



MATERIAL DIDÁTICO
ELABORADO NA DISCIPLINA
4300456

Nome: Francisco Soares de Oliveira - Nº USP: 4963520 - Licenciatura em Física IFUSP

Prof. Dr. Cristiano Rodrigues de Mattos

1º semestre de 2015

INTRODUÇÃO À TERMOLOGIA

1. LEI ZERO DA TERMODINÂMICA E TERMOMETRIA

Neste capítulo, iniciaremos com a termometria que é o estudo dos métodos de medição de temperatura e com a lei zero da termodinâmica. A termodinâmica é a parte da Física que estuda o **calor**.

2. LEI ZERO DA TERMODINÂMICA

Se dois sistemas A e B estão em **equilíbrio térmico** com um terceiro corpo C, então A e B estão em equilíbrio térmico entre si.

Sistema: é a parte do universo que destacamos como objeto de estudo e que pode conter matéria, radiação ou ambos. O sistema é separado do universo por fronteiras cuja forma é arbitrária (por nós definidas de acordo com nosso interesse) e que podem ser fixas ou móveis. O restante do universo designa-se meio exterior. Os sistemas podem ser:

- aberto, quando trocam matéria ou energia com o meio;
- fechado, quando não há troca de matéria com o meio exterior, mas pode haver troca de energia;
- isolado, quando não ocorre nem troca de matéria nem energia com o exterior.

Se colocarmos dois sistemas, com **temperaturas** diferentes, um em presença do outro, decorrido um determinado intervalo de tempo suas temperaturas se igualam, e então, dizemos que eles estão em **equilíbrio térmico**.

Temperatura é a propriedade física que permite estabelecer se dois ou mais sistemas se encontram em equilíbrio térmico. A noção macroscópica sobre temperatura se relaciona com a sensação de frio ou de quente, ao se tocar um corpo. A interação tátil com certos objetos permite colocá-los em ordem crescente ou decrescente de temperatura. O sentido do tato fornece uma noção primitiva da temperatura, levando-nos a enganos qualitativos e impossibilitando uma medida mais precisa. Por exemplo, se mergulhamos a mão direita em água quente e a esquerda em água fria, e na sequência mergulharmos as duas em água a uma temperatura

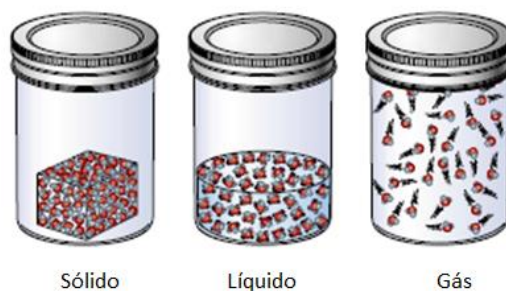
intermediária, esta água nos parece mais fria na mão direita e mais quente na mão esquerda. No cotidiano, tato é utilizado na avaliação da temperatura, também, quando o estado febril de uma criança, ao verificar se o ferro de passar roupas está quente, com um rápido toque da ponta do dedo na chapa do ferro ou verificando com a palma da mão se a lata de refrigerante está gelada. No entanto tal avaliação é subjetiva e imprecisa. Portanto, precisamos utilizar propriedades físicas que variem de forma regular e possam ser mensuradas, conforme ocorra variação da temperatura, para que possamos estabelecer escalas de medição da temperatura. Estas propriedades que podem ser adotadas para avaliação da temperatura, nos termoscópios e termômetros, são chamadas propriedades termométricas, entre outras temos:

- volume de um líquido;
- comprimento de uma barra;
- resistência de um material;
- volume de um gás mantido a pressão constante.

Em nível microscópico, a temperatura é uma grandeza física que mede o estado de agitação térmica das partículas constitutivas do corpo. Num gás, por exemplo, quanto maior a velocidade média das moléculas, maior a sua temperatura.

3. CONCEITO DE TEMPERATURA

A matéria é formada de moléculas e estas por átomos. Afirma-se que os corpos formados de matéria são constituídos, genericamente, de partículas (moléculas e átomos), que se encontram em constante vibração. A ciência usa a ideia de partículas para explicar as propriedades que são comuns a todos os sólidos, líquidos e gases. Então, as partículas são dotadas de uma energia de vibração denominada energia térmica. No aquecimento de um corpo a energia térmica das partículas aumenta e no resfriamento essa energia diminui. Portanto, a temperatura de um corpo é uma propriedade relacionada ao “grau” médio de vibração das partículas do sistema considerado. O diagrama, abaixo, ilustra o modelo de partículas em três estados de agregação da matéria.



Temperatura é uma grandeza física que mede o estado de agitação das partículas de um corpo, caracterizando o seu estado térmico.

4. TERMOSCÓPIO E TERMÔMETRO

Termoscópio é qualquer instrumento que permita verificar se a temperatura está ou não variando.

A fama pela criação do primeiro desses instrumentos é atribuída ao físico italiano Galileu Galilei (1564-1642), que em 1592 idealizou um bulbo contendo um tubo longo com uma de suas extremidades mergulhada em água colorida (o vinho era muito utilizado). Um pouco do ar no tubo era expulso antes de colocar o líquido, o que fazia com que o líquido subisse no tubo. Quando a temperatura do ar contida no bulbo aumenta, a pressão do ar também aumenta e o nível do líquido desce. Quando a temperatura do ar diminui, a pressão do ar diminui e o nível do líquido sobe. Uma escala no tubo permitia que uma medida quantitativa dessas flutuações fosse feita.

A Figura 6 mostra um termoscópio de álcool. Aquecendo o tubo com a mão, o ar contido nele também se aquece, aumentando a pressão e forçando o álcool a subir no tubo capilar (tubo mais fino).



A sequência de imagens mostra a variação da temperatura de um termoscópio de álcool.

Termômetro (Figura 7) é um instrumento destinado a medir a temperatura. Não passa de um termoscópio graduado em uma escala adequada. Ele consiste basicamente de um tubo capilar de vidro, fechado a vácuo, e um bulbo.



Figura 7 – Termômetro de álcool com capilar evacuado.

