

透 電 恒 数

磯 谷 延 治

I 緒 言

1837年に Faraday は二つの電荷を持つてゐる物の間の引力又は斥力は、それ等の電荷の量 E_1, E_2 と、その間の距離 r とによつて定まらばかりでなく、その間にある媒質によつても亦變化する事を發見した。この力を F で表はすと

$$F = \frac{E_1 E_2}{\epsilon r^2}$$

となる。Faraday は初めてこの媒質を絶縁體(Dielektrikum)と名付けたから、この ϵ のことを透電恒数、ヂェリキ恒数(Dielektrizitätskonstante)又は電媒恒数といふ。

又面積 A の二枚の金屬板を距離 d 距て、 $\perp$ 平行に置く時には、その電氣容量 C は

$$C = \frac{A\epsilon}{4\pi d} = C_0 \epsilon$$

である。但し C_0 はその間を眞空にした時の電氣容量である。よつて ϵ を又誘電率(Spezifisches Induktionsvermögen)ともいふ。

この ϵ なる價は、多くの學者によつて理論及實驗の兩方面から種々研究せられた。理論的方面に於ては Debye の絶縁體に關する運動論などは Dipolmoment の存在を明かにして、化合物の性質を一層詳かにした。又實驗的方面では唸り法(Überlagerungsmethode)によつて、 ϵ の價が 10^{-5} の程度までも測定される様になり、他方最初から最も困難とされて

るた良導性の物質の透電恒数の測定も、1924年に Fürth によつて提出された隋圓體法(Ellipsoidmethode)により全く成功された。

II 理論的考察

(1) 透電恒数の温度による變化 古い説は略するとして最近になり、この問題は電子論を引入れて説明せられる様になつた。1912年に Debye¹⁾ は絶縁體はたゞ彈力的に結合してゐる電子を持つばかりでなく、電氣的の Moment をもつ Dipol の分子によつて構成されてゐなければならぬと考へた。この説を受入れる時には本問題は全く古典的な靜力學によつて説明する事が出来る。

Dipol よりなつてゐる絶縁體の分極は二つに分けて考へる事が出来る。

第一 電子の移動によつて起るもの

第二 分子全體の直接作用によつて起るもの

である。今外部から電場を作用させた場合を考へて見ると先づ分子中にあつた移動性の電子が引出される次に電氣的の Moment をもつてゐる分子が電場の方向に向けられる。然し分子の方向は温度によつて變化される筈である。この二力は平均に於ては一定の方向をとると考へて差支へはない。かゝる理由からこの分極の方向は、Dipol の數その強さ熱のための運動の大きさなどによつて決るべきである。

以上の考を式で表せば電場 E が働いた時、その分極 P は温度には無關係でたゞ移動性電子によつて起される分極と、温度の函數として表される分極との二項で示される。即ち

$$P = E(\epsilon_0 - 1) + E \frac{\alpha}{T}$$

なる式を Debye は與へてゐる。よつて絶縁移動(Dielektrische Verschiebung)

(106)

(磯谷延治) 透 電 恒 数

Dは

$$D = P + E$$

従つて透電恒数 ϵ は

$$\epsilon = \epsilon_0 + \frac{a}{T}$$

である。弱い電場では彼は次の様な式を與へてゐる。

$$P = \left(E + \frac{P}{3} \right) \Theta$$

$$\Theta = 3b + \frac{3a}{T}$$

 a, b 共に定数 したがつて

$$D = \left(E + \frac{P}{3} \right) \Theta + E$$

$$= \left\{ E + \frac{E(\epsilon - 1)}{3} \right\} \Theta + E$$

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} T = a + bT.$$

この式は密度に就いて無関係であるから、少くとも此處に缺點がある様に思はれてゐる。その後も Schrödinger,²⁾ J.J. Thomson³⁾ などもこれと同じ考を發表してゐる。

實際上の内容では, Debye の説と違ひはないが、よりよく事實に合ふ説に, Gans⁴⁾ の説がある。Gans は Paramagnetism といふ事を考へたばかりでなく考へてゐる媒質の分子の電場の相互の影響も考へに入れた。この分子の電場はすべての方向に同じと考へられるから熱運動の作用を助けて Dipol が電場の方向に並ぶ事を防ぐべきである。この説にも多少の異論がある。即ちある一分子を動かしたと考へた時そのために起る電気振動は非常に早いのに、分子の廻轉は 10^{-13} 秒もかかるか

