

Volume 2 • Módulo 2 • Física • Unidade 9

Calor e Energia – A 1ª Lei da Termodinâmica

Andreia Mendonça Saguia, Angelo Longo Filho, Bruno Lazarotto Lago, César Bastos, Fábio Ferreira Luiz, Felipe Mondaini (coordenador), Gabriela Aline Casas.

Introdução

Caro professor,

O material a seguir refere-se a um conjunto de atividades que poderá ser utilizado e/ou adaptado, de acordo com sua conveniência, sendo assim sugestões para o ato de educar no Ensino de Jovens e Adultos (EJA). O mesmo poderá ser utilizado como um material de consulta com o intuito de complementar as aulas por você preparadas.

Para cada seção existem atividades que se diferenciam pela maneira como são apresentados os conteúdos, seja por meio de atividades em grupos, experimentos de baixo custo, vídeos ou applets, cabendo ao professor utilizar ou não os recursos ali dispostos.

Nesta Unidade 9 – Calor e energia – a 1ª Lei da Termodinâmica – procuramos resgatar a curiosidade dos alunos no estudo da Física, para isto alguns experimentos e atividades em grupo foram escolhidos de modo a explorar os preceitos básicos do conceito de quantidade de calor. Calor e temperatura são conceitos conhecidos de maneira peculiar pelos alunos, algo que os incomoda ou os satisfaz no cotidiano, mas o que faz a areia ser tão quente e a água do mar tão fria? A noção de calor específico e transferência de calor são então estudadas de uma maneira em que fique visível por meio de atividades lúdicas o seu funcionamento. Com este intuito, sugerimos experimentos e atividades que podem ser desenvolvidos em sala de aula, onde abordaremos os tópicos principais desta Unidade. Vale notar que pela similaridade de conteúdos, algumas seções foram agrupadas como as Seções 1 e 2 e as Seções 3 e 4.

Esperamos, por meio deste material, atuar ao lado do professor com um conjunto de opções que venham a atender à necessidade cada vez mais urgente de um material de qualidade à disposição do professor.

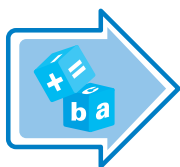
Apresentação da unidade do material do aluno

Disciplina	Volume	Módulo	Unidade	Estimativa de aulas para essa unidade
Física	2	2	9	4

Titulo da unidade	Tema
Calor e Energia A 1ª Lei da Termodinâmica	1ª Lei da Termodinâmica
Objetivos da unidade	
Conceituar calor;	
Relacionar calor com trabalho e energia interna;	
Aplicar a primeira lei da termodinâmica a experimentos simples;	
Distinguir os processos isobáricos, adiabáticos, isocóricos e isotérmicos;	
Seções	Páginas no material do aluno
1. O experimento de Joule e a definição de calor;	231
2. Calor e calorias;	234
3. Calor específico;	235
4. Calor latente e mudanças de fase;	237
5. Processos termodinâmicos e trabalho.	239

Recursos e ideias para o Professor

Tipos de Atividades



Atividades em grupo ou individuais

São atividades que são feitas com recursos simples disponíveis.



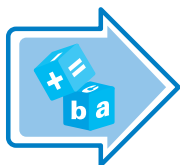
Material copiado para distribuição em sala

São atividades que irão utilizar material reproduzido na própria escola e entregue aos alunos;



Datashow com computador, DVD e som

São atividades passadas por meio do recurso do projetor para toda a turma;



Atividades lúdicas

Experiências práticas que podem ser realizadas em sala com uso de recursos simples;



Avaliação

Questões ou propostas de avaliação conforme orientação.

Atividade Inicial

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Calor, suor, evaporação e resfriamento	Termômetro sensível a baixas temperaturas (termômetro de laboratório ou cozinha são boas opções), um guardanapo de papel, um pouco de água e um ventilador (se for difícil arranjar um ventilador, serve um leque ou um pedaço de papelão grosso).	Neste experimento, observaremos um fenômeno conhecido como resfriamento evaporativo. Nesse processo, um fluido evapora roubando calor do ambiente, o qual tem sua temperatura reduzida. Este tipo de processo está presente, por exemplo, no controle da temperatura corporal.	grupos de 4 a 5 alunos	30min

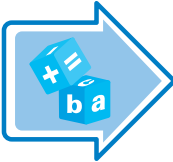
Seção 1 – O experimento de Joule e a definição de calor

Seção 2 – Calor e calorias

Página no material do aluno

231 a 234

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Título da Atividade: Botando fogo na esponja de aço.	Material/Recurso necessário: Duas pilhas tamanho AA, Esponja de aço, fio de corrente, fita adesiva	Descrição sucinta: Nesta atividade, os alunos poderão observar de maneira simples o efeito Joule, bastando para isso a utilização de elementos de fácil aquisição.	Divisão da turma: O professor interage com toda a turma.	Tempo estimado: 30 minutos

