

STIKSTOFOXYDULE

IN DEN

VLOEIBAREN EN GASVORMIGEN TOESTAND.

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT,

DOOR

W. J. JANSSEN.



LEIDEN,
DE BREUK & SMITS.
1877.

Diss Leiden
1877 nr 17

~~247.~~
~~10. 4~~

RIJKSUNIVERSITEIT LEIDEN



0842 7424

STIKSTOFOXIDULE

IN DEN VLOEIBAREN EN GASVORMIGEN TOESTAND.

STIKSTOFXYDULE
IN DEN VLOEIBAREN EN GASVORMIGEN TOESTAND.

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT,

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN

Doctor in de Wis- en Natuurkunde,

AAN DE HOOGESCHOOL TE LEIDEN,

OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

Dr. P. VAN GEER,

HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER WIS- EN NATUURKUNDE,

VOOR DE FACULTEIT TE VERDEDIGEN

op Zaterdag den 30sten Juni 1877, des namiddags te 2 uren,

DOOR

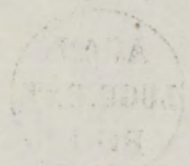
WILLEM JACOBUS JANSSEN,

GEBOREN TE LEEUWARDEN.

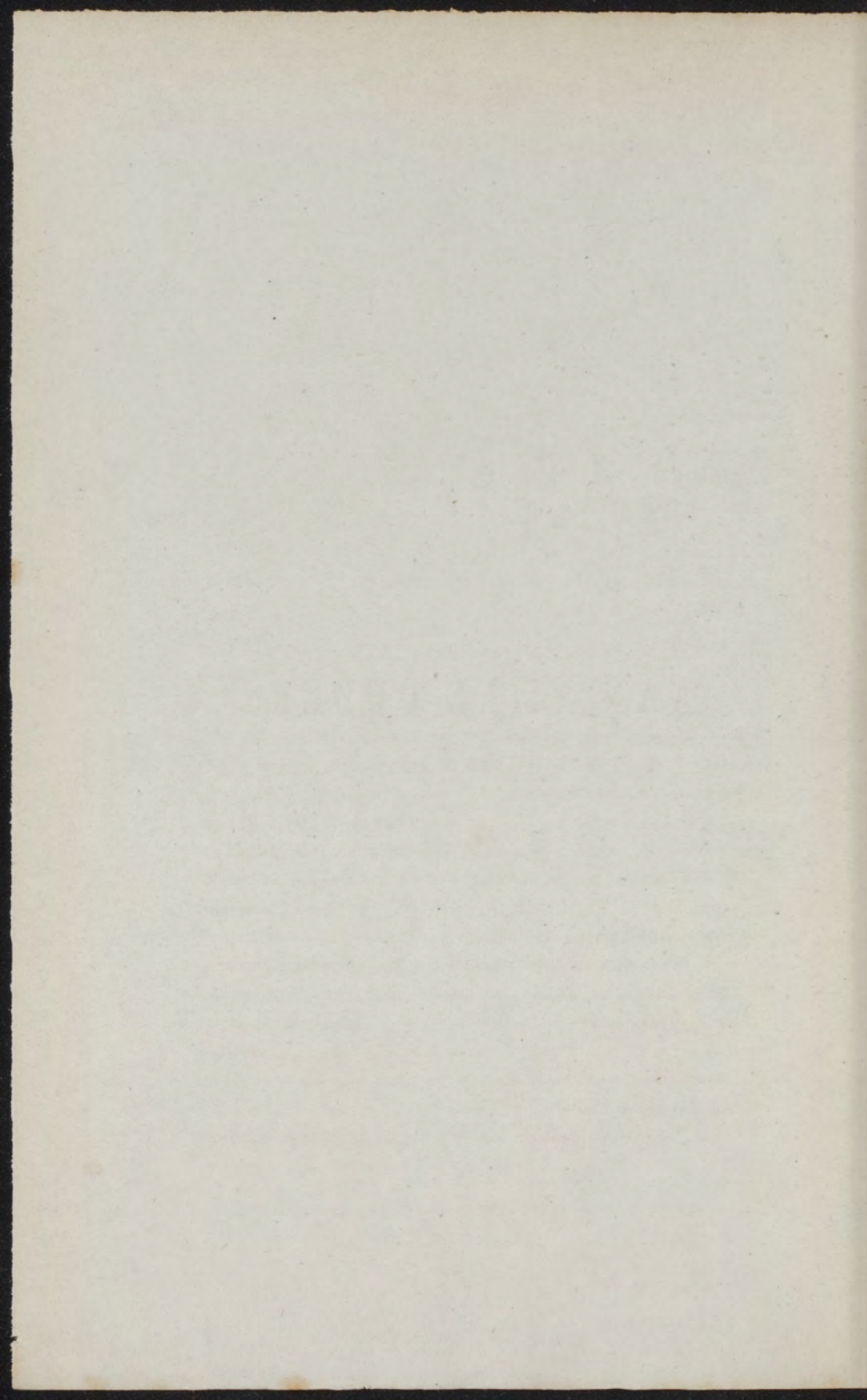
LEIDEN,
DE BREUK & SMITS.

1877.





AAN MIJNE OUDERS.



Het onderwerp van dit proefschrift werd reeds door mij, den 11^{den} September 1876 in de Physische en Mathematische Sectie van de Vergadering der British Association for the Advancement of Science te Glasgow, voorgedragen en in zijn geheel opgenomen in de Reports dier Vereeniging, welke eerstdaags in het licht zullen verschijnen.

Bij deze gelegenheid zij het mij vergund, een woord van welgemeenden dank te wijden aan allen, die tot mijne wetenschappelijke vorming hebben bijgedragen.

In de eerste plaats aan U, Hooggeleerde RIJKE, Hooggeachte Promotor, gevoel ik mij ten hoogste verplicht. Niet alleen voor het uitstekend onderwijs, dat ik van U heb mogen ontvangen, maar ook voor de buitengewone belangstelling en krachtige hulp mij door U, bij de samenstelling van dit proefschrift ten allen tijde bewezen, betuig ik mijn innigen dank.

Ook U, overige Hooggeleerden der Wis- en Natuurkundige Faculteit,

inzonderheid U, Hooggeleerde BIERENS DE HAAN, VAN GEER en VAN DE SANDE BAKHUYZEN, breng ik mijn hartelijken dank voor het voortreffelijk onderwijs en de vele blijken van welwillendheid, welke ik steeds van U ondervonden heb.

Veel ook ben ik U verplicht, Hooggeleerde FRANCHIMONT. Voor uwe zoo welwillend verleende hulp en belangstelling zal ik steeds erkentelijk blijven.

Ontvang ook Gij, Hooggeleerde ANDREWS, de verzekering van mijne oprechte dankbaarheid voor uwe zoo bereidwillig verleende hulp en voor de buitengewone welwillendheid, waarmede Gij mij steeds met raad en daad hebt bijgestaan, zoowel gedurende mijn verblijf ten uwent te Belfast, als later.

Ook aan U, Zeer Geleerde C. J. E. BRUTEL DE LA RIVIÈRE, van wiens groote ondervinding en ware belangstelling ik zoo ruimschoots heb mogen genieten, betuig ik mijn hartelijken dank.

De proeven van FARADAY *) over het vloeibaar maken van gassen hebben aangetoond, dat er geen wezenlijk onderscheid bestaat tusschen gassen en dampen: dat gassen, onder de gewone omstandigheden van drukking en temperatuur, dampen zijn zeer ver van hun condensatiepunt verwijderd. Met behulp van een bad van vast koolzuur en ether slaagde hij er in, alleen door afkoeling, verschillende gassen vloeibaar te maken, terwijl bij andere gassen, behalve afkoeling, ook nog vermeerdering van drukking noodzakelijk was. Het gelukte hem echter niet met zuurstof, stikstof, waterstof, stikstofoxyde en kooloxyde. Dr. ANDREWS †) heeft deze laatste vijf gassen ook blootgesteld aan de werking van groote drukking en lage temperatuur, zoo zelfs, dat bij -106° F. lucht gereduceerd werd tot $\frac{1}{6\frac{1}{6}}$ van het oorspronkelijk volumen, waarbij dus de densiteit weinig verschilde van die van water; geen der gassen echter vertoonde een spoor van vloeibaarwording. Evenmin slaagden CAILLETET en NAT-

*) Phil. Transact. for 1845.

†) Rep. of the Brit. Ass. Part II. 1861.

TERER. De laatste stelde eenige dezer gassen zelfs bloot aan een drukking van 2790 atmospheeren.

Ofschoon hieruit blijkt, dat de vijf bovengenoemde gassen niet vloeibaar gemaakt kunnen worden, zijn wij hierdoor echter niet gerechtigd, om dit als een bijzondere eigenschap dier gassen aantenemen, maar veelmeer, om dit aan de ontoereikendheid der gebruikte hulpmiddelen toetschrijven; het is hoogst waarschijnlijk dat de temperatuur, die vereischt wordt om deze gassen vloeibaar te maken, te laag en daardoor niet te bereiken is.

Later heeft Dr. ANDREWS *) koolzuur bij verschillende temperaturen aan hooge drukkingen blootgesteld. Door zijne proeven met dit gas is hij tot het belangrijke resultaat gekomen, dat gassen, dampen en vloeistoffen verschillende vormen van denzelfden aggregaattoestand zijn, en dat alzoo een stof, zonder verbreking van continuïteit, van den gasvormigen in den vloeibaren toestand kan overgaan.

De toestel voor deze proeven gebruikt, bestond uit twee holle rood koperen cylinders, die door een geel koperen dwarsbuis met elkaar gemeenschap hadden. Deze cylinders werden onderaan gesloten door ringvormige geel koperen eindstukken, die luchtdicht daarop geschroefd konden worden. In het midden van elk dezer eindstukken, in het verlengde van de as der cylinders, was met groote zorg een lange stalen schroef gepakt. De cylinders werden nu gevuld met water en het bovenende werd op dezelfde wijze gesloten, maar in het midden van elk dezer eindstukken was een

*) Phil. Transact. for 1869.

glazen buis gepakt, eveneens in het verlengde van de as der cylinders. Deze glazen buis bestond uit een zorgvuldig gecalibreerd capillair gedeelte, hetwelk uit den toestel te voorschijn kwam en een daaraan gesoldeerd wijder deel, dat met zijn open uiteinde gedompeld was in een buisje met kwik. Dit wijde gedeelte en het buisje met kwik bevonden zich in den toestel, het laatste rustte op een ijzeren cylinder, welke men in de cylinders kon brengen. Een der glazen buizen was gevuld met het te onderzoeken gas, de andere met lucht om als manometer te dienen. Door nu de stalen schroeven in de cylinders te schroeven, wordt drukking op het water uitgeoefend, waardoor het kwik in de glazen buis gedreven en het zich daarin bevindende gas samengedrukt wordt. Om het gas in de capillaire buizen op een bepaalde temperatuur te kunnen houden, worden ze elk omgeven door een geel koperen vat, in den vorm van een rechthoekig parallelepipedum, voor en achter door een plaat glas gesloten, hierdoor kan men een stroom water van bepaalde temperatuur laten gaan.

Bij de proeven kwam het kwik in het capillaire gedeelte der manometerbuis te voorschijn, wanneer de drukking ongeveer veertig atmosfeeren bedroeg, de volumina van de lucht en van het koolzuur werden nauwkeurig afgelezen door middel van een kathetometer. Houdt men nu het te onderzoeken gas op een constante temperatuur en meet de volumina, die het bij verschillende drukkingen inneemt, dan heeft men de gegevens om de isotherm van het gas bij die temperatuur te bepalen. Op deze wijze zijn voor kool-

zuur bepaald de isothermen van de temperaturen van 13° 1
21° 5, 31° 1, 32° 5, en 48° 1.

Bij temperaturen onder 31° neemt bij een, voor elke isotherm bepaalde drukking, het volumen van het koolzuur zeer snel af, terwijl zich boven het kwik een klein laagje vloeistof begint te vertoonen, waarbij de afscheiding tusschen het vloeibare en gasvormige koolzuur duidelijk waarneembaar is. Na het begin der vloeibaarwording is een vermeerdering in drukking van ongeveer 1,5 atmosfeer noodig om de geheele hoeveelheid gas vloeibaar te maken, deze kleine vermeerdering in drukking, die theoretisch niet moest plaats hebben, moet worden toegeschreven aan de tegenwoordigheid van $\frac{1}{1000}$ tot $\frac{1}{10000}$ lucht in het koolzuur. Bij 13° 1 begint koolzuur vloeibaar te worden bij een drukking van omstreeks 48.9 atmosfeeren, terwijl de geheele hoeveelheid vloeibaar is bij een drukking van omstreeks 50.4 atmosfeeren. Bij 21° 5 gaat het gas bij een drukking van nagenoeg 60 atmosfeeren in den vloeibaren toestand over. In den algemeenen vorm komen de isothermen van 13° 1 en 21° 5 bijna geheel overeen.

Maakt men nu alleen door drukking het koolzuur gedeeltelijk vloeibaar en laat terzelfder tijd de temperatuur langzaam stijgen, dan wordt de afscheiding tusschen het vloeibare en gasvormige koolzuur langzamerhand vlakker en minder duidelijk, tot dat zij ten laatste bij de temperatuur van 30° 92 geheel vlak wordt en verdwijnt, het vloeibare koolzuur is nu geheel gasvormig geworden en de ruimte is gevuld met een homogene massa. Bij een plotselinge vermindering in drukking of bij eene geringe temperatuursverlaging ziet men in

de massa een eigenaardig flikkerende beweging eenigszins overeenkomende met het verschijnsel, dat men waarneemt, wanneer vloeistoffen, wier specifiek gewicht verschillend is, gemengd worden. Deze flikkerende beweging wordt veroorzaakt door de groote veranderingen in densiteit, die bij deze temperatuur plaats hebben, zooals blijkt, dat bij een temperatuursverhooging van twee graden het volumen van het gas bijna verdubbeld wordt. De vorming van een witte wolk toont aan, dat de temperatuur gedaald is en dat er vloeistofvorming heeft plaats gehad. Deze temperatuur van $30^{\circ}.92$ is door ANDREWS de „kritische temperatuur” van koolzuur genoemd, het is de hoogste temperatuur, waarbij het gas vloeibaar kan gemaakt worden.

Bij de isothermen van eenige graden boven de kritische temperatuur, vermindert het volumen van het gas tamelijk regelmatig bij vermeerdering van drukking, maar bij de drukking, waarbij men zou kunnen verwachten, dat het gas in den vloeibaren toestand zou overgaan, heeft er nog een zeer groote vermindering in volumen plaats bij een kleine vermeerdering in drukking. Deze vermindering in volumen is evenwel niet zoo plotseling, als bij de vorming van vloeistof bij lagere temperaturen, de geheele hoeveelheid koolzuur blijft homogeen en gasvormig. Hoe hooger de temperatuur stijgt, hoe minder snel deze verandering in volumen plaats grijpt, tot dat zij bij $48^{\circ}.1$ nagenoeg verdwenen is. De isotherm van $48^{\circ}.1$ nadert die van een volkomen gas *),

*) Onder volkomen gas, verstaat men een gas, dat de wetten van BOYLE en GAY LUSSAC geheel volgt.

ofschoon de samendrukking nog veel sterker is, dan volgens de wet van BOYLE het geval moest zijn.

De overgang van koolzuur van den volkomen gasvormigen tot den volkomen vloeibaren toestand, kan door middel van een doorlopend proces tot stand gebracht worden.

Neem b. v. een gegeven volumen koolzuur, verwarm dit tot boven de kritische temperatuur en stel het bloot aan toenemende drukking, zoolang tot dat deze grooter is dan de drukking, die vereischt wordt, om het bij de gewone temperatuur der omgeving vloeibaar te maken, hierbij heeft een doorlopende vermindering in volumen plaats. Laat nu de temperatuur van het koolzuur dalen tot die der omgeving, dan zal hetgeen vroeger gas was nu vloeistof geworden zijn, terwijl nergens een plotselinge volumevermindering of warmte ontwikkeling heeft plaats gehad en de stof volkomen homogeen is gebleven. Dat het gas vloeistof geworden is, blijkt daaruit, dat het begint te koken bij vermindering van drukking.

Dezelfde verschijnselen, die bij de kritische temperatuur der gassen, en in het bijzonder bij koolzuur, door ANDREWS zijn waargenomen, waren reeds in 1822 opgemerkt door CAGNIARD DE LA TOUR bij verschillende vloeistoffen zooals ether, alcohol, zwavelkoolstof en water *). Bij verhitting in hermetisch gesloten glazen buisjes, gaan zij allen, bij

*) Ann. de Chim. et de Phys. 2ème Série. T. XXI et XXII.

Daar het water zich van het alkali van het glas meester maakt, waardoor dit laatste zijne doorschijnendheid verliest, kon de kritische temperatuur hier niet nauwkeurig bepaald worden; zij verschilt echter weinig van het smeltpunt van zink, dat is bij 410°.

een voor elke vloeistof bepaalde temperatuur en drukking, zonder plotselinge volumeverandering of warmte ontwikkeling, van den gewonen vloeistoofstoestand tot den gewonen gastoestand over. De eigenschappen, voor koolzuur gevonden, zullen dus algemeen moeten gelden voor alle stoffen, die als gassen of vloeistoffen kunnen voorkomen. Hierdoor is het onderscheid tusschen gassen, dampen en vloeistoffen volkomen bepaald. Onder de kritische temperatuur is een stof vloeistof of damp, naar gelang de drukking, die er op wordt uitgeoefend; boven die temperatuur is zij altijd gas. Volgens de proeven van CAGNIARD DE LA TOUR is dus ether boven $187^{\circ}.5$ altijd gas, eveneens zwavelkoolstof boven 262° , alcohol boven $258^{\circ}.7$ enz.

De kritische temperatuur kenmerkt zich bovendien nog door eenige belangrijke eigenschappen, reeds vroeger door WOLF *), DRION †) en MENDELEJEFF §) uit hunne onderzoekingen afgeleid. Zoo neemt de capillariteitsconstante der vloeistoffen bij verwarming evenredig af met de temperatuur, om bij de kritische temperatuur nul te worden. Daar nu de capillariteitscoëfficiënt de maat is voor de cohaesie der stof, zoo volgt hieruit, dat deze laatste grootheid alsdan ook nul zal zijn. Is nu de cohaesie der stof nul, dan is er geen warmte noodig, om die cohaesie te overwinnen, wanneer de vloeistof van den vloeibaren tot den gasvormigen toestand overgaat, of in andere woorden: de latente

*) Ann. de Chim. et de Phys. T. XLIX. 1857.

†) Idem T. LVI. 1859.

§) Ann. der Chim. und Pharm. Bd. CXIX. Zie ook: AVENARIUS. Pogg. Ann. Bd. CLI.

verdampingswarmte bij de kritische temperatuur is nul. Streng genomen is deze eigenschap niet juist, daar ook de moleculen van gassen aantrekking op elkaar uitoefenen.

Uit de eigenschap, dat de capillariteitsconstante evenredig afneemt met de temperatuur en bij de kritische temperatuur nul wordt, kan men deze laatste voor enkele stoffen bepalen: zoo b. v. volgt uit de formule van BRÜNNER *) voor de capillariteitsconstante van water tusschen 0° en 80°:

$a^2 = 15.332 - 0.0286 t$ voor $a^2 = 0$; $t = 535°.4$
en uit die van WOLF, tusschen 5° en 82°:

$a^2 = 101.803 - 0.185 t$ voor $a^2 = 0$; $t = 550°.3$

Voor ether volgt uit de formule van BRÜNNER:

$a^2 = 5.354 - 0.028 t$ voor $a^2 = 0$; $t = 191°.2$

Het resultaat voor ether stemt zeer goed met de waarneming overeen.

Bij verwarming der vloeistoffen in hermetisch gesloten glazen buisjes, ziet men, dat de temperatuur, waarbij zij van den vloeibaren tot den gasvormigen toestand overgaan, onafhankelijk is van de grootere of kleinere hoeveelheid vloeistof, die men in het buisje gebracht heeft. Daar nu bij grootere hoeveelheden vloeistof de drukking van den ingesloten damp ook grooter wordt, volgt hieruit, dat de vloeistof in damp overgaat, onafhankelijk van drukking en volumen.

Deze temperatuur werd door MENDELEJEFF het „absoluut kookpunt” van vloeistoffen genoemd.

Dezelfde soort proeven, als door Dr. ANDREWS met koolzuur genomen zijn, heb ik gedaan met stikstofoxydule.

*) Pogg. Ann. Bd. LXX.

Om de capillaire buizen, hiervoor gebezigd, te calibreeren, heb ik gebruik gemaakt van de volgende ook reeds door Dr. ANDREWS gebruikte methode.

Men brengt in de buis een zuiltje kwik, verschuift het, door verdichting of verdunning der lucht, tot aan het punt, van waar men begint te calibreeren en meet nauwkeurig de lengte, dan verschuift men dit calibreerzuiltje zoodanig, dat zijn boveinde op de plaats komt, waar zich het onderende te voren bevond en meet de lengte weer, aldus gaat men voort over de geheele lengte der buis.

Uit het gewicht van het kwikzuiltje g , en de temperatuur t , bij de meting, bepaalt men de capaciteit van het gedeelte der buis, dat door het kwik ingenomen wordt, door middel van de volgende formule:

$$c = g \frac{1 + 0.000155 t}{13.596}$$

waar 0.000155 de schijnbare uitzettingscoëfficiënt van kwik in glas en 13.596 het specifiek gewicht van kwik bij 0° voorstelt.

Daar de lengte van het calibreerzuiltje telkens gemeten wordt van af den top der meniscus, zal, indien de capaciteit der buis uit het gewicht van dit zuiltje kwik bepaald wordt, telkens de capaciteit der buis, begrepen tusschen haar wand en den top der meniscus, verwaarloosd worden. Om deze reden werd het gewicht van het calibreerzuiltje bepaald uit het gewicht van een grootere zuil kwik, wier lengte ongeveer gelijk was aan eenige malen die van het calibreerzuiltje.

Om de methode nauwkeuriger nategaan, diene het volgende voorbeeld, waar de uitkomsten van de calibratie van een der gebruikte capillaire buizen opgegeven worden:

A.			B.	C.
1) 18.59 mm.	18.58 mm.	18.61 mm.	18.593 mm.	0.17673 c.mm.
2) 18.57	18.54	18.57	18.560	0.17706
3) 18.53	18.55	18.54	18.540	0.17725
4) 18.56	18.58	18.59	18.577	0.17691
5) 18.48	18.49	18.52	18.497	0.17767
6) 18.41	18.43	18.42	18.420	0.17841
7) 18.40	18.43	18.42	18.417	0.17842
8) 18.42	18.41	18.43	18.420	0.17839
9) 18.43	18.46	18.46	18.450	0.17811
10) 18.395	18.40	18.42	18.405	0.17854
11) 18.39	18.39	18.40	18.393	0.17866
12) 18.40	18.45	18.42	18.423	0.17837
13) 18.44	18.44	18.45	18.443	0.17818
14) 18.42	18.43	18.46	18.437	0.17825
15) 18.43	18.42	18.44	18.430	0.17831
16) 18.38	18.40	18.40	18.393	0.17868
17) 18.34	18.36	18.37	18.357	0.17901
18) 18.34	18.32	18.32	18.337	0.17922
19) 18.35	18.35	18.36	18.353	0.17905
20) 18.35	18.40	18.40	18.383	0.17877
21) 18.40	18.42	18.42	18.413	0.17846
22) 18.43	18.43	18.44	18.433	0.17827
23) 18.47	18.465	18.49	18.475	0.17787
24) 18.49	18.51	18.51	18.503	0.17761

Onder A zijn de getallen opgegeven, die de achtereenvolgende lengten van de calibreerzuil in millimeters bij drie verschillende metingen voorstellen. Het gemiddelde dezer waarnemingen vindt men onder B opgegeven.

Om het gewicht van de calibreerzuil te vinden, brengt men een grootere zuil kwik in de buis en verschuift die zoolang, tot dat het eene uiteinde zich bevindt bij het punt, van waar men begonnen is te calibreeren. Zij de lengte dier zuil, bij de temperatuur, waarbij de calibratie volbracht is, dat is bij 13° , gelijk 415.30 mm., en haar gewicht gelijk 1004.29 mgr., dan zal een zuiltje kwik, ter lengte van 1 mm. gemiddeld $\frac{1004.29}{415.30} = 2.418$ mgr. wegen.

Uit kolom B vindt men nu voor de som der lengten van 23 achtereenvolgende calibreerzuiltjes, te tellen van af het beginpunt der calibratie, 424.149 mm., hieruit volgt de gemiddelde lengte van het calibreerzuiltje $\frac{424.149}{23} = 18.44$ mm.

Om nu het gewicht te vinden van een zuil kwik, die juist 23 maal zoo lang is als het calibreerzuiltje, moet men eerst het gewicht van een zuiltje kwik bepalen, waarvan de lengte is $424.15 - 415.30 = 8.85$ mm. en dat gelegen is op een afstand van 415.30 mm. van af het beginpunt van calibratie. Het gewicht van een zuiltje kwik van die lengte, zal gemiddeld $8.85 \times 2.418 = 21.40$ mgr. bedragen, maar daar in het gedeelte der buis, waar dit zuiltje zich bevindt, het calibreerzuiltje een lengte heeft van 18.475 mm., of 0.034 mm. grooter is dan de gemiddelde lengte (de buis is hier dus nauwer), zal het gewicht van het zuiltje van 8.85 mm. kleiner zijn dan het gemiddelde gewicht; dit ge-

middelde gewicht moet dus verminderd worden met $\frac{8.85}{18.44}$
 $\times 0.034 \times 2.418 = 0.04$ mgr., het ware gewicht zal dus
 zijn $21.40 - 0.04 = 21.36$ mgr., hieruit volgt het gewicht van
 het calibreerzuiltje gelijk $\frac{1004.29 + 21.36}{23} = 44.593$ mgr.

Twee andere bepalingen gaven 44.590 en 44.587 mgr.
 Het gemiddelde dezer drie bepalingen is dus 44.590 mgr.

Hieruit volgt de capaciteit voor het gedeelte der buis,
 ingenomen door het calibreerzuiltje:

$$c = 44.59 \frac{1 + 0.000155 \times 13}{13.596} = 3.2862 \text{ cub. millim.}$$

Hieruit vindt men de capaciteit voor elken millimeter der
 buis van af 0 tot 18.593 mm. gelijk $\frac{3.2862}{18.593} = 0.17673$ c mm.

van af 18.593 tot 37.153 mm. gelijk $\frac{3.2862}{18.560} = 0.17706$ c mm.

enz. Op deze wijze zijn de getallen onder de kolom C. be-
 rekend. De fout, die gemaakt wordt, door bij de berekening
 der proeven, gebruik te maken van de gemiddelde capaci-
 teit, zooals zij in kolom C wordt opgegeven, in plaats van
 de ware capaciteit, valt bij deze buizen binnen het bereik
 der waarnemingsfouten.

Daar nu de inhoud van de capillaire buis bekend is,
 kan men den inhoud der geheele buis, dat is van het capil-
 laire gedeelte en het daaraan gesoldeerde wijdere deel, be-
 palen uit het gewicht van een hoeveelheid kwik, die haar
 bij een bepaalde temperatuur, tot aan een nauwkeurig be-
 paald punt van de capillaire buis vult. Het wijde gedeelte
 was bij het uiteinde in de glasblazersvlam uitgetrokken, zoo-
 dat zijn middellijn ongeveer 1 à 2 mm. bedroeg, vervolgens

werd het vlak afgeslepen en, nadat de buis met kwik gevuld was, gesloten door een plaatje glas, waardoor het kwik belet werd er uit te vallen. Drie waarnemingen gaven voor de capaciteit der geheele buis

3106.59, 3106.56 en 3106.64 cub. millim.

Het kwik kwam bij de proeven in de capillaire buizen te voorschijn, wanneer de drukking ongeveer 40 atmospheren bedroeg.

Zooals men weet, is stikstofoxydule een gas, dat in physische eigenschappen een groote overeenkomst met koolzuur bezit, de proeven echter met stikstofoxydule genomen, vertoonden onregelmatigheden, die zich niet bij koolzuur voordeden. Om deze reden heb ik het noodig geoordeeld, eerst eenige proeven met dit laatste gas te doen, om na te gaan of deze onregelmatigheden moesten toegeschreven worden aan waarnemingsfouten, of aan het gas, dat ik gebruikte. De resultaten zijn vermeld in de volgende twee tabellen, waar δ de verhouding voorstelt van het volumen der samengeperste lucht in de manometerbuis, bij de temperatuur t der proef, tot het volumen der lucht bij dezelfde temperatuur en onder de drukking van een atmospheer; ϵ de overeenkomstige verhouding voor het koolzuur bij de temperatuur t' , en l het aantal volumina, die 17.000 volumina koolzuur gemeten bij 0° en bij een drukking van 760 millimeters, zouden innemen, bij de temperatuur, waarbij de waarneming gedaan werd, en bij de drukking aangewezen in de manometerbuis. Het getal 17.000 is hier in navolging van ANDREWS als eenheid aangenomen, om de proeven beter met elkaar te kunnen vergelijken.

TABEL I. — Koolzuur bij 21°.45.

δ	t	ε	t'	l
$\frac{1}{58.70}$	13°.18	$\frac{1}{105.70}$	21°.44	173.6
$\frac{1}{59.81}$	13°.18	$\frac{1}{113.20}$	21°.47	162.1
$\frac{1}{60.02}$	12°.26	$\frac{1}{164.20}$	21°.41	111.7
$\frac{1}{60.81}$	12°.26	$\frac{1}{311.15}$	21°.45	58.8
$\frac{1}{61.11}$	12°.26	$\frac{1}{350.40}$	21°.49	52.4
$\frac{1}{62.18}$	12°.46	$\frac{1}{427.13}$	21°.50	42.9

TABEL II. — Koolzuur bij 31°.15.

δ	t	ε	t'	l
$\frac{1}{64.52}$	10°.51	$\frac{1}{109.20}$	31°.20	173.6
$\frac{1}{67.82}$	10°.06	$\frac{1}{124.36}$	31°.19	152.4
$\frac{1}{69.43}$	10°.60	$\frac{1}{132.79}$	31°.19	142.8
$\frac{1}{70.60}$	10°.49	$\frac{1}{140.21}$	31°.13	135.2
$\frac{1}{72.03}$	10°.97	$\frac{1}{155.76}$	31°.11	121.7
$\frac{1}{73.36}$	10°.36	$\frac{1}{168.11}$	31°.18	112.8
$\frac{1}{74.80}$	10°.52	$\frac{1}{206.69}$	31°.14	91.7
$\frac{1}{75.20}$	10°.65	$\frac{1}{293.37}$	31°.13	64.6
$\frac{1}{77.04}$	10°.36	$\frac{1}{343.05}$	31°.15	55.3
$\frac{1}{78.86}$	10°.36	$\frac{1}{370.84}$	31°.19	51.1
$\frac{1}{81.66}$	10°.65	$\frac{1}{388.15}$	31°.17	48.8
$\frac{1}{84.40}$	10°.36	$\frac{1}{397.70}$	31°.15	47.4

Deze tabellen stemmen zeer goed overeen met de door ANDREWS gevonden tabellen voor dezelfde temperaturen, de grootste verschillen in drukking bedragen ongeveer 0.2 tot 0.3 atmosfeer.

Het is duidelijk, dat waar hier van drukking gesproken wordt, alleen de benaderde drukking bedoeld wordt, zooals zij is aangegeven door de samendrukking der lucht in de manometerbuis.

De drukking, waarbij het gas vloeibaar begint te worden, bij $21^{\circ}.47$ bedraagt 59.8 atmosfeeren, terwijl het oorspronkelijk volumen gemeten bij 0° en 760 millim. van 17.000 verminderd is tot 162; bij ANDREWS bedraagt deze drukking bij dezelfde temperatuur 60.05 atmosfeeren en het oorspronkelijk volumen is verminderd tot 160. Daar de hoeveelheid lucht in het koolzuur voorhanden bij mijne proeven ongeveer $\frac{1}{100}$ van het geheele volumen bedroeg, was er een vermeerdering in drukking noodig van omstreeks 2.4 atmosfeeren om de geheele hoeveelheid gas vloeibaar te maken, nl. van 59.8 tot 62.18 atmosfeeren.

De kritische temperatuur werd $0^{\circ}.5$ lager gevonden, nl. $30^{\circ}.87$.

De overeenkomst tusschen de proeven is dus zoo volkomen als bij het gebruik van verschillende thermometers en verschillend gecalibreerde capillaire buizen te verwachten was. De thermometers waren van GEISSLER en FASTRÉ verdeeld in $\frac{1}{10}$ graden en vergeleken met een zeer nauwkeurigen standaard thermometer.

In de volgende Tabellen hebben δ en ε dezelfde betekenis als te voren maar toegepast op stikstofoxydule, 1

echter duidt het aantal volumina aan, die 1000 volumina stikstofoxydule gemeten bij 0° en 760 millim. zouden innemen bij de temperatuur der proef en bij de drukking aangewezen in de manometerbuis. De proeven zijn genomen bij de volgende temperaturen 25°.2, 32°.2, 36°.4, 38°.4 en 43°.8.

TABEL I. — Stikstofoxydule bij 25°.15.

δ	t	ε	t'	l
$\frac{1}{51.50}$	5°.51	$\frac{1}{78.97}$	25°.09	13.83
$\frac{1}{56.15}$	5°.26	$\frac{1}{95.01}$	25°.11	11.50
$\frac{1}{57.83}$	5°.73	$\frac{1}{103.50}$	25°.16	10.56
$\frac{1}{59.44}$	4°.98	$\frac{1}{146.90}$	25°.19	7.44
$\frac{1}{60.76}$	4°.98	$\frac{1}{216.90}$	25°.19	5.04
$\frac{1}{62.30}$	4°.98	$\frac{1}{271.35}$	25°.19	4.03
$\frac{1}{63.84}$	4°.98	$\frac{1}{302.29}$	25°.19	3.61
$\frac{1}{65.34}$	4°.98	$\frac{1}{327.29}$	25°.19	3.34
$\frac{1}{66.80}$	4°.98	$\frac{1}{348.84}$	25°.19	3.10
$\frac{1}{68.55}$	4°.55	$\frac{1}{370.13}$	25°.17	2.95
$\frac{1}{70.56}$	4°.55	$\frac{1}{394.73}$	25°.14	2.77
$\frac{1}{72.92}$	5°.02	$\frac{1}{412.56}$	25°.19	2.65
$\frac{1}{73.68}$	4°.98	$\frac{1}{419.16}$	25°.19	2.61
$\frac{1}{76.04}$	4°.12	$\frac{1}{425.24}$	25°.19	2.57
$\frac{1}{84.65}$	4°.16	$\frac{1}{431.85}$	25°.19	2.53

TABEL II. — Stikstofoxydule bij 32°.2.

δ	t	ε	t'	l
$\frac{1}{45.11}$	8°.97	$\frac{1}{60.11}$	32°.17	18.62
$\frac{1}{47.85}$	7°.53	$\frac{1}{65.24}$	32°.28	17.16
$\frac{1}{51.29}$	6°.82	$\frac{1}{72.73}$	32°.21	15.39
$\frac{1}{55.70}$	5°.49	$\frac{1}{84.53}$	32°.17	13.24
$\frac{1}{57.54}$	5°.39	$\frac{1}{90.19}$	32°.21	12.41
$\frac{1}{62.61}$	5°.11	$\frac{1}{107.41}$	32°.21	10.42
$\frac{1}{64.86}$	5°.26	$\frac{1}{118.37}$	32°.19	9.45
$\frac{1}{67.45}$	6°.50	$\frac{1}{138.63}$	32°.28	8.07
$\frac{1}{67.63}$	5°.63	$\frac{1}{140.70}$	32°.20	7.95
$\frac{1}{68.13}$	4°.30	$\frac{1}{166.65}$	32°.29	6.71
$\frac{1}{69.92}$	4°.30	$\frac{1}{214.15}$	32°.23	5.23
$\frac{1}{72.87}$	4°.30	$\frac{1}{277.05}$	32°.21	4.04
$\frac{1}{76.29}$	4°.30	$\frac{1}{345.91}$	32°.26	3.23
$\frac{1}{80.11}$	4°.65	$\frac{1}{380.93}$	32°.21	2.93
$\frac{1}{84.09}$	4°.51	$\frac{1}{396.62}$	32°.21	2.82
$\frac{1}{85.92}$	4°.51	$\frac{1}{402.09}$	32°.23	2.78
$\frac{1}{91.31}$	4°.51	$\frac{1}{412.21}$	32°.21	2.71
$\frac{1}{94.56}$	4°.60	$\frac{1}{418.13}$	32°.11	2.67
$\frac{1}{101.02}$	4°.39	$\frac{1}{425.05}$	32°.46	2.64
$\frac{1}{117.04}$	4°.73	$\frac{1}{443.16}$	32°.46	2.52

Bij de temperatuur $25^{\circ}.16$ had het begin der vloeibaarwording plaats bij een drukking van 57.83 atmosfeeren, hierbij is echter de vermindering in volumen niet zoo plotseling, als bij de proeven met koolzuur het geval was, aangezien steeds een zekere hoeveelheid van een permanent gas met het stikstofoxydule vermengd bleek te zijn; een vermeerdering in drukking van ongeveer 16 atmosfeeren was noodzakelijk, om dit permanente gas samen te drukken tot het volumen van het vloeibare stikstofoxydule en het door de vloeistof te doen opsorpen. De geheele hoeveelheid gas was eerst vloeibaar bij een drukking van 73.68 atmosfeeren.

Hetzelfde had plaats bij de temperatuur $32^{\circ}.24$, het gas begon in den vloeibaren toestand overtegaan bij een drukking van 67.63 atmosfeeren, terwijl de geheele hoeveelheid vloeibaar was bij een drukking van 84.09 atmosfeeren.

Hierbij moet worden opgemerkt, dat de condensatie bij het begin der vloeibaarwording veel sneller plaats grijpt dan bij het einde, want de verhooging in drukking die noodig is om te condenseeren:

de eerste helft van het gas bedraagt ongeveer 2 atmosfeeren

het eerste $\frac{2}{3}$ gedeelte	"	"	"	3	"
" $\frac{9}{10}$	"	"	"	7.5	"
" $\frac{19}{20}$	"	"	"	11	"
" $\frac{29}{30}$	"	"	"	12.5	"

om dus het laatste $\frac{1}{30}$ van het gas door de vloeistof te doen absorbeeren, is een vermeerdering in drukking noodig van nagenoeg 4 atmosfeeren.

Ook in den geheel vloeibaren toestand ziet men, dat stik-

stofoxydule bijna even sterk wordt samengedrukt als koolzuur, bij verwarming zal dus ook de uitzettingscoëfficiënt zeer groot moeten zijn. Dit is een bevestiging van de resultaten, het eerst door THILORIER voor koolzuur en later door DRION *) verkregen, dat de uitzettingscoëfficiënt van vluchtige vloeistoffen bij hogere temperaturen zeer snel toeneemt, dat zij bij een temperatuur nog onder de kritische temperatuur gelegen, gelijk wordt aan die der gaspen en daarna nog verder toeneemt, zoodat zij bij de kritische temperatuur zelfs gelijk kan worden aan eenige malen de uitzettingscoëfficiënt der lucht.

*) Ann. de chim et de phys. T. 56 1859. Zie ook ANDREJEFF Idem.

TABEL III. Stikstofoxydule bij 36°.4.

δ	t	ε	t'	l
$\frac{1}{65.41}$	3°.14	$\frac{1}{110.87}$	36°.39	10.23
$\frac{1}{69.51}$	3°.67	$\frac{1}{130.45}$	36°.41	8.69
$\frac{1}{72.41}$	3°.12	$\frac{1}{151.32}$	36°.40	7.50
$\frac{1}{73.07}$	4°.90	$\frac{1}{159.42}$	36°.41	7.12
$\frac{1}{74.92}$	4°.42	$\frac{1}{208.20}$	36°.39	5.45
$\frac{1}{76.61}$	4°.63	$\frac{1}{245.08}$	36°.37	4.63
$\frac{1}{77.78}$	4°.68	$\frac{1}{282.31}$	36°.40	4.02
$\frac{1}{78.60}$	4°.72	$\frac{1}{309.36}$	36°.36	3.66
$\frac{1}{80.05}$	4°.90	$\frac{1}{345.30}$	36°.38	3.23
$\frac{1}{85.46}$	4°.94	$\frac{1}{369.42}$	36°.39	3.07
$\frac{1}{89.62}$	4°.75	$\frac{1}{383.56}$	36°.39	2.96
$\frac{1}{95.25}$	6°.80	$\frac{1}{397.99}$	36°.37	2.85
$\frac{1}{100.74}$	7°.41	$\frac{1}{411.51}$	36°.37	2.75
$\frac{1}{108.04}$	7°.49	$\frac{1}{420.85}$	36°.37	2.69
$\frac{1}{116.22}$	7°.54	$\frac{1}{431.35}$	36°.38	2.63

Deze reeks proeven werd genomen bij de temperatuur $36^{\circ}.4$, dat is bij omstreeks de kritische temperatuur van stikstofoxydule. Hierbij begon zich in sommige gevallen, bij een drukking van 73.07 atmospheeren, vloeistof te vertoonen, waarbij echter de afscheiding tusschen vloeistof en gas minder duidelijk was dan bij lagere temperaturen. In andere gevallen daarentegen, was in het geheel geen vloeistofvorming merkbaar, en eerst bij verlaging der temperatuur tot onder $36^{\circ}.3$, vertoonden zich de witte wolk en de kenmerkende flikkerende bewegingen, waarna de afscheiding tusschen vloeistof en gas zichtbaar werd. De hoogste temperatuur, waarbij nog vloeistofvorming kon waargenomen worden, was $36^{\circ}.7$, zoodat de kritische temperatuur van stikstofoxydule scheen te varieeren tusschen de grenzen $36^{\circ}.3$ en $36^{\circ}.7$, d. i. ongeveer $5^{\circ}.5$ hooger dan bij koolzuur.

TABEL IV. — Stikstofoxydule bij 38°.4.

δ	t	ε	t'	l
$\frac{1}{55.34}$	5°.72	$\frac{1}{78.79}$	38°.39	14.49
$\frac{1}{70.86}$	6°.48	$\frac{1}{131.56}$	38°.38	8.69
$\frac{1}{73.49}$	4°.61	$\frac{1}{145.36}$	38°.36	7.85
$\frac{1}{75.13}$	6°.50	$\frac{1}{160.56}$	38°.37	7.11
$\frac{1}{76.77}$	4°.35	$\frac{1}{176.58}$	38°.39	6.47
$\frac{1}{77.90}$	6°.59	$\frac{1}{201.11}$	38°.37	5.67
$\frac{1}{79.19}$	4°.89	$\frac{1}{224.94}$	38°.45	5.08
$\frac{1}{82.10}$	4°.85	$\frac{1}{302.81}$	38°.42	3.77
$\frac{1}{84.68}$	4°.08	$\frac{1}{336.07}$	38°.40	3.39
$\frac{1}{87.13}$	9°.19	$\frac{1}{356.20}$	38°.33	3.20
$\frac{1}{99.89}$	7°.48	$\frac{1}{396.72}$	38°.31	2.87
$\frac{1}{111.87}$	8°.22	$\frac{1}{419.31}$	38°.40	2.72
$\frac{1}{122.30}$	7°.99	$\frac{1}{432.94}$	38°.35	2.64
$\frac{1}{152.87}$	8°.19	$\frac{1}{460.87}$	38°.30	2.48
$\frac{1}{157.52}$	5°.84	$\frac{1}{461.18}$	38°.55	2.47

Uit de proeven van Tabel IV, genomen bij de temperatuur $38^{\circ}.4$, d. i. ongeveer twee graden boven de kritische temperatuur, ziet men, dat de samendrukbaarheid van het gas steeds toeneemt bij vermeerdering van drukking, tot dat zij bij drukkingen gelegen tusschen de 75 en 85 atmosfeeren, haar grootste waarde bereikt. De vermindering in volumen, die hier plaats heeft, is niet zoo sterk als bij de vorming van vloeistof bij lagere temperaturen. Bij nog grootere drukkingen wordt de samendrukbaarheid weer kleiner en schijnt bij omstreeks 150 atmosfeeren reeds kleiner te zijn dan die der lucht.

Bij hoogere temperaturen neemt de samendrukbaarheid sterk af, dit blijkt uit de vergelijking van de vorige Tabellen met de volgende, waar de proeven genomen zijn bij de temperatuur $43^{\circ}.8$. Men ziet, dat bij gelijkblijvende drukking, het volumen van het gas aanmerkelijk kleiner is bij hoogere temperaturen, dan bij lagere. Evenwel is hier nog een sterke vermindering in volumen merkbaar bij drukkingen boven de 80 atmosfeeren.

TABEL V. — Stikstofoxydule bij 43°.8.

δ	t	ϵ	t'	l
$\frac{1}{65.29}$	5°.91	$\frac{1}{100.72}$	43°.81	11.54
$\frac{1}{73.15}$	6°.18	$\frac{1}{127.68}$	43°.90	9.10
$\frac{1}{80.83}$	6°.45	$\frac{1}{170.03}$	43°.80	6.84
$\frac{1}{84.37}$	8°.80	$\frac{1}{209.38}$	43°.81	5.55
$\frac{1}{90.05}$	7°.69	$\frac{1}{289.11}$	43°.76	4.02
$\frac{1}{94.40}$	7°.55	$\frac{1}{329.59}$	43°.88	3.52
$\frac{1}{103.84}$	7°.61	$\frac{1}{375.16}$	43°.71	3.09
$\frac{1}{123.01}$	7°.79	$\frac{1}{416.49}$	43°.75	2.79

Om eenigermate den invloed na te gaan, die door de aanwezigheid van het permanente gas in het stikstofoxydule op de proeven wordt uitgeoefend, moet in de eerste plaats het bedrag hiervan bepaald worden. Dit geschiedde, door het gas onder water in een glazen buis op te vangen en aldus eenigen tijd te laten staan, na twee of drie dagen was al het stikstofoxydule opgeslorpt en het permanente gas bleef over in hoeveelheden afwisselende tusschen 3.5 tot 5 percent. Zooals wij reeds gezien hebben, is een vermeerdering in drukking van omstreeks 16 atmosfeeren noodig, om het gas van den gasvormigen tot

den vloeibaren toestand over te brengen; deze vermeerdering in drukking is niet constant, want bij andere proeven kon zij 20 of zelfs meer atmosferen bedragen. Bij koolzuur, dat $\frac{1}{500}$ tot $\frac{1}{1000}$ lucht bevatte, bedroeg deze vermeerdering 1.5 atmosfeer, terwijl bij een volkomen zuiver gas in het geheel geen vermeerdering in drukking kan plaats hebben. Stelt men nu, dat het $\frac{1}{25}$ van het geheele volumen, dat is 4 percent van het stikstofoxydule permanente gas is, dan zal de spanning hiervan, bij de drukking van 760 millim., 0.04 atmosfeer bedragen. Drukt men nu het stikstofoxydule bij de temperatuur $25^{\circ}.15$ samen, tot dat het gereduceerd is tot ongeveer het $\frac{1}{100}$ van zijn oorspronkelijk volumen, dat is tot het volumen, waarbij het vloeibaar begint te worden, dan zal de spanning van het permanente gas omstreeks 4 atmosferen bedragen. Is al het stikstofoxydule in den vloeibaren toestand overgegaan, dan bedraagt zijn volumen het $\frac{1}{20}$ van het oorspronkelijk volumen en het permanente gas oefent een spanning uit van nagenoeg 17 atmosferen; van af het begin der vloeibaarwording zou dan een vermeerdering in drukking van 13 atmosferen noodig zijn, om het permanente gas samen te drukken tot het volumen, dat het vloeibare stikstofoxydule inneemt, bovendien is drukking noodig om het gas door de vloeistof te doen absorbeeren, daar de absorptie evenredig is aan de drukking, waaronder het gas staat.

Ook de kritische temperatuur van zuiver stikstofoxydule zal eenigszins lager zijn dan de door de proef geleverde waarde, zooals blijkt uit latere door ANDREWS *) gedane

*) Phil. Magazine. 1876 I.

proeven, waarbij hij tot het besluit kwam, dat de kritische temperatuur door bijvoeging van permanente gassen verlaagd wordt. Voor koolzuur, dat vermengd is met $\frac{1}{10}$ van zijn volumen lucht of stikstof, daalde de kritische temperatuur verscheidene graden en voor een mengsel van 3 volumina koolzuur en 4 volumina stikstof daalde zij tot -20° .

Daar de spankracht der permanente gassen bij de temperaturen, waarbij de proeven genomen zijn, altijd grooter is dan die van stikstofoxydule, zullen de drukkingen, zooals zij in de Tabellen zijn opgegeven, allen eenigszins te hoog zijn. Dit heeft echter geen invloed op het algemeene resultaat.

Aan de aanwezigheid van dit permanente gas moeten ook de volgende onregelmatigheden, die zich bij de proeven voordeden, worden toegeschreven:

1^e. Bij gelijkblijvende temperatuur is de spanning van het gas veranderlijk.

2^e. De drukking, waarbij het gas in den vloeibaren toestand overgaat, is ook veranderlijk.

De verandering in spankracht van het gas is over het algemeen zeer klein en bedraagt omstreeks 0.2 of 0.3 atmosfeer; alleen in dien toestand, waarbij een groote vermindering in volumen plaats heeft bij een kleine vermeerdering in drukking, wordt zij grooter en kan dan zelfs de waarde van 2 atmosfeeren bereiken, zooals blijkt uit de volgende proeven, genomen bij verschillende temperaturen en drukkingen. Wanneer men het gas eenigen tijd bij gelijkblijvende temperatuur en drukking heeft laten staan, dan wordt de spankracht meer constant.

Stikstofoxydule bij 25°.1.

δ	t	ϵ	t'	l
$\frac{1}{44.97}$	8°.26	$\frac{1}{62.55}$	25°.01	17.46
$\frac{1}{45.21}$	7°.13	$\frac{1}{62.64}$	25°.00	17.44
$\frac{1}{51.39}$	8°.47	$\frac{1}{78.99}$	25°.09	13.83
$\frac{1}{51.59}$	4°.19	$\frac{1}{78.94}$	25°.09	13.84
$\frac{1}{51.62}$	3°.87	$\frac{1}{78.98}$	25°.09	13.83
$\frac{1}{55.72}$	10°.37	$\frac{1}{94.12}$	25°.21	11.62
$\frac{1}{55.84}$	8°.03	$\frac{1}{94.19}$	25°.27	11.61
$\frac{1}{55.97}$	8°.10	$\frac{1}{94.20}$	25°.30	11.61
$\frac{1}{56.01}$	8°.20	$\frac{1}{94.20}$	25°.30	11.61
$\frac{1}{56.03}$	7°.43	$\frac{1}{95.41}$	25°.09	11.46
$\frac{1}{56.11}$	4°.04	$\frac{1}{94.49}$	25°.14	11.57
$\frac{1}{56.30}$	4°.08	$\frac{1}{95.41}$	25°.09	11.46

Stikstofoxydule bij 36°.4.

δ	t	ε	t'	l
$\frac{1}{65.36}$	3°.30	$\frac{1}{110.86}$	36°.4	10.24
$\frac{1}{65.45}$	3°.29	$\frac{1}{110.88}$	36°.4	10.24
$\frac{1}{72.88}$	7°.02	$\frac{1}{159.43}$	36°.37	7.12
$\frac{1}{73.29}$	7°.02	$\frac{1}{159.40}$	36°.38	7.12
$\frac{1}{78.41}$	5°.14	$\frac{1}{309.64}$	36°.35	3.66
$\frac{1}{78.80}$	4°.66	$\frac{1}{309.08}$	36°.37	3.67
$\frac{1}{89.06}$	8°.67	$\frac{1}{383.51}$	36°.40	2.96
$\frac{1}{90.21}$	4°.89	$\frac{1}{383.67}$	36°.40	2.96
$\frac{1}{100.12}$	7°.71	$\frac{1}{411.56}$	36°.42	2.76
$\frac{1}{102.05}$	7°.07	$\frac{1}{411.83}$	36°.35	2.75

Stikstofoxydule bij 38°.4.

δ	t	ε	t'	l
$\frac{1}{55.27}$	8°.49	$\frac{1}{78.82}$	38°.40	14.49
$\frac{1}{55.35}$	8°.47	$\frac{1}{78.83}$	38°.37	14.49
$\frac{1}{70.72}$	7°.43	$\frac{1}{131.54}$	38°.37	8.68
$\frac{1}{71.01}$	5°.43	$\frac{1}{131.57}$	38°.40	8.68
$\frac{1}{77.25}$	5°.79	$\frac{1}{205.05}$	38°.29	5.56
$\frac{1}{77.75}$	8°.37	$\frac{1}{205.09}$	38°.35	5.56
$\frac{1}{78.05}$	4°.81	$\frac{1}{197.13}$	38°.40	5.79

Dat de drukking, die noodig is om het gas vloeibaar te maken, veranderlijk is, volgt uit de volgende waarnemingen gedaan bij de temperatuur $25^{\circ}.19$, waarbij het grootste verschil in drukking 1.4 atmosfeer bedraagt.

δ	t	ε	t'	l
$\frac{1}{58.70}$	$4^{\circ}.57$	$\frac{1}{108.06}$	$25^{\circ}.17$	10.11
$\frac{1}{57.95}$	$4^{\circ}.93$	$\frac{1}{104.03}$	$25^{\circ}.18$	10.51
$\frac{1}{57.83}$	$4^{\circ}.38$	$\frac{1}{103.68}$	$25^{\circ}.19$	10.54
$\frac{1}{57.78}$	$4^{\circ}.34$	$\frac{1}{102.35}$	$25^{\circ}.19$	10.68
$\frac{1}{57.29}$	$8^{\circ}.65$	$\frac{1}{101.01}$	$25^{\circ}.09$	10.81
$\frac{1}{57.42}$	$7^{\circ}.54$	$\frac{1}{101.84}$	$25^{\circ}.19$	10.74

De volgende reeks proeven is genomen in den loop van een dag, de drukkingen toonen geen regelmatige vermeerdering of vermindering aan, de veranderlijkheid schijnt dus niet aan een bepaalde wet onderworpen te zijn. Ook het volumen van het gas, bij het begin der vloeibaar worden, is zeer veranderlijk. Het grootste verschil in drukking bedraagt hier nagenoeg 1.7 atmosfeer bij de temperatuur $25^{\circ}.34$.

δ	t	ε	t'	l
$\frac{1}{58.86}$	7°.84	$\frac{1}{111.36}$	25°.34	9.82
$\frac{1}{58.75}$	7°.59	$\frac{1}{107.82}$	25°.24	10.14
$\frac{1}{59.16}$	7°.51	$\frac{1}{109.07}$	25°.57	10.03
$\frac{1}{57.53}$	7°.82	$\frac{1}{101.40}$	25°.23	10.78
$\frac{1}{57.57}$	8°.47	$\frac{1}{103.52}$	25°.40	10.57
$\frac{1}{57.85}$	8°.46	$\frac{1}{103.35}$	25°.24	10.58
$\frac{1}{57.80}$	8°.41	$\frac{1}{103.35}$	25°.30	10.58
$\frac{1}{58.12}$	8°.41	$\frac{1}{104.30}$	25°.39	10.49
$\frac{1}{57.10}$	- 8°.44	$\frac{1}{103.00}$	25°.35	10.61

Bij 32°.2 beliep het grootste verschil in drukking ongeveer 2 atmosfeeren, de meest uiteenlopende waarden zijn opgegeven in de volgende Tabel.

δ	t	ε	t'	l
$\frac{1}{66.95}$	6°.96	$\frac{1}{134.09}$	32°.21	8.35
$\frac{1}{68.91}$	5°.67	$\frac{1}{157.20}$	32°.21	7.12
$\frac{1}{67.85}$	5°.75	$\frac{1}{141.74}$	32°.21	7.89
$\frac{1}{67.32}$	5°.35	$\frac{1}{139.83}$	32°.22	8.01
$\frac{1}{67.73}$	5°.67	$\frac{1}{139.14}$	32°.23	8.05
$\frac{1}{67.79}$	7°.43	$\frac{1}{139.07}$	32°.61	8.06
$\frac{1}{67.87}$	8°.14	$\frac{1}{139.15}$	32°.82	8.05

Deze onregelmatigheden moeten waarschijnlijk toegeschreven worden aan het verschil in spankracht van het stikstofoxydule en het daarmede vermengde permanente gas, aangezien het zeer wel mogelijk is, dat bij een snelle vermindering in volumen, de diffusie der twee gassen niet volkomen of de geheele massa van het gas niet homogeen is. Misschien, dat ook de adhaesie van het stikstofoxydule aan de wanden van het glas van eenigen invloed is, even als bij etherdamp en waterdamp in bijna luchtledige ruimten bij de onderzoekingen van HERWIG *) gebleken is.

*) Pogg. Ann. Bd. CXXXVII.

Afgezien van den invloed door het permanente gas op de proeven uitgeoefend, worden de wetten van den gastoestand, door ANDREWS gevonden, door deze onderzoekingen volkomen bevestigd. De groote physische overeenkomst tusschen koolzuur en stikstofoxydule blijkt ook hier, daar de samendrukbaarheid der beide gassen bijna gelijk is voor de temperaturen, die op nagenoeg gelijken afstand van de kritische temperatuur gelegen zijn.

Het stikstofoxydule, bij de vorige proeven gebruikt, werd bereid door zuivere salpeterzure ammonia zacht te verwarmen. Volgens BERZELIUS smelt het zout bij 108°, kookt bij 180° en wordt tusschen 230° en 250° ontleed in water en stikstofoxydule (volgens LEGRAND heeft deze ontleding plaats tusschen 190° tot 200°). Bij deze laatste temperatuur wordt een klein gedeelte der salpeterzure ammonia gesublimeerd. De verwarming geschiedde door middel van een tinbad, omdat bij een gas of spiritusvlam onregelmatige of te groote plaatselijke verhittingen konden voorkomen, waardoor een gedeelte van het zout ontleed zou kunnen worden in ammoniak, stikstofoxyde en salpeterigzure ammonia. De temperatuur der ontleding kwam overeen met die van het smeltpunt van tin.

Het aldus gevormde stikstofoxydule werd geleid door een sterke oplossing van bijtende kali en door zwavelzuur; de bijtende kali ontleedt het mechanisch overgevoerde zout en houdt salpeterzuur terug, terwijl het zwavelzuur de vrije ammoniak opslorpt en het gas droogt. Om den invloed der diffusie naar buiten zooveel mogelijk te beletten, werden de caoutshouk-verbindingen besmeerd met een oplossing van asphalt en teer.

Om de glazen buis, waarmede de proeven gedaan moesten worden, te vullen, werd er gedurende vijf of zes uren een stroom gas doorgeleid, zoodat men zeker kon zijn, dat de lucht geheel verdreven was, vervolgens werd het capillaire uiteinde dichtgeblazen en na de temperatuur en den barometerstand waargenomen te hebben, werd het ondereinde der buis in kwik gedompeld; uit den inhoud der buis, die bekend is, kon men nu het volumen van het gas bij 0° en 760 millim. berekenen. De middellijn der capillaire buis bij deze proeven bedroeg nagenoeg 0.45 millim., een kwikdrukking van 90 of 100 millim. was voldoende, om er het gas in een matigen stroom door te leiden.

In sommige gevallen werd de buis gevuld door haar met de luchtpomp te verbinden, leeg te pompen en daarna met het gas te vullen; wanneer deze bewerking achtereenvolgens 20 of 30 malen herhaald was, kon men ook zeker zijn, dat alle lucht verdreven was.

Het permanente gas, dat met het stikstofoxydule vermengd is, zou nu kunnen zijn stikstofoxyde, zuurstof of stikstof of een mengsel dezer gassen.

Dat stikstofoxyde niet aanwezig was bleek, doordat een oplossing van zwavelzuur ijzeroxydule, bij het doorstromen van stikstofoxydule, niet van kleur veranderde.

Een sterke oplossing van pyrogalluszuur en bijtende kali, bij elkaar gevoegd zonder toetreding der lucht, toonde ook geen kleursverandering aan, wanneer het gas er twee uren of langer doorstroomde, een bewijs, dat er geen vrije zuurstof (dus ook geen lucht) aanwezig was.

Het eenige permanente gas, dat verder ontwikkeld zou

kunnen worden, is stikstof. Het is bekend, dat salpeterzure ammonia in aanraking met platinazwam, bij omstreeks 160° , ontleed wordt in stikstof, salpeterzuur en water; deze ontleding van een klein gedeelte van het zout zou hier kunnen veroorzaakt worden door de ruwheid of de oneffenheid van de wanden der retort. De onderstelling, dat een gedeelte van het gas stikstof is, zoude bevestigd moeten worden door de door proefneming verkregen waarde van het specifiek gewicht. Bepaalt men het theoretisch specifiek gewicht van het gas, door de waarden van het specifiek gewicht van zuurstof en stikstof door REGNAULT gevonden, tot grondslag te nemen, nl.

$$\text{stikstof} = 0.9714 \text{ en zuurstof} = 1.1056.$$

dan vindt men:

$$\text{stikstofoxydule} = 1.524.$$

Volgens DULONG bedraagt het 1.527.

Onderstelt men nu, dat $\frac{1}{5}$ van het oorspronkelijk volumen, of 4 percent van het stikstofoxydule stikstof is, dan zoude het specifiek gewicht aanmerkelijk kleiner moeten gevonden worden nl. gelijk 1.503, een verschil van 0.02 met de theoretische waarde opleverende. Ofschoon de methode, voor de bepaling van het specifiek gewicht, door BUNSEN in zijne „Gasometrische Methoden” aangegeven, niet toelaat een grooten graad van nauwkeurigheid te bereiken, zal dit verschil toch altijd door de waarneming geleverd kunnen worden, indien alle voorzorgen bij de proef zooveel mogelijk in acht genomen worden.

De ballon, tot dit doel gebruikt, had een inhoud van omstreeks 200 cub. centim., hij eindigde in een ongeveer 40

millim. langen hals, waarop een millimeterverdeeling was aangebracht, zijn inhoud tot elk dezer verdeelingen was nauwkeurig bepaald. Nadat de ballon met kwik gevuld en omgekeerd in een kwikbak geplaatst was, zoodanig dat de hals volkomen verticaal kwam te staan, laat men stikstof-oxydule instroomen, zoolang totdat het niveau van het kwik in den hals, eenige deelstrepen hooger aan de verdeeling staat dan het kwik in den kwikbak. Heeft nu de toestel de constante temperatuur t , bij den barometerstand P aangenomen, dan leest men door een kijker de hoogte p van de kwikzuil in den hals des ballons, boven het niveau van het kwik in den kwikbak af. Daar de hals een middellijn had van ongeveer 6 millim., moest, bij de bepaling van deze hoogte, de capillaire depressie van het kwik in rekening gebracht worden. Uit den inhoud van den ballon bepaalt men nu het volumen van het gas V_1 , bij de temperatuur t en de drukking $P-p$, dit volumen bij 0° a 760 mm. zal dus zijn:

$$\frac{V_1 (P-p)}{760 (1 + 0.00372 t)} = V \text{ cub. centim.}$$

Om het gewicht van dit volumen gas te bepalen, sluit men den ballon luchtdicht en weegt hem, nadat hij de temperatuur der balans t_1 , bij den barometerstand P_1 , heeft aangenomen, zij dit gewicht G_1 grammen. Dan vervangt men het gas door droge lucht en weegt weer, zij dit gewicht G_2 grammen, dan volgt hieruit het gewicht van V cub. centim. van het gas:

$$G = G_1 - G_2 + \frac{V_1 P_1}{773.526 \times 760 (1 + 0.00366 t_1)}$$

en dus het specifiek gewicht: $S = 773.526 \frac{G}{V}$.

Hier stelt het getal 773.526 het aantal cub. centim. voor, ingenomen door één gram droge lucht bij 0°, onder een breedte van 45°, volgens de bepaling van REGNAULT.

Om bij de bepaling van de temperatuur van het gas, de luchtstromingen zooveel mogelijk te vermijden, werd de ballon door glazen schermen omgeven. Door een kijker werd de temperatuur afgelezen van twee thermometers, ter weerszijden van den ballon geplaatst; de aflezingen geschieden, wanneer de thermometers eenigen tijd constant waren geweest, het verschil was hoogstens 0°.04. Door het gemiddelde der twee aflezingen te nemen, kon men zeker zijn, dat de hierdoor veroorzaakte fout zeer klein was.

Bij de gewichtsbepaling werd de ballon nagenoeg 1 à 2 uren voor de weging in de balans gezet, om nauwkeurig de temperatuur daarvan aantenemen. De correctie voor de weging in de lucht werd ook in rekening gebracht.

Vier bepalingen gaven de volgende waarden:

1.531 , 1.525 , 1.529 en 1.527

het gemiddelde hiervan is 1.528, een waarde, die zeer wel met het theoretisch specifiek gewicht overeenkomt.

Hieruit zou dus moeten volgen, òf, dat het gebruikte gas zuiver was, hetgeen wij gezien hebben, dat het geval niet is, òf, dat het specifiek gewicht van het bijgemengde permanente gas ongeveer gelijk is aan dat van stikstofoxydule, dat het dus geen stikstof is.

Daar het niet gelukte het gas zuiver te bereiden door verwarming van salpeterzure ammonia, heb ik getracht het

te krijgen van vloeibaar stikstofoxydule, zooals het in groote hoeveelheden in Londen gemaakt wordt en verkregen kan worden in ijzeren flesschen. Bij de ontwikkeling van het gas zouden de permanente gassen eerst moeten ontwijken en het stikstofoxydule zuiver achterblijven. De uitslag echter beantwoordde niet aan deze verwachting; de proeven met dit gas genomen gaven nagenoeg dezelfde resultaten als te voren.

Om de samenstelling van het gebruikte stikstofoxydule te leeren kennen, werd een analyse van het gas bewerkstelligd, volgens een eenigszins gewijzigde methode van FRANKLAND en WARD. De toestel bestond uit een U-vormig omgebogen glazen buis, waarvan de middellijn ongeveer 15 millim. bedroeg, de eene arm was open, terwijl de andere arm, waarop een millimeterverdeeling was aangebracht, als eudiometerbuis diende en door middel van een nauw glazen buisje met de absorptiebuis verbonden was, in deze verbindingsbuis waren twee kranen aangebracht, een aan het uiteinde der eudiometerbuis en de andere bij de absorptiebuis. Daar dit buisje niet capillair was, zooals bij den toestel van FRANKLAND en WARD, zouden kleine gasbelletjes tusschen de wanden van het glas en het kwik kunnen blijven hangen, die dan, bij het inbrengen van een ander gas in de eudiometerbuis, medegevoerd zouden kunnen worden en hierdoor een kleine fout in het resultaat veroorzaken. Dat deze fout klein is, blijkt uit de luchtanalysen, die vrij voldoende uitkomsten opleveren.

Om het kwik in de beide armen der U-vormige buis op dezelfde hoogte te houden, en zich dus onafhankelijk te

maken van de drukking der lucht, was bij de kromming een glazen buisje gesoldeerd, waaraan door middel van een lange caoutshouk buis een vat met kwik bevestigd was, dat op en neer bewogen kon worden. Bij de proeven was de toestel door stroomend water omgeven.

De waterstof, bij deze analyses gebruikt, werd zuiver verkregen door de electrolytische ontleding van water en de zuurstof werd bereid door de verwarming van kwikoxyde. Om zeker te zijn, dat hierbij geen ontwikkeling van stikstof plaats had, werd kwikoxyde genomen, verkregen door chloridkwik met kali neer te slaan.

Drie luchtanalyses gaven de volgende resultaten:

1.

Volumen der gebruikte lucht	158.44.
Volumen na toevoeging van waterstof	273.60.
Volumen na de explosie	174.25.

Bij het overspringen der electriche vonk, verbindt zich al de zuurstof der lucht met een gedeelte der toegevoegde waterstof tot water, hierdoor wordt een contractie veroorzaakt, die gelijk is aan $273.60 - 174.25 = 99.35$, de hoeveelheid zuurstof in de lucht bevat is dus gelijk $\frac{99.35}{3} = 33.12$

In 100 deelen lucht hebben wij dus:

zuurstof	20.90
stikstof	79.10
	<hr/>
	100.00

40

2

Volumen der gebruikte lucht	121.39
Volumen na toevoeging van waterstof	219.66
Volumen na de explosie	143.67

Hieruit volgt :

zuurstof	20.86
stikstof	79.14
	<hr/>
	100.00

3

Volumen der gebruikte lucht	150.36
Volumen na toevoeging van waterstof	282.38
Volumen na de explosie	188.46

Hieruit volgt :

zuurstof	20.82
stikstof	79.18
	<hr/>
	100.00

Voor de analyse van stikstofoxydule werd het gas gebruikt, dat verkregen werd van vloeibaar stikstofoxydule, en het gas verkregen door verhitting van salpeterzure ammonia.

I. Gas verkregen van vloeibaar stikstofoxydule.

1

Volumen van het gebruikte stikstofoxydule	117.39
Volumen na toevoeging van waterstof	263.62
Volumen na de explosie	149.12
Volumen na toevoeging van zuurstof	206.88
Volumen na de explosie	160.19

Uit deze waarnemingen volgt het volumen der waterstof gelijk $263.62 - 117.39 = 146.23$, het volumen der zuurstof gelijk $206.88 - 149.12 = 57.76$ en de contractie na de tweede explosie gelijk $206.88 - 160.19 = 46.69$.

Bij de eerste explosie verbindt zich al de zuurstof van het stikstofoxydule met een gedeelte der toegevoegde waterstof tot water, het volumen, dat alsdan overblijft, bestaat uit al de stikstof, die in het gas bevat is, en uit waterstof. Door bij dit volumen een bepaalde hoeveelheid zuurstof te brengen en de electricische vonk te laten overspringen, verbindt zich al de nog aanwezige vrije waterstof met zuurstof, en het overblijvende volumen bestaat nu alleen uit stikstof en zuurstof, waarin de hoeveelheid zuurstof gelijk is aan $57.76 - \frac{1}{3} \times 46.69 = 42.20$. De hoeveelheid stikstof, in het gas bevat, is dus gelijk $160.19 - 42.20 = 117.99$, een verschil gevende van 0.6 met het volumen van het gebruikte stikstofoxydule.

De hoeveelheid waterstof, die na de eerste explosie overbleef, is gelijk $\frac{2}{3} \times 46.69 = 31.12$, hieruit volgt voor de hoeveelheid waterstof, die noodig is, om zich met de zuurstof van het gas te verbinden $146.23 - 31.12 = 115.11$. Deze hoeveelheid zuurstof is dus gelijk aan $\frac{115.11}{2} = 57.55$, de theoretische waarde is echter $\frac{117.39}{2} = 58.69$, het verschil is dus 1.14.

In 100 volumina van het gas vinden wij nu:

	waargenomen	berekend	verschil
stikstof . . .	100.52	100	+ 0.52
zuurstof . . .	49.02	50	- 0.98

Volumen van het gebruikte stikstofoxydule	116.93
Volumen na toevoeging van waterstof	266.20
Volumen na de explosie	151.69
Volumen na toevoeging van zuurstof	207.19
Volumen na de explosie	155.71

Hieruit volgt:

	waargenomen	berekend	verschil
stikstof	100.38	100	+ 0.38
zuurstof	49.15	50	— 0.85

Volumen van het gebruikte stikstofoxydule	126.42
Volumen na toevoeging van waterstof	284.38
Volumen na de explosie	160.55
Volumen na toevoeging van zuurstof	217.53
Volumen na de explosie	167.25

Hieruit volgt:

	waargenomen	berekend	verschil
stikstof	100.49	100	+ 0.49
zuurstof	49.22	50	— 0.78

Volumen van het gebruikte stikstofoxydule	149.39
Volumen na toevoeging van waterstof	345.92
Volumen na de explosie	199.65
Volumen na toevoeging van zuurstof	326.34
Volumen na de explosie	252.43

Hieruit volgt:

	waargenomen	berekend	verschil
stikstof . .	100.60	100	+ 0.60
zuurstof . .	49.28	50	— 0.72

II. Stikstofoxydule bereid door verhitting van salpeterzure ammonia.

1

Matige gasontwikkeling.

Volumen van het gebruikte stikstofoxydule .	128.20
Volumen na toevoeging van waterstof . . .	297.05
Volumen na de explosie	171.29
Volumen na toevoeging van zuurstof	229.80
Volumen na de explosie	166.58

Hieruit volgt:

	waargenomen	berekend	verschil
stikstof . .	100.73	100	+ 0.73
zuurstof . .	49.42	50	— 0.58

2

Matige gasontwikkeling

Volumen van het gebruikte stikstofoxydule .	123.33
Volumen na toevoeging van waterstof . . .	283.23
Volumen na de explosie	162.73
Volumen na toevoeging van zuurstof	223.21
Volumen na de explosie	165.09

Hieruit volgt :

	waargenomen	berekend	verschil
stikstof . .	100.54	100	+ 0.54
zuurstof . .	49.12	50	— 0.88

3

Snelle gasontwikkeling.

Volumen van het gebruikte stikstofoxydule .	156.81
Volumen na toevoeging van waterstof . . .	343.27
Volumen na de explosie	190.66
Volumen na toevoeging van zuurstof . . .	265.66
Volumen na de explosie	218.80

Hieruit volgt :

	waargenomen	berekend	verschil
stikstof . .	101.66	100	+ 1.66
zuurstof . .	49.49	50	— 0.51

4

Sterke gasontwikkeling.

Volumen van het gebruikte stikstofoxydule .	147.50
Volumen na toevoeging van waterstof . . .	340.10
Volumen na de explosie	196.15
Volumen na toevoeging van zuurstof . . .	290.78
Volumen na de explosie	220.13

Hieruit volgt :

	waargenomen	berekend	verschil
stikstof . .	101.05	100	+ 1.05
zuurstof . .	49.32	50	— 0.68

Zachte gasontwikkeling.

Volumen van het gebruikte stikstofoxydule	165.52
Volumen na toevoeging van waterstof	363.19
Volumen na de explosie	200.91
Volumen na toevoeging van zuurstof	271.40
Volumen na de explosie	221.67

Hieruit volgt:

	waargenomen	berekend	verschil
stikstof	101.34	100	+ 1.34
zuurstof	49.69	50	— 0.31

Zachte gasontwikkeling.

Volumen van het gebruikte stikstofoxydule	160.23
Volumen na toevoeging van waterstof	357.88
Volumen na de explosie	202.91
Volumen na toevoeging van zuurstof	272.54
Volumen na de explosie	211.27

Hieruit volgt:

	waargenomen	berekend	verschil
stikstof	101.14	100	+ 1.14
zuurstof	48.94	50	— 1.06

Ofschoon volgens deze verschillende analyses de samenstelling van het stikstofoxydule vrij onregelmatig is, hebben de afwijkingen toch allen in denzelfden zin plaats, het

is dus niet waarschijnlijk, dat zij aan waarnemingsfouten moeten toegescheven worden.

Hetzelfde resultaat volgt ook uit een analyse van stikstofoxyde door QUINCKE, beschreven in „BUNSEN'S Gasometrische Methoden" pag. 56. Daar de zuurstof van het stikstofoxyde zich niet met waterstof verbindt, bij het overspringen der electriche vonk, werd bij het stikstofoxyde een bepaald volumen stikstofoxydule gevoegd om de verbranding te bewerkstelligen. De door hem gevonden gegevens zijn als volgt:

Volumen van het gebruikte stikstofoxyde . . .	20.99
Volumen na toevoeging van stikstofoxydule . . .	102.44
Volumen na toevoeging van waterstof . . .	233.90
Volumen na de explosie	123.10
Volumen na toevoeging van zuurstof	167.62
Volumen na de explosie	122.08

Door nu met QUINCKE aantenemen, dat het gebruikte stikstofoxydule zuiver is, volgt hieruit voor de samenstelling van stikstofoxyde in 100 volumina:

	waargenomen	berekend	verschil
stikstof	52	50	+ 2.
zuurstof	47	50	- 3.
	<hr/> 99	<hr/> 100	

Zooals men ziet, is de hoeveelheid stikstof, bevat in het stikstofoxyde, 2 percent te groot, terwijl de hoeveelheid zuurstof 3 percent te klein is.

Onderstelt men echter, dat het stikstofoxyde zuiver is, dan vindt men de samenstelling van stikstofoxydule:

	waargenomen	berekend	verschil
stikstof	100.98	100	+ 0.98
zuurstof	49.18	50	— 0.82

geheel overeenkomende met de vorige analyses.

Het algemeene resultaat van deze analyses is:

1^e. De hoeveelheid zuurstof, in het stikstofoxydule bevat, is kleiner dan het halve volumen van het gebruikte stikstofoxydule, het verschil bedraagt van 0.31 tot 1.06 percent.

2^e. Het volumen der stikstof, in het stikstofoxydule bevat, is grooter dan het volumen van het gebruikte stikstofoxydule, het verschil bedraagt van 0.38 tot 1.66 percent.

Dat de hoeveelheid zuurstof in het stikstofoxydule kleiner is dan het halve volumen van het gebruikte stikstofoxydule, kan verklaard worden door de aanwezigheid van een zekere hoeveelheid stikstof, tot een bedrag van 0.61 tot 2.12 percent.

Vroeger hebben wij echter gevonden, dat de hoeveelheid permanent gas, dat met het stikstofoxydule vermengd is, veranderlijk was tusschen 3.5 en 5 percent, hieruit volgt, dat de hoeveelheid stikstof nog niet gelijk is aan de helft van de hoeveelheid van het permanente gas.

Dat de hoeveelheid stikstof in het stikstofoxydule grooter is dan het volumen van het gebruikte stikstofoxydule, kan niet op dezelfde wijze verklaard worden; men zou moeten aannemen, dat er een gas aanwezig was, dat meer stikstof in de molecule bevatte dan stikstofoxydule; zulk een gas is echter niet bekend en het zou te gewaagd zijn, alleen uit deze uiteenloopende proeven, het besluit op te maken dat zulk een onbekend gas aanwezig zou kunnen zijn. Nog moet worden opgemerkt, dat het geen verbinding kan zijn,

waarin waterstof voorkomt, want, nadat een stroom stikstofoxydule gedurende nagenoeg twee uren over gloeiend koperoxyde en metallisch koper en daarna door een buisje met chloorcalcium geleid werd, was het gewicht van dit buisje niet vermeerderd, er was dus geen waterdamp gevormd.

Dat de spankracht van den verzadigden damp van stikstofoxydule veranderlijk is, heeft FARADAY *) reeds opgemerkt bij zijne onderzoekingen over het vloeibaar maken van gassen. Zoo b. v. vond hij de spanning van den verzadigden damp bij 0° F., of de drukking waarbij het gas bij die temperatuur van den gasvormigen tot den vloeibaren toestand overgaat, gelijk 19.05 atmospheeren, terwijl een dag daarna deze drukking 24.4 atmospheeren bedroeg, een verschil van 5.35 atmospheeren opleverende. Deze onregelmatigheid schrijft hij daaraan toe, dat stikstofoxydule misschien uit twee gassen bestaat, in elkaar oplosbaar, maar waarvan de spanning van den damp verschillend is.

Ook STEFAN †), bij zijne onderzoekingen over de warmtegeleiding van gassen, vond, dat het door hem gebruikte stikstofoxydule met een permanent gas vermengd was. Het gas, bereid uit salpeterzure ammonia, dat op een temperatuur tusschen 140° en 146° gehouden werd, werd geleid door bijtende kali en zwavelzuur ijzeroxydule. Verder zegt hij: „Von diesem Gase wurde, vor dem Abschlusse der Durchleitung durch den Apparat, eine Probe in einer Absorptionsröhre über Wasser aufgefangen. Nach zwei Tagen war das Gas, bis auf einen etwas über 10% des ursprüng-

*) Philos. Transact. for 1845.

†) Sitz. ber. der k. Akad. der Wissensch. Wien Bd. LXXII. 1875.

lichen Volumens betragenden Rückstand (Stickstoff) verschwunden”.

Ten slotte zij hier nog vermeld, dat in een, voor kort verschenen dissertatie van den Heer J. D. v. D. PLAATS *) ook de resultaten van eenige analyses van stikstofoxydule zijn opgegeven. De hoeveelheid zuurstof hierin bevat, werd gevonden 48.2, 48.6, 48.9 en 49.1, de hoeveelheid stikstof is echter niet opgegeven. Het gas werd ontwikkeld door verhitting van zuivere salpeterzure ammonia tot 200° à 240° in een kolfje, geplaatst in een zandbad, het werd geleid door een geconcentreerde oplossing van zwavelzuur ijzeroxydule en vervolgens over chloorcalcium en natronkalk. Deze uitkomsten werden verkregen alleen dan, wanneer het gas reeds eenmaal tot ruim 200° was verhit geweest, bij de eerste verhitting ontweek een gas, dat slechts 35, 27 en 31 percent zuurstof bevatte; volgens deze proeven zou dan de hoeveelheid permanent gas in het stikstofoxydule 38 à 46 percent moeten bedragen. Bij de talrijke proeven, die ik met stikstofoxydule gedaan heb, waren de resultaten wel zeer onregelmatig, maar dat het gas bij de eerste verhitting, zooveel meer van een permanent gas bevatte dan bij latere verhittingen, heb ik nooit opgemerkt. Wel scheen de grootte van de retort eenigen invloed uitte oefenen, daar het gas verkregen uit een groote retort zuiverder scheen te zijn, dan bij een kleine retort. Daarom heb ik ook bij al mijne proeven van een groote retort gebruik gemaakt.

*) J. D. v. D. PLAATS. Het ondersalpeterig zuur en eenige zijner zouten. Amsterdam. Scheltema en Holkema. 1877.

Uit deze analyses blijkt voldoende, dat het door den Heer v. D. PLAATS gebruikte stikstofoxydule ook niet zuiver was; ook zijn de resultaten zeer onregelmatig. Een groote graad van nauwkeurigheid schijnt echter niet bereikt te zijn, daar volgens twee luchtanalysen, de hoeveelheid zuurstof in de lucht bevat 20.35 en 20.8 percent bedroeg, terwijl zij volgens BUNSEN ongeveer 20.9 percent moet bedragen.

STELLINGEN.

STEELE

STELLINGEN.

I.

De resultaten van de onderzoekingen met stikstofoxydule , verkregen op pag. 37 en de volgenden , kunnen niet door de aanwezigheid van stikstof alleen , verklaard worden.

II.

Door verwarming van salpeterzure ammonia kan geen zuivere stikstofoxydule bereid worden.

III.

Ten onrechte meent Berthelot , dat er een vervluchtiging van salpeterzure ammonia zonder dissociatie kan plaats hebben.

IV.

Het is waarschijnlijk, dat alle gassen, boven de kritische temperatuur, bij verhooging van drukking, tot een grensvolumen zullen naderen.

V.

De reden, dat de zoogenaamde permanente gassen niet tot den vloeibaren toestand gebracht kunnen worden, is, dat de temperatuur, daarvoor vereischt, te laag en daardoor met de tegenwoordige hulpmiddelen niet te bereiken is.

VI.

Het electriciteitsverlies in gassen moet bijna geheel aan de daarin zwevende stofdeeltjes worden toegeschreven.

VII.

Uit het goede geleidingsvermogen van waterstof voor warmte, kan men niet tot een analogie met de metalen besluiten.

VIII.

De onderstelling van KLINGEL (Pogg. Ann. Bd CLVIII. S. 160), waardoor bij tot het besluit komt, dat bij volkomen gassen, „het product van het halve moleculairgewicht en de constante R van de wet van Boyle en Gay Lussac,

gelijk is aan het mechanisch equivalent der warmte", mist allen grond.

IX.

Bij de bepaling van de schijnbare plaats van een lichtend punt, hetwelk zich in een dichter doorschijnend medium bevindt, moet men volgens Mousson (Physik II. 1872. S. 304.) aannemen, dat dit punt alleen in een verticale richting verschoven schijnt te zijn, of volgens Wüllner (Physik II. 1875. S. 79, Fig. 42), dat er, behalve deze verticale verschuiving, ook nog een horizontale verschuiving van het punt van het oog af plaats heeft. Dit is onjuist: er heeft behalve de verticale verschuiving, een horizontale verschuiving naar het oog toe plaats.

X.

Terecht zegt Buff (Pogg. Ann. Bd. CLVIII. S. 191): „Die Zusammenstellung, welche Magnus in seiner Abhandlung (Pogg. Ann. Bd. CXII. S. 511.) mittheilt, zeigt nicht die Unterschiede des Leitungsvermögens verschiedener Gase, sondern ihrer Durchstrahlbarkeit, allerdings stark getrübt durch störende Nebeneinflüsse.”

XI.

Er is een absoluut nulpunt der warmte, en er bestaat voldoende grond om daarvoor -273° aan te nemen.

XII.

Waterblaasjes komen niet in de atmosfeer voor.

XIII.

Het is niet waarschijnlijk, dat de meteorieten hun ontstaan te danken hebben aan de botsing van planeetaardige massa's.

XIV.

Het is waarschijnlijk, dat bloemenkleurstoffen uit chlorophyl kunnen ontstaan.

XV.

Het onlangs vastgestelde leerplan voor de gymnasia is niet geschikt tot het vormen van toekomstige Wis-, Natuur- en Geneeskundigen.

