

# Kern- und Teilchenphysik, Monobachelor Physik

Humboldt-Universität zu Berlin, Wintersemester 2017/2018,

Prof. Dr. H. Lacker, Dr. J. Dietrich, Dr. S. Mergelmeyer

## Hausaufgabenblatt 2

### Aufgabe 1: Erhaltungssätze (siehe Vorlesung 2)

- a)  $\tau^+ \rightarrow \pi^+ \bar{\nu}_\tau$
- b)  $e^- \rightarrow \nu_e \gamma$
- c)  $\tau^- \rightarrow \pi^0 e^- \nu_\mu$
- d)  $e^- p \rightarrow \nu_e n$
- e)  $\Delta^0 \rightarrow \bar{n} \pi^0$
- f)  $\Delta^0 \rightarrow \rho^+ \rho^-$
- g)  $\pi^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$
- h)  $\tau^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^- \pi^- \pi^0 \nu_\tau$
- i)  $K^- \rightarrow \mu^- \nu_\mu$
- j)  $\Delta^+ \rightarrow p \pi^0$

Welche der obigen Reaktionen sind erlaubt bzw. “verboten”? Diskutieren Sie dazu Energieerhaltung sowie die Lepton(familien)zahlen, Baryonzahl und elektrische Ladung (5 Punkte). Nutzen Sie dazu das Blatt “Teilcheneigenschaften” oder das Particle Data Booklet.

### Aufgabe 2: Wirkungsquerschnitt und Streuraten

Protonen der Energie  $E_{\text{kin}} = 537,5$  MeV werden auf ein gasförmiges Wasserstofftarget von 2,5 cm Dicke geschossen. Der Protonenstrahlstrom betrage  $6,4 \cdot 10^{-12}$  A. Das Target werde bei Normaltemperatur und Normaldruck betrieben. Der integrierte Wirkungsquerschnitt der elastischen Proton-Proton-Streuung bei dieser Energie beträgt 25,5 mb.

1. Berechnen Sie daraus die Luminosität und die Streurrate. (2 Punkte)
2. Wie groß ist die mittlere freie Weglänge der Protonen in gasförmigem Wasserstoff bei dieser Energie? (1 Punkt)
3. Der differentielle Wirkungsquerschnitt unter einem Streuwinkel von  $\theta = 45^\circ$  betrage  $d\sigma/d\Omega(45^\circ) = 4,312$  mb/sr. Wie groß ist die Zahl gestreuter Protonen pro Sekunde (Streurrate) in einem quadratischen Detektor der Kantenlänge  $\Delta x = 1$  cm, der unter diesem Winkel in 50 cm Abstand vom Target entfernt aufgestellt ist? (2 Punkte)  
Nehmen Sie dabei an, dass  $d\sigma/d\Omega(45^\circ)$  über den durch den Detektor abgedeckten endlichen Raumwinkel  $\Delta\Omega$  konstant ist.
4. Bitte wenden!

### Aufgabe 3: Entdeckung des Neutrons

J. Chadwick entdeckte im Jahr 1932 das Neutron auf folgende Art und Weise. Er beschöß mit  $\alpha$ -Teilchen aus einer Poloniumquelle einen Berylliumkörper. Die durch die stattfindenden Reaktionen entstehenden Primärteilchen wurden in einer hinter dem Berylliumkörper stehenden sogenannten Ionisationskammer nachgewiesen. Aus Vorversuchen von Bothe und Becker war schon bekannt, dass es sich bei dieser Primärstrahlung um durchdringende Strahlung neutraler Teilchen handeln musste.

Die Ionisationskammer erlaubt die Messung der kinetischen Energie von geladenen Teilchen durch Messung ihres Energieverlustes im Gas der Ionisationskammer. Chadwick's neutrale Teilchen wurden durch (elastischen) Stoß mit den Gasatomen nachgewiesen, die bei ihrem Rückstoß Elektronen aus ihrer Hülle abstreifen. Auf dem Weg durch die Ionisationskammer gibt dieses ionisierte Gasatom seine kinetische Energie durch zahlreiche ionisierende Stöße bis zum Stillstand ab. Füllte Chadwick die Ionisationskammer mit Stickstoff, dessen Atommasse etwa das vierzehnfache der Protonmasse beträgt), so war die maximal nachgewiesene (kinetische) Rückstoßenergie 1,6 MeV. Wurde die Kammer mit Wasserstoff gefüllt, betrug diese Rückstoßenergie 5,7 MeV.

1. Zeigen Sie zunächst, dass es sich bei diesen neutralen Teilchen nicht um  $\gamma$ -Quanten, also masselose Teilchen, handeln kann, indem Sie die Energie der einfallenden  $\gamma$ -Quanten aus der maximalen Rückstoßenergie der Gasatome in der Ionisationskammer für die beiden Fälle (Stickstoff bzw. Wasserstoff als Füllgas) berechnen und vergleichen. (2 Punkte)
2. Betrachten Sie nun den Fall, dass diese neutralen Teilchen eine Masse besitzen und zeigen Sie mit Hilfe der beiden Messungen ((Stickstoff bzw. Wasserstoff als Füllgas), dass die Masse der aus dem Beryllium rausgeschlagenen neutralen Teilchen einen Wert nahe der Protonmasse ergibt. Welche kinetische Energie trägt das neutrale Teilchen? (2 Punkte)

**Abgabe: 30.10.2017 bis 13:00 vor Raum NEW 15 1'413/414**