

Aula 6

O PROJETO PEF E O EFEITO *JOULE*

META

Fazer com que o estudante comece a pensar no ensino de ciências como algo “orgânico” que está em profunda transformação.

Fazer com que os alunos percebam através de um texto básico complementado com atividades lúdicas, *applets* de ensino, vídeos, e com materiais de baixo custo que o conceito da conservação da energia e o efeito *Joule*, em particular, podem ser apreendidos de forma simples e divertida.

Analisar dois textos sobre o tema “efeito *Joule*” de modo que o aluno possa analisar como o projeto PEF (Projeto de Ensino de Física) apresentava este conceito e como um livro didático apresenta este tema.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá: estar ciente das novas possibilidades e dos desafios que envolvem o ensino de ciências em geral.

Ter compreendido que as ciências naturais estão baseadas na experimentação e que esta é feita de ensaios, experiências e medidas levando a compreensão e matematização dos conceitos físicos (naturais em geral).

PRÉ-REQUISITOS

Os alunos deverão ter cursado as disciplinas Psicologia da Educação, Física A e B.

Vera Lucia Mello

INTRODUÇÃO

Na disciplina de Instrumentação I fizemos uma apresentação resumida dos projetos de ensino de Física, porém, não analisamos nenhum texto em particular. Neste curso de Instrumentação III, vamos comparar um tópico do curso do eletromagnetismo tirado de um livro texto, no nosso caso do Ramalho 6ª edição, e vamos comparar com o mesmo tópico de um projeto de ensino em particular. Nesse aula, iniciaremos com a apresentação o capítulo do efeito *Joule* do projeto PEF.

HISTÓRIA DO PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA

O PEF teve seu início com a necessidade de readaptação do ensino devido a Lei 5692/1971 (que reestruturou o ensino de 1º e 2º graus). Por conta dessa lei foi lançado o Projeto Nacional para a Melhoria do Ensino de Ciências.

Durante a realização do primeiro SNEF (Simpósio Nacional de Ensino de Física), muitos professores e pesquisadores na área do ensino de Física demonstraram insatisfação com a utilização do material do PSSC.

Com isso, eles iniciaram o processo de criação de um material para o ensino de Física nacional. Após algumas tentativas desastrosas, obtiveram verbas do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, e foi criado o PEF.

O que estava ocorrendo? Na década de 60 e 70, ainda havia uma disputa entre os EUA e a antiga União Soviética para saber qual era o melhor sistema de governo. Os dois países se digladiavam em uma corrida armamentista e aero espacial. Nesse contexto histórico, ilustrado pelo texto abaixo, surgiram os grandes projetos de ensino. O PEF surgiu na década de 70 no Brasil embalado por estas grandes reformas.

Referindo-se ao período, escreve Jenkins: “a Segunda Guerra Mundial foi para o ensino de Ciências, assim como para o resto, um divisor de águas”.

Um marco invocado para datar o início do processo foi o progresso científico soviético, evidenciado pelo lançamento do Sputnik, em 1957.

Durante essa fase, chamada por Hurd de “período de crise no ensino de Ciências”, surgiram os embriões dos grandes projetos curriculares. Estes alteraram os programas das disciplinas científicas nos Estados Unidos e, posteriormente, tais unificações ocorreram também em países europeus, bem como em outras regiões influenciadas por essas tradicionais metrópoles culturais. (E.W.Jenkins, *From Armstrong to Nuffield*. Londres, John Murray, 1979, p. 97)

Fruto destas disputas, no Brasil, por ele estar aliado aos países do eixo capitalista, o Estados Unidos da América concretizou sua intervenção externa através do MEC-USAID (Ministério da Educação e *United States Agency for International Development*) em 1964, que foi na realidade, um grupo de acordos entre o governo americano e o governo brasileiro, no âmbito educacional, em síntese, este acordo fez uma espécie de importação dos projetos educacionais elaborados por pesquisadores americanos, não por imposição, mas também por vontades de professores brasileiros que interessaram-se por alguns projetos que estavam sendo desenvolvidos nos Estados Unidos.

SITUAÇÃO SÓCIO-POLÍTICA

Pós-Guerra: O mundo estava vivendo ainda um clima de Pós-Guerra. A pesar da Segunda Guerra Mundial ter terminado em 1945, os EUA e a União Soviética continuavam sustentando pequenas guerras ao redor do mundo. A principal era a do Vietnã. Nessa época os EUA e a União Soviética estavam disputando quem fazia o maior número de mísseis e armas nucleares.

Luta Contra Ditaduras: Estávamos vivendo o problema da expansão do comunismo pelo mundo e a manutenção dos regimes ditatoriais pelo EUA. Os regimes ditatoriais eram eminentemente militares e no Brasil começou um grande programa de desenvolvimento. Nessa época houve um grande desenvolvimento da indústria militar brasileira: Embraer, ITA, Engesa, e a criação do Instituto de Pesquisa de Energia Nuclear (IPEN). A marinha brasileira começou a fazer pesquisa sobre reatores nucleares para equipar navios de guerra, propulsão nuclear, e se diz que o Brasil estava desenvolvendo um projeto de bomba nuclear.

Industrialização: Na década de 60 o presidente Juscelino Kubistchek (JK) começou a instalação do parque industrial das montadoras de *automóvel* no Brasil. Criou a Indústria Nacional de Motores (FNM) e começou um programa de criação de autoestrada pelo Brasil. Na década de 70 vivíamos um período conhecido como o “milagre brasileiro” onde foi criada a Petrobrás e outras grandes empresas. Nessa época, para sustentar o crescimento nacional, foram criadas várias usinas hidroelétricas e portos pelo Brasil.

Curso Ginásial Propedêutico: nessa época os cursos ginásiais (fundamental) e do antigo colegial (ensino médio) eram, como denominados atualmente “verbalistas”, carregados com muita literatura e o ensino de latim era mais importante que o de ciências. Como podemos ver no texto abaixo:

Uma das mudanças pretendidas era substituir os chamados métodos tradicionais por uma metodologia ativa. Aqueles configuravam o ensino verbalista, centrado no uso de livros-texto e na palavra do professor, cuja principal função era a transmissão de informações

que deveriam ser memorizadas e repetidas. Já nessa época, um dos grandes objetivos visados foi o de proporcionar maior liberdade e autonomia ao aluno para participar ativamente do processo de aquisição de conhecimentos.

O ensino de Ciências era, como hoje, teórico, livresco, memorístico, estimulando a passividade. As modificações reclamadas centravam-se em alguns pontos básicos:

A expansão do conhecimento científico, ocorrida durante a guerra, não tinha sido incorporada pelos currículos escolares. Grandes descobertas nas áreas de Física, Química e Biologia permaneciam distantes dos alunos das escolas primária e média que, nas classes, aprendiam muitas informações já obsoletas. A inclusão, no currículo, do que havia de mais moderno na Ciência, para melhorar a qualidade do ensino ministrado a estudantes que ingressariam nas Universidades, tornara-se urgente, pois possibilitaria a formação de profissionais capazes de contribuir para o desenvolvimento industrial científico e tecnológico. A finalidade básica da renovação era, portanto, formar uma elite que deveria ser melhor instruída a partir dos primeiros passos de sua escolarização. (Notas para a História da Educação – Manifesto dos Pioneiros da Educação”. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, INEP, 108(34), junho-setembro/1960)

Nessa época tínhamos um grande impasse. Formar grandes intelectuais com grande cabedal de informações e literatura ou formar profissionais para a indústria. Isto é, devemos ter cursos extensos e com muita literatura ou devemos ter cursos mais enxutos com somente o necessário para o cidadão exercer suas atividades profissionais.

