

# Theoretische Teilchenphysik

Hans-Werner Hammer  
Martin Ebert (mebert@theorie.ikp.physik.tu-darmstadt.de)



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Wintersemester 2018/19

4. Übung

14. Dezember

## Aufgabe 1 Differentieller Wirkungsquerschnitt für Zweiteilchenprozesse

Wir betrachten den Zweiteilchenprozess  $AB \rightarrow CD$  im Schwerpunktsystem. Für die Impulse der eingehenden (ausgehenden) Teilchen gilt  $|\mathbf{p}_A| = |\mathbf{p}_B| =: |\mathbf{p}_i|$  bzw.  $|\mathbf{p}_C| = |\mathbf{p}_D| =: |\mathbf{p}_f|$ . Berechnen Sie den differentiellen Wirkungsquerschnitt. Zeigen Sie dafür, dass

(a) der lorentzinvariante Phasenraum

$$d\text{LIPS} = (2\pi)^4 \delta^{(4)}(p_C + p_D - p_A - p_B) \frac{d^3 p_C}{(2\pi)^3 2E_C} \frac{d^3 p_D}{(2\pi)^3 2E_D},$$

mit Viererimpulsen  $p_{A,B,C,D}$ , umgeformt werden kann zu

$$d\text{LIPS} = \frac{1}{4\pi^2} \frac{|\mathbf{p}_f|}{4\sqrt{s}} d\Omega.$$

Dabei ist  $s$  eine Mandelstam-Variable,  $s = (p_A + p_B)^2$ .

(b) der eingehende Teilchenfluss

$$F = 4 \left( (p_A \cdot p_B)^2 - m_A^2 m_B^2 \right)^{1/2}$$

gegeben ist als

$$F = 4|\mathbf{p}_i| \sqrt{s}.$$

Für den differentiellen Wirkungsquerschnitt gilt

$$d\sigma = \frac{|\mathcal{M}|^2}{F} d\text{LIPS}$$

und für das Schwerpunktsystem ( $cm$ ) folgt

$$\left. \frac{d\sigma}{d\Omega} \right|_{cm} = \frac{1}{64\pi^2 s} \frac{|\mathbf{p}_f|}{|\mathbf{p}_i|} |\mathcal{M}|^2.$$

Das invariante Übergangsmatrixelement  $\mathcal{M}$  kann beispielsweise für QED-Prozesse störungstheoretisch mit Hilfe von Feynman-Diagrammen berechnet werden.

---

## Aufgabe 2 Elektron-Positron-Streuung in skalarer QED

---

Berechnen Sie den differentiellen Wirkungsquerschnitt für hoch relativistische Elektron-Positron-Streuung zu führender Ordnung in skalarer QED im Schwerpunktsystem

$$\left. \frac{d\sigma}{d\Omega} \right|_{cm} = \frac{\alpha^2}{4s} \left( \frac{3 + \cos^2(\theta)}{1 - \cos(\theta)} \right)^2.$$

Hierbei ist  $\theta$  der Streuwinkel und  $\alpha = e^2/4\pi$  die Feinstrukturkonstante.

*Hinweise:*

- Benutzen Sie die Ergebnisse von Aufgabe 1.
- In führender Ordnung tragen zwei Feynman-Diagramme zum Übergangsmatrixelement bei.