

University of Groningen

Mirror symmetry and positron handedness in beta decay.

Wichers, Victor Alexander

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

1988

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Wichers, V. A. (1988). *Mirror symmetry and positron handedness in beta decay*. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

SAMENVATTING

In dit proefschrift wordt een experimenteel onderzoek naar spiegelsymmetrie in de zwakke wisselwerking beschreven. Symmetrieën en gebroken symmetrieën spelen sinds 1957 een belangrijke rol in het fundamenteel onderzoek. In dat jaar werd ingezien dat het nucleaire β verval een breking van spiegelsymmetrie vertoont. Spoedig volgende theoretische interpretaties namen aan dat deze breking maximaal is. Later, in de zeventiger jaren werd duidelijk dat het belangrijk is om te zoeken naar mogelijke afwijkingen van deze maximaliteit, hoe gering ook. Het doel van het hier beschreven experiment was te zoeken naar een afwijking tot orde 10^{-3} van de volledige polarisatie van positronen in nucleair β verval.

Electronen, quarks en andere bouwstenen van de materie kunnen links- of rechtshandig gepolariseerd zijn, corresponderend met respectievelijk een anti-parallelle of parallelle richting van hun spin aan de bewegings richting. Terwijl de sterke, electromagnetische en gravitatie krachten geen onderscheid maken tussen de twee mogelijke polarisaties van deeltjes lijkt de zwakke kracht alleen op de "linkerhanden" aan te grijpen. Deze maximale schending van spiegelsymmetrie of pariteit is waargenomen in alle tot dusver gedane experimenten aan geladen zwakke processen.

Een mijlpaal in het begrip van de zwakke kracht vormt de totstandkoming omstreeks 1970 van het Glashow-Salam-Weinberg (GSW) model, dat een geïntegreerde beschrijving geeft van de electromagnetische en zwakke interacties. Volgens deze electrozwakke unificatie theorie bestaan er naast het massaloze foton, als drager van de electromagnetische kracht, 3 zware spin-1 deeltjes of vector bosonen, als dragers van de zwakke kracht. Deze W^{\pm} en Z bosonen, met massas $\approx 80-90 \text{ GeV}/c^2$, werden in 1983 experimenteel ontdekt te CERN. Het GSW model is algemeen geaccepteerd als de correcte theorie voor lage energieën, dat wil zeggen voor energieën beneden de massas van de W en Z bosonen. Alle tot nu toe waargenomen electrozwakke

voorspellingen. De maximale pariteitsviolatie in geladen zwakke processen, zoals nucleair β verval, is echter in het model ingebouwd door de W^\pm bosonen alleen aan linkshandige deeltjes te laten koppelen. Uitbreidingen van het GSW model met links-rechts symmetrie pogen pariteits violatie te verklaren. In deze modellen bestaan zowel linkshandig koppelende W_L als rechtshandige W_R bosonen en pariteit is een symmetrie van de theorie. De W_R bosonen verkrijgen echter een grotere massa dan de W_L bosonen, waardoor hun bijdrage in de zwakke processen bij lage energieën onderdrukt is. Bij deze energieën is pariteitsviolatie in de zwakke interactie dan effectief maximaal. De links-rechts symmetrische modellen zijn complexer dan het GSW model, daar zij meer deeltjes en vrije parameters bezitten, zoals de massa van het W_R boson.

De directe consequentie van een zuiver linkshandige koppeling van W bosonen is dat de electronen (positronen) uitgezonden in nucleair β verval volledig links- (rechts-) handig gepolariseerd zijn: $P(e^\pm) = \pm 1$. Mogelijke rechtshandige W_R bosonen zouden een afwijking van maximale polarisatie veroorzaken. Doordat β bronnen van grote intensiteit gemaakt kunnen worden en goede polarisatie meettechnieken bekend zijn, lenen β polarisatie metingen zich zeer goed voor onderzoek naar rechtshandige stromen. Het probleem hierbij is dat de effecten van de W_R bosonen in β verval evenredig zijn met $(M_L/M_R)^4$. Experimenteel gezien gunstig is dat in links-rechts symmetrische modellen P_F en P_{GT} , de polarisaties in Fermi en Gamow-Teller overgangen, in het algemeen niet gelijk zijn. Daarom is gekozen voor meting van de grootheid $R \equiv P_F/P_{GT}$, d.w.z. voor relatieve positron polarisatie metingen. Calibratie van de polarimeter is daarin overbodig en systematische fouten vallen in eerste orde weg.

De beoogde nauwkeurigheid van $O(10^{-3})$ in R vereiste een positron polarimeter met ruim een orde van grootte verbetering in gevoeligheid en instrumentele effecten ten opzichte van bestaande ontwerpen. De beschreven viervoudige Bhabha polarimeter is gebaseerd op verstrooiing van positronen aan electronen in gemagnetiseerde FeCo(V) folies. Het statistisch vermogen is 1.2% in R per dag. Een sleutelrol in het ontwerp is viervoudige rotatie symmetrie van elke afzonderlijke polarimeter en spiegel symmetrieën van de viervoudige opstelling.

Instrumentele effecten in R zijn daardoor onderdrukt tot $O(10^{-4})$.

De metingen werden verricht met het nagenoeg gelijke isotopenpaar ^{26m}Al (F) en ^{30}P (GT), welke on-line geproduceerd werden. Het resultaat van 19 dagen metingen is $R = 1.003 \pm 0.004$. Dit resultaat levert als nieuwe waarde voor P_F op: $P_F = 1.00 \pm 0.01$, waarbij de bekende waarde $P_{GT} = 1.001 \pm 0.008$ als calibrator is gebruikt. De verificatie van de V-A theorie in nucleair β verval is hiermee met een orde van grootte verbeterd.

Het resultaat voor R kan rechtstreeks vertaald worden in limieten op het produkt van ζ en δ , de menghoek en de verhouding van het kwadraat van de massas van de W_L en W_R bosonen: $-0.49 < \delta \cdot \zeta \times 10^3 < 1.2$ (90% C.L.). Gecombineerd met de absolute P_{GT} meting levert dit als ondergrens voor de massa van W_R bosonen op: $280 \text{ GeV}/c^2$ (90% C.L.). In combinatie met resultaten uit muon verval impliceert het resultaat voor R dat W_R bosonen een massa zwaarder dan $460 \text{ GeV}/c^2$ hebben. Toekomstig onderzoek bij de na 1990 gereed te komen HERA-versneller zijn gevoelig voor rechtshandige W_R bosonen met massas tot $500 \text{ GeV}/c^2$. Dit is vergelijkbaar met het bereik van de hier beschreven experimenten in β en muon verval.