22.04.2004
H. Kolanoski
M. Kopytin

Übung 2

zur Vorlesung im SS04
Detektoren in der Elementarteilchenphysik

Aufgabe 2.1: Energieverlust durch Ionisation in einem Gasgemisch (10P)
a) Die Tabelle listet Eigenschaften der Gase Argon (Ar) und Methan (CH_4) bei 15 °C und 1 bar. Berechnen Sie die Effektivwerte der Kernladungs- und Massenzahl sowie des Ionisationspotentials I für ein Gemisch, das aus 88 % Ar und 12 % Methan besteht.

Gas	Z	A	ρ (g/l)	I (eV)
Ar	18	39.95	1.4	188
CH_4	10	16.04	0.423	41.7
Ar:CH_4(88:12)				

b) Zeichnen Sie den Energieverlust durch Ionisation dieses Gasgemisches als Funktion des Impulses für Pionen, Kaonen und Protonen im Bereich bis 20 GeV/c. Das Gas stehe bei 20 °C unter einem Druck von 4 bar. Vernachlässigen Sie dabei die Terme in der Bethe-Bloch-Formel, die Dichte- und Schalenkorrekturen beschreiben und benutzen Sie für den maximal möglichen Energieübertrag die Näherung für $\gamma\, m_e \ll M$.

Aufgabe 2.2: Teilchenseparation durch Messung des Energieverlustes (10P)
Der Energieverlust, den ein Teilchen durch Ionisation beim Durchqueren eines Gases erleidet, kann gemessen werden, indem man die im Gasvolumen entstehende Ladung geeignet sammelt und verstärkt. Das geschieht zum Beispiel in der OPAL-Jetkammer, die mit dem in Aufgabe 2.1 beschriebenen Gasgemisch und Druck betrieben wird. An bis zu 159 Stellen entlang der Teilchenspur wird Ladung gesammelt. Der mittlere Energieverlust kann aus diesen Meßwerten und der Länge der Teilchenspur im aktiven Volumen mit einer relativen Genauigkeit von 5% bestimmt werden.

Mit der Kenntnis des Teilchenimpulses, der in in einer Driftkammer (bei OPAL ist das eine "Jetkammer") aus der Bahnkrümmung im Magnetfeld bestimmt wird, kann man daher den $\frac{dE}{dx}$-Wert zur Teilchenseparation nutzen.

Berechnen Sie für Teilchenimpulse im Bereich bis 20 GeV, wie gut man in der OPAL-Jetkammer

a) Pionen von Kaonen und

b) Kaonen von Protonen

unterscheiden kann.

Ermitteln Sie dazu für gegebenen Impuls den Energieverlust pro Weglänge $E_i(p)$ der beiden Teilchen des jeweiligen Paares. Als Maß für die Güte der Teilchenseparation verwende man

$$\delta = \frac{\Delta}{\sigma_\Delta} \quad \text{mit} \quad \Delta = |E_1(p) - E_2(p)|,$$

wobei σ_Δ der Fehler von Δ ist. Man erhält dann eine Angabe, mit wievielen Standardabweichungen die Teilchen voneinander getrennt werden können. Stellen Sie δ als Funktion des Impulses für die zwei angegebenen Teilchenpaare dar.

Abgabe: Donnerstag 29.04.2004, in der Vorlesung