

Exercícios sobre calorimetria

Resumo

Definição de calor

Calor nada mais é do que a terminologia que designa energia térmica em trânsito, ou seja, transferência térmica de energia de um sistema a outro. Assim, Calor *não* é uma propriedade dos sistemas termodinâmicos, e por tal não é correto afirmar que um corpo possui mais calor que outro, e tampouco é correto afirmar que um corpo "possui" calor, muito menos que "está fazendo calor". Sua dimensão pode ser dada em calorimetria (cal), mas, pelo SI, o correto é joule (J). A taxa de conversão é: 1 cal = 4,1868 J.

Para fins práticos, definimos duas diferentes terminologias:

1. Calor Sensível:

É o calor absorvido ou cedido por um corpo que tem como consequência a variação da energia (cinética) interna, a qual é observada diretamente na temperatura do corpo em questão. O nome "calor sensível" faz referência ao fato de que tais trocas podem ser observadas através da variação de temperatura, nunca incorrendo em transição de fase de primeira ordem.

2. Calor Latente:

É o calor cedido ou absorvido por um corpo que tem como consequência a variação da energia potencial intermolecular. O corpo que absorve ou distribui, mantém sua temperatura constante, porém passa por mudança de estado físico. É o que acontece, por exemplo, em mudanças de fase.

Definição de temperatura

Temperatura é uma grandeza física que mensura a energia cinética média de cada grau de liberdade de cada uma das partículas de um sistema em equilíbrio térmico. Ou seja, a rigor, temperatura é definida apenas para sistemas em equilíbrio térmico.

A temperatura não é uma medida de calor, mas a diferença de temperaturas é responsável pela transferência de energia térmica na forma de calor entre dois ou mais sistemas.

Existem diferentes grandezas para expressar a temperatura, no entanto a grandeza, no SI, que mede a temperatura absoluta é a medida Kelvin (K), que é diretamente proporcional à quantidade de energia térmica em um sistema.

Outras grandezas

- Capacidade térmica

É a razão entre a quantidade de calor recebida (ou cedida) (Q) por um corpo e a variação de temperatura ($\Delta\theta$) deste corpo, dada por:

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

A unidade usual para essa medida é: cal/°C.

- Calor específico

Aqui partimos da seguinte constatação: “A quantidade de calor Q recebida (ou cedida) por um corpo é diretamente proporcional à sua massa m e à variação de temperatura $\Delta\theta$ sofrida pelo corpo”. Assim:

$$Q = mc\Delta\theta$$

Essa fórmula é conhecida como a Equação Fundamental da Calorimetria. O coeficiente de proporcionalidade c depende do material e é denominado calor específico, sua unidade usual é cal/g.°C, a partir de seu isolamento da equação:

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

Dessa forma, a partir das equações dadas, podemos concluir que:

$$C = mc$$

Logo, a capacidade térmica de um corpo pode ser expressa como o produto de sua massa pelo calor específico do material que o constitui.

Trocas de calor e Equilíbrio Térmico

Se dois ou mais corpos trocam calor entre si, a soma algébrica das quantidades de calor trocadas pelos corpos, até o estabelecimento do equilíbrio térmico é nula.

Ou seja,

$$\sum Q = 0$$

Fluxo de Calor

Sabemos que, espontaneamente, o calor sempre se propaga de um corpo com maior temperatura para um corpo com menor temperatura.

O fluxo de calor ϕ através de uma superfície pode ser definido como a razão entre a quantidade de calor Q que atravessa a superfície e o intervalo de tempo decorrido Δt :

$$\phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

São tantas aplicações práticas deste assunto que poderíamos enumerar diversos fatos do cotidiano, desde aspectos envolvendo o mundo subatômico até aspectos envolvendo as galáxias e, principalmente, o dia a dia de cada um. De toda forma, vamos ver alguns fatos interessantes.

