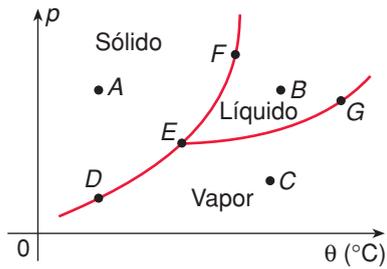


P.109



- a) AB corresponde a uma fusão (passagem da fase sólida para a fase líquida).
 b) BC corresponde a uma vaporização (passagem da fase líquida para a fase de vapor).
 c) D é um ponto da curva de sublimação, podendo corresponder às fases sólida e vapor.
 d) E é o ponto triplo (sólido, líquido e vapor);
 F pertence à curva de fusão (sólido e líquido);
 G pertence à curva de vaporização (líquido e vapor).
 e) O ponto triplo ou tríplice é o ponto E . Esse nome deve-se ao fato de que, nesse estado, a substância pode estar nas três fases (sólido, líquido e vapor), em equilíbrio.

P.110

Dados: $d_{\text{gelo}} = 0,92 \text{ g/cm}^3$; $d_{\text{água}} = 1 \text{ g/cm}^3$; $L_f = 80 \text{ cal/g}$; $\Delta V = -2 \text{ cm}^3$

a) Utilizando a fórmula deduzida no exercício R.36:

$$\Delta V = m \cdot \left(\frac{1}{d_{\text{água}}} - \frac{1}{d_{\text{gelo}}} \right) \Rightarrow -2 = m \cdot \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{0,92} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -2 = m \cdot \left(\frac{0,92 - 1}{0,92} \right) \Rightarrow -2 = m \cdot \frac{-0,08}{0,92} \Rightarrow \boxed{m = 23 \text{ g}}$$

b) $Q = mL_f \Rightarrow Q = 23 \cdot 80 \Rightarrow \boxed{Q = 1.840 \text{ cal}}$

P.111

a) Contração devida ao animal: $0,42 \text{ cm}^3 - 0,64 \text{ cm}^3 = -0,22 \text{ cm}^3$

Essa contração é causada pela fusão de certa massa m de gelo: $\Delta V = V_{\text{água}} - V_{\text{gelo}}$

Dados: $\Delta V = -0,22 \text{ cm}^3$; $d_{\text{água}} = 1 \text{ g/cm}^3$; $d_{\text{gelo}} = 0,92 \text{ g/cm}^3$

$$\Delta V = \frac{m}{d_{\text{água}}} - \frac{m}{d_{\text{gelo}}} \Rightarrow -0,22 = m \cdot \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{0,92} \right) \Rightarrow m = 2,53 \text{ g}$$

A quantidade de calor absorvida pelo gelo que derrete é dada por: $Q = mL_f$

Como $L_f = 80 \text{ cal/g}$, vem: $Q = 2,53 \cdot 80 \Rightarrow \boxed{Q = 202,4 \text{ cal}}$

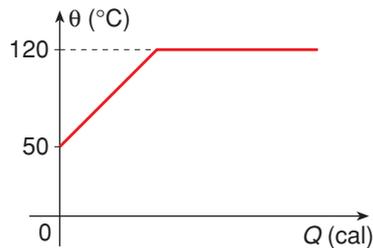
b) Essa quantidade de calor representa 80% do total que o animal perdeu, pois 20% se dissipa para o ambiente:

$$Q = 0,8 \cdot Q_T \Rightarrow Q_T = \frac{Q}{0,8} \Rightarrow Q_T = \frac{202,4}{0,8} \Rightarrow Q_T = 253 \text{ cal}$$

A capacidade térmica do animal vale:

$$C = \frac{Q_T}{\Delta\theta} \Rightarrow C = \frac{253}{30} \Rightarrow C \approx 8,43 \text{ cal/}^\circ\text{C}$$

P.112 Dados: $m = 70 \text{ g}$; $c = 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$; $L_V = 523,1 \text{ cal/g}$; $\theta_0 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$; $\theta_V = 120 \text{ }^\circ\text{C}$



• Aquecimento da água:

$$Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q_1 = 70 \cdot 1 \cdot (120 - 50) \Rightarrow Q_1 = 4.900 \text{ cal}$$

• Vaporização da água:

$$Q_2 = mL_V \Rightarrow Q_2 = 70 \cdot 523,1 \Rightarrow Q_2 = 36.617 \text{ cal}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = 4.900 + 36.617 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = 41.517 \text{ cal}$$

Observação

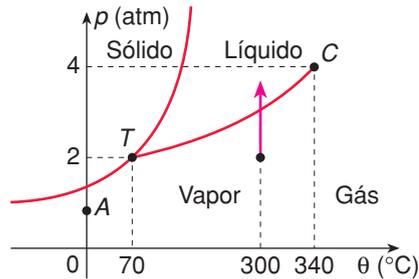
É interessante salientar que o calor latente de uma mudança de fase, para dada substância, depende da temperatura em que a mudança de fase ocorre. No caso deste exercício, o calor latente de vaporização da água a 120 °C vale 523,1 cal/g. Comparando esse valor com o do calor latente de vaporização da água a 100 °C (que vale 540 cal/g), podemos concluir que o calor latente de vaporização da água é tanto menor quanto maior for a temperatura em que a mudança de fase ocorre.

