

33c  
22



始



330-22

電機學校  
長距離教授

電氣磁氣

明治  
45 8 23  
東京



村尾 栗

師の小照に對し其教を讀む身教場に在ると何ぞ擇はんと  
菊花の麗艶なる必ずや其の青葉の時代を經過せり、電燈電鐵は花の如く麗艶なりといへども一度び電氣磁氣の青葉時代を經過せざる可からず蓋し電氣磁氣は電氣學の基礎なればなり



Capacitance impedance.  
Reactance drop.  
Condenser drop

電機學校  
長距離教授

# 電氣磁氣目次

## 第一編

### 磁氣學

Magnetics

一	天然磁石——「ロードストーン」Load Stone	一
二	磁石とは何ぞや	一
三	磁極 Pole	二
四	磁極の兩性 Polarity——北極又は正極 North Pole or Positive Pole——南極又は負極 South Pole or Negative Pole	二
五	兩極間の作用	三
六	地球も一個の磁石なり	三
七	磁石と成り得可き物質——永久磁石	四
八	磁界 Magnetic Field——磁力線 Magnetic Lines of Force	四
九	磁路 Magnetic Circuit	六
一〇	磁力線の方向	八
一一	誘磁作用 Magnetic Induction——誘導作用 Induction	七
一二	吸引力を生ずる理由	一〇

一三	磁氣壁 Magnetic Screen.....	一一
一四	磁極の強さ Strength of Magnet Pole — 「ホーナム鋼」 Hoolemi Steel.....	一一
一五	磁氣分子説 Molecular Theorem of Magnetism — 飽和 Saturate.....	一三
一六	残留磁石 Residual Magnetism — 「レタレンチビチ」 Retentivity.....	一五
一七	「ヒステレシス」 Hysteresis.....	一六
一八	吸引力の法則 — 「クーロム」氏の法則 Coulomb's Law.....	一七
一九	磁極の強さの單位 — 「の強さ」 Unit Pole.....	一八
二〇	磁界の強さ Intensity of Field — 磁束 Magnetic Flux — 磁束密度 Flux-Density.....	一九
二一	磁力線の數 — 全磁束 Total Flux or Total Induction.....	二二
二二	磁界内にある他の磁極.....	二四
二三	均一なる磁界 Uniform Field.....	二五
二四	均一磁界に置かれたる小磁石並に磁氣能率 Magnetic Moment — 「モーメント」.....	二六
二五	導磁率 Permeability — 飽和曲線 Saturation Curve.....	二七

二六	棒狀磁石の磁界.....	二七
二七	棒磁石の極の強さを測る法 — 「マグネトメーター」法 Magnetometer Method.....	二八
二八	磁位 Magnetic Potential — 高さ磁位 — 磁石の位の差 Difference of Magnetic Potential — 同磁位面 Equipotential Surface.....	二九
二九	地球の磁石力 Terrestrial Magnetism — 傾角 Dip or Inclination — 磁石子午線の方位角 Declination.....	三〇
三〇	磁石地圖 — 「アイソニコニク」ライン Isogonic Line — 「アゴニク」ライン Agonic Line.....	三一
三一	地磁氣の變動.....	三二
三二	羅鍼盤 Compass — 「コンペンセーティング」ホーン Compensating Ball.....	三三

(第一編試験問題)

第二編 靜電氣學 Electro Statics.....	三三
一 電氣の發生 — 電氣 Electricity — 電氣的現象 Electric Phenomenon — 發電せり Electricity — 「チャージ」 Charge or.....	三三

Electric Charge ..... 五三

二 電氣の種類及び性質——中和 Neutralize——正電氣 Positive Charge——負電氣 Negative Charge ..... 五三

三 導體及び不導體——導體 Conductor——不導體 Non-Conductor——絶縁 Insulate——絶縁體 Insulator ..... 五六

四 顯電器 Electroscopes——金箔製顯電器 Gold Leaf Electroscopes ..... 五七

五 誘導發電 Electrification by Induction ..... 五七

六 電氣の總量は常に零なり——單獨ナル電氣 Isolated Charge ..... 五八

七 電氣の存在する場所——蓄電器 ..... 五九

八 電氣と「エネルギー」 ..... 六〇

九 「クーロム」氏法則 ..... 六一

一〇 電氣量の單位——靜電的單位 Electrostatic Unit——特有誘導容量 Specific Inductive Capacity ..... 六一

一一 電氣は導體の表面のみに存在す ..... 六二

一二 電氣密度 Electric Density ..... 六三

Electric Field——電界の強さ Intensity of Field ..... 六四

三 電界 Electric Field ..... 六四

四 力線 Electric Lines of Force ..... 六五

五 力管 Tubes of Force——「ファラデー」管 Faraday Tube ..... 六六

六 均一なる電界 Uniform Field ..... 七〇

七 諸物質の導電力 ..... 七三

八 電位 Electric Potential——電位差 Potential Difference ..... 七三

九 一の帶電球の表面及び電界中の一點の電位 ..... 七三

一〇 電氣の運動の規則 ..... 七三

一一 同電位面 Equipotential Surface (E. P. S.) ..... 七三

一二 電界の方向と同電位面とは直角をなす ..... 七三

一三 電界の強さと電位差との關係 ..... 七三

一四 導體の内部に力線又は力管なし ..... 七三

一五 諸種の發電體外の電界の強さ ..... 七三

一六 蓄電器と電氣容量 Condenser and Electric Capacity——蓄電器——充電 Charge——放電 Discharge ..... 七三

一七 諸種の蓄電器の容量 ..... 七三

二八 數個の蓄電器の合成容量——並列 Parallel——直列 Series——合成容量 Combined Capacity.....

二九 特有誘電容量 Specific Inductive Capacity——中介物 Medium.....

三〇 蓄電氣の「エネルギー」.....

三一 力管の「エネルギー」.....

三二 導體上の電氣の受くる力.....

三三 電氣計 Electrometer——吸引電氣計 Attracted Disc Electrometers.....

三四 靜電的電壓計 Electrostatic Voltmeter——「マルチセルラー」電壓計 Multicellular Voltmeter.....

三五 象限電氣計 Quadrant Electrometer——檢地器 Ground Detector.....

三六 靜電氣機械 Electrostatic Machine——摩擦電氣機械 Frictional Machine——誘導發電機 Induction Machine——電氣盆 Electro-phorns.....

三七 放電 Discharge——傳導放電 Conductive Discharge——壊裂放電.....

三八 避雷器 Lightning Arrester——火花間隙 Spark Gap——「ノンア」——「キングメタル」Nonarcing Metal——「マルチギャップ」避雷器 Multigap Arrester——角形 Horn Type——接地装置 Earthing Device.....

三九 子狀放電 Brush Discharge.....

四〇 無線電通信 Wireless Telegraphy——無聲放電 Silent Discharge——刷振動 Electric Oscillation——電波 Electric Wave——電壓 Electric Pressure——火花 Spark——電弧 Arc——電氣 Disruptive Discharge——電極 Electrode——壓迫 Strain——電氣振動 Electric Oscillation——電波 Electric Wave——無線電信 Wireless Telegraphy——無聲放電 Silent Discharge——刷子狀放電 Brush Discharge.....

(第二編 試驗問題)

第三編 電流

一 電流 Current——發電機「ダイナモ」發電機 Dynamo Electric Machine——電池 Cell——「クローム」(Coulomb)——「アンペア」Ampere.....

二 起電力 Electro-motive Force (E. M. F.).....

三 電池——「ヴォルタ」の電壘 Voltaic Pile——正極 Positive Pole——負極 Negative Pole.....

四 電池内の化學作用——局部作用 Local Action——混汞  
亞鉛 Amalgamated Zinc..... 一三二

五 成極作用 Polarization——逆起電力 (Counter Electromotive Force)  
(C. E. M. F.)..... 一三六

六 負極の消耗..... 一三八

七 良好なる電池の要件..... 一三八

八 諸種の電池——滅極物 Depolarizer——單液電池 Single Fluid Cell——兩液電池 Two Fluid Cell..... 一三六

九 重クロム酸電池 Bichromate Cell..... 一四〇

一〇 「ダニール」電池 Daniel Cell..... 一四〇

一一 「グローブ」電池 Grove Cell..... 一四一

一二 「ブンセン」電池 Bunsen Cell..... 一四一

一三 「レクランシー」電池 Leclanche Cell..... 一四三

一四 「フルラー」電池 Fuller Cell..... 一四三

一五 乾電池 Dry Cell..... 一四三

一六 重力電池 Gravity Cell..... 一四三

一七 「クラーク」標準電池 Clark's Standard Cell..... 一四四

一八 電池の起電力と温度との關係..... 一四七

一九 「バッテリー」Battery——「シリーズ」接続法..... 一四七

二〇 回路 Circuit——回路を閉づ Close——回路を開く Open——交番電流——直流..... 一四八

二一 電流に伴なふ現象..... 一五〇

二二 (一)磁石的現象——「コイル」Coil..... 一五一

二三 「コイル」の一般性質..... 一五五

二四 「ソレノイド」及び電氣磁石 Solenoid; Electromagnet——鐵心 Core——「ヨーク」Yoke..... 一五七

二五 (二)發熱作用..... 一五九

二六 (三)化學的現象——根 Radical——「ボルタメーター」Voltmeter..... 一六一

二七 電流及び電氣量の實用單位——電磁的單位 Electro-magnetic Unit——「アムペア」Ampere——「クーロム」Coulomb——「アムペア時」Ampere Hour..... 一六一



二八 電壓の單位——「ヴォルト」Volt.....二六六

二九 「オーム」法則 Ohm's Law——抵抗 Resistance.....二六六

三〇 内部抵抗 Internal Resistance.....二七〇

三一 抵抗——特有抵抗 Specific Resistance.....二七三

三二 銅線の抵抗計算.....二七七

三三 線號 Wire Gauge——撚線 Strand Wire——線號表 Wire Gauge Table.....二七六

三四 合金の抵抗.....二八〇

三五 温度と抵抗との關係——温度係數 Temperature Coefficient  
——「マンガン」Manganin.——「ユローリカ」Eureka.....二八〇

三六 接觸抵抗 Contact-Resistance——不完接觸 Imperfect Contact.....二八三

三七 抵抗器抵抗箱 Rheostat ; Resistance Box.....二八三

三八 電池連結法と電流との關係.....二八六

三九 電壓の落下 Drop of Potential.....二八九

四〇 電線内の「ドロップ」.....二九四

四一 電路の抵抗の變化と「ドロップ」の變化.....二九七

四二 電壓の内部落下 Internal Drop of Potential——「ターミナル」  
電壓 Terminal Voltage.....二九九

四三 「ポテンシチメーター」Potentiometer.....三〇一

四四 絶緣 Insulation——鋼鐵鍍製 Steel Armoring——漏洩電流 Leakage Current——絶緣抵抗 Insulation Resistance.....三〇四

四五 絶緣體 Insulator.....三〇八

四六 碍子 Insulator.....三一〇

四七 合成抵抗 Joint Resistance——分岐路 Shunt——導電力 Conductivity——「マ」mho.....三一三

四八 分流器 Shunt.....三一七

四九 「キルヒホーフ」氏法則 Kirchhoff's Law——網狀結線 Net-work or Mesh.....三二八

五〇 「ホイートストーンブリヂ」Wheatstone Bridge.....三三三

五一 「ケルビン」氏複「ブリヂ」Kelvin's Double Bridge.....三三六

五二 液體の電導力——電解物 Electrolyte.....三三九

五三 水の電氣分解——電氣分解 Electrolysis——「アノード」Anode.....三四三

五三 五四 「カソード」Cathode — 「イオン」Ion.....二三八  
 「イオン」の種類 — 「アニオン」Anion — 「カチオン」Kation  
 — 電氣解離 Electric Dissociation.....二三九

五五 電氣分解の法則 — 電氣化學當量 Electro-Chemical Equi-  
 valent .....二三九

五六 「ボルタメーター」Voltmeter.....二四〇

五七 成極作用 Polarization.....二四一

五八 蓄電池 Storage Battery — 蓄電池又は二次電池 Secondary  
 Cell — 短路 Short Circuit — 「アムペアアワー」能率  
 Ampere-Hour Efficiency — 電力能率 Watt Efficiency.....二四二

五九 電流の發生する熱「ジュール」氏法則 Joule's Law —  
 「ワット」.....二四五

六〇 電流の供給する熱以外の「エネルギー」.....二四九

六一 電流計 — 「ガルバノメーター」Galvanometer — 「アムメー  
 ター」又は「アムペアメーター」Ammeter or Amperemeter.....二五〇  
 (一)「デテクトル」ガルバノメーター.....二五三

(二)反照電流計 Mirror Galvanometer — 「ラムプ」及び尺度法  
 Lamp and Scale method — 電流計の定數 Galvanometer Con-  
 stant — 感度 Sensibility — 制御磁石 Controlling magnet  
 .....二五三

(三)無定位磁石針を使用するもの — 無定位磁石  
 針 Astatic Needle.....二五五

(四)「ダルソンバ」電流計 D'Arsonval Galvanometer — 吊捲  
 線電流計 Suspended Coil Galvanometer.....二五八

(五)正切電流計 Tangent Galvanometer.....二五九

(六)正弦電流計 Sine Galvanometer.....二六一

(七)記振器 Oscillograph.....二六三

(八)熱電流計 Thermo Galvanometer.....二六四

(九)彈進電流計 Ballistic Galvanometer.....二六五

六二 制禦法 Method of Controlling.....二六五

(一)地球の磁石力を用ふるもの.....二六六

(二)絲の振れを應用せるもの.....二六六

(三)重力を應用せるもの.....二六六

- (四)永久磁石を使用するもの……………二六七
- (五)二本吊りを使用するもの——二本吊り Bifilar Suspension……………二六七

六三 制動法 Method of Damping……………二六七

- (一)空氣制動法……………二六七
- (二)油制動法……………二六七
- (三)渦電流制動法——渦電流——「デッド・ビート」Dead-Beat……………二六八

六四 電流計使用法……………二六八

- (一)偏倚法 Deflexion Method……………二六八
- (二)振り戻し法 Torsion Buck method……………二六九
- (三)第一振動法 First Swing method——彈進法 Ballistic Method……………二六九
- (四)振動法 Oscillation method……………二七〇
- (五)累加法 Cumulative method……………二七〇
- (六)零度法 Null method——差動電流計 Differential Galvano meter……………二七〇

六五 「アムメーター」Ammeter——「アムペアメーター」Ampere-meter……………二七一

- (一)磁石的性質を應用せるもの——「ウエストーン型」電流計 Weston Ammeter——「パララックス」Parallax——傾斜捲線電流計 Inclined Coil Ammeter——軟鐵片 Vane——扇形電流計……………二七二
  - (二)發熱作用を應用せるもの——熱線電流計 Hot Wire Ammeter……………二七六
  - (三)電氣分解作用によるもの……………二七六
  - (四)電氣動力作用を應用せるもの——電氣動力作用 Electro Dynamic Action——電氣動力計 Electro Dynamic meter……………二七六
  - (五)誘導作用を應用せるもの……………二七七
  - (六)靜電的引力を應用せるもの……………二七七
- 電壓計 Voltmeter……………二七八
- 電力計 Wattmeter——指示電力計 Indicating Wattmeter——「カレント・コイル」Current Coil——「マルチプライヤー」Multiplier……………二七九

六八 記録電力計 Recording Wattmeter——積算電力計 Integrating……………二七九

Wattmeter — 「アーメチユア」 Armature — 「サイクロ  
メーター」 Cyclometer..... 二八三

第四編 電氣磁氣學 Electro Magnetics

附電氣動力學 Electro Dynamics..... 二八六

- 一 磁界に於ける電流の受くる力..... 二八六
- 二 力の大きさ..... 二八七
- 三 電流の絶對單位..... 二八九
- 四 電流の爲す機械的仕事..... 二八九
- 五 電磁誘導に因る起電力 — 電磁的誘導作用..... 二九一
- 六 一と捲きの圓形「コイル」の磁界..... 二九二
- 七 「コイル」の中心軸上任意點の磁界..... 二九四
- 八 「ソレノイド」内の磁界..... 二九六
- 九 「アムペア、ターン」 Ampere Turn — 起磁力 Magnet Motive  
Force (M. M. F.)..... 三〇〇
- 一〇 無限直線電流の作る磁界..... 三〇五
- 一一 鐵の磁化 Magnetisation of Iron — 「マグネチック、インダクシ

$\mu$   $\mu_N$  Magnetic Induction — 透磁率 Permeability — 飽和  
Saturate..... 三〇八

- 一二 電氣磁石の計算法..... 三一一
- 一三 漏洩磁力線 — 漏洩磁力線 Leakage Flux — 分散係數  
Dispersion Coefficient..... 三一二
- 一四 發電機磁束の計算 — 勵磁 Excite..... 三二四
- 一五 磁路に應用せる「オーム」氏法則 — 磁抵抗 Reluctance  
..... 三二六
- 一六 磁界の「エネルギー」..... 三二八
- 一七 磁石の吸引力..... 三二九
- 一八 電磁誘導作用 Electromagnetic Induction..... 三三一
- 一九 誘起電壓に伴なふ「エネルギー」..... 三三三
- 二〇 相互誘導作用 Mutual Induction — 相互誘導係數 Coefficient  
of Mutual Induction — 變壓器 Transformer..... 三三六
- 二一 誘導線輪 Induction Coil — 斷續器 Interrupter — 「ルムコ  
フ」氏コイル — 脈流 Pulsating Current..... 三三九
- 二二 眞空管並に X 光線 Vacuum Tube; X-ray — 陰極線 Cathode  
..... 三四一

Ray ..... 三三六

二三 自己誘導作用 Self Induction ..... 自己誘導係數又は「イン  
ダクタンス」Inductance ..... 三三八

二四 「リンク」の數 Linkage ..... 三三九

二五 回路の有する電磁的「エネルギー」 ..... 三四二

二六 自己誘導の電壓と回路の「エネルギー」——「サー  
キットブレーカー」Circuit Breaker——油入開閉器——磁  
田放電器 Field Discharger——「マグネットイグナイター」  
Magneto Igniter ..... 三四四

二七 自己誘導係數の計算 ..... 三四七

    (一)無限長の二平行線 ..... 三四七

    (二)同心「ケーブル」 ..... 三四八

    (三)環狀「コイル」 ..... 三四九

二八 「インダクタンス」の影響——「ヘルムホルツ」氏方程式  
——時定數「Time Constant」 ..... 三五三

二九 「レンツ」の法則 Lenz's Law ..... 三五七

三〇 渦電流 Eddy Current——磁氣制動 Magnetic Damping——「フー  
コー」カーレンス Foucault Current——「ノートアイロン」Sheet

Iron ..... 三五九

三一 「ヒステリシス」Hysteresis——残留磁氣 Residual Magnetism——  
抗磁率 Retentivity——抗磁力 Coersive Force——遅れ  
Lag ..... 三六一

三二 電氣動力作用 Electro-dynamic Action ..... 三六九

三三 「アムペア」衡 Ampere Balance ..... 三六九

三四 發電機 Dynamo——電刷子 Brush——中性線——交番電流  
Alternating Current——「サイクル」Cycle——周波度數 Fre-  
quency——發電子 Armature——多極發電機 Multipolar  
Dynamo ..... 三七三

三五 直流發電機 Direct Current Dynamo——「スリップ」リング Slip-  
ring——整流子 Commutator——「セグメント」Segment ..... 三七六

三六 「マグネット」發電機 Magneto Generator——「シャットトル」捲  
Shutte Wound ..... 三八〇

三七 現時の直流發電機——「リング」アーメチュア Ring Ar-  
mature——「ドラム」アーメチュア Drum Armature ..... 三八〇

三八 發電子の反作用 Armature Reaction;——「中性線」Neutral Line  
——「クロス」アムペアターン Cross Ampere turn——歪み

Distorsion — 「リード」Lead — 「インターポールダイナモ」..... 三八二

三九 發電機の勵磁法 — 自己勵磁法 Self Excitation..... 三八四

    (一)直列捲發電機 Series Dynamo..... 三八五

    (二)分岐捲發電機 Shunt Dynamo..... 三八五

    (三)複捲發電機 Compound Dynamo..... 三八五

四〇 特有曲線 Characteristic Curve — 「ノード、キャラクタリ  
 スタック」No Load Characteristic — 「飽和曲線」——「ターミ  
 ナル」電壓 Terminal Voltage — 「ロード、キャラクタリ、テリス  
 チャク」Load Characteristic — 「オーバ、バ、コムバウンド、ダ  
 イナモ」Over Compound Dynamo..... 三八五

四一 發電機の電壓..... 三八八

四二 發電機の「パワー」——容量 Capacity——「アウトプット」Output  
 ——機械——銅損失 Copper loss——鐵損失 Iron loss..... 三八九

四三 電動機 Electric motor..... 三九〇

四四 「トルク」Torque..... 三九一

四五 電動機的作用..... 三九二

四六 始動抵抗器 Starting Rheostat — 普通制御器 Controller..... 三九五

四七 電動機の「パワー」..... 三九六

四八 能率と「パワー」..... 三九八

四九 各種電動機の比較..... 三九九

五〇 使用電壓と送電線の太さ——中性線 Neutral Wire——  
 ——三線式 Three Wire System..... 四〇三

(第三編第四編試験問題)

第五編 交番電流 Alternating Current..... 四〇五

一 「ハーモニク」曲線 Harmonic Curve——「ハーモニク電流」——  
 單一弦運動 Simple Harmonic Motion——「ヴェクトル」  
 Vector——位相 Phase..... 四〇五

二 正弦波の發生——「オルターネーション」..... 四〇七

三 實効値 Effective Value..... 四〇九

四 位相 Phase——位相の差 Phase Difference..... 四一一

五 「フォームファクター」Form Factor..... 四一二

六 周波度數 Frequency..... 四一三

七 「コイル」に發生する電壓..... 四一四

八 「リアクタンス」 Reactance — 「リアクタンス、ヴォルテージ」 Reactance Voltage ..... 四二六

九 「ヴェクトル」の和及差 ..... 四一九

一〇 唸り Beat — 同期検定器 Synchroniser ..... 四三三

一一 交番電圧と電流との關係 — 「イムピーダンス」 Impedance — 「チョークコイル」 Choke Coil — 塞流線輪 ..... 四三五

一二 誘導ある回路内の電力 — 「インダクティブ、サーキット」 Inductive Circuit — 電路の力率 Power Factor — 「エナジー、カレント」 Energy Current — 「ワットレス、カレント」 Watless Current ..... 四三九

一三 電氣容量 — 「ファラッド」 Farad — 「マイクロ、ファラッド」 Microfarad ..... 四三三

一四 諸種の送電線の電氣容量 ..... 四三五

(一) 同心ケーブル ..... 四三六

(二) 大地と平行せる一架空線 ..... 四三六

(三) 垂直に平行せる兩電線 ..... 四三七

(四) 水平に平行せる兩電線 ..... 四三八

一五 「キャパシティー、カレント」 Capacity Current — 充電

電流 Charging Current ..... 四三九

✓ 一六 抵抗と電氣容量とを有する回路 — 「リード」せる電流 Leading Current — 「キャパシタンス」 Capacitance ..... 四四一

✓ 一七 容量と「インダクタンス」とを有する回路 — 「レゾナンス」 Resonance — 一部分の「レゾナンス」 Partial Resonance ..... 四四七

一八 電流の「レゾナンス」 ..... 四五〇

一九 波形と力率 ..... 四五三

二〇 「ハーモニクス」 Harmonics — 「ファンダメンタル、ウェーブ」 Fundamental Wave ..... 四五四

二二 交流「ダイアグラム」の例 ..... 四五六

二三 荷重の力率の影響 — 「レギュレーション」 Regulation ..... 四五八

二四 荷重が「リーディング、カレント」を通ずる場合 ..... 四六〇

二五 電路の電氣容量の影響 ..... 四六二

二六 多相式電流 — 單相式交流 Single Phase A. C. — 多相式交流 Poly Phase A. C. — 二相式電流 Two Phase Current — 三相式電流 Three Phase Current ..... 四六五

二七 多相式各相間の連結 — 二相三線式 Two Phase Three Wire System — 一相四線式 — 三相四線式 Three Phase Four Wire System — 三相三線式 — 星形連結法 Star Connection — 網形連結法 Mesh Connection — 「 $\Delta$ 」結線又は三角形結線……………四六七

二八 多相式各線間の電壓電流及び電力……………四六九  
 (一)二相三線式の場合……………四六九  
 (二)星形三相四線式又は三線式の場合 — 「スター、ヴォルテージ」 Star Voltage — 「メッシュ、ヴォルテージ」 Mesh Voltage — 中性線 Neutral Wire — 中性點 Neutral Point……………四七一

二九 多相式に於ける荷重の接続法……………四七二

三〇 「スター」電壓と「メッシュ」電壓 — 中性點……………四七三

三一 「V」結線法 V Connection……………四七五

三二 多相式交流と電線の節約……………四七六

三三 交流發電機 Alternator — (一)發電子迴轉型 Revolving Armature Type — (二)磁極迴轉型 Revolving Field Type — (三)インダクトル型 Inductor Type — 「チストリビューター」 Distributed winding — 勵磁機 Exciter — 「シンクロナス、イムピーダンス」 Synchronous Impedance……………四八〇

三四 交流機の電壓……………四八四

三五 變壓器の作用 — 遞降變壓器 Step Down Transformer — 遞昇變壓器 Step Up Transformer — 勵磁電流 Magnetising Current……………四八六

三六 迴轉磁場 Revolving Field — 振動磁界 Oscillating Field — 迴轉磁界……………四九〇

三七 迴轉磁界の強さ……………四九四

三八 橢圓形迴轉磁界 Elliptic Rotating Field — 「エリプチカル、フィールド」……………四九五

三九 單相式交流より迴轉磁界を得ること — 「シェーディング、コイル」 Shading Coil……………四九六

四〇 誘導電動機 Induction Motor — 「ステートル」 Stator — 「ロートル」 Rotor — 「スクワレル、ケージ、ロートル」 Squirrel Cage Rotor — 誘導發電機 Induction Generator — 同期速度 Synchronous Speed — 滑り Slip……………四九七



四一 同期電動機 Synchronous motor — 「ステーションヨナリー、フィールド」 Stationary Field — 同期補償機 Synchronous Compensation..... 五〇一

四二 交流用電流計及び電壓計..... 五〇五

四三 誘導形電流計及電壓計 — 誘導型 Induction Type — 電壓變壓器 Potential Transformer — 電流變流器 Current Transformer..... 五〇六

四四 交流用電力計 — 「ワットセンセーティング、コイル」 Compensating Coil..... 五〇九

四五 誘導型電力計 Induction Type Wattmeter..... 五〇九

四六 多相式電路の電力測定 — 平衡荷重 Balanced Load — 人工中性點 Artificial Neutral Point..... 五二〇

四七 「サージング」 Surging..... 五二二

(第五編 試験問題)

電機學 校長 距離教授 電氣磁氣目次 畢

電氣磁氣

遞信技師 工學士 村尾 棗

第一編 磁氣學 Magnetism

一、天然磁石 磁鉄鑛と稱する鑛石あり此の鑛石は鉄粉中に挿入するときは常に其の或る部分にのみ鉄粉を附着するの性あり此を天然磁石又はロードストーン Load Stone と稱し現時電氣工業上治く使用せらるゝ磁石なるものと全く同一の性質を有するものなり

二、磁石とは何ぞや 然らば磁石とは何ぞや、其の確答を與ふるは頗る困難なれども要するに磁石とは或種の金屬にのみ有せらるゝ一種の性質にして、換言すれば磁石的性質を有する物質即ち磁石なり然らば磁石的性質とは何ぞや、曰く

(一) 鉄粉、軟鉄、銅等の小片を吸引すると(第一圖)

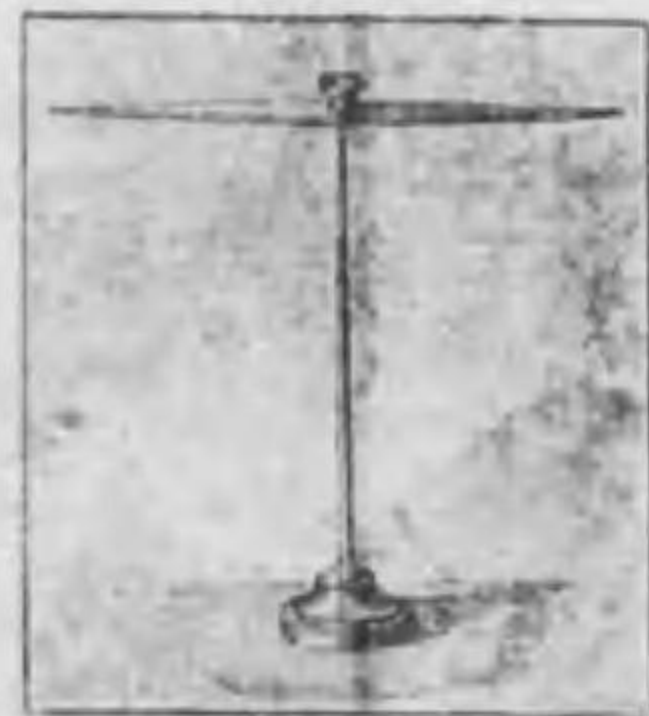
- (二) 他の磁石との間に吸引又は反駁作用をなすと(第二圖)
- (三) 重心點にて支持するか又は糸にて吊す時は殆んど南北を指す事(第三圖)
- (四) 他の鉄片と摩擦する時は之れに磁石性を附與する事



