

Prof. Dr. Johannes Haller, Prof. Dr. Peter Schleper

Institut für Experimentalphysik

1.12.2020

Abgabe: 8.12.2020

**Blatt 4****Aufgabe 1: Formelsammlung****1**

Erstellen Sie jede Woche eine Formelsammlung zum Stoff der Vorlesungen der letzten Woche und dieser Übung. Diese wöchentlichen Formelsammlungen sollen Grundlage ihrer Klausurvorbereitung sein.

**Aufgabe 2: Zerfall im Flug**

Ein Teilchen  $a$  mit Spin=0 und Masse  $m_a$  zerfällt in seinem eigenen Ruhesystem isotrop in zwei masselose Teilchen  $b$  und  $c$ ,

$$\frac{dN}{d\Omega^*} = \text{const.}$$

- a) Das Teilchen  $a$  fliege jetzt mit Energie  $E_a$ . Berechnen Sie die Verteilung  $dN/dE_b$ . **2**
- b) Zeigen Sie, dass bei hohen Energien  $E_a$  der Winkel zwischen den beiden Teilchen  $b$  und  $c$  typisch von der Größenordnung

$$\alpha = 1/\gamma_a = m_a/E_a$$

ist.

**2****Aufgabe 3: Zerfall in mehrere Endzustände****1**

Ein Teilchen zerfällt drei mal so häufig in Quarks wie in Leptonen. Die Lebensdauer des Teilchens beträgt  $10^{-25}$  s. Wie groß sind die einzelnen Lebensdauern und Breiten  $\Gamma$  ?

**Aufgabe 4: 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 abfällt mit

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

- a) Bestimmen Sie die Normierungskonstante  $\varrho_0$ .

**1**

b) Zeigen Sie durch Integration in Kugelkoordinaten, dass

$$\int d^3r f(r) e^{i\vec{q}\vec{r}} = 4\pi \int_0^\infty dr f(r) r^2 \frac{\sin(qr)}{qr} \quad (1)$$

1

c) Berechnen Sie den Formfaktor dieser Ladungsverteilung des Protons.

1

d) Wie groß ist der mittlere quadratische Radius  $\sqrt{\langle r^2 \rangle}$  des Protons?

1

### Aufgabe 5: Elektron-Proton Streuung

Elektronen mit  $E_e = 4,879 \text{ GeV}$  werden an ruhenden Protonen gestreut. Die Energie der gestreuten Elektronen wird unter einem Streuwinkel von  $\theta = 10^\circ$  gemessen. Die Ruheenergie der Elektronen kann vernachlässigt werden.

a) Wie groß ist die Energie  $E'$  eines am Proton elastisch gestreuten Elektrons?

1

b) In der Abbildung aus dem Skript erkennt man ein Maximum der Zählrate bei einer Energie der gestreuten Elektronen von  $E_e = 4,2 \text{ GeV}$ . Berechnen Sie den quadrierten 3-er und 4-er Impulsübertrag  $|\vec{q}|^2$  und  $q^2$ . Berechnen Sie hiermit die invariante Masse  $M$  des hadronischen Systems nach der Streuung. Um welche Nukleonanregung kann es sich dabei handeln?

1

### Aufgabe 6: Weizsäcker-Massenformel

a) 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.

2

b) Welche kinetische Energie wird frei, wenn ein  $^{238}\text{U}$ -Kern symmetrisch in zwei identische Bruchstücke gespalten wird?

1