

EQUIVALÊNCIA TRABALHO MECÂNICO E CALOR. 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, que o conceito de conversão de calor em trabalho pode ser apreendido de forma simples e divertida. Generalizar o conceito da conservação da energia. Que os estudantes aprendam a ligar a física aprendida na escola à física das coisas.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

estar cientes das novas possibilidades e dos desafios que envolvem o ensino de ciências em geral. Estes, também, devem ter compreendido que as ciências naturais estão baseadas na experimentação e que esta é feita de ensaios, experiências e medidas e que estas levam a compreensão e matematização dos conceitos físicos (naturais em geral). Que o conceito de energia calorífica e trabalho é de fundamental importância na compreensão dos fenômenos naturais e em aplicações tecnológicas como máquinas térmicas. Mostrar a equivalência entre calor, energia mecânica e energia elétrica.

PRÉ-REQUISITOS

Os alunos deverão ter cursado psicologia da educação física A e B

INTRODUÇÃO

Até a presente aula abordamos vários assuntos que possuem implicações diretas sobre nossa sociedade tecnológica. Já mencionamos o fato que as máquinas térmicas e a poluição estão degradando o nosso ambiente. Mas, até agora não discutimos o papel do ensino na formação e capacitação dos cidadãos para lidar com esse desafio. Vamos nesta aula fazer uma breve análise como o tema ciência e tecnologia devem ser encarados e abordados no ensino em geral. Para isso vamos nos apoiar nos artigos “ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque cts para o contexto do ensino médio” [pinheiro, silveira e bazzo] e “uma visão comparada do ensino em ciência, tecnologia e sociedade na escola e em um museu de ciência” [Gouvêa e Leal].

Para Pinheiro e colegas, o desenvolvimento da ciência e da tecnologia tem acarretado diversas transformações na sociedade contemporânea, refletindo em mudanças nos níveis econômico, político e social. É comum considerarmos ciência e tecnologia como motores do progresso, proporcionando não só desenvolvimento do saber humano, mas, também, uma evolução real para o homem. Vista dessa forma, subentende-se que ambas trarão somente benefícios à humanidade. Porém, pode ser perigoso confiar excessivamente na ciência e na tecnologia, pois isso supõe um distanciamento de ambas em relação às questões com as quais se envolvem. As finalidades e interesses sociais, políticos, militares e econômicos que resultam no impulso dos usos de novas tecnologias implicam enormes riscos, porquanto o desenvolvimento científico-tecnológico e seus produtos não são independentes de seus interesses. Reforçando esses comentários, Bazzo (1998, p. 142) destaca que:

É inegável a contribuição que a ciência e a tecnologia trouxeram nos últimos anos.

Porém, apesar desta constatação, não podemos confiar excessivamente nelas, tornando-nos cegos pelo conforto que nos proporcionam cotidianamente seus aparatos e dispositivos técnicos. Isso pode resultar perigoso porque, nesta anestesia que o deslumbramento da modernidade tecnológica nos oferece, podemos nos esquecer que a ciência e a tecnologia incorporam questões sociais, éticas e políticas.

Apesar de os meios de comunicação estar disseminando os pontos preocupantes do desenvolvimento científico-tecnológico - como a produção de alimentos transgênicos, as possibilidades de problemas na construção de usinas nucleares, o tratamento ainda precário do lixo e outros - muitos cidadãos ainda têm dificuldades de perceber por que se está comentando tais assuntos e em quê eles poderiam causar problemas a curto ou longo prazo. Mal sabem as pessoas que atrás de grandes promessas de avanços

tecnológicos escondem-se lucros e interesses das classes dominantes. Essas que, muitas vezes, persuadindo as classes menos favorecidas, impõem seus interesses, fazendo com que as necessidades da grande maioria carente de benefícios não sejam amplamente satisfeitas.

Torna-se cada vez mais necessário que a população possa, além de ter acesso às informações sobre o desenvolvimento científico-tecnológico, ter também condições de avaliar e participar das decisões que venham a atingir o meio onde vive. É necessário que a sociedade, em geral, comece a questionar sobre os impactos da evolução e aplicação da ciência e tecnologia sobre seu entorno e consiga perceber que, muitas vezes, certas atitudes não atendem à maioria, mas, sim, aos interesses dominantes. A esse respeito, Bazzo (1998, p. 34) comenta: “o cidadão merece aprender a ler e entender – muito mais do que conceitos estanques - a ciência e a tecnologia, com suas implicações e conseqüências, para poder ser elemento participante nas decisões de ordem política e social que influenciarão o seu futuro e o dos seus filhos”.

Precisamos constantemente considerar que somos atores sociais. Uns diretamente afetados pelas possíveis conseqüências da implantação de determinada tecnologia e que não podem evitar seu impacto; outros, os próprios consumidores de produtos tecnológicos, coletivo que pode protestar pela regulação e pelo uso das tecnologias; outros mais, o público interessado, pessoas conscientes que vêem nas tecnologias um ataque a seus princípios ideológicos, como os ecologistas e várias ONGs; e, também, estudiosos de vários segmentos com condições de avaliar os riscos da área de conhecimento que dominam. Em suma, podemos ser capazes de avaliar e tomar decisões.

