
Kaonenexperimente im Wandel der Zeit

Fabian Koch

02.05.19

Fakultät Physik

Übersicht

Was sind Kaonen

Historische Kaonenexperimente

Inhalt

Was sind Kaonen

Historische Kaonenexperimente

Was sind Kaonen?

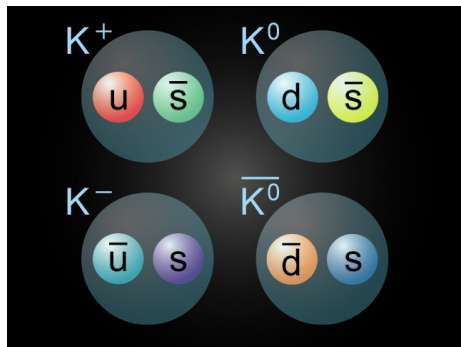


Figure: Übersicht über die Kaonen

Kaonen:

- sind die leichtesten Teilchen mit Strangeness $S = \pm 1$
- besitzen einen ganzzahligen Spin
- sind Bosonen
- verfügen über eine relativ lange Lebensdauer

	m / MeV			$\tau / 10^{-10} \text{s}$	
K^\pm	493,677	$\pm 0,016$		123,80	$\pm 0,21$
K_S^0	497,614	$\pm 0,024$		0,8954	$\pm 0,0004$
K_L^0	497,614	$\pm 0,024$		511,6	$\pm 2,1$
π^\pm	139,570 18	$\pm 0,000 35$		260,33	$\pm 0,05$

Inhalt

Was sind Kaonen

Historische Kaonenexperimente

Weltkarte

Entdeckung der Kaonen

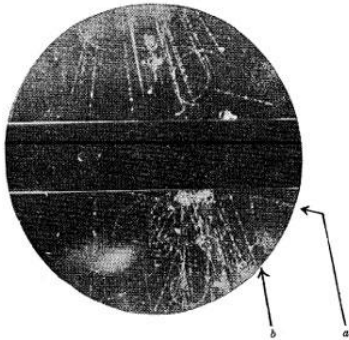
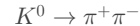
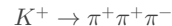


Figure: Nebelkammeraufnahme der kosmischen Höhenstrahlung von Rochester und Butler 1947

- Entdeckung des ersten (neutralen) Kaons 1947 durch George Rochester et. al
- Höhenstrahlung wurde in Nebelkammer untersucht
- Zerfall eines neutralen Teilchens in ein positives und negatives Pion



- Entdeckung des positiv geladenen Kaons 1949 durch Powell in Kernreaktionen
- Zerfall eines positiven Kaons in zwei positive und ein negatives Pion



Seltsam lange Lebensdauer

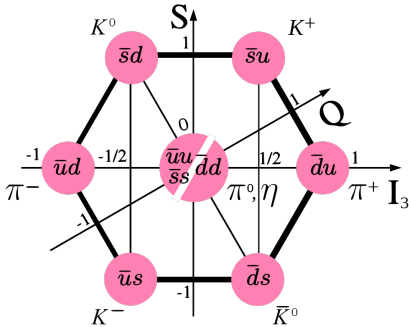


Figure: Der achtfache Weg von Gell-Mann und Ne'eman

- Konnten sehr leicht erzeugt werden (durch starke WW)
- Zerfielen aber sehr langsam $10^{-10}s$ (durch schwache WW)
- Durch Gell-Mann 1953 Einführung einer neuen Teilcheneigenschaft/ Quantenzahl, der 'Strangeness' (der achtfache Weg)
- Kaonen sind leichteste Teilchen mit $S = \pm 1$ und könnten somit nicht zerfallen, wenn S durch alle Kräfte erhalten wäre
- Einziger Zerfall somit über die flavourändernde schwache WW möglich
- S veranlasste Cabibo 1963 zur Postulierung des Cabibo-Winkels

Paritätsverletzung und der Cosmotron

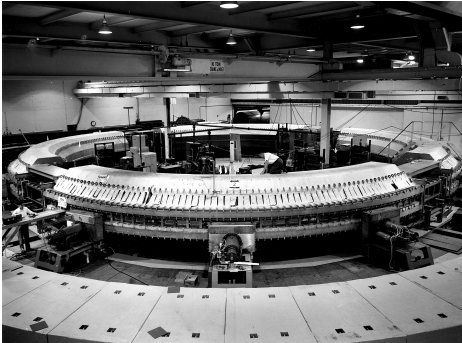


Figure: Das Cosmotron am Brookhaven National Laboratory (1952-1966)

