

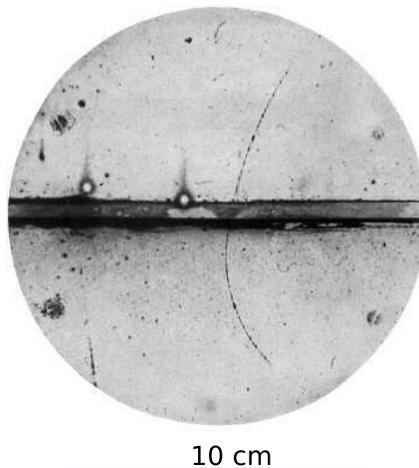
Ausgabe ab:	Mittwoch, 2. Mai
Abgabe bis:	Montag, 7. Mai 18:00
Besprechung:	Donnerstag, 10. Mai

Übungsblatt 3

Aufgabe 1

4 Punkte

Das Positron wurde 1932 von Anderson entdeckt¹. Er setzte eine selbst weiterentwickelte Nebelkammer dazu ein, um z.B. auf dem 4300 m hohen Pike's Peak kosmische Strahlung zu untersuchen. Eine seiner Neuerungen war es ein starkes Magnetfeld von 1.5 T (senkrecht zur Bildebene, in die Bildebene hinein gerichtet) zu verwenden, um die Impulse der Teilchen messen zu können. Dabei bemerkte er Teilchen, welche die Masse (\rightarrow Spurdicke $\propto -\frac{dE}{dX} \propto \beta^{-2}$) von Elektronen zu haben schienen, im Magnetfeld aber in die "falsche" Richtung abgelenkt wurden. Eine Vermutung war, dass dies auch Elektronen sein könnten, welche aus der anderen Richtung (von unten) durch die Kammer flogen. Dieses Bild ist einer der ersten zweifelsfreien Nachweise eines Positrons von Anderson:



- Warum konnte durch das Einfügen einer 6 mm dicken Bleiplatte (Bild Mitte) auch den Skeptikern gezeigt werden, dass es tatsächlich keine Elektronen waren?
- Zu dem Zeitpunkt als dieses Bild angefertigt wurde kannte man nur positive Protonen und negative Elektronen. Welche alternativen Erklärungen des Bildes wurden von Skeptikern basierend auf diesen beiden Teilchen noch vorgeschlagen? Tipp: alle alternativen Erklärungsversuche halten einer weiteren Überprüfung nicht Stand... Sind also entweder extrem unwahrscheinlich oder unphysikalisch.

¹C.D. Anderson: The apparent existence of easily deflectable positives; Science 76, 238-239 (1932). C.D. Anderson: The positive electron; Phys. Rev. 43, 491-494 (1933).

- c) Messen Sie den Impuls der Teilchenbahn vor und nach der Bleiplatte. Welche totale Energie hat ein Positron bzw. Proton dieser Impulse? Welche Geschwindigkeit $\beta = v/c$? Welche Energiedifferenz ergibt sich für Positron bzw. Proton?
- d) Berechnen Sie den Energieverlust für Positronen und auch Protonen in der 6 mm Bleischicht. Verwenden Sie dazu die relativ grobe Näherung von $dE/dX = -a/\beta^2$ mit $a = 5 \text{ MeV cm}^2/\text{g}$ (Es gibt bis zu einen Extrapunkt, wenn Sie den Rest der Aufgabe 1 mit den exakten Daten (oder deren Parametrisierung) von <http://www.nist.gov/pml/data/radiation.cfm> arbeiten). Die Dichte von Blei ist $\rho(\text{Pb}) = 11.34 \text{ g/cm}^3$.
- e) Berechnen Sie für Elektronen und Protonen dieser Energien die Reichweite in Luft. Verwenden Sie dazu die obige Näherung für kleine Geschwindigkeiten, $dE/dX = -a/\beta^2$. Benutzen Sie $\rho(\text{Luft}) = 0.72 \text{ kg/m}^3$ bei einer Höhe über Meeresniveau von $h=4300 \text{ m}$.

Was bedeutet dieses Ergebnis für die Interpretation der Nebelkammer-Aufnahmen?

Aufgabe 2

4 Punkte

Das NA61 Experiment in der CERN North Area (na61.web.cern.ch) besteht im wesentlichen aus vier grossen Zeit Projektionskammern (TPC). Zwei davon sind in starken Magnetfeldern (1.5 T) untergebracht.

Rekonstruktion von kurzlebigen Teilchen und Resonanzen

In den TPC Kammern von NA61 können nur geladene Teilchen nachgewiesen werden. Zerfällt allerdings ein neutrales Teilchen innerhalb des Detektors in geladene Sekundärteilchen, können diese beobachtet werden. Vor allen Dingen Hadronen mit *strange* Quarks haben Lebenszeiten, welche einen Zerfall innerhalb von NA61 ermöglichen. Wegen ihrer Form werden solche Zerfälle auch *V0 Vertex* genannt.

Unter dem Link:

<http://www.auger.de/~rulrich/lehre/kerneteilchen2012/protected/blatt3-data.dat>

finden Sie einen Satz generierter V0 Ereignisse. Jede Zeile entspricht einem V0 Ereignis. Die ersten zwei Spalten sind die gemessenen Krümmungsradien der beiden auslaufenden Sekundärteilchen im Magnetfeld. Das Vorzeichen des Radius entspricht der Ladung des Teilchens (Richtung der Ablenkung im Magnetfeld). Die dritte Spalte ist der gemessene Winkel zwischen den beiden Teilchen. Die Radien sind in Meter und Winkel in rad.

Analysieren Sie diese Daten mit einem Computer:

- Berechnen Sie für jedes Ereignis die Impulse der beiden Teilchen.
- Ermitteln Sie die Energie der Teilchen, unter der Annahme dass der Endzustand immer ein $\pi^+\pi^-$ System ist.
- Bestimmen Sie die invariante Masse des Ereignisses.
- Erstellen Sie ein Histogramm der invarianten Masse und erklären Sie dieses.

Dann ändern Sie die Annahme in Punkt b) und gehen jetzt immer von einem π^-p Endzustand aus. Wiederholen Sie damit die restlichen Schritte der Analyse und erklären Sie auch dieses Ergebnis.

Dies ist eine typische Analyse, wie sie in NA61 und vielen anderen Experimenten durchgeführt wird.

Aufgabe 3

2 Punkte

Ein hochenergetischer Neutronen-Strahl der Intensität 10^6 s^{-1} trifft auf eine dünne Folie ^{238}U mit einer Dichte pro Fläche von $10^{-1} \text{ kg m}^{-2}$. Der elastische und inelastische Wechselwirkungsquerschnitt ist 1.4 bzw. 2.0 b. Berechnen Sie

- a) Die Intensität des Strahles nach der Folie
- b) Die Rate der elastischen und inelastischen Wechselwirkungen
- c) Den Fluss der elastisch gestreuten Neutronen 5 m vom Target, im Mittel über alle Winkel (Tatsächlich werden die Neutronen hauptsächlich unter sehr kleinen Winkeln gestreut).