

Dispersielijnen

<https://hdl.handle.net/1874/263172>

1917

DISPERSIELIJNEN.

B. J. VAN DER PLAATS GZN.

u.
2

A. qu.
192

DISPERSIELIJNEN.

RIJKSUNIVERSITEIT

RIJKSUNIVERSITEIT TE UTRECHT



2375 492 6

DISPERSIELIJNEN.

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN

Doctor in de Wis- en Natuurkunde

AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT

OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

Dr. P. H. DAMSTÉ

HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER LETTEREN EN WIJSBEGEERTE

VOLGENS BESLUIT VAN DEN SENAAT DER UNIVERSITEIT

TEGEN DE BEDENKINGEN VAN DE

FACULTEIT DER WIS- EN NATUURKUNDE

TE VERDEDIGEN

op Dinsdag 10 Juli 1917, des namiddags te 4 uur

DOOR

BERNARDUS JAN VAN DER PLAATS Gzn.

geboren te UTRECHT.

Electr. drukkerij «de Industrie» J. VAN DRUTEN — Utrecht

1917



AAN

DR. A. LEBRET.

MEVR. C. D. LEBRET-TENGBERGEN.

DE A. LEBRET
MARIE E. D. LEBRET. 1850

Bij het voltooiën van mijn proefschrift is het mij een aangename taak U, Hoogleeraren en Oud-Hoogleeraren in de Faculteit der Wis- en Natuurkunde mijn dank te betuigen voor hetgeen Gij tot mijne wetenschappelijke vorming hebt bijgedragen.

Bovenal geldt mijn dank U, hooggeachte Promotor JULIUS. Gedurende den tijd, dat ik Uw assistent was, had ik de gelegenheid Uw persoonlijken omgang te leeren waardeeren. Ik ben U zeer erkentelijk voor de hulp, die ik bij de bewerking van dit proefschrift van U ondervond en voor de onbekrompen wijze, waarop Gij instrumenten te mijner beschikking steldet.

De daadwerkelijke belangstelling die ik van de Heeren wijlen Dr. J. W. DOIJER JZN., Dr. P. FIJN VAN DRAAT en Dr. JOH. A. VREESWIJK in het begin van mijn academischen studietijd ondervond, zullen mij steeds in dankbare herinnering blijven.

De heer A. Th. van der Meulen is het mij zeer
aangenomen dat U. Hoogheerren en Heeren in de
Kamer der W. en H. van Nederlande mijn dank te betonen
voor hetgeen zij tot mijne wetenschappelijke vorming heb-
ben gedaan.

Overigens heb ik ook U. Hoogheerren te danken
dat de heer A. Th. van der Meulen is het mij zeer
aangenomen dat U. Hoogheerren en Heeren in de
Kamer der W. en H. van Nederlande mijn dank te betonen
voor hetgeen zij tot mijne wetenschappelijke vorming heb-
ben gedaan.

De heer A. Th. van der Meulen is het mij zeer
aangenomen dat U. Hoogheerren en Heeren in de
Kamer der W. en H. van Nederlande mijn dank te betonen
voor hetgeen zij tot mijne wetenschappelijke vorming heb-
ben gedaan.

INHOUD.

	Bladz.
§ 1. Inleiding	1
§ 2. Gevolgen der anomale dispersie	6
§ 3. Voorloopige proeven	14
§ 4. Definitieve proeven	25
§ 5. Beschrijving der reproducties	35
Samenvatting	47

§ 1. INLEIDING.

Terwijl van de meeste doorschijnende lichamen de brekings-index voor zichtbare stralen gelijkmatig met de golflengte verandert, doet zich bij sommige middenstoffen een ongelijkmatigheid voor in dien gang: de zoogenaamde anomale dispersie. Het eerst werd dit verschijnsel opgemerkt in 1860 door LE ROUX, bij zeer dichten jodiumdamp; uitvoeriger onderzoekingen erover, bij verschillende sterk gekleurde stoffen, werden vervolgens gedaan door CHRISTIANSEN, SORÉT, KUNDT (1870—1880).

Laatstgenoemde ontdekte, dat de anomale dispersie in verband stond met oppervlaktekleur en selectieve absorptie. Het bestaan van een dergelijk verband was reeds in 1866 vermoed door SELLMEIER op grond van theoretische voorstellingen over wisselwerking tusschen materie en aether. Zijne in 1872 gepubliceerde verklaring der anomale dispersie werd gevolgd door verschillende belangrijke theorieën (van v. HELMHOLTZ, v. LOMMEL, KETTELÉR, LORENTZ, GOLDHAMMER, PLANCK, EBERT, DRUDE en anderen), die alle ten doel hadden, den invloed der weegbare deeltjes op de voortplanting van het licht in beeld te brengen.

Zeer gewichtig met het oog op de toetsing van deze theoretische beschouwingen was de ontdekking van KUNDT, dat ook het zoo smalle absorptiegebied der natriumlijnen, tot merkbare anomale dispersie aanleiding gaf. Nauwkeurige metingen van den loop der dispersiekromme in de nabijheid van de natriumlijnen, zooals die in lateren tijd gedaan zijn door BECQUEREL, WOOD, ROSCHDESTWENSKY, werden dan ook hoofdzakelijk ondernomen ten einde de grondslagen der dispersietheorieën op de proef te stellen. Met gelijk doel is voor

een aantal kleurstoffen in vasten of opgelosten staat de samenhang tusschen dispersie en absorptie quantitatief onderzocht (PFLÜGER, WOOD, MARTENS, SÖDERBORG, v. D. PLAATS, 1895-1915).

Daar alle stoffen zekere stralen absorbeeren, zoo al niet in het zichtbare, dan toch in het ultraviolette of infrarode deel van het spectrum, moest men verwachten, dat anomale dispersie een bij elke stof voorkomend verschijnsel zou blijken te zijn. Inderdaad is dan ook gevonden, dat, indien men slechts de waarnemingsmethode scherp genoeg weet te maken, in de omgeving van ieder absorptiegebied de brekingsindex den eigenaardigen, door de theorie beschreven gang vertoont. Men heeft dus het recht te onderstellen, dat, zelfs waar lichtbreking uiterst moeilijk is waar te nemen, zooals bij ijle gassen of dampen, toch elke der absorptielijnen in zekere mate tot anomale dispersie der omringende lichtsoorten aanleiding geeft.

Dit feit moge nu al van belang zijn uit het oogpunt van stralingsleer en electronenleer — het is zeer begrijpelijk, dat men er, toen eenmaal de dispersietheorie voldoende vaststond, niet zooveel aandacht meer aan geschonken heeft, zoolang slechts weinig gevallen bekend waren, waarbij de anomale dispersie in gassen tot uiting kwam in goed merkbare verschijnselen, of in de natuur een rol speelde van eenige beteekenis.

Intusschen werd sedert 1900 door JULIUS het denkbeeld ontwikkeld, dat vele reeds lang bestudeerde zonneverschijnselen het gevolg zouden kunnen zijn van anomale dispersie. Aan de daardoor verlevendigde belangstelling voor het onderwerp hebben wij voor een groot deel de experimenteele onderzoekingen ¹⁾ te danken, die de algemeenheid van het beginsel der anomale dispersie buiten twijfel hebben gesteld en aan vele physici vertrouwen geven in de daaraan vastgeknoopte gevolgtrekkingen.

¹⁾ WOOD, LUMMER, PRINGSHEIM, EBERT, SCHÖN, GEISLER, PUCCANTI, LADENBURG, JULIUS en VAN DER PLAATS.

Maar de astronomen schijnen zich over het geheel minder gemakkelijk te kunnen vereenigen met deze toepassing van een physische wet op astrophysische problemen; inzonderheid bestrijden zij nog de hypothese, uitgesproken op grond van velerlei overwegingen betreffende natuurkundige en sterrekundige gegevens, dat de Fraunhofersche lijnen in hoofzaak *dispersielijnen* zouden zijn.

JULIUS stelt zich namelijk voor, dat slechts de zeer smalle kernen der Fraunhofersche lijnen aan absorptie moeten worden toegeschreven, terwijl een groot deel van de breedte dier lijnen zou berusten op lichtverzwakking door anomale verstrooiing en anomale breking. Met andere woorden: de absorptielijnen van het zonnenspectrum zouden omhuld zijn door lijnen of banden van een nieuw type, die hij dispersielijnen noemt, en waarin de lichtverdeeling aan andere wetten gebonden is, dan in absorptielijnen.

Het onderwerp van dit proefschrift is: een experimenteel onderzoek over dispersielijnen. Vooral zal daarbij de aandacht zijn gevestigd op enkele harer eigenaardigheden, die ook bij Fraunhofersche lijnen werden waargenomen (verschuivingen en onderlinge invloed); overigens blijft de rol, die in de astrofysica aan dispersielijnen en in 't algemeen aan de gevolgen van anomale dispersie wordt toegeschreven, hier buiten bespreking.

De onderzoekingen vóór 1907 op 't gebied van anomale dispersie verricht, vindt men vermeld in de dissertatie van F. SCHÖN ¹⁾, die zelf ook een zeer waardevolle bijdrage heeft gegeven voor de kennis van dit verschijnsel in metaaldampen.

Zoo gemakkelijk anomale dispersie bij Na-damp te constateren was, zoo moeilijk was het bij andere metaaldampen.

¹⁾ F. SCHÖN. Beiträge zur Kenntniss der anomalen Dispersion in Metaldämpfen. Diss. Jena (1907).

Het bezwaar bij deze onderzoekingen was steeds het verkrijgen van een dampprisma of ten minste het in constanten toestand houden van een damphoeveelheid, die wat dispergeerende werking betreft hiermede overeenkwam. Als zoodanig zou te beschouwen zijn een damplaag, waarin de dichtheid continu in één richting afnam met een constante gradiënt.

Het is aan SCHÖN gelukt, door gebruik te maken van een lichtboog van bijzonderen vorm tusschen twee met metaalzouten gevulde kolen, voor verschillende absorptielijnen anomale dispersie te constateeren en fotografisch vast te leggen. Evenwel is de methode der gekruiste prisma's, die door hem gebruikt is, niet gevoelig genoeg voor 't waarnemen van kleine anomalieën.

Een verfijnde onderzoekingsmethode is door PUCCIANTI¹⁾ aangegeven. Deze methode is de basis van het werk van GEISLER²⁾, die voor een aantal metaallijnen uit de anomale dispersieverschijnselen het bestaan van absorptie kon constateren. In verband met den verderen inhoud van dit proefschrift is een korte bespreking van het principe zijner methode niet ongewenscht.

Deze methode maakt niet gebruik van de richtingsverandering die de stralen ondergaan door een dampmassa met eene constante gradiënt, maar toont direct het verschil in voortplantingsnelheid, die stralen van verschillende golflengten in een homogeen medium bezitten. Dit wordt geconstateerd met den interferentiaalrefractor van JAMIN. De twee interfereerende bundels zullen, zoo ze onder gelijke optische condities verkeeren, tot interferentiestrepen aanleiding geven, die horizontaal, schuin of verticaal kunnen loopen. Indien een bepaalde stralen-

¹⁾ L. PUCCIANTI. Spett. Ital. 33. 133 (1904).

²⁾ H. GEISLER. Zur anomalen Dispersion des Lichtes in Metaldämpfen. Diss. Bonn. (1909).

soort door een in één der bundels gebracht homogeen medium een gangverschil krijgt, dan zal voor deze golflengte het interferentiesysteem ten opzichte van het oorspronkelijke verschoven zijn. Dit nu is gemakkelijk te constateeren door een horizontaal strepensysteem op de spleet van een spectroscop te werpen. De zwarte banden in het spectrum, die bij optisch identieke bundels glad verlopen, van violet naar rood iets divergeerend, zullen voor de boven beschouwde stralensoort een gemakkelijk te onderkennen uitbuiging vertoonen.

Deze methode verdient, behalve wegens hare grootere gevoeligheid, ook nog daarom de voorkeur boven die der gekruiste prisma's, dat nu de eisch van een constante gradiënt in den te onderzoeken damp vervallen is. Hier wordt alléén een constante toestand vereischt.

De interferentiaalrefractor heeft ook bij iedere der honderden absorptielijnen van J, Br en NO_2 de anomale dispersie aan 't licht gebracht. ¹⁾

Ten slotte is nog te vermelden, dat LADENBURG ²⁾ met den interferentiaalrefractor *quantitatieve* onderzoekingen over anomale-dispersieverschijnselen bij enkele waterstoflijnen gedaan heeft, en ROSCHDESTWENSKY ³⁾ op dezelfde manier brekingsindices van Na-damp in den omtrek der beide D-lijnen heeft bepaald. Ook is het verband tusschen absorptie en dispersie in kleurstoffen tot toetsing der dispersieformules volgens deze methode bestudeerd. ⁴⁾

¹⁾ JULIUS u. v. D. PLAATS. Zeitschr. f. wiss. Phot. 10 p. 62 (1911). Arch. Neerl. Ser. III A T II p. 1. (1912).

²⁾ R. LADENBURG. Astrophys. Bemerkungen im Anschluss an Versuche über Absorption und anomale Dispersion in leuchtendem Wasserstoff. Phys. Z.S. 12 9—12 (1911).

³⁾ D. ROSCHDESTWENSKY. Die anomale Dispersion im Natriumdampf. Ann. d. Phys. [4] 39 307—345 (1912).

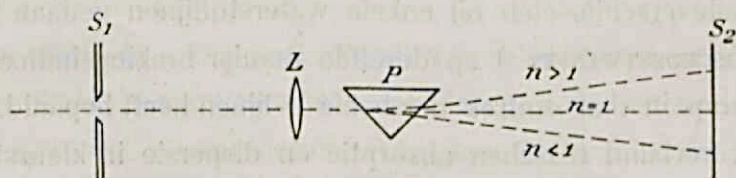
⁴⁾ BERN. J. v. D. PLAATS. Untersuchung über Absorption und Dispersion des Lichtes in Farbstofflösungen. Ann. d. Phys. [4] 47 429-462 (1915).

§ 2. GEVOLGEN DER ANOMALE DISPERSIE.

Uit de hierboven genoemde onderzoeken is gebleken, dat bij de methode der gekruiste prisma's de anormale-dispersieverschijnselen direct geconstateerd kunnen worden door de uitbuiging van het spectrum in den spectroscop. De methode met den interferentiaalrefractor, hoewel in wezen met deze verschillend, geeft dezelfde vervormingen in het spectrum.

Een geheel ander beeld krijgt men, wanneer het dampprisma zoodanig wordt gesteld, dat de „gradiënt” loodrecht staat op het vlak, dat men zich aangebracht kan denken door den stralenbundel en de spleet van den spectroscop. De verschijnselen, die zich nu voordoen, zijn gemakkelijk te begrijpen, wanneer men nauwkeurig het beeld beziet, verkregen met de methode der gekruiste prisma's, die wij daarom eerst nader willen beschouwen.

