



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Produto Pedagógico do Mestrado Profissional

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE TERMOLOGIA
PARA O ENSINO MÉDIO

Ednilton Mariano Chaves

Orientador: Prof. PhD. Júnio M. R. Cruz
Instituto de Física – UnB

Brasília, Outubro de 2014

Texto Introdutório: TERMOLOGIA

É o ramo da Física que estuda os fenômenos relacionados à mudança de temperatura (aquecimento ou resfriamento) e/ou às mudanças de estado físico da matéria, quando os corpos cedem ou recebem calor.

Mas, o que é temperatura? E calor? São sinônimos? Apesar de serem constantemente confundidos, temperatura e calor têm significados físicos bem distintos.

Macroscopicamente, temperatura é a grandeza física que nos permite avaliar o estado térmico dos corpos e classificá-los, como: quentes; frios e mornos. Isto é, a temperatura pode ser entendida como a propriedade física que indica o quanto um objeto é quente ou frio, em relação a um outro objeto, tomado como padrão.

Convém frisar que o tato é muito impreciso na avaliação de temperaturas, pois depende da sensibilidade de cada observador e, para um mesmo observador, depende das condições térmicas que ele se encontrava. A percepção da grandeza temperatura, por meio do tato, depende, também, da condutividade térmica dos corpos que se quer avaliar.

Do ponto de vista microscópico, temperatura é a grandeza física associada ao estado de movimento (ou à agitação) das partículas que compõem os corpos. Mas, como não podemos avaliar, diretamente, essa agitação de partículas, utilizamos algumas propriedades dos corpos (volume, pressão, resistência elétrica etc.), que se modificam quando o estado térmico do sistema é alterado, como indicadores de temperatura dos corpos. Os termômetros (medidores de temperatura) são construídos levando-se em conta as relações entre as variações da propriedade escolhida e as variações do estado térmico do sistema. Escolhendo-se, arbitrariamente, grandezas que possam servir para aferir temperatura, conhecidas como *grandezas termométricas*, pode-se construir uma infinidade de termômetros, com escalas arbitrárias e muitas vezes incomuns. A fim de evitar esse inconveniente, podem-se estabelecer certas regras para tais grandezas ou propriedades das substâncias, regras essas que devem ser adotadas internacionalmente. Usando regras definidas, obtêm-se as escalas termométricas, como a Celsius, a Fahrenheit ou a escala absoluta de Kelvin.

Quando há aquecimento e resfriamento de um corpo, bem como mudança de estado físico, admitimos existir entre os corpos uma troca de energia térmica, a qual é denominada calor. Então, calor é energia térmica que flui de um corpo para outro, em razão da diferença de temperatura existente entre eles.

Para uma melhor compreensão, analise a situação: uma pessoa segura uma pedra de gelo nas mãos, a qual começa a se derreter. Pergunta-se: qual dos dois corpos tinha inicialmente maior temperatura, a mão ou o gelo? Com certeza, a mão estava mais quente. Como a temperatura da mão era maior que a do gelo, ela cedeu energia térmica para ele. Essa energia, em trânsito (passando de um corpo para outro, em virtude da diferença de temperatura), é denominada calor. Desta forma, "sempre que encostarmos corpos, ou sistemas, que estejam com temperaturas diferentes, haverá troca de calor entre eles e, espontaneamente, o calor sempre passará do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura, até que ambos atinjam a mesma temperatura, ou seja, atinjam o equilíbrio térmico".

Levando-se em conta as observações anteriores, a Lei Zero da Termodinâmica assim postula: "se A e B são dois corpos em equilíbrio térmico com um terceiro corpo C, então A e B estão em equilíbrio térmico um com o outro". Apesar de muito simples, a Lei Zero é de grande importância experimental, pois permite a medição da temperatura de sistemas.

Formalmente, a temperatura é a propriedade de todos os sistemas em equilíbrio termodinâmico; essa grandeza é tal que a condição necessária e suficiente para que haja equilíbrio térmico entre vários sistemas é que a temperatura desses sistemas seja a mesma.

Mas, como o calor passa de um corpo para outro? Pode ocorrer de três formas.

- Condução – a transmissão de energia é feita de partícula a partícula, por meio da vibração, sem que haja deslocamento de matéria. Ocorre, principalmente, nos sólidos;
- Convecção - a transmissão de energia é feita de uma região para outra por meio do deslocamento de matéria, que é uma característica típica dos fluidos;
- Irradiação - a transmissão de energia é feita por meio de infravermelho e, por isso, não necessita de um meio material para propagar-se (pode ser transmitida pelo vácuo).

Como consequências da mudança de temperatura, quando há trocas de calor, surgem a dilatação e a contração térmica, fenômenos no qual um corpo sofre variação em suas dimensões, em virtude de alteração na vibração térmica das moléculas desse corpo.

Toda dilatação e contração térmica é volumétrica, mas, com fins didáticos, costuma-se analisar as dilatações e contrações térmicas dos sólidos sob três aspectos de relevância:

- Linear - quando se estuda somente a alteração no comprimento do corpo, ou seja, quando se quer avaliar a variação de uma dimensão do corpo;
- Superficial - quando se que analisa as alterações no comprimento e na largura do corpo, isto é, alterações em duas dimensões do corpo;
- Volumétrica - que está relacionada com a alteração das três dimensões do corpo, ou seja, com o comprimento, a largura e a altura.

Em geral, é difícil perceber, a olho nu, a dilatação e a contração térmica dos sólidos, mas, no nosso cotidiano, nos deparamos com diversas situações nas quais é necessário levá-las em consideração, como: trilhos de trens que são colocados de modo que sempre haja um pequeno espaço entre eles, para evitar as deformações; nas calçadas cimentadas e entre as placas de cerâmica (dos pisos e paredes) são colocadas juntas de dilatação para se evitar a ruptura dessas estruturas, etc.

Assim como os sólidos, os líquidos também se dilatam e se contraem com a alteração da temperatura. Mas, como os líquidos não têm forma própria (eles assumem a forma dos recipientes que os contêm), não tem sentido em se definir dilatação ou contração linear e superficial para eles. Por isso, para os líquidos, só se estuda o caso volumétrico.

E os gases? Por não terem nem forma e nem volume próprios, não se define dilatação (nem contração) para essa fase da matéria. Além disso, os gases reais (hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, hélio etc.), por causa de suas características moleculares, em geral apresentam comportamentos diferentes. Analisando essas propriedades, os cientistas Robert Boyle, Jacques Charles, Louis Joseph Gay-Lussac e Paul Emile Clayperon estabeleceram regras que, quando seguidas pelos gases, passam a se comportar, macroscopicamente, de maneira semelhante. Dizemos, então, que um gás nessas condições é denominado de gás perfeito.

Grande parte dos fenômenos térmicos só foram estudados e incorporados à Ciência após a Revolução Industrial, quando as máquinas térmicas começaram a ser utilizadas nas fábricas. A partir da análise do funcionamento dessas máquinas, as três Leis da Termodinâmica foram descobertas, o que possibilitou, hoje em dia, a produção de máquinas e motores mais eficientes — como as turbinas que impulsionam aviões e navios, ou os motores a "diesel", utilizados em tratores e caminhões — os quais contribuem com o aumento da produção e distribuição de alimentos e bens de consumo, melhorando a qualidade de vida das pessoas.

Experimento 1

AVALIAÇÃO E MEDIÇÃO DE TEMPERATURA

Introdução

Macroscopicamente, temperatura é a grandeza física que caracteriza o estado térmico dos corpos e que nos permite classificar os corpos, como: quentes; frios e mornos.

Microscopicamente, a temperatura de um corpo está intimamente relacionada com a agitação das partículas que constituem esses corpos. Assim, corpos com maior temperatura, apresentam maior grau de agitação térmico molecular, ou seja, corpos quentes têm moléculas mais agitadas (com maior energia cinética) do que corpos frios.

Como não podemos aferir, diretamente, a agitação molecular, para avaliar a temperatura de um corpo, utilizamos as propriedades de alguns sistemas (como: cor, volume, pressão, resistência elétrica etc.), que se modificam quando o estado térmico é alterado. Os termômetros (medidores de temperatura) são construídos levando-se em conta as relações entre as variações de uma dessas propriedades e as variações do estado térmico do sistema.

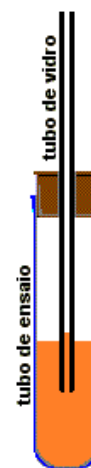
Quando não se tem um termômetro disponível, é comum as pessoas tentarem avaliar a temperatura dos corpos, por meio do tato. No entanto, **o tato é muito impreciso para avaliar temperatura, pois depende do observador que avalia e, para um mesmo observador, depende das condições térmicas que esse observador se encontrava.** Por exemplo, uma pessoa que estava com as mãos muito geladas, ao tocar um corpo morno, tem a impressão de que esse corpo está a uma temperatura mais elevada do que ele realmente está.

Outro fator que também dificulta a avaliação da temperatura por meio do tato é a condutividade térmica. **Objetos feitos de materiais diferentes, geralmente, têm condutividades térmicas diferentes e, quando são tocados, nos dão sensações térmicas diferentes, mesmo estando à mesma temperatura.** Comumente, os objetos que nos cercam estão a uma temperatura menor do que a do corpo humano e, nesse caso, quando são tocados, há transferência de calor do corpo humano para os objetos tocados. **Quanto maior a condutividade térmica desses objetos, mais rapidamente eles retiram energia de nossos corpos, nos dando a sensação de que suas temperaturas estão mais baixas do que realmente estão.**

Uma maneira mais precisa de se avaliar a temperatura de um corpo é por meio de um **termoscópio**. Trata-se de um instrumento que utiliza uma propriedade física (cor, volume, pressão, resistência elétrica etc.) que varia quando o estado térmico do corpo é alterado. Mas, lembre-se de que os termoscópios, assim como o tato, apenas avaliam temperaturas, não as medem porque não possuem escalas termométricas. Para se medir temperatura, temos que usar termômetros.

Nesse experimento, tentaremos constatar tudo o que foi afirmado anteriormente. Em algumas atividades, utilizaremos o termoscópio representado na figura ao lado. Ele é constituído por um tubo de ensaio com um pouco de água colorida, encerrado por uma tampa, a qual é atravessada por um canudo de vidro, que mantém uma extremidade imersa no líquido. Nesse instrumento, a propriedade física que varia com a temperatura é a altura da coluna líquida no tubo de vidro. Como a expansão do ar contido no tubo de ensaio é maior do que a dilatação do líquido, para uma maior percepção da variação da altura da coluna líquida

Termoscópio



no tubo de vidro, a quantidade de líquido no tubo de ensaio deve ser mínima possível, cerca de dois centímetros de altura.

Essa atividade foi desenvolvida para ser realizada em duas aulas.

Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Constatar que o tato não é eficiente para avaliar temperatura;
- Constatar que a condutividade térmica influencia a avaliação de temperaturas;
- Analisar o funcionamento de um termoscópio;
- Relacionar a altura da coluna líquida no termoscópio com o estado térmico dos corpos;
- Relacionar a altura da coluna líquida no termoscópio com a correspondente temperatura celsius;
- Utilizar a relação entre a altura da coluna líquida e a escala celsius para determinar a temperatura de um corpo.

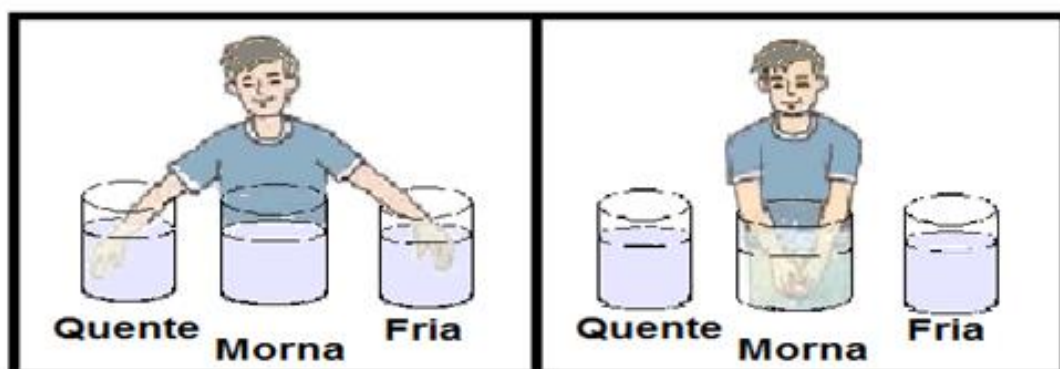
Materiais Necessários

- Béquer com água quente: a uma temperatura que não queime as mãos dos alunos;
- Béquer com água fria: próxima a 0° Celsius;
- Béquer com água morna: à temperatura ambiente;
- 2 Termoscópios idênticos;
- Termômetro científico;
- Régua;
- Calculadora.

Procedimentos

Primeira Parte (1ª aula)

- d. Sobre a bancada há três béqueres com águas a temperaturas diferentes, devidamente etiquetados. Coloque as duas mãos na água morna, durante uns 30 segundos. Em seguida, coloque a mão direita no béquer com água quente e a mão esquerda no béquer com água fria, por mais trinta (30) segundos.
- e. Simultaneamente e sem demora, coloque as duas mãos no béquer com água morna, tentando avaliar o estado físico da água do terceiro béquer, com ambas as mãos.



6. Ambas as mãos tiveram as mesmas sensações térmicas para a temperatura da água morna? Justifique, descrevendo a diferença de sensações, em cada mão.

7. A mão direita recebeu ou cedeu calor para a água morna? E a mão esquerda? Justifique cada resposta.

- f. Encoste as palmas das duas mãos e as mantenham encostadas por cerca de 30 segundos. Em seguida, toque, simultaneamente, em duas superfícies diferentes (por exemplo, na porta de madeira e na maçaneta metálica), tentando avaliar a temperatura dessas superfícies.

8. Qual a importância de manter as mãos unidas, por cerca de 30 segundos, antes de se fazer a experiência de tocar os objetos diferentes?

9. As duas superfícies tocadas estão em equilíbrio térmico, pois já estão em contato há muito tempo. No entanto, você não percebeu que elas estavam à mesma temperatura. Por que o metal pareceu estar mais frio?

10. Avaliar temperatura, por meio do tato, é um procedimento preciso, isto é, é um processo que sempre nos proporciona a mesma sensação térmica, quando submetido às mesmas condições? Justifique.

Segunda Parte (2ª aula)

- g. Há dois termoscópios na bancada. Constate que eles são idênticos e, em seguida, compare-os com o termômetro científico.

11. Qual a principal diferença entre os termoscópios e o termômetro científico?

- h. Coloque um termoscópio no béquer com água quente e o outro no béquer com água fria. Observe as alterações ocorridas, durante alguns segundos.

12. Descreva o que aconteceu nos termoscópios para demonstrar que as águas estavam a temperaturas diferentes.

- i. Coloque o termoscópio e o termômetro no béquer com água quente e espere o equilíbrio térmico entre esses sistemas.

- j. Utilizando a régua, meça a altura H_1 da coluna líquida no tubo de vidro do termoscópio, em relação ao nível do líquido no tubo de ensaio, após o termoscópio entrar em equilíbrio térmico com a água quente. Anote o valor medido com a precisão de décimos de milímetros.

$$H_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- k. Utilizando o termômetro, meça a temperatura T_1 da água quente e anote-a, com a precisão de décimos de graus celsius.

$$T_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- l. Agora, mergulhe o termoscópio e o termômetro no recipiente com água fria e observe o que ocorre, até atingir o equilíbrio térmico.

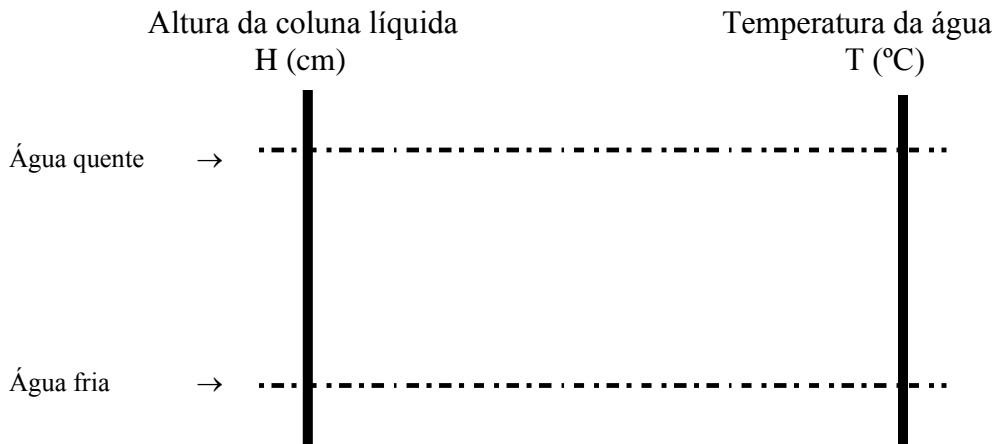
- m. Utilizando a régua, meça a altura H_2 da coluna líquida no tubo de vidro do termoscópio, em relação ao nível do líquido no tubo de ensaio, após o termoscópio entrar em equilíbrio térmico com a água fria. Anote o valor medido com a precisão de décimos de milímetros.

$$H_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- n. Utilizando o termômetro, meça a temperatura da água fria e anote-a, com a precisão de décimos de graus celsius.

$$T_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

13. Anote os valores correspondentes para as alturas da coluna líquida e as temperaturas das águas avaliadas.



14. A partir dos valores do item anterior, determine a função termométrica entre a altura da coluna líquida H, em cm, e a temperatura da água, em °C.

Cálculos:

- o. Coloque o termoscópio no béquer com água morna; espere atingir o equilíbrio térmico e meça a altura H_3 da coluna líquida, em relação ao nível do líquido no tubo de ensaio. Anote o valor medido com a precisão de décimos de milímetros.

$$H_3 = \underline{\hspace{2cm}}$$

15. Usando a função termométrica entre a altura H da coluna líquida e a temperatura T da água, determine a temperatura da água morna.

Cálculos:

- p. Coloque o termômetro no béquer com água morna, espere o equilíbrio térmico e meça a temperatura T_3 da água morna. Anote o valor medido com a precisão de décimos de graus celsius.

$$T_3 = \underline{\hspace{2cm}}$$

16. Compare o valor calculado para a temperatura da água morna com o valor medido. Cite, pelo menos dois, motivos que justifiquem a possível diferença (ou não) entre esses valores.

