

# Übungen Moderne Experimentalphysik III (Kerne und Teilchen) Sommersemester 2013

Übungsblatt Nr. 5

Bearbeitung bis 3.06.2013

---

Bitte geben Sie Ihren Namen und Ihre Tutorium-Gruppe (A-K) an.

---

## Aufgabe 1: HERA

(5 Punkte)

Am HERA-Speichering wurden Elektronen mit einer Energie von 27.5 GeV und Protonen mit einer Energie von 920 GeV frontal kollidiert. Der Viererimpuls des einlaufenden Elektrons sei  $\mathbf{k}$ , der des einlaufenden Protons  $\mathbf{P}$  und der des gestreuten Elektrons  $\mathbf{k}'$ . Der Viererimpulsübertrag zwischen Elektron und Proton sei  $\mathbf{q}$ . Die Massen der Teilchen sollen im Folgenden vernachlässigt werden.

- Um die Kinematik von  $ep$ -Streueignissen zu bestimmen, werden die Energie  $E'_e$  und der Winkel  $\theta$  des gestreuten Elektrons zur Protonstrahlrichtung (nicht zur Elektronstrahlrichtung!) gemessen. Bestimmen Sie aus diesen beiden Größen und der Energie des einlaufenden Elektrons  $E_e$  die Virtualität  $Q^2 = -\mathbf{q}^2$  und die Inelastizität  $y = \frac{\mathbf{P}\cdot\mathbf{q}}{\mathbf{P}\cdot\mathbf{k}}$ . Welche anschauliche Bedeutung hat die Inelastizität  $y$ ?
- Drücken Sie  $W^2$  und die Bjorkensche Skalenvariable  $x$  durch  $Q^2$ ,  $y$  und das Quadrat der Schwerpunktsenergie  $s$  aus.
- Welche alternative Möglichkeit, die Kinematik zu bestimmen, hat man für den Fall, dass kein Elektron detektiert wird? Bestimmen Sie dafür eine Formel, mit der sich  $y$  berechnen lässt.

## Aufgabe 2: Bjorken-x und Partonimpulsanteil

(3 Punkte)

Näherungsweise gibt die Bjorkensche Skalenvariable  $x$  den Anteil des Partons am Nukleonimpuls an. Zeigen Sie, dass der Impulsanteil  $\xi$  des gestreuten Partons bei Berücksichtigung der Nukleonmasse  $M$  und der Partonmasse  $m$  gegeben ist durch ( $c = 1$ ):

$$\xi = x \left( 1 + \frac{m^2 - M^2 x^2}{Q^2} \right)$$

Verwenden Sie dabei die Näherung  $\sqrt{1 + \epsilon(1 + \epsilon')} \approx 1 + \frac{\epsilon}{2} \left(1 + \epsilon' - \frac{\epsilon}{4}\right)$  für kleine  $\epsilon$  und  $\epsilon'$ . Wann gilt diese Näherung?

**Aufgabe 3: Strukturfunktion**

(2 Punkte)

Skizzieren Sie die Strukturfunktion des Protons  $F_2(x)$  für ein festes  $Q^2$  unter der Annahme, dass das Proton

- a) ein einziges elementares Teilchen ist
- b) aus drei nicht wechselwirkenden Valenzquarks besteht
- c) aus drei wechselwirkenden Valenzquarks besteht
- d) aus Valenz- und Seequarks sowie Gluonen besteht.

Zeichnen Sie zu jedem der vier Fälle ein Feynmandiagramm der  $ep$ -Streuung.