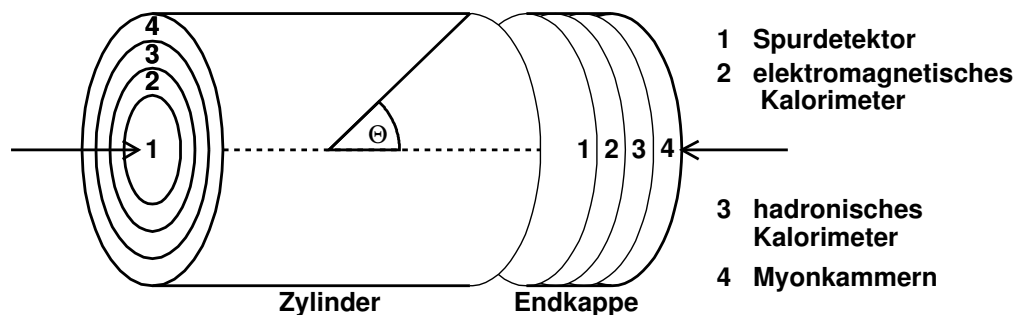


Besprechung: 19.12.2017 bis 08.01.2018

Studierende im Studiengang Lehramt Gymnasium lösen bitte die Aufgaben 1a, 2 und 3. Studierende aller anderen Studiengänge lösen bitte alle Teilaufgaben.

1. Wir basteln einen Collider Detektor



(a) Welchen Radius hat ein Detektor mit folgenden Parametern?

- Strahlrohrdurchmesser 4 cm.
- Magnetfeld $B = 4 \text{ T}$.
- bei Transversalimpuls $p_T = 100 \text{ GeV}/c$ statistisch erreichbare Auflösung 1.5 % (Annahme: Silizium-Streifen-Detektor mit 20 Messschichten und einer jeweiligen Ortsauflösung $\sigma = 30 \mu\text{m}$.)

Hinweis: Faustformel für die statistisch erreichbare Impulsauflösung $\sigma(p_t)$ bei einer Messung von N äquidistanten Punkten mit einer Ortsauflösung $\sigma(x)$ über eine Länge L senkrecht zu einem homogenen Magnetfeld B :

$$\frac{\sigma(p_t)}{p_t} = \frac{\sigma(x)}{a B L^2} \sqrt{\frac{720}{N+4}} \cdot p_t$$

mit $a = 0.3 \text{ T}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ GeV}/c$.

- homogenes elektromagnetisches Kalorimeter mit $26 X_0$ (Annahme: Kristalle aus Bleiwolframat (PbWO_4) mit Strahlungslänge $X_0 = 0.89 \text{ cm}$).
- hadronisches Sampling-Kalorimeter mit $\geq 7 \lambda_a$, bestehend aus abwechselnden Lagen von 5 cm Messing ($\lambda_a = 18.4 \text{ cm}$) und 4 mm Szintillatorplatten. Nehmen Sie dabei an, dass nur die Messinglagen für die Schauerbildung relevant sind.
- Rekonstruktion von Myonspursegmenten im magnetischen Rückfluss-Joch (*instrumentiertes Eisen*) mit Dicke 3 m.

(b) **Freiwillig für Lehramtsstudierende:**

Wie lang muss der Zylinder sein, damit Teilchen vom Wechselwirkungspunkt, die einen Winkel mit der Strahlachse $\cos \theta \leq 0.7$ einschließen noch den vollen Radius des Spurdetektors durchlaufen?

(c) **Freiwillig für Lehramtsstudierende:**

Wie lang wird der Detektor, wenn Sie die zwei Endkappen bestehend aus jeweils Spurkammer, Kalorimeter und Myonkammer genauso aufbauen wie unter (a)?

2. Teilchenidentifikation

Ein Teilchen benötigt eine Flugzeit von 6.9 ns für eine Flugstrecke von 2 m. Es hat einen spezifischen Energieverlust

$$-\frac{1}{\rho} \left\langle \frac{dE}{dx} \right\rangle = 8 \frac{\text{MeV cm}^2}{\text{g}}.$$

Seine Bahn in einem homogenen Magnetfeld von 1 T hat einen Krümmungsradius $R = 25$ m. Berechnen Sie Ladung, Impuls und Masse des Teilchens und identifizieren Sie es!

Hinweis: Berechnen Sie zunächst $\beta\gamma$ - ohne die Formel für dE/dx auszugraben!

3. Speicherringe am CERN

Im Beschleunigertunnel am CERN in Genf (27 km Umfang) wurde bis zum Jahr 2000 der Elektron-Positron-Speicherring LEP betrieben, zuletzt bei einer Schwerpunktsenergie von 209 GeV. Im selben Tunnel befindet sich nun der Proton-Proton-Speicherring LHC, welcher für Schwerpunktsenergien bis zu 14 TeV konstruiert wurde.

- Wie stark muss das Magnetfeld der Strahlführung (Dipolmagnete) von LEP sein? Nehmen sie an, dass der gesamte Umfang mit Dipolmagneten ausgefüllt sei.
- Welche Energie muss einem einzelnen Elektron pro Umlauf durch Hohlraumresonatoren übertragen werden, um eine Schwerpunktsenergie von 209 GeV zu erreichen? Wie hoch ist die gesamte elektrische Leistung der Hohlraumresonatoren, wenn die Strahlströme jeweils 5 mA betragen (Annahme: Wirkungsgrad 1)?
- Berechnen Sie den Energieverlust pro Umlauf durch Synchrotronstrahlung, wenn LHC als Elektron-Positron-Speicherring betrieben würde. Wie hoch ist der Energieverlust bei Protonen?
- Wie stark müssen die Ablenkmagnete für LHC (mit der Annahme aus Teilaufgabe a) mindestens sein? Warum ist ihre maximale Feldstärke in Wirklichkeit 8.3 T?