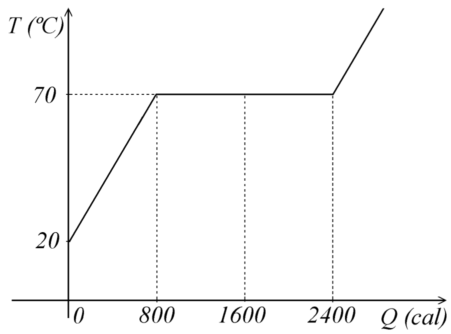
Termologia

UFPB/98

1. 80g de uma substância, inicialmente na fase sólida, recebem calor. O gráfico da temperatura T em função do calor recebido Q é dado ao lado.
   O calor latente de fusão desta substância, em cal/g, vale

   a) 10
   b) 20
   c) 30
   d) 40
   e) 80



Solução:

A substância representada no gráfico recebeu Q = 1600 cal = (2400 – 800) cal a uma temperatura constante de 70 ^{0}C. Isso caracteriza que nesta temperatura se dá uma transição de fase de sólido para líquido neste caso. Temos então que:

$$Q = m\,L_f$$

$$L_f = \frac{Q}{m} = \frac{1600cal}{80g}$$

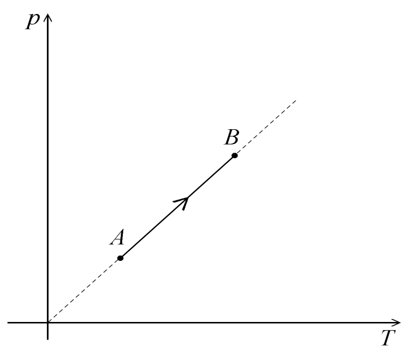
$$L_f = 20 \text{ cal/g}$$

Resposta: item b

UFPB/98

2. Uma amostra de gás ideal sofre uma transformação, indo do estado A para o estado B. Ao longo da transformação, a pressão p varia com a temperatura absoluta T, de acordo com o gráfico ao lado.
   Sendo ΔU a variação da energia interna do gás, Q o calor recebido pelo gás e W o trabalho por ele realizado, é correto afirmar que:

   a) $\Delta U > 0$; $Q > 0$; $W = 0$
   b) $\Delta U > 0$; $Q < 0$; $W = 0$
   c) $\Delta U > 0$; $Q = 0$; $W < 0$
   d) $\Delta U < 0$; $Q < 0$; $W = 0$
   e) $\Delta U < 0$; $Q > 0$; $W > 0$



Solução:

A temperatura de A para B , segundo o gráfico, acontece de modo que a curva pxT é uma reta, ou seja : p = a T , onde a é uma constante.
Como este gás é ideal:

$$p = \left(\frac{nR}{V}\right) T$$

ou seja (nR/V) = constante, logo nesta transformação de A para B temos que V = constante. Mas o trabalho $W = p\,\Delta V$, e se V = constante temos $\Delta V = 0$, logo $W = 0$. Para um gás ideal, em três dimensões, a energia interna é dada por :

$$U = \frac{3}{2} nRT$$

logo

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR\,\Delta T$$

Como $\Delta T > 0 \Rightarrow \Delta U > 0$. Considerando a Primeira Lei da Termodinâmica:

$$\Delta U = Q - W$$

Como $W = 0 \Rightarrow \Delta U = Q$. Mas $\Delta U > 0 \Rightarrow \Delta Q > 0$

Resposta: item a

UFPB/98

3. Misturam-se, num recipiente de capacidade térmica desprezível, 300g de água, a 10 ºC , com 700g de gelo, a –20 ºC . A mistura atinge o equilíbrio térmico a 0ºC e não há perda de calor para o meio ambiente.
Determine as massas de água e de gelo que se encontram na mistura quando se atinge o equilíbrio térmico.

