

Sizoo en de beginjaren van de Nederlandse kernfysica

Wat was de stand van zaken net na de Tweede Wereldoorlog?

Abstract

In deze scriptie is de stand van zaken wat betreft de Nederlandse kernfysica in 1945 uiteengezet aan de hand van de carrière van G.J. Sizoo, de grondlegger van de Nederlandse kernfysica. Hij was hoogleraar natuurkunde aan de VU en deed onderzoek in veel verschillende takken van de kernfysica, waardoor zijn werk representatief is voor de Nederlandse kernfysica in de jaren dertig. Sizoo's bijdrage aan de algemene kernfysica voor 1940 was echter zeer klein. Daarom kan geconcludeerd worden dat Nederland voor de Tweede Wereldoorlog achterliep wat betreft kernfysisch onderzoek.

Suzette Obbink

3360512

16 januari 2013

Begeleider: Jeroen van Dongen

Inhoudsopgave

Inleiding	3
1. Wie was G.J. Sizoo?	4
1.1 <i>Wie was G.J. Sizoo?</i>	4
1.2 <i>Aanstelling hoogleraarschap aan de VU</i>	4
1.3 <i>Radioactiviteit</i>	6
1.4 <i>Voorafgaand aan de opening van het laboratorium</i>	7
1.5 <i>Scheidslijn tussen radioactiviteit en kernfysica</i>	7
2. Kernfysisch onderzoek in Nederland	8
2.1 <i>UX-complex</i>	8
2.2 <i>Gammastraling van het UX-complex</i>	9
2.3 <i>Andere onderzoeken van Sizoo</i>	11
2.4 <i>Kernfysica in de rest van Nederland en de oorlogsjaren</i>	12
2.5 <i>Conclusie</i>	14
3. Kernfysisch onderzoek buiten Nederland	15
3.1 <i>Algemene kernfysica</i>	15
3.2 <i>Bijdrage van Sizoo aan de algemene kernfysica</i>	17
Conclusie	18
Bronvermelding	20

Inleiding

In 1945 werd er veel geld geïnvesteerd in kernfysisch onderzoek omdat Nederland achterliep op dit gebied. G.J. Sizoo wordt als grondlegger van de Nederlandse kernfysica gezien. Hij was hoogleraar en oprichter van het Natuurkundig Laboratorium van de Vrij Universiteit in Amsterdam, dat zich ging specialiseren in radioactiviteit. Aan de hand van zijn carrière schets ik in deze scriptie een beeld van de stand van zaken van de kernfysica in Nederland net na de Tweede Wereldoorlog. Liep Nederland echt achter en zo ja, hoe kwam dat?

Abraham Pais heeft al eens een lezing geven over de beginjaren van de kernfysica in Nederland, maar hij gaf daarin alleen een uiteenzetting van het internationale en het Nederlandse kernfysische onderzoek.¹ In deze scriptie ga ik een stap verder door in te gaan op specifieke onderzoeken van Sizoo. Daarbij plaats ik, in tegenstelling tot Pais, Sizoo's werk in de algemene kernfysica om te kijken wat voor een rol hij daarin speelde.

In het eerste hoofdstuk beschrijf ik wie Sizoo was en hoe hij bij de VU kwam. In het tweede hoofdstuk beschrijf ik wat Sizoo zoal onderzocht heeft in de jaren dertig en zet ik ook het kernfysische onderzoek in de rest van Nederland uiteen. In het laatste hoofdstuk beschrijf ik de algemene kernfysica en plaats ik het werk van Sizoo hierin om tot slot in de conclusie antwoord te kunnen geven op de hoofdvraag:

Wat is de stand van zaken wat betreft kernfysisch onderzoek in Nederland ten opzichte van de algemene kernfysica in 1945?



Het VU Natuurkundig Laboratorium aan de Laïressestraat in Amsterdam.

¹ Pais, 'Kernfysica in Nederland'

Hoofdstuk 1 Wie was G.J. Sizoo?

Professor G.J. Sizoo wordt gezien als de grondlegger van de Nederlandse kernfysica. Deze hele scriptie staat in het teken van hem en het onderzoek dat hij gedaan heeft. Maar wie was hij? Hoe kwam hij aan zijn hoogleraarschap bij de VU? Waarom koos hij voor het thema radioactiviteit en hoe kwam hij aan zijn vragen voor onderzoek? Op al deze vragen geef ik antwoord in dit hoofdstuk.

1.1 Wie was G.J. Sizoo?

Gerardus Johannes Sizoo is geboren op 8 november 1900 in Woerden. Hij is opgegroeid in Rotterdam waar zijn vader werkte als graanhandelaar. In 1918 deed hij eindexamen aan de HBS. In hetzelfde jaar overleden zijn beide ouders en kwam Sizoo in huis bij zijn oudste broer. Er was niet genoeg geld om een studie te kunnen betalen, dus ging hij als assistent werken in het Philips Natuurkundig Laboratorium in Eindhoven. Daar werkte hij aan de ontwikkeling van de eerste radiobuizen. In 1920 had Sizoo genoeg geld gespaard voor zijn studie natuurkunde in Leiden. Hij stopte zijn assistentschap bij Philips en werd assistent in het Kamerlingh Onnes Laboratorium. Onder leiding van professor De Haas promoveerde Sizoo in 1927 op de supergeleidende toestand van metalen. Daarna ging hij weer terug naar Philips, nu om de functie wetenschappelijk medewerker te bekleden. Dit werk deed hij tot hij aangesteld werd tot hoogleraar aan de Vrije Universiteit in Amsterdam (VU) in 1930.²

1.2 Aanstelling hoogleraarschap aan de VU

De VU is eind negentiende eeuw opgericht door een groep gereformeerden met Abraham Kuyper als leider. De grondbeginselen van deze universiteit zijn dan ook gebaseerd op de beginselen van het christelijk geloof. In Kuypers openingsrede betoogde hij dat wetenschap aan de VU 'soeverein in kleine kring' moest zijn en niet moest 'verbasteren onder staatsvoogdij of kerkelijke curatele.'³ Hij wilde dus als het ware een wetenschap opzetten speciaal voor een kleine groep mensen, de christelijken, net zoals er ook christelijk basis- en middelbaar onderwijs was. In deze wetenschap moest de waarheid soeverein zijn en onder geen omstandigheden 'verkracht' worden. Als dat wel zou gebeuren, zou dat een zonde voor God zijn.⁴

Dit klinkt tegenstrijdig, zeker omdat er in die tijd sprake was van een conflict tussen geloof en wetenschap. De uitkomsten die uit wetenschappelijk onderzoek kwamen, spraken de geloofsovertuigingen tegen, zeker als het ging om uitkomsten uit natuurwetenschappelijke onderzoeken. Maar volgens Kuyper was het wel degelijk mogelijk om een universiteit gebaseerd op christelijke beginselen op te zetten, zelfs als die universiteit een natuurwetenschappelijke faculteit zou hebben.



G.J. Sizoo in 1931

² 'Enige gegevens betreffende Prof. Dr. G. J. Sizoo', uit het HDC-archief

³ Kuyper, *Soevereiniteit in eigen kring*, 22

⁴ Kuyper, *Soevereiniteit in eigen kring*, 22

In zijn openingsrede beargumenteerde hij dat alle wetenschap die bedreven wordt, bedreven wordt vanuit een gekleurde bril die de onderzoeker op heeft. Dit geldt ook voor natuurwetenschappers. Ook hun geloofsovertuiging bepaalt hoe ze de natuur zien en ook bij hen beïnvloedt hun geloofsovertuiging het beoefenen van de wetenschap.⁵ Een natuurwetenschappelijke faculteit aan de VU was, volgens Kuyper dus mogelijk.

