No. 2560 — 8 JANUARI 1955 — 51e JAARGANG — No. 2

CHEMISCH WEEKBLAD

ORGAAN VAN DE KONINKLIJKE NEDERLANDSE CHEMISCHE VERENIGING

INHOUD

	Bladz.
Symposiumverslagen:	13
Prof. Dr. C. J. F. Böttcher, Actuele problemen in verband met het diëlectrische onderzoek van de materie.	
Dr. Y. Haven, Diëlectrische verliezen van kristallen.	
Drs. F. C. de Vos, Apparatuur voor het meten van diëlectrische constanten en verliezen.	
Dr. Th. G. Scholte, Reactieveld en energie van polaire vloeistoffen.	
Handel en economie.	27
Boekbesprekingen.	29
Korte Economische Berichten.	30
Personalia.	30
Verenigingsnieuws.	30
Mededelingen van het Secretariaat. — Huldiging Dr. T. van der Linden. — Contributie 1955. — Chemische Kringen.	
Mededelingen van verschillende aard.	31
Vraag en Aanbod.	32
Aangeboden betrekkingen	32
Gevraagde betrekkingen.	32
Agenda van vergaderingen.	32

Symposium over Diëlectrica

georganiseerd door de Sectie voor Physische Chemie en Kolloidchemie, gehouden op Dinsdag 22 September 1953 te Leiden

Actuele problemen in verband met het diëlectrische onderzoek van de materie

door C. J. F. Böttcher

537.226

Deze inleidende lezing is bedoeld als een globaal overzicht van de stand van zaken met speciale vermelding van de actuele problemen. Daar problemen meestal niet plotseling ontstaan, doch langzaam groeien, lijkt het gewenst een beknopt historisch overzicht te laten voorafgaan.

Ten aanzien van de belangstelling voor het verband tussen chemische samenstelling van de materie en haar diëlectrische eigenschappen kunnen drie of vier hoogtepunten genoemd worden:

1. Omstreeks het begin van deze eeuw werd o.a. door *Drude, Schlundt* en *Walden* van vele enkelvoudige stoffen in vloeibare toestand de diëlectrische constante ε gemeten. De bedoeling was na te gaan of een eenvoudige relatie bestaat tussen chemische structuur en ε, terwijl *Walden* speciaal ook geïnteresseerd was in het verband tussen ε van oplosmiddelen en hun vermogen electrolyten op te lossen onder vorming van ionen.

Uit deze metingen bleek dat er geen eenvoudige samenhang is tussen ε en chemische structuur en dus verflauwde de belangstelling; slechts het onderzoek van *Walden* leverde enige interessante resultaten op.

2. In de jaren 1925—1935 volgde een tweede belangstellingsgolf als gevolg van het werk van *Debye*, die had aangetoond dat de „statische" diëlectrische constante van een gas op eenvoudige wijze samenhangt met de polariseerbaarheid α en het permanente dipoolmoment μ van de in dat gas aanwezige moleculen:

$$\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} = \frac{4}{3} \pi \sum_i N_i \left(\alpha_i + \frac{\mu_i^2}{3kT}\right),$$

waarin N_i = aantal moleculen per cm³ van de soort i, k = constante van Boltzmann en T = absolute temperatuur.

Aanvankelijk had *Debye* deze formule ook toegepast op onverdunde polaire vloeistoffen (d.w.z. vloeistoffen waarvan de moleculen een permanent dipoolmoment bezitten); al spoedig bleek echter dat dit niet geoorloofd is, doch dat voor verdunde oplossingen van een polaire stof in een niet-polair oplos-

middel vrij goed aan de genoemde betrekking voldaan is. Dit had tengevolge dat het uitvoeren van diëlectrische metingen aan dergelijke oplossingen een veel gebruikte methode werd voor het bepalen van dipoolmomenten. Daarbij bleek dat voor oplossingen de geldigheid van de formule van Debye minder goed is dan men aanvankelijk dacht: de gevonden waarden voor μ zijn lager dan die welke in de gastoestand gemeten worden en bovendien enigszins afhankelijk van het oplosmiddel. Een andere moeilijkheid bij oplossingen is dat de temperatuur slechts weinig gevarieerd kan worden en dus α voor de opgeloste moleculen afzonderlijk bepaald moet worden. Een gedeelte van de polariseerbaarheid, t.w. de „electronen-polariseerbaarheid", is uit refractiemetingen aan de langgolvige kant van het zichtbare gebied wel door extrapolatie te vinden, doch de „atoom-polariseerbaarheid", berustende op een onderlinge verplaatsing van atomen of atoomgroepen in het molecule onder invloed van de ter plaatse van het molecule heersende electrische veldsterkte, is moeilijk nauwkeurig te bepalen. Een andere moeilijkheid die men zich steeds meer ging realiseren was dat, behalve als middel voor structuuronderzoek, de gevonden dipoolmomenten minder toepassingen vonden dan men wel verwacht had. Voor een berekening van cohaesiekrachten bijv. vormen polariseerbaarheid en dipoolmoment slechts een povere beschrijving van de electrische eigenschappen van een molecule.

De genoemde complicaties, alsmede de nog tamelijk gebrekkige meettechniek veroorzaakten in de jaren 1935—'40 een aanzienlijke vermindering van de belangstelling voor diëlectrische metingen.

3. Vooral gedurende de tweede wereldoorlog viel, in het bijzonder in verband met radar, een derde belangstellingsgolf waar te nemen, t.w. het diëlectrische onderzoek met microgolven (golflengte 1—30 cm, tegenwoordig ook 0.1—1 cm) en in het algemeen het onderzoek naar de afhankelijkheid der diëlectrische eigenschappen van de frequentie.

4. Eventueel kan men als vierde hoogtepunt noemen het thans sterk in opkomst zijnde onderzoek naar de diëlectrische eigenschappen van vaste stoffen (met name ferro-electrische materialen), dat mede samenhangt met de groeiende belangstelling voor de physica van de vaste stof in het algemeen.

Het onderzoek naar de diëlectrische eigenschappen van de materie heeft in hoofdzaak vier doeleinden:

a) het leren kennen van het gedrag van diëlectrische materialen als zodanig en de samenhang van hun electrische eigenschappen met de structuur; enerzijds in verband met de physica van de vaste stof, anderzijds met het oog op industriële toepassingen van diëlectrica.

b) het gebruik van diëlectrische metingen voor het bepalen van moleculaire grootheden als dipoolmoment, polariseerbaarheid e.d. teneinde het inzicht in de moleculaire structuur te vergroten.

c) het gebruik van de onder b) genoemde moleculaire grootheden voor berekeningen op het gebied van de moleculaire wisselwerking, bijvoorbeeld cohaesieverschijnselen, grensvlakverschijnselen, moleculaire achtergrond van de phasenleer.

d) het gebruik van diëlectrische metingen als analytische methode.

Het aantal centra van diëlectrisch onderzoek is over de gehele wereld op het ogenblik gering in vergelijking tot de aandacht die aan andere onderwerpen wordt gegeven. Gedeeltelijk is dat een gevolg van ten dele reeds genoemde moeilijkheden en beperkingen die zich bij de interpretatie van de metingen voordoen; een andere oorzaak is dat de apparatuur op dit gebied kostbaar is en de opbouw en het hanteren van die apparatuur jarenlange ervaring op radiotechnisch gebied vereist. In dit verband is een belangrijke complicatie dat men slechts in beperkte frequentiegebieden met eenzelfde apparatuur kan werken.

Uit onderstaande opsomming moge blijken dat er geen gebrek is aan actuele problemen.

1) Hoewel wat de apparatuur betreft gedurende de laatste tien jaren grote vorderingen zijn gemaakt zijn er op dit gebied nog vele wensen waaromtrent de Heer de Vos in zijn inleiding wel een en ander zal mededelen. Er is een groot tekort aan betrouwbare experimentele gegevens, vooral bij hogere frequenties.

2) Een actueel probleem is nog steeds de accurate berekening van het inwendige electrische veld F, d.i. de gemiddelde electrische veldsterkte ter plaatse van een molecule indien een bepaald uitwendig veld wordt aangebracht. Het is bekend dat de eenvoudige formule $F = E \cdot (\varepsilon + 2)/3$, die Lorentz heeft afgeleid, alleen geldt voor het ruimtelijk gemiddelde van F; Onsager, Kirkwood en anderen hebben in principe de weg gewezen voor een nauwkeuriger berekening van F.

3) De statistische theorie is nog maar weinig gevorderd na het werk van Yvon, Kirkwood en anderen. Een voordeel van de statistisch-mechanische berekeningen is dat men aldus het probleem van het inwendige veld zou kunnen omzeilen.

4) Er is nog steeds geen bevredigende methode beschikbaar voor het berekenen van dipoolmomenten uit diëlectrische metingen aan verdunde oplossingen van een polaire stof in een niet-polair oplosmiddel. We weten dat de methode van Debye niet correct is, doch andere methodes, die zijn voorgesteld, voldoen evenmin.

5) Er is eveneens behoefte aan een nauwkeurige methode voor het bepalen van de atoompolarisatie van polaire stoffen. In principe zou deze berekend kunnen worden door extrapolatie uit refractiemetingen in het verre infrarood, doch voorlopig zijn de experimentele moeilijkheden te groot.

6) In het gebied van de hoge en zeer hoge frequenties is behoefte aan uitbreiding van de theorie der diëlectrische relaxatie. Nader onderzoek is gewenst betreffende de vraag of het werken met relaxatietijden wel bevredigend is voor het beschrijven van de experimentele resultaten en met name welk verband bestaat tussen relaxatietijden, moleculaire structuur en — in het geval van oplossingen — de eigenschappen van het oplosmiddel. De theorie op dit gebied is nog maar weinig gevorderd.

7) Wat de vaste diëlectrica betreft komt men steeds meer tot de overtuiging dat geen algemene theorie opgesteld kan worden, doch dat vrijwel iedere vaste stof zijn specifieke gedrag heeft (bijv. wat temperatuursafhankelijkheid betreft). Zelfs chemisch nauw verwante stoffen die in hetzelfde kristalroostertype kristalliseren kunnen aanzienlijk verschillen in diëlectrische eigenschappen, zoals bijvoorbeeld blijkt bij het onderzoek van ferro-electrische materialen. In verband

Lijst van adverteerders in het Chemisch Weekblad over het 4e kwartaal 1954.

1. „Amstelstaal", Beethovenstraat 3b, Amsterdam, Tel. 714766.
2. „Arufa", Leeghwaterstraat 4, Arnhem.
3. Atlantic Chemicals, S.A.B., Avenue Marie Thérèse 2, Antwerpen.

4. Bakker & Zoon, N.V., Rubberfabriek, Ridderkerk.
5. Bakker, Glasfabrieken A. J. —, Buitenhavenweg 138, Schiedam. Tel. 66410 en 68223.
6. Becker's Sons, N.V., Brummen.
7. Begemann, N.V. Kon. Machinehandel v/h —, Kanaaldijk 31, Helmond. Tel. 2841.
8. Berg & Burg, Ing. Bur., De Ruyterkade 142, A'dam, Tel. 32082.
9. Beun & De Ronde, P. —, Dr. Henri Polaklaan 2, Amsterdam, Tel. 53759 (zie Delta).
10. Boer, Techn. Bur. Den —, Schietbaanlaan 126, Rotterdam-C. (Rota, Apparate- und Maschinenbau, Dr. Henning, Aachen).
11. Borgonjen J., Menstraat 17-21, Tel. 3574-3576.
12. Brabender, Postfach 204-205, Duisburg a/Rhein. (Zie Prinsse & Co.).
13. British Drughouses The —, Vert. Roger R. Brunschwig, Keizersgracht 716, Amsterdam-C. Tel. 36237.
14. Bronswerk N.V., Amersfoort. Tel. 4542-4546.
15. Brunschwig Roger R. —, Keizersgracht 716, Amsterdam-C. Tel. 36237. Vert. The British Drughouses Ltd., Poole (E.).
16. Büttner Werke, Krefeld-Uerdingen. (Zie INBA).

17. Centen' Uitgevers Mij. N.V.D.B. —, 1e Weteringplantsoen 8, Amsterdam-C. Tel 35371, 48695.
18. Chemica, Nederland, Hugo de Grootstraat 75, Den Haag.
19. Clahsen, N.V. Fabriek van Chem.-Techn. Producten C. J. —, Enschede, Tel. 8441.
20. Croon & Co. Rotterd. Electr. Mij. N.V. v/h —, Schiemond 22, Rotterdam. Tel. 35070.

21. „Defa" N.V., Postbus 17, Arnhem. Tel. 24641, 24642, 24643.
22. Delbag (Techn. Bur. Dahlman) Maasstraat 7, Rotterdam. Tel. 27255.
23. Delta Papier en Filter Imp. P. Beun & J. de Ronde, Dr. Henri Polaklaan 2, Amsterdam. Tel. 53759.
24. De Dietrich & Co., Niederbronn-Bas-Rhin, Frankrijk. (Zie Ensink N.V.).
25. Deutsche Steinzeugwarenfabrik, Mannheim-Friedrichsfeld. (Zie Gronemann).
26. „Dia" Holz und Papier, Mauerstrasse 77, Berlin W. 8, (Polak en Van Berg N.V.).
27. Dikkers & Co. G. —, Industriestraat 15, Hengelo (O.). Tel. 3344.
28. „Dinxperlo", Metaalweverij, Dinxperlo.
29. Dorr Oliver, N.V., Herengracht 478, Amsterdam.
30. Draka, N.V. Holl. Draad- en Kabelfabriek, Hamerstraat 10, Amsterdam-N.
31. Drenthem, v. —, Export Agencies, Klimopstraat 98-100, Den Haag.
32. Droogtechniek & Luchtbehandeling, Voorhaven 81, Rotterdam-W. Tel. 33360, 34555.
33. Drijfhout & Zn. N.V. —, Nes 11-15, Amsterdam-C. Tel. 46997.
34. Duper Waterreiniging N.V. —, Passeerdergracht 8-10, Amsterdam-C. Tel. 35764.
35. Dijkstra-Vereenigde, N.V. Glashandel —, N.Z. Voorburgwal 21-23, Amsterdam. Tel. 49476, 42867, 41887.
36. Dijkstra-Vereenigde, N.V. Glashandel —, Peter Campersingel 123, Groningen. Tel. 28744.

37. Econosto, Admiraliteitskade 75, Rotterdam. Tel. 111400 (6 lijnen).
38. Elektrokemiska, Aktie Bolaget, Bohus, Zweden.
39. „Electro", Zuur- en Waterstoffabriek, N.V. —, Distelweg 90, Amsterdam-N. Tel. 60405.
40. Electrolasch, Mij. N.V. —, (Zie Nederlandse).
41. Engelsman J.A.G., Ludwigshafen am Rhein.

42. Fischer & Perton, Postbus 80, Enschede. Tel. 4341.
43. Fischer van Winkel, N.V. —, Laakweg 14, Den Haag.
44. Fuchs Letschert Sohn, Vert. Hibro. (Zie aldaar).

45. „Gasa" Handel Mij. N.V. —, Mauritskade 3, Den Haag. Tel. 110152.
46. „Gembo", Chemische Fabriek-, Winschoten. Tel. 117.
47. Geveke & Co., De Ruyterkade 113, Amsterdam. Tel. 64571.
48. Gezang & Co. A., Warmoesstraat 69, Amsterdam. Tel. 45436-37230.
49. Giezen H. R. —, Ommelanderswijk, Veendam.
50. Goffin, Charles, Fa., Minckelerstraat 3 b, Maastricht.
51. Grasso's Machinefabrieken N.V., 's-Hertogenbosch.
52. Gronemann N.V., Parallelweg SS 67, Hengelo (O.). (Zie Deutsche Steinzeugwarenfabrik).
53. „Gronfa", Handelsonderneming N.V., Paleisstraat 6, Den Haag, Tel. 110058.
54. Grood de, Drs. H. L. —, Electr. Techn. Bur., Jan v. Nassaustr. 117, Den Haag. Tel. 721689.

55. „Heemaf" N.V., Hengelo (O.).
56. Heine Gebr. —, Zentrifugenfabrik, Vierssen (Rhld.). (Zie A. H. K. v. Vloten).
57. Henneman & Co. —, Techn. Handel Mij. N.V. —, Herengracht 528, Amsterdam.
58. Herrmann Gebr. —, Grünerweg, Köln. (Zie A. H. K. v. Vloten).
59. „Hibro", Luiksestraat 23, Den Haag. Tel. 351171. (Zie Fuchs Letschert).
60. Hoechst, Farbwerke A.G., Frankfurt a/M. (Vert. Hoechst Holland N.V.), Sarphatikade 1, Amsterdam. Tel. 37886.
61. Höfelt, Daguerrestraat 73, Den Haag.
62. Holland-Bergen op Zoom, N.V. Mach. Fabriek en IJzergieterij, Havendijk 6, Bergen op Zoom. Tel. 43.

63. „Ibelco" N.V., Industr. Belangen Comp., Doetinchem. Tel. 4932.
64. „I.C.I.", Imperial Chemical Industries (Holland) N.V., Wijnhaven 107, Rotterdam.
65. „I.N.B.A.", Kon. Emmakade 199, Den Haag, Vert. Büttner Werke, Krefeld-Uerdingen.
66. „Inbuhama", Esperantolaan, Arnhem. Tel. 24224.
67. Ing. Bur. v. Bedrijfsautomatisering (Invobea), R. J. Schimmelpennincklaan 20, Den Haag. Tel. 399200.
68. Intermetaal N.V., Kon. Emmaplein 9, Rotterdam.
69. „I.V.I.A.", Intern. Verkoopkantoor v. Industr. Apparaten, N.V., Groenendaal 25 F, Rotterdam-C. Tel. 22982.

70. Jennen P. Handel Mij. N.V. v/h —, Herengracht 286, Amsterdam. Tel. 38945.

71. Kats N.V. Glashandel —, Mathenesserdijk 414a, Rotterdam. Tel. 32197, Amsterdam. Tel. 82416.
72. Keramidon, Handel Mij. N.V., Geldermalsen.
73. Keyl & Zomers v. d. —, Marnixstraat 382, Amsterdam. Tel. 35324-30070.
74. Keyser & Mackay, Leidsegracht 19, Amsterdam.
75. Kipp & Zonen, Voorstraat 67-75, Delft. Tel. 21648.
76. Kon.'s Glasindustrie Fa., Leerdam. Tel. 146.
77. Kooiman & Zn. D. B., Zuurbest. Apparatenfabriek, Papendrecht.
78. Krutmeyer E. —. Laan v. N.O. Indië 88, Den Haag.
79. Lamers & Indemans Dr. N.V. —, 's-Hertogenbosch.
80. Leer's Vatenfabrieken N.V. van —, Stadhouderskade 6, Amsterdam-W.
81. Leeuwen Boomkamp & Co. van —, Herengracht 364, Amsterdam. Tel. 37608, 37908.
82. Leidse Apparatenfabriek N.V. —, Os- en Paardenlaan 43, Leiden. Tel. 30745.
83. Liebeck & Co. Friedrich, Kassel-Wilhelmshöhe, Duitschland.

84. Maarschalkerwaart & Co. A.N.V. —, Keizersgracht 112, Amsterdam. Tel. 48945.
85. Magnus Mabee & Reynard, New-York U.S.A.
86. Marius N.V. J. C. Th. v/h —, Fabr. en Mag. van Wetensch. Instrumenten, Ganzenmarkt 4-8, Utrecht. Tel. 10158.
87. Merrem & la Porte N.V., Keizersgracht 473, Amsterdam.
88. Möller & Co., Handelmaatschappij N.V., Boekeloseweg 191, Hengelo (O.).
89. Monsanto, Vert. F. Nieuwenhuis, J. van Nassaustraat 59, Den Haag. Tel. 774490.

90. Naarden N.V. —, Chem. Fabriek, Naarden, Holland.
91. Necof N.V., Casteroliefabriek —, Dongekade 44, Geertruidenberg. Tel. 142.
92. Nederland, Techn. Bur. —, Singel 146, Amsterdam-C. Tel. 34821.
93. Ned. Benzol Mij. N.V. —, Waalhaven O.Z. 1, Rotterdam. Tel. 79500.
94. Ned. Electrolasch Mij. N.V. Postbus 6, Leiden. Tel. 22941. Fabr. te Leiden, Oude Wetering en Sittard.
95. Ned. Verkoopkantoor v. Chem. Producten, Amsterdam. Tel. 54322.
96. Nieuwenhuis, F. M. J. van Nassaustraat 59, Den Haag. Tel. 774490. (Zie Monsanto).
97. Nonius, Van Leeuwenhoeksingel 69, Delft.
98. Norit-Vereeniging, Verkoopcentrale N.V. —, Den Texstraat 2, Amsterdam. Tel. 39941.

99. Observator N.V., Westzeedijk 52, Rotterdam. Tel. 111520.
100. Oosten de Reus N.V. Ten —, Stadhouderskade 149, Amsterdam. Tel. 99213.

101. Peppink & Zn. T. —, Looiersgracht 32-38, Amsterdam-C. Tel. 46956.
102. Pfeiffer Arthur-, Bergstrasse 31, Wetzlar, Duitsland.
103. Pielkenrood, Metaalwarenfabriek —, Zaandijk. Tel. 82344.
104. Pieterman N.V. —, Prinsegracht 67, Den Haag. Tel. 394847.
105. Plaatwellerij N.V. —, Velsen-N. Postbus 55, Beverwijk.
106. Polak van Berg, N.V., Papier Mij., Nes 100, Amsterdam. Tel. 62359, 43444. (Zie „Dia" Holz und Papier).
107. Polak & Schwarz's Essencefabriek N.V., Prov. weg, Zaandam, Tel. 2551.
108. Prinsse & Co., Lombardkade 38 A, Rotterdam. Tel. K 1800-115053. (Zie Brabander).

