

PROFESSOR DANILO

FOLHA 10

CALORIMETRIA

Como vimos, calor é energia térmica trocada entre dois ou mais corpos. Vamos então relacionar o calor Q recebido ($Q > 0$) ou cedido ($Q < 0$) por uma substância de massa m com o calor específico c e a variação de temperatura desta substância ΔT .

Q. 1 – CALOR ESPECÍFICO SENSÍVEL

Chamamos de calor sensível o calor associado à variação da temperatura da substância que recebe ou cede calor.

O calor específico é uma grandeza **específica** de cada substância, conforme podemos ver na Tabela 1.

Q. 2 – UNIDADES DE MEDIDAS USUAIS NA CALORIMETRIA

Tabela 1: calor específico de diversas substâncias.

Substância	Calor específico (cal/(g °C))
Água (líquida)	1,000
Gelo	0,502
Vapor de água	0,481
Alumínio	0,214
Amônia (líquida)	1,125
Bromo (sólido)	0,088
Bromo (líquido)	0,107
Cobre	0,092
Cloreto de sódio	0,204
Chumbo	0,031
Etanol	0,581
Lítio	1,041
Mercúrio	0,033
Areia	0,225
Acetona	0,520
Vidro	0,160

Você não precisa decorar os calores específicos, portanto, sempre que precisar, consulte a tabela acima. Geralmente aproximamos o calor específico do gelo e do vapor de água para $0,5 \text{ cal/(g °C)}$.

Quanto maior a massa de um corpo, maior é a quantidade de calor necessário para produzir uma mesma variação de temperatura. Uma outra grandeza importante é a chamada capacidade térmica C .

Outros assuntos, como curva de aquecimento e equivalente em água, veremos em exercícios.

CALORIMETRIA – PRIMEIRO ANO – 29/09/2023

Q. 3 – CAPACIDADE TÉRMICA: DEFINIÇÃO E UNIDADE DE MEDIDA USUAL NA CALORIMETRIA

Q. 4 – POTÊNCIA TÉRMICA

Q. 5 – SISTEMA ISOLADO

EXERCÍCIOS

1. (Eear 2019) Duas porções de líquidos A e B, de substâncias diferentes, mas de mesma massa, apresentam valores de calor específico respectivamente iguais a $0,58 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ e $1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$. Se ambas receberem a mesma quantidade de calor sem, contudo, sofrerem mudanças de estado físico, podemos afirmar corretamente que:
- a) a porção do líquido A sofrerá maior variação de temperatura do que a porção do líquido B.
 - b) a porção do líquido B sofrerá maior variação de temperatura do que a porção do líquido A.
 - c) as duas porções, dos líquidos A e B, sofrerão a mesma variação de temperatura.
 - d) as duas porções, dos líquidos A e B, não sofrerão nenhuma variação de temperatura.

PROFESSOR DANILO

CALORIMETRIA – PRIMEIRO ANO – 29/09/2023

2. (Ufrgs 2019) A telefonia celular utiliza radiação eletromagnética na faixa da radiofrequência (RF: 10 MHz – 300 GHz) para as comunicações. Embora não ionizantes, essas radiações ainda podem causar danos aos tecidos biológicos através do calor que elas transmitem. A taxa de absorção específica (SAR – *specific absorption rate*) mede a taxa na qual os tecidos biológicos absorvem energia quando expostos às RF's, e é medida em Watt por quilograma de massa do tecido (W/kg).

No Brasil, a Agência Nacional de Telecomunicações, ANATEL, estabeleceu como limite o valor de 2 W/kg para a absorção pelas regiões da cabeça e tronco humanos. Os efeitos nos diferentes tecidos são medidos em laboratório. Por exemplo, uma amostra de tecido do olho humano exposta por 6 minutos à RF de 950 MHz, emitida por um telefone celular, resultou em uma SAR de 1,5 W/kg.

Considerando o calor específico desse tecido de 3.600 J/(kg·°C), sua temperatura (em °C) aumentou em

- 0,0025
- 0,15.
- 0,25.
- 0,25.
- 1,50.

3. (Fatec 2019 - MODIFICADA) Em uma aula de laboratório de calorimetria, um aluno da Fatec precisa determinar o calor específico de um material desconhecido de massa 1,0 kg. Para isso, ele usa, por 1 min, um forno elétrico que opera com potência de 2200 W. Após decorrido esse tempo, ele observa uma variação de temperatura de 220 °C.

