

CHEMISCH WEEKBLAD

ORGAAN VAN DE NEDERLANDSCHE CHEMISCHE VEREENIGING EN VAN
DE VEREENIGING VAN DE NEDERLANDSCHE CHEMISCHE INDUSTRIE

Hoofdredacteur: Dr. W. P. JORISSEN, Leiden, Zoeterwoudsche Singel 18
(part. adres: Hooze Rijndijk 15, telefoon 1449, postrekening 3569).

Redactie-Commissie: Dr. G. de Bruin, Dr. G. C. A. van Dorp, Dr. R. T. A. Mees, Dr. Jan Smit
en Dr. J. W. Terwen.

N.V. D. B. CENTEN's Uitgevers-Maatschappij, Amsterdam C., O.Z. Voorburgwal 115, telefoon 48695,
postrekening 39514.

INHOUD: Aangeboden betrekkingen, werk, subsidies, enz. —
Gevraagde betrekkingen. — Snelle publicatie. — Onderwijs-Com-
missie der Nederlandsche Chemische Vereeniging. — Dr. D. Mac
Gillavry, Deuterium, I. — Dr. Ir. P. Cohen Henriquez en Dr. Ir.
L. J. N. van der Hulst, Fysische methoden in de chemie, III.
— Dr. F. Th. van Voorst, Een verkorte methode voor het
bepalen van keukenzout in mosterd (Laboratoriummededeeling). —
Boekaankondigingen. — Personalialia, enz. — Correspondentie, enz.

Aangeboden betrekkingen, werk, subsidies, enz. **)

Laboratorium te Amsterdam vraagt chemicus met langdurige
ervaring op olietechnisch gebied. Zie verder de advertentie in
de afl. van 10 Aug.

Gevraagde betrekkingen *) (plaatsing gratis voor leden).

No. 43. Dr. in de scheikunde, 29 jaar (org.-chemie, levens-
middelenleer), 2 jaar werkzaam op het gebied der oliën en vetten
(onderzoek, scheiding van mengsels van vetten en/of oliën)
wenscht van betrekking te veranderen.

No. 84. Chem. drs., 28 jaar, organicus en bacterioloog, labo-
ratoriumpraktijk levensmiddelenonderzoek en chem.-pharm. in-
dustrie, zoekt betrekking.

No. 87. Scheik. ing., diploma Delft 1926, met praktijk in
zeepfabriek en analytisch laboratorium, zoekt betrekking. Even-
tueel later financiële deelneming.

No. 90. Chem. drs., bekend met levensmiddelenleer en bac-
teriologie, zoekt betrekking.

No. 94. Dr. in de scheikunde te Amsterdam is bereid lessen
te geven in schei- en natuurkunde bij het gymnasium en middel-
baar onderwijs en met studenten te repeteeren: anorg., organ.,
fysische en physiol. chemie.

No. 136. Chem. drs., physico-chemicus, kristallograaf, ook
analytisch en anorganisch-chemisch goed onderlegd, met twee-
jarige ervaring in pharmaceutisch bedrijf, zoekt anderen werkring.

No. 243. Chem. drs. met goede talenkennis, bekend met ge-
neesmiddelfabricage en bacteriologie, zoekt betrekking.

No. 255. Scheik. ing., diploma Delft, met ervaring in brand-
stoffenchemie, zoekt betrekking.

No. 257. Scheik. ing. zoekt werkring, heeft langjarige
ervaring in Java-suikerindustrie, rijstpellerijbedrijf, fabricage
vezelproducten, bezit belangrijk octrooi (vezel, bouwplaten)
en kennis waterdichtheid.

No. 258. Chem. drs., bekend met levensmiddelenleer en bac-
teriologie, met goede talenkennis, zoekt betrekking.

No. 259. Scheik. ing., dipl. 1924, praktijk o.a. research en
fabriek, organ.-chem., anorg.-chem., phys.-chem. en zeer alge-
meen techn.-chem. ontwikkeld, moderne talen grondig kennend,
zoekt andere betrekking.

No. 269. Chem. drs. (scheikunde, natuurkunde, microbiologie),
33 jaar, 7½ jaar werkzaam in de Java-suikerindustrie, zoekt
verandering van positie (Indië of Nederland, eventueel ook
buitenland).

**) Men raadplege ook steeds de advertenties.

*) Brieven te richten tot de Chem. Arbeidsbeurs, Keizers-
gracht 732, Amsterdam (met ingesloten porto voor doorzending).

No. 271. Scheikundig ingenieur, 38 jaar, met ruim 15-jarige
praktijk in leidende functies bij groot concern (o.a. laboratorium-
chef en fabrieksleider), met uitstekende referenties, grondige
talenkennis, algemeen techn. en chem. ontwikkeld, zoekt werkring.

No. 277. Chem. drs., bekend met levensmiddelenleer en bac-
teriologie, zoekt betrekking.

No. 291. Dr. in de scheikunde, dipl. Zürich, ervaren op
textiel-chem.-techn. gebied, kunstzijde, verfstoffen, apprêtuur, olie
en vetten, waterreiniging, praktijk research en fabriek, zoekt
betrekking.

No. 296. Dr. in de scheikunde, kolloidchemicus, 1 jaar prac-
tijk oliën en vetten, 3 jaar anorg. techniek, zoekt betrekking
voor research of fabriek.

No. 300. Scheik. ing., Dipl. Zürich 1934, zoekt plaatsing bij
chemisch bedrijf (liefst verkoop- of propaganda-afdeeling) of
octrooibureau. Zeer goede talenkennis (Fr., D., Eng., Ital.). Ook
Indië of buitenland.

No. 302. Vr. scheik. ing., diploma Delft 1926, ass. T. H.
ervaring fabriekslab. en onderwijs, zoekt anderen werkring.

No. 304. Dr. Ir. zoekt werkring; ervaring in research en
litteratuur van oxydatie, gas- en stofexplosies, oliën en vetten,
gasonderzoek e. a.

Snelle publicatie.

Dat het *Chemisch Weekblad* de gelegenheid
biedt voor het zeer vlug publiceeren van een nieuwe
vondst, is wel algemeen bekend. Een kort artikel,
dat 's Maandags op het Redactie-bureau aankomt
en geen figuren bevat, kan in de aflevering van den
eerstvolgenden Zaterdag verschijnen.

Maar ook in het *Recueil des travaux chimiques des
Pays-Bas* kan men een beknopte verhandeling zeer
snel opgenomen zien. Begrijpelijkerwijs moet zij
dan geheel persklaar en in duplo (liefst in triplo)
getypt inkomen. Hoe korter de mededeeling is en
hoe eerder zij na de verschijning eener aflevering
binnenkomt, des te grooter is de kans, dat zij in
de eerstvolgende aflevering wordt opgenomen.

Onderwijs-Commissie der Nederlandsche Chemische Vereeniging.

*Minimumeisen voor het schriftelijk eindexamen scheikunde der
H. B. S. met 5-j. c. B.*

Evenals de minimumeisen 1926, die tot en met het eindexamen
in 1935 geldig zijn, zijn ook de eisen-1936 beschikbaar.

Men gelieve overdrukken daarvan aan te vragen door girering
van 6 ct. per ex. op postrekening No. 2208 ten name van Dr.
A. J. J. J. Heemraadssingel 138, Rotterdam, met opgave van
nauwkeurig adres, van het gewenste aantal exemplaren en van
het jaartal der minimumeisen, die men wenst, nl. 1926 of 1936.
Betalingswijze kan niet worden aangenomen.

De secretaris A. J. BOKS.

DEUTERIUM. I.

door

D. MAC GILLAVRY.

546.11.02

De ontdekking van Deuterium. Den stoot tot de ontdekking hebben Birge en Menzel ¹⁾ in California gegeven. Zij vestigden de aandacht op het bestaan van een klein verschil tusschen het fysische atoomgewicht en het chemische atoomgewicht van waterstof. Het verschil bedroeg slechts twee eenheden in de vierde decimaal. Toch was de eenige mogelijkheid om de getallen weer kloppend te krijgen, het bestaan van een zwaardere waterstofisotoop. Dit was wel een revolutionnair idee, daar men immers gewoon was geraakt een waterstofkern te vereenzelvigen met een proton, den drager van de eenheid van positieve electriciteit. Hiervoor was geen dringende reden. De ontdekking van het deutron, een tweede waterstofkern, en het positron, een andere drager van de eenheid van positieve electriciteit, hebben dit voor goed aangetoond.

Juist te voren had men in California verscheidene isotopen van lichte elementen ontdekt door middel van de bandenspectra. Dit bracht Birge en Menzel er toe dezelfde methode voor te stellen voor het onderzoek van waterstof. Zooals wij vernamen, kort na de bekendmaking van de ontdekking ²⁾, midden December 1931, zijn vele andere onderzoekers terstond aan het zoeken gegaan. Waar maar een Rowlandsrooster niet nuttig gebruikt werd, begon men met fotografeeren van intensieve banden van alle mogelijke waterstofverbindingen. Urey echter overwoog, dat Stern en Volmer ³⁾ reeds tevergeefs gezocht hadden en dat de berekening van Birge en Menzel een geringe concentratie deed verwachten. Het zou dus zeker niet gemakkelijk zijn de bandenspectra zoo intens te krijgen, dat de ontdekking van een isotoop in zoo geringe concentratie mogelijk zou worden. In dit speciale geval voorspelt de theorie ook een gemakkelijk waarneembare verschuiving van het atoomspectrum. De formules voor de lijnenseriën bevatten als factor de Rydbergconstante R , welke constante weer afhangt van de kernmassa M :

$$\tilde{\nu} = R \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{l^2} \right), \quad R = R_{\infty} \left(1 + \frac{m_e}{M} \right)^{-1};$$

m_e is de massa van het electron.

Het geringe verschil in de Rydbergconstanten voor waterstofisotopen veroorzaakt verschuivingen, die spectroscopisch nog nauwkeurig gemeten kunnen worden. Bovendien kunnen de Balmerlijnen zeer intens in emissie verkregen worden.