Na Prática 1:

Já percebeu que, depois que chove, é comum a calçada continuar molhada por um tempo maior do que o asfalto, que logo fica seco? Isso ocorre devido ao calor específico das substâncias que constituem o asfalto e a calçada. Como o asfalto possui calor específico menor do que a calçada, sua temperatura, para uma mesma quantidade de calor (provinda, principalmente, de energia solar), varia mais do que a temperatura

da calçada, o que faz com que a calçada permaneça úmida por mais tempo. Isso também justifica o fato de o asfalto, em dias quentes, estar mais “quente” do que a calçada.

Na Prática 2:

A PRAIA!

Da próxima vez que você for à praia não vai pensar em outra coisa senão em Física e, principalmente, em Calorimetria.

(Lembre-se: é um fato que a água possui um alto calor específico, por isso ela “regula bem” a variação de temperatura de sistemas)

Imagine a situação: você chega à praia e põe o pé naquela areia quente, e sente seus pés quase queimarem, então corre em direção ao mar. E logo que entra na água sente um frio de bater os dentes, aí você pensa: “Como pode? A areia estava esquentando e aqui eu tô morrendo de frio”. Isso acontece por causa do alto calor específico da água – que é muito maior do que o da areia – o que faz com que sua temperatura varie pouco com a quantidade de calor recebida dos raios solares, ao passo que a areia, por ter um baixo calor específico, terá uma variação de temperatura maior do que a água.

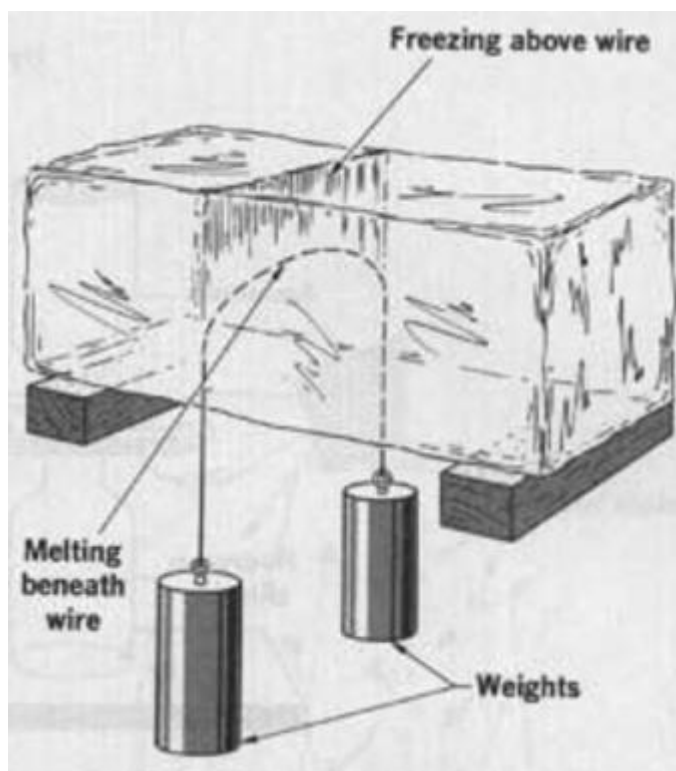
Então você decide sair da água. Logo ao sair, bate aquele vento e você estremece de frio... O que justifica isso é o fato de que, para a água evaporar, ela retira calor do ambiente e de você. Como ela precisa de muito calor para evaporar, você sente a perda de calor (frio). Se estiver no sol, sente menos frio, pois o calor transmitido pelo sol ajuda a evaporar mais rápido, mas na sombra...