Dependendo da propriedade termométrica, da substância termométrica e da escala escolhida podemos imaginar diversos tipos de termômetros. O tipo mais utilizado diariamente usa o mercúrio como substância termométrica e o comprimento da coluna de mercúrio como propriedade termométrica.

Pontos fixos

As temperaturas de certos fenômenos físicos que sempre ocorrem à mesma temperatura, mantendo a mesma constante durante o fenômeno, são denominadas *pontos fixos*. Dois desses pontos fixos particularmente adotados no estudo da Termometria são: *o ponto de fusão do gelo e o ponto de ebulição da água*. Ponto de fusão do gelo é a temperatura do gelo fundente (gelo e água em equilíbrio térmico) sob pressão normal. Ponto de ebulição da água é a temperatura da água em ebulição sob pressão normal.

5. ESCALAS TERMOMÉTRICAS

Procedimento para definição de uma escala termométrica e graduação de um termômetro:

- escolher dois pontos fixos;
- atribuir valores numéricos a esses pontos;

- selecionar uma grandeza termométrica;
- estabelecer que entre a grandeza termométrica escolhida e a temperatura existe uma correspondência qualquer.

Por exemplo:

1º - escolhemos o ponto de gelo e o ponto de vapor como pontos fixos fundamentais;

2º - atribuímos o valor 0 (zero) ao ponto de gelo e o valor 100 (cem) ao ponto de vapor;

3º - escolhemos como grandeza termométrica o comprimento da coluna do mercúrio em um tubo fino de vidro;

4º - admitimos que a variação do comprimento da coluna de mercúrio é proporcional à variação de temperatura.

As três escalas termométricas mais usadas, atualmente, são: Celsius ($^{\circ}\text{C}$), Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) e Kelvin (K).

O ponto de gelo (PG) e o ponto de vapor (PV) são, respectivamente, 0°C e 100°C para a escala Celsius, na escala Fahrenheit 32°F e 212°F .

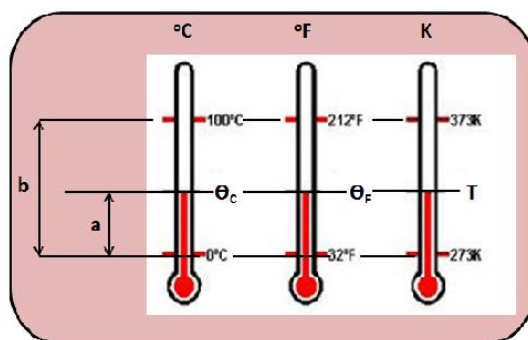
O físico britânico, Lord Kelvin estudando o comportamento dos gases, redefiniu a escala de temperatura Celsius para que iniciasse do zero, surgindo, assim, uma escala que mede temperatura absoluta, a **ESCALA KELVIN**.

A escala absoluta Kelvin é calibrada em termos da energia e como energia é uma grandeza positiva, não existem temperaturas negativas nessa escala. Então, o zero é a temperatura mais baixa possível, chamado de **zero absoluto** ou **zero kelvin**. Essa temperatura corresponde a $-273,15^{\circ}\text{C}$. Não há um limite superior para a temperatura.

A escala Kelvin foi uma redefinição da escala de temperatura Celsius para que iniciasse do zero, a partir de estudos do físico britânico Lord Kelvin sobre o comportamento dos gases.

6. RELAÇÃO ENTRE AS ESCALAS CELSIUS, FAHRENHEIT E KELVIN

Devido existência de várias escalas termométricas, frequentemente, necessitamos transformar a indicação numérica de uma escala em outra. Para obtermos a relação entre uma escala e outra, devemos estabelecer a proporção entre os segmentos obtidos com a leitura da temperatura de um corpo com dois termômetros. Por exemplo, ao medirmos a temperatura de um corpo com três termômetros com graduações diferentes na escala Celsius, Fahrenheit e Kelvin, obtemos os segmentos a seguir, conforme figura abaixo, da coluna de mercúrio e não dependem da unidade em que foram medidos. Portanto:



$$\frac{a}{b} = \frac{\theta_C - 0}{100 - 0} = \frac{\theta_F - 32}{212 - 32} = \frac{T - 273}{373 - 273}$$

Simplificando a relação obtida acima temos:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} = \frac{T - 273}{5}$$

Entre as escalas Celsius e Kelvin, podemos simplificar para:

$$\theta_C = T - 273$$

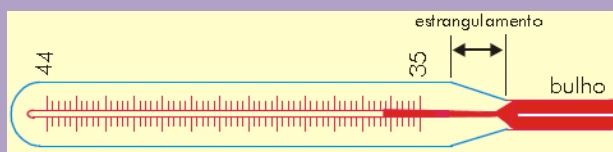
7. LEITURA COMPLEMENTAR 1

Termômetro clínico

É um termômetro de mercúrio adaptado para funcionar no intervalo de temperaturas de 35°C a 44°C. Normalmente, o termômetro clínico é utilizado na determinação da temperatura do corpo humano e de outros seres vivos.

Como é construído com a finalidade básica de indicar a temperatura mais elevada por ele atingida, quando em contato com o corpo humano, o termômetro clínico é considerado

um termômetro de máxima. Para que esse objetivo seja alcançado, há um estrangulamento do tubo capilar na região que o liga ao bulbo, evitando, assim, o refluxo de mercúrio após ter atingido a temperatura máxima.



Para desfazer o efeito do estrangulamento, é suficiente sacudir o termômetro com movimentos rápidos: a inércia do mercúrio leva-o de volta ao bulbo.

O termômetro clínico deve ter pequenas dimensões, a fim de atingir o equilíbrio térmico com o corpo humano rapidamente, e sua escala deve ser fracionada para que seja sensível a pequenas variações de temperatura. Na prática, o termômetro clínico apresenta tubo capilar de alguns milímetros de diâmetro e comprimento de dez centímetros, aproximadamente.

O termômetro clínico, quando usado em mais de um paciente, pode funcionar como veículo de contaminação microbiana. Assim, após cada tomada de temperatura, ele deve ser esterilizado. Mas, devido ao pequeno intervalo de temperaturas (35°C a 44°C) em que ele trabalha, essa esterilização não pode ser feita através de processos que utilizam temperaturas elevadas. O álcool, então, é o antisséptico recomendado.