Baseado nesse impasse, o regime militar decretou a Lei 5.692/71, que visava entre outras coisas introduzir o ensino profissionalizante.

Nessa época se instaurou o ensino profissionalizante com o único intuito de formar o trabalhador para a industrialização do país. Esses métodos de ensino estavam baseados na filosofia behaviorista e o estudo dirigido foi introduzido no Brasil.

Nessa época começou a degradação da escola pública que culminou com a rebelião das escolas particulares. Com a instalação do parque industrial brasileiro, surgiram as grandes escolas de engenharia (FEI e Mauá), e começamos a ver o aparecimento dos cursinhos pré-vestibulares.

Que tipo de formação? Nessa época começou a formação de professores e trabalhadores a partir do estudo dirigido. Isto é, os livros textos traziam um resumo da teoria e a avaliação (treinamento) era feita através de testes. Tínhamos o estudo dirigido. Atrás dessa filosofia de ensino estava a concepção de que trabalhador é a mesma coisa que a massificação do ensino. Daí resultou em uma má formação dos professores e conseqüentemente da população em geral.

Mas, fazer ciências ou formar cientistas requer capacidade de pensar

crítica e logicamente. Daí surgiu uma rebelião da comunidade científica que resultou no PREMEN (Programa de Expansão e Melhoria do Ensino - 1972).

SURGIMENTO E CARACTERÍSTICAS DO PEF

Depois de decretada a lei 5692/71, a qual implantou o ensino primário e secundário criando bases e diretrizes para o mesmo programa, foram sendo criados com a intenção de readequar a antiga grade curricular com as novas diretrizes impostas pela lei 5692/71. Um desses programas criados foi o Programa Nacional para a Melhoria do Ensino de Ciências, o qual foi responsável por fomentar ideias de novos projetos que já estariam sendo desenvolvidas muito antes da implantação da nova lei, tendo em vista o grande descontentamento de educadores para com os projetos implantados pelos convênios gerados pelo MEC-USAID. Isto ficou claro durante a realização do 1º Simpósio Nacional de Ensino de Física (ISNEF) da SBF (Sociedade Brasileira de Física), realizado em 1970 em São Paulo, que teve, dentre as diversas moções aprovadas, uma que solicitava que fossem concedidas verbas para a implantação de projetos brasileiros de elaboração de textos e material de ensino de Física.

Já, em 1969 um grupo de professores coordenados pelos professores Ernest W. Hambúrguer e Giorgio Moscati, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, estavam se reunindo para discutir e planejar o desenvolvimento de textos e materiais de ensino de Física para o segundo grau, tendo elaborado um “Projeto Inicial” que após algumas tentativas fracassadas, obteve recursos do Instituto de Física da USP para o seu desenvolvimento dando origem ao PEF. De acordo com relatos de professores que participaram do PEF, o projeto ganhou apoio e credibilidade, graças ao prestígio de seu idealizador o Professor Ernest W. Hambúrguer, o qual era pesquisador da área de Física nuclear e possuía um grande renome entre a comunidade científica.

PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA (PEF)

Tal projeto tinha dentre alguns de seus objetivos principais proporcionar aos alunos e professores materiais didáticos de qualidade e adequados à realidade brasileira, assim como, preparar os professores para o exercício de suas funções na perspectiva da legislação vigente criando condições para a elaboração de material por professores e universidades brasileiras.

De acordo com os dados constantes no Guia do Professor (1980), na sua versão final, o PEF constituiu-se de quatro conjuntos de textos e materiais experimentais (Mecânica 1 e 2, Eletricidade e Eletromagnetismo) e de um Guia do Professor, destinados ao ensino do segundo grau

(denominação da época para o Ensino Médio), tendo sido elaborado no Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP) mediante convênios com a FENAME (Fundação Nacional de Material Escolar) e o PREMEN, tendo como coordenadores os profs. Ernest W. Hamburger e Giorgio Moscati e envolvendo uma equipe de cerca de trinta pessoas, que incluiu professores universitários e secundários de Física, pesquisadores em Física, programadores visuais, redatores, fotógrafos, entre outros. Na sua apresentação, o Guia do Professor esclarecia que os direitos autorais do PEF tinham sido cedidos à FENAME, do Ministério da Educação e Cultura (MEC), que ficou responsável pela publicação e distribuição dos fascículos e do Guia do Professor, bem como pela produção e distribuição dos conjuntos experimentais.

Os textos foram publicados em fascículos, cada um deles correspondendo a um capítulo e que eram compostos, em geral, por um texto principal, por exercícios de aplicação, por um texto optativo e por uma leitura suplementar, estes últimos previstos para aquelas classes que dispusessem de um número maior de aulas semanais ou para atender a alunos mais interessados.

- Esse material didático estaria baseado em:
 - História da Ciência
 - Experimentação
 - Construção do conhecimento
 - Questões de reforço para cada tópico
 - Exercícios complementares

Segundo os próprios autores:

Este é um curso no qual você terá participação ativa. Isto porque ele não é um texto pronto, que você só precisa ler e aceitar o que está escrito; muito ao contrário, para seguir o curso você deverá completar o texto, escrevendo as respostas às questões e resultados de experiências.

Entretanto, o curso se inicia com uma apresentação do modelo atômico da matéria, modelo este que não admite comprovação experimental direta em classe. Você deverá se familiarizar com esse modelo, cuja utilidade só se tornará mais evidente à medida em que você avançar no curso.

Dessa maneira, a parte experimental dos dois primeiros capítulos é muito reduzida, mas seu conteúdo é extremamente importante para a compreensão dos assuntos abordados nos capítulos seguintes; a partir do Capítulo 3, a situação se inverte: a quantidade de informações se torna pequena em comparação com o número de experiências que se deve realizar. (Projeto de Ensino de Física, Cargas e Estrutura da Matéria, vol. Eletricidade, fascículo 1, p. 1-1)

O PEF apesar de se auto intitular como sendo um material para alunos que não mais utilizariam a Física em sua vida acadêmica ou profissional, preocupou-se em inserir no aprendizado do aluno do segundo grau conceitos de Física moderna como a relatividade e também assuntos, como astronomia, que poderiam motivar o aluno a interessar-se sobre a Física, assim como outras abordagens práticas-científicas que eram explanados em partes suplementares ao texto principal.

DIDÁTICA DO PEF

O PEF utilizou-se de técnicas pedagógicas modernas, onde o aluno participava ativamente no aprendizado, deixando para trás as aulas totalmente expositivas.

Com relação aos textos podemos dizer que eles eram apresentados de forma auto-explicativa e a maior parte deles expunham os conceitos da Física de forma conceitual sem muitas fórmulas, porém bem exemplificados por fotos comuns e estroboscópicas, ou seja, havia um bom uso de recursos gráficos para melhor entendimento por parte dos alunos.

O leitor era convidado a raciocinar usando as concepções obtidas através de questões, as quais eram intercaladas com o texto conceitual. Havia uma preocupação com que o aluno não absorvesse tacitamente o assunto, a qual ficava claro na parte de apresentação dos volumes onde foi dedicado um texto ao estudante, fornecendo uma metodologia para o melhor aproveitamento do curso.

No que se refere aos experimentos, eles também apareciam durante o decorrer dos textos. Com uma simples leitura e com o material do experimento em mãos o aluno era capaz de fazê-lo sem maiores dificuldades. As questões referentes ao experimento induziam o aluno a realizar uma observação detalhada.

Como o projeto foi realizado para que o aluno interagisse em sala de aula ele exigia um certo esforço deste, pois sem a leitura de todo o texto seria impossível de realizar os experimentos. O próprio Guia do Professor expõe que ler o texto, responder as questões, resolver exercícios, realizar experimentos, efetuar discussões com colegas e professor são atividades principais que o aluno exerce durante a aula.