Fig. 1.

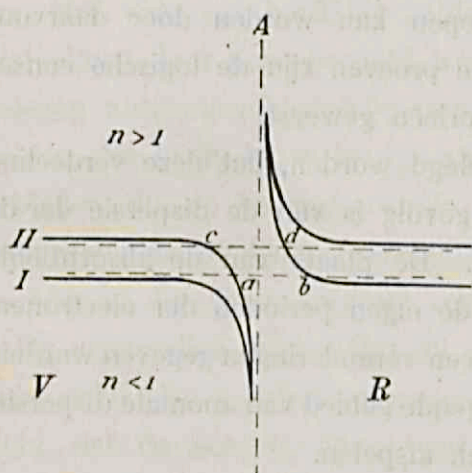


Zij S_1 een (vrij wijde) horizontale spleet, waarvan door de lens L een beeld gevormd wordt op de verticale spleet S_2 van een spectroscop. Stelle P een dampprisma voor of, wat op hetzelfde neerkomt, een damphoeveelheid waarvan de dichtheid van boven naar onder gelijkmatig afneemt. Daar de gemiddelde brekingsindex voor gassen en dampen weinig van één verschilt, zal er een beeld van S_1 gevormd worden op ongeveer dezelfde plaats van S_2 , als vóórdat het dampprisma aanwezig

was. Zonder het dampprisma zou het spectrum in den spectroscop (waarvan S_2 de spleet is) bestaan uit een overal even breeden, horizontaal verloopenden band. De stralensoorten, waarvoor de brekingsindex van de eenheid afwijkt, zullen evenwel de spleet S_2 op andere plaatsen treffen, en wel zóó, als in de figuur is aangegeven. Deze afwijkende waarden van n zullen te verwachten zijn in de nabijheid van absorptielijnen.

Gaan wij in bijzonderheden na, wat er in den omtrek van een absorptielijn te zien zal zijn.

Fig. 2.



Zij A een absorptielijn.

Aan den violetten kant hiervan zal de brekingsindex, overeenkomstig de dispersietheorie, kleiner zijn dan de eenheid, en in verband met Fig. 1 volgt daar de uitbuiging van den horizontalen band naar beneden. Evenzoo is aan den rooden kant de afwijking naar bovendoordegrootere

waarden van n bepaald.

Neemt men nu het geval, dat men den spectroscop zoodanig van stand verandert, dat de spleet S_2 horizontaal komt te staan, dus evenwijdig aan het beeld van S_1 , dan kan men S_2 langs den onderkant van dat horizontale spleetbeeld zetten, zooals de stippellijn I in Fig. 2 aangeeft. Zonder meer volgt dan, dat alle lichtsoorten in het nu ontstane spectrum vertegenwoordigd zijn, uitgezonderd die, welke tusschen a en b zijn gelegen. Men ziet dus, inplaats van een absorptielijn A ,

¹⁾ ROSCHDESTWENSKY. Ann. d. Phys. [4] 39, p. 307—345 (1912).

een donkeren band, asymmetrisch naar rechts ten opzichte van deze geplaatst. Dezelfde redeneering is van toepassing op den in *II* aangegeven stand van spleet S_2 , met dit verschil, dat daarin de donkere band $c d$ naar links verschoven schijnt ten opzichte van de oorspronkelijke absorptielijn. De duisternis in dit gebied zal haar ontstaan te danken hebben aan het afbuigen der stralen, die de spleet van den spectroscop niet bereiken.

Dit verschijnsel is het eerst door JULIUS beschreven.¹⁾

Hij heeft voor de Na-lijnen, D_1 en D_2 , aangetoond²⁾, dat iedere willekeurig gekozen lichtverdeling in de nabijheid hiervan te voorschijn geroepen kan worden door daarvoor passende diaphragma's. Deze proeven zijn de logische consequenties uit de dispersietheorieën geweest.

De nadruk moet erop gelegd worden, dat deze verdeling van licht en duisternis het gevolg is van de dispersie der de lijn omgevende lichtsoorten. De plaats van de absorptielijn zelve wordt bepaald door de eigen perioden der electronen, waaraan bij deze proeven geen veranderingen gegeven worden. Het is uitsluitend het omringende gebied van anomale dispersie, waarin de verschijnselen zich afspelen.

Bij deze proeven waren binnen de dispersiebanden steeds ook nog de absorptielijnen aanwezig. Door hunne verschillende eigenschappen konden wel is waar de effecten van breking en van absorptie tot op zekere hoogte van elkander worden onderscheiden, maar het bleef niettemin gewenscht, die scheiding vollediger te bewerkstelligen.

JULIUS merkt op, dat ook voor Ca- en Sr-damp dergelijke verschijnselen door hem zijn geconstateerd, evenwel niet van

¹⁾ W. H. JULIUS. Dispersion Bands in Absorption Spectra. Proc. Roy. Acad. Amst. 7, 134—140 (1904). Astroph. Journ. XXI, 271 (1905).

²⁾ W. H. JULIUS. Arbitrary distribution of light in dispersion bands etc. Kon. Acad. v. W. XV, 317 (1907). Astroph. Journ. XXV, 95 (1907).

die kwaliteit, dat ze fotografisch konden worden vastgelegd.

De l. c. aangegeven methode is nu slechts dáár te gebruiken, waar de anomale dispersie van dezelfde orde van grootte is, als die der beide D-lijnen. Is ze kleiner, dan zouden de aangebrachte diaphragma's zóó nauw gemaakt moeten worden, dat de lichtsterkte in den spectroscop te gering zou zijn.

Door beschouwing van dispersiegebieden om twee dicht bij elkaar gelegen absorptielijnen is JULIUS¹⁾ tot conclusies gekomen, die wij op het in Fig. 1 aangegeven geval zullen toepassen.

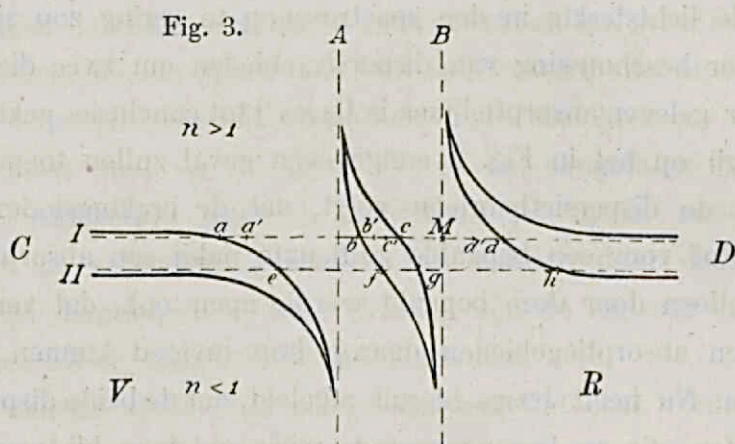
Uit de dispersietheorieën volgt, dat de brekingsindex van een stof voor een bepaalde golflengte nabij een absorptielijn niet alleen door deze bepaald wordt, maar ook, dat verderaf gelegen absorptiegebieden daarop hun invloed kunnen doen gelden. Nu heeft JULIUS hieruit afgeleid, dat de beide dispersiegebieden, die op bovengenoemde wijze ontstaan bij twee zéér naburige absorptielijnen, verplaatst zullen zijn zoodanig, dat de afstand der lijnen vergroot schijnt.

Op eenvoudige wijze volgt dit uit Fig. 3. Zijn nl. *A* en *B* twee nabij elkaar gelegen absorptielijnen, en wordt verondersteld, dat de geheele figuur een overeenkomstige beteekenis heeft als Fig. 2, dan kunnen wij het beeld, dat de spectroscop te zien geeft, aldus beschrijven:

Zonder de lijn *A* zou, met de spleet in stand *I*, de golflengte *d'* reeds te zien zijn. De dispersietheorieën geven er rekenschap van, dat een absorptiegebied aan den violetten kant van een te beschouwen golflengte den brekingsindex van de stof voor die golflengte in waarde doet toenemen, zoodat in het nu beschouwde geval de lichtsoort *d* eerst te zien zal zijn. Eenzelfde redeneering geldt voor de golflengten *c'* en *c*, zonder en onder den invloed van de lijn *A*.

¹⁾ W. H. JULIUS. Radial motion in Sun-spots? *Astroph. Journ.* XL, p. 11 en vlg. (1914).

De ligging van de dispersielijn wordt bepaald door de plaatsen van c' en d' of van c en d aan weerszijden van M , het midden van het absorptiegebied. Zonder de absorptielijn A zou men voor stand I een verschuiving naar violet waarnemen (verg. II in Fig. 2), want $M c' > M d'$. Door de nabijheid van A wordt nu de breedte



van de dispersielijn $c d$, waarbij c' , liggende dicht bij A , een grooteren invloed hiervan zal ondervinden, dan d' . Evenwel wordt de plaats van c bepaald door het verschil in invloed van de lijnen A en B , die van d door hun som. Over de grootte van den afstand $c d$ is dus niets te zeggen, wanneer men het verloop van de absorptiekrommen der beide lijnen niet weet; evenwel zal in 't algemeen de dispersielijn $c d$ naar rood verschoven zijn ten opzichte van de dispersielijn $c' d'$. Evenzoo zal, op gelijke wijze beschouwd ten aanzien van den invloed eener absorptielijn B , het dispersiegebied $a b$ van A naar violet verschoven zijn ten opzichte van het dispersiegebied $a' b'$. Zoo A en B identieke absorptielijnen waren, op voldoende afstand van elkander, zoodat hare dispersiegebieden geen invloed van elkaar ondervonden, dan zou in verband met Fig. 2 de rood- of violet-verschuiving dier gebieden identiek zijn, de afstand dier gebieden dus gelijk aan den afstand der afzonderlijke lijnen. Evenwel is boven aangetoond, dat bij kleinen afstand

in 't algemeen de nu gevormde dispersielijn cd naar rood, en de lijn ab naar violet is verplaatst ten opzichte van de hypothetische dispersielijnen $c'd'$ en $a'b'$, zoodat in 't algemeen een schijnbare afstooting der dispersielijnen zal plaats vinden.

Voor den stand *II* van spleet S_2 (Fig. 3) geldt een soortgelijke redeneering, maar hier zal de verplaatsing der beide dispersiegebieden ten opzichte van de absorptielijnen naar rood zijn.

Dit is, in een anderen vorm uitgesproken, de grondgedachte van JULIUS over den invloed van dispersielijnen op elkaar.

Ze is in dezen vorm gezet, om de later in dit proefschrift te bespreken resultaten gemakkelijker aan deze theoretische beschouwingen te doen aansluiten. Ook komt mij deze vorm in verband met de experimenten en conclusies begrijpelijker voor.

Hierboven is steeds gesproken van „in 't algemeen”. JULIUS beschouwt een zwakke absorptielijn naast een sterke, en vindt, dat de verplaatsing van de zwakke, zoo deze aan den rooden kant staat, grooter zal zijn, dan aan den violetten kant, hetgeen door de waarnemingen van ALBRECHT ¹⁾ bevestigd is voor de lijnen van het zonnenspectrum.

Beschouwen wij nog eens Fig. 3. Hierboven is aangetoond, dat de verschuiving naar violet, die de dispersieband B zonder het absorptiegebied A zou ondergaan, verminderd wordt door het verschuiven van c' naar c en van d' naar d en onder den invloed van A . De mate van violet-verschuiving hangt dan mede af van het verschil der stukken $c'c$ en $d'd$, en zou, zoo $c'c$ zeer groot en $d'd$ klein was (A een zeer sterke absorptielijn en B een zeer zwakke), wel eens tot een algeheele verschuiving der dispersielijn B naar rood aanleiding kunnen geven. Bij A

¹⁾ ALBRECHT. Astroph. Journal XLI, p. 333 (1915).

een violet-verschuiving, bij B een rood-verschuiving, dit geeft als som een schijnbare afstooting der lijnen A en B .

Stellen wij nu de absorptielijnen A en B van ongeveer gelijke absorptie. Zooals boven geconstateerd is, zullen beide lijnen bij spleetstand I een violet-verschuiving krijgen, maar het bedrag daarvan zal voor A grooter zijn, dan voor B , en dus tot schijnbare afstooting aanleiding geven. Stel nu, dat bij C , aan den violetten kant, een derde absorptiegebied ligt van groote intensiteit, zoodat de brekingsindex bij a' groot is. Dit zal ten gevolge hebben een terugwijken van de dispersielijn A naar rood en dito, evenwel door den grooteren afstand in mindere mate, van B . Door dit verschijnsel wordt echter de afstand der dispersielijnen A en B weer verminderd. Deze vermindering zou wel zóó groot kunnen worden, dat de afstand der dispersielijnen A en B weer de oorspronkelijke waarde zou hebben van den afstand der absorptielijnen A en B , zoodat hier, met een algeheele violet-verschuiving, toch *geen* afstandsvermeerdering zou behoeven gepaard te gaan. Men zou zich nu nog een absorptie kunnen denken bij D . Hierdoor zou weer een violet-verschuiving van dispersielijn B volgen, evenwel nu grooter dan die van A .

Hieruit ziet men, dat het algemeene geval, waarbij schijnbare afstooting van naburige dispersielijnen ontstaat, door nabij gelegen *andere* absorptiegebieden zoodanig veranderd kan worden, dat men onveranderden afstand of zelfs schijnbare aantrekking zou kunnen aantreffen.

Het moeilijke van de quantitative toepassing hiervan op de in de inleiding besproken Fraunhofersche lijnen is nu in het volgende gelegen.

Kende men de mate van absorptie en den vorm der absorptiekromme voor zekere dicht bij elkander gelegen Fraunhofersche lijnen, dan zou er door toepassing van de formules

uit de dispersietheorie een schatting gemaakt kunnen worden van de relatieve grootte der brekingsindices in de omgeving dier lijnen. Evenwel, voor Fraunhofersche lijnen kan het verloop der absorptie *niet* direct worden afgeleid uit metingen met den microfotometer van KOCH; immers volgens JULIUS is de lichtverdeeling in een Fraunhofersche lijn juist hoofdzakelijk een dispersie-effect.

Voor aardische dampmassa's daarentegen is het mogelijk, de absorptie alléén te onderzoeken. Volgens de dispersietheorieën moeten dispersielijnen de bovengenoemde eigenschappen hebben. Bij het bestudeeren der dispersielijnen alléén komen dan ook deze verschijnselen duidelijk aan 't licht, zooals in dit proefschrift zal worden aangetoond.

