

Übungen zur Vorlesung Physik 3 – Präsenzblatt 11

Sommersemester 2019*

(Dated: kein Abgabetermin, da Präsenzaufgaben)

I. SPIN IM MAGNETFELD

Berechnen Sie die mittlere Energie $\langle E(T) \rangle$ eines e- Spins in einem B-Feld in +z-Richtung als Fkt. von C . Der Spin sei an ein Bad bei T gekoppelt ist.

Erinnerung: $E_{\uparrow,\downarrow} = -\mu \cdot B_z = -(-g_e \mu_B) B_z \cdot (\pm \frac{1}{2}) \equiv \pm C$

II. HARMONISCHER OSZILLATOR PRÄSENZAUFGABE

- Gegeben sei ein 1D harmonischer Oszillator mit Frequenz ω im Kontakt mit einem Reservoir der Temperatur T . Berechnen Sie die mittlere Energie $\langle E(T) \rangle$. Setzen Sie dabei den Energienullpunkt so, dass $E_n = n \cdot \hbar\omega$.
Tipp: Rechnen Sie erst einmal Z aus.

III. PARAMAGNETISMUS BEI ENDLICHEN TEMPERATUREN (PRÄSENZAUFGABE)

Gegeben sei das übliche N Spinsystem in einem gegebenen Magnetfeld $B > 0$. Die Bedingungen für den Makrozustand sind also: N fest (aber sehr groß) und B fest. E_{Zeeman} ist frei. Ziel der Aufgabe ist es, die mittlere Magnetisierung $\frac{\langle \mu_{\text{tot}} \rangle}{N} = \langle d \rangle \frac{g_e \mu_B}{N}$ bzw. $\langle d \rangle$ als Funktion von T zu berechnen:

- Berechnen Sie die Entropie als Funktion von E_{Zeeman} (kurz E_z) und N , also $S(E_z, N)$, wobei die Gesamtenergie durch E_z gegeben ist. Benutzen Sie dabei die Näherungsformel für $g = g(N, d = 0) * \exp[-2 \left(\frac{d}{\sqrt{N}} \right)^2]$.
- Berechnen Sie die Temperatur als Funktion von E_z und N im thermischen Gleichgewicht. Benutzen Sie dabei die Formel $1/T = (\partial S / \partial U)_N$.
- Formen Sie die entstandene Formel so um, dass Sie einen Wert für die mittlere Magnetisierung $\langle \mu_{\text{tot}}(T) \rangle$ bzw. einfacher $\langle d(T) \rangle$ als Funktion der Temperatur erhalten.

IV. IDEALES GAS + ENTROPIE (PRÄSENZAUFGABE)

- Sei $g(U) = C \cdot U^{3N/2}$, wobei C eine Konstante ist. Zeigen Sie, daß $U = 3/2 N k_B T$ ist.

V. HELIUMATOM (PRÄSENZAUFGABE)

In einer abgeschlossenen Box (wärmeundurchlässig) befinden sich zwei unterscheidbare Heliumatome. Der Energienullpunkt sei als der Punkt definiert, bei dem beide Heliumatome im Grundzustand sind (dann wäre $U_{\text{Box}} = 0$).

*Diese Aufgaben werden ausdrücklich auch für Lehramtsstudierende empfohlen.

Berechnen Sie die Entropie, wenn die Gesamtenergie $40.8\text{eV} = 54.4\text{eV} - 13.6\text{eV}$ ist (also Energie für genau eine Anregung vorhanden ist). Für diese Aufgabe vernachlässigen wir die Wechselwirkung zwischen den beiden Elektronen im Helium, d.h. wir arbeiten mit dem Energieschema im Kapitel Mehrelektronenatome auf Seite 34, links.