



Quantitatieve bepaling van absorptie in het ultra-violet

<https://hdl.handle.net/1874/262785>

Aⁿ 192
1917.

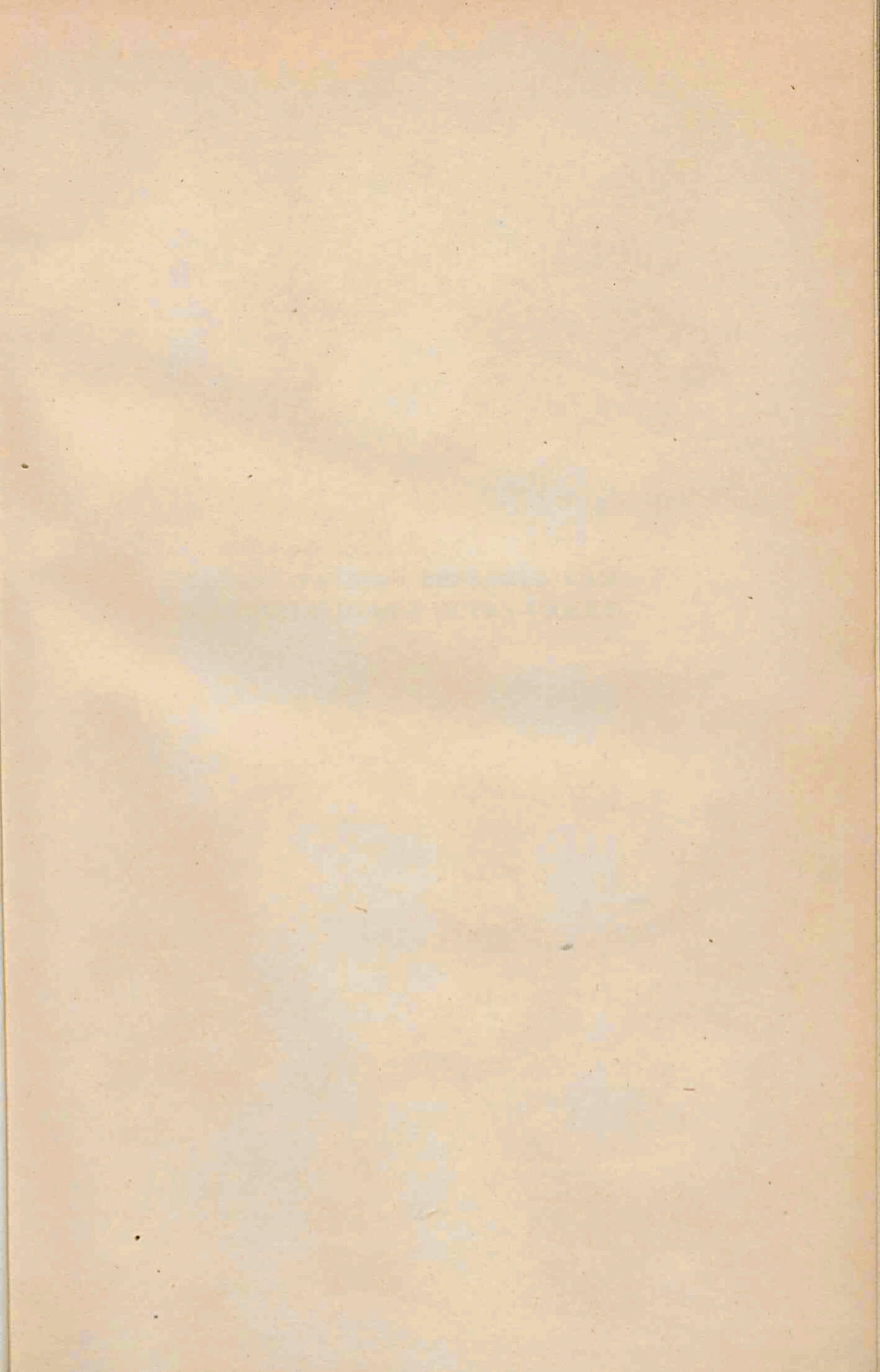
Quantitatieve bepaling van absorptie in het ultra-violet

W. VAN DER ELST

u.
2



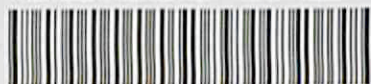
A. qu.
192



**QUANTITATIEVE BEPALING VAN
ABSORPTIE IN HET ULTRA-VIOLET**

WAT OORLOEGE VERBODEN IS
TEGEN ANTIEFEN VERBODEN

RIJKSUNIVERSITEIT TE UTRECHT



2376 163 2

J^u 192 (1917)

Quantitatieve bepaling van absorptie in het ultra-violet

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 Vrijdag 13 Juli 1917 des namiddags te 4 uur

DQOR

WIJNANDUS VAN DER ELST

geboren te Groningen

BIBLIOTHEEK
RIJKSUNIVERSITEIT
UTRECHT.

P. DEN BOER

SENATUS VETERANORUM TYPOGRAPHUS ET LIBRORUM EDITOR

UTRECHT — 1917

Aan mijn Vader
en aan de nagedachtenis mijner Moeder

Bij het eindigen van mijn academische studiën, waarbij ik met dankbaarheid terugdenk aan het vele goede dat ik van God en menschen ontving, is 't mij een behoefte U, Hoogleeraren der Wis- en Natuurkundige Faculteit, die hebt bijgedragen tot mijn wetenschappelijke vorming, mijn groote erkentelijkheid te betuigen.

Terugdenkende aan den tijd, toen ik de eerste indrukken van goed experimenteel onderwijs ontving, staat Uw beeld, Zeergeleerde HOORWEG, mij levendig voor den geest.

Van de Oud-Hoogleeraren wil ik U, Hooggeleerde KAPTEYN, in 't bizonder danken voor Uw helder onderricht en de belangstelling die ik van U mocht ondervinden.

Dat ik gedurende den tijd, toen ik bij 't onderwijs was, eenige maanden de gast mocht zijn op Uw laboratorium, Hooggeleerde HAGA, zal ik mij altijd dankbaar herinneren.

De vriendelijkheid, waarmee Gij, Hooggeleerde ZWAARDEMAKER, mij als niet-medicus in Uw laboratorium hebt ontvangen ter assistentie van Uw onderzoekingen, zal mij steeds bijblijven.

U, Hooggeleerde JULIUS, Hooggeachte Promotor, heb ik te danken voor de gelegenheid, die Gij mij geopend hebt om dit onderzoek te doen in Uw laboratorium, en er óók te putten uit de ondervinding van allen die, den stempel dragend van Uw fysischen zin en experimenteele kennis, daar aan Uw zijde mede-arbeiden. Voor de raadgevingen, ontvangen bij de samenstelling van dit proefschrift, zal ik U steeds dankbaar blijven. Ik mag ten slotte niet nalaten Uwe namen te noemen, Zeergeleerde MOLL en VAN DER PLAATS, die mij bij mijn proeven zoo vriendelijk ter zijde hebt gestaan.

INHOUD.

INLEIDING	1
HOOFDSTUK I	
Emissieproeven	6
HOOFDSTUK II	
Voorbereidende absorptieproeven.	20
HOOFDSTUK III	
De vergelijkings-methode	27
HOOFDSTUK IV	
Het fotometreeren	32
HOOFDSTUK V	
Practische toepassing der vergelijkings-methode	38
SAMENVATTING EN SLOTOPMERKINGEN.	48

INLEIDING.

Het licht is een gevoelig reagens ter onderscheiding van stoffen en ter onderkenning van hare veranderingen. Zoowel aan het uitstralend als aan het absorbeërend vermogen der lichamen heeft men reeds talrijke waardevolle gegevens omtrent den moleculairen bouw der lichamen kunnen ontleenen; maar vooral van onderzoekingen over lichtabsorptie mag men ongetwijfeld nog vele belangrijke uitkomsten tegemoet zien, omdat in het algemeen de stof gemakkelijker in een toestand te houden is, waarbij zij constant absorbeert dan waarbij zij constant emitteert. En natuurlijk is van scherpe, quantitatieve bepalingen het meeste heil te verwachten.

Feitelijk staat intusschen de quantitatieve kennis van selectief absorbeërend vermogen nog niet op zoo hoogen trap als men geneigd mocht zijn te denken, vooral niet voor lichtstralen buiten het gebied van het zichtbare spectrum. Alle voor het zichtbare licht doorschijnende stoffen vertoonen niettemin hare kenmerkende absorptiegebieden in het infrarood en het ultraviolet; daar ligt dus nog een uitgebreid terrein voor onderzoekingen open. In de laatste tientallen van jaren is de belangstelling voor het ultraviolette deel van het spectrum bizonder toegenomen, vooral van de zijde der chemici. Dat hun belang hierbij niet gering is, blijkt wel uit het gezegde van BALY, als hij in zijn werk *Spektroskopie* (Duitsche uitgave p. 320) zegt: „Es ist wohl nicht zu weitgehend, wenn man hofft, dasz die ganze Frage der Molekularstruktur organischer Verbindungen auf diesem Wege sich wird lösen lassen.”

Is het voor het zichtbare spectrum niet moeilijk te weten of een stof absorbeert, daar waar 't oog aan den kant der kleine

golven niet meer in staat is deze te onderscheiden (deze grens varieert van 3750 tot 3000 Å bij verschillende waarnemers is wel door fluorescentie en fotografie 't bestaan hiervan aangetoond, maar is de kennis van 't quantitative der absorptie nog maar weinig toegenomen. De methode van HARTLEY en HUNTINGTON, die ongeveer den indruk geeft hoe de absorptiewetten zijn, wordt ook thans nog herhaaldelijk toegepast. Bij deze methode laat men 't licht passeeren door de opgeloste stof, vervaardigt een serie spectra, waarbij de dikte der lagen afneemt en teekent een diagram, met het trillingsgetal tot abscis en de logarithme der dikte tot ordinaat. De grens waar op de fotografische plaat het licht nog reageerde wordt vervolgens door een lijn aangegeven. Deze methode kan evenwel niet quantitatief genoemd worden en 't lijkt me hoogst gewenscht dat juist in de laatste richting de absorptie-verschijnselen worden onderzocht.

Er zijn thans voldoende gegevens omtrent de middelen, waarvan men zich kan bedienen. Daar evenwel in het u. v. een stof kan absorbeeren, terwijl 't dit in 't zichtbare niet of niet noemenswaard doet, moet men voortdurend zorg dragen hierop te letten. Zoo absorbeert de lucht bij een dikte van 1 m.m. de golven kleiner dan 1700 Å. Bij dikkere lagen stijgt deze grens. Een atmosfeer van waterstof doet dit in veel minder mate, vandaar dat TH. LYMAN als uiterste grens 1000 Å heeft kunnen bereiken door het vacuum (dat V. SCHUMANN bij zijn proeven invoerde) vanuit waterstof te maken. Deze twee onderzoekers hebben bovendien nog een kunstgreep moeten invoeren, ten einde de stralen vast te leggen die zij thans hadden. De gelatine van de gevoelige plaat is een tweede oorzaak van absorptie, reden waarom zij alleen met zilverbromide op de glasplaat werkten. Deze tweede beperking van 't gebied is mede oorzaak geweest, dat men het u. v. spectrum in tweeën verdeelde; het onderzoek, in de daarvoor ingerichte laboratoria, van de kleinste golven noemde men dat van het Schumanngebied. Een scherpe scheiding is onmogelijk aan te geven, waarom wij voortaan willekeurig 2000 Å als uiterste grens nemen. Boven deze grens hebben we dus geen merkbaaren invloed

van de absorptie door lucht, en we zullen rekenen, dat de gelatine der plaat dun genoeg is om de stralen van de lichtbron, die grooter dan 2000 zijn, te kunnen weergeven.

Thans zullen we onze aandacht bepalen bij de te volgen methode in 't maken van het spectrum. Waar het geldt absolute golflengtebepalingen te doen, is men natuurlijk aangewezen op roosters. Het ideale geval van een, laten we het maar noemen, „hek-rooster” is buitengesloten om technische redenen. De doorzicht-roosters zouden geen absorptie mogen vertoonen en de reflex-roosters zouden alle stralen moeten reflecteeren. Daar intusschen deze absolute metingen, wegens het beschikbaar zijn van bekende vergelijkings-spectra, overbodig zijn geworden, is men tegenwoordig vrij, gebruik te maken van een relatieve methode, waarbij het spectrum ook minder zwak is, maar waarbij rekening is te houden met absorptie en dispersie van het materiaal. Er zijn mineralen, die zich min of meer laten bewerken tot prisma, lens en plaatje en het u. v. doorlaten. De meeste dezer mineralen zijn evenwel zeldzaam en dus kostbaar. De techniek is er daarom op uit geweest het absorptiegebied van glas, dat bij 3300 ongeveer intreedt, door bijmenging van chemische bestanddeelen te verleggen zoo ver mogelijk in het u. v. Het z.g. uviol-glas, dat bariumfosfaat en chroom bevat en door SCHOT u. GEN. te Jena gemaakt wordt, laat licht door tot 2530 Å, gaat dus een schrede in de goede richting, is evenwel nog niet in staat het niet-Schumann-gebied geheel te beheerschen. De mineralen, geschikt tot het onderzoek van het u. v. zijn: vloeispaat, kwarts, kalkspaat, steenzout en sylvin. Alleen vloeispaat en steenzout laten de Schumann-stralen door. Van het eerst genoemde mineraal werden kleurlooze stukken, door SCHUMANN en LYMAN gebruikt. Voor het onderzoek van het door ons begrensde gebied is kwarts verreweg 't meest aan te bevelen. Steenzout heeft een te groote dispersie en is te veel onderhevig aan atmosferische invloeden.

Lenzen zijn er gemaakt van deze stoffen en ook de achromasie heeft men in 't u. v. weten te bewerken door n.l. te combineren kwarts met kalkspaat of vloeispaat (GIFFORD) en kwarts met steenzout (PFLÜGER).

Prisma's van het dubbelbrekende kalkspaat kunnen geven slechts een enkel spectrum, als de as van 't kristal tevens de richting is van den straal die binnen 't prisma minimum van deviatie heeft. Wegens 't groote verschil in brekingsindex voor den gewonen en buitengewonen lichtstraal zal echter 't gebied van enkel-spectrum zeer klein zijn. Van kwarts prisma's te maken is daarom ook beter, wijl hier 't verschil in breking van gewonen en buitengewonen lichtstraal slechts gering is. Maar hier vertoonen deze beide stralen draaiing van polarisatievlak en de opheffing van het daardoor weer verkregen dubbele spectrum wordt dan alleen bereikt als men neemt of twee prisma's waarvan 't eene links- en 't ander rechtsdraaiënd is (STEINHEIL), of een prisma dat zelf uit twee helften bestaat, waarvan de eene rechts-, de andere linksdraaiënd is (een z.g. Cornu-prisma).

Hoewel er andere methoden zijn om de u.v.-stralen en de verschillende onderzoekingen ermee vast te leggen, is toch de fotografie de aangewezen weg. Een gewone gevoelige plaat is doorgaans geschikt het spectrum weer te geven van 5000 tot 2200 Å, hetgeen voor de onderzoekingen die wij op 't oog hebben voldoende is. Waar 't geldt absorptieverschijnselen na te gaan, daar is 't natuurlijk gewenscht een lichtbron te hebben, die een continu spectrum vertoont en als men vele waarnemingen wenscht te doen, niet al te zwak is. Voor het vergelijken der verschillende waarnemingen moet ze bovendien constant zijn en ter oriëntering is 't ten laatste gewenscht dat er zich enkele zwakke lijnen in bevinden. Aan het onderzoek van verschillende lichtbronnen zal gewijd zijn het *eerste hoofdstuk*.