Het heeft even op zich laten wachten tot deze faculteit er daadwerkelijk kwam. De universiteit begon met drie faculteiten: theologie, letteren en rechtsgeleerdheid. Om een *effectus civilis* – een maatschappelijke erkenning van de diploma's die de VU uitreikte – toegekend te kunnen krijgen, moest de universiteit in 1930 uit vier faculteiten bestaan en in 1950 uit vijf faculteiten. Na veel wikken en wegen tussen een medische en een wis- en natuurkunde faculteit, koos men uiteindelijk voor de laatste. Een reden hiervoor was dat de VU de natuurkunde dan kon vormen op zo'n manier dat deze wel samenging met het geloof en zijn beginselen. Een natuurkunde faculteit werd namelijk gezien als een 'burcht des ongeloofs'.⁶ Dat wil zeggen dat men binnen dit vak wetenschappelijke zaken nooit zou verklaren met het geloof en dat men ook nooit open zou staan voor wetenschap op basis van het geloof. Door voor zo'n faculteit te kiezen, kon de VU zelf een natuurkunde oprichten en zo bewijzen dat geloof en wetenschap, zoals Kuyper al aankaartte in zijn rede, wel verenigbaar met elkaar waren. Een tweede reden was dat een natuurkundefaculteit de basis was voor een medische faculteit. Exacte wetenschappen gaan vooraf aan de studie van geneeskunde. Door deze vakken heeft de student 'zijn geloof vaak onherstelbaar nadeel aangedaan'.⁷ Door eerst natuurkunde te doceren zonder schade aan het geloof te doen, zou er daarna altijd nog een medische faculteit kunnen komen.

De zoektocht naar een geschikte kandidaat voor het hoogleraarschap voor natuurkunde was geen gemakkelijke. Er moest iemand gevonden worden die kennis had van de natuurkunde en die zich bovendien kon vinden in de gereformeerde beginselen waarop de universiteit gebouwd was. Er was een lijst opgesteld met zeven geschikte kandidaten. Sizoo stond als vijfde op de lijst, maar aangezien de eerste vier kandidaat-hoogleraren het niet zagen zitten om de functie te bekleden, omdat ze zich niet konden vinden bij de standpunten van de VU, mocht Sizoo op gesprek komen.⁸

Sizoo was bekend met de visie van de VU op natuurwetenschappen. Tijdens zijn studie hield hij zich al bezig met de relatie tussen geloof en natuurwetenschap en andere natuurfilosofische vragen. Hij las hierover enkele geschriften van hoogleraren aan de VU en gebruikte dit voor een lezing voor medestudenten aan de gereformeerde studentenvereniging S.S.R.⁹ Alhoewel hij zijn kanttekeningen bij de standpunten van de VU had – hij had in 1923 nog beweerd dat het onmogelijk was een natuurwetenschappelijke faculteit op te zetten, die gebaseerd is op christelijke beginselen – voelde hij zich wel verbonden met de universiteit en had hij er toch vertrouwen in dat de faculteit in zekere

⁵ Kuyper, *Soevereiniteit in eigen kring*, 34-35

⁶ J. C. Rullmann, *De vrije universiteit. Haar ontstaan en haar bestaan*. (Amsterdam 1930), 175-176; geciteerd uit Flipse, *Hier leert de natuur ons zelf den weg*, 39

⁷ Zie 5

⁸ Flipse, 'Onderzoeksprojecten', 38

⁹ Flipse, 'Onderzoeksprojecten', 38

zin op christelijke beginselen kon draaien.¹⁰ Zo kwam het dat Sizoo toestemde en op 29-jarige leeftijd hoogleraar natuurkunde aan de VU werd.

1.3 Radioactiviteit

Hoewel Sizoo de hele natuurkunde doceerde, was zijn laboratorium toegespitst op één vakgebied: radioactiviteit.¹¹ Er waren verschillende redenen voor deze keuze. Ten eerste was radioactiviteit een onderwerp waar geen enkel ander Nederlands laboratorium in gespecialiseerd was. Dit is best frappant, gezien het feit dat radioactieve straling in 1896 voor het eerst werd waargenomen en er sindsdien in heel Europa onderzoek naar gedaan werd.

Een tweede reden voor het thema radioactiviteit was dat onderzoek hiernaar relatief goedkoop was. De universiteit had maar weinig geld om in de faculteit te investeren, dus moest er zo goedkoop mogelijk onderzoek gedaan worden. Met relatief weinig en redelijk goedkope instrumenten, zoals ionisatiekamers, nevelkamers, fotografische platen, tellers en oscilloscopen, kon er al onderzoek gedaan worden naar radioactiviteit.¹² Ook voor de radioactieve bronnen hoefde niet veel geld uitgegeven te worden. Deze waren immers te vinden in de natuur zelf.

Voor de keuze van het thema voor het laboratorium is Sizoo met meerdere wetenschappers in beraad gegaan. Zo is hij ook gaan praten met zijn vorige werkgevers van het Philips Laboratorium. Wellicht kon de VU via Sizoo's connecties met het Philips Natuurkundig Laboratorium goedkoper aan instrumenten komen. In 1940 kocht de VU in elk geval haar eerste neutronengenerator van het laboratorium.

De keuze voor radioactiviteit bleek achteraf gezien in economisch opzicht een goede keuze. Hoewel de rest van Europa hier al 35 jaar onderzoek naar deed, viel er begin jaren dertig nog steeds veel te ontdekken op dit gebied. Daarbij kon Sizoo een nieuw onderzoeksgebied in Nederland opzetten. Daarnaast is de keuze voor dit onderwerp voor het laboratorium aan de VU ook opmerkelijk te noemen, omdat het in strijd leek met de christelijke grondbeginselen. Aan de hand van de radioactiviteit die gevonden werd in de grond deed Sizoo bijvoorbeeld onderzoek naar de ouderdom van de aarde. Dit was natuurlijk geheel in strijd met de opvattingen van het christendom, dat de ouderdom van de aarde aan het scheppingsverhaal koppelde. In het voorwoord van de bundel 'Ouderdom der aarde' – die overigens onder toezicht van de Christelijke vereniging van natuur- en geneeskundigen tot stand gekomen was –, betoogde Sizoo dat het toch mogelijk was om 'zonder het onderlinge vertrouwen te schaden' een kritisch en wetenschappelijk beeld te schetsen van de ouderdom van de aarde. 'Immers voor ons allen gaat het enerzijds om de waarheidswaarde van het wetenschappelijk onderzoek, dat ons als academici zo lief is, anderzijds om de openbaringswaarde van Gods Woord, dat ons getuigt van God de Schepper, Die wij in Jezus Christus ook onze Vader weten', aldus Sizoo.¹³

¹⁰ Flipse, 'Onderzoeksprojecten', 39

¹¹ 'Beker der ongelovige wetenschap', uit het HDC-archief

¹² Pais, 'Kernfysica in Nederland', 182

¹³ Sizoo, *De ouderdom der aarde*; samenvatting van de toespraken van de voorzitter, gehouden bij de opening en bij de sluiting der conferentie.

1.4 Voorafgaand aan de opening van het laboratorium

Omdat Sizoo nog maar weinig kennis had over radioactiviteit, maakte hij begin jaren dertig een reis langs belangrijke laboratoria in Europa. Zijn verblijf in het Kaiser Wilhelm Institut in Berlijn was één van de hoogtepunten van die reis en duurde vier maanden. 'Ik heb daar de kwantummechanica geboren zien worden. Heel fascinerend was dat,' zei Sizoo erover in het VU-kwartaal.¹⁴ Hij woonde colloquia bij en ontmoette daar belangrijke natuurkundigen. Ook werkte hij in Duitsland mee aan een onderzoek van Ernest Stahel over het aantal gammastralen dat uitgezonden wordt door een radioactief component van radium (Ra-D).¹⁵ Ernest Stahel was een Zwitserse wetenschapper die professor was aan de universiteit van Brussel. Ook hij was dus in Berlijn te gast. Een verschil was echter dat hij al wel ervaring had met het doen van onderzoek naar radioactiviteit. Zo heeft hij bijvoorbeeld de herkomst van alfastraling in radioactief thorium (Th-C) onderzocht en had hij al gewerkt met een Wilsonvat – een instrument dat sporen van kleine deeltjes zichtbaar maakt.¹⁶ Hiermee heeft Sizoo in Berlijn leren werken, en ook later zou hij het voor zijn eigen experimenten nog veel gebruiken. Door de nieuwe contacten en door de kennismaking met hun experimenten kreeg Sizoo inspiratie voor eigen onderzoek. Eenmaal terug in Nederland voerde hij een eerste onderzoek uit samen met D.J. Coumou, Sizoo's eerste student en assistent. Dit ging over gammastralen in het UX-complex en was een vervolgonderzoek op een experiment van Stahel en Coumou.