石磁然天 圖一第



ス引吸ヲ鐵ハ石磁 圖二第

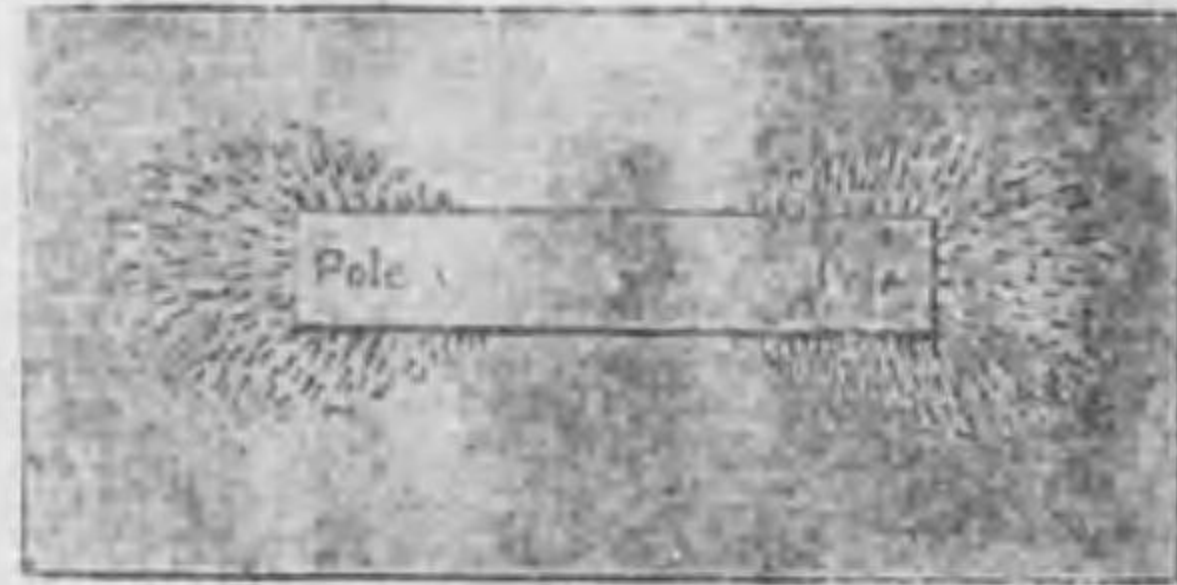


ス指ヲ北南ハ石磁 圖三第

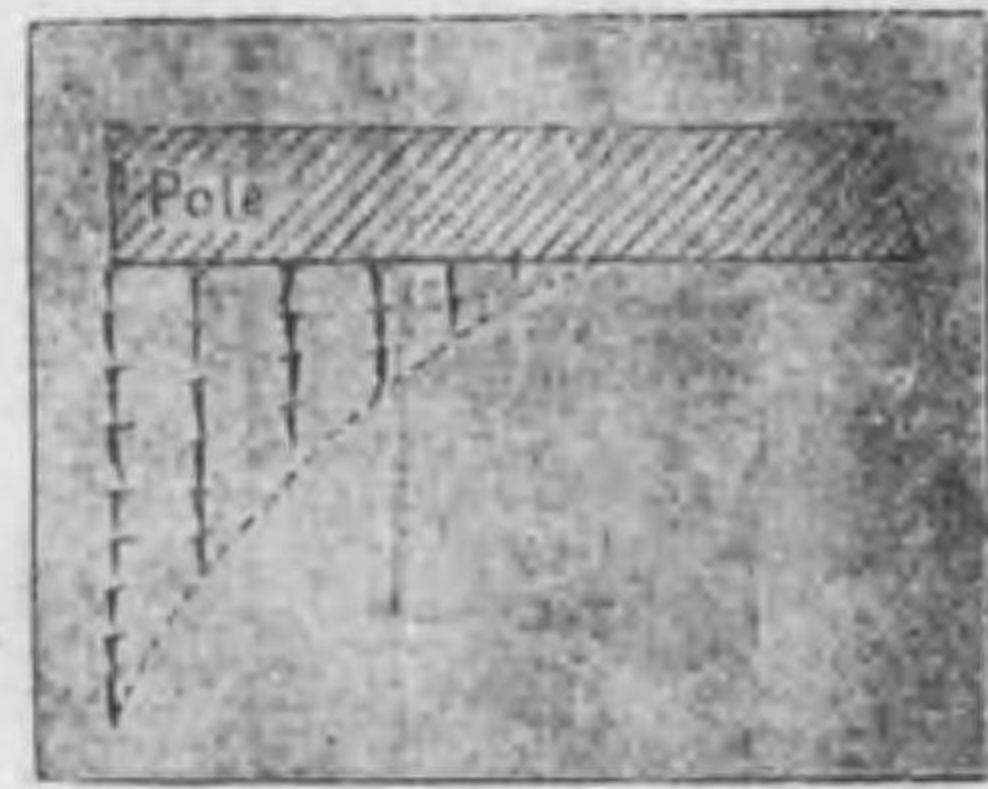
以上の諸性質を有するものは何れも磁石と稱せらる而して此性を示すものは重に鐵及び鋼に限らるゝなり。

三、磁極 Pole 一の磁石が鉄粉又は小鉄片を吸引する力は磁石の兩端に近き部にては其力強く中央部に近くに從ひ其力小なり故に一の磁石は常に其兩端に極ありと稱す(第四圖)。

四、磁極の兩性 Polarity 前述の如く一の磁石には常に二個の極あり而して之



(A) 圖四第



常ハ極磁 (B) 圖四第  
リナ大最ノ力石磁テリアニ極兩ニ

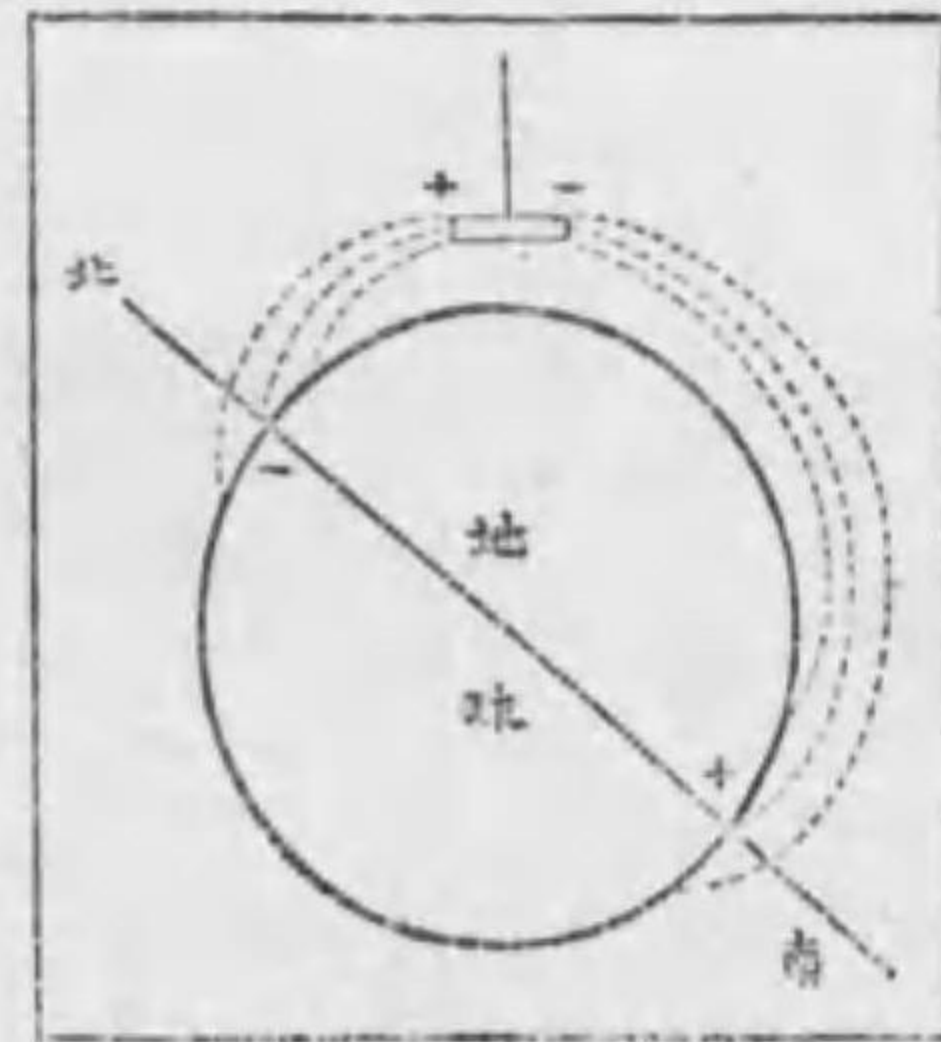
を糸にて吊す時は一極は常に北を指すし他極は常に南を指すを以て北極は指北性の極と指南性の極と二種あることを知る前者を北極又は正極 North Pole 又は Positive Pole 後者を南極又は負極 South Pole 又は Negative Pole と云ひ正極は + 又は N 符負極は - 又は S 符を以て示す此れ兩極は全く相反せる性質を有し居るが故なり。

五、兩極間の作用 二個以上の磁石を取り其の極と極とを互に相接近する時は同種の極は相反駁し異種の極は相吸引す此れ磁石の特性なり。

六、地球も一個の磁石なり 磁石を吊す時に南北を指して静止するは此れ地球が又一個の磁石なるが故にして其兩極は地球の南北兩極を去る路は一千里程の處にあり而して北端には陰極あり南端には陽極あり此の大磁石に吸引せられて吊下磁石の陽極は北を、陰極は南を指すなり。

### 七、磁石と成り得可き物質

物理學的に研究すれば磁石となり得可き金屬は單に鉄のみに限らずして銅、ニッケル、コバルト、マンガン、クロム、セリウム、鐵の鹽類等も多少は磁石的性質を帶ぶる事を得るものなり、されども鐵に比し其の程度頗る低く何等實際上に利用せられず工業上に於て磁石と稱するは殆んど皆な鐵又は鋼よりなるものと思惟するも妨なし。



石磁大一ハ球地 圖五第

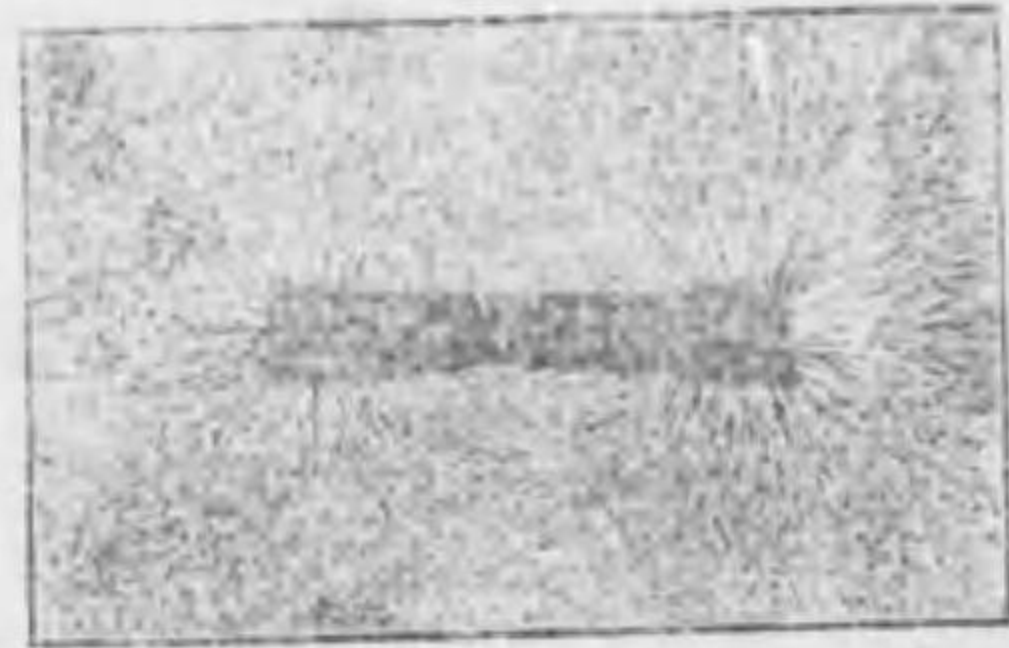
屬に立歸るものなれども、鋼のみは磁石となすに少しく困難なる代りに、一度磁石となるときは永久其性を失はず、永久磁石と稱するものは皆鋼を磁石となせるものなり。

### 八、磁界

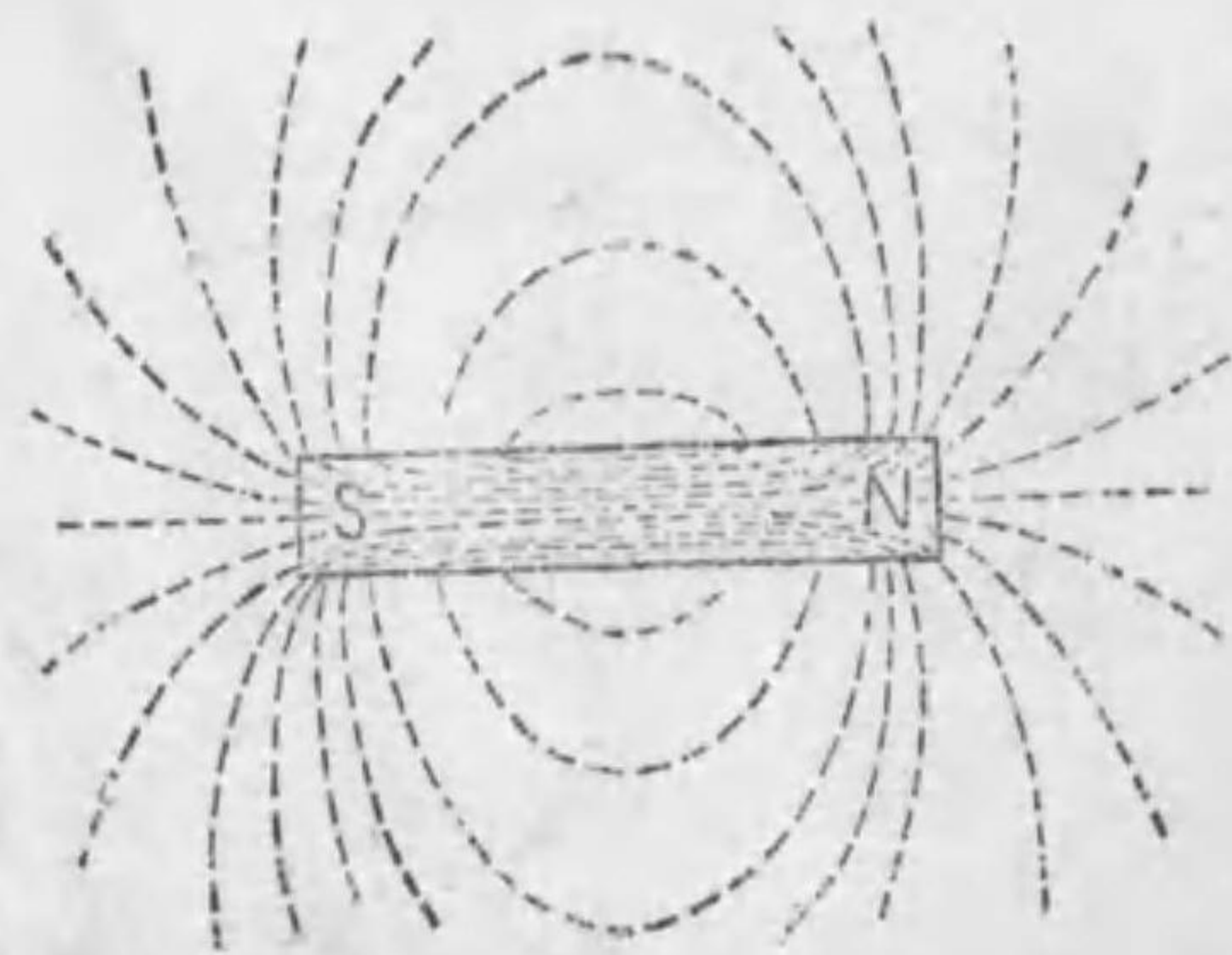
Magnetic Field

已に説述せる如く磁石の極を去る或る距離に小鐵片を置くとときは極の方向に吸引せらるべし、この吸引力は空間を通じて作用せるものなり、かく磁石が其吸引力を及ぼし得る空間を磁界と稱す、而して極に近き部分は強

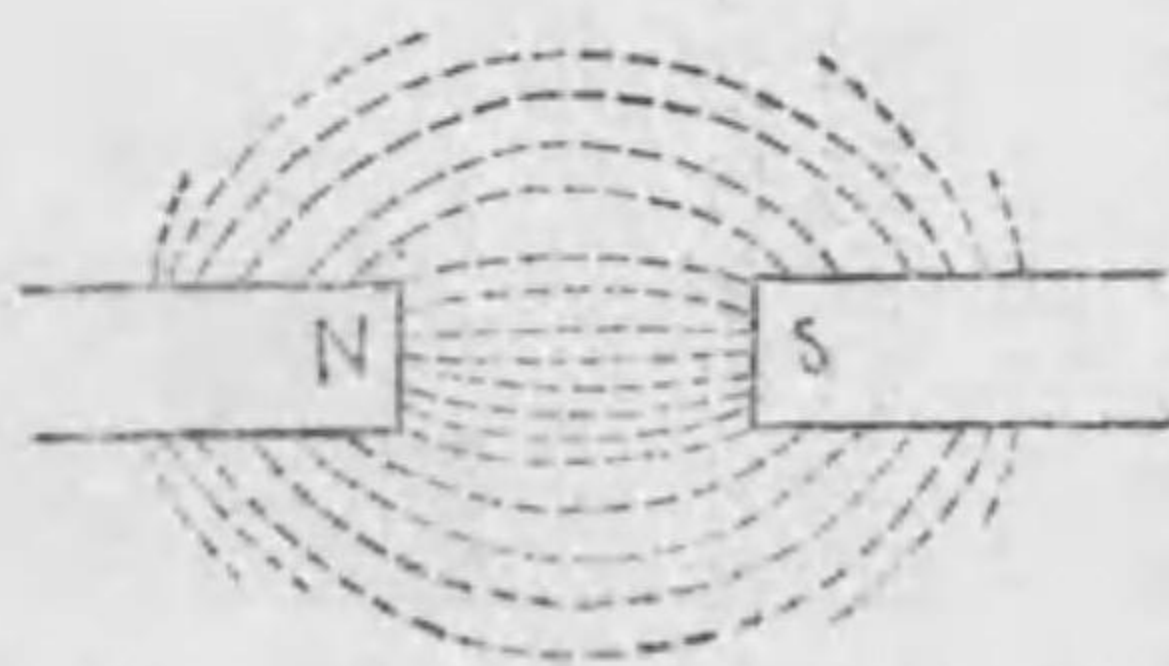
引力大なるを以て磁界の強さ大なりと云ふ、今第六圖の如く一の棒狀磁石をとり之れに紙片を乗せ其上に鐵粉を散布するときは鐵粉は相連續せる數多の線をなすべし、之れ磁石の吸引力が此線の方向に作用して鐵粉を順次排列せるが故にして該鐵粉の線は即ち磁界に於ける各點に於て磁石力が如何なる方向に向ふやを示すものなり、又此圖に於て磁極に近き部に於ては鐵粉の線狀に排列する事多し、故に磁極の附近にては磁界は強大なりと稱す、斯くの如く吾人は磁界内に於て磁石力の作用する方向を示す線を磁力線 Magnetic Lines of Force と云ふ、即ち磁力線とは圖に見る如く一の極より出で空間を通じて他の極に入る線にして其方向は磁石力の作用する方向を示し其數



界磁の石磁久永(A) 圖六第



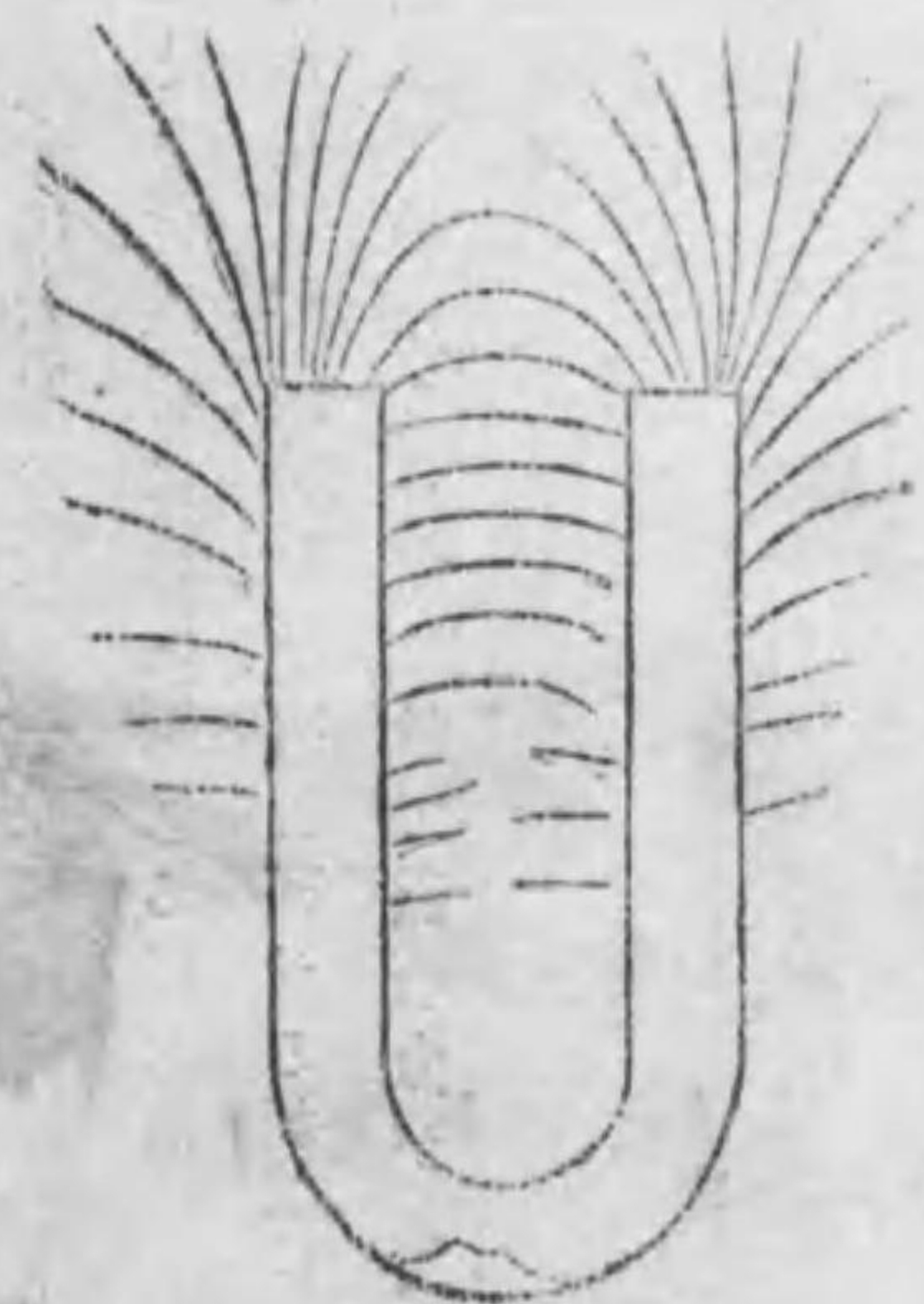
布分線力磁ノ石磁狀棒 (B)圖六第



圖七第 SN兩極相對レ磁界ノ線力分布

を以て磁石力の強さを示し得るものとす、第六圖(B)は棒狀磁石の磁界第七圖は二個の磁石のNS二極相對せるとき、の磁界第八圖は一の馬蹄形をなせる磁石の兩極間の磁界の狀況を示せるものにして、何れも第六圖(A)と同様に鐵粉を散布して知ることを得るものなり。斯く磁石のNSの兩極間には必らずある磁力線を通ずるものにして地球も一つの大磁石なるを以て其の南北兩極間には磁力線を通ずるや必せり

即ち吾人の生息する空間は一の磁界にして其の磁力線分布の狀況は地球磁石の項に述べべし。  
**九磁路** イロチチツクサキヤフト Magnetic Circuit 鉄粉の實驗によりて吾人は磁力線は正負兩極間を通ずるものなる事を知れり、然れども磁力



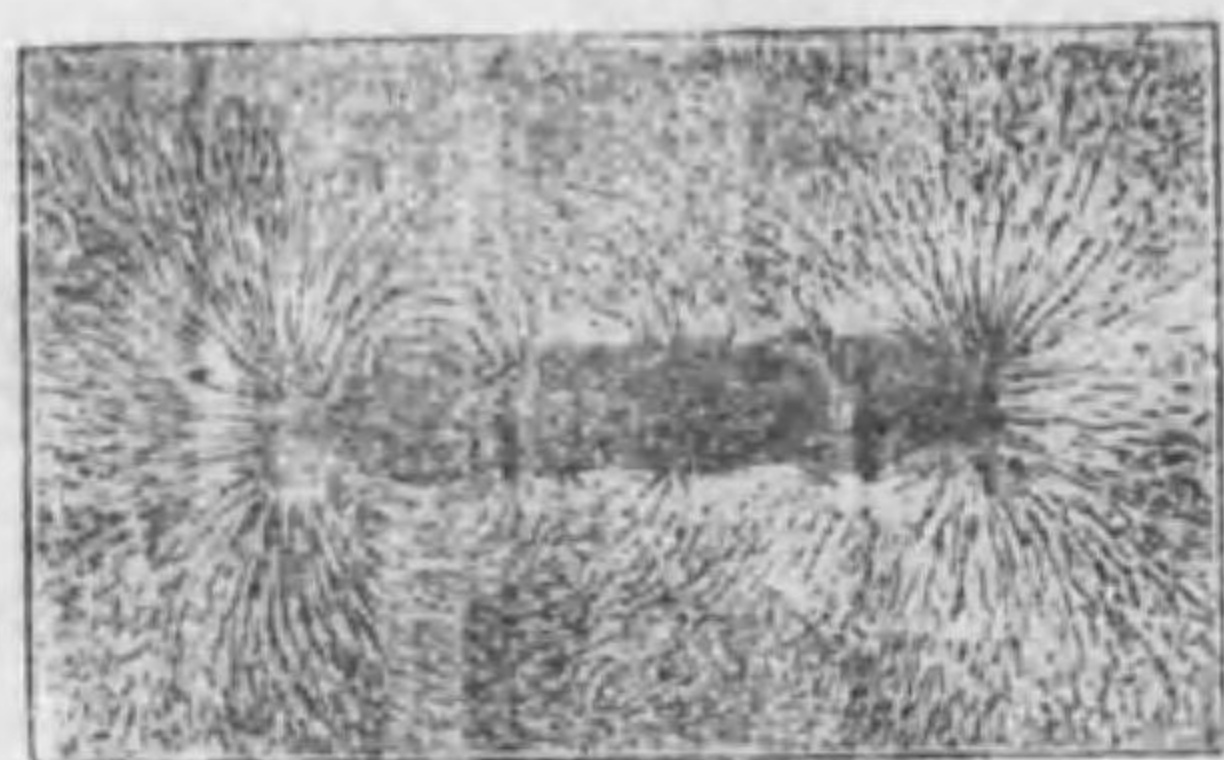
圖八第 馬蹄形磁石ノ磁界

線は正極に起り負極に終るものと見るは適當ならず、今若し第六圖(A)に於て實験せるが如き一の棒狀磁石を取りて之れを第九圖の如く數個に分ち互に少しく空



圖九第 磁石ヲ細分セルモ互間磁線力ヲ結連ス

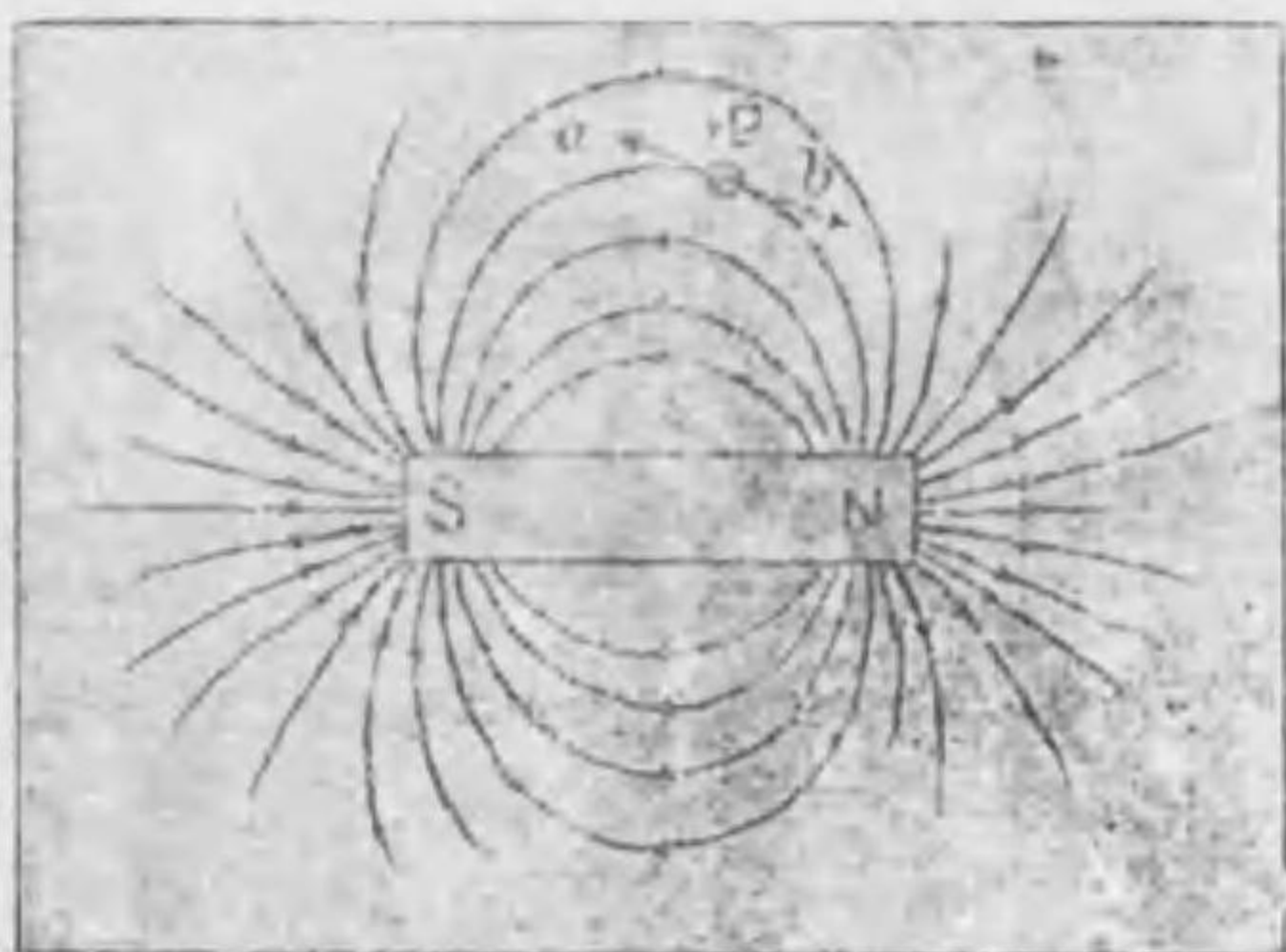
隙を距て、排列するときは如何に分せられたる各片は實に各完全なる一個の磁石にして相互間の空隙も各一の磁界をなし、磁力線は一極より他極に通ずるを見るべし(圖に於て四個の各片の右端が悉く正極とすれば左端は悉く負極をなすものなり)此れ亦鐵粉を以て容易に實驗するを得可く、假令一個の磁石を



第一圖○細分レ磁石ノ元ノ如ク密着スルニ中間ノ磁線力ハ消シ失テ体内ノ磁界ス

數十數百の小片に細分すと雖、各片は一個の磁石をなすものなり、爰に於て吾人は上述の磁力線なるものは一の磁石の正極に起り空間を通じて負極に歸るに止まらずして尙ほ自己の体内をも通過して元に歸り各線共一の輪狀をなすものと思惟するの便なるを知

る、即ち各磁力線は一半は磁石の体内、一半は体外の空間を通ずる環の如きものなりと假定せらる、今第一〇圖の如く、細分せる磁石片を元の如く密着すれば相互間の磁力線は外部に表はれずして、一見消失せる如くなるべし、此れ消失せるにあらずして、自己の体内を通じて相互に連絡す、唯だ空隙なきを以て外に表はれざるなり。