P.113 Dados: $V_1 = 30 \text{ cm}^3$; $p_1 = 1 \text{ atm}$; $V_2 = 75 \text{ cm}^3$

Da lei de Boyle, vem: $p_1 V_1 = p_2 V_2 \Rightarrow 1 \cdot 30 = p_2 \cdot 75 \Rightarrow p_2 = 0,4 \text{ atm}$

P.114 A pressão se mantém constante no valor $F = 15 \text{ cmHg}$, pois, sendo saturante, o vapor está exercendo a pressão máxima de vapor na temperatura de 10 °C, não importando o volume que ocupe. Durante o processo, a pressão não se altera, porque ocorre condensação do vapor.

- P.115 a) As condições normais de pressão e temperatura correspondem a $p = 1 \text{ atm}$ e $\theta = 0 \text{ }^\circ\text{C}$. No gráfico, esse estado corresponde ao ponto A, indicativo da fase de vapor.

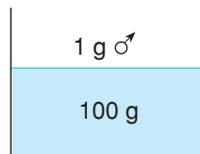


- b) A $300 \text{ }^\circ\text{C}$, comprimido isotermicamente, o vapor poderá passar para a fase líquida (**condensação**).
- c) Ponto triplo ($p_T = 2 \text{ atm}$; $\theta_T = 70 \text{ }^\circ\text{C}$): o tomito pode se apresentar nas três fases, em equilíbrio.
Ponto crítico ($p_C = 4 \text{ atm}$; $\theta_C = 340 \text{ }^\circ\text{C}$): acima dessa temperatura, o tomito passa a se apresentar como gás. Sendo assim, não seria possível provocar a sua condensação somente por compressão isotérmica.

- P.116 Sendo $f = 7,0 \text{ mmHg}$; $F = 17,5 \text{ mmHg}$, então:

$$H = \frac{f}{F} \Rightarrow H = \frac{7,0}{17,5} \Rightarrow \boxed{H = 0,4 \text{ (40%)}}$$

- P.117 Admitindo ser de 100 gramas a massa de éter que permanece no recipiente após a evaporação, temos:



Calor absorvido pelo éter que evapora:

$$Q_1 = mL \Rightarrow Q_1 = 1 \cdot 80 \Rightarrow Q_1 = 80 \text{ cal}$$

Calor perdido pelo éter que permanece:

$$Q_2 = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q_2 = 100 \cdot 0,5 \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q_2 = 50 \cdot \Delta\theta$$

$$\text{Mas: } Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow 80 + 50 \cdot \Delta\theta = 0 \Rightarrow 50 \cdot \Delta\theta = -80 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = -\frac{80}{50} \Rightarrow \boxed{\Delta\theta = -1,6 \text{ }^\circ\text{C}}$$

P.118 Dados: $m = 50 \text{ g}$; $L_s = 142 \text{ cal/g}$

$$Q = mL_s \Rightarrow Q = 50 \cdot 142 \Rightarrow \boxed{Q = 7.100 \text{ cal}}$$

P.119 a) Região I: fase líquida

Região II: fase gasosa

Região III: fase sólida

b) A temperatura de ebulição a uma dada pressão está sempre associada a um ponto da curva de vaporização (que separa as regiões I e II do gráfico). Assim, para a pressão de 0,6 atm, temos:

$$\theta_{\text{ebulição}} \approx 225 \text{ }^\circ\text{C}$$

c) Sob pressão normal ($p = 1,0 \text{ atm}$), se o sólido tiver sua temperatura aumentada, ele sofre fusão a aproximadamente $140 \text{ }^\circ\text{C}$, e o líquido resultante, prosseguindo o aquecimento, vaporiza a cerca de $280 \text{ }^\circ\text{C}$. Portanto, sob pressão normal, a substância não pode ser sublimada. Essa mudança somente pode ocorrer sob pressões inferiores a 0,4 atm.

d) O ponto triplo é o estado em que a substância pode ser apresentar em equilíbrio nas três fases: sólida, líquida e gasosa. Pelo gráfico, a pressão do ponto triplo vale 0,4 atm, e a temperatura do ponto triplo, cerca de $90 \text{ }^\circ\text{C}$.