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Título da Atividade: Observando o efeito da energia em trânsito – a espiral giratória.	Material/Recurso necessário: uma folha de papel sulfite, um pedaço de linha resistente, duas velas e fósforo	Descrição sucinta: Aquecendo o ar próximo a uma espiral de papel, verificaremos que esta, devido às correntes de convecção, girará. A convecção está presente no nosso cotidiano, como por exemplo, na geladeira, na formação dos ventos e no ferver da água. Vídeo ilustrativo presente no material anexo do professor (Mod2-Unid9-Sec1e2.wmv).	Divisão da turma: Professor interage com a turma.	Tempo estimado: 15 minutos

Seção 3 – Calor Específico

Seção 4 – Calor Latente

Página no material do aluno


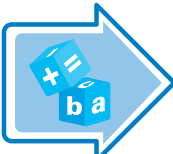
235 a 238

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Título da Atividade: Verificação da temperatura constante durante a mudança de fase	Material/Recurso necessário: 1 – Termômetro laboratorial 1 – Recipiente (béquer ou qualquer outro) 8 – Cubos de gelo 100ml de água	Descrição sucinta: Neste experimento, veremos que durante a mudança de fase o estado de agregação molecular da substância modifica, porém a sua temperatura permanece constante.	Divisão da turma: Grupos de até 4 componentes	Tempo estimado: 30min
	O Balão que não estoura.	Balões de aniversário, água, uma vela	Nesta atividade, o conceito de reservatório térmico e de transmissão de calor será introduzido de uma maneira bastante ilustrativa, por meio da utilização de um balão de aniversário com água.	Grupos de 4 alunos	30min


Seção 5 – Processos Termodinâmicos e Trabalho

Página no material do aluno

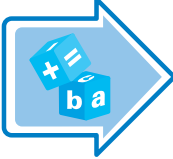
239 a 253

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Processos termodinâmicos e diagrama P-V	Applet (Fisica_Mod2_Un9_Sec5.html), presente no material anexo do professor	Estudar a representação de processos termodinâmicos em um diagrama P-V, utilizando recursos multimídia.	O professor e os alunos podem interagir.	20 minutos
	Barco a Vapor	Folha de Iso- por, Vela, fita adesiva, tesoura, latinha de alumínio	A Transformação de Energia Térmica em Energia Mecânica representou um marco importantíssimo na Revolução Industrial. Neste experimento, construiremos um barquinho a vapor.		Tempo estimado: 30min

Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lista de Exercícios: Calor e Energia – A 1ª Lei da Termodinâmica	Lápis e Papel	A Lista de Exercícios a seguir aborda os tópicos desenvolvidos durante esta unidade, tais como: Calor, a 1ª Lei da Termodinâmica, Processos Termodinâmicos e Trabalho. Um arquivo contendo a lista de exercícios a seguir está disponível no material anexo do professor.	Atividade Individual	1 aula

Atividade Inicial

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Calor, suor, evaporação e resfriamento	Termômetro sensível a baixas temperaturas (termômetro de laboratório ou cozinha são boas opções), um guardanapo de papel, um pouco de água e um ventilador (se for difícil arranjar um ventilador, serve um leque ou um pedaço de papelão grosso).	Neste experimento, observaremos um fenômeno conhecido como resfriamento evaporativo. Nesse processo, um fluido evapora roubando calor do ambiente, o qual tem sua temperatura reduzida. Este tipo de processo está presente, por exemplo, no controle da temperatura corporal.	grupos de 4 a 5 alunos	30min

Aspectos operacionais

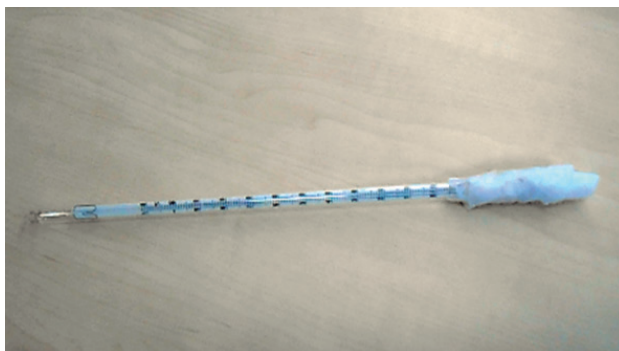
Para motivar os alunos, inicie o experimento, provocando-os com algumas perguntas relacionadas ao nosso cotidiano. Por exemplo, por que suamos em dias quentes ou quando fazemos exercícios físicos? Por que sentimos frio, quando estamos molhados? Por que a água da moringa permanece fresca, mesmo em dias quentes? Como os chafarizes refrescam um pátio fechado? Por que temos aquela sensação de frio, quando esfregamos álcool nas mãos? E qual o papel do vento em todos esses processos?

Para entender o fenômeno físico por trás de todos esses processos, propomos o experimento a seguir.

1. Divida a turma em grupos de 4 ou 5 alunos;
2. Cada grupo deve estar munido de um termômetro sensível a baixas temperaturas, um papel toalha, um pouco de água e um objeto que sirva de abano (o ideal é utilizar um ventilador, mas um leque ou pedaço de papelão grosso pode servir).
3. Os alunos devem pulverizar água no papel de modo que ele fique todo molhado (sem se desmanchar).

