METINGEN OVER DE ULTRAVIOLETTE MAGNETISCHE DRAAIING IN GASSEN

J. F. SIRKS

NASIONAL RI

80 hal

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

METINGEN OVER DE ULTRAVIOLETTE MAGNETISCHE DRAAIING IN GASSEN.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

Bib ID = 0010-48982960
Item ID = 212295618

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

V. 270

METINGEN OVER DE ULTRAVIOLETTE MAGNETISCHE DRAAIING IN GASSEN.

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN

Doctor in de Wis- en Natuurkunde

AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE LEIDEN

OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

DR. B. D. EERDMANS

HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER GODGELEERDHEID

VOOR DE FACULTEIT DER WIS- EN NATUURKUNDE
TE VERDEDIGEN

OP MAANDAG 25 NOVEMBER 1912, DES NAMIDDAGS TE 4 UUR

DOOR

JAN FREDERIK SIRKS,

GEBOREN TE DEVENTER.

GEDRUKT BIJ H. P. DE SWART & ZOON
TE 'S-GRAVENHAGE.

KON. NEDERL. GENOOTSCHAP VOOR NIJVERHEID EN HANDEL
KUNSTEN EN WETENSCHAPPEN

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Aan mijne moeder en mijne aanstaande
in nagedachtenis mijns vaders.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Aan het einde van mijn proefschrift gekomen, is het mij een aangename taak, U, Hoogleeraren en Oud-Hoogleeraren, wier colleges ik heb mogen volgen, mijn dank te betuigen.

Door het werken op Uw laboratorium, Hooggeleerde KAMERLINGH ONNES, Hooggeachte Promotor, gevoelde ik mij tot de proefondervindelijke natuurkunde het meest aangetrokken en werd mijn verdere studierichting bepaald. Voor de aansporing tot dit onderzoek en de belangstelling aan dit proefschrift bewezen, ben ik U ten zeerste erkentelijk.

Onder Uwe leiding, Hooggeleerde SIERTSEMA, had ik het voorrecht deze metingen te Delft als assistent te mogen verrichten; Uwe zeer gewaardeerde raadgevingen en hulpvaardigheid hebben veel tot het welslagen der proeven en tot de samenstelling dezer dissertatie bijgedragen.

Den Chef-Instrumentmaker P. VAN DEN AKKER ben ik veel verplicht voor de zorg aan het vervaardigen der camera en andere onderdeelen besteed.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

INHOUD.

HOOFDSTUK I.

Bladz.

Inleiding 1

HOOFDSTUK II.

Voorloopige proeven. Gebruikte methode 13

HOOFDSTUK III.

Inrichting der gebruikte toestellen 24

HOOFDSTUK IV.

Dispersiemetingen. Zuurstof 40
Waterstof 49
Koolzuur 54
Dispersiekrommen 57

HOOFDSTUK V.

De bepaling der Verdet'sche constanten in absolute maat. Berekening van e/m 59
Stellingen 71

PERPUSTAKAAN NASIONAL

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

HOOFDSTUK I.

INLEIDING.

§ 1. Toen FARADAY[1]) in 1845 voor de zesde maal naar «een verband tusschen licht en electriciteit» zocht, gelukte het hem eene draaiing van het polarisatievlak van een rechtlijnig gepolariseerden lichtstraal aan te toonen, wanneer deze een stuk loodglas, dat zich in een magnetisch veld bevond, in de richting der krachtlijnen doorliep.

Na hem hebben tal van onderzoekers dit verschijnsel bestudeerd en bewezen, dat alle doorschijnende vaste stoffen, vloeistoffen en gassen tusschen de polen van een electromagneet of binnen in een draadklos gebracht dit effect vertoonen. De draaiingshoek (ω) is in een homogeen veld evenredig met de magnetische veldsterkte (H) en met den door den straal in de stof afgelegden weg (l), zoodat de draaiing voorgesteld kan worden door:

$$\omega = RHl$$

waarin R de Verdet'sche Constante, d. i. de draaiing per cm in een veld sterk 1 Gauss, voor een bepaalde

[1]) FARADAY. Experimental Researches in Electricity. Vol. III.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

stof genoemd wordt ter herinnering aan VERDET[1]), die het eerst deze betrekking afleidde.

In de meeste gevallen is het veld niet homogeen en verandert H langs l, dan moet R uit:

$$\omega = R \int_A^B H \, dl$$

berekend worden, als A en B de punten zijn, waar het licht de stof binnentreedt en verlaat; met invoering van den magnetischen potentiaal V kunnen we:

$$\omega = R \left(V_A - V_B \right)$$

stellen.

Bij de ferromagnetische metalen is ω niet meer evenredig met de veldsterkte; KUNDT[2]) nam bij ijzerlaagjes van $5{,}5 \times 10^{-5}$ mm dikte waar, dat de magnetische draaiing, evenals de magnetisatie, een maximum bereikt. Later bewees DU BOIS[3]), dat bij ijzer, cobalt en nikkel de draaiing evenredig is met de magnetisatie. Hij noemde de draaiing per cm voor een magnetisatie 1 de Kundt'sche Constante.

§ 2. Men vindt zoowel positieve (in een richting passende bij die der krachtlijnen) als negatieve draaiing, doch er bestaat geen direct verband tusschen het teeken der draaiing en dat der magnetisatie. De meeste diamagnetische stoffen, waarvoor de susceptibiliteit K negatief is, vertoonen een positieve draaiing bijv.: water,

---

[1]) VERDET. Ann. Chim. Phys. (3). 41, p. 370, 1854.
[2]) KUNDT. Wied. Ann. 23, p. 228, 1884; 27, p. 191, 1886.
[3]) DU BOIS. Wied. Ann. 31, p. 941, 1887.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

zwavelkoolstof, waterstof; alleen titaniumchloride is als diamagnetische stof met negatieve draaiing bekend. Paramagnetisme ($K > 0$), met positieve draaiing verbonden, treedt op bij de ferromagnetische metalen, nikkel- en cobaltzouten, zuurstof en stikstof, met negatieve draaiing bij de meeste ijzerzouten en die der zeldzame aarden.

Opmerkelijk blijft het:

1°. dat slechts één diamagnetische stof negatief draait;

2°. dat de paramagnetische Co- en Ni-zouten positief, dat de paramagnetische Fe-zouten negatief draaien.

§ 3. In tegenstelling met de natuurlijke draaiing bij kwarts, suiker en andere actieve stoffen is de richting der magnetische draaiing onafhankelijk van die der voortplantingsrichting. Een kwartsplaatje bijv., dat door een enkelvoudigen lichtstraal in de richting der optische as heen en terug doorloopen wordt. vertoont geen natuurlijke draaiing; brengen we echter hetzelfde plaatje in een magnetisch veld, waarvan de veldrichting met die der optische as in het kwarts samenvalt, dan wordt de hoek der magnetische draaiing verdubbeld.

Reeds FARADAY paste deze eigenschap toe; hij verzilverde het voor- en achtervlak van het door hem gebruikte stuk loodglas en nam het zilver weg op de plekken, waar het licht in en uit het glas trad. Een lichtstraal, die op het voorvlak onder een kleinen hoek met den normaal inviel, verliet na herhaalde terugkaatsingen het achtervlak, zoodat de door den straal in het glas afgelegden weg 11 tot 15 maal de plaatdikte bedroeg. Ook BECQUEREL bediende zich bij zijne waarnemingen met gassen van dit hulpmiddel; dat de lichtstralen een kleinen hoek met de veldrichting maken, komt

PERPUSTAKAAN NASIONAL

eerst voor zeer nauwkeurige metingen in aanmerking.

§ 4. Naast het bepalen der absolute Verdet'sche constanten zijn vele onderzoekingen verricht, om de verandering der draaiing met de golflengte (de draaiingskleurschifting) na te gaan. Bij de meeste doorschijnende stoffen werd een normale dispersie, een toenemen van de draaiing met afnemende golflengte, gevonden.

Bij de metalen vond KUNDT, na hem DU BOIS, LOBACH [1]) en HIRSCH [2]) anomale dispersie; de draaiing voor rood licht was grooter dan die voor violet licht, wat aan het absorptievermogen der metalen toegeschreven werd.

Waren reeds vroeger door MAXWELL [3]) en van SCHAIK [4]) uit theoretische overwegingen dispersieformules opgesteld, die de waarnemingen vrij nauwkeurig voorstelden, BECQUEREL [5]) gaf het eerst een eenvoudig verband met de gewone dispersie en drukte de magnetische draaiing uit door:

$$\omega = \mathrm{C}\lambda \frac{dn}{d\lambda}$$

waarin n de brekingsindex voor licht van de golflengte λ en C één bij de stof behoorende constante voorstelt.

FITZGERALD [6]) en HALLO [7]) wezen op de betrekking tusschen het ZEEMAN-effect (de splitsing van emissie- en

---

1) W. LOBACH. Wied. Ann. 39, p. 347, 1890.
2) E. HIRSCH. Wied. Ann. 48, p. 446, 1893.
3) MAXWELL. Phil. Mag (4). p. 21. 1861.
4) VAN SCHAIK. Proefschrift. Utrecht. 1882.
5) BECQUEREL. C. R. 125, p. 679, 1897.
6) FITZGERALD Proc. Roy. Soc. 63, p. 31. 1898.
7) HALLO. Proefschrift. Amsterdam. 1902.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

absorptielijnen in een magnetisch veld) en de magnetische draaiing; op de basis der electronentheorie werd dit door VOIGT volledig uitgewerkt en een formule gelijk aan die van BECQUEREL afgeleid [1]), die echter alleen geldigheid bezit voor het geval, dat de draaiende stof één absorptiestreep heeft en men de omgeving van deze lijn van zijne beschouwingen uitsluit.

Daar in de buurt van absorptielijnen de brekingsindex sterk met de golflengte verandert, d. w. z. $dn/d\lambda$ groote waarden verkrijgt, bevestigt de Becquerel'sche formule qualitatief het anomale verloop der magnetische draaiing nabij een absorptielijn, wat voor natriumdamp in de nabijheid der D-lijnen door MACALUSO en CORBINO [2]), HALLO [3]) en anderen uitvoerig onderzocht werd. Voor absorbeerende vloeistoffen en zoutoplossingen, o.a. ijzerchloride, vond COTTON [4]) en voor rood bloedloogzout SIERTSEMA [5]), dat, bij nadering vanaf de roode zijde van een in het violet gelegen absorptiegebied de absolute waarde der magnetische draaiing sterk toeneemt.

Na de onderzoekingen van SCHMAUSS [6]) met organische kleurstoffen en oplossingen van de zeldzame aarden, die absorptiebanden in het zichtbare spectrum vertoonen en de daaropvolgende kritiek van BATES [7]), dat

---

1) VOIGT. Magneto- und Elektro-optik. p. 127. 1908.
2) MACALUSO en CORBINO. C. R. 127, p. 548, 1898.
3) HALLO. Proefschrift. Amsterdam. 1902.
4) COTTON. l'Eclair. electr. 8, 162, p. 199, 1896.
5) SIERTSEMA. Arch. Neérl. (2). 5, p. 447, 1900.
6) SCHMAUSS. Ann. de Phys. 2, p. 280, 1900; 8, p. 842, 1902, 10, p. 853, 1903.
7) BATES. Ann. d. Phys. 12, p. 1080, 1091, 1903.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

de waargenomen grootere draaiingen maar schijnbaar zouden zijn, toonde SIERTSEMA [1]) aan, dat op zijne metingen de door BATES vermelde foutenbron niet van invloed was geweest, wat later door DREPPER's [2]) waarnemingen met roodbloedloogzout bevestigd werd. Over het gedrag der oplossingen van de zeldzame aarden verrichtte ELIAS [3]) uitgebreide onderzoekingen en vond zeer sterke anomaliën, tevens gaf hij terzelfder plaatse een waardevolle kritiek van alle bij dergelijke metingen gebruikte methodes.

§ 5. Daar voor dit proefschrift metingen met gassen verricht zijn, zal ik de vroegere metingen met gassen eenigszins uitvoeriger behandelen.

Omstreeks 1880 bewezen KUNDT en RÖNTGEN [4]) gelijktijdig met H. BECQUEREL [5]), dat het FARADAY-effect ook bij gassen optrad.

KUNDT en RÖNTGEN drukten de gassen samen in een 1,5 m lange, koperen buis met een inwendige middellijn van 3 mm en een uitwendige van 10 mm. Aan de einden was deze buis afgesloten door 3 mm dikke glasplaten, die door den hoogen druk dubbelbrekend werden, zoodat zij gedwongen waren hunne polarisatoren, 2 toermalijnen, tusschen de glasplaten binnen in de buis te bevestigen. Zes draadklossen te zamen 90 cm lang waren om de proefbuis geschoven, het magnetisch

---

1) SIERTSEMA. Versl. Kon. Ak. Amst. 12, p. 749, 1904.

2) DREPPER. Inaug. Dissert. Münster. 1907.

3) ELIAS. Proefschrift. Utrecht. 1909.

4) KUNDT en RÖNTGEN. Wied. Ann. 6, p. 332, 8, p. 278, 1879, 10, p. 257, 1880.

5) H. BECQUEREL. Ann. Chim. Phys. (5). 21. p. 289, 1880.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

potentiaalverschil tusschen de einden van den klos bedroeg 90000 CGS. Door het eene einde der buis met behulp van een gewicht te wringen, kon uitdooving verkregen worden voor het gele licht, dat door toermalijn wordt doorgelaten; de gevraagde draaiingshoek, die hier gelijk was aan den wringingshoek, werd door een spiegelaflezing bepaald. Uit hunne metingen volgde de verhouding der draaiing van een vijftal gassen tot die van zwavelkoolstof, dat zich in een even lange buis binnen in de klossen bevond voor licht van een gemiddelde golflengte van 5800 AE.[1]).

Door met een gashouder het volume te meten van een bekend gedeelte van het gas werd de dichtheid bij de hooge drukken bepaald, en onder aanname, dat de draaiing evenredig was met de dichtheid, kon bovenstaande verhouding voor de gassen onder een druk van één atmospheer berekend worden. De inrichting hunner toestellen liet niet toe de draaiing en kleurschifting te bepalen. Dit gelukte BECQUEREL. Deze verrichtte zijne metingen bij een druk van één atmospheer en vergrootte den in het gas doorloopen weg, door de lichtstralen viermaal op verzilverde platen terug te kaatsen, tot een lengte van 30 meter. Hij gebruikte een halfschaduwpolarisator met een halfschaduwhoek van 5°; achter den draaibaren analysator-nicol stond een kijker, waarin van het ronde diaphragma der halfschaduw door de herhaalde terugkaatsingen een rij van beelden werd waargenomen. Met behulp van gekleurde glazen en oplossingen onderde hij uit het door hem gebruikte kalklicht

1) KAYSER. Handbuch. Band III. p. 388.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

verschillende gedeelten van het spectrum af. Tegelijkertijd werd de draaiing gemeten in een koperen buis met zwavelkoolstof van $^1/_2$ m lengte op verschillende plaatsen binnen de draadklossen, door haar telkens over een afstand gelijk aan de lengte te verplaatsen. Na een correctie voor de draaiing in de platen, die de buis met zwavelkoolstof afsloten, bepaalde BECQUEREL uit zijne metingen de verhouding der draaiingen in zwavelkoolstof voor licht van de golflengte der Fraunhoferstreep D en voor die der gebruikte filters.

BECQUEREL kwam tot het resultaat, dat bij de meeste gassen de kleurschifting normaal was, dat n.l. de draaiing toenam bij het kleiner worden der golflengte, en wel ongeveer omgekeerd evenredig met de 2de macht der golflengte. Alleen bij zuurstof werd iets anders gevonden. Hier zou de draaiingshoek voor rood licht iets grooter zijn dan voor de groene lichtstralen en de dispersiekromme een vlakker verloop hebben. Deze afwijking bracht hij in verband met de magnetische eigenschappen, daar zuurstof van alle gassen de grootste susceptibiliteit bezit.

§ 6. SIERTSEMA [1]) bepaalde de Verdet'sche constanten en de draaiingsdispersie in zuurstof, stikstof, lucht, stikstofoxyduul, waterstof en koolzuur.

