

Universität Dresden

Laborpraktikum Kern- und Teilchenphysik

Blasenkammer (BK)

1 Der Versuch

1.1 Versuchsziel

Das Ziel des Versuches ist es, einen Überblick über einige typische Reaktionen der Teilchenphysik und ihre Kinematik zu vermitteln, um Reaktionen zu identifizieren und den totalen Wirkungsquerschnitt bestimmen zu können.

1.2 Vorkenntnisse

Vorlesung Teilchenphysik

- Grundzüge des Standardmodells
- Elementarteilchen und ihre Eigenschaften
- Kenntnisse der starken, schwachen und elektromagnetischen Wechselwirkungen
- Grundlagen der relativistischen Mechanik

Blasenkammer

- Aufbau und Wirkungsweise der Blasenkammer
- Analyse von Teilchenspuren
(Ladungsvorzeichen und Impuls aus Krümmung im Magnetfeld und Reichweite im Wasserstoff, spezifischer Energieverlust/Blasendichte)

pp-Wechselwirkung

- Elastische und inelastische Streuung
- Wirkungsquerschnitt

1.3 Literatur

zur Durchführung

- [1] Christian Helzel, Handbuch zur Software, Bonn 2003 (liegt neben Versuchs-PC)
- [2] Particle Data Group, Particle Physics Booklet (als PDF auf Versuchs-PC vorhanden)

zur Vorbereitung

jedes Lehrbuch zur Einführung in die Elementarteilchenphysik, z.B.

- D.H. Perkins, Introduction to High Energy Physics, Addison-Wesley
- D. Griffith, Introduction Elementary Particles, Wiley-VCH
- C. Berger, Teilchenphysik, Springer Verlag
- E. Lohrmann, Hochenergiephysik, Teubner Verlag

zur Einführung in die Funktionsweise von Teilchendetektoren, z.B.

- K.Kleinknecht, Detektoren für Teilchenstrahlung, Teubner Verlag
- W.R.Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, Springer Verlag

2 Versuchsaufgaben

Der Versuch besteht aus 2 Teilen:

- manuelles Ausmessen einer inelastischen Proton-Proton Streuung
- Bestimmung einiger Eigenschaften von Proton-Proton-Wechselwirkungen bei 24 GeV/c Einfallsimpuls mittels einer Software

2.1 Inelastische pp-Streuung

Im ersten Teil soll anhand von einer echten Blaskammeraufnahme auf einem Fotofilm eine inelastische pp-Streuung vermessen werden. Der Impuls des einlaufenden Teilchens betrug entweder ca. 2 GeV/c oder ca. 5 GeV/c

Vorbereitung

- Stellen Sie zu Beginn alle benötigten Formeln zusammen um die Mechanik des Problems zu beschreiben und somit die Parameter der Teilchenspuren in Blaskammeraufnahmen berechnen zu können.
- Erstellen Sie eine Liste möglicher Reaktionen, die bei oben genannten Energien unter Beachtung der Erhaltungssätze möglich sind. Berechnen sie dazu als erstes die im Schwerpunktsystem verfügbare Energie einer Wechselwirkung, wenn ein Proton mit einem Impuls von $|\vec{p}_p| = 2 \text{ GeV/c}$ auf ein ruhendes Proton trifft.

Messung der Radien

- Vermessen Sie die drei Spuren mit Hilfe der Kurvenschablone. Dabei sollte folgendes beachtet werden
 - die Genauigkeit beträgt etwa 1/3 der unterteilten Abstände
 - Spuren die sich aufwickeln sollten so dicht wie möglich am Wechselwirkungspunkt vermessen werden

Berechnung der Impulse

- der Impuls des einfliegenden Teilchens wurde im Laborsystem gemessen und findet sich oben rechts im Bild
- Berechnung der Impulse der auslaufenden Teilchen
- den fehlenden Impuls mittels Impulserhaltung bestimmen

