

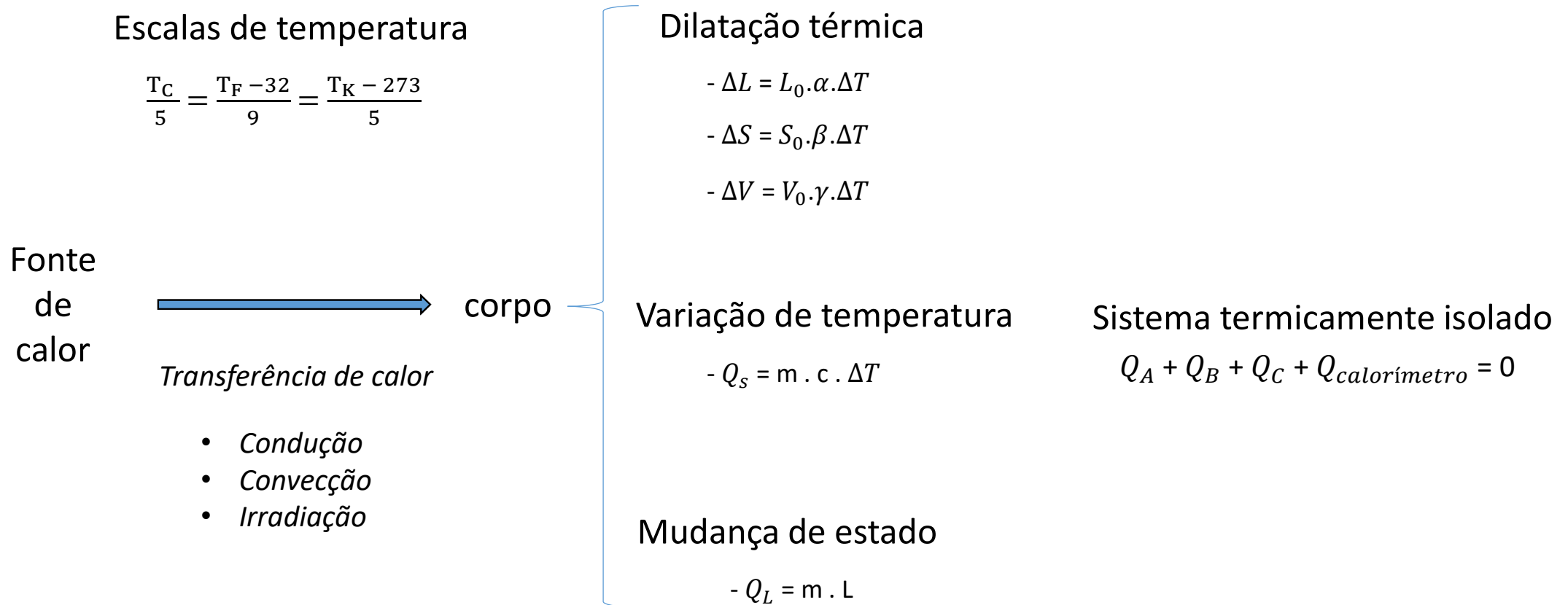
Sistema termicamente isolado

Aulas 9 e 10 / Pg. 504 / Tetra 1

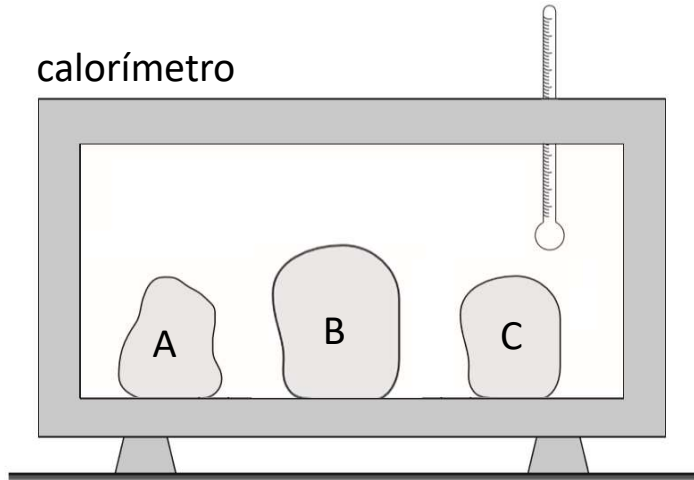
- SL 02 – Mapa conceitual
- SL 03 – Sistema termicamente isolado
- SL 06 – Exercícios

