

Name:

Gruppe:

Aufgabenblatt 3 – Experimentalphysik V – WS 2010/2011

Abgabe: Do/Fr 4./5.11.2010 (in den Übungsgruppen)

Aufgabe 3.1: Auflösungsvermögen bei Elektronenstreuung (10 Punkte)

Schätzen Sie das Auflösungsvermögen Δx senkrecht zur Strahlrichtung bei der Streuung von Elektronen der Energie $E \gg m_{\text{Elektron}}c^2$ an einem ruhenden Target über $\Delta x \cdot \Delta p_x \approx \hbar$ ab. Vernachlässigen Sie dazu den Rückstoß des Targets und verwenden Sie für Δp_x den Impuls eines um 90° elastisch gestreuten Elektrons. Welche Elektronenenergien sind nötig, um Strukturen der Größenordnung $\Delta x = 10$ fm (Atomkerne), $\Delta x = 1$ fm (Nukleonen) und $\Delta x < 0,1$ fm (Quarks in Nukleonen) aufzulösen?

Aufgabe 3.2: Ladungsverteilung des Pions (40 Punkte)

Für eine kugelsymmetrische Ladungsverteilung lässt sich der Formfaktor über

$$F(q^2) = 4\pi \int_0^\infty \rho(r) \frac{\sin(qr/\hbar)}{qr/\hbar} r^2 dr$$

berechnen (vergleiche Aufgabe 2.5). Die Ladungsverteilung $\rho(r)$ ist dabei auf eins normiert: $4\pi \int_0^\infty \rho(r)r^2 dr = 1$.

- a) Zeigen Sie, dass für den mittleren quadratischen Ladungsradius $\langle r^2 \rangle = 4\pi \int_0^\infty r^2 \rho(r)r^2 dr$ der Verteilung gilt:

$$\langle r^2 \rangle = -6\hbar^2 \left. \frac{dF(q^2)}{dq^2} \right|_{q^2=0}.$$

Entwickeln Sie dazu $F(q^2)$ für kleine Werte von q ($qr/\hbar \ll 1$).

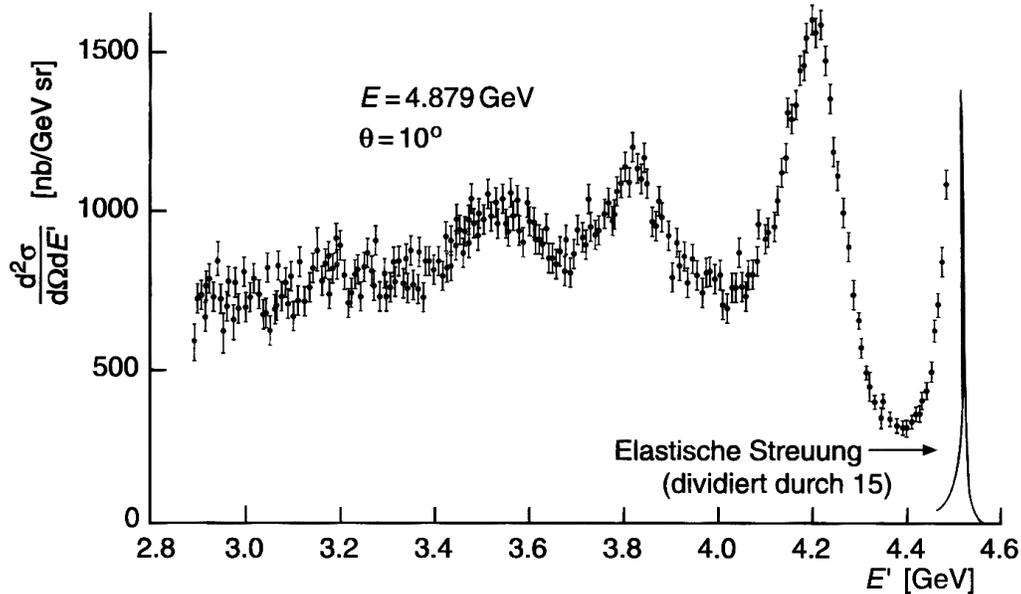
- b) Zeigen Sie, dass der Formfaktor für eine auf eins normierte Ladungsverteilung der Form $\rho(r) = \frac{1}{4\pi a^2} \frac{e^{-r/a}}{r}$ gegeben ist durch

$$F(q^2) = \frac{1}{1 + \frac{q^2 a^2}{\hbar^2}} \quad (\text{Monopolformfaktor}).$$

- c) Die Daten zur elastischen Elektron-Pion-Streuung lassen sich durch einen Monopolformfaktor mit $a = 0,27$ fm beschreiben. Welcher Wert für die Wurzel aus dem mittleren quadratischen Ladungsradius $\sqrt{\langle r_\pi^2 \rangle}$ des Pions ergibt sich daraus?

Bitte wenden

Aufgabe 3.3: Unelastische Elektron-Proton-Streuung (30 Punkte)



Bei der Streuung von Elektronen mit einer Energie von $E = 4,879$ GeV an einem ruhenden Proton-Target werden die gestreuten Elektronen der Energie E' unter einem Winkel von 10° gemessen. Im Energiespektrum der gestreuten Elektronen (s. Abbildung) werden mehrere Resonanzen beobachtet.

- Wie groß ist der 4er-Impulsübertrag Q^2 und die Bjorkensche Skalenvariable x für die Resonanzen bei $E' = 4,2$ GeV und $E' = 3,82$ GeV?
- Wie groß sind die Massen dieser Resonanzen?
- Bestimmen Sie anhand der Abbildung die Zerfallsbreite der Resonanz bei $E' = 4,2$ GeV und schätzen Sie deren Lebensdauer mit Hilfe der Unschärferelation ab.

Aufgabe 3.4: Fragen zur tiefunelastischen Streuung (20 Punkte)

- Was versteht man unter dem Bjorken-Skalierungsverhalten?
- Was lässt sich aus dem Bjorken-Skalierungsverhalten über die Struktur der Nukleonen sagen?
- Welche Interpretation erfährt die Bjorkensche Skalenvariable x im Partonmodell?
- Was versteht man unter Valenz- und Seequarks?
- Was gibt eine Partonverteilung $q_f(x)$ an?
- Welcher Anteil am Gesamtimpuls eines Protons wird durch Quarks getragen?
- Welche Teilchen tragen den restlichen Impuls?

Hinweis: Ein Satz pro Frage ist als Antwort ausreichend.