1.5 Scheidslijn tussen radioactiviteit en kernfysica

Tot nu toe is telkens gesproken over radioactiviteit terwijl deze scriptie gaat over de stand van de Nederlandse kernfysica. De twee concepten zijn heel erg aan elkaar gerelateerd. Radioactiviteit is het uitzenden van straling door een kern, doordat deze uit zichzelf vervalt in een andere kern. Bij onderzoek naar radioactiviteit zou je kunnen denken aan het bestuderen van deze straling, bijvoorbeeld naar de eigenschappen hiervan. Kernfysica is de studie naar atoomkernen, bijvoorbeeld de bouw van de atoomkern. Op het eerste gezicht lijkt er een duidelijk onderscheid tussen de deelgebieden, maar je raakt in de knoop als je bijvoorbeeld onderzoek naar de herkomst van radioactieve straling onder één van de twee wilt plaatsen. De stralen worden onderzocht en daarom kan je dit onderzoek plaatsen onder radioactiviteit, maar aan de andere kant zegt de herkomst van de straling je ook iets van de bouw van kern, want daar komt de straling (hoogstwaarschijnlijk) vandaan. Zulk onderzoek zou je dus ook kernfysica kunnen noemen. Voor mij is radioactiviteit een verschijnsel en is de kernfysica de studie daarnaar. Al het onderzoek naar radioactiviteit is dus kernfysisch onderzoek. Deze definities hanteer ik voor de rest van deze scriptie.

Het lijkt misschien raar om toepassingen van radioactiviteit ook bij kernfysisch onderzoek in te delen. Toch komt ieder ook dit soort onderzoek uiteindelijk weer neer op onderzoek naar de atoomkern. Neem bijvoorbeeld de toepassing van radioactieve stoffen in de biofysica. De natuurkundekant van dit vakgebied betreft het onderzoek naar welk element het meest geschikt is als tracer. Daarvoor moeten eigenschappen van de stof onderzocht worden, zoals wat voor een straling de stof uitzendt. Om dat te bepalen moet gekeken worden naar de kern en hoe deze vervalt en dat is kernfysisch onderzoek.

¹⁴ 'De beker der ongelovige wetenschap', uit het HDC-archief

¹⁵ Stahel en Sizoo, 'Number of gamma-ray emitted from Ra-D'

¹⁶ Stahel, 'Ursprung der weitreichenden α -Strahlen des ThC'; Stahel, ' α -Strahlen übernormaler Reichweite des ThC', 596

Hoofdstuk 2

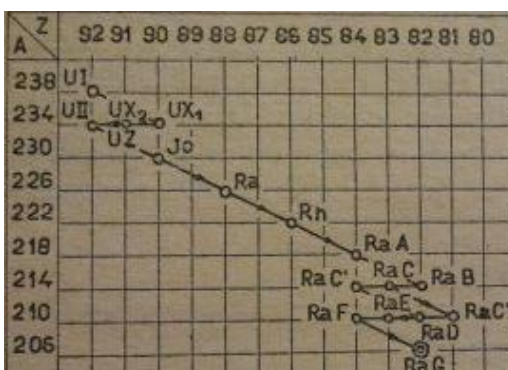
Kernfysisch onderzoek in Nederland

In deze scriptie wordt aan de hand van Sizoo's carrière de stand van de Nederlandse kernfysica uiteengezet. Maar waarom Sizoo? Is hij representatief voor de Nederlandse kernfysica? In dit hoofdstuk zet ik uiteen hoe Sizoo's carrière in de periode van 1930 tot 1940 eruit zag. Dit doe ik door allereerst een artikel van hem uitlicht om te kijken wat hij in zijn onderzoek zoal deed. Daarna stip ik kort zijn andere onderzoeken aan en leg ik deze naast de andere Nederlandse werkzaamheden op kernfysisch gebied om zo het totaalbeeld van de Nederlandse kernfysica in de jaren dertig te verkrijgen. Het hoofdstuk eindigt met Nederlands kernfysisch onderzoek in de oorlogstijd.

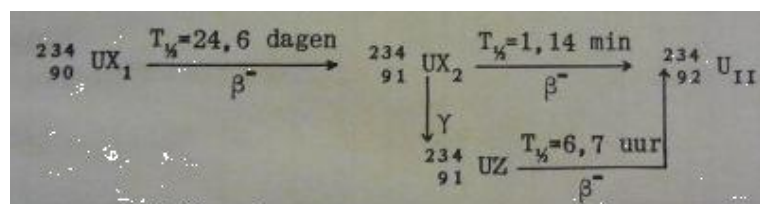
Het artikel dat wordt uitgelicht is Sizoo's eerste publicatie in de kernfysica en gaat over de gammastraling van het UX-complex. Zoals eerder gezegd voerde Sizoo dit experiment uit in samenwerking met D.J. Coumou. Het onderwerp *UX-complex* koos hij op aanraden van Stahel, die eerder in Brussel met Coumou al onderzoek had gedaan naar dit verschijnsel. De keuze om Sizoo's eerste publicatie onder de loep te nemen, lijkt misschien raar. Omdat het zijn eerste onderzoek was, verwacht je misschien niet dat deze representatief is voor zijn andere experimenten. Zo moest Sizoo alles – het laboratorium, de instrumentaria, et cetera – nog verkennen en de verwachting dat iemand met zijn eerste onderzoek baanbrekende ontdekkingen doet, is laag. Toch is er voor dit artikel gekozen, omdat het één van zijn artikelen is die het vaakst geciteerd is in *Web of Science*. Daarbij was het een vervolgonderzoek en is hier dus goed te zien of Sizoo hetzelfde pad als zijn voorgangers volgde of zijn eigen weg insloeg.

2.1 UX-complex

UX is een afkorting voor een nieuw element dat continu uit radioactief uranium gevormd wordt en zelf geleidelijk aan weer weggaat. Het ontstaat bij het verval van het isotoop U-238 (U_I) naar het isotoop U-234 (U_{II}) dat weer verder vervalt naar andere isotopen. Je kunt UX scheiden van uranium door uraniumnitraat op te lossen, neer te laten slaan en vervolgens te filteren. Het filtraat zendt dan alfastraling uit die van het uranium komt en de neerslag zendt bètastraling uit die van UX komt. UX bestaat uit meerdere nucliden, namelijk UX_1 , UX_2 en UZ. De laatste twee, UX_2 en UZ, zijn ontstaan uit de bètastraling van UX_1 . Ze zijn elkaars isomeer, want ze hebben hetzelfde atoom- en massanummer, maar verschillen in eigenschappen, namelijk in hun halfwaardetijd. De drie nucliden komen in combinatie voor en verkeren dan meestal in relatief evenwicht. Dit wordt het UX-complex genoemd. In figuur 1 is het vervalproces van uranium afgebeeld en in figuur 2 wordt ingezoomd op het verval tussen U_I en U_{II} : het verval binnen het UX-complex is hier te zien.



Figuur 1, de vervalreeks van uranium. Gehaald uit *Kernfysica* van G.J. Sizoo



Figuur 2, de vervalreeks van UX. Gehaald uit *Beta-gamma coincidenties in het UX-complex* van E.F de Haan

De onderzoeken van Stahel en Sizoo over de gammastraling zijn gedaan in 1935 en 1936, terwijl de bovenstaande informatie uit literatuur uit 1947 en 1953 komt.¹⁷ Het was de onderzoekers dus mogelijk nog niet bekend dat bij het verval van UX_2 naar UZ gammastraling vrijkomt, zoals te zien is in figuur 2. In beide onderzoeken werd dit in elk geval niet genoemd, terwijl er, vooral in het onderzoek van Stahel, wel gezocht werd naar de herkomst van de gammastraling. Wat beide wetenschappers wel bekend was, was dat UX_1 en UX_2 in UX zitten en dat UX_2 en UZ elkaars isomeren zijn.

2.2 Gammastraling van het UX-complex

2.2.1 Onderzoek Stahel en Coumou

Het UX-complex zendt een zwakke gammastraling uit. Het doel van Stahel en Coumou was om te onderzoeken waar de straling vandaan kwam. Door de absorptiecoëfficiënt te meten in lood en ijzer berekenden ze de golflengte van de straling. Vervolgens bepaalden ze met behulp van een formule – opgesteld in eerder onderzoek – de hoeveelheid quanten die vrijkwam bij het vervallen van honderd atomen. Deze resultaten vergeleken ze met de resultaten van Bramson, die hetzelfde had onderzocht, maar dan voor radioactief radium (Ra-E). Ze kwamen voorzichtig tot de conclusie dat de gammastralen afkomstig moesten zijn van remstraling binnen het atoom zelf.

