

10. Übungsblatt zur "Einführung in die Festkörperphysik" WS 05/06

M. Wolf/W. Theis/I. Torrente

Ausgabe: 16. 1. 06

Abgabe: Dienstag, 24. 1. 06, bis 17 Uhr
Postfach Torrente, bei Raum 0.3.18
Postfach Theis, bei Raum 0.3.18

1. Elektronengas im elektrischen Feld (3 P)

Ein quasi-freies Elektronengas der Dichte $n = 5,85 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ besitzt eine Streurate $1/\tau = 1.22 \cdot 10^{13} \text{ s}^{-1}$. Berechnen Sie die Verschiebung der Fermi-Kugel im k-Raum unter dem Einfluss eines elektrischen Feldes $E = 1 \text{ V/cm}$. Wie groß ist die Abweichung der Elektronenverteilung von der Fermi-Verteilung im Gleichgewicht bei 300 K für Elektronen der Geschwindigkeit $v = 10^5 \text{ m/s}$?

2. Zyklotronmasse und Zyklotronfrequenz (7 P)

Kristallelektronen bewegen sich in einem Magnetfeld im k-Raum auf Flächen konstanter Energie senkrecht zum Feld B .

- Welche Form besitzen die Extremalbahnen im k-Raum für eine isotrope Dispersionsrelation $E(k) = \hbar^2 k^2 / 2m^*$? Berechnen Sie die resultierende Zyklotronfrequenz ω_c und zeigen Sie, dass hierbei die Zyklotronmasse $m_c = eB/\omega_c$ mit der effektiven Masse m^* übereinstimmt (2P).
- Betrachten Sie Energieflächen, welche die Form von Rotations-Ellipsoiden mit transversaler bzw. longitudinaler effektiver Masse m_t und m_l aufweisen:

$$E(k) = \frac{\hbar^2}{2} \left[\frac{(k_x^2 + k_y^2)}{m_t} + \frac{k_z^2}{m_l} \right]$$

Berechnen Sie die resultierende Zyklotronfrequenz ω_c für den Fall eines in z-Richtung angelegten Magnetfeldes und leiten Sie daraus die Zyklotronmasse m_c der Ladungsträger ab. Wie ändert sich ω_c und m_c wenn das Magnetfeld senkrecht zur z-Richtung steht? (5P)

3. Landauniveaus (10 P)

Das Elektronengas eines Na-Kristalls mit den Kantenlängen $D_x = D_y = D_z = 1 \text{ cm}$ besitzt die Dichte $n = 2,54 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$.

- Berechnen Sie den Radius k_F der Fermi-Kugel und die Anzahl Z der besetzten Zustände im k-Raum. (2P)
- An die Probe wird nun in z-Richtung ein Magnetfeld mit Flussdichte $B = 1 \text{ Tesla}$ angelegt. Die Zustandsdichte wird im Magnetfeld quantisiert. Wie viele Kreise konstanter Energie $E_n(k_z=0)$, $n = 0, 1, \dots$ (Umfang der Landau-Röhre) befinden sich innerhalb der ursprünglichen Grenzen der Fermi-Kugel? Zeigen Sie, dass der Entartungsgrad p eines solchen Kreises gegeben ist durch $p = D_x D_y eB / 2\pi\hbar$ und berechnen Sie den entsprechenden Wert. (8P)