

Übungen zu Experimentelle Methoden (der Teilchenphysik) SS 2014
Prof. Karl Jakobs, Dr. Susanne Kühn, Daniel Büscher
Übungsblatt Nr. 1

Die Lösungen müssen bis 12 Uhr am Montag, 12.5.2014 in Briefkasten Nr. 1
im Erdgeschoss des Gustav-Mie-Hauses eingeworfen werden!

1. **Relativistische Kinematik**

Ein Teilchen mit der Ruhemasse m_0 zerfällt in zwei Teilchen mit den Viererimpulsen p_1 und p_2 .

- Zeigen Sie, dass $(p_1 + p_2)^2 = m_0^2$. [1 Punkt]
- Überprüfen Sie wie groß p_2 im Ruhesystem von Teilchen 1 ist. [1 Punkt]
- Zeigen Sie $\beta = \frac{v}{c} = \frac{pc}{E}$ und $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{E}{m_0c^2}$. [1 Punkt]

Dabei ist E die Energie, p der Impuls und m_0 die Ruhemasse des Teilchens mit Geschwindigkeit v . Nutzen Sie relativistische Energie- und Impulsformeln.

2. **Kosmische Myonen**

Myonen der kosmischen Strahlung, die in 20 km Höhe oberhalb der Erde entstehen, werden noch in mehr als 1 km Tiefe unter der Erde in Bergwerken und Tunneln in Nachweisexperimenten für kosmische Neutrinos oder Protonzerfälle beobachtet.

- Berechnen Sie die minimale Anfangsenergie der Myonen als Funktion der Reichweite unter Annahme eines konstanten Energieverlustes durch Ionisation. Rechnen Sie mit einer Felsdichte von $\rho = 3 \text{ g/cm}^3$ und einem Energieverlust für minimalionisierende Teilchen von $1,5 \text{ MeV}/(\text{g cm}^{-2})$. Wie groß wäre die Reichweite bei $E=10 \text{ TeV}$? [3 Punkte]
- Bei hoher Energie können auch Bremsstrahlung und Bildung von e^+e^- -Paaren auftreten. Der dadurch entstehende Energieverlust ist proportional zur Energie $\frac{dE}{dx} = bE$. Berechnen Sie die Energie-Reichweite-Funktion von Myonen im Fels, wenn Sie zusätzlich Bremsstrahlung und Paarbildung berücksichtigen. Nehmen Sie dazu an, dass $b = 7 \times 10^{-6} \frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$. Wie groß ist in diesem Fall die Reichweite bei $E=10 \text{ TeV}$? Welcher Effekt dominiert bei dieser hohen Energie? [4 Punkte]

3. **Strahlendosis**

Sie arbeiten mit einer ^{60}Co -Quelle mit einer Aktivität von 400 MBq ohne Abschirmung. Dabei achten Sie darauf, dass Sie einen gewissen Mindestabstand zur Quelle einhalten.

- Wie groß sollte dieser Abstand sein, wenn Sie sicherstellen wollen, dass Sie innerhalb von 4 Stunden höchstens 1/100 der erlaubten Jahresdosis, die 50 mSv/Jahr beträgt, erhalten? Rechnen Sie mit einem Körpergewicht von 60 kg und einer Querschnittsfläche Ihres Körpers von $0,2 \text{ m}^2$. Die Energie der Strahlung soll mit 1 MeV angenommen werden. [2 Punkte]
- Welche Dosis erhalten Sie, wenn Sie sich 4 Stunden lang neben der Quelle aufhalten? [1 Punkt]
- Die Aktivität einer anderen ^{60}Co -Quelle wurde zuletzt vor 3 Jahren zu 300 MBq bestimmt. Wie groß ist die Aktivität heute? Die Halbwertszeit von ^{60}Co ist 1925,2 Tage. [1 Punkt]