4. A seguir, esse papel deve ser enrolado na ponta do termômetro (veja figuras ilustrativas abaixo).
5. Espere uns três minutos e faça a leitura da temperatura.
6. Agora, ligue o ventilador diretamente sobre o papel (ou abane-o vigorosamente).
7. Os alunos devem observar a temperatura do papel começar a diminuir.

Figuras ilustrativas da montagem experimental



Fonte: Andreia Saguia

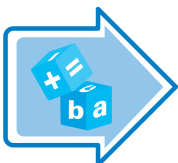
Aspectos pedagógicos

Após o experimento, é importante deixar claro para os alunos os princípios por trás do resfriamento evaporativo e responder às perguntas provocativas feitas, inicialmente. Pode-se argumentar que:

1. O resfriamento do papel acontece por causa da evaporação da água. Evaporação é o processo no qual a água passa do estado líquido para o gasoso, tirando calor do objeto que está em contato com ela. Essa perda de calor do objeto causa um decréscimo em sua temperatura.
2. É bom lembrar aos alunos que a evaporação é diferente da ebulição. Na ebulição, a água transforma-se em vapor d'água, quando sua temperatura atinge 100°C . A evaporação ocorre à temperatura ambiente. Em nível microscópico, observa-se que as moléculas da água com alta energia conseguem se desprender do líquido, virando vapor d'água. Essas moléculas obtêm a energia necessária para escapar, roubando calor do objeto que está em contato com ela.
3. O uso do ventilador acelera o processo de evaporação de duas maneiras: o vento dá energia para as moléculas de água desprenderem-se das outras moléculas de água e do papel, e também renova o ar próximo ao papel que fica saturado de vapor de água.
4. Todos os processos citados no início do experimento tem por base o mecanismo do resfriamento evaporativo. Por exemplo, para manter a temperatura do nosso corpo estável, suamos quando recebemos uma quantidade de calor. O suor evapora, tirando energia térmica do nosso corpo que acaba sofrendo um decréscimo de temperatura. No caso da moringa, o barro é um material poroso que permite a passagem de gotículas de água para a região externa da moringa. Essas gotículas de água evaporam, tirando energia da água que permanece moringa. No caso do álcool, sentimos um frio na mão porque o álcool evapora muito rapidamente, tirando uma energia grande de nossas mãos num curto espaço de tempo.

Seção 1 – O experimento de Joule e a definição de calor
Seção 2 – Calor e calorias

Página no material do aluno
231 a 234

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Título da Atividade: Botando fogo na esponja de aço.	Material/Recurso necessário: Duas pilhas tamanho AA, Esponja de aço, fio de corrente, fita adesiva	Descrição sucinta: Nesta atividade, os alunos poderão observar de maneira simples o efeito Joule, bastando para isso a utilização de elementos de fácil aquisição.	Divisão da turma: O professor interage com toda a turma.	Tempo estimado: 30 minutos

Aspectos operacionais

O efeito Joule pode ser entendido como a conversão de energia elétrica em energia térmica, o que pode ser visualizado em resistências de chuveiros elétricos e aparelhos eletrônicos de maneira geral. Nesta experiência, faremos uma demonstração desta conversão de energia de uma maneira simples e bastante ilustrativa, porém dado o manuseio com fogo deve ser feito com extrema segurança. Para isto, o professor deverá seguir os passos:

- Fixe as duas pilhas, utilizando para isto uma fita adesiva de maneira que o polo negativo de uma pilha permaneça em contato com o polo positivo da outra, uma forma de associação em série destas pilhas.
- Desencape os fios de maneira que os mesmos estejam em contato com os polos das pilhas. Assegure-se de que os contatos permaneçam isolados por meio da fita adesiva.
- Coloque em contato as outras extremidades dos fios com a esponja de aço. Ao entrar em contato com a esponja de aço, o circuito estará fechado. Devido à resistência da esponja de aço, o efeito Joule poderá ser observado com o superaquecimento do material o que acarretará o aparecimento de uma chama na esponja de aço.

Aspectos pedagógicos

Você poderá por meio desta atividade ilustrar o efeito Joule que se manifesta por meio da chama na esponja de aço. O motivo desta chama é que os elétrons ao encontrarem uma alta resistência à sua circulação entram em atrito com os átomos da esponja de aço, convertendo energia elétrica em energia térmica. Um experimento muito similar a este poderia ter sido feito, utilizando-se uma fonte de maior amperagem, como uma bateria, e um pedaço de grafite de lapiseira. Ao fecharmos o circuito nas extremidades do grafite, veremos uma luz incandescente, devido à passagem dos elétrons que encontram resistência com os átomos de carbono.

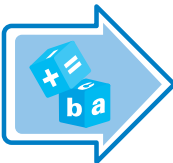
Você poderá conduzir esta experiência de maneira a intercalá-la com os aspectos teóricos do efeito Joule e apresentar como aplicabilidade a resistência dos chuveiros.

