

---

**Übung zur Kern- Teilchen- und Astrophysik II**  
**Prof. Dr. S. Schönert, Prof. Dr. W. Hollik**  
**Sommersemester 2013/14**

---

Blatt Nr. 1

8. April 2014

### Aufgabe 1 : Elektron-Quark-Streuung

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

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

mit dem Matrixelement  $\mathcal{M}$  aus den Feynmanregeln. Der differentielle Wirkungsquerschnitt in Hochenergienäherung (siehe Aufgabe 1 auf Blatt 9 von WS13/14):

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{1}{64\pi^2 s} |\mathcal{M}|^2$$

- a. Betrachtet werde die Elektron-Quark-Streuung im CMS in der Hochenergienäherung, wo man alle Massen vernachlässigen kann,  $e(p) + q(k) \rightarrow e(p') + q(k')$

Berechnen Sie den unpolarisierten Wirkungsquerschnitt  $\frac{d\sigma}{dt}$  ausgedrückt in den Mandelstam-Variablen  $s = (p + k)^2$ ,  $t = (p - p')^2$ ,  $u = (p - k')^2$ .

- b. Was ändert sich am Ergebnis, wenn statt der Streuung am Quark die Streuung am Antiquark erfolgt?

Formeln zum Umgang mit Dirac-Matrizen und Spinoren (siehe Übungen im WS13/14: Blatt 5)

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

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

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

### Aufgabe 2 : Skalare Elektrodynamik

Freie Teilchen/Antiteilchen mit Ladung  $\pm e$ , Masse  $m$  und Spin 0 werden durch ein komplexes Skalarfeld  $\phi(x)$  beschrieben, mit der Lagrange-Dichte

$$\mathcal{L}_0 = (\partial_{\mu} \phi)^{\dagger} (\partial^{\mu} \phi) - m^2 \phi^{\dagger} \phi.$$

Wie lautet die Lagrangedichte für eine zugehörige eichinvariante Elektrodynamik? Welche Typen von Wechselwirkungen gibt es?