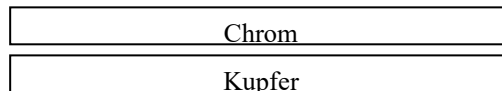


Rechnungen zu Wärme und Temperatur

1. Welches Volumen besitzt Propanon bei 40°C, wenn das Volumen bei 22°C 250 mL beträgt? kubischer Ausdehnungskoeffizient: $\gamma(\text{Propanon}) = 1,43 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.
2. Quecksilber besitzt im Normzustand ($T = 273,15 \text{ K}$) eine Dichte von $13,546 \text{ g/cm}^3$. Welche Dichte besitzt es, bei 250 °C? $\gamma(\text{Hg}) = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$
3. Welche Wärme muss 1 mol Glycerin zugeführt werden, um es von 15°C auf 80 °C zu erwärmen? $c_{\text{spez}} = 2,43 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$, $M(\text{Glycerin}) = 92,1 \text{ g/mol}$
4. Eine Flüssigkeit besitzt die Dichte von $\rho = 0,93 \text{ g/cm}^3$. Welche Wärmemenge ist zuzuführen, wenn 25 Liter der Flüssigkeit um 50 °C erhitzt werden sollen? $c_{\text{spez}} = 1,45 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$
5. 1250 mL Heliumgas werden von 0 °C auf 20°C erwärmt. Berechnen Sie das Volumen der neuen Gasportion (Gasdruck: konstant).
6. Glycerin wird von 20°C auf 60°C erwärmt. Um wie viel Prozent nimmt sein Volumen dabei zu? Glycerin:
$$\gamma = 50 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{K}}$$
7. Eine 50 mL-Bürette aus Fiolax-Glas ist auf 20°C geeicht. Berechnen Sie die Änderung des Volumens, wenn die Bürette auf 40°C erwärmt wird. Fiolax: $\alpha = 4,9 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$
8. Ein Bimetallstreifen besteht aus Kupfer ($\alpha = 16,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) und Chrom ($\alpha = 6,6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$). In welche Richtung verbiegt er sich beim Erwärmen? Begründen Sie!



9. Um welche Temperatur muss ein Eisenstab erwärmt werden, wenn seine Länge um 0,2% zunehmen soll? Eisen:
$$\alpha = 11,5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$$
10. Berechnen Sie die Volumenzunahme von 1 kg Blei, wenn die Temperatur um 60 °C steigt ($\rho(\text{Pb}) = 11340 \text{ kg/m}^3$).
$$\alpha(\text{Pb}) = 29,4 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$$
11. Berechnen Sie anhand des kubischen Wärmeausdehnungskoeffizienten die Dichte von Quecksilber bei 50°C (Dichte bei 20°C: $13,5457 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). $\gamma(\text{Hg}) = 182 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$
12. Rechnen Sie von der molaren $c_m(X)$ in die spezifische Wärmekapazität $c_{\text{spez}}(X)$ um, bzw. umgekehrt.
 - a) Aceton (Propanon) $c_m = 125,2 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
 - b) Tetrachlormethan $c_m = 131,8 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
 - c) Lithium $c_{\text{spez}} = 3,380 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
13. Welche Wärmemenge muss 1 mol flüssigem Wasser zugeführt werden, um seine Temperatur um 50 K zu erhöhen?
14. Berechnen Sie den Wärmehalt von 1 mol Wasser bei $\vartheta = 50^\circ\text{C}$.
15. 1 L Toluol besitzt die Temperatur $T=15^\circ\text{C}$. Zur Erwärmung werden der Flüssigkeit $Q = 5 \text{ kJ}$ Wärmeenergie zugeführt. $\rho(\text{Toluol}) = 0,8716 \text{ g/cm}^3$. $c_m(\text{Toluol}) = 154,5 \text{ L/(mol}\cdot\text{K)}$
 - a) Berechnen Sie Endtemperatur nach Erwärmen.
 - b) Berechnen Sie die Volumenzunahme der Flüssigkeit¹
 - c) Berechnen Sie die Dichte des Toluols bei der Endtemperatur.

Lösungen – ohne Gewähr

1.

$$V_g = V_0 \cdot (1 + \gamma \cdot \Delta \vartheta) \Rightarrow V_g = 250 \text{ mL} \cdot (1 + 0,00143 \frac{1}{K} \cdot 18 \text{ K}) \approx 256,4 \text{ mL}$$

2.

