

Lichttechnisches Institut

Karlsruher Institut für Technologie
Prof. Dr. rer. nat. Uli Lemmer
Dipl.-Ing. Klaus Huska

Festkörperelektronik und Bauelemente

4. Übungsblatt
Besprechung: 27. November 2025

Engesserstraße 13
76131 Karlsruhe

1. Das Wasserstoffatom

- a) Die Eigenenergien des Wasserstoff-Elektrons im Potential eines Protons (dem Wasserstoff-Kern) lassen sich zu $W_n = -\frac{e^4 m_e}{8\pi^2 \epsilon_0^2} \cdot \frac{1}{n^2}$ mit $n = 1, 2, \dots$ berechnen. Durch Absorption von Licht, kann das Elektron in einen höheren Zustand gelangen, durch Emission in einen niedrigeren. Stellen Sie eine Formel für die Wellenlängen des Lichtes auf, das emittiert wird, wenn ein Elektron ausgehend von einem höheren Zustand in den Zustand $n=2$ relaxiert (Balmer-Serie). Bestimmen Sie die Wellenlängen, die im sichtbaren Spektralbereich liegen. Welche Farbe hat das Licht?
- b) Was bezeichnet man als „Orbital“ eines Atoms? Was genau trägt man auf, wenn man Orbitale skizziert?
- c) Zählen Sie die Quantenzahlen auf, die den Zustand eines Elektrons im Wasserstoffatom bezeichnen. Warum tragen die Quantenzahlen ihren jeweiligen Namen und welche Bedeutung haben die verschiedenen Quantenzahlen anschaulich (Energieniveaus, Form der Orbitale...)?
- d) Welche Quantenzahlen können im Wasserstoffatom für einen Zustand mit $n = 5$ auftreten?
- e) Berechnen Sie die Anzahl der verschiedenen elektronischen Zustände zu einer Hauptquantenzahl n .
- f) Recherchieren Sie, wie die Wellenfunktion für das Wasserstoffatom ψ lautet.
- g) Berechnen Sie den mittleren Abstand zwischen dem Elektron und dem Proton im Grundzustand und vergleichen Sie diesen mit dem Maximum der Wahrscheinlichkeitsdichte sowie dem Bohr'schen Radius a_0 .
- h) Skizzieren Sie die Orbitale des Wasserstoffs für die niedrigsten drei Hauptquantenzahlen.

2. Gekoppelte Potentialböschungen

Seien $V_1 > 0$, $L > 0$, $d > 0$ und $L > d$. Betrachten Sie den gekoppelten Potentialtopf

$$V(x) = \begin{cases} V_1 & : |x| > L \\ 0 & : L > |x| > d \\ V_0 & : d > |x| \end{cases}$$

- a) Sei $V_0 = V_1$. Skizzieren Sie das gegebene Potential. Skizzieren Sie zwei eigentliche Zustände eines Elektrons in diesem Potential.
- b) Was verändert sich, wenn die Länge d sehr groß oder sehr klein wird?
- c) Ein Elektron der Energie $W_{q1} > V_1$ laufe von links ein. Wie verhält es sich im angegebenen Potentialgebiet?
- d) Wie verhält sich ein klassisches Elektron mit der Energie $W_{k1} < V_1$ bzw. der Energie $W_{k2} > V_1$?
- e) Sei nun $V_0 = \infty$. Wie verhält sich nun ein quantenmechanisches Elektron der Energie $W_{q2} < V_1$ und wie ein quantenmechanisches Elektron mit $W_{q1} > V_1$? (Keine Rechnung nötig.)
- f) Geben Sie den Impulserwartungswert des Elektrons mit der Energie $W_{q2} < V_1$ an und begründen Sie Ihre Antwort. (Keine Rechnung.)

3. Kristalle

- a) Wann ist ein Festkörper kristallin? Welche Informationen benötigt man, um einen Kristall eindeutig zu beschreiben?
- b) Welche Herstellungsmethoden von hochreinen kristallinen Festkörpern kennen Sie? Beschreiben Sie deren Funktionsweise.
- c) Wann spricht man von polykristallinen, wann von amorphen Festkörpern?
- d) Kauft man einen Siliziumwafer, so ist genau gekennzeichnet, entlang welcher Kristallebene der Schnitt verläuft. Warum ist das in Kristallen wichtig? Ist eine solche Angabe auch für eine Schicht amorphen Siliziums oder Glas sinnvoll?