ら直接にこの間の平衡を考へて了ふ譯には行かないと Debye などは言つてゐる。

兎角上の理論を基にして Clausius-Mosotti の式を用ひて計算をする。

$$\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon+2} \frac{1}{d} = \frac{4\pi N_e}{3M} g - \frac{16\sqrt{\pi}\mu^2 N_e^2}{9RM T} \Phi\left(\frac{T}{B} \sqrt{\frac{1-\gamma d}{d}}\right)$$

$$A = \frac{16\sqrt{\pi}\mu^2 N_e^2}{9RM}$$

$$B = \frac{4N_e^2 \mu^2}{3R} \sqrt{\frac{\pi}{\varepsilon^2 M N_e}}$$

$$C = \frac{4\pi N_e g}{3M}$$

$$\gamma = \frac{8}{3\pi} \left(\frac{BC}{A}\right)^2$$

$$\tau = \frac{T}{B} \sqrt{\frac{1-\gamma d}{d}} \quad \text{とすれば}$$

$$\text{即ち} \quad \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon+2} \frac{1}{d} = C + \frac{A}{T} \Phi(\tau)$$

R: 瓦斯恒数, M: 分子量, d: 密度, N_e : 1cc中の分子の數, g: 誘導された Moment, μ : 分子の不変の Moment, T: 絶対温度, s: 二分子間の最短距離。

これを Debye の式と比較すると $\frac{1}{d}$ と $T, \Phi(\tau)$ と T , だけの違ひであるが Isnardi などの實驗第一表によつても解る様に密度は決して忽にしてはならない様である。

第一表 酒 精

t	ε	$v = \frac{1}{d}$	$\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon+2}$	$\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon+2} \frac{1}{d}$
+10°	27.5	1.253	0.8983	1.126
-10°	30.5	1.227	0.9076	1.094
-40°	35.5	1.190	0.9200	1.114
-70°	41.0	1.154	0.9302	1.074
-110°	55.5	1.107	0.9302	1.044

(198)

(磯谷延治) 透 電 恒 数

この外にも Boguslawski⁵⁾ や Lundblad⁶⁾ なども夫々説を出してゐる。後者は移動性電子の分子よりの距離によつて透電恒数の温度による変化があると考へた。そして壓力や密度など入つてゐる式を導いてゐる。

(2) Dipolmoment. Dipolmoment が分子に存在してゐる事は多くの研究者によつて、いよいよ確かになつた。この實驗に最初手を付けた人は Ratnowsky⁷⁾ である。彼は Dipol を持つてゐる物質は強い電場に対しては必ず飽和の現象を示さねはならぬと考へた。試料としてはアミルアルコールを取り、その結果と Dipol は存在してゐないと考へられるベンゼンの結果とを比較した。先透電恒数を測る蓄電器にアミルアルコールを入れ、これに高い靜電氣場を與へる。すると Dipol はこの場の方向に強く固定せられて、こゝに強い分極が起る。斯様にしてある蓄電器に透電恒数を測るために振動電流をあたへる。しかし、この時には Dipol は前以てある方向に固定してあるから、この交流のためにその方向を左右せられる事は殆ど無い筈である。故に Dipol の存在しないと考へられるベンゼンなどと同じ結果にならなければならない。尙上の理由からある程度以上の電壓を與へても、その變化は僅かになる事も當然考へられる。彼はこの電壓による透電恒数の變化から Dipolmoment の大きさを計算した。この價は第二表にも示した様に Debye が自分の説から計算して出したものによく一致してゐる。同じ様な實驗を最近 Kautzsch⁸⁾ もなしてゐる。Herweg⁹⁾ も Ratnowsky と同じ様に考へた。これらの人々は前述の移動性電子は Moment の計算には考へに入れる必要はないと考へて居る。Herweg は非常に強い電場を與へた時と非常に弱い電場を與へた時との差異を次の式で表はしてゐる。