第一〇圖 正極受ルカ方ノ磁力線方

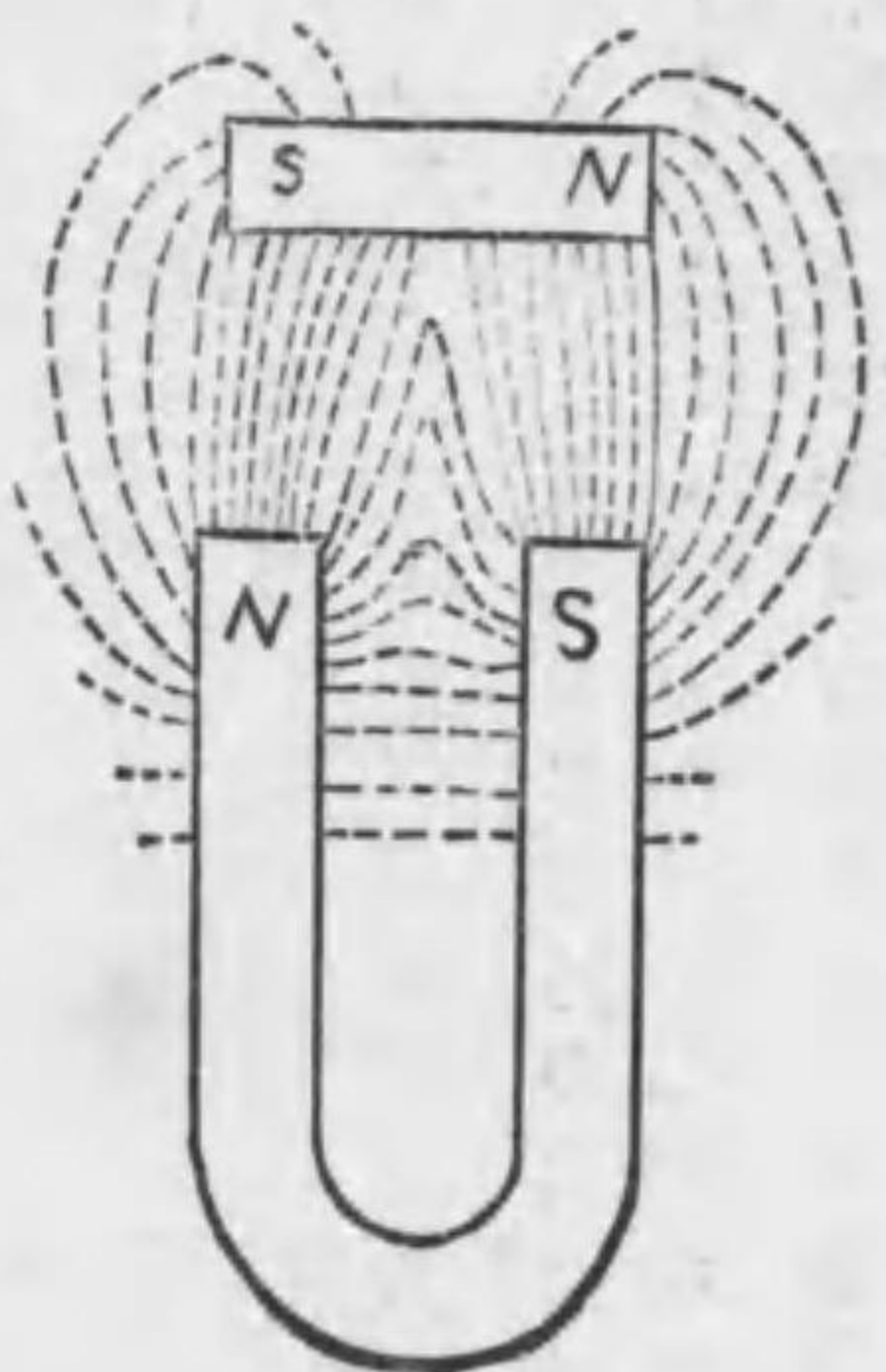
上記の如く磁力線が一の環状をなして通ずるを磁路をなすと云ふ、前掲の第六圖(B)に於ては磁石体内の磁力線をも示したり。

一〇、磁力線の方向 磁力線は終りなき輪状の線なれ共吾人は之れに方向を定め或は右より廻りて左に歸るか、又は左に廻りて右に歸る等の進路を定むるを便とする事あり、今第一一圖の如く一の磁石の磁界内の一點Pに磁石の一極を持來る時は之が正極なる時はNに斥かれSに引かれてPaの方向に力を受け、又負極なるときにはSに斥かれNに引かれPbの方向に力を受くべし、何れにも

せよPa又はPbの方向はPを過る磁力線とP點に於て切線をなすべし、換言すればPに置かれたる磁極の受くる力の方向は其點に於ける磁力線の方向と合するものにして、吾人はPに正極を持ち來れるとき其れが受くる力の方向を以て磁力線の方向なりと定む、此の約束に従へば磁力線は常に空間内にては磁石の正極より出で、負極に向ふ方向をとるべし、何となれば空間に置かれたる正極は常に正極を遠かり負極に近よらんとする力を受くればなり、即ち磁力線は空間内にては正極より出で、負極に入り、磁鉄の体内にては負極より正極に向つて歸るものなり。

一一、誘磁作用 Magnetic Induction

一の磁石より射出する磁力線の分布の態は其物の形狀大小及び之よりの遠近等によりて異なりと雖、一般に極と極との通路の小なる空間には多くの磁力線を通じ、其行程大なる部分に於ては其數少なりとす、而して鉄の如き磁石的物質は此の磁力線を通過せしむる能力非常に強大なる者にして磁界の一部に鉄片(磁石ならざる)を置くときは附近の磁力線を悉く此鉄片内に吸集して、磁界の状況を變ずべし、例令ば前掲の第八圖の如き馬蹄形磁石の附近に小軟鉄片を置くときは、數多の磁力線は此の軟鉄片内を通ずるに至ること第一二圖の如くなるなり、而して斯く磁力線を通せる軟鉄片は亦一の磁石と



第一圖 誘磁作用ニ用テ近ニS極ヲ生ズ近ニN極ヲ生ズ

なり、N極に面する部はS極となり、S極に面する部はN極となり、且つ兩者間には引力を生ずべし、是れを誘導作用 Induction に因て軟鐵が磁化されたりと稱す、其故は該小鐵片は馬蹄形磁石の磁力線が体内を通ずる間は一般の永久磁石と同様の性質を示せども馬蹄形磁石を取去ると

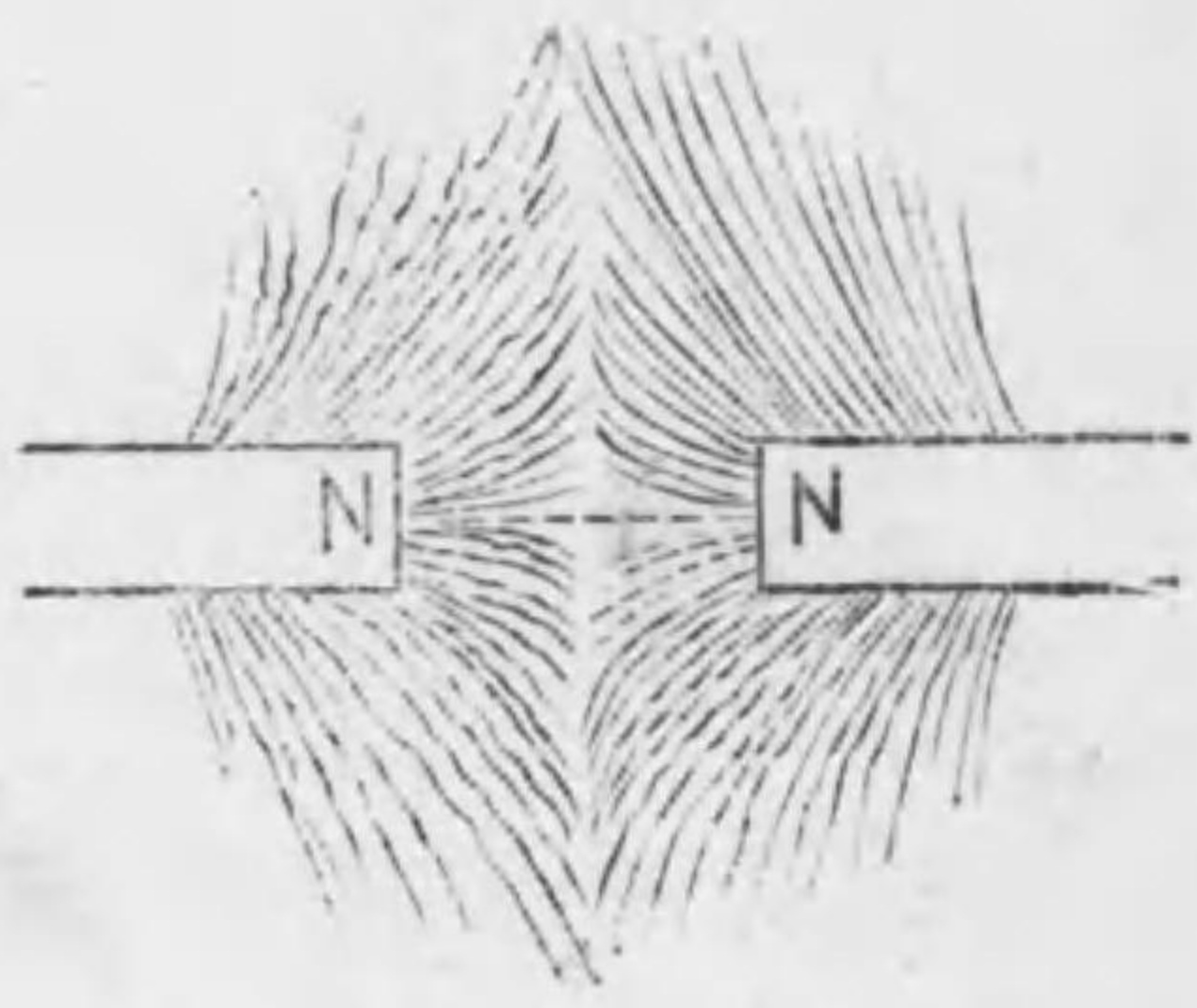
同時に元の鉄片に歸るを以てなり。

誘磁作用に於ても、矢張り磁力線の空間に向ひて出づる部はN極にして入り來る部はS極を爲すなり。

磁石が鐵粉及び釘の如き鐵片類を吸引する理由も亦此の誘磁作用に外ならず、即ち磁界にかゝる鐵の存する時は、磁力線は多く此れを通過し従て磁力線の入る部にも出づる部にNの極を生じ、相對する部は常に異極となりて相引くが故なり

一、二、吸引力を生ずる理由 磁石は常に同極相反し異極相吸引すると曰へり、磁界に置かれたる鐵片類が吸引さるゝも同理にして誘磁作用にて異種の極

を相面する部分に生じて吸引するが故なる事前節に述べたる所なり、而して此等の引力斥力等の起るは磁力線の性質に起因するものと想像するを便とす、即ち一般に磁力線は縮小し率直ならんとする性ある事緊張せらるゝ護謨の如きものなりと思考すべし、かく



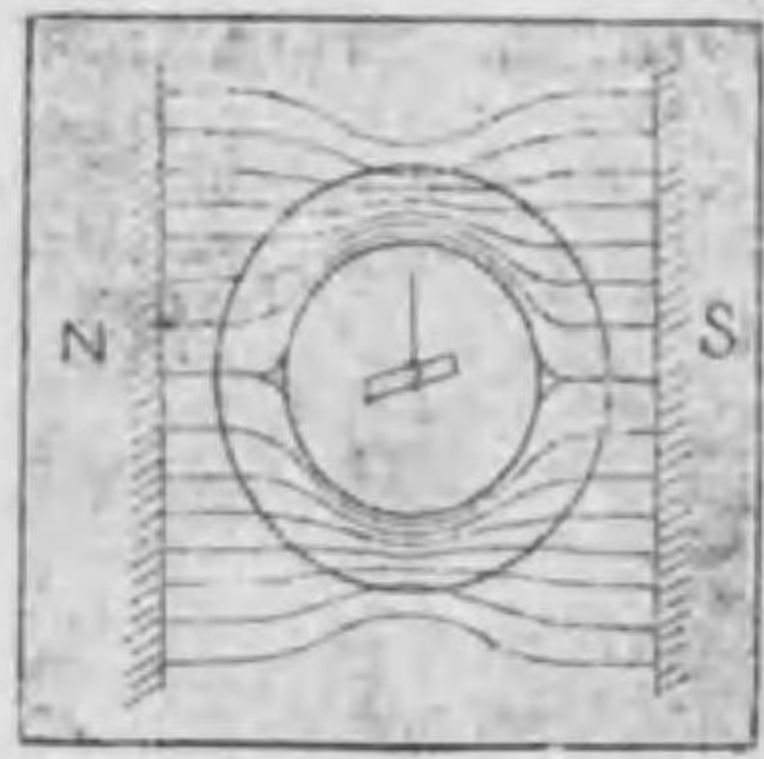
第一圖 同極相斥

一現象に歸着せしめ得べし、即ち異極相面する時は磁力線第七圖の如く兩極間に通じ、同極相面する時は第一三圖の如く磁力線は何れも他のS極を求めて通せんとすべし、故に何れの場合に於ても磁力線が緊縮短小ならんとすべし。

ば第七圖に於ては引力となり、第一三圖に於ては斥力となるべし。

一、三、磁氣壁 Magnetic Screen 鐵殊に軟鐵は磁力線を吸集する性あるが故に此の性を利用して空間の一部を磁界ならざらしむる事を得、今磁界内に一の鐵製中空の球又は圓筒を置く時は磁力線は殆んど全部筒壁をのみ通過して内部の空中

を通せざるべし、即ち中空の部は外部磁界の誘導作用を受くる事なし、之を磁氣壁と稱し、磁石の誘導作用を受けしむ可らざる機械類を保護するに應用せらる、例令ば發電所内に於ける測定器具の如きは全部鉄製の外函内に藏むる時は發電機の



磁氣壁 圖四一第

磁石力を受くる事なし地球は一大磁石なるを以て地球上の空間は到る所磁力線を通すべし、今地上若くは土中に鐵製の函又は球を作りて其の内部に居る時は地球磁石の影響を受けず即ち該函内にては磁石針は必ずしも南北を指さざるべし。

### 一四、磁極の強さ *Strength of Magnet Pole* 同一の距離

を距て、同一の鉄片又は磁石等に作用して大なる引力又は斥力を與ふるものは強力なる磁石なりと稱するを得可し、而して強力なる磁石程磁界内の任意一點に多數の磁力線を通せしむる理にして従て強力なる磁石とは其の極より多くの磁力線を射出し居る磁石なりと稱することを得。

磁極の強さの單位、之れより出づる磁力線の數の單位等は後節に譲り、一般に小さな鐵片程其重量に比して多數の磁力線を通じ得るものにして、従て強力なる磁石

を得んと欲する時は小なる磁石多數を作り之を同極と同極相重ねて大なるものとするなり、強力なる永久磁石には **ホルレム鋼** *Harden Steel* 最も適當なりと云ふ。

### 一五、磁氣分子說 *Molecular Theory of Magnetism* 吾人は已に一個の磁石を何個に

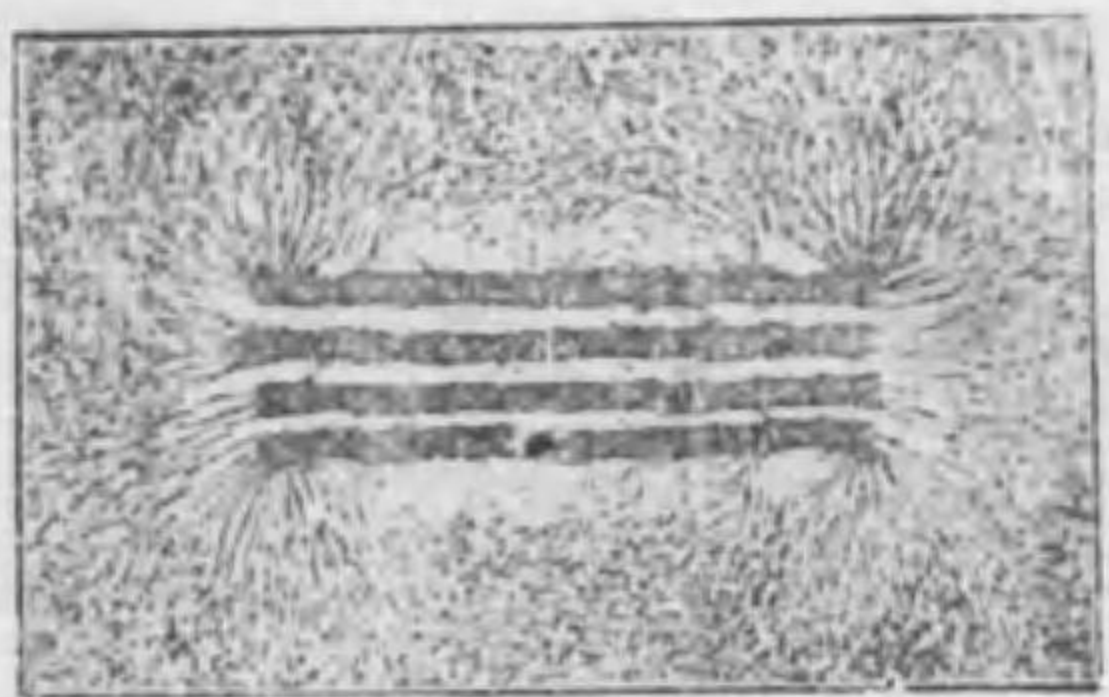
細分するも各個が一個の磁石をなす事を説けり、之を以て考ふる時は磁石となり居れる鐵の各分子は皆各別に一個の磁石にして其各が同極同方向に換言すれば何れも磁力線の方向に排列せるものなりと信するを得、即ち磁力線は各分子の負極より入りて正極に出で、又次の分子の負極に入るなり。

アンペール氏の説によれば磁性を有せざる物と雖、各分子は一個の磁石にして平生は各自任意方向に向き雜然たれ共、ある磁石の磁界内に置かれて誘導作用を受け磁力線が体内を通ずると同時に各分子は同方向を向きて排列する様強ひられ初めて該鐵片は磁性を帯ぶるに至るものなりと、而して誘導作用を受くると大なるもの程かく強て整列



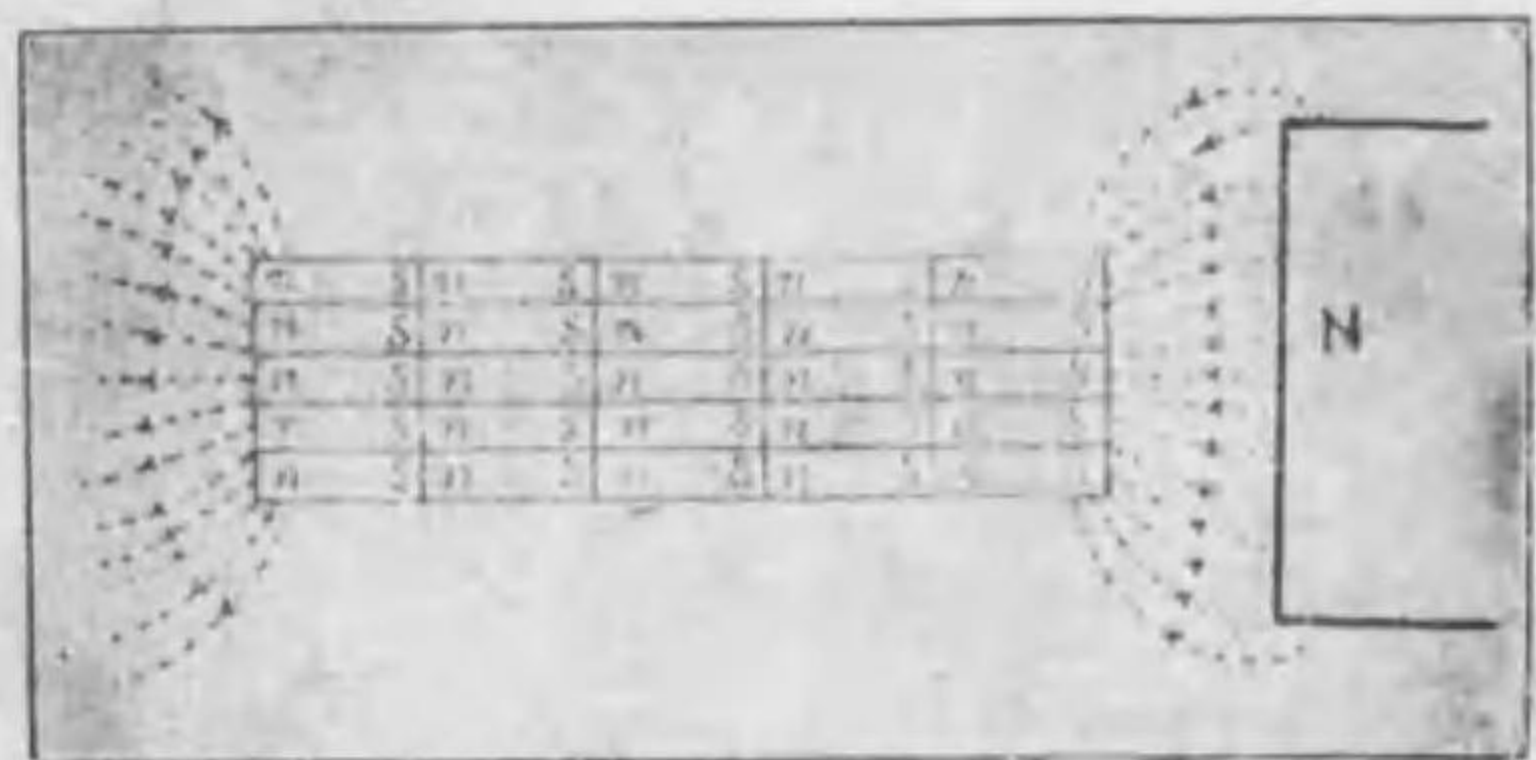
第一五圖 多數ノ磁石ヲ雜然排置スルモル外ニ對シテ磁石ノ性質ヲ示ス

せしめられたる分子の數も増加し、從て強き磁石となると。



第一五圖 多數の磁石が同方向に作られたる時、各分子の排列の状を想像せるものなり。

此の説に遵へば誘磁作用にて鐵が磁石となるも各分子が悉く整理し終れるときは最早や磁石力はそれ以上に増加せざる理なり、果して實際に於いても鉄片が磁



第一六圖 第一五圖は小なる磁石を雜然放置するとき附近に殆んど磁界を生じ能はざるを示せるもの、第一六圖は同磁石を同極同方向に整理せしめたるとき強き磁界の生ずるを示せ

るものなり、第一七圖は尙ほアンペール氏の説に基き誘磁作用にて鐵の磁化せられ居る時、各分子の排列の状を想像せるものなり。

石となり得る程度には制限あり、此の制限に達し如何にするも或る磁石をばそれ以上に強くすること能はざるに至れるときは其の磁石は飽和 (Saturation) せられたりと云ふ。

### 一六、残留磁石 Residual Magnetism 永久磁石の近傍にて誘磁作用にて磁石とな

りせる鐵片ありとすれば、今急に永久磁石を取去る時は、誘磁作用止みて元の鐵片に復歸すべし、これ磁力線の消失すると同時に前節の理によりて整理せる各分子が元の雜然たる状態に復するが故なるべし、然れ共仔細に驗する時は誘磁作用にて一と度び磁石となれば、永久磁石を取去るも尙ほ多少磁石性を保有するを見るなり、之れを残留磁石と稱し、分子中に尙ほ曩の如く整理せる部分あるが故なり、此の磁石力を保有する性は軟鐵にては僅少にして鋼に於て最も強し、抑も鋼は誘磁作用を受けて磁石となるに頗る困難なり、然るに一と度び磁性を得る時は又之を失なうに困難なるは、蓋し鋼の分子が軟鐵の分子に比し頗る稠密なるを以て、各分子の整理分解等に際し互に摩擦し運動困難なるが故なるべし、かく鋼の如く永久磁石性を保有する性をレテンヂビチー (Retentivity) と稱す。

工業上治く使用せらるゝ電氣磁石に於ては電流の力にて鐵に磁石力を誘起せし

Handwritten notes in Japanese, including characters like '磁石' (magnet) and '軟鐵' (soft iron).





但しKはmの單位の如何によりて自ら定まる係數なり、此の關係を「クロム」法則 Coulomb's Law と稱す

$$F \propto \frac{m \times m'}{r^2} \quad \text{又は} \quad F = K \times \frac{mm'}{r^2}$$

一九、磁極の強さの單位、磁石の極の強さの單位としては吾人は下

く定む。  
「センチメートル」を距つる同じ強さの兩磁石極ありて其の相互間に作用する力が「ダイン」なるときは此等各極は「一の強さ」 Unit Poleなりと稱す。

之れを「クロム」氏法則の式に入るときは

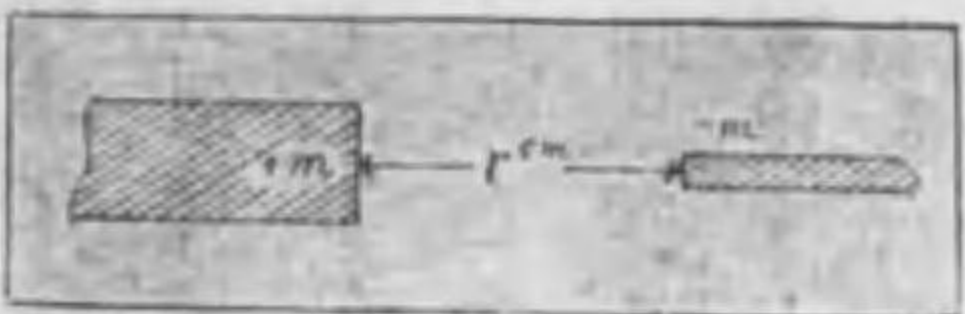
$$F = \frac{1 \times 1}{1^2} \times K \quad K = 1$$

となる、即ち係數は一なるを以て該式は下の如く記するとを得

$$F = \frac{m \times m'}{r^2} \dots\dots\dots (1)$$

以上の結果として一般に極の強さは下の如く規定するも同様な

某磁極の強さは之れより「センチメートル」を距たれる點に「一の強さ」の磁極を持來れるとき、其相互間に作用する力を「ダイン」にて示せるものに



第ニ〇圖 兩磁石極の引力  
「ダイン」

等し。

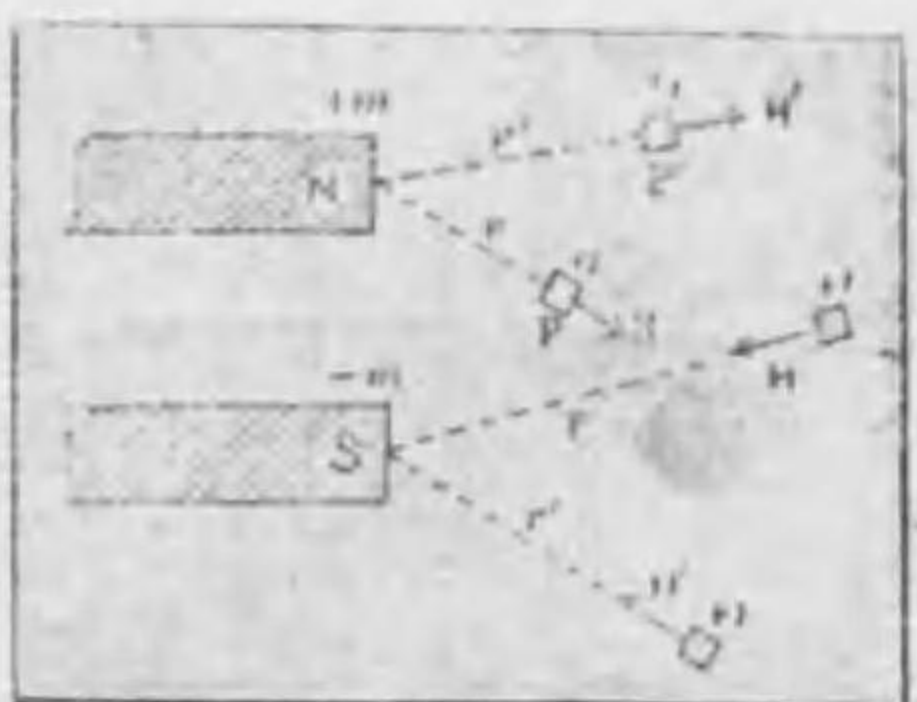
例令ば某磁極ありて「センチ」を距て、一なる磁極を持來れるに、一〇「ダイン」の力にて吸引したりとせば、其極は一〇の強さの極となるなり。

磁極には正負兩極あり、第一〇圖の場合の如く兩分せる二個の磁石を密接し異種極を相接するときは兩極は相消して零となるが如き事實より此のNS兩極はも代數學に於ける正負兩數の如しと考へ正極は+、負極は-の符號を與ふるなり。故に極の強さを示す時にも此の符號を考へmが正極、m'が負極なる場合には前は+mなる極、後者を-mなる極と稱す、故に前記「クロム」の式に於ても此等符號の何によりてはFは正值なると負値なることあり、即ちmとm'が同符號なるときはFは正值なり、之れ力が斥力なるを示し、異符號ならばFは引力なることを示す例令ば一〇〇なる強さの正極と二五なる強さの負極と五「センチ」を距て、相對する時作用する力如何と云ふに  $m = +100; m' = -25; r = 5$  にして

$$F = \frac{100 \times (-25)}{5^2} = -100 \text{ ダイン}$$

即ちFは負なるを以て百ダインの力にて相吸引するを示す

二〇、磁界の強さ、Intensity of Field 今爰にmなる強さの一磁極ありとすれば



第一二圖 正極の作る磁界と負極の作る磁界との合成

其附近の空間は磁界となり、他のある磁極を持来れりとせば前者との間に必ずある力の作用を見るべし、吾人は磁界中の任意の一點に「強さ一なる正極」を持ち来れる時前の  $m$  極との間に作用する力の大きさを以て其點に於ける磁界の強さと定む故に  $m$  なる極より  $r$  cm なる一點の磁界の強さは

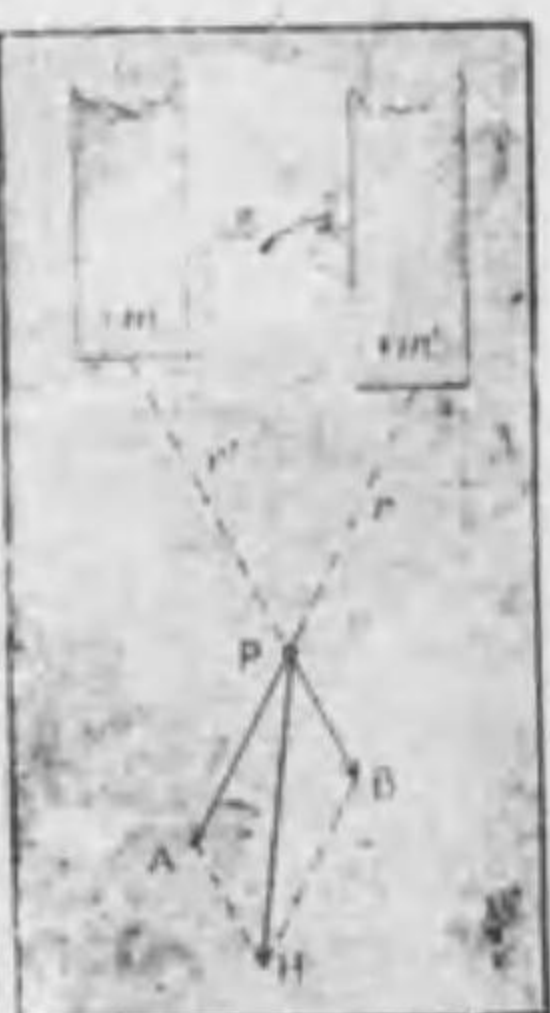
$$H = \frac{m}{r^2}$$

にして普通  $H$  を以て記號とす例令ば強さ一〇〇なる磁極より 5cm を距つる一點の磁界の強さは

$$H = \frac{100}{5 \times 5} = 4$$

即ち四なる値なり、斯く磁界の強さとは、其點に「強さ一なる正極」を持ち来れる時に受くる力の大きさに等しきとを注意すべし、又この正極が受くる力の方向を其點に於ける磁界の方向と稱す、故に正なる磁極の作る磁界の方向は常に磁極を遠がるが如き方向にあり、第二一圖の如く負なる磁極の作る磁界の方向は常にこの磁極に近つかんとする向にあり、何となれば、正極は  $+1$  極を遠さけ、負極は  $-1$  極を近けんとするばなり。