Cada cidadão tem seus valores e posturas sobre as questões científico-tecnológicas que, muitas vezes, vão ao encontro das demais. Por isso, uma adequada participação na tomada de decisões que envolvem ciência e tecnologia deve passar por uma negociação. As pessoas precisam ter acesso à ciência e à tecnologia, não somente no sentido de entender e utilizar os artefatos e mentefatos 4 como produtos ou conhecimentos, mas, também, opinar sobre o uso desses produtos, percebendo que não são neutros, nem definitivos, quem dirá absolutos. Bazzo (1998, p. 114) complementa essa idéia, comentando que:

É preciso que possamos retirar a ciência e a tecnologia de seus pedestais inabaláveis da investigação desinteressada da verdade e dos resultados generosos para o progresso humano. [...] Devemos ter cuidado para não produzir o que poderíamos chamar de ‘vulgarização científica’, o que, longe de reduzir a alienação do homem com relação à ciência e à tecnologia, contribuiria, na realidade, para aumentá-la, fornecendo a ilusão, perigosa, de ter compreendido o princípio sem entrar na essência da atividade da ciência contemporânea: sua complexidade, sua coerência e seu esforço.

As afirmativas anteriores somente serão possíveis se tivermos um público formado na compreensão do funcionamento da tecnociência, percebendo que o debate e a negociação são métodos que permitem a resolução de conflitos que envolvem o interesse da sociedade, podendo contribuir ao desafio de viver em uma sociedade voltada para a democracia.

Segundo nossa avaliação, algumas dessas atitudes já começaram a ser tomadas nesse sentido, envolvendo discussões, questionamentos e críticas em torno do desenvolvimento científico-tecnológico. Uma delas vem ganhando corpo em vários setores da sociedade, sendo nominada pela sigla CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Os pressupostos do movimento CTS têm se ampliado em toda sociedade e, principalmente, vêm recebendo cada vez mais adeptos na área educacional.

Esse movimento tem se manifestado desde 1970, tendo sido base para construir currículos em vários países, em especial os de ciências, dando prioridade a uma alfabetização em ciência e tecnologia interligada ao contexto social. Originou-se a partir de correntes de investigação em filosofia e sociologia da ciência. Seu caráter interdisciplinar compreende “[...] uma área de estudos onde a preocupação maior é tratar a ciência e a tecnologia, tendo em vista suas relações, conseqüências e respostas sociais” (BAZZO e COLOMBO, 2001, p. 93). Visa, também, ressaltar a importância social da ciência e da tecnologia, de forma a enfatizar a necessidade de avaliações críticas e análises reflexivas sobre a relação científico-tecnológica e a sociedade. Além dos currículos de ciências, tem abrangido as disciplinas das ciências sociais e humanidades, entre elas a filosofia, história da ciência e economia.

Q1 – Deve a sociedade não especializada em ciências e tecnologia intervir nas tomadas de decisões sobre este tema? Por quê?

Q2 – Será que a alfabetização científica capacitara os cidadãos a tomar decisões corretas sobre o uso dos produtos científicos e tecnológicos?

Q3 – Relacionar ciência e tecnologia aos temas de termodinâmica tornará esse tema mais atraente e instrutivo aos alunos? Comente.

Vejamos o que diz Gouvêa e Leal sobre o tema: Pensar e esboçar uma proposta de educação científica para o mundo globalizado, no Brasil, com agudas diferenças sociais e culturais, não é tarefa fácil tendo em vista, principalmente, o destaque que passou a ser dado à educação neste novo contexto. Nele, a educação se insere nas novas estratégias de sobrevivência e de existência capazes de orientar as sociedades e culturas no sentido de se habilitarem melhor para interagir e trocar conhecimentos científicos, técnicos e tecnológicos em espaços reais e virtuais.

O desafio do novo tempo exige, especialmente para aqueles que analisam e se dedicam às questões educacionais, a indicação de pistas e rumos capazes

de preparar, em tempo cada vez mais curto, indivíduos de gerações e grupos étnicos, religiosos, culturais e sociais diferentes para viverem em contextos sociais plurais e que requerem conhecimentos e domínios de habilidades permanentemente atualizados e continuamente articulados em termos de teoria e prática. Neste contexto, ganha força a defesa da tese da alfabetização científica e tecnológica, que vem sendo discutida desde os anos 70 e que contém em sua formulação o debate sobre a relação entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS).

A relação CTS tem sido debatida por pensadores ligados à Filosofia da Ciência e da Tecnologia, por sociólogos e por educadores. Os filósofos têm-se dedicado a qualificar os conceitos de ciência e de tecnologia, a estabelecer relações de dependência entre eles, a afirmar ou negar a possibilidade de a tecnologia ter autonomia em relação à ciência, a identificar e diferenciar os problemas metodológicos das pesquisas científicas e tecnológicas, refletir sobre a capacidade da tecnologia de garantir o progresso ou de levar a humanidade à autodestruição. Os sociólogos, a despeito de também tratarem de algumas dessas dimensões, estão mais empenhados em discutir a fundo duas teses que, no campo da ciência social, enfrentam-se e antecedem qualquer outro tipo de debate sobre CTS. Trata-se do problema do “determinismo da sociedade sobre a tecnologia versus a autonomia da tecnologia sobre a ordem social”.

