

Übungen zur Physik V: Festkörperphysik (WS 2012/2013)

Prof. Dr. H. v. Löhneysen / Dr. G. Fischer

Übungsblatt 8

Besprechung am 20. Dezember 2012

Aufgabe 1 (2 Punkte)

- a) Zeigen Sie mit Hilfe des Drude-Modells, dass bei einem Strom von Ladungen im elektrischen Feld \vec{E} ein Elektron pro Stoß die Energie $\langle u \rangle = (eE\tau)^2/m$ an das Gitter abgibt (gemittelt über mehrere Stöße). (1,5 P.)

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

- b) Zeigen Sie, dass damit die gesamte Energieabgabe pro Zeit- und Volumeneinheit $(ne^2\tau/m) \cdot E^2 = \sigma \cdot E^2$ beträgt und, dass damit die erzeugte Joulesche Wärme in einem Draht $P = I^2R$ ist. R ist der Widerstand des Drahtes und I die Stromstärke. (0,5 P.)

Aufgabe 2 (1,5 Punkte)

Erklären Sie kurz den klassischen Hall-Effekt und 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 $a = 0,361$ nm.

Aufgabe 3 (3,5 Punkte)

- a) Leiten Sie einen Ausdruck für die Frequenzabhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten des freien Elektronengases aus den Maxwell-Gleichungen her. (1,5 P.)
- b) Berechnen Sie mit Hilfe des Verhältnisses r_s/a_0 (r_s : Radius einer Kugel, deren Volumen gleich dem Volumen pro freies Leitungselektron ist; a_0 : Bohrscher Radius) die Plasmafrequenzen der Alkalimetalle. (1 P.)

Element	r_s/a_0
Li	3.25
Na	3.93
K	4.86
Rb	5.20
Cs	6.62

- c) Vergleichen Sie das Ergebnis aus a) mit der Dielektrizitätskonstanten eines Ionenkristalls. Diskutieren Sie kurz die Gemeinsamkeiten und Unterschiede. (1 P.)

Aufgabe 4 (4 Punkte)

- a) Berechnen 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. (3 P.)
- b) Berechnen Sie die Fermi-Energie, die Fermi-Wellenzahl, die Fermi-Temperatur und die Fermi-Geschwindigkeit für Silber. Benutzen Sie, dass ein Elektron pro Atom an das Elektronengas abgegeben wird. Dichte $\rho = 10,5 \text{ g/cm}^3$; Molmasse $M = 107,87 \text{ g/mol}$. Berechnen Sie zum Vergleich die Driftgeschwindigkeit von Silber bei einer Stromdichte von $j = 4 \text{ A/mm}^2$. (1 P.)