

Übungsblatt 10

10.1 Observable für den Test von Symmetrien (25 Punkte)

Vervollständigen Sie in der folgenden Tabelle, wie unterschiedliche Größen sich unter P (Raumspiegelung), C (Ladungskonjugation) und T (Zeitumkehr) verhalten.

Größe	P	C	T
Raumkoordinate $\vec{r}$	$-\vec{r}$	$\vec{r}$	$\vec{r}$
Impuls $\vec{p}$			
Drehimpuls oder Spin $\vec{l}$			
Helizität $h = \vec{l} \cdot \vec{p} / \vec{l} \cdot \vec{p} $			
Elektrische Ladung q			
Leptonzahl $L_x (x = e, \mu, \tau)$			
Baryonzahl A			
3. Komponente des Isospin I_z			
Elektrisches Feld $\vec{E}$			
Magnetisches Feld $\vec{B}$			

Hinweis: Um das Verhalten des elektrischen und des magnetischen Feldes zu untersuchen, können Sie sich vorstellen, wie sich ein System mit elektrischen Ladungen verhält, das dieses Feld produziert, z.B. eine elektrische Ladung in einem Draht.

10.2 Test von C-, P- und CP-Erhaltung (25 Punkte)

Testen die unten ganz allgemein beschriebenen Experimente die Symmetrien P (Raumspiegelung), C (Ladungskonjugation), ihr Produkt CP, oder tun sie es nicht und warum?

Sie dürfen Rotationssymmetrie annehmen. Die Experimente vergleichen alle die Zählraten für zwei verschiedene apparative Konfigurationen. Prüfen Sie zur Beantwortung der Frage nach, ob man letztere durch eine P oder C-Transformation in Verbindung mit Drehungen ineinander überführen kann oder nicht.

- Teilchen der Sorte A sind entlang ihrer Flugrichtung polarisiert und sie werden an Teilchen B mit Spin 0 gestreut. Man misst die Änderung der Rate bei Vorzeichenumkehr der Polarisation von A, aber gleichem Streuwinkel (siehe Fig. 1).
- Teilchen A mit Spin $\vec{l}$ werden an Teilchen B mit Spin 0 gestreut. Der Spin von A steht senkrecht auf der Reaktionsebene (die xz -Ebene in Fig. 2). Die Observable ist die Links-Rechts-Asymmetrie, d.h. man vergleicht die Streuraten für Streuwinkel θ mit gleichem Betrag, aber verschiedenen Vorzeichen relativ zur Einfallrichtung von A.

- c) Die Teilchen A sind senkrecht zu ihrer Flugrichtung polarisiert und werden an unpolarisierten Teilchen B gestreut. Man misst wieder die Links-Rechts-Asymmetrie (Vorzeichenwechsel des Streuwinkels). Im Unterschied zu b) ist jetzt der A-Spin parallel, und nicht senkrecht zur Streuebene orientiert (siehe Fig. 3).
- d) Die Zerfallsraten der Zerfälle $B_d \rightarrow \pi^+ \pi^-$ und $\bar{B}_d \rightarrow \pi^+ \pi^-$ werden miteinander verglichen (Valenzquarks der B-Mesonen $b\bar{d}, \bar{b}d$).

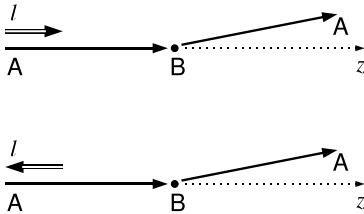


Fig. 1: $\vec{l} \parallel z$

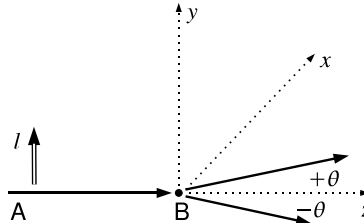


Fig. 2: $\vec{l} \parallel y$

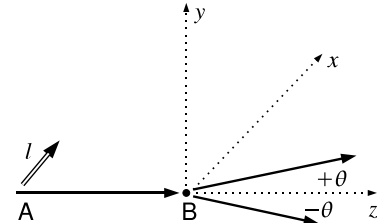


Fig. 3: $\vec{l} \parallel x$

10.3 Tröpfchenmodell – Bindungsenergie (25 Punkte)

Unter Vernachlässigung der Paarungsenergie erhält man als vereinfachte Formel für die Kernmasse $m(Z, N) = Zm_p + Nm_n - E_B(Z, N)$ mit der Bindungsenergie $E_B = a_V A - a_S A^{2/3} - a_C Z^2 A^{-1/3} - a_A |Z - N|^2 / A$, wobei Z und N die Anzahl der Protonen und Neutronen im Kern bezeichnen, m_p und m_n ihre jeweilige Masse, und $A = Z + N$ die Anzahl der Nukleonen. Die Parameter sollen angenommen werden als $a_V = 15.85 \text{ MeV}$, $a_S = 18.34 \text{ MeV}$, $a_C = 0.71 \text{ MeV}$ und $a_A = 23.22 \text{ MeV}$.

- Bestimmen Sie die Protonenzahl Z_0 für eine gegebene Massenzahl A , bei der die Kernmasse m ein Minimum hat. Stellen Sie Ihr Ergebnis in einem $Z(N)$ -Diagramm dar und vergleichen Sie es mit $Z = N$. Tragen Sie auch die Bindungsenergie pro Nukleon E_B/A als Funktion von A auf. In welcher Massenregion finden Sie die größten Bindungsenergien?
- Ab einer gewissen Massenzahl können schwere Kerne spontan in zwei leichtere Kerne spalten. Ab welcher Massenzahl A_0 ist die Spaltung energetisch möglich unter der Annahme, dass die Spaltung symmetrisch ist?
- Betrachten Sie die Energiebilanz der symmetrischen Spaltung von Californium ^{254}Cf : Welche Terme in der obigen Formel wirken für eine Spaltung, welche wirken ihr entgegen? Welcher Anteil der Californium-Masse wird in Energie umgewandelt?

10.4 Stabile und instabile Kerne (25 Punkte)

- Skizzieren Sie die Region stabiler Kerne in der $N - Z$ Ebene. Zeichnen Sie auch die Bereiche instabiler Kerne mit α -, β^- - und β^+ -Zerfall ein.
- Ist der β -Zerfall wahrscheinlicher für gg , gu , ug oder uu -Kerne?
- Ist die kinetische Energie von β -Strahlen, die von leichten Kernen emittiert werden, wahrscheinlich kleiner oder größer als die Energie von β -Strahlen, die von schweren Kernen emittiert werden? Erklären Sie Ihr Ergebnis kurz!