Em contra partida ao esforço do aluno entrava o papel do professor, que segundo afirmam os autores do projeto deveria ser de forma ativa, auxiliando, coordenando, estimulando o raciocínio para que os alunos se auto-esclarecessem suas dúvidas e finalmente complementando a aula com exemplos diferentes e melhores do apresentado no texto. De acordo com o Guia do Professor, haveria de existir um sobre esforço inicial do professor, pois ele poderia se deparar com certa resistência dos alunos, os quais estariam acostumados e acomodados com as aulas simplesmente exposi-

tivas. É nesse ponto que o papel do professor seria crucial para o sucesso do curso, pois inicialmente ele catalisaria a fase de aceitação do curso por parte dos alunos.

CONSIDERAÇÕES

No sentido de preparo de pessoal levando a discussões sobre o ensino de Física no Brasil, qual o melhor método a ser aplicado no ensino etc. Porém foi um fracasso devido à dificuldade de aplicação; treinamento dos professores, escassez de material. O MEC deveria fornecer os materiais às escolas juntamente com os *kits* experimentais e abastecer com regularidade os pontos de distribuição, e isto não aconteceu, ficando assim este fato como um dos principais motivadores do insucesso do Projeto de Ensino de Física.

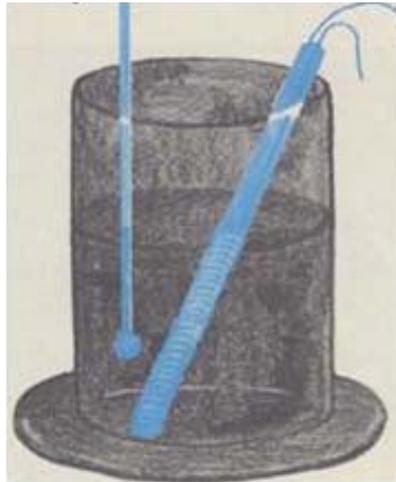
Para termos uma melhor visão do projeto PEF, segue abaixo, o texto didático confeccionado para se ensinar o *Efeito Joule*.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 8 – *Efeito Joule*

1. Transformações de energia	8 – 3
2. Dissipação de energia dos elétrons num metal	8 – 3
3. Cálculo da energia térmica produzida	8 – 9
4. Potência elétrica	8 – 10
5. <i>Efeito Joule</i>	8 – 12
6. Exercícios de aplicação	8 – 20
Leitura Suplementar	
Supercondutividade	8 – 26

Muitas vezes uma descoberta importante é feita com aparelhamento muito simples. O que importa é a habilidade do experimentador em formular experiências significativas, levando em conta somente os efeitos importantes. A figura é copiada do artigo que Joule publicou na revista científica *Philosophical Magazine*, em 1841, e mostra o aparelho que levou a concluir, nas palavras de Joule, que: “quando uma corrente de eletricidade voltaica é propagada por um condutor metálico, o calor produzido em dado tempo é proporcional ao produto da resistência do condutor pelo quadrado da intensidade elétrica”.



PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-1. Disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pef&cod=_eletricidadeefeitojoulec>

EFEITO JOULE

Enquanto uma corrente elétrica flui em um circuito, está havendo transformação de energia. Assim, por exemplo, a energia química de uma pilha ligada a um circuito transforma-se em energia elétrica, térmica, além de outras formas de energia: luminosa, magnética, etc.

A produção de energia térmica pela corrente elétrica, que é uma transformação de energia elétrica em energia térmica, chama-se *efeito Joule* e é o assunto deste capítulo.

James *Prescott Joule* viveu na Inglaterra, de 1818 a 1889. Nessa época realizavam-se grandes esforços para aumentar o rendimento das máquinas a vapor utilizadas nas indústrias e ferrovias. *Joule* iniciou seus trabalhos com a finalidade de desenvolver máquinas mais eficientes para a fábrica de cerveja de seu pai.

Até então não se havia chegado a conclusões claras sobre o calor. Alguns acreditavam na teoria do calórico, segundo a qual o calor seria uma substância chamada calórico, que podia realizar trabalho, quando passava de um corpo em temperatura alta para um corpo em temperatura baixa. Outros, porém, e entre eles *Joule*, defendia a idéia, hoje aceita, de que o calor é uma forma de energia e quando passa de um corpo a outro não abriga à passagem de matéria.

Muitas experiências foram realizadas e *Joule* conseguiu demonstrar que a quantidade de calor produzido a partir de energia mecânica é sempre igual ao trabalho realizado. Um dos aparelhos utilizados por *Joule* em suas experiências está ilustrado na página 1 do capítulo 11, de Mecânica 2, do PEF. Outro, você pode ver acima.

Por causa dessas experiências, o nome de Joule é lembrado na unidade de energia ($1\text{J} = 1\text{N} \times 1\text{m}$) e no efeito de aquecimento dos fios pela corrente elétrica: *efeito Joule*.

Os conceitos de trabalho, energia potencial e princípio de conservação de energia são importantes neste capítulo. Há uma discussão detalhada desses conceitos no volume Mecânica 2, do PEF, capítulos 10 e 11; consulte-os se tiver dúvidas. A energia potencial elétrica, por sua vez, está discutida no capítulo 3 deste volume.

(PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-1)

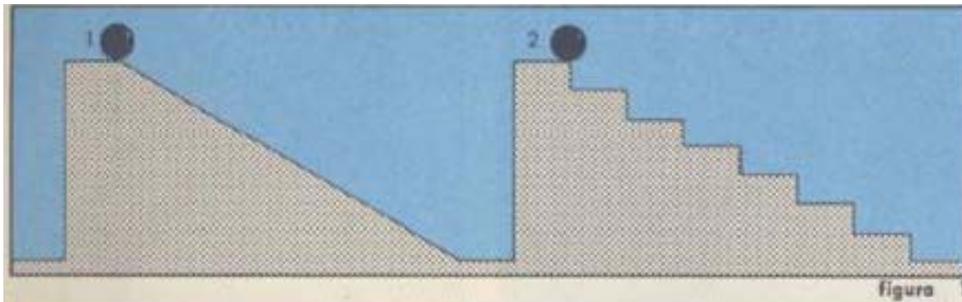
TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA

Com um simples toque de botão obtemos energia luminosa. Parece elementar, não? No entanto, essa energia, obtida de modo aparentemente simples, passou por uma série de transformações. A energia potencial de uma certa quantidade de água, numa elevação, foi transformada em energia cinética ao descer da elevação. Essa energia cinética da água foi transferida para rodas (turbinas), ligadas a dispositivos (dínamos)* que, ao girarem, provocaram o aparecimento de uma corrente elétrica. Levada por fios condutores, essa corrente elétrica chegou ao local em que estamos e, ao passar pela lâmpada, foi transformada em energia térmica (se a lâmpada for do tipo incandescente) e, finalmente em energia luminosa.

A energia luminosa emitida pela lâmpada é, então, resultante de transformações sucessivas da energia potencial da água na elevação. Essa energia, por sua vez, é devida à energia solar, responsável pela evaporação da água e formação da chuva.

Neste caso, o importante para obter a energia na forma elétrica é conseguir fazer girar a turbina presa ao dínamo. A energia que, no nosso exemplo, proveio da energia potencial da água na elevação poderia ser obtida da energia química contida em combustíveis como carvão, madeira, gasolina, etc., que também é, na origem, proveniente do Sol. Neste caso, a energia é liberada na queima dos combustíveis, em motores que fazem girar o dínamo. Poder-se-ia também aproveitar a energia nuclear, armazenada nos núcleos atômicos. A energia nuclear já está sendo utilizada em pequena escala e até o fim do século espera-se que seja ela a responsável pela produção de grande parte da energia elétrica a ser consumida.