Normzustand: 1013 hPa, $\vartheta = 0 \text{ }^\circ\text{C}$

Volumenänderung eines Würfels mit $V=1\text{cm}^3$

$$V_g = V_0 \cdot (1 + \gamma \cdot \Delta \vartheta) \Rightarrow V_g = 1 \text{ cm}^3 \cdot (1 + 0,00018 \frac{1}{K} \cdot 250 \text{ K}) \approx 1,045 \text{ cm}^3$$

Dichte bei 250 °C

$$\rho(\text{Hg}) = \frac{m(\text{Hg})}{V(\text{Hg})} \Rightarrow \rho(\text{Hg}) = \frac{13,546 \text{ g}}{1,045 \text{ cm}^3} \approx 12,963 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

5.

$$V_1 = V_0(1 + \gamma \cdot \Delta \vartheta); \quad \text{Für Gase gilt: rund um } 0^\circ\text{C: } \gamma = \frac{1}{273,15 \text{ K}}$$

$$V_1 = 1250 \text{ mL} \cdot (1 + \frac{1}{273,15 \text{ K}} \cdot 20 \text{ K}) = 1341,52 \text{ mL}$$

6.

$$V_1 = V_0(1 + \gamma \cdot \Delta \vartheta); \quad \text{Glycerin: } \gamma = 50 \cdot 10^{-5} \frac{1}{K} \text{ (siehe Tabellenbuch S. 46/47)}$$

$$V_1 = 1 \text{ L} \cdot (1,00 + 50 \cdot 10^{-5} \frac{1}{K} \cdot 40 \text{ K}) = 1,02 \text{ L}$$

$$\Delta V = 0,02 \text{ L}$$

$$\Delta V\% = \frac{0,02 \text{ L}}{1,00 \text{ L}} \cdot 100 = 2\%$$

7.

$$V_1 = V_0(1 + \gamma \cdot \Delta \vartheta) \quad \text{Fiolax: } \alpha = 4,9 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K} \Rightarrow \gamma \approx 1,47 \cdot 10^{-5} \frac{1}{K} \text{ (siehe Tabellenbuch, weiterhin: } \gamma \approx 3 \cdot \alpha)$$

$$V_1 = 50 \text{ mL} \cdot (1,00 + 1,47 \cdot 10^{-5} \frac{1}{K} \cdot 20 \text{ K}) = 50,0147 \text{ mL}$$

8.

Kupfer ($\alpha = 16,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) hat einen höheren linearen Ausdehnungskoeffizient als Chrom ($\alpha = 6,6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$). Die Kupfer-Komponente dient sich beim Erwärmen stärker aus und wölbt sich nach außen. Kupfer liegt auf der konvexen Seite des gewölbten Metalls.

9.

$$\text{Eisen: } \alpha = 11,5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K} \text{ (siehe Tabellenbuch)}$$

Zunahme von 0,2%: z.B.1: Ein 100 cm langes Fe-Stück verlängert sich auf 100,2 cm.

z.B. 2: Ein 1 m langes Fe-Stück verlängert sich auf 1,02 m.

$$l_1 = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\vartheta) \Rightarrow \frac{l_1}{l_0} = 1 + \alpha \cdot \Delta\vartheta \Rightarrow \frac{l_1}{l_0} - 1 = \alpha \cdot \Delta\vartheta \Rightarrow \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \Delta\vartheta \text{ einsetzen}$$

$$\Delta\vartheta = \frac{\frac{100,2\text{cm}}{100\text{cm}} - 1}{11,5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}} = 173,9\text{K}$$

10

$$\rho(\text{Pb}) = \frac{m(\text{Pb})}{V(\text{Pb})} \Rightarrow V(\text{Pb}) = \frac{m(\text{Pb})}{\rho(\text{Pb})} \qquad \rho(\text{Pb}) = 11340 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$V(\text{Pb}) = \frac{1\text{kg}}{11340 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 8,81834 \cdot 10^{-5} \text{m}^3 = 8,81834 \cdot 10^{-5} (100\text{cm})^3 = 88,1834\text{cm}^3$$

$$V_1 = V_0 (1 + \gamma \cdot \Delta\vartheta)$$

$$\gamma(\text{Pb}) \approx 3 \cdot \alpha(\text{Pb})$$

$$\alpha(\text{Pb}) = 29,4 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}} \text{ (siehe Tabellenbuch)}$$

$$\gamma(\text{Pb}) \approx 3 \cdot 29,4 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}} \approx 8,82 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{K}}$$

$$V_1 = 88,1834\text{cm}^3 \cdot (1 + 8,82 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{K}} \cdot 60\text{K}) = 88,65\text{cm}^3$$

$$\Delta V = 88,65\text{cm}^3 - 88,18\text{cm}^3 = 0,47\text{cm}^3$$

11.