Remstraling ontstaat als een elektron wordt afgeremd. De kinetische energie van het elektron, die kleiner moet worden omdat het elektron afremt, wordt omgezet in gammastraling. Deze straling wordt remstraling genoemd en kan zowel voorkomen als een elektron binnen als buiten een atoom wordt afgeremd. De elektronen, die afgeremd worden en zorgen voor de interne remstraling, zijn bètadeeltjes en komen dus van bètastraling. Door het spectrum van de bètastraling beter in kaart te brengen, zou de conclusie van Stahel en Coumou helemaal hard gemaakt kunnen worden.

2.2.2 Doel onderzoek Sizoo en Coumou

Het doel van het onderzoek van Sizoo en Coumou was om de conclusie van Stahel en Coumou bij te staan. Dit deden ze niet door het spectrum beter in kaart te brengen – zoals Stahel en Coumou in hun onderzoek voorgesteld hadden –, maar door aan te tonen dat de homogeniteit die Stahel en Coumou in de straling hadden gevonden geen echte homogeniteit was. Het spectrum van remstraling is namelijk heterogeen. Om te kunnen concluderen dat de gammastraling remstraling binnen het atoom was, moest de gemeten homogene straling dus schijn zijn. De golflengte die Stahel en Coumou gevonden hadden, zou dan een ‘effectieve golflengte’ zijn: een golflengte die homogeen lijkt, maar eigenlijk opgebouwd is uit meerdere golflengtes. Door absorptiemetingen te doen met verschillende metalen met variërende diktes wilden Sizoo en Coumou laten zien dat de gammastraling uit meerdere golflengtes bestond, die resulteerden in een effectieve golflengte. Ze hadden dan aangetoond dat de straling toch heterogeen was en daarmee zou de veronderstelling dat de gammastraling remstraling was, worden bevestigd.

Een andere reden dat Sizoo en Coumou kozen voor dit vervolgonderzoek, was om te uit te zoeken of de straling uit het UX-complex K-straling was – straling die vrijkomt bij het opvullen van de K-schil in een atoom. Meitner en Hahn hadden de massa-absorptiecoëfficiënt bepaald in lood van de zwakste gammastraling van het UX-complex die zij konden meten. Hieruit hadden ze geconcludeerd dat deze

¹⁷ Sizoo, *Kernphysica*, 40-42; Haan, *Beta-gamma coïncidenties in het UX-complex*, 7

straling een vorm van K-straling moest zijn. Uit later onderzoek bleek echter dat de massa-absorptiecoëfficiënt in lood veel groter was. Hun conclusie klopte dus niet meer. Een deel van Sizoo en Coumou's onderzoek bestond uit het bepalen van de massa-absorptiecoëfficiënt in verschillende metalen om toch te kunnen zeggen of het verval van UX_1 een vorm van K-straling is.

2.2.3 Vergelijking tussen de twee onderzoeken

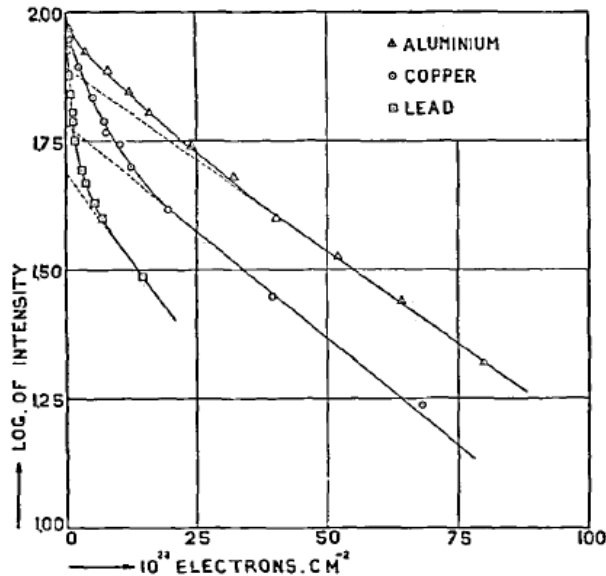
De enige gelijkenis tussen het onderzoek van Stahel en die van Sizoo is dat ze allebei de golflengte van de gammastraling bepaalden. Dit deden ze echter wel op verschillende manieren. Stahel en Coumou bepaalden deze golflengte door absorptiemetingen te doen bij ijzer en lood met behulp van zowel een ionisatiekamer als een geigerteller. De filterdikte werd tegenover de intensiteit uitgezet op een logaritmische schaal en daaruit werd de absorptiecoëfficiënt in de metalen bepaald en uiteindelijk de golflengte. Sizoo en Coumou daarentegen berekenden de verschillende absorptiecoëfficiënten van harde gammastraling vanuit de theorie voor aluminium, lood, koper en tin en zetten vervolgens de golflengte tegen de absorptiecoëfficiënt uit in een grafiek. Deze grafiek gebruikten ze in de rest van het experiment om de golflengte van de gammastraling af te lezen na een gemeten absorptiecoëfficiënt.

Hieraan is al te zien dat Sizoo zijn eigen pad insloeg, in plaats van dat hij dezelfde methodes toepaste als Stahel. Wat verder opvalt, is dat Sizoo en Coumou voor het bepalen van de absorptiecoëfficiënt alleen een geigerteller gebruikten, waar Stahel en Coumou daar – naast een teller – ook een ionisatiekamer voor gebruikten. Hoewel er overeenstemming was tussen de gevonden waardes met de verschillende meetinstrumenten, beweerden ze dat de waardes die gevonden waren met de ionisatiekamer, het nauwkeurigst waren. De reden dat Sizoo en Coumou toch enkel gebruik van een teller gemaakt hebben, is vermoedelijk omdat ze nog geen ionisatiekamer tot hun beschikking hadden in het nieuwe laboratorium.

Voor de rest zijn de twee onderzoeken niet met elkaar te vergelijken, omdat ze andere doelen hadden. Daar waar Stahel en Coumou vervolgens de hoeveelheid quanten bepaalden die vrijkwam per honderd vervallen atoomkernen, deden Sizoo en Coumou namelijk nog meer absorptiemetingen om de straling uit het UX-complex verder te onderzoeken.

2.2.4 Uitkomsten onderzoek Sizoo en Coumou

Sizoo en Coumou hebben uiteindelijk drie verschillende meetseries gedaan waarbij de grootte van de bron (uraniumnitraat) en de afstand tot de teller varieerden. In de eerste meetserie hebben ze alleen de absorptiecoëfficiënt in koper gemeten. Ze vonden hier een derde zachte component van de straling die van bètastraling af bleek te komen – de component was namelijk weg toen de opstelling in een magneetveld werd gezet. In de tweede meetserie werd de absorptiecoëfficiënt in aluminium, koper en lood gemeten. Het doel van deze meting was om wat te zeggen over de K-schil. Daarvoor moest gekeken worden naar de zachtere componenten van de gammastraling. Helaas waren hun resultaten fysisch gezien niet van betekenis: er was geen overeenkomst tussen de resultaten. Daarbij is in figuur 3 te zien dat de lijnen – als de rechte stukken doorgetrokken worden –



Figuur 3, Absorptie van gammastraling van UX in Al, Cu en Pb.

niet in hetzelfde punt eindigen op de y-as, oftewel als er helemaal geen absorptiemateriaal tussen de bron en de teller zit. Dit betekent dat de lijnen in de grafiek niet correspondeerden met de dezelfde component in de gammastraling. In de derde meetserie werd dit resultaat ook verkregen. In deze meetserie is gebruik gemaakt van een grotere bron die ook verder van de teller afstand. Hierin lag de focus op het bepalen van de absolute intensiteit van K-stralen. Uit de resultaten blijkt echter dat hier niets over gezegd kan worden aan de hand van absorptiemetingen. Dit komt óf omdat de golflengteverdeling continu is óf doordat er heel veel componenten van homogene stralen zijn. De eerste reden is het meest waarschijnlijk en sluit aan bij de conclusie van Stahel en Coumou dat de gammastraling komt van de remstraling binnen het atoom: remstraling is immers heterogene straling.

