Ausgabe: 24.11.2014
Fällig am: 1.12.2014
Discussion: 4.12.2014

Institut für Experimentalphysik

Exercises to Advanced Particle Physics — WS 15/16

Roman Kogler, Peter Schleper

Blatt 6

Aufgabe 1: Phasenraum — 6 Punkte

a) Berechnen Sie den Phasenraumfaktor für den Zerfall $A \to B + C$ with $m_C = 0$. Beginnen Sie mit

$$dQ = (2\pi)^4 \delta(p_A - p_B - p_C) \frac{d^3 p_B}{(2\pi)^3 2E_B} \frac{d^3 p_C}{(2\pi)^3 2E_C}$$

.

Tipp: Führen Sie die Rechnung im Schwerpunktsystem durch und berechnen Sie das Integral über $d^3 p_C^*$ zuerst. Benutzen Sie die Faktorisierung

$$\delta f(p) = \delta(\sqrt{s} - E_B^* - E_C^*) \cdot \delta(\vec{p}_B^* + \vec{p}_C^*)$$

und beachten Sie, dass

$$\int f(x) \delta(g(x)) = \sum_i f(x_i) \frac{1}{|\frac{dg}{dx}(x_i)|}.$$

Sie bekommen einen Ausdruck, der von $\sqrt{s}$ und $|\vec{p}_f|$ abhängt. Benutzen Sie nun das Ergebnis von Blatt 1, Aufgabe 2 um die Abhängigkeit von $|\vec{p}_f|$ loszuwerden.

b) Berechnen Sie das Verhältnis der Phasenraumfaktoren von

$$\pi^+ \to \mu^+ + \nu \qquad \text{und} \qquad \pi^+ \to e^+ + \nu\,.$$

Tipp: $m_\pi = 140$ MeV, $m_\mu = 106$ MeV und $m_e = 511$ keV

Aufgabe 2: Wirkungsquerschnitt von $e^+e^- \to f\bar{f}$ **6 Punkte**

Der Wirkungsquerschnitt für den Zweikörperprozess $a+b \to c+d$ ist im Schwerpunktsystem gegeben durch

$$\frac{\mathrm{d}\sigma}{\mathrm{d}\Omega} = \frac{1}{64\pi^2 s}\frac{p_f^*}{p_i^*}|\mathcal{M}_{fi}|^2 \,.$$

Im Fall von e^+e^- Annihilation, unter Vernachlässigung der Elektronenmasse, ist das Matrixelement gemittelt über alle Spinzustände gegeben durch

$$\langle|\mathcal{M}_{fi}|^2\rangle = 2\frac{Q_f^2 e^4}{(p_1\cdot p_2)^2}\left[(p_1\cdot p_3)(p_2\cdot p_4) + (p_1\cdot p_4)(p_2\cdot p_3) + m_f^2(p_1\cdot p_2)\right] \,.$$

a) Berechnen Sie den totalen Wirkungsquerschnitt von $e^+e^- \to f\bar{f}$. Nehmen Sie an, dass die einlaufenden e^+e^- entlang der z-Achse fliegen und schreiben Sie den Impuls der Teilchen im Endzustand als $p = \beta E$. Legen Sie das Koordinatensystem so, dass der Impuls in y-Richtung null ist.

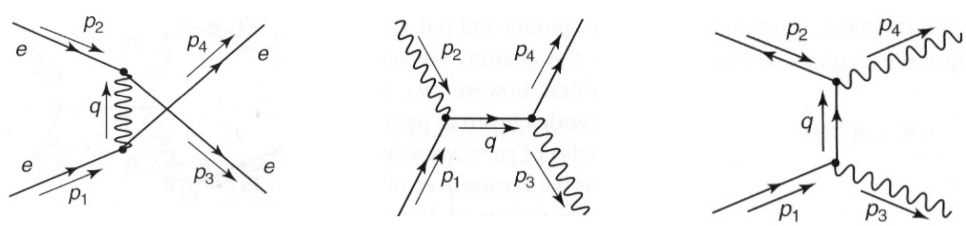
b) Berechnen Sie nun das Verhältnis R der Wirkungsquerschnitte für die Prozesse

$$e^+e^- \to \tau^+\tau^- \qquad \text{und} \qquad e^+e^- \to \mu^+\mu^- .$$

Zeichnen Sie das Verhältnis R als Funktion der Schwerpunktsenergie $\sqrt{s}$. Beschreiben Sie das charakteristische Verhalten von R bei dem minimalen Wert $\sqrt{s_{\mathrm{min}}}$, den ungefähren Wert von R bei $2\sqrt{s_{\mathrm{min}}}$, und das Verhalten bei großen Werten von $\sqrt{s}$.

Aufgabe 3: Feynman-Diagramme **5 Punkte**

a) Geben Sie die Matrixelemente folgender Feynman-Diagramme an (keine volle Berechnung notwendig).



b) Zeichnen Sie die Feynman-Diagramme folgender Ausdrücke:

$$-\bar{v}(p_2)\gamma^\mu u(p_1)\frac{e^2 g_{\mu\nu}}{q^2}\bar{u}(p_3)\gamma^\nu v(p_4)$$

$$\bar{u}(p_4)(ig_e\gamma^\mu)\epsilon_\mu(p_2)\frac{i(\gamma^\rho q_\rho + m)}{(q^2-m^2)}(ig_e\gamma^\nu)\epsilon_\nu(p_3)^* u(p_1)$$