Dados:
- calor específico da água = 1 cal/g ºC
- calor específico do gelo = 0,5 cal/g ºC
- calor latente de fusão do gelo = 80 cal/g

Solução:

Dados $T_e = 0\,^0C$; $\begin{cases} m_a = 300\text{ g} \\ T_{ia} = 10\,^0C \end{cases}$; $\begin{cases} m_g = 700\text{ g} \\ T_{ig} = -20\,^0C \end{cases}$

Haverá uma troca de calor entre a água e o gelo. É dito que a temperatura de equilíbrio é $0\,^0C$. Vamos considerar a hipótese que parte da massa de gelo, ou a sua totalidade, se fundiu. Como não há perda de calor para o ambiente:

$$\Delta Q = 0$$

Supondo m'_a a parte do gelo que se fundiu:

$$\{m_g\, c_g\, [T_e - T_{ig}] + m'_a\, L_f\} + \{m_a\, c_a\, [T_e - T_{ia}]\} = 0$$
$$+ 20\, m_g\, c_g + m'_a\, L_f - 10\, m_a\, c_a = 0$$

$$m_a' = -50\text{ g}$$

Conforme a nossa hipótese uma massa m'_a de gelo teria se fundido. A nossa hipótese leva a um resultado incoerente que é $m'_a = -50g < 0$. A hipótese correta é que parte da água m'_g se congela:

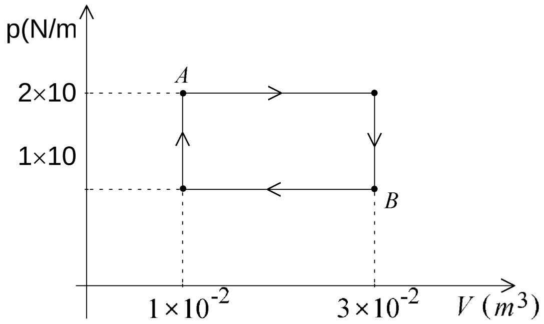
$$\{m_g\, c_g\, [T_e - T_{ig}]\} + \{m_a\, c_a\, [T_e - T_{ia}] - m'_g\, L_f\} = 0$$

$$m'_g = 50\text{ g}$$

No final temos: $\begin{cases} M_g = m_g + m'_g = 700g + 50g = 750g \text{ de gelo} \\ M_a = m_a - m'_g = 300g - 50g = 250g \text{ de água} \end{cases}$

UFPB/98

4. Um gás ideal realiza a transformação cíclica indicada no diagrama p–V ao lado. Sabendo que a temperatura do gás no estado A é 100 K, determine:



   a) a temperatura do gás no estado B.
   b) a energia interna do gás no estado A.
   c) o trabalho realizado pelo gás no ciclo.

Solução:

Dado: $T_A = 100\ ^0K$

a) Como o gás é ideal:

$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_B V_B}{T_B}$$

$$T_B = \frac{p_B}{p_A}\frac{V_B}{V_A}T_A = \frac{1}{2}.\frac{3}{1}.100$$

$$T_B = 150\ ^0K$$

b) Considerando um gás ideal em três dimensões:

$$U_A = \frac{3}{2}nRT_A = \frac{3}{2}p_A V_A$$

$$U_A = \frac{3}{2}\left(2x10^5\right)\left(1x10^{-2}\right) = 3x10^3 \text{Joules}$$

$$U_A = 3 \text{ kJoules}$$

c) O trabalho é a área abaixo da curva num gráfico pxV . Como temos um ciclo, o trabalho é a área restrita pelo ciclo. Neste problema, o trabalho é positivo:

$$W = [(3-1)x10^{-2}].[(2-1)x10^5] = 2x10^3 \text{ Joules}$$

$$W = 2 \text{ kJoules}$$

UFPB/97

5. Numa dada temperatura T , enche-se completamente um recipiente com um líquido. Sendo α o coeficiente de dilatação linear do material do recipiente e β o coeficiente de dilatação volumétrica do líquido, é correto afirmar que o líquido transbordará do recipiente para uma temperatura T' > T se

a) $\beta < \alpha$ b) $\alpha \le \beta < 2\alpha$ c) $\beta = 2\alpha$
d) $2\alpha < \beta \le 3\alpha$ e) $\beta > 3\alpha$

Solução:

Seja V_0 o volume inicial do recipiente e do líquido. Temos que 3α será o coeficiente de dilatação volumétrica do recipiente:

$$V_r = V_0 (1 + 3\alpha\ \Delta T)$$

$$V_L = V_0 (1+ \beta \Delta T)$$

Como $\Delta T = T' – T > 0$, o líquido transbordará se $V_L > V_r$, ou seja:

$$V_0 (1+ \beta \Delta T) > V_0 (1+ 3\alpha \Delta T)$$

logo:

$$\beta > 3\alpha$$

Resposta: item e

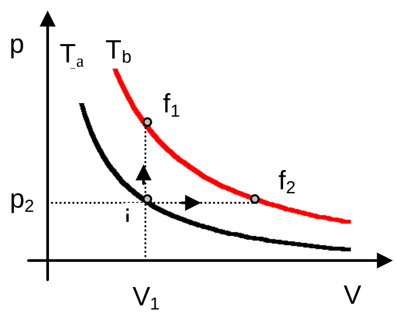
UFPB/97

6. O mesmo número de moles de dois gases ideais monoatômicos 1 e 2 são submetidos a um processo de aquecimento, sofrendo a mesma variação de temperatura. No caso do gás 1, ao longo do processo, seu volume permaneceu constante; no caso do gás 2, a pressão não variou. Sendo Q_1, W_1 e ΔU_1 o calor recebido, o trabalho realizado e a variação da energia interna referentes ao gás 1, respectivamente, e Q_2, W_2 e ΔU_2, as mesmas grandezas para o gás 2, é correto afirmar:

a) $\Delta U_1 = \Delta U_2$; $W_1=0$; $Q_1 > Q_2$
b) $\Delta U_1 < \Delta U_2$; $W_1=0$; $Q_1 < Q_2$
c) $\Delta U_1 > \Delta U_2$; $W_2=0$; $Q_1 = Q_2$
d) $\Delta U_1 = \Delta U_2$; $W_1=0$; $Q_1 < Q_2$
e) $\Delta U_1 = \Delta U_2$; $W_2=0$; $Q_1 > Q_2$

Para um gás ideal em três dimensões temos que:

$$U = \frac{3}{2} nRT$$



Seja T_a e T_b as temperaturas inicial e final do processo, com $T_b > T_a$. Como os gases são ideais, com o mesmo número de moles n e foram submetidos à mesma variação de temperatura ΔT, temos que:

$$\Delta U_1 = \Delta U_2$$

O trabalho W realizado pelo sistema é:

$$W = p\,\Delta V$$

Como $\Delta V_1 = 0$, temos que

$$W_1 = 0$$

e podemos afirmar também que:

$$W_2 > 0$$

A primeira lei da termodinâmica diz que:

$$\Delta U = Q – W$$

ou seja:

$$\Delta U_1 = Q_1$$
$$\Delta U_2 = Q_2 – W_2$$

Como $\Delta U_1 = \Delta U_2$, encontramos que:

$$Q_1 = Q_2 – W_2$$

Mas $W_2 > 0$, logo:

$$Q_1 < Q_2$$

Resposta: item d

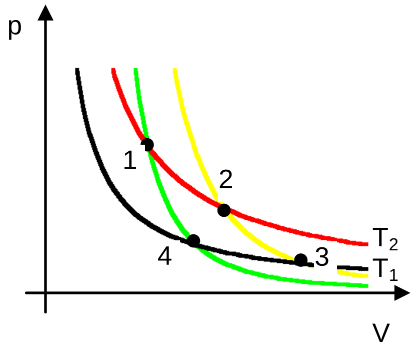
UFPB/97

7. Uma máquina térmica que opera entre as temperaturas de 240 K e 480 K realiza 210 J de trabalho, em cada ciclo, no qual retira da fonte quente 150 cal.

a)Considerando que 1 cal = 4,2 J, calcule o rendimento desta máquina.
b)Esta máquina é de Carnot ? Justifique sua resposta.

Solução:

Dados: $\begin{cases} W = 210 J \\ Q_2 = 150 \text{ cal} \end{cases}$ e $\begin{cases} T_1 = 240\ ^0K \\ T_2 = 480\ ^0K \end{cases}$



a) ε = rendimento

$$\varepsilon = \frac{W}{Q_2} = \frac{\text{Trabalho produzido}}{\text{Calor absorvido}}$$

$$\varepsilon = \frac{210J}{150.4{,}2J} = \frac{1}{3}$$

b) No ciclo de Carnot, a máquina térmica opera entre duas curvas isotérmicas, ligadas por duas curvas adiabáticas.
Para o ciclo de Carnot:

$$\varepsilon_C = \frac{W}{Q_2} = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$$

Se a máquina térmica deste problema fosse de Carnot, o rendimento seria:

$$\varepsilon_C = \frac{480 - 240}{480} = \frac{1}{2}$$

Como $\varepsilon \neq \varepsilon_C$, esta NÃO é uma máquina de Carnot.

