



UvA-DARE (Digital Academic Repository)

Pieter Zeeman

Kox, A.J.

Publication date

2011

Document Version

Final published version

Published in

Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Kox, A. J. (2011). Pieter Zeeman. *Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde*, 77, 414-416.

General rights

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), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

Pieter Zeeman

Pieter Zeeman is samen met zijn oudere collega Johannes Diderik van der Waals decennialang bepalend geweest voor het gezicht van de Amsterdamse natuurkunde. Hij behoort ook tot de kleine groep natuurkundigen die verantwoordelijk waren voor de grote internationale reputatie die Nederland in de decennia rond 1900 in de natuurwetenschappen verwierf. Anne J. Kox

Zeeman werd geboren in het kleine dorp Zonnemaire bij Zierikzee in Zeeland, als zoon van een hervormd predikant. Hij bezocht eerst de lagere school in zijn geboortedorp en vervolgens de hbs in Zierikzee. Al vroeg gaf Zeeman blijk van een talent voor het systematisch en nauwkeurig doen van waarnemingen. In de maanden oktober en november 1882 was boven Nederland een helder noorderlicht zichtbaar. Gezeten op het dak van een schuurtje in de tuin van zijn ouderlijk huis besteedde Zeeman vele uren aan het observeren en beschrijven van dit verschijnsel. Zeemans waarnemingen werden vermeld in het Engelse blad *Nature*, in twee artikelen van de Groningse natuurkundeleraar H.J.H. Groneman, aan wie Zeeman zijn resultaten in een brief had toegestuurd. Niet veel later werd op de pastorie in Zonnemaire een envelop bezorgd, gericht aan ‘Professor Zeeman’. Het was een overdruk van een artikel van de Engelsman J. Rand

Capron, waarin werd gerefereerd aan Zeemans waarnemingen. De envelop is door Zeeman zijn gehele leven bewaard.

Na de hbs en een aanvullend examen Grieks en Latijn – het hbs-diploma gaf toen nog geen toegang tot de universiteit – ging Zeeman in 1885 in Leiden natuurkunde studeren. Eenmaal afgestudeerd begon Zeeman onder directe leiding van Heike Kamerlingh Onnes, en met steun van de theoreticus Hendrik Lorentz, aan een experimenteel onderzoek dat tot zijn promotie zou leiden. Zijn onderzoek betrof het Kerr-effect, de verandering in de polarisatietoestand van licht bij reflectie aan een spiegelende magneet.

Na zijn promotie in 1893, en na een verblijf in Straatsburg waar hij werkte aan de voortplanting van elektrische trillingen in vloeistoffen, raakte Zeeman geïnteresseerd in een ander onderwerp: de mogelijke invloed van een magnetisch veld op de ligging of de vorm van spectraallijnen. In het najaar van 1896 begon Zeeman zijn pogingen om iets van die invloed waar te nemen. De eerste door hem opgetekende waarneming dateert van 2 september. In een bewaard gebleven waarnemingsboekje beschrijft Zeeman hoe hij een in keuzenzout gedrenkt stuk asbest in een vlam tussen de polen van een elektromagneet aan het licht brengt. Het licht weerkaatst aan een tralie, en het ontstane spectrum wordt met een oculair bekeken. Zeeman bekijkt de twee D-lijnen en schrijft: “De lijnen zijn zeer scherp te krij-

gen. Wordt de magneet aangezet dan verbreedden zich de lijnen en wel zooveel tot ze 2 à 3 malen breder worden.” Geholpen door onze kennis van het verdere verloop van de gebeurtenissen herkennen we hier de feitelijke ontdekking van wat later bekend zou worden als het Zeeman-effect: de opsplitsing van een enkele spectraallijn in meerdere componenten onder invloed van een magnetisch veld. Voor Zeeman was het echter volstrekt niet zeker dat hij iets nieuws had ontdekt en dat de verbreding niet een andere oorzaak had dan het magnetisch veld. De volgende dagen zette hij zijn metingen voort, met als doel meer zekerheid te verkrijgen. Die zekerheid kreeg hij en tijdens de vergadering van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen van 31 oktober 1896 diende Kamerlingh Onnes een artikel van Zeeman in waarin het verschijnsel uitvoerig werd beschreven.