De vraag rest hoe het dan kan dat er wel homogene straling gemeten wordt. Door absorptiemetingen uit te voeren met verschillende diktes van het absorptiemateriaal verwacht je dat je bepaalde golflengtes eruit kan filteren en dat je dus verschillende golflengtes meet bij verschillende diktes. Sizoo en Coumou laten echter met een berekening zien dat straling met een continue golflengteverdeling zich bij oplopende diktes als homogene straling kan blijven gedragen. Deze berekening deden zij aan de hand van de intensiteit van de straling. Ze lieten zien dat de totale intensiteit van een straling met een continu spectrum als functie van de absorptiedikte x exponentieel afneemt met een nauwkeurigheid van één procent voor een absorptiedikte tussen de nul en vijf centimeter. Dit betekent dat in dit domein van absorptiediktes de intensiteiten met één procent van elkaar verschillen. Deze verschillen vallen binnen de onnauwkeurigheden van een absorptiemeting en kunnen dus niet gemeten worden. Je meet daarom een schijnbare homogene straling. Hiermee hebben Sizoo en Coumou aangetoond dat de homogene straling die Stahel en Coumou maten in werkelijkheid heterogeen kan zijn en bevestigen hun conclusie dat de gammastraling remstraling is.

2.3 Andere onderzoeken van Sizoo

Na de studie naar gammastralen ging Sizoo's interesse uit naar radioactiviteit in de biofysica. In 1924 werden er al radioactieve elementen gebruikt als tracer bij onderzoek naar stofwisseling van dieren

om de loop van stoffen gemakkelijk te kunnen volgen. Dit soort onderzoeken werd uitgevoerd met radioactief bismut, dat erg giftig was. Een alternatief was er echter niet, omdat men in de veronderstelling was dat er geen radioactieve isotopen gemaakt konden worden uit niet-radioactieve elementen. Dit werd gedacht tot in 1934, toen Joliot-Curie en Joliot ontdekten dat kunstmatige radioactiviteit wel mogelijk was. Radioactief fosfor (P-32) bleek het meest geschikt te zijn als tracer, gezien zijn levensduur van veertien dagen. Sizoo raakte geïnteresseerd in dit element en begon de levensduurmetingen aan deze stof te verbeteren. Door zijn bezigheden met dit element raakte hij in contact met B.C.P. Jansen, directeur van het Laboratorium voor Fysische Chemie van de Universiteit van Amsterdam. Van 1937 tot 1939 werkten ze samen en onderzochten ze het metabolisme van normale ratten en ratten met de Engelse ziekte en de stofwisseling van kippen.¹⁸

Na deze samenwerking ging Sizoo verder met onderzoek naar eigenschappen van radioactief fosfor. Hij deed toen onder andere onderzoek naar de remstraling, het energieverlies van een elektron wanneer deze de kern verlaat en paarvorming. Voor dat laatste ontwikkelde hij een eigen Wilsonvat met een teller.¹⁹ Kortom, Sizoo heeft in de jaren dertig op veel verschillende vlakken binnen de kernfysica onderzoek gedaan.

2.4 Kernfysica in de rest van Nederland en de oorlogsjaren

Om de bijdrage van Sizoo aan de Nederlandse kernfysica in perspectief te kunnen plaatsen, bespreek ik de activiteiten in de rest van Nederland. Ook zet ik kort de werkzaamheden in Nederland tijdens de oorlog uiteen.

2.4.1 Kernfysica in de rest van Nederland

Zoals gezegd was de VU de pionier op het gebied van kernfysisch onderzoek doen. Er waren weinig andere universiteiten die de VU volgden. Het Ornstein Laboratorium in Utrecht was een van de laboratoria die dit wel deed. Er werden daar onder andere bètaspectrumanalyses gemaakt met behulp van fotografische methodes door W. Langendijk en L.S. Ornstein.²⁰ Ook de theoretische kernfysica werd hier behandeld door G.E. Uhlenbeck, die in 1935 daar aangesteld was als hoogleraar theoretische fysica.²¹

Verder was er nog het Philips Natuurkundig Laboratorium in Eindhoven, waar naast het maken van onder andere meetinstrumentaria, ook experimenteel onderzoek gedaan werd. In 1936 was daar de eerste Nederlandse neutronengenerator ontwikkeld, die verhandeld werd aan verschillende universiteiten, waaronder de VU, die in 1940 zijn eerste neutronengenerator van hun kocht. F.A. Heyn deed er in 1936 de eerste experimenten mee en ontdekte een nieuw type kernreactie: een zogenaamde (n, 2n)-reactie, waarbij de met neutronen gebombardeerde kernen een bètaradioactief isotoop en twee neutronen opleveren. Volgens Pais is dit 'zonder twijfel de belangrijkste Nederlandse bijdrage aan de experimentele kernfysica in de jaren dertig'.²²

¹⁸ Pais, 'Kernfysica in Nederland', 182

¹⁹ Barendregt en Sizoo, 'A cloud chamber', 1077-1084

²⁰ Pais, 'Kernfysica in Nederland', 184

²¹ <http://www.historici.nl/Onderzoek/Projecten/BWN/lemmata/bwn6/uhlenbeck>; geraadpleegd op 25-12-2012, 11:58u

²² Pais, 'Kernfysica in Nederland', 183



Het Philips Natuurkundig Laboratorium

2.4.2 Nederlands kernfysisch onderzoek in de oorlogsjaren

De universiteit van Leiden deed geen specifiek onderzoek naar kernfysica. Toch had zij in 1939 in het geheim tien ton uranium gekocht van de Belgische firma Union Minière.²³ De Delftse hoogleraar natuurkunde E.C. Wiersma was tijdens zijn verblijf in Parijs te weten gekomen dat de Fransen pogingen deden om een kettingreactie op te wekken met behulp van kernsplijting. Eenmaal terug in Nederland speelde hij deze informatie door aan De Haas, directeur van het Kamerlingh Onnes Laboratorium in Leiden en Wiersma's leermeester. Hij zag kansen en bemachtigde via contact met de minister van Oorlog de voorraad uranium. Tijdens de oorlog is alles verplaatst naar Delft, alwaar het in de kelder werd ingemetseld zodat de Duitsers het niet konden afpakken.²⁴

Dat de Duitsers alles weg zouden nemen, was een grote angst voor alle laboratoria in Nederland, ook voor het Natuurkundig laboratorium van de VU. Hier was men extra bang voor de Duitsers, omdat hun laboratorium gespecialiseerd was in radioactiviteit – een onderwerp dat de Duitsers zeer interesseerde vanwege de mogelijkheid van het creëren van een atoombom.²⁵ Het ging enige tijd goed: Sizoo en zijn medewerkers mochten hun werk blijven uitvoeren. Tot in 1944 de Duitsers toch het lab binnenvielen. 'Ze wilden de dood van een officier wreken', zo zei Sizoo in het VU-kwartaal.²⁶ De VU sloot in veertien dagen een contract bij de Centrale Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek. Met dit contract was zowel het personeel als hun instrumentaria aan TNO verhuurd, zodat officieel niets meer van het laboratorium was en de Duitsers dus ook niets meer van hen af konden pakken. Helaas heeft dit voor de neutronengenerator niet geholpen. Na het 'demonteren' – wat inhield dat het apparaat vernield werd – werd het apparaat per trein naar Duitsland vervoerd. De trein werd onderweg gebombardeerd waardoor er helemaal niets meer van over bleef.

