

---

**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  $\theta$  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  $\theta$  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  $\theta$ .

Formeln zum Umgang mit Dirac-Matrizen und Spinoren

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

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

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