

Übungen zur moderne Experimentalphysik I (Physik IV, Atome und Kerne) KIT, Sommersemester 2017



Prof. Dr. Guido Drexlin, Dr. Kathrin Valerius

Vorlesungen	Di 9:45 + Do 8:00, Gerthsen-Hörsaal
Sprechstunde	Drexlin: Di 11:30-12:30, Valerius: Do 9:45-10:45
Übungen	Mo 8:00, 9:45, 11:30 (Anmeldung im Ilias)
Sprechstunde	Erhard, Schlösser: Mo 13:00-14:00
Ilias	https://ilias.studium.kit.edu/goto.php?target=crs_661999&client_id=produktiv

Übungsblatt 4 – Bearbeitung bis 29.05.2017

(12) 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 gegen Aluminiumkabel zu ersetzen. Sie wissen allerdings, dass sich auf Aluminium stets eine Oxidschicht (Al_2O_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 Al_2O_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)). Auf Seite 18 in Vorlesung 9 findet man eine Skizze. Auf einem Floating-Gate (FG), das durch eine isolierende Schicht aus 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 und somit Elektronen auf oder von dem FG bewegt werden.

Wie ist die Speicherzeit eines Elektron 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? Neben sie an, ein gespeichertes Elektron hätte eine thermische Geschwindigkeit und würde in dem $0.2 \mu\text{m}$ dicken Floating gate hin und her reflektiert werden.

(13) Grundlagen zur Quantenmechanik

- (a) Erklären Sie die Begriffe: Wellenfunktion, Erwartungswerte, Eigenwert, Operator.

- (b) Wie lautet die Schrödingergleichung für ein Teilchen im Potential? Wie sieht die Wellenfunktion für eine ebene Welle aus?
- (c) Warum hat der quantenmechanische harmonische Oszillator eine Nullpunktsenergie $E = \hbar\omega/2$?
- (d) Finden Sie die Normierung N für die folgende Wellenfunktion $\psi = Nxe^{-\frac{x^2}{2a^2}}$. (Hinweis: $\int_{-\infty}^{+\infty} x^2 e^{-ax^2} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2a^{3/2}}$ für $a > 0$)
- Wie ist die Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Teilchens als Funktion von x ?
 - Wo liegt der Erwartungswert des Teilchenorts?
 - Wie ist die Parität der Wellenfunktion?
- (e) Wie ist der Betrag $|L|$ für einen Drehimpuls mit der Quantenzahl $l = 4$. Welche m Werte und welche L_z Werte sind möglich? Unter welchen Winkeln gegenüber der z Achse kann der Drehimpulsvektor stehen und zeichnen Sie dies in einer Skizze ein.

(14) Das Wasserstoffatom nach Lösung der Schrödinger-Gleichung

- (a) Wie viele radiale Nullstellen hat die Wellenfunktion mit $n = 6$ und $l = 3$?
- (b) Berechnen Sie das Maximum der radialen Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektron im Grundzustand des Wasserstoffatoms. Vergleichen Sie dies mit dem entsprechenden Radius der Bohr-Theorie.
- (c) In Aufgabe 10 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. 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?
- (d) Wie groß ist die mittlere potentielle Energie sowie mittlere kinetische Energie im Quantenmechanischen Wasserstoffatom (Grundzustand $n = 1$, $l = 0$)? Vergleichen Sie das Ergebnis mit der Herleitung des Bohrschen Atommodells.

(*) Punkteverteilung

Übungsblatt	Aufgabe	Teilaufgabe	Punkte
4	12	a, b	je 1.5
4	13	a, d, e	je 1
4	13	b, c,	je 0.5
4	14	a, b, c, d	je 1

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