

Master FP Zusammenfassung

Master FP

Kevin Sedlaczek
kevin.sedlaczek@udo.edu

17. Juni 2018

TU Dortmund – Fakultät Physik

1 V01 Lebensdauer kosmischer Myonen

- Bestimmung der Lebensdauer aus Einzellebensdauermessungen
- Myonen stammen aus Pionzerfällen in der Atmosphäre
- Zeitdilatation durch hohe Geschwindigkeit
- Nachweis über Szintillator (MeV Energiedeposition): Anregung des Szintillatormaterials
- Photonemission bei Abregung (sichtbares Licht)
- Bei Zerfall des Myons nochmalige Anregung durch hochenergetisches Elektron
- Problem: Unterscheide zufälliges Start und zugehöriges Stoppsignal
- Unabhängige Prozesse: Messung über Individuallebensdauern möglich
- $dW = \lambda dt$, also $dN = -NdW = -\lambda N dt$
- Große Messzahl macht Zusammenhang kontinuierlich: $\frac{dN}{N_0} = \lambda e^{-\lambda t} dt$
- Messe N und bestimme daraus $\lambda = \frac{1}{\tau}$ die Lebensdauer

Durchführung:

- Organischer Szintillator (kurze Lebensdauern der angeregten Zustände sorgen für gute Zeitauflösung)
- SEV an beiden Enden: Photonen erzeugen Elektronen in PM, welche dann u Signal verstärkt werden
- Verzögerungsleitungen an beiden Seiten: Ausgleich der bauteilbedingten Laufzeitunterschiede auf beiden Seiten
- Diskriminatoren: Signalschwelle (Rauschunterdrückung), sowie Umwandlung in logisches binäres Signal
- Koinzidenzschaltung: Impulse in Zeitintervall Δt werden als gleichzeitig gewertet und weitergeleitet. Sehr gute Rauschunterdrückung, da zwei Signale so durch Rauschen sehr unwahrscheinlich.
- deutlich mehr Start als Stop Impulse erwartet: begrenze Wartezeit auf Stopimpuls
- Koinzidenzausgang aktiviert START am *time amplitude converter* (digitalisierung des Signals in Zeitkanäle)
- Kippstufe am Suchzeitgeber aktiviert: Signal an AND2
- Wenn in diesem Zeitraum zweiter Zerfall, wird Zeit gemessen
- sonst Kippstufe wieder in Anfangszustand

- Diskriminatoren mit Oszilloskop so einstellen, dass einheitliche Breiten (wieso?) und Höhen der Impulse
- Kalibrierung der Verzögerung auf maximalen Fluss
- Kalibrierung *tac* durch Doppelimpulsgenerator

Auswertung:

- Koinzidenz: 20 ns breiten 1,3 V hohe Impulse
- optimale Verzögerung aus Maximum des Flusses bei 5,5 ns
- Zeitkalibrierung der Kanäle: Regression der Impulszeiten gegen den Kanal
- Abschätzung der Untergrundkandidaten über Poissonverteilung:

$$N_F = N \frac{(T_S \bar{N})^k}{k!} e^{-T_S \bar{N}} \quad (1)$$

- daraus bei Gleichverteilung Untergrund pro Kanal
- Fit einer Exponentialfunktion mit gleichverteiltem Untergrund an die Messdaten
- Lebensdauer etwa 2,2 μ s, Untergrund kleiner als erwartet
- Verbesserung vielleicht durch längere Messdauer bei Kalibrierung der Kanäle

2 V14 Tomographie mittels Gamma-Strahlung

- Nicht invasive dreidimensionale Untersuchung von Objekten mit Hilfe von Strahlung
- Bestimme Materialien innerhalb eines Metallwürfels mit Hilfe von ^{137}Cs
- ^{137}Cs zerfällt mit Halbwertszeit von 30 Jahren über β -Zerfall
- Hauptsächlich in metastabilen angeregten Zustand, welcher sich bei Halbwertszeit von 153 s und Energie von 0,662 MeV abregt
- Bei Durchgang durch Materie Wechselwirkungen mit Hüllenelektronen
- **Photoeffekt:** vollständige Energieabgabe an Hüllenelektron, sodass dieses $E_\gamma - E_{\text{Bindung}}$ erhält. Dominant bei Energien unter 100 keV, $\propto Z^5$
- **Comptonstreuung:** inelastische Streuung an freiem Elektron. Energieabgabe und Ablenkung des Photons. $\propto Z^2$. Dominanten zwischen 100 keV und 10 MeV
- **Paarerzeugung:** ab doppelter Elektronenruhemasse, also 1,02 MeV. Auslöschung des Photons für e^+e^- unter Abgabe von Energie an Atomkern. Da Energie bei 0,662 MeV nicht relevant.

