

# Übungen Moderne Experimentalphysik III (Kerne und Teilchen) Sommersemester 2013

Übungsblatt Nr. 6

Bearbeitung bis 10.06.2013

---

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

---

## Aufgabe 1: Detektorkonzept

(2 Punkte)

Beschreiben Sie den prinzipiellen Aufbau eines Detektors zur Analyse von hochenergetischen Teilchen. Welche Komponenten werden aus welchem Grund eingesetzt und wie sind die einzelnen Komponenten angeordnet? Welchen Einfluss hat das Verhältnis der Energien der kollidierenden Teilchen auf die Detektoranforderungen?

## Aufgabe 2: Elektromagnetisches Kalorimeter - Schauerbildung (4 Punkte)

Wenn hochenergetische Photonen oder Elektronen in Materie eindringen, bildet sich ein elektromagnetischer Schauer aus. Die Teilchenzahl verdoppelt sich dabei in jeder Generation der Schauerentwicklung. Dies wird in elektromagnetischen Kalorimetern zur Messung der Teilchenenergie ausgenutzt.

- a) Diskutieren Sie die Schauerentwicklung für ein einlaufendes Photon bzw. Elektron.
- b) Wie hoch ist die mittlere Teilchenenergie in der  $n$ -ten Generation?
- c) Die maximale Schauerentwicklung wird erreicht, wenn die Teilchenenergien im Mittel die kritische Energie  $E_c$  unterschreiten. In welcher Generation  $n_{max}$  des Schauers ist dies der Fall? Für die Tiefe des Schauermaximums gilt dann  $h_{max} = n_{max} \cdot X_0$ .
- d) Diskutieren Sie qualitativ, weshalb die Tiefe eines elektromagnetischen Kalorimeters deutlich größer als dieser Wert sein sollte, typischerweise ungefähr das Dreifache.

## Aufgabe 3: Siliziumdetektoren

(4 Punkte)

Siliziumdetektoren arbeiten als Festkörper-Ionisationskammern. Die Verarmungszone eines  $pn$ -Übergangs wird hierbei durch Anlegen einer Betriebsspannung auf

den ganzen Kristall ausgedehnt. Geladene Teilchen, die den Detektor durchqueren, erzeugen durch Ionisation Elektron-Loch-Paare, die im elektrischen Feld getrennt werden und zu den Oberflächenstrukturen des Zählers driften.

Berechnen Sie, wieviele Elektron-Loch-Paare im Mittel von geladenen minimal-ionisierenden Teilchen in einem Siliziumdetektor erzeugt werden.

- a) Schreiben Sie die Bethe-Bloch-Formel

$$\frac{dE}{dx} = -\frac{Z_1^2 e^4 n_e}{4\pi\epsilon_0^2 \cdot m_e c^2 \beta^2} \cdot \left[ \ln \frac{2m_e c^2 \beta^2}{I} - \ln(1 - \beta^2) - \beta^2 \right]$$

so um, dass  $\beta\gamma$  als alleinige Geschwindigkeitsvariable auftritt.

- b) Berechnen Sie den Energieverlust  $dE/dx$  von einfach geladenen ( $Z_1 = 1$ ) minimal-ionisierenden Teilchen mit  $\beta\gamma = 3.0$  in Silizium ( $\text{Si}_{14}^{28}$ ,  $\rho_{\text{Si}} = 2.33\text{g/cm}^3$ ). Für das mittlere Ionisationspotential der Elektronen im Bremsmedium gilt  $I \approx 10 \cdot Z_2 \text{eV}$ .
- c) Typischerweise ist ein Siliziumdetektor  $300 \mu\text{m}$  dick. Wieviel Energie deponiert ein minimal-ionisierendes Teilchen in einem Zähler, wenn es ihn senkrecht durchquert?
- d) Im Mittel werden  $3.62 \text{ eV}$  benötigt, um ein Elektron-Loch-Paar zu erzeugen. Wie viele Elektron-Loch-Paare werden in diesem Szenario im Mittel erzeugt?

