

# Experimentale og theoretiske Undersøgelser

over

## Legemernes Brydningsforhold.

(Anden Afhandling)

Af

**L. Lorenz.**

Vidensk. Selsk. Skr. 5 Række, naturvidenskabelig og matematisk Afd., X Bd. 8.

---

**Kjøbenhavn.**

Bianco Lunos Bogtrykkeri.

1875.

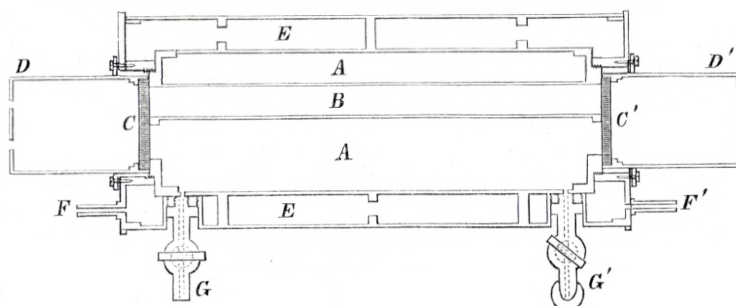


Det Maal, jeg i mine tidligere Undersøgelser (Vidensk. Selsk. Skr. 5 Række, 8 Bd.) havde sat mig, nemlig gennem Studiet af Legemernes Lysbrydning og Farvespredning at komme til nærmere Kundskab om Legemernes indre molekulære Tilstande, har jeg ogsaa haft for Øje ved de nærværende Undersøgelser, som navnlig ere gaaede ud paa Bestemmelsen af Varmegradens og Tilstandsformens Indflydelse paa Brydningen og Farvespredningen.

Til Forsøgene over Dampes og Luftarters Brydning og Farvespredning har jeg benyttet Interferensmethoden paa samme Maade som ved mine tidligere Maalinger af Vandets Brydningsforhold ved forskellige Varmegrader. Lyskilden var ligeledes her en Bunsens Brænder, hvis Flamme farvedes rød og gul ved en Asbestvæge, der stod i en Opløsning af Chlorlithium med lidt Chlorнатrium. Som interfererende Spejle benyttedes de samme to Glas-terninger og med den samme Opstilling, kun vare de stillede i en større Afstand fra hinanden, nemlig  $1\frac{1}{2}$  Meter, medens Afstanden fra Lyskilden til den nærmeste Terning var  $\frac{1}{2}$  Meter. Tillige vare Terningerne indhyllede i Bomuldsvat og den forreste spejlende Flade blev beskyttet ved et Stykke Pap, der dækkede Midten af Fladen, alt i den Hensigt at undgaa de Fejl, der vilde hidrøre fra Temperaturforandringer af Glasset under Forsøgene.

De to parallelle fra den første Terning tilbagekastede Lysbundter gik, omtrent 28 Millimeter adskilte fra hinanden, igjennem det i omstaaende Figur fremstillede Apparat, som hvilende i et Træstativ var opstillet midt imellem de to Terninger.

Den indre Del af Apparatet bestaar af en cylindrisk Beholder *A*, hvorigjennem gaar et cylindrisk Rør *B*. I hvert af Beholderens Endestykker er anbragt to cirkulære Aabninger, hvoraf den ene fører ind til Beholderen, den anden til Røret *B*. Disse Aabninger ere lukkede med to Spejlglassplader *C* og *C'*, idet en i et Ottetal udskaaen meget tynd Kautschukplade er lagt imellem ethvert af Glassene og Cylindrens Endeplader. Glaspladerne ere stærkt trykkede imod disse ved Hjælp af Rørene *D* og *D'*, som have en ydre Krave, der med Skruer kan trykkes ind imod Cylindren. Disse to Rør ere tildels lukkede ved



Enderne med to Papskiver med Udskæringer for de to Lysbundter, der skulle passere dem tilligemed de cirkulære Aabninger, som føre til Beholderen *A* og Røret *B*.

Den indre Beholder er omgivet af en anden ydre lukket Cylinder *EE'*, der tjener til at optage en Strøm af Vand eller Vanddampe, som ledes ind ved *F* og ud ved *F'*. For at faa denne Strøm til at gaa rundt om hele den indre Cylinders Overflade, er Mellemrummet imellem denne og den ydre Cylinder afdelt ved Tværskillerum med Gjennemboringer afvexlende for neden og for oven (i Figuren, som viser Apparatet set fra oven, ere disse Gjennemboringer lagte hen til Siderne). To med Haner lukkede Rør *G* og *G'* føre ud fra den indre Beholder.

Afstanden imellem de to Glasplader var 314,52 Millimeter ved  $0^{\circ}$  C., og den indre Beholders Rumfang 1823,6 Kubikcentimeter ved  $8^{\circ}$  C.

De Straaler fra Lysgiveren\*), som kastes tilbage fra den første Ternings forreste Flade, gaa igjennem Røret *B* til den anden Terning, hvor de blive brudte og kastede tilbage fra den bageste, med Sølvspejl belagte Flade, medens de i den første Terning brudte og fra den bageste Spejlflade tilbagekastede Straaler gaa igjennem Beholderen *A* til den anden Terning. Tilbagekastede fra dennes forreste Flade forene de sig her med det andet Straalebundt, og de ved disse to Straalebundters Interferens fremkomne gule og røde Striber blive da, ligesom i mine tidligere Forsøg, iagttagne gennem to, med et Traadkors forsynede Samleglas.

Forsøgene med dette Apparat over Luftarternes Brydning bleve enten paa-begyndte, efter at den indre Beholder var pumpet lufttom, idet da Luften lededes ind i Beholderen, medens Striberne, som under Tilledningen passerede Traadkorset, taltes, indtil Luftens Tryk var bleven lig med den ydre Lufts Tryk, eller ogsaa begyndte Tællingen med Beholderen fyldt med Luft og fortsattes, indtil den var pumpet lufttom. Den indre

\*) Foruden *Na-Li*-Flammen prøvede jeg ogsaa som Lyskilde et Geisslers Brintrør, som stilledes vertikalt i Flammens Sted. Jeg fik med dette ret gode røde og blaa Interferensstriber, men de vare dog ikke saa tydelige som de røde og gule Striber fra Flammen, og da Maalingerne med dem meget trættede Øjet, indskrænkede jeg mig til de sidste.



Beholder var ved Røret  $G$  forbunden med en Geisslers Luftpumpe og ved Røret  $G'$  med den ydre Luft eller med Udviklingsapparatet for den Luftart, som skulde undersøges. Det er en Selvfølge, at jeg ved alle Forsøg overbeviste mig om, at Striberne vare fuldstændig stillestaaende, naar Hanerne til den indre Beholder vare lukkede. I Virkeligheden viste der sig hverken ved Hanerne eller ved Glassene  $C$  og  $C'$ , naar disse vare omhyggelig paasatte, nogen Vanskelighed for en fuldstændig Afspærring baade af den indre Beholder og af Røret  $B$ , som indeholdt afspærret atmosfærisk Luft.

Under Forsøget cirkulerede Vand af den omgivende Lufts Varmegrad igjennem den ydre Beholder  $E$ , og Varmegraden af det ind- og udstømmende Vand maalttes med to Thermometre. Ved næsten alle Forsøgene med Dampe af forskellige flygtige Vædsker og ved enkelte Forsøg med atmosfærisk Luft blev derimod Apparatet opvarmet ved Tilledning af Vanddampe til den ydre Beholder, og Forsøget blev da først paabegyndt, naar Vanddampene i længere Tid vare strømmede igjennem Ledningen og ud af Afledningsrøret  $F'$ , hvorfra de lededes ned i koldt Vand for at fortættes.

Vædsken, hvis Dampe skulde undersøges, blev indesluttet i en lille Kolbe, som bestod af en paa et Glasrør med Glashane udblæst Kugle. Kolben indtil Hanen rummede 18,181 Kubikcentimeter. Efter tildels at være fyldt med Vædsken, blev Kolben vejjet, hvorpaa den med Hanen lukket sattes i Forbindelse med Apparatets indre Beholder ved en en Kautschukprop, som kunde sættes lufttæt ind i Udvidelsen ved  $G'$ . Dernæst aabnedes Metalhanen  $G'$  til Beholderen, som forud var pumpet lufttom, medens Striberne iagttoges. Havde man saaledes sikret sig, at Forbindelsen med Kolben var lufttæt, idet Striberne maatte vise sig stillestaaende, blev atter Metalhanen lukket, Glashanen aabnet og nu aabnedes igjen Metalhanen forsigtig under samtidig Iagttagelse af Forskydelsen af Striberne, medens Dampene fra Vædsken i Kolben strømmede ind i den indre Beholder. Kolben opvarmedes samtidig mer eller mindre ved Spilledampene, der fra  $F'$  lededes ned i et Glas Vand, som omgav Kolben, og saaledes blev Fordampningen af Vædsken og dermed Hastigheden af Stribernes Forskydelse reguleret. Efter at dernæst et vist Antal Striber var passeret Traadkorset, og Bevægelsen af dem var bleven kjendelig langsommere, lukkedes Metalhanen ved  $G'$  og Hanen  $G$  aabnedes, hvorefter Dampene fra den indre Beholder gik over i Ledningen til Luftpumpen, i hvilken Ledning de bleve fortættede i en med en Kuldeblanding af Is og Kogsalt omgivet Beholder. Dernæst lukkedes atter Hanen  $G$ , Stribernes Stilling iagttoges og Hanen  $G'$  aabnedes, hvorpaa Dampene paany fra Kolben strømmede ind i den indre Beholder, medens samtidig Stribernes Forskydelse iagttoges. Saaledes fortsattes flere Gange, indtil et passende Antal Striber vare talte, og sluttelig blev Glashanen for Kolben lukket, denne blev taget fra Apparatet, afkølet og vejjet. I Reglen blev før Veiningen Hanen aabnet et Øjeblik, da jeg foretrak ved Beregning at indføre Korrektionen for den tilstedeværende

Luft i Kolben fremfor at stole paa, at Glashanen under Afkølingen skulde vedblive at slutte fuldstændig lufttæt, hvilket ved de første Forsøg viste sig ikke altid at være Tilfældet.

Samtidig med Forskydelsen af de gule Striber iagttoges de røde, hvis Tilstedeværelse meget tjente til Lettelse og Kontrol ved Tællingen. Ved Begyndelsen af denne indstilledes i Reglen Striberne saaledes, at Traadkorset gik igjennem Midten af en rød Stribe, som selv var nøjagtig midt imellem to gule. Naar nogle Striber vare passerede Traadkorset, dækkedes her den røde Stribe af en gul, hvorpaa atter den røde Stribe traadte frem. Til en Forskydelse af 8 gule Striber svarede omtrent 7 røde, og ved at tælle et større Antal og mærke sig, naar en rød Stribe atter nøjagtig viste sig midt imellem to gule, kunde man meget nøje bestemme Forholdet imellem Antallet af de samtidig forskudte røde og gule Striber.

Beregningen af disse Forsøg er følgende. Lad  $L$  være af Afstanden imellem de to Glasplader  $C$  og  $C'$ ,  $l_{Na}$  Bølgelængden af Natriumstriben for det tomme Rum,  $S_{Na}$  Antallet af gule Striber, som passere Traadkorset, medens den i den lufttomme indre Beholder indledede Lufts eller Damps Brydningsforhold stiger til  $n_{Na}$ , saa er

$$L(n_{Na} - 1) = l_{Na}S_{Na}. \quad (1)$$

Længden af den indre Cylinder, maalt med Kathetometer, var 313,72<sup>mm</sup> ved 0° C., hvortil svarer 314,30<sup>mm</sup> ved 98° C., som kunde antages at være Cylindrens Varmegrad, naar den var opvarmet af Vanddampe. Tykkelsen af begge de tynde, stærkt sammenpressede Kautschukplader imellem Cylindrens Endeflader og Glassene var tilsammen 0,8<sup>mm</sup> ved sædvanlig Temperatur og 0,4<sup>mm</sup> ved 98° C. Altsaa er i Millimeter

$$L = 314,52 \text{ ved } 0^\circ \text{ og } 314,70 \text{ ved } 98^\circ \text{ C.}$$

Ifølge Ångström er endvidere Bølgelængden for de to  $Na$ -Striber i Timilliontedel Millimeter 5889 og 5895, hvoraf Middelværdien er 5892. Reduceret til det tomme Rum er saaledes i Millimeter

$$l_{Na} = 0,00058937.$$

Heraf følger for Forsøgene ved de lavere Varmegrader

$$n_{Na} - 1 = \frac{0,00058937}{314,52} S_{Na} = 0,0000018739 S_{Na}. \quad (2)$$

Denne Formel faar umiddelbar Anvendelse ved Forsøgene over Luftarterne, hvis Brydningsforhold for det gule Lys herved bestemmes, svarende til det Tryk og den Temperatur, som den til den tomme Beholder tilledede Luft har ved Ophør af Tællingen.

