



Caro(a) aluno(a),

O estudo sobre calor como forma de energia prossegue neste Caderno. Inicialmente, você irá explorar a relação do calor com outro tipo de energia estudado na 1ª série: a energia mecânica (cinética e potencial). Essas relações mostram a possibilidade de converter um tipo de energia em outro, e levam ao estudo das máquinas térmicas e conseqüentemente à primeira Revolução Industrial.

Você poderá compreender e debater com os colegas a importância do desenvolvimento tecnológico e científico, assim como as mudanças no meio de vida e na estrutura social e econômica do século XIX, e nos seguintes, proporcionadas pelo desenvolvimento das máquinas térmicas, que contribuiram para a produção em grande escala no sistema industrial.

Você também estudará, do ponto de vista da Física, os princípios básicos, os ciclos de funcionamento, a potência e o rendimento de dois tipos de máquinas térmicas: aquelas em que o calor tem um sentido de fluxo espontâneo, como no caso da turbina a vapor e dos motores a combustão; e outras em que o calor não apresenta um sentido de fluxo espontâneo, como no caso dos refrigeradores.

As duas leis da termodinâmica irão permear todo esse estudo: a primeira trata da conservação de energia, afirmando que todo processo é possível desde que a energia total se conserve; a segunda, que em seus diversos enunciados aparece “limitando” as possibilidades dos processos, mostra que, embora possíveis do ponto de vista da conservação de energia, a probabilidade de que eles ocorram é muito pequena. Portanto, na prática, são impossíveis a mudança de sentido do fluxo espontâneo de calor, a conservação de energia sem considerarmos sua degradação, ou a possibilidade de uma máquina térmica atingir 100% de rendimento.





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

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



TEMA 1:

CALOR COMO ENERGIA

Você já reparou o que acontece quando esfrega suas mãos ou atrita uma moeda em uma superfície áspera? E quando você comprime rapidamente uma bomba manual de encher pneu de bicicleta? Essas situações são exemplos simples associados à produção de calor: as mãos, a moeda e a bomba manual de encher pneu de bicicleta esquentaram após serem atritadas. De onde vem o calor para esse aquecimento? O que é necessário para que ele seja produzido? Como aproveitar o calor? Responder a essas questões nos permitirá compreender melhor a relação entre calor e trabalho mecânico, bem como as transferências e as transformações de energia associadas.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 O EQUIVALENTE MECÂNICO DO CALOR

A fim de discutir e compreender a relação entre movimento e calor, ou seja, entre trabalho mecânico e calor, faça a atividade a seguir:



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Materiais

- um tubo de PVC de 1,20 m de comprimento, com “tampa” nas duas extremidades;
- 500 g de chumbinho;
- uma borracha;
- uma vasilha de alumínio;
- uma vasilha com gelo e sal;
- uma fita adesiva;
- um termômetro.



© Fernando Favoretto

Mãos à obra!

1. Faça um furo da largura do termômetro em uma das tampas do tubo de PVC.
2. Corte um pedaço da borracha (pode ser borracha escolar) de modo a lacrar esse furo, mas com uma aba que lhe permita retirá-la quando quiser sem muita dificuldade. Será por esse furo que você colocará o termômetro para medir a temperatura do chumbinho. Assim, note que ele precisa estar bem vedado para evitar a troca de calor com o ambiente.
3. Coloque o chumbinho em uma vasilha de alumínio e a deposite dentro de outra vasilha com gelo e sal. O objetivo é resfriar os chumbinhos. Cuidado para não molhá-los!
4. Mantenha-os nessa vasilha por três ou quatro minutos.
5. Despeje o chumbinho da vasilha de alumínio dentro do tubo.
6. Tampe-o e agite um pouco (gire o tubo duas vezes).
7. Retire o lacre de borracha com cuidado e coloque o termômetro.
8. Mantenha o tubo na vertical, com o lado do furo para baixo, para que o termômetro possa ficar em contato com o chumbinho por três minutos.
9. Assim que retirar o termômetro, lacre o furo imediatamente (deixe uma fita adesiva já preparada; tampe o furo com o lacre de borracha e passe a fita adesiva para evitar que ele caia ao movimentar o tubo) e anote a temperatura medida. Essa será a temperatura inicial do sistema.

Atenção: esse procedimento deve ser feito com bastante cuidado; caso contrário, o termômetro poderá se quebrar.

Importante: assim que retirar o termômetro, o tubo precisa ser girado rapidamente, de modo que o chumbinho “caia” por toda a sua extensão. Repita essa operação **cem vezes**.

10. Ao chegar à última inversão do tubo, retire cuidadosamente o lacre, coloque o termômetro, deixe-o por três minutos em contato com o chumbinho e meça a nova temperatura.

**Atenção!**

Cuide para que suas mãos não fiquem em contato com as extremidades do tubo (deixe-as próximas do meio do tubo), dificultando a troca de calor de seu corpo com o chumbinho.



Após o término da atividade, responda às questões:

1. O que aconteceu com a temperatura do chumbinho ao final da experiência?

2. Qual a sua explicação para a mudança na temperatura do chumbinho?

3. Por que é preciso girar o tubo tantas vezes?

4. Que tipo de transformação de energia ocorre com o chumbinho?

5. Qual a quantidade de calor, em calorias, trocada pelo chumbinho? Qual a variação de energia em Joule? Que dados e relações são necessários para obter esses valores?



6. Obtenha uma relação entre o calor trocado (cal) e a variação de energia (J). Que hipóteses estão sendo feitas para estabelecer essa relação?

7. É possível concluir algo sobre a relação entre o trabalho mecânico (realizado quando o tubo era girado e o chumbinho caía de uma ponta à outra) e a variação da temperatura do chumbinho?

Tome nota!

Após responder às questões, elabore um relatório que apresente suas observações e sintetize o que aprendeu da seguinte forma:

- Registre a questão que o grupo procurava responder ao realizar o experimento, os procedimentos efetivamente realizados e os cuidados necessários para sua realização.
- Apresente de forma organizada os dados obtidos.
- Discuta esses dados e as conclusões a que seu grupo chegou, tendo em vista as questões que pretendiam responder por meio do experimento.



Leitura e Análise de Texto

Energia mecânica e quantidade de calor

Estevam Rouxinol

Quando esfregamos as mãos em um dia frio ou atritamos uma moedinha em uma superfície áspera, podemos observar que, quanto mais vigoroso é o movimento, mais o corpo fica quente.

Nesse caso, é o seu esforço muscular o responsável direto por esse aquecimento. Já no caso de um furadeira que perfura uma parede, é a rotação da máquina, capaz de movimentar a broca, que permite que o calor seja produzido pelo atrito entre a broca e a parede.

Já o aquecimento produzido em uma martelada aplicada em um prego vai depender do número e da potência dos golpes do martelo no prego. Esses exemplos são algumas situações que possibilitam relacionar a energia mecânica com a quantidade de calor produzida.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

1. Cite outros dois exemplos em que o aquecimento acontece por uma transformação de energia mecânica.

2. Ao martelar um prego, percebe-se que sua temperatura aumenta. De onde vem a energia para que isso aconteça? Escreva as energias envolvidas no processo e as transições e/ou transformações que elas sofrem.



Leitura e Análise de Texto

O experimento de Joule e o equivalente mecânico do calor.

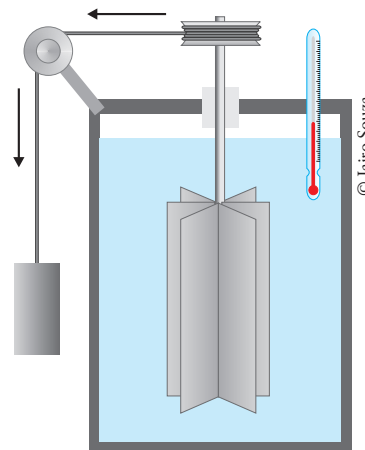
Estevam Rouxinol

A situação ilustrada na figura reproduz a experiência de Joule: um objeto de massa conhecida é preso em uma corda e abandonado de certa altura.

Durante sua queda, um sistema de pás é acionado, entrando em rotação e agitando a água contida em um recipiente isolado termicamente.

Devido ao atrito das pás com a água, o objeto cai com velocidade praticamente constante e a temperatura da água sofre uma elevação.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.



Considere o experimento de Joule e responda:

1. Que transformações de energia estão acontecendo? Explique.

2. Quais modificações na massa ou na altura da queda fariam a temperatura da água subir mais ainda? Explique.

3. Considere que o objeto tenha uma massa de 6 kg e que ele caia de uma altura de 2 m por 25 vezes seguidas.
 - a) Calcule a quantidade de energia transmitida para a água. Considere $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ para a aceleração da gravidade no local.
 - b) Qual a quantidade de calor recebida pela água?

4. Descreva a semelhança entre o experimento de Joule e o experimento do chumbinho desenvolvido na Situação de Aprendizagem 1.



