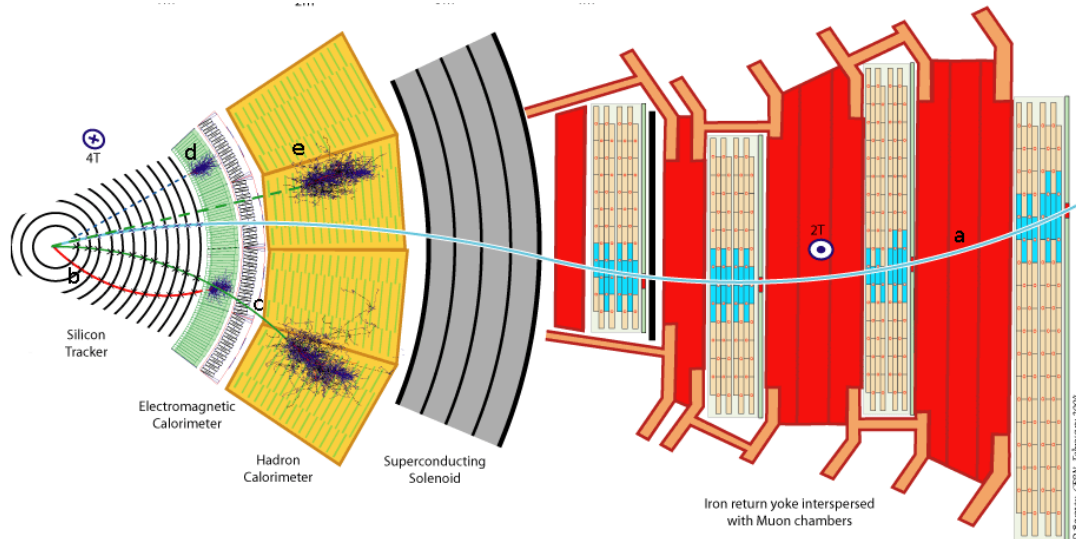


Aufgabenblatt 5 (TP) – Experimentalphysik V – WS 2015/16

Diskussion in den Übungen: Do/Fr, 19./20. November

5.1 Energieverlust von Teilchen (1 Punkt)

Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt des CMS-Experiments. Es sind verschiedene Teilchenspuren schematisch eingezeichnet.



- Zu welchen Teilchen könnten die Spuren a) - e) passen? Beschreiben Sie qualitativ die jeweiligen Wechselwirkungen mit dem Detector.
- Das elektromagnetische Kalorimeter ist aus einer 230 mm dicken Schicht szintillierender Bleiwolf-ramat Kristalle ($PbWO_4$, Dichte $\rho = 8,3 \text{ g/cm}^3$, Strahlungslänge $X_0 = 0.9 \text{ cm}$) aufgebaut. Schätzen Sie den Energieverlust eines Myons mit einer Energie von 100 GeV beim Durchgang durch das elektromagnetische Kalorimeter mit einer Genauigkeit von ca. $\pm 50\%$ ab. Aufgrund des langsamen relativistischen Anstiegs der Bethe-Bloch-Formel kann das Myon als minimalionisierend betrachtet werden.
- Für Teilchen, die unter einem Winkel von 90 Grad zur Strahlachse emittiert werden, entspricht das Material des CMS-Trackers ca. $0.4 X_0$. Welche Energie verliert ein 10 GeV Elektron im Mittel im Tracker durch Bremsstrahlung?

5.2 Cherenkov-Detektor (1 Punkt)

Gegeben sei ein Teilchenstrahl mit einem Impuls von $p = 20 \text{ GeV}/c$. Der Strahl enthält eine Mischung aus Pionen, Protonen und Kaonen. Sie sollen einen Detektor designen, um diese Teilchen zu unterscheiden. Eine Möglichkeit dazu bietet ein Cherenkov-Schwellen-Detektor, wie in der Skizze dargestellt.