109. Pijttersen's Machinehandel N.V., Singel 50, Sneek.

110. Ramie-Union, N.V. Eschm. Rondweg 419, Enschede. Tel. 5046.
111. Roll'schen-Ludwig von, Eisenwerke A.G., Kluss-Station, Zwitserland.
112. Rooster & Zn. Fa., J. H. Infirmeriestraat 6, Rotterdam.
118. Schiedamse Werktuigen- en Machinefabriek N.V. —, Zijlstraat 56,

114 Salm-Kipp & Zn. N.V. —, Ver. Instrumentenhandel v/h G. B., Keizersgracht 642-644, Amsterdam. Tel. 43365 en 46305.
115. Saunders Valve & Co. Ltd. England.
116. Savri C.V., Amstelveen. Tel. 3236.
117. Scheffers Gebr. H. J. N.V. —, Schiedam. Tel. 69285 b.g.g. 67277.
118. Schiedamse Werktuigen- en Machinefabriek N.V. —, Zijlstraat 56, Schiedam. Tel. 69481 (3 lijnen).
119. Schmidt C. N., Keizersgracht 31, Amsterdam-C. Tel. 41088-44721.
120. Scholten's Chem. Fabriek N.V. W.A., Groningen.
121. Schreuders & Co. Handelmaatschappij N.V. J. —, Hoornbrekerstraat 14-16, Rotterdam. Tel. 111140.
122. Schriek, Techn. Bur. en Machinefabriek, Hoofdweg 185, Amsterdam. Tel. 8964.
123. Schumacher, zie Merrem & La Porte, Vert. voor Nederland.
124. Siegfried A.G. vorm. Zofingen, Zwitserland. (Zie Brunschwig).
125. Siemens, Nederlandse-Mij., Rijnstraat 24, Den Haag. Tel. 723810.
126. Smit & Co.'s Transformatorenfabriek, Willem —, Nijmegen.
127. Spaans, Machinefabriek N.V., Hoofddorp.
128. Stokvis & Zonen N.V., R.S. —, Rotterdam.
129. Stork & Co.'s Apparatenfabriek N.V., Amsterdam. Tel. 60591, 60234 en 61718.
130. Stork & Co. N.V., Mach. Fabr. Gebr. —, Hengelo. Tel. 2641.
131. Tamson P. M. —, Nieuwstraat 7-11, Den Haag. Tel. 112533.
132. Tankfabriek N.V., Geertruidenberg. Tel. 115 Raamsdonksveer.
133. Tema N.V., Nassaulaan 1, Den Haag.
134. Tetlet J. W., Machinefabriek, Zevenheuvel, Zutphen. Tel. 3616.
135. Titaan N.V. —, Groothandelsgebouw, Stationsplein 45, Rotterdam. Tel. 29715.
136. Töns J. H., Coolhavenstraat 40, Rotterdam. Tel. 50684, 35726.

137. Udo, M. N. Trompstraat 12, Utrecht. Tel. 10493. Vert. Carl Schenk, Darmstadt.
138. Union-Carbide, Codichar P.V.B.A., Square Vergrote 1, Brussel (B.).

139. Vaillant & Sluyterman, Noordeinde 18a, Den Haag, Tel. 111221.
140. Veluwse Mach. Industrie, N.V., Epe. Tel. 692.
141. Verma Vaten, Keulsekade 216, Utrecht. Tel. 14282.
142. V.I.B.A.-N.V., Kon. Emmakade 199, Den Haag. Tel. 333924.
143. „Vinitex", Lagedijk, Zaandijk. Tel. 81892.
144. Vlaardingen, Loodbranderij —, Hoflaan 24, Vlaardingen. Tel. 3193.
145. Vloten, A. H. K. van —, Kromme Nieuwe Gracht 24, Utrecht. Tel. 26430.

146. Werkspoor, N.V., Oostenburgermiddenstraat 62, Amsterdam.
147. Wiener & Co.-N.V., Mach. Fabriek, Oostenburgervoorstraat 7-35, Amsterdam. Tel. 54227 (3 Lijnen).
148. Wittmann & Co. Ing. Georg., Karl Boschstrasse 4, Heidelberg.
149. Woude v. d. C., Zaandijk. Tel. 81531-82405.
150. Woude & Fabisch v. d. —, N.V., de Lairessestraat 40, Amsterdam. Tel. 719399-719542.

151. Zoffmann's Laboratorium, S.S. Sevenster, Merodestraat 40, Leeuwarden.

Lijst van belangrijke gegevens uit de advertenties in het Chemisch Weekblad over het 4e kwartaal 1954.

(De vet gedrukte nummers verwijzen naar de lijst van adverteerders, de gewoon gedrukte nummers naar de advertentiepagina van het Chemisch Weekblad, waarop de advertentie van het desbetreffende gegeven voorkomt).

Chemicaliën

Accuzuur, **95**, 429.
Aceetaldehyde, **39**, 490.
Aceton, **64**, 470.
Acetyleendissous, **39**, 440.
Acetylsalicylzuur, **89**, 431.
Aethers,
Aethylbenzoaat, **107**, 401.
Aethylbutyraat, **107**, 447.
Aethylcinnamaat, **107**, 467.
Aethylchloorformiaat, **64**, 460.
Aethylformiaat, **107**, 493
Aethylmethacrylaat, **64**, 454.
Aethyl para tolueensulfonamide, **112**, 439, 476, 518.
Alkylbenzeen, **89**, 536.
Alphapicoline, **95**, 429.
Aluminiumchloride, **64**, 460.
Aminoazijnzuur (Glycocol) **95**, 429.
Ammoniak (watervrij), **95**, 429.
Ammoniakwater, **95**, 429.
Ammoniumbicarbonaat, **119**, 510.
Ammoniumnitraat, **95**, 429.
Ammoniumphosphaten, **119**, 475.
Ammoniumsulfaat, **95**. 429.
Amylacetaat, **46**, 411, 481, 525.
Amylalcohol, **46**, 411, 481, 525.
Amylbenzoaat, **107**, 401.
Amylbutyraat, **107**, 447.
Amylcinnamaat, **107**, 467.
Amylformiaat, **107**, 493.
Amylisobutyraat, **107**, 515.
Amylvalerianaat, **46**, 411, 481.
Anthraceen 40 %, **95**, 429.
Anti-schuimmiddel, **151**, 401, 447, 467.
Anijs, **85**, 414.
Azijnzuur, **39**, 490.

Bariumcarbonaat, **119**, 510.
Bariumhydraat, **119**, 510.
Bentone 34 (geleermiddel), **135**, 448, 494.
Benzoëzuur B.P., **90**, 411.
Benzol, **93**, 405, 450, 477, 498, 519, 542. **95**, 429.
Benzylacetaat, **90**, 481.
Benzylalcohol, **90**, 481.
Benzylbenzoaat, **90**, 481. **107**, 401.
Benzylbutyraat, **107**, 447.
Benzylchloride, **90**, 481.
Benzylcinnamaat, **107**, 467.
Benzylformiaat, **107**, 493.
Benzylisobutyraat, **107**, 515
Blancfixe-kali-aluin, **119**, 510.
Beta-aethoxyaethylmethacrylaat, **64**, 454.
Boorzuur, **46**, 411, 481, 525.
Borax, **46**, 411, 481, 525.
Bruinsteen (mangaandioxyde), **95**, 429.
Butanol, **66**, 460.
n. Butylmethacrylaat, **64**, 454.
Butyraten, **107**, 447.

Calciumcarbide, **39**. 440.
Calciumphosphaten, **119**, 475.
Caprolactam, **95**, 429.
Celluloselakken (Dutch-Boy), **135**, 544.
Chemicaliën, **42**, 444. **119**, 407, 475.
Chemicaliën-Analar, **13**, 394, 458. **15**, 394, 458.
Chemicaliën v. Analyse en Research, **79**, 474.
Chemicaliën-Org. en Anorg., **13**, 394, 458. **15**, 394, 458.
Chlooramine, **95**, 429. **112**, 439, 476, 518.
Chloor (vloeibaar) **95**, 429.
Chloorbleekloog, **95**, 429.
Chloorparaffines, **119**, 407.
Chloorsulfonzuur, **64**, 460. **95**, 429.
Chloroform, **64**, 460.
Chroomphosphaat, **135**, 448.
Cinnamaten, **107**. 467.
Cinnamylbenzoaat, **107**, 401.
Cinnamylcinnamaat, **107**, 467.
Cinnamylbutyraat, **107**, 447.
Cinnamylformiaat, **107**, 493.
Cinnamylisobutyraat, **107**, 515.
Citroenzuur, **119**, 407.
Citronellylbutyraat, **107**, 447.
Cinnamylcinnamaat, **107**, 467.
Citronellylformiaat, **107**. 493.
Citronellylisobutyraat, **107**, 515.
Creosootolie, **95**, 429.
Cyclohexanol, **95**, 429.
Cyclohexanon, **95**, 429.

Decahydro-β-naphtylformiaat, **107**, 493.
Diaethylamine, **64**, 533.
Diaethylcarbonaat, **64**, 460.
Dialkylphtalaat, **95**, 429.
Dibutylamine, **64**, 477.
Dichlooraethaan, **95**, 429.
Dicyclohexylamine, **64**, 477.
Dimethylphenylaethylcarbinylisobutyraat, **107**, 515.
Dioctylphtalaat, **95**, 429.
Diphenylolpropaan, **95**, 429.
Drakatileen, **30**, 486, 530.
Drakavinyl, **30**, 486, 530.
Drakavita, **30**, 486, 530.
Esters van aethylphenylacetaat, **107**, 537.
Esters van benzylphenylacetaat, **107**, 537.
Esters van geranylphenylacetaat, **107**, 537.
Esters van isobutylphenylacetaat, **107**, 537.
Esters van isoeugenylphenylacetaat, **107**, 537.
Esters van m-Kresylphenylacetaat, **107**, 537.
Esters van p-Kresylphenylacetaat, **107**, 537.
Esters van linalylphenylacetaat, **107**, 537.
Esters van methylphenylacetaat, **107**, 537.
Esters van phenylaethylphenylacetaat, **107**, 537.
Esters van phenylazijnzuur, **107**, 537.
Eugenylformiaat, **107**, 493.

Foeselolie (geraffineerde) **46**, 411, 481, 526.
Formiaten, **107**, 493.
Furfurylalcohol, **64**, 499.

Gammapicolinemengsel, **95**, 429.
Geelbloedloogzout, **95**, 429.
Geranylbutyraat, **107**, 487.
Geranylformiaat, **107**, 493.
Glauberzout, **95**, 429.
Glycerinemonostearaat, **74**, 519.
Grondstoffen v. Chem. Ind., **18**, 417.
Guanide nitraat, **112**, 439, 476, 518.

Hars, **66**, 460.
Hydrochloride, **112**, 439, 476, 518.
Hydroxylamine, **112**, 439, 476, 518.

Indicatoren, **13**, 394, 458. **15**, 394, 458.
Indicatorpapier, **13**, 394.
Iridium, **33**, 441, 484, 528.
Isobornylacetaat, **107**, 381.
Isobornylisobutyraat, **107**, 515.
Isobutylalcohol, **46**, 411, 481, 525.
Isobutylbenzoaat, **107**, 401.
Isobutylbutyraat, **107**, 447.
Isobutylcinnamaat, **107**, 467.
Isobutylformiaat, **107**, 493.
Isobutylisobutyraat, **107**, 515.
Isobutylmethacrylaat, **64**, 454.
Isobutyraten, **107**, 515.
Isoeugenylformiaat, **107**, 493.

Jodium, **112**, 439, 476, 518.
Jodium-zouten, **112**, 439, 476, 518.

Kaliumhydroxyde, **38**, 379, 491, 535.
Kaliumpermanganaat, **95**, 429.
Kaliumphosphaten, **119**, 475.
Kaliwaterglas, **46**, 411, 481, 525.
Kamfer (synthetische), **119**, 407.
Kiezelzuurgel, **46**, 411, 481, 525.
Koperoxychloride (Koneproxfungicide), **95**, 429.

Meters, Vlamfoto-, 86, 395, 406, 456, 487, 509. 114, 430.
Meterpanelen, 14, 421.
Microscoop, reis-, 114, 430.
Microscoop W, research-, 86, 459, 474.
Microfotometer, 8, 531.
Molens, Homax-, 53, 422.
Molens, kogel-, 147, 438, 65, 405, 466, 499, 530. 53, 422. 74, 424.
Molens, kogel-, tril-, 133, 423.
Molens, hamer-, 65, 405, 466, 499, 530.
Molens, laboratorium-, 53, 422.
Molens, Microne-, 121, 438.
Molens, Pennen-, 65, 405, 466, 499, 530.
Molens, Ring-, 65, 405, 466, 499, 530.
Molens, trechter-, 53, 422. 74. 424.
Molens, trommel-, 111, 410, 472.
Molens, wals-, 147, 438.
Monoblocpompen (Worthington), 14, 421.
Monochromatoren, 8, 531.
Motor-reductoren, 14, 421.
Motoren-ventilator (SKA), 55, 419.

Neveldrogers, 14, 421.
Non ferro constructies, 14, 421.

O.K. ketels voor centr. verw. 14, 421.
Oliebranders, 14, 421.
Olieleidingen (zie pijpleidingen), 14, 421.
Oliekoelers en verwarmers, 14, 421.
Olie (ricinus), 91, 413.
Olietanks, 14, 421.
Omzetters (breedband), 55, 419.
Omzetters (hoogvacuum), 55, 419.
Omzetters (zoutindustrie), 55, 419.
Ontgassers, Thermische-, 34, 482.
Ontnevelingsinrichtingen, 14, 421.
Ovens, 114, 430.
Ovens met roterende buis, 126, 507.
Oververhitters, 14, 421.

Pall-Ring, 44, 440, 489.
Pannen, 132, 434.
Passaat (luchtverhitters), 14, 421.
Pasteuriseerapparaten, 14, 421.
Peilglazen, 140, 420.
Persen (Excenter), 14, 421.
Persluchtkoelers, 14, 421.
Perswerk, 132, 434.
Phasencontrast-optiek, 114, 430.
Photo-Nephelometer (Coleman), 9, 394, 405, 424, 449, 466, 477.
Pigmentdrogers, 14, 421.
Plaat- en constructiewerk, 70, 408, 433, 490, 533.
Plafondluchtverhitters, 14, 421.
Platenfilters, 84, 443.
Plugs (rubber), 73, 490.
Pneumatische drogers, 14, 421.
Pompaggregaten, 14, 421.
Pompen, 7, 413, 423, 527. 54, 422, 460, 477. 92, 507. 138, 414, 471, 486, 506.
Pompen, brandstof-, 14, 421.
Pompen, centrifugaal-, 14, 421. 7, 413, 423, 527.
Pompen v. Chem. Ind.-, 7, 413, 423, 527.
Pompen, circulatie (Emerjy)-, 14, 421.
Pompen, diffusie-, 102, 390, 456, 504, 548.
Pompen, domestic-, 14, 421.
Pompen, doserings-, 8, 424. 31, 392, 506. 139, 394, 465, 517.
Pompen, hogedruk (Gyrex)-, 69, 540.
Pompen, hoogvacuum-, 114, 410, 472.
Pompen, lucht- (natte), 65, 433, 473, 507.
Pompen, membraan-, 111, 410, 472. 53. 422.
Pompen, pers-, 14, 421.
Pompen, plunger-, 14, 421.
Pompen, reciprotor-, 86, 450.
Pompen, roterende-, 102, 390, 456, 504, 548.
Pompen, schroef-, 7, 413, 483, 527. 14, 421.
Pompen, slip-, 53, 422.
Pompen, Stork-, 130, 434, 458, 482, 508, 526, 550.
Pompen, tandrad-, 14, 421.
Pompen, vacuum-, 65, 433, 473, 507. 14. 421.
Pompen, waterring-, (hoogvacuum) 130, 400.
Pompen, worm-, 14, 421.
Pompen, Worthington-, 14, 421.
Pompen, Worthite-, 14, 421.
Pompen, zand-, 29, 442, 483, 527.
Pompen, zelfaanzuigende-, 14, 421.
Pompen, zuurvaste-, 14, 421. 74, 424.
Pompen, zuur-, 47, 419.
Pompen voor ieder doel, 14, 421.
Porcelein, technisch-, 53, 422.
Prefabs, 7, 413.
Profielwals, 14, 421.
Propaangasradiatoren, 14, 421.
Propaanverdampers, 14, 421.
Pijpleidingen, 140, 420. 144, 449, 497, 541.
Pijpleidingen, bekleed met P.V.C., 14, 421.
Pijpleidingen in div. mat., 14, 421.
Pijpleidingen v. iedere temp., 14, 421.
Pijpleidingen v. iedere druk, 14, 421.
Pijpleidingen tegen zuur bestand, 143, 407, 424, 488, 519.

Radiatoren, gas-, 14, 421.
Radix tankbekledingen, 14, 421.
Reductoren, motor-, 14, 421.
Reductoren, planetaire-, Keller-, 14, 421.
Regelaars, capaciteits-, 65, 400, 452, 488, 519.
Regelaars, pneumatische niveau-, 125, 495, 511.
Regelaars, pneumatische druk-, 125, 495, 511.
Reinigers, gas-, 14, 421.
Reservoirs, 14, 421.
Roerders, insteek-, 105, 437, 510.
Roerwerk-aandrijvingen, 111, 410, 472.
Roerwerk, electro-magn. aangedreven, 69, 518.
Roestvrijstalen app. 14, 421.
Rookgas-luchtverhitters 14, 421.
Rookgasventilatoren, 14, 421.
Rookmelders (autom.), 14, 421.
Roosters, lucht-, 14, 421.
Rotor-stofafscheiders, 14, 421.

Schoorstenen, plaatstalen-, 14, 421.
Schroefventilatoren, 14, 421.
Scrubbers, 14, 421.
Separatoren, 14, 421. 109, 435.
Separatoren, continuwerkende-, 146, 517.
Slangen, soepele-, 30, 419.
Sluitautomaten, zakken-, 78, 421.
Slijpstukken, genormaliseerde-, 36, 503.
Spectrofotometer, foto-electr.-, 86, 395, 433, 531
Spectrofotometer, registrerende-, 114, 430.
Spectrografen, Astronomische-, 8, 531.
Spectrometers, Infra-rood-, 8, 531.
Spectroscopen-, 8 531.
Spectrumprojectors, 8 531.
Staal, chroomnikkel-, 68, 418.
Staal, gereedschap-, 68, 418.
Staal, roestvrij-, 27, 543. 68, 409, 418, 470, 521 538. 87, 443.
Staal, sneldraai-, 68, 418.
Staal, wormwerktuig-, 68, 418.
Staalbouw, 7, 413.
Staalconstructies, 7, 413.
Stabilisatoren (tin) voor P.V.C., 119, 407.
Stampwerk, 14, 421.
Statiefmateriaal, 114, 430.
Stellingen, maal-, 53, 422.
Stempels (zie matrijzen), 14, 421.
Stenen, 138, 414.
Stenenvoering, 53, 422.
Sterilisatoren, 14, 421.
Stofafscheiders, Econdust-, 14, 421.
Stofvangers, 14, 421.
Stoomkoelers, 14, 421.
Stoomleidingen (zie pijpleidingen), 14, 421.
Stoven, broed-, 100, 447, 493, 537.
Stoven, droog- 32, 400, 422, 466, 488, 510, 532, 554. 100, 447, 493, 537. 114, 430.
Syphons, 143, 453.

Tanks, 7, 413.
Tanks, 14, 421. 118, 427. 132, 434.
Tanks, bezink-, 8, 424.
Tanks, butaan- en propaan-, 105, 465.
Tanks, meng-, 118, 427.
Tanks, opslag-, 140, 422.
Tanks, ondergrondse/bovengr.-, 105, 465.
Tanks met rubberbekleding, 53, 422.
Tegenstroomapparaten, 14, 421.
Thermostaat, inhang-, (Rotax), 86, 551.
Thermografen (Cambridge), 8, 487.
Textieldrogers, 14, 421.
Titriscoop, 104, 506.
Toestellen, extractie-, 117, 411, 412, 481, 525.
Toestellen, zwavelzuurverdunnings-, 138, 471.
Torens, 138, 414, 471.
Torenpakkingen 138, 471.
Trekbanken, 81, 436.
Trilzeef, dubbele-, 111, 410, 472.
Trommels, calcineer-, 65, 405, 466, 499, 530.
Trommels, meng-, geëmailleerd, 111, 410, 472.
Turbines, 14, 421.
Turbines, stoom-, 130, 466.

Uitrustingen, automatische-, 102, 390, 456, 504, 548.
Ultra-Turrax, 104, 435.

Variatoren, mechanische-, 14, 421.
Vaten, 132, 434.
Vaten, fiber-, 141, 400, 521, 554.
Vaten, stalen-, 80, 395, 433, 459, 487, 509, 531, 542.
Vatenpomp, Universeel-, 128, 412, 485, 529.
Ventielen, 102, 390, 456, 504, 548.
Ventielen v. gas- en zuurstofcylinders, 57, 465.
Ventilatie-inrichtingen, 14, 421.
Ventilatoren, 65, 405, 466, 499, 530.
Ventilatoren, centrifugaal-, 47, 419.
Ventilatoren in div. mat. 14, 421.
Ventilatoren uit P.V.G. 143, 453, 493, 537.
Ventilatoren, geruisloze-, 14, 421.
Ventilatoren, schroef-, 47, 419.
Ventilatoren voor ieder doel, 14, 421.
Verbrandingskamers, HCl-, 138, 414, 506.
Verdampers, 14, 421. 117, 411, 412, 481, 525.
Verdampers, film- (Luwa rotatie), 81, 436.
Verwarming, explosievrije-, electrische-, 69, 425.
Verwarmingsmantels, 148, 436, 489, 528.
Verwarmingsplaten, 100, 447, 493, 537.
Vezeldroogkamers, 14, 421.
Vibro-Mischers, 81, 436.
Viskograph, 12, 477.
Viscosele dingen, 14, 421.
Vitrathene (blokken, platen, staven, lasdraad), 64, 393.
Vloeistofafscheiders, 14, 421.
Vlokkenfilter, 34, 526.
Voedingwater-ontgasser, 94, 541.
Voering v. Kogelmolens-, 53, 422.
Voeringen (rubber), 53, 422.
Voltamoscoop, 8, 551.
Voorwarmers, 117, 411, 412, 481, 525.
Voorwarmers, zuig-, voor stookolie, 105, 465.
Vormautomaten, 78, 421, 545.
Vormmachines-granuleer-, 78, 421. 545.
Vriestunnels, 14, 421.
Vulling voor torens, 138, 506.

