

## Übung Nr. 6

### Diskussionsthemen:

- Was sind Wirkungsquerschnitt und Luminosität? Welche sind deren Dimensionen und Einheiten?
- Was ist die allgemeine Struktur einer Zerfallsrate? eines Wirkungsquerschnitts?

In diesem Zettel werden natürliche Einheiten verwendet.

### Aufgabe 21. Phasenraumintegration

Überzeugen Sie sich davon, dass das Maß für die Phasenraumintegration sich in der Lorentz-invarianten Form

$$\int \frac{d^3\vec{p}}{(2\pi)^3 2E_{\vec{p}}} = \int 2\pi\delta(\mathbf{p}^2 - m^2) \Theta(p^0) \frac{d^4\mathbf{p}}{(2\pi)^4}$$

mit  $\Theta$  der Heaviside-Funktion schreiben lässt, wobei  $\mathbf{p} = (p^0, \vec{p})$ .

### Aufgabe 22. Zerfall $\rho \rightarrow \pi^+\pi^-$

Setzen Sie die Werte  $m = m_\rho = 770$  MeV,  $m_1 = m_2 = m_\pi = 140$  MeV, und  $\mathcal{M} = 2$  GeV ins Resultat der Aufgabe 19 iii. ein.

- i. Was erhalten Sie für die Lebensdauer? Vergleichen Sie anschliessend mit der Lebensdauer des physikalischen  $\rho$ -Mesons, die Sie z.B. auf <http://pdg.lbl.gov> finden.
- ii. Zeichnen Sie die Zerfallsrate als Funktion von  $m$ . Was ist die physikalische Interpretation dieser Struktur?

### Aufgabe 23. Zwei-nach-zwei Streuung $1 + 2 \rightarrow 3 + 4$

Können Sie, ausgehend vom Ausdruck des in der Vorlesung hergeleiteten differentiellen Wirkungsquerschnitts

$$\frac{d^2\sigma}{d^2\Omega}(\theta, \varphi) = \frac{1}{(8\pi)^2} \frac{|\vec{p}_3|}{|\vec{p}_1|} \frac{|\mathcal{M}(|\vec{p}_1|, |\vec{p}_3|, \cos\theta)|^2}{(E_1 + E_2)^2}$$

einen Ausdruck für  $d\sigma/dt$  herleiten, der nur von den Invarianten  $m_1^2, m_2^2, m_3^2, m_4^2, s$  und  $t$  abhängt? Dabei bezeichnen  $s$  und  $t$  Mandelstam-Variablen (vgl. Aufgabe 20.) und  $\theta$  den Winkel zwischen  $\vec{p}_1$  und  $\vec{p}_3$ .

*Hinweis:* Starten Sie z.B. mit  $\frac{d\sigma}{dt} = \frac{d\sigma}{d\cos\theta} \frac{d\cos\theta}{dt} = \dots$ .

### Aufgabe 24. Diracologie: Kontraktionen von Gamma-Matrizen

Zeigen Sie, ausgehend von  $\{\gamma^\mu, \gamma^\nu\} = 2\eta^{\mu\nu}$ , dass:

- i.  $\gamma_\mu\gamma^\mu = 4\mathbb{1}_4$ ,    ii.  $\gamma_\mu\gamma^\nu\gamma^\mu = -2\gamma^\nu$ ,    iii.  $\gamma_\mu\gamma^\nu\gamma^\rho\gamma^\mu = 4\eta^{\nu\rho}$ .