

ÜBUNGSBLATT 9

Beispiel 33 (Fermi's goldene Regel):

Gegeben sei ein eindimensionaler, unendlich tiefer Potentialtopf der Breite L . Wird der Quantentopf mit Laserlicht der Energie $\hbar\omega = E_2 - E_1$ bestrahlt, so werden Elektronen aus dem Grundzustand φ_1 in den angeregten Zustand φ_2 gehoben. Die Übergangswahrscheinlichkeit kann mittels Fermi's goldener Regel berechnet werden. Sie ist proportional zum Quadrat des sog. Dipol-Matrixelements $\mu_{1 \rightarrow 2} = e \int \varphi_2^*(x) x \varphi_1(x) dx$

Ist das Matrixelement Null, so bezeichnet man den Übergang als verboten.

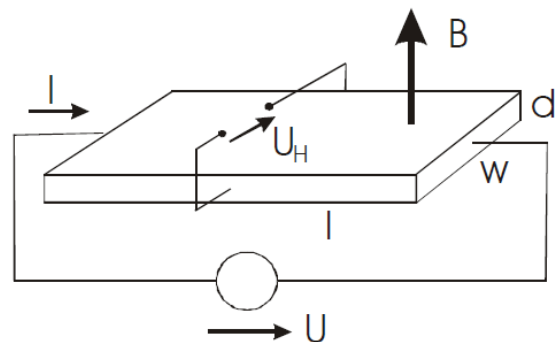
- Berechnen Sie $\mu_{1 \rightarrow 2}$ für einen eindimensionalen, unendlich tiefen Potentialtopf.
- Zeigen Sie, dass der Übergang $\varphi_1 \rightarrow \varphi_3$ verboten ist.
- Um die relative Stärke optischer Übergänge in einem System vergleichen zu können, definiert man in der Quantenmechanik die sogenannte **Oszillatorstärke** $f_{i \rightarrow j} = \frac{2m(E_j - E_i)}{\hbar^2 e^2} |\mu_{i \rightarrow j}|^2$.

Sie erfüllt die sog. **Thomas-Reiche-Kuhn-Summenregel** $\sum_j f_{i \rightarrow j} = 1$.

Berechnen Sie hier $f_{1 \rightarrow 2}$ und interpretieren Sie das Ergebnis.

Beispiel 34 (Hall Effekt):

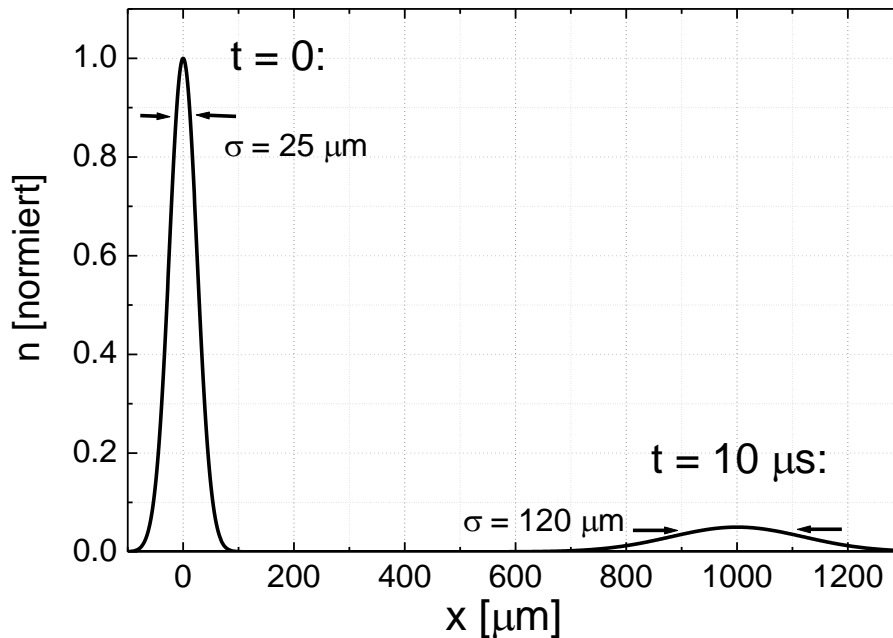
Zur Charakterisierung einer Halbleiterprobe ($l = 3 \text{ mm}$, $w = 250 \text{ }\mu\text{m}$, $d = 100 \text{ }\mu\text{m}$) wird eine Hallmessung bei einer Spannung von $U = 2 \text{ V}$ durchgeführt. Der Strom beträgt 3 mA , die Hallspannung $U_H = 5 \text{ mV}$ und das Magnetfeld $B = 0.1 \text{ T}$.



- Wie bewegen sich die Elektronen, wie die Löcher? Liegt ein n- oder p-Halbleiter vor?
- Leiten Sie den Zusammenhang zw. Beweglichkeit und Hallspannung her! Wie groß ist die Beweglichkeit?
- Wie groß ist die Ladungsträgerkonzentration? ($n_i = 1.5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$)
- Dieses Halbleiterstück soll als Magnetfeldsensor verwendet werden. Wie groß ist die Empfindlichkeit in Volt/Tesla?

Beispiel 35 (Shockley-Haynes Experiment):

Eine dünne, p-dotierte Siliziumprobe wird mit einem kurzen Laserpuls angeregt. An den Stellen $x = 0$ und $x = 1$ mm werden zu den Zeiten $t = 0$ und $t = 10 \mu\text{s}$ folgende (Gaußförmige) Elektronenprofile gemessen:



Das angelegte elektrische Feld beträgt 10 V/cm . Schätzen Sie aus den graphischen Angaben folgende Parameter ab:

- Beweglichkeit der Elektronen
- Diffusionskonstante
- Rekombinationsrate.

Beispiel 36 (Interbandabsorption in GaAs):

Galliumarsenid (GaAs) ist ein direkter Halbleiter. Für GaAs gelten folgende Parameter:

Gitterkonstante:	0.56 nm;	Bandabstand:	1.42 eV;
effektive Elektronenmasse:	$0.067 m_0$;	effektive Lochmasse:	$0.5 m_0$;
Dielektrizitätskonstante:	13.6		

- Zeigen Sie anhand von GaAs, dass optische Übergänge in guter Näherung senkrecht im $E(k)$ -Diagramm erfolgen
- Leiten Sie einen Ausdruck für die kombinierte Zustandsdichte $Z_j(\omega)$ in der Umgebung der Bandkante her (parabolische Näherung). Zeigen Sie dass die Zustandsdichte für die Ausgangs- und Endzustände gleich ist, dass also gilt: $Z(E_V - E_1)d\omega = Z(E_2 - E_C)d\omega$. Berechnen Sie schließlich den Absorptionskoeffizienten von GaAs in der Umgebung der Bandkante für $T = 0 \text{ K}$ (der Wirkungsquerschnitt σ sei näherungsweise konstant).