$$\Delta \varepsilon = \frac{4\pi}{15} \frac{Nm^4}{k^3 T^3} \frac{E^2}{(1-\Theta)^4}$$

$$\Theta = \frac{4\pi Nm^4}{9kT}$$

N : 1 c.c 中の分子の数, m : moment, k : 恒数, T : 絶対温度, E : 電場の強さ。

彼はこの式で 20% 以上の違ひは決して無いと確言をして居るし、又自分の非常に敏感な振動法を用ひて直接實驗上の證明をもなしてゐる。

次に Debye の説から Moment を導く方法がある。彼の式

$$\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon+2} T = a + bT$$

にて a は Dipolmoment のためにのみ起る分極である事は上述した。Debye は次の式を與へてゐる。

$$a = \frac{m^2}{9k} N$$

これを靜電的單位で表はす時には

$$m = \frac{3}{4\pi} \sqrt{\frac{ak}{N}}$$

で表はされる。この式で計算をしてみると、Dipolmoment は殆ど皆 10^{-19} の程度のものになる。今、各分子の電荷はたゞ一つの電氣の量子をもつものと假定すれば、兩極間の距離は 10^{-9} cm の程度になる。従つて分子は 10^{-8} cm の直徑をもつと考へられるから、この Dipolmoment は丁度分子の中にある理である。

第三として、前述の Gans の式

$$\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon+2} \frac{1}{D} = \frac{4\pi N_c}{3M} g + \frac{16\sqrt{\pi}\mu^2 N_c^2}{9RMT} \Phi(\tau)$$

にて、Smyth はこの式の簡単な變形から、Dipolmoment μ を次の様にあた

—(紹介)—

(110)

(磯谷延治) 透 電 恒 数

へてゐる。

$$\mu = \frac{3RT}{4\pi N_s} \sqrt{\frac{s^2 M}{\pi D N_s} - \frac{3M^2 C^2}{2\pi}}$$

Graffunder は透電恒数の温度による変化から、この Moment を測定する場合には分子の重合を注意しなければならないと言つてゐる。

今一つイオンの運動に関する Born¹¹⁾の説から導かれたものがある。勿論この説も Debye の説と連絡はある。實驗的には Lertes によつて證明されてゐる。これは液體にのみ利用する事が出来るものである。若しも Dipol の液體が静電氣の回轉の電場に持來たされたとすると、Dipol は常にこの電場の方向と全く一致する事は出来ない。即ち内部摩擦のために、その電場に對してある角度をもつて靜止する様になる。その角度から Moment を實驗的に得てゐるのである。それ等の價に就いては第二表に一部書いてある。

この外に Born や Kornfeld は物質は規則正しく結晶する事から昇華より Dipolmoment を測定してゐる。又 Smyth は二つの異つた波長に對する透電恒数とその屈折率とを利用して多くの有機物の分子の Moment を測定してゐる。

第 二 表 Dipolmoment

物 質	方 法	測 定 者	Moment $\times 10^{-19}$
水	温度變化	Debye	5.7
同	廻轉効果	Lertes	7.4
酒 精	温度變化	Debye	4.3
同	廻轉効果	Lertes	5.3
アミールアルコール	温度變化	Debye	7.9
同	重合	Lange	0.183
同	廻轉効果	Lertes	8.9
エーテル	温度變化	Debye	11.8
同	廻轉効果	Lertes	12.7
同	分極作用	Herweg	0.12
アンモニア	温度變化	Zona	0.153
鹽 酸	同	Compton, Zahn	0.103

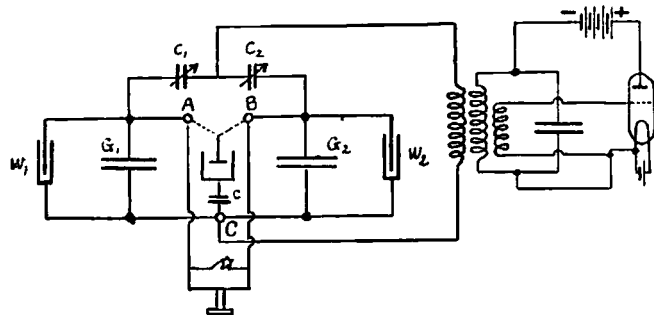
—(紹 介)—

III 測定法

Faraday は最初静電気で透電恒数を測定したが固体又は液体の誘電体を有する蓄電器の容量は電氣的吸收に感應する缺點があるために現今は全く交流を用ひて、この缺點を補つて居る。