LIÇÃO DE CASA



1. Um projétil de chumbo de 10 g (0,01 kg), movendo-se a 400 m/s, perde toda a sua energia cinética ao colidir com uma parede de aço.

a) O que deve ter acontecido com a temperatura do projétil após a colisão?

b) Supondo que toda a energia cinética do projétil tenha sido empregada para elevar sua temperatura, calcule a quantidade de calor recebida por ele na colisão com a parede de aço. Dado: 1 cal = 4,2 J.

c) Qual será a temperatura do projétil após a colisão? Dados: calor específico do chumbo = 0,031 cal/g °C; e temperatura do projétil antes da colisão = 25 °C.

2. Para economizar energia, um estudante pensou em aquecer a água para um cafezinho agitando-a. Para isso, utilizaria uma garrafa térmica de 0,5 m de comprimento com 200 ml de água. Considerando que a água estava à temperatura ambiente (25 °C) e que para fazer o café ela deveria entrar em ebulição (100 °C ao nível do mar), quantas vezes a garrafa precisaria ser girada? Dado: calor específico da água a 1cal/g °C. Discuta se isso seria praticável.

A natureza do calor

Desde a Antiguidade, os gregos discutiam sobre a natureza do calor. Esse debate intensificou-se após os séculos XV e XVI, período do Renascimento. No século XVIII, o calor já era um velho conhecido do pensamento científico.

Nessa época, considerava-se que o calor era uma substância, um fluido invisível e de peso desprezível chamado calórico. Quanto maior fosse a temperatura de um objeto, maior seria a quantidade de calórico em seu interior. De acordo com esse modelo, quando dois corpos de temperaturas diferentes eram colocados em contato, o calórico passava do corpo mais quente para o mais frio, até que se atingisse o equilíbrio térmico.

Outros fenômenos eram explicados por essa teoria, como o fato de alguns metais apresentarem peso maior após serem queimados.

Hoje se compreende que a diferença de peso não se deve ao calórico, e sim à reação química que esses metais fazem com o oxigênio do ar, aumentando a massa final do produto da queima.

Alguns fenômenos, entretanto, não poderiam ser explicados usando o fluido calórico, como o fato de corpos atritados ou percutidos poderem se aquecer quase indefinidamente ou ainda o fato de corpos aquecidos não aumentarem de massa. Para cada um desses casos, os cientistas criavam “soluções” particulares, que não se adequavam a uma única teoria.

A compreensão do calor como uma forma de energia ocorreu no século XIX, graças a vários trabalhos científicos. O mais conhecido deles foi sobre a perfuração de canhões, produzido por Benjamin Thompson, o conde de Rumford. O texto a seguir relata algumas dúvidas e questionamentos a respeito da natureza do calor levantadas por ele.



Leitura e Análise de Texto

Calor: substância?

[...] Ultimamente, atuando como encarregado de supervisionar a perfuração de canhões nas oficinas do arsenal militar em Munique, fiquei surpreso com o elevado grau de calor que uma arma de latão atinge em um curto período de tempo, e com o calor ainda mais intenso (muito maior do que o da água fervente, como descobri em um experimento) dos fragmentos metálicos separados dela pelo perfurador.

Quanto mais eu meditava sobre esses fenômenos, mais eles me pareciam curiosos e interessantes. Uma investigação sobre eles até me parece justificar um aprofundamento sobre a natureza oculta do calor; e nos permitiria fazer algumas conjecturas razoáveis com relação à existência, ou não existência, de um fluido ígneo: um assunto sobre o qual as opiniões dos filósofos, em todas as épocas, sempre foram bem divididas [...]

[...] O que é calor? Existe algo como fluido ígneo? Existe alguma coisa que pode ser chamada apropriadamente de calórico?

Vimos que uma quantidade considerável de calor pode ser obtida pela fricção de duas superfícies metálicas que emitirão uma corrente ou fluxo, em todas as direções, sem interação ou interrupção e sem quaisquer sinais de diminuição ou exaustão.

De onde veio o calor que era continuamente emitido desta forma, nos experimentos mencionados anteriormente? Foi fornecido pelas pequenas partículas de metal, despregadas das grandes massas sólidas, quando se esfregaram umas nas outras? Isto, como já vimos, não poderia ter sido o caso.

Foi fornecido pelo ar? Este não poderia ter sido o caso, pois nos experimentos feitos com o maquinário imerso em água, o acesso do ar proveniente da atmosfera fora completamente vedado.

Foi fornecido pela água que circundava o maquinário? É evidente que este não poderia ter sido o caso: primeiro, porque a água recebia continuamente o calor do maquinário e não poderia, ao mesmo tempo, estar dando e recebendo calor do mesmo corpo; e, em segundo lugar, porque não houve nenhuma decomposição química de nenhuma parte dessa água. Se esta decomposição tivesse ocorrido (o que, de fato, não seria razoável esperar), um de seus componentes fluidos elásticos (muito provavelmente ar inflamável) deveria, ao mesmo tempo, ter sido liberado, e teria sido detectado ao escapar para a atmosfera; mas, ainda que tenha examinado com frequência a água para ver se bolhas de ar subiam através dela, tendo até mesmo me preparado para pegá-las a fim de as examinar caso ocorressem, pude notar que não havia uma sequer e nem mesmo qualquer sinal de decomposição de nenhum tipo, ou qualquer outro processo químico ocorrendo dentro da água [...]

[...] E, ao raciocinar sobre este assunto, não podemos nos esquecer de considerar esta circunstância extremamente notável, ou seja, que a fonte do calor gerado pela fricção nesses experimentos parecia evidentemente ser inesgotável.

Materiais

- um bulbo de uma lâmpada para servir de recipiente para água;
- um alicate;
- uma rolha de borracha que será usada para lacrar o bulbo;
- dois tubos de cobre de $\frac{1}{8}$ de polegada e com 10 cm de comprimento;
- 50 cm de barbante;
- um gancho para amarrar o barbante na rolha;
- uma vela.



© Fernando Favoretto

Mãos à obra!

1. É preciso preparar com cuidado a lâmpada como recipiente para a água. Para isso, arranque com o alicate parte do bocal, deixando-a como mostra a figura acima. Para não cortar suas mãos, peça orientação ao professor. Se necessário, utilize uma toalha para segurá-la. O ideal é riscar a lâmpada com diamante de vidraceiro.
2. Ajuste a rolha na lâmpada, de forma a deixá-la lacrada.
3. Retire a rolha e faça dois furos nela, de modo que caiba um tubo em cada furo. No centro da rolha, fixe o gancho. Nele será amarrado o barbante para que a lâmpada possa girar livremente. Certifique-se de que o gancho está bem centralizado.
4. Passe os tubos pelo furo, coloque um pouco de água dentro da lâmpada e lacre-a com a rolha.
5. Dobre as extremidades do tubo com cuidado, de forma que cada uma aponte em direção oposta à outra, como mostra a figura.
6. Acenda a vela e coloque-a no chão, certificando-se de que ela está em um lugar seguro.
7. Suspenda sua máquina de Heron amarrando o barbante em algum lugar, de forma a deixar a lâmpada próxima à chama da vela (pode ser no tampo de uma mesa). É preciso que haja espaço suficiente para a lâmpada girar sobre seu eixo.
8. Espere a água entrar em ebulição e observe o que acontecerá.



© Fernando Favoretto



Após o término da atividade, responda às questões:

1. O que faz a lâmpada girar?

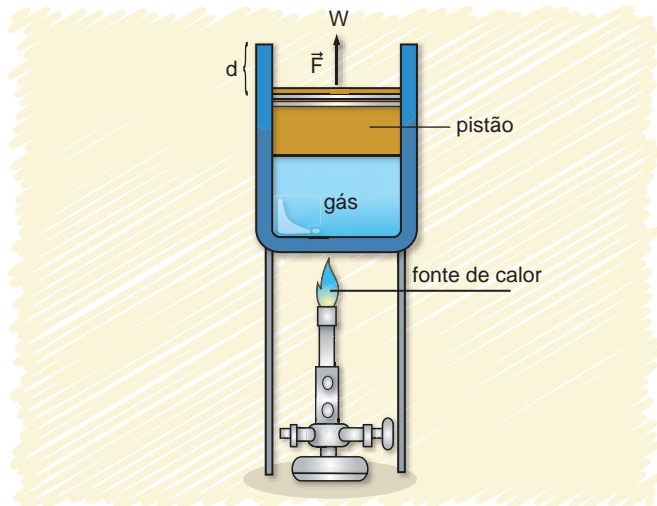
2. Explique como isso ocorre.

3. Quais transformações de energia ocorrem no funcionamento dessa máquina?

4. Por que esse arranjo pode ser chamado de “máquina”? Será que se pode usá-la para realizar alguma coisa útil? O que, por exemplo?



Explique com suas palavras a relação entre trabalho (W), pressão (P) e variação de volume (ΔV) quando um gás empurra um pistão, e ele se desloca de uma distância d , como na figura abaixo.

