

Übungsblatt 2

2.1 Rutherford-Wirkungsquerschnitt (25 Punkte)

Ein Tandem-Beschleuniger liefert einen Strahl von α -Teilchen bei einer kinetischen Energie von 20 MeV mit einer Intensität von $I = 1 \mu A$, der auf eine 0.1 mm dicke Goldfolie gelenkt wird. Berechnen Sie die Zählrate in einem $1 \times 1 \text{ cm}^2$ großen Silizium-Zähler, der unter einem Winkel von 50° in einem Abstand von 50 cm vom Target aufgebaut ist. Verwenden Sie den Wirkungsquerschnitt für die Rutherford-Streuung

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{zZ\alpha\hbar c}{4E_{kin}} \right)^2 \cdot \frac{1}{\sin^4(\theta/2)}$$

2.2 Neutrino-Experiment (30 Punkte)

Neutrinos kann man aus dem Zerfall von Pionen gewinnen, z.B. $\pi^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$. In einem Experiment läßt man in einem 300 m langen Tunnel Pionen mit einer Energie von 200 GeV zerfallen.

- Welcher Anteil der Pionen zerfällt im Tunnel?
- Im Ruhesystem des Pions ist der Zerfall isotrop. Wie sieht das Energiespektrum der Neutrinos im Laborsystem aus? Wie groß sind die minimalen und die maximalen Energien der Neutrinos und der Myonen im Laborsystem?
- Die restlichen Pionen und die Myonen sollen nicht in den Neutrinodetektor gelangen. Myonen verlieren ihre Energie im Wesentlichen durch Ionisation. Schätzen Sie ab, Wie dick eine Eisenabschirmung sein muss, damit alle Myonen gestoppt werden.
- Hinter der Eisenabschirmung steht ein Neutrinodetektor, dessen Targetmaterial ebenfalls aus Eisen besteht und das eine Dicke von 10.5 m hat. Der Wirkungsquerschnitt für die Wechselwirkung von Neutrinos mit Atomkernen hängt linear von der Neutrinoenergie ab und beträgt für Myonneutrinos $\sigma = 0.88 E_\nu [\text{GeV}] \cdot 10^{-38} \text{ cm}^2 / \text{Nukleon}$. Berechnen Sie für die mittlere Neutrinoenergie den Anteil der Neutrinos, die im Detektor eine Wechselwirkung machen.

2.3 Bethe-Bloch-Gleichung (25 Punkte)

In einem Experiment durchdringen α -Teilchen mit einer kinetischen Energie von 200 MeV eine 0.1 mm dicke Kupferfolie.

- Bestimmen Sie die kinetische Energie eines Protonenstrahls, bei dem ein Proton im Mittel den gleichen Energieverlust in der Kupferfolie hat wie ein α -Teilchen.
- Berechnen Sie den mittleren Energieverlust. Verwenden Sie für das mittlere Ionisationspotenzial der Elektronen im Atom die Bloch'sche Abschätzung $I/Z=10 \text{ eV}$.

2.4 Linearbeschleuniger (20 Punkte)

Ein Protonen-Linearbeschleuniger arbeite mit der Frequenz $f=200 \text{ Mhz}$. Wie lang müssen die Driftröhren an dem Punkt sein, an dem die kinetische Energie der Protonen

- 1 MeV
- 100 MeV

erreicht? Muss man relativistisch rechnen?