

Hausübungen 6 zur Vorlesung „Kern- und Teilchenphysik“

Humboldt-Universität zu Berlin, WS 2009/2010,

Prof. Th. Lohse, U. Schwanke, O. M. Kind

Ausgabe: 16. November 2009

Abgabe: 23. November 2009

Aufgabe 1: Abschirmung (25 %)

Dimensionieren Sie ein sinnvolle Abschirmung aus Beton für

- a) Elektronen,
- b) Myonen und
- c) Pionen

mit einer Energie von 10 GeV.

Hinweis: Nutzen Sie dabei die Materialkonstanten für Abschirmungsbeton (*shielding concrete*) aus den PDG-Tabellen.

Aufgabe 2: Relative Paritäten (40 %)

Ein Paritätsoperator P ist durch die “Algebra” $P^2 = 1$ definiert. Zeigen Sie, dass der Operator P , der in der Ortsdarstellung durch

$$P\psi(\vec{r},t) = \psi(-\vec{r},t)$$

definiert ist, ein Paritätsoperator ist. Zeigen Sie ferner, dass P hermitesch ist.

Q bezeichne den Operator zu einer erhaltenen, additiven, ganzzahligen Quantenzahl (z.B. elektrische Ladungszahl, Flavourladung, Baryonenzahl etc.). Zeigen Sie, dass mit P auch der Operator

$$\tilde{P} = P \cdot \exp(i\pi Q)$$

eine mögliche Darstellung des Paritätsoperators ist.

Begründen Sie, warum die Eigenparitäten des Protons, des Neutrons und des Λ -Baryons willkürlich identisch gesetzt werden dürfen.

Aufgabe 3: Pion-Deuteron-Streuung (35 %)

Bei der inelastischen Streuung negativer Pionen (π^-) an Deuteronen (d) beobachtet man einen Endzustand mit zwei Neutronen

$$\pi^- + d \longrightarrow n + n.$$

Als identische Fermionen unterliegen die beiden Neutronen dem Pauli-Verbot. Die Wellenfunktion der beiden Neutronen, die sich aus dem Orts- und Spinanteil zusammensetzt, muss also beim Austausch der Teilchen antisymmetrisch sein.

In Abhängigkeit vom Spin und relativen Bahndrehimpuls von π^- und d lassen sich Anfangszustände mit Gesamtdrehimpuls J erzeugen.

- a) Zeigen Sie, dass J ganzzahlig ist. Verwenden Sie dafür die Literaturangaben für die Spins der beteiligten Teilchen.
- b) Welche Werte können S (der Gesamtspin der beiden Neutronen) und L (der relative Bahndrehimpuls der Neutronen) unter Beachtung des Pauli-Verbots annehmen? Unterscheiden Sie dabei die drei Fälle (i) $J = 0$, (ii) $J > 0$ gerade und (iii) $J > 0$ ungerade.
- c) Zeigen Sie, dass die Gesamtwellenfunktion des Endzustandes die Parität $(-1)^S$ besitzt.