Na Prática 3:

Já imaginou colocar a mão em chumbo derretido (a mais de $330\text{ }^{\circ}\text{C}$) e não se queimar? Isso é possível! O que acontece é justificado pelo assim chamado efeito Leidenfrost, que resumidamente pode ser descrito assim: ao entrar em contato com superfícies com temperaturas muito superiores à temperatura de ebulição da água, uma porção desta evapora rapidamente e cria uma camada de vapor que isola o seu interior – como quando uma gota d’água cai sobre uma chapa que se encontra em alta temperatura e não evapora instantaneamente, em vez disso, ela “corre” pela chapa até evaporar, devido à camada que se formou entre a gota e a superfície –, por isso é possível não queimar a mão, uma vez que essa camada “isolará” a mão por alguns segundos. Isso não dura muito tempo, por isso há sérias chances de você ter queimaduras muito sérias se tentar fazer isso. No entanto, já ouvimos histórias sobre um professor de física que fazia o experimento todo ano para seus alunos – mas, claro, nem todo ano dava certa e às vezes saía com queimaduras sérias.

Um extra (para pensar, pesquisar e se divertir):

A experiência de Tyndall



A experiência do regelo: coloque um bloco de gelo a cerca de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ apoiado sobre dois suportes de madeira, de modo que a parte central fique livre. Prenda pesos nas extremidades de um fio fino de arame e passe o fio por sobre o bloco, deixando os pesos pendentes.

- Verifique se há alguma modificação visível na região do gelo atravessado pelo arame.
- Explique por que o fio atravessa o gelo e este permanece íntegro.
- Com base no experimento e no que você pensou, justifique o fato: o deslizamento de patinadores sobre o gelo é facilitado devido aos patins terem pequena área de contato com o gelo.

Quer ver este material pelo Dex? Clique [aqui](#)

Exercícios

1. As altas temperaturas de combustão e o atrito entre suas peças móveis são alguns dos fatores que provocam o aquecimento dos motores à combustão interna. Para evitar o superaquecimento e consequentes danos a esses motores, foram desenvolvidos os atuais sistemas de refrigeração, em que um fluido arrefecedor com propriedades especiais circula pelo interior do motor, absorvendo o calor que, ao passar pelo radiador, é transferido para a atmosfera.

Qual propriedade o fluido arrefecedor deve possuir para cumprir seu objetivo com maior eficiência?

- a) Alto calor específico.
 - b) Alto calor latente de fusão.
 - c) Baixa condutividade térmica.
 - d) Baixa temperatura de ebulição.
 - e) Alto coeficiente de dilatação térmica.
2. Churros é uma composição que normalmente consiste em um tubo de massa de farinha de trigo recheado com um doce. Suponha que a mãe prepara para a filha, no forno, churros com recheio de doce de leite. O churros é servido no prato e a menina consegue pegar a parte da massa com a mão, mas ao abocanhar o churros, afasta-o rapidamente da boca porque sente que o recheio de doce de leite está bem mais quente que a massa. Assumindo que no instante da retirada de dentro do forno todas as partes do churros estavam na mesma temperatura, que a parte do doce de leite e a parte da massa possuem a mesma quantidade de gramas, e que houve fluxo de calor para fora do churros desse instante até o momento que a menina é servida, a diferença de temperatura entre a massa e o recheio, quando a menina mordeu, ocorreu porque o
- a) calor específico do doce de leite é maior do que o calor específico da massa.
 - b) calor latente de sublimação do doce de leite é maior do que o calor latente de sublimação da massa.
 - c) coeficiente de dilatação térmica da massa é maior do que o coeficiente de dilatação térmica do doce de leite.
 - d) calor latente de sublimação do doce de leite é menor do que o calor latente de sublimação da massa.
 - e) o coeficiente de dilatação térmica do doce de leite é maior do que o coeficiente de dilatação térmica da massa.

3. Uma garrafa térmica tem como função evitar a troca de calor entre o líquido nela contido e o ambiente, mantendo a temperatura de seu conteúdo constante. Uma forma de orientar os consumidores na compra de uma garrafa térmica seria criar um selo de qualidade, como se faz atualmente para informar o consumo de energia de eletrodomésticos. O selo identificaria cinco categorias e informaria a variação de temperatura do conteúdo da garrafa, depois de decorridas seis horas de seu fechamento, por meio de uma porcentagem do valor inicial da temperatura de equilíbrio do líquido na garrafa. O quadro apresenta as categorias e os intervalos de variação percentual da temperatura.