Os termômetros de mercúrio são muito utilizados na prática, pois: - O mercúrio é facilmente obtido em elevado grau de pureza. - O mercúrio apresenta dilatação térmica regular e muito superior à do vidro. - Sob pressão normal, o mercúrio é líquido num intervalo de temperaturas bastante extenso (entre 39°C e 359°C), o que abrange os fenômenos térmicos mais frequentes. - O mercúrio não adere ao vidro e não reage com ele. - Os termômetros de mercúrio são de fácil construção e cômodos no manuseio.

8. CONCEITO DE CALOR

Calor é energia térmica em trânsito devido a uma diferença de temperatura. Sempre que existir uma diferença de temperatura em um sistema ou entre sistemas ocorrerá transferência de calor. O calor é um fenômeno transitório, que cessa quando não existe mais uma diferença de temperatura.

9. MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

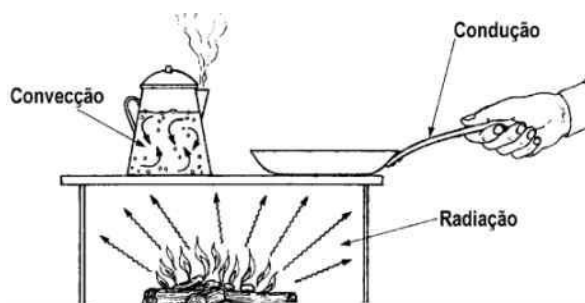
Há três mecanismos conhecidos para transferência de calor: radiação, condução e convecção.

A **radiação** consiste de ondas eletromagnéticas percorrendo o espaço e, é a única que pode ocorrer no espaço vazio, esta é a forma pela qual o sistema Terra-Atmosfera recebe energia do Sol e libera energia para o espaço.

A **condução** pode ocorrer dentro de um sistema ou entre que estão em contato físico direto. Na condução o calor é transferido através de colisões entre átomos e moléculas vizinhas. O calor flui das temperaturas mais altas (moléculas com maior energia cinética) para as temperaturas mais baixas (moléculas com menor energia cinética). A capacidade das substâncias para conduzir calor (condutividade) varia consideravelmente. Geralmente, em ordem decrescente de condutividade temos: sólidos, líquidos e gases. Como exemplo de excelentes condutores temos os metais e o ar como péssimo condutor de calor.

A **convecção** somente ocorre em fluídos (líquidos e gases) e consiste na transferência de calor dentro de um fluído através de transporte interno de porções do fluído. Por exemplo, o calor recebido pelas massas de ar na camada mais baixa da atmosfera através de radiação ou condução é transferido por convecção. Devido a diferença de densidade do ar ocorre a convecção. A massa de ar quente e menos densa perto da superfície tende a subir, enquanto a massa de ar, das regiões mais altas, frias e mais densas desce e força as massas de ar quente a subir. Nas regiões altas a massa de ar quente cede energia em forma de calor e resfria, enquanto as massas de ar perto da superfície se aquecem, repetindo-se o processo, com manutenção do fluxo de massa de ar. Desta forma, a circulação convectiva do ar transporta calor verticalmente da superfície da Terra para a troposfera, sendo responsável pela redistribuição de calor das regiões equatoriais para os polos. O calor é também transportado horizontalmente na atmosfera, por movimentos convectivos horizontais, conhecidos por advecção. O termo convecção é usualmente restrito à

transferência vertical de calor na atmosfera.



TEMPERATURA: grau de agitação térmica das moléculas.

ENERGIA TÉRMICA: é a somatória das energias cinéticas dos seus átomos.

CALOR: é a energia em trânsito.

10. CALORIMETRIA

O objetivo da calorimetria é a análise quantitativa, do problema da troca de calor entre sistemas colocados em presença, a diferentes temperaturas, no interior de recipientes termicamente isolados do exterior. Não é interesse específico da calorimetria saber se o calor é ou não uma forma de energia.

11. CONCEITO DE QUANTIDADE DE CALOR

Muito antes de ter sido evidenciada a natureza energética do calor, foi desenvolvido no campo experimental o conceito de quantidade de calor, tendo sido desenvolvidos os critérios de igualdade e de multiplicidade para essa grandeza.

Critério de igualdade: Duas quantidades de calor são iguais quando, ao serem trocadas com o exterior por massas iguais de água, à mesma temperatura inicial, acarretam variações iguais de temperatura.

Critério de multiplicidade: Uma quantidade de calor (Q) é igual a n vezes outra, quando ambas provocam a mesma variação de temperatura, a partir da mesma temperatura inicial ao serem trocadas com o exterior por massas de água das quais uma é n vezes maior que a outra.

As massas de água sofrem a mesma variação de temperatura.

Se $m_1 = m_2$, então será $Q_1 = Q_2$

Se $m_1 = n m_2$, então será $Q_1 = Q_2$

Adotando a quantidade de calor Q_2 como unidade de quantidade de calor teremos:

- no primeiro caso: $Q_1 = 1$ unidade de quantidade de calor;
- no segundo caso: $Q_1 = n$ unidades de quantidade de calor.

12. UNIDADE DE CALOR

A quantidade de calor (Q), no Sistema Internacional de Unidades, é medida em joule (J). Entretanto, por razões históricas, pode ser medida em caloria (cal).

Uma caloria é definida como sendo a quantidade de calor necessária para aquecer um grama de água, fazendo sua temperatura variar de $14,5^\circ\text{C}$ para $15,5^\circ\text{C}$.

Especificamos as temperaturas de referência, pois a quantidade de calor necessária para elevar em 1°C a temperatura de um corpo depende ligeiramente do intervalo escolhido. Para fins práticos, não consideraremos estas pequenas variações. A relação entre o joule e a caloria é:

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ joule}$$

13. CALOR SENSÍVEL

Quando levamos um recipiente contendo água, observamos que a temperatura da água aumenta, pois ela recebe calor; mas, quando colocamos o recipiente contendo água na geladeira, a sua temperatura diminui, pois ela perde calor. Quando o corpo cede ou recebe calor, variando apenas a sua temperatura, sem mudar a sua fase, dizemos que ele recebeu ou cedeu **calor sensível**.

