Übung zur Kern- Teilchen- und Astrophysik I

Prof. Dr. S. Schönert, Prof. Dr. W. Hollik

Wintersemester 2013/14

Blatt Nr. 9 4. Dezember 2013

Aufgabe 1 Zweiteilchen-Wirkungsquerschnitt

Der allgemeine Ausdruck für den Wirkungsquerschnitt einer Zweiteilchenreaktion $p_a + p_b \to p_1 + p_2$ ist in Lorentz-invarianter Form gegeben durch (siehe Vorlesung)

$$d\sigma = \frac{(2\pi)^{-2}}{4\sqrt{(p_a p_b)^2 - m_a^2 m_b^2}} \, |\mathcal{M}|^2 \, \delta^4(p_1 + p_2 - p_a - p_b) \frac{d^3 p_1}{2p_1^0} \frac{d^3 p_2}{2p_2^0}$$

mit dem Matrixelement $\mathcal{M}$ aus den Feynmanregeln.

a. Bestimmen Sie den Wirkungsquerschnitt $\frac{d\sigma}{d\Omega}$ im Schwerpunktsystem (CMS) für den Fall $m_a = m_b = m_1 = m_2 = 0$ (Hochenergie-Näherung). Der Streuwinkel θ ist dabei definiert als der Winkel zwischen $\vec{p}_a$ und $\vec{p}_1$. *Anwendung: Elektron-Positron-Kollisionen, Elektron-Quark-Streuung.*

b. Bestimmen Sie den Wirkungsquerschnitt $\frac{d\sigma}{d\Omega}$ im Laborsystem (ruhendes Target) für den Fall $m_a = m_1 = 0$, $m_b = m_2 = M$, mit $p_a = (E, \vec{p})$,$p_b = (M, \vec{0})$. Der Streuwinkel θ ist dabei definiert als der Winkel zwischen p und p_1 . *Anwendung: Elektron-Proton-Streuung, Compton-Streuung.*

Aufgabe 2 Elektron-Positron-Annihilation

Betrachtet werde die Elektron-Positron-Vernichtung in Muonpaare, $e^+e^- \to \mu^+\mu^-$.

a. Bestimmen Sie das Matrixelement $\mathcal{M}$ aus den Feynmanregeln der QED.

b. Berechnen Sie den unpolarisierten Wirkungsquerschnitt $\frac{d\sigma}{d\Omega}$ im CMS in der Näherung $m_{e,\mu} \simeq 0$, d.h. im Limes $s \gg m_{e,\mu}^2$, als Funktion des Streuwinkels θ.

Formeln zum Umgang mit Dirac-Matrizen und Spinoren

$$(\bar{u}_1 \Gamma u_2)^* = \bar{u}_2 \bar{\Gamma} u_1$$

$$\sum_\sigma u_\sigma(p)\, \bar{u}_\sigma(p) = \not{p} + m, \quad \sum_\sigma v_\sigma(p)\, \bar{v}_\sigma(p) = \not{p} - m$$

$$\mathrm{Tr}(\not{a}\, \gamma_\mu \not{b}\, \gamma_\nu) = 4(a_\mu b_\nu + a_\nu b_\mu - g_{\mu\nu}\, a \cdot b)$$