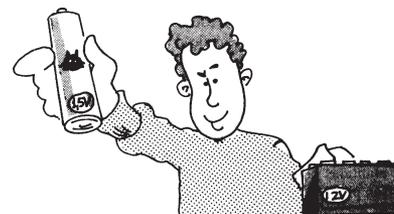
A maior parte da energia elétrica utilizada no Brasil provém de usinas hidrelétricas. Nessas usinas a água é represada por meio de barragens, que têm a finalidade de proporcionar um desnível de água capaz de movimentar enormes turbinas. As turbinas são formadas por conjuntos de pás ligadas ao eixo do gerador de eletricidade, que é posto a girar com a passagem da água.



Além dos geradores de eletricidade das usinas, temos também os alternadores e os dínamos de automóveis, que têm o mesmo princípio de funcionamento. A diferença se dá na maneira como é obtida a rotação do eixo do gerador: pela explosão do combustível no cilindro do motor.

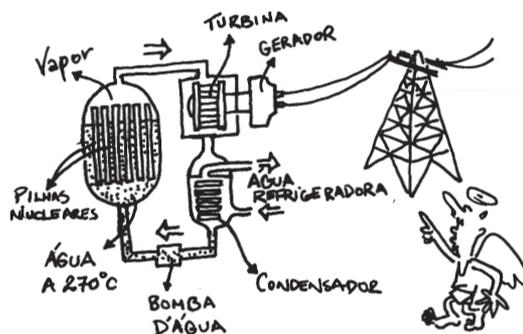


Outra forma de utilização de energia elétrica é através do processo de separação de cargas. Um exemplo bastante típico desses geradores é a pilha e também as baterias comumente utilizadas em rádios, brinquedos, lanternas, relógios etc.



As turbinas podem também ser movimentadas por vapor de água a alta pressão. Nesse caso, as usinas são termelétricas ou nucleares.

Nas termelétricas, o vapor de água é obtido pelo aquecimento de água em caldeiras, pela queima de carvão, óleo, derivados de petróleo. Já nas usinas nucleares o vapor de água é obtido pela fissão do urânio.

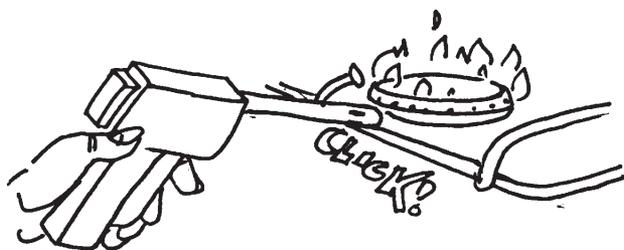


Nesses sistemas uma reação química faz com que cargas elétricas sejam concentradas em certas regiões chamadas pólos. Assim obtêm-se os pólos positivos (onde se concentram íons com falta de elétrons) e os pólos negativos (onde os íons tem elétrons em excesso). Por meio desses pólos obtêm-se a tensão elétrica que permite o estabelecimento da corrente elétrica quando um circuito ligado a eles é fechado.

Além da reação química, existem outras formas de se promover a separação de cargas. Nas portas automáticas e sistemas de segurança, a separação de cargas é produzida pela incidência de luz sobre material fotossensível. O resultado é a corrente elétrica num circuito.

Nas máquinas fotográficas totalmente automáticas, uma célula fotossensível regula a abertura do diafragma e o tempo de exposição ao filme. Em outras máquinas não automáticas, o medidor de luminosidade é um aparelho chamado fotômetro. A luz incidente na célula, que tem duas camadas de material condutor separados por uma película de selênio ou cádmio, cria uma tensão proporcional à intensidade de luz, e a corrente obtida muda a posição do ponteiro do galvanômetro.

Já no acendedor de fogão sem fio, a separação de cargas ocorre ao pressionarmos um cristal. Este é denominado **efeito piezoelétrico**, que também está presente no funcionamento de alguns tipos de agulha de toca-discos e de microfones de cristal.



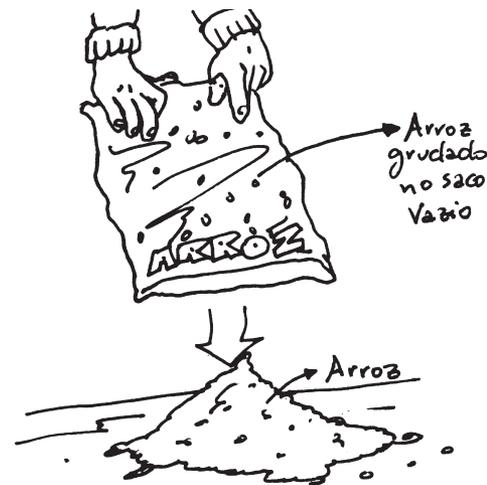
Através da diferença de temperatura também se pode provocar a separação de cargas em alguns materiais. Esse efeito é utilizado para medir a temperatura nos automóveis quando as extremidades de dois metais diferentes entram em contato e são submetidas a distintas temperaturas: um ligado ao motor e outro à carcaça.

É possível, também, produzir separação de cargas por meio do atrito entre certas espécies de material. Esse processo de separação de cargas pode ser observado em muitas situações do cotidiano.

Os raios que aparecem durante as tempestades são grandes movimentos de cargas elétricas da Terra para as nuvens ou das nuvens para a Terra. Essas grandes quantidades de cargas nas nuvens são produzidas por atrito das gotículas de água com o ar.

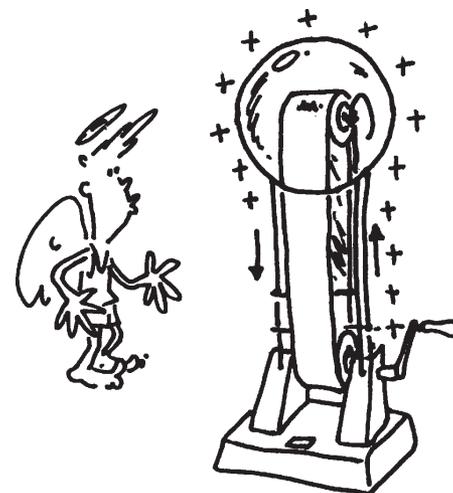
Quando esvaziamos um saco plástico contendo arroz, é muito comum acontecer de alguns grãos permanecerem grudados na parte interna do saco, mesmo quando este é totalmente virado para baixo e chacoalhado. Isso acontece porque esses grãos, ao ser atritados com o plástico, durante o esvaziamento, ficam eletrizados e por isso são atraídos.

A separação de cargas por atrito é bastante fácil de ser efetuada. Basta, por exemplo, esfregar um objeto plástico, tal como uma régua ou uma caneta esferográfica, em papel ou numa blusa de lã. Quando aproximamos a região atritada de pequenos pedaços de papel, dos pêlos do braço ou dos cabelos, notamos que eles se atraem.



Em muitos laboratórios didáticos de demonstração é comum encontrarmos um aparelho que separa cargas elétricas por atrito com grande eficiência: o gerador de Van de Graaff.

Enquanto a correia é movimentada pelo motor elétrico, um pente metálico ligado a uma fonte de alta tensão transfere cargas elétricas para ela. Estas são transportadas até o interior da esfera metálica e transferidas para ela por um contato metálico. Assim, as cargas elétricas vão sendo acumuladas em sua superfície externa, atingindo milhares de volts.



Rapidinhas

1. A maior usina hidrelétrica do mundo está no Brasil, localizada no rio Paraná. Tem 18 turbinas, que em operação são capazes de gerar 13.320.000.000 de watts de energia elétrica. Sua construção teve como consequência a inundação de uma área enorme para acúmulo de água, o que torna muito discutível a construção de grandes usinas e o impacto ambiental provocado.

2. A construção de usinas nucleares para geração de energia elétrica foi uma maneira de manter em atividade a indústria dos artefatos nucleares. A entrada do Brasil na chamada era nuclear, comprando usinas de uma empresa americana – a Westinghouse –, foi muito polêmica, uma vez que sua necessidade para o país era questionada. Localizada em Angra dos Reis, no Rio de Janeiro, sua construção teve início em 1972 e começou a operar somente em 1985. Tendo como característica o fato de interromper o seu funcionamento – 30 vezes somente nos primeiros 6 anos –, é conhecida como "vaga-lume".

3. Até o acidente na usina de Chernobyl, na Ucrânia, em 1986, era voz corrente que uma usina nuclear jamais podia explodir: "As chances de fusão de um núcleo são de uma a cada 10.000 anos. As usinas são dotadas de controles seguros e confiáveis, protegidos de qualquer colapso por três sistemas de segurança diferentes e independentes...". Entretanto, o impossível acontece! Com a explosão que arrancou o teto do reator de 700 toneladas, uma bola de fogo lançou no ar, a mais de 1000 metros de altura, uma mistura de elementos radiativos. Estima-se em 7.000 e 10.000 o número de mortos e em 160.000 km² a área contaminada.

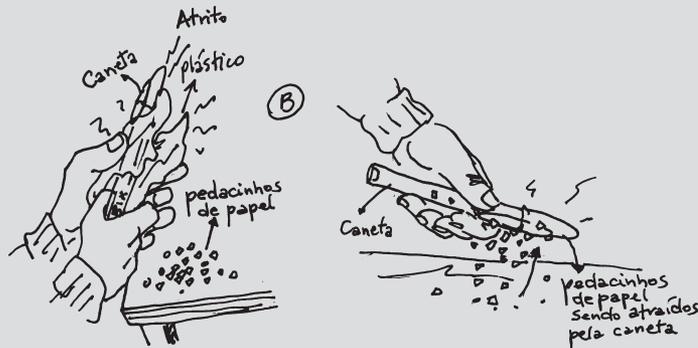
exercitando...

1. Quais as fontes de energia que você conhece? No Brasil, qual é a mais utilizada? Por quê?
2. Alguns tipos de acendedor de fogão não utilizam diretamente a energia elétrica da tomada, tampouco a de uma bateria comum. No entanto, tais acendedores produzem uma faísca quando pressionados por uma espécie de gatilho preso a uma mola. Discuta que transformações de energia ocorrem nesse dispositivo.
3. Os dinamos e os alternadores podem ser classificados como fontes de energia elétrica. Quais as formas de energia transformadas em energia elétrica nesses aparelhos?

PARA FAZER E PENSAR

Atrite uma caneta esferográfica em um pedaço de plástico e depois aproxime-a de pedacinhos de papel.

O que ocorreu com a caneta após ela ter sido atritada? Esse processo é semelhante a qual dos discutidos nas páginas 78 e 79?

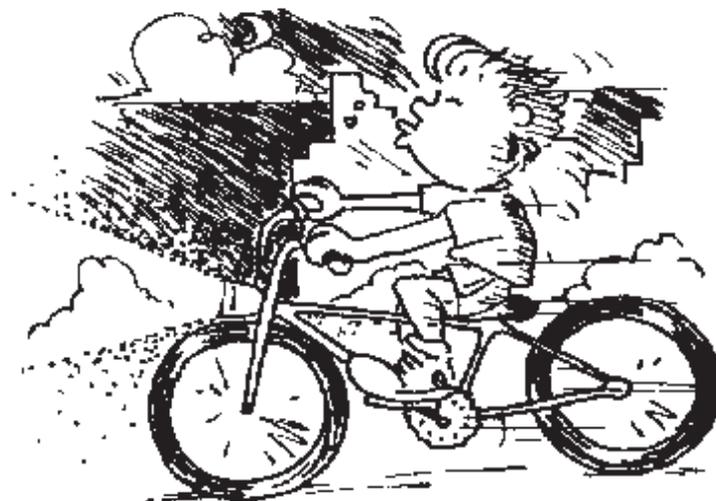
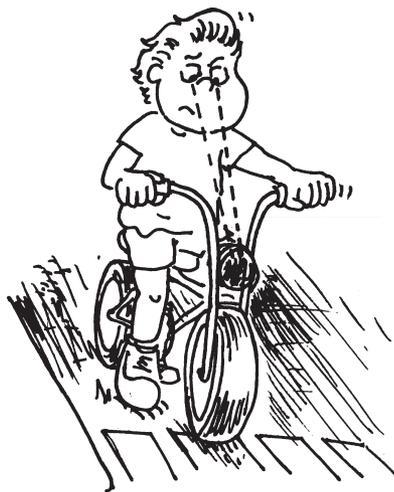


—21—

Dinamo de bicicleta

A Física do dínamo de bicicleta será ilustrativa para entender o gerador de usina hidrelétrica.

Quando ouvimos falar em geradores de eletricidade, pensamos logo nas usinas e suas barragens; mas o dínamo de bicicleta é também um gerador que representa uma das duas maneiras conhecidas de se obter energia elétrica. Uma pista para saber como isso é obtido está presente na ilustração. Qual é ela?



Os geradores das usinas e os dinamos de bicicleta são construídos de forma semelhante e têm o mesmo princípio de funcionamento. Em ambos, há produção de energia elétrica a partir da energia mecânica de rotação de um eixo. A partir da atividade que vem logo a seguir, vamos começar a desvendar esse mistério.

Dinamo de Bicicleta: o gerador arroz-com-feijão

Para fazer esta atividade você vai precisar tomar duas providências:

1. trazer ou ajudar seu professor a obter um dinamo desse tipo;
2. além dele será necessário uma bússola. Com eles você vai estar pronto para fazer a primeira parte.

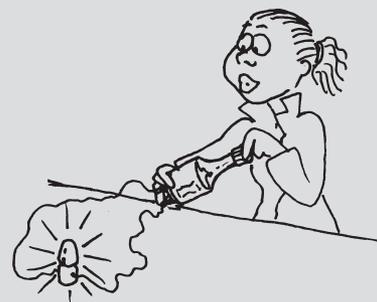
Parte 1

- a. aproxime a bússola do dinamo parado e verifique o que acontece com ela;
 - b. repita, girando devagar com a mão o eixo do dinamo.
- O que é possível dizer sobre o que há lá dentro?



Parte 2

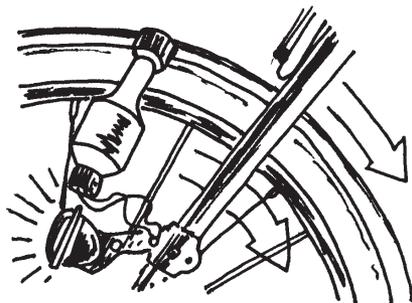
Para verificar se ele de fato é um gerador de eletricidade, conecte nos seus terminais um *led* (diodo fotoemissor). Gire o seu eixo e observe o que ocorre com o *led*. Gire para o lado oposto. E agora?



Parte 3

- a. desparafuse a porca que fixa o eixo e retire-o com cuidado. Do que ele é feito? Torne a aproximar dele a bússola;
- b. observe a parte do dinamo que fica em volta da carcaça na parte interna. Do que ela é feita?

Quando o dínamo está em contato com a roda, o seu movimento de rotação é transferido para o eixo do dínamo pelo contato com o pneu.



Como o ímã é fixado ao eixo, ele fica girando entre as bobinas. O fato de a lâmpada do farol acender está associado a esse movimento.

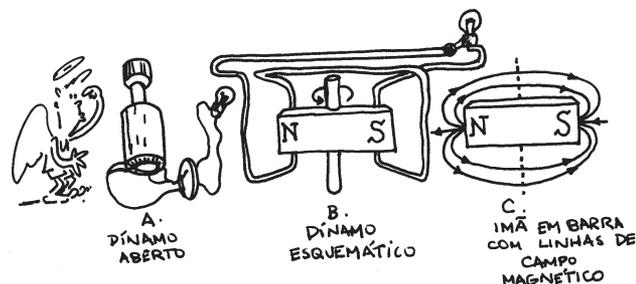
No dínamo não há contato físico entre o ímã e as bobinas. Entretanto, eles se influenciam mutuamente. Como diz Paulinho da Viola, é preciso lembrar que **"a vida não é só isso que se vê, é um pouco mais, que os olhos não conseguem perceber..."**. Neste caso, esse algo mais, invisível mas real, é o campo magnético, no qual as bobinas estão imersas. Desse modo, por meio do campo magnético as partes fixa e móvel do dínamo podem se "comunicar".

Mas isso não é tudo, porque apenas a presença do ímã no interior do dínamo não é suficiente para acender a lâmpada. Isso pode ser compreendido usando-se o princípio da conservação da energia. Quando a lâmpada está acesa, ela irradia continuamente energia luminosa e térmica para o meio. Se o acendimento da lâmpada pudesse ser causado apenas pela presença do ímã em repouso, isso significaria que a energia estaria "saindo" do interior desse ímã, o que sugere que ele deveria "gastar-se" depois de um certo tempo. Entretanto, ímãs não se "gastam", ao contrário das baterias.

É aí que entra o arroz-com-feijão!

Alguém tem que pedalar a bicicleta para acender o farol ou girar o eixo do dínamo para acender o led.

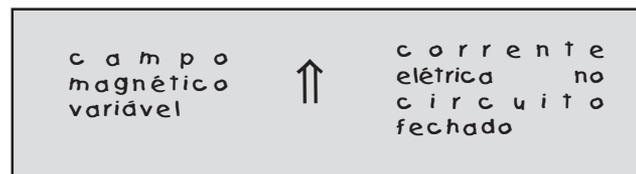
De acordo com o princípio da conservação de energia, o fluxo contínuo de energia luminosa e térmica para fora do sistema não pode ser causado por algo que não muda ao longo do tempo. Em outras palavras, não há como o ímã parado "bombear" energia, continuamente, para a lâmpada. Para que isso ocorra é preciso fornecer energia, e isso é feito pelo **movimento**. Para facilitar a discussão do fenômeno físico da geração de corrente elétrica pelo dínamo de bicicleta, vamos representá-lo esquematicamente por um ímã colocado entre duas espiras.



O campo magnético de um ímã parado varia de ponto para ponto do espaço, mas em cada um desses pontos ele permanece constante no tempo. Quando o ímã gira, como acontece com a parte móvel do dínamo de bicicleta, o campo magnético varia no espaço ao redor dele. Essa variação gera o campo elétrico produzindo uma corrente elétrica que é percebida com o acendimento da lâmpada.

O funcionamento do dínamo ilustra um caso particular de uma das quatro leis gerais do Eletromagnetismo: **a lei de Faraday**, segundo a qual uma corrente elétrica é gerada num circuito fechado sempre que houver variação de um campo magnético nessa região.

Esse processo de geração de corrente pode ser representado pelo seguinte encadeamento de efeitos:



A corrente elétrica que surge também é chamada de corrente induzida.

exercitando...

1. Nos geradores em que o rotor é um eletroímã localizado dentro de um estator constituído por bobinas, para manter o movimento de rotação é necessário um torque externo, além daquele realizado contra as forças de atrito. Discuta a necessidade desse torque externo na manutenção do movimento do rotor, partindo do princípio de que na ausência de torques externos a quantidade de movimento angular (momento angular) se mantém constante.
2. Analise as situações descritas abaixo e verifique se há ou não produção de campo magnético variável na região próxima
 - a- Um fio com corrente alternada e parado em relação ao chão.
 - b- Um fio com corrente contínua e parado em relação ao chão.
 - c- Uma bobina com corrente contínua e parada em relação ao chão.
 - d- Uma bobina com corrente contínua se deslocando com velocidade v em relação ao chão.
 - e- Um ímã se deslocando com velocidade v em relação ao chão.
 - f- Um ímã girando com velocidade angular ω .

LEI DE LENZ

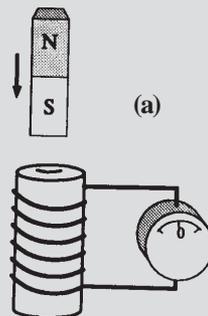
Faraday descobriu que uma corrente elétrica é gerada num circuito elétrico fechado, colocado numa região onde haja um campo magnético variável.

Esse fenômeno recebeu o nome de **indução eletromagnética**, e a corrente que surge é chamada de **corrente induzida**.

Um outro trabalho foi realizado para saber o sentido da corrente induzida, possibilitando o entendimento da relação entre o sentido da corrente induzida e a causa que lhe deu origem. É isso que nos informa a chamada lei de Lenz:

"O sentido da corrente induzida é tal que o campo magnético criado por ela se opõe à causa que lhe deu origem".

Para entendermos o significado dessa nova lei, observe a situação mostrada na figura (a).



O ato de empurrar um ímã na direção da espira corresponde à "causa" responsável pela origem da corrente induzida na espira. De acordo com a lei de Lenz, o campo magnético da corrente induzida deve se opor à aproximação do ímã, ou seja, o ímã deve ser repelido. Assim, na situação indicada, para que ocorra repulsão ao ímã, a face da espira voltada para ele deve corresponder ao "pólo" sul. Para isso ser possível, a corrente induzida deve ter o sentido indicado na figura (b). Se afastarmos o ímã da espira, a corrente induzida deve também opor-se a essa separação. Para tanto, dará origem a um "pólo" norte na face da espira voltada para o ímã, como indica a figura (c).



A aproximação ou o afastamento do ímã em relação à espira encontra uma certa resistência que precisa ser vencida. Isso significa que é necessária a realização de um trabalho por um agente externo. Esse comportamento está de acordo com o **princípio da conservação da energia**, já estudado anteriormente.

22

Transformadores no circuito

Entre a usina e os centros consumidores de energia elétrica há um enorme circuito. Suas características você vai estudar agora.

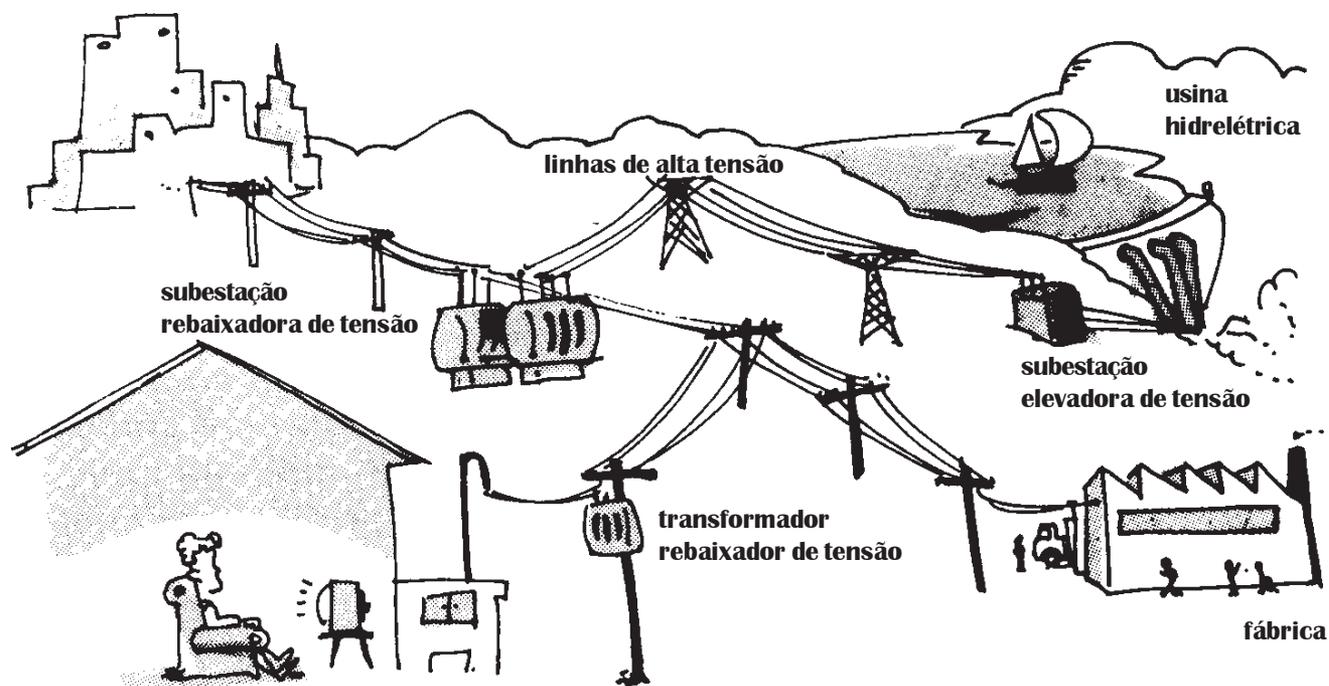
Entre a usina hidrelétrica e a nossa residência existem muitos transformadores, uma vez que a tensão de saída dos geradores é da ordem de 10.000 V, nos fios de alta tensão é de 700.000 V e a de consumo doméstico encontra-se na faixa de 110/220 V. A tensão no consumo comercial/industrial varia de 110/220 V até 550 V, enquanto no consumo em transporte (trens elétricos, metrô) varia de 600 V a 3.000 V.

Por que é necessário elevar ou baixar a tensão elétrica e como isso pode ser feito?



Ligar um aparelho à tomada significa fazer com que ele se torne parte de um circuito muito maior, que pode ter centenas de quilômetros de extensão.

Se acompanharmos os fios que chegam a uma tomada, podemos verificar que eles estão ligados à rede elétrica de nossa casa. Essa rede, por sua vez, está ligada aos fios que vêm do poste, através da caixa de distribuição. Esses fios, antes de chegarem às residências, "passam" por sucessivos aparelhos, denominados **transformadores**, localizados em pontos estratégicos ao longo da rede elétrica. Os fios da rua são distribuídos a partir de uma subestação rebaixadora de tensão, que está ligada por cabos de alta tensão a outra subestação, localizada ao lado da usina geradora de energia elétrica. A função dessa subestação é elevar a tensão gerada na usina para ser transportada por longas distâncias.

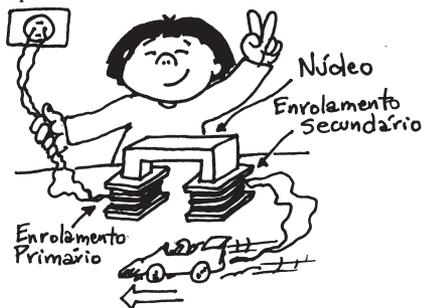


A transmissão da energia elétrica das usinas até os pontos de consumo é efetuada através de fios condutores, e por isso parte dela é dissipada na forma de calor. De acordo com a lei de Joule-Lenz ($P = R \cdot i^2$), essa perda é proporcional ao quadrado da corrente. Dessa forma, para reduzi-la é conveniente diminuirmos a intensidade da corrente. Como a potência é proporcional à tensão e à corrente ($P = U \cdot i$), podemos obter a mesma quantidade de energia

transmitida na unidade de tempo através de uma corrente menor, se aumentarmos a tensão.

É o transformador que realiza tais alterações. Por isso ele está presente nas duas subestações, ora para elevar, ora para baixar a tensão. Também está presente em alguns postes onde a tensão é novamente rebaixada ou elevada para ser colocada em condições de uso.

Basicamente o transformador é constituído de fios enrolados em um núcleo de ferro. São dois enrolamentos independentes: o enrolamento primário, ligado à fonte, e o enrolamento secundário, onde se obtém a tensão desejada. Os dois enrolamentos podem estar: um sobre o outro isolados eletricamente e com o núcleo de ferro comum a ambos; ou podem estar separados, ou seja, o enrolamento primário numa parte do núcleo e o secundário em outra parte.



Nos transformadores da subestação elevadora de tensão, o enrolamento primário tem menor número de voltas de fio que o enrolamento secundário, podendo esse enrolamento, em muitos casos, este ser constituído por fios mais finos.



Os transformadores rebaixadores de tensão têm maior número de voltas de fio no enrolamento primário que no secundário. Em geral, nesse tipo de transformador os fios utilizados no enrolamento secundário são mais grossos.



Sendo U_p e U_s as tensões nos terminais dos fios nos enrolamentos primário e secundário e N_p e N_s o número de voltas de fio em cada um desses enrolamentos, vale a seguinte relação para o transformador:

$$U_p / U_s = N_p / N_s$$

Balanco energético no transformador

O rendimento nos transformadores é em torno de **98%**, o que significa que a potência elétrica no enrolamento primário é praticamente igual à do enrolamento secundário, ou seja, $U_p i_p$ (enrolamento primário) = $U_s i_s$ (enrolamento secundário) ou

$$U_p / U_s = i_s / i_p$$

A queda de potência ou energia, da ordem de **2%**, deve-se aos seguintes fatores:

- aquecimento dos enrolamentos (de acordo com a lei de Joule-Lenz);
- correntes induzidas no núcleo de ferro do transformador, que criam um campo magnético contrário àquele criado pela corrente no enrolamento primário. Tais correntes induzidas são também conhecidas por correntes de Foucault.
- processo de magnetização que ocorre no núcleo de ferro do transformador (pelo fato de a corrente, que cria o campo magnético, ser alternada, há um ciclo de magnetização do núcleo, que acompanha as variações de intensidade e de sentido da corrente). Por esse motivo, o núcleo de ferro é laminado, separado com material isolante.

Todos esses fatores podem provocar o aquecimento. É por isso que aparelhos de som e videocassetes esquentam durante o funcionamento e o gabinete possui orifícios para ventilação junto ao transformador.

exercitando...

1. Um transformador é constituído por dois enrolamentos de fios de cobre, um de 200 e outro de 1200 espiras. Esses solenóides envolvem uma mesma barra de ferro.

a) Se a tensão no enrolamento (primário) de 200 espiras for de 12 volts, que tensão obtemos no outro enrolamento (secundário)?

b) Qual a função do núcleo de ferro?

c) É possível esse transformador funcionar se a tensão de 12 volts for de uma bateria (corrente contínua)? Por quê?

2. Um transformador tem 200 espiras no primário e recebe uma tensão de 110 V. Quantas espiras deve ter no secundário para que a tensão de saída seja 220 V?

3. Qual a tensão retirada da saída de um transformador, sabendo que a tensão de entrada é de 220 V e a razão entre o número de espiras do secundário e o número de espiras do primário é $1/20$? O transformador funcionou como elevador ou como rebaixador de tensão?