Calor sensível é a quantidade de calor cedida ou recebida por um corpo, acarretando a ele uma variação de temperatura, sem mudar a sua fase.

14. CALOR LATENTE

Quando levamos ao fogo um recipiente contendo gelo, observamos que o gelo se transforma em água líquida à medida que recebe calor da chama, quando colocamos um recipiente contendo água no congelador, observamos que ela se transforma em gelo (água sólida) à medida que cede calor. Quando o corpo cede ou recebe calor, mudando sua fase, mantendo a temperatura constante, dizemos que ele cedeu ou recebeu **calor latente**.

Calor latente é a quantidade de calor cedida ou recebida por um corpo, que sofre mudança na sua fase (mudança na forma de ligação de suas moléculas) a temperatura constante.

15. CAPACIDADE TÉRMICA (C)

Consideremos um sólido qualquer que recebe uma quantidade de calor Q , que provoca uma variação na sua temperatura $\Delta\theta$. Fornecendo a ele uma quantidade de calor $2Q$, sua temperatura varia $2\Delta\theta$. Assim, observamos experimentalmente que a quantidade de calor trocada por ele é diretamente proporcional à sua variação de temperatura. Então, definimos:

Capacidade térmica é a razão entre a quantidade de calor sensível cedida ou recebida por um corpo e sua respectiva variação de temperatura.

$$c = \frac{Q}{\Delta\theta}$$

A capacidade térmica não deve ser interpretada como a quantidade de calor que um corpo pode absorver, pois ela significa, simplesmente, o calor necessário para variar em uma unidade a temperatura do corpo.

A unidade de medida usual para capacidade térmica de um corpo é a caloria por grau Celsius ($\text{cal}/^\circ\text{C}$) e, no Sistema Internacional, o joule por kelvin (J/K).

16. CALOR ESPECÍFICO SENSÍVEL (c)

Consideremos duas amostras de prata, uma de massa $m_1 = 100$ g e outra de massa $m_2 = 1000$ g. A amostra m_1 necessita receber 5,6 calorias de calor para variar em 1°C sua temperatura, portanto a capacidade térmica desta amostra é $5,6$ cal/ $^\circ\text{C}$. A amostra m_2 necessita receber 56 cal para variar em 1°C sua temperatura, portanto sua capacidade térmica é 56 cal/ $^\circ\text{C}$.

A amostra m_2 (1000 g) é dez vezes maior que a amostra m_1 (100 g), e sua capacidade térmica (56 cal/ $^\circ\text{C}$) é dez vezes maior que a de m_1 ($5,6$ cal/ $^\circ\text{C}$), portanto a capacidade térmica de um corpo é diretamente proporcional à sua massa, ou seja, quanto maior a massa, maior a capacidade térmica.

Considerando que não haja mudança de fase quando um corpo recebe ou perde calor, a razão entre a capacidade térmica e a massa do corpo recebe o nome de **calor específico**. Assim:

Calor específico é a razão entre a capacidade térmica e a massa do corpo.

$$c = \frac{C}{m}$$

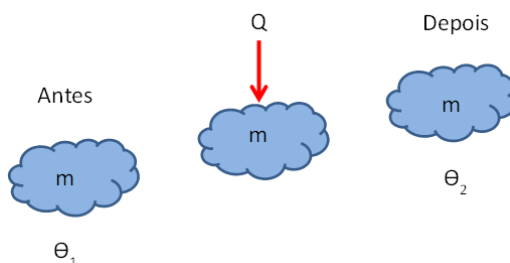
A unidade de medida usual para calor específico sensível de uma substância é a caloria por grama por grau Celsius (cal/g. $^\circ\text{C}$) e no Sistema Internacional de Unidade (SI) é o joule por quilograma por kelvin (J/kg.K).

Calor específico de algumas substâncias:

Substância	c (cal/g. $^\circ\text{C}$)	Substância	c (cal/g. $^\circ\text{C}$)
Água	1,00	Ferro	0,11
Alumínio	0,22	Gelo	0,55
Areia	0,20	Latão	0,094
Carbono	0,12	Mercúrio	0,033
Cobre	0,093	Prata	0,056
Chumbo	0,031	Vapor (água)	0,48
Estanho	0,055	Vidro	0,20

17. CÁLCULO DO CALOR SENSÍVEL

Considere um corpo de massa m , calor específico sensível c , inicialmente a uma temperatura θ_1 . Esse corpo, ao receber uma quantidade de calor Q , tem sua temperatura elevada de θ_2 .



Da definição de capacidade térmica, temos:

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta}$$

Da definição de calor específico, temos:

$$c = \frac{C}{m} \Rightarrow C = m \cdot c$$

Igualando as duas, temos:

$$\frac{Q}{\Delta\theta} = m \cdot c$$

Isolando a quantidade de calor, temos:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

Essa expressão é chamada de **equação fundamental da calorimetria**. Ela mede a quantidade de calor sensível Q trocada por um corpo de massa m e calor específico c , quando sua temperatura varia $\Delta\theta$.

A quantidade de calor sensível será um número positivo ($Q > 0$) quando o corpo receber calor e sua temperatura aumentar. A quantidade de calor sensível será um número negativo ($Q < 0$) quando o corpo ceder calor e sua temperatura diminuir.

18. CÁLCULO DO CALOR LATENTE

Durante as mudanças de fase, determinadas substâncias recebem ou cedem calor, porém suas temperaturas permanecem constantes. Por exemplo, um bloco de gelo de 100 g a 0°C, em contato com uma fonte de calor, transforma-se em 100 g de água líquida, a 0°C, ao receber dela 8 000 calorias. Isso quer dizer que cada grama de gelo, para se transformar em água líquida, necessita de 80 calorias.