²³ Delft, 'Tegen de roof', 251

²⁴ Delft, 'Tegen de roof', 250-251

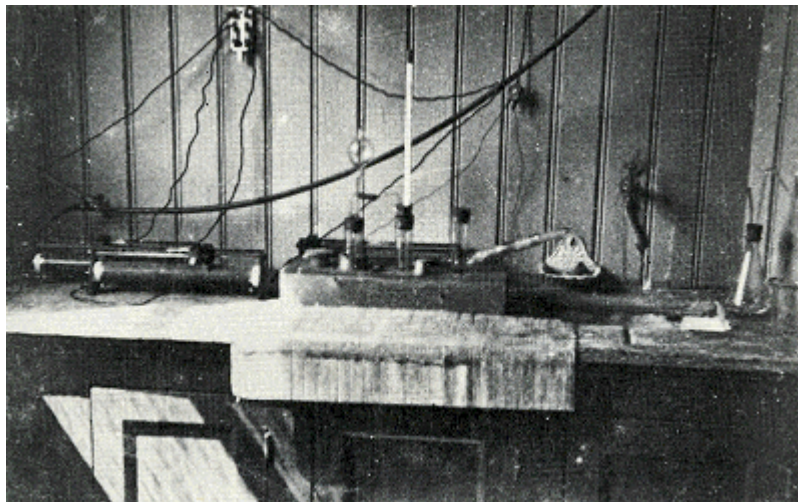
²⁵ 'De vrije universiteit', uit het HDC-archief

²⁶ 'De beker der ongelovige wetenschap', uit het HDC-archief

2.5 Conclusie

Het doel van dit hoofdstuk was om te kijken of Sizoo representatief is voor de Nederlandse kernfysica. Na het vergelijken van de twee onderzoeken kan geconcludeerd worden dat het experiment van Sizoo en Coumou geen invuloefening is geweest. Overeenkomsten zitten slechts in het bepalen van de golflengte van de gammastraling, en zelfs dat hebben beide wetenschappers anders aangepakt. Een doel van Sizoo en Coumou was verder om de conclusie van Stahel en Coumou, dat de gammastraling van remstraling binnen het atoom kwam, harder te maken, maar ook dit deden ze niet door het experiment van Stahel en Coumou nog een keer te doen en hetzelfde te concluderen.

Aan de andere kant heeft Sizoo met zijn experiment geen grote of nieuwe ontdekking gedaan. Dit geldt ook voor zijn andere onderzoeken over bijvoorbeeld de fundamentele eigenschappen van fosfor. Toch was Sizoo's bijdrage aan de Nederlandse kernfysica erg groot. Hij deed namelijk wel op heel veel verschillende vlakken van de kernfysica onderzoek, terwijl er in de rest van Nederland nauwelijks onderzoek gedaan werd op dit gebied. Alleen in een deel van het Ornstein Laboratorium in Utrecht en in een deel het Philips Natuurkundig Laboratorium in Eindhoven werd ook kernfysisch onderzoek uitgevoerd. De grootste ontdekking kwam van F.A. Heijn, die een nieuw type kernreactie ontdekte. Maar deze ontdekking weegt niet op tegen de werkzaamheden van Sizoo op dit gebied. Zijn werk is zonder aarzeling representatief voor het kernfysisch onderzoek in Nederland in de jaren dertig. In de oorlogsjaren daarna is er in heel Nederland nauwelijks nog onderzoek gedaan.



Emanatiekamer in het VU Natuurkundig Laboratorium.

Hoofdstuk 3 Kernfysisch onderzoek buiten Nederland

Nu bewezen is dat Sizoo de hoofdrol speelde in de Nederlandse kernfysica, is het tijd om te kijken hoe groot zijn bijdrage was aan algemene kernfysica. Hiertoe bespreek ik allereerst hoe de kernfysica is ontstaan en beschrijf ik wat er in de jaren dertig onderzocht werd in dit vakgebied. Daarna onderzoek ik welke rol het werk van Sizoo had in deze fysica.

3.1 Algemene kernfysica

De kernfysica is ontstaan uit de studie naar radioactiviteit. Radioactieve straling is per toeval ontdekt door Henri Becquerel. Naar aanleiding van de ontdekking van röntgenstraling in november 1895 onderzocht Becquerel of er een verband was tussen fluorescerende materialen – materialen die verkleuren als er licht op komt – en deze nieuwe straling. Hij gebruikte hiervoor uranylsulfaat, een uraniumzout waarvan hij eerder al had aangetoond dat dit fluorescerend is na blootstelling aan zonlicht. Het uranium bleek echter ook straling uit te zenden als het niet blootgesteld was aan zonlicht. De ontdekking werd niet als baanbrekend ervaren. Pas na de werkzaamheden van Marie en Pierre Curie, die ontdekten dat dit fenomeen ook bij thorium en radium optrad, werd het als nieuw soort straling erkend en kreeg het de naam ‘radioactiviteit’.²⁷

Hierna is men zich verder gaan verdiepen in de radioactiviteit. Een belangrijke fysicus op dit gebied was Ernest Rutherford, die ontdekte dat de straling opgedeeld kan worden in drie componenten: alfa-, bèta- en gammastraling. Al snel verschoof het onderzoek van radioactieve straling naar de studie naar atoomkernen: de kernfysica dus. Ook nu weer speelde Rutherford een belangrijke rol. Hij was één van de wetenschappers, die zich boog zich over de vraag hoe de atoomkern opgebouwd was. Het begon met zijn proton-elektron model, waarbij de kern bestond uit een aantal positief geladen protonen en een aantal negatief geladen elektronen, die samen netto voor de nucleaire lading zorgden. Aan dit model zaten echter veel haken en ogen. Deze problemen werden opgelost in de jaren dertig – de tijd waarin de kernfysica echt opbloeide, zowel theoretisch als experimenteel gezien.²⁸

Begin jaren dertig werden deeltjesversnellers en cyclotrons ontwikkeld. Daarbij vond de eerste kunstmatige kernreactie plaats, waarbij een proton op een lithiumkern werd geschoten waarbij twee alfadeeltjes vrijkwamen. De eerste belangrijke kernfysische ontdekking was die van het neutron door James Chadwick in 1932. Al jaren werd er gespeculeerd over het bestaan ervan, maar tot dan toe was het niemand gelukt het deeltje aan te tonen. De reactie waarbij een alfadeeltje op beryllium geschoten wordt, leidde Chadwick uiteindelijk tot de ontdekking. Het koppel Joliot-Curie en Joliot beschreef deze reactie in 1931 en beweerde dat er hieruit gammastraling vrijkwam, die protonen los konden maken uit paraffine. Chadwick vond dit onwaarschijnlijk en gaf een andere verklaring. Volgens hem ontstond bij deze reactie een koolstofatoom en een neutron – een deeltje zonder elektrische lading met een massa ongeveer gelijk aan die van een proton. Deze verklaring onderbouwde Chadwick door uit te sluiten dat de vrijgekomen straling gammastraling was. Hij berekende uit het massatekort van deze reactie dat deze straling een energie van maximaal 14 MeV

²⁷ Bundel ‘Geschiedenis van de modern natuurkunde’, 137-139

²⁸ Pais, ‘Kernfysica in Nederland’, 180

kon hebben.²⁹ Volgens het Comptoneffect moest de straling echter een energie van 50 MeV hebben.^{30,31} Er kon dus geen gammastraling vrijkomen uit de reactie of het Comptoneffect zou verworpen moeten worden. Dit alles pleitte voor het bestaan van het neutron. De ontdekking van het neutron loste veel problemen op rond het model van de atoomkern. Zo had men nu een nieuw model voor de opbouw van een atoomkern. In dit model bestaat de atoomkern uit een Z aantal protonen en A-Z aantal neutronen.³² Dit is nog steeds het atoomkernmodel zoals dat nu bekend is.