Da Filosofia da Ciência e da Tecnologia, cabe destacar que a relação CTS tem seus primórdios na sociedade moderna, na qual se situa o conhecimento produzido por Galileu e Newton. Fundamentados na Física e na Matemática, a observação e os dados ganham, por meio desses conhecimentos científicos, representações passíveis de serem mensuradas e logicamente explicadas. Abrese, a partir daí, a possibilidade de a tecnologia se firmar e se desenvolver, uma vez que ela consiste na “aplicação de vários conhecimentos científicos reunidos com vistas à realização de uma finalidade prática” (Rodrigues, 1997, p.12).

A tecnologia, que inicialmente deriva da ciência, somente passou a ser focalizada com maior destaque quando, neste século, provocou impactos fortes sobre a sociedade ao comprovar tanto seu poder de destruição (a bomba atômica na II Guerra) quanto sua capacidade de solucionar problemas (aparelhos e artefatos que permitem diagnósticos precisos de doenças), de aprofundar conhecimentos (artefatos que permitem deslocamentos, observações, medidas etc.) e de oferecer comodidades e diversões de toda ordem (aparelhos para comunicação a longa distância, filmes, vídeos etc.)

O fato concreto é que os impactos da tecnologia têm implicações sociais tanto nas relações sociais macro (macro-sistemas de transporte, em formação, energia, alimentação etc.) quanto na intimidade da vida técnica cotidiana.

A expressão técnica cotidiana insiste sobre as novas formas de uso da técnica pelo homem moderno. Marca o fato mecânico do ambiente moderno, o encontro de uma prática com o objeto que ela sublinha. Mas a tecnologia da vida cotidiana vai, além disso, pois compreende um processo global

de socialização e um sistema de ações que constituem referenciais para a maneira como o indivíduo percebe o mundo e age sobre ele. A vida doméstica se junta aos macrosistemas que são locais privilegiados dessa forma de vida social. A técnica corresponde às relações entre os homens, entre os instrumentos e ambiente no momento do processo de produção e de consumo e os grandes sistemas técnicos são sistemas sociais. (Gras & Moricot, 1992, p.18)

Os críticos do determinismo tecnológico afirmam que os aspectos sociais e os temas políticos contam mais do que a tecnologia em si, pois importa saber, principalmente, “quem usa, quem controla, para que se usa, como se amolda na estrutura de poder, como é expandida e distribuída a tecnologia” (Finnegan, 1988, p.176-7).

Seja a tecnologia o determinante da ordem social ou não, o fato concreto é que seu debate se intensificou e ganhou contornos muito nítidos nos meios intelectuais e educacionais. No campo educacional, a ênfase no conhecimento aplicada na preparação de cidadãos hábeis, flexíveis e dotada de sólida cultura geral tem produzido políticas educacionais centradas em pedagogias como o construtivismo e o método de Paulo Freire. Nessas propostas, temáticas como a psicologia cognitiva, o conhecimento prático, a mudança conceitual (Hewson, 1981) e o ensino por modelo e modelagem (Moreira, 1997) estão na ordem do dia, bem como, na abordagem freireana, há quem arranque do impacto tecnológico na vida cotidiana elementos para construir uma leitura de mundo no sentido de transformá-lo.

Q7 – Você concorda que o tema termodinâmica traz a tona os problemas do aquecimento global e poluição?

Q8 – Você acha que ao estudar este tema deveríamos abordar os problemas do aquecimento global e poluição?

Q9 – Está na pauta do ministério de minas e energia o problema de onde, como e porque instalar seis usinas nucleares no Brasil. Possivelmente aqui no Nordeste. Levantar o debate em sala de aula enriqueceria a tema “termodinâmica”?

Q10 – Faça um teste deste debate em casa ou em seu trabalho e reporte quais foram os temas mais abordados. Por exemplo: Energia, poluição, aquecimento global....

Q7 – Você concorda que o tema termodinâmica traz a tona os problemas do aquecimento global e poluição?

Q8 – Você acha que ao estudar este tema deveríamos abordar os problemas do aquecimento global e poluição?

Q9 – Está na pauta do ministério de minas e energia o problema de onde, como e porque instalar seis usinas nucleares no Brasil. Possivelmente aqui no Nordeste. Levantar o debate em sala de aula enriqueceria a tema “termodinâmica”?

Q10 – Faça um teste deste debate em casa ou em seu trabalho e reporte quais foram os temas mais abordados. Por exemplo: Energia, poluição, aquecimento global....

BREVE REVISÃO DA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

Embora a contingência da globalização esteja recentemente acentuando no Brasil o debate sobre a alfabetização científica e tecnológica entendida como o que o público deve saber sobre ciência, tecnologia e sociedade (CTS), com base em conhecimentos adquiridos em contextos diversos (escola, museu, revistas etc.) e como atitude pública sobre ciência e tecnologia (C&T) e informações obtidas em meios de divulgação científica e tecnológica, esta maneira de enfocar o ensino de ciências já é discutida há muito em países como a Inglaterra e os Estados Unidos.