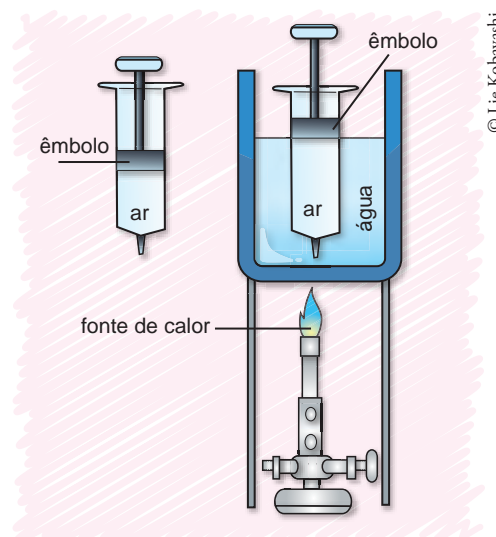


Manifestações térmicas da energia

Na Situação de Aprendizagem 1, abordamos as possibilidades de transformação de energia mecânica em energia térmica, como no caso de você esfregar suas mãos. Lá, introduzimos a ideia de trabalho como “representante” da variação da energia mecânica (energia potencial gravitacional e cinética).

A energia potencial envolvida no trabalho nem sempre é gravitacional. Se você colocar uma bexiga cheia de ar em um congelador ou na água quente, verá que ela ficará mais murcha ou mais esticada, respectivamente. Nesses casos, por exemplo, a energia potencial é elástica.

Vejam o exemplo de uma seringa apenas com ar em seu interior quando colocada em um recipiente com água quente (mas não tão quente a ponto de derreter a seringa de plástico!).



Repare que o êmbolo da seringa (a parte de borracha) começa a subir. É como se houvesse uma força sendo aplicada em cada ponto da superfície da borracha, ou uma força total sendo distribuída ao longo dessa superfície. Essa força (\vec{F}) distribuída, ou dividida, ao longo da área (A) da superfície é o que chamamos de pressão (P), e é quantitativamente definida pela fórmula:

$$P = \frac{F}{A} \text{ ou ainda } F = P \cdot A$$

Sendo o trabalho (W) dado por $W = F \cdot d$, e a variação de volume (ΔV) representada pelo produto da área (A) pela altura (d) que o êmbolo da seringa subiu ($\Delta V = A \cdot d$), podemos expressar o trabalho utilizando a equação:

$$W = P \cdot \Delta V$$

A partir das definições e conceitos abordados acima, qual a semelhança entre o êmbolo da seringa que sobe em um recipiente com água quente e o fato do leite começar a subir enquanto ferve em um recipiente?



VOCÊ APRENDEU?



- O desenho abaixo reproduz uma máquina de Heron: o vapor de água escapa para a atmosfera pelos tubos e sai com pressão fazendo girar a esfera. Quais transformações de energia acontecem na máquina de Heron?



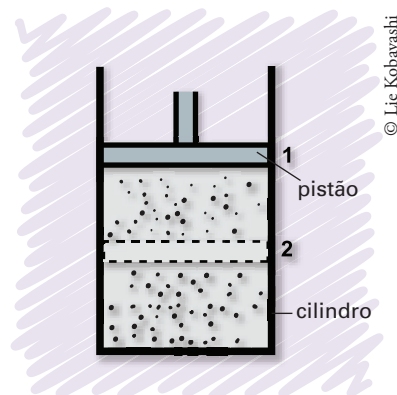
© Gus Morais

Representação do funcionamento de uma máquina de Heron.

2. A máquina de Heron foi uma curiosidade na época em que ele a inventou. Não foi realmente usada de modo prático. Imagine duas formas de aproveitar o trabalho realizado pela máquina de Heron e explique como funcionaria em cada caso.

3. A figura a seguir ilustra um conjunto de um cilindro e um pistão. O pistão pode se mover livremente, ou seja, ir da posição 2 para a posição 1 e vice-versa. Os pontinhos pretos representam um gás no interior do cilindro. Pode-se usar esse conjunto de cilindro e pistão como máquina, ou seja, para produzir trabalho útil? Como se poderia fazer isso?

Dica: pense no que acontece com um gás quando é aquecido ou quando resfriado no interior do cilindro.



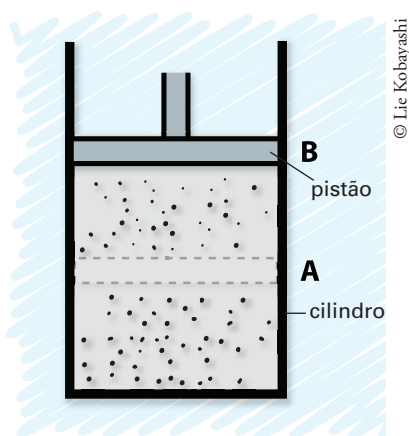
LIÇÃO DE CASA



1. Pesquise e registre em seu caderno quando surgiram as primeiras máquinas a vapor e para que eram usadas.
2. “Cinquenta léguas em quatro horas (ou seja, 60 km/h). Nada pode dar a ideia da fulminante velocidade com que se desenrola, como em um conto de fadas, este surpreendente panorama. Não corremos, mas voamos por cima dos campos, dos rochedos, dos pântanos, de pontes suspensas, de aquedutos cuja espantosa ousadia e solidez lembram, a cada instante, as construções etruscas e romanas. Planamos sobre os abismos.”

Este trecho foi retirado de um texto escrito por Michelet em 1830. Sobre qual invento ele se referia? Quais mudanças o invento trouxe à época?

3. Considere o conjunto de cilindro e pistão representados na figura ao lado. Inicialmente o pistão está na posição A. Ao aquecer o gás contido no cilindro, este se dilata e empurra o pistão para a posição B. a) Se ao aquecer ele se desloca 50 cm e a pressão atmosférica é de $1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ (1 atm), qual o trabalho realizado pelo pistão? b) Se esse trabalho for usado para levantar um objeto, em um local em que a aceleração da gravidade é $g = 10 \text{ m/s}^2$, qual massa será capaz de levantar? Considere a área da base do pistão sendo 300 cm^2 e sua massa sendo desprezível.



PESQUISA INDIVIDUAL

Leia o texto *As máquinas térmicas*, que faz um apanhado histórico e mostra a invenção e a evolução das máquinas térmicas, bem como as razões que levaram a sua descoberta e a seu aperfeiçoamento.

Para a leitura, acesse <<http://www.if.usp.br/gref/termo/termo4.pdf>>, p. 105 ou <<http://cenp.edunet.sp.gov.br/fisica/gref/FISICATERMICA/termo27c4.pdf>>.

Depois da leitura do texto, responda às questões seguintes, complementando-as com outras informações que você coletou.

1. Você pode imaginar como era o dia a dia das pessoas na época em que ainda não existiam os refrigeradores ou os motores dos carros? Descreva alguma situação imaginada por você.

2. Como eles surgiram? Por que foram inventados? Em quais princípios físicos se baseiam?

TEMA 2:

MÁQUINAS TÉRMICAS

Hoje em dia, é comum vermos carros movidos a gasolina, a álcool, a diesel, a gás e até carros com mais de uma opção de combustível (os chamados carros *flex*). É comum também o uso de geladeiras, ar-condicionado e aquecedores cada vez mais sofisticados. Mas o que esses equipamentos têm em comum? Como eles funcionam? Qual a relação entre eles? Essas e outras questões vão nos permitir compreender melhor os processos e as transformações térmicas que ocorrem no funcionamento de equipamentos tão presentes em nossas vidas.

A evolução desses equipamentos é fruto de grandes transformações que ocorreram ao longo da história. Entender essa evolução significa compreender as profundas mudanças que aconteceram no decorrer dos séculos no que diz respeito às relações sociais, econômicas e políticas. Elas tiveram impacto decisivo na forma e na organização da produção. Esse e outros assuntos são estudados pela termodinâmica e serão tratados nas próximas Situações de Aprendizagem.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3 REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E AS MÁQUINAS TÉRMICAS

Você consegue se imaginar vivendo em um mundo sem geladeira, sem automóveis e sem eletricidade? Seria inviável a vida no mundo sem essas coisas, não? Pois é! Hoje vivemos em um mundo em que estamos tão dependentes da utilização dessas máquinas e desses equipamentos que, muitas vezes, nem nos lembramos de quanto eles estão presentes em nossas vidas. Esquecemos também os avanços conquistados com sua invenção e utilização. Nesta atividade, você fará uma pesquisa sobre um tema que relaciona a Física com a História, com a finalidade de compreender a relação entre o desenvolvimento das máquinas térmicas e as transformações da nossa sociedade.



PESQUISA INDIVIDUAL

Para responder às questões seguintes, pesquise em bibliotecas, enciclopédias, internet e, se possível, consulte e converse com um professor de História.

1. O que foi a primeira Revolução Industrial? Qual foi seu contexto histórico-social?
2. Utilizando como fonte o texto *As máquinas térmicas* (indicado na página anterior), localize a grande dificuldade técnica vivida pela Europa no final do século XVII.

3. Quais os tipos de máquinas térmicas mais utilizadas na Revolução Industrial?
4. Algumas dessas máquinas ainda são utilizadas?
5. Quais os principais fatores que motivaram o aperfeiçoamento dessas máquinas?
6. É possível encontrar influências desse período hoje em dia?