Seção 1 – O experimento de Joule e a definição de calor

Seção 2 – Calor e calorias

Página no material do aluno

231 a 234

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Título da Atividade: Observando o efeito da energia em trânsito – a espiral giratória.	Material/ Recurso necessário: uma folha de papel sulfite, um pedaço de linha resistente, duas velas e fósforo	Descrição sucinta: Aquecendo o ar próximo a uma espiral de papel, verificaremos que esta, devido às corrente de convecção, girará. A convecção está presente no nosso cotidiano, como por exemplo, na geladeira, na formação dos ventos e no ferver da água. Vídeo ilustrativo presente no material anexo do professor (Mod2-Unid9-Sec1e2.wmv).	Divisão da turma: Professor interage com a turma.	Tempo estimado: 15 minuto

Aspectos operacionais

A convecção é uma forma de transmissão de calor que ocorre nos fluidos, quando há uma diferença de temperatura entre suas partes. Abaixo segue o passo a passo de uma atividade que permitirá os alunos observar um efeito desse fenômeno.

1. Para provocar a turma e estimular a participação deles na atividade, inicie o experimento com algumas perguntas, relacionadas ao processo de convecção que está presente em nosso dia a dia. Por exemplo, por que o congelador da geladeira fica na parte de cima? Por que a brisa marítima corre do mar para a terra durante o dia e da terra para o mar à noite? Por que os aparelhos de ar de condicionado devem ser instalados na parte superior de um ambiente? Como se dá o processo de fervura da água na panela?
2. Para visualizar o fenômeno por trás de todos esses processos, proponha a observação da espiral giratória.
3. Corte uma folha de papel sulfite na forma de uma espiral (veja figuras abaixo).
4. Amarre um pedaço de linha resistente na ponta mais interna da espiral.

5. Fixe as velas em pratinho de forma segura e acenda-as.
6. Segure a espiral pela linha a uns 5cm acima da vela. A vela deve ficar no centro da espiral.
7. Observe a espiral girar.

Figuras ilustrativas da montagem experimental



Figura 1

Fonte: Andréia Saguia



Figura

Aspectos pedagógicos

Esta é uma atividade bastante simples que ilustra a formação de correntes de convecção. A espiral gira porque o ar aquecido pela vela sobe, abrindo espaço para o ar mais frio. Essa movimentação das massas de ar quente e frio dá origem as correntes de convecção que empurram a espiral, fazendo-a girar. Esse é exatamente o mesmo princípio de funcionamento da geladeira e dos outros exemplos citados na introdução da atividade: ar quente sobe e ar frio desce, formando correntes de convecção.

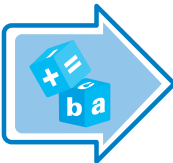
Como convecção não é o único processo de transmissão de calor, pode-se aproveitar esta atividade para comentar sobre a condução e a irradiação. Esses fenômenos, embora muito presentes no nosso dia a dia, costumam ser pouco observados.

Seção 3 – Calor Específico

Seção 4 – Calor Latente

Página no material do aluno

235 a 238

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Título da Atividade:	Material/Recurso necessário: 1	Descrição sucinta: Neste experimento, veremos que durante a mudança de fase o estado de agregação molecular da substância modifica, porém a sua temperatura permanece constante.	Divisão da turma: Grupos de até 4 componentes	Tempo estimado: 30min
	Verificação da temperatura constante durante a mudança de fase	1 – Recipiente (béquer ou qualquer outro) 8 – Cubos de gelo 100ml de água			

Aspectos operacionais

Ao decorrer do experimento, buscaremos evidenciar a manutenção da temperatura constante, durante a mudança de fase.

Passos:

1. Repouse o termômetro na mistura gelo e água e observe a marcação do termômetro.



Fonte: Fábio Ferreira Luiz

2. Evidencie a manutenção da temperatura constante, enquanto houver gelo e água no recipiente.
3. Caso possua equipamentos laboratoriais (béquer, pico de Bunsen, difusor de calor e tripé), em sua unidade escolar, é possível aquecer a mistura e transformá-la rapidamente em água no estado líquido.
4. Caso possua os equipamentos citados no passo anterior, estimule o sistema entrar em ebulição, e registre a temperatura em que ocorre a desagregação do estado novamente. Obtenha a temperatura próxima a 100°C.

Aspectos pedagógicos

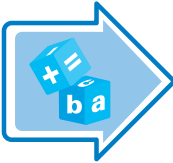
Este experimento sofre a interferência da pressão atmosférica, este fato deve ser ressaltado pelo nobre professor. Outro fator importante é a utilização do fogareiro, é sempre bom redobrar os cuidados e assim evitar acidentes, para apagar o fogo, utilize uma toalha molhada e nunca tente assoprar o fogareiro.

