

University of Groningen

Physics with electrons and positrons.

Meiring, Wouter Jan

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:

1990

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

Citation for published version (APA):

Meiring, W. J. (1990). *Physics with electrons and positrons*. 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 de natuur bestaat er voor elk deeltje een tegenhanger of antideeltje. Zo'n antideeltje heeft dezelfde massa als het oorspronkelijke deeltje, maar tegengestelde elektrische en andersoortige ladingen. Een ontmoeting tussen een deeltje en z'n antideeltje heeft een wederzijdse vernietiging tot gevolg, waarbij energie vrijkomt in de vorm van fotonen (annihilatie quanta). Het eerst ontdekte - en sindsdien meest bekende - voorbeeld van antimaterie is het positron, het antideeltje van het electron. In dit proefschrift wordt verslag gedaan van onderzoek aan electronen en deze "anti-electronen".

Het gedrag van positronen in een wereld met antimaterie zal gelijk zijn aan dat van electronen in materie. In onze wereld van materie zullen electronen en positronen zich echter niet hetzelfde gedragen. De botsingen van electronen en positronen met de atomaire electronen, die hen doen afremmen, zijn verschillend. Hierdoor is het afremmend vermogen van materie voor electronen en positronen ongelijk. Ook hun verstrooiing aan de atoomkernen, die hen van richting doen veranderen, zal verschillend zijn.

Hoofdstuk 2 is gewijd aan een bestudering van deze verschillen, zowel theoretisch als experimenteel. Een hoekverdeling van electronen en positronen ten gevolge van hun meervoudige verstrooiing wordt afgeleid, die laat zien dat positronen minder beïnvloed worden door de atoomkernen dan electronen. Het gecombineerde effect van de verschillen in afremmend vermogen, in meervoudige verstrooiing en in positron annihilatie wordt beschreven met behulp van een computersimulatie van het afremmingsproces van de deeltjes in materie. Een experimentele bevestiging van deze verschillen wordt gerapporteerd in plastic scintillatoren en in silicium-detectoren waarvan de dikte kleiner is dan de dracht van de deeltjes.

In hoofdstuk 3 wordt een nauwkeurig botsingsexperiment van positronen met electronen beschreven. Electron-positron (of Bhabha) verstrooiing is een in principe goed begrepen proces sinds de theoretische behandeling ervan door H.J. Bhabha in de dertiger jaren. Het is echter de laatste jaren opnieuw in de belangstelling gekomen vanwege verrassende waarnemingen in botsings-

experimenten met zware ionen, uitgevoerd in Darmstadt. In deze experimenten blijken electron-positron paren met scherp bepaalde energieën te worden geproduceerd. Deze waarnemingen tarten tot op heden elke verklaring en lijken nog het meest te wijzen op het verval van een tot nu toe onbekend neutraal object in een electron-positron paar. Deze hypothese kan het best getoetst worden door naar het tijdsomgekeerde proces van dit verval te zoeken, namelijk het produceren van deze neutrale deeltjes in electron-positron botsingen. Omdat het deeltje vervolgens weer vervalt in een electron-positron paar, zal het zich voordoen als een resonantieverschijnsel in Bhabha verstrooiing.

In het hoofdstuk wordt een nieuwe methode ontwikkeld, die gebruik maakt van het feit dat het deeltje relatief lang leeft (10^{-12} tot 10^{-10} sec). Dit stelt ons in staat om een dik trefplaatje te gebruiken, dat de niet-resonante electron-positron paren energetisch scheidt van de resonante en deze bovendien ten opzichte van hen onderdrukt. Een groot deel van het hoofdstuk is gewijd aan het ontwerp en de bouw van een nieuw type electron-positron paarspectrometer. Kenmerkend voor deze spectrometer is z'n viervoudige axiale symmetrie, z'n onderscheidend vermogen tussen electronen en positronen, die het mogelijk maakt niet-resonante verstrooiing verder te onderdrukken, en de mogelijkheid om de annihilatie quanta te detecteren. Voor het ontwikkelen en testen van de spectrometer, alsmede voor de analyse, werden uitgebreide computersimulaties uitgevoerd. Een sterke positronenbron kon worden geproduceerd met het KVI cyclotron via de (p,n) reactie op aluminium. Om beschadiging van de detectoren door de vele neutronen die hierbij vrijkwamen te voorkomen werd een computergestuurd transportsysteem gebouwd, waarmee de positronen-activiteit snel kon worden getransporteerd van de activeringsplaats naar een vijf meter verderop gelegen en afgeschermd meetcel.

Binnen een nauwkeurigheid van 10 barn-eV werden geen resonanties gevonden. Hoewel de nauwkeurigheid niet groot genoeg was om een definitieve uitspraak over hun bestaan te doen, sluiten de metingen aan bij de huidige tendens om de deeltjeshypothese als verklaring voor de waargenomen electron-positron paar-productie te verlaten.