次に第二二圖の如く空間に  $m$  及び  $m'$  の如く二個以上の極あるときは、磁界内の



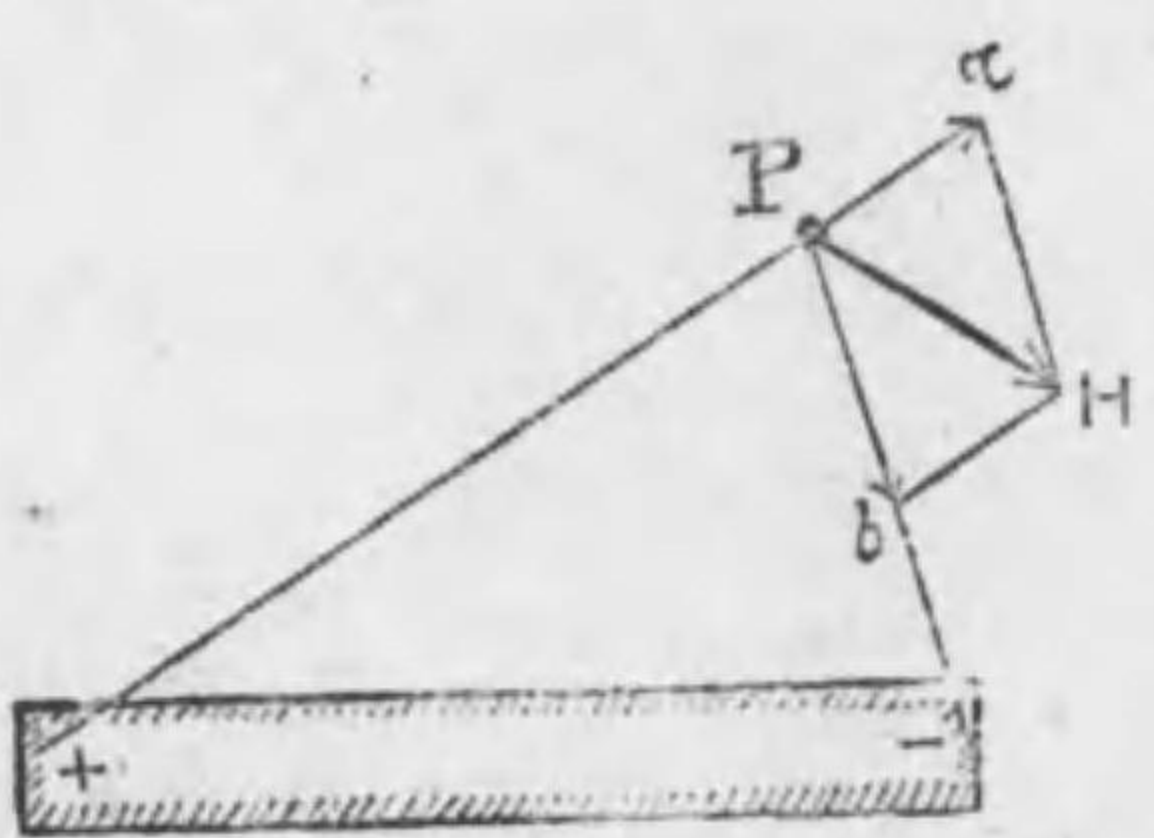
第二二圖 二極の作る磁界の合成

の一點  $P$  は各の極より  $\frac{m}{r^2}$  又は  $\frac{m'}{r'^2}$  の如き力を受けるを以て、此等の合力を求むれば實際の磁界の強さ及び方向を知るとを得可し、圖に就て  $PA = \frac{m}{r^2}$ ,  $PB = \frac{m'}{r'^2}$  にして  $PA, PB$  の

合力  $PH$  が  $P$  點に於ける磁界の強さ及び方向を示すなり

第二三圖は一の棒磁石の正負兩極が作る磁界  $PH$  を求めたるものにして正極は  $Pa$  の如き斥力負極は  $Pb$  の如き引力を作用するを以て兩者の合力が  $P$  點の磁界  $PH$  を示すなり。

如上の方法によりて  $P$  點を諸所に變じ、各點に於ける磁界の強さ及び方向を取れば多くの連続せる曲線を得可く、其曲線は恰も前述の磁力線の曲線と合するを見るべし、第六圖甲及乙、吾人は磁力線の項に於て磁石力の強き所、即ち強き磁界の部に於ては磁力線の數も多數に描くと説けり、一般に磁界内の一點に



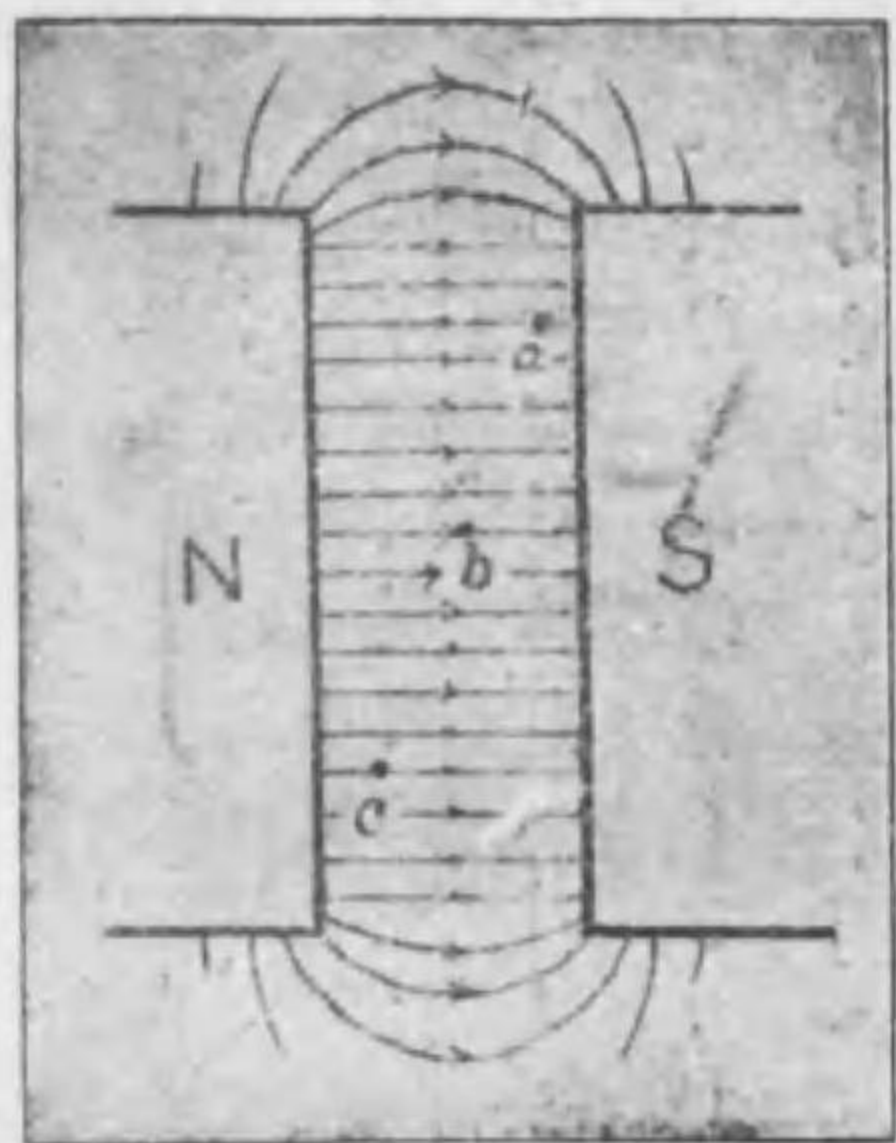
第二三圖 棒磁石の作る磁界



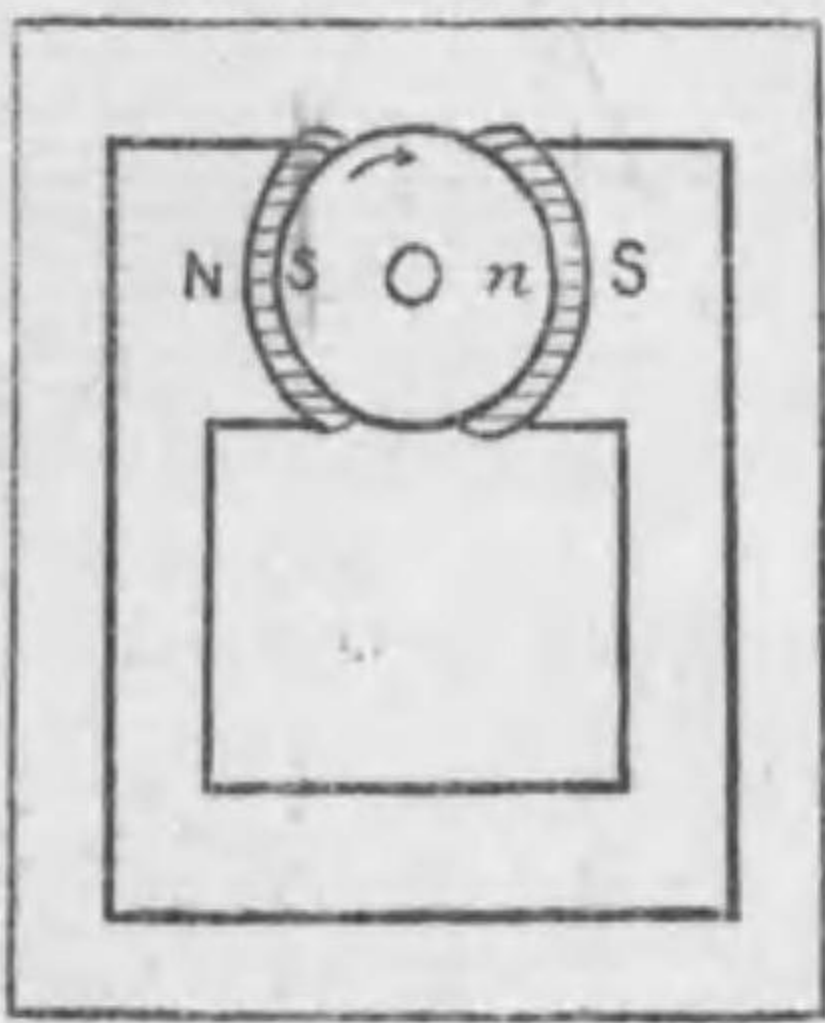


上に分布し且つ兩者間に於て磁界を形成すべき空隙の長さが比較的小なるときは

は磁界内の磁力線分布の状況は圖に於て直ちに想像し得る如く、中央部に於ては殆んで各磁力線は平行して磁極の面に直角に射出すべく、唯だ磁石の兩端の上下に於てのみ多少放散するに過ぎず、即ち此の中間の部に於ては單位面積を通ずる磁束の密度は  $\mu$  に於ても  $\rho$  に於ても又は  $\sigma$  に於ても全く同一なり、此の如きを均一なる磁界と稱すこの場合に於ては、空隙を通ずる磁束の總數を知るは頗る容易にして中央部の磁界の強さ磁束密度と同一の値なりを測定し之れに磁鐵の面積を乗すれば足るなり、均一なる磁界を作らざる磁鐵の場合に於ては射出する磁束の總數を知るには必らず先づ磁極の強さを測定し之れに  $\mu$  を



均一な磁界 圖七二第



發電機ノ磁界 圖八二第

乘せざる可らざるなり

右の如く均一の磁界に於て兩極の上下の端邊の部に於ては多少磁力線放散し居りて磁束密度中央部同一ならざれども、磁鐵大にして空隙小なる場合には是等少許の磁力線は看却するも何等大差を生せず。

發電機電動機の如き諸機械に於て磁石を使用する場合には重に第二八圖の如く磁鐵の面積に比し空隙を小とし、即ち均一磁界となすと多きを以て、電氣工業上に於ては殆んど常に本節の理により磁極の強さを知らんとなくして磁力線の總數又は磁界の磁束密度等を計算す

例題一、第二八圖の如き發電機磁界あり、磁極は各邊二〇センチメートルなる正方形をなすと云ふ、此の空隙を通ずる磁束の總數を求む、但し磁界内に強さ五〇なる一磁極を持來るときは三五七グラム<sup>1</sup>の重さに等しき力を受くるものなりと

解、先づ磁束密度を求めんに  $F = Hm$

$$357 \times 980 \text{ ㏈ } = H \times 50$$

$$350000 = H \times 50 \quad \therefore H = \frac{350000}{50} = 7,000$$

即ち單位面積に七〇〇〇本の磁束を通ずるものなるが故に

電氣磁氣

33  
330  
1120

$$N = HA = 7000 \times (20 \times 20) = 2,800,000 = 2.8 \times 10^6$$

即ち二百八十萬本にして之れを二、八「メガライン」とも稱す(「メ

### 二四、均一磁界に置かれたる小磁石並に磁氣能率

第二九圖の如く強 $H$ なる均一磁界内

強さ $+m$ にして長さ $l$ なる小磁石を磁界の

直角に置きたりとせよ、(上部N極下部S極と仮定)

上部N極は右方に「E」ダインの力を下部S極は左

方に全一の力を受くべし、斯く一物体の二點に於て

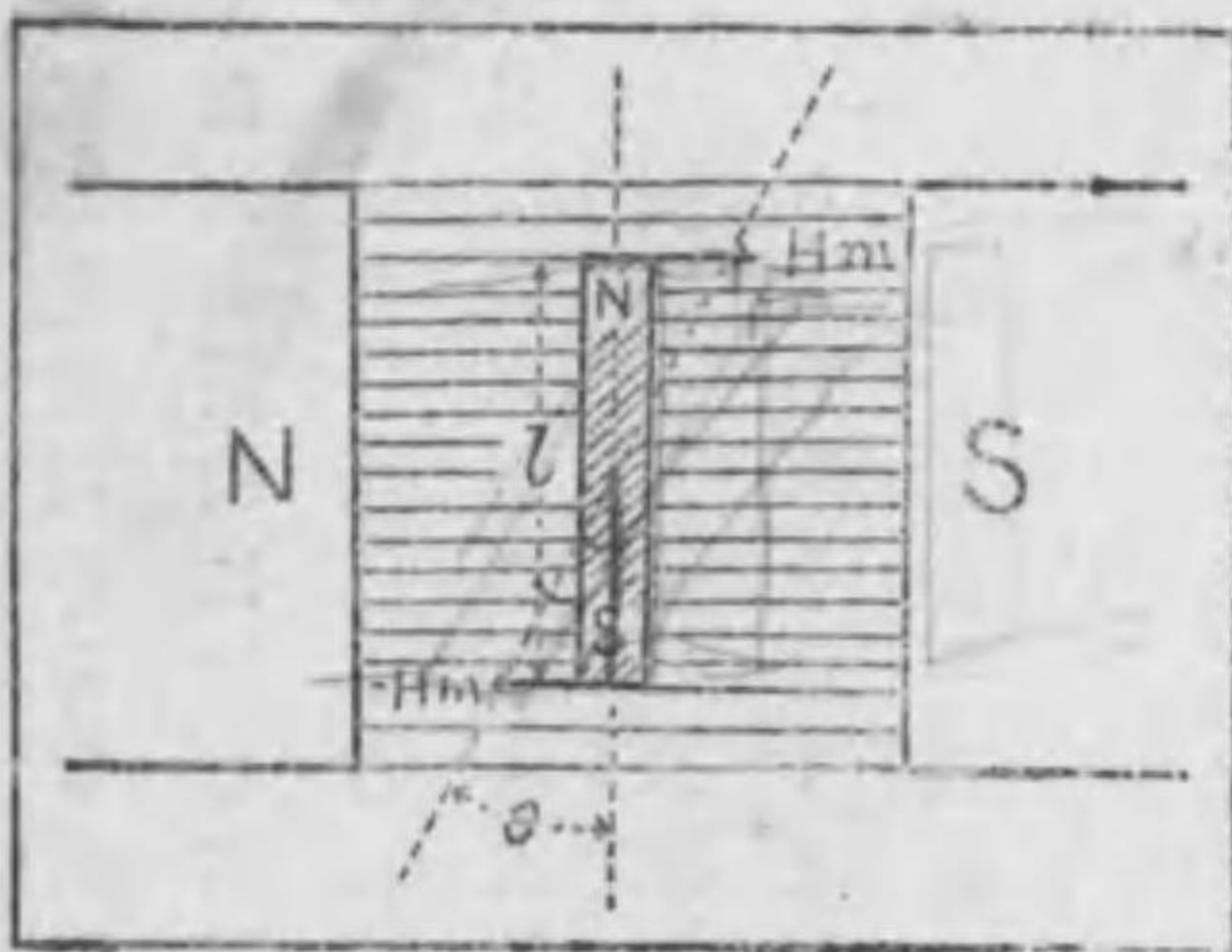
平行にして方向相反する二力作用するときは之れ

を偶力と稱し其物体は廻轉せんとする傾向を生ず、

而して廻轉せんとする能率の多少は、作用する力の

大きさと平行なる二力間の長さ(此の場合に於ては $l$ )

との相乗に比例し之れを廻轉能率と稱す即ち



率能轉廻ルク受ノ石磁小 圖九二第 (M = Hm/co.θ)

$$\text{廻轉能率} = Hm \times l$$

にして此力のために磁石が $\theta$ なる角だけ廻轉せりとせば平行なる二力間の距離

は $l$ よりも短小にして $l \cos \theta$ となるを以て

$$\text{廻轉能率} = Hm l \cos \theta \dots \dots \dots (4)$$

に減すべし、即ち磁石は磁界の方向と直角に置ける時最大の廻轉能率を受け $\theta$

角だけ偏せる位置に於ては $\cos \theta$ 倍に減少す、而して $\theta$ が九〇度となりて磁石が磁

力線と平行するに及んでは廻轉力は消失し $(\cos 90^\circ = 0)$ 及び $Hm$ の二力は一直線上

に反對に作用するを以て平衡を保つなり。

重心にて支へられたる磁石針の自ら南北を指して静止するは廻轉力のためにし

て磁石の静止する方向は即ち磁力線の通過する方向にて、正しく曰へば磁針は

必ずしも地球子午線の南北、或は地球磁石の南北極を指示するものにあらざるな

り

備て前記廻轉能率 $Hm l$ に於て $m$ なる値は其磁石には固有なるを以て之れを其の

磁石のモーメントと稱し、一極の強さに兩極間の長さを乗じたるものなり、今之れ

を $M$ を以て示せば

$$\text{廻轉能率} = Hm l = HM \dots \dots \dots (5)$$

若し此の磁石を強さ $H$ なる磁界内に之れと直角に置けりとせば

*Magnet.*

*8000 \* 1000 = 24,000,000*

廻轉能率 =  $HM = 1 \times M = M$

となる故に磁石の「モーメント」は強さ一なる磁界に直角に置けるときに其れが受くる廻轉能率と稱することを得。

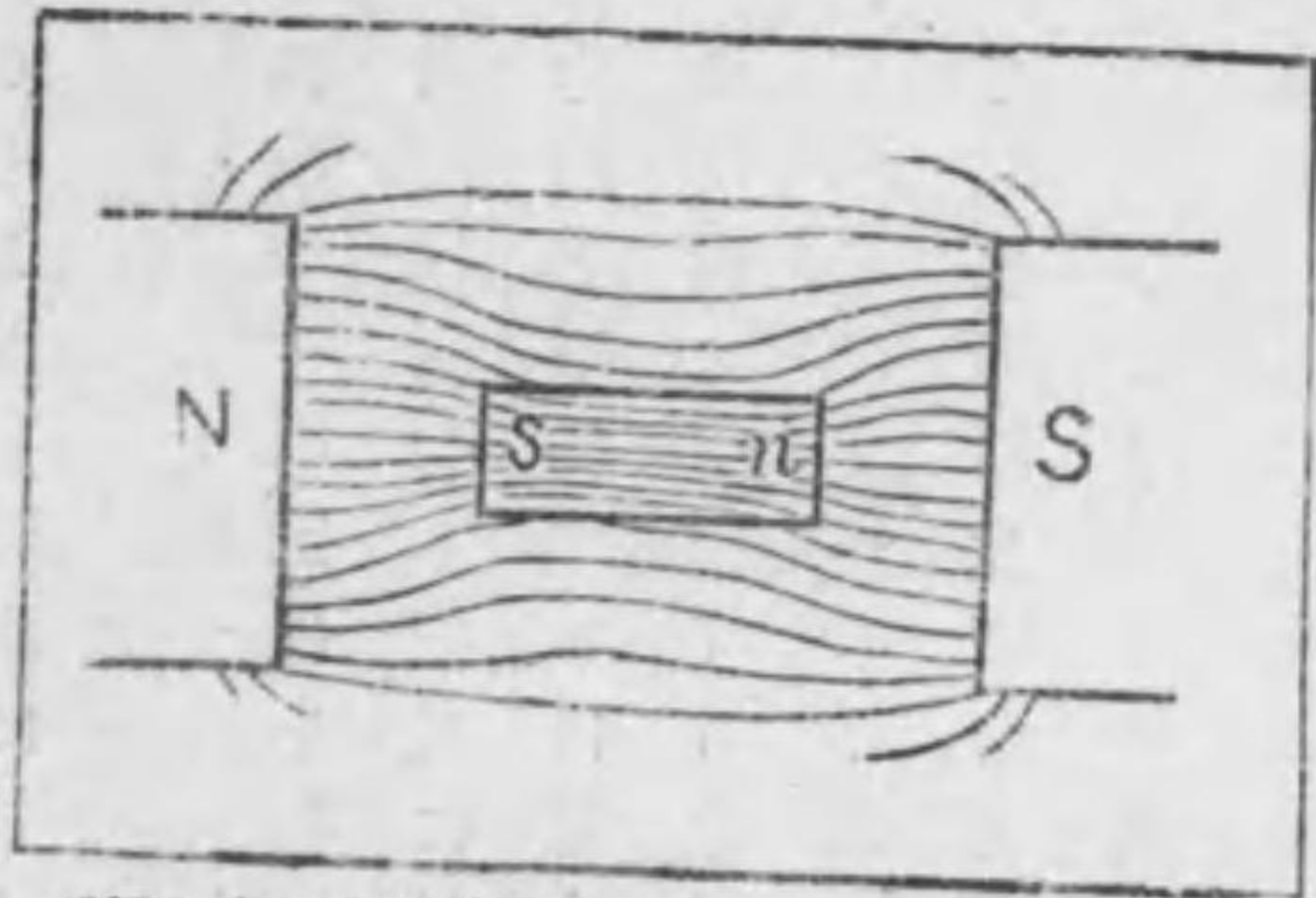
例題二、強さ八〇〇なる均一磁界内に長さ一二「センチ」強さ二五〇なる磁石を磁力線と三〇度の角に置くときは、何程の廻轉能率を受くるか、又此の磁石は中心にて支へありとすれば磁石の廻轉するを防ぐ

ためには支持点より五「センチ」の點に幾「グラム」の重量に等しき力を與へて保持せしむべきか

解、廻轉能率は  $Hml \cos \theta = 8000 \times 250 \times 12 \times \cos(90^\circ - 30^\circ)$   
 $= 8000 \times 3000 \times \cos 60^\circ = 12,000,000$

又之れを前記の點に保持するには全一廻轉能率を逆に生せしむるを要し、支持点と保持点との距離五「センチ」なるを以て保持點に與ふべき力をG「グラム」とすれば

$980 \times G \times 5 = 12,000,000$   
 $G = \frac{12,000,000}{980 \times 5} = 2450 \text{「グラム」}$  又は  $2.45 \text{「キログラム」}$



第三圖 導磁率メタル磁線力鉄中多ク通り

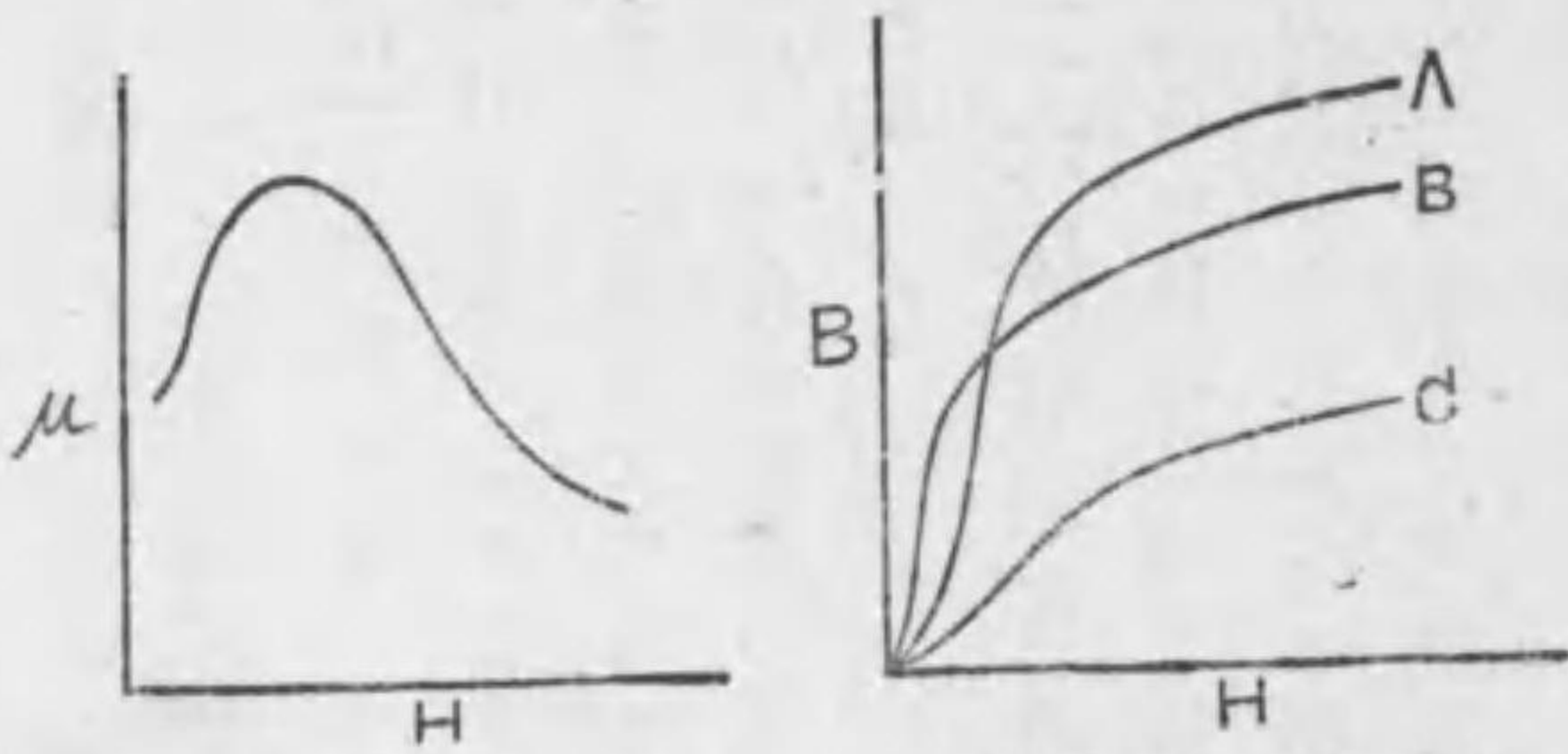
### 二五、導磁率

Permeability

強さHなる磁界内に一の鐵片を置くときは、鐵は已に説明せる如く磁力線を通過せしむる力大なるを以て第三〇圖の如く鐵に向つて多くの力線を集すべし、今此鐵片の單位面積を通ずる磁力線がBなりとすれば初め空氣ありし時はHの密度なりしものが鐵の來れるためBに増加せるものなるを以て其比を考へ

$$\frac{B}{H} = \mu \text{ 又は } B = \mu H \dots\dots\dots (6)$$

此の $\mu$ を該鐵片の其時に於ける導磁率と稱す、鐵に代ふるに木片、紙、硝子他の金屬等を以てするもHは何等の變化増減あることなし、即ち此等の物は $\mu$ が一なる物質と稱し、磁力線の通過に對しては空氣と毫も異なる所なきなり、獨り鐵に於ては $\mu$ は時としては數百乃至數千を算するものにして、且同一の鐵片と雖其 $\mu$ 常に一定ならず、其鐵の置かるべき磁界の強さHの値によりて變するものなり、其の變化の状態は一般に第三二圖のごと



第三二圖 B-H 線曲 第三三圖 B-H 變化



くHの大なるに従ひμは漸次減少す、而してこの曲線の形状も鐵の組織成分等によりて大に差異あり、實用上Hの諸種の値に對しBが如何に變ずるか、は第三一圖の如き曲線を以て示すを便とす、之れをC-D曲線と稱し、Aは軟鋼鐵、Bは鍛鐵、Cは鑄鐵に就て描けるものとす、此の曲線によりてBはCより、AはBよりも導磁率大にして強力な磁石を作るに適せるを見るべし

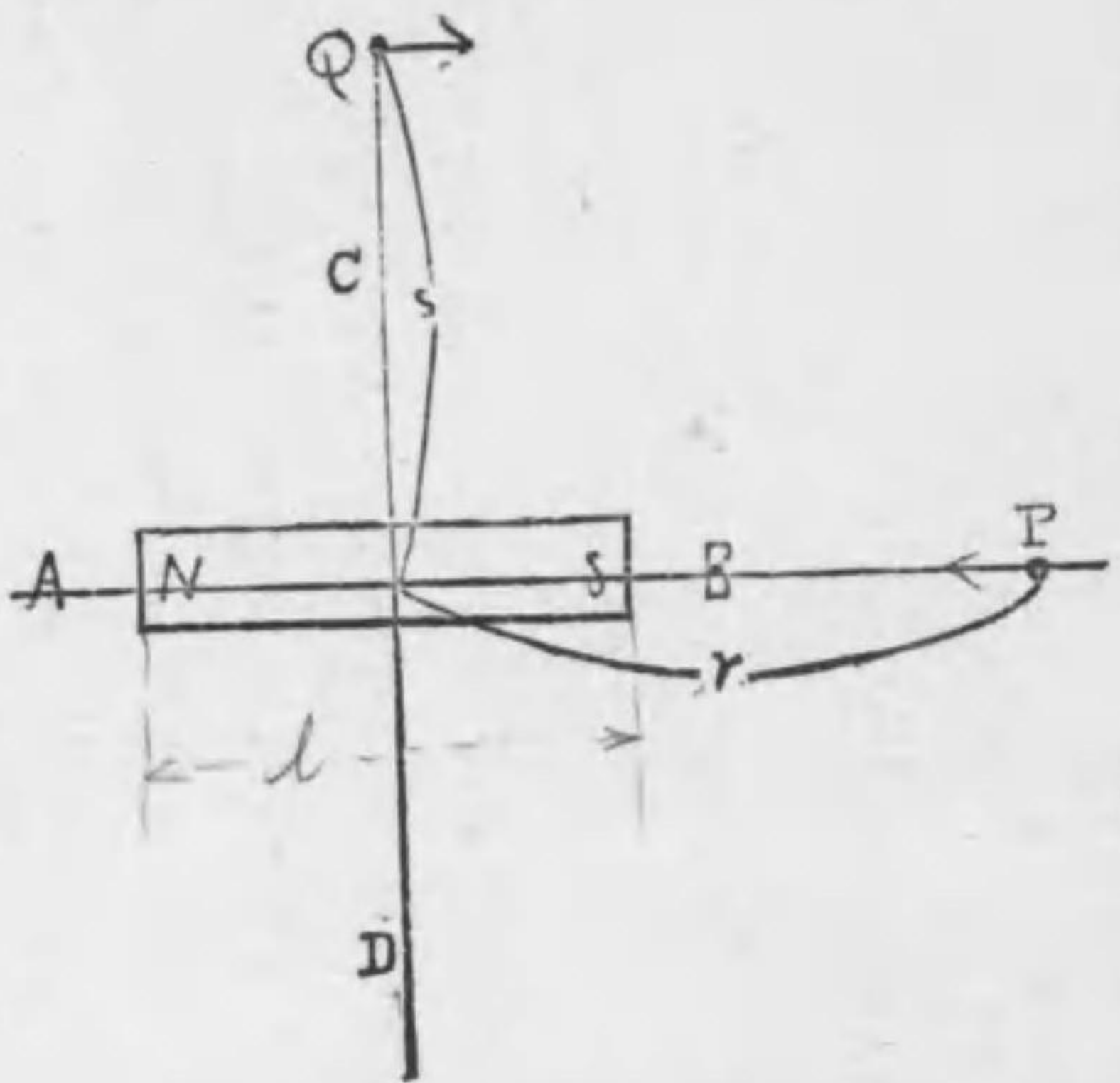
第三一圖に於てBの曲線が漸次基線に平行となるは鐵の分子が飽和せるが爲めHを大にするともBは最早増加し得ざるを示す、即ち  $H = H_B$  に於て、H大となるもBは大とならず、従てμは漸次減少するなり

