

Kern- und Teilchenphysik II (SS18), Übungsblatt 4

Abgabe bis Freitag, 25. Mai 2018
im Kasten „Kernphysik“ vor Raum NB 2/131

1. Aufgabe: Quark-Antiquark-Potenzial (8 Punkte)

Berechnen Sie aus dem Quark-Antiquark-Potenzial (Coulomb + Confinement, $k = 1 \text{ GeV/fm}$) die Kraft, die zwischen einem Quark und einem Antiquark mit einem Abstand von 1 fm wirkt. Welche Masse hätte ein Objekt mit der entsprechenden Gewichtskraft (auf der Erde)? Was ändert sich, wenn man stattdessen das Potenzial zwischen zwei Quarks betrachtet?

2. Aufgabe: Inversion der Raumkoordinaten und Parität (10 Punkte)

Der Paritäts-Operator entspricht einer Spiegelung aller Raumkoordinaten am Koordinatenursprung:

$$\hat{P} \begin{pmatrix} t \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t \\ -x \\ -y \\ -z \end{pmatrix}$$

also gilt für den Ortsvektor $\hat{P}(\vec{r}) = -\vec{r}$ und für die skalare Zeit $\hat{P}(t) = t$. Auch für die Ableitungen gilt $\hat{P}(\frac{\partial}{\partial t}) = \frac{\partial}{\partial t}$ und $\hat{P}(\vec{\nabla}) = -\nabla$. Das lässt sich allerdings nicht auf alle Vektoren und skalaren Größen übertragen. Skalare Größen mit negativem Paritäts-Eigenwert werden pseudoskalar genannt und Vektoren mit positivem Paritäts-Eigenwert werden Pseudovektoren oder axiale Vektoren genannt. Um bei einem Vektor sprachlich deutlicher von einem Pseudovektor zu unterscheiden wird manchmal der Ausdruck polarer Vektor verwendet. Entscheiden Sie jeweils, welcher Natur Energie E , Masse m , Ladungsdichte ρ , Geschwindigkeit \vec{v} , Impuls \vec{p} und Drehimpuls \vec{L} sind. Machen Sie sich mit Hilfe des Gaußschen Gesetzes $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$ und des Induktionsgesetzes $\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ klar, welcher Natur E-Feld \vec{E} und magnetischer Fluss \vec{B} sind.

3. Aufgabe: Ladungskonjugation und C -Parität (12 Punkte)

Der Name Ladungskonjugation mag in die Irre führen, da nicht nur die elektrische Ladung gemeint ist, sondern ein Teilchen durch die Ladungskonjugation in sein Antiteilchen umgewandelt wird. Welche der bisher in der Vorlesung besprochenen Quantenzahlen ändern dann außer der Ladung ebenfalls ihr Vorzeichen? Welche Teilchen des leichten pseudoskalaren Mesonen-Nonetts, des leichten Vektor-Mesonen-Nonetts, des Baryon-Oktetts und -Dekupletts und welche Charmonia sind Eigenzustände des \hat{C} -Operators?

4. Aufgabe: Farbladung (11 Punkte)

- (a) Was sind die acht möglichen zweifarbigen Kombinationen orthogonal zu $r\bar{r} + g\bar{g} + b\bar{b}$
- (b) Welche Kombinationen können von einem roten Quark emittiert werden?
- (c) Welche Kombinationen können von einem einzigen Gluon, das in zwei Gluonen aufspaltet, emittiert werden? Geben Sie ein Beispiel.

5. Aufgabe: Kinematik: Mandelstam-Variablen (7 Punkte)

Für einen Streuprozess $A + B \rightarrow C + D$ sind die Mandelstam-Variablen gemäß

$$s = (p_A + p_B)^2, \quad t = (p_A - p_C)^2, \quad u = (p_A - p_D)^2$$

definiert, wobei p_A, p_B, p_C, p_D die 4er-Vektoren der jeweiligen Teilchen sind. Zeigen Sie, dass $s + t + u = m_A^2 c^2 + m_B^2 c^2 + m_C^2 c^2 + m_D^2 c^2$ gilt.