Apresentação e demais documentos: **fisicasp.com.br**

Mapa conceitual



Sistema termicamente isolado



Antes

$$T_A \neq T_B \neq T_C \neq T_{\text{calorímetro}}$$

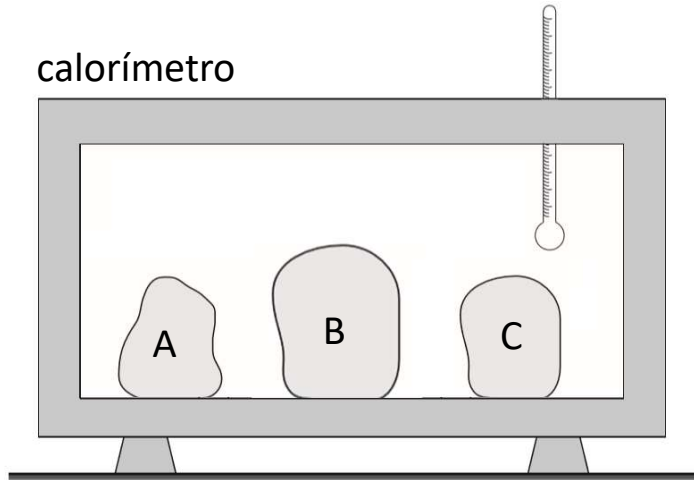
No equilíbrio térmico

$$T'_A = T'_B = T'_C = T'_{\text{calorímetro}}$$

- **Sistema:** corpos A + B + C + calorímetro
- **Termicamente isolado:** os corpos só trocam calor entre si
- **Balço térmico**

	Q
A	- 100 cal
B	+ 20 cal
C	+ 30 cal
Calorímetro	+ 50 cal
	0

Sistema termicamente isolado



- **Calorímetro não ideal:** troca calor com os corpos

- Considerar o calorímetro como mais um corpo que compõe o sistema.
- O enunciado fornecerá a temperatura e/ou capacidade térmica do calorímetro.

$$Q_A + Q_B + Q_C + Q_{calorímetro} = 0$$

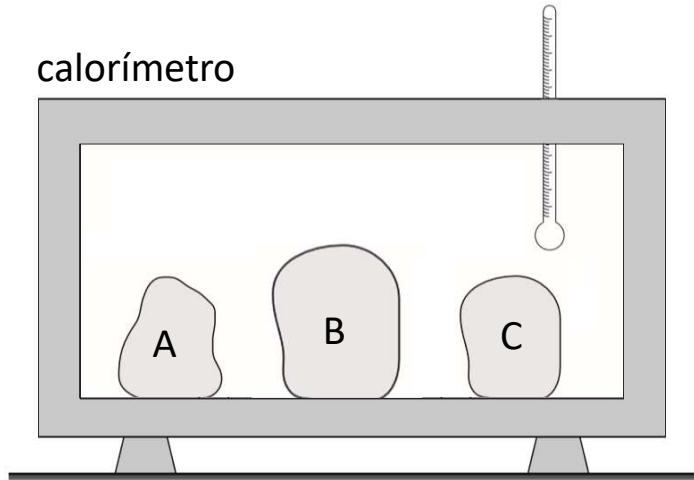
Antes

$$T_A \neq T_B \neq T_C \neq T_{calorímetro}$$

No equilíbrio térmico

$$T'_A = T'_B = T'_C = T'_{calorímetro}$$

Sistema termicamente isolado



Antes

$$T_A \neq T_B \neq T_C \neq T_{\text{calorímetro}}$$

No equilíbrio térmico

$$T'_A = T'_B = T'_C = T'_{\text{calorímetro}}$$

- **Calorímetro ideal:** não troca calor com os corpos.
 - “Despreze as trocas de calor com o calorímetro”.
 - “Capacidade térmica desprezível ($C_{\text{calorímetro}} \cong 0$)”.