§ 3. VOORLOOPIGE PROEVEN.

Daar tot doel van dit proefschrift gekozen werd, verschillende gevolgen der anomale dispersie experimenteel na te gaan, was vooreerst noodig, de door andere onderzoekers gevolgde methoden tot het verkrijgen der dispersieverschijnselen in verband hiermede te bestudeeren en, zoo noodig, naar gelang van de te stellen eischen gewijzigd, te herhalen.

Vooreerst werd getracht, de onderzoekingen van JULIUS (p. 8) voort te zetten. Bij de proeven werd Na-damp in een nikkelen buis van 60 c.m. lengte tot $\pm 390^\circ$ verhit, waarbij een homogene damphoeveelheid ontstaat. Door bepaalde plaatsen in de buis af te koelen ontstond een gradiënt, loodrecht op de richting van den stralengang, waardoor de l. c. beschreven verschijnselen voor de beide Na-lijnen als fraaie bevestiging der dispersietheorieën te voorschijn kwamen.

Bij de onderzoekingen met Sr- en Ca-damp kon deze buis geen dienst doen. Er zijn trouwens weinig metalen, die op boven beschreven manier in zulk een toestand zijn te brengen. Volgens de beschrijving is het met het instrumentarium van ARTHUR S. KING ¹⁾ mogelijk, door gebruik te maken van een 50 K. W. transformator, een elektrische oven zoodanig te verhitten, dat daarin de dampen van alle metalen met het oog op hun emissie en absorptie kunnen worden onderzocht. Ook zijn door KING ²⁾ op deze wijze mooie anomale-dispersieverschijnselen verkregen.

¹⁾ A. S. KING. *Astroph. Journ.* XXVIII (Nov. 1908). Contributions Mount Wilson No. 28.

²⁾ A. S. KING. *Proc. Nation. Acad. of Sc.* 2. 461 (1916). Communications No. 31,

Door JULIUS was getracht, deze verschijnselen te voorschijn te roepen, door een lichtbundel in de lengterichting over een Ca- of Sr-boog te sturen. Dergelijke verschijnselen, als bij de Na-lijnen, zijn door hem dan ook bij enkele lijnen gezien.

Onze wenschen gingen in de richting van een instrumentarium van KING. Daar voor de verwezenlijking hiervan geen gelegenheid bestond, werd getracht, de ondervinding te benutten, die in de onderzoeken van F. SCHÖN l.c. neergelegd was, en wel omdat het dezen onderzoeker gelukt was, verschillende anomale uitbuigingen bij absorptielijnen van metalen te fotografeeren.

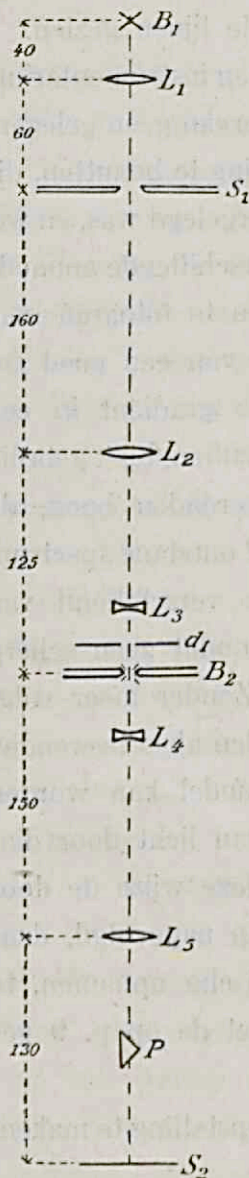
F. SCHÖN had uitsluitend met lichtbogen van een goed gedefiniëerden vorm gewerkt. Omdat nu de gradiënt in een lichtboog van plaats tot plaats sterk wisselt, zullen, bij 't gebruik van een groot gedeelte van den absorbeerenden boog, de anomale afwijkingen, die in het volgens Fig. 2 ontstane spectrum behoreen bij verschillende gradiënten, ook verschillend van grootte zijn en over elkaar heen vallen, zoodat geen scherp gedefiniëerd dispersiegebied zal ontstaan. Zonder meer volgt dus, dat slechts een zeer klein gedeelte van den absorbeerenden boog voor den doorgang van den lichtbundel kan worden gebruikt. Daaruit volgt weer veel verlies van licht door diaphragmeeren, en 't is duidelijk, dat op deze wijze de door JULIUS gebruikte opstelling niet kon worden nagevolgd, daar deze het verschijnsel, althans voor fotografische opnamen, te lichtzwak zou geven, mede in verband met de op p. 9 genoemde oorzaak.

Getracht werd nu, een meer lichtsterke opstelling te maken, zooals Fig. 4 (p. 16) die aangeeft.

Het licht van de booglamp B_1 wordt, nadat dit door een planparallel vat met water, tot absorptie der warmtestralen, gegaan is, door lens L_1 geconvergeerd op de ± 2 mm. breede, horizontale spleet S_1 . De lens L_2 zou van deze spleet een

beeld maken op de plaats B_2 , indien de sterk divergeerende lens L_3 niet aanwezig was. Deze lens van 5 cm. brandpunts-

Fig. 4.



afstand is op 5 cm. afstand van B_2 geplaatst, zoodat de oorspronkelijk convergeerende bundel nagenoeg evenwijdig uit L_3 te voorschijn treedt. Zoo is ook L_4 een divergeerende lens van 5 cm. brandpuntsafstand, en eveneens op 5 cm. afstand van B_2 geplaatst. De lichtbundel treedt dus uit L_4 , evenalsof de lenzen L_3 en L_4 niet aanwezig waren. Door L_5 wordt dan een beeld van spleet S_1 geworpen op de spleet S_2 van den spectroscop.

Zooals duidelijk is, dient deze opstelling, om *al* het licht, komende uit S_1 , door een zeer kleine ruimte te laten gaan. Door het evenwijdig loopen der stralen tusschen L_3 en L_4 wordt bereikt, dat een gradiënt op de plaats B_2 zich zal kenbaar maken door een richtingsverandering dier stralen, waardoor dan tevens het beeld van S_1 op S_2 van plaats zal veranderen.

Dit principe zou ook zijn toe te passen, voor 't geval men met een klein prisma toch een zeer lichtsterk spectrum wilde maken, zooals b.v. bij 't construeeren van monochromatoren.

Het diaphragma d_1 dient, om een bepaalde plaats van den bundel uit te zoeken, terwijl het totaal reflecteereend prisma P , opgesteld draaibaar om de as van den bundel, gebruikt wordt, om het horizontale spleetbeeld van S_1 verticaal, dus evenwijdig aan S_2 , te kunnen zetten.

Op de plaats B_2 staat een lichtboog, die dient tot selectieve absorptie der stralen van boog B_1 . Deze boog B_2 bestaat, in navolging van SCHÖN, uit twee horizontaal opgestelde kolen van ± 15 mm. doorsnede, in de lengte doorboord en gevuld met koolpoeder en metaalchloriden. SCHÖN vond, dat bij gebruik van gelijkstroom van ongeveer 25 Ampère de vlamboog rustig was, zoo de afstand der kolen enkele millimeters bedroeg. Dit werd volkomen bevestigd gevonden.

Maar aangezien SCHÖN met een spectroscop van zeer geringe dispersie gewerkt had, en ons doel was, de verschijnselen nabij spectraallijnen, en dus bij zeer groote dispersie, te onderzoeken, was onze opstelling veel lichtzwakker in weerwil van bovengenoemde hulpmiddelen, zoodat in den tijd, die noodig was voor het fotografeeren der verschijnselen, de lichtboog B_2 niet genoegzaam constant bleef. Een constante boog werd verkregen, door gebruik te maken van wisselstroom. Voedt men boog B_2 met wisselstroom 110 V 30 Amp., dan krijgt men bij een poolafstand van enkele millimeters een vlamboog, die buitengewoon constant blijft. De kolen branden rustig en gelijkmatig af. De afstand werd constant gehouden, door met de hand bij te regelen.

In overeenstemming met SCHÖN werd gevonden, dat de anomale dispersieverschijnselen het best te zien waren, zoo de lichtbundel juist over de kolen van boog B_2 heenging. Het diaphragma d_1 nam uit dien bundel een gedeelte van 2 mm. breed en 1 mm. hoog. De afstanden, lenzen e.d. waren zoodanig gekozen, dat het geheele rooster in den spectrograaf, met S_2 tot spleet, verlicht was.

Bijzonderheden over dien spectrograaf zullen vermeld worden bij de beschrijving der definitieve proeven in § 4.

Met dit instrumentarium begon de reeks proeven, waarbij metaalzouten onderzocht werden. Vooreerst werd Natrium-

carbonaat in de kolen gebracht. Bij een vulling van 2 deelen koolpoeder en 1 deel van het zout bleek de boog het rustigst te branden.

Zoo het beeld van S_1 horizontaal op de verticale spleet S_2 viel, was de bekende anomale-dispersiefiguur in den spectroscop te zien. Wanneer men nu het prisma P draaide, kon dit beeld evenwijdig aan de spleet gesteld worden. Zoo nu de plaats hiervan zoodanig gekozen werd, dat S_2 aan den rand stond, dan kreeg men in den spectroscop dat te zien, wat volgens de overwegingen van § 2 moest volgen: de oorspronkelijke absorptielijnen bleken verbreed, en wel asymmetrisch. Indien men nu het beeld van S_1 zoodanig verplaatste, dat de andere rand op S_2 kwam, ontstond een analoge verbreding, maar nu asymmetrisch naar den anderen kant van het spectrum.

Op Pl. 6 n^o. 1 is dit resultaat gereproduceerd. De beide buitenste lijnen stellen de plaats der absorptielijnen voor. Men ziet in de beide naar binnen hierop volgende spectra de asymmetrische verbreding naar den eenen kant, terwijl het middelste spectrum deze naar den anderen kant te zien geeft.

Deze fotografie is analoog aan die van JULIUS l. c. en toont aan, dat, tenminste voor Na-damp, gevormd op bovengenoemde wijze, de gradiënten van dien aard zijn, dat, voor de bekende sterke anomale dispersie bij de beide D-lijnen donkere dispersiebanden ontstaan kunnen.

De breedte der lijnen in de fotografie ontstaat dus, doordat de afgebogen stralen niet meer in de spleet van den spectroscop komen. Hier is om de beide Na-lijnen een geheel dispersiegebied, dat meer als band, dan als lijn beschouwd kan worden. Bij deze dispersiebanden kan men het verschijnsel zien, dat naar aanleiding van Fig. 3, p. 10 besproken is. Beschouwt men n.l. de zwaartepunten der zwarte banden,

dan blijken die in de dispersiespectra op grooter afstand te liggen, dan bij de absorptielijnen.

Het onderzoek van SCHÖN was een handleiding, bij welke metaallijnen anomale dispersie te constateeren zou zijn. De kolen werden nu achtereenvolgens gevuld met Ba-, Sr- en Ca-chloride en de aangegeven lijnen onderzocht, waarbij 't beeld van S_1 loodrecht op S_2 stond. De anomale uitbuigingen van het spectrum waren voor enkele lijnen duidelijk te zien, maar de orde van grootte was niet te vergelijken met die, gevonden bij de Na-lijnen. Voornamelijk de lijnen, die duidelijke zelf-omkeering vertoonden, gaven uitbuiging in het continue spectrum. Nu is in de boog B_2 de intensiteit van de lijnen aan weerszijden van de omgekeerde lijn veel grooter, dan die van het continue spectrum van boog B_1 . Hieruit volgt, dat bij het plaatsen van het beeld van S_1 evenwijdig aan S_2 er van het waarnemen van een dispersiegebied geen sprake kan zijn, omdat over het duistere dispersiegebied het licht van boog B_2 komt.

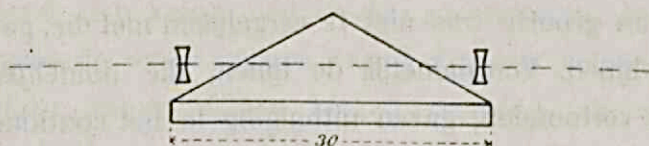
Hoewel in principe de dispersielijnen hier dus aanwezig waren, verstoorde de emissie van B_2 voor lijnen, in welker nabijheid de anomalieën veel kleiner zijn, dan voor de Na-lijnen, het verschuivingseffect geheel. Een absorbeerende boog bleek dus, behalve voor de beide D-lijnen, tot bestudeering der dispersie-effecten totaal ongeschikt, vooral omdat eventueel de invloed van twee dispersiegebieden op elkaar nagegaan zou worden, en hiervoor juist goed gedefinieerde dispersiegebieden noodig waren.

Waarschijnlijk zou het hoofdbezwaar, de emissie aan weerszijden der lijnen, voor een groot deel ondervangen kunnen worden, door gebruik te maken van een electrischen oven volgens KING, daar men hierbij de temperatuurregeling geheel in de hand heeft.

Uit bovenstaande proeven bleek, dat, als er betrekkelijk sterke emissie in 't spel was, geen nauwkeurige proeven konden worden genomen. Daarom werd vervolgens geprobeerd met NO_2 , of de fluctuaties van den brekingsindex groot genoeg waren, om volgens de beschreven methode afwijkingen in het spectrum te brengen bij horizontaal gesteld spleetbeeld.

Daartoe werd een prisma geconstrueerd van paraffine, afge-

Fig. 5.



sloten door spiegelglasplaten (Fig. 5). De brekende hoek was $\pm 135^\circ$, terwijl de basis 30 c.M. lengte had. De lenzen L_3 en L_4 (Fig. 4) werden, overeenkomstig den grooteren afstand, door twee van -12 c.M. brandpuntsafstand vervangen. Het diaphragma d_1 was natuurlijk niet noodig, daar het prisma met homogenen damp gevuld werd, die verkregen was door verhitten van loodnitraat.

Dat in de nabijheid der tallooze absorptielijnen van NO_2 de anomale-dispersieverschijnselen te constateeren waren, was reeds vroeger bevestigd gevonden ¹⁾ met behulp van den interferentiaalrefractor. Hoe groot de variaties van den brekingsindex door het geheele spectrum heen waren, volgde uit deze proeven niet, daar de uitbuigingen van de interferentiestrepen in de nabijheid der absorptielijnen moeilijk te meten waren. Daarvoor zou men de door ROSCHDESTWENSKY ²⁾ aangegeven „Haken-Methode” kunnen gebruiken. Met de op deze wijze berekende brekingsindices zou men dan voor bovengenoemd prisma de afwijkingen der stralen kunnen bepalen.

¹⁾ JULIUS H. VAN DER PLAATS. Zeitschr. f. Wiss. Phot. 10, p. 62 (1911).

