

## Theorie der Kondensierten Materie I WS 2017/2018

Prof. Dr. A. Mirlin, PD Dr. I. Gornyi  
Dr. N. Kainaris, Dr. S. Rex, J. KlierBlatt 5  
Besprechung 23.11.2017

## 1. Bloch-Oszillationen

(12+8+5=25 Punkte)

- (a) Betrachten Sie die Bloch-Oszillationen mit Dämpfung (in
- $d = 1$
- ):

$$\begin{aligned}\hbar v &= \frac{\partial \epsilon(k)}{\partial k}, \\ \hbar \frac{dk}{dt} &= -eE - \gamma v, \\ \epsilon(k) &= -2W \cos(ka).\end{aligned}$$

Zeigen Sie, dass die Dämpfung ( $\gamma \neq 0$ ) zu einer stationären Lösung führen kann. Bestimmen und skizzieren Sie  $x(t)$  für schwache und starke Dämpfung. Welche Bedingung unterscheidet diese Fälle?

- (b) Zeigen Sie, dass in normalen Metallen (typische Gitterkonstante  $\approx 1\text{\AA}$  und Relaxationszeiten  $\approx 10^{-14}$  s) Bloch-Oszillationen schwierig zu beobachten sind.
- (c) Was würde sich in Halbleiterübergittern ändern?

## 2. Bloch-Elektronen im Magnetfeld

(12+8+5=25 Punkte)

- (a) Nehmen Sie an, dass sich das Spektrum
- $\epsilon(\mathbf{k})$
- in der Nähe eines lokalen Minimums als

$$\epsilon(\mathbf{k}) = \epsilon_0 + \frac{\hbar^2}{2} (\mathbf{k} - \mathbf{k}_0)_i \left( \frac{1}{\hat{m}^*} \right)_{ij} (\mathbf{k} - \mathbf{k}_0)_j, \quad i, j = x, y, z$$

schreiben lässt, wobei die Matrix (der Tensor der effektiven Masse)  $m_{ij}^*$  unabhängig von  $\mathbf{k}$  ist. Bestimmen Sie die effektive Zyklotronmasse  $m_c^*$ .

- (b) Betrachten Sie das Spektrum

$$\epsilon(\mathbf{k}) = -2W [\cos(ak_x) + \cos(ak_y) + \cos(ak_z)]$$

und nehmen Sie an, dass sich ein Elektron in der Nähe des Bandminimums in einem oszillierenden elektrischen Feld  $\mathbf{E} = E_x \hat{\mathbf{x}} \exp(-i\omega t)$  und in einem konstanten Magnetfeld  $\mathbf{B} = -B \hat{\mathbf{z}}$  bewegt. Bestimmen Sie die Geschwindigkeit  $\mathbf{v}(t)$  des Elektrons.

- (c) Betrachten Sie nun ein zwei-dimensionales anisotropes Gitter mit dem Spektrum

$$\epsilon(\mathbf{k}) = A_1 \cos(k_x a_x) + A_2 \cos(k_y a_y)$$

in einem konstanten Magnetfeld  $\mathbf{B} = -B \hat{\mathbf{z}}$ . Bestimmen Sie den Energiebereich für offene Bandkurven. Skizzieren Sie die Bandkurven im  $k$ -Raum für  $A_1 = A_2$  und für  $A_1 \neq A_2$ . Skizzieren Sie die Zyklotronfrequenz  $\omega_c$  als Funktion der Energie.