

Übungen Moderne Experimentalphysik III (Kerne und Teilchen) Sommersemester 2013

Übungsblatt Nr. 2

Bearbeitung bis 29.04.2013

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

Aufgabe 1: Luminosität

(2 Punkte)

Für Streuprozesse an einem Teilchenbeschleuniger ist die Luminosität eine wichtige Kenngröße. Für einen Prozess mit bekanntem Wirkungsquerschnitt lässt sich mit Hilfe der Luminosität die Rate der erzeugten Ereignisse bestimmen. Die Luminosität ist definiert als das Produkt der Anzahl der Teilchenpakete n mit den Anzahlen der Teilchen pro Paket in Beam 1 (N_1) und Beam 2 (N_2) sowie der Umlauffrequenz der Pakete (f), geteilt durch die effektive Fläche der Pakete (A_{eff}). Der stärkste derzeit verfügbare Teilchenbeschleuniger ist der pp -Speicherring LHC (Large Hadron Collider) am CERN in Genf. Im letzten Jahr wurden in dem 26.7 km langen Ring in beiden Umlaufrichtungen 1374 Pakete (Bunches) von jeweils $1.6 \cdot 10^{11}$ Protonen gespeichert. Die Pakete kollidierten bei einer Schwerpunktsenergie von 8 TeV. Am Kollisionspunkt betrug die Ausdehnung des Strahls etwa $19 \mu\text{m}$ in x- und y-Richtung, die effektive Fläche ergibt sich aus $A_{eff} = 4\pi \cdot \sigma_x \sigma_y$. Wie groß war die instantane Luminosität, die 2012 mit diesen Parametern erreicht wurde? Wieviele Ereignisse erwartet man innerhalb eines Tages für eine Reaktion mit einem Wirkungsquerschnitt von 20 pb (Wirkungsquerschnitt für die Produktion eines SM-Higgs Bosons mit einer Masse von $125 \text{ GeV}/c^2$ bei TeV Schwerpunktsenergie)?

Aufgabe 2: Weizsäcker-Massenformel

(3 Punkte)

- Bestimmen Sie analytisch aus der Weizsäcker-Massenformel die Ladungszahl Z des stabilsten Isobars in Abhängigkeit von A . Nehmen Sie dabei Z als kontinuierliche Variable an und vernachlässigen Sie die Paarungsenergie.
- Welche kinetische Energie wird frei, wenn ein ^{238}U -Kern symmetrisch in zwei identische Bruchstücke gespalten wird?
- Nehmen Sie an, dass jedes Bruchstück durch β -Zerfall weiter bis zum Massental hin zerfällt. Welches stabile Element wird erreicht und wieviel kinetische Energie wird insgesamt bei den β -Zerfällen frei?

Aufgabe 3: Formfaktor

(5 Punkte)

- a) Zeigen Sie, dass der Formfaktor für eine kugelsymmetrische Ladungsverteilung $\rho(\vec{r}) = \rho(r = |\vec{r}|)$ durch

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

gegeben ist. Dabei sei ρ auf 1 normiert: $\int \rho(\vec{r}) d^3r = 1$.

- b) Ein Kern kann in erster Näherung als homogen geladene Kugel mit Radius R betrachtet werden. Zeigen Sie, dass unter dieser Annahme für $F(q)$ gilt:

$$F(q) = \frac{3}{x^3} \cdot (\sin x - x \cos x) \quad \text{mit} \quad x = \frac{qR}{\hbar}$$

- c) Berechnen Sie $F(q = 0)$
- d) Ermitteln Sie (graphisch oder numerisch) die ersten drei positiven Nullstellen von $F(x)$.
- e) In der Abbildung ist der gemessene Wirkungsquerschnitt für die Streuung von Elektronen mit einer Energie von $E = 750$ MeV an ^{40}Ca und ^{48}Ca in Abhängigkeit vom Streuwinkel aufgetragen. Welchen Streuwinkeln entsprechen die im vorigen Aufgabenteil ermittelten Nullstellen? Bestimmen Sie daraus den Kernradius R der beiden Isotope.

