

的に變化し得る。 L_1, L_2 の作る板の厚さが R のに等しければ R, L_1, L_2 の全體の旋光角は零で、結局水晶は存在しないと同じである。それを零點として螺旋を進めて L_1, L_2 の組合せの厚さを増せば R, L_1, L_2 全體としては左水晶の厚さが零から段々厚くなり行く。

蔗糖の量を實際に測定するに當つては溶液が不純であることを忌むので特別の操作を必要とする。

砂糖計の液を入れる管に絶縁導體を巻きつけてコイルを作り之に電流を通ずると、偏光の進路に平行な磁場が作用せられる。然るときは旋光性のない液が磁場の作用する間臨時旋光性を得る。二硫化炭素や水はこの實驗に適する液である。この現象をファラデー効果 (Faraday effect) といふ。

第 五 篇

第二十一章 地 磁 氣

§ 127. 磁氣に関する量 磁石の理想的のものと考へてよい線狀磁石ではその兩端に S, N の磁極がある。此磁石の長さが $2l$ で、極の強さが m であると $2ml$ を此磁石の磁氣能率と云ふ。極の強さを測るには真空中に於て二つの相等しい極を 1 極の距離に置いたとき兩極間に 1 ダインの力が作用するものを以て磁極の C. G. S. 單位とする。實際の棒狀の磁石は斯くの如き線狀磁石を束ねたものと考へてもよい。棒の一端に近く N 極の集團、他端に近く S 極の集團があつて其作用の中心を棒磁石の兩極とする。兩極間の距離は通常棒の全長の $\frac{5}{6}$ と見てよい。 N 極又は S 極の集團に於ける極の強さの和を棒磁石の極の強さとし、此極の強さに兩極間の距離を乗じたものが棒磁石の磁氣能率である。

磁氣能率 M を磁石の體積で除したもの $J = \frac{M}{V}$ を磁石の帶磁度 (Magnetization) と云ふ。 J は磁石が長いものが大であり得るし又材料によつて異なるが、其價は C. G. S. 單位で 700 位のものがある。棒磁石を棒に直角に切斷するとその切口に磁極が現はれる、帶磁が均齊ならば前記の J はこの切口に於ける磁極の表面密度に等しい。

電流又は磁石の周囲の磁場 (Magnetic field) 中の一點に於ける磁場の強さ (Intensity of the magnetic field) F は、其點に單位磁極を置いたとき之に作用する磁力の大きさで表はされる。恰も單位質量に作用する重力 g を重力の場の強さとするのと同様な考へ方である。 F の實用單位は 1 ガウス (Gauss) である。

一點に於ける磁場の方向とはその點に N 極を置いたとして之に作用する力の方向を云ひ、それが指力線の切線である。

§ 128. 地球の磁場 地球の磁場に於ては其方向は磁氣子午面 (Magnetic meridian) 内にあつて北半球では水平線とは或る傾角を爲して下に向ふ。此角を伏角 (Inclination 又は Dip) と云ふ。磁氣子午面は地理學でいふ子午面と一致しない。兩者の間の角を方位角 (Declination) といふ。

地磁氣の磁場の強さは其水平面内に於ける分力 H で言ひ表はす習慣になつて居る。之は斜に下方に向ふ全力よりは水平分力 H の方が便宜が多いからである。普通の磁針は、針頭で支へたものでも又は絲で吊したものでも、水平面内に於て自由に動き得る様にしてある。故に斯くの如き磁針の極の強さを m とすれば、 N 極には北に向ふ mH の力、 S 極には南に向ふ同じ大きさの力が作用して此偶力のために磁針は磁氣子午面内に來たらしめられる。

§ 129. 水平分力の測定 水平分力を測定するには二つの實驗を結合して、これから計算する。第一の實驗は振動の實驗 (Vibration experiment)、第二の實驗は偏倚の實驗 (Deflection experiment) である。これを遂行する器械を磁力計 (Magnetometer) といふ。

(1) 振動の實驗 磁氣能率 $M=2ml$ の棒磁石を振りの弾性のない細い絲で吊して水平面内で自由に廻轉し得る様にする。

磁氣子午面内に於けるその平衡の位置から角 φ だけ磁石が子午面外にありとすれば、 N, S 兩極に働く偶力 mH の能率の臂の長さは $2l \sin \varphi$ で、偶力の能率 C は

$$mH \times 2l \sin \varphi = MH \sin \varphi \dots (129.1)$$

である。此棒磁石の吊絲を軸とした慣性能率を I とし、又角 φ が小さいとして $\sin \varphi$ を φ とすれば、自由廻轉振動の週期 T は (55.3') 式の中に $D=MH$ と置いて

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{MH}}, \quad MH = \frac{4\pi^2 I}{T^2} \dots (129.2)$$

となる。

I は磁石の質量とその形とから計算すればよい。若し絲を磁石に取りつけるための不規則な形の附屬物があつて、それによる慣性能率が I の中に加算せらるべき場合には次の如く實驗的に I を決定する。

真鍮の如き磁性を有しない材料で、幾何學的に規則正しい形のもので其慣性能率 I_0 が計算し得るものを補助とする。 I と I_0 とを重ねて再び振動させて、その週期 T' を測定すれば

$$MH = \frac{4\pi^2 I}{T^2} = \frac{4\pi^2 (I + I_0)}{T'^2} \dots\dots (129.3)$$

であるから、此式から I を計算すればよい。

若し絲が振りの弾性を有すれば之に對する補正が入用である。この絲の振りの弾性率 n を §59, §76 の如くして測定するには吊された磁石が邪魔になるが、今は絲が角 φ だけ振られたとき振り戻らんとする廻轉能率 $D\varphi$ の D さへ知ればよいのであるから、磁石の吊してあることを利用して次の如く實驗する。

磁石に反射鏡をつけて尺度と望遠鏡の方法を行ふ準備を爲し、次に磁石を吊した絲の上端を 2π だけ廻轉したために、水平分力の作用して居るに拘らず磁石が角 θ だけ廻轉したとする。然れば絲は $2\pi - \theta$ 角だけ振れたのだから

$$D(2\pi - \theta) = MH \sin \theta = MH \theta, \dots\dots (129.4)$$

$$\therefore D = MH \frac{\theta}{2\pi - \theta} = MH \cdot k \dots\dots (129.5)$$

とする。

此振りのある場合の廻轉振動の方程式は (55.1') と同様に

$$I \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = -MH \sin \varphi - D \cdot \varphi = -(MH + D) \varphi$$

$$= -MH(1+k) \cdot \varphi \dots\dots\dots (129.6)$$

で、週期を T とすれば

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{MH(1+k)}} \dots\dots\dots (129.7)$$

故に絲の振りを考慮した MH の値は

$$MH = \frac{4\pi^2 I}{(1+k) T^2} \dots\dots\dots (129.8)$$

となるのである。

(2) 偏倚の實驗 上の實驗で $P = MH$ が知れた。次の實驗で $Q = M/H$ を出し之によつて水平分力 $H = \sqrt{\frac{P}{Q}}$ と磁石の磁氣能率 $M = \sqrt{PQ}$ とを計算する。

先づ前記の振動の實驗に使用した磁石の軸上にあつてその中心 C から r の距離にある一點 P に於ける磁場の強さを計算する。磁石の極の強さを $\pm m$ とし、 P 點に單位磁極 $+1$ を置く ($+$ は N 極、 $-$ は S 極の符號)。 N にある $+m$ と P にある $+1$ の斥力は $m/(r+l)^2$ で、 S にある $-m$ と P にある $+1$ との引力は $m/(r-l)^2$ だからその合力 F 即ち P 點に於ける磁場の強さは

$$F = \frac{m}{(r-l)^2} - \frac{m}{(r+l)^2}$$

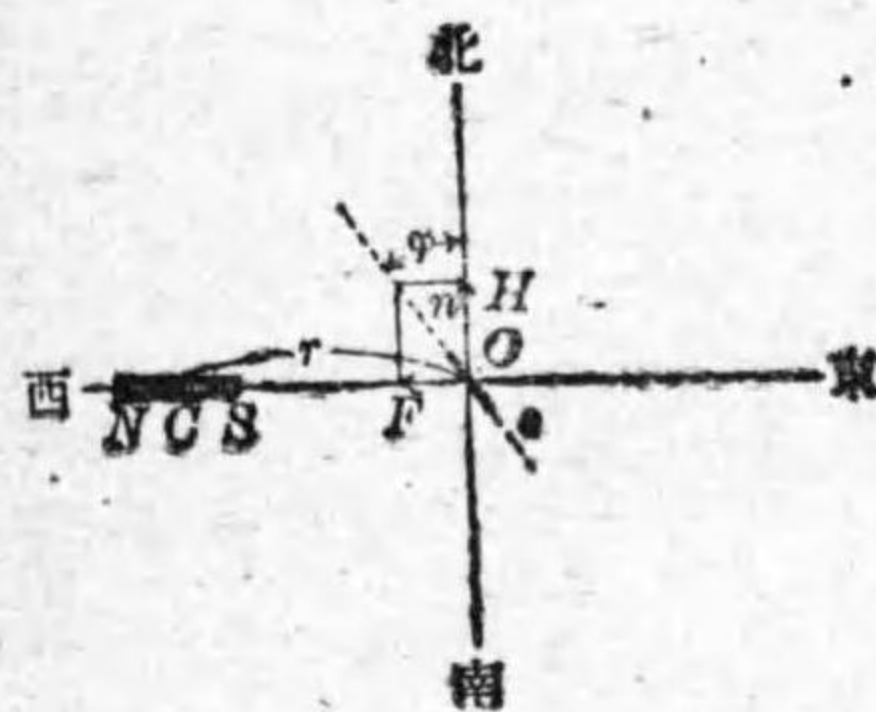
$$= \frac{m}{r^2} \left\{ \left(1 - \frac{l}{r}\right)^{-2} - \left(1 + \frac{l}{r}\right)^{-2} \right\}$$

$$= \frac{4lm}{r^3} \left(1 + \frac{2l^2}{r^2} + \frac{3l^4}{r^4} + \dots \right)$$

$$= \frac{2M}{r^3} \left(1 + \frac{2l^2}{r^2} + \frac{3l^4}{r^4} + \dots \right) \dots (129.9)$$

である。

扱て圖に於て一點 O に水平面内で自由に廻轉し得る小



第 59 圖

磁針を置く。 O 點より正西に振動實驗に使用した棒磁石 NS を軸を東西に向け、 NS の中點 C が O より r の距離にある如くす。圖の如く棒磁石の S 極が O に近ければ棒磁石が O 點に作る磁場 F は西

に向ふ。之により小磁針は北に向ふ水平分力 H と西に向ふ F との二力に作用せられて其合力の指す方向を取らんと、磁針の n 極は西に角 φ だけ偏倚する。 φ の價は

$$\tan \varphi = \frac{F}{H} = \frac{2M}{r^3 H} \left\{ 1 + \frac{2l^2}{r^2} + \dots \right\} \dots (129.10)$$

となり、 l が r に比して小なれば

$$\tan \varphi = \frac{2M}{r^3 H}, \quad \frac{M}{H} = Q = \frac{r^3 \tan \varphi}{2} \dots (129.11)$$

となる。

此實驗を實行するには O に置く小磁針に就ては (1) 成る

べく小なるものを使用して、その存在するがために棒磁石 NS が感應作用を受けて M を變ずる事なからしめること、(2) この小磁針の偏倚角 φ を測るに尺度とランプの方法によるか或は尺度と望遠鏡の方法によるが簡便だから磁針に小反射鏡を貼付けること、(3) 磁針を吊す絲は成るべく細く且つ長くして振りの弾性の影響なからしめること等の注意を要する。

又 φ を測るに其價を確實ならしめる爲に磁石 NS を O を中心として左右轉換して F を東に向はしめ、 φ を同じ價だけ子午線の反對の側に來たらしめる。更に又磁石の中心 C を O の東 r の距離に置いて同様に NS 極を轉換して二つの φ の値を測り、この四つの φ の平均を上式に入れるがよい。

更に一層正確を欲するならば上の計算に於て l^2 の項を省略したのを考慮することにするがよい。但し l^4 以上は省略する。然れば上式から

$$\tan \varphi = \frac{2M}{r^3 H} \left(1 + \frac{2l^2}{r^2} \right), \quad \frac{r^5 H \tan \varphi}{2M} = r^2 + 2l^2. \quad (129.11')$$

故に r の外に尙一つ別の距離 r' に就て前同様四つの φ' を測定し之を平均して同様にやれば

$$\frac{r'^5 H \tan \varphi'}{2M} = r'^2 + 2l^2. \quad \dots (129.11'')$$

この二式を邊々相減すれば

$$\frac{2M}{H}(r'^5 \tan \varphi' - r^5 \tan \varphi) = r'^2 - r^2.$$

故に

$$\frac{M}{H} = \frac{r'^5 \tan \varphi' - r^5 \tan \varphi}{2(r'^2 - r^2)} \dots \dots (129.12)$$

となる。これを使用して前の振動の実験と組合せれば精度が著しく高くなる。

以上二つの実験中温度の變化なき様に注意せよ。温度が變化すると M が變化して不都合である。此原因によると誤差を除くためには M_0 を 0°C に於ける能率とし、 α を温度係數として $t^\circ\text{C}$ の能率を $M = M_0(1 + \alpha t)$ として α を実験で測定して置く。それには振動偏倚の二実験中、温度が不變で t, t', t'', \dots 等であつた幾組かから出た能率 M, M', M'', \dots 等から α を出して置く。然れば一組の実験に振動の実験には温度が $t_1^\circ\text{C}$ 、偏倚のときには温度が $t_2^\circ\text{C}$ であつたならば能率が M_1, M_2 で

$$\left. \begin{aligned} P = M_1 H = M_0(1 + \alpha t_1) H, \\ Q = \frac{M_2}{H} = \frac{M_0(1 + \alpha t_2)}{H}. \end{aligned} \right\} \dots \dots (129.13)$$

M_0 及び H を見出し得られる。

尙永久磁石の M を求める方法が § 159 にある。

§ 130. 伏角と方位角 伏角を θ とすれば地球の磁場の鉛直分力は $V = H \tan \theta$ である。

θ を測定するには鉛直面内に於て自由に廻轉し得る爲に水平な軸を有する特殊の磁石が必要である。この重力の作用を蒙らしめざる爲に廻轉軸は正確に重心を通過しなければならぬ。

ばならぬ。この磁石の自由振動の平面を磁氣子午面に一致させ、磁石が靜止したときの磁軸の方向を垂直圓盤の目盛で讀む。

振動平面を子午面と一致させるには次の事實を利用する。即ち振動平面が子午面に直角なときに磁針に作用する力は V だけであるから磁石は N 極を下にして垂直になる。故に先づこの位置を定めて全體の器械を 90° 方位を廻せばよい。上記の作業を爲すためには水平と垂直な目盛圓盤を具備した特殊の伏角計といふ器械がある。

磁氣の方位角の測定には天文觀測によつて眞の子午線の方角を定め、又別に水平磁針の指す磁氣子午線の方角を定めるのである。

眞の子午線を定めるには一定の天體(太陽は毎日少しづつ高度の變化があるから精確を要するときには補正を要するの煩あり)の高度が子午線の東西で相等しい方位を定め、その二等分線の方位を定めればよい。これには經緯儀を大體南方に向けて子午線より東にある一定の天體を望遠鏡に入れ、それを追ひながら時々水平と垂直の圓盤で種々の時刻に於ける方位と高度とを讀んで行き、高度の同じものを組合せてその水平圓盤上の方位の讀取角を平均すればそれが眞の子午線である。

磁氣子午線を決定するには同じ經緯儀の望遠鏡を使用す

る。一つの管状の磁石でその N 端に分光器のコリメータの如くレンズをはめ、 S 端に透明板に尺度を記したものを置く(第34圖)。尺度はレンズの焦點にあつて目盛は水平にする。此磁石を経緯儀の南方に大體磁氣子午線に水平に吊し、それが静止したとき望遠鏡で十字線上にある尺度の目盛を読む。此時望遠鏡の視線は大體は南北だが多少東か西かに偏して居る。そこで磁石を上下にして吊直す(勿論尺度は水平にして)。そして再び望遠鏡の十字線上の目盛を読めば今度は前回と同一の角だけ他側に偏して居るから二回の尺度の目盛の平均の處を十字線が指す如く望遠鏡を廻せば、此時磁氣子午線が決定せられたのである。

第二十二章 電氣一般

§131. 電氣に関する單位 電氣に関する諸量の單位には靜電單位 (Electrostatic unit; e. s. u.) と電磁單位 (Electromagnetic unit; e. m. u.) との二つの系統がある。前者は靜電氣に於けるクーロム (Coulomb) の法則によつて電氣量の單位を定めたもので、真空中に於て二つの相等しき電氣量を1厘の距離に置いたときに1ダインの力が作用する如き電氣量を以て C. G. S. 單位と爲すものである (§155 参照)。そして電流でも電位でも之から誘導するのである。

後者は電流の電磁氣作用によるウェーバー (Weber) の法

則から出發して電流の單位を定めるものである。無限に長い直線電流があつて、その周りを C. G. S. 單位磁氣量 (§127 参照)を一週せしめたとき(徑路の形に關係なし)、 4π エルグの仕事をする如き電流をその C. G. S. 電磁單位とする。

以上の單位系統では實用上には或は大に過ぎたり、或は小に失したりする

ので不便がある。之を以て次の如き實用單位 (Practical unit) が國際的に採用せられた。

量	實用單位	e. m. u. の倍數	e. s. u. の倍數
電氣量	Coulomb	10^{-1}	3×10^9
電流	Ampere	10^{-1}	3×10^9
電位差	Volt	10^8	$\frac{1}{3} \times 10^{-2}$
抵抗	Ohm	10^9	$\frac{1}{9} \times 10^{-11}$
電氣容量	Farad	10^{-9}	9×10^{11}
感應係數	Henry	10^9	$\frac{1}{9} \times 10^{-11}$
電力	Watt	10^7	10^7

此等の實用單位の分數又は倍數を

使用するとき、他のメートル法の單位と同様に次の形容數詞を冠する。

一百万倍	10^6	Meg—,
一千倍	10^3	Kilo—,
千分の一	10^{-3}	Milli—,
一百万分の一	10^{-6}	Micro—.

實用單位を實際に代表するものを作ることは恰もメートル法の理論的約束と共原器との關係と同一轍を踏んで學術の進歩と共に測定法が精度を高め昨是今非となるから、國

際會議で次のものを 國際實用單位 (International practical units) と定めた.

- a. 1 國際 Ohm とは 0°C に於て斷面積 1 平方耗, 長さ 1.063 米の水銀線で, その質量は 14.4521 瓦の有する抵抗である.
- b. 1 國際 Ampere とは毎秒銀の 1.11800 庇を電氣分解する電流である.

この二つさへ定めて置けば他の單位は之から誘導できる. この國際アンペアは殆ど理論的實用單位と一致し, 國際オームは 0.05% だけ國際單位の方が大である.

電位差の標準として實用上賞用せらるゝものとしてはウエストン電池 (Weston cell) がある. 國際會議の結果この電池の動電力 (即ち電流を通ぜざるときの兩極間の電位差) は 0° 乃至 40°C 間にある $t^{\circ}\text{C}$ に於ては

$$E = 1.0183 - 0.0000406(t - 20) - 0.00000095(t - 20)^2 + 0.00000001(t - 20)^3 \text{ ヴォルト} \dots\dots\dots (131.1)$$

と定められた. この電池は電源として使用すべきものではなく唯電位差の標準として役立つものである.

電源として長時間一定電流を取り出し得るものとしては蓄電池 (Secondary cell) に若くものはない. 極板の大なるものは其抵抗が小さくして動電力が長く一定である. 但し動電力が減じ始めたならば直ちに充電を怠つてはならぬ.

又二週間以上使用せずにあつたら, その時も充電 (電極から氣體が発生するまで) をする. 動電力は普通 2 ヴォルト強である.

導體の電氣容量はその幾何學的の形狀とその周圍にある媒質とに關するが, 空氣中にある導體で云へば面積 f 平方厘の二枚の板を d 厘の間隔に保つたものの電氣容量は

$$C = \frac{f}{36\pi d} \times 10^{-5} \text{ マイクロ・ファラッド} \dots (131.2)$$

である. 但し d は小なりとする.

コイルの自己感應係數 L はコイルが空氣中にあるとして半径 r , 長さ l の圓筒狀に導線 p 回を一重に巻きつけたものでは, l が r に比し大なるときは

$$L = \frac{4\pi^2 p^2 r^2}{l^2} (\sqrt{l^2 + r^2} - r) \times 10^{-9} \text{ ヘンリー} \dots (131.3)$$

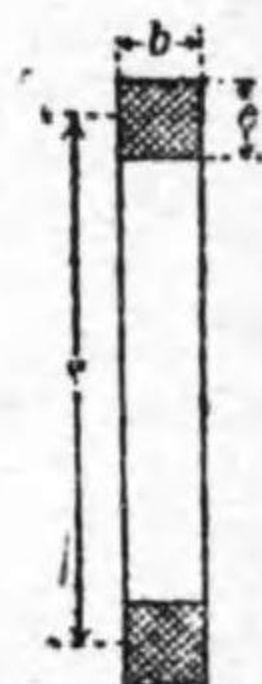
と見てよい. 若し l が非常に長ければ

$$L = \frac{4\pi^2 p^2 r^2}{l} \times 10^{-9} \text{ ヘンリー} \dots\dots (131.4)$$

である. 又導線を p 回, 平均半径 r の扁平なる圓環狀に巻いたもので, その枠の幅が b , 厚さが c ならば

$$L = 21 \cdot p^2 r \sqrt{\frac{r}{b+c}} \times 10^{-9} \text{ ヘンリー} \dots (131.5)$$

但し $1 < \frac{r}{b+c} < 3$ なりとする.