$$Q_A + Q_B + Q_C = 0$$

Exercícios

11 / Pg 508. (IFSUL-RS 2020) Em um recipiente termicamente isolado são misturados 400 g de água, inicialmente à temperatura de 20 °C, com uma pequena barra de aço, de massa 500 g e inicialmente a 80 °C. Considerando que ocorrem trocas de energia, na forma de calor, apenas entre a água e o ferro e que o calor específico da água e do aço são respectivamente iguais a 1,0 cal/g°C e 0,12 cal/g°C, a temperatura de equilíbrio térmico é aproximadamente igual a

- a) 20 °C.
- b) 28 °C.
- c) 40 °C.
- d) 60 °C.

11 / Pg 508. (IFSUL-RS 2020) Em um recipiente termicamente isolado são misturados 400 g de água, inicialmente à temperatura de 20 °C, com uma pequena barra de aço, de massa 500 g e inicialmente a 80 °C. Considerando que ocorrem trocas de energia, na forma de calor, apenas entre a água e o ferro e que o calor específico da água e do aço são respectivamente iguais a 1,0 cal/g°C e 0,12 cal/g°C, a temperatura de equilíbrio térmico é aproximadamente igual a

a) 20 °C.

b) 28 °C.

c) 40 °C.

d) 60 °C.

Água

Barra

$$T_i = 20^\circ\text{C}$$

$$T_i = 80^\circ\text{C}$$

$$T_f = T = ?$$

$$T_f = T = ?$$

$$m = 400 \text{ g}$$

$$m = 500 \text{ g}$$

$$c = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

$$c = 0,12 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

$$Q_s$$

$$Q_s$$

$$Q_{\text{água}} + Q_{\text{barra}} = 0$$

$$m_a \cdot c_a \cdot \Delta T_a + m_b \cdot c_b \cdot \Delta T_b = 0$$

$$400 \cdot 1 \cdot (T - 20) + 500 \cdot 0,12 \cdot (T - 80) = 0$$

$$400T - 8000 + 60T - 4800 = 0$$

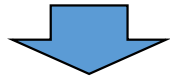
$$460T - 12800 = 0 \Rightarrow T = \frac{12800}{460} \cong 27,8^\circ\text{C}$$



Dica para sistemas com corpos constituídos pela mesma substância / material



Mesma substância / material



Mesmo calor específico

$$c_A = c_B$$

$$Q_A + Q_B = 0$$

$$m_A \cdot \cancel{c_A} \cdot \Delta T_A + m_B \cdot \cancel{c_B} \cdot \Delta T_B = 0$$

$$m_A \cdot \Delta T_A + m_B \cdot \Delta T_B = 0$$

5 / Pg 512. (Fuvest-SP 2019) Em uma garrafa térmica, são colocados 200 g de água à temperatura de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e uma pedra de gelo de 50 g, à temperatura de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Após o equilíbrio térmico,