Considerando que o forno funciona de acordo com as características apresentadas, podemos afirmar que o calor específico determinado, em J/kg·K, foi de
Lembre-se que:

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

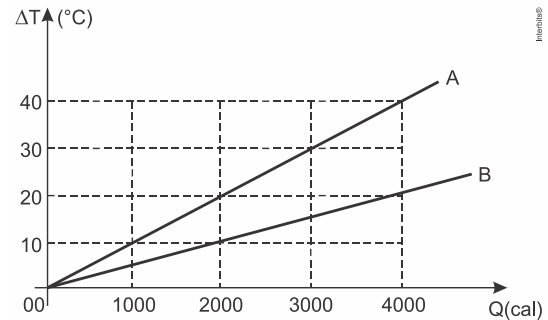
- $4,2 \times 10^3$
- $8,4 \times 10^2$
- $6,0 \times 10^2$
- $4,9 \times 10^2$
- $1,5 \times 10^2$

4. (Mackenzie 2019) Anelise lava a sua garrafa térmica com água filtrada, à temperatura de 20 °C. Coloca então, na garrafa, uma porção de 200 g de café que acabara de coar, a uma temperatura inicial θ_0 . Considerando-se a capacidade térmica da garrafa 100 cal/°C, o calor específico sensível do café 1,0 cal/g°C e, após algum tempo, a temperatura de equilíbrio do sistema garrafa/café ter atingido 60 °C, pode-se afirmar que o valor de θ_0 , em °C, é

- 30
- 40
- 60
- 70

e) 80

5. (G1 - ifsul 2019) O gráfico a seguir representa a variação de temperatura ΔT , em função da quantidade de calor Q , transferidas a dois sistemas **A** e **B**, que apresentam a mesma massa cada um deles.



De acordo com o gráfico, concluímos que a capacidade térmica do corpo **A** (C_A), em relação à capacidade térmica do corpo **B** (C_B), é

- duas vezes maior.
- quatro vezes maior.
- duas vezes menor.
- quatro vezes menor.

6. (Mackenzie 2019) Nas engenharias metalúrgica, mecânica e de materiais, o processo de têmpera é muito utilizado para conferir dureza aos materiais. Esse processo consiste em submeter o material a um resfriamento brusco após aquecê-lo acima de determinadas temperaturas. Isso causa o surgimento de tensões residuais internas, provocando um aumento da dureza e resistência do material.

Nos laboratórios da Universidade Presbiteriana Mackenzie um aluno deseja realizar a têmpera de uma barra de ferro, cuja massa vale 1000 g. A peça é então colocada em um forno de recozimento durante o tempo suficiente para que ocorra o equilíbrio térmico. Em seguida é retirada e rapidamente imersa em um tanque com 10.000 g de óleo, cujo calor específico sensível vale 0,40 cal/g°C. Sabendo-se que o calor específico sensível do ferro tem valor aproximado de 0,11 cal/g°C, e que a temperatura do óleo muda de 28 °C para 38 °C, a temperatura do forno no momento em que a barra é retirada vale aproximadamente, em °C

- 100
- 200
- 300
- 400
- 500

***7. O equivalente em água de um corpo é definido como a quantidade de água que, recebendo ou cedendo a mesma quantidade de calor, apresenta a mesma variação de temperatura.

Desse modo, o equivalente em água, de 1000 g de ferro ($c = 0,12 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$) é igual a 120 g de água ($c = 1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$). Visto isso, é correto dizer que o equivalente em alumínio ($c = 0,20 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$) de 1000 g de ferro vale, em gramas:

- a) 200
- b) 400
- c) 600
- d) 800
- e) 1000

8. (Fuvest 2019) Em uma garrafa térmica, são colocados 200 g de água à temperatura de 30°C e uma pedra de gelo de 50 g, à temperatura de -10°C . Após o equilíbrio térmico, Note e adote:

- calor latente de fusão do gelo = 80 cal/g ;
- calor específico do gelo = $0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$;
- calor específico da água = $1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.

- a) todo o gelo derreteu e a temperatura de equilíbrio é 7°C .
- b) todo o gelo derreteu e a temperatura de equilíbrio é $0,4^\circ\text{C}$.
- c) todo o gelo derreteu e a temperatura de equilíbrio é 20°C .
- d) nem todo o gelo derreteu e a temperatura de equilíbrio é 0°C .
- e) o gelo não derreteu e a temperatura de equilíbrio é -2°C .

9. (Efomm 2019) Em um calorímetro ideal, no qual existe uma resistência elétrica de 10 W de potência por onde passa uma corrente elétrica, é colocado 1,0 L de água a 12°C e 2,0 kg de gelo a 0°C . Após duas horas, tempo suficiente para que água e gelo entrem em equilíbrio térmico e supondo que toda a energia fornecida foi absorvida pelo conteúdo do calorímetro, qual é o percentual de massa de água líquida contida no calorímetro?