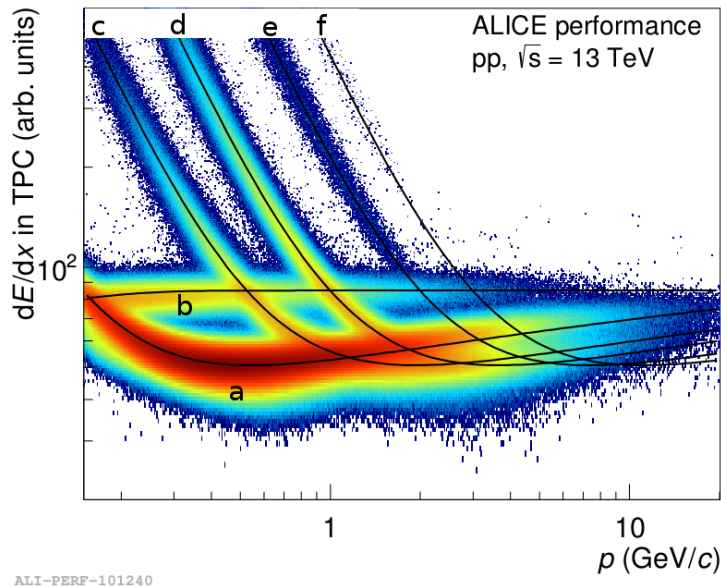


Der Strahl passiert zwei, mit Radiatormedien befüllte, Detektorkammern D_1 und D_2 . Beim Durchgang durch den Radiator entsteht Cherenkov-Strahlung, welche mit geeigneten Photosensoren detektiert werden kann. Die beiden Kammern können mit Medien unterschiedlicher Brechungsindizes n_1 und n_2 befüllt werden.

- a) Berechnen Sie n_1 und n_2 so, dass das Detektorsystem folgender Logik folgt
- | | | |
|------------------------------------|---------------|--------|
| Licht in D_1 und D_2 | $\rightarrow$ | Pion |
| Licht in D_2 aber nicht in D_1 | $\rightarrow$ | Kaon |
| Licht weder in D_1 noch in D_2 | $\rightarrow$ | Proton |
- b) Geben Sie Beispiele für geeignete Radiatormedien an, mit denen Sie eine solche Apparatur realisieren könnten. Recherchieren Sie dazu Werte von Brechungsindizes verschiedener Medien.

5.3 Teilchenidentifikation in einer TPC (1 Punkt)

Das Diagramm zeigt Messungen des Energieverlusts von geladenen Teilchen im Gasvolumen der Zeitprojektionskammer (Time Projection Chamber, TPC) des ALICE Experiments am LHC.



Der Energieverlust pro zurückgelegter Strecke dE/dx ist aufgetragen gegen den Impuls (beachten Sie die doppelt-logarithmische Darstellung des Diagramms). Die Einheit der verwendeten Messgröße ist proportional zu keV/cm. Es sind mehrere Klassen von Teilchen erkennbar. Ordnen Sie die mit a) bis f) bezeichneten Klassen den folgenden Teilchenarten zu: Protonen, Kaonen, Deuteronen, Pionen, Elektronen, Tritium-Kerne. Begründen Sie Ihre Zuordnung.

5.4 Kalorimetrie (1 Punkt)

Die Energie geladener und auch nicht-geladener Teilchen kann mit Hilfe zweier Typen von Kalorimetern gemessen werden. Im sog. Elektromagnetischen Kalorimeter (ECAL) erzeugen einfallende Photonen und Elektronen einen elektromagnetischen Schauer. Im zweiten Typ deponieren die Teilchen ihre Energie über einen hadronischen Schauer; so einen Detektor nennt man entsprechend Hadronisches Kalorimeter (HCAL).

- a) Wie unterscheiden sich elektromagnetische von hadronischen Schauern?
- b) Sei $E_c \approx 600$ MeV die Energie, bei der Bremsstrahlung und Ionisation in gleich stark zum Energieverlust von Elektronen beitragen. Ein einfaches Modell für einen elektromagnetischen Schauer macht folgende Annahmen: I) Jedes Elektron mit $E > E_c$ legt eine Strahlungslänge X_0 zurück und gibt die Hälfte seiner Energie an ein Bremsstrahlungsphoton ab. II) Jedes Photon mit $E_\gamma > E_c$ legt X_0 zurück und erzeugt dann ein e^+e^- Paar, wobei seine Energie gleichmäßig aufgeteilt wird. III)

Elektronen mit $E < E_c$ werden gestoppt und verlieren ihre Energie durch Stöße. IV) Für $E > E_c$ wird Ionisation vernachlässigt.

Wie hängt die maximale Eindringtiefe des Schauers ins Kalorimeter von der Energie der einfallenden Elektronen ab?

- c) Wie hängt die Energieauflösung $\Delta E/E$ von der Energie der im ECAL absorbierten Elektronen ab. (Hinweis: Statistische Fluktuationen)