

---

Vorlesungen	Di 9:45 + Do 11:30, Gerthsen-Hörsaal 30.21
Übungen	Mo 8:00, 9:45, 11:30 (Anmeldung im Ilias)
Sprechstunde	Dr. Hinz: nach Vereinbarung (dominic.hinz@kit.edu)
Ilias	s.kit.edu/ex4ss24

---

## Übungsblatt 5 – Bearbeitung bis 03.06.2024

### (17) Anwendungen des Tunneleffekts

In der Quantenmechanik können Teilchen durch eine endliche Potentialbarriere mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit tunneln.

- (a) Die elektrische Hausinstallation wird in der Regel mit Kupferkabeln ausgeführt. Um Geld zu sparen, könnten Sie auf die Idee kommen, die Kupferkabel durch Aluminiumkabel zu ersetzen. Sie wissen allerdings, dass sich auf Aluminium stets eine Oxidschicht ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) bildet, die einige nm dick werden kann. Aluminiumoxid ist ein fast perfekter Isolator mit einem hohen spezifischen Widerstand von  $10^{13} \Omega \text{ cm}$ . Nehmen Sie an, dass  $\text{Al}_2\text{O}_3$  eine zusätzliche Barriere von  $V_0 - E = 10 \text{ eV}$  erzeugt. Sie verlangen, dass die Elektronentransmission am Kabelkontakt besser als  $10^{-10}$  ist. Ist es sinnvoll, dieses Kabel zu verwenden? Begründen Sie ihre Aussage. Warum könnte der Kontakt zum Sicherheitsrisiko werden?
- (b) Die Daten auf USB-Sticks werden mithilfe von FLASH-Bausteinen gespeichert. Der Vorteil ist, dass diese Speicherart sehr miniaturisiert werden kann und nicht flüchtig ist (= Speicher kann ohne Versorgungsspannung seine Daten halten (im Gegensatz zum RAM)). Abbildung 1 zeigt eine Skizze. Auf einem Floating-Gate (FG), das durch eine isolierende Schicht aus  $\text{SiO}_2$  abgetrennt ist, sollen Elektronen geladen werden, die den Speicherzustand 1 oder 0 beschreiben. Zum Beschreiben oder Löschen kann die Potentialbarriere mittels Anlegen einer Spannung geändert werden

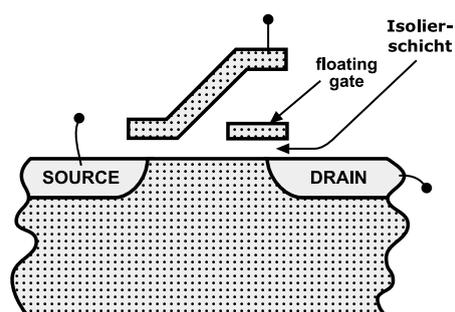


Abbildung 1: Skizze einer Flash-Zelle

und somit Elektronen auf oder von dem FG bewegt werden.

Wie ist die Speicherzeit eines Elektrons im FG für eine Isolierschicht ( $V_0 - E = 3,2 \text{ eV}$ ) von 1,0 nm, 1,5 nm, 2,0 nm, 2,5 nm, und 3,0 nm? Was bedeutet dies für die Daten? Nehmen Sie an, ein gespeichertes Elektron hat eine thermische Geschwindigkeit und wird in dem 0,2  $\mu\text{m}$  dicken Floating-Gate hin und her reflektiert.

### **(18) Das Wasserstoffatom nach Lösung der Schrödinger-Gleichung**

- (a) Berechnen Sie das Maximum der radialen Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons im Grundzustand des Wasserstoffatoms. Vergleichen Sie dies mit dem entsprechenden Radius der Bohr-Theorie.
- (b) In Aufgabe 14 b) wurde erklärt, dass myonischer Wasserstoff für die Messung des Ladungsradius des Protons sehr geeignet ist, da es einen sehr hohen Überlapp mit dem Kern hat (siehe auch Vorlesung 8). Welche Orbitale (s( $l=0$ ), p( $l=1$ ), d( $l=2$ ), f( $l=3$ ), ...) sind wohl am besten dazu geeignet, wenn der Effekt des Kerns am stärksten zu tragen kommen soll? Betrachten Sie dazu den radialen Verlauf der Radialen Wellenfunktion für verschiedene ( $n, l$ ).
- (c) Wie groß ist die mittlere potentielle Energie sowie mittlere kinetische Energie im quantenmechanischen Wasserstoffatom (Grundzustand  $n = 1, l = 0$ )? Nehmen Sie für  $V(r)$  ein Coloumb-Potential an. Stichwort: Quantenmechanischer Erwartungswert der Operatoren.

### **(\*) Punkteverteilung**

Aufgabe	Teilaufgabe	Punkte
17	a, b	je 1,5
18	a, b, c	je 1

Bei Verständnisfragen gerne das Wiki im ILIAS nutzen oder eine Mail an die Übungsleiter schreiben.