

## 3 Aggregatzustandsänderungen

### 3.1 Schmelzen- und Verdampfen

Hinweis: Sofern nichts anderes angegeben, gelten für diese Aufgaben folgende Werte:

---

Eis:	$c_E = 2.05 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$	$q_S = 335 \text{ kJ/kg}$	
Wasser:	$c_W = 4.19 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$	$q_V = 2250 \text{ kJ/kg}$	$\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$

---

#### 3.1 Aufgabe

Berechnen Sie, wie viel Wärmeenergie Sie benötigen, um  $m = 200 \text{ g}$  Wasser von  $30^\circ\text{C}$  zum Sieden bei  $95^\circ\text{C}$  zu bringen und anschliessend ganz zu verdampfen.

#### 3.2 Aufgabe

- Bergwanderer füllen ihren Teekessel mit  $1.5 \text{ kg}$  Schnee von  $0^\circ\text{C}$ . Welche Wärme ist nötig, um daraus Teewasser von  $80^\circ\text{C}$  zu bereiten?
- Wie viel  $\text{kg}$  Wasser von  $0^\circ\text{C}$  könnte man mit obiger Wärme auf  $60^\circ\text{C}$  erwärmen?

#### 3.3 Aufgabe

Welche totale Wärmeenergie  $Q$  wird benötigt, um  $580 \text{ g}$  Eis bei  $-9^\circ\text{C}$  in Wasser bei  $12^\circ\text{C}$  zu überführen?

#### 3.4 Aufgabe

Festes Kupfer mit dem Volumen  $V = 8.1 \text{ dm}^3$  wurde bereits bis zu seiner Schmelztemperatur (d.h. auf circa  $1086^\circ\text{C}$ ) erwärmt.

- Welche Kupfermasse  $m$  wurde erwärmt? (Dichte Kupfer  $\rho = 8.9 \text{ kg/dm}^3$ )
- Welche Wärmeenergie  $Q_S$  braucht es, um das feste Kupfer ab seinem Schmelzpunkt noch vollständig zu verflüssigen? (spez. Schmelzwärme Kupfer  $q_S = 2.05 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$ )

#### 3.5 Aufgabe

Peter wirft  $100 \text{ g}$  Eis der Temperatur  $0^\circ\text{C}$  in eine sehr gut isolierte Thermoskanne mit  $200 \text{ g}$  Wasser der Temperatur  $10^\circ\text{C}$ .

- Wie viel Wärme wird zum Schmelzen von obigen  $100 \text{ g}$  Eis benötigt?
- Wie viel Wärme steckt im obigen  $10^\circ\text{C}$  warmen Wasser?
- Zeigen Sie durch Rechnung, dass das Eis nicht vollständig schmilzt.
- Berechnen Sie anschliessend, wie viel Gramm Eis schmelzen werden.

### 3 Aggregatzustandsänderungen: Lösungen

---

#### 3.1 Lösung

$$Q_W = m \cdot c_W \cdot \Delta\vartheta = 0.2 \text{ kg} \cdot 4.19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 65 \text{ K} = \underline{54.47 \text{ kJ}}$$

$$Q_V = q_V \cdot m = 2250 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 0.2 \text{ kg} = \underline{450 \text{ kJ}}$$

$$Q = Q_W + Q_V = 54.47 \text{ kJ} + 450 \text{ kJ} = \underline{\underline{504.47 \text{ kJ}}}$$


---

#### 3.2 Lösung

$$\text{a) } Q_S = q_S \cdot m = 335 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 1.5 \text{ kg} = \underline{502.5 \text{ kJ}}$$

$$Q_W = m \cdot c_W \cdot \Delta\vartheta = 1.5 \text{ kg} \cdot 4.19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 80 \text{ K} = \underline{502.8 \text{ kJ}}$$

$$Q = Q_S + Q_W = 502.5 \text{ kJ} + 502.8 \text{ kJ} = \underline{\underline{1005.3 \text{ kJ}}}$$

$$\text{b) } m = \frac{Q}{c \cdot \Delta\vartheta} = \frac{1005.3 \text{ kJ}}{4.19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 60 \text{ K}} \approx \underline{\underline{4.0 \text{ kg}}}$$


---

#### 3.3 Lösung

Zuerst muss das Eis von  $-9^\circ\text{C}$  zum Schmelzpunkt aufgewärmt werden:

$$Q_E = m \cdot c_E \cdot \Delta\vartheta = 0.58 \text{ kg} \cdot 2.05 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 9 \text{ K} = \underline{10.7 \text{ kJ}}$$

Dann muss es geschmolzen werden:

$$Q_S = q_S \cdot m = 335 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 0.58 \text{ kg} = \underline{194.3 \text{ kJ}}$$

Anschliessend muss das entstandene Wasser auf  $12^\circ\text{C}$  aufgewärmt werden:

$$Q_W = m \cdot c_W \cdot \Delta\vartheta = 0.58 \text{ kg} \cdot 4.19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 12 \text{ K} = \underline{29.16 \text{ kJ}}$$

Schlussendlich kann die totale Wärmeenergie  $Q$  als Summe berechnet werden:

$$Q = Q_E + Q_S + Q_W = 10.7 \text{ kJ} + 194.3 \text{ kJ} + 29.16 \text{ kJ} = \underline{\underline{234.16 \text{ kJ}}}$$


---

#### 3.4 Lösung

$$\text{a) } m = \rho \cdot V = 8.9 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot 8.1 \text{ dm}^3 = \underline{\underline{72.09 \text{ kg}}}$$

$$\text{b) } Q_S = q_S \cdot m = 2.05 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 72.09 \text{ kg} = \underline{\underline{1.48 \cdot 10^7 \text{ J} = 14.8 \text{ MJ}}}$$

---

**3.5 Lösung**

$$\text{a) } Q_S = q_s \cdot m = 335 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 0.1 \text{ kg} = \underline{\underline{33.5 \text{ kJ}}}$$

$$\text{b) } Q_W = m \cdot c_W \cdot \Delta\vartheta = 0.2 \text{ kg} \cdot 4.19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 10 \text{ K} = \underline{\underline{8.38 \text{ kJ}}}$$

c) Zum Schmelzen braucht man somit 33.5 kJ Wärme. Kühlt das Wasser von 10 °C auf 0 °C ab, werden jedoch nur 8.38 kJ frei. Das reicht nicht fürs Schmelzen des gesamten Eises.

$$\text{d) } m_1 = \frac{Q_W}{q_s} = \frac{8.38 \text{ kJ}}{335 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = \underline{\underline{0.025 \text{ kg} = 25 \text{ g}}}$$