(1) Nernst 法. 1892 年に Nernst⁽¹²⁾ がホイートストン橋を使用して蓄電器の電気容量から透電恒数を測定したが、この方法は多少電導度あるものにも用ひられる事と装置が簡単なため廣く用ひられる。この方法を改良して Hertwig⁽¹³⁾ は Poulsen の發振器よりの連續波を用ひその檢波用としては礦石檢波器を用ひた。その結果は極輕微な電流の振動しか起すことが出来なくて大して改良されたとは言へなかつた。この方法を一層完全なものにしたのは Joachin⁽¹⁴⁾ である。連續波の發振裝置としては眞空管を利用してゐる。その接續法は圖に示した様である。

第 一 圖



右の方の發振回路によつて發生した連續波を L_2 にて受けて C_1, C_2, G_1, G_2 なるホイートストン橋に導くのである。 C_1, C_2 は Nernst は液体の抵抗を用ひ

て居るがこゝでは蓄電器を使つて居る。 W_1, W_2 は電導度をもつ物を測る時の補充抵抗である。 L_2 に感應した電波は可聴のものではないから、受話器のところでそれに並行に接續した斷續器で可聴の波長に

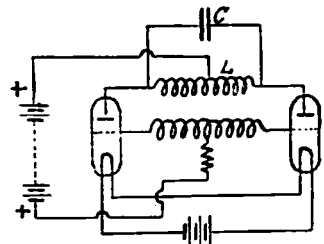
(112)

(磯谷延治) 透 電 恒 数

直すのである。尙電解質のものを測定する場合には W_1, W_2 を使用するばかりでなく、D に直列に C なる雲母の蓄電器を入れる。これは過分の電流によつて充電されるのであつて一種の電流濾過器である。この結果は Nernst の斷續波を用ひた時よりも多少よい様である。尙その感度は真空管の纖條電流によつて左右される事が多いと言つて居る。この方法は Sommer, Errera, Kokkel など多くの人々によつて詳しく研究されて居る。

(2) 短波長の連續振動を使用する方法。Drude によつて初めて行はれた方法である。しかし Drude の方法による時には短波長の振動を起すことが困難である。現今は矢張真空管を使つて短波長を起してゐる。1924 年頃に Fürth によつて、この方法は改良されてゐる。短波長の發振裝置として二つの大なる論文がある。Barkhausen 及び Kurz¹⁵⁾ と Holborn¹⁶⁾ の二論文である。前者は真空管のグリッドに高い正の電壓を、プレートに負の電壓を與へる。この振動を Drude の裝置に導いて測定する時には非常に明瞭な波の最大最小を得る事が出来た。この場合特殊な真空管を用ふる時には最短の波長 43 釐を得た。尙 Scheibe は特別な真空管を作り、同じ管で異なる波長のものを自由に得た。この場合の波長の範圍は 30—300 釐であつた。後者は接續法が第二圖に示してある様に、それが全く對稱のために交流はコイルの中央の結目にのみ流れて他の部分には全く流れない。これはグリッドとプレートの上に 180° の位相の違つた交流が流れるのであつて、これを Gegentak 接續法と言ふ。この裝置によつて得られる最短波長は 2.4 米である。

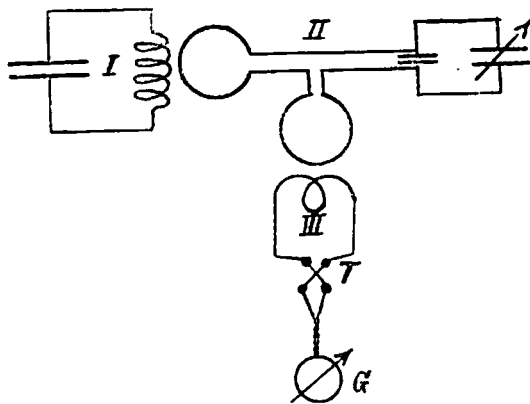
第 二 圖



—(紹介)—

(3) 共振法。上述の Gegentakt 接続法は Walden⁽²³⁾ によつて利用され多少電導度のある物にも使用されるのである。この装置の原理はカップルしてゐる第一第二の回路から出来てゐて、もし第一回路に起つた振動が第二の回路に感感されて、この感應振動が第一回路の振動と同じになると、その振幅が最大となる。かく最大になつた振幅をもつ交流を検波器と電流計によつて測定するのである。而して第二回路の蓄電器に透電恒数を測定する物を入れてゐる。第三圖は Walden によつて作られた装置で、I は Ho

