Übung 11 Wärme
Spezifische Energiekapazität, Mischvorgänge in der Energiedarstellung

Lernziele

- den Zusammenhang zwischen ausgetauschter Energie und Temperaturänderung in konkreten Problemstellungen anwenden können.
- Mischvorgänge in der Energiedarstellung analysieren können.

Aufgaben

1. Bestimmen Sie, wie lange es dauert, um einen halben Liter Leitungswasser der Temperatur 10 °C mit einem Tauchsieder der Leistung 1.0 kW zum Sieden zu bringen.

   Benützen Sie für die spezifische Energiekapazität von Wasser den Wert $c = 4 \cdot 10^3$ J/(kg·K)

2. Man vermischt 7.0 dl Wasser der Temperatur 27 °C mit 3.0 dl Wasser der Temperatur 77 °C.

   Bestimmen Sie die Mischtemperatur, die sich nach einiger Zeit einstellt.

3. Ein heisses Eisenstück der Masse 5.0 kg und der Temperatur 1000 °C wird in 5.0 Liter Wasser der Temperatur 20 °C geworfen.

   a) Man möchte wissen, auf welche Temperatur sich das Wasser erwärmt.

   Stellen Sie dazu ein vollständiges Gleichungssystem auf, welches die gesuchte Mischtemperatur als Unbekannte enthält.

   Hinweis:
   Nehmen Sie an, dass die spezifischen Energiekapazitäten von Wasser und Eisen bekannte Grössen seien.

   b) Lösen Sie das in a) aufgestellte Gleichungssystem algebraisch auf, und setzen Sie in die algebraische Lösung die konkreten Zahlenwerte ein, um die gesuchte Endtemperatur des Wassers zu ermitteln.

   Hinweis:
   Die spezifische Energiekapazität von
   - Wasser beträgt $c_W = 4.18 \cdot 10^3$ J/(kg·K)
   - Eisen beträgt $c_{Fe} = 4.52 \cdot 10^2$ J/(kg·K)

   c) Beurteilen Sie das Ergebnis in b) im Hinblick auf die Gegebenheiten in der Natur.

   d) Aus b) folgt, dass beim vorliegenden Mischvorgang mindestens ein Teil des Wassers verdampft. Die in a) gestellte Frage nach der Mischtemperatur wird also hinfällig.

   Es stellt sich daher die Frage nach der Masse m_D des verdampften Wassers.

   Stellen Sie ein vollständiges Gleichungssystem auf, welches die gesuchte Masse des verdampften Wassers als Unbekannte enthält.

   e) Lösen Sie das in d) aufgestellte Gleichungssystem algebraisch auf, und setzen Sie in die algebraische Lösung die konkreten Zahlenwerte ein, um die gesuchte Masse des verdampften Wassers zu ermitteln.

   Hinweis:
   Die spezifische Verdampfungsenergie für den Übergang Wasser → Wasserdampf beträgt
   $q_v = 2.26 \cdot 10^6$ J/kg.

4. Mit einem Stück Eis aus dem - 20 °C kalten Gefrierfach soll im Sommer ein 2 dl - Drink von 25 °C auf 10 °C abgekühlt werden. Man möchte wissen, welche Eismenge dafür nötig ist.

a) Stellen Sie ein vollständiges Gleichungssystem auf, welches die gesuchte Eismenge als Unbekannte enthält.

b) Lösen Sie das unter a) aufgestellte Gleichungssystem algebraisch nach der gesuchten Eismenge auf.

c) Setzen Sie die konkreten Zahlenwerte in die unter b) bestimmte algebraische Lösung ein, und rechnen Sie die gesuchte Eismenge aus.

Hinweise:
- Nehmen Sie an, dass der Drink die gleiche spezifische Energiekapazität besitzt wie Wasser.
- Die spezifische Energiekapazität von Eis beträgt $c_E = 2.09 \cdot 10^3$ J/(kg·K)
- Die spezifische Schmelzenergie für den Übergang Eis $\rightarrow$ Wasser beträgt $q_S = 3.34 \cdot 10^5$ J/kg

5. Die Verpackung eines Milch-Glacéstengels trägt die Aufschrift "92 g, 118 cm^3, 360 kJ"
Sie nehmen einen solchen Glacéstengel aus der Gefriertruhe heraus und verzehren ihn sofort. Dabei wird das Material zum Schmelzen gebracht und auf Körpertemperatur erwärmt.

a) Jemand stellt sich nun die Frage, bei welcher Temperatur man den Glacéstengel lagern müsste, damit der Energieaufwand für das Erwärmen und Schmelzen gerade seinem Nährwert entspräche.

Stellen Sie ein vollständiges Gleichungssystem auf, welches die gesuchte Temperatur als Unbekannte enthält.

b) Lösen Sie das unter a) aufgestellte Gleichungssystem auf, und bestimmen Sie so die gesuchte Temperatur.

Beurteilen Sie dieses Ergebnis im Hinblick auf die Gegebenheiten der Natur.

6. Man gibt je 1 kg Eis von 0 °C und Wasserdampf von 100 °C in einen isolierten Behälter.

Beurteilen Sie mit schlüssiger Begründung, welche der folgenden Aussagen wahr ist:

"Wenn sich die Temperatur ausgeglichen hat, ...