Er mede rekening houdend, dat de door Birge geschatte concentratie een bovenste grens beteekent, oordeelde Urey het zeer gewenscht, de mogelijke isotoop te concentreren. Eerst na een voorafgegane concentratie mocht men hopen een onweerlegbaar bewijs te kunnen leveren. Een goede weg moest zijn de gefractioneerde destillatie van vloeibare waterstof. Een analoge fractionnatie was enkele jaren

tevoren in Leiden uitgevoerd met neon ⁴⁾. Zooals de uitkomst zou leeren, had Urey zijn plannen op volkomen juiste wijze beraamd. Het onderzoek was gesplitst in twee deelen. Eerst moest men een gefractioneerde destillatie uitvoeren en daarna moest men het atoomspectrum fotografeeren.

Zooals andere onderzoekers terecht opgemerkt hebben, behoorde er moed toe, om ondanks de moeilijkheden van de veronderstelde zeer geringe concentratie, het geschetste plan ten uitvoer te brengen. Toch was er nog een positieve aanwijzing, zoo men wil. De nieuw ontdekte isotopen van de lichte elementen kan men voor een beter overzicht graphisch volgens verschillende beginselen uitzetten. Urey ⁵⁾ vervaardigde een graphische voorstelling, waarin verschillende regelmatigheden duidelijk uitkwamen. Hij zette als abscis uit het aantal protonen, en als ordinaat het aantal electronen in een kern, volgens de toen heerschende opvatting, dat protonen en electronen de bouwstenen van de kernen waren. De grafiek is ook nu, na de ontdekking van het neutron, nog juist, mits anders geïnterpreteerd. Volgens de modernste opvattingen omtrent den kernbouw stelt de abscis het totale aantal van protonen + neutronen voor, en de ordinaat het aantal neutronen. Een waterstofisotoop met massa 2 blijkt uitstekend in de grafiek te passen. Deze, H^2 of D , met H^3 of T , tritium gedoopt, en He^3 , zijn met kleine punten aangeduid. Gesterkt door deze overweging ging men aan het werk.

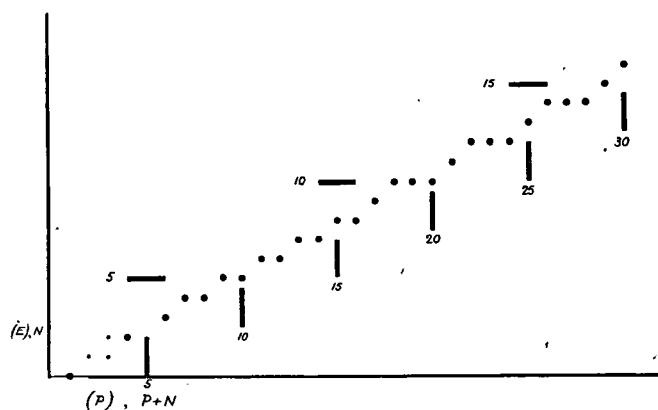


Fig. 1.

Terwijl Brickwedde in Washington met de eerste fractionneerproeven bezig was, begonnen Urey en Murphy met het fotografeeren van de Balmerlijnen. Voor het vinden van zwakke lijnen moesten de intensieve lijnen sterk overbelicht worden. Dit gaf allerlei last. De overbelichte lijnen gaven aanleiding tot sterke halo-vorming en tevens tot het optreden van Rowlandsche geesten. Door het zorgvuldig kiezen van de fotografische platen, kon de halo verzwakt en een weinig verschoven worden. Onafhankelijk er van, hoe de halo van de oude β -Balmerlijn uitviel, nam men steeds op de juiste plaats een zwakke lijn waar, aan den kant van de kortere golflengten. Vervolgens diende men er zich van te vergewissen, of de lijn op de berekende plaats een Rowlandsche geest was, veroorzaakt door het rooster van Columbia University. In ieder geval was die lijn geen symmetrische geest.

¹⁾ R. T. Birge en D. H. Menzel, Phys. Rev. 37, 1669 (1931).

²⁾ H. C. Urey, F. G. Brickwedde en G. M. Murphy, Phys. Rev. 39, 164 (1932); 40, 1 (1932).

³⁾ O. Stern, M. Volmer, Ann. Physik 59, 225 (1919).

⁴⁾ W. H. Keesom en H. van Dijk, Proc. Acad. Sci. Amsterdam 34, 42 (1931); H. van Dijk, Physica 11, 203 (1931).

⁵⁾ H. C. Urey, J. Am. Chem. Soc. 53, 2872 (1931).

Om te weten, of het soms een asymmetrische geest was, werden foto's gemaakt in andere laboratoria met de daar aanwezige roosters. Alle andere roosters, die men probeerde, waren veel slechter. Eén rooster gaf bij geringe overbelichting een geheel „banden“-spectrum tengevolge van slechts één enkele Balmerlijn. Zoo veelvuldig en zoo intensief waren de geesten van dat rooster. Op die manier kwam men weinig verder, ofschoon het waarschijnlijk was, dat de nieuwe lijn geen geest was. Eveneens had Murphy aan de hand van tabellen en andere gegevens nagegaan, of de nieuwe lijn geïdentificeerd kon worden met een andere reeds bekende lijn. Ook dit bleek weinig waarschijnlijk te zijn. Toch werd op dit oogenblik nog niet tot publicatie besloten, omdat men hoopte nog betere zekerheid te verkrijgen.

Ondertusschen waren de eerste monsters waterstof gearriveerd uit Washington. Het residu van een destillatie onder gewonen druk gaf weinig nieuws te zien. Fractionnatie bij het tripelpunt leverde een residu, dat op de fotografieën de nieuwe lijn veel sterker vertoonde. Dit was een zeer fraaie bevestiging van de theoretische voorspellingen omtrent de dampdrukken, namelijk, dat de verhouding van de dampdrukken voor de twee isotopen groter wordt bij dalende temperatuur. Hiermede was definitief bewezen, dat de nieuwe lijn geen geest was, daar de Rowlandsche geesten niet relatief ten opzichte van de hoofdlijn in intensiteit kunnen veranderen. Met dit monster was men eveneens in staat mooie opnamen te maken van de begeleidende lijnen van alle vier eerste Balmerlijnen. De vier afstanden tusschen de nieuwe en de oude lijnen kwamen goed met de berekende afstanden overeen. Bovendien was de nieuwe α -lijn duidelijk geen enkelvoudige lijn, maar een dubbele lijn. Uit zeer nauwkeurige metingen hebben Gibbs en Williams⁶⁾ het bestaan van zelfs 4 componenten kunnen aantoonen.

Hiermede had men met goede zekerheid het bestaan van een waterstofisotoop met massa 2 bewezen. De door Brickwedde verkregen partiele scheiding duidde op een scheidingsfactor voor isotopen in de buurt van 30. Het is jammer, dat het overspatten van nevels van vloeibare waterstof de technische uitvoering van deze fractionnatie nog zooveel moeilijker maakt, dan zij zonder dat al reeds is.

Als anecdotische bijzonderheid moge nog vermeld worden, dat het fraaie Rowlandsche rooster, dat Urey gebruikt heeft voor de ontdekking, bijna door een andere Universiteit was opgekocht. Het rooster is vervaardigd op de machine van Rowland en was geruimen tijd in één van de bergkamers van Columbia University ongebruikt opgeborgen geweest. Voor de ontdekking had men, zooals de ervaring met de andere roosters geleerd heeft, niet gemakkelijk een beter rooster kunnen vinden.

Diffusieproeven. Terstond na het verkrijgen van dit mooie resultaat begon Urey plannen te ontwerpen voor de scheiding van de twee isotopen. De beste methode leek toentertijd het diffundeeren van een gasmengsel in een snelstroomend hulpgas. Hertz⁷⁾ had deze diffusiemethode in 1923 voorgesteld voor

de scheiding van gewone gasmengsels en met goed succes gebruikt voor de scheiding van helium- en neon-mengsels. Het principe kan men gemakkelijk op de volgende manier verklaren.

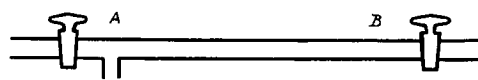


Fig. 2.

In een lange smalle buis (fig. 2), die goed geëvacueerd is, laat men plotseling aan het linker einde A een hoeveelheid van een gasmengsel binnen. Als de inhoud tot rust is gekomen, is de procentsgewijze samenstelling natuurlijk dezelfde als op het oogenblik, dat het mengsel toegelaten werd. Dit is niet het geval, zoolang het gas nog snel door de buis stroomt, direct na het inlaten. Immers de lichte moleculen met hun grootere gemiddelde snelheid zullen vooruit snellen. Zoolang het gas diffundeert, heeft men dus op ieder bepaald oogenblik in verschillende doorsneden van de buis verschillende samenstellingen. Dit diffusieproces verloopt zoo snel, dat men op deze wijze slecht een scheiding kan teweegbrengen. In theorie is het nu mogelijk om een overeenkomstigen tijdelijken toestand te bestendigen, door tegen het diffundeerende mengsel in tegengestelde richting een constanten stroom van een hulpgas te laten stroomen. De strooming van dit hulpgas, dat de buis van B naar A doorstroomt, moet natuurlijk zoo snel en zoo rijkelijk zijn, dat het inbrengen van een geringe hoeveelheid gas de éénparige strooming niet verstoort.

Wanneer men derhalve in een snel regelmatig stroomend medium op een bepaalde plaats continu een gasmengsel laat instroomen, dan stelt zich in het medium een stationnaire toestand in. Op iedere willekeurige plaats verkrijgt men een met den tijd constante concentratie-verhouding, die in het algemeen afwijkt van de oorspronkelijke concentratie-verhouding, welke bestaat op de plaats van toevoer. Denkt men zich weer een lange smalle buis (fig. 3). Laat het

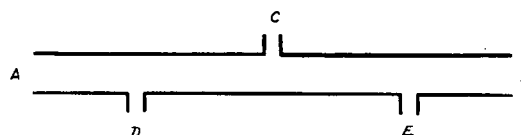


Fig. 3.

gasmengsel nu in het midden C binnenstroomen, terwijl het hulpgas wederom van rechts naar links, van B naar A stroomt. Naar rechts, tegen den stroom in, zal het mengsel met moeite diffundeeren, hoewel de lichte component het eerder zal doen dan de zware component. De theorie leert, dat hoe verder naar rechts men uit de buis aftapt, hoe rijker het gehalte van den lichten component in het daar aanwezige mengsel zal zijn. Het omgekeerde geldt voor het naar links stroomende gedeelte. Zoo is men dus in staat om bij E een lichte fractie en bij D een zware fractie af te tappen en zoo een partiele scheiding te krijgen van het oorspronkelijke mengsel.