Met enkele anilinederivaten, afkomstig van het organisch-chemisch laboratorium van Prof. VAN ROMBURGH heb ik aanvankelijk de methode gevolgd, tot nu toe in de chemie gebruikelijk, door n.l. een serie absorptie-spectra te maken, waarbij de dikte der vloeistoflaag varieerde. Een en ander daarover hoop ik mee te deelen in het *tweede hoofdstuk*.

Als vanzelf werd ik tot critiek genoopt, daar ik een continu spectrum had, in afwijking met de chemici, die een lijnen-spectrum gebruiken. De wet van het continue verloop der absorptie trachtte ik op te sporen en de wijze, waarop ik

gekomen ben tot het maken van curven, die het doorlatend vermogen voor iedere diktelaag weergeven, hoop ik te bespreken in het *derde hoofdstuk*.

Aan het fotometreeren der platen zal gewijd zijn het *vierde hoofdstuk*.

Voor één gekleurd aniline derivaat heb ik uitvoerig de absorptie bestudeerd, en wel in hare afhankelijkheid van de laagdikte en van de concentratie. Daar 't bleek, dat de wet van BEER volkomen opging, (de minste verontreiniging van de vloeistof doet wat anders denken) vervielen de diagrammen, die hiermee verband hielden, zoodat ik ten slotte als resultaat hoop te geven de diagrammen, die laten zien:

1°. hoe, voor een bepaalde golflengte 't verband is tusschen de dikte der laag en het doorlatend vermogen.

2°. hoe, voor een bepaalde dikte, 't verband is tusschen golflengte en doorlatend vermogen.

3°. hoe, voor een bepaald doorlatend vermogen, 't verband is tusschen golflengte en dikte der laag.

Het denkbeeld om diagrammen van deze laatste soort te verkrijgen, was ons punt van uitgang geweest; door ons onderzoeken hopen wij op hare beteekenis een helderder licht te kunnen werpen.

Dit onderzoek is weergegeven in het *vijfde hoofdstuk*.

HOOFDSTUK I.

EMISSIE-PROEVEN.

HET FOTOGRAFEEREN DER SPECTRA.

De spectrograaf. Door STEINHEIL (München), HILGER (Londen), KRÜSZ (Hamburg) en FÜSZ (Steglitz) zijn spectrografen in den handel gebracht met kwarts-lenzen en -prisma.

Ik had 't geluk een apparaat van HILGER ter leen te kunnen krijgen van Prof. SCHOORL, terwijl mij ook een spectrograaf van FÜSZ ten dienste stond. 't Is hier de plaats mijn dank te brengen aan Prof. SCHOORL, die het toestel voor zoo langen tijd tot mijne beschikking heeft willen stellen.

De spectrograaf van HILGER is gemonteerd op een zwaar gietijzeren voetstuk, rustende op drie pooten. De collimatorlens en spleet bevinden zich in een koperen buis van 54 c.m. de rest in een houten kast. Met een kopschroef is de stand van de collimatorlens te veranderen over 14 m.m., welke afstand in 32 deelen verdeeld is. Het prisma is een van Cornu en staat onbewegelijk. Het objectief is een z.g. Petzval-objectief, bestaande uit twee lenzen. Tusschen deze lenzen kan een diafragma worden ingesteld om den invloed der sferische aberratie te verminderen. Van de drie diafragma's die zich bij 't apparaat bevinden, is in den regel het middelste voldoende. Slechts bij scherpe instellingen was het kleinste noodig, terwijl 't grootste werd gebruikt als de lichtbron zeer zwak was en bij de absorptieproeven. De fotografische plaat van 10×25 c.m. kan met een dubbelen heugel en rondsel op en neer worden bewogen. Het vlak van de plaat maakt een hoek van ongeveer 30° met de richting van de lichtstralen wegens de grootere dispersie

van kwarts in het verre u.v. Bovendien ligt de plaat gekromd is 't chassis. Deze kromming wordt bereikt door de sponningen, die in 't midden eenige m.m. dikker zijn dan aan de uiteinden, terwijl de van achteren sluitende deksel met vilt de glasplaat aandrukt. Bij de dikke platen, die ik gebruikte, is 't me maar zelden overkomen, dat de spanning te groot werd en de plaat middendoor brak. Meermalen was 't merkwaardig te zien, hoe de plaat de kromming eenigen tijd behield, nadat ze uit het chassis was gehaald.

Het houten raam, waarin 't chassis schoof, kan wentelen om een as, liggende ongeveer in 't midden. De schroef waarmee dit geschiedde kon worden vastgezet met twee contramoeren. De verdere verbinding van 't raam met het overige houtwerk was met een kleine leeren balg.

Instelling van het apparaat. Het apparaat heeft dus twee instellingen noodig, t.w. de verplaatsing van de collimatorlens en de wenteling van het raam. Met het licht van de kwartskwiklamp van HAEREUS heb ik de instelling van het apparaat kunnen doen. Nadat de lichtbron op gelijke hoogte was geplaatst als de spleet en in de juiste richting van de collimatorbuis, werd met behulp van een kwartslens een beeld van de lichtopening gemaakt (de lamp is end-on te gebruiken) op de spleet, die op 0,02 m.m. werd gebracht. Bij een vasten stand van het houten raam werd toen een serie foto's gemaakt, terwijl telkens 't objectief een bepaalden afstand werd verplaatst met de bovengemelde kopschroef. Uit de verkregen spectra werden die plaatsen aangeteekend, waar de lijnen 't scherpst waren en deze punten met een inktstreep verbonden. Vervolgens bleek, dat in de buurt van de verdeelstreep 16 van 't objectief, 't midden van de plaat het scherpst was. Daar 't kwikspectrum de lijnen niet dicht bij elkaar heeft, werd thans met een ijzerlichtboog 't geheele spectrum (dus ook 't zichtbare, dat bereikt werd door de plaat gevoelig te maken met pinorthol) ettelijke malen genomen en wel op de volgende wijze: Het raam werd in een bepaalden nulstand gebracht en een vijftal spectra werd gemaakt met 't objectief op de deeltijfers 10 tot 20; daarna werd 't raam een kleinen hoek gewenteld en 't zelfde

herhaald. Op één plaat kreeg ik, aldus voortgaande, een dertigtal foto's. In 't geheel werden er vijf platen gemaakt op de deeltijfers 5—15, 10—20 en 15—25, zoodat de series over elkaar een aaneengesloten reeks vormden en niet aan elkaar.

Uit de verkregen resultaten was nu de gang van het scherp-zijn gemakkelijk te bespeuren en de juiste stand van de twee instellingen met zekerheid te kiezen. 't Objectief moest op No. 16 en 't raam 3,6 m.m. uit den nulstand worden gewenteld. Ten overvloede bleek deze stand overeen te komen met een schetsmatige teekening. Een kleine berekening gaf eveneens een dergelijk resultaat.

Schaalverdeeling. De spectrograaf van HILGER heeft een doorschijnende schaalverdeeling, aangebracht op een reep glas, die door een klein handvat aan den buitenkant van het houten raam aangelegd kan worden tegen de fotografische plaat. Met een twee-volts lampje, dat zich op ruim 1 d.m. bevindt, is het mogelijk deze schaalverdeeling op de plaat af te drukken. Om te beletten, dat er van te voren licht van het spectrum valt op de plaats waar de schaalverdeeling moet komen, kan die plaats bij het fotografeeren van het spectrum worden bedekt met een metalen reep, die ook met een handvat aan den buitenkant er voor of er van af kan worden gedraaid. Natuurlijk is 't werken met deze schaalverdeeling niet een volkomen fysisch nauwkeurige methode. Een verschuiving in de richting van 't vlak van de plaat is mogelijk, om te maken dat ze bijna volkomen overeenkomt met de plaats van 't spectrum, waarbij de getallen passen. Na eenige pogingen om deze naar behooren te laten samenvallen, heb ik dit werk gestaakt, daar bovendien bleek, dat een kleine wenteling van de spleet, die over de geheele breedte van 't spectrum een zeer gebogen beeld geeft, natuurlijk een andere plaats van de schaal zou vereischen, zoodat deze alleen dan waarde zou hebben, als men de lijnen van 't spectrum op die plaats nam, waar de schaalverdeeling aansluit. Bij die wenteling maken andere gedeelten van 't spectrum den indruk van een scheeven spleetstand en daarom moet voor dat gedeelte de schaal opnieuw worden ingesteld, 't geen een tijdroovend werk is. Ik heb daarom de

schaal laten aansluiten met den spleetstand, die in dit gedeelte van de spleethoogte lijnen gaf, in de richting van de schaalstrepen en de afwijkingen, die de schaal toen vertoonde, met een correctietabel vastgelegd. Deze tabel gaf afwijkingen van 0 tot 5 Å. Voor een nauwkeurige plaatsbepaling is en blijft natuurlijk de dispersie-kromme de eenige methode, reden waarom ik deze construeerde.

Het spectrum. De dispersie is zoo, dat

bij 5000 Å	. . .	1 m.m. = 83 Å
„ 4000 Å	. . .	1 m.m. = 43 Å
„ 3000 Å	. . .	1 m.m. = 15 Å
„ 2100 Å	. . .	1 m.m. = 5 Å

terwijl in het uiterste rood dus

bij 8000 Å	. . .	1 m.m. = 180 Å
------------	-------	----------------

zoodat duidelijk blijkt, dat kwarts in 't u. v. een groote dispersie heeft. Uit schattingen is gebleken, dat 't minimum van deviatie ligt ongeveer tusschen 2600 en 2800. De totale afmeting van 't spectrum van 8000—2100 = 195 m.m., van 5000—2100 = 170 m.m. Zonder moeite konden de spectra op 1 m.m. afstand van elkaar worden gemaakt en kon de plaat zodoende tot 80 stuks bergen. Dit was te bereiken door een schaalverdeling met index, die waren aangebracht op 't raam en 't chassis.

Platen en ontwikkelaar. De voor dit doel zoo bijzonder geschikte dunne en zeer gevoelige Schumann-platen stonden me wegens den oorlog niet ten dienste. Toch kon ik me best behelpen met Agfa- en Röntgen-platen, die ik uit 24 × 30 in drie deelen sneed, ieder van 10 × 24 c.m. groot. Zooals gezegd, heb ik in sommige gevallen een stuk van 't zichtbare spectrum erbij genomen (tot 6600 Å) door de plaat gedurende 4 min. in pinorthol te leggen en dan te laten drogen, doch binnen een paar dagen te gebruiken. Daardoor werd een nieuw gebied van gevoeligheid verkregen, door een zwakke brug bij 5000 aan het violette gebied verbonden. Waar de onderste grens van 2100 niet precies bereikt werd, daar moet dit aan verschillende redenen worden toegeschreven:

- 1°. absorbeert de gelatine der plaat,
- 2°. absorbeeren de vele lagen kwarts,

3°. wordt veel licht gereflecteerd; vooral in 't u. v. is dit percentsgewijze veel,

4°. is de dispersie groot, zoodat de zwarting zeer gering wordt.

Op deze zaken wordt later teruggekomen, als we zullen nagaan in hoeverre een stof absorbeert.

Ontwikkelaar was eerst rodinal, later hydrochinon. De tijd van ontwikkelen was 3 min.

LICHTBRONNEN.

Was bij de instelling van het apparaat onmisbaar een lichtbron, die een lijnenspectrum had, dat zoo gelijkmatig mogelijk verdeeld was, — tot het onderzoek van absorptie is daarentegen gewenscht een spectrum, dat continu is. Nu zijn de eerste veel gemakkelijker te verkrijgen dan de tweede; immers het is moeilijk de omstandigheden op te sporen, waaronder een lichtbron een emissiekromme vertoont, die ver genoeg in het u. v. doorloopt. Toch zijn er gelukkig eenige methoden reeds bekend om iets in die richting te vinden.

Om practisch eenige kennis van de emissie in 't u. v. te krijgen, heb ik eenige lichtbronnen de revue laten passeeren. Zooals te begrijpen is, zijn de meeste proeven van mij reeds door anderen gedaan en kan ik daarvoor verwijzen naar KAYSER, Spectroscopie III, p. 64.

In den regel vormde ik een beeld van de lichtbron met een kwartslens van 17 c.m. brandpuntsafstand. (Deze lens is mij door Prof. ZWAARDEMAKER gedurende mijn proeven vriendelijk in bruikleen afgestaan). Ze was planconvex, zoodat bij een beeld, kleiner dan de lichtbron, de vlakke zijde naar de spleet gekeerd was. Deze laatste stelde ik zoo fijn mogelijk, varieerende van 0.01 tot 0.03 m.m. Ik maakte toen spectra van:

De kwarts-kwiklamp van Haereus. De lijnen van 't kwik-spectrum zijn zeer ongelijkmatig in afstand zoowel als in dikte. Men zou ze in groepen kunnen verdeelen, die verband hielden met de heldere lijnen in iedere groep. Zulk een systematische indeeling zou van nut kunnen zijn voor de techniek en voor de

medische wetenschap, waar de kwartskwiklampen veel gebruikt worden.

De kwartskwiklamp van Cooper—Hewitt. Deze werd dwars genomen. De achtergrond van het spectrum was minder zwart. Ook werd er een serie foto's genomen om de 2 min. van af 't oogenblik van ontsteking. Daarbij kwam voor den dag, dat de lijnen eerst na 10 min. volledig op den achtergrond verschenen.

Bij beide lampen werd 't beeld reeds na enkele seconden belichting op de plaat weergegeven. De vergelijking van de plaats der lijnen met den atlas van EDER gaf op enkele plaatsen afwijkingen, daar sommige in ons spectrum en andere bij EDER ontbraken, beiden een gevolg van de omstandigheid, dat de kwiklamp noch vonken-, noch vlammspectrum geeft. Deze afwijkingen wil ik echter niet uitvoerig bespreken, daar dit niet ligt in de bedoeling van dit proefschrift. Er zijn evenwel vele metingen gedaan op allerlei gebied met de kwartskwiklamp en de literatuur daarover groeit nog steeds aan. Dat de grens bij 2300 en niet bij 2100 ligt, is niet te wijten aan een van de oorzaken boven genoemd, maar waarschijnlijk daaraan, dat 't kwartsglas van de lamp eerder absorptie vertoont dan kristal-lijn kwarts, zoodat dus de stralen van dit gebied niet eens in den lichtbundel aanwezig waren.

De kwartskwiklamp van Prof. Cotton. Slechts in 't kort wil ik nog iets zeggen van een derde kwartskwiklamp. In „The astrophysical Journal" Jan. 1916, Vol. 43 Nb. 1, spreekt WOOD over een lamp, die hij ter leen had van Prof. COTTON van Parijs. O. a. zegt hij: „In this lamp the arc passes through a heavy tube of quartz 3 c.m. in length and 4 m.m. in diameter. The lamp is constructed in such a way that the light from the narrow tube (end-on) passes out through a window of optically worked, fused quartz, and it operates at a full red heat. The lines are enormously broadened and only lightly brighter than the continuous background."