DISSIPAÇÃO DE ENERGIA DOS ELÉTRONS NUM METAL



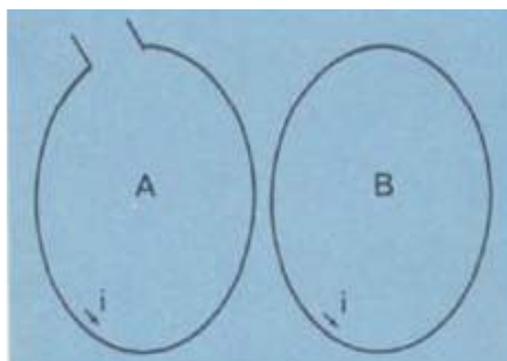
os caminhos que cada uma das bolinhas deve percorrer na descida
 PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-3. Disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pef&cod=_eletricidadeefeitojoulec>

Quando se aplica uma diferença de potencial entre as extremidades de um fio, ligando-as, por exemplo, a uma pilha, aparece dentro dele um campo elétrico. Nesse campo, os elétrons ficam sujeitos a forças que tendem a deslocá-las no sentido do pólo positivo.

Vamos comparar o movimento dos elétrons livres no interior de um condutor, sob ação do campo elétrico, com o movimento de bolinhas de aço no campo gravitacional.

Duas bolinhas foram levantadas até uma altura h , acima do chão. A figura 1 mostra os caminhos que cada uma das bolinhas deve percorrer na descida. A primeira desce uma rampa lisa, a segunda desce uma escada; nos choques com os degraus a bolinha 2 perde uma parte considerável de sua energia, que se transforma em energia térmica.

(PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-3)



Alguns materiais apresentam o fenômeno da supercondutividade e isto ocorre a temperaturas muito baixas, próximas do zero absoluto (-273°C). No final deste capítulo há um texto suplementar que trata de materiais supercondutores em detalhe. Se o fio supercondutor formar um anel fechado, então, uma vez produzida uma corrente elétrica no anel, ela continuará a fluir durante anos, sem que seja necessário fornecer energia aos elétrons! A corrente pode ser produzida no anel, fazendo-o atravessar por um campo magnético variável. No fio em condições normais, a corrente cessaria rapidamente por causa da perda de energia cinética dos elétrons, nos choques com os átomos do fio. PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-4. Disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pef&cod=_eletricidadeefeitojoulec>

Q1 – Na situação da figura 1, ou seja, antes das bolinhas começarem a descer, a energia potencial das bolinhas é a mesma?

Q2 – Ao chegar ao chão, qual das bolinhas tem maior energia cinética?

No início, ambas tinham a mesma energia potencial gravitacional, mas a bolinha 1 chegou com maior velocidade ao chão, ou seja, com mais energia cinética que a bolinha 2.

Q3 – O que ocorreu com a energia que a bolinha 2 perdeu?

Vimos anteriormente que, aplicando uma tensão a um fio metálico, aparecem forças que tenderão a empurrar os elétrons livres através do fio.

Consideremos agora dois fios metálicos A e B. O fio B encontra-se em um estado tal, que se comporta como um supercondutor, ou seja, não oferece nenhuma oposição ao movimento dos elétrons que constituem a corrente elétrica. O fio A encontra-se em condições normais.

Q4 – Em qual dos fios o movimento dos elétrons é semelhante à bolinha 1 e qual corresponde à bolinha 2 (figura 1)? Por quê?

Q5 – Qual a resistência elétrica do fio supercondutor?

Q6 – A resistência do fio em condições normais é nula?

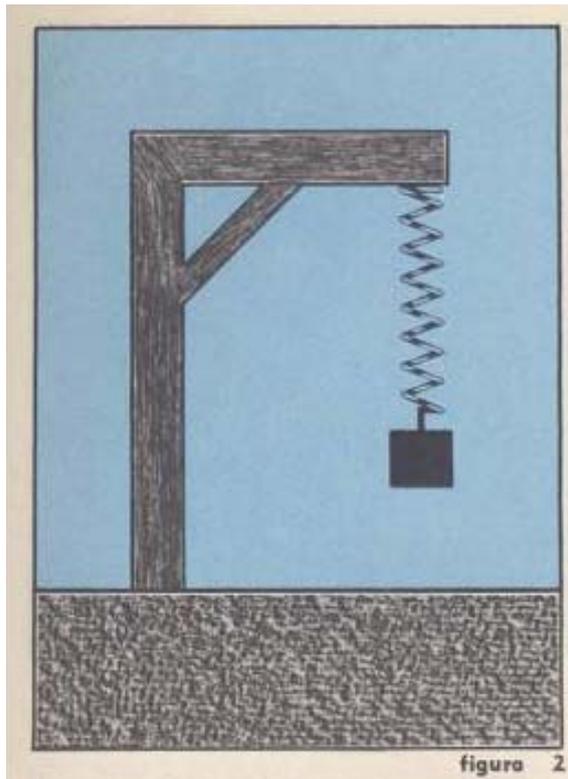
No fio condutor comum, os elétrons livres perdem energia ao chocar-se com os átomos do fio. Para onde vai essa energia perdida?

A colisão dos elétrons aumenta a vibração dos átomos dentro da rede cristalina. Os átomos do metal têm sempre um movimento vibratório em torno de suas posições de equilíbrio. Em temperaturas baixas, esses movimentos têm pequena amplitude. A temperaturas altas a amplitude aumenta e a energia cinética média de vibração dos átomos também aumenta. Esse é o motivo pelo qual a resistência elétrica de um metal aumenta a temperaturas altas, pois, havendo maior vibração dos átomos, cresce a probabilidade de colisão dos elétrons da corrente com os átomos de metal.

Agora vamos discutir a relação inversa: será que as colisões dos elétrons com os átomos afetam a temperatura?

Q7 – Como você responderia a pergunta acima?

Quando um elétron colide com um átomo do metal, desloca-o ligeiramente de sua posição de equilíbrio. Mas os átomos vizinhos exercem, sobre aquele átomo, forças que o fazem voltar à posição de equilíbrio. O átomo passa, então, a oscilar em torno de sua posição de equilíbrio. A situação é semelhante à de um peso pendurado de uma mola, como na figura a seguir.



peso pendurado de uma mola
 PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-5.
 Disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pef&cod=_eletricidadeefeitojoulec>

Q8 – Se você der um puxão vertical no peso (figura a cima) e depois soltá-lo, como será o movimento subsequente do peso?

RESPOSTAS

R₁ -

R₂ -

R₃ -

R₄ -

R₅ -

R₆ -

R₇ -

R₈ -

Espaço para os alunos preencherem as respostas dos exercícios em boxes
 PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-5. Disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pef&cod=_eletricidadeefeitojoulec>

R1 – Sim.

R2 – A bolinha 1.

R3 – Foi transformada em energia térmica nos choques com a escada (há uma pequena elevação da temperatura da bola e da escada).

R4 – O fio A corresponde à bolinha 2, porque a bolinha 2 perde energia cinética nas colisões com os degraus, assim como os elétrons perdem energia cinética nas colisões com os átomos do fio. O fio B, em que os elétrons não sofrem colisões corresponde à bolinha 1.

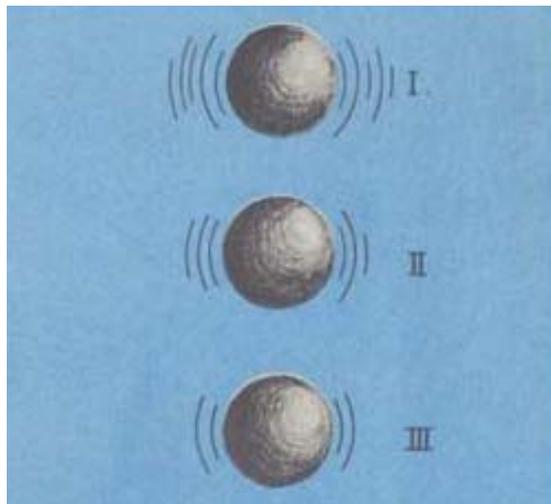
R5 – Zero.