3-Wals, 3KW, 54 cm, 150, 403, 432.
Walsen, meng-, 53, 422.
Warmtewisselaars, 14, 421. 140, 420. 129, 475. 117, 411, 412, 481, 525. 138, 414, 471, 506. 146. 416.
Wassers, gas-, 14, 421.
Waterbaden, 100, 447, 493, 537. 114, 430.
Waterleidingen (zie pijpleidingen), 14, 421.
Waterkoelers, 14, 421.
Werktuigen, roer, 53, 422
Wormwielkasten, 14, 421.

Zalfmolens, Driewalsen „Ungenta", 78, 421.
Zeef, tril-, 74, 424.
Zeven, 114, 430.
Zuurvaste leidingen, 14, 421.
Zuurleidingen, 14, 421.
Zwevingsdrogers (Farinatoren), 14, 421.

Glaswerk en Laboratorium benodigdheden

Apparaten (chem. v. laboratoria), 81, 436.
Apparaten (glas), 76, 451.
Apparaten, laboratorium-, 53, 422.
Apparatuur (chem. in glas), 69, 425, 470, 495, 518, 540.
Artikelen van kwartsglas, 72, 439.
Augenbrunnen, Haage-, 31, 459, 549.

Balansen, analytische-, 88, 392, 439, 456, 488.
Balansen, analytische-, snel-, 6, 457, 505, 549. 114, 430.
Balansen, driepoot-, 6, 483, 527.
Balansen, micro-, 88, 392, 439, 456, 488.
Balansen, precisie-, 63, 443.
Balansen, Selecta-, 114, 430.
Balansen, S.G.-, 88, 392, 439, 456, 488.
Balansen, snelwegende-, 114, 430.
Balansen, stroomlijn-, 6, 391.
Balansen, torsie-, 88, 392, 439, 456, 488.
Balansen, ijk-, 114, 430.

Cartons, filtreer-, 23, 424, 486, 530.
Centrifuges, laboratorium-, 133, 423.
Centrifuges, snel-, laboratorium-, 84, 433.

Drogers, Lab.- v. gecompr. lucht en gassen, 32, 400, 466, 510, 554.

Filterpersen, 53, 422.
Filters, 14, 421. 123, 413, 444, 491, 535. 140, 420.
Filters, asvrije-, 23, 424, 486, 530.
Filters (Candy), 8, 424.

Filters, geharde-, rond- en vouw-, 23, 424, 486, 530.
Filters, horizontaalplaat-, 74, 424, 473, 497.
Filters, lucht-, 22, 435, 515.
Filters, Membran-, 86, 498, 520, 531.
Filters, Nutschen „Edda"-, 72, 552.
Filters, perslucht-, 123, 444.
Filters, Philips magnetische-, 53, 422.
Filters, vacuum-, 53, 422.
Filterapparatuur, 48, 441.
Filtreerpapier, 23, 424, 486, 530. 26 407, 475, 517 552.

Gewichten, precisie-, 6, 391.
Glasbuis, precisie-, 114, 430.
Glaswerk, 36, 446. 114, 430.

Hulzen, naadvrije- (v. extractie-app.), 23, 424, 486, 530.

Instrumenten, glas-, 76, 451.

Laboratoriumbenodigdheden, 71, 406, 436, 474, 520.
Laboratoriumchemicaliën, 13, 549. 15, 549.
Laboratoriumglas, 36, 411, 455, 481, 525, 538, 547.100, 447, 493, 537.
Laboratoriuminrichtingen, 13, 508. 15. 508.
Laboratoriummeubelen, 36, 399, 439, 465, 487, 506, 531.
Laboratoriumovens, 126, 395, 459, 554.

Machines, zeef- v. Lab., 87, 443.
Molen, trilkogel- v. Lab., 133, 423.

Platenfilters, 84, 443.
Porselein, Laboratorium-, 53, 422.
Porselein, Laboratorium- (Weta), 5, 391, 402, 413, 450, 457, 468, 483, 505, 516, 527. 36, 391, 402, 413, 450, 457, 468, 483, 505, 516, 527. 110, 391, 402, 413, 450, 457, 468, 483, 505, 516, 527.
Verwarmingsmantels v. Lab., 148, 436.

Diversen

Boeken en Tijdschriften, 17, 396, 397, 398, 399, 402, 442, 450, 462, 463, 464, 489, 503, 510, 511, 512, 513, 516, 523, 525, 547.
Hogedruk-techniek, 69, 425, 540.
Algemene destillatie-techniek, 69, 425, 540.
Adviezen, technische, ontwerpen, fabricage en montage, 105, 408, 437, 454, 476, 500, 520, 528, 540.
Ontwerpen, Monteren en vervaardigen van Apparatuur v. Chem. Industrie en Pharm. Industrie, 82, 489.

hiermede vormt de vaste stof een vrijwel onuitputtelijk gebied van onderzoek, waar nog allerlei verrassingen te verwachten zijn.

8) Voor een accurate beschrijving van de moleculaire wisselwerking is het onvoldoende de ladingsverdeling van een molecule uitsluitend weer te geven door middel van het dipoolmoment. Een bevredigend antwoord op de vraag hoe hier verbetering in gebracht kan worden is nog niet bekend.

Discussie.

Drs. M. P. Groenewege vraagt naar het verband tussen de diëlectrische verliezen van een polaire vloeistof (ε'' log ω diagram), die als een absorptie van radiogolven opgevat kunnen worden, en het lijnenspectrum van dezelfde stof in gastoestand (microwave-spectrum), dat een rotatiespectrum is.

Is er een theoretische brug te slaan tussen de beide verschijnselen?

Bij afwezigheid van de spreker antwoordt de voorzitter, *Dr. J. H. van Santen* hierop:

Inderdaad vindt men bij een gas dat uit polaire moleculen bestaat, gaande naar hogere frequenties de volgende absorpties: het rotatiespectrum, het rotatie-vibratiespectrum en tenslotte het electronen-excitatiespectrum, terwijl in de vloeistoftoestand het rotatiespectrum teruggevonden wordt als een zich ook naar lagere frequenties uitstrekkend, continu absorptiegebied.

(Voorbeeld: waterdamp heeft een rotatie-lijnenspectrum waarvan het belangrijkste deel ligt tussen 500 μ en ca. 8 μ met zwakke laagfrequente uitlopers tot bij 1.35 cm golflengte; bij vloeibaar water vindt men in het infrarood een zeer breed absorptiegebied, dat aan de laagfrequente zijde afgesloten wordt door een *Debye*-achtige absorptie met een karakteristieke golflengte van 1.75 cm (bij 20° C), een absorptie, die dus tot bij metergolven merkbaar is).

Het bij gassen optredende rotatie-resonantiespectrum vinden we in de vloeistof terug als een combinatie van een vibratie-resonantiespectrum (rotatie over een beperkte hoek) en een relaxatieabsorptie (veelal berustend op processen waarvoor een activeringsenergie wordt vereist).

Het is op het ogenblik nog niet mogelijk het gehele gebied tussen de gas- en de vloeistoftoestand theoretisch te behandelen. Als een begin kan men de berekeningen van *van Vleck* en *Weisskopf* (Rev. Modern Phys. **17**, 227 (1945)) over de lijnbreedte bij gecomprimeerde gassen beschouwen.

In de uiteindelijke theorie zal echter tot uitdrukking moeten komen hoe de rotatiebeweging van de vrije gasmoleculen bij de condensatie tot een vloeistof omgezet wordt in een beweging, die essentieel bepaald wordt door de omringende vloeistofmoleculen.

Drs. *Th. van der Plas* merkt naar aanleiding hiervan op dat er een essentieel verschil bestaat tussen resonantie-absorptie (bijv. in de microgolf-spectroscopie van gassen) en relaxatieverschijnselen in vloeistoffen.

Voor het eerste is belangrijk de separatie der energieniveau's: E_{12} en moet gelden $h\nu = E_{12}$.

In het laatste geval wordt volgens de theorie van *Gorter* en *Kronig* de relaxatie-frequentie $\omega = \tau^{-1}$ bepaald door de som van de overgangswaarschijnlijkheden tussen de niveau's, die in de nieuwe situatie (in de vloeistof!) zijn ontstaan.

Deze laatste niveau's hoeven niet duidelijk overeen te komen met niveau's in het vrije molecuul.

Diëlectrische verliezen van kristallen

door

Y. Haven

Natuurkundig Laboratorium N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken Eindhoven-Nederland

537.226.3 : 548.0

1. *„Dipolen" in ionenkristallen.*

Twee algemene opmerkingen wil ik vooraf maken bij wijze van inleiding. In de eerste plaats het volgende. Voor verklaring van de oorzaak van de diëlectrische verliezen kan men gebruik maken van ionen (of electronen), die aanleiding geven tot electrische geleiding en van dipolen, die zich in een electrisch veld instellen. De theorie hiervan is wel bekend (Debye) en behoeft niet nader uiteengezet te worden [1]). Er is echter een belangrijk verschil tussen ionen-kristallen enerzijds en vloeistoffen en gassen anderzijds. In het laatste geval kent men vrije moleculen met een gegeven dipoolmoment, bijv. een molecule chloorbenzeen met een moment van 1.52 Debye-eenheden. In de vloeistof-phase hebben deze moleculen weliswaar een ander dipoolmoment dan in de gas-phase, maar het is mogelijk om dit dipoolmoment te herleiden op het moment, dat het molecule in gasphase als vrij molecule zou hebben. Het vrije molecule in de gasphase is dus de standaard waarop de meetresultaten herleid worden. Over de theorie, die hierop betrekking heeft is een zeer uitgebreide litteratuur verschenen en de bekende leerboeken over diëlectrica handelen voor een belangrijk deel over dit onderdeel van de theorie (inwendig veld, polarisatie enz.).

Bij de ionenkristallen is de situatie echter geheel anders. In Fig. 1 is een doorsnede getekend van een NaCl kristal, waarin Ca^{++} ionen zijn opgenomen. Zo-

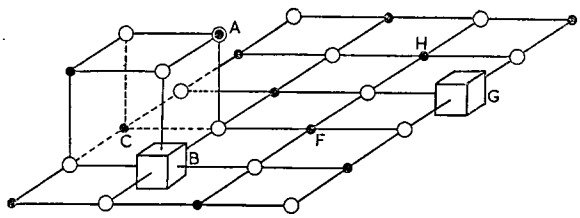


Fig. 1. NaCl-rooster: • = Na^+, 0 = Cl^-, □ = Na-vacature, ⊙ = Ca^{2+}

als bekend, vindt de volgende substitutie plaats: 2 Na-ionen worden vervangen door één 2-waardig Ca-ion en één onbezette Na-plaats (Na-vacature).

Het Ca^{++} ion A kan beschouwd worden als een ion met één extra positieve lading, terwijl de onbezette plaats B (vacature) te beschouwen is als een extra negatieve lading op het rooster.

Deze + en — ladingen tezamen vormen een dipool, die van oriëntatie kan veranderen, doordat de Na-buur C naar de onbezette plaats kan gaan. De vacature kan een van de 12 Na-plaatsen om het Ca-ion bezetten en draait als het ware om de +lading van het Ca^{++} ion heen. (Deze beschrijving is het eerst door *Breckenridge* gegeven [2])). Het is duidelijk, dat zulke dipolen in de gasphase niet bestaanbaar zijn. Daarom heeft het hier geen zin om het dipoolmoment vast te leggen op een geïsoleerd molecule. Hier ligt een andere basis meer voor de hand: omdat van de ionen-

kristallen de afstanden der ionen goed bekend zijn uit röntgenonderzoekingen, kiezen we als model voor de dipolen twee eenheidsladingen op een afstand van elkaar gelijk aan de afstand van het Ca^{++}-ion en de Na-vacature in het kristal, met als dipoolmoment extra lading $\times$ afstand. Dit dipoolmoment is in NaCl ongeveer 20 Debye-eenheden.

Als we dit eenmaal als uitgangspunt gekozen hebben, moeten we enige voorzichtigheid betrachten met het toepassen van de welbekende theorieën der diëlectrica, omdat deze a.h.w. automatisch leiden tot het dipoolmoment van een vrij molecule. Het is waarschijnlijk het beste om zich de zojuist gedefinieerde dipool ingebed te denken in een homogeen diëlectricum met diëlectrische constante ε. Het aanbrengen van correcties voor het inwendig veld is nauwelijks of niet nodig. Ook dipool–dipool wisselwerking is gering, vanwege de geringe concentratie (de diëlectrische constante $\varepsilon = 5.6$ voor NaCl wordt nauwelijks een paar % vergroot door de aanwezigheid der dipolen.

De polarisatie van de omgeving heeft natuurlijk nog wel een geringe invloed op het effectieve dipoolmoment, maar deze is gering. De grootste invloed zou misschien komen van een verschuiving van het Ca^{++}-ion en deze zou eventueel in rekening gebracht kunnen worden, indien dat nodig blijkt. Voorlopig is de situatie echter zo, dat we er nog niet aan toe zijn om nauwkeurig het dipoolmoment te bepalen van een complex, bestaande uit een Ca^{++}-ion + Na-vacature, omdat de concentratie hiervan niet a priori bekend is. Immers een deel van de vacatures zal met de Ca^{++}-ionen geassocieerd zijn en een deel gedissocieerd. Het doel van diëlectrische onderzoekingen is juist, deze concentraties te bepalen, uitgaande van dit bepaalde model voor de dipool. Hiermee hebben we een tweede onderscheid met gassen en vloeistoffen. Daar is de concentratie meestal goed bekend en is de nauwkeurige kennis van het dipoolmoment het middel om iets meer te weten te komen over de bouw van de moleculen.

2. *Diëlectrische verliezen van dipolen.*

De tweede algemene opmerking heeft betrekking op de formules voor de diëlectrische constante $\varepsilon = \varepsilon' - j\,\varepsilon''$. Deze formules kunnen in allerlei vormen geschreven worden. Hieronder worden er een aantal gegeven, maar het is alweer niet de bedoeling om deze formules diepgaand te discussiëren of afleidingen te geven. Het is alleen de bedoeling ze even naast elkaar te zetten en aan de hand daarvan enkele karakteristieke punten van het onderzoek naar voren te brengen. We zullen ons daarbij beperken tot één enkele soort dipolen, ingebed in een diëlectrisch medium, zonder distributie van relaxatie tijden. De meest bekende vorm voor de ε van zulk een medium is wel de door *Debye* afgeleide formule:

$$\varepsilon' = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty}{1 + \omega^2\tau^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

$$\varepsilon'' = (\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty)\frac{\omega\tau}{1 + \omega^2\tau^2} \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

waarin ε' = het reële deel van de diëlectrische constante; ε'' = het imaginaire deel van de diëlectrische constante; ε_0 = diëlectrische constante voor $\omega = 0$; ε_∞ = diëlectrische constante voor ω ver boven het dispersiegebied. $(\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty)/(1 + \omega^2\tau^2)$ = bijdrage van de dipolen tot de diëlectrische constante; $\omega = 2\pi\nu$; ν = frequentie; τ = relaxatietijd.

Formule (1) bevat een constante term ε_∞, afkomstig van andere bijdrage dan van dipolen, welke niet in formule (2) voorkomt. In het algemeen geval, wanneer er een electrisch (gelijkstroom-)geleidingsvermogen is, bevat (2) ook nog een constante term. $\varepsilon_0'' = 4\pi\sigma_0/\omega$, waar σ_0 = gelijkstroom geleidingsvermogen. Deze term is toegevoegd in vergelijking (3) en vormt de meest essentiële uitbreiding van het paar (1) en (2). Door algebraïsche herleidingen kunnen nog verscheidene andere vergelijkingen afgeleid worden. Enige daarvan zijn in fig. 2 bij elkaar gezet. Hierbij zij nog opgemerkt dat vergelijking (4) uit (3) verkregen is door vermenigvuldigen met ω, terwijl $\sigma = \varepsilon''\omega/4\pi$ het geleidingsvermogen bij frequentie voorstelt. In de graphische voorstelling van log ε'' als functie van log ω betekent dit dat log ω overal bij log ε'' opgeteld wordt, d.w.z. de 45° lijn wordt er bij opgeteld. Het karakter van de curven verandert daardoor niet en het maakt alleen de indruk alsof ze over 45° gedraaid zijn. In fig. (2) zijn de curven getekend.

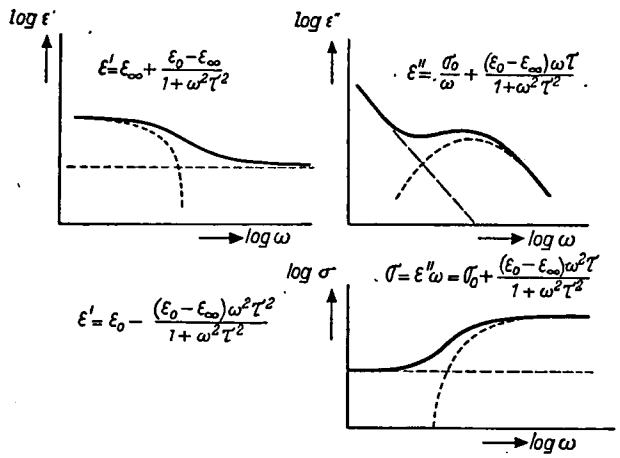


Fig. 2. Verliezen, enz. (ε', ε'' en σ) van dipolen met één relaxatietijd
– – – – = eerste, resp. tweede term,
——— = som.

Tabel I.

Formules voor de diëlectrische constanten van medium met dipolen.

$$\varepsilon' = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty}{1 + \omega^2\tau^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

$$\varepsilon'' = \frac{4\pi\sigma_0}{\omega} + \frac{(\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty)\omega\tau}{1 + \omega^2\tau^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

$$4\pi\sigma = \varepsilon''\omega = 4\pi\sigma_0 + \frac{(\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty)\omega^2\tau}{1 + \omega^2\tau^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 4)$$

$$\varepsilon' = \varepsilon_0 - \frac{(\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty)\omega^2\tau^2}{1 + \omega^2\tau^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1A)$$

De vergelijkingen (1), (3) en (4) representeren verschillende talen voor de beschrijving van het gedrag van de dipolen, resp. de taal van de diëlectrische constante, de diëlectrische verliezen en het geleidingsvermogen. In alle vergelijkingen stelt de tweede term de bijdrage voor van de dipolen, en zoals dadelijk opvalt, is deze bijdrage op een factor ω of τ na in alle drie gevallen dezelfde. Als zodanig zijn we vrij een willekeurige keuze uit deze vergelijkingen te doen als

basis voor het onderzoek.

Behalve deze zijn er nog andere mogelijkheden zoals bijv. het elimineren van $\omega\tau$ uit vergelijking (1) + (2), zoals *Cole* en *Cole* gedaan hebben [3]).

De resulterende vergelijking stelt in een $\varepsilon'' - \varepsilon'$-grafiek een cirkel voor (de Cole-Cole-cirkel).

De 3 vergelijkingen (1), (3) en (4) onderscheiden zich in de eerste term, welke term de andere bijdrage dan van de dipolen representeert. Voor de verdere beschouwingen zullen we gebruik maken van vergelijking (3), omdat in de gevallen die we hier bespreken de tweede term in vergelijking (3) relatief groter is dan de tweede term in vergelijking (1). Wanneer de term afkomstig van de gelijkstroomgeleiding $4\pi\sigma_0/\omega$ afgetrokken wordt van ε'', resulteert er bovendien een vergelijking, welke in de log $\varepsilon'' \sim \log \omega$ grafiek een curve geeft met een maximum

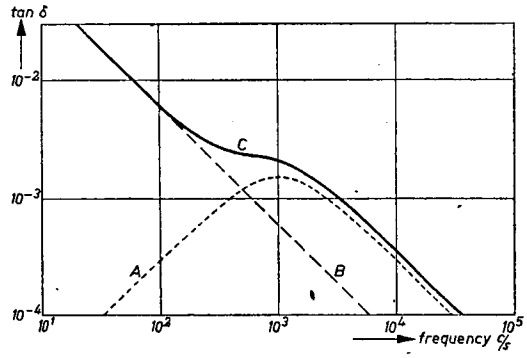


Fig. 3. tgδ van dipolen met één relaxatietijd
A = bijdrage van dipolen
B = bijdrage corresponderend met gelijkstroomgeleidingsvermogen
C = totale tgδ

(Debye-curve), (fig. 3), zodat het betrekkelijk eenvoudig is de bijbehorende parameters te bepalen (ligging en hoogte van het maximum). Doen we ditzelfde met vergelijking (4) dan levert het iets meer moeilijkheden op om de parameters te bepalen. Ons baserende op vergelijking (3) spreken we dus over diëlectrische verliezen, hoewel we op zichzelf met evenveel recht „diëlectrische constante" of „geleidingsvermogen" als titel hadden kunnen nemen.

3. *Diëlectrische constante-geleidingsvermogen.*

Bovengenoemde „gelijkwaardigheid" van diëlectrische constante en geleidingsvermogen blijkt ten overvloede ook nog uit een vergelijking van de vergelijkingen (4) en (1A). Uit vergelijking (4) blijkt dat bij toenemende frequentie de dipolen een toenemende bijdrage leveren tot het geleidingsvermogen, maar dat dezelfde bijdrage, afgezien van een factor τ, blijkens vergelijking (1A), afgetrokken wordt van de diëlectrische constante ε'. Dezelfde dipool, in ons geval vacature B in fig. 1, uit zich dus in de diëlectrische eigenschappen bij hoge frequenties op dezelfde wijze als een geleidend ion. Bij lage frequenties treedt een verschil op doordat het ion van de dipool een bijdrage gaat leveren tot de diëlectrische constante. M.a.w. bij hoge frequenties gedraagt de vacature B zich als een „vrij" ion, bij lage frequenties zit hij „vast". Door dit „vastraken", raakt de verplaatsing van het ion uit phase met de aangelegde spanning.

Dit is een algemeen verschijnsel dat ionen bij lage frequenties „vast" zitten en bij hoge frequenties „vrij" zijn. Als voorbeeld kunnen we verder noemen:

1. een ion gevangen in zijn „ionensfeer", (Debye-Hückel sfeer),
2. een niet homogeen opgebouwd kristal, bestaande bijv. uit „korrels",
3. een kristal met een laagje aan de buitenkant met andere (geleidingseigenschappen),
4. polarisatie aan de electrode.