De opstelling geleek veel op die van KUNDT en RÖNTGEN, echter waren de toermalijnplaten door nicols van het type STEEG en REUTER met loodrechte eindvlakken vervangen, was het magnetisch potentiaal-

---

[1]) SIERTSEMA. Arch. Neérl. (2). 2. p. 291, 1899. Als supplement n°. 1 verschenen in de „Communications. Phys. Laborat. Leiden".

PERPUSTAKAAN NASIONAL REPUBLIK INDONESIA

verschil tusschen de einden der draadklossen tot 315000 CGS (e. m.) bij een stroomsterkte van 70 ampère vergroot, terwijl het uit den analysator tredend licht in een spectroscoop ontleed werd. Dit werd oorspronkelijk voor natuurlijk draaiende stoffen door Broch [1]) toegepast.

Het gas werd op 90 atmospheren samengeperst in in een 230 cm lange koperen buis van 3 cm uitwendige middellijn en 0,5 cm wanddikte, die in 2 zware bronzen eindstukken bevestigd was, waarbinnen zich de nicols bevonden en die door flenzen met glazen sluitplaten van 1,5 en 0,9 cm dikte konden worden afgesloten. De proefbuis was in een 2 m langen draadklos geschoven, op het polarisatoreinde was een arm met staaldraad en contragewicht bevestigd, waarmede dit eindstuk der buis met den zich er in bevindenden nicol over kleine hoeken gewrongen kon worden; met een spiegelaflezing werden de draaiingshoeken rechtstreeks gemeten, een metaalmanometer gaf den druk in $^1/_{10}$ kg/cm^2 aan en met een waterbad, tusschen de proefbuis en draadklossen aangebracht, kon de temperatuur van het gas bepaald worden. Het magnetisch potentiaalverschil tusschen de einden der proefbuis (voor een stroomsterkte van 1 e.m. CGS eenheid) werd uit de afmetingen der draadklossen berekend; een vergelijking van den gebruikten galvanometer met een tangentenboussole en een kopervoltameter gaf de stroomsterkte in absolute maat.

---

[3]) Broch. Dove's Repert. 7. p. 113, 1846.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

De gevolgde methode komt hierop neer:

Het licht van een booglamp, door een collimator evenwijdig gemaakt, wordt door een nicol gepolariseerd, doorloopt de proefbuis met het samengeperste gas en wordt door een tweeden nicol volkomen uitgedoofd. Wanneer echter de stroom door de draadklossen gezonden wordt, zal het polarisatievlak worden gedraaid en eerst uitdooving te krijgen zijn door wenteling van den polarisator. Daar het gas de polarisatievlakken der verschillende lichtsoorten over ongelijke hoeken draait, zullen de kleuren één voor één worden uitgedoofd. Het uit den analysator tredende licht wordt door een prisma ontleed. In één daarachter opgestelden kijker neemt men een spectrum met een donkeren band waar, die zich bij draaiing van den nicol beweegt en door zijne plaats de golflengte aangeeft, waarvoor het polarisatievlak loodrecht op dat van den analysator staat.

SIERTSEMA bepaalde de draaiing rechtstreeks voor verschillende plaatsen van het spectrum van 0,656 μ in het rood tot 0,423 μ in het violet. Hij stelde den kijker van den spectroscoop op de waar te nemen plaats van bekende golflengte in, sloot den stroom in den draadklos en draaide den polarisator tot het midden van den donkeren band met het dradenkruis in den kijker samenviel.

Na omkeering van den stroom moest de nicol over het dubbele van den gevraagden hoek gedraaid worden, om den band op dezelfde plaats in het spectrum te zien.

§ 7. Uit onderstaande tabel blijkt in hoeverre de vroeger bepaalde draaiingsconstanten met de zijne overeenkomen. De waarnemingen zijn tot een druk

PERPUSTAKAAN NASIONAL

van 1 atmospheer en een temperatuur van 20° herleid. Deze tabel geeft de waarden van de draaiing per cm in een magnetisch veld van 1 Gauss voor Na licht, in boogminuten vermenigvuldigd met 10^8:

	Kundt & Röntgen.	Becquerel	Siertsema.	Druk in Atmospheren.
Zuurstof	460	581	519 . .	90—100
Stikstof	539	611	550 . .	90—110
Lucht	537	633	546 . .	90—100
Waterstof . . .	558	—	556 . .	80—95
Koolzuur	—	1203	817 . .	20—25
Stikstofoxyduul .	—	1565	598 . .	25—35

Bovendien verrichtte SIERTSEMA [1]) metingen met zuurstof, bij drukken van 38—100 atmospheren voor licht van de golflengte 6080 AE, waaruit de evenredigheid van de magnetische draaiing met de dichtheid van het gas volgde, zoodat de verschillen met de 2de kolom aan andere oorzaken moeten toegeschreven worden.

Voor de dispersie der gassen werd het volgend resultaat verkregen, waarbij de draaiingsconstante voor Na-licht als eenheid genomen is en slechts die gassen vermeld worden, die in dit proefschrift behandeld worden.

---

[1]) Comm. n°. 49. Versl. Kon. Ak. Amst. 27 Mei 1899.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

Golflengte in μ.	Zuurstof.	Waterstof.	Koolzuur.
0,656	0,866	0.800	0,802
0,619	0,936	0,903	0,903
0,589	1,000	1,000	1,000
0,555	1,080	1,134	1,131
0,527	1,156	1,263	1,260
0,517	1,186	1,316	1,311
0,486	1,290	1,500	1,491
0,454	1,429	1,735	1,721
0,431	1,565	1,939	1,921
0,423	1,624	2,020	1,998

In tegenstelling met BECQUEREL's resultaten neemt ook bij zuurstof de draaiing met het afnemen der golflengte toe, hoewel de loop der dispersiekromme van die der andere gassen sterk afwijkt.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

HOOFDSTUK II.

VOORLOOPIGE PROEVEN. GEBRUIKTE METHODE.

§ 8. Om tusschen de verschillende theorieën, die ter verklaring van de magnetische draaiing opgesteld zijn, te beslissen, kan men in het zichtbare spectrum metingen verrichten in de buurt van absorptielijnen en -banden en nagaan of aan beide zijden de draaiing hetzelfde teeken[1]) dan wel tegengesteld teeken vertoont.[2]) Bij volkomen doorzichtige stoffen zal er slechts van eene toetsing sprake kunnen zijn, indien men zijne waarnemingen over een grooter spectraalgebied uitstrekt; men heeft dan reden te verwachten, dat in het ultraviolet, waar de draaiingsconstanten veel grooter zijn, de resultaten zich door de ééne theorie beter laten voorstellen dan door de andere en dat bij nadering van het ultraviolette absorptiegebied een sterke toename der draaiing merkbaar wordt.

Waar men bij de gassen met hunnen eenvoudigen moleculairen bouw en wel in het bijzonder bij water-

1) VOIGT. Magneto- und Elektro-optik p. 133. DRUDE. Hypothese van het Hall-effect. Lehrbuch p. 429. 1906.

2) DRUDE. Hypothese der moleculairstroomen. Lehrbuch p. 419.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

stof, de gewone lichtbreking door het aannemen van één soort ultraviolette electronen, met eene bepaalde waarde van e/m, goed kan voorstellen[1]) en men uit draaiingsbepalingen op de door SIERTSEMA[2]) aangegeven wijze e/m berekenen kan, rijst de vraag of men niet door ultraviolette metingen zou kunnen uitmaken of deze waarde van e/m werkelijk constant blijft en men dus bij waterstof tot zulk een eenvoudige voorstelling gerechtigd is.

Het verloop der ultraviolette magnetische draaiing was alleen in vaste stoffen en vloeistoffen onderzocht, zoodat ik gaarne het aanbod van Prof. KAMERLINGH ONNES aannam, om te trachten SIERTSEMA's metingen over het ultraviolette spectrum uit te breiden en daarvoor gebruik te maken van de toestellen, die bij deze metingen hadden gediend. Deze toestellen werden daarvoor naar het Natuurkundig Laboratorium te Delft overgebracht.

Om ze met goed gevolg voor metingen in het ultraviolet te kunnen gebruiken, moest allereerst de absorptie der ultraviolette stralen vermeden worden. In plaats van glas werd als materiaal voor de sluitplaten, lenzen en prisma kwarts gekozen. De nicols met canadabalsem, dat alles onder 3400 AE absorbeert, werden door Glan'sche nicols met een luchtlaag vervangen.

§ 9. Om het spectrum zichtbaar te maken, had ik de keus tusschen de fluoresceerende werking der ultraviolette straling of de photographie.

---

[1]) ABRAHAM. Theorie der Elektrizität. II. p. 261. 1908.
[2]) SIERTSEMA. Versl. Kon. Ak. Amst. 11. p. 499. 1902.

PERPUSTAKAAN NASIONAL REPUBLIK INDONESIA

Daar ik in 1910 in het Delftsche Laboratorium niet de beschikking had over een spectrograaph, vond ik het wel de moeite waard nog eens na te gaan, in hoeverre de fluorescentie toegepast kon worden.

Reeds in 1882 gaf VAN SCHAIK[1]) in zijn proefschrift, te Utrecht uitgekomen, ultraviolette draaiingsmetingen in flintglas en water. Hij gebruikte een fluoresceerend oculair in navolging van SORET en SARAZIN bij hunne bepaling van het natuurlijk draaiingsvermogen in kwarts, doch het gelukte hem niet de lijn N (3582 AE) in het zonnespectrum te passeeren.

Aangezien de waarnemingen berusten op het laten samenvallen van een donkeren band in een doorloopend spectrum met het snijpunt van 2 kruisdraden in het oculair en deze instelling verkregen wordt bij bijna gekruisten stand der nicols, dus bij zeer geringe lichtsterkte, was een lichtbron van groote intensiteit noodig, welke gevonden werd in een zelfregelende gelijkstroombooglamp van WEULE in Goslar (60 volt—30 ampère) met horizontale positieve en een verticale negatieve kool; zij verschafte een sterk lichtgevenden krater van constant brandpunt. Dit licht — door een collimator evenwijdig gemaakt — doorliep de hoogedrukbuis (in een 2 m langen draadklos geplaatst) en werd door een spectroscoop ontleed.

Het fluoresceerend oculair was gemaakt naar dat van LIVEING en DEWAR[2]) en was gevuld met aesculine

---

[1]) Ook Arch. Néerl. 17. p. 373. 1882.

[2]) On some modifications of SORET's fluorescent eye-piece. Cambridge Proc. 4. p. 342. 1883.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

oplossing. Reeds spoedig bleek me, dat wegens lichtzwakte fluorescentiewaarnemingen onmogelijk waren, niettegenstaande de voorzorgen om diffuse terugkaatsingen te vermijden.

Borel [1]) slaagde erin met gebruikmaking van een fluoresceerend oculair nog verder te komen en bepaalde voor kwarts in de richting van de optische as zelfs de magnetische draaiing voor Cd 25 (2194 AE), wat door de geringe absorptie in kwarts en den korten afstand tusschen de nicols te verklaren is.

§ 10. In 1889 paste Joubin [2]) voor het eerst de photographie toe bij zijne proeven over de magnetische draaiing in steenzout. Als lichtbron gebruikte hij een cadmiumvonk, dus een discontinu spectrum; door draaiing van één der nicols doofde hij achtereenvolgens de spectraallijnen uit en onder een aantal opnamen koos hij die, waarbij het beeld van een bepaalde ultraviolette spectraallijn op de plaat ontbrak. Joubin zelf zegt, dat zijn methode te ongevoelig en zeer veranderlijk met de golflengte was, daar in het uiterste ultraviolet het beeld van Cd 24 (2267 AE), na een nicoldraaiing van 3° te voorschijn kwam, terwijl voor Cd 18 (2573 AE) een draaiing van 1° noodig was. Deze manier van werken heeft dus alleen waarde voor het meten van groote draaiingshoeken.

Toch werd nog door mij nagegaan, in hoeverre deze methode voor gassen bij een doorloopend spectrum van een electrischen lichtboog toegepast kon worden.

---

1) Borel. Arch. des Sc. Phys. et Nat. Genève. 16, p. 24, 1903.
2) Joubin. Ann. Chim. Phys. S. 6. T. 16. p. 78. 1889.

PERPUSTAKAAN NASIONAL REPUBLIK INDONESIA

De gevoeligheid kan toch verhoogd worden door op een zelfde plaat als vergelijkingsspectrum dat van cadmium te photographeeren, zonder werking van het magnetisch veld, dus bij verbroken stroom, en de plaats van het midden van den draaiingsband ten opzichte van lijnen van bekende golflengte op het negatief uit te meten, zooals dit bijv. bij absorptiebepalingen gebruikelijk is. De te bereiken nauwkeurigheid is grooter dan die, welke door instellen op het verdwijnen van een spectraallijn bij JOUBIN's methode verkregen wordt.

Nadat in den zomer van 1911 in de werkplaats een camera vervaardigd was, werden door mij opnamen gemaakt, door onder elkander te photographeeren het Cd-spectrum bij verbroken stroom en den band in het doorloopend spectrum van een booglamp bij verschillende stroomsterkten.

De nicols waren vooraf zoo gesteld, dat bij een bepaalde stroomsterkte (bijv. 40 ampère) de band zich in het geel vertoonde. Bij kleinere stroomsterkte verplaatste de band zich naar het violet. Uit

$$\omega = R\left(V_A - V_B\right) = \text{Const.}$$

waren, zoo de Verdet'sche Constante R voor één waargenomen golflengte bekend was, de R's voor de andere λ's te berekenen, daar $V_A - V_B$ evenredig met de stroomsterkte is.

De voordeelen van deze methode, waarbij de nicols een vasten stand behouden, zijn:

a. dat geen fouten kunnen ontstaan, doordat de draaiing van den nicol niet altijd gelijk is aan de

PERPUSTAKAAN NASIONAL

draaiing van het polarisatievlak van den doorgaanden lichtstraal;

b. dat een eventueele verschuiving van het spectrum door de nicoldraaiing geen invloed heeft.

Een opname op 21 Sept. 1911 bijv. van de draaiing in zuurstof bij een druk van 98 kg/cm² had het volgende resultaat:

Stroomsterkte.	Plaats van het midden van den band.	
39.6 ampère.	± 3980 AE	breedte 6 mm
28.5 »	± 3400 AE	» 5 mm
24.0 »	± 3100 AE	» 10 mm

De belichtingstijd bedroeg hier 2 minuten. De opname van het gebied van 4350 tot 2800 AE had een lengte van 30 mm en was 2 mm hoog.

Uit andere opnamen bij grootere belichtingstijden bleek, dat de 230 cm lange kolom zuurstof onder een druk van 98 kg/cm² het ultraviolette licht tot ongeveer 2800 AE doorliet. Wanneer de band zich in de buurt van 3100 AE vertoonde, was het spectrum echter reeds te zwak om het midden met de gewenschte nauwkeurigheid te bepalen, zoodat het mij ook op deze wijze niet mocht gelukken ultraviolette waarnemingen tot 2500 AE, zooals ik mij had voorgesteld, te verkrijgen.

Nu bestaan er wel hulpmiddelen om den donkeren band smaller te maken. In navolging van WIEDEMANN kan men de draaiing vergrooten door toevoeging van een

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

kwartsplaatje, loodrecht de as gesneden. Zonder magnetisch veld is er dan reeds een band aanwezig, bij inschakeling van den stroom verplaatst zich deze band en door draaiing van den nicol wordt deze weer naar de oorspronkelijke plaats teruggebracht. Een nadeel is, dat met het smaller worden de bewegelijkheid van den band afneemt; door de grootere uiteenspreiding der polarisatievlakken zal toch een smalle band zich minder in het spectrum verplaatsen voor een bepaalde nicoldraaiing. Bij constanten hoek der nicols kan men wederom door stroomverandering den band in het spectrum verplaatsen.

Ook kan men in het spectrum, door tusschen de nicols een gipsplaatje te brengen, interferentiestrepen laten optreden, die bij een bepaalden stand van den analysator verdwijnen (SCHMAUSS) of bij gebruik van 2 gipsplaatjes 2 systemen van interferentiestrepen doen ontstaan, waarvan het ééne een lichten band bezit (DREPPER).

Daar het moeilijk was dergelijke hulpplaatjes tusschen de nicols in de hoogedrukbuis aan te brengen, ben ik liever tot een halfschaduw overgegaan.