Tipo de selo	Variação de temperatura
A	menor que 10%
B	entre 10% e 25%
C	entre 25% e 40%
D	entre 40% e 55%
E	maior que 55%

Para atribuir uma categoria a um modelo de garrafa térmica, são preparadas e misturadas, em uma garrafa, duas amostras de água, uma a 10°C e outra a 40°C , na proporção de um terço de água fria para dois terços de água quente. A garrafa é fechada. Seis horas depois, abre-se a garrafa e mede-se a temperatura da água, obtendo-se 16°C .

Qual selo deveria ser posto na garrafa térmica testada?

- a) A
 - b) B
 - c) C
 - d) D
 - e) E
4. Num dia em que a temperatura ambiente é de 37°C , uma pessoa, com essa mesma temperatura corporal, repousa à sombra. Para regular sua temperatura corporal e mantê-la constante, a pessoa libera calor através da evaporação do suor. Considere que a potência necessária para manter seu metabolismo é 120 W e que, nessas condições, 20% dessa energia é dissipada pelo suor, cujo valor de vaporização é igual ao da água (540 cal/g). Utilize 1 cal igual a 4 J.
- Após duas horas nessa situação, que quantidade de água essa pessoa deve ingerir para repor a perda pela transpiração?
- a) 0,08 g.
 - b) 0,44 g.
 - c) 1,30 g.
 - d) 1,80 g.
 - e) 80,0 g.

5. Clarice colocou em uma xícara 50 mL de café a 80 °C, 100 mL de leite a 50 °C e, para cuidar de sua forma física, adoçou com 2 mL de adoçante líquido a 20 °C. Sabe-se que o calor específico do café vale 1 cal/g°C, do leite vale 0,9 cal/g°C, do adoçante vale 2 cal/g°C e que a capacidade térmica da xícara é desprezível.



Considerando que as densidades do leite, do café e do adoçante sejam iguais e que a perda de calor para a atmosfera é desprezível, depois de atingido o equilíbrio térmico, a temperatura final da bebida de Clarice, em °C, estava entre

- a) 75,0 e 85,0
- b) 65,0 e 74,9
- c) 55,0 e 64,9
- d) 45,0 e 54,9
- e) 35,0 e 44,9

6.

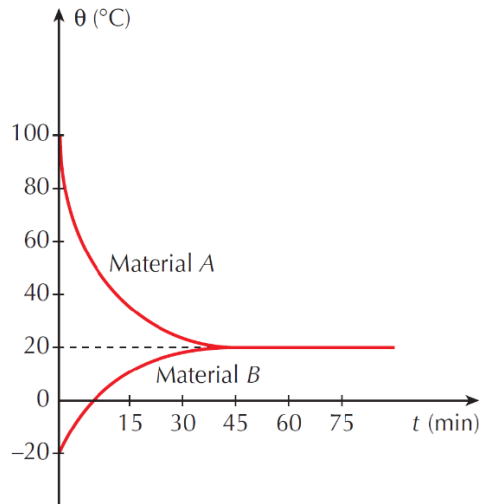


Disponível em: <http://casadosnoopy.blogspot.com>. Acesso em: 14 jun. 2011.

Quais são os processos de propagação de calor relacionados à fala de cada personagem?

- a) Convecção e condução.
- b) Convecção e irradiação.
- c) Condução e convecção.
- d) Irradiação e convecção.
- e) Irradiação e condução.

7. Uma quantidade m do material A , de calor específico desconhecido, foi posta em contato térmico com igual quantidade m do material B , cujo calor específico é $c_B = 0,22 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$. Os materiais em contato foram isolados termicamente da vizinhança, e a temperatura de cada um foi medida ao longo do tempo até o equilíbrio térmico entre eles ser atingido. A figura mostra os gráficos de temperatura *versus* tempo, resultantes dessas medidas.