In al deze gevallen is het diëlectrische gedrag als functie van de frequentie min of meer gelijk. Daarom is het tamelijk moeilijk om in een concreet geval, waar de curve van de diëlectrische verliezen bekend is, uit te maken welke van deze mogelijkheden precies aansprakelijk is voor de verliezen. We zullen deze mogelijkheden niet alle bespreken, maar ons in hoofdzaak beperken tot de „dipolen" en daarnaast nog even spreken over polarisatie.

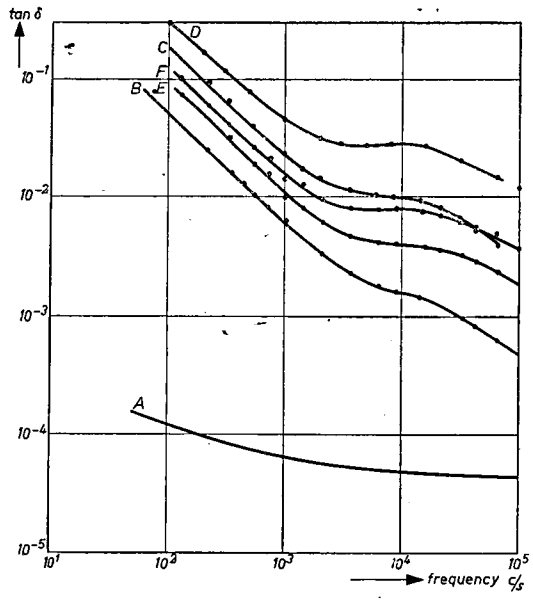


Fig. 4. Diëlectrische verliezen van NaCl met Ca^{+2} of Mn^{2+} bij 110° C

A = zeer zuiver NaCl
B = betrekkelijk zuiver NaCl (0,003 mol % 2-waardige ionen)
C = 0.03 mol % Ca^{2+}
D = 0.14 mol % Ca^{2+}
E = 0.08 mol % Mn^{2+}
F = 0.014 mol % Mn^{2+}

4. *Metingen aan NaCl.*

Uit het voorgaande kunnen we dus de conclusie trekken dat voor ons doel vergelijking (3) een plezierige vorm heeft om de diëlectrische verliezen te discussiëren. De verliezen zijn volgens deze vergelijking opgebouwd uit twee stukken: een gelijkstroom geleidingsvermogen, wat in een log $\varepsilon'' - \log \omega$ diagram een 45° lijn geeft en een dipool bijdrage, welke een curve met een maximum geeft (Debye-curve). In een gegeven geval kunnen natuurlijk meer dan één van zulke bijdragen voorkomen, zodat de resulterende verliescurve er ingewikkelder uit kan zien, dan in fig. 3 weergegeven is. In fig. 4 zijn metingen van de diëlectrische verliezen bij 110° C van NaCl kristallen gegeven, waaraan iets Ca^{++} is toegevoegd. De metingen bij lage frequenties kunnen geëxtrapoleerd worden

naar frequentie nul, en leveren zo de verliezen veroorzaakt door het gelijkstroomgeleidingsvermogen (fig. 5). Deze bijdrage van het gelijkstroomgeleidings-

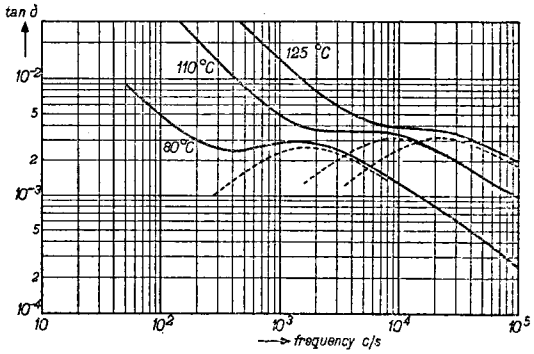


Fig. 5. Diëlectrische verliezen van één praeparaat NaCl + Ca^{2+} bij verschillende temperaturen.
– – – – = verliezen na aftrek van verliezen corresponderend met gelijkstroom geleidingsvermogen

vermogen behoort voorgesteld te worden door een 45°-lijn, doch omdat er nog allerlei andere factoren een rol spelen bij de verliezen (bijv. het Debye-Falkenhagen-effect van de ionensfeer), die we niet direct onder een concreet model vangen, is het wel plezierig deze „bijkomstigheden" weg te werken in het gelijkstroom-geleidingsvermogen, en de gezamenlijke bijdrage voor te stellen door een lijn, waarvan de helling iets van 45° afwijkt. Deze geëxtrapoleerde bijdrage wordt afgetrokken van de gemeten verliezen, waarbij een curve resulteert, voorstellende de bijdrage van de dipolen (bijv. curve A in Fig. 5) (Debye-curve). Als voorbeeld, hoe de verliezen afhangen van de temperatuur, hebben we een aantal metingen aan één preparaat (NaCl + $CaCl_2$) weergegeven in Fig. 5. Daaruit zien we, dat de Debye-curve bij hogere temperaturen opschuift naar hogere frequenties.

Hoe weten we nu dat deze metingen betrekking hebben op associaties van Na-vacatures met tweewaardige ionen? Een belangrijke factor in de beoordeling is dat de ligging van de Debye-curve niet afhankelijk is van de concentratie van de 2-waardige ionen of van het geleidingsvermogen. Hierdoor worden direct al effecten als het Debye-Falkenhagen-effect van de ionensfeer, polarisatieverschijnselen aan de electrode of andere inhomogeniteitseffecten min of meer uitgesloten en dit is een aanwijzing voor een „enkelvoudig" verschijnsel, bijv. afkomstig van goed gedefinieerde dipolen. In de tweede plaats is de breedte van de Debye-curve (het stuk dat de curve in de log ω schaal beslaat tussen de punten waar de verliezen $\frac{1}{2} \times$ de maximale waarde zijn) slechts weinig breder dan de theorie voorschrijft voor een enkelvoudig relaxatiemechanisme (d.w.z. vergelijking 2): de meeste curven zijn slechts 20—30 % breder en in de gevallen waar de curven breder zijn kan dit vaak geïnterpreteerd worden als afkomstig van een tweede relaxatie-effect bij hogere frequenties. Ook dit wijst dus op een „enkelvoudig" relaxatie-verschijnsel. In de derde plaats neemt de hoogte van de pieken toe met de concentratie van de 2-waardige ionen. Hieruit volgt dat de pieken in de verliescurven iets te maken hebben, hetzij met de 2-waardige ionen, hetzij met de vacatures (de concentratie van de vacatures is gelijk aan die van de 2-waardige ionen). Dit alles is een sterke aanwijzing voor het correleren van de verliescurven met Na-vacatures geassocieerd met 2-waardige ionen.

5. *Associatie van vacatures in NaCl.*

De diëlectrische verliezen, geëxtrapoleerd naar lage frequenties, leveren, zoals gezegd, het geleidingsvermogen (de vacatures verzorgen in NaCl het stroomtransport). Zouden we de beweeglijkheid van de vacatures kennen, dan was het mogelijk uit het geleidingsvermogen de concentraties van de vacatures te bepalen. Er zijn echter voor de (lage) temperaturen, waar het hier om gaat (25°—125° C), geen metingen van de beweeglijkheden bekend. Daarom moeten we onze toevlucht nemen tot een extrapolatie van hoge temperaturen uit, waar de beweeglijkheden van de vacatures wel bekend zijn.

Voor NaCl kunnen de beweeglijkheden van de vacatures voorgesteld worden met

$$B = 8 \cdot \{1 - e^{-281/T}\} \cdot e^{-0.72/kT} \text{ cm}^2/\text{volt.sec.}$$

Hierin is k in e-Volt/°K en T in °K. Deze uitdrukking voor B is afgeleid op grond van de theorie van de absolute reactiesnelheden van *Eyring* c.s., daarbij onderstellende dat een ion via een potentiaalberg van de ene potentiaalput naar de andere moet springen [4]. De term $\{1 - e \exp(-281/T)\}$ is afkomstig van de toestandsom $1/\{1 - e \exp(-281/T)\}$ voor vibratie in de potentiaalput; en de term $e \exp.(-0.72/kT)$ is afkomstig van de activering nodig voor de overschrijding van de potentiaalbarrière (activeringsenergie 0.72 eV). Met $\sigma = n_v \cdot e \cdot B$ kan dan de concentratie van de vrije vacatures berekend worden uit het geleidingsvermogen. Hierin is σ = geleidingsvermogen, n_v = aantal vrije vacatures per cm³, e = lading electron en B = beweeglijkheid. Het is duidelijk dat de aldus berekende concentratie behept is met een be-

Tabel II.

Concentratie vacatures in NaCl—$CaCl_2$-mengkristallen (Aantal per Na^+-ion)

	Conc. toegevoegde Ca^{++}	Vrije Na-vacatures	Geassocieerde Ca^{++} + Na-vacatures
1	$0.6 \cdot 10^{-4}$	$0.003 \cdot 10^{-4}$ (0.5%)	$0.08 \cdot 10^{-4}$ (13%)
2	1.0 •	0.016 • (1.6%)	0.16 • (16%)
3	1.7 •	0.028 • (1.7%)	0.60 • (35%)
4	2.5 •	0.043 • (1.7%)	0.9 • (36%)
5	3.6 •	0.07 • (2.0%)	1.5 • (42%)
6	5.2 •	0.11 • (2.1%)	3.2 • (60%)
7	9 •	0.13 • (1.5%)	3.0 • (33%)
8	17 •	0.19 • (1.1%)	6.2 • (36%)
9	27 •	0.3 • (1.1%)	6.7 • (25%)

hoorlijke onzekerheid. In tabel II zijn een aantal waarden gegeven. De concentratie is hier opgegeven in aantal vacatures per Na-ion (of liever per Na-roosterpunt). De concentratie van de dipolen (associatie van 2-waardig ion met vacature) volgt onmiddellijk uit het maximum van de Debye-curve volgens

$$\varepsilon''_{max} = \frac{4\pi\, n_d\, e^2\, d^2}{3\, kT}$$

Hierin is n_d = aantal dipolen per cm³, e = lading van het electron, d = anion-kation afstand, k = constante van Boltzmann, en T = temperatuur in °K.

In tabel II zijn ook deze concentraties van de geassocieerde vacatures opgenomen, alles voor 110° C.

Fig. 5 laat o.a. zien, dat de concentratie van de dipolen toeneemt met toenemende temperatuur. Dit levert een zekere moeilijkheid op voor de interpretatie, omdat in het algemeen in een dissociatie-evenwicht de associatie-graad afneemt bij hogere temperatuur. De verklaring moet dan hierin gezocht worden dat we niet te doen hebben met een eenvoudig dissociatie-evenwicht $A + B \leftrightarrows AB$, maar met een zeer samengesteld systeem, waar ook hoger geassocieerde complexen een rol spelen zodat we te maken krijgen met evenwichten $A + AB \leftrightarrows ABA$ enz. In dat geval kan natuurlijk de concentratie van de dipolen toenemen met hogere temperaturen. Bovendien is de som van vacatures + dipolen, zoals blijkt uit tabel II, niet gelijk aan de totale hoeveelheid 2-waardige ionen, zodat ook om de 100 % te completeren nog meer gevonden moet worden. Verdere aanwijzing hiervoor hebben we nog in het feit dat de 2-waardige halogeniden slechts beperkt oplosbaar zijn en bij lagere temperaturen uitkristalliseren (hetzij als zodanig, hetzij als „dubbel" verbinding), zoals blijkt uit de opalescentie van NaCl kristallen die een paar $^0/_{00}$ $CdCl_2$, of $PbCl_2$ bevatten.

Het is nog niet gelukt om dit samenstel van evenwichten te ontwarren en we zullen er niet verder op ingaan. Een van de moeilijkheden is dat voor de afzonderlijke evenwichten niet meer het electroneutraliteitsprincipe geldt. We kunnen bijv. niet meer op grond van dit principe zeggen dat in het evenwicht

$$Ca^{++} + \text{Na-vacature} \rightleftarrows (Ca^{++}\text{-Na-vacature})_{complex}$$

de Ca^{++}-concentratie gelijk is aan de concentratie van de Na-vacatures, waardoor de mogelijkheid van de concentratie bepaling van vrije Ca^{++}-ionen vervalt.

We willen er nog slechts aandacht op vestigen, dat de concentratie van vrije Na-vacatures bij 110° C ongeveer 1 % à 2 % is, terwijl er ongeveer voor 30 % aanwezig zijn in de vorm van dipolen. Bij toenemende concentratie van de Ca^{++}-ionen schijnt de concentratie der dipolen een zekere verzadigingswaarde te bereiken ($6 \cdot 10^{-4}$), wat de „oplosbaarheids"-idee ondersteunt.

6. *Blokkering van de electroden.*

Zoals reeds opgemerkt is, zijn er nog andere verschijnselen dan associatie van roosterfouten, die soortgelijke verliescurven geven, waarvan we de blokkering van de electroden zullen bespreken. KBr met kleurcentra (verkregen door mengkristallen KBr met KH met γ-stralen uit Co^{60} te bestralen) is volgens *MacDonald* [5]) in het donker een verliesvrij diëlectricum. Maar bij bestraling met licht gaat het kristal geleiden, terwijl de schijnbare ε' bij lage frequenties sterk kan oplopen. Van een kristal met $1.4 \cdot 10^{16}$ F·centra/cm³ liep de schijnbare ε' op tot 500 en de ε'' was maximaal 142 bij 85 Hz. Dit verschijnsel moet zo verklaard worden dat door bestraling de electronen vrij gemaakt worden en vrij door het kristal kunnen lopen. Maar de electronen kunnen niet vrij van het kristal overgaan naar de electroden omdat er een potentiaalverschil bestaat tussen kristal en electrode. Daardoor ontstaat er aan de electrode een electrische dubbellaag als gevolg van de polarisatie, welke de ε' zo sterk doet oplopen. *Volger, Stevels* en *van Amerongen* [6]) hebben soortgelijke verschijnselen gevonden voor ionengeleiding in glazen (de schijnbare ε' kan oplopen tot 100 000; verschijnsel van de Leidse fles). Dit verschijnsel van electrodeblokkering komt zeer algemeen voor, zij het dan ook niet zo sterk uitgesproken als in bovengenoemde twee gevallen. Het kan ook zo zijn dat een deel van de ladingsdragers vrij van kristal naar electrode kan overgaan, maar een ander deel niet, waardoor dan polarisatie veroorzaakt wordt. Dit is door *Jaffé* en medewerkers [7]) onderzocht (Seleen).

We zullen de theorie van deze dubbellagen niet bespreken. De dikte van deze dubbellaag wordt o.a. bepaald door de concentratie en beweeglijkheid van de ladingsdragers, maar aangezien die in deze formules in een andere vorm voorkomen dan in die van het geleidingsvermogen, hebben we in de „dubbellaag"-verliezen en in het geleidingsvermogen twee onafhankelijke gegevens om de concentratie en de beweeglijkheid van de ladingsdragers te bepalen. Het is alleen jammer dat niet alle ladingsdragers meedoen aan de polarisatie zodat het nog moet blijken of we hier inderdaad een onafhankelijke methode hebben om de concentratie van de vrije ladingsdragers te bepalen.

Wat de verliezen van NaCl betreft, de gemeten gelijkstroomgeleidingsvermogens bedragen voor de beter geleidende kristallen ongeveer 70 % van de uit extrapolatie van de verliezen berekende geleidingsvermogens. Dit verschil zou dan misschien toegeschreven moeten worden aan het Debye-Falkenhagen-effect van de ionensfeer of aan de electrodepolarisatie. Het is niet mogelijk geweest dit te meten, omdat de hierbijbehorende dispersie bij te lage frequenties ligt. Het is ook mogelijk dat er nog microscopische inhomogeniteiten in het kristal in het spel zijn, die dispersie van de verliezen bij lage frequenties geven. Het verschil tussen gemeten en geëxtrapoleerde geleidingsvermogen neemt namelijk toe naarmate het kristal zuiverder is, en inhomogeniteiten dus meer op de voorgrond zullen treden.

Conclusie.

Blijkens het voorgaande is het mogelijk om de studie van de diëlectrische verliezen te gebruiken voor het onderzoek naar de roosterfouten in kristallen. Enerzijds is het mogelijk hieruit de concentratie en de sprongfrequentie van de „dipolen" af te leiden, gevormd door associatie van bijv. 2-waardige ionen met vacatures in alkalihalogeniden. Anderzijds is het in principe mogelijk om conclusies te trekken omtrent de beweeglijkheid en concentratie van vrije vacatures of andere ladingsdragers. Dit onderzoek is echter alleen dan mogelijk, wanneer de „dipolen" vergeleken met de vrije ladingsdragers (vacatures) een voldoende bijdrage leveren tot de diëlectrische verliezen. Hetzij de concentratie van de „dipolen" hetzij hun frequentie waarmee zij verspringen, moeten voldoende groot zijn. In NaCl zijn deze factoren beide gunstig. Dit behoeft echter niet steeds het geval te zijn, zodat niet van te voren te zeggen is, of deze methode vrij algemeen toegepast kan worden om de associatiegraad van ladingsdragers te bepalen. De moeilijkheden worden nog vergroot, doordat er zoveel mogelijkheden zijn, waardoor diëlectrische verliezen kunnen ontstaan (§ 3), zodat foutieve interpretaties gemakkelijk kunnen plaats hebben.

---

[1]) *Fröhlich, H.*, Theory of dielectrics, Oxford Univ. Press (1949) pg. 78 e.v.; *Böttcher, C. J. F.*, Theory of electric polarisation, Elsevier Publ. Comp. (1952).

[2]) *Breckenridge, R. G.*, J. Chem. Phys. 16, 959 (1948); *Grimley,*

T. B., J. Chem. Phys. 17, 496 (1949).
[3]) Cole, K. S. en Cole, R. H., J. Chem. Phys. 9, 341 (1941).
[4]) Wordt gepubliceerd in Philips Research Reports.
[5]) MacDonald, J. R., Phys. Rev. 85, 381 (1952).
[6]) Volger, J., Stevels, J. M. en Amerongen, C. van, Philips Research Repts 8, 452 (1953).
[7]) Jaffé, G., Phys. Rev. 85, 354 (1952).

Discussie:

Drs. M. P. Groenewege vraagt:
Kunt U in het kort aangeven op welke manier de diëlectrische verliezen aan NaCl kristallen gemeten zijn?

Antwoord:

Van de NaCl kristallen worden dunne plaatjes (0.5 mm dik) gespleten, welke van ingebrande Ag-electroden worden voorzien. De preparaten komen in een kristalhouder, welke geëvacueerd wordt. De verliezen worden gemeten in een brugschakeling. Het preparaat is opgenomen in een der brugtakken parallel met een variabele condensator en parallel met een variabele weerstand die in serie staat met een vaste condensator. Uit de verstemming van de variabele condensator en variabele weerstand bij verbreking van het contact met het preparaat worden de capaciteit en de verliezen van het preparaat berekend.

Apparatuur voor het meten van diëlectrische constanten en verliezen

door F. C. de Vos

(Laboratorium voor Anorganische en Physische chemie der Rijksuniversiteit te Leiden)

537.226.084

In dit artikel wordt een overzicht gegeven van de apparatuur voor diëlectrische metingen, welke sinds 1947 in het Physisch Chemisch Laboratorium te Leiden is ontwikkeld of samengesteld.

Inleiding.

Sinds 1947 werd er in het Physisch Chemisch Laboratorium te Leiden naar gestreefd een meetapparatuur op te bouwen welke het mogelijk zou maken de diëlectrische eigenschappen van uiteenlopende stoffen over een zo groot mogelijk frequentie-gebied te onderzoeken. De eerste spreker heeft reeds uiteengezet welke argumenten, vooral van theoretische zijde, de uitvoering van een dergelijk, uiteraard omvangrijk, plan rechtvaardigen.

Het uiteindelijk doel: het gehele frequentie-gebied van frequentie nul tot oneindig groot te bestrijken, is nog slechts ten dele verwezenlijkt. Voor enige, overigens goed toegankelijke, frequentie-gebieden moet de meet-apparatuur nog opgebouwd worden, terwijl voor enige andere gebieden, men denke bijv. aan het belangrijke gebied tussen $3 \cdot 10^{10}$ en 10^{14} Hertz (10 mm-3μ golflengte), nog geen betrouwbare meetmethodes bekend zijn.

De te bespreken apparatuur omvat: een laagfrequentmeetbrug, een heterodyne-meng-methode voor ca. 1 megahertz, een resonantie-methode voor 0.5-10 megahertz, een brugschakeling voor hetzelfde frequentie-gebied, een trilholtemeting voor 100-500 megahertz, enige apparaten voor metingen in het cm-golfgebied en een precisie-refractometer.

Tevens zullen in dit overzicht, zij het zeer summier, voor ieder frequentie-gebied de algemeen gangbare meetmethodes aangegeven worden en zal getracht worden de merites van deze methodes in het kort te omschrijven.

Meetapparatuur en meetmethodes voor:

A. De lage frequenties; 0 - 10^5 Hertz.

In dit frequentie-gebied worden vrijwel uitsluitend brugschakelingen gebruikt. Laag-frequent-meetbruggen voor het meten van weerstanden, resp. geleidingsvermogens kunnen in het algemeen eenvoudiger van constructie zijn dan meetbruggen voor het meten van capaciteiten en verlieshoeken, daar vele rest-impedanties een geringere rol spelen [1]) [2]).

Bij de bouw van een nauwkeurige meetbrug voor het meten van capaciteiten en verlieshoeken moeten alle effecten die de nauwkeurigheid en het meet-resultaat ongunstig kunnen beïnvloeden, zoals restcapaciteiten van weerstanden, serie zelfinducties van weerstanden en condensatoren, en wederzijdse beïnvloeding van de componenten der brug, zorgvuldig geëlimineerd worden.

