



**Aufgabe 1) Energien im Bändermodell.**

Für einen Halbleiter werden, bezogen auf einen bestimmten Nullpunkt, die Energiewerte

$$\begin{aligned} \text{Makropotential} \quad \phi_0 &= 3 \text{ V} \\ \text{Leitungsbandkante} \quad W_C &= -6 \text{ eV} \\ \text{Valenzbandkante} \quad W_V &= -7 \text{ eV} \end{aligned}$$

festgelegt.

- Zeichnen Sie das zugehörige Bänderdiagramm, wobei der Nullpunkt der Energie auf die Valenzbandkante gelegt werden soll.
- Die Austrittsarbeit  $W_H$  im Halbleiter wird als Abstand der Fermi-Energie  $W_F$  vom Makropotential definiert ( $W_H = -e\phi_0 - W_F$ ). Die Elektronenaffinität  $W_\phi$  ist definiert als die Energiedifferenz zwischen Makropotential und Leitungsbandkante ( $W_\phi = -e\phi_0 - W_C$ ). Wie groß sind (im obigen Beispiel) die Energie der Bandlücke  $W_g$ , sowie  $W_\phi$  und  $W_H$ ? (Nehmen Sie an, dass das Fermi-niveau in der Mitte der Bandlücke liegt.)
- Berechnen Sie die Ionisierungsenergie ( $W_I = -e\phi_0 - W_V$ ) und erklären Sie warum diese bei Halbleitern von besonderer Bedeutung ist.

**Aufgabe 2) Zustandsdichte.**

Betrachten Sie einen würfelförmigen Kristall mit Kantenlänge  $L = 1 \text{ mm}$ . Für die potentielle Energie der Elektronen soll gelten:

$$W_{pot} = \begin{cases} 0 & \text{innerhalb des Kristalls} \\ \infty & \text{außerhalb des Kristalls} \end{cases}$$

- Berechnen Sie unter Zuhilfenahme des Ansatzes  $\psi = a \cdot e^{j\vec{k}\vec{r}}$  als Lösung der Schrödingergleichung

$$-\frac{\hbar^2}{2m_e} \cdot \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} \psi + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \psi + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \psi \right) = W \cdot \psi$$

die Energie  $W$  des Elektrons, das zu dem Wellenvektor  $\vec{k}$  gehört.

b) Um die periodische Randbedingung zu erfüllen, wird folgender Ansatz gewählt:

$$k_x = \frac{n_x \cdot 2\pi}{L} \quad k_y = \frac{n_y \cdot 2\pi}{L} \quad k_z = \frac{n_z \cdot 2\pi}{L} \quad \text{mit } n_x, n_y, n_z \in \mathbb{Z}$$

Welchen Einfluss hat diese Wahl auf die Energie des Elektrons im k-Raum?

c) Berechnen Sie die ersten vier Energieniveaus, die das Elektron einnehmen kann!

d) Wie viele Zustände  $N_Z$  ergeben sich auf diesen ersten vier Energieniveaus? Durch wie viele Elektronen  $N_{EZ}$  können diese eingenommen werden?

**Aufgabe 3)** *Stromleitung im Band.*

Warum können Elektronen in einem vollbesetzten Band keinen Strom leiten?

**Aufgabe 4)** *Bedeutung der Fermi-Energie.*

Was sagt die Fermi-Energie eines freien Elektronen-Gases aus?

**Aufgabe 5)** *Volumenabhängigkeit der Fermi-Energie.*

Wie ändert sich die Fermi-Energie ( $T = 0$ ) des freien Elektronen-Gases eines Metalls mit dem Volumen  $L^3$ , wenn die Kantenlänge  $L$  verdoppelt wird?

**Aufgabe 6)** *Fermikugel.*

Wie viele freie Elektronen sind in einem Festkörper mit einem Volumen von  $1 \text{ mm}^3$ , wenn die Fermienergie  $1 \text{ eV}$  beträgt?

**Besprechung** des Blatts: 22.11.2016.