Experimento 2

DILATAÇÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS

Introdução

A dilatação e a contração térmica dos corpos são consequências da mudança de temperatura, em virtude das trocas de calor. Quando aumentamos a temperatura de um corpo (sólido ou líquido), aumentamos a agitação das partículas que o formam. Geralmente, isso faz crescer não só a amplitude da vibração das moléculas, mas também a distância média entre elas, resultando em aumento nas dimensões desse corpo. Esse aumento é chamado dilatação térmica. Da mesma forma, a diminuição da temperatura geralmente acarreta a redução das dimensões do corpo (contração térmica).

Toda dilatação e contração térmica de corpos homogêneos e isotrópicos² é volumétrica, mas, para fins práticos, costuma-se analisar as dilatações e contrações térmicas dos sólidos de três formas:

- **Linear** - quando estamos interessados somente na alteração do comprimento do corpo, ou seja, quando se quer avaliar a variação de uma dimensão do corpo;
- **Superficial** - quando se quer analisar as alterações no comprimento e na largura do corpo, isto é, alterações em duas dimensões do corpo;
- **Volumétrica** - que está relacionada com a alteração das três dimensões do corpo, ou seja, com mudanças no comprimento, na largura e na altura.

Em geral, pode-se afirmar que quanto maior o coeficiente de dilatação do corpo, maior será a dilatação ou a contração térmica desse corpo, ao sofrer variações de temperatura. No entanto, é difícil perceber, a olho nu, essas variações nas dimensões dos sólidos, porque elas são muito pequenas, quando comparadas com as dimensões dos corpos que sofrem a mudança de temperatura. Mas, no nosso cotidiano, nos deparamos com diversas situações nas quais é necessário levá-las em consideração. Por exemplo, na construção de pontes, edifícios e estradas de ferro são deixadas “folgas”, chamadas de juntas de dilatação, para prevenir trincas e rachaduras causadas pela dilatação térmica dos materiais de construção. A fixação dos fios elétricos nos postes é feita com certa folga para se evitar a ruptura desses fios quando ocorrer a contração térmica, quando a temperatura local diminui.

Uma situação que sempre causa dúvida é a dilatação ou a contração térmica de objetos que contêm furos. No caso de aumento de temperatura, há aumento ou redução dos diâmetros desses furos? Lembrando-se que aumentos na temperatura de um corpo, provocam aumentos na agitação das partículas que constituem esse corpo e, conseqüentemente, maior afastamento dessas partículas, podemos concluir que os diâmetros dos furos devem aumentar, pois as partículas das bordas desses furos devem se afastar, uma das outras. Se os diâmetros diminuíssem, as partículas ficariam mais próximas, uma das outras, o que seria incompatível com um aumento de temperatura.

Neste experimento, queremos constatar a dilatação e a contração térmica dos sólidos. Também, será estudado o comportamento térmico de uma barra, com o dilatômetro de precisão, a fim de calcularmos o coeficiente de dilatação térmica linear do material que compõe essa barra.

² Um meio é denominado isotrópico quando apresenta a mesmas propriedades físicas em todos os pontos. Por exemplo, o ar presente nessa sala é homogêneo (só apresenta uma fase), mas não é isotrópico, pois não tem a mesma velocidade, densidade, temperatura e pressão em todos os pontos da sala.

Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Diferenciar as dilatações térmicas lineares, superficiais e volumétricas;
- Compreender que as dilatações lineares e superficiais são casos particulares da dilatação volumétrica;
- Constatar a dilatação térmica superficial e volumétrica;
- Discutir a dilatação (e a contração) de corpos com furos;
- Analisar a dilatação linear de uma barra metálica;
- Utilizar o dilatômetro de precisão para realizar medidas de dilatação linear;
- Calcular o coeficiente de dilatação linear da barra experimentada.

Materiais Necessários

- Dilatômetro de precisão;
- Conjunto Anel de Gravezande;
- Suporte Universal;
- Bico de *Bunsen*;
- Calculadora.



Procedimentos

- d. O Conjunto Anel de Gravezande é constituído, basicamente, por uma esfera e uma arruela, constituídas pelo mesmo material. Passe a esfera de metal através do anel de gravezande (da arruela). Observe que, à temperatura ambiente, a esfera atravessa o anel facilmente.
 - e. Acenda a chama do bico de *Bunsen* e, com muito cuidado, leve a esfera à chama, para aquecê-la, durante uns 3 (três) minutos.
 - f. Apoie a esfera aquecida sobre o anel de gravezande e aguarde por alguns segundos, observando o que ocorre.
7. A dilatação térmica da esfera metálica é linear, superficial ou volumétrica? E a dilatação térmica da arruela? Justifique ambos os casos.

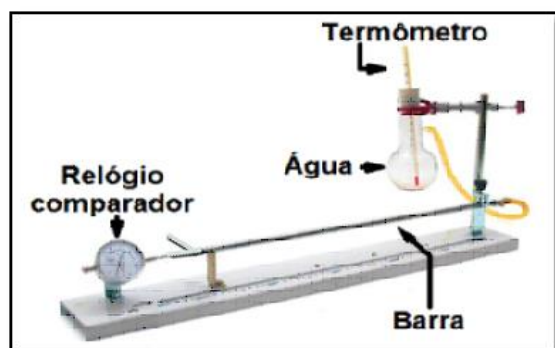
8. Por que, inicialmente, a esfera aquecida não atravessa a arruela?

9. Por que, posteriormente, após a esfera trocar calor com a arruela, ela voltou a atravessar o anel?

10. O que ocorre com as dimensões do orifício de uma chapa metálica quando ela é aquecida: aumenta ou diminui? Justifique.

- g. Monte o dilatômetro de precisão, conforme figura ao lado.

Obs.: Ao manusear a barra, procure segurá-la pelas extremidades para evitar o aquecimento da mesma, antes do início do experimento.



- f. Com muito cuidado, avance a barra metálica até tocar na ponteira do relógio comparador do dilatômetro e forçar uma pequena leitura inicial. Prenda a barra nessa localização, apertando o parafuso que se encontra próximo da outra extremidade da barra. Em seguida, ajuste o “zero” da escala, girando o anel recartilhado do relógio comparador, até que a marca do zero coincida com a ponta do maior ponteiro do relógio.
- g. Meça a temperatura inicial da barra. Considere que ela esteja em equilíbrio térmico com o meio ambiente.
- h. Utilizando a própria escala milimétrica do dilatômetro, meça o comprimento inicial da barra metálica, desde a localização do parafuso que prende a barra, até o início da ponteira do relógio comparador. Perceba que o pequeno pedaço da barra que fica do outro lado do parafuso não influencia o resultado do experimento, pois, ao sofrer dilatação, ele não interfere na medição do relógio comparador e, por isso, não é considerada nessa medida inicial.
11. Anote a temperatura e o comprimento iniciais da barra. Anote o valor da temperatura com a precisão de décimos de graus celsius e o valor do comprimento com a precisão de décimos de milímetros.

$$T_0 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$L_0 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- i. Acenda a chama do bico de Bunsen e aqueça a água no interior do balão volumétrico.
- j. Acompanhe o aquecimento da água até a fervura, analisando o movimento dos ponteiros do relógio comparador do dilatômetro, enquanto o vapor atravessa o interior da barra metálica.

Obs.: O vapor que sai da barra é muito quente e pode provocar um acidente. Tenha cuidado!

- k. Após o aquecimento da barra, quando os ponteiros pararem de se movimentar, meça a temperatura final da barra. Considere que a barra esteja em equilíbrio térmico com a água em ebulição e meça essa temperatura no termômetro que está fixado no balão volumétrico.
- l. Meça a dilatação da barra metálica, sabendo que o menor ponteiro do relógio registra os milímetros de dilatação, enquanto o ponteiro maior registra os centésimos de milímetros.
12. Anote a temperatura e a dilatação térmica da barra, após o aquecimento da mesma. Anote o valor da temperatura com a precisão de décimos de graus celsius e o valor do comprimento com a precisão de décimos de milímetros.

$$T_F = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\Delta L = \underline{\hspace{2cm}}$$

- m. Apague a chama do bico de *Bunsen*.
- n. Resfrie a barra metálica, soprando-a ou abanando-a e observe os ponteiros do relógio do dilatômetro.
13. Usando os dados anteriores, calcule, no quadro a seguir, o coeficiente de dilatação linear do material que constitui a barra metálica.

Lembre-se de que a dilatação térmica linear é expressa por:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

Onde: ΔL – dilatação térmica linear da barra;

L_0 – comprimento inicial da barra;

α – coeficiente de dilatação térmica linear;

ΔT – variação de temperatura da barra.

Cálculos:

Obs.: A tabela abaixo mostra alguns valores de coeficiente de dilatação linear.

Material	Coeficiente de Dilatação Linear ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Aço	$1,1 \cdot 10^{-5}$
Alumínio	$2,3 \cdot 10^{-5}$
Chumbo	$2,7 \cdot 10^{-5}$
Cobre	$1,7 \cdot 10^{-5}$
Latão	$2,0 \cdot 10^{-5}$

14. Qual é o material que constitui a barra metálica utilizada?

15. Cite pelo menos dois motivos que justifiquem a possível diferença entre o valor calculado e o tabelado para o coeficiente de dilatação linear do material da barra.

16. O processo de dilatação térmica é reversível? Justifique.

17. Com relação aos fenômenos da dilatação e da contração térmicas, responda:

c. É comum encontrarmos corpos idênticos, em equilíbrio térmico, que estão presos, um dentro do outro. Supondo que esses corpos sejam constituídos de mesmo material (como por exemplo, de alumínio), é correto afirmar que eles vão se separar caso sofram a mesma variação de temperatura? Justifique.

d. Cite pelo menos dois métodos que facilitem a separação dos corpos metálicos citados no item anterior.

Experimento 3

PROCESSOS DE PROPAGAÇÃO DE CALOR

Introdução

Quando há diferença de temperatura entre duas regiões do espaço, verifica-se o fluxo de calor, no sentido da região mais quente para a mais fria, como tendência natural de se estabelecer o equilíbrio térmico entre as regiões citadas. Essa propagação de calor pode ocorrer de três formas:

CONDUÇÃO – a transmissão de energia é feita de molécula a molécula, por meio da vibração molecular, sem que haja deslocamento de matéria;

CONVECCÃO – a transmissão de energia térmica é feita de uma região para outra por meio do deslocamento de matéria. É o processo de propagação de calor característico dos fluidos;

IRRADIAÇÃO – a transmissão de energia térmica é feita por meio de ondas eletromagnéticas (infravermelho). Qualquer corpo, com temperatura superior ao zero absoluto (zero kelvin), irradia calor por meio de ondas eletromagnéticas. Esse processo não precisa de um meio material para haja propagação do calor.

Neste experimento, estudaremos os três métodos de propagação de calor, analisando as peculiaridades de cada processo.

Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

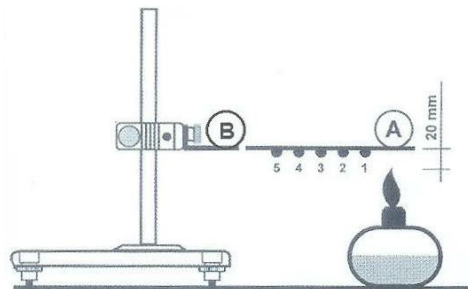
- Identificar as condições para haver propagação de calor;
- Identificar o sentido do fluxo de calor;
- Concluir que o sentido do fluxo de calor coincide com o sentido decrescente de temperaturas;
- Identificar, comparar e classificar os processos de propagação de calor.

Materiais Necessários

- Conjunto de estudo de propagação de calor;
- Cinco esferas metálicas;
- Lâmpada a álcool;
- Cera de vela (parafina);
- Lâmpada incandescente com bocal;
- Fósforos;
- Ventoinha;
- Termômetro com suporte;
- Régua;
- Cronômetro.

Procedimentos

- Prenda as cinco esferas de metal na barra de alumínio, utilizando a mesma quantidade de parafina (cera de vela).
- Prenda a barra de alumínio na haste universal, de forma que as esferas fiquem voltadas para baixo (ver figura).
- Acenda a lamparina e aqueça a região (A) extrema da haste que contém as esferas (ver figura anterior).
- Analise o aquecimento da barra de alumínio e observe o que ocorre.



Obs.: Imediatamente após a queda das esferas, apague a lamparina.

- Complete a frase.

“Ao se fornecer energia térmica no ponto A, as esferas se desprenderem, sucessivamente (na ordem 1, 2, 3, 4 e 5), pois a _____ (**energia térmica/temperatura**) se propagou de molécula a molécula, sem o deslocamento de _____. Esse tipo de processo de propagação de calor é denominado _____.”

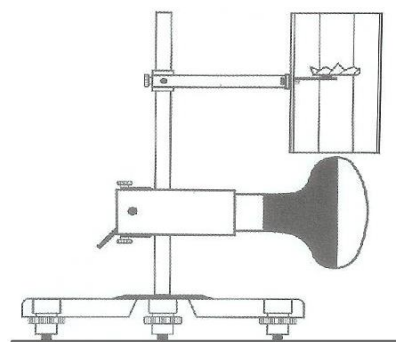
- A esfera 2 poderia cair antes da esfera 1? Justifique.

- Pode-se afirmar que o fluxo de calor, pela barra de alumínio, propagou no sentido da extremidade A para a B (veja figura anterior)? Justifique.

- Posicione a ventoinha sobre a região central da lâmpada desligada, apoiando-a no pino do suporte, conforme figura abaixo.

Atenção: Nas próximas etapas, não olhe para o filamento da lâmpada, enquanto ela estiver acesa, pois pode prejudicar (danificar) suas retinas e sua visão.

- Acenda a lâmpada e observe o que ocorre com a ventoinha.



4. A propagação de calor por condução explicar o ocorrido com a ventoinha? Justifique.

5. Complete as frases.

“A ventoinha começou a _____ porque a porção de ar aquecido _____ (**subiu/desceu**), por ter _____ (**maior/menor**) densidade que o ar frio, uma vez que o volume dessa porção de ar aumentou, por causa do aumento da agitação molecular.”

“Esse processo de propagação de calor é denominado _____ e a propagação de energia térmica é feita de uma região para outra, por meio de _____ (**irradiação térmica/deslocamento de matéria**).”

6. Explique o que acontece à massa de ar frio que se encontra próxima da lâmpada, quando esta é acesa.

g. Monte o sistema, conforme figura ao lado.

h. Com a lâmpada desligada, meça a temperatura inicial indicada pelo termômetro. Anote o valor medido com a precisão de décimos de graus celsius.

$T_0 =$ _____

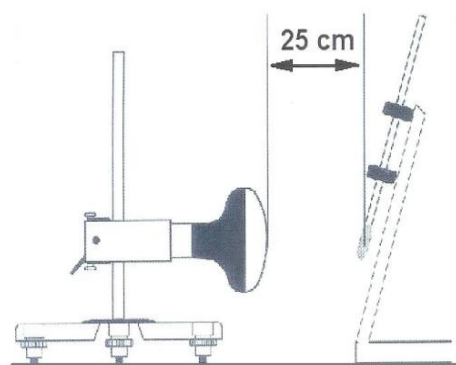
i. Acenda a lâmpada por cinco minutos (cronometrados).

Obs.: Quando aceso, o filamento da lâmpada se aquece muito e, como consequência, emite luz e calor. Toda essa energia se propagou pelo semi vácuo do interior da lâmpada e pelo ar em frente à mesma, até atingir o bulbo do termômetro.

j. Anote a temperatura final indicada no termômetro, com a precisão de décimos de graus celsius.

$T_F =$ _____

k. Desligue a lâmpada.



7. A variação de temperatura, comprovada pelas medidas com o termômetro, pode ser explicada pela condução ou convecção térmicas? Justifique.

8. A variação de temperatura, comprovada pelas medidas com o termômetro, pode ser explicada pela convecção térmica? Justifique.

9. As radiações emitidas pelo filamento da lâmpada precisam de um meio material para propagar-se? Justifique.

10. Complete as frases.

“Esse processo de propagação de calor é denominado _____ e a transferência de energia térmica é feita de uma região para outra, por meio de _____ (**ondas eletromagnéticas/deslocamento de matéria**), as quais podem se propagar, até mesmo, no _____.”

“A superfície espelhada, na parte traseira da lâmpada, serve para _____ (**refratar/refletir**) e direcionar a energia _____ e a energia _____ para a frente da lâmpada. “

11. Com relação aos processos de propagação de calor, explique:

a) por que sentimos a extremidade de um talher de metal aquecer, quando colocamos a outra extremidade dele em uma panela quente?

b) por que os aparelhos de ar-condicionado são instalados na parte superior dos ambientes, enquanto os aquecedores são instalados na parte inferior?

c) como a energia produzida pelo Sol aquece o Planeta Terra, se entre esses astros praticamente não há matéria?

Experimento 4

CALOR ESPECÍFICO

Introdução

Suponha que certa porção de matéria recebeu calor e sofreu variação de temperatura, sem mudar de estado físico (fase). Se dividirmos a quantidade de calor recebida pelo produto entre a massa e a variação de temperatura dessa matéria, encontraremos uma importante grandeza física, denominada **calor específico** (c), que é característico das substâncias, isto é, as substâncias podem ser identificadas por seus calores específicos.

Por exemplo, se o calor específico (c) de um metal é de $0,11\text{cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$, significa que um grama desse metal sofrerá uma variação de temperatura de um grau celsius, se receber $0,11$ caloria de energia térmica. Se compararmos esse valor com uma tabela de calores específicos, descobriremos que esse metal é o **aço**.

Convém lembrar que devemos utilizar um calorímetro, quando queremos estudar trocas de calor. A finalidade desse calorímetro é isolar, termicamente, os corpos em seu interior, isto é, o calorímetro evita os três processos de propagação de calor entre os corpos em seu interior e o ambiente externo. Também é importante lembrar que, geralmente, o calorímetro troca calor com as substâncias em seu interior. Por isso, é importante saber a capacidade térmica do calorímetro utilizado. A Capacidade Térmica (C) representa a quantidade de calor que um corpo necessita receber ou ceder para que sua temperatura varie uma unidade.

