



De ontwikkeling van de oxy-combustiometer

<https://hdl.handle.net/1874/342475>

A. qu. 192, 1939.

DE ONTWIKKELING
VAN DEN
OXY-COMBUSTIOMETER

W. S. FREDERIK

BIBLIOTHEEK DER
RIJKSUNIVERSITEIT
UTRECHT

A. qu.
192

DE ONTWIKKELING VAN DEN OXY-COMBUSTIOMETER

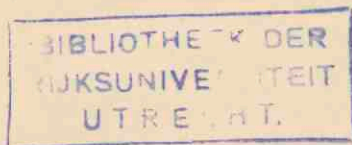
PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD
VAN DOCTOR IN DE GENEESKUNDE AAN
DE RIJKSUNIVERSITEIT TE UTRECHT,
OPGEZAG VANDEN RECTOR-MAGNIFICUS
DR. TH. M. VAN LEEUWEN, HOOGLEERAAR
IN DE FACULTEIT DER GENEESKUNDE,
VOLGENS BESLUIT VAN DEN SENAA
DER UNIVERSITEIT TEGEN DE BE-
DENKINGEN VAN DE FACULTEIT DER
GENEESKUNDE TE VERDEDIGEN OP
DINSDAG 27 JUNI 1939, DES NAMIDDAGS
TE 3 UUR

DOOR

WILLEM STEVEN FREDERIK

GEBOREN TE UTRECHT



THE HISTORY OF THE
CITY OF BOSTON
FROM 1630 TO 1800

BY
JOHN H. COOPER

NEW YORK
1850

Published by G. P. Putnam & Co., 245 N. 3rd St., N. Y. C.

Aan mijn Ouders

Aan mijn Verloofde

Het voltooien van dit proefschrift biedt mij een welkome gelegenheid, mijn groote erkentelijkheid te betuigen aan hen, die aan mijn vorming hebben medegewerkt.

In het bijzonder geldt mijn dankbaarheid U, Hooggeleerde NOYONS, Hooggeachte Promotor. Reeds in het begin van mijn studie, was Uw uitstekend geoutilleerd laboratorium de plaats, waar gij mij, onder Uw gewaardeerde leiding, de liefde bijbracht voor wetenschappelijk werk. Uw niet te evenaren werkkraft, Uw enthousiasme, Uw belangstelling voor velerlei problemen hebben mij immer met eerbied vervuld.

Zeergeleerde JONGBLOED, Uw helder inzicht en Uw rustige beschouwingswijze hebben vele moeilijkheden, die gij met mij hebt besproken, tot klaarheid gebracht. Ik ben U daarvoor zeer erkentelijk.

Beste VAN GOOR en MAAS, steeds zal ik een dankbare herinnering bewaren aan jullie vriendschappelijke en waardevolle raadgevingen.

U, Mejuffrouw GRUTTERINK, ben ik veel dank verschuldigd voor de nauwgezetheid, waarmede U vele analyses voor mij hebt verricht en voor de groote bereidwilligheid, waarmede gij mij steeds van dienst hebt willen zijn.

Waarde VAN HINTE, als leider van den technischen dienst, hebt gij een belangrijk aandeel gehad in het slagen van mijn proeven, door de uitstekende wijze, waarop gij mijn instrumenten hebt vervaardigd.

Tenslotte ben ik VERKERK, KRIJNDERS en ACHTERBERG zeer dankbaar, die steeds klaar stonden, om mij met hun groote vakbekwaamheid, van dienst te zijn.

INHOUD

Bladz.

INLEIDING.

§ 1. Beschrijving van enkele methoden, om het gehalte aan zuurstof te bepalen	1
§ 2. Overzicht van de voornaamste stofwisselings- methodieken	10
§ 3. Het beginsel der eigen methode	11

HOOFDSTUK I.

§ 1. Het eerste toestel.	16
§ 2. Het tweede toestel	18
§ 3. Het derde toestel	26

HOOFDSTUK II.

Beschrijving van het laatste toestel	30
§ 1. Methode om een constanten onderdruk te maken	30
§ 2. Het waterbad	47
§ 3. De brander	49
§ 4. Het thermopunt	54
§ 5. De aansteker	61
§ 6. Beschrijving van enkele andere onderdeelen . .	64
<i>a.</i> De tegenpotentiaal.	
<i>b.</i> De lichtgastoevoer.	
<i>c.</i> De luchttoevoer.	

HOOFDSTUK III.

Bepaling van de gevoeligheid en de nauwkeurigheid.	70
Samenvatting	75
Résumé	76
Zusammenfassung	77
Summary	78
Literatuuroverzicht	79

CONTENTS

Chapter I. The History of the ...

Chapter II. The ...

Chapter III. The ...

Chapter IV. The ...

Chapter V. The ...

Chapter VI. The ...

Chapter VII. The ...

Chapter VIII. The ...

Chapter IX. The ...

Chapter X. The ...

Chapter XI. The ...

Chapter XII. The ...

Chapter XIII. The ...

Chapter XIV. The ...

Chapter XV. The ...

Chapter XVI. The ...

Chapter XVII. The ...

Chapter XVIII. The ...

Chapter XIX. The ...

Chapter XX. The ...

Chapter XXI. The ...

Chapter XXII. The ...

Chapter XXIII. The ...

Chapter XXIV. The ...

Chapter XXV. The ...

Chapter XXVI. The ...

Chapter XXVII. The ...

Chapter XXVIII. The ...

Chapter XXIX. The ...

Chapter XXX. The ...

INLEIDING.

§ 1. Beschrijving van enkele methoden, om het gehalte aan zuurstof te bepalen.

De opzet van dit proefschrift is een nieuwe methode te beschrijven, volgens welke het gehalte aan zuurstof en andere gassen met groote nauwkeurigheid bepaald kan worden en tevens de toepassing hiervan, bij de bepaling van het basaal-metabolisme.

Wij geven er de voorkeur aan allereerst een overzicht te geven, zonder volledig te willen zijn, van de voornaamste methoden om zuurstof quantitatief te bepalen.

De methoden voor de analyse van gasmengsels ten opzichte van zuurstof kunnen verdeeld worden in:

- A. *Chemische werkwijzen.*
- B. *Physische werkwijzen.*

A. De chemische methoden.

In het algemeen wordt zuurstof bepaald volgens twee verschillende werkwijzen:

I. *Analyse door verbranding*, waarbij gebruik wordt gemaakt van de volume vermindering van het op zuurstof te onderzoeken gasmengsel, wanneer dit met een andere stof verbrandt.

II. *Analyse door absorptie*, waarbij de zuurstof uit het gasmengsel gebonden wordt aan een zuurstofabsorbeerende stof. Ook deze werkwijze is een volumetrische methode.

Ad. I. *Analyse door verbranding.*

In 1885 publiceerde KREUSLER 1) een methode, waarbij hij de zuurstof bond aan een door een electrischen stroom tot gloeien gebrachte koperspiraal.

Van te voren wordt het volume van het gasmengsel nauw-

keurig gemeten. Nadat het gas afgekoeld is, wordt het volume opnieuw gemeten. Het nadeel van deze methode is, naast omslchtigheid, betrekkelijk groote onnauwkeurigheid. Zoo werden bij gasanalyses van buitenlucht, variaties van 0,02 procent O_2 gevonden. Daarnaast mag het gasmengsel geen gassen bevatten, die zich ook met zuurstof kunnen binden.

Een andere methode is die van BUNSEN, waarbij het gas, dat op zuurstof onderzocht moet worden, gevoerd wordt in een eudiometer. In dezen eudiometer wordt vervolgens een bepaalde hoeveelheid waterstofgas gevoerd. In den wand van dezen eudiometer zijn twee platina draadjes ingesmolten, die verbonden zijn aan den secundairen klos van een inductorium. Op deze manier is het mogelijk een vonk te laten overspringen tusschen de twee platinadraadjes, waardoor het, in den eudiometer aanwezige knalgas explodeert. Na afkoeling van het gas wordt de volumevermindering bepaald.

Deze volumevermindering komt voor een derde deel op rekening van de zuurstof. Bij de analyse van uitademingslucht wordt bijvoorbeeld 60—80 procent van het volume van het te onderzoeken gas aan waterstof toegevoegd. Hierdoor ontstaat ± 30 procent knalgas. Het percentage knalgas mag niet te hoog zijn wegens explosiegevaar en niet te laag, daar anders de reactie niet afloopt; verder eischt deze methode veel ervaring, omdat NO , N_2O_4 , N_2O_5 , bij een ongunstige verhouding van waterstof, zuurstof en stikstof, ontstaan, hetwelk te zien is aan de gele vlam, die optreedt bij de explosie. De maximale fout die BUNSEN aangeeft bij analyses van buitenlucht is 0,09 procent O_2 . Deze fout wordt nog grooter, wanneer gasmengsels met lage zuurstofconcentratie gemeten moeten worden. Ook bij analyses, waarbij men beschikt over slechts weinig gas, wordt de fout 0,5 procent O_2 bij gasmonsters in de buurt van 20 procent zuurstof.

Bij een andere methode wordt, met platina als katalysator, uit zuurstof en waterstof, water gevormd.

Wanneer waterstof in overmaat aanwezig is, bepaalt de hoe-

veelheid zuurstof de hoeveelheid water, die ontstaat. Deze hoeveelheid kan door weging zeer nauwkeurig bepaald worden.

Ad. II. *Analyse door absorptie.*

De analyses door absorptie zijn in het algemeen volumetrische analyses. De zuurstof wordt gebonden aan het een of andere absorptiemiddel, waarvan de volgende wel de bekendste zijn:

1e. *Alkalisch pyrogalluszuur.*

Alkalisch pyrogalluszuur is een absorptievloeistof, die zeer veel gebruikt wordt als absorptiemiddel voor zuurstof, o.m. in het gasanalyse-toestel van HALDANE, hetwelk o.m. gebruikt wordt bij de bepaling van het basaal-metabolisme. HEMPEL en HALDANE lossen tien gram pyrogalluszuur op in 100 c.c. kaliloog van 75%.

Groote hoeveelheden zuurstof kunnen, wanneer de temperatuur van de absorptievloeistof niet te laag is, in enkele minuten gebonden worden. Het einde van de reactie is eenvoudig waar te nemen, doordat het absorptiemiddel donkerbruin is, welke kleur tot groenbruin wordt, wanneer de totale hoeveelheid zuurstof geabsorbeerd is. De gasanalyse-toestellen van ATWATER en BENEDICT 2), evenals het toestel van WATSON 3), bevatten pyrogallusoplossing.

2e. *Phosphor.*

Gele phosphor kan, wanneer de temperatuur boven 14° C is, zuurstof in betrekkelijk korten tijd binden. Aanwezigheid van sporen ammoniak, koolwaterstoffen, alcohol en vele andere stoffen, maken dat de absorptie zeer slecht wordt; gasmengsels met zuurstof-percentages boven vijftig procent kunnen de phosphor spontaan laten ontbranden.

Temperaturen beneden $\pm 10^{\circ}$ C. verhinderen, dat de reactie binnen redelijken tijd afloopt, zoodat deze absorber over het algemeen niet de voorkeur verdient.

3e. *Oplossing van een koperverbinding.*

Vetvrij, fijn verdeeld koper, b.v. koperdraaisel, wordt opgelost in een mengsel, dat bestaat uit gelijke deelen ammoniak van

soortelijk gewicht 0,93 en een verzadigde oplossing van koolzure ammoniak, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. Het absorptievermogen is zeer groot, wanneer de kleur van de vloeistof donkerblauw geworden is.

Zuurstof kan tot vierentwintig maal het volume van de absorptievloeistof gebonden worden.

Een nadeel van deze absorptievloeistof is de hoge dampspanning van ammoniak.

4e. *Natriumhydrosulfiet* (A. DURIG 4).

Natriumhydrosulfiet verdient voor zuurstofabsorptie aanbeveling, omdat nòch de temperatuur, nòch de zuurstofspanning de absorptie erg beïnvloeden. Een uitzondering moet gemaakt worden voor temperaturen beneden 10°C . Deze absorptievloeistof wordt op de volgende manier bereid: 50 gram vast natriumhydrosulfiet wordt opgelost in 250 c.c. kaliloog van vijf tot tien procent; liefst onder afsluiting van zuurstof. Een nadeel is, dat deze absorptievloeistof slechts enkele dagen bruikbaar is.

5e. *Chroomchloruur*.

Door verhitting van chroomzuur met geconcentreerd zoutzuur wordt een chloorvrije oplossing van chroomchloride gemaakt. Dit chroomchloride 5) wordt gereduceerd met waterstof, bereid uit zink en zoutzuur. Hierdoor ontstaat een chroomchloruur-oplossing, welke men betrekkelijk lang bewaren kan in een flesch, aangevuld met koolzuur.

6e. *Triacetylhydrochinon*, in alkalische oplossing, absorbeert volgens HENRICH 6) zuurstof zeer goed. Het heeft echter voor biologische zuurstof-analysmethoden nog geen toepassing gevonden.

Alhoewel de meeste absorptiemethoden geen essentiële verschillen vertoonen, moet een enkel toestel nader besproken worden, hetzij omdat de methode vaak gebruikt wordt, hetzij omdat de techniek onze aandacht vraagt.

KROGH 7) heeft eenige methoden uitgewerkt, waarmede het mogelijk is, zeer kleine hoeveelheden gas te analyseren.

a. Micro-methode.

De lengte van een luchtbelletje wordt in een capillaire buis gemeten; vervolgens wordt deze bel onder de noodige voorzorgsmaatregelen met de gewenschte absorptievloeistof in aanraking gebracht en de lengte opnieuw gemeten. De fout bij de zuurstof-analyse is vrij groot: zoo wordt b.v. bij de analyse van buitenlucht een fout gemaakt van 0,1 % zuurstof.

b. Microscopische gas-analyse 8).

Om nog kleinere hoeveelheden gas te analyseeren, heeft KROGH een andere methode uitgewerkt, waarbij hij de verandering van grootte van een luchtbel, in aanraking gebracht met een absorptie-vloeistof, microscopisch bepaalt. De luchtbel bevindt zich onder een dekglasje, dat op een bakje, gevuld met glycerine, ligt. Door bij deze glycerine b.v. pyrogalluszuur te doen, kan de zuurstof uit deze bel geabsorbeerd worden.

In het oculair van de microscoop bevindt zich een schaalverdeling, waardoor het mogelijk is, de grootte van de luchtbel rechtstreeks af te lezen. Ook deze methode is onnauwkeurig. Zoo vond men voor de samenstelling van buitenlucht b.v. CO_2 0,9 %, O_2 19,4 %, N_2 79,5 %.

Met de HALDANE vinden wij CO_2 0,03 %, O_2 20,94 %, N_2 79,03 %.

Toestellen voor gas-analyses, berustend op het beginsel der absorptie, zijn op duizend en één manieren te variëeren en wij zullen dan ook volstaan met de beschrijving van het toestel van HALDANE 9), dat de voornaamste vertegenwoordiger is van die groep van toestellen, die gebouwd zijn volgens het principe, dat in 1869 door WILLIAMSON en RUSSELL is aangegeven. Dit toestel is gebouwd volgens een differentiaal-beginsel, waardoor de meting onafhankelijk is van temperatuur- en drukvariaties tijdens de analyse.

c. Toestel volgens HALDANE.

Twee meet-pipetten bevinden zich in eenzelfde waterbad,

waardoor de temperatuur van het gas, dat zich in deze pipetten bevindt, eenzelfde is. Deze pipetten staan door middel van een manometer met elkaar in verbinding. Een drieweg-kraan maakt het mogelijk het gas uit een van de pipetten, n.l. uit de „meet”-pipet, in verbinding te brengen met een absorptievat. De andere pipet is de „contrôle”-pipet. Wanneer nu de manometer tusschen de twee pipetten in evenwicht is, weten wij dat de druk in de beide pipetten dezelfde is. Na absorptie van b.v. zuurstof, wordt het gasvolume in de meetburet verkleind door een kwikreservoir, dat met een gummislang verbonden is aan den onderkant van deze meetburet, omhoog te brengen tot de manometer weer in evenwicht is. Op de gecalibreerde meetburet wordt de volumevermindering rechtstreeks afgelezen.

Temperatuur, druk en maximum waterdampspanning moeten in acht genomen worden bij de berekening.

De nauwkeurigheid van de O_2 - en CO_2 -bepaling is groot, wanneer men over voldoende ervaring beschikt. Zoo kunnen deze gassen tot op 0,02 % nauwkeurig bepaald worden.

Er zijn toestellen, waarmee de zuurstofopname bij stofwisselingsonderzoek bepaald wordt, zonder dat wij met deze toestellen echter O_2 kunnen aantoonen (b.v. toestel van BENEDICT, KROGH, e.a.).

Zij vallen daarom buiten onze beschouwing.

B. P h y s i s c h e m e t h o d e n.

Het is interessant na te gaan, welke fysische eigenschappen men benut heeft om gasmengsels te analyseren.

Vele fysische constanten van een gasmengsel ondergaan een verandering, wanneer dit gasmengsel een andere samenstelling krijgt.

Als voorbeelden kunnen wij noemen de soortelijke warmte, de warmtegeleidingscoëfficiënt, de viscositeit, het soortelijk gewicht, optische eigenschappen.

In de literatuur zijn voorbeelden te vinden, waarbij met min of meer succes een fysische methodiek uitgewerkt is, die

gebaseerd is op de meting van één van de hierboven genoemde fysische grootheden.

Wij zullen een korte beschrijving laten volgen van enkele van deze methoden.

1. *Interferometer* 10).

F. LÖWE heeft in 1910 een merkwaardig toestel beschreven, hetwelk een voor de praktijk geschikt gemaakte constructie betreft van een door Lord RAYLEIGH aangegeven optische analyse-methode.

Een parallelle lichtbundel wordt verdeeld in vier afdeelingen. De twee bovenste lichtbundels laat men een interferentiebeeld vormen, door deze door twee dichtbij elkaar geplaatste spleten te laten gaan. Het interferentiebeeld wordt met een sterke vergroting bekeken.

De twee andere lichtbundels gaan respectievelijk door een kamer, gevuld met b.v. buitenlucht en door een kamer, die het te onderzoeken gas bevat.

Ook deze twee lichtbundels laat men op dezelfde wijze een interferentiebeeld vormen, dat juist komt te staan onder het eerstgenoemde interferentiebeeld.

Een compensator, die in den lichtbundel geplaatst is, welke door de „meetgaskamer” gaat, wordt nu met een schroefbeweging zoo ingesteld, dat de twee interferentiebeelden dezelfde zijn. Het bovenste interferentiebeeld doet dienst als vergelijkings-object.

Wanneer men b.v. het CO_2 -percentage wil bepalen van een gasmengsel, voert men in de onderste kamers dit monster met en zonder CO_2 .

De temperatuur, de barometerstand en bovenal de vochtigheid zijn factoren waarmede rekening gehouden moet worden, daar veronachtzaming van deze factoren de meting volkomen waardeeloos maakt.

De gevoeligheid van een interferometer is afhankelijk van de lengte van de gaskamers.

Het z.g. laboratoriumtoestel analyseert tot op 0,02 % CO_2 nauwkeurig.

De firma C. Zeiss heeft een interferometer in den handel gebracht, die voor stofwisselingsbepalingen gebruikt kan worden.

De gaskamers zijn 25 cm lang. CO_2 wordt tot op 0,05 % CO_2 , zuurstof tot op 0,23 % O_2 bepaald.

Deze nauwkeurigheid is, volgens onze begrippen van stofwisselingsmethodieken, ten eenenmale onvoldoende.

Een ander bezwaar van de methode bestaat hierin, dat deze niet zelfregistreerend is, een eisch, dien wij meenen te moeten stellen aan een physische methode.

Niettegenstaande de methode om de golflengteverandering van het licht te meten bij verandering van het milieu, dat de lichtstraal passeert, buitengewoon fraai is, blijkt zij in de praktijk niet bruikbaar.

II. *Diaferometer van NOYONS.*

Reeds in 1922 publiceerde NOYONS 11) een werkwijze om het CO_2 -percentage in een gasmengsel langs physischen weg te bepalen. Hij volgde hier het principe, dat door SIEMENS en HALSKE 12) gebruikt werd bij een apparaat, dat de rookgassen op hun CO_2 -percentage onderzocht. Het toestel van NOYONS bevatte in beginsel twee kamers, in welke een platinadraad gespannen is. Deze twee draden vormden de armen van een brug van WHEATSTONE. Door den voedingsstroom werden nu deze draden op een temperatuur gebracht, die hooger was dan de temperatuur van de omgeving. De temperatuur van deze draden hangt nu o.m. af van de warmtegeleidingscoëfficiënt van het milieu, waarin deze draden zich bevinden.

