

VARIAÇÃO DA TEMPERATURA

1. CAPACIDADE TÉRMICA DE UM OBJETO

Todos os objetos, quando recebem a mesma quantidade de energia, sofrem a mesma variação temperatura?

Em geral, a temperatura de um objeto aumenta quando ele recebe energia. Se, durante o mesmo intervalo de tempo, aquecermos dois recipientes iguais, um cheio de água, outro pela metade (figura 1), com chamas iguais, como variará a temperatura de cada um?

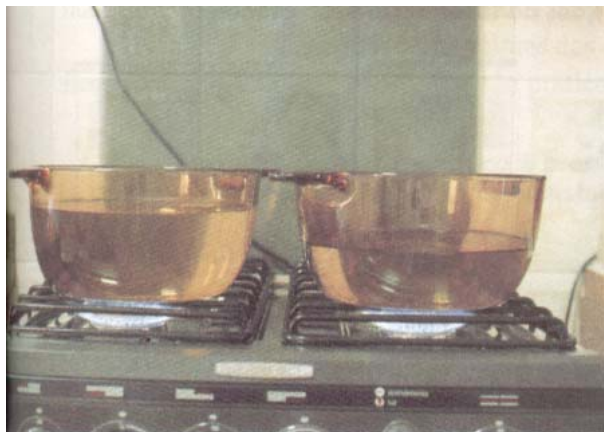


Fig. 1

Um litro de leite ferve mais rápido do que quando aquecidos pela mesma fonte. O mesmo acontece com a água: para uma mesma quantidade de energia recebida, o recipiente com menor quantidade de água sofrerá maior variação de temperatura. Ou seja, quantidades menores de água precisam de menos energia para que ocorra mesma variação de temperatura.

A mesma análise pode ser feita utilizando-se uma grandeza denominada *capacidade térmica*, que corresponde à quantidade de energia transferida, na forma de calor, necessária para provocar variação de uma unidade na temperatura. No caso dos recipientes com água, se um tivesse 1,00 kg de água e outro, 0,50 kg, eles teriam capacidades térmicas diferentes. Isso significa que uma variação de 1,0°C pode ser obtida com uma quantidade de energia menor no recipiente com 0,50 kg de água do que naquele que possui 1,0 kg.

Dividindo-se a quantidade de energia recebida ou cedida por um objeto (**Q**), na forma de calor, pela variação de sua temperatura (**ΔT**) obtém-se a capacidade térmica (**C**).

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

A capacidade térmica pode ser medida em J/°C ou em cal/°C. A unidade caloria (cal), apesar de muito utilizada, não pertence ao Sistema Internacional de unidades (SI). Ela corresponde à quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de 14,5°C para 15,5°C de 1,0 grama de água. Podemos converter calorias em joules estabelecendo a seguinte relação: 1,0 cal ≈ 4,2 J.

É comum o uso de um múltiplo da caloria, o **kcal**, denominado de quilocaloria.

$$1,0 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal}$$

2. CALOR ESPECÍFICO DE UMA SUBSTÂNCIA

Por que nos termômetros há mercúrio e não água?

A capacidade térmica caracteriza a variação unitária de temperatura de um objeto, quando recebe ou perde energia na forma de calor. Como vimos, 1,00 kg de água tem capacidade térmica diferente de 0,50 kg da mesma substância. Outra grandeza física, denominada *calor específico*, também caracteriza a variação de temperatura das substâncias.

Se os valores das capacidades térmicas dessas duas quantidades de água forem divididos por suas respectivas massas, o valor obtido, dependendo do sistema de unidades adotado, é o mesmo:

Calor específico da água 4,2 J/g.°C ou 1,0 cal/g.°C

Esse valor, característico da água, indica que é necessário fornecer 1,0 caloria (ou 4,2 J) de energia, na forma de calor, para que 1,0 grama do líquido sofra uma elevação de temperatura de 1,0°C.

A tabela 1 fornece os calores específicos de diversas substâncias. Note que, para uma mesma substância, o calor específico varia com o estado físico.

Compare, usando a tabela 1, o valor do calor específico do mercúrio e da água. Note que é necessário muito mais energia (cerca de 30 vezes) para elevar em 1,0°C a temperatura de 1,0 g de água do que para fazer o mesmo com 1,0 g de mercúrio. Essa é uma das razões por que o mercúrio é utilizado em termômetros: ele requer menos energia do que a água para variar 1,0°C. Além disso, a temperatura é medida pela variação do volume, e a dilatação do mercúrio é mais regular que a da água.