第 60 圖

§ 132. オームの定律 比抵抗 ρ (Specific resistance) なる材料で作つた導線の長さが l , 断面積が q ならばこの導線の抵抗 R は

$$R = \rho \frac{l}{q} \dots\dots\dots (132.1)$$

である。比抵抗 ρ は 1 立方糎の抵抗であるから長さ 1 メートル, 断面積 1 平方糎の抵抗は $10^9 \rho$ オームである,

比抵抗の逆数

$$\kappa = \frac{1}{\rho} \dots\dots\dots (132.2)$$

を傳導度 (conductivity) と云ふ。

	$10^9 \cdot \rho (18^\circ\text{C})$
銀	0.016
銅	0.017
タンダステン	0.053
ニッケル	0.070
水 銀	0.958
コンスタンタン	0.50
マンガニン	0.43
眞 鍮	0.08

オームの定律は二つの場合に分けて考へるがよい。第一は導線及び電源から成る全回路に就ていふときで, 導線の抵抗 R_e (外抵抗 External resistance) 及び電源の抵抗 R_i (内抵抗 Internal resistance) との和

$$R = R_e + R_i$$

を回路の全抵抗とし, 電源の動電力 (Electromotive force, 回路を作らざるときの兩極の電位差) を E とすればこの回路を流れる電流 I は

$$I = \frac{E}{R} \dots\dots\dots (132.3)$$

で與へられる。單位は總ての量に就き同一系統に屬するものを使用すべきは勿論である。例へば E がヴォルト, R がオームなれば I はアンペアで與へられるし, 若し e.m.u. を採用すれば動電力は $E \times 10^8$, 抵抗は $R \times 10^9$ だから電流は丁度 $\frac{E}{R} \times 10^{-1}$ で與へられて合理的になつて居る。

第二は抵抗 R なる導線に就ていふ場合で, 此導線は或る回路の一部分を爲して居り, 其中には動電力を含んで居ないとき導線を流れて居る電流が I ならば

$$I = \frac{E}{R} = \frac{V_1 - V_2}{R} \dots\dots\dots (132.4)$$

の E は導線の兩端に於ける電位差 $V_1 - V_2$ を示すものである。(132.1) を (132.4) に代入すれば

$$I = \frac{V_1 - V_2}{\rho l} \cdot q = \kappa \frac{(V_1 - V_2) \times q}{l} \dots\dots\dots (132.5)$$

となる。(82 2) と比較すれば熱傳導と電氣傳導とは全く類似のものであることを知る。

故に動電力 E , 内抵抗 R_i の電池の兩極 A, B を外抵抗 R_e の導線で連結して一つの回路を成さしめるとき, 兩極の電位を V_A, V_B とすれば, 第二の場合として導線のみ就てオームの定律を應用すれば

$$V_A - V_B = I \cdot R_e \dots\dots\dots (132.6)$$

であり、第一の場合として全回路に オームの定律を適用すれば

$$E = I(R_e + R_i) \dots\dots\dots(132.7)$$

故に

$$V_A - V_B = E \frac{R_e}{R_e + R_i} = E \frac{1}{1 + \frac{R_i}{R_e}} \dots\dots\dots(132.8)$$

となる。これは電池の兩極に電氣計 (§149)をつないで實驗して見るとよい。 R_e が R_i に比して非常に大なるときには $V_A - V_B = E$ と見てよいが、 R_e が小さくなれば $V_A - V_B$ は E よりは著しく小になる。

§133. キルヒホッフの規則 數條の導線を任意につないだ導線網があつて、此導線の或るものの中に動電力(電池でも熱電堆でも)が入つてある一般の場合に就ては、オームの定律を一般化したキルヒホッフの規則 (Kirchhoff's rules) を使用するのが便利である。

第一規則 導線の分岐點に於て之に向つて流入する電流を正とし、之より流れ出づる電流を負とすれば、電流の代數和は零である。

$$\sum I = 0. \dots\dots\dots(133.1)$$

第二規則 導線網中の任意の一點から出發して導線を辿つて任意に環狀の徑路を畫いて出發點に復歸するとせよ。徑路の方向と一致する電流及び動電力を正とし、逆

向する電流及び動電力を負として各導線に於ける電流と抵抗との相乗積の代數和 $\sum IR$ を作れば、之は徑路中にある動電力の代數和 $\sum E$ に等しい。

$$\sum IR = \sum E. \dots\dots\dots(133.2)$$

この規則の有利なことを示すために一の例を擧げる。

動電力 E の電池の兩極より導線を出し、 AB 點に於て圖の如く抵抗 R, R' の二導線を並列につないである。

A 點に於て (133.1) により

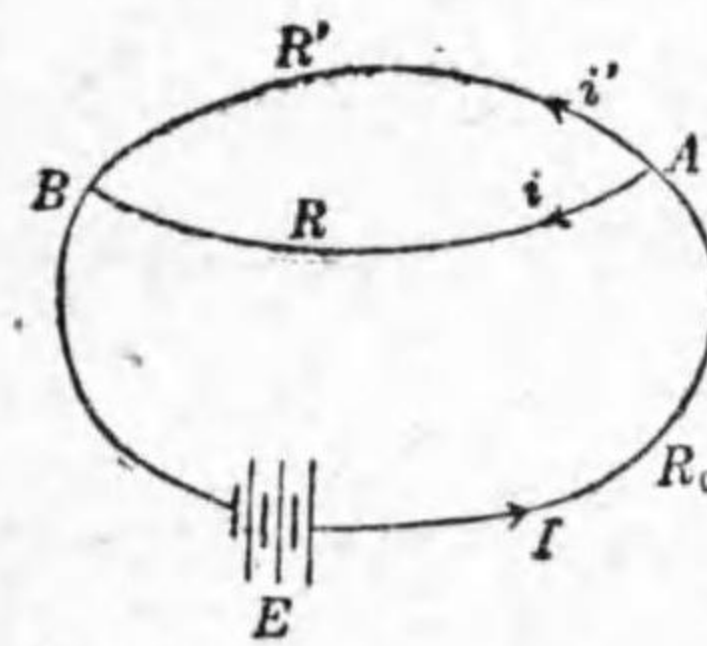
$$i = i + i'$$

R, R' から成る環狀回路に (133.2) を應用して

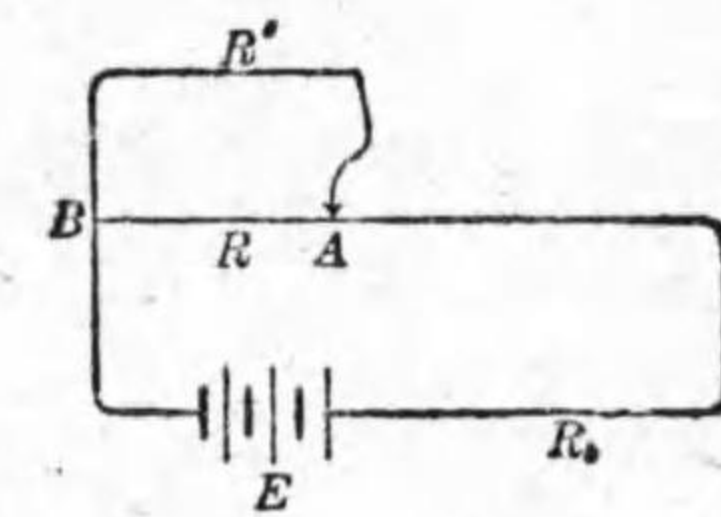
$$iR - i'R' = 0.$$

又 A から電池を経て B に至る抵抗を R_0 とすれば R_0, R からなる環狀回路から

$$IR_0 + iR = E.$$



第 61 圖



第 62 圖

以上三式から $i : i' : I = \frac{1}{R} : \frac{1}{R'} : \frac{1}{R} + \frac{1}{R'}$,

$$I \left(R_0 + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}} \right) = E$$

を得る。而して R, R' の二導線を並列につないだものの抵抗 ρ は

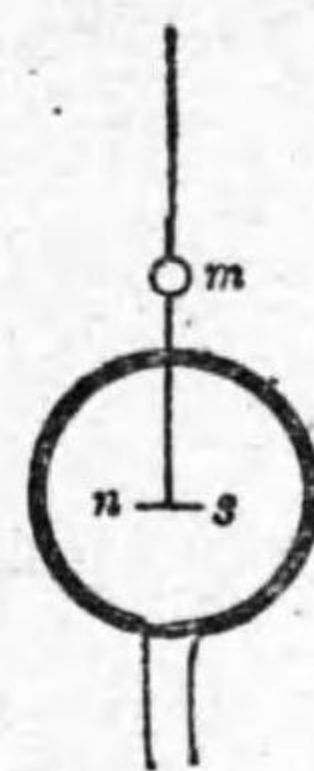
$$\rho = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}}, \quad \therefore \frac{1}{\rho} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R'}$$

なることを知る。

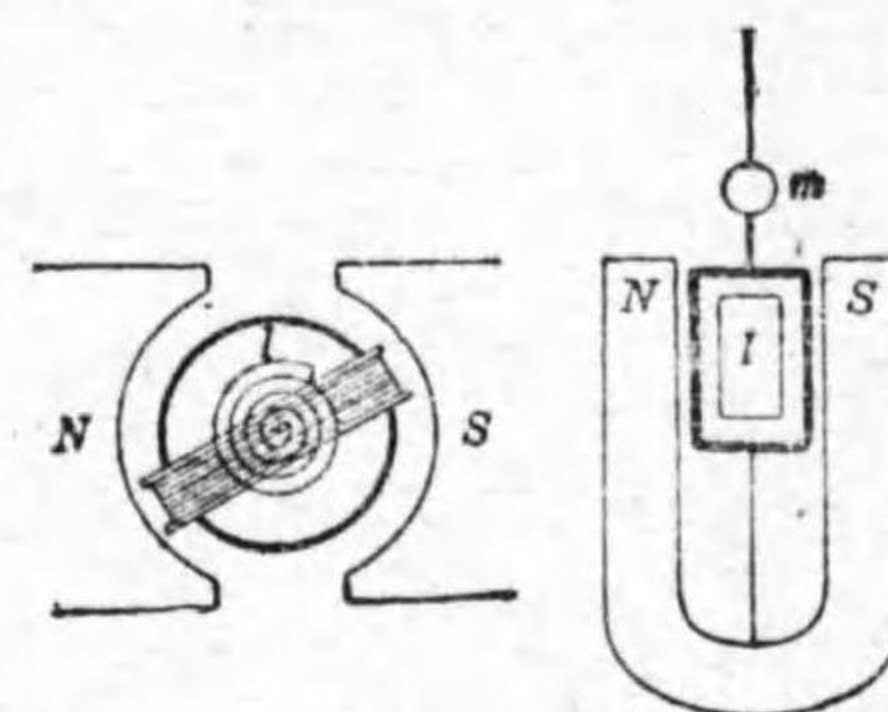
上圖の R' が抵抗の甚だ大にしてしかも鋭敏なる電流計で所謂 **ヴォルトメートル** (Voltmeter) であれば、 i' が非常に小さいから $i=I$ と見てよく、 R_0 及び R から成る単一回路の A, B 二點にヴォルトメートルを接觸しても此回路を亂すことなしと考へてよい。而してヴォルトメートルを通る電流 i' から A, B 二點間の電位差 $V_A - V_B = iR = i'R'$ を測定することが出来る。これがヴォルトメートルの原理である。

第二十三章 電 流

§ 134. **電流計** 電流計 (Galvanometer) には二つの型式がある。第一は所謂 **磁針電流計** (Needle galvanometer) で、水平面内で自由に廻轉し得る磁針があつて、それを取り巻く垂直面内にあるコイルに電流を通ずると磁針が偏せられるものであり (第 63 圖), 第二は所謂 **動コイル電流計** (Moving coil galvanometer) で、一の垂直軸を有する廻轉し得る可動コイルを甚だ強い蹄鐵永久磁石の兩極間に置いたもので、コイルに電流を通ずるとコイルの平面が磁氣指力線に直角にならんとするから、之を牽制する爲にコイルに髭ゼンマイを附けたり或はコイルを彈性ある線で吊して電磁力と彈力とが釣合ふ偏角を生ぜしめる。コイルの中の空所には磁氣力線を集結する爲に軟鐵圓壻 I が置いてある (第 64 圖)。



第 63 圖



第 64 圖

鋭敏なる電流計では磁針又はコイルの偏角を測る爲に之に反射鏡をつける (§ 31). 斯くの如き電流計の感度を言ひ表はす一つの方法は、1 ヴォルトの動電力と外抵抗 R と電流計とで一回路を作つたとき、1 米の距離にある尺度の上に 1 耗の偏倚 (偏角 $\varphi = 0.001$ ラジアン) を生ぜしむるに必要な R をメガオーム (10^6 オーム) で表はした數を求め、之を **メガオーム感度** と稱する。

§ 135. **磁針電流計** この電流計のコイルの普通の形は環状で、導線を n 回、平均半径 r 厘の圓形に捲き重ねたものである。

これは I アンペア即ち e. m. u. で $\frac{1}{10} I$ の電流を通ずると、圓の中心に於て圓の平面に直角なる磁場

$$F = \frac{2n\pi}{r} \frac{I}{10} \text{ (C. G. S.)} \quad \dots\dots (135.1)$$

を作る。故に電流を通じない以前にコイルの平面内に水平なる磁場 H が存在するならば、電流を通ずると磁針の偏角 φ は



$$\tan \varphi = \frac{F}{H} = \frac{2 n \pi \cdot I}{10 r H}$$

$$\therefore I = K \cdot \tan \varphi \dots \dots \dots (135.2)$$

となり、 I は $\tan \varphi$ に正比例する。一定電流 I に對して φ を大ならしめる、即ち鋭敏なる電流計を得るには n を大にし、 r と H とを小さくすればよい。 H は普通地球磁場の水平分力であるが、これを特に小にするには棒磁石を適當に使用してその作用を地磁氣の水平分力に逆にすればよい。

磁針の偏角 φ を測るには指針によるものと磁針に附けた平面鏡によるものとある。

此型の電流計は以前は盛に使用せられたものであるが、電氣工業の發達のために現今は強く且つ變化する電流が使用せられるので、之がために妨害せられて都會地では上記の H が一定でないので φ が變化して計測不能になることが多い。

§ 136. 動コイル電流計 此電流計のコイルは普通長方形で、電流を通じない時のコイルの平面は蹄鐵磁石の磁場 H の方向と一致する。コイルに附した彈性體の彈性偶力がコイルを角 φ だけ偏するのに $D\varphi$ なりとすればこの偶力と電磁的偶力 IfH とが釣合ふ。即ち

$$IfH = D\varphi \dots \dots \dots (136)$$

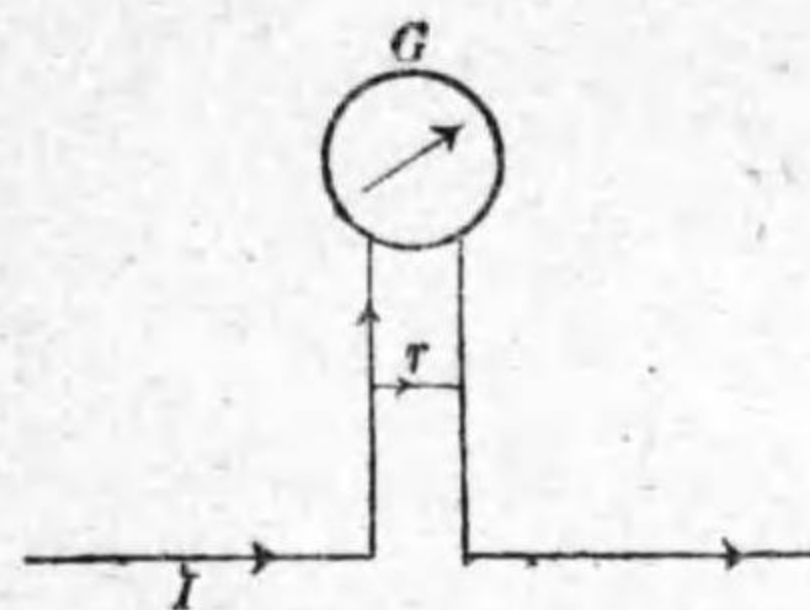
f はコイルの導線の捲き數及び大きさに關する常數である。一定の電流 I に對して φ を大ならしめるには D を小(即

ちゼンマイを弱くし)、 H を大(即ち蹄鐵磁石を強く)にするがよい。

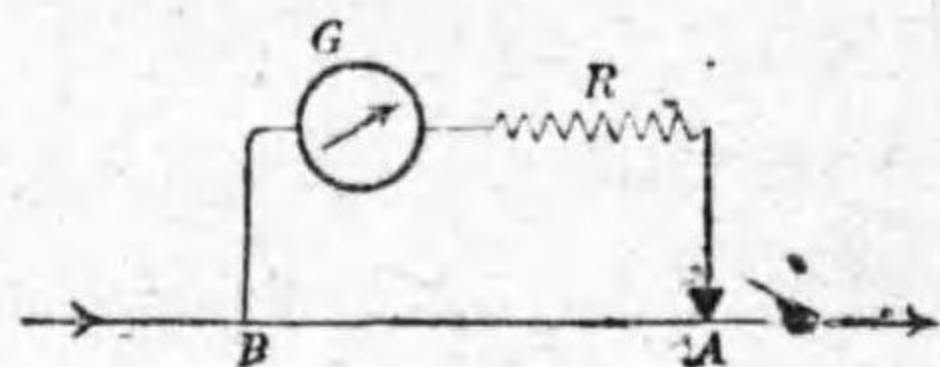
コイルの代りに唯一本の甚だ細い導線を垂直に永久磁石の間に張つたものに電流を通じて、この導線の動きを顯微鏡で視る様に裝置した動線電流計 (String galvanometer) や又オッシログラフ (Oscillograph) 等は共にこの型の電流計の變型と見てよい。

コイルの偏角を測るには指針によるものと平面鏡によるものとある。前者で指針がただちに電流のアンペアを示す目盛を指すものは特にアンメートル (Ammeter) といふ。反射鏡を備へたものは多くは甚だ鋭敏な器械で微弱な電流を測つたり或は電流の有無を驗知する目的に使用せられることが多い。斯くの如き鋭敏な器械で強い電流 I を測らんと欲する場合には電流計の兩極の間を抵抗の小なる導線 r を短絡したもの(第 66 圖)を回路中に入れる。若し此抵抗 r が電流計のコイルの抵抗 g の $\frac{1}{99}$ だとすれば、第 61 圖の理によつて I の電流の $\frac{1}{100}$ が電流計を通じ、 $\frac{99}{100}$ が r を通ずるから電流計で測つた價を 100 倍すれば I が出る。

電流計を第 67 圖に示した如くヴォルトメートルとして使用する時には、コイルの抵抗の外に大抵抗 R を附加したものを電流計の電極と見て、之を電位を測らんと欲する二點 A, B に接すればよい。



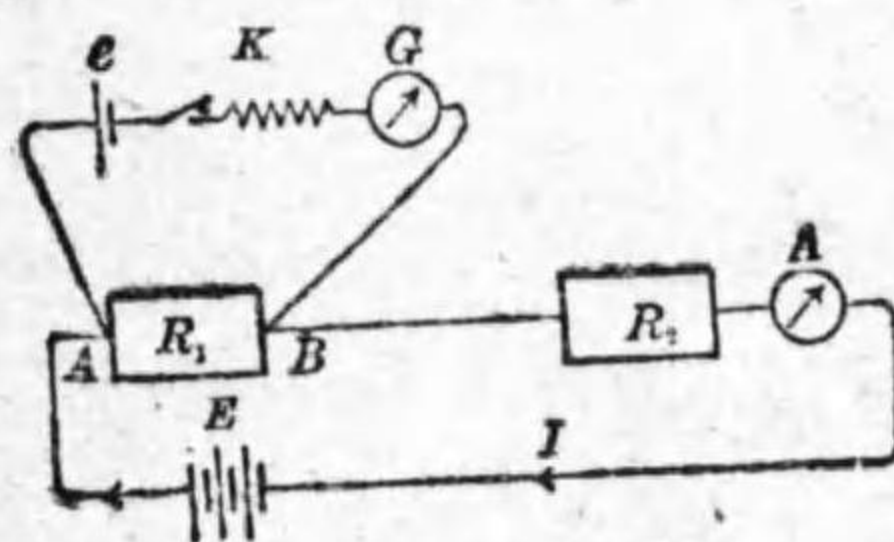
第 66 圖



第 67 圖

§ 137. **ポテンシオメータ**(電位差計) 導線の二點 A, B 間の電位差 $V_A - V_B$ とその間の抵抗 R とからオームの定律によつて電流を測定する甚だ優良な方法がある. 之をポテンシオメータ法と云ひ, 之によつてアンメータの目盛の檢定を行ふことが出来る.

この方法を實施するには精密抵抗箱, ウェストン標準電池 e 及び鋭敏なる電流計を要す



第 68 圖

る. 第 68 圖に於て E が電源, A が檢定せらるべきアンメータ, R_1, R_2 が二つの抵抗箱で, 之には適當量の抵抗が入れてある.

この適當量といふのは主として R_2 を加減して I を所望の大きにし, 次に I の概略の價からウェストン電池の起電力 e が

$$e = IR_1 \dots\dots\dots (137)$$

となる如く R_1 を定めるのである.

扱て I の價を精確に定めて A の示度の正否を檢するには, ウェストン電池 e (§ 131) と電流開閉器 K , 精密反射電流計 G とを圖の如く抵抗箱 R_1 の兩端 A, B につなぐ. 但し E と e との陽極は R_1 の同一端に連結せしむべきである. 尙安全装置として e, G 間に大抵抗を挿入して置くがよい. 以上の準備が成つてから開閉器 K を一瞬時押して G に電流が通するか否かを見て, 若し電流が通じたならば, それが通らなくなるまで R_1 を加減する (R_1 を加減すると勿論 I も變化するが, 若し I を一定に保ちたいならば R_1 を減じただけ R_2 を増して $R_1 + R_2$ を一定にすればよい). G が無電流の状態になつたのは, A 點が B 點より電位が $IR_1 = e$ だけ高いので丁度標準電池の兩極の電位差と一致したからである.

開閉器 K を押すことを永く繼續してはならぬ. 標準電池に電流が通ずると之を損じて e の價が變化するからである. e は有效數字が五桁まで知れて居るから, R_1 も同様に五桁まで決定すれば I も五桁まで精確に測られるので, 此方法の精度は甚だ高いと云うてよい.