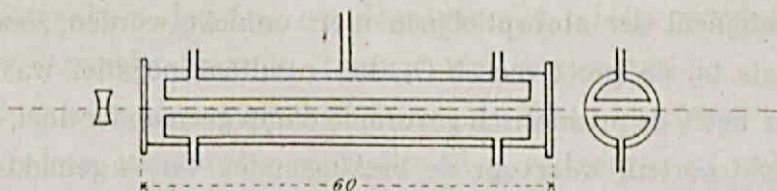
²⁾ ROSCHDESTWENSKY. Ann. d. Phys. 39, p. 307—345. (1912).

Evenwel was het er alleen om te doen, te constateeren, of de variaties van die grootte waren, dat volgens de hierboven beschreven methode dispersielijnen zouden kunnen ontstaan. Maar zelfs bij de sterkste absorptielijnen was hoegenaamd geen uitbuiging te zien.

Het lag voor de hand, ook jodiumdamp, waarbij de anomale dispersieverschijnselen bijzonder sterk waren, op deze wijze te onderzoeken. SCHÖN had het reeds geprobeerd met een klein prisma, gevuld met jodiumdamp, doch negatieve resultaten verkregen.

In den op p. 16 beschreven lichtweg werd nu een vat geplaatst tusschen de lenzen L_3 en L_4 (die nu een brandpuntsafstand — 33 c.M. hadden), dat op de volgende wijze was ingericht.

Fig. 6.



Een stuk gasbuis — binnendoorsnede 7 c.M., lengte 60 c.M. — is gesloten met twee spiegelglasplaten. In de buis bevinden zich twee vertind koperen gootjes van den vorm, in de doorsnede in Fig. 6 aangegeven. De gootjes zijn aan de naar elkaar toegekeerde kanten met fijn ijzergaas bedekt. Er bestaat geen communicatie tusschen de buis en de gootjes. De buis kan door een zijbuisje luchtledig gepompt worden, terwijl men, zooals uit de figuur blijkt, door de gootjes een vloeistof kan laten stroomen.

De proef werd nu als volgt genomen.

Door het onderste gootje liet men warm water, door 't bovenste koud water stroomen. Op het onderste gootje was, vóór 't sluiten van de buis, een voldoende hoeveelheid jodium

gebracht, die door de verwarming begon te sublimereen op het bovenste gootje. Door het ijzergas bleef het jodium aan 't bovenste gootje hangen. In de 1 c.M. hooge ruimte ontstond dus een afnemende dichtheid van den jodiumdamp. Deze gradiënt gaf aan den damp, voor doervallend licht, een prismatische werking, die dan ook duidelijk te constateeren was aan 't beeld van S_1 uit Fig. 4. De damp laag had een lengte van ongeveer 45 c.M.

De gradiënt zal des te sterker worden, naarmate het temperatuurverschil tusschen de beide gootjes grooter is. Bij de vervanging van het water door olie kon in het ééne gootje een constante temperatuur van 135° verkregen worden, terwijl het andere gootje op kamertemperatuur bleef.

Hoewel de algemeene dispersie zeer duidelijk was, kon in de nabijheid der absorptielijnen niets ontdekt worden, zoodat, evenals bij de proef met NO_2 , het resultaat negatief was.

Nu heeft de prismatisch gevormde damp geen ander doel, dan de lichtsoorten, waarvoor de brekingsindex van 't gemiddelde afwijkt, op een andere plaats van de spleet van den spectroscop te brengen. Welke methode men hiervoor gebruikt, is onverschillig, mits dit resultaat in voldoende mate bereikt wordt.

Zooals op p. 5 beschreven is, kunnen anomale-dispersieverschijnselen geconstateerd worden met den interferentiaal-refractor aan de uitbuigingen van het zwarte interferentiesysteem in den spectroscop. De tusschen de zwarte interferentiefrajes zich bevindende lichte banden zullen natuurlijk analoge afwijkingen in de nabijheid van absorptielijnen vertoonen; en door een eenvoudige beschouwing blijkt, dat deze uitbuigingen van dezelfde soort zijn als die, welke ontstaan, wanneer de in Fig. 4 besproken lichtbundel gaat door een prismatisch gevormden damp of door een hoeveelheid gas, waarin een gelijkmatige gradiënt heerscht.

In gevoeligheid wint de methode met den interferentiaalrefractor het van de prisma-methode. De interferentiaalrefractor heeft bovendien het buitengewoon groote voordeel, dat niet al het licht, dat den spectroscop bereikt, door den absorbeerenden damp is gegaan, daar deze slechts in één der beide bundels geplaatst wordt. Daardoor zijn de absorptielijnen in het spectrum zeer zwak vertegenwoordigd, wat men kan constateeren, wanneer men de interferenties met behulp van een dikke glasplaat, in één der bundels geplaatst, laat verdwijnen. Door deze manipulatie wordt n.l. het optisch gangverschil der beide bundels zóó groot, dat geen interferenties meer in het gezichtsveld ontstaan kunnen, en deze het opsporen der absorptielijnen dus niet storen. Men ziet dan wel zwak de absorptielijnen, maar deze zijn zeer wazig door den gesuperponeerden onverzwakten bundel, en daardoor niet scherp gedefinieerd, terwijl zwakke lijnen in 't geheel niet te zien zijn.

Zooals reeds opgemerkt is, zal de lichte interferentieband bij iedere absorptielijn een uitbuiging vertoonen, en wel aan weerszijden van die lijn naar verschillende kanten, veroorzaakt door het gangverschil der zich in de nabijheid bevindende stralensoorten. Principieel bestaat er dus absoluut geen verschil in het constateeren der anomale-dispersieverschijnselen volgens de prisma-methode en die met den interferentiaalrefractor.

Zoowel prisma als interferentiaalrefractor zijn slechts hulpmiddelen, om de stralen, waarvoor de te onderzoeken damp afwijkende brekingsindices heeft, af te zonderen, terwijl het laatste instrument nog het voordeel heeft, de absorptielijn als een nagenoeg te verwaarloozen bijverschijnsel te geven, zoodat de bijna zuivere dispersie-effecten kunnen worden bestudeerd. De zeer groote gevoeligheid van de interferentie-methode maakt deze des te meer aanbevelenswaardig.

Daar de resultaten dezelfde zijn, wat betreft de vervormingen

in het spectrum, kan hier volstaan worden met de verwijzing naar Fig. 2, p. 7. In ons interferentie-systeem worden namelijk op geheel analoge wijze de gebieden, waar anomale dispersie bestaat, van het overige spectrum onderscheiden, met dit verschil dat de zóó ontstane dispersielijnen nagenoeg geen absorptiekern hebben.

Door de voorloopige proeven en bovenstaande overwegingen komt men gemakkelijk tot de overtuiging, dat de laatstbeschreven methode voor het beoogde doel de aangewezen was. Na eenige oriënteerende onderzoekingen, die ten doel hadden, de juiste keuze der te gebruiken lenzen en de plaatsen der aan te brengen diaphragma's te bepalen, werd met de definitieve proeven begonnen.

§ 4. DEFINITIEVE PROEVEN.

a.) Beschrijving van het instrumentarium (Pl. I).

Het licht van een booglamp met horizontale, 10 mm. dikke + kool, brandend op 120 Volt 25 Amp. gelijkstroom, wordt door de lens L_1 van 15 cm. brandpuntsafstand geconvergeerd. Een ongeveer 10 cm. dikke laag van zwakke koperchloruuroplossing, zich bevindend in vat W , zorgt voor de absorptie der warmtestralen. De spiegels S_1 en S_2 van den interferentiaalrefractor mogen geen ongelijkmatige temperatuursverhoging krijgen, daar dan het verkregen interferentiesysteem veranderingen zou ondergaan. De lens L_1 is zoodanig geplaatst, dat het beeld van B tusschen S_1 en S_2 wordt gevormd. Het diaphragma D_1 en het irisdiaphragma J dienen, om den bundel te begrenzen.

De spiegels S_1 en S_2 van den interferentiaalrefractor zijn 6 cm. hoog, 11,5 cm. breed en 4 cm. dik. Zij zijn aan de achterzijde dik verzilverd. De op S_1 vallende bundel splitst zich in de bundels I en II; de eerste wordt gevormd door directe reflexie tegen de niet verzilverde voorvlakte van den spiegel S_1 , terwijl de tweede, na breking in 't glas en spiegeling tegen de verzilverde laag, evenwijdig aan den eersten uittreedt. De afstand der centra van de bundels I en II bedraagt ongeveer 29 mm.

In de lichtwegen der beide bundels bevinden zich glazen buizen, gesloten door zuiver planparallele glasplaten. Deze twee buizen, geplaatst in een electrischen oven van HEREAUS, waardoor zij, zoo noodig, op hooger temperatuur gebracht kunnen worden, hebben een inwendigen diameter van 22 mm., terwijl hun lengte 45 cm. bedraagt. G_1 en G_2 stellen twee

even dikke planparallele glasplaten voor, die om een verticale as draaibaar zijn. Het doel hiervan zal bij de experimenteete bijzonderheden omschreven worden, evenals dat van den compensator C , die uit twee om een horizontale as draaibare glasplaten bestaat.

De door de buizen gaande bundels ondergaan reflexies tegen de glazen wanden, die storend werken. Om deze ongewenschte lichtverschijnselen te doen verdwijnen, is diaphragma D_2 aangebracht, dat alleen aan de centraal door de buizen loopende stralen gelegenheid geeft, den tweeden spiegel, S_2 , te treffen.

Bundel I zal gedeeltelijk aan den voorkant en voor de rest aan den achterkant van S_2 gereflecteerd worden. De aan de voorzijde gereflecteerde stralen worden door diaphragma D_3 opgevangen en diaphragma D_4 zorgt ervoor, dat eventueel dubbel gereflecteerd licht van bundel II geëlimineerd wordt.

Het cirkelvormige diaphragma D_5 begrenst den uitgetreden bundel, voordat de lens L_2 bereikt wordt. Deze lens doet de stralen zoodanig convergeeren, dat bij P een beeld van den lichthoog B ontstaat. In dezen smallen lichtbundel zet men het totaalreflecteerend prisma P , dat tot doel heeft, het interferentiesysteem, dat door den interferentiaalrefractor ontworpen wordt, in alle oriëntaties op de spleet Sp van den spectrograaf te plaatsen. Ten slotte zorgt de lens L_3 voor het projecteeren der interferentiestrepen op Sp .

Daar door een ongelijkmatige verwarming in het vertrek of door andere oorzaken het gangverschil der bundels I en II wel eens tijdens de proefneming kan veranderen, en noodzakelijk het interferentiesysteem op dezelfde plaats van spleet Sp moet blijven, wordt dit gecontroleerd met kijker K , waardoor het strepensysteem bekeken wordt. De compensator C stelt ons in staat, kleine plaatsveranderingen aan de inter-

ferenties te geven. Dit kan trouwens, hoewel minder fijn, ook bereikt worden, door S_2 of S_1 om een verticale as te draaien.

Een van de voornaamste eischen van deze opstelling is de stabiele stand van de spiegels, terwijl toch gemakkelijk bewegingen om horizontale en verticale assen moeten gemaakt kunnen worden. De statieven, waarop deze spiegels gemoniteerd waren, voldeden volkomen aan de hoog gestelde eischen.¹⁾

Over de afstanden en bijzonderheden der bovengenoemde instrumenten is nog het volgende mede te deelen.

De afstand der spiegels S_1 en S_2 bedroeg ongeveer 80 cm. Zij waren zóó gesteld dat het interferentiesysteem ongeveer bij D_5 , dat op ± 20 cm. afstand van S_2 stond, opgevangen werd. Nu was het gebruik van een totaal reflecteerend prisma noodzakelijk, om de interferentiestrepen in horizontalen en verticalen stand op de spleet van den spectroscop te kunnen krijgen. Daar het beeld van den lichtboog B in 't midden der buizen werd gevormd, was de bundel bij D_5 zwak divergeerend en had daar een doorsnede van ± 3 cm. Om met een betrekkelijk klein prisma te kunnen volstaan, moesten de stralen tot convergentie gebracht worden door L_2 , een lens van 20 cm. brandpuntsafstand. In het nauwste gedeelte van den lichtbundel (het beeld van boog B) werd het prisma gezet. Tot scherpstelling der interferentiefrajes diende L_3 met $f = 30$ cm. Deze maakte van de op plaats D_5 gevormde strepen een ongeveer $2\frac{1}{2}$ maal vergroot beeld, zoodat de afstand $D_5 - Sp \pm 150$ cm. bedroeg.

De spectraalopnamen gebeurden zoowel met groote, als met kleine dispersie. Voor geringe dispersie werd gebruik gemaakt van een spectrograaf van HILGER met constante afwijking. Het oplossend vermogen van dit instrument was zóó, dat de

¹⁾ Deze statieven waren door den heer G. KOOLSCHIJN, instrumentmaker van het laboratorium, vervaardigd.

Na-lijnen bij 4-malige vergrooting juist gescheiden waren. Deze spectrograaf heeft uitmuntende diensten bewezen bij het onderzoek van absorptiebanden van NO_2 en jodium. Bij de geringe dispersie waren slechts enkele absorptielijnen te zien bij NO_2 , terwijl jodium enkel ongesplitste banden vertoonde.

Voor het nauwkeurig onderzoek der in lijnen gesplitste jodiumbanden is evenwel een spectrograaf van zeer groote dispersie een vereischte, daar zich bijv. tusschen de beide Na-lijnen een twaalfstal absorptielijnen bevinden. Ook moet de spectrograaf vrij zijn van astigmatisme, omdat de spleet een bepaald gedeelte van den lichtbundel moet opvangen. Bij een astigmatische opstelling zouden, in 't geval van horizontale interferentiefrajes, scherp gesteld op de spleet, de eigenaardigheden in het spectrum verdwijnen. Besloten werd, een spectrograaf te construeeren volgens het Littrow-type (auto-collimatie). De samenstelling hiervan is als volgt.

Een vlak buigingsrooster R — werkzame oppervlakte 8×5 cm., en 14.436 lijnen per inch — is zoodanig opgesteld, dat het met een koord vanuit de plaats van waarneming gedraaid kan worden. Hiervóór bevindt zich een achromatische lens (REINFELDER u. HERTEL) van 96 mm. opening en 4 M brandpuntsafstand. De kwaliteit van het door deze lens gevormde beeld bleek bij onderzoek uitmuntend te zijn.

De lens is in een statief gemonteerd, dat op een slede vanuit de plaats van waarneming bewogen kan worden. Over 't midden van de lens is, om geen hinder te hebben van de door de lensoppervlakken gevormde spleetbeelden, een horizontale band van ± 1 cm. breedte geplakt.