Bij de technische uitvoering heeft men met vele moeilijkheden rekening te houden. Het hulpgas dient zoo gekozen te worden, dat het gemakkelijk uit de opgevangen fracties verwijderd kan worden. Kwikdamp is een uiterst geschikt medium. Het gebruik van kwik in de diffusie-vacuumpompen is algemeen bekend. Lager kokende organische verbindingen zijn

⁶⁾ R. C. Williams, R. C. Gibbs, Phys. Rev. 44, 325, 1029 (1933); 45, 221, 475 (1934).

⁷⁾ G. Hertz, Physik. Z. 23, 433 (1922); Proc. Acad. Sci. Amsterdam 25, 434 (1923).

niet aanbevelenswaardig als medium, omdat dan tusschen medium en gasmengsel steeds uitwisseling van deuterium mogelijk is. Veel voorzorgen vereischt het vermijden van wervelstroomen. Wervelstroomen zouden het heele scheidingsmechanisme in de war sturen, daar oogenblikkelijk een volledige menging zou plaats hebben ter plaatse, waar een wervel ontstaat. Eveneens is het noodzakelijk om te zorgen, dat het hulpgas snel en volkomen gelijkmatig zonder fluctuaties stroomt.

De beteekenis van de snelheid van het medium verdient nog eenige toelichting. Uit de beschouwing van de eenvoudige theoretische proef in een lange buis blijkt dadelijk het volgende. Is de buis gevuld met een of ander stilstaand medium, dan zal een in het midden instroomend gasmengsel zich eenvoudig in twee gelijke stroomen verdeelen naar rechts en naar links. Zoodra de stationnaire stroomingstoestand bereikt is, is overal de concentratieverhouding gelijk aan de oorspronkelijke. Stroomt het medium langzaam van rechts naar links, dan zal het mengsel eerder naar links dan naar rechts stroomen, terwijl een scheiding merkbaar wordt. Bij E zal men nu het volgende opmerken. Hoe sneller het medium stroomt, des te minder gas van het mengsel zal men bij E per minuut kunnen aftappen, maar des te rijker aan den lichten component zal bij E het afgetapte mengsel zijn. De hoeveelheid vermindert exponentieel met de snelheid van het medium, de scheidingsfactor daarentegen neemt exponentieel met de snelheid van het medium toe. Veronderstellen wij nu, dat het medium niet eenparig stroomt, maar afwisselend sneller en langzamer. Op het oogenblik, dat de snelheid gering is, zal een aanzienlijke hoeveelheid langs E diffundeeren met een slechts weinig veranderde samenstelling. Is het volgende oogenblik de snelheid van het medium groot, dan zal slechts zeer weinig van het gasmengsel E bereiken; wel is dan de verandering in samenstelling groot. Het netto-resultaat is, dat de kleine hoeveelheden met sterk veranderde samenstelling van geen beteekenis zijn tegenover de groote hoeveelheden met weinig veranderde samenstelling. De scheidingsfactor van dit diffusieproces wordt dus geheel beheerscht door de minimumsnelheid van het medium.

Na deze oriënteerende verklaringen van het principe, volgt hier een kort verslag van de werkelijke uitvoering der proeven en de constructie van de diffusiekamer⁸⁾. Voorbereidende experimenten overtuigden ons, dat diffusie tegen een hulpgas in weinig kans op slagen biedt. Immers, hoe heeft men eenige zekerheid, dat geen wervelingen zullen optreden op de plaats, waar waterstofgas tegen den stroom van het medium in het diffusie-apparaat geblazen wordt? Daarom werd besloten zijdelingsche diffusie te probeeren. De voorgaande theoretische opmerkingen blijven kwalitatief hun zin volkomen behouden. Het constructieprincipe van dat gedeelte van de apparatuur, waar de eigenlijke diffusie plaats heeft, is weergegeven in figuur 4. Een snelle stroom van kwikdamp schiet door de middelste buis R_1 naar beneden. Om dezen centralen cylinder van kwikdamp stroomt een ringvormige mantel van waterstof. Beide gassen

moeten zooveel mogelijk met dezelfde snelheid stroomen, om wervelingen veroorzakende wrijving te verhinderen. In de practijk verried een teruggediffundeeren van kwik in den waterstofstroom onmiddellijk een stagneeren van de waterstof. Overal in de diffusiekamer is de hoofdbeweging een eenparige homogene

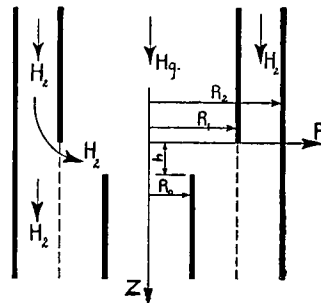


Fig. 4.

gasstroom naar beneden toe. Zoodra kwik en waterstof met elkaar in contact komen aan den mond van buis R_1 , zal een zijdelingsche diffusie plaats vinden, zoowel van kwik in waterstof als van waterstof in kwik. Waterstof nu is een mengsel van protium en deuterium. Van deze twee zal het protium gemakkelijker doordringen in het inwendige van den cilindrischen kwikstroom dan deuterium. Tegenover de monding van den kwikstraal is op geringen afstand een smallere buis R_0 aangebracht. De kleine hoeveelheid waterstof, die per minuut tot in deze buis diffundeert, is sterk verarmd aan deuterium. De hoofd-massa van de waterstof, die buiten om deze vangbuis naar beneden stroomt, was een weinig rijker geworden aan deuterium.

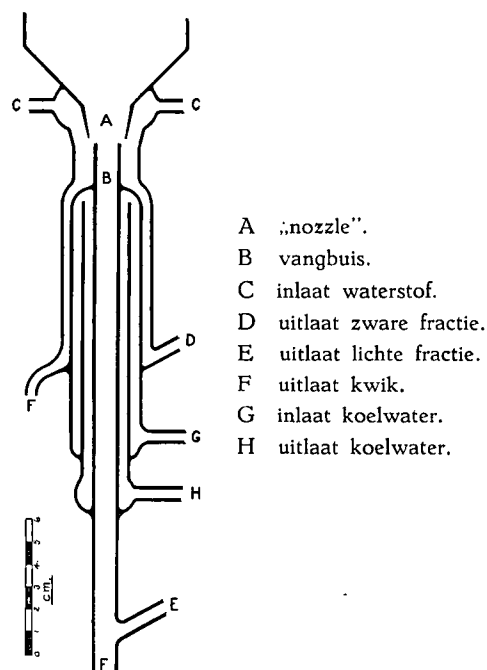


Fig. 5.

De volledige diffusiekamer is in figuur 5 afgebeeld. De letters A en B geven het zoo juist besproken gedeelte aan, waar door interdiffusie van waterstof en kwik de eigenlijke scheiding van de isotopen plaats heeft. Het onderste gedeelte van de diffusiekamer dient als koeler van het kwik. De koeler is om de

⁸⁾ D. Mac Gillavry, Proefschrift: The Concentration of Hydrogen of Atomic Weight Two by Diffusion in Fast Streaming Vapors, Juni 1933.

vangbuis heen gebouwd en scheidt door condensatie het kwik af in beide fracties, zoodat alleen zuivere waterstof als gas overblijft. Een dergelijke eenvoudige constructie is alleen met een gemakkelijk condenseerbaar hulpgas mogelijk. Bij het uitvoeren van de eerste proeven wenschten wij in de zware fractie het deuterium zooveel mogelijk te concentreren. Daartoe verwijderden wij continu het zich in B verzamende lichte gas met behulp van een automatische Toeplerpomp. Een bij E tusschengeschakelde capillair diende voor het smoren van drukschommelingen tengevolge van de werking der Toeplerpomp. Het overblijvende zwaarder wordende gas circuleerde door een eenvoudige diffusiepomp van D weer terug naar C.

Bij de latere proeven wenschten wij alleen de werking van de methode te controleeren. De hiervoor gebruikte apparatuur is in figuur 6 schematisch

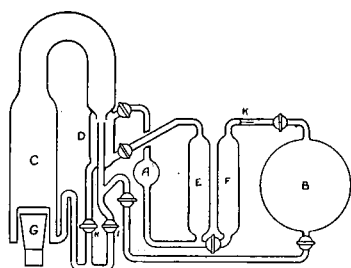


Fig. 6.

weergegeven. D stelt voor de diffusiekamer, die volledig in figuur 5 geschetst is. De snelle stroom van kwik werd opgewekt in C met het elektrische verwarmingselement G. De voorzorgen, welke genomen waren om den vereischten snellen en toch volkomen eenparigen stroom te verkrijgen, zijn volledig in mijn dissertatie beschreven⁸⁾. De lichte fractie werd continu naar het reservoir B gevoerd, van waaruit tegelijkertijd weer evenveel gas verdween door de capillair K. De diffusiepomp F zorgde voor dezen gasstroom. De zware fractie circuleerde van D uit door de diffusiepomp E naar A en van daar weer terug naar D.

Nu dienen wij na te gaan, hoe de deuteriumconcentraties in de reservoirs A en B veranderen tengevolge van het diffusieproces, ten einde den scheidingsfactor te kunnen bepalen. Bij het begin van een proef is de samenstelling van de waterstof in de geheele apparatuur dezelfde. Zoodra de kwikkoker C en de circulatiepompen op gang zijn, komt in dezen toestand verandering. Van D uit stroomt naar B licht gas, rijk aan protium, terwijl het aanvankelijk in B aanwezige oorspronkelijke gas door K naar A stroomt. Het B binnenstroomende gas is steeds lichter dan het eruit stroomende gas, zoodat het deuteriumgehalte in B afneemt en in A dan natuurlijk toeneemt. Het is niet moeilijk in te zien, dat de concentraties in B en A bijven veranderen, totdat zich een stationnaire toestand ingesteld heeft na verloop van tijd. Is x_1 de deuteriumconcentratie in A en x_2 de deuteriumconcentratie in B, dan moeten die twee concentraties zich zoo instellen bij het bereiken van den eindtoestand, dat

$$\alpha = \frac{x_1}{1-x_1} : \frac{x_2}{1-x_2} \approx x_1 : x_2,$$

het laatste, indien de concentraties van deuterium

laag zijn. Met andere woorden, de stationnaire toestand is daardoor gekenmerkt, dat het quotiënt van de concentratie-verhoudingen van de zware en de lichte fracties dadelijk de waarde aangeeft van den scheidingsfactor α van de gebruikte speciale diffusiekamer.