§ 11. Een halfschaduwmethode werd het eerst voor het ultraviolet door LANDAU[1]) toegepast Hierbij is het gezichtsveld door een halfschaduwanalysator in twee helften verdeeld, wier polarisatievlakken een kleinen hoek α° met elkaar maken, zoodat, wanneer een draaiende stof tusschen de nicols gebracht is, in een achter den analysator opgestelden spectros-

[1]) LANDAU. Phys. Ztschr. 9. p. 417. 1908.

coop 2 spectra boven elkaar gevormd worden, waarin de donkere band niet op dezelfde plaats staat.

De afstand der banden wordt door de grootte van den halfschaduwhoek bepaald. Bedraagt de draaiingshoek voor de plaats van den band in het ééne spectrum $\omega°$, dan bevindt zich de band in het andere op eene plaats, waar de draaiing $(\omega + \alpha)°$ is. Tusschen de beide banden zal voor een bepaalde golflengte, waaraan de draaiing $(\omega + \frac{\alpha}{2})°$ beantwoordt, de intensiteit in beide spectra dezelfde zijn. Dit verschaft een inderdaad veel scherper waar te nemen kenmerk; de plaats van gelijke helderheid verschuift door draaiing van den polarisator door het spectrum. Gebruikt men, zooals LANDAU deed, een ijzerbooglamp, die een discontinu spectrum geeft, dan moet op de gelijke helderheid van de helften eener bepaalde spectraallijn ingesteld worden.

Uit een rij van photographische opnamen bij verschillende standen van den polarisator werd nu door LANDAU diegene uitgezocht, waarop de gelijke helderheid voor een bepaalde golflengte voorkwam, waarna de opnamen bij omgekeerden stroom herhaald werden. Een dergelijke wijze van werken is tijdroovend, maar biedt het groote voordeel, dat de zoo verkregen opnamen direct de gevraagde draaiingshoeken aangeven en het uitmeten der spectra komt te vervallen, wat bij een doorloopend spectrum ter bepaling van de golflengte noodig zou zijn.

Op deze manier bepaalde LANDAU de ultraviolette magnetische draaiing voor verschillende ijzerlijnen in uviolglas, vloeispaath, steenzout en de vloeistoffen water en alcohol tot ongeveer 2500 AE. Hij gebruikte een

halfschaduwhoek van 5°; de polarisator werd bij iedere opname 3′ gedraaid, zoodat hij bij den kleinsten waargenomen hoek (2°,41) nog een nauwkeurigheid van 2% wist te bereiken. Bij eenige zijner metingen maakte hij tot 3130 AE van een kwiklamp van HERAEUS gebruik en wees op de geschiktheid van kwartskwiklampen als lichtbron, wat DARMOIS [1]) er toe bracht ze op de halfschaduwmethode toe te passen bij een onderzoek over de wet van WIEDEMANN omtrent de evenredigheid tusschen de natuurlijke en magnetische draaiingsdispersie.

§ 12. Om LANDAU's methode met succes bij het onderzoek der gassen te gebruiken, waren de volgende veranderingen aan de door SIERTSEMA gebruikte toestellen noodig:

a. de nicol, die als polarisator diende, moest worden vervangen door een halfschaduwnicol, waartegen de spleet bevestigd wordt.

b. de instelling op gelijke helderheid moest door verandering van de stroomsterkte geschieden.

Wanneer toch de halfschaduw als analysator diende, kwam de spleet wegens de groote lengte der hooge drukbuis (ongeveer 230 cm) te ver van de lichtbron af te staan en was de lichtsterkte te gering. De verandering onder *b* volgde ook uit de inrichting der drukbuis; de halfschaduwnicol met de spleet moest volgens *a* in het kleine draaibare eindstuk bevestigd worden, waardoor een directe meting van den draaiingshoek door spiegelaflezing onmogelijk werd. Immers zou door de wringing der buis de spleet met de half-

1) DARMOIS. Ann. Chim. Phys. S. 6. T. 22. p. 247, 495. 1911.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

schaduw gedraaid worden en zouden de spectraallijnen op de photo's niet meer verticaal staan.

Vroeger was nagegaan, of het niet mogelijk zou zijn de nicols buiten de proefbuis op te stellen; daar toch de sluitplaten van kwarts op gelijke, maar tegengestelde draaiing besteld waren, zouden de metingen zeer vereenvoudigd zijn, indien de analysator aan den spectroscoop bevestigd kon worden en ik de draaiing direct op een verdeelden cirkelrand zou kunnen meten; wanneer de kwartsplaten zich tusschen de nicols bevonden, was echter geen volkomen uitdooving te verkrijgen, zoodat ik genoodzaakt was van een directe meting der draaiingshoeken af te zien en voor de bepaling der Verdet'sche constanten in absolute maat mijn toevlucht te nemen tot een ijking met water, waarvan die constanten door SIERTSEMA[1]) en LANDAU gegeven zijn. Een voordeel is het, dat zich tusschen de nicols niets dan gas bevond, zoodat de herhaalde terugkaatsingen en de magnetische draaiing in de kwarts-sluitplaten niet van invloed waren.

De door mij gebruikte methode komt dus op het volgende neer: (Fig. 1, 2 en 3).

Het licht van een kwartskwiklamp van HERAEUS (Fig. 1. L) door een collimator (Fig. 1. A) evenwijdig gemaakt, verlicht gelijkmatig een verticale spleet, die tegen het achtervlak van een halfschaduwnicol (Fig. 3. a) loodrecht op de scheidingslijn is aangebracht. De gepolariseerde lichtbundel passeert na het doorloopen van de buis met het samengeperste gas, dat zich in het magnetisch veld bevindt, een GLAN-nicol (Fig. 2. a),

[1]) SIERTSEMA. Arch. Neérl. (2). 6. p. 825. 1901. Comm. n°. 73.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

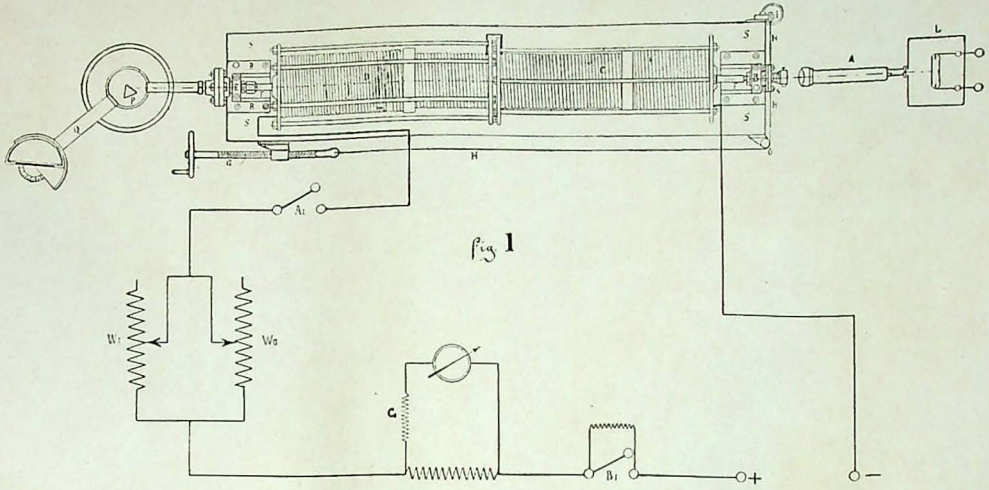


Fig 1

waarna in een spectrograaph (Fig. 1. P Q) op een photographische plaat een spectrum wordt gevormd. De nicols zijn vooraf in bijna gekruisten stand geplaatst, waardoor het mogelijk is, bij een bepaalde stroomsterkte op gelijke helderheid der beide helften eener kwiklijn in te stellen. Bij kleinere stroomsterkte verplaatst deze instelling zich naar de ultraviolette zijde van het spectrum.

Door nu bij achtereenvolgende opnamen de stroomsterkte in geringe mate te veranderen, gelukt het voor verschillende spectraallijnen nauwkeurig de stroomsterkte te bepalen, waarbij de gelijke helderheid optreedt.

Daar de stroomsterkten omgekeerd evenredig zijn met de draaiingsconstanten, kunnen deze in die van een standaardlijn als eenheid uitgedrukt worden.

Later zal bij het vermelden der waarnemingen de methode nog nader besproken worden, eerst zal ik liever tot een uitvoerige beschrijving der gebruikte toestellen overgaan.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

HOOFDSTUK III.

INRICHTING DER GEBRUIKTE TOESTELLEN.

§ 13. Door de welwillendheid van Professor KAMERLINGH ONNES kreeg ik de beschikking over de reeds vroeger te Leiden gebruikte toestellen, bestaande uit een hoogedrukbuis door draadklossen omgeven.

Bij de constructie der toestellen werd het gebruik van ijzer en staal geheel vermeden, om binnen in de draadklossen een magnetisch veld, recht evenredig aan de stroomsterkte, te verkrijgen.

a. De hoogedrukbuis.

De proefbuis f (Fig. 2, 3) is een koperen buis van de volgende afmetingen: Lengte 231 cm, uitwendige middellijn 3 cm, wanddikte $^1/_2$ cm. Hare einden zijn met behulp van de moeren g bevestigd aan zware bronzen eindstukken, waarbinnen zich de nicols bevinden en die met de draadklossen op een stelling van houten balken gemonteerd zijn. Het eindstuk, dat zich het dichtst bij de lichtbron bevindt, heeft kleinere afmetingen en hetzelfde geldt voor de sluitplaten, die met een zestal bouten en moeren luchtdicht tegen de eindstukken der buis bevestigd zijn. In het midden der

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Lembaga Kebudajaan Indonesia
Bataviaasch Genootschap

Fig 2. (1/4).

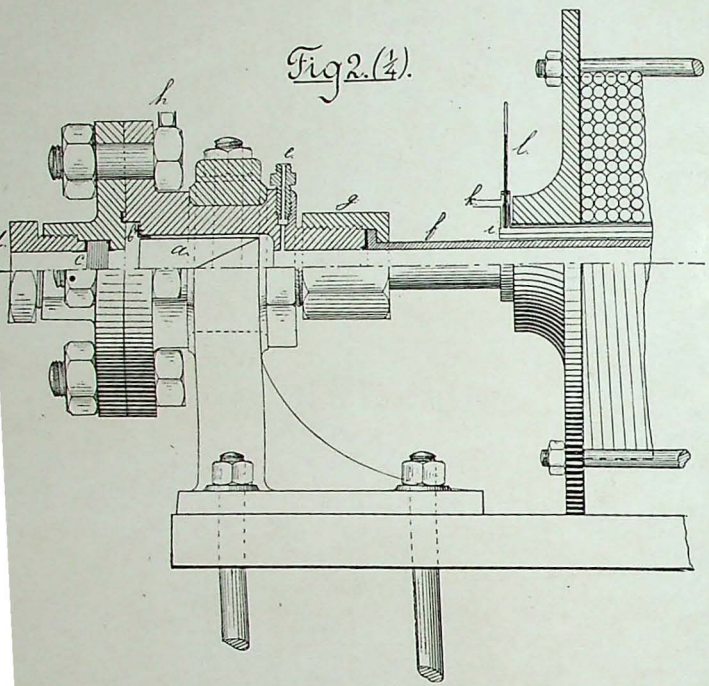
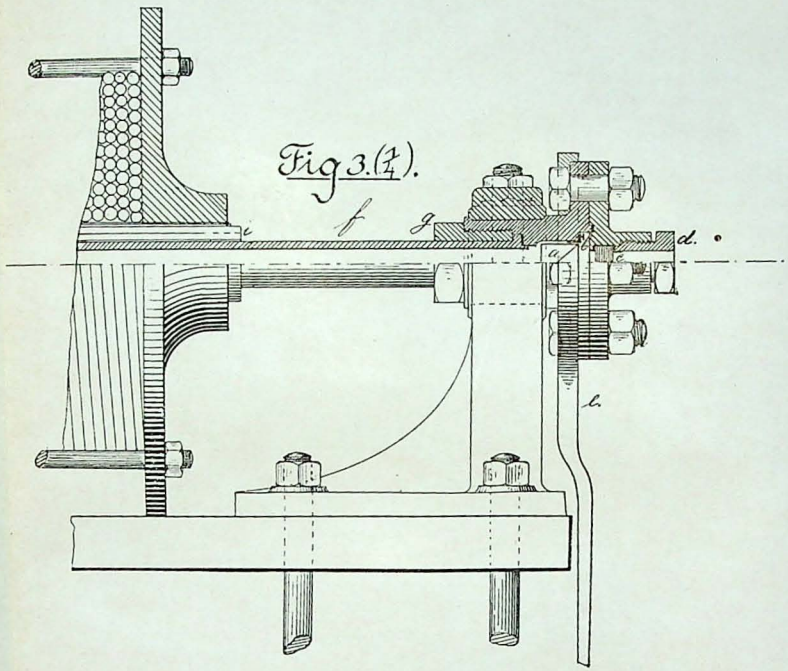


Fig 3. (1/4).



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

grootste sluitplaat bevindt zich een rechtsdraaiende planparallele kwartsplaat (Fig. 2 c) van 36 mm middellijn en 11 mm dikte, in de andere een linksdraaiende (Fig. 3 c) van gelijke dikte en 22 mm middellijn, die met het oog op de ultraviolette metingen de vroeger gebruikte glasplaten vervingen. De toevoerbuis voor het gas (Fig. 2 e) is in het groote eindstuk geschroefd; door de goede afsluiting met pakkingringen van klingeriet, wat beter voldeed dan lood, gelukte het, het gas in de hoogedrukbuis en het deel der leiding, waarin de metaalmanometer was opgenomen gedurende de photographische opnamen onder een constanten druk van 80 kg/cm^2 te houden.

Op het kleine eindstuk is een arm (Fig. 3. e) aangebracht, waardoor de buis over kleine hoeken gewrongen kan worden. Hiertoe zijn aan dezen arm twee staaldraden (Fig. 1 H) bevestigd, de één draagt over een verticale katrol een gewicht van 50 kg, de andere loopt over een horizontale katrol naar een schroef (Fig. 1 G) met handvat. Aan de sluitmoer d van het kleine eindstuk is een koperen ring geklemd, die een verzilverd spiegeltje draagt; met één op 150 cm geplaatsten kijker en schaal kan de wringingshoek gemeten worden.

Hoewel bij de door mij gevolgde methode de halfschaduwnicol een vasten stand behield, was het dikwijls bij het instellen van de nicols op een constanten hoek van groot voordeel, dat de nicol, als het toestel reeds gesloten was, nog een weinig gedraaid kon worden.

Voor het meten van den druk diende een metaalmanometer van Schäfer en Budenberg met een schaal-

verdeeling van 16 cm middellijn in $^1/_4$ kg/cm^2 tot 150 kg/cm^2. Hij was direct aan de proefbuis gekoppeld en kon met deze van het overige deel der leiding door een kraan afgesloten worden. De leiding gaf verder verbinding met den gascylinder en een luchtpomp (kapselpomp van GAEDE); bovendien was er een uitlaat om het gas uit de proefbuis te laten ontsnappen, daar ik voor het behoud der nicols ze niet dagen achtereen aan den hoogen druk wilde blootstellen.

Om tegen eenige verplaatsing der draadklossen gevrijwaard te zijn (de opstelling op houten balken had steviger kunnen zijn), bevestigde ik de hoogedrukkranen, die vroeger op het onderstel der draadklossen gemonteerd waren, op een afzonderlijke tafel, zoodat de klossen geheel vrij stonden.

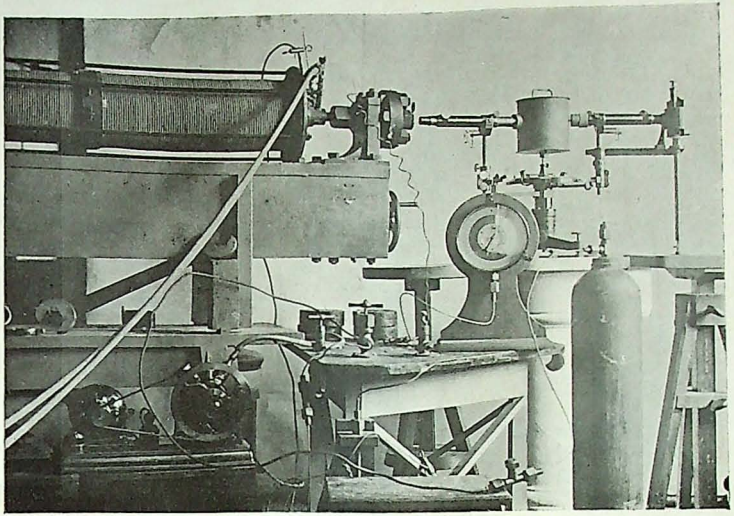
§ 14. *b.* De draadklossen.