O calor específico da água é maior que o das outras substâncias. Por esse motivo, ela é utilizada para a refrigeração de motores de automóveis. Além disso, a grande quantidade de energia necessária para a água variar sua temperatura (tanto para aquecer como para esfriar) é um fator fundamental para a estabilidade climática de algumas regiões da Terra. É por isso que as variações de temperatura entre o dia e a noite nos desertos são enormes (em torno de 70°C), enquanto em regiões com muita água são bem menores (em torno de 20°C).



Fig. 2

Substância	Calor Específico (cal/g.°C)
Água	1,00
Alcool	0,60
Alumínio	0,22
Carbono	0,12
Chumbo	0,031
Cobre	0,091
Ferro	0,11
Gelo	0,50
Latão	0,092
Madeira	0,42
Mercúrio	0,033
Ouro	0,032
Prata	0,056
Rochas	0,21
Vidro	0,16
Zinco	0,093

Tabela 1: Calor específico à pressão constante.

O **calor específico** de uma substância (c) é obtido dividindo-se a **capacidade térmica** do objeto (C) por sua **massa** (m).

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

Ele depende do tipo de substância e do seu estado físico. Por sua vez, a **capacidade térmica** depende da **quantidade de matéria** (m) e do **calor específico substância** (c), sendo, portanto, uma característica do objeto ou sistema considerado.

$$C = c \cdot m \text{ ou } C = \frac{Q}{\Delta T}$$

3. CALOR ESPECÍFICO DOS GASES

Na tabela 1, apresentamos o calor específico de várias substâncias à pressão constante. Podemos fazer o mesmo em relação a um gás, mas sua pressão só ficará constante se seu volume aumentar à medida que ele receber energia. Outra forma de determinar o calor específico de um gás, mantendo seu volume constante, é deixar a pressão aumentar à medida que receber energia na forma de calor.

Essas duas maneiras de medir o calor específico dos gases fornecem resultados diferentes, como mostra a tabela 2. Note que o calor específico à pressão constante é sempre maior do que o calor específico a volume constante.

Para os líquidos e sólidos, os valores dos calores específicos a volume e pressão constantes são praticamente iguais.

Substância	Calor específico ^(a) (cal/g.°C)	Calor específico ^(b) (cal/g.°C)
Ar	0,24	0,17
Hélio	1,25	0,75
Hidrogênio	3,40	2,38
Nitrogênio	0,25	0,18
Oxigênio	0,22	0,15

Tabela 2: (a) Calor específico à pressão constante; (b) calor específico a volume constante.

4. CÁLCULO DA QUANTIDADE DE ENERGIA TRANSFERIDA NA FORMA DE CALOR

Como é possível determinar a quantidade de energia absorvida ou cedida por um objeto ou sistema na forma de calor?

Em geral, um objeto sofre variação de temperatura ao absorver ou ceder uma certa quantidade de energia. Essa variação está condicionada à massa do objeto e ao calor específico da substância que o constitui, ou seja, depende de sua capacidade térmica. Isso significa que, para uma certa quantidade de energia recebida, quanto maior a capacidade térmica, menor será a variação de temperatura do objeto. A quantidade de energia recebida na forma de calor (Q) está associada a uma variação na temperatura (ΔT), condicionada pela capacidade térmica (C),

$$C = \frac{Q}{\Delta T},$$

que pode ser expressa pelo calor específico, ou seja,

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

Chegamos, assim, a uma nova expressão para o calor específico:

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

5. OBTENDO O VALOR DA ENERGIA TRANSFERIDA

Uma maneira de determinar a quantidade de energia transferida, na forma de calor, é medir a temperatura do sistema antes (T_0) e depois (T) de ele receber energia e calcular sua variação (ΔT):

$$\Delta T = T - T_0$$

em seguida, multiplicamos pela **massa** (m) do sistema e pelo **calor específico** (c) substância que o constitui, chegando ao valor da quantidade de calor:

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

Vamos utilizar essa expressão no seguinte problema:

Qual a quantidade de energia recebida por um coletor solar contendo 1500 g de água em sua tubulação quando sua temperatura passa de 21°C para 63°C?

6. CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

Se misturarmos um copo com água a 80°C numa banheira com água a 20°C, qual será a temperatura de equilíbrio térmico?

Pelo **princípio da conservação da energia**, a quantidade de energia cedida pela água do copo foi transferida para a banheira e para o ambiente, na forma de calor. Assim, a temperatura da água da banheira deve aumentar um pouco, mas é difícil medir essa variação. Se misturarmos, porém, um copo com água a 80°C com outro a 20°C, a temperatura de equilíbrio térmico que se registra com um termômetro será menor que 80°C e maior que 20°C. Se a mistura for feita em um recipiente de material isolante térmico, a transferência de energia só vai ocorrer entre os líquidos a diferentes temperaturas. Podemos, assim, calcular a temperatura de equilíbrio térmico somando as temperaturas iniciais de cada sistema e dividindo por dois, obtendo 50°C. Esta maneira de calcular a temperatura de equilíbrio térmico funciona somente quando os objetos têm mesma massa, mesma substância e estão isolados do ambiente.

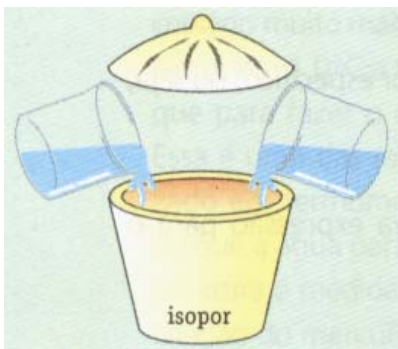


Fig. 3

7. PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

A transferência de energia entre substâncias, devido à diferença de temperatura entre elas, obedece ao princípio de conservação da energia. Isso significa que a quantidade de energia cedida pelos sistemas que inicialmente estão a temperaturas mais elevadas deve ser idêntica à recebida pelos sistemas que estão a temperaturas mais baixas.

$$Q_{\text{CEDIDA}} + Q_{\text{RECEBIDA}} = 0$$

Como a quantidade de energia recebida é positiva e a cedida é negativa, a soma dessas duas quantidades deve ser nula.

Como determinar a temperatura de equilíbrio térmico para misturas de sistemas com massas diferentes ou que contenham substâncias diferentes?

As situações que envolvem trocas de energia, na forma de calor, são complexas porque dificilmente conseguimos determinar a quantidade de energia transferida para o ambiente. Analisemos, por exemplo, uma mistura de meio copo de leite frio com um copo de leite quente. O aumento de temperatura do ar que está nas proximidades é imperceptível, mas o ambiente e o recipiente participam da transferência de energia. Por essa razão, se esse sistema (leite quente + leite frio) ficar em contato com o ambiente durante muito tempo, a temperatura final de equilíbrio será a própria temperatura do ambiente.

8. CALORÍMETROS

Para trabalhos em laboratórios, podemos reduzir as perdas de energia do sistema utilizando um recipiente isolante térmico. Este dispositivo é denominado calorímetro. Um tipo de calorímetro está representado na figura 4. Ele é feito de metal recoberto de isopor, possui um termômetro e um misturador, colocados em seu interior através de dois furos na tampa.

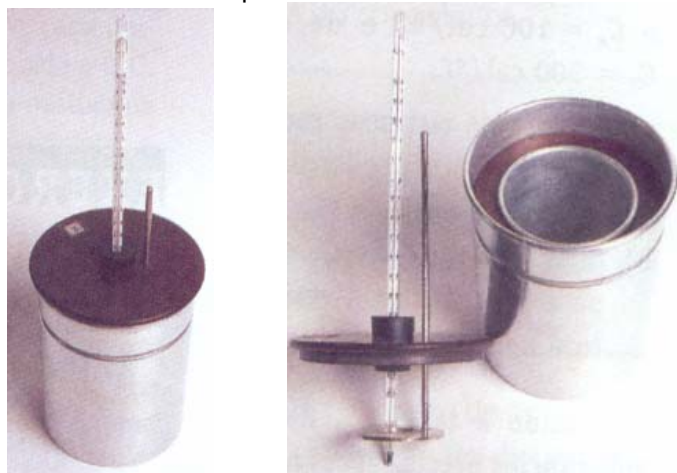


Fig. 4

Podemos usar um calorímetro para determinar o calor específico de uma substância da seguinte maneira:

- Coloca-se uma quantidade de água, de massa conhecida, no interior do calorímetro;
- Mede-se a temperatura de equilíbrio térmico entre a água e o calorímetro;
- Mede-se a massa do objeto de cuja substância se quer determinar o calor específico;
- Aquece-se o objeto até uma certa temperatura, medida com precisão e, depois, coloca-se o objeto dentro do calorímetro, com a água;
- Agita-se a água com o misturador e mede-se a temperatura de equilíbrio térmico entre ela e o objeto.

