

## Übung 6 zur Vorlesung Physik V

### Aufgabe 1: Reichweite

Ein positiv geladenes Teilchen wird zunächst in einem mit Argon gefüllten Gasdetektor nachgewiesen und danach in einem Eisenblock gestoppt. Das Magnetfeld im Gasdetektor beträgt 3,8 Tesla, der Krümmungsradius der Teilchenbahn 70 cm.

- a) Für dieses Teilchen wird ein mittlerer Energieverlust durch Ionisation in Argon von 4.5 keV/cm gemessen. Berechnen Sie den Impuls und lesen Sie aus den Bethe-Bloch-Kurven ab, um welches Teilchen es sich vermutlich handelt. 2
- b) Die Reichweite ( $R$ ) eines Teilchens ergibt sich bei elektromagnetischer Wechselwirkung mit dem Material aus der Integration der Bethe-Bloch-Formel. Das Resultat ist in einer Abbildung der Particle Data Group (PDG, <http://pdg.lbl.gov>) dargestellt: <http://pdg.lbl.gov/2014/reviews/rpp2014-rev-passage-particles-matter.pdf>  
Wie weit kommt ein Proton beziehungsweise ein Muon mit einem Impuls von 1 GeV in Eisen? Vergleichen Sie das Ergebnis für das Muon mit der Annahme, dass das Muon im Eisen einen konstanten Energieverlust von  $2 \text{ MeV cm}^2 g^{-1}$  erleidet. Warum ist diese Annahme falsch für das Proton? Wodurch könnte das Proton, nicht aber das Muon, außerdem noch Energie verlieren? 4

### Aufgabe 2: Energieverlust durch Bremsstrahlung

Bei hohen Energien senden nicht nur Elektronen, sondern auch schwerere Teilchen Bremsstrahlung aus.

- a) Im CMS Detektor wird 100 m unter der Erde ein Muon mit einem Impuls von 20 GeV gemessen. Berechnen Sie die Anfangsenergie an der Oberfläche, wenn der Energieverlust nur durch Coulomb-Vielfachstreuung ( $dE/dx = 2 \text{ MeV cm}^2/g$ ) entstehen würde. 2
- b) Wie groß ist der in CMS gemessene Impuls des Myons, wenn der Anfangsimpuls an der Oberfläche 500 GeV beträgt? Nehmen Sie an, dass für Felsen die Strahlungslänge von  $\text{SiO}_2$  eine gute Näherung ist (Felsen-Massendichte  $\rho = 3 \text{ g/cm}^3$ ). 3

### Aufgabe 3: Impulsmessung mit Spurdetektor

Ein Spurdetektor wird für ein Beschleuniger-Experiment mit einem solenoidalen Magnetfeld von  $B = 4 \text{ T}$  entworfen. Die Magnetfeldlinien laufen parallel zum Strahlrohr. Das Detektor-Design besteht im einfachsten Fall aus zwei zylindrischen Lagen von ortsauflösenden Spurdetektoren, z.B. Siliziumdetektoren. Die Lagen können an beliebigen Radien zwischen 4 cm und 120 cm angebracht werden. Nehmen Sie im Folgenden an, dass die Teilchenimpluse senkrecht zur Strahlachse in der  $(x, y)$ -Ebene liegen.

- a) Bestimmen Sie die Krümmungsradien für Impulse von 10 GeV und 1000 GeV. 3

- b) Berechnen Sie für diese Impulse die Sagitta der Kreisbahn zwischen dem Entstehungsort der Teilchen und einem Punkt auf der Kreisbahn in einem Abstand von 1.2 m vom Entstehungsort. **3**
- c) Zeigen Sie, dass die Impulsauflösung abhängig von der Sagittaauflösung ist. Überlegen Sie, bei welchen Radien die Detektorlagen angebracht werden müssen, um die beste Impulsauflösung zu erhalten. **3**