

nova
eja
EDUCAÇÃO
PARA JOVENS
E ADULTOS

CIÊNCIAS DA NATUREZA

e suas TECNOLOGIAS

Professor

Volume 2 • Módulo 2 • Física

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Governador
Sergio Cabral

Vice-Governador
Luiz Fernando de Souza Pezão

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO

Secretário de Educação
Wilson Risolia

Chefe de Gabinete
Sérgio Mendes

Secretário Executivo
Amaury Perlingeiro

Subsecretaria de Gestão do Ensino
Antônio José Vieira De Paiva Neto

Superintendência pedagógica
Claudia Raybolt

Coordenadora de Educação de Jovens e adulto
Rosana M.N. Mendes

SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Secretário de Estado
Gustavo Reis Ferreira

FUNDAÇÃO CECIERJ

Presidente
Carlos Eduardo Bielschowsky

PRODUÇÃO DO MATERIAL NOVA EJA (CECIERJ)

Diretoria Adjunta de Extensão
Elizabeth Ramalho Soares Bastos

Coordenação de Formação Continuada
Carmen Granja da Silva

Coordenação Geral de Design Instrucional
Cristine Costa Barreto

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

Revisão de Língua Portuguesa
Paulo Alves

Design Instrucional
Kathleen S. Gonçalves

Coordenação de Desenvolvimento Instrucional
Flávia Busnardo
Paulo Vasques de Miranda

Coordenação de Produção
Fábio Rapello Alencar

Projeto Gráfico e Capa
Andreia Villar

Imagem da Capa e da
Abertura das Unidades
André Guimarães

Diagramação
Alessandra Nogueira
Alexandre d' Oliveira
André Guimarães
Andreia Villar
Bianca Lima

Carlos Eduardo Vaz
Juliana Fernandes

Ilustração
Bianca Giacomelli
Clara Gomes
Fernando Romeiro
Jefferson Caçador
Sami Souza

Produção Gráfica
Verônica Paranhos

Sumário

Unidade 6 • Aprendendo sobre energia	5
Unidade 7 • Quando Mundos Colidem	41
Unidade 8 • Quente ou Frio?	65
Unidade 9 • Calor e Energia – A 1ª Lei da Termodinâmica	91
Unidade 10 • Entropia e a segunda lei da termodinâmica	117

Volume 2 • Módulo 2 • Física • Unidade 6

Aprendendo sobre energia

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). Sendo assim, 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 6 – Aprendendo sobre energia – 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 Energia Cinética e Energia Potencial. Energia está ligada ao nosso cotidiano por meio do conceito de uma grandeza necessária para a realização de uma determinada atividade, porém sua transformação de Energia Cinética para Potencial e vice-versa não é bem assimilada pelos alunos. Com este intuito sugerimos experimentos e atividades que podem ser desenvolvidas em sala de aula. Vale notar que pela similaridade de conteúdos, algumas seções foram agrupadas como as Seções 1 e 2 e as Seções 4 e 5.

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

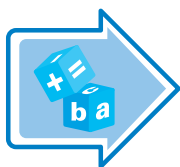
Apresentação da unidade do material do aluno

Disciplina	Volume	Módulo	Unidade	Estimativa de aulas para essa unidade
Física	2	2	6	4

Titulo da unidade	Tema
Aprendendo sobre energia	Energia Mecânica
Objetivos da unidade	
Reconhecer o conceito de energia e o seu caráter universal nas ciências da natureza;	
Descrever o teorema do trabalho – energia;	
Conceituar energia cinética;	
Conceituar trabalho;	
Diferenciar os conceitos de energia potencial elástica e gravitacional;	
Reconhecer o princípio da conservação da energia;	
Identificar sistemas conservativos e não conservativos;	
Avaliar os processos de transformação de energia, envolvidos em diferentes tipos de usina para a produção de energia elétrica.	
Seções	Páginas no material do aluno
1. Energia, um conceito universal	143
2. Energia Cinética	145
3. Trabalho de uma força	146
4. Energia Potencial	154
5. Princípio da conservação da energia	157

Recursos e ideias para o Professor

Tipos de Atividades



Atividades em grupo ou individuais

São atividades que são feitas com recursos simples disponíveis.



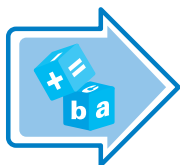
Material copiado para distribuição em sala

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

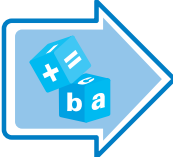
Experiências práticas que podem ser realizadas em sala com uso de recursos simples;



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
	A roda, a colina, o segredo!	Uma lata cilíndrica de diâmetro grande (como aquelas de biscoito amanteigados) sem tampa, duas pilhas AA (ou qualquer outro objeto que sirva de contra peso), fita adesiva, livros e cadernos para montar um plano inclinado.	O principal objetivo deste experimento é despertar o interesse dos alunos para o tema desta unidade: energia mecânica. Mostraremos que é possível abandonar uma lata cilíndrica num plano inclinado e ela subir ao invés de descer. Vídeo ilustrando a experiência disponível no material anexo do professor (Mod2-Unid6-ativ-inicial.mp4).	O professor interage com toda a turma.	10 minutos

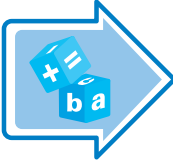
Seção 1 – Energia, um conceito universal

Seção 2 – Energia cinética

Página no material do aluno

143 a 145

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Passeio de Carro	Software Algodoo e arquivo (Fisica_Mod2_Un6_Sec2.phz), presente no material anexo do professor	Verificar a relação entre velocidade e energia cinética, através de um recurso multimídia interativo.	O professor interage com toda a turma.	30 minutos

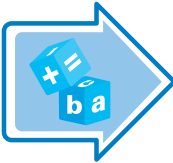
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Copo Veloz	Barbante encerado, bola de borracha, copo plástico descartável, massas de modelar, fita métrica e fita adesiva	Nesta prática, associaremos a energia cinética, a energia do movimento, a quantidade de matéria do corpo. Observaremos que se aumentarmos a massa do corpo posto à prova, a fim de que atinja a mesma velocidade em todos os eventos, devemos agregar mais energia ao sistema. Vídeos ilustrando o experimento a seguir encontram-se disponíveis no material anexo do professor (Mod2_Unid6_Sec1e2_1.mp4 e Mod2_Unid6_Sec1e2_2.mp4).	Em grupos de 4 Alunos	30 a 45 minutos
	Energia do nosso cotidiano		Introduziremos o conceito de energia mecânica, relacionando com cotidiano dos alunos e utilizando tirinhas.	O professor e a turma podem interagir.	30 minutos

Seção 3 – Trabalho de uma força

Página no material do aluno

146 a 153

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Corrida de foguetes	Software Algodoo e arquivo (Fisica_Mod2_Un6_Sec3.phz), presente no material anexo do professor	Verificar o trabalho realizado por uma força e sua relação com a variação da energia cinética de um corpo.	O professor interage com toda a turma.	30 minutos



Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Rampas facilitam nosso trabalho	Um pedaço de elástico (lastex usado em costura é uma ótima opção); réguas de tamanhos diferentes e cadernos para construir rampas; um carrinho pequeno, mas suficientemente pesado (se for necessário, utilize massa de modelar para adicionar peso ao carrinho).	O objetivo deste experimento é verificar a relação entre trabalho, força e deslocamento. Utilizando rampas de diferentes tamanhos para elevar um objeto de uma altura h , mostraremos que quanto mais extensa for uma rampa menor será a força necessária para realizar esse trabalho.	turma dividida em pequenos grupos	20 minutos

Seção 4 – Energia potencial

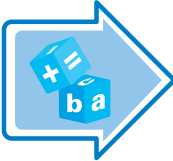
Seção 5 – Princípio da conservação da energia

Página no material do aluno

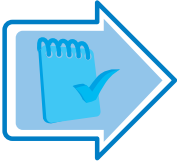
154 a 171



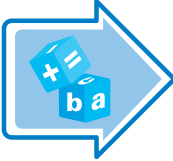
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Sistema Massa-Mola	Software Algodoo e arquivo (Fisica_Mod2_Un6_Sec5.phz), presente no material anexo do professor.	Ilustrar o conceito de energia mecânica composta por uma parcela de energia cinética e outra de energia potencial elástica.	O professor interage com toda a turma.	30 minutos

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Loop na Montanha Russa	2 metros de mangueira “cristal” (transparente); bilhas de aço com diâmetro inferior ao da mangueira ou bolinhas de gude; 1 placa plana de madeira ou isopor, amarradores de plástico	A ideia é que o professor monte o quadro com o loop sobre uma placa de madeira (pode ser também de aglomerado, papelão, isopor...) e já o leve pronto para a sala de aula. Entretanto, mostramos na foto abaixo uma montagem bem mais simples onde aproveitamos o conduíte elétrico de uma sala de aula para “montar” o dispositivo. Vídeo ilustrando a experiência disponível no material anexo do professor (Mod2-Unid6-Sec4e5.wmv).	A turma pode ser dividida em grupos de 4 ou 5 alunos para que todos possam manusear o “loop”, fazer observações e anotações.	15 minutos
	Lata Bumerangue	Lata de alumínio, 1 elásticos, 4 pilhas do tipo AA. 1 fita adesiva e 2 palitos de madeira	Nesta atividade, os alunos terão a oportunidade de entender o conceito de conservação de energia, por meio de um experimento de baixo custo. Dois vídeos ilustrando esta atividade estão disponíveis no material anexo do professor (Mod2_Unid6_LataMaluca.wmv e Mod2_Unid6_Lata-Maluca_Segredo.wmv).	Pequenos grupos de 5 alunos	40 min
	A Queda da bilha	Projetor Multimídia e o vídeo (Mod2-Unid6-Sec4e5-Bilha.wmv), presente no material anexo do professor	Nesta atividade, os alunos terão a oportunidade de entender o conceito de conservação de energia por meio de um experimento em que foi utilizado sensores de posição.	Pequenos grupos de 5 alunos	40 min

Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lista de Exercícios: Aprendendo sobre Energia	Lápis e Papel	A Lista de Exercícios a seguir aborda os tópicos desenvolvidos durante esta unidade, tais como Energias Cinética e Potencial, Trabalho e Conservação de Energia. 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
	A roda, a colina, o segredo!	uma lata cilíndrica de diâmetro grande (como aquelas de biscoito amanteigados) sem tampa, duas pilhas AA (ou qualquer outro objeto que sirva de contra peso), fita adesiva, livros e cadernos para montar um plano inclinado.	O principal objetivo deste experimento é despertar o interesse dos alunos para o tema desta unidade: energia mecânica. Mostraremos que é possível abandonar uma lata cilíndrica num plano inclinado e ela subir ao invés de descer. Vídeo ilustrando a experiência disponível no material anexo do professor (Mod2-Unid6-ativ-inicial.mp4).	O professor interage com toda a turma.	10 minutos

Aspectos operacionais

- Comece o experimento, preparando a lata a ser apresentada aos alunos. Utilizando a fita adesiva cole as duas pilhas juntas (ou qualquer outro objeto suficientemente pesado) na lateral interna da lata.
- Já na sala de aula, monte um plano inclinado sobre sua mesa, utilizando livros e cadernos (se for possível, utilize uma placa de madeira ou isopor para montar uma rampa um pouco mais longa). Procure não inclinar muito o plano, para que a lata possa subir bastante.
- Coloque a lata em pé na parte mais alta do plano inclinado com a abertura virada para você e com a pilha apontando na direção de descida (como mostrado na Figura 1). Para passar a impressão de que se trata de uma simples lata vazia, deixe a lata rolar ladeira abaixo.
- Para provocar os alunos, pergunte: seria possível abandonar a lata no meio dessa rampa e ela subir ao invés de descer?
- Após algum debate, posicione a lata no final da rampa com a pilha bem elevada e apontando na direção de subida (como mostrado na figura 2). Solte a lata e observe que agora a lata subirá o plano inclinado. Segure a lata no topo do plano, para dar a impressão de que a lata simplesmente subiu.

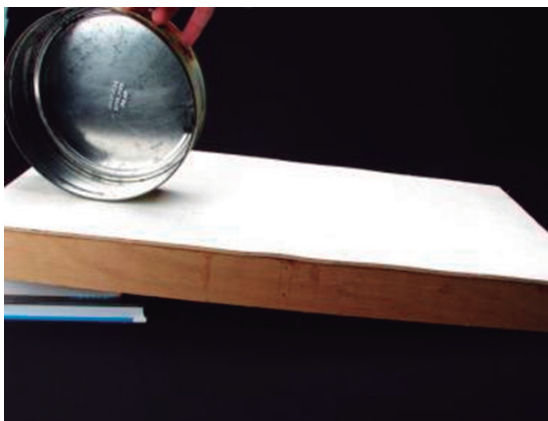


Figura 1

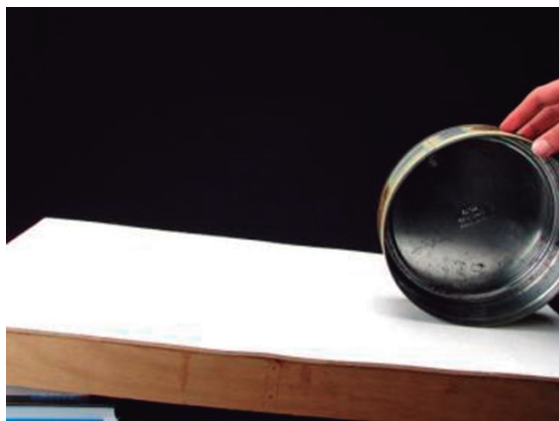


Figura 2

Fonte das figuras e do vídeo:

<http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=307&A+RODA+A+COLINA+O+SEGREGDO>

Ou <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/17832>

Aspectos pedagógicos

Para que os alunos não sigam, pensando que existe um truque de mágica por trás do experimento, devemos mostrar a eles o peso colado na lateral da lata e o funcionamento do equipamento.

Podemos também fornecer uma explicação simples para o fenômeno observado nesse experimento. A grande responsável pelo subir da lata é uma forma de energia que será estudada nesta unidade, a energia potencial gravitacional. Ao elevar a pilha, estamos dando energia potencial ao sistema. O cair da pilha para uma posição de equilíbrio de mais baixa energia (próxima da terra) faz a lata girar ladeira acima.

Seção 1 – Energia, um conceito universal

Seção 2 – Energia cinética

Página no material do aluno

143 a 145

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Passeio de Carro	Software Algodoo e arquivo (Fisica_Mod2_Un6_Sec2.phz), presente no material anexo do professor	Verificar a relação entre velocidade e energia cinética, através de um recurso multimídia interativo.	O professor interage com toda a turma.	30 minutos

Aspectos operacionais

A energia cinética está associada ao movimento dos corpos, de modo que é fácil se convencer de que ela depende da velocidade com que os corpos em questão se deslocam.

Com este objeto de aprendizagem multimídia, é possível investigar a dependência da energia cinética com a velocidade e com a massa de um corpo. Esta simulação apresenta um carro que pode ser acelerado, ou seja, é possível controlar/variá-la a velocidade com que ele se desloca. Além da velocidade do carro, são fornecidas a sua massa e a sua energia em cada instante da simulação. Com base nestes dados, é possível verificar a dependência entre a massa, a velocidade e a energia de um corpo.

Considere a seguinte sugestão de utilização deste recurso:

- Inicie o aplicativo Algodoo e abra o arquivo (Física_Mod2_Un6_Sec2.phz).
- O carro aparecerá na tela, bem como as instruções sobre como interagir com a simulação, a saber: Pressione a seta direita do teclado para ligar/desligar a aceleração do carro. Pressione a barra de espaço para pausar a simulação, se desejar.
- Pressione a seta direita do teclado e o carro começará a se movimentar. À direita da tela, serão informados os valores da velocidade, da massa e da energia do carro, durante a simulação. Pode ser difícil ler o valor da energia durante a simulação, recomenda-se pressionar a barra de espaço para pausar a simulação e facilitar a leitura deste valor.
- De posse do valor da energia e da correspondente velocidade, pergunte aos alunos qual a relação que eles esperariam que houvesse entre a massa e a energia cinética de um corpo. Após a discussão, pergunte qual deve ser a dependência com a velocidade. Faça a conta no quadro e mostre que os valores obtidos obedecem à relação $E_c = (1/2)mv^2$, onde m é a massa do carro e v é a sua velocidade.
- Em um momento da simulação que o carro é forçado a parar, fique atento para pausar a simulação e ler os valores de velocidade e energia antes deste instante.
- Deixe que os alunos controlem a simulação para obter outros valores de velocidade e energia e verificar a validade da expressão fornecida acima.

Aspectos pedagógicos

- Para facilitar o entendimento do conceito de energia, reforce a ideia de que existem outros tipos de energia e que ela pode ser convertida de um tipo para o outro.
- Se os alunos propuserem para a energia cinética uma dependência linear com a massa e a velocidade, aproveite para comentar que esta expressão não está correta para a energia cinética, mas descreve outra importante grandeza física que é o momento linear (ou quantidade de movimento).

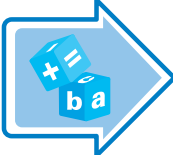
- Para facilitar a leitura dos valores de velocidade e energia, estes valores foram aproximados e são exibidos com duas casas decimais. Sendo assim, ao realizar os cálculos no quadro, o valor calculado para a energia cinética pode não ser exatamente o que é exibido pelo programa. Explique aos alunos que isto é resultado da aproximação numérica mencionada acima.

Seção 1 – Energia, um conceito universal

Seção 2 – Energia cinética

Página no material do aluno

143 a 145

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Copo Veloz	Barbante encerado, bola de borracha, copo plástico descartável, massas de modelar, fita métrica e fita adesiva	Nesta prática, associaremos a energia cinética, a energia do movimento, a quantidade de matéria do corpo. Observaremos que se aumentarmos a massa do corpo posto à prova, a fim de que atinja a mesma velocidade em todos os eventos, devemos agregar mais energia ao sistema. Vídeos ilustrando o experimento a seguir encontram-se disponíveis no material anexo do professor (Mod2_Unid6_Sec1e2_1.mp4 e Mod2_Unid6_Sec1e2_2.mp4).	Em grupos de 4 Alunos	30 a 45 minutos

Aspectos operacionais

1. Monte um pêndulo onde agregado à extremidade exista um objeto circular, como por exemplo, uma bola de borracha.



Fonte: Fábio F. Luiz.

2. No ponto mais baixo da trajetória do pêndulo, posicione o fundo do copo plástico.
3. Liberte o pêndulo, após fornecê-lo uma altura h qualquer.



Fonte: Fábio F. Luiz.

4. Perceba que o pendulo será responsável pelo fornecimento de energia ao copo plástico.



Fonte: Fábio F. Luiz.

Observe o alcance do copo e repita o experimento, agregando massas à parte interna do copo.



Fonte: Fábio F. Luiz.

Aspectos pedagógicos

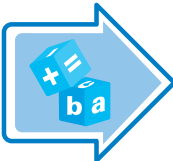
- Os alunos devem se preocupar em obter uma altura tal para o pêndulo, para que o copo atinja o mesmo alcance. Vale lembrar que as massas de modelar no interior do copo exercem um aumento gradual da massa do mesmo, assim temos de proporcionar uma maior energia para que o mesmo entre em movimento e possua o mesmo alcance.
- O objetivo desta prática é vincular a massa do objeto à quantidade de energia necessária, para mantê-lo com a mesma velocidade e o mesmo alcance.
- Atente para que as massas estejam bem fixas ao copo, a fim de evitar o escorregamento das mesmas, durante a transferência de energia.
- É importante posicionar o copo plástico com a “boca para cima”.
- Procure orientar para que os alunos executem a colisão mais frontal possível, assim é possível captar melhor a abrangência que o copo tomou.

Seção 1 – Energia, um conceito universal

Seção 2 – Energia cinética

Página no material do aluno

143 a 145

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Energia do nosso cotidiano		Introduziremos o conceito de energia mecânica, relacionando com cotidiano dos alunos e utilizando tirinhas.	O professor e a turma podem interagir.	30 minutos

Aspectos operacionais

É de conhecimento geral que existem vários tipos de energia e que esta palavra é utilizada em diversos contextos. Para compreender melhor seu significado, no contexto científico, sugerimos um debate com o objetivo de favorecer a explicitação de concepções espontâneas, ou de senso comum dos alunos. Para iniciar o debate, algumas questões podem ser levantadas, como:

- Qual é o significado da palavra energia para vocês?
- E no nosso dia a dia? Onde esta “energia” está presente?
- Na Física, como definimos energia?
- Quais são as formas de energia que vocês conhecem?

A seguir, faça uso de uma sequência de tirinhas para introduzir aos alunos as diferentes formas de energia mecânica:



Browne, 1997



Davis, J. (1986)

Algumas questões sugeridas para o debate com os alunos:

- Quais são as semelhanças entre as duas situações apresentadas nas tirinhas acima?
- Quais são as formas de energia presentes nas duas situações?
- Por que o Viking, ao saltar da montanha, e o Garfield, ao descer o escorrega, ganham velocidade?
- O fato do Viking “levar passageiros” ao descer a montanha influencia no seu movimento? Por quê?
- Quais são os fatores que influenciam na velocidade da descida nas duas situações?



Davis, J. (1986)

Questões sugeridas para o debate com os alunos:

- Nesta tirinha, o que fez o Garfield ser lançado para longe?
- Quais são as formas de energias presentes na situação apresentada?
- Onde estava armazenada essa energia?

Aspectos pedagógicos

O objetivo desta atividade é de introduzir o conceito de energia, em particular de energia mecânica. A palavra energia é frequentemente utilizada no cotidiano, por isso é interessante realizar um debate inicial a respeito deste tema e levantar as pré-concepções dos alunos.

Estas tirinhas de jornal apresentam de forma lúdica diversas formas de energia. Na primeira e na segunda, você pode explorar que os personagens só conseguirão se deslocar por estarem no alto de uma montanha. No desenho, está representado que eles descem, ganhando velocidade, isto é intuitivo e já foi vivido por todos. Aproveite então para apresentar as diferentes formas de energia presentes à situação mostrada nestas tirinhas, no caso, a energia cinética e a energia potencial gravitacional, e a passagem de uma para outra.

Na terceira tirinha, vemos o personagem “levando o soco” de uma mola do estofamento de uma poltrona. É interessante destacar para os alunos e até levar uma destas molas para a sala, para discutir a energia potencial elástica e sua transformação em energia cinética. Esta discussão deverá ser meramente qualitativa, sem uso de recursos da matemática ou equações e gráficos. Devemos aqui estar ressaltando os aspectos relevantes com destaque para pontos onde as energias são máximas e mínimas.

Usando os exemplos das tirinhas, peça que seus alunos relacionem e discutam o uso e utilidade de cada uma destas formas de energia na nossa vida cotidiana.

