

Übungen zu Experimentalphysik V WS 2014/2015

Prof. Dr. Karl Jakobs, Dr. Karsten Köneke

Übungsblatt Nr. 8

Die Lösungen müssen bis 10:10 Uhr am Dienstag den 16.12.2014 in den Briefkasten 1 im Erdgeschoss des Gustav-Mie-Hauses eingeworfen werden!

Bitte geben sie die Übungsgruppennummer auf Ihren Lösungen an.

1. Schalenmodell

- Geben Sie auf Basis des Einteilchen-Schalenmodells die Spins und die Paritäten der Grundzustände folgender Kerne an:
 ${}^5\text{He}$, ${}^9\text{Be}$, ${}^{17}\text{O}$, ${}^{35}\text{S}$, ${}^{41}\text{Sc}$, ${}^{59}\text{Co}$, ${}^{87}\text{Sr}$. [1 Punkt]
- Die Spins und die Paritäten der nachfolgenden Kerne wurden im Grundzustand wie folgt gemessen: ${}^3\text{He}\left(\frac{1}{2}^+\right)$, ${}^{21}\text{Ne}\left(\frac{3}{2}^+\right)$, ${}^{27}\text{Al}\left(\frac{5}{2}^+\right)$, ${}^{38}\text{K}(3^+)$, ${}^{69}\text{Ga}\left(\frac{3}{2}^-\right)$, ${}^{209}\text{Bi}\left(\frac{9}{2}^-\right)$, ${}^{210}\text{Bi}(1^-)$. Erklären und verifizieren Sie die gemessenen Daten mit Hilfe des Schalenmodells. [2 Punkte]
- Erörtern Sie anhand des Einteilchen-Schalenmodells warum es *Inseln der Isomerie* gibt. Erklären Sie beispielsweise, warum der Kern ${}^{85}\text{Sr}$ bei 0,225 MeV einen angeregten Zustand mit einer Halbwertszeit von 70 min hat. Welche Art der Multipolstrahlung wird für diesen insomeren Zustand erwartet? [2 Punkte]

2. Goldhaber-Experiment

Mit einem im Jahre 1957 durchgeführten Experiment, haben Maurice Goldhaber und seine Kollegen demonstriert, dass nur ein Helizitätszustand für die Neutrinos besteht. Sie untersuchten die Elektroneinfangreaktion ${}^{152}\text{Eu} + e^- \rightarrow \nu_e + {}^{152}\text{Sm}^*$. Der ${}^{152}\text{Eu}$ Kern hat $I = 0$, ν_e hat Spin $1/2$ und ${}^{152}\text{Sm}^*$ hat $I = 1$. ${}^{152}\text{Sm}^*$ zerfällt durch einem γ -Übergang in den Grundzustand ${}^{152}\text{Sm}$ ($I = 0$) mit einer kurzen Lebensdauer von $3 \cdot 10^{-14}$ s.

- Zeigen Sie, dass die γ -Strahlung, die in Richtung des ${}^{152}\text{Sm}^*$ -Dreierimpulses emittiert wird, die gleiche Helizität hat, wie das Neutrino von ${}^{152}\text{Eu} \rightarrow \nu_e + {}^{152}\text{Sm}^*$. [2 Punkte]
- Die in der Reaktion ${}^{152}\text{Eu} + e^- \rightarrow \nu_e + {}^{152}\text{Sm}^*$ freiwerdende Energie beträgt 950 keV. Die Energiedifferenz zwischen ${}^{152}\text{Sm}^*$ und ${}^{152}\text{Sm}$ beträgt 961 keV. Zeigen Sie, dass die γ -Strahlung, die in Richtung des ${}^{152}\text{Sm}^*$ -Dreierimpulses emittiert wird, eine Energie besitzt, um Kernresonanzabsorption $\gamma + {}^{152}\text{Sm} \rightarrow {}^{152}\text{Sm}^*$ zu ermöglichen. Berechnen Sie hierzu die Energieverschiebung zur Resonanzenergie von 961 keV unter Berücksichtigung des Rückstoßes des ${}^{152}\text{Sm}^*$ -Kerns. [3 Punkte]

3. Entdeckung des Anti-Protons

Das Bevatron war ein Proton-Synchrotron mit schwacher Fokussierung, welcher am Lawrence Berkeley National Laboratory (USA) 1954 in Betrieb ging. Mit diesem Beschleuniger wurde 1955 das Antiproton entdeckt, wofür 1959 der Physiknobelpreis an Emilio Segrè und Owen Chamberlain verliehen wurde. Das Antiproton wurde am Bevatron in der Reaktion $p + p \rightarrow p + p + p + \bar{p}$ produziert. Ein hochenergetisches Proton kollidiert mit einem zweiten Proton, das sich in Ruhe befindet. Dabei wird zusätzlich ein Proton-Antiproton-Paar erzeugt. Welche Energie muss das einlaufende Proton mindestens haben, damit der oben beschriebene Prozess möglich ist. [2 Punkte]

4. Kosmische Strahlung

Hochenergetische kosmische Protonen können an den Photonen der kosmischen Hintergrundstrahlung ($T = 2,7\text{ K}$) gestreut werden: $p + \gamma_{\text{CMB}} \rightarrow \Delta^+ \rightarrow p + \pi^0$. Δ^+ ist die sogenannte Delta-Resonanz, und π^0 ein neutrales π -Meson. Die Massen der Beteiligten Teilchen sind $m_{\Delta} = 1232\text{ MeV}/c^2$, $m_p = 938\text{ MeV}/c^2$, $m_{\pi^0} = 135\text{ MeV}/c^2$. Der Wirkungsquerschnitt dieses Streuprozesses hat sein Maximum bei einer Schwerpunktennergie, die der Masse der Delta-Resonanz entspricht.

- a) Schätzen Sie die Energie der Protonen ab, die für den oben genannten Streuprozess mindestens notwendig ist. **[1,5 Punkte]**
- b) Überlegen Sie sich, welche Konsequenzen dies für das gemessene Energiespektrum der kosmischen Protonen auf der Erde hat. **[1,5 Punkte]**