

Statistische Physik und Thermodynamik

WS 2010/2011, Studienziel Bachelor, TP-4

Dozent: F. Marquardt Übungen: B. Kubala

Übungsblatt 5 Abgabe: 25.11. 2010

Präsenzaufgaben

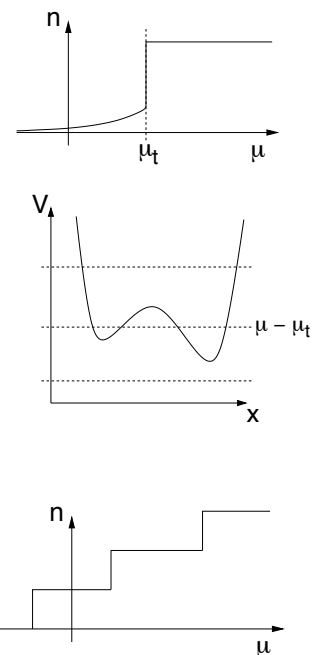
Aufgabe 12: Chemisches Potential

Das chemische Potential ist sehr nützlich zur Behandlung inhomogener Probleme, die mit seiner Hilfe auf das homogene Problem zurückgeführt werden können.

a) Für ein homogenes Problem sei der Zusammenhang von Dichte, Temperatur und chemischem Potential, $n = n_{\text{hom}}(\mu, T)$ bekannt (siehe Skizze).

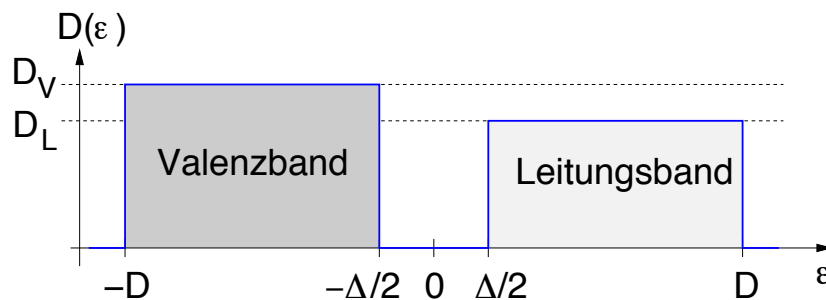
Skizzieren Sie die Dichteverteilung im skizzierten inhomogenen Potential für die angegebenen verschiedenen Werte des chemischen Potential.

b) Für einen sogenannten Mott-Isolator Zustand findet man die gezeigte stufenförmige Abhängigkeit der Dichte vom chemischen Potential. Skizzieren Sie die Dichteverteilung in einem harmonischen Potential für verschiedene Werte des chemischen Potential. Solche Dichteverteilungen wurden in Experimenten mit kalten Atomen beobachtet.



Aufgabe 13: Chemisches Potential in Halbleitern

Die Zustandsdichte eines (zweidimensionalen) Halbleiters mit Valenz- und Leitungsband kann wie unten skizziert angenommen werden. Das chemische Potential befindet sich bei $T = 0$ in der Mitte der Bandlücke.



Wie ändert sich das chemische Potential, wenn die Temperatur erhöht wird? Skizzieren Sie zunächst die energieaufgelösten Ladungsträgerdichten, $D_{V/L}f(\epsilon)$, in Valenz- und Leitungsband und finden Sie die Temperaturabhängigkeit von μ für kleine Temperaturen, $k_B T \ll \Delta$ in Abhängigkeit von D_V und D_C (Die Bandweite D ist dabei viel größer als die Bandlücke Δ).

Hausaufgaben

Hausaufgabe 10: Adsorption an Oberflächen

(7 Punkte)

Die Atome eines Gases in einem Behälter können an den Wänden des Behälters gebunden werden. Die Behälteroberfläche habe dabei insgesamt M Plätze, an denen maximal ein Atom gebunden werden kann. Die Bindungsenergie für ein Atom sei $-u < 0$.

a) Man betrachte die an der Oberfläche adsorbierten Atome als ein System, das an ein Reservoir (das System der Gasatome) mit Teilchenaustausch gekoppelt ist. Berechnen Sie die großkanonische Zustandssumme $Z(T, \mu)$ für das System der adsorbierten Atome. Zeigen Sie dabei explizit, dass die Zustandssumme faktorisiert in Zustandssummen für die einzelnen Plätze der Oberfläche.

b) Berechnen und skizzieren Sie die mittlere Zahl $\langle N \rangle$ der adsorbierten Atome in Abhängigkeit von Bindungsenergie und chemischem Potential. Unterscheiden sich die chemischen Potentiale für die adsorbierten Atome und für die freien Gasatome?

Hausaufgabe 11: Fluktuationen

(5 Punkte)

Wie in der Vorlesung betrachten wir ein Teilvolumen V_1 eines Gases, in dem die Teilchenzahl N_1 durch Teilchenaustausch mit dem Restsystem fluktuiert. Die Fluktuationen der Teilchenzahl $\langle \delta N_1^2 \rangle$ sind dann

$$\langle \delta N_1^2 \rangle = k_B T \left(\frac{\partial^2 F_1}{\partial N_1^2} \right)^{-1} = k_B T \frac{\bar{N}_1}{V_1} \bar{N}_1 \kappa_T^{(1)}.$$

a) Bestimmen Sie daraus die Fluktuationen der Teilchendichte $n = N_1/V_1$ im Volumen V_1 . Begründen Sie die gefundene Abhängigkeit von V_1 . Vergleichen Sie mit den Dichteschwankungen, die Sie für den Fall eines variablen Volumens (wie früher in der Vorlesung behandelt) finden.

b) Berechnen Sie die relativen Dichteschwankungen $\sqrt{\langle \delta n^2 \rangle}/n$ bei Normaldruck für 1 l Wasser bei Raumtemperatur ($\kappa_T = 5 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}$) und für 1 l Wasserdampf bei 200°C ($\kappa_T \approx 1/p = (10^5 \text{ Pa})^{-1}$).