

- 1. Potentialwall und Tunneleffekt in einer Dimension:** Ein Teilchen der Masse m und der Energie E trifft von links auf einen Potentialwall der Höhe E_0 ($E_0 > E$) und der Breite a . Der Anfangspunkt des Walles liege bei $x = 0$.

- Fertigen Sie eine Skizze an, in der alle gegebenen Energien über den Ort aufgetragen sind.
- Man berechne den Reflexionskoeffizienten R und den Transmissionskoeffizienten T der Wellenfunktion.
- Man zeige, dass $T + R = 1$.
- Warum können zur Berechnung des Problems ebene Wellen verwendet werden, obwohl freie Teilchen eigentlich durch Wellenpakete beschrieben werden müssen?

(Lösung: $T = \left(\frac{1}{4} \cdot \frac{E_0^2}{E(E_0 - E)} \sinh^2 \left(a \cdot \sqrt{\frac{2m(E_0 - E)}{\hbar^2}} \right) + 1 \right)^{-1}$)

- 2. Das myonische Atom:** Das Myon ist ein einfach negativ geladenes Teilchen mit der Masse $m_\mu = 1,89 \cdot 10^{-28}$ kg, welches mit einer Halbwertszeit von etwa $2 \cdot 10^{-6}$ s in ein Elektron und zwei Neutrinos zerfällt.

- a) Man berechne allgemein die Bahnradien für ein Atom, bestehend aus einem Proton und einem Myon, sowohl unter der Annahme einer unendlich grossen Protonenmasse, als auch unter Berücksichtigung der Myonenmasse. Wie groß ist das Verhältnis der so berechneten Bahnradien?

(Lösung: $\frac{r_{\text{ohne red. Masse}}}{r_{\text{mit red. Masse}}} = 0,898$)

- b) Wie groß ist der erste Bahnradius dieses Atoms (unter Berücksichtigung der Myonenmasse)? Um wie viel größer ist ein Wasserstoffatom als das myonische Atom? (Lösung: $r_1 = 2,87 \cdot 10^{-13}$ m)
- c) Wie oft umkreist das Myon innerhalb seiner Halbwertszeit den Kern im Grundzustand? (Lösung: $2,4 \cdot 10^{12}$ Mal)

- 3. Rydberg-Atom:** Ein Wasserstoffatom befinde sich in einem Rydberg-Zustand ($n \gg 1$):

- a) Berechnen Sie allgemein die Grösse des des Rydberg Atoms in Abhängigkeit von der Hauptquantenzahl n und dann numerisch für $n = 100$. (Lösung: $r_{100} = 530$ nm)
Hinweis: Berechnen sie den Radius für die Bahn eines Elektrons für $l = n$ (Circular State)
- b) Bei welchem angelegten elektrischen Feld E wird das Rydbergatom ionisiert? Dazu nehmen sie an dass ein Rydbergzustand mit Hauptquantenzahl n dann ionisiert wird wenn der Sattelpunkt des durch das elektrische Feld modifizierten Coulomb-Potentials gleich der Bindungsenergie des Rydberg-Zustandes ist. Berechnen Sie die notwendige Feldstärke für $n = 100$. (Lösung: $E = 321$ V/m)
- c) Berechnen Sie allgemein die Periodendauer eines Umlaufes in Abhängigkeit von n .
- d) Berechnen Sie die Energiedifferenz zwischen den Zuständen n und $n+1$; bei welchem n entspricht diese Energiedifferenz "Raumtemperatur" (300K), bei welchem n der Temperatur der kosmischen Hintergrundstrahlung (2,73 K)? (Lösung: $n_{300K} = 11$, $n_{2,73K} = 49$)

- 4. Struktur der Atome:** Betrachten sie ein Li Atom, insbesondere seine beiden stabilen Isotope Li-6 und Li-7. Li-6 hat den Kernspin $I = 1$, Li-7 hat den Kernspin $I = 3/2$.

- a) Beschreiben sie die folgenden Atom-Zustände unter Berücksichtigung aller Quantenzahlen, inklusive des Elektronenspin und des Kernspin und zeichnen sie ein Diagramm der Zustände.
- den Grundzustand $2S$ ($^2S_{1/2}$)
 - die ersten angeregten $2P$ Zustände ($^2P_{1/2}$, $^2P_{3/2}$)
- b) Geben Sie zu diesen Zuständen die folgenden Werte an:
- den Bahndrehimpuls L
 - den Gesamtdrehimpuls der Elektronen J
 - den Gesamtdrehimpuls des Atoms F
 - die Entartung (Zeemanzustände, m_F - Zustände).

Begründen sie die Werte von L , J , und F .