O **calor específico latente** de mudança de fase, **L**, é a quantidade de calor **Q** que um corpo, de massa **m**, recebe ou cede por unidade de massa, sem variar sua temperatura:

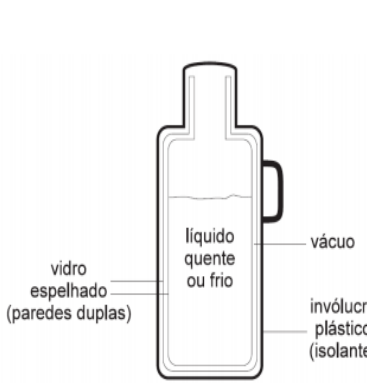
$$L = \frac{Q}{m}$$

A unidade usual de calor específico latente é caloria por grama (cal/g) e no Sistema Internacional é joule por quilograma (J/kg).

Portanto, a quantidade de calor latente é calculada pela expressão:

$$Q = m \cdot L$$

19. LEITURA COMPLEMENTAR 2

	<p>A garrafa térmica é um exemplo de um aparelho que mantém a temperatura de líquidos. Ela é capaz de manter um líquido quente ou frio, graças à combinação de três fatores: ela evita a condução, a radiação e a convecção de calor.</p> <p>Abaixo do invólucro plástico existe uma garrafa formada por duas camadas de vidro. Entre as duas camadas quase não existe ar (vácuo). Sem ar não existem átomos, ou moléculas, de modo que se evita a propagação de calor por condução. Além disso, a superfície do vidro é espelhada, interna e externamente. Desse modo, quando há líquido quente no interior da garrafa, o calor que seria irradiado para fora é refletido para dentro; caso o líquido seja frio, o calor de fora não penetra na garrafa, pois é refletido pela superfície do vidro. Isso evita a propagação de calor por radiação. E todas as partes do líquido dentro da garrafa estarão à mesma temperatura, de modo que também não ocorre convecção. Desta forma a garrafa diminui as trocas de calor entre o líquido e o meio ambiente, mantendo a temperatura do líquido nela colocado.</p> <p>Fonte: http://www.bibvirt.futuro.usp.br/textos/exatas/fisica/tc2000/fis2g24.pdf</p>
---	---

20. TESTES PARA CONSOLIDAÇÃO DO CONHECIMENTO E DISCUSSÕES

EM CLASSE

GRUPO A

Assinale com V as afirmações verdadeiras e com F as afirmações falsas.

- () 1. Qualquer sistema fixado apresenta meio exterior.
- () 2. O Universo é um sistema desprovido de meio exterior.
- () 3. As descrições macroscópicas e microscópicas conduzem às mesmas conclusões relativas ao sistema descrito.
- () 4. A temperatura é um vetor.
- () 5. A lei zero da Termodinâmica afirma que as temperaturas de dois sistemas são sempre iguais.
- () 6. A temperatura é a propriedade que permite decidir se dois ou mais sistemas estão ou não em equilíbrio térmico.
- () 7. O grau da escala Fahrenheit coincide com o grau da escala Celsius.
- () 8. Um líquido cuja temperatura é 59°F está, em Kelvin, a 288K.
- () 9. Um doente não pode apresentar a temperatura de 100°C.
- () 10. Para determinar a temperatura do corpo humano é necessário utilizar um termômetro clínico.

GRUPO B

Assinale com V as afirmações verdadeiras e com F as afirmações falsas.

() 1. Calor é uma forma de energia que se atribui somente aos corpos humanos.

() 2. Quantidade de calor e temperatura são grandezas diretamente proporcionais.

() 3. Calor e temperatura são conceitos diferentes.

() 4. A capacidade calorífica de um corpo é a quantidade de calor que ele pode armazenar numa dada temperatura.

() 5. Quando um sistema passa do estado i para o estado f o calor fornecido é o mesmo, qualquer que seja a transformação que leva o sistema i a f.

() 6. O calor específico é a capacidade térmica da unidade de massa do sistema.

() 7. A grande maioria dos elementos sólidos apresenta o mesmo calor específico.

() 8. Aplica-se ao caso do calor o princípio da conservação de energia.

() 9. O calor específico depende do estado de agregação da substância.

() 10. As variedades alotrópicas de uma substância apresentam o mesmo calor específico.

21. EXPERIMENTO

TERMOSCÓPIO

Autor: Antonio Michael de O. Silva

Material:

- 1 - Um copo de água com corante, alicate;
- 2 - Uma lâmpada queimada sem bulbo;
- 3 - Uma rolha de borracha perfurada que se encaixe a abertura;
- 4 - Vários pedaços de arame fino e flexível de 5 cm de comprimento;
- 5 - Um prego fino de 3 cm, cola de silicone;
- 6 - Lamparina a álcool;
- 7 - Duas chapas de madeiras de 15 cm x 20 cm e 5 mm de espessura;
- 8 - Um pedaço de 30 cm de mangueira plástica flexível e incolor que se encaixe a abertura da rolha.

INTRODUÇÃO

O termoscópio é o precursor do termômetro. O objetivo principal de um termoscópio é poder avaliar as variações de temperatura, sem, no entanto, quantificá-las, como ocorre

num termômetro. Uma das grandes personalidades a idealizar um termoscópio foi Galileu Galilei.

DESCRIÇÃO

Basicamente isso é um modelo do termoscópio de Galileu. O original era feito com um bulbo de vidro provido de um longo tubo também de vidro.

ANÁLISE

Com ele você pode demonstrar que a coluna sobe quando a temperatura aumenta e desce quando a temperatura diminui. Havendo a possibilidade, inclusive, de se construir uma escala.



Montagem

1. Para prender a mangueira à chapa de madeira será preciso utilizar arame.

Coloque a mangueira em curva sobre a chapa de madeira, como mostra a ilustração, e marque com a caneta alguns pontos em que o arame deverá amarrá-la à chapa.

2. Acenda a lamparina e, segurando o prego com o pregador, aqueça sua ponta. Quando ela estiver em brasa, fure a chapa de madeira nos pontos marcados.

3. Encha a mangueirinha com água colorida. Feche a lâmpada com a rolha perfurada e encaixe a mangueirinha na rolha. Não pode haver aberturas que permitam a passagem do ar: vede-as

com a cola silicone. A outra extremidade da mangueira deve ficar aberta.