Seção 3 – Trabalho de uma força

Página no material do aluno
146 a 153

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Corrida de foguetes	Software Algodoo e arquivo (Fisica_Mod2_Un6_Sec3.phz), presente no material anexo do professor	Verificar o trabalho realizado por uma força e sua relação com a variação da energia cinética de um corpo.	O professor interage com toda a turma.	30 minutos

Aspectos operacionais

A relação entre o trabalho realizado sobre um corpo e a variação da sua energia cinética ajuda no entendimento do próprio conceito de energia cinética. No nosso dia a dia, temos diversos exemplos de situações nas quais aplicamos uma força sobre um corpo e este começa a se mover. Este movimento pode até continuar depois que

paramos de atuar sobre o corpo, como quando empurramos um carrinho de supermercado vazio, por exemplo. Sendo assim, a ideia de que a ação de uma força pode mudar a energia cinética de um corpo fica bem motivada.

Nesta simulação, é apresentada uma corrida onde três foguetes carregam três blocos de 5 kg. O ângulo entre a direção de propulsão do foguete e a horizontal é diferente nos três casos, de modo que o trabalho realizado por cada foguete será diferente. Neste objeto de aprendizagem, escolhemos medir a velocidade cinética final de cada bloco, para então relacionar esta energia com o trabalho realizado pelos foguetes. Neste exemplo, não há atrito entre os blocos e o solo, e nem resistência do ar.

Uma sugestão de utilização deste recurso é a seguinte:

- Inicie o programa Algodoo e abra o arquivo (Fisica_Mod2_Un6_Sec3.phz).
- Serão exibidos os foguetes, bem como os blocos que serão puxados por estes foguetes e os ângulos entre a direção da força aplicada pelos foguetes e a horizontal.
- A pergunta que vai ser o tema da discussão é a seguinte: Qual é o foguete que realiza o maior trabalho?
- Para auxiliar o aluno a chegar à resposta correta, pode-se utilizar novamente o exemplo do carrinho de supermercado e especular-se sobre a maneira mais eficiente de empurrar o carrinho.
- Inicie a simulação e veja qual dos foguetes forneceu maior energia cinética para o bloco. Aproveite para verificar se os alunos compreenderam que o bloco que possui maior energia cinética ao final do percurso é o que sofreu maior trabalho do seu foguete.
- Comente que a relação neste caso é $F \cdot d \cdot \cos\theta = E_{c,final} - E_{c,inicial}$, onde F é o módulo da força aplicada, d é a distância pela qual atuou a força, θ é o ângulo entre a direção da força e a direção do deslocamento e $E_{c,final}$ e $E_{c,inicial}$ representam as energias cinéticas inicial e final, respectivamente.
- Por fim, pergunte aos alunos se a massa dos blocos tem alguma influência sobre os trabalhos realizados pelos foguetes. Como $W = F \cdot d \cdot \cos\theta$, percebe-se que não.

Aspectos pedagógicos

A relação entre trabalho e energia cinética é fundamental em Física e muito útil para o entendimento do próprio conceito de energia. Peça aos alunos que forneçam exemplos desta relação, para tornar o entendimento mais significativo.

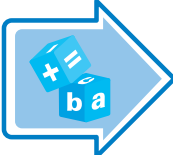
Outra maneira de explorar este exemplo, é verificar a dependência entre os trabalhos realizados pelos foguetes e os ângulos que a força exercida por cada um deles faz com a horizontal. Quando o ângulo é 0° , o trabalho vale 15,8 J. Já para um ângulo de 30° , o trabalho é $15,8 \cdot \cos(30^\circ) \approx 13,7$ J. Por fim, no caso em que o ângulo vale 60° . O trabalho é igual a $15,8 \cdot \cos(60^\circ) = 7,9$ J.

Os valores apresentados são aproximados e podem gerar pequenas diferenças entre os cálculos. Esta aproximação foi feita para facilitar a exibição dos valores com duas casas decimais.

Seção 3 – Trabalho de uma força

Página no material do aluno

146 a 153

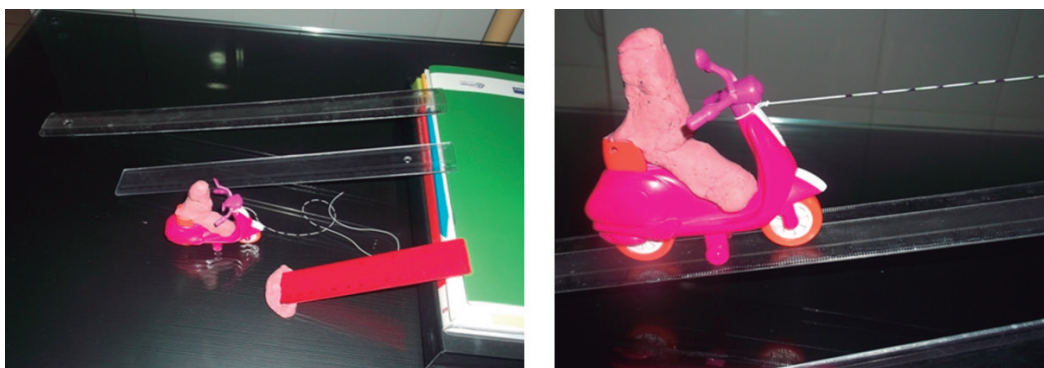
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Rampas facilitam nosso trabalho	Um pedaço de elástico (lastex usado em costura é uma ótima opção); réguas de tamanhos diferentes e cadernos para construir rampas; um carrinho pequeno, mas suficientemente pesado (se for necessário, utilize massa de modelar para adicionar peso ao carrinho).	O objetivo deste experimento é verificar a relação entre trabalho, força e deslocamento. Utilizando rampas de diferentes tamanhos para elevar um objeto de uma altura h , mostraremos que quanto mais extensa for uma rampa menor será a força necessária para realizar esse trabalho.	turma dividida em pequenos grupos	20 minutos

Aspectos operacionais:

- Para provocar a turma, comece a atividade perguntando aos alunos se eles já notaram como as rampas são utilizadas no nosso dia a dia. Por exemplo, as rampas podem ser encontradas no momento de carregamento de caminhões, nas passarelas etc.
- Conclua essa conversa inicial, ressaltando que o recurso das rampas é utilizado quando se deseja elevar um objeto pesado, fazendo o menor esforço possível. Proponha, então, o experimento para verificar essa afirmativa.
- Divida a turma em pequenos grupos. Cada grupo deve ser munido de duas ou três réguas de tamanhos diferentes, um pedaço de elástico e um carrinho pequeno, mas suficientemente pesado.

- Cada grupo deve construir um conjunto de rampas de tamanhos diferentes sobre sua mesa, utilizando dois (ou três) cadernos e as réguas (conforme mostrado na figura abaixo).
- Agora, peça aos alunos para prender o elástico no carrinho (se for necessário, pode-se usar fita adesiva).
- Oriente-os a puxar o carrinho através das diferentes rampas, mantendo o elástico paralelo a rampa. Eles devem observar o quanto o elástico estica em cada caso até que a altura h seja atingida.
- Num segundo momento, oriente-os a puxar o carrinho verticalmente até a altura h , sem a ajuda das rampas, e observar a força aplicada.

Fotos Ilustrativas da montagem:



Fonte: Andreia M. Saguia.

Aspectos pedagógicos

Ao final do experimento, os alunos terão verificado que a força necessária para elevar o carrinho depende do comprimento da rampa. Na rampa extensa, a força aplicada é pequena, no entanto, a distância a ser percorrida é grande. A menor distância ocorre no movimento vertical, mas neste caso, a força aplicada é muito maior. Esta compensação entre força e deslocamento mantém o trabalho constante, independente do tamanho da rampa. Conforme será visto na próxima seção, o trabalho realizado por essas forças é igual a variação da energia potencial, a qual, só depende da altura h a ser alcançada e não do trajeto a ser percorrido pelo carrinho e, por isso, ele não depende da rampa.

Seção 4 – Energia potencial

Seção 5 – Princípio da conservação da energia

Página no material do aluno

154 a 171

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Sistema Massa-Mola	Software Algodoo e arquivo (Fisica_Mod2_Un6_Sec5.phz), presente no material anexo do professor.	Ilustrar o conceito de energia mecânica composta por uma parcela de energia cinética e outra de energia potencial elástica.	O professor interage com toda a turma.	30 minutos

Aspectos operacionais

Sistemas do tipo oscilador harmônico são muito úteis para discutir o conceito de energia mecânica, cinética e potencial. Escolhemos o sistema massa-mola para ser nosso oscilador harmônico por sua simplicidade e completeza. A constante da mola e a massa do bloco foram escolhidas de modo a obter um oscilador com baixa frequência, onde o movimento pode ser facilmente entendido e os instantes-chave podem ser observados com clareza.

Nesta simulação, um bloco está preso a uma mola e não há atrito entre o bloco e o solo. Inicialmente, a mola está esticada e a energia do sistema é puramente potencial elástica. Ao iniciar a simulação, a energia potencial elástica é gradativamente convertida em energia cinética do bloco. Os valores das energias potencial e cinética são mostrados na tela, bem como a soma entre as duas, que é a energia mecânica do sistema. É fácil perceber instantes importantes do movimento, como: 1) inicialmente a energia é puramente potencial elástica. 2) quando a mola está relaxada, a energia cinética é máxima. 3) pausar a simulação em qualquer instante permite verificar que a energia mecânica é a soma das energia cinética e potencial e que ela se conserva neste caso. $E_m = E_c + E_p$.

Esta animação pode ser utilizada em sala de aula da seguinte maneira:

- Inicie o programa Algodoo e o arquivo (Fisica_Mod2_Un1_Sec5.phz).
- O sistema massa-mola aparecerá na tela, bem como os valores das energia cinética, potencial e mecânica do sistema.
- Pergunte aos alunos o que podemos deduzir a partir dos valores mostrados na tela. Eles devem se convencer de que, neste caso, a mola deve estar contraída ou esticada. Além disso, a velocidade instantânea do bloco deve ser nula no início da simulação.
- Inicie a simulação, deixe que os alunos percebam que a energia está sendo constantemente convertida de potencial à cinética e vice-versa. O instante em que a energia é puramente cinética é de fácil visualização.

Aspectos pedagógicos

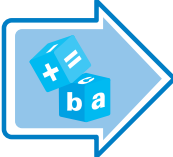
- Este exemplo torna visuais e quantitativos os conceitos de conversão entre a energia potencial e cinética, e de conservação da energia mecânica.
- Para auxiliar o entendimento de que a energia deve ser conservada neste exemplo, reforce o fato de que esta simulação poderia ser reproduzida “de trás para frente” sem que nos levasse a conclusões absurdas. Se filmássemos um oscilador análogo a esse, porém com atrito entre o bloco e o solo, tiraríamos conclusões absurdas ao ver essa gravação “de trás para frente”. Veríamos o bloco começar a se mover espontaneamente a partir do repouso, por exemplo.
- Ao serem apresentados a este exemplo, alguns alunos podem não entender porque o bloco não para quando a mola está relaxada, já que não atua nenhuma força sobre ele. Deve-se deixar claro que o bloco possui energia cinética e que esta será convertida em energia potencial da mola. Ou se preferir, que a mola precisa frear o bloco e para que ela exerça uma força sobre o bloco, ela deve ser contraída, neste caso.
- Ao pausar a simulação, pode haver uma pequena diferença entre o valor da energia mecânica, calculado a partir da soma das energias potencial e cinética e o valor exibido pelo programa. Isso se deve às aproximações feitas para exibir os valores com duas casas decimais e facilitar a leitura dos referidos valores.

Seção 4 – Energia potencial

Seção 5 – Princípio da conservação da energia

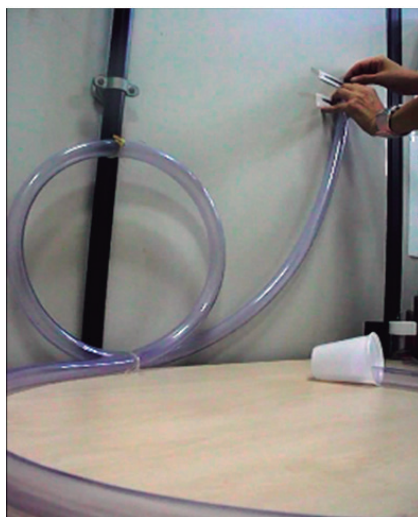
Página no material do aluno

154 a 171

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Loop na Montanha Russa	2 metros de mangueira “cristal” (transparente); bilhas de aço com diâmetro inferior ao da mangueira ou bolinhas de gude; 1 placa plana de madeira ou isopor, amarradores de plástico	A ideia é que o professor monte o quadro com o loop sobre uma placa de madeira (pode ser também de aglomerado, papelão, isopor...) e já o leve pronto para a sala de aula. Entretanto, mostramos na foto abaixo uma montagem bem mais simples onde aproveitamos o conduíte elétrico de uma sala de aula para “montar” o dispositivo. Vídeo ilustrando a experiência disponível no material anexo do professor (Mod2-Unid6-Sec4e5.wmv).	A turma pode ser dividida em grupos de 4 ou 5 alunos para que todos possam manusear o “loop”, fazer observações e anotações.	15 minutos

Aspectos operacionais

A montagem na foto e o filme mostram com clareza a operacionalização desta atividade. Ela foi concebida de modo que o professor esteja bem livre para exercer a sua criatividade, utilizando materiais alternativos aos descritos.



Fonte: Andreia Saguia

Aspectos pedagógicos

Pretende-se com este experimento simples e de fácil reprodução em sala de aula que os alunos cheguem a conclusões a respeito da energia potencial necessária para que a bilha vença o “loop”, fazendo relações tanto com a altura da qual a bilha parte, como também com a sua massa. Neste experimento, o professor tem a excelente oportunidade de desmistificar a ideia comum de que a massa é uma variável atuante e dependente. Ele poderá usar bolinhas de gude de diferentes tamanhos para ter massas diferentes ou procurar usar bolinhas de mesmo diâmetro, porém de materiais diferentes. É importante deixá-los manusear para perceber a diferença de “peso” das bolinhas.

Devemos levar em conta que esta demonstração terá caráter qualitativo, isto é, não focaremos nas equações que regem o fenômeno. Discutiremos que há uma altura mínima da qual a bolinha deve partir para que possa vencer o “loop” e fazer as devidas variações da altura inicial para tal.

O professor poderá marcar, assim como se vê na foto e no vídeo, a altura limite que a bolinha quase dá a volta e uma outra acima que ela vence a barreira. Realizando este mesmo procedimento com outras bolinhas de massas diferentes, o professor evidenciará a independência da massa no fenômeno.

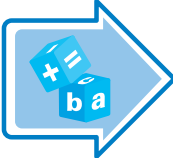
Para que esta atividade fique ainda mais lúdica e ligada com o dia a dia dos alunos, o professor é fortemente incentivado, desde o início da atividade na sala a mostrar que as montanhas russas dos parques de diversão são dimensionadas desta forma, aproveitando-se dos conhecimentos desta área da Física. Não é demais lembrar que não devemos fazer o dimensionamento da montanha russa, entretanto, dependendo da turma, o professor poderá informar que a altura mínima é de $5R/2$, sendo R o raio do “loop”.

Seção 4 – Energia potencial

Seção 5 – Princípio da conservação da energia

Página no material do aluno

154 a 171

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lata Bumerangue	Lata de alumínio, 1 elásticos, 4 pilhas do tipo AA. 1 fita adesiva e 2 palitos de madeira	Nesta atividade, os alunos terão a oportunidade de entender o conceito de conservação de energia, por meio de um experimento de baixo custo. Dois vídeos ilustrando esta atividade estão disponíveis no material anexo do professor (Mod2_Unid6_LataMaluca.wmv e Mod2_Unid6_Lata-Maluca_Segredo.wmv).	Pequenos grupos de 5 alunos	40 min

Aspectos operacionais

Utilizando uma latinha de alumínio com tampa de plástico, faremos um passo a passo da montagem do experimento:

1. Faça um furo na base da lata e na tampinha de plástico de tal maneira que o furo atravessasse as superfícies indicadas. Para isto, pode-se utilizar uma chave de fenda.
2. Utilize a fita adesiva para juntar as pilhas, formando um único peso. Feito isto, utilize um outro pedaço de fita adesiva para fixar este conjunto formado com um dos lados do elástico.
3. Faça com que o elástico passe pelo furo na base da latinha de alumínio. Utilize um dos palitos de madeira para evitar que o elástico saia da latinha.
4. A outra extremidade do elástico passará pela tampa de plástico que da mesma maneira que no item anterior será impedida de voltar devido à presença do outro palito de madeira.
5. Fechamos a tampa da lata e está pronta nossa atividade.

Fotos da montagem:



Fonte: César Bastos

Aspectos pedagógicos

Com o esquema descrito acima, o interior da lata não poderá ser visto pelos alunos, desta maneira a lata em questão em nada irá se diferenciar de uma lata comum, porém ao fazê-la girar em cima de uma mesa horizontal, veremos a mesma retornar a posição original. Tal efeito ilustra a transformação de uma energia potencial elástica em uma energia cinética de movimento, uma vez que o elástico dentro da lata irá se contorcer dentro lata, quando esta for empurrada para frente.

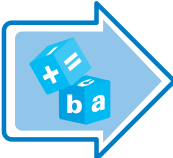
Faça com que os alunos repitam os procedimentos acima, incitando-os a construírem suas próprias latinhas. Feito isto, peça aos mesmos que realizem esse movimento de empurrar a latinha, porém adicionando dois ingredientes na experiência: 1) Uma régua grande que ficará ao lado da latinha e 2) Lixas de madeira de diferentes grossuras. Faça com que os mesmos repitam o experimento, observando agora o papel desempenhado pelas lixas. É importante salientar que há perdas de energia no processo, seja pela resistência do ar, ou seja, pelo atrito presente no piso. Desta maneira, o professor terá abordado a conservação de energia de uma maneira clara aos alunos.

Seção 4 – Energia potencial

Seção 5 – Princípio da conservação da energia

Página no material do aluno

154 a 171

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	A Queda da bilha	Projetor Multimídia e o vídeo (Mod2-Unid6-Sec4e5-Bilha.wmv), presente no material anexo do professor	Nesta atividade, os alunos terão a oportunidade de entender o conceito de conservação de energia por meio de um experimento em que foi utilizado sensores de posição.	Pequenos grupos de 5 alunos	40 min

Aspectos operacionais

A atividade proposta segue a orientação do vídeo, contido no material anexo do professor, “A queda da bilha” em que utilizando sensores de posição dispostos ao longo da vertical, dispostos a cada 15 cm, o professor ilustrará aos alunos a transformação da energia potencial em energia cinética. No ponto mais alto, o sistema possui apenas energia potencial, uma vez que a bilha está parada, sendo assim sua energia cinética é zero. No momento em que a bilha é liberada, a energia antes armazenada em forma de energia potencial passa a se transformar em energia cinética, ganhando assim velocidade com o passar do tempo.

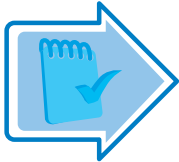
Esta atividade ilustra o que ocorre naquele clássico brinquedo de parques de diversão em que um assento é solto de uma altura elevada e o mesmo ganha velocidade ao longo do percurso. A mesma atividade pode, em caráter de ilustração, ser feita utilizando uma moeda liberada de uma determinada altura juntamente com o auxílio de um cronômetro. Vale ressaltar que cientes da altura desde o ponto de lançamento até o último sensor de posição, os alunos estarão aptos a mensurar a velocidade com que a bilha chega ao ponto mais baixo.

Aspectos pedagógicos

Você poderá fazer algumas observações por meio da análise deste vídeo:

- Os tempos marcados no vídeo ilustram que nos últimos trechos a bilha os percorre em um menor tempo, o que reflete o ganho de velocidade, conforme o tempo passa.
- Supondo que a resistência do ar seja desprezível é possível mensurar a velocidade final da bilha, uma vez que pela conservação da energia, toda energia potencial foi transformada em energia cinética.
- O professor poderá questionar aos alunos em que situações a energia conserva-se.
- O cálculo dos deslocamentos poderá ser realizado, utilizando as equações de movimento, sabendo-se que a aceleração envolvida é a da gravidade.

Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lista de Exercícios: Aprendendo sobre Energia	Lápis e Papel	A Lista de Exercícios a seguir aborda os tópicos desenvolvidos durante esta unidade, tais como Energias Cinética e Potencial, Trabalho e Conservação de Energia. 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 destinados à Unidade 6. 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;
- Estime 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

Aprendendo sobre Energia

1. (UEM 2012) Sobre a energia mecânica e a conservação de energia, assinale o que for correto.

(01) Denomina-se energia cinética a energia que um corpo possui, por este estar em movimento.

(02) Pode-se denominar de energia potencial gravitacional a energia que um corpo possui por se situar a uma certa altura acima da superfície terrestre.

(04) A energia mecânica total de um corpo é conservada, mesmo com a ocorrência de atrito.

(08) A energia total do universo é sempre constante, podendo ser transformada de uma forma para outra; entretanto, não pode ser criada e nem destruída.

(16) Quando um corpo possui energia cinética, ele é capaz de realizar trabalho.
2. (UFSC 2013) Um ônibus de massa m anda por uma estrada de montanha e desce uma altura h . O motorista mantém os freios acionados, de modo que a velocidade é mantida constante em módulo durante todo o trajeto. Considerando as afirmativas a seguir, assinale se são verdadeiras (V) ou falsas (F).

() A variação da energia cinética do ônibus é nula.

() A energia mecânica do sistema ônibus-Terra conserva-se, pois a velocidade do ônibus é constante.

() A energia total do sistema ônibus-Terra conserva-se, embora parte da energia mecânica transforme-se em energia interna.