Ziman (1985), um dos estudiosos da questão, é crítico do ensino tradicional fragmentado em disciplinas com o propósito de transmitir uma “representação esquemática idônea de um grande repertório de observações e dados experimentais” (p.39) que, em geral, consegue apenas parodiar o processo real de investigação científica. Considera que o ensino de CTS deveria substituir o ensino tradicional, pois permitiria romper a impressão unilateral do ensino tradicional, possibilitando a construção de uma visão mais crítica acerca da ciência, de forma interdisciplinar, unindo ciência, tecnologia, psicologia, história, filosofia, sociologia.

Ao traçar um histórico do movimento da educação em CTS, revela que ele começou na Grã-Bretanha no final dos anos 60, início dos anos 70, e desenvolveu-se até a década de 80 sob a forma de debate de idéias e princípios até atingir questões de ordem prática, relativas aos recursos, professores, textos, currículos e processos de avaliação. Chegou-se, finalmente, na década de 90, ao momento de instauração de uma educação a partir de formas diversas de se educar em CTS para diferentes graus de ensino. Em sua análise, estabelece alguns princípios e recomendações que merecem

menção. O primeiro diz respeito ao escopo da educação em CTS, que deve ser abrangente a ponto de cuidar “do ensino do cidadão sobre o lugar da ciência na vida moderna até os rituais acadêmicos de aprendizagem e investigação de natureza metacientífica” (p.224). Deve, assim, atender desde necessidades referentes à formação do cidadão médio, envolvendo questões contemporâneas de princípio e de prática da ciência, até as necessidades vocacionais daqueles que aspiram às profissões científicas. O segundo refere-se à preparação de quadros para o ensino em CTS que, na perspectiva de Ziman, não pode ser realizada separada da educação científica tradicional, pois “é impossível ensinar sobre ciência sem um conhecimento da ciência até certo nível mínimo de validade” (p.222). Desse modo, considera que uma educação científica sólida é um pré-requisito para o ensino e a pesquisa em CTS. O terceiro aspecto assinalado diz respeito ao ensino em diversos graus de ensino. Na escola fundamental e média, CTS deve ser ensinado pelos professores de Ciências, mas com características de aplicação e orientação interdisciplinar no tratamento dos temas científicos ordinários. Nesses graus de ensino, não há necessidade de introdução de novos temas nos currículos, mas é necessário modificar e dotar de orientação e atitudes novas a educação científica. Para isso, os professores devem estar abertos a processos de reeducação sobre a importância dos conteúdos da ciência, de sua aplicação e discussão em sala de aula. É necessário, para que isto ocorra, oferecer cursos integrados e transdisciplinares para o professor de Ciências e, mesmo, para uma formação de pessoal capaz de elaborar currículos, produzir textos e outros tipos de materiais para o ensino em CTS. Essa reeducação se faz necessária porque muitos professores, embora se mostrem entusiasmados com a educação em CTS, não têm muita confiança em suas competências para ensinar em novas bases. No caso da formação acadêmica desses professores, Ziman adverte que há obstáculos a serem enfrentados relativos à institucionalização de inovações do tipo: legitimação nos currículos; abertura de espaço nos departamentos das universidades para abordagens interdisciplinares e transdisciplinares; treinamento pessoal em estudos e pesquisas avançadas de CTS; criação de periódicos para divulgação da produção; etc.

Q11 – Você concorda que a globalização está impondo uma educação em CTS e passando por cima de uma discussão mais rigorosa da sociedade?

Q12 – Como enfrentar o problema da fragmentação do ensino? Seremos capazes de aglutinar em um único tema diversos assuntos?

Q13 – Tome o exemplo do carro e a sociedade. Podemos usá-lo para expormos as idéias de calor, trabalho, poluição e tecnologia?

Q14 – Você gostaria de um curso que fosse mais interdisciplinar? Por quê?

EXPERIÊNCIAS DE JOULE. EQUIVALÊNCIA TRABALHO-CALOR

http://profs.ccems.pt/PauloPortugal/CFQ/Experincias_de_Joule/Equivalncia_Trabalho_Calor.html

Foi o debate que no século XIX se estabeleceu sobre a natureza do calor que permitiu que, pouco a pouco, se impusesse a noção geral de energia.

Já nos séculos XVII e XVIII havia uma forte corrente de opinião a favor de uma teoria mecânica do calor, mas faltavam ainda elementos experimentais para consolidá-la.

Rumford (1753-1814) observou as extraordinárias quantidades de calor que se produziam no fabrico de canhões, como Inspetor Geral de Artilharia, na Baviera, quando estes eram furados e polidos, e concluiu que, por fricção, se pode produzir calor indefinidamente, admitindo ainda que esse calor provinha do trabalho das máquinas utilizadas. Não fez, todavia, qualquer sugestão quanto a existir uma relação bem definida entre calor e trabalho.