Lösungsstrategie: a) Berechnung der Masse von 1 cm³ Hg.

b) Berechnung der Volumenzunahme bei Erwärmung

c) Berechnung der neuen Dichte

$$\text{Zu a) } m(\text{Pb}) = \rho(\text{Hg}) \cdot V(\text{Pb}) = 13,5457 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 1\text{cm}^3 = 13,5457\text{g}$$

$$\text{Zu b) } \gamma(\text{Hg}) = 182 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}} \text{ (siehe Tabellenbuch)}$$

$$V_1 = 1\text{cm}^3 (1 + 182 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}} \cdot 30\text{K}) = 1,00546\text{cm}^3$$

$$\text{Zu c) } \rho(\text{Hg}) = \frac{m(\text{Hg})}{V(\text{Hg})} = \frac{13,5457\text{g}}{1,00546\text{cm}^3} = 13,4721 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

12.

$$c_{\text{spez}} = \frac{c_m}{M}; c_m = M \cdot c_{\text{spez}}$$

a)

$$c_{\text{spez}}(\text{Aceton}) = \frac{125,3 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}}{58,080 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 2,16 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}$$

b)

$$c_{\text{spez}}(\text{Tetrachlormethan}) = \frac{140,3 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}}{153,822 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,91 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}$$

c)

$$c_m(\text{Lithium}) = 6,941 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 3,380 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} = 23,46 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

Zu 13

$$c_m(\text{H}_2\text{O}) = 75,42 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \quad Q = c_m \cdot n \cdot \Delta\vartheta \quad Q = 75,42 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 1 \text{mol} \cdot 50 \text{K} = 3771 \text{J} = 3,771 \text{kJ}$$

Zu 1.14

Der Wärmeinhalt entspricht der Energie, die bei Erhitzen von $T = 0 \text{ K}$ auf die gewünschte Temperatur aufgenommen wird.

$$\Delta\vartheta = T(\text{H}_2\text{O}) = 273,15 + 50 = 323,15 \text{K}$$

$$c_m(\text{H}_2\text{O}) = 75,42 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$Q = 75,42 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 1 \text{mol} \cdot 323,15 \text{K} = 24523 \text{J} = 24,523 \text{kJ}$$

Zu 15

Zu a) Berechnung der Endtemperatur

i. Berechnung der Masse Toluol

$$\rho(\text{Toluol}) = \frac{m(\text{Toluol})}{V(\text{Toluol})} \Rightarrow m(\text{Toluol}) = \rho(\text{Toluol}) \cdot V(\text{Toluol}) = 0,8716 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 1000 \text{cm}^3 = 871,6 \text{g}$$

ii. Berechnung der spezifischen Wärmekapazität von Toluol

$$c_{\text{spez}}(\text{Toluol}) = \frac{154,5 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}}{92,141 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,67678 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}$$

iii. Berechnung Endtemperatur

$$Q = m \cdot c_{\text{spez}} \cdot \Delta\vartheta \Rightarrow \Delta\vartheta = \frac{Q}{m \cdot c_{\text{spez}}} = \frac{5000 \text{J}}{871,6 \text{g} \cdot 1,67678 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}} \approx 3,42 \text{K}$$

$$\vartheta_2 = \vartheta_1 + \Delta\vartheta = 15^\circ\text{C} + 3,42^\circ\text{C} = 18,42^\circ\text{C}$$

Zu b) Berechnen der Volumenzunahme der Flüssigkeit

$$V_1 = V_0(1 + \gamma \cdot \Delta\vartheta)$$

$$\gamma(\text{Toluen}) = 110,9 \cdot 10^{-5} \frac{1}{K}$$

$$V_1 = 1000 \text{mL} \left(1 + 110,9 \cdot 10^{-5} \frac{1}{K} \cdot 3,42 \text{K} \right) = 1003,79 \text{mL}$$

c) Berechnung der Dichte des Toluens bei der Endtemperatur

$$\rho(\text{Toluen}) = \frac{m(\text{Toluen})}{V(\text{Toluen})} = \frac{871,6 \text{g}}{1003,79 \text{cm}^3} = 0,8683 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$