A sequência correta é

a. V, V, F

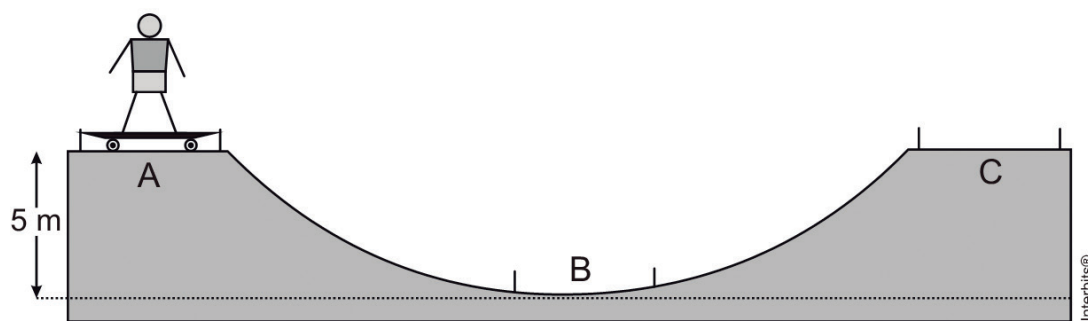
b. V, F, V

c. F, F, V

d. V, V, V

e. F, F, V

3. (G1 – IFCE 2012) Uma pessoa sobe um lance de escada, com velocidade constante, em **1,0 min**. Se a mesma pessoa subisse o mesmo lance, também com velocidade constante em **2,0 min**, ela realizaria um trabalho
- duas vezes maior que o primeiro.
 - duas vezes menor que o primeiro.
 - quatro vezes maior que o primeiro.
 - quatro vezes menor que o primeiro.
 - igual ao primeiro.
4. (Enem 2012) Os carrinhos de brinquedo podem ser de vários tipos. Dentre eles, há os movidos à corda, em que uma mola em seu interior é comprimida, quando a criança puxa o carrinho para trás. Ao ser solto, o carrinho entra em movimento, enquanto a mola volta à sua forma inicial. O processo de conversão de energia que ocorre no carrinho descrito também é verificado em
- um dínamo.
 - um freio de automóvel.
 - um motor à combustão.
 - uma usina hidroelétrica.
 - uma atiradeira (estilingue).
5. (UFSM 2012) Um estudante de Educação Física com massa de 75 kg diverte-se numa rampa de *skate* de altura igual a 5 m. Nos trechos A, B e C, indicados na figura, os módulos das velocidades do estudante são v_A , v_B e v_C , constantes, num referencial fixo na rampa. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$ e ignore o atrito. São feitas, então, as seguintes afirmações:



I. $v_B = v_A + 10 \text{ m/s}$.

II. Se a massa do estudante fosse 100 kg, o aumento no módulo de velocidade v_B seria $4/3$ maior.

III. $v_C = v_A$.

Está(ão) correta(s)

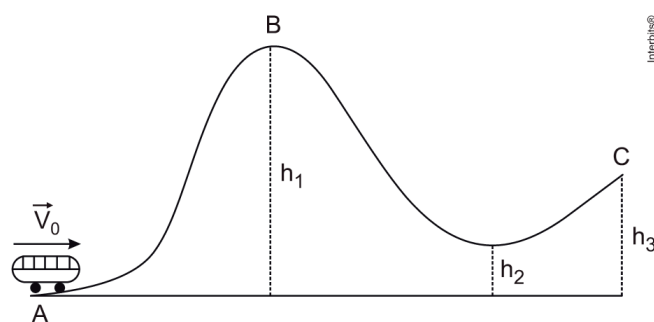
- a. apenas I.
- b. apenas II.
- c. apenas III.
- d. apenas I e II.
- e. apenas I e III.

6. (G1 – ifsp 2012) Arlindo é um trabalhador dedicado. Passa grande parte do tempo de seu dia, subindo e descendo escadas, pois trabalha, fazendo manutenção em edifícios, muitas vezes no alto. Considere que, ao realizar um de seus serviços, ele tenha subido uma escada com velocidade escalar constante. Neste movimento, pode-se afirmar que, em relação ao nível horizontal do solo, o centro de massa do corpo de Arlindo

- a. perdeu energia cinética.
- b. ganhou energia cinética.
- c. perdeu energia potencial gravitacional.
- d. ganhou energia potencial gravitacional.
- e. perdeu energia mecânica.

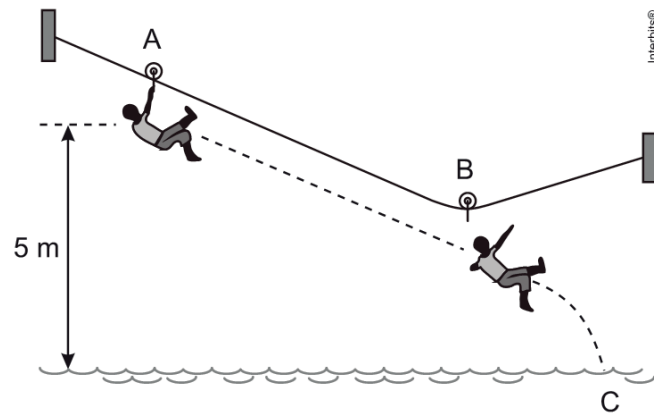


7. (G1 – CFTMG 2012) Um carrinho é lançado sobre os trilhos de uma montanha russa, no ponto A, com uma velocidade inicial $\vec{V}_0$, conforme mostra a figura. As alturas h_1 , h_2 e h_3 valem, respectivamente, 16,2 m, 3,4 m e 9,8 m. Para o carrinho atingir o ponto C, desprezando o atrito, o menor valor de V_0 , em m/s, deverá ser igual a



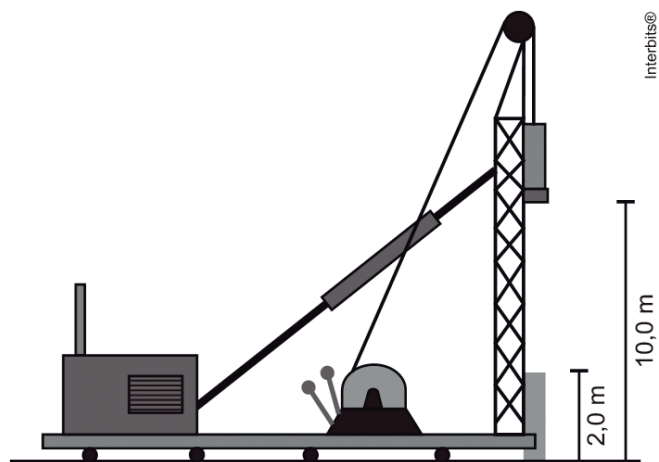
- a. 10.
- b. 14.
- c. 18.
- d. 20.

8. (UNESP 2013) A figura ilustra um brinquedo, oferecido por alguns parques, conhecido por *tirolesa*, no qual uma pessoa desce de determinada altura, segurando-se em uma roldana apoiada numa corda tensionada. Em determinado ponto do percurso, a pessoa solta-se e cai na água de um lago.



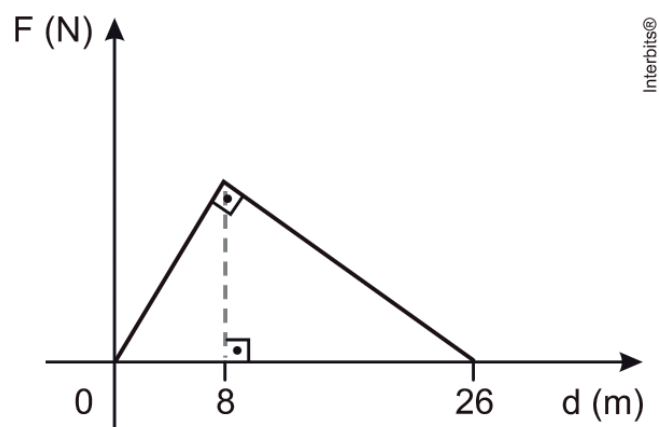
Considere que uma pessoa de 50 kg parta do repouso no ponto A e desça até o ponto B, segurando-se na roldana, e que nesse trajeto tenha havido perda de 36% da energia mecânica do sistema, devido ao atrito entre a roldana e a corda. No ponto B, ela se solta, atingindo o ponto C na superfície da água. Em seu movimento, o centro de massa da pessoa sofre o desnível vertical de 5 m, mostrado na figura. Desprezando a resistência do ar e a massa da roldana, e adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$, pode-se afirmar que a pessoa atinge o ponto C com uma velocidade, em m/s, de módulo igual a

- a. 8.
 - b. 10.
 - c. 6.
 - d. 12.
 - e. 4.
9. (G1 – IFSC 2012) O bate-estacas é um dispositivo muito utilizado na fase inicial de uma construção. Ele é responsável pela colocação das estacas, na maioria das vezes de concreto, que fazem parte da fundação de um prédio, por exemplo. O funcionamento dele é relativamente simples: um motor suspende, através de um cabo de aço, um enorme peso (martelo), que é abandonado de uma altura, por exemplo, de 10 m, e que acaba atingindo a estaca de concreto que se encontra logo abaixo. O processo de suspensão e abandono do peso sobre a estaca continua até a estaca estar na posição desejada.



É **CORRETO** afirmar que o funcionamento do bate-estacas é baseado no princípio de:

- a. transformação da energia mecânica do martelo em energia térmica da estaca.
 - b. conservação da quantidade de movimento do martelo.
 - c. transformação da energia potencial gravitacional em trabalho para empurrar a estaca.
 - d. colisões do tipo elástico entre o martelo e a estaca.
 - e. transformação da energia elétrica do motor em energia potencial elástica do martelo.
10. (UERJ 2012) Uma pessoa empurrou um carro por uma distância de 26 m, aplicando uma força F de mesma direção e sentido do deslocamento desse carro. O gráfico abaixo representa a variação da intensidade de F , em newtons, em função do deslocamento d , em metros. Desprezando o atrito, o trabalho total, em joules, realizado por F , equivale a:



- a. 117
- b. 130

c. 143

d. 156

Gabarito Comentado

Resposta da questão 1:

$$01 + 02 + 08 + 16 = 27.$$

(01) **Correta.** Energia cinética é energia mecânica associada ao movimento.

(02) **Correta.** Energia potencial gravitacional é energia mecânica de posição, dependendo, portanto, da altura em relação ao plano horizontal de referência.

(04) **Incorreta.** A força de atrito pode atuar tanto como força dissipativa (transformando energia mecânica em térmica) ou como força incrementativa (transferindo energia mecânica ao corpo).

(08) **Correta.** É o que afirma o princípio da conservação da energia.

(16) **Correta.** De acordo com o teorema da energia cinética, o trabalho da resultante é igual à variação da energia cinética. OBS: nesta afirmativa há uma imprecisão, pois em Física o trabalho é realizado pela força que o corpo aplica e não pelo corpo.

Resposta da questão 2: [B]

(V) Para um dado corpo, a energia cinética só depende da velocidade. Como a velocidade tem módulo constante, a energia cinética também é constante e, conseqüentemente, sua variação é nula.

(F) A energia mecânica do sistema diminui, pois a energia potencial está diminuindo e a energia cinética é constante.

(V) A energia mecânica dissipada é transformada em energia térmica, provocando aquecimento dos equipamentos de frenagem, sendo armazenada como energia interna do sistema.

Comentário: foi desprezada a parcela de energia térmica dissipada para o Meio Ambiente.

Resposta da questão 3: [E]

Como a velocidade é constante, o trabalho da força muscular exercida pela pessoa é mgh nos dois casos.

Resposta da questão 4: [E]

O processo de conversão de energia no caso mencionado é o da transformação de energia potencial elástica em energia cinética. O estilingue também usa esse mesmo processo de transformação de energia.

Resposta da questão 5: [C]

Analisando cada uma das afirmações:

I. Incorreta. O sistema é conservativo. Então, tomando como referencial o plano horizontal que passa pelo ponto B, temos:

$$E_{\text{Mec}}^B = E_{\text{Mec}}^A \Rightarrow \frac{mv_B^2}{2} = mgh + \frac{mv_A^2}{2} \Rightarrow v_B = \sqrt{v_A^2 + 2gh} \Rightarrow v_B = \sqrt{v_A^2 + 2(10)(5)} \Rightarrow v_B = \sqrt{v_A^2 + 100}$$

II. Incorreta. Como foi demonstrado na afirmação anterior, a velocidade não depende da massa.

III. Correta. Como os pontos A e C estão na mesma altura, as velocidades nesses pontos tem mesmo valor: $v_C = v_A$.

Resposta da questão 6: [D]

A expressão da energia potencial é: $E_{\text{pot}} = mgh$. Se ele está subindo, a altura está aumentando, portanto, o centro de massa do corpo do Arlindo está ganhando energia potencial.

Resposta da questão 7: [C]

Para atingir o ponto C, tem de passar pelo ponto B.

Tratando-se de um sistema conservativo, pela conservação da energia mecânica:

$$E_{\text{Mec}}^A = E_{\text{Mec}}^B \Rightarrow \frac{mV_0^2}{2} = mgh_B \Rightarrow V_0 = \sqrt{2gh_B} = \sqrt{2(10)(16,2)} = \sqrt{324} \Rightarrow V_0 = 18 \text{ m/s.}$$

Obs.: rigorosamente, $V_0 > 18 \text{ m/s}$.

Resposta da questão 8: [A]

Dados: $m = 50 \text{ kg}$; $h = 5 \text{ m}$; $v_0 = 0$; $g = 10 \text{ m/s}^2$.

1ª Solução: Pelo Teorema da Energia Cinética.

O sistema é não conservativo. O trabalho das forças não conservativas (W) corresponde, em módulo, à energia mecânica dissipada, igual a 36% da energia mecânica inicial.

$$W_{\text{Fat}} = -0,36 mgh$$

Pelo Teorema da Energia Cinética: o trabalho da força resultante é igual à variação da energia cinética.

$$W_F^{\text{Res}} = \Delta E_{\text{Cin}} \Rightarrow W_P + W_{\text{Fat}} = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow mgh - 0,36 mgh = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{0,64 \cdot 2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{1,28 \cdot 10 \cdot 5} = \sqrt{64} \Rightarrow v = 8 \text{ m/s.}$$

2ª Solução: Pelo Teorema da Energia Mecânica.

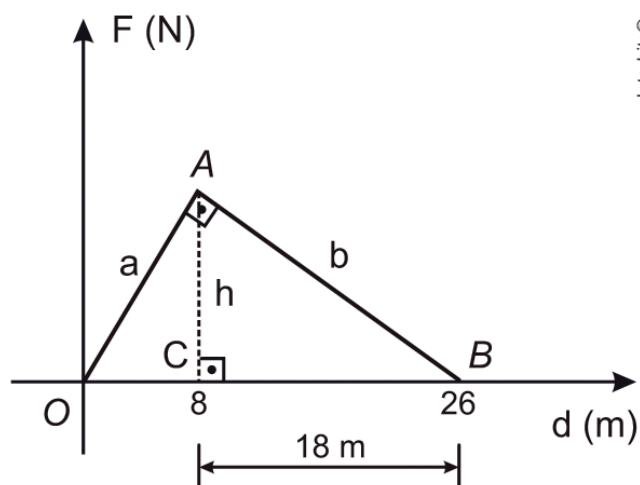
Se houve dissipação de 36% da energia mecânica do sistema, então a energia mecânica final (que é apenas cinética) é igual a 64% da energia mecânica inicial (que é apenas potencial gravitacional).

$$E_{\text{Mec}}^{\text{final}} = 0,64 E_{\text{Mec}}^{\text{inicial}} \Rightarrow \frac{m v^2}{2} = 0,64 m g h \Rightarrow v = \sqrt{1,28 \cdot g \cdot h} = \sqrt{1,28 \cdot 10 \cdot 5} = \sqrt{64} \Rightarrow v = 8 \text{ m/s.}$$

Resposta da questão 9: [C]

Durante a queda do martelo, há transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética. No contato com a estaca, o martelo aplica força sobre ela. Essa força realiza trabalho, empurrando a estaca.

Resposta da questão 10: [D]



No triângulo OAB : $a^2 + b^2 = 26^2 \Rightarrow a^2 + b^2 = 676$. (I)

No triângulo OAC : $a^2 = 8^2 + h^2$. (II)

No triângulo ABC : $b^2 = 18^2 + h^2$. (III)

Substituindo (II) e (III) em (I):

$8^2 + h^2 + 18^2 + h^2 = 676 \Rightarrow 2h^2 = 288 \Rightarrow h^2 = 144 \Rightarrow h = 12 \text{ m}$. O trabalho da força pela força $\vec{F}$ ($W_{\vec{F}}$) é numericamente igual à “área” entre a linha do gráfico e o eixo do deslocamento.

$$W_{\vec{F}} = \frac{26 \times 12}{2} \Rightarrow W_{\vec{F}} = 156 \text{ J.}$$

Volume 2 • Módulo 2 • Física • Unidade 7

Quando Mundos Colidem

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 7 – Quando mundos colidem – procuramos resgatar a curiosidade dos alunos no estudo da Física, para isto alguns experimentos e atividades em grupo foram escolhidos de modo a explorar o conceito de Quantidade de Movimento. É importante ressaltar de que a 2ª Lei de Newton foi enunciada originalmente, observando a variação da quantidade de movimento e é sob este aspecto que os livros didáticos estão sendo reformulados. Nesta Unidade 7, o professor contará com uma riqueza de experimentos que abordam de uma maneira ilustrativa os tópicos desta Unidade. Além disso, recursos multimídia como applets e vídeos estão disponíveis, caso seja do interesse do professor utilizá-los.

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.

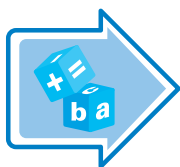
Apresentação da unidade do material do aluno

Disciplina	Volume	Módulo	Unidade	Estimativa de aulas para essa unidade
Física	2	2	7	4

Titulo da unidade	Tema
Quando Mundos Colidem	Impulso e Quantidade de Movimento
Objetivos da unidade	
Construir o conceito de velocidade média e instantânea;	
Escrever as equações que fornecem o Impulso e a Quantidade de Movimento;	
Relacionar estas quantidades aos fenômenos de colisões;	
Relacionar o Impulso e a Quantidade de movimento às Leis de Newton;	
Diferenciar os conceitos de energia potencial elástica e gravitacional;	
Determinar a Força Média exercida por um objeto sobre o outro, quando ambos colidem;	
Descrever de maneira simplificada as condições necessárias para aplicação da conservação da Quantidade de Movimento;	
Resolver problemas simples que envolvam a conservação da Quantidade de Movimento em colisões unidimensionais.	
Seções	Páginas no material do aluno
1. Pegando Impulso	175
2. Quando Mundos Colidem	178
3. Atenção! Quantidade de Movimento Conservada a frente!	186

Recursos e ideias para o Professor

Tipos de Atividades



Atividades em grupo ou individuais

São atividades que são feitas com recursos simples disponíveis.



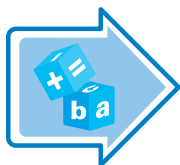
Material copiado para distribuição em sala

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

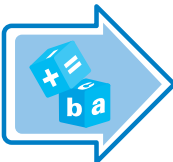
Experiências práticas que podem ser realizadas em sala com uso de recursos simples;



Avaliação

Questões ou propostas de avaliação conforme orientação.

Atividade Inicial

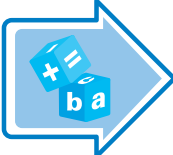
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Colisão entre bolas de massas diferentes (efeito estilingue).	Duas bolas de massas bem diferentes, exemplo, bola de futebol (ou voleibol) e bola de pingue-pongue (ou bolinha de borracha).	Neste experimento, apresentamos uma atividade lúdica que aborda todos os fenômenos que serão estudados nesta unidade: impulso, colisão e conservação da quantidade de movimento. Duas bolas soltas juntas no ar colidem e a de menor massa adquire uma velocidade extraordinária, devido à transferência de quantidade de movimento da bola maior.	O professor interage com toda a turma.	15 minutos

Seção 1 – Pegando Impulso

Página no material do aluno

175 a 177

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Viagem de foguete	Applet, produzido no GeoGebra (Fisica_Mod2_Un7_Sec1.html), presente no material anexo do professor	Ilustrar o conceito de impulso e sua dependência com a força aplicada (módulo e tempo de aplicação).	O professor interage com toda a turma.	20 minutos

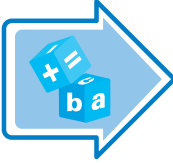
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Arrebentando a Linha com o impulso	1 – Grampo do tipo sargentão 1 – Massa em torno de 100g 1 – Vara de madeira em média de 100 cm (1 m) 1 – Linha de pipa ou linha de costura com resistência média 1 – Fita métrica	Este experimento consiste em observar a ação da força em função do tempo de atuação. A proposta visa ilustrar a grandeza impulso e sua dependência com as grandezas citadas. Um vídeo, ilustrando esta atividade, encontra-se disponível no material anexo do professor (Mod2-Unid7-Sec1.avi).	Grupos com 4 componentes	30 minutos
	Moeda na caneca	Moedas, caneca e fitas de papel cartão	Por meio de um simples experimento ilustrativo, o professor poderá ilustrar conceitos como a quantidade de movimento, atrito e impulso.	O professor interage com toda a turma.	10 minutos

Seção 2 – Quando Mundos Colidem

Página no material do aluno

178 a 185

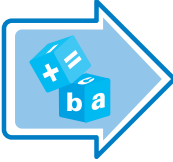
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Impulso e força média	Applet, produzido no GeoGebra (Fisica_Mod2_Un7_Sec2.html), presente no material anexo do professor.	Ilustra o conceito de força média em uma colisão, através de um recurso multimídia interativo.	Todos podem participar	15 minutos

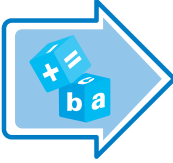
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Medindo o impacto.	1 – Massa de modelar 5 – Bolinhas de gude 1 – Prancha de madeira	Nesta atividade, usamos as deformações deixadas por bolinhas de gude em massas de modelar para abordar qualitativamente o conceito de impacto.	Grupos de 4 alunos	30 min

Seções 3 – Atenção! Quantidade de Movimento Conservada a Frente!

Página no material do aluno

186 a 204

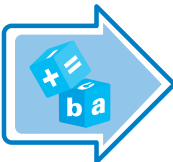
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Colisões inelásticas	Applet, produzido no GeoGebra (Fisica_Mod2_Un7_Sec3.html), presente no material anexo do professor.	Ilustrar o conceito de conservação da quantidade de movimento em uma colisão inelástica e a não conservação da energia cinética.	O professor interage com toda a turma.	20 minutos
	Brincando com bolinhas de gude.	4 bolinhas de vidro de mesma massa e tamanho; uma régua com um sulco no meio (ou qualquer outro material que sirva de calha para as bolinhas)	Neste experimento, os alunos serão capazes de observar a conservação da quantidade de movimento e energia mecânica durante uma colisão, enquanto brincam com bolinhas de gude.	Grupos de quatro alunos	25 minutos

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Blocos entre Molas	Mola de caderno, caixas de fósforos, pesinhos como parafusos ou pregos, tesoura e fita adesiva	A atividade permitirá que o aluno perceba a diferença de deslocamento dos blocos (caixas de fósforo) a partir da energia fornecida por uma mesma mola às caixinhas, contendo diferentes massas.	O professor interage com toda a turma.	10 minutos

Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Impulso e Quantidade de Movimento	Lápis e papel	A Lista de Exercícios a seguir aborda o tema “Impulso e Quantidade de Movimento”. Um arquivo contendo esta lista de exercícios 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
	Colisão entre bolas de massas diferentes (efeito estilingue).	Duas bolas de massas bem diferentes, exemplo, bola de futebol (ou voleibol) e bola de pingue-pongue (ou bolinha de borracha).	Neste experimento, apresentamos uma atividade lúdica que aborda todos os fenômenos que serão estudados nesta unidade: impulso, colisão e conservação da quantidade de movimento. Duas bolas soltas juntas no ar colidem e a de menor massa adquire uma velocidade extraordinária, devido à transferência de quantidade de movimento da bola maior.	O professor interage com toda a turma.	15 minutos

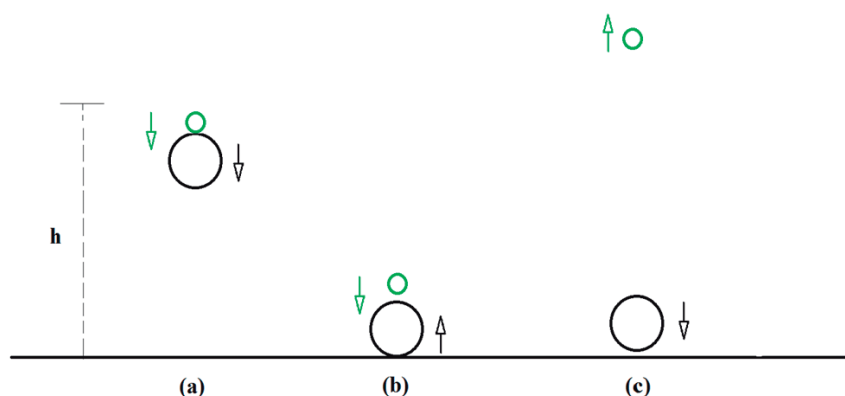
Aspectos operacionais

- Inicie a atividade, mostrando para os alunos como se dá o choque das bolas com o chão. Soltando uma bola de cada vez, da mesma altura inicial, faça uma rápida análise do movimento de queda. Mostre a altura alcançada por cada bola, após o choque com o chão.
- Agora, lance a pergunta, será que ao soltar qualquer uma das bolas de uma altura h sobre o solo, elas poderão atingir uma altura maior que h , após quicar no chão?
- Intuitivamente, os alunos tenderão a dizer que não. Para mostrar que isso é possível, proponha o experimento.
- Coloque a bola pequena sobre a bola grande e solte-as juntas de uma determinada altura sobre um piso duro (veja figura (a) abaixo).
- Observe que após a bola de baixo bater no solo, a bola de cima (de menor massa) é lançada a uma altura extraordinariamente maior que a altura inicial de soltura.
- Este é o efeito estilingue que ocorre quando um corpo de massa maior transfere energia cinética e quantidade de movimento para outro corpo de massa menor, fazendo com que a energia mecânica deste último aumente bastante.
- O procedimento experimental é bastante simples, mas vale a pena treinar um pouco, antes de apresentá-lo a turma. A maior dificuldade está em conseguir o choque frontal (ou quase frontal) das bolas no ar, durante a queda livre das mesmas.