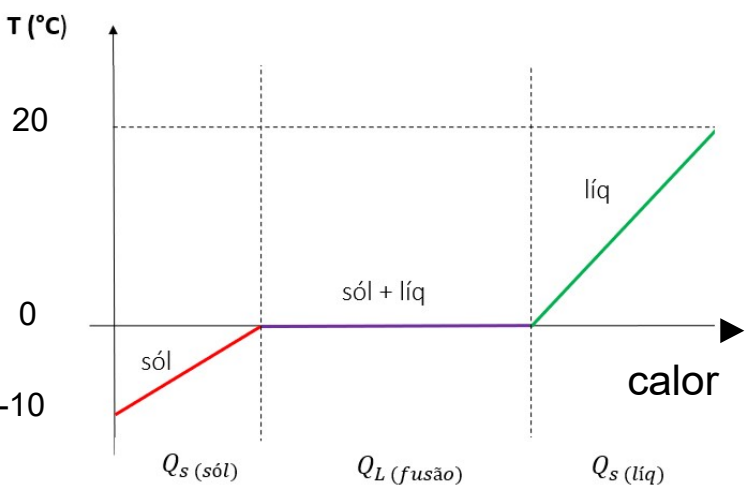
Note e adote: calor latente de fusão do

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

5 / Pg 512. (Fuvest-SP 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,

Quantidade máxima de calor que o gelo (B) pode receber



$$Q_{s(sól)} = m.c.\Delta T = 50 .0,5.(10) = 250 \text{ cal}$$

$$Q_{L(fusão)} = m.L = 50 .80 = 4000 \text{ cal}$$

$$Q_{s(líq)} = m.c.\Delta T = 50 .1 .(20) = 1000 \text{ cal}$$

$$Q_{total} = 5250 \text{ cal}$$



Água (A)	gelo (B)	
• $T_i = 30^{\circ}\text{C}$	• $T_i = -10^{\circ}\text{C}$	• $L = 80 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$
• $T_f = T = ?$	• $T_f = T = ?$	
• $m = 200\text{g}$	• $m = 50\text{g}$	
• $c = 1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$	• $c = 0,5 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$	• $c = 1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$

Quantidade de calor que a água (A) pode fornecer (30°C até 0)

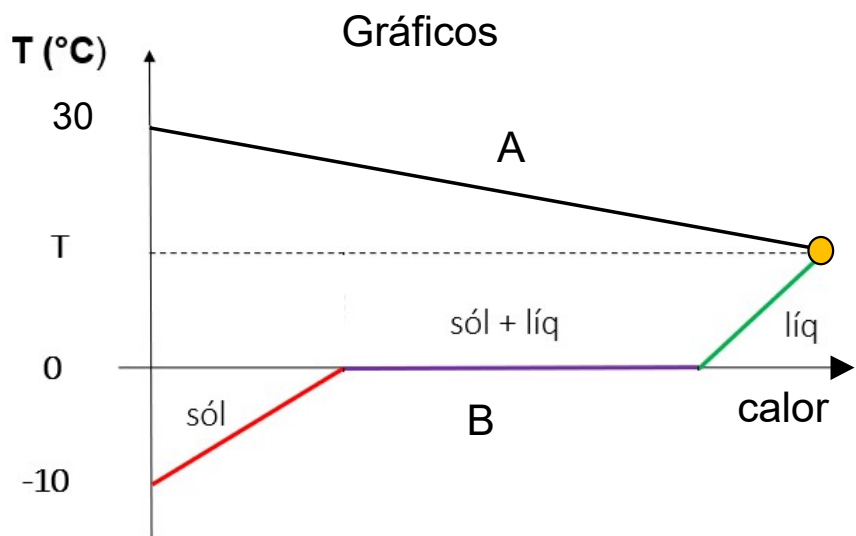
$$Q_{s(A)} = m.c.\Delta T = 200 .1.(-30) = - 6000 \text{ cal}$$



A água (A) consegue aquecer o gelo (B), derretê-lo e ainda sobra calor para elevar a temperatura da água resultante da fusão (de B).



5 / Pg 512. (Fuvest-SP 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,



Água (A)

- $T_i = 30^\circ\text{C}$
- $T_f = T = ?$
- $m = 200\text{g}$
- $c = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

gelo (B)

- $T_i = -10^\circ\text{C}$
- $T_f = T = ?$
- $m = 50\text{g}$
- $c = 0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$
- $L = 80 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$
- $c = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

$$Q_A + Q_B = 0$$

$$Q_{S_A} + [Q_{S_B} + Q_{L_B} + Q_{S'_B}] = 0$$

$$m_A \cdot c_A \cdot \Delta T_A + [m_B \cdot c_B \cdot \Delta T_B + m_B \cdot L + m_B \cdot c_B' \cdot \Delta T_B] = 0$$

$$200 \cdot 1 \cdot (T - 30) + [50 \cdot 0,5 \cdot (0 - (-10)) + 50 \cdot 80 + 50 \cdot 1 \cdot (T - 0)] = 0$$

$$200T - 6000 + [250 + 4000 + 50T] = 0$$

$$250T - 1750 = 0 \Rightarrow$$

$$T = \frac{1750}{250} = 7^\circ\text{C}$$



5 / Pg 512. (Fuvest-SP 2019) Em uma garrafa térmica, são colocados 200 g de água à temperatura de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e uma pedra de gelo de 50 g, à temperatura de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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 $7\text{ }^{\circ}\text{C}$. 
- b) todo o gelo derreteu e a temperatura de equilíbrio é $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- c) todo o gelo derreteu e a temperatura de equilíbrio é $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- d) nem todo o gelo derreteu e a temperatura de equilíbrio é $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- e) o gelo não derreteu e a temperatura de equilíbrio é $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Extra. (Fuvest-SP 2019) Em uma garrafa térmica, são colocados ~~200~~¹⁰⁰ g de água à temperatura de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e uma pedra de gelo de 50 g , à temperatura de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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 = $1,0\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$