Door de afmetingen van de diffusieruimte te wijzigen, kan men, theoretisch ten minste, iederen willekeurigen scheidingsfactor verkrijgen. Dit is een belangrijk voordeel boven andere methodes, waarmee men eerst grotere scheidingen kan teweeg brengen door verscheidene eenheden in een grooter systeem te combineeren. Voor het hier beschreven mechanisme, als ook voor ieder ander scheidingsproces of systeem, geldt echter steeds, dat het volumen van de geproduceerde zware fractie sterk afneemt als de verkregen scheiding toeneemt. Bij het uitvoeren van scheidingsproeven is men zodoende steeds gedwongen een compromis te treffen tusschen de beide desiderata.

De oorspronkelijke door Hertz gegeven theorie is in samenwerking met Mr. F. J. Murray verfijnd en voor de beschreven diffusiekamer nader uitgewerkt⁸⁾. De berekende en gevonden scheidingsfactoren kwamen in orde van grootte overeen, al was, zooals te verwachten, de gevonden factor steeds kleiner dan de berekende. Hier mag één voorbeeld vermeld worden. De diffusieruimte had de volgende afmetingen: $h = 3$, $R_0 = 5$, $R_1 = 8$ en $R_2 = 12$ mm. De berekende factor $\alpha_{\text{calc.}}$ is 5.2, de gevonden factor $\alpha_{\text{exp.}}$ is 2.5. Beide getallen zijn aanzienlijk groter dan het quotiënt van de diffusiesnelheden voor H^1_2 en H^2_2 , waarvoor 1.33 aangenomen werd⁹⁾. De analyse der monsters waterstof geschiedde door vergelijking van de intensiteiten van de nieuwe Balmer- β -lijn met één der Rowlandsche geesten van de oude Balmer- β -lijn. Op die manier konden relatieve concentraties geschat worden. De details van deze methode zijn in mijn proefschrift vermeld. Twee jaar geleden waren betere analysemethoden van minieme hoeveelheden waterstof nog niet uitgewerkt.

Een bespreking van de theorie en een vergelijking met de door Hertz verrichte onderzoekingen zou hier te ver voeren en moet elders gedaan worden.

Amsterdam, Juni 1935.

537.226.1

PHYSISCHE METHODEN IN DE CHEMIE. III.

De diëlectrische constante, hare meting en
toepassingen

door

P. COHEN HENRIQUEZ en L. J. N. VAN DER HULST.

In het eerste artikel dezer reeks¹⁾ hebben wij er op gewezen, dat de diëlectrische constante van een stof gegeven wordt door de betrekking $\epsilon = \frac{C}{C_L}$, waarbij C = de capaciteit van een condensator gevuld met de stof in kwestie en C_L = de capaci-

⁹⁾ J. H. Jeans, *The Dynamical Theory of Gases*, 3rd ed., p. 228.

¹⁾ Chem. Weekblad 32, 35 (1935).

teit van denzelfden condensator in vacuum. Metingen van de diëlectrische constante komen dus neer op capaciteitsmetingen.

Wij moeten voor fijne metingen van de diëlectrische constante beschikken over een apparatuur, waarmee capaciteitsverschillen zeer nauwkeurig gemeten kunnen worden. Het principe van zulk een apparatuur is weergegeven in fig. 1.

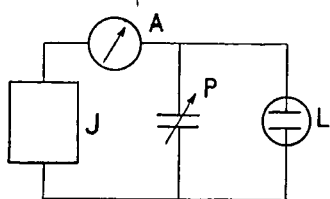


Fig. 1.

L is een condensator, waarin de te meten stoffen worden gebracht, P is een afleesbare precisiecondensator, I is een indicatieinstrument, waarmee de instellingen moeten geschieden.

Vervangen wij nu een stof in L door een andere, dan kan de daardoor veroorzaakte capaciteitsverandering worden gecompenseerd met den afleesbaren precisiecondensator P.

Het indicatie-instrument I, waarmee de instellingen moeten geschieden, moet gevoelig zijn voor zeer kleine capaciteitsveranderingen in P en L.

Het is nu bekend, dat hoogfrequente trillingskringen deze gewenschte eigenschap in hooge mate bezitten. P en L moeten dus opgenomen worden in zulk een trillingskring.

In een kring bestaande uit zelfinductie en capaciteit kunnen wij een hoogfrequente trilling gaande houden, zooals bijvoorbeeld zeer schematisch is aangegeven in fig. 2.

De kathode K, die voor elektronenemissie met bepaalde oxyden wordt bekleed, wordt tot gloeien gebracht door den accumulator B. Deze kathode K is met de *negatieve* pool van de hoogspanningsbatterij H verbonden, de anode A via de zelfinductie l_1 met de *positieve* pool van H. Loopt door l_1 een wisselstroom, dan worden in l_2 en dus ook op het rooster g, wisselspanningen geïnduceerd. De elektronenemissie is nu des te sterker, naarmate het rooster positiever is. Men kan er op deze wijze voor zorgen, dat een stroom in l_1 zichzelf (via l_2 en het rooster) versterkt. Het energieverlies (de „damping”) in de keten kan dus gecompenseerd worden,

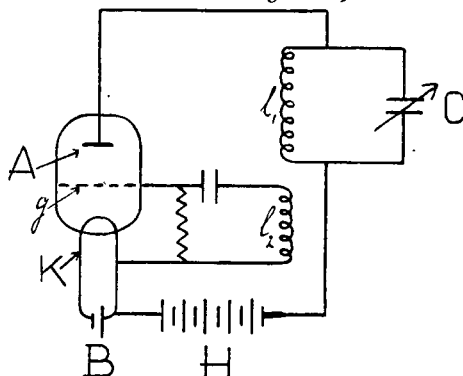


Fig. 2.

waardoor de trilling in gang blijft. Men drukt dit uit door te zeggen, dat het systeem genereert.

De frequentie, waarin het systeem genereert wordt gegeven door: $\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ waarin ν = frequentie, L = zelfinductie, C = capaciteit.

De methode, die doorgaans gevolgd wordt voor het meten van zeer kleine capaciteitsverschillen, is zeer schematisch weergegeven in fig. 3 (oorspronkelijk is zij aangegeven door Pungst en Preuner).

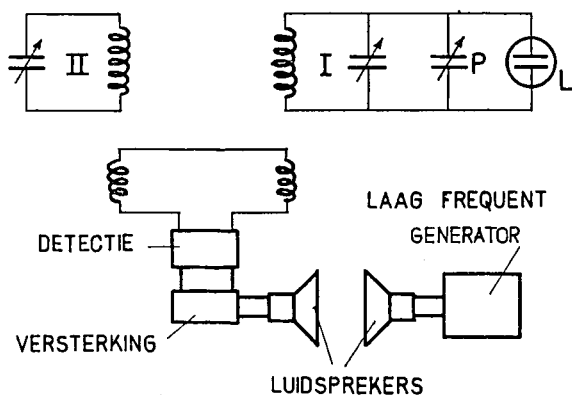


Fig. 3.

De twee trillingskringen I en II worden zoo ingesteld, dat zij iets in frequentie verschillen; b.v. I: 10^6 Hertz (Hertz = 1 periode per seconde) en II: $(10^6 + 1000)$ Hertz. Laten wij nu de trillingen van I en II met elkaar interfereeren door ze op te vangen met spoeltjes die inductief gekoppeld zijn met de zelfinducties van de kringen I en II, dan kunnen wij na detectie (gelijkrichting) de verschillsfrequentie van 1000 H hoorbaar maken (in koptelefoon of in een luidspreker na behoorlijke versterking). Deze verschiltoon van 1000 H levert nu het instelkenmerk. Men stelt steeds zóó in, dat men den toon van 1000 H verkrijgt. Om te weten of men met dezen toon te maken heeft, kan men hem vergelijken met een constanten toon van 1000 H, die men met een aparte laagfrequentgenerator produceert²⁾. Verschilt de interferentie-toon iets van den constanten toon, die geproduceerd wordt door den laagfrequentgenerator, dan hoort men zweving. Men stelt dus in op afwezigheid hiervan. Elke kleine capaciteitsverandering in een der trillingskringen I of II heeft een verandering van de eigenfrequentie van den kring tengevolge, de interferentietoon verandert dus, met als gevolg het optreden van zwevingen.

De bovenbeschreven methode is apparatief zeer omslachtig; daar zij echter tot nu toe algemeen voor fijne metingen werd gebruikt en ook zeer instructief is, hebben wij haar hier gegeven.

Zeer veel eenvoudiger meetmethoden zijn door een van ons, gedeeltelijk in samenwerking met den heer Renaud, uitgewerkt in het laboratorium voor Technische Physica te Delft³⁾. Bij de eenvoudigste

²⁾ Men kan ook instellen op het al of niet aanwezig zijn van een toon. Het instelkenmerk is dan een zeer laag gebrom. Deze instellingsmethode is onnauwkeuriger. Zij wordt o. a. toegepast bij den „Dielkometer”.

³⁾ P. Cohen Henriquez en K. W. Renaud, Constant generators, *Physica* II, 425 (1935); P. Cohen Henriquez en K. W. Renaud, Accurate capacity measurements, *Physica* II, 429 (1935); P. Cohen Henriquez, Measurements of the dielectric constant, *Physica* II, 434 (1935); P. Cohen Henriquez, Dipole apparatus for chemists, *Rec. trav. chim.* 54, 327 (1935).

dezer methoden wordt gebruik gemaakt van slechts één lamp. Zeer schematisch is het principe weergegeven in fig. 4. Door tusschen rooster en kathode een kwartskristal op te nemen, lukt het onder bepaalde omstandigheden een schakeling te verkrijgen,

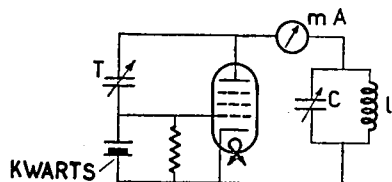


Fig. 4.

waarbij de plaatstroom, aangegeven door den milliampèremeter, buitengewoon gevoelig is voor kleine capaciteitsveranderingen in de $L-C$ keten. De instelling geschiedt dus op een bepaalde aanwijzing van den milliampèremeter.