Organize uma apresentação dos resultados de sua pesquisa à turma, indicando as fontes que utilizou. Essa apresentação pode ser feita por meio de cartazes com textos, mapas e ilustrações. Conforme os recursos disponíveis e as sugestões do professor, é possível apresentar seu trabalho de outras maneiras.



As máquinas térmicas e a sociedade

Você deve ter percebido por meio de sua pesquisa o quanto foi difícil e demorado chegar às modernas máquinas térmicas que temos hoje e também o quanto elas transformaram as relações sociais. Todo o desenvolvimento das máquinas térmicas, desde as primitivas máquinas a vapor, esteve fortemente ligado à estrutura econômica e social da época.

O desenvolvimento da ciência e o trabalho dos cientistas não ocorrem em um mundo paralelo e distante do mundo em que vivemos. Da mesma maneira, a construção e o desenvolvimento de novos equipamentos e máquinas geralmente não surgem das ideias de uma única pessoa ou de uma pessoa desvinculada das questões e dos problemas de sua época.

No caso da evolução das máquinas térmicas, você pode perceber que elas vieram quase sempre acompanhadas de novos problemas e situações que precisavam ser resolvidas.

Para exemplificar, imagine a seguinte situação: você é morador de uma cidade pequena e pacata cujo abastecimento de água depende de uma mina profunda. A água é retirada dessa mina usando baldes ou tração animal. Considere que, em um curto intervalo de tempo, a população dessa cidade aumente bastante. Nesse caso, essa forma de abastecimento de água vai se tornar inviável. Será necessário então utilizar bombas-d'água cada vez mais eficazes para trazer a água até a superfície. Ou seja, a partir de um problema, tornou-se necessário aperfeiçoar uma máquina já existente, estimulando a busca de novas soluções. Assim, podemos estender esse raciocínio para outros setores de nossas vidas, como alimentação, vestuário e transportes, entre outros.

A primeira Revolução Industrial incluiu mudanças drásticas na estrutura social e econômica. Ela teve início na Inglaterra, quando invenções e novas tecnologias criariam e viabilizariam o sistema industrial de máquinas de produção em grande escala, principalmente por meio das máquinas térmicas.

3. A necessidade de bombear água de minas de carvão levou ao desenvolvimento das máquinas térmicas no século XVII. Depois das bombas-d'água a vapor, qual outra máquina térmica teve grande influência na sociedade? Por que ela teve tanta influência? Explique.

4. Vivemos em um mundo em que as máquinas fazem parte de nossa vida desde que nascemos:

a) Imagine sua rotina diária e verifique quais máquinas térmicas fazem parte de sua vida.

b) O que mudaria em sua rotina diária se essas máquinas não existissem?



LIÇÃO DE CASA



Faça uma entrevista com um mecânico de automóveis. Para tanto, leia a Situação de Aprendizagem 4, faça as perguntas propostas, organize e traga para próxima aula as respostas digitadas ou escritas.



PARA SABER MAIS

Nos *sites* indicados, você encontra informações sobre a primeira Revolução Industrial. Eles fornecem mais detalhes históricos a respeito das transformações econômicas e sociais advindas desse período.

Sites (Acessos em: 3 dez. 2009)

- Cultura Brasileira. Disponível em: <<http://www.culturabrasil.org/revolucaoindustrial.htm>>.
- História do Mundo. Disponível em: <<http://www.historiadomundo.com.br/idade-moderna/revolucao-industrial>>.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 ENTREVISTA COM UM MECÂNICO

Muito provavelmente você já deve ter ouvido pessoas dizendo, seja em uma conversa entre seus colegas, seja na televisão ou em revistas, expressões como: “Meu carro é 1.0 – 16 válvulas!” “Esse motor é muito potente!”, “Quero comprar um carro *flex*” ou, ainda: “Esse motor é de quatro tempos”. Mas o que todas essas expressões significam? O que elas têm a ver com o funcionamento do motor de um automóvel? A partir dessas questões, podemos compreender melhor o funcionamento básico dos processos que levam um carro a se movimentar, desde o consumo de combustível até a expulsão dos gases resultantes de sua queima. Então, para começar, nada melhor do que perguntar a quem mais entende do assunto: um mecânico de automóveis!



PESQUISA DE CAMPO

Os ônibus e os caminhões possuem motores que os fazem funcionar. São os chamados motores a combustão interna. Você sabe como esses motores funcionam? Será que você já viu um deles? Para começar a investigá-los, você irá entrevistar um mecânico. Veja se você, ou alguém de sua família, conhece algum mecânico ou descubra alguma oficina perto de sua casa ou da escola.

Para isso, elabore com seu grupo questões que considerem importantes para fazer a esse profissional. Lembre-se de que estamos interessados em usar as informações dessa entrevista para compreender e aprofundar nossos estudos sobre máquinas térmicas. No caso desta atividade, o objetivo é compreender como funciona um motor a combustão, bem como comparar as semelhanças e as diferenças entre os diferentes tipos de motor.



Sugestões de perguntas

- Quais as partes essenciais de um motor a combustão?
- Qual a diferença entre um motor de quatro tempos e um de dois tempos?
- Como eles funcionam?
- Quais as diferenças entre os motores a álcool, a gasolina e a diesel?
- Como funcionam os motores dos carros *flex*?

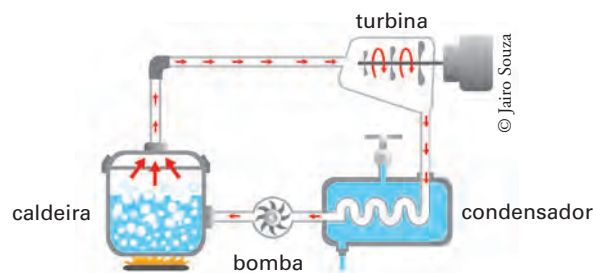


Leitura e Análise de Texto e Imagem

Nas aulas anteriores, você estudou e montou uma máquina térmica, a máquina de Heron, lembra? Uma turbina a vapor funciona de forma semelhante à máquina de Heron, transformando a energia interna do combustível, por meio de sua queima, em energia mecânica, representada pelo movimento da hélice da turbina, que pode ser usada em uma usina para produção de eletricidade.

Podemos dividir o mecanismo de funcionamento de uma turbina a vapor em quatro etapas, que formam um ciclo que se repete. Esse ciclo se inicia com a produção de vapor a alta pressão em uma caldeira. Esse vapor passa por transformações, realiza trabalho e termina por ser recolhido de volta para a caldeira na forma líquida.

As figuras a seguir ilustram cada uma das etapas do ciclo.



1. Caldeira



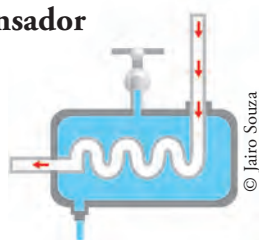
A água vaporiza a uma pressão constante, aumentando seu volume: transformação isobárica.

2. Turbina



O vapor se expande realizando trabalho. Como as hélices da turbina e o vapor estão à mesma temperatura e a transformação ocorre rapidamente, não há trocas de calor: expansão adiabática.

3. Condensador



O vapor passa para o estado líquido, trocando calor com o meio, diminuindo o volume a uma pressão constante.

4. Bomba

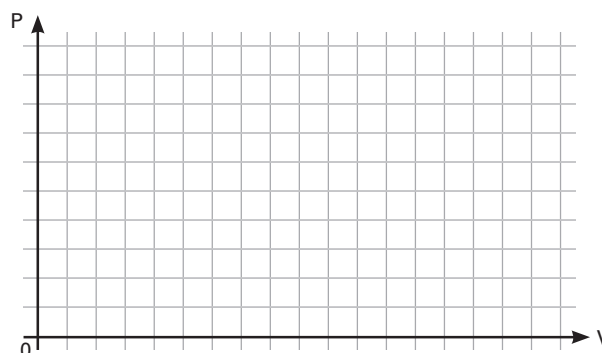


A bomba, ao comprimir a água, aumenta sua pressão até que esta se iguale à pressão do interior da caldeira. Pelo fato de a água ser praticamente incompressível, podemos considerar esse processo isométrico.

GRAF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física: Física Térmica 4*. A todo vapor. São Paulo: GRAF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 75. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/graf/termo/termo4.pdf>> e <<http://cenp.edunet.sp.gov.br/fisica/graf/FISICATERMICA/termo19.pdf>>. Acessos em: 25 nov. 2009.

Leia sobre as transformações ocorridas em cada etapa e construa, junto com seu professor, o diagrama da pressão (P) \times volume (V) que representa o ciclo de funcionamento da turbina.

Depois de feito o diagrama, note que a energia do combustível é usada tanto para variar a energia interna da água e do vapor quanto para realizar trabalho ao girar o eixo da turbina. Com isso, uma parte da energia do vapor é cedida ao ambiente, outra parte é transformada em trabalho, e outra, reaproveitada no processo.