第 三 圖



lborn の Gegentakt 接続法を利用した第一回路、II は第二回路、III は検波回路である。T は熱電對、G は電流計である。Walden はこの方法によつて電導度が 10^{-4} のものさへ測定してゐる。この方法によつて測定した人々は澤山にあつ

て Lattery は溶液の電導度の影響を消去する様な装置をこの原理を用ひて案出してゐるし、又 Tank は並列に結合した自己感應と電氣容量の共振はそれ等に並列に結合した抵抗には無關係であるといふ事から又一つの測定法を提出してゐる。

(4) Fürth の橢圓體法⁽¹⁸⁾ (Ellipsoidmethode) 1924 年に Fürth によつて提出されたこの方法は、今までの難關を打破したと言へよう。即ち他の方法では少くとも電導度が 10^{-4} 程度以上になると測定は全く不可能であつた、しかるに此方法による時には電導度など少しも考へる必要

(114)

(磯谷延治) 透 電 恒 数

なく、彼は水銀の透電恒数さへも測定してゐる。この測定法の原理は透電恒数が ϵ 、電導度が δ である液體を二枚の平行な鉛直金屬板の間に入れる。これに直流電壓又は交流電壓を與へる。この液體中に透電恒数が ϵ 、電導度が δ である任意の固體からなる隋圓廻轉體を扭れ絲の先に着けて吊し下げる。前以てこの隋圓體を金屬板に對してある角度を以て靜止する様にして置く。すると廻轉能率 D は次の式によつて與へられる。

$$D = 8\epsilon_0 E^2 \sin 2\delta \cdot A.$$

A は隋圓體の電導度やその軸などを含む常數、 E は二枚の金屬板の間にあたへた電壓、 δ は隋圓體の廻轉した角度である、この式から明である様に大切な事は E^2 になつてゐる事と、透電恒数 ϵ を含まない事である。 E^2 である事は交流を利用する事が出来る事を示し、 ϵ を含まない事は廻轉體に何を用ひてもよい事を示すのである。隋圓體は圓筒などで代用されない事は勿論の事であつてその軸の比がその感度を左右する。Fürthは軸の比が1:20のニッケルの隋圓體を使用し、この兩板の間に毎秒50回の交流電壓を與へて測定した。電導度の小さいものについての透電恒数の價をこの方法によるものと他の方法によるものとの價を比較するによく一致してゐる。

(5) 振動法。非常に高い電場のために一部分、分極する様な液體の透電恒数の間の差異を見出す事は困難な問題である。しかしその差異を見出す事はDipol説を證明するために切望せられるところである。この目的のためには極度に敏感な方法を考へなければならない。

上の目的に叶ふ装置はHerweg¹⁰⁾によつて成功せられた。彼は無線電信の唸り法(Überlagerungsverfahren)の使用によつて 10^{-5} の程度までその透電恒数の差異を決定した。この装置はよく知られて居る様に、一つ

の振動回路に他の振動が感應する場合にはこの二つの振動數の差だけの振動數をもつ新しい振動が起るものである。この振動數を出来るだけ正確に且出来るだけ小さくして測定するのである。振動數 n と自己感應 L 、電氣容量 C との間には Thomson によれば次の關係が成立して居る。

$$\frac{1}{n} = T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

今第一の振動が n_1, L_1, C_1 なる状態にあるとして第二の振動 n_2, L_2, C_2 にて、 L_1 と L_2 とを等しくして、且 C_2 なる透電恒數を測定する蓄電器の容量に出来るだけ等しくなる様に可變蓄電器 C_1 を調節する時には、 n_1, n_2 の差はいよいよ近づく。Herweg は振動電流を寫眞にとる様な裝置を考へて、二秒間に一振動する様な電流さへ測定した。この程度まで測定する事が出来ると、この振動回路の電氣容量の變化を 10^{-5} の程度まで測定した事になる。この方法は多くの人々により改良せられてゐる。Hammer はこの方法に振動電流計を利用して一層よい結果を得てゐる。