In 1934 was er een weer grote ontdekking. Joliot-Curie en Joliot hadden aluminium en borium beschoten met alfadeeltjes en verkregen daarmee isotopen van stikstof en fosfor, die allebei radioactieve straling uitzonden. Deze radioactieve elementen waren niet in de natuur te vinden. Kunstmatige radioactiviteit – die voorheen als onmogelijk werd beschouwd – was hiermee een feit.³³

Ook Enrico Fermi, een wetenschapper uit Italië, behoort tot de belangrijke kernfysici uit de jaren dertig. Hij was de eerste die het neutron gebruikte als projectiel om een kernreactie teweeg te brengen. Voorheen werden hiervoor alfadeeltjes gebruikt. Nadat Fermi had ondervonden dat elementen vanaf fluor in het periodiek systeem radioactieve straling uitzonden na beschieting, veranderde hij de opstelling door een stukje paraffine tussen de bron en het te beschieten element te plaatsen. Dit deed hij om de neutronen, die een heel hoge snelheid hadden, af te laten remmen waardoor ze meer tijd zouden hebben om te kunnen reageren met de kern van een element. In 1935 beschoot Fermi voor het eerst uranium in deze opstelling. Er waren verschillende hypothesen over het reactieproduct. Fermi en zijn team vermoedden dat er transuranen – elementen met een hoger atoomnummer dan uranium – uit de reactie kwamen, die ontstonden door bètaverval. Joliot-Curie en Savitch zagen echter dat de ontstane elementen dezelfde eigenschappen vertoonden als lanthanum – een element dat twee keer zo licht is als uranium. Lise Meitner en Otto Frisch bogen zich ook over over deze reactie en verklaarden in 1938 dat de uraniumkern zo instabiel was dat een kleine verstoring de kern inderdaad in tweeën kon doen splijten. De bewering van Fermi was hiermee ontkracht, maar er bleef een probleem met het reactieproduct, dat bestond uit twee positief geladen kernen, die elkaar af zouden moeten stoten met een energie van ongeveer 200 MeV. De vraag was waar deze energie vandaan kon komen. Ook dit losten Meitner en Frisch op. Ze berekenden het massaverlies tijdens de reactie en zetten dit om naar energie met behulp van de vergelijking van Einstein $E=mc^2$. De uitkomst ondersteunde hun verklaring volop: de energie die uit hun berekening kwam, kwam overeen met de verwachte energie die vrij zou moeten komen bij de reactie.³⁴ Hiermee was aangetoond dat je een uraniumkern in tweeën in kan splijten door er een neutron op te schieten, en dat hier heel veel energie bij vrijkomt. Meitner en Frisch noemden het 'kernsplijting'. De studie naar kernenergie en atombommen was een feit.

²⁹ Mega-elektronvolt; 1 MeV = $1,602 \cdot 10^{-13}$ Joule

³⁰ Het Comptoneffect is een verstrooiing van gammastraling door botsingen met elektronen. Voor meer informatie, zie: Young, Freedman, *University Physics* (Pearson 2008), 1332

³¹ Pais, *Inward bound*, 399

³² Pais, 'Kernfysica in Nederland', 181

³³ Cropper, *Great Physicists*, 350

³⁴ Cropper, *Great Physicists*, 340

3.2 Bijdrage van Sizoo aan de algemene kernfysica

Wat opvalt is dat in dit verhaal Sizoo's naam geen enkele keer genoemd wordt. Dit is dan ook een beknopte samenvatting van een aantal belangrijke ontdekkingen in de jaren dertig, maar ook in uitgebreidere uiteenzettingen over de algemene kernfysica komt zijn naam niet naar voren. Zo wordt zijn naam niet genoemd in de encyclopedieën reeks *Handbuch der Physik* – een standaardwerk waarvan negen delen gewijd zijn aan kernfysica.

Ook in biografische woordenboeken, zoals *New Dictionary of Scientific Biography*, waarin biografieën van exacte wetenschappers uit heel de wereld staan, komt Sizoo's naam niet voor. Hierin staat wel een biografie in van Hans Bethe, een kernfysicus die baanbrekend onderzoek gedaan heeft over de energieproductie in sterren door kernfusie en ook Hendrik Lorentz, een bekende en belangrijke Nederlandse wetenschapper, wordt hierin vermeld. Dat Sizoo onvermeld blijft, zegt echter niet zo veel, want veel andere prominente Nederlandse wetenschappers, zoals Kamerlingh Onnes, worden ook niet genoemd. Opvallend is dat er wel een biografie van Ulhenbeck in staat, een wetenschapper uit Nederlands-Indië die zich in Utrecht bezighield met theoretische kernfysica. Een verschil is echter dat hij ook in Amerika werkzaam is geweest en zo bekendheid heeft over de wereld. Sizoo heeft, op zijn reis door Europa na, geen onderzoek in het buitenland uitgevoerd.

Hoewel Sizoo relatief weinig in het buitenland heeft gewerkt en misschien minder connecties met buitenlandse wetenschappers had dan andere Nederlandse onderzoekers, zijn zijn publicaties wel bij universiteiten over heel de wereld terechtgekomen. Dit is te zien aan de citaties volgens *Web of Science* en *Google Scholar*. Zijn werk is gebruikt voor onderzoeken aan universiteiten in onder andere Frankrijk, Duitsland en Amerika en zijn onderzoek naar remstraling in fosfor is zelfs in India geciteerd. Volgens dezelfde citaties hebben de resultaten uit zijn onderzoek niet lang geleefd. De meeste onderzoeken waarin Sizoo aangehaald wordt, komen uit de tijd rond 1950. Ook als je kijkt naar de onderwerpen waar hij onderzoek naar deed, zie je dat die tegenwoordig niet meer terugkomen. Zo vind je in de huidige literatuur niets meer terug over het UX-complex.

Sizoo's bijdrage aan de algemene kernfysica in de jaren dertig was dus niet groot. Dit komt mede doordat Sizoo zich met heel andere vakgebieden bezighield dan andere prominente kernfysici uit die tijd. Waar hij onderzoek deed naar gammastraling, radioactiviteit in de bodem en in de biofysica, werd er op internationaal gebied onderzoek gedaan naar de mogelijkheid tot kunstmatige radioactiviteit en later kernsplijting en -fusie. Hetzelfde gold voor de rest van Nederland. Alleen de ontdekking van de $(n,2n)$ -kernreactie door F.A. Heijn was baanbrekend en was terug te vinden in de algemene boeken over de kernfysica.³⁵

³⁵ Flügge, *Handbuch der Physik*, 17

Conclusie

De hoofdvraag van deze scriptie is wat de stand van zaken was wat betreft kernfysisch onderzoek in Nederland net na de Tweede Wereldoorlog. Ik beantwoord deze aan de hand van de carrière van G.J. Sizoo, die gezien wordt als de grondlegger van de Nederlandse kernfysica.

Uit het tweede hoofdstuk, waarin de Nederlandse kernfysica in de jaren dertig uiteengezet werd, blijkt dat de grootste bijdrages aan deze kernfysica van Sizoo kwamen. Naast zijn laboratorium waren er twee andere laboratoria waar een klein deel ingericht was voor kernfysisch onderzoek. Hieruit concludeer ik dat Sizoo representatief was voor de Nederlandse kernfysica van de jaren dertig.

Als je hoofdstuk twee en hoofdstuk drie – waar Sizoo's werk geplaatst wordt in de algemene kernfysica – met elkaar vergelijkt, valt op dat hij zich met heel andere dingen bezighield dan internationaal prominente kernfysici. De kernfysica begon in de jaren twintig met modellen van de atoomkern en bloeide echt op in de jaren dertig waarin de eerste deeltjesversnellers ontwikkeld werden, het neutron ontdekt werd en men zich bezig ging houden met kernreacties, kernsplijtingen, kernfusies en met de energieën die daarbij vrijkwamen. Nederland begon in diezelfde tijd pas net de kernfysica te verkennen, doordat de VU met een nieuw natuurkundig laboratorium kwam dat zich ging specialiseren in radioactiviteit. Sizoo deed daar onder andere onderzoek naar straling, biofysica en de ouderdom van de aarde. Pas in 1936, toen de eerste Nederlandse neutronengenerator in het Philips Natuurkundig Laboratorium ontwikkeld was, begon Nederland zich ook met die takken van de kernfysica bezig te houden. Dit gebeurde echter alleen in het Philips Natuurkundig Laboratorium, aangezien ze alleen daar beschikking hadden over het nieuw ontwikkelde instrument. Uit de onderzoeken hiermee is tot 1945 één grote ontdekking gedaan door F.A. Heyn.

Sizoo heeft geen grote ontdekkingen gedaan met zijn experimenten. Een reden hiervoor is dat hij in heel veel verschillende takken van de kernfysica onderzoek deed. Sloot hij een onderzoek af, dan ging hij door met experimenteren op een ander deelgebied. Zo ging Sizoo bijvoorbeeld na twee jaar onderzoek naar radioactiviteit in de biofysica over naar fundamentele fysica van radioactief fosfor (P-32).³⁶ Door deze veelheid aan onderwerpen kon hij minder diep op de stof ingaan. Toch heeft het experimenteren op zoveel verschillende vlakken ook zijn positieve kanten. Er was in Nederland namelijk helemaal geen ervaring in het doen van onderzoek naar het fenomeen radioactiviteit. Sizoo's aanpak zorgde ervoor dat de kennis over het gehele vakgebied vergroot, waardoor Nederland uiteindelijk dus breder georiënteerd was.