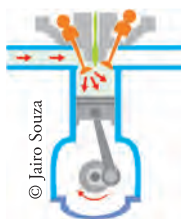


Leitura e Análise de Texto e Imagem

As etapas de funcionamento de um motor a quatro tempos

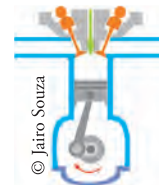
Assim como a turbina a vapor, o motor de um automóvel a gasolina ou a álcool também tem quatro etapas em seu funcionamento que formam um ciclo: são os quatro tempos do motor.

1. Admissão da mistura (combustível e ar): 1º tempo



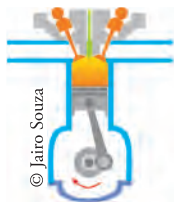
Abertura da válvula de admissão: enquanto o volume do gás aumenta, a pressão fica praticamente constante: transformação isobárica.

2. Compressão da mistura: 2º tempo



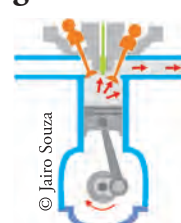
Enquanto o volume diminui, a pressão e a temperatura aumentam. Como o processo é muito rápido, não há troca de calor com o ambiente: transformação adiabática.

3. Explosão da mistura: 3º tempo



Com a faísca produzida pela vela de ignição, a mistura explode; inicialmente o volume do gás fica praticamente constante e ocorre um grande aumento da temperatura e da pressão: transformação isométrica ($C \rightarrow D$). Em seguida, enquanto o volume aumenta, a pressão e a temperatura diminuem: transformação adiabática.

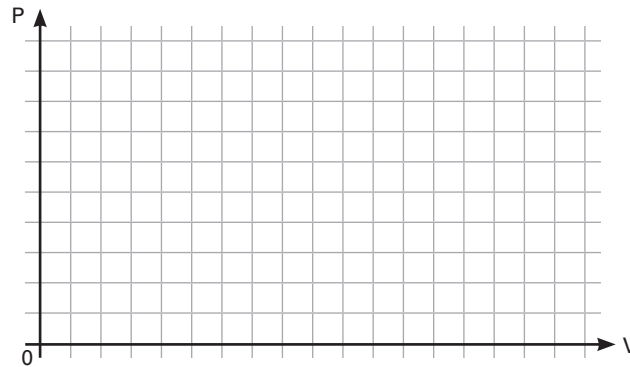
4. Escape dos gases: 4º tempo



Abertura da válvula de escape: o volume permanece o mesmo da parte ocupada do cilindro e a pressão diminui: transformação isométrica ($E \rightarrow B$); depois, enquanto o volume diminui, a pressão fica praticamente constante: transformação isobárica.

REF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física: Física Térmica 4. Cavalos de aço*. São Paulo: REF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 79. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/ref/termo/termo4.pdf>> e <<http://cenp.edunet.sp.gov.br/fisica/ref/FISICATERMICA/termo20.pdf>>. Acessos em: 25 nov. 2009.

Da mesma forma que você fez para a turbina a vapor, construa, junto com seu professor, o diagrama da pressão (P) \times volume (V) para o motor a quatro tempos. Fique atento às diferenças essenciais, pois a mistura que entra é diferente dos gases expulsos, como o professor poderá esclarecer.



Após a construção do diagrama acima, compare-o com o ciclo de funcionamento da turbina a vapor de um motor (página 27). Explique quais são as diferenças.



VOCÊ APRENDEU?

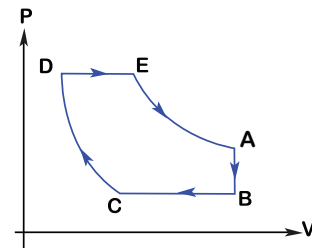


Com as informações obtidas na entrevista com o mecânico e nas leituras anteriores, você deve ter compreendido como o motor funciona e qual o papel de cada parte para seu funcionamento, bem como os ciclos que ele executa. A partir dessas informações, entre outras que poderá obter por meio de pesquisa na internet, na biblioteca de sua escola e em seu livro didático, responda às questões:

1. Os motores de quatro tempos só realizam trabalho no terceiro tempo. Assim, como o motor obtém o impulso para começar a funcionar?

4. Um motor de automóvel está desregulado e solta faíscas antes do tempo. Descreva como irá funcionar o motor nesse caso.

5. Considere a máquina a vapor de uma locomotiva, cujo ciclo de operação é representado pelo gráfico da pressão (P) x volume (V). Analise o gráfico e associe, quando possível, etapas do que acontece na máquina a vapor em cada trecho. Levante hipóteses sobre as diferenças entre os trechos. Retome as etapas do ciclo da turbina a vapor na página 27 e, se necessário, faça uma pesquisa em livros e *sites* para compreendê-las.



• Trecho AB:

• Trecho BC:

• Trecho CD:

• Trecho DE:

• Trecho EA:



LIÇÃO DE CASA



Faça uma entrevista com um técnico em aparelhos de refrigeração. Leia a Situação de Aprendizagem 5, faça as perguntas propostas, organize e traga o material (perguntas e respostas) para a próxima aula.



PARA SABER MAIS

Nos *sites* a seguir, você encontra animações que mostram os ciclos de funcionamento dos motores.

Sites (Acessos em: 3 dez. 2009)

- Para a animação do ciclo de Otto. Disponível em:
<<http://www.shermanlab.com/xmwang/javappl/ottoCyc.html>>.
- Para a animação do ciclo de Diesel. Disponível em:
<<http://www.shermanlab.com/xmwang/javappl/dieselCyc.html>>.
- Para a animação do ciclo de Carnot. Disponível em:
<<http://www.shermanlab.com/xmwang/javappl/carnotC.html>>.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 5
ENTREVISTA COM UM TÉCNICO
EM REFRIGERAÇÃO

Acabamos de estudar o motor a combustão. Essencialmente, esse tipo de motor produz trabalho, ou seja, movimento, a partir da transformação da energia interna do combustível. Outra máquina térmica é o refrigerador. Nesse tipo de máquina térmica é necessário que se retire o calor de dentro dos compartimentos dos refrigeradores para que os alimentos sejam resfriados ou congelados. Mas como isso é feito? Nesse caso, qual a função do motor (compressor) da geladeira? De novo, para responder a essas e outras questões, melhor bater um papo com um técnico ou um especialista nesses assuntos.



PESQUISA DE CAMPO

Veja se você, ou alguém de sua família, conhece algum técnico ou descubra uma oficina perto de sua casa ou da escola. Tal como fez na atividade anterior, elabore com seu grupo questões que considerem importantes para a entrevista e discuta o roteiro com seu professor.



Sugestões de perguntas

- Como funciona uma geladeira?
- Qual gás é utilizado nas geladeiras?
- Devido a que razão ambiental o CFC tem sido substituído?
- Quais as partes essenciais de uma geladeira?
- Como funciona cada uma das partes?
- Qual a diferença entre um *freezer* e uma geladeira?
- Como o *freezer* funciona?
- Como é possível a geladeira ligar e desligar sozinha?
- Para que serve a grade que fica atrás da geladeira?

Tome nota!

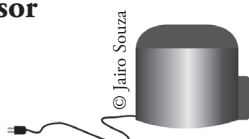
Após a realização da entrevista, elabore um relatório sintetizando o que você observou e aprendeu.



Leitura e Análise de Texto e Imagem

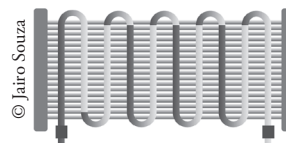
Veja a geladeira de sua casa: o que ela tem em comum e em que é diferente do motor de um carro? E o que ela tem de semelhante em relação ao ciclo da turbina a vapor? Pois bem, veja só: no motor do carro, uma combustão gera calor capaz de movimentá-lo. Já a geladeira necessita de um motor (compressor) para retirar calor do seu interior e jogar no ambiente externo, ou seja, ela funciona com um ciclo inverso ao dos motores a combustão e das turbinas a vapor. Além disso, há várias outras diferenças, como a substância de operação, que não é vapor de água, mas um fluido mais volátil. Ele “carrega o calor”, que é comprimido no motor (compressor) da geladeira e circula pelas tubulações existentes no equipamento. Nas geladeiras e nos demais refrigeradores, é necessário que se utilize o trabalho para bombear calor. Veja a seguir o ciclo dos refrigeradores:

1. Compressor



Devido à rapidez com que ocorre a compressão, esta pode ser considerada adiabática. A temperatura e a pressão se elevam. Como não há trocas de calor ($Q = 0$), o trabalho realizado pelo compressor é equivalente à variação de energia interna da substância ($1 \rightarrow 2$).

2. Radiador



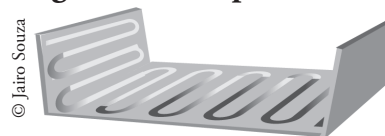
Inicialmente ocorre uma diminuição de temperatura a uma pressão constante ($2 \rightarrow 3$), seguida de uma diminuição isobárica e isotérmica do volume, condensação ($3 \rightarrow 4$). O calor trocado corresponde ao resfriamento do gás e ao calor de condensação.