Hiertoe kan men verschillende wegen bewandelen [1])[3])[4]). Een zeer goed doorgevoerde afscherming der componenten, gepaard gaande met een zorgvuldige keuze der onderdelen, kan tot het gewenste resultaat leiden. Opgemerkt moet echter worden dat de constructie van een geheel afgeschermde brug de uiterste zorg vergt en dat een niet geheel juiste toepassing van afschermingen meestal tot grotere fouten

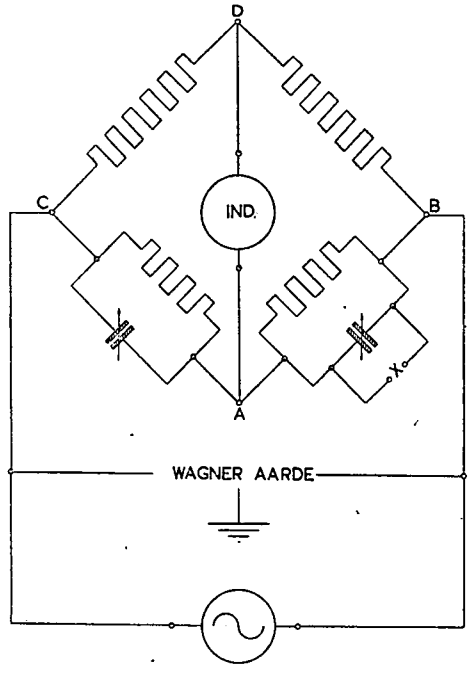


Fig. 1. L.F. brugschakeling voor diëlectrische metingen.

aanleiding geeft, dan het geheel weglaten ervan. In het algemeen zal men dan ook op eenvoudiger wijze en sneller tot een oplossing komen door het toepassen van een volledige substitutie- of compensatie-methode in één tak van de brug [5]). In dat geval zal de nauwkeurigheid geheel bepaald worden door de precisie waarmede de substitutie, resp. compensatie kan worden uitgevoerd.

Volgens dit laatste principe werd een brug gebouwd voor frequenties van ca. 40-3000 Hertz, welke in fig. 1 schematisch is weergegeven.

Ter eliminatie van de verschillende rest-capaciteiten wordt een zgn. Wagner-aarde toegepast [2]) [3]). Hiermede wordt de spanning aan de punten B en C volledig symetrisch gemaakt t.o.v. aarde. In de tak AB, waarvan het punt A zich dus bij gelijkheid der takken AB en AC op aard-potentiaal bevindt, is een precisiecondensator met parallel-weerstand aangebracht. Direct parallel aan de klemmen van deze condensator wordt het meetobject geschakeld, waarvan de capaciteit bepaald wordt door de waarde van de precisiecondensator zoveel te verminderen dat het brugevenwicht weer hersteld is.

Als indicator wordt een phase-gevoelige detector toegepast. Hiermede wordt op het scherm van een kathodestraalbuis een afzonderlijke indicatie verkregen, welke component van de brug, hetzij de weerstand, hetzij de capaciteit, al dan niet gecompenseerd is. Het nulpunt kan op deze wijze zeer snel worden ingesteld. De gevoeligheid van de indicator is ca. 0.2 mV per cm, zodat bij een brugspanning van ca. 10 Volt een zeer grote instel-nauwkeurigheid kan worden bereikt.

B. Frequenties van 0.5-10 Megahertz.

Metingen in dit gebied kunnen op verschillende wijzen worden uitgevoerd. Brugschakelingen kunnen ook hier worden gebruikt, doch deze boeten, naarmate de frequenties hoger worden, allengs aan nauwkeurigheid in [3]) [8]). Recente wijzigingen in de klassieke brugschakelingen, bijv. leidend tot de zgn. tweelingen-T-bruggen hebben hierin aanzienlijke verbetering gebracht [3]) [6]) [7]). Met deze bruggen kan over een aanzienlijk frequentiegebied zowel de diëlectrische constante als de verlieshoek met een redelijke nauwkeurigheid gemeten worden, te weten ca. 0.5 % voor de diëlectrische constante en ca. 2 % voor de verlieshoek. De bouw van een dergelijke brug is in voorbereiding (fig. 2).

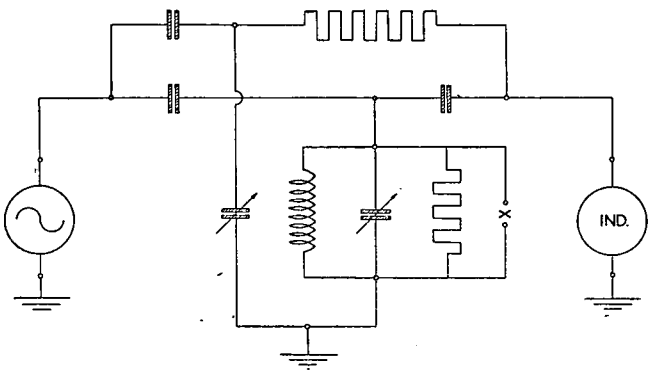


Fig. 2. Tweeling-T-brug voor diëlectrische metingen bij hoge frequenties.

Voor zeer nauwkeurige bepaling van de diëlectrische constante zijn deze methodes echter ongeschikt en verdient een heterodyne-mengmethode [9]) [10]) [11]) de voorkeur. Een bezwaar is, dat deze methode niet geschikt is voor het meten van verlieshoeken. Een volgens dit principe gebouwd apparaat is reeds uitvoerig beschreven [12]), zodat hier volstaan kan worden met het geven van het blok schema (fig. 3).

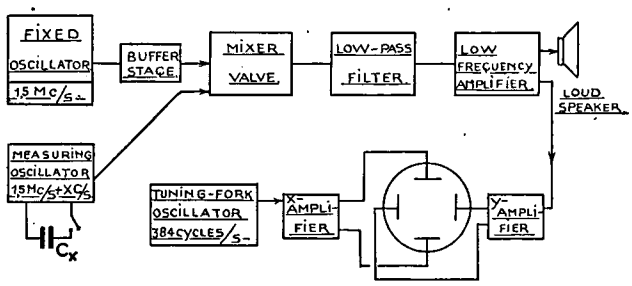


Fig. 3. Apparaat voor nauwkeurige bepaling van diëlectrische constanten volgens de heterodyne meng-methode.

Veranderingen in de capaciteit van de meetcel, ten gevolge van het inbrengen van materiaal met verschillende diëlectrische constanten, veroorzaken frequentie veranderingen van de meetoscillator. Deze frequentie veranderingen kunnen gemeten worden. Beter is het echter ook hier een compensatiemethode toe te passen, waarbij dus de waarde van de precisiecondensatoren, bij vergroting van de capaciteit van de meetcel, zoveel wordt verminderd dat de meetoscillator weer dezelfde frequentie heeft. Men heeft dan een zeer scherp instelkenmerk, bijv. 1 Hz bij een basisfrequentie van ca. 1.5 megahertz, waarbij dit apparaat meestal wordt gebruikt; de nauwkeurigheid wordt geheel bepaald door de precisie-condensatoren. Door het parallel schakelen van twee precisie-condensatoren van verschillende waarden, resp. 25 en 1.5 pF maximaal, kan de capaciteit van de meetcel bepaald worden met een nauwkeurigheid van ca. 1 op $2 \cdot 10^4$. De nauwkeurigheid van de bepaling der diëlectrische constante is echter nog van enige andere factoren afhankelijk [12]), waardoor de absolute nauwkeurigheid verminderd wordt tot ca. één eenheid in de derde decimaal en de relatieve nauwkeurigheid bij verschilmetingen tot één à twee eenheden in de vierde decimaal. Weliswaar kan de absolute nauwkeurigheid nog vergroot worden door het gebruik van meetcellen, waarbij de electroden geheel door vloeistof zijn omgeven [13]), doch in de practijk is dit veelal onmogelijk door de grote hoeveelheden vloeistof die voor de vulling van dergelijke cellen nodig zijn en de vaak onvoldoende mechanische stabiliteit ervan. Dit laatste bezwaar is vermeden bij een constructie die door *Dekker* [14]) is toegepast, doch ook hier heeft men grote hoeveelheden vloeistof nodig. Bovendien moet men zich afvragen of het opgeven van de vierde decimaal bij absolute waarden van de diëlectrische constante wel zin heeft, gezien mogelijke onzuiverheden in het onderzochte materiaal. Veelal wordt aan dit punt niet voldoende aandacht geschonken.

Voor vele toepassingen zal het wenselijk zijn, naast de diëlectrische constante ook de verlieshoek van een materiaal te kunnen bepalen. Behalve met de reeds genoemde brugschakelingen kan men deze metingen verrichten met een resonantie-methode [15]) [16]).

Bij deze methode wordt het meetobject parallel geschakeld aan een resonantie-kring bestaande uit een

zelfinductie en een precisie condensator, als geschetst in fig. 4a.

Is deze kring bij een bepaalde frequentie f_r in resonantie gebracht, dan vindt men de waarde van de capaciteit c.q. diëlectrische constante van het meetobject in eerste benadering rechtstreeks uit de vermindering van de waarde der precisiecondensator, die nodig is om na aansluiting van het meetobject de kring weer in resonantie te brengen. De waarde van de verlieshoek kan worden afgeleid uit de steilheid

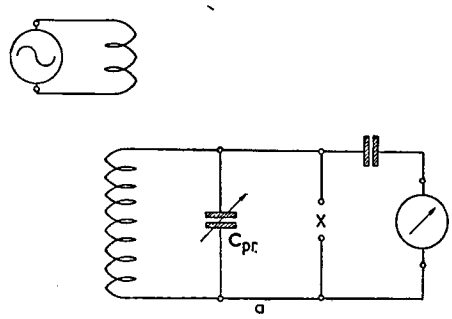
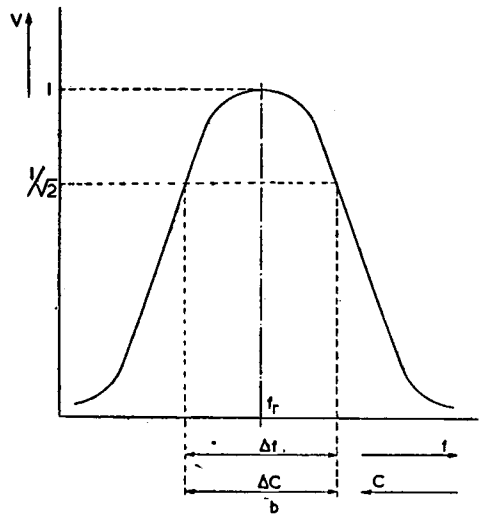


Fig. 4. a. Resonantie-methode voor het meten van diëlectrische constanten en verliezen.



b. Resonantie-curve van de meetkring.

van de resonantiecurve bij capaciteits- of frequentievariatie (fig. 4b).

Volgt men de gangbare methode deze steilheid vast te leggen als de halveringsbreedte van de resonantiekromme, dan krijgt men in eerste benadering zeer eenvoudige formules voor de verlieshoek, nl.

$$\operatorname{tg} \delta = (\Delta f_2 - \Delta f_1)/f_r = (\Delta c_2 - \Delta c_1)/2\, c_r$$

waarin Δf_1; Δc_1 en Δf_2, Δc_2 de halveringsbreedten zijn voor de kring zonder- resp. met- het meetobject.

Eist men geen grote nauwkeurigheid dan leidt deze methode dus zeer snel tot het gewenste resultaat. Vooral bij de hogere frequenties, bijv. enige megahertz moet men echter correctiefactoren invoeren [17]) die de berekeningen gecompliceerd en een grondige ijking van het meetsysteem noodzakelijk maken.

Bij goede stabilisering van de generator en zorgvuldige bouw van het meetsysteem, levert de resonantie-methode een goed hanteerbaar meetapparaat, waarmede in een ruim frequentiegebied zowel diëlectrische constanten als verlieshoeken gemeten kunnen worden [15]). De nauwkeurigheid kan niet zo groot zijn als bij de heterodyne-meng (heterodyne-beat) methode: voor de diëlectrische constante ca. 0.1 % en voor de verlieshoeken ca. 1 %. Voor de hoge frequenties bijv. boven 10 megahertz liggen deze waarden, vooral voor de verlieshoeken, uiteraard ongunstiger.

C. Frequenties van 100-1000 megahertz.

Voor dit frequentiegebied is men tot voor kort geheel aangewezen geweest op de Lecher-systemen [18]) [19]). Hoewel hiermede in principe vrij nauwkeurige metingen kunnen worden verricht, levert de aansluiting van het meetobject, vooral in het geval van vloeistoffen, vrijwel onoverkomelijke moeilijkheden op. In dit gebied gaan nl. de correctiefactoren, die men reeds bij de resonantie-methode ontmoette en die hun oorzaak vinden in het feit dat de parasitaire impedanties van alle toevoerdraden en onderdelen niet meer te verwaarlozen zijn, een overwegende rol spelen, doordat de afmetingen der toevoerdraden enz. niet meer klein zijn t.o.v. de gebruikte golflengte.

Het ontwerpen van de z.g.n. trilholte met onderbroken binnengeleider (re-entrant cavity) [20]) [21]) [22]) heeft voor dat gebied geheel nieuwe mogelijkheden geopend.

Met deze trilholten kunnen de diëlectrische eigenschappen van vaste stoffen en vloeistoffen gemeten worden door ze te brengen in de, zich ook hier als capaciteit gedragende, spleet in de binnengeleider (fig. 5).

De meetmethode is in principe identiek met de door *Hartshorn* en *Ward* aangegeven methode [15]) voor resonantie metingen bij frequenties van 1-20 megahertz.

Het frequentie-bereik van deze trilholten is zeer beperkt, daar de resonantie-frequentie grotendeels bepaald wordt door de hoogte van de trilholte en de diameter van de holte en van de binnengeleider. Weliswaar is de resonantie-frequentie ook afhankelijk van de hoogte der spleet, doch in de mogelijke variatie hiervan wordt men zeer beperkt door de afmetingen van de proefstukjes en de neven-effecten die een grote rol spelen als de hoogte der spleet niet meer klein is t.o.v. de diameter van de binnengeleider [20]). Voor een groot frequentie-gebied zal men dan ook zijn toevlucht moeten nemen tot een trilholte met variabele

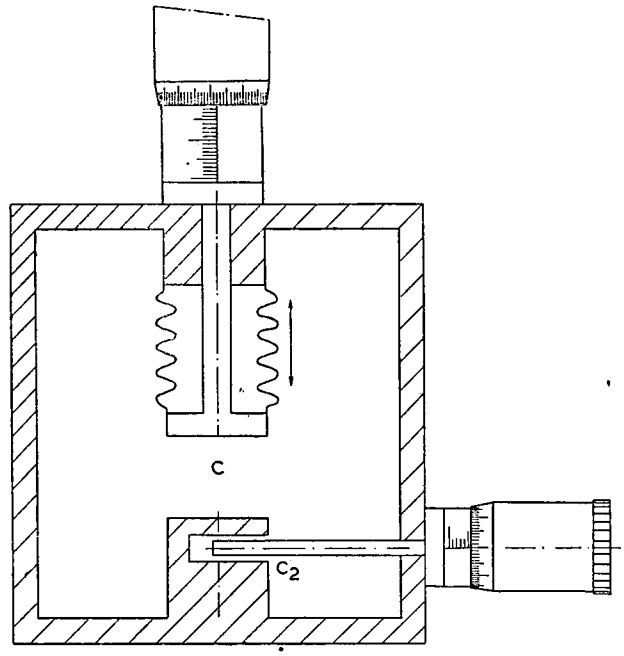
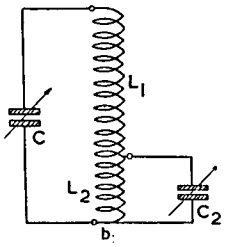


Fig. 5. a. Trilholte voor diëlectrische metingen bij 300—600 Mhz.

lengte [22]). In fig. 5 is een trilholte voor 300-400 megahertz schematisch weergegeven, met het daarvoor geldende vervangingsschema.



b. Vervangings-schema van deze trilholte.

Voor het meten van de steilheid van de resonantie curve is een kleine capaciteitsvariatie mogelijk met de, door een micrometer regelbare zuiger-condensator (piston-condensator) c_2. Daar deze condensator zich slechts over een deel der door de trilholte gevormde zelfinductie bevindt, is voor iedere frequentie een aparte ijking van c_2 nodig. Men ijkt c_2 via een ijking met frequentieverschillen [21]) en heeft dus naast de generator die de trilholte met een bepaalde frequentie aanstoot, een nauwkeurige frequentiemeter nodig.

Omtrent de nauwkeurigheid die met de op deze wijze geconstrueerde meetapparatuur bereikt kan worden is nog weinig bekend. In ieder geval zal deze niet groter kunnen zijn dan bij de normale resonantiemethode voor lagere frequenties. In hoeverre men deze nauwkeurigheid inderdaad benadert, zal afhangen van de nauwkeurigheid waarmede de trilholte geconstrueerd wordt en waarmede de correctiefactoren kunnen worden berekend. Voorlopig is een trilholte in aanbouw voor het frequentie-gebied van 250—500 megahertz.

D. Frequenties van 10^3-10^5 megahertz; het cm-golfgebied.

In dit frequentie-gebied is men geheel aangewezen op metingen in trilholten of golfgeleiders [23]) [24]) [25]).

De moeilijkheid die sub C reeds naar voren kwam, nl. dat iedere trilholte of meetsysteem slechts voor een beperkt frequentiegebied bruikbaar is, doet zich hier in versterkte mate voor [23]) [26]). Voor vrijwel ieder frequentiegebiedje overeenkomend met bijv. de 3 cm, 5 cm, 7 cm en 10 cm band heeft men een aparte trilholte en meetsysteem nodig. Hierdoor wordt de meetapparatuur zeer kostbaar, nog afgezien van de uiterst stabiele voedingsapparaten die nodig zijn voor de in dit gebied gebruikte klystron oscillatoren.

Metingen in een coaxiale golfgeleider of meetsectie zijn van dit punt uit bezien veel aantrekkelijker [28]). Aan deze methode is echter nog weinig aandacht geschonken, hoewel de door *Buchanan* [27]) aangegeven nulpunts-methode met een coaxiale meetcel, die bruikbaar zou zijn van 3-30 cm golflengte, een verdere bestudering alleszins waard is.

De eenvoudigste meetmethode is ongetwijfeld die met geheel gevulde trilholten [28]). Men beschouwt hierbij het verschil in hoogte van een trilholte dat nodig is om deze in resonantie te brengen voor het geval ze met lucht, resp. met de te meten vloeistof is gevuld. Kan men op deze wijze dus direct de diëlectrische constante van de vloeistof berekenen, tevens kan men door het opnemen van de resonantiecurves van de trilholte de verlieshoek van de vloeistof bepalen op dezelfde wijze als sub B voor een normale resonantie-methode is beschreven.

Toch heeft ook deze methode weinig ingang gevonden, daar ze slechts voor een zeer beperkt bereik in diëlectrische constanten en verlieshoeken bruikbaar is en bovendien vooral bij de grotere golflengten zeer grote hoeveelheden meetvloeistof vergt. Gedeeltelijk vullen van de trilholte komt aan deze bezwaren voor een deel tegemoet, doch leidt tot zeer ingewikkelde en transcendente vergelijkingen die alleen grafisch zijn op te lossen [29]) [30]) [31]) [32]).

De meeste in de litteratuur bekende metingen zijn verricht aan meetobjecten in rechthoekige golfgeleiders. Men kan hierbij verschillende methodes volgen [33]) [34]) [35]) [36]) [37]), bijv. het meten van de complexe voortplantigsconstante, waarbij in eerste benadering uit het imaginaire deel de diëlectrische constante en uit het reële deel het diëlectrische verlies te berekenen is, of het meten van de reflectie-coëfficiënt van een in het einde van de golfgeleider aangebracht meetobject. Hierbij ontstaat in de golfgeleider een staandegolf-patroon. Uit de verhouding der maxima en minima hiervan en de afstanden t.o.v. het meetobject kan men dan de diëlectrische eigenschappen van het onderzochte materiaal berekenen. Ook hierbij treden transcedente vergelijkingen op, die alleen grafisch opgelost kunnen worden. Deze methode wordt ook toegepast bij de in het laboratorium aanwezige meetopstellingen voor 3 en 10 cm. Op deze methode bestaan verschillende varianten, die er veelal op gericht zijn het aan de metingen verbonden rekenwerk zoveel mogelijk te beperken, en de grafische nauwkeurigheid te vergroten.

E. Het optische gebied (zichtbaar licht).

Voor zeer nauwkeurige metingen van de brekingsindex wordt gebruik gemaakt van een door *van Heel* ontworpen refractometer, welke in het laboratorium geschikt is gemaakt voor metingen aan vloeistoffen. Met deze refractometer kan de brekingsindex van vloeistoffen gemeten worden met een nauwkeurigheid van 5 eenheden in de zesde decimaal.

De refractometer berust op het meet-principe van *Pulfrich*, d.w.z. horizontale lichtinval langs een grensvlak van de twee media, zodat de grenshoek direct gemeten wordt. Bij de Pulfrich-refractometer berust deze hoekmeting op nul-instelling (met behulp van autocollimatie) en grenslijninstelling op de kruisdraden met behulp van een circulaire schaal.

Het eerste voordeel van de „van Heel-refractometer" is, dat er gemeten wordt op een lineaire schaal. Het principiële verschil is hier dat men geen directe hoek meet, zoals bij de Pulfrich-methode, doch een hoekverschil tussen de grenslijn van het te meten monster en één der 8 grenslijnen, die veroorzaakt worden door 2 standvlakken en een stel van 4 vlakke metaalspiegels, die een nauwkeurig bekende hoek met elkaar maken. Van het prisma zijn de hoeken nauwkeurig bepaald en de brekingsindex met een nauwkeurigheid van 1 in 10^6 gemeten.

Het tweede voordeel van de door *van Heel* ontwikkelde refractometer is dat men met één prisma een brekingsindexbereik van 1.3 tot 1.8 kan meten, zodat bij vergelijkende metingen dezelfde relatieve fout voor alle metingen geldt.

De in het laboratorium aangebrachte wijzigingen betreffen in de eerste plaats een nauwkeurige tempe-

ratuur-regeling van het prisma, dat geheel door een watermantel werd omgeven, zodat ook oplossingen nauwkeurig gemeten kunnen worden. Verder is de cuvet zodanig tegen het prisma aangebracht, dat zij gemakkelijk verwijderd kan worden voor reiniging van het prisma en tevens met vloeistof gevuld kan worden zonder dat de vloeistof in aanraking komt met de omringende lucht. Verdamping, welke vooral bij oplossingen gemakkelijk tot fouten aanleiding geeft, wordt hierdoor voorkomen.

Leiden, October 1953.