De spleet is aan de camera bevestigd. Het licht wordt door een totaal reflecteerend prisma P naar de lens gekeerd, en komt, na diffractie aan het rooster, weer door de lens naar de fotografische plaat, die een spectrum van ongeveer 1 cm.

breedte en 12 cm. lengte te zien geeft. Het spectrum kan ook visueel waargenomen worden door een daartoe aangebracht oculair.

De dispersie van dit instrument is zoodanig, dat de Nalijnen van het eerste, buitengewoon lichtsterke, spectrum een afstand hebben van $1\frac{1}{2}$ mm. Voorloopige proeven gaven tot resultaat, dat de expositietijd voor het tweede, ook lichtsterke, spectrum ongeveer 4 maal zoo lang was, als voor het eerste onder dezelfde condities.

De lens en het rooster zijn opgesteld op een daartoe gemetselden pijler, en de ruimte tusschen deze instrumenten en de camera is door kokers lichtvrij gemaakt.

Het prisma P is zoodanig gemonteerd, dat het in alle richtingen gedraaid kan worden. Dit is bereikt met een inrichting, zooals men die vindt bij een goniometer van WOLLASTON, waarbij een kristal aan dezen eisch moet voldoen.

b). Experimenteele bijzonderheden. (Pl. I.)

Nadat de spiegels S_1 en S_2 zoodanig gesteld waren, dat het interferentiesysteem zich vertoonde, werden de verschillende apparaten van Pl. I in de bundels gezet, vooreerst de electrische oven met de buizen. De ongeveer 3 mm. dikke sluitplaatjes der buizen waren van zóó goede kwaliteit, dat de interferentiebanden nagenoeg geen verandering van intensiteit vertoonden. De compensator C (van het bekende type) bestond uit twee onder een zeer scherpen hoek gestelde glasplaten, die om de snijlijn harer vlakken gedraaid konden worden. Door dit draaien kregen de bundels een ander gangverschil, zoodat de interferentiestrepen verschoven. Door verstelling der compensatorplaten ten opzichte van elkaar kon deze verschuiving verschillende bedragen krijgen voor eenzelfde draaingshoek van den compensator.

De spiegels bleken bij onderzoek niet aan de allerhoogste eischen te voldoen. Sommige plaatsen waren niet te gebruiken om een goed interferentiesysteem te krijgen. Door probeeren werden intusschen toch twee plaatsen op ieder der spiegels gevonden, die goede franjes leverden. Het irisdiaphragma *J* diende, om de wijdtte van den bundel gemakkelijk te kunnen varieeren. Bij de beschreven proeven was de opening 11 mm.

De groote verzettingen der interferentiestrepen gebeurden met de glasplaten *G*. Een geringe draaiing van één dezer platen gaf een tamelijk groote verandering aan het systeem. De fijne verstellingen evenwel gebeurden met den compensator *C*, die met een wormschroef een langzame draaiing kon ondergaan.

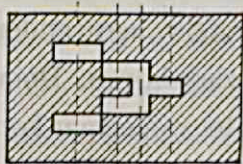
Nu werden de strepen door een kleine wenteling van spiegel S_2 om een horizontale as op de gewenschte breedte gebracht en door lens L_3 op de spleet van den spectrograaf geprojecteerd. De spleetbreedte bedroeg bij alle opnamen 0,07 mm. Met het oog op de lichtsterkte kon met geen nauwer spleet gewerkt worden.

Vooreerst werd gefotografeerd met de interferentiestrepen in horizontalen stand, waarvoor prisma *P* zorgde.

Om nu het verband tusschen de gereproduceerde foto's te begrijpen, is het allereerst noodig, de diaphragma's te beschouwen, die achtereenvolgens vóór de spleet van den spectrograaf geplaatst werden. Deze diaphragma's waren gesneden uit éénzelfde stuk bladtin van den in Fig. 7 geteekenden vorm.

Fig. 7.

4 3 2 1



Men ziet, dat de spleet achtereenvolgens bij 1, 3 en 4 kan staan, zoodat met dit samengestelde diaphragma drie spectra kunnen worden verkregen, die direct met elkaar te vergelijken zijn. Dit kan zeer nauwkeurig geschieden in een comparateur, omdat de deelen van spectrum 3 aan weerszijden van 1 en

die van 4 aan weerszijden van 3 liggen, wat aan de juiste instelling van den micrometerdraad zeer ten goede komt. Stand 2 van het diaphragma veroorlooft, de ruimte tusschen de twee deelen van 4 met eenzelfde spectrum te vullen.

Bij het fotografeeren van bovengenoemde horizontale interferenties bevond zich diaphragma 2 voor de spleet. Gebruikt werden „Paget Panchromatic plates”. Deze hadden het bezwaar, dat de gevoeligheid twee nogal diepe minima vertoonde, in 't groen en 't geelgroen. Door de tijdsomstandigheden waren evenwel geen betere platen verkrijgbaar. Ontwikkeld werd met Hydrochinon-ontwikkelaar.

Vóór het fotografeeren werden lenzen enz. zóó gezet, dat het spectrum een maximum intensiteit vertoonde, en werd de breedte der franjes door wenteling van S_2 geregeld. Na een expositie van ± 20 minuten werd de fotografische plaat in volkomen denzelfden toestand gelaten. De eenige manipulaties, die nu gebeurden, waren het verschuiven van bovengenoemd diaphragma op stand 4 en het bedekken van den bundel, waarin geen absorptie plaats vond.

Bij de verdere expositie kwam dan het absorptiespectrum van den te onderzoeken damp aan weerszijden van het spectrum, waarin de grillig gevormde interferenties liepen. Verg. pl. II—V.

Men ziet, dat het karakter dezer uitbuigingen volkomen overeenkomt met dat, besproken op p. 7. Om nu het dispersiespectrum te verkrijgen, moest, overeenkomstig het vroeger besprokene, de spleet aan een rand van een lichten band gebracht worden. Aan den éénen rand zou een verplaatsing der dispersielijn naar rood, aan den anderen rand naar violet volgen, wat geheel uit de eerstbesproken fotografie te zien is.

Door prisma P werd nu het strepensysteem evenwijdig aan spleet S_p gezet. De compensator regelde de plaats der

interferenties, en met behulp daarvan en van den kijker *K* werden eventueele fluctuaties tijdens een expositie geëlimineerd.

Nu werd stand 1 van bovengenoemd diaphragma genomen. Visueel beschouwd had het spectrum, wanneer de spleet van den spectrograaf aan den rand van een lichten band stond, zeer groote overeenkomst met een gewoon absorptiespectrum. Evenwel waren de strepen minder intens zwart. Verder deed nog een eigenaardigheid hen direct van absorptiestrepen onderscheiden. Veroorzaakte men n.l. een ongelijkmatige verwarming van één der bundels in den interferentiaalrefractor, dan uitte dit zich in het interferentiesysteem door een onophoudelijk verschuiven der franjes. De spleet van den spectrograaf werd dan nu eens door den éenen, dan weer door den anderen kant van een lichten band getroffen. Dit had ten gevolge, dat elke dispersielijn nu eens aan den eenen, dan weer aan den anderen kant van de plaats van de absorptielijn verbreed was. Het geheel maakte dan den indruk van absorptiestrepen, die door de een of andere oorzaak heen en weer bewogen werden.

Hetzelfde verschijnsel werd reeds teweeg gebracht, wanneer men door de twee bundels in den interferentiaalrefractor blies.

Dit frappante verschijnsel doet direct zien, dat hier van absorptielijnen geen sprake is, temeer, daar de donkere absorptiekern, zooals op p. 23 behandeld is, nagenoeg geheel ontbreekt. *Wij hebben te doen met een afzonderlijk type van spectraallijnen, in welke men de lichtverdeeling gemakkelijk sterk wijzigen kan.*¹⁾

Nadat nu het spectrum, ontstaan door de spleet aan den éenen kant van een lichten interferentieband te zetten, met diaphragma 1 gefotografeerd was, werd diaphragma 3 vóór de spleet geschoven, en werden de franjes met behulp van

¹⁾ Verg. W. H. JULIUS. Willekeurige lichtverdeeling in dispersiebanden. Versl. Afd. Nat. Kon. Akad. v. W. XV, 317. (1907).

den compensator zóó geplaatst, dat het licht van de andere zijde van den lichten band in den spectrograaf kwam. Nu werd wederom gefotografeerd met denzelfden belichtingstijd (± 20 minuten).

Daarna werd op de reeds vroeger beschreven manier met diaphragma 4 het absorptiespectrum opgenomen. Men ziet dus de oorspronkelijke plaats der absorptielijnen in de buitenste spectra.

Steeds is een lichte interferentieband op de spleet zóódanig ingesteld, dat het middelste spectrum een dispersiespectrum is, waarbij de verschuiving der dispersielijnen, ten opzichte van de plaats der absorptielijnen, naar violet is. De spectra, ontstaan met diaphragma 3, geven verschuivingen naar rood.

De verschuivingen, die voor dispersielijnen uiteraard klein zijn, kunnen gemakkelijk geconstateerd worden door vergelijking van het middelste spectrum met de daaraan grenzende, daar dan een ongeveer dubbel bedrag gezien wordt.

Zonder uitzondering treffen wij hier bij iedere absorptielijn een verschoven dispersielijn aan. Ter onderlinge vergelijking is steeds de omtrek van de Na-lijnen gefotografeerd; immers deze lijnen zijn in den oorspronkelijken lichtboog aanwezig. Zij werden gebruikt voor scherpstelling van het spectrum en moeten, daar zij een essentieel bestanddeel van den lichtbundel uitmaken, op geen enkele wijze verschoven zijn, zoowel in de dispersiespectra, als in het absorptiespectrum. Dit verschijnsel valt dan ook dadelijk in 't oog bij 't beschouwen van de reproducties.

Er bestaat geen verschil tusschen de manipulaties bij de opnamen met grootere en die met kleinere dispersie. Toch treft het bij een nauwkeurige beschouwing direct, dat de verplaatsingen van de dispersiegebieden naar verhouding zeer veel grooter schijnen bij den kleinen, dan bij den grooten spec-

trograaf. Deze schijnbare paradox is gemakkelijk te verklaren uit de overweging, dat bij geringe dispersie de absorptiebanden der beschouwde stoffen niet in lijnen zijn op te lossen. Nu hangt het gedrag van een gebied van duisternis door dispersie af niet alleen van de variaties van den brekingsindex, maar ook van de uitgebreidheid, waarover die variaties te constateeren zijn. Een absorptielijn geeft variaties in de allernaaste omgeving en slechts zeer geringe afwijking op grooteren afstand. Een absorptieband, bestaande uit een samenstel van absorptielijnen, zal nu op den brekingsindex een invloed uitoefenen, bestaande uit de som van de invloeden der enkele lijnen. Dat deze sommatie tot zeker niet te verwaarloozen bedragen in de afwijking van den brekingsindex aanleiding geeft, ziet men uit den algemeenen gang der zwarte interferentiebanden in het spectrum.

Bij 't bespreken der reproducties zal hierop nader de aandacht gevestigd worden.

§ 5. BESCHRIJVING DER REPRODUCTIES.

Wij zullen beginnen met een beschouwing van de spectra, verkregen met den prisma-spectrograaf van HILGER, dus bij geringe dispersie, omdat deze het eerst onderzocht zijn.

De drie bovenste groepen van spectra op Pl. II stellen de verschijnselen voor, die het onderzoek van N O_2 oplevert bij 't gebruik van geringe dispersie. In één der bundels van den interferentiaalrefractor werd een ± 20 c.m. lange buis geplaatst, gevuld met een mengsel van lucht en stikstofdioxyde, verkregen door verhitten van loodnitraat. Bij geringe concentratie is de damp geel, terwijl hij bij afwezigheid van lucht een donker roodbruine tint heeft. Voor deze proeven, zoowel bij de kleine, als later bij de groote dispersie, werd matig geconcentreerde damp gebezigd, en had de uit de buis tredende stralenbundel een oranje kleur.

De spectra zijn genomen met het op p. 30 beschreven diaphragma vóór de spleet; telkens geven de buitenste strooken, dus het eerste en vijfde van bij elkaar behorende spectra, de zuivere absorptie te zien. Van de dispersiespectra, vertoont het middelste dispersielijnen, die ten opzichte van de absorptielijnen naar violet verschoven zijn, terwijl aan weerszijden daarvan de verplaatsingen naar rood zijn gericht. Door dit direct naast elkaar plaatsen van de spectra ziet men de verschuivingen der lijnen ongeveer dubbel zoo groot, zoodat ze gemakkelijker te constateeren zijn.

Groep 2 geeft de interferentiefrajes weer, zooals die in het spectrum verkregen werden, door een horizontaal strepensysteem op de spleet te projecteeren. De uitbuigingen der

donkere franjes zijn slechts dáár te zien. waar absorptie aanwezig is, wat blijkt bij vergelijking met de aan weerszijden geplaatste absorptiespectra.

Gemakkelijk is uit deze fotografie te concludeeren, wat in het dispersiespectrum te zien zal zijn. Denkt men zich n.l. een horizontale lijn getrokken in een lichte franje, dan ziet men langs deze lijn de plaatsen, waar in het dispersiespectrum duisternis zal zijn; een en ander volgens hetgeen in § 2 besproken is. Nadert men van boven af met die horizontale lijn een zwarte franje, dan zullen de dispersiebanden naar rood verplaatst zijn ten opzichte van de absorptiebanden, en wel sterker, naarmate men meer de zwarte interferentiefranje nadert. Aan den onderkant van een zwarte franje krijgt men op analoge wijze een verplaatsing naar violet.

Groep 1 geeft kleinere verschuiving weer, dan groep 3. Toch zijn de verplaatsingen der dispersiebanden groot en bedragen in sommige gevallen 50 Å. Juist het N O_2 -spectrum geeft bij geringe dispersie een indruk van de groote verscheidenheid, die de waarden der verplaatsingen kunnen hebben. Bij deze geringe dispersie vertoont n.l. het absorptiespectrum voornamelijk banden, waartusschen enkele vrij scherpe lijnen. Het intensiteitsverschil der banden is groot, evenals hun breedteverschil, zoodat reeds enkel bij de beschouwing van het absorptiespectrum voorzien kan worden, dat de anomale dispersieverschijnselen zich in alle grootten zullen voordoen.

Absorptielijnen vindt men o.a. bij 487, 502, 530, 554 en 565 $\mu\mu$. Eigenlijk zijn deze lijnen smalle absorptiebanden, weer bestaande uit afzonderlijke lijnen, wat bij groote dispersie blijkt. Een merkwaardig voorbeeld van verschuiving geeft $\lambda = 502 \mu\mu$ te zien. In groep 1 is de verschuiving van deze lijn klein, als men haar vergelijkt met de verplaatsing van de aan den rooden

kant gelegen dispersiebanden. In groep 3 is de verschuiving niet veel grooter, terwijl echter de beschouwde donkere banden een zóódanige verandering in het dispersiespectrum hebben ondergaan, dat men, zonder de boven gegeven beschouwing, moeilijk aan een verband met de absorptiebanden zou kunnen gelooven.