此方法を實施するのに都合よく設計した器械が**ポテンシオメータ**(Potentiometer)として市場に出て居る.

§ 138. **ヴォルタメータ法** 電解法 (Electrolysis) によつて電流を定めることは長時間電流を一定に保つことを必要

とする不便があるが、尙且つ基本的方法の一つである。之に要する器械を **ヴォルタメートル** (Voltmeter) と云ふ。

電解物としては普通に (1) 硝酸銀, (2) 硫酸銅の水溶液及び (3) 稀硫酸を使用し、電極としてはそれぞれ (1) 銀板を陽極, 白金板を陰極, (2) 銅板及び (3) 白金板を使用する。

1 アンペアの電流は毎秒銀の 1.118 瓩, 銅の 0.3294 瓩及び水素, 酸素の混合氣體の 0.09335 瓩, 即ち標準状態に於ける體積 0.1740 立方糎を析出する。

實驗に際して注意すべきことは銀, 銅ヴォルタメートルの陰極板に附着した金屬の質量を秤量するにあたり, 此際金屬を失つたり或は極板を乾燥するに當つて酸化して酸素の量が加算せられたりすることの無い様にすべきである。金屬が極板に丈夫に附着する爲には極板に於ける電流密度 (Current density) 即ち極板の單位面積を通ずる電流の強さを適度に保たねばならぬ。即ち銀ヴォルタメートルでは陰極板の 1 平方糎につき $\frac{1}{50}$ アンペア, 銅ヴォルタメートルでは陰極板の 1 平方糎につき $\frac{1}{100}$ アンペア程度がよい。

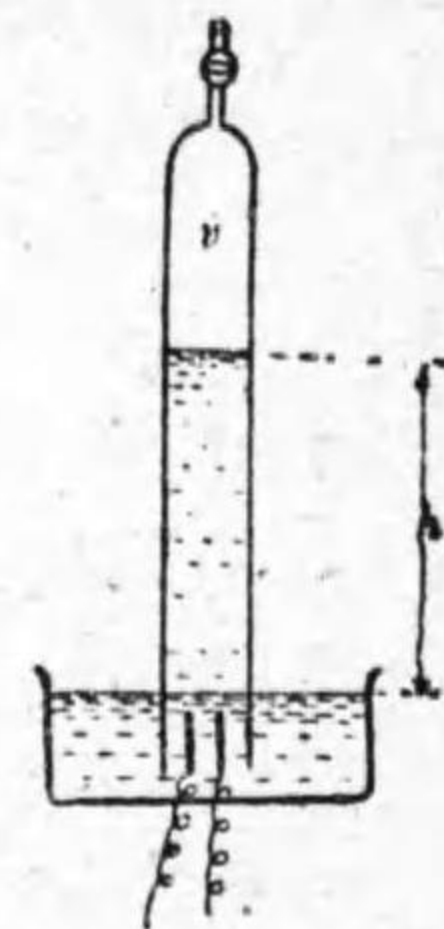
銀ヴォルタメートルでは液は中性がよいが, 銅ヴォルタメートルでは少しく酸性がよい。後者に於て最も成績のよいのは水 1000 cc に硫酸銅 150 瓦, 硫酸 50 瓦, アルコール 50 瓦を入れたものである。

稀硫酸の電解では比重 $s=1.1$ の液を使用して酸素, 水素

の混合氣體の體積を v 立方糎と讀取つたとき, 之を標準状態に換算するには先づその壓力 p を次式で計算する。

$$p = b - \frac{h \cdot s}{136} - ke. \quad \dots(138.1)$$

式中 b は實驗の時の氣壓計の高さ, e は水蒸氣の飽和壓で, $s=1.1, k=0.9$ とする (ke は稀硫酸の蒸氣壓)。實驗時の溫度が $\theta^\circ\text{C}$, 第 69 圖實驗に要した時間が T 秒とすれば結局次の如くなる。



$$v_0 = \frac{v}{1 + 0.00367 \cdot \theta} \frac{p}{760}, \quad \dots(138.2)$$

$$I = \frac{v_0}{0.1740} \frac{1}{T} \dots(138.3)$$

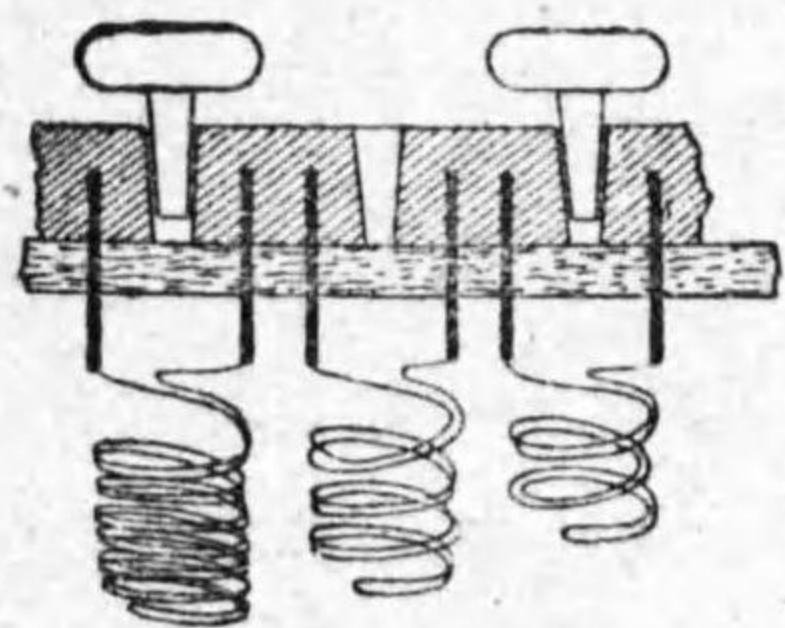
第二十四章 電氣抵抗

§ 139. 抵抗箱 電氣抵抗の標準となるべき大小種々の抵抗を有する一組の導線を収めた**抵抗箱** (Resistance box) は電流の實驗には缺くべからざるもので, 恰も質量に於ける大小種々の分銅の一組と同様な役目を爲すものであるから, 其抵抗の種類の数も分銅の場合の如く 1, 1, 2, 5 オーム等で一の桁を編成させて居る (1, 2, 3, 4 オームにしたのもある)。抵抗箱の構造等に就ては之を他書に譲り, 此所には使用上注意すべき諸件を列挙する。

(1) 導線の抵抗は温度によつて變化するを常とするから、以前は此變化の殆ど無い合金コンスタンタン (銅 60, ニッケル 40) を抵抗箱の抵抗材料として使用したものである。然るに普通實驗に使用するものは導線であるが之を抵抗箱につなぐと二種の異金屬の接觸が二箇所に出来る。若しこの二つの継ぎ手の温度に差があると熱電流の動電力が其所に生起して實驗の妨害をするので、現今はコンスタンタンを使用せずしてこの缺點なき合金マンガニン (銅 84, マンガン 12, ニッケル 4) を使用することにした。

(2) 抵抗箱中の導線は其表面の酸化を防止し又絶縁のためにシュラック又はパラフィンで絹の被覆を保護してある。斯くの如き導線であるから決して強い電流を之に通じてはならぬ。電流の爲に温度が上昇すれば抵抗が變じて標準の用を爲さず、或は加熱が一層甚だしいと被覆物を損じ或は線が焼切れることもある。電熱器に使用するニクローム抵抗線の如きは之を赤熱しても切れることはないが、ニクローム線の 10 オームのものと抵抗箱中の 10 オームの線とでは同じ 10 オームでも取扱ひ方に大なる相違がある。同じ二十歳の青年でも貴公子と労働者では同様には取扱へない。

(3) 抵抗箱の表面を爲す絶縁用のエポナイト板は之を清淨に保たねばならぬ。エポナイトは強い光に曝すと變質してその表面が電氣を傳へる様になるから此點も留意しなければならぬ。又各種導線の端の差込栓 (Plug) も之を清淨に保つて脂氣などの附かぬ様



第 70 圖

にし、その差込み方も強きに過ぎざる様に手加減を習得せよ。差込栓は抵抗線を短絡するもので之を抜き取ると其所に記してあるだけの抵抗が入るのである。

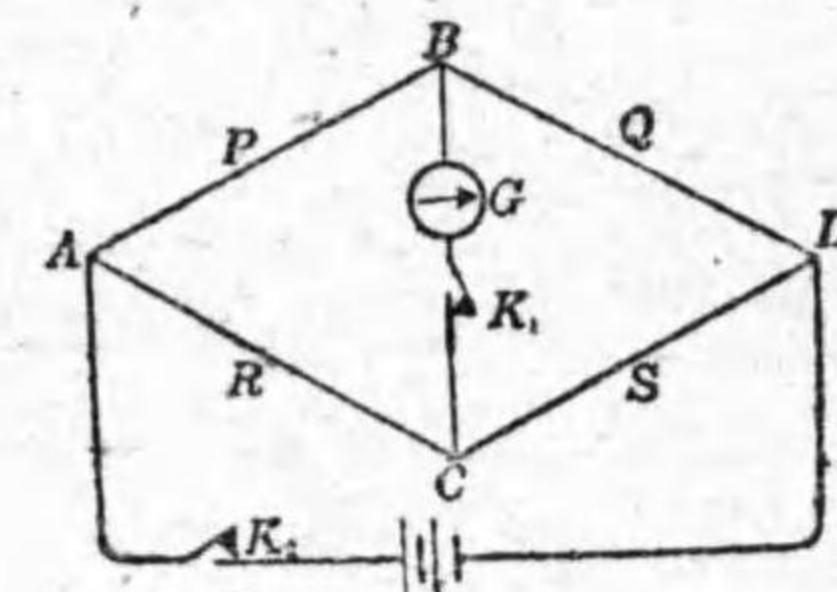
§ 140. 抵抗の測定 (其一) 導線

の電氣抵抗の測り方は大體質量の測定と趣を同じうし、天秤の代りに電流計を、分銅の代りに抵抗箱を使用すると思へばよい。そして彼の場合と同じ様に交換法 (§ 40), 歸零法 (§ 38) 及び振動法を利用した比例法 (§ 42) 等がこの場合にも用ひられる。

先づ交換法に就て述べれば、電流計、電池及び抵抗を求めんと欲する導線とで一回路を作つて電流計の偏角を読み、次にこの導線に代りに抵抗箱を交換して抵抗を加減して電流計が同一偏角を與ふるに至らしめる。然るときはこの抵抗箱の読みが問題の導線の抵抗である。

§ 141. 抵抗の測定 (其二) 歸零法による抵抗の測定法は即ちホキートストーン橋 (Wheatstone's bridge) の方法である。ホキートストーン橋と云ふ導線網は P, Q, R, S なる抵抗を有する四導線を第 71 圖の如くつなぎ、 P, R の接合點 A と Q, S の接合點 D とを電池の兩極につなぎ、又 P, Q の接合點 B と R, S の接合點 C とを電流計 G につないだものである。

K_1, K_2 は電流開閉器 (Key) である。 K_1, K_2 を押した時若し B 點と C 點とが同一電位にあれば G には電流が流れない。而してそれは四つの抵抗が次の關係にあるときである。



第 71 圖

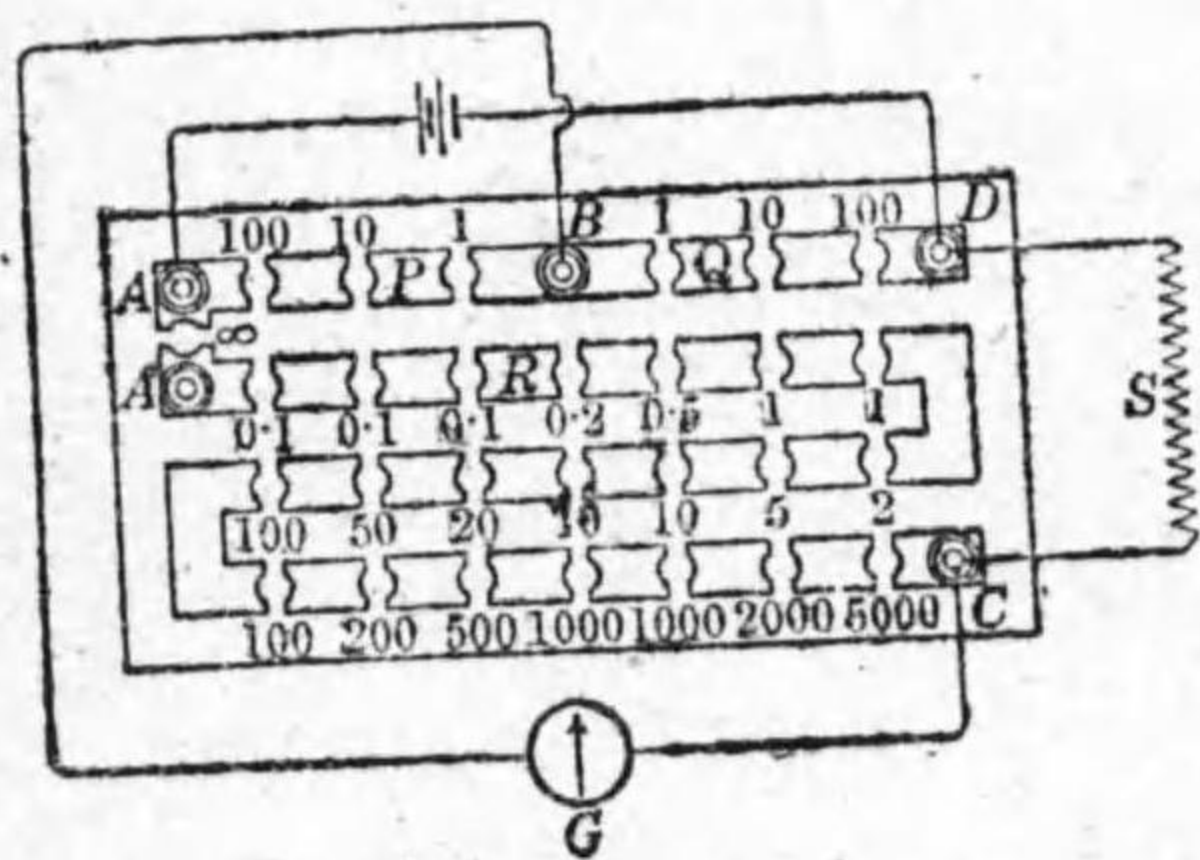
$$P:Q=R:S. \dots\dots\dots (141)$$

P:Q をホキートストーン橋の兩腕の比といふ。必要ではないが普通は P=Q にする。其時に R を抵抗箱, S を未知抵抗とすれば電流計 G の偏角を零ならしむる如く R を加減すれば其時の R の讀取が即ち求むる所の S の價である。

R を加減してそれが正當の價になつたかを判定するには先づ K₂ を押して電流を導線網に流し, 次に K₁ を押して G を通ずる電流の有無を見る。

上記の操作を行ふに便利に設計せられた多數の器械が市場にあるが, 郵便電信局型(Post office box)と稱する特殊の抵抗箱もその一例であつて P, Q, R の抵抗が一箱の中に配置せられてある。

第 72 圖は抵抗の配置と電流計, 電池及び未知抵抗のつなぎ方を示すもので第 71 圖と一致させてある。A, A', B, C,



第 72 圖

D は導線をつけた
り外したりするた
めの止螺旋である。
A, B 二點間には P
となるべき 100,
10, 1 オームの抵
抗, B, D 二點間
には同様な Q となる

べきものが並べてあり, A から C に至る間には R となるべき多くの抵抗が並んで居る。開閉器 K₁, K₂ は圖には省いてあるが箱には備へてある。又 A, A' 二點間は差込栓で連絡をしたり之を斷つたりできる。

使用に當つては P 及び Q の兩腕から例へば差込栓を各、10 オームのものを抜き取つて P=Q=10 にしたとし, それから R の所で差込栓を色々抜き替へて試みればよい。S が大なるときは P=10, Q=100 とすれば S は R の讀取の 10 倍の抵抗を有する。

§ 142. 抵抗の測定 (其三) 前節の實驗に於て使用した電流計が鋭敏であると R を如何に變じても電流計を零位に持ち來たし得ず, R₁ では小に失し, R₂ では大に過ぎる。その時には比例法を使用して R₁ のときの電流計の讀取 z₁, R₂ のときの讀取 z₂ 及び零位の讀取 z₀ から

$$z_2 - z_1 : z_0 - z_1 = R_2 - R_1 : R - R_1 \dots\dots\dots (142)$$

式によつて R を計算すればよい。

又 z₀, z₁, z₂ 等の讀取を定めるに當つても指針が振動して居てその靜止を待つのが煩はしいときには天秤のときの如く振動法を利用すればよい。

ホキートストーン橋に似た方法で電池の抵抗を測る マンスの方法, 及び電流計の抵抗を測る トムソンの方法等を実施することは上文同様にやればよい。

§ 143. 抵抗温度計 § 70に記した電氣的温度測定法の一つは白金線の電氣抵抗の温度による變化を利用したもので、或る長さの細い白金線を雲母製の枠に巻付けたものを適當な保護用の管中に収めたものを爐の中なり或は地中などに入れて抵抗を測り、之によつて爐又は地中の温度を知るもの

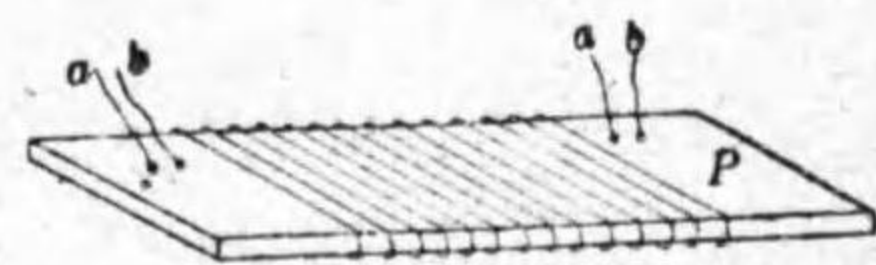


第 73 圖 白金線に達する導線 1, 2 の外に同質の材料で出来たもので白金線の所まで往復する導線 3, 4 が保護管中に入れてあるので、管口には 1, 2, 3, 4 の四本の導線端が出て居る(第 73 圖)。第 72 圖の抵抗箱の A, A' 間の差込栓を抜いて此間の連絡を絶ち、3, 4 をそれぞれ A, A' につなぎ、次に 1, 2 を C, D につなぐ。但し此等の連絡用の往復導線は 1, 2 のものと 3, 4 のものと全く同大、同長、同質なることを必要條件とする。そして $P=Q$ で實驗すれば明白に白金線の抵抗が得られる。

使用した白金線の温度對抵抗の式 (70.1) は既知標準温度

で檢定してある。

§ 144. セレニウム・セル 元素セレニウムに光を投射すると其電氣抵抗が減ずることを利用して一種の光度計として輻射の強さを測ることがある。抵抗測定はホキートストーン橋によるが、セレニウムを保持する装置をセレニウム・セル (Selenium cell) と云ふ(セレニウム電池と譯するは穩當でない、セルは小箱の義である)。セルは石盤又は硬質磁



第 74 圖

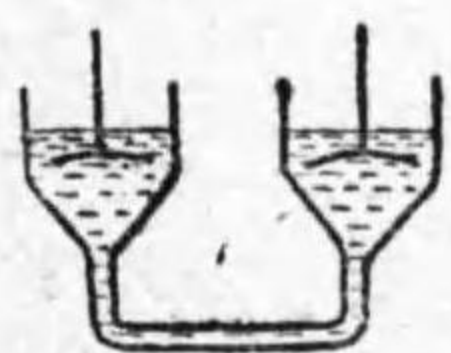
器の薄板 P に二本の導線 a, b (洋銀線を可とす) を第 74 圖の如く並べて巻きつけ線の間をセレニウムにて塗り埋める。導線 a, b をそれぞれ第 72 圖の CD の止螺旋に連結すれば、電流は a よりセレニウムを通じて b に流るゝによつてその抵抗を測り得る。使用のときのみ光に曝露して普通は小箱中に密閉して暗黒に保つ。

之に使用するセレニウムは特別に處理したものでなければ不可である。

先づセレニウムの市販品を青酸加里液に溶かし鹽酸で沈澱させると赤色の粉が現はれる。これは非晶質セレニウムで、之を酒精及びエーテルで洗ふ。次にこの非晶質のもの一部分を二硫化炭素中に入れて數時間直接日光に曝すと所謂赤セレニウムと云ふ結晶質のものを得る。非結晶質セレニウム 10 と赤セレニウム 1 とを混合し、エーテルを加へ捏ねて糊状にし、これを以て上記の導線 a, b 間の空所を塗り埋め、空氣バスの中で 170°C に數時間熱處理を施

すと初めて使用に適するものを得る。

§ 145. 電解物の抵抗 電解物 (Electrolyte) 中に於ては電氣の傳導は陰陽のイオンの運動によつて行はれるので金屬中に於けるものとは全然其趣を異にする。液中に浸した兩極の金屬が分極 (polarize) するのも、そのためである。之によつて實驗中長く電流を通じて居ると分極電壓が発生して妨害をする。この故に電解物の抵抗測定には交流電流を使用して分極作用を発生せざらしめるがよい。實驗方法はホキートストーン法でよいが普通の電流計はその用を爲さぬから電話の受話器を使用する。



第 75 圖

導體の形即ち液を入れる器の形は實際複雑であるから、同一の容器 (第 75 圖) に電極の位置を不變に保ち、一度は既知傳導度の溶液を入れて抵抗を測り、次に問題の液の等體積のを入れて再び抵抗を測つて兩抵抗の比から傳導度の比を得るのがよい。