Aspectos pedagógicos

Para um bom entendimento de todas as etapas do processo de colisão, pode-se lançar mão de uma figura ilustrativa no quadro negro como a mostrada abaixo. Em (a) representamos o momento logo após a soltura das bolas. Em (b) vemos que a bola maior quica no solo e vai em encontro à bola menor que ainda está descendo. Durante o choque entre as bolas, a bola maior transfere energia cinética e quantidade de movimento para a bola menor que passa a subir com uma velocidade bem maior do que aquela alcançada na descida. Em (c) vemos a bola grande, voltando para o chão e a bolinha menor, subindo a uma altura muito maior que a altura inicial de soltura.

É interessante chamar a atenção dos alunos para os diversos fenômenos contidos nesse experimento e que serão estudados nesta unidade: choque entre as bolas e o chão, impulso recebido pela bolinha ao se chocar com a bola mais pesada no ar e a transferência da quantidade de movimento.



Fonte: Andréia Saguia

Seção 1 – Pegando Impulso

Página no material do aluno

175 a 177

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Viagem de foguete	Applet, produzido no GeoGebra (Fisica_Mod2_Un7_Sec1.html), presente no material anexo do professor	Ilustrar o conceito de impulso e sua dependência com a força aplicada (módulo e tempo de aplicação).	O professor interage com toda a turma.	20 minutos

Aspectos operacionais

O conceito de impulso é muito importante para discutir como podemos alterar o estado de movimento de um corpo. Um corpo ou uma nave, por exemplo, não pode na ausência de forças externas alterar seu estado de movimento. Para que isso ocorra, é preciso que haja uma interação com a nave, ou que uma força atue sobre ela.

O applet produzido ilustra o efeito de acelerar a nave através da queima do combustível, de modo que haja uma força resultante sobre a mesma. Neste caso, dois fatores são particularmente importantes: a intensidade da força e o tempo de aplicação desta força. O produto entre esses dois fatores é o impulso recebido pela nave $I = F \cdot \Delta t$, que é igual à variação da quantidade de movimento da nave $I = m \cdot v_f - m \cdot v_i$. Neste recurso multimídia, professor e alunos podem escolher diferentes valores para a aceleração adquirida pela nave (como resultado da força aplicada sobre ela) e do tempo de aceleração da nave. A quantidade de movimento adquirida é mostrada na tela.

Segue uma sugestão de utilização deste recurso:

- Inicie o applet (Fisica_Mod2_Un7_Sec1.html).
- Pergunte aos alunos que fatores são determinantes na variação da quantidade de movimento de um corpo. A discussão deve convergir para a intensidade da força e o seu tempo de duração.
- Escolha um valor para a aceleração e para o tempo de duração da força através dos controles deslizantes mostrados no applet e inicie a simulação, clicando sobre o botão iniciar. Observe o movimento resultante e a quantidade de movimento da nave.
- Clique sobre o botão reiniciar e deixe que os alunos escolham novos valores para os parâmetros. Em seguida, clique novamente sobre o botão iniciar.

Aspectos pedagógicos

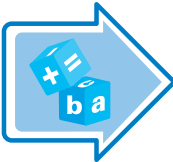
A dependência da variação da quantidade de movimento com a intensidade da força é geralmente de fácil entendimento. Já a dependência com o tempo de duração da força nem sempre parece intuitiva para os alunos. Utilize alguns exemplos do dia a dia, para ilustrar este efeito, como por exemplo o lançamento de uma bola por um jogador de boliche. Se o jogador soltar a bola antes de terminar seu movimento de arremesso, a velocidade e consequentemente a quantidade de movimento adquirida pela bola será menor do que se ele efetuar um arremesso completo.

Escolhendo os valores para os parâmetros, mostre aos alunos que uma força intensa aplicada durante um curto intervalo de tempo pode fornecer a mesma quantidade de movimento que uma força de baixa intensidade que atue por um longo intervalo de tempo.

Seção 1 – Pegando Impulso

Página no material do aluno

175 a 177

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Arrebentando a Linha com o impulso	1 – Grampo do tipo sargentão	Este experimento consiste em observar a ação da força em função do tempo de atuação. A proposta visa ilustrar a grandeza impulso e sua dependência com as grandezas citadas. Um vídeo, ilustrando esta atividade, encontra-se disponível no material anexo do professor (Mod2-Unid7-Sec1.avi).	Grupos com 4 componentes	30 minutos
		1 – Massa em torno de 100g 1 – Vara de madeira em média de 100 cm (1 m) 1 – Linha de pipa ou linha de costura com resistência média 1 – Fita métrica			

Aspectos operacionais

Na sequência, apresentaremos o passo a passo para a realização do experimento.

1. Fixe uma das suas extremidades da vara de madeira sobre a borda da mesa escolar com o auxílio do grampo.
2. Amarre a linha de costura na massa.
3. Prenda a massa pendente na extremidade livre da vara, formado uma espécie de pêndulo com fio de aproximadamente 20cm.
4. Erga a massa cerca de 10cm e deixe o sistema oscilar, observe que não ocorreu o rompimento do fio.
5. Mude o pêndulo para a posição 50cm da extremidade, fique atento ao rompimento do fio.

Aspectos pedagógicos

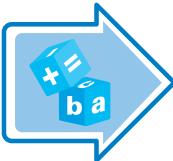
Soltando os dois corpos da mesma altura, cerca de 10cm, a variação da quantidade de movimento é a mesma, assim o impulso entre os dois lançamentos é o mesmo. Então o que promove a ruptura da linha, quando mais próximo do ponto de apoio? A resposta está no tempo que a força de tensão atua. Quando o fio preso à extremidade da vara, permite que esta oscile, gerando uma espécie de “amortecimento” ao movimento. Esta oscilação aumenta o tempo de interação do corpo (por meio da linha) e a vara, diminuindo a Tensão aplicada sobre a linha. No outro caso, estando a linha fixa a 50 cm da extremidade da vara, quando o corpo é liberto da mesma altura, cerca de 10 cm, não há esse “amortecimento” por parte da vara, ou seja, o tempo de interação entre a Força Peso do corpo e a vara reduz-se. Dessa forma, a Tensão sobre a linha é maior do que no primeiro caso, fazendo com esta arrebente.

Este experimento é uma ótima oportunidade para o professor abordar outros exemplos presentes em nosso cotidiano onde o impulso e consequentemente a força, e o tempo de interação são importantes, como por exemplo em colisões de automóveis, no choque de uma bola com uma raquete de tênis ou com os braços de um jogador de voleibol, ou ainda quando um especialista em caratê consegue quebrar uma pilha de tijolos com um único golpe de sua mão desprotegida.

Seção 1 – Pegando Impulso

Página no material do aluno

175 a 177

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Moeda na caneca	Moedas, caneca e fitas de papel cartão	Por meio de um simples experimento ilustrativo, o professor poderá ilustrar conceitos como a quantidade de movimento, atrito e impulso.	O professor interage com toda a turma.	10 minutos

Aspectos operacionais

O experimento a ser construído segue os seguintes passos:

- Monte o conjunto com a caneca, moeda e fita de acordo com a Figura 1.
- Segure a ponta da fita como mostra a Figura 2 e puxe rapidamente.
- A moeda deverá cair na caneca, como mostra a Figura 3.
- Repita o procedimento lentamente e a moeda deverá acompanhar o cartão, caindo fora da caneca.



Figura 1 Figura 2



Figura 3

Fonte: Angelo Longo Filho

Aspectos pedagógicos

- Nesta atividade demonstrativa, o professor destacará a relação entre a inércia, atrito e a quantidade de movimento, podendo introduzir algo a respeito de impulso.
- A prioridade deve ser dada aos aspectos qualitativos destas propriedades sem aprofundar-se nos aspectos matemáticos e/ou quantitativos.
- Podemos colocar em discussão a seguinte questão: Por que o resultado desta atividade depende da rapidez com que a carta é puxada?

Seção 2 – Quando Mundos Colidem

Página no material do aluno

178 a 185

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Impulso e força média	Applet, produzido no GeoGebra (Física_Mod2_Un7_Sec2.html), presente no material anexo do professor.	Ilustra o conceito de força média em uma colisão, através de um recurso multimídia interativo.	Todos podem participar	15 minutos

Aspectos operacionais

O conceito de força média é muito importante, pois facilita fazer comparações entre forças, atuando em colisões e as demais forças presentes no dia a dia. Através desse conceito, podemos fazer comparações entre a força sofrida por uma bola de tênis, no momento que o atleta a atinge com a raquete e a força da gravidade, por exemplo, conforme ilustrado no material impresso deste módulo. Em geral, as forças presentes em colisões não são constantes. Representando a força como função do tempo em um gráfico, o impulso (variação da quantidade de movimento) será dado pela área sob a curva representada neste gráfico. Sabendo a duração da colisão Δt , podemos encontrar a força média F_M , constante durante a colisão, que faz com que o impulso ($F_M \times \Delta t$) seja o mesmo da colisão real.

O applet proposto para esta seção exibe o gráfico da força durante uma colisão em função do tempo, bem como o impulso gerado na colisão. Os instantes iniciais e final da colisão estão representados, sendo possível variar a altura do retângulo utilizado para calcular o impulso de uma força constante durante a colisão. Quando a área do retângulo for igual à área do gráfico da força em função do tempo, a força média estará determinada.

O applet pode ser utilizado da seguinte maneira:

- Inicie o applet (Física_Mod2_Un7_Sec2.html), disponível no material anexo do professor.
- Peça aos alunos que identifiquem os instantes inicial e final da colisão. Pergunte ainda se é trivial calcular a área da figura mostrada e calcular o impulso.
- Deslize o ponto superior direito do retângulo mostrado e perceba como a área do retângulo varia.
- Peça a um aluno que determine a força média, igualando as áreas do retângulo e do gráfico da força em função do tempo.

Aspectos pedagógicos

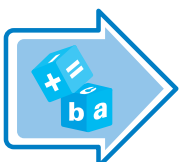
Deve-se tomar cuidado ao discutir o conceito de força média, já que os alunos utilizam a expressão “média” em outros contextos. Neste caso, a definição de força média deve estar bem clara. Não é uma média de forças, por exemplo.

Muitos alunos costumam perguntar qual é a “força” de um chute de jogador de futebol. Aproveite esta oportunidade para enfatizar a diferença entre força e impulso. Comente que o jogador exerce uma força sobre a bola durante um certo intervalo de tempo e que esta força não é constante. Porém, baseado no impulso, podemos calcular a força média exercida pelo jogador através do procedimento estudado neste applet.

Seção 2 – Quando Mundos Colidem

Página no material do aluno

178 a 185

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Medindo o impacto.	1 – Massa de modelar 5 – Bolinhas de gude 1 – Prancha de madeira	Nesta atividade, usamos as deformações deixadas por bolinhas de gude em massas de modelar para abordar qualitativamente o conceito de impacto.	Grupos de 4 alunos	30 min

Aspectos operacionais

Neste experimento, necessitaremos de um pequeno “treinamento”, ou seja, uma breve análise das deformações deixadas pelos objetos ao sofrerem colisões. Esferas de vidro serão soltas de alturas distintas e sofrerão colisões das massas previamente estabelecidas. No ato da colisão, as esferas deixarão uma “identidade” nas massas que podem informar que altura esta foi solta.

Passos:

1. Amacie as massas de modelar para que as mesmas fixem-se na prancha de madeira.
2. Estabeleça alturas que as esferas de vidro possam ser soltas.
3. Deixe cair a esfera de uma altura pré-determinada e verifique a profundidade e o diâmetro das deformações deixadas nas massas.
4. Solte esferas de outras alturas e verifique as deformações obtidas.

Aspectos pedagógicos

Neste experimento, atribuiremos o fato de uma altura X gerar uma deformação Y (profundidade e diâmetro). O experimentador deve ficar atento ao fato de lançar sempre à mesma altura as esferas de vidro. Uma vez aprendido

a identificar as deformações, é possível prever a altura de queda. Outro fator importante é atrelar este experimento a dois eventos do cotidiano, a balística executada em perícias de investigações criminais e os automóveis que possuem cada vez mais a carroceria maleável, suavizando o contato durante um acidente.

Seções 3 – Atenção! Quantidade de Movimento Conservada a Frente!

Página no material do aluno
186 a 204

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Colisões inelásticas	Applet, produzido no GeoGebra (Fisica_Mod2_Un7_Sec3.html), presente no material anexo do professor.	Ilustrar o conceito de conservação da quantidade de movimento em uma colisão inelástica e a não conservação da energia cinética.	O professor interage com toda a turma.	20 minutos

Aspectos operacionais

A conservação da quantidade de movimento em colisões, na ausência de forças externas, é uma lei fundamental da Física. Várias das partículas que conhecemos hoje foram descobertas, baseadas neste princípio de conservação, o que reforça a importância deste conceito físico.

Neste applet, vamos explorar a colisão perfeitamente inelástica onde, após a colisão, os objetos seguem unidos. Neste tipo de colisão, a quantidade de movimento é conservada, no entanto, a energia cinética total não. As colisões ilustradas são tais que uma bolinha possui velocidade inicial e a outra está inicialmente parada. A energia cinética do sistema é informada no applet, antes e depois da colisão, bem como o valor das quantidades de movimento inicial e final. Note que teremos, pela conservação da quantidade de movimento, $Q_i = Q_f$, onde Q_i é a quantidade de movimento inicial e Q_f é a quantidade de movimento final, podemos escrever ainda $M_1 \cdot V_i = (M_1 + M_2) V_f$, onde M_1/M_2 é a massa da bolinha 1/2, V_i é a velocidade inicial da bolinha 1 e V_f é a velocidade final das bolinhas após a colisão.

Este objeto de aprendizagem pode ser utilizado em sala de aula da seguinte maneira:

- Inicie o applet (Fisica_Mod2_Un7_Sec3.html).
- Escolha um valor para a velocidade da bolinha incidente, V_i , através do controle deslizante. É possível escolher ainda os valores das massas M_1 e M_2 .

- Leia os valores das energias e quantidades de movimento iniciais e finais, e verifique a conservação da quantidade de movimento e não conservação da energia cinética.
- Clique sobre o botão iniciar para ver a animação.
- Para poder escolher novos valores para os parâmetros, é preciso clicar no botão reiniciar.
- Peça aos alunos que escolham diferentes valores para os parâmetros e veja como os valores das energias e quantidades de movimento mudam.

Aspectos pedagógicos

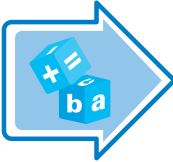
É importante reforçar quais são os responsáveis por conservações de energia e de quantidade de movimento. Neste exemplo, a quantidade de movimento foi conservada porque não há atuação de forças externas. A energia não se conservou, pois para unir as duas bolinhas, foi preciso usar algum material, massa de modelar, por exemplo, para grudá-las e esta etapa não conservou energia.

Aproveite para discutir ainda qual deve ser a energia cinética final do sistema. $E_c = \frac{1}{2}(M_1 + M_2)V_f^2 = \frac{1}{2}(M_1^2 \cdot V_i^2) / (M_1 + M_2)$

Seções 3 – Atenção! Quantidade de Movimento Conservada a Frente!

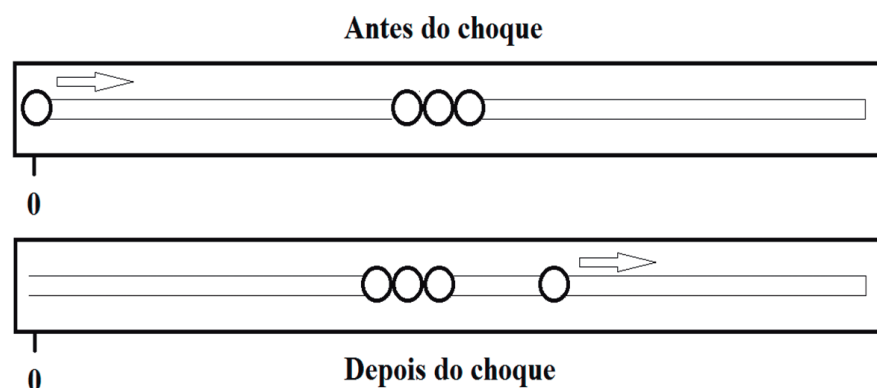
Página no material do aluno

186 a 204

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Brincando com bolinhas de gude.	4 bolinhas de vidro de mesma massa e tamanho; uma régua com um sulco no meio (ou qualquer outro material que sirva de calha para as bolinhas)	Neste experimento, os alunos serão capazes de observar a conservação da quantidade de movimento e energia mecânica durante uma colisão, enquanto brincam com bolinhas de gude.	Grupos de quatro alunos	25 minutos

Aspectos operacionais

- Inicie o experimento, dividindo a turma em grupos de 4 ou 5 alunos.
- Cada grupo deve ser munido de 4 bolinhas de gude de mesmo tamanho e uma régua com sulco ou uma calha (formada de qualquer material, por exemplo, dois livros deitados paralelamente sobre a mesa com um pequeno afastamento entre eles).
- Oriente os alunos a dispor a régua (ou calha) horizontalmente sobre a mesa com o sulco virado para cima.
- Explique para os alunos que a ideia do experimento é usar a calha para promover o choque frontal entre as bolinhas e observar a conservação da quantidade de movimento do sistema.
- A primeira configuração consiste em colocar uma primeira bolinha parada no marco zero da régua e as outras três dispostas no centro da régua, como mostrado na figura abaixo. Agora, um dos alunos do grupo deve dar um peteleco na bolinha do marco zero de forma que ela colida frontalmente com o conjunto de bolinhas do centro da régua.
- Repetindo o procedimento, pode-se observar a situação em que somente a bolinha do final do conjunto sai rolando, com todas as outras bolinhas permanecendo em repouso no centro da régua. Neste choque, não só a quantidade de movimento, como também a energia mecânica do sistema conserva-se. A energia cinética e a quantidade de movimento da primeira bolinha são integralmente transferidas para a última que passa a se mover com a mesma quantidade de movimento que a primeira bolinha tinha antes do choque.
- Os alunos podem variar as configurações e observar a conservação de momento, e da energia do sistema. Por exemplo, colocando duas bolinhas paradas no marco zero e duas no meio da régua. Após o choque, somente duas bolinhas devem sair rolando e as outras duas devem permanecer paradas. Outra opção é fazer colidir três bolinhas com uma única parada no centro da régua e observar a situação em que as três últimas bolinhas saem rolando.



Fonte: Andréia Saguia

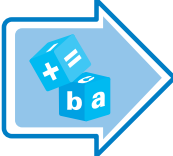
Aspectos pedagógicos

É importante deixar claro para os alunos que a conservação da quantidade de movimento ocorrerá sempre que a resultante das forças externas que atua no sistema for nula. Isso ocorrerá, com boa aproximação, em todos os processos de colisão das bolinhas de gude deste experimento. No entanto, observe que a conservação simultânea da quantidade de movimento e energia mecânica do sistema só ocorre quando o número de bolinhas que passam a rolar após o choque é igual ao número de bolinhas incidentes. Para aprofundar o princípio da conservação da quantidade de movimento, você pode propor aos alunos estudar a colisão entre bolinhas de tamanhos diferentes. Por exemplo, pode-se colocar as seguintes questões: baseado no princípio da conservação da quantidade de movimento, qual seria o movimento esperado da colisão de uma bolinha grande com uma pequena? E na colisão da pequena com a grande? Esta atividade pode ser feita também com moedas, como pode ser visto no vídeo (Mod2-Unid7-Sec3-Colisoes_Moedas.wmv), presente no material anexo do professor.

Seções 3 – Atenção! Quantidade de Movimento Conservada a Frente!

Página no material do aluno

186 a 204

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Blocos entre Molas	Mola de caderno, caixas de fósforos, pesinhos como parafusos ou pregos, tesoura e fita adesiva	A atividade permitirá que o aluno perceba a diferença de deslocamento dos blocos (caixas de fósforo) a partir da energia fornecida por uma mesma mola às caixinhas, contendo diferentes massas.	O professor interage com toda a turma.	10 minutos

Aspectos operacionais

- Leve para a sala 2 caixinhas de fósforos, um pedaço de uma mola (espiral de caderno) e uma régua. Monte as caixinhas, conforme a Figura 1.
- Uma das caixinhas deverá estar vazia e semiaberta para poder conter as diferentes massas. A outra montada com a mola. Também vale colocar areia ou pedrinhas para obter diferentes massas.
- Escolha uma carteira escolar com a superfície horizontal e o mais lisa possível.

- Coloque a mola entre as duas caixinhas, comprimindo as molas e marque a posição das caixinhas com dois tracinhos, utilizando giz.
- Solte o conjunto e meça o deslocamento das caixinhas com o auxílio de uma régua.
- Refaça a atividade, variando a massa das caixinhas e compare as distâncias percorridas.

Esquema de montagem



Figura 1 Figura 2



Figura 3

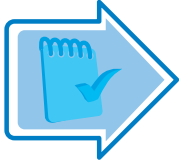
Fonte: Angelo Longo Filho

Aspectos pedagógicos

Nesta atividade, o professor terá a oportunidade de mostrar que a quantidade de movimento depende da massa dos corpos envolvidos por meio de um experimento de baixo custo. Além disso, o professor poderá explorar o conceito de energia potencial elástica e o conceito de força de atrito como uma força dissipativa, uma vez que a experiência poderá ser feita em diferentes superfícies.

O experimento ilustrado poderá ser elaborado com outros elementos, se for mais conveniente ao professor, como espiral de caderno, assim como pequenos pedaços de papelão no formato de caixinhas.

Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Impulso e Quantidade de Movimento	Lápis e papel	A Lista de Exercícios a seguir aborda o tema “Impulso e Quantidade de Movimento”. Um arquivo contendo esta lista de exercícios 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 7. A seguir, apresentamos sugestões para a avaliação das habilidades pretendidas nesta unidade.

- Faça um resumo sobre os conteúdos trabalhados durante a unidade.
- 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.

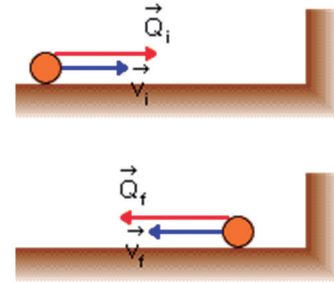
Lista de Exercícios

Impulso e Quantidade de Movimento

1. Na figura abaixo, representamos uma partícula de massa $m = 5,0 \text{ kg}$ que tem velocidade $\vec{V}$, de módulo $v = 3,0 \text{ m/s}$. Qual é o módulo da quantidade de movimento da partícula?
 - a. $8 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
 - b. $6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
 - c. $10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
 - d. $12 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
 - e. $15 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
2. Uma partícula de massa $m = 3,0 \text{ kg}$ tem uma quantidade de movimento cujo módulo é $Q = 24 \text{ kg m/s}$. Qual o módulo da velocidade da partícula?
 - a. $8,0 \text{ m/s}$
 - b. $6,0 \text{ m/s}$
 - c. $4,0 \text{ m/s}$
 - d. $3,0 \text{ m/s}$
 - e. $5,0 \text{ m/s}$
3. Uma bola de massa $m = 0,40 \text{ kg}$ tem inicialmente velocidade $\vec{V}_i$. A bola bate em uma parede e volta com velocidade $\vec{V}_f$. Sendo $v_i = 20 \text{ m/s}$ e $v_f = 15 \text{ m/s}$, calcule o módulo de quantidade de movimento final ($\overline{Q_f}$).
 - a. $6,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
 - b. $5,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
 - c. $4,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
 - d. $3,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
 - e. $2,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

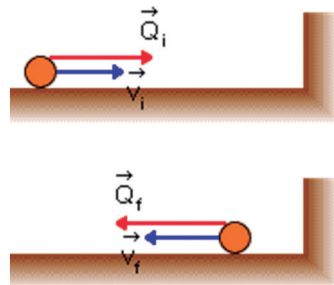
4. Uma bola de massa $m = 0,40 \text{ kg}$ tem inicialmente velocidade $\vec{V}_i$. A bola bate em uma parede e volta com velocidade $\vec{V}_f$. Sendo $v_i = 20 \text{ m/s}$ e $v_f = 15 \text{ m/s}$, calcule o módulo da variação da quantidade de movimento ($\Delta \vec{Q}$).

- a. $12 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- b. $10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- c. $8 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- d. $14 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- e. $15 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$



5. Uma bola de massa $m = 0,40 \text{ kg}$ tem inicialmente velocidade $\vec{V}_i$. A bola bate em uma parede e volta com velocidade $\vec{V}_f$. Sendo $v_i = 20 \text{ m/s}$ e $v_f = 15 \text{ m/s}$, calcule o módulo da quantidade de movimento inicial ($\vec{Q}_i$).

- a. $6,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- b. $5,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- c. $8,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- d. $4,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- e. $3,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$



6. (Cesgranrio) – De acordo com um locutor esportivo, em uma cortada do Negrão (titular da Seleção Brasileira de Voleibol), a bola atinge a velocidade de 108 km/h . Supondo que a velocidade da bola imediatamente antes de ser golpeada seja desprezível e que a sua massa valha aproximadamente 270 g , então o valor do impulso aplicado pelo Negrão à bola, vale, em unidade do S.I., aproximadamente:

- a. $8,0$
- b. 29
- c. 80
- d. 120
- e. 290

7. Um carrinho de massa igual a $1,50 \text{ kg}$ está em movimento retilíneo com velocidade de $2,0 \text{ m/s}$, quando fica submetido a uma força resultante de intensidade $4,0 \text{ N}$, na mesma direção e sentido do movimento, durante $6,0 \text{ s}$. Ao final dos $6,0 \text{ s}$, a quantidade de movimento e a velocidade do carrinho têm valores, em unidades do SI, respectivamente, iguais a:

- a. 27 e 18
- b. 24 e 18

c. 18 e 16

d. 6,0 e 16

e. 3,0 e 16

Gabarito

Impulso e quantidade movimento	
Questão 1	E
Questão 2	A
Questão 3	A
Questão 4	D
Questão 5	C
Questão 6	A
Questão 7	A

Volume 2 • Módulo 2 • Física • Unidade 8

Quente ou Frio?

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 8 – Quente ou Frio? – 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 equilíbrio térmico e escalas termométricas. Iniciamos a Unidade, explorando o que os alunos entendem por temperatura e a leitura desta em diferentes escalas termométricas. Este tópico está relacionado ao conceito de calor e transmissão deste por meio de corpos em interação. Vale notar que pela similaridade de conteúdos, as seções foram agrupadas como as Seções 1, 2 e 3.

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.

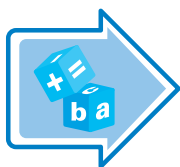
Apresentação da unidade do material do aluno

Disciplina	Volume	Módulo	Unidade	Estimativa de aulas para essa unidade
Física	2	2	8	4

Titulo da unidade	Tema
Quente ou Frio?	Escalas termométricas
Objetivos da unidade	
Aplicar a noção física de temperatura;	
Reconhecer a construção e o funcionamento de termômetros;	
Reconhecer as escalas termométricas mais importantes;	
Converter temperaturas entre diferentes escalas termométricas;	
Associar temperatura aos movimentos microscópicos dos átomos ou das moléculas dos corpos materiais;	
Conceituar equilíbrio térmico;	
Relacionar temperatura e equilíbrio térmico.	
Seções	Páginas no material do aluno
1. A Escala Celsius	208
2. A Escala Kelvin	213
3. A Escala Fahrenheit	215
4. Temperatura, Agitação Molecular e Equilíbrio Térmico	218

Recursos e ideias para o Professor

Tipos de Atividades



Atividades em grupo ou individuais

São atividades que são feitas com recursos simples disponíveis.



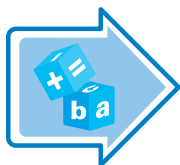
Material copiado para distribuição em sala

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

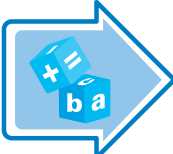
Experiências práticas que podem ser realizadas em sala com uso de recursos simples;



Avaliação

Questões ou propostas de avaliação conforme orientação.

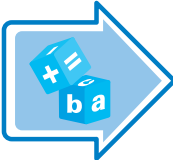
Atividade Inicial

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Equilíbrio Térmico e Sensação Quente Frio	3 garrafas de refrigerante (PET) de 2 litros, cortadas como se fossem copos (ver Figura 1), estilete e água.	Nesta atividade, teremos a oportunidade de verificar que nossos sentidos podem nos “enganar”, quando tratamos de temperatura.	O professor interage com a turma.	10 minutos

Seção 1 – A Escala Celsius Seção 2 – A Escala Kelvin Seção 3 – A Escala Fahrenheit

Página no material do aluno
208 a 217

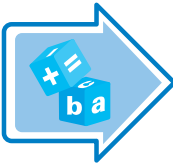
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Transformações entre escalas termométricas	Applets (Fisica_Mod2_Un8_Sec2.html) e (Fisica_Mod2_Un8_Sec3.html), presentes no material anexo do professor	Applets, desenvolvidos para estudar a conversão de escalas termométricas, utilizando recursos multimídia interativos.	Divisão da turma: Alunos e professor podem interagir.	Tempo estimado: 20 minutos

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Observando o funcionamento do termômetro.	Garrafa de vidro transparente pequena (vidro grosso, resistente ao fogo da vela), rolha de tamanho compatível com a boca da garrafa, água com corante, um canudo de plástico, duas velas e fósforo.	Neste experimento, utilizaremos água colorida para mostrar a expansão de um fluido através do aumento de sua temperatura. Os termômetros de mercúrio, que usualmente compramos nas farmácias, funcionam com base nesse princípio. Vídeo ilustrativo presente no material anexo do professor (Mod2-Unid8-Sec1.wmv).	O professor interage com toda a turma.	15 minutos
	Construindo uma Escala	Esta é uma atividade que se valerá do “quadro negro” e da imaginação.	Einstein dizia que seu laboratório era a sua mente. Seus experimentos eram todos imaginados e desenvolvidos primeiro em seu cérebro. Nossa ideia é que façamos algo parecido. Vamos desenvolver uma escala termométrica nova, usando nossa mente, na nossa imaginação.	O professor interage com toda a turma	20 minutos

Seção 4 –Temperatura, Agitação Molecular e Equilíbrio Térmico

Página no material do aluno

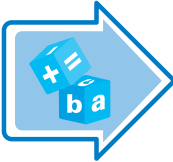
218 a 228

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Amassando latas e garrafas pet	Garrafa pet, latinha de alumínio, recipiente com água fria e recipiente com água fervendo	Nesta atividade, os alunos observarão um efeito visualmente intrigante que despertará suas atenções para a agitação molecular nos recipientes utilizados.	O professor interage com toda a turma.	30 minutos
	Moléculas em movimento	dois copos iguais de vidro transparente e resiste ao fogo da vela, água, corante líquido de bolo, duas velas e fósforo	Neste experimento, mostraremos como a agitação molecular de um fluido aumenta com a temperatura. Num segundo momento, misturaremos dois líquidos a temperaturas diferentes, para verificar as condições de equilíbrio térmico. Um vídeo, ilustrando este experimento, encontra-se disponível no material anexo do professor (Mod2-Unid8-Sec4.wmv).	Professor interage com toda turma.	20 minutos

Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lista de Exercícios: Quente ou frio?	Lápis e Papel	A Lista de Exercícios a seguir aborda os tópicos desenvolvidos durante esta unidade, tais como Temperatura, Escalas Termométricas e Equilíbrio Térmico. 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
	Equilíbrio Térmico e Sensação Quente Frio	3 garrafas de refrigerante (PET) de 2 litros, cortadas como se fossem copos (ver Figura 1), estilete e água.	Nesta atividade, teremos a oportunidade de verificar que nossos sentidos podem nos “enganar”, quando tratamos de temperatura.	O professor interage com a turma.	10 minutos

Aspectos operacionais

A sensação de quente e frio é intuitiva e temos esta percepção a partir dos nossos sentidos táteis. Vamos agora verificar o que sentimos em relação à temperatura quando realizamos o que é proposto a seguir:

- Coloque em um dos copos de PET água quente (do chuveiro, por exemplo), em outro água da torneira e num terceiro água gelada (pode pegar no bebedouro).
- Serão selecionados 2 ou 3 alunos voluntários para participar da atividade.
- O professor disporá os 3 copos de garrafa PET de modo que a água gelada e a água quente fiquem nas extremidades e a água da torneira fique no centro .
- Cada um dos voluntários, individualmente, colocará as mãos simultaneamente dentro dos copos da extremidade e ficará assim por uns 30 segundos.
- Após este período, colocar ambas as mãos dentro do copo do centro que contém água da torneira.
- Pedir que os alunos contem o que observaram. O que eles sentiram em termos de temperatura nas mãos.



Figura 1 (a)



Figura 1 (b)

Fonte: Angelo Longo Filho

Aspectos pedagógicos

- Com esta atividade, podemos desmistificar que o tato serve para avaliar temperatura.
- Ela servirá para mostrar que a mão que estava na água gelada ao ser colocada na água da torneira receberá calor desta. Por outro lado, a mão que estava na água quente cederá calor para a água que está à temperatura ambiente.
- A partir destas observações, o professor discutirá o equilíbrio térmico e as transferências de calor.

Seção 1 – A Escala Celsius Seção 2 – A Escala Kelvin Seção 3 – A Escala Fahrenheit

Página no material do aluno

208 a 217

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Transformações entre escalas termométricas	Applets (Fisica_Mod2_Un8_Sec2.html) e (Fisica_Mod2_Un8_Sec3.html), presentes no material anexo do professor	Applets, desenvolvidos para estudar a conversão de escalas termométricas, utilizando recursos multimídia interativos.	Divisão da turma: Alunos e professor podem interagir.	Tempo estimado: 20 minutos

Aspectos operacionais

Ainda hoje não existe uma unanimidade nos sistemas de medida utilizados. Com relação à temperatura não é diferente. As escalas termométricas mais utilizadas são Celsius, Kelvin e Fahrenheit. A conversão entre as escalas de Celsius e Kelvin é bastante simples, de modo que $T_K = T_C + 273 \text{ K}$. Já a conversão entre Celsius e Fahrenheit é um pouco mais complicada, porém ainda é linear: $T_F = 1,8T_C + 32^\circ$.

Os dois applets propostos para estas seções têm como objetivo verificar/encontrar as fórmulas de conversão entre as escalas. Para isto, um termômetro é mostrado e pode-se alterar a temperatura registrada. A temperatura é mostrada em graus Celsius e em Kelvin no applet (Fisica_Mod2_Un8_Sec2.html) e em graus Celsius e em graus Fahrenheit no applet (Fisica_Mod2_Un8_Sec3.html). Considere a seguinte sugestão de utilização destes recursos:

- Inicie o applet (Fisica_Mod2_Un8_Sec2.html).
- O termômetro será mostrado.
- Pergunte aos alunos se a expressão de conversão entre as temperaturas é de fácil dedução. Questione que dependência eles esperam que haja entre as duas temperaturas.
- Varie a temperatura do termômetro, através do controle deslizante exibido na tela e peça que os alunos anotem alguns valores das duas temperaturas (em graus Celsius e em Kelvin).
- Lembrando que a equação de uma reta é $Y = aX + b$, determine b como sendo o valor de T_K quando $T_C = 0^\circ$.
- Escolhendo-se dois pares (T_{C1}, T_{K1}) e (T_{C2}, T_{K2}) , o valor de a pode ser encontrado, utilizando-se $\Delta Y = a \Delta X$, ou $a = \Delta Y / \Delta X = \Delta T_K / \Delta T_C = (T_{K2} - T_{K1}) / (T_{C2} - T_{C1})$.
- De posse da expressão para a conversão entre as escalas, verifique se os outros valores anotados obedecem a essa relação.
- O procedimento a ser utilizado no applet (Fisica_Mod2_Un8_Sec3.html) é análogo, porém a conversão a ser estudada é entre as escalas de Celsius e Fahrenheit.

Aspectos pedagógicos

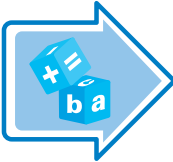
As unidades são extremamente importantes em Física. Deve-se estar atento à escala termométrica que está sendo utilizada. Temperaturas de 50° C , 50° F e 50 K são completamente diferentes.

Enfatize que a escala Kelvin é uma escala absoluta e não é medida em graus, diferente das escalas Celsius e Fahrenheit. Não é correto dizer “cem graus Kelvin”, por exemplo.

Seção 1 – A Escala Celsius
Seção 2 – A Escala Kelvin
Seção 3 – A Escala Fahrenheit

Página no material do aluno

208 a 217

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Observando o funcionamento do termômetro.	Garrafa de vidro transparente pequena (vidro grosso, resistente ao fogo da vela), rolha de tamanho compatível com a boca da garrafa, água com corante, um canudo de plástico, duas velas e fósforo.	Neste experimento, utilizaremos água colorida para mostrar a expansão de um fluido através do aumento de sua temperatura. Os termômetros de mercúrio, que usualmente compramos nas farmácias, funcionam com base nesse princípio. Vídeo ilustrativo presente no material anexo do professor (Mod2-Unid8-Sec1.wmv).	O professor interage com toda a turma.	15 minutos

Aspectos operacionais

Neste experimento, poderemos observar o funcionamento do termômetro através da dilatação da água aquecida. A montagem experimental segue os seguintes passos:

1. Encha a garrafa de água e adicione uma pequena quantidade de corante. O corante serve somente para facilitar a visualização da expansão da água;
2. Faça um furo na rolha de tamanho suficiente para passar o canudo (veja a figura abaixo);
3. Coloque o canudo na garrafa e sele a garrafa com a rolha. Empurre a rolha para dentro do gargalo da garrafa até que o nível da água no canudo fique um ou dois centímetros acima da tampa.
4. Aqueça o fundo da garrafa com as velas (por 2 ou 3 minutos) e observe a água subir no canudo. Obs. A garrafa deve ser de vidro grosso, resistente ao fogo.
5. Agora, esfrie a garrafa colocando-a em água fria (ou simplesmente espere a garrafa esfriar) e observe a contração do líquido.

Esquema de montagem



Figura 1

Fonte: Andreia Saguia



Figura 2



Figura 3

Fonte: Andreia Saguia



Figura 4

Aspectos pedagógicos

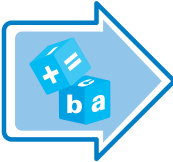
Embora simples, este experimento apresenta uma série de questões conceituais que podem ser abordadas na aula. Por exemplo, porque a garrafa não quebra ao ser diretamente aquecida? Porque a água dilata, ao ser aquecida, ela sobe no canudo? Para responder à 1ª pergunta, pode-se argumentar que a garrafa não quebra porque a água absorve o calor fornecido pela vela, não dando tempo para o vidro se romper. Para responder às outras perguntas, você pode lançar mão do modelo de fluido que será visto na seção 4. Ou seja, a água é formada de moléculas que estão em agitação constante, o aquecimento do fluido produz um movimento mais intenso nas moléculas que não tendo para onde escapar, sobem pelo canudo.

Vale a pena ainda lembrar aos alunos que os princípios de funcionamento do termômetro de mercúrio são os mesmos expostos aqui.

Seção 1 – A Escala Celsius
Seção 2 – A Escala Kelvin
Seção 3 – A Escala Fahrenheit

Página no material do aluno

208 a 217

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Construindo uma Escala	Esta é uma atividade que se valerá do “quadro negro” e da imaginação.	Einstein dizia que seu laboratório era a sua mente. Seus experimentos eram todos imaginados e desenvolvidos primeiro em seu cérebro. Nossa ideia é que façamos algo parecido. Vamos desenvolver uma escala termométrica nova, usando nossa mente, na nossa imaginação.	O professor interage com toda a turma	20 minutos

Aspectos operacionais

- Nesta atividade, você, interagindo com a turma, criará uma escala termométrica fictícia. Você poderá contar uma história, dizendo que um alienígena ao chegar à Terra havia trazido consigo um termômetro com uma escala desconhecida.
- O alienígena conta que no seu planeta usam uma escala chamada ALF. Como ele foi um bom aluno em Física, ele sabia que os pontos fixos dos termômetros ALF usados no seu planeta são os pontos de fusão e ebulição do propano (C_3H_8), que é o líquido mais abundante neste corpo celeste que tem por nome Krios, incluindo aí mares e rios.
- Nosso visitante também nos contou que em Krios eles usam muito os múltiplos de 12 e os termômetros registram para o congelamento do propano 0° alf e para o ponto de ebulição do propano 60° alf. Há nesta faixa 60 divisões, cada uma valendo 1° alf.
- Pesquise com seus alunos os pontos de ebulição e fusão do propano em graus Celsius (PF= $-188^\circ C$ e PE= $-42^\circ C$). Na Internet, há muita informação a respeito deste alcão.
- Agora mãos à obra!!! Vamos ajudar nosso visitante??? Ele precisa saber a quantos graus estamos na sala de aula em unidades ALF de temperatura para que ele possa informar aos seus companheiros que estão em Krios.

- A temperatura será estimada por um *site* climático para a cidade onde está a escola ou a cidade mais próxima. Claro que, se houver a disponibilidade de um termômetro, este poderá ser usado, podemos incentivar que algum aluno que tenha um destes de parede o traga para a aula (peça com antecedência).
- Construa com eles a tabela que relaciona graus Celsius com graus ALF e determine a equação que relaciona estas unidades
- Construa um gráfico que relacione as duas unidades, colocando nas ordenadas graus ALF e nas abcissas graus Celsius.
- Mostre que o gráfico pode ser construído sem ter a expressão que liga as duas unidades de temperatura. Mostre também que é muito prático usar este gráfico para determinar a temperatura em graus ALF, sabendo a temperatura em graus Celsius.

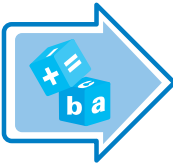
Aspectos pedagógicos

- Nesta atividade, temos como pano de fundo o desenvolvimento de uma escala termométrica nova, entretanto, o que realmente vamos explorar é o fato que podemos ter escalas termométricas, baseadas nas mais diferentes substâncias termométricas.
- O professor na condução desta atividade que tem também um caráter lúdico deve incentivar a criação de um nome para esta escala. Nos Aspectos Operacionais, sugerimos um nome para a escala e para o planeta, mas você, professor, pode e deve criar junto com a turma seus próprios nomes para o planeta e para a escala termométrica. Não deixe também de criar um nome para o alienígena. Toda esta “brincadeira” ajudará a relaxar a turma e facilitar o aprendizado.
- Se houver oportunidade, use ferramentas como planilhas eletrônicas para criar gráficos e tabelas que relacionem os graus ALF com as escalas Kelvin e Celsius. Proponha esta atividade e combine com o pessoal do laboratório de informática da escola.
- Vale ressaltar para a turma que as escalas atualmente existentes são “sobreviventes” de muitas outras que existiram em diversos lugares e que ao longo da história foram se perdendo.
- Vale ainda destacar que num mundo globalizado como o nosso o uso de uma escala termométrica comum a todos os povos é um facilitador.

Seção 4 – Temperatura, Agitação Molecular e Equilíbrio Térmico

Página no material do aluno

218 a 228

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Amassando latas e garrafas pet	Garrafa pet, latinha de alumínio, recipiente com água fria e recipiente com água fervendo	Nesta atividade, os alunos observarão um efeito visualmente intrigante que despertará suas atenções para a agitação molecular nos recipientes utilizados.	O professor interage com toda a turma.	30 minutos

Aspectos operacionais

Ao falarmos sobre agitação molecular, sua visualização por parte dos alunos é complicada, dadas as medidas envolvidas, porém a mesma pode ser observada por meio da temperatura de um determinado objeto. Quanto maior a agitação das moléculas, maior será a temperatura, porém o que acontece a uma garrafa pet e a uma latinha de alumínio ao passarem por um choque térmico? Nesta atividade, observaremos um efeito visualmente fantástico e intrigante, para isto:

1. Encha uma garrafa pet com água fervendo. Espere por um minuto e aperte bem a sua tampa.
2. Encha um recipiente de água fria. Coloque a água fria em contato com a garrafa, contendo vapor de água fervendo em seu interior.
3. Da mesma maneira que com a garrafa pet, entorne água dentro de uma lata de alumínio e aqueça a mesma em chama baixa, segurando a lata com um pegador de madeira ou de um material isolante térmico.
4. Quando a água dentro da lata estiver bem aquecida ou fervendo, retire-a do fogo e inverta-a, deixando sua boca submersa na água fria.