Seção 3 – Calor Específico

Seção 4 – Calor Latente

Página no material do aluno

235 a 238

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	O Balão que não estoura.	Balões de aniversário, água, uma vela	Nesta atividade, o conceito de reservatório térmico e de transmissão de calor será introduzido de uma maneira bastante ilustrativa, por meio da utilização de um balão de aniversário com água.	Grupos de 4 alunos	30min

Aspectos operacionais

Para iniciarmos esta atividade, é importante que o professor possa executá-la em segurança, uma vez que a mesma envolve uma chama proveniente de uma vela. A atividade segue de acordo com os seguintes passos:

- Encha um balão de aniversário e coloque-o em contato com a chama da vela.
- Pergunte aos alunos o motivo disto ter ocorrido.
- Antes de encher um outro balão, encha-o de água para em seguida torná-lo a enchê-lo de ar.
- Coloque o balão, contendo água dentro, em contato com a chama da vela.



Fonte: Felipe Mondaini

Aspectos pedagógicos


Fica evidente nesta atividade que o fato de inserirmos água dentro do balão é de vital importância para que o balão não estoure, mas por qual motivo? É importante enfatizar que o calor da chama ao encostar no balão com água é transferido para esta, evitando assim que a superfície do balão dilate-se e estoure. A água nesta atividade atua como um reservatório térmico, uma vez que este elemento possui uma capacidade térmica elevada, ou seja, necessita de uma maior quantidade de calor para elevar sua temperatura de 1°C .

Vale a pena ilustrar o exemplo que observamos nas praias em que a temperatura da areia em dia de sol está bem elevada e a da água do mar está baixa, uma vez que a capacidade térmica da areia é baixa, sendo assim muito suscetível à temperatura externa. Na condução da atividade, o professor poderá questionar os alunos que outras situações de troca de calor podem ser dadas e de que maneira podemos observar a Lei Zero nessas.

Seção 5 – Processos Termodinâmicos e Trabalho

Página no material do aluno

239 a 253

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Processos termodinâmicos e diagrama P-V	Applet (Física_Mod2_Un9_Sec5.html), presente no material anexo do professor	Estudar a representação de processos termodinâmicos em um diagrama P-V, utilizando recursos multimídia.	O professor e os alunos podem interagir.	20 minutos

Aspectos operacionais

Este applet é útil para ilustrar a representação de processos termodinâmicos (adiabático, isobárico, isovolumétrico e isotérmicos) de maneira interativa e investigativa. Três estados A, B e C de um sistema (gás monoatômico) estão representados no diagrama P-V. Não sabemos, em princípio, quais foram os processos utilizados para se levar o sistema de A para B e de C para A. De B para C, o sistema foi submetido a um processo isovolumétrico. Através de um controle deslizante, é possível variar a temperatura de um processo isotérmico e verificar quais são os estados conectados por este processo. Além disso, o último processo pode ser selecionado através de caixas de seleção, mostradas na tela.

Considere a seguinte sugestão de utilização deste recurso:

- Inicie o applet (Fisica_Mod2_Un4_Sec5.html), disponível no material anexo do professor
- Discuta com os alunos o que está representado no diagrama P-V mostrado: três estados do sistema: A, B e C.
- Pergunte qual deve ser o processo que liga os estados A e B. Procure eliminar os processos isovolumétrico e isobárico, já que estes seriam representados por linhas vertical e horizontal, respectivamente, e não seriam capazes de ligar os processos A e B.
- Antes de concluir se o processo que liga A e B é o isotérmico, pergunte qual deve ser o processo que liga A e C. Reforce o fato de que, neste processo, a pressão cai mais rapidamente com o volume, em comparação com o processo que liga A e B.
- Lembre aos alunos que $P.V = \text{constante}$ no processo isotérmico e $P.V^\gamma = \text{constante}$ no isobárico e assim será fácil se convencer de quais são os processos corretos, já que o processo ilustrado considera um gás monoatômico como sistema; logo, $\gamma = 5/3$.
- Varie a temperatura através do controle deslizante e encontre a temperatura do processo que leva A a B.

Aspectos pedagógicos

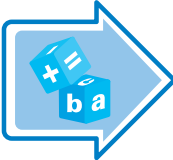
Alguns alunos podem confundir os conceitos de processos isotérmico e isobárico no diagrama P-V. Isso se deve, geralmente, a dificuldades relacionadas ao conceito de função. Enfatize o comportamento do gráfico em cada um dos casos para sanar estas dúvidas.

Para convencer os alunos de que o processo adiabático leva ao estado C, que possui pressão menor que B e o mesmo volume, calcule alguns valores de $1/V$ e $1/V^\gamma$. Mostre, então, que, no segundo caso, a pressão deve ser menor.

Seção 5 – Processos Termodinâmicos e Trabalho

Página no material do aluno

239 a 253

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Barco a Vapor	Folha de Isolopor, Vela, fita adesiva, tesoura, latinha de alumínio	A Transformação de Energia Térmica em Energia Mecânica representou um marco importantíssimo na Revolução Industrial. Neste experimento, construiremos um barquinho a vapor.		Tempo estimado: 30min

Aspectos operacionais

Para a construção desse barquinho a vapor, conhecido popularmente como barquinho pop pop, serão necessárias algumas etapas que deverão ser feitas com um certo cuidado, o que pode demandar um tempo extra sala.

