

Kern- und Teilchenphysik, Monobachelor Physik

Humboldt-Universität zu Berlin, Wintersemester 2018/2019,

Prof. Dr. H. Lacker, Dr. C. Scharf, J. Krieg

Hausaufgabenblatt 12

Aufgabe 1: Flavour-Wellenfunktionen von Baryonen

- a) Geben Sie die Quarkwellenfunktion im Spin-Flavour-Raum mit korrekter Normierung für ein angeregtes Σ^0 (Spin $\frac{3}{2}$) aus dem Baryonen-Dekuplett an, wenn die z -Komponente des Spins bezüglich einer vorgegebenen Achse $+\frac{1}{2}$ beträgt? (1 Punkt)
(Sie können die Dreiquarkflavourwellenfunktion konstruieren, indem Sie vom symmetrischen Sextett in der $Y - I_3$ -Ebene ausgehen. Die korrekte Normierung der Flavourwellenfunktion ergibt sich der Tatsache, dass die drei Quarkflavour u , d und s im Flavourraum orthogonal zueinander sind.)
- b) Rechnen Sie explizit nach, dass man die Spin-Flavour-Wellenfunktion für ein Proton mit $S_z = +1/2$ schreiben kann als $\frac{1}{\sqrt{18}}[uud(2 \uparrow\uparrow\downarrow - \uparrow\downarrow\uparrow - \downarrow\uparrow\uparrow) + \text{Permutationen}]$, indem Sie von der Wellenfunktion $\frac{\sqrt{2}}{3}(\eta_{Flavour}(12) \cdot \chi_{Spin}(12) + \eta_{Flavour}(23) \cdot \chi_{Spin}(23) + \eta_{Flavour}(13) \cdot \chi_{Spin}(13))$ ausgehen. (1 Punkt)
(Bem.: Sie können alternativ stattdessen auch $\frac{\sqrt{1}}{2}(\eta_{Flavour}(12) \cdot \chi_{Spin}(12) + \eta_{Flavour}^S(12) \cdot \chi_{Spin}^S(12))$ berechnen.)
- c) Berechnen Sie explizit das magnetische Moment des Protons im Quarkmodell, indem Sie $\langle p \uparrow | \sum_{i=1,2,3} \mu_i(\sigma_z)_i | p \uparrow \rangle$ als Funktion der magnetischen Quarkmomente $\mu_i = \frac{Q_i e}{2m_i}$ ausrechnen. Dabei ist $Q_i e$ die elektrische Ladung, m_i die Masse von Quark i , und $(\sigma_z)_i$ die Pauli-Matrix $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$, die auf den Spinzustand von Quark i angewendet wird mit der Eigenschaft $\sigma_z | \uparrow \rangle = | \uparrow \rangle$, $\sigma_z | \downarrow \rangle = - | \downarrow \rangle$. (2 Punkte)

Aufgabe 2: Flavourzusammensetzung neutraler $I = S = 0$ -Vektormesonen

Die Vektormesonen $V = \rho^0, \omega, \phi$ tragen die selben Quantenzahlen $J^{PC} = 1^{--}$ wie das Photon und können daher in der e^+e^- -Annihilation über ein virtuelles Photon erzeugt werden. Die partielle Zerfallsrate $\Gamma(V) \rightarrow e^+e^-$ kann mit der Van Royen-Weisskopf-Formel berechnet werden: $\Gamma(V \rightarrow e^+e^-) = \frac{16\pi\alpha^2}{M_V^2} |\sum_{i=u,d,s} a_i^V Q_i|^2 |\psi(0)|^2$, mit der Masse M_V des Vektormesons V , der Quarkladung $Q_i e$, der Quarkflavourfunktion $a_u^V u\bar{u} + a_d^V d\bar{d} + a_s^V s\bar{s}$ für das Vektormeson, und der Amplitude $\psi(0)$ der $q\bar{q}$ -Ortswellenfunktion am Ursprung.

- a) Zeichnen Sie das Feynmandiagramm niedrigster Ordnung für den Zerfall $V \rightarrow e^+e^-$. (1 Punkt)
- b) Sagen Sie $\Gamma(\rho^0 \rightarrow e^+e^-)/\Gamma(\omega \rightarrow e^+e^-)$ und $\Gamma(\omega \rightarrow e^+e^-)/\Gamma(\phi \rightarrow e^+e^-)$ vorher, wobei Sie annehmen, dass $|\psi(0)|^2/M_V^2$ für alle drei Zerfälle gleich ist. (2 Punkte)
- c) Benutzen Sie das Booklet der Particle Data Group, um die experimentellen Werte für $\Gamma(\rho \rightarrow e^+e^-)/\Gamma(\omega \rightarrow e^+e^-)$ und $\Gamma(\omega \rightarrow e^+e^-)/\Gamma(\phi \rightarrow e^+e^-)$ zu bestimmen. (1 Punkt)

Bitte wenden!

Aufgabe 3: Quantenzahlen der Mesonen und Quarkmodell

Wie groß ist der Bahndrehimpuls L zwischen Quark und Antiquark und der Gesamtspin S des Quark-Antiquark-Systems für Mesonen mit den folgenden Quantenzahlen $J^{PC} = 0^{+-}$, 1^{--} , 0^{++} , 1^{++} , 2^{++} und 1^{+-} ? Welcher dieser Zustände lässt sich nicht im Quarkmodell der Hadronen erklären. (3 Punkte)

Aufgabe 4: Zerfälle des ρ^0 -Mesons

Sind folgenden Zerfälle erlaubt, und falls ja, über die starke oder elektromagnetische Wechselwirkung? (Betrachten Sie dazu Erhaltung von Drehimpuls, Parität, Ladungskonjugation, Isospin und, sofern zu betrachten, Bosesymmetrie.):

1. $\rho^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$ (2 Punkte)
2. $\rho^0 \rightarrow \pi^0\gamma$ (1 Punkt)

Abgabe: 21.01.2019 bis 13:00 vor Raum NEW 15 1'413/414