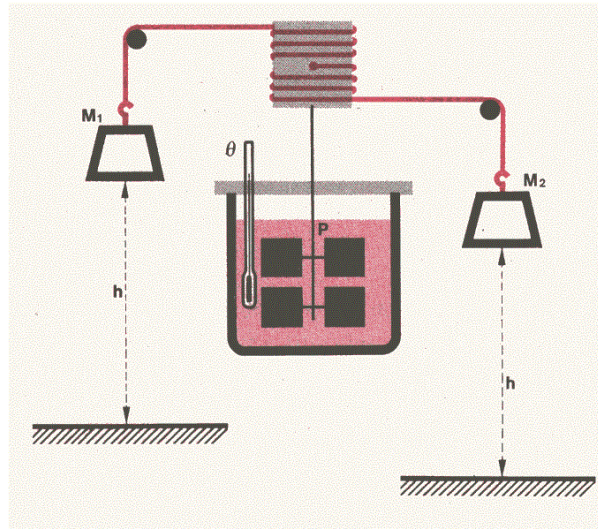
Foi Mayer (1814-1878) o primeiro que admitiu a existência dessa relação e James Prescott Joule (1818-1889) quem o confirmou experimentalmente.



Joule verificou que, para certo valor de energia mecânica que fazia funcionar um dínamo, era sempre o mesmo valor de calor produzido pela corrente elétrica fornecida pelo dínamo. (Um dínamo é um dispositivo que possui um ímã em movimento de rotação dentro de uma bobina de fio espiralado, induzindo esse movimento uma corrente elétrica no fio condutor, corrente essa que muda de sentido em cada meia volta do ímã, designando-se por isso de corrente alterna, corrente essa que faz aquecer o fio onde ela é induzida – efeito de Joule).

Isto o convenceu de que existiria, de fato, uma equivalência entre trabalho e calor.

Joule levou então a cabo experiências com o propósito de demonstrar esta equivalência, as experiências das palhetas girando dentro de um líquido, como a água.



Representação esquemática da experiência de Joule

Deixavam-se cair dois corpos, de massas M_1 e M_2 , de uma altura h , ligados por fios inextensíveis e de massas desprezáveis a um eixo que fazia girar várias palhetas dentro de água de um calorímetro, que possui um termômetro a ele ligado, devido à diminuição da energia mecânica dos corpos, produzindo-se o aquecimento desta.

O aquecimento da água era equivalente a ter sido transferida, para ela, a energia $Q = c.m.\Delta\theta$, sendo c a capacidade calorífica específica da água, ou capacidade térmica mássica da água, m a sua massa e $\Delta\theta$ a elevação da sua temperatura.

A fim de conseguir uma elevação de temperatura apreciável, Joule fez cair os corpos dezenas de vezes seguidas.

Para simplificar o raciocínio vamos supor no que se segue, que cada corpo só caiu uma vez e vamos supor também que só a água aquece. (Não podemos esquecer, todavia que o calorímetro que a contém, o termômetro e as palhetas também aquecem. Só que o elevado valor da capacidade térmica mássica da água justifica essa aproximação).

Para conseguir o movimento das palhetas dentro da água era necessário vencer a resistência desta e, assim, realizar trabalho sobre ela. Esse trabalho, W , mede a diminuição da energia mecânica dos corpos que chegam ao fim da queda com energia cinética, E_c , de valor inferior ao da energia potencial gravitacional, E_p , que os corpos possuíam inicialmente em repouso a certa altura h , antes de se iniciar a queda. Temos então:

$$W = E_p - E_c \Leftrightarrow W = (M_1 + M_2).g.h - \frac{1}{2}(M_1 + M_2).v^2$$

onde v é a velocidade dos corpos de massa M_1 e M_2 , no fim da queda, e h a altura desta.

Joule realizou várias experiências substituindo a água por mercúrio e óleo, mantendo as palhetas a moverem-se dentro destes líquidos, como realizou outras experiências com motores elétricos e dínamos. Posteriormente, e por processos diferentes, outras determinações foram feitas, todas elas concordantes com a de Joule.

A conclusão a que chegou foi de que se podia considerar constante a razão entre W e Q , ou seja de que é constante a razão entre trabalho e calor, tal que:

$$\frac{W}{Q} = J$$

onde J é uma constante (a letra foi usada para homenagear Joule) cujo valor é $4,1855 \text{ J cal}^{-1}$. Esta constante, muitas vezes designada por “equivalente mecânico de calor”, mais não é do que um fator de conversão de unidades. (Não confundir , equivalente mecânico de calor, com J (joule), símbolo da unidade SI de energia, assim também escolhida em homenagem a Joule).

A idéia de que a energia não pode ser criada nem destruída (Lei da Conservação da Energia) também se impôs nesta altura.

Como curiosidade é de referir que Joule, que não era um físico profissional, mas sim cervejeiro em Manchester, dedicou 40 anos da sua vida a estas experiências. Até durante uma visita à Suíça mediu a temperatura da água no cimo e na base de uma queda de água de cerca de 50 m, verificando, como estava à espera, que a temperatura na base da queda tinha um valor um pouco superior ao valor no cimo da mesma.

