

Kern- und Teilchenphysik, Monobachelor Physik

Humboldt-Universität zu Berlin, Wintersemester 2018/2019,

Prof. Dr. H. Lacker, Dr. C. Scharf, J. Krieg

Hausaufgabenblatt 9

Aufgabe 1: Energieverlust geladener Teilchen

Beantworten Sie folgende Fragen mit Hilfe der Vorlesung und des Particle Data Booklets (Strahlungslängen von Materialien sind ganz hinten im Particle Data Booklet angegeben):

1. Um welchen Faktor unterscheidet sich der Energieverlust durch Stoßionisation von Protonen und ${}^4_2\text{He}$ -Kernen gleicher Geschwindigkeit? (1 Punkt)
2. Erfahren minimal ionisierende Myonen in Eisen oder in Blei einen höheren Energieverlust durch Stoßionisation? (1 Punkt)
3. Wann können Sie den Energieverlust durch Stoßionisation beim Durchgang durch die endliche Materialdicke Δx gut durch $\frac{dE}{dx}(E_{kin}) \cdot \Delta x$ nähern? (1 Punkt)
4. Wie groß ist etwa die kritische Energie (E_c) für Eisen, oberhalb der der Bremsstrahlungsenergieverlust von Elektronen größer wird als der durch Stoßionisation? (1 Punkt)
5. Nach welchem Δx haben Elektronen mit Energien deutlich oberhalb von E_c beim Durchqueren von Eisen nur noch die Hälfte der ursprünglichen Energie? (1 Punkt)
6. Wie groß wäre in etwa die Strahlungslänge für Myonen in Eisen? (1 Punkt)

Aufgabe 2: Entdeckung des geladenen Pions (Reichweitenmessung)

In der Abbildung sehen Sie eine Kernspuremulsionsaufnahme. Geladene Teilchen, die die Kernspuremulsion durchdringen, schwärzen die Photoplatte, die Silberhalogenide enthält. Je größer der Energieverlust pro Wegstrecke, desto größer die Dichte der Schwärzung. Die vorliegende Aufnahme wird wie folgt interpretiert:

Ein positiv geladenes Pion, das in Reaktionen der kosmischen Höhenstrahlung mit der Erdatmosphäre entsteht, wird im oberen Teil der Kernspuremulsion bis zum Stillstand abgebremst. Nach einer bestimmten Zeit zerfällt es in ein positiv geladenes Myon und ein Myonenneutrino. Nur das Myon erzeugt durch den Ionisationsverlust eine sichtbare Spur. Das Myon wird nach $600 \mu\text{m}$ in der Kernspuremulsion gestoppt und zerfällt dann in ein Positron, ein Elektronenneutrino und ein Antimyonenneutrino.

1. Woran erkennt man, dass die Teilchenflugrichtungen so sind wie beschrieben, und nicht etwa umgekehrt? (1 Punkt)
2. Setzen Sie die Myonmasse als bekannt voraus (Particle Data Booklet). Nehmen Sie an, dass die Kernspuremulsion eine Massendichte von etwa $4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ besitzt und die Reichweite geladener Teilchen in der Kernspuremulsion in etwa der Reichweite in Eisen entspricht. Bestimmen Sie mit diesen Angaben, mit Hilfe der Vorlesung und mit der gemessenen Reichweite des Myons die Masse des geladenen Pions. (3 Punkte)

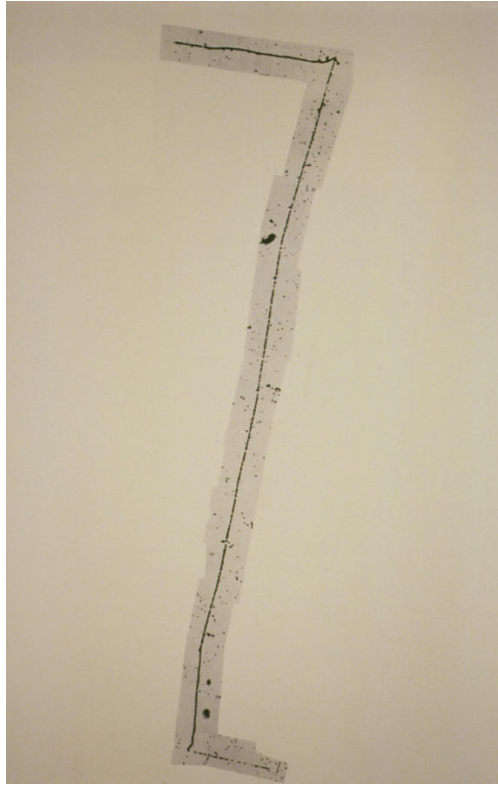


Abbildung 1: Entdeckung des Pions

Aufgabe 3: Cherenkov-Winkel

- a) Durch den (Nicht-)Nachweis von Cherenkov-Photonen unterscheidet ein sogenannter Schwellen-Cherenkov-Zähler, ob ein Teilchen eine Geschwindigkeit besitzt, die größer (kleiner) ist als die Lichtgeschwindigkeit im Detektormedium. Mit einem Schwellen-Cherenkov-Zähler sollen geladene Kaonen und Pionen unterschieden werden. Wie muss dabei der Brechungsindex des Mediums gewählt werden, so dass für die eine Teilchensorte bei $|\vec{p}| = 0,8 \text{ GeV}$ maximal viel Cherenkovstrahlung entsteht, während dies für die andere Teilchensorte gerade noch nicht der Fall ist? (1 Punkt)
- b) Eine andere Möglichkeit zur Teilchenidentifikation in einem Cherenkov-Detektor besteht in der Messung des Cherenkov-Winkels bei bekanntem Impuls des Teilchens. Berechnen Sie den Cherenkov-Winkel für Kaonen und Pionen für $|\vec{p}| = 0,8 \text{ GeV}$, wenn der Brechungsindex des Materials $n = 1,47$ ist. (1 Punkt)
- c) Sie messen für ein geladenes Teilchen den Cherenkov-Winkel und den spezifischen Energieverlust in einem Medium. Können Sie aus den beiden Meßgrößen das Teilchen identifizieren? (1 Punkt)
- d) Wieviele Cherenkovphotonen werden pro cm in einem Material mit Brechungsindex $n = 1,47$ im Bereich 400 nm bis 700 nm emittiert, wenn ein geladenes Teilchen das Material mit $\beta \approx 1$ durchquert? (2 Punkte)

Abgabe: 17.12.2018 bis 13:00 vor Raum NEW 15 1'413/414