Transformações:
1 – 2 : Expansão isotérmica
2 – 3 : Expansão adiabática
3 – 4 : Compressão isotérmica
4 – 1 : Compressão adiabática

Em uma transformação **isotérmica**:

$$p V = n R T = \text{constante}$$

Em uma transformação **adiabática**:

$$p V^{\gamma} = \text{constante}$$

$$\gamma = \frac{c_P}{c_V}$$

UFPB/96

8. O volume de uma determinada quantidade de gás ideal, mantida a pressão constante, é usado para a definição de uma escala termométrica relativa X. Quando o volume do gás é de 20 cm^3, sabe-se que a temperatura vale 30ºX e, quando o volume é de 80 cm^3 , a temperatura vale 150ºX.

a) Qual o volume do gás quando a temperatura na escala X for de 110ºX ?
b) Qual a temperatura na escala X, correspondente ao zero absoluto ?

Solução:

Dados: $\begin{cases} p = \text{constante} \\ V_1 = 20\ cm^3 \\ V_2 = 80\ cm^3 \end{cases}$ $\begin{cases} t_1 = 30\ ^0X \\ t_2 = 150\ ^0X \end{cases}$

a)

$$t = aV + b \quad \Rightarrow \quad t_1 = aV_1 + b$$
$$t_2 = aV_2 + b$$

$$t_2 - t_1 = a(V_2 - V_1) \quad \Rightarrow \quad a = \frac{t_2 - t_1}{V_2 - V_1}$$

$$a = 2\ {}^0X/cm^3$$

$$b = t_1 - aV_1$$

$$b = -10\ {}^0X$$

$$t = 2V - 10$$

Como $t_3 = 110\ {}^0X$, temos que $t_3 = 2V_3 - 10$

Resposta: $V_3 = 60\ cm^3$

b) Vamos considerar que a relação entre a escala X(t) e a escala Kelvin(T) seja do tipo:

$$T = t + g$$

onde g = constante. Como o gás é ideal:

$$\frac{pV_1}{T_1} = \frac{pV_2}{T_2} \quad \Rightarrow \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

Usando a relação entre as duas escalas:

$$\frac{t_2 + g}{t_1 + g} = \frac{80cm^3}{20cm^3} = 4$$

A partir da equação anterior, podemos encontrar o valor de g :

$$g = 10$$

ou seja:

$$T = t + 10$$

Resposta: quando $T = 0\ {}^0K$ temos que $t = -10\ {}^0X$

UFPB/96

9. A radiação solar incide sobre um recipiente de volume constante que contém 1 mol de gás ideal monoatômico, à razão de 40 J/s. Determine o tempo de exposição do recipiente ao sol, para que a temperatura do gás aumente de 40 K, sabendo que apenas 20% da energia solar incidente aquece o gás.
Dado: R = 8 J/K

Solução:

Dados:
$$\begin{cases} n = 1\ mol \\ P = 40\ Joules/s = \text{Potência incidente} \\ \Delta T = 40\ {}^0C \\ \eta = 0{,}2 = \text{fração de energia aproveitada} \end{cases}$$

Segundo a Primeira Lei da Termodinâmica:

$$\Delta U = Q - W$$

onde $W = p\ \Delta V$. Mas como V = constante, temos portanto que W = 0, logo

$$Q = \Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T$$

Como apenas 20% do calor é aproveitado

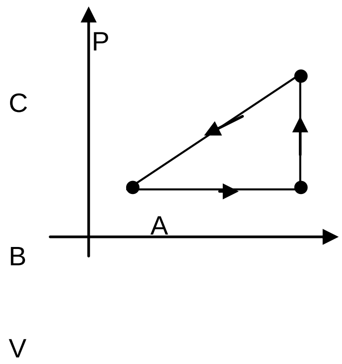
$$0{,}2P = \frac{Q}{t} = \frac{\left(3/2\right)nR\Delta T}{t}$$

$$t = \frac{3nR\Delta T}{2.0{,}2P}$$

$$t = 60s = 1min$$

UFPB/95

10. Um gás ideal sofre uma transformação cíclica $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ representada no diagrama $p \times V$ ao lado. Sendo ΔU a variação de energia interna do gás no ciclo, Q o calor fornecido ao gás no ciclo e W o trabalho realizado pelo gás no ciclo, pode-se afirmar que



a) $\Delta U = 0,\ Q < 0,\ W < 0$
b) $\Delta U > 0,\ Q = 0,\ W < 0$
c) $\Delta U = 0,\ Q > 0,\ W > 0$
d) $\Delta U < 0,\ Q > 0,\ W < 0$
e) $\Delta U > 0,\ Q > 0,\ W > 0$