O EFEITO JOULE LEI DE JOULE [WIKIPÉDIA]

Lei de *Joule* (também conhecida como efeito *Joule*) é uma lei física que expressa a relação entre o calor gerado e a corrente elétrica que percorre um condutor em determinado tempo. O nome é devido a James Prescott Joule (1818-1889) que estudou o fenómeno em 1840.

Definição

Ela pode ser expressa por:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

onde:

Q é o calor gerado por uma corrente constante percorrendo uma determinada resistência elétrica por determinado tempo.

-I é a corrente elétrica que percorre o condutor com determinada resistência R.

- R é a resistência elétrica do condutor.

- t é a duração ou espaço de tempo em que a corrente elétrica percorreu ao condutor.

Se a corrente não for constante em relação ao tempo:

$$Q = R \int_{t_1}^{t_2} i^2 dt$$

TERMODINÂMICA

Quando uma corrente elétrica atravessa um material condutor, há produção de calor. Essa produção de calor é devida ao trabalho realizado para transportar as cargas através do material em determinado tempo.

Unidade joule

A lei de *Joule* está relacionada com a definição de joule onde:

- Um *joule* é o trabalho realizado para transportar um coulomb (unidade de medida da carga elétrica) de um ponto para outro, estando os dois pontos a uma diferença de potencial de um *volt* (unidade de medida da diferença de potencial).

- O trabalho é dado por:

$$W = Q \cdot U$$

onde:

- W é o trabalho elétrico (em *joule*).
- Q é a carga (em *coulomb*).
- U é a diferença de potencial (em *volt*).

Teoria cinética

A nível molecular o aquecimento acontece por causa da colisão dos elétrons com os átomos do condutor, em que o momento é transferido ao átomo, aumentando a sua energia cinética (ver calor).

Podemos dizer, portanto, que, quando o elétron colide com os átomos, fazem com que os núcleos vibrem com maior intensidade. O grau de agitação molecular é chamado de temperatura, ou seja, quando os elétrons colidem, aumentam a energia cinética dos átomos, sua temperatura.

Lei de *Joule* quando passa uma corrente eléctrica num condutor, a energia eléctrica é transformada em energia calorífica.

Um Pouco de História

James Prescott Joule nasceu em dezembro de 1818, em Salford, Inglaterra. Era filho de um importante cervejeiro de Manchester, e sempre manifestou interesse pelas máquinas e pela Física. Joule teve contato com grandes físicos como John Dalton que lhe ensinou ciências e matemática.

Joule estudou a natureza da corrente elétrica. Após inúmeros experimentos ele descobriu que, quando um condutor é aquecido ao ser percorrido

por uma corrente elétrica, ocorre uma transformação de energia elétrica em energia térmica. Este fenômeno é conhecido como Efeito *Joule* (que dá nome a este *blog*) em sua homenagem.

Interessado pelo estudo do calor, *Joule* também realizou vários experimentos nesta área, estes o ajudaram a determinar uma relação para a equivalência entre o trabalho mecânico e o calor. O que ajudou na formulação da teoria da conservação da energia (Primeira Lei da Termodinâmica), contribuição que impulsionou o estudo da termodinâmica.

Ele trabalhou com o Físico William Thomson (Lord Kelvin) realizando experimentos termodinâmicos. Juntos chegaram ao efeito *Joule-Thomson* que relaciona a temperatura e o volume de um gás.

Na época suas teorias eram bem polemicas, pois, acreditava-se que o calor era um fluido chamado “calórico”. *Joule* propôs uma mudança neste conceito dizendo que, o calor era na verdade uma das formas da energia e que estava ligado ao estado de agitação das moléculas.

A própria ciência sofria várias mudanças. Uma delas diz respeito a responsabilidade social da ciência, foi nesta época que o homem percebeu que a ciência não é apenas uma forma de organização do conhecimento. Outra mudança importante foi com relação a visão do homem em relação a natureza. Antes a ciência se preocupava em explorar a constituição da natureza, mas nesta época, o homem percebeu que podia extrair energia da natureza e transformá-la. Começamos, então, a dominar as fontes de energia da natureza, o vento, a água, o vapor... etc. Todas estas mudanças fazem parte da Revolução Industrial.

A unidade de medida *joule* (*J*).

O *joule*, que tem como símbolo a letra *J*, é a unidade de medida de energia e trabalho no sistema internacional de unidades. As experiências e, grandes contribuições de James *Joule* para a Física trouxeram-lhe reconhecimento. *Joule* morreu em outubro de 1889 em Sale, Inglaterra, e após sua morte, foi feita esta homenagem.

Um *joule* pode ser definido como, o trabalho necessário para exercer uma força de um Newton por uma distância de um metro (N.m). Outra definição para *joule* é, o trabalho realizado para produzir um watt de energia durante um segundo (W.s).

APLICAÇÕES DO EFEITO JOULE

Quando um condutor é aquecido ao ser percorrido por uma corrente elétrica, ocorre a transformação de energia elétrica em energia térmica. Este fenômeno é conhecido como *Efeito Joule*, em homenagem ao Físico Britânico James Prescott *Joule* (1818-1889).

