

# Präsenzübungen 1 zur Vorlesung „Kern- und Teilchenphysik“

Humboldt-Universität zu Berlin, WS 2009/2010,

Prof. Th. Lohse, U. Schwanke, O. M. Kind

Bearbeitung: 21. bzw. 23. Oktober 2009

## Aufgabe 1: Differentieller Wirkungsquerschnitt

Betrachten Sie einen Teilchenstrahl, der bei einer Luminosität von  $L = 10^{30} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  auf ein punktförmiges Target trifft. Die gestreuten Teilchen werden mit einer Effizienz von 100 % mit Hilfe eines geeigneten Detektors nachgewiesen. Sie analysieren die Winkelverteilung der gestreuten Teilchen und finden, dass die Rate  $R$  pro Winkelintervall gestreuter Teilchen zwar nicht vom Azimutwinkel  $\phi$ , aber gemäß

$$\frac{dR}{d\theta} = A \sin \theta$$

mit  $A = 500 \text{ Hz rad}^{-1}$  vom Streuwinkel  $\theta$  relativ zur Strahlachse abhängt.

- Berechnen Sie  $d\sigma/d\theta$  und daraus den totalen Wirkungsquerschnitt.
- Berechnen Sie  $d\sigma/d\Omega$ .
- Berechnen Sie  $dR/d \cos \theta$ .

## Aufgabe 2: Mandelstam-Variablen

- Die Mandelstam-Variablen  $s$ ,  $t$ , und  $u$  für eine Teilchenreaktion der Form  $A+B \rightarrow C+D$  sind definiert durch

$$\begin{aligned} s &= (p_A + p_B)^2, \\ t &= (p_A - p_C)^2, \\ u &= (p_A - p_D)^2. \end{aligned}$$

Machen Sie sich die Lorentz-Invarianz dieser Variablen klar. Drücken Sie die Mandelstam-Variablen *im Schwerpunktsystem* der einlaufenden Teilchen durch deren Energien  $E_A^*$ ,  $E_B^*$  sowie dem Streuwinkel  $\theta^*$ , welcher den Winkel zwischen dem auslaufenden Teilchen  $C$  und dem einlaufenden Teilchen  $A$  bedeutet. Nehmen Sie hierbei dabei an, dass die Energien der beteiligten Teilchen viel größer sind als ihre Massen (Hochenergienäherung).

- Drücken Sie das Quadrat des (Vierer-)Impulsübertrags  $q^2$  für  $e^+e^-$ -Kollisionen durch die Mandelstam-Variablen aus, und interpretieren Sie dieses.

### Aufgabe 3: Feynman-Diagramme

Skizzieren und diskutieren Sie die Feynman-Diagramme in führender Ordnung für die folgenden Teilchenreaktionen. Beachten Sie dabei, dass es mehr als einen Graphen pro Reaktion geben kann.

a) Elektron-Positron-Vernichtung  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$

b) Elektron-Myon-Streuung  $e^-\mu^+ \rightarrow e^-\mu^+$

c) Compton-Streuung  $\gamma e^- \rightarrow \gamma e^-$