



36. Debye-Approximation

(11 Punkte)

Einen Festkörper aus N Atomen kann man näherungsweise als ein System von $3N$ ungekoppelten, linearen harmonischen Oszillatoren betrachten. Die Frequenzen dieser Oszillatoren bezeichnen wir mit ω_j , wobei $j = 1, 2, \dots, 3N$ ist. Grundlegende Annahme des *Einstein-Modells* war $\omega_j = \omega_E$ für alle j . Im *Debye-Modell* wird dagegen für jeden Oszillator eine lineare Dispersionsrelation angesetzt mit

$$\omega_m = c_S k_m \quad ,$$

wobei c_S die konstante und für alle Moden gleiche Schallgeschwindigkeit bezeichnet.

- (a) Bestimmen Sie die Zustandsdichte $D(\omega)$ in der Debye-Theorie. Warum können Sie dabei analog zum Fermi- und Bosegas vorgehen?
- (b) Die *Debye-Funktion* ξ ist durch

$$\xi(y) = \frac{3}{y^3} \int_0^y \frac{x^3 dx}{\exp(x) - 1}$$

definiert. Drücken Sie $\ln \mathcal{Z}$ und U durch ξ und die Debye-Temperatur Θ_D aus.

- (c) Nutzen Sie die Ergebnisse von Teil (b) nun zur Bestimmung von C_V im Rahmen der Debye-Theorie.
 - i. Zeigen Sie, dass sich im Grenzfall $T \gg \Theta_D$ das Gesetz von Dulong-Petit ergibt. Ist dieses Resultat abhängig von der konkreten Form der Zustandsdichte?
 - ii. Bestimmen Sie C_V im Grenzfall $T \ll \Theta_D$. *Hinweis:* $\int_0^\infty dx \frac{x^3}{\exp(x)-1} = \frac{\pi^4}{15}$.

37. Ein Besuch beim Yeti

(5 Punkte)

Der Bergsteiger Reinhold M. kommt von einer seiner Expeditionen zurück und erwähnt am Rande einer Erzählung über sein x -tes Treffen mit dem Yeti, dass er sich auf dem Mount Everest die Hände in siedendem Wasser waschen konnte, ohne sich zu verbrennen. Glauben sie ihm das? Berechnen Sie dazu die Siedetemperatur von Wasser auf dem Mount Everest. Die Verdampfungswärme von Wasser ist 40 kJ/mol und die Dichte von Luft beträgt unter Normalbedingungen 1.293 kg/m^3 .

Bitte wenden \rightarrow

38. Tripelpunkt von Wasser

(4 Punkte)

Bestimmen Sie approximativ den Tripelpunkt von Wasser mit Hilfe der unten angegebenen Messdaten. Entwickeln Sie dazu $p(T)$ um T_0 bis zur ersten Ordnung. Geben Sie zum Vergleich auch die Literaturwerte für Temperatur und Druck am Tripelpunkt an.

Ein paar experimentelle Daten zu Wasser:

- Der Dampfdruck von Wasserdampf beträgt $p_1 = 6.105 \cdot 10^2$ Pa bei $T_1 = 0^\circ\text{C}$ und $p_2 = 6.567 \cdot 10^2$ Pa bei $T_2 = 1^\circ\text{C}$.
- Die spezifischen Volumina von Eis und Wasser sind bei $T_0 = 0^\circ\text{C}$ und $p_0 = 1.013 \cdot 10^5$ Pa $V_{Eis} = 1.091 \cdot 10^{-3}$ m³/kg sowie $V_{Wasser} = 1.000 \cdot 10^{-3}$ m³/kg.
- Die latente Wärme von Eis ist $l_m = 334.94$ kJ/kg.

Hinweise:

- Dies ist der letzte Übungszettel! Sie haben es geschafft! :-)
- Am 28.01. wird ein Klausurvorbereitungsblatt ausgegeben, das jedoch nicht mehr korrigiert wird.
- Die Klausur findet am Fr., 12.02.2010 von 9.30-12.30 Uhr in MS 3.1 statt. Hilfsmittel sind nicht zugelassen, Papier wird gestellt.