Esse fenômeno ocorre devido o encontro dos elétrons da corrente elétrica com as partículas do condutor. Os elétrons sofrem colisões com

átomos do condutor, parte da energia cinética (energia de movimento) do elétron é transferida para o átomo aumentando seu estado de agitação, conseqüentemente sua temperatura. Assim, a energia elétrica é transformada em energia térmica (calor).

A descoberta da relação entre eletricidade e calor trouxe ao homem vários benefícios. Muitos aparelhos que utilizamos no nosso dia-a-dia têm seus funcionamentos baseados no *Efeito Joule*, alguns exemplos são:

Lâmpada: um filamento de tungstênio no interior da lâmpada é aquecido com a passagem da corrente elétrica tornando-se incandescente, emitindo luz.

Chuveiro: um resistor aquece por *Efeito Joule* a água que o envolve.

São vários os aparelhos que possuem resistores e trabalham por *Efeito Joule*, como por exemplo, o secador de cabelo, o ferro elétrico e a torradeira.

Outra aplicação que utiliza esta teoria é a proteção de circuitos elétricos por fusíveis. Os fusíveis são dispositivos que têm com objetivo proteger circuitos elétricos de possíveis incêndios, explosões e outros acidentes. O fusível é percorrido pela corrente elétrica do circuito. Caso esta corrente tenha uma intensidade muito alta, a ponto de danificar o circuito, o calor gerado por ela derrete o filamento do fusível interrompendo o fornecimento de energia, protegendo o circuito.

Pode-se fazer uma simples demonstração do *Efeito Joule* utilizando para isto, três pilhas grandes, um pouco de palha de aço (Bom Bril) e dois fios flexíveis.



www.efeitojoule.com

Coloque as três pilhas em série e conecte uma extremidade de cada fio nas extremidades da série de pilhas. Coloque a palha de aço em um local onde não possa ocorrer a propagação de chamas (em algum piso não inflamável). Encoste as duas extremidades dos fios na palha de aço, fechando o circuito e estabelecendo a passagem da corrente elétrica. Esta corrente elétrica aquece os fios de palha por *Efeito Joule* e, por serem muito finos, tornam-se incandescentes e pegam fogo.

ATIVIDADES

Q15. Faça uma análise dos vídeos aulas abaixo, dando muita atenção se eles satisfazem a proposta de serem materiais complementares ou se eles podem substituir as aulas presenciais.



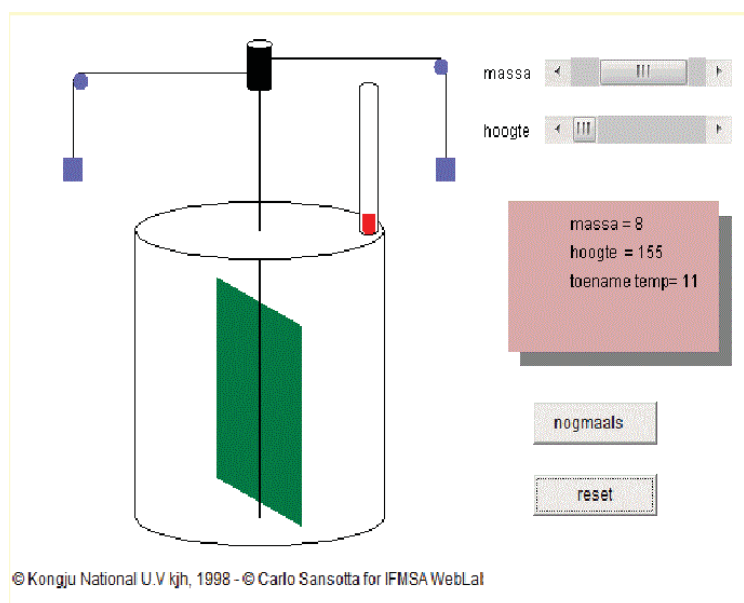
VÍDEOS

1. Equivalente mecânico do calor
<http://www.youtube.com/watch?v=mRu4Wdi5lP8&feature=related>
2. Experimento efeito Joule – gratisvideoaulas – Aula 1, 2 e 3 <http://www.youtube.com/watch?v=EBTxO2goEBg&playnext=1&list=PLD50445D5DCCF3C2D>
3. Física Animada – Efeito Joule - http://www.youtube.com/watch?v=9_wzVs3sZDQ

