

Thermodynamik 3

Besprechung in der Woche vom 30.04.18 bis 04.05.18

Teil A: Verständnisaufgaben

Aufgabe 1 – Gleichverteilungssatz

Erklären sie kurz die Aussage des Gleichverteilungssatzes.

Aufgabe 2 – 1. Hauptsatz

Wie lautet die mathematische Form des 1. Hauptsatzes? Was sagt dieser qualitativ aus?

Aufgabe 3 – Längen- und Volumenausdehnung

- (a) In der Vorlesung hatten wir die Längenausdehnung von 1,0 m langen Rohren aus Aluminium und Quarzglas gemessen. Dabei wurden die Rohre von Hörsaaltemperatur ($T_1 \approx 25^\circ\text{C}$) mit Wasserdampf auf $T_2 \approx 100^\circ\text{C}$ geheizt. Es wurde eine Ausdehnung von $\Delta L = 1,73\text{ mm}$ und $0,045\text{ mm}$ gemessen. Berechnen Sie aus diesen Angaben die thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Aluminium und Quarzglas. Vergleichen Sie mit Literaturwerten.
- (b) Leiten Sie den Volumenausdehnungskoeffizienten eines idealen Gases her.

Aufgabe 4 – Wärmekapazität

- (a) Skizzieren Sie die Temperaturabhängigkeit der Wärmekapazität C_V eines zweiatomigen Gases.
- (b) Warum ist die Wärmekapazität bei konstantem Druck C_p größer als die Wärmekapazität bei konstantem Volumen C_V ?

Aufgabe 5 – Van-der-Waals Gas und Phasenübergänge

- (a) Auf welchen zusätzlichen/veränderten Annahmen beruht das Van-der-Waals Gas im Gegensatz zum idealen Gas? Gehen Sie hierbei insbesondere auf die Größen a und b in der VdW-Gleichung ein.
- (b) Welchen Phasenübergang kann die Van-der-Waals-Gleichung erklären?
- (c) Wird eine Flüssigkeit kritisch, wenn $T < T_c$ und $p > p_c$?
- (d) Erklären Sie was latente Wärme ist.

Teil B: Rechenaufgaben

Aufgabe 6 – Freie Weglänge von Argon

Im folgenden wollen wir uns mit der mittleren freien Weglänge von Argon bei physikalischen Normalbedingungen ($T = 273,15 \text{ K}$, $P = 1,01325 \text{ bar}$) befassen. Argon hat einen Atomradius von $0,19 \text{ nm}$.

- Wie hängt die mittlere freie Weglänge vom Gasdruck ab?
- Wie groß ist diese für Argon bei physikalischen Normalbedingungen?
- Ab welchem Druck in einer großen Vakuumkammer mit dem Durchmesser $d = 50 \text{ cm}$ stoßen die Moleküle des Restgases in der Kammer nur noch mit den Wänden und nicht mehr untereinander?

Aufgabe 7 – Thermodynamische Freiheitsgrade

- Bestimmen Sie die Anzahl der Freiheitsgrade des Gases O_2 .
- Bestimmen Sie die Anzahl der Freiheitsgrade des Gases H_2O (Wasserdampf).
- Wie viele Freiheitsgrade hat die Molekülschwingung eines Atoms im (klassischen) Festkörper?

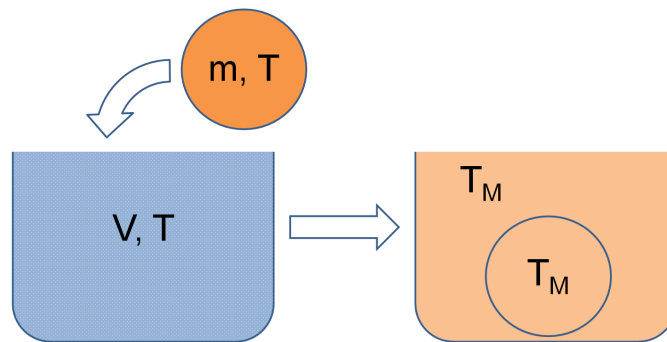
Aufgabe 8 – Mechanisches Wärmeäquivalent

In der Vorlesung hatten wir gemessen, wie stark das Senken einer Masse im Schwerfeld eine gewisse Menge Wasser erwärmt. Im Versuch wurde eine Masse von 5 kg insgesamt um 30 m abgesenkt (durch das Drehen einer Achse). Dabei wurden $m_W = 60 \text{ g}$ Wasser und insgesamt $m_{Cu} = 130 \text{ g}$ Kupfer um $\Delta T = 5 \text{ K}$ erwärmt. Die spezifische Wärmekapazität von Kupfer beträgt $c_{Cu} = 385 \text{ J}/(\text{kg K})$.

- Berechnen Sie aus diesen Angaben die spezifische Wärmekapazität von Wasser c_W .
- Vergleichen Sie das Ergebnis der letzten Teilaufgabe mit dem Literaturwert für die Wärmekapazität von Wasser, d.h. mit der Definition der Kalorie.
- Vergleichen Sie den angegebenen Wert von c_{Cu} mit der Vorhersage für die molare Wärmekapazität von Festkörpern nach Dulong-Petit.
- Sie trinken schnell eine Maß ($1,0 \text{ l}$) Bier (Schanktemperatur 8°C ; Sie können die Wärmekapazität von Bier durch Wasser nähern). Vergleichen Sie den Verlust an Wärmeenergie Ihres Körpers mit dem Energiegewinn durch den "Brennwert" des Bieres. *Achtung: "Essenskalorien" sind Kilokalorien!*

Aufgabe 9 – Kalorimetrie

Ein beliebtes experimentelles Verfahren zum Bestimmen der Wärmekapazität eines Stoffes, ist die sogenannte Kalorimetrie. Hierbei wird ein Wasserbad bekannten Volumens verwendet und der Stoff, der vermessen werden soll, zunächst gewogen, dann auf eine festgelegte Temperatur erhitzt und anschließend in das Wasserbad geworfen, wo die Temperaturerhöhung des Wassers gemessen wird. Anschließend kann aus der Mischtemperatur, die sich einstellt, die Wärmekapazität (bezüglich Masse) des Stoffes bestimmt werden.



Im Folgenden soll die Wärmekapazität von Marmor bestimmt werden. Dazu wird ein Block Marmor mit Masse $m = 2,5 \text{ kg}$ zunächst auf $T_{\text{Marmor}} = 85,0^\circ\text{C}$ erhitzt und anschließend in ein Wasserbad von 10 Liter Wasser mit Temperatur $T_{\text{H}_2\text{O}} = 20,0^\circ\text{C}$ geworfen. Es bildet sich nun ein thermisches Gleichgewicht mit Mischtemperatur $T_M = 23,25^\circ\text{C}$. Berechnen Sie die spezifische Wärmekapazität von Marmor. Die spezifische Wärmekapazität von Wasser beträgt $c_{\text{H}_2\text{O}} = 4,186 \text{ kJ}/(\text{kg K})$.

Aufgabe 10 – Teilchengeschwindigkeit in der Sonne

Im inneren der Sonne wird die Teilchendichte der Protonen und der Elektronen auf $5 \cdot 10^{29} \text{ m}^{-3}$ geschätzt. Die Temperatur beträgt etwa $1,5 \cdot 10^7 \text{ K}$.

1. Welche mittlere Energie haben die Protonen und Elektronen?
2. Vergleichen Sie diesen Wert mit der Ionisierungsenergie $E_H = 13,6 \text{ eV}$ des H-Atoms.
3. Wie groß sind ihre mittleren Geschwindigkeiten?
4. Wie groß ist der Druck p ?