

# Hausübungen 4 zur Vorlesung „Kern- und Teilchenphysik“

Humboldt–Universität zu Berlin, WS 2009/2010,

Prof. Th. Lohse, U. Schwanke, O. M. Kind

Ausgabe: 2. November 2009

Abgabe: 9. November 2009

## Aufgabe 1: Teilchenschauer (60 %)

Ein Elektron der Energie  $E_0 = 1 \text{ TeV}$  ( $1 \text{ TeV} = 10^{12} \text{ eV}$ ) tritt in die Erdatmosphäre ein und löst einen Schauer aus. Nehmen Sie vereinfachend an, dass die Atmosphäre isotherm ( $T = 273 \text{ K}$ ), der Druck am Erdboden  $100 \text{ kPa}$  ist und sich die Erdbeschleunigung nicht mit der Höhe ändert.

- Berechnen Sie die Abhängigkeit der Dichte der Luft von der Höhe  $h$ .
- Der erste Wechselwirkung des Elektrons finde statt, wenn es aus dem Weltraum kommend eine Strahlungslänge tief in die Atmosphäre eingedrungen ist. Berechnen Sie die Höhe des Punktes der ersten Wechselwirkung des Elektrons über dem Erdboden (in km).
- Schätzen Sie ab, aus wievielen Sekundärteilchen der Schauer besteht, wenn er sich bis zu einer Höhe von  $10 \text{ km}$  entwickelt hat. Wie groß ist die mittlere Energie der Sekundärteilchen? Gehen Sie dabei vereinfachend davon aus, dass in der Phase der Schauerentwicklung keine Teilchen absorbiert werden.
- Berechnen Sie, ob die Atmosphäre dick genug ist, um den Schauer praktisch vollständig abzuschirmen.

Ersetzen Sie jetzt das Elektron durch ein Proton der gleichen Energie.

- Berechnen Sie in Analogie zum Elektron die Höhe des ersten Wechselwirkungspunktes über dem Erdboden.
- Ermitteln Sie, ob die Atmosphäre dick genug ist, um den vom Proton ausgelösten Schauer praktisch vollständig zu absorbieren. Ignorieren Sie dabei die in dem Schauer entstehenden "durchdringenden" Teilchen (Myonen und Neutrinos).

Hinweis: Rechnen Sie mit einer mittleren molaren Masse von Luft von  $0.02896 \text{ kg mol}^{-1}$ .

## Aufgabe 2: Impulsmessung im Magnetfeld (40 %)

Ein Teilchendetektor der Länge  $L$  bestehe aus ortsauflösenden Detektoren, die in einem homogenen Magnetfeld von 0.8 T angeordnet seien (Siehe Abbildung). Geben Sie den Ausdruck für den Zusammenhang zwischen Teilchenimpuls  $|\vec{p}|$ , Flußdichte  $|\vec{B}|$  und Krümmungsradius  $r$  an. Wie groß ist der Krümmungsradius von einem Elektron, einem Deuteron oder einem  $\alpha$ -Teilchen mit einem Impuls von 1 GeV/c?

Wie hängt die Impulsauflösung  $\Delta|\vec{p}|/|\vec{p}|$  von der Flussdichte  $|\vec{B}|$ , der Länge  $L$  und der Genauigkeit  $\Delta s$  ab, mit der man die Sagitta  $s$  messen kann? Wie groß ist die erreichte Impulsauflösung  $\Delta|\vec{p}|/|\vec{p}|$  für einen Detektor mit  $|\vec{B}| = 0.8 \text{ T}$ ,  $L = 1 \text{ m}$  und  $\Delta s = 100 \mu\text{m}$  bei einem Impuls von  $p = 1 \text{ GeV}/c$ ?

