

Name:

Gruppe:

Aufgabenblatt 2 – Experimentalphysik V – WS 2010/2011

Abgabe: Do/Fr 28./29.10.2010 (in den Übungsgruppen)

2.1 Teilchenzoo (20 Punkte)

Geben Sie eine eindeutige Definition und jeweils ein Beispiel für die folgenden Teilchenklassen an:

- a) Meson b) Hadron c) Boson
- d) Fermion e) Baryon f) Elementarteilchen

Geben Sie eine vollständige Liste folgender Teilchenklassen an:

- g) Lepton h) Quark

2.2 Prozesse der elektromagnetischen Wechselwirkung (25 Punkte)

Das Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung ist das Photon. Zeichnen Sie für die folgenden elektromagnetischen Prozesse das Feynman-Diagramm niedrigster Ordnung.

- a) Paarbildung: $\gamma \rightarrow e^+ e^-$
- b) Bremsstrahlung: $e^- \rightarrow e^- \gamma$
- c) Paarvernichtung: $e^+ e^- \rightarrow \gamma \gamma$
- d) Annihilation: $\tau^+ \tau^- \rightarrow \mu^+ \mu^-$
- e) Bhabha-Streuung: $e^+ e^- \rightarrow e^+ e^-$

Hinweis: Es gibt zwei mögliche Diagramme, den sogenannten t-Kanal und den s-Kanal.

Die Zeitachse geht von links nach rechts. Markieren Sie die Fermionlinien mit Pfeilen, die für Fermionen in Zeitrichtung und für Antifermionen gegen die Zeitrichtung orientiert sind.

Hinweis: Die Prozesse a) und b) können kinematisch nur stattfinden, wenn ein weiterer Streupartner beteiligt ist. Dieser muss im Rahmen dieser Aufgabe nicht in der Zeichnung eingetragen werden.

Hinweis: Die Prozesse d) und e) können auch durch den Austausch eines Z^0 Bosons stattfinden. Die zugehörigen Diagramme müssen aber nicht gezeichnet werden.

2.3 Impulsübertrag bei elastischer Elektron-Kern-Streuung (15 Punkte)

Leiten Sie mit Hilfe einer Skizze den Zusammenhang zwischen den Impulsen des einlaufenden und des auslaufenden Elektrons und dem Streuwinkel θ bei einer elastischen Streuung an einem schweren Kern her. Der Rückstoß des Kerns und die Masse des Elektrons können bei der Herleitung vernachlässigt werden. Wie groß ist der Impulsübertrag eines Elektrons der Energie 500 MeV, das bei einem elastischen Stoß mit einem Kern unter dem Winkel $\theta = 20^\circ$ abgelenkt wird?

2.4 Rutherford-Streuung (10 Punkte)

a) Zur Herleitung der Rutherford-Streuformel von geladenen Teilchen an Kernen wurden drei Annahmen bezüglich Ausdehnung, Spin und Masse der Streupartner gemacht. Welche?

Hinweis: Nur ein Satz pro Annahme ist ausreichend als Antwort.

b) Zur Beschreibung der Streuung von Elektronen an Kernen wird der Mott-Wirkungsquerschnitt benutzt. Welche Eigenschaft der Elektronen wird dabei beschrieben, die in der Rutherford-Streuformel nicht berücksichtigt wird?

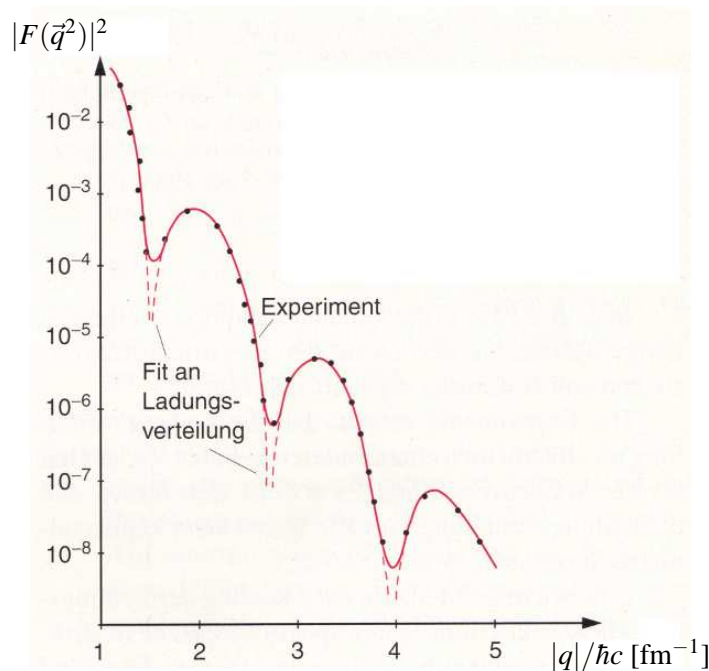


Abbildung 1: Gemessene Verteilung von $|F(\vec{q}^2)|^2$ in Abhängigkeit des Impulsübertrags ($|q|$) für Sauerstoff ($^{16}_8\text{O}$).

2.5 Ladungsverteilung in $^{16}_8\text{O}$ -Kernen (30 Punkte)

Formfaktoren $F(\vec{q}^2)$ von Kernen werden in Elektronenstreuexperimenten über das Verhältnis zwischen gemessenem Wirkungsquerschnitt und der theoretischen Vorhersage für eine punktförmige Ladungsverteilung (Mott-Wirkungsquerschnitt) bestimmt:

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{Exp} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{Mott} |F(\vec{q}^2)|^2$$

Hierbei bezeichnet \vec{q} den Impulsübertrag des Elektrons auf den Kern. Aus dem Verlauf von $|F(\vec{q}^2)|^2$ können Aussagen über Form und Ausdehnung des Kerns getroffen werden.

a) Zeigen Sie, dass der Formfaktor einer homogen geladenen Kugel mit Radius R und der auf eins normierten Ladungsdichte $\rho(r)$,

$$\rho(r) = \begin{cases} \frac{3}{4\pi R^3} & \text{für } r \leq R, \\ 0 & \text{für } r > R \end{cases}$$

die Form $F(\vec{q}^2) = 3(\sin \alpha - \alpha \cos \alpha)/\alpha^3$ mit $\alpha = |\vec{q}|R/\hbar$ hat.

Hinweis: Der Formfaktor ist die Fouriertransformierte der Ladungsverteilung.

b) Berechnen Sie den numerischen Wert α der ersten Nullstelle des Formfaktors. Sie können hierzu *Mathematica* oder *Maple* benutzen.

c) Abbildung 1 zeigt eine Formfaktormessung für Sauerstoff ($^{16}_8\text{O}$). Bestimmen Sie aus der Lage des Minimum, das der eben ausgerechneten Nullstelle entspricht, den Radius R des Sauerstoffkerns. Vergleichen Sie den Radius mit der einfachen Formel:

$$R = 1.2 \text{ fm} \cdot A^{\frac{1}{3}}; \quad A: \text{ Kernmassenzahl}$$