Com este experimento, queremos calcular o calor específico de um pequeno bloco metálico e, a partir desse valor, tentar descobrir a substância que o constitui. Para tanto, vamos provocar uma troca de calor entre o bloco, a água e o calorímetro. Lembre-se de que o calor específico da água é muito grande, quando comparado ao do bloco. Isso significa que, mesmo que a água receba ou ceda uma grande quantidade de calor, sua variação de temperatura não será muito elevada. Por isso, não espere elevadas variações de temperatura para a água e, em todas as medições dessa grandeza, use a precisão de décimos de graus celsius.

Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Utilizar a equação de conservação de energia térmica para estudar as trocas de calor;
- Determinar a capacidade térmica de um calorímetro;
- Identificar o calor específico;
- Reconhecer que o calor específico é característico das substâncias;
- Calcular o calor específico de um bloco.

Materiais Necessários

- Balança digital;
- Calorímetro;
- Termômetro;
- Calculadora;
- Béquer de 250ml;
- Balão de fundo chato de 100ml;

- Perfil universal com garra;
- Pisseta com água;
- Bico de Bunsen;
- Tripé com tela de amianto;
- Bloco de metal;
- Pinça.

Procedimentos

Obs.: Todas as atividades desse experimento devem ser realizadas o mais rápido possível, para se evitar as trocas de calor indesejáveis, mas com muito cuidado, a fim de se evitar acidentes.

Determinando a Capacidade Térmica do Calorímetro

- l) Meça, com auxílio de um béquer, 50 mL de água morna, à temperatura ambiente, e transfira para o calorímetro.
 - m) Tampe o calorímetro e, cuidadosamente, introduza o bulbo do termômetro no interior da garrafa, através do orifício da tampa.
13. Espere cerca de 2,0min para que o sistema, formado pelo calorímetro e a água, atinja o equilíbrio térmico e meça a temperatura inicial (T_0) desse sistema.

$$T_0 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- n) Meça mais 50mL de água no béquer e transfira para o balão de fundo chato.
 - o) Prenda o balão de fundo chato à garra do perfil universal e posicione-o sobre a chama do bico de bunsen.
 - p) Acenda o bico de bunsen e observe o sistema, até que a água ferva.
14. Meça e anote a temperatura (T_1) de ebulição da água.

$$T_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- q) Rapidamente, retire a garra da haste universal e, com muito cuidado, despeje a água fervente no calorímetro, tampando-o em seguida.
 - r) Apague a chama do bico de bunsen.
15. Espere o novo sistema entrar em equilíbrio térmico, meça e anote a temperatura final (T_2) do conjunto.

$$T_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

Obs.: Não jogue fora a água do calorímetro e mantenha-o fechado.

16. Sabendo que a densidade e o calor específico da água líquida são respectivamente iguais a 1,0g/mL e 1,0cal/(g · °C), determine a capacidade térmica do calorímetro, usando os valores medidos. Considere que só tenha ocorrido trocas de calor entre a água morna, a água quente e o calorímetro.

Cálculos:

Determinando o Calor Específico do Bloco Metálico

17. Usando a balança, meça a massa do bloco metálico, em gramas.

$$M_c = \underline{\hspace{2cm}}$$

- s) Coloque mais 50mL de água e o bloco metálico no interior do béquer.
- t) Acenda o bico de Bunsen e posicione o tripé com a tela de amianto sobre a chama.
- u) Coloque o béquer, com a água e o bloco, na tela de amianto e aqueça-os, até que a água entre em ebulição.

18. Quando a água ferver, meça e anote a temperatura (T_3) do conjunto água e bloco.

$$T_3 = \underline{\hspace{2cm}}$$

19. Meça e anote, novamente, a temperatura (T_4) da água que está no calorímetro. Ela pode ter sofrido uma leve variação de temperatura, desde a medida anterior.

$$T_4 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- v) Usando a pinça, retire apenas o bloco metálico de dentro do béquer e coloque-o, rapidamente, no calorímetro. Tampe o calorímetro e agite levemente para que o novo conjunto entre em equilíbrio térmico.

20. Meça e anote a nova temperatura final (T_5) de equilíbrio térmico.

$$T_5 = \underline{\hspace{2cm}}$$

21. Considerando apenas as trocas de calor que ocorreram no interior do calorímetro, descreva quem cedeu e quem recebeu energia, até atingir o equilíbrio térmico, na nova troca de calor ocorrida no interior do calorímetro.

22. Utilizando os valores medidos na nova troca de calor ocorrida no calorímetro, determine o calor específico do bloco metálico.

Cálculos:

Obs.: na tabela abaixo há alguns valores de calores específicos.

SUBSTÂNCIA	CALOR ESPECÍFICO (cal/g · °C)
Alumínio	0,219
Ferro	0,119
Cobre	0,093
Chumbo	0,031

23. Analisando os valores da tabela anterior, identifique o tipo de substância que compõe o bloco.

24. Cite pelo menos dois fatores que justifiquem a possível diferença entre os calores específicos: calculado e tabelado.

Experimento 5

PRESSÃO E TEMPERATURA

Introdução

Analisando o mundo ao nosso redor, percebemos que a matéria pode se apresentar, segundo a Física Clássica, em três modos distintos, denominados estados físicos ou fases: sólido, líquido e gasoso. Sob condições adequadas de temperatura e pressão, as substâncias podem se apresentar em qualquer uma das três fases, inclusive, em mudança de estado.

A influência da pressão sobre as temperaturas de mudança de estado está relacionada com as alterações de volume que sempre ocorrem nas transições de fase. De uma maneira geral, pode-se estabelecer:

- ⇒ **Toda mudança de fase, na qual o volume aumenta, será dificultada por um aumento de pressão, passando a ocorrer em uma temperatura mais elevada;**
- ⇒ **Toda mudança de fase, na qual o volume diminui, será facilitada por um aumento de pressão, passando a ocorrer em uma temperatura mais baixa.**

Por exemplo, quando a água vaporiza, seu volume aumenta. Então, se a água sofrer um aumento de pressão, a vaporização só ocorrerá em temperaturas mais elevadas. Por isso, os alimentos cozinham mais rápido nas panelas de pressão, porque ficam submetidos a temperaturas mais altas, por causa do acréscimo da pressão, imposto pelo acúmulo do vapor, no interior da própria panela.

Por outro lado, quando a água (gelo) se funde, seu volume diminui. Então, se o gelo sofre um aumento de pressão, a fusão será facilitada, ocorrendo em temperaturas mais baixas. Por causa disso é que os patinadores têm facilidade de escorregar no sobre o gelo. O acréscimo de pressão que as lâminas dos patins exercem sobre o gelo faz com que ele derreta, facilitando o escorregamento. É importante frisar que, logo após a passagem do patinador, a pressão retorna ao valor inicial e a água derretida volta a solidificar-se.

Neste experimento, queremos estudar a influência da pressão sobre a temperatura de mudança de estado, estabelecendo suas relações.

Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Reconhecer que a pressão interfere na temperatura de mudança de estado físico;
- Constatar as relações de dependência entre pressão e temperatura de mudança de fase.

Materiais Necessários

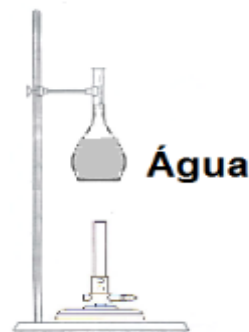
- Bloco de gelo;
- Fio de aço fino com discos em suas extremidades;
- Termômetro;
- Apoios de madeira;
- Pisseta com água;
- Balão volumétrico pequeno (ou tubo de ensaio), com tampa;
- Béquero que caiba o balão volumétrico ou tubo de ensaio;



- Haste universal com garra metálica;
- Bico de Bunsen.

Procedimentos

- Coloque o bloco de gelo sobre os apoios de madeira e passe o fino fio de aço com os discos por sobre ele, conforme figura. Deixe esse sistema de lado e, no final do experimento, retome-o e analise o que ocorreu.
- Usando a pisseta, coloque um pouco de água no balão volumétrico (ou tubo de ensaio).
- Prenda o balão volumétrico (ou tubo de ensaio) na garra da haste universal.
- Acenda o bico de Bunsen.
- Sem tampar o balão volumétrico (ou tubo de ensaio), leve-o ao fogo até que a água entre em ebulição, conforme figura.



10. Meça a temperatura de ebulição da água.

$$T_e = \underline{\hspace{2cm}}$$

- Após a medição da temperatura, tampe o balão volumétrico (ou tubo de ensaio) e apague, imediatamente, a chama do bico de bunsen.

Obs.: Note que, ao tampar o balão volumétrico (ou tubo de ensaio), a água para, imediatamente, de ferver.

- Coloque um pouco de água, à temperatura ambiente, no béquer;
- Retire a garra da haste universal e, com muito cuidado, mergulhe o balão volumétrico (ou tubo de ensaio) tampado, na água que está no béquer e observe o que ocorre.



11. Em cidades litorâneas, a água ferve a 100°C. Por que isso não ocorre em Brasília?

12. Explique o motivo pelo qual a água contida no balão volumétrico (ou tubo de ensaio) tampado volta a entrar em ebulição, quando mergulhada em água à temperatura ambiente.

13. Quando diminuimos a pressão sobre a água, o que acontece com a temperatura de ebulição dessa substância? Justifique.

14. Observe o bloco de gelo e o fio com os discos, usados no início do experimento, e descreva o que ocorreu com eles.

15. Explique o ocorrido, em função da variação de pressão, exercida pelo fio, sobre o bloco de gelo.

16. Se o fio atravessou o gelo, por que esse gelo não se partiu?

17. Quando aumentamos a pressão sobre o gelo, o que acontece com a temperatura de fusão dessa substância? Justifique.

18. A partir das relações entre as alterações de pressões e as correspondentes variações nas temperaturas de mudança de estado físico, responda:

i. o que aconteceria com um líquido, contido em um recipiente, se a pressão a que estiver submetido for diminuída drasticamente? Justifique.

ii. O acúmulo de neve, no alto das montanhas, pode provocar avalanches. Pensando em termos da variação de pressão, como poderíamos justificar esse fato?

Experimento 6

CALOR LATENTE

Introdução

Imagine um recipiente que contenha gelo, inicialmente a 0°C, sob pressão de 1,0 atm. Se colocarmos esse sistema em presença de uma fonte de calor, notaremos que, com o passar do tempo, o gelo se transforma em água líquida, mas a temperatura do sistema, durante essa mudança de fase, permanece constante. Assim, o sistema recebe calor da fonte, mas a sua temperatura não varia.

Para que o gelo se funda, precisa receber, por grama, uma quantidade fixa de calor. Essa quantidade de energia térmica é denominada calor latente de fusão do gelo. Por exemplo, quando se diz que o calor latente de fusão do gelo é 80cal/g, quer-se dizer que cada grama de gelo, na temperatura de fusão, precisa receber 80 calorias de calor para fundir-se.

Convém lembrar que devemos utilizar um calorímetro, quando queremos estudar trocas de calor. A finalidade desse calorímetro é isolar, termicamente, os corpos em seu interior, isto é, o calorímetro evita os três processos de propagação de calor entre os corpos em seu interior e o ambiente externo. Também é importante lembrar que, geralmente, o calorímetro troca calor com as substâncias em seu interior. Por isso, é importante saber a capacidade térmica do calorímetro utilizado.

Nesse experimento, desenvolveremos um método para determinar o calor latente de fusão do gelo.

Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Determinar a capacidade térmica de um calorímetro;
- Utilizar a equação de conservação de energia térmica para estudar as trocas de calor;
- Determinar o calor latente de fusão do gelo.

Materiais Necessários

- Calorímetro;
- Termômetro;
- Balança;
- Gelo picado;
- Tripé com tela de amianto;
- Bico de Bunsen;
- Pinça (ou pegador);
- Calculadora;
- 02 Béqueres;
- Pisseta com água.

Procedimentos

Obs.: Todas as atividades desse experimento devem ser realizadas o mais rápido possível, mas com muito cuidado, a fim de minimizar erros experimentais e de evitar acidentes.

Determinando a Capacidade Térmica do Calorímetro

- a. Meça, com auxílio de um béquer, 50 mL de água morna, à temperatura ambiente, e transfira para o calorímetro.
 - b. Tampe o calorímetro e, cuidadosamente, introduza o bulbo do termômetro nesse recipiente, através do orifício da tampa.
1. Espere cerca de 2,0min para que o sistema formado pelo calorímetro e a água atinja o equilíbrio térmico e meça a temperatura inicial (T_o) desse sistema.

$$T_o = \underline{\hspace{2cm}}$$

- c. Acenda o bico de bunsen e posicione o tripé com a tela de amianto.
 - d. Meça mais 100mL de água no béquer e coloque-o na tela de amianto, para que a água ferva.
2. Meça a temperatura (T_1) de ebulição da água.

$$T_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- e. Rapidamente, mas com muito cuidado, despeje a água fervente no calorímetro, tampando-o em seguida.
 - f. Apague a chama do bico de bunsen.
3. Espere o novo sistema entrar em equilíbrio térmico e meça a temperatura final (T_2) do conjunto.

$$T_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

Obs.: Não jogue fora a água do calorímetro e mantenha-o fechado.

4. Sabendo que a densidade e o calor específico da água líquida são respectivamente iguais a 1,0g/mL e 1,0cal/(g • °C), determine, na folha de respostas, a capacidade térmica do calorímetro, usando os valores medidos. Considere que só tenha ocorrido trocas de calor entre a água morna, a água quente e o calorímetro.

Cálculos:

Determinando o Calor Latente de Fusão do Gelo

- g. Coloque o béquer vazio na balança digital e “tare” essa balança, incluindo a massa do béquer.
5. Com auxílio da pinça, coloque uma porção de gelo picado fundente (à temperatura de fusão) no béquer e meça a massa dessa quantidade. Somente **gelo** deve ser colocado no béquer.

$$m = \underline{\hspace{2cm}}$$

Obs.: Suponha que a temperatura de fusão do gelo, aqui no laboratório, seja de 0°C.

6. Meça, novamente, a temperatura (T_3) da água contida no calorímetro. Ela pode ter sofrido uma leve variação de temperatura.

$$T_3 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- h. Adicione a porção de gelo picado fundente, que está no béquer, na água contida no calorímetro e volte a tampá-lo.

7. Agite, levemente, o calorímetro, para que o novo conjunto entre em equilíbrio térmico. Meça a temperatura final (T_4) do novo conjunto.

$$T_4 = \underline{\hspace{2cm}}$$

8. Considerando apenas as trocas de calor que ocorreram no interior do calorímetro, descreva quem cedeu e quem recebeu energia, até atingir o equilíbrio térmico, na nova troca de calor ocorrida no interior do calorímetro.

9. Utilizando os valores medidos, determine o calor latente de fusão do gelo.

Cálculos:

10. Sabendo que o valor tabelado para o calor latente de fusão do gelo é 80cal/g, cite pelo menos três motivos que justifiquem a possível diferença encontrada.

Experimento 7

ENERGIA ALIMENTAR

Introdução

Dietas recomendam que a quantidade de energia que uma pessoa adulta deve ingerir – na forma de alimentos – é de aproximadamente 2500kcal, por dia. Essa quantidade de energia é usada para manter nosso organismo em funcionamento (como coração, pulmões e os demais órgãos internos) e, também, para fornecer alguma capacidade de trabalho externo.

A **energia alimentar**, **valor energético** ou **valor calórico** de um alimento, que representam a quantidade de energia que o alimento nos fornece se for ingerido, é determinado pela medição da quantidade de energia liberada na queima (combustão) desse alimento. Neste trabalho, apresentaremos dois métodos para se determinar o conteúdo calórico de alimentos, utilizando materiais simples de laboratório. No desenvolvimento da prática, utilizaremos o amendoim, que é rico em óleo vegetal e, portanto, altamente combustível.

É importante frisar que o valor energético dos alimentos, registrados nas embalagens, geralmente é expresso em calorias alimentares, cujo símbolo é Cal (com C maiúsculo). Não confunda a caloria alimentar (Cal) com a caloria (cal). Para essas unidades de medida valem a correspondência: 1,0Cal = 1,0kcal.

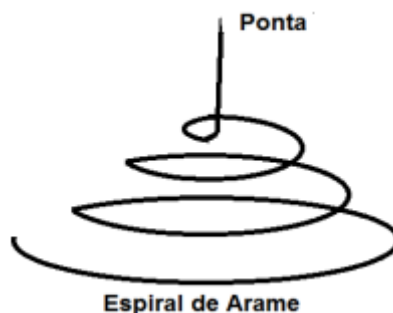
Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Determinar a energia alimentar, valor energético ou valor calórico de um alimento;
- Utilizar as equações da quantidade de calor para se determinar o valor calórico de um alimento.

Materiais Necessários

- Amendoim;
- Arame em forma de espiral;
- Caixa de fósforos;
- Pisseta com água;
- 2 Tubos de ensaio;
- Proveta;
- Termômetro
- Suporte com garra;
- Pinça;
- Pedacos de gelo fundente;
- Balança digital;
- Calculadora.



Procedimentos

Obs.: Todas as atividades desse experimento devem ser realizadas o mais rápido possível a fim de minimizar erros experimentais, mas com muito cuidado para evitar acidentes.

Primeiro Método

- a. Coloque o arame em forma de espiral na balança e “tare-a”.
 - b. Fixe um amendoim na ponta da espiral de arame.
1. Meça, em gramas, a massa inicial (m_1) do amendoim.

$$m_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- c. Prenda um tubo de ensaio na garra do suporte;
 - d. Utilizando a proveta, meça 30ml de água e transfira-a para o tubo de ensaio.
2. Meça a temperatura inicial (T_1) da água contida no tubo de ensaio.

$$T_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- e. Incendeie o amendoim e posicione-o sob o tubo de ensaio.
3. Imediatamente após o amendoim se apagar, meça a temperatura final (T_2) da água.

$$T_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

4. Meça, em gramas, a massa final (m_2) do amendoim. Lembrete: o arame, também, deve ser colocado na balança, mas cuidado! Ele pode estar quente.

$$m_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

5. Sabendo que a densidade e o calor específico da água líquida são respectivamente iguais a 1,0g/mL e 1,0cal/(g·°C), determine a quantidade de calor que a água recebeu da

Cálculos:

combustão do amendoim.