該B-H曲線は右の如く鐵の飽和の状態を示すものなれば飽和曲線 Saturation Curve とも稱す。

### 二六、棒狀磁石の磁界

棒狀磁石に於ては磁界内の一点の磁界の強さは、及び一兩極の作る磁界の合力を求むるを要するを以て、簡單なる式を以て任意點の強さを表示する事不可能なる事は既に説明せり、然れども第三三圖に於けるA-B線又はC-D線上に於ける任意點P或はQの磁界の強さは下の如く簡單に計算する事を得

(一) A-B線上に於て磁石の中心よりr「センチ」の一點Pの磁界



第三三圖

今磁石の長さを2d「センチ」とすればPの受くる磁界は「+」極の距離のN極と「-」極の距離のS極とより方向相反せる二力を受くるを以て、mを磁石の極の強さとすればBの磁界Hは

$$H = \frac{m}{(r - \frac{1}{2}d)^2} - \frac{m}{(r + \frac{1}{2}d)^2} = \frac{m \times 2r}{(r^2 - \frac{1}{4}d^2)^2} \quad (7)$$

若しP點が磁石を去る事遠くして  $\frac{1}{2}d$  がrに比し頗る小なるときは  $\frac{1}{4}d^2$  の項を看却し

$$H = \frac{2m}{r^3} \dots \dots \dots (7')$$

と見ることを得可し

例合ば、rが一〇「センチ」、dが五〇「センチ」にして極の強さmが二〇〇〇なりとすればPに於ける磁界の強さは後式に従へば

$$H = \frac{2M}{r^3} = \frac{2 \times 2000 \times 10}{50 \times 50 \times 50} = \frac{40}{125} = 0.320$$

或は又前式に依り正確に求むれば

$$H = \frac{2Mr}{(r^2 - \frac{1}{4}l^2)^2} = \frac{2 \times 2000 \times 10 \times 50}{(50 \times 50 - \frac{1}{4} \times 100)^2} = \frac{2000000}{(2500 - 25)^2} = \frac{2000000}{6127000} = 0.326$$

此の兩結果を比するに其誤差二%を超過せず

例題三、前例に於て節略せる公式を使用するが爲めにHの値に5%以上誤差を生ずるはrがlに比し何倍以下にある時なるか

解、題意により次の如し(略式を用ゆる方Hが小となるを注意すべし)

$$\frac{105}{100} = \frac{2Mr}{(r^2 - \frac{1}{4}l^2)^2} + \frac{2M}{r^3} = \frac{2M}{r^4} \left( \frac{r^2 - \frac{1}{4}l^2}{r} \right)^2$$

$$100r^4 = 105 \left( r^4 + \frac{1}{16}l^4 - \frac{1}{2}r^2l^2 \right) \quad l=10を代入して$$

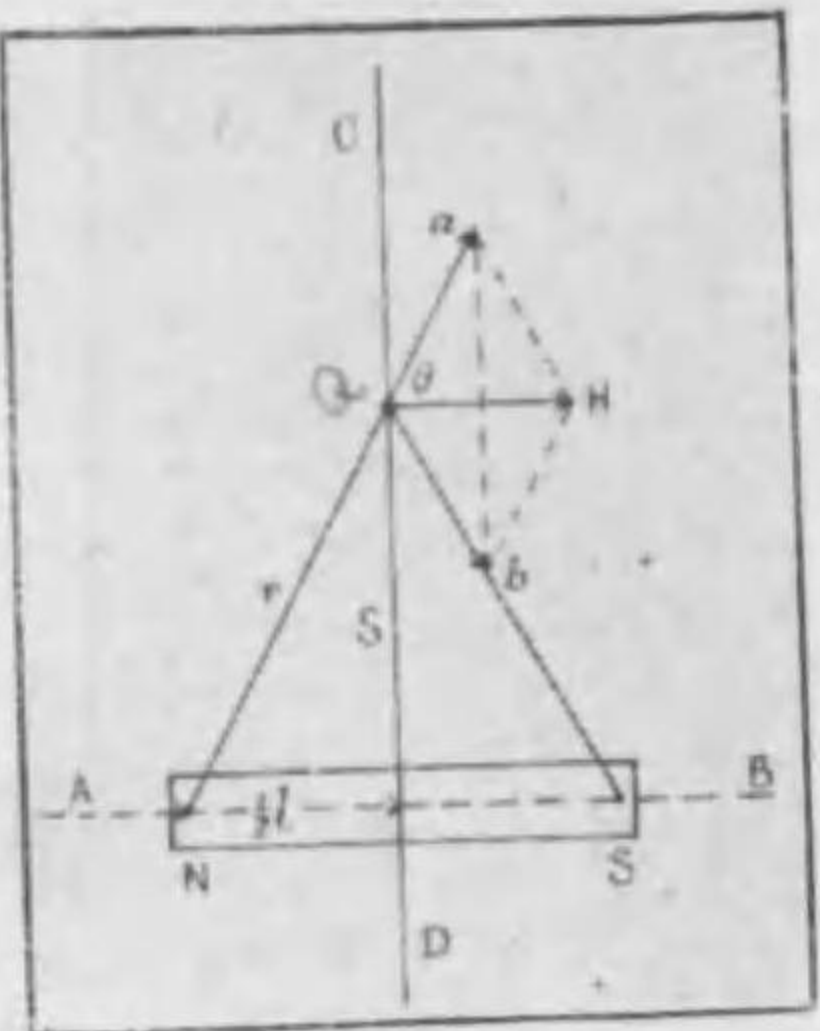
$$5r^4 + \frac{165}{16}l^4 - \frac{105}{2}r^2l^2 = 0 \quad \text{これを解きて}$$

$$r^4 - 1050r^2 + \frac{105000}{8} = 0$$

$$r = 27.8 \quad \therefore r = 27.8 \text{ センチ}$$

即ち約三倍以下なるときは誤差五%を超過す

(二) CD線上に於て磁石中心よりS「センチ」の點Qの磁界の強さ Q點がCD線上にある時はNより受くる磁力はQaの方向、Sより受る磁力はQbの方向にありて何れとも同一の値なり(CD線は磁石を直角に二等分する線なるを以てQよりN又はSに至る距離は同一にしてrなればなり)故にQの磁力HはQa、Qbの合力にして(第三四圖)



圖四三第 界磁ノQ點一の線DC

$$H = 2 \times Qr \cos \theta = \frac{2m}{r^2} \times \frac{r}{r} = \frac{2m}{r^2} = \frac{M}{r^2} \dots \dots \dots (8)$$

是れ簡略ならざる式なり若しsが磁石の長さlに比し大なる時はrなる長さはsと大差なきを以てrにsを代用し

$$H = \frac{M}{s^2} \dots \dots \dots (8')$$

とするも差支なし、(一)の場合と反對に此の略式に於てはHは少しく大に算出せらるゝなり

例題四、例題三と同様の磁石に於て略式を使用せるため誤差が五%以上となるはsがlに比し何倍以内に近き時なるか

解、題意により

$$\frac{105}{100} = \frac{M}{s^2} \div \frac{M}{r^2} = \frac{r^2}{s^2} = \left(\frac{105}{100}\right)^2 = 1.033$$

$$\text{又 } \frac{r^2}{s^2} = \frac{s^2 + 1^2}{s^2} = 1.033 \quad \therefore 1.033s^2 = s^2 + \frac{1}{4} \times 100$$

$$.033s^2 = 25 \quad s^2 = \frac{25}{.033} = 750 \quad \therefore s = 27.38$$

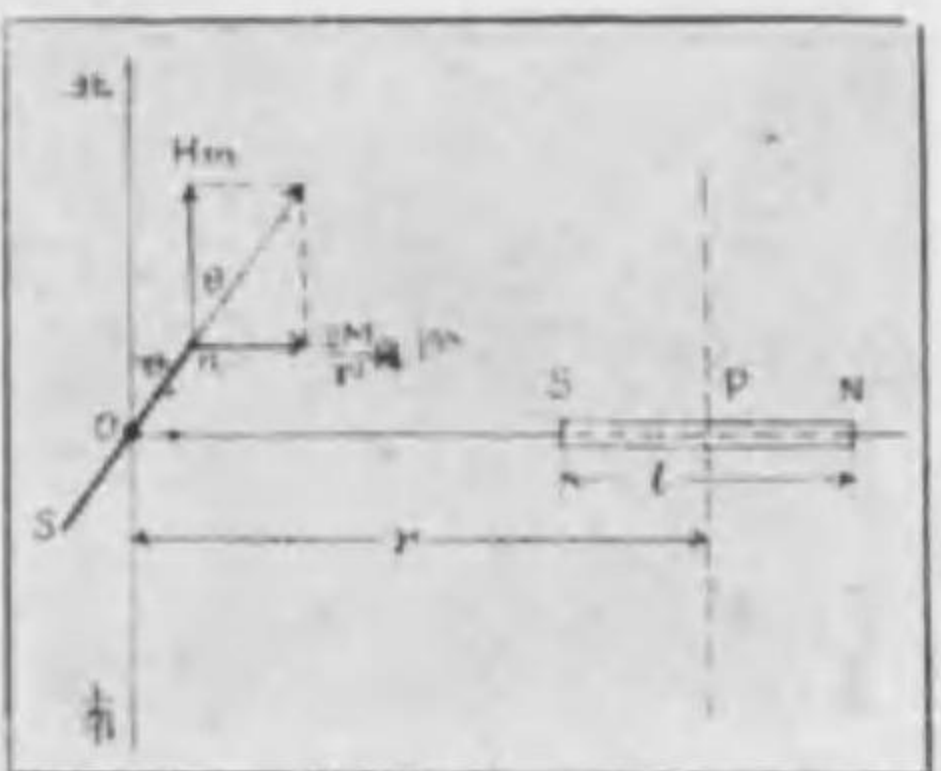
$$\frac{s}{l} = \frac{27.38}{10} = 2.74$$

矢張り前同様約三倍以内にあるときは誤差五%をな

す

### 二七 棒磁石の極の強さを測る法 前節の

式を應用し或る棒磁石の極の強さを測定することを得  
 今長さの可及的短かき小磁石針を吊すべし其各極の強  
 さを  $m$  と假定すれば各極は  $H_m$  の力を受け地球磁力線の  
 方向即ち南北に静止すべし  $H$  は地球磁力の水平分力  
 なり今之と直角の方向即ち東又は西の方向に測定すべき磁石を東西に横たふべ  
 し但し此磁石と小磁石針との距離  $r$  は磁石の長さ  $l$  に比し數倍大なるを要す然  
 る時は此磁石は小磁石針に對し東西の方向に磁界を作り其強さを  $F$  とすれば小



第三五圖 「メトメタ」

磁石針の各極には  $mF$  なる力を作用すべし、因て小磁針は南北に  $mH$  東西に  $Fm$  の力を  
 受くるを以て南北の方向よりある  $\theta$  なる角だけ東又は西に偏して静止すべし而  
 して此の  $\theta$  なる方向は第三五圖に見る如く兩磁石力の合成力の方向にして

$$\tan\theta = \frac{Fm}{Hm} = \frac{F}{H} \quad \text{又は} \quad F = H \tan\theta \dots\dots\dots (9)$$

然るに  $F$  は前節に示せる如く次の値をなす  $M$  は測定すべき磁石の「モーメント」

$$F = \frac{2M}{r^2} \quad \therefore M = 0.3$$

依て

$$\frac{2M}{r^2} = H \tan\theta \quad \therefore M = \frac{r^2 H \tan\theta}{2} = 0.3 r^2 \tan\theta$$

斯く  $M$  を知らば之を磁石の長さ  $l$  にて除せば極の強さを得可し

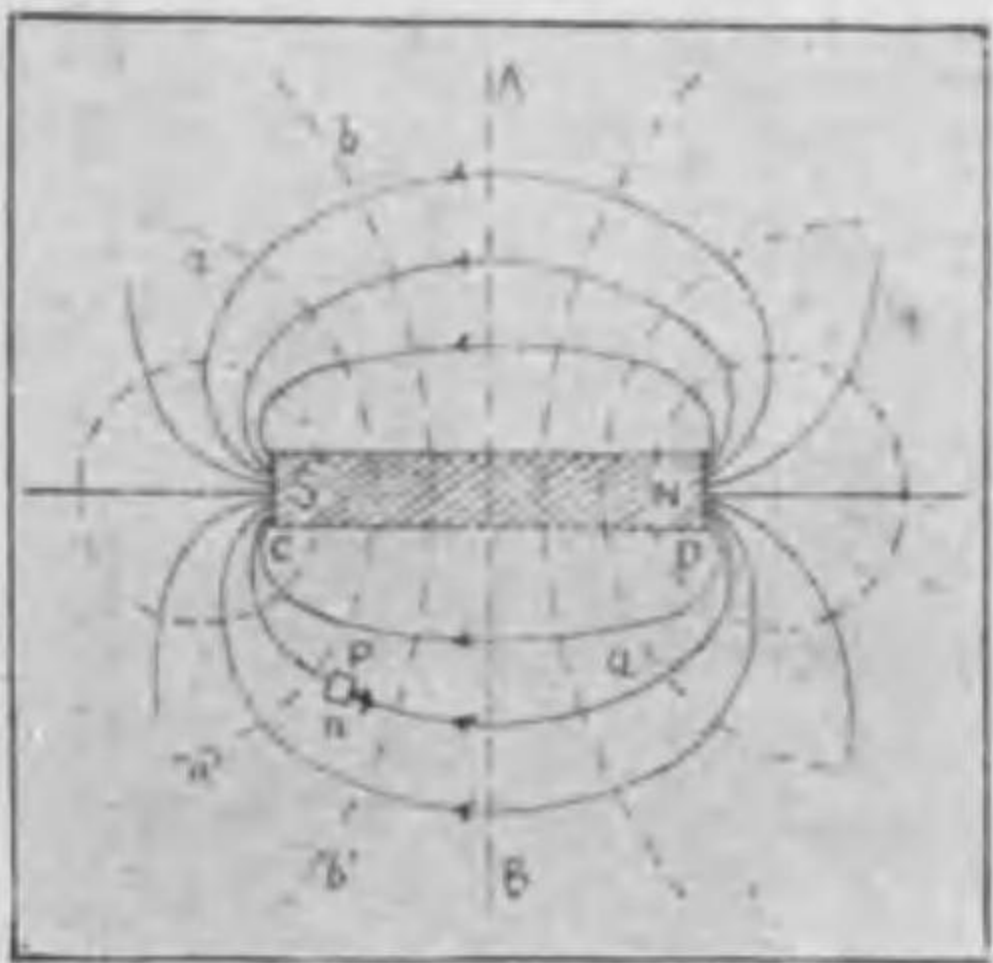
上の如く地球磁石力に作用せられ居る小磁石針に東西の方向に他の磁力を與へ  
 磁針の偏倚の角  $\theta$  を測定して與へたる磁力を測定する方法を「マグネトメータ」  
 法 Magnetometer Method といふ

右の方法に使用する小磁針はなる可く短かきを要す、長き時は兩極は  $O$  點を去る  
 事大にして従て東西の方向に  $\frac{2M}{r^2}$  の磁力を受くるものとするは多少の誤謬あれ  
 ばなり、

### 二二八、磁位 Magnetic Potential

第三六圖の如き一の磁石の磁界内に一の正磁極

を持來る時はNに斥けられSに吸引せられ遂にS極に移動すべし、而して其途中の各位置に從ひて磁界より受くる力は異なれども此運動のため該正極は或る仕事をなすべく其値は



第三六圖 磁位同位面

と相似たる事實なり、即ち正極の部に置かれたる磁極はある位置の「エネルギー」を有す、故に吾人は正極は負極に對し高き磁位にありと稱する、或は正負兩極間には磁石の位の差ありと稱す Difference of Magnetic Potential 而して此の「位の差」は負

$\Sigma H \cdot dl$

なる形にて示さるHはある一點に於ける磁界の強さ、 $dl$ は其點の部分にて移動せる小距離なり、若し又反對にある正磁極をS極よりN極の方に移動せしめんには、外部よりある仕事を與へざる可らず、此關係は恰も高所の水が位置の「エネルギー」を有し、落下するとき、相當の仕事をなし得る代りに水を低所より高所に上ぐるには外部より同量の「エネルギー」を與ふるを要する

極より正極まで「強さ一なる正極」を持來るに要する仕事を以て示す、而して此仕事の量は圖に於て出發點Oと到着點Dとが變せざる限り、中間の通路の如何に關せず同一の値を有するものなり。

磁位の差なるものは磁極と磁極との間のみならず、磁界内の任意兩點甲乙間にも存在す、即ち甲より乙に「強さ一なる正極」を運ぶにWの仕事を要するならば乙の方甲よりWだけ高き磁位にあるなり。

借若し前記正極を移動せしむるに常に磁力線と直角の方向を取るときは如何、其運動は磁石より受くる力と直角にあるを以て、何等の仕事を要せざる理なり、即ち圖に於て點線を以て示せる  $aa'$ 、 $bb'$ 、 $AB$ 等の如き通路にては磁極の移動に仕事を要せざるを以て、 $aa'$ 又は $bb'$ 上の各點は同一の磁位にありと稱せざる可らず、依て此等を同磁位面 Equipotential Surfaces と稱す、 $aa'$ は一の同磁位面にして $bb'$ は又他の同磁位面なり。

故に圖に於て直ちに知り得る如く、同磁位面は磁力線と常に直角に交はる面にし、て其面上に磁極を動かすに仕事を要せざるものなり。

次に第三七圖の如き均一なる磁界Hありとすれば、「強さ一なる正極」をS極よ

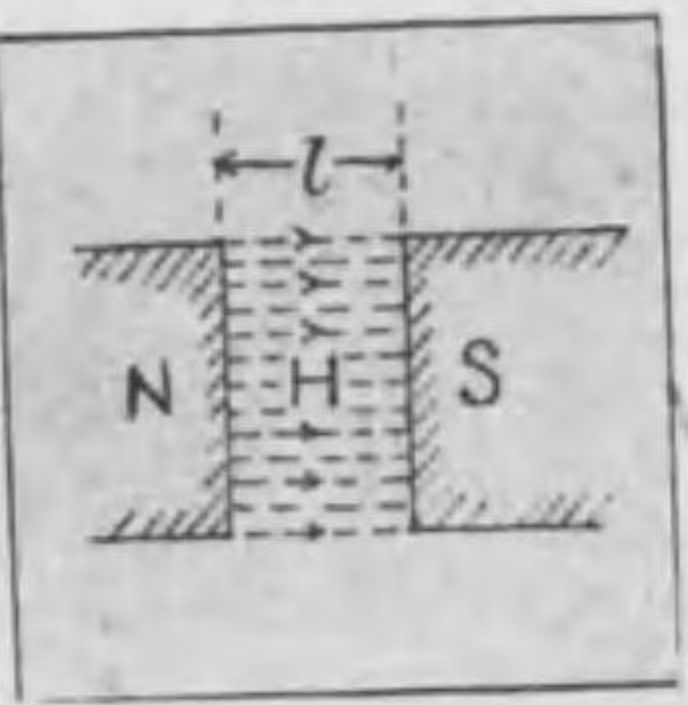
りN極までの距離を移動せしむる間には、常に同一の磁力Hを受くるを以て、其

仕事の量は

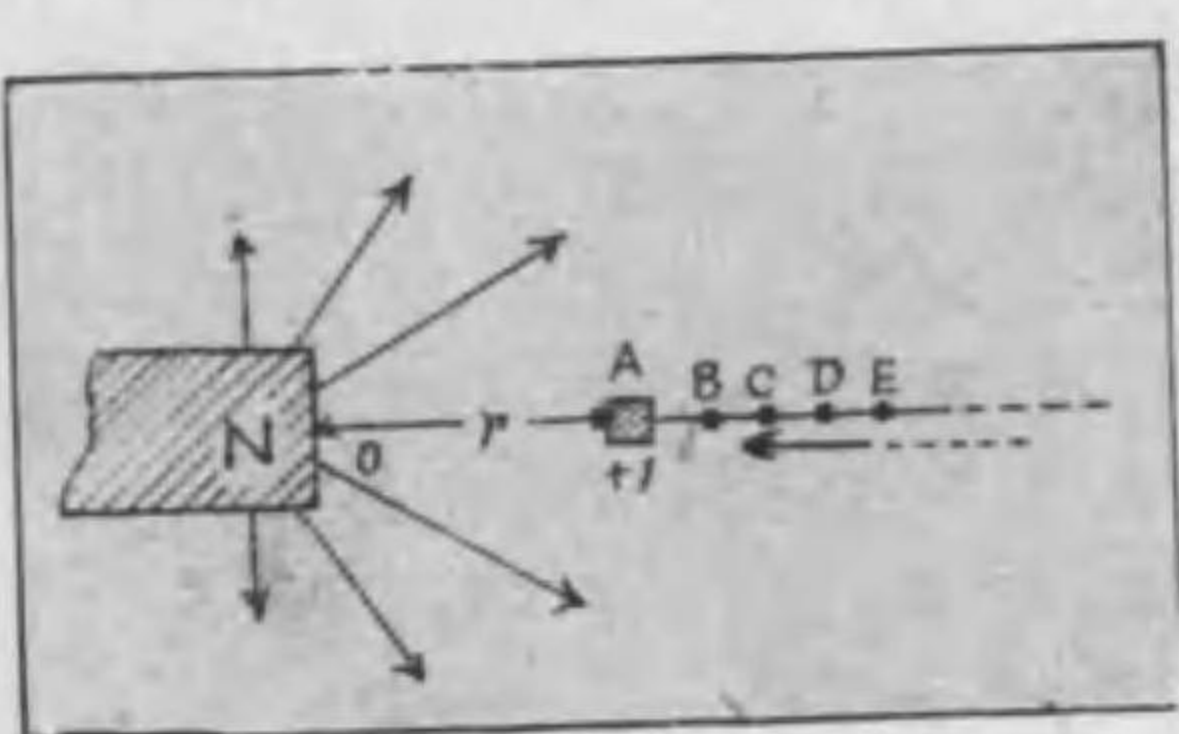
$$W = H \cdot l \text{「エネルギー」} \dots\dots\dots (10)$$

にして従てN極とS極との磁位の差もHlなり

偕て爰に一の磁石ありてSN兩極間の磁位の差が仮りに一〇〇なりとするも各極又は中間の磁界内の各點の磁位の絶對値に就ては未だ定むる所なかりしが、今尙ほ進んで此の絶對値を定めん、先づ磁力に關係なき磁界外の點、即ち無窮大外の點は皆な零なる磁位を有するものと定む、斯く定むればNS兩極の磁位差が一〇〇なるときはN極は+50、S極は-50なる磁位にありて兩極の中間の磁位を有する面AB(第三六圖)は零なる磁位にあり、何となればaa'bb'の如き同磁位面はN又はS極の周りに環狀をなせる或る定まれる大きさの面なれどもABのみは磁石の軸に直角にして無窮大外迄も連なれる面なるを以て磁界外の點と同様に零磁位にあるを以てなり、實に無



圖七三第



圖八二第

窮大外よりAB面に沿ひ磁石の中央迄磁極を運ぶには常に磁力線と直角に運動するを以て毫も仕事を要せざるなり

更に進んで磁界内の一點の磁位の絶對値を定めん、今第三八圖の如く假りに空間にN極のみ存在すると假定すれば磁力線は何れも無窮大外に向ふて上下四方に放散すべし、故に磁界の強さは漸次小となり無窮大外に於ては零なり、今「強さ一なる正極」を無窮大外より漸次A迄持來れりとすれば其間に成されたる仕事をWとせばA點は無窮大外の點よりもWだけ高き磁位にあり、即ちAの磁位はWなり、一般に如何なる磁界に於ても任意一點の磁位は「一なる強さの正極」を無窮大外より其點迄持來るに要する仕事の量に等しきなり

此の定義に従ひ右のA點の磁位Wは次の如くして求め得可し  
A點はmなる磁極よりrだけ距れる點とすればAより無窮大迄の距離をBCD  
E等の小部分に分ち順次是等の間を一なる電氣が移動する間に爲したる仕事を合計すべし

$$B \rightarrow A \text{ 仕事は } AB \times \frac{m}{OA^2} \text{ 之は殆ど } AB \times \frac{m}{OA \cdot OB} \text{ に等し即ち } m \times \frac{AB}{OA \cdot OB} = m \left( \frac{1}{OA} - \frac{1}{OB} \right)$$



セントパウルズ	30°E	70°46'	0.48
セントルイス	9°30'W	66°43'	0.48
バリ	14°30'W	60°55'	0.47
ローマ	10°W	58°0'	0.45
ニューヨーク	9°12'W	70°6'	0.61
ワシントン	4°35'W	70°18'	0.60
サンフランシスコ	16°42'E	62°20'	0.54
メキシコ	8°0'E	45°1'	0.48
セントルイス	25°0'W	32°12'S	0.31
ケープタウン	29°24'W	58°2'S	0.36
ムドニー	9°36'E	62°45'S	0.37
ロンドン	25°0'E	71°12'S	0.64
モントペリエ	0°36'E	20°38'	0.37
東京	4°6'W	49°52'	0.45

本表に於て傾角の部にS極とあるはS極が下向するを意味す、又Wは西、Eは東に偏するを示す

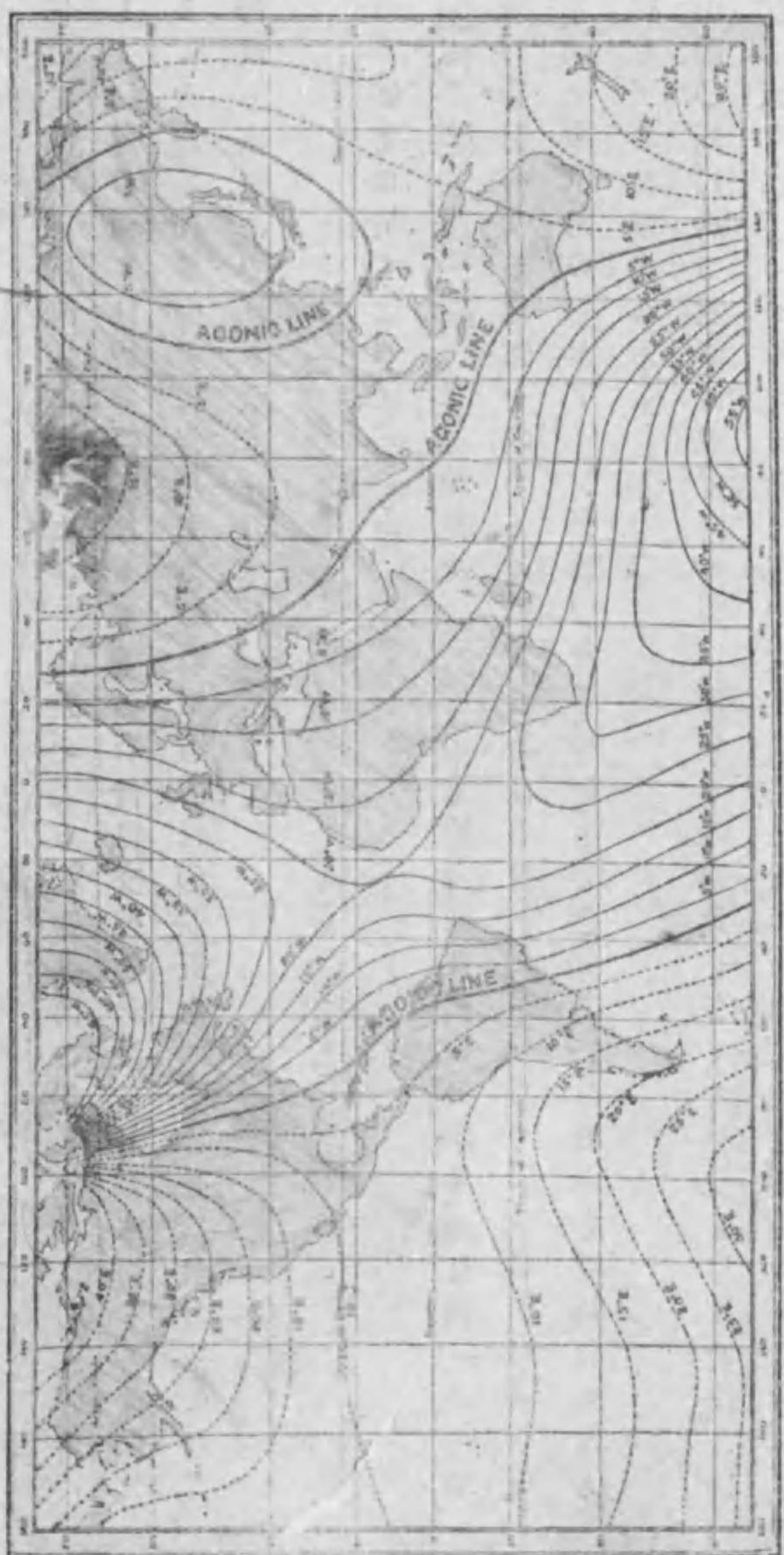
例令ば我が東京附近に於ては磁針は正北より約四度西に偏し、傾角は約五〇度にして磁界の強さは約〇、四五なり、普通磁石針は支持點を變じ針が水平なる様保たるゝを以て此等磁針に作用する地球磁石力は〇、四五を水平に分解せるものなり、即ち東京に於ける水平分力は

$$H = H_0 \cos d = 0.45 \times \cos 49^\circ 52' = 0.45 \times 0.642 = 0.29$$

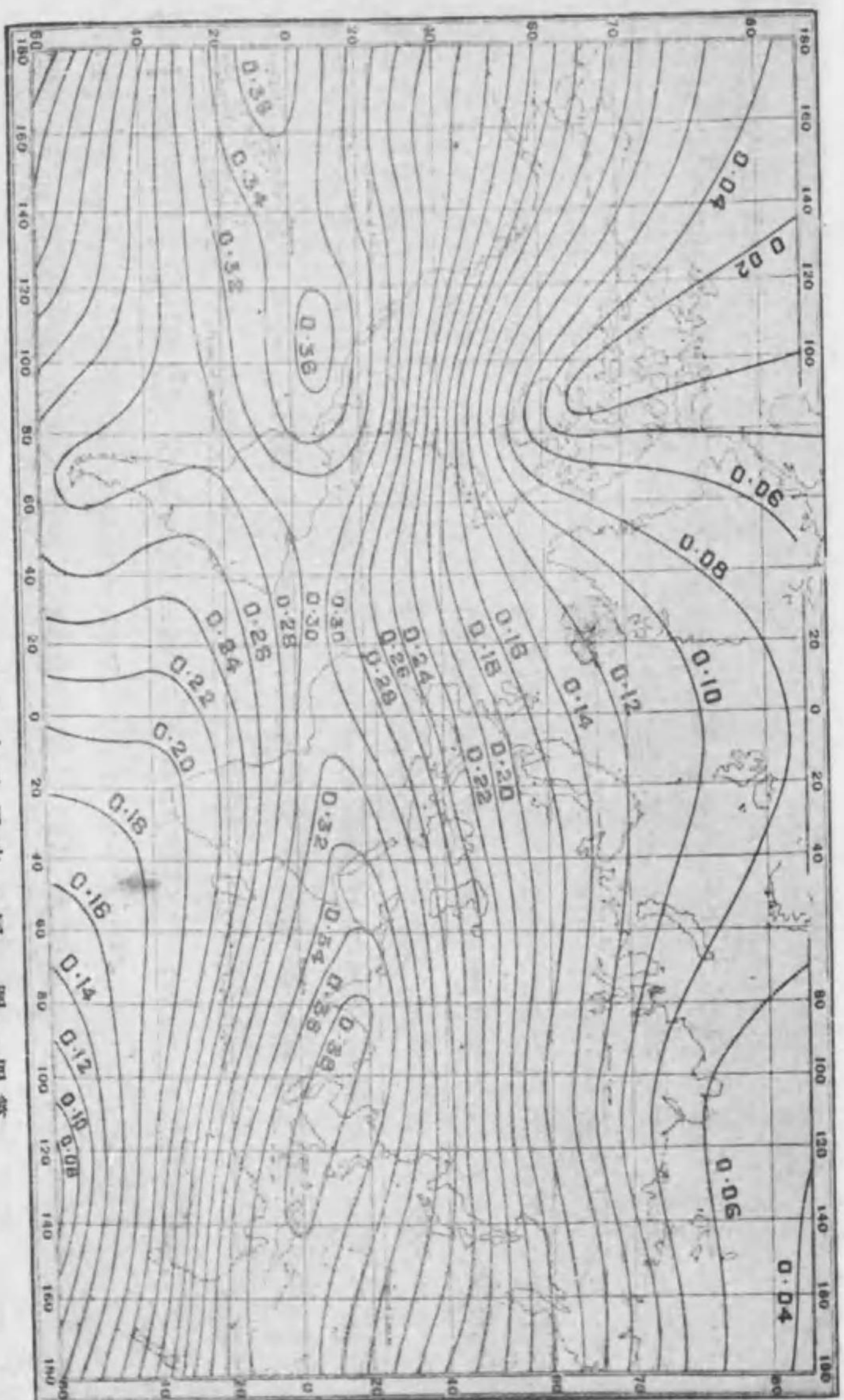
なり本書に於てはHは〇、三と假定せり

三〇、磁石地圖 世界地圖上に同一の方位角、又は同一の傾角、或は同一の水平分力等を有する地點を求めて連続する時は第四〇圖、第四一圖の如き曲線となる、同一方位角の線をアイソゴニクライン Isogonic Lineと云ひ、就中方位角の零なる線をアゴニツクライン Agonic Line 云ふ