Dat dispersieverschijnselen een totaal andere lichtverdeling in het spectrum teweeg kunnen brengen, dan in het oorspronkelijke absorptiespectrum aanwezig was, geeft ook groep 4 te zien, die, op gelijke wijze, als voor stikstofdioxyde beschreven werd, dispersiespectra van jodiumdamp vertoont. Groep 5 geeft het interferentiespectrum; ook hier gaat blijkbaar absorptie steeds met anomale dispersie samen. De jodiumdamp bevond zich in een 45 c.m. lange buis en had een temperatuur van 55°C .

Op de boven beschreven manier volgt uit dit interferentiespectrum het dispersiespectrum. Het absorptiespectrum van J-damp bestaat bij geringe dispersie uit een reeks banden, enkele dubbel, in ieder waarvan de absorptie naar rood afneemt. Bij iederen band bevindt zich een maximum van absorptie aan den violetten kant, en zij eindigt daar plotseling. Uit de daardoor ontstane typische anomale-dispersieverschijnselen, in groep 5 te zien, zijn de dispersiebanden in 4 te verklaren. Aan weerszijden van het middelste dispersiespectrum ziet men daar ook spectra met schijnbaar lichte lijnen, hetgeen alleen te danken is aan de zeer groote uitbuigingen der franjes in 5, nabij den scherpen rand van een absorptieband.

Ook hier kan weer gemakkelijk worden ingezien, dat uit het interferentiespectrum de verschijnselen in het dispersiespectrum te voorspellen zijn.

Pl. III geeft opnamen van het J-spectrum, weer in den omtrek der Na-lijnen genomen, maar nu met den roosterspectro-

graaf van groote dispersie. De grootte hiervan kan men beoordeelen naar den afstand der beide *D*-lijnen, die, zooals bekend is, $6 \text{ \AA}$ bedraagt. Door het geheele spectrum heen komt hier $1 \text{ \AA}$ op 0,95 mm.

Direct valt het verschil in 't oog van deze opname met die van jodium op Pl. II. Zoekt men de overeenkomstige plaatsen in beide platen op, dan ziet men, hoe thans de absorptiebanden in lijnen zijn opgelost. Door het geheele spectrum neemt men dit verschijnsel waar, evenwel werd slechts het gereproduceerde gedeelte bestudeerd, omdat hierin de Na-lijnen voorkomen, die hun oorsprong hebben in den lichtboog, en dus in alle opgenomen spectra onveranderd van plaats te zien zijn.

De onderste groep stelt het spectrum met de interferentiefransjes en aan weerszijden daarvan het absorptiespectrum voor. De algemeene gang van de interferentiefransjes is dezelfde, als die in Pl. II, groep 5; bij iedere absorptielijn komt in een zwarte zoowel als in een lichte franje een uitbuiging voor. Mocht reeds vroeger ¹⁾ zijn aangetoond, dat bij alle lijnen van N O_2 anomale dispersie optreedt, deze opnamen, met betere hulpmiddelen gedaan, laten niet den minsten twijfel over aangaande het steeds samengaan van absorptie en anomale dispersie. Men zie hiervoor het gebied tusschen de beide Na-lijnen. Terwijl deze onveranderd door het absorptie- en het interferentiespectrum loopen (de kleine, symmetrische insnoering in elke lichte franje vindt haar oorzaak in de infectie der broomzilverkorrels van de fotografische plaat), zijn de uitbuigingen der franjes bij iedere lijn gemakkelijk te volgen. Wanneer men de reproductie zoodanig houdt, dat men in eenig gebied alle lijnen sterk verkort ziet, is het slangvormig

¹⁾ JULIUS en v. D. PLAATS l. c.

verloop dier uitbuigingen duidelijk waarneembaar, terwijl daarentegen de beide Na-lijnen volkomen recht blijven.

Visueel waren de bijzonderheden natuurlijk veel mooier te zien, dan bij fotografische opname mogelijk is. ¹⁾ De oorzaak hiervan is, dat wegens de geringe lichtsterkte snelle platen gebruikt moesten worden en deze vrij grove broomzilverkorrels hebben. Bij het gevoelig maken der fotografische platen voor geel en rood vermindert de algemeene gevoeligheid in den regel sterk. De gebruikte platen laten dan ook niet meer dan 10-malige vergrooting toe. Bij sterkere vergrooting hindert de korrelgrootte en doet bijzonderheden verdwijnen.

Duidelijk is in 2 de invloed te zien, dien een absorptieband op het verloop van den brekingsindex in de omgeving uitoefent. Beschouwen wij b.v. den absorptieband, die bij $\pm 5812 \text{ \AA}$ begint. Aan den kant der kleinere golflengten wordt de interferentiefranje naar beneden gebogen en de anomalie bij iedere lijn ondervindt hiervan de gevolgen. Iets dergelijks vindt men bij 5817, waar de interferentiefranje, komende van de kleinere golflengten, iets naar beneden buigt, terwijl men, van rood komende, de franje ziet stijgen. Dit op- en neergaan der zwarte interferentiefranges springt nog meer in 't oog, wanneer men in hare lengterichting kijkt.

Nu volgt weer uit 2, hoe de stand der dispersielijnen zal zijn in 1. Nadert men van boven af met een horizontale lijn een zwarte interferentiefranje, dan ziet men, dat de plaatsen van duisternis aan den rooden kant der oorspronkelijke absorptielijn optreden: een schijnbare roodverplaatsing der absorptielijn zal te constateeren zijn. Evenzoo volgt een violetverplaatsing bij nadering van onder af. Ook hier geldt weer: hoe dichter men bij een zwarten interferentieband komt, des te grooter

¹⁾ De reproductie heeft ook tal van bijzonderheden verloren doen gaan.

is de schijnbare verplaatsing, zooals ook reeds bij geringe dispersie was op te merken. Het middelste spectrum van 1 toont de violetverschuiving; aan weerszijden is de roodverplaatsing te zien.

Uit deze beschouwing volgt direct, waarvan o. a. het bedrag van de verplaatsing der dispersielijn ten opzichte van de absorptielijn zal afhangen. De spleet van het spectraaltoestel kunnen wij ons denken in plaats van de bovenbedoelde horizontale lijn. Deze lijn zal, daar de zwarte interferentiefransjes golvend verlopen, niet overal op gelijken afstand hiervan blijven en bij nadering tot een zwarte interferentiefranje van onder af zal het uiteinde van iederen nieuwen absorptieband eerder bereikt worden, dan de andere deelen hiervan. Wij kunnen als voorbeelden noemen de plaatsen 5779 (eind van den absorptieband, die bij 5747 begint), 5813, 5850 enz.

Aangezien, zooals boven betoogd is, dichter bij een zwarte interferentiefranje de verplaatsingen grooter zijn, zullen de violetverplaatsingen, bij dezen stand van de spleet, op de plaatsen 5745, 5778, 5811, 5845 enz. grooter zijn dan bij 5732, 5765, 5805, 5831 enz. Bij de violetverplaatsing zal dus in de eerstgenoemde gebieden een soort samenschuiving der dispersielijnen plaats vinden: de afzonderlijke lijnen ondergaan een schijnbare onderlinge aantrekking onder den invloed van het aan den rooden kant liggende absorptiegebied.

Evenzoo zal bij plaatsen, waar de zwarte interferentiefranje, komende van rood, zich weer naar de horizontale lijn toe buigt, zooals bij 5813, 5847, 5882, een grootere violetverplaatsing volgen, die, blijkens een analoge redeneering, als boven, aanleiding geeft tot schijnbare afstooting.

Door den eigenaardigen bouw van het absorptiespectrum van jodium is het moeilijk, in deze laatste gebieden metingen te verrichten, daar hier de absorptielijnen zeer dicht bij elkaar liggen.

Als scherpe absorptielijn is nog $\lambda = 5856$ te noemen. Wij zien in 1, dat de intensiteit hiervan ongeveer met die van D_1 overeenkomt. De corresponderende dispersielijn van jodium vertoont duidelijke verplaatsing in het dispersiespectrum, terwijl D_1 natuurlijk niets van dien aard te zien geeft.

Een absorptiespectrum van meer afwisselend karakter geeft ons het N O_2 (Pl. IV). Banden en lijnen van allerlei breedte en de meest verschillende intensiteiten wisselen elkaar af. Wij zullen ook nu het dispersiespectrum, 1, uit het interferentiespectrum, 2, laten volgen.

Het interferentiespectrum vertoont enkele sterke uitbuigingen van de zwarte franjes op de plaatsen 5790, 5847, 5857 en in het gebied tusschen 5910 en 5940 Å. Telkens ziet men de sterkste afwijkingen bij absorptielijnen van groote intensiteit, hetgeen met behulp van het aan weerszijden gefotografeerde absorptiespectrum gemakkelijk te constateeren is. Brengen wij nu weer de meermalen besproken horizontale lijn aan, dan zien wij de plaatsen van duisternis dáár ontstaan, waar zich de uitbuigingen bevinden, en, evenals bij het jodiumspectrum, geeft dan een naderen van boven af tot een zwarten band een verplaatsing van de dispersielijn naar rood, van onder af naar violet.

Het middelste spectrum van 1 toont de dispersielijnen, die ten opzichte van de absorptielijnen naar violet verschoven zijn, terwijl men bij de beide spectra aan weerszijden hiervan een roodverschuiving ten opzichte van de absorptielijnen waarneemt. De Na-lijnen zijn, als op alle reproducties, zonder eenige verandering.

Duidelijker nog dan bij jodium komt bij NO_2 het karakter van de dispersielijnen voor den dag in vergelijking met de absorptielijnen. Deze laatste zijn beter gedefinieerd, terwijl de dispersielijnen zich iets breder en minder scherp vertoonen. Juist om deze algemeene eigenschap in 't licht te stellen, is

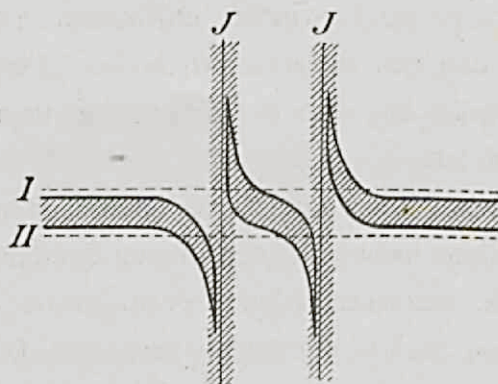
het NO_2 -spectrum met zijn groote verscheidenheid van lijnen zeer geschikt.

Ook blijkt uit het dispersiespectrum van NO_2 , dat de grootte van de verplaatsingen der dispersielijnen ten opzichte van de absorptielijnen mede afhankelijk is van de sterkte en het verloop der absorptie bij elke lijn, zoodat zij zeer uiteenlopend kan zijn bij verschillende lijnen.

Welke eigenaardige verplaatsingen der dispersielijnen er onder bepaalde omstandigheden kunnen ontstaan, toont ons Pl. V. Deze verzameling spectra doet ons, sterker nog, dan de zooeven besprokene, zien, hoezeer wij het in onze hand hebben, de plaats der dispersielijnen te wijzigen, geheel in overeenstemming met de gehouden theoretische beschouwingen.

Bij de opstelling, beschreven in § 4 was altijd het absorbeerende gas geplaatst in bundel II. De zwarte interferentiefrajes in het spectrum gaven dan uitbuigingen nabij absorptielijnen te zien, zooals in Fig. 8^a geteekend is. Een eenvoudige

Fig. 8^a.



bestudeering van de theorie van den interferentiaalrefractor leert, dat bij het plaatsen van het absorbeerende gas in bundel I de uitbuigingen naar den anderen kant gericht zullen zijn, zoodat in het beschouwde geval de franje, van links komend, vóór

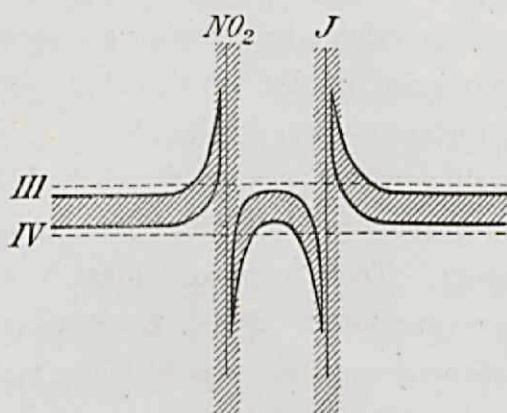
een plaats van absorptie naar boven buigt. Plaatst men dezelfde absorbeerende stof onder gelijke condities in beide bundels, dan zullen de interferentiestrepen glad verlopen, daar er dan geen optisch gangverschil bestaat.

Men zou dit ook als volgt kunnen zeggen: de uitbuiging,

veroorzaakt door bundel II, wordt door een gelijke, maar tegengesteld gerichte, uitbuiging op precies dezelfde plaats in het spectrum weer opgeheven, zoodat de horizontale interferentiefrajes glad verlopen.

Stel nu, dat in bundel I een stof geplaatst is, die een absorptielijn bezit naast eene van de stof in bundel II. We zullen

Fig. 8b.



dan een franjesysteem krijgen, zooals in Fig. 8b geteekend is, hetgeen zonder meer uit bovenstaande beschouwing volgt.

Gaan wij thans de gevolgen hiervan voor de dispersielijnen na.

Bij het naderen van boven af tot een zwarte interferentiefraanje in Fig. 8^a met een horizontale lijn krijgen wij duisternis aan den rechterkant van de oorspronkelijke absorptielijn, zooals stand I aangeeft. Stand II doet een verschuiving naar den anderen kant zien, wat gemakkelijk volgt uit hetgeen reeds vroeger besproken is. Hoewel in I de verschuiving naar rechts en in II naar links gericht is, komt het karakter der verschuivingen bij de twee spectraallijnen volmaakt overeen: *beide* verschuivingen zijn in I naar rechts, in II naar links gericht.

Anders wordt het evenwel in 't geval van Fig. 8b. Stand III van de horizontale lijn doet een verschuiving van de beide dispersielijnen *naar buiten* zien, terwijl IV twee plaatsen van duisternis *tusschen* de twee absorptielijnen vertoont. Deze twee gebieden van duisternis kunnen gemakkelijk tot één samensmelten door bijzondere mate van absorptie der beide absorptielijnen.