1) *Hague, B.*, A.C. bridge methods, Pitman 1946, London.
2) *Weissberger, Arn.*, e.a., Phys. methods of Organic Chem. part II p. 1011, Interscience publ. Inc. 1946 N.Y.
3) *Terman, F. E.*, e.a., Electronic Measurements p. 74, Mc Graw Hill 1952.
4) *Mandel, M.* en *Jung, P.*, Bull. soc. chim. Belg. **61**, 553 (1952).
5) *Smyth, C. P.*, e.a., J. Am. Chem. Soc. **50**, 1536 (1928).
6) *Sinclair, D. B.*, Proc. I.R.E. **28**, 310 (1940).
7) *Connor, W. P., Clarke, R. P.* and *Smyth, C. P.*, J. Am. Chem. Soc. **64**, 1379 (1942).
8) *Cole, R. H.* and *Gross Jr., P. M.*, Rev. Sci. Instr. **20**, 252 (1949).
9) *Lewis, G. L.* and *Smyth, C. P.*, J. Chem. Phys. **7**, 1085 (1939).
10) *Stranathan, J.*, Rev. Sci. Instr. **5**, 334 (1934).
11) *Vessem, J. C. van*, Dissertatie, Utrecht 1947.
12) *Vos, F. C. de*, Rec. trav. chim. **69**, 1157 (1950).
13) *Hartshorn, L.*, e.a., Proc. Roy. Soc. **123**, 664 (1929).
14) *Dekker, A. J.*, Dissertatie, Amsterdam 1945.
15) *Hartshorn, L.* en *Ward, W. H.*, J. Inst. Elec. Engrs. **79**, 597 (1936).
16) *Zinke, O.*, Hochfrequenz Messtechnik, Hirzel, Zürich '46.
17) *Gevers, M.*, Philips Research Repts. **1**, 361 (1946).
18) *Hofwegen, J. M. van*, Philips tech. Tijdschr. **8**, 16 (1946).
19) *Hofwegen, J. M. van*, l.c. **8**, 280 (1946).
20) *Parry, J. V. L.*, Proc. Inst. Elec. Engrs. **98**, part 3, 303 (1951).
21) *Reynolds, S. I.*, Gen. Elec. Rev. **50**, 34 (1947).
22) *Works, C. N.*, J. Applied Phys. **18**, 605 (1947).
23) *Lamont, H. R. L.*, Wave guides, Methuen 1946.
24) *Schelkunoff, S. A.*, Electro magnetic waves, Van Nostrand 1947.
25) *Bronwell, A. B.* and *Beam, R. E.*, Theory and application of microwaves, Mac Graw Hill 1947.
26) *Pannenborg, A. E.*, Philips tech. Tijdschr. **12**, 15 (1950).
27) *Buchanan, T. J.*, Proc. Inst. Elec. Engrs. **99**, part 3, 61 (1952).
28) *Horner, F., Taylor, T. A., Dunsmuir, R., Lamb, J.* and *Jackson, W.*, J. Inst. Elec. Engrs. **93**, part 3, 53 (1946).
29) *Penrose, R. P.*, Trans. Faraday Soc. **42 A**, 108 (1946).
30) *Lamb, J.*, J. Inst. Elec. Engrs. **93**, part 3, 1447 (1946).
31) *Bleany, B., Loubser, J. H. N.* and *Penrose, R. P.*, Proc. Phys. Soc. **59**, part 2, 185 (1947).
32) *Collie, C. H., Hasted, J. B.* and *Ritson, D. M.*, Proc. Phys. Soc. **60**, part 1, 71 (1948).
33) *Hershberger, W. D.*, J. Applied Phys. **17**, 495 (1946).
34) *Hershberger, W. D.*, J. Applied Phys. **17**, 814 (1946).
35) *Roberts, S.* and *Hippel, A. van*, J. Applied Phys. **17**, 610 (1946).
36) *Collie, C. H., Hasted, J. B.* and *Ritson, D. M.*, Proc. Phys. Soc. **60**, part 2, 145 (1948).
37) *Warburton Hall, H., Holliday, I. G., Johnson, W. A.* and *Walker, S.*, Trans. Faraday Soc. **42 A**, 136 (1946).

Reactieveld en energie van polaire vloeistoffen

door Th. G. Scholte

54-14 : 541

Een deeltje met een bepaalde electrische ladingsverdeling oefent een inducerende werking uit op zijn omgeving. De geïnduceerde ladingen in de omgeving veroorzaken een veld ter plaatse van het deeltje, het zogenaamde reactieveld.

In het onderstaande wordt een berekening gegeven van het reactieveld van een bolvormig deeltje met willekeurige ladingsverdeling, dat zich in een homogeen medium bevindt. Ook de electrische energie van een zodanig deeltje in zijn omgeving wordt berekend.

Inleiding.

Voor een berekening van het reactieveld en ook van de energie van een polaire vloeistof kunnen wij het eenvoudigst gebruik maken van het model van *Bell*, dat vooral door de behandelingsmethode van *Onsager* bekendheid heeft verworven [1] [2]. Het karakteristieke van dit model is dat wij één deeltje van de vele in het bijzonder beschouwen, waarbij wij hieraan eigenschappen als vorm, grootte, lading, speciale verdeling van de lading (bijvoorbeeld dipoolmoment) en polariseerbaarheid toekennen, terwijl wij alle andere deeltjes tezamen als een continu medium beschouwen. Dit laatste is dan door macroscopische grootheden zoals diëlectrische constante en brekingsindex bepaald.

Zulk een model is voor de berekeningen niet noodzakelijk. Een grootheid als het reactieveld is wel aan een bepaald deeltje gebonden, maar daarvoor behoeft de omgeving niet als continu gedacht te worden. In de door *Kirkwood* [3]) gegeven statistische afleiding van de diëlectrische constante van niet-polaire stoffen komt het reactieveld impliciet voor, namelijk in een aantal wisselwerkingstermen tussen het beschouwde deeltje en andere deeltjes.

Het als continu beschouwen van de omgeving is het grote voordeel van de methode van *Onsager*. Het maakt de gehele behandelingsmethode zeer veel eenvoudiger. Met vereenvoudigde onderstellingen van het deeltje, zoals het bolvormig zijn, een puntvormige dipool en een over het volume gelijkmatig verdeelde polariseerbaarheid, is het zelfs mogelijk een wiskundig exacte afleiding voor de polarisatie te verkrijgen. Er is echter tevens een groot bezwaar. In het model is een afwijking opgenomen die wij altijd blijven behouden en die het resultaat van de berekeningen een bepaalde onnauwkeurigheid geeft, waar ondanks verfijningen van het model niet overheen te komen is. Het verbeteren en verfijnen van het model heeft dus alleen zin tot op zekere hoogte. Een bepaalde onnauwkeurigheid is inhaerent aan het model en het heeft geen zin te trachten daarbinnen te komen door extra verfijningen.

Er zijn ook wel pogingen gedaan om de grootste onjuistheid in het model van *Onsager* te vermijden, zonder de voordelen er van prijs te geven. Een recente berekening van *Fuller Brown* [4]) gaat er van uit het deeltje met diens onmiddellijke omgeving te beschrijven in een als continu beschouwde omgeving. De wisselwerking tussen het deeltje en zijn naaste buren wordt dan statistisch afgeleid, terwijl voor de

wisselwerking hiervan met alle overige deeltjes het model van *Onsager* nog zeer goed toegepast mag worden. Hij leidt hiervoor enige algemene betrekkingen af, maar komt niet tot een concrete toepassing in een bepaald geval. De moeilijkheid is dat men de verdelingsfunctie van de deeltjes in de onmiddellijke omgeving van een bepaald deeltje zeer nauwkeurig moet weten om deze voor de wisselwerking te kunnen gebruiken. Wel laat hij zien dat zijn methode tot het resultaat van *Kirkwood* leidt als hij de onmiddellijke omgeving van het deeltje als zeer groot aanneemt, en dat als hij deze onmiddellijke omgeving geheel weglaat, zijn methode in die van *Onsager-Böttcher* overgaat.

Wij zullen ons echter tot het model van *Onsager* beperken. Met de gegevens van het deeltje en die van de omgeving kunnen wij het gedrag van het deeltje, bijvoorbeeld in een uitwendig veld, berekenen. Voor de diëlectrica is belangrijk het geïnduceerde dipoolmoment in het deeltje + het gemiddelde permanente moment in de veldrichting, veroorzaakt door de oriëntering van het deeltje. Het geïnduceerde dipoolmoment kan berekend worden met behulp van de bekende formule:

geïnduceerd moment = veldsterkte × polariseerbaarheid.

Wij moeten ons nu echter goed realiseren wat het „veld waarin zich het deeltje bevindt" betekent. Het begrip polariseerbaarheid is gedefinieerd als het quotient van geïnduceerd moment en veldsterkte, als men het deeltje in een veld in vacuum brengt. Om dus van een deeltje in een vloeistof het geïnduceerde moment te berekenen moet men dat veld gebruiken dat te vergelijken is met het veld in vacuum dat voor de definitie van polariseerbaarheid geldt. Dit is het veld afkomstig van alle niet tot het deeltje behorende ladingen. In het beschouwde geval is dit dus het veld dat, als wij het deeltje zouden verwijderen na de omgeving gefixeerd te hebben, in de zo ontstane holte zou heersen. Zoals bekend is, is dit veld de som van holteveld en reactieveld.

Het reactieveld is dus een van de belangrijkste componenten van het inwendige veld, zowel bij deeltjes mèt, als bij deeltjes zonder permanent dipoolmoment. Een deeltje met een bepaalde ladingsverdeling oefent een inducerende werking uit op zijn omgeving. Deze geïnduceerde ladingen in de omgeving veroorzaken dan een veld ter plaatse van het deeltje. Dit noemt men het reactieveld. Bij alle berekeningen van het inwendige veld, volgens *Lorentz*, volgens *Kirkwood* en volgens *Onsager*, telt het reactieveld mee, al is het speciaal in het model van *Onsager-Böttcher* dat het expliciet in rekening gebracht wordt.

Berekening van het reactieveld.

Voor de berekening van het reactieveld zullen wij het deeltje bolvormig veronderstellen. Wij gebruiken dan bolcoördinaten (r, Θ, φ) met als oorsprong het middelpunt van het deeltje. De ladingsverdeling hierin kan nu geheel willekeurig zijn. Deze is op verschillende manieren weer te geven. Wij zullen dit doen door zijn potentiaal in vacuum. Deze potentiaal is buiten een bol die het deeltje omsluit eindig en continu, en voldoet daar aan de differentiaalvergelijking van *Laplace*. Hij is dus weer te geven door de algemene oplossing van de vergelijking van *Laplace:*

$$\psi = \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=-l}^{l} c_{lm} \cdot r^{-l-1} \cdot P_l^m(\cos\Theta) \cdot e^{im\varphi} \quad . \quad (1)$$

Wij zien hierin de afhankelijkheid van r, van hoek Θ en van hoek φ. Er komen alleen r-machten met negatieve exponent in voor, in overeenstemming met het feit dat op oneindig de potentiaal tot nul nadert. De afhankelijkheid van hoek Θ wordt door de geassocieerde Legendrefuncties P_l^m (cos Θ) gegeven, de afhankelijkheid van φ door de e-machten $e^{im\varphi}$. Door de coëfficienten c_{lm} is dus de ladingsverdeling, althans in zijn werking naar buiten, geheel bepaald. Zoals men ziet laat de wiskunde ook complexe oplossingen van de differentiaalvergelijking van *Laplace* toe. De potentiaal moet natuurlijk altijd reëel zijn. Het blijkt dat hieraan is voldaan als alle coëfficienten c_{lm} en c_{l-m} elkaars toegevoegd complex zijn.

De physische betekenis van deze reeks is nu als volgt in te zien:

De 1e term is met $l = 0$ en $m = 0$:

$$\psi_o = \frac{c_{oo}}{r}$$

Dit is de potentiaal van een puntvormige lading c_{00} in de oorsprong.

De volgende 3 termen zijn die met $l = 1$ en $m = 0$, $m = 1$ en $m = -1$:

$$\psi_1 = \frac{c_{10}}{r^2} \cos\Theta + \frac{c_{11}}{r^2} \sin\Theta\, e^{i\varphi} + \frac{c_{1-1}}{r^2} \sin\Theta\, e^{-i\varphi}$$

ofwel

$$\psi_1 = \frac{c_{10}}{r^2} \cos\Theta + \frac{c_{11} + c_{1-1}}{r^2} \sin\Theta \cos\varphi + \frac{c_{11} - c_{1-1}}{r^2} i \sin\Theta \sin\varphi$$

De 1e term hiervan is de potentiaal van een mathematische dipool $\mu_z = c_{10}$ in de oorsprong en in de richting $\Theta = 0$ (z-richting).

De 2e term is de potentiaal van een dipool $\mu_x = c_{11} + c_{1-1}$ in de oorsprong en in de x-richting ($\Theta = 90°$, $\varphi = 0$).

De 3e term is de potentiaal van een dipool $\mu_y = i\,(c_{11} - c_{1-1})$ in de oorsprong en in de y-richting ($\Theta = 90°$, $\varphi = 90°$). Daar c_{11} en c_{1-1} toegevoegd complex zijn is ook dit een reëel dipoolmoment.

De 5 volgende termen ($l = 2$, $m = -2, -1, 0, +1, +2$) vormen tezamen de potentiaal van het quadrupoolmoment van de ladingsverdeling, ook als puntvormige quadrupool in de oorsprong.

De reeksontwikkeling komt dus overeen met het ontleden van de totale ladingsverdeling in een puntvormige lading, een puntvormige dipool (3 componenten) een puntvormige quadrupool (5 componenten) enz., alle in het middelpunt van de bol.

Om nu het reactieveld van een deeltje met een zodanige ladingsverdeling in een vloeistof te bepalen gebruiken wij het volgende model. De ladingsverdeling denken wij ons in een bol met straal a, waar omheen een continu diëlectricum met diëlectrische constante ε de gehele ruimte opvult. Het bepalen van potentiaal en veldsterkte is dan een zuiver electrostatisch probleem dat als volgt kan worden opgelost.

De potentiaal buiten de bol en de extra potentiaal binnen de bol moeten voldoen aan de vergelijking van

Laplace. Dit betekent dat wij voor deze potentiaal uitdrukkingen kunnen opschrijven als de reeks in formule (1), doch met waarden voor l van $-\infty$ tot $+\infty$ en met nog onbekende coëfficienten. Deze coëfficienten zijn vervolgens uit de volgende randvoorwaarden te bepalen:

De potentiaal buiten de bol nadert op oneindig tot nul.

De extra potentiaal binnen de bol heeft in de oorsprong een eindige waarde.

De potentiaal buiten de bol moet op het boloppervlak dezelfde waarde hebben als de totale potentiaal binnen de bol.

Op het boloppervlak moet ook de component van de diëlectrische verschuiving loodrecht op dit oppervlak continu zijn.

Uit de berekening [5] [6] volgt als oplossing voor de potentiaal buiten de bol:

$$\psi_u = \sum_{l=o}^{\infty} \sum_{m=-l}^{l} \frac{2l+1}{(l+1)\varepsilon+l} c_{lm} \cdot r^{-l-1} \cdot P_l^m(\cos\Theta) \cdot e^{im\phi} \quad (2)$$

Voor de extra potentiaal binnen de bol vindt men:

$$\psi_i = \sum_{l=o}^{\infty} \sum_{m=-l}^{l} \frac{-1}{a^{2l+1}} \cdot \frac{(l+1)(\varepsilon-1)}{(l+1)\varepsilon+l} \cdot c_{lm} \cdot r^l \cdot P_l^m(\cos\Theta) \cdot e^{im\phi} \quad . \quad . \quad (3)$$

Daar de veldsterkte het tegengestelde van de gradient van de potentiaal is, kan het reactieveld gevonden worden door de extra potentiaal binnen de bol te differentiëren naar de drie asrichtingen. De veldsterkte is over het algemeen sterk afhankelijk van de plaats in de bol. Wij kunnen echter ook de waarden van deze veldsterktecomponenten gemiddeld over de bol berekenen. Dit is van belang, omdat, als men aanneemt dat de polariseerbaarheid van het deeltje gelijkmatig over de bol verdeeld is, men de totale polariseerbaarheid met de gemiddelde veldsterkte moet vermenigvuldigen om het geïnduceerde dipoolmoment te verkrijgen.

Terwijl men voor het reactieveld zelf een zeer ingewikkelde uitdrukking krijgt, blijkt de gemiddelde waarde hiervan juist zeer eenvoudig te zijn. Men vindt namelijk hiervoor [5] [6]:

$$\overline{E_z} = \frac{1}{a^3} \cdot \frac{2(\varepsilon-1)}{2\varepsilon+1} \cdot c_{10}$$

$$\overline{E_x} = \frac{1}{a^3} \cdot \frac{2(\varepsilon-1)}{2\varepsilon+1} \cdot (c_{11} + c_{1-1})$$

$$\overline{E_y} = \frac{1}{a^3} \cdot \frac{2(\varepsilon-1)}{2\varepsilon+1} \cdot i \cdot (c_{11} - c_{1-1}).$$

In verband met de betrekkingen $\mu_z = c_{10}$, $\mu_x = c_{11} + c_{1-1}$ en $\mu_y = i\,(c_{11} - c_{1-1})$ kan men algemeen schrijven:

$$\overline{E} = \frac{1}{a^3} \cdot \frac{2(\varepsilon-1)}{2\varepsilon+1} \mu \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Het gemiddelde reactieveld is dus alleen afhankelijk van de dipooltermen in de oorspronkelijke reeks. Het doet er voor de gemiddelde waarde van het reactieveld niet toe of het deeltje ook nog een quadrupool enz. bevat. Het gemiddelde reactieveld is even groot als wanneer de dipool als puntvormige dipool in het middelpunt van het deeltje aanwezig was. Dit was eigenlijk ook wel te verwachten. Uit symmetrieoverwegingen is namelijk al in te zien dat bijvoorbeeld een quadrupoolmoment geen reactieveld kan geven waarvan de gemiddelde waarde ongelijk aan nul is. Vervanging van x door —x, y door —y en z door —z laat het quadrupoolmoment hetzelfde, terwijl het teken van de gemiddelde veldsterkte omdraait.

Voor de berekening van het gemiddelde reactieveld, van het geïnduceerde dipoolmoment en dus van het gehele diëlectrische gedrag behoeft men bij bolvormige deeltjes dus alleen rekening te houden met het dipoolmoment van de ladingsverdeling en mag men deze dipool als puntvormig in het middelpunt aannemen. Deze veelgebruikte vereenvoudiging is dus gerechtvaardigd.

Daar vele moleculen niet bolvormig zijn, is het ook nodig na te gaan wat de invloed van de vorm op het reactieveld zal zijn. Een goede benadering is dan de ellipsoïdevorm. Voor het geval dat de dipool gelijkmatig over de ellipsoïde verdeeld is, kan het reactieveld berekend worden [7]. Dit hangt dan niet alleen af van de grootte maar ook van de assenverhouding. Uit het model is al te zien dat voor een dipoolmoment in de richting van de lange as van de ellipsoïde het reactieveld kleiner is dan bij een bolvormige holte van hetzelfde volume. De veldsterkte in een punt in het verlengde van de dipool is namelijk groter dan de veldsterkte in een punt op even grote afstand, doch in een richting loodrecht er op. Het deel van de omgeving in het verlengde van de dipool wordt dus het sterkst gepolariseerd en draagt op zijn beurt het meest tot het reactieveld bij. Bij een holte van zodanige vorm dat deze delen verder van de dipool verwijderd zijn en minder tot het reactieveld bijdragende delen dichter bij zijn, zal dus het reactieveld kleiner zijn.

In tegenstelling met het hiervoor beschouwde geval, waarbij de vereenvoudiging tot een puntvormige dipool geen onjuist resultaat opleverde, maakt een vereenvoudiging van een niet bolvormig deeltje tot de bolvorm dus wel verschil. Dit verschil in reactieveld kan zelfs vrij groot zijn. Bij een ellipsoïdale holte met assenverhouding $1\frac{1}{2} : 1 : 1$ in een diëlectricum met $\varepsilon = 6$ is het reactieveld van een dipool in de richting van de langste as 0.72 maal de waarde die het zou hebben in een bolvormige holte met hetzelfde volume.

Berekening van de energie.

De energie is in de diëlectrica onder andere van belang in verband met de oriëntering van dipoolmoleculen in een veld. Hiervoor moeten wij dus de energie van een deeltje in zijn omgeving en in een uitwendig veld kunnen berekenen.

Laten wij eerst het probleem van een deeltje in zijn omgeving bekijken. Wij nemen weer een bolvormig deeltje met een ladingsverdeling gegeven door zijn potentiaal in vacuum:

$$\psi = \sum_{l=o}^{\infty} \sum_{m=-l}^{l} c_{lm} \cdot r^{-l-1} \cdot P_l^m(\cos\Theta) \cdot e^{im\phi}$$

De veldsterkte van het electrische veld, door deze ladingen veroorzaakt, vindt men door $E = -\mathrm{grad}\ \psi$ te nemen.

In een omgeving met diëlectrische constante ε is de potentiaal gegeven door formule (2). Ook hiervan kan men met $E_\varepsilon = -\mathrm{grad}\ \psi_u$ de veldsterkte berekenen. Nu geldt voor het energieverschil in deze toestand mèt en de toestand zonder de diëlectrische omgeving de bekende formule uit de electrostatica [8]:

$$U_\varepsilon - U_{vac} = -\frac{1}{8\pi}\int E_{vac}\cdot E_\varepsilon\cdot(\varepsilon-1)\,dV, \quad (5)$$

waarbij de integraal zich uitstrekt over het gehele diëlectricum. Uit de berekening volgt voor deze energie [5]):

$$U_\varepsilon - U_{vac} = -\frac{\varepsilon-1}{2}\cdot\sum_{l=o}^{\infty}\sum_{m=-l}^{l} c_{lm}\cdot c_{l-m}\cdot a^{-2l-1}\cdot$$

$$\cdot\frac{l+1}{(l+1)\varepsilon+l}\cdot\frac{(l+|m|)!}{(l-|m|)!} \quad (6)$$

Daar c_{lm} en c_{l-m} toegevoegd complex zijn, zijn alle termen uit deze reeks reëel en negatief.

Men krijgt nu naast elkaar een term met $l = 0$, een term met $l = 1$, een met $l = 2$ enz. Dit betekent dat de energie geschreven kan worden als de som van de energie van een puntvormige lading, de energie van een puntvormige dipool, de energie van een puntvormige quadrupool enz. in het middelpunt van de holte.

