



Doctoral Thesis

Polarisierte β -Emitter - Produktion und Verwendung in der Erforschung der schwachen Wechselwirkung

Author(s):

Liechti, Jürg Rolf

Publication Date:

1989

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000510269> →

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 Nr. 8786

**POLARISIERTE β -EMITTER -
PRODUKTION UND VERWENDUNG IN DER
ERFORSCHUNG DER SCHWACHEN WECHSELWIRKUNG**

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

**vorgelegt von
Jürg Rolf Liechti
Dipl. Phys. ETH
geboren am 26. März 1959
von Seengen (AG)**

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

Zürich 1989

ABSTRACT

A strong source of polarized β -emitters is a very helpful or even necessary tool for many physical applications, such as a determination of the β -decay coupling constants, tests of the basic principles of the standard model (CVC, V-A law), searches for second class currents and time reversal violation, and NMR-investigations in solids.

A production apparatus of polarized β -emitters has been constructed and tested. The polarized β -unstable nuclei are produced by use of the polarization transfer in a nuclear reaction with a beam of polarized ions. Since the quality of a polarized β -source is roughly proportional to the square of the nuclear polarization (besides to intensity) the nuclear polarization and its relaxation time have been measured.

The apparatus consists mainly of a scattering chamber, Helmholtz coils to provide a spinparallel magnetic holding field, two plastic scintillator ΔE -E-telescopes positioned along the spin axis to detect the induced β -asymmetry, polarimeters for the vector and tensor polarization of the beam particles, a target cooling system and several target stations for solid and gaseous targets. Cooling is based on liquid nitrogen (~ 90 K). The maximum holding field strength at the target location is 5.3 kGauss. The target activation is measured at the production position. This requires a measurement cycle consisting of an activation period (beam on target), followed by a counting period and a wait time until most of the produced β -emitters have decayed. The beam is turned on and off by a magnetic beam chopper at the ion source and the polarization direction is reversed every cycle to cancel systematic asymmetries.

In 16 reactions with polarized proton ($p \cong 0.90$) and deuteron ($P \cong 0.60$) beams the β -emitters ^8Li , ^{12}B , $^{12\gamma}\text{N}$, ^{19}Ne , ^{20}F , ^{21}Na , ^{23}Mg , $^{24\gamma}\text{Na}$, ^{27}Si , ^{29}P , ^{31}S , ^{33}Cl , ^{35}Ar , ^{39}Ca and ^{41}Sc have been investigated. Polarization transfer has been found in 9 of them. The measured nuclear polarization ranges between 3% in ^{31}S and 25% in ^8Li . Polarization can easily be lost by relaxation mechanisms

which must be fought by an appropriate choice of the target material, a strong magnetic holding field and cooling or heating of the target.

The results show that in some cases the method allows the production of polarized β -sources which can be used in future experiments on the beta decay structure.

As a conclusion a measurement of the time reversal violating parameter R in the decay of ^8Li and a measurement of the β -asymmetry-parameter A in the decay of ^{29}P are proposed. A preliminary first run of the latter experiment yields A in agreement with CVC.

ZUSAMMENFASSUNG

Eine starke Quelle polarisierter β -Emitter ist in vielen physikalischen Anwendungen von grossem Nutzen oder gar von Notwendigkeit. Beispiele dafür sind Bestimmung der Kopplungskonstanten der schwachen Wechselwirkung im β -Zerfall, Tests grundlegender Annahmen des Standardmodells (CVC, V-A-Gesetz), Suche nach 'second class currents' und Verletzungen der Zeitumkehrinvarianz sowie NMR-Untersuchungen in Festkörpern.

Es wurde eine Anlage zur Herstellung polarisierter β -Emitter konstruiert und gebaut, und die damit erreichte Kernpolarisation wurde an verschiedenen Kernen nachgewiesen.

Die Methode nützt den Polarisationstransfer der Produktionsreaktion mit polarisierten Teilchenstrahlen aus, um die entstehenden β -instabilen Kerne polarisiert zu erzeugen. Da die Güte einer polarisierten β -Quelle nebst der Intensität grob dem Quadrat der Kernpolarisation proportional ist, wurden die erreichten Kernpolarisationen und ihr zeitliches Verhalten, die Relaxationszeiten, bestimmt.

Die Apparatur besteht im Wesentlichen aus einer Streukammer, einem Helmholtz-Magneten für ein spinparalleles magnetisches Haltefeld, zwei Plastikszintillator- $\Delta E/E$ -Teleskopen entlang der Spinachse zur Messung der induzierten β -Asymmetrie, Polarimetern für Vektor- und Tensorpolarisation der Strahlteilchen, einem Target-Kühlsystem sowie verschiedenen Targetstationen für feste und gasförmige Targets. Gekühlt wird mit flüssigem Stickstoff (≈ 90 K). Das maximale Haltefeld am Targetort beträgt 5.3 kGauss.

Die Targetaktivität wird direkt am Produktionsort gemessen. Dies bedingt eine zeitlich zyklische Messstruktur und ein schnelles Ein- und Ausschalten des Strahls, was mit einem magnetischen Strahlunterbrecher an der Ionenquelle bewerkstelligt wird. Ein Messzyklus besteht aus einer Aktivierungszeit, einer Messzeit und einer Wartezeit, während der man die restliche Aktivität des Zyklus zerfallen lässt. Die Spinrichtung wird nach jedem Zyklus umgekehrt, um systematische Asymmetrien zu beseitigen.

Die Polarisierung der Teilchenstrahlen betrug $p_y \approx 0.90$ für Protonen und $P_y \approx 0.60$. $P_y \approx 0$ für Deuteronen. In 16 Reaktionen wurden die β -Emitter ^8Li , ^{12}B , ^{12}N , ^{19}Ne , ^{20}F , ^{21}Na , ^{23}Mg , $^{24\text{m}}\text{Na}$, ^{27}Si , ^{29}P , ^{31}S , ^{33}Cl , ^{35}Ar , ^{39}Ca und ^{41}Sc untersucht. Ein Polarisations-transfer wurde in 9 Fällen gefunden. Die gemessenen maximalen Kernpolarisationen liegen zwischen 3% bei ^{31}S und 25% bei ^8Li . Die Polarisierung geht normalerweise sehr schnell durch Relaxationsprozesse verloren. Diese müssen durch Wahl der richtigen Targetmaterialien, Anlegen starker Magnetfelder und Kühlung bzw. Heizung in Grenzen gehalten werden.

Die Resultate zeigen, dass in einigen Fällen Quellengüten erreicht werden, die eine Weiterverwendung des β -Emitters in Folgeexperimenten möglich machen. Als Schlussfolgerung werden zwei Folgeexperimente vorgeschlagen: Eine Messung des zeitumkehrverletzenden R-Parameters im Zerfall von ^8Li und eine Messung des β -Asymmetrieparameters A im Zerfall von ^{29}P . Ein erster kurzer Versuch zum zweiten Experiment liefert A in Übereinstimmung mit der CVC-Hypothese.