Exemplo:

No calorímetro, colocam-se 60 g de água. Após um certo intervalo de tempo, a temperatura estabiliza-se em 18°C. Depois, adiciona-se uma esfera de metal de massa 40 g, a uma temperatura de 98°C. Medindo-se a temperatura de equilíbrio térmico, obtém-se 23°C. Qual o calor específico da esfera?

4. (UFMG – 2007/I) Numa aula de Física, o Professor Carlos Heitor apresenta a seus alunos esta experiência: dois blocos – um de alumínio e outro de ferro –, de mesma massa e, inicialmente, à temperatura ambiente, recebem a mesma quantidade de calor, em determinado processo de aquecimento. O calor específico do alumínio e o do ferro são, respectivamente, $0,90 \text{ J/(g}\cdot\text{°C)}$ e $0,46 \text{ J/(g}\cdot\text{°C)}$. Questionados quanto ao que ocorreria em seguida, dois dos alunos, Alexandre e Lorena, fazem, cada um deles, um comentário:

• Alexandre: “Ao final desse processo de aquecimento, os blocos estarão à mesma temperatura.”

• Lorena: “Após esse processo de aquecimento, ao se colocarem os dois blocos em contato, fluirá calor do bloco de ferro para o bloco de alumínio.”

Considerando-se essas informações, é **CORRETO** afirmar que

- (A) apenas o comentário de Alexandre está certo.
- (B) apenas o comentário de Lorena está certo.
- (C) ambos os comentários estão certos.
- (D) nenhum dos dois comentários está certo.

5. (UNESP – 2007) Em um dia ensolarado, a potência média de um coletor solar para aquecimento de água é de 3 kW . Considerando a taxa de aquecimento constante e o calor específico da água igual a $4200 \text{ J/(kg}\cdot\text{°C)}$, o tempo gasto para aquecer 30 kg de água de 25 °C para 60 °C será, em minutos, de

- (A) 12,5. (B) 15. (C) 18. (D) 24,5. (E) 26.

6. (FAPA – 2006/I) *Super manual de sobrevivência Fogo é fundamental: Óculos (de grau ou escuros) servem para acender fogueiras, importantíssimas para a noite, quando a temperatura cai dramaticamente.*

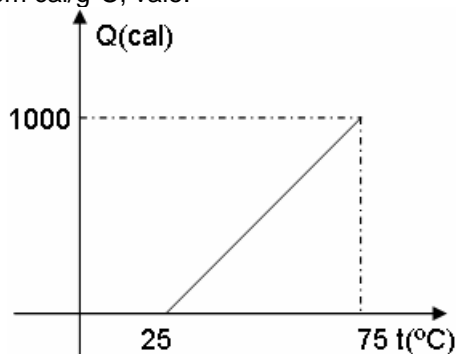
(Superinteressante, outubro 2005)

Durante o dia, a temperatura no deserto é muito elevada e, durante a noite, sofre uma grande redução.

Isto pode ser explicado pelo _____ da areia.

- (A) pequeno calor específico
- (B) grande calor específico
- (C) pequeno ponto de fusão
- (D) grande ponto de fusão
- (E) pequeno calor latente de fusão

7. (PUC/MG – 2006/IA) O gráfico mostra a quantidade de calor Q recebida por um corpo de 100g , em função de sua temperatura t . O calor específico do material de que é feito o corpo, em $\text{cal/g}\cdot\text{°C}$, vale:



- (A) 0,20 (B) 0,08 (C) 0,38 (D) 0,30

8. (UCS – 2006/I) Colocam-se 200 g de macarrão a 20 °C em água fervente. Em poucos segundos, a temperatura do macarrão se eleva para 80 °C . Se a água transmitiu nesses poucos segundos $6\,000$ calorias para o macarrão, o calor específico deste é de