- komplexe Überlagerung aller Effekte, aber insgesamt exponentielle Abnahme der Eingangsintensität:

$$I = I_0 e^{-\sum_i \mu_i d_i} \quad (2)$$

- Dies lässt sich in ein lineares Gleichungssystem umstellen:

$$\sum_i \mu_i d_i = \ln \left(\frac{I_0}{I_j} \right) \quad (3)$$

3 Diskussion

Die Auswertung der beiden Würfel mit homogenen Materialverteilungen ergab die in Tabelle ?? aufgeführten Absorptionskoeffizienten. Vergleicht man diese mit den Literaturwerten in Tabelle 1, so ergeben sich sehr eindeutige Zuordnungen zu den aufgeführten Materialien. Würfel 2 stimmt mit einem bestimmten Koeffizienten von $\mu_2 = (0,19 \pm 0,01)/\text{cm}$ sehr gut mit einer Zusammensetzung aus Aluminium überein. Die Abweichung beträgt etwa 6 %. Würfel 3 wies nach Messung einen Absorptionskoeffizienten von $\mu_3 = (1,04 \pm 0,06)/\text{cm}$ auf. Dieser stimmt wiederum am besten mit einer Zusammensetzung aus Blei überein. Die Abweichung beträgt hierbei etwa 16,5 %.

Tabelle 1: Absorptionskoeffizienten einiger Metalle. Die Werte folgen aus den Dichten und Absorptionskoeffizienten der einzelnen Elemente [1].

| Material | σ , cm^2/g | ρ , g/cm^3 | μ , $1/\text{cm}$ |
|-----------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Blei | 0,110 | 11,34 | 1,245 |
| Messing | 0,073 | 8,41 | 0,614 |
| Eisen | 0,073 | 7,86 | 0,574 |
| Aluminium | 0,075 | 2,71 | 0,203 |
| Delrin | 0,082 | 1,42 | 0,116 |

Die Messwerte für Würfel 5 lassen auf die folgende Zusammensetzung aus Teilwürfeln schließen.

Diese Schätzung stellt allerdings lediglich eine Verknüpfung des bestimmten Absorptionskoeffizienten mit dem nächsten Wert eines oben aufgeführten Materials dar. Dabei sind die Abweichungen von den Literaturwerten allerdings durchweg recht hoch. Außerdem sind die statistischen Fehler der einzelnen Messungen bereits ziemlich groß und reichen wie etwa im Fall von Teilwürfel 4 an den Nominalwert. Hier zeigt sich wohl im Vergleich zu den Vermessungen der ersten beiden Würfel, dass der Unterschied in der Statistik, bzw. das Verwenden eines überbestimmten Gleichungssystems den Fehler deutlich vermindert.

Tabelle 2: Aus den verschiedenen Absorptionskoeffizienten bestimmte Zusammensetzung der Teilwürfel von Würfel 5.

| Teilwürfel | Absorptionskoeffizient μ , 1/cm | Abweichung, % | Material |
|------------|-------------------------------------|---------------|------------------------|
| 1 | 0,35 \pm 0,08 | 72,4 | Aluminium |
| 2 | 0,72 \pm 0,06 | 17,3 | Messing (soll: Pb) |
| 3 | 0,31 \pm 0,08 | 52,7 | Aluminium |
| 4 | 0,06 \pm 0,06 | 48,3 | Delrin/Luft (soll: Al) |
| 5 | 1,09 \pm 0,08 | 12,5 | Blei |
| 6 | 0,15 \pm 0,06 | 26,1 | Aluminium |
| 7 | 0,14 \pm 0,08 | 31,0 | Aluminium |
| 8 | 0,28 \pm 0,06 | 37,9 | Aluminium |
| 9 | 0,12 \pm 0,08 | 3,4 | Delrin (soll: Al) |

Die größten Fehlerquellen liegen allerdings vermutlich in der Datennahme selbst. Besonders die Projektionen, welche nur einen Teilwürfel durchlaufen sind anfällig für Messfehler. Hier beeinflusst schon eine kleine Abweichung von der richtigen Ausrichtung das Ergebnis sehr, weil ein erheblicher Teil des Strahls dann durch andere Teilwürfel verläuft. Generell aber ist die Genauigkeit der Justage des Würfels in diesem Versuch schwierig, da eine genaue Überprüfung der Ausrichtung wegen fehlender Orientierungshilfen nicht möglich ist. Dies sorgt für eine Ungenauigkeit in der Wegstrecke des Teilchenstrahls, besonders bei den Diagonalprojektionen. Hier tritt aber auch für ein Ausschmieren in nebenliegende Teilwürfel auf.

Des Weiteren ist auch die aus der radioaktiven Quelle stammende Strahlung kein perfekt fokussierter Strahl. Viel mehr treten schon hier "Verschmierungen" und Ungenauigkeiten auf, weswegen besonders bei den diagonalen Projektionen ebenfalls Abweichungen durch nebenliegende Teilwürfel auftreten. Anhand der Größe der Fehler auf die Ergebnisse ist es sehr schwierig, den Messungen für Würfel 5 Materialien zuzuordnen. Dies liegt vor allem auch daran, dass viele Materialien sehr ähnliche Absorptionskoeffizienten haben und somit eine eindeutige Zuordnung schwierig ist. Allerdings zeigen einige Teilwürfel, wie etwa μ_5 auch sehr klare Zuordnungen.

Literatur

- [1] URL: <http://physics.nist.gov/PhysRefData/Xcom/html/xcom1.html> (besucht am 30.01.2018).
- [2] TU Dortmund. *Versuch M14: Tomographie mittels γ -Strahlung*. URL: <http://129.217.224.2/HOMEPAGE/PHYSIKER/MASTER/SKRIPT/MTomographie.pdf> (besucht am 27.11.2017).