Fonte: Felipe Mondaini

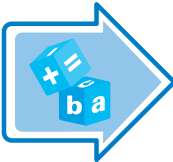
Aspectos pedagógicos

O efeito causado por este choque térmico nos dois recipientes faz com que os mesmos se amassem quase que instantaneamente. Este efeito impressionante faz-nos questionar o motivo para este fenômeno. É importante notar que, ao resfriarmos rapidamente um objeto anteriormente muito quente, forçamos um agrupamento destas moléculas no interior dos recipientes. Ao colocarmos a garrafa em contato com a água fria, houve troca de calor, o vapor interno esfriou, diminuindo a temperatura e a pressão interna. Com a diminuição da pressão interna, a pressão externa ficou maior e atuou na garrafa, esmagando-a pelo fato de haver diferença de pressão. Vale a pena deixar os alunos questionarem o efeito e supervisioná-los nesta descrição da atividade.

Seção 4 – Temperatura, Agitação Molecular e Equilíbrio Térmico

Página no material do aluno

218 a 228

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Moléculas em movimento	dois copos iguais de vidro transparente e resistente ao fogo da vela, água, corante líquido de bolo, duas velas e fósforo	Neste experimento, mostraremos como a agitação molecular de um fluido aumenta com a temperatura. Num segundo momento, misturaremos dois líquidos a temperaturas diferentes, para verificar as condições de equilíbrio térmico. Um vídeo, ilustrando este experimento, encontra-se disponível no material anexo do professor (Mod2-Unid8-Sec4.wmv).	Professor interage com toda turma.	20 minutos

Aspectos operacionais

O objetivo deste experimento é fornecer uma maneira de visualizar o aumento no grau de agitação das moléculas da água, quando sua temperatura aumenta. A montagem experimental segue os seguintes passos:

1. Encha dois copos iguais de vidro transparente com água. No primeiro copo, use água gelada e no segundo água da torneira.
2. Utilizando as velas e o fósforo, aqueça a água do segundo copo por uns 2 minutos. Se tiver um forno micro-ondas na escola aqueça a água por aproximadamente 40 segundos. Cuidado, utilize um copo de vidro grosso, resistente ao fogo da vela, ou que possa ser levado ao micro-ondas.
3. Coloque os copos lado a lado sobre sua mesa e, com a ajuda de uma colher, pingue, ao mesmo tempo, duas gotas de corante em cada copo.
4. Observe que, devido a forte agitação molecular da água quente, o corante espalha-se com muito mais rapidez na água quente do que na água fria (veja figuras abaixo).
5. Espere dois minutos. Observe que o corante agora se apresenta completamente misturado à água quente, mas muito pouco misturado à água fria.

6. Caso os efeitos descritos acima não sejam observados, repita o experimento, procurando aquecer ainda mais o copo de água quente.
7. Num segundo momento, pode-se explorar as condições de equilíbrio térmico. Para isto, misture as águas dos dois copos. Após alguns segundos, será possível verificar que a temperatura da mistura é maior que a da parcela de água fria e menor do que a parcela de água quente. Se esperarmos mais alguns minutos, poderemos observar que a temperatura da mistura diminuirá até se igualar a temperatura do ambiente.

Figuras esquemáticas da atividade experimental



Figura 1



Figura 2



Figura 3

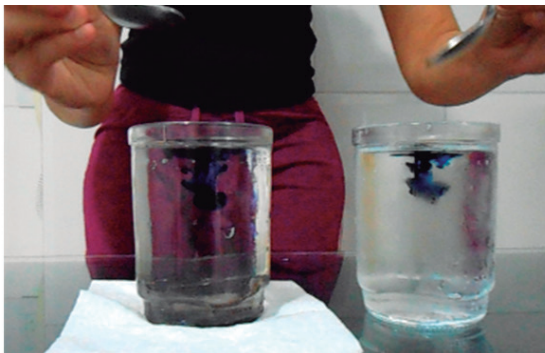


Figura 4



Figura 5

Fonte: Andreia Saguia

Aspectos pedagógicos

É importante deixar claro para os alunos que a observação de um ente microscópico a olho nu não é simples. Neste experimento, fornecemos uma alternativa de visualização do efeito causado pelo movimento das moléculas de água. É interessante notar que, embora estejamos em contato com esse tipo de experiência no nosso dia a dia, muitas vezes, não nos damos conta da beleza e da riqueza de detalhes dos fenômenos que ocorrem à nossa volta. Após esta experiência, os alunos passarão a ver os líquidos quente e frio com outros olhos.

O equilíbrio térmico obtido quando misturamos os líquidos quente e frio, com certeza, não será novo para os alunos, já que esse é um efeito corriqueiro, experimentado por nós todos os dias. Essa segunda parte do experimento pode ser omitida. No entanto, vale a pena chamar a atenção dos alunos para a lei zero da termodinâmica, citando como exemplo a água quente, a água fria e o ar: no final do processo, todos eles terão a mesma temperatura.

Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lista de Exercícios: Quente ou frio?	Lápis e Papel	A Lista de Exercícios a seguir aborda os tópicos desenvolvidos durante esta unidade, tais como Temperatura, Escalas Termométricas e Equilíbrio Térmico. 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 8. 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

Temperatura e Escalas Termométricas

1. (EPCAR (AFA) 2013) Dois termômetros idênticos, cuja substância termométrica é o álcool etílico, um deles graduado na escala Celsius e o outro graduado na escala Fahrenheit, estão sendo usados simultaneamente por um aluno para medir a temperatura de um mesmo sistema físico no laboratório de sua escola. Nessas condições, pode-se afirmar corretamente que
 - a. os dois termômetros nunca registrarão valores numéricos iguais.
 - b. a unidade de medida do termômetro graduado na escala Celsius é 1,8 vezes maior que a da escala Fahrenheit.
 - c. a altura da coluna líquida será igual nos dois termômetros, porém com valores numéricos sempre diferentes.
 - d. a altura da coluna líquida será diferente nos dois termômetros.
2. (UEPG 2010) A temperatura é uma das grandezas físicas mais conhecidas dos leigos. Todos os dias, boletins meteorológicos são divulgados, anunciando as prováveis temperaturas máxima e mínima do período. A grande maioria da população conhece o termômetro e tem o seu próprio conceito sobre temperatura. Sobre temperatura e termômetros, assinale o que for correto.
 - (01) A fixação de uma escala de temperatura deve estar associada a uma propriedade física que, em geral, varia arbitrariamente com a temperatura.
 - (02) Grau arbitrário é a variação de temperatura que provoca na propriedade termométrica uma variação correspondente a uma unidade da variação que esta mesma propriedade sofre, quando o termômetro é levado do ponto de fusão até o ponto de ebulição da água.
 - (04) Temperatura é uma medida da quantidade de calor de um corpo.
 - (08) A água é uma excelente substância termométrica, dada a sua abundância no Meio Ambiente.
 - (16) Dois ou mais sistemas físicos, colocados em contato e isolados de influências externas, tendem para um estado de equilíbrio térmico, que é caracterizado por uma uniformidade na temperatura dos sistemas.

3. (EPCAR (AFA) 2011) Quando usamos um termômetro clínico de mercúrio para medir a nossa temperatura, esperamos um certo tempo para que o mesmo possa indicar a temperatura correta do nosso corpo. Com base nisso, analise as proposições a seguir.

- I. Ao indicar a temperatura do nosso corpo, o termômetro entra em equilíbrio térmico com ele, o que demora algum tempo para acontecer.
- II. Inicialmente, a indicação do termômetro irá baixar, pois o vidro transmite mal o calor e aquece-se primeiro que o mercúrio, o tubo capilar de vidro dilata-se e o nível do líquido desce.
- III. Após algum tempo, como o mercúrio dilata-se mais que o vidro do tubo, a indicação começa a subir até estabilizar, quando o termômetro indica a temperatura do nosso corpo.

Podemos afirmar que são corretas as afirmativas

- a. I e II apenas.
 - b. I e III apenas.
 - c. II e III apenas.
 - d. I, II e III.
4. (PUCRJ 2010) Temperaturas podem ser medidas em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$) ou Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$). Elas têm uma proporção linear entre si. Temos: $32^{\circ}\text{F} = 0^{\circ}\text{C}$; $20^{\circ}\text{C} = 68^{\circ}\text{F}$. Qual a temperatura em que ambos os valores são iguais?
- a. 40
 - b. -20
 - c. 100
 - d. -40
 - e. 0
5. (PUCPR 2010) Dona Maria do Desespero tem um filho chamado Pedrinho, que apresentava os sintomas característicos da gripe, causada pelo vírus H_1N_1 : tosse, dor de garganta, dor nas articulações e suspeita de febre. Para saber a temperatura corporal do filho, pegou seu termômetro digital, entretanto a pilha do termômetro tinha se esgotado. Como segunda alternativa, resolveu utilizar o termômetro de mercúrio da vovó, porém constatou que a escala do termômetro tinha se apagado com o tempo, sobrando apenas a temperatura mínima da escala 35°C e a temperatura máxima de 42°C . Lembrou-se, então, de suas aulas de Termometria do Ensino Médio. Primeiro ela mediu a distância entre as temperaturas mínima e máxima e observou $h = 10$ cm. Em seguida, colocou o termômetro embaixo do braço do filho, esperou o equilíbrio térmico e, com uma régua, mediu a altura da coluna de mercúrio a partir da temperatura de 35°C , ao que encontrou $h = 5$ cm.

Com base no texto, assinale a alternativa **CORRETA**.

- a. Pedrinho estava com febre, pois sua temperatura era de $38,5^{\circ}\text{C}$.
- b. Pedrinho não estava com febre, pois sua temperatura era de $36,5^{\circ}\text{C}$.

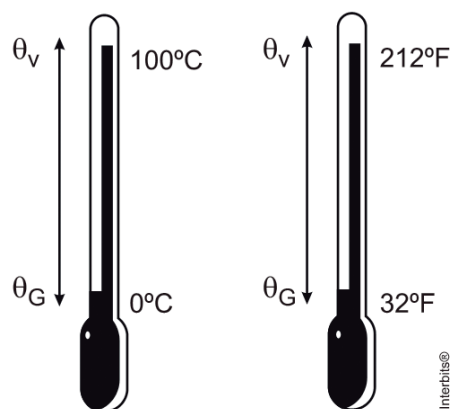
- c. Uma variação de $0,7^{\circ}\text{C}$ corresponde a um deslocamento de $0,1\text{ cm}$ na coluna de mercúrio.
 - d. Se a altura da coluna de mercúrio fosse $h = 2\text{ cm}$ a temperatura correspondente seria de 34°C .
 - e. Não é possível estabelecer uma relação entre a altura da coluna de mercúrio com a escala termométrica.
6. (ESPCEX (AMAN) 2013) Um termômetro digital, localizado em uma praça da Inglaterra, marca a temperatura de $10,4^{\circ}\text{F}$. Essa temperatura, na escala Celsius, corresponde a
- a. -5°C
 - b. -10°C
 - c. -12°C
 - d. -27°C
 - e. -39°C
7. (UFPB 2010) Durante uma temporada de férias na casa de praia, em certa noite, o filho caçula começa a apresentar um quadro febril preocupante. A mãe, para saber, com exatidão, a temperatura dele, usa um velho termômetro de mercúrio, que não mais apresenta com nitidez os números referentes à escala de temperatura em graus Celsius. Para resolver esse problema e aferir com precisão a temperatura do filho, a mãe decide graduar novamente a escala do termômetro, usando como pontos fixos as temperaturas do gelo e do vapor da água. Os valores que ela obtém são 5 cm para o gelo e 25 cm para o vapor. Com essas aferições em mão, a mãe coloca o termômetro no filho e observa que a coluna de mercúrio para de crescer, quando atinge a marca de 13 cm .
- Com base nesse dado, a mãe conclui que a temperatura do filho é de:
- a. $40,0^{\circ}\text{C}$
 - b. $39,5^{\circ}\text{C}$
 - c. $39,0^{\circ}\text{C}$
 - d. $38,5^{\circ}\text{C}$
 - e. $38,0^{\circ}\text{C}$
8. (G1 – CPS 2012) Em algumas cidades brasileiras, encontramos, em vias de grande circulação, termômetros que indicam a temperatura local medida na escala Celsius. Por causa dos jogos da Copa, no Brasil, os termômetros deverão passar por modificações que permitam a informação da temperatura também na escala Fahrenheit, utilizada por alguns países. Portanto, após essa adaptação, um desses termômetros que indique, por exemplo, 25°C , também apontará a temperatura de
- a. 44°F .
 - b. 58°F .
 - c. 64°F .

d. 77 °F.

e. 86 °F.

Dado: Equação de conversão entre as escalas Celsius e Fahrenheit $\frac{t_{\text{Celsius}}}{5} = \frac{t_{\text{Fahrenheit}} - 32}{9}$

9. (G1 – IFBA 2012) O conjunto de valores numéricos que uma dada temperatura pode assumir em um termômetro constitui uma escala termométrica. Atualmente, a escala Celsius é a mais utilizada; nela, adotaram-se os valores 0 para o ponto de fusão do gelo e 100 para o ponto de ebulição da água. Existem alguns países que usam a escala Fahrenheit, a qual adota 32 e 212 para os respectivos pontos de gelo e de vapor.



Certo dia, um jornal europeu informou que, na cidade de Porto Seguro, o serviço de meteorologia anunciou, entre a temperatura máxima e a mínima, uma variação $\Delta F = 36^\circ\text{F}$. Esta variação de temperatura expressa na escala Celsius é:

- a. $\Delta C = 10^\circ\text{C}$
 - b. $\Delta C = 12^\circ\text{C}$
 - c. $\Delta C = 15^\circ\text{C}$
 - d. $\Delta C = 18^\circ\text{C}$
 - e. $\Delta C = 20^\circ\text{C}$
10. (EEWB 2011) No interior de um freezer (congelador doméstico), a temperatura mantém-se a -20°C . Quanto valeria a soma algébrica das indicações de dois termômetros graduados nas escalas Fahrenheit e Kelvin, após o equilíbrio térmico ser estabelecido, se ambos fossem colocados no interior desse congelador?
- a. -361.
 - b. -225.
 - c. 225.
 - d. 251.

11. (G1 – IFCE 2011) Um estudante de Física resolveu criar uma nova escala termométrica que se chamou Escala NOVA ou, simplesmente, Escala N. Para isto, o estudante usou os pontos fixos de referência da água: o ponto de fusão do gelo (0°C), correspondendo ao mínimo (25°N) e o ponto de ebulição da água (100°C), correspondendo ao máximo (175°N) de sua escala, que era dividida em cem partes iguais. Dessa forma, uma temperatura de 55° , na escala N, corresponde, na escala Celsius, a uma temperatura de
- 10°C .
 - 20°C .
 - 25°C .
 - 30°C .
 - 35°C .
12. (G1 – CFTMG 2008) Em um determinado dia, a temperatura mínima em Belo Horizonte foi de 15°C e a máxima de 27°C . A diferença entre essas temperaturas, na escala kelvin, é de
- 21.
 - 263.
 - 285.

Gabarito Comentado

Resposta da questão 1: [B]

$$\frac{\Delta\theta_{\text{C}}}{100 - 0} = \frac{\Delta\theta_{\text{F}}}{212 - 32}$$

$$\frac{\Delta\theta_{\text{C}}}{100} = \frac{\Delta\theta_{\text{F}}}{180}$$

$$\Delta\theta_{\text{F}} = 1,8 \times \Delta\theta_{\text{C}}$$

Para 1°C de variação de temperatura, temos:

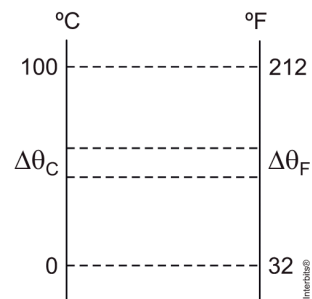
$$\Delta\theta_{\text{F}} = 1,8 \cdot 1$$

$$\therefore \boxed{\Delta\theta_{\text{F}} = 1,8^{\circ}\text{F}}$$

Resposta da questão 2:

$$02 + 16 = 18$$

(01) **Errada.** É necessário haver uma lei bem definida relacionando a grandeza física com a temperatura. Procuram-se geralmente grandezas que variam linearmente com a temperatura, como, por exemplo, o comprimento de uma coluna de mercúrio.



(02) **Correta.** Pode-se estipular qualquer divisão para o intervalo entre os pontos fixos adotados. O intervalo entre duas divisões é o grau termométrico para a escala escolhida.

(04) **Errada.** Temperatura é a medida da energia cinética média das partículas.

(08) **Errada.** A água tem comportamento anômalo quanto à sua dilatação térmica, não servindo como substância termométrica.

(16) **Correta.** Corpos colocados em contato térmico, isolados de outros corpos, trocam calor, tendendo para a temperatura de equilíbrio.

Resposta da questão 3: [D]

I. Correta. Como o termômetro e o corpo estão a diferentes temperaturas, há transferência de calor do corpo para o termômetro. Devido à condutividade térmica, leva algum tempo para que o equilíbrio térmico seja atingido.

II. Correta. Sem comentários, pois a alternativa auto se explica.

III. Correta. Sem comentários, pois a alternativa auto se explica.

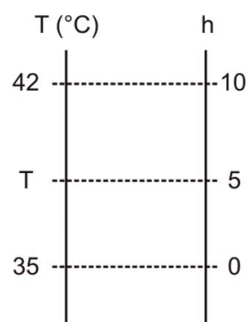
Resposta da questão 4: [D]

A equação de conversão entre essas escalas é:

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9}. \text{ Fazendo } T_C = T_F = T, \text{ vem:}$$

$$\frac{T}{5} = \frac{T - 32}{9}; 9T = 5T - 160; 4T = -160 \Rightarrow T = -40.$$

Resposta da questão 5: [A]



$$\frac{T - 35}{42 - 35} = \frac{5 - 0}{10 - 0} \Rightarrow \frac{T - 35}{7} = 0,5 \Rightarrow T - 35 = 3,5 \Rightarrow T = 38,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Resposta da questão 6: [C]

Usando a equação de conversão entre as escalas Celsius e Fahrenheit:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \Rightarrow \theta_C = 5 \frac{\theta_F - 32}{9} \Rightarrow \theta_C = 5 \frac{10,4 - 32}{9} \Rightarrow \frac{5(21,6)}{9} \Rightarrow \theta_C = -12 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Resposta da questão 7: [A]

A figura mostra os dados.

$$\frac{T-0}{100-0} = \frac{13-5}{25-5} \Rightarrow \frac{T}{100} = \frac{8}{20} \Rightarrow 20T = 800 \Rightarrow$$

$$T = 40 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Resposta da questão 8: [D]

Substituindo o valor dado na expressão fornecida:

$$\frac{25}{5} = \frac{t_F - 32}{9} \Rightarrow t_F = 45 + 32 \Rightarrow t_F = 77 \text{ } ^\circ\text{F}.$$

Resposta da questão 9: [E]

A equação de variação de temperaturas para as duas escalas mencionadas é:

$$\frac{\Delta C}{5} = \frac{\Delta F}{9} \Rightarrow \frac{\Delta C}{5} = \frac{36}{9} \Rightarrow \Delta C = 20 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Resposta da questão 10: Não há resposta correta.

A relação entre as escalas Celsius e Fahrenheit é mostrada abaixo:

$$\frac{F-32}{9} = \frac{C}{5} \rightarrow \frac{F-32}{9} = \frac{-20}{5} \rightarrow F-32 = -36 \rightarrow F = -4 \text{ } ^\circ\text{F}$$

A relação entre as escalas Celsius e Kelvin é mostrada abaixo:

$$K = C + 273 \rightarrow K = -20 + 273 = 253\text{K}$$

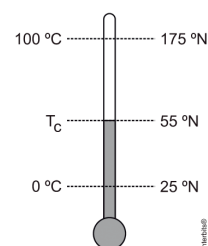
Portanto, $K + F = 249$.

Resposta da questão 11: [B]

De acordo com o esquema acima:

$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{55 - 25}{175 - 25} \Rightarrow \frac{T_C}{100} = \frac{30}{150} \Rightarrow$$

$$T_C = \frac{30}{1,5} \Rightarrow T_C = 20 \text{ } ^\circ\text{C}.$$



A quantidade de divisões que ele fez não altera as temperaturas. O fato de ter feito 100 divisões em sua escala, somente indica que cada divisão representa $1,5^\circ \text{N}$. Se fizesse 150 divisões, cada divisão seria 1°N , ou se fizesse 15 divisões, cada divisão seria 10°N , mas 55°N continuam correspondendo a 20°C . Assim, por exemplo, se a temperatura subiu 0°C para 20°C , subiu 20 divisões na escala Celsius, tendo subido também 20 divisões na Escala Nova, pois ambas as escalas têm 100 divisões. Como cada divisão representa $1,5^\circ \text{N}$, a temperatura subiu $20 \times 1,5 = 30^\circ \text{N}$, indo, então, de 25°N para 55°N .

Resposta da questão 12: [A]

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.

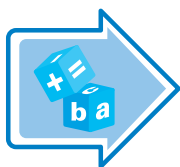
Apresentação da unidade do material do aluno

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.



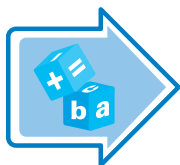
Material copiado para distribuição em sala

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

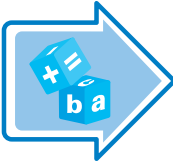
Seção 1 – O experimento de Joule e a definição de calor

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

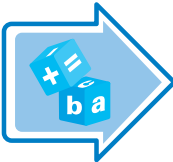
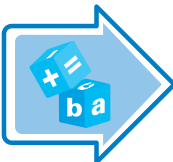
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Título da Atividade: Observando o efeito da energia em trânsito – a espiral giratória.	Material/Recurso necessário: uma folha de papel sulfite, um pedaço de linha resistente, duas velas e fósforo	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

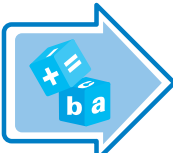
235 a 238

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

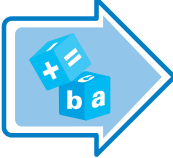
239 a 253

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

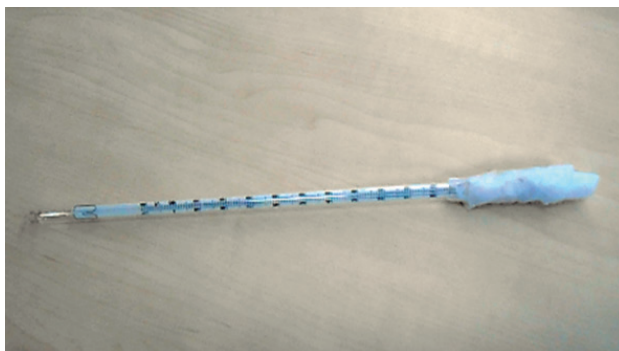
Para motivar os alunos, inicie o experimento, provocando-os com algumas perguntas relacionadas ao nosso cotidiano. Por exemplo, por que suamos em dias quentes ou quando fazemos exercícios físicos? Por que sentimos frio, quando estamos molhados? Por que a água da moringa permanece fresca, mesmo em dias 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

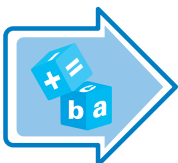
Aspectos pedagógicos

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.

