

# Kern- und Teilchenphysik, Monobachelor Physik

Humboldt-Universität zu Berlin, Wintersemester 2018/2019,

Prof. Dr. H. Lacker, Dr. C. Scharf, J. Krieg

## 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  $E_{\text{kin}} = 537,5 \text{ MeV}$  werden auf ein gasförmiges Target aus molekularem Wasserstoff von 2,5 cm Dicke geschossen. Der Protonenstrahlstrom betrage  $6,4 \cdot 10^{-11} \text{ A}$ . Das Target werde bei Normaltemperatur und -druck 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. Die Wahrscheinlichkeit für Mehrfachstreuungen lässt sich abschätzen, indem man den formalen Fall betrachtet, dass die Streuwahrscheinlichkeit den Wert 1 deutlich übersteigt. Wie dick muß ein solches Target sein, damit dieser Fall eintritt? (1 Punkt)
4. Der differentielle Wirkungsquerschnitt unter einem Streuwinkel von  $\theta = 45^\circ$  betrage  $d\sigma/d\Omega(45^\circ) = 4,312 \text{ mb/sr}$ . Wie groß ist die Zahl gestreuter Protonen pro Sekunde (Streurrate) in einem quadratischen Detektor der Kantenlänge  $\Delta x = 1 \text{ cm}$ , 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.

Bitte wenden!

### **Aufgabe 3: Spin des Deuterons**

Beim Zeeman-Effekt der Hyperfeinstruktur von schwerem Wasserstoff (Deuterium) wird beobachtet, dass der energetisch tiefere Zustand der Hyperfeinstruktur im äusseren Magnetfeld in zwei und der energetisch höhere Zustand in vier Energieniveaus aufspaltet.

Welchen Spin muss dann folglich das Deuteron, der Kern des schweren Wasserstoffs, bestehend aus einem gebundenen Proton und Neutron besitzen? (3 Punkte)

### **Aufgabe 4: Lebensdauer des Protons**

In 50000 t Wasser detektiert der Superkamiokande-Detektor im Laufe eines Jahres kein einziges Ereignis, das der Signatur eines Protonzerfalls entspricht.

Schätzen Sie daraus eine untere Schranke für die Lebensdauer des Protons ab.

(3 Punkte)

(Natürlich vorkommender Sauerstoff hat in der Regel einen Kern mit 8 Protonen und 8 Neutronen.)

**Abgabe: 29.10.2018 bis 13:00 vor Raum NEW 15 1'413/414**