

1 Aufgaben Wärmelehre

Aufgabe W1: Sie sitzen in einem U-Boot in 20m Tiefe. Das Uboot hat eine runde Scheibe mit 20cm Durchmesser. Welche Kraft wirkt auf die Scheibe?

Lösung: Der Druck ist definiert als Kraft pro Fläche

$$p = \frac{F}{A} \Rightarrow F = pA$$

Die Fläche eines Kreises ist

$$A = \pi r^2$$

also ergibt sich hier:

$$F = p \pi r^2$$

p ist der Druck, der auf das Fenster wirkt, also in diesem Falle der hydrostatische Druck

$$p = \rho gh$$

Zusammen bekommt man

$$F = \pi r^2 \rho gh = \pi \times (0,1\text{m})^2 \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 20\text{m} = 6163,8\text{N}$$

Diese Kraft entspricht der Gewichtskraft von ca.628 kg!

Aufgabe W2: Nachdem Sie in Aufgabe ME3 Ihr Auto auf 100 km/h beschleunigt haben, müssen Sie nun abbremsen. Jede Brems Scheibe hat eine Masse von 2 kg und eine Wärmekapazität von 0,477 J/(gK). Um welche Temperatur erwärmen sich die Brems Scheiben theoretisch?

Lösung: Das fahrende Auto hat eine Energie von

$$E = \frac{1}{2} m_A v^2 = \frac{1}{2} 1000\text{kg} \times (27,78 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 = 385864\text{J}$$

Diese Energie wird komplett in Wärmeenergie umgesetzt:

$$E = Q = mcT \Rightarrow T = \frac{E}{mc} = \frac{385864\text{J}}{4 \times 2\text{kg} \times 477 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}} = 101,1\text{K}$$

Die Brems Scheiben erwärmen sich also um 101,1 K.

Aufgabe W3: Stellen Sie sich vor, Sie kommen heute Abend nach Hause, hungrig, und finden nur noch im Gefrierfach (-18°C) eine Suppe (1 Liter). Sie tun den Eisblock in einen Topf und schalten die Turboplatte mit 2kW um 19:00 an.

a) Wie lange benötigt die Suppe, um auf 70°C erhitzt zu werden? (Wärmekapazität Wasser 4,183 kJ/(K kg), Wärmekapazität Eis 1,6 kJ/(K kg), Schmelzwärme Wasser 334 kJ/kg)?

b) Skizzieren Sie den Temperaturanstieg im Topf.

- c) Natürlich ruft zwischendurch Ihr/e Frau / Mann / Freund / Freundin / Schwiegermutter an und verwickelt Sie in ein längeres Gespräch. Wann ist das letzte Tröpfchen Flüssigkeit aus dem Topf entwichen? (Verdampfungswärme Wasser 2,26 MJ/kg)

Lösungen: Siehe Unterricht

- Aufgabe W4: Sie sitzen in Ihrer Badewanne (V=100l) und sind unglücklich, weil sich das Wasser auf 27°C abgekühlt hat. Wie viel Liter Wasser $\vartheta = 80^\circ\text{C}$ müssen Sie nachlaufen lassen, um wieder auf 32° zu kommen?

Lösung: Die Formel für die Mischtemperatur für gleiche Medien lautet

$$T_m = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2} \Rightarrow m_2 = m_1 \frac{T_1 - T_m}{T_m - T_2} = 100\text{kg} \frac{27^\circ\text{C} - 32^\circ\text{C}}{32^\circ\text{C} - 80^\circ\text{C}} = 10,4\text{kg}$$

Sie dürfen hier die Temperaturwerte in °C eintragen, weil es sich in der Formel überall um Temperaturdifferenzen handelt!

- Aufgabe W5: Eine Druckgasflasche (V=50l) sei gefüllt mit Stickstoff und habe bei $\vartheta = 25^\circ\text{C}$ einen Druck von 300 bar.

