



**Aufgabe 1) Aufenthaltswahrscheinlichkeit.**

Das Elektron in einem Wasserstoffatom befindet sich in einem Zustand, der durch die Wellenfunktion

$$\psi(r, \theta, \phi) = R(r)\varphi(\phi)\vartheta(\theta)$$

mit

$$R(r) = \frac{4}{81 \cdot \sqrt{30} \cdot r_0^{\frac{3}{2}}} \cdot \frac{r^2}{r_0^2} \cdot e^{-\frac{r}{3r_0}}$$
$$\varphi(\phi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{j2\phi}$$
$$\vartheta(\theta) = \frac{\sqrt{15}}{4} \cdot \sin^2(\theta)$$

beschrieben wird.  $r_0 = 5,3 \cdot 10^{-2}$  nm ist der innerste Radius (Bohrradius) des Wasserstoffatoms.

1. Skizzieren Sie den Verlauf der Anteile  $R(r)$ ,  $\varphi(\phi)$ ,  $\vartheta(\theta)$ .
2. In welchem Abstand  $r$  vom Kern ist die Wahrscheinlichkeitsdichte am größten, das Elektron anzutreffen?
3. Zeigen Sie, dass die Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichte eine Rotationsymmetrie besitzt.
4. Geben Sie die Orte an, an denen die Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichte Null ist.

**Aufgabe 2) Atomabstand im Kristallgitter.**

Der Abstand der Atome in einem Kristall ist genauso groß, dass:

1. Anziehende und abstoßende Energien den gleichen Betrag besitzen. ....
2. Die Wellenfunktionen der Elektronen sich nicht mehr überlappen. ....
3. Die potentielle Energie der Bindung ein Minimum hat. ....
4. Keine der vorherigen Antworten trifft zu. ....

**Aufgabe 3) Aufspaltung der Energieniveaus.**

Was führt zur Aufspaltung der Energieterme der Elektronen von Si-Atomen, wenn die Atomabstände von unendlich immer weiter auf den Abstand im Festkörper verringert werden?

1. Die Überlagerung der Wellenfunktionen der Elektronen eines Atoms mit den Wellenfunktionen eines anderen Atoms. ....
2. Die Abhängigkeit der Wahrscheinlichkeitsdichte jedes einzelnen Elektrons von der Position aller anderen Elektronen. ....
3. Das Pauli-Prinzip. ....
4. Nichts hiervon trifft zu. ....

**Aufgabe 4) Energien im Bändermodell.**

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

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

festgelegt.

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

**Aufgabe 5) Stromleitung im Band.**

Warum können Elektronen in einem vollbesetzten Band keinen Strom leiten?