

3. Latente Wärme

3.1. Wie viel Wasser der Temperatur 20°C braucht es mindestens, um ein Kilogramm Eis (0°C) zu schmelzen?

Lösung – Wärmebilanz:

$$\Delta Q = m_{\text{Eis}}L_f + m_{\text{W}}(0^\circ\text{C} - \theta_{\text{W}}) = 0$$

$$\Rightarrow m_{\text{W}} = m_{\text{Eis}} \frac{L_f/c_p}{\theta_{\text{W}}} = m_{\text{Eis}} \frac{79.5 \text{ K}}{\theta_{\text{W}}} = 4 \text{ kg}.$$

3.2. Wie viel Wärme muss ein Bleistück (55 g, 20°C) aufnehmen, bis es geschmolzen ist?

Lösung – Wärmebilanz:

$$\Delta Q = cm\Delta T + L_fm = m[c(\theta_f - \theta_0) + L_f] = 3.4 \text{ kJ}.$$

3.3. Alkohol hat eine kühlende Wirkung auf der Haut.

(a) Erklären Sie in Worten, wie dieser Effekt zu Stande kommt?

Lösung – Beim Verdunsten entzieht der Alkohol der zurückbleibenden Flüssigkeit Wärme («Verdampfungskälte», $-L_v m$). Die Haut wird dadurch abgekühlt.

(b) Wie viel Energie ist zum Verdunsten von 3.4 g Ethanol erforderlich?

Lösung – $\Delta Q = L_v m = 2.9 \text{ kJ}$ (FoTa s. 191)

3.4. Getränke werden manchmal durch Einleiten von heissem Wasserdampf erhitzt. Das Problem ist, dass das Getränk dabei etwas verwässert wird. Wie viele Gramm Wasserdampf muss man in 200 g Milch [$c_p = 3.8 \text{ kJ}/(\text{kg K})$] aus dem Kühlschrank einleiten, damit die Milch gerade so heiss wird, dass man sie noch trinken kann?

Lösung –

$$\Delta Q = c_p m_{\text{M}}(\theta - \theta_{\text{M}}) - L_v m_{\text{D}} + c_p m_{\text{D}}(\theta - \theta_{\text{v}}) = 0$$

$$\Rightarrow m_{\text{D}} = \frac{\theta - \theta_0}{L_v/c_p + \theta_{\text{v}} - \theta} m_{\text{W}} = \frac{60^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}}{540^\circ\text{C} + 100^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C}} 200 \text{ g} = 19 \text{ g}.$$

3.5. Claudia will 200 g Orangensaft [$c_p = 4.2 \text{ J}/(\text{g K})$] von 20°C mit Eiswürfeln von 0°C abkühlen. Sie führt dazu mehrere Versuche durch:

(a) Sie wirft 80 g Eis in den Orangensaft und stellt fest, dass es nicht vollständig schmilzt. Wie viel Gramm Eis bleiben übrig? Welche Temperatur hat das Eis-Orangensaft Gemisch dann?

Lösung –

$$\Delta Q = c_p(\theta_1 - \theta_0)m_o + \Delta m L_f$$

$$\Rightarrow \Delta m = \frac{\theta_0 - \theta_1}{L_f/c_p} m_o = \frac{20^\circ\text{C}}{80^\circ\text{C}} 200 \text{ g} = 50 \text{ g}$$

Es bleiben also noch 30 g Eis im Wasser übrig. Die Mischtemperatur des gut gerührten Orangensaft-Wasser Gemischs beträgt 0°C .

(b) Claudia wirft 25 g Eis in den Orangensaft. Berechnen Sie die Mischtemperatur.

Lösung –

$$\Delta Q = L_f m_{\text{Eis}} + m_{\text{Eis}} c_p (\theta - 0^\circ\text{C}) + m_o c_p (\theta - \theta_0) = 0$$

$$\Rightarrow \theta = \frac{m_o \theta_0 - m_{\text{Eis}} (L_f / c_p)}{m_o + m_{\text{Eis}}} = 9^\circ\text{C},$$

unter der Annahme $c_p^o = c_p^W = c_p$. Interessanterweise ist es nicht 10°C – wieso?

(c) Wie viel Eis muss Claudia ins Glas geben, damit sich die Mischtemperatur 15°C einstellt?

Lösung –

$$\Delta Q = m_{\text{Eis}} (L_f + c_p \theta_1) + m_W c_p (\theta_1 - \theta_0) = 0$$

$$\Rightarrow m_{\text{Eis}} = \frac{\theta_0 - \theta_1}{L_f / c_p + \theta_1} m_W = 4.1 \text{ g}$$