In het laatste hoofdstuk wordt de mogelijke rol van electronen en positronen onderzocht met betrekking tot de gebroken spiegelsymmetrie in de biochemie. De asymmetrische moleculen, waarvan de levende natuur zich bedient, zijn steeds van dezelfde signatuur. Hoewel L- en D-aminozuren volkomen

gelijkwaardig zijn, bijvoorbeeld een rechtshandige en een linkshandige (rechtshandige) v

Een soortgelijke gevormd worden rechtshandig g parallel gericht ontdekt dat o electronen van deeltjes rechtsh dat in één van de zwakke wis rechtshandige an

Al spoedig vraag gesteld o chiraliteit van afgelopen tien Het blijkt dat synthetiseren v voor een klein ontleiding van e β straling is bepaald zou kun

Hoofdstuk geïntroduceerd, verstrooiing va en rechtshandig gebruikt om de bepalen. De ge moment nog te ze, gezien de zijn geweest, zwakke wisselw wisselwerking moleculen, zod

In deze experimenten energieën te worden elke verklaring en lijken toe onbekend neutraal kan het best getoetst verval te zoeken, namelijk positron-positron botsingen. positron-positron paar, zal verstrooiing.

gekeld, die gebruik maakt 10^{-12} tot 10^{-10} sec). Dit , dat de niet-resonante nante en deze bovendien het hoofdstuk is gewijd electron-positron paar- z'n viervoudige axiale nen en positronen, die te onderdrukken, en de oor het ontwikkelen en yse, werden uitgebreide nenbron kon worden actie op aluminium. Om n die hierbij vrijkwamen m gebouwd, waarmee de van de activeringsplaats cel.

erden geen resonanties was om een definitieve gen aan bij de huidige waargenomen electron-

rol van electronen en spiegelsymmetrie in de de natuur zich bedient, D-aminozuren volkomen

gelijkwaardig zijn, wordt alleen de linkshandige (L) configuratie gebruikt in bijvoorbeeld eiwitten. Ook bij suikers komt uitsluitend één vorm (de rechtshandige) voor in bijvoorbeeld DNA en RNA.

Een soortgelijke situatie doet zich voor bij electronen en positronen die gevormd worden in nucleair β verval. Electronen en positronen kunnen links- of rechtshandig gepolariseerd zijn, al naar gelang hun spin antiparallel of parallel gericht is ten opzichte van hun voortbewegingsrichting. In 1957 werd ontdekt dat ook in nucleair β verval de spiegelsymmetrie gebroken is. De electronen van β^- verval bezitten een linkshandige heliceiteit, terwijl β^+ deeltjes rechtshandig zijn. Deze symmetriebreking is een gevolg van het feit dat in één van de vier fundamentele natuurkrachten de pariteit geschonden is: de zwakke wisselwerking grijpt uitsluitend aan op linkshandige deeltjes (en rechtshandige antideeltjes).

Al spoedig na de ontdekking van de symmetriebreking in β verval werd de vraag gesteld of dit een rol gespeeld zou kunnen hebben in de keus voor de chiraliteit van biomoleculen die we tegenwoordig in de natuur aantreffen. De afgelopen tien jaar is veel vooruitgang geboekt met betrekking tot deze vraag. Het blijkt dat autocatalytische reacties, die een zuiver chiraal eindproduct synthetiseren vanuit een symmetrische begintoestand, uiterst gevoelig zijn voor een kleine maar systematische chirale verstoring. De asymmetrische ontleding van een mengsel van evengrote hoeveelheden L- en D-moleculen door β straling is zo'n verstoring die de biologische chiraliteit uiteindelijk bepaald zou kunnen hebben.

Hoofdstuk 4 onderzoekt deze hypothese. Hiertoe wordt een nieuw begrip geïntroduceerd, namelijk dat van heliceiteits-afhankelijke verstrooiing. De verstrooiing van links- en rechtshandige electronen en positronen aan links- en rechtshandige electronen wordt theoretisch behandeld. De resultaten worden gebruikt om de asymmetrische inwerking van β straling op chirale materie te bepalen. De gevonden asymmetrieën zijn van de orde van 10^{-13} , hetgeen op dit moment nog te klein is gemeten te kunnen worden. Er wordt beargumenteerd dat ze, gezien de β bronnen die tijdens het ontstaan van leven op aarde aanwezig zijn geweest, overstemd te worden door een andere chirale invloed van de zwakke wisselwerking. Deze invloed is een gevolg van het feit dat de zwakke wisselwerking een klein energieverval veroorzaakt tussen asymmetrische moleculen, zodat L-aminozuren en D-suikers iets stabielere zijn dan hun

spiegelbeelden. Geconcludeerd wordt dat β verval, in vergelijking met laatstgenoemd effect, met grote waarschijnlijkheid de keuze voor de huidige biologische chiraliteit niet heeft bepaald.

Literatuur:

- Isaac Asimov, *The Left Hand of the Electron*. Dell Publishing Co., New York, 1972.
- Martin Gardner, *The Ambidextrous Universe*. Charles Scribner's Sons, 1979.
- Roger A. Hegstrom and Dilip K. Kondepudi, *The Handedness of the Universe*, Scientific American, Januari 1990, pagina 98-105.

Aan het eind van de eeuw die aan de tots hierbij Johan v heeft hij een onv Hans Kaper voor de plezieri en data-acquisiti betrokken bij d het tot een geno

Met mijn p onderzoek verhe van meet af aa biologische chira vergezelde me o promotiecommissie gaven suggesties

Vele mense wil ik Eric Joos en Andrzej Bałar telkens klaar motorassen, voor transportsysteem. voor ons uit het

Geerhard G maakte de voork terrein van de sta

Verder wil stimulerende sfeer

Tenslotte be de gelegenheid d jaren.