

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

A. Ustinov / G. Fischer

### Übungsblatt 11

Besprechung am 21. Januar 2010

#### Aufgabe 1

In einem anisotropen Kristall sei die Energie der Kristallelektronen im Leitungsband gegeben durch

$$E(\vec{k}) = \alpha_{xx} \cdot k_x^2 + \alpha_{yy} \cdot k_y^2 + \alpha_{zz} \cdot k_z^2$$

- Diskutieren Sie die Flächen konstanter Energie. Stellen Sie die Bewegungsgleichungen eines Elektrons unter dem Einfluß eines äußeren elektrischen Feldes  $\vec{E}$  auf.
- Der Energieverlauf an der oberen Valenzbandkante sei gegeben durch die isotrope Funktion  $E(\vec{k}) = -6.25 \cdot 10^{-15} \text{ eVcm}^2 \cdot |\vec{k}|^2$ . Ein Elektron sei aus einem Zustand mit  $k_x = 10^7 / \text{cm}$ ,  $k_y = k_z = 0$  angeregt, wobei das Band sonst vollbesetzt bleibt. Geben Sie für den entstandenen lochartigen Zustand an:
  - das Vorzeichen und den Betrag der effektiven Masse,
  - die Richtung und den Betrag des Wellenzahlvektors,
  - die Geschwindigkeit,
  - den Kristallimpuls,
  - die Energie,
  - die Stromdichte.

#### Aufgabe 2

Betrachten Sie die Energiefläche

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

bei der  $m_t^*$  die transversale und  $m_l^*$  die longitudinale effektive Masse ist. Eine Fläche, auf der  $E(\vec{k})$  konstant ist, hat die Form eines Rotationsellipsoids. Benutzen Sie die Bewegungsgleichung

$$\frac{d(\hbar\vec{k})}{dt} = -e \cdot \vec{v}(\vec{k}) \times \vec{B} \quad \text{mit} \quad \vec{v}(\vec{k}) = \frac{1}{\hbar} \nabla_{\vec{k}} E(\vec{k})$$

und zeigen Sie, dass die Umlauffrequenz eines Elektrons im Magnetfeld  $\omega_c = eB/(m_t^*m_l^*)^{1/2}$  ist, wenn das statische Magnetfeld  $\vec{B}$  in  $x$ -Richtung zeigt ( $\omega_c$  nennt man die Zyklotronfrequenz).

### Aufgabe 3

Betrachten Sie die Bewegung von Bloch-Elektronen im Magnetfeld mit der Bewegungsgleichung aus Aufgabe 2.

- a) Berechnen Sie die Bahn  $\vec{r}_\perp$ , d. h. die Projektion der Bahn im Ortsraum auf die Ebene senkrecht zu  $\vec{B}$ .
- b) Diskutieren Sie am Beispiel von Ag den Umlaufsinn der Bahn für geschlossene elektronenartige (lochartige) Bahnen, d. h. Bahnen die Zustände kleinerer (größerer) Energie umschließen.
- c) Wie sieht der  $\vec{k}(t)$ - und  $\vec{r}_\perp(t)$ -Verlauf für freie Elektronen aus?