Het onderscheid tusschen Fig. 8^a en Fig. 8^b bestaat dus hierin: hoewel in 't eerste geval verplaatsingen van de dispersielijnen naar rechts of naar links te constateeren zijn voor de standen *I* of *II*, is er verder geen essentieel verschil in den onderlingen stand der ontstane dispersielijnen. Zulk een verschil komt echter wél aan 't licht, wanneer de absorptielijnen haar ontstaan danken aan twee verschillende stoffen, die niet in denzelfden bundel van den interferentiaalrefractor geplaatst zijn. Plaat V nu heeft betrekking op het geval, dat in den éenen bundel NO₂, in den anderen J was geplaatst.

Het zou bijzonder toevallig wezen, wanneer zich in het NO₂- en het J-spectrum een zoo eenvoudig geval voordeed, als het hierboven beschrevene. Toch toont ons Plaat V in de dispersiespectra 1 het gewenschte verschijnsel. Beschouwen wij daartoe het middelste dispersiespectrum in vergelijking met de beide aan weerszijden geplaatste. In die spectraalgebieden moeten bovenstaande verschillen tusschen de dispersiespectra dáár voorkomen, waar een sterke NO₂-absorptie dicht naast een J-absorptie plaats heeft. Met behulp van de buitenste spectra, de absorptiespectra, zijn deze plaatsen gemakkelijk te vinden. Zij liggen o. a. bij 5751, 5754, 5792, 5810, 5847, 5856, 5914, 5928, 5933.

Juist deze opnamen doen zien, hoe de verplaatsing der dispersielijnen afhangt van de wijze, waarop zij ontstaan. Ter vergelijking is ook het interferentiespectrum in 2 te zien. Door de gecombineerde werking van de NO₂- en de J-absorptie zijn de afzonderlijke uitbuigingen der interferentiefransjes niet goed te volgen; het reeds vroeger opgemerkte slangvormige karakter der uitbuigingen is evenwel duidelijk zichtbaar.

Plaat VI N^o. 1 toont ons de verschuivingen in de omgeving van de beide Na-lijnen, verkregen met de opstelling, beschreven in § 4. De N^{os}. 2, 3 en 4 geven ons een 8-malige ver-

grooting van enkele merkwaardige plaatsen der reeds besproken reproducties.

N^o. 2 geeft den omtrek van de jodiumlijn $\lambda = 5856, 49$. Deze reproductie doet duidelijk de verschuivingen van de dispersielijnen ten opzichte van de absorptielijnen zien. De vergelijking met N^o. 3, waar D_1 van ongeveer gelijke sterkte is als $\lambda = 5856, 49$, doet de verschuiving der J' -lijntjes sterk uitkomen.

N^o. 4 geeft een 8-malige vergrooting van den omtrek van $5846, 95$ uit de gecombineerde dispersiespectra van Pl. V. Aan den rooden kant van deze lijn is het verschil tusschen het middelste spectrum en de aan weerszijden daarvan geplaatste spectra o.a. zeer treffend te zien aan de beide lijntjes, die in 't middelste spektrum dichter bij elkaar staan. In de omgeving van $\lambda = 5846, 95$ is blijkbaar de geheele lichtverdeeling sterk beïnvloed door de tegengestelde uitwerking der absorptie in de beide gasen. Dit geval is natuurlijk niet in bijzonderheden na te gaan, daar er in dit gebied, zooals de absorptiespectra aangeven, zoowel van N O_2 als van J veel lijnen te zien zijn.

In hoeverre kunnen wij nu bij de beschreven spectra spreken van de grootte der verplaatsing, die een dispersielijn ondergaat ten opzichte van een absorptielijn?

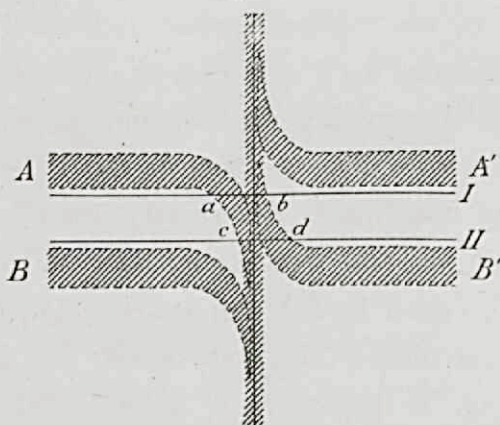
Om deze vraag te beantwoorden zullen wij het ontstaan van een dispersielijn nog eens nader beschouwen en nagaan, waaraan de intensiteitsverhoudingen in die lijn te danken zijn.

Tot nu toe hebben wij ons steeds beziggehouden met één zwarte interferentiefranje. Evenwel zullen ook de naburige franjes haar invloed, die echter veel kleiner is, doen gelden. Vergelijken wij daartoe Fig. 9 met de gereproduceerde spectra, waarin de horizontale banden voorkomen.

De zwarte franjes A en B zijn het donkerst in hun centrum. De duisternis neemt naar weerszijden af.

Beschouwen wij nu van links naar rechts de meermalen besproken horizontale lijn in stand I . Aan den linkerkant

Fig. 9.



van de absorptielijn snijdt zij de naar beneden buigende franje A , vervolgens de absorptielijn, en aan den rechterkant van de lijn de opgaande franje B' . De dispersielijn zal dan haar ontstaan voornamelijk aan A danken

en is diensgevolge naar links verschoven ten opzichte van de absorptielijn. Maar ook de absorptielijn zal (hoewel gering, volgens het op p. 23 betoogde) een gebied van duisternis geven, terwijl ook B' een voor verschillende absorptielijnen verschillend bedrag bijdraagt.

De dispersielijn, waarvan de breedte $a b$ is, bestaat dus uit drie deelen, waarvan het eerst besprokene overwegend is. Ieder deel heeft zijn eigen karakteristiek intensiteitsverloop. De samenwerking van deze deelen nemen wij waar als dispersielijn. Men ziet op de foto's de dispersielijnen breeder dan de absorptielijnen, als gevolg van de boven beschreven ontstaanswijze.

Wegens het golvend verloop van de zwarte franjes in het spectrum zal op sommige plaatsen de horizontale lijn den stand II innemen. Nu zal 't voornaamste bedrag in de duisternis van de dispersielijn geleverd worden door franje B' . Een verschuiving naar rechts zal dus volgen, en de breedte der lijn zal $c d$ zijn.

De verplaatsing van de dispersielijn ten opzichte van de absorptielijn is dus niet alleen afhankelijk van de karakteristieke eigenschappen der beschouwde lijn, maar wordt ook (zij het in mindere mate) beïnvloed door het verloop van het geheele stelsel der horizontale franjes, en dus mede door de aanwezigheid van andere absorptielijnen.

Een opgave van getalwaarden voor de waargenomen verplaatsingen zou slechts dan directe beteekenis hebben indien zij kenmerkend geacht konden worden voor de verplaatste lijnen zelve. Daar dit niet het geval is, moeten wij ons hier bepalen tot de gewone kwalitatieve uiteenzettingen. Ieder bijzonder geval zou, indien de gegevens voldoende bekend waren, quantitatief behandeld kunnen worden.

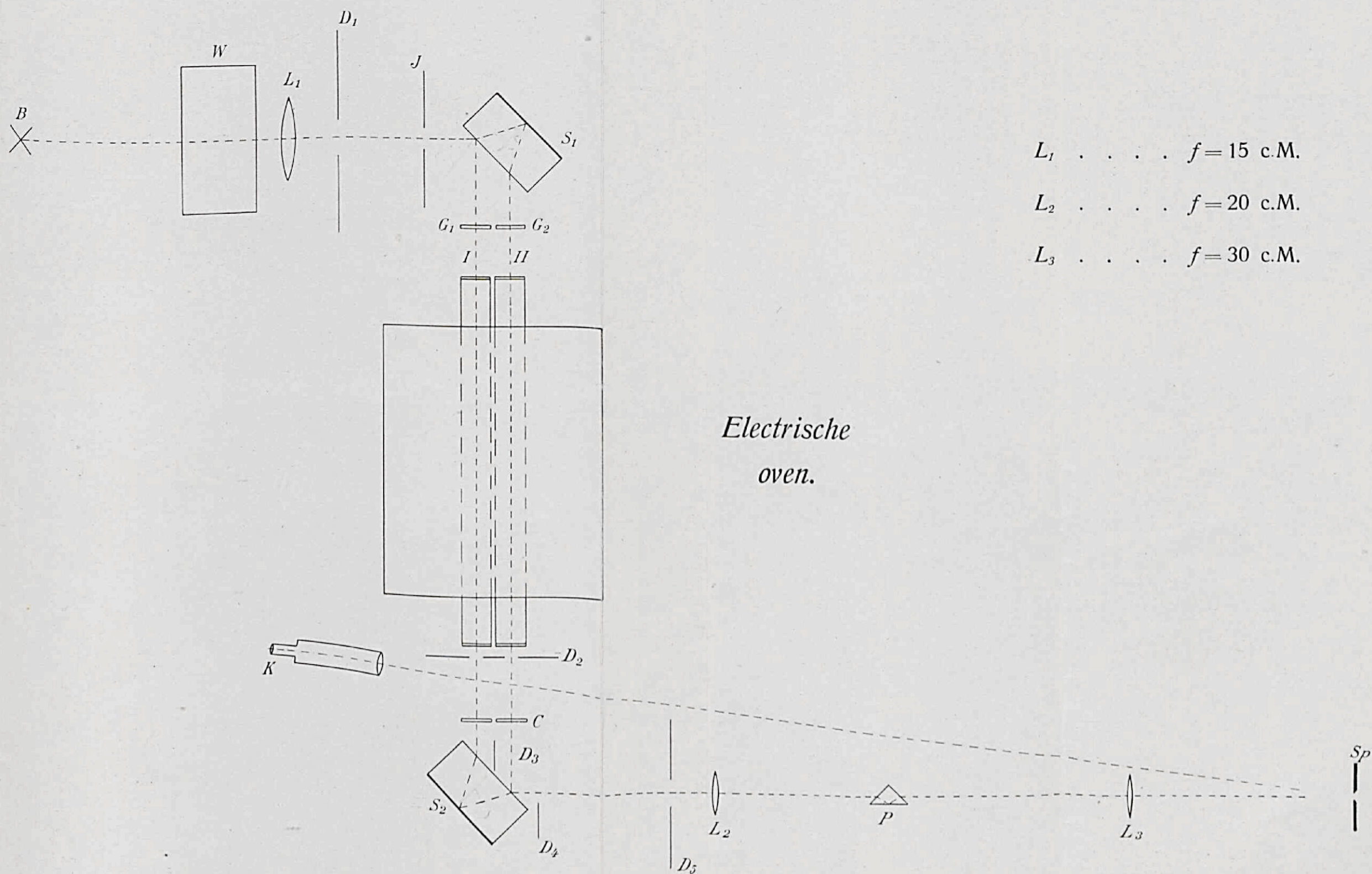
Samenvatting.

1°. De condities werden besproken, waaronder dispersieverschijnselen aanleiding kunnen geven tot schijnbare verplaatsing van absorptielijnen.

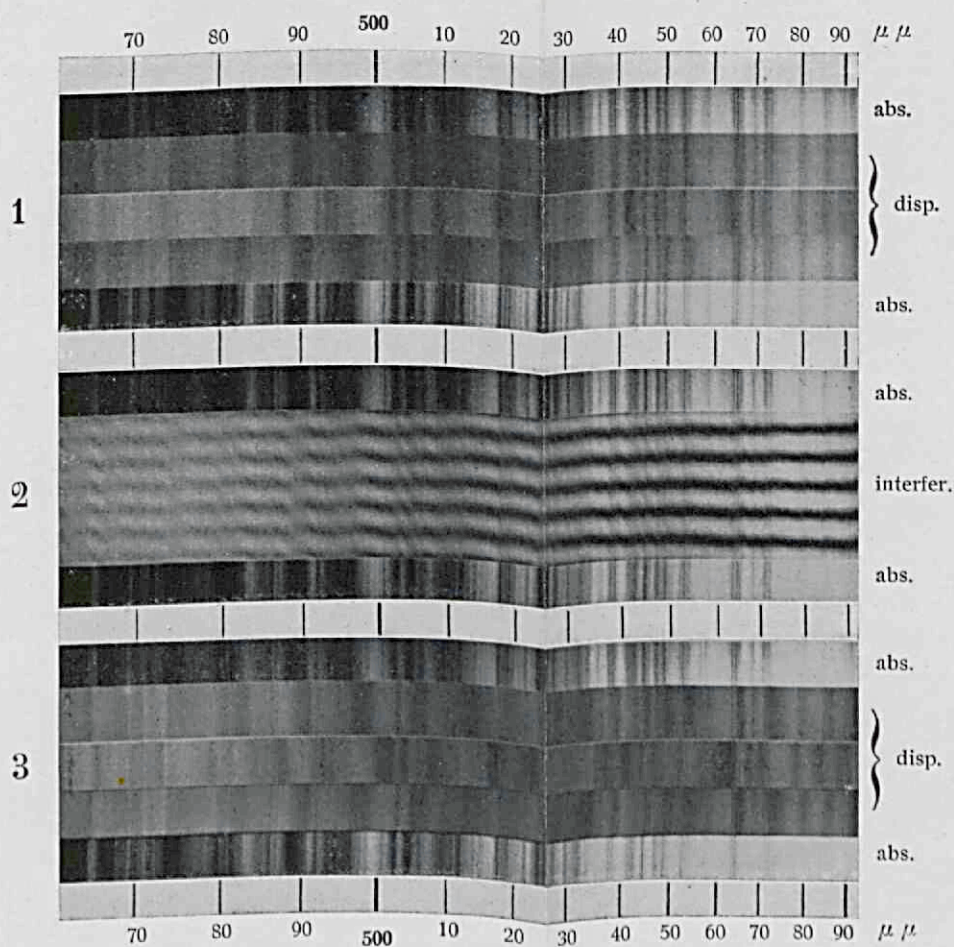
2°. Een methode werd beschreven, volgens welke nagenoeg zuivere dispersielijnen kunnen worden verkregen.

3°. Deze dispersielijnen en -banden konden op volkomen vooruit te voorspellen wijze van plaats en intensiteit veranderd worden.

4°. Onderlinge invloed van dispersielijnen kon worden aangetoond.