4. Passe os fios de arame pelos furos e prenda a mangueira e a lâmpada à tábua, como mostra a figura.

5. Seu aparelho está pronto. Peça que alguém envolva a lâmpada com a mão, segurando-a por algum tempo, até que se observe alguma alteração.

6. Se quiser, arranje outra chapa de madeira e fixe a primeira em posição vertical. Use cola de madeira para colar as duas tábuas.

22. LEITURA COMPLEMENTAR 3

Efeito Estufa

Um dos exemplos de aplicação da irradiação é a estufa de plantas. Nas estufas, o teto é feito de vidro transparente. A luz solar (energia radiante) atravessa as paredes de vidro e a energia é absorvida pelas plantas e objetos no interior da estufa.

Posteriormente, essa energia é emitida (irradiada) na forma de raios infravermelhos que não atravessam o vidro; assim o interior da estufa mantém-se aquecido.

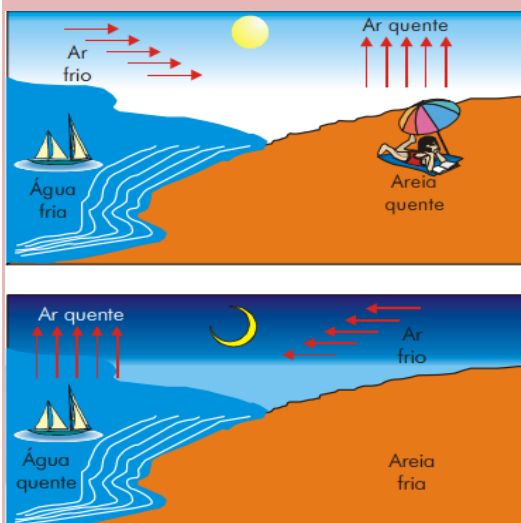
O vapor d'água e o dióxido de

carbono presentes na atmosfera terrestre dificultam a propagação dos raios infravermelhos. Com isso, a energia térmica emitida pela Terra fica, em parte, retida. O aumento progressivo de dióxido de carbono (CO₂), principalmente devido às indústrias e aos carros, que lançam grandes quantidades de gases na atmosfera, entre eles o CO₂, faz com que se acentue tal fenômeno, denominado "efeito estufa". Devido ao "efeito estufa", a energia média da Terra tende a aumentar, provocando derretimento do gelo polar (fusão) com graves consequências para o planeta,

desde grandes inundações até doenças de pele nos seres vivos. Os problemas que podem surgir, se o “efeito estufa” não for controlado, são muito amplos para a vida na Terra.

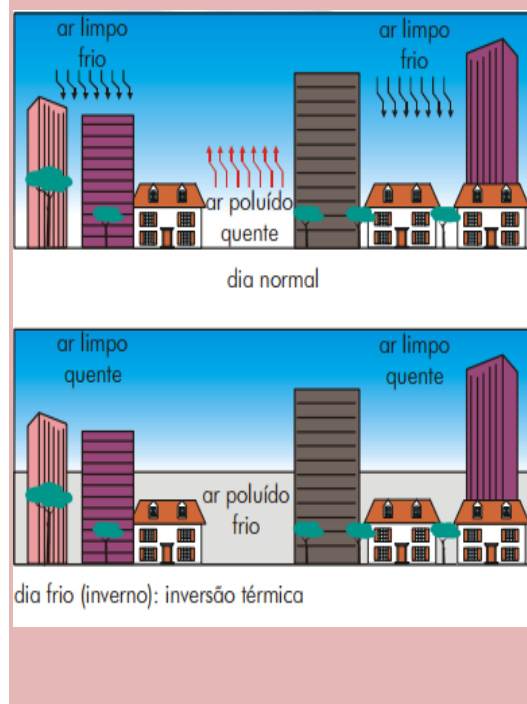
Brisas litorâneas

No litoral, é comum a ocorrência de brisas. Para o melhor entendimento de tal fenômeno, vale lembrar que o calor específico da água é bem superior ao de outros materiais. Isso significa que a água sofre uma menor variação de temperatura que, neste caso, a areia da praia. De manhã, o Sol aquece tanto a areia quanto a água do mar, mas a areia se aquece mais rapidamente. O ar que está sobre a areia se aquece e sobe, sendo substituído pelo ar que estava sobre a água: é a brisa marítima. À noite, a areia se resfria mais rapidamente do que a água. Então, o ar junto à água, agora mais quente que o da areia, sobe, dando lugar ao ar que estava junto à areia: é a brisa terrestre.



Inversão térmica

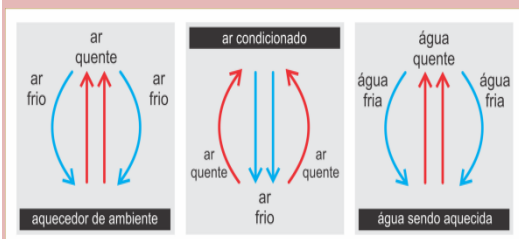
Outro fenômeno importante relacionado com a convecção do ar é a inversão térmica. Ela é causada pela ausência de correntes de convecção no ar em dias frios em grandes centros urbanos. Normalmente, a camada de ar poluído junto ao solo é mais quente que as camadas superiores, com ar mais limpo. Então o ar poluído tende a subir e os poluentes são dispersos nas camadas mais altas da atmosfera. Porém, em dias mais frios, há um maior número de frentes frias. Quando há o encontro de duas massas de ar de diferentes temperaturas, a mais fria fica por baixo. Assim, em dias frios, o ar poluído, junto ao solo, é mais frio do que o ar limpo das camadas superiores. Isso impede a ocorrência de correntes de convecção, aumentando a concentração de poluentes no ar próximo ao solo.



Fenômenos de convecção

O aquecimento de um fluido deve ser feito por baixo do fluido, para que se formem as correntes de convecção.

Considere o recipiente da figura abaixo, sendo aquecido pela chama.



A água quente, embaixo, torna-se menos densa e sobe; já a água fria, em cima, que é mais densa, desce.

