

ÜBUNGSAUFGABEN (XII)

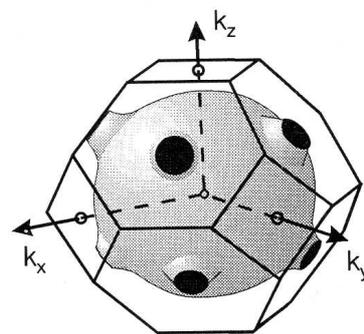
(Besprechung am 30.1.2014)

Aufgabe 1: (6 Punkte)

Bei tiefen Temperaturen und sehr starken Magnetfeldern B wird beobachtet, dass viele Eigenschaften eines Metalls Oszillationen aufweisen, die periodisch in $1/B$ sind („de-Haas-van-Alphen-Effekt“, vgl. Vorlesung). Die beobachtete Periode $\Delta(1/B)$ erlaubt die Bestimmung von *Extremalflächen* A_k in der Fermikugel senkrecht zur Richtung des Magnetfelds (im k -Raum) mittels

$$\Delta\left(\frac{1}{B}\right) = \frac{2\pi e}{\hbar A_k}.$$

- Warum werden nur die Oszillationen für Elektronen auf Extremalbahnen konstanter Energie beobachtet? Begründen Sie diese Tatsache qualitativ.
- Schätzen Sie die Größe der Extremalfläche A_k für Gold ab, wenn sein Elektronengas in erster Näherung als ein System freier Elektronen betrachtet wird.
- Das Experiment liefert für ein in $[001]$ -Richtung eines Gold-Einkristalls orientiertes Magnetfeld Oszillationen mit der Periode $\Delta(1/B) = 1.95 \cdot 10^{-5} \text{ T}^{-1}$. Weist das Magnetfeld dagegen in $[111]$ -Richtung, so werden zwei sich überlagernde Oszillationen beobachtet, welche die Perioden $2.05 \cdot 10^{-5} \text{ T}^{-1}$ bzw. $6 \cdot 10^{-4} \text{ T}^{-1}$ besitzen. Berechnen Sie jeweils die Größe der dazugehörigen Extremalfläche A_k und interpretieren Sie die Ergebnisse anhand der abgebildeten Fermifläche von Gold.



Hinweis: die Ladungsträgerdichte von Gold ist $n = 5.09 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$.

Aufgabe 2: (4 Punkte)

Drücken Sie das chemische Potential eines zweidimensionalen Halbleiters im Rahmen der Effektivmassen-Näherung als Funktion der Zahl der Elektronen pro Flächeneinheit aus. Stellen Sie das Ergebnis grafisch dar.

Bemerkung: Im Gegensatz zu drei Raumdimensionen ist hier keine Näherung erforderlich.

Aufgabe 3: (5 Punkte)

Drücken Sie die Gesamtenergie der Elektronen im Leitungsband eines Halbleiters durch das chemische Potential aus. Verwenden Sie dazu die beiden folgenden unterschiedlichen Ansätze:

- Boltzmann-Näherung;
- Näherung eines entarteten Elektronengases.