

Statistische Physik - Theorie der Wärme
(PD Dr. M. Falcke)

Übungsblatt 5: Van-der-Waals Gas / Kanonisches Ensemble

Aufgabe 1

(2 Punkte)

Leiten Sie aus der in der Vorlesung berechneten Zustandssumme des van-der-Waals Gases

$$Z = \frac{(V - V_0)^N}{\lambda^{3N} N!} e^{\frac{N^2 a}{V k T}}$$

- (a) die thermische Zustandsgleichung $p = p(V, T)$,
- (b) die kalorische Zustandsgleichung $E = E(V, T)$,
- (c) sowie die spezifische Wärme C_V

ab und vergleichen Sie die Ergebnisse mit denen des idealen Gases.

Aufgabe 2

(4 Punkte)

Ein ideales Gas von N ununterscheidbaren Molekülen der Masse m sei in einem zylindrischen Volumen mit Basisfläche A und Höhe h enthalten.

- a. Berechnen Sie die Zustandssumme für das System, unter Berücksichtigung des Beitrages der Schwerkraft.
- b. Berechnen Sie die mittlere Energie (innere Energie) des Systems.
- c. Unter welcher Bedingung kann der Beitrag der Schwerkraft vernachlässigt werden? Betrachten Sie als Beispiel ein Gas bestehend aus Sauerstoffmolekülen in einem 1 Meter hohen Zylinder. Die inneren Freiheitsgrade der Sauerstoffmoleküle sollen hier vernachlässigt werden.

Aufgabe 3

(4 Punkte)

- a. Zeigen Sie, daß der Betrag der elektrischen Polarisation P eines idealen Gases, dessen N Moleküle jeweils ein elektrisches Dipolmoment vom Betrag μ tragen, gegeben ist durch

$$P = \frac{N}{V} \mu \left(\coth \left(\frac{\mu E}{k_B T} \right) - \frac{k_B T}{\mu E} \right)$$

wobei V das Volumen des Gases und E die Stärke des äußeren elektrischen Feldes ist.

- b. Zeigen Sie, daß in kleinen elektrischen Feldern, d.h. $\mu E \ll k_B T$, die dielektrische Konstante ϵ_r des Gases die Relation

$$\epsilon_r = 1 + \frac{1}{\epsilon_0} \frac{N}{V} \frac{\mu^2}{3k_B T}$$

erfüllt.

Hinweis: Welcher Zusammenhang besteht zwischen der dielektrischen Verschiebung und der Polarisierung? Wie hängen das elektrische Feld und die Polarisierung für kleine Feldstärken zusammen?

Abgabetermin: Mittwoch, 22.11.2006 vor Beginn der Vorlesung.