1. Utilize uma tesoura para recortar uma latinha de alumínio de maneira a aproveitar o corpo da lata.
2. Dobre a tira de alumínio e utilizando uma fita adesiva junte as duas extremidades como ilustrado abaixo.



Fonte: Felipe Mondaini

3. Amasse esta tira de metal, assim como as laterais, como ilustrado abaixo



Fonte: Felipe Mondaini

4. Utilize uma cola vedante nas juntas, sendo que a cola utilizada seja resistente a altas temperaturas.
5. Insira dois canudos neste pacote de alumínio, certificando-se de estarem bem aderidos ao interior do mesmo. Para isto, coloque um pouco de cola nos canudos, antes de inseri-los. É importante a utilização de canudos dobráveis na experiência.



Fonte: Felipe Mondaini

6. Fixe o conjunto na folha de isopor de maneira que os canudos fiquem presos na base da folha de isopor que fará o papel do barquinho.



Fonte: Felipe Mondaini

7. Insira água dentro dos canudos até encher. Fixe uma vela de tal maneira que a chama encoste na superfície metálica e deixe o barquinho dentro de um reservatório com água.



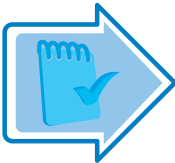
Fonte: Felipe Mondaini

Aspectos pedagógicos

Este barquinho é amplamente utilizado em feiras de ciência como um exemplo interessante de uma máquina a vapor e dá a oportunidade do professor discutir a eficiência térmica destas máquinas a vapores em comparação a um ciclo ideal como o Ciclo de Carnot.

O funcionamento deste barquinho está relacionado a uma diferença de pressão, provocada pela diferença de temperatura entre o vapor de água no interior do pacote metálico e a água do recipiente onde o barquinho encontra-se. A vela aquece a água que está no interior do pacote, fazendo com que este se transforme em vapor que empurra a água de dentro do canudo, porém ao entrar em contato com a temperatura da água do recipiente, o vapor condensa-se e volta ao estado líquido, repetindo o processo. Desta maneira, temos um ciclo que faz com que este barquinho mova-se até a chama da vela apagar-se.

Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lista de Exercícios: Calor e Energia – A 1ª Lei da Termodinâmica	Lápis e Papel	A Lista de Exercícios a seguir aborda os tópicos desenvolvidos durante esta unidade, tais como: Calor, a 1ª Lei da Termodinâmica, Processos Termodinâmicos e Trabalho. Um arquivo contendo a lista de exercícios a seguir está disponível no material anexo do professor.	Atividade Individual	1 aula

Aspectos operacionais

Para o momento de avaliação, sugerimos a utilização do último tempo de aula destinado à Unidade 9. A seguir, apresentamos sugestões para a avaliação das habilidades pretendidas nesta unidade.

- Faça um resumo sobre os conteúdos trabalhados, durante a unidade. Se desejar, utilize o resumo elaborado neste material;
- Estimule os alunos a fazerem os exercícios listados a seguir.

Aspectos pedagógicos

- É interessante selecionar alguns exercícios para resolver com os alunos, para que estes tenham uma primeira orientação a respeito de como solucioná-los. Os demais devem ser feitos pelos próprios alunos.

- Após a resolução das questões, proponha uma discussão sobre as soluções encontradas.
- Possivelmente, aparecerão soluções divergentes. Pondere as equivocadas, ressaltando onde reside o erro.

Lista de Exercícios

Calor e Energia – A 1ª Lei da Termodinâmica

1. (UEL 2012) O homem utiliza o fogo para moldar os mais diversos utensílios. Por exemplo, um forno é essencial para o trabalho do ferreiro na confecção de ferraduras. Para isto, o ferro é aquecido até que se torne moldável. Considerando que a massa de ferro empregada na confecção de uma ferradura é de 0,5 kg, que a temperatura em que o ferro torna-se moldável é de 520 °C e que o calor específico do ferro vale 0,1 cal/g°C, assinale a alternativa que fornece a quantidade de calor, em calorias, a ser cedida a essa massa de ferro para que possa ser trabalhada pelo ferreiro.

Dado: temperatura inicial da ferradura: 20 °C.