Het magnetisch veld wordt voortgebracht door twee draadklossen, ieder 1 meter lang, in elkaars verlengde geplaatst. Zij zijn gewonden om een koperen buis van 6 cm inwendige middellijn, 3 mm dikte en bevatten 12 tot 13 lagen goed geisoleerd koperdraad van 6 mm dikte met een totaal aantal windingen van 1820 voor de eene en 1830 voor de andere klos, de geheele weerstand bedroeg volgens SIERTSEMA's metingen 1,034 ohm bij 14° C.

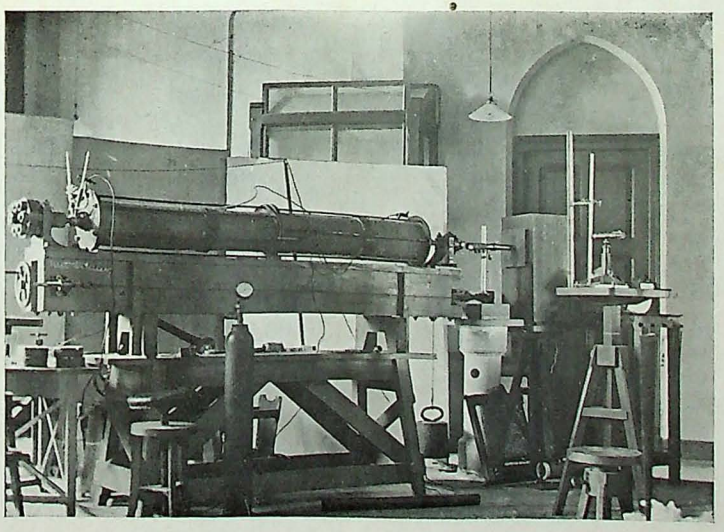
De ruimte tusschen de draadklossen en hoogedrukbuis is met een waterbad (Fig. 2 i) opgevuld. Om de buis, door een rubberlaag daarvan gescheiden, bevinden zich drie concentrische cylinders, die door gummislangen met de waterleiding verbonden zijn. In de aan- en afvoerpijp (Fig. 2 k) zijn 2 thermometers l geplaatst

PERPUSTAKAAN NASIONAL

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA



PERPUSTAKAAN NASIONAL

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

en door moeren, van pakking voorzien, vastgehouden. Deze inrichting bleek noodig om hinderlijke stroomingen in het gas door het warm worden der draadklossen te vermijden en diende tevens om de temperatuur van het gas (het gemiddelde der thermometeraflezingen) te bepalen.

Van de geheele opstelling geven nevenstaande photographieën der werkkamer een overzicht.

De stroom, die bij de metingen veranderde van 10—40 ampère, werd geleverd door drie parallelgeschakelde accumulatoren-batterijen met een spanning van 60 volt. Met de draadklossen (Fig. 1) waren in de stroomketen opgenomen 2 parallel geschakelde krukweerstanden W_I en W_{II}, tot in 0,01 ohm te wijzigen, een manganinshunt berekend voor 150 ampère en 2 sterkstroomschakelaars A_I en B_I. A_I deed dienst als hoofdschakelaar, aan de hulpschakelaar B_I lag een weerstand parallel, waarop de stroom vóór het verbreken overgeschakeld werd om de sterke vonk te vermijden. Bij de dispersiebepalingen was aan de shunt een zijtak bevattende een weerstandsbank C_I en een draaispoelgalvanometer (klokmodel) van HARTMANN en BRAUN verbonden. De galvanometeruitslagen, tot in 1/10 mm te schatten, werden met kijker en schaal bepaald; de weerstand C_I was zóó geregeld, dat aan 40 ampère een uitwijking van ongeveer 40 cm beantwoordde. Bij de absolute bepaling der Verdet'sche constanten werd de stroom gemeten met een ampèremeter, die 3 meetbereiken (0—2, 0—20 en 0—50 ampère) bevatte. Evenals bovengenoemde galvanometer was dit instrument als «van de temperatuur onafhankelijk» geleverd, wat door een ijking gecon-

troleerd werd. Deze geschiedde voor het meetbereik 0—50 ampère op de gebruikelijke wijze door met een compensator het spanningsverschil te meten aan een normaalweerstand van 0,0001 ohm, wanneer de wijzer van den ampèremeter met een bepaalde deelstreep der schaal samenviel. De wijzer werd telkens over tien deelstrepen verplaatst en de waarnemingen in omgekeerde richting herhaald, nadat het meetinstrument vijftien minuten op maximum stroom was belast. De kleinste spanning, die hierbij gemeten werd, bedroeg voor een uitwijking van 10 schaaldeelen 0,0005 volt, op den compensator kon nog 0,000001 volt worden afgelezen.

Daar de verschillen, die na 15 minuten belasting optraden, zeer klein waren, nam ik aan, dat het instrument van de temperatuur onafhankelijk was, waardoor een omslachtiger bepaling van den reductiefactor van meetinstrument met shunt kwam te vervallen.

Gedurende de photographische opnamen werd de stroomverandering zoo gekozen, dat de wijzer van het instrument steeds met een deelstreep samenviel, zoodat wel aangenomen mag worden, dat de stroomsterkte in tiende ampères (1 streep = 0,5 ampère) gemeten werd.

§ 15. *c.* Het optisch gedeelte.

Reeds is vermeld, dat het licht van een kwartskwiklamp van Heraeus (Fig. 1 L) door een collimator A evenwijdig werd gemaakt. Deze was aan een kijkerstatief van Hartmann en Braun met stelschroeven voor fijne instelling draaibaar om een horizontale en verticale as bevestigd en op een afzonderlijken pijler opgesteld. Als collimatorlens diende een platbolle linksdraaiende enkel-

PERPUSTAKAAN NASIONAL

voudige kwartslens (brandpuntsafstand = 36 cm voor de gele kwiklijn, middellijn 3,6 cm). Het platte vlak der lens is naar de spleet gekeerd, daar in dezen stand de spherische aberratie het kleinst is. Een diaphragma in de buis bepaalde de doorsnede van den uittredenden lichtbundel, die steeds iets grooter was dan de cirkelvormige opening in het kleine eindstuk der proefbuis. De breedte der spleet bedroeg ongeveer 1 mm, de lengte werd door een messingplaatje tot op 2 mm verkort, waardoor de hinderlijke terugkaatsing op den binnenwand der proefbuis vermeden werd. Naderhand werd de collimatorspleet door een cirkelvormige opening van 1 mm middellijn vervangen.

Onmiddellijk achter de sluitplaat van kwarts (Fig. 3 c) was binnen in de proefbuis een halfschaduwnicol volgens GLAN (Fig. 3 a) bevestigd. Wegens de absorptie van de ultraviolette stralen door de Canadabalsem vanaf 3400 AE, konden gewone nicols niet gebruikt worden, maar werden Glan'sche nicols met een luchtlaag (van de firma HALLE te Steglitz) aangeschaft. Hierbij staan de eindvlakken loodrecht op de lengteas en loopt de optische as van het kalkspaathkristal evenwijdig aan de brekende ribbe van de 2 samenstellende prisma's.

De lengte van een dergelijken nicol is 0.83 maal de zijde van het eindvlak [1]); het vlak van doorsnede maakt een hoek van 39° 43′ met de eindvlakken. Het gezichtsveld, d. w. z. de tophoek van den kegel, waarbinnen de richtingen der stralen moeten liggen om bij uittre-

---

1) Fig. 2 en 3 zijn aan SIERTSEMA's verhandeling ontleend, de door hem gebruikte nicols a hadden grootere lengte.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

ding gepolariseerd licht te geven, is echter klein, 5 à 6°, zoodat deze nicols alleen bij evenwijdig licht gebruikt kunnen worden. Eene eenvoudige berekening doet zien, dat ook in het uiterste ultraviolet bij loodrechten inval alleen de buitengewone straal uit het prisma treedt. De grenshoek γ_g der totale terugkaatsing voor den overgang van den gewonen straal uit kalkspaath in lucht wordt toch gegeven door:

$$\text{Sin } \gamma_g = {}^1/n_g$$

als n_g de brekingsindex van den gewonen straal voorstelt.

Bij loodrecht invallend licht is de invalshoek i = 39° 43′, zoodat als voorwaarde voor één uittredenden straal en wel de buitengewone gevonden wordt:

$$\gamma_g < i < \gamma_b$$

Nu is voor $\lambda = 5890$ $n_g = 1{,}6585$; $n_b = 1{,}4864$
en voor $\lambda = 2310$ $n_g = 1{,}8025$; $n_b = 1{,}5455$
waaruit berekend wordt voor

$\lambda = 5890$ $\gamma_g = 37°\ 5'$ $\gamma_b = 42°\ 17'$
$\lambda = 2310$ $\gamma_g = 33°\ 42'$ $\gamma_b = 40°\ 19'$

zoodat aan bovengenoemde voorwaarde voldaan wordt. Gewoonlijk werd bij het centreeren der nicols in den spectroscoop een uraanglasplaatje gezet en uit de fluorescentie beoordeeld, in hoeverre het ultraviolet werd doorgelaten. Door den nicol eenigszins om de brekende ribbe te draaien, zou ook de waarde van i kleiner gemaakt kunnen worden.

De kleine nicol (12 × 12 mm² opening) diende als polarisator en bezat tevens een halfschaduwhoek van ongeveer 2° in navolging van JELLET's halfschaduwnicol.

Hiertoe wordt de ééne helft volgens een vlak loodrecht de brekende ribbe doorgesneden; nadat een wig-

PERPUSTAKAAN NASIONAL

vormig stuk met den scherpen hoek α° van een dezer deelen is afgeslepen, worden de beide stukken weer tegen elkaar bevestigd; hunne hoofdsneden zullen nu den halfschaduwhoek van α° vormen. De eene helft van den GLAN-nicol doet dienst als polarisator, de andere als halfschaduw. Om de helften op constanten afstand te houden, dienden 4 zeer kleine stukjes glas in de luchtlaag aangebracht; de prisma's werden tot één geheel vereenigd door 4 koperen montuurplaatjes, die op de buitenkanten gekit waren. Weldra bleek echter, dat een dergelijke constructie niet tegen den hoogen gasdruk bestand was en het gas de tusschenruimte binnendrong. Het eerst werd dit gemerkt bij een meting met koolzuur. Het plan was voor dit gas de verandering van de draaiing bij overgang in den vloeibaren toestand na te gaan, waarvoor de hoogedrukbuis door een waterstroom van ongeveer 0° werd afgekoeld. Het koolzuur distilleerde over en werd in de proefbuis vloeibaar; de nicols bleken echter niet meer te polariseeren, daar de grenshoek voor de totale terugkaatsing van den gewonen straal voor den overgang uit kalkspaath in vloeibaar koolzuur veel grooter is dan 39° 43'. Hetzelfde bleek bij een vulling met gedistilleerd water. Voor natriumlicht bedraagt de brekingsindex n_g voor den overgang uit kalkspaath in water: 1,244, voor den buitengewonen straal $n_b = 1{,}115$, waaruit $\gamma_g = 53^\circ\ 30'$ en $\gamma_b = 63^\circ\ 44'$ berekend worden. Daar de brekingsindex van een gas onder hoogen druk nog steeds weinig van één verschilt, is het duidelijk, dat de metingen met gassen niet bemoeilijkt werden. Om de Verdet'sche constanten in absolute maat te kunnen bepalen, was het dus in de

eerste plaats noodzakelijk, dat het gas niet de luchtlaag der nicols kon binnendringen, daar anders de daaropvolgende ijking met water zeker zou mislukken. Hierom werd in plaats van de stukjes glas een koperen raampje ($\frac{1}{2}$ mm dik) tusschen de nicolhelften gekit, zoodat de tusschenruimte aan alle kanten door een kitlaag tegen indringen van het gas beveiligd was. Dit hulpmiddel bleek werkelijk afdoende, zoodat, wanneer de proefbuis met gedistilleerd water gevuld werd, de nicols het licht bleven polariseeren.

De kleine nicol was voorzien van een vierkant koperen montuurtje, wat nauwsluitend paste in een dito omhulsel, waarvan de ribben in een cylindrisch busje waren vastgesoldeerd. Door de openingen kon het gas vrij om den nicol heen stroomen, zoodat verplaatsingen van den halfschaduwnicol geheel uitgesloten waren. Om de scheidingslijn van dezen nicol horizontaal te kunnen stellen, was het busje draaibaar in een centreerring (Fig. 3 b), die in het eindstuk bevestigd was. Door 3 drukschroefjes kon ik de eindvlakken van den nicol met behulp van een Gaussisch oculair loodrecht op de as der proefbuis plaatsen. Tegen de halfschaduw-helft van den nicol was een busje met spleet (11 mm lang en $\frac{1}{2}$ mm breed) bevestigd, welke loodrecht op de scheidingslijn der halfschaduw geplaatst werd.

Als analysator diende een Glan'sche nicol van 20 × 20 mm^2 opening (Fig. 2 a), die op dezelfde wijze draaibaar in het groote eindstuk der proefbuis gemonteerd was. Het montuur was voorzien van een verdeeling in 180 deelen, die gebruikt werd om de nicols onder een bepaalden hoek in te stellen.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

§ 16. De uit den analysator tredende lichtbundel bereikte vervolgens een spectrometer van de Société Génévoise, waarin van de halfschaduwspleet een beeld gevormd werd, dat zich als volgt voordeed: 2 lijnenspectra boven elkaar, gescheiden door een horizontale lijn (de scheidingslijn der halfschaduw).

De polarisatievlakken van de bovenste en onderste helft eener spectraallijn maakten met elkaar een hoek van $\pm$ 2° (de halfschaduwhoek). Deze grootte was zoodanig gekozen, dat de donkere banden in beide spectra op één photo zouden voorkomen m. a. w. dat van de lijnen aan de randen der opname de bovenste resp. de onderste helft zou ontbreken.

De collimatorbuis van den spectroscoop, waaruit de lens en de spleet verwijderd waren, diende slechts om een lichtdichte verbinding tusschen de hoogedrukbuis en den spectroscoop te verkrijgen, zoodat niet in een donker vertrek behoefde gephotographeerd te worden. De lens der hoogedrukbuis was voorzien van een klepje, dat bij de opnamen als sluiter dienst deed.

Een cylindrisch koperen omhulsel, waaraan de collimator- en camerabuis lichtdicht met gummiringen bevestigd waren, bevatte een gelijkzijdig kwartsprisma (Fig. 1 P) volgens Cornu, voor de ééne helft uit links-, voor de andere uit rechtsdraaiende kwarts bestaande. De helften zijn met glycerine tegen elkaar geplakt en worden bovendien door een montuur bijeengehouden; de optische as van beide helften staat loodrecht op het vlak, dat den brekenden hoek halveert.

Bij een enkelvoudig prisma beantwoorden aan de beide cirkelvormige trillingen, die zich in de richting

PERPUSTAKAAN NASIONAL

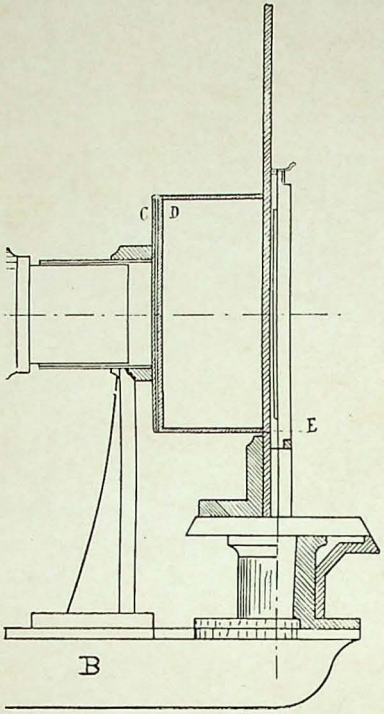
der optische as met verschillende snelheid voortplanten, 2 beelden der spleet, resp. rechts- en linkscirkelvormig gepolariseerd. In het zichtbare deel van het spectrum treedt hierdoor een verbreeding der lijnen op, in het ultraviolet worden ze wegens de grootere lichtbreking verdubbeld. Een CORNU's prisma vertoont dit gebrek niet en wordt daarom gewoonlijk in spectrographen gebruikt.