(6) 其他の方法。古い測定法は略するとしても、以上の外種々の理論を應用した測定法が考へられてゐる。例へば

透電恒數の知れてゐる液體を標準にしてこれと所要の液體とに同量の電氣量を同時に與へて、この間の電位差の違ひから透電恒數を測定する Carman²⁰⁾ の方法もある。

Schaefer の研究によれば絶縁體よりなる圓筒に、波面が平面である振動があたる時には、圓筒の正面と側面とで干涉が起る。この理論を利用して Zahn²¹⁾ は強電解質溶液の透電恒數の測定法を案出した。

Karolus と Prinz Reuss²²⁾ は眞空管はある飽和の電流を有するといふ原理に基づいて頗る簡単に電氣容量を測る裝置を發表してゐる。

(116)

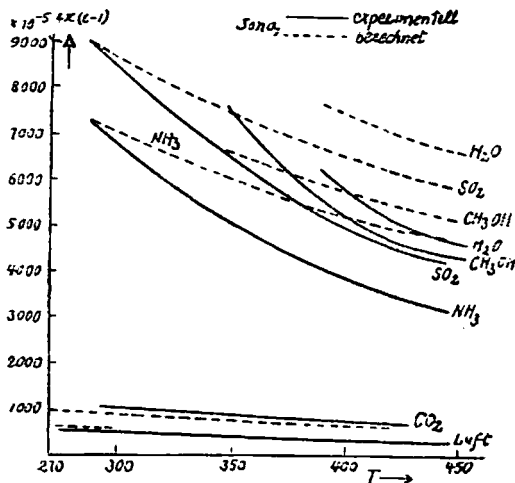
(磯谷延治) 透 電 恒 数

IV 測定結果

(1) 瓦斯 この測定には非常に敏感な方法を使用しなければならない事は明であるが、瓦斯は一般に完全な絶縁性をもつてゐるから電導性についての懸念はない。

この透電恒数の温度による変化は Jona²⁴⁾ によつて實驗されてゐる。測定には Nernst 法を用ひてゐる。透電恒数と温度とのグラフに於て、空氣と二酸化炭素は直線になるが他のものは偏歪する。これは分子の重合に原因すると説明をしてゐる。

第 四 図



Weir,²⁵⁾ Zahn²⁶⁾ の實驗によ

るに Debye の説は確かな事が證明されてゐる。W. Herz²⁷⁾ は臨界温度に於て 33 種ばかりの瓦斯に付て實驗したのに、これら液化したものは殆ど一定の値に集つてゐるのを發見した。この値は 1.17—2.83 の間に存在してゐた。水素は液體から固體になる時、そ

の境界點で透電恒数が最大になる事は Wolfke と Kamerlingh-Onnes²⁸⁾ によつて實驗されてゐる。

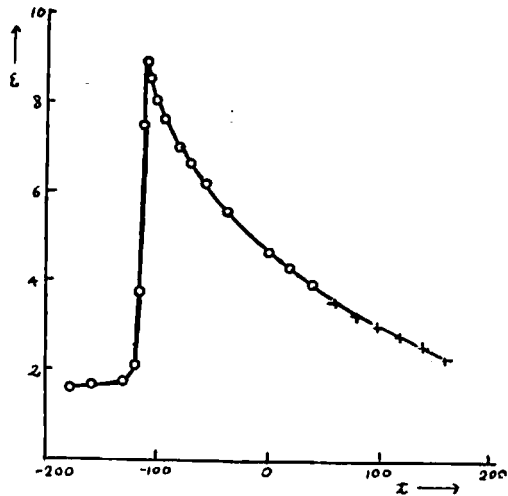
(2) 液體及び溶液 これらの温度による透電恒数の變化を明らかにするため代表的のものとしてエーテルを選ぶ。Isnardi は -185°—+18° まで、これに付て非常な正確な測定をしてゐる、これに Tangl のなした古