- a. 25
 - b. 250
 - c. 2500
 - d. 25000
 - e. 250000
2. (ESPCEX (AMAN) 2011) Para elevar a temperatura de 200 g de uma certa substância, de calor específico igual a , de 20°C para 50°C, será necessário fornecer-lhe uma quantidade de energia igual a:
 - a. 120 cal
 - b. 600 cal
 - c. 900 cal
 - d. 1800 cal
 - e. 3600 cal
 3. (UFTM 2011) Dona Joana é cozinheira e precisa de água a 80 °C para sua receita. Como não tem um termômetro, decide misturar água fria, que obtém de seu filtro, a 25 °C, com água fervente. Só não sabe em que proporção deve fazer a mistura. Resolve, então, pedir ajuda a seu filho, um excelente aluno em Física. Após alguns cálculos, em que levou em conta o fato de morarem no litoral, e em que desprezou todas as possíveis perdas de calor, ele orienta sua mãe a misturar um copo de 200 mL de água do filtro com uma quantidade de água fervente, em mL, igual a

- a. 800.
 - b. 750.
 - c. 625.
 - d. 600.
 - e. 550.
4. (G1 – IFSP 2011) A temperatura normal do corpo humano é de $36,5^{\circ}\text{C}$. Considere uma pessoa de 80 Kg de massa e que esteja com febre a uma temperatura de 40°C . Admitindo que o corpo seja feito basicamente de água, podemos dizer que a quantidade de energia, em quilocalorias (kcal), que o corpo desta pessoa gastou para elevar sua temperatura até este estado febril, deve ser mais próxima de
- Dado:** calor específico da água $c = 1,0 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$
- a. 200.
 - b. 280.
 - c. 320.
 - d. 360.
 - e. 420.
5. (PURJ 2013) Um líquido é aquecido através de uma fonte térmica que provê 50,0 cal por minuto. Observa-se que 200 g deste líquido aquecem-se de $20,0^{\circ}\text{C}$ em 20,0 min. Qual é o calor específico do líquido, medido em $\text{cal}/(\text{g }^{\circ}\text{C})$?
- a. 0,0125
 - b. 0,25
 - c. 5,0
 - d. 2,5
 - e. 4,0
6. (UFRGS 2011) Uma mesma quantidade de calor Q é fornecida a massas iguais de dois líquidos diferentes, 1 e 2. Durante o aquecimento, os líquidos não alteram seu estado físico e seus calores específicos permanecem constantes, sendo tais que $c_1 = 5c_2$. Na situação acima, os líquidos 1 e 2 sofrem, respectivamente, variações de temperatura ΔT_1 e ΔT_2 , tais que ΔT_1 é igual a
- a. $\Delta T_2 / 5$
 - b. $2\Delta T_2 / 5$.
 - c. ΔT_2 .

d. $5\Delta T_2 / 2$.

e. $5\Delta T_2$.

7. (UNESP 2012) Clarice colocou em uma xícara 50 mL de café a 80°C , 100 mL de leite a 50°C e, para cuidar de sua forma física, adoçou com 2 mL de adoçante líquido a 20°C . Sabe-se que o calor específico do café vale $1 \text{ cal}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})$, do leite vale $0,9 \text{ cal}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})$, do adoçante vale $2 \text{ cal}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})$ e que a capacidade térmica da xícara é desprezível. Considerando que as densidades do leite, do café e do adoçante sejam iguais e que a perda de calor para a atmosfera é desprezível, depois de atingido o equilíbrio térmico, a temperatura final da bebida de Clarice, em $^\circ\text{C}$, estava entre

a. $75,0$ e $85,0$.

b. $65,0$ e $74,9$.

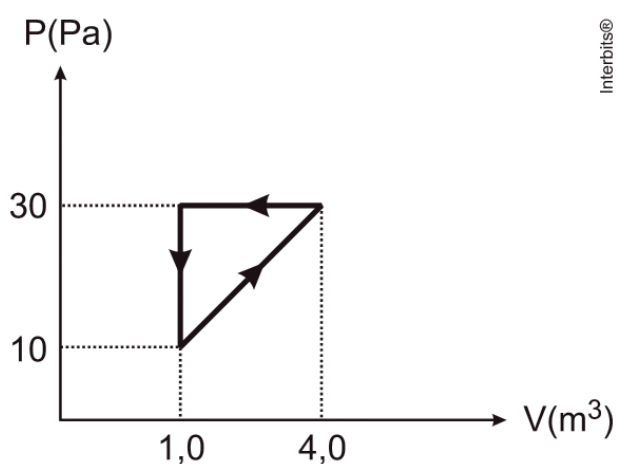
c. $55,0$ e $64,9$.

d. $45,0$ e $54,9$.

e. $35,0$ e $44,9$.



8. (UDESC 2011) Um gás em uma câmara fechada passa pelo ciclo termodinâmico representado no diagrama $p \times V$ da Figura.



O trabalho, em *joules*, realizado durante um ciclo é:

a. $+ 30 \text{ J}$

b. $- 90 \text{ J}$

c. $+ 90 \text{ J}$

d. $- 60 \text{ J}$

e. $- 30 \text{ J}$

9. (UECE 2010) Pode-se afirmar corretamente que a energia interna de um sistema constituído por um gás ideal
- a. diminui em uma expansão isotérmica.
 - b. aumenta em uma expansão adiabática.
 - c. diminui em uma expansão livre.
 - d. aumenta em uma expansão isobárica.
10. (FGVRJ 2010) Ao realizar um trabalho de 80 mil calorias, um sistema termodinâmico recebeu 60 mil calorias. Pode-se afirmar que, neste processo, a energia interna deste sistema
- a. aumentou 20 mil calorias.
 - b. diminuiu 20 mil calorias.
 - c. aumentou 60 mil calorias.
 - d. diminuiu 80 mil calorias.
 - e. conservou-se.