Dat metingen van de diëlectrische constante en van het dipoolmoment nog zoo weinig in chemische laboratoria toepassing hebben gevonden, ligt daaraan, dat de bouw van een toestel nogal wat fysieke ervaring eischt en dat, door het ontbreken van een systematisch onderzoek praktisch bruikbare apparaten niet in den handel waren. Voor metingen, waaraan geen hoge eischen worden gesteld (b.v. voor industriële doeleinden), is kort geleden een apparaat geconstrueerd door Prof. Ebert en Dr. Waldschmidt, ook Prof. Wolf heeft een dergelijk apparaat geconstrueerd⁴⁾.

Een apparaat, dat ook kan dienen voor zeer nauwkeurige dipoolmetingen; dat speciaal op microwerk is ingericht en tevens direct op het wisselstroomnet kan worden aangesloten, werd door een van ons uitgewerkt op het laboratorium voor Technische physica⁵⁾.

Het schakelprincipe werd in fig. 4 gegeven.

De vloeistofcondensator, die speciaal is geconstrueerd met het oog op dipoolmetingen met zeer geringe hoeveelheden stof (enkele milligrammen) is afgebeeld in fig. 5. Hij bestaat uit twee glazen buizen, waarvan de eene om de andere heen vastgesmolten is met openlating van een tusschenruimte. De binnenste buis is aan de buitenzijde van een platinalaag voorzien (ingebland), de buitenste buis van binnen. De bekleedingen vormen een condensator; de afstand bedraagt 0.5 mm. De inhoud van den condensator is slechts 0.5 cm³, de capaciteit 10 cm. Hij wordt gevuld bij A; door perslucht kan hij vanuit C leeggeblazen worden. Een Dewarglas met badvloeistof dient als thermostaat; deze kan desgewenscht electrisch op hogere temperatuur gebracht worden, of met koude vloeistoffen afgekoeld.

De precisiecondensator P, waarmee de capaciteitsveranderingen in L gecompenseerd en gemeten kunnen worden, bestaat uit een dunne (geïsoleerde) staaf, waaroverheen een holle cylinder geschroefd kan worden, met een luchtusschenruimte

van 1 mm. De precisiecondensator heeft een strikt lineaire jikkromme en kan afgelezen worden op 0.0001 cm; de nauwkeurigheid der capaciteitsmeting

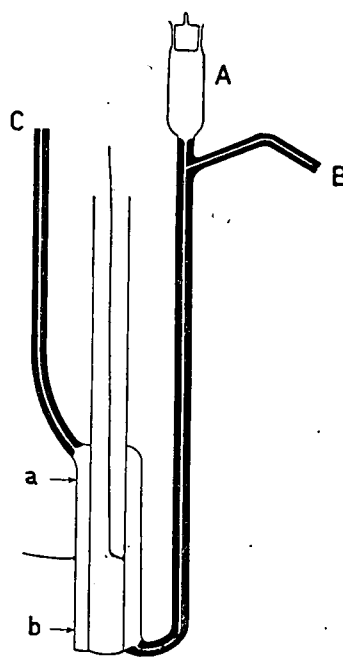


Fig. 5.

gen is 0.001 cm, wat in verband met de capaciteit van den vloeistofcondensator (10 cm) een nauwkeurigheid in de diëlectrische constante geeft in de vierde decimaal. Een grootere nauwkeurigheid heeft weinig zin, daar de allergeeringste vochtthoeveelheid reeds grootere fouten geeft. Alle onderdeelen zijn ondergebracht in een metalen kast van ongeveer 30 × 30 × 30 cm. De kast is, om storingen door trillingen tegen te gaan, opgesteld op vier tennisballen. Een fotografie werd gegeven in het Recueil van 15 Maart 1935.

De beste methode van meting van de diëlectrische constante is de uitvoering als verschilsmeting. Men vult dus den vloeistofcondensator met een vloeistof van bekende diëlectrische constante, stelt in met den precisiecondensator P, blaast deze vloeistof uit, spoelt, vult met de te onderzoeken vloeistof, stelt weer in met P, bepaalt het verschil in de twee aflezingen (van P), en rekt $\Delta \epsilon$ uit met: $\Delta \epsilon = \frac{\Delta C}{C_L}$.

Diverse toepassingen van de diëlectrische constante in de zuivere chemie.

1. *Zuiverheidscontrôle.* Meting van de diëlectrische constante kan in zeer vele gevallen een belangrijk hulpmiddel zijn voor de contrôle van de zuiverheid van stoffen. In de eerste plaats komen vloeistoffen, en wel organische, in aanmerking. Vaste stoffen zouden in oplossing gemeten moeten worden en in verband met de meestal zeer beperkte oplosbaarheid in dipoolloze oplosmiddelen zou de nauwkeurigheid veel minder zijn dan bij meting aan de zuivere stof. Bovendien heeft men bij vaste stoffen aan het smeltpunt al een zeer scherp criterium. Toch zal ook bij vaste stoffen in bijzondere gevallen de meting van de diëlectrische constante

⁴⁾ Het eerstgenoemde apparaat wordt in den handel gebracht door de firma Haardt en Co., Düsseldorf, vertegenwoordiger Wittich en Visser, Den Haag. Het laatstgenoemde apparaat wordt uitgebracht door de firma Spindler en Hoyer, vertegenwoordiger Höfelt, Den Haag.

⁵⁾ Het apparaat kan door de firma Kipp en Zonen, Delft, geleverd worden.

naast de smeltpuntsbepaling voordeelen bezitten. Ook voor gassen kan de methode dienen; in verband met den verdunnen toestand der materie zullen wij den condensator dan zeer groot moeten kiezen ⁶⁾.

De diëlectrische constante ligt voor organische vloeistoffen, globaal genomen, tusschen 2 en 60.

Wij zullen eens nagaan, met welke nauwkeurigheid men onzuiverheden kan aantoonen door middel van meting van de diëlectrische constante.

In tabel I hebben wij aangegeven, met welke nauwkeurigheid in dipoolloze vloeistoffen onzuiverheden kunnen worden bepaald bij verschillende dipoolmomentwaarden μ van de verontreiniging. De nauwkeurigheid wordt aangegeven in molen per liter.

Tabel I.			Tabel II.	
Dipoolloze stof verontreinigd met dipoolstof.			Dipoolstof verontreinigd met dipoolloze stof.	
μ	P_2	nauwk. mol./L	ϵ	nauwk. in volume %
(0.5)	(0.35)	0.01	5	0.01
1.0	0.50	0.001	10	0.002
1.5	0.75	0.0004	15	0.001
2.0	1.14	0.0002	20	0.0007
3.0	2.20	0.0001	30	0.0004
4.0	3.70	0.00006	40	0.0003

*) μ in Debye-eenheden.

In tabel II is aangegeven de nauwkeurigheid waarmee theoretisch dipoolloze verontreinigingen in dipoolvloeistoffen met verschillende diëlectrische constante bepaald kunnen worden. Van dit laatste (tabel II) komt echter voorloopig praktisch weinig terecht; de instelling blijkt zeer onstabiel te zijn, als de vloeistofcondensator gevuld is met een stof van hoge diëlectrische constante.

Wij vermelden nog de controle van de zuiverheid bij destillaties. In vele gevallen is de diëlectrische constante voor controle van het punt, waarbij de zuivere stof overgaat, een veel scherper criterium dan het kookpunt. Wij wijzen op de destillatie van het dioxaan, door Ebert uitgevoerd.

2. Analyses. Dikwijls kunnen analyses van mengsels uitgevoerd worden door eenvoudige metingen van de diëlectrische constante. Een strikt lineair verband tusschen de diëlectrische constante en de concentratie van een der componenten kunnen wij verwachten, als die component in niet te groote hoeveelheden voorkomt. Door gebruik te maken van de nieuwe formule voor de polarisatie, die door een van ons is uitgewerkt, zullen bij de z.g. „niet-associerende” stoffen tot 30 % geen noemenswaardige afwijkingen van de lineariteit voorkomen ⁶⁾. Voor nog grotere concentraties moet men, bij nauwkeurig werk, één keer het verloop van de diëlectrische constante als functie van de concentratie bepalen door eenige mengsels van bekende concentratie te meten.

Bij de analyses maakt men gebruik van de additiviteit der polarisaties:

$$P_{12} = f_1 P_1 + f_2 P_2,$$

waarbij P_{12} = de moleculaire polarisatie van het mengsel, P_1 = de mol. pol. van component 1 en

P_2 = mol. pol. van component 2. $f_1 = 1 - f_2$ = mol. gedeelte van component 1.

Maakt men gebruik van de formule van Clausius-Mosotti voor de moleculaire polarisatie, die wij in het eerste artikel dezer reeks gegeven hebben, dan wordt aan deze additiviteit al heel slecht voldaan.

Veel beter voldoet de volgende formule voor de moleculaire polarisatie:

$$P = \frac{(\epsilon - 1)(\epsilon + 4)}{8\epsilon + 7} \cdot \frac{M}{d} \cdot 6)$$

Bij diëlectrische constanten beneden 6 kan deze formule vereenvoudigd worden tot:

$$P = 0.60 (\sqrt{\epsilon} - 1) \frac{M}{d} \cdot 6)$$

Bij hooge D.C.-waarden (> 20) wordt een beter resultaat verkregen door in den noemer van de eerste formule een „correctieterm” aan te brengen, aldus:

$$P = \frac{(\epsilon - 1)(\epsilon + 4)}{8\epsilon + 7 + (\epsilon - 1)^3 \cdot 1.7 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{M}{d} \cdot 6)$$

Ebert heeft van de hygroscopiciteit van dioxaan gebruik gemaakt, om een methode uit te werken voor de bepaling van het watergehalte in vaste stoffen.

De stof wordt geëxtraheerd met een bepaalde hoeveelheid dioxaan, het verschil in diëlectrische constante tusschen de extractievloeistof en zuiver dioxaan is een lineaire maat voor de hoeveelheid water.

Volgens genoemden onderzoeker worden goede resultaten verkregen met krijt, metaalpoeders, tabak, zijde, anorganische zouten, enz.

Ook bij gasanalyses biedt de diëlectrische constante soms voordeelen. Het gasmengsel kan of direct gemeten worden (wij denken aan het NH_3 -gehalte bij de ammoniakfabricage), of eerst in een vloeistof opgevangen worden.

De uitvoering van een vochtigheidsbepaling bij lucht denken wij ons als in fig. 6.