Het dipoolgedeelte van de ladingsverdeling heeft dus een energie, gelijk aan de energie wanneer de dipool als puntvormige dipool in het middelpunt van de bol aanwezig zou zijn. Bij een excentrische dipool en een niet puntvormige dipool komen er nog andere termen bij waardoor de wisselwerkingsenergie groter wordt. Bij ladingen dicht bij het oppervlak van de holte is de wisselwerkingsenergie veel groter. Men heeft dan veel termen in de reeks. Dan wordt het echter ook minder gewenst om de gehele omgeving als continu te beschouwen en kan de associatie een belangrijke rol spelen.

Deze wisselwerkingsenergie tussen een deeltje en zijn omgeving is zeer belangrijk in verband met cohaesieënergie, verdampingswarmte, dampspanning enz. terwijl ook reactiewarmte en zuursterkte er door kunnen worden beïnvloed. Voor de theorie der diëlectrica is echter het belangrijkst de energie van een deeltje in een uitwendig veld. Als wij de omgeving continu denken is practisch altijd het holteveld homogeen. Alleen de dipoolterm van de ladingsverdeling heeft dan een energie in dit veld. En als wij tevens het deeltje als gelijkmatig polariseerbaar aannemen is het alleen het dipoolmoment dat door zijn reactieveld een nieuw moment induceert. Dit betekent dat men voor de berekening van de polarisatie alleen met de dipoolterm rekening behoeft te houden en ook hier de dipool als puntvormig in het middelpunt mag aannemen.

Drs. *Mandel* vraagt of het nog veel zin heeft, in de energieberekening die door Dr. *Scholte* gegeven werd, rekening te houden met andere termen dan de punctuele dipooltermen, indien de omgeving van het deeltje als een continu milieu beschouwd wordt, zoals dit het geval is bij het model van *Onsager?*

Antwoord:

Dit kan in verschillende gevallen zeer zeker zin hebben. Zo heeft men als de totale lading niet nul is, dus bij een ion in oplossing, altijd met de oplossingsenergie van de lading te maken. En bij moleculen met meer partiële dipoolmomenten is er dikwijls een vrij grote wisselwerkingsenergie met de omgeving hoewel het netto dipoolmoment nul kan zijn. Daar is dan bijvoorbeeld de quadrupoolterm belangrijk. Voor de invloed van de energie op de polarisatie echter is het voldoende alleen met de dipoolterm rekening te houden.

Tot veel meer dan een ruwe schatting van de energie kan men op deze manier eigenlijk niet komen, daar bij de energieberekeningen de onvolkomenheid van het model zeer sterk naar voren komt.

1) *Bell, R. P.*, Trans. Faraday Soc. **27**, 797 (1931).
2) *Onsager, L.*, J. Am. Chem. Soc. **58**, 1486 (1936).
3) *Kirkwood, J. G.*, J. Chem. Phys. **4**, 592 (1936).
4) *Fuller Brown, W.*, J. Chem. Phys. **21**, 1327 (1953).
5) *Scholte, Th. G.*, Proefschrift, Leiden 1950.
6) *Böttcher, C. J. F.*, Theory of electric polarisation, Elsevier, Amsterdam, 1952, blz. 94.
7) *Scholte, Th. G.*, Physica **15**, 437 (1949).
8) *Stratton, J. A.*, Electromagnetic theory, New York—London, 1941.

Handel en Economie

66(4)

Analyse van de chemische industrie in Europa

In haar rapport over de situatie in de Europese chemische industrie komt de Commissie voor Chemische Producten van de Organisatie voor Europese Economische Samenwerking (O.E.E.S.) tot de conclusie, dat, wanneer men de deelnemende landen als een geheel beschouwt, de productie in de chemische industrie gedurende de laatste twee jaar aanzienlijk sneller is gestegen dan het gemiddelde van de productie in de gehele industrie in West-Europa. De sinds 1950 gemaakte vooruitgang is in het bijzonder indrukwekkend in Italië (57 %), Duitsland (43 %), België (22 %) en het Verenigd Koninkrijk (20 %). De Commissie wijst er echter op, dat deze ontwikkeling, hoewel op zichzelf bevredigend, moet worden gezien in het licht van de situatie in de gehele wereld, die in vergelijking met voor de oorlog aanzienlijk is veranderd. In de vooroorlogse periode vertegenwoordigde de productie in de O.E.E.S.-landen ongeveer 50 % van de wereldproductie; in 1951 was die gedaald tot 25 %. De productie in de Verenigde Staten, die voor de oorlog 30 % van de wereldproductie bedroeg, steeg tot meer dan 40 % in 1951.

Na de opmerking, dat de chemische industrie een complex van industrieën vormt, wijst het rapport erop, dat de ontwikkeling in de verschillende sectoren niet uniform is. De productie van grondstoffen, tussenproducten en bepaalde eindproducten, zoals plastics en synthetische reinigingsmiddelen, onderging een aanzienlijke uitbreiding, terwijl voor andere producten de productie gelijk bleef of zelfs daalde, zoals in de zeepindustrie.

De chemische industrie, die in de meeste gevallen in het groot produceert, heeft een grote markt nodig. De Europese industrie ondervindt zowel op de binnenlandse markt als in het buitenland een toenemende concurrentie van de Amerikaanse industrie, die het voordeel heeft van een grote binnenlandse markt. Dit is een voldoende aanwijzing voor de noodzaak van een vrije handel tussen de O.E.E.S.-landen.

De handel tussen deze landen zou ongetwijfeld kunnen worden uitgebreid wanneer de bestaande belemmeringen, — kwantitatieve invoerrestricties en invoerrechten — zouden kunnen worden opgeheven. De handel in chemische producten, die op het ogenblik onderworpen is aan restricties, kan worden geschat op 20 % van de totale handel in 1952.

De Commissie voor de Chemische Producten meent, dat over het algemeen genomen, de vooruitzichten in de meeste sectoren van de chemische industrie voor de nabije toekomst een zekere mate van optimisme rechtvaardigen. De huidige economische situatie, die gekenmerkt wordt door grote economische activiteit in de meeste sectoren, waarvoor de chemische industrie fungeert als leverancier, impliceert grote activiteit in de chemische industrie.

Het toenemend gebruik van chemische producten maakt het waarschijnlijk, dat er op langere termijn gezien, veel ruimte voor verdere ontwikkeling in deze industrie aanwezig is.

I. ONTWIKKELING VAN DE PRODUCTIE EN DE AFZET.

De voorziening van grondstoffen.

De voorziening van grondstoffen, die voorheen in verband met de schaarste dikwijls moeilijkheden gaf, werd in 1953 regelmatiger. Vetten en elementaire zwavel zijn wederom in voldoende hoeveelheden beschikbaar evenals tussenproducten, zoals phtaalzuur-anhydride, cresylderivaten, titanium-dioxide, enz.

Een probleem is ontstaan voor de Italiaanse zwavel. De productie is destijds toegenomen als gevolg van het tekort aan Amerikaanse zwavel. Thans kan de Italiaanse zwavel, in verband met de hoge productiekosten, moeilijk concurreren met de Amerikaanse.

Ontwikkeling van de productie in de verschillende sectoren.

In de basisindustrie — organische en anorganische chemie — waarvan in het rapport voor een twaalftal representatieve producten een overzicht wordt gegeven, vertoont de productiestijging voor de verschillende producten aanzienlijke verschillen. In het algemeen gesproken blijkt, dat aanzienlijke vooruitgang is gemaakt in de organisch-chemische sector, in het bijzonder met betrekking tot aceton, dat gebruikt wordt als een oplosmiddel, de fabricage van plastics, films enz., van phenol, dat gebruikt wordt in de pharmaceutische industrie en van synthetische reukstoffen, synthetische looistoffen, harsen, enz.

In de anorganische sector is de toeneming het belangrijkst voor de productie van chloor (en dientengevolge, zij het in mindere mate, van caustische soda) en synthetische ammoniak. De kunstmestindustrie, die zich voortdurend uitbreidt, is de grootste verbruiker van ammoniak. Chloor wordt in steeds toenemende hoeveelheden gebruikt bij de fabricage van plastics (PVC), insecten- en onkruidbestrijdingsmiddelen en oplosmiddelen.

De chemische industrie op basis van aardolieproducten wordt steeds belangrijker als leverancier van chemische grondstoffen voor de fabricage van nieuwe producten zoals plastics, synthetische reinigingsmiddelen, enz. De spectaculaire ontwikkeling van deze industrie in de Verenigde Staten, gedurende en na de oorlog, volgende, hebben 5 Europese landen: Frankrijk, Duitsland, Italië, Nederland en het Verenigd Koninkrijk, thans een uitgebreide aardolie-industrie. Deze landen zullen spoedig door België worden gevolgd. De investeringen stegen van $ 240 mln in 1953 tot $ 260 mln in 1954, een toeneming van ongeveer 8 %. Men verwacht een verdere toeneming met ongeveer 80 % tot 1957.

Een aanzienlijke vooruitgang wordt vastgesteld in de sectoren plastics en kunstmeststoffen. Voor de laatstgenoemde sector zal in een speciaal rapport, dat binnenkort door de O.E.E.S. zal worden uitgegeven, een overzicht worden gegeven.

Indien de schattingen van de deskundigen juist zullen blijken, zal de industrie van verfstoffen in 1954 haar vooroorlogse productieniveau wederom bereiken. Er moet evenwel op worden gewezen, dat de productie van de O.E.E.S.-landen, die in 1937 50 % van de wereldproductie bedroeg, is gedaald tot 37 %.

De zeepindustrie en de industrie voor synthetische reinigingsmiddelen laten een tegengestelde ontwikkeling zien. Terwijl het gebruik van synthetische reinigingsmiddelen snel toeneemt en de plaats inneemt van bepaalde soorten huishoudzeep, heeft de zeepindustrie enige van haar traditionele afnemers verloren.

Prijzen en investeringen.

De na-oorlogse situatie werd gekarakteriseerd door een onbevredigende vraag en derhalve door hoge prijzen, die in de meeste gevallen de productie stimuleerden. Gedurende de laatste 18 maanden zijn de prijzen echter in het algemeen gedaald, terwijl de productie zich verder heeft uitgebreid.

Productie-apparatuur, in het bijzonder voor de productie van chemische grondstoffen, vraagt hoge kapitaaluitgaven, waarvoor in de na-oorlogse jaren de middelen veelal moeilijk waren te krijgen. De industrie was derhalve veelal genoodzaakt de vereiste investeringen te financieren door een beroep te doen op eigen middelen; dit werd vergemakkelijkt door de in die tijd bestaande hoge prijzen. Sindsdien is de situatie veranderd. De chemische industrie ging meer en meer gebruik maken van andere financieringsmethodes, in het bijzonder door het aantrekken van middelen op de kapitaalmarkt. In sommige gevallen, waarin de investeringskosten zeer hoog waren, gingen twee of meer maatschappijen er toe over een project gezamenlijk te financieren.

II. INTERNATIONALE HANDEL.

De internationale handel in chemische producten bedroeg in 1953 $ 2.000 mln exporten en $ 1.200 mln importen; de O.E.E.S.-landen zijn derhalve netto-exporteurs van deze producten. De uitvoer van chemische producten bedraagt 7 % van de totale Europese export. Belangrijk om te vermelden is het feit, dat deze landen in 1953 naar het dollargebied 28 % meer exporteerden dan zij importeerden uit dit gebied.

Patroon van de handel in chemische producten.

De handel tussen de O.E.E.S.-landen vormt niet meer dan 40 % van hun export van chemische producten. De handel met de overzeese gebiedsdelen is, wat de invoer betreft, betrekkelijk onbelangrijk; wat de uitvoer betreft vertegenwoordigt de afzet in deze gebieden 14 % van de totale exporten van de deelnemende landen. Wat betreft de handel met de rest van de wereld kan worden opgemerkt, dat in 1953 ongeveer 2/3 van de invoer uit het dollargebied en 1/3 uit andere landen afkomstig was; iets meer dan 1/4 van de Europese exporten ging naar het dollargebied en ongeveer 3/4 naar de overige landen.

Ontwikkeling van de handel in chemische producten.

In 1953 nam de totale invoer in de O.E.E.S.-landen t.o.v. 1952 toe met 5 % en de totale exporten met 6 %. Over het algemeen boekte de intra-Europese handel de grootste toeneming (12 % in vergelijking met 1952). De exporten naar de overzeese gebiedsdelen waren iets minder dan in 1952, terwijl de importen stegen met 11 %.

De belangrijkste vermindering vond plaats bij de invoer uit het dollargebied. Deze was in 1953 15 % lager dan in 1952 en 30 % beneden het niveau van 1951. De exporten waren 22 % hoger dan in 1952. In 1953 was de handel met de andere niet-deelnemende landen ongeveer even groot als in 1952 doch 15 % beneden het niveau dat in 1951 werd bereikt.

Tabel I.

1950 = 100	Productie in de Chemische industrie	Totale industriële productie
1948	79	—
1949	83	—
1950	100	100
1951	109	104
1952	102	106
1953	110	117

III. DE ONTWIKKELING VAN DE CHEMISCHE INDUSTRIE IN NEDERLAND.

Omtrent de ontwikkeling van de chemische industrie in Nederland wordt in het rapport o.m. het volgende opgemerkt. In 1950 werd de vooroorlogse productie wederom bereikt. De Koreaanse periode leidde tot een verdere toeneming, maar zoals in de meeste O.E.E.S.-landen trad een nogal ernstige terugslag op. In 1953 werd de verloren gegane grond weer teruggewonnen; de eerste 4 maanden van 1954 geven wederom een kleine toeneming te zien.

De chemische industrie van Nederland exporteert ongeveer 40 % van haar productie. De totale industriële productie stijgt sinds 1950 sneller dan die in de chemische industrie. Dit blijkt uit de navolgende tabel.
industrie. Dit blijkt uit tabel I.

Boekbesprekingen

577.17

Recent Progress in Hormone Research. The Proceedings of the Laurentian Hormone Conference. Edited by *Gregory Pincus*. Vol. IX. Academic Press Inc., New York, 1954, 467 pp., 15 × 23 cm, $ 9,50.

Het verslag van deze conferentie is opgedragen aan de nagedachtenis van Konrad Dobriner.

Alle voordrachten hebben betrekking op bepalingsmethodieken van steroïden in bloed en urine, terwijl tot besluit der conferentie een samenvattende algemene discussie wordt gehouden. Aangezien in het geheel twintig voordrachten zijn opgenomen, is het ondoenlijk deze in het korte bestek van deze aankondiging ieder afzonderlijk te bespreken. In het algemeen geldt, dat gedetailleerde bepalingsvoorschriften niet zijn opgenomen. Deze zijn bij tientallen in de litteratuur te vinden en de bedoeling van de conferentie was juist om een keuze uit deze methodieken te vergemakkelijken door ze critisch te beschouwen. Het werk is dus van groot belang voor de specialisten op dit uiterst moeilijke gebied.

Als introductie er toe kan het zeker niet beschouwd worden, afgezien van de eerste voordracht van Dorfman, die een fraai overzicht geeft van de metaboliten van de neutrale steroïdhormonen.

J. Lens.

* * *

389.1 : 061.3(73) (047)

Report of the Thirty-Eight National Conference on Weights and Measures, sponsored by the National Bureau of Standards, Washington D.C. May 19, 20, 21 and 22, 1953. NBS Miscellaneous Publication 209. For U.S. Department of Commerce and The National Bureau of Standards by U.S. Government Printing Office, Washington-25, D.C., 1953, 15 × 23 cm, VII + 116 pp., $ 0.40.

Zoals gebruikelijk is ook dit rapport van de achtendertigste conferentie weer zeer uitvoerig. Van de vele verslagen van lezingen en causerieën verdient dat van de lezing van W. A. Scheurer, getiteld „Automatic Package Weighing Machinery", ook buiten de Verenigde Staten wellicht enige belangstelling. Merkwaardig is, dat hieruit een voorkeur voor 100 %-contrôle spreekt, en dat in het land van de „statistical quality control".

J. B. Roos.

* * *

738 : 614.27.002.5(091)

Dr. *D. A. Wittop Koning*, Delftse Apothekerspotten. N.V. Boek- en Steendrukkerij de IJssel, Deventer, 1954, 174 pags., 92 afb., 17 × 24 cm, geb. *f* 17,50.

Dr. Wittop Koning heeft ons wederom verrast met een keurig uitgevoerd boekwerk over een pharmaceutisch-historisch onderwerp, ditmaal over de Delftse apothekerspotten. Deze potten van Delfts aardewerk vormen een belangrijk en fraai onderdeel van de inventaris van oude apotheken en behoren zelfs tot de sieraden in menige verzameling van porselein zonder dat de kunstgeschiedenis zich veel aan hunne beschrijving en historie heeft gelegen laten liggen. De schrijver tracht nu licht te werpen op hunne geschiedenis door nauwkeurig na te gaan hoe het pauwenmotief, de versiering in de bloeitijd van de apothekerspot, is ontstaan uit het z.g. „foglie-motief" en welke varianten en versieringsmotieven daaruit later weer werden gevormd. Daarnaast behandelt hij de verschillende vormen der potten en hunne bestemming en slaagt er zo in een globale ontwikkelingslijn en dateringsmogelijkheid van de apothekerspot vast te stellen, een daad, waarvoor de historicus der scheikunde en pharmacie, de kunstverzamelaar en de antiquair hem zeer dankbaar zal zijn.

Naast de drie hieraan gewijde hoofdstukken worden we nog uitvoerig ingelicht over de merken, imitaties en vervalsingen van dit type van apothekerspotten en worden de opschriften opgesomd, die zijn aangetroffen op de vele besproken potten. Interessant is in het bijzonder te vernemen, dat deze potten later in België en Frankrijk werden geïmiteerd. Een litteratuurlijst sluit dit belangrijke werkje af. De uitvoering is voorbeeldig, de afbeeldingen der potten zijn in de blauwe kleur der potten uitgevoerd en verlevendigen zo de illustratie. Ettelijke uitvoeringen in kleurendruk maken het geheel nog aantrekkelijker. De onderschriften der illustraties zijn reeds in vier talen, voor de buitenlandse kopers wordt een vertaling van de hoofdstukken in een der drie voertalen bij de Nederlandse tekst ingebonden. Wij hopen van harte, dat deze pioniersarbeid zijn weg ook naar de vele buitenlandse beoefenaars der geschiedenis der wetenschappen zal vinden.

R. J. Forbes.

* * *

66.02

Modern Chemical Processes. A series of articles describing chemical manufacturing plants, by the Editors of Industrial and Engineering Chemistry, in conjunction with the technical staffs of the cooperating organizations. Volume III. Reinhold Publishing Corporation, New York, 1954. 276 pag. 21 × 29 cm, geb. $ 5,—.

Dit derde deel van de serie bevat 23 artikelen, alle verschenen in Industrial and Engineering Chemistry, in de rubriek „Staff — Industry Collaborative Reports". De beschreven procédé's zijn ditmaal: Certified food colors. Ammonia at 1000 atmospheres. An American Fischer-Tropsch plant. Oil black. Oil gas manufacture. Chemicals from milk. Formaldehyde from methanol. Hydroquinone manufacture. Lactic acid from corn sugar. Animal glue. Cellophane. Carboxymethylcellulose. Acetophenone. Diatomaceous earth. Ammonia nitrate. Dextran. Chemicals from oranges. Chlorine and caustic in Italy. Nitric acid in Great Britain. Peacock blue. Flushed color production. Mercury cell · chlorine and caustic. Catalytic asphalt. Wulff process acetylene.

Ditmaal heeft men dus ook plaats ingeruimd voor in Europa gerealiseerde procédé's. De artikelen geven van elk fabrieksproces uitgebreide bijzonderheden, o.a. over constructiematerialen, veiligheidsmaatregelen, enz., benevens veel flow-sheets.

Het hoge peil van de vorige delen is volledig gehandhaafd, de uitvoering is zeer goed.

J. A. Keverling Buisman.

Korte economische berichten

Instelling Kamer van Koophandel en Fabrieken voor Amersfoort en omstreken.

Bij Koninklijk Besluit van 14 December 1954 is ingesteld de Kamer van Koophandel en Fabrieken voor Amersfoort en Omstreken met zetel te Amersfoort. Het gebied dezer Kamer omvat de gemeenten Amersfoort, Baarn, Bunschoten, Eemnes, Hoogland, Leusden, Renswoude, Soest, Stoutenburg en Woudenberg.

Evenals voor de oorlog bestaan thans in de provincie Utrecht wederom twee Kamers van Koophandel en Fabrieken. In verband hiermede is de naam van de Kamer voor Utrecht gewijzigd in Kamer van Koophandel en Fabrieken voor Utrecht en Omstreken.

Dit besluit is met ingang van 1 Januari 1955 in werking getreden.

Het aantal Kamers, dat krachtens de bepalingen van de Wet van 21 Augustus 1950 (Stb. K 367) is ingesteld, bedraagt thans 37.

P.E.Z.

De Organisatie voor Europese Economische Samenwerking gaat actuele energieproblemen bestuderen.

De heer Louis Armand, Directeur-Generaal van de Société Nationale des Chemins de Fer Français heeft er, onder goedkeuring van de Franse regering, mee ingestemd in opdracht van de O.E.E.S. een studie te maken van de actuele vraagstukken op het gebied van de energie in Europa. De O.E.E.S. is bezorgd over de mogelijke gevolgen van een voortgaande stijging van de productiekosten van energie op de ontwikkeling van de Europese economie, de financiële stabiliteit van de deelnemende landen en de levensstandaard van de Europese bevolking. De Organisatie wil daarom deze vraagstukken tot in onderdelen bestuderen teneinde te kunnen besluiten, hoe zij moeten worden behandeld zowel op nationaal niveau als op het niveau van het overleg tussen de regeringen.

Het onderzoek zal verscheidene maanden vergen. De heer Armand zal zijn rapport uitbrengen aan de Raad van de O.E.E.S. via het Secretariaat-Generaal van de Organisatie. Aldus bericht de Organisatie voor Europese Economische Samenwerking.

P.E.Z.

Personalia

Aan de Universiteit van Indonesië is bevorderd tot doctor in de wis- en natuurkunde, op proefschrift „Essential amino acids in some Indonesian food constituents", de heer A. Dupont, te Bogor.

Verenigingsnieuws

Mededelingen van het Secretariaat

('s-Gravenhage, Lange Voorhout 5, tel. 110744, postrekening 7680).