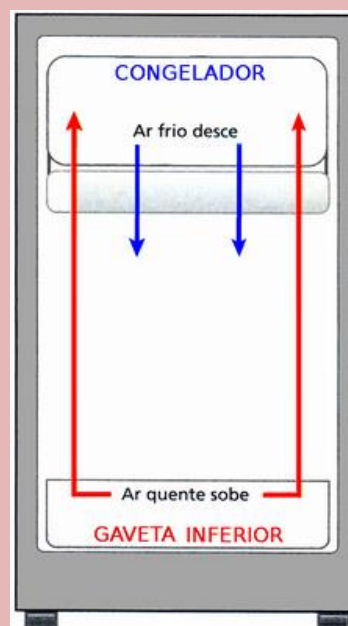
Se aquecermos um líquido por cima, não teremos correntes de convecção.

Ligando o resistor e mantendo-o próximo da superfície do líquido, notamos que a água em cima chega a ferver e a água no fundo continua fria. O fluido menos denso não desce, nem o mais denso sobe, portanto não temos a formação de correntes de convecção.

O resfriamento de um fluido deve ser feito por cima do fluido, para

que se formem as correntes de convecção. É o que acontece, por exemplo, nas geladeiras. O congelador, que faz a troca de calor, situa-se em cima. O ar quente próximo dos alimentos sobe e o ar frio que já trocou calor com o congelador desce.

As prateleiras da geladeira devem ser gradeadas, para permitir a passagem do ar e facilitar a convecção.



O aparelho de ar condicionado deve ser instalado no alto do ambiente, para formar as correntes de convecção e a temperatura do ambiente ficar mais uniforme.

23. EXERCÍCIOS DE REFORÇO

1. Associamos a existência de calor:

- (A) a qualquer corpo, pois todo corpo possui calor.
- (B) apenas àqueles corpos que se encontram "quentes".
- (C) a situações nas quais há, necessariamente, transferência de energia.

2. Para se admitir a existência de calor:

- (A) basta um único sistema (corpo).
- (B) são necessários, pelo menos, dois sistemas.
- (C) basta um único sistema, mas ele deve estar "quente".

3. Para se admitir a existência de calor deve haver:

- (A) uma diferença de temperatura.
- (B) uma diferença de massas.
- (C) uma diferença de energias.

4. Calor é:

- (A) energia cinética das moléculas.
- (B) energia transmitida somente devido a uma diferença de temperaturas.
- (C) a energia contida em um corpo.

5. No interior de um quarto que não tenha sido aquecido ou refrigerado durante vários dias:

- (A) a temperaturas dos objetos de metal é inferior à dos objetos de madeira.
- (B) a temperatura dos objetos de metal, das cobertas e dos demais objetos é a mesma.
- (C) nenhum objeto apresenta temperatura.

6. A água (a 0 °C) que resulta da fusão de um cubo de gelo (a 0 °C), contém, em relação ao gelo.

- (A) mais energia
- (B) menos energia
- (C) a mesma energia

7. Uma mistura de gelo e água a 0 °C, é mantida isolada a essa temperatura. Nessas condições:

- (A) funde-se todo o gelo
- (B) funde-se parte do gelo
- (C) não funde gelo

8. Dois cubos metálicos A e B são postos em contato. A está mais "quente" do que B. Ambos estão mais "quentes" do que o ambiente. Após certo tempo, a temperatura de A e B será:

- (A) igual à temperatura do ambiente
- (B) igual à temperatura inicial de B
- (C) uma média entre as temperaturas iniciais de A e B.

9. Duas pequenas placas A e B do mesmo metal e da mesma espessura são colocadas no interior de um forno, o qual é fechado e ligado. A massa de A é o dobro da massa de B ($m_A = 2m_B$). Inicialmente as placas e o forno encontram-se todos à mesma temperatura. Muito tempo depois a temperatura de A será:

- (A) o dobro da de B.
- (B) a metade da de B.
- (C) a mesma da de B.

10. Considere duas esferas idênticas, uma em um forno quente e a outra em uma geladeira. Basicamente em que diferem elas imediatamente após terem sido retiradas do forno e da geladeira respectivamente?

- (A) Na quantidade de calor contida em cada uma delas.
- (B) Na temperatura de cada uma delas.
- (C) Uma delas contém calor e a outra não.

11. Duas esferas de mesmo material porém de massas diferentes ficam durante muito tempo em um forno. Ao serem retiradas do forno, são imediatamente colocadas em contato. Nessa situação:

- (A) calor contido na esfera de maior massa passa para a de menor massa.
- (B) calor contido na esfera de menor massa passa para a de maior massa.
- (C) não há transferência de energia na forma de calor entre as esferas.

12. As mesmas esferas da questão anterior são agora deixadas durante muito tempo em uma geladeira. Nessa situação, ao serem retiradas e imediatamente colocadas em contato:

- (A) nada acontece, pois todo o calor contido nas esferas foi removido. (B) calor contido na esfera de maior massa passa para a de menor massa.
- (C) não há condições para transferência de energia na forma de calor.

13. O que se modifica quando uma porção de água que já está fervendo passa, por ebulição, para o estado de vapor?

- (A) A sua energia interna.
- (B) O calor contido nela.
- (C) A sua temperatura.

14. Quando as extremidades de uma barra metálica estão a temperaturas diferentes:

- (A) a extremidade à temperatura maior contém mais calor do que a outra.
- (B) o calor escoa da extremidade que contém mais calor para a que contém menos calor.
- (C) há transferência de energia por movimento desordenado de átomos e/ou moléculas.

15. A energia interna de um corpo pode ser associada com:

- (A) calor
- (B) energia cinética de átomos e/ou moléculas
- (C) energias potenciais de átomos e/ou moléculas

16. Complete a seguinte frase:

"O aumento de temperatura que você percebe quando esfrega suas mãos é resultado de _____. Consequentemente há condução de _____ para o interior das mãos, resultando, em função disso, um aumento de _____ .

- (A) trabalho, calor, energia interna.
- (B) calor, energia, temperatura.
- (C) trabalho, temperatura, calor.

17. Observando-se a figura e sem dispor de qualquer outra informação, pode-se dizer que necessariamente o cubo A possui, em relação ao meio que o cerca:



- (A) temperatura mais elevada.
- (B) mais energia.
- (C) mais calor.