Nadat ik van Prof. COTTON eenige bijzonderheden omtrent deze lamp had vernomen, waarbij hij mij toestond gebruik te maken van zijn lamp, mits deze door een persoon in een valies

kon worden getransporteerd, had ik het geluk op een heel bijzondere wijze (door de hooggewaardeerde bemiddeling van het Departement van Buitenlandsche Zaken, de lamp in 't laboratorium te kunnen krijgen. Na de ontsteking bleek aanvankelijk visueel dat, hoewel de heldere lijnen in 't spectrum niet verdwenen waren, er een achtergrond verschenen was, die 't beste deed hopen. De fotografie bleek echter te bestaan uit het bekende spectrum van de twee vorige lampen, alhoewel de achtergrond donkerder was, maar de lijnen waren *niet* breder en waren vele malen helderder dan de achtergrond. Daar de lamp niet rood nagloeide, iets wat die van COOPER—HEWITT van 't laboratorium wél doet, dorst ik den stroom op te drijven, ervoor zorgende, beneden 3 ampère te blijven. De resultaten bleven dezelfde. Ten slotte weigerde de lamp en bleek dat er zich een kleine opening in 't kwarts bevond, die wel spoedig te repareeren zou zijn, maar waarvoor in ons land de geschikte persoon nog gevonden zou moeten worden. Na herhaaldelijk met Prof. COTTON over deze zaak gecorrespondeerd te hebben, bleek, dat bij de ontsteking de kathode steeds gevuld met kwik moet blijven. Misschien is 't verontachtzamen van deze voorzorg de oorzaak van de breuk geweest, daar deze zich in de kathode bevond. Maar verder verzekerde Prof. COTTON mij twee malen, zelf 't spectrum niet te hebben gemaakt en dus zelf geen ondervinding te hebben omtrent den aard van 't spectrum. Wij zullen dus de eer van de schoone resultaten ermede verkregen, alleen aan WOOD moeten laten. Tegenover het succes, dat een experimentator, soms door een toeval, kan hebben, is ons geval een duidelijk bewijs daarvoor, dat de resultaten niet altijd evenredig zijn aan de daaraan bestede moeite.

Voordat ik hiervan afstap, wil ik nog even zeggen, hoe de spectra onder elkaar nog afwijkingen vertoonden. Bij 2500 bevindt zich een lijn, die somwijlen aan den kant van de groote golven een gebrek aan emissie vertoont, zoodat de plaat daar totaal wit bleef. Dit kon niet worden toegeschreven aan een omslaan door overbelichten, of door toetreding van licht tegen den tijd, dat de ontwikkeling eindigde, en evenmin aan absorptie, dus omslaan van een lijn. De oorzaak bleef mij onbekend.

De ijzerlichtboog, die ik gebruikte, brandde bij 4 ampère. Van 2200 tot 2100 worden de lijnen plotseling lichtzwakker, iets dat een gevolg moet zijn van de plotselinge daling van de gevoeligheid der plaat. Nog steeds wordt door chemici dit metaal gebruikt als lichtbron bij hun absorptieproeven. Als tweede pool neemt men vaak cadmium. Ook neemt men wel polen van legeringen, bv. Cd, Zn en Pb in verhouding van hun mol. gewicht (Edersche legering), daar dit een regelmatig bezet lijnengebied geeft.

Auer gloeilicht. Het spectrum van het gloeikousje is continu. Na 5 min. reikt het tot 3400 en na 15 min. tot 3200. Ik heb nog een poging gewaagd, door gebruik te maken van de door de techniek ingevoerde verbeteringen, met name van de door de firma PINTSCH, Berlijn, geconstrueerde gloeikousjes, die zeer klein zijn en in de wagons hier te lande o. a. een helder licht verspreiden. De voeding is afkomstig van oliegas, dat onder een druk van 1200 c.m. water uit een gashouder wordt aangevoerd. Door den Directeur der fabriek, hier ter stede, den Heer VAN DAM, was ik in de gelegenheid een dergelijke proefneming te doen.

Na	6 sec.	reikte 't spectrum tot	3600 A
"	30 "	"	" 3300 A
"	5 min.	"	" 3000 A
"	15 "	"	" 2800 A

Er kwamen een paar zwakke lijnen bij 3060 en 2800, afkomstig van het gasmengsel.

De Nernstdraad gaf

na	5 min.	als grens	3300
"	10 "	"	3200
"	15 "	"	3160
"	23 "	"	3000

Het spectrum was continu, zonder lijnen.

Acetyleenbrander. Een gewone fietslantaarn was hier de lichtbron. Het continue spectrum was voorzien van lijnen, die ik gedeeltelijk ook bij 't Auerlicht had gevonden.

Na	3 min.	was de grens	2950
"	30 "	"	2800;

maar feitelijk was 't van 3060 tot 2800 een serie fijne lijnen, die het spectrum vormden.

Zirconium-brander. Een knalgasvlam deed een in 'n platina-schaaltje zich bevindend stukje zirconiumkalk gloeien. De lichtbron is merkwaardigerwijs zeer constant en intens. Slechts na verloop van tijd was te bespeuren een kleine verandering der kalk.

Het spectrum was continu en liep

na 6 sec. tot 2600

„ 30 „ „ 2400

„ 5 min. „ 2350.

De lijnen van zooeven verschenen weer bij 3060 en tusschen 2800 en 2900. Ook een breedere lijn bij 2846. Vanaf 2800 is de zwarting minder dan erboven. Ook met deze lichtbron heb ik eenige absorptieopnamen gemaakt.

Magnesiumlicht. De bij de fotografie zoo veelvuldig gebruikte magnesiumband verbrandde op gewone wijze.

Het continue spectrum liep

na 2 min. tot 2500

„ 12 „ „ 2400.

Er kwamen breede lijnen tusschen 3800 en 3860, ook bij 3730 en 3630, terwijl bij 2852 de bekende magnesiumlijn door zijn damp werd omgekeerd.

Philips metaaldraadlamp. Een projectie $\frac{1}{2}$ -Watt lamp, hier ter stede afgeleverd, werd door mij als lichtbron voor de spectrograaf gesteld. Het spectrum was continu, zonder lijnen en reikte

na $\frac{1}{4}$ sec. tot 3250

„ 1 „ „ 3100

„ 5 „ „ 3000

„ 15 „ „ 2960

„ 30 „ „ 2930

„ 1 min. „ 2920

terwijl de zwarting voor deze gedeelten weinig verloopt, dus over 't geheele gebied gelijkmatig is met uitzondering van het zichtbare, dat op de plaat halo gaf. De begrenzing van het bereikte is natuurlijk te wijten aan de absorptie van het glas.

dat toch al meer u. v. doorlaat als gewoon glas. Ik breng hierbij mijn dank aan Dr. OLIE, die mij vriendelijk hulp verleende bij het zoeken naar een geschikte lamp met een kwartsvenster.

Kraterlicht. Een Leitz-lamp, die bij 6 ampère brandt, was daarna de lichtbron. De positieve pool werd op een constanten afstand van de andere gehouden door de handregeling; met een lens was 't beeld er van op een bepaalde plaats van een scherm gesteld. Het spectrum is intens, continu en bevat o. a. het Swan-spectrum. Tot bij 2190 werden nog duidelijk lijnen bespeurd, en was de achtergrond nog tamelijk zwart. Maar de intensiteitsverdeeling was door 't Swan-spectrum, zeer ongelijkmatig, zoodat de plaat door overbelichting op één plaats spoedig omsloeg. Gedurende langen tijd kon de lamp tamelijk constant gehouden worden, daar de inrichting het toeliet de kraterholte op dezelfde plaats te houden en de handregeling kort voor elke pose gemakkelijk de oude plaats van de polen kon tot stand brengen. Als lichtbron voor absorptieproeven heb ik 't wel eenige malen gebruikt, maar om genoemde redenen kon mijn sympathie er niet voor stijgen; het spectrum vertoont te veel afwisseling.

Het verdient de aandacht, dat van die lichtbronnen, die een min of meer belangrijk spectrum geven, de meesten tot substantie hebben zeldzame metalen. Dit geldt b.v. voor 't auerlicht, zirconium, Nernstdraad, Philipslamp.

In Kayser II, p. 284 worden eenige opvattingen genoemd aangaande den oorsprong van een continu spectrum, alsof groote druk, hooge temperatuur daarvan vereischten zijn en op p. 286, alsof de moleculen zich tot groote complexen zouden samenvoegen, terwijl WIEDEMANN rotatorische bewegingen aanneemt.

In de practijk is, al naar gelang men zich beperkt in het u. v., van de bovengenoemde lichtbronnen voor absorptieverschijnselen gebruik gemaakt.

Het waterstof spectrum. Waar 't gold een geschikte lichtbron te zoeken, voor het reeds meermalen genoemde gebied (tot 2100) daar hebben de fysici zich aanvankelijk bepaald tot een, die door SCHUMANN was aangegeven n.l. het waterstof

spectrum. FRIEDERICHs deed in 1905 zijn proeven met een dergelijk spectrum, waarbij de druk 2 m.m. was, (Zeitschrift für wiss. Photographie 1905, Bd. III). Ook LEWIS heeft in 1915 (Science 41 947) en kort daarna SEBASTIAN (Phys. Review Nb 6 Vol 6) een buis met waterstof genomen. Deze lichtbron is voor een enkele proefneming zeer geschikt, maar voor een herhaling van opnamen te zwak. FRIEDERICHs liet de vonk soms een etmaal overstaan, terwijl LEWIS met een wijde spleetopening werkte (een 30 c.m. lange buis van 5 m.m. doorsnede, met een kwartsvenster aan 't uiteinde). Het spectrum van verdunde gassen is meermalen onderzocht; vermoedelijk is het schijnbaar continue spectrum een samenstel van zeer vele op elkaar gedrongen fijne lijnen. Er bevinden zich maxima in.

De Aluminiumvonk onder water. In Zs. f. w. Phot. 3, 376 publiceert GREBE, hoe hij op aanwijzing van KONEN een continu spectrum heeft verkregen, door onder water een vonk te laten overspringen tusschen twee Al-electroden. Langzamerhand moest deze methode verbeterd worden om practisch aan de eischen te kunnen voldoen. In 1915 heeft CHRISTINE STRASSER (Zs. f. w. Phot. 14 281) pogingen aangewend om deze lichtbron ook te gebruiken voor haar absorptie-proeven. Op 't oogenblik toen zij 't wanhopige inzag van 't voldoen aan de eischen die 't constant-zijn in zich sloten, verscheen van de hand van HENRY in Phys. Zs. 14 516, 1913 een korte publicatie, waarin deze de vonk-onder-water verbeterd had met een Tesla-transformator. Zij heeft toen in die richting verder gezocht en ten laatste bevrediging gekregen in een door haar zelve bereikt resultaat, dat de vorige verre overtrof.

Zooals te begrijpen is, was deze lichtbron voor mij als aangewezen, al was ook mijn aandacht gevestigd op de literatuur van de laatste publicaties op dat gebied. Daaronder waren die van LEWIS en van WOOD en TORTRAT, (welke laatsten de vonk-onder-water ook eerst hebben geprobeerd) maar ten slotte heb ik mijn werk alleen tot stand kunnen brengen met de laatstgenoemde lichtbron. Hulp hierbij had ik van den assistent B. J. VAN DER PLAATS, die reeds spoedig deze richting als de eenig heilzame inzag, hetgeen ten volle door de uitkomsten

is bevestigd. 't Was evenwel een lange weg, dien ik moest gaan, eer ik 't geluk had, mij te kunnen neerleggen bij deze lichtbron.

De opstelling was de volgende:

Aan de 75-volts leiding was aangesloten een inductorium van 30 à 40 c.m. vonkengte met rotax-interruptor. In de secundaire geleiding bevond zich een vonken-regelaar. De staven hiervan waren bovendien verbonden met de binnenbekleedsels van twee series van vijf Leidsche flesschen. Van de buitenbekleedsels liepen draden naar twee electroden van aluminium, die zich in een reservoir met stroomend water bevonden. Later bleek, dat twee series van twee flesschen voldoende was.

In 't eerst had ik na de flesschen nog een olietransformator, later een luchttransformator, beiden ten slotte door mij verworpen. Het water moest stroomend zijn, omdat er een groote verstuiving plaats greep. Aanvankelijk was het vat geheel gesloten, kwam het water onder in en stroomde van boven weer weg. Bij den olietransformator was de stoot, die de vonk gaf, niet zoo groot, maar zonder dezen was niet te beletten, dat het kwartsvenster, hoe hecht het ook gekit was, werd weggeslingerd, zoodra de eerste vonk oversprong. Na telkens hierin verbeteringen te hebben aangebracht, — door ten eerste een stelsel van twee in elkaar passende open vaten te maken, waarbij het licht via een verticaal buisje, dat van onderen met een vloeispaatplaatje was afgesloten en een totaal-reflecteerend prisma weer horizontaal gericht werd, ten andere door het systeem van twee vaten te veranderen in een enkel, door n.l. den toevoer van onderen en den afvoer door een van onderen in 't vat (eerst van glas, later van zink) uitkomende buis tot bijna bovenaan te laten doorloopen — gelukte 't mij een soliede opstelling te verkrijgen, die wèl groote zorg voortdurend vereischte, maar die toch bevredigend kon worden genoemd. Het vervallen van 't systeem: verticaal buisje plus totaal reflecteerend prisma had, behalve 't voordeel, dat er thans eenige reflecteerende oppervlakken vervielen, ook dit, dat 't veld niet telkens verduisterd werd door gasbellen, die zich tegen de vloeispaat aanzetten. In de dikte der electroden kon ik weldra van 2 m.m. opklimmen

tot 4 of meer, terwijl deze met een schroef gemakkelijk op elken willekeurigen afstand konden worden gebracht. De eindopstelling was dan, dat het licht direct via 't water door een kwartsvenster naar buiten trad. Na verloop van tijd moesten de electroden zoo nu en dan worden bijgevijld, daar deze soms geheel scheef en met zware randen afbrandden, waarbij niet alleen kleine deeltjes, maar ook groote stukken werden weggestooten. Merkwaardig was 't te zien, hoe de vonk soms op 8 plaatsen regelmatig oversloeg, op welke plaatsen zich dan holten bevonden. 't Geheel gaf een oorverdoovend geraas.

Nog even wil ik de aandacht er op vestigen, dat met het brengen van water op den weg van het licht, geen oorzaak van absorptie is ingevoerd. Met het waterstofspectrum toch is vroeger reeds aangetoond, dat naast water, de lagere alcoholen en in mindere mate ook glycerine de weinige vloeistoffen zijn, die het u. v. tot 2000 vrij doorlaten, zoodat er geen sprake van is, dat we geen water zouden mogen gebruiken.

Het verkregen spectrum bleek thans zeer gelijkmatig van sterkte te zijn tot waar de absorptie in de gelatine der plaat er een einde aan maakt, maar dat volgens HENRY zeker tot 1850 Å gaat. De lijnen van Al zijn soms zwart soms wit of ook wel zwart en wit op één plaat, maar weinig in getal en heel bescheiden van intensiteit, juist voldoende om de plaats van het spectrum op de dispersiekromme te kunnen aangeven.

De belichtingstijd liep van 1 tot 3 of 4 min., afhankelijk van de spleetopening (doorgaans 0,02 m.m.), diafragma (meestal 't middelste) en de media, die voor de vereischte absorptie-apparaten soms noodig waren. De groote dispersie van kwarts maakt bovendien het gedeelte, grenzende aan 2100 tot een grauwere zwarting.

Critiek op de Al-vonk. Zoo hebben we ten slotte een lichtbron verkregen, die 't meest aan de eischen voldoet. Er ontbreekt evenwel veel aan. Het constant-zijn laat, als er niet voldoende zorg besteed is aan droogheid der atmosfeer, schoone electroden, goed stroomend water e. d., soms veel te wenschen over. De intensiteit had ik graag grooter gehad en de inrichting

van 't instrumentarium is allesbehalve eenvoudig. Maar de voordeelen zijn niet onbelangrijk. Het spectrum is mooi zwart en gelijkmatig. De lijnen zijn weinige en hoewel niet te zwart, toch goed herkenbaar. De voornaamste zijn:

5697	3092	2653
4530	3082	2575
3962	2816	2568
3944	2660	2367

dus over 't geheele spectrum mooi verdeeld en zijn, zooals gezegd, uitstekend geschikt voor de plaatsbepaling van absorptie.