Op 14 December 1954 is te Rotterdam op de leeftijd van 69 jaar overleden Ir. L. C. C. Willekens, l.i., bacterioloog der gem. drinkwaterleiding van Rotterdam, lid van de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging.

Nieuwe leden.

De in het Chemisch Weekblad van 6 November 1954 onder 1 t/m 56 genoemde candidaat-leden zijn thans aangenomen als gewone of buitengewone leden van de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging.

Candidaat-leden.

142. Doesburgh (J. Th. Semeijns de Vries van), chem. cand., Leiden, Oude Singel 98 voorgesteld door Dr. C. Koningsberger en Drs. S. J. Roorda, beiden te Leiden.
143. Jansen (H. J. P.), Bussum, Lothariuslaan 82, scheik. b. d. N.V. Electrozuur en Waterstoffabriek; voorgesteld door Ir. D. Douwes te Zaandam en Dr. W. C. de Liefde te Amsterdam.
144. Polling (Ir. C.), Oostburg, Volderstraat 21, leraar lyceum; voorgesteld door Dr. T. van der Linden te Voorburg en Ir. J. P. F. Huese te 's-Gravenhage.
145. Punt (Ir. G. G. A.), Amsterdam-O., Linnaeusstraat 47 II; scheik. Kon. Zwavelzuurfabrieken N.V.; voorgesteld door Dr. Ir. G. S. van der Vlies en Drs. B. Labruyère, beiden te Amsterdam.
146. Wessel (Mej. G. J.), chem. cand., 's-Gravenhage, Loosduinseweg 596; voorgesteld door Dr. W. L. Groeneveld te Oegstgeest en Drs. A. B. Ruigrok te Leiden.

Adreswijzigingen, enz. aan te brengen in de ledenlijst 1954.

Blz. 36: Boer (A. A. de), chem. cand., Bussum, Lindenlaan 10.
„ 40: Brackman (Dr. W.), Haarlem, Santpoorterplein 20.
„ 45: Cerfontain (Drs. H.), Voorburg (Z.H.), van Halewijnlaan 375.
„ „ : Choufoer (Ir. J. H.), Amsterdam-O., Curiestraat 6 huis.
„ 58: Freutel (Drs. H. F. J.), Washington, D.C., U.S.A., 1470 Euclidstreet N.W., c.o. Netherlands Embassy.
„ 60: Gerris (Dr. V. J. A. M.), Geffen (N.Br.), Dorpsstraat 6.
„ 62: Graaf (Dr. J. G. A. de), Delft, Mijnbouwstraat 9.
„ 65: Halewijn (Ir. A. van), Velp (Gld.), Laarweg 2.
„ 73: Houtgraaf (Dr. H.), Weesp, Aetsveldselaan 1.
„ 82: Knol (Drs. B. P.), Breukelen, Beatrixstraat 65.
„ 87: Krijn (Drs. G. C.), Amsterdam-Z., Amstelkade 123 III.
„ 92: Liem Tjing Tien (Ir.), Djember, Ind., Djalan Sekolah 27.
„ 96: Mars (Dr. P. H.), Boston, 14, Mass., U.S.A., 30 Chambers Street.
„ 118: Schermerhorn (Prof. Ir. E. J. G.), Bussum, Koningslaan 10.
„ 119: Scholtis (Drs. R. J. H.), Breda, Graaf Engelbertlaan 19 a.
„ 120: Schors (Dr. A.); Voorburg (Z.H.), Park de Werve 21.
„ 121: Schuijtvlot (Ir. W. N.), Bussum, Lothariuslaan 76.
„ 124: Snethlage (H. C.), chem. stud., Leiden, Hogewoerd 29.
„ „ : Spanhoff (R. W.), ap., Rotterdam, Matthenesserweg 94 B.
„ 129: Sijderius (Dr. R.), Arnhem, Steenstraat 130 II.
„ 131: Tjio Tek Beng (Drs.), Utrecht, Voorstraat 54 bis.
„ 137: Vieregge (Drs. H.), Roermond, E. Casimirkazerne, R.I.J.W.F., 2e Cie, 4e Pel., legerno. 280403060.
„ 149: Zabel (Drs. J. B.), Voorburg (Z.H.), L. Couperusstraat 2.

Huldiging Dr. T. van der Linden.

Op 1 Januari j.l. heeft Dr. van der Linden zijn functie als secretaris van onze Vereniging neergelegd, na die ruim 18 jaren te hebben vervuld.

Zoals de voorzitter van het Algemeen Bestuur reeds mededeelde op de Algemene Vergadering op 23 December jl. te Amsterdam, op welke vergadering Dr. van der Linden bij acclamatie tot erelid der Vereniging en op grond van artikel 56, lid h van het Huishoudelijk Reglement, tot lid van de Raad van Overleg werd benoemd, zal hem op 5 Februari a.s. in de grote zaal van Diligentia, Lange Voorhout 5 te 's-Gravenhage, om 15.00 h zijn geschilderd portret worden aangeboden, waarna de afgetreden secretaris in de koffiekamer zal recipiëren.

Het Huldigingscomité heeft zich reeds enige tijd geleden met het verzoek om een geldelijke bijdrage voor de huldiging van Dr. van der Linden o.a. gewend tot de oud-leden van het Algemeen Bestuur, met wie hij sedert September 1936 in dat Bestuur zitting heeft gehad, tot de Commissies waarin Dr. van der Linden de secretaris-functie heeft vervuld of als gedelegeerde van het Algemeen Bestuur zitting had, tot de leden van de Raad van Overleg en van de Chemische Raad van Nederland, tot de Redactiecommissies van het Chemisch Weekblad en van het Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas en tot de Besturen van de Secties en van de Chemische Kringen.

Hoewel via deze instanties de meeste leden wel direct of indirect kennis zullen hebben genomen van de plannen van het Huldigingscomité, is het niet uitgesloten, dat deze plannen toch niet ter kennis zijn gekomen van leden, die ook aan het huldeblijk zouden wensen bij te dragen, waartoe hun uiteraard gaarne de gelegenheid wordt geboden.

Bijdragen, waarbij verzocht wordt te vermelden „Huldiging Dr. van der Linden" worden, bij voorkeur spoedig, ingewacht door storting of overschrijving op postgironummer 105111 ten name van Dr. W. Meijer, penningmeester van de K.N.C.V. te 's-Gravenhage.

Het Huldigingscomité.

Contributie 1955

In de eerste week van Januari van dit jaar werd aan alle leden der Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging een kaart gezonden met het verzoek de over 1954 verschuldigde contributie te storten op postrekening 7680 van de Vereniging te 's-Gravenhage of over te schrijven op de rekening der Vereniging bij de Amsterdamsche Bank te 's-Gravenhage.

Velen hebben gevolg gegeven aan dit verzoek en hebben daardoor werk, tijd en kosten aan de Vereniging bespaard. Maar velen ook hebben zich tot nu toe niet van die plicht gekweten.

Op deze laatsten doet het Algemeen Bestuur een dringend beroep om hun contributie over 1954 benevens eventueel verschuldigd abonnement op het Recueil zeer spoedig te betalen.

Hun, die uitstel van betaling tot later in het jaar of om dringende redenen betaling in termijnen wensen, wordt verzocht hiertoe tijdig een verzoek bij het Algemeen Bestuur in te dienen.

De contributie bedraagt:

f 20.— voor gewone leden in Nederland en de overzeese Rijksdelen benevens Indonesië; Recueil *f* 10.—.
f 22.— voor gewone leden in het buitenland; Recueil *f* 10.—.
f 10.— voor buitengewone leden (studenten); Recueil *f* 6.—.
f 11.— voor gewone leden van de Vlaamse Chemische Vereniging of van de Société Chimique de Belgique [1]).
f 6.— voor studentleden van beide hiervoor genoemde verenigingen [1]).
f 17.— voor leden van het Kon. Instituut van Ingenieurs en van de Nederlandse Natuurkundige Vereniging.
f 5.— voor huisgenootleden.

De aandacht wordt er op gevestigd, dat leden, die hun maatschappelijke loopbaan beëindigen, op hun verzoek slechts de helft der normale contributie behoeven te betalen en zij, die 40 jaar onafgebroken lid zijn geweest, geheel van contributiebetaling kunnen worden vrijgesteld.

De contributie voor gewone, resp. buitengewone leden der Indonesische Chemische Vereniging (geassocieerd lid van de Kon. Ned. Chem. Ver.) bedraagt in Ned. courant *f* 10.—, resp *f* 5.— [1]).

De contributie als geassocieerd lid van de Vlaamse Chemische Vereniging bedraagt voor onze gewone leden 175 B.Frs. (*f* 13.65) en voor onze buitengewone leden 100 B.Frs. (7.80).

De contributie als geassocieerd lid van de Société Chimique de Belgique bedraagt voor onze gewone leden 200 B.Frs. (*f* 15.60), voor onze buitengewone leden 75 B.Frs. (*f* 5.85).

In de contributie van de Société Chimique de Belgique is niet begrepen het abonnement op l'Industrie Chimique Belge. Dit bedraagt voor beide soorten geassocieerde leden 50 B. Frs. (*f* 3.90).

•

Chemische Kringen

Amsterdamse Chemische Kring. Op Vrijdag 14 Januari, des avonds te 8 uur, zal in de Grote Collegezaal van het Laboratorium voor Algemene en Anorganische Chemie, Nieuwe Prinsengracht 126, voor de leden van de Amsterdamse Chemische Kring Prof. Dr. *J. A. A. Ketelaar* (Hoogleraar aan de Gem. Universiteit Amsterdam) spreken over *„Infrarood-spectroscopie"*.

Deze vergadering wordt gehouden in combinatie met het Genootschap ter Bevordering van Natuur-, Genees- en Heelkunde te Amsterdam.

* * *

Haarlemse Chemische Kring. Vergadering op Woensdag 26 Januari om 20.00 uur in het Kennemer Lyceum, Overveen. Frau Dr. *Auguste Grüne* spreekt over *Filtrierpapiere für Chromatographie und Elektrophorese, unter besonderer Berücksichtigung der Eigenschaften und des Aufbaues der Faser.* Introductie is toegestaan.

* * *

Rotterdamse Chemische Kring. Vergadering op Maandag 10 Januari 1955, 20 uur in de H.B.S. aan de Hofstedestraat 36.

Dr. *J. K. Bottema,* Rotterdam, zal spreken over: *De water- en zoutstofwisseling in het menselijk lichaam.*

In de vergadering van 13 December 1954 sprak Dr. A. M. ter Horst over Plantenziektenbestrijdingsmiddelen.

•

[1]) Men wordt verzocht, voor zover dit vroeger niet is geschied, een verklaring van de Vereniging, waarvan men gewoon lid is, te zenden.

Een kort overzicht wordt gegeven van de voornaamste groepen van organische verbindingen, die in de landbouw worden gebruikt om onkruid, schimmels en insecten te bestrijden. Een direct verband tussen structuur en werking valt bij de meeste hiervan niet te geven.

De nu gangbare verbindingen werden na lang experimenteren uit vele soortgelijke gekozen.

Bij de herbiciden is de marge tussen goede onkruiddoding en schade aan het gewas niet groot, vandaar dat hier gezocht wordt naar nog grotere selectieve werking.

Ter bestrijding van schimmels beschikt men over een reeks van voor de mens ongevaarlijke verbindingen, die, behalve enkele uitzonderingen, goed voldoen. Voor wat betreft de insecticiden wordt de wereld verontrust door het feit dat (bijv. bij vliegen tegen DDT) resistentie kan ontstaan. Dit zou minder het geval zijn bij phosphoresters. Deze ook voor de mens zo bijzonder giftige verbindingen kunnen (bijv. bij het beschermen van vruchtbomen tegen spint) niet worden vervangen. Een niet opvolgen van de gebruiksaanwijzing bij het spuiten geeft snel ongelukken.

Een strenge controle wordt uitgeoefend op alle bestrijdingsmiddelen, nieuwe verbindingen worden daarbij o.a. grondig onderzocht op werking, giftigheid, cumulatieve werking en levensduur in de natuur. Het valt niet te voorzien hoeveel nieuwe middelen van blijvende waarde de eerstkomende jaren zullen brengen. Van biologische kant zou men ongetwijfeld dankbaar zijn voor enig respijt, om de toepassingsmogelijkheden van de reeds bekende verbindingen nader te bestuderen.

* * *

Nijmeegse Chemische Kring. De uitgestelde vergadering van Dinsdag 21 December 1954 wordt thans gehouden op 14 Januari 1955 in de ontvangstzaal van de N.V. Kunstzijdespinnerij NYMA. Aanvang 20 uur.

Dr. *J. J. Went* zal spreken over *Energieproductie met behulp van kernreacties.*

Mededelingen van verschillende aard

Congres International Watersupply Association.

18—23 Juli 1955, Londen.

Tegelijk met het congres van de internationale waterleidingorganisatie, dat van 18 tot 23 Juli 1955 in de Royal Horticultural Hall, Westminster, Londen zal worden gehouden, zal een tentoonstelling van de meest moderne waterleiding-apparatuur worden gehouden. Dit zal de eerste keer zijn dat een dergelijke tentoonstelling tijdens het congres der vereniging zal plaats vinden.

Op het congres zullen de volgende onderwerpen aan de orde worden gesteld.

1. M. C. Dubin (Frankrijk): Bescherming van leidingnetten tegen waterslag.
2. Mr. Hugh. R. Lupton O.B.E., M.C. (Engeland): Outillage van pompstations.
3. Mr. Hilding Bjorklund (Zweden): Ontwerpen en bouwen van reservoirs en watertorens.
4. Dr. L. H. Louwe Kooijmans (Nederland): Beluchting en ontijzering.
5. M. A. Vibert (Frankrijk): Veiligheidsmarges in aanvoer- en distributieleidingen (winning, hoofdleidingen, reservoirs, leidingnetten enz.).
6. Mr. R. E. A. Despiegelaere (België): Toepassing van electronische apparatuur in de waterleidingtechniek in het bijzonder met betrekking tot het lekonderzoek.
7. Dr. A. v. d. Vloed (België): Vergelijking van langzame zandfilters en snelfilters.
8. Mr. H. R. Davenport (Engeland): Opleiding van waterleidingpersoneel.
9. Mr. E. Sherman Chase (Verenigde Staten van Amerika): Waterleidingtarieven.

Bovendien zal worden voortgebouwd aan het werk, dat in 1949 te Amsterdam en in 1952 te Parijs werd aangevat. Rapporten betreffende de laatste stand van zaken met betrekking tot de navolgende onderwerpen zullen het congres worden aangeboden:

a. Voorzieningen ten plattelande;
b. Technische woordenboeken;
c. Snelfilters;
d. Waterbehandeling voor filtratie;
e. Corrosie en kathodische bescherming;
f. Kunstmatige aanvulling van grondwater;
g. Bescherming van oppervlaktewater tegen vervuiling;
h. Formules voor de berekening van leidingnetten.

Het behoeft nauwelijks vermelding, dat voor interessante excursies zal worden gezorgd. Bezoeken o.a. aan de werken van de Metropolitan Water Board, de Brighton Corporation (Ozoninstallatie), de South Essex Waterworks Company en de Guildford Goldaming District Water Board staan op het programma.

Na afloop van het congres zullen excursies van 4, 5 en 6 dagen naar verschillende delen van Engeland worden georganiseerd.

Mede met het oog op het te verwachten grote aantal bezoekers wordt de aandacht gevestigd op de noodzakelijkheid om zelf tijdig hotelruimte te reserveren.

Nadere inlichtingen zullen gaarne worden verstrekt door de secretaris van de Nederlandse Delegatie van de International Watersupply Association p/a de Vereniging van Exploitanten van Waterbedrijven in Nederland, Herengracht 437, Amsterdam.

Vraag en Aanbod

Plaatsing geschiedt alleen voor leden der Kon. Ned. Chem. Vereniging.

Correspondentie wordt over deze rubriek niet gevoerd: de Redactie, Lange Voorhout 5, 's-Gravenhage, zendt alleen brieven door, *waarvoor men porto insluite.*

Ter overneming gevraagd:

1e plaatsing.

* Arzneimittelforschung jaarg. 1951 t/m 1954.
* Schoorl, Org. Analyse dl (I) II en III).
  De Haan en Handdovski, Pharmacotherapie.
  Commentaren op de Ned. Pharmacopee.

2e plaatsing.

* Schlemper, Compendium der microbiologie.
* M. v. Riemsdijk, ABC-bacteriologische serologische recepten.
* Eenvoudig glazen kwikdiffusiepompje.
* Eenvoudige droogkast, dubbelwandig, inwendige maten ongeveer 35 × 35 × 25 cm, met electrische verwarming en temperatuurregelinig door middel van een thermostaat; temperatuurbereik 50—100° C.

Ter overneming aangeboden:

1e plaatsing.

* Sirks, Erfelijkheidsleer.

2e plaatsing.

* J. Soc. Chem. Ind. London. Trans. 1942 t/m 1950 (61—69). Chemistry and Industry London 1942—1950 (7 dln ingen.).

De enige van een inzender afkomstige opgave of de eerste van een serie van eenzelfde inzender afkomstige opgaven is met een ster gemerkt.

Reflectanten kunnen daardoor volstaan met insluiting van eenmaal porto voor doorzending van brieven welke betrekking hebben op van eenzelfde inzender afkomstige opgaven.

Aangeboden betrekkingen

Zie de aangeboden betrekkingen in no. 1.

Rubberfabriek in het Noorden van het land vraagt voor haar laboratorium een jong scheikundige.

Polak's Frutal Works N.V. te Amersfoort zoekt voor spoedige indiensttreding voor de uitbreiding van haar research-staf een organisch scheikundige (Dr. of Drs.).

Koninklijke Dobbelman N.V., zeepfabrieken te Nijmegen vraagt voor haar Research Laboratorium een chemisch ingenieur of Drs. in de chemie.

N.V. v/h Chem. Tech. Lab. Dr. Lobry de Bruyn, Amsterdam-N. vraagt voor tijdelijk research-werk op het gebied van smeerolie- en brandstofonderzoek een scheikundig ingenieur of Drs. in de chemie.

De Geldersch-Overijselsche Bond van Coöperatieve Zuivelfabrieken, Nieuwstad 69, Zutphen vraagt voor de dagelijkse leiding van de scheikundige afdeling van zijn laboratorium een scheikundige bij voorkeur met academische opleiding.

Gevraagde betrekkingen

821: Chem. Dra., hoofdvak organische chemie, bijvakken microbiologie en physiologische chemie, met ruim 3 jaar ervaring in litteratuurstudie en research, goede talenkennis, beschikkend over type- en stencilmachine, wonend in Amsterdam. zoekt thuiswerk, eventueel ook op ander gebied.

845: Scheikundig ingenieur, researchervaring water en bodemonderzoek, visserij-technologie, conservering e.d., met tropenervaring, zoekt werkzaamheden.

849: Dr. in de scheikunde, in het Zuiden van het land, wenst zijn vrije tijd (enige middagen en avonden en vacanties) productief te maken.

860: Chemisch doctorandus zou gaarne zijn vrije tijd productief maken, liefst in het Westen van het land.

870: Scheikundig ingenieur met jarenlange ervaring op levensmiddelengebied, meer speciaal oliën en vetten, ook werkzaam geweest op ander gebied, zoekt werkkring.

871. Chemisch doctorandus met laboratorium- en onderwijsservaring zoekt plaatsing, ook in het buitenland.

876. Dr. Scheikunde, met veelzijdige twintigjarige ervaring, heeft nog een dag per week beschikbaar voor een adviserende functie.

878. Scheikundig ingenieur met grondige ervaring verleent adviezen over kleurcarbolineum; papier, carton en de verwerking daarvan; plastictoepassingen; insecticiden, bouwmaterialen, turf, vloerbedekkingen. Belangrijke recepturen kunnen verstrekt worden.

879. Chem. Dra. met zeer lange en grondige ervaring in het vertalen van technische artikelen, octrooien, enz. voornamelijk uit het Ned., Engels en Duits in het Frans, zoekt thuiswerk.

881. Chem. Drs., gerepatrieerd na veeljarig verblijf in Indonesië (suikerindustrie) zoekt een betrekking, bij voorkeur management, organisatie of advies, event. gedeeltelijke werkkring.

882: Scheikundig ingenieur met ervaring op chemisch-technisch gebied en in het ontwerpen en berekenen van apparaten en fabrieksinstallaties, zoekt opdrachten,

884. Drs. (analytisch chemicus), wonende te Amsterdam zoekt werkzaamheden in de avonduren als leraar (ervaring), litteratuurstudie of anderszins.

885: Chem. doctorandus met enige jaren ervaring op gebied van de diazotypie zoekt werkkring.

Agenda van vergaderingen

10 Jan.: Rotterdamse Chemische Kring (Rotterdam): Dr. J. K. Bottema, De water- en zoutstofwisseling in het menselijk lichaam. Zie Chem. Weekblad pg. 31.

11 Jan.: Haagse Chemische Kring ('s-Gravenhage): Dr. Ir. R. Houwink, Rubber en rubbers. Zie Chem. Weekblad pg. 10.

14 Jan.: Amsterdamse Chemische Kring (Amsterdam): Prof. Dr. J. A. A. Ketelaar, Infrarood-spectroscopie. Zie Chem. Weekblad pg. 31.

14 Jan.: Nijmeegse Chemische Kring (Nijmegen): Dr. J. J. Went, Energieproductie met behulp van kernreacties. Zie Chem. Weekblad pg. 31.

26 Jan.: Haarlemse Chemische Kring (Overveen): Frau Dr. A. Grüne, Filtrierpapiere für Chromatographie und Elektrophorese, unter besonderer Berücksichtigung der eigenschaften und des Aufbaues der Faser. Zie Chem. Weekblad pg. 31.

28 Jan.: Rubber-Stichting (Delft). Symposium over kristallisatie van polymeren met groot molecuulgewicht. Zie Chem. Weekblad pg. 879.

3—5 Febr.: 5e Lustrum Utrechtse Chemische Club 1929 (Utrecht). Zie Chemisch Weekblad pg. 904.

4 Febr.: Ned. Ver. voor Fotografie, Fotochemie en Fotofysica (Utrecht). Symposium over het fotograferen met röntgenstralen en geladen deeltjes. Zie Chem. Weekblad pg. 920.