Uit de buret C wordt een bepaalde hoeveelheid dioxaan in B gebracht. Bij D wordt geblazen, zoodat het kwik in E stijgt en de lucht verdrijft. De lucht

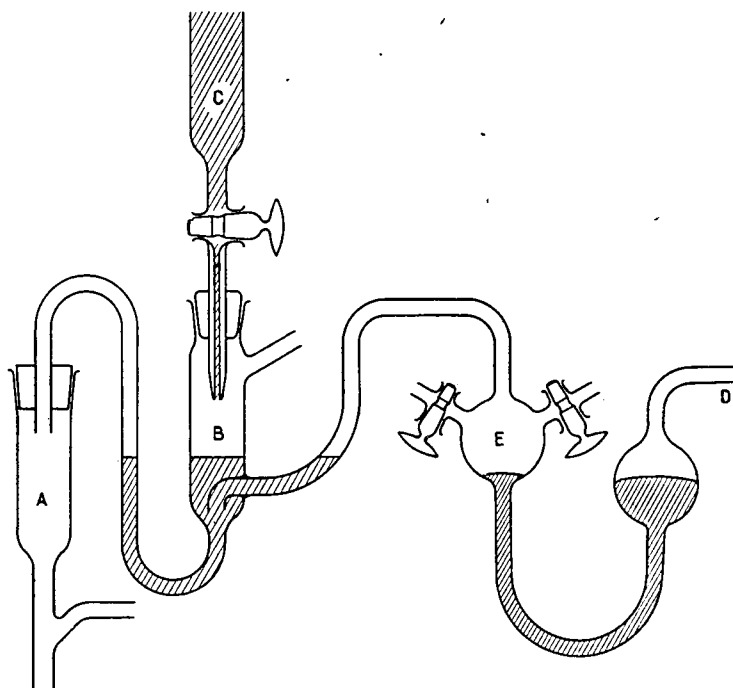


Fig. 6.

⁶⁾ Zie dissertatie P. Cohen Henriquez, Delft, Juni 1935.

borrelt door het dioxaan en geeft daaraan haar water af. Daarna wordt de vloeistof in den trechter A van den vloeistofcondensator overgeblazen.

3. *Reactiecontrôle.* Het is dikwijls zeer lastig, en soms onmogelijk, met chemische methoden na te gaan: 1. of een reactie al dan niet plaats vindt; 2. hoe snel een reactie plaats vindt; 3. hoe ver de reactie op een bepaald oogenblik is voortgeschreden.

Voor deze gevallen kunnen wij aan de meting van de diëlectrische constante een belangrijk hulpmiddel hebben.

Ad. 1. Dikwijls is van een eigenlijke chemische reactie geen sprake, dit geldt b.v. voor associaties, complexvormingen en solvataties. Deze „physische” reacties nu gaan zeer dikwijls gepaard met een verandering van het dipoolmoment.

Jodium b.v. heeft in benzenische oplossing een dipoolmoment van 1.0 D; in hexaanoplossing is het, zooals te verwachten, dipoolloos. De klaarblijkelijk sterke inwerking, die het jodium en het benzeen op elkaar uitoefenen, en die zich ook uit in de kleur van de oplossing, is chemisch op geen enkele wijze aan te toonen.

Een ander voorbeeld is het dichlooraethaan. Dit vertoont in benzeen een veel grooter dipoolmoment dan in andere oplosmiddelen. Een verklaring hiervoor zou zijn een vrijere draaibaarheid der molecuulhelften in deze oplossing.

Interessant zijn de zeer groote momenten, die men aantreft bij complexverbindingen, opgebouwd uit een dipoolloze anorganische component en een (betrekkelijk) zwak organische component.

Klaarblijkelijk zijn de anorganische moleculen, die wij hier op het oog hebben, in normalen toestand dipoolloos door hun hoge symmetrie; de, op zichzelf groote, partieele momenten heffen elkaar op.

Wordt een complex gevormd, dan wordt de symmetrie verstoord en treedt een groot moment aan den dag. AlCl_3 b.v. is in zwavelkoolstof dipoolloos, bezit echter in benzeen een moment van 5 D; klaarblijkelijk vormt het zout met benzeen een complex, waarbij de drie Cl-atomen niet in één plat vlak liggen (het zij opgemerkt, dat complexen van AlCl_3 met benzeenderivaten ook als chemische individuen zijn afgezonderd). In tabel III geven wij een uitgebreide lijst van dergelijke voorbeelden.

Tabel III.
Dipoolmoment van complexverbindingen.

Complex.	μ in D.	Complex.	μ in D.
$\text{BeCl}_2 \cdot 2(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	6.8	$\text{AlBr}_3 \cdot \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	9.2
$\text{BeBr}_2 \cdot 2(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	7.5	$\text{AlCl}_3 \cdot \text{C}_6\text{H}_5\text{COCl}$	9.0
$\text{BCl}_3 \cdot \text{CH}_3\text{CN}$	7.7	$\text{AlCl}_3 \cdot (\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{CO}$	8.5
$\text{BCl}_3 \cdot \text{C}_2\text{H}_5\text{CN}$	7.8	$\text{TiCl}_4 \cdot \text{C}_2\text{H}_5\text{CN}$	6.0
$\text{BCl}_3 \cdot (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	6.0	$\text{TiCl}_4 \cdot \text{C}_6\text{H}_5\text{CN}$	6.1
$\text{AlCl}_3 \cdot \text{C}_6\text{H}_6$	5.0	$\text{SnCl}_4 \cdot (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	3.6
$\text{AlCl}_3 \cdot \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	6.9	$\text{SnCl}_4 \cdot 2(\text{CH}_3)_2\text{CO}$	7.7
$\text{AlCl}_3 \cdot (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	6.5	$\text{SnCl}_4 \cdot \text{C}_6\text{H}_5\text{CN}$	7.0
$\text{AlBr}_3 \cdot (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	6.5	$\text{SnCl}_4 \cdot 2\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$	7.8
$\text{AlCl}_3 \cdot \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	9.2	$\text{SnCl}_4 \cdot 2\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_3$	8.7

De associatie der alcoholen en zuren wordt door middel van de diëlectrische constante duidelijk gedemonstreerd. Associatie wordt daaraan herkend, dat in geconcentreerde oplossingen het verband tusschen de concentratie en de diëlectrische constante

niet aangegeven kan worden door de formules van Sugden, Van Arkel of de formule, door ons afgeleid en in het voorgaande gegeven⁶⁾. Bij de zuren is zelfs in zeer verdunde oplossingen nog associatie aanwezig.

Echter ook in gevallen waarbij reactie in zuiver chemischen zin plaats grijpt, kunnen wij haar dikwijls niet op normale wijze aantoonen. Het kan zijn, dat de reactie zeer langzaam plaats vindt; het kan zijn, dat alle direct waarneembare begeleidingsverschijnselen, zooals warmte-ontwikkeling, kleurverandering, neerslag en gasontwikkeling uitblijven (dit geldt vooral als wij werken in verdunde oplossingen).

In deze gevallen kunnen wij door meting van de diëlectrische constante heel wat bereiken; in het algemeen toch zal elke reactie gepaard gaan met verandering van het dipoolmoment.

Ad. 2. Bij de bepaling van reactiesnelheden gaat men gewoonlijk zoo te werk, dat men de reactiecomponenten bij elkaar voegt en met bepaalde tijdsintervallen kleine monsters van het reactiemengsel uitpipetteert en analyseert.

Aan deze methode kleven vele bezwaren: 1. Continue controle van het reactieverloop is niet mogelijk; 2. snel verloopende reacties kunnen niet gemeten worden; 3. met kleine stofhoeveelheden kan niet gewerkt worden; 4. dikwijls zijn de analyses zeer lastig of onmogelijk.

Heeft men te maken met reacties in organische oplosmiddelen, dan kunnen in vele gevallen met metingen van de diëlectrische constante, deze bezwaren uit den weg worden geruimd.

Ad. 3. Bij vele chemische bewerkingen is het lastig de hoeveelheid van een der reactiecomponenten te doseeren. Dit geval doet zich b.v. dikwijls voor, wanneer een der reactiecomponenten een gas is. Het is in deze gevallen moeilijk de reactie op een bepaald gewenscht punt te beëindigen, omdat meestal niets ons indiceert, wanneer het gewenschte punt bereikt is.

Wij kunnen hier heel goed gebruik maken van den brekingsindex. Nog beter, omdat het specifiekere is, en bovendien gemakkelijk continue controle mogelijk maakt, kunnen wij de diëlectrische constante gebruiken.

Chloreeringen b.v. kunnen wij in een vat uitvoeren, waarin wij een condensator dompelen. Het verloop van de chloreering kunnen wij dan continue volgen. De condensatorbekledingen mogen niet aan de inwerking van het chloor worden blootgesteld; het levert echter geen bezwaar, de condensatorplaten door middel van glas of kwarts van het reactiemengsel te scheiden, daar het hier toch niet gaat om een kwantitatieve meting.

4. *Andere toepassingen.* Enkele toepassingen voor het bepalen van de korrelgrootte in poeders, zijn uitgewerkt door Ebert. Er zij verwezen naar de publicaties van dezen onderzoeker en naar het artikel van den heer van Steenberg⁷⁾.

5. *Industriele toepassing.* De toepassingen, die wij op de vorige bladzijden hebben besproken, zijn voor bedrijfslaboratoria even belangrijk als voor wetenschappelijke. In vele gevallen zal de meting van de diëlectrische constante ook in het eigenlijke be-

⁷⁾ Chem Weekbl. 32, 466 (1935).

drijf een welkome aanvulling zijn voor de controle van grondstoffen, tussen- en eindproducten.

De diëlectrische constante is een fysische constante, die wel bij uitstek geschikt is voor het doel, dat wij hier voor ogen hebben. In de eerste plaats is zij zeer specifiek, in de tweede plaats brengt de aard van de meting met zich mede, dat controle- en reguleringsinrichtingen gemakkelijk vanuit het meettoestel bestuurd kunnen worden. Beide punten zijn voor den brekings-index zeer veel ongunstiger.

Laten wij als voorbeeld van een bedrijfscontrole nemen een destillatieproces. In de temperatuur, waarbij de damp overgaat, hebben wij een maat, die ons aangeeft, hoever de destillatie is voortgeschreden. Deze maat is echter dikwijls niet karakteristiek genoeg (dit b.v. mede in verband met het feit, dat de overgangstemperatuur afhankelijk is van de destillatiesnelheid).