Solução:

Segundo a Primeira Lei da Termodinâmica:

$$\Delta U = Q - W$$

Como o gás é ideal:

$$U = \frac{3}{2} nRT$$

Em um ciclo, o estado inicial é igual ao estado final, ou seja; as funções termodinâmicas assumem os mesmos valores: $T_i = T_f$, logo

$$\Delta U = 0 \quad \Rightarrow \quad Q = W$$

Como $W = p\,\Delta V$, o trabalho é igual a área sob a curva no gráfico pxV . Observando o gráfico notamos que $|\,W_{AB}\,| < |\,W_{CA}\,|$ e $W_{BC} = 0$. Ainda do gráfico, notamos que W_{AB} é positivo, e W_{CA} é negativo. De modo geral, para o ciclo, temos que o trabalho W tem a forma:

$$W = W_{AB} + W_{BC} + W_{CA}$$

Logo:

$$W = |\,W_{AB}\,| - |\,W_{CA}\,|$$

ou seja:

$$W < 0$$

Como $Q = W$ em um ciclo completo $\Rightarrow$ $Q < 0$

Resposta: item a

UFPB/95

11. Uma barra metálica mede 800mm, quando está à temperatura de 10ºC. Sabendo-se que o coeficiente de dilatação linear deste metal é $5{,}0 \times 10^{-5}$ /ºC, determine, em mm, a variação do comprimento da barra quando ela atinge a temperatura de 60ºC.

Solução:

Dados: $\begin{cases} T_i = 10\ ^0C \\ T_f = 60\ ^0C \end{cases}$ $\begin{cases} L_0 = 800\ mm \\ \alpha = 5x10^{-5}\ /\ ^0C \end{cases}$

$$L = L_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$L = 802\ mm$$

$$\Delta L = L - L_0$$

$$\Delta L = 2\ mm$$

UFPB/95

12. Coloca-se uma moeda de metal de 50g, que está na temperatura de 100ºC, num recipiente que contém 300g de água a 20ºC. Supondo que seja desprezível a capacidade térmica do recipiente e que não haja perda de calor, determine a temperatura final de equilíbrio.
    Considere o calor específico da água 1 cal/gºC e o calor específico do metal 0,4cal/gºC.

    Solução:

    Dados: $\begin{cases} M_m = 50\ g \\ T_m = 100\ ^0C \\ C_m = 0,4\ cal/g^0C \end{cases}$ $\begin{cases} M_a = 300\ g \\ T_a = 20\ ^0C \\ C_a = 1\ cal/g^0C \end{cases}$

$$\Delta Q = 0$$
$$Q_m + Q_a = 0$$

$$M_m C_m (T - T_m) + M_a C_a (T - T_a) = 0$$
$$320\ T = 8000$$

$$T = 25\ ^0C$$

UFPB/95

13. Dois moles de um gás ideal monoatômico, ocupando inicialmente um volume de 28 litros e submetidos a uma pressão de $1,0x10^5\ N/m^2$, são aquecidos até atingirem a temperatura de 27ºC. Determine a variação da energia interna do gás neste processo.
    Considere R = 8J/molK.