第四〇圖に於て我國は五度内外西に偏せる方位角を有するを見る尙ほ我國を圍繞し東北は「カムチャツカ」西は支那大陸南は臺灣の南部に連なる一の「アゴニツクライン」あるなり、又第四一圖に於て地球磁界の水平分力は赤道附近に於て最大



圖地ス示チ方地ルズ有チ角位方ノ一同 圖〇四第



圖地ス示チ方地ルズ有チ力分平水一同 圖一四第

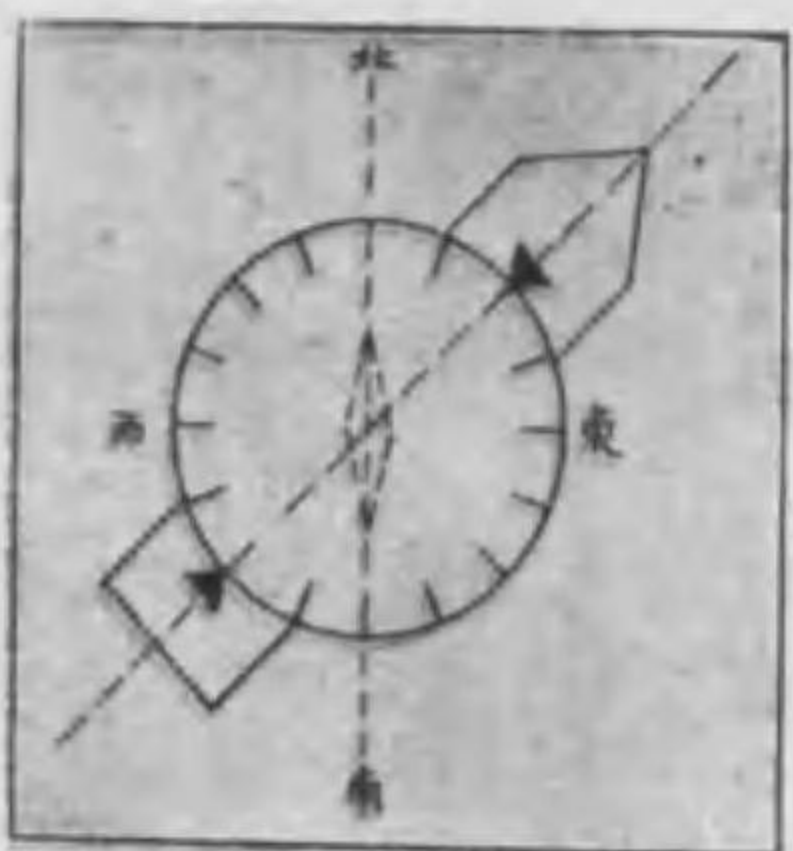


にして  $0.33$  に及び南北兩極に近づくに従ひ減少し加奈太の正北方及び「オーストラリア」の正南方に於て最小値を示す此の圏内は地磁氣の北極及び南極存在せるなり。

**三二、地磁氣の變動** 方位角、傾角等も仔細に研究する時は、毎日、毎年又は數年の周期を以て少許の變動をなしつゝあるものにして、毎日の變動は約十分の角度内に方位を變ず、毎年の變動にありては、一年内の或る期間のみ他の期間に比し磁界が著しく強大となれるか如き事あり、數年の周期を有する變動の中にも十一年目毎に方位角が最大となるものあり、是れ太陽の黒點の表現する周期と合すると説く者あり、或は又極光の強大となる周期と合すと説く者もあり、其他尙ほ測定の完結せざる大周期の變動もあり、例へば或る觀測に於て千五百七十六年には方位角は東十一度十七分なりしが漸次減少して千六百五十七年には零となり、それより西に偏して千八百十六年には最大に達し又減少し現に明治四十二年の頃に於ては西十五度なり、此變動は最大より零に歸するに百六十年を費せしを以て全一周期は六百四十年らしきも未だ詳かならず

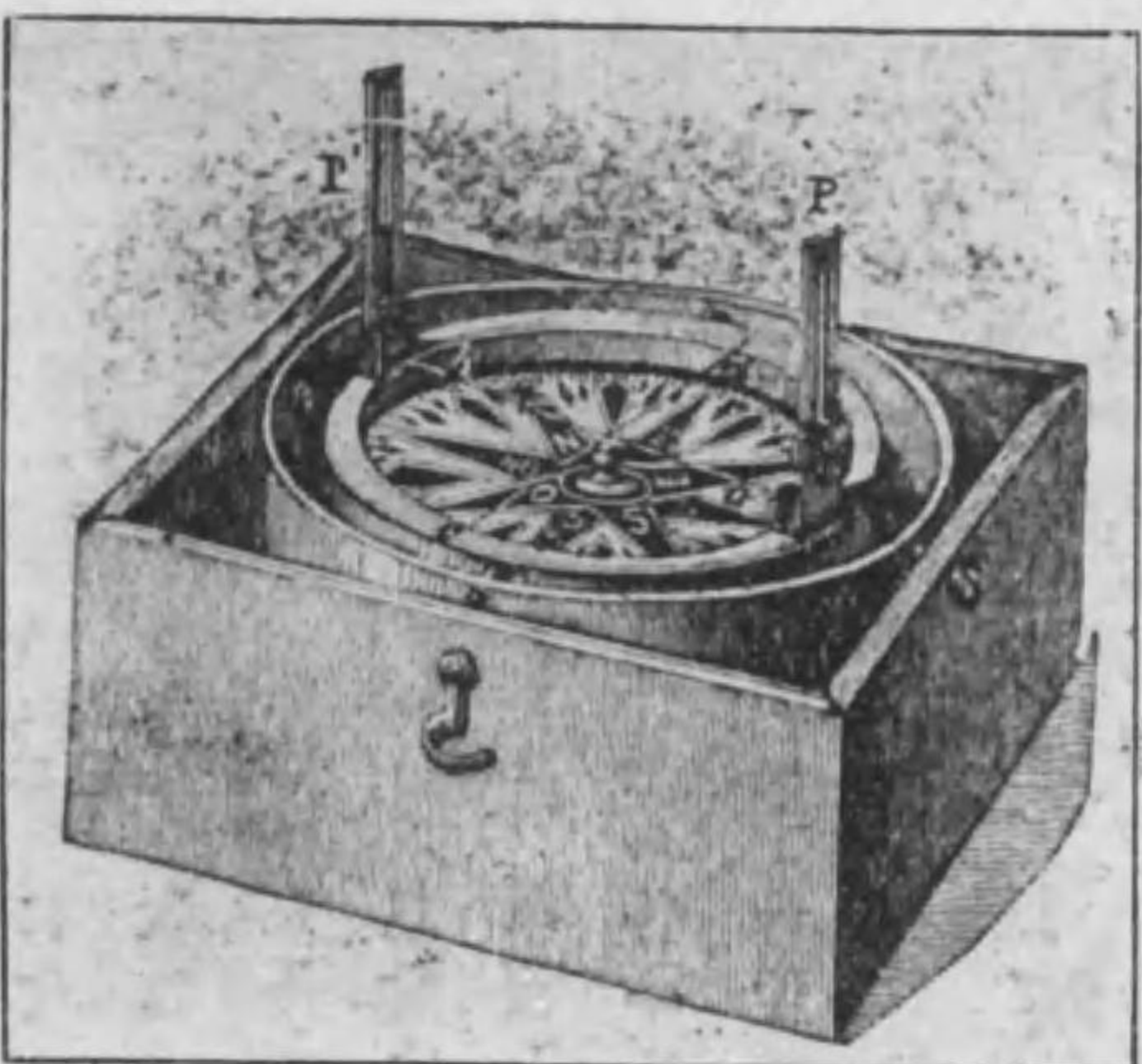
**三三、羅鍼盤 Compass** 地軸の正北と磁石の子午線とは合せざるが故に磁石針を

以て正北を知るの具となす事は不可能なれども、第四〇圖の如く方位角を豫め示せる地圖と對照して使用するときには方位を知るに便なり、四顧渺々際涯なき海洋中に於て太陽、星辰等の位置より方位の測定をなし能はざる曇天の日にありては磁石は方位を定むべき唯一の器具たるなり、其他陸上の測量等に於ても亦欠く可



第四〇圖 スパンコノ使用法

らざるものなり、古來航海業者の使用せる羅鍼盤は、中央にて支持せる鋼製磁石にして之を方位を記せる紙製圓板の裏面に貼附せるものなり、例へば舟の進路が北より三十度東に偏せるときは第四二圖の如く船の中軸を見通すべき線は圓板の東北三十度の方向に在るを以て圓板上に直ちに方位を知るを得るなり、此圓板は普通一圓周を三十二に等分し其各一分を「ポイント」と稱す、即ち八「ポイント」は九〇度の角にして一「ポイント」は十一度四分の一に相當す、又現時の羅鍼盤に於ては數個の小磁石を圓板の裏面に平行に貼付すと云ふ  
又現時の如く鉄製船舶に於ては船の鐵が磁石針に作用して針は地球の磁石子午線の方向を指さざる事あり、此作用を打消さんが爲めに「ケルビン」氏は特殊の球狀



「スパンコ」用海航 圖三四第

五〇

鐵塊を羅鍼盤の附近に置き船の鐵の影響を全く平衡せしむることを發明せり之を**コムペンセーチングボール** Compensating Ball と云ふ。

**例題五**、長さ五「センチ」なる棒狀磁石の各極より三「センチ」及び四「センチ」を距つる一點の磁界の強さ一八、三六なりと云ふ、各極の強さを求む。

解、第二三圖に於て磁石が五「センチ」にしてP點が各端より三及四「センチ」なるときは

Pa と Pb とは直角をなすを以て磁界 H は

$$H = \sqrt{Pa^2 + Pb^2}$$

にして求むる磁極の強さを m とすれば

$$H = \sqrt{\left(\frac{m}{3 \times 3}\right)^2 + \left(\frac{m}{4 \times 4}\right)^2} = 18.36$$

$$= m \sqrt{\frac{1}{9 \times 9} + \frac{1}{16 \times 16}}$$

$$= m \sqrt{\frac{81 + 256}{81 \times 256}} = 18.36$$

$$= m \times \frac{18.36}{144} \therefore m = 144$$

**例題六**、静止せる小磁石針あり其の中心より正東五〇「センチ」に某磁石の中心を持來り東西に静置するときは磁計は三〇度東に偏すと云ふ該磁石の「モメント」を求む

解、公式七により

$$F = \frac{2M}{r^3} \quad \text{又} \quad F = H \sin \theta$$

$$\therefore M = \frac{H r^3}{2} \tan \theta = \frac{0.3 \times 50 \times 50 \times 50}{2} \tan 30^\circ$$

$$= \frac{0.3 \times 125000}{2} \times \frac{2}{1/3} = 21,600$$

**例題七**、長さ二「センチ」にして「モメント」九八なる小磁針を某磁界内に持來り之を磁界と直角の方向に支持するためには磁針の一端に於て五〇〇「グラム」の重量に等しき力を要すと云ふ、磁界の強さを求む

解

$$\text{廻轉力} = HM = H \times 98$$

に於て廻轉は中央にて支へたる二「センチ」の針の端に五〇〇「グラム」を與へたるものに等しくして

$$\text{廻轉力} = 500 \times 980 \times 1$$

$$\therefore H \times 98 = 500 \times 980$$

$$\therefore H = 5000$$

例題八、長さ一〇「センチ」なる棒磁石が其軸の方向に於て中心を去る七〇「センチ」の一點に作る磁界〇・二なりと云ふ棒磁石の極の強さを求む  
解、其の「モーメント」をMとすれば

$$H = \frac{2M}{l^3} \quad 0.2 = \frac{2 \times M}{70 \times 70 \times 70}$$

$$\therefore M = \frac{70 \times 70 \times 70 \times 0.2}{2} = 34,300$$

$$\text{又 } M = ml \quad 34300 = m \times 10$$

$$m = 3430$$

例題九、南北に向ひ静止せる磁針は振動數毎分十五回なり、今其東方六〇「センチ」に其棒磁石を置くと、振動數は毎分十七回に増加すと謂ふ棒磁石の「モーメント」を求む

解、振動數は磁針に作用する力の平方根に比例するものなるが故に、地球の磁力をH地球と棒磁石との合力をFとすれば

$$\frac{\sqrt{H}}{\sqrt{F}} = \frac{15}{17} \quad \therefore F^2 = H^2 \times \frac{17^2}{15^2} = \frac{0.3 \times 0.3 \times 17^2}{15^2} = 0.148$$

又棒磁石の磁針に作用する力をPとすれば

$$F^2 = H^2 + P^2 \quad \therefore P = \sqrt{F^2 - H^2}$$

$$\text{又 } P = \frac{2M}{60^2}$$

但しMは求むる「モーメント」なり故に

$$M = \frac{60 \times 60 \times 60}{2} \times P = 108,000 \times \sqrt{F^2 - H^2}$$
$$= 108,000 \times \sqrt{.148 - .09} = 108,000 \times 0.139 = 15,012$$

例題一〇、長さ三〇「センチ」なる棒磁石ありて各極の強さは五〇〇なり、磁界内に二點A BありてAは正極より二〇「センチ」負極より一七「センチ」又B點は正極より一八「センチ」負極より一九・五「センチ」を距つ、A B兩點の磁位の絶體値は何れが大なるか

解、

$$A \text{ノ磁位} \quad V = \frac{500}{24} - \frac{500}{17} = 500 \times \frac{17-20}{340} = -4.412$$

$$B \text{ノ磁位} \quad V' = \frac{500}{18} - \frac{500}{19.5} = 500 \times \frac{19.5-18}{351} = 2.137$$

即ちA點の方絶體値に於て二倍以上大なり。

## 第二編 靜電氣學 Electro Statics

一、電氣の發生 乾燥せる硝子、封蠟硫黃等を毛皮、フランネル、絹等を以て摩擦する時は小なる羽毛、塵、紙片等輕き物體を吸引するの性を有す、此性質は硝子、硫黃等を他物と摩擦せるため其表面に發生せる電氣 Electricity に原因するものと認められ此の如き吸引現象を電氣的現象 Electric Phenomenon と稱し、硝子棒等は發電せり Electricity と云ふ又電氣は形狀重量なきものにして直ちに其の存在を知る事能はず唯其の電氣的現象を示すを以て電氣なるものが發生せりと考ふるなり、而して吾人は其の種類、量、移動等に就て考ふる事恰も普通の物質に於けるが如くし、發電せる物體の表面にある電氣の量をチャージ Charge 又は Electric Charge と云ふ。



第四圖 異相性吸引シ同相性排斥ス

二、電氣の種類及び性質 今能く乾燥せる硝子棒を絹にて摩擦し之を乾燥せる絹糸にて吊したる木髓球、又は小「コルク」球に近づく時は、之を吸引し此球が硝子に觸るゝや直に之を反撥す。

然る後之の小球に羽毛、塵等を近接すれば又之れを吸引せんとするとの發電體と異ならず、即ち硝子に發電せる電氣は小球に移れるなり、而して此の小球が硝子と接したる後直ちに反撥するは全種類の電氣は互に相斥くる性あるが故なり、今上の如く硝子棒と相反撥せる小球に、上記の絹を近接するときは又之を吸引すべし、即ち電氣は硝子のみならず絹にも發生し居るものにして其電氣は硝子棒の電氣とは相異なる種類の電氣なるを知る、即ち電氣には全く相反せる二種ありて恰も磁石に於ける正負兩極の如く同種のものとは相反し異種ものは相吸引するものなり、一般に二物體を摩擦する時は、其各に此の二種の電氣を發生するものにして一を正電氣、一を負電氣と云ふ、而して何れの物體に何種の電氣が發生するやは摩擦する二物質によりて定むれるものなり、例へば硝子は絹と摩擦する時は正電氣を發生すれども、猫皮と摩擦すれば負電氣を發生するが如し、而して此正負兩電氣は磁石に於けるが如く同號相斥け、異號相吸引す。

又硝子と絹とを摩擦發電せしめ此の兩者を相接觸せしむる時は、各の電氣は消失したるが如く何れも木髓球を吸引する等の性質を示さず、即ち兩種の電氣は同號に發生し居りて、之が相接するときには中和 Neutralize 消失する事恰も代數に於ける

る正負兩數の如き關係あり、之れ正電氣 Positive Charge 負電氣 Negative Charge の名ある所以にして前者は十符、後者は一符を以て示す。

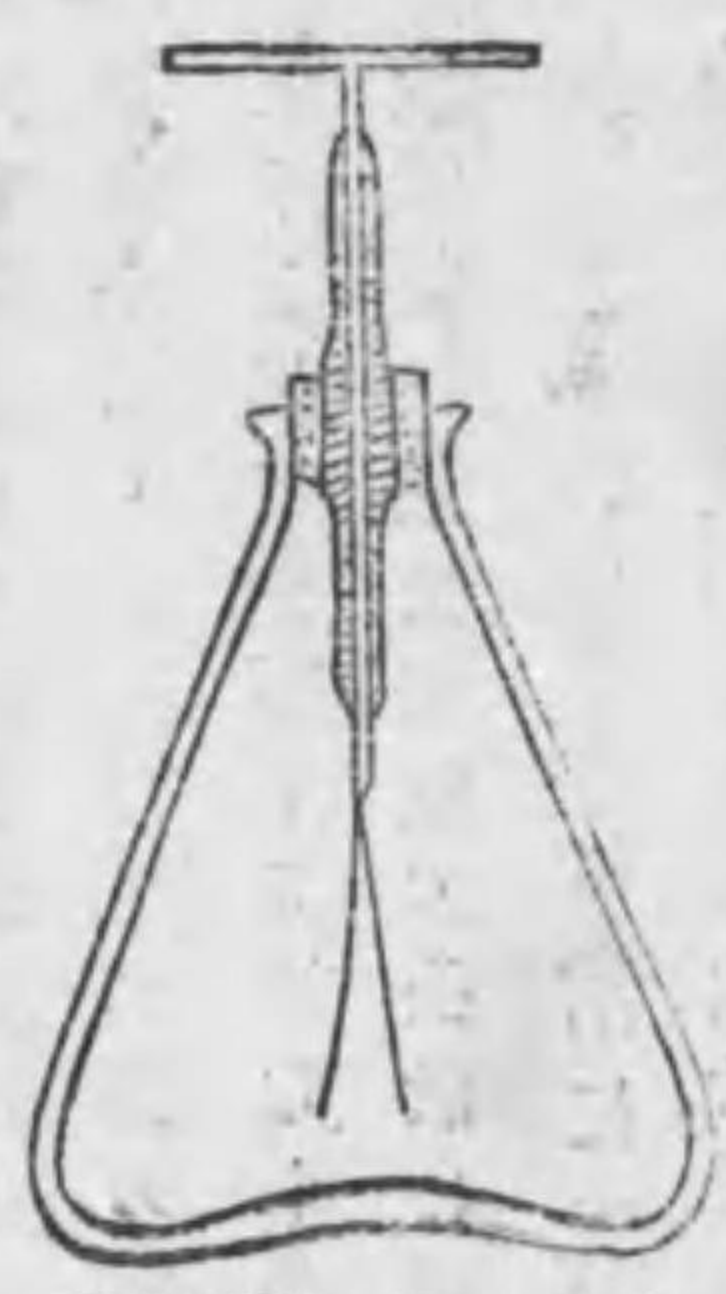
次表に於ける何れかの二物體を取りて摩擦するときは、上位に記せるものは正電氣を下位に記せるものは負電氣を發生す。

猫皮。羊毛。象牙。硝子。絹布。金屬。硫黃。護謨。ガウタペルチャ。セルロイド。

三、導體及び不導體 前節の實驗に於て濕氣ある時、又は金屬片を手に保持して摩擦せる時等に於ては電氣現象を示さざるなり、此れ電氣の發生せざるに非ずして、發生するも其電氣は直に人體及び大地に放散し去るが故なり、凡ての物質は大別して二種となす、一は電氣を導くものにして、之れに電氣が發生するか又は發電體に接觸するときは直ちに其の全部及び之れに接する他の物體に散布し去り容易に電氣現象を示さざる者にして、之を導體 Conductor と云ふ、他の一種は電氣を導かざるものにして發生せる電氣は永く同所に止まる事を得るものなり、之を不導體 Non-conductor と云ふ、硝子、硫黃等は之に屬す、一般の金屬、水分、大地、人體等は導體なり、導體と不導體とは確然たる區別あるにあらずして畢竟程度の問題たるに過

ぎず、即ち、導體と雖も電氣を移動せしむる能力は物質によりて異なり、又不導體と雖も電氣の状況性質によりては或る程度迄電氣を導くものなり、不導體を以て發電せる導體を大地より分離するときは其の電氣は大地に免るゝ事なし、此を發電體が絶縁 Insulate せらると稱し、不導體を一に絶縁体 Insulator とも稱す。

四、顯電器 Electroscope 電氣の發生せしや否やは前記の木髓球を以て知るを得と雖も、尙此目的に向て製作せる顯電器なるものあり、就中最も簡單なるは金箔製顯電器 Gold Leaf Electroscope にして第四五圖の如く上部に圓板を附せる金屬棒の下端に二枚の薄き金箔を吊下せるものを硝子瓶中に藏めたるものなり、今發電體を上部の圓板に近くる時は、此の圓板に正負同量の電氣を發生し、發電體と異種の電氣は發電體に近く圓板に集合し、同種の電氣は遠く斥かれて二枚の金箔に集まり、尙ほ互に反駁するを以て二枚の金箔は開張す、其の開張の大小は又發電體の有する電氣の多少をも示す事を得るなり。



器電顯箔金 圖五 四第

五、誘導發電 Electrostatic Induction 前節に於ける顯電器の如く摩擦力を加ふる事

なく單に發電體を近くする事によりて發電する事を誘導發電と稱し、恰も磁界内に置かれたる鐵片が誘導作用によりて磁石となると同様の現象なり、斯く金屬體は發電體に近接する時は常に誘導發電を起すものにして、發電體が去るときは誘起せる正負の兩電氣は常に同量なるを以て直ちに中和し去るものとす、若し金屬體の近接し居る時指端又は他の導體を以て發電體の一端に觸るゝ時は、此部にある電氣即ち發電體と同號の電氣は大地に散布し去るも、異號の電氣は吸引せられ居るを以て分布する事なし、是に於て發電體を去る時は、斯く吸引せられ居たる異號電氣は該金屬體の全般に擴布す。

**六、電氣の總量は常に零なり** 或る二物體を摩擦して發電せしむる時は一方に $Q$ の量の電氣發生せば他方には必らず $-Q$ の電氣あり、何れか一方を他の金屬體に移すか又は大地に散布せしむるも此の量に増減あるとなし、又發電體の附近に他の金屬體を持來りて誘導發電をなさしむるも其量は正負兩電氣同量に發生するが故に吾人は電氣の總量は常に零なりと稱す故に今爰にある量の正電氣のみ空間に存するものとして考ふる時は、負電氣は、正電氣のある空間とは頗る隔れる則ち無窮大に遠き位置にあるものとせざる可らざるなり、一般にある發電體に

假りに正號の電氣のみを有せしむるときは吾人は單獨ナル電氣 *Isolated Charge* ありと稱すれ其實は負電氣は無窮大の位置にある者として考察せざる可らず、則ち單獨なる電氣は理論上存在し得ざる理なればなり、然れども一方の電氣が大地の如き大なる面積に散布し去れる時は其作用は甚だ微なるを以て他の一方の電氣のみ存するが如く見ゆる事多きを以て事實上單獨なる電氣と稱するも差支なし

**七、電氣の存在する場所** 電氣は一所に正電氣あらば他所に必ず同量の負電氣存在するを要するを以て、電氣現象あるが爲めには必らず不導體を以て絶縁せる二個以上の導體に各種電氣が分在するを要す、則ち電氣存在する場所は不導體を以て距てられたる二個の導體にして之を蓄電器とも稱す。

電氣に二種ありて、同種電氣は互に反駁し異種電氣は互に吸引する等の事實は磁石に於けると、多くの點に於て相似たる關係にあり、然れども電氣と磁石とは又頗る大なる相違點を有す、即ち磁石は必らず一の鐵片の兩端に其極を有すれども、電氣は前記の如く全く別個の導體の上に在るを要し且つ一個の導體上に於ては常に全般に擴布するを以て磁石の極の如く一點に電氣在るものと想像し得る場合は甚だ稀なり。

### 八、電氣とエネルギー

摩擦により電氣を發生せしむるにも又この兩發電體を其の正負兩電氣の引力に反抗して引放すにもある「エネルギー」を要す、この「エネルギー」は兩電氣が中和する時、音、光、力等となりて再び外部に放出せらるる電氣を人生に利用するは皆なこの兩電氣中和の際、放出せらるる「エネルギー」を利用するもにて、電氣學の研究は則ちこの「エネルギー」と電氣の性質との關係を知る學なりと稱するを得可し、かく電氣の發生存在には外部より仕事を與ふるを要し、この仕事は正負兩電氣を隔つる空間内に蓄積せらるるものなり。

然れども電氣なるものと「エネルギー」とは全く別種のものなる事を忘る可らず、電氣の存する所必らず「エネルギー」を存すれども、この兩者が同一のものなるや否やは未だ明かならず、特に工業上に於ける電氣の利用を研究する者にありては電氣は「エネルギー」を傳達又は保藏すべき一種の形式にすぎずして電氣其物の本體に就ては別に未知未解の「或る物」ありと覺悟せざる可らずこの「或る物」は形狀重量等は有せざるも例令ば微粒子の如きものと假定せんか、此物は其の位置を限定し得る點、他に移動し得る點、其量を定め得る點等に於て「物質」と相似たれども、蓋し又決して物質にはあらざるなるべし、是を「電氣」と稱するなり。

### 九、クーロム氏法則

電氣相互間の引力又は斥力は磁石に於ると同様にして

(一) 兩電氣間に作用する力は各電氣の量に正比例し。

(二) 兩電氣間の距離の自乗に逆比例す。

故に兩電氣の量を  $e$  及び  $e'$  を以て示し兩者の距離を  $r$  (センチ) とすれば、兩電氣間の力  $F$  (ダイン) は

$$F \propto \frac{ee'}{r^2} \quad \therefore F = k \times \frac{ee'}{r^2} \quad \text{[ダイン]}$$

