

Kern- und Teilchenphysik, Monobachelor Physik

Humboldt-Universität zu Berlin, Wintersemester 2017/2018,
Prof. Dr. H. Lacker, Dr. J. Dietrich, Dr. S. Mergelmeyer

Präsenzübung 7

Aufgabe 1: Isospininvarianz in Zerfällen der starken Wechselwirkung

Das neutrale K^* -Meson wird durch den Isospinzustand $|I = \frac{1}{2}, I_3 = -\frac{1}{2}\rangle$ beschrieben und zerfällt über die starke Wechselwirkung entweder in $K^0\pi^0$ oder in $K^+\pi^-$. Die Isospinzustände für die Kaonen lauten: $|I = \frac{1}{2}, I_3 = -\frac{1}{2}\rangle$ (K^0), $|I = \frac{1}{2}, I_3 = +\frac{1}{2}\rangle$ (K^+).

Berechnen Sie unter Verwendung der Isospininvarianz der starken Wechselwirkung die Verzweungsverhältnisse für $K^{*0} \rightarrow K^0\pi^0$ und $K^{*0} \rightarrow K^+\pi^-$.

Aufgabe 2: Isospin des gebundenen Nukleon-Nukleon-Systems

1. Betrachten Sie zwei halbzahlige Isospinzustände $|I = \frac{1}{2}, I_3 = \pm\frac{1}{2}\rangle$ und schreiben Sie alle möglichen Kopplungen dieser beiden Zustände mit den richtigen Clebsch-Gordan-Koeffizienten auf.

(Sie finden im Booklet der Particle Data Group die Clebsch-Gordan-Koeffizienten für eine Reihe von Drehimpulskopplungen aufgeführt.)

2. Welche Isospinzustände können folglich aus einem Zweinukleonensystem mit p und n gebildet werden?

3. In der Natur wird weder ein gebundener $n-n$ - noch ein gebundener $p-p$ -Kern beobachtet. Der Spin des Deuterons beträgt 1.

Zeigen Sie mit Hilfe dieser Beobachtungen, dass der Isospin des Deuterons, in dem ein Neutron und Proton durch die starke Wechselwirkung/Kernkraft gebunden ist, gleich Null sein muss.

Hinweis: Betrachten Sie beide Nukleonen als identische Fermionen. Die Nukleon-Nukleon-Gesamtwellenfunktion, die antisymmetrisch unter Vertauschung der beiden Nukleonen sein muß, kann dann als (Tensor-)Produkt aus Orts-, Spin- und Isospinwellenfunktionen geschrieben werden.

Im Deuterongrundzustand ist der relative Bahndrehimpuls L beider Nukleonen gleich Null. Vertauschung beider Nukleonen bedeutet für die Ortswellenfunktion eine Punktspiegelung am Ursprung. Die starke Kernkraft erhält die Parität, so dass gilt:

$$P\psi_{Ort}(\vec{r}) = \psi_{Ort}(-\vec{r}) = (-1)^L\psi_{Ort}(\vec{r}).$$

Für $L = 0$ ist die Ortswellenfunktion daher symmetrisch unter Vertauschung der beiden Nukleonen, so dass das Produkt aus Spin- und Isospinwellenfunktion antisymmetrisch unter Vertauschung der beiden Nukleonen sein muss.

Bitte wenden!

Aufgabe 3: Lebensdauer, partielle Zerfallsrate, Verzweigungsverhältnis

Schlagen Sie im PDG die Eigenschaften des $D^{*\pm}(2010)$ -Mesons nach. Berechnen Sie aus dem Verzweigungsverhältnis für den Zerfall $D^{*\pm}(2010) \rightarrow D^\pm\pi^0 + D^0\pi^\pm$ und der Halbwertsbreite des $D^{*\pm}(2010)$ -Mesons die partielle Zerfallsrate $\Gamma(D^{*\pm}(2010) \rightarrow D^\pm\pi^0 + D^0\pi^\pm)$.