R6 – Não.

R7 – Veja texto após a questão.

R8 – O peso oscilará verticalmente em torno de sua posição de equilíbrio, com amplitude que depende do puxão inicial.

Q9 – A figura abaixo representa um átomo de cobre em três fios deste metal (I, II e III), mantidos a temperaturas diferentes. Qual dos fios está à temperatura mais alta? E à temperatura mais baixa?



Representação esquemática da vibração de um átomo de cobre em torno de sua posição de equilíbrio em fios a três temperaturas diferentes (a vibração de átomos tem dimensão menor do que o diâmetro do átomo).

(PEF - Efeito Joule, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8 – 4, 5 e 6)

A seguir são apresentados vários questionários que caracterizam um estudo dirigido, tanto teórico como experimental. Para que o projeto fosse realizável, foi criado o FUNBEC (Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências) que possuía uma oficina em um galpão na Cidade Universitária da USP, onde era produzido e distribuído material para a realização de experimentos de baixo custo.

Q10 – Em um fio percorrido por uma corrente elétrica, os elétrons perdem energia por colisão com os átomos. Onde e como aparece essa energia perdida?

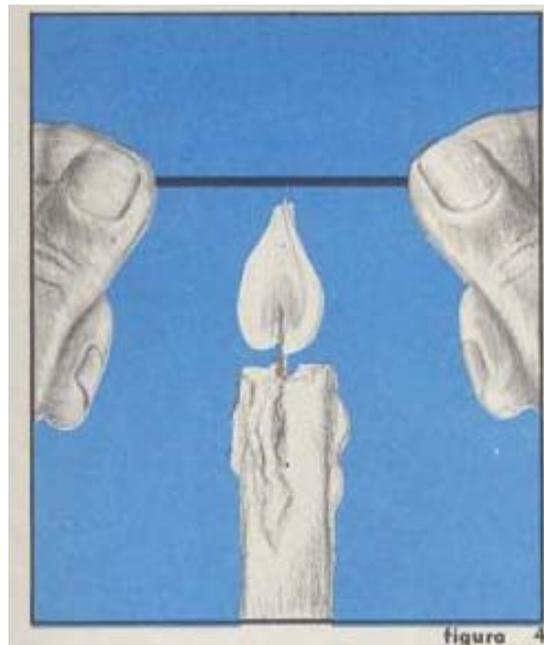
A energia perdida pelos elétrons, quando colidem com os átomos de um fio, aparece como energia de vibração desordenada dos átomos em torno de sua posição de equilíbrio, isto é, como energia térmica, e dá lugar a uma elevação de temperatura do metal.

Q11 – Quando uma corrente elétrica percorre um fio, há sempre aquecimento do fio?

Q12 – Quando uma corrente elétrica percorre um fio supercondutor, há aquecimento do fio?

Você fará, agora, uma verificação dos efeitos da agitação térmica.

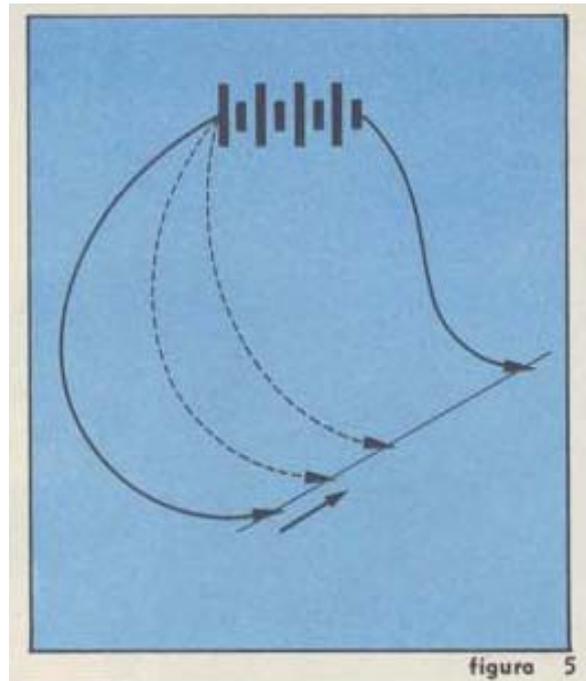
Providencie uma vela ou uma chama de gás e aqueça a ponta de um fio de cobre, sem esmalte, por uns 5 segundos (figura abaixo). Observe o efeito no fio.



Efeito Joule, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-7. Disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pef&cod=_eletridadeefeitojoulec>

Q13 – O fio ficou rubro?

Ligue o fio de Ni-Cr nº 36, em série, a quatro pilhas de 1,5V cada uma (figura abaixo). Vá aproximando, nesse fio, um dos terminais do fio de ligação até a distância de uns 3 ou 4cm da outra extremidade e observe o efeito no Ni-Cr (tome cuidado para não se queimar). Desligue logo a seguir, para não descarregar as pilhas.



PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-7. Disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pef&cod=_eletricidadeefeitojoulec>

Q14 – Descreva o que você observou.

Q15 – Você pode concluir, das duas experiências, que no interior do fio ocorreram fenômenos semelhantes?

Quando você forneceu calor ao fio, com a vela, a amplitude de vibração dos átomos aumentou, ou seja, aumentou a agitação térmica e, com isso, a temperatura do fio.

No segundo caso, quando você ligou as pilhas ao fio, a corrente que passou provocou maior amplitude de vibração dos átomos. Isso por causa dos choques dos elétrons, que constituem a corrente com os átomos do fio. Aumentando a agitação térmica, a temperatura tornou-se maior.

(PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-6)

CÁLCULO DA ENERGIA TÉRMICA PRODUZIDA

Quando uma carga é deslocada de um a outro ponto, numa região onde existe um campo elétrico, uma força elétrica realiza um trabalho.

Esse trabalho corresponde a uma variação da energia potencial da carga no campo e é igual à energia térmica liberada, quando se trata de uma corrente em um condutor.

Vamos chamar o trabalho de r ; como vimos no capítulo 3:

$$r = \Delta E_P = q \cdot V, \quad (1)$$

PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-10. Disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pef&cod=_eletricidadeefeitojoulec>

ou seja, r é igual a variação da energia potencial E_P , e igual, também, ao produto da carga q deslocada pela diferença de potencial V .

Considere, agora, um condutor linear (fio metálico) de resistência R , submetido à diferença de potencial constante V . Pelo condutor irá fluir uma corrente elétrica de intensidade i também constante. Se durante um tempo t passa uma quantidade de carga q , temos:

$$i = \frac{q}{t} \rightarrow q = i \cdot t \quad (2)$$

PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-10. Disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pef&cod=_eletricidadeefeitojoulec>

Q19 – Qual é a expressão do trabalho r em função da corrente i e da diferença de potencial V ? Utilize as equações (1) e (2).

Esse trabalho representa a energia potencial elétrica consumida no transporte da carga q , entre as extremidades do fio. Vamos representá-la por \dot{e} .

$\dot{e} =$. Assim,

$$\dot{e} = V \cdot i \cdot t. \quad (3)$$

PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-10. Disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pef&cod=_eletricidadeefeitojoulec>

Q20 – Escreva a expressão da energia dissipada, \dot{e} , em função somente de R , i e t . Utilize a Lei de *Ohm* e a equação (3).

(PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8 – 9)

Vemos acima que havia no livro texto espaço para os alunos preencherem as respostas dos exercícios em boxes (figura 9). Apesar disso, o texto era longo e todo baseado em evidências experimentais. Só no momento de se resolver os exercícios havia uma preocupação maior com a formulação matemática da teoria.

POTÊNCIA ELÉTRICA

Muitas vezes a grandeza mais importante não é a energia total dissipada por um resistor, mas a taxa de dissipação de energia por unidade de tempo, que se chama potência dissipada:

$$P = \frac{\varepsilon}{t} . \quad (5)$$

PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-11. Disponível em <http://www.ciencia-mao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pef&cod=_eletricidadeefeitojoulec>

Como vimos, $\varepsilon = R \cdot i^2 \cdot t$, então:

$$P = \frac{R \cdot i^2 \cdot t}{t} \therefore P = R i^2 \quad (6)$$

PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-11. Disponível em <http://www.ciencia-mao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pef&cod=_eletricidadeefeitojoulec>

A unidade de potência é o watt, representada por W, que vale um joule por segundo.

De $\frac{\varepsilon \text{ (Joules)}}{t \text{ (s)}} = P \text{ (watt)}$, dizemos que $1 \text{ W} = 1 \text{ J}/1\text{s}$.

Convém exprimir a potência dissipada em função de R e V e em função de i e V.

Q27 – Deduza uma expressão de P em função somente de R e de V, utilizando a equação (6) e a Lei de Ohm.

(PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-10 e 11)

EFEITO JOULE

Num circuito composto apenas de fios condutores e resistores, a energia elétrica absorvida é transformada em energia térmica (calor). Diz-se, neste caso, que o circuito é resistivo. Se, por outro lado, o circuito contém condensadores ou indutores, ou, ainda, motores, geradores, parte da energia da corrente elétrica é transformada em energia do campo eletromagnético e o circuito diz-se reativo.

Vamos considerar, aqui, somente circuitos que possam ser considerados, com boa aproximação, resistivos. Neste caso, a energia potencial elétrica da fonte de corrente é transformada em energia térmica (calor). Do ponto de vista da fonte de corrente, o circuito consumiu energia elétrica, produzindo energia térmica. É o *efeito Joule*.

Vamos verificar se, num circuito em que não há outros elementos além dos condutores e resistores, a quantidade de energia transformada em calor é igual à energia elétrica despendida.

Inicialmente, vamos fazer algumas considerações e, a seguir, você poderá fazer uma experiência para calcular as energias elétrica e térmica e comparar os valores obtidos. Para fazer essa comparação, precisará medir a energia térmica liberada por um resistor durante certo tempo. Para isso você medirá a elevação de temperatura de certa quantidade de água, na qual estará colocado o resistor.

Todos sabemos que as mãos esquentam, quando esfregamos uma contra a outra.

Sempre que duas superfícies, entre as quais há atrito, deslizam uma sobre a outra há aquecimento. Quando um sólido se desloca dentro de um líquido, por exemplo, um remo ou a pá de uma hélice de barco a motor na água, também há atrito e aquecimento.

Considere um aparelho semelhante ao de Joule (figura 6), em que um recipiente termicamente isolado, com dez litros de água, contém pás gigantes, que agitam a água. Suponha que foram realizadas duas medidas. Na primeira, o trabalho realizado pelas pás, na água, foi de $1,2 \times 10^5 \text{ J}$ e observou-se uma elevação de temperatura de 20°C para 23°C , isto é, $\Delta T = 3^\circ\text{C}$. Na segunda experiência, o trabalho realizado pelas pás foi o dobro: $2,4 \times 10^5 \text{ J}$.

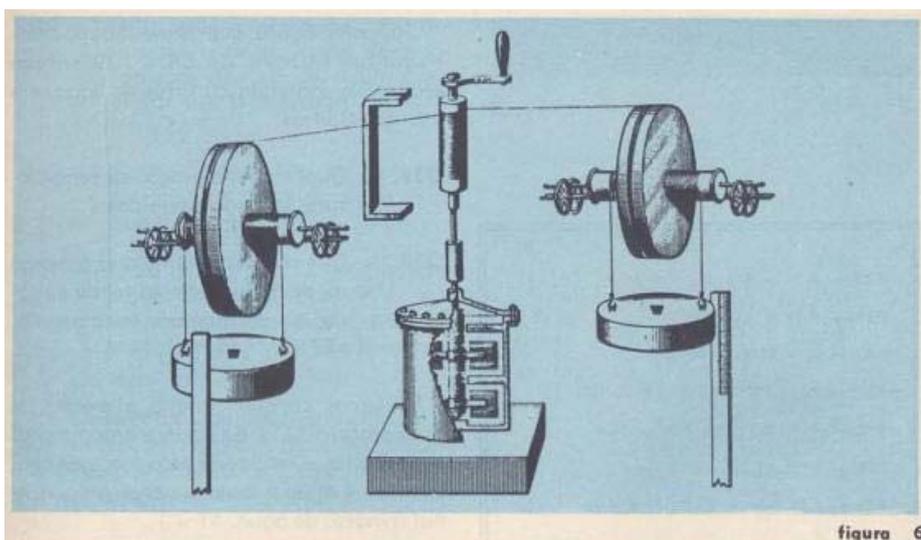


figura 6

PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-13. Disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pef&cod=_eletricidadeefeitojoulec>

Q36 – É correto afirmar que Joule verificou que, em todos os casos, a elevação de temperatura é proporcional ao trabalho realizado pela força de atrito?

As experiências de Joule e todas as experiências realizadas posteriormente mostraram que a elevação de temperatura da água é proporcional ao trabalho realizado pela força de atrito (pás gigantes), contanto que o recipiente esteja termicamente isolado, isto é, que não haja transmissão de energia térmica para o ambiente.

Suponha, agora, que as mesmas pás realizam um trabalho de $2,4 \times 10^5 \text{ J}$ em um recipiente contendo 20 litros de água, em vez de 10 litros.

Q37 – Qual será a elevação de temperatura da água neste caso?

Q38 – Que relação existe entre a massa m , de água que está sendo agitada, e a elevação de temperatura ΔT ?

Podemos concluir que a elevação de temperatura (ΔT) da água é proporcional ao trabalho r realizado pela força de atrito sobre a água e inversamente proporcional à massa de água $\Delta T \propto r$:

$$\Delta T \propto \frac{1}{m}, \text{ então, } \Delta T \text{ é proporcional ao produto } r \cdot \frac{1}{m}.$$

Portanto:

$$\Delta T \propto \frac{r}{m} \text{ ou } r \propto m \Delta T, \text{ ou, ainda,}$$

onde c é uma constante.

$$r = C \cdot m \Delta T \quad (8)$$

PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-14. Disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pef&cod=_eletricidadeefeitojoulec>

Muitas medidas comprovaram que c , dado por $c = \frac{r}{m \Delta T}$, é realmente constante.