    Solução:

    Dados: $\begin{cases} p_i = 10^5\ N/m^2 \\ V_i = 28\ L = 0,028\ m^3 \end{cases}$ $\begin{cases} n = 2\ moles \\ R = 8\ J/mol^0K \\ T_f = 27\ ^0C = 300\ ^0K \end{cases}$

    Como o gás é ideal:

$$p\ V = n\ R\ T \quad \Rightarrow \quad T_i = \frac{pV}{nRT}$$
$$T_i = 175\ ^0K$$

$$U = \frac{3}{2}nRT \quad \Rightarrow \quad \Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$$

$$\Delta U = 3000 \text{ Joules}$$

UFPB/94

14. Um fio fino de cobre, de comprimento L = 30 cm, encontra-se a uma temperatura T = 40 ^{0}C . A que temperatura deve-se aquecer o fio para que seu comprimento aumente de $2{,}4 \times 10^{-3}$ cm, sabendo-se que o coeficiente de dilatação linear do cobre vale $1{,}6 \times 10^{-5}$ / ^{0}C

Resolução:

Dados: $\begin{cases} L_0 = 300 \text{ cm} \\ T_i = 40\ ^0C \end{cases}$ $\begin{cases} \Delta L = 2{,}4 \times 10^{-3} \text{ cm} = L - L_0 \\ \alpha = 1{,}6 \times 10^{-5} / ^0C \end{cases}$

$$L = L_0 (1 + \alpha \Delta T)$$
$$L = L_0 + L_0 \alpha \Delta T$$

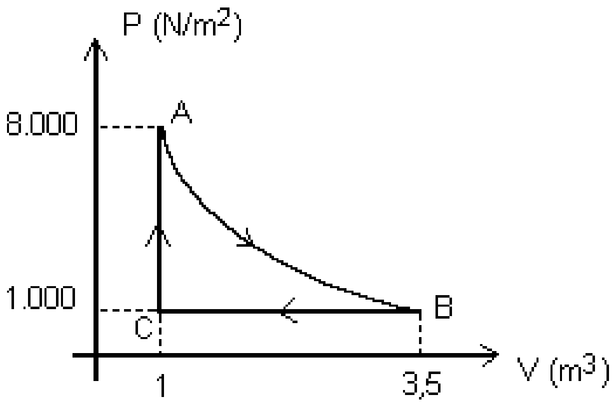
$$L - L_0 = \Delta L = L_0 \alpha \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{\Delta L}{L_0 \alpha} = T_f - T_i$$
$$T_f = 40 + 0{,}5$$

$$T_f = 40{,}5\ ^0C$$

UFPB/94

15. Um gás ideal sofre uma transformação cíclica ABCA, conforme mostrado na figura ao lado. O trecho AB corresponde a uma transformação adiabática na qual há uma variação na energia interna do gás ΔU_{AB} = - 6750 J. Determine o trabalho realizado em um ciclo.



Solução:

Dado: ΔU_{AB} = - 6750 J

Usando a Primeira Lei da Termodinâmica:

$$\Delta U_{AB} = Q_{AB} - W_{AB}$$

Como o trecho AB corresponde a uma transformação adiabática $Q_{AB} = 0$, logo

$$W_{AB} = - \Delta U_{AB} = 6750 \text{ J}$$

Mas $W = p\, \Delta V$

$$W_{BC} = p_C (V_C - V_B)$$

$$W_{BC} = 10^3 (1 – 3,5) = - 2500 \text{ J}$$

$$W_{CA} = 0$$

O trabalho W no ciclo será:

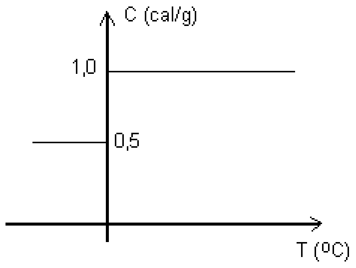
$$W = W_{AB} + W_{BC} + W_{CA}$$

$$W = 6750 – 2500$$

$$W = 4250 \text{ Joules}$$

UFPB/94

16. A variação do calor específico C, da água com a temperatura T, é dada pelo gráfico ao lado. Sabendo-se que o calor latente de fusão do gelo vale 80 cal/g, determine a quantidade de calor necessária para aquecer 200 g de água de 10 ^{0}C a 20 ^{0}C.



Solução:

Dados: $\begin{cases} C_{gelo} = 0{,}5\ cal/g^0C \\ C_{água} = 1{,}0\ cal/g^0C \\ L_f = 80\ cal/g \end{cases}$ $\begin{cases} m = 200g \\ T_i = 10\ ^0C \\ T_f = 20\ ^0C \end{cases}$

$$Q = m\ C\ \Delta T$$

$$Q = m\ C_{água}\ (\ T_f - T_i\ )$$

$$Q = 200\ .\ 1\ .\ (\ 20 - 10\ )$$

$$Q = 2000\ cal$$