O calor específico c_A do material A vale:

- a) $0,44 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$
 - b) $0,33 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$
 - c) $0,22 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$
 - d) $0,11 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$
 - e) $0,06 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$
8. A água de uma piscina tem 2,0 m de profundidade e superfície com 50 m^2 de área. Se a intensidade da radiação solar absorvida pela água dessa piscina for igual a 800 W/m^2 , o tempo, em horas, para a temperatura da água subir de 20°C para 22°C , por efeito dessa radiação, será, aproximadamente, igual a

Dados:

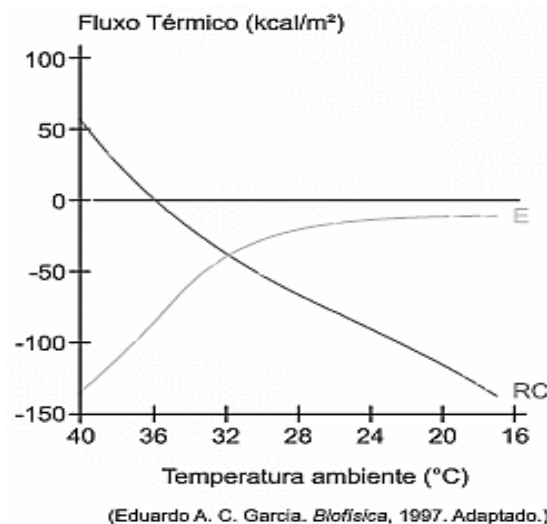
Densidade da água = 1 g/cm^3 ;

Calor específico da água = $1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$;

$1 \text{ cal} = 4 \text{ J}$

- a) 0,8
- b) 5,6
- c) 1,6
- d) 11
- e) 2,8

9. Foi realizada uma experiência em que se utilizava uma lâmpada de incandescência para, ao mesmo tempo, aquecer 100 g de água e 100 g de areia. Sabe-se que, aproximadamente, $1 \text{ cal} = 4 \text{ J}$ e que o calor específico da água é de $1 \text{ cal} / \text{g}^\circ\text{C}$ e o da areia é $0,2 \text{ cal} / \text{g}^\circ\text{C}$. Durante 1 hora, a água e a areia receberam a mesma quantidade de energia da lâmpada, 3,6 kJ, e verificou-se que a água variou sua temperatura em 8°C e a areia em 30°C . Podemos afirmar que a água e a areia, durante essa hora, perderam, respectivamente, a quantidade de energia para o meio, em kJ, igual a
- 0,4 e 3,0.
 - 2,4 e 3,6.
 - 0,4 e 1,2.
 - 1,2 e 0,4.
 - 3,6 e 2,4.
10. O gráfico mostra o fluxo térmico do ser humano em função da temperatura ambiente em um experimento no qual o metabolismo basal foi mantido constante. A linha azul representa o calor trocado com o meio por evaporação (E) e a linha vermelha, o calor trocado com o meio por radiação e convecção (RC).



Sabendo que os valores positivos indicam calor recebido pelo corpo e os valores negativos indicam o calor perdido pelo corpo, conclui-se que:

- em temperaturas entre 36°C e 40°C , o corpo recebe mais calor do ambiente do que perde.
- à temperatura de 20°C , a perda de calor por evaporação é maior que por radiação e convecção.
- a maior perda de calor ocorre à temperatura de 32°C .
- a perda de calor por evaporação se aproxima de zero para temperaturas inferiores a 20°C .
- à temperatura de 36°C , não há fluxo de calor entre o corpo e o meio.

Gabarito

1. A

Da expressão:

$$Q = mc\Delta\theta \rightarrow \Delta\theta = \frac{Q}{mc}$$

O fluido arrefecedor deve receber calor e não sofrer sobreaquecimento. Então, o fluido deve ter alto calor específico.

2. A

O calor específico do recheio é maior do que o da massa, variando menos rapidamente sua temperatura.