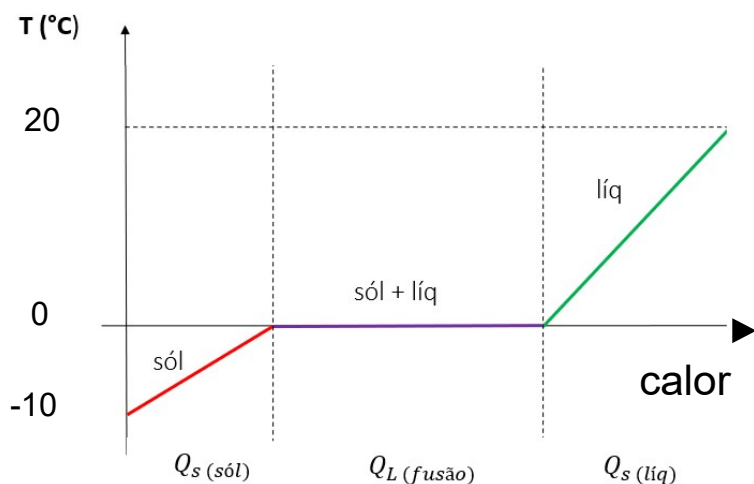


E se a massa de água A fosse de 100 g ?

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

Extra. (Fuvest-SP 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,

Quantidade máxima de calor que o gelo (B) pode receber



$$Q_s(sól) = m.c.\Delta T = 50 \cdot 0,5 \cdot (10) = 250 \text{ cal}$$

$$Q_L(fusão) = m.L = 50 \cdot 80 = 4000 \text{ cal}$$

$$Q_s(líq) = m.c.\Delta T = 50 \cdot 1 \cdot (20) = 1000 \text{ cal}$$

$$Q_{total} = 5250 \text{ cal}$$



Água (A)

- $T_i = 30^\circ\text{C}$
- $T_f = T = ?$
- $m = 100\text{g}$
- $c = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

gelo (B)

- $T_i = -10^\circ\text{C}$
- $T_f = T = ?$
- $m = 50\text{g}$
- $c = 0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$
- $L = 80 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$
- $c = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

Quantidade de calor que a água (A) pode fornecer (30°C até 0)

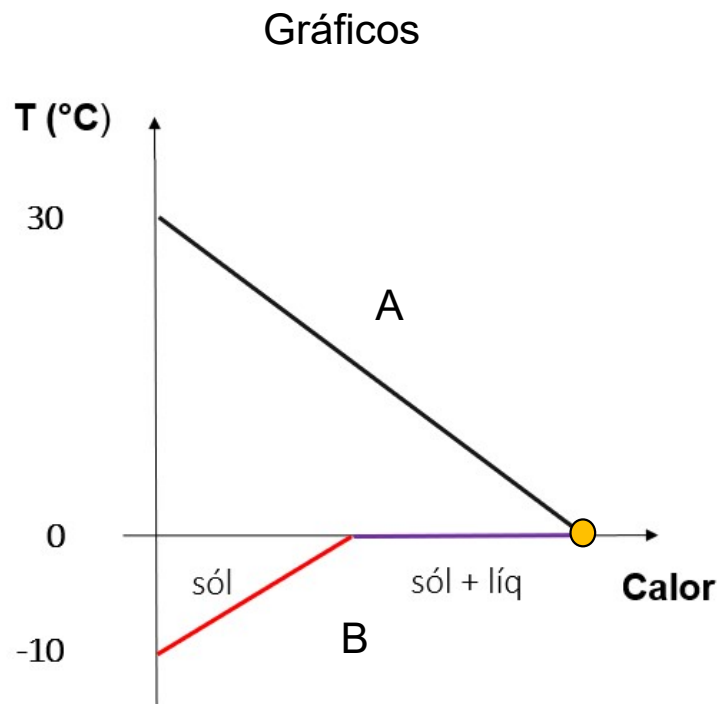
$$Q_{s(A)} = m.c.\Delta T = 100 \cdot 1 \cdot (-30) = - 3000 \text{ cal}$$



A água (A) conseguiria aquecer o gelo (B) e derretê-lo parcialmente.