Als we kijken naar wat de stand van zaken van de Nederlandse kernfysica was net na de Tweede Wereldoorlog, concludeer ik dat Nederland inderdaad achterliep op de internationale kernfysica. Nederland had deze achterstand al voordat de Tweede Wereldoorlog begonnen was. Vlak voor de oorlog was Nederland net het kernfysisch onderzoek aan het verkennen, terwijl de rest van de wereld al speculeerde over het maken van een atombom en later al snel pogingen deed tot het maken ervan. Dat Sizoo in 1941 beweerde dat het praktisch onmogelijk was om zo'n bom te maken, is niet gek: hij had nog nauwelijks ervaring op dit vakgebied.³⁷ Daarbij was het onmogelijk deze

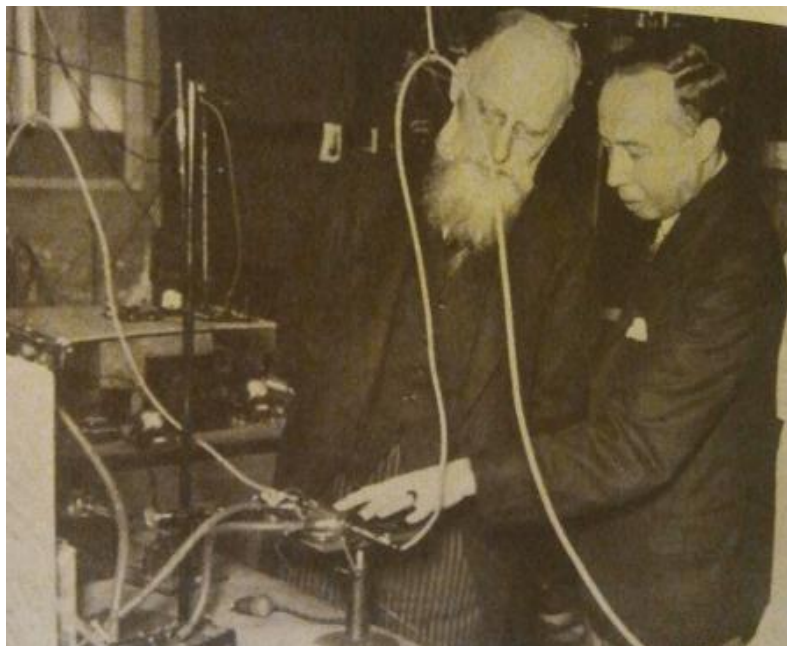
³⁶ Pais, 'Kernfysica in Nederland', 182

³⁷ 'Beker der ongelovige wetenschap', uit HDC-archief

ervaring op te doen, omdat de VU in 1940 haar eerste neutronengenerator kocht. Door de bezetting werd er niet tot nauwelijks onderzoek gedaan uit angst dat de Duitsers de meetinstrumentaria af zouden pakken en gebruiken voor gevaarlijke doeleindes. De oorlog heeft dus tot gevolg gehad dat de achterstand in experimentele kernfysica nog groter werd.

De belangrijkste reden dat Nederland achterliep, was de late start die het gemaakt heeft. Een vraag blijft waarom er niet eerder een laboratorium in Nederland zich ging spitsen op kernfysisch onderzoek. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de laboratoria al toegespitst waren op andere takken van de natuurkunde en daarin grote ontdekkingen deden. Zo werd er bijvoorbeeld in het Kamerlingh Onnes laboratorium in Leiden onderzoek gedaan naar magnetisme en werden er ontdekkingen gedaan die bijdroegen aan de kwantummechanica – een vakgebied dat in de jaren twintig groot werd.³⁸ Om deze verklaring bij te staan, moet er nader onderzoek gedaan worden naar de kwantummechanica in Nederland.

Ondanks het feit dat Sizoo's bijdrage aan de algemene kernfysica niet groot was, was Sizoo wel een belangrijke man voor de Nederlandse kernfysica. Hij heeft het vakgebied in Nederland vanaf de grond opgebouwd door onderzoek te doen naar diverse deelgebieden van de kernfysica. Hierdoor had Nederland na de oorlog een goede basis om de Nederlandse kernfysica uit te breiden tot wat het nu is.



G.J. Sizoo demonstreert een opstelling aan de minister van Onderwijs J.R. Slotemaker de Bruïne in het VU Natuurkundig Laboratorium in 1936.

³⁸ Young, Freedman, *University Physics*, 1350

Bronvermelding

Archief

Ik heb gebruikt gemaakt van het archief *G.J. Sizoo* van het Historisch Documentatie Centrum (HDC) van de VU. De volgende gebruikte artikelen komen daar vandaan:

- 'Beker der ongelovige wetenschap', *VU-kwartaal* (juni 1990).
- 'De vrije universiteit. De wis- en natuurkunde faculteit', in *De Spiegel* (1945).
- 'Enige gegevens betreffende Dr. Prof. G.J. Sizoo'.
- Pais, A., 'Kernfysica in Nederland: de beginjaren', *Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde* (1991), 179-185.

Literatuur

- Barendregt, F. en Sizoo, G.J., 'A cloud chamber with electrical automatic control', *Physica* 6 (1939), 1077-1084.
- Cropper, W.H., *Great physicists. The Life and Times of Leading Physicists from Galileo to Hawking* (Oxford University Press 2001).
- Delft, D. van, 'Tegen de roef: het Kamerlingh Onnes Laboratorium in oorlogstijd', *Gewina* 30 (2007), 247-264.
- Flipse, A., '*Hier leert de natuur ons zelf den weg*' *Een geschiedenis van Natuurkunde en sterrenkunde aan de VU* (Uitgeverij Meinema 2005).
- Flipse, A., 'Onderzoeksprojecten: Natuurkunde en sterrenkunde aan de Vrije Universiteit (1930-heden)', *Nieuwsbrief Universiteitsgeschiedenis* (2003), 35-45.
- Flügge, F. (co-auteur), *Handbuch der Physik* 38/2 (Berlijn Springer 1956-1982).
- Haan, E.F. de, *Beta-gamma coïncidenties in het UX-complex* (Uitgeverij Excelsior 1953).
- Knipp, J.K. en Uhlenbeck, G.E., 'Emission of gamma radiation during the beta decay of nuclei', *Physica* 3 (1936), 425-439.
- Kuyper, A., *Souvereiniteit in kleine kring. Rede ter inwijding van de Vrije Universiteit, den 20sten October 1880 gehouden, in het koor van de Nieuwe kerk te Amsterdam* (Amsterdam 1880).
- Pais, A., *Inward Bound. Of Matter and Forces in the physical world* (Oxford University Press 1986).
- Sizoo, G.J., *Kernphysica* (N.V. Servire 1947).
- Sizoo, G.J. en Coumou, D.J., 'The gamma radiation of the UX-complex', *Physica* 9 (1936), 921-935.
- Sizoo, G.J. et al., *Ouderdom der aarde* (Kampen 1951).
- Stahel, E., 'Notiz über die α -Strahlen übernormaler Reichweite des ThC', *Zeitschrift für Physik* 60 (1930), 595-598.
- Stahel, E., 'Über den Ursprung der weitreichenden α -Strahlen des ThC', *Zeitschrift für Physik* 63 (1930), 149-153.
- Stahel, E. en Coumou, D.J., 'Über die gammastrahlung des UX', *Physica* 2 (1935), 707-718.
- Stahel, E. en Sizoo, G.J., 'Über die Zahl der vom RaD ausgesandten gamma-Strahlquanten', *Zeitschrift für Physik* 66 (1930), 741-747.
- Young, H.D. en Freedman, R.A., *University Physics* (Pearson 2008).

Overig:

- Ik heb de volgende internetsite gebruikt:
<http://www.historici.nl/Onderzoek/Projecten/BWN/lemmata/bwn6/uhlenbeck>
Geraadpleegd op: 25-12-2012, 11:58u.
- Ook heb ik gebruik gemaakt van een bundel het vak *Geschiedenis van de moderne natuurkunde* aan de Universiteit van Utrecht (NS-361B), versie 2011-2012.
- Voor de plaatjes in deze scriptie heb ik het boek van A. Flipse '*Hier leert den natuur ons zelf den weg*' gebruikt (zie literatuur) en de zoekmachine *Google*.