



Doctoral Thesis

A study of the decays of neutral kaons into $2\pi^0$ and $3\pi^0$ using the CPLEAR detector at CERN

Author(s):

Wolter, Marcin

Publication Date:

1996

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001696295> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH ex. B

DISS. ETH No. 11797

A Study of the Decays of Neutral Kaons into $2\pi^0$ and $3\pi^0$ using the CPLEAR Detector at CERN

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZÜRICH
for the degree of
DOCTOR OF NATURAL SCIENCES

presented by
MARCIN WOLTER
M.Sc.
born August 11, 1966
citizen of Poland



accepted on the recommendation of

Prof. Dr. H.-J. Gerber examiner
Prof. Dr. L. Tauscher co-examiner

1996

ETHICS ETH-BIB



00100002676734

Abstract

The CPLEAR experiment at CERN is designed to study CP violation in the neutral kaon system. The neutral kaons are produced in the $p\bar{p}$ annihilations at rest in the reactions:

$$\begin{aligned} p\bar{p} &\rightarrow K^-\pi^+K^0 \\ &\rightarrow K^+\pi^-\bar{K}^0 \end{aligned}$$

The strangeness of the produced neutral kaon is known from the charge of the accompanying kaon. The CP violation parameters are extracted from the asymmetries between the decay rates of initially pure K^0 and \bar{K}^0 into various final states.

In this work a study of CP violation in the neutral kaon decays into two and three neutral pions is presented. The neutral kaon decay vertex in the analysis of $K^0(\bar{K}^0) \rightarrow \pi^0\pi^0$ decays is reconstructed from the electron and positron originating from Dalitz decays of neutral pions ($\pi^0 \rightarrow e^+e^-\gamma$) or from a conversion, in the material of the detector, of photons from the π^0 decays. Using this method of lifetime reconstruction, the asymmetry is observed as a function of the neutral kaon lifetime. From this asymmetry the phase of the CP violation parameter η_{00} , is measured to be:

$$\varphi_{00} = 62^\circ \pm 11^\circ(\text{stat}) \pm 2^\circ(\text{syst})$$

The search for CP violation in the $K^0(\bar{K}^0) \rightarrow \pi^0\pi^0\pi^0$ decays was stimulated by the moderate accuracy of the present existing upper limit of the CP violation parameter η_{000} . The neutral kaon lifetime is reconstructed using six photons from the decay chain $K^0(\bar{K}^0) \rightarrow \pi^0\pi^0\pi^0 \rightarrow 6\gamma$. Using a preliminary data sample of 1/4 of available events $\mathcal{I}m(\eta_{000})$ has been measured to be:

$$\mathcal{I}m(\eta_{000}) = 0.12 \pm 0.20 (\text{stat})$$

After processing all the available data, CPLEAR should reach a precision of $\Delta\mathcal{I}m(\eta_{000}) \approx 0.1$ and thus obtain an improved upper limit of $\mathcal{I}m(\eta_{000})$. This result will give a better limit on the direct CP violation in the $K^0(\bar{K}^0) \rightarrow \pi^0\pi^0\pi^0$ decays. It will also reduce the uncertainty of the present and future CPT tests comparing φ_{+-} with the superweak phase φ_{SW} .

Zusammenfassung

Das CPLEAR Experiment am CERN ist dem Studium der CP-Verletzung im System der neutralen Kaonen gewidmet. Die neutralen Kaonen werden dabei von in Ruhe stattfindenden $p\bar{p}$ Annihilationen erzeugt:

$$\begin{aligned} p\bar{p} &\rightarrow K^- \pi^+ K^0 \\ &\rightarrow K^+ \pi^- \bar{K}^0 \end{aligned}$$

Die Seltsamkeit eines erzeugten neutralen Kaons ist aus der Ladung des zweiten in der Annihilation entstandenen Kaons ersichtlich. Die Parameter der CP-Verletzung werden abgeleitet aus Asymmetrien zwischen den Raten der Zerfälle anfänglich reiner K^0 und \bar{K}^0 Zustände in verschiedene Endzustände.

In der vorliegenden Arbeit wird die CP-Verletzung in Zerfällen neutraler Kaonen in zwei und drei Pionen untersucht. Die Rekonstruktion des Zerfallsvertex $K^0(\bar{K}^0) \rightarrow \pi^0\pi^0$ erfolgt über Elektron-Positron-Paare, die entweder von Dalitz-Zerfällen neutraler Pionen ($\pi^0 \rightarrow e^+e^-\gamma$) oder von Konversionen der aus den Zerfällen der π^0 stammenden Photonen im Material des Detectors herrühren. Durch Anwendung dieser Methode zur Bestimmung der Zerfallszeiten kann eine Asymmetrie als Funktion der Eigenzeit der neutralen Kaonen beobachtet werden. Der aus dieser Asymmetrie gewonnene Meßwert für die Phase des CP-Verletzungsparameters η_{00} beträgt:

$$\varphi_{00} = 62^\circ \pm 11^\circ(\text{stat}) \pm 2^\circ(\text{syst})$$

Das Ziel der Suche nach CP-Verletzung in Zerfällen $K^0(\bar{K}^0) \rightarrow \pi^0\pi^0\pi^0$ ist eine Verbesserung der gegenwärtig bescheidenen Genauigkeit der Obergrenze für den CP-Verletzungsparameter η_{000} . Die Zerfallszeit der neutralen Kaonen wird anhand der sechs Photonen in der Zerfallskette $K^0(\bar{K}^0) \rightarrow \pi^0\pi^0\pi^0 \rightarrow 6\gamma$ rekonstruiert. Die Analyse eines vorläufigen Datensatzes, der rund ein Viertel aller aufgezeichneten Ereignisse umfaßt, ergibt folgendes Resultat für $\mathcal{I}m(\eta_{000})$:

$$\mathcal{I}m(\eta_{000}) = 0.12 \pm 0.20 (\text{stat})$$

Nach Verarbeitung aller verfügbaren Daten sollte CPLEAR eine Genauigkeit von $\Delta\mathcal{I}m(\eta_{000}) \approx 0.1$ erreichen und somit eine neue verbesserte Obergrenze für $\mathcal{I}m(\eta_{000})$ erhalten. Dieses Resultat wird eine verbesserte Obergrenze für direkte CP-Verletzung im $K^0(\bar{K}^0) \rightarrow \pi^0\pi^0\pi^0$ Zerfall ergeben. Ausserdem wird es die Unsicherheit in gegenwärtigen und zukünftigen CPT Tests, welche φ_{+-} mit der superschwachen Phase φ_{SW} vergleichen, reduzieren.