Naast de drie in den laatsten tijd gebruikte lichtbronnen:

de waterstofbuis (LEWIS),

de Al-vonk onder water (HENRY en CHR. STRASSER),

de kwartskwiklamp van COTTON (WOOD en TORTRAT),

was mijn aandacht gevestigd op de tegenwoordig zoo zeer verspreide gewone lichtbronnen, die de techniek ons levert, n.l. de Philipslamp en de Tungstun-lamp, een lichtboog in 't luchtledige (Nature 95 1915, 45 en 96 1915, 467). Pogingen in deze richting gedaan, hebben evenwel nog geen resultaat opgeleverd, daar de lampen eerst na reconstructie te gebruiken zijn voor het ultra-violet. Wellicht verschijnt er op een goeden dag een lichtbron, die al de vorige in de schaduw stelt! Dan zullen de absorptieproeven er wèl bij varen.

HOOFDSTUK II.

VOORBEREIDENDE ABSORPTIE- PROEVEN.

Het groote absorptievat. Als absorptievat koos ik het model uit, dat aangegeven was door BALY en waarmee ook door anderen goede resultaten zijn verkregen. De constructie er van is eenvoudig deze, dat een glazen cilindervormige buis nauwsluitend kan bewegen in een wijdere, die van boven is voorzien van een glazen reservoir. De vloeistof bevindt zich in de wijdere en de afsluiting is verkregen door kwartsplaatjes te bevestigen aan de uiteinden der beide buizen, terwijl de nauwere bij de verschuiving met de wijdere verbonden is door een breeden caoutchoucring (hiervoor gebruikte ik een stuk fietsband). Tegen valsch licht bevindt zich in de nauwe buis een rol zwart papier. Het reservoir bergt natuurlijk de weggedrongen vloeistof.

Om een doelmatige opvolging te hebben van de verschillende dikten van lagen, koos ik een reeks, waarvan de logaritmen met gelijke verschillen opklimmen. Daardoor was tevens voor de overbrenging op de diagrammen rekening te houden met den eisch, dat de ordinaten een meetkundige reeks van de laagdikten moeten zijn, door de spectra op gelijke afstanden op de ordinaat-as af te zetten. Als uiterste grenzen koos ik 10 en 100 m.m. en verdeelde dezen afstand in 20 deelen, zoodat de waarnemingen kwamen bij laagdikten van:

100	63,1	39,8	25,1	15,9
89,1	56,2	35,5	22,4	14,1
79,4	50,1	31,6	20,0	12,6
70,8	44,7	28,2	17,8	11,2

en 10 m.m.

Ter vergemakkelijking teekende ik deze plaatsen aan op een op 't wijder vat geplakt reepje papier, waardoor tevens vergissingen werden vermeden.

Het oorspronkelijke absorptievat, dat ik gebruikte, had ik in bruikleen van Prof. BLANKSMA uit Leiden. Hoewel het onder bepaalde voorwaarden wel te gebruiken is, heb ik toch gemeend hogere eischen te moeten stellen, zoowel aan 't vat als aan 't statief. Zooals de buitenste, wilde ik ook de binnenste buis op een paar vorkjes laten rusten en óók aan den bovenkant klemmen om doorzakken te voorkomen. Bovendien had ik de beschikking over een paar fraaie kwartsplaatjes van 29 m.m. doorsnede en 2 m.m. dikte, die onberispelijk geslepen en homogeen waren ('t eene was links- 't andere rechtsdraaiend). De constructie, die ik toen volgde, was aldus:

Op een horizontalen koperen staaf, die gemonteerd was op een statief, bevond zich een viertal vorken, waarvan één paar diende voor de wijde buis en één paar voor de nauwe. Elke buis werd weder door een klem aan de bovenzijde verhinderd door te zakken. De wijde buis kwam in afmeting overeen met het genoemde model, de nauwe was alleen langer (30 c.m.) en bleef zodoende bij de verste inschuiving op zijn vorken rusten. De uiteinden der buizen, waaraan de beide kwartsplaatjes bevestigd zouden worden, werden nauwkeurig met amaril vlak geslepen, terwijl zorg werd gedragen, dat 't vlak loodrecht op de as van de buizen stond. Als plakmiddel werd gebruikt z.g. piceïne (een peksoort), die niet oplost in alcohol. Dit leek me beter dan z.g. caoutchouc-lutum, dat bij hogere temperatuur draderig wordt. Het gebruik van loodglit, opgelost in glycerine, achtte ik in dit geval overbodig, daar er geen groote krachten worden uitgeoefend op de plaatjes; deze konden nu, zoo noodig, gemakkelijk verwijderd worden, om voor eventueele andere doeleinden dienstig te zijn. Daartoe leent piceïne zich 't beste, door even te verwarmen. BALY noemt nog een ander cement, dat niet in alcohol oplost, n.l. gelatine in warm ijsazijn.

De eenige eisch, dien men aan den stand der kwartsplaatjes heeft te stellen is, dat ze parallel zijn. Zooals reeds gemeld, waren de plaatjes homogeen en waren de voor- en achtervlakken

zuiver geslepen uit kristallijn kwarts. Hierop had ik dus verder niet te letten; een foutieve slijping in een der beide vlakken zou tot gevolg hebben, dat de lichtstralen een breking ondergingen, die, in 't verre u. v. vooral, deze stralen wel eens zou kunnen doen afwijken buiten de spleet, zoodat zij niet eens gefotografeerd konden worden....

Nadat de plaatjes geplakt waren, werd door een dikke laag water in 't vat, die stand uitgezocht, welke bij asdraaiing van de kleine buis 't minst afwijking der lichtstralen gaf en werd door een index gezorgd, dat deze stand bij 't schuiven altijd werd gebruikt.

Voor lagen kleiner dan 10 m.m., kan men, als men zekerheid heeft, dat de wet van BEER bij een kleurstof doorgaat, van 't zelfde vat gebruik maken, door de stof 10-maal te verdunnen en weer vanaf 100 m.m. te beginnen. Aanvankelijk meende ik, dat de stoffen, die ik had, niet aan de wet van BEER voldeden. Later bleek, dat de afwijking hoofdzakelijk te wijten was aan de lichtbron, die blijkbaar eenigen tijd na de ontsteking niet op volle kracht was, en daardoor ten onrechte den indruk wekte van grooter absorptie.

Met 't oog dus op 't onderzoek van afwijkingen in de wet van BEER, is 't gewenscht een absorptievat te hebben dat b.v. van 10 tot 1 m.m. in dikte kan varieeren.

Het kleine absorptievat. Volgens het catalogusmodel van LEITZ heb ik een schets ontworpen, naar welke door den instrumentmaker VAN GORKOM een kleiner absorptievat is geconstrueerd. De instelling komt hierop neer, dat een cilinderbuisje met schroefdraad in een wijdere buis kan bewegen. Van de schroef was (met een kop aan de nauwere buis verbonden), de gang precies 1 m.m. en kon nog in 0,1 m.m., zoo noodig nog kleiner worden afgelezen. De vloeispaatplaatjes, die ik aanvankelijk had vastgekit, bleken zelf absorbeërend te zijn (de roseachtige soorten zijn niet u. v. doorlatend) reden, waarom ik overging tot kleinere kwartsplaatjes, die ik gelukkig juist tot mijn beschikking had. Deze plaatjes waren wel slechts 1 m.m. dik (de vloeispaatplaatjes waren 3 m.m. dik), maar ze hadden ook slechts een diameter van 10 m.m. (de andere 15 m.m.). Gelukkig werkte ik met een lichtbundel van 8 m.m., zoodat

deze vrij kon doorgaan. Het juiste vastplakken was een geduldwerk. Met behulp van Oost-Indischen inkt, later met een dikke laag alcohol, werd de juiste stand gevonden. Zooals te begrijpen, was, daar bij dit vat een der plaatjes wentelde, de eisch van paralleliteit grooter dan bij het groote vat.

De reeks van 't groote vat werd, maar nu in tiende deelen, voor 't kleine overgenomen, zoodat een reeks van 40 aan elkaar sluitende laagdikten, van 100 tot 1 m.m. aan den experimentator ten dienste stond om een kleurstof te onderzoeken. Deze variatie was in de meeste gevallen voldoende om van totale absorptie te komen tot de grenzen van niet-meer-waarneembare.

Gang der lichtstralen. Bij de absorptieproeven maakte ik gebruik van een tweede kwarts lens met een brandpuntsafstand van 34 c.m. De lichtbron werd in 't brandpunt gesteld. Vlak voor deze lens bevond zich een diafragma van 8 m.m. De parallel lichtbundel kwam evenwel van verschillende plaatsen van de electoden en gaf dus op verderen afstand van de lens een telkens zich op en neer verplaatsend cirkelvormig beeld (de verplaatsing was op 30 c.m. ongeveer 5 m.m.). Daarom werden de absorptievaten zoo dicht mogelijk achter deze 1^{ste} lens geplaatst. Met een 2^{de} lens (die van $f = 17$) werd vervolgens op de spleet een cirkelvormig beeldje gemaakt, dus niet van de lichtvonk, die zijn beeld vóór de spleet had. Dit lichtcirkeltje behoefde niet grooter te zijn dan 2 à 3 m.m. en bleef mooi onbewegelijk bij 't verschillende overspringen der vonk. Met opzet nam ik niet 't vonkenbeeld op de spleet, daar dan in 't spectrum een serie van spectra zou verschijnen, afkomstig van elke plaats, waar de vonk oversloeg. Thans had ik dus een verkleind beeld van 't diafragma.

Zooals blijkt behoefde ik niet te werken met een cylinderlens, maar ik heb meermalen een foutief spectrum moeten toeschrijven aan 't ongecorrigeerd-zijn van de lenzen. Zooals reeds gezegd, heeft kwarts in 't verre u. v. een groote dispersie. Al heeft men een cirkelvormig beeld verkregen van de zichtbare stralen, waar bevindt zich het beeld der onzichtbare?

De kleurstoffen. Aangezien 't mij geheel 't zelfde was, welke kleurstof me tot onderwerp zou dienen, heb ik natuurlijk in

mijn naaste omgeving gezocht, en gelukkig ook gevonden, wat ik behoefde. In Bonn zijn benzol en zijn derivaten 't meest tot punt van onderzoek genomen, maar, waar een door chemici noodzakelijk geacht kenmerk, n.l. de door hen zoo genoemde „trillingskromme” in 't u. v. meermalen ter sprake komt, daar was voor mij van belang te weten, wat hieronder verstaan moest worden en hoe deze methode van onderzoek, sinds HARTLEY en HUNTINGTON begonnen en nog heden ten dage door velen zonder verandering nagedaan, zou kunnen worden verscherpt. Daartoe was gewenscht, thans stoffen te nemen, die minder eenvoudig van moleculair structuur waren, daar de genoemde krommen bij deze in 't algemeen eenvoudiger bleken te zijn. Deze stoffen kon ik bovendien gemakkelijk verkrijgen, daar in 't organisch-chemisch laboratorium alhier door de bemoeiingen van Prof. VAN ROMBURGH een uitgebreid onderzoek gaande is van vele genitreeerde anilinen. Een keuze, grooter dan ik noodig had voor 't maken van dit proefschrift stond me ten dienste, die bovendien nog vergroot werd door den arbeid van mijn vriend Dr. J. D. JANSEN. Gaarne had ik deze stoffen op hun absorptie onderzocht. Evenwel heb ik 't bij de voorloopige proeven slechts tot enkele gebracht. Na bij deze ten slotte de richting gevonden te hebben, waarin ik moest werken, heb ik de methode toegepast op een enkele gekleurde verbinding, waarmee ik toevallig 't meest vertrouwd was geraakt. Deze was 2.4 dinitro-diaethyl-aniline.

Notaties. In de notaties is verschil, zoodat ik een keus moest doen. Zoo wordt door chemici in hun diagrammen niet de golflengte maar een trillingsgetal genomen n.l. 't aantal golven per c.m. in het luchtledige, dus 't reciproke der golflengte, gereduceerd op 't vacuum. Waar de eerste in $\text{\AA}$ (Angströmeenheden) is uitgedrukt, noemt men r . $\text{\AA}$ de reciproke waarde, vermenigvuldigd met 10^8 . De golflengte in $\text{\AA}$ zullen we λ , het trillingsgetal in r . $\text{\AA}$ zullen we ν noemen. De dispersiekromme wordt bij ν rechter, dus gemakkelijker te construeeren.

Verder is de dikte, waar ze in logarithmische volgorde verschijnt, bij 't grondtal 10 en niet bij het getal e genomen.

Een derde notatie is die, welke verband houdt met de hoeveel-

heid stof, die opgelost werd. De chemici rekenen daarbij met normaaloplossingen (n-opl.) niet met percenten-bepaling.

De hoeveelheid stof, die aanleiding geeft tot absorptie is zeer klein, n.l. in de orde van 10^{-4} n-opl. De concentratie duiden wij aan door c en de dikte der laag door d .

Voorloopige uitkomsten. In afwijking van de door chemici gevolgde methode, heb ik uitsluitend continue lichtbronnen en niet een lijnen-gevende genomen. Waar in 't laatste geval de plaats van absorptie aangeduid wordt door 't verdwijnen van een lijntje en dus schijnbaar scherper bepaald wordt, daar heb ik thans wegens de glooiende overgangen in de zwarting van de plaat geen vaste begrenzing meer. Op eenigen afstand waren dan wel te herkennen de meermalen verkregen krommen, maar 't is te begrijpen, dat voor een correcte meting hiertoe een methode moest worden uitgedacht. Daartoe zullen we trachten de beteekenis op te sporen van 't geen ik verkregen had.

Bij den krater als lichtbron deed zich 't verschijnsel voor, dat 't Swan-spectrum zich vèr in het absorptiegebied voortzette. Maar, al zou men zich hieraan niet storen, evenmin als men b.v. een witte lijn als absorptie zou opvatten, dan toch nog is er in principe een moeilijkheid. De lichtbron is niet in 't geheele spectrum van gelijke intensiteit en vooral bij 't kraterlicht is duidelijk te zien, hoe 't meer intense gedeelte, uit 't zichtbare komende, zijn overheerschenden invloed bij de dunnere lagen in 't absorptiegebied langer doet gelden dan het zwakkere u. v. 't Is te begrijpen, dat daardoor gemakkelijk een minimum of maximum verschoven kan worden en juist zijn deze van groot belang! Als men de kwestie in deze richting wil oplossen, door de intensiteitsverdeeling der energie eerst te leeren kennen, met een bolometer b.v., moet men noodzakelijk van dezelfde spectrograaf gebruik maken en niet b.v. van een rooster, daar door reflexie aan de oppervlakken, absorptie en dispersie der media, de energie afneemt en wel naar 't verre u. v. in verhouding meer dan bij het zichtbare. Maar ook dàn is men er niet, bij het opmaken van de foto's. Want thans stel ik voor, verschillende platensoorten te nemen, waarbij de gevoeligheid in de verschillende deelen van 't spectrum ongelijk is. Op de eene

zal men dan meer zwarting verkrijgen dan op de andere en de verdeeling is van deze dus ook ongelijk. Ook hierdoor zal men b.v. de maxima en minima naar willekeur kunnen verschuiven b.v. door de plaat kleurgevoelig te maken, zoodat geen enkele foto absolute waarde heeft. Zoo doorgaande zal men de noodzakelijkheid inzien, meer te weten te komen omtrent 't verloop van de gevoeligheid eener fotografische plaat in 't spectrum. Maar ook deze weg zou blijken weer tot een vraag aanleiding te geven, doordat bij het ontwikkelen, dus bij het te voorschijn halen van 't zilver, de ontwikkelingstijd een voorname rol heeft en ook met versterkings- en verzwakkingsbaden zou men weer de willekeur kunnen opdrijven en dus weer geen absolute metingen kunnen doen.