次表に二、三の水溶液の傳導度 (オーム、糲) を掲げる。

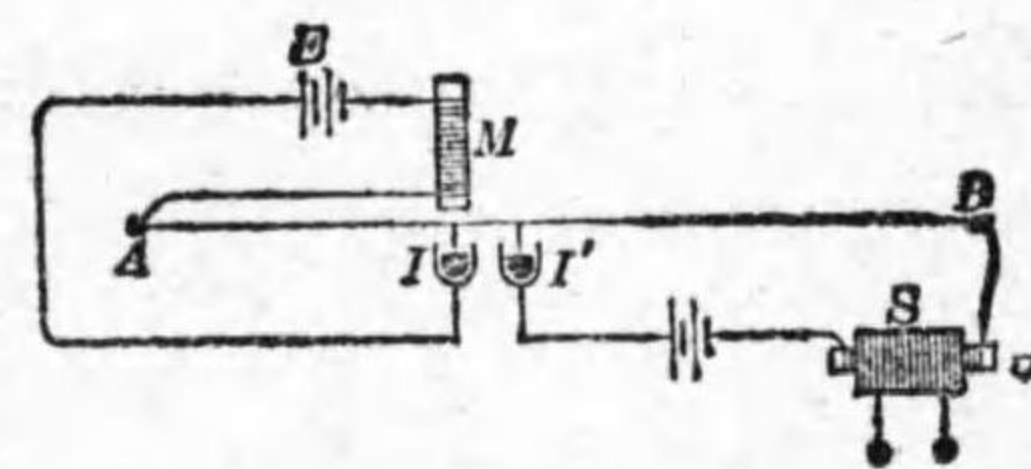
最良の蒸溜水の傳導度は 7×10^{-7} に近い。水の傳導度を測定すれば之によつてその純潔の程度を知り得る。

この實驗に適當なる交流電源は小なる感應器 (Induction coil) がよい。交流の周波數 (Frequency) が樂音程度のものが受話器で聽くに都合がよいから第一コイル P の電流斷

溫度	H ₂ SO ₄ 30%	NaCl 飽和	KCl 規定液	KCl $\frac{1}{10}$ 規定液	KCl $\frac{1}{50}$ 規定液	KCl $\frac{1}{100}$ 規定液
15°C	0.7028	0.2015	0.09254	0.01048	0.002243	0.001147
16	7151	2063	9443	1072	2294	1173
17	7275	2112	9633	1095	2345	1199
18	7398	2161	9824	1119	2397	1225
19	7522	2210	0.10016	1143	2449	1251
20	7645	2260	10209	1167	2501	1278
21	0.7768	0.2310	0.10402	0.01191	0.002553	0.001305

續を第 76 圖に示す如く鐵線 AB の振動によつて行はしめ

るがよい。即ち電池 E , 電磁石 M と水銀溜 I とが電鈴に於けると同様に作用して絃の振動を持続し、これによつて第一コ



第 76 圖

イル P の電流が水銀溜 I' に於て斷續せられる。第二コイル S の兩極が第 71 圖の電池の兩極の代りになる。

第二十五章 電位差

§ 146. 電池の動電力 (其一) 電池の動電力を簡単に測定するにはオームの定律 $E=IR$ によるがよい。 R は回路の全抵抗であるが、電池の内抵抗は通常數オーム程度のものだから電流計及び導線の抵抗 (或は特に入れた抵抗箱の抵抗)

が甚だ大なる場合には電池の内抵抗は顧慮しなくてもよい。ヴォルトメータは丁度この目的のために設計したもので、自身の抵抗が大であるから特に抵抗を入れなくても回路の抵抗が大で之を通ずる I が直ちに E を示す様にしてある。

ヴォルトメータのない時には鋭敏な電流計を使用してよい。即ち回路の全抵抗 R を大にして且つ一定に保ちながら、一度は動電力既知の電池 E_1 (ウェストン電池は此目的には決して使用してはならぬ、電池の中を電流を流すのだから。蓄電池、ダニエル電池等可なり) を入れたときの電流計の偏角を φ_1 とすれば、此電流計が磁針電流計ならば

$$I_1 = K \tan \varphi_1 = \frac{E_1}{R}$$

であり、次に問題の電池を入れたときの偏角を φ_2 とすれば

$$I_2 = K \tan \varphi_2 = \frac{E_2}{R}$$

であるから

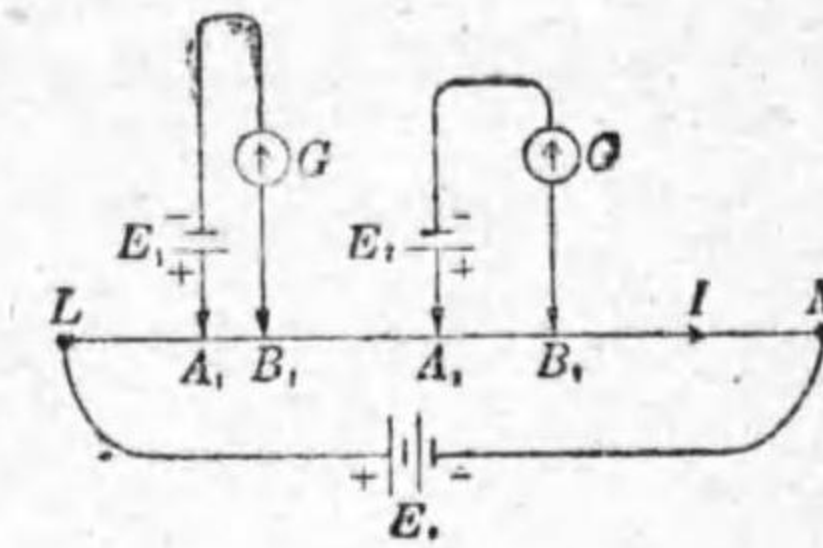
$$E_1 : E_2 = \tan \varphi_1 : \tan \varphi_2$$

によつて E_2 が計算できる。動コイル電流計でも同様である。

§ 147. 電池の動電力(其二) ポテンシオメータ法も亦電池の動電力の比較に利用することが出来る。此度は電池 E_1, E_2 に電流を通さぬのだから E_1 にウェストン電池を使

用してよい。第 77 圖は此方法の原理を示すもので E_0 は一定動電力の電池(蓄電池が理想的である)で、此回路中にある抵抗を LM 線で代表させてある。

又 L が M より電位が高くて I なる電流が L から M に向つて流れて居る。



第 77 圖

先づウェストン電池 E_1 と電流計 G とによつて §137 に記した通りにして G に電流が通ぜぬ様にし、此時の二接觸點 A_1, B_1 間の抵抗を R_1 であつたとする。次に問題の電池 E_2 と G とで同様な操作を繰返して實驗したときの二接觸點 A_2, B_2 間の抵抗を R_2 とすれば

$$E_1 = IR_1, \quad E_2 = IR_2 \dots\dots\dots(147.1)$$

だから

$$E_1 : E_2 = R_1 : R_2 \dots\dots\dots(147.2)$$

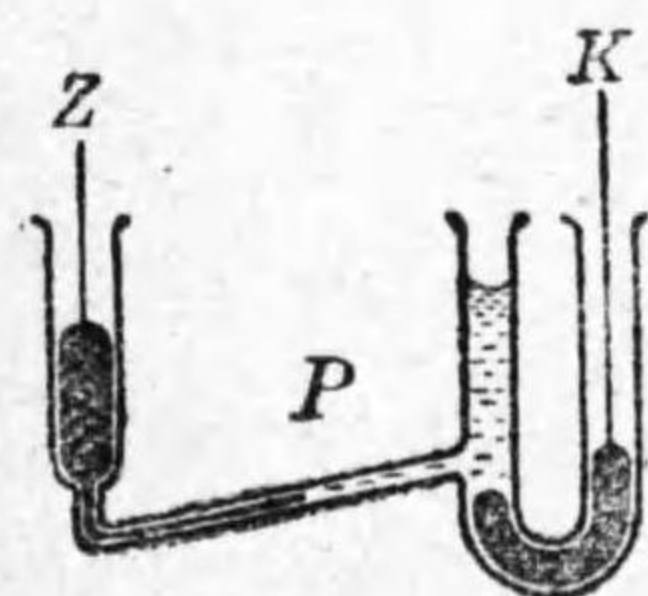
となり之から E_1 を計算すればよい。

本節の方法は E_2 が §70 に記した熱電池による電圧の場合にも應用し得てその精度が高いことが利益である。特に市販のポテンシオメータを使用すれば誠に便利で推奨すべき方法である。

§ 148. 毛管電氣計 電流の流れてゐる導線の二點間の電位差 $V_1 - V_2$ が 1 ヴォルト以下のものを測るには毛管電氣

計 (Capillary electrometer) が簡便な装置である。これは稀硫酸中に入れた水銀電極が分極すると表面張力が殆ど之に正比例して増大することを利用したものである。

第 78 圖に示した如き毛管を有する硝子器の兩脚に水銀を入れ、その上に 25% の稀硫酸を注入し、白金線 Z, K を



第 78 圖

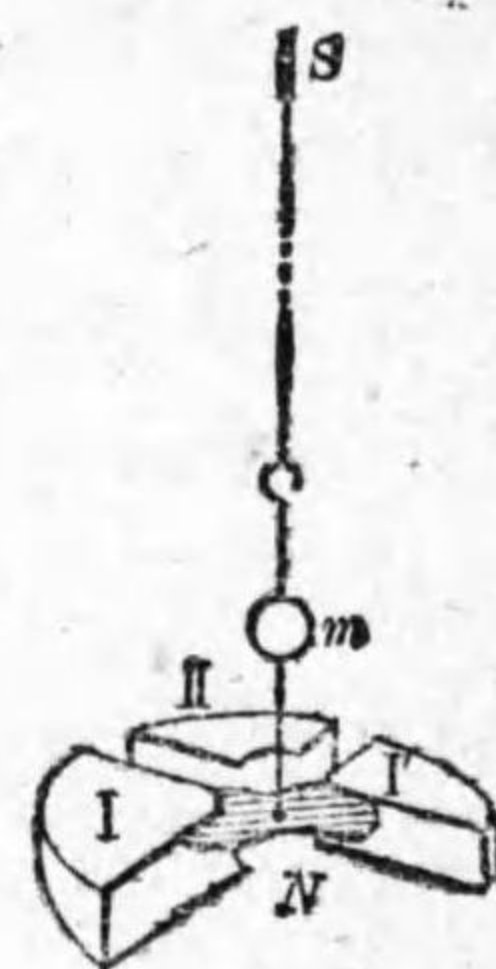
水銀中に挿し込んで測らんと欲する電位の低い方を Z に、高い方を K につないで見ると、水銀電極の端 P が動く。此移動量を測微装置を具へた顯微鏡で測ればよい。顯微鏡の目盛の價を定めるには第 68 圖の装置に

より、 E を動電力一定の蓄電池とし、 e, K, G を去り、其代りに抵抗箱 R_1 の兩端 A, B にそれぞれ水銀電極 K, Z をつないで電位差 IR_1 による水銀端 P の移動を測ればよい。

§ 149. 象限電氣計 電氣計 (Electrometer) とは靜電氣的の引力斥力によつて電位差を測る器械である。電位差の大きさの程度によつて色々の種類があるが、先づ數ヴォルト程度のもを測るに適する象限電氣計 (Quadrant electrometer) を使用する實驗に就て述べる。

扁平な圓形の中空容器を四個の象限 I, I', II, II' に切つた如きものを互に少しく離して絶縁體の脚を以て支へてある。又中間の空所の中央には平面鏡 m をつけた長い細い

棒の下端につけたアルミニウム製の繭形の平板 (之を電氣計の針と名づく) N が棒の上端に附けた細線で S から吊してある。細線は通常熔融石英のを使用し、之に電氣傳導性を與へるためにその表面を鍍銀するか或は鹽化カルシウムの水溶液を筆で塗つて乾かす。針 N の指す方向は平面鏡 m を使用して § 31 の方法によつて之を知るのである。 N の零位は四象限を電位零にした



第 79 圖

とき I, II に對して對稱の位置たらしめる。相對する二象限 I, I' 及び II, II' は別々に互に導線をつないで四個の象限が電氣的には二個の導體 I 及び II を形成する (第 80 圖を見よ)。

導體 I, II 間に電位差 V が與へられ且つ針 N に 100 ヴォルトに近い或る一定の高電位を與へると、 I, II が N に作用する引力及び斥力の偶力のために石英線を振りながら N は或る偏角 φ の位置に至つて靜止する。而して V が餘り大ならざるときは φ は V に正比例して

$$V = C \cdot \varphi$$

となる。 C は電氣計の常數である。調整が正しく出來て居れば、 II を地につないで其電位を零にして I を $+V$ にすれば φ は例へば右に、 $-V$ にすれば φ は同一角だけ左

にふれる。

§ 150. 電池の動電力 (其三) 此電氣計を使用して二つの電池 E_1, E_2 の動電力を比較するには, 第 80 圖に示す如き抵抗箱の板面の様に一つの絶縁板の上に八個の金属片を配置して八個の差込栓を挿し得る如くしたものを使用するのが便利である. 象限 I, I' を栓 1, 2 の金属片に, 象限 II, II' を 3, 4 につなぎ且つこれを接地する. 電池 E_1 は 5, 6 に, 電池 E_2 は 7, 8 に, 圖に示す如くつなぐ. 針 N は高電位に保つて置く.

以上の準備が終つてから次の順序に実験を進める.

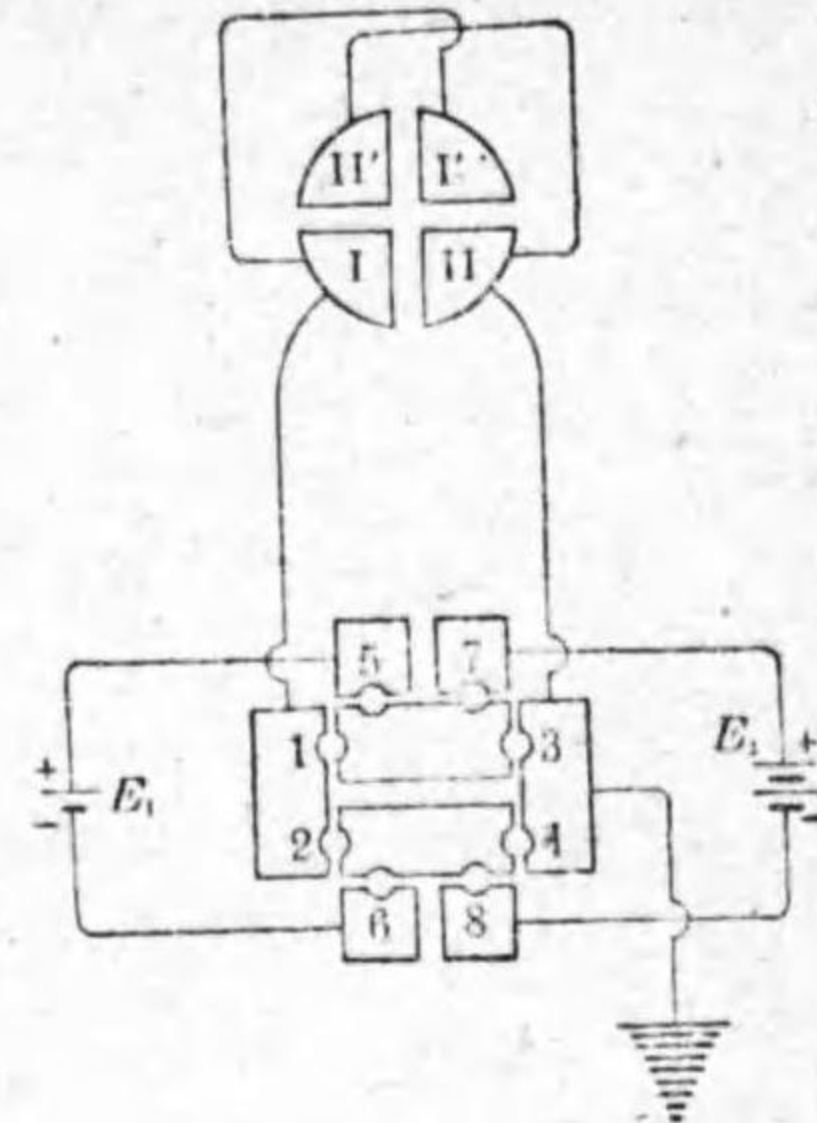
- (1) 先づ差込栓を 1, 3 に挿入して導體 I, II を同電位にあらしめて N の零位を求める.
 - (2) 差込栓を 1, 4, 5, 6 に挿入して I を $+E_1$ にして偏角を測り, 次に 2, 3, 5, 6 に挿入して $-E_1$ にして偏角が左右相等しく φ_1 ならばこれを讀む. 左右が異なれば N の石英線の上端を支持する S を廻して零位を正し, (1), (2) を繰返し上記の如くなるに至らしめる.
 - (3) 差込栓を 1, 4, 7, 8 に挿入して I を $+E_2$ に, 次に 2, 3, 5, 6 に挿入して $-E_2$ に爲し, 偏角 φ_2 を讀む.
- 然るときは明白に

$$E_1 = C\varphi_1, \quad E_2 = C\varphi_2; \quad \dots (150.1)$$

$$E_1 : E_2 = \varphi_1 : \varphi_2 \quad \dots (150.2)$$

である.

針 N を高電位に保つには小さな不変電池の數十又は數百を一行につないだ所謂高壓電槽 (High tension battery) を使用する. 電槽の一極を接地し他極を N の石英線を吊すための上の支持物 S につなげばよい.



第 80 圖

電流の流れて居る導線の二點間の電位差でも勿論この電氣計で測られる.

§ 151. 電氣容量 (其一) 電氣計を使用して靜電氣的に導體の電氣容量を測ることは蓋し其本來の目的の一つと云へよう. 實驗法は既知容量 C_1 と未知容量 C_2 との比較である.

第 81 圖の如く電池と二つの導體 C_1, C_2 とを配置し, 先づ C_2 からの導線 T を電池の一極 A に觸れて電氣計の偏角 φ を讀む. 此時 C_2 に與へられた電氣量 Q は電池の動電力を V とすれば

$$Q = C_2 V, \quad V = K\varphi, \quad \dots (151.1)$$

$$= KC_2 \varphi$$

である. 次に C_2 に與へた電氣が逃げない様に注意して T を A から離して B に觸れると, Q が $(C_1 + C_2)$ の容量の導體上

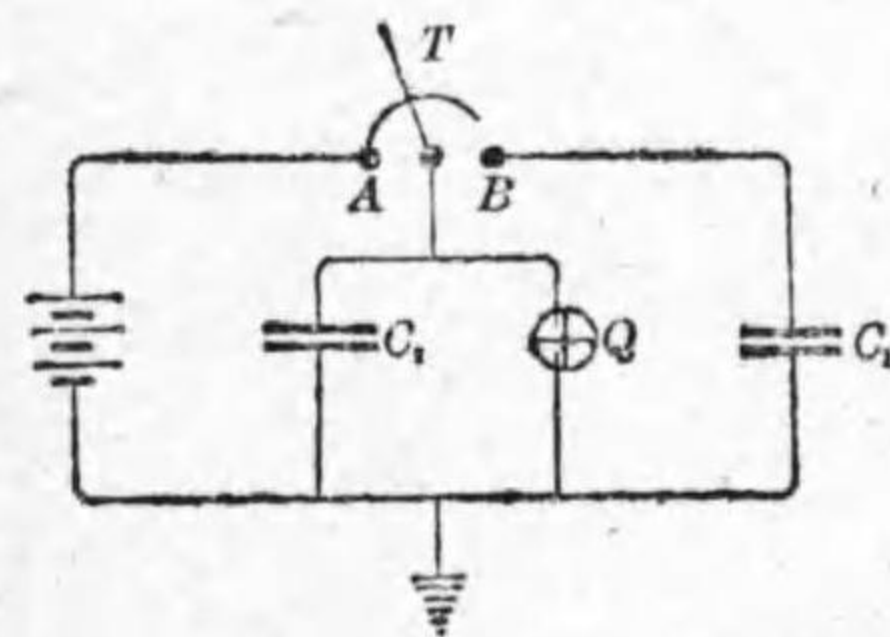
に擴がるので電位は降つて V' となり、電氣計の偏角は φ' になる。

$$Q = KC_2\varphi = K(C_1 + C_2)\varphi' \dots (151.2)$$

$$C_2 = C_1 \frac{\varphi'}{\varphi - \varphi'} \dots (151.3)$$

これから C_2 を得る。

上述のものには電氣計の容量が省略してあるが、實は電



第 81 圖

氣計及び導線にも皆若干の容量があるから之を考慮すべきである。此等を今 C_0 として之を測るには上記の C_2 を取去つて全く同じ操作を行へばよい。即ち電氣計を電池に觸

れたときの偏角を φ_0 とし、次に電氣計を電池から離して C_1 に觸れたときの偏角を φ_0' とすれば、上記と同様に

$$C_0\varphi_0 = (C_0 + C_1)\varphi_0' \dots (151.4)$$

$$C_0 = C_1 \frac{\varphi_0'}{\varphi_0 - \varphi_0'} \dots (151.5)$$

而してこの C_0 を考慮した本實驗は (151.2) 式の代りに

$$Q = K(C_2 + C_0)\varphi = K(C_1 + C_2 + C_0)\varphi'$$

から C_2 を計算すればよい。

§ 152. 高い電壓の測定 測らうと思ふ電位差がキロヴォル

ト程度でも前節のと同じ原理の電氣計で之を測り得るが、器械が頑丈なものである必要上自然その構造が違ふ。然し數十、數百キロヴォルトの電壓ならば、次の火花放電の火花間隙によるのが特別な器械を要しないので便利である。

二つの同一直徑 d の

球を球面間の距離 S にして其間に火花を飛ばさんとすると火花の飛び始めの電壓 V はキロヴォルトで表すと次表の通りである。故に始め S を大にして段々之を小にして火花の飛び始める S を読めばよい。

X線管の放電の時の電壓を測るには管と並列に火花間隙を置き上記の通りすればよい。

但し此實驗に於て注意

を要することは、一旦兩球間に火花が飛ぶと空氣中に多數のイオンが発生せられ空氣が傳導性を得るから二度目からは S が大きくても火花が成立する。故に一度火花が飛んで

S(厘)	d(厘)		
	1.0	2.0	25
0.1	5.0		4.6
0.2	8.7	8.5	8.0
0.3	12.0	11.8	11.3
0.4	15.0	14.9	14.4
0.5	17.9	17.9	17.4
0.6	20.6	20.9	20.4
0.7	23.2	23.7	23.3
0.8	25.5	26.5	26.2
0.9	27.6	29.0	29.0
1.0	29.3	32.0	31.8
2	K.V. (大氣の壓力は常壓)	52.1	60.5
3		64.2	87.3
4		71.9	113
5		76.8	138
10			247
20			398
30			492
40			555