Extra. (Fuvest-SP 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,



$$T_{\text{equilíbrio}} = 0^\circ\text{C}$$



Água (A)

- $T_i = 30^\circ\text{C}$
- $T_f = T = ?$
- $m = 100\text{g}$
- $c = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

gelo (B)

- $T_i = -10^\circ\text{C}$
- $T_f = T = ?$
- $m = 50\text{g}$
- $c = 0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$
- $L = 80 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$
- $c = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$



A água (A) conseguiria aquecer o gelo (B) e derretê-lo parcialmente.



Extra. (Fuvest-SP 2019) Em uma garrafa térmica, são colocados ~~200~~^{100 g} g de água à temperatura de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e uma pedra de gelo de 50 g , à temperatura de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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 = $1,0\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$



E se a massa de água A fosse de 100 g ?

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

6 / Pg. 512. (Unifesp) Sobrefusão é o fenômeno em que um líquido permanece nesse estado a uma temperatura inferior à de solidificação, para a correspondente pressão. Esse fenômeno pode ocorrer quando um líquido cede calor lentamente, sem que sofra agitação. Agitado, parte do líquido solidifica, liberando calor para o restante, até que o equilíbrio térmico seja atingido à temperatura de solidificação para a respectiva pressão. Considere uma massa de 100 g de água em sobrefusão à temperatura de -10°C e pressão de 1 atm, o calor específico da água de $1\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$ e o calor latente de solidificação da água de -80 cal/g . A massa de água que sofrerá solidificação se o líquido for agitado será

- a) 8,7 g.
- b) 10,0 g.
- c) 12,5 g.
- d) 50,0 g.
- e) 60,3 g.

6 / Pg. 512. (Unifesp) Sobrefusão é o fenômeno em que um líquido permanece nesse estado a uma temperatura inferior à de solidificação, para a correspondente pressão. Esse fenômeno pode ocorrer quando um líquido cede calor lentamente, sem que sofra agitação. **Aagitado, parte do líquido solidifica, liberando calor para o restante**, até que o equilíbrio térmico seja **atingido à temperatura de solidificação** para a respectiva pressão. Considere uma massa de **100 g** de água em sobrefusão à temperatura de -10°C e pressão de 1 atm, o calor específico da água de $1 \text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$ e o calor latente de solidificação da água de -80 cal/g . A massa de água que sofrerá solidificação se o líquido for agitado será