6. Calcule, em gramas, a variação de massa (Δm_1) do amendoim. Esse valor representa a massa de amendoim que, efetivamente, sofreu combustão.

$$\Delta m_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

7. Supondo que todo o calor liberado na queima do amendoim foi absorvido pela água, calcule a quantidade de calor média liberada por cada grama de amendoim queimado.

Cálculos:

Segundo Método

- f. Fixe outro amendoim na ponta da espiral de arame.
8. Meça, em gramas, a massa inicial (m_3) do novo amendoim.
- $m_3 =$ _____
- g. Prenda o outro tubo de ensaio na garra do suporte. Esse tubo de ensaio deve estar completamente seco e limpo.
- h. Usando a pinça, coloque pedaços de gelo fundente no tubo de ensaio, até cerca de metade de seu volume total. Fique atento para não adicionar água líquida ao tubo.
- i. Posicione o amendoim sob o tubo de ensaio fixado na garra do suporte e incendeie-o.
- j. Monitore a queima do amendoim, a fim de evitar que a temperatura da água no tubo de ensaio aumente. Se necessário, coloque novos blocos de gelo no tubo.
- k. Imediatamente após o amendoim se apagar, derrame, cuidadosamente, toda a água líquida derretida para a proveta. Fique atento para não adicionar gelo à proveta.
9. Meça, em gramas, a massa final (m_4) do amendoim. Lembrete: o arame, também, deve ser colocado na balança, mas cuidado! Ele pode estar quente.

$m_4 =$ _____

- l. “Tare” a balança, após retirar todos os objetos de cima dela.
10. Meça, em gramas, a massa de água obtida pelo derretimento do gelo. Para fazer essa atividade, primeiro meça a massa do conjunto (água e proveta). Em seguida, derrame toda água na pia e meça a massa da proveta. A diferença entre as medidas anteriores é o valor correto a massa (m) de água obtida pelo derretimento do gelo.

$m =$ _____

11. Sabendo que o calor latente de fusão do gelo é 80cal/g, determine a quantidade de calor que a água recebeu da combustão do amendoim.

Cálculos:

12. Calcule, em gramas, a variação de massa (Δm_2) do amendoim. Esse valor representa a massa de amendoim que, efetivamente, sofreu combustão.

$\Delta m_2 =$ _____

13. Supondo que todo o calor liberado na queima do amendoim foi absorvido pela água, calcule a nova quantidade de calor média liberada por grama de amendoim queimado.

Cálculos:

14. Sabendo que o valor energético do amendoim, registrado nas embalagens do produto é cerca de 5,8kcal/g e comparando as quantidades médias calculadas, nos dois processos anteriores, para as quantidades de calor liberadas por grama de amendoim queimado, cite pelo menos dois fatores que justifiquem as possíveis diferenças encontradas.

15. Lembrando que dietas recomendam, para uma pessoa adulta, uma quantidade energética de 2500kcal por dia, determine a massa de amendoim que um adulto precisa consumir para suprir a quantidade energética recomendada. Em seus cálculos, use o valor médio da quantidade de calor liberada por grama de amendoim queimado, determinado no segundo método.

Cálculos:

Experimento 8

UMIDADE RELATIVA DO AR

Introdução

A pressão atmosférica é a soma das pressões exercidas por todos os elementos (nitrogênio, oxigênio, gás carbônico, argônio, criptônio, hélio, neônio, radônio, xenônio e água) presentes no ar. A pressão que cada um desses elementos exerce isoladamente é denominada pressão parcial. A pressão parcial (f) que o vapor d'água exerce é, em geral, muito baixa, além de depender da temperatura e da velocidade do vento.

Dizemos que o ar está saturado de vapor d'água quando o vapor existe em quantidade tal que esteja exercendo a pressão máxima de vapor (F), isto é, a concentração de vapor d'água é tão grande que, a qualquer instante, pode ocorrer sua condensação.

A pressão máxima F do vapor de água cresce com a temperatura e a tabela ao lado, obtida experimentalmente, mostra como ocorre esta variação, entre 10°C e 30°C.

Definimos a umidade relativa ou grau higrométrico (H) do ar pela relação:

$$H = \frac{f}{F}$$

Frequentemente, a umidade relativa é expressa em porcentagem e, para tanto, basta multiplicar a relação anterior por 100%. Se o ambiente estiver saturado ($f = F$), a umidade relativa do ar vale 100% e, neste caso, o vapor começa a condensar.

Com este experimento, queremos determinar a umidade relativa do ar, por dois métodos distintos.

Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Reconhecer a pressão máxima de vapor d'água, bem como a pressão parcial do vapor d'água;
- Analisar a relação entre a pressão máxima de vapor d'água e a temperatura ambiente;
- Determinar a umidade relativa do ar.

Materiais Necessários

- Copo metálico;
- Termômetro;
- Mistura de gelo picado e água;
- Algodão umedecido em álcool;
- Pisseta, com água à temperatura ambiente;
- Calculadora.

PRESSÃO MÁXIMA DE VAPOR DA ÁGUA	
Temperatura (°C)	Pressão (mmHg)
10,0	9,6
11,0	9,8
12,0	10,5
13,0	11,2
14,0	12,0
15,0	12,8
16,0	13,6
17,0	14,5
18,0	15,5
19,0	16,5
20,0	17,6
21,0	18,7
22,0	19,8
23,0	21,1
24,0	22,4
25,0	23,8
26,0	25,2
27,0	26,8
28,0	28,4
29,0	30,1
30,0	31,8

Procedimentos

1º Método de Determinação da Umidade Relativa do Ar

1. Meça a temperatura (T_1) do ar ambiente.

$$T_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- a. Utilizando a tabela de pressão máxima de vapor, citada anteriormente, determine a pressão máxima de vapor (F_1) d'água no ar, correspondente à temperatura ambiente.

2. Anote a pressão máxima (F_1) de vapor d'água no ar, correspondente à temperatura ambiente.

$$F_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- b. Usando a pisseta, coloque um pouco de água, à temperatura ambiente, dentro do copo metálico, até cerca de um quarto da capacidade dele.
- c. Coloque o termômetro no interior do copo com água.
- d. Lentamente, adicione o gelo picado à água do copo, a fim de que a temperatura do sistema decresça gradualmente, até que a superfície externa do recipiente se torne embaçada, em virtude da condensação do vapor d'água existente no ar. A temperatura em que isso acontece é denominada ponto de orvalho.

3. Meça e anote a temperatura (T_2) do ponto de orvalho.

$$T_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

4. Por que o vapor d'água existente no ar se condensou, quando o sistema atingiu a temperatura do ponto de orvalho?

- e. Utilizando a tabela de pressão máxima de vapor, determine a pressão parcial (f_1) de vapor d'água, correspondente à temperatura do ponto de orvalho.

5. Anote a pressão parcial (f_1) de vapor d'água, correspondente à temperatura do ponto de orvalho.

$$f_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

6. Calcule, em porcentagem, a umidade relativa (H_1) do ar.

$$H_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

7. Qual o significado físico do resultado anterior?

2º Método de Determinação da Umidade Relativa do Ar

8. Meça, novamente, a temperatura (T_3) do ar ambiente. Ela pode ter alterado, com o passar do tempo.

$$T_3 = \underline{\hspace{2cm}}$$

9. Utilizando a tabela de pressão máxima de vapor, determine a nova pressão máxima (F_2) de vapor d'água no ar, correspondente à nova temperatura ambiente.

$$F_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- f. Envolve o bulbo do termômetro com um algodão umedecido em álcool e deixe-o em repouso durante alguns minutos, observando o que acontece.

10. Por que a leitura da temperatura medida no termômetro começou a diminuir?

11. Quando a altura da coluna líquida do termômetro estabilizar, Meça a nova temperatura (T_4) indicada pelo termômetro, com o bulbo úmido.

$$T_4 = \underline{\hspace{2cm}}$$

12. Utilizando a tabela de pressão máxima de vapor, determine a nova pressão parcial (f_2) de vapor d'água, correspondente à temperatura medida com o bulbo úmido.

$$f_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

13. Calcule, em porcentagem, a nova umidade relativa (H_2) do ar.

$$H_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

Obs.: Aparelhos que medem a umidade relativa do ar são denominados higrômetros.

14. Compare os valores calculados para a umidade relativa do ar, H_1 e H_2 , e cite pelo menos dois motivos que justifiquem a possível diferença encontrada.

15. Sobre umidade relativa do ar, responda:

- i. O que significa, fisicamente, uma umidade relativa do ar igual a 30%?

ii. O que acontece quando a pressão parcial do vapor d'água se iguala à pressão máxima de vapor?

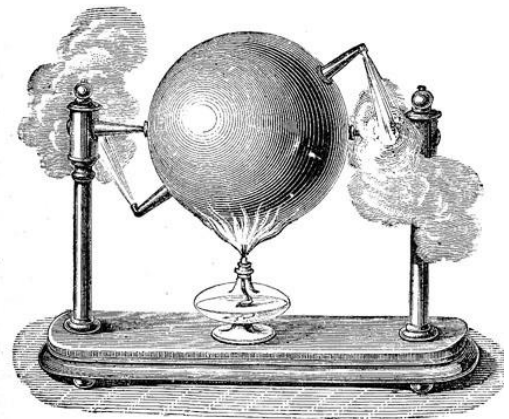
Experimento 9

MÁQUINAS TÉRMICAS

Introdução

Máquinas térmicas ou motores térmicos são dispositivos capazes de converter, continuamente, energia térmica em energia mecânica.

O primeiro dispositivo que utilizava esse mesmo princípio de funcionamento foi a máquina de Heron, no século I d.C., esquematizada na figura ao lado. Essa máquina tinha o objetivo de divertir as pessoas. Era constituída por um recipiente fechado, exceto por duas saídas posicionadas de tal forma que permitem a saída do vapor do líquido, quando este está em ebulição. A pressão do vapor gera uma força no braço do recipiente, fazendo com que este rotacione.



Em 1698, o engenheiro militar, Capitão Thomas Savery criou a primeira máquina com utilidade prática. Era usada como bomba d'água para retirar água das profundas minas, que eram constantemente inundadas.

Posteriormente, por volta de 1712, o inglês Thomas Newcomen aperfeiçoou a máquina de Savery, a qual passou a ser utilizada, também, para elevar cargas. Além de funcionar bem, tinha construção simples e não envolvia técnicas especiais ou caras.

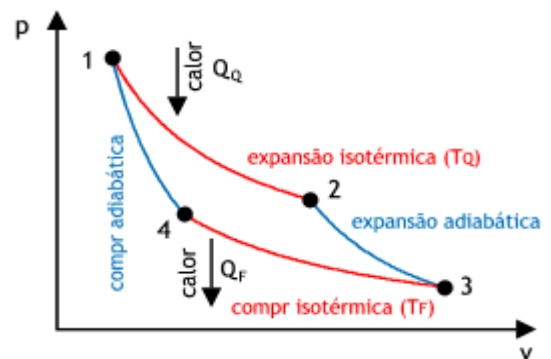
No entanto, as máquinas térmicas só obtiveram destaque quando James Watt, em 1763, criou uma máquina que possuía maior eficiência do que as que eram até então conhecidas. Assim, elas passaram a ser utilizadas na indústria e em larga escala, o que contribuiu para a Revolução Industrial.

Hoje em dia, estamos cercados por elas! Carros, navios e aviões, aparelhos de ar condicionado e usinas termoelétricas são apenas alguns exemplos dispositivos ou aparelhos que funcionam a base de máquinas térmicas.

Analisando essas máquinas, verificamos que existem alguns aspectos comuns ao funcionamento de todas elas. Sempre usam algum material, em geral um fluido, que se aquece e se expande, para realizar o trabalho mecânico. Como esse processo precisa ser repetido diversas vezes, esse tipo de máquina opera com algum tipo de transformação cíclica, isto é, o fluido sofre uma sequência de processos térmicos (como expansão, aquecimento ou compressão), que se repetem periodicamente, sempre retornando às condições iniciais.

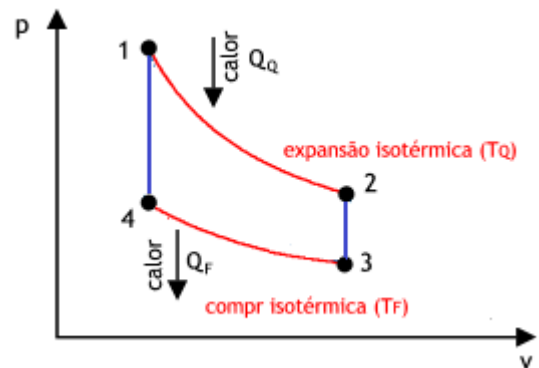
Há vários tipos de ciclos termodinâmicos e muitos deles descrevem, de forma idealizada, o funcionamento de vários motores térmicos que encontramos a nossa volta. Por exemplo, motores que funcionam segundo o ciclo conhecido como ciclo Otto equipam a maioria dos atuais automóveis de passeio.

Teoricamente, a máquina térmica mais eficiente possível é uma máquina que opera com



um ciclo termodinâmico reversível, conhecido como Ciclo de Carnot. O diagrama pressão versus volume, representado ao lado, ilustra esse ciclo, que é formado por duas transformações isotermas, intercaladas por duas transformações adiabáticas. Nenhuma outra máquina térmica, trabalhando nas mesmas temperaturas das transformações isotérmicas desse ciclo, pode ter rendimento maior do que o do ciclo de Carnot. Por ser reversível, o rendimento do ciclo de Carnot não depende das propriedades do fluido que executa o ciclo.

Uma máquina térmica de fácil montagem e que tem rendimento igual ao de um ciclo de Carnot é a máquina que opera segundo o ciclo de Stirling, proposto pelo pastor escocês Robert Stirling, em 1816. O diagrama pressão versus volume, ao lado, mostra o ciclo de funcionamento dessa máquina, composto por uma compressão e uma expansão isotérmicas, intercaladas por um aquecimento e um resfriamento, ambos a volume constante. O motor Stirling surpreende por sua simplicidade, pois consiste de duas câmaras, em diferentes temperaturas, que aquecem e arrefecem um fluido de forma alternada, provocando expansões e contrações cíclicas, o que faz movimentar dois êmbolos ligados a um eixo comum.



Todas as máquinas térmicas citadas funcionam a partir de uma reação química de combustão e, por isso, podem ser classificadas em dois grupos:

- ✓ Motores de combustão interna – que são máquinas térmicas nas quais o calor recebido pelo ciclo tem origem em uma reação química de combustão, que ocorre dentro do motor. Eles utilizam os próprios gases resultantes da combustão como fluido de trabalho;
- ✓ Motores de combustão externa – que são máquinas térmicas nas quais o processo de combustão ocorre fora do motor, esquentando outro fluido que está dentro da máquina, o qual realiza o ciclo.

Por exemplo, o ciclo Otto, que descreve o funcionamento da maioria dos atuais automóveis de passeio, é um motor de combustão interna, onde a ignição do combustível é causada por uma faísca elétrica, no interior do motor. No entanto, as máquinas a vapor (como a máquina de Heron, citada anteriormente) são motores de combustão externa, pois a combustão, que ocorre fora do motor, aquece outro fluido, contido no interior desse motor, o qual realiza o ciclo e converte calor em trabalho.

Esquemáticamente, todas as máquinas térmicas podem ser representadas pelo esquema da figura ao lado, o qual indica que, **para funcionar, a máquina térmica precisa receber certa quantidade de calor de uma fonte térmica quente. Parte dessa energia recebida é convertida em trabalho e, o restante, é rejeitada para uma fonte térmica fria.**



Neste experimento, será abordado assuntos relacionados ao funcionamento das máquinas térmicas. Para tanto, apresentaremos uma réplica da máquina de Heron e construiremos uma máquina de Stirling.

Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Compreender o funcionamento das máquinas térmicas;
- Diferenciar o funcionamento dos motores à combustão interna e externa;
- Conhecer e analisar a máquina de Heron;
- Conhecer e analisar a máquina de Stirling.

Materiais Necessários

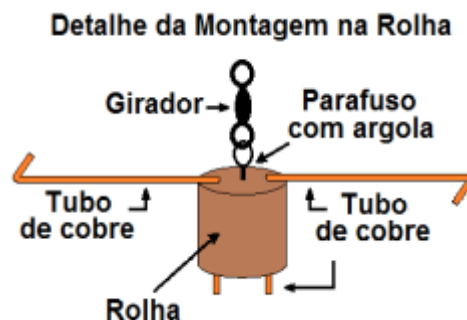
- Perfil universal;
- Balão de fundo chato com rolha;
- 2 tubos de cobre fino (usado em refrigeração), com cerca de 15 cm cada;
- Fio de nylon, com cerca de 40cm;
- Pequeno parafuso com argola;
- Girador, usado em pesca;
- Lamparina;
- 3 latas de refrigerante de mesmo tamanho e vazias;
- 3 ou 4 discos compactos (CD) velhos;
- Joelho de PVC, 20 mm;
- Cola epóxi;
- Arame galvanizado;
- Tesoura e estilete;
- Balão;
- Fita adesiva;
- Palha de aço;
- 1 prego pequeno;
- Alicates e martelo;
- 2 espetinhos de madeira (ou canudinhos plásticos resistentes);
- Vela pequena e fósforos.

Procedimentos

Réplica da Máquina de Heron

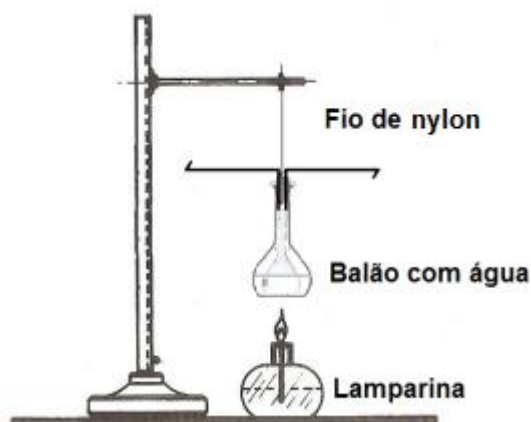
- a. Analise a montagem da rolha do balão de fundo chato. Observe que finos tubos de cobre foram retorcidos e encaixados na rolha, de forma a atravessá-la, conforme a figura ao lado. Observe, também, a montagem do parafuso com o girador.