Wanneer het CO_2 -percentage in de beide kamers niet hetzelfde is, zal het gevolg hiervan zijn, dat er verschil in temperatuur van de draden optreedt, met weerstandsverandering in de brug van WHEATSTONE als resultaat.

De stroom in den galvanometer is dus maat voor het CO₂-percentageverschil in de beide kamers.

Bij dit eerste toestel bedroeg de galvanometeruitslag voor 1 % CO₂ ± 30 mm.

Het spreekt vanzelf, dat in de jaren na 1922 dit toestel enorme veranderingen heeft ondergaan.

Het gas stroomt nu 13) met een uiterst kleine snelheid langs de draden, waardoor het mogelijk is een continue analyse te maken. Door de kleine snelheid van het te onderzoeken gas en de betrekkelijk lage temperatuur van de platina draden, spelen straling en convectie een ondergeschikte rol. De gevoeligheid is zoover opgevoerd, dat het volgens dit beginsel ook mogelijk is O₂ aan te toonen, niettegenstaande de warmtegeleidingscoëfficiënten voor O₂ en lucht weinig verschillen.

De groote voordeelen zijn, naast de ongekende gevoeligheid, de continue analyse en registratie.

De polyfilaire diaferometer 14) bevat meerdere platinadraden, die in serie geschakeld zijn. De gevoeligheid wordt dus hierdoor vergroot.

III. *Methode van REIN* 15).

REIN maakt gebruik van het verschil in soortelijke warmte van een gasmengsel, wanneer dit van samenstelling verandert. Het gas stroomt daartoe met groote snelheid door een toestel, dat in beginsel overeenkomt met het toestel van NOYONS.

Het warmteverlies wordt bij deze laatste methode niet zoozeer bepaald door de warmtegeleidingscoëfficiënt van het gasmengsel, als door de warmtecapaciteit van het langs stroomende gas.

De soortelijke warmte van O₂ en lucht verschillen procentueel belangrijk meer dan de warmtegeleidingscoëfficiënten van deze gassen.

Alhoewel REIN, afgaande op dit groote verschil in soortelijke warmte tusschen O₂ en lucht, beweert, dat de methode volgens NOYONS nooit die nauwkeurigheid kan hebben voor O₂ als de zijne, is de methode van REIN, zoowel voor CO₂ als voor O₂,

eenige honderden malen ongevoeliger dan de methode van NOYONS.

REIN geeft aan, dat hij voor 1 % O_2 -verandering 10 of 100 mm uitslag krijgt. Deze uitslag is afhankelijk van de grootte van de shunt en zijn nauwkeurigheid ligt resp. bij 0,01 en 0,001 % O_2 .

Beschouwen wij deze cijfers nader.

Volgens REIN geeft 1 % zuurstof 100 mm galvanometeruitslag. Indien dus de nauwkeurigheid, door REIN opgegeven, juist zou zijn, dient de galvanometeruitslag tot op 0,1 mm nauwkeurig afgelezen te worden. De door REIN gepubliceerde ijkingskrommen zijn echter zeker niet op 0,1 mm nauwkeurig. Wij moeten derhalve de juistheid van zijn nauwkeurighedsopgave in twijfel trekken.

Wij begrijpen bovendien niet, hoe de nauwkeurigheid van een instrument afhankelijk kan zijn van een shunt.

Onze conclusie moet dan ook zijn, dat dit toestel onvoldoende nauwkeurig is te achten voor de eischen, die aan fijnere stofwisselingbepalingen dienen te worden gesteld.

Andere physische methoden, waarbij b.v. soortelijk gewicht, viscositeit gemeten worden, hebben geen practische beteekenis; reden waarom zij hier niet besproken worden.

§ 2. Overzicht van de voornaamste stofwisselings-methodieken.

Hoewel het allerminst in de bedoeling ligt op de stofwisseling in het algemeen en de stofwisselingsmethodiek in het bijzonder op deze plaats diep in te gaan, eischt de volledigheid, dat bij de beschrijving van een toestel, dat o.a. geschikt is voor de bepaling van de stofwisseling, de algemeene stofwisselingsmethodiek nader bezien wordt.

Het is overbekend, dat de methoden voor stofwisselingsonderzoek verdeeld worden in twee verschillende werkwijzen:

- I. *de directe calorimetrie*, waarbij de warmteproductie van het individu rechtstreeks gemeten wordt;
- II. *de indirecte calorimetrie*, waarbij de hoeveelheid afgegeven

koolzuur en de hoeveelheid opgenomen zuurstof per tijdseenheid een zekere correlatie vormen met de calorieënproductie.

De directe calorimetrie, die LAVOISIER reeds gevolgd heeft, heeft geen klinisch belang, omdat deze methode uitermate kostbaar is en technisch hooge eischen stelt.

De indirecte calorimetrie wordt dan ook in de kliniek uitsluitend gevolgd.

Deze laatste methode is te verdeelen in:

- a. de open methode;
- b. de gesloten methode.

Ad. a. Bij de open methode wordt de gasstroom langs den patiënt gevoerd en ondergaat een procentuële O_2 - en CO_2 -verandering, die afhankelijk is van de stofwisseling van den patiënt en van de doorstromingssnelheid van den ventilatie-stroom.

Ad. b. Bij de gesloten methode bevindt de patiënt zich in een kamertje, waarvan wij de lucht al of niet kunnen laten circuleeren. De verandering in samenstelling is ook hier maat voor de stofwisseling. Wanneer wij de gaswisseling in de longen als maatstaf nemen, maken wij de meetapparatuur belangrijk eenvoudiger. Dit laatste is geoorloofd, omdat de gaswisseling in de longen $\pm 99\%$ bedraagt van de totale gaswisseling van het individu.

Welken weg men ook bewandelt bij de bepaling van de stofwisseling langs den indirecten weg, steeds is men aangewezen op een zuurstof- en koolzuur-analyse.

Wanneer men over een toestel beschikt, dat tot deze analyses in staat is, beheerscht men de indirecte calorimetrie.

§ 3. Het beginsel der eigen methode.

Wanneer men zich ten doel stelt, een methode op te sporen, om het gehalte aan zuurstof in een gasmengsel te bepalen, dan moet men eerst zoeken naar de physische of chemische eigenschappen, waardoor zuurstof zich essentiël of graduëel onderscheidt van andere gassen.

Zoo maakte HALDANE gebruik van de eigenschap van zuurstof, om hydrochinon te oxydeeren (zie ook § 2 van de Inleiding).

Den laatsten tijd heeft mijn leermeester NOYONS zijn oorspronkelijke methode om CO_2 aan te toonen, verfijnd, waardoor hij, gebruikmakend van het verschil in het warmtegeleidend vermogen van O_2 en N_2 , ook het gehalte aan zuurstof met groote nauwkeurigheid kan meten (zie § 1 Inleiding).

Dat deze methode, niettegenstaande het zeer kleine verschil in het warmtegeleidend vermogen van stikstof en zuurstof toch goede resultaten oplevert, bewijst wel met welk een kennis en moed gewerkt is.

Het oxydeerend vermogen van zuurstof neemt wel een zeer bijzondere plaats in. De oxydatie gaat gepaard met physische en chemische verschijnselen, die de mogelijkheid bieden op de een of andere manier gemeten te worden.

Wij beperken ons nu uitsluitend tot het oxydatievermogen van zuurstof en laten alle andere eigenschappen van zuurstof buiten beschouwing.

Snelle oxydatie bij hooge temperaturen, zooals deze plaats vindt bij verbranding, heeft weer de voorkeur, omdat de reactie uiterst kort duurt en dus de physische en chemische veranderingen per tijdseenheid groot zijn.

In beginsel willen wij nu zuurstof aantoonen door de een of andere oxydeerbare stof te laten verbranden in een gasmengsel, waarin zuurstof aanwezig is en waarbij wij een physisch of chemisch verschijnsel meten, waarmede deze verbranding gepaard gaat.

De opstelling moet zóó zijn, dat een verandering van de concentratie van zuurstof in het gasmengsel een daarmede verband houdende quantitative verandering geeft van hetgeen wij meten. Het ligt het meest voor de hand, ter bereiking van dit doel, de warmteproductie van de vlam te bepalen, daar deze meting thermoelectrisch gedaan kan worden, hetgeen zeer vele voordeelen heeft.

Zonder ons nu nog bezig te houden met de meetmethode, maken wij eerst een proefopstelling.

Als meest voor de hand liggende brandbare stof kan lichtgas

gebruikt worden. Dit lichtgas brandt in een ruimte, gevuld met een gasmengsel, waarin zich, onder andere, zuurstof bevindt. De opstelling is in fig. 1 weergegeven.

Het lichtgas komt door de buis A naar binnen; men denke zich dezen gasstroom constant.

Door B komt de op zuurstof te onderzoeken stroom van het gasmengsel binnen.

De met lichtgas in verbinding getreden gassen en, de verbrandingsproducten van de vlam (bijvoorbeeld koolzuur en waterdamp) verlaten de verbrandingsruimte door C.

Waar het dus nu op aan komt, is of bij eventuele verandering van de concentratie van de zuurstof, de warmteproductie van de vlam zal veranderen. Zonder meer kan worden aangenomen, dat bij daling van het zuurstofpercentage gedeeltelijke of onvolledige verbranding van het lichtgas zal plaats vinden.

Echter moet men bedenken, dat zuurstof in groote overmaat aanwezig is, zoodat de warmteproductie niet zoozeer zal afhangen van het percentage zuurstof in het gasmengsel, dat de vlam omgeeft, als wel van de absolute hoeveelheid lichtgas, die per tijdseenheid door A in de verbrandingsruimte wordt binnengeleid.

Van deze opstelling is dus a priori niet veel succes te verwachten, omdat de warmteproductieverandering relatief klein zal zijn, bij groote verandering van het zuurstofgehalte.

Bij een kleine verandering in de absolute hoeveelheid gas, die per tijdseenheid wordt toegevoerd, zal het thermisch effect grooter zijn.

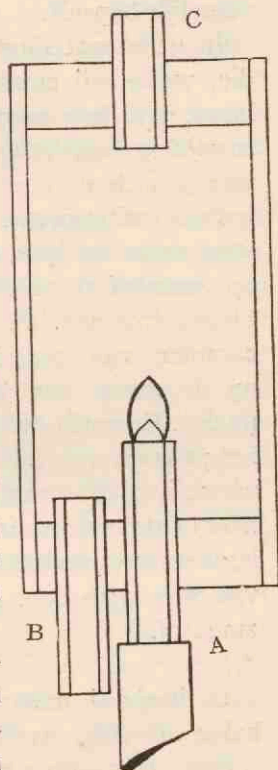


Fig. 1.

- A. Lichtgastoevoer.
B. Luchttoevoer.

Het blijkt dus, dat het gas (in dit geval lichtgas), dat bij de reactie volkomen verbruikt wordt, de warmteproductie voornamelijk bepaalt.

In deze opstelling is dus de situatie precies tegengesteld aan die, welke wij zouden wenschen. Wat ligt dan meer voor de hand, dan deze oorspronkelijke opstelling te wijzigen, zoodanig, dat het gasmengsel, waarin zich de zuurstof bevindt, in den brander uitstroomt, terwijl het lichtgas stroomt in de buis, waarin wij eerst het op zuurstof te meten gasmengsel lieten binnenstroomen. De gasvlam toch is een complex van verschijnselen, optredend op de grens van lichtgas en zuurstof (lucht). Er wordt dus gebruik gemaakt van het principe van „de omgekeerde vlam”, waarbij wij dit voordeel hebben, dat wanneer lichtgas steeds in overmaat aanwezig is, de warmteproductie uitsluitend afhangt van de aangeboden, absolute hoeveelheid zuurstof.

In beginsel moet onze methode derhalve als volgt worden:

Een constante hoeveelheid lichtgas stroomt door een ruime buis en zorgt er voor, dat de verbrandingsproducten en de onbrandbare gassen van het gasmengsel weggevoerd worden. In de as van deze buis bevindt zich een andere buis, waaruit het op zuurstof te onderzoeken gasmengsel stroomt. Deze zuurstof wordt op de een of andere manier aangestoken, d.w.z. de reactie tusschen zuurstof en lichtgas wordt in gang gezet.

Groote zorg moet worden besteed om den gasmengselstroom

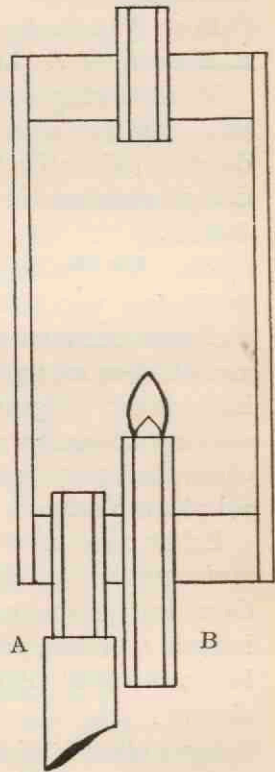


Fig. 1a.
„Omgekeerde vlam”.
A. Lichtgas. B. Lucht.

constant te maken, daar anders, wanneer deze b.v. groter zou worden, de warmteproductie per tijdseenheid zou stijgen, hetgeen den indruk zou kunnen vestigen, dat de concentratie van de zuurstof van het gasmengsel, dat wij onderzoeken, groter wordt.

Wanneer wij dus den stroom van het gasmengsel (waarin O_2) constant houden, is de warmteproductie per tijdseenheid, maat voor het percentage zuurstof.

Nu wij op papier een methode hebben, waarvan wij kunnen verwachten, dat zij voldoet aan de eischen, die wij in het begin gesteld hebben, kunnen wij overgaan tot de eerste proeven.

HOOFDSTUK I.

§ 1. Het eerste toestel.

Om na te gaan of het beginsel, volgens hetwelk wij zuurstof quantitatief willen bepalen, in de praktijk bruikbaar is, hebben wij zeer provisorisch het eerste toestel gebouwd; volstaan kan worden met de beschrijving van dit apparaat.

De glazen buis A (zie fig. 2) is aan weerszijden voorzien van een groote kurk. In de bovenste kurk bevindt zich een koperen buisje dwars door de kurk heen, dat afgesloten kan worden door middel van een stop F. In de onderste groote kurk bevinden zich twee glazen buizen B, die aangesloten worden aan de lichtgasleiding. In de wijde koperen buis C bevindt zich de glazen buis D, die van boven uitgetrokken is. Deze buis kan uit de buis C genomen worden.

Het glazen buisje G is zeer fijn uitgetrokken en wordt met een gummislang bevestigd aan D.

Verder loopen nog twee draden door de kurk, die een koperen ring (H) fixeeren, die om de uitstroomopening van D gelegen is.

Even boven de uitstroomopening van de buisjes B bevindt zich een laagje fijnmazig kopergaas (E). De luchttoevoer krijgt men nu door middel van een aquariumpompje. Dit pompje bestaat uit een soepel caoutchouc buisje, dat vijftig maal per seconde wordt toegedrukt, doordat een magneetje afwisselend aangetrokken en afgestoten wordt door een weekijzeren kern, onder invloed van de perioden van den wisselstroom.

Aan de twee einden van dit slangetje bevinden zich ventieltjes, die er zorg voor dragen dat de verplaatste lucht één richting uitgaat. Om meer constantie van den luchtstroom te krijgen wordt tusschen brander en pomp de capillair (G) geplaatst.

Bij een bepaalde doorsnede van de capillair G krijgen wij met een dergelijke pomp een overdruk van ± 20 cm kwik.

De druk, die gemeten wordt met een kwikmanometer, vertoont nogal grove variaties.

De warmteproductie van de vlam wordt thermo-electrisch gemeten, gebruikmakend van de ervaring van NOYONS op dit gebied.

Zonder op deze plaats verder op de warmtemeting in te gaan, (zie hoofdstuk II, § 4) volstaan wij met een korte beschrijving.

De koperen cylinder wordt beschouwd als de soldeerplaats tusschen een constantaan- en een manganindraad.

Het temperatuurverschil van dezen ring ten opzichte van het andere thermopunt bepaalt de E. M. K., die ontstaat.

Om nu het toestel te laten werken, wordt eerst de buis D uit de buis C genomen. Het kurkje F sluit de koperen buis af.

Wanneer gas toegevoerd wordt, zal dit de glazen buis vullen, de lucht uitdrijven en vervolgens uit de buis C stroomen. Dit gas wordt nu aangestoken; vervolgens wordt de kurk F weggenomen. Het gas stroomt van boven weg, lucht wordt aangezogen door de koperen buis C naar de buis A. Ook de gasvlam, die eerst aan den onderkant van de buis C brandde, wordt door de buis heengezogen en brandt nu als „lucht”-vlam boven op deze buis. Intusschen is het Saja-pompje aangezet; de glazen buis D wordt nu in C gestoken. De lucht, die uit D stroomt, wordt aangestoken

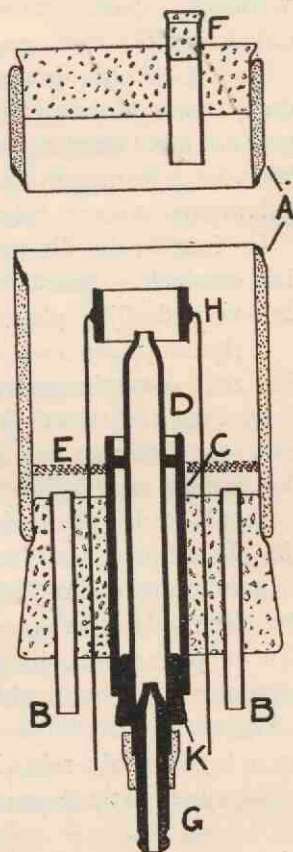


Fig. 2. A. Glazen wand van de verbrandingsruimte. B. Lichtgastoevoer. C. Buis, waarmede de vlam „omgekeerd” wordt. D. Brander. E. Gaas, waarmede het lichtgas over de geheele verbrandingsruimte verdeeld wordt. F. Stopje, noodig bij het aansteken. G. Capillair. H. Thermoring. K. Kurk.

aan de vlam, die op C brandt en wanneer de stop K de buis C voldoende afsluit, zal de vlam, die op C brandt, uitgaan, doordat langs dezen weg geen zuurstof meer toegevoerd wordt.

Gedurende het branden is een galvanometer aan de beide draden aangesloten. Het spreekt vanzelf, dat een tegenpotentiaal gegeven moet worden, om den galvanometer stroomloos te maken (zie voor tegenpotentiaal hoofdstuk II, § 6b). Wanneer men den galvanometerstand nagaat, blijkt deze zeer inconstant te zijn.

De fouten, die dit toestel heeft, zijn dus:

- 1e. omslachtig aansteken van de vlam;
- 2e. veranderlijke plaats van de vlam ten opzichte van het thermopunt;
- 3e. zeer onrustige galvanometerstand.

De eerste en tweede fout zijn op te lossen door het vlammetje aan te steken met een elektrische gloeidraad, waardoor tevens de brander vast in het toestel gemonteerd kan worden.

Zooals reeds opgemerkt is, vertoont de luchtdruk grove variaties. Er bestaat kans, dat, wanneer deze druk meer constant is, de galvanometerstand ook rustiger zal zijn. Het spreekt vanzelf, dat slechts de meest storende factoren het eerst gevonden worden en pas na verbetering van deze factoren andere fouten zich vertoonen, die eerst schuil gingen achter de andere.

Daar deze opstelling een zeer voorloopige was, werd een tweede toestel gebouwd, rekening houdende met de ervaringen, opgedaan met het zoo juist beschreven apparaat.

§ 2. Het tweede toestel.

Aan de hand van fig. 3 wordt nu het tweede toestel beschreven, waarbij getracht is de fouten van het eerste te vermijden.

Het gas wordt aangevoerd door de buis A en verdeelt zich over twee buizen, die uitmonden in het kamertje B, dat den vorm heeft van een hollen ring. Dit kamertje bevat zes kleine gaatjes, waardoor het lichtgas circulair symmetrisch in de verbrandingsruimte gevoerd wordt. De manganin- en constantaan-

draden worden door de ebonieten blokken C naar buiten gevoerd naar het meetinstrument. De op zuurstof te onderzoeken lucht wordt naar de koperen buis D gevoerd, die een capillair buisje bevat. Dit capillair is in de koperen buis gelakt. In E is een kwartsbuisje bevestigd; om de opening hiervan bevindt zich het thermoringetje. De groote glazen buis F wordt bovenaan afgesloten door een stop, die bevat:

- 1e. een afvoerbuis voor het overtollige lichtgas en
- 2e. de aansteker.

De aansteker bestaat uit een gloeidraadje, dat in den handel verkrijgbaar is en dat met een droog elementje van 1,5 volt gevoed wordt.

Dit gloeidraadje is gemonteerd aan een lange staaf, die door een kurk gevoerd wordt, welke de glazen buis F afsluit.

Door het gloeidraadje met deze staaf boven het brandertje te brengen, kan men de vlam aansteken, waarbij de voorzorg genomen moet worden, dat in de verbrandingsruimte geen ontplofbaar mengsel aanwezig is.

Dit kan op eenvoudige wijze voorkomen worden, door een groote hoeveelheid lichtgas door te laten stroomen, daarna de pomp aan te zetten, die de zuurstof aanvoert en vervolgens de vlam aan te steken.

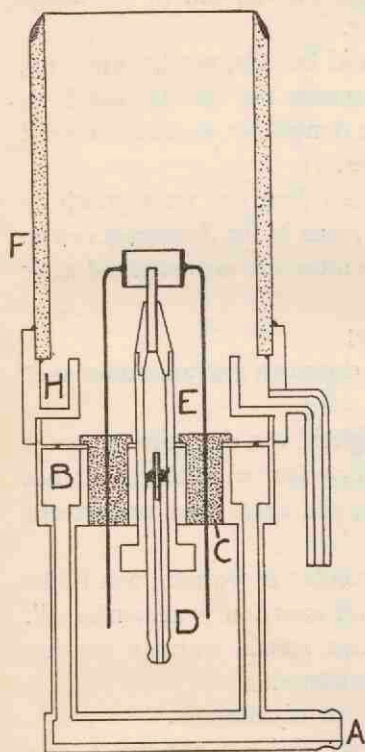


Fig. 3. A. Lichtgastoevoer. B. Gaskamertje, waarin het lichtgas verdeeld wordt. C. Ebonieten doorvoer voor de draden, die het thermoringetje dragen. D. Koperen buisje, waarin het capillair gemonteerd is. E. Brander. F. Glazen wand van de verbrandingsruimte. H. Wattergoot met afvoer.

Wanneer men dit toestel laat werken, constateert men als verbeteringen:

- 1e. het gemakkelijke aansteken;
- 2e. een vaste plaats van het thermopunt ten opzichte van de vlam.

Het derde bezwaar van het vorige toestel, n.l. de onrustige galvanometerstand, is nog aanwezig.

Wanneer het vlammetje eenigen tijd brandt, merkt men op, dat de onrustigheid van den galvanometer nog grooter wordt en wel door het condenswater, dat langs den glazen wand afdruppelt op de zoojuist beschreven gasgaatjes.

Dit laatste bezwaar werd voorkomen door een watergootje te plaatsen boven de gasgaatjes, zooals reeds in fig. 3 aangegeven is.

Om voorloopig van deze meer dan storende onrustigheid af te komen is het noodig:

- 1e. het thermoringetje te verzwaren;
- 2e. den galvanometer te vervangen door een galvanometer met zeer zware spoel.

Nadat het bezwaar van de onrustigheid van den galvanometer ten koste van de snelheid voorloopig opgelost was, bleek dat het toestel ook nog andere fouten had, die eerst niet opgemerkt waren.

De E.M.K. bleek namelijk steeds grooter te worden, wat blijkt uit het „verloop” van den galvanometer naar den „warmen kant”.

Dit verloop is te verklaren uit het steeds warmer worden van den wand van de verbrandingsruimte.

Allereerst is getracht dit verloop te nivelleeren.

Fig. 4 geeft een opstelling weer, waarbij het oppervlak van den wand vergroot is, om zodoende vlugger evenwicht te verkrijgen tusschen warmte-opname en warmte-afgifte.

De glazen wand is vervangen door een roodkoperen buis, waaromheen koperen plaatjes gesoldeerd zijn.

Koper is in dit geval beter dan glas, omdat koper een zeer groote warmtegeleidingscoëfficiënt heeft.

Deze opstelling geeft nauwelijks verbetering en heeft boven-

dien het bezwaar, dat het aansteken bemoeilijkt wordt, omdat de vlam niet te zien is.

Toen deze oplossing niet de gewenschte resultaten gaf, is ge-

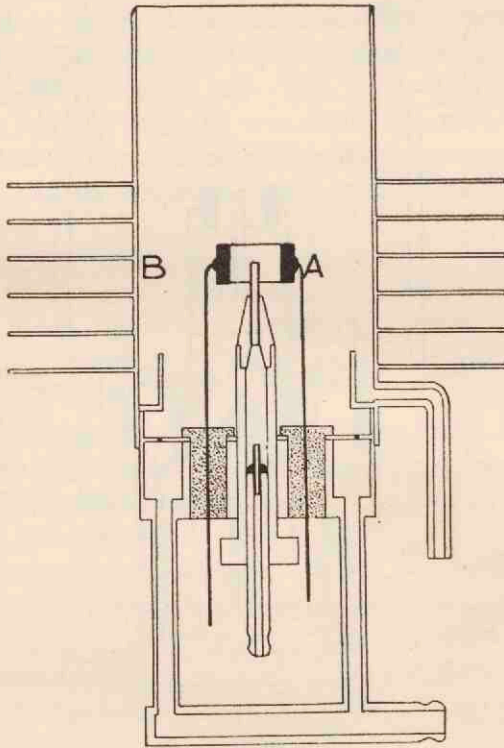


Fig. 4 (zie ook fig. 3). A. Verzwaard thermoringetje. B. Wand met koelribben

tracht de warmte-opname op den wand te verkleinen door den wand te verzilveren.

Ook hiervan waren de resultaten slecht, omdat de warmte-ophooping nog grooter werd.

Als eenige mogelijkheid, om den wand een constante temperatuur te geven, bleef nu de waterkoeling over.

Fig. 5 geeft een teekening van een koperen koeler, die door

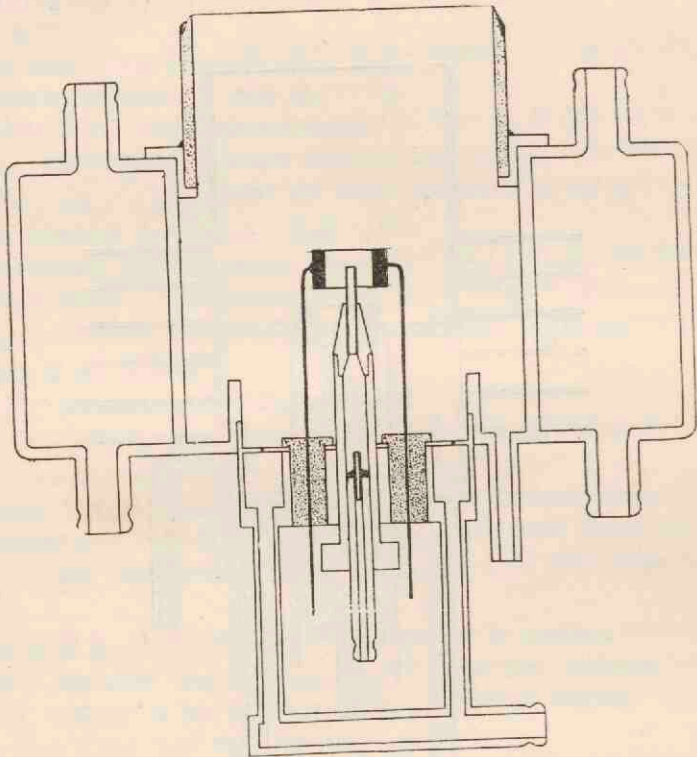


Fig. 5. Hetzelfde toestel als in fig. 3 en fig. 4 geteekend is, maar nu met waterkoeling en grootere doorsnede van de verbrandingsruimte.

toevallige omstandigheden, een te grooten diameter kreeg.

De goot voor het condenswater is groot gemaakt, omdat bij deze opstelling natuurlijk veel condenswater te verwachten is, daar de wand gekoeld wordt.

De koeler wordt rechtstreeks aangesloten op de waterleiding.

Deze opstelling leerde ons een belangrijk feit, dank zij de grootere diameter van de verbrandingsruimte.

De onrustige stand van den galvanometer, die verdwenen was na den invoer van het zware thermoringetje, kwam weer terug; de groote diameter van de verbrandingsruimte veroorzaakt dus groote temperatuurschommelingen van den thermoring.

Daar ook deze koperen koeler het aansteken bemoeilijkt, werd een glazen koeler gemaakt, waarvan de binnenbuis een kleineren diameter had dan de eerste buis.

De schommelingen waren nu veel minder, waaruit ons daarenboven gebleken is, dat de doorsnede van de verbrandingsruimte invloed heeft op de constantie van de temperatuur van den thermoring.

Ook de proefopstelling met glazen koeler bleek verre van ideaal. Het koelsysteem, dat rechtstreeks op de waterleiding aangesloten werd, vertoonde temperatuurschommelingen van eenige graden, waardoor de temperatuur van het thermopunt mede beïnvloed werd.

Daarom werd besloten, water te laten circuleeren. De warmteproductie van het vlammetje was echter zoo groot, dat het waterreservoir enorme afmetingen moest hebben, om het water niet langzaam in temperatuur te doen stijgen.

Vervolgens werd het waterreservoir op een temperatuur gebracht, belangrijk boven kamertemperatuur, om met behulp van een thermoregulatie de temperatuur van den wand van de verbrandingsruimte constant te houden. De temperatuurvariatiës, die de thermoregulator gaf, waren echter te groot en gaven zichtbare galvanometerschommelingen.

Na deze opsomming van moeilijkheden zal het duidelijk zijn, dat eigenlijk de eenige mogelijkheid, die overbleef, daarin bestond, de warmteproductie van de vlam te verkleinen.

Het verkleinen van de vlam komt neer op het verminderen van den lucht- (d.w.z. zuurstof-)toevoer. Om dit te bereiken is een pompje genomen, dat een kleinere capaciteit en toevalligerwijze een veel grootere constantie dan onze eerste pomp bezat.

Ook dit pompje is een aquarium-perspompje, hetwelk in het laboratorium verbeterd is.

Het pompje wordt gedreven door een Saja-motortje, synchroom loopend met het aantal perioden van het stadsnet.

Aan de as van den motor zijn twee schijven bevestigd, waartusschen drie assen symmetrisch en evenwijdig ten opzichte van de rotor-as geplaatst zijn.

Over deze concentrisch gelegen draaibare assen wordt, met een lus, een soepele slang gelegd.

De slang zal, wanneer deze voldoende gespannen wordt, afgeknelnd worden, waar hij over de asjes loopt. Wanneer de motor loopt, wordt de lucht met constante snelheid uit dit slangetje geduwd.

Wanneer op deze manier de vlam kleiner en rustiger geworden is, kan men volstaan, met den brander in een waterbad van ± 10 l. water te zetten.

In dit stadium hebben wij een toestel, dat als nadeelen heeft:

- 1e. een zeer groote traagheid;
- 2e. variaties in den galvanometerstand;
- 3e. moeilijkheden met het aansteken, doordat de vlam kleiner is geworden.

Allereerst is nu getracht den druk, waarmede de lucht aanvoerd wordt, zoo constant mogelijk te maken.

Mechanische ventielen, die bij een bepaalden druk opengaan, werken slecht.

Het probleem kan niet opgelost worden, door bijvoorbeeld lucht uit een grooten ketel te laten stroomen, waarin de lucht op een zekeren druk gebracht wordt, omdat het te onderzoeken gas liefst onmiddellijk in de vlam moet komen, om traagheid te voorkomen.

Om den lezer niet te vermoeien met alle methoden die geprobeerd zijn en min of meer voldeden, zal die methode besproken worden, welke het meest bruikbaar bleek.

Tusschen pomp en vlam is een T-stuk geplaatst, waarvan het

vrije been verbonden wordt met de buis A (zie fig. 6), die weer verbonden is met den glazen bol B. Deze bol doet dienst als buffer. Het vaatje C is verbonden met een manometer D, die met water gevuld is en den druk aangeeft, die in het systeem heerscht.

De zijbuis E staat door middel van een soepele caoutchouc-buis met F in verbinding, waarvan het uiteinde omgebogen en uitgetrokken is.

Deze buis bevindt zich in het vat G, dat met water gevuld is.

Wanneer de druk in B een zekere grens overschrijdt, zal de lucht uit F ontsnappen en door het water wegborrelen.

De afstand van de vloeistofmeniscus tot de uitstroom-opening van de buis F, is te regelen met een fijnregelaar H.

Het toestel wordt dus zoo gebruikt, dat geregeld de lucht uit de buis F borrelt, omdat voor de

eerste luchtbel een vrij aanzienlijke overdruk noodig is. De druk wordt met H op de gewenschte hoogte gesteld.

De resultaten van deze opstelling zijn zeer goed.

Als resterende fout blijft nu de groote traagheid van het toestel bestaan door:

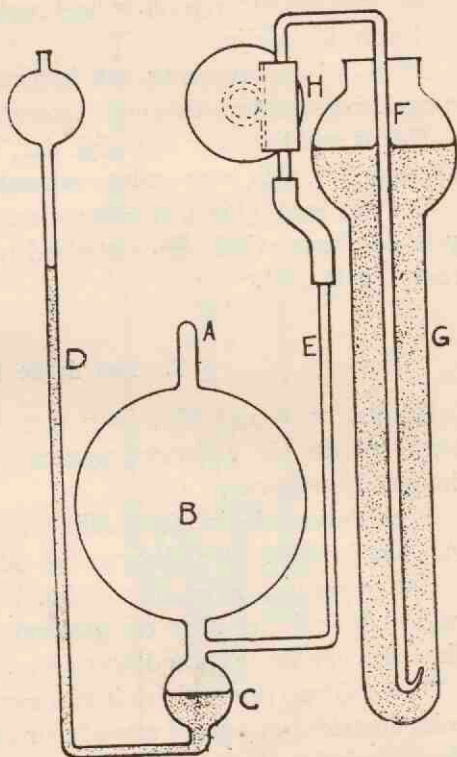


Fig. 6. A. Toevoerbuis. B. Bufferballon. C. Waterreservoir van den manometer. D. Manometer. E. Toevoer buis naar het ventiel. G. Waterreservoir. H. Stelschroef, waarmede de juiste druk in te stellen is.

- 1e. den zwaren thermoring;
- 2e. den zeer tragen galvanometer.

De galvanometerstand is heel rustig, nu de onderdrukschommelingen klein zijn.

Dank zij de invoering van het zware thermopunt is het nu mogelijk geworden, de meest storende factoren op te sporen.

Het is zonder meer duidelijk dat, bij invoering van een licht thermopunt, zich weer andere storende factoren zullen voordoen.

Om den gebrekkigen condenswaterafvoer te verbeteren en het geheele vlammetje in een waterbad te plaatsen, werd een nieuw toestel gebouwd.

§ 3. Het derde toestel.

Bij den bouw van dit apparaat is er naar gestreefd, om in de eerste plaats de verbrandingsruimte een zoo klein mogelijke doorsnede te geven.

Deze doorsnede is afhankelijk van de minimale afmetingen van den brander, den thermoring, de gaskamer, enz.

Het apparaat, zooals dit in fig. 7 geteekend is, heeft naast voldoende ruimte voor de gaskamer enz., een zeer kleinen diameter van de verbrandingsruimte.

De wand van deze ruimte is van een zeer dunwandige koperen buis gemaakt, om den warmte-afvoer naar het water snel te doen plaatsvinden.

Evenals het tweede toestel, heeft ook dit apparaat een electrischen aansteker, die geen essentiële verandering heeft ondergaan.

De lucht, die naar de vlam gevoerd wordt, stroomt met een zoo constant mogelijke snelheid uit de ruimte met overdruk.

Het reductie-ventiel, dat wij beschreven bij het tweede toestel, zorgt ook hier voor een zoo constant mogelijken druk.

Om de verbrandingsruimte is een bak van ± 10 l. inhoud gebouwd en wel zoodanig, dat de vlam zich in het midden hiervan bevindt.

Aan de hand van fig. 7 zal dit apparaat beschreven worden.

De dunwandige koperen buis A is voorzien van een glazen ruitje B. Door dit glazen ruitje kunnen wij het thermoringetje C zien liggen. De brander D heeft ten opzichte van de vorige toestellen geen verandering ondergaan. Het watergootje E heeft een afvoer, die niet in de figuur geteekend is. Het gas-kamertje F staat door twee buisjes G in verbinding met de buis H.

Deze laatste voert het lichtgas aan.

In de twee ebonieten staven K loopen, geïsoleerd door het koperen blok, de manganin- en constantaandraden.

De plaat L wordt tegen den bodem van het waterbad aangeschroefd.

Hoewel dit toestel in vele opzichten vol-
doet, is de traagheid, waarmede temperatuursveranderingen van het thermoringetje plaats vinden, een

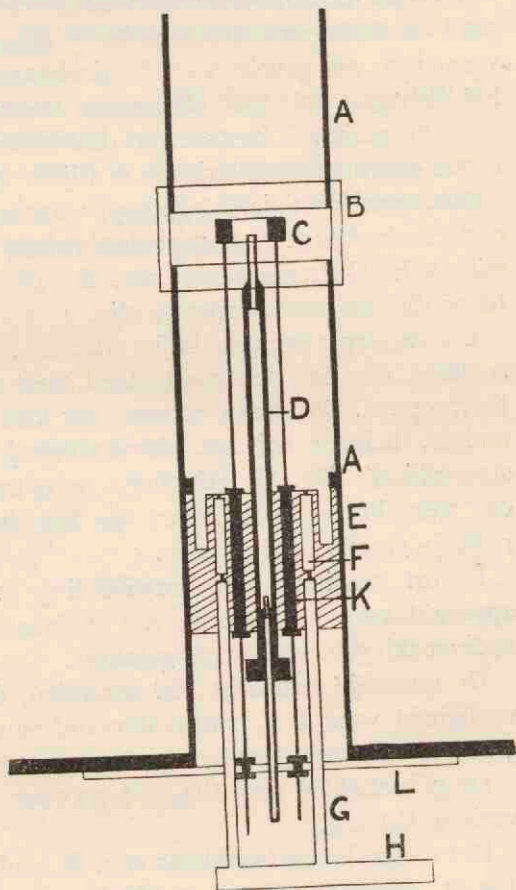


Fig. 7. A. Koperen dunwandige buis. B. Glazen ruitje. C. Thermoring. D. Brander. E. Watergoot (afvoer niet geteekend). F. Gas-kamer. G. Lichtgastoevoer. H. Hoofdgastoevoer. L. Plaat, waarmede het „koperen blok” bevestigd wordt. K. Ebonieten doorvoer.

nadeel, dat nu weggenomen moet worden. Wanneer het ringetje minder massa krijgt, is de nulstand van den galvanometer onmiddellijk onrustig.

Daar het lichtgas een afkoelende werking heeft op het thermopunt en de linaire stroomsnelheid van oogenblik tot oogenblik verandert, als gevolg van de drukvariaties in de leiding van het lichtgas, zal deze afkoelende werking niet constant zijn.

De mogelijkheid bestaat, dat de onrustigheid van den galvanometer aan deze drukvariaties te wijten is.

Met dezelfde Saja-slangpomp, waarmede de, op zuurstof te onderzoeken lucht, aangepompt wordt, lieten wij nu het lichtgas aanvoeren. En inderdaad bleek dit een verbetering te zijn.

Uit de experimenten blijkt, dat de stroomsnelheid van het lichtgas invloed heeft op het thermopunt. Om dezen invloed nog kleiner te maken, hebben wij het thermoringetje „gestroomlijnd” (fig. 8). Hiermede werd bereikt, dat wervelingen in de buurt van het thermoringetje gereduceerd worden.

In dit stadium van ontwikkeling is het apparaat voor het gebruik van stofwisselingsonderzoekingen volkomen geschikt.

De insteltijd bedraagt 150 seconden, de gevoeligheid voor 1 % zuurstofverandering ± 20 cm, met als grootste variaties $\pm 0,1$ cm galvanometeruitslag.

De gevoeligheid voor CO_2 is 4 cm voor 1 %, met als grootste variatie 0,1 cm.