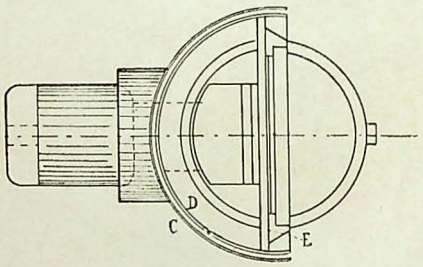
De kijkerbuis van den spectroscoop bevatte een enkelvoudige rechtsdraaiende kwartslens (brandpuntsafstand = 36 cm voor de gele kwiklijn, middellijn 3,6 cm), waartegen een papieren diaphragma met een ronde opening van 1 cm was aangebracht om scherpere spectraallijnen te verkrijgen; het oculair was door een camera vervangen, in de werkplaats van het Delftsche laboratorium vervaardigd naar een model, voorkomend in C. LEISS. «die optischen Instrumente der Firma R. FUESS».

Om deze camera bij de proeven met gunstig gevolg te kunnen gebruiken, moest zij aan de volgende voorwaarden voldoen:

1°. Wanneer met een kwartsprisma en enkelvoudige kwartslens een spectrum ontworpen wordt, moeten in een horizontale doorsnede van het gevormde beeld de snijpunten der stralen op een kromme liggen, die slechts weinig van een rechte lijn afwijkt. Wegens de verandering van den beeldsafstand met de golflengte moest het mogelijk zijn de verticale photographische plaat onder een hoek met de as der lens te plaatsen, om van een deel van het spectrum, bijv. loopende van de blauw-violette kwiklijn 4358 AE tot de ultraviolette

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA





PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

lijn 2805 AE een scherp beeld op de plaat te verkrijgen.[1])

2°. Het moest mogelijk zijn een groot aantal opnamen bij kleine verschillen in stroomsterkte onder elkaar op een zelfde plaat te maken.

Zoo ontstond de volgende inrichting: (zie hierneven).

Aan het kijkerstatief van den spectrometer was een horizontale arm B bevestigd, die een vaststaande, halfcylindrische messing trommel C (inwendige middellijn $= 7\frac{1}{2}$ cm) met verticale as draagt. Met een kleine speelruimte was hierin een van boven en onder afgesloten tweede halve cylinder D draaibaar, om een as samenvallend met de verticale middellijn der photographische plaat. Aan deze trommel was de drager van het metalen chassis E (uitwendig $5{,}2 \times 8{,}4$ cm^2) bevestigd; met behulp van een verticale schroef met 1 mm spoed, in de teekening niet aangegeven, was het mogelijk den drager met chassis in verticale richting in een slee te verschuiven. Om verplaatsingen van de camera bij het opdraaien der slee te beletten, werd de spectrometerarm door een koperen poot ondersteund, die evenals de spectrometer op een vaststaanden steenen pijler rustte. De trommels waren van geschikt gekozen sleuven voorzien; een horizontale opening voor den chassisdrager maakte, dat bij een opname slechts een strook van 40 mm lengte en 3 mm hoogte van de gevoelige plaat aan het licht was blootgesteld.

Met behulp van een millimeterverdeeling, op de camerabuis aangebracht, werd de objectieflens zoo

[1]) H. Lehmann. Zeitschr. f. Instrum.kunde. Sept. 1902 p. 262.

gesteld, dat een scherp dubbel spectrum op de plaat gevormd werd.

Uit een rij van voorloopige opnamen waren de gunstigste standen van de lens en den hoek tusschen de as der camerabuis en het vlak der plaat bepaald. (Meestal 50°). Wanneer de proefbuis nog niet gesloten was, kon de spectrograaph gemakkelijker scherp gesteld worden met een fluoresceerend plaatje uraanglas; zoodra de nicols eenmaal op een bepaalden hoek waren ingesteld, kon dit wegens de geringe lichtsterkte niet meer gebruikt worden.

Het gevormde dubbele spectrum was ongeveer 1½ mm hoog en voor het gebied van 4358 tot 2805 AE 25 mm lang; op een plaat van 4½ × 6 cm² konden 19 opnamen onder elkaar gemaakt worden. Zeer goed voldeden mij Lumièreplaten (blauw etiket); voor de uiterste ultraviolette lijnen bleken de Agfaplaten gevoeliger. Het handelsformaat 9 × 12 cm² werd, om de juiste grootte te krijgen, in vieren gesneden.

De belichtingstijden liepen van 1 tot 18 minuten, het spectrum werd in gedeelten gephotographeerd; meestal was de camerabuis met behulp van den verdeelden cirkel van den spectroscoop zóó gesteld, dat de lijn, waarvoor de magnetische draaiing bepaald zou worden, op het midden der plaat zou komen; uit voorloopige opnamen werden deze standen voor de verschillende lijnen bepaald.

Direct na de opnamen werden de platen ontwikkeld en vóór het fixeeren beoordeeld, in welke photo de gelijke helderheid der helften eener lijn optrad; vooral bij de voorloopige opnamen moesten de platen in geval van te korte belichting bekeken worden, voordat in het fixeerbad het scherpe contrast verdween.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

§ 17. Om grooter lichtsterkte te verkrijgen had ik bij de aanvankelijke proeven de kwartskwiklamp horizontaal geplaatst met den lichtboog in het verlengde van den collimator.

De opstelling had het nadeel, dat de uittredende lichtbundel op de diaphragmaopening van de proefbuis een ronde lichtvlek vormde, die niet overal dezelfde helderheid bezat, indirect gevolg van de ongelijke lichtsterkte van de verschillende deelen der lichtbron. Dit veroorzaakte een ongelijkmatige verlichting der halfschaduwspleet. Wanneer een opname onder een loupe bekeken werd, vertoonden zich in het beeld onder en boven de scheidingslijn donkere vlekjes, waardoor de gelijke helderheid der helften eener spectraallijn moeilijk te beoordeelen was.

Door de kwiklamp verticaal te laten branden gelukte het later dit nadeel weg te nemen; het verlies aan lichtintensiteit werd ruimschoots vergoed door het scherper contrast in de opnamen verkregen. De belichtingstijd moest nu iets grooter genomen worden, toch bedroeg deze bij zuurstof bijv. niet meer dan 6 minuten voor de lijn 2654 AE (druk 40 kg); de benoodigde stroom van 28 ampère kon volkomen constant gehouden worden, daar ik mij voortdurend met de stroomregeling kon bezighouden.

§ 18. In Fig. I (pag. 38) is naar de opnamen het spectrum der kwartskwiklamp geteekend. De bijgeschreven golflengten in AE zijn aan Küch en Retchinsky[1]) ontleend. Alleen de spectraallijnen, die bij de metingen

[1]) Küch en Retchinsky. Ann. d. Phys. 22. p. 176. 1907.

gebruikt werden, zijn in de teekening opgenomen. De horizontale afstanden zijn tweemaal, de verticale afmeting is ongeveer dertienmaal vergroot.

De scheidingslijn der halfschaduw valt samen met de horizontale lijn. De teekening stelt opnamen voor zonder magnetisch veld in het geval, dat de proefbuis met waterstof gevuld was bij een nicolhoek van 90°, zoodat voor alle spectraallijnen de beide helften gelijke helderheid vertoonen. De dik getrokken lijnen bezitten grooter intensiteit. De metingen van SIERTSEMA liepen tot aan de verticale stippellijn (± 4230 AE), het onderzoek werd dus uitgebreid over het naar rechts gelegen spectraalgebied. Voor de verschillende gassen liepen de grenzen wegens de absorptie uiteen:

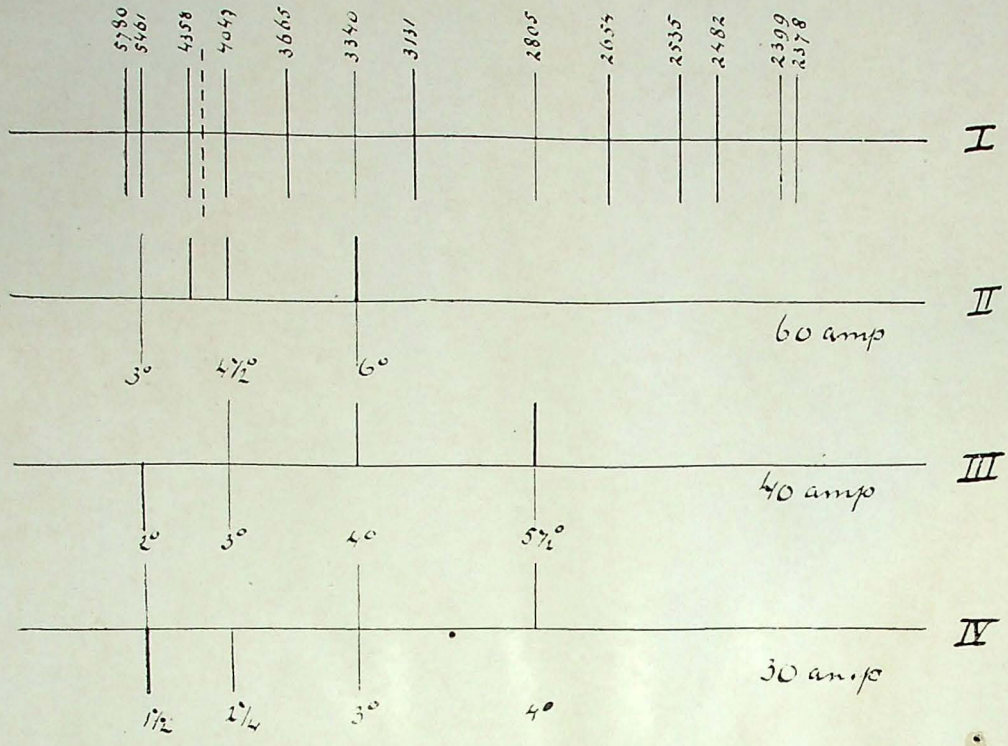
voor zuurstof tot en met 2654 AE
» koolzuur » » » 2482 »
» waterstof » » » 2378 »

Tot toelichting van wat we zullen waarnemen, als de stroom gesloten wordt, kunnen de fig. II, III en IV dienen, die opnamen voorstellen bij verschillende stroomsterkten en bij een nicolhoek weinig van 90° verschillend. In deze teekeningen is ondersteld, dat de kwiklijnen in fig. I gelijke intensiteit bezitten, de door de draaiing optredende qualitatieve veranderingen konden dan duidelijker worden aangegeven. Om deze reden zijn slechts weinig lijnen van fig. I geteekend; de bijgeschreven getallen worden later besproken.

In fig. II is de stroomsterkte en dientengevolge de draaiingshoek het grootst, zoodat de gelijke helderheid voor de groene kwiklijn (5461 AE) optreedt.

In III en IV zien we bij kleinere stroomsterkten de

PERPUSTAKAAN NASIONAL


5780
5461
4358
4047
3665
3340
3131
2805
2633
2535
2482
2399
2378
I
II
60 amp
3°
4½°
6°
III
40 amp
2°
3°
4°
5½°
IV
30 amp
1½
2¼
3°
4°

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

helften der violette (4047 AE) en ultraviolette lijn (3340 AE) even helder.

Daar de polarisator een halfschaduwhoek van 2° bezat en in fig. III de donkere draaiingsband in het bovenste spectrum bij 5461 en in het onderste bij 3340 AE voorkomt, zal de draaiingshoek voor de laatste lijn 2° meer bedragen dan voor de eerste.

HOOFDSTUK IV.

DISPERSIEMETINGEN.

Zuurstof.

§ 19. Begonnen werd met het bepalen der draaiingsdispersie; na afloop dezer metingen kon, door de proefbuis met water te vullen en opnamen te maken voor verschillende stroomsterkten bij denzelfden hoek der nicols, de absolute waarde der Verdet'sche constanten voor gassen bepaald worden. Het verloop der dispersiemeting voor zuurstof zal hier volledig beschreven worden.

Om een denkbeeld te krijgen van de grootte der te meten draaiingshoeken nam ik aan, dat de door SIERTSEMA uit zijne waarnemingen berekende formule voor zuivere zuurstof, die de draaiingsconstanten als functies van de golflengten voor het zichtbare spectrum van 0,656 μ tot 0,423 μ uitdrukt, ook voor het ultraviolette spectrum gold.

Voor een druk van 100 kg/cm^2 en een temperatuur van 7° werd de magnetische draaiing bijv. goed voorgesteld door:

$$(R \times 10^6)' = \frac{272.2}{\lambda} + \frac{19.15}{\lambda^3}$$

waarin R = de Verdet'sche constante in boogminuten voor licht van de golflengte λ in μ en voor een magnetisch potentiaalverschil tusschen de einden der proef-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

buis van 1 e.m. CGS eenheid. Door dit potentiaalverschil $\varphi = 45630$ CGS voor een stroomsterkte van 10 ampère te nemen, welke waarde vroeger door SIERTSEMA is gevonden, berekende ik voor de draaiingshoeken behoorende bij de golflengten der kwiklijnen de volgende tabel:

	λ in μ	$(R.\ 10^6)'$	ω Stroomsterkte: 40 amp.	$\frac{R\lambda}{R_{436}}$
geel	0.578	570	1° 44′	0.667
groen	546	617	1° 53′	0.722
indigo	436	856	2° 36′	1.000
violet	405	960	2° 55′	1.123
ultraviolet	366	1134	3° 27′	1.326
	334	1329	4° 2′	1.554
	313	1494	4° 33′	1.747
	280	1844	5° 37′	2.157
	265	2056	6° 15′	2.405

Uit deze tabel volgt, dat we bij een nicolhoek van 93°, een stroomsterkte van 40 ampère en een juist gekozen stroomrichting de gelijke helderheid kunnen verwachten voor de violette lijn (draaiingshoek $\pm$ 3°) zooals in fig. III pag. 38 is voorgesteld De band in het bovenste spectrum zal op een plaats staan, waar de draaiing $\pm$ 2° bedraagt en in het onderste spectrum in de buurt van een lijn, waaraan een draaiingshoek van $\pm$ 4° beantwoordt, anders gezegd:

De bovenste helft der groene kwiklijn is uitgedoofd tegelijkertijd met de onderste helft der ultraviolette kwiklijn van een golflengte 3340 AE.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Bij een stroomsterkte van ongeveer 60 ampère zal de draaiing voor de groene lijn 3° bedragen en deze lijn dus gelijke helderheid bezitten (fig. II).

Bij kleinere stroomsterkte (30 ampère) zal dit kenmerk meer naar het ultraviolet verschoven zijn (fig. IV).

Voor de reproductie der oorspronkelijke opnamen werden tweemalige vergrootingen gemaakt, die echter te zwak waren om een eenigszins duidelijke cliché-afdruk te waarborgen. Ik heb daarom de voorkeur gegeven aan eene teekening, die goed aangeeft, wat op de photo's voorkomt.

Ze is geteekend naar een zevental opnamen, op 22 Juni voor waterstof (druk 76 atm. 19°.5), van een deel van het kwikspectrum loopend van de violette lijn 4047 tot en met 2755 AE.[1]). De gelijke helderheid treedt voor de lijn 3130 (in het midden der photo) tusschen de 4de en 5de opname van boven op De stroomverandering bedroeg $^1/_2$ ampère.

