

Übungen zur Physik V: Festkörperphysik (WS 2009/2010)

A. Ustinov / G. Fischer

Übungsblatt 7

Besprechung am 10. Dezember 2009

Aufgabe 1

- 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 $(eE\tau)^2/m$ pro Stoß (gemittelt über mehrere Stöße) abgibt.
- 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.

- 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 2

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

- Zeigen Sie, dass für Leitungselektronen im Festkörper ohne Wechselwirkung die klassische Statistik anwendbar ist, wenn der mittlere Abstand zwischen den Elektronen viel größer als $(\hbar^2/2mk_B T)^{1/2}$ ist. Was bedeutet dies physikalisch?
- Wie groß ist bei endlicher Temperatur die Halbwertsbreite der Ableitung der Fermi-Dirac-Verteilung nach der Energie?

Aufgabe 3

- Bestimmen Sie die Zustandsdichte $D(E)$ für ein eindimensionales, ein zweidimensionales und ein dreidimensionales Elektronengas. Geben Sie jeweils den Fermi-Wellenvektor k_F und die Fermi-Energie E_F als Funktion der Elektronendichte an.
- Berechnen Sie die Fermi-Energie, die Fermi-Wellenzahl, die Fermi-Temperatur und die Fermi-Geschwindigkeit für Silber. Hinweis: es wird ein Elektron pro Atom an das Elektronengas abgegeben; Dichte $10,5 \text{ g/cm}^3$; Molmasse $107,87 \text{ g/mol}$.