い測定を加へて $+160^\circ$ までは完全なものとなつた。第五圖はその結果を示したもので ϵ の最大値は -108 にある。この結果を前述の Debye 式に入れて見たがあまりよく

第 五 圖

合はなかつた。次に彼は同じく上述の Gans の式に於て、
 $A=138.9$ $B=515.2$ $C=0.29606$ したがつて $\alpha=0.1354$ なる値を入れて計算して好成绩を得て居る。

Klein³⁰⁾によればベンゼン中に種々のアルコールを同じ分子基定にとかした溶液に付て測定したのに皆同じ透電恒数を有する事を知つた。



Walden と Werner³¹⁾によれば有機物は異性體によつてこの透電恒数には驚くべき差異があるもので例へば二鹽化エチレン (Dichlorathylen) はシス型のものは 3.67 よりないのにトランス型のものは 7.55 もあつた。

次に透電恒数と化合物の構造に付て考へてみるに Walden は彼自身の測定にかゝる事際上の透電恒数の値から有機物の電氣的の性質は、この分子中に存在してゐる原子團又は根によつて大いに左右せられるものであると考へた。透電恒数の大なるものは必ず電氣的に陽性である根又は原子團と同じく陰性であるそれらが同時に存在しなければならないと考へた。そしてこの陽性の方に Dielektrophone, 陰性の方には Dielektrogene と命名した。これは Dipol 説によく一致してゐるところで正負の群が同時に存在する事は要するにそれ自身に Dipol の性

質を有してゐるからである。しかしこの説は Meyer³²⁾によれば完全なものとは言はれない。炭素の四つの原子價で二つは他の炭素原子で飽和され、残りが一價又は二價の電氣的負の原子團又は根(OH, NO, SO₃, Hなど)によつて充され、尚残りの原子價があるとしたら、これは炭素又は他の電氣的に正の原子又は原子團で充されると考へる。かゝる炭素は „Polar“ 炭素原子と命名されてゐる。Meyerはこの Polar 炭素原子をもつ液體有機物は皆 Dipolの液體と考へる事が出来ると言つてゐる。然し彼はかゝる Dipolの液體は Debye や Gansの説に従つて計算した透電恒数の價よりも非常に小さい價を事實上は示してゐる。要するに以上の考へから彼は Waldenの説を一部否定してゐる様である。

次に波長によつて透電恒数が如何になるかを考へるに、Graffunder³³⁾の研究がある。その中グリセリンに就いては特に興味があるものである。これは元來 Debye の説に従つて約 -20° 以下では不規則な分散をする。この分散はそれ自身の大きな粘性のために波長がなくなると分散の溫度が低くなる。彼はこの波長を變へて測定してみても、この不規則な分散の存在を確めた。

水溶液の透電恒数は一般にその電導度が増すから測定が困難のため、それは水より透電恒数が高くなるか否かの解決さへつける事は出来なかつた。1921年に Lattey³⁴⁾は共振法により種々の無機鹽・有機鹽について實驗し、水の透電恒数よりも低くなるといふ確信を得た。又與へられた交流の電壓によつても可成の差がある事を附言した。有機物では高くなるものがあつて、尿素、グリココール、サツカリンなどはその例である。Fürth³⁵⁾による時には一般に水溶液の透電恒数が水より高くなるものはその兩性イオンに關係がある。彼はグリココール水溶液外五種の兩性イオンをもつ溶液に付いて報告してゐる。この時

両性イオンは非常に大なる電氣的の Moment を持つてゐる Dipol として働かねばならないと言つて居る。

(3) 固体 固体の透電恒数の測定には前述の装置はすべて使用する事が出来る。多くは固体を粉末にして Starke の方法にしたがつて測定される、即ちこの粉末をある混合液に入れてこの両者が等しき透電恒数をもつ様な混合液を見出すのである。この測定の結論のみを言へば固体に於ても不規則な分散がおこる。又温度との關係に付ては長い波長を通過させる時には温度が低くなればなる程透電恒数の増加は小くなる。波長が非常に短くなる時には如何なる温度に於けるものも、その透電恒数はある小さい値に収斂する様である。最近に至り燐化合物の透電恒数に就ての種々の性質(例へば光や温度や電場などに就いてのその透電恒数の變化)が深く研究されて、これを利用して固体に就いての測定法を改良して居る。

