

ARBEITSKREIS BAYERISCHER PHYSIKDIDAKTIKER

BEITRAG AUS DER REIHE:

Werner B. Schneider (Hrsg.)

Wege in der Physikdidaktik

Band 1

Sammlung aktueller Beiträge aus der
physikdidaktischen Forschung

ISBN 3 - 7896 - 0090 - 3

Verlag Palm & Enke, Erlangen 1989

Anmerkung:

Die Bände 1 bis 5 sind (Ausnahme Band 5) im Buchhandel vergriffen.
Die einzelnen Beiträge stehen jedoch auf der Homepage

<http://www.solstice.de>

zum freien Herunterladen zur Verfügung.

Das Copyright liegt bei den Autoren und Herausgebern.

Zum privaten Gebrauch dürfen die Beiträge unter Angabe der Quelle
genutzt werden. Auf der Homepage

www.solstice.de

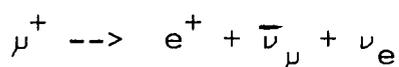
werden noch weitere Materialien zur Verfügung gestellt.

Hanns-Werner Ortner, Werner Kreische

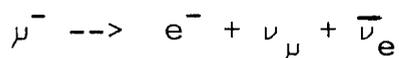
Eine einfache Methode zur Bestimmung der Zerfallskonstanten von Höhenstrahlungsmuonen

Im Folgenden wird ein einfaches Experiment zur Bestimmung der Zerfallskonstanten von Muonen beschrieben. Da hierfür nur die Muonen der Höhenstrahlung benutzt werden ist das Experiment eines der wenigen Teilchenphysikexperimente die sich auch an Schulen durchführen lassen.

Auf der Erdoberfläche in einigen Hundert Metern Höhe über dem Meer setzt sich die Höhenstrahlung neben einer Komponente aus elektromagnetischen Schauern aus einem Anteil von ca. 75% schnellen Muonen zusammen /1,2/. Die kinetische Energie dieser Muonen ist dabei um eine mittlere Energie von ca. 2GeV weit verteilt. Die Verteilung fällt mit E^{-2} zu hohen Energien ab. Ein kleiner Bruchteil dieses Spektrums auf der Niederenergieseite kann im aktiven Volumen eines Teilchendetektors bis zum Stillstand abgebremst werden. Das Muon verbleibt dann eingelagert im Festkörper des Detektormaterials bis es über folgende Gleichung seinen schwachen Zerfall erleidet:



bzw.



Man beobachtet in diesem Detektor demzufolge einen kräftigen Puls vom Eindringen des Muons und einige μ s später einen zweiten Puls vom Abbremsen des Zerfallselektrons bzw. Zerfallspositrons. Die Zeitdifferenz zwischen den beiden Pulsen ist leicht meßbar und statistisch zu erfassen. Mit einigen hundert gemessenen Ereignissen dieser Art ergibt sich die Zerfallskonstante des Muons auf einige Prozent genau.

In einem Experiment am physikalischen Institut der Universität Erlangen wurde dafür ein NaJ-Detektor mit 5 inch Durchmesser und

5 inch Länge verwendet. Ein Detektor dieser Größe und Dichte liefert bereits eine ordentliche Rate von gestoppten Muonen. Die Abnahme des Zeitpunkts eines Pulses geschah mit Hilfe eines Diskriminators. Die Schwelle wurde dabei mit Hilfe einer ^{137}Cs Eichquelle auf einen Wert von ca. 8MeV eingestellt (also weit über dem Gammauntergrund der Umgebung). Die logischen Pulse des Diskriminators entsprechen dann in aller Regel dem Einfall schneller Teilchen aus der Höhenstrahlung. Dabei wurde in unserem Beispiel eine Zählrate von ca. 1-2 pro Sekunde gemessen. Der Ausgang des Diskriminators wurde verzweigt und auf den Start- und den Stoppeingang eines Zeit-Amplitudenwandlers (TAC)