Thans is het dus duidelijk, dat een poging om enkel *de zwarting in de plaat aan te zien als maat van absorptie der kleurstof*, totaal foutief is, daar deze in de verschillende gedeelten van 't spectrum allerlei waarden kan hebben. Daar de gemaakte absorptiespectra mij niets positiefs leerden, heb ik gemeend goed te doen, het materiaal in dezen niet te vergrooten, maar een methode te zoeken, die theoretisch de critiek kan doorstaan en ze practisch toe te passen, zij 't ook op één enkele stof.

HOOFDSTUK III.

DE VERGELIJKINGS-METHODE.

De gedachtengang aan 't eind van 't vorige hoofdstuk voert tot een labyrinth van vragen, die gelukkig niet behoeven te worden beantwoord. Wie een enkele foto ziet van een absorptie-spectrum bij één bepaalde dikte der laag, waar de tint nu eens afneemt, dan weer toeneemt, om later geleidelijk naar 't u. v. af te nemen, krijgt evenwel ook een anderen indruk. Als we één enkele plaats in 't spectrum in oogenschouw nemen, wát is absorptie anders dan een bepaald doorlaten der energie? En, al weten we niet, hoe groot de energie der lichtbron voor die golf is, ongetwijfeld is die energie tot een bepaald bedrag afgenomen, dat weergegeven wordt door een mindere zwarting der plaat. Welnu, als we eens op de eene of andere manier 't licht voor die golf in een bepaalde verhouding konden verzwakken en daarvan een foto maakten, dan zouden we kunnen zien of we dezelfde zwarting konden bereiken als de absorbeerende stof heeft gedaan. En, daar 't zelfde geldt voor alle golven, ligt 't voor de hand, 't licht van de bron zelf in zijn geheel in een bepaalde verhouding te verzwakken. Verder is 't gewenscht, dat men een *serie* spectra maakt, waarbij 't licht volgens een vooraf gestelden regel in een bepaald bedrag afneemt. Om verder onder dezelfde omstandigheden te kunnen werken (dezelfde plaat, ontwikkelaar en tijd van ontwikkelen), ligt het voor de hand, 't absorptie-spectrum of de spectra op dezelfde plaat te nemen. Men is dan in staat, voor een bepaalde golf de zwarting van een absorptie-spectrum te vergelijken met die van de eerste reeks, die we *vergelijkings- of normaalspectra* zullen noemen. Van deze kennen we de intensiteit, dus van 't andere de hoeveelheid doorgelaten energie. Dit wordt thans

voor verschillende golven gedaan. De bedragen, aldus verkregen, kunnen nu als ordinaten bij de bijbehorende abscissen (de golflengten) worden afgezet en 't geheel is een beeld van de *quantitatieve bepaling van absorptie* der stof. 't Zelfde is dan te doen met de absorptie-spectra bij andere laagdikten. Wanneer men dan die plaatsen in elk spectrum uitzoekt, waar het absorbeerend vermogen (of 't doorlatend vermogen) der stof een gelijk bedrag is, dan kan men in 't diagram, dat in de chemie gebruikt wordt, nl. golflengte (of trillingsgetal) en $\log d$, een schaar van krommen aangeven, die punten van gelijke doorlating met elkaar verbinden.

De methode der vergelijkings- of normaalspectra. Nader gedefinieerd, zou de te volgen weg aldus zijn:

1. *Maak op de een of andere manier op de fotografische plaat een serie vergelijkings-spectra, waarbij 't licht over alle golven in bepaalde verhouding van intensiteit afneemt.*

2. *Maak vervolgens op diezelfde plaat de absorptie-spectra bij verschillende laagdikten van de vloeistof.*

3. *Zoek, voor elke lichtsoort, in de reeks van vergelijkings-spectra die zwarting, welke zoo goed mogelijk overeenstemt met de zwarting in het beschouwde absorptie-spectrum en herhaal dit voor de andere.*

4. *Kies uit elk der aldus verkregen krommen, die plaatsen uit, waar de doorlating voor de verschillende laagdikten over het geheele spectrum van gelijk bedrag is en construeer op de bovenbedoelde wijze (in het diagram ν , $\log d$) de schaar van krommen voor die bepaalde waarden.*

De normaal-spectra. Tot het verkrijgen der normaal-spectra bleek het noodig in de eerste plaats rekening te houden met eenige fotografische wetten.

't Is niet 't zelfde of een plaat gedurende een tijd t een belichting krijgt van een lichtbron met intensiteit i , of gedurende een tijd $2t$ van een lichtbron met intensiteit van $\frac{1}{2}i$. In 't laatste geval is de zwarting meer, vooral als deze nog maar weinig beteekent. Verder maakt 't verschil, of een plaat geaffecteerd wordt door een continuen lichtstroom, of door een intermitteerenden. Al zou deze laatste evenveel energie ver-

tegenwoordigen, toch is de zwarting minder, 't geen afhangt van den tijd van onderbreking en van belichting. Daarom moet ook worden gelet op de wijze van emissie.

Men mag daarom niet aldus redeneeren, dat men in plaats van de intensiteit te verminderen, den belichtingstijd naar verhouding moet verminderen. Neen, de lichtbron moet op zichzelf de reeks intensiteiten doorloopen. Ook mag men haar niet op grooter afstand brengen. Dit zou (afgezien van de meerdere mate van absorptie door lucht) met 't oog op de intensiteit op zichzelf de meest voor de hand liggende methode zijn, daar men uit afstanden tot intensiteiten mag besluiten, maar bij onze opstelling zijn lenzen onmisbaar en in dit geval geldt de afstandswet niet. Voor de hand ligt verder het denkbeeld om een cirkelvormige schijf met een sector-opening te laten wentelen tusschen de bron en de plaat. Onderstellen wij vooreerst, dat de lichtbron een rustig licht uitstraalt. Op de plaat heeft telkens (de snelheid, waarmee de schijf draait kan willekeurig zijn) na een zekeren belichtingstijd van de oorspronkelijke intensiteit i , een rustpose plaats. Maar nu is de *totale* belichting feitelijk weer een met tijd nt , als n de fractie is, waarin de sectoropening tot 360° staat. Thans is de belichting telkens onderbroken ('t geen op zichzelf al minder zwarting te weeg brengt!) en had men een schijnbaren belichtingstijd van t . Dat is ons eerste bezwaar, maar er komt nog een tweede bij. De lichtbron is intermitteerend. Met welke snelheid moet de schijf thans wel niet draaien om met zekerheid vast te stellen de kans, dat de onderbrekingstijd niet samenvalt met de omwentelingssnelheid of een veelvoud daarvan! Laat men de schijf langzaam wentelen, dan verliest 't zijn karakter hoe langer hoe meer, daar men dan evenzoo goed met een enkelen korteren belichtingstijd zou kunnen werken. Dus is een draaiende sector voor ons doel om deze redenen te verwerpen.

Aangezien we te weinig kennis hebben omtrent den aard van onze lichtbron, kunnen we niet met de een of andere kunstgreep de intrinsieke helderheid varieeren. We zullen daarom de methode door mij gevolgd, meer in 't bijzonder bespreken, namelijk *de lichtdemping door polarisatie*.

Een lichtdooving, die berust op absorptie is natuurlijk uit

den booze, daar onmogelijk absorptie-onderzoek gedaan kan worden, tevens steunende op een absorbeerende eigenschap van een stof.

De demping door polarisatie. Met opzet had ik de lichtdemping door middel van polarisatie zoo lang mogelijk uitgesteld, daar men hierbij moet werken met halve intensiteit, dat met 't oog op 't zwakke van mijn lichtbron minder gewenscht is. Bovendien heeft men weer met media en oppervlakken te doen, die ook hun bezwaren meebrengen. Als we achtereenvolgens de verschillende wijzen van polarisatie nagaan, blijkt spoedig, dat door *reflexie* aan een glad diëlectricum wel wat te bereiken zou zijn, maar dat daarbij de opstelling der toestellen bezwaren meebrengt. Polarisation door *refractie* te bewerken, zou vereischen een serie kwartsplaatjes, die een zuiltje zouden vormen. Dit gecombineerd met een tweede of met een reflecteerend oppervlak, zou dan de gewone wijze van lichtdemping kunnen geven. 't Gebruik van Nicols is buitengesloten, daar, naar ik ook zelf heb gevonden, canada-balsem een absorbeerend medium is, dat het u. v. bij 1 stuk vanaf 3000, en bij 2 stuks vanaf 3200, niet meer doorlaat. In plaats van twee Nicols kan men evenwel nemen twee kalkspaten. In 't laboratorium was een stel van twee, die wèl veel gebruikt, maar voor mijn doel toch voldoende waren.

Achter de tweede lens, die den parallelen bundel weer deed convergeeren, plaatste ik het eerste kalkspaat met de hoofdsnede verticaal. Op de plaats, waar thans de twee beelden van de lichtbron verschenen (zooals te begrijpen is waren deze op twee verticale lijntjes gelegen) dekte ik die van den buitengewonen straal af met een schermpje. De gewone straal ging vervolgens door het tweede kalkspaat en bij wenteling hiervan, werd zorg gedragen dat het buitengewone beeld draaide om 't gewone, dat alleen een plaats op de spleet kreeg. Deze subtiële opstelling gelukte buitengewoon goed, al waren de laatste beeldjes slechts $2\frac{1}{2}$ m.m. groot en ongeveer even dicht bij elkaar. Bij de wenteling bleef 't gewone lichtbeeldje rustig op de spleet, dank zij de goede slijping van het tweede kalkspaat.

De plaats, waar ik van 't begin af 't apparaat voor de licht-

demping mij voorstelde, was tusschen de 2 lenzen in, dus waar 't absorptievat is en ingeval 't apparaat bij de absorptieproeven zou moeten blijven staan, vóór het absorptievat. Thans moest ik met 't oog op den gang der lichtstralen de kalkspaten plaatsen tusschen tweede lens en spleet. Er is evenwel aan geen enkelen eisch te kort gedaan, daar, al gaat er door 't absorbeerend medium een grootere hoeveelheid licht, toch van dat gedeelte, dat op de spleet komt, de absorptie wordt bepaald. *Het toestel met de kalkspaten blijft dan ook, gedurende de absorptieproeven staan. Evenzeer moet met 't oog op 't lichtverlies bij in- en uittrede van 't vat, bij het maken der normaal-spectra, het vat, gevuld met b.v. alcohol in den lichtbundel geplaatst worden.*

Een eventueel opkomende vraag, hoe 't gesteld is met den invloed, dien de draaiing van het tweede kalkspaat, dus van het polarisatievlak op den gang van de lichtstralen in het prisma van Cornu heeft, is eenvoudig aldus te beantwoorden: Niet alleen voor den straal, die minimum van deviatie heeft, die dus volgens de assen der beide kwartsprisma's loopt, maar ook voor elken anderen straal, die er dus een hoek mede maakt, heeft de stand van 't polarisatievlak geen invloed op de intensiteit van 't licht.

HOOFDSTUK IV.

HET FOTOMETREEREN.

Tot het maken van de normaalspectra is 't noodig een serie intensiteiten te nemen, die in voldoende mate verschil in zwarting op de plaat geven. Men vindt dan de daarbijbehorende hoeken, waaronder de beide hoofdsneden der kalkspaten moeten staan uit de betrekking $i = \cos^2 \alpha$. Het is bekend, dat een intensiteitsverandering van 100 op 90% minder te bespeuren is dan van 20 op 10%. In plaats dus van een rekenkundige reeks is 't beter een meetkundige te nemen. Uit dezelfde serie getallen, die ik had als maat van de laagdikten van het absorbeerend medium, maakte ik nu een reeks op, die in elf stappen licht van 100% tot dat van 1% doorliep. 't Was niet gewenscht om lager te gaan, daar de kalkspaten in hun nulstand nog ongeveer evenveel licht doorlieten, afkomstig meerendeels van reflexie aan de inwendige deeltjes. De belichtingstijden werden natuurlijk uniform genomen, waarvoor ik 2 min. koos, 't geen langer was dan bij de vorige proeven, daar ik nu met halve lichtsterkte werkte (zooals gezegd was één der beide lichtbundels afgedekt).

't Is licht te begrijpen dat het absolute van de absorptiemetingen geheel op de wet van MALUS, zooeven genoemd, steunt, en ook op het constant-zijn van de lichtbron, mits de belichtingstijden onveranderd dezelfde zijn. Op deze factoren afgaande, is (op zichzelf) een onderzoek naar de wet der zwarting mogelijk en het was verleidelijk, hierop nader in te gaan, daar thans de weg open stond om b.v. te zien, hoe 't verband was tusschen zwarting en intensiteit, tusschen zwarting en belichtingstijd, tusschen belichtingstijd en intensiteit, en dat alles voor alle

golven van het spectrum. We laten dit gaarne aan anderen over.

Aanvankelijk was 't de bedoeling, om op 't oog de mate van zwarting te meten. Immers, 't ging om *vergelijking* van de normaal- en de absorptie-spectra en dus had men van ieder een afzonderlijke meting niet noodig, als men ten minste in staat zou zijn voor een bepaalde stralensoort de tint van zwarting van een absorptie-spectrum terug te vinden onder een van de elf normaalspectra. Evenwel, 't oog is niet bij machte onder de normaalspectra onderling verschil te zien, vooral niet als de zwarting nog aanloopt of wanneer ze haar maximum reeds begint te bereiken. Op de een of andere wijze een visueele methode van fotometreering toe te passen is, vooral met 't oog op 't uitgebreide materiaal, zeer ongewenscht, daar 't visueele te vermoeiend is. Gevraagd was thans een accurate en snelle methode te vinden, waarbij 't oog niet anders gemoeid zou zijn dan tot 't doen van schaal-aflezingen.

Zonder in de bijzonderheden van de tot nu toe gebruikelijke methoden te treden (die van de seleencel was zeker nog de beste), kan ik zeggen in gunstige omstandigheden te hebben verkeerd. Mijn keus was spoedig gedaan, daar op 't fysisch laboratorium te Utrecht de Heer Dr. W. J. H. MOLL sinds jaren met zijn door hem zelf geconstrueerde thermozuil en galvanometer een nog niet behaalde snelheid van werken heeft bereikt. Het fotometreeren der fotografische plaat met warmtestralen, bleek prachtig te gaan, zelfs al betrof 't een oppervlak van minder dan 2 m.m. in 't vierkant. Werd door absorptie der glasplaat en gelatine de galvanometer-uitslag van 53 m.m. gereduceerd tot 40 m.m., door het neergeslagen zilver was 't mogelijk alle verdere getallen tot bij nul te verkrijgen. Zoo noodig, dan waren met andere lichtbron en opstelling grootere uitslagen mogelijk. Over de snelheid van werken 't volgende: daar ik er voor zorg droeg, 't verschil der opeenvolgende uitslagen niet grooter te laten worden dan enkele millimeters, kon ik 500 waarnemingen per kwartier doen. Behalve aan den galvanometer en thermozuil was dit laatste natuurlijk ook te danken aan den comparateur, die een snelle verstelling der plaat in twee richtingen, loodrecht op elkaar, toeliet. Daar de volledige

beschrijving der eerste twee toestellen reeds bestaat (zie de Verslagen van de K. A. v. W. van 31 Juli en van 11 Dec. 1913), zal ik hierover niet verdere mededeelingen doen, maar wél een korte beschrijving van den comparateur geven.