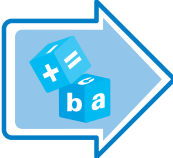
Você poderá conduzir esta experiência de maneira a intercalá-la com os aspectos teóricos do efeito Joule e apresentar como aplicabilidade a resistência dos chuveiros.

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.

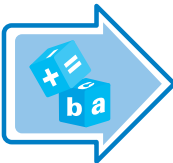
Como convecção não é o único processo de transmissão de calor, pode-se aproveitar esta atividade para comentar sobre a condução e a irradiação. Esses fenômenos, embora muito presentes no nosso dia a dia, costumam ser pouco observados.

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

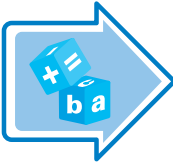
Este experimento sofre a interferência da pressão atmosférica, este fato deve ser ressaltado pelo nobre professor. Outro fator importante é a utilização do fogareiro, é sempre bom redobrar os cuidados e assim evitar acidentes, para apagar o fogo, utilize uma toalha molhada e nunca tente assoprar o fogareiro.

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 (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

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

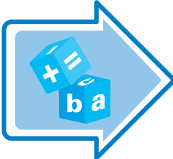
Alguns alunos podem confundir os conceitos de processos isotérmico e isobárico no diagrama P-V. Isso se deve, geralmente, a dificuldades relacionadas ao conceito de função. Enfatize o comportamento do gráfico em cada um dos casos para sanar estas dúvidas.

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.



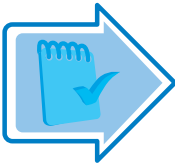
Fonte: Felipe Mondaini

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 $74,9$.

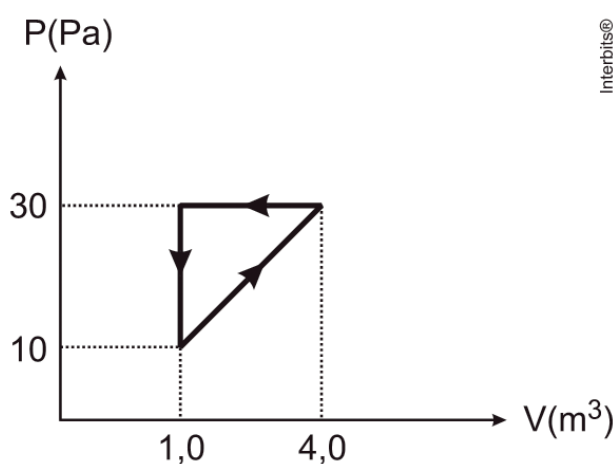
c. $55,0$ e $64,9$.

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

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:

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

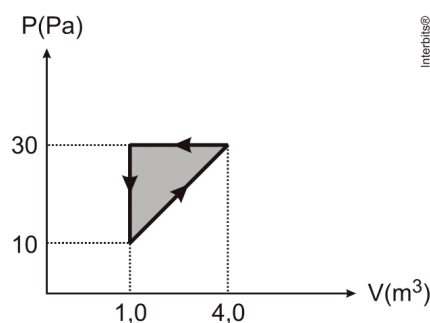
Como as densidades (ρ) dos três líquidos são iguais, e a massa é o produto da densidade pelo volume ($m = \rho \cdot V$), temos:

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

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.

Volume 2 • Módulo 2 • Física • Unidade 10

Entropia e a segunda 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 poderão ser utilizados e/ou adaptados, de acordo com sua conveniência, sendo assim sugestões para o ato de educar no Ensino de Jovens e Adultos (EJA). Sendo assim, 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 10 – Entropia e a 2ª 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 Entropia. Nesta Unidade o professor terá uma maior dificuldade em trabalhar com seus alunos os conceitos básicos da 2ª Lei, por não ser um assunto do cotidiano dos alunos. Com este intuito sugerimos experimentos e atividades que podem ser desenvolvidas em sala de aula para reforçar a ideia de rendimento em máquinas térmicas e apresentar os fundamentos da 2ª Lei da Termodinâmica sem nos aprofundarmos demasiadamente na teoria. Vale notar que pela similaridade de conteúdos, algumas seções foram agrupadas como as Seções 2 e 4.

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

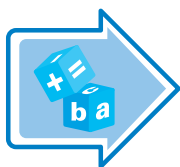
Apresentação da unidade do material do aluno

Disciplina	Volume	Módulo	Unidade	Estimativa de aulas para essa unidade
Física	2	2	10	4

Titulo da unidade	Tema
Entropia e a segunda lei da termodinâmica	
Objetivos da unidade	
Enunciar a segunda lei da termodinâmica;	
Conceituar entropia;	
Aplicar a segunda lei da termodinâmica a experimentos simples;	
Compreender o funcionamento de máquinas térmicas, como geladeira e ar condicionado.	
Seções	Páginas no material do aluno
1. A conservação de energia não explica tudo	257
2. Máquinas térmicas e eficiência	260
3. Entropia e a segunda lei	263
4. Um exemplo de máquina térmica: o aparelho de ar condicionado	265

Recursos e ideias para o Professor

Tipos de Atividades



Atividades em grupo ou individuais

São atividades que são feitas com recursos simples disponíveis.



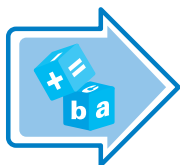
Material copiado para distribuição em sala

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

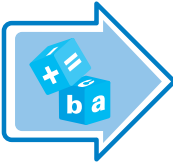
Experiências práticas que podem ser realizadas em sala com uso de recursos simples;



Avaliação

Questões ou propostas de avaliação conforme orientação.

Atividade Inicial

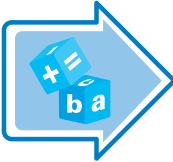
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Feijões e a Segunda Lei da Termodinâmica	Tesoura, Fita adesiva, feijões pretos (20), feijões vermelhos (20), caixas de fósforo vazias (2)	Nesta atividade, é feita uma transposição didática de modo que possamos apresentar de forma lúdica e visual o aspecto da irreversibilidade na natureza, suportado e explicado pela entropia, como consequência da Segunda Lei da Termodinâmica.	O professor interage com toda a turma.	20 minutos

Seções 1 – A conservação de energia não explica tudo.

Página no material do aluno

257 a 259

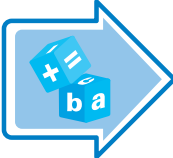
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Equilíbrio Térmico	Applet (Física_Mod2_Un10_Sec1.phz), presente no material anexo do professor.	Ilustra o conceito de entropia como grau de desordem de um sistema, utilizando recursos multimídia.	Professor interage com toda a turma.	30 minutos

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Pintando o fluxo de espontâneo de energia térmica	1 – Reservatório transparente (Béquer de 1000ml). 1 – Reservatório transparente com tampa (bem lacrado – pode de condimento). 1 – Corante alimentício. 1 – Fogareiro (Bico de Bunsen, aquecedor térmico etc). 1 – Água	Nesta prática experimental, exibiremos de maneira qualitativa a 2ª Lei da termodinâmica, enunciada por Rudolf Clausius (1822-1888) da seguinte forma: Calor pode fluir espontaneamente de um corpo quente para um corpo frio, mas o calor não flui espontaneamente de um corpo frio a um corpo quente. Vídeo ilustrativo presente no material anexo do professor (Mod2-Unid10-Sec1.avi).	Grupos de 4 Alunos	15 minutos

Seção 2 – Máquinas térmicas e eficiência
Seção 4 – Um exemplo de máquina térmica: o aparelho de ar condicionado

Página no material do aluno
260 a 265

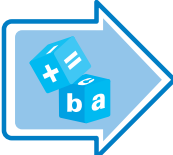
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Máquina Térmica	Applet (Física_Mod2_Un10_Sec4.phz), disponível no material anexo do professor.	Este applet ilustra o funcionamento de uma máquina térmica utilizando recursos multimídia.	Professor interage com toda a turma.	20 minutos

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Motor a vapor de latinha de refrigerante	Uma latinha de refrigerante fechada, um catavento, um pedaço de fio grosso que possa ser dobrado com as mãos, 200 ml de água da bica, dois pregos: um grosso e outro bem fino, cola epóxi, velas e fósforos	Neste experimento, mostraremos o princípio básico de funcionamento do motor a vapor. Esse foi o primeiro motor inventado e foi muito empregado em indústrias, locomotivas e barcos. Hoje em dia, esses princípios são utilizados nas usinas termelétricas. Vídeo ilustrativo presente no material anexo do professor (Mod2-Unid10-Sec2e4-exp.wmv).	Professor interage com toda a turma	40 minutos
	Combustão interna: princípio básico do motor do carro	um tubo de papelão grosso (aquele tubo do rolo de papel alumínio é uma boa opção), uma bolinha de pingue-pongue, um desodorante spray, fita adesiva larga e um acendedor de fogão	Construiremos um canhão de bolinha de pingue-pongue, o qual ilustra o processo de combustão interna. Esse é o princípio básico por trás do funcionamento do motor de carro. Vídeo ilustrativo presente no material anexo do professor (Mod2-Unid10-Sec2e4-ativ.wmv).	Professor interage com toda a turma.	30 minutos

Seções 3 – Entropia e a segunda lei

Página no material do aluno

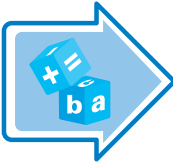
263 a 264

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Pintando a Entropia	2 – Porções de água (Em torno de 150ml cada); 2 – Recipientes transparentes; 1 – Aquecedor térmico; 2 – Cubos de gelo tingidos previamente.	Esta prática pretende, de maneira qualitativa, exibir o grau de desordem do sistema e evidenciar que a entropia sempre cresce, quando a quantidade de calor trocada é a mesma. Um vídeo ilustrando este experimento encontra-se disponível no material anexo do professor (Mod2-Unid10-Sec3.avi).	Grupos de 4 alunos	15 minutos

Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lista de Exercícios: Entropia e a Segunda Lei da Termodinâmica	Lápis e Papel	A Lista de Exercícios a seguir aborda os tópicos desenvolvidos durante esta unidade, tais como Segunda Lei da Termodinâmica, Entropia e Máquinas Térmicas. 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
	Feijões e a Segunda Lei da Termodinâmica	Tesoura, Fita adesiva, feijões pretos (20), feijões vermelhos (20), caixas de fósforo vazias (2)	Nesta atividade, é feita uma transposição didática de modo que possamos apresentar de forma lúdica e visual o aspecto da irreversibilidade na natureza, suportado e explicado pela entropia, como consequência da Segunda Lei da Termodinâmica.	O professor interage com toda a turma.	20 minutos

Aspectos operacionais

- Junte as gavetas de duas caixas de fósforos e as pendu com fita adesiva. Faça um corte entre as faces unidas de modo que haja uma abertura entre as gavetas. Veja Figura 1.
- Coloque 20 feijões pretos em uma das gavetas e 20 feijões vermelhos na outra gaveta (pode usar feijões de outras cores ou outros materiais como miçangas), conforme está ilustrado na Figura 2.
- Feche as gavetas com as tampas das caixas de fósforos, conforme está mostrado na Figura 3.
- Sobre uma mesa horizontal, faça movimentos com o conjunto em várias direções, sempre escorregando sobre a superfície da mesa como ilustrado pela Figura 4.
- Após realizar esta “agitação térmica” abra o conjunto de caixas e observe com a turma a configuração dos feijões. A Figura 5 mostra como poderão ficar.

Aspectos pedagógicos

- É importante que, com o pouco tempo de aula disponível, que este conjunto seja levado para a sala já montado. Você poderá usá-lo em várias turmas.
- Discuta o que foi observado com seus alunos. Levante questões tais como:
 1. O que aconteceu com a entropia do sistema?
 2. Se a caixinha for agitada mais vigorosamente o que acontecerá? Teste! Incentive-os a testar!

3. Em nossa transposição didática, o que significa “agitar mais vigorosamente”?
4. O que é esperado que aconteça de a abertura entre as gavetas aumentar? E se diminuir?
5. O que podemos esperar que aconteça se os feijões forem trocados por lentilhas (menores) ou por favas (maiores) que os feijões originais?
6. Para finalizar, discuta ainda na transposição se houve “equilíbrio térmico” e se houve variação da entropia.
7. Finalize concluindo a respeito do enunciado da Segunda Lei da Termodinâmica.



Material Necessário



Figura 1



Figura 2



Figura 3

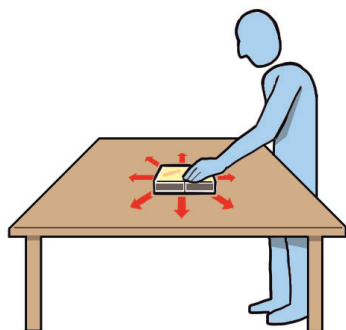


Figura 5

Fonte: Angelo Longo Filho



Figura 6

Seções 1 – A conservação de energia não explica tudo.

Página no material do aluno

257 a 259

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Equilíbrio Térmico	Applet (Fisica_Mod2_Un10_Sec1.phz), presente no material anexo do professor.	Ilustra o conceito de entropia como grau de desordem de um sistema, utilizando recursos multimídia.	Professor interage com toda a turma.	30 minutos

Aspectos operacionais

Conforme discutido na Seção 1 desta Unidade, nem sempre a conservação de energia explica tudo. Este conceito já aparece na mecânica, quando alguns sistemas não conservam energia, mas conservam momento linear, por exemplo. Em termodinâmica, uma quantidade tão fundamental quando a energia é a entropia. Para ilustrar o conceito de entropia esta simulação apresenta duas amostras, uma vermelha e outra azul, de um mesmo gás monoatômico. A amostra representada em vermelho está a uma temperatura maior do que a amostra azul, já que a velocidade das partículas do gás na primeira amostra é, em média, maior do que a da segunda. É possível misturar as duas amostras eliminando-se a parede que as separa. Atingido o equilíbrio térmico, é possível perceber que a velocidade das partículas azuis e vermelhas passam a ser equivalentes, no sentido que representam partículas de um gás à mesma temperatura. São exibidos os rastros de duas partículas de referência: uma partícula da amostra vermelha e uma partícula da amostra azul, facilitando a visualização das velocidades de cada uma delas.

Segue uma sugestão de utilização deste recurso:

- Inicie o applet (Fisica_Mod2_Un10_Sec1.phz), disponível no material fornecido.
- Explique aos alunos o que está sendo representado: partículas de um mesmo gás com cores diferentes para facilitar a identificação de quais partículas estavam inicialmente mais quentes/frias.
- Inicie a simulação.
- Enfatize a diferença de temperatura entre as amostras. As partículas azuis possuem, em média, uma velocidade menor do que as vermelhas. Isso pode ser visualizado através dos rastros deixados pelas partículas de referência.
- Pressione a tecla “backspace” para eliminar a parede que separa as duas amostras e espere até que o equilíbrio seja atingido.
- Reforce a ideia de que ao atingir o equilíbrio térmico, o rastro deixado pelas duas partículas representa partículas de um gás à mesma temperatura.

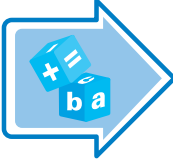
Aspectos pedagógicos

- Para alunos que necessitam de uma comprovação matemática das ideias, utilize uma interpretação probabilística para justificar o estado final de equilíbrio da mistura das amostras. Pergunte qual seria a probabilidade p de encontrar novamente uma das partículas azuis na região onde ela se encontrava inicialmente. A probabilidade de encontrar n partículas azuis nesta região seria p^n ! Alguns valores podem enriquecer a discussão. Se o volume inicial era metade do volume total, por exemplo, então $p=0.5$.
- Ainda na interpretação probabilística, discuta sobre a probabilidade de, após atingido o equilíbrio, termos todas as partículas azuis com a mesma velocidade inicial.
- Mesmo antes de misturar as amostras, pode ser que a velocidade instantânea da partícula de referência vermelha seja menor do que a da azul. Apesar de não ser possível discutir os detalhes da distribuição de velocidades em um gás, justifique esse fato informando que apesar de em um dado instante a velocidade da partícula vermelha ser menor do que a da partícula azul, a média das velocidades da partícula vermelha é maior do que a da partícula azul.

Seções 1 – A conservação de energia não explica tudo.

Página no material do aluno

257 a 259

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Pintando o fluxo de espontâneo de energia térmica	1 – Reservatório transparente (Béquer de 1000ml).	Nesta prática experimental, exibiremos de maneira qualitativa a 2ª Lei da termodinâmica, enunciada por Rudolf Clausius (1822-1888) da seguinte forma: Calor pode fluir espontaneamente de um corpo quente para um corpo frio, mas o calor não flui espontaneamente de um corpo frio a um corpo quente. Vídeo ilustrativo presente no material anexo do professor (Mod2-Unid10-Sec1.avi).	Grupos de 4 Alunos	15 minutos
		1 – Reservatório transparente com tampa (bem lacrado – pode de condimento).			
		1 – Corante alimentício.			
		1 – Fogareiro (Bico de Bunsen, aquecedor térmico etc).			
		1 – Água			

Aspectos operacionais

Fazem-se necessários cuidados extras no manuseio de fogareiros ou Bicos de Bunsen caso os use:

1. Adicione água, a temperatura ambiente, ao recipiente transparente maior.



Fonte: Fábio Ferreira Luiz

2. Adicione, ao reservatório menor, água e corante, agite até a solução se tornar homogênea.



Fonte: Fábio Ferreira Luiz

3. Aqueça o reservatório menor, em banho-maria ou aqueça-o diretamente, levando-o a chama (cuidado caso use vidros não temperados – prefira aquecer o líquido em panelas ou em béqueres).
4. Com cuidado repouse o recipiente contendo água com corante e já aquecida no fundo do recipiente maior (tente evitar o extravasamento) – Atente na imagem abaixo um pequeno “peso” no fundo do recipiente menor, pois o mesmo não se nutria ao fundo.



Fonte: Fábio Ferreira Luiz

Observe a corrente de convecção formada através das trocas de calor entre as substâncias.



Fonte: Fábio Ferreira Luiz



Aspectos pedagógicos

É interessante, evidenciar o sentido do fluxo de calor entre as substâncias e que em alguns casos os processos são irreversíveis como, por exemplo, o derretimento do gelo, envelhecimento dos seres e o passar do tempo.

Vale ressaltar que o uso de fontes térmicas é um fator muito preocupante. É sempre importante realçar que os cuidados devem ser redobrados, mantenha sempre um pano úmido próximo, para apagar o fogareiro, caso o use, e nunca o assopre, para apagá-lo basta somente retirar o oxigênio ao seu redor.

Seção 2 – Máquinas térmicas e eficiência

Seção 4 – Um exemplo de máquina térmica: o aparelho de ar condicionado

Página no material do aluno

260 a 265

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Máquina Térmica	Applet (Física_Mod2_Un10_Sec4.phz), disponível no material anexo do professor.	Este applet ilustra o funcionamento de uma máquina térmica utilizando recursos multimídia.	Professor interage com toda a turma.	20 minutos

Aspectos operacionais

O conceito de máquina térmica é muito importante na termodinâmica. Nem sempre é fácil entender o funcionamento dessas máquinas, sendo assim, este applet torna-se muito útil. Ele apresenta uma representação do funcionamento de uma máquina térmica. Pequenas partículas fazem o papel das moléculas de um gás dentro da máquina térmica. As fontes quente e fria, dois importantes elementos das máquinas térmicas, também estão presentes. A fonte quente, caldeira, fornece energia para as partículas do gás e estas conseguem fornecer energia para uma engrenagem, que poderia ser utilizada para girar um motor, um moinho etc. A fonte fria, retira energia das partículas e contribui para a formação de uma corrente de convecção dentro da máquina que facilita o retorno das partículas à caldeira. Considere a seguinte sugestão de utilização deste recurso:

- Inicie o applet (Física_Mod2_Un10_Sec4.phz), presente no material anexo do professor.
- A máquina térmica será mostrada.
- Pergunte aos alunos sobre a necessidade de termos as duas fontes (quente e fria).
- Inicie a simulação. Faça a conexão entre a máquina ilustrada e uma máquina a vapor. Inicialmente a máquina possui água em sua caldeira. Com o aumento da temperatura, surge vapor dentro da caldeira e o vapor consegue acionar a engrenagem. Por fim, o vapor de água é condensado na fonte fria e retorna à caldeira no estado líquido.

Aspectos pedagógicos

Os alunos facilmente se convencem da necessidade da fonte quente. Porém, nem sempre percebem a necessidade de se ter a fonte fria. Utilize exemplos mais simples para ilustrar situações onde, devido a diferenças de temperatura, surgem correntes de convecção. As brisas marítimas são ótimos exemplos!

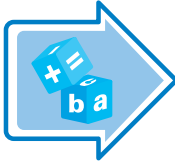
Reforce a ideia de que o calor cedido na fonte quente não é convertido totalmente em trabalho na engrenagem. Parte desse calor é retirada na fonte fria. Esse fato é fundamental no estudo da termodinâmica.

Seção 2 – Máquinas térmicas e eficiência

Seção 4 – Um exemplo de máquina térmica: o aparelho de ar condicionado

Página no material do aluno

260 a 265



Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Motor a vapor de latinha de refrigerante	Uma latinha de refrigerante fechada, um catavento, um pedaço de fio grosso que possa ser dobrado com as mãos, 200 ml de água da bica, dois pregos: um grosso e outro bem fino, cola epóxi, velas e fósforos	Neste experimento, mostraremos o princípio básico de funcionamento do motor a vapor. Esse foi o primeiro motor inventado e foi muito empregado em indústrias, locomotivas e barcos. Hoje em dia, esses princípios são utilizados nas usinas termelétricas. Vídeo ilustrativo presente no material anexo do professor (Mod2-Unid10-Sec2e4-exp.wmv).	Professor interage com toda a turma	40 minutos

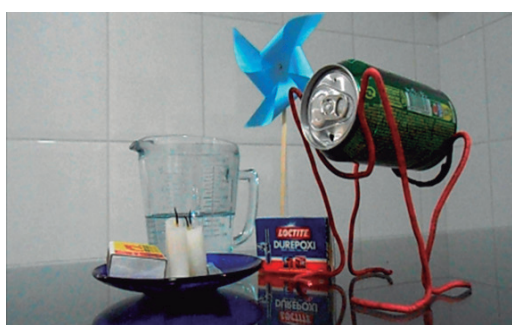
Aspectos operacionais

Para motivar a turma, inicie o experimento com uma conversa sobre motores a vapor. Pergunte se eles já viram fotos daquelas locomotivas antigas (Maria fumaça) ou barcos movidos a vapor. Como será que funcionam esses motores? Por que eles não são mais tão empregados hoje em dia? Por exemplo, por que não vemos carros movidos a vapor nas ruas? Para melhor compreensão das respostas a essas questões, proponha o experimento descrito a seguir.