A ... bleibt noch Eis und Wasser bestehen."

B ... bleibt noch Eis und Dampf bestehen."

C ... bleibt noch Dampf und Wasser bestehen."

D ... gibt es nur noch Dampf."

E ... gibt es nur noch Wasser."

F ... gibt es nur noch Eis."

7. Ein Bleigeschoss mit anfangs 27 °C prallt inelastisch auf eine Platte. Dabei schmelzen 20% der Geschossmasse.

Bestimmen Sie die Geschwindigkeit des Geschosses vor dem Aufprall.

Hinweise:
- Die gesamte kinetische Energie des Geschosses wird beim Aufprall dissipiert (d.h. in Wärmeproduktion investiert).
- Die spezifische Energiekapazität von Blei beträgt c = 128 J/(kg·K).
- Die spezifische Schmelzenergie von Blei beträgt $q_S = 2.3 \cdot 10^4$ J/kg
- Die Schmelztemperatur von Blei beträgt $\vartheta_S = 327$ °C
- Nehmen Sie an, dass die Platte beim Aufprall keine Wärme aufnimmt.

Lösungen

1. $W_a = W_{el}$
$W_a = c \cdot m \cdot \Delta T$
$\Delta T = T_s - T_1$
$W_{el} = P_{el} \cdot \Delta t$

$$\Delta t = \frac{c \cdot m \cdot (T_s - T_1)}{P_{el}} = \frac{4 \cdot 10^3 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)} \cdot 0.5 \text{ kg} \cdot (100-10) \text{ K}}{1.0 \text{ kW}} = 180 \text{ s} = 3 \text{ min}$$

2. $W_{a1} = W_{a2}$
$W_{a1} = c \cdot m_1 \cdot \Delta T_1$
$W_{a2} = c \cdot m_2 \cdot \Delta T_2$
$\Delta T_1 = T_m - T_1$
$\Delta T_2 = T_2 - T_m$

$$T_m = \frac{m_1 \cdot T_1 + m_2 \cdot T_2}{m_1 + m_2} = \frac{0.70 \text{ kg} \cdot 300 \text{ K} + 0.30 \text{ kg} \cdot 350 \text{ K}}{0.70 \text{ kg} + 0.30 \text{ kg}} = 315 \text{ K} \triangleq \vartheta_m = 42 \text{ °C}$$

3. a) $W_{aFe} = W_{aW}$
$W_{aFe} = c_{Fe} \cdot m_{Fe} \cdot \Delta T_{Fe}$
$W_{aW} = c_W \cdot m_W \cdot \Delta T_W$
$\Delta T_{Fe} = T_{Fe} - T_m$
$\Delta T_W = T_m - T_W$

b) $T_m = 388 \text{ K} \triangleq \vartheta_m = 115 \text{ °C}$

c) Eine Mischtemperatur von 115 °C ist unmöglich, da diese Temperatur über der Siedetemperatur von H_2O (100 °C bei Atmosphärendruck) liegt.

d) $W_{aFe} = W_{aW} + W_{av}$
$W_{aFe} = c_{Fe} \cdot m_{Fe} \cdot \Delta T_{Fe}$
$W_{aW} = c_W \cdot m_W \cdot \Delta T_W$
$W_{av} = q_v \cdot m_D$

e) $m_D = 0.16 \text{ kg}$

4. a) $W_{aD} = W_{aE} + W_{as} + W_{aW}$
$W_{aD} = c_D \cdot m_D \cdot \Delta T_D$
$W_{aE} = c_E \cdot m_E \cdot \Delta T_E$
$W_{as} = q_s \cdot m_E$
$W_{aW} = c_W \cdot m_E \cdot \Delta T_W$

b) $$m_E = \frac{c_D \cdot m_D \cdot \Delta T_D}{c_E \cdot \Delta T_E + q_s + c_W \cdot \Delta T_W}$$

c) $$m_E = \frac{4.18 \cdot 10^3 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)} \cdot 0.2 \text{ kg} \cdot 15 \text{ K}}{2.09 \cdot 10^3 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)} \cdot 20 \text{ K} + 3.34 \cdot 10^5 \text{ J/kg} + 4.18 \cdot 10^3 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)} \cdot 10 \text{ K}}$$
$= 0.030 \text{ kg} = 30 \text{ g}$

5. (siehe Seite 4)

5. a) $W_a = W_{a1} + W_{a2} + W_{a3}$
$W_{a1} = c_G \cdot m_G \cdot \Delta T_1$
$W_{a2} = q_s \cdot m_G$
$W_{a3} = c_M \cdot m_G \cdot \Delta T_2$
$\Delta T_1 = T_s - T_G$

Bekannte: $W_a = 360$ kJ, c_G ($\approx c_E$), $m_G = 92$ g, $T_s = 273$ K ($\vartheta_s = 0$ °C), q_s, c_M ($\approx c_W$), $\Delta T_2 = 37$ K
Unbekannte: W_{a1}, W_{a2}, W_{a3}, ΔT_1, T_G

b) $T_G \approx -1400$ K
In der Natur gibt es keine Temperaturen unter 0 K (absoluter Nullpunkt).

6. Die Aussage C ist wahr. Es gibt ein Wasser-Dampf-Gemisch bei 100 °C.

7. $v_G = 293$ m/s