

Experimentelle Methoden der Teilchenphysik

Markus Schumacher

Übungsblatt V

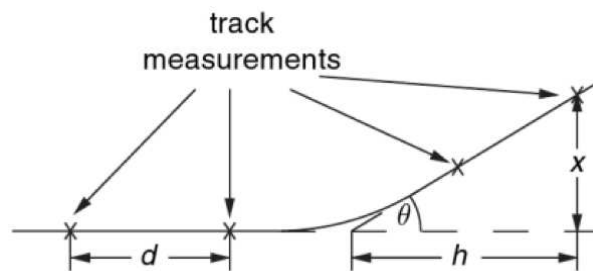
Martin Flechl, Anna Kopp, Stan Lai

08. Juni 2012

Anwesenheitsaufgaben

Aufgabe 22 *Impulsmessung*

Betrachten Sie die folgende Abbildung, die vier Positionen auf einer Spur darstellt. Der Abstand zwischen zwei Messungen ist jeweils d .



Ein Magnetfeld verursacht eine Krümmung der Spur um einen Winkel θ . Zwei Positionsmessungen werden vor der Krümmung durchgeführt und zwei Positionsmessungen danach.

- (i) Zeigen Sie, dass der Krümmungsradius ρ einer Spur mit Impuls p gegeben ist durch:

$$\rho = \frac{p}{eB}$$

wobei e die Ladung des Teilchens ist und B die Stärke des Magnetfelds, wenn die Richtung des Magnetfeldes senkrecht ist zum Impuls des Teilchens.

- (ii) Für $\rho \gg L$, wobei L die Magnetlänge ist, zeigen Sie, dass

$$\theta \simeq \frac{L}{\rho} = \frac{L}{p} eB$$

sodass

$$\frac{\sigma_p}{p} = \frac{\sigma_\theta}{\theta}$$

wobei σ_p und σ_θ die Fehler auf p und θ sind.

- (iii) Für die Messungen in der Abbildung, zeigen Sie, dass

$$\sigma_\theta = \frac{2\sigma_x}{d}$$

für kleine Winkel θ . Hier ist σ_x der Fehler auf die jeweilige Positionsmessung.

- (iv) Zeigen Sie, dass die Auflösung des Impulses gegeben ist durch:

$$\frac{\sigma_p}{p} = \frac{2\sigma_x}{d} \frac{p}{LeB} = \frac{p [\text{GeV}]}{0.3L [\text{m}] B [\text{T}]} \frac{2\sigma_x}{d}$$

Aufgabe 23 *Zeitprojektionskammer*

Zeitprojektionskammern wurden in vielen LEP Experimenten (DELPHI, ALEPH, etc.) benutzt. Erläutern Sie, warum sie nicht auch für den ATLAS oder CMS Detektor am LHC benutzt werden. (*Hinweis:* Die typische Driftgeschwindigkeit in einer Zeitprojektionskammer ist $5 \text{ cm}/\mu\text{s}$. Was ist anders an den Operationsbedingungen bei LEP im Vergleich zum LHC?)

Hausaufgaben

Aufgabe 24 *Driftkammern*

5 Punkte

Die Wahl eines Gases für eine Driftkammer ist sehr wichtig.

- (i) Unterschiedliche Gase haben unterschiedliche Driftgeschwindigkeiten. Erläutern Sie die Vorteile eines Gases mit hoher beziehungsweise niedriger Driftgeschwindigkeit.
- (ii) Sie haben eine Driftkammer mit einem Gas mit konstanter Driftgeschwindigkeit. Die Verteilung der Positionen der ionisierten Teilchen hat eine Standardabweichung von

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{2DL}{u}}$$

wenn die Driftgeschwindigkeit gleichmäßig ist. Hier ist L die Driftlänge, D ist der Diffusionskoeffizient und u die Driftgeschwindigkeit. Was ist der Fehler auf die Position des ursprünglichen Elektrons, wenn n Elektronen durch die Ionisationslawine erzeugt werden?

