

Übungen zur Thermodynamik und Quantenstatistik

Blatt 9 (für die Übungen in der Woche vom 23.06.)

Aufgabe 1 Chemisches Potential für ideales Gas

- Geben Sie das chemische Potential $\mu(T, P)$ für ein ideales Gas mit der Wärmekapazität $C_V(T, N)$ an.
- Was ergibt sich speziell für das einatomige Gas mit $C_V = \frac{3}{2}Nk_B$? Wählen Sie den Nullpunkt von μ so, dass $\mu(T = 0, P) = 0$.

Aufgabe 2 Siedetemperatur von Wasser auf der Zugspitze

Bei Normaldruck $P \approx 1$ bar (auf Meereshöhe) siedet Wasser bei $T \approx 373$ K (oder 100°C).

- Schätzen Sie die Siedetemperatur von Wasser auf der Zugspitze (Höhe ca. 3 km) ab. Benutzen Sie dabei die barometrische Höhenformel $P(z) = P(0) \exp(-mgz/k_B T)$, die in Kap. 4.3 der Vorlesung hergeleitet wird. Hierbei ist m die mittlere Masse eines Luftmoleküls und z die Höhe über dem Meeresspiegel. Die Verdampfungsenthalpie von Wasser ist $q \approx 4 \cdot 10^4$ J/mol. Der Wasserdampf kann als ideales Gas behandelt werden, und das Wasservolumen kann gegenüber dem Gasvolumen vernachlässigt werden. Nehmen Sie an, dass die Steigung dP_d/dT entlang der Dampfdruckkurve näherungsweise konstant ist.
- Diskutieren Sie die Näherungen, die in die Rechnung von Teil a) eingehen.

Aufgabe 3 Sieden einer Salzlösung auf der Zugspitze

Mit welcher Salzkonzentration siedet Wasser auf der Zugspitze bei 100°C ?

Hinweis: Es empfiehlt sich, zunächst Aufgabe 2 zu bearbeiten.

Aufgabe 4 Dichteprofil der Erdatmosphäre

Bestimmen Sie für eine Luftsäule (Grundfläche A) im homogenen Schwerfeld $\vec{g} = -g\hat{z}$ die Teilchendichte $n(z) = N/V$. Behandeln Sie die Luft dabei als ideales Gas mit $c_V(T) = \text{const.}$

- Konvektives Gleichgewicht (Wind oder Konvektion): Die Entropie ist konstant, $S(z) = \text{const.}$ Bestimmen Sie $n(z)$ aus der Bedingung minimaler Energie. Geben Sie zunächst den Zusammenhang zwischen der Temperatur T und der Dichte $n = N/V$ für $dS = 0$ an, und die Energiedichte E/V als Funktion von z und $n(z)$. Bestimmen Sie dann die Energie $E[n]$ als Funktional von $n(z)$ und minimieren Sie diese, d.h. lösen Sie die Euler-Lagrange-Gleichung.
- Barometrische Höhenformel: Die Temperatur ist konstant, $T(z) = \text{const.}$ Bestimmen Sie $n(z)$ aus der Bedingung minimaler freier Energie. Geben Sie dazu die freie Energie $F[n]$ als Funktional von $n(z)$ an und verfahren Sie ähnlich wie in a).