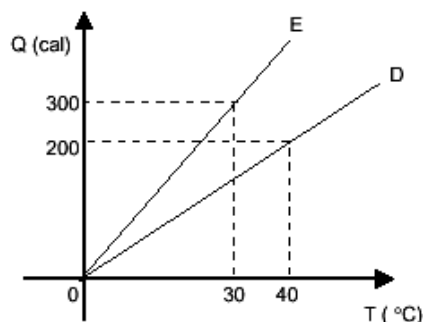
- (A) $0,5 \text{ cal/g}\cdot\text{°C}$. (B) $0,06 \text{ cal/g}\cdot\text{°C}$.
- (C) $100 \text{ cal/g}\cdot\text{°C}$. (D) $30 \text{ cal/g}\cdot\text{°C}$.
- (E) $2 \text{ cal/g}\cdot\text{°C}$.

9. (UFRGS – 2006) À temperatura ambiente, que volume de ferro apresenta a mesma capacidade térmica de um litro de água?

(Considere que, à temperatura ambiente, a capacidade térmica de um litro de água, é 4.200 J/°C , o calor específico do ferro é $0,5 \text{ J/g}\cdot\text{°C}$ e a massa específica do ferro é 8 g/cm^3 .)

- (A) $0,95 \text{ l}$. (B) $1,00 \text{ l}$. (C) $1,05 \text{ l}$.
- (D) $1,25 \text{ l}$. (E) $1,50 \text{ l}$.

10. (ULBRA – 2006/I) É fornecido calor a dois corpos, D e E, de massas iguais, nas condições representadas pelo gráfico da quantidade de calor Q em função da temperatura T .



Pelas informações do gráfico é possível concluir que o quociente entre os calores específicos c_D/c_E das substâncias que compõem os corpos é igual a

- (A) 0,5; (B) 1,0; (C) 1,5;
- (D) 2,0; (E) 2,5.

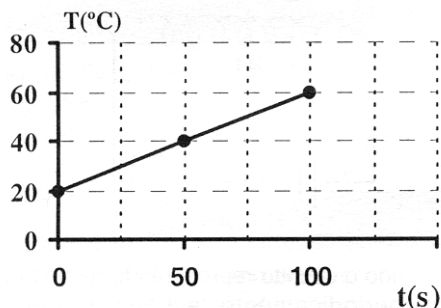
11. (UNILASALLE – 2006/I) Para tomar chimarrão, aquecem-se 500 g de água a 20 °C até 80 °C . A quantidade de energia fornecida à água, desprezando-se perdas, é a seguinte (dado: calor específico da água, $c = 1 \text{ cal/g}\cdot\text{°C}$; 1 caloria vale aproximadamente $4,0 \text{ J}$):

- (A) 120 kJ . (B) 120 MJ . (C) 120 J .
- (D) 100 kJ . (E) 100 J .

12. (UPF – 2006/I) Dois corpos, A e B, recebem a mesma quantidade de calor por segundo. Em 10s , a variação da temperatura do corpo A é o dobro da de B. Não havendo mudança de estado, pode-se afirmar que

- (A) a massa de A é o dobro da massa de B.
- (B) o calor específico de A é o dobro do calor específico de B.
- (C) o calor específico de B é o dobro do calor específico de A.
- (D) a capacidade térmica de A é o dobro da capacidade térmica de B.
- (E) a capacidade térmica de B é o dobro da capacidade térmica de A.

(PUC/RS – 2005/I) **INSTRUÇÃO:** Responder à questão 13 com base no gráfico a seguir, referente à temperatura em função do tempo, de um corpo que está sendo aquecido e que absorve 20 cal/s.



13. A capacidade térmica do corpo é

- (A) 20 cal/°C (B) 30 cal/°C (C) 40 cal/°C
(D) 50 cal/°C (E) 60 cal/°C

14. (PUC/RS – 2005/I) Um médico recomendou a um paciente que fizesse exercícios com uma toalha quente sobre os ombros, a qual poderá ser aquecida, a uma mesma temperatura, embebendo-a com água quente ou utilizando-se um ferro de passar roupa, que a manterá seca. Quando a temperatura da toalha tiver baixado 10°C, a toalha

- (A) úmida terá liberado mais calor que a seca, devido ao grande calor específico da água.
(B) úmida terá liberado menos calor que a seca, devido ao pequeno calor específico da água.
(C) seca terá liberado a mesma quantidade de calor que a toalha úmida.
(D) seca terá liberado mais calor que a úmida, devido à grande massa específica da água.
(E) seca terá liberado menos calor que a úmida, devido à pequena massa específica da água.

