

7. Übungsblatt

Verteilung 6. November 2007
Besprechung 14./15. November 2007Thema: *Freie Elektronen***Aufgabe 1:** *(Fermi-)Druck der Elektronen in Cu*

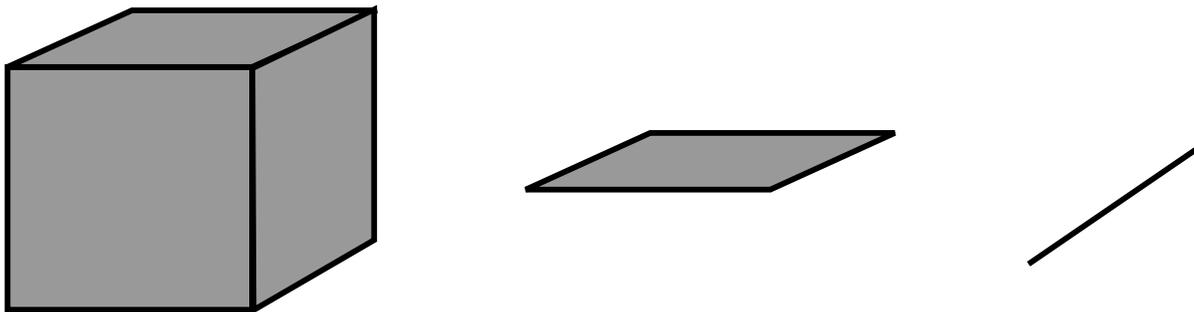
Geben Sie den Druck eines Gases aus nicht wechselwirkenden Elektronen bei Temperatur $T = 0\text{ K}$ an. Die Elektronen besetzen die möglichen Energiezustände nach der Fermi-Dirac-Statistik. Wie gross ist der Druck der Elektronen in Kupfer? Vergleichen Sie diesen mit dem normalen Luftdruck.

Hinweis: Benutzen Sie folgende thermodynamische Beziehung: $p = -(\partial E / \partial V)_{T,N}$. Die Elektronendichte in Cu beträgt $8.47 \cdot 10^{28} / \text{m}^3$.

Aufgabe 2: *Niedrigdimensionale Elektronensysteme*

Elektronische Strukturen mit eingeschränkter Dimension lassen sich an Grenzflächen verschiedener Halbleitermaterialien herstellen. Zweidimensionale Elektronengase treten beispielsweise an der Grenzfläche zwischen Silizium und Siliziumdioxid in sogenannten MOSFETs auf (MOSFET: Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor), die eine grosse Rolle in der heutigen Halbleiterelektronik spielen.

Ausgehend von solchen zweidimensionalen Elektronensystemen lassen sich durch laterale Einschränkung der Elektronenbewegung mit lithographischen Methoden auch ein- und nulldimensionale Strukturen realisieren (sog. Quantendrähte, bzw. Quantenpunkte oder auch 'künstliche Atome').



1. Berechnen Sie die Zustandsdichte für Elektronen in 2- und 1-dimensionalen Elektronensystemen. Nehmen Sie an, dass die Dispersionsrelation durch

$$E(\mathbf{k}) = \frac{\hbar^2 \mathbf{k}^2}{2m}$$

gegeben ist (Achtung: Spin-Entartung). Wie sieht die Zustandsdichte für Elektronen in einem 0-dimensionalen System aus? Stellen Sie die Zustandsdichten als Funktion der Energie graphisch dar.

2. Geben Sie den Fermi-Wellenvektor k_F für den 1D- und den 2D-Fall als Funktion der Elektronendichte n an. Beachten Sie, dass in einem 2D-System die Dichte der Elektronen pro Einheitsfläche und in einem 1D-System die Dichte der Elektronen pro Einheitslänge angegeben wird.

Aufgabe 3: *Fermifläche in zwei Dimensionen*

Betrachten Sie ein rechteckiges Gitter mit den Gitterkonstanten $a_1 = 2\pi \text{ \AA}$ und $a_2 = \pi \text{ \AA}$ mit einem Atom pro Gitterplatz. Jedes Atom gebe drei Valenzelektronen ab, die sich im Kristall wie freie Elektronen bewegen. Zeichnen Sie die Fermifläche im reduzierten Zonenschema.