之れ「クーロム」氏法則にして、 $e$  及び  $e'$  を有する導體が一點又は一點と假定して差支なき程の小なる導體なるか又球形なるときに正確なるものなり。

#### ○電氣量の單位

前式により電氣量の單位は下の如く定む、同量の電氣を有する二點が空中に於て一「センチ」を距つるとき兩電氣間の斥力一「ダイン」なる時は各の電氣の量は一なりと。

故に  $e$  及び  $e'$  並に  $r$  が一なるとき  $F$  が一なるを以て前式は下の如く改むるを

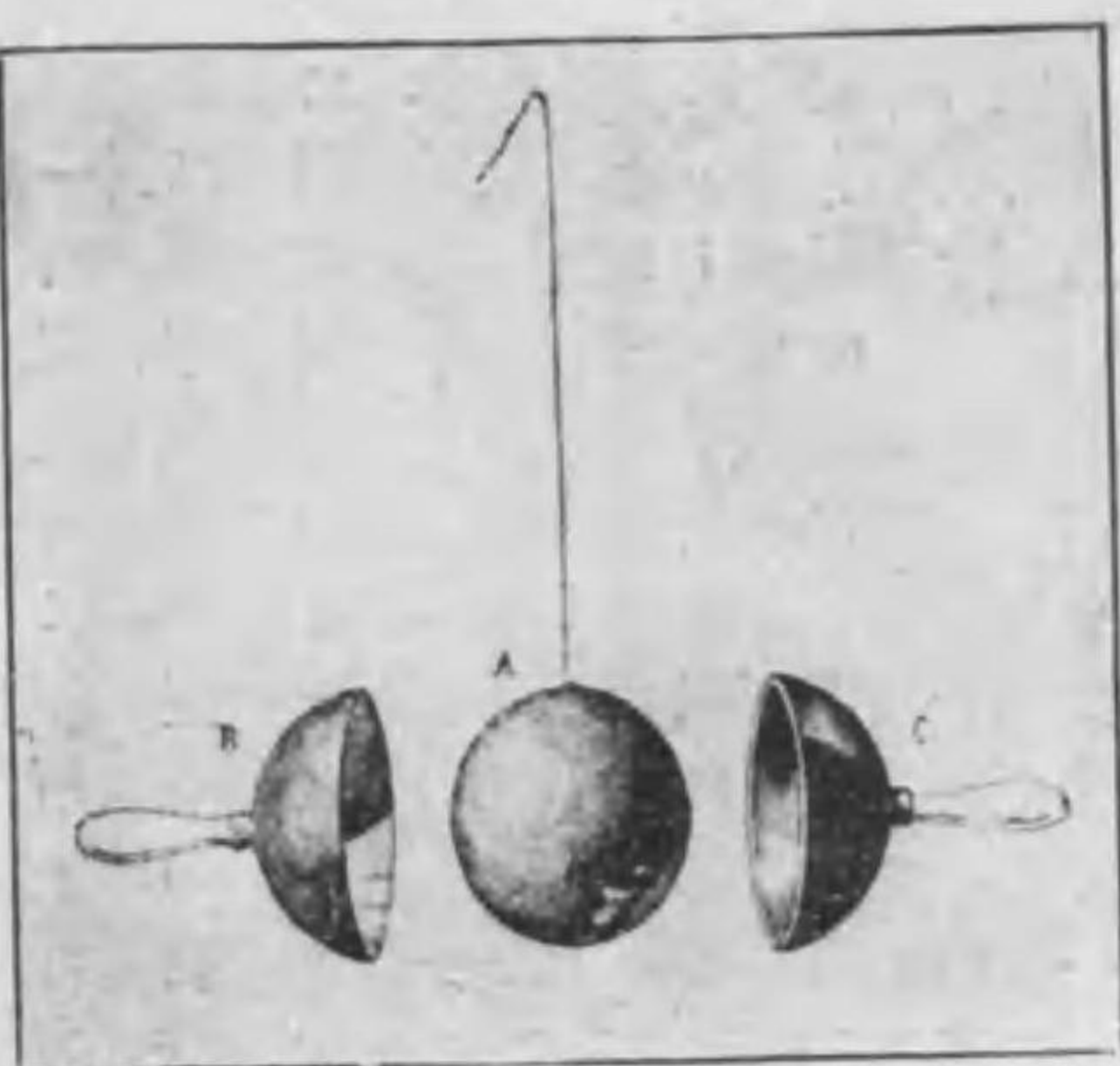
$$F = k \frac{ee'}{r^2} \quad I = k \frac{I \times I}{1^2} \quad \therefore k = 1 \quad \therefore F = \frac{ee'}{r^2}$$

右の單位は靜止せる兩電氣間の力より定めたる單位なるを以て之を電氣の靜一的單位 Electrostatic Unit と稱す。

又右の式は兩電氣が空氣を以て隔てられ居る時に於ける力の式にして、兩電氣が空氣以外の物質例令ば油護謨、硝子等を以て隔てらるゝときは、 $\epsilon$ は各場合に於て異なれり、一般に

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{K r^2} \dots \dots \dots (11)$$

の形に示さるは、 $K$ は物質によりて異なる係數にして之を各物質の特有誘電容量 Specific Inductive Capacity と稱し、空氣に於ては一とす。



第四圖 電氣の表面A及びCの集

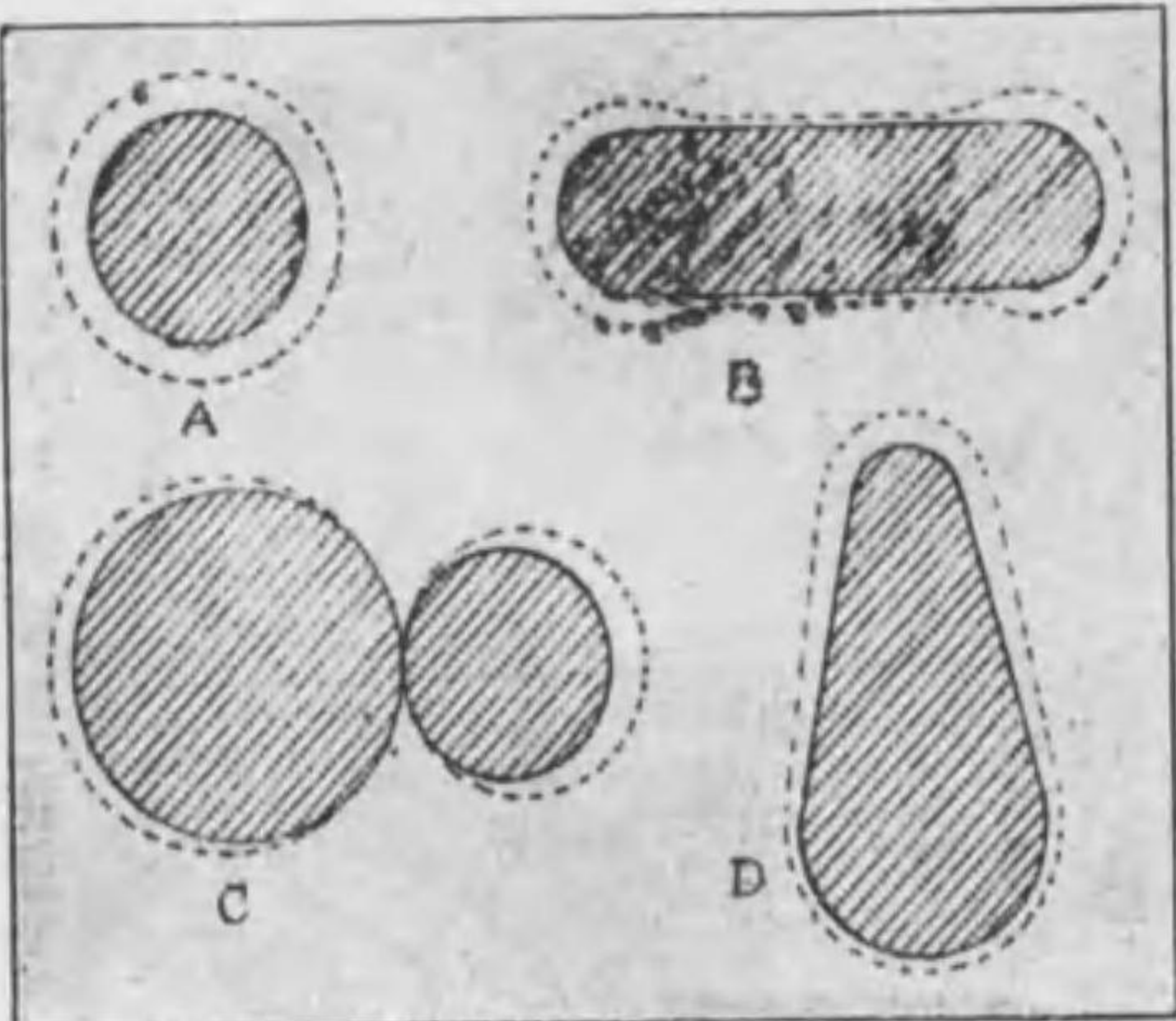
試むるに毫も電氣を有せず、前の圓筒が正又は負の電氣を有し居るときも同様

一一、電氣は導體の表面のみに存在す

一の導體に電氣を附與する時は此の電氣は悉く導體の表面のみに分布して導體内部には毫も電氣なし、之は實驗に徴するを最も便利とす、即ち一の導體製の筒を取り之を絶縁臺上に置き其の内部に一の發電體を吊下して筒の内面に觸れしむる時は、その觸れたる瞬間に於ては該發電體は筒の内面の一部と見做さる可し、今之の導體を筒より取出し顯電器にて試むるに毫も電氣を有せず、前の圓筒が正又は負の電氣を有し居るときも同様なり、又「カベンデッシュ」氏は次の如き實驗をなせり、第四六圖の如き一の黃銅製球を絹糸にて吊下げ之れに電氣を附與し、尙ほこの球の外面に正に密接すべきBなる兩半球を作りて其の表面を覆ひ直ちに取去りて顯電器にて驗するに電氣は毫もAなる球に存せずしてB又はCにのみ存するを見るなり。

斯く電氣は導體の表面のみに存すと雖も、之れ電氣が静止せる場合にして電氣が運動する場合に於ては導體の内部をも通過するものなり。

一二、電氣密度 Electric Density 導體に電氣を帶



ばしむる時は電氣は其表面に散布し内部に入るゝとなし、而して導體内に於ては決して電氣は引力又は斥力なきものなり、導體表面の單位面積(一方「センチ」)上に在る電氣の量を表面の其部に於ける電氣密度と稱す、此密度は表面の形狀大小によりて一導體と異なるものなり、一般に尖

れる部分は平坦なる部分に比し電氣密度頗る大なるものにして、第四七圖は形



狀の異なる二三の導體につき、尖れる部分の密度大なる狀況を示せる想像圖とす。球に於ては表面の各部とも同一の電氣密度を有すれども、其他の形狀を有する

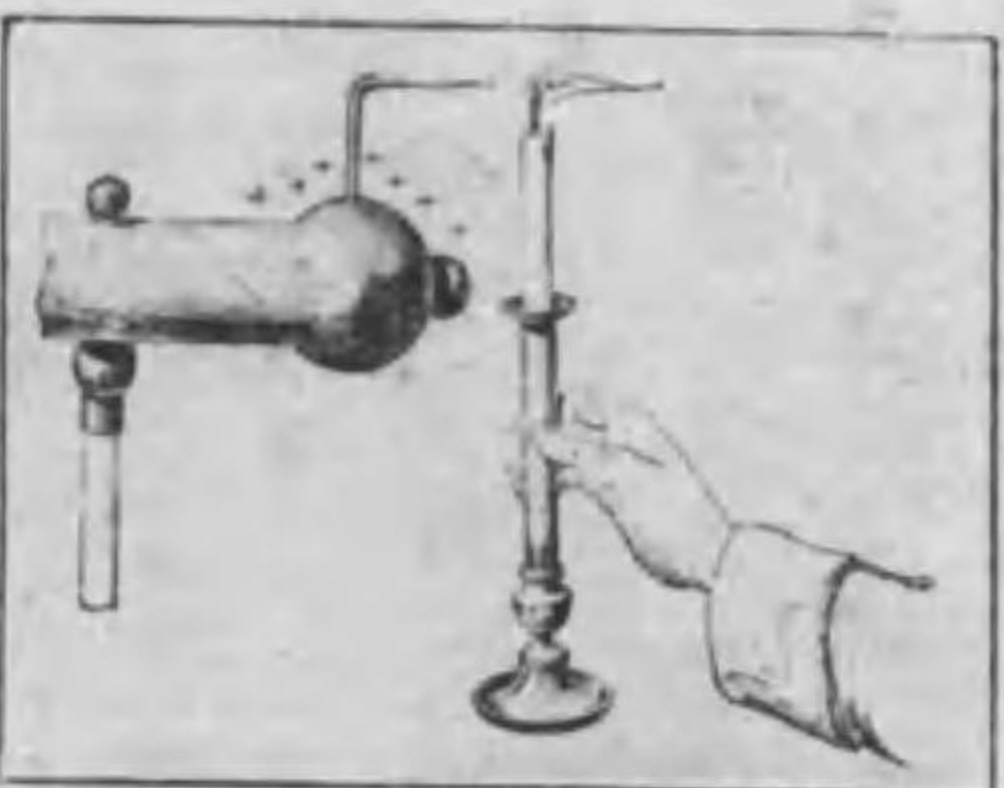
導體にありては或る點に於て可及的小なる面積  $A$  を考へ  $A$  に存する電氣の量が  $Q$  なるときは

$$\rho = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (12)$$

の  $\rho$  を其點に於ける電氣密度と稱すべし。

電氣密度が非常に大なる時は電氣は導體の表面より漸次空中に放散するものにして、導體が針狀の尖端を有すると

きは此部よりは速に電氣放散す。第四八圖はかく放散する電氣の爲めに燭火の吹消されんとする實驗なり。



第四八圖

今空間に正又は負の電氣存在するときは、其附近に他の

正又は負電氣を持來るときは相互に或る力を生ずべし、故に此の空間は上の電氣が力を及ぼし得る勢力範圍にして之を電界と稱す。

電界に關する規定及び其の性質は全く磁石に於ける磁界と同様にして、電界内の一點に一なる正電氣を持來る時之れが受くる力の方向を電界ノ方向と稱し、故に電

界の方向は正電氣を遠かり負電氣に近づく如き方向にあり、其力の大きさを以て電界の強さ Intensity of Field と云ふ、故に電界の強さ  $H$  なる所にては一なる正電氣は

$H$  「ゲイン」の力を受け、 $+e$  なる電氣は  $H$  「ゲイン」の力を電界の方向に、 $-e$  の電氣は  $-eH$  の力を即ち同一の力を電界と反對の方向に受くるなり。

一般に  $e$  なる電氣より  $r$  「センチ」を距つる點は  $e$  の電界を有す、故に此點に  $e'$  なる電氣あらば電氣相互間の力は

$$F = H'e' = \frac{e}{r^2} \times e' \dots\dots\dots (13)$$

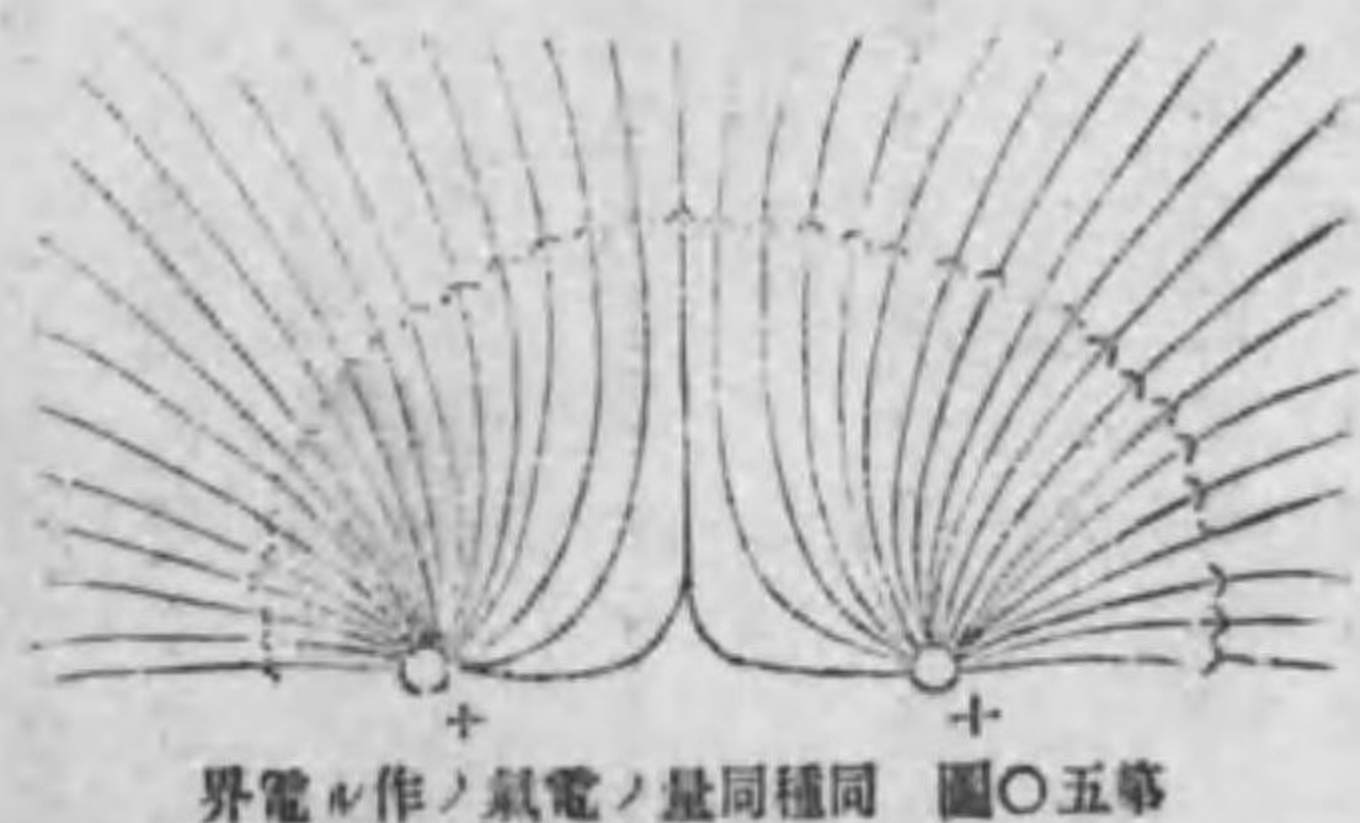
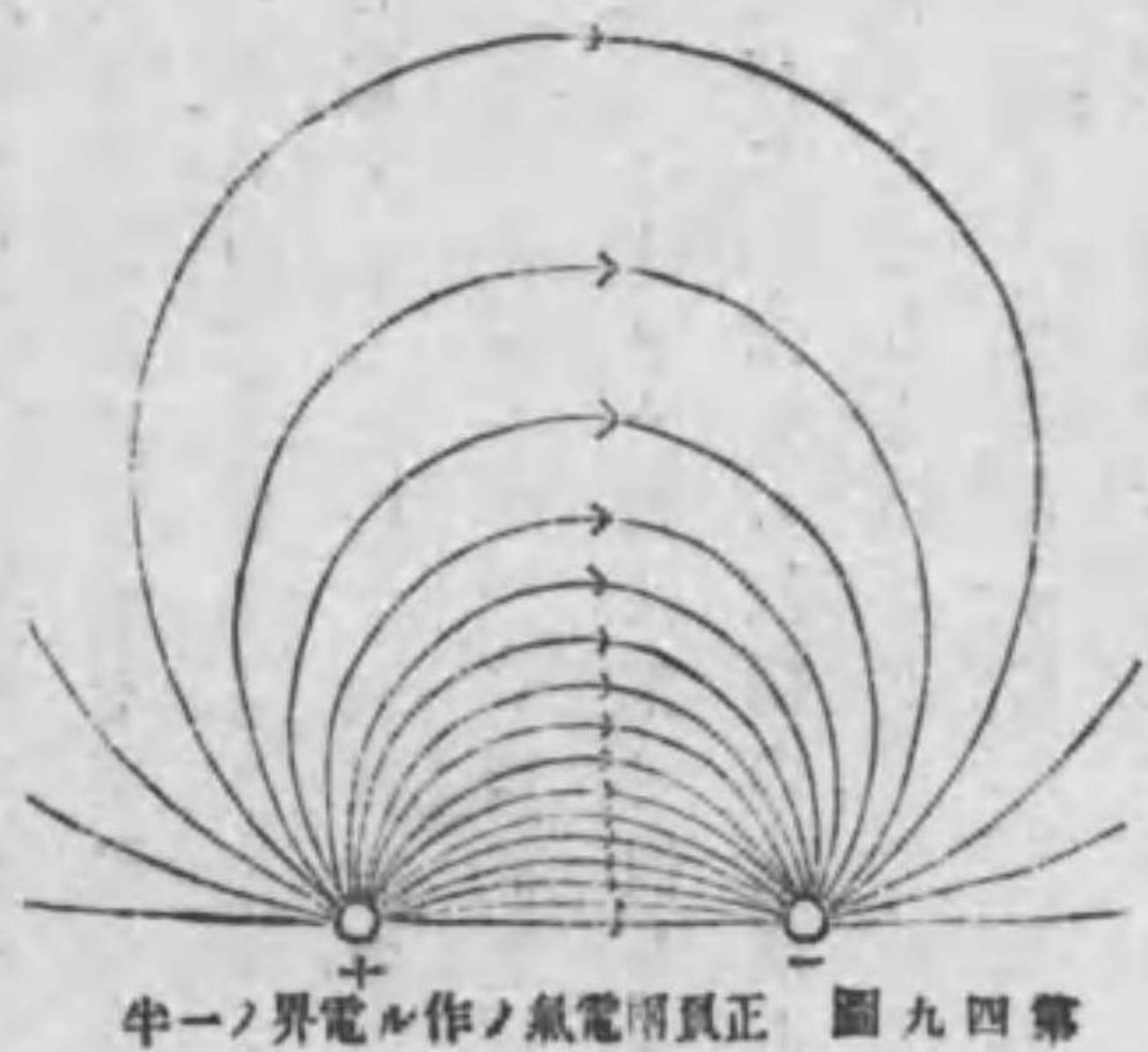
是れ「クーロム」氏法則と同じものなり。

空間に獨立せる數個の電氣あるときは、一點の電界は各電氣の其點に作る電氣を合力とせるものなり。

一四、力線 Electric Lines of Force 一の正電氣を或る正電氣を帶べる導體の表面に

持來る時は斥けられて漸次此導體を遠かり負電氣を有する導體に近づくべし、而して此正電氣を去りて負電氣に至る通路は甚だ多しと雖も、何れも空間の各點に於て電界の方向に進むなるべし、此の通路を連絡すれば磁石に於ける磁力線と全く同様の分布をなせる數多の曲線を得可し、之を力線と稱し、正電氣に起り負電氣に

終るものとす、然して任意一點に於て此の曲線に切線を描くときは其方向は此點に於ける電界の方向を示すなり、第四十九圖は正負兩電氣が同量に存する時の電界の狀況を示したるものにして其狀恰も棒狀磁石の作る磁界と異らざるを見るべし、(圖は上半部のみを示せり)



第五〇圖は電氣が同號にして兩者間に斥力の作用せる時の電界の一半を描けるものなり、是等力線の分布の状を見るに、電界の強大なる部に於ては密にして電界の弱小なる部に於ては疎なり、從て此の力線の數を以て電界の強さを示し得るものにして吾人は磁石に於けると同様に、電界の強さHなる部に於ては其方向と直角なる單位面積上にH本の力線を通ずるものと約す、而して上圖の如き場合には電界の強さは空間の各點に於て異なるを以て、任意點に單位面積を取るも此面積内に於て力線分布の密度は均一ならず、故に其實數を以て電界の強さと稱するを得ず、斯る際には其點の部に於て可及的小なる面積Aを取り此中を通ずる力線の數Nなるときは

$$H = \frac{N}{A} \dots\dots\dots (14)$$

にしてHは此部に於て一平方センチの面積上に何本の力線を通すべきやを示す割合なるを以て、此のHを其點に於ける電界の強さと稱すべきなり、即ち力線の分布不均一なる電界内に於ては其點の電界の強さHと稱するも、此部に於ける一平方センチの面積内に必ずしも實數H本の力線通ずるの謂にはあらざるなり。借て一の正又は負電氣より射出する力線の總數は如何、今爰にeなる電氣ありとすれば之れよりr「センチ」を隔つる各點の電界はe/r<sup>2</sup>なり、即ち單位面積に此數だけの力線を通ず、而してeを中心としrを半径とせる球の面積は4πr<sup>2</sup>にして何れも均一にe/r<sup>2</sup>本を通ずるにより球外に射出する力線の總數Nは

$$N = 4\pi r^2 \times \frac{e}{r^2} = 4\pi e \dots\dots\dots (15)$$

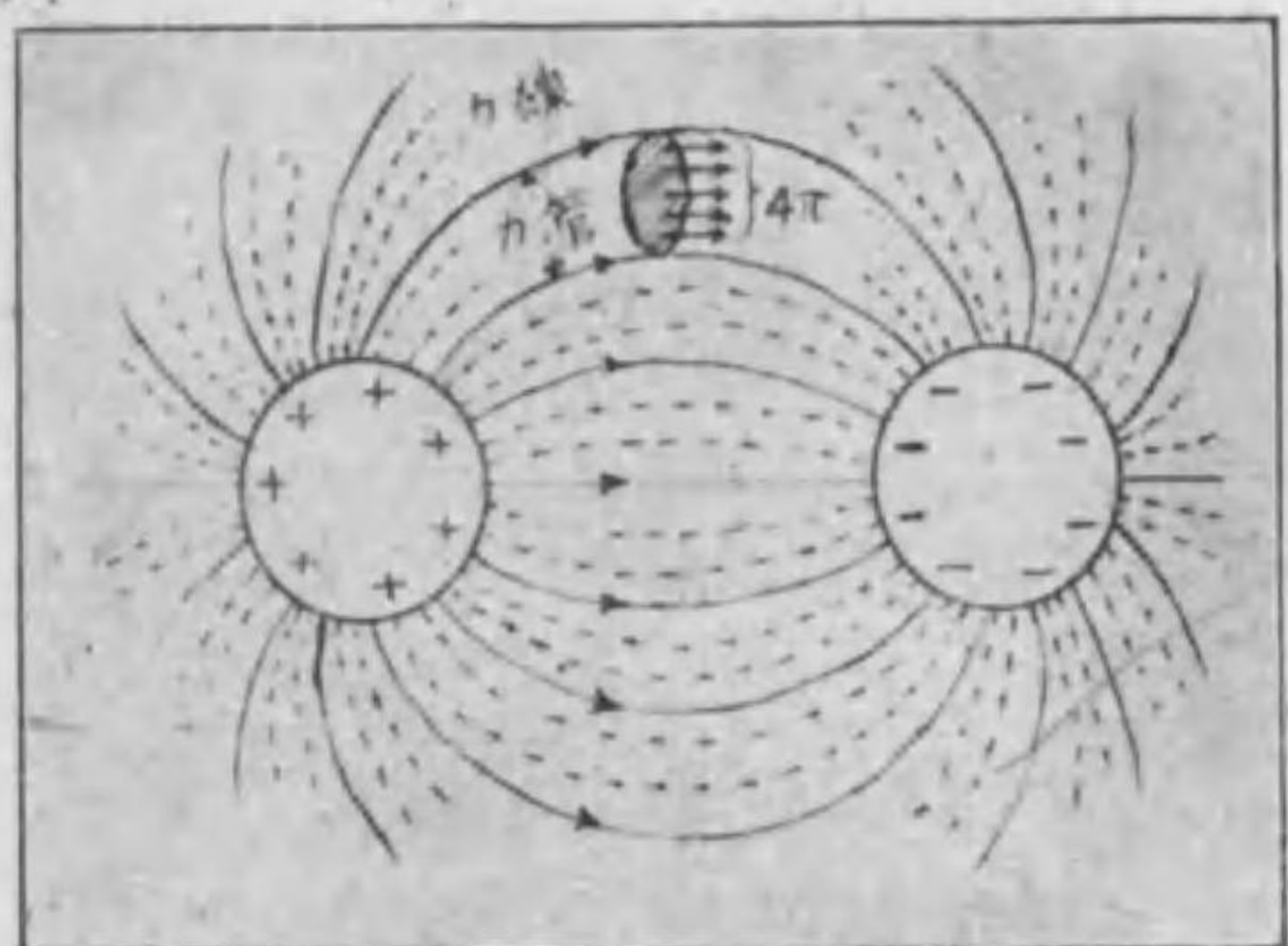
即ち一なる電氣よりは何本を射出すると、磁石に於けるが如し。力線は電界内に於ける力の方向を示すものなれば、必ず正電氣に起り負電氣に終

るものなる事を忘る可らず。

一五、力管

Lines of Force

前述の如く力線は正電氣に起り空間を経て負電氣に終るものなるが今發電体上に一なる量の電氣を含む面積を取り、之れより力線に沿



第 五 圖 力 管 力 線 4 x 宛 一 東 土

ふて進む時は一の袋状管を得可く、此管は必らず内部に如本の力線を含む面積を取、遂には他の導體上の負電氣に終るなり、故に導體上にeなる電氣あるときはe個の互に密接せる袋状管を得可し、之れを力管又はファラデー管 Faraday Tube と稱し、要するに力線に本宛を一束になせるが如きものなり、而して管の太き所は力線疎なるが故に電界弱く、細き所は密なるが故に電界強し、即ち其太さを以て電氣の強弱を知り、其数を以て導體上に存する電氣の量を示し得るの利あるものなり、以上の説明によりて下の

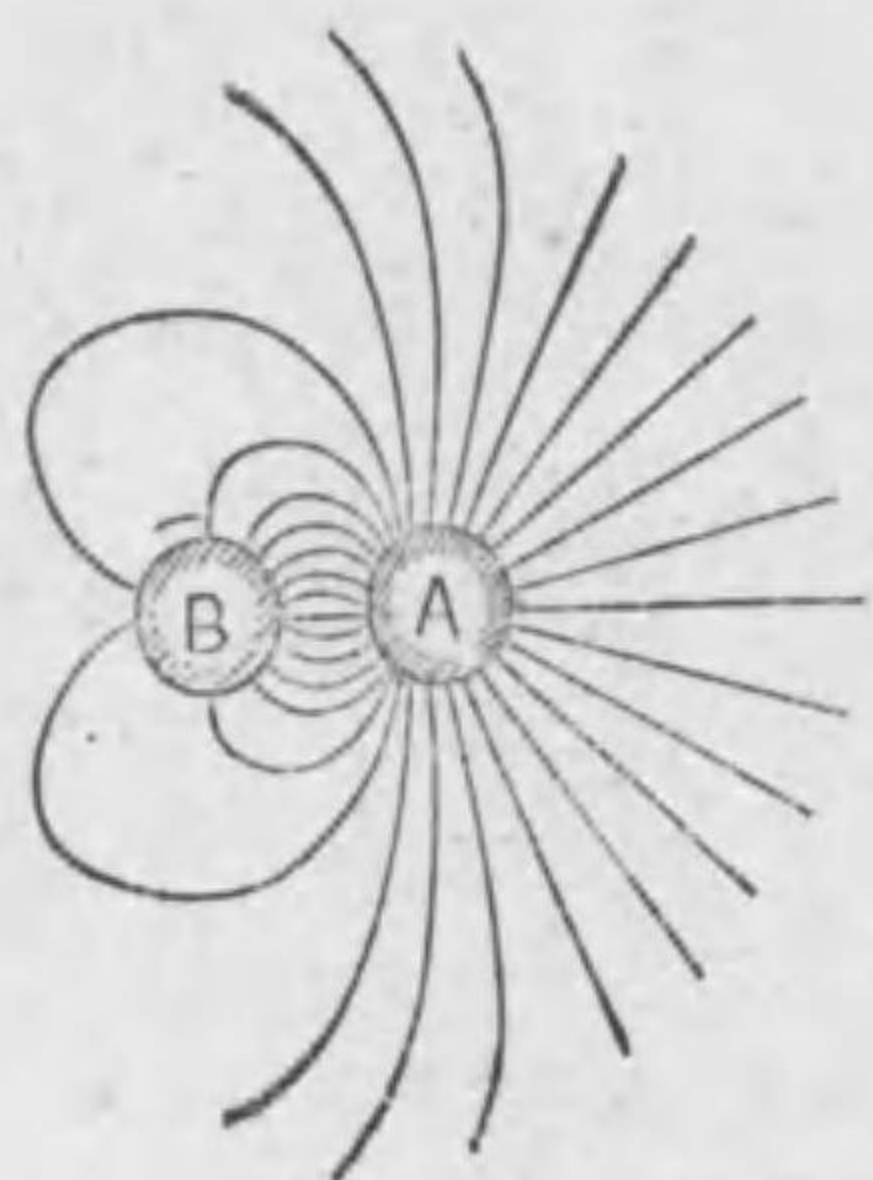
關係を知る。

(一) 某點を通ずる力管の数が單位面積につきNなるときは其點の

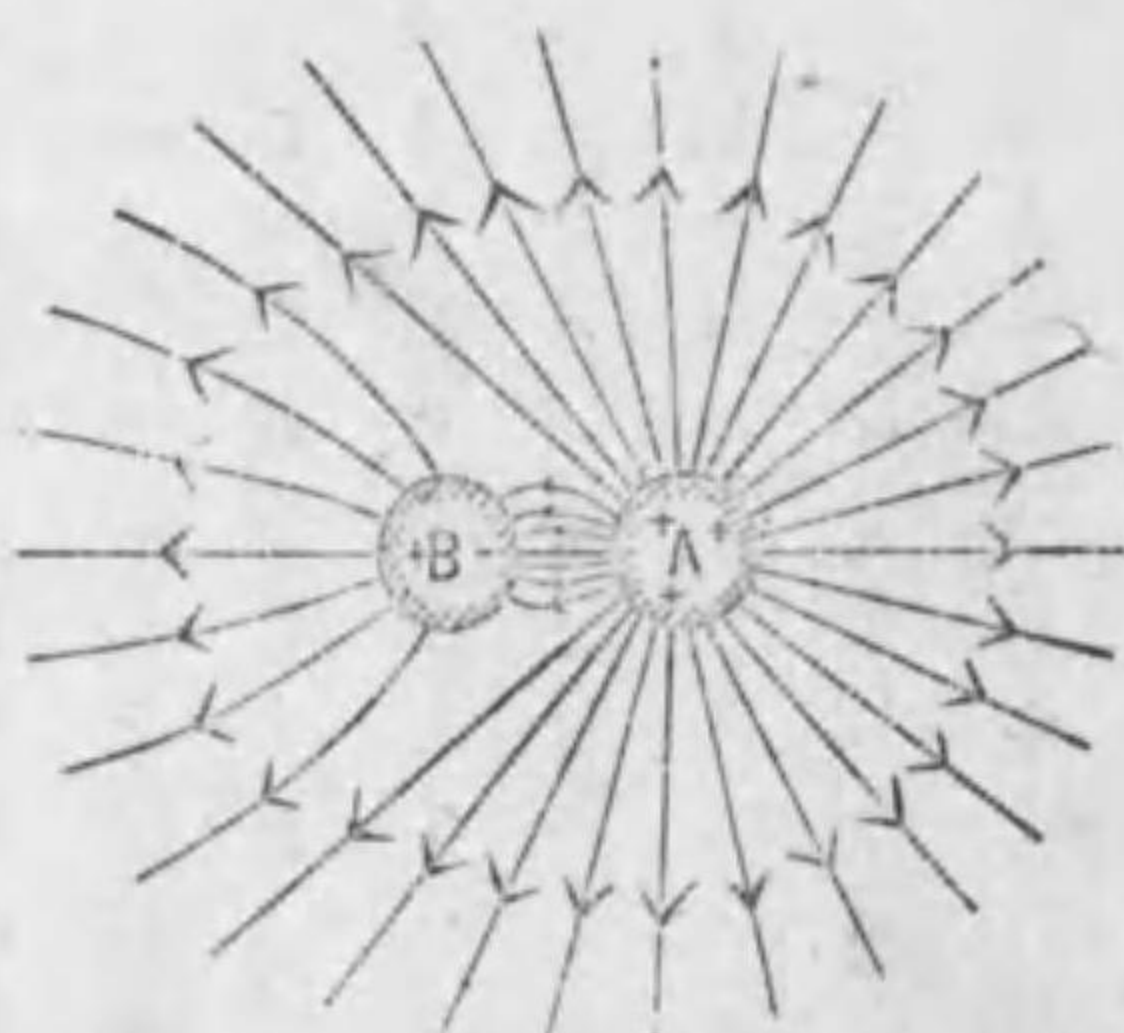
電界の強さ = 4πN ..... (16)

