

## Versuch Lebensdauer von Myonen

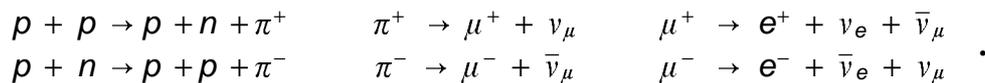


Der Versuch wird in zwei Aufbauten angeboten. Myonen ( $\mu$ -Leptonen) aus der Höhenstrahlung werden entweder in einem Kupferblock (Aufbau 1) oder in einem Szintillatorblock (Aufbau 2) gestoppt. Mit Hilfe von Szintillatorsignalen und elektronisch gemessenen verzögerten Koinzidenzen wird für die gestoppten Teilchen das Zerfallsgesetz und die mittlere Lebensdauer  $\tau_\mu$  bestimmt.

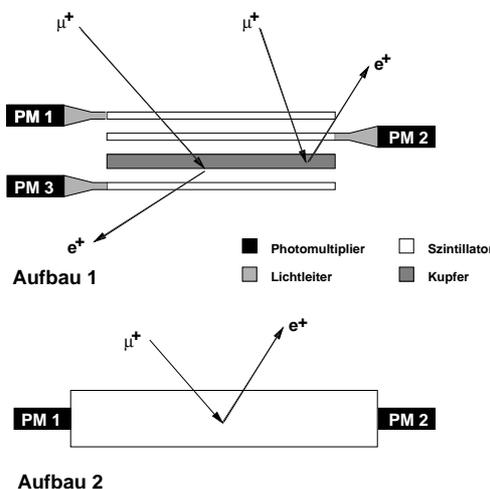
### Einleitung:

Bei Zusammenstößen hochenergetischer Protonen aus der primären kosmischen Strahlung mit Atomkernen der Erdatmosphäre entstehen geladene Pionen, die über die schwache Wechselwirkung mit einer mittleren Lebensdauer von 26 ns in ein Myon und ein Neutrino zerfallen.

Das Myon zerfällt mit einer mittleren Lebensdauer von  $\tau = 2,197 \mu\text{s}$  in zwei Neutrinos und ein Positron bzw. Elektron, zusammengefasst:



Die Myonen werden in etwa 10 km Höhe erzeugt und bewegen sich durch ihre hohe Energie mit nahezu Lichtgeschwindigkeit, so dass sie die Erdoberfläche erreichen. Die auf der Erdoberfläche ankommende Höhenstrahlung besteht zu 70% aus Myonen, wobei der Fluss der Myonen auf Meereshöhe ca.  $170 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  beträgt. Das Verhältnis  $N(\mu^+)/N(\mu^-)$  beträgt etwa 1,3. Ein in Materie gestopptes negatives Myon wird vom Coulombfeld des Atomkerns eingefangen und erreicht in weniger als 1 ps den Grundzustand des myonischen Atoms. Durch den darauf folgenden Kerneinfang ( $\mu^- + p \rightarrow \nu_\mu + n$ ) verkürzt sich die effektive Lebensdauer der  $\mu^-$  in Abhängigkeit von der Kernladungszahl des Atoms, bei Kupfer etwa um einen Faktor 7,6. Das  $\mu^+$  in Materie zerfällt wie ein freies  $\mu^+$ , also mit seiner mittleren Lebensdauer  $\tau_\mu$ . Das Lebensdauerspektrum wird im Versuch bestimmt, indem man Myonen aus der Höhenstrahlung in Materie stoppt und die Zeit zwischen dem Eintritt des Myons in den Stopper und dem Nachweis des Zerfalls-Positrons/Elektrons misst.



### Versuchsaufbauten:

Der Versuchsaufbau 1 besteht aus einer 2 cm dicken Kupferplatte und drei Szintillatoren ( $60 * 36 \text{ cm}^2$ ). Jeder Szintillator wird mit je einem Photomultiplier ausgelesen. Ein im Kupfertarget gestopptes Myon ist durch ein Signal  $1\bar{2}\bar{3}$  (Detektor 1 und 2 sprechen an, Detektor 3 nicht) gekennzeichnet und dient als Startsignal. Stoppsignal der Zeitmessung ist  $\bar{2}\bar{3}$  für das nach oben und  $\bar{2}\bar{3}$  für das nach unten emittierte Positron, wobei mit der Messanordnung etwa 1,5 Zerfälle/min nachweisbar sind.

Versuchsaufbau 2 besteht aus nur einem Szintillatorblock von 2 m Länge und etwa quadratischem Querschnitt von  $10 * 10 \text{ cm}^2$ . An beiden Enden

befindet sich je ein Photomultiplier. Die Koinzidenz 12 gibt sowohl das Startsignal (Myon trifft ein) als auch das Stoppsignal (Zerfalls-Positron/Elektron) für den Myonenzerfall.

Auswertung:

Die Aufbereitung und Verarbeitung der Detektorsignale und die Zeitmessung erfolgen in einem aus speziellen Modulen aufgebauten Messsystem, welches durch einen PC gesteuert wird. Hier sind die Eigenschaften der Module (Hochspannungseinheit, Diskriminatoren, Koinzidenzeinheit, TDC) für die Messaufgabe optimal einzustellen. Zur Auswertung stehen dann nach Messungsende Zeitspektren mit je 256 Kanälen der Breite 41,7 ns zur Verfügung. Aus diesen Zeitspektren wird mit Hilfe statistischer Methoden, insbesondere der Maximum-Likelihood-Methode, die mittlere Lebensdauer der Myonen bestimmt. Daraus ergibt sich eine der Naturkonstanten der Teilchenphysik, die Fermi-Kopplungskonstante  $G_F$  der schwachen Wechselwirkung.