

Prüfung 31C, 24.3.2009, Physik:

Thermodynamik

1. Eine Nadel hat an ihrer Spitze einen quadratischen Querschnitt. Die Seitenlänge des Quadrates beträgt 0.1 mm. Die Nadel wird mit einer Kraft von 1 N in ein Brett gedrückt. Wie viele Lokomotiven vom Typ RE 460 ($m = 84$ t) müsste man auf eine Fläche von 1 m² stellen, um den gleichen Druck zu erhalten? (die SBB besitzen 119 Loks vom Typ RE 460). Verwende $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

2. Ein Stab aus PVC (Polyvinylchlorid) hat eine Länge von 1 Meter. Erhöht man seine Temperatur um 50°C, so beträgt seine Länge 1.012 Meter. Berechne den Längenausdehnungskoeffizienten α von PVC.

3. Ein zylindrischer Öltank aus Stahl mit einem Fassungsvermögen von 5'000 Litern wird bei einer Temperatur von 0°C mit Heizöl gefüllt. Wie viele Liter dürfen maximal eingefüllt werden, damit der Tank bei einer Temperatur von 40°C nicht überläuft? Der Volumenausdehnungskoeffizient γ von Heizöl beträgt $9.6 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, der Längenausdehnungskoeffizient α von Stahl beträgt $11 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.
Hinweis: Man kann hier nicht einfach rechnen, wie viel Öl bei 40°C überlaufen würden, da diese Menge bei 40° ein anderes Volumen hat als bei 0°C!

4. Eine Gasdruckflasche mit einem Volumen von 150 Litern wird mit Sauerstoff (O₂, 32 g/mol) befüllt. Wie viele Kilogramm Sauerstoff passen in die Flasche, wenn der Maximaldruck von 300 bar auch dann nicht überschritten werden soll, wenn sich die Flasche auf 80°C erwärmt? Wie gross ist das Volumen des gesamten Gases in der Flasche bei einer Temperatur von 20°C und einem Druck von 1 atm (= 101'325 Pa)?

5. Ich fülle einen Plastikbeutel bei einer Temperatur von 25°C und einem Druck von 1 atm (= 101'325 Pa) mit 1 Liter Luft und verschliesse den Beutel luftdicht. Anschliessend versenke ich den Beutel im 11'034 Meter tiefen Marianengraben. Auf welches Volumen verkleinert sich die Gasmenge, wenn auf dem Meeresgrund eine Temperatur von 4°C herrscht? Für den Druck in der Tiefe h gilt: $p = \rho g h$ mit $\rho_{\text{Wasser}} = 1'000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Verwende $g = 9.81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

Fortsetzung auf der Rückseite ...

6. 3 mol eines Gases haben das Volumen V , den Druck p_1 und die Temperatur T_1 . Bei gleichbleibendem Volumen wird die Temperatur verdoppelt und die Menge des Gases so lange erhöht, bis der Druck das 10-fache des anfänglichen Wertes beträgt. Wie viele mol des Gases befinden sich jetzt im Volumen V ? Gehe wie üblich vor und benutze, dass $T_2 = 2 \cdot T_1$ und $p_2 = 10 \cdot p_1$ ist. Die Aufgabe lässt sich auch als Kopfrechnung lösen, wenn man die Zustandsgleichung $pV = nRT$ genau anschaut ...

7. **Volumenausdehnungskoeffizient γ eines idealen Gases:**

Wird ein ideales Gas bei gleichbleibendem Druck p erwärmt oder abgekühlt, so verändert sich sein Volumen. Wie gross ist der Volumenausdehnungskoeffizient γ eines idealen Gases? Dazu lösen wir die bereits bekannte Formel für die temperaturabhängige Volumenausdehnung nach γ auf. V_0 ist hier das Volumen bei der Temperatur $T = 273.15 \text{ K} = 0^\circ\text{C}$.

$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T \iff \gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta T} \quad (1.)$$

Bei gleichbleibendem Druck gilt die Zustandsgleichung nicht nur für absolute Werte bezüglich Volumen und Temperatur, sondern auch für Volumen- und Temperaturänderungen ΔV und ΔT . Dies lässt sich zeigen, indem die Zustandsgleichungen für V_1 T_1 resp. V_2 und T_2 nicht dividiert, sondern subtrahiert werden:

$$\left. \begin{array}{l} pV_1 = nRT_1 \\ pV_2 = nRT_2 \end{array} \right\} \Rightarrow p(V_2 - V_1) = nR(T_2 - T_1) \Rightarrow \underline{p\Delta V = nR\Delta T} \quad (2.)$$

Weiter gilt (bei immer noch gleichem Druck p) für das Volumen V_0 bei der Temperatur $T_0 = 273.15 \text{ K} = 0^\circ\text{C}$:

$$pV_0 = nR \cdot 273.15 \text{ K} \iff \underline{p = \frac{nR \cdot 273.15 \text{ K}}{V_0}} \quad (3.)$$

Mit der Gleichung (3.) lässt sich in der Gleichung (2.) p eliminieren. Wird die resultierende Gleichung so umgestellt und gekürzt, dass sie die Form der Gleichung (1.) bekommt, erhält man den Volumenausdehnungskoeffizienten γ des idealen Gases. Kannst du das (überraschende?) Resultat interpretieren?

Punkteverteilung: alle Aufgaben geben je 4 Punkte.