3. Válvula descompressora



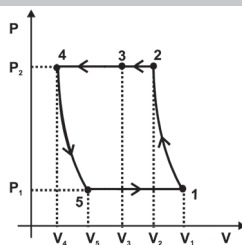
Essa descompressão pode ser considerada adiabática devido à rapidez com que ocorre: a pressão diminui e o volume aumenta ($4 \rightarrow 5$).

4. “Congelador” (evaporador)



O freon troca calor com o interior da geladeira a uma pressão e a uma temperatura constantes, expandindo-se à medida que se vaporiza (calor latente de vaporização) ($5 \rightarrow 1$).

Representação gráfica do ciclo completo de um refrigerador



GRAF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física: Física Térmica 4. O gelo ao alcance de todos*. São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 83. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/termo/termo4.pdf>> e <<http://cenp.edunet.sp.gov.br/fisica/gref/FISICATERMICA/termo21.pdf>>. Acessos em: 25 nov. 2009.



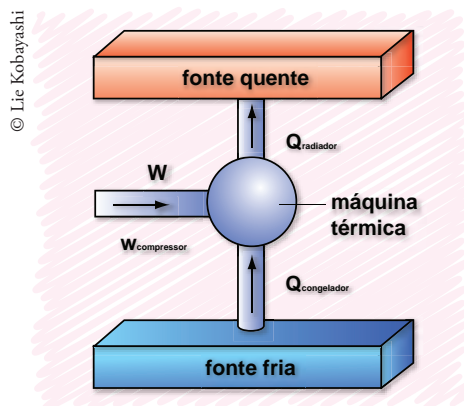
A partir do que compreendeu quanto ao funcionamento dos refrigeradores, faça um esquema ou desenho de uma geladeira, com suas respectivas legendas, e redija um parágrafo simples explicando seu funcionamento a uma pessoa “leiga”.



O refrigerador e os dois princípios da Termodinâmica

Nos refrigeradores, em cada ciclo a quantidade de calor cedida para o meio ambiente por meio do condensador é igual à quantidade de calor retirada do interior da geladeira mais o trabalho realizado pelo compressor. Dessa forma, matematicamente podemos escrever:

$$Q_{\text{radiador}}^1 = Q_{\text{congelador}}^2 + W_{\text{compressor}}$$



Repare que nos refrigeradores o calor não flui espontaneamente da fonte quente para a fonte fria, como acontece no motor a combustão.

Sabemos que naturalmente o calor vai do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura até que se estabeleça o equilíbrio térmico. No caso, o compressor faz com que esse processo aconteça ao contrário, isto é, que se gaste energia para que se retire calor da parte interna da geladeira, ou seja, da fonte fria (ou congelador), e ceda para a fonte quente (ou radiador, que fica atrás da geladeira). Esse é um processo forçado, que gasta energia, no caso elétrica, para fazer o compressor funcionar. Esse resultado corresponde ao segundo princípio da termodinâmica, que pode ser assim enunciado:

“É impossível uma máquina térmica que, operando em ciclos, transforme todo o calor em trabalho”. Ou ainda:

“O calor não flui de maneira espontânea da fonte fria para a fonte quente”.



VOCÊ APRENDEU?



Com as informações obtidas na entrevista com o técnico em refrigeração e na leitura do texto anterior, você deve ter compreendido como funciona e qual o papel das partes da geladeira para o seu funcionamento, bem como os ciclos que ela executa. A partir dessas informações, entre outras que você poderá obter por meio de pesquisas em *sites*, na biblioteca de sua escola e em seu livro didático, responda às questões:

¹ É no radiador que a substância de operação se condensa ao perder calor para o ambiente.

² Congelador é um evaporador da substância de operação que, ao evaporar, toma calor do que estiver em contato com essa substância.

4. Um refrigerador rejeita para o ambiente uma quantidade de calor de 800 cal durante certo intervalo de tempo. Nesse tempo, a quantidade de calor que ele retira do interior da geladeira é maior, menor ou igual a 800 cal? Justifique.

5. Uma pessoa, desejando resfriar uma sala na qual existia uma geladeira, pensou o seguinte: “Vou fechar as janelas e as portas da sala e abrir a porta da geladeira. Com isso a sala vai esfriar”. A ideia da pessoa irá funcionar? Por quê?



LIÇÃO DE CASA



Para a próxima aula, faça uma pesquisa sobre o rendimento de diferentes tipos de motor. Para isso, leia o roteiro da Situação de Aprendizagem 6 e complete a tabela abaixo.

Motor	Rendimento (%)
Motores a diesel (fábricas e locomotivas)	32 a 38
Turbinas a vapor, usinas termelétricas	16 a 30
Motores a gasolina	
Motores elétricos	
Locomotivas a vapor	
Lâmpada elétrica	



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 6 PESQUISANDO A POTÊNCIA E O RENDIMENTO

Quando um carro está em movimento e queremos que sua velocidade aumente, basta “pisar no acelerador”, certo? Mas o que será que ocorre nesse momento no interior do motor? O que acontece é o mesmo para qualquer carro ou varia? O que o consumo de combustível tem a ver com essa situação? O que determina que um carro seja mais potente ou possua maior rendimento do que outro? Essas questões são muitas vezes determinantes na escolha de qual carro comprar ou como obter carros com motores mais eficientes e econômicos. Na atividade seguinte, você vai pesquisar e compreender o que “está por trás” da potência e do rendimento das máquinas térmicas.



PESQUISA INDIVIDUAL

O que é mais potente: o motor de um Fusca ou o de um carro de Fórmula 1? O motor de um avião ou o de uma locomotiva? O de uma geladeira ou o de um ar-condicionado? Perguntas como essas parecem ser respondidas facilmente, principalmente na comparação entre o Fusca e o carro de Fórmula 1, não é mesmo? Contudo, como se define que um equipamento é mais potente que outro? E como isso acontece com relação aos motores?

Nas revistas especializadas em automóveis, sempre aparece o termo “rendimento”. O que ele significa? Como é determinado?

Para responder a essas perguntas, você deverá fazer uma pesquisa e, ao final, criar um quadro comparativo, explicitando aquilo que encontrou. Procure na internet, em livros, revistas especializadas, manuais técnicos etc.



Dica!

Para auxiliar sua pesquisa, tente responder às perguntas a seguir:

1. Qual carro é mais potente, 1.8 ou 2.0? Por quê?
2. Qual motor é mais potente: a gasolina, a diesel ou a álcool?
3. O que significa a potência de um motor? Como pode ser calculada?
4. O que significa o rendimento de um motor? Como pode ser calculado?
5. Compare os rendimentos de uma turbina a vapor, de um motor a gasolina e de um motor a diesel. Por que são diferentes?
6. Pode um motor ter 100% de rendimento? Como se justifica sua resposta?

Tome nota!

As perguntas da página anterior são sugestões que devem guiar sua pesquisa. Além de motores a gasolina, a diesel, a álcool e a vapor, faça um quadro comparativo com as máquinas que quiser. Após a realização da atividade, elabore um relatório que apresente suas observações e sintetize o que aprendeu.



Leitura e Análise de Texto

Expressões como “potência” e “rendimento” das máquinas em geral são bastante difundidas entre nós, principalmente pelos meios de comunicação, como TV, jornais e revistas. Contudo, muitas vezes, os termos “potência” e “rendimento” nos causam certa confusão. Como esses dois conceitos se relacionam?

Pois bem, de forma simplificada, podemos dizer que o motor mais potente é aquele capaz de realizar uma mesma quantidade de trabalho em um tempo menor. Isso significa que certa quantidade de combustível, ao liberar energia como calor na explosão, é transformada em energia útil mais rapidamente. Matematicamente, podemos escrever a potência (P) como sendo:

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

Onde:

W = Trabalho

Δt = Tempo gasto para o trabalho ser realizado

Já o rendimento informa quanto trabalho é produzido com relação ao calor resultante da explosão da mistura do combustível com o ar. Dessa forma, a quantidade de combustível injetada na câmara de combustão tem relação direta com a intensidade da explosão capaz de, ao final do processo, produzir o movimento do automóvel.

Matematicamente, podemos escrever o rendimento (η) por:

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

Como $W = Q_{\text{quente}} - Q_{\text{fria}}$, e as temperaturas (T) da fonte fria e quente (em Kelvin) são diretamente proporcionais à quantidade calor (Q) tanto da fonte fria quanto da fonte quente, pode-se concluir que:

$$\eta = \frac{T_{\text{quente}} - T_{\text{frio}}}{T_{\text{quente}}}$$

1. Explique, do ponto de vista termodinâmico, por que os modelos de carro “mil”, ou 1.0, devem ser menos potentes que os modelos de carro 1.6.

2. Cite dois fatores que contribuem para aumentar o rendimento dos motores de automóveis.



VOCÊ APRENDEU?



1. O que acontecerá ao rendimento de uma máquina térmica se a temperatura da fonte que emite calor for reduzida em relação à fonte que recebe este mesmo calor? Explique.

2. Por que um aparelho de ar-condicionado consegue esfriar uma sala fechada e um refrigerador de porta aberta não consegue esfriar uma cozinha? O que seria necessário fazer para que o refrigerador funcionasse como o ar-condicionado?

