Übungen zur Physik V: Festkörperphysik (WS 2010/2011)
A. Ustinov / G. Fischer

Übungsblatt 8
Besprechung am 16. Dezember 2010

Aufgabe 1

a) Schätzen Sie für eine primitive Elementarzelle eines Natriumkristalls (Gitterkonstante a) bei 300 K die mittlere thermische Volumenausdehnung $\Delta V/V$ ab. Nehmen Sie dazu den Kompressionsmodul B als zweite Ableitung der potentiellen Energie U nach der Volumenänderung ΔV an: $B = V\frac{d^2U(\Delta V)}{d(\Delta V)^2}$. Beachten Sie, dass die Debye-Temperatur mit 158 K geringer als 300 K ist, so dass Sie eine klassische Betrachtung machen können.

b) Benutzen Sie das obige Ergebnis, um die mittlere thermische Schwankung $\Delta a/a$ der Gitterkonstanten abzuschätzen.

   Zahlenwerte: $B = 7 \cdot 10^9 J/m^3$ und $a = 4,225$ Å.

Aufgabe 2

a) Zeigen Sie mit Hilfe der Drude-Theorie, dass bei einem Strom von Ladungen im elektrischen Feld $\vec{E}$ ein Elektron an das Gitter die Energie $< u >= (eE\tau)^2/m$ pro Stoß (gemittelt über mehrere Stöße) abgibt.

   Hinweis: Um den mittleren Energieverlust pro Stoß zu berechnene, braucht man die Stoß-Wahrscheinlichkeit.

b) Zeigen Sie, dass damit die gesamte Energieabgabe pro Zeit- und Volumeneinheit

$$\left(\frac{ne^2\tau}{m}\right) \cdot E^2 = \sigma \cdot E^2$$

   beträgt.

c) Zeigen Sie, dass damit die erzeugte Joulesche Wärme in einem Draht $P = I^2R$ ist. R ist der Widerstand des Drahtes und I die Stromstärke.

Aufgabe 3

a) Erklären Sie kurz den klassischen Hall-Effekt.

b) Berechnen Sie die Hall-Konstante R_H von Kupfer. Gehen Sie dabei davon aus, dass jeweils ein Kupferatom ein Elektron an das freie Elektronengas abgibt. Kupfer hat eine kubisch-flächenzentrierte Kristallstruktur mit der Gitterkonstanten $a = 0,361\,\text{nm}$.

Aufgabe 4

a) Zeigen Sie, dass für $E - \mu \gg k_B T$ die klassische Maxwell-Boltzmann-Verteilungsfunktion

$$f_{MB}(\vec{v}) = n \left(\frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} \exp\left(-\frac{mv^2}{2k_B T} \right)$$

für Leitungselektronen im Festkörper als Grenzfall der Fermi-Dirac-Verteilungsfunktion

$$f(\vec{k}) = \frac{1}{\exp\left(\frac{E(\vec{k}) - \mu}{k_B T} \right) + 1}$$

betrachtet werden kann.

Gehen Sie von der Fermi-Dirac-Verteilungsfunktion aus und versuchen das Argument umzuändern. Im Laufe der Rechnung brauchen Sie die Normierung der Teilchendichte n im Ortsraum, $n = \int\limits_{-\infty}^{\infty} f(\vec{v}) dv_x dv_y dv_z$.

b) Wie groß ist bei endlicher Temperatur die Halbwertsbreite der Ableitung der Fermi-Dirac-Verteilung nach der Energie?