後に実験を繰返すには空気を新鮮にし球の表面をよく磨く必要がある。

第二十六章 衝動電流計

§ 153. 衝動電流計 パリスチック 又は 衝動電流計 (Ballistic galvanometer) は其構造に於ては磁針型でも亦動コイル型でも §134 所載のものと同大差ない。唯その吊された廻轉系が甚だ大なる慣性能率を有するので振動極めて緩慢なものである。其用途は短時間しか継続せぬ電流を之に通じて其電流を時間に就て積分した

$$Q = \int_0^T I dt \dots\dots\dots (153)$$

なる電気の總量 Q を測定するにある。電流の繼續時間 T が短かく廻轉系の振動が緩慢だから、 T 時間中には廻轉系は未だ零位にあつて動かない。然し Q のために系を偏倚せんとする偶力は作用したのだから恰も廻轉系は零位に於て衝撃を受けたと同様だから、電流が止んで後或る角速度 $\dot{\theta}$ を以て突然動き出し或る最大偏角 ϕ の所まで廻轉して行き、それから歸り來たつて其後は自由に振動を繼續する。この第一回の回歸點の偏角 ϕ と Q との関係は ϕ が餘り大ならざるときは

$$Q = K\phi$$

となる。 K はこの衝動電流計の常數である。

この電流計の使用せられる重要な用途を示す實驗二を次に述べる。

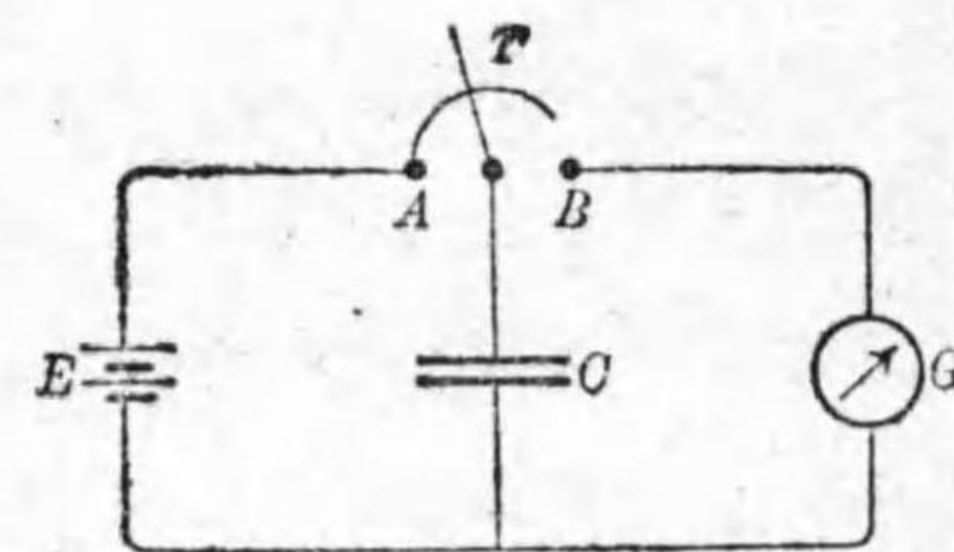
§ 154. 電氣容量 (其二) § 151 に於て電氣計を使用して蓄電器の電氣容量を測定することを説いたが、衝動電流計でもこの測定を行ひ得る。即ち電氣容量 C ファラッドのものを V ヴォルトに蓄電して Q クーロムの電氣量を有するものを衝動電流計を通して放電させて偏角 ϕ を得たとすれば

$$Q = CV = K\phi \dots\dots\dots (154.1)$$

であるから之によつて C を定めるのである。

此實驗には V ヴォルトの電池と蓄電器 C と電流計 G と

を第 82 圖の如く配置し、先づ C の一極につないだ導線の一端 A を電池から來る導線 A に觸れさせて蓄電器に $Q = CV$ の電氣量を帯



第 82 圖

電させ、 T の絶縁を害することなく急に之を B に觸れて放電させて電流計の針の第一回の回歸點の偏角 ϕ を讀むのである。

若し電流計の常數 K が未知ならば電氣容量の知れた C_0 を使用して ϕ_0 を得、

$$\left. \begin{aligned} C_0V &= K\varphi_0, \\ CV &= K\varphi, \end{aligned} \right\} C:C_0 = \varphi:\varphi_0 \dots\dots(154.2)$$

から C を得る. 若し C と C_0 とが桁違ひの大きさならば二回の實驗に電池を異にして C の小なるものには V の大なる電池を使用すればよい. 即ち

$$\left. \begin{aligned} C_0V_0 &= K\varphi_0, \\ CV &= K\varphi, \end{aligned} \right\} C = C_0 \cdot \frac{V_0}{V} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_0} \dots\dots(154.3)$$

とするのである. 靜電氣の實驗に使用する相當大なるライデン瓶の容量は通常1マイクロファラッドの分數であるが, 此等の場合でも上法でその容量を測定できる.

上記の實驗の通りで C を一定にして電池を E_1, E_2 と二回交換して實驗すれば電池の動電力の比較を爲し得る.

§ 155. 絶縁體の透電率 蓄電器の相對する兩導體の間に空氣があるときの容量を C_0 としたとき, この空間に他の氣態又は液態, 固態の不導體の媒質を入れたときに容量を測定して C と出れば

$$\frac{C}{C_0} = D \dots\dots\dots(155.1)$$

がこの不導體の透電率又は電媒恆數(Dielectric constant)である. 斯くの如き媒質中で r の距離にある電氣量 e, e' 間の靜電力は

$$f = \frac{1}{D} \frac{ee'}{r^2} \text{ (e. s. u.) } \dots\dots\dots(155.2)$$

である.

第二十七章 磁氣の感應

§ 156. 磁氣の感應 鐵其他の磁性體を磁場中に入れると磁石になる. 之を磁氣の感應 (Magnetic induction) といふ. 磁場の強さを H とし, 感應によつて得た磁氣能率を M , その帶磁度 (§ 127) を $J = \frac{M}{V}$ とする. 然るときは

$$\frac{J}{H} = \kappa \dots\dots\dots(156.1)$$

なる κ をこの磁性體の帶磁率 (Susceptibility) といふ. 又

$$H + 4\pi J = B \dots\dots\dots(156.2)$$

を磁氣感應量 (Induction) といひ,

$$\frac{B}{H} = \mu = 1 + 4\pi\kappa \dots\dots\dots(156.3)$$

なる μ を透磁率 (Permeability) 又は磁媒恆數 といふ. H が弱い間は J は之に正比例するので κ は一定であるが, H が強くなると J は或る極限值に近づく. 一般には κ も μ も共に H の函數である.

磁性體の大きさが有限であると其兩端に生じた NS 極のために H の作用を弱める様になるから, 本來磁性體を入れた積りの磁場, 即ち第一次の磁場を H_p とすれば, 兩極の作用が之に反對した第二次の磁場 H_s を生ずるので, 實際 J を

作るに有効な磁場は $H_p - H_s$ であり, κ は上式 (156.1) の代りに

$$J = \kappa(H_p - H_s) \dots\dots\dots(156.4)$$

とすべきである. 而して H_s は J に正比例すると考へてよ
いから $H_s = PJ$ と置き, P を消磁因子(Demagnetizing factor)
と云ふ. 故に

$$J = \kappa(H_p - H_s) = \kappa(H_p - PJ) \dots\dots(156.5)$$

$$J = \frac{\kappa}{1 + P\kappa} \cdot H_p \dots\dots\dots(156.6)$$

となる. 磁性體が細長い棒ならば $P=0$ と見てよい.

§ 157. 磁力計 κ の測定には二つの方法が用ひられる.

第一は既に § 129 に記した能率 M の磁石のために磁針が偏
せられる角度を測るもので, 斯くの如き装置を 磁力計 とい
ふ. 第二は衝動電流計によるものである.

磁力計による κ の測定法は次の通りにやる. 試験材料で
細長い棒を作つて第二次の磁場 H_s の生ぜぬ 様にし, 又既
に幾分の磁性を有するかも知れぬから之を赤熱してこの磁
性を除去する.

又地磁氣の磁場のために感應作用を受けて磁化すること
を避くるために此棒は常に水平に東西に保持する. 磁性を
與へるための磁場 H を作るには棒よりは數倍長い細長い
中空圓筒の上に絶縁導線を巻付けて作つたソレノイドに電

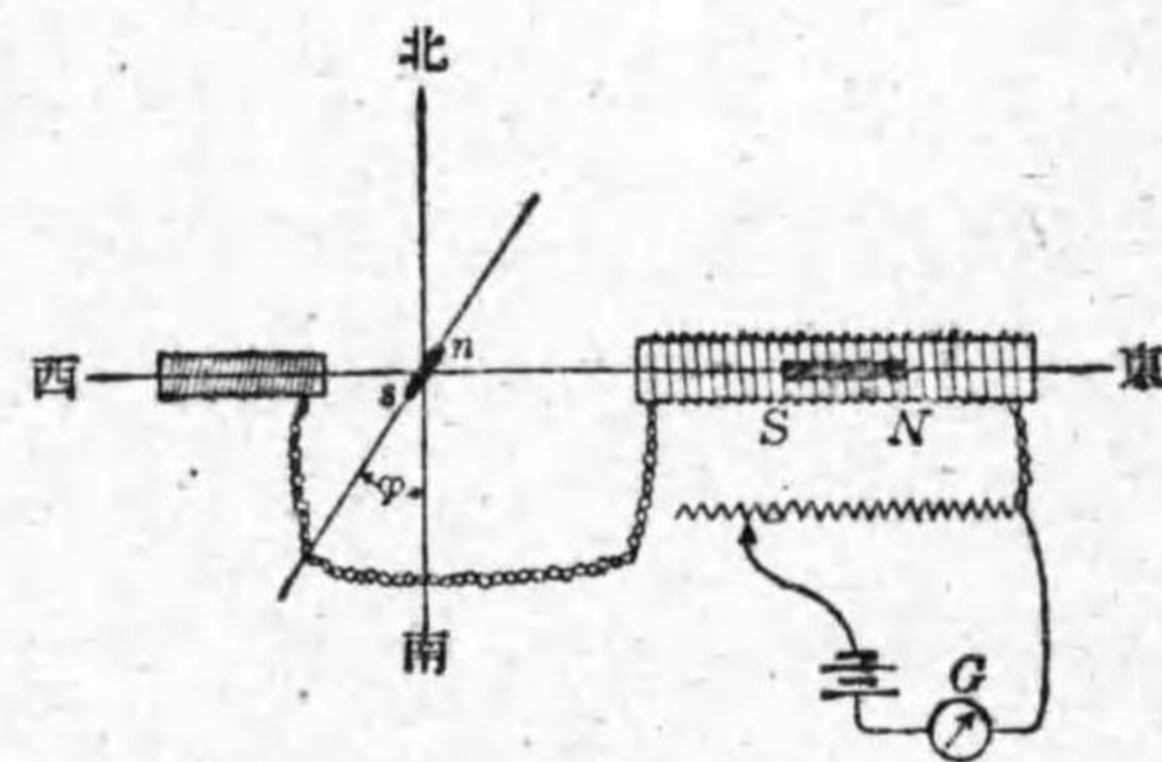
流を通ずる. このソレノイドを東西にしてその軸上に彼の
棒を保持するのである. ソレノイドの長さ 1 厘毎に導線の
巻数が n であつて (幾重ね巻いてあつてもよい, 總數を n と
する), 之に通ずる電流が i アンペーアであれば, 軸上に於け
る磁場は

$$H = 4\pi n \times \frac{i}{10} \text{ ガウス } \dots\dots\dots(157.1)$$

である.

實驗の装置は第 83 圖に示す如く上記のソレノイドを磁
針 ns の東に置く.

このソレノイドに通
じた電流の爲に磁針
が偏せられることを
避けるために西側に
尙一つのソレノイド



第 83 圖

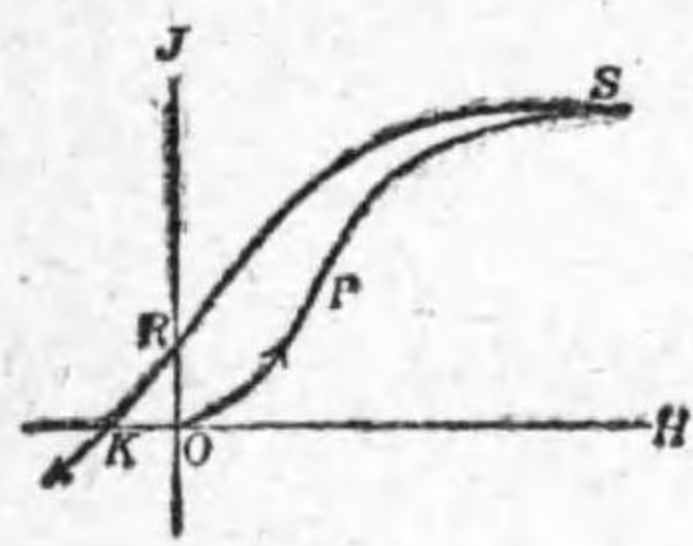
を置き, 兩者に同一
電流を通ずると其作用が相殺して磁針が零位に止まる如く
調節する. 茲に於て問題の棒を 東側ソレノイド中に入れ,
電流 i を送つて之を磁化せしめ磁針の偏角 φ を得たとすれ
ば, 地磁氣の水平分力が H_0 ならば (129.11) 式と同じく

$$\tan \varphi = \frac{2M}{r^3 H_0} \dots\dots\dots(157.2)$$

式中 r は棒の中心と磁針の中心との距離である. 之によつ

て H が生じた M , 従つて J が求められた. i を種々に變じて H の變化による J の變化を調べればよい.

§158. J 對 H の關係 J 對 H の關係は可なり複雑なものである. H を横軸に, J を縦軸にとつてグラフ式表現法によると, この關係は第 84 圖に示す如くである.



第 84 圖

最初は原點 O から出發する直線であるが暫時にして縦軸の方に凹なる曲線となり, 變點 (Inflexion point) P を通過して後は横軸の方に凹となつて, 終には横軸に平行になり, J が

極限值を有し磁性が飽和せられることを示す. それから H を漸々減少して見ると 往路とは異なつた経過を取り, 同一の H に対して J は以前よりは大きである. 斯くの如き現象は物理学の他方面にも往々存在することで, これを履歴現象 (Hysteresis) といふ. 即ち J の價は H の價で一義的に決定せられずして H が現在の價になる前の歴史に関するものである. 物理学の研究實驗に従事する人は常に此事を念頭に置くべきである. 此故に $H=0$ にしても最初の如く $J=0$ になつて原點 O に戻らずに縦軸上の一 點 R に到り若干の J が残存する. 之を殘留磁氣 (Residual magnetism) と云ふ. 鋼鐵に於ては軟鐵に比して之が著しく大であつて, 鋼鐵が永久磁石となるのは全く此殘留磁氣に外ならぬ. 又この故

に $J=0$ にせんと欲するならば圖の K 點で示してある如く OK だけの反對の磁場を作用せしめねばならぬ.

§159. 衝動電流計の方法 衝動電流計で磁氣の感應を實驗するには第 83 圖の東側に置いたソレノイドとその中に試驗材料で作つた棒を入れることは前通りであるが, この棒の上に直接に絶縁導線を p 回巻付けたコイルの兩端を電流計につなぐ.

電流計が靜止して居るとき急にソレノイドに電流 i_1 を通ずる. 然るときはコイルを通過する感應指力線は急に零から

$$(H_1 + 4\pi J_1) f \dots \dots \dots (159.1)$$

になる. f はこのコイルの導線一卷の作る面積 (或は棒の横斷面積) a に卷數 p を乗じたもの, H_1 は i_1 のためにソレノイドの作つた磁場, J_1 は帶磁度である. 故に電流計は最大偏角 φ_1 を示し

$$K\varphi_1 = \frac{1}{R} (H_1 + 4\pi J_1) pa \dots \dots \dots (159.2)$$

となるから J_1 が測られるのである. 但し此際電流 i_1 は通じた儘にして置かねばならぬことは勿論である.

若し殘留磁氣が無ければ電流計が零位に靜止してから急に電流 i_1 を切れば以前と反對の側に同一の偏角 φ_1 を示すべきだが, 殘留磁氣の帶磁度 J_1' があるから偏角は $-\varphi_1'$

となる。

$$K\varphi_1 = \frac{1}{R}(H_1 + 4\pi J_1 - 4\pi J_1')pa. \dots (159.3)$$

これによつて J_1' が知れる。

再び電流計が静止してから急に $i_2 > i_1$ なる電流 i_2 を通して磁場 H_2 , 帯磁度 J_2 を得て偏角 φ_2 を與へる

$$K\varphi_2 = \frac{1}{R}(H_2 + 4\pi J_2 - 4\pi J_1')pa \dots (159.4)$$

から J_2 を求める。以下これに倣うて續々 i を増大して測定を進行すればよい。

残留磁氣に禍せらるゝことなき實驗法は次の如くするにある。即ち棒の上に直接コイルを巻かずに、コイルの斷面積 A を棒の面積 a より大にして自由に棒の上にはめ又は外し得る如くする。コイルを棒の中央にはめ置いてソレノイドに電流 i を通して棒を磁化せしめ、電流計の静止してから急にこのコイルを抜取つて磁場の無い所に遠ざける。此動作は急速を要するから、コイルにはバネ仕掛けの引金をつけてこれを遠方に飛ばす装置をするがよい。斯くするとコイルを通ずる感應指力線の數は A の中の a に對して $(H + 4\pi J)pa$, 残りの $(A - a)$ に對して $Hp(A - a)$ で、總計 $(H + 4\pi J)pa + Hp(A - a) = (HA + 4\pi Ja)p$ から零に變化するのだから偏角 φ は

$$K\varphi = \frac{1}{R}(HA + 4\pi Ja)p \dots (159.5)$$

となる。而してこれは何回も繰返すことが出来る。

この方法は永久磁石の帯磁度 J を測定するのに使用してよい。この場合には H が存在せぬのだから

$$K\varphi = \frac{4\pi Jpa}{R} \dots (159.6)$$

で A には關係せぬ。

第二十八章 電磁感應

§160. 電磁感應 電磁感應 (Electromagnetic induction)

は一つの回路が磁場中にあるとき回路を横切つて通過する指力線の數 N に變化があれば回路中に

$$E = -\frac{dN}{dt} \dots (160.1)$$

の感應電壓が生ずる故に、回路の抵抗を R とすれば感應電流の強さは

$$i = -\frac{1}{R} \frac{dN}{dt} \dots (160.2)$$

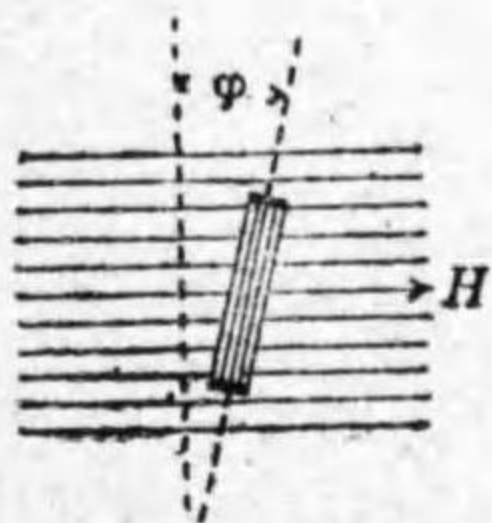
であるといふのである。

N の價が N_1 から N_2 になる迄の間には回路を通る電氣量 Q は

$$Q = \int idt = \frac{1}{R}(N_1 - N_2) \dots (160.3)$$

となる。

最も簡単な場合として第 85 圖に示す如き半径 r の圓形に導線を n 回巻いた扁平なコイルが磁場 H の中にあると、圖に示す位置に於ては



第 85 圖

$$N = n\pi r^2 H \cos \varphi \dots (160.4)$$

であるから、 $\varphi = 0$ なる位置から始めて $\varphi = 180^\circ$ の位置まで半廻轉すると

$$N_1 = n\pi r^2 H,$$

$$N_2 = -n\pi r^2 H$$

で、この半廻轉中にコイル中を通る電氣量は

$$Q = \frac{2n\pi r^2 H}{R} \dots (160.5)$$

となる。

§ 161. 感應電流による磁場の測定 第 85 圖の H を水平なりとし上記コイルに H に直角で且つ水平な廻轉軸を設け、交流ダイナモに於ける發電子 (Armature) の如くコイルの兩端を軸につけた滑環 (Slip ring) に導いて、それから衝動電流計に連絡させる。最初にコイルの平面を鉛直にして置いたのを急に 180° 廻轉すると、前節の Q のために生ずる電流計の最大偏角 φ は

$$\frac{2n\pi r^2 H}{R} = K\varphi \dots (161)$$

となる。但し今は R の中に電流計の抵抗も加算してある。故に若し電流計の常數 K が既知ならば之によつて H が測定できる。例へば一つの電磁石の兩極間の磁場の強さを斯くして測るのである。

若し K が未知ならば既知の H を使用して之を決定すればよい。例へば H を地磁氣の水平分力とする如きである。

§ 162. 地磁氣の伏角の測定 前節の實驗で H を地磁氣の水平分力としたときの偏角 φ を測り置き、次に最初にコイルの面を水平にして置いてこれを急に半廻轉すると、今度は地磁氣の鉛直分力 V のために電流計が偏角 φ' を示した、即ち

$$\frac{2n\pi r^2 V}{R} = K\varphi' \dots (162.1)$$

とすれば、伏角 θ は本式と (161) 式とを結合して

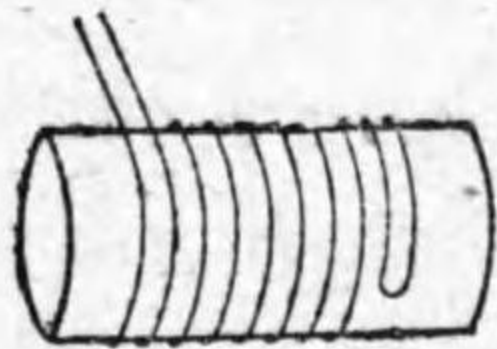
$$\tan \theta = \frac{V}{H} = \frac{\varphi'}{\varphi} \dots (162.2)$$

