

Experimentalphysik Vb (Teilchen- und Astrophysik)

Übung 03

Aufgabe 1 *Time-of-Flight System* (4+2=6 Punkte)

Betrachten Sie ein Time-of-Flight System, das aus zwei Szintillatorpaneelen im Abstand L besteht, deren Lichtsignal jeweils von Photomultipliern detektiert wird. Jeder der beiden Szintillatoren kann den Zeitpunkt eines Teilchendurchgangs mit einer Zeitauflösung von σ_t bestimmen. Der Impuls der durchfliegenden Teilchen wird unabhängig mit einem Spektrometer gemessen und sei bekannt.

- Leiten Sie eine Formel für den Maximalimpuls her, bis zu dem eine Trennung zwischen zwei Teilchen der Massen m_1 und m_2 mit einer statistischen Signifikanz von vier Standardabweichungen möglich ist. Dabei sollen Sie Terme von $\mathcal{O}(m^4/p^4)$ vernachlässigen.
- Bis zu welchem Impuls (in GeV) ist für $L = 1 \text{ m}$ und $\sigma_t = 100 \text{ ps}$ eine Trennung zwischen geladenen Pionen und Kaonen mit einer Signifikanz von 4σ möglich?

Aufgabe 2 *Cherenkov-Detektor* (4+2+3=9 Punkte)

Bei einem Ring-Cherenkov-Zähler werden die in einem Medium mit Brechungsindex n abgestrahlten Cherenkov-Photonen durch eine Optik auf einen Ring abgebildet, aus dessen Radius der Cherenkov-Winkel θ_c bestimmt werden kann.

- Bestimmen Sie die Massenauflösung σ_m des Detektors bei gegebenem Impulsbeitrag $|\vec{p}|$ als Funktion der Winkelauflösung $\sigma(\theta_c)$ des Detektors.
- Betrachten Sie zwei Teilchen mit gegebenem Impuls aber unterschiedlichen Massen m_1 und m_2 . Zeigen Sie, dass die Anzahl der Standardabweichungen, mit denen der Detektor zwischen den beiden Teilchen unterscheiden kann, gegeben ist durch

$$N_\sigma = \frac{\Delta m}{\sigma_m} = \frac{|m_1^2 - m_2^2|\beta^2}{2|\vec{p}|^2\sigma(\theta_c)\sqrt{n^2\beta^2 - 1}}.$$

- Geben Sie das Impulsintervall an, in dem ein Detektor, der C_5F_{12} ($n = 1,0017$) als Radiator benutzt und eine Winkelauflösung von $\sigma(\theta_c) = 2 \text{ mrad}$ erzielt, zwischen geladenen Pionen und Kaonen mit einer Signifikanz von 3σ trennen kann. Die auftretende Gleichung dürfen Sie numerisch oder unter Verwendung einer geeigneten Näherung lösen.

Aufgabe 3 *Zerfall in vier Photonen* (2+2+1=5 Punkte)

In einem Detektor zerfällt ein unbekanntes Teilchen X . Die Zerfallsprodukte werden als vier Photonen identifiziert, deren (Dreier)-Impulse wie folgt gemessen werden (alle Angaben in GeV):

$$\vec{p}_0 = (0.266, 0.0879, -0.0486)$$

$$\vec{p}_1 = (0.78, -0.185, -0.0696)$$

$$\vec{p}_2 = (0.213, 0.105, 0.0791)$$

$$\vec{p}_3 = (0.153, -0.00798, 0.0391)$$

- Um welches Teilchen handelt es sich bei X ?
- Welcher Zerfallsmodus liegt vor? Geben Sie an, in welche Teilchen das Teilchen X zerfallen ist. Untersuchen Sie, in welche der vier Photonen die Teilchen des Zwischenzustands jeweils weiter zerfallen sind.
- Welche kinetische Energie hatte das Teilchen X vor dem Zerfall?

Aufgabe 4 *Teilchenzerfälle* (5 Punkte)

Geben Sie für jeden der folgenden Zerfallskanäle an, ob er erlaubt ist oder durch welchen Erhaltungssatz er verboten ist. Sie dürfen annehmen, dass sich die Strangeness bei einem Zerfall über die schwache Wechselwirkung um ± 1 ändern kann.

- $\mu^- \rightarrow e^- \bar{\nu}_e \nu_\mu$
- $\mu^- \rightarrow e^- \gamma \gamma$
- $\mu^+ \rightarrow e^+ \bar{\nu}_e \nu_\mu$
- $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \pi^-$
- $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^-$
- $\Lambda \rightarrow \pi^+ \pi^-$
- $\Lambda \rightarrow p \pi^- \gamma$
- $\Lambda \rightarrow p \mu^- \bar{\nu}_\mu$
- $\Omega^- \rightarrow \Sigma^- \pi^+ \pi^-$
- $\Sigma^+ \rightarrow p$