3. D

Desprezando a capacidade térmica da garrafa, pela equação do sistema termicamente isolado calculamos a temperatura de equilíbrio (T_e):

$$\sum Q = 0 \rightarrow Q_{fria} + Q_{quente} = 0 \rightarrow \frac{m}{3}c(T_e - 10) + \frac{2m}{3}c(T_e - 40) = 0$$

$$T_e = 30^\circ\text{C}$$

O módulo da variação de temperatura é:

$$|\Delta T| = |T_f - T_e| = |16 - 30| = 14^\circ\text{C}$$

Calculando a variação percentual:

$$\frac{|\Delta T|}{T_e} \cdot 100 = \frac{14}{30} \cdot 100 \approx 46,7\%$$

4. E

A potência utilizada (P_U) na evaporação da água é 20% da potência total (P_T) necessária para manter o metabolismo.

$$P_U = 0,2 \cdot 120 = 24\text{W}$$

Sabendo que:

$$Q = P_U \cdot \Delta t \text{ e } Q = mL$$

$$mL = P_U \Delta t$$

$$m = \frac{P_U \Delta t}{L} = \frac{24(2.3600)}{540.4} = 80\text{g}$$

5. C

Considerando sistema termicamente isolado:

$$Q_{café} + Q_{leite} + Q_{adoçante} = 0$$

$$(dVc\Delta\theta)_{café} + (dVc\Delta\theta)_{leite} + (dVc\Delta\theta)_{adoçante} = 0$$

$$50 \cdot 1 \cdot (\theta - 80) + 100 \cdot 0,9 \cdot (\theta - 50) + 2 \cdot 2 \cdot (\theta - 20) = 0$$

$$\theta = \frac{8580}{144} \approx 59,6^\circ\text{C}$$

6. E

A propagação de energia oriunda do Sol é por irradiação.

As luvas são feitas de materiais isolantes térmicos, dificultando a condução de calor.

7. D

$$Q_A + Q_B = 0$$

$$mc_A(20 - 100) + m \cdot 0,22 \cdot (20 - (-20)) = 0$$

$$c_A = 0,11 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

8. B

Calculando a massa de água:

$$V = A_{\text{base}} h$$

$$d = \frac{m}{V}$$

$$d = \frac{m}{A_{\text{base}} h} \rightarrow m = d A_{\text{base}} h = 10^3 \cdot 50 \cdot 2 = 10^5 \text{ kg}$$

Calculando a potência absorvida:

$$I = \frac{P}{A} \rightarrow P = IA = 800 \cdot 50 = 4 \cdot 10^4 \text{ W}$$

Da definição de potência e da equação do calor sensível:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \rightarrow Q = P \Delta t$$

$$Q = mc \Delta \theta$$

$$\Delta t = \frac{mc \Delta \theta}{P} = \frac{10^5 \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot 2}{4 \cdot 10^4} = 2 \cdot 10^4 \text{ s}$$

$$\Delta t = \frac{20000}{3600} \text{ h} \approx 5,6 \text{ h}$$

9. C

Calculando a quantidade de calor absorvida por cada uma das amostras:

$$Q_{\text{água}} = (m \cdot c \cdot \Delta \theta)_{\text{água}} = 100 \cdot 4,8 = 3200 \text{ J} = 3,2 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{areia}} = (m \cdot c \cdot \Delta \theta)_{\text{areia}} = 100 \cdot 0,8 \cdot 30 = 2400 \text{ J} = 2,4 \text{ kJ}$$

As quantidades de energias perdidas são:

$$E_{\text{água}} = 3,6 - 3,2 = 0,4 \text{ kJ}$$

$$E_{\text{areia}} = 3,6 - 2,4 = 1,2 \text{ kJ}$$

10. D

Análise gráfica.

O gráfico indica que as perdas de calor por evaporação (linha azul, curva E) decrescem com a diminuição da temperatura ambiente. Mantido o comportamento monotônico associado a essa função, espera-se que essas perdas se aproximem de zero para temperaturas inferiores a 20 °C, tal como sugere a alternativa D.