

Übungsblatt 11

11.1 Kaonzerfall (15 Punkte)

Das geladenen Kaon K^+ hat unter anderen die Zerfallskanäle $K^+ \rightarrow e^+ \nu_e$ und $K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$.

- Das K^+ ist ein „pseudoskalar“ Teilchen. Welchen Spin und welche Parität hat es damit?
- Zeichnen Sie im Ruhesystem des K^+ die Impuls- und Spin-Vektoren der Tochter-Teilchen. Welcher der beiden Zerfälle ist häufiger? Begründen Sie Ihre Antwort.

11.2 Formfaktor (15 Punkte)

Der elektrische Formfaktor des Pions hat die Monopolform $G_E(Q^2) = \left(1 + \frac{Q^2}{a^2 \hbar^2 c^2}\right)^{-1}$ mit $a = 3.7 \text{ fm}^{-1}$. Wie groß ist bei einer Strahlenergie von 300 GeV das Verhältnis der Zählraten in der elastischen $\pi^- + e^-$ -Streuung für Impulsüberträge von $Q_1 = 100 \text{ MeV}$ und $Q_2 = 500 \text{ MeV}$? Der Raumwinkel, in dem die Messung stattfindet, soll bei beiden Impulsüberträgen gleich groß sein.

11.3 Inelastische Streuung (15 Punkte)

Betrachten Sie die inelastische Streuung eines masselosen Elektrons (Energie E , Impuls $\vec{k}$ vor dem Stoß und Energie E' , Impuls $\vec{k}'$ nach dem Stoß) an einem ruhenden Proton der Masse M . Zeigen Sie, dass für die Bjorken-Variablen x und y gilt:

$$0 \leq x \leq 1 \quad \text{und} \\ 0 \leq y \leq 1.$$

Hinweis: Drücken Sie x durch M und W , die Masse der Bruchstücke des Protons, aus. Drücken Sie y durch die Energien E und E' aus. $x = \frac{Q^2}{2pq}$, $y = \frac{pq}{pk}$, $W^2 = (p + q)^2$.

11.4 Tröpfchenmodell (15 Punkte)

Aus der Massendifferenz zweier Spiegelkerne kann der Parameter a_C des Coulomb-Terms der Bethe-Weizsäcker-Formel bestimmt werden.

- Was sind Spiegelkerne?
- Berechnen Sie a_C mit Hilfe der Spiegelkerne ${}^7\text{Li}$ und ${}^7\text{Be}$.
 $\Delta({}^7\text{Li}) = 14.907 \text{ MeV}$, $\Delta({}^7\text{Be}) = 15.769 \text{ MeV}$, wobei $\Delta = M_{\text{Atom}} - A \cdot u$. (Achtung, M_{Atom} beinhaltet die Hüllenelektronen. Vernachlässigen Sie deren Bindungsenergie.)

11.5 Schalenmodell (25 Punkte)

Die Kerne ${}^{40}\text{Ca}$ und ${}^{48}\text{Ca}$ sind beide doppelt magisch.

- Welcher Schalenmodellzustand wird beim Übergang von ${}^{40}\text{Ca}$ nach ${}^{48}\text{Ca}$ mit Neutronen aufgefüllt? Wie groß ist der Bahndrehimpuls dieses Zustands? Welchen Schalenmodellzustand kann man außerdem mit der gleichen Bahndrehimpulswellenfunktion bilden und wo wird dessen Energie liegen (energetisch tiefere oder höhere Schale)?

- b) Welche Schalenmodellzustände werden beim Übergang von der magischen Zahl 8 bis zur magischen Zahl 20 mit Protonen (Neutronen) aufgefüllt?
- c) Geben Sie die Eigenwerte des Operators $\vec{l} \cdot \vec{s}$ als Funktion der Quantenzahlen j und l an. Warum enthält die Schale a) im Gegensatz zu b) nur einen Zustand?
- d) Welchen Spin und welche Parität werden die Grundzustände der Kerne $^{41}_{20}\text{Ca}$ und $^{41}_{21}\text{Sc}$ besitzen?
- e) Der Grundzustand des Kerns $^{41}_{19}\text{K}$ besitzt den Spin $3/2^+$. Erklären Sie, wie Spin und Parität durch die Besetzungen der Schalenmodellzustände mit Protonen und Neutronen zu Stande kommen.

11.6 Elektromagnetische Übergänge in Kernen (15 Punkte)

Die beigefügte Skizze zeigt den Grundzustand und die ersten angeregten Zustände des Kerns $^{180}_{72}\text{Hf}$ zusammen mit den beobachteten elektromagnetischen Übergängen.

- a) Welche Multipolaritäten sind jeweils möglich und welche dominieren?
- b) Warum wurden die nicht eingezeichneten Übergänge experimentell nicht gefunden?