De comparateur. De zooeven genoemde twee bewegingen, die de plaat noodig had, loodrecht op elkaar, houden natuurlijk verband met de verschillende spectra en de zich daarin bevindende golflengten. Daar het de bedoeling was een horizontalen bundel licht door de plaat te laten gaan, moest deze verticaal staan en bewegelijk zijn in horizontale richting voor ieder spectrum, en in verticale voor iedere golflengte. Daarom werd in een verticaal staande plank een schuifbuisje gemaakt van 1 c.m. doorsnede, eindigende in een plaatje, waarin een opening van $1\frac{1}{2}$ m.m. De plank, rustende op twee klampen, had ongeveer de hoogte gelijk aan de dubbele breedte van de plaat (dus 20 c.m.) en een breedte gelijk aan de dubbele lengte van de plaat (dus 50 c.m.). In een slede, daaraan bevestigd, kon horizontaal bewegen een kleinere plank, die een breedte had gelijk aan de lengte van de plaat en een hoogte, dubbel zoo groot als de plaatbreedte. Ook op deze plank was een slede. In deze slede kon thans verticaal een raampje schuiven, waarin de plaat rustte. Bevatte de groote plank alleen de opening van de schuifbuis, de kleinere had een gleuf, waardoor het buisje kon loopen en het raampje was natuurlijk geheel open. De beweging van de tweede plank, dus de horizontale van de plaat (de instelling voor de verschillende golven) geschiedde met een koperen schroef met handel, die van het raampje, dus de verticale van de plaat (de instelling in elk spectrum) was verkregen met dubbelen rondsel en heugel.

Het instellen van de plaat vereischte veel zorg. Aangezien men bij het maken der spectra erop rekenen kon, dat deze met corresponderende golflengten juist onder elkaar kwamen, had men slechts voor één spectrum een instelling nodig, terwijl men de overige, b.v. met een schaalverdeeling, overeenkomende met die van de spectrograaf, verder kon verkrijgen. Juist de overeenkomst, die er bestond tusschen den comparateur en het raam met chassis van de spectrograaf, bracht me op de ge-

dachte, de instelling niet alleen van één, maar van alle platen uniform en snel tot stand te brengen. Er moest n.l. zorg gedragen worden, dat de plaat bij 't inleggen in 't chassis op een bepaalde wijze rustte in de sponning, die speling toeliet. Ik koos daarvoor uit den rechter- en den onderrand. Waren de spectra nu eenmaal verkregen, dan was 'tslechts noodig, om ingeval de plaat niet precies in de beide overeenkomstige sponningen van 't raampje kon rusten wegens onvoldoende haakschheid der plaat, met een enkel papiertje den juiste stand te bewerken. Uit het volgende hoofdstuk blijkt, dat ik een vaste serie spectra, alle op gelijken afstand op iedere plaat had te maken. Daar bij het fotometreeren elke instelling in een volgend spectrum met de schaalverdeeling te lang ophield, had ik aan het raampje een veertje met puntje bevestigd, dat op zij in een koperen plaatje met gaatjes op $2\frac{1}{2}$ m.m. afstand hoorbaar en voelbaar kon verspringen. Zodoende was een snelle opvolging in de spectra voor een bepaalde golf zeer licht bereikt, iets dat met 't oog op de vergelijkingsmethode hoog noodig is, daar wisselingen, zoowel in lichtbron, als gevoeligheid der thermozuil, thans veel minder storend zijn. Bovendien kon gemakkelijker een dergelijke kleine reeks van b.v. 26 waarnemingen worden herhaald dan een grootere. Na een serie, aldus bedoeld, werd de plaat op een andere golf onderzocht, door de schroef met den handel om te wentelen. De spoed van de schroef was 1,1 m.m. en een schaalverdeeling, overeenkomende met den schroefgang, maakte het mogelijk elke gevraagde plaats van 't spectrum in te stellen. Zooals te begrijpen, toonde deze schaalverdeeling voor alle platen dezelfde plaatsen in 't spectrum aan.

De opstelling van den fotometer. Als energiebron koos ik een $\frac{1}{2}$ Watt-Argalamp, die op de 85-voltsleiding van het laboratorium kon branden, waarbij ik dus meer zekerheid van constant-zijn had dan bij de 220 V van het gemeentenet. De lamp bevond zich in een bordpapieren omhulsel, waarin een opening ter grootte van 1 c.M². Onmiddellijk daarvoor bevond zich een blikken afsluitklepje. Op een afstand van 50 c.M. was een lens van 10 dioptrie. Deze gaf van den draad een beeld door het buisje op de plaat. Eenige centimeters verder werd de

lichtkegel opgevangen door een thermozuil van MOLL, die een rond oppervlak van 1 c.M. doorsnee heeft. Het geheel van warmtebron, klepje, lens en thermozuil bevond zich op een eenvoudige optische bank en kon eens en voor al worden opgesteld. De comparateur, die in zijn geheel kon worden verwijderd, voor het instellen van de plaat, rustte door middel van de twee klampen tusschen vier pennen, waartusschen een verschuiving in zijn eigen vlak mogelijk was, om den maximalen uitslag van den galvanometer (afhankelijk van 't gedeelte van het draadbeeld) met juistheid te kunnen bereiken.

De draden van de thermozuil liepen om elkaar gedraaid naar den galvanometer. Deze bevond zich op een console boven de tafel, waar de tot nu toe beschreven instrumenten stonden. De verlichting van 't spiegeltje (op de wijze zooals de Heer MOLL ook gewoon is te doen), was van opzij via een totaal reflecteerend prisma. Daarvoor diende een Nernststift, welks beeld op 't spiegeltje door een lens werd geworpen. Deze lens was het verlichte veld, waartegen een metalen draad scherp afstak. Door middel van een tweede lens werd hiervan een beeld op de matte schaal geworpen. Zodoende was bij diffuus licht een voor 't oog rustige aflezing mogelijk. Deze schaal stond op een verlengstuk van de console, zoodat de experimentator de manipulaties aan den comparateur gemakkelijk met de linkerhand kon verrichten en 't opschrijven van de verkregen waarden met de rechter kon geschieden, terwijl de galvanometer zich in dien korten tijd kon instellen voor de volgende aflezing. Als eenmaal de nulstand niet meer veranderde, liet ik het afsluitklepje open staan; zodoende kreeg ik kleinere uitslagen en bereikte daarvoor de reeds genoemde snelheid van werken van 500 waarnemingen per kwartier.

Als voorbeeld van 't genoemde in 't begin van dit hoofdstuk heb ik onder de grafische voorstellingen in Fig. 1 weergegeven de curven, die laten zien, hoe 't verband is tusschen de intensiteit van 't licht en de zwarting van de plaat. De krommen zijn ontleend aan de normaalspectra van de plaat, hierachter gereproduceerd.

Aan 't einde van dit hoofdstuk is 't me een behoefte mijn welgemeenden dank te brengen aan den Heer MOLL, zoowel voor zijn advies in zake de wijze van fotometreeren als voor 't gebruik van zijn beide instrumenten.

De samenstelling van den comparateur heb ik te danken aan den instrumentmaker KOOLSCHIJN, wiens hulp mij ook bij voorkomende gelegenheden van onwaardeerbaar nut is geweest.

HOOFDSTUK V.

PRACTISCHE TOEPASSING DER VERGELIJKINGSMETHODE.

Een vierdimensionaal onderzoek. Aan een willekeurige stof, het 2.4 dinitro-diaethyl-aniline, was't der moeite waard een onderzoek in te stellen omtrent de absorptie, volgens de methode, in de vorige hoofdstukken aangewezen. Als oplosmiddel diende alcohol. Als we nagaan in welk opzicht dit onderzoek zou zijn, dan herinneren we ons, dat 't door het quantitatieve een dimensie grooter is geworden dan het tot nu toe gebruikelijke. En, om 't verband met de concentratie er tevens in op te nemen, had men slechts de bepaalde reeks proeven te herhalen voor meer verdunde oplossingen. Zoodoende is 't onderzoek vierdimensionaal geworden, daar we thans verband zoeken tusschen:

- 1° de golflengte of 't trillingsgetal (λ , ν)
- 2° de laagdikte (d)
- 3° de concentratie (c)
- 4° de intensiteit van 't doorgelaten licht (i).

Sub 1°: 't Was voor genoemde stof voldoende, te nemen als grenzen $\lambda = 5000-2500$ ($\nu = 20000-40000$). Daar het niet bepaald noodig is, een dispersiekromme in de gebruikelijke c.m. maat te nemen, koos ik als eenheid den spoed van de schroef van den comparateur. Enkele heldere en donkere lijnen waren spoedig terug te vinden in de getallen der zwartingstabellen. Aangezien in dit gebied de dispersiekromme voor ν geheel recht is, was 't niet noodig deze hier weer te geven.

Sub 2°: Wij brengen in herinnering, dat we twee absorptievaten hadden en zoodoende in 20 stappen bij het eerste van 100 tot 10 m.m. en in even zoovele bij het tweede van 10 tot 1 m.m. konden gaan. Gemakshalve heb ik die lagen genummerd. Daarvoor verwijs ik naar achterstaande tabel.

Verder was ik genoodzaakt op één plaat niet meer dan 11 absorptie-opnamen te maken, daar de lichtbron slechts voor deze plus de normaalspectra nog voldoende constant kon geacht worden, zoodat men het bezwaar ondervindt, haar tijdens de reeks te herzien. Ter controle nam ik nog 2 opnamen zonder 't vat, een vóór en een nà de voor de metingen dienende opnamen. Van de geheele reeks lagen kreeg ik dus 4 seriën en wel:

Serie 1	de nummers	1—11	(1 ^{ste} vat)
" 2	" "	11—21	(")
" 3	" "	21—31	(2 ^{de} vat)
" 4	" "	31—41	(").

Sub 3°: Daar 't bleek, dat bij een concentratie van $10^{-4} n$ de grens van totale absorptie nog niet voldoende was bereikt, nam ik als

1 ^{ste}	concentratie:	$2 \times 10^{-4} n$
2 ^{de}	"	: $10^{-4} n$
3 ^{de}	"	: $\frac{1}{2} \cdot 10^{-4} n$
4 ^{de}	"	: $\frac{1}{4} \cdot 10^{-4} n$
5 ^{de}	"	: $\frac{1}{8} \cdot 10^{-4} n$
6 ^{de}	"	: $\frac{1}{16} \cdot 10^{-4} n$.

Bij deze tweemaalige verdunning van elke vorige oplossing was nu een controle op de wet van BEER mogelijk en zoo een eventueele afwijking wetmatig mocht zijn, in voldoende kleine stappen om een verband in deze te vinden. Bij een verdunning van tweemaal, moet dan overeenkomst gezocht worden tusschen een dikte van 100 van de tweede en van 50 van de eerste oplossing. Nu heeft de laag N° 7 een dikte van 50,1 m.m. We mogen dan veilig deze er voor in de plaats stellen. De fout is, logarithmisch berekend, slechts $= \frac{1}{3} \%$.

Tabel van de dikten (d) der lagen.

Nº.	d (in m m)	log d
1	100	2,00
2	89	1,95
3	79	1,90
4	71	1,85
5	63	1,80
6	56	1,75
7	50	1,70
8	45	1,65
9	40	1,60
10	36	1,55
11	32	1,50
12	28	1,45
13	25	1,40
14	22	1,35
15	20	1,30
16	18	1,25
17	16	1,20
18	14	1,15
19	13	1,10
20	11	1,05
21	10	1,00
22	8,9	0,95
23	7,9	0,90
24	7,1	0,85
25	6,3	0,80
26	5,6	0,75
27	5,0	0,70
28	4,5	0,65
29	4,0	0,60
30	3,6	0,55
31	3,2	0,50
32	2,8	0,45
33	2,5	0,40
34	2,2	0,35
35	2,0	0,30
36	1,8	0,25
37	1,6	0,20
38	1,4	0,15
39	1,3	0,10
40	1,1	0,05
41	1,0	0,00

Immers

$$\log 100 - \log 50,12 = 0,3 \text{ precies}$$

$$\text{en } \log 100 - \log 50 = 0,30103 = \log 2,$$

Zoo kunnen ook de volgende lagen vergeleken worden bij die van de vorige reeks, b.v. N° 2 van de 2^{de} concentratie (c_2) met N° 8 van c_1 enz.

Bij elke volgende concentratie komt er een fout van $\frac{1}{3}\%$ bij, maar zelfs bij de laatste is ze nog slechts $1\frac{2}{3}\%$.

In de grafische voorstellingen hebben de nummers betrekking op de 1^{ste} concentratie dus op $c_1 = 2 \times 10^{-4} n$.

De te vergelijken spectra zijn voor de 6 concentraties in bijgaande tabel (hier achter) op rijen aangegeven.

Sub. 4°: Ook de intensiteiten der normaalspectra zijn door mij genummerd. Daarvoor verwijs ik naar onderstaande tabel, waarin tevens de hoeken, die de assen der kalkspaten maken, worden aangegeven.

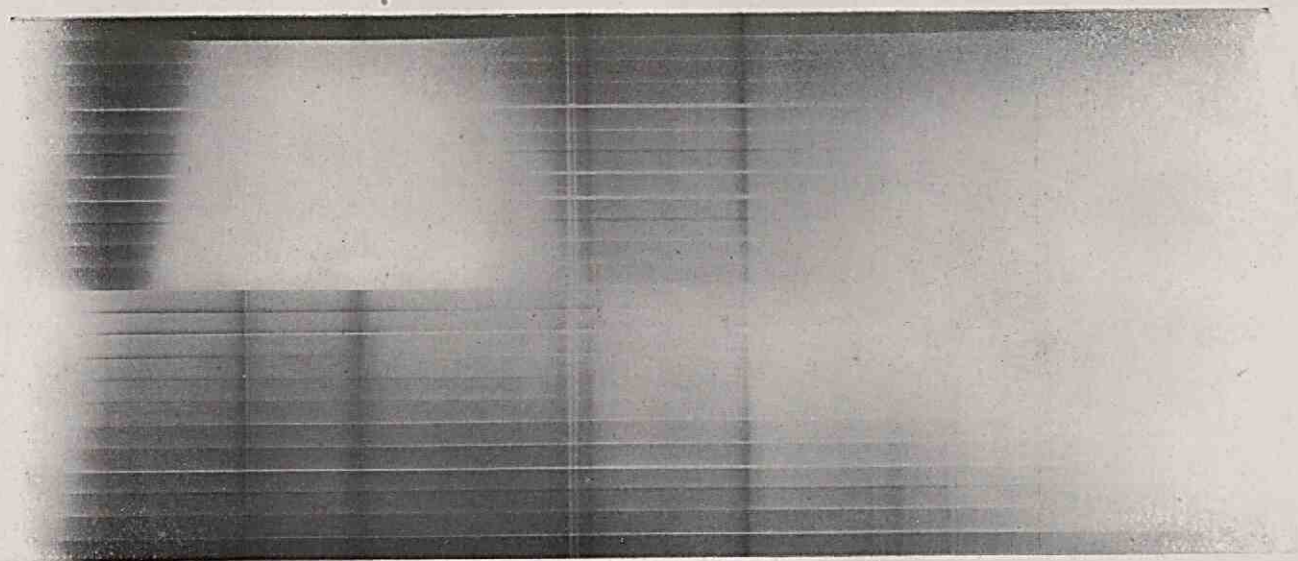
Tabel der normaalspectra.