- (iii) Wenn eine Driftlänge von 5 cm eine Auflösung von 100 μm ergibt, welche Driftlänge ist nötig, um eine Auflösung von 10 μm zu erreichen?

Aufgabe 25 *Geiger-Müller Zählrohr*

6 Punkte

Sie haben Proportionalzählrohre und Geiger-Müller Zählrohre in der Vorlesung diskutiert. In einem Geiger-Müller Zählrohr können zwei Teilchen, die es gleichzeitig durchqueren, nicht aufgelöst werden. Nehmen Sie an, dass eine radioaktive Quelle eine Reaktionsrate von λ hat.

- (i) Wann ist ein Geiger-Müller Zählrohr besser geeignet als ein Proportionalzählrohr? Warum? Wann ist ein Proportionalzählrohr besser geeignet? Warum?
- (ii) Zeigen Sie, dass die Wahrscheinlichkeit, dass innerhalb einer Zeit T keine Reaktion stattfindet, gegeben ist durch:

$$P(T) = e^{-\lambda T}$$

Hinweis: Die Wahrscheinlichkeit entspricht einer Poissonverteilung.

- (iii) Wenn die Zeitauflösung (die Zeitdifferenz, die nötig ist, um zwischen zwei unterschiedlichen Ereignissen zu unterscheiden) eines Geiger-Müller Zählrohres $\Delta T = 0.1$ s ist, wie muss man die gemessene Rate bei einer Quelle mit $\lambda = 1$ Hz korrigieren, um gleichzeitige Ereignisse zu berücksichtigen?

Aufgabe 26 *Grenzwert der Reaktionsrate*

5 Punkte

Sie messen mit einem Geiger-Müller Zählrohr die Rate λ einer radioaktiven Quelle, die allerdings sehr gering ist. Sie beobachten sogar kein Ereignis innerhalb einer Zeit T .

Das Konfidenzintervall, dass $0 < \lambda < \lambda_0$ für einen Grenzwert λ_0 mit Wahrscheinlichkeit P ist gegeben durch

$$\lambda_0 = -\frac{1}{T} \ln(1 - P).$$

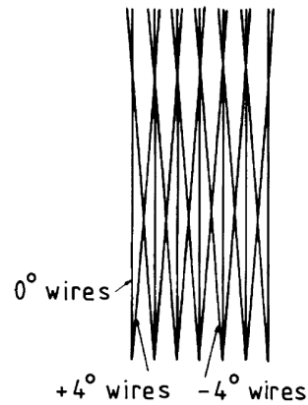
Nehmen Sie an, dass Sie 100 g von ^{82}Se haben und innerhalb von zwei Wochen keine Ereignisse beobachtet haben.

- (i) Wie viele ^{82}Se Kerne gibt es in 100 g?
- (ii) Was ist der Grenzwert λ_0 für $P = 0.95$? (Nehmen Sie an, dass die Detektoreffizienz 100% ist.)
- (iii) Was ist der entsprechende Grenzwert für die mittlere Lebensdauer τ beziehungsweise für die Halbwertszeit $t_{1/2}$?

Aufgabe 27 Stereodraht

4 Punkte

Betrachten Sie die folgende Abbildung einer zylindrischen Drahtkammer. (Die z Koordinate zeigt nach oben.)



- (i) Erläutern Sie, warum Stereodrähte nötig sind, um eine Messung der z -Position der Spur durchzuführen.
- (ii) Wie hängen in einer zylindrischen Drahtkammer die Auflösungen $\sigma_{r,\phi}$ der r, ϕ Koordinaten mit der Auflösung σ_z der z -Koordinate als Funktionen des Stereowinkels zusammen?
- (iii) Wenn $\sigma_{r,\phi} = 50\mu\text{m}$ und die Stereowinkel 2° sind, wie ist die Auflösung der z -Position?