- a) Wie viel Mol Gas sind in der Flasche? (Allgemeine Gaskonstante $R=8.3144 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$) Hinweis: betrachten Sie das Gas als ideales Gas
- b) Bei der nächsten Kontrolle zeigt der Druckmesser 310 bar, ohne dass der Gasstand verändert wurde. Was ist geschehen? Beschreiben Sie die Umgebungsänderung quantitativ.

Lösung:

- a) Das allgemeine Gasgesetz lautet

$$pV = nRT \Rightarrow n = \frac{pV}{RT}$$

Problematisch sind hier die Umrechnungen in SI-Einheiten:

$$p = 300\text{bar} = 300 \times 10^5 \text{Pa} = 3 \times 10^7 \text{Pa}$$

$$T = 25^\circ\text{C} = 298,15\text{K}$$

$$V = 50\text{Liter} = 0,05 \text{ m}^3$$

$$n = \frac{3 \times 10^7 \text{Pa} \times 0,05 \text{m}^3}{298,15\text{K} \times 8,1344 \frac{\text{J}}{\text{molK}}} = 605,1\text{Mol}$$

- b) Da Teilchenzahl und Volumen konstant blieben, ist die einzige Möglichkeit, dass die Temperatur angestiegen ist. Es gilt:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = T_1 \frac{p_2}{p_1} = 298,15\text{K} \frac{310\text{bar}}{300\text{bar}} = 308,1\text{K} = 34,9^\circ\text{C}$$

Aufgabe W6: Nehmen Sie einmal an, dass Benzin eine Dichte von $0,72 \text{ g/cm}^3$ hat und aus Kohlenwasserstoffen besteht, bei denen auf 1 Kohlenstoff-Atom 2 Wasserstoff-Atome kommen. Wie viel Liter CO_2 produzieren Sie, wenn Sie einen Liter Benzin verbrennen?

Lösung: Auf ein ^{12}C -Atom kommen 2 ^1H -Atome. Die Molmasse eines CH_2 -Teilchens, was wir modellhaft annehmen wollen, ist also 14 g/Mol . In 720 g Benzin (was einem Liter entspricht, sind also

$$\frac{720 \text{ g}}{14 \frac{\text{g}}{\text{Mol}}} = 51,43 \text{ Mol}.$$

Für ein Molekül CO_2 benötigt man ein Molekül CH_2 , da in beiden jeweils ein C-Atom enthalten ist. Insgesamt erzeugt man also mit $51,43 \text{ Mol CH}_2$ ebenfalls $51,43 \text{ Mol CO}_2$.

Das Volumen eines Mols unter Normbedingungen beträgt $22,4 \text{ Liter}$, also beträgt das Volumen von $51,43 \text{ Mol CO}_2$ 1152 Liter . Sie erzeugen also für jeden Liter Benzin mehr als $1 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$.

Aufgabe W7: Warum sind Kartoffeln in einem Dampfkochtopf schneller gar?

Lösung: Weil Wasser unter höherem Druck erst bei höheren Temperaturen siedet.

Aufgabe W8: Sie evakuieren einen Metallwürfel mit der Kantenlänge 10 cm .

- Welche Kraft wirkt auf die Flächen, wenn er absolut leer wäre?
- Wäre die Kraft wesentlich größer, wenn Sie dazu keine Hochvakuumpumpe nehmen, sondern nur eine Wasserstrahlpumpe (Enddruck ca. 10 mBar ?)
- Würde der leere Würfel noch schwimmen, wenn es der volle grade täte?

Lösung:

- Wenn ausserhalb des Würfels Normaldruck $1013 \text{ hPa} = 101300 \text{ Pa}$ herrscht, ist die Kraft

$$p = \frac{F}{A} \Rightarrow F = pA = 101300 \text{ Pa} \times (0,1 \text{ m})^2 = 1013 \text{ N}$$

- Nein, da nur die Druckdifferenz zwischen Innen und Aussen entscheidend ist. Ob innen 10 mBar oder 0 mBar herrschen, macht im Vergleich zu 1013 mBar grade ca. 1% Unterschied.
- Ja sicher – der evakuierte Würfel ist ja sogar noch leichter als der mit Luft gefüllte, also schwimmt er besser.