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. Zerfall $\rho \to \pi^+\pi^-$

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 ρ-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 22. Fixed-target Experimente und Collider-Experimente

Sei der (inelastische) Prozess $p + p \to p + p + p + \bar{p}$.

i. In einem sogenannten „fixed-target“ Experiment ist eines der ursprünglichen Protonen p in Ruhe im Laborsystem: es stellt also ein feststehendes Ziel dar, auf welches das andere Proton geschossen wird. Wieviel Energie muss das letztere haben, damit die oben abgegebene Reaktion kinematisch erlaubt ist?

ii. In einem „Collider“, wie z.B. im Large Hadron Collider (LHC), stoßen die zwei Protonen mit gleicher Geschwindigkeit (im Laborsystem) frontal zusammen. Was ist die Schwellenenergie in diesem Fall?

Aufgabe 23. Mandelstam-Variablen

Betrachten Sie die quasi-elastische Streuung $a + b \to 1 + 2$. Zeigen Sie, dass die Mandelstam-Variablen $s \equiv (\mathsf{p}_a + \mathsf{p}_b)^2$, $t \equiv (\mathsf{p}_a - \mathsf{p}_1)^2$ und $u \equiv (\mathsf{p}_a - \mathsf{p}_2)^2$ nicht unabhängig sind:

$$s + t + u = m_a^2 + m_b^2 + m_1^2 + m_2^2.$$

Aufgabe 24. Zwei-nach-zwei Streuung $a + b \to 1 + 2$

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

$$\frac{\mathrm{d}^2\sigma}{\mathrm{d}^2\Omega}(\theta, \varphi) = \frac{1}{(8\pi)^2} \frac{|\vec{p}_1|}{|\vec{p}_a|} \frac{\left|\mathcal{M}(|\vec{p}_a|, |\vec{p}_1|, \cos\theta)\right|^2}{(E_a + E_b)^2}$$

einen Ausdruck für $\mathrm{d}\sigma/\mathrm{d}t$ herleiten, der nur von den Invarianten m_a^2, m_b^2, m_1^2, m_2^2, s und t abhängt? Dabei bezeichnen s und t Mandelstam-Variablen (vgl. Aufgabe **23.**) und θ den Winkel zwischen $\vec{p}_a$ und $\vec{p}_1$.

Hinweis: Starten Sie z.B. mit $\dfrac{\mathrm{d}\sigma}{\mathrm{d}t} = \dfrac{\mathrm{d}\sigma}{\mathrm{d}\cos\theta} \dfrac{\mathrm{d}\cos\theta}{\mathrm{d}t} = \cdots$.