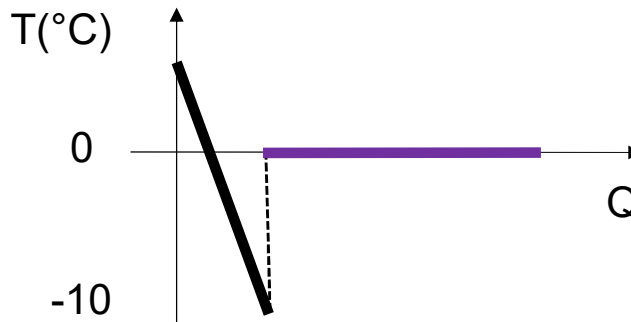
$$T_0 = -10^{\circ}\text{C}$$

$$m_0 = 100 \text{ g}$$



$$T = 0^{\circ}\text{C}$$

$$m_{\text{sol}} = ?$$



$$Q_{\text{liberado (solidif)}} + Q_{\text{recebido (100g)}} = 0$$

$$Q_L + Q_S = 0$$

$$m_{\text{solidif}} \cdot L + m \cdot c \cdot \Delta T = 0$$

$$m_{\text{solidif}} \cdot (-80) + 100 \cdot 1 \cdot (0 - (-10)) = 0$$

$$-80 \cdot m_{\text{solidif}} + 1000 = 0$$

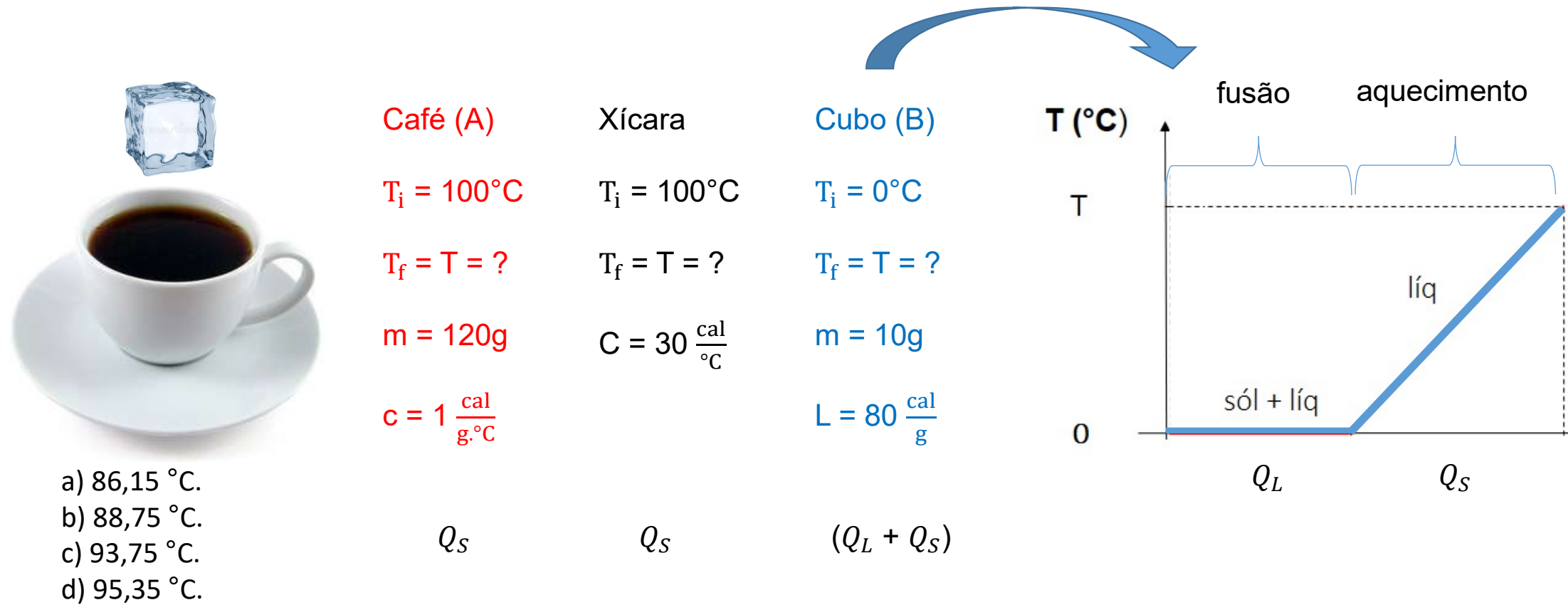
$$m_{\text{solid}} = \frac{1000}{80} = 12,5 \text{ g}$$

Exercício extra

1. (Ifsul 2011) Muitas pessoas gostam de café, mas não o apreciam muito quente e têm o hábito de adicionar um pequeno cubo de gelo para resfriá-lo rapidamente. Deve-se considerar que a xícara tem capacidade térmica igual a $30 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$ e contém inicialmente 120 g de café (cujo calor específico é igual ao da água, $1 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$) a 100°C , e que essa xícara encontra-se em equilíbrio térmico com o líquido. Acrescentando-se uma pedra de gelo de 10 g , inicialmente a 0°C , sendo que o calor latente de fusão do gelo vale 80 cal/g , após o gelo derreter e todo o sistema entrar em equilíbrio térmico, desprezando-se as perdas de calor para o ambiente, a temperatura do café será igual a

- a) $86,15^{\circ}\text{C}$.
- b) $88,75^{\circ}\text{C}$.
- c) $93,75^{\circ}\text{C}$.
- d) $95,35^{\circ}\text{C}$.