4. Explique por que o núcleo de ferro do transformador é laminado.

5. Um transformador está sendo usado para baixar a tensão de 120 V para 9 V. Sabendo-se que o número de espiras do primário é 240 voltas e que a potência no circuito secundário é 6 W e considerando que a perda de energia é desprezível, responda:

a. qual o número de espiras do secundário;

b. qual a corrente elétrica no secundário;

c. qual a corrente elétrica no primário.

Saiba um pouco mais sobre o transformador

Os aparelhos elétricos são construídos para funcionar com determinadas tensões. Quando a tensão de funcionamento dos aparelhos não coincidir com a tensão da fonte, é necessário intercalar entre os dois um transformador para adequar essas tensões.

O transformador é um aparelho consumidor de energia elétrica quando considerado do lado do enrolamento primário e, também, fonte ou gerador de energia elétrica do lado do enrolamento secundário.

Quando o enrolamento primário é ligado a um circuito de corrente alternada, essa corrente cria um campo magnético proporcional a ela própria e ao número de voltas do enrolamento. Como a corrente é alternada, o campo magnético criado por ela é também variável com o tempo e, conseqüentemente, aparece um fluxo da variação desse campo na região onde se encontra o enrolamento secundário.

Uma aplicação da lei de Faraday: a indução eletromagnética nos transformadores.

Segundo a lei de Faraday, quando numa região do espaço ocorre uma variação do campo magnético, é induzido nessa região um campo elétrico.

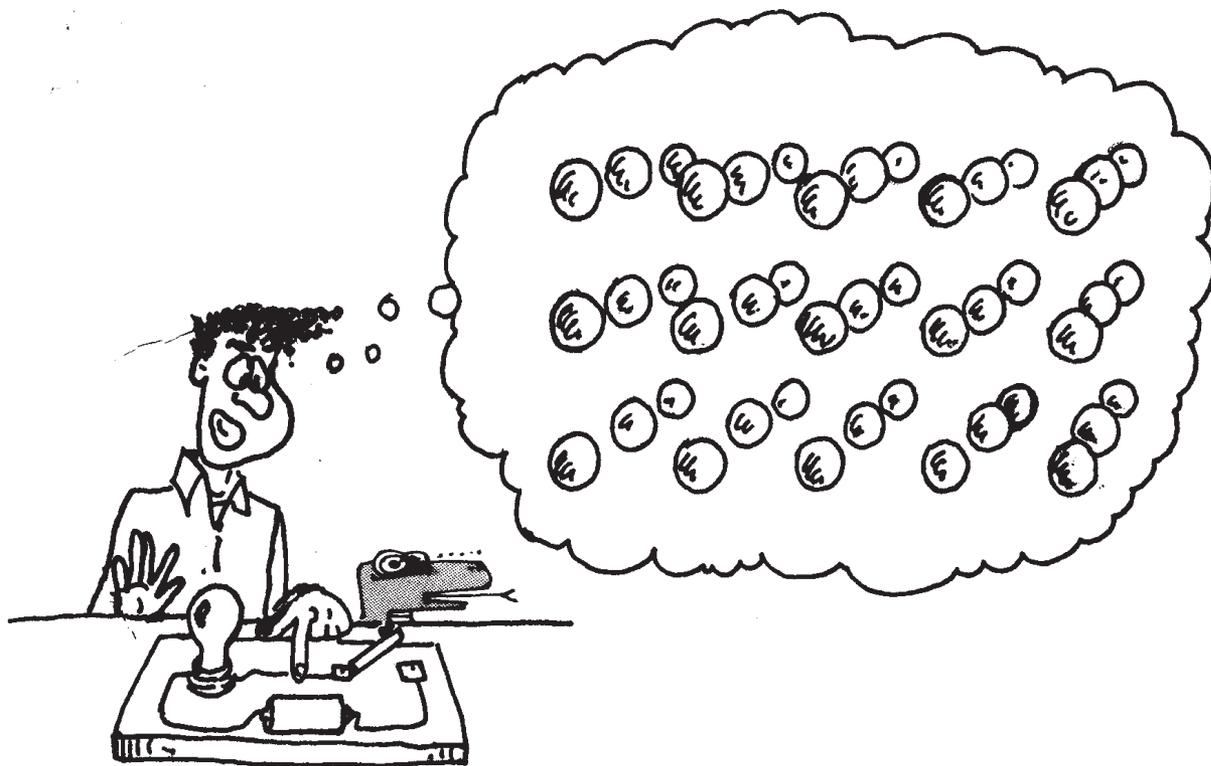
No transformador, esse fluxo de variação do campo magnético do primário induz um campo elétrico no enrolamento secundário, de tal forma que, quanto maior for o fluxo dessa variação, maior a intensidade do campo elétrico induzido em cada espira. A tensão que resulta nos terminais do enrolamento secundário é proporcional ao campo elétrico induzido e ao número de voltas do enrolamento.

—23—

A corrente elétrica vista por dentro

Como é imaginado um metal com e sem corrente elétrica você vai saber agora, com a ajuda de um modelo físico.

**Se não for só para apertar botão, está na hora de responder algumas questões:
O que significa ligar um aparelho elétrico? Por que existe corrente em um aparelho ligado? No que consiste a corrente elétrica?**



modelo,
eu?



As questões indicadas na página anterior somente podem ser respondidas considerando-se o que acontece no interior do fio quando se estabelece nele uma corrente elétrica. Assim, será necessário conhecer um **modelo teórico** que explica o que ocorre microscopicamente em um fio sem corrente elétrica, e depois com corrente elétrica.

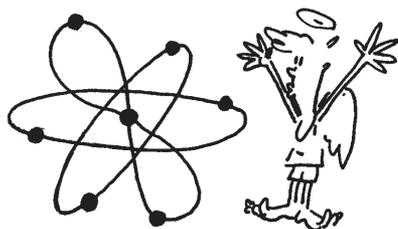
Antes, poderíamos perguntar: o que é um modelo ?

Um modelo é um conjunto de hipóteses que buscam explicar um fenômeno. É também imaginação e estética. Nesse caso, o modelo para a corrente elétrica utiliza a teoria atômica da matéria. Hoje em dia, acreditamos que toda matéria seja constituída de corpúsculos extremamente minúsculos denominados **ÁTOMOS**.

Os átomos são muito pequenos. Se um átomo fosse tamanho de um ponto (deste tamanho \cdot), a bolinha da ponta de uma caneta teria **10 km** de diâmetro. Para se ter uma ideia do tamanho desses tijolinhos que formam os materiais, uma bolinha de ponta de caneta deve conter...

1 000 000 000 000 000 000 000
de átomos.

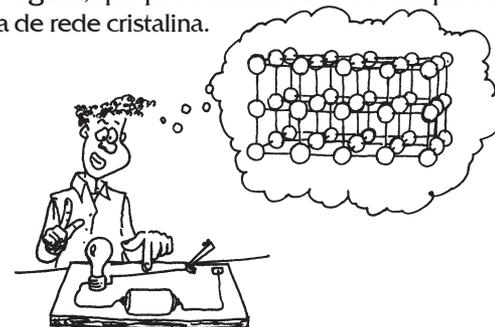
A figura a seguir é uma representação esquemática do átomo. Note que eles são formados de partículas ainda menores: os prótons e os nêutrons, que formam o núcleo, e os elétrons que giram em torno dele.



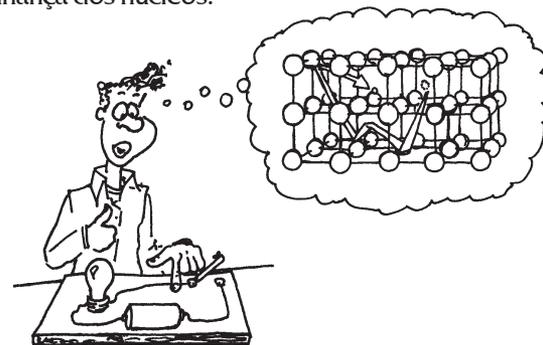
Em um átomo neutro, o número de prótons e elétrons é igual.

Como é imaginado o metal internamente?

Um fio de metal é um conjunto muito grande de átomos ligados uns aos outros mas que guardam uma certa distância entre si. Essa organização forma uma estrutura tridimensional bastante regular, que pode mudar de um metal para outro, chamada de rede cristalina.



Além disso, no interior do metal cada átomo perde um ou dois elétrons, que ficam vagando pelos espaços vazios no interior do metal (sendo por isso chamados de **elétrons livres**), enquanto a maioria dos elétrons está presa na vizinhança dos núcleos.



À temperatura ambiente, tanto os elétrons quanto os núcleos atômicos estão em movimento cuja origem é térmica. Enquanto os núcleos vibram juntamente com os elétrons presos a ele, os elétrons que se desprenderam realizam um tipo de movimento aleatório pelo interior da rede cristalina.

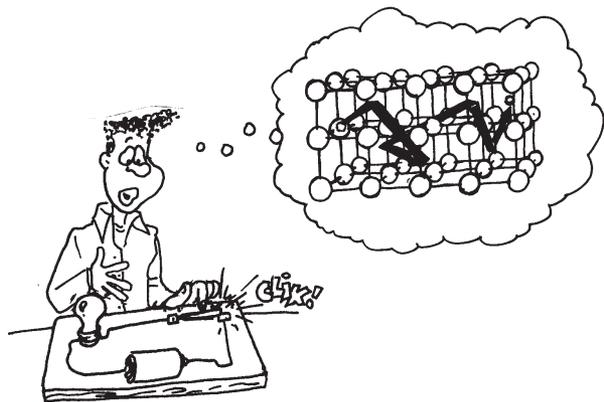
O que muda no metal quando há corrente elétrica?

Aparentemente nada que possa ser visto a olho nu! Mas, e internamente?



Um aparelho elétrico só entra em funcionamento se for ligado a uma fonte de energia elétrica, que pode ser uma usina, uma pilha ou bateria. Nessa situação há transformação de energia elétrica em outras formas de energia, e o que possibilita tal transformação é a existência de corrente elétrica.

Internamente, a energia da fonte é utilizada para acelerar os elétrons livres no interior da rede cristalina, por meio de uma força de natureza elétrica. Essa força provoca um movimento adicional ao já existente em cada elétron livre do metal.



O resultado desse processo é uma superposição de dois movimentos: o de origem térmica, que já existia e continua, e o movimento adicional provocado pela fonte de energia elétrica.

É esse movimento adicional que se entende por corrente elétrica.

A velocidade de cada elétron livre associada a cada um desses dois movimentos tem valor completamente diferente: enquanto a velocidade devida ao movimento térmico é da ordem de 100.000 m/s, a velocidade devida ao movimento adicional é de aproximadamente 1 mm/s.

Qual o significado da intensidade da corrente elétrica nesse modelo?

Vamos imaginar que quiséssemos medir uma "corrente" de carros em uma estrada. Uma corrente de 100 carros por minuto indicaria que a cada minuto 100 carros passam pela faixa. Se contarmos durante o tempo de 5 minutos a passagem de 600 carros e quisermos saber quantos passam, em média, em 1 minuto, faríamos:

$$\text{corrente} = 600 \text{ carros} / 5 \text{ minutos} = 120 \text{ carros/minuto}$$

Assim poderíamos escrever a fórmula da intensidade de corrente da seguinte maneira: corrente = nº de carros/tempo

Para uma corrente de elétrons num fio metálico, poderíamos escrever algo semelhante:

$$\text{corrente elétrica} = \text{n}^\circ \text{ de elétrons} / \text{tempo}$$

No entanto, o que nos interessa é a quantidade de carga que passa e não o número de elétrons. Desse modo, a intensidade de corrente pode ser calculada pela expressão:

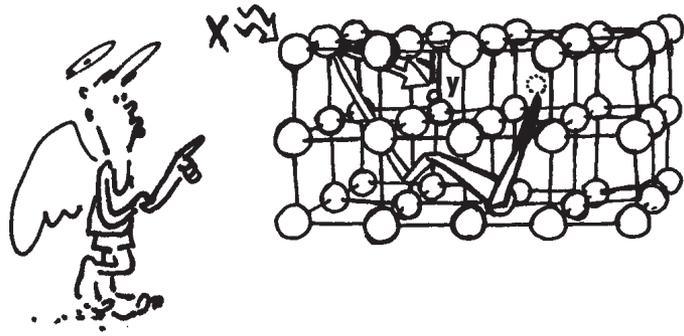
$$i = \frac{N \cdot e}{t}$$

onde: **N** é o número de elétrons
e a carga elétrica do elétron
t é o tempo transcorrido

Quando a carga é medida em coulombs e o tempo medido em segundos, a corrente é medida em ampère (A)

exercícios...

1. Do que são formados os átomos?
2. Do que é constituído e como está organizado o metal?
3. Por que alguns elétrons recebem a denominação de elétrons livres?
4. Que alterações ocorrem internamente num fio metálico com corrente elétrica?
5. O que se entende por movimento térmico aplicado aos componentes de um fio metálico?
6. A figura a seguir representa os componentes microscópicos de um fio metálico.



Indique o nome dos componentes indicados com as letras X e Y.

7. Sabendo que 1200 elétrons por segundo atravessam a secção reta de um condutor e que a carga elementar tem intensidade $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$, calcule a intensidade da corrente elétrica nesse condutor.
8. No circuito elétrico, existe uma corrente de 1A. Quantos elétrons atravessam uma secção transversal desse fio metálico por segundo?

Um pouco mais sobre a corrente

Quando um aparelho é ligado a uma pilha ou bateria, a corrente elétrica se mantém constantemente em um mesmo sentido. Isso quer dizer que a força que impulsiona os elétrons é sempre no mesmo sentido.

Já na tomada, a corrente é alternada. Isso significa que ora a corrente tem um sentido, ora tem outro, oposto ao primeiro. Isso ocorre porque a força que impulsiona os elétrons livres inverte constantemente de sentido.

9. A instalação elétrica de um chuveiro, cuja inscrição na chapinha é 220 V - 2800/4400 W, feita com fio de cobre de bitola 12, estabelece uma corrente elétrica de aproximadamente 12A, quando a chave está ligada na posição verão. Na posição inverno a corrente é de aproximadamente 20A. Calcule o número de elétrons que atravessa, em média, uma secção transversal do fio em um segundo, para a chave nas posições verão e inverno, sabendo-se que a carga de um elétron é, em módulo, igual a $1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$.

10. Explique a diferença no filamento das lâmpadas com tensões nominais 110 V e 220 V, porém com mesmas potências, usando o modelo de corrente.

11. Determine a intensidade da corrente elétrica num fio condutor, sabendo que em 5 segundos uma carga de 60 C atravessa uma secção reta desse fio.

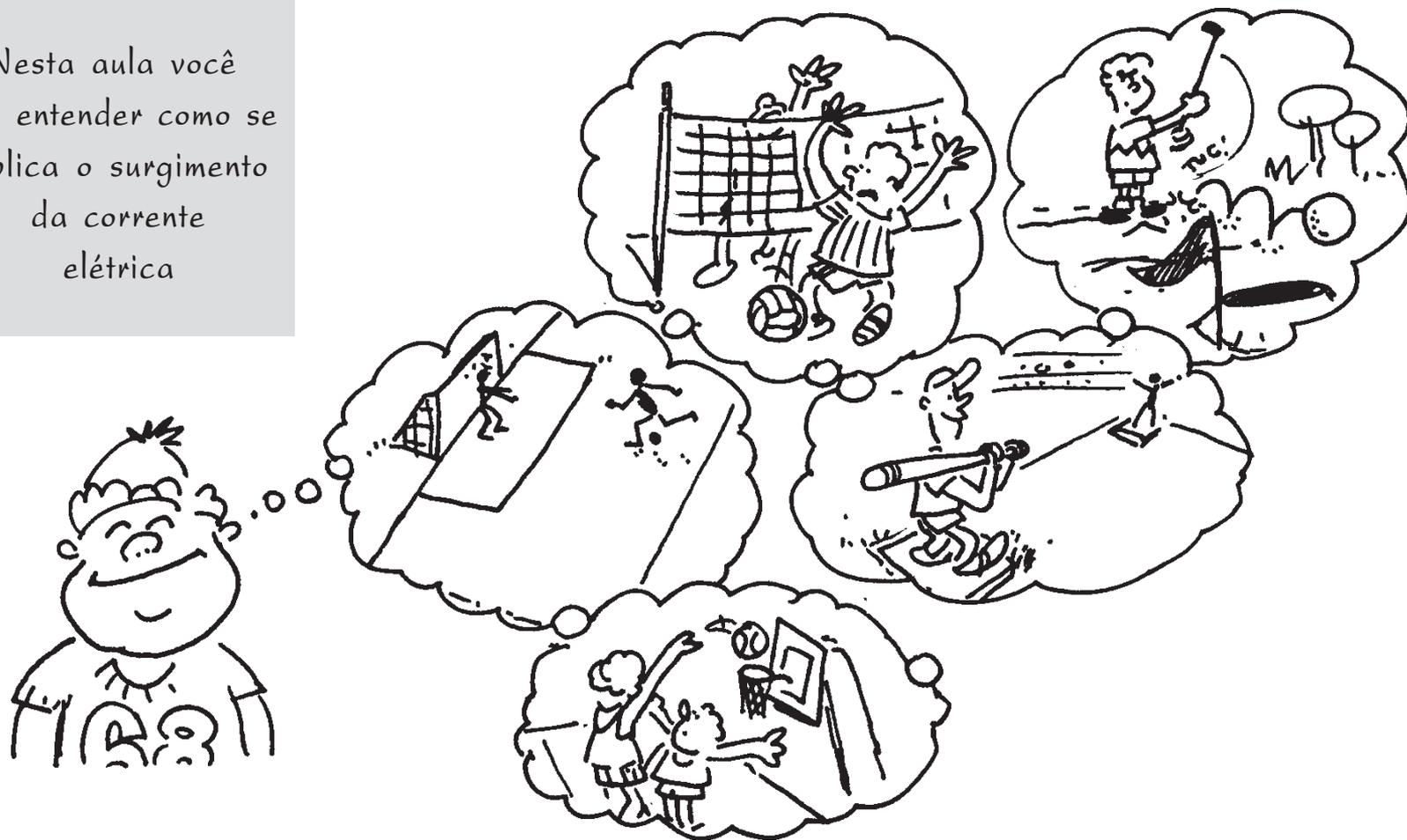
12. Explique a diferença entre corrente contínua e corrente alternada levando em conta a força elétrica sobre os elétrons livres.

—24—

Fumaça, cheiros e campos

Nesta aula você
vai entender como se
explica o surgimento
da corrente
elétrica

No campo de futebol se joga... bem, você sabe. Já numa quadra poliesportiva se pode jogar basquete, vôlei, futebol de salão... desde que se conheçam as regras. E nos campos da Física, que jogos podem ser jogados? E com que regras?



Há uma frase bastante conhecida que diz:

"onde há fumaça, há fogo"

que serve para dizer muitas coisas. Uma delas é que a gente pode identificar a existência de algo queimando mesmo que não vejamos. Por que podemos dizer isso?

Algo queimando sempre provoca a produção de gases que se misturam com o ar, e estes podem ser detectados pelo olfato, ainda que não esteja visível a chama.

De forma semelhante podemos perceber o odor de um perfume, ainda que não possamos vê-lo. De um frasco de perfume aberto emanam moléculas que, por estarem em movimento, misturam-se com o ar próximo, criando uma

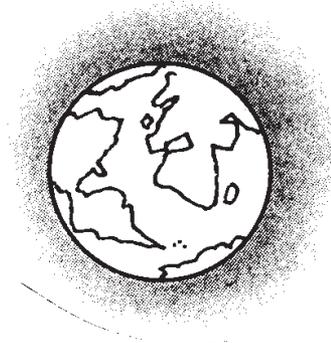
espécie de "campo de cheiro" em todos os pontos desse ambiente. Até que ocorresse toda a evaporação do perfume, esse ambiente ficaria com essa característica: além das moléculas do ar, estariam presentes as moléculas da substância desse perfume e qualquer nariz poderia detectar a sua existência, mesmo que não fosse possível ver o frasco.



Mas a essa altura poderia-se perguntar: aonde vai nos levar isso tudo?

Essa conversa introdutória é para chamar a atenção de algumas características comuns a um conceito muito importante na física: o de campo. **O conceito físico de campo caracteriza a propriedade que a matéria tem de influenciar o espaço que fica ao redor dela, dando-lhe uma característica que ele não tinha antes.** Nesse sentido é que o "campo de cheiro" do perfume é análogo ao conceito físico de campo.

É desse modo que se entende hoje a atração gravitacional: a Terra, como qualquer corpo com massa, é concebida como se tivesse em torno de si uma "aura", isto é, como uma extensão não material, que preenche todo o espaço ao redor.

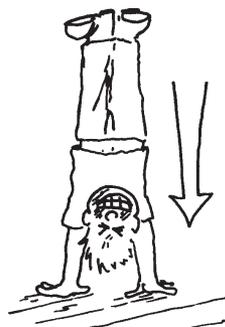


Assim, qualquer outra massa "imersa" no campo gravitacional da Terra é atraída por ela, pela força peso. Assim, podemos entender que o peso é a evidência mais comum da ação do campo gravitacional.



Um aspecto muito importante do conceito físico de campo é que ele não é separável da matéria que o origina. Assim, o campo gravitacional da Terra é tão inseparável dela como o campo magnético de um ímã é inseparável dele. Desse modo, se a matéria se move, o seu campo também se move, acompanhando a matéria.

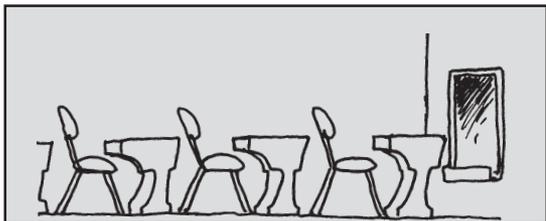
Uma outra propriedade interessante do conceito de campo é de que ele age também no interior dos objetos. Quando plantamos bananeira, por exemplo, é o campo gravitacional que faz o sangue descer para nossa cabeça.



Uma outra característica importante do conceito físico de campo é que ele tem um valor que varia com a distância em relação à matéria que o produz. O campo gravitacional da Terra, por exemplo, é capaz de "prender" a Lua ao nosso planeta, o que significa que ele se estende por grandes distâncias. Aqui na superfície da Terra, onde nos encontramos, ele vale $9,8 \text{ N/kg}$, mas lá na superfície da Lua seu valor é aproximadamente $0,0027 \text{ N/kg}$.



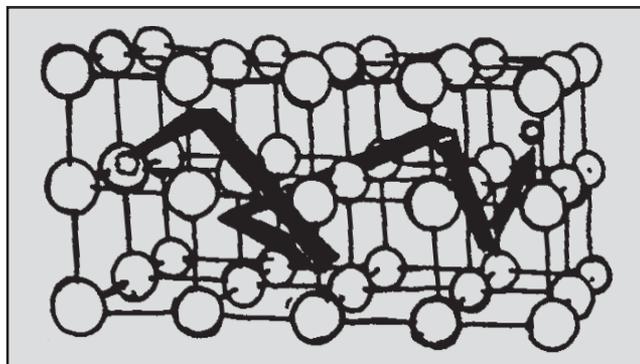
Próximo à superfície da Terra ou sobre ela, onde nos encontramos, o campo gravitacional da Terra é praticamente constante. Assim, podemos afirmar que no interior da sala de aula o campo gravitacional é uniforme e pode ser representado conforme ilustra o tom cinza da figura.



Nessa situação podemos perceber que o campo gerado pela Terra existe independentemente de haver alunos na classe e, além disso, seu valor é o mesmo para todos os pontos.



Essa discussão acerca das propriedades do campo gravitacional vai ser útil para entendermos mais sobre o que ocorre no interior do fio quando há corrente elétrica. Já sabemos que os elétrons livres ficam sujeitos a um movimento adicional, provocado pela ação de uma força elétrica sobre eles. Essa força também é devida à existência de um campo criado pela fonte de energia elétrica: **é o campo elétrico!** Assim, quando um circuito elétrico está fechado e é conectado a uma fonte como pilha, bateria ou usina, dentro do fio é estabelecido um campo elétrico.

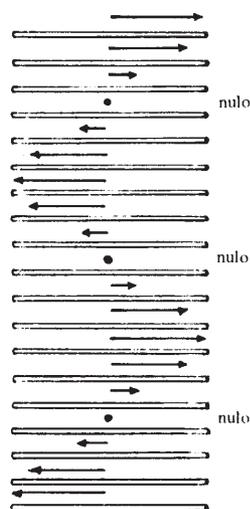


Do mesmo modo que o campo gravitacional age sobre uma massa, o campo elétrico produzido pela fonte agirá sobre todas as partículas eletricamente carregadas, presentes no fio, causando uma força elétrica sobre elas. Em particular ele agirá sobre os elétrons livres e, por isso, eles adquirirão um movimento adicional ao já existente, que é o de agitação térmica.

Contínua e alternada

As pilhas e as baterias geram campos elétricos que não variam com o tempo, o que produz uma corrente elétrica contínua.

Já o gerador das usinas gera campo elétrico que se altera, e por isso a corrente é variável. Podemos representar essa variação pela figura ao lado.



Como essa variação se repete ao longo do tempo, tanto o campo elétrico gerado pela usina como a corrente elétrica no circuito recebem a denominação de alternado(a).

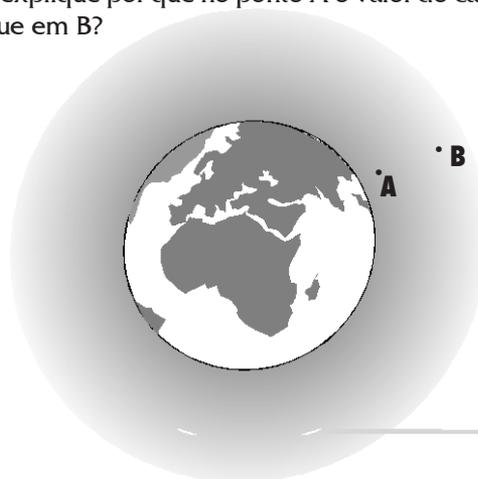
Em nossa residência, a repetição dessa variação ocorre 60 vezes por segundo. Por isso é que aparece nas chapinhas dos aparelhos o valor 60 Hz.

A corrente elétrica nos aparelhos ligados à tomada ou diretamente à rede elétrica é do tipo alternada, ou seja, varia com tempo. Assim, os valores indicados nesses aparelhos pelo fabricante não indicam o valor real, mas aquele que os aparelhos necessitariam caso funcionassem com uma fonte que produz corrente contínua.

Para ter uma idéia, se num chuveiro a corrente elétrica é 20A, esse valor se refere à corrente se a fonte produzir corrente contínua. Na rede elétrica, entretanto, seu valor varia de +28A até -28A, sendo que os sinais + e - indicam sua alteração no sentido.

exercitando...

1. Como a física entende o conceito de campo?
2. Na representação do campo gravitacional da Terra pela cor cinza, explique por que no ponto A o valor do campo é maior que em B?



3. Explique como surge a corrente elétrica em um fio metálico usando os conceitos: elétron livre, força elétrica e campo elétrico.
4. O que diferencia a corrente produzida pela pilha de uma usina?
5. Por que a corrente elétrica em um aparelho ligado à tomada é denominado de corrente alternada?
6. Alguns aparelhos trazem a seguinte informação do fabricante: 50-60 Hz. O que significa tal informação?
7. Um ferro elétrico tem uma potência de 1000 W e funciona ligado à tensão de 110 V.
 - a. calcule o valor da corrente elétrica no circuito quando em funcionamento.
 - b. qual o significado do valor encontrado?

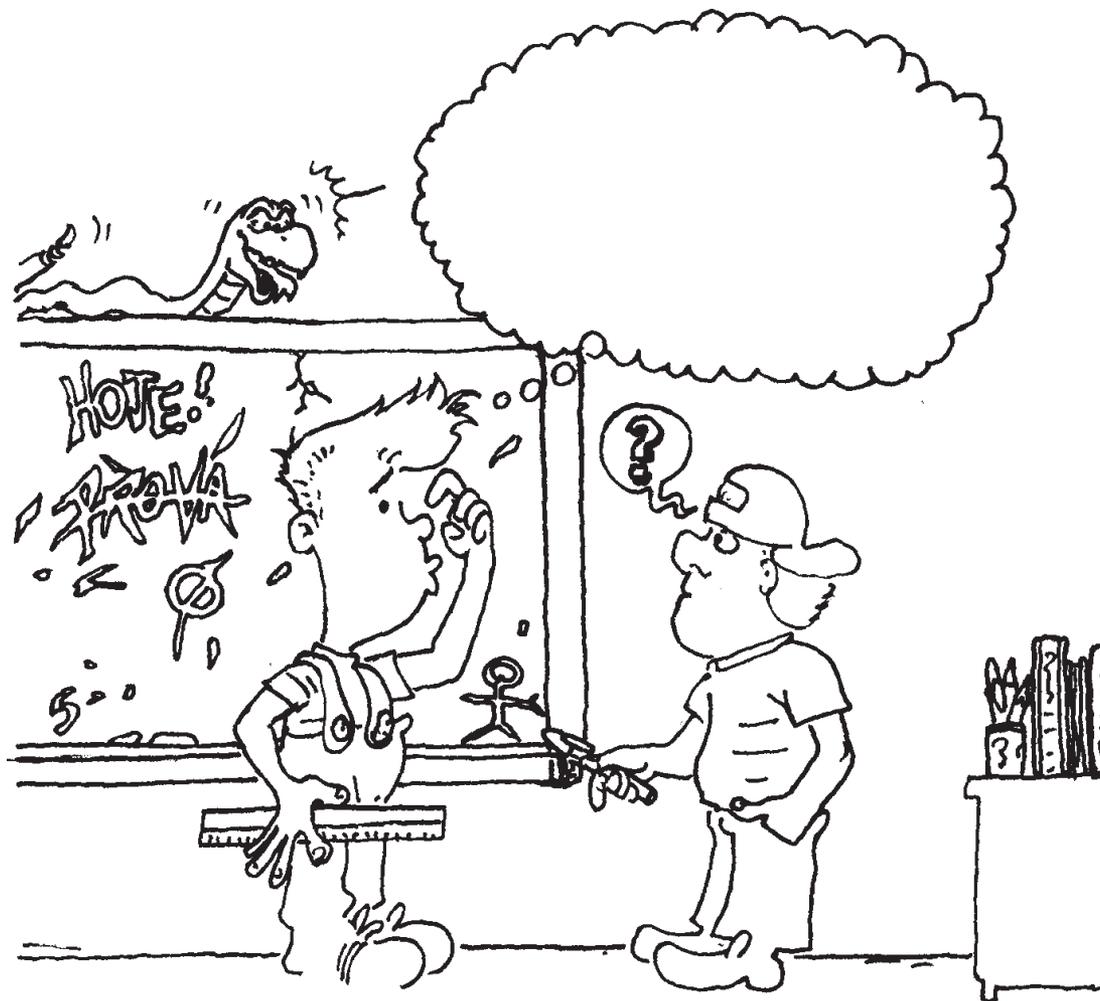
— 25 —

Exercícios: geradores e
outros dispositivos (1ª parte)

Chegou a hora de
fazer uma revisão de
tudo o que estudamos
até agora sobre
geradores de energia
elétrica.

