

Aufgabe 1: Formelsammlung

1

Erstellen Sie eine Formelsammlung zum Stoff der Vorlesungen der letzten Woche und dieser Übung, damit Sie vor der Klausur am 4.2.19 schon eine Übersicht über den behandelten Stoff haben. Geben Sie die Formelsammlung auf einem separaten Blatt zusammen mit den Lösungen zu den anderen Aufgaben ab. Vergessen Sie bitte auf allen Zetteln nicht, Ihren Namen, die Matrikelnummer und Ihre Übungsgruppe anzugeben.

Aufgabe 2: Compton-Streuung

4

Ein Photon wird an einem Elektron gestreut. Leiten Sie die Gleichung für die Differenz der Wellenlängen des Photons vor und nach der Compton-Streuung her:

$$\lambda' - \lambda = \frac{2h}{m_e c} \sin^2 \left(\frac{\theta}{2} \right),$$

Dabei ist θ der Streuwinkel, λ die Wellenlänge vor und λ' nach der Streuung, m_e die Masse des Elektrons und h das Plancksche Wirkungsquantum.

In welchem der folgenden Fälle verliert das Photon relativ gesehen die meiste Energie?

- i) Einfache Compton-Streuung mit $\theta = 180^\circ$?
- ii) Zweifache Compton-Streuung, jeweils mit $\theta = 90^\circ$?
- iii) Dreifache Compton-Streuung, jeweils mit $\theta = 60^\circ$?

Aufgabe 3: Struktur des Protons

Der experimentell gemessene Wirkungsquerschnitt von Elektronen und Protonen lässt sich recht gut beschreiben, wenn man für das Proton eine kugelsymmetrische Ladungsverteilung annimmt, die exponentiell mit

$$\varrho(r) = \varrho_0 e^{-r/a}$$

und $a = 0.22$ fm abfällt.

- a) Bestimmen Sie die Normierungskonstante ϱ_0 .

1

- b) Zeigen Sie durch Integration in Kugelkoordinaten, dass

$$\int d^3r f(r) e^{i\vec{q}\vec{r}} = 4\pi \int_0^\infty dr f(r) r^2 \frac{\sin(qr)}{qr}$$

2

- c) Berechnen Sie den Formfaktor dieser Ladungsverteilung des Protons. **2**
- d) Wie groß ist der mittlere quadratische Radius $\sqrt{\langle r^2 \rangle}$ des Protons? **2**

Aufgabe 4: π_0 Zerfall

Wir betrachten den isotropen Zerfall eines neutralen Pions mit Impuls $\vec{p}_\pi = P_\pi \vec{e}_z$ in zwei Photonen ($\pi_0 \rightarrow \gamma\gamma$).

- a) Im Laborsystem werden die beiden Photonen mit einer Energie E_1 und E_2 gemessen. Der Winkel zwischen den beiden Photonen beträgt δ . Geben Sie die Formel für die invariante Masse der beiden Photonen an. **1**
- b) Wie lautet für Photonen die Verteilung $dN/d \cos \theta^*$ mit dem Winkel θ^* zwischen Photon und der z-Achse im Ruhesystem des Pions. **1**
- c) Bestimmen Sie für die Energie E_γ der Photonen im Laborsystem die Verteilung dN/dE_γ und den Wertebereich von E_γ . **3**
- d) Bestimmen und Skizzieren Sie die Verteilung $dN/dP_{T,\gamma}$. **3**