

Diss. ETH Nr. 9507

*eingesehen*

*17.12.91*

**17. Dez. 1991**

*J. Lang*

**An Experiment to Investigate  
Time Reversal Invariance  
in the Decay of  $^8\text{Li}$**

**ABHANDLUNG  
zur Erlangung des Titels  
DOKTOR DER NATURWISSENSCHAFTEN  
der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE  
ZÜRICH**

vorgelegt von  
Heinz Lüscher  
dipl. Physiker, Freiburg i. Ue.  
geboren am 15. Januar 1956  
von Uster (ZH)

angenommen auf Antrag von  
Prof. Dr. J. Lang, Referent  
Prof. Dr. H. J. Gerber, Korreferent  
PD Dr. R. Müller, Korreferent

Zürich, 1991

## Abstract

The discovery of CP violation in the Kaon decay has motivated experimentators to look for Time Reversal Violation in other systems. Polarized beta unstable nuclei provide a testing ground for such investigations. The R and the D parameter appearing in the distribution function for the beta decay are odd under time reversal and, depending on the nucleus, functions of the coupling constants.

The present work presents the actually most precise measurement of the R parameter.

In our case of  ${}^8\text{Li}$  the R parameter is sensitive to imaginary parts of the tensor coupling constants which might be present in non-standard models of the weak interaction.

With data accumulated during 30 hours we obtained a value of  $R = -0.016 \pm 0.045$ .

There has been one prior measurement of the R parameter for the decay of  ${}^{19}\text{Ne}$  of slightly less precision than ours performed at Princeton University. In this case the measurement is sensitive to the scalar coupling constants.

The determination of the R parameter requires the measurement of electron polarization. The most suitable process to analyze the polarization of electrons of a few MeV energy is large angle Mott scattering from a foil of high Z nuclei. For this measurement a part of a rotationally symmetric Mott polarimeter was constructed. This polarimeter has large solid angles both for the electrons emitted by the source and those scattered from the analyzer foil towards the ring detector. High symmetry of the apparatus reduces possible systematic errors. According to our calculations, the effective analyzing power of such a polarimeter for electrons with energies above 3 MeV from the  ${}^8\text{Li}$  decay amounts to 10%.

Our investigations show that the  ${}^8\text{Li}$  nuclei can be polarized to approximately 10% by using the reaction  ${}^7\text{Li}(\vec{d}, p){}^8\vec{\text{Li}}$  at 10 MeV energy of the deuteron beam polarized to about 60%. A source strength of  $5 \cdot 10^8 \text{s}^{-1}$  at a beam current of 400 nA was achieved. By placing the  ${}^7\text{Li}$  target in a weak magnetic field and by cooling to liquid nitrogen temperature a relaxation time of the polarization as high as three half lifes of  ${}^8\text{Li}$  ( $t_{1/2} = 0.84 \text{ s}$ ) was achieved.

## Zusammenfassung

Die Entdeckung einer CP-Verletzung im Kaonzerfall stimuliert die Experimentatoren, nach einer Zeitumkehr in anderen Systemen zu suchen. Polarisierte Beta-Emitter sind ein gutes Hilfsmittel für solche Untersuchungen. Der R und der D Parameter, die in der Verteilungsfunktion des Beta Zerfalls stehen, wechseln das Vorzeichen bei einer Zeitumkehroperation und sind, je nach Kern, abhängig von Kopplungskonstanten.

Die vorliegende Arbeit stellt die zur Zeit genaueste Messung des R Parameters vor.

In unserem Fall von  ${}^8\text{Li}$  ist der R-Parameter auf die Imaginärteile der tensoriellen Kopplungskonstanten empfindlich, die in einem Nicht-Standard-Modell der schwachen Wechselwirkung vorhanden sein könnten.

Die während 30 Stunden gesammelten Daten ergeben einen Wert von  $R = -0.016 \pm 0.045$ .

Es existiert bereits eine Messung des R Parameters am Zerfall von  ${}^{19}\text{Ne}$  mit etwas geringerer Messgenauigkeit als unserer, ausgeführt an der Universität Princeton. In diesem Fall ist die Messung auf die skalare Kopplungskonstante empfindlich.

Die Bestimmung des R Parameters verlangt die Messung der Elektronenpolarisation. Die geeignete Methode zur Messung der Polarisation von Elektronen mit einer Energie von einigen MeV ist die Mott Streuung an einer Folie mit hoher Kernladung. Für die vorliegende Messung wurde ein Teil eines rotationssymmetrischen Mott Polarimeters gebaut. Dieses Polarimeter hat einen grossen Raumwinkel sowohl für die von der Quelle emittierten wie auch für die von der Analysierfolie zum Ringdetektor zurückgestreuten Elektronen. Die hohe Symmetrie der Apparatur reduziert mögliche systematische Fehler. Unsere Berechnungen ergeben für Elektronen mit einer Energie grösser als 3 MeV eine effektive Analysierstärke eines solchen Polarimeters von 10%.

Unsere Untersuchungen ergaben, dass der  ${}^8\text{Li}$  Kern mit der Reaktion  ${}^7\text{Li}(\vec{d}, p){}^8\vec{\text{Li}}$  und einer Strahlenergie von 10 MeV der Deuteronen zu etwa 10% polarisiert werden kann. Eine Quellenstärke von  $5 \cdot 10^8 \text{ s}^{-1}$  bei einem Strahlstrom von  $400 \text{ nA}$  wurde erreicht. Das  ${}^7\text{Li}$  Target wurde einem schwachen Magnetfeld ausgesetzt und auf die Temperatur des flüssigen Stickstoffes gekühlt, wodurch eine Relaxationszeit der Polarisation von drei Halbwertszeiten des  ${}^8\text{Li}$  ( $t_{1/2} = 0.84 \text{ s}$ ) erreicht werden konnte.