- a) 22%
- b) 33%
- c) 46%
- d) 57%
- e) 71%

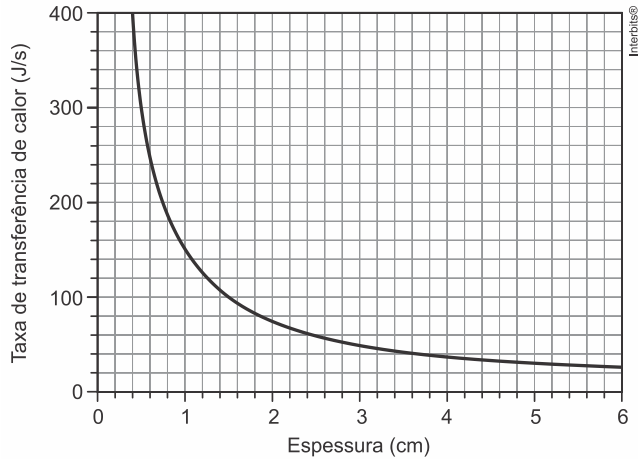
10. (Efomm 2019) Dona Marize, numa noite fria de inverno, resolveu fazer café. Entretanto, percebeu que não havia água para fazer o café. Dona Marize teve uma ideia, pegou cubos de gelo do congelador de massa total 1,5 kg a -8°C e com o calor fornecido por um ebulidor, transformou-os em água a 90°C , num intervalo de tempo de 700 s. O ebulidor foi ligado a uma fonte de tensão contínua de 150 V. Determine o valor da resistência elétrica do ebulidor em ohms, supondo que 60% da potência elétrica dissipada no resistor seja aproveitada para a realização do café.

- a) 2,26
- b) 4,45
- c) 6,63
- d) 8,62
- e) 10,40

11. (Ufpr 2019) Um aquecedor elétrico de potência constante $P = 2100 \text{ W}$ foi utilizado para transferir energia para uma massa de água na forma de gelo de valor $m = 200 \text{ g}$, cuja temperatura inicial era $T_0 = 0^\circ\text{C}$. Essa massa de gelo está colocada num recipiente de capacidade térmica desprezível e, por hipótese, toda a energia fornecida pelo aquecedor foi transferida sem perdas para o gelo. Os calores específicos de gelo e água líquida são $c_{\text{gelo}} = 0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ e $c_{\text{água}} = 1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$, e podem ser supostos constantes na faixa de temperatura considerada. Além disso, os calores de fusão do gelo e ebulição da água são $L_{\text{fusão}} = 80 \text{ cal/g}$ e $L_{\text{ebulição}} = 540 \text{ cal/g}$. Sabe-se que o aquecedor forneceu uma energia total de valor $Q = 84 \text{ kJ}$. Se necessário, use a conversão $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$. O sistema está ao nível do mar, sujeito à pressão atmosférica usual de 1 atm , e onde a água evapora a 100°C e solidifica a 0°C .

- a) Determine a temperatura final T_f da massa de água após a transferência de energia.
- b) Determine o intervalo de tempo Δt em que o aquecedor ficou ligado.

12. (Fuvest 2018) Um fabricante de acessórios de montanhismo quer projetar um colchão de espuma apropriado para ser utilizado por alpinistas em regiões frias. Considere que a taxa de transferência de calor ao solo por uma pessoa dormindo confortavelmente seja 90 kcal/hora e que a transferência de calor entre a pessoa e o solo se dê exclusivamente pelo mecanismo de condução térmica através da espuma do colchão. Nestas condições, o gráfico representa a taxa de transferência de calor, em J/s , através da espuma do colchão, em função de sua espessura, em cm



Considerando $1 \text{ cal} = 4 \text{ J}$, a menor espessura do colchão, em cm, para que a pessoa durma confortavelmente é

- a) 1,0. b) 1,5. c) 2,2.
d) 2,8. e) 3,9.

GABARITO

1. A 2. B 3. C 4. E 5. C
6. D 7. C 8. A 9. C 10. D

11. a) O calor total fornecido pelo aquecedor deve ser transformado para calorias para consistência dimensional.

$$Q = 84 \text{ kJ} \cdot \frac{1 \text{ cal}}{4,2 \text{ J}} = 20 \text{ kcal} = 20000 \text{ cal}$$

Usando o calor latente, obtemos a quantidade de calor necessária para a fusão do gelo.

$$Q_{\text{lat}} = m \cdot L_{\text{fusão}} \Rightarrow Q_{\text{lat}} = 200 \text{ g} \cdot 80 \text{ cal/g} \therefore Q_{\text{lat}} = 16000 \text{ cal}$$

Assim, para o calor sensível, sobram apenas 4000 cal para aquecimento da água originada pelo derretimento do gelo.

$$Q_{\text{sens}} = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Substituindo os valores e calculando a temperatura final, temos:

$$Q_{\text{sens}} = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow 4000 \text{ cal} = 200 \text{ g} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (T - 0)^\circ\text{C}$$

$$\therefore T = 20^\circ\text{C}$$

b) A potência é a razão entre a energia e o tempo de acordo com a equação abaixo.

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

Substituindo os valores de energia fornecida pelo aquecedor em joules enquanto permaneceu ligado e sua potência, em watts, podemos calcular o tempo.

$$t = \frac{Q}{P} = \frac{84000 \text{ J}}{2100 \text{ W}} \therefore t = 40 \text{ s}$$

12. B