15. (UCPEL – 2005/I) Um pesquisador, precisando determinar a substância de que era constituído um objeto metálico e tendo em mãos uma tabela de calores específicos, realizou o seguinte experimento: colocou o objeto metálico de massa 100 g e que se encontra à temperatura de 100°C na cavidade de um bloco de gelo (calor específico do gelo 0,5 cal/g°C; calor latente de fusão 80 cal/g) de massa 50 g que se encontra a -5°C. Atingido o equilíbrio térmico, haviam fundido 10 g de gelo. A substância que constituía o corpo era:

substância	calor específico (cal/g.°C)
Alumínio	0,217
Cobre	0,093
Chumbo	0,031
Ferro	0,113
Prata	0,056

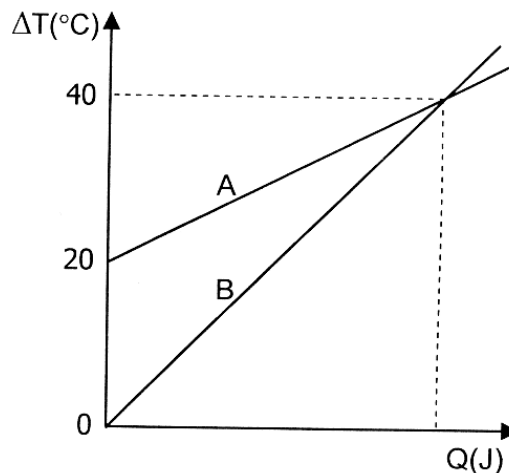
- (A) chumbo (B) ferro (C) alumínio
(D) cobre (E) um material não encontrado na tabela

16. (UFES – 2005) Em um banho com um chuveiro ligado durante 15 minutos, são utilizados cerca de 100 litros de água. Além do desperdício de água, há também o desperdício de energia elétrica. Para uma região como a Grande Vitória, com cerca de 1,08 milhões de habitantes, podemos supor que cada habitante toma, em média, um banho

de 15 minutos diariamente. Considere que a água está inicialmente a uma temperatura de 20°C e é aquecida até 30°C pelo chuveiro (1 cal = 4,2 J e 1 kWh = 3,6 × 10⁶ J). O consumo de energia elétrica para o aquecimento da água gasta com banhos diariamente por uma região como a Grande Vitória, em kWh, é

- (A) 3,00x10⁵ (B) 1,26x10⁶ (C) 4,54x10¹¹
(D) 1,08x10¹² (E) 1,63x10¹⁸

17. (UFRGS – 2005) O gráfico abaixo representa as variações de temperatura ΔT, em função do calor absorvido Q, sofridas por dois corpos, A e B, de massas m_A e m_B e calores específicos c_A e c_B, respectivamente.



Nesse caso, pode-se afirmar que a razão c_A/c_B é igual a

- (A) 4m_B/m_A (B) 2m_B/m_A (C) m_B/m_A
(D) m_B/(2m_A) (E) m_B/(4m_A)

18. (ULBRA – 2005/II) Um aquecedor elétrico é utilizado para aquecer água. Durante o processo de aquecimento libera 500 calorias por segundo. Para elevar a temperatura de 500 gramas de água de 40°C para 100°C, com esse aquecedor, é necessário, no mínimo, o tempo de: (c_{água} = 1,0 cal/g.°C)

- (A) 6,2 min; (B) 4,0 min; (C) 3,5 min;
(D) 2,0 min; (E) 1,0 min.

19. (PUC/MG – 2004/I) Dois corpos X e Y recebem a mesma quantidade de calor a cada minuto. Em 5 minutos, a temperatura do corpo X aumenta 30°C, e a temperatura do corpo Y aumenta 60°C. Considerando-se que não houve mudança de fase, é correto afirmar:

- (A) A massa de Y é o dobro da massa de X.
(B) A capacidade térmica de X é o dobro da capacidade térmica de Y.
(C) O calor específico de X é o dobro do calor específico de Y.
(D) A massa de Y é a metade da massa de X.

Gabarito:

1B, 2A, 3C, 4B, 5D, 6A, 7A, 8A, 9C, 10A, 11A, 12E, 13D, 14A, 15D, 16B, 17B, 18E, 19B.