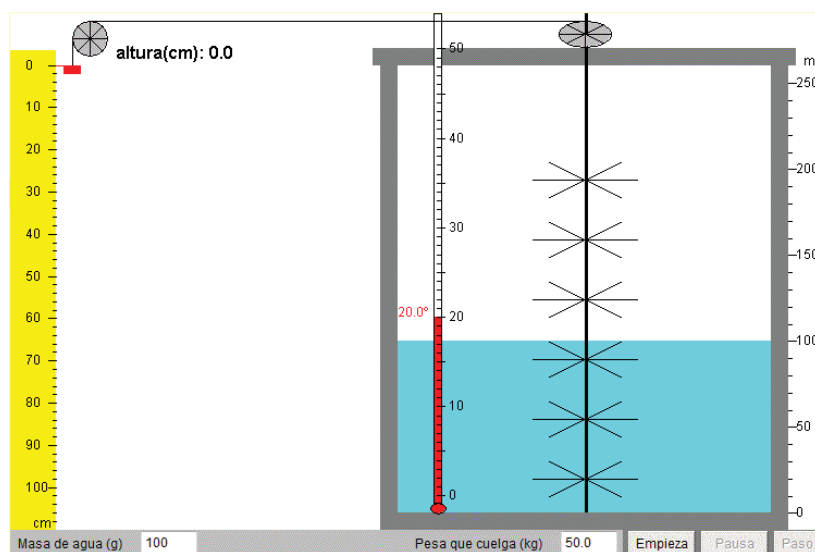
APPLETS DE ENSINO

Q16 - Faça uma análise dos applets abaixo, dando muita atenção se eles satisfazem a proposta de serem materiais complementares.

1. *Efeito Joule* - <http://br.oocities.com/saladefisica3/laboratorio/expjoule/expjoule.htm>



2. Experimento de Joule. - *Applet* do Física con Ordenador. (traduzido)
<http://www.if.ufrgs.br/cref/leila/joule.htm>



COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Os alunos e futuros professores devem ter sentido dificuldade em fazer o experimento. Isso é normal já que nem todos nós temos facilidade em manusear ou adquirir alguns dos materiais. Mas devem ter observado pelo experimento aqui proposto que podemos fazer muita coisa de forma simples e engenhosa. Que não precisamos ficar presos à literatura.

Eles devem ter percebidos que existe muito material de apoio na *internet*, principalmente *applets* de ensino. Que o tema o efeito *Joule* pode ser muito bem explorado em sala de aula. Estes devem ter percebido que o tema conservação da energia está no cerne (centro) do desenvolvimento industrial, principalmente da indústria automotiva. Estes devem, através de vídeo aulas, percebidos que mesmo alguns projetos sérios não conseguem se afastar do conceito das aulas teóricas baseadas na exposição de conceitos e na resolução de exercícios.

Respostas as questões

Q1. Nem sempre. Mas deve estar sempre ciente destas decisões.

Q2. Nem sempre, como já vimos em instrumentação I.

Q3. Nem sempre. Mas, sempre é bom mostrar as aplicações e implicações da ciência.

Q4. Certamente, eles já são parte desse processo.

Q5. Talvez responda Behaviorista.

- Q7. Sim.
Q8. Sim.
Q9. Sim.
Q10. Eles têm que fazer a discussão.
Q11. Sim
Q12. Muitos o desejam, mas é difícil capacitar os professores para isso.
Q13. Sim. Já o fizemos algumas vezes aqui.
Q14. A resposta depende do aluno.

CONCLUSÃO

Mostramos através de um texto simples complementado com alguns experimentos de baixo custo e vários applets de ensino, que o conceito do efeito *Joule* pode ser ensinado de forma lúdica e menos teórica. Também ficou claro que o efeito *Joule* é um tema que envolve muitos fatos (experiências) corriqueiros e cotidianos e que podemos torná-lo um tema mais atraente e menos decorativo para os alunos.

Deve ter ficado claro para o futuro professor que os conceitos envolvidos na transformação da energia térmica (ou qualquer outra) em trabalho estão envolvidos na explicação do funcionamento de todas as máquinas.

Estes devem ter ficado cientes que existem diversos materiais de apoio ao ensino de física, como ludotecas e vídeos aulas, que podem ser usados como reforço no aprendizado.

RESUMO

Apresentamos aqui um texto simples sobre o efeito *Joule* recheado de *applets* de ensino. Complementamos este com alguns experimentos de baixo custo elaborados por nós mesmos e por outros retirados de diversos sites de ensino. Mostramos que existem vários vídeos aulas, alguns feitos de forma profissional, que devem ser sugeridas aos seus futuros alunos.

Mostramos que devido à grande importância das máquinas térmicas em nossa vida diária, existem vários sites de ensino com *applets* sobre esse tema. Que este tema não deve ser negligenciado em um curso de física.



REFERÊNCIAS

- Pinheiro, Silveira e Bazzo. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque cts para o contexto do ensino médio”
- Gouvêa e leal. Uma visão comparada do ensino em ciência, tecnologia e sociedade na escola e em um museu de ciência
- RAMALHO, F.J; NICOLAU, J.F.; TOLEDO, P.A.. Os Fundamentos da Física.
- Halliday, D., Resnick, R., Walker, J.; **Física**, Vol. 2, Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 1996
- Tipler, P.A.; **Física (Para Cientistas e Engenheiros), Vol.2 , Gravitação Ondas e Termodinâmica**, 3a Ed., Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1995.
- P. Portugal. Experiência de Joule. http://profs.ccems.pt/PauloPortugal/CFQ/Experincias_de_Joule/Equivalncia_Trabalho_Calor.html
- Wikipédia – O Efeito Joule. http://pt.wikipedia.org/wiki/Lei_de_Joule