Med de tilsvarende Betegnelser for det røde  $Li$ -Lys er endvidere

$$\frac{n_{Li} - 1}{n_{Na} - 1} = \frac{l_{Li}}{l_{Na}} \cdot \frac{S_{Li}}{S_{Na}} = 1,138953 \cdot \frac{S_{Li}}{S_{Na}}, \quad (3)$$

hvor Forholdet imellem de to Bølgelængder er det af Dr. Ketteler fundne Tal.

Til Beregning af Forsøgene over Dampes Brydning gives Ligning (1) Formen



$$\frac{L(n_{Na}-1)}{D} = \frac{l_{Na} S_{Na}}{D},$$

idet  $D$  er Dampens Vægtfylde, svarende til Brydningsforholdet  $n_{Na}$  for det gule Lys. Ved Forsøgene er Antallet  $S_{Na}$  af de til en vis Vægt  $G$  af Damp svarende forskudte gule Striber bestemt. Er nu den indre Befolders Rumfang  $V$ , og maales dette i Kubikcentimeter, Vægten  $G$  i Gram, saa er  $D = \frac{G}{V}$ . Sættes endvidere  $\frac{S_{Na}}{G} = s_{Na}$ , idet  $s_{Na}$  er Antallet af gule Striber, som forskydes for hvert Gram Damp, der ledes ind i Beholderen, saa bliver Ligningen

$$\frac{n_{Na}-1}{D} = \frac{l_{Na}}{L} V s_{Na}. \quad (4)$$

Ved Vejning af det Vand, som den indre Beholder kunde rumme, fandtes dens Rumfang at være 1823,6 Kubikcentimeter ved  $8^{\circ}$  C., hvoraf for  $98^{\circ}$  C. findes

$$V = 1832,8.$$

Indsættes ovenfor tillige den til samme Temperatur svarende Værdi af  $L$ , nemlig 314,70, erholdes for nærværende Forsøg

$$\frac{n_{Na}-1}{D} = 0,0034325 \cdot s_{Na}. \quad (5)$$

Ved altsaa at multiplicere det Antal Striber, som forskydes ved Fordampning af 1 Gram Vædske, med det angivne Tal, erholdes for Dampene Forholdet imellem  $n_{Na}-1$  og den til dette Brydningsforhold svarende Vægtfylde. Da dette Forhold uden kjendelig Afvigelse er konstant for alle Værdier af  $n$  og  $D$ , er det netop den Størrelse, som det er af størst Betydning at kunne bestemme umiddelbart af Iagttagelserne, og det er i denne Hensigt, at Forsøgene ere anordnede og Apparatet konstrueret paa den angivne Maade. For de faa Damp, hvis Brydning hidtil har været undersøgt, har det altid været det til et bestemt Tryk og en bestemt Varmegrad svarende Brydningsforhold, som man har søgt at bestemme, men det er bekjendt, hvad allerede Dulong har fundet, at Forholdet imellem  $n-1$  og Trykket ikke er konstant paa Grund af Damptrykkets Afvigelse fra den Mariotteske Lov. Man maa altsaa for at finde den ovennævnte Brydningskonstant, som er den for den paa-gjældende Damp karakteristiske Størrelse, gaa til andre Forsøg, nemlig Forsøgene over Forholdet imellem Dampenes Tryk og Vægtfylde ved den givne Varmegrad, og kommer saaledes til at indføre nye Fejlkilder i Resultatet.

Endelig maales ogsaa Brydningsforholdet og Vægtfylden ved forskellige Varmegrader for de Vædske, hvis Dampes Brydning var bestemt paa den angivne Maade. Hertil benyttedes et hult Prisme af eet Stykke Glas med en cylindrisk Gjennemboring, der kunde lukkes med to planparallele Glas. Disse kunde alene ved Vedhængningen holde sig fast ved Prismet, men bleve dog yderligere fastholdte ved to Kautschukbaand, der vare befæstede til en Metalring om Glassene. Prismets Hulning kunde fyldes fra oven gennem

en anden Gjennemboing, hvori under Forsøgene blev indsat et lille, i 5te Dels Grader ind-delt Thermometer, som lukkede for Aabningen.

Til Maalingerne benyttedes en større, af Prof. Jünger forfærdiget, optisk Theolith, der ligesom det Meyersteinske Spektrometer var forsynet med Kollimator og Iagttagelses-kikkert. Delekredsen var inddelt i 12te Dels Grader, og ved Hjælp af to Aflæsningsmikro-skoper kunde hver to Sekunder direkte aflæses. Et lille med Stilleskruer forsynet Bord til Prismet var anbragt midt i Delekredsen og saaledes forbunden med denne, at en Omdrejning af Bordet for sig, uafhængig af Delekredsen, ikke ret vel lod sig udføre. Derimod kunde Kikkerten og Delekredsene omdrejes saavel samlede som hver for sig.

Iagttagelserne med dette Apparat bleve anstillede paa en Maade, som var forskjellig fra den hidtil til nøjagtige Maalinger næsten udelukkende anvendte Methode, der som be- kendt gaar ud paa Bestemmelsen af Minimalafvigningen. Maalingerne gik nemlig ud paa Bestemmelsen af den Vinkel, som Prismet maatte omdrejes for at give den samme Afvigning. Af denne Vinkel i Forbindelse med Prismets brydende Kant og den konstante Afvigning beregnedes da Brydningsforholdet for den iagttagne Bølgelængde. Efter de mange Maalinger, jeg har udført efter denne Methode, som Apparatets Konstruktion, nemlig Prismebordets faste Forbindelse med Delekredsen, ledede mig ind paa, kan jeg an- befale den baade som nøjagtig og som bekvem i Udførelsen.

Er  $n$  Prismets Brydningsforhold for en bestemt Bølgelængde, ere  $i$  og  $i_1$  Indfalds- og Brydningsvinklen for den indfaldende Straale,  $i_1'$  og  $i'$  de tilsvarende Vinkler for den udtrædende Straale, saa har man

$$\sin i = n \sin i_1 \quad \text{og} \quad \sin i' = n \sin i_1',$$

hvoraf følger

$$\begin{aligned} \sin \frac{i+i'}{2} \cos \frac{i-i'}{2} &= n \sin \frac{i_1+i_1'}{2} \cos \frac{i_1-i_1'}{2}, \\ \cos \frac{i+i'}{2} \sin \frac{i-i'}{2} &= n \cos \frac{i_1+i_1'}{2} \sin \frac{i_1-i_1'}{2}. \end{aligned}$$

Betegnes endvidere Prismets brydende Kraft ved  $2p$ , den konstante Vinkel, som den ud- trædende Straale danner med den indfaldende, eller Afvigningen ved  $2a$ , og er endelig den Vinkel, som Prismet maa omdrejes for paa ny at give denne Afvigning,  $2b$ , saa har man

$$i+i' = 2(a+p), \quad i_1+i_1' = 2p, \quad i-i' = \pm 2b.$$

De to foregaaende Ligninger blive herved

$$\begin{aligned} \sin(a+p) \cos b &= n \sin p \cos \frac{i_1-i_1'}{2}, \\ \pm \cos(a+p) \sin b &= n \cos p \sin \frac{i_1-i_1'}{2}. \end{aligned}$$

Elimineres heraf  $i_1 - i_1'$  og sættes for Kortheds Skyld



$$\frac{\sin(\alpha + p)}{\sin p} = n_0, \quad (6)$$

saa erholdes

$$n^2 = n_0^2 - \frac{(n_0^2 - 1) \sin^2 b}{\cos^2 p}. \quad (7)$$

Disse to Ligninger tjene til Beregningen af  $n^2$ , efter at de tre Vinkler  $p$ ,  $\alpha$  og  $b$  ere bestemt ved Forsøg. Det ses af den sidste Ligning, at  $n_0$  er Brydningsforholdet for den Lysbølge, for hvilken man har  $b = 0$ , og for hvilken altsaa den vilkaarlig valgte konstante Afvigning netop er Minimalafvigningen. Den hertil svarende Stilling af Prismet er dets Midtstilling i enhver Forsøgsrække over forskellige Bølgelængder ved samme konstante Afvigning, idet Ligning (7) viser, at  $+b$  og  $-b$  giver den samme Værdi af  $n$ , saaledes at man altsaa, naar Prismet er omdrejet Vinklen  $2b$ , har drejet det Vinklen  $b$  til begge Sider for den ovennævnte Midtstilling. Har man altsaa for en Spektrallinie aflæst paa Delekredsen de to Vinkler  $\alpha$  og  $\alpha_1$ , som svare til den givne Afvigning, saa er Prismets Omdrejning  $2b = \pm(\alpha - \alpha_1)$ , medens dets Midtstilling er ved Vinklen  $\frac{\alpha + \alpha_1}{2}$  paa Delekredsen. Er endvidere for en anden Linie de aflæste Vinkler  $\beta$  og  $\beta_1$ , saa er Midtstillingen ved  $\frac{\beta + \beta_1}{2}$ . Heraf følger  $\alpha + \alpha_1 = \beta + \beta_1$ , og saaledes videre for alle de iagttagne Bølgelængder. I disse Relationer imellem de aflæste Vinkler har man en god Kontrol for Maalingerne.

Forsøgslokalet var paa det højtliggende Frederiksberg Slot, og Apparatet var opstillet saaledes, at man igjennem dets Kikkert kunde iagttage Horisonten i flere Miles Afstand. Efter at Apparatet var bleven opstillet med Omdrejningsaxen vertikal, rettedes Kikkerten, som var bevægelig om en horisontal Axe, mod Horisonten og indstilledes skarpt paa de fjerneste Gjenstande. Kikkerten blev dernæst vendt mod Kollimatorrøret, hvis belyste Spaltes øverste Halvdel blev blændet saaledes, at Spalten set i Kikkerten kun naaede op til og netop berørte Traadkorsets horisontale Traad; desuden blev Kollimatorens Udtræk stillet saaledes, at Spalten saas skarpt.

Naar Vædsken, hvis Brydningsforhold skulde bestemmes, var hældet i Prismet, blev hver Gang først dets brydende Kant maalt. Kikkerten rettedes mod Vinduesprosserne i en fjernt liggende Bygning, Prismet stilledes paa Apparatets Bord, og Kikkerten omdrejedes, indtil Spejlbilledet af Sprossen fra en af Prismefladerne viste sig i Feltet. Dernæst rettedes Prismet ved Bordets Stilleskruer, hvorpaa det omdrejedes tilligemed Delekredsen, medens Kikkerten var gjort fast, indtil Spejlbilledet fra den anden Prismeflade saas i Kikkerten, og Bordet rettedes atter ved Stilleskruerne saa længe, indtil begge Spejlbillederne af



Miren saas nøjagtig i Traadkorset. Prismets brydende Kant var saaledes indstillet vertikalt, og dens Vinkel maales nu paa Delekredsen.

Som Lyskilde benyttedes samtidig *Li-Na*-Flammen og et Geisslers Brintrør, som var opstillet imellem Flammen og Kollimatorrørets Spalte. Naar Lyset fra denne efter at være brudt i Prismet blev iagttaget i Kikkerten, saas her 5 lyse vertikale Linier, af hvilke dog i Reglen kun de 4 benyttedes, da den violette Brintstriben ofte ikke var tilstrækkelig tydelig. Kikkerten drejedes om sin horisontale Axe saaledes, at Striberne netop naaede op til Traadkorsets horisontale Traad, og indstilledes ved Omdrejning om Apparatets vertikale Axe saaledes, at en Lysstraale med en lidt stærkere Brydning end Brintflammens *F*-Striben vilde have Minimum af Afvigning i Retning af Kikkertens Axe. Ved Prismets Omdrejning med Delekredsen passerede da efterhaanden alle 4 Striber to Gange forbi Traadkorset.

Efter at Thermometret i Prismet var iagttaget, blev Delekredsen omdrejet saaledes, at Striberne i Reglen i Ordenen *Li, H $\alpha$ , Na, H $\beta$  — H $\beta$ , Na, H $\alpha$ , Li* passerede Traadkorset, og de tilsvarende 8 Vinkler bleve aflæste, hvorefter Thermometret atter blev iagttaget. Nu fjernedes Prismet, Delekredsen blev gjort fast, Vinklen aflæst og Kikkerten ført tilbage til Kollimatorrørets Retning, saaledes at dets Spalte saas i Kikkertens Traadkors. Ved Aflæsningen af Vinklen fandtes saaledes den under Forsøget konstante Afvigning, og Forsøget var da sluttet.

Den største Fejlkilde i Forsøgene var Temperaturforandringen; naar denne beløb sig til mere end nogle faa Tiendedele af en Grad, bleve derfor Maalingerne forkastede. For at erholde Iagttagelser over Brydningsforholdene ved forskellige Varmegrader, bleve Forsøgene anstillede til forskellige Aarstider. Med Hensyn til Bedømmelsen af Resultaternes Nøjagtighed skal jeg særlig henvise til de i det følgende angivne Bestemmelser af Æthyl-Ætherens Brydningsforhold, for hvilke Berægningen, paa Grund af dette Stofs regelmæssige Farvespredning, er udført saaledes, at den tillige kan tjene som Kontrol for Nøjagtigheden.

Endelig er ogsaa for de samme Vædsker, hvis Brydningsforhold blev maalt, Vægtfylden bleven bestemt ved forskellige Varmegrader, i Reglen ved Vejning af et i en 0,06<sup>mm</sup> tyk Platintraad ophængt Legeme (et forgyldt 20 Grams Vægtlod), som holdtes nedsænket i Vædsken. Disse Forsøg bleve ligeledes kun anstillede ved den omgivende Lufts Varmegrad.

Alle de benyttede Stoffer ere leverede mig fra Universitetets kemiske Laboratorium af Dr. phil. H. Topsøe, hvem jeg herved bringer min forbindtlige Tak for den Omhu og Dygtighed, som var anvendt paa Stoffernes Fremstilling i kemisk ren Tilstand.

Forinden jeg gaar over til Angivelsen af de enkelte Forsøgsresultater, maa jeg endnu gjøre Rede for de theoretiske Betragtninger, som have været de ledende for mig. Jeg har i min første Afhandling om dette Æmne theoretisk søgt af Lysets Bølgetheori og navnlig ved at gaa ud fra den af mig i Pogg. Ann. Bd. 118 og 121 fremsatte Lystheori

at udlede Forbindelsen imellem Legemernes Brydningsforhold og deres Vægtfylde ved forskellige Varmegrader og under forskellige Tilstandsformer. Jeg havde herved kun taget Hensyn til det absolute, til en uendelig stor Bølgelængde reducerede, Brydningsforhold, og fandt denne ved  $A$  betegnede Størrelse tilnærmelsesvis bestemt ved Ligningen

$$\frac{A^2 - 1}{A^2 + 2} v = P \left( 1 - \frac{\alpha^2}{v^2} \right), \quad (8)$$

gjældende for isotrope Legemer, idet  $v$  er Rumfanget af Vægtenheden af Legemet, og  $P$  og  $\alpha$  to Størrelser, som, forudsat at Legemet bestaar af Molekuler, der ere adskilte ved Mellemrum, hvori Lysets Hastighed er den samme som i Verdensrummet, forblive konstante ved Forandring af Varmegrad og Rumfang, hvis Molekulerne selv forblive upaavirkede af disse Forandringer.

Dette Resultat er uafhængigt af Molekulernes Form. Vil man nu gaa et Skridt videre og beregne det til en hvilken som helst Bølgelængde svarende Brydningsforhold  $n$ , frembyder Beregningen store Vanskeligheder. Jeg har derfor kun gennemført den for det simple Tilfælde, at Molekulerne ere kugleformede, og idet jeg tillige er gaaet ud fra, at Lysets Hastighed er ens overalt indenfor de kugleformede Molekulers Grænser, har jeg fundet tilnærmelsesvis

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} v = \frac{n'^2 - 1}{n'^2 + 2} v' \left( 1 + \frac{n'^2 - 1}{n'^2 + 2} \cdot \frac{16\pi^2}{5} \cdot \frac{\epsilon^2}{\lambda^2} \right). \quad (9)$$

Heri er  $n'$  Brydningsforholdet indenfor et Molekul eller Forholdet imellem Lysets Forplantningshastighed i Verdensrummet og i Molekulernes Indre,  $v'$  Rumfanget af en Vægtenhed Molekuler,  $\lambda$  Bølgelængden og  $\epsilon$  Molekulernes Radius. Det ses af dette Resultat, at man kan forklare sig Legemernes Farvespredning uden at antage nogen for de forskellige Lysimpulser eller Bølgelængder forskellig Forplantningshastighed indenfor selve Molekulerne, idet nemlig ovenstaaende Ligning i det væsentlige stemmer overens med Loven for Farvespredningen, naar  $n'$  antages uafhængig af  $\lambda$ .

Skjøndt de simple Forudsætninger, under hvilke den sidste Ligning er udledet, selvfølgelig i Virkeligheden ikke kunne antages at være opfyldte, er dog det angivne Resultat ikke uden Anvendelse, idet man kan betragte  $\epsilon$  mere almindelig som en lavere Grænse for Radius af Molekulernes Virknings sfære, betragtet som den Kugleflade om et Molekul, indenfor hvilken Molekulets Virkning paa Lysets Forplantningshastighed er kjendelig.

Det sidste Led i Ligning (9), nemlig

$$\frac{n'^2 - 1}{n'^2 + 2} \cdot \frac{16\pi^2}{5} \cdot \frac{\epsilon^2}{\lambda^2},$$

lader sig numerisk bestemme af lagttagelserne, og man finder f. Ex. for flere af de i det



følgende undersøgte Stoffer denne Størrelse omtrent lig 0,02 for *Na*-Striben. Heraf findes, da  $\frac{n'^2 - 1}{n'^2 + 2}$  nødvendigvis maa være mindre end 1,

$$\epsilon > 15 \text{ Milliontedel Millimeter,}$$

som altsaa her er den af Farvespredningen udledeede lavere Grænse for Virkningssfærens Radius. Quincke (Pogg. Ann. Bd. 137) har af sine Forsøg over Vedhængningen fundet denne Radius for forskellige Stoffer omtrent lig 50 Milliontedel Millimeter, som er i god Overensstemmelse med den ovenfor fundne lavere Grænse.

Som Resultat af alle Forsøgene fremgaar det, at Størrelsen  $\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} v$  tilnærmelsesvis er konstant selv ved meget store Forandringer af Rumfanget  $v$ , hvorfor jeg vil kalde denne Funktion Stoffets Refraktionskonstant. Fuldkommen konstant er denne dog ikke, idet den i Reglen voxer lidt ved en samtidig Forøgelse af Rumfang og Temperatur. Ved nogle Forsøg med atmosfærisk Luft og Ætherdampe har jeg søgt at bestemme den direkte Indflydelse af Temperaturforandringer paa Refraktionskonstanten, og jeg har fundet, at en saadan ikke i nogen kjendelig Grad er til Stede, ligesom ogsaa de samme Forsøg saa vel som Forsøg med Svovlkulstofdampe have vist, at Farvespredningen er nøjagtig den samme ved sædvanlig Temperatur som ved 100° C. Da tillige den omtalte Forøgelse af Refraktionskonstanten ved en Rumfangsforøgelse stemmer overens med det i Ligning (8) angivne theoretiske Resultat og altsaa kan forklares uden at antage nogen Forandring af Molekulerne selv, saa fremgaar det som Resultat af Forsøgene og Theorien, at Molekulernes Forhold til Lyset forbliver i en paafaldende Grad og maaske ofte fuldstændig upaavirket af Forandringer i Varmegrad, Vægtfylde og Tilstandsform.

Det er den samme Slutning, som mere umiddelbart kan udledes af Spektralliniene, hvis Stilling i Spektret saa godt som fuldstændig er upaavirket af Stoffets Varmegrad og Tæthed, idet man, hvilken Theori man iøvrigt vil følge, maa betragte Spektralliniene som særlig afhængige af Molekulerne og disses Forhold til Lyset, saa at altsaa Spektralliniernes Uforanderlighed viser tilbage til selve Molekulernes Uforanderlighed.

I Modsætning hertil fremtræder der derimod en ofte stor Forandring af Refraktionskonstanten, af Farvespredningen, saa vel som ogsaa af Spektralliniene, naar en Blanding af forskellige Stoffer gaar over til en kemisk Forening af dem, hvorved det altsaa tydelig viser sig, at Forandringen her strækker sig til selve Molekulerne.

Konsekvenserne af de Slutninger, jeg her har draget, træder frem paa andre Punkter i Videnskaben. Man har saaledes, for at bringe de af Stødtheorien afledede Resultater med Hensyn til Luftarternes Diffusjon, indre Gnidning og Varmeledning i Overensstemmelse med Forsøgene, antaget enten med Maxwell, at to Molekuler frastøde hinanden indbyrdes med en Kraft, som forholder sig omvendt som 5te Potens af deres Afstande, eller med Stefan,

at Molekulerne forholde sig som elastiske Kugler, hvis Diametre forandre sig med Temperaturen, idet de skulde forholde sig omvendt som 4de Potens af deres absolute Temperatur. Det forekommer mig, at der allerede paa Forhaand hertil kan gøres den Indvending, at de Kræfter, som virke imellem Molekulerne, i begge Hypotheser ikke ere af den Beskaffenhed, at de med Nødvendighed medføre en stedse varende Bevægelse af Molekulerne, saaledes som bevislig Tilfældet vilde være, hvis Kræfterne virkede efter de samme Love som de Afstandskræfter, vi hidtil have kjendt. Med de antagne Kræfter vilde derimod en Ligevægt uden Bevægelse meget vel være mulig. Men særlig strider den sidste Hypothese netop mod den Uforanderlighed af Molekulerne, som, efter hvad jeg har søgt at paavise, giver sig tilkjende i deres Forhold til Lyset.

### 1. Atmosfærisk Luft.

Forsøgene, som paabegyndtes i Vinteren 1870, bleve paa Grund af den fundne Uoverensstemmelse med de dengang bekjendte, indbyrdes fuldkommen overensstemmende Forsøg af Arago og Biot, Jamin og Ketteler gjentagne meget hyppig. Luften lededes ude fra den meget rene Luft i det frie gennem et langt Glasrør til to U-formet bøjede Rør med Chlorcalcium og Kali og herfra til Apparatets indre Beholder. Igennem dettes ydre Beholder strømmede Vand af den omgivende Lufts Varmegrad. Jeg skal særlig anføre de enkelte Maalinger i de sidst (i Juni 1870 og efterfølgende Januar Maaned) anstillede Forsøg, som jeg tillægger størst Vægt.

$H$	$h$	$t$	$s'$	$s$
mm	mm	°		
752,18	0,1	15,00	145,8	155,44
752,18	0,1	15,25	145,7	155,49
755,32	1	2,75	152,75	155,45
747,83	1	3,25	151,1	155,58
738,34	1	3,28	151,1	155,50

Middel 155,49

Heri er  $H$  det ydre Luftryk, som ogsaa var det endelige Tryk paa Luften i Beholderen,  $h$  Trykket i Beholderen ved Tællingens Begyndelse,  $t$  det omgivende Vands Varmegrad,  $s'$  Antallet af forskudte  $Na$ -Striber, og  $s$  dette Antal reduceret til en Trykforøgelse af  $760^m$  og Vandets Frysepunkt ved Formlen

$$s = s' \frac{760}{H - h} (1 + 0,00367 t).$$



Resultaterne af alle de anstillede Iagttagelser, reducerede paa samme Maade til  $0^{\circ}$  C. og  $760^{\text{mm}}$  Tryk, ere, ordnede efter Størrelsen,

154,4	(1)	155,45	(2,75)	155,7	(3,66)
154,9	(6,9)	155,49	(15,25)	155,8	(9,69)
155,15	(1,25)	155,50	(3,28)	155,85	(16,25)
155,3	(8)	155,5	(3,5)	155,96	(16,85)
155,44	(15)	155,58	(3,25)	156,3	(7,5)

Middel 155,487.

Den i Parenthesen angivne Varmegrad er den, hvorved Forsøget har været anstillet.

Ofte blev ved de lavere Tryk dette noteret for hver Gang en Stribe passerede Traadkorset, hvorved der med kun meget smaa Afvigelser, som laa indenfor Iagttagelsesfejlenes Grænser, altid, selv ved den største Fortynding, viste sig den samme Trykforandring for hver Stribe.

Ved Reduktionen med Hensyn til Temperaturen er forudsat, at Luftens Brydningsforhold kun afhænger af dens Tæthed og ikke forandrer sig med Temperaturen, naar Tætheden forbliver den samme. Rigtigheden af denne Forudsætning er allerede bekræftet ved de anførte Forsøg, men tillige bleve nogle Forsøg anstillede med Apparatet opvarmet ved en Strøm af Vanddampe gennem den ydre Beholder. Der fandtes i tre Forsøg et Antal af

115,1, 115,0, 115,8, i Middel 115,3

forskudte gule Striber, beregnet til en Trykforandring af  $760^{\text{mm}}$ . Temperaturen af den indre Beholder kunde ikke umiddelbart maales, men beregnet ved den ovenfor benyttede Reduktionsformel og det til  $0^{\circ}$  svarende Stribeantal, nemlig ved Formlen

$$155,49 = 115,3 (1 + 0,00367 t),$$

findes Temperaturen  $t = 95^{\circ}$  C. Denne Temperatur maa ogsaa anses for at have været meget nær ved den virkelige, og denne vil i ethvert Tilfælde ikke kunne have afvejet  $5^{\circ}$  fra den beregnede.

I alle Forsøgene bleve tillige de røde *Li*-Striber iagttagne. Bestemmelsen af Forholdet imellem Antallet af de samtidig forskudte gule og røde Striber var her meget let, da der altid, saavel ved Forsøgene ved den omgivende Lufts Varmegrad som naar Apparatet var opvarmet ved Vanddampe, forløb nøjagtig 8 gule mod 7 røde Striber under hele Tællingen, lige fra den største Fortynding indtil sædvanligt Lufttryk.

Brydningsforholdet  $n_{Na}$  for *Na*-Striben af tør atmosfærisk Luft ved  $760^{\text{mm}}$  Tryk og  $0^{\circ}$  C. er ifølge Ligning (2) bestemt ved

$$n_{Na} - 1 = 0,0000018739 \cdot 155,49, \text{ hvoraf}$$

$$n_{Na} = 1,00029137.$$



Ved Reduktion fra Københavns Bredegrad til 45 Graders Brede erhoides

$$n_{Na} = 1,00029108.$$

Heraf kan endvidere beregnes Refraktionskonstanten  $P = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} v$ , som for Damp og Luftarter sættes lig med  $\frac{2}{3}(n - 1)v$ . Idet den atmosfæriske Luft Vægtfylde  $\left(\frac{1}{v}\right)$  er 0,00129267, findes

$$P_{Na} = 0,15012.$$

For *Li*-Striben erhoides ifølge (3),

$$\frac{S_{Li}}{S_{Na}} = \frac{7}{8}, \quad n_{Li} = 1,00029009, \quad P_{Li} = 0,14959.$$

Nøjagtigere findes ligeledes ved Hjælp af Ligning (3) Farvespredningen bestemt ved

$$\frac{n_{Na} - n_{Li}}{n_{Na} - 1} = 0,00342.$$

Ved Hjælp af Dispersjonsformlen  $n_\lambda = A + \frac{B}{\lambda^2}$  er endvidere følgende Tabel over Brydningsforholdet for de Fraunhoferske Striber beregnet:

$$\begin{aligned} n_A &= 1,00028935 \\ n_B &= 1,00028993 \\ n_C &= 1,00029024 \\ n_D &= 1,00029108 \\ n_E &= 1,00029217 \\ n_F &= 1,00029312 \\ n_G &= 1,00029486 \\ n_H &= 1,00029631 \end{aligned}$$

For fugtig Luft er Brydningsforholdet lidt mindre. Af de efterfølgende Forsøg over Vanddampes Brydning vil man for Damp, hvis Tryk er  $\tilde{\omega}$  Millimeter, og som ere langt fra Mætningspunktet, finde  $n_{Na} - 1 = 0,000250 \cdot \frac{\tilde{\omega}}{760(1 + 0,00367t)}$ , hvorefter ses, at der for fugtig Luft med Damptrykket  $\tilde{\omega}$  skal til de ovenfor angivne Brydningsforhold tilføjes Korrektionen

$$- 0,000041 \frac{\tilde{\omega}}{760}.$$

Disse Resultater skal jeg sammenholde med de af andre Iagttagere fundne.

Arago og Biot's berømte Forsøg (Mém. de l'Inst., t. VII, 1806 og 1807) med Prisme gave Brydningsforholdet for hvidt Lys, reduceret til 0° C. og 760<sup>mm</sup>  $n = 1,00029458$ . Dr. Ketteler («Farbenzerstreuung der Gase», Bonn 1865) fandt ved Interferensmethoden  $n_{Na} = 1,00029470$ , og Jamin (Ann. de ch. t. 59) for hvidt Lys  $n = 1,000294$ .

Nyere Forsøg af Mascart (C. R. de l'acad. des sciences, t. 78, S. 617 og 679,

1874) nærme sig mere til den af mig fundne Værdi. M. benyttede ligeledes Interferensmetoden, men i Steden for de Jaminske Spejle har han anvendt Fizeau's Methode, hvorved Straalerne adskilles ved to skraatliggende Planglas og atter forenes ved et lignende modsat System. De to Straaler vare adskilte «flere Millimeter» fra hinanden, hvilket sandsynligvis er meget mindre end i mine Forsøg (c. 28<sup>mm</sup>). Mascart fandt for 0° C.  $n_{Na} = 1,0002923$ , og for  $t$  Grader Reduktionsfaktoren  $1 + 0,00383t$ . Her er Koefficienten til  $t$  noget større end Luftens Udvidelseskoefficient. Derimod have de ligeledes i det forløbne Aar bekendtgjorte Forsøg af V. von Lang (Pogg. Ann. Bd. 153, Wiener Sitzungsber. Bd. 69, Abt. 2), som særlig gaa ud paa Bestemmelsen af Varmegradens Indflydelse, givet Resultatet  $n_t = n_0 - 0,905 \cdot 10^{-6}t + 0,00239 \cdot 10^{-6}t^2$ , gjældende fra 0 til 95° C., hvilket Resultat viser en Afvigelse i modsat Retning af Mascarts, idet det gjør Reduktionsfaktoren meget nær lig  $1 + 0,00311t$ . Det ses imidlertid allerede af Mangelen paa Bestemmelse af Farvespredningen, at Langs Methode ikke har været tilstrækkelig nøjagtig, og den bestaar i Virkeligheden heller ikke i andet end en sindrig Anvendelse af Prismemethoden, hvilken Methode imidlertid, saaledes som ogsaa Mascart har erkjendt, ikke i Nøjagtighed kan stilles ved Siden af Interferensmetoden. Jeg havde ovenfor fundet nær Vandets Kogepunkt en Forskydelse af 115,3 Striber, som i Forbindelse med det af Lang fundne Resultat vilde give en Temperatur af omtrent 120° C. i min Beholder, hvilket selvfølgelig var umuligt.

Ved Beregning af Iagttagelserne over den astronomiske Straalebrydning har Delambre (Mém. de l'Inst., t. VII), fundet  $n = 1,00029407$ . Bessel derimod (jvf. Biot C. R. t. 40) beregnede sine Refraktionstabeller med  $n$  — i sat lig Vinklen 57,538" ved en Varmegrad af 9,305° C. og et Tryk af 751,8<sup>mm</sup>, hvoraf findes  $n = 1,000291608$  ved 0° C. og 760<sup>mm</sup>, hvilken Værdi ogsaa senere blev benyttet af Astronomerne, skjøndt Fysikerne vare enige i at betragte den som for lav.

Gyldén (Mém. de l'acad. de St. Petersburg t. X, Nr. 1, 1866, og t. XII, Nr. 4, 1868) sætter efter en «foreløbig Diskussion» af Pulkowaer-Iagttagelserne  $\frac{n^2 - 1}{2n^2} = \alpha = 0,00027985$ , svarende til 7,44° R. og 29,5066 engl. Tommers Barometerstand, hvoraf beregnes for 0° C. og 760<sup>mm</sup> Tryk  $n = 1,00029276$ . Den benyttede Korrektionsfaktor med Hensyn til Temperaturen er  $1 + 0,003689t$ .

V. Fuss (ibid. t. XVIII, Nr. 3, 1872) korrigerer den af den foreløbige Diskussion fremgaaede Værdi af  $\alpha$ , som Gyldén har benyttet, til  $\alpha = 0,00027837$ , hvortil svarer  $n = 1,00029121$ . Det i Kikkerten fixerede Punkt af Stjernebilledernes Spektra angives nærmere (S. 3) som svarende til «Midten af de mest iøjnefaldende Dele» af Spektret og «altsaa omtrent til Egnen ved den gule eller grønne Farve».

Dette endelige Resultat af de astronomiske Iagttagelser stemmer fuldstændig med



den af mig beregnede Tabel, især naar Hensyn tages til, at denne gjælder for tør Luft. Korrektionen for Vanddampene er det ikke lykkedes Astronomerne at bestemme.

Luftens Farvespredning er af Bessel (C. R. t. 15) sat fra  $B$  til  $G$  lig 0,0126 af Brydningen. Denne Bestemmelse vilde svare til de af mig fundne Resultater, naar man i Bessels Angivelse i Steden for den Fraunhoferske Linie  $G$  satte en Linie mellem  $F$  og  $G$ , dog nærmest  $F$ . Nøjagtigere er Farvespredningen bestemt ved Interferensmethoden af Dr. Ketteler («Farbenzerstreuung der Gase», Bonn 1865), som ogsaa først gjorde den i theoretisk Henseende vigtige Iagttagelse, at Forholdet imellem Luftens Farvespredning og Brydning var uafhængigt af Luftens Tryk, som i hans Forsøg laa imellem Grænserne 0,63 og 2,56 Atmosfære. Jeg har fundet dette stadfæstet indtil den største Fortynding, og min Bestemmelse af Farvespredningen stemmer nøjagtig overens med Kettelers. Tillige er det fremgaaet af mine Forsøg, at Farvespredningen er uafhængig af Varmegraden imellem 0 og  $100^{\circ}$  C.

Af andre Iagttagere kan nævnes Croullebois, hvis Forsøg imidlertid maa betragtes som mislykkede, og Mascart, som ved sine nylig omtalte Forsøg har fundet meget nær den samme (c. 8 Procent større) Farvespredning som Ketteler og jeg.

## 2. Ilt, O.

Iltten udvikledes ved Opvarmning af rødt Kviksølville i en Platinretort, hvorfra den gennem Porcellains- og Glasrør lededes til Apparatets indre Beholder. Da der i de foreløbige Forsøg viste sig en kjendelig Forøgelse af Farvespredningen, naar Retorten blev opvarmet for stærkt, og da dette maatte tilskrives Spor af Kviksølvdampe, som vare revne med over i Beholderen, blev der i de endelige Forsøg indskudt et Glas med Svovlpulver i Ledningen. Ved Begyndelsen af ethvert Forsøg blev Apparatet tilligemed Retorten pumpet næsten lufttom, hvorpaa Retorten opvarmedes og Striberne taltes, indtil Antallet var blevet lidt større end det, jeg af de foreløbige Forsøg vidste udfordredes, naar Trykket i Beholderen var steget til den omgivende Lufts Tryk. Dernæst afspærredes Beholderen fra Retorten og gennem den anden Hane lededes den overskydende Ilt ud i Luften, medens Antallet af de tilbagegaaende Striber taltes og subtraheredes fra det først fundne Antal. Forsøget sluttede altsaa ved den ydre Lufts Tryk.

Med Undtagelse af de to første orienterende Forsøg ere alle Forsøgene følgende:

<i>H</i>	<i>h</i>	<i>t</i>	<i>s'</i>	<i>s</i>
mm	mm	°		
753,35	0,1	13,94	136,0	145,25
764,54	3,5	15,78	136,7	144,40
757,44	0,3	16,25	136,2	144,85
753,85	0,5	16,38	135,6	145,02
748,36	2,0	4,35	140,8	145,66
748,36	4,0	4,35	140,0	145,18

Middel 145,06

Betegnelserne ere de samme som de tidligere benyttede. Af det fundne Middel af det til en Trykforøgelse af 1 Atmosfære og Vandets Frysepunkt reducerede Antal *N<sub>a</sub>*-Striber findes

$$n_{Na} = 1,00027155, \quad P_{Na} = 0,12666,$$

hvor Normaltrykket tillige er reduceret til 45 Graders Brede. Iltens Vægtfylde er ved Bestemmelsen af Refraktionskonstanten *P<sub>Na</sub>* sat lig 0,0014293.

Forholdet imellem Farvespredningen og Brydningen viste sig her noget større end for atmosfærisk Luft, idet der til en Forskydelse af 135 gule Striber svarede 118 røde. Heraf findes

$$n_{Li} = 1,00027034, \quad P_{Li} = 0,12609.$$

Farvespredningen er nærmere bestemt ved

$$\frac{n_{Na} - n_{Li}}{n_{Na} - 1} = 0,00447.$$

Dulong har endvidere ved sine bekendte og fortrinlige Undersøgelser over Luftarternes Brydning bestemt denne for en Række Stoffer i Forhold til den atmosfæriske Lufts Brydning. For Iltten fandt D. dette Forhold lig 0,924, som med det af mine Forsøg udledede Brydningsforhold for den atmosfæriske Luft giver for Iltten  $n_{Na} = 1,0002690$ .

### 3. Kvælstof, *N*.

Direkte Forsøg over Kvælstoffets Brydning og Farvespredning ere ikke anstillede, derimod findes ved Beregning af de fundne Brydningsforhold for den atmosfæriske Luft og Ilt

$$n_{Na} = 1,0002960, \quad P_{Na} = 0,15713,$$

$$n_{Li} = 1,0002951, \quad P_{Li} = 0,15663$$

$$\frac{n_{Na} - n_{Li}}{n_{Na} - 1} = 0,00316.$$

Dulong fandt Kvælstoffets Brydning i Forhold til den atmosfæriske Luft lig 1,020, hvoraf  $n_{Na} = 1,0002969$ .

Mascart har i sine ovenfor nævnte Forsøg fundet  $n_{Na} = 1,0002972$ . Med Hensyn til Farvespredningen ere Afvigelserne større, idet M. finder en større Farvespredning (defineret ved  $B$  i Formlen  $n - 1 = A(1 + \frac{B}{\lambda^2})$ ) for Kvælstof end for atmosfærisk Luft, medens mine Forsøg have givet det modsatte Resultat.

#### 4. Brint, $H$ .

Brinten udvikledes i et Glas med Zink, hvortil sattes ren fortyndet Svovlsyre fra en med Glashane forsynet Tragt, og den udviklede Luft rensedes ved at passere et System af 5 U-formet bøjede Glasrør med Kaliopløsning, Kviksølvchlorid, Chlorcalcium og Kalihydrat (2 Rør). Den med Udviklingsapparatet forbundne indre Beholder blev først gjort næsten lufttom, hvorpaa Svovlsyren sattes til Zinken og den udviklede Brint lededes til Beholderen og Luftpumpen. Naar Trykket var blevet lig den ydre Lufts, lededes Brinten gennem Luftpumpen ud i Luften, og Tilledningen fortsattes endnu en Tid under lagttagelse af Striberne, indtil disse vare blevne fuldkommen stillestaaende. Dernæst afspærredes Beholderen fra Udviklingsapparatet og tømtes ved Luftpumpen, medens Striberne taltes. Alle de udførte Maalinger vare følgende:

$H$	$h$	$t$	$s'$	$s$
mm 763,77	mm 15	3,50	70,5	72,48
767,11	11,5	5,88	73	75,01
767,39	22,75	6,90	71	74,30
767,09	11	4,42	72	73,62
764,84	10,5	6,85	72	74,37
757,33	2	3,75	73	74,46
776,29	2	0	75,5	74,11
776,29	4	0,13	75	73,84

Middel 74,02

I de to sidste Forsøg blev der efter Ophør af Tællingen atter tilledet Brint, hvorved det viste sig, at Striberne atter nøjagtig kom tilbage til Begyndelsespunktet. Tillægges derfor



disse to Forsøg den dobbelte Vægt og forkastes de to første Forsøg, erholdes som Middel  $s=74,08$ . Hertil svarer, idet Vægtfylden er 0,00008957,

$$n_{Na}=1,0001387, \quad P_{Na}=1,0325.$$

Til Forskydelsen af 55,5 gule Striber svarede 48,5 røde. Altsaa er

$$n_{Li}=1,0001380, \quad P_{Li}=1,0277, \quad \frac{n_{Na}-n_{Li}}{n_{Na}-1}=0,00470.$$

Ifølge Dulong er Brintens Brydning i Forhold til den atmosfæriske Lufts 0,470, hvoraf  $n_{Na}=1,0001368$ . Ketteler fandt  $n_{Na}=1,00014294$ ,  $n_{Li}=1,00014228$ , altsaa meget nær den samme Farvespredning (71,5 gule mod 62,5 røde Striber, og ved et andet Forsøg 63,5 mod 55,5), men derimod en ikke lidet større Brydning end den af mig fundne. Mascart har  $n_{Na}=1,0001388$ , som er meget nær overensstemmende med mit Resultat, hvorimod han finder Brintens Farvespredningskoefficient ikke lidet mindre end den atmosfæriske Lufts, medens Ketteler og jeg have fundet den større.

### 5. Vand, $H_2O$ .

Forsøgene over Vanddampes Brydning blev udførte efter den Fremgangsmaade, som jeg benyttede for alle de undersøgte Vædskers Damp, og som tidligere er beskrevet. I den nedenstaaende Tabel er  $G$  Vægten i Gram af fordampet Vand,  $S$  det hele ved denne Fordampning forskudte Antal  $Na$ -Striber og  $s$  Kvotienten af  $S$  og  $G$ , altsaa den til 1 Gram Vanddampe svarende Stribeforskydelse.

$G$	$S$	$s$
1,2252 + 0,0180	112 + 0,41	90,42
1,755 + 0,018	160 + 0,36	90,45
2,8073 + 0,0178	256 + 0,36	90,74
5,3105 + 0,0163	480 + 0,25	90,16
11,1681	1009,38	90,38

Den nederste Række indeholder Summen af alle Vægtene og af de forskudte Striber, hvoraf den endelige Kvotient 90,38 er beregnet. Som Exempel paa Beregningen af de i de to Kolonner tilføjede smaa Korrektioner skal jeg anføre Enkelthederne i det første Forsøg. Den lille Kolbe med Vand vejede 23,4142 Gram før Forsøget og 22,1890 Gr. efter Forsøget, og der taltes 112 Striber, idet nemlig Dampene i den indre Beholder blev ledede over i Luftpumpen ved alle disse Forsøg, for hver Gang nøjagtig 32 (en enkelt Gang 16) Striber vare

passerede Traadkorset. Kolbens Rumfang var 18,181 Kubikcentimeter og dens Vægt 19,056 Gr. Der var altsaa ved den første Vejning 4,3582 Gr. Vand og 13,823<sup>cc</sup> fugtig Luft tilstede i Kolben. Temperaturen var 9° C. Vægten af tilstedeværende tør Luft findes heraf lig 0,0166 Gr. Et Gram tør Luft ledet ind i Beholderen vilde efter Beregning frembringe en Forskydelse af 65,5 Striber og 1 Gram Vanddampe omtrent 90,4 Striber, som er 24,9 flere. Hvis der altsaa i Kolben i Steden for 0,0166 Gr. tør Luft havde været samme Vægt Vanddampe, saa vilde der være forskudt  $0,0166 \cdot 24,9 = 0,41$  Stribe mer, hvilken Korrektion derfor tilføjes det talte Antal Striber. Endvidere var der ved den anden Vejning 3,1330 Gr. Vand og 15,048<sup>cc</sup> fugtig Luft tilstede i Kolben. Vægten af tør Luft findes heraf lig 0,0180 Gr. og Vægten af fordampet Vand er altsaa  $4,3582 - (3,1330 - 0,0180) = 1,2252 + 0,0180$  Gram. Da iøvrigt Indflydelsen af disse Korrektioner paa det endelige Resultat er meget lille, har jeg anset det for uforment at angive særskilt for hvert Forsøg alle de Enkeltheder, paa hvilke Beregningen af dem støtter sig.

Af det for 1 Gram Dampe forskudte Antal gule Striber  $s$  beregnes ifølge Ligning (5) umiddelbart  $\frac{n_{Na} - 1}{D}$  ved Multiplikation med 0,003432, og altsaa Refraktionskonstanten  $P$ , som for Dampe er  $\frac{2}{3} \frac{n - 1}{D}$ , ved Multiplikation med 0,002288. For Vanddampe erholdes saaledes

$$P_{Na} = 0,002288 \cdot 90,38 = 0,2068.$$

Heraf beregnes endvidere Vanddampenes Brydningsforhold, svarende til Normal-Vægtfylden, som er 9 Gange Brintens eller 0,0008061, idet  $n = 1 + \frac{2}{3} PD$ . Man vil finde

$$n_{Na} = 1,0002500.$$

Jamin har af sine Interferensforsøg med fugtig Luft udledet et ikke lidet høiere Resultat, nemlig 1,000261, gjældende for hvidt Lys.

Farvespredningen fandtes større end den atmosfæriske Lufts, men en nøjagtig Bestemmelse af den lykkedes mig ikke, fordi der, paa Grund af Vandets højtliggende Kogepunkt, kun kunde tælles et temmelig ringe Antal Striber ad Gangen.

Skjøndt Vandets Brydning for den draabeflydende Tilstand er tilstrækkelig godt bekendt, anstillede jeg dog ogsaa nogle Forsøg herover med Prismet paa den ovenfor angivne Maade for ved Sammenligning at have en Kontrol for mine Maalinger. De to til forskjellige Aarstider anstillede Forsøg vare følgende:

1. Prismets brydende Kant ( $2p$ ) var  $59^{\circ}43'3''$ , den konstante Afvigning ( $2a$ )  $23^{\circ}48'36''$ . I nedenstaaende Tabel er endvidere under  $2b$  angivet Prismets Drejning, som i dette Forsøg blev bestemt for hver enkelt af de fire Spektrallinier særskilt, medens samtidig Temperaturen  $t$  aflæstes paa Prismets Thermometer.

	$2b$	$t$	$n^2$	$n$
<i>Li</i>	15° 4' 12"	16,55	1,771753	1,331072
<i>H<math>\alpha</math></i>	14° 40' 51"	16,40	1,772669	1,331416
<i>Na</i>	12° 20' 1"	16,46	1,777692	1,333301
<i>H<math>\beta</math></i>	3° 42' 10"	16,36	1,788714	1,337428

2.  $2p = 59^\circ 42' 32''$ ,  $2a = 23^\circ 51' 2''$ . Spektrallinierne ere iagttagne efter hinanden, saaledes som tidligere er beskrevet, og  $t$  er Middeltallet af de to umiddelbart før og efter aflæste Temperaturer.

	$2b$	$t$	$n^2$	$n$
<i>Li</i>	15° 11' 21"	7,62	1,773020	1,331548
<i>H<math>\alpha</math></i>	14° 46' 15"	7,62	1,774012	1,331920
<i>Na</i>	12° 26' 45"	7,62	1,779035	1,333805
<i>H<math>\beta</math></i>	4° 4' 29"	7,62	1,790067	1,337934

Reduktionen af Brydningsforholdene for *Li*- og *Na*-Linierne til 10° og 20° C. har jeg udført ved de af mig i min første Afhandling fundne Formler, nemlig (se S. 18)

$$n_{Li}(t) = n_{Li}(0) + 10^{-6}[0,952t - 2,793t^2 + 0,02134t^3],$$

$$n_{Na}(t) = n_{Na}(0) + 10^{-6}[0,076t - 2,803t^2 + 0,02134t^3].$$

Ved Hjælp heraf findes af ovenstaaende Forsøg først

$$n_{Li}(0) = 1,331709, \quad n_{Na}(0) = 1,333961,$$

som for de iagttagne Temperaturer atter give

$$n_{Li}(7,62^\circ) = 1,331564 \text{ (Diff. } - 16), \quad n_{Na}(7,62^\circ) = 1,333808 \text{ (D. } - 3),$$

$$n_{Li}(16,55^\circ) = 1,331056 \text{ (D. } + 16), \quad n_{Na}(16,46^\circ) = 1,333298 \text{ (D. } + 3).$$

Dernæst erholdes

$$n_{Li}(10^\circ) = 1,331461, \quad n_{Na}(10^\circ) = 1,333703,$$

$$n_{Li}(20^\circ) = 1,330782, \quad n_{Na}(20^\circ) = 1,333012.$$

Med Hensyn til Sammenligningen med andre Iagttageres Resultater kan jeg henvise til min første Afhandling, og jeg skal kun her bemærke, at næsten alle Iagttagere stemme overens i Tallet 1,3330 for  $n_{Na}(20^\circ)$ .

Med Benyttelse af Matthiesens Vægtfyldebestemmelser, som give  $D = 1,000271$  for  $t = 10^\circ$  og  $D = 1,001814$  for  $t = 20^\circ$ , findes endvidere for Refraktionskonstanten, bestemt

$$\text{ved } P = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{D},$$



$$P_{Li}(10^\circ) = 0,20489, \quad P_{Na}(10^\circ) = 0,20615,$$

$$P_{Li}(20^\circ) = 0,20482, \quad P_{Na}(20^\circ) = 0,20608.$$

Refraktionskonstanten synes altsaa at aftage meget svagt ved stigende Varmegrad, hvilket ogsaa bekræftes af Rühlmanns Forsøg (Pogg. Ann. Bd. 132) over Vandets Brydning ved forskellige Temperaturer, som gaa indtil henimod Vandets Kogepunkt. Af disse findes

$$P_{Li}(0^\circ) = 0,20490, \quad P_{Na}(0^\circ) = 0,20614,$$

$$P_{Li}(90^\circ) = 0,20468, \quad P_{Na}(90^\circ) = 0,20587.$$

Naar Vandet ved henimod  $100^\circ$  gaar over i Dampform, stiger atter Refraktionskonstanten lidt, idet ovenfor for Dampene fandtes  $P_{Na} = 0,2068$ , men i det væsentlige ses det, at Refraktionskonstanten for Vandet forandrer sig i en paafaldende ringe Grad med Temperaturen og ved Overgangen til Dampformen.

Mascart har (C. R. t. 79, S. 801) ved Interferensmethoden bestemt Forandringen i Vandets Brydning ved Sammentrykning. Hans Forsøg udvise en  $12\frac{1}{2}$  Procent mindre Forandring i Brydningen end den, som vilde svare til en uforandret Værdi af Refraktionskonstanten, som derfor maa antages at voxe, naar Rumfanget ved en Formindskelse af det ydre Tryk bliver forøget.

Isens Brydningsforhold er nærmere bestemt af Reusch (Pogg. Ann. Bd. 121), som for den ordinær brudte Straale fandt  $n_o = 1,30598$ , og for den ekstraordinære  $n_e = 1,30734$ , begge svarende til rødt, af Kobaltglas gjennemladt Lys. Heraf beregnes først  $n^2 = \frac{1}{2}(2n_o^2 + n_e^2)$ , og idet Isens Vægtfylde antages lig  $0,91674$  (Bunsen), erholdes Refraktionskonstanten  $0,20804$  for rødt Lys. Her er denne altsaa ligeledes blevet forøget ved Udvidelsen.

Farvespredningen af de undersøgte Vædske for *Na-Li*-Linierne bestemmer jeg ved Kvotienten  $\alpha = \frac{P_{Na} - P_{Li}}{P_{Na}}$  som for Luftarter og Dampe svarer til  $\frac{n_{Na} - n_{Li}}{n_{Na} - 1}$ . For Vand findes

$$\alpha = 0,00611,$$

gjældende saavel for  $10^\circ$  som for  $20^\circ$ , hvorimod det af mine tidligere Undersøgelser fremgaar, at Farvespredningen i en paafaldende Grad voxer i Nærheden af Vandets Frysepunkt.

## 6. Alkohol, $C_2H_6O$ .

Forsøgene med Alkoholdampe gave

$G$	$S$	$s$
$3,2850 + 0,0121$	$407 + 0,42$	123,54
$2,7461 + 0,0163$	$340 + 0,70$	123,34
6,0595	748,12	123,46

altsaa en Forskydelse af 123,46 gule Striber for hvert Gram Dampe. Heraf findes

$$P_{Na} = 0,002288 \cdot 123,46 = 0,2825.$$

Til en Forskydelse af 79 gule Striber svarede 69 røde, hvoraf

$$P_{Li} = 0,2810, \quad \text{og} \quad \alpha = 0,00522.$$

For Dampenes Brydningsforhold, svarende til Normalvægtfylden, som er 23 Gange Brintens eller 0,002060, findes heraf

$$n_{Na} = 1,0008729, \quad n_{Li} = 1,0008683.$$

Forsøgene med draabeflydende Alkohol gave følgende Resultater:

$$1. \quad 2p = 59^\circ 42' 12'', \quad 2a = 26^\circ 30' 0'',$$

	$2b$	$t$	$n^2$
<i>Li</i>	$19^\circ 28' 34''$	$19,28$	1,850806
<i>H<math>\alpha</math></i>	$19^\circ 10' 46''$	19,28	1,851814
<i>Na</i>	$17^\circ 41' 12''$	19,28	1,856656
<i>H<math>\beta</math></i>	$13^\circ 27' 14''$	19,28	1,868312

$$2. \quad 2p = 59^\circ 43' 18'', \quad 2a = 26^\circ 17' 31'',$$

	$2b$	$t$	$n^2$
<i>Li</i>	$14^\circ 52' 28''$	13,30	1,857198
<i>H<math>\alpha</math></i>	$14^\circ 28' 24''$	13,30	1,858232
<i>Na</i>	$12^\circ 24' 53''$	13,31	1,863100
<i>H<math>\beta</math></i>	$4^\circ 25' 32''$	13,17	1,874991

Til Sammenligning med Wüllners og Landolts Iagttagelser (Pogg. Ann. Bd. 133 og 122) findes heraf

$$n_\alpha(19,28^\circ) = 1,360814 \quad (\text{W. } 1,360931, \text{ L. } 1,36083),$$

$$n_\beta(19,28^\circ) = 1,366862 \quad (\text{W. } 1,367043, \text{ L. } 1,36695),$$

$$n_\alpha(13,30^\circ) = 1,363170 \quad (\text{W. } 1,363257, \text{ L. } 1,36328),$$

$$n_\beta(13,17^\circ) = 1,369303 \quad (\text{W. } 1,369438, \text{ L. } 1,36948),$$

hvoraf det ses, at det fundne Brydningsforhold er gennemgaaende lidt lavere end Wüllners og Landolts Bestemmelser.

Ved Reduktion til  $10^\circ$  og  $20^\circ$  erholdes

$$n_{Li}^2(10^\circ) = 1,860728, \quad n_{Na}^2(10^\circ) = 1,866673,$$

$$n_{Li}^2(20^\circ) = 1,850049, \quad n_{Na}^2(20^\circ) = 1,855879.$$



Vægtfylden fandtes ved 10° C. lig 0,7993 (Wülln. 0,8043) og ved 20° C. 0,7909 (Wülln. 0,7958, Land. 0,7996). Ifølge Mendelejeff (Pogg. Ann. Bd. 138) ere Vægtfylderne ved de samme Temperaturer 0,79788 og 0,78945. For den af mig benyttede Alkohol er altsaa

$$P_{Li}(10^\circ) = 0,27892, \quad P_{Na}(10^\circ) = 0,28042,$$

$$P_{Li}(20^\circ) = 0,27917, \quad P_{Na}(20^\circ) = 0,28066,$$

og Farvespredningskvotienten for de to Temperaturer

$$\alpha(10^\circ) = 0,00535, \quad \alpha(20^\circ) = 0,00531.$$

Refraktionskonstanterne forandre sig altsaa meget lidt med stigende Temperatur og ved Vædskens Overgang til Dampformen, dog viser sig en kjendelig Stigning i begge Tilfælde. Farvespredningskvotienten holder sig ligeledes næsten konstant, men synes dog at forandre sig lidt i modsat Retning.

### 7. Æther, $C_4H_{10}O$ .

Forsøgene med Ætherdampe gave

<i>G</i>	<i>S</i>	<i>s</i>
2,3146 + 0,0124	312,25	134,17
3,1298 + 0,0147	420,8 + 0,75	134,06
2,9338 + 0,0150	394,5 + 0,77	134,04
8,4203	1129,07	134,09

Heraf findes

$$P_{Na} = 0,002288 \cdot 134,09 = 0,3068.$$

Til en Forskydelse af 119 gule Striber svarede 104 røde, og i et andet Forsøg 111 gule mod 97 røde Striber. Altsaa er

$$P_{Li} = 0,3054, \quad \alpha = 0,00465.$$

For Dampenes Brydningsforhold, svarende til Normalvægtfylden, som er 37 Gange Brintens eller 0,003314, findes heraf

$$n_{Na} = 1,001524, \quad n_{Li} = 1,001517.$$

Dulong fandt Brydningsforholdet for Ætherdampene 5,197 Gange større end for atmosfærisk Luft, hvilket svarer til  $n_{Na} = 1,001512$ , som stemmer ret godt med ovenstaaende.

Jeg anstillede ligeledes nogle Forsøg over Ætherdampenes Brydning ved sædvanlig Temperatur, som var omtrent 20° C. Resultaterne vare

<i>G</i>	<i>S</i>	<i>s</i>
2,233 + 0,014	300 + 0,77	133,85
2,971 + 0,013	399 + 0,63	133,92
5,231	700,40	133,90

Til en Forskydelse af 95 gule Striber svarede 83 røde. Det fremgaar heraf, at Refraktionskonstanten og Farvespredningskvotienten ikke i nogen kjendelig Grad forandre sig ved en Forandring af Ætherdampenes Temperatur fra 100° til 20° C., idet de smaa Afvigelser, som Forsøgene have givet, ganske ligge indenfor lagttagelsesfejls Grænser.

For draabeflydende Æther fandtes:

$$1. \quad 2p = 59^{\circ}43'1'', \quad 2a = 25^{\circ}30'0'',$$

	<i>2b</i>	<i>t</i>	<i>n</i> <sup>2</sup>	<i>n</i> <sup>2</sup> (beregnet)
<i>Li</i>	17°47'38''	21,53	1,822033	1,822031
"	17°37'59''	21,31	1,822519	1,822501
<i>Hα</i>	17°29'49''	21,53	1,822919	1,822914
"	15°20'34''	21,31	1,823374	1,823381
<i>Na</i>	15°48'9''	21,53	1,827702	1,827714
"	15°37'25''	21,31	1,828179	1,828185
<i>Hβ</i>	10°37'41''	21,53	1,839351	1,839349
"	10°21'51''	21,31	1,839824	1,839826

$$2. \quad 2p = 59^{\circ}43'13'', \quad 2a = 25^{\circ}52'4'',$$

	<i>2b</i>	<i>t</i>	<i>n</i> <sup>2</sup>	<i>n</i> <sup>2</sup> (beregnet)
<i>Li</i>	14°34'19''	8,00	1,843435	1,843439
<i>Hα</i>	14°12'28''	8,00	1,844340	1,844343
<i>Na</i>	12°1'25''	8,00	1,849296	1,849283
<i>Hβ</i>	2°39'9''	8,00	1,861252	1,861256

De beregnede Værdier af *n*<sup>2</sup> ere udledede af Formlen

$$n^2_{\lambda} = 1,813050 - 0,001532(t - 15) + (0,036935 - 0,000078(t - 15)) \frac{\lambda^2_{\beta}}{\lambda^2},$$

hvor  $\lambda_{\beta}$  er den til *H<sub>β</sub>* svarende og  $\lambda$  en vilkaarlig Bølgelængde. I Beregningen af den første Forsøgsrække er Temperaturen 21,53 korrigeret til 21,61.

Landolt har

$$n_{\alpha} = 1,35112 - 0,00058(t - 20),$$

$$n_{\beta} = 1,35720 - 0,00059(t - 20),$$

medens ovenstaaende Formel giver tilnærmelsesvis

$$n_{\alpha} = 1,351090 - 0,000582(t - 20),$$

$$n_{\beta} = 1,357182 - 0,000592(t - 20),$$

som altsaa meget nær stemmer overens med Landolts Forsøg. Af Formlen findes endvidere:

$$n_{Li}^2(10^{\circ}) = 1,840292, \quad n_{Na}^2(10^{\circ}) = 1,846112,$$

$$n_{Li}^2(20^{\circ}) = 1,824563, \quad n_{Na}^2(20^{\circ}) = 1,830261.$$

Vægtfylden fandtes ved  $10^{\circ}$  lig 0,7269, (Kopp 0,7256) og ved  $20^{\circ}$  0,7157 (Landolt 0,7153, Kopp 0,7143). Altsaa er

$$P_{Li}(10^{\circ}) = 0,30102, \quad P_{Na}(10^{\circ}) = 0,30264,$$

$$P_{Li}(20^{\circ}) = 0,30124, \quad P_{Na}(20^{\circ}) = 0,30287,$$

$$\alpha(10^{\circ}) = 0,00537, \quad \alpha(20^{\circ}) = 0,00538.$$

Sammenholdes disse Størrelser med de tilsvarende for Dampene, ses det, at Resultaterne med Hensyn til Forandringerne af Refraktionskonstanterne og Farvespredningskvotienten her blive de samme som for Alkoholens Vedkommende.

### 8. Chloroform, $CHCl_3$ .

Forsøgene med Chloroformdampe gave

$G$	$S$	$s$
6,8434 + 0,0190	538 + 0,19	78,43
6,0939 + 0,0186	480 + 0,19	78,56
12,9749	1018,38	78,49

hvoraf findes

$$P_{Na} = 0,1796.$$

Til en Forskydelse af 79 gule Striber svarede 69 røde. Altsaa

$$P_{Li} = 0,1787, \quad \alpha = 0,00522.$$

Dampenes Brydningsforhold, svarende til en Vægtfylde 59,75 Gange Brintens eller 0,005352, blive

$$n_{Na} = 1,001442, \quad n_{Li} = 1,001435.$$



For draabeflydende Chloroform fandtes:

1.  $2p = 59^{\circ}43'0''$ ,  $2a = 33^{\circ}0'0''$ ,

	$2b$	$t$	$n^2$
<i>Li</i>	$16^{\circ}0'30''$	$19,17$	2,084171
<i>H<math>\alpha</math></i>	$16^{\circ}37'10''$	$19,17$	2,085544
<i>Na</i>	$13^{\circ}91'55''$	$19,17$	2,092927
<i>H<math>\beta</math></i>	$3^{\circ}58'27''$	$19,17$	2,111085

2.  $2p = 59^{\circ}42'9''$ ,  $2a = 33^{\circ}30'29''$ ,

	$2b$	$t$	$n^2$
<i>Li</i>	$15^{\circ}49'59''$	$8,23$	2,102627
<i>H<math>\alpha</math></i>	$15^{\circ}26'30''$	$8,23$	2,104012
<i>Na</i>	$13^{\circ}6'10''$	$8,23$	2,111578
<i>H<math>\beta</math></i>	$2^{\circ}49'9''$	$8,23$	2,130242

Heraf erholdes

$$n_{\alpha}(20^{\circ}) = 1,443657 \text{ (Haagen (Pogg. 131) 1,44403),}$$

$$n_{\beta}(20^{\circ}) = 1,452458 \text{ (H. 1,45294).}$$

og

$$n_{Li}^2(10^{\circ}) = 2,099641, \quad n_{Na}^2(10^{\circ}) = 2,108562,$$

$$n_{Li}^2(20^{\circ}) = 2,082771, \quad n_{Na}^2(20^{\circ}) = 2,091512.$$

Vægtfylden var ved  $10^{\circ}$  1,5072 (Pierre 1,50786) og ved  $20^{\circ}$  1,4896 (Pierre 1,48977, Haagen 1,4904), altsaa

$$P_{Li}(10^{\circ}) = 0,17797, \quad P_{Na}(10^{\circ}) = 0,17902,$$

$$P_{Li}(20^{\circ}) = 0,17804, \quad P_{Na}(20^{\circ}) = 0,17909,$$

$$\alpha(10^{\circ}) = 0,00592, \quad \alpha(20^{\circ}) = 0,00592.$$

For Refraktionskonstanterne og Farvespredningen gjælder saaledes ganske det samme her som for de to foregaaende Stoffer.

### 9. Jodæthyl, $C_2H_5J$ .

Forsøgene med Jodæthyldampe gave

<i>G</i>	<i>S</i>	<i>s</i>
3,8374 + 0,0156	264	68,52
5,1430 + 0,0182	357	69,17
4,2470 + 0,0180	290,5	68,11
13,2792	911,5	68,66

hvoraf findes

$$P_{Na} = 0,1571.$$

Til en Forskydelse af 85 gule Striber svarede 74 røde, altsaa

$$P_{Li} = 0,1558, \quad \alpha = 0,00844.$$

Dampenes Brydningsforhold svarende til en Vægtfylde 78 Gange Brintens eller 0,006987, blive

$$n_{Na} = 1,001646, \quad n_{Li} = 1,001632.$$

For draabeflydende Jodæthyl fandtes

$$1. \quad 2p = 59^{\circ}43'5'', \quad 2a = 38^{\circ}58'51'',$$

	$2b$	$t$	$n^2$
<i>Li</i>	19° 46' 41''	19,66	2,270410
<i>H<math>\alpha</math></i>	19° 17' 40''	19,66	2,272891
<i>Na</i>	16° 18' 0''	19,66	2,286931
<i>H<math>\beta</math></i>	1° 27' 53''	19,66	2,321976

$$2. \quad 2p = 59^{\circ}43'10'', \quad 2a = 39^{\circ}38'42'',$$

	$2b$	$t$	$n^2$
<i>Li</i>	19° 59' 25''	9,60	2,291406
"	20° 8' 30''	9,94	2,290595
<i>H<math>\alpha</math></i>	19° 31' 30''	9,60	2,293861
"	19° 39' 38''	9,94	2,293151
<i>Na</i>	16° 35' 39''	9,60	2,308041
"	16° 45' 50''	9,94	2,307281
<i>H<math>\beta</math></i>	2° 56' 35''	9,60	2,344109
"	3° 42' 6''	9,94	2,343423

Heraf erhoides

$$n_{\alpha}(20^{\circ}) = 1,50738 \text{ (Vf. 1,9264, Haagen: 1,50812, Vf. 1,9315 og 1,50868, Vf. 1,9345),}$$

$$n_{\beta}(20^{\circ}) = 1,52356 \text{ (H. 1,5244 og 1,52509)}$$

og

$$\begin{aligned} n_{Li}^2(10^\circ) &= 2,29052, & n_{Na}^2(10^\circ) &= 2,30718, \\ n_{Li}^2(20^\circ) &= 2,26972, & n_{Na}^2(20^\circ) &= 2,28623. \end{aligned}$$

Vægtfylden fandtes ved  $10^\circ$  lig 1,9491 (Pierre 1,9528) og ved  $20^\circ$  1,9264 (P. 1,9298), altsaa er

$$\begin{aligned} P_{Li}(10^\circ) &= 0,15432, & P_{Na}(10^\circ) &= 0,15571, \\ P_{Li}(20^\circ) &= 0,15437, & P_{Na}(20^\circ) &= 0,15578, \\ \alpha(10^\circ) &= 0,00893, & \alpha(20^\circ) &= 0,00905. \end{aligned}$$

Her træder saaledes ganske de samme Forhold frem, som ved de foregaaende Stoffer.

### 10. Svovlkulstof, $CS_2$ .

Forsøgene med Svovlkulstofdampe gave

$G$	$S$	$s$
2,3823 + 0,0150	304 + 0,87	127,17
3,7418 + 0,0137	476 + 0,64	126,92
1,0070 + 0,0121	128 + 0,70	126,3
2,8128 + 0,0148	356 + 0,78	126,18
3,9446 + 0,0144	500 + 0,70	126,47
31,9585	1767,69	126,64

hvoraf findes  $P_{Na} = 0,2898$ .

Til en Forskydelse af 97 gule Striber svarede 84 røde, altsaa

$$P_{Li} = 0,2858, \quad \alpha = 0,01369.$$

Ganske samme Farvespredningskvotient fandtes ogsaa ved et Forsøg med Dampe ved omtrent  $20^\circ$  C.

Dampenes Brydningsforhold ved en Vægtfylde 38 Gange Brintens eller 0,003404 blive

$$n_{Na} = 1,001480, \quad n_{Li} = 1,001460.$$

Dulong fandt Brydningsforholdet 5,110 Gange større end den atmosfæriske Lufts, altsaa  $n_{Na} = 1,001487$ .

For draabeflydende Svovlkulstof fandtes

$$1. \quad 2p = 59^\circ 43' 0'', \quad 2b = 51^\circ 29' 52'',$$



	$t=20,52^\circ$		$t=20,34^\circ$		$t=20,12^\circ$	
	$2b$	$n^2$	$2b$	$n^2$	$2b$	$n^2$
<i>Li</i>	27° 51' 18"	2,612635	27° 46' 23"	2,613410	27° 42' 19"	2,614050
<i>H<math>\alpha</math></i>	27° 17' 11"	2,617971	27° 11' 55"	2,618785	27° 8' 9"	2,619366
<i>Na<sub>1</sub></i>	23° 49' 7"	2,648288	23° 43' 50"	2,649008	23° 39' 35"	2,649585
<i>Na<sub>2</sub></i>	23° 46' 16"	2,648677	23° 41' 12"	2,649366	23° 36' 56"	2,649944
<i>H<math>\beta</math></i>	9° 53' 59"	2,729920	9° 41' 5"	2,730662	9° 30' 29"	2,731259

$$2. \quad 2p = 59^\circ 43' 13'', \quad 2b = 51^\circ 52' 40'',$$

	$t=10,63^\circ$		$t=11,01^\circ$	
	$2b$	$n^2$	$2b$	$n^2$
<i>Li</i>	26° 20' 13"	2,638073	26° 26' 0"	2,637198
<i>H<math>\alpha</math></i>	25° 43' 55"	2,643494	25° 49' 42"	2,642638
<i>Na<sub>1</sub></i>	22° 0' 19"	2,674274	} 22° 5' 27"	2,673618
<i>Na<sub>2</sub></i>	21° 57' 34"	2,674624		
<i>H<math>\beta</math></i>	3° 21' 45"	2,757474	4° 0' 32"	2,756625

Heraf erhoides

$$n_\alpha(10^\circ) = 1,626396 \text{ (Wülln. 1,626266, Willigen 1,62657),}$$

$$n_\alpha(20^\circ) = 1,618503 \text{ (Wülln. 1,618466, Willigen 1,61844),}$$

$$n_\beta(10^\circ) = 1,661123 \text{ (Wülln. 1,660876, Willigen 1,66127),}$$

$$n_\beta(20^\circ) = 1,652734 \text{ (Wülln. 1,652676, Willigen 1,65273),}$$

De angivne Bestemmelser af v. d. Willigen findes i Musée Teyler III (1). Endvidere er

$$n_{Li}^2(10^\circ) = 2,639728, \quad n_{Na}^2(10^\circ) = 2,676180,$$

$$n_{Li}^2(20^\circ) = 2,614208, \quad n_{Na}^2(20^\circ) = 2,650009.$$

Vægtfylden var ved  $10^\circ$  1,2778 (Wülln. 1,27860, Pierre 1,27831), og ved  $20^\circ$  1,2634 (W. 1,26354, P. 1,26344), hvorved erhoides

$$P_{Li}(10^\circ) = 0,27658, \quad P_{Na}(10^\circ) = 0,28052,$$

$$P_{Li}(20^\circ) = 0,27690, \quad P_{Na}(20^\circ) = 0,28086,$$

$$\alpha(10^\circ) = 0,01405, \quad \alpha(20^\circ) = 0,01410.$$

Refraktionskonstanterne og Farvespredningen forandre sig altsaa atter her ganske paa samme Maade som ved de foregaaende Stoffer, dog er Forandringen her større.

11. Eddikesurt Æthylilte,  $C_4H_8O_2$ .

Forsøgene over Dampene af det eddikesure Æthylilte gave

$G$	$S$	$s$
3,295 + 0,0218	388 + 0,91	117,25
2,971 + 0,0218	350,5 + 0,93	117,43
2,2448 + 0,0218	264,5 + 0,98	117,13
8,5762	1005,82	117,28

hvoraf findes

$$P_{Na} = 0,2683.$$

Til en Forskydelse af  $55\frac{1}{2}$  gule Striber svarede  $48\frac{1}{2}$  røde, altsaa

$$P_{Li} = 0,2670, \quad \alpha = 0,00470.$$

Dampenes Brydningsforhold ved en Vægtfylde 41 Gange Brintens eller 0,003941 blive

$$n_{Na} = 1,001586, \quad n_{Li} = 1,001578.$$

For draabeflydende eddikesurt Æthylilte fandtes

$$1. \quad 2p = 58^\circ 43' 14'', \quad 2a = 26^\circ 54' 55'',$$

	$2b$	$t$	$n^2$
$Li$	$15^\circ 24' 7''$	$18,48$	1,877196
"	$15^\circ 29' 5''$	18,60	1,876967
$H\alpha$	$11^\circ 57' 9''$	18,22	1,878423
"	$14^\circ 58' 58''$	18,27	1,878342
$Na$	$12^\circ 58' 40''$	18,40	1,883392
"	$12^\circ 57' 21''$	18,36	1,883440
$H\beta$	$5^\circ 24' 37''$	18,12	1,895991

$$2. \quad 2p = 59^\circ 43' 48'', \quad 2a = 27^\circ 15' 31'',$$

	$2b$	$t$	$n^2$
$Li$	$14^\circ 41' 21''$	8,59	1,890809
$H\alpha$	$14^\circ 20' 44''$	8,59	1,891715
$Na$	$12^\circ 0' 45''$	8,33	1,897309
$H\beta$	$3^\circ 32' 13''$	8,59	1,909356
"	$2^\circ 52' 23''$	8,33	1,909747

Heraf erholdes

$$\begin{aligned} n_{\alpha}(20^{\circ}) &= 1,369656 \text{ (Landolt 1,37086),} \\ n_{\beta}(20^{\circ}) &= 1,375991 \text{ (L. 1,37709),} \\ n_{Li}^2(10^{\circ}) &= 1,888863, & n_{Na}^2(10^{\circ}) &= 1,895101, \\ n_{Li}^2(20^{\circ}) &= 1,875070, & n_{Na}^2(20^{\circ}) &= 1,881177. \end{aligned}$$

Vægtfylden fandtes ved  $20^{\circ}$  lig 0,8906 (Kopp 0,8870, Land. 0,9005). Da jeg ikke fik udført nogen Vægtfyldebestemmelse ved lavere Varmegrader, har jeg beregnet den med Benyttelse af den af Kopp angivne Udvidelseskoefficient og saaledes fundet den ved  $10^{\circ}$  lig 0,9024. Hertil svarer

$$\begin{aligned} P_{Li}(10^{\circ}) &= 0,25329, & P_{Na}(10^{\circ}) &= 0,25466, \\ P_{Li}(20^{\circ}) &= 0,25356, & P_{Na}(20^{\circ}) &= 0,25493, \\ \alpha(10^{\circ}) &= 0,00537, & \alpha(20^{\circ}) &= 0,00537. \end{aligned}$$

Med Hensyn til Refraktionskonstanterne og Farvespredningen gjælder her det samme som ovenfor blev bemærket om Svovkulstof.

## 12. Ammoniak, $NH_3$ .

Ammoniakluften blev udviklet af den med stærk Ammoniakvand tildels fyldte lille Kolbe, hvorfra den ledes gennem et Kalirør til Apparats indre Beholder. Kolben tiligemed Kalirøret blev vejlet før og efter Forsøget; Apparatet havde den omgivende Lufts Varmegrad, omtrent  $20^{\circ}$  C. Resultaterne vare

$G$	$S$	$s$
0,647	92	142,2
0,594	85	143,1
1,3105	187	142,7
1,049	150	143,0
3,6005	514	142,76

hvoraf findes

$$P_{Na} = 0,3266.$$

Til en Forskydelse af 39 gule Striber svarede 34 røde, altsaa

$$P_{Li} = 0,3250, \quad \alpha = 0,00478.$$

Til Vægtfylden 8,5 Gange Brintens eller 0,0007613 svare Brydningsforholdene

$$n_{Na} = 1,0003730, \quad n_{Li} = 1,0003712.$$



Dulong fandt Ammoniakens Brydningsforhold 1,309 Gange større end den atmosfæriske Lufts, altsaa  $n_{Na} = 1,0003810$ , som ganske stemmer overens med det af Biot og Arago fundne Resultat. Den mindre Værdi, som fremgaar af mine Forsøg, kan muligvis hidrøre fra en Overføring af Vanddampe, idet det benyttede Kalirør var temmelig lille, men endskjøndt jeg saaledes ikke har fuld Tillid til min egen Bestemmelse af Ammoniakens Brydningsforhold, har jeg dog ikke villet undlade at meddele den, fordi den i ethvert Tilfælde konstaterer en i theoretisk Henseende mærkelig Kjendsgjerning.

Refraktionskonstanten  $P$  lader sig nemlig for en Blanding af Vædske tilnærmelsesvis og for en Blanding af Luftarter med stor Nøjagtighed beregne ved Ligningen

$$(p_1 + p_2 + \dots p_n) P = p_1 P_1 + p_2 P_2 + \dots p_n P_n,$$

idet  $p_1, p_2 \dots p_n$  ere Vægtene af Blandingens enkelte Bestanddele og  $P_1, P_2, \dots P_n$  disses Refraktionskonstanter. Dette er i det væsentlige den samme Lov for Luftarternes Vedkommende som den, der først blev fremsat af Biot og Arago. Idet nu Dulong beregnede den Forandring af Brydningsforholdet, som fremkom i en Blanding af Luftarter, naar disse gik i kemisk Forbindelse med hinanden, fandt han, at Brydningsforholdet ved denne Overgang ofte blev formindsket, men at det ogsaa i nogle Tilfælde blev forøget, nemlig ved Phosgen gas, Vanddampe, Kvælstofforilte, Kvælstoftveilte og Ammoniak. For Vanddampenes Vedkommende støttede Dulong sig paa Biots og Aragos Angivelser, hvorefter deres Brydning skulde være lig med den atmosfæriske Lufts eller kun lidt lavere, men med den betydelige Reduktion, som fremgaar af mine Forsøg, bliver Resultatet et andet. For en Blanding af 1 Vægtedel Brint og 8 Vægtdele Ilt erholdes nemlig Refraktionskonstanten

$$P_{Na} = \frac{1}{9} \cdot 1,0325 + \frac{8}{9} \cdot 0,12666 = 0,2273,$$

medens den for Vanddampe fandtes lig 0,2068, altsaa betydelig mindre.

Med Hensyn til de to Kvælstofforilte er Dulong's Angivelse utvivlsom rigtig, da den støtter sig paa hans egne fortrinlige Forsøg og desuden bekræftes fuldstændig ved de af Mascart fundne Resultater, men det vil bemærkes, at netop disse to Forbindelsers Dannelse af Grundstofferne er ledsaget af en Varmeabsorbtion. Det laa derfor nær at antage, at Brydningen af en Blanding af Luftarter formindskes, naar de indgaa i kemisk Forening under Udvikling af Varme, og forøges, naar der finder en Varmeabsorbtion Sted. Fra denne Regel danner imidlertid Ammoniak en bestemt Undtagelse. For en Blanding af 14 Vægtdele Kvælstof og 3 Vægtdele Brint er nemlig Refraktionskonstanten

$$P_{Na} = \frac{14}{17} \cdot 0,1571 + \frac{3}{17} \cdot 1,0325 = 0,3116,$$

medens den for Ammoniak er 0,3336 ifølge Dulong's, samt Biot og Arago's Forsøg, og 0,3266 ifølge ovenstaaende. Det er saaledes uomtvisteligt, at Brydningen af den kemiske Forbindelse her er større end af Blandingen, men paa den anden Side er det bekjendt, saavel af

Thomsens som af Favres Forsøg, at Ammoniakens Dannelse af Kvælstof og Brint er ledsaget af en endog betydelig Varmeudvikling.

De faa Forsøg, man hidtil har havt over Dampes og tilsvarende Vædskers Brydning, ere omtalte i det foregaaende med Undtagelse af Kettelers Forsøg over Svovlsyrning. Der er i Beregningen af disse indløbet en Fejltagelse, som fører til urigtige Slutninger, idet nemlig Ketteler angiver Vægtfylden af den draabeflydende Svovlsyrning til 1,4821 «*after Pierre*» ved den Temperatur, hvorved Forsøgene have været anstillede, som var  $24,1^{\circ}$  C. Af Pierres Formel (Ann. de chim. et pharm. t. 21), som kun gjælder for Varmegrader under  $-8^{\circ}$  C., findes for  $-10^{\circ}$  Vægtfylden 1,4889. Benyttes dernæst de af Drion (Ann. de chim. t. 56, Pogg. Ann. Bd. 105) angivne Udvidelseskoefficienter for højere Varmegrader, findes Vægtfylden ved  $24,1^{\circ}$  lig 1,36726. Efter Andréeff (Liebig's Ann. Bd. 110) er denne 1,36640, og tages Middeltallet af disse to Bestemmelser, erholdes 1,3668, som er meget lavere end det af Ketteler angivne Tal. Ved den nævnte Temperatur fandt K.  $n_{Li} = 1,33574$  og  $n_{Na} = 1,33835$ , hvoraf erholdes

$$P_{Li} = 0,15162, \quad P_{Na} = 0,15268, \quad \alpha = 0,00700.$$

For Svovlsyrningdampene angives endvidere

$$n_{Li} = 1,00068155, \quad n_{Na} = 1,00068601.$$

Mascart fandt for  $n_{Na}$  Tallet 1,0006820, medens Dulong's Forsøg give et ikke lidet lavere Resultat, nemlig 1,0006578. Af Kettelers Forsøg findes, idet Svovlsyrningdampenes Vægtfylde ved Normal-Tryk og Temperatur sættes lig 32 Gange Brintens eller 0,002866,

$$P_{Li} = 0,1585, \quad P_{Na} = 0,1596, \quad \alpha = 0,00650,$$

og af Dulong's Forsøg  $P_{Na} = 0,1530$ .

Der gjentager sig saaledes her for Svovlsyrningen ganske det samme, som jeg har fundet for alle de af mig undersøgte Stoffer, nemlig at Refraktionskonstanten voxer, Farvespredningskvotienten derimod aftager, begge Dele dog kun i ringe Grad, ved en Vædskes Overgang til Dampfornen.

Omstaaende Tabel indeholder de af mine Forsøg udledede Refraktionskonstanter for *Na*-Linien og Farvespredningskvotienter for *Na-Li*-Linierne, svarende til Vædskerne ved  $10^{\circ}$  og til  $20^{\circ}$  og til Dampene ved  $100^{\circ}$  C.

	$P_{Na} = \frac{n_{Na}^2 - 1}{n_{Na}^2 + 2} \cdot \frac{1}{D}$			$\alpha = \frac{P_{Na} - P_{Li}}{P_{Na}}$		
	10°	20°	100°	10°	20°	100°
Vand . . . .	0,20615	0,20608	0,2068	0,00611	0,00611	"
Alkohol . . .	0,28042	0,28066	0,2825	0,00535	0,00531	0,00522
Æther . . .	0,30264	0,30287	0,3068	0,00537	0,00538	0,00465
Chloroform .	0,17902	0,17909	0,1796	0,00592	0,00592	0,00522
Jodæthyl . .	0,15571	0,15578	0,1571	0,00893	0,00905	0,00844
Svovlkulstof.	0,28052	0,28086	0,2898	0,01405	0,01410	0,01369
Eddikeæther	0,25466	0,25493	0,2683	0,00537	0,00537	0,00470

