
Übung zur Kern- Teilchen- und Astrophysik I
Prof. Dr. S. Schönert, Prof. Dr. W. Hollik
Wintersemester 2012/13

Blatt Nr. 13

23. Januar 2013

Aufgabe 1 Zweiteilchen-Wirkungsquerschnitt

Der allgemeine Ausdruck für den Wirkungsquerschnitt einer Zweiteilchenreaktion $p_a + p_b \rightarrow p_1 + p_2$ 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.

- 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.*
- 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, $e^+ e^- \rightarrow \mu^+ \mu^-$.

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

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

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

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