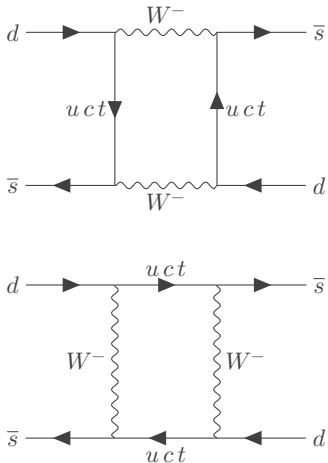
- Bau des damals leistungsstärksten Proton-Synchrotron mit Strahlenergien von 3,3 GeV im Jahr 1952
- Erstmals Produktion von schweren Teilchen der kosmischen Höhenstrahlung möglich
- Entdeckung des K_L 1956 durch Lande in Nebelkammer
- Beobachtung der Paritätsverletzung 1956 durch T.D. Lee und C.N.Yang

$$\tau^+ \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^-$$

$$\theta^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$$

- τ^+ und θ^+ tatsächlich ein Teilchen K^+ , die Zerfälle verletzen also die Paritätserhaltung

Long und short? Die Mischung neutraler Kaonen



- Die Flavour-Eigenzustände $|K^0\rangle, |\bar{K}^0\rangle$ unterscheiden sich von den CP-Eigenzuständen:

$$\left. \begin{aligned} CP|K^0\rangle &= |\bar{K}^0\rangle \\ CP|\bar{K}^0\rangle &= |K^0\rangle \end{aligned} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{aligned} |K_1\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}} (|K^0\rangle + |\bar{K}^0\rangle) \\ |K_2\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}} (|K^0\rangle - |\bar{K}^0\rangle) \end{aligned} \right.$$

- Dabei ist $|K_1\rangle \approx |K_s\rangle$ und $|K_2\rangle \approx |K_l\rangle$, mit $\tau(|K_l\rangle) \approx 600 \times \tau(|K_s\rangle)$
- Für gleich wichtig: $|K_s\rangle$ hat $CP = +1$ und $|K_l\rangle$ hat $CP = -1$
- Unterschied vor allem in Zerfallsmoden:

$$|K_s\rangle \rightarrow \pi^+ \pi^-$$

$$|K_l\rangle \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$$

CP - Verletzung

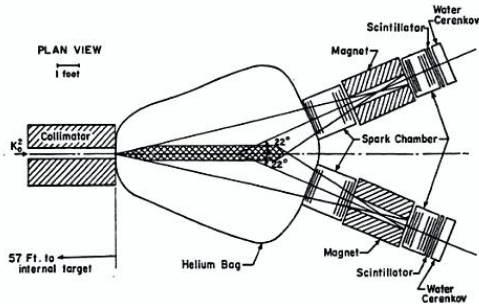
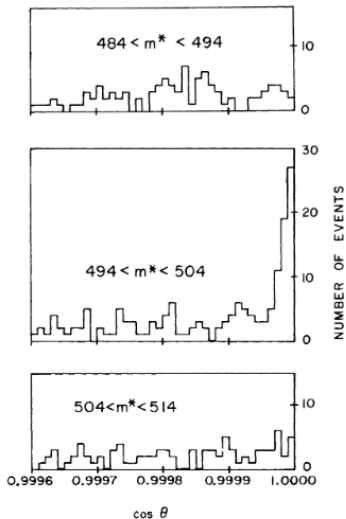


Fig. 9a. Set-up used to detect $K_S \rightarrow \pi^+ \pi^-$.

Figure: Das Cronin-Fitch-Experiment am Brookhaven National Laboratory (1964)

- Christenson, Cronin, Fitch und Turlay planen 1964 Experiment am Brookhaven National Laboratory
- 17 m lange Beamline in der alle $|K_s\rangle$ zerfallen sollen und nur noch $|K_l\rangle$ übrig bleiben
- Hauptsächlich wird der Winkel θ zwischen dem K_l^0 -Strahl und den Teilchenimpulsen gemessen.
- Treffen zwei Teilchen 'gleichzeitig' den Detektor so kann die Summe der Winkel bestimmt werden
- Diese ist für einen Dreikörperzerfall mit großer Wahrscheinlichkeit $\neq 0$ für Zweikörperzerfälle hingegen mit großer Wahrscheinlichkeit $= 0$

Ergebnis



Regeneration

Direkte CP- Verletzung