で決定できる。

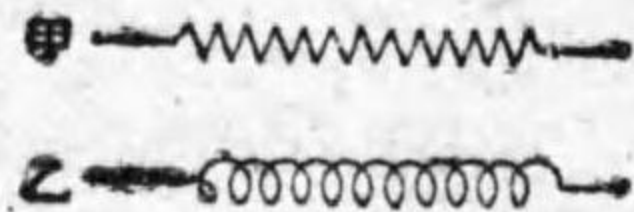
§ 163. 自己感應 或るコイルの自己感應 (Self inductance) とは、之に電流の變化を與へんとすると其變化に反對する瞬間的の電壓が生ずるを言ふ。電流 i の變化が $\frac{di}{dt}$ のとき電壓が $-L \frac{di}{dt}$ なる L を自己感應係數と云ふ。負號は電壓が i

の變化に反對なることを示すのである。

L の値はコイルが甚だ長い圓壙状の場合と甚だ短かい圓輪状の場合との公式が既に §131 に記してある。自己感應の全く零なるコイルを作るには導線の全長を二つ折にして往復二本のまゝこれを圓壙の上に巻きつけるとよい(第 86 圖)。抵抗箱のコイルは斯くの如くしてある。



第 86 圖

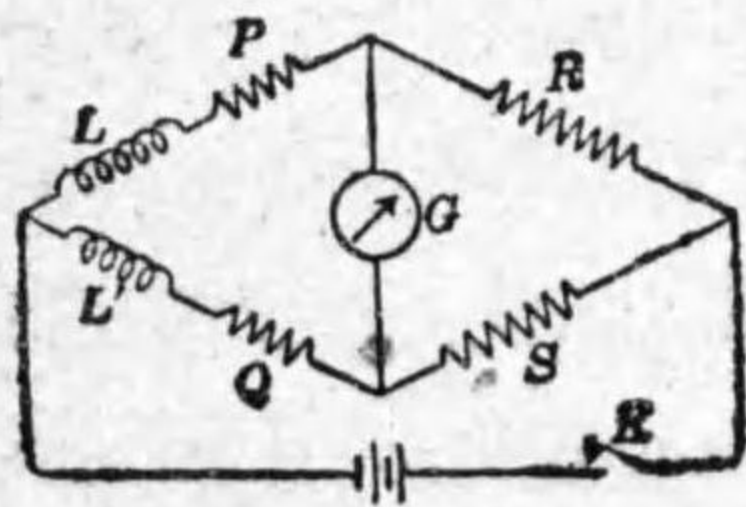


第 87 圖

導線に抵抗のみあつて L のないものは第 87 圖, 甲で示し, L のあるものは乙で表はす。

§164. 自己感應の測定(其一) L の實驗的測定には交流によるものもあるが, 今は直流によるものを記す。主としてホキートストーン橋の配置をして衝動電流計を使用する。

第 88 圖に於て R, S の兩枝は感應係數が零であるが, P, Q の枝にはそれぞれ L, L' の感應係數があるとし, L を既知,



第 88 圖

L' を未知のものとする。但し L, L' の値とその抵抗 P, Q とは別々の事だから此等の枝にはそれぞれ無感應の抵抗を加減し得る如くしてある。

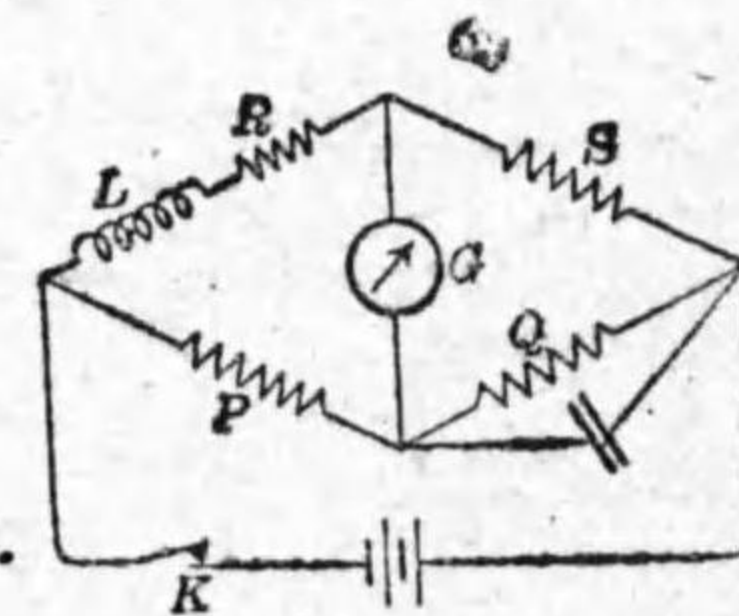
實驗は先づ開閉器 K を長く押し一定電流を流して見る。電流計 G を普通の繼續電流を測る器械として使用して, それを偏角零なる様に P, Q, R, S を適當に調節する。次に開閉器を押し又は放つ瞬間に即ち $\frac{di}{dt}$ があるときには一般には L 及び L' による瞬間的電壓があるので G は衝動電流計として突然偏角を示す筈であるが, 斯かることの無くなるまで, 且つ P:Q=R:S の比例式が成立する如く調節すると, 即ち繼續電流でも瞬間電流でも電流計の偏角が零なる如くすれば

$$\frac{L}{L'} = \frac{P}{Q} = \frac{R}{S} \dots\dots\dots(164)$$

である。この式は簡單であるが斯くの如く調整する實際の手續は中々に面倒なものである。又 L と L' との間に相互感應を起さぬ程に兩者の距離を遠くすることを忘れてはならぬ。

§165. 自己感應の測定(其二) 第

89 圖の如くホキートストーン橋の R 枝に測らんと欲する L を入れ, Q 枝に電氣容量 C なる蓄電器を並列に入れて, これが前の場合



第 89 圖

の如く繼續電流でも瞬間電流でも電氣計が偏せぬやうにすると

$$\frac{L}{C} = QR = PS \dots\dots\dots(165)$$

となる。これも実際には可なり面倒な手数を要する。

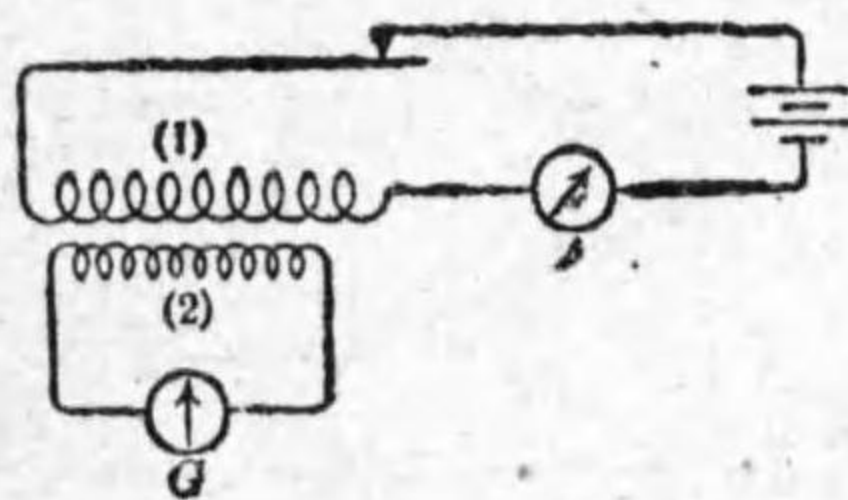
§166. 相互感應 (Mutual inductance) 二つのコイル (1), (2) が互に相近く置かれたとき, 第一コイル (1) に電流 i_1 の変化があるとき第二コイル (2) に次の如き電圧 E_2 が生ずる。

$$E_2 = -L_{12} \frac{di_1}{dt} \dots\dots\dots(166.1)$$

この L_{12} を相互感應係数といふ。第二コイルの回路の抵抗を R_2 とし, その感應電流の強さを i_2 とすれば $E_2 = i_2 R_2$ だから, 若し第一回路の電流を零から i_1 まで変化させると, その間には第二回路を通つた電気の總量 Q_2 は

$$Q_2 = \int i_2 dt = \frac{1}{R_2} \int E_2 dt = -\frac{L_{12}}{R_2} i_1 \dots\dots(166.2)$$

となる。今迄第一回路に i_1 の電流が通じて居たのを切つ



第 90 圖

てしまふと同量の Q_2 が第二回路に流れる。

相互感應 L_{12} の測定は故に第 90 圖の如くすればよい。(1) の回路中に電池とアンメータ A

を入れて i_1 を測る様にし, (2) の回路中に常數 K の知れた衝動電流計 G を入れ, 開閉器を使用して上記の如く實驗

すれば G の偏角 φ は正ともなり負ともなるが

$$Q_2 = K\varphi = \frac{L_{12}}{R_2} i_1 \dots\dots\dots(166.3)$$

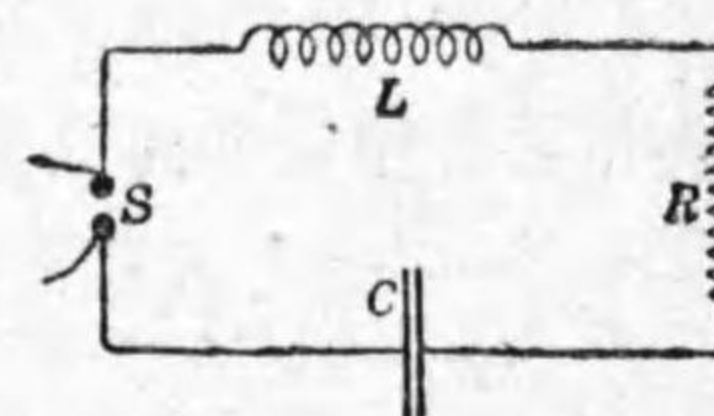
から L_{12} が出る。

L_{12} は (1), (2) コイルの兩方の形とか導線の巻数にもよるが, 兩者の位置の相互關係にもよるものなることを忘れてはならぬ。

§167. 電磁振動 電磁振動 (Electromagnetic oscillation)

を爲す回路は第 91 圖に示す如く

自己感應 L , 容量 C 及び抵抗 R から成るものである。(1) 若し R が省略して可なる程小ならば振動は不減衰でその週期は



第 91 圖

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \dots\dots\dots(167.1)$$

で與へられるが, (2) R が存在しそれが $R^2 < \frac{4L}{C}$ ならば減衰振動を爲しその週期は

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{CL} - \frac{R^2}{4L^2}}} \dots\dots\dots(167.2)$$

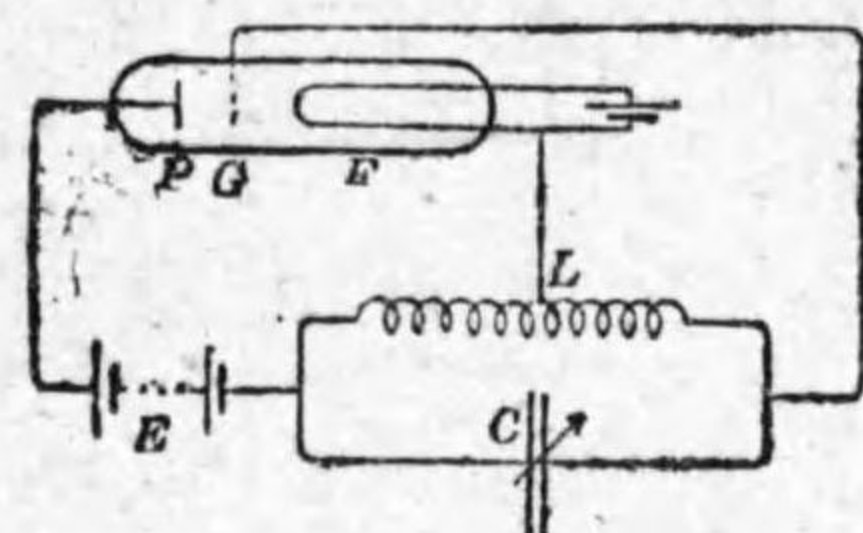
で, 減衰因數 (§27, §60) は

$$k = \pi R \sqrt{\frac{C}{L}} \dots\dots\dots(167.3)$$

となり, (3) R がこれより大なれば振動しない。

振動を起すには、導線の一点 S に火花間隙を置いて其兩側から導線を出して感應コイルか變壓器の兩極につないで火花を飛ばせばよい。火花間隙には火花が飛ぶと多數のイオンが生じて空氣に傳導性を與へ、其所の抵抗は小で之を R の中に加算して考へればよい。

上記のものでは恰も音叉を一撃して發音させたやうなもので、振幅は漸々小となつて振動は止む。若し振動を長く持續せしめたいければ三極真空管 (Triode tube) を利用して $R=0$ なる第92圖の如き装置をするのが一法である。 C は其容量を變化し得る蓄電器即ち所謂バリコンがよい。



第 92 圖

C と L とを大にすれば T が大となり樂音程度にもすることが出来る。第93圖の如き電話用の受話器 T と一つのコイル L' とで小回路を作つて L' を L の近傍に持ち行けば受話器中にこの音を聞き得る。

§63 に記した水晶發振器も同様なものである。

第二十九章 イオンと電子

§168. 電離 電解液中で分子が解離して陰陽のイオンが

存在して居ると同様なことが氣體中に起ることがある。氣體中で絶縁せられてある帶電體にX線又は放射性元素から出る放射線を投射すると徐々に放電するのは氣體が電離して陰陽同數のイオンが発生しそれが電氣を運ぶからである。このイオンは陰陽共に電氣素量 (Elementary electric charge) の $e=4.77 \times 10^{-10}$ e.s.u. を荷うて居る。電離を起したものの強さは氣體の1立方糎中に毎秒生ずる陰陽イオンの對の數で定められる。

§169. イオンの比速度 此等のイオンの存在する氣體中に二枚の平行平板を d の間隔に保ち、兩者に電位差 V を與へて一方の板を陽に、他を陰に帶電して兩板間に $F = \frac{V}{d}$ の電場を作ると陰イオンは陰板より陽板に、陽イオンは陽板より陰板に向つて動くが、此時のイオンの動く速度は電場の強さに正比例する。尙陰と陽とはその速さを異にして陰イオンの方が速い。電場が $F=1$ のときの速度を比速度といふ。乾燥した空氣中では比速度は陰イオンは1.9 (秒糎)、陽イオンは1.4 (秒糎) であり、水素中でそれぞれ7.7 (秒糎) 及び6.0 (秒糎) である。

§170. イオンの再結合 一旦電離した氣體に電離作用を起す原因を除き去つて其儘放置すると、外方から何等の作用を受けずとも陰陽イオンは相互の引力によつて再び結合してイオンの數が段々と減少する。或る時刻に於ける氣體

1 立方匣中にあるイオンの對の数を n とすれば、其減少する割合は

$$\frac{dn}{dt} = -\alpha \cdot n^2 \dots\dots\dots(170.1)$$

で與へられ、 α を再結合 (Recombination) の常數といふ。此式を積分すれば

$$\frac{1}{n} = \alpha \cdot t + C \dots\dots\dots(170.2)$$

となるから時刻 t_1, t_2 に於けるイオンの数を n_1, n_2 とすれば

$$\alpha = \frac{n_1 - n_2}{n_1 n_2 (t_2 - t_1)} \dots\dots\dots(170.3)$$

となる。 α の價は空氣に就ては約 1.6×10^{-6} である。

若し §168 の電離を起す原因が作用するために 1 立方匣中に毎秒 q 對のイオンが発生し、同時に再結合作用が行はれて居るときには (170.1) 式の代りに

$$\frac{dn}{dt} = q - \alpha n^2 \dots\dots\dots(170.4)$$

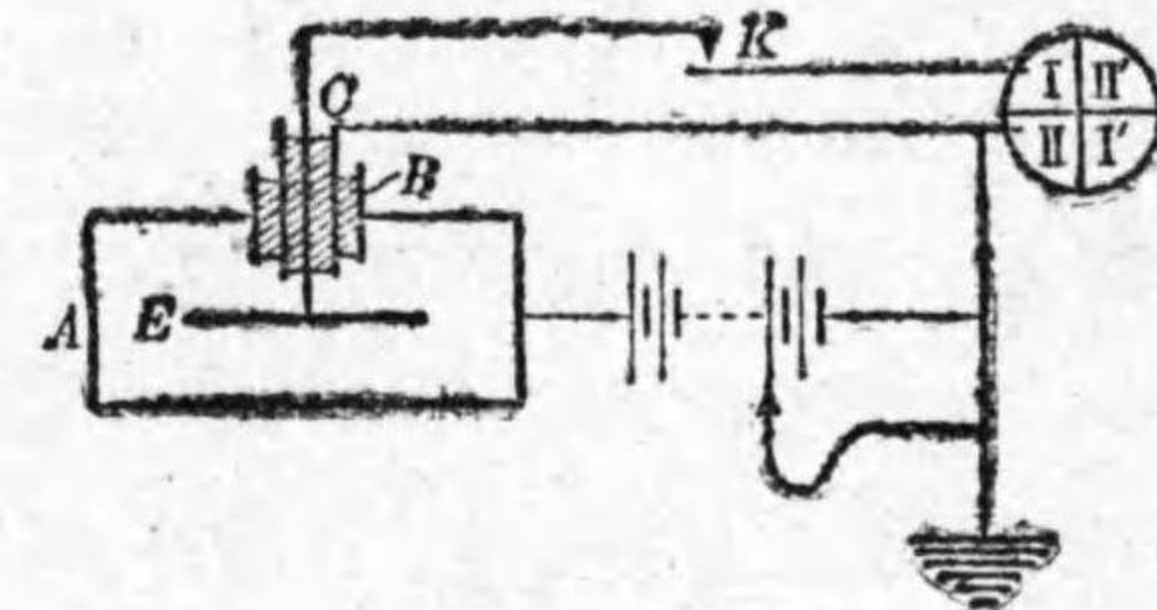
とすべきである。そこでこの兩作用のために n の數に増減のない定常状態にあるときには $\frac{dn}{dt} = 0$ であつて、其状態に於て 1 立方匣中に n_0 のイオンが存在するとすれば

$$\begin{aligned} 0 &= q - \alpha n_0^2, \\ q &= \alpha n_0^2 \dots\dots\dots(170.5) \end{aligned}$$

となる。

§171. 飽和電流 電離作用によつて發生するイオンの數を測定する装置は第 94 圖に示したもので、其主要部は電離室 (Ionization chamber) である。これは一つの金屬の箱で其中にこれを絶縁して一つの導體 E が吊してある。電離室の外箱 A は之を一極を接地した數百ヴォルトの高壓電池につないで必要に応じて A, E 間に電場を作らしめる。導體 E は電氣計 (象限電氣計又は金箔驗電器) につなぐ。

E, A 間の絶縁には琥珀又は硫黄 (硫黄の粉と水晶の粉とを混合して熔融して鑄造する) の絶縁物 B を使用するが、 A の電氣



第 94 圖

が B の表面を這つて E に達することを防ぐために接地した金屬管 C を保護用として介在せしめる。

電離作用を起すものが X 線又は放射線の γ 線の如きものなれば A を厚い鉛板 (厚さ 5 耗以上) にするが、 α 放射線なれば A の底板を最も薄いアルミニウム箔にしてその真下に近く試験材料を置き、 β 放射線に就て試験するならば α 線の透過し得ない 0.05 耗のアルミニウム箔又は一枚の紙を中間に入れる。

扱て實驗の進行は次の如くやる。電離作用を起させてイ

オンが発生を繼續して居る間に A, E 間に電場を與へると、假りに A が陽に帶電して居れば陽イオンは E に向つて追はれるから開閉器 K を押せば電氣計は段々陽に帶電して行く。電氣計の指針の運動を時計で測りながら毎秒の電位の變化 $\frac{dV}{dt}$ を測り、之に電氣計及び電離室から成る一系の電氣容量 C を乗すれば電離電流 (Ionization current) の強さ $I = C \frac{dV}{dt}$ が測られる。これは e.s.u. で表はすのが此際適當である。此電流の強さ I は A, E 間の電場の強さ F に支配せられるが、最初は之を 1 糎につき 1 ヴォルト以下に弱くして實驗を開始し漸々電場を強くすると、初期にはオームの定律同様に I は F に正比例して増大するけれど後には I は或る極限值 I_m に接近する。此時には電場が強いので発生したイオンは再結合する暇がなく全部大速度を以て直に E に送られるので、この I_m を飽和電流 (Saturation current) といふ。而してこの I_m は明白に電離室の 1 立方糎中で毎秒発生したイオンの數 q 、電離室の容積 v 及び各イオンの荷ふ電氣素量 ϵ の相乗積に等しい。