Zeichnen der Impulse

- auf Transparentpapier (vom Betreuer) die Tangente an die Spuren der drei Teilchen im Wechselwirkungspunkt zeichnen
- die Impulse mit größtmöglicher Skalierung antragen (Konstruktion eines Impulsdreiecks mit einer Seitenlänge von ca. 20 cm.)
- Konstruktion des fehlenden Impulses mittels Impulserhaltung

Energieerhaltung

- Überprüfung der Energieerhaltung für verschiedene Hypothesen (nur relativistisch)
- Schlussfolgerung auf eine Reaktion

2.2 Eigenschaften von Proton-Proton-Wechselwirkungen bei 24 GeV/c Einfallsimpuls

Im zweiten wird eine Software zur Auswertung von Blasenkammeraufnahmen benutzt. In dieser sind hunderte fotografische Aufnahmen gespeichert, die in der 2m Blasenkammer am Proton-Synchrotron (PS) am CERN 1971 entstanden sind. Auf den Aufnahmen sind Proton-Proton-Wechselwirkungen bei einem Einfallsimpuls von 24 GeV/c zu beobachten. Die Software bietet die Möglichkeit eine große Menge an Aufnahmen auszuwerten und übernimmt die automatische Berechnung von Krümmungsradien und Impulsen. Durch das Überlagern von Bildern verschiedener Blickwinkel eines Events kann eine räumliche Rekonstruktion durchgeführt werden.

Auch wenn die Software viele Aufgaben übernimmt, ist es für diesen Versuchsteil sinnvoll, sich in [1] die Kapitel 3.3, 3.5, 3.6 sowie den Anhang A.1 durchzulesen.

2.2.1 Bestimmung des totalen und elastischen Wirkungsquerschnitt

- Legen Sie das Messvolumen fest
- Zählen Sie die primären elastischen und inelastischen Wechselwirkungen sowie die einlaufenden Protonen
- Berechnen Sie den totalen Wirkungsquerschnitt
- Schätzen Sie den elastischen Wirkungsquerschnitt ab

2.2.2 Untersuchung von schwachen Zerfällen

Messung des ν_μ - Impulses im Zerfall $\pi \rightarrow \mu \nu_\mu$

- Suchen Sie einen $\pi \rightarrow \mu \rightarrow e$ - Zerfall, bei dem das π in Ruhe zerfallen ist
- Messen Sie dazu den π - Impuls (aus der Krümmung der Spur) und die Reichweite
- Berechnen Sie mit Hilfe der Impuls-Reichweiten-Beziehung die Reichweite und vergleichen Sie diese mit der gemessenen Reichweite.
- Der Zerfall ist nur geeignet, wenn das π in Ruhe zerfallen ist.
- Bestimmen Sie den μ - Impuls
- Berechnen Sie nun den ν_μ - Impuls.

Assoziierte Erzeugung und Zerfall seltsamer Teilchen

Führen Sie eine kinematische Analyse eines pp-Stoßes mit der Erzeugung eines neutralen seltsamen Teilchens durch (V^0 genannt, wegen des V förmigen Spurbilds beim Zerfall) und identifizieren Sie das V^0 .

- Durchsuchen Sie die Bilder nach einer primären Reaktion mit einem V^0
- Messen Sie die Impulskomponenten aller Teilchen und die Zerfallslänge des V^0
- Weisen Sie die Assoziation der Zerfallsteilchen des V^0 an den Primärvertex nach
- Identifizieren Sie das V^0 .
Benutzen Sie dazu die invariante Masse der Zerfallsteilchen (Massenhypothese), die Zerfallslänge und die Impuls-Reichweiten-Beziehung.
- Rekonstruieren Sie die Primär-Reaktion mit Hilfe der Erhaltungssätze für Impuls, Energie und Quantenzahlen.

Quellen

- Christan Helzel, Erstellung eines computergestützten Versuchs des physikalischen Fortgeschrittenenpraktikums zur Auswertung von Blasenkammeraufnahmen, Bonn 2002
- Anleitung E212, Eigenschaften von Elementarteilchen, Bonn 2004
- G. Seul, Praktikumsversuche zur Einführung in die Hochenergiephysik, Bonn 1977
- Anleitung Relativistische Kinematik, Laborpraktikum Blasenkammer, Dresden 2007