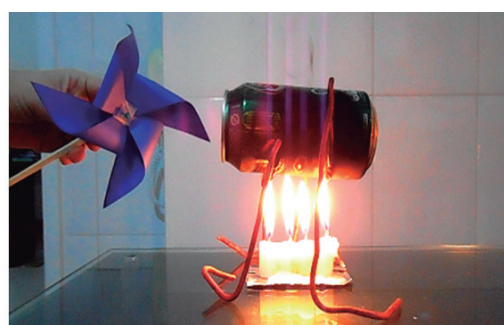
1. Para economizar tempo, faça a montagem do kit experimental em casa e leve-o para a sala de aula.
2. Use o prego grande para fazer um furo na tampa da lata de refrigerante e esvazie a lata por este furo.
3. Coloque 200 ml de água na lata por este furo e tampe-o, utilizando a cola epóxi. Espere a cola secar.

4. Faça um furinho minúsculo na tampa da latinha, utilizando o prego fino.
5. Utilizando o fio grosso, mas flexível, faça um suporte para a latinha. A latinha deve ficar deitada horizontalmente sobre o suporte e o suporte deve ficar a uma altura suficiente para que se possa colocar as velas acesas abaixo da latinha (veja figuras ilustrativas abaixo).
6. Acenda umas 4 velas abaixo da latinha e deixe a água ferver (isso pode levar de 5 a 10 minutos).
7. Quando a água entrar em ebulição, o vapor sairá pelo furinho da latinha. Aproxime o catavento do vapor e observe-o girar.

Figuras ilustrativas da montagem experimental



Fonte: Andreia Saguia



Aspectos pedagógicos

É importante chamar a atenção dos alunos para as diversas etapas percorridas pelos motores a vapor que são observadas nesse experimento. Primeiro é necessário um combustível para queimar e produzir calor (nesse exemplo usamos as velas, mas também são utilizados: carvão mineral, óleo, gás natural, fissão nuclear etc.). Cada um desses elementos apresenta suas vantagens e desvantagens, esse pode ser um bom tema para trabalho de casa em grupo. O calor aquece a água do caldeirão (nossa latinha). A água evapora e o vapor confinado na latinha tem sua pressão cada vez mais aumentada. Ao passar pelo furinho da lata, o vapor sai com grande velocidade. Parte da energia desse vapor é transferida para o catavento, fazendo-o girar. Temos assim, a transformação do calor em trabalho mecânico que é o princípio fundamental das máquinas térmicas. Um fato importante de ser notado é que, por definição, máquina é um dispositivo que funciona em ciclos. Para obter esse efeito nas máquinas a vapor, temos de realimentar a caldeira com água. Isso pode ser feito manualmente, como no caso das primeiras locomotivas, ou usando-se uma fonte fria para condensar o vapor depois da realização do trabalho, como no caso das usinas termelétricas.

Outro tema que pode ser explorado com os alunos é a discussão das vantagens e desvantagens desse tipo de máquina. Por exemplo, em países como a China, rica em carvão, a locomotiva a vapor é ainda utilizada. No caso das usinas termelétricas, podemos citar como vantagens o fato dela poder ser montada perto das cidades, diminuindo as linhas de transmissões e desperdiçando menos energia e também poderem estar ativas durante

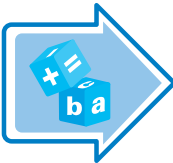
todo o ano, independentemente da quantidade de chuvas (que tanto afeta a usina hidrelétrica). Por outro lado, as desvantagens são muitas: os motores não são eficientes, só aproveitam aproximadamente 10% da energia gerada e também são grandes, ruidosos, instáveis e grandemente dissipadores de energia (por isso não vemos carros nas ruas movidos a vapor). Além do mais, a queima do combustível provoca impactos ambientais, como poluição do ar e formação de lixo nuclear.

Seção 2 – Máquinas térmicas e eficiência

Seção 4 – Um exemplo de máquina térmica: o aparelho de ar condicionado

Página no material do aluno

260 a 265

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Combustão interna: princípio básico do motor do carro	um tubo de papelão grosso (aquele tubo do rolo de papel alumínio é uma boa opção), uma bolinha de pingue-pongue, um desodorante spray, fita adesiva larga e um acendedor de fogão	Construiremos um canhão de bolinha de pingue-pongue, o qual ilustra o processo de combustão interna. Esse é o princípio básico por trás do funcionamento do motor de carro. Vídeo ilustrativo presente no material anexo do professor (Mod2-Unid10-Sec2e4-ativ.wmv).	Professor interage com toda a turma.	30 minutos

Aspectos operacionais

Inicie a atividade, provocando os alunos com perguntas do tipo: Como funciona o motor do carro? Como se dá o consumo de gasolina neste tipo de motor? Como a gasolina faz o carro andar? Após essa conversa, proponha a atividade a seguir, para ajudar os alunos a compreenderem os princípios básicos do funcionamento de um motor de explosão interna, como o carro.

1. Corte o tubo de papelão ao meio (o tubo deve ter mais ou menos o tamanho de um rolo de papel higiênico). Use a fita adesiva, para tampar completamente uma das aberturas do tubo. Cole três ou quatro camadas de fita adesiva para que a abertura fique bem tampada.

2. Utilizando uma faquinha, faça um pequeno buraco na fita adesiva, de fora para dentro, de modo a obter uma pequena abertura.
3. Pressione levemente o tubo de desodorante umas duas vezes na abertura livre do tubo. Não é necessário inserir o desodorante no tubo. O spray deve ser lançado a uns 5 cm de distância da abertura do tubo. Use pouco desodorante, se não o sistema não funcionará.
4. Tampe rapidamente essa abertura do tubo com a bolinha de pingue-pongue.
5. Introduza o acendedor no buraco da fita adesiva e aperte o gatilho para obter uma faísca.
6. Os alunos devem observar a bolinha sendo lançada longe.

Figuras ilustrativas da montagem experimental



Fonte: Andreia Saguia

Aspectos pedagógicos

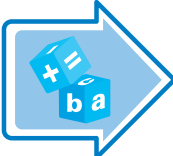
Com esta atividade, os alunos terão a oportunidade de compreender o processo de combustão interna que ocorre no motor do carro. É importante chamar a atenção dos alunos para esta semelhança. Nesta atividade, a explosão é causada pelo álcool do desodorante, no motor do carro quem faz esse papel é a gasolina. O rolo de papel simula a câmara de combustão e a bolinha o pistão do motor do carro. O acendedor funciona como a vela do carro que lança uma faísca para provocar a explosão da mistura de gasolina e ar na câmara de combustão. A explosão aquece o ar e a expansão rápida deste ar provoca o movimento do pistão (no nosso experimento, da bolinha). O pistão funciona em movimento de vai e vem sendo empurrado a cada explosão. O pistão é conectado a um dispositivo que faz as rodas do carro girar.

Aproveite este momento lúdico para falar em rendimento. O motor de 4 tempos, como os mais frequentemente utilizados nos carros, possui um rendimento de 25 a 35%. Por princípio, nenhuma máquina térmica pode ter rendimento de 100%, mas porque o motor do carro tem um rendimento tão baixo? De que forma toda essa energia perde-se? Como tem se buscado melhorar esse rendimento? Esse pode ser um bom tema para um trabalho de casa em grupo.

Seções 3 – Entropia e a segunda lei

Página no material do aluno

263 a 264

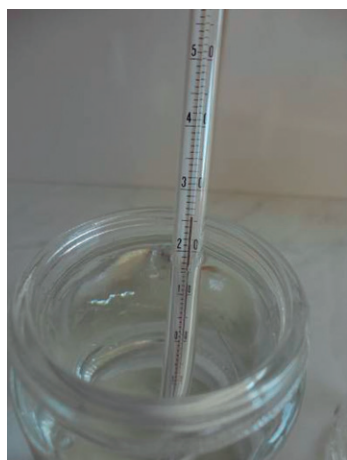
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Pintando a Entropia	2 – Porções de água (Em tor- no de 150ml cada); 2 – Recipientes transparentes; 1 – Aquecedor térmico; 2 – Cubos de gelo tingidos previamente.	Esta prática pretende, de maneira qualitativa, exibir o grau de desordem do siste- ma e evidenciar que a entro- pia sempre cresce, quando a quantidade de calor troca- da é a mesma. Um vídeo ilustrando este experimento encontra-se disponível no material anexo do professor (Mod2-Unid10-Sec3.avi).	Grupos de 4 alunos	15 minutos

Aspectos operacionais

Podemos observar com esta prática que algumas trocas de calor só ocorrem em um sentido e que a entropia é muito mais alta em um gás (ou líquido) do que em um arranjo cristalino. O experimento exhibe que a entropia está intimamente ligada a quantidade de energia disponível.

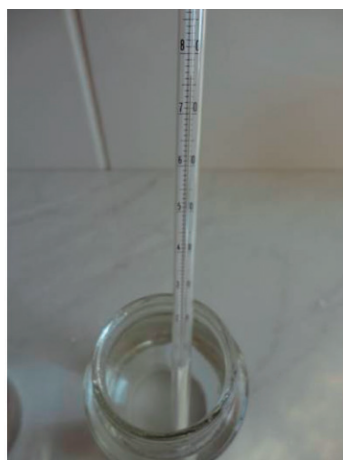
Passos:

1. Repouse um copo, com 150ml água a 27°C e em outro copo, com também mesmos 150ml a temperatura próxima de 80°C.



Temperatura

Fonte: Fábio Ferreira Luiz



Ambiente Quente

2. Adicione, ao mesmo instante, o gelo tingido, um cubo em cada copo.
3. Observe que o gelo adicionado ao copo com água a 80°C tinge muito mais a água do que o copo, contendo água a 27°C.



Temperatura Ambiente Quente

Fonte: Fábio Ferreira Luiz



Aspectos pedagógicos

Previamente, devemos preparar o gelo tingido com corante alimentício (ou tinta a base d'água), outro fator importante é a forma para aquecer a água, é muito importante o nobre professor estabelecer os cuidados necessários, caso use fogareiros ou bicos de bunsen. É possível desenvolver um aquecedor térmico, utilizando uma resistência de chuveiro e um chicote com tomada, tome cuidado ao acionar o aquecedor, caso o use, mergulhe a resistência por completo em água, sobre o risco de rompimento da mesma.

Observaremos durante o experimento que a entropia no copo inicialmente a 80°C é muito maior do que no copo a 27°C . A entropia estabelece a quantidade de calor fornecida de maneira irreversível em função da temperatura.

Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lista de Exercícios: Entropia e a Segunda Lei da Termodinâmica	Lápis e Papel	A Lista de Exercícios a seguir aborda os tópicos desenvolvidos durante esta unidade, tais como Segunda Lei da Termodinâmica, Entropia e Máquinas Térmicas. 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 10. 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;
- Estime 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

Entropia e a Segunda Lei da Termodinâmica

1. (UECE 2009) Imagine um sistema termicamente isolado, composto por cilindros conectados por uma válvula, inicialmente fechada. Um dos cilindros contém um gás perfeito, mantido à pressão de 1 atm, e no outro, tem-se vácuo. Abrindo-se a válvula,
 - a. o gás se expande e, assim, sua temperatura diminui.
 - b. a entropia do sistema mantém-se constante, pois não há troca de calor.
 - c. a entropia do sistema aumenta, porque o processo é irreversível.
 - d. a energia interna do gás diminui, porque sua pressão diminui.
2. (Enen 2011) Um motor só poderá realizar trabalho, se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso significa dizer que há vazamento da energia em outra forma. CARVALHO, A. X. Z. *Física Térmica*. Belo Horizonte: Pax, 2009 (adaptado).

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de:

- a. liberação de calor dentro do motor ser impossível.
 - b. realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.
 - c. conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
 - d. transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
 - e. utilização de energia potencial do combustível ser incontrolável.
3. (EPCAR (AFA) 2012) Com relação às máquinas térmicas e a Segunda Lei da Termodinâmica, analise as proposições a seguir.
 - i. Máquinas térmicas são dispositivos usados para converter energia mecânica em energia térmica com consequente realização de trabalho.
 - ii. O enunciado da Segunda Lei da Termodinâmica, proposto por Clausius, afirma que o calor não passa espontaneamente de um corpo frio para um corpo mais quente, a não ser forçado por um agente externo como é o caso do refrigerador.
 - iii. É possível construir uma máquina térmica que, operando em transformações cíclicas, tenha como único efeito transformar completamente em trabalho a energia térmica de uma fonte quente.
 - iv. Nenhuma máquina térmica, operando entre duas temperaturas fixadas, pode ter rendimento maior que a máquina ideal de Carnot, operando entre essas mesmas temperaturas.

São corretas apenas

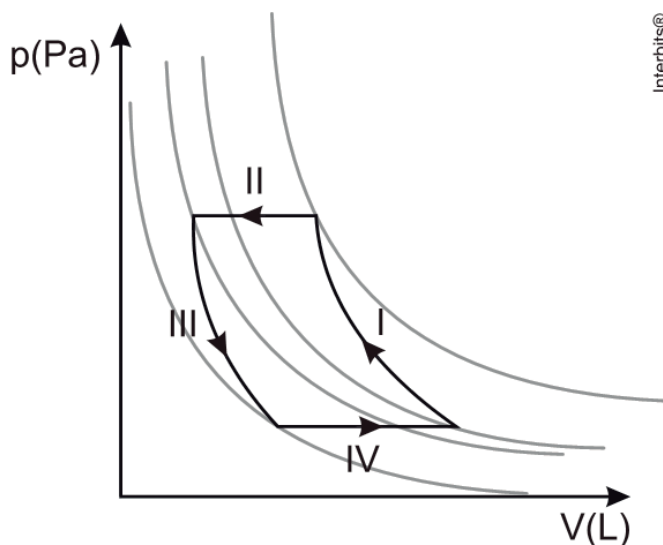
- a. I e II
 - b. II e III
 - c. I, III e IV
 - d. II e IV
4. (Enem 2012) Aumentar a eficiência na queima de combustível dos motores à combustão e reduzir suas emissões de poluentes são a meta de qualquer fabricante de motores. É também o foco de uma pesquisa brasileira que envolve experimentos com plasma, o quarto estado da matéria e que está presente no processo de ignição. A interação da faísca emitida pela vela de ignição com as moléculas de combustível gera o plasma que provoca a explosão liberadora de energia que, por sua vez, faz o motor funcionar. Disponível em: www.inovacaotecnologica.com.br. Acesso em: 22 jul. 2010 (adaptado).

No entanto, a busca da eficiência, referenciada no texto, apresenta como fator limitante

- a. o tipo de combustível, fóssil, que utilizam. Sendo um insumo não renovável, em algum momento estará esgotado.
 - b. um dos princípios da termodinâmica, segundo o qual o rendimento de uma máquina térmica nunca atinge o ideal.
 - c. o funcionamento cíclico de todos os motores. A repetição contínua dos movimentos exige que parte da energia seja transferida ao próximo ciclo.
 - d. as forças de atrito inevitável entre as peças. Tais forças provocam desgastes contínuos que com o tempo levam qualquer material à fadiga e ruptura.
 - e. a temperatura em que eles trabalham. Para atingir o plasma, é necessária uma temperatura maior que a de fusão do aço com que se fazem os motores.
5. (ITA 2013) Diferente da dinâmica newtoniana, que não distingue passado e futuro, a direção temporal tem papel marcante no nosso dia. Assim, por exemplo, ao aquecer uma parte de um corpo macroscópico e o isolarmos termicamente, a temperatura deste torna-se gradualmente uniforme, jamais se observando o contrário, o que indica a direcionalidade do tempo. Diz-se então que os processos macroscópicos são irreversíveis, evoluem do passado para o futuro e exibem o que o famoso cosmólogo Sir Arthur Eddington denominou de seta do tempo. A lei física que melhor traduz o tema do texto é
- a. a segunda lei de Newton.
 - b. a lei de conservação da energia.
 - c. a segunda lei da termodinâmica.
 - d. a lei zero da termodinâmica.
 - e. a lei de conservação da quantidade de movimento.

6. (PUCMG 2004) A respeito do que faz um refrigerador, pode-se dizer que:
- produz frio.
 - anula o calor.
 - converte calor em frio.
 - remove calor de uma região e o transfere a outra.
7. (UEM 2012) Sobre as transformações termodinâmicas que podem ocorrer com um gás ideal confinado em um cilindro com pistão, assinale o que for correto.
- (01) Um gás ideal realiza trabalho ao se expandir, empurrando o pistão contra uma pressão externa.
- (02) Em uma transformação adiabática ocorre troca de calor com a vizinhança.
- (04) A energia interna de uma amostra de gás ideal não varia, quando este sofre uma transformação isovolumétrica.
- (08) Quando o gás ideal sofre uma compressão, o trabalho é realizado por um agente externo sobre o gás ideal.
- (16) O gás ideal não realiza trabalho em uma transformação isovolumétrica.
8. (Ufpr 2008) Os estudos científicos desenvolvidos pelo engenheiro francês Nicolas Sadi Carnot (1796-1832) na tentativa de melhorar o rendimento de máquinas térmicas serviram de base para a formulação da segunda lei da termodinâmica. Acerca do tema, considere as seguintes afirmativas:
- O rendimento de uma máquina térmica é a razão entre o trabalho realizado pela máquina num ciclo e o calor retirado do reservatório quente nesse ciclo.
 - Os refrigeradores são máquinas térmicas que transferem calor de um sistema de menor temperatura para outro a uma temperatura mais elevada.
 - É possível construir uma máquina, que opera em ciclos, cujo único efeito seja retirar calor de uma fonte e transformá-lo integralmente em trabalho.
- Assinale a alternativa correta.
- Somente as afirmativas 1 e 3 são verdadeiras.
 - Somente a afirmativa 1 é verdadeira.
 - Somente a afirmativa 2 é verdadeira.
 - Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
 - Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.
9. (G1 – IFSC 2012) Você já se perguntou como funciona a geladeira? De que maneira ela consegue diminuir a temperatura dos alimentos? Pelo menos sabe, do ponto de vista físico, explicar o que acontece? A geladeira

é uma máquina térmica fria, que transforma trabalho em calor. Como máquina térmica, ela respeita um ciclo de transformações (duas isobáricas e duas adiabáticas), como mostra a figura abaixo.



Identifique em qual transformação a temperatura do gás atinge o seu menor valor. Assinale a alternativa **CORRETA**.

- a. Transformação IV – expansão isobárica
 - b. Transformação I – compressão adiabática
 - c. Transformação II – compressão isobárica
 - d. Transformação III – expansão adiabática
 - e. Transformação III – compressão adiabática
10. (UFPB 2011) Todos os anos, diversos pedidos de patentes de novas máquinas são rejeitados por violarem as Leis da Termodinâmica. Em particular, o conceito de entropia é frequentemente o ponto central da falha dos projetos dessas máquinas, o que demonstra a importância da entropia. Considerando o conceito de entropia, identifique as afirmativas corretas:
- () A reversibilidade de um processo termodinâmico é uma consequência do aumento da entropia.
 - () Alguns processos termodinâmicos, mesmo quando há conservação da energia, não são possíveis, pois fazem a entropia do universo diminuir.
 - () A entropia é uma medida da desordem do sistema.
 - () Quanto maior o número de estados acessíveis a um sistema, maior será a entropia desse sistema.
 - () De acordo com a segunda Lei da Termodinâmica, a entropia de um sistema fechado nunca decresce.

Gabarito Comentado

Resposta da questão 1: [C]

O sistema é termicamente isolado e expande livremente contra o vácuo. Portanto, o gás não realiza trabalho e nem recebe calor, sendo assim, sua energia interna não varia, não ocorrendo variação de sua temperatura. Porém, o sistema é irreversível: o gás perde a capacidade de realizar trabalho, aumentando a entropia do sistema.

Resposta da questão 2: [C]

De acordo com a segunda lei da termodinâmica. ***É impossível uma máquina térmica, operando em ciclos, converter integralmente calor em trabalho.***

Resposta da questão 3: [D]

I. **Falsa.** Máquinas térmicas são dispositivos usados para converter energia térmica em energia mecânica com consequente realização de trabalho.

II. **Verdadeira.** Idem enunciado.

III. **Falsa.** De acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, nenhuma máquina térmica, operando em ciclos, pode retirar calor de uma fonte e transformá-lo integralmente em trabalho.

IV. **Verdadeira.** Idem enunciado.

Resposta da questão 4: [B]

A segunda lei da Termodinâmica afirma: *É impossível uma máquina Térmica, operando em ciclos, transformar integralmente calor em trabalho* .

Em termos de cálculo, ela pode ser traduzida pela expressão do ciclo de Carnot, que dá o máximo rendimento possível para uma máquina térmica operando em ciclos entre uma fonte quente e uma fonte fria, respectivamente, a temperaturas absolutas T_1 e T_2 :

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}.$$

Para transformar integralmente calor em trabalho, o rendimento teria que ser igual $\eta = 1$.

Nesse caso:

$$1 = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 0 \Rightarrow T_2 = 0 \text{ K.}$$

Ou seja, temperatura da fonte fria deveria ser zero absoluto, o que é um absurdo.

Resposta da questão 5: [C]

Do texto da questão: ao aquecer uma parte de um corpo macroscópico e o isolarmos termicamente, a temperatura deste se torna gradualmente uniforme, jamais se observando o contrário, o que indica a direcionalidade do tempo .

O texto refere-se à entropia de um sistema, ou melhor, ao aumento da entropia dos sistemas termodinâmicos, o que é demonstrado pela segunda lei da termodinâmica que nos diz: nunca será observado, com o passar do tempo, um acúmulo de energia térmica em apenas um ponto do corpo. Dessa forma, distribuir uniformemente a temperatura de um sistema isolado é um processo irreversível, pois ocorre espontaneamente, ao contrário do acúmulo de energia, que precisa ser um processo forçado , ou seja, requer a atuação de uma fonte de energia externa ao sistema para ocorrer.

Resposta da questão 6: [D]

O refrigerador é antinatural. Ele força o fluxo de calor do ponto de menor para o de maior temperatura.

Resposta da questão 7:

$$01 + 08 + 16 = 25.$$

(01) **Correta.** Devido à pressão, o gás exerce força sobre o êmbolo, empurrando o pistão, realizando trabalho positivo.

(02) **Incorreta.** Transformação adiabática é aquela em que o gás não troca calor com a vizinhança.

(04) **Incorreta.** A energia interna de um gás ideal depende exclusivamente da sua temperatura absoluta. Portanto, somente não ocorre variação da energia interna, quando a transformação é isotérmica.

(08) **Correta.** Na compressão o gás recebe trabalho de um agente externo.

(16) **Correta.** Se a transformação é isovolumétrica, não ocorre deslocamento do pistão, não havendo realização de trabalho.

Resposta da questão 8: [D]

Resposta da questão 9: [D]

Da equação de Clapeyron:

$$p V = n R T \Rightarrow T = \frac{p V}{n R}.$$

Essa expressão nos mostra que a temperatura é diretamente proporcional ao produto **Pressão x Volume**. O gráfico nos mostra que o mínimo valor desse produto é no final da transformação III, portanto, esse é ponto em que a temperatura atinge o menor valor.

Resposta da questão 10:

F V V V V

Justificando a(s) falsa(s)

(F) A reversibilidade de um processo termodinâmico é uma consequência do aumento da entropia.

Num processo reversível a variação da entropia é nula, ou seja, a entropia é constante, pois o processo ocorre em equilíbrio termodinâmico.