Medidas quantitativas mostram que, se ΔT for medido em celsius ($^{\circ}\text{C}$), m em kg e r em joules (J), então,

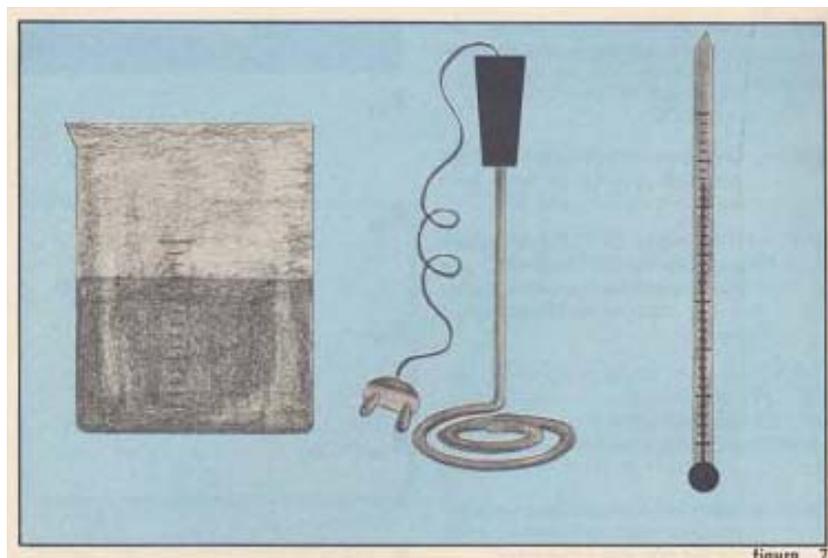
$$C = 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$$

(Esse é o valor de c para a água pura; para outras substâncias, o quociente $\frac{r}{m \Delta T} = c$ também é constante, mas de calor diferente.)

(PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-12 a 14)

Para a experiência a seguir você precisará de um ebulidor, de uma

quantidade de água de massa conhecida e de um termômetro com escala até 100°C (figura abaixo).



PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-16. Disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pef&cod=_eletricidadeefeitojoulec>

Se não houver possibilidade de realizar esta experiência, acompanhe seu desenvolvimento, utilizando os resultados que obtivemos, que se encontram nas respostas às questões.

Observação: A resistência elétrica dos metais aumenta com a temperatura. Os esbulidores são feitos, em geral, com fios de Ni-Cr, que, no entanto, dentro do intervalo de 0°C a 100°C , têm uma variação de resistência muito pequena e não significativa para esta experiência.

Q44 – Meça a resistência elétrica do esbulidor. Escreva o valor encontrado.

Q45 – Conhecendo a resistência R do esbulidor e a tensão V aplicada durante t segundos, como você calcula a energia consumida?

(PEF - *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08, p. 8-16)

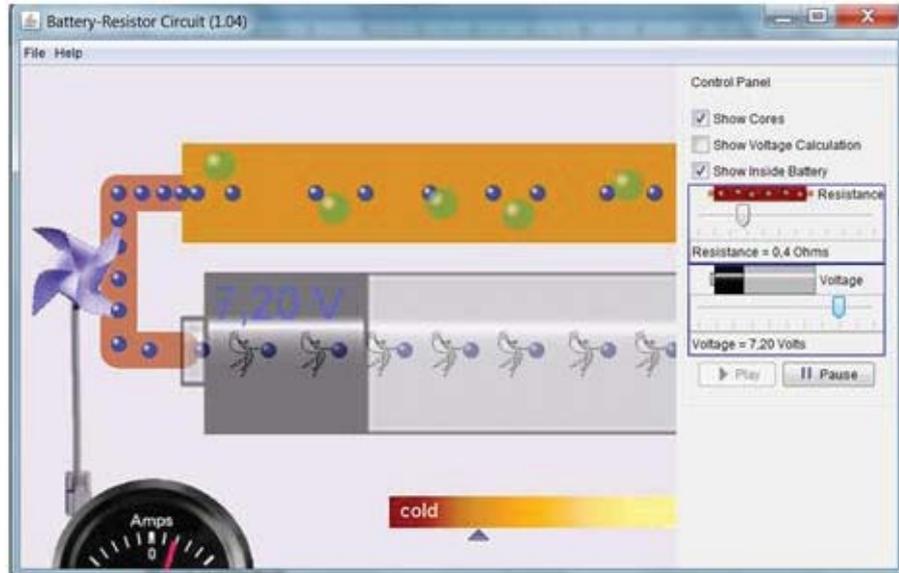
Podemos ver acima que os estudantes faziam as experiências ao mesmo tempo em que resolviam os exercícios e aprendiam a teoria. Apesar de ser um estudo dirigido, o material didático exigia uma grande dose de leitura e atividade participativa dos alunos.

Na sequência forneciam uma série de exercícios de aplicação e em seguida várias aplicações do conteúdo estudado. No final do capítulo havia uma leitura complementar. Nesse caso era sobre a supercondutividade.

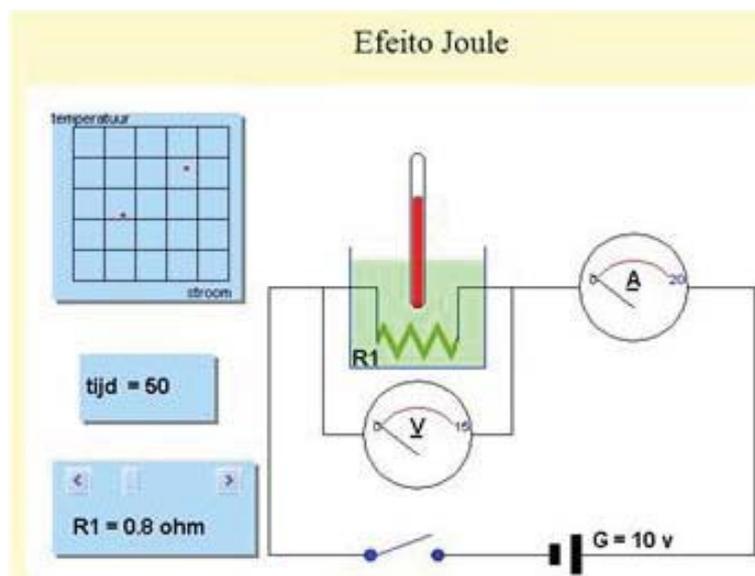
APPLETS DE ENSINO

Como nas outras Instrumentações, sugerimos alguns sites de ensino com material de multimídia. Segue abaixo um guia de *applets* com dicas para você analisar.

1.1 – Explique o princípio de funcionamento do *applet* abaixo do curso da Universidade do Colorado. <<https://sites.google.com/site/professorpifer/Home/fisica-mix/eletromagnetismo>>



Disponível em <<https://sites.google.com/site/professorpifer/Home/fisica-mix/eletromagnetismo>>



Disponível em <<https://sites.google.com/site/professorpifer/Home/fisica-mix/eletromagnetismo>>.

VÍDEOS DE ENSINO

2. Assista a boas aulas nos links que se seguem:

Física 54 - *Efeito joule* - Potência elétrica Parte 1.

Link: <<http://www.youtube.com/watch?v=EBTxO2goEBg>>

Física 54 - *Efeito joule* -- potência elétrica Parte 2

Link: <<http://www.youtube.com/watch?v=HlyXh3F9u0M&feature=related>>

Física 54 - *Efeito joule* -- potência elétrica Parte 3

Link: <<http://www.youtube.com/watch?v=2UfaNVCPLM8&feature=related>>

EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO

3.1 – Por que os eletrodomésticos esquentam? Verifique pondo a mão atrás de uma: televisão; geladeira; *freezer*.

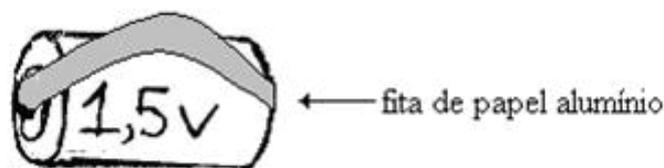
3.2 – Explique o princípio de funcionamento de um: a) aquecedor de cabelo; b) chuveiro elétrico.

3.3 – Qual é a diferença entre uma lâmpada fria e uma quente? Explique por que a lâmpada incandescente esquenta.

3.4 – Tome um liquidificador e ponha 1L de água em seu interior. Meça sua temperatura inicial. Bata a água por uns 5 minutos. Meça sua temperatura final. Calcule seu rendimento.

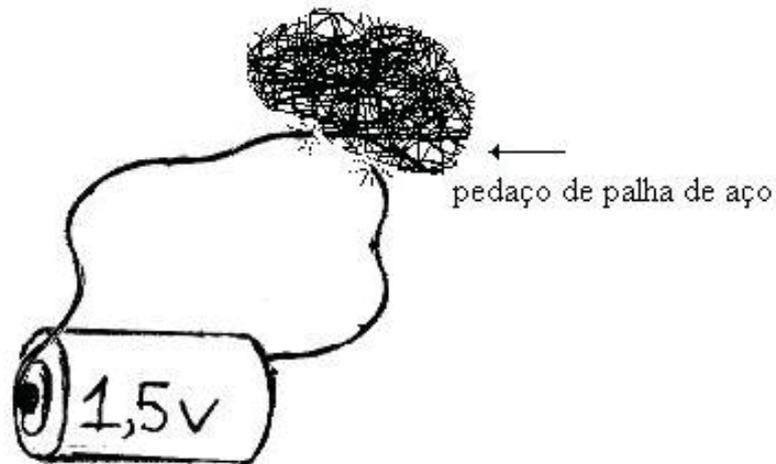
Dica: Leia no seu verso a sua potência elétrica.

3.5 - Na experiência abaixo poderá ser visto o *efeito Joule* usando o tato. Desta forma, ligaremos as duas extremidades de uma fita de papel alumínio nos pólos da pilha, estabelecendo-se uma corrente elétrica. Depois de certo tempo a fita irá se aquecer devido à passagem da corrente elétrica. Este aquecimento é pequeno e somente será percebido pelo sentido do tato, numa região do corpo sensível a pequenas temperaturas. Como por exemplo, as costas da mão, o punho, etc.



Fita de alumínio ligada nos pólos de uma pilha

3.6 - Na experiência da figura abaixo será visualizada o *efeito Joule* na queima de uma palha de aço por causa da corrente elétrica de uma pilha. Quando a corrente elétrica que sai da pilha chega à palha de aço pelos fios, ela aquece uma pequena região da palha onde os fios estão ligados, mas a palha não é queima totalmente no início. Como a palha de aço é um emaranhado de filamentos, um queima o outro sucessivamente até que todo o pedaço de palha esteja queimado.



Pedaço de palha de aço ligada nos pólos de uma pilha



ATIVIDADES

- 4.1 – Qual dos dois textos, o livro didático padrão ou do projeto PEF você usaria como referência para ministrar uma aula? Por quê?
- 4.2 – Você concorda que as resoluções do PNLEM é uma volta ao que havia de melhor nos projetos de ensino de Física? Comente?
- 4.3 – Como você ilustraria o *efeito Joule* para seus (futuros) alunos?
- 4.4 – O que você acha do texto tirado do PEF? Você acha factível (realizável) a sua aplicação em sala de aula?
- 4.5 – Você acha que o governo federal deveria retornar com o FUNBEC?

COMENTÁRIOS SOBRE AS ATIVIDADES

Em geral os alunos que fazem o curso de licenciatura em Física têm um curso muito superficial ou não têm nenhuma aula de Física. Se têm, usam algum livro texto tradicional, onde a Física é apresentada como uma coleção de definições e fórmulas para ser aplicada em problemas e exercícios. Assim, a maioria deles só possui o conhecimento de física dado na universidade. A apresentação do projeto PEF deve ter dado uma visão geral de toda a complexidade de se montar um curso de Física e como esse pode se tornar mais atraente.

Os futuros professores devem ter compreendido o papel central que eles têm na escolha do conteúdo, da técnica e da didática ser utilizada em sala de aula. Este deve ter adquirido uma ideia de como se deve preparar um curso ou apenas uma aula. Eles devem compreender que uma aula é um processo dinâmico e orgânico.

CONCLUSÃO

Ao final desta aula o futuro professor deve ter compreendido a profunda relação entre os projetos de ensino realizados no Brasil e os feitos no exterior, principalmente nos EUA. Deve ter ficado ciente da importância do PEF na formação dos primeiros professores de física no Brasil e sua influência sobre o papel do livro didático nacional.

Com a análise dos experimentos de baixo custo e dos recursos de multimídias que colocamos no final da aula o futuro professor deve ter ficado com algumas boas ideias de como este pode enriquecer uma aula sobre o tema Lei de *Joule*.



RESUMO

Apresentamos um resumo da história do projeto PEF e o seu material sobre o tema *efeito Joule*. Analisamos a sua relação com os outros projetos e sua influência sobre a história do livro didático.

Em seguida apresentamos vários experimentos de baixo custo para que explore as possibilidades que estes oferecem para se ministrar um curso usando mais ferramentas fenomenológicas e menos formais. Colocamos vários e excelentes *applets* de ensino como recurso de simulação de fenômeno físico para ser explorado pelo futuro professor. Colocamos várias experiências de baixo custo sobre o tema e demos várias dicas de como podemos fazer outras que não estão disponíveis na *internet*.

Como há ótimos vídeos de ensino colocamos alguns deles como referência, e deixamos sua exploração como atividade, pois no curso de Instrumentação I não usamos os vídeos didáticos como ferramenta didática principal.

RESPOSTA ÀS ATIVIDADES

- 1 – Eles têm que assistir e fazer uma resenha.
- 2 - Eles têm que assistir e fazer uma resenha.
- 3 - Eles têm que assistir e fazer uma resenha.
- 4.1 – Espero que responda PEF.
- 4.2 – Sim. É um resgate de uma boa leitura com vários experimentos lúdicos
- 4.3 - Resposta pessoal
- 4.4 – Na integra não, mas é um bom texto de referência.
- 4.5 - Espero que responda sim.

SIGLAS

PEF - Projeto de Ensino de Física

PSSC - *Physical Science Study Committee*

MEC-USAID - Ministério da Educação e *United States Agency for International Development*

PREMEN - Programa de Expansão e Melhoria do Ensino

REFERÊNCIAS

GARCIA, N. M. D. **ENSINANDO A ENSINAR FÍSICA: UM PROJETO DESENVOLVIDO NO BRASIL NOS ANOS 1970**. Disponível em: <<http://www.sbhe.org.br/novo/congressos/cbhe4/individuais-coautorais/eixo02/Nilson%20Marcos%20Dias%20Garcia.pdf>>. Acesso em 16/10/2011.

GUIA DO PROFESSOR. **Projeto de Ensino de Física**. Rio de Janeiro, Fename, 1980.

PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA. IFUSP – Instituto de Física da Universidade de São Paulo MEC/FENAME/PREMEN. **Cargas e Estrutura da Matéria**, vol. Eletricidade, fasc. 01. Disponível em: <http://www.ciencia.iao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pef&cod=_eletricidadecargas-estru>. Acesso em: 16/10/2011.

_____. IFUSP – Instituto de Física da Universidade de São Paulo MEC/FENAME/PREMEN. *Efeito Joule*, vol. Eletricidade, fasc. 08. Disponível em: <http://www.ciencia.iao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pef&cod=_eletricidadeefeitojoulec>. Acesso em: 16/10/2011.

YOUTUBE. **Física 54 - Efeito joule - Potência elétrica Parte 1.** Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=EBTxO2goEBg>>. Acesso em: 16/10/2011.

____. **Física 54 - Efeito joule - potência elétrica Parte 2.** Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=HlyXh3F9u0M&feature=related>>. Acesso em: 15/10/2011.

____. **Física 54 - Efeito joule - potência elétrica Parte 3.** Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=2UfaNVCPLM8&feature=related>>. Acesso em 15/10/2011.

WIKIPÉDIA, A enciclopédia livre. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Guerra_Fria>. Acesso em: 16/10/2011.