1. (Ifsul 2011) Muitas pessoas gostam de café, mas não o apreciam muito quente e têm o hábito de adicionar um pequeno cubo de gelo para resfriá-lo rapidamente. Deve-se considerar que a **xícara tem capacidade térmica igual a 30 cal/°C** e contém inicialmente **120 g de café (cujo calor específico é igual ao da água, 1 cal/g.°C) a 100 °C**, e que essa xícara encontra-se em equilíbrio térmico com o líquido. **Acrescentando-se uma pedra de gelo de 10 g, inicialmente a 0 °C**, sendo que o calor **latente de fusão do gelo vale 80 cal/g**, após o gelo derreter e todo o sistema entrar em equilíbrio térmico, desprezando-se as perdas de calor para o ambiente, **a temperatura do café será igual a**



1. (Ifsul 2011) Muitas pessoas gostam de café, mas não o apreciam muito quente e têm o hábito de adicionar um pequeno cubo de gelo para resfriá-lo rapidamente. Deve-se considerar que a **xícara tem capacidade térmica igual a 30 cal/°C** e contém inicialmente **120 g de café (cujo calor específico é igual ao da água, 1 cal/g.°C) a 100 °C**, e que essa xícara encontra-se em equilíbrio térmico com o líquido. **Acrescentando-se uma pedra de gelo de 10 g, inicialmente a 0 °C**, sendo que o calor **latente de fusão do gelo vale 80 cal/g**, após o gelo derreter e todo o sistema entrar em equilíbrio térmico, desprezando-se as perdas de calor para o ambiente, **a temperatura do café será igual a**

Café (A) Xícara (C) Cubo (B)

$T_i = 100^\circ\text{C}$ $T_i = 100^\circ\text{C}$ $T_i = 0^\circ\text{C}$

$T_f = T = ?$ $T_f = T = ?$ $T_f = T = ?$

$m = 120\text{g}$ $C = 30 \frac{\text{cal}}{^\circ\text{C}}$ $m = 10\text{g}$

$c = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$ $L = 80 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$

Q_S Q_S $(Q_L + Q_S)$

$Q_S = m \cdot c \cdot \Delta T$ ou $Q_S = C \cdot \Delta T$

$Q_L = m \cdot L$

$$Q_A + Q_C + Q_B = 0$$

$$Q_{S_A} + Q_{S_C} + (Q_{L_B} + Q_{S_B}) = 0$$

$$m_A \cdot c_A \cdot \Delta T_A + C_C \cdot \Delta T_C + (m_B \cdot L + m_B \cdot c_B \cdot \Delta T_B) = 0$$

$$120 \cdot 1 \cdot (T - 100) + 30 \cdot (T - 100) + (10 \cdot 80 + 10 \cdot 1 \cdot (T - 0)) = 0$$

$$120T - 12000 + 30T - 3000 + 800 + 10T = 0$$

$$160T - 14200 = 0$$

$$160T = 14200 \Rightarrow T = \frac{14200}{160} = 88,75^\circ\text{C}$$



1. (Ifsul 2011) Muitas pessoas gostam de café, mas não o apreciam muito quente e têm o hábito de adicionar um pequeno cubo de gelo para resfriá-lo rapidamente. Deve-se considerar que a xícara tem capacidade térmica igual a $30 \text{ cal/}^\circ\text{C}$ e contém inicialmente 120 g de café (cujo calor específico é igual ao da água, $1 \text{ cal/g.}^\circ\text{C}$) a 100°C , e que essa xícara encontra-se em equilíbrio térmico com o líquido. Acrescentando-se uma pedra de gelo de 10 g , inicialmente a 0°C , sendo que o calor latente de fusão do gelo vale 80 cal/g , após o gelo derreter e todo o sistema entrar em equilíbrio térmico, desprezando-se as perdas de calor para o ambiente, a temperatura do café será igual a

- a) $86,15^\circ\text{C}$.
- b) $88,75^\circ\text{C}$.
- c) $93,75^\circ\text{C}$.
- d) $95,35^\circ\text{C}$.

