

Übungen Physik VI (Kerne und Teilchen)

Sommersemester 2010

Übungsblatt Nr. 05

Bearbeitung bis 27.05.2010

Aufgabe 1: Tunneleffekt und α -Zerfall

Betrachten Sie die Streuung einer ebenen Welle der Energie E (eindimensional, in positive x -Richtung) an einer rechteckigen Potentialbarriere.

$$V(x) = \begin{cases} 0 & \text{Bereich I,} & -\infty < x < 0 \\ U(> E) & \text{Bereich II,} & 0 \leq x \leq b, \text{ und} \\ 0 & \text{Bereich III,} & b < x < \infty. \end{cases}$$

- Geben Sie die Schrödingergleichung für das angegebene Potential an. Beschreiben Sie die Lösungen für die drei verschiedenen Bereiche (Amplituden A und B für einlaufende und reflektierte Welle). Veranschaulichen Sie Ihre Lösung an einer Skizze.
- Geben Sie die Stetigkeitsbedingungen an den Grenzen der Potentialregionen an. Wie würden Sie den Transmissionsfaktor definieren?
- Nach einigen Rechnungen (welche an dieser Stelle nicht durchgeführt werden müssen) findet man zwischen A_I und A_{III} die Beziehung:

$$A_I = A_{III} e^{ik_I b} \left(\cosh(ik_{II} b) + \underbrace{\frac{i}{2} \left(\frac{ik_{II}}{k_I} - \frac{k_I}{ik_{II}} \right)}_{\text{In der Ordnung von 1}} \sinh(ik_{II} b) \right),$$

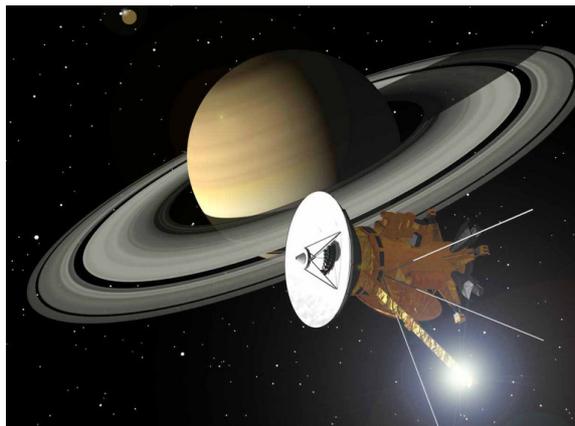
dabei ist k_I die Wellenzahl im Bereich I und k_{II} die Wellenzahl im Bereich II, diese ist rein imaginär. Verwenden Sie die Gleichungen welche exponential- und hyperbolische Funktionen in Beziehung setzen, sowie die Tatsache, dass die Breite der Barriere groß im Vergleich zur de-Broglie Wellenlänge ist, um die Gleichung für den Transmissionsfaktor herzuleiten

$$T = \exp\left(-\frac{2}{\hbar} b \sqrt{2m(U - E)}\right).$$

- Wie würden Sie den Transmissionskoeffizienten aus obiger Gleichung beschreiben für den Fall einer Coulombbarriere. Geben Sie eine kurze Beschreibung mit Skizze an.

Aufgabe 2: Die Radioisotopengeneratoren der Raumsonde Cassini

Die Raumsonde Cassini startete 1997 und erreichte ihr Ziel Saturn im Jahr 2004. Aufgrund der großen Entfernung zur Sonne ist die photovoltaische Stromerzeugung nicht möglich. Stattdessen werden drei Radioisotopengeneratoren eingesetzt, welche insgesamt 32.8 kg Plutoniumdioxid (PuO_2) enthalten. Das verwendete Plutonium besteht hauptsächlich aus dem Isotop ^{238}Pu mit einer Halbwertszeit von $T_{1/2} = 87.7 \text{ a}$ und einer Energie der α -Teilchen von $E_\alpha = 5.593 \text{ MeV}$.



Die entstehende Wärme wird durch einen thermoelektrischen Generator in elektrische Energie umgewandelt werden. Die Umwandlungseffizienz ist hierbei $\varepsilon \approx 8\%$.

- Berechnen Sie die Aktivität des Plutoniums in den Generatoren zu Beginn beim Start im Jahre 1997 und am geplanten Ende der Primärmission nach 11 Jahren.
- Berechnen Sie die elektrische Leistung, die zu Beginn und 11 Jahre später produziert wird.
- Schätzen Sie die benötigte Fläche für Solarzellen ab, die notwendig wären, um dieselbe elektrische Leistung zur Verfügung zu stellen. Solarzellen in der Weltraumtechnik erreichen einen Wirkungsgrad von $\varepsilon \approx 25\%$.

Aufgabe 3: Thorium-Zerfallskette

Eine Probe Erz enthält 86.7 g ^{232}Th und 17.7 g ^{208}Pb . Berechnen sie das Alter der Probe unter der Annahme, dass sie ursprünglich kein ^{208}Pb enthielt.

