

Name:

Gruppe:

## Aufgabenblatt 12 (FKP) - Physik V - WS 2013/2014

Diskussion: 23./24.1.2014

### Aufgabe 12.1 Nanodrähte: Freies Elektronengas in einer Dimension (1 Punkt)

Wir gehen von der eindimensionalen linearen Kette der Länge  $L$  aus. Die Kette besteht aus  $N$  identischen Atomen. Jedes Atom trägt mit drei Elektronen zum freien Elektronengas bei. Randbedingung: Die Elektronen sind auf der Länge  $L$  durch unendlich hohe Potenzialwände eingesperrt. Der Abstand der Atome beträgt  $a = 3 \text{ \AA}$ . Zeichnen Sie die elektronische Dispersionsrelation im reduzierten Zonenschema bis zur Fermienergie.

### Aufgabe 12.2 Wärmekapazität von Metallen (1 Punkt)

Berechnen Sie unter Nutzung des Debye-Modells und des Modells des freien Elektronengases die spezifische Wärmekapazität  $C_V$  eines Kupfereinkristalls (fcc-Kristall mit einatomiger Basis, kubische Gitterkonstante  $a = 3.61 \text{ \AA}$ , jedes Atom steuert ein Elektron zum freien Elektronengas bei,  $\Theta_{\text{Debye}} = 345 \text{ K}$ ) für den Temperaturbereich zwischen 100 mK und 100 K. Tragen Sie  $C_V$  als in Abhängigkeit von der Temperatur doppellogarithmisch auf. In welchem Temperaturbereich dominiert der elektronische Beitrag zur spezifischen Wärmekapazität? Zeichnen Sie dazu auch die elektronische und phononische spezifische Wärmekapazität in Abhängigkeit von der Temperatur in die Abbildung mit ein.

### Aufgabe 12.3 Bändermodell I (1 Punkt)

Wir betrachten einen Kristall aus zweiwertigen Atomen mit einfach kubischem Gitter ( $a = 4 \text{ \AA}$ ). Die Bänder der Leitungs (L)- und Valenz (V)-Elektronen seien durch

$$E_i = E_i^0 - \beta_i [\cos(k_x a) + \cos(k_y a) + \cos(k_z a)]$$

mit den Parametern  $E_V^0 = 0 \text{ eV}$ ,  $E_L^0 = 12 \text{ eV}$   $\beta_V = -0,8 \text{ eV}$   $\beta_L = 1,5 \text{ eV}$  beschrieben.

Skizzieren Sie die Dispersionsrelation der Leitungs- und Valenzelektronen in  $x$ -Richtung ( $k_y = k_z = 0$ ) und zeichnen Sie ein, welche Zustände bei  $T = 0 \text{ K}$  besetzt sind.

### Aufgabe 12.4 Bändermodell II (1 Punkt)

Wir betrachten dasselbe System wie in Aufgabe 12.3. Durch Absorption eines Photons wird ein Elektron mit  $k = 10^8 \text{ m}^{-1}$  vom gefüllten V-Band ins leere L-Band gehoben. Die Änderung des Wellenvektors des Elektrons kann dabei vernachlässigt werden. Warum ist das so?

- Wie groß sind nach dieser Absorption die effektiven Massen  $m_h/m_0$  und  $m_e/m_0$  von erzeugtem Loch (h) und angeregtem Elektron (e)? ( $m_0$ : Masse des freien Elektrons)
- Wie groß sind die Geschwindigkeiten  $v_h$  und  $v_e$  ?
- Welche Beschleunigung  $a_h$  und  $a_e$  erfahren die Ladungsträger in einem elektrischen Feld der Stärke  $10 \text{ V/m}$  in  $x$ -Richtung?

### Weiterführende Fragen zur Diskussion in der Übungsgruppe

- Warum unterscheidet sich die effektive Masse eines Elektrons im Festkörper von der Masse eines freien Elektrons?
- Was sind Bloch-Oszillationen?
- Was bestimmt die elektrische Leitfähigkeit eines Festkörpers?
- Wie unterscheiden sich Metalle von Halbmetallen?