Obs.: Para aumentar a eficiência e a estabilidade do equipamento que iremos montar, basta adaptar 4



tubos de cobre (ao invés de dois), de forma que, vendo a rolha por cima, os tubos de cobre formem uma espécie de cruz, parecida com o símbolo da suástica.

- Verifique se os tubos de cobre, encaixados na rolha, não estão entupidos. Se estiverem, desentope-os.
- Coloque um pouco de água no interior do balão de fundo chato.
- Encaixe a rolha no balão de fundo chato, de forma que fique bem preso.
- Utilizando o fio de cobre, prenda o conjunto (formado pela rolha e o balão de fundo chato) na haste do perfil universal, de forma que fique suspenso.
- Acenda a lamparina e posicione-a abaixo do balão de fundo chato, conforme mostra a figura.

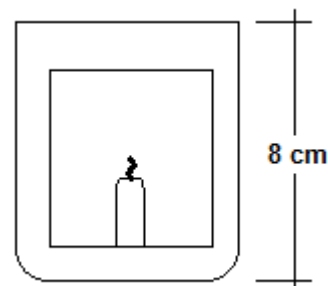


Cuidado! Não deixe o sistema aquecer muito, pois a rolha pode se soltar ou o balão pode explodir, respingando água quente para todos os lados.

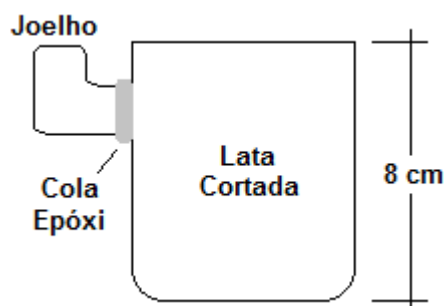
- Analise o funcionamento da réplica da máquina de Heron.

Máquina de Stirling

- Usando o estilete, corte a primeira lata com 8 centímetros de altura e faça uma janelinha lateral, conforme a figura.
- Fixe, no centro da base da lata cortada, a vela pequena.
- Usando o estilete, corte a segunda lata com 8 centímetros de altura.

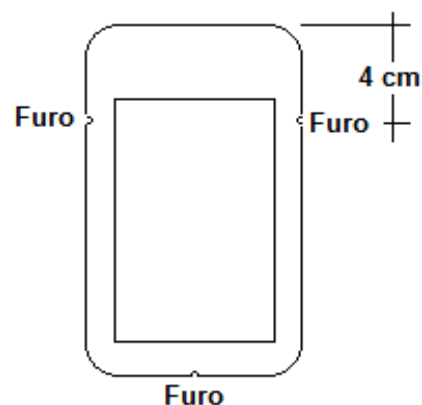


- Usando a cola epóxi, cole o Joelho de PVC na lateral da lata, conforme mostra a figura. Cuide para que a borda do Joelho coincida com a borda da lata cortada.



Obs.: Como a cola demora cerca de 3 horas para secar e endurecer, essa etapa foi realizada anteriormente.

- Com a chave de fenda, faça um furo na segunda lata cortada, no sentido de dentro para fora da lata, estabelecendo a comunicação entre a lata e o Joelho de PVC. Em seguida, encaixe a segunda lata na extremidade superior da primeira lata.
- Usando o prego pequeno, faça três furos na terceira lata: um exatamente no centro da base e os outros dois nas laterais da lata, cerca de 4 centímetros do topo da mesma. Os diâmetros dos três furos devem ser ligeiramente maior do que o diâmetro do arame

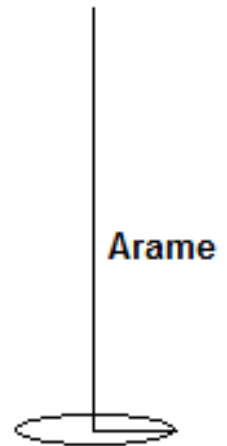


galvanizado (isso evita escapamento do fluido) e devem estar sobre um mesmo plano vertical, que passas pelo centro da base da lata.

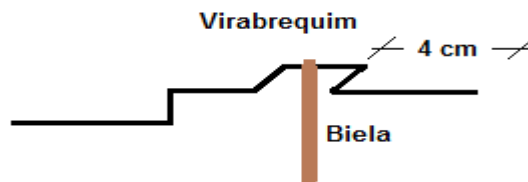
- n. Usando o estilete, faça uma janelinha na lateral da lata, conforme mostra a figura.
- o. Corte cerca de 30 cm de arame galvanizado. Em seguida, faça uma pequena circunferência, com raio de 2 cm, em uma das extremidades desse arame, conforme mostra a figura.
- p. Passe a extremidade reta do arame pelo centro da palha de aço, apoiando-a na pequena circunferência da extremidade oposta do arame. Em seguida, faça um novo círculo, também com raio de 2 cm, acima da palha de aço.

Obs.: A palha de aço precisa ficar presa, mas não pode ficar muito compactada.

- q. Amasse as pontas da palha de aço, formando um círculo que se move perfeitamente, e com pouca folga, no interior da segunda lata. A partir de agora, essa parte será denominada pistão.
- r. Corte dois pedaços no espetinho de madeira, com 5 e 10 centímetros respectivamente. Em seguida, utilizando o prego, faça um furo em cada extremidade dos pedacinhos de madeira. A partir desse ponto, essas madeiras serão denominadas bielas.



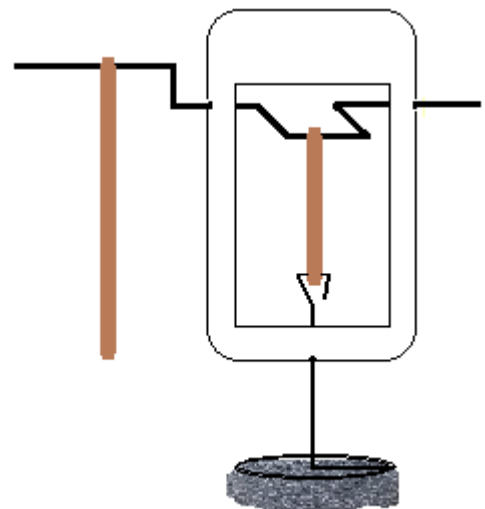
- s. Corte cerca de 25 cm de arame galvanizado e faça o virabrequim do motor, usando a biela menor, conforme mostra a figura.



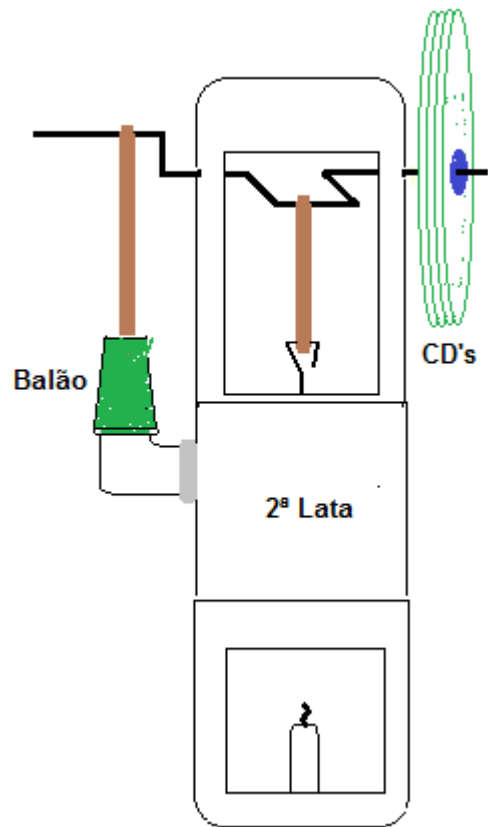
- t. Passe as extremidades do virabrequim pelos furos laterais da terceira lata. Em seguida, passe o eixo do pistão pelo furo inferior da lata e encaixe-o na biela, conforme mostra a figura. Encaixe, também, a biela maior na extremidade do virabrequim.

Obs.: Verifique se o virabrequim gira com facilidade (sem atrito). Se necessário, faça ajustes para minimizar os atritos.

- u. Coloque o pistão no interior da segunda lata e encaixe a terceira lata na extremidade superior da segunda lata. Use a fita adesiva para vedar possível vazamento de ar entre essas latas.



- v. Corte a extremidade do balão e utilize-a para conectar a base da biela maior no Joelho de PVC. Use a fita adesiva para vedar possíveis vazamentos de ar entre a biela e o Joelho de PVC.
- w. Prenda os discos compactos (CD's), formando uma espécie de roda e fixe-a na extremidade livre do virabrequim, conforme mostra a figura.
- x. Acenda a vela que está na base da máquina e aguarde o aquecimento do motor, por cerca de 39 segundos. Em seguida, dê o arranque no motor, girando os CD's.
- y. Analise o funcionamento da máquina de Stirling, comparando-o com o da máquina anterior.



1. Qual das máquinas analisadas é um motor de combustão interna? Justifique.

2. Quais as fontes quentes utilizadas nas máquinas analisadas?

3. Quais os fluidos que sofrem as transformações cíclicas nas máquinas térmicas analisadas?

4. Pode-se afirmar que o todo o calor recebido das fontes quentes foi convertido em trabalho? Justifique.

5. Qual a única etapa do ciclo de Stirling que há realização efetiva de trabalho mecânico? Justifique.

Apêndice 3 – Pesquisa com Professores

Pesquisa sobre desenvolvimento profissional e aprendizagem em Física, por meio de experimentos de laboratório.

Este questionário é um instrumento de coleta de informações para a confecção da dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), uma realização da Sociedade Brasileira de Física (SBF), desenvolvido na Universidade de Brasília (UnB), com o objetivo de identificar a percepção de profissionais sobre aspectos do seu desenvolvimento profissional e a aprendizagem em Física, por meio de experimentos de laboratório.

Sua participação é muito importante e contribuirá para melhoria dos debates e dos procedimentos avaliativos na instituição.

Não é necessário se identificar e não haverá divulgação de dados individuais dessa pesquisa, pois os dados serão analisados em conjunto e não individualmente. Quase todas as questões são de múltiplas escolhas e não há respostas certas ou erradas. Escolha a alternativa que, sinceramente, melhor correspondente as suas características pessoais, às condições de ensino, às suas expectativas e vivências. Obrigado pela participação!

1. Qual o tipo da sua graduação?

- Licenciatura.
- Bacharelado.
- Ambos: licenciatura e bacharelado.

2. Há quanto tempo se graduou?

- Há menos de dois anos.
- Entre dois e cinco anos.
- Entre cinco e dez anos.
- Há mais de dez anos.

3. Há quanto tempo trabalha com o Ensino Médio?

- Há menos de dois anos.
- Entre dois e cinco anos.
- Entre cinco e dez anos.
- Há mais de dez anos.

4. Durante sua formação profissional (graduação), você teve treinamento específico para lecionar em laboratórios de Física?

- Não. Porque no curso não tinha atividades experimentais.
- Não. Presumia-se que as atividades experimentais básicas do curso seriam suficientes para a formação de professor.
- Sim. Além das atividades experimentais padrões dos cursos, tive treinamento específico para ser professor de laboratório.

5. Na escola onde você trabalha, as aulas de laboratório (experimentos) são desenvolvidas:

(Marque mais de uma alternativa, se for a realidade de sua escola).

- Como elemento motivador, antes da exposição da teoria.
 - Como elemento comprovador dos assuntos abordados, após a exposição da teoria.
 - Como elemento estratégico no desenvolvimento dos assuntos a serem estudados, paralelamente à exposição teórica.
 - Como elemento substituto da exposição teórica.
 - Outros. Quais? _____
- 6. Você costuma realizar as atividades experimentais propostas nos livros didáticos com seus alunos?**
- Sempre. Essas atividades facilitam a compreensão dos fenômenos abordados.
 - Às vezes, porque não há tempo suficiente para desenvolver essas atividades, apesar de facilitarem a compreensão dos conteúdos.
 - Às vezes, porque algumas atividades são muito trabalhosas e, dificilmente, os alunos compreendem.
 - Nunca, porque as atividades experimentais não contribuem para a formação dos meus alunos.
 - Nunca, porque não tenho os equipamentos necessários para as atividades.
 - Nunca, porque não tenho formação adequada para a realização das atividades.
 - Outros motivos. Quais e com que frequência? _____
- 7. Quando você realiza experimentos com seus alunos, costuma fazer adaptações às atividades propostas nos livros?**
- Sim, porque minha escola não tem os equipamentos mencionados nos experimentos.
 - Sim, porque as atividades não são apropriadas (não trazem objetivos bem delimitados; procedimentos claros e linguagem acessível) aos meus alunos.
 - Não. Faço as atividades exatamente como elas são propostas.
 - Outros motivos. Quais? _____
- 8. Você acha que as atividades experimentais, da forma como são propostas nos livros didáticos, reforçam a aprendizagem dos conteúdos?**
- Sim, sempre.
 - Às vezes, pois não são bem adaptadas (não trazem objetivos bem delimitados; procedimentos claros e linguagem acessível) aos meus alunos.
 - Não. As atividades experimentais não contribuem para a formação dos meus alunos.
 - Outros motivos. Quais? _____
- 9. Qual o tipo de instituição de Ensino Médio que você trabalha?**
- Pública.
 - Privada.
 - Ambas: pública e privada.
- 10. Qual o livro didático que você mais utiliza para consultar atividades experimentais de Termologia, para alunos da 2ª série do Ensino Médio?**
Cite o nome do livro e, se possível, o autor e a edição.
-

Apêndice 4 – Pós-testes

Questões de avaliação

Experimento 1

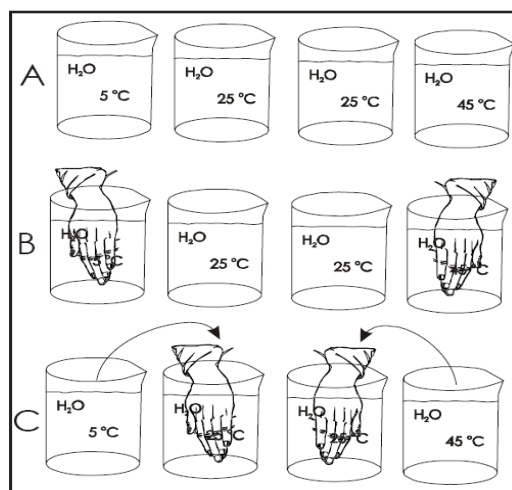
1. A sensação de frio e quente está relacionada com o que denominamos **temperatura**. Sobre essa grandeza física, assinale a alternativa correta.
 - a. () As sensações térmicas nos proporcionam noções corretas e precisas das temperaturas dos corpos.
 - b. () Corpos, em equilíbrio térmico, sempre nos proporcionam a mesma sensação térmica.
 - c. () A situação e a sensibilidade individual podem influenciar a sensação térmica.
 - d. () Corpos quentes podem não ter maior temperatura do que corpos frios.
 - e. () Corpos mais quentes têm maior calor do que corpos mais frios.

2. (UEPB) Considere a seguinte situação:

Um aluno pegou quatro recipientes contendo água em temperaturas variadas. Em seguida mergulhou uma das mãos no recipiente com água fria (5 °C) e a outra mão no recipiente com água morna (45 °C). Após dois minutos, retirou-as e mergulhou imediatamente em outros dois recipientes com água a temperatura ambiente (25 °C), conforme a ilustração abaixo. Lembre-se que a temperatura do corpo humano é de aproximadamente 36 °C.

Com base no exposto, assinale a alternativa correta.


- a. () No recipiente com água fria, ocorre transferência de energia na forma de frio da água fria para a mão.
- b. () No recipiente com água morna ocorre transferência de energia na forma de calor da mão para a água morna.
- c. () No passo B (ver ilustração), a mão que experimenta a maior diferença de temperatura é a mão que estava imersa na água fria.
- d. () No passo B (ver ilustração), a mão que experimenta a maior diferença de temperatura é a mão que estava imersa na água morna.
- e. () No passo C, apesar da água dos recipientes estar a 25 °C, temperatura inferior à do corpo humano normal, a mão oriunda da água fria passa uma sensação de ser colocada em uma água morna; e a outra mão, uma sensação de água fria.



3. (FATEC–SP) Três corpos encostados entre si estão em equilíbrio térmico. Portanto:
 - a. () Os corpos apresentam-se no mesmo estado físico.
 - b. () A temperatura dos três corpos é a mesma.
 - c. () O calor contido em cada um deles é o mesmo.
 - d. () A temperatura e o calor contido em cada corpo são iguais.
 - e. () O corpo de maior massa tem mais calor que os outros dois.

4. (FATEC–SP) Para que haja transferência de calor, é necessário que entre os corpos exista:
- Vácuo.
 - Contato mecânico regido.
 - Ar ou um gás qualquer.
 - Diferença de temperatura.
 - Um meio natural.
5. (UNIFESP-SP) Quando se mede a temperatura do corpo humano com um termômetro, procura-se colocar o bulbo do termômetro em contato direto com regiões mais próximas do interior do corpo e mantê-lo assim durante algum tempo, antes de fazer a leitura. Esses dois procedimentos são necessários porque:
- o equilíbrio térmico só é possível quando há contato direto entre dois corpos e porque demanda sempre algum tempo para que a troca de calor entre o corpo humano e o termômetro se efetive.
 - é preciso reduzir a interferência da pele, órgão que regula a temperatura interna do corpo, e porque demanda sempre algum tempo para que a troca de calor entre o corpo humano e o termômetro se efetive.
 - o equilíbrio térmico só é possível quando há contato direto entre dois corpos e porque é preciso evitar a interferência do calor específico médio do corpo humano.
 - é preciso reduzir a interferência da pele, órgão que regula a temperatura interna do corpo, e porque o calor específico médio do corpo humano é muito menor que o do mercúrio e do vidro.
 - o equilíbrio térmico só é possível quando há contato direto entre dois corpos e porque é preciso reduzir a interferência da pele, órgão que regula a temperatura interna do corpo

Experimento 2

1. (UDESC) Em um dia típico de verão, utiliza-se uma régua metálica para medir o comprimento de um lápis. Após essa medição, coloca-se a régua metálica no congelador, que está a uma temperatura de -10°C , e esperam-se cerca de 15 min para, novamente, medir o comprimento do mesmo lápis. O comprimento medido nessa nova situação, com relação ao medido anteriormente, será:
- o mesmo, porque o comprimento do lápis não se alterou.
 - maior, porque a régua sofreu uma contração.
 - menor, porque a régua sofreu uma dilatação.
 - maior, porque a régua se expandiu.
 - menor, porque a régua se contraiu.
2. (PUC RS/2011) O alumínio é um material que dilata isotropicamente, ou seja, dilata igualmente em todas as direções. Um anel, como o mostrado na figura, foi recortado de uma lâmina uniforme de alumínio. Elevando-se uniformemente a temperatura desse anel, verifica-se que:
- 
- o diâmetro externo do anel de alumínio aumenta, enquanto o do orifício se mantém constante.
 - o diâmetro do orifício diminui enquanto o diâmetro do anel de alumínio aumenta.
 - a área do orifício aumenta um percentual maior que a área do anel de alumínio.
 - a área do orifício aumenta o mesmo percentual que a área do anel de alumínio.
 - a expansão linear faz com que o anel tome a forma de uma elipse.

3. (MACK-SP) No estudo dos materiais utilizados para a restauração de dentes, os cientistas pesquisam entre outras características o coeficiente de dilatação térmica. Se utilizarmos um material de dilatação térmica inadequado, poderemos provocar sérias lesões ao dente, como uma trinca ou até mesmo sua quebra. Nesse caso, para que a restauração seja considerada ideal, o coeficiente de dilatação volumétrica do material de restauração deverá ser:
- igual ao coeficiente de dilatação volumétrica do dente.
 - maior que o coeficiente de dilatação volumétrica do dente, se o paciente se alimenta predominantemente com alimentos muito frios.
 - menor que o coeficiente de dilatação volumétrica do dente, se o paciente se alimenta predominantemente com alimentos muito frios.
 - maior que o coeficiente de dilatação volumétrica do dente, se o paciente se alimenta predominantemente com alimentos muito quentes.
 - menor que o coeficiente de dilatação volumétrica do dente, se o paciente se alimenta predominantemente com alimentos muito quentes.
4. (PUC-SP) A tampa de zinco agarrou-se no gargalo de rosca externa de um frasco de vidro e não foi possível soltá-la. Temos, à disposição, um caldeirão com água quente e outro com água gelada. Sabendo que os coeficientes de dilatação linear do zinco e do vidro são, respectivamente, iguais a $30 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ e $8,5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, assinale o item correto.
- Mergulhando o frasco e a tampa na água fria, o vidro sofrerá maior contração do que o zinco, e a tampa sairá com facilidade.
 - Mergulhando o frasco e a tampa na água fria, o zinco sofrerá maior contração do que o vidro, e a tampa sairá com facilidade.
 - Mergulhando o frasco e a tampa na água quente, o vidro sofrerá maior dilatação do que o zinco, e a tampa sairá com facilidade.
 - Mergulhando o frasco e a tampa na água quente, o zinco sofrerá maior dilatação do que o vidro, e a tampa sairá com facilidade.
 - Não é possível retirar a tampa do frasco com facilidade, apenas mergulhando-os na água quente ou na água fria.

Experimento 3

1. (UEPG-PR) No interior de um recipiente termicamente isolado e de capacidade térmica desprezível são colocados, simultaneamente, três corpos: X, Y e Z. Ao fim de um lapso de tempo, ocorre a elevação das temperaturas dos corpos X e Y. A partir desses dados, é correto afirmar que:
- o corpo Z perdeu calor em quantidade igual à que foi ganha pelo corpo X.
 - o corpo Z ganhou calor, mas não é possível precisar em que quantidade.
 - o corpo Z ganhou determinada quantidade de calor.
 - os corpos X e Y ganharam calor sensível.
 - o corpo Z perdeu calor.

2. (Vunesp) A respeito da informação "O calor específico de uma substância pode ser considerado constante e vale $3\text{J}/(\text{g}^\circ\text{C})$ ", Três estudantes (I, II e III) forneceram as explicações seguintes.

I - Se não ocorrer mudança de estado, a transferência de 3 joules de energia para 1 grama dessa substância provoca elevação de 1 grau Celsius na sua temperatura.

II - Qualquer massa em gramas de um corpo construído com essa substância necessita de 3 joules de energia térmica para que sua temperatura se eleve de 1 grau Celsius.

III - Se não ocorrer mudança de estado, a transferência de 1 joule de energia térmica para 3 gramas dessa substância provoca elevação de 1 grau Celsius na sua temperatura.

Dentre as explicações apresentadas:

- a. apenas I está correta.
b. apenas II está correta.
c. apenas III está correta.
d. apenas I e II estão corretas.
e. apenas II e III estão corretas.
3. (UEPG-PR) Dois corpos em equilíbrio térmico recebem quantidades iguais de calor e, em função disso, sofrem variações iguais na temperatura. A partir desses dados, podemos concluir que os corpos têm:
- a. a mesma capacidade térmica.
b. o mesmo calor específico.
c. densidades diferentes.
d. a mesma densidade.
e. massas iguais.
4. (PUC-Campinas-SP) Sobre a grandeza calor específico, podemos dizer que fornece, numericamente, a quantidade de calor:
- a. necessária para que cada unidade de massa do corpo varie sua temperatura de um grau.
b. necessária para que cada unidade de massa do corpo mude de estado físico.
c. que um corpo troca com outro, quando varia sua temperatura.
d. necessária para que a temperatura de um corpo varie de um grau.
e. que um corpo troca com outro, quando muda de estado.
5. (UEPG-PR) No interior de um calorímetro adiabático de capacidade térmica desprezível, são colocados dois cilindros, um de prata ($c = 0,056 \text{ cal}/\text{g}^\circ\text{C}$) e um de cobre ($c = 0,092 \text{ cal}/\text{g}^\circ\text{C}$), cujas massas são iguais. Nessas condições, a temperatura de equilíbrio térmico no interior do calorímetro é igual a 20°C . São introduzidos 100g de água a 80°C no calorímetro, e a temperatura em seu interior, após as trocas de calor, passa a ser de 60°C . Desprezando a capacidade térmica do calorímetro, a partir desses dados, assinale a alternativa correta.
- a. Após todas as trocas de calor, o cilindro de prata e o cilindro de cobre têm a mesma temperatura, que é diferente da temperatura da água.
b. Após as trocas de calor, a água sofre a maior variação de temperatura.
c. O cilindro de cobre absorve mais calor do que o cilindro de prata.
d. No processo, o cilindro de prata absorveu mais do que 1000 cal.
e. A massa de cada cilindro é, aproximadamente, 338g.

Experimento 4

1. (UFSM) Quando se está ao nível do mar, observa-se que a água ferve a uma temperatura de 100°C . Subindo uma montanha de 1 000 m de altitude, observa-se que a água:
 - a. ferve na mesma temperatura de 100°C , independentemente da altitude.
 - b. ferve numa temperatura maior, pois seu calor específico aumenta.
 - c. ferve numa temperatura maior, pois a pressão atmosférica é maior.
 - d. ferve numa temperatura menor, pois a pressão atmosférica é menor.
 - e. não consegue ferver nessa altitude.

2. (FEI) Aquecendo água destilada, numa panela aberta e num local onde a pressão ambiente é $0,92\text{atm}$, a temperatura de ebulição da água:
 - a. é alcançada quando a pressão máxima de vapor saturante for $1,0\text{atm}$.
 - b. depende da rapidez do aquecimento.
 - c. será inferior a 100°C .
 - d. será superior a 100°C .
 - e. será igual a 100°C .

3. (UFLA) O uso de panela de pressão diminui consideravelmente o tempo de cozimento dos alimentos. Isto deve-se:
 - a. a uma distribuição mais uniforme do calor, sendo a temperatura de ebulição da água 100°C ao nível do mar, mesmo dentro da panela.
 - b. à água estar na forma de vapor dentro da panela, sem que haja necessariamente um aumento da temperatura.
 - c. ao aumento do ponto de ebulição da água pelo aumento da pressão interna da panela.
 - d. ao fato de os alimentos, sob pressão, cozinharem mais facilmente, não sendo assim um efeito do aumento da temperatura.
 - e. à diminuição do ponto de fusão dos alimentos pelo aumento da pressão.

4. (PUC-RS) A temperatura de fusão de uma substância depende da pressão que é exercida sobre a mesma. O aumento de pressão sobre essa substância ocasiona na sua temperatura de fusão:
 - a. um acréscimo, se ela, ao se fundir, se expande.
 - b. um acréscimo, se ela, ao se fundir, se contrai.
 - c. um decréscimo, se ela, ao se fundir, se expande.
 - d. um decréscimo.
 - e. um acréscimo.

5. (UFPEL-RS) Na patinação sobre o gelo, o deslizamento é facilitado porque, quando o patinador passa, parte do gelo se transforma em água, reduzindo o atrito. Estando o gelo a uma temperatura inferior a 0°C , isso ocorre porque a pressão da lâmina do patim sobre o gelo faz com que ele derreta.
De acordo com seus conhecimentos e com as informações do texto, é correto afirmar que a fusão do gelo acontece porque:
 - a. a pressão não influencia no ponto de fusão.
 - b. o aumento da pressão aumenta o ponto de fusão.
 - c. a diminuição da pressão diminui o ponto de fusão.
 - d. a pressão e o ponto de fusão não se alteram.
 - e. o aumento da pressão diminui o ponto de fusão.

Apêndice 5 – Guia para Professores

DICAS E ORIENTAÇÕES PARA PROFESSORES

Parece óbvio que os roteiros de experimentos fechados devam trazer **todas as informações essenciais e necessárias sobre o que se deve fazer, como fazer e o que observar**. Na implementação desse método de trabalho, o aluno precisa: saber ler e interpretar o que está escrito; abstrair as informações essenciais do texto; fazer o que lhe é solicitado; observar o fenômeno que está sendo analisado; compreender como as grandezas se inter-relacionam no fenômeno estudado; coletar, selecionar, reorganizar e equacionar as informações e conhecimentos disponíveis e responder as questões propostas. O que é exigido do aluno não é apenas a necessidade de conhecimentos e/ou pré-requisitos, mas de determinadas competências, por meio das quais o aluno consiga estabelecer as correlações entre sistemas, situações, informações e dados. Eles precisam usar mais a capacidade de raciocínio e compreensão do que a memorização. Por isso, uma característica marcante dos roteiros de experimentos é que esse método de ensino exige dos alunos a capacidade de ler e compreender. E não se trata apenas da leitura de textos formais, mas também da leitura das múltiplas formas de linguagens usadas em textos científicos, como expressões numéricas, tabelas e diagramas.

Nesse sentido, para que esse tipo de atividade obtenha melhor desempenho e seja bem aproveitado, a preparação do roteiro passa a ser o ponto crucial. Além de exigir um **texto bem redigido, com clareza, concisão e, adequadamente, adaptado ao nível de escolaridade do público a quem se destina**, é aconselhável que tenha introdução teórica e objetivos, para que os alunos saibam, de antemão, do que trata o experimento e o que, exatamente, se quer analisar e observar com a atividade. Também, é imprescindível que apresente uma **sequência de procedimentos que seja lógica e coerente com o que se deseja observar e com o fenômeno que se quer analisar**.

Visando a uma aprendizagem significativa, o produto pedagógico desse mestrado, foi pensado para ser como um estudo dirigido, no qual a complexidade das questões e dos procedimentos vai aumentando gradativamente, sempre exigindo que o aluno, a cada nova ação, pare, reflita sobre o que está fazendo e, em função dos objetivos da atividade, formule a melhor resposta para cada questão do roteiro.

Geralmente, nas últimas questões desses roteiros, os alunos devem discorrer sobre os erros experimentais e/ou aplicações dos conteúdos abordados em situações do dia-a-dia. Esse é outro diferencial que dá sentido às atividades desenvolvidas e faz com que o aluno reflita sobre os procedimentos propostos.

Cabe ressaltar que, segundo sua natureza, os erros são geralmente classificados em três categorias:

- ✓ **Erros Grosseiros** - ocorrem por causa da falta de prática (imperícia) ou distração do operador. Como exemplos, podem-se citar: manuseio incorreto dos equipamentos; medições equivocadas e erros de cálculos. Esse tipo de erro é inaceitável e, caso ocorra, todo o procedimento deve ser refeito.
- ✓ **Erros Sistemáticos** - são causados por flutuações originárias de falhas no método empregado ou nos equipamentos utilizados, que fazem com que as medidas feitas estejam consistentemente acima ou abaixo do valor real. Como exemplos, podem-se citar: simplificações do modelo teórico utilizado (desprezar a resistência do ar e atritos, por exemplos) e utilizar equipamentos mal calibrados (relógios que sempre adiantam ou sempre atrasam). Na medição em que não há uma estimativa

do resultado, os erros sistemáticos quase sempre passam despercebidos. Em geral, eles só são percebidos a posteriori e, uma vez conhecidos, podem ser corrigidos. Mas, há métodos para minimizar a influência desse tipo de erro.

- ✓ **Erros Aleatórios ou Acidentais** - são provocados por causas fortuitas, acidentais e variáveis, podendo influenciar os resultados tanto para mais como para menos. Como exemplos, podem-se citar: variações das condições ambientais (pressão, temperatura, umidade etc.) e fatores relacionados com os reflexos variáveis do operador, em particular a visão e a audição. A influência desse tipo de erro pode ser minimizada, repetindo diversas vezes as medidas das grandezas físicas.

De modo simples, pode-se dizer que medida exata é aquela na qual os erros sistemáticos são nulos ou desprezíveis e os erros acidentais são mínimos.

Nessas atividades, o professor atuará como um orientador, auxiliando os alunos na implementação desses procedimentos, principalmente, quando a atividade necessitar de ajustes complexos e/ou trazer riscos à saúde. Além de conhecer todos os objetivos e dominar todas as técnicas e preparações de cada procedimento da prática, o professor deve estar preparado para sanar as dúvidas e questionamentos dos alunos sobre o assunto experimentado. Por isso, é fundamental que o professor realize o experimento com antecedência, para resolver situações inusitadas, a fim de que, durante o experimento, não se repitam.

É interessante que o aluno tenha acesso às atividades antes das aulas no laboratório, para que possa ler e refletir, previamente, sobre o que vai ser discutido e experimentado em cada aula.

O produto pedagógico proposto vem precedido por um texto introdutório de Terminologia, que traz, em linhas gerais, todos os fenômenos que serão analisados nos experimentos.

As atividades experimentais estão divididas e organizadas em tópicos, os quais são apresentados a seguir:

- VII. **TÍTULO**: traz o nome do experimento ou fenômeno que será estudado com aquele experimento;
- VIII. **INTRODUÇÃO**: traz um pequeno resumo dos conteúdos abordados naquela atividade, o qual serve para consultas e referências;
- IX. **OBJETIVOS**: além de indicar ao aluno o que se espera atingir com a referida prática, este tópico também orienta sobre os aspectos importantes que devem ser observados e analisados na atividade;
- X. **MATERIAIS NECESSÁRIOS**: relaciona e caracteriza todos os materiais e equipamentos que serão utilizados na prática;
- XI. **PROCEDIMENTOS**: descreve todas as orientações, de maneira cuidadosa, ordenada e detalhada, tudo o que deverá ser feito durante a prática;
- XII. **CONCLUSÃO**: este tópico, que vem distribuído ao longo do roteiro, é composto por uma série de perguntas e problemas, que serão respondidos pelo aluno, de preferência sem o auxílio do professor, logo após os procedimentos correspondentes. Os alunos não precisam se preocupar se o experimento "vai dar certo ou não", o importante é que suas conclusões e respostas sejam coerentes com os dados obtidos.

Para que as atividades transcorram de forma tranquila e os riscos de acidentes sejam minimizados, é necessário estabelecer algumas normas e medidas de conduta básica, que devem ser seguidas por todas as pessoas que utilizam o laboratório.

- o horário deve ser rigorosamente respeitado, pois o tempo para a implementação das práticas, incluindo os momentos de análises de dados e resultados, foi ajustado para ocupar integralmente toda a aula. Evite atrasos, pois não é conveniente entrar no laboratório após o início da prática;
- é obrigatório o uso de jaleco em tecido de algodão, calça comprida e calçado fechado, sem exceções. Se for necessário, outros itens devem ser utilizados, como luvas e óculos;
- é proibido ingerir qualquer tipo de alimento durante a atividade prática;
- procure seguir atentamente as instruções do roteiro. Toda "criatividade" é bem aceita, quando orientada. Se quiser "testar uma nova montagem ou experiência" peça orientações, para evitar transtornos ou acidentes;
- é expressamente proibido brincar com materiais e equipamentos laboratoriais. Evite, também, conversar durante a aula sobre assuntos alheios ao experimento;
- evite barulho no laboratório, pois este é um dos grandes motivos de acidentes;
- em caso de acidente ou dano aos materiais e equipamentos, comunique imediatamente ao professor, para que se possam tomar as providências;
- nunca prove substâncias e nem aspire gases ou vapores;
- ao final da atividade, os alunos devem arrumar todos os materiais e equipamentos utilizados, deixando o laboratório exatamente como foi encontrado no início da aula.

Planejar a atividade e organizá-la previamente são pontos essenciais para se trabalhar com cautela e segurança.

Experimento 1

AVALIAÇÃO E MEDIÇÃO DE TEMPERATURA

Inicialmente, o aluno precisa entender a diferença entre avaliar e medir. A ação de medir é sempre uma comparação de quantidades de grandezas de mesma espécie, ou seja, escolhe-se uma escala qualquer, adotada como padrão, e determina-se quantas vezes essa unidade padrão está contida na grandeza que está sendo medida. Quando se avalia, não há a utilização dessa unidade padrão no instante da comparação.

Desta forma, quando se avalia temperatura de um corpo, pode-se dizer que esse corpo está frio, quente ou morno. Mas, para medir a temperatura desse corpo, é necessário escolher uma unidade padrão (por exemplo, o grau celsius ou fahrenheit) e determinar, indiretamente, quantas unidades desse grau padrão correspondem ao valor da temperatura desse corpo. Essa medida é denominada indireta porque, para medir temperatura, **utilizamos as propriedades de alguns sistemas (como: cor, volume, pressão, resistência elétrica etc.), que se modificam quando o estado térmico é alterado.**

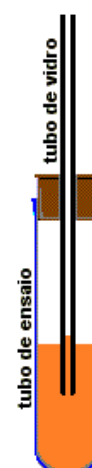
O instrumento utilizado para medir temperatura é o termômetro. O tato não mede temperatura, no máximo, ele avalia a temperatura dos corpos. No entanto, o tato é muito impreciso para avaliar temperatura, pois depende do observador que avalia e, para um mesmo observador, depende das condições térmicas em que esse observador se encontrava. Além disso, é importante perceber que o tato é mais suscetível à condutividade térmica do que à temperatura. Isso quer dizer que objetos feitos de materiais diferentes, geralmente, têm condutividades térmicas diferentes e, quando são tocados, nos dão sensações térmicas diferentes, mesmo estando à mesma temperatura.

Uma maneira mais precisa de se avaliar a temperatura de um corpo é por meio de um termoscópio. Trata-se de um instrumento que utiliza uma propriedade física (cor, volume, pressão, resistência elétrica etc.) que varia **quando o estado térmico do corpo é alterado.** No fundo, o termoscópio é um termômetro sem escala termométrica e, por isso, ele não mede temperaturas.

O termoscópio proposto, mostrado na figura, é constituído por um tubo de ensaio com um pouco de água colorida, encerrado por uma tampa, a qual é atravessada por um canudo fino de vidro, que mantém uma extremidade imersa no líquido. Nesse instrumento, a propriedade física que varia com a temperatura é a altura da coluna líquida no tubo de vidro e, para que funcione, não pode haver vazamentos dos conteúdos.

Para vê-lo em funcionamento, basta colocar o tubo de ensaio em contato com o corpo que se quer avaliar a temperatura. Por exemplo, se sua mão estiver mais quente que o conteúdo do termoscópio e você segurar o tubo de ensaio, verá que a altura da coluna líquida vai aumentar. Ao fornecer calor para o sistema, o líquido e, principalmente, o ar contido no tubo de ensaio sofrem expansões e, por isso, a altura da coluna líquida aumenta. É importante frisar que a expansão do ar é maior do que a dilatação do líquido. Então, para uma maior percepção da variação da altura da coluna líquida no tubo de vidro, a quantidade de líquido no tubo de ensaio deve ser mínima possível, cerca de dois centímetros de altura. Quanto maior o volume de líquido no tubo de ensaio, menos ar existirá no tubo e, portanto, menor vai ser a variação da altura da coluna líquida, quando a temperatura do sistema variar.

Termoscópio



Outro cuidado que se deve ter na implementação dessa atividade é com relação às temperaturas das águas nos béqueres, principalmente a quente, pois o aluno pode se queimar se estiver muito alta.

Essa atividade foi planejada para ser desenvolvida em duas aulas. Na primeira, o aluno vai avaliar a temperatura das águas, por meio do tato, a fim de perceber que o tato é muito impreciso para essa avaliação. Além disso, ele vai constatar que a condutividade térmica interfere na avaliação das temperaturas dos corpos, por meio do tato.

Na segunda aula, o aluno usará o termoscópio para avaliar as temperaturas das águas dos béqueres, a fim de constatar que esse instrumento é mais preciso do que o tato. Além disso, comparando-se a variação da altura da coluna líquida do termoscópio com os valores de temperatura, medidos com auxílio do termômetro científico, o aluno construirá uma relação termométrica entre esses dois equipamentos. Ao final da atividade, o aluno determinará a altura da coluna quando esse aparelho estiver em equilíbrio térmico com a água morna e, utilizando a relação termométrica determinada anteriormente, determinará a temperatura dessa água.

Seria conveniente que os alunos estudassem os algarismos significativos de uma medida, para entender o motivo de o roteiro solicitar que os valores de temperatura e altura da coluna líquida sejam anotados com precisão de décimos de graus celsius e milímetros, respectivamente. Seria conveniente também que soubessem como fazer operações matemáticas com algarismos significativos e como fazer os arredondamentos matemáticos necessários.

Na última questão da atividade, o roteiro pede para comparar o valor calculado para a temperatura da água morna com o valor medido e citar, pelo menos, dois motivos que justifiquem a possível diferença (ou não) entre esses valores. Como resposta, os alunos poderão citar as trocas de calor no processo, uma vez que as águas quente e fria estão, respectivamente, cedendo e recebendo calor do ambiente, o que provoca alterações nas medidas, uma vez que há uma diferença de tempo entre a medição das temperaturas e das correspondentes alturas da coluna líquida. Outros fatores que podem citar para justificar as possíveis diferenças são os arredondamentos matemáticos e as precisões dos equipamentos adotados.

Experimento 2

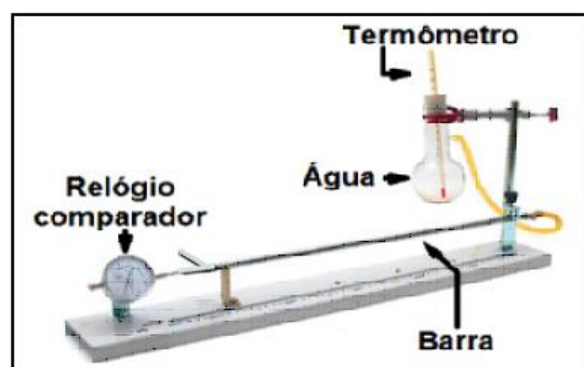
DILATAÇÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS

Na segunda atividade, vamos explorar a dilatação e a contração térmica de sólidos e, para isso, inicialmente vamos utilizar o anel de Gravezande.



Uma situação que sempre traz dúvida para os alunos é a dilatação ou a contração térmica de objetos que contêm furos. No caso de aumento de temperatura, há aumento ou redução dos diâmetros desses furos? Lembrando-se que aumentos na temperatura de um corpo, provocam aumentos na agitação das partículas que constituem esse corpo e, conseqüentemente, maior afastamento dessas partículas, conclui-se que os diâmetros dos furos devem aumentar, pois as partículas das bordas desses furos devem se afastar, uma das outras. Se os diâmetros diminuíssem, as partículas ficariam mais próximas, uma das outras, o que seria incompatível com um aumento de temperatura. E isso é o que pretendemos analisar com essa atividade.

Para essa atividade, teremos que fazer aquecimentos, o que implica cuidado redobrado para evitar queimaduras, pois as peças do anel de Gravezande ficarão muito quentes. Outro cuidado necessário é com os cabelos dos alunos, que precisam estar presos. Além disso, os alunos precisam ser informados sobre o modo correto para acender e apagar o bico de bunsen, evitando vazamentos de gás no laboratório. Também, é necessário que saibam como controlar a altura da chama e o ponto ideal para os aquecimentos.



Na segunda parte do experimento, usaremos o dilatômetro, mostrado na figura ao lado, para determinar o coeficiente de dilatação linear de uma barra metálica.

O primeiro cuidado que se deve ter é manusear a barra pelas extremidades, para evitar que ela sofra dilatações, antes do início do experimento.

Repare que o relógio comparador do dilatômetro possui dois ponteiros. O menor mede quantos milímetros a barra dilata, enquanto o maior mede os centésimos de milímetros. Supondo que, após a dilatação da barra, o ponteiro menor esteja entre os números dois e três e o maior esteja exatamente sobre o número 76, a dilatação da barra será de 2,76mm.

Para montar o equipamento, com muito cuidado, vamos colocar a barra metálica em contato com a ponteira do relógio comparador do dilatômetro, forçando uma pequena leitura

inicial. Em seguida, deve-se prender a barra nessa localização, apertando o parafuso que se encontra próximo da outra extremidade da barra. Nesse instante, o ponteiro menor deve estar entre os números zero e um, enquanto, o maior, marca pequeno valor. Essa verificação é necessária para constatar que a barra realmente toca na ponteira do relógio comparador. Em seguida, ajuste o “zero” da escala, girando o anel recartilhado do relógio comparador, até que a marca do zero coincida com a ponta do maior ponteiro do relógio.

Para medir o comprimento inicial da barra, utiliza-se a escala milimétrica do dilatômetro, medindo desde a localização do parafuso que prende a barra, até o início da ponteira do relógio comparador. Perceba que o pequeno pedaço da barra que fica do outro lado do parafuso não influencia o resultado do experimento, pois, ao sofrer dilatação, ele não interfere na medição do relógio comparador e, por isso, não é considerada na medida do comprimento inicial da barra.

O próximo passo é colocar água no balão volumétrico do aparelho e conectar a mangueira que liga o balão ao início da barra. Não se esqueça de colocar a rolha no balão, com o termômetro, conforme a figura anterior.

Por fim, acenda o bico de bunsen e aqueça o balão volumétrico. Quando entrar em ebulição, o vapor d’água passará pela mangueira e entrará na barra, saindo pela outra extremidade aberta. **Cuidado! O vapor que sai da barra ainda está muito quente e pode provocar queimaduras.** Por isso, é importante que, ao prender a barra, a extremidade livre não fique direcionada para os alunos (veja a figura).

Acompanhe o aquecimento da barra e veja os ponteiros do relógio comparador medindo a dilatação da barra.

Na questão nove, o roteiro pede para citar pelo menos dois motivos que justifiquem a possível diferença entre o valor calculado e o tabelado para o coeficiente de dilatação linear do material da barra. Nesse ponto é importante que o aluno perceba que em nenhum momento foi medida a temperatura da barra. Para a temperatura inicial, adotamos que ela estava em equilíbrio térmico com o ambiente e anotamos o valor de temperatura que o termômetro indicava. Após o aquecimento, adotamos que a barra estava em equilíbrio térmico com a água que estava em ebulição no balão volumétrico. Esses podem ser os motivos que justificam a diferença percebida. Além disso, poderiam citar a pureza do material da barra. Geralmente, essas barras são feitas de ligas de várias substâncias e, isso, também altera o coeficiente de dilatação das barras.

Experimento 3

PROCESSOS DE PROPAGAÇÃO DE CALOR

Na terceira atividades, vamos ilustrar os três processos de propagação de calor: condução, convecção e radiação.

Com relação à parte que trata da condução térmica, o que pode dar errado é que as esferas foram presas na barra metálica, usando parafina. Dessa forma, se colocar mais cera em uma do que nas outras, pode acontecer das esferas não se desprenderem na ordem correta, o que significaria que o calor não flui do lado mais quente para o mais frio.

Com relação à convecção térmica, muitos alunos têm dificuldade em explicar o que acontece a massa de ar quente que está em contato com a lâmpada. Talvez seja necessário informar que essa massa de ar, ao ser aquecida, se expande, sua densidade diminui e, por isso, é forçada a subir, criando as correntes de convecção e provocando o movimento da ventoinha. Tudo ocorre pela variação de pressão, provocada pelo aquecimento do ar.

Na parte de radiação, é importante que o aluno perceba que a leitura do termômetro só pode ter aumentado por causa das ondas eletromagnéticas. O ar que está entre a lâmpada e o termômetro é isolante térmico. Além disso, nas correntes de convecção, o ar quente sobe, não sendo, portanto, explicação para o aumento da temperatura do termômetro.

Outra questão que pode gerar polêmica é aquela que se refere às radiações emitidas pelo filamento da lâmpada. Será que elas precisam de um meio material para propagar-se? Se possível, repita essa atividade, colocando o termômetro no interior de uma redoma de vidro, onde foi retirado o ar, com uma bomba de sucção. Dessa forma, o aluno perceberia que a temperatura aumentaria e que esse tipo de onda não precisa de um meio material para propagar-se.

Experimento 4

CALOR ESPECÍFICO

Nessa atividade, todos os procedimentos devem ser realizados o mais rapidamente possível, para se evitar as trocas de calor indesejáveis, mas com muito cuidado, a fim de se evitar acidentes, uma vez que os alunos estarão manuseando o bico de bunsen e transferindo materiais aquecidos de um recipiente para outro.

O que compromete os resultados dessa atividade são as trocas de calor indesejáveis ao longo do processo. Além disso, é necessário que os alunos façam as medidas de temperatura

usando a precisão de décimos de graus celsius, pois, como o calor específico do bloco analisado é muito pequeno quando comparado com o da água, as variações de temperatura da água vão ser muito pequenas e, sem essa precisão, pode ser que o aluno não consiga medir essa variação.

Uma dificuldade percebida na implementação desse roteiro com os alunos que participaram da pesquisa foi quanto à utilização da Equação Fundamental da Calorimetria para determinar as grandezas solicitadas. Talvez seja necessária uma intervenção do professor, no início do experimento, para mostrar como aplicar o princípio das trocas de calor em sistemas fechados.

Na última questão da atividade, o roteiro pede para o aluno citar pelo menos dois fatores que justifiquem a possível diferença entre os calores específicos calculado e tabelado. Nesse ponto, os alunos podem falar sobre as trocas de calor indesejáveis. Toda vez que ele abre o calorímetro, há perda de calor para o ambiente. Além disso, pode citar a pureza do bloco experimentado. Pode, também, comentar sobre a precisão dos equipamentos utilizados.

Experimento 5

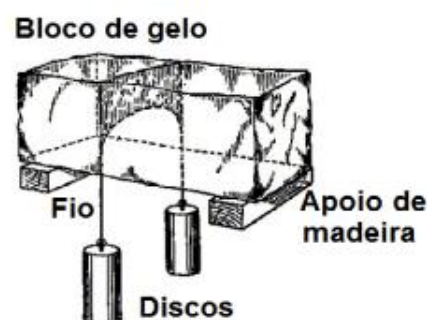
PRESSÃO E TEMPERATURA

Antes de iniciar o experimento, é necessário que o aluno compreenda que a influência da pressão sobre as temperaturas de mudança de estado físico está relacionada com as alterações de volume que sempre ocorrem nas transições de fase. De uma maneira geral, pode-se estabelecer que:

- ✓ **Toda mudança de fase, na qual o volume aumenta, será dificultada por um aumento de pressão, passando a ocorrer em uma temperatura mais elevada;**
- ✓ **Toda mudança de fase, na qual o volume diminui, será facilitada por um aumento de pressão, passando a ocorrer em uma temperatura mais baixa.**

Sem essa compreensão, dificilmente o aluno entenderá os resultados da atividade. Repare que essa atividade foi desenvolvida com o intuito de que o aluno constate o que está sendo afirmado.

Inicia-se a atividade tentando analisar como a variação de pressão altera a temperatura de fusão da água. Para esse procedimento, basta um pequeno bloco de gelo, que pode ser feito com auxílio de uma caixinha descartável. Convém destacar que, quanto maior a massa dos discos presos na extremidade do fino fio de aço, mais rápido o fio atravessará o bloco. É necessário experimentar previamente para decidir qual a melhor maneira de realizar esse procedimento, sabendo que os



alunos adoram, quando o fio atravessa a barra e ela continua inteira.

Nesse ponto, faz-se a montagem do sistema conforme a figura e o deixe de lado para ser analisado no final do experimento. Sobre esse assunto, no final da atividade há alguns questionamentos que, geralmente, os alunos têm dificuldades para responder. O fio atravessa a barra porque o aumento de pressão diminui a temperatura de fusão de gelo. Após passar, a pressão sobre a água fundida volta ao valor anterior e, como sua temperatura ainda é muito baixa, essa água volta a solidificar-se.

Em seguida, o experimento passa a discutir a interferência da pressão na temperatura de ebulição da água. Nessa parte, alguns detalhes podem passar despercebidos. Por exemplo, já aconteceu, aqui em Brasília, de a água ferver, em recipiente aberto, com temperatura muito próxima dos 100°C. Isso pode ocorrer, por exemplo, pela presença de sal na água. Outro motivo plausível para explicação desse fato é o formato do recipiente, que proporciona um aumento de pressão, mesmo estando aberto.

Outro detalhe que os alunos têm grandes dificuldades para perceber, é com relação à variação de pressão no interior do tubo fechado. A água aquecida, contida no tubo de ensaio tampado, volta a entrar em ebulição, quando o tubo é mergulhado em água à temperatura ambiente, porque a pressão de vapor, no interior do tubo, diminui, mas a temperatura da água contida no tubo continua muito alta. É possível observar a formação de gotículas de água, no interior do tubo, o que comprova essa diminuição de pressão, pois o vapor está se condensando.

No final do roteiro há dois questionamentos que propõem aplicar os conhecimentos adquiridos em situações reais. O primeiro deles pergunta: o que aconteceria com um líquido, contido em um recipiente, se a pressão a que estiver submetido for diminuída quase a zero? De acordo com o que foi observado, o líquido deve evaporar, pois diminuindo a pressão, diminui a temperatura de ebulição do mesmo.

Na segunda questão, o roteiro pergunta: em termos da variação de pressão, como poderíamos justificar o fato do acúmulo de neve, no alto das montanhas, provocar avalanches? O acúmulo de neve aumenta a pressão nas camadas inferiores do gelo, o que, por sua vez, diminui a temperatura de fusão dessa camada de gelo, fazendo-a derreter e deslizar, provocando a avalanche.

Experimento 6

CALOR LATENTE

O objetivo dessa atividade é determinar o calor latente específico de fusão do gelo, por meio de uma troca de calor ocorrida no interior do calorímetro. As mesmas recomendações e cuidados da atividade 4, também, são válidas para esse experimento, isso é, todos os procedimentos devem ser realizados o mais rapidamente possível, para se evitar as trocas de calor indesejáveis, mas com muito cuidado, a fim de se evitar acidentes, uma vez que os alunos estarão manuseando o bico de bunsen e transferindo materiais aquecidos de um

recipiente para outro. Vale lembrar que o que compromete os resultados dessa atividade são as trocas de calor indesejáveis ao longo do processo.

Inicialmente, provoca-se uma troca de calor entre águas a diferentes temperaturas, no interior do calorímetro, a fim de determinar a capacidade térmica desse instrumento.

Em seguida, provoca-se uma nova troca de calor no interior do calorímetro, adicionando uma massa conhecida de gelo fundente picado. Note que a temperatura do gelo não foi determinada e, foi assumido, que estava a 0°C , pois o gelo estava se fundindo.

Outro ponto que merece comentário é com relação à massa de gelo picado que foi adicionada ao calorímetro. O roteiro pede que seja acrescentado apenas pedaços gelos. Mas, como garantir essa separação? Infelizmente, uma pequena parcela de água líquida gelada também é acrescentada no interior do calorímetro.

Talvez seja necessário, também, uma intervenção do professor para mostrar como aplicar o princípio das trocas de calor em sistemas fechados.

Na última questão, o roteiro afirma que o valor tabelado para o calor latente específico de fusão do gelo é 80cal/g e pede para citar pelo menos três motivos que justifiquem a possível diferença encontrada. Novamente, as trocas de calor indesejáveis, a pureza da água (pois, não estamos utilizando água destilada), a precisão dos instrumentos de medida utilizados e a incerteza com relação à massa de gelo picado que foi colocada no calorímetro, são fatores que poderiam justificar a diferença encontrada entre esses valores.

Experimento 7

ENERGIA ALIMENTAR

Com esse experimento, queremos determinar a energia alimentar, valor energético ou valor calórico de um alimento. Mais precisamente, vamos determinar, por dois métodos diferentes, quantas calorias um grão de amendoim pode fornecer, ao ser queimado (consumido).

Para esse experimento, valem as recomendações e cuidados já citados nos experimentos 4 e 6, isto é, todos os procedimentos devem ser realizados o mais rapidamente possível, para se evitar as trocas de calor indesejáveis, mas com muito cuidado, a fim de se evitar acidentes, uma vez que os alunos vão trabalhar com fogo. Vale lembrar que as trocas de calor indesejáveis comprometem os resultados dessa atividade.

No primeiro método, vamos usar o calor gerado na queima do amendoim para aquecer 30g de água. Como o calor específico da água é muito grande, $1,0\text{ cal}/(\text{g }^{\circ}\text{C})$, e há perdas de

calor no processo, a variação de temperatura dessa massa d'água vai ser muito pequena. Se for possível, meça as temperaturas com auxílio de um multímetro. Isso é interessante, porque os alunos passam a conhecer outro tipo de termômetro.

No segundo método, o calor gerado pela queima do amendoim será usado para fundir uma massa de gelo. Assumindo que todo o calor gerado na queima foi transferido para o gelo e determinando-se a massa de gelo que foi derretida, pode-se calcular a quantidade de calor que o amendoim pode fornecer.

Na questão 14, o roteiro afirma que o valor energético do amendoim, registrado nas embalagens do produto é cerca de 5,8kcal/g e pede para citar pelo menos dois fatores que justifiquem as possíveis diferenças encontradas, ao se comparar as quantidades médias calculadas, nos dois processos, com a quantidade de calor registrado. Novamente, as trocas de calor indesejáveis, a precisão dos instrumentos de medida utilizados e a incerteza com relação à massa de gelo picado no segundo método, são fatores que poderiam justificar a diferença encontrada entre esses valores.

Experimento 8

UMIDADE RELATIVA DO AR

Nesse experimento, apresentaremos dois métodos simples para se determinar a umidade relativa do ar. Sabe-se que a pressão atmosférica é a soma das pressões exercidas por todos os elementos (nitrogênio, oxigênio, gás carbônico, argônio, criptônio, hélio, neônio, radônio, xenônio e água) presentes no ar. A pressão que cada um desses elementos exerce isoladamente é denominada pressão parcial. A pressão parcial (f) que o vapor d'água exerce é, em geral, muito baixa, além de depender da temperatura.

Dizemos que o ar está saturado de vapor d'água quando o vapor existe em quantidade tal que esteja exercendo a pressão máxima de vapor (F), isto é, a concentração de vapor d'água é tão grande que, a qualquer instante, pode ocorrer sua condensação.

A pressão máxima F do vapor de água cresce com a temperatura e a tabela ao lado, obtida experimentalmente, traz os valores correspondentes dessa grandeza, entre 10°C e 30°C.

Definimos a umidade relativa ou grau higrométrico (H) do ar pela relação:

$$H = \frac{f}{F}$$

Frequentemente, a umidade relativa é expressa em porcentagem e, para tanto, basta multiplicar a relação anterior por 100%. Se o ambiente estiver saturado ($f = F$), a umidade relativa do ar vale 100% e, neste caso, o vapor começa a condensar.

No primeiro método, vamos medir a temperatura ambiente e determinar a pressão máxima de vapor que corresponde a essa temperatura. Em seguida, vamos adicionar um pouco de água em um recipiente metálico e, aos poucos, ir adicionando gelo picado até que se veja a formação do orvalho na superfície externa desse recipiente. Nesse instante, o vapor presente no ar, já está sofrendo condensação na parede desse recipiente. Então,

vamos medir a temperatura da água no interior do copo e determinar a correspondente pressão parcial de vapor d'água, registrada na tabela acima. Em seguida, para se calcular a umidade relativa do ar, basta dividir os valores encontrados, conforme expressão anterior.

No segundo método, utilizamos a propriedade de volatilidade do álcool, para determinar a pressão parcial do vapor de água. Para tanto, envolvemos o bulbo de um termômetro científico com um chumaço de algodão e, em seguida, umedecemos esse algodão com álcool. À medida que o álcool retira calor do bulbo para se evaporar, a altura da coluna líquida do termômetro diminui. Mas, chega a um ponto que a altura da coluna líquida se estabiliza, mesmo com o algodão ainda úmido. Isso pode ser entendido, assumindo que atingiu a temperatura de orvalho e agora, o vapor d'água começa a condensar e molhar o algodão. Nesse instante, se determina a temperatura de orvalho e a correspondente pressão parcial do vapor d'água, registrada na tabela anterior. Por fim, basta calcular a umidade relativa do ar, usando a expressão que foi citada.

Convém ressaltar que os métodos utilizados para a medição da umidade relativa do ar são muito sensíveis ao deslocamento de ar (vento) e à variação de temperatura. Outro ponto que merece destaque é que os valores de temperatura registrados na **Tabela de Pressão Máxima de Vapor d'Água**, mostrada anteriormente, variam de um grau celsius. No entanto, quando se mede a temperatura ambiente ou do ponto de orvalho, pode-se medir um valor

PRESSÃO MÁXIMA DE VAPOR DA ÁGUA	
Temperatura (°C)	Pressão (mmHg)
10,0	9,6
11,0	9,8
12,0	10,5
13,0	11,2
14,0	12,0
15,0	12,8
16,0	13,6
17,0	14,5
18,0	15,5
19,0	16,5
20,0	17,6
21,0	18,7
22,0	19,8
23,0	21,1
24,0	22,4
25,0	23,8
26,0	25,2
27,0	26,8
28,0	28,4
29,0	30,1
30,0	31,8

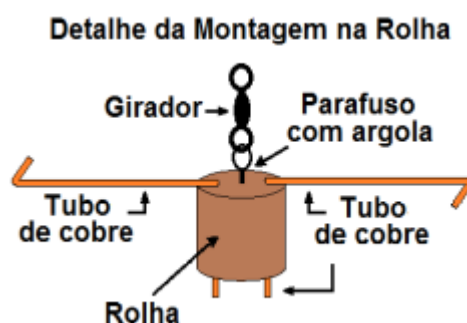
intermediário aos registrados na tabela. E esse é outro motivo que justificaria a possível diferença registrada entre os dois métodos.

Experimento 9

MÁQUINAS TÉRMICAS

Nesse experimento, queremos discutir o funcionamento de uma máquina térmica.

Na primeira parte do experimento, faz-se uma análise do funcionamento de um modelo simples da máquina de Heron. Para tanto, utilizamos um pequeno balão de fundo chato com rolha, através da qual são fixados tubos de cobre muito finos, formando um dipolo rotativo, conforme figura. No topo da rolha é importante colocar um girador, desses utilizados em pescaria.



Para que essa máquina funcione, basta colocar água no interior do balão, tampá-lo e aquecer o sistema com uma lâmparina. Quando a água ferver, o vapor sairá pelos tubos recurvado de cobre e todo o sistema vai girar. Esse sistema não tem uma aplicação prática, mas é um modo simples de construir uma máquina térmica.

Cuidado! Não aqueça muito o sistema, pois a rolha pode se soltar ou o balão explodir, respingando água quente para todos os lados.

Na segunda parte do experimento, montamos o modelo mais simples de máquina de Stirling, usando três latas comuns de refrigerante. É conveniente que essa máquina seja montada previamente, pois há momentos que devemos utilizar cola, a qual deve secar para não comprometer a vedação, que é um dos fatores que impede o funcionamento dessa máquina. Se ela for montada corretamente, conforme os passos do roteiro, e não funcionar, há vazamentos de ar!

Para que não haja imprevistos, faça duas máquinas. Uma delas ficará acabada e será colocada em funcionamento no final do experimento. A outra ficará em partes, conforme descrição no roteiro, para que os alunos possam visualizar as partes que compõem a máquina.

Para sanar qualquer dúvida de montagem, veja o vídeo disponibilizado no Youtube, no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=7xfAawnjgY8>

Esse vídeo também serve de referência para responder as questões propostas.

Anexo 1 – Atividades Práticas do Livro Didático

Atividades experimentais selecionadas para serem implementadas com os alunos, compiladas do livro: “Os Fundamentos da Física / Francisco Ramalho Junior, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo Soares. – 10ª ed. – São Paulo: Moderna, 2009”, extraídas no endereço: <http://www.modernaplus.com.br/main.jsp>, do “Portal Moderna Plus”.

Experimento 1

A SENSACÃO TÉRMICA

Encha três bacias com água em temperaturas diferentes: a primeira com água gelada, a segunda com água à temperatura ambiente e a terceira com água quente (cuidado, pois você deverá colocar a mão dentro dela).

Inicialmente, ponha ambas as mãos dentro da bacia do meio.

- Houve diferença na sensação térmica que você teve em cada uma das mãos, em contato com essa água?

Em seguida, coloque a mão direita na água gelada e a mão esquerda na água quente, mantendo-as mergulhadas por cerca de meio minuto.

Findo esse intervalo de tempo, retire-as e volte a colocá-las ao mesmo tempo dentro da bacia do meio.

- A sensação que você teve foi a mesma nas duas mãos?
- Descreva a sensação em cada uma de suas mãos ao mergulhá-las na água à temperatura ambiente.
- Explique por que a sensação térmica não é um bom critério para avaliar a temperatura de um sistema.

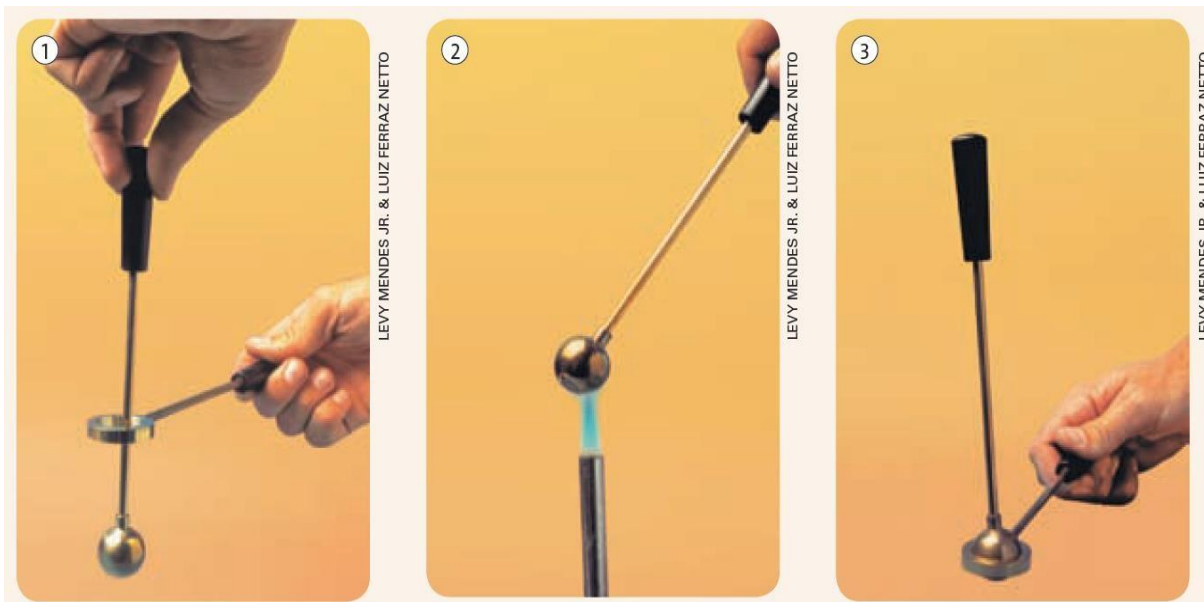


SÉRGIO DOTTA JR/CID

Experimento 2

O ANEL DE GRAVEZANDE

Um dispositivo simples para comprovar experimentalmente o fenômeno da dilatação térmica é o chamado anel de Gravezande, constituído de uma esfera metálica e de um anel feitos do mesmo material.



À temperatura ambiente, a esfera passa facilmente pelo anel (foto 1).

No entanto, se a esfera for aquecida (foto 2), ela sofre dilatação e não mais atravessa o anel (foto 3).

- O que aconteceria se o anel fosse aquecido até atingir a mesma temperatura da esfera?
- Qual seria o resultado da experiência se, em vez de aquecer a esfera, deixássemos o anel algum tempo no congelador?

Experimento 3

DETERMINANDO A CAPACIDADE TÉRMICA DE UM CALORÍMETRO

Consiga um recipiente de isopor pequeno, como o que é usado em restaurantes para manter “gelada” uma garrafa. Esse será o seu calorímetro.

Faça um furo em sua parte superior de modo a permitir a introdução de um termômetro comum de álcool ou mercúrio, graduado de 0 °C a 100 °C.

Inicialmente, coloque cerca de 40 cm³ de água fria à temperatura T₁, determinada com o termômetro (cerca de 10 °C), no interior do seu calorímetro.

Em seguida, aqueça aproximadamente 60 cm³ de água, até que ela atinja uma temperatura T₂, determinada com o termômetro, inferior a 100 °C (por exemplo, 70 °C).

Despeje, agora, a água quente no calorímetro, feche-o rapidamente e agite-o para misturar as águas no seu interior. Meça, com o termômetro, a temperatura final de equilíbrio T_F.

Considerando que a densidade da água é 1 g/cm³, os volumes misturados (em cm³) correspondem numericamente às massas (em gramas). Sendo c = 1 cal/g·°C, o calor específico da água, calcule o módulo das quantidades de calor trocadas pelas duas massas de água.

$$|Q_1| = m_1 \cdot c \cdot (T_F - T_1) \quad \text{Calor recebido por } m_1$$

$$|Q_2| = m_2 \cdot c \cdot (T_2 - T_F) \quad \text{Calor perdido por } m_2$$

A diferença $\Delta Q = |Q_2| - |Q_1|$ corresponde à quantidade de calor absorvida pelo calorímetro. Calcule-a.

A variação de temperatura do calorímetro será dada por: $\Delta T = |T_F| - |T_1|$. Calcule-a.

A capacidade térmica do seu calorímetro será dada pela relação: $C = \Delta Q / \Delta T$. Calcule-a.

Repita a experiência mais duas vezes e tire a média aritmética dos resultados. Assim, você obterá um resultado mais próximo do real, compensando eventuais erros cometidos nas determinações.

- Você considera esse valor de capacidade térmica do seu calorímetro alto ou baixo?
- Na determinação do calor específico de um corpo com esse calorímetro, sua capacidade térmica poderia ser desprezada? Por quê?



Experimento 4

INFLUÊNCIA DA PRESSÃO NA EBULIÇÃO DA ÁGUA

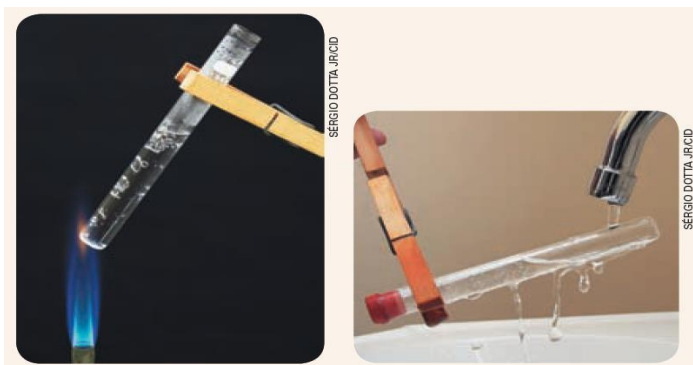
Coloque água até a metade em um tubo de ensaio.

Segurando-o com uma pinça adequada, leve-o ao fogo e espere até que a água comece a ferver.

Nesse momento, retire-o do fogo e tampe-o com uma rolha de borracha.

Em seguida, inverta o tubo e coloque-o sob um filete de água fria de uma torneira.

Observe que a água recomeça a ferver.



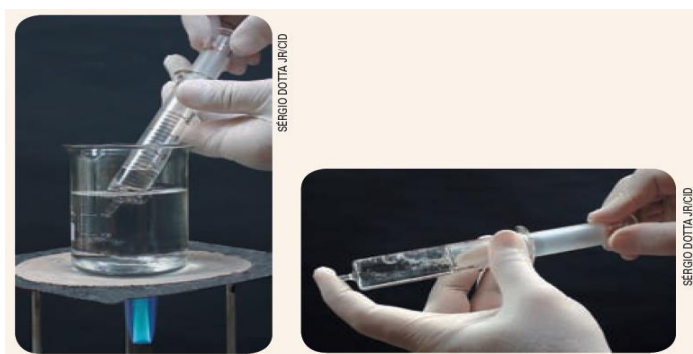
- Explique essa ocorrência com base na influência da pressão sobre o ponto de ebulição da água.
- É possível associar o ocorrido com a variação do ponto de ebulição da água em relação à altitude? Por quê?

Aqueça água num recipiente, mas não a deixe ferver.

Retire um pouco dessa água com uma seringa comum de injeção.

Em seguida, afaste a seringa do recipiente e, com o dedo, tampe o bico da seringa.

Puxe o êmbolo e observe que a água quente, no interior da seringa, começa a ferver.



- Explique a ocorrência com base na influência da pressão sobre o ponto de ebulição da água.
- Essa experiência pode ser invocada para explicar a variação do ponto de ebulição da água com a altitude? Por quê?