本論文に就き詳細は文献 36 にある。

文 献

- (1) P. Debye: Physik. Zeitschr., 13, 97 (1912), 13, 295 (1912).
- (2) E. Schrödinger: Wiener. Ber., 21, 1937 (1912)
- (3) J. J. Thomson: Phil. Mag., 27, 757 (1914)
- (4) R. Gans: Ann. d. Phys., 64, 481, (1921)
R. Gans u. H. Isnardi: Zeitschr. f. Phys., 9, 159 (1922)
- (5) S. Boguslawski: Phys. Zeitschr., 15, 283 (1914)
- (6) R. Lundblad: Zeitschr. f. Phys., 5, 349 (1921)
- (7) S. Ratnowsky: Ver. d. D. Phys. Ges., 15, 497 (1913)

(120)

(磯谷延治) 透 電 恒 数

- (8) F. Kautzsch: *Phys. Zeitschr.*, 29, 105 (1928)
- (9) J. Herweg: *Verh. d. D. Phys. Ges.*, 21, 572 (1919)
 " : *Zeitschr. f. Phys.*, 3, 36 (1920)
- (10) C. P. Smyth: *J. A. C. S.*, 46, 2151 (1924)
 " : *Phil. Mag.*, 45, 849 (1923), 47, 530 (1924)
- (11) M. Born: *Zeitschr. f. Phys.*, 1, 221 (1920)
- (12) W. Nernst: *Zeitschr. f. phys. Chem.*, 14, 622 (1894)
- (13) W. Herweg: *Ann. d. Phys.*, 3, 308 (1920)
- (14) H. Joachin: *Ann. d. Phys.*, 60, 570 (1919)
- (15) H. Barkhausen u. K. Kurz: *Phys. Zeitschr.*, 21, 1 (1920)
- (16) F. Holborn: *Zeitschr. f. Phys.*, 6, 328 (1921)
- (17) R. T. Lattey: *Phil. Mag.*, 41, 829 (1921)
- (18) R. Fürth: *Zeitschr. f. Phys.*, 22, 98 (1924)
 " : *Phys. Zeitschr.*, 25, 676 (1924)
- (19) J. Herweg: *Zeitschr. f. Phys.*, 3, 36 (1920)
- (20) A. P. Carman: *Phys. Rev.*, 24, 396 (1924)
- (21) C. T. Zahn: *Zeitschr. f. Phys.*, 31, 362 (1925)
- (22) Karolus u. Prinz Reuss: *Phys. Zeitschr.*, 22, 362 (1921)
- (23) P. Walden. H. Ulich u. O. Werner:
 Zeitschr. f. phys. Chem., 115, 177 (1925), 116, 261 (1925)
- (24) M. Jona: *Phys. Zeitschr.*, 20, 14 (1919)
- (25) H. Weigt: *Phys. Zeitschr.*, 22, 643 (1921)
- (26) C. T. Zahn: *Phys. Rev.*, 24, 400 (1924)
- (27) W. Herz: *Zeitschr. f. Phys.*, 3, 308 (1920)
- (28) M. Wolfke u. H. Kamerlingh Onnes: *Comm. from the Phys. Labor. of the*

Univ. of Leiden. Nr. 171 S 9

- (29) H. Isnardi: Phys. Zeitschr., 20, 230 (1921)
- " : Zeitschr. f. Phys. 9, 153 (1922)
- (30) O. Klein: Medd. Nobelinstitut., 3, 24, 48 (1918)
- (31) P. Walden u. O. Werner: Zeitschr. f. phys. Chem. 110, 43 (1924)
- (32) E. H. L. Meyer: Zeitschr. f. Phys., 24, 148 (1924)
- (33) W. Graffunder: Ann. d. Phys., 70, 225 (1923)
- (34) R. T. Lattey: Phil. Mag., 41, 829 (1921)
- (35) R. Fürth. Ann. d. Phys., 70, 64 (1924)
- (36) O. Blüh: Physik. Zeitschr., 27, 226 (1926)