

## Übung 5

zur Vorlesung im SS 2009

### Detektoren in der Elementarteilchenphysik

#### 5.1 Ionisationskammer

Berechnen Sie für eine zylindrische Ionisationskammer (siehe Abbildung 5.1) das Verhältnis der Spannungsamplituden, die von den Ionen bzw. Elektronen herrühren. Die Ionen-Elektronen-Paare sollen in einem Abstand  $r_0$  vom Mittelpunkt der Kammer entstehen.

Anleitung: Die Drift der Elektronen zur Anode bzw. der Ionen zur Kathode im elektrischen Feld  $E(r)$  führt zu einer Änderung der Gesamtenergie  $W$  des Zylinderkondensators nach

$$dW = \frac{d}{dU} \left( \frac{1}{2} CU^2 \right) dU = F dr = qE(r) dr,$$

die sich als eine Änderung der Kondensatorspannung  $\Delta U$  bemerkbar macht.

(Nehmen Sie dabei an, dass die Zeitkonstante für die Entladung groß gegenüber der Driftzeit ist, also während des Driftens keine Ladung vom Kondensator abfließt.)

- Welches Verhältnis erhalten Sie in der Kammer, wenn der Anodendraht einen Radius von  $a = 10 \mu\text{m}$  und das Rohr einen Durchmesser von  $2b = 10 \text{ mm}$  hat?
- Woher kommt der wesentliche Beitrag zum Spannungspuls für Ionisationen, die nahe der Kathode ( $r_0 = 4.9 \text{ mm}$ ) und in der Rohrmitte ( $r_0 = 2.5 \text{ mm}$ ) auftreten?
- Skizzieren Sie qualitativ die Form des Spannungspulses, wenn die Entladungszeit etwa gleich der Driftzeit ist.

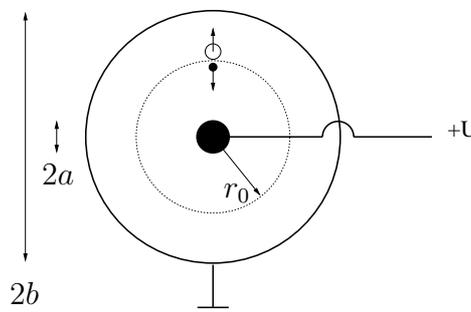


Abbildung 1: Zylindrische Ionisationskammer

## 5.2 Drift von Elektronen in einem Edelgas

Betrachten Sie die Bewegung von Elektronen in Helium bei einer Temperatur von  $T = 20^\circ\text{C}$ , einem Druck von  $p = 1013\text{ mbar}$  und einer homogenen elektrischen Feldstärke  $E = 5\text{ V/cm}$ .

Bei Elektronenenergien unter etwa  $10\text{ eV}$  kommt es nur zu elastischen Stößen zwischen Elektronen und Heliumatomen mit einer näherungsweise isotropen Streuwinkelverteilung. Der Wirkungsquerschnitt für die elastische Streuung von Elektronen an Heliumatomen ist etwa  $\sigma = 5 \cdot 10^{-20}\text{ m}^2$ .

- a) Machen Sie sich zunächst klar, dass die Elektronen bei den elastischen Stößen fast keine Energie verlieren. Berechnen Sie dazu den maximalen relativen Impulsübertrag ( $\Delta p/p$ ) eines Elektrons auf ein Gasatom bei einem Stoß. Wie groß ist der dazugehörige maximale relative Energieverlust ( $\Delta E/E$ ) des Elektrons? Da die thermische Geschwindigkeit der Ionen aufgrund ihrer größeren Masse sehr viel kleiner als die der Elektronen ist, können Sie das Gasatom als vor dem Stoß ruhend betrachten.  
Alle Rechnungen können hier nicht-relativistisch gemacht werden, bei den Energien handelt es sich um kinetische Energien.
- b) Berechnen Sie die Teilchendichte der Heliumatome für die angegebenen Druck- und Temperaturwerte, für die Helium als ideales Gas behandelt werden kann.
- c) Berechnen Sie die mittlere freie Weglänge  $\lambda$  der Elektronen in Helium.

Bei kleinen elektrischen Feldstärken sind die Elektronen in Helium noch thermisch, d.h. ihre Geschwindigkeitsverteilung folgt im wesentlichen der Maxwell-Boltzmannschen Verteilung für die entsprechende Umgebungstemperatur.

- d) Bestimmen Sie den mittleren Geschwindigkeitsbetrag der Elektronen und die mittlere Zeit  $\tau$  zwischen zwei Stößen.
- e) Bestimmen Sie den mittleren Geschwindigkeitszuwachs  $\langle \Delta v \rangle = \langle v - v_0 \rangle$  zwischen zwei Stößen bei angelegtem elektrischen Feld. Benutzen Sie hierzu die Näherung  $v + v_0 \approx 2v_0$ . Wie groß ist der mittlere Geschwindigkeitszuwachs der Elektronen im angegebenen elektrischen Feld?

Besprechung am Donnerstag 28.05.2009 in der Übung