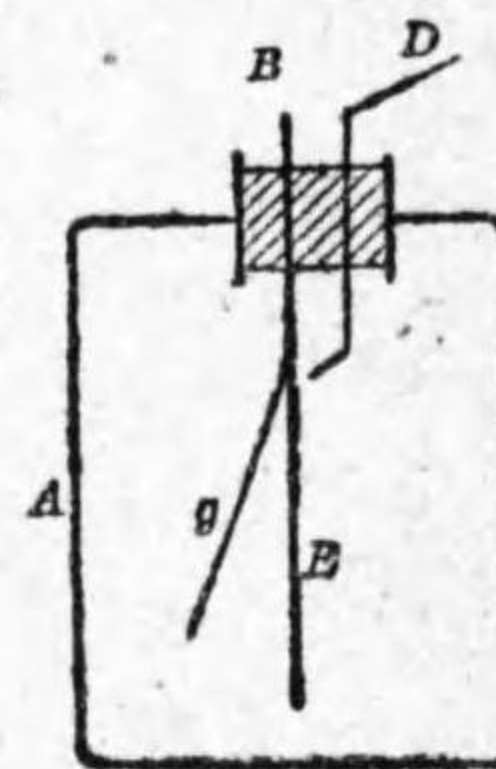
$$I_m = C \left(\frac{dV}{dt} \right)_m = \epsilon \cdot qv \text{ (e.s.u.), } \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \dots\dots (171)$$

$$\epsilon = 4.77 \times 10^{-10}.$$

これで q が測定せられる。電離作用の既知なものと未知のものに就て同じことを二回繰返せば電離作用の強さが測

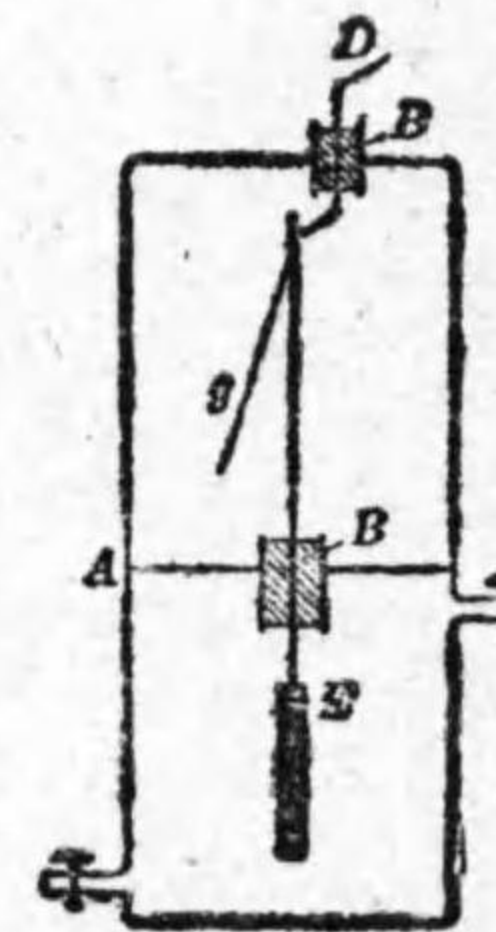
られる。

上記の方法を逆にして電離室の外箱 A を接地し電氣計を帶電させて、電離電流の爲に電氣計の電位が降る様にしてもよい。此方法で携帯に便利なのは電離室内に金箔驗電器を入れた式(第 95 圖)のものである。電離室の外箱に絶縁體 B をはめ、之で金箔驗電器 E の棒を支へ、 E の上部に一枚の薄いアルミニウム箔(黄金の箔では重いのが不利) g をつけてある。尙 B には一本の針金で兩端を水平に曲げたもの D が挿し込んであつて自由に廻轉し得られる。驗電器に帶電させるには摩擦電氣で發電したエボナイトか封蠟の棒で D の上端の水平な所を押すと下端が E に觸れて箔 g が開く。そこで發電棒で D を元へ押し返せばよい。 g の動きを読むには顯微鏡により、開きと電位との關係は既知動電力の高壓電池で g を開かせて見ればよい。



第 95 圖

若し検査さるべきものが放射性的の氣體でエマナチオンの如きものなれば、第 96 圖の如く上下二室の箱で、上は驗電器室、下は電離室として活栓を備へた容積 1 乃至 2 リットルの密室を置いて空氣ポンプ



第 96 圖

で其中の空氣を抜いたり氣體を入れたりすれば箔 g は安全である。

§172. 放射能の標準 放射能の標準としては測らるべきものの強弱によつてそれぞれ適當のものがあり、甚だ強力の場合には、キュリー夫人の作つたもので國際會議で採用した 21.99 毫の純粹な鹽化ラヂウムがあつて、其ラヂウム C による γ 放射線によるのであるが、岩石やウラン鑛の放射能を調べるには精確に分析せられたピッチブレンデ (Pitchblende) を鹽酸に溶かしたものを標準溶液 (Normal solution) として使用する。次に後者に就て説明する。

ピッチブレンデ中にあるウラン 1 瓦に對して 3.33×10^{-7} 瓦のラヂウムが含まれてあることが知れて居るから、其計算で 10^{-6} 毫のラヂウムを含む溶液を作ると丁度そのエマナチオンを第 96 圖の電離室中に入れれば實驗に適した程度の放射能を得る。検査さるべき岩石の溶液及び標準溶液の使用法は兩者とも同一で次の如くに處理する。

先づ溶液を一つの罎に入れて空氣の入らぬ様に密閉し、これを 6 週間放置すると初めてラヂウムとそのエマナチオンとが平衡状態になる。そこで此液を煮沸するなり或は空氣を入れてよく震盪して、豫め空氣ポンプで眞空にして置いた第 96 圖の電離室の中に之を導入し、又空氣を入れて電離室内の壓力を 1 氣壓にする。それから更に 3 時間待つ。

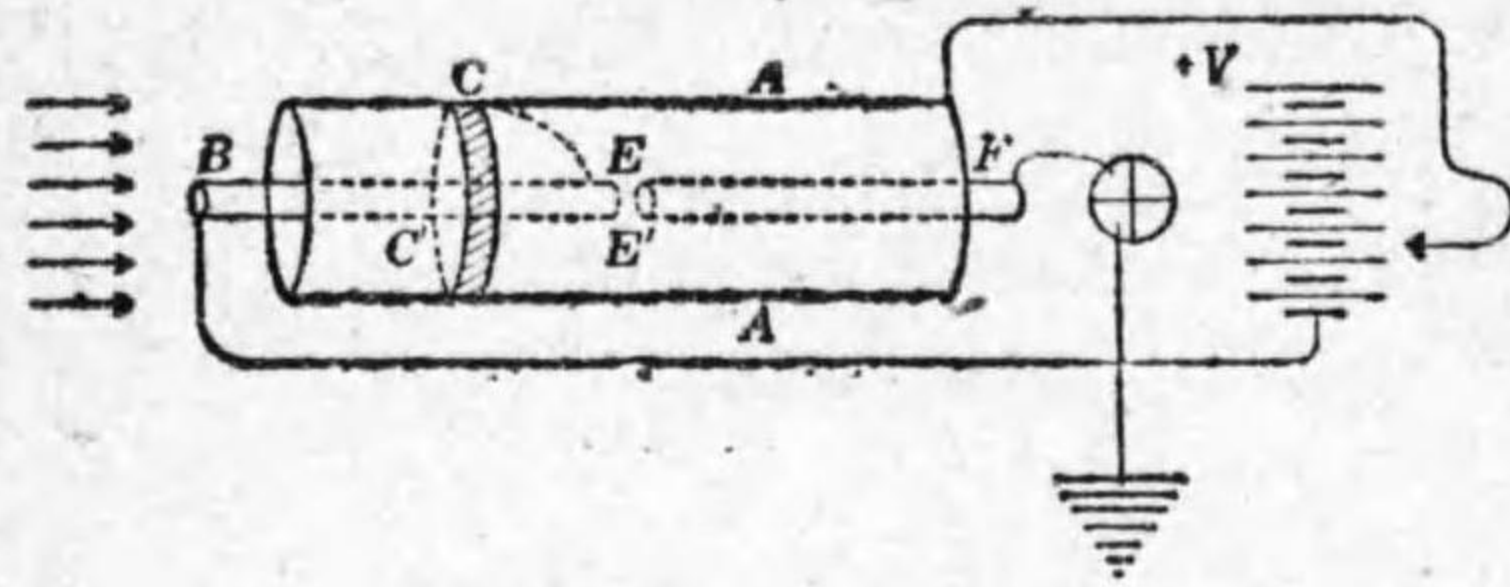
これは此時間を経て初めてエマナチオンとそれから變成した放射性沈澱物とが平衡状態になるからである。但しこの 3 時間待つ間は注意して電氣計 (驗電器) の電位を後の實驗の時と同じ價に保つことを怠つてはならぬ。これに注意してゐないと沈澱物のつき方が違ふので實驗が面白く進行しない。斯くして初めて飽和電流の實驗を遂行すればよい。二回の實驗から岩石中のラヂウムの量が決定せられる。

§173. 温泉の放射能 温泉の放射能の場合には上と同様に實驗するのであるが、此度の標準は 1 瓦のラヂウムと平衡状態にあるエマナチオンの量を 1 キュリー (Curie) と呼び、その 10^{-10} を温泉 1 リットル中に含むものを温泉の放射能の單位とする。之を 1 エマン (Eman) といふ。舊式のマッヘ (Mache) 單位は 3.64 エマンに相當する。

温泉の水の取扱ひ方は次の通りである。成るべく現場に於て既知體積の泉水を約十倍の空氣と共によく震盪して、此空氣を前記の電離室中に導入するか、或は温泉の水を入れた容器と第 96 圖の電離室とを二本のゴム管で連結し一本の途中にゴム嚙を置いて温泉の水の中に空氣を吹き込みエマナチオンを含んだ空氣を循環させればよい。

§174. イオンの比速度の測定 電場内に於けるイオンの比速度 (§169) を測定するには第 97 圖の如き装置を用ひる。A 及び B は二つの共同の軸を有する圓壙で丁度圓壙形蓄

電器である。Aは高圧電池によつて任意の電位に帯電せられる。Bは左右二つの部分にEの所で分たれて居て、左半



第 97 圖

は常に接地し右半は象限電氣計につないである。而して左方からA B間に速度vの一様なる氣流を吹き送る。又外圓筒Aは大部分は鉛の如き放射線もX線も通さぬ材料で出来て居るが圖に於て陰影をつけた部分Cだけは、これを通す材料で作つてあるので、Cの所の圓形の薄い板の如き所だけ電離して此所にイオンが発生せられる。このイオンは氣流の爲に右方に吹かれ、電場の爲に半徑に沿うて動く。假りにAが陽に帯電して電位が+Vであれば陽イオンは圖に示してある如く曲線を描いて移動する。初めVを大にして置くと半徑に沿ふ速度が大であるから、外筒の内壁Cから出たイオンが電氣計に連結された圓筒の右半EFに達せぬ前に左半に到着してしまふので電氣計に何等の反應がないが、Vを徐々に小にして行くと突然電氣計の指針が動き出す。これはC點から出たイオンが右半に到着し始めた瞬間である。此時電池のVを讀めば陽イオンに對する速度と電場との

は常に接地し右半は象限電氣計につないである。而して左方からA B間に速度vの一様なる氣流を吹き送る。又外圓筒Aは大部分は鉛の如き放射線もX線も通さぬ材料で出来て居るが圖に於て陰影をつけた部分Cだけは、これを通す材料で作つてあるので、Cの所の圓形の薄い板の如き所だけ電離して此所にイオンが発生せられる。このイオンは氣流の爲に右方に吹かれ、電場の爲に半徑に沿うて動く。假りにAが陽に帯電して電位が+Vであれば陽イオンは圖に示してある如く曲線を描いて移動する。初めVを大にして置くと半徑に沿ふ速度が大であるから、外筒の内壁Cから出たイオンが電氣計に連結された圓筒の右半EFに達せぬ前に左半に到着してしまふので電氣計に何等の反應がないが、Vを徐々に小にして行くと突然電氣計の指針が動き出す。これはC點から出たイオンが右半に到着し始めた瞬間である。此時電池のVを讀めば陽イオンに對する速度と電場との

比例常數 K_+ が出る。Aを $-V$ に帯電すれば同様にして陰イオンに對する比例常數 K_- が出る。

計算は次の通りである。A, Bの半徑をそれぞれ R, R_0 とすればA, B間の等ポテンシャル面は共軸圓筒で半徑 r の所の電位 V' は(83.3)式の熱に関する諸量を電氣的に改めたと考へて

$$A + B \cdot V' = \log r \dots\dots\dots(174.1)$$

である 但し A, Bは共に常數であつて

$$\left. \begin{aligned} A &= \log_e R_0, \\ B &= \frac{1}{V} \log_e \left(\frac{R}{R_0} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(174.2)$$

なることは直ちに知れる。而して電場は半徑の方向を指しその強さは(174.1)を微分して

$$F = -\frac{dV'}{dr} = -\frac{1}{Br} \dots\dots\dots(174.3)$$

イオンの速度は正負の符號は考へずともよいから

$$v' = KF = \frac{K}{Br} \dots\dots\dots(174.4)$$

として、AからBに達するに要する時間 t は

$$t = \int_{R_0}^R \frac{dr}{v'} = \frac{B}{K} \int_{R_0}^R r dr = \frac{B}{2K} (R^2 - R_0^2) \dots\dots(174.5)$$

今 l を圓筒の軸に沿うてのCEの距離であるとすれば、この t が $\frac{l}{v}$ に等しいとき丁度電氣計が動き出すのである。故に

$$t = \frac{l}{v} = \frac{B}{2K} (R^2 - R_0^2) \dots\dots\dots(174.6)$$

1秒時間に流れる氣流の量を Q とすれば

$$Q = \pi (R^2 - R_0^2) \cdot v \dots\dots\dots(174.7)$$

であるから、これと(174.2)のBとを代入すれば、結局

$$K = \frac{Q}{2\pi l V} \log_e \left(\frac{R}{R_0} \right) \dots\dots\dots(174.8)$$

となる。

§ 175. **イオンの再結合の常數** イオン再結合を實驗するには第 94 圖の電離室 (容積 v) 内に電離作用を起させ、それが定常状態に達した後或る時刻 t_0 に突然電離を起す原因を遠ざけ、少時の後、時刻 t_1 に A を高壓電池に、 E を電氣計につなぐと A の電位が高いためにイオンは直ちに電氣計に附着するので此時に存在した vn_1 が定まる。全く同じ操作を最初から新たに繰返し唯時刻 t_2 を $(t_2 - t_0) > (t_1 - t_0)$ ならしめて其時の vn_2 を定めれば、かくして知つた n_1, n_2 の價から (170.3) 式によつて α が測定せられる。

又 § 171 の實驗で定めた q と今知つた α とから (170.5) によつて定常状態にあるときのイオンの數 n_0 を定めることが出来る。

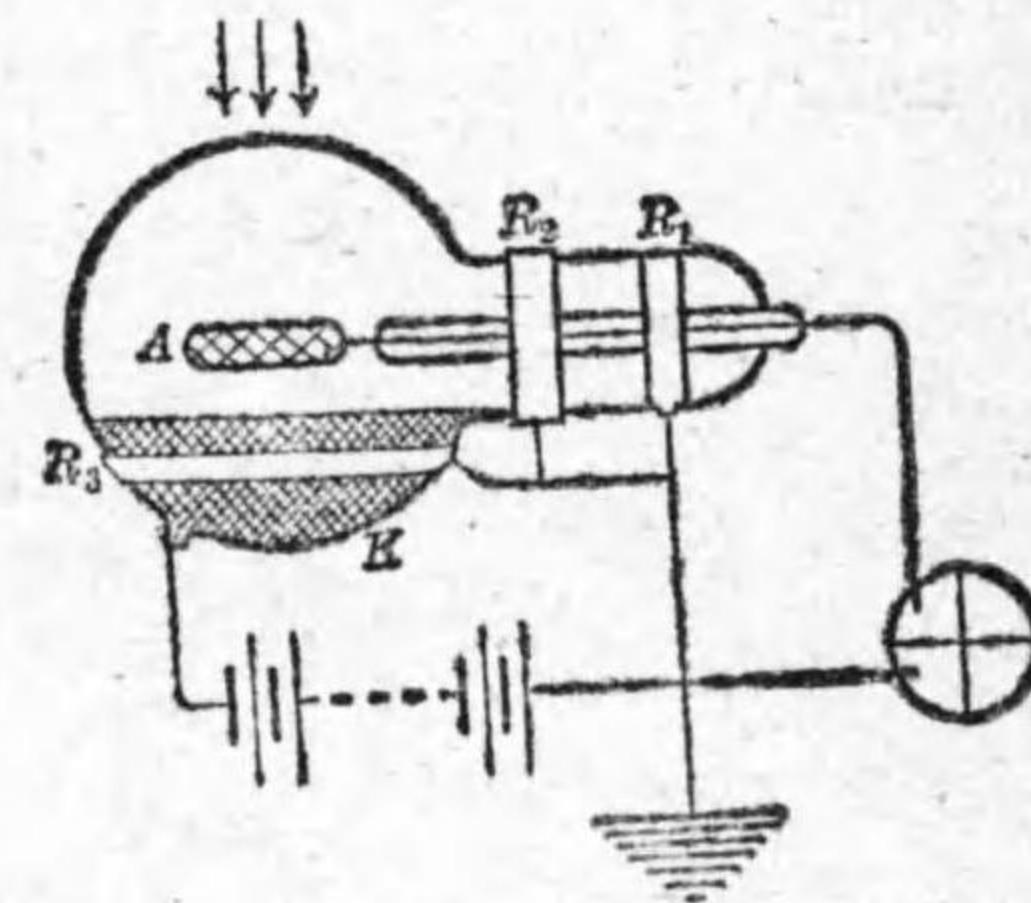
§ 176. **光電効果** 表面をよく研磨してある金屬に陰電氣を帯びさせ光を投射すると、それが段々と電氣を失ひ後には却つて陽に帶電するに至る。これは光が當ると電子が金屬から放出せられるからである。電子は陰電氣の電氣素量を帯びたもので、イオンと異なる所はそれに分子の片割れが附いて居ないことである。この光による電子の放出を光電効果 (Photoelectric action) といふ。此現象は金屬の表面に起るものであつて、§ 144 記載のセレニウム・セルの場合には物質の内部に於ける電子と光との關係による別種の光電

効果であるから、區別のために彼を内効果、本節のを外効果といふ。

外効果は一般に波長の短い光の方が有効で、金屬はアルカリ金屬が効果が大きい。Li, Na 等は莖外線でもよく効果が現はれるが Cs だと赤色光にも感ずる。

此現象には金屬の表面の狀況が大切なことから第 98 圖に示す如き光電管 (Photoelectric tube) を作る。これはアルゴンの如き特殊な氣體を入れた硝子管の内壁の一部 K に金屬を沈澱させて之を陰極として高壓電池につなぎ、管の中央 A に棒又は網状の陽極を置き之を電氣計又は電流計につなぐ。電氣計ならばその

他極と電池の他極とを接地し、電流計ならば電流計と電池とをつなぐ。 K に與へた陰電氣が硝子の内外壁を傳はつて直接に陽極 A に達するのを防ぐために R_1 (管の内壁), R_2 ,



第 98 圖

R_3 (管の外壁) なる接地した保護輪が貼附けてある。

A の側から K に有効光線を投射すると光の強さに比例する電子の數が飛び出す。それが電場の作用で A に達するので、電流計ならばそれが電流となつてこれを通じ、電

氣計ならばその電位を變じて指針の偏角を漸々に大にして行く。後者に於てもその電氣容量と1秒毎の電位の變化とを乗すれば電流となるから、結局兩者共に光電効果を電流の強さで表はすことになる。

光電管の中にアルゴンを入れたのは光を絶てば直ちに原狀に恢復するからである。この管は光度計とし又電送寫眞等に於て光の強さを電流の強さに直すのに使用せられる。

索引

ア

アスマン湿度計 (Assmann Psychrometer)	102
厚肉レンズ (Thick lens)	155
壓力の單位——パール	73
アルキメデス (Archimedes) の原理	71
暗黒度 (Blackening)	122
アンメートル (Ammeter)	199

イ

イオンの再結合 (Recombination)	237, 246
—— 比速度 (Mobility)	237, 243
異常光線 (Extraordinary ray)	168
一致法 (Method of coincidence)	55
1 エマン (Eman)	243
1 キュリー (Curie)	243

ウ

ウキーン (Wien) の定律	99
ウェストン電池 (Weston cell)	190
ウェーバー (Weber) の法則	188
ヴォルタメートル (Voltmeter)	202
ヴォルトメートル (Voltmeter)	196

エ

液體寒暖計	95
-----------------	----

液體の比熱	109
—— 密度	70
液柱壓力計	73
エマナチオン (Emanation)	242
鹽化ラヂウム	242

オ

オッシログラフ (Oscillograph)	199
オーム (Ohm) の定律	192
音の強さの測定	92
温泉の放射能	243
温度	94
温度の標準點	94

カ

回歸點 (Turning point)	67
廻轉振子	84
廻折角 (Angle of diffraction)	147
廻折格子 (Diffraction grating)	146
廻折スペクトル (Diffraction spectrum)	148
外抵抗 (External resistance)	192
可逆振子 (Reversible pendulum)	83
カー効果 (Kerr effect)	175
カセトメートル (Cathetometer)	60
カリパー (Calipers)	46
カロリー (Calorie)	107
ガウス (Gauss)	180
硝子厚板の細工	29

硝子面の銀つけ	29
硝子面の腐蝕	29
間歇的觀察 (Intermittent observation)	56
間接測定 (Indirect measurement)	3
感光度 (Light sensitivity)	123
感度 (Sensitivity)	66
感應電壓 (Induced voltage)	229
感應電流 (Induction current)	229
感應電流による磁場の測定	230
感應量 (Induction)	223
函數式表現	7
乾濕球溫度計 (Dry and wet bulb hygrometer)	102
觀測値 (Observed value)	41
觀測誤差 (Observation error)	3

キ

器械	20
—— の検査	4
—— の調整	4
—— の手入れ	21
—— の取扱ひ	20
—— の取外しと組立	23
—— の配置	25
氣體壓力計	73
氣體の比熱	113
氣泡水準器 (Spirit level)	43
輝度 (Brightness)	118

起偏子 (Polarizer) 169
 吸収常数 (Absorption constant) 121
 球面の曲率半径の測定
 — スフェロメーター (Spherometer) 151
 — 反射像の大きさによる測定 153
 稀硫酸の電解 202
 キルヒホーフ (Kirchhoff) の規則 194
 歸零法 (Zero method, Null method) 63, 205
 金屬壓力計 (Metallic manometer) 74
 銀の電解 202

ク

空氣中に於ける音波の速度 90
 空氣の浮力 (Buoyancy) の補正 68
 クロノグラフ (Chronograph) 58
 クロノグラフ記録法 87
 クーロム (Coulomb) の法則 188
 クント (Kundt) の實驗 88
 屈折率 (Index of refraction) 123
 屈折率面 (Index surface) 168
 屈折率の測定 125
 — 最小偏角 (Minimum deviation) の方法 130

