

Übungen zur Thermodynamik

Computational Science Bachelor

Klaus Morawetz, Weinholdbau, Zi 564, Tel: 531 3146, morawetz@physik.tu-chemnitz.de
www.mpipks-dresden.mpg.de/~morawetz

Teil I: Zustandsgleichungen, Materialparameter

(**HA** Punkte in Klammern, ohne Punkte: im Seminar)

1. Berechnen Sie die Anzahl von H_2 Molekülen in 1cm^3 wenn der Druck $2.66 \cdot 10^4\text{Pa}$ ist und die Moleküle sich mit 2400m/s bewegen würden.
2. Wie groß ist der Druck im Mittelpunkt der Erde bzw. der Sonne ? Wir nehmen Kugeln konstanter Dichte an, mit folgenden Daten: Erdradius $R_e=6.36 \cdot 10^6\text{m}$, Sonnenradius $R_s=6.95 \cdot 10^8\text{m}$, Dichte der Erde $\rho_e=5.52 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ und Dichte der Sonne $\rho_s=1.42 \cdot 10^3\text{kg/m}^3$. Die Graviationsbeschleunigung auf der Sonnenoberfläche beträgt $g_s=274 \text{ m/s}^2$.
Schätzen Sie die Temperatur im Mittelpunkt der Sonne ab. Der Einfachheit halber nehmen wir an, daß sie aus einem idealen Gas von Wasserstoffatomen besteht: Masse der Sonne $M=2.0 \cdot 10^{30}\text{kg}$, eines H-Atoms $m_H=1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.
3. Ein Mensch muß im Durchschnitt mit einer Leistung von 120 W Wärme erzeugen, um am Leben zu bleiben. Wieviel kcal muß er dazu pro Tag in Form von Nahrung zu sich nehmen ? Wie hoch könnte ein Mensch mit 60 kg Körpergewicht pro Tag steigen, wenn man annimmt, daß ein Anteil von 10% des minimalen täglichen Kalorienbedarfs in mechanische Arbeit umgewandelt werden kann ? (**HA** 2P)
4. Berechnen Sie die Ausdehnungs-, Kompressions- und Spannungskoeffizienten für ideale und van der Waals Gase.
5. Quecksilber hat bei 0°C und einem Druck von 1 atm einen Ausdehnungskoeffizient von $1.8 \cdot 10^{-4}\text{K}^{-1}$ und einen Kompressibilitätskoeffizienten von $3.9 \cdot 10^{-6}\text{atm}^{-1}$. Wie erhöht sich der Druck wenn die Temperatur unter konstantem Volumen um 1°C ansteigt (**HA** 2P)?
6. Ein Bimetallstreifen bestehe aus 20cm langen Kupfer und Zink Streifen, die im Abstand von 1mm aneinandergeklebt sind. Am Ende der beiden Streifen sei ein Draht rechtwinklig befestigt. Um welchen Winkel wird dieser ausgelenkt, wenn der Bimetallsreifen von 15°C auf 75°C erwärmt wird ? ($\alpha_{Cu}=14 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$, $\alpha_{Zn}=36 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$) (**HA** 2P)
7. Berechnen Sie die kalorische Zustandsgleichung

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = -p + T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$$

für das ideale und das van der Waals Gas.

8. Zeigen Sie

$$\left(\frac{\partial C_V}{\partial V}\right)_T = T \left(\frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{\alpha}{\kappa}\right)\right)_V$$

$$\left(\frac{\partial C_p}{\partial p}\right)_T = -T \left(\frac{\partial}{\partial T} (\alpha V)\right)_p \quad (\text{HA 5P})$$

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T^2 \left(\frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{P}{T}\right)\right)_V \quad (\text{HA 5P})$$

$$\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T = -T^2 \left(\frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{V}{T}\right)\right)_p \quad (\text{HA 5P})$$

9. Drücken das Verhältnis zwischen isothermen und isentropischem Kompressionskoeffizienten,

$$\kappa = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T \quad \kappa_s = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_s,$$

durch die isobare und isochore spezifische Wärme aus. (HA 4P)

10. Berechnen Sie den Joule -Thomson Koeffizienten für ideale und van der Waals Gase.

11. Zeichnen Sie eine van der Waals-Kurve z.B. für Wasser. Gibt es ein Gebiet mit negativem Druck und hat es eine physikalische Bedeutung ? Was bedeuten die van der Waals Isothermen, die von der Maxwell Konstruktion abweichen ? Lassen sich Zustände dort realisieren ? Wo liegt der Gleichgewichtsdampfdruck ? (HA 4P)

Bestimmen Sie die van der Waals Konstanten für die folgenden Stoffe (HA 1P)

	p_c [bar]	T_c [K]
H_2O	217.5	647.4
C_2O	72.9	304.2
O_2	50.8	154.4
N_2	35	126.1
$Luft$	37.2	132.5
H_2	13	33.3
He	2.26	5.3

Max 30 Punkte