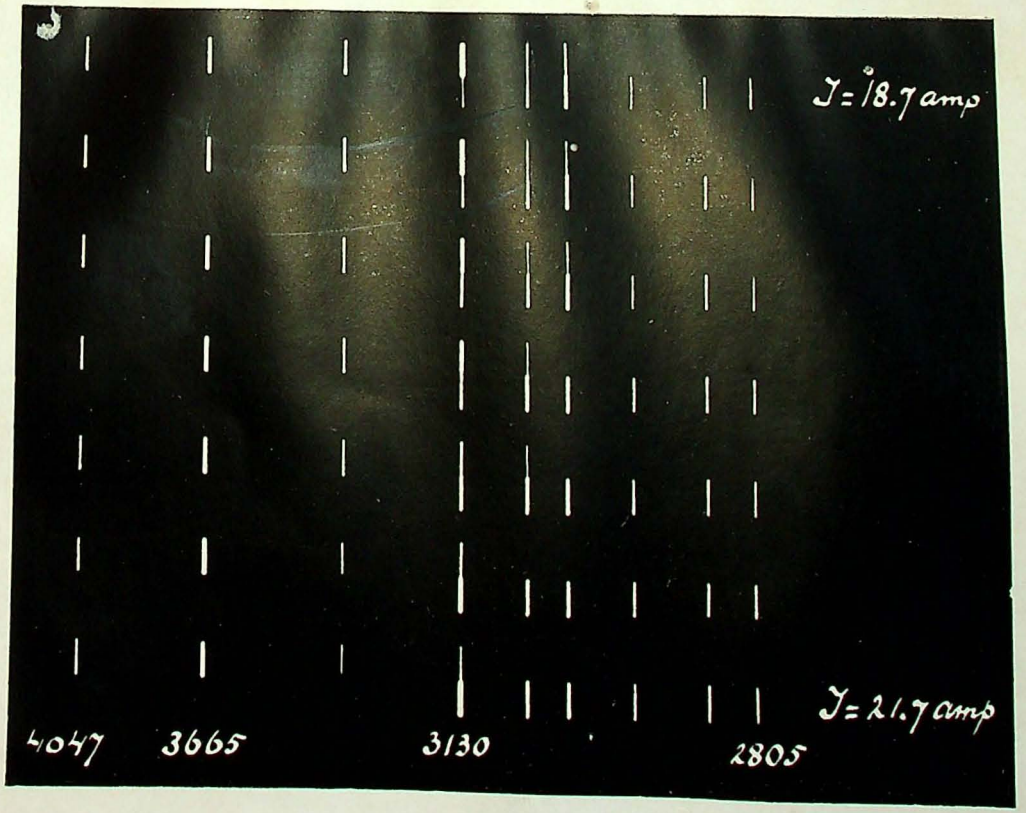
§ 20. De definitieve metingen geschiedden bij een druk van 85 kg/cm^2, waarbij de nicols onder een hoek van ongeveer 92° waren ingesteld.

Meestal werd na verwijdering der camerabuis in een afzonderlijk opgestelden kijker voorloopig nagegaan, voor welke stroomsterkten de beide helften der groene en violette kwiklijnen even helder waren. Door wringing van de proefbuis over een zeer kleinen hoek stelde ik

---

1) De lijn 2805 is de 2de van rechts en niet de 1ste, zooals in de teekening foutief is aangegeven. De horizontale afstanden zijn viermaal, de verticale afmeting is ongeveer zevenmaal vergroot.

Het verschil in helderheid tusschen de beide helften eener spectraallijn wordt op de teekening weergegeven als een verschil in breedte.


I = 18.7 amp
I = 21.7 amp
4047
3665
3130
2805

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

dan voor de blauw-violette lijn 4358 bij een stroom in de buurt van 35 ampère op gelijke helderheid der helften in; daar voor zuurstof bij een druk van 100 kg/cm² en 7°

$$R_{4358} = (856 \times 10^{-6})'$$

bedraagt, zal toch bij een druk van 85 kg/cm², een temperatuur van 7° en een stroomsterkte van 35 ampère, de draaiingshoek $\omega = R \varphi I = (728 \times 10^{-6} \times 45630 \times 3{,}5)' = \pm 2°$ zijn.

Met het oog op het warm worden der draadklossen en den maximalen ontladingsstroom der accumulatorenbatterij werd over het algemeen geen grooter stroomsterkte dan 35 ampère gebruikt.

In sommige gevallen geschiedde de voorloopige instelling op gelijke helderheid photographisch door een rij van opnamen, waarbij de polarisator over zeer kleine hoeken gedraaid werd.

Uit de gegeven tabel zijn ruw de stroomsterkten te bepalen, waarvoor de ultraviolette lijnen in beide spectra gelijke helderheid vertoonen, welk verschijnsel gephotographeerd moest worden. De stroomsterkten zijn toch omgekeerd evenredig met de Verdet'sche constanten, zoodat voor de lijn 3130 AE een stroom van 0.57 × 35 ampère = ± 20 ampère noodig was.

Was I de zoo berekende stroomsterkte, dan werden gewoonlijk opnamen gemaakt bij stroomen van (I—2) tot (I + 2) ampère met verschillen van 1 ampère, waarop een reeks van nauwkeurige opnamen volgde met verschillen van ($^1/_{40}$ tot $^1/_{50}$ I) ampère tusschen de waarden van I door de eerste opnamen verschaft. Een stroom van 1 ampère gaf in den gebruikten galvanometer een

uitwijking van 1 cm op de schaal. Het was bijv. bij 15 ampère overbodig, de veranderingen in stroom kleiner dan 3 mm te kiezen, daar deze stroomvariatie nog juist op het negatief door een merkbaar verschil in donkerheid te onderscheiden was. De waarneembaarheid van dit verschil hangt in hooge mate van den juisten belichtingstijd en van de scherpte van het beeld der spectraallijn af. De belichtingstijden, afhankelijk van de absorptie van het gas en de intensiteit der lijnen, werden voor elk gas en voor iedere kwiklijn afzonderlijk bepaald en wegens de verwarming der draadklossen door den stroom zoo klein mogelijk gekozen. De waarden voor zuurstof zijn in onderstaande tabel opgegeven:

λ in AE	tijd.		druk 40 kg/cm²		
	I.	II.	λ	tijd	
				I.	II.
2800	4 min.	6 min.			
3130	1 »	1½ »	2654	5 min.	6 min.
3665	1 »	» »	2800	5 »	6 »
4047	1 »	» »			
4358	1 »	» »			

I bij horizontalen stand } der lamp.
II » verticalen » }

Voor de ultraviolette absorptie van zuurstof valt uit mijne proeven nog af te leiden, dat de zuurstofkolom van 230 cm lengte onder een druk van 80 kg/cm² juist 2805 AE nog doorliet, terwijl de absorptiegrens voor 40 kg bij 2654 AE lag; grooter belichtingstijd tot 10 min. toe veranderde deze grens niet.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

Hierbij dient opgemerkt, dat de nicols bijna gekruist stonden (± 92°), zoodat de lichtintensiteit zeer verzwakt was. Bij een halfschaduw wordt toch bij gelijke verlichting der velden de helderheid gegeven als $I_o \sin^2 \frac{\alpha}{2}$, ($I_o$ = sterkte v/h. opvallend licht en α = de halfschaduwhoek = 2°), zoodat de intensiteit van het doorgelaten licht ongeveer 0,0003 I_o bedroeg.

Nog vond ik opgegeven[1]), dat Liveing en Dewar in een 165 cm lange buis bij 85 atm. van af 2745 AE absorptie waarnamen, terwijl in een buis lang 18 m. bij 80 atm de absorptie bij 3360 AE begon.

§ 21. Een volledige meting van het verloop der draaiing in zuurstof vanaf 4358 tot 2654 AE duurde 4 dagen; wanneer 's morgens met de vulling van de proefbuis begonnen werd en alles meeliep werden voor den middag de eerste voorloopige opnamen gemaakt. Direct na de ontwikkeling van de plaat geschiedden de noodige berekeningen en was het mogelijk in den loop van den middag een rij definitieve opnamen bij zeer kleine stroomverschillen te verkrijgen, waarin de gelijke helderheid voor een tweetal spectraallijnen optrad. Ieder negatief bepaalde dus gewoonlijk 2 stroomsterkten. De kwiklamp bleef, eenmaal ingesteld, den geheelen dag branden, daar bij het opnieuw aansteken de verlichting en het nulpunt der halfschaduw bij vroegere metingen wel eens bleek te veranderen. Om dit te controleeren werd den volgenden dag één der opnamen van den vorigen dag herhaald en tevens met de spiegelaflezing op het halfschaduweinde der proefbuis en een niveau,

1) Kayser. Handbuch. Band III p. 357.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

dat op het groote eindstuk geplaatst was, nagegaan, dat de nicolhoek constant bleef, daar toch bij het in- en uitstroomen van het gas en door het warm worden van klossen en proefbuis een verandering mogelijk had kunnen zijn.

Vóór iedere opname werd in een spiegeltje tusschen draadklossen en spectroscoop gehouden de juiste richting van den lichtbundel binnen in de proefbuis beoordeeld. Dan werd de camerabuis met behulp van den verdeelden cirkel van den spectroscoop zóó gesteld, dat de lijn, waarvoor de draaiing zou worden gemeten op het midden der plaat zou komen. Bij iedere opname geschiedden nu de volgende aflezingen:

1. Galvanometer of ampèremeter.
2. Manometer.
3. 2 thermometers van het waterbad.
4. Galvanometer na omkeering van den stroom.
5. Terwijl met de weerstanden, zoo noodig, deze stroom constant werd gehouden, werden manometer en thermometers voor de tweede maal afgelezen.

Het was steeds mogelijk gedurende de belichtingstijden den stroom van 15 tot 35 ampère constant te houden, wat een der groote voordeelen van een photographische methode vormt. Slechts gedurende de opnamen werd de stroom gesloten, om de verwarming der draadklossen tot een minimum te beperken; daarop werd de weerstand met een vooraf bepaald bedrag veranderd en de plaat 2 of 3 mm opgeschoven, en eerst dan de stroom voor een volgende opname door de draadklossen gezonden. Achttien opnamen van $1^1/_2$ minuut konden na elkander gemaakt worden, zonder

dat hinderlijke stroomingen in het gas het spleetbeeld verstoorden. Direct na de waarnemingen werd het negatief ontwikkeld, met een loupe beoordeeld in welke opname de gelijke helderheid der helften voor de gevraagde spectraallijn optrad en de daarbij behoorende stroomsterkte als resultaat opgeschreven.

§ 22. Daar de ampèremeteraflezingen of de op de hoeken gecorrigeerde galvanometeruitslagen bij dezelfde dichtheid van het gas omgekeerd evenredig met de Verdet'sche constanten waren, konden uit dergelijke opnamen de relatieve draaiingsconstanten, d. i. de magnetische draaiingskleurschifting, berekend worden, waarbij meestal de draaiingsconstante der violette lijn (4358 AE) als eenheid gekozen werd.

De relatieve draaiing volgt dan uit:

$$\varrho = \frac{R_\lambda}{R_o} = \frac{I_o}{I_\lambda} = \frac{\alpha_o}{\alpha_\lambda}$$ waarin

R_o = de Verdet'sche constante,

I_o = de stroomsterkte in ampères,

α_o = de gecorrigeerde galvanometeraflezing, behoorende bij de golflengte 4358 AE en R_λ, I_λ en α_λ op de andere kwiklijnen betrekking hebben.

Daar door kleine lekken en temperatuurveranderingen de manometeraflezingen niet volkomen constant waren, werden bij iedere opname de temperatuur en druk bepaald en de dispersie berekend met behulp van:

$$\varrho = \frac{R_\lambda}{R_o} = \frac{\alpha_o\, d_o}{\alpha_\lambda\, d_\lambda} = \frac{\alpha_o\, p_o\, (1 + \beta t_\lambda)}{\alpha_\lambda\, p_\lambda\, (1 + \beta t_o)} = \frac{\alpha_o\, p_o}{\alpha_\lambda\, P_\lambda}$$

PERPUSTAKAAN NASIONAL

als d_o de dichtheid, p_o de druk, t_o de temperatuur van het gas bij de meting met de lijn 4358 zijn, het teeken λ de andere golflengten aangeeft, β de spanningscoëfficiënt (aan de waarnemingen van AMAGAT te ontleenen) voorstelt en $p_\lambda \{1 + \beta (t_o - t_\lambda)\} = P_\lambda$ gesteld wordt.

Afwijkingen van de wet van BOYLE behoefden niet in rekening te worden gebracht, daar P_λ nooit veel van p_o verschilde; voor de berekening der waarnemingen bij den halven druk van 2805 tot 2654 AE werd de lijn 2805 voorloopig als eenheid gekozen, waarna door vermenigvuldiging met R_{2805}/R_o de relatieve draaiingen ten opzichte van de lijn 4358 verkregen zijn.

De gebruikte zuurstof was door de Maatschappij Oxygenium te Schiedam geleverd; zij werd geanalyseerd in een Hempel'sche absorptiepipet, gevuld met kopergaas, bevochtigd door een mengsel van ammonia en ammoniumcarbonaat. Het resultaat was een gehalte van 96 of 97 % zuurstof. De uitkomsten met het gas van 96 % acht ik minder betrouwbaar en wel om de volgende redenen:

a. De nauwkeurigheid was geringer, daar de opnamen bij kleiner nicolhoek gemaakt waren;

b. de kwiklamp brandde in horizontalen stand, waardoor, zooals vroeger werd opgemerkt, wegens de ongelijkmatige verlichting der halfschaduwspleet in de opnamen donkere vlekjes voorkwamen, die een nauwkeurige schatting der helderheid verhinderden;

c. de controle door herhaling der opnamen op achtereenvolgende dagen en door de spiegelaflezing en niveau was achterwege gebleven.

Bij opnamen van 21 tot 25 Mei met het gas, dat

97 % zuurstof bevatte, waren alle voorzorgen in acht genomen. Van de talrijke opnamen zijn zij daarom als de meest betrouwbare te beschouwen. De volgende tabel geeft de definitieve uitkomsten, die uit deze opnamen zijn afgeleid:

λ in AE.	druk in atm.	temp. in °C.	galvan. uitw. in mm.	ϱ
4358	83.8	17.4	335.9	1.00
4047	83.8	17.2	304.9	1.10
3665	83.2^5	17.5	258.2	1.31
3130	84.9	16.9	184.2	1.79^5
2805	82.5	17.4	152.3	2.24
2805	40.9	16.7	314.1	—
2755	41.3	17.1	301.9	2.31
2654	41.0^5	16.5	280.1	2.50

In de berekening van P_λ werd $\beta = 0{,}0046$ genomen voor een begindruk van 84 atm. en 0,0042 bij een druk van 41 atm. Deze waarden waren door extrapolatie uit AMAGAT's metingen[1]) afgeleid.

Wanneer we de ϱ's met de uit de interpolatieformule gevonden waarden vergelijken, dan blijkt de formule over het algemeen te kleine waarden te geven, de grootste afwijking voor de lijn 2654 AE bedraagt ongeveer 4%.

Waterstof.

§ 23. Mijne eerste metingen werden gedaan met

[1]) Zie tabellen in WÜLLNER. Lehrbuch. 5de uitgave. Band II. pag. 138.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

dubbel gezuiverde waterstof door Oxygenium geleverd; bij de analyse in een Hempel'sche explosiepipet werden geen bijmengselen gevonden; de onzuiverheden bedroegen zeker niet meer dan 1 %.

Met het oog op een bepaling in absolute maat werden later metingen verricht met een bus zeer zuivere waterstof, die in het Leidsche laboratorium bereid was door bij lage temperaturen de bijmengselen te doen uitvriezen.

