

4. Übungsblatt – Statistische Physik I**Abgabe: Mittwoch** 21.05.2008 bis 12:00**Aufgabe 8 (10 Punkte): Polarisation**

Betrachten Sie ein verdünntes Gas bestehend aus zweiatomigen Molekülen. Jedes Molekül soll ein Dipolmoment μ besitzen. Angenommen das Gas befindet sich in einem elektrischen Feld \mathbf{E} , welches in z-Richtung orientiert ist (d.h. $\mathbf{E} = (0, 0, E)$). Für ein solches System ergibt sich die Energie zu

$$H = H_{trans} + \frac{1}{2I}(p_\theta^2 + \frac{p_\phi^2}{\sin^2 \theta}) - \mu E \cos \theta,$$

wobei mit I das Trägheitsmoment bezeichnet wurde.

- (a) Bestimmen Sie die Polarisation \mathbf{P} .
- (b) Zeigen Sie, dass für schwache Felder die Dielektrische Verschiebung \mathbf{D} wie folgt genähert werden kann:

$$\mathbf{D} = \epsilon_0 \mathbf{E} + \frac{N\beta\mu^2}{3V} \mathbf{E}$$

Hinweis: Schreiben Sie die Zustandssumme in $Z = Z_1 Z_{rot}$ und bestimmen Sie nur den Anteil explizit, den Sie für die Berechnung der Polarisation benötigen.

Aufgabe 9 (10 Punkte): Virialentwicklung

Im Gegensatz zu idealen Fluiden zeichnen sich reale Fluide durch eine Wechselwirkung der Partikel untereinander aus. Nimmt man an, dass außer der Zweiteilchenwechselwirkung Mehrteilchenwechselwirkungen vernachlässigbar sind, dann wird ein klassisches System durch

$$H = \sum_i \frac{\mathbf{p}_i^2}{2m} + \sum_{i < j} \phi_{ij},$$

beschrieben, wobei mit $\phi_{ij} = \phi(|\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j|)$ das Zweiteilchenpotential bezeichnet wurde. Die thermische Zustandsgleichung des obigen Systems unterscheidet sich von der idealen Zustandsgleichung. Die Abweichung in der Ordnung (V/N) wird durch die Virialentwicklung angegeben

$$\frac{p}{kT} = \frac{N}{V} \left(1 + B_2(T) \frac{N}{V} + B_3(T) \left(\frac{N}{V} \right)^2 + \dots \right),$$

wobei $B_2(T), B_3(T), \dots$ zweiter, dritter, ... Virialkoeffizient heißt. Der zweite Virialkoeffizient entspricht dem Integral

$$B_2(T) = -\frac{1}{2} \int_V d^3r f(r) \quad \text{über die Mayer Funktion} \quad f(r) = e^{-\beta\phi(r)} - 1.$$

Betrachten Sie nun das folgende molekulare Potenzial

$$\phi(r) = \begin{cases} \infty & 0 \leq r \leq r_0 \\ -\epsilon & r_0 < r \leq r_1 \\ 0 & r_1 < r < \infty. \end{cases}$$

- (a) Bestimmen Sie den zweiten Virialkoeffizienten $B_2(T)$ analytisch.
- (b) Stellen Sie das Potenzial als auch $B_2(T)$ graphisch dar (mit Mathematica).
- (c) Bei welcher Temperatur (kleine Drücke) verhält sich obiges Modellgas wie ein ideales Gas?

Vorlesung

- Mittwoch 12:15 - 13:45, Raum EW 201
- Donnerstag 14:15 - 15:45, Raum EW 202

Übung:

- Dienstag 10:00- 11:30, Raum EW 731

Scheinkriterien:

- Mindestens 50% der Übungspunkte (Abgabe in Zwei/Dreiergruppen).
- Regelmäßige und aktive Teilnahme in der Übung

Sprechzeiten:

- Sabine Klapp: nach Vereinbarung EW 707, Tel: 23159 / 23763
- Kathy Lüdge: Donnerstag, 14–15 Uhr im EW 741, Tel: 23002