3. Por que um refrigerador contendo certa quantidade de alimentos consome mais energia estando em uma sala mais quente do que quando se encontra em uma sala mais fria? Explique.

4. A queima de combustível no motor de um automóvel produz uma energia de 176 000 J, dos quais 43 000 J são aproveitados no movimento do carro, isto é, para fazer o trabalho. Quanto de energia não foi aproveitado? Em que ela foi “perdida”? Qual o rendimento desse motor?

TEMA 3

ENTROPIA E DEGRADAÇÃO DA ENERGIA

Você tem economizado energia? Você usa a energia de forma consciente e racional, evitando desperdícios? Essas perguntas são feitas em programas de TV, rádio, jornais e revistas e até por seus pais.

A partir da segunda metade do século XX, principalmente com a industrialização, a população passou a buscar maior conforto e praticidade no cotidiano. Isso fez com que inúmeros produtos fossem desenvolvidos, criados e colocados no mercado nesses últimos 60 anos, causando um aumento da produção industrial e um conseqüente crescimento do consumo de energia.

Esse consumo de energia tem se tornado motivo de preocupação por parte dos governos em todo o mundo, pois o desenvolvimento econômico está diretamente relacionado com o aumento do consumo de energia.

Daí a necessidade de ampliação da matriz energética para incluir outras formas de geração de energia e a busca de novas formas de energia renovável que garantam o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade da vida no planeta. A utilização da energia e suas fontes, bem como sua conservação e degradação, são os assuntos abordados neste tema.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7

UMA PERGUNTA INTRIGANTE: POR QUE TEMOS DE ECONOMIZAR ENERGIA JÁ QUE A FÍSICA DIZ QUE ELA NÃO SE PERDE?

Com os nossos estudos, percebemos o quanto dependemos de processos que envolvem transformação de energia. Vimos que usamos a energia proveniente do Sol quando, por exemplo, nos alimentamos e utilizamos a energia armazenada nas plantas pela fotossíntese. Da mesma forma, vimos que a queima do gás de cozinha transforma energia química em energia térmica ao utilizarmos o fogão no momento de cozinhar os alimentos. Sabemos que a energia armazenada nos combustíveis é utilizada nos diversos meios de transporte, transformando-se em energia cinética, e por aí vai...

Nas mais variadas situações, sabemos que a energia se transforma. Contudo, no total, a energia se conserva. O princípio da conservação da energia é um dos mais fundamentais da natureza.

Mas, pensando nisso, surge uma questão: frequentemente a mídia discute crise energética, excesso no consumo de energia e necessidade de racionalização de seu uso. Ora, se a energia se conserva, significa que ela não se perde. Assim, por que se fala em crise de energia? Por que se preocupar com seu consumo? A energia pode acabar?



Você pode responder a essas perguntas a partir dos conceitos como a chamada 2ª Lei da Termodinâmica, que envolve a degradação da energia (ou aumento da entropia). Para isso, use os meios indicados pelo professor (livros didáticos, textos extraídos de sites, jornais ou revistas de divulgação científica, entre outros, tendo também a **Leitura e Análise de Texto**, que trata disso, logo mais adiante neste Caderno, na página 47).

Depois das consultas, das discussões em grupo e das exposições do professor sobre a degradação da energia (crescimento da entropia), redija um pequeno texto dirigido a um leitor que tenha enviado a questão para uma revista de divulgação, justificando por que é necessário economizar energia, ainda que ela se conserve. Escolha um título que considere sugestivo e que cause interesse no leitor.

Area for writing the response, consisting of 20 horizontal lines within a rounded rectangular border.





Leitura e Análise de Texto

Águas passadas não movem moinhos

Estevam Rouxinol

O tempo todo os sistemas ao nosso redor estão transformando energia. E, nessas transformações, o calor, em maior ou menor quantidade, está sempre presente.

Na cozinha de sua casa a queima do gás transforma energia química em energia térmica utilizada para cozinhar os alimentos, que, por sua vez, funcionam como combustível do nosso corpo.

O compressor de sua geladeira faz o trabalho de comprimir o gás refrigerante que se condensa e vaporiza, retirando, nessas transformações, o calor do interior da geladeira e liberando-o para o exterior. Nos motores a combustão, há transformação da energia química do combustível em energia cinética para o movimento dos carros. A energia que aquece a água e o vapor das usinas termelétricas também provêm da queima do combustível.

No estudo que realizamos das máquinas térmicas, como as turbinas a vapor, os motores a combustão e as geladeiras, vimos que é possível calcular o trabalho produzido a partir de uma quantidade de calor fornecida ou retirada: $Q = \Delta U + W$. Em todos esses processos, a energia total do sistema é conservada. Entretanto, sempre há “perdas” essenciais e qualquer motor necessariamente libera calor que não se transforma em trabalho. Não conseguimos, por exemplo, fazer um carro em que seu motor não esquente.

Para que qualquer ciclo prossiga, é preciso restaurar a condição inicial. Em uma hidrelétrica, por exemplo, a energia potencial da queda d'água só estará novamente disponível se houver reposição de água nos reservatórios da usina a partir dos processos de evaporação, condensação e precipitação, que dependem da radiação solar e da gravidade terrestre.

O fato de uma parte da energia ser sempre degradada leva-nos a perceber que os fenômenos reais são irreversíveis, isto é, não se pode reverter um processo, pois não se consegue evitar as perdas de calor pelo contato entre os corpos quentes e frios. Com isso, apenas sistemas ideais são considerados reversíveis.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

O título do texto que você acabou de ler se refere a um ditado popular: *Águas passadas não movem moinhos*. A partir desse ditado popular, relacione o calor produzido pelo movimento de um motor a combustão com a possibilidade de sua reutilização.



Leitura e Análise de Texto

Entropia: medida da desordem do Universo

Estevam Rouxinol

O conceito de entropia está diretamente ligado à ideia de degradação da energia, ou seja, da perda da capacidade de sua reutilização. Assim, ao transformar energia de uma forma em outra, utilizando máquinas, sempre contribuímos para aumentar a energia desordenada (calor) do meio ambiente. A entropia seria uma medida dessa desordem. Então, de acordo com a segunda lei da Termodinâmica, a entropia sempre aumenta.

Ordem e desordem do Universo

Para a Física, um sistema ordenado é aquele no qual determinada quantidade de objetos está disposta de forma regular e previsível. Uma metáfora para um sistema ordenado seriam as contas de um colar, presas em um fio por ordem de tamanho ou alternância de cores. Mas se o fio arrebenta e as contas caem e se espalham, tem-se um sistema desordenado, pois a tendência espontânea seria as contas se dispersarem e crescer sua desordem, exceto se procurarmos uma a uma, para compor de novo o colar, o que seria algo não espontâneo.

O segundo princípio da Termodinâmica e suas faces

Todas as transformações que ocorrem na natureza, sejam elas do tipo mecânico, elétrico, químico ou biológico, acontecem respeitando os dois princípios da termodinâmica que já abordamos.

O primeiro princípio é o da conservação da energia, que diz que a energia pode ser convertida de uma forma em outra, mas não pode ser criada nem destruída. Se a energia que se apresentava sob uma forma tiver desaparecido, a mesma quantidade de energia, sob alguma outra forma, terá de surgir em algum lugar.

Apesar de ser o princípio mais conhecido e mais utilizado, se for considerado isoladamente, poderia sugerir a possibilidade ilimitada de utilização dos recursos energéticos do nosso planeta, pois deixa aberta a possibilidade de que existem processos que possam converter contínua e totalmente o trabalho em calor e vice-versa. Ele não define um sentido preferencial para a conversão da energia.

O segundo princípio estabelece os limites naturais da possibilidade de converter calor em trabalho. Ele pode ser enunciado das seguintes formas:

“É impossível construir uma máquina que converta todo o calor em trabalho”.

“O calor não flui espontaneamente de um corpo frio para um corpo quente”.

“Todo sistema isolado torna-se mais desordenado com o passar do tempo”.



No fim, todos esses enunciados tratam da mesma coisa: as restrições no modo como o calor e outras formas de energia podem ser transferidos e utilizados para realizar trabalho.

As leis da Termodinâmica, associadas com os princípios de conservação da mecânica, ampliam nossa capacidade de compreensão dos processos físicos como a manutenção da vida no planeta, bem como o da intervenção humana nos processos naturais.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

1. Como a segunda lei da termodinâmica se relaciona com o sentido do fluxo de calor? Explique.

2. Dê um exemplo diferente dos que foram tratados em aula entre energia organizada e energia desorganizada.

3. Entre os fenômenos descritos a seguir, qual é reversível e qual é irreversível? Justifique.

a) A quebra de uma garrafa vazia.

b) Uma mistura de água com álcool.

c) O derretimento de um cubo de gelo em um copo de refrigerante.

d) A queima de um pedaço de lenha.



e) A perfuração de um pneu.

f) O derretimento de um cubo de gelo.

4. Como você compararia ou distinguiria a primeira e a segunda lei da termodinâmica?



LIÇÃO DE CASA



Para a próxima aula, faça uma pesquisa sobre o balanço energético brasileiro realizado pelo Ministério de Minas e Energia (MME). Para isso, leia a Situação de Aprendizagem 8 e responda às questões.