P.120 a) Nos procedimentos descritos, o que se busca é intensificar o fenômeno da evaporação da água, porque a velocidade de evaporação do líquido é diretamente proporcional à sua área exposta ao ar.

b) Dados: $A = 1,0 \text{ m}^2$; $e = 0,50 \text{ mm} = 0,50 \cdot 10^{-3} \text{ m}$; $d = 1.000 \text{ kg/m}^3$

O volume de água que evapora é dado por:

$$V = Ae \Rightarrow V = 1,0 \cdot 0,50 \cdot 10^{-3} \Rightarrow V = 0,50 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

A massa correspondente é:

$$m = dV \Rightarrow m = 1.000 \cdot 0,50 \cdot 10^{-3} \Rightarrow m = 0,50 \text{ kg}$$

Sendo $L_v = 2.300 \text{ kJ/kg}$, a quantidade de calor absorvida pela água que evapora vale:

$$Q = mL_v \Rightarrow Q = 0,5 \cdot 2.300 \Rightarrow \boxed{Q = 1.150 \text{ kJ}}$$

Essa energia é retirada do corpo e, por isso, temos a sensação de frio.

- P.121 a) De acordo com a tabela, a temperatura de ebulição da água, na pressão de 880 mmHg, é de 105 °C. No gráfico, o tempo de cozimento correspondente é:

$$\Delta t = 20 \text{ min}$$

- b) Para 100 m de altitude, temos: $\Delta p = -10 \text{ mmHg}$
 Para 800 m de altitude, temos: $\Delta p = -80 \text{ mmHg}$
 Então, em Gramado (800 m de altitude), o valor de pressão atmosférica é:
 $p = 760 - 80 \Rightarrow p = 680 \text{ mmHg}$
 Na tabela, a temperatura de ebulição correspondente a essa pressão é 97 °C.

No gráfico, obtemos o tempo de cozimento correspondente: $\Delta t = 60 \text{ min}$

- c) Ao nível do mar:

$$p_{\text{atm.}} = 760 \text{ mmHg} \Rightarrow \theta_{\text{ebulição}} = 100 \text{ °C} \Rightarrow \Delta t = 40 \text{ min}$$

Para o tempo de cozimento $\Delta t' = 2 \cdot 40 \text{ min} = 80 \text{ min}$, obtemos:

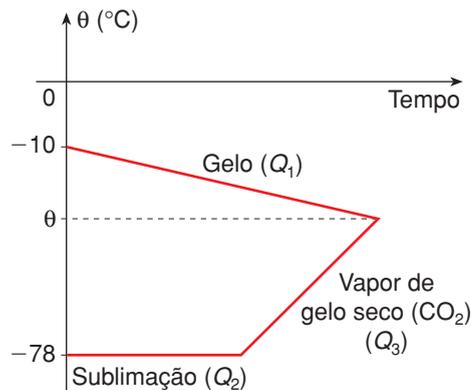
$$\theta'_{\text{ebulição}} = 95 \text{ °C} \Rightarrow p' = 640 \text{ mmHg}$$

Portanto a diferença de pressão será: $\Delta p = 760 - 640 \Rightarrow \Delta p = 120 \text{ mmHg}$

A altitude correspondente será: $H = 1.200 \text{ m}$

- P.122 a) Gelo seco: $m = 0,10 \text{ kg} = 100 \text{ g}$; $\theta_0 = -78 \text{ °C}$; $L_s = 134 \text{ cal/g}$; $c = 0,20 \text{ cal/g} \cdot \text{°C}$
 Gelo comum: $m' = 1.000 \text{ g}$; $\theta'_0 = -10 \text{ °C}$; $c' = 0,50 \text{ cal/g} \cdot \text{°C}$

Graficamente, temos:



$$Q_1 = m' \cdot c' \cdot \Delta\theta' \Rightarrow Q_1 = 1.000 \cdot 0,50 \cdot (\theta + 10) \Rightarrow Q_1 = 500\theta + 5.000$$

$$Q_2 = mL_s \Rightarrow Q_2 = 100 \cdot 134 \Rightarrow Q_2 = 13.400 \text{ cal}$$

$$Q_3 = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q_3 = 100 \cdot 0,20 \cdot (\theta + 78) \Rightarrow Q_3 = 20\theta + 1.560$$

Então, temos:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \Rightarrow 500\theta + 5.000 + 13.400 + 20\theta + 1.560 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 520\theta = -19.960 \Rightarrow \theta \approx -38,4 \text{ °C}$$

- b) No equilíbrio térmico, teremos 1,0 kg de gelo comum a $-38,4 \text{ °C}$ e 0,10 kg de vapor de gelo-seco (CO_2) a $-38,4 \text{ °C}$.