Een paar dagen na de vergadering van de Akademie kwam Lorentz met de bekende klassieke verklaring voor het verschijnsel. Hij nam aan dat in het inwendige van atomen geladen deeltjes voorkomen die harmonische trillingen uitvoeren. De frequenties van die trillingen, en daarmee ook de frequenties van het uitgezonden licht, zullen veranderen onder invloed van de door een uitwendig magneetveld veroorzaakte Lorentzkracht. In plaats van één spectraallijn worden nu drie lijnen zichtbaar als men loodrecht op de richting van het magnetisch veld kijkt. Kijkt men echter in de richting van het veld, dan zijn slechts twee lij-

nen te zien.

De theorie van Lorentz deed een belangrijke voorspelling: de twee lijnen in de richting van het veld moeten tegengesteld circulair gepolariseerd zijn. Zeeman vond deze voorspelling bevestigd. Daarmee was definitief duidelijk dat er een nieuw verschijnsel was ontdekt en had bovendien de theorie van Lorentz krachtige steun gekregen.

Uit zijn waarnemingen kon Zeeman ook berekenen wat de verhouding van lading en massa was van de binnen de atomen trillende deeltjes. Merkwaardigerwijs bleek die zeer veel groter te zijn dan van andere geladen deeltjes, zoals de uit de scheikunde bekende ionen. Niet lang na de ontdekking van het Zeeman-effect liet de Engelsman J.J. Thomson zien dat de zogenaamde kathodenstralen ook uit deeltjes bestonden, met dezelfde verhouding van lading en massa als de deeltjes van Lorentz en Zeeman. Het deeltje kreeg de naam elektron.

Al spoedig bleek dat het Zeeman-effect ook ingewikkelder vormen heeft: een opsplitsing in meer dan drie lijnen. De theorie van Lorentz kon daarvan niet goed rekenschap geven en ook andere, latere theorieën slaagden daar niet in. Pas door de quantummechanica en de invoering van de elektronspin kon dit anomale Zeeman-effect bevredigend worden verklaard.

Hoewel het Zeeman-effect in Leiden werd ontdekt, vond de verdere uitwerking van de vondst plaats in Amsterdam, waar Zeeman in 1897 tot lector werd benoemd. Daar zag hij bijvoorbeeld voor het eerst de voorspelde opsplitsing van een lijn, in plaats van alleen maar een verbreding. Zeemans verhuizing naar Amsterdam betekende niet dat het contact met Lorentz verminderde. Integendeel, ze voerden een uitvoerige correspondentie waarin ze elkaar op de hoogte hielden van hun experimentele vorderingen. Ook Lorentz hield zich in die tijd namelijk bezig met experimenteren – iets dat



Pieter Zeeman, geportretteerd door Jan Veth.

maar bij weinigen bekend is.

In de jaren na de eeuwwisseling groeide Zeemans internationale reputatie. Hij leerde veel buitenlandse collega's kennen en ontving tal van eerbewijzen. De belangrijkste was natuurlijk de Nobelprijs in 1902. Dat Zeeman de prijs kreeg werd overigens pas op het laatste ogenblik beslist: er was een krachtige lobby gevoerd om Lorentz de prijs toe te kennen voor zijn gehele werk op het gebied van het elektromagnetisme, maar het Nobelcomité had bedenkingen tegen de bekroning van een theoreticus. Volgens de bepalingen van de Nobelprijs moest deze immers worden uitgereikt voor een ontdekking of uitvinding. Zo'n ontdekking was wel gedaan door Zeeman en zo kregen Lorentz en Zeeman samen de prijs voor hun werk op het gebied van de magneto-optica.

Zeemans universitaire carrière verliep aanvankelijk wat traag. In 1900 werd hij benoemd tot buitengewoon hoogleraar, maar een benoeming tot gewoon hoogleraar liet op zich wachten, ook na de Nobelprijs. Pas toen hij enkele malen had bedreigd aantrekkelijke aanbiedingen van elders aan te nemen, werd hem toegezegd dat hij Johannes van der Waals bij diens emeritaat in 1908 zou opvolgen, als hoog-

leraar en als directeur van het laboratorium. Zo werd Zeeman in 1908 de toonaangevende figuur in de Amsterdamse natuurkunde en dat zou hij tot zijn emeritaat blijven. In deze jaren keerde hij zich langzaam maar zeker af van zijn onderzoek op het gebied van de magneto-optica en raakte hij geïnteresseerd in ander onderzoek. Zo bepaalde hij met grote precisie de snelheid waarmee het licht zich in stromend water en bewegend glas voortplant. De uitkomsten gaven experimentele steun aan de speciale relativiteitstheorie.