18. Estando à pressão atmosférica, nitrogênio líquido entra em ebulição a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Um grama de nitrogênio líquido, a essa temperatura, comparado com um grama de vapor de nitrogênio, também a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, possui:

- (A) mais energia
- (B) menos energia
- (C) a mesma energia

19. O ponto de solidificação do mercúrio, à pressão atmosférica, é -39°C . O que acontece logo que certa quantidade de mercúrio líquido (a -39°C) é colocada em nitrogênio líquido (a -196°C)?

- (A) A temperatura do nitrogênio aumenta e a do mercúrio diminui.
- (B) A temperatura do mercúrio diminui mas a do nitrogênio não se altera.
- (C) Mercúrio começa a se solidificar e nitrogênio entra em ebulição, sem alteração de temperatura.

20. Objetos de metal e de plástico são colocados no interior de um "freezer" que se encontra a -20°C . Depois de alguns dias, pode-se afirmar que a temperatura dos objetos de plástico é:

- (A) maior que a dos objetos de metal.
- (B) menor que a dos objetos de metal.
- (C) igual à dos objetos de metal.

24. ENDEREÇOS NA WEB PARA O ALUNO E O PROFESSOR APRENDEREM MAIS

1. [http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/denise/caloretemperatura/caloretemperatur
a_texto.pdf](http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/denise/caloretemperatura/caloretemperatur
a_texto.pdf)
2. [http://www.tecnicodepetroleo.ufpr.br/apostilas/engenheiro do petroleo/tran
sferencia_calor.pdf](http://www.tecnicodepetroleo.ufpr.br/apostilas/engenheiro_do_petroleo/tran
sferencia_calor.pdf)
3. <http://www.uff.br/WebQuest/pdf/termo.htm>
4. <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol12/Num1/cafe.pdf>
5. <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol9/Num2/a09.pdf>
6. <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol4/Num1/a06.pdf>
7. <https://www.youtube.com/watch?v=W6llwf-XyvQ> (Prof. Nivaldo Lemos).
8. <https://www.youtube.com/watch?v=ZqnKhk5eeMM> (Prof. Nivaldo Lemos).
9. https://www.youtube.com/watch?v=4H_NEIGRTUg (Prof. Nivaldo Lemos).
10. <https://www.youtube.com/watch?v=ZxRWss34GPo> (Prof. Nivaldo Lemos).
11. Canal do You Tube seimaisfísica:
https://www.youtube.com/channel/UCI9cd21kVICTr6pdS_tLvtg
Neste canal encontra-se as aulas dos professores Nivaldo Lemos e Jorge Sá
Martins sobre termologia e outros assuntos.
12. <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=36671>
13. [https://phet.colorado.edu/pt/simulations/category/physics/heat-and-
thermodynamics](https://phet.colorado.edu/pt/simulations/category/physics/heat-and-
thermodynamics) (Simulações).
14. <http://www.cdcc.usp.br/fisica/GREF/termo04.pdf>
15. http://www.bernoulli.com.br/site/editora/modulos/mod_catalogo/pdfs/6v.pdf
16. [http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/denise/caloretemperatura/energiacaltemp.p
df](http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/denise/caloretemperatura/energiacaltemp.p
df)
17. <http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/denise/caloretemperatura/resfriamento.pdf>
18. <http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/denise/caloretemperatura/>
19. http://www1.univap.br/~caius/graduacao_files/apostila.pdf
20. <http://www.ciencia.iao.usp.br/>

ÍNDICE DO CAPÍTULO

1. Lei Zero da termodinâmica e termometria	1	
2. Lei Zero da termodinâmica	1	
3. Conceito de temperatura	2	
4. Termoscópio e Termômetro	3	
5. Escalas termométricas	4	
6. Relação entre as escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin	6	
7. Leitura Complementar 1	6	
8. Conceito de calor	7	
9. Mecanismos de transferência de calor	8	
10. Calorimetria	9	
11. Conceito de quantidade de calor	9	
12. Unidade de Calor	10	
13. Calor Sensível	10	
14. Calor Latente	11	
15. Capacidade térmica (C)	11	
16. Calor Específico Sensível (c)	12	
17. Cálculo do Calor Sensível	13	
18. Cálculo do Calor Latente	14	
19. Leitura Complementar 2	14	
20. Testes para consolidação do conhecimento e discussões em classe		
GRUPO A	15 e GRUPO B	16
21. Experimento	17	
22. Leitura Complementar 3	18	
23. Exercícios de Reforço	21	
24. Endereços na web para o aluno e o professor aprenderem mais	26	
25. Gabarito	28	

GABARITO

GRUPO A:									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F	V	V	F	F	V	F	V	F	F

GRUPO B:									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F	F	V	F	F	V	V	V	V	F

EXERCÍCIOS DE REFORÇO:									
1C	2B	3A	4B	5B	6A	7C	8A	9C	10B
11C	12C	13A	14C	15B/C	16A	17A	18B	19C	20C

ORIENTAÇÕES AO PROFESSOR

Acrescenta-se ao material didático com resoluções e gabaritos das questões a cópia do projeto editorial, com a intenção de transmiti-lhe na íntegra o objetivo e pretensões do projeto. A seção de endereços da internet pretende disponibilizar uma pequena amostra de possibilidades de utilizar recursos didáticos variados, os quais podem ser usados como introdução a determinados assuntos ou como aprofundamento, de acordo com o perfil da sala observado pelo professor. A partir desta variada literatura e recursos, juntamente com as leituras complementares, podem-se propor discussões, trabalhos, experimentos e projetos interdisciplinares condizente com a realidade do aluno. O professor tem a liberdade de adotar uma sequência de abordagem diferente, dentro dos objetivos do projeto, respeitando o perfil de sua clientela. A seção de testes de consolidação de conhecimento deve ser trabalhada em discussões em sala ou em grupo, proporcionando um momento propício para a atividade dos grupos elaborarem exercícios e problemas, a partir das questões levantadas e dos enunciados dos testes. A avaliação deve pautasse em trabalhos e provas individuais com questões que solicitem justificativas de assuntos conceituais, além de trabalhos e experimentos elaborados em grupos.