ケ

計算値 (Calculated value) 41
 經年變化 (Secular variation) 97
 減衰因数 (Damping factor) 43, 86, 235
 — 振動 (Damped oscillation) 67, 85

顯微鏡の倍率 (Magnifying power) 162
 顯微鏡の光學的筒長 (Optical tube length) 163
 檢偏子 (Analyser) 170

コ

コイルの自己感應係數 (Inductance) 191
 コリメートル (Collimator) 126
 コールラウシュ (Kohlrausch) の傳導度測定法 115
 交換法 (Method of Substitution) 65, 205
 光學臺 (Optical bench) 153
 光學器械の倍率 161
 光學的異方體 (Optically anisotropic body) 167
 光學的溫度測定法 99
 光學的挺子 (Optical lever) 51
 光學的等方體 (Optically isotropic body) 167
 光彈性學 (Photoelasticity) 174
 光軸 (Optical axis) 167
 光電管 (Photoelectric tube) 247
 光電效果 (Photoelectric effect) 246
 光度計 (Photometer) 118
 光流——ルーメン (Lumen) 117
 國際オーム (Ohm) 193
 國際アンペーア (Ampere) 190
 國際實用單位 190
 較差 (Residuals) 16
 剛性率 (Rigidity) 52, 84
 後側焦點 (Back focus) 154
 固體の比熱 107

固体の密度 72

サ

最小二乗法 (Method of least squares) 10
 砂糖計 (Saccharimeter) 176
 算術平均 (Arithmetical mean) 9
 三極真空管 (Triode tube) 236
 残差 (Residuals) 16
 残留磁気 (Residual magnetism) 226

シ

g の測定 83
 磁気子午面 (Magnetic meridian) 180
 磁気能率 (Magnetic moment) 179
 磁気の感應 (Magnetic induction) 223
 磁極の強さ 179
 磁針電流計 (Needle galvanometer) 196, 197
 磁性体の帯磁率 (Susceptibility) 223
 磁媒係数 (Permeability) 223
 磁場 (Magnetic field) 180
 磁場の強さ (Intensity of the magnetic field) 180
 磁力計 (Magnetometer) 181
 自己感應 (Self induction) 231
 自己感應の測定 232, 233
 自己感應係数 (Self inductance) 231
 実験物理学 (Experimental physics) 1
 実験の結果の表現法 5
 实用単位 189
 尺度 (Scale) 60

尺度の検査 61
 尺度比較器 (Comparator) 60
 寫真陰畫板の暗黒度 121
 ジャマン (Jamin) の干渉計 142
 主屈折率 (Principal indices of refraction) 168
 主点 (Principal points) 154
 主点の位置の決定 160
 週期の測定 52
 収斂系 (Convergent system) 154
 重價 (Weight) 13
 重價平均 (Weighted mean) 14
 小なる角度の測定 48
 尺度とランプ式 49
 尺度と望遠鏡式 49
 燭光 (Candle power) 117
 象限電氣計 (Quadrant electrometer) 214
 焦点距離 (Focal distance) 154
 焦点距離の測定 156, 158, 159
 照度 (Illumination) 117
 衝動電流計 (Ballistic galvanometer) 220
 真空計 74
 振動 80
 振動法 (Method of vibration) 67, 207
 振動の実験 (Vibration experiment) 181
 振動数の測定 87

ス

水銀寒暖計の検査 95

水銀氣壓計	75
水銀の清淨法	31
水晶の旋光性 (Optical activity)	175
ストロボスコープ法 (Stroboscopic method)	58, 87
スペクトル (Spectrum)	131
スペクトルの實驗	149
数理物理学 (Mathematical physics)	2

セ

正號單軸結晶體 (Positive uniaxial crystal)	168
靜電單位 (Electrostatic units)	188
接合 (Cementing)	27
切線螺旋 (Tangent screw)	46
絶縁體の透電率 (Dielectric constant)	222
絶對溫度 (Absolute temperature)	94
絶對濕度 (Absolute humidity)	101
セレンウム・セル (Selenium cell)	209
旋光性 (Optical activity)	166, 175
前側焦點 (Front focus)	154
選擇吸收 (Selective absorption)	120
全反射 (Total reflection)	133
全反射屈折計 (Total refractometer)	136

ソ

相互感應 (Mutual induction)	234
相互感應係數 (Mutual inductance)	234
相對濕度 (Relative humidity)	101
測微螺旋 (Screw micrometer)	45, 47

タ

大氣の濕度	101
帶磁度	179
帶磁率 (Susceptibility) の測定	
磁力計	224
衝動電流計	227
對數減衰率 (Logarithmic decrement)	86
高い電壓の測定	218
單軸結晶體 (Uniaxial crystal)	167
單振子 (Simple pendulum)	81
斷熱變化 (Adiabatic change)	113

チ

地磁氣の水平分力 (Horizontal intensity)	181
—の伏角 (Dip)	231
蓄電池 (Secondary cell)	190
調和分析 (Harmonic analysis)	41
直交ニコル (Crossed nicols)	170
直接測定 (Direct measurement)	3

ツ

通常光線 (Ordinary ray)	168
圖式表現	7

テ

抵抗溫度計	208
抵抗箱 (Resistance box)	203

抵抗 (Resistance) の測定	204, 205, 207
定所干渉 (Localized interference)	140
定常波 (Stationary wave)	89
電位差 (Potential difference)	211
電解物 (Electrolyte)	210
電解物の抵抗	210
電解法 (Electrolysis)	201
電気計 (Electrometer)	214
電気素量 (Elementary electric charge)	237
電気容量 (Electrostatic capacity)	217, 221
電氣的溫度測定法	97
電磁感應 (Electromagnetic induction)	229
電磁振動 (Electromagnetic oscillation)	235
電磁單位 (Electromagnetic unit)	188
電池の動電力 (Electromotive force)	211, 212, 216
電媒恆數 (Dielectric constant)	222
電離 (Ionization)	236
電離室 (Ionization chamber)	239
電離電流 (Ionization current)	240
電流計 (Galvanometer)	196
電流密度 (Current density)	202
傳導度 (Conductivity)	192
傳導度の測定	114

ト

透過度 (Transmission)	122
透視格子 (Transmission grating)	146
透磁率 (Permeability)	223

透明度 (Transparency)	121
透明體の光學的不均等の検査	138
動コイル電流計 (Moving coil galvanometer)	196, 198
動線電流計 (String galvanometer)	199
動電力 (Electromotive force)	192
導體の電気容量 (Electric capacity)	191
銅の電解	202

ナ

内抵抗 (Internal resistance)	192
長さの測定	60
長さの彈性率	104

ニ

ニコルのプリズム (Nicol's prism)	169
ニュートン環 (Newton's ring)	140
二重屈折 (Double refraction)	167
二重秤量法 (Double weighing)	64

ネ

ネジのがたつき (Back lash)	48
振り秤 (Torsion balance)	52, 93
振りの彈性率又は剛性率 (Rigidity)	106
熱傳導度 (Thermal conductivity)	113
熱電流 (Thermoelectric current)	98

ノ

濃度 (Density)	122
ノルマル・スペクトル (Normal spectrum)	149

ハ

發散系 (Divergent system)	154
發散レンズの焦點距離の測定	160
バーニヤ (遊尺) (Vernier)	45
バリスタック電流計	220
バー (Bar)	73
早さ (Speed)	123
反射格子 (Reflection grating)	146
ハンダ付け (Soldering)	28

ヒ

ピエゾ電氣發振法 (Piezoelectric oscillation)	90
ピッチブレンデ (Pitch blende)	242
比抵抗 (Specific resistance)	192
比重罎 (Specific gravity bottle)	71
比熱の測定	
冷却法 (Method of cooling)	110
混合法 (Method of mixture)	107, 109
電氣熱量計	110
氷熱量計	111
比例法 (Proportional method)	66, 207
光の干渉 (Interference of light)	140
光の吸収 (Absorption)	120
光の強さ (Intensity)	117
火花間隙 (Spark gap)	219
表式表現	7
表面張力の測定	78
表面張力の常數	77

標準溶液 (Normal solution)	242
----------------------------------	-----

フ

ファブリー, ペロー (Fabry and Perot) の干渉計	143
ファラデー (Faraday) 効果	178
フーリエー (Fourier) の定理	41
伏角 (Dip 又は Inclination)	180, 186
伏角計 (Dip circle)	187
複屈折 (Double refraction)	166, 167
複屈折板に於ける干渉	170
複軸結晶體 (Biaxial crystal)	167
複振子 (Compound pendulum)	82
負號單軸結晶體 (Negative uniaxial crystal)	168
不透明度 (Opacity)	122
物理學的計算	31
プルフリッヒ (Pulfrich) の屈折計	136
分光器 (Spectrometer)	126
分光器によるプリズムの屈折角の測定	129
分散 (Dispersion)	124
分散率	125
分銅の検査	68

ヘ

平均誤差 (Mean error)	15, 18
間接測定に於ける —	16
平均値の —	16
平均値 (Mean)	10
偏倚の實驗 (Deflection experiment)	181, 183

偏光 (Polarized light)	167
偏光面 (Plane of polarization)	167
偏光面の方向	169

ホ

ホイートストーン橋 (Wheatstone's bridge)	205
ホルボーン及びカールバウム (Holborn and Kurlbaum) の光学高温計	100
ポテンシオメータ (Potentiometer)	200, 201
ボルダ (Borda) の振り子	81
補正 (Correction)	5
方位角 (Declination)	180, 186
望遠鏡の倍率	164
放射能 (Radioactivity) の標準	242
膨張係数 (Expansion coefficient)	103
飽和水蒸気 (Saturated vapor)	101
飽和電流 (Saturation current)	240

マ

マッペ (Maché) 単位	243
マーテンス (Martens) の光度計	119

ヒ

短かい時間の測定	58
水の沸騰点	93

ム

無定所干渉 (Unlocalized interference)	140
--	-----

蟲眼鏡 (Simple magnifier)	161
----------------------------------	-----

メ

メガオーム感度 (Megohm sensitivity)	197
メートル燭光 (Metercandle)	117

モ

毛管電気計 (Capillary electrometer)	213
--	-----

ヤ

ヤングの弾性率 (Young's modulus of elasticity)	104
---	-----

ユ

有効数字 (Significant figure)	32
郵便電信局型 (Post office box) の抵抗箱	206

ヨ

横の倍率 (Transversal magnification)	155
--	-----

リ

履歴現象 (Hysteresis)	226
理論物理学 (Theoretical physics)	1
臨界角 (Critical angle)	133
臨時複屈折 (Accidental double refraction)	173

ル

ルクス (Lux)	117
---------------------	-----

レ

零位 (Zero position)	63
------------------------------	----

レーレー盤 (Rayleigh disc)	92
レンズ	151
レンズに関する公式	154

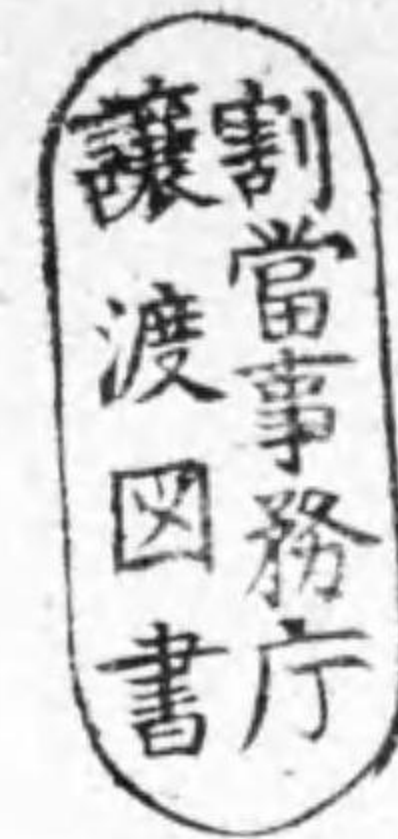
□

濾光板 (Light filter)	130
露出 (Exposure)	123

訂正表

頁	行	原文	訂正
5	5	持ち來……上の水	持ち來り得るやうになつて居るから此調節を行つてから上の水
5	•4	注意を行つ	注意をもつて行
12	1	法の如く	例の如く
21	8	如く引下げる若い學生	如く掲げる初學の學生
24	5	木ネヂも	木ネヂDも
26	9	實驗室に於ける用水	實驗室の用水
27	1, 2, 3	鏡電流計等は……	鏡電流計, 顯微鏡寫眞, X線寫眞等實驗中微動もしてならぬものは地表を傳はつて來る振動と絶縁するために特に地中から築き上げ床板と離れた石の臺の上に安置する必要がある.
83	•3	よるがよい.	よつて g の測定を行ふ.
89	3, 4	ρ ならば…… n は	ρ , その發する音の振動数が n ならば
89	•9	それが S …… ときの位置	それを S で反射せしめると S の位置
122	•1	ルックス	ルクス
123	12	早さ	ハヤ 速さ
135	11	送り方を代へて	送り方を變へて
145	1	位置と共に	位置を變ずると, これと共に
147	4	相等位置	相當位置
147	6	フィゲンス	ホイヘンス

頁	行 (印は頁の下から)	原文	訂正
148	•9	平面を正せ.	平面の向きを正せ.
163	•5, 6	對眼	接眼
165	•3	對眼	接眼
166	4, 11	對眼	接眼
169	2	複軸結晶體……	複軸結晶體では二つとも異常で通常光線は無い.
188	•7	前者は……	前者は電氣量の單位を定めるのに靜電氣學に於けるクーロン(Coulomb)の法則により真空中に於て……
188	•2	電流でも電位でも之…	電流, 電位等の單位を之…
190	6	とは毎秒	とは規定されたAgNO ₃ 溶液から毎秒
190	•1	始めた……	始めたら直ちに充電することが肝要である.
231	•1	電壓が……Lを	$-L \frac{di}{dt}$ なる電壓が生ずる. 此Lを
237	6	4.77	4.80
237	7, 8	毎秒生ずる……の對の	毎秒生じた陰陽イオンが幾對かといふその對の
240	•3	4.77	4.80
243	5	面白く	順調に
245	•2	であるから……代入すれば	である. これと前のBとを(174.6)に代入すれば
248	7	使用せられる.	使用する. 又トーキー即ち發音映畫では音の強さを記録したフィルムから音を再生させるのに光電管が重要な役目をして居る.



昭和二十三年度教科書

昭和九年四月十日 第一刷發行 物理實驗法

昭和二十三年六月二十日 第十二刷發行

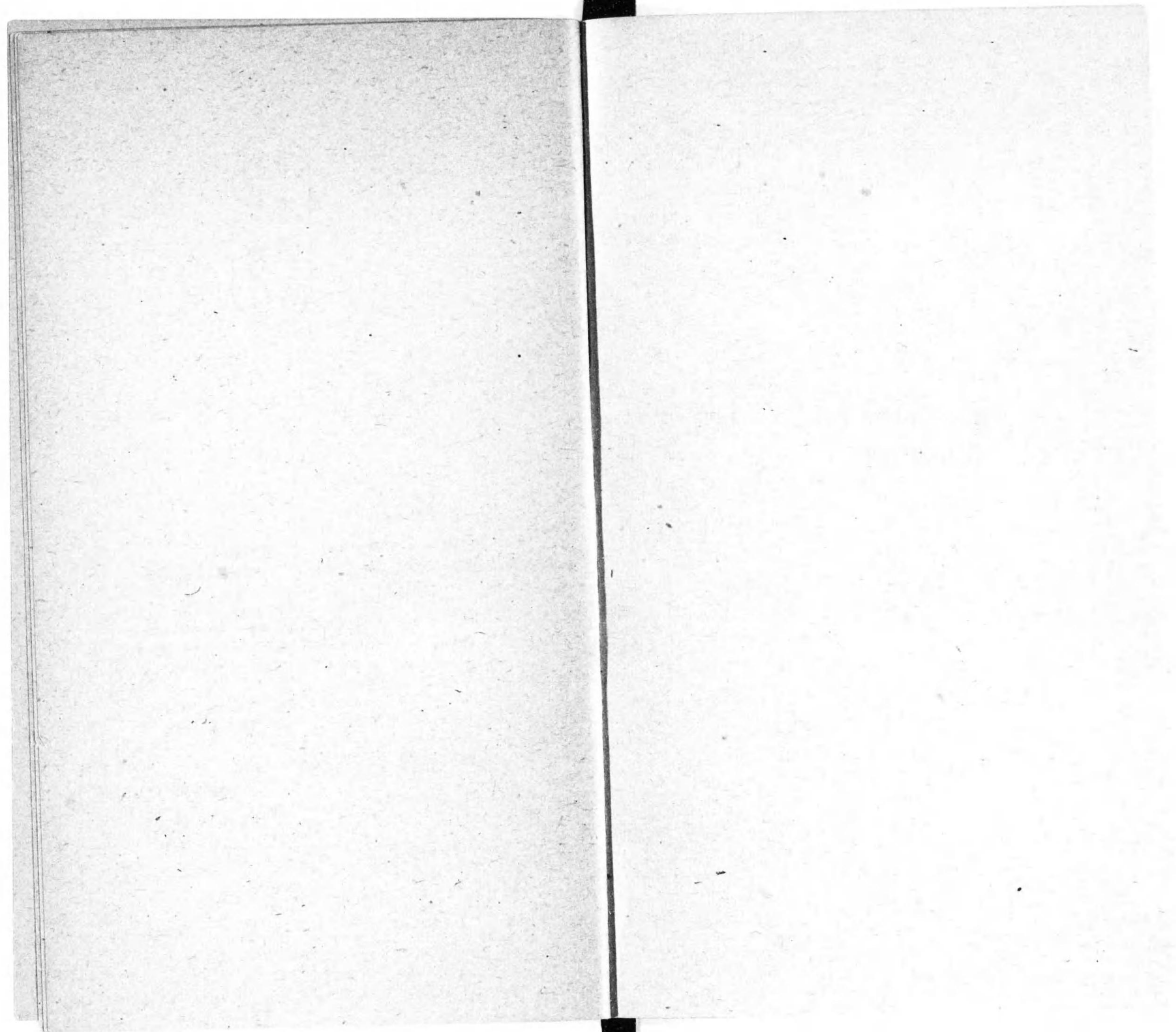
定價七拾五圓

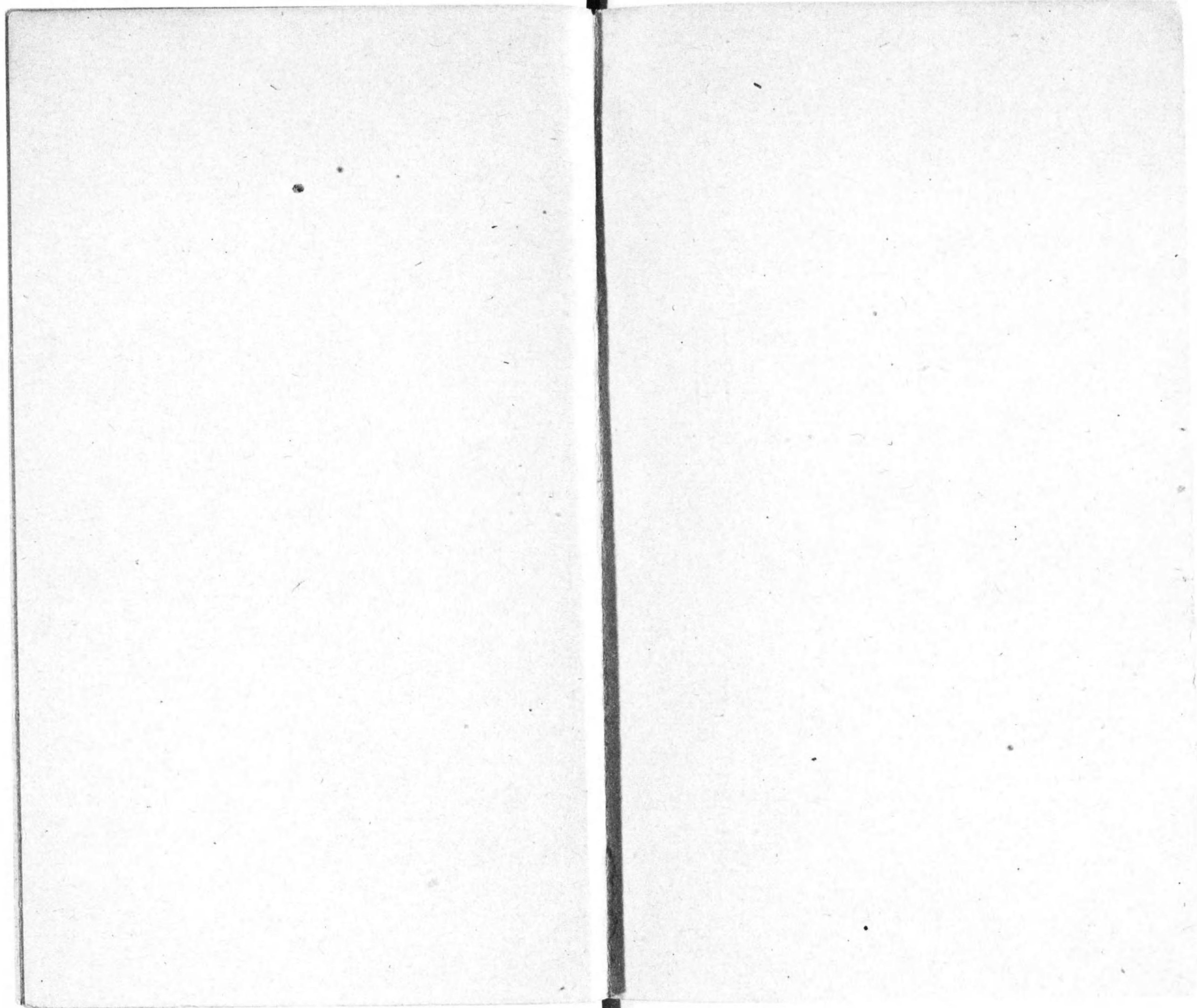


著者 中村清二
 編輯者 布川角左衛門
 發行者 岩波雄二郎
 印刷者 原田憲次郎

發行所 東京都千代田區 岩波書店
 神田一ツ橋二ノ三 會員番号 A109004号

大洋印刷・永井製本





420
43

終