Gabarito Comentado

Resposta da questão 1: [D]

Da equação fundamental da calorimetria:

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow Q = 500(0,1)(520 - 20) = 25.000 \text{ cal.}$$

Resposta da questão 2: [E]

Aplicação direta da fórmula do calor sensível.

$$Q = m.c.\Delta\theta \rightarrow Q = 200 \times 0,6 \times (50 - 20) = 3600 \text{ cal}$$

Resposta da questão 3: [E]

O somatório dos calores trocados é nulo.

$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow m_1 c \Delta T_1 + m_2 c \Delta T_2 = 0 \Rightarrow 200(80 - 25) + m_2(80 - 100) = 0 \Rightarrow 20m_2 = 11.000 \Rightarrow m_2 = 550 \text{ g.}$$

Resposta da questão 4: [B]

Dados: $m = 80 \text{ kg} = 80.000 \text{ g}$; $\Delta t = 40 - 36,5 = 3,5^\circ\text{C}$; $c = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.

Da equação do calor sensível:

$$Q = m c \Delta t; Q = 80.000 \times 1 \times 3,5 = 280.000 \text{ cal}; Q = 280 \text{ kcal.}$$

Resposta da questão 5: [B]

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{mc\Delta\theta}{\Delta t} \rightarrow c = \frac{P \cdot \Delta t}{m \cdot \Delta\theta} = \frac{50 \times 20}{200 \times 20} = 0,25 \text{ cal} / (\text{g}^\circ\text{C})$$

Resposta da questão 6: [A]

$$Q_1 = Q_2 \rightarrow mc_1\Delta T_1 = mc_2\Delta T_2 \rightarrow 5c_2\Delta T_1 = c_2\Delta T_2 \rightarrow \Delta T_1 = \frac{\Delta T_2}{5}$$

Resposta da questão 7: [C]

$$V_{\text{Café}} = 50 \text{ mL}; V_{\text{Leite}} = 100 \text{ mL}; V_{\text{Adoçante}} = 2 \text{ mL}; c_{\text{Café}} = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}; c_{\text{Leite}} = 0,9 \text{ cal/g}^\circ\text{C}; c_{\text{Adoçante}} = 2 \text{ cal/g}^\circ\text{C}.$$

Considerando o sistema termicamente isolado, vem:

$$Q_{\text{Café}} + Q_{\text{Leite}} + Q_{\text{Adoçante}} = 0 \Rightarrow (mc\Delta\theta)_{\text{Café}} + (mc\Delta\theta)_{\text{Leite}} + (mc\Delta\theta)_{\text{Adoçante}} = 0 \Rightarrow$$

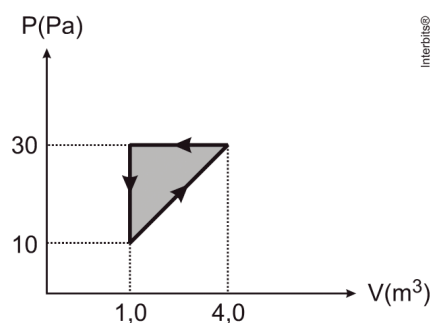
Como as densidades (ρ) dos três líquidos são iguais, e a massa é o produto da densidade pelo volume ($m = \rho \cdot V$), temos:

$$\begin{aligned} (\rho V c \Delta\theta)_{\text{Café}} + (\rho V c \Delta\theta)_{\text{Leite}} + (\rho V c \Delta\theta)_{\text{Adoçante}} &= 0 \Rightarrow \\ 50(1)(\theta - 80) + 100(0,9)(\theta - 50) + 2(2)(\theta - 20) &= 0 \Rightarrow \\ 50\theta - 4.000 + 90\theta - 4.500 + 4\theta - 80 &= 0 \Rightarrow \\ 144\theta = 8.580 \Rightarrow \theta = \frac{8.580}{144} \Rightarrow \\ \theta &= 59,6^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

Portanto, a temperatura de equilíbrio está sempre 55°C e $64,9^\circ\text{C}$.

Resposta da questão 8: [E]

Em um ciclo fechado, o trabalho é numericamente igual à área da figura. Seu valor é negativo, devido ao sentido anti-horário.



$$W = -\frac{3 \times 20}{2} = -30 \text{ J}$$

Resposta da questão 9: [D]

Numa **expansão isobárica** $A \rightarrow B$ ($V_B > V_A$), temos:

$$\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B}. \text{ Sendo } V_B > V_A; T_B > T_A.$$

Como a energia interna é diretamente proporcional à temperatura absoluta, a energia interna aumenta.

Resposta da questão 10: [B]

Dados: **W** = 80.000 cal; **Q** = 60.000 cal.

Da primeira lei da termodinâmica:

$$\Delta U = Q - W; \Delta U = 60.000 - 80.000; \Delta U = -20.000 \text{ cal.}$$

O sinal (–) indica que a energia interna diminuiu.