N°.	Hoek der kalkspaat- assen.	i %	log i
1	0°	100	2,0
2	38°	63,1	1,8
3	51°	39,8	1,6
4	60°	25,1	1,4
5	67°	15,9	1,2
6	72°	10,0	1,0
7	76°	6,3	0,8
8	79°	4,0	0,6
9	81°	2,5	0,4
10	83°	1,6	0,2
11	84°	1,0	0,0

Het fotografeeren der spectra. Nadat veel zorg was besteed aan de lichtbron ('t bijvullen der electroden, het geregeld stroomen van 't water en een gelijkmatig overspringen der vonken), werd ze op ruim een meter afstand van de spleet op gelijke hoogte als deze en in de richting van den collimator gebracht. Ver-

Tabel der concentraties (c)
(de cijfers zijn de nummers der laagdikten).

c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7	1				
8	2				
9	3				
10	4				
11	5				
12	6				
13	7	1			
14	8	2			
15	9	3			
16	10	4			
17	11	5			
18	12	6			
19	13	7	1		
20	14	8	2		
21	15	9	3		
22	16	10	4		
23	17	11	5		
24	18	12	6		
25	19	13	7	1	
26	20	14	8	2	
27	21	15	9	3	
28	22	16	10	4	
29	23	17	11	5	
30	24	18	12	6	
31	25	19	13	7	1
32	26	20	14	8	2
33	27	21	15	9	3
34	28	22	16	10	4
35	29	23	17	11	5
36	30	24	18	12	6
37	31	25	19	13	7
38	32	26	20	14	8
39	33	27	21	15	9
40	34	28	22	16	10
41	35	29	23	17	11



Reproductie van de spectra a—d (omschreven op pag. 43) van de
tweede serie, concentratie c_1 ($d = N^{\circ} 11-21$).

volgens werd op brandpuntsafstand van de bron de eerste lens met het diafragma gesteld, die eveneens op dezelfde hoogte was gebracht. De collimator en deze moesten met de lichtbron op één lijn worden gesteld. Bij wijde spleetopening werd in de spectograaf gezien of dit bereikt was.

In zijn geheel kon nu het samenstel van de kalkspaten met de tweede lens worden tusschengebracht; vervolgens werd een der beelden van de lichtbron afgedekt. De spleetwijdte was 0,05 m.m. de hoogte bijna $2\frac{1}{2}$ m.m. Elke serie opnamen op een plaat bestond uit:

- a. *Eén spectrum*, genomen zonder vat, maar met de kalkspaten in evenwijdigen stand;
- b. *de elf normaalspectra*, waarbij zich in den lichtbundel bevond 't vat, waarmee de serie genomen werd, op 1 c.m. dikte en gevuld met alcohol.

Het licht werd nu door draaiïng van het tweede kalkspaat op de bepaalde intensiteiten gebracht.

- c. *De elf absortiespectra*, waarbij de kalkspaten in den nulstand ingeschakeld stonden. De dikte der vloeistoflaag werd telkens in de vooruit vastgestelde stappen verkleind;
- d. *één spectrum* zonder vat, zooals bij a.

Het vat werd, zoowel vóór als ná elke serie, goed met alcohol gereinigd. De spectra werden genomen op $2\frac{1}{2}$ m.m. afstand van elkaar. Gedurende de opnamen had men alle aandacht noodig voor de lichtbron en den tijd van belichting, die 2 min. was.

In 't geheel maakte ik een 15-tal platen voor de zes concentraties. Van een dezer (de 2^{de} serie van c_1), moge hier een reproductie welkom zijn (de serie a—d is van onderen af te rekenen).

Het maken der zwartingstabellen. Na 't geen in hoofdstuk IV over 't fotometreeren is gezegd, is 't niet noodig in herhalingen te treden. Ik kreeg thans in tabellen een beeld van de zwarting der plaat. Elke reeks cijfers, voor een bepaalde golflengte (eigenlijk een klein gebied) was groot 26 stuks, daar ik behalve de onder a—d genoemde spectra, ook nam de

zwarting der plaat buiten deze. Deze bleek niet overal dezelfde, al was 't verschil, dat de galvanometer aangaf in den regel 1 of 2 m.m. (afkomstig van valsch licht). Een gesluierde plaat gaf natuurlijk een reeks kleinere getallen dan een goed ontwikkelde. De grootste uitslagen van den galvanometer varieerden daardoor van 25 tot 40 m.m. 't Werk werd door kleine handgrepen zeer bespoedigd; deze hier te noemen zou te ver voeren. Wegens hun uitgebreidheid geven de zwartingstabellen een schitterend bewijs, dat deze methode van fotometreeren de grootste lof toekomt wat betreft correctheid en vlugheid. Met 't oog op 't maken der tabellen van doorlatend vermogen, moge hier een enkel voorbeeld volgen:

Gedeelte van een zwartingstabel, behoorende bij
 $\nu = 31.000$ tot 32.000 van de gereproduceerde plaat.

a	1	32	32	32	32	32	32
	2	2	2	2	2	2	2
b	3	3	3	3	2	2	3
	4	4	4	3	3	3	4
	5	5	4	5	4	4	6
	6	6	6	6	5	5	8
	7	9	9	9	8	8	11
	8	14	14	14	13	12	17
	9	17	17	17	15	15	19
	10	22	23	22	21	19	24
	11	25	27	25	24	22	27
	12	27	27	26	26	23	27
	13	28	29	28	27	27	28
c	14	34	33	32	31	27	27
	15	33	32	31	28	23	24
	16	32	31	29	25	19	21
	17	31	30	25	22	16	18
	18	29	27	24	19	14	16
	19	27	23	20	15	11	13
	20	23	22	17	15	10	12
	21	20	21	15	13	8	11
	22	17	15	12	10	7	9
	23	16	14	11	9	6	9
d	24	14	13	10	8	6	8
	25	3	3	3	3	3	3
	26	34	34	34	34	34	34

Het maken der tabellen van doorlatend vermogen. Met één oogopslag is te zien, hoe in elke serie de getallen van de normaalspectra toenemen en die van de absorptie-spectra afnemen. Nu is de vergelijking op twee manieren uit te voeren: als de opnamen het toelaten *met groote nauwkeurigheid* en dan geschiedt het zeer goed grafisch, of wel door gewoonweg elk getal van zwarting in de absorptiereeks terug te zoeken onder een van de normaalreeks en daarvoor de maat van intensiteit (of de logarithme) te nemen, die erbij past.

De eerste methode is nader gedefinieerd aldus:

Uitgaande van een coördinaten-systeem, waarbij de abscis voorstelt de orde zoowel van de normaal-spectra als van de absorptie-spectra, en de ordinaat den galvanometer-uitslag van beider zwartingen, kan men zonder bezwaar de abscis ook beschouwen als logarithmische maat van 't doorgelaten licht, daar volgens de tabel door het eerste normaalspectrum $\log i = 2,00$, door het tweede $\log i = 1,80$ enz. wordt weergegeven. De constructie is nu als volgt:

1. Teeken de kromme, die de punten verbindt, welke in de verschillende *normaalspectra* voor een golflengte gevonden zijn.

2. Teeken de kromme, die de punten verbindt, welke in de verschillende *absorptiespectra* voor dezelfde golflengte werden verkregen (Beide krommen loopen, zooals te begrijpen is, ten naaste bij tusschen die punten door, zijn dus een gecorrigeerd beeld van de gegeven grootheden).

3. Trek door de gecorrigeerde punten der laatste, lijnen parallel aan de abscis-as en zoek de snijpunten op met de eerste kromme.

4. De waarden van $\log i$, die aan de absorptie-spectra toekomen, kan men dan zonder moeite in eenige decimalen nauwkeurig aflezen en tabelleeren. Deze aflezing is, wegens de gekozen volgorde der normaalspectra, van rechts naar links te doen.

Fig. 2 geeft een beeld van een dergelijke grafische vergelijking.

Verscheidene malen heb ik deze methode toegepast en vooral als de lichtbron van constante intensiteit is, kan men er een ruim gebruik van maken, daar de verkregen getallen alle zeer correct op krommen komen te liggen. Nader hierop in te gaan zou te ver voeren.

De 4 of minder series van één concentratie zijn zóó gekozen, dat ze telkens één spectrum gemeen hebben. Hoewel de getallen der zwartingstabellen voor deze zeer verschillend kunnen zijn, moeten die van 't doorlatend vermogen der stof gelijk zijn. Dit nu bleek niet altijd uit te komen, al waren de verschillen niet zeer groot. Bij elke plaat waren de waarden van doorlatend vermogen der stof naar de laatste spectra afnemende. Dit was een gevolg van 't feit, dat de lichtbron zwakker licht begon uit te zenden (de electroden sleten niet altijd recht af en zoo-doende bedekten ze gedeeltelijk de lichtstralen, die in de bepaalde richting van constante intensiteit moesten zijn). 't Was dus onnoodig om 2 of 3 decimalen voor $\log i$ te berekenen, aangezien zelfs in de eerste decimaal een fout was, al verliep deze geleidelijk over de 11 spectra. Een correctie in te voeren was te bezwaarlijk. Bovendien vertoonden ook tusschengelegen spectra wel eens afwijkingen, ook al door wisselingen in de lichtsterkte.

Er deed zich evenwel een feit voor, dat eensdeels teleurstellend, anderdeels verblijdend kon genoemd worden. De wet van BEER bleek n.l. zonder uitzondering volkomen op te gaan, ten minste geen afwijkingen te vertoonen, grooter dan de zooeven genoemde fout. Dit was daarom teleurstellend, omdat nu veel te veel materiaal gemaakt was. Maar nu kon ik toch dat materiaal gebruiken, daar ik volgens de tabel der concentraties voor een enkel spectrum soms één, maar ook wel 6 of meer foto's ter beschikking had. Deze waren nu eens N°. 1 van een serie, dan weer N°. 3, 5, 7, 9 of 11 en namen dus gemiddeld elke plaats in een reeks in. Het stond mij thans vrij deze waarden te middelen. Maar tevens was het nu voldoende, om de tabellen van doorlatend vermogen te maken volgens de eenvoudige methode. Voor 't gemak maakte ik een stuk karton, dat paste bij de zwartingstabellen en waarop ter hoogte van de normaal-spectra, en ertusschen, de waarden van $\log i$ stonden, zoodat, na 't vergelijken der absorptie-spectra, het overbrengen van de zwartingsgetallen in die van doorlatend-vermogen eenvoudiger kon geschieden. De aldus gevonden waarden varieerden van 0 tot 2; daar ik ook de waarden *tusschen* de normaalspectra in rekening had gebracht, kon ik het doorlatend vermogen in 20 bedragen aangeven.

Het tabelleren geschiedde in den vorm, waarin de tabel der concentraties was gemaakt. Dientengevolge waren de bij elkaar behorende waarden voor een zelfde dikte van laag gemakkelijk te middelen.

Deze eindwaarden vormen de gegevens voor de grafische voorstellingen.

Zodoende hebben we dus van een stof bij een bepaalde concentratie ($c_1 = 2 \times 10^{-4} n$) voor verschillende golflengten van het spectrum en voor verschillende lagen der vloeistof het doorlatend vermogen in getallenmaat.

Een verdere behandeling van deze getallen geschiedt 't best met behulp van grafische voorstellingen. Ten einde vrij te komen van enkele hulpgrootheden, die door de methode onvermijdelijk zijn geweest, heb ik den bij 't fotometreeren noodig geweest zijnden schroefgang van den comparateur niet daarin opgenomen. Daarentegen heb ik me gehouden aan de trillingsgetallen die de chemici gebruiken en tevens enkele golflengten er bij geplaatst. Verder wilde ik mij weer vrij maken van de logarithmische maat, waarin het doorgelaten licht is weergegeven. Dit laatste is niet volstrekt noodig, maar voor een duidelijk beeld is het, dunkt me, beter te nemen een bepaling in procenten dan hun logarithmen. Eindelijk vond ik 't niet noodig de krommen die weergeven het doorlatend vermogen, te veranderen in die van absorptie-vermogen, daar het spiegelbeeld eveneens 't begrip weergeeft. Dit heb ik daarom gelaten, om in den stijl van den opzet te blijven en begripsverwarring te voorkomen.

Ten slotte wijzen de figuren 3, 4 en 5 uit, hetgeen meermalen in de voorafgaande pagina's is besproken en reeds in de Inleiding is aangekondigd.

In fig. 3 zijn slechts krommen weergegeven van enkele trillingsgetallen. Hieruit is te vinden de absorptie-constante.

In fig. 4 zijn de doorlatingskrommen te zien voor de laagdikten N° 5 tot N° 40 met 5 opklimmende.

In fig. 5 zijn, voor eenige waarden van het doorlatend vermogen (1, 5, 10 tot 80 %), de logarithmen der laagdikten voorgesteld als functie van het trillingsgetal.

SAMENVATTING EN SLOTOPMERKINGEN.

In 't voorafgaande is een methode gegeven om van een vloeistoflaag het verloop der absorptie over het ultra-violette spectrum te weten te komen. Met behulp van een zoo goed mogelijk constante lichtbron, die een continu spectrum vertoont, worden, behalve het absorptie-spectrum (of spectra) een serie van spectra op dezelfde plaat gemaakt, waarbij het licht door middel van polarisatie in van te voren bepaalde verhoudingen wordt verzwakt. Door vergelijking der zwarting van de plaat voor de verschillende golflengten tusschen het absorptie-spectrum (de spectra) en deze z.g. *normaal- of vergelijkings-spectra*, worden die bedragen verkregen, welke het absorbeerend middel van de oorspronkelijke energie nog doorlaat. Voor iedere laagdikte krijgt men zodoende een absorptie-kromme en in het diagram, dat door chemici gebruikt wordt ($\log d, \nu$), kan men een schaar van lijnen teekenen, die elk aan een zeker doorlatend (dus ook absorbeerend) vermogen beantwoorden.

Deze vergelijkings-methode is ook toe te passen op het zichtbare spectrum, zoover als de stralen nog chemisch werkzaam zijn en het polariseerend medium niet absorbeert.

Eerst nadat mijn arbeid voltooid was, werd mijn aandacht gevestigd op de verhandeling van H. TH. SIMON: Ueber ein neues photographisches Photometrierverfahren und seine Anwendung auf die Photometrie des ultravioletten Spektralgebietes. Habilitationsschrift, Erlangen (Leipzig 1896). Deze maakt eveneens gebruik van de fotografie om intensiteiten te meten, maar laat ten slotte de gelijkheid der zwartingen op de plaat door het oog beslissen. De opstelling van 't apparaat is in 't kort

de volgende: Voor de eene helft van de spleet van de spectrograaf bevindt zich het absorbeërend medium, voor de tweede een draaiende schijf, die zóó is ingericht, dat ze het licht geleidelijk kan afdekken van 50 tot 0 %. Dit geschiedt door sector-openingen, die elkaar meer en meer bedekken. Aan deze inrichting is gekoppeld een tweede, die een horizontale verschuiving van de fotografische plaat bewerkt, zoodat voor een bepaalde golf (door een spleet te isoleeren) op de plaat boven elkaar verschijnen zoowel het gelijkmatig zwarte gebied van het door 't absorbeërend medium doorgelaten licht als het in zwarting afnemende van het door de sectoren doorgelatene. Het uitmeten der platen geschiedt met een afzonderlijk daartoe ingerichte helderheidscomparateur. SIMON past zijn methode toe op een oplossing van kaliumnitraat.

Tegenover het gebruik van sector-openingen (hetgeen SIMON nader bespreekt) heb ik dat van het polarisatie-apparaat. Verder is het mij mogelijk te gaan tot doorlatend vermogen van 100 %, terwijl hij zich beperken moet tot 50 %.

STELLINGEN.

I.

Die Zahl ist die Königin der Wissenschaft. (GAUSS).

II.

De grenzen voor de meetbare waarden van x en y ($x = y$ uitgezonderd) van $x^y = y^x$ zijn 16 en e^e .

III.

De schrijfwijze $\frac{a}{\alpha} = \frac{b}{\beta} = \frac{c}{\gamma}$ is beter dan $a : b : c = \alpha : \beta : \gamma$.

IV.

Als SCHUBERT in de Enzyelopädie der Mathematischen Wissenschaften (I p. 27) van de vierde rekenorde zegt, dat ze: „zwar berechtigt, aber unwichtig” is, dan moet hij dit met redenen omkleeden.

V.

De tweede bewerking van een willekeurige directe rekenorde op 2 toegepast, moet 4 opleveren.

VI.

Wanneer $w = f(z)$ een lacunaire functie is voor z , dan zal $z = f^{-1}(w)$, toegepast op een punt in het lacunaire gebied, aanleiding geven tot verruiming van het getalbegrip.