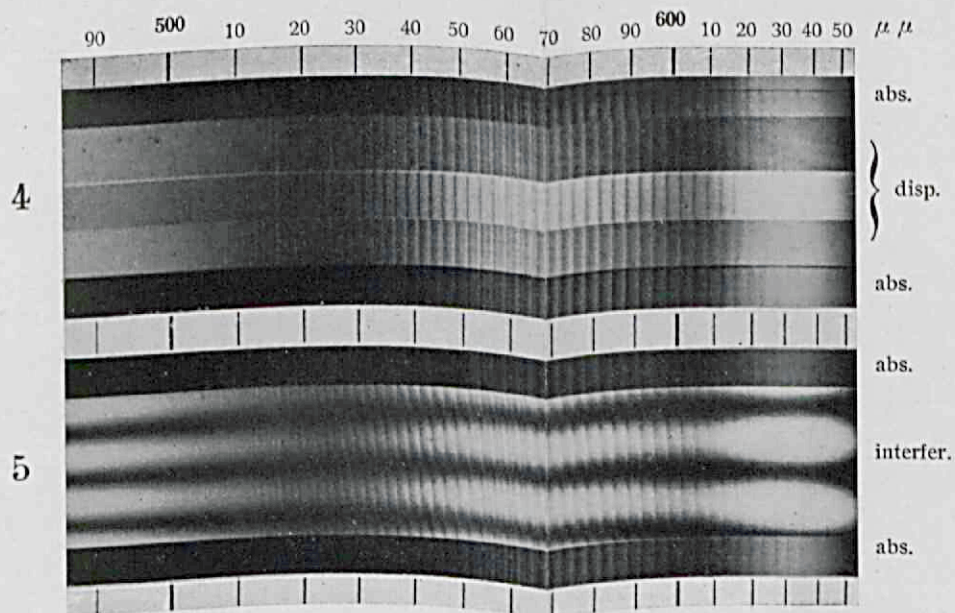


Stikstofdioxyde.



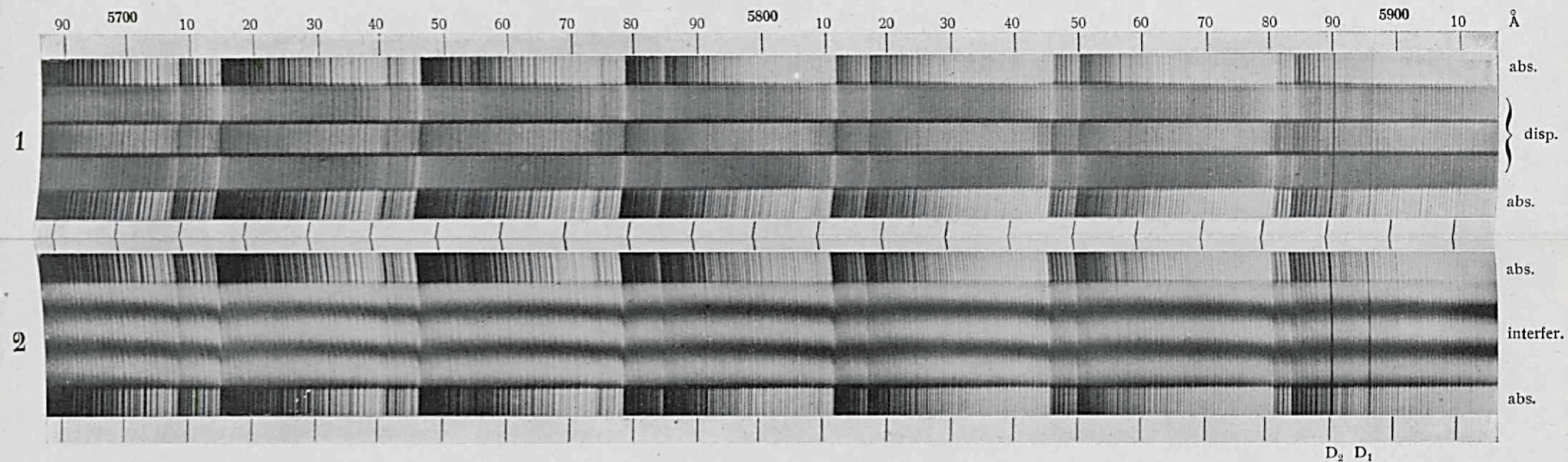
Vergr. 3 $\times$

Jodium.



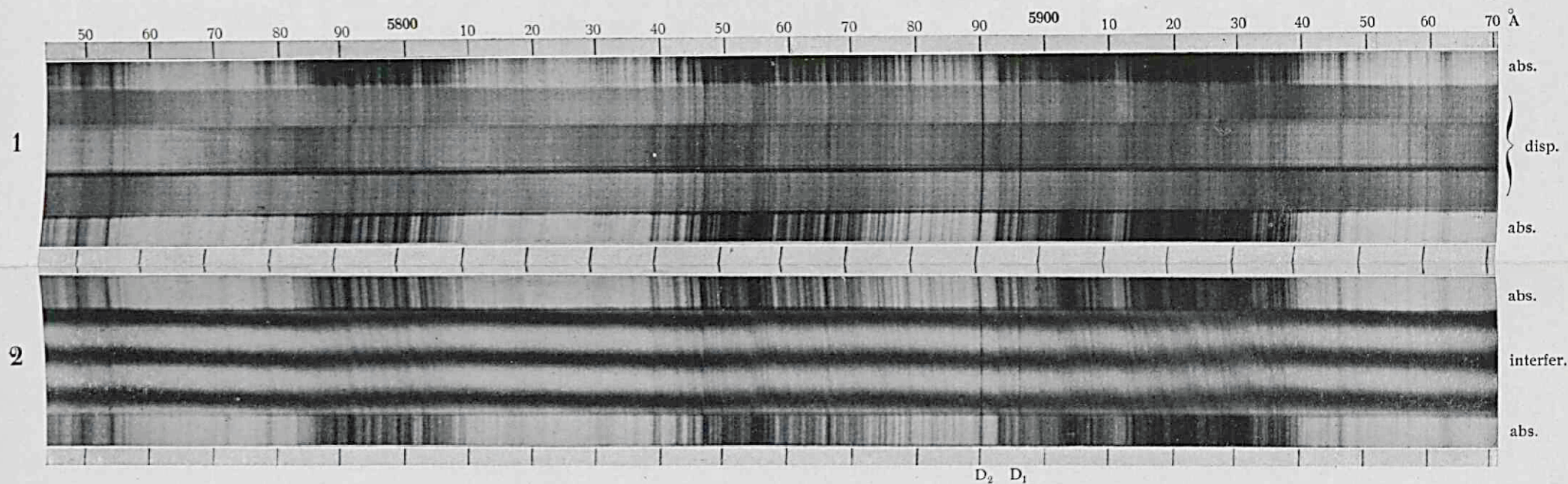
Vergr. 3 $\times$

Jodium.



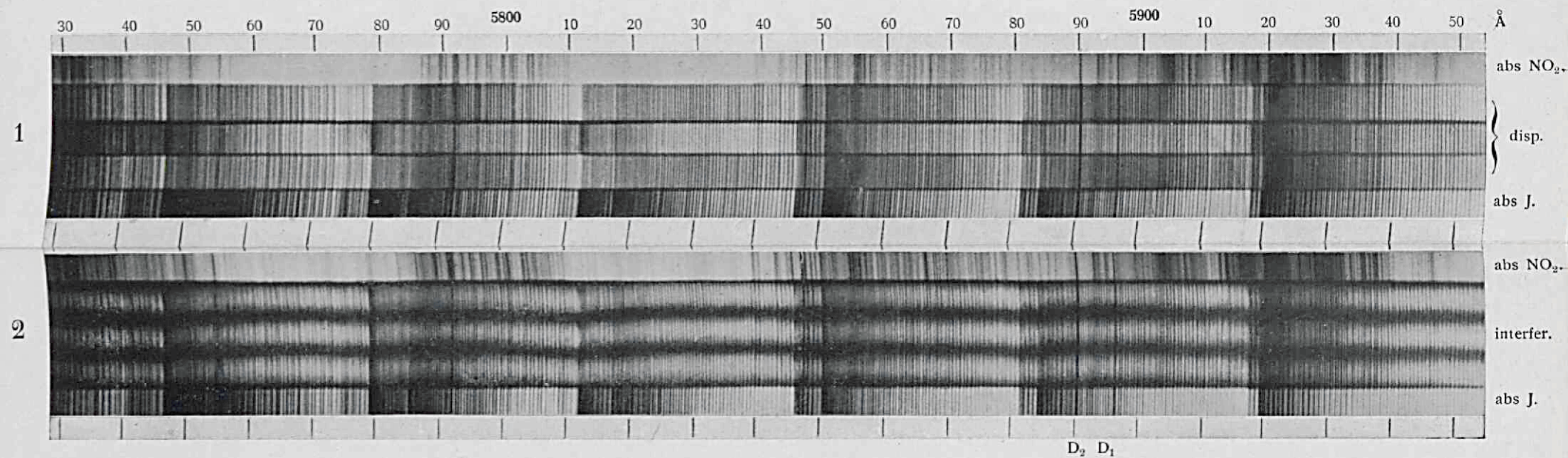
Vergr. 4 ×

Stikstofdioxyde.

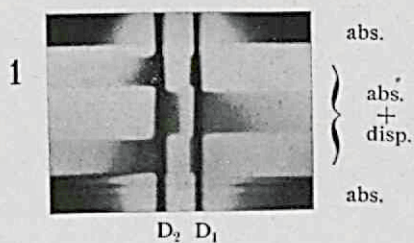


Plaat V.

Jodium en stikstofdioxyde gecombineerd.



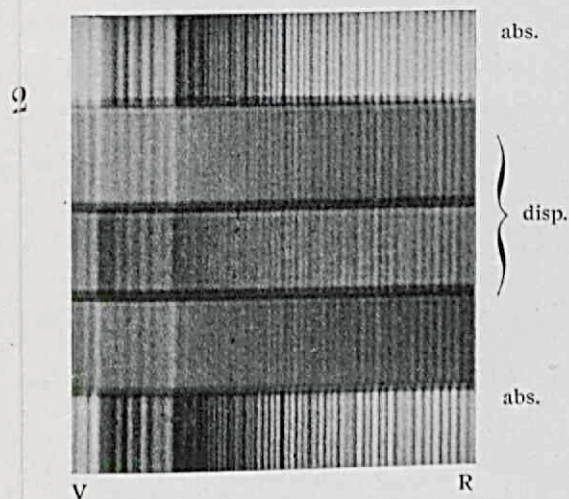
Vergr. 4 ×



Vergr. 3 ×

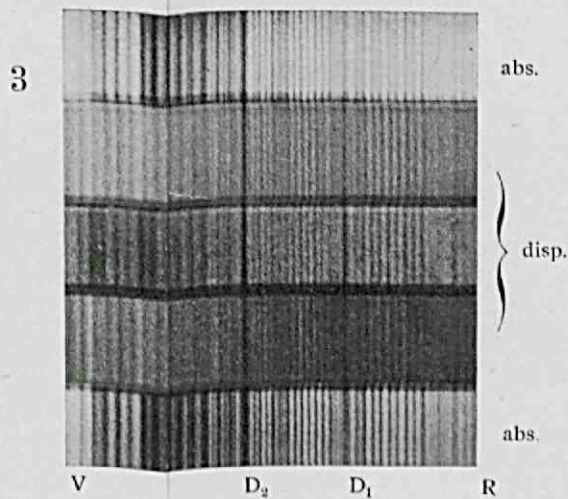
Jodium.

5856,49



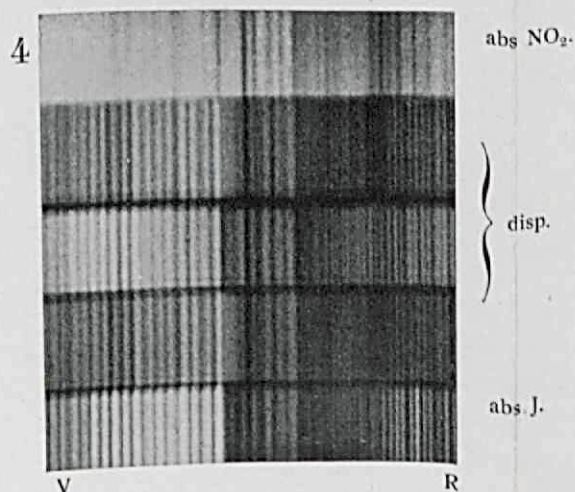
Vergr. 8 ×

Jodium.



Vergr. 8 ×

5846,95



Vergr. 8 ×

$\hat{A} = 1,9 \text{ m.M.}$

STELLINGEN.

STELLINGEN.

1.

Het is niet noodig voor de uitzonderingen, die ALBRECHT in de algemeene verplaatsing bij Fraunhofersche lijnen vond, brekingsindices < 1 aan te nemen.

JULIUS. *Astroph. Journ.* XLIII p. 53 (1916).

2.

Formules voor spectraalreeksen, die waargenomen lijnen door negatieve trillingsgetallen aanwijzen, zijn af te keuren.

3.

De proef van SAGNAC is geen experimentum crucis voor het bestaan van den ether.

SAGNAC. *Journ. d. Phys.* [5] 4 177 (1914).

WITTE. *Ber. d. D. Phys. Ges.* 16, p. 142 en 754 (1914).

4.

Bij het onderzoek over het verband tusschen absorptie en dispersie van kleurstoffen verdient de methode met den interferentiaalrefractor de voorkeur boven de prisma-methode.

PFLÜGER. *Wied. Ann.* 56 412—432 (1895) 58 670—673 (1896)

65 173—213 (1898) 65 214—224 (1898).

SÖDERBORG. *Ann. d. Phys.* 41 381—402 (1913).

V. D. PLAATS. *Ann. d. Phys.* 47 429—462 (1915).

5.

Uit de reactiesnelheid *alleen* is geen conclusie te trekken over het tragsgewijs verloop van een verzeeping.

6.

De waarden voor de verbrandingswarmten van ringsystemen pleiten niet voor de spanningstheorie van BAEIJER.

7.

Wanneer voor een verschijnsel een physische *en* een chemische verklaring bestaat, is in den regel de eerste te verkiezen.

8.

Aan het zingen der telegraafdraden is geen bepaalde prognostische beteekenis voor de weersverwachting toe te kennen.

9.

Bij de verklaring van het wezen van den donder moet in de eerste plaats rekening gehouden worden met drukgolven.

10.

Het is wenschelijk het onderwijs in de Wiskunde op de hogere burgerschool in dien zin te veranderen, dat de onderdeelen in nauw verband met elkaar worden onderwezen.

11.

De door BOHLMANN aangegeven substitutie in de formule voor de continue lijfrente heeft geen practische beteekenis.

Encycl. d. Math. Wiss. I² p. 878, (1901).

12.

De natuurkundige opleiding van Medici worde in dien zin veranderd, dat de universitaire propaedeusis zich voornamelijk bepaalt tot het behandelen van datgene, wat voor de verdere studie noodig is.