Al vroeg in zijn carrière had Zeeman de ambitie om ooit de leiding te hebben over een eigen laboratorium waar hij geen rekening hoefde te houden met andere

hoogleraren en geheel zijn eigen gang kon gaan. Het duurde echter tot 1917 voordat de Amsterdamse gemeenteraad – de universiteit was toen nog een gemeentelijke instelling – het besluit nam naast het bestaande gebouw aan de Plantage Muidergracht een nieuw laboratorium voor Zeeman te laten bouwen. Uiteindelijk kon pas in 1921 met de bouw worden begonnen en in 1923 werd het nieuwe laboratorium officieel in gebruik genomen. Het kreeg de naam Laboratorium Physica. Het nieuwe laboratorium was voorzien van de meest moderne apparatuur en bevatte bovendien een aantal unieke trillingvrije ‘tafels’: zeer zware, apart gefundeerde blokken beton, waarvan het grootste ongeveer 250.000 kg woog. Dankzij deze voorzieningen kon Zeeman nieuw precisieonderzoek doen, bijvoorbeeld naar de hyperfijnstructuur van spectraallijnen. Helaas is het prachtige historische gebouw enkele jaren geleden door de Universiteit van Amsterdam verkwanseld. Het bevat nu appartementen.

Na Zeemans emeritaat in 1935 bleef zijn leerstoel tot 1940 onbezet, omdat men het niet eens kon worden over een opvolger. Uiteindelijk werd hij opgevolgd door de experimentator C.J. Gorter. Zeeman was niet geluk-

Anne Kox (1948) studeerde theoretische natuurkunde aan de UvA en promoveerde daar in 1976. Hij is nu hoogleraar Geschiedenis van de Natuurkunde aan de UvA. Ook is hij sinds 1985 verbonden aan het Einstein Papers Project, nu als Senior Visiting Editor.



a.j.kox@uva.nl

kig met deze keuze, omdat Gorter niet bijzonder in spectroscopie was geïnteresseerd, maar hij heeft de benoeming niet kunnen verhinderen, ondanks pogingen in die richting. Voor Zeeman moet deze zaak buitengewoon teleurstellend zijn geweest en over het omdopen van het Laboratorium Physica in Zeemanlaboratorium ter gelegenheid van zijn 75^e verjaardag in 1940 zal hij op zijn minst gemengde gevoelens hebben gehad. Hij vreesde voor de voortzetting van zijn levenswerk, het spectroscopisch onderzoek.

Pieter Zeeman (1865–1943) was een van de NNV-oprichters.

Zeeman was een vriendelijke maar wat afstandelijke man, die als fysicus hoge eisen aan zichzelf en aan anderen stelde. Hij was bepaald geen zwakke persoonlijkheid: niet alleen leverde hij belangrijke wetenschappelijke prestaties, maar ook wist hij met grote volharding het doel te bereiken dat hij vanaf het begin van zijn carrière duidelijk voor ogen had, namelijk onafhankelijkheid in een eigen labo-

ratorium.

De laatste jaren van Zeemans leven werden overschaduwd door de oorlogsomstandigheden en daarnaast door een geleidelijk slechter wordende gezondheid. Op 9 oktober 1943 overleed Pieter Zeeman na een korte ziekte. Drie dagen later werd hij tijdens een sobere plechtigheid in Haarlem begraven, niet ver van het graf van mede-Nobelprijswinnaar Lorentz.

416



Ook u kent vast een getalenteerde en enthousiaste docent(e) die de leerlingen van de eerste tot de laatste schooldag inspireert en enthousiasmeert voor het vak. Deze toppers willen we natuurlijk graag in het zonnetje zetten. Daarom kiest de NNV elk jaar de

Natuurkundedocent(e) van het Jaar

Hierbij nodigen wij u van harte uit om een natuurkundedocent(e) voor te dragen voor de verkiezing van de Natuurkundedocent(e) van het Jaar 2012.

Aan de prijs is een bedrag verbonden van € 1000,- voor de docent (e) persoonlijk en € 1500,- voor de school waar de docent (e) werkzaam is.

Meer informatie op www.nnv.nl (-> activiteiten -> kringen en secties -> sectie OW) en bij Naortje de Graaf: tel. 020 - 597 7711 of verenigingsmanager@nnv.nl.

Adres:
Natuurkundedocent van het Jaar 2012
p/a Bureau NNV
Postbus 21982
1009 ZJ Amsterdam

Op de foto: Kees van Sijbe en een vlam uit een stuurkoker uit de jaren 1900.

