

5. Übungsblatt (zu bearbeiten bis 08.06.2009)

23. Leiten Sie aus der Gleichung für das totale Differential der Entropie des idealen Gases,  $dS = nR d\ln V + nc_v d\ln T$ , die Gleichung  $TV^{\gamma-1} = \text{const}$  (mit  $\gamma = c_p/c_v$ ) für die reversible adiabatische Expansion des idealen Gases her!
24. Wie hoch ist die Temperatur von Xenon, wenn die Xe-Atome dieselbe mittlere Geschwindigkeit besitzen wie Helium-Atome bei 300 K? Berechnen Sie für beide Gase die molare Innere Energie bei der jeweiligen Temperatur!
25. 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.
26. Betrachten Sie ein abgeschlossenes System aus 21 gleichartigen Molekülen, die jeweils in 5 verschiedenen Energiezuständen ( $\varepsilon_0$  bis  $\varepsilon_4$ ) vorliegen können. Die Energie eines Molekülzustandes  $i$  ( $i = 0,1,2,3,4$ ) sei  $\varepsilon_i = i \cdot \varepsilon_1$  mit  $\varepsilon_1 = k \cdot 300\text{K}$ ; die Gesamtenergie des Systems betrage  $21 \varepsilon_1$ .
- Geben Sie einen allgemeinen Ausdruck für die Zustandssumme dieses Systems 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  $\varepsilon_1$  befinden?
  - Der Makrozustand A geht in einen Makrozustand B über, indem ein Molekül Energie an ein anderes abgibt und dabei von  $\varepsilon_1$  nach  $\varepsilon_0$  geht. Welche weiteren Folgen hat dieser Vorgang, und wie groß ist das statistische Gewicht des resultierenden Makrozustands B?
  - Wie groß ist das statistische Gewicht des Makrozustandes C, bei dem 7 Teilchen nach  $\varepsilon_0$ , je eines nach  $\varepsilon_3$  und  $\varepsilon_4$ , sowie zwei nach  $\varepsilon_2$  gegangen sind (ausgehend von Zustand A)?
27. 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  $\text{CO}_2$ , wenn für die Biegeschwingung  $\Pi_u$  ( $\nu = 2.00 \cdot 10^{13} \text{ s}^{-1}$ ) das Besetzungsverhältnis der Zustände  $n = 1$  und  $n = 0$  den Wert von 0.1315 annimmt. Welches Besetzungsverhältnis erwartet man bei dieser Temperatur für die asymmetrische Streckschwingung ( $\Sigma_u$ ,  $\nu = 7.04 \cdot 10^{13} \text{ s}^{-1}$ ) von  $\text{CO}_2$ ?
28. Die beobachteten Boyle-Temperaturen von  $\text{H}_2$  und  $\text{N}_2$  betragen 110 K und 327 K. Vergleichen Sie diese Werte mit denen, die für ein van der Waals-Gas mit den entsprechenden van der Waals-Parametern (siehe Vorlesung) berechnet wurden.