VII.

De eenvoudigste wijze om een reeksontwikkeling voor $\sin x$ en $\cos x$ te bepalen is die door middel van integraalrekening.

VIII.

De eenheidscirkel kan beschouwd worden als de voorstelling van een positief reëel getal, verheven tot de macht $i = \sqrt{-1}$.

IX.

Men kan de verhouding $\frac{\pi}{e}$ zeer geschikt meetkundig voorstellen.

X.

Bij afbeeldingen van eenige afmetingen is het gewenscht in de plaats van een vlak tafereel een bolvormig te nemen, met 't oog van den waarnemer in 't centrum.

XI.

Bij de harmonische analyse eener kromme is de voorkeur te geven aan 't gebruik van het toestel van MADER boven het werken met „Schablonen” volgens HERMANN.

Phys. Zs. Jg. 11. 1910 p. 354.

Arch. f. d. ges. Physiologie 47.

XII.

Ten onrechte beweert AUERBACH in Kanon der Physik dat torsietrillingen een secundaire beteekenis hebben.

XIII.

Het is te betreuren, dat bij de samenstelling van vliegtuigen, de raad van Ir. A. P. KAPTEYN, om de gyrostatische momenten op te heffen, niet is opgevolgd.

De Ingenieur 1910, N^o. 48.

XIV.

't Is gewenscht, dat absorptie-bepalingen in het ultra-violet quantitatief geschieden.

XV.

De gelijkzwevende temperatuur is hoe langer hoe meer onmisbaar gebleken.

XVI.

Het is gewenscht, dat een uitgebreid onderzoek worde ingesteld in hoeverre, alleen door afsluiting van diffuus licht, overdag sterren zijn te zien.

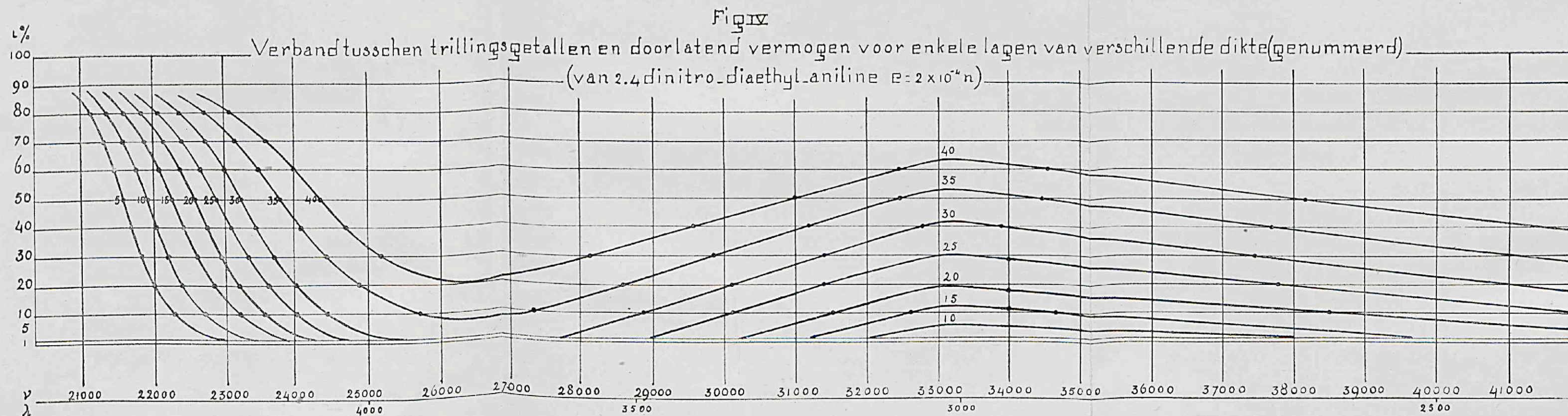
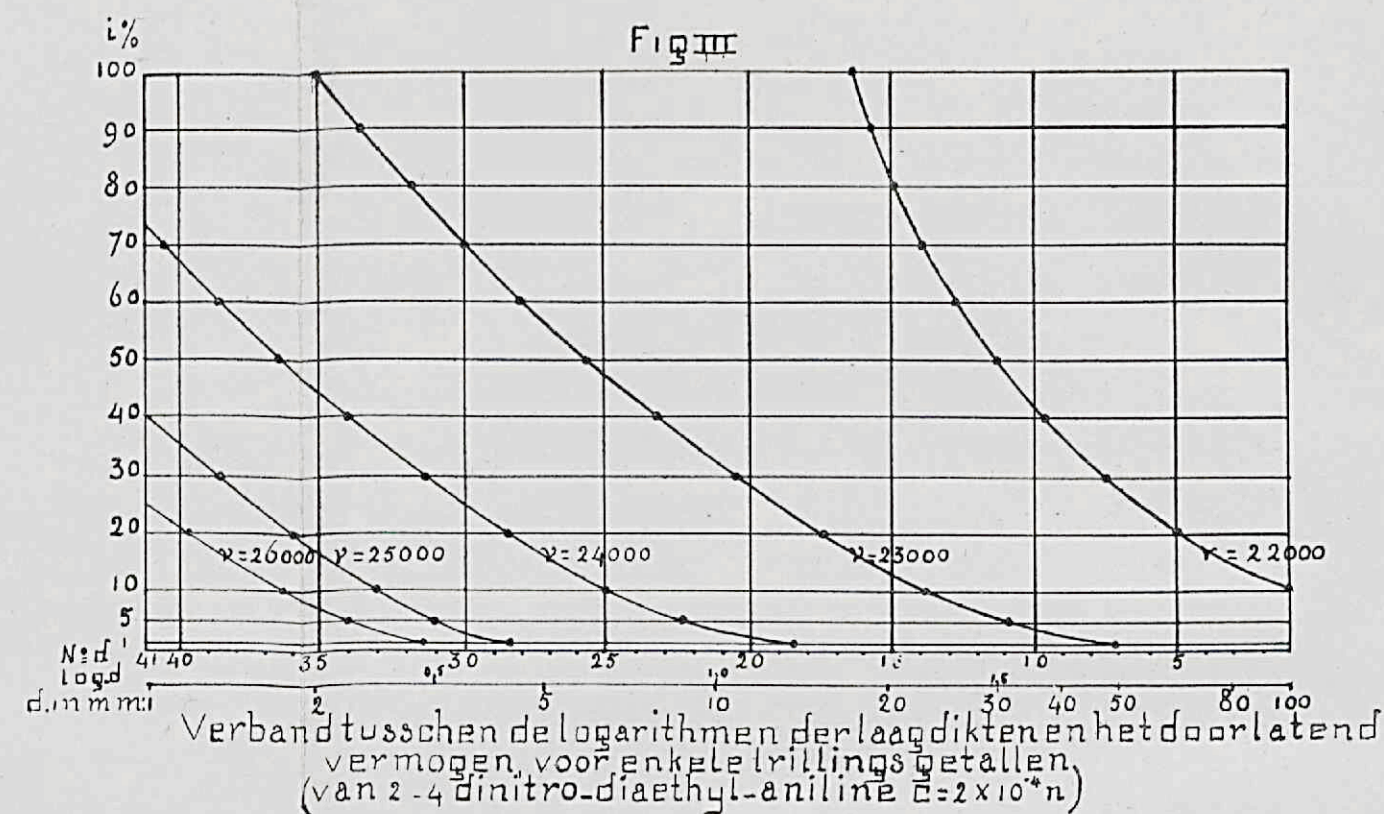
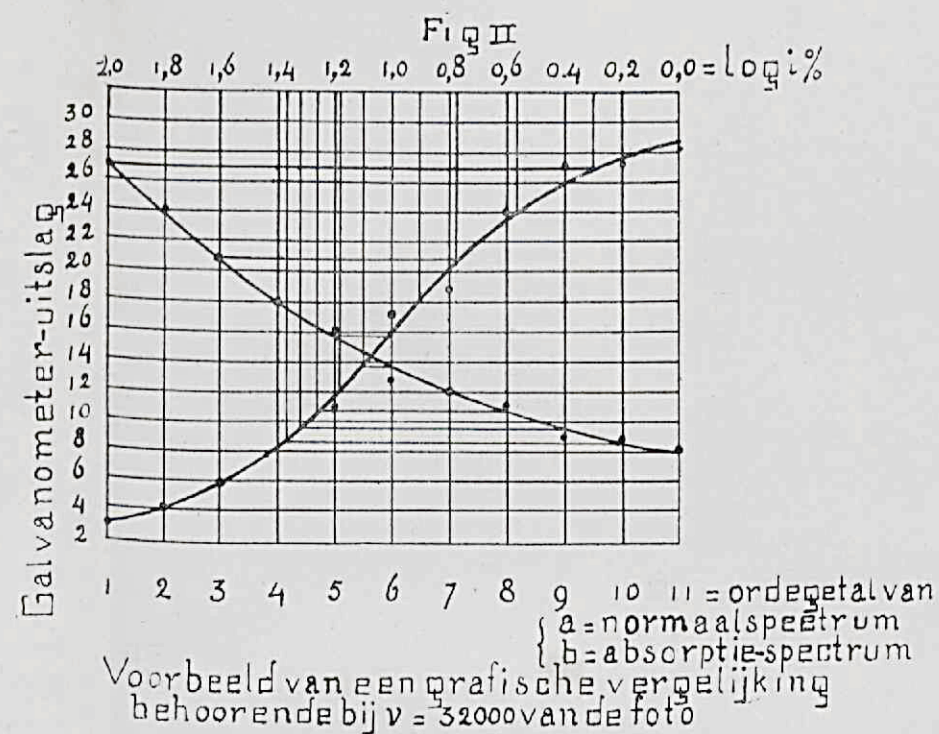
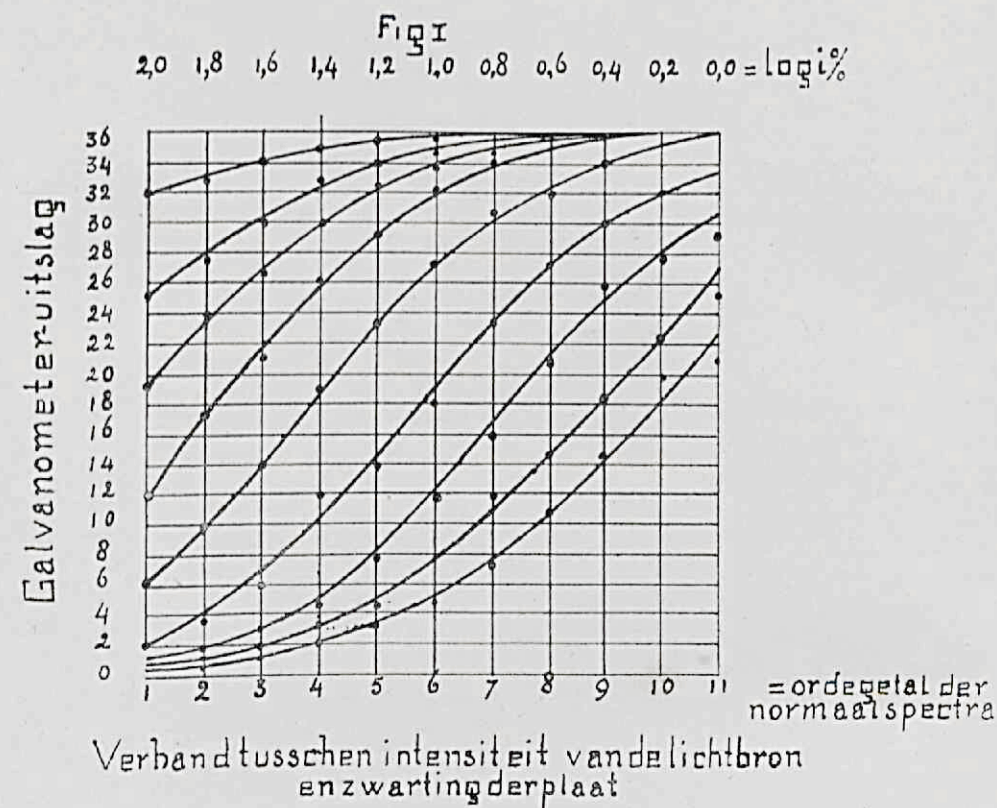
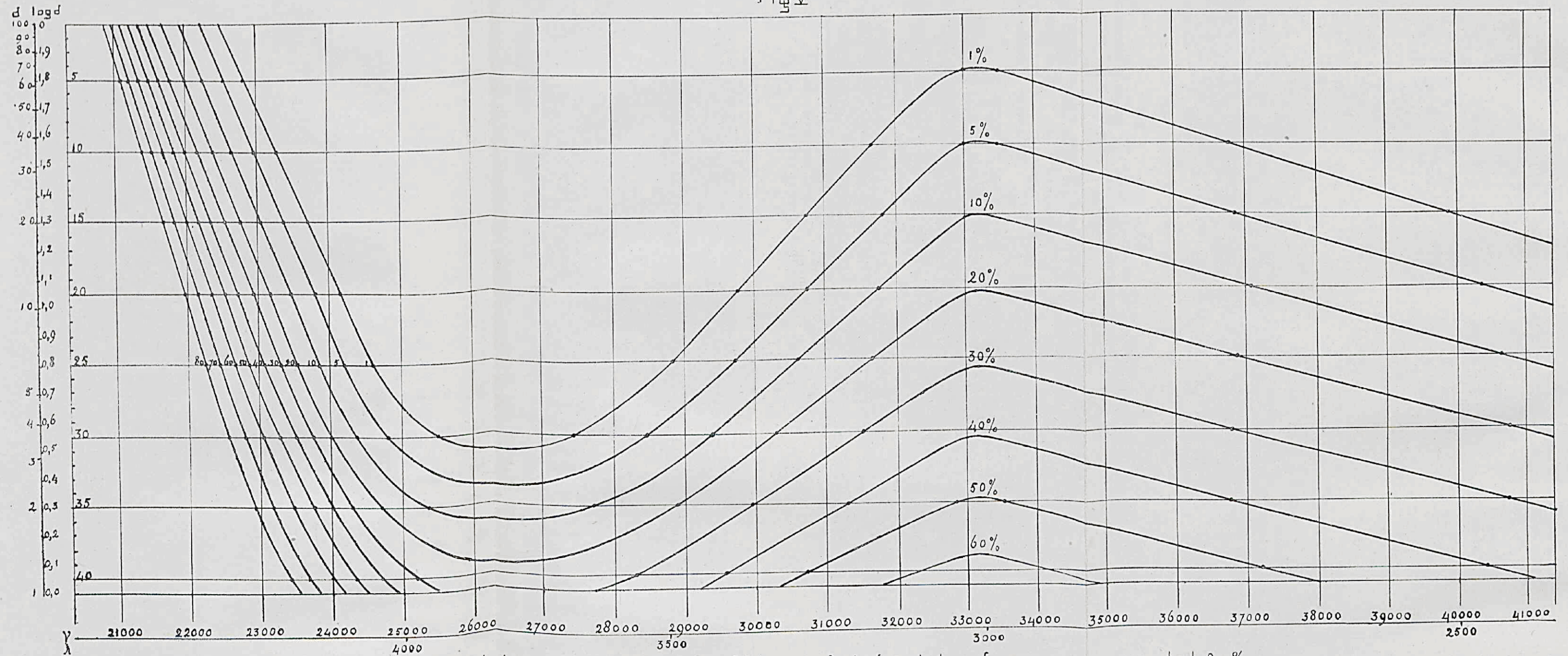


Fig V



Verband tusschen trillingsgetallen en de logarithmen der laagdikte voor het doorlatend vermogen van 1 tot 80%
 (van 2,4 dinitro-diethyl-aniline $\epsilon = 2 \times 10^{-4} n$)