Door SIERTSEMA was uit zijne metingen de volgende interpolatieformule opgesteld voor het spectraalgebied loopend van 0,656 μ tot 0,423 μ:

$$(R \times 10^6)' = \frac{151.5}{\lambda^2} + \frac{2.38}{\lambda^4} \text{ (85 kg/cm}^2\text{, 9 °5)},$$

waaruit door extrapolatie de onderstaande tabel berekend werd:

λ in μ.	R × 10^6.	relat. draaiing.	
0.578	475	0.550	
546	535	0.620	
436	863	1.000	
405	1012	1.173	Het gebruikte
366	1264	1.465	gas bevatte
313	1794	2.079	1,7 % bij-
280	2320	2.688	mengselen.
265	2640	3.059	
253	2948	3.416	
248	3092	3.583	
240	3348	3.880	
238	3416	3.958	

PERPUSTAKAAN NASIONAL

Uit deze waarden werden evenals bij zuurstof gegevens voor de opnamen afgeleid, bij de eerste metingen werden galvanometeruitwijkingen waargenomen. De meest betrouwbare waarnemingen waren die van 25 tot 29 Mei. Zij gaven het volgend resultaat:

λ in AE.	druk in atm.	temp. in °C.	galvan. uitw. in mm.	$\frac{R_\lambda}{R_{,05}}$
4047	54.1	15.8	373.8	1.00
3665	56.8	15.2	288.1	1.23^5
3130	57.1	14.9	197.1	1.79
2805	52.8	15.7	159.6	2.40
2654	57.8	15.9	126.9	2.75^5
2535	56.1	16.5	115.2	3.14
2482	56.4	16.4	107.0	3.35^6

De nicols waren vooraf onder een hoek van ongeveer 92° ingesteld. De belichtingstijden bedroegen $1^1/_2$ tot 10 minuten bij verticalen stand der kwiklamp. Om den druk tot $t_o = 15.°8$ te herleiden werd de spanningscoefficient $= 0{,}0037$ genomen. Voor waterstof blijft β constant tot op 700 atm.[1])

Daar de waargenomen drukken in de buurt van $p_o = 54.1$ atm. lagen, kon ook hier de correctie voor de afwijkingen van de wet van BOYLE weggelaten worden.

Uit AMAGAT's[2]) waarnemingen valt toch af te leiden voor $p_o = 55$ kg.

[1]) CHWOLSON. Lehrbuch. Band III. pag. 165.
[2]) AMAGAT. Ann. Chim. Phys. (5). 19. 375.

P_λ in kg.	$\frac{P_\lambda v}{P_o v_o}$
1.0	0.9726
50.0	0.9975
55.0	1.0000
60.0	1.0025

Voor de waargenomen drukken mag deze verhouding wel gelijk één gesteld worden.

§ 24 Bij de metingen met de Leidsche waterstof was een hoogere gasdruk beschikbaar, de nicols werden daarom onder $92^1/_2°$ ingesteld. De stroomsterkte werd hierbij met den reeds vermelden ampèremeter (meetbereik 0-50 amp., 1 deelstreep = 0,5 amp.) gemeten.

De belichtingstijden bedroegen voor:

λ in AE	
4358	$1^1/_2$ min.
4047	»
3665	»
3130	»
2805	5 min.
2654	»
2535	9 min.
2482	»
2399	18 min.
2378	»

Voor de opnamen der beide laatste lijnen werd de stroom gedurende een uur op ± 10 ampère constant gehouden; niet meer dan 3 photo's konden wegens het warm worden der draadklossen verkregen worden.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

De meting had onderstaand resultaat:

λ in AE.	druk in atm.	temp. in °C.	ampères.	ϱ
4358	93.8[5]	18.6	35.74	1.00
4047	93.9	18.3	30.18	1.18
3665	90.0	18.7	25.65	1.45[5]
3130	88.1	17.9	17.70	2.14[5]
3130	76.0	19.5	20.45	—
2805	75.2	19.8	15.69	2.83
2654	75.5	19.7	13.44	3.29
2535	74.9	20.9	12.19	3.67
2482	75.0	20.5	11.44	3.90[5]
2399	74.7	19.3	10.44	4.27
2378	74.8	19.5	10.19	4.37

Voor deze opnamen mocht de verhouding der pv's gelijk één gesteld worden.

Leiden we uit deze meting de waarde R_λ/R_{4047} af, dan kunnen we de uitkomsten verkregen met de Leidsche waterstof en die van Oxygenium onderling vergelijken:

λ	H_2 (Leiden)	H_2 (Oxygenium)
4047	1.00	1.00
3665	1.23	1.23[5]
3130	1.81[5]	1.79
2805	2.39	2.40
2654	2.78	2.75[5]
2535	3.10[5]	3.14
2482	3.30	3.35[5]

PERPUSTAKAAN NASIONAL

Daar voor de uiterste ultraviolette lijnen bij de meting met de Leidsche waterstof de opnamen scherper waren, heb ik de hierdoor bepaalde waarden voor het construeeren der dispersiekromme gebruikt. Ook hier geeft de formule te kleine waarden voor ϱ; het grootste verschil voor de lijn 2378 bedraagt 10 %.

Koolzuur.

§ 25. De Verdet'sche constanten zijn grooter dan voor de andere gassen; SIERTSEMA's metingen geschiedden bij drukken tusschen 20 en 25 atm., daar bij hoogeren druk geringe temperatuurveranderingen stroomingen in het gas veroorzaakten, waardoor het spleetbeeld onduidelijk werd.

De interpolatieformule voor het zichtbare deel van het spectrum had denzelfden vorm als voor waterstof n.l.:

$$(R \times 10^8)' = \frac{289.4}{\lambda^2} + \frac{3.37}{\lambda^4} \text{ (1 atm., 6.°5)}$$

Deze formule gaf de volgende voorloopige dispersiegetallen:

λ in μ.	$R \times 10^8$.	relat. draaiing.
0,578	896	0.554
546	1009	0.624
436	1616	1.000
405	1890	1.170
366	2348	1.453
313	3305	2.045
280	4239	2.623
265	4804	2.973
253	5344	3.307

PERPUSTAKAAN NASIONAL

Het door mij gebruikte koolzuur, afkomstig van de Kaenoliet- en Koolzuurmaatschappij te Rotterdam, werd door distilleeren gezuiverd en bevatte 96 % CO_2, volgens een analyse in een Hempel'sche absorptiepipet gevuld met ijzergaas en kaliumhydroxyde. De nicols werden onder een hoek van 91½° ingesteld. De belichtingstijden bedroegen 1½ tot 10 minuten. De opnamen hadden onderstaand resultaat:

λ in AE.	druk in atm.	temp. in °C.	galvan. uitw. in mm.	$\frac{R_\lambda}{R_{4047}}$
4047	27.3⁵	16.1	336.1	1.00
3665	27.3	17.5	277.9	1.22⁵
3130	27.3	17.5	189.9	1.79
2805	27.2	17.2	149.8	2.27⁵
2654	27.2	16.5	129.6	2.61⁵
2535	27.2	16.2	114.6	2.95

Om de waarnemingen tot $t_o = 16.°1$ te herleiden, werd de waarde van den spanningscoëfficient β, aan de metingen van ANDREWS ontleend [1]), gelijk 0,006 genomen. De verhouding der pv's kon gelijk één gesteld worden, daar de drukken zeer weinig uiteenliepen.

De interpolatieformule geeft over het algemeen te kleine waarden van ϱ, het verschil bedraagt voor de lijn 2535 ongeveer 4 %.

Bovendien werden eenige opnamen der groene en violette kwiklijnen op Agfa-chromoplaten gemaakt, om de dispersie in het zichtbare deel van het spectrum

[1]) CHWOLSON. Lehrbuch. Band III pag. 164. 1905.

photographisch na te gaan en een vergelijking met SIERTSEMA's metingen mogelijk te maken. Deze platen voldeden meer dan de Marion-Isobackedplaten, die steeds na de ontwikkeling een sterke randsluiering vertoonden. De belichtingstijden beliepen voor de groene lijn 5 minuten, voor de violette 2 minuten. Uit de opnamen werden de volgende gegevens afgeleid:

λ in AE.	druk. in atm.	temp. in °C.	galvan. uitw. in mm.
5461	26.9	16.6	293.2
	27.1	17.0	287.4
4358	26.7	15.9	180.5
	27.2	17.2	180.5
4047	26.7	15.9	154.5
	27.3	17.2	154.9

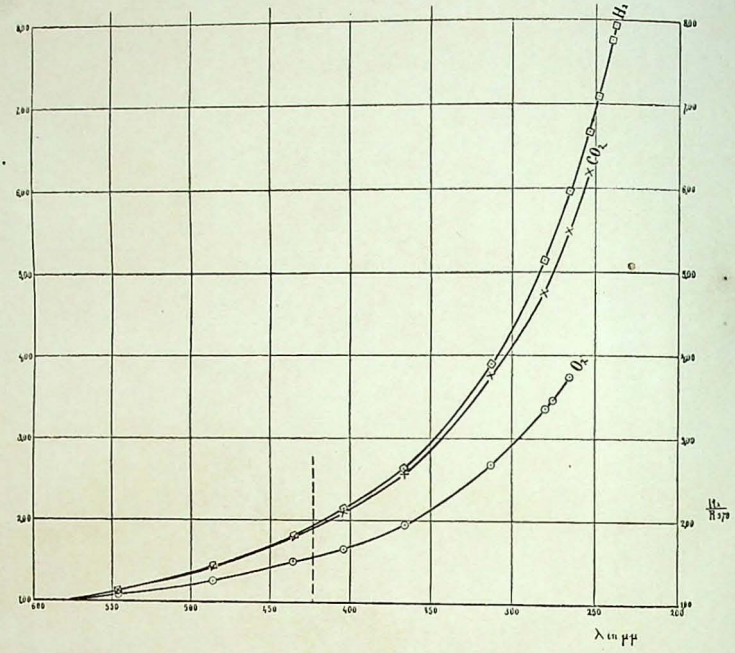
De berekening, waarbij de drukken tot een temperatuur van 17° herleid worden, geeft:

λ	$\frac{R_\lambda}{R_{5461}}$	$\frac{R_\lambda}{R_{5461}}$ volgens SIERTSEMA.
5461	1.00	1.00
4358	1.60^5	1.60
4047	1.87	1.87

en voor $\frac{R_{4047}}{R_{4358}}$: $1{,}16^5$ en 1,17.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Vermeld dient nog, dat proeven genomen werden om het verloop der draaiing bij overgang in den vloeibaren toestand na te gaan. Hiervoor werd door het waterbad een waterstroom van ongeveer 0° gevoerd, afkomstig uit een groot reservoir met een koudmakend mengsel van water, ijs en keukenzout, terwijl de koolzuurkruik op kamertemperatuur gehouden werd. Het overdistilleeren geschiedde zeer langzaam, het duurde twee dagen voor de proefbuis geheel met vloeibaar koolzuur gevuld was, waarna de nicols bleken niet meer te polariseeren, daar de vloeistof in de luchtlaag gedrongen was. De proef werd niet herhaald, echter zal ze bij de nieuwe inrichting der nicols meer kans van slagen hebben.

Dispersiekrommen.

§ 26. Wegens de goede overeenstemming met SIERTSEMA's uitkomsten door de metingen met waterstof en water verkregen (zie het vijfde Hoofdstuk), heb ik mijne resultaten met de zijne vereenigd en het verloop der dispersie vanaf 5780 AE tot de absorptiegrens door kromme lijnen voorgesteld. De draaiingsconstante voor de gele kwiklijn werd hierbij als eenheid gekozen (feitelijk is dit een dubbellijn met de golflengten 5790.5 en 5769.5 AE, waarom als gemiddelde golflengte 5780 genomen is), als abscissen zijn de golflengten in $\mu\mu$, als ordinaten de betrekkelijke draaiingen uitgezet, aan onderstaande tabel ontleend:

λ in μμ	$\frac{R_\lambda}{R_{578}}$ zuurstof	koolzuur	waterstof
578	1.00	1.00	1.00
546	1.08	1.12[5]	1.12[5]
486	1.26[5]	1.43[5]	1.44
436	1.50	1.80[5]	1.81[5]
404.5	1.65	2.10	2.15
366.5	1.96[5]	2.57	2.64
313	2.69[5]	3.76	3.90
280.5	3.36[5]	4.77[5]	5.14
265.5	3.75[5]	5.49	5.97[5]
253.5		6.19[5]	6.67
248			7.09
240			7.76
238			7.94

De dispersiekromme voor zuurstof wijkt in sterke mate van die der andere gassen af, doch vertoont geen plotselinge verandering bij het naderen van het ultraviolette absorptiegebied. De stippellijn, behoorende bij een abscis = 423 μμ, geeft de grens van SIERTSEMA's waarnemingen aan. Reeds bij deze golflengte valt de koolzuurlijn niet meer met die van waterstof samen, welke afwijking in het ultraviolet duidelijker te voorschijn treedt.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

HOOFDSTUK V.

DE BEPALING DER VERDET'SCHE CONSTANTEN IN ABSOLUTE MAAT.

BEREKENING VAN e/m.

§ 27. Door uit SIERTSEMA's metingen de draaiingsconstanten te berekenen voor de golflengte 4358 AE, die bij mijne dispersiebepalingen als eenheid gekozen werd, konden de ultraviolette constanten in absolute maat gevonden worden.

Liever wilde ik van de vroegere metingen met gassen onafhankelijk zijn en de waarde der constante voor de standaardlijn zoo mogelijk zelf bepalen, om de gelegenheid te hebben de uitkomsten der Broch'sche met de halfschaduwmethode te kunnen vergelijken.

Een directe meting van den draaiingshoek door spiegelaflezing was bij de gebruikte opstelling onmogelijk, daar door de wringing der proefbuis de spleet met de halfschaduw gedraaid zou worden en de spectraallijnen op de photo's niet meer verticaal zouden staan. Drie wegen konden nu ingeslagen worden:

a. de opstelling te wijzigen, zoodat de halfschaduwnicol als vaststaande analysator, in het groote eindstuk

der buis bevestigd, dienst deed en in het kleine draaibare eindstuk een Glan'sche Nicol als polarisator te plaatsen. Al spoedig bleek, dat wegens den grooten afstand van de kwiklamp tot de halfschaduwspleet de lichtsterkte te gering was.

b. den loop der lichtstralen in de proefbuis om te keeren: de lamp komt voor de halfschaduwspleet in het groote eindstuk der buis te staan, de halfschaduw doet dan dienst als polarisator, een kleine nicol als draaibare analysator.

c. Van een ijkvloeistof gebruik te maken, door bij constanten hoek der nicols de buis na de dispersiebepaling met waterstof met gedistilleerd water te vullen, waarvoor de draaiingsconstanten door SIERTSEMA en LANDAU nauwkeurig bepaald zijn.

Daar het voor de methode *b* noodig bleek de draadklossen in hun geheel te verplaatsen en ingrijpende veranderingen in den opbouw der instrumenten aan te brengen, besloot ik de methode *c* toe te passen en bij onveranderden stand der nicols voor eenige violette en ultraviolette kwiklijnen een meting met water te verrichten. Zijn toch voor de golflengte λ:

de draaiingsconstante voor waterstof bij een bepaalden druk en temperatuur $= R_{H_2}$, voor gedistilleerd water $= R_W$ en de bij de opnamen behoorende stroomsterkten in ampères I_{H_2} en I_W, dan is:

$$R_{H_2} = \frac{I_W}{I_{H_2}} R_W.$$

De stroomsterkten in deze formule moeten met dezelfde relatieve nauwkeurigheid gemeten worden,

PERPUSTAKAAN NASIONAL

daarom werd de verhouding der draaiingsconstanten in water en waterstof door eene voorloopige berekening bepaald. R_W voor licht van de golflengte 4358 AE werd volgens SIERTSEMA bij een temperatuur van 13.°4

$$= 0.02495'$$

gevonden, terwijl voor R_{H_2} bij een aangenomen druk van 100 kg en een temperatuur van 17.°5

$$(985 \times 10^{-6})'$$

berekend werd, zoodat de draaiing in water 25.3 maal zoo groot is als in waterstof bij den aangegeven druk en temperatuur. Uit LANDAU'S ultraviolette metingen en mijn voorloopige dispersiebepaling volgde, dat water en waterstof ongeveer dezelfde draaiingsdispersie bezitten. Men heeft toch:

λ in AE.	Relat. draaiing $\frac{R_\lambda}{R_{4358}}$	
	Water.	Waterstof.
4358	1.00	1.00
3665	1.50	1.455
3130	2.21	2.145
2805	2.97	2.83

zoodat wel aangenomen mag worden, dat ook voor de opnamen der ultraviolette kwiklijnen de stroomsterkte I_{H_2} ongeveer 25 maal zoo groot als I_W zou zijn.

Om de I's met dezelfde nauwkeurigheid te meten werden bij den ampèremeter 2 shunts aangeschaft voor

meetbereiken van 0—2 en 0—50 ampères. Daar ik het plan had de opname der violette lijn voor waterstof bij een stroomsterkte van 35 ampères te maken, welke met een uitwijking van 70 schaaldeelen op den ampèremeter overeenkwam, kon ik er zeker van zijn, dat de stroommeting nauwkeurig genoeg was, bovendien werd bij de opnamen zooveel mogelijk op een deelstreep ingesteld en waren de beide meetbereiken met een compensator geijkt.