Het toestel is ook bruikbaar voor de analyse van andere gassen dan O_2 , wanneer wij een specifieke absorber voor dat gas bezitten.

In dit geval meten wij de zuurstofpercentageverandering, die ontstaat, wanneer wij het gasmengsel onderzoeken, met en zonder het onbekende gas.

Alhoewel met dit apparaat ons doel bereikt is, biedt de

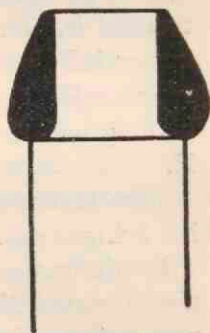


Fig. 8.
„Gestroomlijnd”
thermoringetje.

zuurstofmeter de mogelijkheid met nog grootere nauwkeurigheid te meten.

Te verbeteren zijn in de eerste plaats de snelheid en in de tweede plaats de nauwkeurigheid. De beperking van deze twee factoren vindt zijn oorzaak in de onvoldoende constantie van den lichtgas- en den luchtstroom.

In het volgende hoofdstuk wordt behandeld, langs welken eenvoudigen weg dit bereikt is.

Op die plaats wordt uitvoerig ieder onderdeel beschreven; eenige moeilijkheden, die wij tot nu toe nog niet behandelden, hebben ook in dat hoofdstuk beschrijving gevonden.

HOOFDSTUK II.

BESCHRIJVING VAN HET LAATSTE TOESTEL.

§ 1. Methode om een constanten onderdruk te maken.

Reeds in het vorige hoofdstuk is uiteengezet, hoe belangrijk het is, den luchtstroom van het gasmengsel, dat wij willen onderzoeken op het gehalte aan zuurstof, constant te houden. Ook is er reeds op gewezen, dat de lichtgasstroom zoo constant mogelijk moet zijn, daar deze gasstroom een afkoelende werking heeft op het thermopunt. Het toestel, besproken in hoofdstuk I, § 3, wordt nu beperkt in zijn nauwkeurigheid door de inconstantie van den stroom lichtgas, dien wij toevoerden door middel van een Saja-slangpomp. Het ligt voor de hand, dezen gasstroom constant te maken op de wijze, waarop dit met den luchtstroom gedaan werd.

Er zijn twee bezwaren, die ons weerhouden dezen weg in te slaan. In de eerste plaats moet het lichtgas, dat door het water borrelt, worden opgevangen en weggevoerd; in de tweede plaats wordt de apparatuur te ingewikkeld.

Reeds bij het eerste toestel is getracht een constanten luchtstroom te verkrijgen, door het gas van een ruimte met hooger en druk, naar een ruimte met lager en druk te laten stroomen door een daarvoor geschikt capillair. De druk in deze laatste ruimte is gelijk aan dien van de buitenlucht. De luchtdruk in de ruimte met „hogere” spanning wordt kunstmatig in het leven geroepen. Wanneer meerdere gassen stroomen in de ruimte met „lager en” druk, is het nadeel van deze opstelling, dat voor elk van deze gassen voor een constanten overdruk gezorgd moet worden.

Na deze korte behandeling van de bij dit probleem optredende

moeilijkheden, ligt de oplossing voor de hand. Immers, indien de verbrandingsruimte onder constanten onderdruk gehouden wordt, zullen de gassen, lucht en lichtgas, binnenstroomen met een van onderdruk en capillair-doorsnede afhankelijke constante stroomsnelheid. Het is dus noodzakelijk, dat in de eerste plaats een constante onderdruk onderhouden wordt en in de tweede plaats, dat de gassen die toestroomen buiten de verbrandingsruimte, onder atmosferischen druk aanwezig zijn.

Het voornaamste probleem, dat nu op een oplossing wacht, is: hoe onderhoudt men een constanten onderdruk, wanneer in de ruimte, waarin deze constante onderdruk moet heerschen, gassen binnenstroomen?

Dit is een probleem, dat niet statisch, doch dynamisch is. Tot nu toe bestond er terecht een zekere angst voor luchtdrukvariaties, omdat de luchtketel, die deze variaties moest opvangen, altijd tusschen pomp en vlam stond, hetgeen weer bepaalde voorzorgen vereischte, om traagheid van het toestel te voorkomen.

De gasmengsels, welke uit de verbrandingsruimte worden opgezogen, kunnen zonder bezwaar door een windketel gaan. De geheele schadelijke ruimte van het apparaat bestaat nu uit capillair en brander.

Omtrent pompen en ventielen is onze ervaring te troosteloos, om er, in dit verband, eenig succes van te kunnen verwachten.

De flesch van MARIOTTE wordt gebruikt om een constanten vloeistofstroom te verkrijgen en onze gedachtengang was nu, deze flesch een constanten luchtstroom te laten aanzuigen. Wanneer dit met de noodige voorzorgen geprobeerd wordt, gelukt het zeer goed. Het zou ons te ver voeren op deze plaats een bewijs te leveren, waaruit de juistheid van deze toepassing zou blijken en wij volstaan met een verslag te geven van de opstelling, welke gebruikt is en in alle opzichten aan het doel beantwoordt.

Uitvoering (zie fig. 9).

Als waterreservoir wordt een tien-literflesch gebruikt, welke

aan den onderkant een tweede opening bezit. In den hals bevindt zich een doorboorde caoutchouc-stop, waardoor drie glazen buizen loopen.

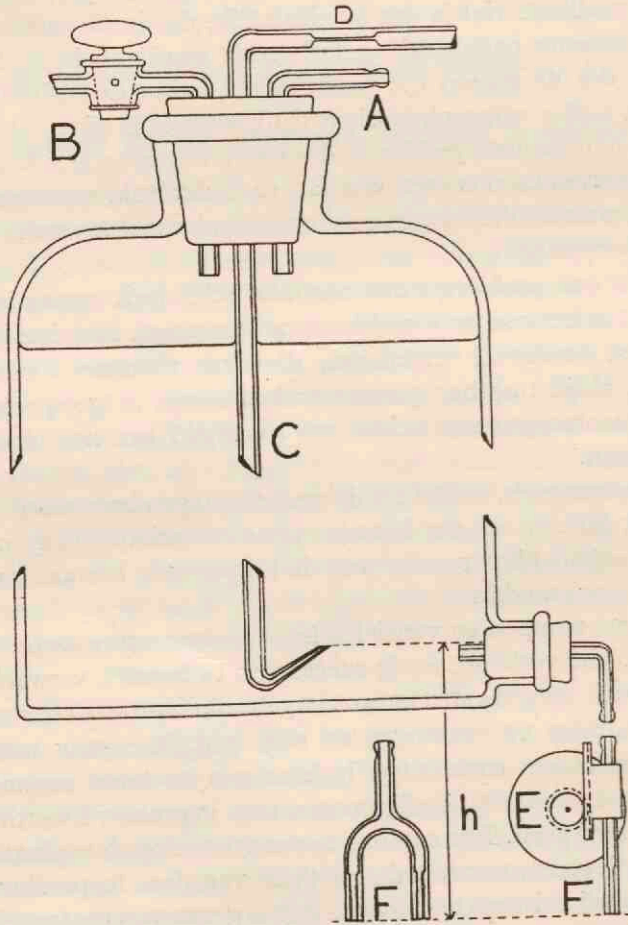


Fig. 9. Flesch van MARIOTTE (gewijzigd). A. Buis, die in verbinding staat met de waterleiding. B. Kraan, om tijdens het vullen van de flesch, het lichtgas te laten ontsnappen. C. Zuigbuis. D. Capillair. E. Schroefinrichting, waarmede de onderdruk geregeld wordt. F. Dubbele uitstroom-opening voor het water.

Buis A (fig. 9) staat in verbinding met de waterleiding en daardoor wordt de flesch gevuld.

Buis B heeft een kraan, die wij openen als de flesch gevuld wordt, om het lichtgas, dat zich in de flesch bevindt, weg te laten stroomen. Dit lichtgas wordt tijdens het vullen van de flesch aangestoken. Buis C wordt verbonden met de ruimte, waarin de onderdruk moet heerschen en welke wij P zullen noemen. Ook in deze buis bevindt zich een kraan, die gesloten wordt als de flesch met water gevuld wordt. Verder bevindt zich aan deze buis nog een capillair D, dat een zeer belangrijke

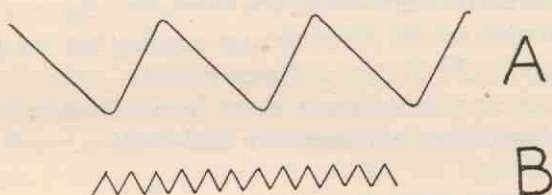


Fig. 10. A. Drukvariaties zonder capillair. B. Drukvariaties met capillair.

functie heeft (zie onderaan). De buis C loopt tot bijna op den bodem van de flesch, waar hij omgebogen is, omdat gebleken is, dat dit de regelmatigheid van den luchtstroom bevordert. Wanneer de druk in de ruimte P een zekere grens overschrijdt, borrelt de lucht pas door het water, doch dit borrelen houdt op, wanneer deze druk een bepaalde waarde bereikt heeft. Wanneer de ruimte betrekkelijk groot is, werkt het apparaat dus met vrij groote tusschenpoozen. De drukschommeling zal dan zijn, zooals in fig. 10 A is voorgesteld. Wanneer de ruimte P klein is, zullen de drukvariaties zijn, zooals in fig. 10 B is voorgesteld. Het capillair d heeft de functie, de ruimte P als het ware in twee deelen te verdeelen: 1e. een kleine ruimte, die de drukvariaties snel op elkaar doet volgen en 2e. een groote ruimte, die de kleine drukvariaties vereffent. De luchtbelllen borrelen uiterst regelmatig. De onderdruk is zeer constant, schommelingen van druk

worden niet waargenomen. De onderdruk wordt op een manometer, gevuld met water, afgelezen.

De hoogte h moet variabel zijn, waardoor de onderdruk eventueel te veranderen is. Dit gebeurt door middel van een schroefinrichting E, waardoor de onderdruk tot op $\frac{1}{10}$ mm water nauwkeurig, in te stellen is.

De uitstroomings-opening van het water F levert een kleine moeilijkheid op. Is deze opening te wijd, dan slaat lucht terug, door de buis in de flesch; is de opening te nauw, dan is de weerstand voor het water te groot. In dit bezwaar is voorzien door twee uitstroomings-openingen te nemen, die met een T-stuk verbonden zijn. Iedere uitstroomings-opening kan nu zoo nauw zijn, dat geen lucht binnen de flesch dringt.

Bij het beschreven apparaat is een hoeveelheid van tien liter water voldoende, om het ongeveer anderhalf uur achtereen te gebruiken.

Deze opstelling geeft ons dus een zeer constanten onderdruk, waardoor de oxy-combustiometer tot zeer groote nauwkeurigheid opgevoerd kan worden. Wanneer het experiment het dan ook vereischt, wordt de flesch van MARIOTTE gebruikt, niettegenstaande wij voor dit probleem een andere oplossing gevonden hebben, zooals in dit hoofdstuk nader uiteengezet zal worden.

De flesch van MARIOTTE heeft voor het doel, waarvoor wij haar gebruiken, naast de groote voordeelen, die wij beschreven, ook nadeelen. In de eerste plaats moet na één à twee uur het experiment afgebroken worden, om de flesch opnieuw met water te vullen. Het vlammetje moet dan weer worden aangestoken en het toestel moet zich instellen.

Deze bezwaren, voor een practische toepassing, deden ons naar een andere oplossing zoeken van het vraagstuk: hoe verkrijgen wij een constanten onderdruk in een ruimte, waarin gassen toestroomen?

Gedacht werd aan de waterstraalpompe, die weliswaar een

veel te grooten onderdruk geeft, maar in de praktijk een gemakkelijk te gebruiken instrument is. De waterstraalluchtpomp wordt verbonden met een ruimte, die door middel van een capillair in verbinding staat met een veel grootere ruimte. Deze laatste ruimte staat rechtstreeks in verbinding met de verbrandingskamer. Het capillair werd zoo gekozen, dat de druk in de verbrandingsruimte ± 25 cm water lager was dan de atmosferische druk. Door de groote capaciteit van de waterstraalluchtpomp is het mogelijk een onderdruk in de ruimte, die rechtstreeks met de waterstraalluchtpomp in verbinding staat, te doen ontstaan, die vrijwel uitsluitend afhankelijk is van den bouw van de pomp en niet zoozeer van de hoeveelheid gas, die door het capillair stroomt, mits deze luchthoeveelheid gering is. De verbrandingsruimte bevindt zich nu tusschen twee ruimten, waarin de druk constant is en wel één, waarin atmosferische druk, en één waarin het „hoogvacuum” heerscht. De druk in de verbrandingsruimte vertoont niettegenstaande deze voorzorgen, schommelingen, die weliswaar kleiner zijn dan 1 mm, maar altijd nog grooter dan de schommelingen, die de flesch van MARIOTTE geeft.

Door de twee bufferbussen, die de snelle variaties in druk opvangen, met warmte-isoleerend materiaal in te pakken, worden de drukschommelingen inderdaad iets kleiner, maar toch blijven nog onregelmatigheden over, die niet in temperatuurvariaties haar oorsprong vinden.

Alhoewel het dus niet mogelijk blijkt, deze hinderlijke schommelingen te nivelleeren, biedt het gebruik van deze opstelling zoovele practische voordeelen, dat wij gezocht hebben naar een weg, om deze niet volmaakte opstelling toch te gebruiken. In principe is dit mogelijk! Immers de invloed van lichtgas en lucht (zuurstof) op het thermobandje, is binnen zekere grenzen tegengesteld.

Wordt het drukverschil tusschen verbrandingsruimte en buitenlucht grooter, dan zal per tijdseenheid meer lucht, maar ook meer lichtgas toestroomen. Het thermoringetje wordt dus eener-

zijds meer verwarmd, doordat meer zuurstof verbrandt, anderzijds meer afgekoeld, doordat de lineaire snelheid van het lichtgas grooter wordt.

De mogelijkheid bestaat, dat deze twee factoren elkaar opheffen, waarbij dus drukvariatiën binnen zekere grenzen geen invloed hebben op de temperatuur van het thermopunt. Dit is echter niet de eenige eisch, dien wij moeten stellen, wanneer wij drukschommelingen dulden.

De gevoeligheid voor een bepaalde hoeveelheid zuurstof moet ook onafhankelijk van de drukvariatiën zijn.

De laatste eisch, die bovendien nog gesteld dient te worden, is deze, dat de gevoeligheid nog redelijk groot moet blijven.

Om deze quaesties juist te kunnen beoordeelen, hebben wij een uitgebreid onderzoek ingesteld, waarbij allereerst onderzocht is, welken invloed een bepaalde drukvariatie heeft op de temperatuur van het thermopunt bij diverse lichtgas/luchtverhoudingen.

De onderdruk, waarvan wij uitgingen, bedroeg 25 cm water, welken wij verkregen met de flesch van MARIOTTE, omdat daarmede drukvariatiën gemakkelijk te maken zijn, terwijl spontane drukvariatiën daar zeer klein zijn en de metingen nauwelijks hinderen. De drukvariatie bedroeg een willekeurig gekozen bedrag, n.l.: 2 cm water. Bij een bepaalde lichtgas/luchtverhouding wordt de druk op 25 cm water onderdruk gebracht en de galvanometer met de variabele tegenpotentialaal op nul gesteld. Vervolgens wordt de onderdruk op 23 cm gebracht en de galvanometerstand afgelezen. Om een redelijk aantal metingen te kunnen doen, is het noodzakelijk een groot aantal capillairen met verschillende „doorgankelijkheid” te bezitten.

Om deze „doorgankelijkheid” te meten, werd van de flesch van MARIOTTE gebruik gemaakt, waarbij de hoeveelheid uitstroomend water gemeten werd, wanneer het te meten capillair aan de zuigbuis van de flesch werd verbonden en de druk 25 cm onderdruk bedroeg.

Wanneer uit de flesch nu A c.c. water per uur stroomt, komt door het capillair $C \times A$ c.c. lucht binnen, waarbij de C afhankelijk is van den onderdruk, die de flesch van MARIOTTE maakt.

Op deze manier kunnen wij dus van een aantal capillairen de doorgankelijkheid in relatieve maat bepalen.

Wij vonden:

voor capillair 1	een doorgankelijkheid per uur van	$C \times 0,97$	liter
„ „ 2 „ „ „ „	„ „ „ „	$C \times 1,16$	„
„ „ 3 „ „ „ „	„ „ „ „	$C \times 2,18$	„
„ „ 4 „ „ „ „	„ „ „ „	$C \times 2,80$	„
„ „ 5 „ „ „ „	„ „ „ „	$C \times 3,42$	„
„ „ 6 „ „ „ „	„ „ „ „	$C \times 3,57$	„
„ „ 7 „ „ „ „	„ „ „ „	$C \times 3,66$	„
„ „ 8 „ „ „ „	„ „ „ „	$C \times 5,37$	„
„ „ 9 „ „ „ „	„ „ „ „	$C \times 7,62$	„
„ „ 10 „ „ „ „	„ „ „ „	$C \times 8,52$	„
„ „ 11 „ „ „ „	„ „ „ „	$C \times 9,72$	„
„ „ 12 „ „ „ „	„ „ „ „	$C \times 10,92$	„
„ „ 13 „ „ „ „	„ „ „ „	$C \times 14,46$	„

Met capillair 1 als „luchtcapillair” en de 12 andere capillairen achtereenvolgens als „lichtgascapillair” kunnen wij de in dit hoofdstuk besproken proeven doen.

Vervolgens nemen wij capillair 2 als luchtcapillair en de andere als lichtgascapillair. Wanneer wij de andere capillairen ieder als luchtcapillair gebruikt hebben, kunnen wij de gevonden getallen in een grafiek brengen (fig. 11). Op de y -as zetten wij in positieve richting den galvanometeruitslag af, dien wij krijgen onder de bovengenoemde voorwaarden.

Op de x -as zetten wij het quotiënt, dat verkregen wordt, door in den teller de lichtgashoeveelheid te plaatsen en in den noemer de luchthoeveelheid, die per uur door het capillair stroomt.

Capillair 1 blijkt niet geschikt te zijn als luchtcapillair, omdat de vlam niet aan te steken is.

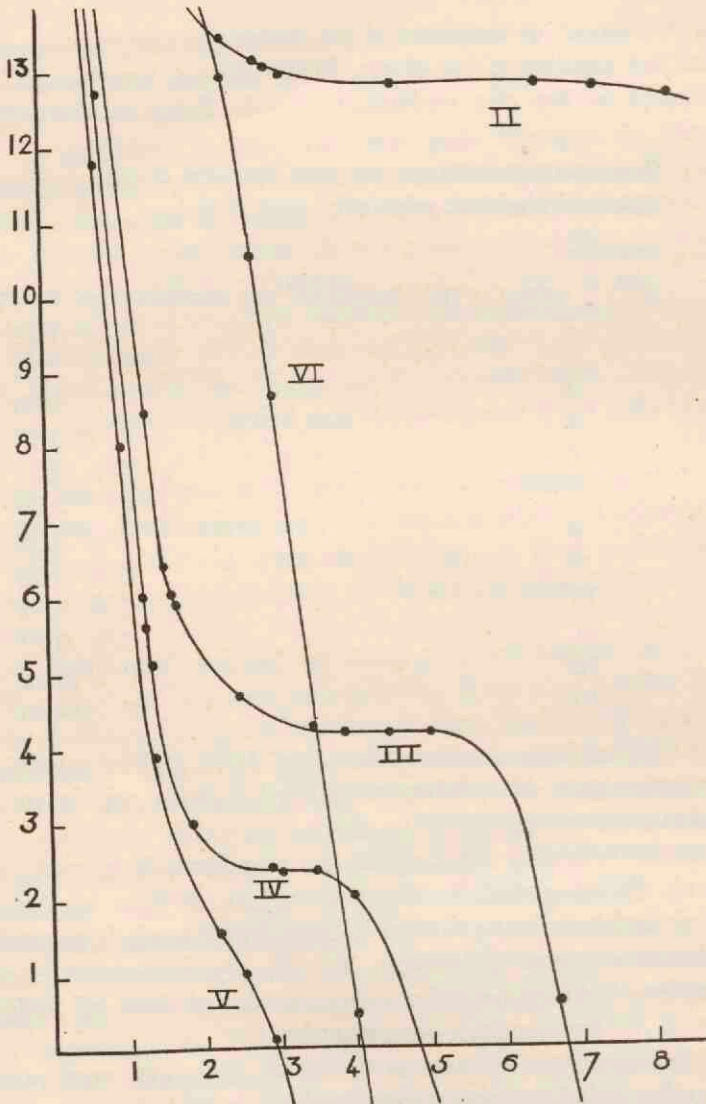


Fig. 11. Op de x -as is de verhouding van de hoeveelheden lichtgas-lucht, die per uur door de capillairen stroomen, afgezet. Op de y -as is de galvanometer-uitslag afgezet, die ontstaat, wanneer de onderdruk van 25 op 23 cm water wordt gebracht. Iedere kromme heeft betrekking op een bepaald „luchtcapillair”.

Tabel A.*Metingen met capillair 2.*

Doorstrooming bij een onderdruk van 25 cm water.

Capillair- nummers		Quotiënt	Uitslag			Gemid- deld
lichtgas	lucht		I	II	III	
1	2	0,84	22,5	22,1	21,4	22,0
3	2	1,88	13,8	14,6	13,6	14,0
4	2	2,41	13,6	13,3	13,3	13,4
5	2	2,95	13,2	13,0	13,1	13,1
6	2	3,08	13,0	13,1	13,0	13,0
7	2	3,15	13,0	12,9	12,8	12,9
8	2	4,63	12,7	12,8	12,8	12,8
9	2	6,57	12,8	12,9	12,8	12,8
10	2	7,34	12,7	12,9	12,6	12,7
11	2	8,38	12,5	12,6	12,7	12,6
12	2	9,41	11,4	11,6	12,0	11,7
13	2	12,42	9,4	9,8	10,5	9,9

Elke meting wordt driemaal gedaan. De onderdruk wordt met een loupe afgelezen en zeer nauwkeurig ingesteld.

In het algemeen geeft, zooals uit bovenstaande tabel blijkt, een kleine drukverandering reeds een aanzienlijken galvanometer-uitslag.

Tabel B.

Metingen met capillair 3.

Doorstroming bij een onderdruk van 25 cm water.

Capillair- nummers		Quotiënt	Uitslag			Gemid- deld
lichtgas	lucht		I	II	III	
1	3	0,44	vlam brandt niet			
2	3	0,53	„	„	„	
4	3	1,29	8,5	8,3	8,4	8,4
5	3	1,57	6,3	6,3	6,6	6,4
6	3	1,64	5,8	5,9	6,3	6,0
7	3	1,68	5,8	6,0	5,8	5,9
8	3	2,46	4,6	4,8	4,8	4,7
9	3	3,45	4,3	4,3	4,3	4,3
10	3	3,91	4,0	4,4	4,1	4,2
11	3	4,46	4,2	4,2	4,1	4,2
12	3	5,01	4,3	4,1	4,3	4,2
13	3	6,63	0,6	0,6	0,7	0,6

De vorm van de kromme is dezelfde als de voorgaande. Het horizontale deel ligt lager en is korter. Het snijpunt met de x -as geeft dus het punt aan, waarbij drukvariaties geen invloed hebben.

Tabel C.

Metingen met capillair 4.

Doorstroming met een onderdruk van 25 cm water.

Capillair- nummers		Quotiënt	Uitslag			Gemid- deld
lichtgas	lucht		I	II	III	
1	4		vlam brandt niet			
2	4	0,41	34	28	29	30
3	4	0,72	13,1	12,9	12,4	12,8
5	4	1,22	5,9	6,2	5,8	6,0
6	4	1,27	5,6	5,6	5,7	5,6
7	4	1,31	5,0	5,0	5,2	5,1
8	4	1,92	3,9	3,6	2,8	3,0
9	4	2,92	2,4	2,5	2,5	2,5
10	4	3,04	2,4	2,4	2,4	2,4
11	4	3,47	2,4	2,4	2,4	2,4
12	4	3,90	1,9	2,1	2	2
13	4	5,16	-1,2	-1,2	-0,9	-1,1

Deze kromme ligt gunstiger dan de voorgaande; overigens gelden de opmerkingen, gemaakt bij voorgaande krommen, ook voor deze.

Tabel D.

Metingen met capillair 5.

Doorstroming bij een onderdruk van 25 cm water.

Capillair- nummers		Quotiënt	Uitslag			Gemid- deld
lichtgas	lucht		I	II	III	
1	5	0,28	De vlam brandt niet			
2	5	0,34	„	„	„	„
3	5	0,64	„	„	„	„
4	5	0,88	11,8	12,1	11,2	11,7
6	5	1,04	7,9	8,2	7,9	8,0
7	5	1,07	7,6	7,6	7,9	7,7
8	5	1,57	3,7	4,0	4,0	3,9
9	5	2,23	1,5	1,5	1,6	1,5
10	5	2,49	0,8	0,9	1,3	1,0
11	5	2,84	0,3	0,0	0,3	0,2
12	5	3,19	-1,2	-1,1	-1,1	-1,1
13	5	4,23	-6,4	-6,3	-6,0	-6,2

Het horizontale gedeelte is geheel verdwenen. De kromme snijdt de x -as zeer steil.

Tabel E.

Metingen met capillair 6.

Doorstroming bij een onderdruk van 25 cm water.

Capillair- nummers		Quotiënt	Uitslag			Gemid- deld
lichtgas	lucht		I	II	III	
1	6		De vlam brandt niet			
2	6		„	„	„	„
3	6		„	„	„	„
4	6		„	„	„	„
5	6		„	„	„	„
7	6	1,03	34,4	33,9	33,7	34
8	6	1,50	21,6	21,0	21,4	21,3
9	6	2,14	14,0	13,9	13,5	13,8
10	6	2,38	12,8	12,8	12,09	12,8
11	6	2,73	10,6	10,4	10,5	10,5
12	6	3,06	8,4	8,7	8,7	8,6
13	6	4,05	0,2	0,3	0,7	0,4

Wanneer wij de grafieken bestudeeren, welke verkregen zijn volgens de in dit hoofdstuk vermelde methode, dan valt ons in de grafieken n°. II, III, IV en V een vormgelijkheid op, die wij in grafiek VI missen (fig. 11).

Het blijkt, dat alle luchtcapillairen met grootere doorgankelijkheid dan $C \times 3,42 L$, dezen afwijkenden vorm geven.

Op de verklaring hiervan komen wij nader terug.

Het opmerkelijke in de vier grafieken is wel, dat zij bestaan uit een dubbelgebogen kromme, waarvan vooral in de grafieken II, III en IV het middelste deel horizontaal loopt.

Wat beteekent dit horizontale deel?

Dit horizontale deel wijst allereerst uit, dat de uitslag bij

drukvariatie van 25 op 23 cm onderdruk, gelijk blijft, onafhankelijk van de hoeveelheid lichtgas, binnen zekere grenzen.

Het snijpunt met de x -as geeft aan, dat drukverandering *geen* verandering geeft in den nulstand: het punt, dat wij zoeken.

De verschillende krommen snijden de x -as echter zeer steil. Een kleine verandering van het quotiënt geeft groote verandering van het nulpunt bij drukvariatiës. Daarom zochten wij een horizontaal deel van een curve, dat zoo dicht mogelijk bij de x -as ligt. Het meest geschikt is het deel van de curve, gemaakt met luchtcapillair $C \times 2,80$, dat ligt tusschen quotiënt 2,50 en 3,50. Elke millimeter drukverschil geeft ± 1 mm galvanometerstand afwijking; zoolang dus de drukschommelingen kleiner zijn dan 1 mm, is een waterstraalpomp te gebruiken, voor dit gedeelte van het probleem.

Nu rest ons nog een onderzoek in te stellen naar de gevoeligheid voor zuurstof, onder omstandigheden, door dit deel van de curve aangegeven en bij aanvoering van eenzelfde gasmonster, een vergelijking te treffen tusschen de gevoeligheden onder de voorwaarden, door de andere curves aangegeven.

Bij eenzelfden onderdruk wenden wij eenzelfde luchtmonster aan en noteeren den uitslag van den galvanometer. Lucht- en lichtgascapillairen worden telkens verwisseld. Het gascapillair maken wij driemaal zoo groot als het luchtcapillair, omdat met capillair $C \times 2,80$ gebleken is, dat dit een gunstige verhouding is.

Op blz. 45 zijn de uitkomsten van deze proeven in een tabel ondergebracht; er is naar gestreefd, de verhouding lichtgas: lucht = 3 : 1 te maken, voorzoover de beschikbare capillairen zulks toelieten.

Galvanometer-uitslag voor een willekeurig luchtmonster.

	Quotiënt	Gemiddelde galvanometer-uitslag
$\frac{\text{capillair } 5}{\text{capillair } 2} =$	$\frac{3,42}{1,16} = 2,95$	85 mm
$\frac{\text{capillair } 9}{\text{capillair } 3} =$	$\frac{7,62}{2,18} = 3,45$	137 mm
$\frac{\text{capillair } 10}{\text{capillair } 4} =$	$\frac{8,52}{2,80} = 3,04$	195 mm
$\frac{\text{capillair } 12}{\text{capillair } 5} =$	$\frac{10,92}{3,42} = 3,19$	171 mm

Uit dit experiment blijkt, dat bij de verhouding van lichtgas: lucht = 3 : 1, de absolute gevoeligheid voor zuurstofconcentratieverandering het grootst is met C. 2,80. Verder blijkt dat drukvariaties van 8 % geen invloed hebben op de gevoeligheid.

Nu rest nog een onderzoek naar de gevoeligheidsveranderingen, die ontstaan, wanneer de lichtgastoevoer variëert.

Reeds is gebleken, dat het zekere voordeelen biedt, de lichtgashoeveelheid $2\frac{1}{2}$ à 3 maal zoo groot te maken als de lighthoeveelheid.

Wij laten hier een tabel volgen, waarin de galvanometeruitslagen vermeld worden, indien als luchtcapillair C. 2,80 gebruikt wordt, het lichtgascapillair variëert en onder deze verschillende omstandigheden, eenzelfde luchtmonster wordt aangeboden (zie fig. 12).

Lichtgascapillair	Quotiënt	Uitslag			Gemiddeld
		I	II	III	
3,66	1,31	20,1	19,8	19,8	19,9
5,37	1,92	20,0	20,4	20,5	20,3
7,62	2,72	20,2	20,2	20,4	20,3
8,52	3,04	20,0	19,9	20,4	20,1
9,72	3,47	19,4	19,4	19,3	19,4
10,92	3,90	18,5	18,7	18,6	18,6

Tusschen 1,92 en 2,72 zijn wij dus in een gevoeligheidsmaximum. Om in het horizontale gedeelte van de curve te komen (zie blz. 44) moeten wij tusschen quotiënt 2,50 en 3,50 blijven; om aan beide voorwaarden te voldoen dus tusschen 2,50 en 2,72.

Als lucht-capillair wordt dus gebruikt $C. \times 2,80$ (n°. 4).
Als lichtgas-capillair wordt gebruikt $C. \times 7,62$ (n°. 9).

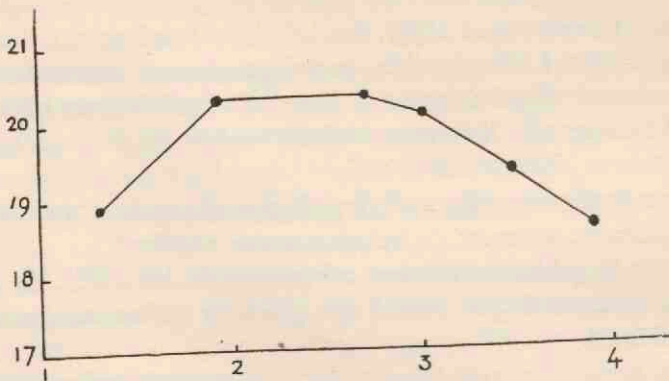


Fig. 12. Op de x -as wordt het quotiënt afgezet, dat verkregen wordt door het aantal c.c. dat een bepaald lichtgascapillair per uur doorlaat bij een onderdruk van 25 cm water, te deelen door $C \times 2,80$. Op de y -as wordt de galvanometeruitslag afgezet, indien wij een willekeurig, zelfde luchtmonster aanbieden. Tusschen quotiënt 1,92 en 2,72 is de gevoeligheid optimaal en ongeveer dezelfde.

Het blijkt, dat het gebruik van de waterstraalluchtpomp, waarom deze proeven begonnen zijn, niet teleurstelt.

Met de methode, besproken in het begin van dit hoofdstuk, bedroeg de gevoeligheid voor 1 % zuurstof, 1000 mm, waarbij de uitslag reproduceerbaar is tot op 1 mm.

Voor uiterst subtiele proeven blijft de flesch van MARIOTTE de voorkeur genieten, omdat nu de gevoeligheid van het meet-instrument opgevoerd kan worden, waarbij de reproduceerbaarheid tot 1 mm nauwkeurig is. Op deze manier komen wij tot 5.000 mm uitslag voor 1 % zuurstof.

De afwijkende vorm van de kromme, die werd geleverd met capillair 6, wettigt de opvatting, dat wij hier een ander verschijnsel meten, dan met een capillair met kleineren diameter dan capillair 6.

Wanneer het lucht-capillair meer gas toelaat per tijdseenheid, zal de vlam grooter worden. Het vlammetje komt dus dichter bij den thermoring, waardoor het energietransport ook geschieden kan door geleiding en(of) strooming.

In hoofdstuk II, § 4, over het thermoringetje, wordt nader gewezen op het feit, dat de energie, die op het thermoringetje komt, hoofdzakelijk afkomstig is van straling.

§ 2. Het waterbad.

Ook bij het laatste toestel is het noodig de verbrandingsruimte op constante temperatuur te houden.

De temperatuur van het thermopunt wordt mede beheerscht door de temperatuur van den wand van de verbrandingsruimte.

Deze wand wordt door het vlammetje verwarmd, zoodat, zonder de noodige voorzorgen, de temperatuur van het thermopunt langzaam zou stijgen, als gevolg van de temperatuurstijging van den wand.

Daar de warmteproductie van het vlammetje uiterst klein is bij de laatste modificatie, is het niet meer noodzakelijk, het water

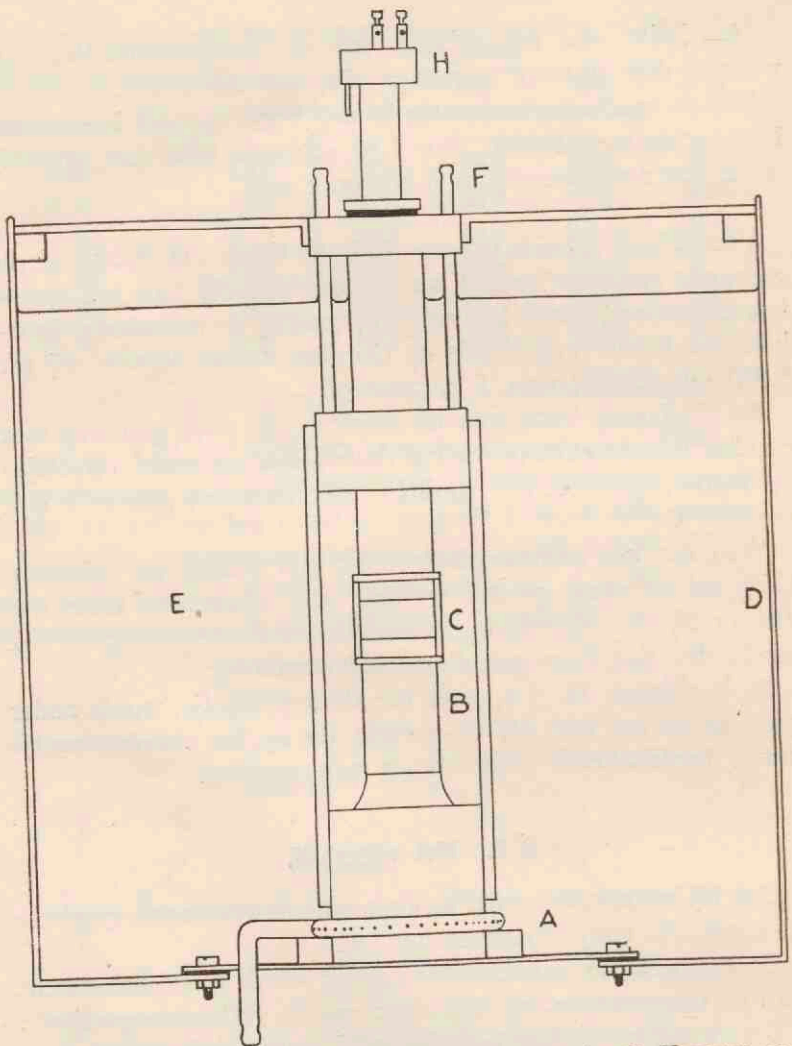


Fig. 13. A. Doorboorde ring, waardoor lucht borrelt. B. Koperen wand van de verbrandingsruimte. C. Glazen contröleruitje. D. Wand van het watervat. E. Water. F. Afvoerbuizen van de verbrandingsgassen. H. Aansteker.

te laten circuleeren. De geheele verbrandingsruimte wordt nu geplaatst in een waterbad (zie fig. 13), dat ± 8 l. water bevat.

De temperatuur van dit waterbad stijgt niet merkbaar; ook de temperatuur van het thermoringetje blijft, wanneer de warmteproductie van de vlam constant is, gelijk. Dat de temperatuur van het thermopunt inderdaad constant is, blijkt uit het constant zijn van de gemeten E. M. K.

Het water wordt gemengd door lucht te laten stroomen in een hollen ring, die voorzien is van gaatjes; deze ring ligt coaxiaal om den onderkant van de verbrandingsruimte, zoodat dus langs den buitenwand van de verbrandingsruimte het water steeds in strooming wordt gebracht door de uitborrelende lucht.

De lucht kan betrokken worden uit de luchtdrukleiding, die in het laboratorium in iedere kamer aanwezig is.

Bij een verplaatsbaar demonstratietoestel krijgt men de lucht door middel van een slangpompje.

Het verkleinen van het vlammetje, dat wil zeggen het verlagen van de warmteproductie per tijdseenheid, heeft dus twee voordeelen:

- 1° het waterbad kan kleiner worden;
- 2° het vlammetje gebruikt zeer weinig zuurstof, waardoor eenige c.c. lucht voldoende zijn om geanalyseerd te worden.

De metalen wand van het waterbad bevat een ruitje, ongeveer op de helft van de hoogte, waardoor het mogelijk is te controleeren of de aansteker functionneert (zie ook § 5 van dit hoofdstuk).

§ 3. De brander.

Het gedeelte, dat wel de hoogste technische eischen stelt, is dat deel, waarin het brandertje gemonteerd is. In deze paragraaf zal niet alleen de brander besproken worden, maar ook het gedeelte, dat in fig. 14 geteekend is en dat daarmede een technische eenheid vormt.

De vorm van dit gedeelte wijkt af van den vorm van de toestellen uit hoofdstuk I en wel voornamelijk, doordat de toepassing van den onderdruk andere eischen stelt. In principe is

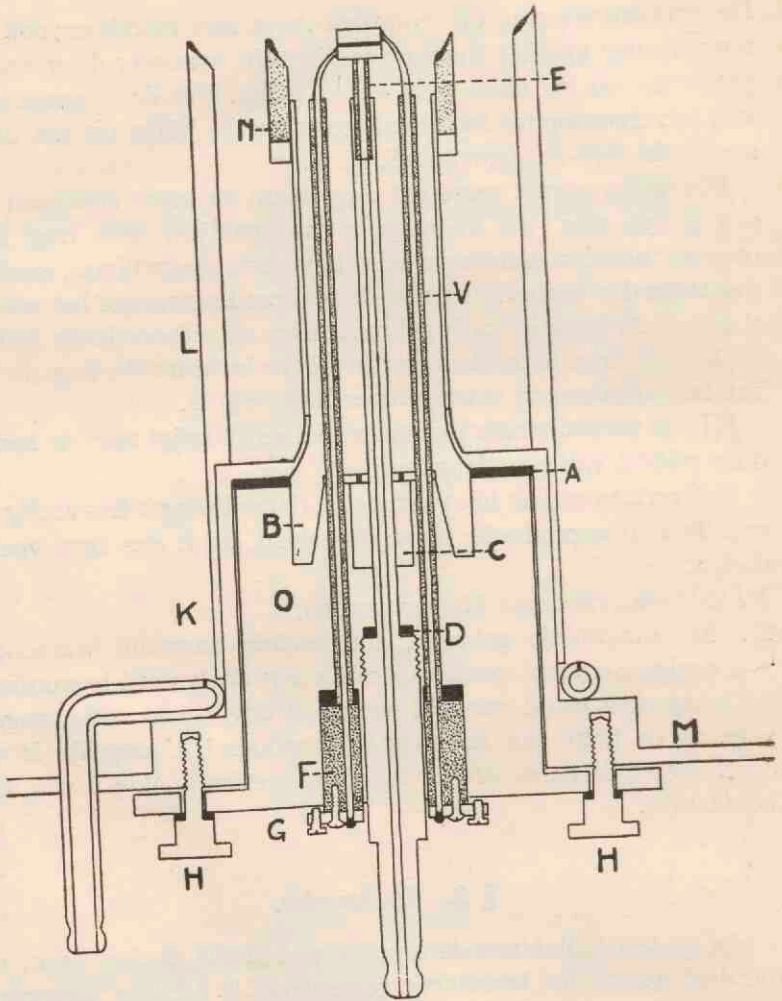


Fig. 14. A. Caoutchouc ring. B. Goot voor het condenswater. C. Gaskamertje. D. Dichting. E. Kwartsbrander in koperen buis gekit. F. Ebonieten doorvoer van de manganin- en constantaandraad. G. Koperen aansluitklem. H. Schroef om het blok te fixeeren. K. Houder van het koperen „blok”. L. Staaf, waaraan de aansteker bevestigd is. M. Grondplaat, die aan den bodem van het waterbad geschroefd is. N. Glazen buis. O. Massief koperen blok. V. Glazen buis, waardoor de manganin- en constantaandraaden gevoerd worden.

alles hetzelfde gebleven, waterafvoer, gastoevoer, brander en thermopunt zijn ook hier aanwezig en tot één geheel gemaakt; kleine foutjes uit het vorige toestel zijn verbeterd.

Het geheel heeft een grooteren diameter gekregen, teneinde ruimte over te hebben om den gummiring A te kunnen bergen.

De verbrandingsruimte moet, zooals reeds uiteen is gezet, nauw zijn, waardoor gaskamer, watergoot, enz. ook anders gebouwd moeten worden. De waterafvoergoot B bevindt zich loodrecht onder den wand van de verbrandingsruimte, waardoor het condenswater niet in de gasgaatjes kan vallen.

Om deze watergoot voldoende breed te maken, loopt de wand van de verbrandingsruimte aan den onderkant naar buiten, waardoor de buis daar ter plaatse een grooteren diameter heeft. Deze goot heeft twee breede afvoerbuizen, die in fig. 14 niet geteekend zijn; fig. 15 geeft een detailteekening van dezen afvoer (P). Deze doorsnede vormt een hoek van 45° met de doorsnede van fig. 14.

De buisjes, die het water afvoeren, zijn verbonden met een glazen vaatje, dat het condenswater opvangt. Dit vaatje is luchtdicht afgesloten en met gummislangetjes verbonden aan de waterafvoerpijpjes. Goede afsluiting is noodig, omdat ook in deze ruimte onderdruk heerscht. De productie van het condenswater is uiterst gering (het vlammetje is klein), zoodat het bakje, dat het water verzamelt, wanneer het niet te klein is, slechts zelden geledigd behoeft te worden.

Zeer groote moeilijkheden gaf het gaskamertje (C). Dit kamertje is niet meer, zooals bij het derde toestel, geplaatst buiten de afvoerdraden van den thermostroom, maar binnen deze draden en wel om ruimte te winnen voor de watergoot.

Het kamertje heeft, om het geheel symmetrisch te maken, twee toevoerbuusjes, die niet in fig. 14 zijn geteekend.

Fig. 16 geeft een detailteekening van de gastoevoerbuizen (R); deze figuur staat loodrecht op de doorsnede in fig. 14 geteekend. De twee buisjes zijn verbonden met een glazen H-stuk (zie verder § 6 B en fig. 20).

Boven op het gaskamertje bevindt zich een afneembaar dekseltje T, dat met twee schroefjes goed sluitend op het gaskamertje bevestigd kan worden.

Het dekseltje is afneembaar gemaakt, om eventueele onge-rechtigheden uit het kamertje te verwijderen. In het dekseltje zijn zes gaatjes aangebracht, om het gas circulair symmetrisch uit het gaskamertje te laten stroomen.

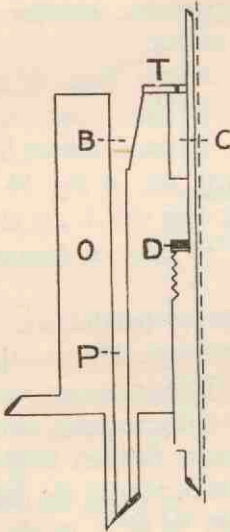


Fig. 15. B. Watergoot met afvoer. P. Afvoer. O. Koperen blok. T. Dekselletje op het gaskamertje, waarin zich zes gaatjes bevinden. C. Gaskamertje. D. Dichting.

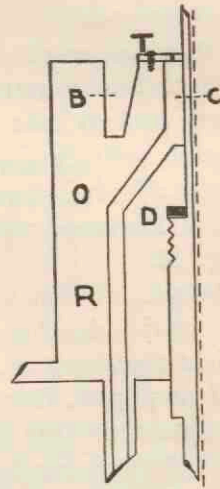


Fig. 16. B. Watergoot. C. Gaskamertje met toevoer. R. Lichtgastoevoer. D. Dichting. O. Koperen blok. T. Dekselletje op gaskamertje, met schroefje voor bevestiging.

De eigenlijke brander loopt dwars door het kamertje. Deze brander is uitneembaar. Dit stelt weer hooge eischen aan de afwerking, omdat lekken langs den brander funest zijn. De brander wordt vastgeschroefd tegen een gummiring D, zoodat lekken langs den brander, via de gaskamer, uitgesloten zijn.

Het koperen buisje, dat het kwartsbuisje E bevat, is veel dun-

ner uitgevoerd, om wervelingen te voorkomen; aangezien de overgang van het koperen buisje op het kwartsbuisje bij de vorige toestellen te groot was (zie fig. 3).

Het kwartsbuisje heeft een wand van $\pm 0,5$ mm en een binnendiameter van 0,8—1,0 mm.

De afvoerdraden van het thermopunt moeten:

- 1°. stevig bevestigd zijn;
- 2°. geïsoleerd door het koperen blok loopen;
- 3°. geen lekkansen geven.

Om aan deze eischen te voldoen, zijn twee glazen buisjes V in het koperen blok gekit. De manganin- en constantaandraden zijn in deze glazen buisjes gelakt. De groote boring in het blok, waarin het stuk eboniet F geplaatst wordt, is gedeeltelijk met lak volgegoten. Het ebonieten blok F is met kit vast tegen de lak aangedrukt, waardoor ook hier lekken voorkomen worden.

De draden worden vervolgens gesoldeerd aan de koperen blokjes G. Aan de schroefjes wordt respectievelijk een constantaan- en een manganindraad bevestigd.

Het koperen gedraaide blok O is nu in zijn geheel uit het toestel te nemen, hetgeen het schoonmaken en repareren vereenvoudigt.

Met twee stevige schroeven H wordt dit blok tegen den gummiring A bevestigd.

De bus K is gefixeerd op de plaat M, welke met zes schroeven op den bodem van het waterbad, waterdicht bevestigd wordt.

Door deze plaat loopt de toevoerbuis voor een roerinrichting (zie § 2 van dit hoofdstuk).

Twee stevige koperen staven L zijn vastgesoldeerd aan den wand van K en geven den aansteker (fig. 13) steun, waardoor het glaasje M niet mechanisch belast wordt.

Het koperwerk is zwaar vernikkeld, omdat het zich steeds onder water bevindt.

Uit het koperen blok steken dus vijf buisjes: twee voor gastoevoer, twee voor waterafvoer en één (en wel

de middelste) voor de analyselucht. Het geheele „blok” bevindt zich in het waterbad om een gelijkmatige, constante temperatuur te verkrijgen van het lichtgas en het analysegas.

De lengte van het buisje, waarop de brander gemonteerd is, werd zoodanig gekozen, dat het vlammetje in het midden van het waterbad brandt.

§ 4. Het thermopunt.

Uit de vele methoden om een temperatuur te meten, gaven wij de voorkeur aan de methode van TH. J. SEEBECK, die reeds in 1822 gepubliceerd is. Hierbij wordt de electromotorische kracht gemeten, die ontstaat bij het temperatuurverschil tusschen contactplaatsen van twee verschillende metalen.

Als metalen kozen wij manganin en constantaan, daar de electromotorische kracht ongeveer recht evenredig is met het temperatuurverschil.

Constantaan heeft evenals manganin bovendien een, voor temperatuursveranderingen, bijna onveranderlijken weerstand en een ander zeer belangrijk voordeel is, dat de E.M.K., ten opzichte van manganin, zeer groot is. Deze is namelijk bij één graad temperatuurverschil tusschen de twee contactplaatsen: $4,1 \times 10^{-5}$ volt.

Mijn leermeester NOYONS 16) maakte reeds in 1935 gebruik van het zoo juist beschreven principe, om de temperatuursverandering in de buurt van een gasvlam te meten, wanneer het gas al of niet gemengd is met een bepaalde hoeveelheid brandbaar gas (acetyleen, butagas, enz.).

Zonder op dit principe verder in te gaan, moet toch de temperatuurmeting in de buurt van de vlam nagegaan worden, omdat deze methode den stoot heeft gegeven tot de ontwikkeling van de in dit proefschrift beschreven thermometing.

Wanneer men de temperatuur in de omgeving van een vlam wil meten met behulp van een thermopunt, dan staat men voor de moeilijkheid, dat, wanneer men zonder meer het thermopunt in de buurt van de vlam plaatst, de temperatuur van het thermopunt zeer afhankelijk is van eventuele afstandsveranderingen van het thermopunt tot de vlam.

NOYONS heeft deze moeilijkheden aldus trachten op te lossen: Indien men het thermopunt een cilindrischen vorm kan geven en men dezen cylinder coaxiaal om de uitstroomopening van het lichtgas zet, dan zal de gemiddelde temperatuur van den cylinder dezelfde zijn, óók al valt de as van den cylinder *niet* samen met de as van den zuurstofbrander. Bij benadering is de totale hoeveelheid energie, die op den cylinder valt, wanneer deze energieoverdracht door straling plaats vindt, onafhankelijk van de verplaatsing van de energiebron in het horizontale vlak.

Uitvoering.

Mijn leermeester voerde zijn idee als volgt uit:

Twee draden, één van manganin, de andere van constantaan, worden aan elkaar „gesoldeerd” met een platina cylinder. De platinacylinder wordt nu als soldeerplaats beschouwd en de electromotorische kracht, die gemeten wordt, is dus afhankelijk van de gemiddelde temperatuur van dezen platinacylinder.

Is deze opvatting geheel juist? Wanneer de platinacylinder in oneindig kleinen tijd temperatuursverschillen kan vereffenen, die op verschillende plaatsen kunnen optreden, bijvoorbeeld door wapperen van de vlam, dan mag men inderdaad den platina-cylinder opvatten als de „soldeer” tusschen constantaan en manganin.

Echter, de temperatuurverdeling op den cylinder wordt beheerscht door den warmtegeleidingscoëfficiënt van platina, met andere woorden, de factor *tijd* speelt een rol.

Bij deze opstelling is het zeer zeker niet onverschillig of de temperatuur van den platinacylinder niet overal dezelfde is,

want de cylinder vormt zelf weer twee thermopunten en wel met constantaan en met manganin, waarvan wij het laatste kunnen verwaarloozen (een graad temperatuursverschil geeft 1×10^{-6} volt).

Wij kunnen dus eigenlijk volstaan met de soldeerplaats constantaan-platina te beschouwen.

Van de temperatuur van deze plaats hangt de te meten E.M.K. af.

Dit thermopunt ligt niet geheel om de vlam heen, zooals eigenlijk de bedoeling was, maar buiten de vlam, zooals niet gewenscht was.

De goede warmtegeleiding van platina maakt toch deze opstelling, voor het gestelde doel, voldoende geschikt.

Bij onze methode is gebruik gemaakt van het juiste principe, de gemiddelde temperatuur in den cylinder te meten, coaxiaal geplaatst om de vlam.

De cylinder bestaat uit twee kleine cylinders, één van manganin en één van constantaan, die boven elkaar gesoldeerd zijn met zilver (hoog smeltpunt). De zilveren ring is dus de soldeerplaats tusschen de metalen.

Aan den manganinring wordt een manganindraad gesoldeerd en aan den constantaanring een constantaandraad.

Bij deze opstelling is practisch verwezenlijkt, wat theoretisch voor het beste werd gehouden.

Aangenomen wordt bij deze opstelling, dat de E.M.K. afhankelijk is van de gemiddelde temperatuur van de soldeerplaats, hetgeen bij benadering juist is.

Het maken van deze thermopunten is een uiterst subtiel werk.

DR. D. TH. J. TER HORST, conservator van het Fysisch laboratorium te Utrecht, was zoo welwillend mij de technische gegevens te verschaffen voor het produceeren van het bekende thermoband van MOLL en BURGER.

Wij maakten de thermoringen op de volgende wijze:

Een draad van manganin en een draad van constantaan, van

0,8 mm, werden eerst gewalst tot op $\pm 0,5$ mm (zie fig. 17). Eén van de platte kanten, die ontstaan, wordt met moeilijk smeltbaar zilver gesoldeerd tegen één van de platte kanten van het andere metaal (zie fig. 17), zoodat de draden in de lengte langs elkaar liggen. Deze draden worden nu gewalst en wel zoo, dat constantaan komt te liggen *naast* manganin. Op deze manier is iedere dikte, tot 10μ , te verkrijgen. Deze bandjes worden nu gesoldeerd met iets gemakkelijker smeltbaar zilver

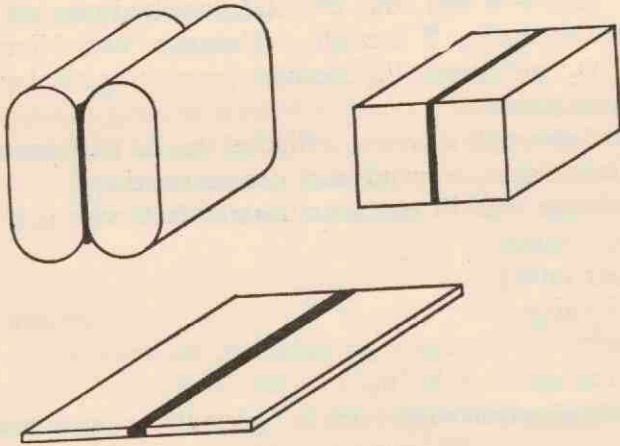


Fig. 17. Nadat de draden even plat gewalst zijn, worden zij aan elkaar gesoldeerd. De tweede figuur geeft aan, hoe na het soldeeren de draden tot een blokje gevijld worden; dit blokje wordt verder op de gewenschte dikte gewalst.

en vervolgens worden de constantaan- en manganindraden gesoldeerd met tin of uiterst gemakkelijk smeltbaar zilver.

Men kan ringetjes maken van elke gewenschte dikte en doorsnede, al naar het doel, waarvoor zij gebruikt zullen worden.

Reeds bij de ontwikkeling van het toestel is gebleken, dat het thermopunt steeds lichter gebouwd kon worden, naarmate fouten, die vorige toestellen hadden, vermeden werden.

Eén van de eischen die wij ons gesteld hadden, was de

methode uiterst snel te maken. Dit hebben wij ten deele bereikt door de schadelijke ruimte van het toestel klein te houden, hetgeen weer mogelijk was, doordat gebruik gemaakt werd van den onderdruk. In de tweede plaats moest het thermoblik zoo dun mogelijk gemaakt worden. Dit geeft technisch groote moeilijkheden, daar dit dunne blik niet gemakkelijk met zilver te solderen is.

Gebruikt werd blik tot 10μ dik.

Wanneer het ringetje een diameter had van ± 5 mm en een hoogte van ± 4 mm, was de totale insteltijd van het toestel, plus galvanometer, 7 seconden. Variaties van bijvoorbeeld 0,01 % O_2 , gedurende $\frac{1}{10}$ seconde, gaven nog uitslagen van eenige centimeters.

Het is belangrijk te weten, welk deel van de warmteproductie van de vlam gemeten wordt met den thermoring.

In principe kan dit energietransport plaats vinden door:

- 1e. Geleiding.
- 2e. Strooming.
- 3e. Straling.

1e. *Geleiding.*

Bij geleiding denke men zich het gasmilieu eerst in volkomen rust.

Het kost eenigen tijd om het gasmolecule, dicht bij de vlam, haar kinetische energie te laten doorgeven aan den wand van het thermoringetje.

Wanneer het milieu, waarin dit gebeurt, opschuift met een zekere éénparige snelheid, kan men zich voorstellen, dat de moleculen met grootere kinetische energie, het thermopunt niet raken; met andere woorden, dat het warm worden van het thermopunt niet op geleiding berust.

Om dit zeker te weten, moet dus de snelheid van het gas bekend worden.

De doorsnede van den brander is 18 mm.

De gewijzigde flesch van MARIOTTE zuigt ± 10 l gas aan, dat is dus per seconde ± 3 c.c.

De snelheid van het gas in de verbrandingsruimte is ± 1 cm/sec.

Op grond van deze groote verticale snelheid kan men aannemen, dat het energietransport door geleiding, hoogstens een ondergeschikte rol speelt bij de energie-overdracht van de omgekeerde vlam naar het thermobandje.

Proeven, om dit practisch te bewijzen, zijn niet genomen, omdat dit op groote moeilijkheden moet afstuiten.

2e. *Strooming.*

Daar steeds getracht is wervelingen te voorkomen, omdat deze het thermopunt onregelmatig verwarmen, is er geen reden om aan te nemen, dat nu nog stroomingen in radiaire richting aanwezig zijn, vooral daar de verticale gasstroom deze ook nog tegengaat.

3e. *Straling.*

Uit de voorgaande beschouwing volgt, dat energietoevoer uitsluitend berust op straling. Daar de middenstof constant van samenstelling is, zal de straling geen variaties vertoonen, als de vlam constant is. (Zie ook bladz. 47).

Op den thermoring heeft echter niet alleen de vlam invloed, maar ook de temperatuur van den wand van het vat; deze wordt echter door het waterbad constant gehouden.

De warmte van het thermopunt wordt verder afgevoerd door:

1e. Straling (op den wand).

2e. Geleiding (via gas en manganin- en constantaandraden).

3e. Strooming (via gas).

De geleiding zal afhangen van den warmtegeleidingscoëfficiënt van het gasmengsel, die in het algemeen dezelfde zal blijven en voorts van de geleiding via de draden.

Het warmteverlies door strooming wordt beheerscht door de warmtecapaciteit en de stroomsnelheid van het gas.

De stroomsnelheid is steeds dezelfde, zooals reeds bewezen is in paragraaf 1 van dit hoofdstuk.

De warmtecapaciteit en het warmtegeleidingsvermogen hangen af van de samenstelling van het gas, die constant beschouwd mag worden.

De invloed op de temperatuur van het thermoringetje bij verhooging van den warmtegeleidingscoëfficiënt van het milieu, waarin zich het ringetje bevindt, blijkt duidelijk, wanneer wij het lichtgas mengen met andere gassen.

Merkwaardig is in dit verband het gedrag van stikstof en van butagas.

Stikstof, gemengd met lichtgas, geeft, tegen de verwachting in, verhooging van temperatuur van het thermoblik, omdat blijkbaar de vermindering van de warmtegeleiding overheerscht over het effect, dat de verlaging van de calorische waarde van het lichtgas tengevolge moet hebben.

Butagas, met hogere calorische waarde dan lichtgas, geeft, met lichtgas gemengd, een verlaging van temperatuur van het thermoblik, als gevolg van den grooten warmtegeleidingscoëfficiënt van dit gas.

Merkwaardig is het, dat, niettegenstaande de samenstelling van het lichtgas inconstant is, hiervan nooit eenige hinder ondervonden is.

Een belangrijk probleem is verder nog, welke de plaats moet zijn van de vlam ten opzichte van den thermoring en welke de afmetingen moeten zijn van dit ringetje.

Alhoewel de plaats van de vlam niet zeer kritisch is, worden de beste resultaten verkregen, wat betreft de constantie van temperatuur van het thermoringetje, wanneer de uitstroomingsopening van den brander zich juist bevindt in hetzelfde horizontale vlak als de onderkant van den thermocylinder.

De doorsnede van den cylinder kan variëeren tusschen vier en zes millimeter, terwijl de hoogte de vier millimeter niet overschrijden mag, daar anders andere invloeden dan de straling van de vlam, de temperatuur van dezen cylinder beïnvloeden.

De constantaan- en manganindraden moeten $\pm 0,3$ millimeter dik zijn, daar dan voldoende stevigheid gegarandeerd is, terwijl de warmtegeleiding via deze draden niet hinderlijk is.

§ 5. De aansteker.

Reeds bij de eerste toestellen werd gebruik gemaakt van een gloeidraad, om het zuurstofvlammetje aan te steken.

Alhoewel deze methode wel voldeed, waren er toch eenige bezwaren, namelijk:

- 1°. de gloeidraad had een korten levensduur;
- 2°. naarmate de vlam kleiner werd, was het aansteken moeilijker.

Hierbij kwam nog een derde bezwaar, toen bij het laatste toestel de onderdruk ingevoerd werd, n.l. groote lekkansen bij den aansteker.

De brander krijgt bij een bepaalden onderdruk een bepaalde hoeveelheid lucht. Deze hoeveelheid lucht is te klein om aangestoken te worden met een gloeidraad. Wat ligt meer voor de hand, dan deze hoeveelheid tijdens het aansteken te vergrooten?

Onderaan den brander bevindt zich een T-stuk, dat met twee capillairen verbonden is. Het eene capillair regelt de hoeveelheid op O_2 te onderzoeken lucht. Het andere capillair kan door een kraan afgesloten worden. Bij het aansteken wordt de kraan even opengezet, waardoor een zoodanige hoeveelheid lucht binnenstroomt, dat het aansteken zonder bezwaar gaat. Hiermede is dus de tweede moeilijkheid opgelost. Wanneer de gloeidraad kort in de vlam blijft, wordt de platinadraad niet erg beschadigd. Het uitsluiten van lekken is technisch betrekkelijk eenvoudig op te lossen. Uit de beschrijving van den aansteker volgt, hoe deze laatste twee moeilijkheden opgelost zijn.

Twee koperen staafjes (A) loopen geïsoleerd door een ebonieten dop B (fig. 18). Aan deze twee staafjes is een platinadraad bevestigd, die een dikte heeft van 0,15 mm. De lengte van dezen lusvormigen draad is ± 15 mm. De draad wordt gevoed met een accu van 2 volt; de weerstand van den draad is $0,2 \Omega$, zoodat de accu gedurende enkele seconden ± 3 ampère levert, aangezien de draad rood gloeiend wordt, zoodat de weerstand zeker driemaal zoo groot is. Een accu van 2 volt is aangesloten aan de twee klemmen G.G.

De buis C is beweegbaar in de buis D en zoover naar beneden te drukken, dat K op H stuit. De platinadraad bevindt zich op dat moment juist boven den brander. Wanneer K contact maakt met H, zal de stroom van de accu gesloten worden en de gloeidraad gaan gloeien.

De stalen veer (niet geteekend) om de buis C, drukt den geheelen aansteker weer naar boven en drukt B tegen den gumming L, zoodat lekken uitgesloten zijn.

Wanneer de gloeidraad vernieuwd moet worden, wordt H losgeschroefd en de geheele aansteker uitgenomen.

Er moet met de meeste zorg voor gewaakt worden, dat deze inrichting geen lekken geeft.

Bij het aansteken wordt meer lucht gegeven en vervolgens wordt de aansteker even naar beneden gedrukt.

Om het bovenste deel van de verbrandingsruimte bevindt zich de bus N.

De twee staven M.M. fixeeren den aansteker (zie fig. 18 en fig. 13). Hierdoor wordt voorkomen dat de glazen mantel breekt, die tusschen den „aansteker” en den „brander” (zie § 6 en § 3) ingelakt is.

De glazen mantel is aangebracht om te zien of bij het aansteken de gloeidraad inderdaad gloeit.

Het vlammetje zelf is niet te zien; of het evenwel brandt, kan men controleeren met den galvanometer.

De bus N heeft ook, uit overwegingen van symmetrie, twee afvoerbuizen (O).

Deze twee buizen loopen naar de reeds eerder besproken windketel, die met de gewijzigde flesch van MARIOTTE of met een waterstraalluchtpomp verbonden is. De verbrandingsruimte is met de bus N verbonden door twee rijen gaatjes en wel zes groote gaten op den bodem van de bus, om eventueel condensatiewater af te voeren naar de verbrandingsruimte (de bus staat ook in het waterbad, zie fig. 13) en zes hooger gelegen kleinere gaatjes, die door hun ligging niet door water verstopt kunnen raken en dus het gas vrij door kunnen laten. Door deze gaatjes wordt ook weer getracht het gas circulair symmetrisch weg te zuigen. Het deksel van het waterbad past om den koperen ring P, waardoor de aansteker gefixeerd wordt. Dit gedeelte is zwaar vernikkeld, omdat het zich steeds onder water bevindt.

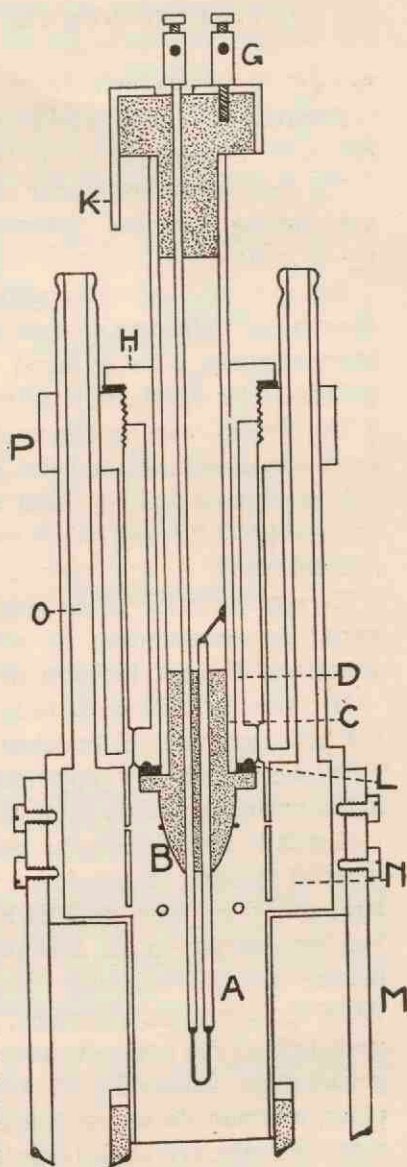


Fig. 18. A. Koperen staaf, waaraan de gloeidraad bevestigd is. B. Ebonieten dop. L. Gummiring; sluit de gaskamer af. N. Gaskamer met dubbel doorboorden wand. M. Koperen staven, waarmede de aansteker bevestigd is. C. Past in D. O. Afvoerbuis. P. Massieve cylinder, die in het deksel van het waterbad past. K. Contactstaaf. G. Aansluitklemmen voor de accu.

§ 6. Beschrijving van enkele andere onderdelen.

a. De tegenpotentiaal.

Zooals reeds eerder is geschreven brandt de vlam, wanneer wij de „nullijn” registreeren op buitenlucht (20,94 % O₂).

Bij deze warmteproductie van de vlam is de E.M.K., die bij verwarming van het thermoblik ontstaat, reeds zeer groot ($\pm 5 \times 10^{-3}$ volt).

Om den galvanometer stroomloos te maken geven wij een stroom, in richting tegengesteld en in grootte gelijk aan den thermostroom. Aan de hand van de beschrijving van fig. 19 zal dit nader verklaard worden.

De stroom van de tegenpotentiaal wordt geleverd door een accu van 2 volt. In de keten staan achtereenvolgens een variabele weerstand van $\pm 1200 \Omega$ (B), een variabele weerstand van $\pm 10 \Omega$ (C), een vaste weerstand (D) van $\pm 3 \Omega$ en de schakelaar A.

De stroomsterkte in de keten is dus te regelen met de twee variabele weerstanden; de weerstand B voor grovere en de weerstand C voor kleinere weerstandsveranderingen.

De stroomsterkte in D is hiermede te wijzigen en daarmede het potentiaalverschil tusschen de uiteinden van deze spoel.

De weerstand D is opgenomen in een tweede keten. In deze keten bevinden zich de beide thermopunten en de stroommeter.

G stelt in de teekening den galvanometer voor. Het potentiaalverschil tusschen de uiteinden van den weerstand D, moet zoo zijn, dat deze juist de E.M.K., die ontstaat bij verbranding van buitenlucht, opheft, met andere woorden, de tegenpotentiaal maakt den galvanometer stroomloos, wanneer de vlam op 20,94 % O₂ brandt. Variaties in temperatuur kunnen met volle gevoeligheid van den galvanometer gemeten worden, indien deze gevoeligheid gewenscht is. Verder is aan dezelfde eboniëten plaat, waaraan de weerstanden enz. voor de tegenpotentiaal gemonteerd zijn, een shuntbank (H) bevestigd, aangepast aan den galvanometer.

Deze shuntbank is zoodanig gemaakt, dat de gevoeligheden zich verhouden als 100 : 20 : 1. Hierbij meten wij zuurstof met een 5 maal ongevoeliger gemaakten galvanometer.

De CO_2 wordt met volle gevoeligheid gemeten. (zie blz. 74)

Het toestel, dat voor de stofwisseling van patiënten gebruikt wordt, is dus op deze manier voor CO_2 en voor O_2 even gevoelig.

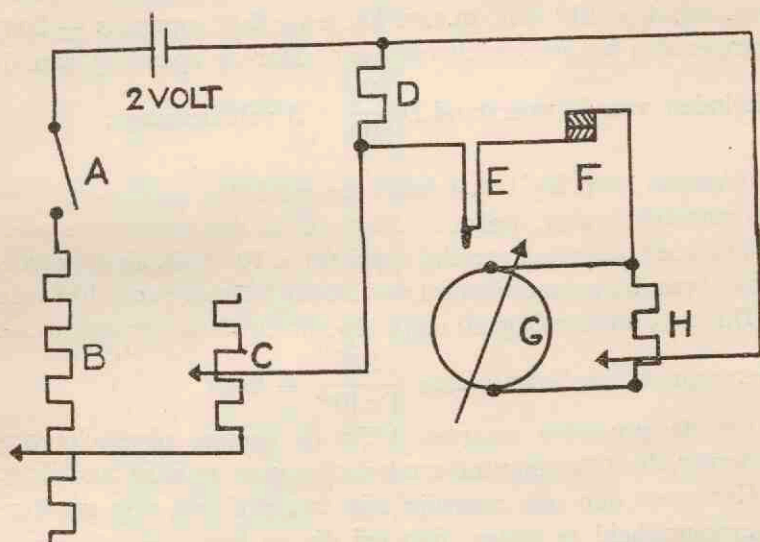


Fig. 19. A. Schakelaar. B. Variabele weerstand van 1200Ω . C. Variabele fijnregelweerstand van 10Ω . D. Vaste weerstand van 3Ω . E. Thermopunt, dat op een constante temperatuur gehouden wordt. F. Thermoring. G. Galvanometer. H. Shuntbank.

De beide variabele weerstanden van 1200Ω en 10Ω zijn, evenals de shuntbank, van „General Radio”. De weerstand van 3Ω en de aangepaste weerstand uit de shuntbank zijn in het laboratorium gemaakt van constantaandraad.

Met deze opstelling kunnen wij ons een idee vormen van de temperatuur van het thermoblik.

Wil de galvanometer stroomloos zijn, dan moet de totale

weerstand van den accukring $\pm 800 \Omega$ zijn, d.w.z. de stroomsterkte is $\frac{2}{800}$ ampère.

Het potentiaalverschil is dus juist de E.M.K., die ontstaat door verhitting van het thermoblik.

Nu geeft 1° temperatuurverschil tusschen manganin- en constantaan 4×10^{-5} volt, m.a.w. het eene thermopunt is $\pm 200^\circ$ warmer dan het andere thermopunt, daar de spanning aan de uiteinden van de weerstand $D \frac{2}{800} \times 3$ volt bedraagt.

Wanneer men bij 1 % minder zuurstof den uitslag van den galvanometer meet, welke b.v. 1 meter is, dan komt deze overeen met een potentiaalverschil van 1000×10^{-6} volt, als de gevoeligheid van den galvanometer 1 mm uitslag bedraagt voor 10^{-6} volt.

Dus 1 % minder O_2 geeft een temperatuursverandering van het thermopunt ten bedrage van $\frac{10^{-3}}{4 \times 10^{-5}} = 25^\circ$ C.

Uit de gevonden waarden blijkt de enorme fysieke verandering, die 1 % zuurstofvermindering geeft in onze opstelling.

Het moet dan ook mogelijk zijn zuurstof met nog grootere nauwkeurigheid te meten, dan wij dit op het oogenblik doen.

b. De lichtgastoevoer.

In § 1 van dit hoofdstuk is reeds melding gemaakt, van het feit, dat lichtgas in de verbrandingsruimte gezogen wordt door een capillair. Op die plaats is toen ook opgemerkt, dat het lichtgas denzelfden druk moet hebben als de buitenlucht, omdat het drukverschil tusschen de verbrandingsruimte en de ruimte, waarin het lichtgas zich bevindt, maat is voor de hoeveelheid lichtgas, die per tijdseenheid binnenstroomt. De druk in de gasleiding is zeer inconstant; vandaar dat wij het lichtgas vrij uit laten stroomen in een breede buis, terwijl aan den onderkant van deze buis het lichtgas weggezogen wordt (zie fig. 20). In deze buis is de druk practisch gelijk aan den atmosferischen druk.

Vóórdat het vlammetje aangestoken wordt, moet men er zeker van zijn, dat de verbrandingsruimte uitsluitend lichtgas bevat.

Hierom wordt eerst een groote hoeveelheid lichtgas toegevoerd in de verbrandingsruimte buiten het capillair om; aan de hand van fig. 20 zal dit nader toegelicht worden.

Bij H komt het lichtgas in de buis B, dat door de capillair A zoodanig tegengehouden wordt, dat de vlam, die op de koperen buis C brandt, ± 1 cm hoog is.

D is de zijspruit, waaruit het gas gezogen wordt door de capillair E.

Het H-stuk F staat aan de eene zijde in verbinding met de capillair E en de door G afgesloten gasleiding. De twee vrije beenen van het H-stuk loopen naar de gaspijpjes R uit fig. 16.

Wanneer men dus G opent, stroomt het lichtgas buiten de capillair om, rechtstreeks in de verbrandingsruimte.

Vóór het aansteken wordt deze kraan steeds even opengezet.

c. De luchttoevoer.

Evenals het lichtgas onder atmosferische spanning in een capillair stroomt, dat met de verbrandingsruimte in verbinding

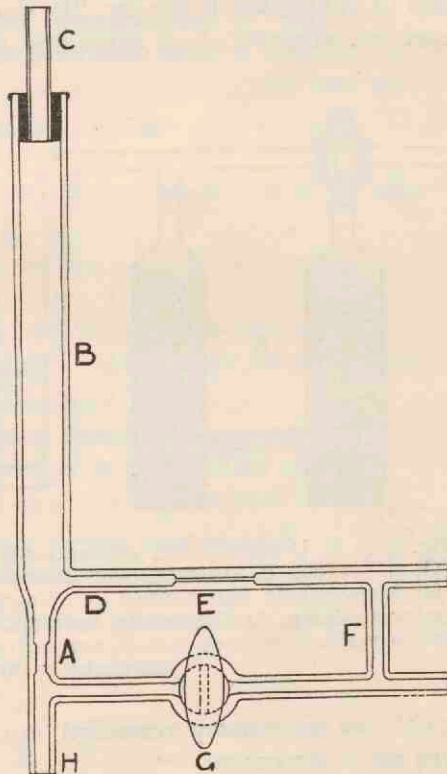


Fig. 20. H. Lichtgastoevoer. A. Capillair. G. Glazen kraan. E. Capillair, dat den lichtgastoevoer regelt. F. H-stuk. C. Koperen buisje, waarop het gasvlammetje brandt.

staat, stroomt ook de op O_2 te onderzoeken lucht onder atmosferische spanning langs een capillair.

De lucht, die wij willen onderzoeken, moet dus met een pomp worden aangezogen. Voor dit doel gebruikten wij een Sajaslangpomp. De te onderzoeken lucht stroomt via de pomp naar een driewegkraan B (zie fig. 21), door welke de lucht al of niet met een absorber A in aanraking komt. Vervolgens wordt de

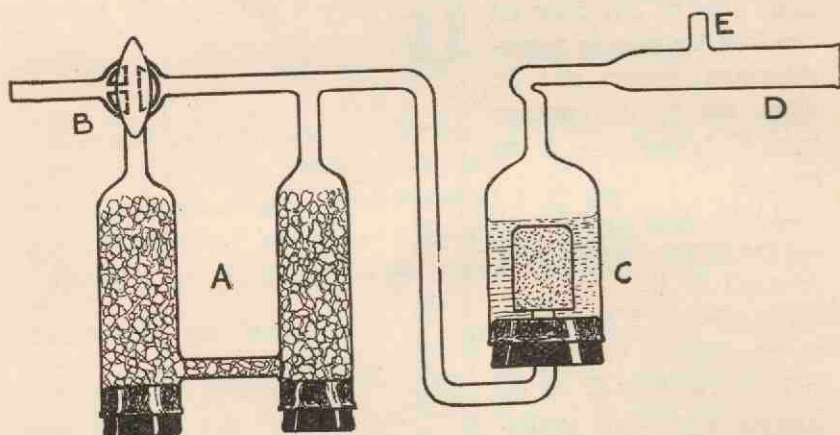


Fig. 21. A. U-vormig vat, dat natronkalk bevat, hetwelk in staat is CO_2 te binden. B. Driewegkraan, door middel waarvan het vat A al of niet ingeschakeld kan worden. C. Vaatje om de lucht te verzadigen met waterdamp. D. Gasmonster ontsnapt vrij uit deze buis. E. Zijbuisje, dat in verbinding staat met de zuurstofvlam. In E heerscht dus atmosferische spanning.

lucht met waterdamp verzadigd, om daarna in een wijdere buis vrij uit te stroomen.

De absorber bevat natronkalk, welke de eigenschap heeft CO_2 zeer goed te binden.

Wanneer men andere gassen wil meten, waarvoor een absorptiemiddel bekend is, kan men een voor dat gas geschikte absorber gebruiken.

De lucht wordt verzadigd met waterdamp, omdat waterdamp denzelfden invloed heeft als ieder ander gas, n.l. de verlaging

van de zuurstofconcentratie. Wanneer men de lucht met waterdamp verzadigt, moet men er zorg voor dragen, dat in het water geen CO_2 oplost. Het water moet daarom aangezuurd worden met b.v. wijnsteenzuur. Om een volledige verzadiging te krijgen met waterdamp, is het noodzakelijk de luchtbelletjes, die door het water gaan, zoo klein mogelijk te maken. In het Utrechtsche Physiologisch laboratorium worden hiervoor „aquariumsteentjes” gebruikt, die in den handel verkrijgbaar zijn en een betrekkelijk lagen weerstand bieden aan de lucht, die er doorheen gevoerd wordt.

Om het opspattende water tegen te houden, is in het glazen bolletje C een bocht geblazen.

Het zijspruitje E staat in verbinding met den brander via het luchtcapillair (zie fig. 14).

Om zeker te zijn, dat lucht aangezogen wordt onder atmosferische spanning, is de buis D wijd gemaakt en staat deze in open verbinding met de buitenlucht.

Wij moeten er alleen voor zorgdragen, dat de Saja-pomp meer lucht aanvoert dan de vlam verbruikt, daar anders buitenlucht door de open buis D naar C wordt gezogen.

Bij nauwkeurige metingen is het noodzakelijk rekening te houden met den vochtigheidstoestand van het gasmengsel, dat geanalyseerd moet worden.

HOOFDSTUK III.

Bepaling van de gevoeligheid en de nauwkeurigheid.

Doordat bij een kleine wijziging in het zuurstofgehalte de temperatuur van het thermopunt een zoo groote wijziging ondergaat, is het zeer verleidelijk een gevoelig meetinstrument te gebruiken, om op deze manier een zeer grooten uitslag voor een klein verschil in zuurstofgehalte te verkrijgen. Het is echter geheel onbelangrijk hoe groot de uitslag van den galvanometer is per eenheid van concentratie, als er niet tevens voor gezorgd wordt, dat de galvanometer stil staat en de nulstand niet onregelmatig verloopt. Om deze redenen hebben wij de gevoeligheid zoover opgevoerd, dat iedere uitslag reproduceerbaar was tot op 1 mm. Iedere uitslag is derhalve betrouwbaar tot op 1 mm. Wordt dus opgegeven, dat de uitslag 105 mm bedraagt, dan is het laatste cijfer nog juist verantwoord.

De oxy-combustiometer is geen absoluut instrument en het toestel moet dus geijkt worden met een apparaat, dat vele malen ongevoeliger is. Hiervoor werd het gasanalysestoestel volgens HALDANE gekozen, dat nauwkeurig is tot op 0,02 % O_2 en CO_2 . Door echter meerdere ijkingen te doen is het toch mogelijk — aannemende, dat de fouten bij HALDANE optredende, *toevallige* fouten zijn — deze voor een belangrijk deel te elimineeren.

Duidelijk wordt het bovenstaande gedemonstreerd aan de hand van fig. 22. De gevoeligheid is zoover opgevoerd, dat de variaties in de nullijn en in den uitslag *hoogstens* 1 mm bedragen. Dan beteekent een uitslag van 100 mm bij het gebruikte gasmonster, dat er een verschil in zuurstofgehalte met de buitenlucht bestaat van ongeveer 0,1 %. *Onder deze omstandigheden meten wij het zuurstofgehalte met een nauwkeurigheid van 0.001 % O_2 .*

De volgende opmerkingen zijn nog te maken over deze figuur.

De onregelmatigheid aan het begin van ieder horizontaal gedeelte is te wijten aan de periodiciteit van de gebruikte galvanometeropstelling en valt dus geheel buiten het kader van deze beschouwingen.

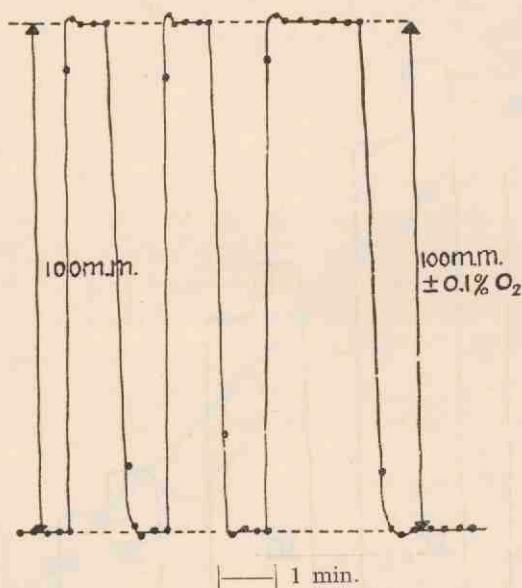


Fig. 22. Bepaling van de nauwkeurigheid. Uit de reproduceerbaarheid volgt, dat O_2 tot op $0,001\%$ O_2 te bepalen is. Nullijn verloopt regelmatig, vertoont geen variaties grooter dan 1 mm.

De aanwijstijd van de geheele apparatuur is ~ 20 sec. Het is echter, zooals reeds eerder vermeld is, gelukt om den aanwijstijd, door gebruik te maken van een dunner thermoringetje, tot 7 sec. terug te brengen.

Het *verloop* van de nullijn is regelmatig en zeer gering. Verder is nagegaan of er een lineair verband bestaat tusschen de verandering in concentratie van zuurstof en den galvanometeruitslag.

Om nu monsters te analyseeren tot $\pm 1\%$ (d.w.z. gasmengsels

met 1 % minder zuurstof dan de buitenlucht), wordt de oxy-combustiemeter ongevoelig gemaakt, door den galvanometer te shunten. Het spreekt vanzelf, dat de galvanometerstand onder deze omstandigheden uitermate constant is, zooals uit fig. 23 blijkt.

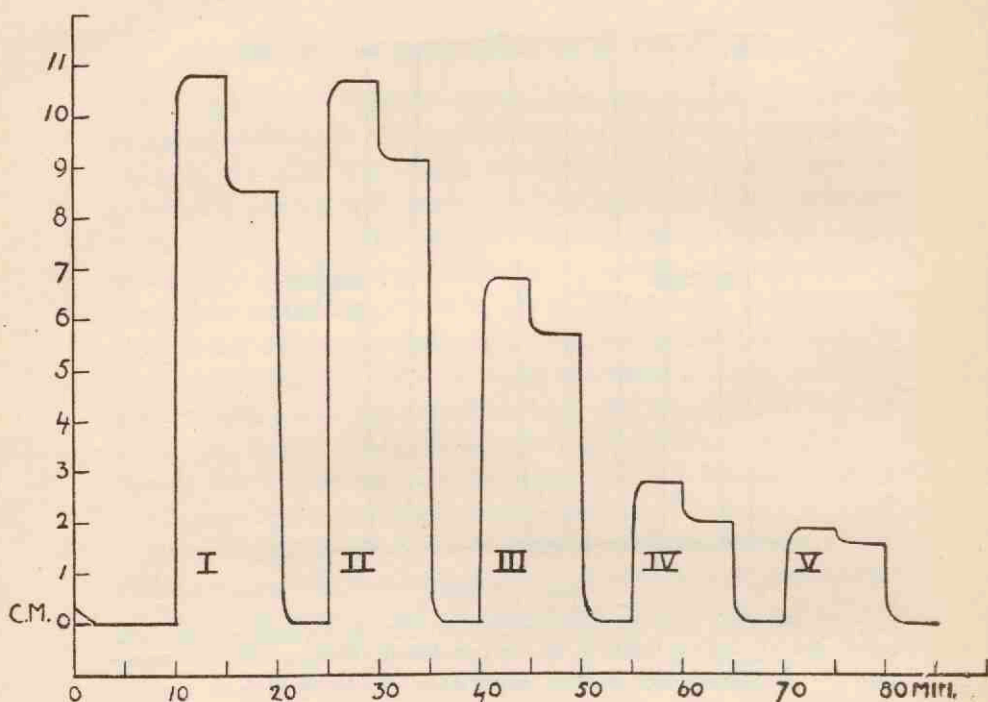


Fig. 23. Onderzoek naar de lineaire verhouding en den invloed van CO_2 op de temperatuur van den thermoring.

Tevens is een onderzoek ingesteld naar den invloed van CO_2 op de zuurstofmeting, daar de mogelijkheid bestaat, dat b.v. door zijn klein warmtegeleidingsvermogen een verandering van de temperatuur van de vlam en dus van het thermopunt ontstaat, die niet uitsluitend te danken is aan de verandering van de concentratie van de zuurstof door het koolzuur.

Vijf gasmonsters werden nu geanalyseerd met het apparaat van HALDANE en met den oxy-combustiometer.

Iedere kromme in fig. 23 geeft den galvanometeruitslag weer van een bepaald monster, met en zonder CO_2 . In fig. 24

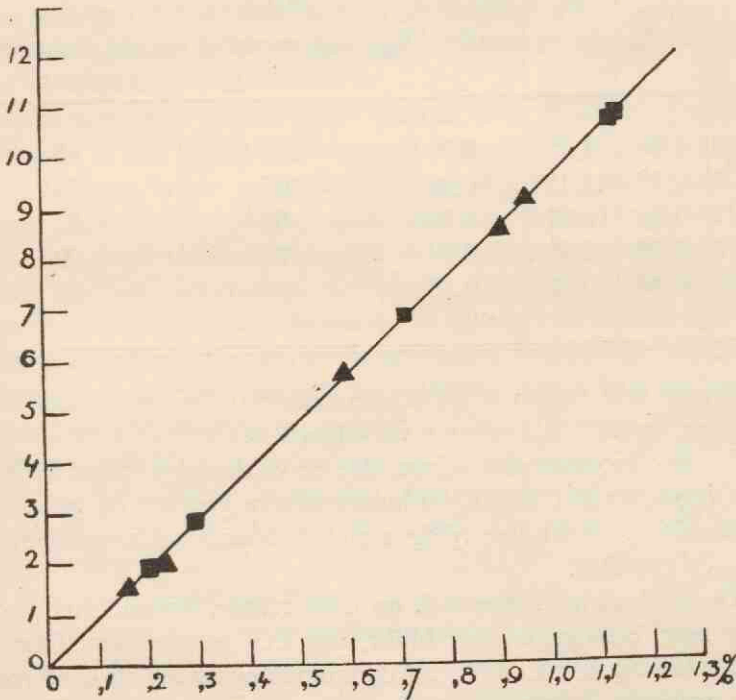


Fig. 24. Kromme waaruit blijkt, dat de galvanometeruitslag recht evenredig is met de verandering van zuurstofconcentratie. Verder blijkt, dat CO_2 denzelfden invloed heeft als N_2 .

is langs de x -as het O_2 -percentage afgezet en langs de y -as den galvanometeruitslag in centimeters, nadat tangentiëele correctie is toegepast.

De vierkantjes in deze figuur hebben betrekking op het zuurstofgehalte bij aanwezigheid van CO_2 ; de driehoekjes geven het

Bepaling van O₂-verschil in gasmengsels.

Verschil bepaald volgens HALDANE				Verschil bepaald met den oxy-combustiometer	
	CO ₂ in %	O ₂ in %	O ₂ in % zonder CO ₂	Galvanometer- uitslag van monster met CO ₂	Galvanometer- uitslag van monster zonder CO ₂
I	1,04	1,13	0,91	108	85
II	0,79	1,12	0,96	107	91
III	0,58	0,71	0,58	68	57
IV	0,28	0,30	0,24	28	20
V	0,16	0,20	0,16	19	16

verband aan tusschen zuurstofconcentratie en galvanometer-uitslag, nadat het koolzuur verwijderd is.

In deze kromme zien wij nu, dat de vierkantjes op een rechte lijn liggen, waaruit blijkt, dat binnen zekere grenzen de galvanometeruitslag recht evenredig is met de concentratieverandering van de zuurstof.

De driehoekjes liggen ook op deze rechte, waaruit het voor ons zeer belangrijke feit blijkt, dat CO₂ geen andere functie heeft dan N₂, d.w.z. dat wij CO₂ kunnen opvatten als een, voor ons probleem, indifferent verdunningsgas voor zuurstof. Hieruit volgt tevens, dat ons apparaat specifiek is voor zuurstof. Het gedrag van CO₂ biedt echter de mogelijkheid CO₂ te meten, door het verschil na te gaan van zuurstofconcentratie, dat ontstaat, wanneer wij in een bepaald gasmonster de O₂-concentratie meten mét en zónder CO₂.

SAMENVATTING.

In dit proefschrift wordt de technische ontwikkeling beschreven van een nieuwe methode om de concentratie van zuurstof en andere gassen in een gasmengsel met groote nauwkeurigheid te bepalen.

Wanneer een gasmengsel, waarin zich zuurstof bevindt, stroomt in een ruimte, die gevuld is met een brandbaar gas, b.v. lichtgas, is het mogelijk de zuurstof uit dit gasmengsel te laten „branden” in het brandbare gas. De warmteproductie van de vlam is o.m. afhankelijk van de absolute hoeveelheid zuurstof, die per tijdseenheid verbrandt. De warmteontwikkeling wordt thermo-electrisch gemeten. Wanneer buitenlucht aan de oxy-combustimeter wordt aangeboden, wordt de galvanometer door middel van een tegenstroom stroomloos gemaakt, waardoor het mogelijk is, concentratieveranderingen van zuurstof ten opzichte van de buitenlucht, met volle gevoeligheid van het meetinstrument te bepalen. De nauwkeurigheid van deze methode blijkt zeer groot te zijn (zuurstof is tot op 0.0002 % O_2 nauwkeurig te meten).

Ook de concentratie van andere gassen dan zuurstof is te bepalen, mits voor het betreffende gas een absorptie-middel bekend is. Men heeft slechts na te gaan, welke concentratieverandering de zuurstof ondergaat, indien het gasmengsel met en zonder dit gas wordt onderzocht; door berekening is de concentratie van het betreffende gas te bepalen.

De methode heeft bovendien het voordeel van een korten analysetijd. De oxy-combustimeter is registreerend te maken en kan met voordeel bij stofwisselingsonderzoek gebruikt worden.

RÉSUMÉ.

On décrit dans la thèse le développement technique d'une nouvelle méthode, qui permet de déterminer avec grande précision par voie de combustion la concentration d'oxygène d'un mélange gazeux.

L'appareil, employé à cette fin, est appelé l'oxy-combustiomètre.

Il est possible de faire brûler l'oxygène présent dans un mélange gazeux en faisant entrer ce mélange dans un espace rempli de gaz d'éclairage.

La chaleur dégagée par la flamme allumée est proportionnelle à la quantité absolue d'oxygène brûlée pendant l'unité de temps.

La chaleur produite est mesurée au moyen d'une pile thermo-électrique d'une construction spéciale. En faisant passer par l'oxy-combustiomètre un courant d'air libre pour alimenter la flamme, une force électromotrice se développe, dont la grandeur est déterminée par l'intensité du courant de compensation nécessaire pour faire rentrer le galvanomètre à son zéro.

La moindre variation de la teneur en oxygène du courant d'air donne lieu à une déflexion du galvanomètre, dont la sensibilité est utilisée maximalement.

La précision de la méthode est très grande. Des variations de 0,0002 % d'oxygène sont mesurables.

Aussi la concentration d'autres gaz peut être mesurée, à condition qu'on dispose d'un moyen d'absorption pour le gaz en question.

Dans ce cas on n'a qu'à mesurer la différence qui s'établit entre les concentrations en oxygène du mélange en présence et en absence du gaz en expérience.

La méthode se caractérise en outre par la courte durée du temps nécessaire pour une seule analyse.

L'oxy-combustiomètre se prête à l'enregistrement continu et peut être employé utilement aux déterminations du métabolisme.

ZUSAMMENFASSUNG.

In vorstehender Dissertation wird eine neue Methode zur Bestimmung der Konzentration von Sauerstoff und anderen Gasen in einem Gasgemisch beschrieben.

Strömt ein Gasgemisch, in dem sich Sauerstoff befindet, in ein mit brennbarem Gase (z.B. gewöhnlichem Leuchtgase) gefülltes Gefäss, so kann man das Gasgemisch in dem brennbaren Gas „verbrennen“ lassen. Die absolute Sauerstoffmenge, die in der Zeiteinheit verbrennt, entspricht der durch die Flamme entwickelten Energie.

Diese Energie wird auf thermo-elektrischem Wege gemessen. Durch eine Kompensations-Schaltung wird dafür gesorgt, dass die Aussenluft keinen Ausschlag des Galvanometers hervorruft. Der „Oxy-kombustiometer“ ermöglicht dann, Unterschiede der Sauerstoffkonzentration in Gasproben und in der Aussenluft zu bestimmen. Der Sauerstoffgehalt kann bis auf 0,0002 % genau bestimmt werden.

Auch die Konzentration anderer Gase ist quantitativ bestimmbar, wenn für diese spezifische Absorbentia bekannt sind. Man braucht zu diesem Zweck nur die Sauerstoffkonzentration des Gasgemisches vor und nach der Absorption zu messen, um die Menge des anderen Gases berechnen zu können.

Diese Analysenart hat schliesslich den Vorteil, nur sehr kurze Zeit in Anspruch zu nehmen. Der Apparat kann obendrein zur automatischen Registrierung eingerichtet werden und ist daher besonders für Stoffwechsel-Untersuchungen geeignet.

SUMMARY.

In the present thesis the technical evolution is described of a new method for determining with great accuracy the concentration of oxygen and other gasses in a gas-mixture.

When a gas-mixture in which oxygen is present streams into a space filled with a combustible gas such, for instance illuminating gas, it is possible to cause the oxygen from this gas-mixture to „burn” in the combustible gas. The flame’s production of heat is dependent, a.o., on the absolute quantity of oxygen burnt per unit of time. The development of heat is measured thermo-electrically. When the oxy-combustionmeter is supplied with outdoor air, the galvanometer-deflexion is compensated by an anti-current, so that it is possible to determine (with complete sensitivity of the measuring instrument) changes in the concentration of oxygen in relation to the outdoor air.

The accuracy of this method appears to be very great, it being possible to measure oxygen to the nearest 0.0002 % O_2 .

Concentration of other gasses than oxygen is also to be determined, provided an absorber is known for the gas in question. It is only necessary to ascertain what change of concentration the oxygen undergoes, if the gas-mixture is tested with and without this gas; one may calculate the concentration of the gas concerned.

Moreover, the method has the advantage of the short time required for analysis. The oxy-combustionmeter can be made self-registering and can be used to great advantage in metabolic research.

LITERATUURVERZICHT.

1. U. KREUSSLER. Der Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft. Landw. Jahrb. 305 (1885).
2. W. O. ATWATER and F. G. BENEDICT. A respiration calorimeter. Carnegie-Institute Washington (1905). p. 35.
3. H. E. WATSON. Jour. of Chem. Soc. 99/100, 1460 (1911).
4. A. DURIG. Kleine Mitteilungen zur biochemischen Versuchsmethodik. Bioch. Zeitschr. 4, 65 (1907). Zeitschr. f. biol. Technik 2, 158 (1911).
5. O. VON DER PFORDTEN. Liebig's Ann. 228, 112.
6. HENRICH. Ber. d. Deutsch. chem. Ges. 48, 2006 (1916).
7. A. KROGH. On micro-analysis of Gases. Skand. Arch. Physiol. 20, 279 (1908).
8. A. KROGH. Methods of Microscopical Gasanalyses. Skand. Arch. Physiol. 25, 188 (1911).
9. J. S. HALDANE. Methods of Air Analysis. Griffin 1912, London.
10. F. HABER und F. LÖWE. Ein Interferometer für Chemiker nach Rayleighschem Prinzip. Zeitschrift f. angew. Chem. 23. 1393 bis 1398 (1910).
11. A. K. M. NOYONS. Arch. Neerl. de Phys. de l'Homme et des Animaux, p. 488, 1922.
12. M. MOELLER. Rauchgasprüfung. Siemens Zeitschrift, Jahrg. I, Heft 1 (1921).
13. A. K. M. NOYONS. Eine Methode zur kontinuierlichen Registrierung des Stoffwechsels von Mensch und Tier. Act. Brevia. Neerl. Vol. V. No. 1/2, 23, 1935.
14. A. K. M. NOYONS. On a polyfilar diaferometer for Micrometabolism. Acta Brevia Neerl. Vol. VII, No. 5/6, 108 (1938).
15. H. REIN. Ein Gaswechselschreiber. Arch. f. Exp. Pathol. und Pharm. 1933.
16. A. K. M. NOYONS und H. v. GOOR. Über die Bestimmung der Reserveluft und der Residualluft aus der Verbrennungswärme eines Zusatzgases. Acta Brevia Neerl. Vol. V. 24. (1935).

STELLINGEN.

I

De diaferometer en de oxy-combustiometer moeten bij de bepaling van het metabolisme de voorkeur hebben boven de gebruikelijke methoden.

II

Het is in beginsel mogelijk bepaalde moleculen in het organisme selectief te beschadigen.

III

Hepatitis epidemica kan door orale infectie worden overgebracht.

IV

Bij vluchten boven de 3000 m. rust op de luchtvaartmaatschappijen de plicht, maatregelen te treffen, dat alle in het vliegtuig aanwezige passagiers van voldoende zuurstof worden voorzien en dat deze extra zuurstofvoorziening voortdurend wordt gecontroleerd.

V

Het opsporen van tubercelbacillen met een fluorescentie-microscoop biedt groote voordeelen.

VI

Het steeds meer in zwang komende systeem van den „reizen-den” chirurg is verwerpelijk.

VII

Versterkte ademhaling tijdens verblijf op groote hoogte is een gevolg van ontremming van het ademcentrum. Deze ontremming wordt via aorta- en carotiszenuwen veroorzaakt door de lage zuurstofspanning in het bloed.

VIII

Het is niet in overeenstemming met de medische ethiek in de leekenpers mededeelingen te doen, die òf therapeutisch speculatieve perspectieven openen, òf op waarnemingen berusten met onvoldoende bewijskracht.

IX

De voor het zien noodzakelijke glycolyse in het zintuigepitheel van het oog kan slechts plaats vinden, indien er contact bestaat tusschen de pigmentlaag en het zintuigepitheel.

X

Bij de verklaring der „experimenteele” katatonie, dient meer rekening gehouden te worden met de opvatting van JONGBLOED, dat de verschijnselen zijn terug te brengen tot anoxie van het centraal zenuwstelsel.

D
U
19