PARA SABER MAIS

Um tema interessante a respeito da possibilidade de obter um sistema que possa gerar trabalho indefinidamente pode ser encontrado nos seguintes *sites*:

Sites (Acessos em: 3 dez. 2009)

- Inovação tecnológica. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias.php?artigo=010115060821>>.
- Personalogia. Disponível em: <<http://personalogia.wordpress.com/2009/08/01/moto-perpetuo-a-maquina-dos-sonhos/>>.
- Feira de Ciências. Disponível em: <http://www.feiradeciencias.com.br/sala25/25_C04.asp>.

de bens de consumo e serviços, tem sido necessária uma quantidade cada vez maior de energia, associada a um crescente desenvolvimento econômico.

A disponibilidade de energia e seu uso são também fontes constantes de preocupação, pois colocam em risco o crescimento do país e da vida no planeta. Nesse sentido, são adotadas e incentivadas, com maior intensidade, medidas que visam aumentar a produção de “energias limpas” e renováveis e racionalizar seu uso.

Conhecer e caracterizar o ciclo de energia natural e suas fontes, associadas às suas diferentes formas de consumo no país, nos permitirá perceber as vantagens, as desvantagens e os impactos de sua utilização, além de nos estimular a usar energias renováveis.



PESQUISA INDIVIDUAL

Basta ligar a televisão para ouvir falar em crise energética, fontes de energia renováveis, biodiesel etc. Além disso, podemos perceber que o tempo todo nossa interação com o mundo é regida pelo consumo e pelo reabastecimento de energia.

Mas, afinal de contas, de onde vem a energia? Para onde ela vai?

Para responder a essa pergunta, você deverá entrar no *site* do Ministério de Minas e Energia <<http://www.mme.gov.br>> e buscar informações sobre o Balanço Energético Nacional (BEN), divulgado anualmente pelo MME.

Nele, você encontra inúmeras informações sobre a matriz energética do país, como demanda e fontes em diferentes setores da sociedade e em diversas regiões, e dados comparativos em relação ao mundo. Há também outras fontes de informação que seu professor pode sugerir.

Procure as seguintes informações:

1. Qual é anualmente a porcentagem da energia mundial que é utilizada pelo Brasil?
2. Qual é o consumo total da energia do país em seu equivalente em petróleo (TEP – tonelada equivalente de petróleo)?
3. Qual é o perfil da distribuição percentual das fontes de energia brasileira? Esse perfil mudou com o passar dos anos?
4. Como é o perfil das fontes energéticas brasileiras em relação ao perfil mundial?
5. Qual é a fração de “energia renovável” do Brasil?

É grande a diversidade das fontes de energia. Elas podem ser classificadas de acordo com sua origem, seu tempo de reposição e sua utilização.

Assim, as fontes que se originam de processos fundamentais da natureza, como, por exemplo, o petróleo, a energia nuclear ou a gravitacional (hidráulica), são chamadas primárias. Já aquelas que derivam dessas fontes, como a energia elétrica, representam transformações ou conversões e são chamadas de secundárias.

Energia limpa e renovável

Outro critério utilizado consiste em classificar as fontes em renováveis ou não, sendo esse um dos critérios importantes para a discussão a respeito das vantagens e das desvantagens de seu uso no mundo. A busca pela utilização cada vez maior de energia limpa e renovável tem sido objeto de grandes investimentos, evitando a poluição e o efeito estufa, e permitindo a ampliação da matriz energética necessária para o crescimento dos países.

Elaborado especialmente para o São Paulo faz escola.

Na tabela a seguir, encontram-se algumas fontes que podem ser utilizadas para gerar energia, de forma direta ou indireta. Com base no texto, marque com um x informando se a fonte é renovável ou não e se é primária ou secundária, conforme o exemplo já sugerido na tabela abaixo. A seguir, em seu caderno, explique o critério para classificar a energia em renovável ou não renovável.

Fonte de energia	Fonte primária	Fonte secundária	Renovável	Não renovável
Petróleo	X	–	–	X
Água represada				
Urânio				
Lenha				
Vento				
Álcool				
Sol				
Carvão mineral				
Gás natural				
Biodiesel				
Ondas do mar				
Bagaço da cana				



Leitura e Análise de Texto e Imagem

O ciclo do carbono

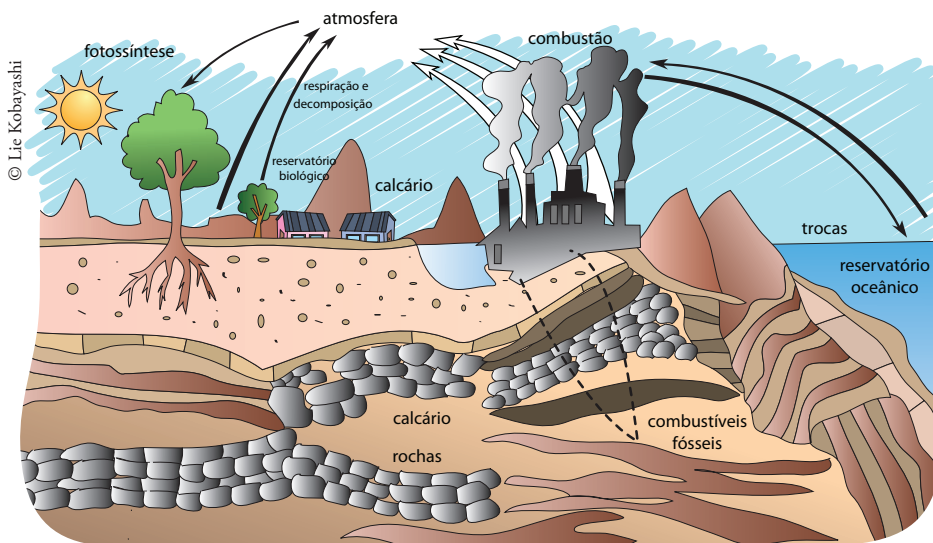
Considerando a grande quantidade de transformações que ocorrem na Terra, a fotossíntese, a respiração e a decomposição, além de promoverem a “circulação” da energia proveniente do Sol, também são responsáveis pela circulação de um importante elemento químico, o carbono.

O gás carbônico dissolve-se nas águas oceânicas entrando em contato com os íons de cálcio, que vão sendo depositados lenta e continuamente no fundo dos oceanos. Ao longo de milhões de anos esses materiais originam rochas como o calcário ou o mármore.

Os esqueletos e carapaças dos seres marinhos, como lagostas, caranguejos, corais, mariscos etc., são constituídos de carbonato de cálcio, a mesma substância que constitui o mármore. Esses animais retiram o gás carbônico e os íons de cálcio diretamente da água do mar e, quando morrem, também vão contribuir para a formação de carbonatos que poderão formar rochas.

A atmosfera, os vegetais, os animais e os oceanos são verdadeiros reservatórios de carbono do nosso planeta e os átomos de carbono migram de um reservatório a outro, através de processos intimamente relacionados, como a fotossíntese, a respiração e a decomposição, constituindo o ciclo do carbono.

A figura a seguir ilustra o ciclo do carbono, mas é preciso lembrar que o petróleo é resultado, em uma fase antiquíssima desse ciclo, pela retenção e compressão de restos fósseis de microrganismos oceânicos, ou seja, não é feito da carcaça de dinossauros.



GRAF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física: Física Térmica 2. Sol a fonte da vida*. São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 24. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/termo/termo2.pdf>> e <<http://cenp.edunet.sp.gov.br/fisica/gref/FISICATERMICA/termo06.pdf>>. Acessos em: 25 nov. 2009.

2. Considere a afirmação: “A maior parte da energia que a Terra recebe e utiliza vem dos processos conhecidos de produção de energia no Sol. Essa energia tanto é usada para a alimentação dos animais e das pessoas quanto para o funcionamento de todas as máquinas que você conhece”. Você concorda com essa afirmação? Justifique.

3. O álcool é uma fonte renovável de energia. Ele participa do ciclo do carbono? Qual a vantagem do uso do álcool como combustível?



PARA SABER MAIS

Você pode aprofundar o que foi estudado até agora acessando os *sites* listados a seguir. Neles, você encontrará textos e informações que vão auxiliar em seu estudo.

Sites (Acessos em: 3 dez. 2009)

- Inovação Tecnológica. Disponível em:
<<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010115060712>>.
- Mudanças Ambientais Globais. Disponível em:
<http://videoseducacionais.cptec.inpe.br/swf/mud_clima/03_ciclo_do_carbono/03_ciclo_do_carbono.shtml>. O *site* mostra um pequeno vídeo explicativo sobre o ciclo do carbono.
- Olimpíadas de Ciências. Disponível em:
<http://fisica.cdcc.sc.usp.br/olimpiadas/01/artigo1/fontes_eletrica.html>. Na seção de busca, digite termos que apareceram em seu estudo, como “ciclo do carbono”, “ciclo do nitrogênio” e “fontes de energia”, entre outros, para obter informações mais detalhadas.