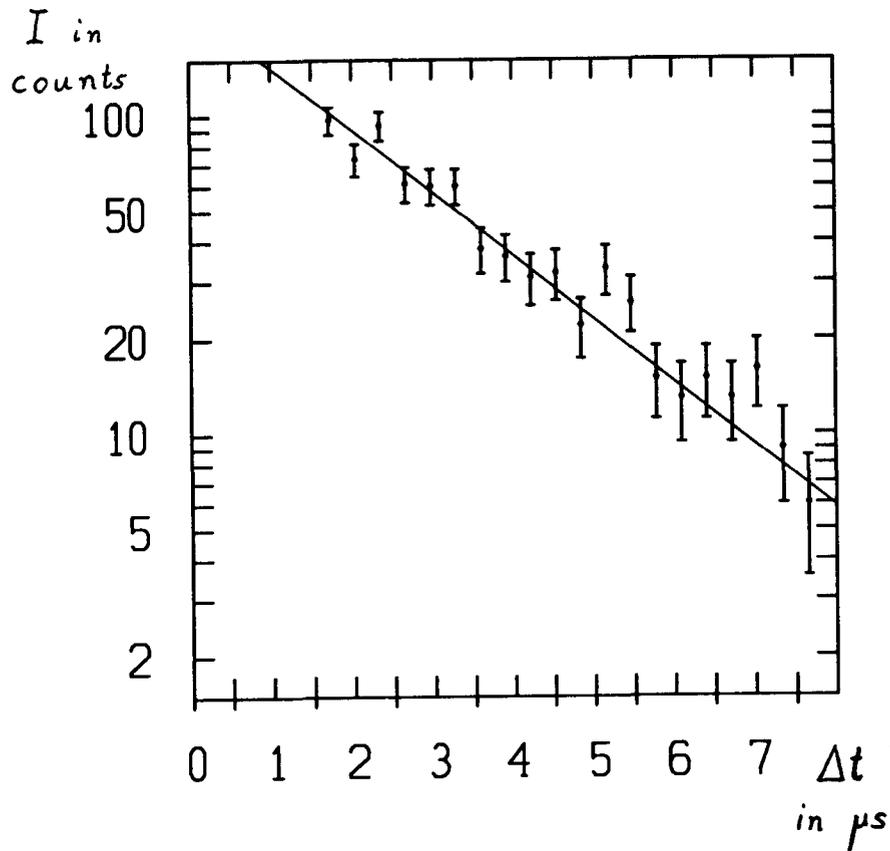


Abb. 1 : Intensität der von Höhenstrahlung verursachten Doppelpulse in einem NaJ-Detektor als Funktion ihres zeitlichen Separationsabstandes. Die eingezeichnete Gerade ergibt sich für den Literaturwert des Muonzerfalls.

gegeben. An diesem Gerät wurde ein Meßintervall von $10\mu\text{s}$ eingestellt. Um zu vermeiden, daß ein und derselbe logische Puls beide Eingänge bedient, wurde die den Start definierende Leitung um $0.5\mu\text{s}$ verzögert. Ein einzelner, isolierter Puls liefert so zuerst einen Stoppimpuls (belanglos, da im Meßintervall vorher kein Startimpuls gegeben wurde) und danach einen Startimpuls (auch belanglos da im Meßintervall kein Stopimpuls folgt) was zu keinem Ausgangssignal am TAC führt. Ein Doppelpuls in einem Abstand von mehr als $0.5\mu\text{s}$ jedoch startet den TAC mit dem ersten Puls und stoppt ihn mit dem zweiten. In diesem Fall liefert der TAC einen Ausgangspuls der in seiner Höhe der Zeitdifferenz im Doppelpuls entspricht. Diese Pulse können dann in einem Vielkanalanalysator registriert und eingeordnet werden. In unserem Fall ergab sich damit eine Rate von ca. 25 Doppelpulsen pro Stunde. Die Zufälligenrate war hierbei vernachlässigbar. Die so aufgenommenen Ereignisse entsprechen zu mehr als 90% dem oben beschriebenen Muonzerfall.

Nach einer Beobachtungsdauer von zwei Tagen wurden im vorliegenden Testaufbau ca. 1000 events gesammelt. Die Abbildung zeigt die am Vielkanalanalysator gewonnene Häufigkeitsverteilung der Zerfallszeiten. Die sich in einer logarithmischen Auftragung ergebende Kurve zeigte so wenig Abweichung von der Geraden, daß aus ihrer Steigung direkt ein Meßwert für die Muonzerfallskonstante abgelesen werden konnte. Der Literaturwert /3/ von $2.197\mu\text{s}$ entspricht der in der Abbildung eingezeichneten Gerade. Dieses Experiment erlaubt durch die sehr einfache Anordnung einen Zugang zu einer Meßgröße aus der Teilchenphysik wie er auch in Schulen zu Demonstrationszwecken nachvollzogen werden kann. Der hier verwendete NaJ-Detektor kann natürlich durch eine andere geeignete Anordnung ähnlicher Stoppkraft und Dimension ersetzt werden. Auch die hier verwendeten elektronischen Geräte sind unschwer durch Anwendung einfacher TTL Bausteine ersetzbar. Das läßt erwarten, daß dieses Experiment auch mit noch erheblich preisgünstigeren Mitteln durchgeführt werden kann.

Literatur :

- 1) Review of Particle Properties, Phys. Lett. B, 204 (1988)
p61
- 2) B. Rossi, Rev. Mod. Phys. 20, 537 (1948)
- 3) Review of Particle Properties, Phys. Lett. B, 204 (1988)
p14