

**Übungsblatt 5** (zu bearbeiten bis 22.11.2013)**Aufgabe 22: Herleitung der Adiabaten Gleichung aus dem totalen Differential der Entropie**

Leiten Sie aus der Gleichung für das totale Differential der Entropie des idealen Gases, $dS = nR d \ln V + n c_v d \ln T$, die Gleichung $TV^{\gamma-1} = \text{const}$ (mit $\gamma = c_p/c_v$) für die reversible adiabatische Expansion des idealen Gases her!

Aufgabe 23: Kinetische Gastheorie, Temperatur und kinetische Energie

Wie hoch ist die Temperatur von Xenon, wenn die Xe-Atome dieselbe mittlere quadratische Geschwindigkeit besitzen wie Helium-Atome bei 300 K? Berechnen Sie für beide Gase die molare Innere Energie bei der jeweiligen Temperatur!

Aufgabe 24: Freiheitsgrade und Gleichverteilungssatz der Energie

Ein System A enthält 1 mol Argon bei einer Temperatur von 700 K. Ein zweites System B enthält 2 mol Iod (I_2 , gasförmig) und hat eine Temperatur von 1000 K. Welche Temperatur stellt sich ein, wenn die Systeme A und B über eine diathermische Wand ins thermische Gleichgewicht gebracht werden? Hinweis: Verwenden Sie zur Berechnung der erforderlichen Wärmekapazitäten keine Tabellenwerte, sondern den Gleichverteilungssatz der Energie. Nehmen Sie dabei an, dass alle Freiheitsgrade vollständig angeregt sind.

Aufgabe 25: Statistische Thermodynamik, statistisches Gewicht, Mikro- und Makrozustände

Betrachten Sie ein abgeschlossenes System aus 21 gleichartigen Molekülen, die jeweils in 5 verschiedenen Energiezuständen (ε_0 bis ε_4) vorliegen können. Die Energie eines Molekülzustandes i ($i = 0, 1, 2, 3, 4$) sei $\varepsilon_i = i \cdot \varepsilon_1$ mit $\varepsilon_1 = k \cdot 300 \text{ K}$, wobei k die Boltzmann-Konstante ist. Die Gesamtenergie des Systems betrage $21 \varepsilon_1$.

- Geben Sie einen allgemeinen Ausdruck für die Zustandssumme eines Moleküls an und berechnen Sie diese explizit für die Temperaturen 0 K, 300 K und 3000 K! Welchem Grenzwert nähert sich z für $T \rightarrow \infty$?
- Wie groß ist das statistische Gewicht eines Makrozustandes A, in dem sich alle Moleküle im Zustand ε_1 befinden?
- Der Makrozustand A geht in einen Makrozustand B über, indem *ein* Molekül Energie an ein anderes abgibt und dabei von ε_1 nach ε_0 geht. Welche weiteren Folgen hat dieser Vorgang, und wie groß ist das statistische Gewicht des resultierenden Makrozustandes B?
- Wie groß ist das statistische Gewicht des Makrozustandes C, bei dem 7 Teilchen nach ε_0 , je eines nach ε_3 und ε_4 , sowie zwei nach ε_2 gegangen sind (ausgehend von Zustand A)?

Aufgabe 26: Boltzmann-Verteilung

Die Energiezustände eines harmonischen Oszillators werden durch $\varepsilon_i = h\nu(n + 1/2)$ (mit $n = 0, 1, 2, \dots$) beschrieben. Der Grad der Besetzung dieser Zustände hängt von der Temperatur ab, was spektroskopische Temperaturmessungen über große Entfernungen ermöglicht. Berechnen Sie die Temperatur von CO_2 , wenn für die Biegeschwingung Π_u ($\nu = 2.00 \cdot 10^{13} \text{ s}^{-1}$) das Besetzungsverhältnis der Zustände $n = 1$ und $n = 0$ den Wert von 0.1315 annimmt. Welches Besetzungsverhältnis erwartet man bei dieser Temperatur für die antisymmetrische Streckschwingung (Σ_u , $\nu = 7.04 \cdot 10^{13} \text{ s}^{-1}$) von CO_2 ?