EXEXEXEXEXERCÍCIOS

(Lei de Faraday e de Lenz, modelo de corrente elétrica)



1. Quando empurrarmos um ímã na direção de uma espira (figura a), o agente que causa o movimento do ímã sofrerá sempre a ação de uma força resistente, o que o obrigará à realização de um trabalho a fim de conseguir efetuar o movimento desejado.

a) Explique o aparecimento dessa força resistente.

b) Se cortarmos a espira como mostra a figura (b), será necessário realizar trabalho para movimentar o ímã?

fig. a

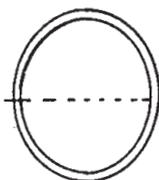
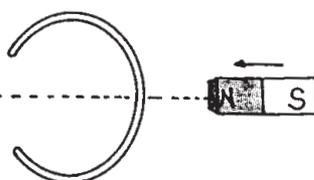
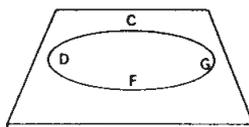


fig. b



2. A figura deste exercício mostra uma espira condutora CDFG, colocada sobre uma mesa horizontal. Um ímã é afastado verticalmente da espira da maneira indicada na figura.



a) O campo magnético estabelecido pelo ímã em pontos do interior da espira está dirigido para baixo ou para cima?

b) As linhas de campo criadas pelo ímã, que atravessam a espira estão aumentando ou diminuindo?

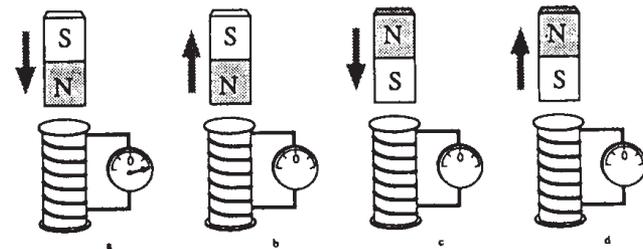
c) Então o campo magnético que a corrente induzida cria no interior da espira deve estar dirigido para baixo ou para cima?

d) Usando a lei de Lenz, determine o sentido da corrente induzida na espira.

3. Se deslocarmos um ímã permanente na direção de um solenóide, como indica a figura (a), o ponteiro de um galvanômetro ligado ao circuito se moverá no sentido indicado.

a) Como se explica o movimento do ponteiro do galvanômetro associado ao solenóide?

b) Indique, nas situações das figuras (b), (c) e (d), o que acontece com o ponteiro do galvanômetro e o sentido da corrente no fio do solenóide.



4. Como é um transformador? Qual é sua função?

5. Um transformador foi construído com um primário constituído por uma bobina de 400 espiras e um secundário com 2000 espiras. Aplica-se ao primário uma voltagem alternada de 120 volts.

a) Qual a voltagem que será obtida no secundário?

b) Suponha que este transformador esteja sendo usado para alimentar uma lâmpada fluorescente ligada ao seu secundário. Sabendo-se que a corrente no primário vale $i_1 = 1,5 \text{ A}$, qual é o valor da corrente i_2 que passa pela lâmpada (suponha que não haja dissipação de energia no transformador)?

teste seu vestibular...

6. "Os metais de forma geral, tais como o ouro, o cobre, a prata, o ferro e outros, são fundamentais para a existência da sociedade moderna, não só pelo valor que possuem, mas principalmente pela utilidade que têm."

De acordo com a frase acima, e baseado em seus estudos de eletricidade, qual a utilidade dos metais e em que sua estrutura cristalina os auxilia a ter essa utilidade.

7. Ao ligar dois fios de cobre de mesma bitola, porém de comprimentos diferentes, numa mesma pilha, notei que o fio curto esquenta muito mais que o fio longo. Qual a explicação para isso?

8. Ao ligar dois fios de cobre de mesmo comprimento, porém de bitolas diferentes, numa mesma pilha, notei que o fio mais grosso esquenta mais que o fio mais fino. Qual a explicação para esse fato?

9. A intensidade da corrente que foi estabelecida em um fio metálico é $i = 400 \text{ mA}$ ($1 \text{ mA} = 1 \text{ miliampère} = 10^{-3} \text{ A}$). Supondo que essa corrente foi mantida no fio durante 10 minutos, calcule:

a) A quantidade total de carga que passou através de uma seção do fio.

b) O número de elétrons que passou através dessa seção.

10. Qual a intensidade de corrente elétrica que passa por um fio de cobre durante 1 segundo, sendo que por ele passam $1,6 \cdot 10^{19}$ elétrons?

1. Uma corrente elétrica que flui num condutor tem um valor igual a 5A. Pode-se, então, afirmar que a carga que passa numa seção reta do condutor é de:

a) 1C em cada 5s

d) 1C em cada 1s

b) 5C em cada 5s

e) 1C em cada 1/5s.

c) 1/5C em cada 1s

2. Em uma seção transversal de um fio condutor passa uma carga de 10C a cada 2s. Qual a intensidade de corrente nesse fio?

a) 5A b) 20A c) 200A d) 20mA e) 0,2A

3. Uma corrente elétrica de 10A é mantida em um condutor metálico durante dois minutos. Pede-se a carga elétrica que atravessa uma seção do condutor.

a) 120C b) 1200C c) 200C d) 20C e) 600C

4. Uma corrente elétrica de intensidade $11,2 \cdot 10^{-6} \text{ A}$ percorre um condutor metálico. A carga elementar $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. O tipo e o número de partículas carregadas que atravessam uma seção transversal desse condutor por segundo são:

a) prótons: $7,0 \cdot 10^{23}$ partículas.

b) íons de metal: $14,0 \cdot 10^{16}$ partículas.

c) prótons: $7,0 \cdot 10^{19}$ partículas.

d) elétrons: $14,0 \cdot 10^{16}$ partículas.

e) elétrons: $7,0 \cdot 10^{13}$ partículas.

5. No esquema, a fig. (1) representa o movimento aleatório de um elétron em um condutor. Após muitos choques, a maior probabilidade do elétron é permanecer nas proximidades do ponto (A). Na fig. (2), o condutor está submetido a um campo elétrico. Assim o elétron se arrasta sistematicamente para a direita, durante cada segmento da trajetória. Se o movimento se dá conforme a descrição, é porque o campo elétrico é:

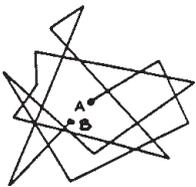


Figura (1)

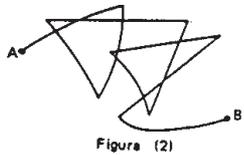


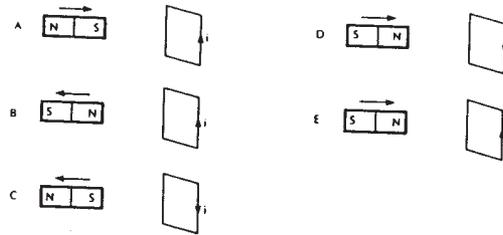
Figura (2)

- a) () horizontal, para a direita
- b) () vertical, para cima
- c) () vertical, para baixo
- d) () horizontal para a esquerda
- e) () diferente dos casos citados acima

6. A lei de Lenz determina o sentido da corrente induzida. Tal lei diz que a corrente induzida:

- a) () surge em sentido tal que tende a reforçar a causa que lhe deu origem.
- b) () surge sempre num sentido que tende a anular a causa que lhe dá origem.
- c) () aparece num sentido difícil de ser determinado.
- d) () há duas alternativas certas.
- e) () aparece sempre que alteramos a forma de uma espira.

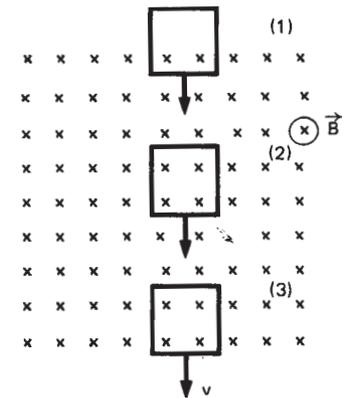
7. Aproximando ou afastando um ímã de uma espira condutora retangular, a variação do fluxo de indução magnética determina o aparecimento de uma corrente elétrica induzida i .



Qual a figura que melhor representa a corrente elétrica induzida?

- a) () A
- b) () B
- c) () C
- d) () D
- e) () E

8. A figura mostra três posições sucessivas de uma espira condutora que se desloca com velocidade constante numa região em que há um campo magnético uniforme, perpendicular à página e para dentro da página. Selecione a alternativa que supre as omissões nas frases seguintes:



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

II - Na posição (2), não hána espira.

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

- a) () aumentando, fluxo, igual
- b) () diminuindo, corrente, contrário
- c) () diminuindo, fluxo, contrário
- d) () aumentando, corrente, contrário
- e) () diminuindo, fluxo, igual

— 26 —

Pilhas e baterias

Agora você vai aprender o funcionamento de um outro processo de geração de energia elétrica.

Radorrelógio, lanterna, radinho, carrinho de controle remoto, máquina fotográfica, autorama, relógio de pulso... usam pilhas ou baterias como fonte de energia elétrica. Cada uma delas, apesar dos usos diferenciados são capazes de gerar corrente por um processo semelhante. Você sabe dizer qual é ele?

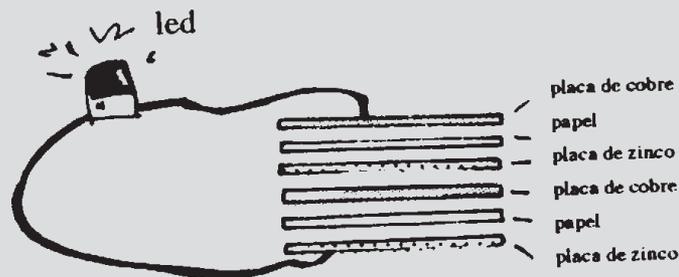
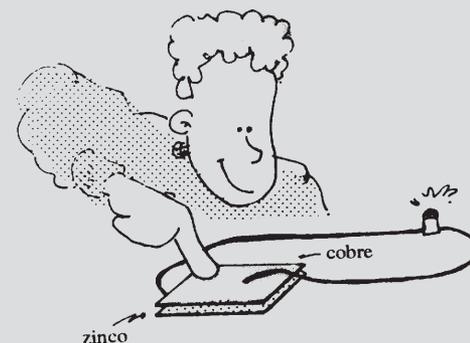
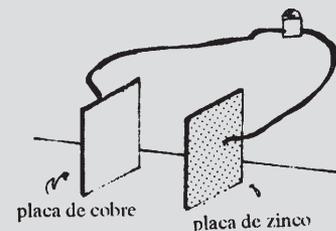


Construção de uma pilha*

Utilizando duas placas de cobre e duas de zinco (10 cm x 2 cm cada uma), papel higiênico (90 cm), um pedaço de esponja de aço (bombril) e cerca de 30 ml de ácido acético (ou sulfeto de cobre a 100 g/litro), construiremos uma pilha capaz de acender um *led* (ou lâmpada de 1,2 V).

Procedimentos:

1. Com o bombril, limpe uma das placas de cobre (cor avermelhada) e outra de zinco (cor cinza), até ficarem brilhantes.
2. Utilizando dois pedaços de fio cabinho (nº 20) e um *led*, faça as ligações indicadas nas figuras e verifique se ele acende.
3. Corte 30 cm de papel higiênico e dobre-o de tal forma que fique aproximadamente com o mesmo tamanho das placas. A seguir, mergulhe-o no frasco que contém a solução de ácido acético (ou sulfato de cobre) para que fique completamente embebido pela solução. Aperte um pouco o papel para retirar o excesso de líquido.
4. Coloque o papel higiênico embebido entre as placas que foram limpas e comprima bem as placas contra o papel. Observe o *led* para verificar se ele acende.
5. Desmonte essa pilha e limpe muito bem tanto essas duas placas como também as outras duas que ainda não foram utilizadas.
6. Separe em 2 pedaços iguais o restante do papel higiênico e dobre cada um deles no tamanho aproximado das placas. A seguir mergulhe-os na solução de ácido acético e faça a montagem indicada na figura.

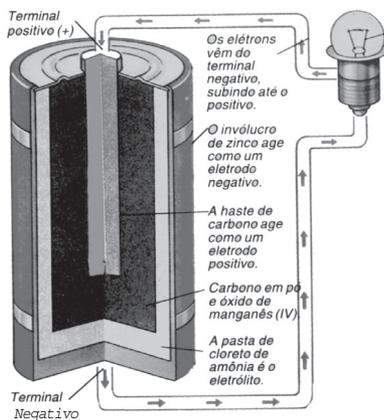


Esta construção é uma adaptação da montagem proposta na publicação do CECISP, *Eletricidade e Magnetismo*, São Paulo, 1981

A pilha que você acabou de construir é essencialmente um separador de cargas; o mesmo acontece com a bateria do automóvel, de relógio e as pilhas comuns. Os terminais metálicos de uma bateria são denominados **pólos** e podem ser **positivo** e **negativo**. É nesses pólos que existem substâncias cujas moléculas não têm carga total zero. O pólo é positivo quando nele acumulam-se substâncias com falta de elétrons, e negativo quando a substância tem elétrons em excesso. Com esse acúmulo é produzida uma tensão elétrica cujo valor vem impresso nesses geradores: pilha comum para rádio e lanterna (1,5 V), "bateria" de automóveis (12 V).



As pilhas e baterias fazem a reposição dessas substâncias que se acumulam nos pólos continuamente por meio de processos químicos. Sua utilização, entretanto, é limitada, porque a reação química que produz a separação de cargas não é reversível. Sendo assim, uma vez esgotados os reagentes dessa reação, as pilhas e baterias "acabam", e não podem ser recarregadas.



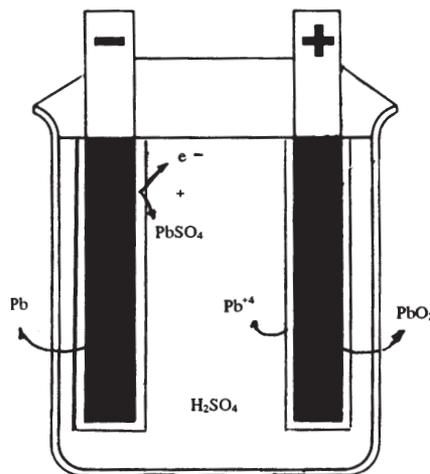
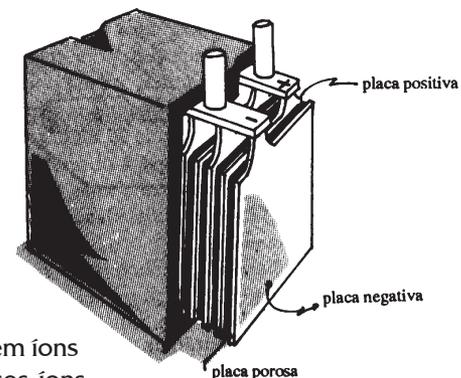
Já na bateria de automóvel, que é tecnicamente chamada de acumulador, esse processo é reversível e, por isso, ela pode ser recarregada.

Vamos discutir com mais detalhes o que acontece no interior da bateria, ou seja, como os processos químicos produzem os acúmulos de cargas nos terminais.

Uma bateria como a usada em motos e automóveis é constituída de um conjunto de pares de placas de materiais diferentes, imersos numa solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4), ligadas em série, intercalando placas positivas (eletrodos positivos) e placas negativas (eletrodos negativos).

O ácido sulfúrico diluído na água está dissociado em íons de hidrogênio (H^+) e íons de sulfato (SO_4^{-2}). Esses íons reagem com os dois eletrodos e provocam o aparecimento de excesso de elétrons em um deles e falta no outro.

O eletrodo negativo é constituído de chumbo e de uma camada externa de sulfato de chumbo mais elétrons. O eletrodo positivo é formado de peróxido de chumbo e de uma camada externa de íons positivos de chumbo.



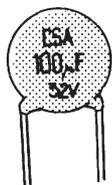
Quando os terminais da pilha ou bateria são ligados por algum material condutor e o circuito elétrico é fechado, uma corrente elétrica é estabelecida. Os elétrons livres do condutor adquirem um movimento de avanço do pólo negativo para o pólo positivo. O sentido da corrente não se altera no tempo. Por isso, a bateria e a pilha são fontes de corrente contínua.

exercitando....

1. O que são pólos negativos e positivos em uma pilha?
2. Durante o funcionamento do motor, a bateria de automóvel é automaticamente recarregada. O que fornece a energia necessária para a sua ocorrência?
3. Qual a função da solução na bateria do automóvel?
4. Compare os elementos utilizados na pilha que foi construída na experiência como descrito no texto. Estabeleça uma correspondência entre eles.
5. Que tipo de corrente é gerado pelas pilhas e baterias?
6. Observe a bateria de uma motocicleta e responda:
 - a. faça um esquema indicando onde estão os pólos positivo e negativo.
 - b. A que placas se ligam os pólos positivo e negativo? É possível diferenciá-los apenas pela observação?
 - c. O que carrega a bateria no seu funcionamento normal?

CAPACITORES

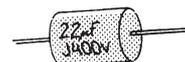
Nos circuitos internos de aparelhos como rádio, TV, gravadores, computadores... torna-se necessário acumular certa quantidade de cargas elétricas. O dispositivo que é utilizado para desempenhar essa função são os capacitores.



Eles são constituídos de duas placas de materiais condutores elétricos, separadas por um material isolante. A eletrização dos dois materiais condutores deve ser feita de modo que eles fiquem com a mesma quantidade de carga mas de sinais contrários.

O material isolante entre as placas tem a função de aumentar a capacidade de armazenamento das cargas e evitar que haja transferência de cargas de uma placa para outra, o que impediria a manutenção do acúmulo de cargas.

A ação de carregar um capacitor diz respeito ao processo de eletrização de suas placas. Isso pode ser feito com a aplicação de uma tensão elétrica em seus terminais.

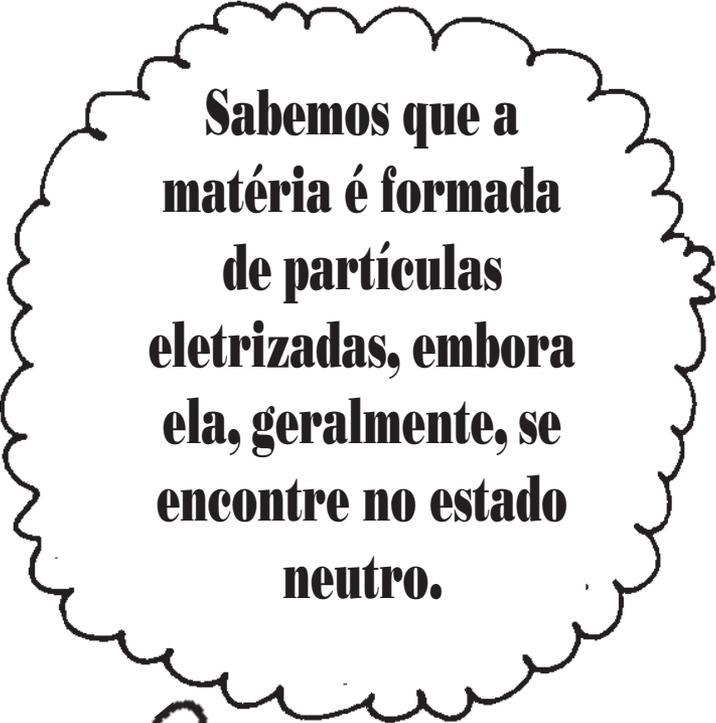


O procedimento de descarregar está relacionado com a neutralização de suas placas. Se um capacitor carregado for ligado a um circuito elétrico fechado, durante o seu descarregamento ele faz a função de uma fonte de energia elétrica, criando uma corrente elétrica nesse circuito.

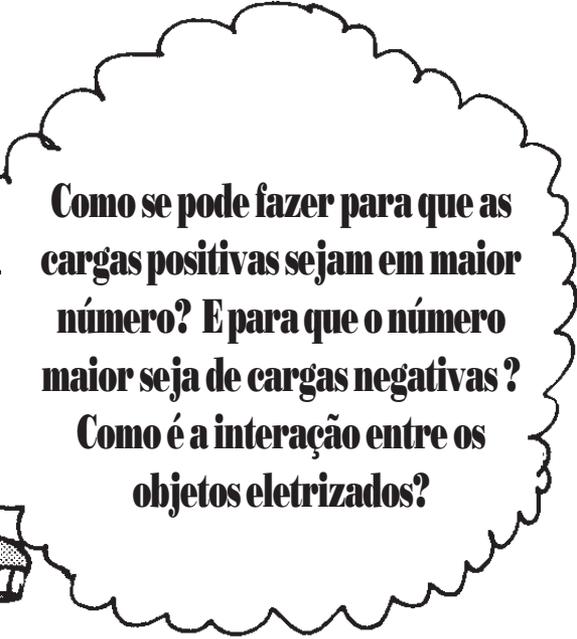
— 27 —

Força e campo elétrico

Nesta aula você
vai estudar a
interação entre as
partículas
eletrizadas.



**Sabemos que a
matéria é formada
de partículas
eletrizadas, embora
ela, geralmente, se
encontre no estado
neutro.**



**Como se pode fazer para que as
cargas positivas sejam em maior
número? E para que o número
maior seja de cargas negativas?
Como é a interação entre os
objetos eletrizados?**

Acumulador de cargas

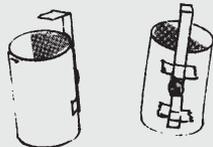
As pilhas e baterias, através de processos químicos, separam cargas elétricas, acumulando-as em seus terminais. Porém, não só os processos químicos realizam essa separação.

Utilizando um pequeno recipiente de material isolante (por exemplo, um tubo de plástico acondicionador de filmes fotográficos), dois colchetes de prender papel, um pedaço de bombril e um pedaço de papel de alumínio, propomos nesta atividade a construção de um armazenador de cargas, cujo funcionamento se baseia nos processos de eletrização por atrito, por contato e por indução.



Procedimentos:

1. Recorte dois pedaços de papel de alumínio. Fixe um deles na parede interna do tubo plástico e cole o outro na sua lateral externa.

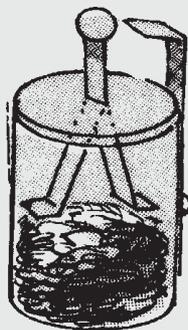


2. Preencha cerca de 1/3 do tubo com bombril.

3. Abra um dos colchetes, dobre uma de suas extremidades formando um L e prenda-o com fita adesiva à lateral externa do tubo sobre o papel de alumínio.



4. Perfure a tampa do tubo, passe o outro colchete pelo orifício e abra suas hastes de forma que possam ter contato com a área preenchida pelo bombril.



5. Coloque a tampa no tubo e ajuste o colchete de forma que sua altura coincida com a do que foi fixado à lateral do tubo.

6. Para acumular cargas elétricas na garrafa, fricção um canudinho de refrigerante (ou pedaço de acetato) com um pedaço de papel higiênico ou pano seco, a fim de eletrizá-lo. Segure o tubo pela parede lateral e passe o plástico eletrizado na "cabeça" do colchete para transferir carga elétrica do plástico para o colchete. Com esse procedimento esse capacitor está "carregado".

7. Aproxime lentamente o colchete fixo à parede externa da "cabeça" do outro preso à tampa do tubo. O que ocorre? Você tem alguma explicação para isso?

8. Tanto as baterias como as pilhas acumulam cargas elétricas, baseadas no processo de separação de cargas. O que as diferencia?

Quando o canudo é atritado com o papel higiênico ou pano seco, provocamos sua eletrização. Nessa situação, o plástico eletrizado transfere cargas elétricas para o colchete da tampa, quando estabelecemos o contato entre eles. Tais cargas são transferidas para a parte interna através dos materiais condutores de eletricidade. Repetindo-se várias vezes esse procedimento, pode-se acumular uma certa quantidade de cargas. Essa eletrização provoca uma outra separação de cargas elétricas na haste lateral, só que de sinal contrário àquela que lhe deu origem.

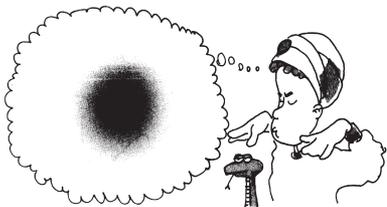
Ao fazermos a aproximação entre a extremidade lateral e o colchete, estabelecemos uma forte atração elétrica entre cargas de sinais opostos, que permite o movimento das cargas negativas através do ar. Tais cargas ionizam as moléculas presentes no ar, que emitem luz (a faísca).

Um pouco mais além

(nada a ver com Matusalém)

Uma carga elétrica possui sempre em torno de si um campo elétrico. Esse campo é uma propriedade da carga. Ela sempre traz consigo seu campo, sendo impossível separá-los. Pode-se pensar no campo elétrico como sendo uma parte real, mas não material de uma partícula carregada que a envolve, preenchendo todo o espaço que a circunda.

O conceito de campo elétrico podemos entender como sendo uma "aura" que envolve a carga elétrica.



Não existe carga elétrica sem campo. Por exemplo, quando damos "um puxão" em uma carga fazemos com que ela se mova, o campo elétrico também é arrastado junto com a carga. O campo elétrico de uma carga é eterno, sendo, por isso, incorreto pensar que uma carga emite campo elétrico. Essa idéia pode ser mais bem compreendida com uma comparação entre um frasco de perfume e a carga elétrica.

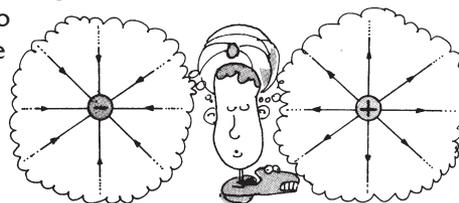
Cada carga possui seu campo elétrico, e a relação entre os dois não pode ser modificada de nenhum modo. Com isso queremos dizer que a relação entre uma carga e o seu campo não se modifica quando colocamos ou retiramos outras cargas elétricas na mesma região do espaço.

O campo elétrico é uma grandeza vetorial e, portanto, deve ser caracterizado por intensidade, direção e sentido.

A intensidade do campo elétrico de uma carga puntiforme* em repouso diminui com a distância.

A direção do campo de uma carga puntiforme é radial, ou seja, num determinado ponto o campo tem a direção da reta que une esse ponto à carga.

Essas duas características, intensidade e direção do campo elétrico são as mesmas para cargas positivas e negativas. Entretanto, o sentido do campo elétrico depende do tipo de carga considerado: para uma carga positiva o campo é radial e diverge da carga, e para uma negativa ele é radial e converge para ela.**



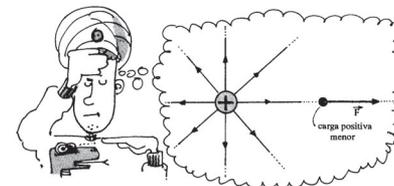
Quando uma outra carga elétrica q é colocada no campo elétrico criado por uma carga Q , o campo elétrico criado pela carga Q atua sobre a carga q exercendo nela uma força F .

O sentido da força elétrica sobre a carga q será o mesmo do campo elétrico se essa carga for do tipo positiva. Se a carga q for do tipo negativa, o sentido da força elétrica sobre ela será oposto ao campo elétrico.

Qualquer carga tem o seu próprio campo elétrico, e desse modo a carga Q imersa no campo da carga q também sofre a ação desse campo. Isso explica a atração ou a repulsão entre dois corpos eletrizados.

*Uma carga é denominada puntiforme quando o objeto em que está localizada possui dimensões muito pequenas em relação à distância que o separa de outros objetos.

**O sentido "convergente" ou "divergente" para o campo elétrico das cargas positivas e negativas é mera convenção.



A lei de Coulomb

O campo elétrico de uma carga está associado a sua "capacidade" de poder criar forças elétricas sobre outras cargas elétricas. Essa capacidade está presente em torno de uma carga, independentemente de existirem ou não outras cargas em torno dela capazes de "sentir" esse campo.

O campo elétrico **E** em um ponto **P**, criado por uma carga **Q** puntiforme em repouso, tem as seguintes características:

- a direção é dada pela reta que une o ponto **P** e a carga **Q**
- o sentido de **E** aponta para **P** se **Q** é positiva; e no sentido oposto se **Q** é negativa

- o módulo de **E** é dado

pela expressão:

$$E = K \cdot \frac{Q}{d^2}$$

onde **K** é uma constante que no SI vale: $9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

A intensidade da força elétrica entre duas cargas **Q** e **q** é dada pela expressão que representa a **lei de Coulomb**;

$$F = K \cdot \frac{Q \cdot q}{d^2}$$

onde **d** é a distância entre as cargas.



Quando uma carga elétrica **Q** está imersa num campo elétrico **E**, o valor da força elétrica que age sobre ela é dado por:

$$F = Q \cdot E$$

No sistema internacional de unidades, a força é medida em newton (N), a carga elétrica em coulomb (C) e o campo elétrico em newton/coulomb (N/C).

exercitando...

1. Representar as forças elétricas em cada situação:

a.



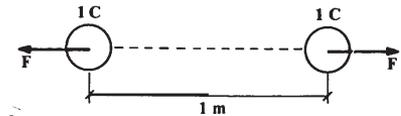
b.



c.



2. Determine a intensidade da força de repulsão entre duas cargas iguais a 1C, que se encontram no vácuo, distanciadas em 1 m.

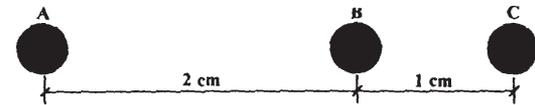


3. Três corpos com cargas elétricas iguais são colocados como indica a figura abaixo. A intensidade da força elétrica que A exerce em B é de $F = 3,0 \cdot 10^{-6} \text{ N}$:

Determinar a intensidade da força elétrica:

a) que C exerce em B

b) resultante no corpo B



4. Podemos eletrizar um objeto neutro pelo atrito com outro objeto neutro ou com um objeto carregado. É possível eletrizarmos um objeto sem atrito ou contato? Como?

5. Analise o texto a seguir e diga se é verdadeiro ou falso:

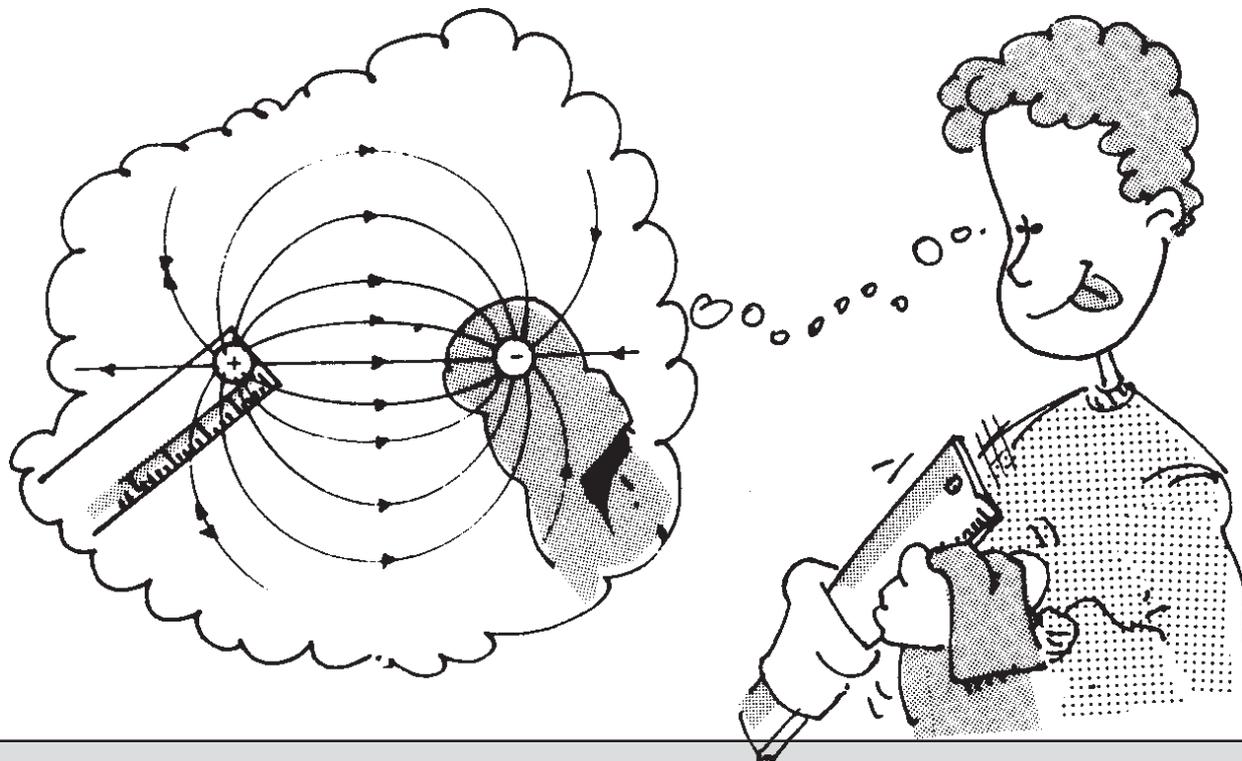
"O fato de uma carga poder exercer força sobre a outra através do campo está de acordo com o princípio de ação e reação (3ª lei de Newton). Segundo esse princípio, podemos considerar as forças **F** e **F'** como par de ação e reação que tem, portanto, o mesmo módulo, porém sentidos opostos, além de estarem aplicados a corpos diferentes"



— 28 —

A onipresença das interações elétricas

Você vai ver a importância da interação elétrica no mundo à nossa volta.



Acredite se quiser!!!

Sem exagero, todas as forças que nós sentimos devem-se às interações elétricas! Difícil de aceitar? Vire a página e verifique.

A eletricidade está muito mais presente em nossa vida do que podemos pensar. Você consegue enxergar as letras deste livro porque elas, negras, absorvem a luz emitida por alguma fonte: o Sol, as lâmpadas... enquanto o papel, branco, devolve a luz.

Durante o processo de impressão deste livro, cada letra é fixada no papel devido a forças elétricas. O papel é constituído de fibras, e ele não se desfaz porque elas estão presas entre si por forças de origem elétrica.

Da mesma forma, a consistência da cadeira em que você senta, como a de todos os objetos da sala em que você se encontra, é devida a forças de natureza elétrica.

Mesmo o oxigênio que respiramos é incorporado ao sangue por meio de forças elétricas. Essas forças também estão presentes na transformação dos alimentos, na transmissão dos sinais nervosos, no funcionamento de cada célula...

Todos os nossos sentidos são equipamentos humanos de natureza elétrica, ou seja, funcionam à base de forças elétricas

Vamos investigar melhor cada um dos sentidos?

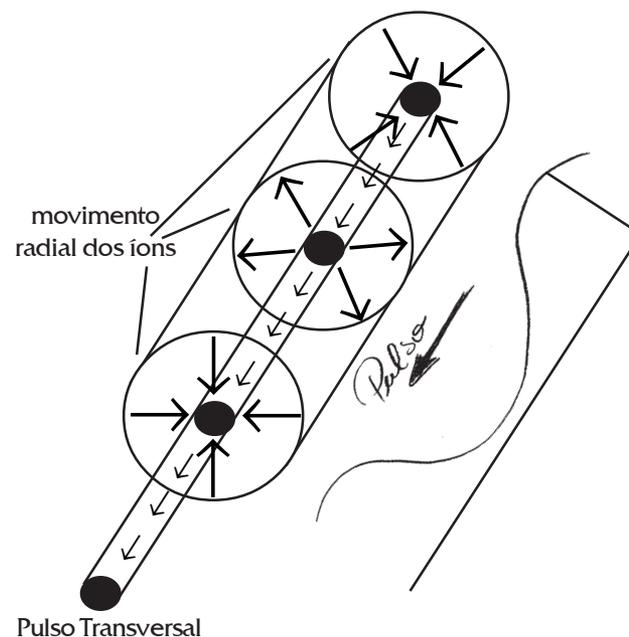
Na visão, células especializadas fotossensíveis no interior do olho, chamadas bastonetes e cones, produzem sinais elétricos ao receberem sinais de luz.

Na audição, o abalo da onda sonora faz vibrar uma membrana, associada a um sistema mecânico (que é de natureza elétrica...) muito sensível, em que células nervosas transformam o abalo em sinal elétrico.

No tato, como na audição, nervos sensíveis na pele transformam o toque mecânico em sinal elétrico.

No olfato e no paladar são outros tipos de células, situadas na língua e nas paredes do nariz, que transformam as informações químicas em sinais elétricos.

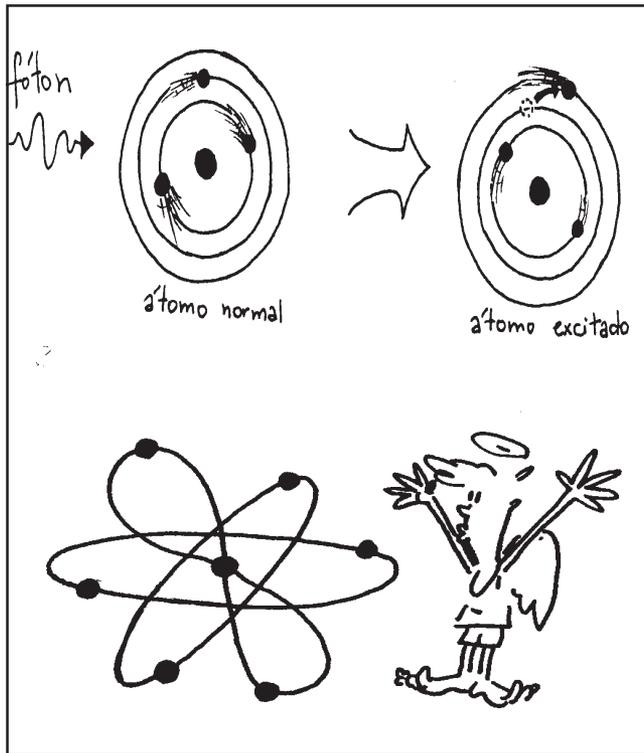
Acontece que a gente não enxerga, ouve, sente, saboreia ou cheira simplesmente com esses "órgãos do sentido", porque quem interpreta, classifica e reconhece cada percepção é na realidade o cérebro. Por isso, o sinal elétrico têm de chegar até o cérebro, que também é elétrico, através de um pulso nervoso que, adivinhe!, é obviamente elétrico, ou mais precisamente eletroquímico.



Os nervos são cabos coaxiais, nos quais íons (átomos eletrizados) se movem na direção radial, para que pulsos elétricos se movam na direção longitudinal. É através dos nervos que se sentem as diferentes percepções, que se transferem essas percepções ao cérebro e também que se processam essas informações no cérebro.

VAMOS TENTAR COMPREENDER POR QUE RAZÃO AS
INTERAÇÕES MECÂNICAS, QUÍMICAS E ÓPTICAS SÃO TODAS
PROMOVIDAS PORS FORÇAS ELÉTRICAS.

Para orientar o seu pensamento, saiba que os átomos são constituídos de elétrons negativos em torno de núcleos positivos, e que os elétrons podem se arranjar em orbitais mais ou menos estáveis, podendo saltar de um para outro por força de uma colisão ou ao absorver ou emitir um fóton, partícula de luz.



Uma vez que são as forças elétricas que prendem o núcleo atômico aos elétrons, e que os elétrons se repelem reciprocamente, quando as superfícies de dois objetos se aproximam, deformam-se os orbitais atômicos, ou seja, muda sua distribuição espacial de carga. Isso explica a ação elétrica dos contatos mecânicos, como no tato e no som que alcança o ouvido.

No caso da luz, a absorção de um fóton faz o átomo se excitar, o que já explica a ação elétrica da exposição à luz.

No caso de interações químicas, é preciso lembrar que as substâncias químicas são precisamente constituídas pela associação de átomos, que partilham um ou mais de seus elétrons, ou seja, qualquer processo químico é um processo elétrico...

ENTÃO QUER DIZER QUE TUDO É ELÉTRICO, NESTE MUNDÃO
DE DEUS???

Na realidade, não. Se a gente atirar uma pedra para cima, são forças elétricas (entre mão e pedra e do esforço muscular) que impelem a pedra, mas ela é trazida de volta para baixo por conta da força gravitacional entre ela e nosso planeta...

Só não são elétricas as forças gravitacionais que atraem os corpos celestes e nós a eles, assim como as forças nucleares, como aquelas responsáveis pela coesão dos núcleos atômicos!

A interação elétrica nos aglomerados de matéria

Os elétrons estão "presos" ao núcleo devido às forças elétricas. Tais forças são atrativas, já que as cargas elétricas dos prótons e dos elétrons são de tipos diferentes.

É devido também à interação elétrica que os átomos se juntam formando moléculas, que representam a menor parte de uma substância. Estas, por sua vez, ligam-se umas às outras, também por forças atrativas de natureza elétrica.

Assim sendo, tais forças é que são responsáveis pela coesão e propriedades elásticas dos sólidos, pelas propriedades dos líquidos, como a viscosidade, e também pelas propriedades dos gases.

RAPIDINHAS E BOAS

- Os gases não têm forma nem volume, conforme já estudamos. Explique, utilizando a idéia de interações elétricas entre as moléculas e entre as partículas que formam os átomos.
- A olho nu temos a sensação de que uma folha de papel é um contínuo de matéria. E do ponto de vista atômico?

Desafio

POR QUE NÃO OBSERVAMOS OS EFEITOS ASSOCIADOS
AOS CAMPOS ELÉTRICO NOS MATERIAIS?

O papel desta folha, por exemplo, é formado por cargas elétricas que interagem entre si: os prótons se repelem enquanto os prótons atraem os elétrons. O mesmo se pode falar para os outros tipos de material.

No estado neutro, a quantidade de prótons é igual à de elétrons e não sentimos a presença dos campo elétricos criados por tais cargas elétricas. Por que isso acontece?

Podemos pensar que os campos elétricos criados por essas cargas estão "escondidos", uma vez que as quantidades dessas cargas são iguais. Os átomos são muito pequenos, e a uma certa distância os elétrons parecem estar muito próximos dos prótons. Isso faz com que o campo elétrico de um seja praticamente encoberto pelo campo do outro.

Sendo assim, embora o campo elétrico das partículas que formam o átomo influencie as dos átomos vizinhos, formando moléculas, ele não é percebido a grandes distâncias, quando comparadas ao tamanho do átomo.

AGORA, A penÚLTIMA...

Quando ocorre eletrização por atrito, pode-se perceber a presença dos campos elétricos produzidos pelos prótons e elétrons. Como se explica isso?

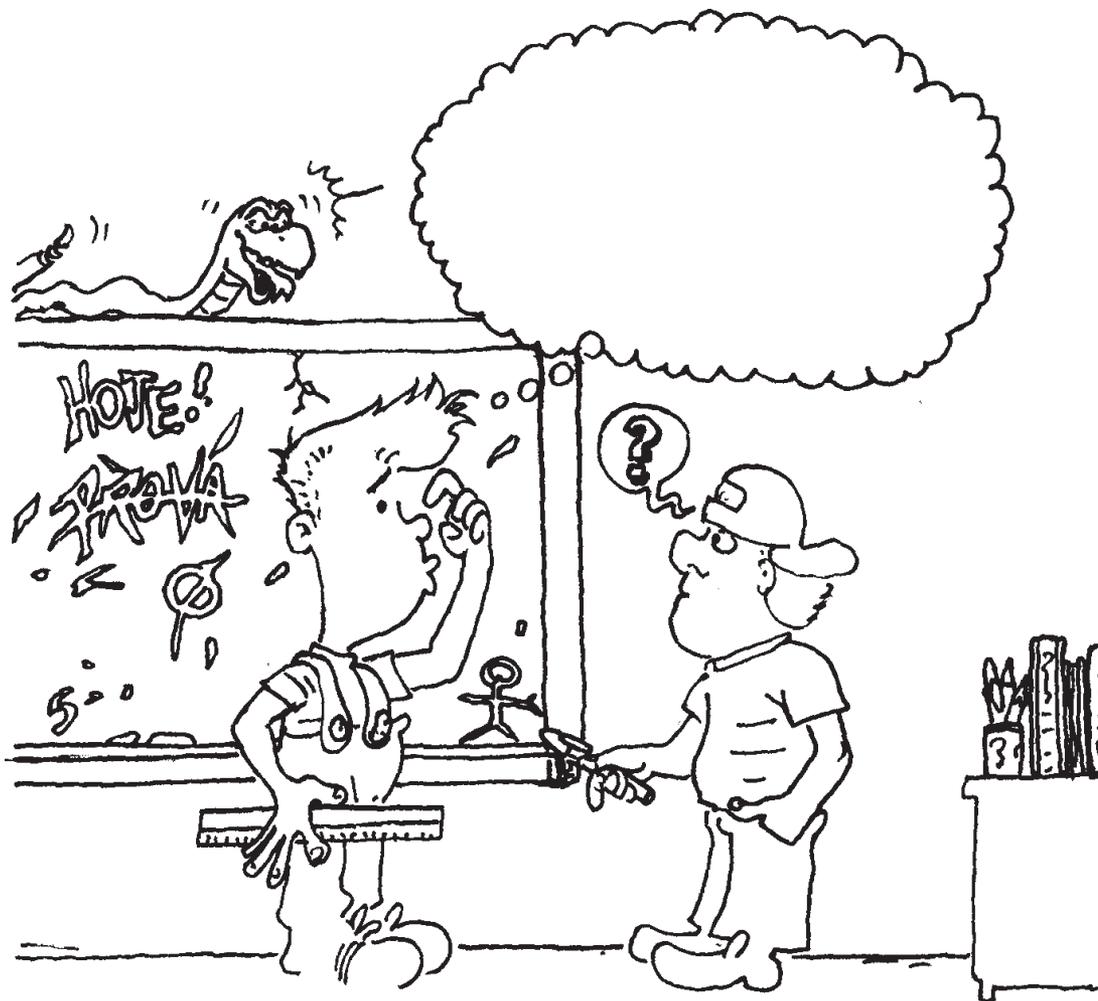
— 29 —

Exercícios: geradores e outros dispositivos (2ª parte)

Vamos fazer uma revisão do que você aprendeu sobre as pilhas, baterias e as propriedades elétricas da matéria.

EXEXEXEXEXERCÍCIOS

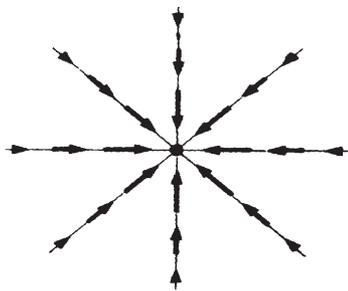
(Processos de separação de cargas elétricas, lei de Coulomb)



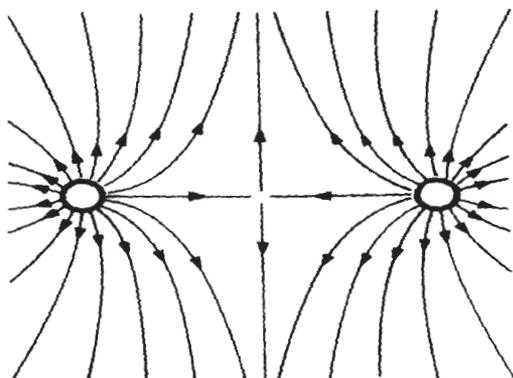
1. Um estudante possui um rádio que funciona com uma voltagem constante de 6 V.
 - a) Quantas pilhas secas deve o estudante associar em série para fazer funcionar o seu rádio?
 - b) Faça um desenho mostrando como deve ser a disposição das pilhas na associação feita pelo estudante.
2. Qual é o tipo de corrente fornecida pelas companhias elétricas às nossas residências?
- 3) Descreva como é montada uma bateria de automóvel.
4. Quando ligamos os pólos de uma bateria por meio de um fio condutor, qual é o sentido:
 - a) da corrente que passa nesse fio?
 - b) do movimento dos elétrons livres?
5. Os dínamos, os alternadores e os acendedores de fogão sem fio podem ser classificados como fontes de energia elétrica.
 - a. explique por que isso é correto.
 - b. quais as transformações de energia envolvidas?
6. Quais as maneiras pelas quais podemos eletrizar objetos inicialmente neutros? Explique cada um deles.
7. Tomar choque elétrico ao passar pelo tapete ou ao deslizar sobre o assento do automóvel é uma experiência bastante comum.
 - a. explique por que isso ocorre.
 - b. por que esse efeito não ocorre quando se está parado sobre o tapete?
8. A respeito do acumulador de cargas construído na aula 27, responda:
 - a. qual ou quais os processos de eletrização envolvidos?
 - b. como se explica o surgimento da faísca elétrica?
9. Segundo a Lei de Coulomb, o valor da força elétrica entre duas cargas é:
 - I. proporcional ao produto das cargas;
 - II. proporcional à distância entre as cargas;
 - III. inversamente proporcional ao quadrado da distância entre as cargas;
 - IV. inversamente proporcional ao produto das cargas.Das quatro afirmações acima, estão **ERRADAS**:
 - a. I e III
 - b. II e IV
 - c. II e III
 - d. I, II e IV
 - e. I e II
10. Apesar de a olho nu parecer "cheio", um pedaço de matéria é na verdade um aglomerado de átomos na escala microscópica, onde prevalece o vazio.
 - a. a afirmação acima é verdadeira ou falsa? Justifique.
 - b. explique então por que podemos colocar um objeto sobre outro e ele assim permanece.

11. As figuras abaixo ilustram o campo elétrico criado por uma ou duas cargas próximas. Identifique o sinal de cada carga.

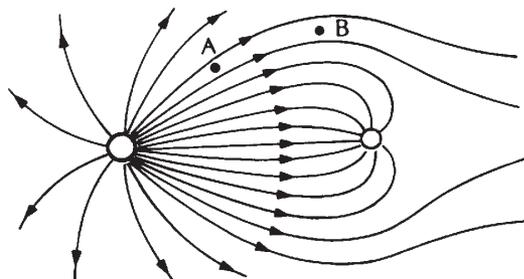
a.



b.



c.



teste seu vestibular...

1. Um íon imerso num campo elétrico ficará:

- a) () sempre sujeito à ação de uma força magnética.
- b) () sob a ação de força elétrica, sempre que estiver em movimento.
- c) () sob a ação de força elétrica, qualquer que seja sua posição em relação à linhas de campo.
- d) () sob a ação de força elétrica, se estiver em movimento não paralelo às linhas de campo.

2. A corrente elétrica que passa por um fio metálico:

- a) () só produz campo elétrico.
- b) () só produz campo magnético no interior do fio.
- c) () apresenta no condutor o efeito joule e produz um campo magnético ao seu redor.
- d) () produz campo magnético somente se a corrente for variável.
- e) () n.d.a.

3. Uma partícula eletrizada tem 3 gramas de massa e carga elétrica $3 \cdot 10^{-9}$ C. Ela está em repouso sob a ação do campo elétrico e do campo gravitacional terrestre. Considerando que $g = 10\text{m/s}^2$, responda:

- a. qual deve ser a direção e o sentido do campo elétrico? Justifique.
- b. qual o valor da força elétrica que age sobre a carga?
- c. qual o valor do campo elétrico na região onde se encontra a carga?

4. Três esferas de isopor, M, N e P, estão suspensas por fios isolantes. Quando se aproxima N de P, nota-se uma repulsão entre essas esferas; quando se aproxima N de M, nota-se uma atração. Das possibilidades apontadas na tabela abaixo, quais são compatíveis com as observações?

POSSIBILIDADE	M	N	P
1	+	+	-
2	-	-	+
3	zero	-	zero
4	-	+	+
5	+	-	-

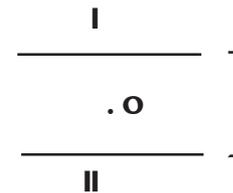
5. Se um condutor eletrizado positivamente for aproximado de um condutor neutro, sem tocá-lo, pode-se afirmar que o condutor neutro:

- conserva sua carga total nula, mas é atraído pelo eletrizado.
- eletriza-se negativamente e é atraído pelo eletrizado.
- eletriza-se positivamente e é repellido pelo eletrizado.
- conserva a sua carga total nula e não é atraído pelo eletrizado.
- fica com metade da carga do condutor eletrizado

6. Duas cargas elétricas Q e q se atraem com uma força elétrica F. Para quadruplicar a força entre as cargas, é necessário:

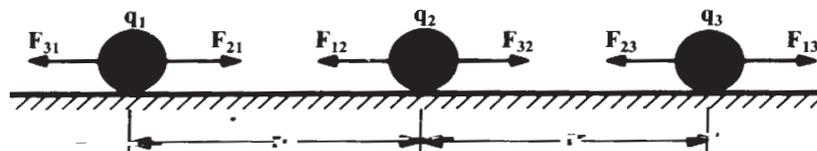
- duplicar a distância entre elas;
- quadruplicar a distância entre elas;
- dividir por dois a distância entre elas;
- dividir por quatro a distância entre elas;
- duplicar o valor de Q ou de q.

7. O ponto O está imerso numa região onde há um campo elétrico produzido por duas placas I e II. Qual dos vetores melhor representa o campo elétrico nesse ponto?



- ↑
- ↓
-
- ←
- n.d.a

8. Três pequenas esferas estão carregadas eletricamente com cargas q_1 , q_2 e q_3 e alinhadas sobre um plano horizontal sem atrito, conforme a figura.



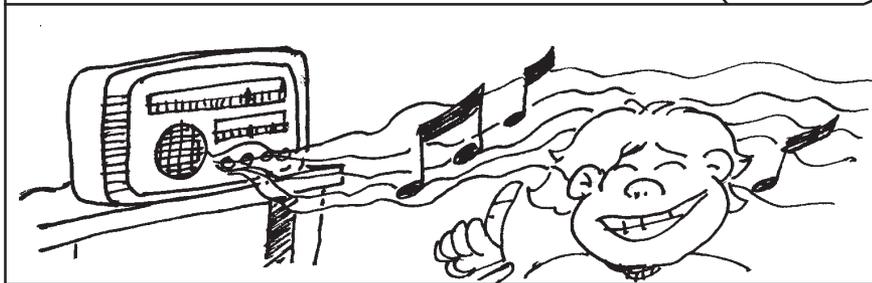
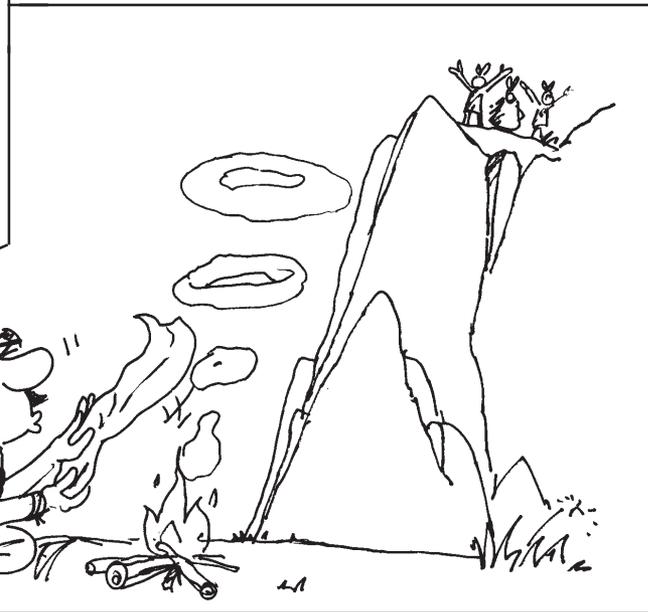
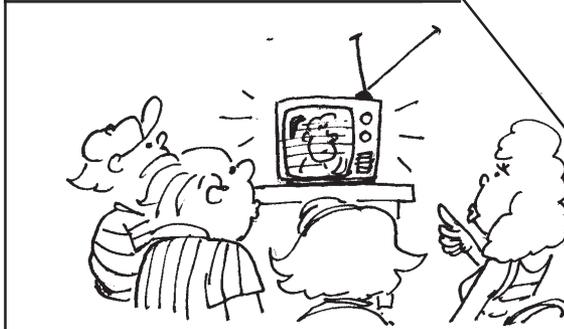
Nessa situação elas encontram-se em equilíbrio. A carga da esfera q_2 é positiva e vale $2,7 \cdot 10^{-4} \text{ C}$.

- determine os sinais das outras cargas;
- calcule os valores de q_1 e q_3 ;
- se q_1 e q_3 forem fixas, o que ocorrerá com q_2 ?

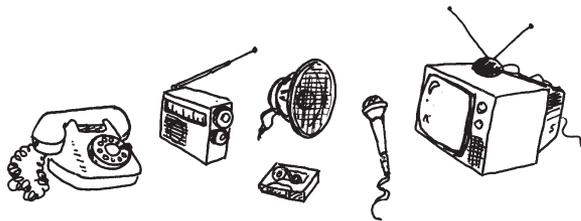
—30—

Diferentes formas de comunicação

Vamos descobrir os mistérios que envolvem as diferentes modos de comunicação. Ordene as cenas de acordo com a linha do tempo.



No início deste curso foi feita uma classificação dos aparelhos e componentes que integram o que se pode chamar de "mundo da eletricidade". Isso permitiu a formação de vários grupos, que se constituíram em temas de estudo. Um deles foi o chamado **elementos de comunicação e informação**. A partir deste momento, faremos um estudo detalhado de alguns desses elementos.

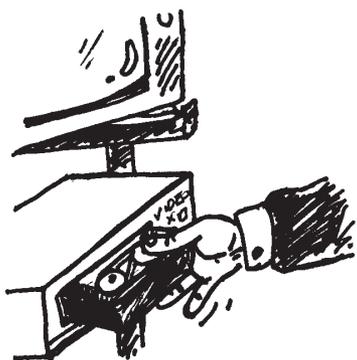


Rádio, TV, telefone, gravador, toca-discos, vídeo... são exemplos de aparelhos que utilizamos para estabelecer a comunicação.

O telefone, por exemplo, permite a comunicação entre duas pessoas, já com o rádio e a TV, a comunicação se dá entre muitas pessoas.

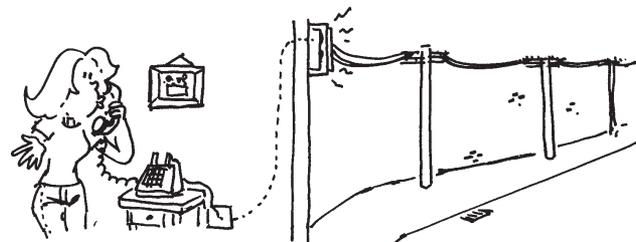


Com o telefone, as pessoas se comunicam diretamente, enquanto com rádio e TV a comunicação pode ser feita "ao vivo" ou através de mensagem gravada. Este último tipo também inclui o vídeo, as fitas cassetes e também os CD's.



Um aspecto interessante dos diferentes modos de comunicação é que algumas vezes se faz uso de fios, enquanto outras envolvem o espaço.

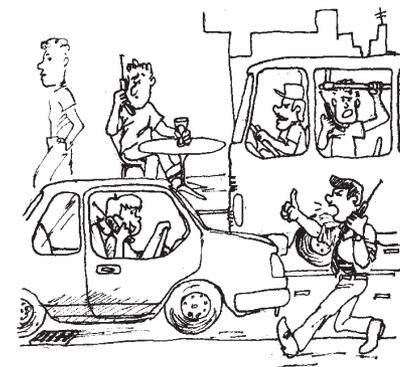
Nos telefones comuns, por exemplo, a comunicação entre os aparelhos é feita através de fios que formam grandes circuitos elétricos independentes da rede de distribuição elétrica.



Tais circuitos elétricos também utilizam o poste como apoio, mas não estão ligados aos circuitos residenciais e, por esse motivo, quando ocorre interrupção no fornecimento de energia, os telefones continuam funcionando.

Os telefones celulares, por sua vez, têm sua própria fonte de energia elétrica: uma bateria, que fica junto ao aparelho. Além disso, tanto o som emitido como o recebido utiliza uma antena, através da qual é feita a comunicação.

A partir da antena do aparelho telefônico, a mensagem é enviada a outras antenas que recebem e enviam a mensagem até que esta seja captada pela antena do outro aparelho.



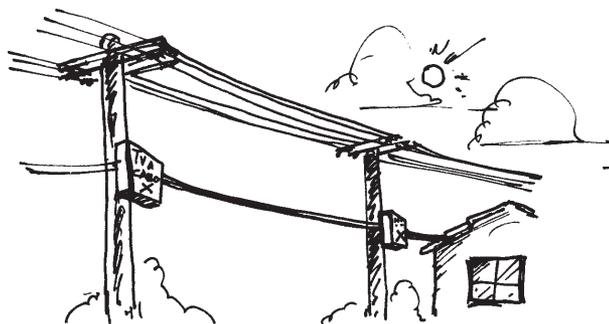
Os aparelhos de rádio portáteis também podem ter a possibilidade de usar fontes de energia próprias: as pilhas. Tais fontes fornecem energia para o funcionamento dos componentes internos dos aparelhos. Outras vezes a fonte de energia é a usina, e aí o aparelho está conectado à tomada. Independente do tipo de fonte utilizado, é por meio da antena que as mensagens são recebidas.



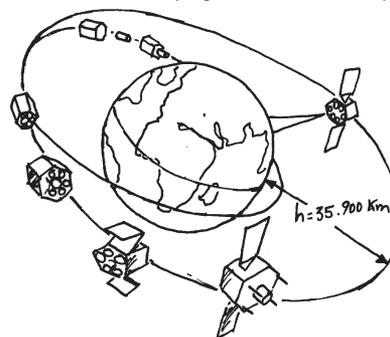
De forma semelhante ao rádio, a televisão também necessita de uma fonte de energia, que em geral é a usina quando o aparelho é ligado à tomada, para fazer funcionar seus componentes internos. Mas as mensagens, incluindo -se o som e as imagens, são recebidas por meio de uma antena conectada ao aparelho. Tal antena, hoje em dia, pode ser interna, externa, coletiva, parabólica, dentre outros tipos.



Mais recentemente, as chamadas tevês a cabo recebem as mensagens através de fios e não mais por meio de antenas. Eles são especialmente colocados para esse fim e fixados aos postes de rua.

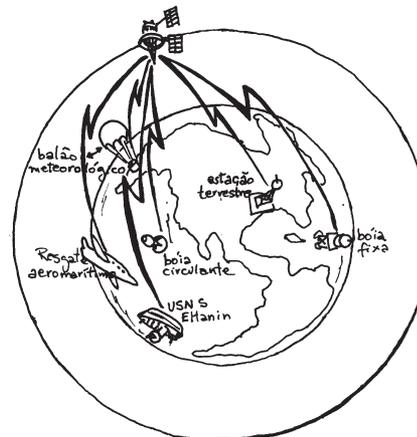


Nas comunicações internacionais, seja por telefone, seja por TV, além das antenas locais se faz uso dos satélites artificiais, colocados em órbita por meio de foguetes, ficando a aproximadamente 40.000 km da Terra.



Eles recebem as mensagens e retransmitem para a Terra aos locais onde encontram-se as antenas das estações.

A energia de um satélite é obtida com as baterias solares que cobrem as suas paredes externas. Quando ele se encontra na parte de sombra da Terra, ele é alimentado pelas baterias.



exercitando...

1. Que elementos ou dispositivos ou aparelhos fazem parte dos sistemas de comunicação que mais usamos nos dias de hoje? A figura ao lado é uma dica para você se inspirar na resposta.



2. Retome as figuras que abrem esta leitura (página 117) e procure numerá-las de acordo com o aparecimento de cada forma de comunicação ao longo da história da humanidade.

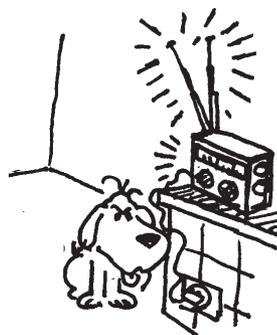
3. Na comunicação através de sons hoje em dia, alguns dispositivos são comuns. Quais são eles?

4. Os microcomputadores utilizam mensagens gravadas em diversos meios. Quais são eles?



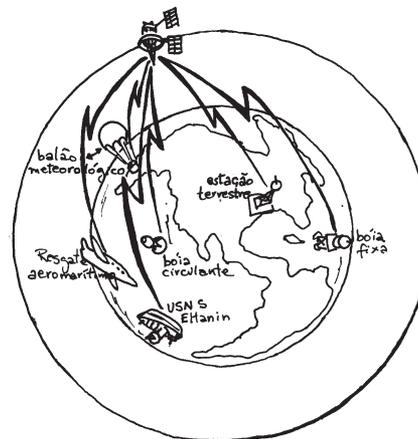
5. Pelo processo de magnetização, podemos gravar sons e imagens. Que dispositivos utilizam essa forma de guardar informações?

6. Na comunicação que utiliza rádio, as informações chegam ao aparelho pela tomada ou pela antena?



7. No caso da televisão, o som e a imagem chegam até o aparelho pela tomada, pela antena ou por ambas?

8. A presença de matéria entre a estação transmissora de informações e os aparelhos receptores é necessária para a ocorrência da comunicação de sons e/ou imagens?



— 31 —

Alô, pronto.
Desculpe, engano!

Nesta aula você vai aprender como o som é transformado em eletricidade e depois recuperado como som.

Alô, pronto; desculpe, engano.

**Quem não disse uma dessas frases ao telefone?
Mas quem sabe o que ocorre com a voz que vai
e a voz que vem?**



Atividade: Operação desmonte

Arrume um alto-falante usado, que possa ser desmontado, mas antes observe-o e responda as questões a seguir:

- que materiais fazem parte de sua fabricação?**
- o que torna o alto-falante tão pesado?**
- qual o elo entre o cone de papelão e a base?**

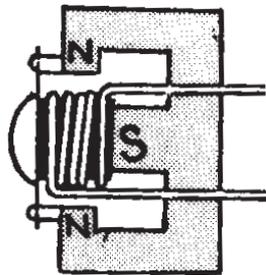


d. agora sim! Abra o interior do alto-falante e verifique os demais componentes

O microfone é um dispositivo utilizado para converter o som - energia mecânica - em energia elétrica. Os modelos mais comuns possuem um diafragma que vibra de acordo com as pressões exercidas pelas ondas sonoras.

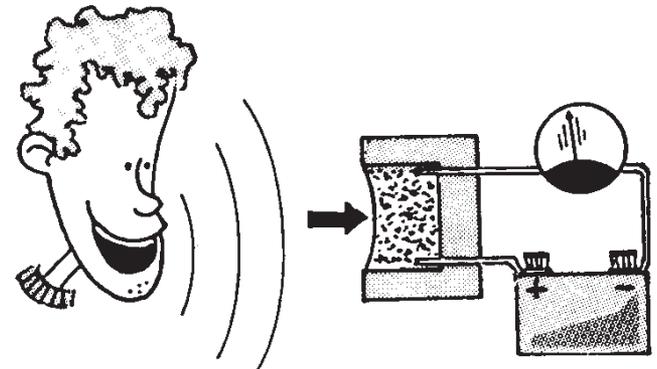


No microfone de indução, as variações de pressão do ar movimentam uma

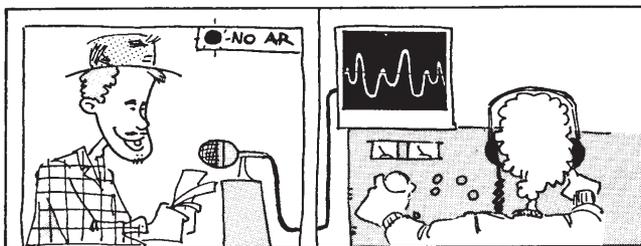


bobina que está sob ação de um campo magnético produzido por um ímã permanente. Nesse caso, com o movimento surge na bobina uma corrente elétrica induzida devida à força magnética, que atua sobre os elétrons livres do condutor.

Nos microfones mais antigos - os que utilizam carvão - as variações de pressão do ar atingem o pó de carvão, comprimindo-o e descomprimindo-o. Esse pó de carvão faz parte de um circuito elétrico que inclui uma fonte de energia elétrica. A compressão aproxima os grãos de carvão, diminuindo a resistência elétrica do circuito. Dessa forma, a corrente elétrica varia de intensidade com o mesmo ritmo das alterações da pressão do ar.



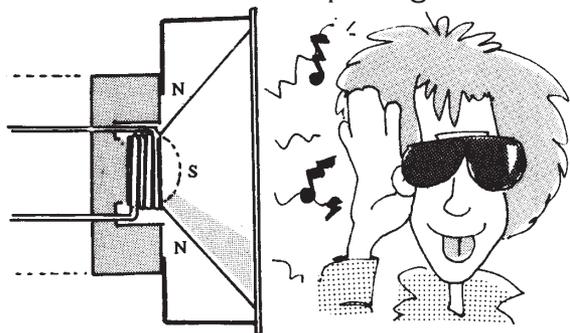
A corrente elétrica obtida no microfone, que representa o som transformado, é do tipo alternada e de baixa frequência. Assim, o som transformado em corrente elétrica pode ser representado conforme a figura a seguir.



No alto-falante ocorre a transformação inversa àquela do microfone: a corrente elétrica é transformada em vibrações mecânicas do ar, reconstituindo o som inicial.

Para tanto, é necessário o uso de uma bobina, um cone (em geral de papelão) e um ímã permanente ou um eletroímã.

Quando a corrente elétrica, que representa o som transformado, se estabelece na bobina do alto-falante, pelo fato de ela estar sob a ação de um campo magnético criado por um ímã (ou por um eletroímã), a bobina com corrente elétrica fica sob a ação de forças e entra em movimento. A intensidade das forças magnéticas depende da intensidade da corrente elétrica que atinge a bobina.

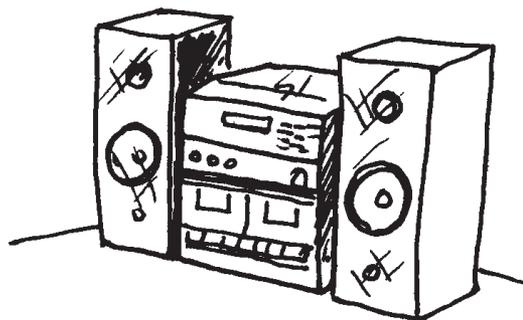


Como a bobina e o cone estão unidos quando ela entra em movimento, as vibrações mecânicas do cone se transferem para o ar, reconstituindo o som que atingiu o microfone.

Os primeiros alto-falantes surgiram entre 1924 e 1925, como equipamento capaz de amplificar o som produzido pelos fonógrafos elétricos primitivos.



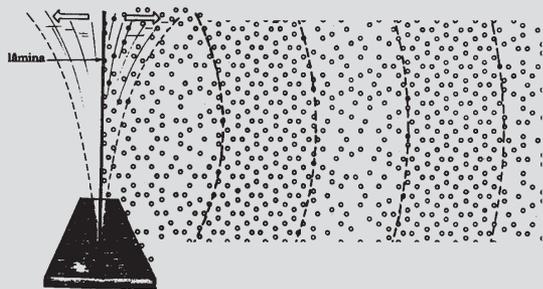
Para melhorar a reprodução e reduzir os efeitos de interferência, o alto-falante passou a ser montado em caixa acústica.



As caixas acústicas de alta qualidade possuem sempre mais de um alto-falante, para cobrir melhor toda faixa de frequência audíveis. As unidades pequenas (*tweeters*), com diafragma de apenas 3 a 5 cm, são responsáveis pela faixa de frequência dos sons agudos. Além do *tweeter* (uma ou mais unidades), a caixa deve possuir um alto-falante de baixa frequência (*woofer*) de 25 cm (10 polegadas) de diâmetro, cobrindo a faixa de frequência que vai aproximadamente de 300 a 500 hertz, e uma unidade de frequência intermediária, de mais ou menos 15 cm de diâmetro (6 polegadas), cobrindo a faixa entre 500 Hz e 4 kHz.

Que tal um pouco de som?

As ondas sonoras são variações da pressão do ar, e sua propagação depende assim de um meio material. À medida que a onda se propaga, o ar é primeiro comprimido e depois rarefeito, pois é a mudança de pressão no ar que produz o som.



As ondas sonoras capazes de ser apreciadas pelo ouvido humano têm frequências variáveis entre cerca de 20 hertz e 20.000 hertz.

A voz feminina produz um som cuja frequência varia de 200 Hz a 250 Hz, enquanto a masculina apresenta uma variação de 100 Hz a 125 Hz.

Para transmitir a voz humana ou uma música é preciso converter as ondas sonoras em sinais elétricos, e depois reconvertê-los em sonoras a fim de que possam ser ouvidas. O primeiro papel é desempenhado pelo microfone, e o segundo pelo alto-falante.

No ar, à temperatura ambiente, o som se propaga com uma velocidade aproximada de 340 m/s. Já a luz viaja a quase 300.000 km/s. É por essa razão que o trovão é ouvido depois da visão do relâmpago.

matéria	temperatura (C)	velocidade (m/s) (do som)
água	15	1450
ferro	20	5130
granito	20	6000

Além da frequência, as ondas sonoras também são caracterizadas pelo seu tamanho ou comprimento de onda.

Esse comprimento pode ser calculado por uma expressão que o relaciona com sua frequência e velocidade de propagação:

$$\text{velocidade} = \text{frequência} \times \text{comprimento de onda}$$

Para ter uma idéia do tamanho das ondas sonoras audíveis pelos seres humanos, basta dividirmos o valor da velocidade de sua propagação pela sua frequência. Assim, para 20 Hz, o comprimento da onda sonora será de 17 metros. Já para ondas sonoras de 20.000 Hz, o comprimento da onda será de 1,7 cm.

As ondas sonoras são ondas mecânicas que precisam de um meio material para se propagar, provocando vibração desse meio no mesmo sentido de sua propagação. Por essa razão, elas são denominadas de **ondas longitudinais**. O vácuo não transmite o som, pois ele precisa de um meio material para se propagar.

exercitando...

1. De que modo o microfone de indução faz a transformação do som em corrente elétrica?

2. Qual o princípio de funcionamento do microfone que usa carvão?

3. Qual o tipo de transformação de energia que ocorre no alto-falante?

4. O som se propaga no vácuo? justifique.

5. Determine o valor do comprimento de onda de um som cuja frequência é 250 Hz e se propaga no ar com uma velocidade de 340 m/s.

6. Determine o valor do comprimento de onda do som do exercício anterior admitindo que sua propagação agora se dá na água com uma velocidade de 1400 m/s.

7. As ondas sonoras têm frequência de 20 a 20.000 Hz. Que valores de comprimento de onda delimitam essas frequências?

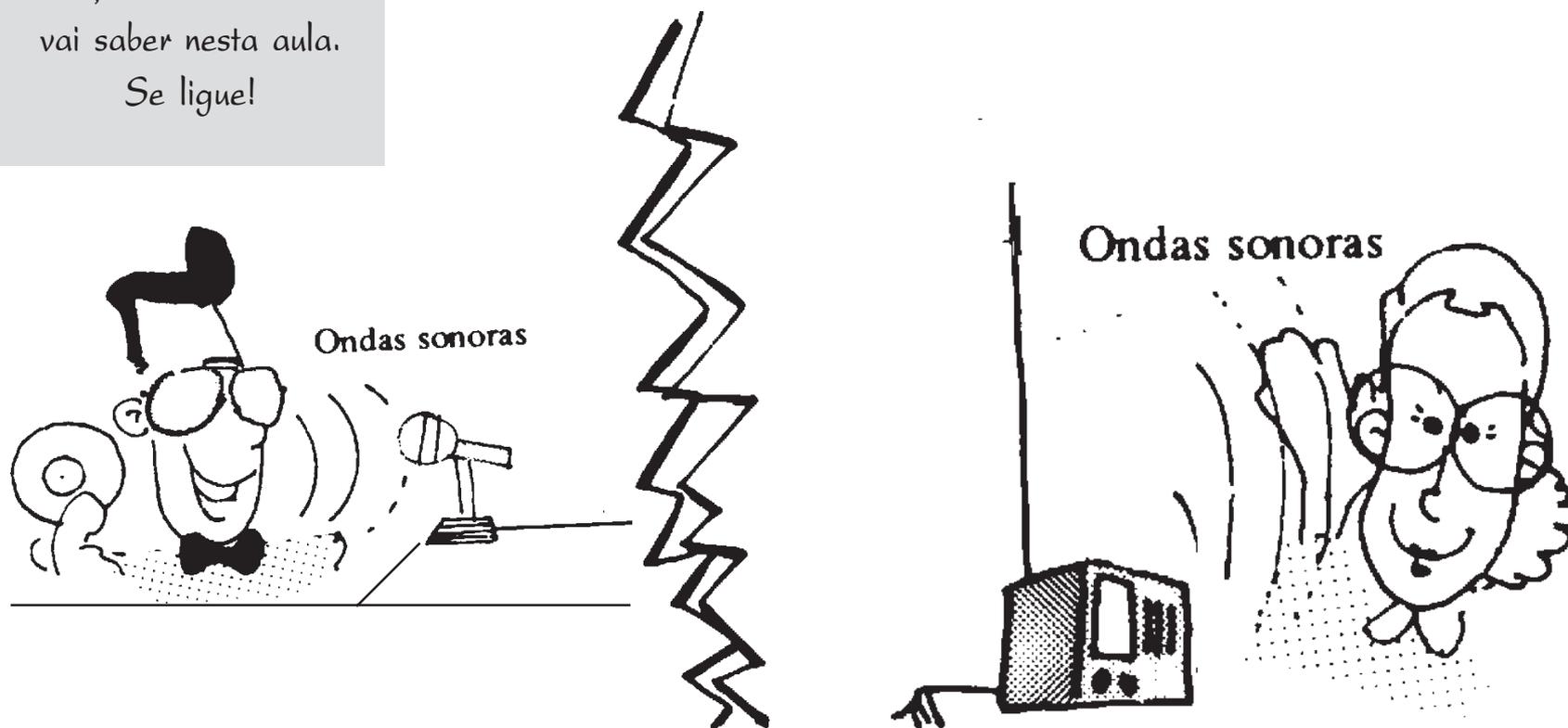
— 32 —

Rádio

ouvintes

O que acontece quando sintonizamos uma estação de rádio você vai saber nesta aula. Se ligue!

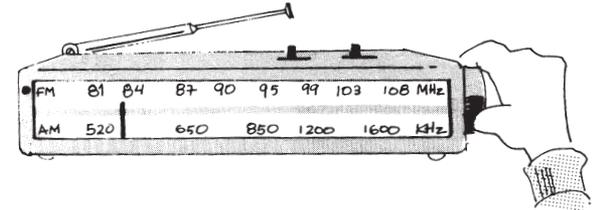
O mecanismo que envolve a transmissão de uma informação de algo que ocorre distante ou próximo de nós parece algo extraordinário ou mágico. É mesmo! E a Física pode nos ajudar a compreender um pouco mais esse mecanismo.



OBSERVAÇÃO DO RÁDIO PORTÁTIL

O estudo de como um rádio consegue captar os sinais transmitidos pelas estações começará com esta atividade, em que identificaremos algumas de suas partes essenciais e as funções que desempenham. Assim, é fundamental ter à mão um radinho. Siga o roteiro de investigação abaixo e faça suas anotações no caderno.

1. Que informações encontram-se no visor das estações?
2. Quais são os comandos com os quais usamos o aparelho?
3. Que fonte de energia ele utiliza?
4. Por onde são recebidos os sinais emitidos pelas estações?



5. Embrulhe um rádio portátil ligado em papel de alumínio. O que ocorre?
6. Aproxime o rádio ligado de um liquidificador ligado. O que ocorre?

Qualquer aparelho de rádio apresenta um botão para sintonia da estação e outro para volume, visor para identificação da estação, alto-falante e antena (mesmo o "radinho de pilha" tem uma antena que se localiza na parte interna do aparelho), além de uma ligação com a fonte de energia elétrica (pilha e/ou tomada).

A função dessa fonte de energia é fazer funcionar o circuito elétrico interno do aparelho. As mensagens são recebidas pela antena, que pode ser interna ou externa. Posteriormente, o som, ainda transformado em corrente elétrica, é enviado até o circuito do alto-falante.

O papel de alumínio age como um espelho em relação à luz e também às ondas de rádio, por isso o rádio deixa de receber as informações quando embrulhado.

Mesmo desligado, a antena está recebendo as informações transmitidas pelas estações, entretanto, elas não são transformadas e recuperadas como som, pois os circuitos elétricos encontram-se desligados.

O sistema pelo qual transmitimos o som do rádio envolve várias etapas. Do microfone da estação até o alto-falante do aparelho receptor, o som passa por várias fases e sofre diversas transformações:

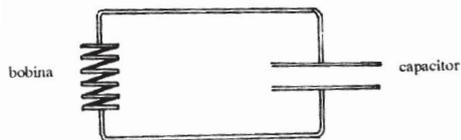
- produção de som pela voz humana, música etc.;
- as ondas sonoras, que são variações da pressão do ar que atingem o microfone;
- no microfone o som é convertido em corrente elétrica alternada de baixa frequência;
- essa corrente elétrica de baixa frequência é "misturada" com uma corrente de alta frequência, produzida na estação, que serve para identificá-las no visor do aparelho. Além disso, essa corrente elétrica de alta frequência serve como se fosse o "veículo" através do qual o som será transportado pelo espaço até os aparelhos de rádio;

- essa "nova" corrente elétrica se estabelece na antena da estação transmissora e através do espaço a informação se propaga em todas as direções;

- a antena do aparelho de rádio colocada nesse espaço captará essa informação;

- se o aparelho estiver ligado e sintonizado na frequência da corrente produzida pela estação, o som poderá ser ouvido ao ser reproduzido no alto-falante.

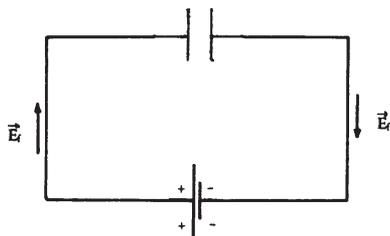
Tanto para enviar o som até os aparelhos como para sintonizar a estação é necessário um circuito chamado de **circuito oscilante**, constituído de uma bobina e de um capacitor.



A bobina é um fio condutor enrolado em forma de espiral, e o capacitor é constituído de duas placas condutoras, separadas por um material isolante e representado no circuito pelo símbolo $\text{—}||\text{—}$. Os dois traços verticais representam as placas separadas pelo isolante.

A CORRENTE ALTERNADA NO CIRCUITO OSCILANTE

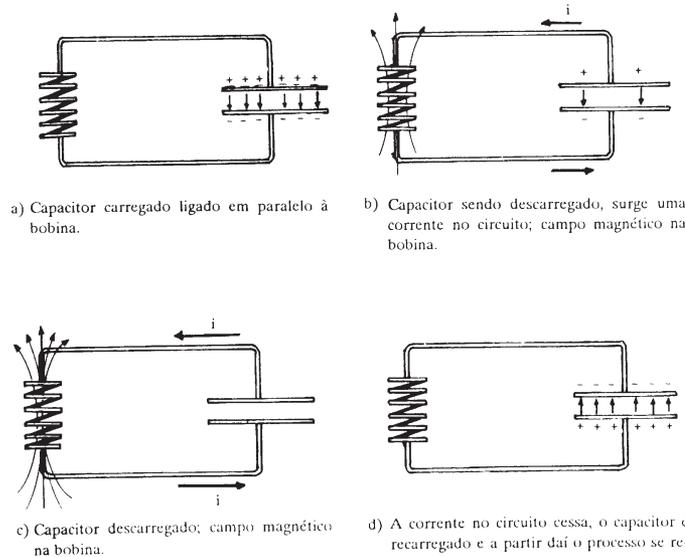
Para carregar as placas do capacitor, basta ligá-lo aos terminais de uma bateria. Isso provocará um movimento de cargas tal que as placas ficarão eletrizadas positivamente e negativamente. Nessa situação dizemos que o capacitor estará completamente carregado.



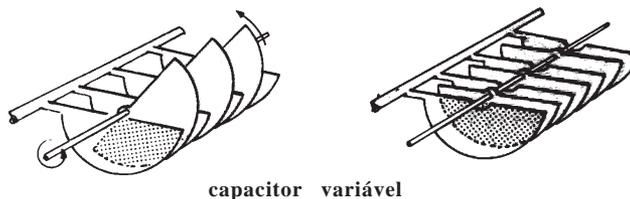
Ligando-se o capacitor carregado a uma bobina (fig. a), surge uma corrente elétrica variável no circuito. Essa corrente, cria um campo magnético ao redor do fio, que é também variável (fig. b).

De acordo com a lei de Faraday, a variação desse campo fará induzir no circuito, e sobretudo na bobina, um campo elétrico. Esse campo agirá de forma a tornar mais lento o processo de descarga do capacitor, conforme prevê a lei de Lenz (fig. c).

Posteriormente, ele servirá para recarregar as placas do capacitor (fig. d)



Desse processo de carga e descarga do capacitor resulta uma corrente elétrica do tipo alternada. A frequência dessa corrente dependerá da "capacidade" do capacitor de acumular cargas e também da "capacidade" de indução da bobina. Alterando-se tais "capacidades", podemos obter correntes alternadas de qualquer frequência.



É justamente isso que fazemos quando mexemos no botão de sintonia do aparelho para localizar uma estação de rádio. Para ajustar a frequência do circuito oscilante do rádio com a da estação que desejamos sintonizar, alteramos a área de eletrização do capacitor, ao girarmos o respectivo botão.

Tais "capacidades" dependem fundamentalmente de suas dimensões geométricas.

A área de eletrização utilizada corresponde à parte comum nas duas placas, indicada com a cor cinza-escura nas duas posições da figura.

exercitando...

1. Em que unidades estão medidas e qual é a grandeza que nos permite identificar uma estação de rádio?
2. Essa grandeza se refere a quê?
3. Qual o comportamento apresentado pelas chamadas ondas de rádio, quando envolvemos um rádio portátil em:
 - a) papel comum
 - b) plástico
 - c) papel celofane
 - d) papel de alumínio
 - e) tela de galinheiro
4. Para que servem as pilhas ou a energia elétrica que chega através dos fios?
5. Do que é composto o circuito oscilante e como estão ligados?
6. Qual a função do circuito oscilante na recepção de uma estação de rádio?
7. Quando mexemos no botão de sintonia, que alteração elétrica está ocorrendo no circuito oscilante? Explique.
8. Que outros sinais podem ser captados por um rádio? Dê exemplos.
9. Indique as transformações pelas quais passa o som desde sua origem, na estação, até este chegar a um ouvinte.
10. É possível fazer um rádio funcionar sem fonte de energia elétrica (pilha, bateria ou mesmo usina)?

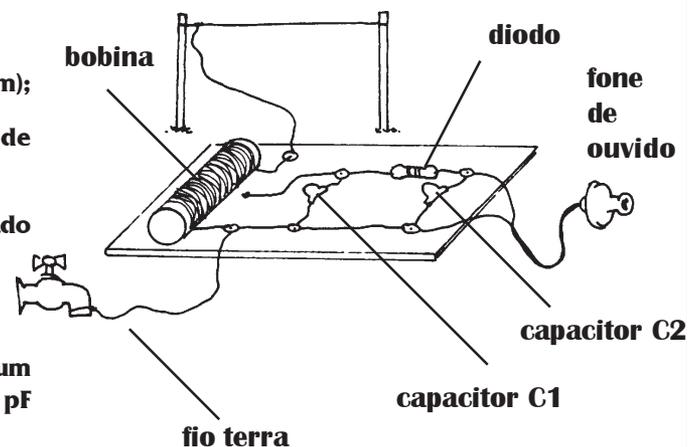
Não chute qualquer resposta. Faça na prática e comprove!

Rádio *SEM* pilha (sem bateria, sem tomada...)

É possível fazer um rádio sem aumentar o consumo na conta de luz ou pilha! Siga as instruções e monte o seu!

Lista de material

- . base de madeira (25 x 25 cm);
- . canudo de papelão ou PVC de 15 cm de comprimento;
- . 45 m de fio de cobre esmaltado número 28 ou 30;
- . fone de ouvido simples;
- . 2 capacitores de cerâmica: um de 250 pF (C1) e um de 100 pF (C2);
- . diodo de silício ou germânio;
- . 15 percevejos;
- . fita adesiva e lixa fina



DICAS PARA MONTAGEM

antena: use aproximadamente 20 m de fio e coloque a 5 m de altura do chão;

bobina: enrole 100 voltas do fio de cobre no canudo, de modo que elas fiquem bem juntas; fixe as extremidades com fita adesiva; lixe as pontas e 1 cm de largura ao longo da bobina;

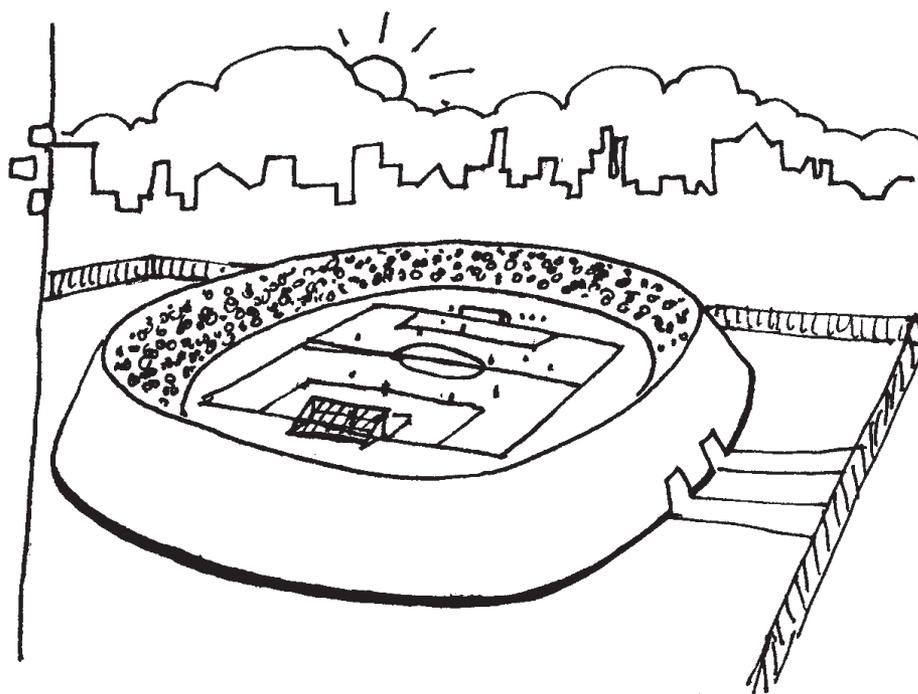
capacitores: C1 é ligado em paralelo à bobina; C2 é ligado no diodo e no fio terra.

diodo é ligado entre os capacitores, e o fone nos terminais do C2.

—33—

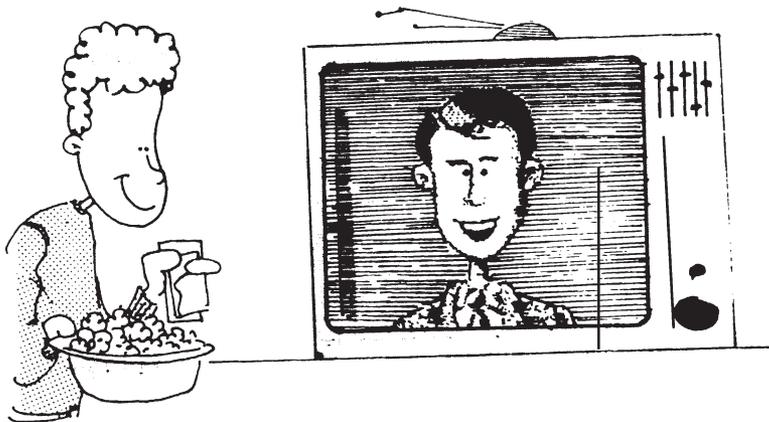
Plugados na televisão

O mecanismo pelo qual um aparelho de TV reconstitui a imagem recebida será desvendado nestas páginas! Fique atento.



Como a informação sobre a imagem é captada pelos aparelhos de TV? De que maneira o aparelho de TV reproduz na tela cenas que se passam a distância?

Roteiro de observação e atividades junto ao aparelho de TV



1. A televisão necessita de uma fonte de energia que geralmente é a usina. Qual é sua função?
2. Os sinais emitidos pelas estações são recebidos por onde?
3. Ligue um aparelho elétrico: liquidificador, furadeira, perto de um aparelho de TV ligado. O que ocorre?
4. Os números que identificam as estações de rádio são muito diferentes das estações de TV. Procure saber com um técnico informações a esse respeito.

Ao ligarmos um aparelho de TV, trazemos para dentro de nossa casa imagens e sons referentes a acontecimentos que estão ocorrendo ou que já ocorreram em determinados locais. Esses aparelhos, tal como os rádios, funcionam como um terminal de comunicações, estabelecendo uma "ponte" com o local onde a informação é gerada e transmitida. O processo de transformação do som em corrente elétrica na comunicação televisionada é o mesmo já discutido no rádio. Portanto, vamos nos deter em como a imagem em branco e preto é gerada e produzida.

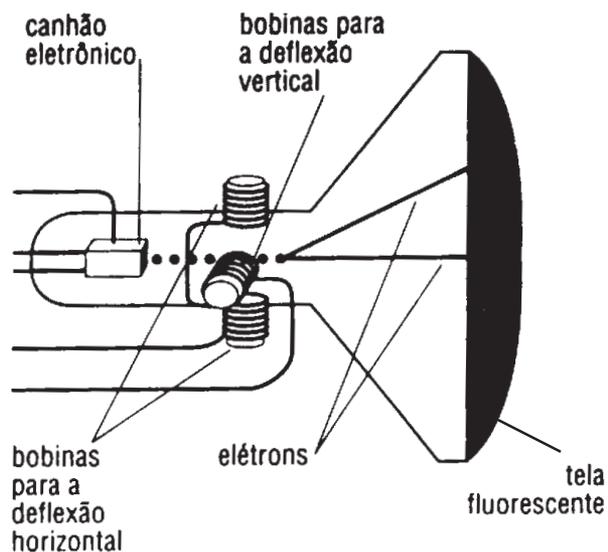
Na estação geradora de imagem, a cena a ser transmitida é focalizada pela câmara de TV. Esta faz a "leitura" da cena linha por linha, como fazemos a leitura de um livro da esquerda para a direita e de cima para baixo. Nesse processo as variações de luminosidade de cada pequena região da cena captada são transformadas em corrente elétrica. Assim, na comunicação que envolve a imagem, a câmara de TV é o dispositivo responsável pela sua captação e sua transformação em corrente elétrica.



O tubo de imagem

Ao sintonizarmos uma estação de TV, o aparelho receptor seleciona a corrente elétrica, que representa as imagens. Essa corrente variável é aplicada ao filamento do tubo de imagem e produz um feixe eletrônico cuja intensidade varia no mesmo ritmo.

O tubo de imagem é o elemento essencial nos aparelhos de TV. Sua função é inversa daquela realizada pela câmara de TV, ou seja, a de transformar a corrente elétrica variável gerada por ela em imagem.



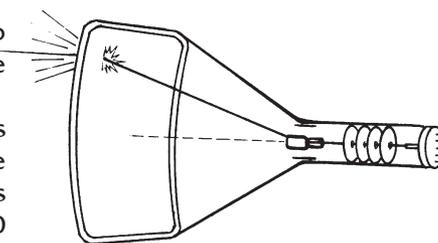
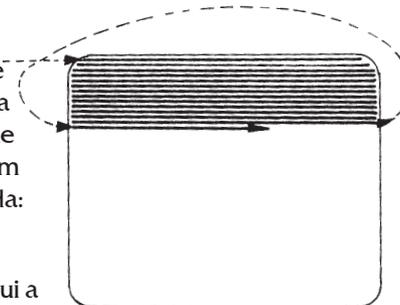
O tubo de imagem possui um filamento que, estando superaquecido, libera elétrons por efeito chamado **termoiônico**. A parte interna da tela é recoberta por um material que emite luz ao receber o impacto dos elétrons do feixe. Esse fenômeno é denominado **fotoluminescência**. O fósforo possui essa propriedade, por isso é o material utilizado no revestimento da tela da TV.

O feixe eletrônico faz a varredura da tela de TV de modo semelhante à leitura de um livro. Tal varredura é feita com certa rapidez para que nossos olhos não percebam o desaparecimento de uma linha e o surgimento de outra, e além disso nos dê a sensação de movimento da imagem. Para tanto, é levada em conta a condição que tem a retina dos nossos olhos de reter a imagem de um ponto luminoso durante 1/20 s após ela ter sido recebida: é o que se denomina **persistência visual**.

O material que recobre internamente a tela de TV possui a propriedade de continuar emitindo luz durante um período de tempo após receber o impacto do feixe eletrônico. Esse fenômeno é denominado fosforescência.

Assim, o sistema de varredura da tela de TV pelo feixe eletrônico leva em conta a persistência visual e a fosforescência do material.

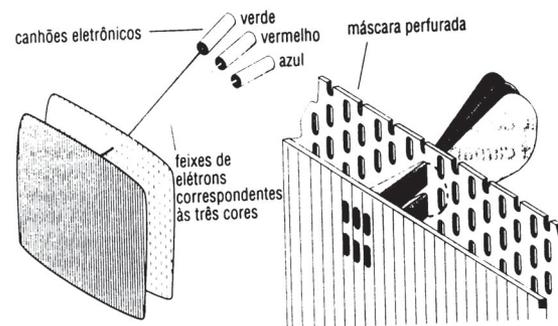
No Brasil, a tela de TV é composta por 525 linhas horizontais, divididas em dois quadros, e o feixe eletrônico tem de fazer a varredura dessas linhas completando 30 quadros por segundo, ou seja, 60 campos por segundo. Essa frequência na sucessão de quadros está ligada com a persistência visual, pois quando um quadro é substituído pelo seguinte ainda persiste na retina a imagem do quadro anterior.



Televisão Colorida

Na televisão colorida, a tela do tubo de imagem é recoberta com milhares de pontos fosforescentes em grupos de três. Cada um desses três pontos é responsável por emitir uma das três cores primárias, vermelho, verde ou azul, quando sobre ele incide o feixe de elétrons. Os três feixes de elétrons, cada qual com sua intensidade variável, percorrem a tela reproduzindo as proporções das cores na imagem que vemos na tela.

Em um tubo de imagens coloridas, há três canhões de elétrons, um para cada cor primária. Os feixes desses canhões passam através de pequenos orifícios em uma placa reguladora, de modo que cada canhão excitará apenas os pontos fosforescentes de cor apropriada. O controle da intensidade do feixe de cada canhão durante a varredura é que regula a cor e a intensidade do que vemos na tela. Desse modo, pode ser produzida qualquer variação de colorido. Esses três feixes varrem a tela do tubo de imagens, cobrindo o tubo completamente trinta vezes por segundo e produzindo uma radiante imagem colorida.



A eletricidade e o magnetismo dando aquela força para a imagem

O feixe eletrônico é constituído de elétrons em alta velocidade. Em colisão com o material fosforescente da tela, surge um ponto luminoso, que corresponde à transformação de energia cinética em luminosa.

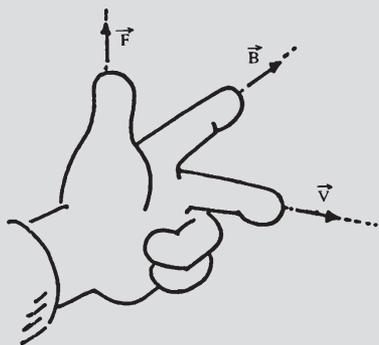
Para se obter esse efeito, os elétrons provenientes do filamento precisam ser acelerados para atingir altas velocidades. Além disso, para que possam fazer a varredura de todos os pontos da tela, eles precisam ser desviados.

Para que os elétrons do feixe sejam acelerados, um campo elétrico, produzido por placas eletricamente carregadas, é produzido na região próxima ao filamento. Pela ação desse campo sobre os elétrons, que são partículas eletricamente carregadas, eles ficam sob a ação da força elétrica, cujo valor é calculado pela equação: $F_e = q_e \cdot E$.

Já o desvio do feixe eletrônico é obtido com a ação de uma força de natureza magnética. Para tanto, através de dois pares de bobinas, colocados nas direções vertical e horizontal, são criados dois campos magnéticos na região onde vão passar os elétrons que formam o feixe. Tais campos magnéticos são originados por correntes elétricas. Devido à interação que existe entre os campos magnéticos e os elétrons em movimento, uma força de natureza magnética altera a direção de movimento e, portanto, o local onde se dará sua colisão com a tela. Essa força magnética tem um valor que pode ser calculado pela expressão:

$F_m = q_e \cdot \mathbf{B} \cdot \mathbf{v}$, considerando que o ângulo entre a velocidade dos elétrons e os campos magnéticos é 90° .

A direção e o sentido dessa força pode ser obtida fazendo-se uso da "regra da mão esquerda", conforme indica a figura:

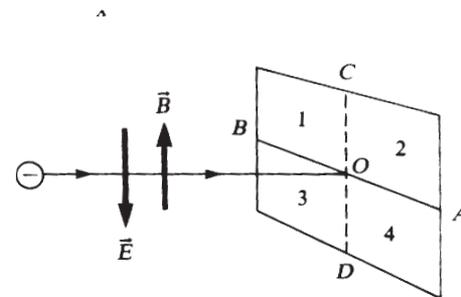


exercitando...

1. Através de que processo é obtida a luminosidade na tela do aparelho de TV?
2. O que é persistência visual? Que papel ela desempenha quando assistimos à TV?
3. De onde são retirados os elétrons que formam o feixe eletrônico? Que nome recebe o processo envolvido e como ele ocorre?
4. Como se obtém a varredura da tela pelo feixe eletrônico? Explique o processo.

teste seu vestibular

1. Um feixe de elétrons incide, horizontalmente, no centro de um anteparo, conforme a figura.



- a. estabelecendo-se, na região, um campo magnético vertical e para cima, o feixe de elétrons desviará. Em que posição ele atinge o anteparo?
- b. se além do campo magnético for aplicado um campo elétrico, vertical e para baixo, qual a posição que o feixe atingirá no anteparo?

— 34 —

Luz, câmara,
AÇÃO!

Como a câmara de TV capta a imagem da cena e a transforma em eletricidade? É só você acompanhar as páginas a seguir!



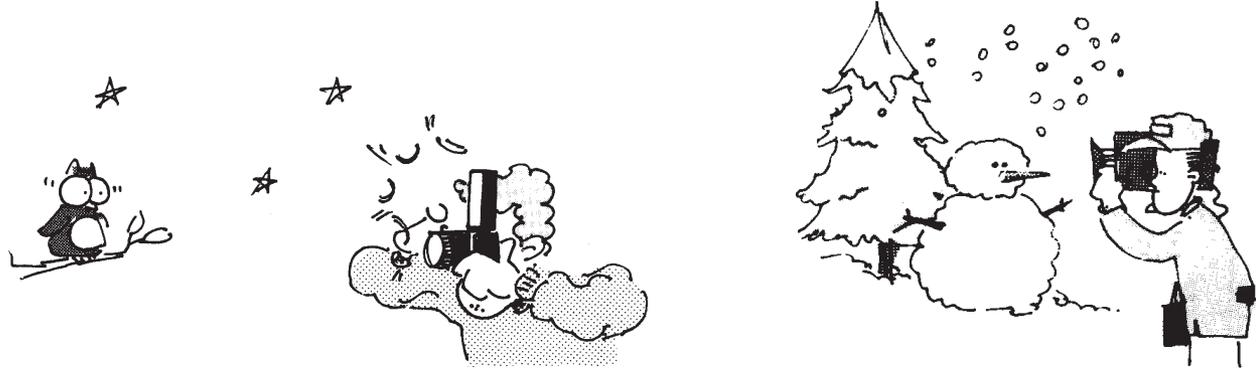
filme: **O meu carregador**

cena 12 - tomada externa

versão 15 - bloco 4



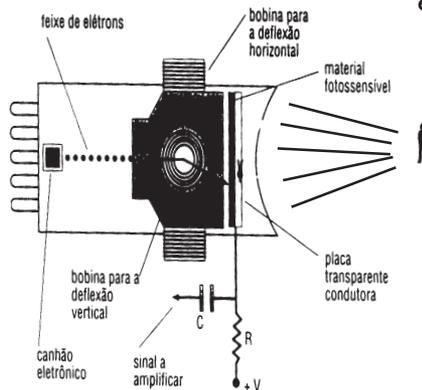
Semelhanças e diferenças na captação da imagem: aponte umas e outras observando uma câmara fotográfica e a câmara de TV



A câmara de TV

O aparelho de TV que temos em nossa casa, recebe sinais de som e imagem que são transmitidos pela estação. Para transmiti-los, é necessário transformar sons e imagens em corrente elétrica. O som é transformado em corrente elétrica pelo microfone, e as imagens são transformadas em corrente

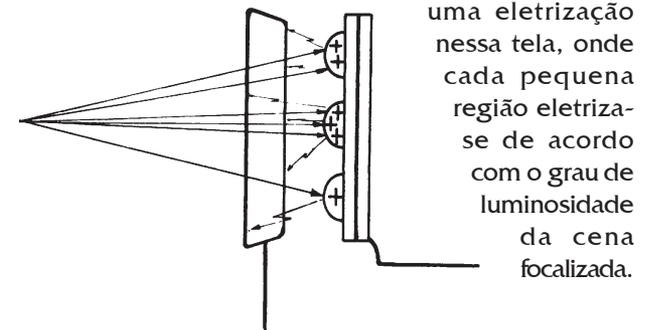
elétrica com o uso da câmara de TV. Vejamos como isso acontece.



A cena focalizada é uma região que difunde a luz produzida ou pelo Sol ou pelas lâmpadas quando se trata de um estúdio.

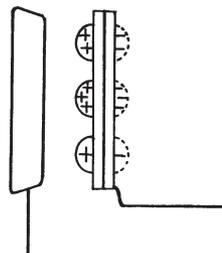
A transformação da cena em imagem eletrostática

Sua focalização é feita pela objetiva e, através de um arranjo de lentes, a imagem dessa cena é projetada sobre uma tela de mica recoberta de material sensível à luz. Esse material, ao ser atingido pela luz, produz uma separação de cargas com os elétrons desligando-se dos seus átomos. Como resultado desse processo, tem-se a formação de



uma eletrização nessa tela, onde cada pequena região eletriza-se de acordo com o grau de luminosidade da cena focalizada.

Na face frontal da tela acumulam-se cargas positivas, e na outra face as cargas negativas. Quanto maior a luminosidade, maior a eletrização produzida no material fotossensível.



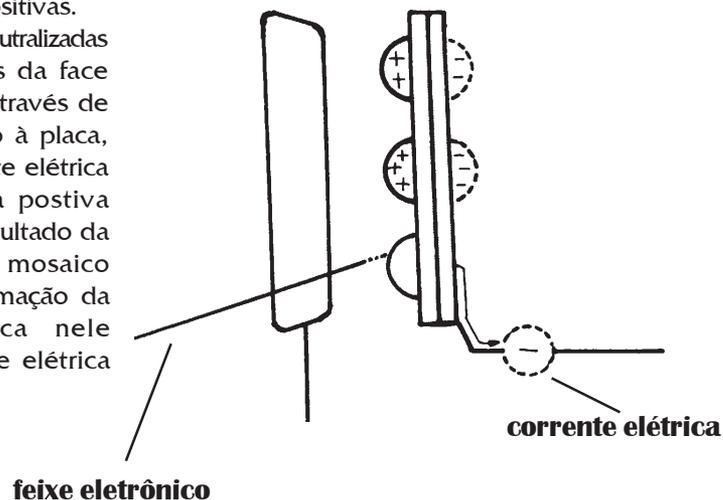
O césio é um material que se comporta dessa forma, e por isso é usado no recobrimento da tela de mica. Essa tela recoberta de grânulos de césio, formando fileiras justapostas horizontalmente, recebe o nome de **mosaico**.

Quando o mosaico recebe a imagem da cena focalizada pela objetiva da câmara, este fica sujeito a ter regiões com diferentes luminosidades que correspondem às partes da cena com maior ou menor incidência de luz. As regiões mais claras da imagem se apresentam eletrizadas com maior quantidade de cargas positivas que as regiões mais escuras. A diferença de luminosidade entre o claro e o escuro corresponde à "**imagem eletrostática**", constituída de cargas positivas, da cena que se pretende transmitir.

A "leitura elétrica" da imagem eletrostática da cena

O processo de transformação da cena em corrente elétrica é completado com a varredura da imagem eletrostática da cena, que é realizada por um feixe eletrônico semelhante ao existente no tubo de TV. A varredura do feixe corresponde à leitura da cena, linha por linha, e o seu direcionamento é controlado pela interação do campo magnético produzido por corrente elétrica em bobinas.

Tal processo de "leitura" corresponde ao descarregamento das regiões eletrizadas onde se encontram as cargas positivas. Assim, tais regiões são neutralizadas e as cargas negativas da face posterior se movem através de um circuito conectado à placa, formando uma corrente elétrica proporcional à carga positiva existente. Assim, o resultado da varredura de todo o mosaico corresponde à transformação da imagem eletrostática nele projetada em corrente elétrica variável.



O feixe eletrônico é constituído de elétrons retirados de um filamento superaquecido por um processo semelhante ao do tubo da TV: **efeito termoiônico**.

Pela ação de um campo elétrico, eles são acelerados. Esse dispositivo emissor e acelerador de elétrons é conhecido como canhão eletrônico.

No Brasil, a tela da câmara de TV tem 525 linhas, e a sua varredura é feita 60 vezes por segundo. Já em países onde a corrente elétrica da rede tem 50 Hz de frequência, a tela é dividida em 625 linhas.

É a quantidade de linhas que determina a definição da imagem.

Numa tela de câmara de TV ou mesmo de aparelho de TV de alta definição, há mais de 1000 linhas. Conseqüentemente, a imagem obtida é muito mais nítida.

Como é que a luz consegue eletrizar?

Como você já estudou, a luz, entre outras coisas, é também energia!

Assim sendo, quando a luz incide sobre os materiais, há transferência de energia para os seus átomos. Alguns materiais como o céσιο, o berílio, o germânio, perdem alguns de seus elétrons quando se incide luz sobre eles.

Quando isso ocorre, os físicos afirmam que os átomos ficaram eletrizados, pois o número de prótons ficou maior que o número de elétrons.

Esses elétrons que se afastaram dos seus átomos absorveram uma quantidade de energia além daquela que eles já possuíam quando ligados aos seus átomos.

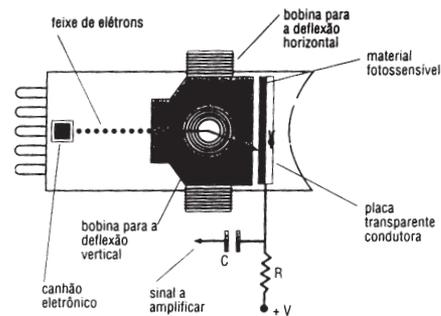
Quem forneceu essa quantidade de energia extra foi a luz que incidiu sobre eles. Este fenômeno, que é denominado de **efeito fotoelétrico**, tem hoje em dia várias aplicações, dentre as quais as pilhas solares que alimentam os satélites e naves espaciais, que fornecem energia elétrica para os seus aparelhos.*

*ver mais detalhes na leitura 38.

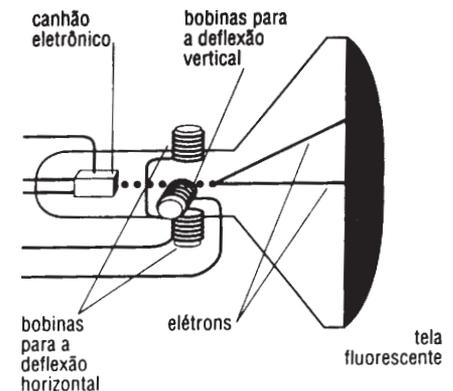
exercitando...

1. Qual a principal transformação de energia que é feita pela câmara de TV, considerando o início e o final do processo?
2. Que efeito a luz exerce sobre a placa de mica recoberta com céσιο?
3. O que se entende por "feixe eletrônico" e qual a sua função nesse processo de comunicação?
4. O que é **efeito termoiônico**?
5. Compare o funcionamento de uma câmara de televisão e de um tubo de um aparelho de TV. O que de mais importante se pode concluir? As figuras abaixo são auxiliares para uma boa resposta.

a. câmara de TV



b. tubo de um televisor



— 35 —

Transmissão aérea de informações

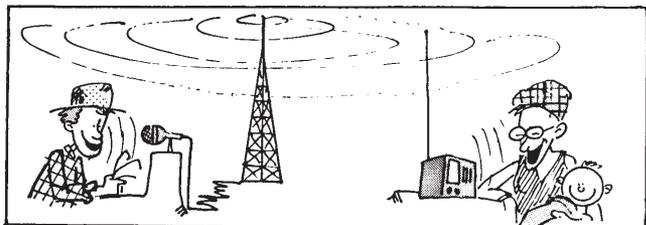
Agora você vai saber
como é feita a
transmissão das
programações pelas
estações de rádio e TV.

Qual é a sua onda?



Quando descrevemos as principais etapas do processo de comunicação pelo rádio e pela televisão, a antena foi

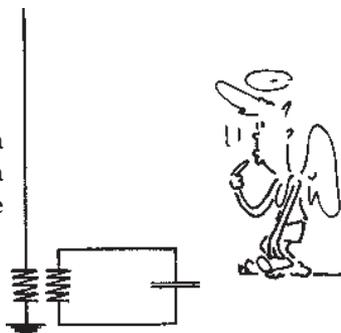
identificada como o elemento através do qual a propagação da informação se dá a partir da estação emissora e também como captador da informação nos aparelhos receptores



(de rádio e de TV) que temos em nossa residência.

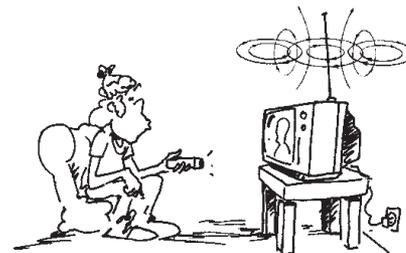
Como são enviadas as informações

Na estação transmissora, a antena é conectada a um circuito, de modo que os seus elétrons livres são acelerados na frequência da corrente que serve de identificação da própria estação. Uma versão simplificada de parte desse circuito permite-nos compreender como se dá esse processo.



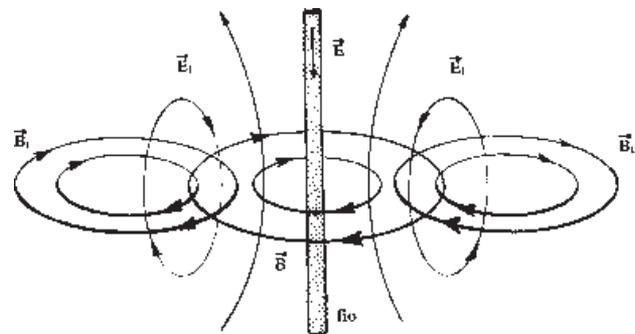
O circuito da direita é do tipo oscilante, semelhante ao analisado na leitura sobre o rádio. Sua função é originar uma corrente de alta frequência. É através da frequência dessa corrente que são identificadas as estações de rádio e também os canais de TV. Já o circuito situado à esquerda contém uma bobina ligada a um fio reto com extremidade livre e a outra extremidade ligada à terra. Este corresponde ao circuito elétrico da antena, sendo denominado de circuito oscilante aberto. A proximidade entre as duas bobinas dos dois circuitos permite que a corrente alternada de alta frequência existente no circuito oscilante induza uma corrente também alternada no circuito reto com extremidade livre.

Desse modo, essa corrente produzirá no espaço ao redor do fio um campo magnético, conforme ilustra a figura.



Uma vez que a corrente elétrica induzida no circuito reto é variável, o campo magnético criado por ela acompanha essas variações, resultando num campo magnético também variável.

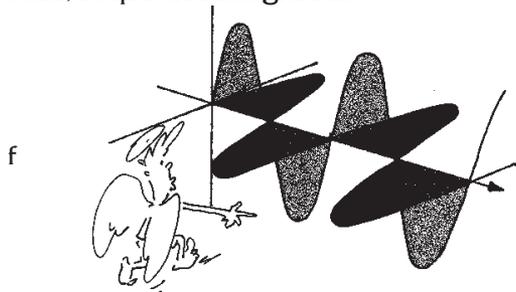
De acordo com o que prevê a lei de Faraday, numa região do espaço em que há variação do campo magnético ocorre a indução de um campo elétrico. Como o campo magnético varia, o campo elétrico gerado também é variável. Numa coisa parecida com uma reação em cadeia, ocorre uma sucessão de campos magnéticos gerando campos elétricos a partir do fio, conforme ilustra a figura.



Pelo fato de esses campos estarem indivisivelmente ligados entre si, eles recebem o nome de **campo eletromagnético**, o campo total formado por eles. Esse campo propaga-se para o espaço em todas as direções, a partir do circuito da antena, com uma velocidade de 300.000 km/s.

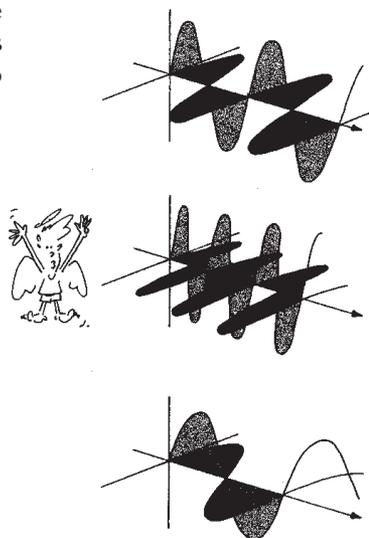
Se a corrente elétrica no fio da antena varia periodicamente, isto é, da mesma forma, as variações do campo magnético se repetirão periodicamente, o mesmo acontecendo com o campo elétrico gerado.

Podemos dizer que os campos magnéticos e elétricos que são gerados a partir da antena e se propagam pelo espaço apresentam uma variação uniforme correspondente a uma onda, só que eletromagnética.



A cada estação de rádio ou TV corresponde um certo valor da frequência da onda eletromagnética que carrega consigo as informações que são transmitidas.

Como todas as ondas, elas se propagam com uma certa velocidade, e com a energia que transportam são capazes de gerar, no fio da antena atingido por elas, uma corrente elétrica que varia na mesma frequência da onda.



A RECEPÇÃO DAS INFORMAÇÕES

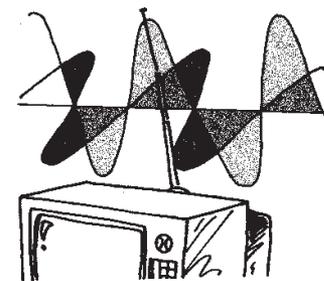
Aparelhos como rádio e TV, dentre outros, quando colocados na região do espaço onde encontra-se o campo eletromagnético produzido por uma estação, são capazes de receber e processar as informações enviadas. Para tanto, eles dispõem de antenas que podem ser internas (no caso de rádios portáteis) ou externas.

Esse é o primeiro passo para que a informação seja recebida, mas não é o único. O aparelho precisa estar ligado e sintonizado. Vejamos o que isso significa.

Os aparelhos receptores de rádio e TV têm associados ao circuito da antena também um circuito oscilante. Para que esse circuito esteja apto a receber todas as estações, o capacitor desse circuito apresenta a característica de poder variar a sua capacidade de acúmulo de cargas quando de sua eletrização.

Quando mexemos no botão de sintonia com o aparelho ligado, estamos mexendo na posição das placas de um capacitor variável e, assim, alteramos a sua capacidade de acumular cargas, para menos (figura a) ou para mais (figura b).

É essa alteração que torna possível a sintonia das diversas estações. Isso pode ser explicado pelo fato de a frequência da onda eletromagnética portadora da informação ter ou não "permitida" a sua entrada no circuito oscilante do aparelho. Essa condição só ocorre quando o carregamento das placas do capacitor for tal que a corrente elétrica variável criada nesse circuito tiver a mesma frequência da onda eletromagnética portadora da informação. Somente nessa condição o sinal enviado pela estação, uma vez chegado até a antena do aparelho, tem a sua informação processada por ele, tornando-a acessível.



capacitor variável: a parte hachurada indica o local das placas que pode acumular cargas

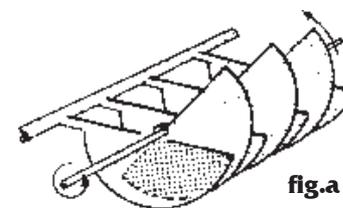


fig.a

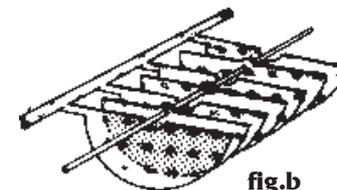


fig.b

COMO SE PREPARA A INFORMAÇÃO PARA ENVIÁ-LA ATÉ AS ANTENAS ONDE ESTÃO OS APARELHOS RECEPTORES E COMO SE RECUPERAM AS INFORMAÇÕES

Primeira etapa: codificação da informação

A primeira transformação por que passam som e imagem na etapa de codificação é a sua transformação em corrente elétrica. Isso é realizado respectivamente pelo microfone e pela câmara de TV, conforme já discutimos nas leituras 32 e 34. Tais correntes elétricas têm baixa frequência, e por isso não são apropriadas para ser aplicadas em antenas transmissoras.

Assim sendo, a transmissão das informações referentes a som e imagem requer um "veículo" que as transporte a longas e médias distâncias. Esse "veículo" são as ondas eletromagnéticas de alta frequência chamadas de **ondas portadoras**. É justamente pelo valor da frequência da onda portadora que sintonizamos a estação desejada e recebemos as informações transportadas por ela.

A etapa que permite o envio das informações através da antena - chamada de modulação - consiste na produção de alterações na amplitude ou na frequência da onda portadora que reproduzem de forma idêntica as alterações das correntes elétricas que representam o som ou a imagem. Para visualizar o processo de modulação, podemos representar, por exemplo, as ondas sonora e de alta frequência antes (fig. a) e depois (fig. b).

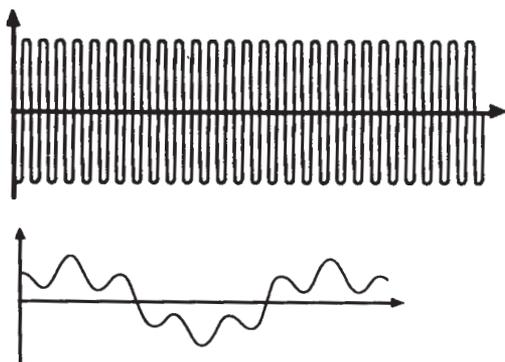
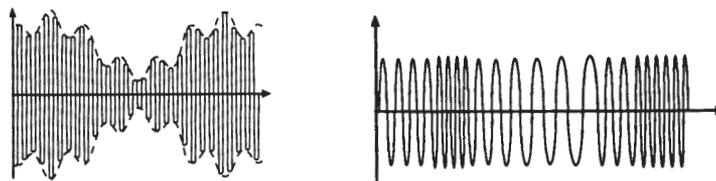


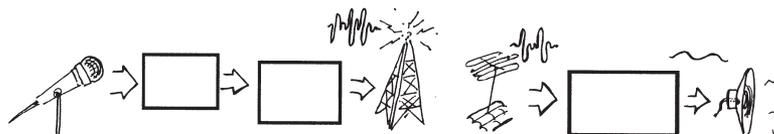
fig. a
representação
da onda
portadora
e da onda
sonora

fig. b representação da onda sonora modulada em amplitude (AM) e em frequência (FM)



Segunda etapa: recuperação da informação

Estando o aparelho receptor ligado e uma vez feita a sintonia com a estação desejada, a onda eletromagnética portadora da informação codificada reproduz no circuito do aparelho receptor a corrente elétrica correspondente.



Posteriormente, essa corrente elétrica acionará um alto-falante, se ela corresponder a um som, ou a um canhão eletrônico se tal corrente corresponder a uma imagem.

exercitando...

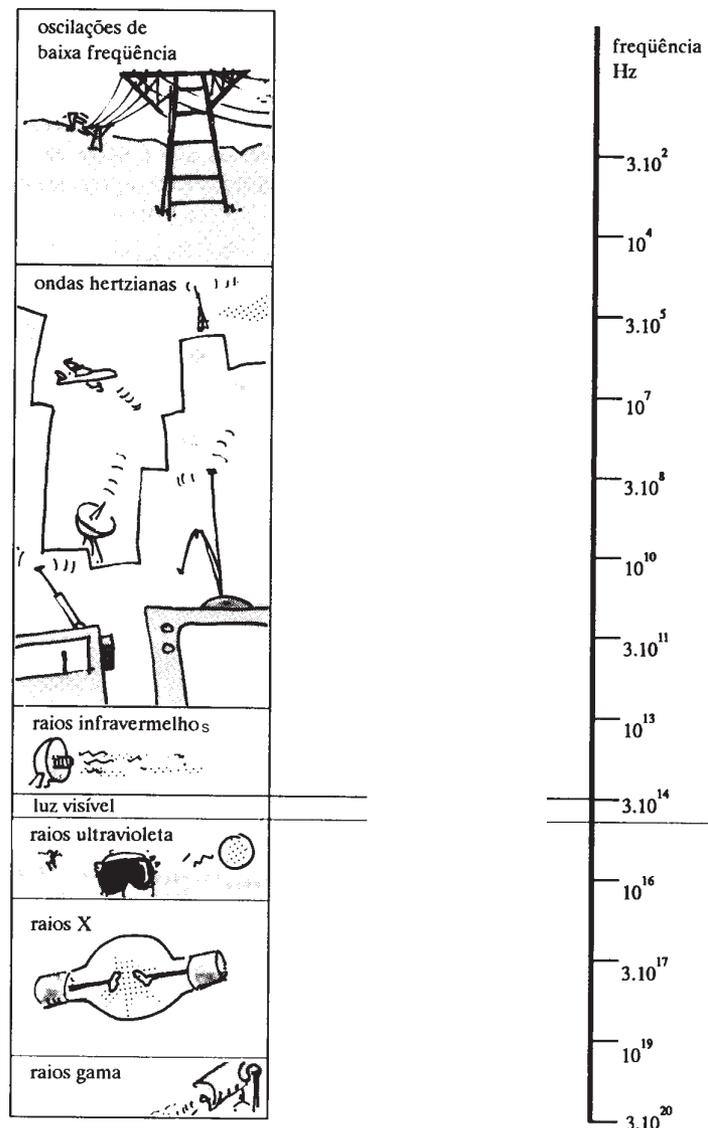
Elabore 5 questões que foram respondidas neste texto. Não vale usar coisas do tipo: o que é, quem disse, quem fez etc.

— 36 —

Radiações eletromagnéticas

Você vai conhecer a
natureza das
radiações e o que
distingue uma
da outra.

ESPECTRO DAS RADIAÇÕES



Maxwell foi o físico que sintetizou todo o conhecimento dos fenômenos elétricos e magnéticos conhecidos até então em quatro leis, consideradas fundamentais e universais da natureza e que foram denominadas como as 4 leis de Maxwell.

Hoje esse trabalho constitui a **teoria do eletromagnetismo clássico**. Tendo em vista o que já vimos nas leituras anteriores, podemos mencioná-las da seguinte maneira:

- o campo elétrico pode ser criado por carga elétrica ou por corpos eletrizados;
- não existe carga magnética;
- um campo magnético que varia com o tempo, cria um campo elétrico;
- um campo elétrico que varia com o tempo cria um campo magnético.

Além do caráter de síntese, o trabalho de Maxwell anteviu a possibilidade de novos fenômenos. Um deles se refere ao fenômeno das radiações eletromagnéticas.

Vejamos como:

Quando uma usina hidrelétrica ou termelétrica entra em funcionamento, elas transformam energia gravitacional ou energia química em elétrica, originando corrente elétrica se o circuito estiver fechado. Nos aparelhos elétricos, a energia elétrica é transformada em mecânica de rotação (ventilador, furadeira, liquidificador...); energia térmica (chuveiro, ferro elétrico,...); energia luminosa (lâmpada, imagem em TV, mostradores de calculadora...); energia sonora etc.

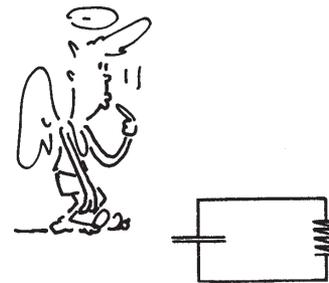
Fazendo a contabilidade das parcelas das transformações de energia envolvidas, o balanço energético não coincide, ou seja, a soma das parcelas de energia que os aparelhos transformam, **não** iguala a energia inicial.

Será que o princípio da transformação e da conservação da energia não se aplica? Então ele deixaria de ser uma lei universal da natureza. Ou, pior, será que ele está furado?

Maxwell fez uma outra suposição mantendo a fé na conservação da energia: a parcela de energia que falta para fechar o balanço energético corresponde à energia irradiada para o espaço. Além disso, Maxwell calculou, pelas deduções de sua teoria, que esta energia eletromagnética irradiada desloca-se para o espaço com uma velocidade de 300.000 km/s.

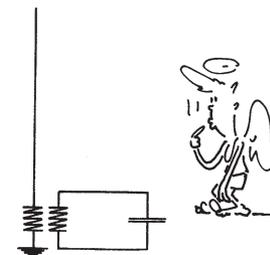
Qualquer semelhança com o valor da velocidade da luz no vácuo terá sido mera coincidência?

Uma outra questão importante relativa ao balanço energético diz respeito à quantidade de energia irradiada para o espaço.



Nos circuitos oscilantes, conforme os estudados na leitura 32, a energia irradiada quando há corrente elétrica é muito pequena.

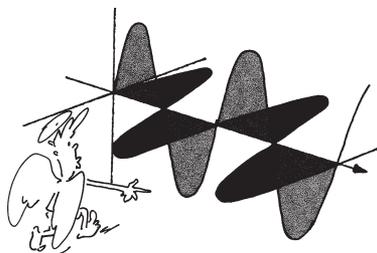
Mas se incluirmos uma antena, próxima a bobina do circuito oscilante – como está indicado na figura ao lado – a energia irradiada pela antena será muito maior.



Assim é que nas comunicações a energia irradiada pela antena é utilizada para "carregar" informações de um lugar a outro, pelo espaço afora. Essa mesma energia "sensibiliza" as antenas dos aparelhos receptores, "entregando" as informações se o canal ou estação estiverem sintonizados.

Outra previsão deduzida da teoria do eletromagnetismo de Maxwell, diz respeito a como está composta tal radiação eletromagnética.

Segundo ele, os campos elétrico e magnético são perpendiculares entre si e em relação à direção de propagação.

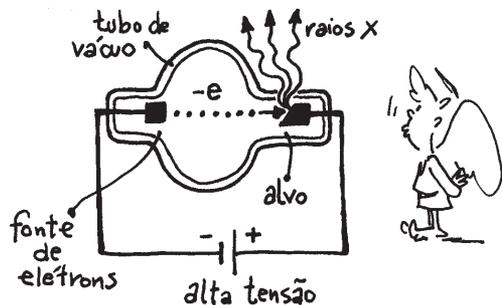


Esta é a representação do **campo eletromagnético**, incluindo a sua direção de propagação em uma única direção. Em torno de uma antena, o campo eletromagnético se propaga em todas as direções em torno dela.

Com a aceitação da teoria de Maxwell, foi possível compreender que todas as radiações são originadas por movimentos acelerados de cargas elétricas.

As radiações de rádio e TV são originadas por movimentos de elétrons livres no interior das antenas; já a luz é produzida por movimentos súbitos de elétrons dentro de átomos e moléculas.

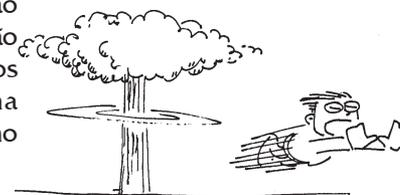
Os raios X, que são um outro tipo de radiação eletromagnética cuja aplicação na medicina é de todos conhecida pelas radiografias, são produzidas pela desaceleração muito brusca de elétrons previamente acelerados. Esta desaceleração é provocada pelo choque com uma placa metálica.



As radiações infravermelhas, também denominadas de radiação térmica, nos aquecem quando estamos em torno de uma fogueira e também assam alimentos, como carnes, pães etc. e ainda tijolos e telhas nos fornos são "cozidos" por radiações eletromagnéticas. Elas são originadas com a intensa vibração dos átomos que constituem os materiais.



Um outro tipo de radiação eletromagnética são os chamados "raios gama". Eles são produzidos e emitidos na desintegração de núcleos atômicos ocorrida naturalmente, como na radioatividade, ou tecnologicamente produzida, como nas bombas atômicas.



Na interação com a matéria, as radiações eletromagnéticas podem ser absorvidas, refletidas, refratadas, difratadas ou ainda ser polarizadas. Além disso, elas também podem sofrer interferência. É por isso que Maxwell acreditava que as radiações eletromagnéticas podiam ser entendidas como um tipo de onda: as **ondas eletromagnéticas**.

Assim, os diferentes tipo de radiação: luz, raios X, radiação infravermelha, raios gama, dentre outras, **não se distinguem em sua natureza**, pois todas elas são originadas por movimentos acelerados (ou desacelerados) de cargas elétricas. **O que diferencia umas das outras é a frequência e o comprimento de onda de cada tipo de radiação.** Algumas previsões da teoria de Maxwell falharam. Uma delas consistia em admitir que um corpo aquecido transmitiria radiação térmica continuamente até atingir a temperatura de zero na escala Kelvin. A superação desse problema foi dada por Max Planck, admitindo que a energia emitida por um corpo através de radiação eletromagnética dá-se em "porções" que ele denominou de "quantums". O valor dessa energia (E) é diretamente proporcional à frequência da radiação (f), e sempre múltiplo de um valor constante (h), que acabou recebendo o nome de constante de Planck.

$$\text{velocidade de propagação} = \frac{\text{comprimento de onda}}{\text{}} \times \text{frequência}$$

$$E = h \cdot f$$

No Sistema Internacional de unidades, o valor dessa constante h é $6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s

exercitando...

- 1 Qual é o comprimento de onda da onda eletromagnética correspondente à frequência de 50 Hz de uma linha de alta tensão?
2. O eco de um sinal radiotelegráfico que sofreu uma reflexão num obstáculo retorna à fonte em intervalo de tempo de 2×10^{-4} s. Determine a distância do obstáculo à fonte.
3. Nosso corpo emite raios infravermelhos com comprimento de onda em torno de 10^{-5} m. Calcule a frequência correspondente.

teste seu vestibular...

1. Considere estas afirmações:

I. A velocidade de propagação da luz é a mesma em todos os meios.

II. As microondas usadas em telecomunicações para transportar sinais de TV e telefonia são ondas eletromagnéticas.

III. Ondas eletromagnéticas são ondas do tipo longitudinal.

Quais delas estão corretas?

a) () Apenas I c) () Apenas I e II e) () I, II e III

b) () Apenas II d) () Apenas II e III

2. Sejam v_1 , v_2 e v_3 as velocidades de propagação no vácuo das radiações gama, infravermelha e luminosa. Temos então:

a) () $v_1 < v_2 < v_3$ c) () $v_3 < v_2 \leq v_1$ e) () $v_3 \leq v_2 \leq v_1$

b) () $v_2 < v_1 < v_3$ d) () $v_1 = v_2 = v_3$

3. As siglas TV, FM e os termos "ondas curtas" e "ondas médias" referem-se às frequências usadas em comunicações no Brasil. Assim sendo, o conjunto das radiações que se encontra em ordem crescente de frequência é:

a) () ondas médias, televisão, raios X, radiação infravermelha

b) () radiação ultravioleta, radiação infravermelha, luz, televisão

c) () FM, radiação infravermelha, luz, raios X

d) () FM, TV, ondas médias, ondas curtas

e) () microondas, luz, radiação ultravioleta, ondas curtas

4. Uma cápsula a caminho da Lua certamente não encontra em sua trajetória:

a) () raios X

b) () raios gama

c) () radiação ultravioleta

d) () microondas

e) () ondas sonoras

— 37 —

Salvando e gravando

Nesta aula você vai conhecer dois processos de armazenamento de informações.

Vivemos num mundo onde a informação assume um papel crucial na vida das pessoas, das empresas e das nações. Acesso à informação, transmissão de informações, armazenamento e geração de informações novas constituem uma grande parte da vida de todos nós. De quantas maneiras se armazenam informações nos dias de hoje?



Estudar, ler um texto ou um manual de um aparelho recém-comprado, assistir a um programa de TV ou uma fita em vídeo ou em cinema, ouvir um programa de rádio, um disco ou um CD, jogar xadrez, seguir uma receita no preparo de um saboroso prato de comida... em todas as atividades que realizamos, o processamento de informações encontra-se presente de um modo mais ou menos explícito. Esse processamento de informações envolve algumas etapas que são básicas: o armazenamento, a transmissão e a recuperação das informações. Vejamos com mais detalhe cada uma dessas etapas.

ARMAZENAMENTO DE INFORMAÇÕES E SUA RECUPERAÇÃO

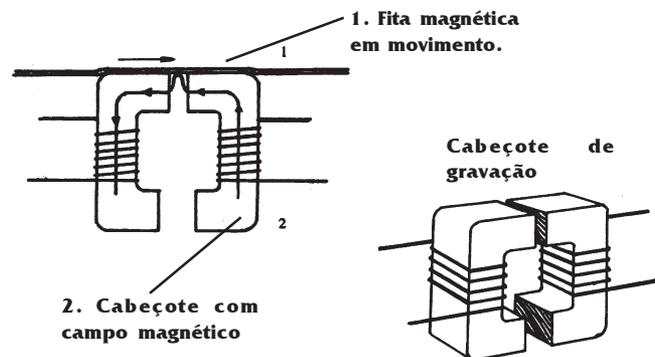
A memória humana é uma maneira natural de registrar e guardar informações. Além disso, os seres humanos utilizam formas inscritas para armazenar informações: desenhos em madeira, barro e pedra, anteriormente; e, depois da escrita, do papel e da imprensa, os livros, revistas, jornais foram as formas encontradas para tornar possível a guarda de informações.



Nos dias de hoje confiamos a guarda de informações em fitas magnéticas na forma de cartões magnéticos e fitas cassetes. Nos dois casos, sobre uma tira de plástico é fixado um material à base de óxido de ferro, na forma de pequenos grãos, formando uma finíssima camada cuja espessura varia de 0,0032 a 0,0127 mm. Esse metal é influenciado pela presença de um campo magnético produzido por um outro objeto, e por isso ele é utilizado para registro e guarda de informações. Esse registro é realizado numa certa seqüência na organização dessas partículas.



No processo de gravação, seja de som, seja de imagem ou de um número ou de uma mensagem, estes são anteriormente transformados em corrente elétrica variável. Essa corrente elétrica é estabelecida numa bobina envolvida por um núcleo de ferro do chamado cabeçote do gravador, conforme ilustra a figura a seguir.



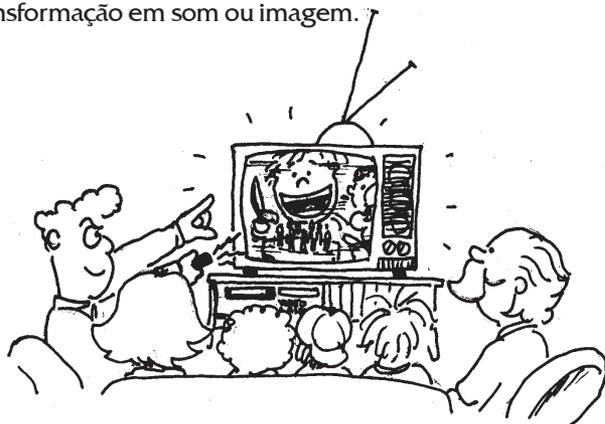
Assim, é criado um campo magnético relativamente intenso na região próxima a ele. É nessa região que uma fita magnética é posta em movimento.

A proximidade entre a fita magnética e o núcleo magnético do cabeçote faz com que o campo magnético criado pela corrente elétrica que representa o som ou a imagem atue intensamente sobre a fita. Isso significa que à medida que a fita magnética se move próxima ao cabeçote ela acaba registrando o campo magnético criado pela corrente elétrica. Como essa corrente nada mais é que o som ou imagens codificados em eletricidade, consegue-se, dessa forma, registrá-los e armazená-los numa fita magnética.



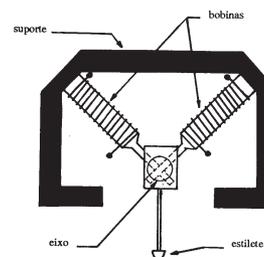
Para reproduzir o que foi gravado, o processo é praticamente inverso ao da gravação: as variações do campo magnético registradas na fita induzem no circuito elétrico do cabeçote uma corrente elétrica variável, de acordo com a lei de Faraday.

Essa corrente elétrica nada mais é do que a corrente que se tinha antes da gravação. A etapa seguinte é a sua transformação em som ou imagem.

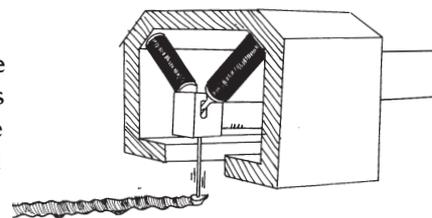


Um outro local onde se pode armazenar informações é no disco de vinil. Antes da fita cassete, o disco de vinil era o modo mais usado para armazenar informações.

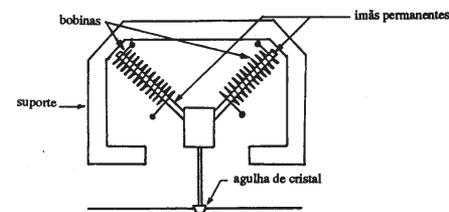
O processo pelo qual se armazenam informações no disco de vinil consiste em imprimir nele ranhuras ou "riscos", cujas formas, tanto em profundidade como abertura, mantêm correspondência com a informação que se deseja armazenar. Essas ranhuras, visíveis no disco a olho nu, são feitas no disco matriz com um estilete no momento da gravação. Esse estilete é movido pela ação da força magnética que age sobre eletroímãs que estão acoplados a ele, conforme indica a figura.



A corrente elétrica que corresponde ao som é estabelecida nesses eletroímãs, e assim eles se magnetizam, conforme prevê a lei de Ampère. Em consequência, o estilete fica sujeito a forças variáveis que o fazem mover de acordo com as variações do som.



Já no processo de leitura das informações, ou seja, quando o disco é posto a tocar, a agulha do aparelho percorre essas ranhuras. Desse modo, os ímãs que estão fixados a ela se movem no interior de duas bobinas, o que origina correntes elétricas nelas, conforme prevê a lei de Faraday. Tais correntes elétricas que surgem nas bobinas variam no mesmo ritmo das alterações gravadas nas ranhuras impressas no disco. A recuperação do som é obtida com o estabelecimento dessa corrente no alto-falante do aparelho.



Veja que a agulha tem aspecto igual ao do estilete de gravação.

Questão: Identifique semelhanças e diferenças nos processos de armazenamento de informações descritos neste texto.

ANALÓGICO OU DIGITAL?

Existem atualmente dois processos pelos quais se podem codificar as informações com o intuito de armazená-las.

Ao descrevermos a transformação do som ou da imagem em corrente elétrica através do microfone e da câmara de TV, a intensidade da corrente elétrica tinha correspondência direta com a intensidade do som ou com a luminosidade de cada região da cena que estava sendo filmada.

Nesses casos, o processamento da informação se dá com uma seqüência contínua de diferentes intensidades de corrente elétrica, que representa fielmente a informação original. Realizado dessa forma, tem-se o processamento analógico das informações. Atualmente ele é empregado nas transmissões de rádio e TV.



Além do processamento analógico de informação, a microeletrônica, através dos computadores e também dos *compact discs* (CD), faz uso de um outro processamento de informações para a sua armazenagem: o digital.

Para ter uma idéia de como se faz esse processamento, vamos partir de uma representação de um trecho de uma onda sonora, transformada em tensão elétrica pelo processo analógico.

Dividindo-se a região delimitada por esse gráfico em pequenos trechos, podemos obter algo semelhante ao formulário usado para brincar de batalha naval, só que em vez de porta-aviões, ou navios teremos quadradinhos "cheios" e outros "vazios" relacionados à informação: há corrente ou corrente nula.

Essas duas únicas possibilidades vão corresponder aos valores 1 e 0 no processamento digital.

A gravação e também a leitura da informação digitalizada consiste em

várias seqüências de 1 ou 0 formados com os

dois únicos valores possíveis: tem ou não.

Cada uma dessas seqüências é

construída a partir de cada trecho no eixo do tempo, conforme está ilustrado.

Assim, por este exemplo de representação temos três seqüências: a de número

1, 2 e 3. A seqüência 1 seria formada pela informações

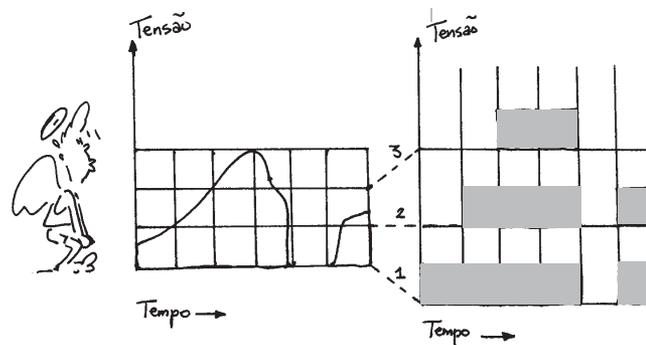
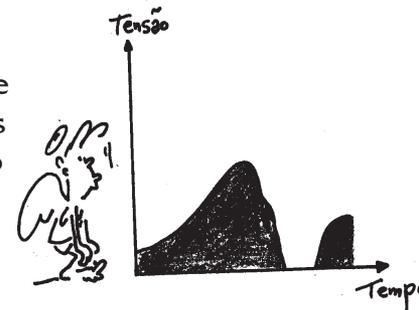
1-1-1-1-0-1. A seqüência 2 seria

0-1-1-1-0-1 e a seqüência 3 seria

0-0-1-1-0-0.

Disquetes, CD's e discos rígidos já utilizam essa forma de armazenagem e

de processamento de informações.

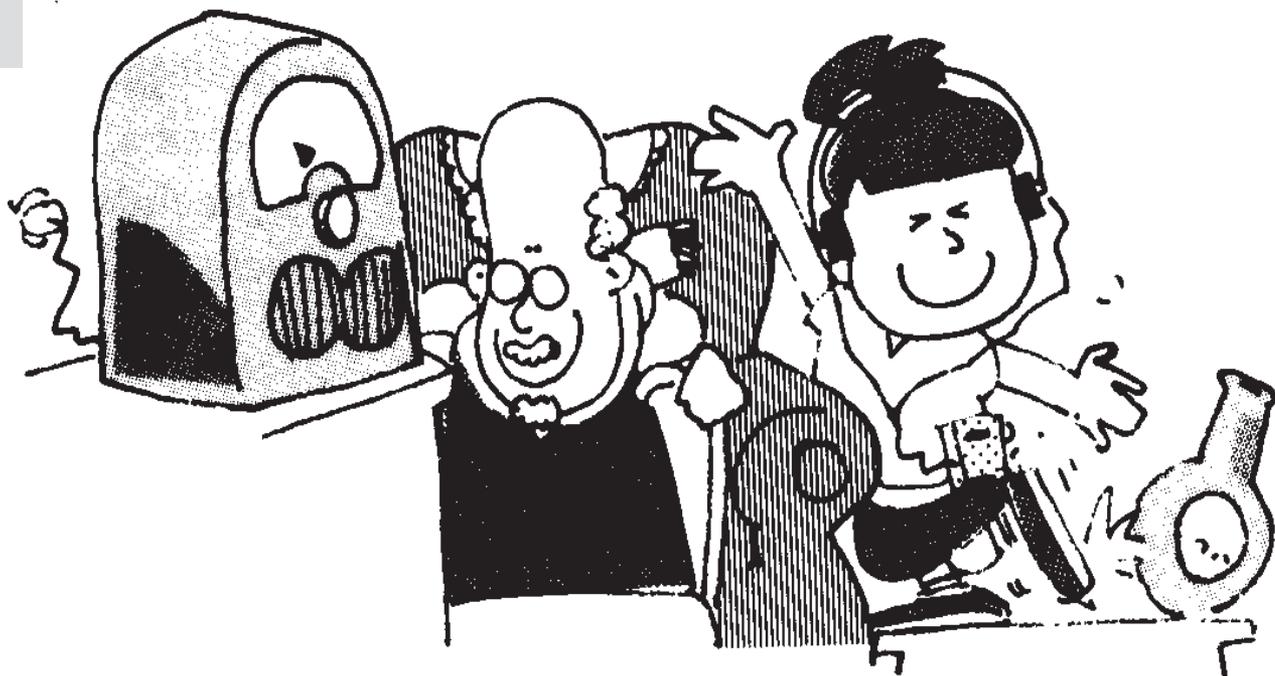


38

Tamanhos são documentos

Nesta aula você vai saber por que o tamanho dos equipamentos eletrônicos vem diminuindo.

Vamos fazer um teste para ver se você conhece as marcas tecnológicas de cada época. Observe com atenção a figura abaixo e responda: de que século e a que década pertencem estes aparelhos elétricos?



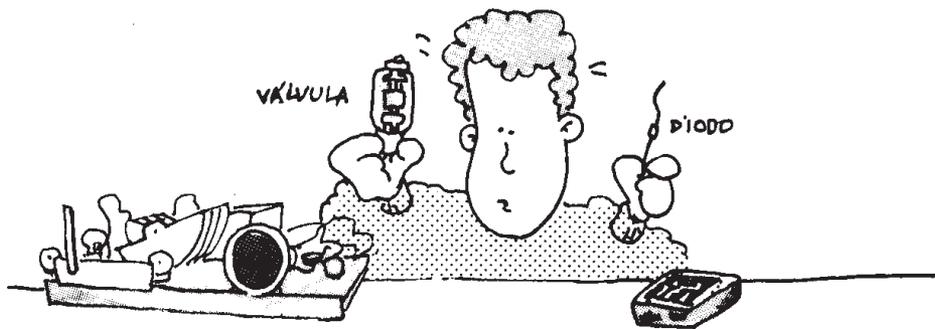
REVIRANDO OS GUARDADOS DOS ANTEPASSADOS

Localize entre seus familiares ou amigos um rádio antigo, provavelmente um guardado pelos avós ou bisavós mas que ainda funcione, e compare com um *walkman* sob os seguintes aspectos:

- a. tamanho e peso**
- b. tempo necessário para entrar em funcionamento**
- c. aquecimento do aparelho**

A diferença entre os dois aparelhos que fazem a mesma coisa é muito grande. O aparelho de rádio antigo é muito mais pesado e maior, leva mais tempo para ligar e aquece se permanece ligado por algum tempo. Uma outra diferença é que o antigo só é ligado na tomada, enquanto o *walkman* funciona a pilhas.

Internamente as diferenças são também enormes. Muitas válvulas e fios de ligação, além de resistores, no rádio antigo. Já no *walkman*, circuito impresso, isto é, placa com trilha de cobre fundido, nenhuma válvula, e, além de resistores, alguns componentes novos, conforme ilustra a figura.



Todas essas alterações foram possíveis a partir da substituição das válvulas, que necessitam de alta tensão para funcionar, além de um certo tempo para que seja aquecido o filamento, lembrando uma lâmpada comum.

Em seu lugar entraram o diodo e o transistor, que são feitos com materiais como germânio e silício. Com a utilização dos circuitos integrados da microeletrônica, o volume pôde ser reduzido de 10 cm^3 , que corresponde ao de uma válvula, para $0,000\,000\,008 \text{ cm}^3$, o volume de um transistor integrado.

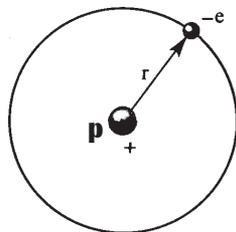
Além disso, a energia necessária para manter esses componentes funcionando também variou significativamente: 100.000 vezes menos energia por segundo, na substituição de uma válvula por um transistor integrado.

O estudo das propriedades elétricas de materiais como o germânio e o silício, que são genericamente denominados de materiais semicondutores, requer uma aproximação com algumas idéias do que se denomina física quântica. Assim, nas páginas a seguir vamos tratar de dois aspectos: localizaremos num primeiro momento as idéias básicas dessa parte da física para, no segundo momento, utilizá-las na construção de um novo modelo de condução elétrica para os materiais.

Bohr e seu novo modelo de átomo

As idéias básicas que permitem a compreensão das propriedades elétricas de materiais como o germânio e o silício têm por base uma representação de átomo elaborada em 1913, e ficou conhecida na física por "átomo de Bohr", em homenagem ao físico que a elaborou.

Segundo essa representação, o átomo é formado de duas regiões: uma no centro, chamada núcleo, onde estão os prótons e os nêutrons, e uma outra chamada eletrosfera, onde estão os elétrons. A figura ao lado é uma representação do átomo de hidrogênio, segundo o modelo de Bohr.



Na eletrosfera, os elétrons se movem tão rapidamente ao redor do núcleo, em suas órbitas, que formam uma espécie de nuvem, mas há algumas regiões onde existe maior chance de encontrá-los que em outras, ou seja, as órbitas permitidas ao elétron não podem ser quaisquer.

As órbitas podem conter um certo número de elétrons, correspondendo cada uma delas a um valor de energia que depende da sua distância em relação ao núcleo do átomo.

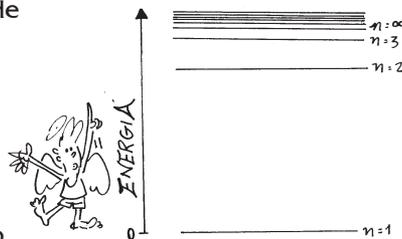
De acordo com Bohr, que estudou detalhadamente o átomo de hidrogênio, quando o seu único elétron encontra-se na órbita mais próxima do núcleo, ele tem o seu menor valor de energia. Nesta situação, o átomo está no seu **estado fundamental**.

Ainda segundo Bohr, esse elétron pode mudar para uma órbita mais afastada do núcleo de seu átomo se receber uma certa quantidade de energia que corresponde a um valor bem determinado: a diferença entre os valores das energias associadas a cada uma das órbitas (a final e a inicial).

Quando isso ocorre, o átomo deixa o estado fundamental e passa para o chamado **estado excitado**. Esse estado, entretanto, é transitório, a menos que o átomo receba continuamente energia. Caso contrário, o elétron retorna espontaneamente à órbita inicial. Ao fazê-lo, ele emite a mesma quantidade de energia absorvida anteriormente, voltando ao estado fundamental. Em ambos os casos, dizemos que houve um **salto quântico de energia**.

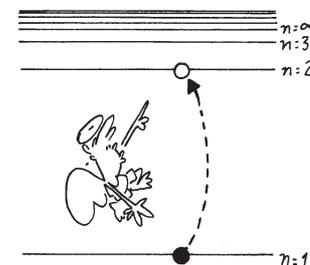
Em função das diferentes órbitas que o elétron pode ter, pode-se fazer um mapeamento das suas possibilidades, levando em conta os valores das energias correspondentes.

Para o átomo de hidrogênio, o diagrama dos níveis de energia possíveis para o seu elétron está indicado ao lado.

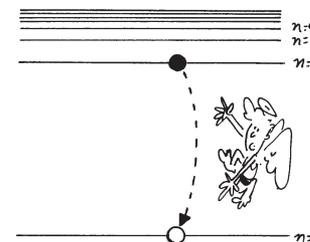


De acordo com este diagrama, quando o elétron encontra-se no nível energético 1, ele está no estado fundamental. Fora dele, o átomo está no estado excitado. Para separar o elétron do átomo, isto é, ionizá-lo, o elétron deve receber $21,7 \cdot 10^{-19}$ J de energia.

Elétron mudando ao nível mais externo

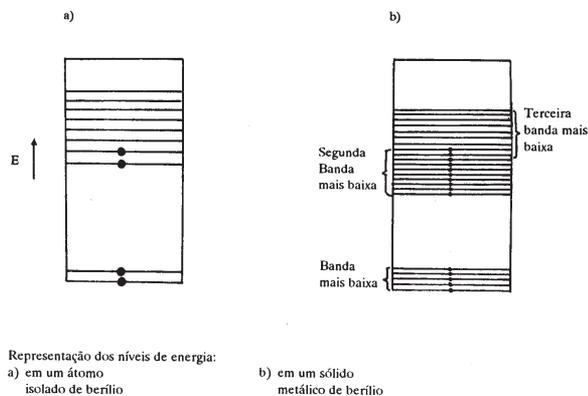


Elétron voltando ao nível fundamental



Reclassificação dos materiais do ponto de vista da condutividade elétrica

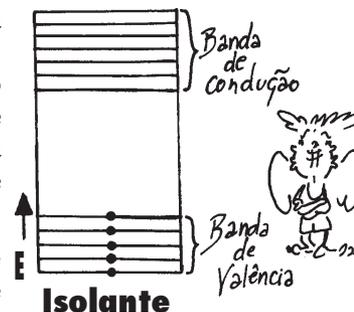
Podemos fazer uma classificação dos materiais quanto a sua condutividade elétrica tomando por base os níveis de energia que os seus elétrons podem ter. Neles, a proximidade dos átomos faz com que haja um aumento do número de níveis de energia possíveis para os seus elétrons, conforme indica a figura a seguir.



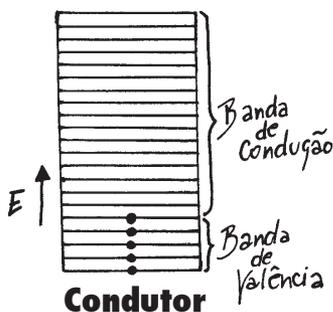
Nesta representação, cada linha horizontal representa um nível de energia possível para o elétron. E a linha com uma bolinha representa a existência de um elétron nesse nível assinalado.

A caracterização dos materiais como isolantes ou condutores elétricos vai depender da diferença de energia entre os níveis que os elétrons podem vir a ocupar, que se denomina banda de condução, e os valores dos últimos níveis já ocupados por eles, a chamada banda de valência.

Um material isolante tem uma grande barreira energética que separa a banda de valência da banda de condução. Assim, a passagem dos elétrons para a banda de condução requer grande quantidade de energia, sendo justamente isso o que caracteriza o material como isolante. Sua representação, em termos de níveis de energia, é caracterizada conforme a ilustração ao lado.



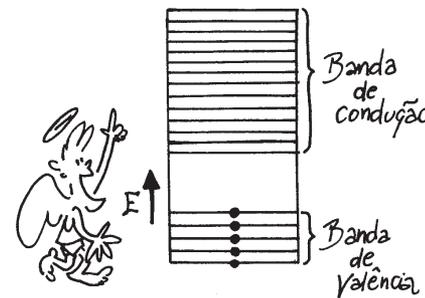
Um material condutor, ao contrário, tem sua banda de condução elétrica em continuidade com a banda de valência. Desse modo, pequena quantidade de energia é



suficiente para que seus elétrons passem para os níveis de energia mais afastados. Por isso, esses materiais são caracterizados como condutores elétricos.

Há uma outra distribuição dos níveis de energia onde a banda de condução e a de valência estão separadas por uma diferença de energia menor que a dos isolantes. Neste caso, com uma certa energia, os elétrons passam para a banda de condução, tornando o material um condutor elétrico. Tal comportamento caracteriza os materiais semicondutores. Germânio e silício são exemplos de materiais que apresentam esse comportamento. Para eles, a energia necessária para torná-los condutores elétricos pode ser obtida com a elevação de temperatura, incidência de luz, aumento de pressão, dentre outros processos.

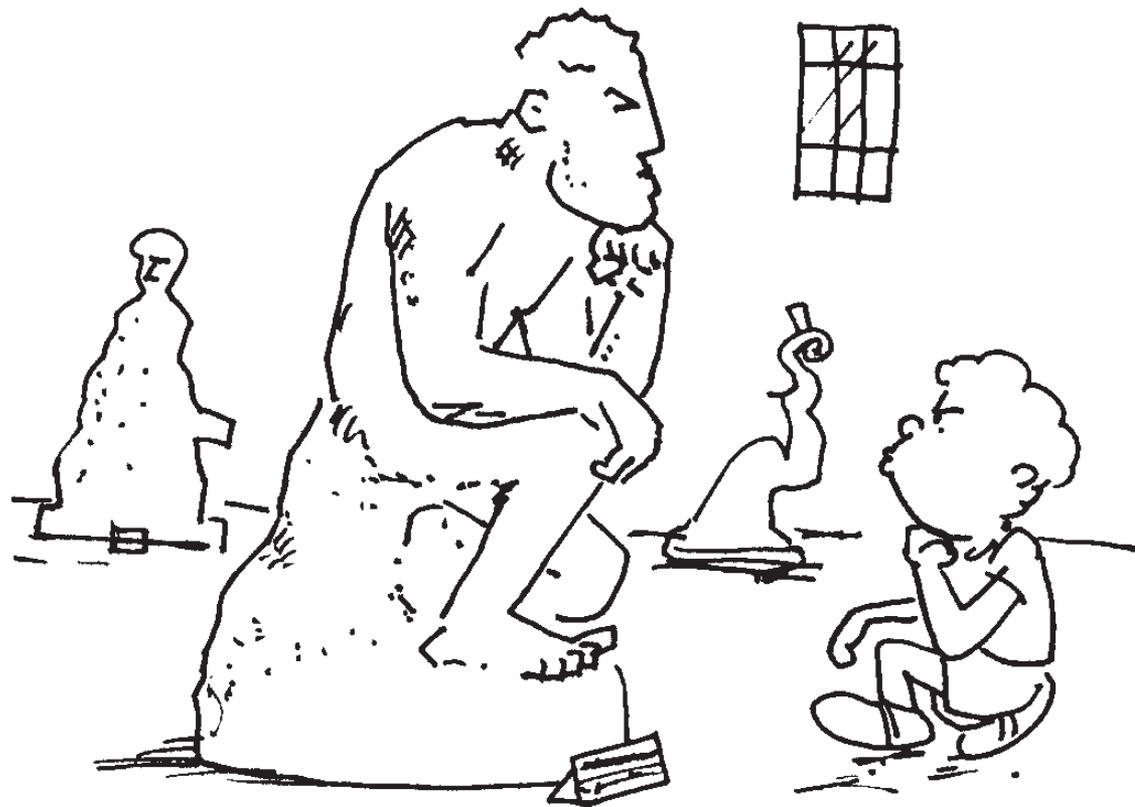
Semicondutor



— 39 —

Partículas e interações

Para terminar, você vai conhecer um pouco de como os físicos imaginam a constituição da matéria.



Ao longo de seu contato com a Física procuramos mostrar que ela pode ser um poderoso instrumento para a compreensão de vários aspectos do mundo natural e tecnológico, com o qual convivemos. Para finalizar este nosso contato com você, preparamos esta leitura, visando uma aproximação com aquilo que hoje os físicos entendem ser as suas ferramentas mais importantes para a compreensão do mundo material: as partículas que o constituem e suas interações básicas.

Do que é formada a matéria e como estão organizadas as partículas que a formam?

Esta é uma questão que já foi respondida de várias maneiras ao longo da história da humanidade. Vejamos algumas delas.

séc. 4 a.C.

Demócrito, um filósofo grego, propõe que a matéria é formada de um conjunto de partículas indivisíveis. Chamou-as de átomo, que significa exatamente isso: não divisível.

séc. XIX

1808: J. Dalton afirmou que as diferentes substâncias seriam formadas de diferentes átomos.

1897: J. J. Thomson descobriu uma partícula atômica e quebrou o átomo! E ainda criou um modelo para o átomo: este seria formado de elétrons e outras partículas de cargas positivas.

séc. XX

1911: E. Rutherford fez uma célebre experiência e propôs um novo modelo de átomo: existe um núcleo, formado de cargas positivas, onde a massa do átomo está quase toda concentrada. Os elétrons estão fora do núcleo, girando em torno dele.

1913: N. Bohr aprimorou o modelo de Rutherford: os elétrons giram ao redor do núcleo em órbitas definidas.

1932: J. Chadwick fez a suposição de uma nova partícula no núcleo do átomo: os nêutrons. Acertou na mosca!

1960: M. Gell-Mann propôs que prótons e nêutrons são formadas de outras 3 partículas: os quarks. Gol de placa!

Interações entre partículas

Além da idéia de que toda a matéria pode ser descrita como formada das mesmas coisas - as partículas elementares - os físicos também acreditam que elas são capazes de interagir. É pelos diferentes tipos de interação entre as partículas que se explicam as formações de aglomerados de matéria que formam as coisas que nós conhecemos e com que lidamos. Vejamos:

a. interação gravitacional

É a responsável pelos grandes aglomerados de partículas elementares. Tem natureza atrativa, desempenhando papel fundamental na formação de estrelas, galáxias e planetas, na permanência de nossa atmosfera e dos satélites em órbita da Terra...



b. interação eletromagnética

Este tipo de interação explica a ligação entre os elétrons e seus respectivos núcleos atômicos e também a união entre os átomos para formar moléculas. Ela é também responsável pela emissão de luz quando os átomos passam de um estado excitado para o estado fundamental, conforme ilustra o esquema:

átomo excitado = átomo no estado fundamental + radiação eletromagnética

c. interação forte

É a responsável pela manutenção ou coesão do núcleo atômico, apesar da repulsão elétrica entre os prótons. Sua natureza é atrativa, exercendo-se entre os prótons e os nêutrons, de modo que sua intensidade predomina quando está presente, embora sua atuação seja percebida somente no núcleo do átomo.

Os físicos também admitiram uma outra interação, que recebeu o nome de interação fraca, responsável pela emissão de partículas beta. Hoje eles consideram que essa interação está relacionada com a eletromagnética.

interações e forças

As interações forte, eletromagnética e gravitacional também podem ser expressas em termos de forças: nuclear, eletromagnética (elétrica e magnética) e gravitacional, respectivamente.

Leis de conservação

Uma outra idéia muito importante que caracteriza o modo como os físicos "enxergam" a natureza reside no fato de que apesar das modificações que são observadas no mundo natural, algumas quantidades físicas se mantêm constantes, desde que não haja influência externa: são as chamadas **leis da conservação**.

Algumas delas, que foram discutidas ao longo dos três volumes desta coleção, são:

- a. a conservação da quantidade de movimento (na translação e na rotação);
- b. a conservação da energia;
- c. a conservação da carga elétrica.

Essa história de partículas elementares não acabou por aí. Até hoje já foram detectadas a existência de aproximadamente 200 partículas. A maior parte delas existe por um tempo muito curto (da ordem de 0,000 001 a 0,000 000 000 000 000 000 1 segundo).

exercitando...

1. Qual a principal diferença entre o modelo atômico de Thomson e Rutherford?
2. a. Quantos tipos de força os físicos admitem como existentes na natureza?
b. Que partículas participam dessas forças?

3. Por meio de uma seta, faça a correspondência entre as linhas das colunas a seguir:
 - a. interação forte
 - b. interação eletromagnética
 - c. interação gravitacional
 1. atrativa ou repulsiva
 2. explica o sistema solar
 3. curtíssimo raio de ação

fim?

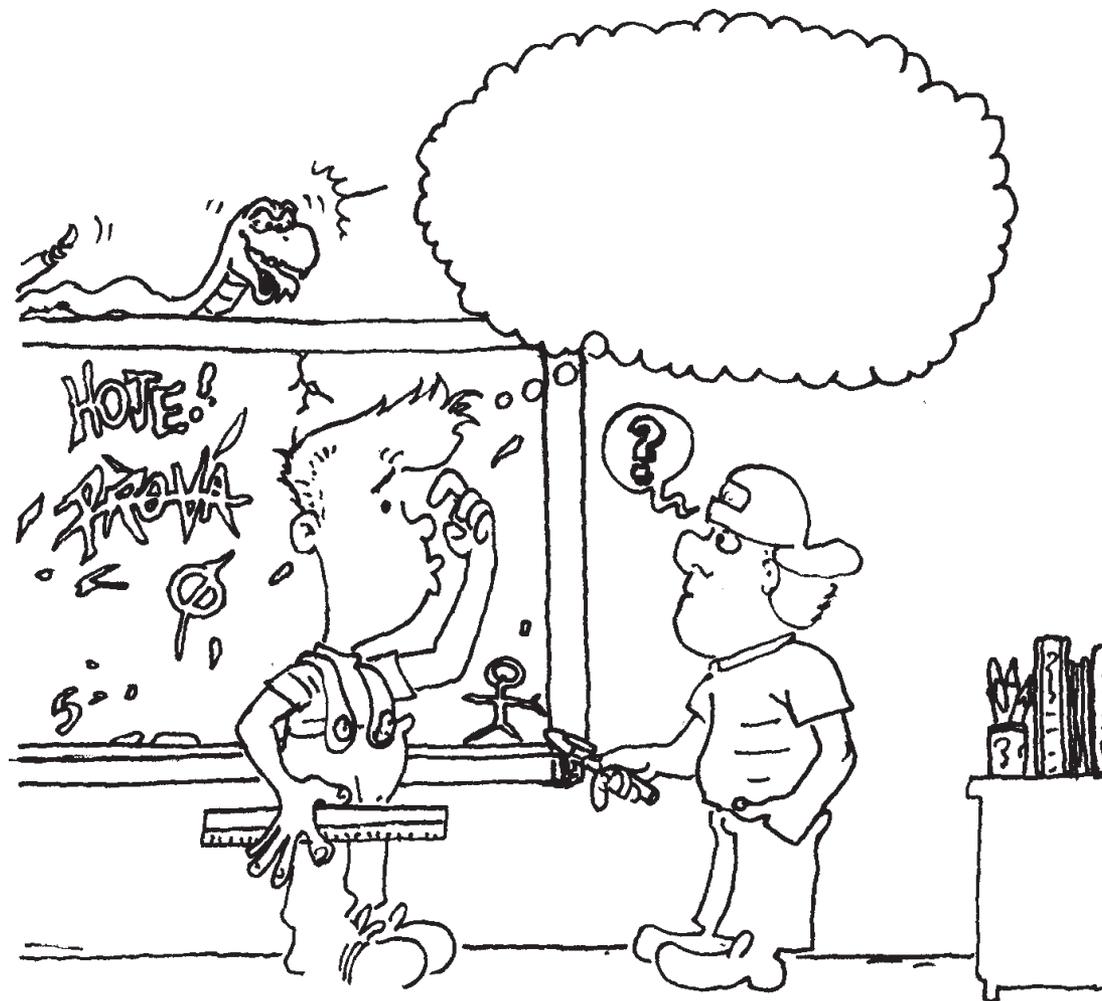
—40—

Exercícios

Você vai rever o que foi discutido nas aulas anteriores fazendo e pensando as questões propostas.

EXEXEXEXEXERCÍCIOS

(Som, imagem e comunicação)



40 Exercícios: som, imagem e comunicação

1. Qual o intervalo de frequências que o ouvido humano pode "perceber"?

2. Qual a ordem de grandeza da frequência das ondas que os rádios utilizam para enviar ao espaço as suas informações?

3. Por que a corrente elétrica gerada nos microfones é considerada de baixa frequência?

4. Como podemos interpretar as interferências no funcionamento do aparelho receptor (rádio)?

5. Que tipo de associação há entre o ajuste do botão de sintonia e o circuito elétrico do rádio?

6. Um rádio pode funcionar sem estar ligado a uma fonte de energia (tomada ou pilha)? Então qual a função desses tipos de fonte de energia elétrica?

7. As emissoras de rádio lançam no espaço ondas eletromagnéticas com frequências específicas. As antenas dos receptores captam essas ondas ao mesmo tempo? Explique.



8. A sintonização de uma emissora de rádio ou de TV é feita selecionando-se a frequência da emissora de rádio e o canal da TV. Por que, às vezes, um aparelho de TV "pega" também uma outra estação?



9. Quais as principais transformações de energia que ocorrem num aparelho de rádio em funcionamento? E num aparelho de TV?

10. Os circuitos oscilantes possibilitam a obtenção de correntes elétricas de alta frequência. Que papel elas desempenham na transmissão de informações entre as emissoras e os teleouvintes?

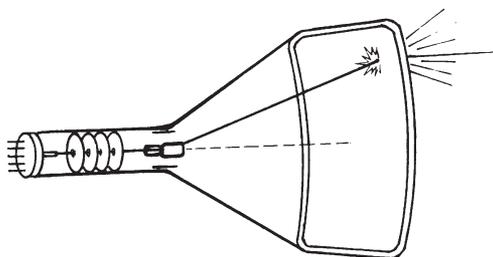
11. A sintonização de uma emissora por um aparelho de rádio significa que houve seleção de uma onda eletromagnética.

a) Discuta o que acontece quando as oscilações da onda eletromagnética transmitida pela emissora não têm a mesma frequência que a do circuito oscilante do rádio e a situação em que essas frequências coincidem.

b) Por que o som de um rádio é perturbado por ruídos durante uma tempestade em que ocorrem relâmpagos?

12. As emissoras de rádio lançam ao espaço ondas eletromagnéticas moduladas. O que significa modular uma onda de alta frequência para se obter uma onda de rádio?

13. Qual a função do canhão eletrônico nas câmaras de TV? Identifique, nas transmissões de rádio, o que desempenha função análoga. Que transformações de energia ocorrem em cada um deles?



14. Por que as antenas são colocadas geralmente nos pontos mais altos de uma região?



15. O que acontece se colocarmos um ímã sobre uma fita magnética? E sobre um disco?

16. Qual é o comprimento de onda eletromagnética correspondente à frequência de 50 Hz de uma linha de alta tensão?

17. O comprimento de onda transmitido por uma estação retransmissora é de 300 m. Calcule a frequência da onda emitida.

18. O texto a seguir foi retirado de um livro de Física:

"O corpo humano, que apresenta uma temperatura média de 37°C, também emite radiações infravermelhas, cujo comprimento de onda encontra-se próximo ao valor 10^5 metros."

19. Considerando a velocidade de propagação próxima à da luz ($3 \cdot 10^8$ m/s), qual a frequência da radiação emitida pelo corpo humano?

20. Calcule os comprimentos de onda das ondas eletromagnéticas de frequência $f_1 = 6 \cdot 10^{14}$ Hz e $f_2 = 4 \cdot 10^6$ Hz.

21. Uma estação de rádio emite ondas eletromagnéticas com frequência 8 megahertz. O comprimento das ondas emitidas é de:

a) () 32,5 m c) () 37,5 m e) () 52,6 m

b) () 35,7 m d) () 45,0 m

22. Uma pessoa tenta escutar um noticiário em um radinho de pilha nas seguintes condições: muito vento, com ameaça de chuva com relâmpagos cortando o céu.

Discuta as várias hipóteses que podem explicar o fato de que para escutar alguma coisa o radinho tinha de ser colocado colado ao ouvido.

teste seu vestibular

1. Não é radiação eletromagnética:

- a) () infravermelho d) () onda de rádio
b) () ultravioleta c) () ultra-som
c) () luz visível

2. Uma cápsula a caminho da Lua não encontra, certamente, em sua trajetória:

- a) () raios X d) () microonda
b) () raios γ e) () ondas sonoras
c) () radiação ultravioleta

3. No ar, sob condições normais de temperatura e pressão, uma fonte sonora emite um som cujo comprimento de onda é de 25 cm. Supondo que a velocidade de propagação do som no ar é de 340 m/s, a frequência do som emitido será de:

- a) () 1,36 kHz c) () 2,72 kHz e) () 3,40 kHz
b) () 1,60 kHz d) () 3,20 kHz

4. O ouvido humano consegue escutar sons desde aproximadamente 20 Hz até 20.000 Hz. Considerando que o som se propaga no ar com velocidade de 330 m/s, que intervalo de comprimento de onda é detectável pelo ouvido humano?

- a) () De 16,5 m a 15,5 mm d) () De 8,25 m a 8,25 mm
b) () De 165 m a 165 mm e) () De 20 m a 20 mm
c) () De 82,5 m a 82,5 mm

5. Considere estas afirmações:

I. A velocidade de propagação da luz é a mesma em todos os meios.

II. As microondas usadas em telecomunicações para transportar sinais de TV e telefonia são ondas eletromagnéticas.

III. Ondas eletromagnéticas são ondas do tipo longitudinal.

Quais delas estão corretas?

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

6. Sejam v_1 , v_2 e v_3 as velocidades de propagação no vácuo das radiações gama, infravermelha e luminosa. Temos então:

- a) () $v_1 < v_2 < v_3$ d) () $v_1 = v_2 = v_3$
b) () $v_2 < v_1 < v_3$ e) () $v_3 < v_1 < v_2$
c) () $v_3 < v_2 < v_1$

7. Em uma região do espaço existem campos elétricos e magnéticos variando com o tempo. Nessas condições, pode-se dizer que, nessa região:

- a) () existem necessariamente cargas elétricas
b) () quando o campo elétrico varia, cargas induzidas de mesmo valor absoluto, mas de sinais contrários, são criadas
c) () à variação do campo elétrico corresponde o aparecimento de um campo magnético
d) () a variação do campo magnético só pode ser possível pela presença de ímãs móveis
e) () o campo magnético variável pode atuar sobre uma carga em repouso, de modo a movimentá-la, independentemente da ação do campo elétrico.