

Übungen Moderne Experimentalphysik III (Kerne und Teilchen) Sommersemester 2013

Übungsblatt Nr. 7

Bearbeitung bis 17.06.2013

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

Aufgabe 1: Siliziumdetektoren-Fortsetzung

(3 Punkte)

Siliziumdetektoren setzt man vor allem zur Spurrekonstruktion in der Nähe des Wechselwirkungspunktes ein. Die erzeugten Teilchen durchqueren die Siliziumscheiben unter unterschiedlichen Winkeln. Der zentrale Teil des CMS-Trackers, der zylinderartig um das Strahlrohr angeordnet ist, hat eine geometrische Akzeptanz von etwa $|\eta| = 1.1$. Die Pseudorapidität η wird häufig in der Teilchenphysik verwendet und gibt die Richtung des Teilchens in Bezug auf die Strahlachse an. Sie wird über den Polarwinkel θ , gemessen von der Strahlachse, definiert:

$$\eta = -\ln\left(\tan\frac{\theta}{2}\right)$$

Im letzten Übungsblatt haben wir gelernt, dass die Energiedeposition eines minimalionisierenden Teilchens

$$\frac{dE}{dx} = 4.05 \frac{\text{MeV}}{\text{cm}}$$

beträgt und somit bei senkrechtem Durchgang 121.5 keV in einem Siliziummodul der Dicke $300 \mu\text{m}$ deponiert werden. Berechnen Sie die entsprechenden Energiedepositionen für Teilchen mit Pseudorapiditäten von $\eta = 0.5$, $\eta = 0.75$, $\eta = -1.1$ unter der Annahme dass die Siliziummodule eine Dicke von $300 \mu\text{m}$ haben und parallel zur Strahlrichtung orientiert sind (senkrechter Durchgang des Teilchens für $\eta = 0$).

Aufgabe 2: Beschleuniger

(3 Punkte)

- a) Ein Linearbeschleuniger für Protonen wird mit einer konstanten Frequenz von $\nu = 200 \text{ MHz}$ betrieben. Welche Länge muss die Driftröhre an dem Ort haben, an dem die Protonen eine kinetische Energie von 1 MeV, 100 MeV, 10 GeV haben?

- b) Bei einem Synchrotron müssen die Generatorfrequenz und das Magnetfeld an die Energie der relativistisch beschleunigten Teilchen angepasst werden, um sie auf einer Kreisbahn mit konstantem Radius R zu halten. Wie hängen die Frequenz und das Magnetfeld von der Energie der Teilchen (Masse m , Ladung e) ab?
- c) Berechnen Sie die Schwerpunktsenergie von Teilchenreaktionen an folgenden Beschleunigern:

Beschleuniger	Teilchen	Energien
LEP 2	e^+e^-	$E_{e^+} = E_{e^-} = 103 \text{ GeV}$
KEKB	e^+e^-	$E_{e^+} = 3.5 \text{ GeV}, E_{e^-} = 8 \text{ GeV}$
HERA	ep	$E_e = 27.5 \text{ GeV}, E_p = 920 \text{ GeV}$
	ep	$E_e = 27.5 \text{ GeV}, p \text{ in Ruhe}$
Tevatron	$p\bar{p}$	$E_p = E_{\bar{p}} = 980 \text{ GeV}$
LHC (2012)	pp $^{208}_{82}\text{Pb } ^{208}_{82}\text{Pb (Kerne)}$	$E_p = 4 \text{ TeV}$ $E = 2.76 \text{ TeV pro Nukleon}$

Welche Näherung kann man bei diesen Energien machen?

Wie hoch müsste die Energie eines Bleikerns sein, wenn in einer Reaktion mit einem stationären Bleikern dieselbe Schwerpunktsenergie erreicht werden soll wie bei PbPb-Kollisionen am LHC?

Aufgabe 3: Synchrotronstrahlung

(4 Punkte)

Die Leistung, die ein relativistisch beschleunigtes Teilchen der Masse m , Ladung q und Energie E abstrahlt, ist:

$$\frac{dE}{dt} = \frac{2q^2}{3c} \gamma^6 \left[\left(\frac{d\vec{\beta}}{dt} \right)^2 - \left(\vec{\beta} \times \frac{d\vec{\beta}}{dt} \right)^2 \right].$$

Zeigen Sie, dass ein auf einer Kreisbahn mit Radius R umlaufendes Teilchen mit Ladung $q = e$ pro Umlauf die Energie

$$\Delta E[\text{MeV}] = 6.02 \cdot 10^{-15} \frac{\beta^3}{R[\text{m}]} \cdot \left(\frac{E}{mc^2} \right)^4$$

verliert. Hinweis: $e^2/\hbar c = \alpha = 1/137$, $\hbar c = 197 \text{ MeV fm}$ Berechnen Sie ΔE für ein Proton mit $E = 1 \text{ TeV}$ bei einem Radius von 1 km. Wie groß müsste der Radius eines Kreisbeschleunigers für Elektronen derselben Energie sein, damit pro Umlauf dieselbe Energie abgestrahlt wird?