In het derde hoofdstuk werd er reeds op gewezen, dat bij de eerste vulling met water, de vloeistof de luchtlaag der nicols binnendrong, waardoor deze niet meer polariseerden en dat om dit te beletten tusschen de nicolhelften een koperen raampje van $^1/_2$ mm dikte gekit werd, zoodat de binnenruimte tegen indringen van gas en vloeistof beveiligd was.

Om de proefbuis met water te vullen werd deze door een kraan van het verdere deel der leiding afgesloten, en de manometer van het T stuk der leiding afgekoppeld; aan het open einde van dit T stuk werd nu met een eind dikke rubberslang een Woulf'sche flesch met gedistilleerd water bevestigd. Door de 2de opening der flesch werd de proefbuis luchtledig gepompt, waarna de buis bij toelaten der lucht met water volliep. Tegen mijne verwachting bleek evenwel de 230 cm lange kolom water het ultraviolette licht maar tot en met 3665 AE door te laten, zoodat voor de metingen slechts de violette kwiklijnen 4358 en 4047 en de ultraviolette 3665 beschikbaar bleven. Vermeld dient nog, dat de nicols onder 92° vooraf waren ingesteld, dat de belichtingstijd voor waterstof twee, voor water vijf minuten bedroeg

en dat LANDAU opnamen van de ijzerlijn 2496 A E verkreeg, bij een waterlaag van 1 cm. Ten slotte werd alleen de lijn 4358 voor de metingen gebruikt; verder bleek het noodig eenige voorloopige opnamen te maken, daar de beeldsafstand met ongeveer 12 mm veranderde, naar gelang de buis met water of gas gevuld was. Wegens herhaalde vullingen was de voor waterstof beschikbare druk tot 75 kg gedaald, zoodat de bij de waterstof gebruikte stroomsterkte ongeveer 33 maal die der wateropnamen bedroeg.

Meting met waterstof en water.

Uit twee opnamen werd bij een druk van 73.9 atm. en een temperatuur van 16°.9.

$$I_{H_2} = 37.72 \text{ ampère}$$

gevonden.

SIERTSEMA berekende de draaiingsconstanten voor 85 kg. en 9°.5. Een eenvoudige berekening geeft hier voor 85 kg. en 9°.5:

$$I_{H_2} = 32.88 \text{ ampère.}$$

Als gemiddelde stroomsterkte uit twee opnamen voor gedistilleerd water bij een temperatuur van 16.°4 volgt:

$$I_W = 1.145 \text{ ampère.}$$

Berekenen we voor de golflengte der violette kwiklijn (4358 AE) de draaiingsconstante voor 16.°4 uit SIERTSEMA's metingen, dan vinden we:

$$R_W = 0.02495'$$

waaruit volgt:

$$R_{H_2}\ (85\ \text{kg.}\ 9°.5) = \frac{1.145}{32.88} \times 0.02495' = (869 \times 10^{-6})'$$

in goede overeenstemming met de door SIERTSEMA gegeven waarde:

$$R_{H_2}\ (85\ \text{kg.}\ 9°.5) = (863 \times 10^{-6})'.$$

Hierin vond ik aanleiding voor de berekening der absolute Verdet'sche constanten de waarde van R voor de gele kwiklijn aan SIERTSEMA's tabellen te ontleenen. Onder aanname, dat de draaiing evenredig met den druk is, zijn de waarden van $R \times 10^8$ in boogminuten voor een druk van 1 kg/cm² berekend en het resultaat in onderstaande tabel vereenigd:

λ in AE	zuurstof 7°	koolzuur 6.°5	waterstof 9.°5
5780	570	923	559
5461	617	1039	629
4860	721	1325	805
4358	856	1664	1015
4047	942	1939	1201
3665	1122	2371	1476
3130	1537	3470	2189
2805	1918	4407	2873
2654	2140	5065	3338
2535		5717	3729
2482			3964
2399			4337
2378			4437

PERPUSTAKAAN NASIONAL REPUBLIK INDONESIA

§ 28 Nog rest iets te vermelden over de nauwkeurigheid der verkregen uitkomsten.

1°. Dispersiemetingen.

De relatieve draaiing ϱ werd bepaald uit:

$$\varrho = \frac{\alpha_o P_o}{\alpha_\lambda P_\lambda}$$

Verwaarloozen we de fout in de temperatuurbepaling, dan wordt, daar de relatieve fouten in de beide galvanometeruitslagen α even groot zijn en hetzelfde geldt voor de fouten in de drukkingen p, behalve voor de zuurstofopnamen vanaf 2805 AE, de relatieve fout in ϱ in het ongunstigste geval gegeven door:

$$\frac{\delta \varrho}{\varrho} = 2 \left\{ \frac{\delta \alpha}{\alpha} + \frac{\delta p}{p} \right\}.$$

$\frac{\delta \alpha}{\alpha}$ wordt bepaald door de stroomverandering bij achtereenvolgende opnamen; wanneer de galvanometeruitwijking met $^1/_{50}$ veranderde, was juist tusschen 2 opnamen nog een verschil in helderheid merkbaar, zoodat we $\frac{\delta \alpha}{\alpha} = 0.01$ zullen stellen.

$\frac{\delta p}{p}$ wordt aangegeven door de nauwkeurigheid der drukmeting. Een deelstreep der manometerverdeeling komt overeen met $^1/_4$ kg/cm², bij 2 vroegere calibraties bedroegen de verschillen meestal niet meer dan 0,1 kg/cm², waarom aangenomen wordt, dat de druk in 0,1 kg/cm² juist was Dit geeft voor:

	$p_{min.}$	$\delta p/p$	$\delta \varrho/\varrho$
zuurstof . . .	83 atm.	0.0012	0.022
waterstof . . .	75 »	0.0013	0.023
koolzuur . . .	27 »	0.0037	0.027

PERPUSTAKAAN NASIONAL REPUBLIK INDONESIA

2°. Bepaling der absolute waarden der draaiingsconstanten.

R_H werd berekend uit:

$$R_{(H,p_o)} = \frac{I_W}{I_{(H,p_1)}} \frac{p_o}{p_1} R_W$$

nu is: $\frac{\delta I_W}{I_W} = \frac{\delta I_H}{I_H} = 0.01$; $\frac{\delta p_1}{p_1} = 0.0013$ en volgens SIERTSEMA: $\frac{\delta R_W}{R_W} = 0.005$, waaruit volgt $\frac{\delta R_H}{R_H} = 0.026$.

De waarschijnlijke fout bedroeg bij SIERTSEMA's metingen voor zuurstof en waterstof: 0.012 R en voor koolzuur 0.02 R.

Door aansluiting aan zijne metingen zijn de ultraviolette draaiingsconstanten bepaald uit:

$$R_\lambda = \varrho R_o$$

zoodat de relatieve fout in R_λ voor waterstof en zuurstof 3.5 %, in koolzuur 4.7 % kan bedragen.

Berekening van e/m.

§ 29. Om de verkregen resultaten aan de theorie te toetsen, zal ik hier nagaan, welke waarde van e/m uit de draaiingsmetingen is af te leiden.

Voor het geval, dat de lichtbreking door de aanname van één ultraviolette eigen trilling goed kan worden voorgesteld en de beschouwde golflengte ver van de golflengte der eigen trilling verwijderd is, kan volgens SIERTSEMA e/m uit de volgende formule berekend worden:

$$r = \frac{e}{m} \frac{\lambda}{2v} \frac{dn}{d\lambda}$$

waarin r = de Verdet'sche constante voor de golflengte λ uitgedrukt in radialen.

PERPUSTAKAAN NASIONAL REPUBLIK INDONESIA

v = de lichtsnelheid,
e/m = de soortelijke lading in e.m. eenheden,
n = de brekingsindex voor de golflengte λ.

Voor waterstof bij een druk van 85 kg. en een temperatuur van 9.5°, werd voor het Na-licht gevonden:

$$e/m = 1.77 \times 10^7$$

in overeenstemming met de uit het ZEEMAN-effect bepaalde waarden.

LANDAU leidde uit zijne metingen de volgende waarden af:

water.		alcohol.		steenzout.	
λ in $\mu\mu$	e/m	λ	e/m	λ	e/m
405	1.41×10^7	453	1.19×10^7	644	1.73×10^7
275	1.45×10^7	361	1.14×10^7	508	1.65×10^7
250	1.48×10^7	356	9.63×10^6	310	1.63×10^7

MEYER[1]) leidt de dispersieformule opnieuw af en geeft haar in den vorm:

$$r = \frac{e}{m} \frac{\lambda}{2v} \frac{n'}{n} \frac{dn'}{d\lambda}$$

waarin n' de waarde van den brekingsindex verkregen door den invloed der ultraroode eigen trilling te verwaarloozen. Voor waterstof kan $n = n'$ genomen worden, zoodat zijne formule met die van SIERTSEMA overeenkomt.

DRUDE[2]) schrijft het verschil in de waarde e/m aan

[1]) MEYER. Ann. d. Phys. 30. p. 620. 1909.
[2]) DRUDE. LEHRBUCH p. 427. 1906.

den invloed van ultraroode electronen toe, die kleinere soortelijke lading bezitten. In het ultraviolet zou nu de invloed dezer ultraroode electronen op den brekingsindex kleiner worden en e/m tot de waarde voor de vrije electronen toenemen. Uit LANDAU's metingen met alcohol en steenzout volgen echter waarden van e/m, die naar het ultraviolet afnemen, in tegenspraak met wat uit den invloed der ultraroode electronen werd afgeleid.

Al zijn de waarden der brekingsindices n voor waterstof in het ultraviolet niet bekend, toch kan men, zoo waterstof als een mono-electronische stof beschouwd mag worden, aannemen, dat de ultraviolette gewone dispersie voldoet aan een formule van den vorm:

$$n^2 = A + \frac{B}{\lambda^2 - \lambda_m^2}$$

waarin A en B constanten en λ_m de golflengte der ultraviolette eigen trilling voorstelt, waarvoor uit dispersiemetingen de waarde 0.087 μ afgeleid is.[1])

Differentiatie geeft:

$$\frac{dn}{d\lambda} = \frac{-B\lambda}{n(\lambda^2 - \lambda_m^2)^2}$$

Voor de relatieve draaiing ϱ kan nu geschreven worden:

$$\varrho = \frac{R_2}{R_1} = \frac{\left(\frac{e}{m}\right)_2 \left(\lambda \frac{dn}{d\lambda}\right)_2}{\left(\frac{e}{m}\right)_1 \left(\lambda \frac{dn}{d\lambda}\right)_1} = \frac{n_1 \left(\frac{e}{m}\right)_2 \lambda_2^2 \left(\lambda_1^2 - \lambda_m^2\right)^2}{n_2 \left(\frac{e}{m}\right)_1 \lambda_1^2 \left(\lambda_2^2 - \lambda_m^2\right)^2}$$

---

[1]) SIERTSEMA en DE HAAS. Versl. Kon. Ak. Amst. p. 635. 1911.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

waaruit:

$$\frac{\left(\frac{e}{m}\right)_2}{\left(\frac{e}{m}\right)_1} = \frac{n_2 R_2 \lambda_1^2 \left(\lambda_2^2 - \lambda_m^2\right)^2}{n_1 R_1 \lambda_2^2 \left(\lambda_1^2 - \lambda_m^2\right)^2}$$

Berekenen we uit KOCH's metingen [1]) de verhouding $\frac{n_{436\ \mu\mu}}{n_{671\ \mu\mu}}$ (waterstof, druk 100 kg.) $= \frac{1.014178}{1.013853} = 1.0003$, waarbij aangenomen wordt, dat $(n-1)$ met den druk evenredig is en stellen we daarom in de formule de verhouding $\frac{n_2}{n_1} = 1$, dan vinden we:

$$\frac{\left(\frac{e}{m}\right)_2}{\left(\frac{e}{m}\right)_1} = \frac{R_2 \lambda_2^2 \left(1 - \frac{\lambda_m^2}{\lambda_2^2}\right)^2}{R_1 \lambda_1^2 \left(1 - \frac{\lambda_m^2}{\lambda_1^2}\right)^2}$$

welke vorm voor de berekening eenvoudiger is. Daar voor $\lambda_1 = 589\ \mu\mu$. $\left(\frac{e}{m}\right)_1 = 1.77 \times 10^7$ is, vinden we:

λ in $\mu\mu$	$R \times 10^6$. (H_2. 85 kg 9.°5)	$\frac{e}{m} \times 10^{-7}$
589	456	1.77
405	1021	1.78
313	1852	1.81
265	2837	1.85⁵
248	3369	1.86
238	3771	1.87⁵

[1]) KOCH. Nova acta regiae soc. scient. Upsaliensis (4). 2. n⁰ 5. (1909).

PERPUSTAKAAN NASIONAL REPUBLIK INDONESIA

Deze toename van e/m pleit oogenschijnlijk bij waterstof tegen de aanname van slechts één ultraviolette eigen trilling. Een bepaling der gewone dispersie in het ultraviolet zal moeten beslissen, in hoeverre de hier ingevoerde waarde van $\frac{dn}{d\lambda}$ gewettigd is.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

STELLINGEN.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

STELLINGEN.

I.

De waarde van e/m voor water, door MEYER [1]) opgegeven, is te groot.

II.

Voor metingen in het ultraviolette spectrum verdient het aanbeveling de verhouding van lengte tot breedte bij den GLAN-nicol iets kleiner te maken.

III.

In een volledige theorie der magnetische draaiing van het polarisatievlak moeten de moleculairstroomen van DRUDE beschouwd worden.

IV.

De absorptie- en fluorescentiespectra veranderen bij vaste stoffen op dezelfde wijze met de temperatuur.

V.

De door KAYSER en RUNGE gegeven wetten voor de reeksen in de spectra der alkaliën hebben geen algemeene geldigheid.

---

[1]) Ann. d. Phys. 30. p. 629. 1909.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

VI.

Ten onrechte besluit DRUDE [1]) uit formule (35), dat n^2-1 evenredig met de dichtheid moet zijn.

VII.

Het is wenschelijk de brekingsindices van waterstof in het ultraviolet te bepalen.

VIII.

De formule van NATANSON

$$v\,\Delta = \text{constante},$$

gaat ook niet door voor de koolstof-zuurstofverbindingen. [2])

IX.

LUMMER [3]) kent aan deze formule te groote waarde toe, als hij zegt:

«dass sich die Dispersionstheorie zu einer neuen spektralanalytischen Methode entwickelt hat, die aus der Lage der Eigenschwingungen auf die im Körper enthaltenen chemischen Elemente zu schliessen erlaubt.»

X.

Om de trillingen der snaren op het bovenblad der viool over te brengen voert de kam zoowel schommelingen in als loodrecht zijn vlak uit. [4])

---

[1]) Lehrbuch der Optik. p. 380. 1906.

[2]) GRUSCHKE. Ann. d. Phys. 34. p. 815. 1911.

[3]) MÜLLER-POUILLET. Band II. Abt. II. p. 1102. 1909.

[4]) GILTAY en DE HAAS. Versl. Kon. Ak. Amst. p. 462. 1909.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

XI.

De door GANS [1]) gegeven berekening van den magnetischen potentiaal van eenen draadklos in een punt op de as, buiten den klos gelegen, is omslachtig

XII.

Bij de bespreking van de methode van MANCE zegt GRAETZ [2]) ten onrechte, dat de brugdraad stroomloos is.

XIII.

Het door BAGARD waargenomen HALL-effect in electrolyten is schijnbaar [3]) en een gevolg van rotaties in de vloeistof.

XIV.

Wanneer een materiëel punt gedwongen is zich te bewegen over een kromme, die met constante hoeksnelheid om een as draait en de beweging langs de kromme gevraagd wordt, verdient een behandeling volgens de theorie der relatieve beweging de voorkeur. [4])

---

1) Einführung in die Theorie des Magnetismus. p. 29. 1908.
2) WINKELMANN. Handbuch d. Physik. Band IV. p. 340. 1905.
3) HEILBRUN. Ann. d. Phys. 15. p. 988. 1904.
4) APPELL. Tome I. Problème. p. 458. 1902.

PERPUSTAKAAN NASIONAL

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTA