

**Aufgabe 1: Formelsammlung**

1

Erstellen Sie jede Woche eine Formelsammlung zum Stoff der Vorlesungen der letzten Woche und dieser Übung. Diese wöchentlichen Formelsammlungen sollen Grundlage ihrer Klausurvorbereitung sein.

**Aufgabe 2: Teilchenidentifikation über spezifische Ionisation**

In einer mit Argon gefüllten Driftkammer wird unter Normalbedingungen der Teilchenimpuls und der Energieverlust ( $dE/dx$ ) gemessen. Für zwei Teilchen, deren Impuls auf  $0.8 \text{ GeV}/c$  bestimmt wurde, findet man als mittleren Energieverlust  $2.82 \text{ keV}/\text{cm}$  und  $3.30 \text{ keV}/\text{cm}$ . Nehmen Sie an, dass die Korrektur durch den Dichteneffekt vernachlässigbar ist.

- a) Welches sind die wahrscheinlichsten Teilchenidentitäten? 2
- b) Wie groß ist der Energieverlust in einem Silizium-Spurdetektor für ein Pion und ein Kaon mit einem Impuls von  $0.8 \text{ GeV}/c$ ? 2

**Aufgabe 3: 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  $3,8 \text{ Tesla}$ , der Krümmungsradius der Teilchenbahn  $70 \text{ cm}$ .

- a) Für dieses Teilchen wird ein mittlerer Energieverlust durch Ionisation in Argon von  $4.5 \text{ keV}/\text{cm}$  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  $1 \text{ GeV}$  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? 2

#### Aufgabe 4: 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 ( $dE/dx = 2 \text{ MeV cm}^2/\text{g}$ ) entstehen würde. Nehmen Sie für Felsen eine Dichte von  $\rho = 3 \text{ g/cm}^3$  an. **1**
- 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 ( $X_{0e} = 12 \text{ cm}$  für Elektronen). **2**

#### Aufgabe 5: Compton-Effekt **3**

Ein Positron stoppt in einem Material und vernichtet sich dort mit einem Elektron,

$$e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$$

Eines dieser Photonen wird durch Comptoneffekt mit einem weiteren Elektron nachgewiesen.

Zeigen Sie, dass der maximale Energieübertrag auf das Elektron (die sogenannte "Compton-Kante") nur von der Energie des ankommenden Photons abhängig ist. Berechnen Sie die Compton-Kante für dieses Photon.