Laten wij het destillaat vloeien door een vloeistofcondensator en meten wij de diëlectrische constante, dan is een veel scherper en specifiekere controle mogelijk van de geaardheid van het destillaat. De meting van de diëlectrische constante stelt ons in

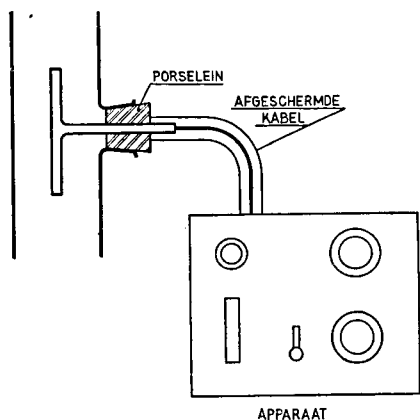


Fig. 7.

staat de omstandigheden, waaronder de destillatie plaats vindt, bij elke gewenste destillatiegraad, ook automatisch, te wijzen.

De vloeistofcondensator kan direct worden ingebouwd in de hoofdbuis, waar doorheen het destillaat vloeit, zooals in fig. 7 is verduidelijkt.

De condensator wordt gevormd door de geïsoleerde plaat enerzijds en de geaarde buiswand anderzijds.

Wij hebben met opzet de toepassingen van de meting der diëlectrische constante van een zeer algemeen gezichtspunt beschouwd en zijn nergens op details ingegaan, omdat dit laatste geschied is in het artikel van den heer van Steenberg, dat voor twee weken in het Chemisch Weekblad verschenen is.

664.53 : 543.8

LABORATORIUMMEDEDELING.

Een verkorte methode voor het bepalen van keukenzout in mosterd. In het Specerijenbesluit wordt aan mosterd den eisch gesteld dat het keukenzoutgehalte der droge stof niet hoger dan 15% is, waarvoor dus noodig is een bepaling van het keukenzoutgehalte in de waar als zodanig en een vochtbepaling.

Ter bepaling van het keukenzoutgehalte wordt in de bijlage van het Specerijenbesluit de volgende analysemethode gegeven:

„5 g mosterd wordt gemengd met zooveel natriumcarbonaat, dat het mengsel een hoeveelheid water-vrije soda bevat, die ongeveer 10 keer grooter is dan de te verwachten hoeveelheid keukenzout. Dit mengsel wordt gedroogd en daarna verascht. De asch wordt vervolgens opgenomen in warm water, met verdund salpeterzuur aangezuurd en deze oplossing gefiltreerd. In het heldere filtraat wordt het keukenzoutgehalte volgens Volhard bepaald”.

Wij zijn erin geslaagd de bovenbeschreven methode, die vrij bewerkelijk is, te verkorten, nadat het ons mogelijk gebleken was, mosterd te klaren door toevoeging van kaliumferrocyanide en zinkacetaat op dezelfde wijze als Carrez¹⁾ bij melk heeft toegepast.

Het door ons gebruikte voorschrift luidt als volgt:

5 g mosterd wordt met ongeveer 100 cm³ warm water overgebracht in een maatkolf van 200 cm³; na afkoelen worden 5 cm³ n kaliumferrocyanide en 5 cm³ 2 n zinkacetaat toegevoegd. Na aanvullen tot de streep filtreert men, voegt bij 150 cm³ filtraat 25 cm³ 0.1 n zilvernitraat en titreert de overmaat volgens Volhard terug. Het verdient ten eerste aanbeveling na toevoeging van het zilvernitraat op te koken, af te koelen en eerst daarna terug te titreren.

Als voor het neerslaan van het aanwezige chloride a cm³ zilvernitraat verbruikt is, vindt men het percentage keukenzout als 0.156 a.

Vergelijking van onze methode met die uit het Specerijenbesluit leverde het volgende resultaat:

Journalnummer.	Methode-van Voorst.		Methode-K. B.	
671	2.84	2.84	2.80	2.79
698	3.40	3.40	3.43	3.46
682	2.56	2.56	2.52	2.49
788	2.98	2.98	2.94	2.94
897	2.89	2.89	2.81	2.81
931	2.26	2.26	2.21	2.20
1055	2.73	2.73	2.69	2.67
1230	2.74	2.75	2.74	2.75

F. TH. VAN VOORST.

Alkmaar, Keuringsdienst van Waren, Juli 1935.

BOEKAANKONDIGINGEN.

66(09)

J. R. Partington, *Origins and Development of Applied Chemistry*. London, Longmans, Green & Co. Ltd., 1935, 597 pp., 16 × 25 cm, geb. 45/-.

„Het is wel een melancholieke gedachte, dat vooral scherven datgene zijn wat van een cultuur bewaard blijft”²⁾, zegt Prof. Böhl in een van zijn boeken. Dank zij den arbeid der archaeologen e.a. kan men echter uit de laat-diluviale en vroeg-alluviale „scherven” enz. de beschavingsgeschiedenis in dat grijze verleden steeds beter lezen en haar studie ligt dan ook al niet meer binnen het engere vakgebied alleen, doch is van groot belang voor de geschiedenis van andere moderne wetenschappen, in het bijzonder van onze „Egyptische kunst”. De opgravende archaeoloog, die behoefte heeft aan een betrouwbaar overzicht over aard, oorsprong, enz. van reeds gevonden materialen; en de kennis van materialen en technologie hebbende *chemicus*, die een overzicht zoekt van gegevens over de vroegste geschiedenis der

¹⁾ Carrez, Ann. chim. anal. 13, 17 (1908).

²⁾ Dr. F. M. Th. Böhl, Palestina in het licht der jongste opgravingen en onderzoekingen, 1931, blz. 29.

toegepaste scheikunde, moeten elkaar hier aanvullen, doch misten tot nu toe een overzichtelijk verzamelwerk. Het onderhavige werk over de bronnen, voortbrenging, verwerking en toepassing van allerlei anorganische en organische materialen (ertsen, metalen, glas, zouten, plantaardige en dierlijke producten, enz.) in praeklassieke beschavingen is een voortreffelijk standaardwerk, dat aan beider wenschen zal voldoen. Het zeer omvangrijke, ten deele weinig samenhangende, feitenmateriaal is hierin vereenigd tot een stelselmatig, werkelijk „leesbaar” en verzorgd geheel. In opzet scheikundig en technologisch, doch rijk voorzien van historische, archaeologische, etymologische e.a. beschouwingen en bijzonderheden, worden de oude Egyptische, Babylonische en Assyrische, Egeïsche, Kleinaziatische, Perzische, Phoenicische en Palestijnsche beschavingen behandeld, van de oudste tijden tot het eind van het Bronstijdperk. Daarbij heeft de schrijver de zeer uitgebreide literatuur (rond 25.000 aanhalingen!) zorgvuldig en kritisch nagespeurd en geschild, practisch geheel in de oorspronkelijke bronnen, zoodat een betrouwbare en degelijke gids is verkregen.

Behalve de chemici zullen historici, archaeologen, e.a. met vrucht gebruik kunnen maken van dit gedegen werk en vooral ook voor de laatstgenoemde groepen, in wier literatuur dikwijls allerlei zeer verschillende materialen worden verward — en door de dubbelzinnigheid of duisterheid der oude teksten, en door naschrijverij — lijkt het een zeer nuttige aanwinst.

Vermelding verdienen de 64 blz. beslaande registers van schrijvers en literatuur, van personen en naties, van plaatsnamen, van onderwerpen en van Griekse woorden. Figuren zijn niet opgenomen, doch daarentegen is telkens aangegeven, waar afbeeldingen van het behandelde wel te vinden zijn. Mede gezien den prijs kan dit ook uitstekend uitgevoerde boek zoowel belanghebbenden als belangstellenden alleszins worden aanbevolen.

E. L. Oberg.

* * *

614.3:543(047.1)

C. A. Rojahn, Jahresbericht über die Fortschritte in der Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel, sowie Gebrauchsgegenstände (Bericht über 1933). Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht, 1934, 105 pp., 16 × 24 cm, RM. 8.—.

Wij kunnen Prof. Rojahn dankbaar zijn, dat hij de bewerking van deze samenvatting elk jaar weer op zich neemt en ook de uitgevers, die zorgden, dat deze afdruk uit de „Jahresberichte der Pharmazie” afzonderlijk verkrijgbaar werd gesteld.

De titel geeft voldoende aan wat men van den inhoud van dit boekje mag verwachten; referent kan dus volstaan met de vermelding, dat de besproken onderwerpen in 20 groepen zijn ingedeeld en dat ook de buitenlandsche (d.w.z. niet-Duitsche) literatuur naar behooren is geraadpleegd.

Wat in het Chemisch Weekblad in 1933 werd gepubliceerd, vindt men in dit werk terug.

Alles bij elkaar genomen een handige samenvatting.

F. Th. van Voorst.

* * *

543.8(021)

N. Schoorl, Organische Analyse I (Algemeen gedeelte). N.V. D. B. Centen's Uitgevers-Mij., Amsterdam, 1935, 327 pp., 16 × 24 cm, f 7.90.

In deze nieuwe druk van bovenstaand werk vinden we eenzelfde indeeling als in de vorige (1920). Na een bespreking van de physische grootheden en hun bepaling volgt een hoofdstuk handelend over de reacties op elementen. In genoemde twee hoofdstukken is, in vergelijking met de tweede druk, niet veel veranderd. Als aanvullingen kunnen genoemd worden: de moleculaire

brekingscoëfficiënt, de smeltpuntsbepaling met behulp van het metaalblok van Berl en Kullmann en de semi-microbepaling van het kookpunt; ook is de dampdichtheidsbepaling volgens Victor Meyer opgenomen.

Het derde hoofdstuk, waarin de reacties op atoomgroepen behandeld worden is niet alleen grondig herzien, doch tevens aanmerkelijk uitgebreid, hetgeen ongetwijfeld de waarde van dit boek verhoogt. We vinden daarin zoowel de oudere als de nieuwste methoden verwerkt, waaraan geregeld de noodige literatuuropgaven zijn toegevoegd.

Ten slotte worden diverse scheidingsmethoden, welke voor de organische analyse van groot belang zijn, besproken. Dit laatste zoowel als de zes tabellen, waarin meer dan 1400 stoffen opgenomen zijn, welke niet alleen alphabetisch, doch ook naar grootte van de physische constanten gerangschikt zijn, zullen den onderzoeker in vele gevallen goede diensten bewijzen.

