
Übung zur Kern- Teilchen- und Astrophysik I
Prof. Dr. S. Schönert, Prof. Dr. W. Hollik
Wintersemester 2012/13

Blatt Nr. 11

8. Januar 2013

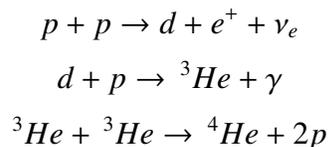
Aufgabe 1 Deuteron-Theorie

Behandeln Sie das Deuteron als dreidimensionales Kastenpotential mit einer Tiefe $-V_0$ und einer Reichweite R .

- a. Geben Sie die Schrödinger-Gleichung an. Begründen Sie den verwendeten Massenwert in der Schrödinger-Gleichung.
- b. Nehmen Sie an, daß der Grundzustand kugelsymmetrisch ist. Bestimmen Sie die Wellenfunktion innerhalb und außerhalb des Potentials. Bestimmen Sie die Bindungsenergie B als Funktion von V_0 und R . Zeigen Sie, daß B nur das Produkt $V_0 R^2$ festlegt.
- c. Zeichnen Sie die Grundzustandswellenfunktionen. Schätzen Sie den Anteil der Zeit ab, den Neutron und Proton außerhalb ihrer gegenseitigen Anziehung verbringen. Warum zerfällt das Deuteron nicht in dieser Zeit?

Aufgabe 2 Kernfusion in der Sonne

In der Sonne erfolgt die Fusion von Wasserstoff zu Helium vorwiegend über den pp-Zyklus:



- a. Berechnen Sie die in einem pp-Zyklus insgesamt freigesetzte Energie. Berücksichtigen Sie dabei auch, dass die erzeugten Positronen in Materie mit Elektronen annihilieren.
- b. Nehmen Sie an, dass eine Fusion stattfindet, wenn sich die beiden Kerne gerade berühren (d.h. $d = r_1 + r_2$). Die Annäherung der beiden Kerne muss gegen die abstoßende Coulombkraft geschehen. Berechnen Sie die für die einzelnen Fusionsreaktionen nötige Energie und vergleichen Sie diese mit der thermischen Energie im Zentrum der Sonne ($T \sim 1.5 \cdot 10^7$ K).
- c. Wieso findet die Kernfusion in der Sonne trotzdem statt? Welche Effekte spielen hier eine Rolle?
- d. Jedes Neutrino trägt im Mittel 300 keV Energie fort. Der Rest der freigesetzten Energie wird in Form von elektromagnetischer Strahlung abgegeben. Die Luminosität der Sonne (in Form von elektromagnetischer Strahlung abgestrahlte Leistung) beträgt $L_\odot = 3.8 \cdot 10^{26}$ W. Wieviele Fusionsreaktionen finden pro Sekunde in der Sonne statt? Wie groß ist der Massenverlust der Sonne pro Jahr?
- e. Schätzen Sie den totalen Fluss an solaren Neutrinos auf der Erde ab (mittlere Entfernung Sonne-Erde: $1.49 \cdot 10^8$ km). Wie ändert sich dieser Fluss im Fall von Neutrinooszillationen?

-
- f. Nehmen Sie an, ein solares Neutrinoexperiment misst eine jahreszeitliche Schwankung des Neutrinoflusses von $\sim 7\%$. Ist diese Schwankung ein Hinweis auf Neutrinooszillationen? Begründen Sie Ihre Antwort.