Deze lang verwachte derde druk (de tweede druk was reeds eenige jaren uitverkocht) zal door een ieder, die met de organische analyse te maken heeft, zeer zeker met vreugde zijn begroet. Een kennismaking met deze laatste uitgave zal zonder twijfel tot de aanschaffing daarvan leiden.

F. Hoeke.

* * *

66(03)

Thorpe's Dictionary of Applied Chemistry by J. F. Thorpe, C.B.E., D.Sc., F.R.S., F.I.C., professor of organic chemistry and director of organic laboratories Imperial College of Science and Technology and M. A. Whiteley, O.B.E., D.Sc., F.I.C., assistant professor of organic chemistry Imp. College of Sc. and Techn., assisted by eminent contributors. Supplement vol. I, A-M, 680 pp., (1934), 3 £; vol II, N-Z, met register, 727 pp., (1935), £ 3; Longmans, Green and Co. Ltd., London E.C. 4, 39 Paternoster Row.

Indertijd zijn de 7 deelen van dit werk in het Chem. Weekblad besproken. De snelle vooruitgang van de chemie en haar toepassing in de industrie, gedurende de laatste 10 jaren, heeft het noodig gemaakt een tweetal supplementdeelen te doen verschijnen. Daarin zijn verscheidene onderwerpen als zelfstandige monografieën behandeld en is in 't algemeen getracht de artikelen tot leesbare overzichten van den huidigen stand onzer kennis op de behandelde gebieden te maken. Toch is 't begrijpelijkerwijs in vele gevallen noodig ook de oorspronkelijke deelen te raadplegen. Van de in de supplementdeelen uitvoerig behandelde onderwerpen mogen worden genoemd: koolhydraten, actieve kool, corrosie, enzymen, gisting, explosiva, ijzer en staal, oliën, de parachor, stereochemie van cyclische verbindingen, tautomerie (onderwerpen van theoretischen aard zijn dus niet vergeten), petroleum, photographie.

Naast „Ullmann's Enzyklopädie” hebben wij in „Thorpe's Dictionary” een aanbevelenswaardig handboek voor het naslaan van tal van belangrijke zaken. Ook voor de kennis van de Engelsche benamingen is dit werk een kostbaar bezit.

W. P. Jorissen.

* * *

621.892.261.281(022)

E. W. J. Mardles, The Beneficial Use of Tin Compounds in Lubricants, Techn. Publ. of the Intern. Tin Research and Developm. Council, Series C, No. 2, 1934, 5 pp., 15 × 24 cm, gratis.

Zoals bekend mag worden verondersteld, wordt onder leiding van de hierboven genoemde „Council” researchwerk georganiseerd om het gebruik van tin te stimuleeren. Deze publicatie van de hand van E. W. J. Mardles toont aan, dat tinverbindingen een gunstigen invloed hebben op de duurzaamheid van smeeroïlen, welke onder invloed

van oxydatie geleidelijk de vorming van slik (sludge) vertoonen. Het onderzoek leert, dat de toevoeging van tinverbindingen (zooals tinoleaat en -stearaat en tin-tetraphenyl) de mate van oxydatie van de olie en ook die der slikvorming, belangrijk vermindert.

A. van Rossem.

* * *

54(047.1)

Annual Survey of American Chemistry, Volume IX, 1935, edited by C. J. West. Reinhold Publishing Corporation, New-York, 396 pp., 13 × 21 cm, geb. \$ 4.50.

Men vindt in dit boek een opsomming van wat door Amerikaansche onderzoekers op allerlei gebied, zoowel wetenschappelijk als technisch, verricht is. Tengevolge van de enorme uitgebreidheid van het totale behandelde gebied is alles zeer oppervlakkig behandeld; meestal wordt volstaan met verwijzing naar de literatuur. In het technische overzicht vindt men vele uitspraken, die niet door literatuur gesteund zijn. De overzichten zijn uit den aard der zaak zeer onvolledig; immers wat buiten Amerika op een bepaald gebied gepresteerd is, wordt niet vermeld.

Het nut van een dergelijke uitgave is dan ook voor niet-Amerikanen m.i. zeer klein; wanneer men literatuur over een bepaald gebied zoekt, kan men dit beter in Zentralblatt of Chemical Abstracts vinden.

A. Claassen.

* * *

541.1(021)

H. and H. A. C. McKay, The Ideas of Physical Chemistry. W. Heinemann Ltd., London, 1934, 14 × 22 cm, 301 pp., 7/6.

Dit boek heeft origineele trekken. De inhoud vermeldt een inleiding over de bouwstenen der materie, de behandeling van het begrip element (isotopen, transmutatie), de theorie van Bohr, het periodiek systeem, hoofdstukken over den aard van de chemische binding, polaire moleculen, molecuulspectra, kristallen, Röntgen-analyse, stereochemie, reactiesnelheden, photochemie, ketteringreacties, oppervlaktekatalyse, corrosie van metalen, geleidingsvermogen, transportgetallen, dunne lagen op vloeistoffen, colloïden, etc. Zooals men ziet een reeks onderwerpen, die men meestal niet in één boek bijeen vindt.

Het boek is zeer bevattelijk geschreven en up to date. Bij de isotopen wordt zwaar water behandeld, onder photochemie met enkele woorden het principe der photographie met infrarode stralen aangegeven, etc. Het boek lijkt daarom zeer geschikt als eerste inleiding, b.v. voor diegenen, voor wie de scheikunde een hulpwetenschap is en voor den ontwikkelden leek, die een krantenartikel over zwaar water of transmutatie der elementen iets exacter aangevuld wil zien.

Achterin is een lijst opgenomen van boeken, die de verschillende onderwerpen nader behandelen, terwijl met enkele woorden ook een karakteristiek van deze werken gegeven wordt; tevens bevat het boek een lijst van vaktermen met korte verklaring.

De opvattingen der auteurs over den aard der chemische binding zijn die der Engelsche school (HCl en SF₆ covalent e.d.). Te betreuren is het, dat bij de electrochemische hoofdstukken nergens het begrip pH ter sprake komt.

J. P. W. A. van Braam Houckgeest.

* * *

663.12.03(022)

V. Hartelius, The Growth of Yeast in Synthetic Media and the Factors Produced by Yeast which Limit this Growth. Compt. rend. du Lab. Carlsberg, 20, no. 7 (1934), 43 pp., 16 × 24 cm., Kr. 2.20.

Zooals de titel reeds vermeldt, geeft deze publicatie een beschrijving van den groei van gist in synthetische

voedingsoplossingen. In verband met de toevoeging van 1 % wort lijkt mij het woord „synthetisch” niet juist. In ieder geval zal het van groot belang zijn dit onderzoek te herhalen wanneer men de beschikking heeft over de chemisch zuivere bios-factoren.

Hartelius bestudeert den groei der gist met resp. glucose en stikstof als beperkende factoren. Tevens wordt nagegaan in hoeverre gevormd zuur en gevormde alcohol dit groeiproces remmen. Bij de eerstgenoemde proeven is het m.i. twijfelachtig of onder de door den auteur gekozen omstandigheden een te kort aan bios niet een beperkenden invloed kan hebben uitgeoefend.

W. van Hasselt.

* * *

620015 : 663.1(022)

G. J. Fowler, Industrial Possibilities of some Research Work done in India. Society of Biological Chemists, India, Indian Institute of Science, Bangalore, 1934; 42 pp., 14 × 22 cm, Re 1.

Terwijl in Ned.-Indië, dank zij verschillende crisismaatregelen, de industriële ontwikkeling den laatsten tijd vorderingen maakt, kreeg die in Britsch-Indië vooral door den wereldoorlog een krachtigen stoot. Sommige van de nieuwe industrieën bleken ook na den oorlog levensvatbaar, andere verdwenen, weer andere verkeerden nog in een proefstadium. De brochure geeft hiervan een opsomming; in hoofdzaak brengt ze echter een overzicht van onderzoekingen ten behoeve van oude, typisch Britsch-Indische industrieën.

A. J. Ulteé.

PERSONALIA, ENZ.

De gemeenteraad van Amsterdam heeft benoemd tot leeraar in de scheikunde aan de 3e H.B.S. met 5 j. cursus Dr. N. Bouman, thans leeraar aan de 2e H.B.S. met 3 j. cursus.

CORRESPONDENTIE, ENZ.

J. te A. De vragen, bedoeld op blz. 434, gesteld door de hoofdbesturen der Studenten-Vredesactie en der Jongeren-Vredesactie, luiden als volgt:

„De ondergeteekenden verzoeken, in verband met de zeer uiteenlopende meeningen, die ten aanzien van het vraagstuk der luchtbescherming bestaan, de volgende vragen ter beantwoording aan de orde te willen stellen: a) is uw vereniging bereid, het Nederlandsche volk een overzicht te verschaffen van datgene, dat omtrent de middelen van de chemische oorlogvoering momenteel bekend is?; b) acht uw vereniging het technisch en economisch mogelijk, het Nederlandsche volk zoo te organiseren en van zoodanige hulpmiddelen te voorzien, dat de groote massa der burgerbevolking beveiligd zou zijn tegen een aanval met chemische strijdmiddelen?; c) acht uw vereniging het mogelijk, dat er chemische strijdmiddelen bestaan, welke niet zijn gepubliceerd, of dat er in de toekomst nieuwe chemische strijdmiddelen zullen worden samengesteld, waartegen de thans in gebruik zijnde gasmaskers geen beveiliging zullen kunnen bieden?”

D. te V. De titel van de gerucht makende brochure van E. Banse is „Wehrwissenschaft (Einführung in eine neue nationale Wissenschaft)”; Armanen-Verlag, Leipzig, 59 pp., RM. 1.20.

E. te M. Zeer veel literatuur over de rol van de katalyse in de analytische chemie vindt U in: Dr. Gertrud Woker, Die Katalyse, II. Spez. Teil, erste Abt.: Anorganische Katalysatoren; Stuttgart, 1915, 789 pp.

J. te R. Verschillende gegevens treft U aan in: Marchandises dangereuses (Dangerous goods, Gefährliche Waren), Jules Aeby, chimiste-conseil de la „Red Star Line”, Anvers; 2^{me} édition, 1922.

In 1930 kwam een supplement uit. Het adres van den schrijver (tevens den uitgever) is: Anvers, 29 Avenue della Faille.