(二) 某點に於て某力管の太さAなるを知らば、如本の力線Aを通ずるを以て

電界の強さ =  $\frac{4\pi}{A}$  ..... (17)



第 五 圖 二 A が B より多量なる時なり、第五三圖は正電氣を有するAなる導體の附近にBなる導體あるときB中に正負兩電氣を同量に誘起せるものなり、此圖より



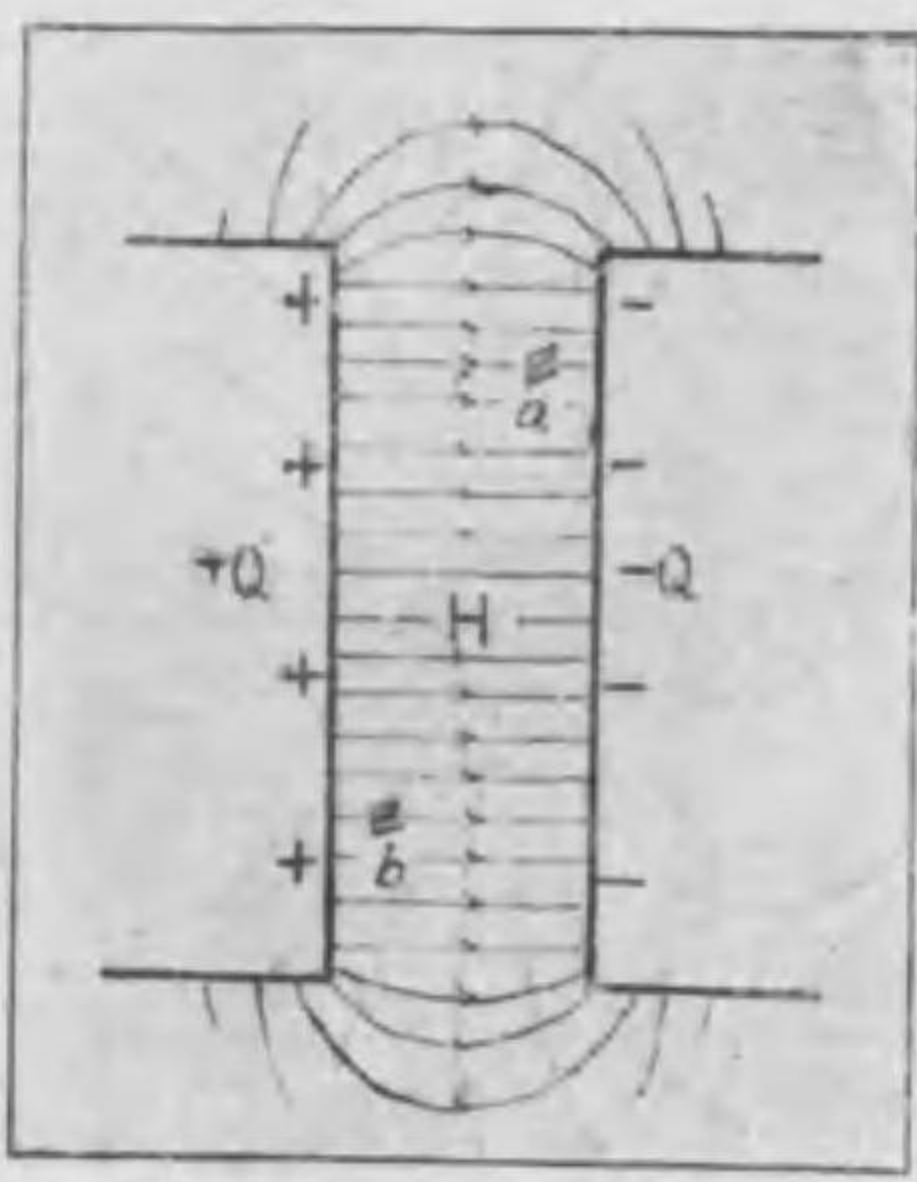
第 五 圖 三 A が正電氣を有する時、Bに近附する正負兩電氣を誘起せる状況

要するに力管は力線と全く同性質にして、後者の4個を一束とせるものに外ならず。

第五二圖第五三圖等は電界に於ける力線又は力

管の分布の状を示したるものにして、第五二圖に於てはA Bは異號の電氣にしてAがBより多量なる時なり、第五三圖は正電氣を有するAなる導體の附近にBなる導體あるときB中に正負兩電氣を同量に誘起せるものなり、此圖より

見るときはA及びBより外部に射出する力管の總數はAに在る電氣の量に等しくBなる導體の有無は外部に何等の影響を有せず單にAの電氣の一部分がBに分與せられたるが如き狀にあるを知る可し一般に靜電氣學に於ては、相接せざる數個の導體を経て一方より他方に電氣現象を傳達し得るは此理によるものなり。



第五圖 均一電界  
 $H = 4\pi p$   
 $p = \frac{Q}{A}$

ときは是等の誤差は看過するものと知るべし其の電氣密度  $p$  は各電氣の量を  $Q$  とせば

$$p = \frac{Q}{A}$$

にして力線の分布も圖の如く殆んど全部平行なるべし、即ち此の空間内に於て

は  $a$  又は  $b$  點を何處に取るも單位面積を通ずる力線の數は同一にして

$$H = 4\pi \times p = 4\pi \times \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (18)$$

をなすべし之を均一なる電界と稱し此の電界内に於ては何處に於ても同一の電氣力を作用するものなり。

斯く電氣が大なる面積に分布し居る時には、兩發電體間の引力は「クーロム」氏法則を直ちに適用して計算すると能はず、此の如き場合に兩者の引力を知るには後節に説明する力管の引力より求むるを便とす、抑も力管は引力を有し縮少せんとする力あると磁力線の如し而して其縮少力は電界の強さ  $H$  なる部分に於て  $\frac{AH}{4\pi}$  力管に就き  $H = 2$  「ダイン」とす、從て右の如き均一電界に於ては

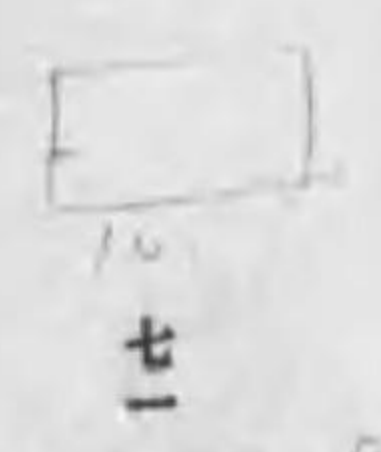
$$\begin{aligned} \text{全引力} &= \text{力管數} \times \frac{H}{2} = Q \times \frac{H}{2} = Q \times \frac{2\pi Q}{A} = \frac{2\pi Q^2}{A} \\ \text{又は} &= \frac{AH}{4\pi} \times \frac{H}{2} = \frac{AH^2}{8\pi} \quad (\text{何となれば } Q = \frac{AH}{4\pi} \text{ ならんや)} \end{aligned} \dots\dots (19)$$

例題一 導體の面積  $A$  は各片が一〇「センチ」なる正方形にして電界の強さは六〇〇〇なるためには各導體に與ふべき電氣の量  $Q$  及び兩電氣の引力を求む。

解 
$$Q = \frac{AH}{4\pi} = \frac{10 \times 10 \times 6000}{4 \times \pi} = 47500$$

電氣磁氣

A



$H = 4\pi p$   
 $H = 6000$

$H = \frac{Q}{A} \times 4\pi$

大板に引く力  
 磁界の強さ  
 電氣の量

$$F = Q \times \frac{H}{2} = 47500 \times \frac{6000}{2} = 1.425 \times 10^8 \text{ 「ダ」}$$

例題二 直徑二〇「センチ」なる二個の圓板を小距離を隔て、相對持し各に正負兩電氣を與へたるに兩板の引力一六「グラム」の重量に等しかりしと云ふ與へたる兩板の電氣の量を計算せよ

解

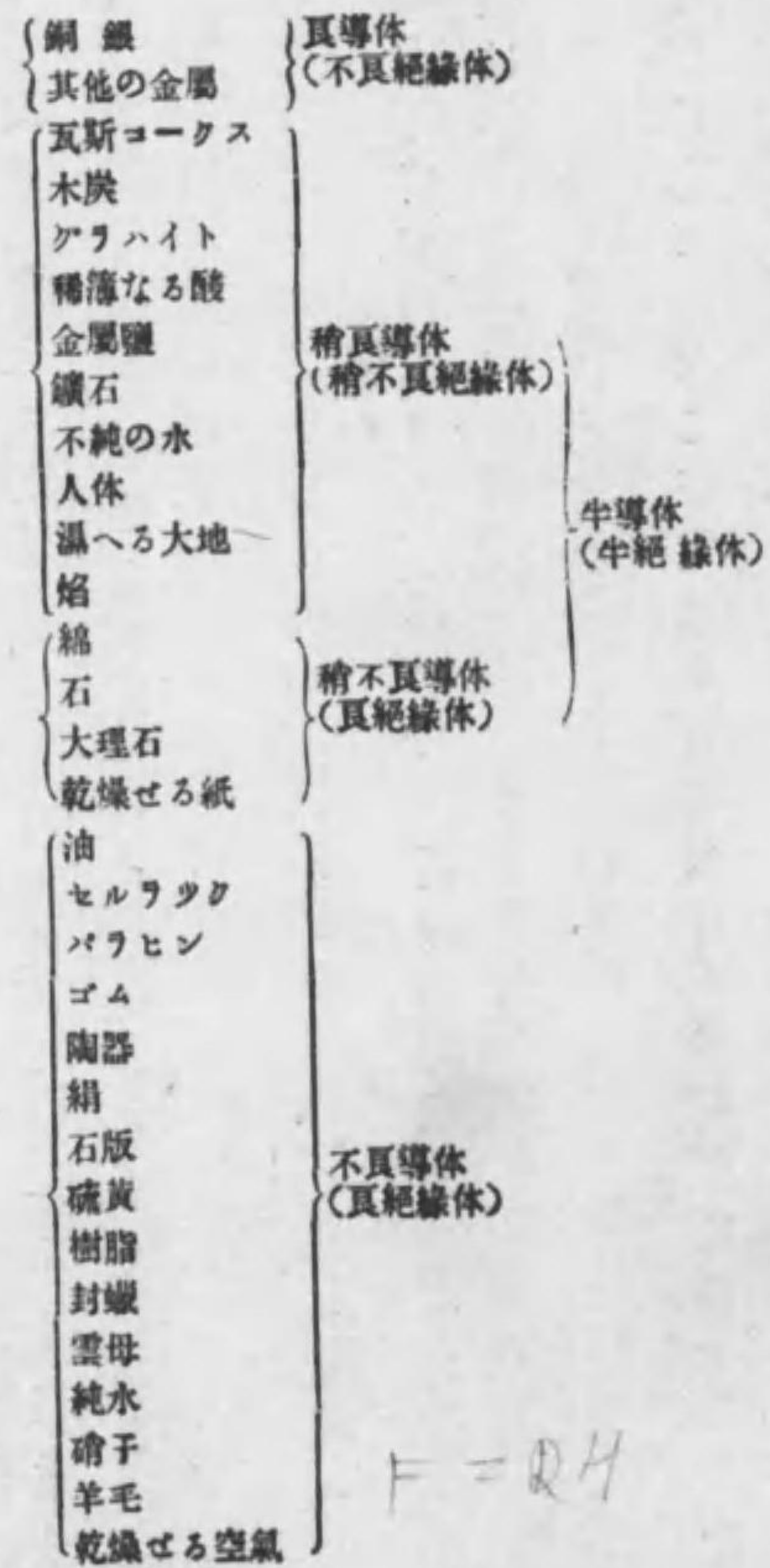
$$\text{引力 } F = 16 \times 980 = 15700 \text{ 「ダ」}$$

$$\text{又 } F = \frac{AH^2}{8\pi} \quad \therefore H^2 = \frac{8\pi F}{A} = \frac{8\pi \times 15700}{\pi \times 10^4} = 8 \times 157 = 1255$$

$$H = \sqrt{1255} = 35.5$$

$$Q = \frac{AH}{4\pi} = \frac{\pi \times 10^4 \times 35.5}{4 \times \pi} = 888$$

一七、諸物質の導電力 電氣を導き得る物體は導體にして導き得ざるものは不導體又は絶縁體と稱すと定められたれども之れ大體の區別にして導體と不導體との中間に位する物質亦尠ならず、今重なる物質を導電力の順に列記すれば下の如し即ち良導體は悪絶縁體にして不導體は良絶縁體なり。



### 一八、電位

Electrical Potential

電界内に存する電氣は皆な正電氣に斥けられ負電氣に吸引せらる、即ち電界の方向に或る力を受く、従て今一なる正電氣を負電氣よ

り正電氣迄運ぶには或る仕事を要すべし之の仕事Wは

$$W = \int H dl$$

の如き合計をなす但しHは右通路中のある任意點に於ける電界の強さdlは其部に於て進める少許の距離にして此等Hを全通路に就き計上せるものはWなり、此

の仕事  $W$  を正負兩電氣間の電位差 Potential Difference と云ひ正電氣は負電氣よりも  $W$  だけ高き電位にありと稱す此の規定は磁石に於けると全く同様にして運ばれたる正電氣の通路の如何に關せざるものなり

電位差は又兩電氣間に存するのみならず電界内の任意二點間に於ても其點より他點に一なる正電氣を運ぶに  $W$  なる仕事を要するならば後點は前點より  $W$  だけ高き電位にありと云ふ

電界が第五四圖の如き均一なる電界をなすときには一なる正電は電界中の總ての點に於て同一の力  $H$  を受くるを以て正負兩電氣間の電位差は、 $W$  を兩電氣間の距離とすれば

$$W = H \times l \dots\dots\dots (20)$$

故に例題一の如く電界の強さ六〇〇〇にて兩板の距離〇.五センチなるときは兩電氣の電位差は

$$W = 6000 \times 0.5 = 3000$$

即ち三〇〇〇にして一なる正電氣を負電氣より正電氣に運ぶに三千「エルグ」の仕事を外より爲さざる可らざるなり

正負兩電氣或は電界内の任意二點間の電位の差は上の如くして定められたれども吾人は又各點の電位の絶體値を稱する事あり抑も電氣發生すれば電位差を生じ電氣無くんば電位差なきを以て吾人は左の二者を以て電位の零なる點と定む

- (一) 電氣の發生存在に關係なき點即ち吾人より無窮に遠き點の電位は常に零なり

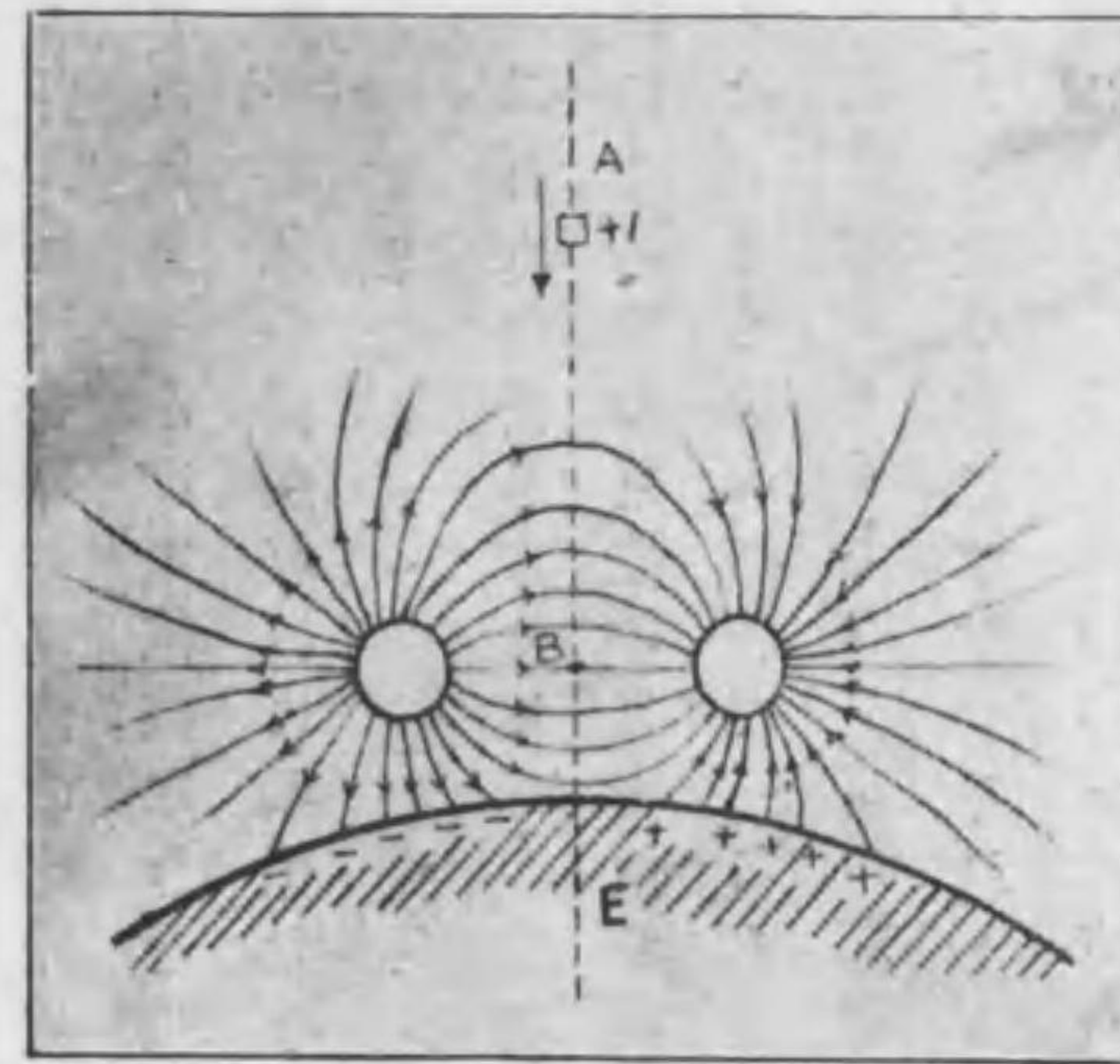
- (二) 吾人の棲息する地球の表面も亦電位零なりと見做す

故に今某點の電位の絶對値と稱するは此點と無窮大外の點又は地球との電位差を云ふとどなる例令ば一なる正電氣を無窮に遠き點より某點迄持來るに  $W$  「エルグ」の仕事を要せしならば兩點間の電位差は  $W$  なり然るに出發點は零なる電位にあるが故に前記某點はそれより  $W$  だけ高く即ち  $W$  なる電位にあり

故に電位の規定は左の如く定むるを得  
電界内の任意一點の電位は一なる正電氣を無窮に遠き點又は地球より其點迄持來るために外部より與ふべき仕事の量に等し

従て電位は正電氣の存する點に於て最も高く力線の方に進むに従ひ漸次低下し負電氣の存する部に於て最も低し

今一例を擧ぐれば、硝子棒と絹とを摩擦すれば前者に正、後者に負電氣を發生し、兩者間には或る電位差を生ず、今之を一〇〇なる電位差と假定すれば、前記絹を地表上に置くときは負電氣は大地表面に散布す故に負電氣は零の電位と稱すべし、従て硝子棒は之れより一〇〇高きが故に+100なる電位にあり、又逆に硝子棒を地上



第五五圖 地球へ兩電氣の中ノ位ニテアリ

同一にして電氣の正負相反するを以て地球を零に取れば硝子棒は+100、絹は-100と

なるが故なり

此理は又次の如く説明するも同様なり第五五圖に於て正負兩電氣を連結する線を直角に二等分する直線 A B E は常に力線を直角に切る線にして従て一なる正電氣を無窮大外より此線に沿ひ兩者の中央なる B 迄持來るには何等仕事を要せざるを以て B 點は無窮大外の點又は大地と同じく零なる電位の點なり、依て兩電氣の電位差一〇〇ならば正電氣は+100、負電氣は-100の電位にあり。

電氣學に於て最も注意して研究すべきは電位又は電位差の問題なりとす、二個の物体を摩擦して發電せしむるとは即ち電位差を作るとなり、而して兩電氣の引力に反して兩體を引放すとは外部より仕事を與ふるとにして、此の仕事は上述の理により兩發電體間の電位差及び發生せる電氣の量の各に比例す。

電界内に於て一なる正電氣を電界と逆の方向に(正電氣の方に向つて)動かすには、前後兩點の電位差に等しきだけの仕事を要すれども、今之れと反對に電界の方向に負電氣の方に向つて(動すには外部より仕事を與ふるを要せず、反て電氣が自ら運動するを以て外部に或る仕事をなすべし、吾人が人生に利用する電氣力は即ち是れにして今、なる正電氣が V なる電位差ある點を高さ方より低き方に向つて運

動するときには此の電氣が外部に放出する「エネルギー」は

$$W = eV \quad \text{[エネルギー]} \dots\dots\dots (21)$$

即ち電氣のなす仕事は運動する電氣の量と兩電氣間の電位差の相乗に等し、但し此關係は電流に於ける如く、電氣の運動あるも電位差に變化なき場合に正確なるものにて、靜電氣學に於けるが如く電氣が運動し中和減少すると共に電位差をも變ずる場合に於てはVは最初の電位差Vと最後の電位差零との平均をとりて

$$W = \frac{1}{2} eV \quad \text{[エネルギー]} \dots\dots\dots (22)$$

をなす、尙ほ後節に説くべし

**一九一の帶電球の表面及び電界中の一點の電位** 今半徑Rなる金屬ありて之れに+eなる電氣を與ふるとき負電氣は無窮に遠き點にありと假定せらるゝを以て力線は四方上下一様に射出し、球の中心よりr「センチ」を去る一點の電界の強さは $\frac{e}{r^2}$ なり、而して今此點の電位を求むればrが無窮大なる點より此點まで一なる正電氣を持來るに要する仕事の總數は磁石に於けると全く同様の證明法によりて

$$V = \frac{e}{r} \dots\dots\dots (23)$$

をなすを知る、即ち中心の距離に反比して電位低下す、球の表面の部に於ては勿

論

$$V = \frac{e}{R}$$

にして表面上何れの點も同一なり、又球の内部に於ては常に表面と等しく $\frac{e}{R}$ をなすと次節に説くが如し、電界内に於ても球の中心よりr「センチ」なる點は何れも同一の電位 $\frac{e}{r}$ を有するなり

**例題三、** 半徑二五「センチ」なる球に一〇〇〇なる正電氣を與へたるものと、半徑五「センチ」なる球に二五〇の正電氣を與へたるものと、何れの球が高い電位にあるか。

解、各の表面の電位を求むれば

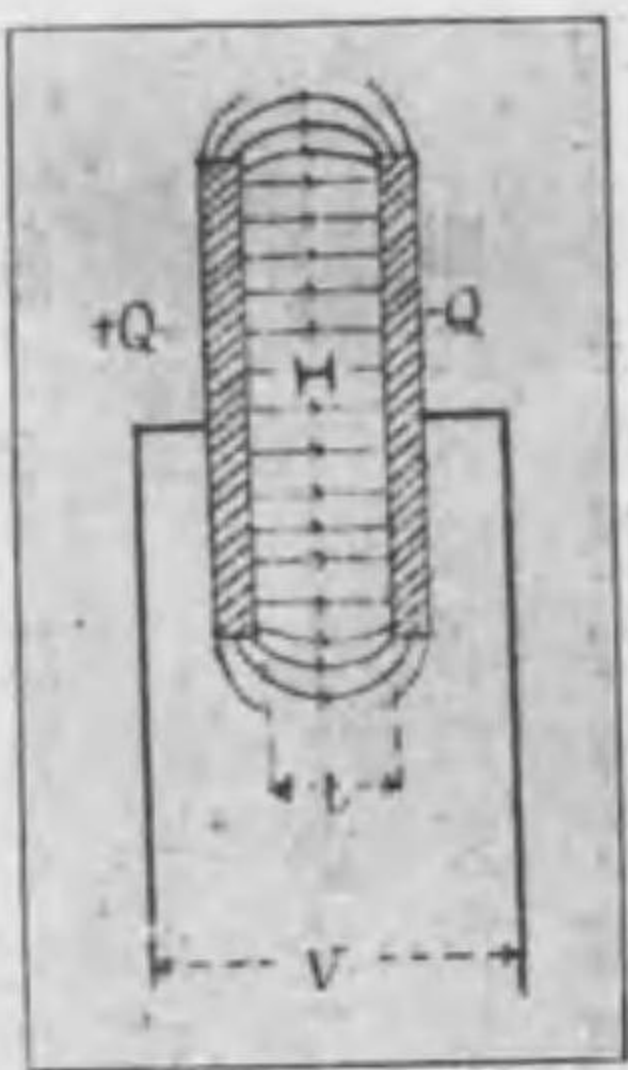
$$\text{前者は } V_1 = \frac{e}{R_1} = \frac{1000}{25} = 40$$

$$\text{後者は } V_2 = \frac{e}{R_2} = \frac{250}{5} = 50$$

即ち後者の方電氣は少量なれども高さ電位にあり均一なる電界を作る電氣間の電位は既に説明せる如く $V = Ht$  (Hは電界の強さは兩電氣間の距離なり、少しく之れを敷衍し説明せんに、今面積Aなる金屬板を代



の距離  $t$  は頗る小とすを隔て、相面し各に  $Q$  なる電氣を附與するときは兩板間の



圖六五

$$V = Ht, H = \frac{4\pi Q}{A}$$

電位差  $V$  は下の如し

各板の電氣密度を  $\rho$  とれば

$$\rho = \frac{Q}{A}, H = \frac{4\pi \rho}{A}$$

$$V = Ht = \frac{4\pi t Q}{A} \dots (24)$$

此式より見るに兩板間の電位差は (一) 附與せる

電氣の量に比例し、(二) 各板の面積に逆比例し、従て面積大なるときは多量の電氣を

與ふるも電位差は余り大とならず、(三) 兩板間の距離に正比例す、従て距離  $t$  を小と

するときは多量の電氣を與ふるも  $V$  は大とならず。

例題四 面積二五〇平方「センチ」の板二個を二「ミリ」の距離に相面せしめ兩板

間の電位差五〇となる迄電氣を注入せりと云ふ、各板の電氣の量  $Q$ 、及び兩板間の電界の強さ  $H$  を求む

$$\text{解} \quad V = \frac{4\pi t Q}{A} \quad 50 = \frac{4\pi \times 0.2 \times Q}{250} \quad \therefore Q = \frac{250 \times 50}{0.8\pi} = 4970$$

$$H = \frac{4\pi Q}{A} = \frac{4\pi \times 4970}{250} = 250$$

$$\text{又は} \quad H = \frac{V}{t} = \frac{50}{0.2} = 250$$

注意すべきは正負兩電氣間の電界を作成する物質なり、上の例に於ては何れも電氣を中間の絶縁物と仮定したれども電氣が油、護膜等の物質を以て絶縁せらるゝ時は、電界の強さは各點に於て空氣の場合よりも小にして、一般に其物質の特有誘電容量  $K$  を以て除せざる可らず、従て電位差も  $K$  分の一に減少し

$$\text{球の場合に於ては} \quad V = \frac{Q}{Kt}$$

$$\text{均一電界の場合に於ては} \quad V = \frac{4\pi t Q}{KA}$$

等とすべし、又電界の強さ  $H$  も空氣の時の  $K$  分の一をなすと、既に「クーロム」氏法則の部に於て説明せる所なり。

二〇、電氣の運動の規則 或る熱量を有する二物體を接觸せしむるときは

熱は常に温度の高きものより低きもの、方に移動し必ずしも量の多きものより少なきものに向うにあらず、電氣に於ても之れと頗る相似たる關係を有し、二個の帶電體を接する時は、兩電氣の代數和は常に何等の變化なし、雖電氣は時によりて少量の電氣を有する導體の方より多量の電氣を有する導體の方に向つて移動するとあり、即ち電氣の運動は量の多小以外のある規則に遵ふものなるを知る

Handwritten calculations at the bottom of the page:  $V = \frac{4\pi t Q}{A}$ ,  $50 = \frac{4\pi \times 0.2 \times Q}{250}$ ,  $Q = \frac{250 \times 50}{0.8\pi}$ ,  $H = \frac{4\pi Q}{A}$ ,  $H = \frac{4\pi \times 4970}{250} = 250$

可し、是れ即ち電位差にして恰も熱に於ける温度の差異の如きものなり、即ち電氣の運動は次の規則に遵ふ

- (一) 二個の絶縁せられたる電氣が導體を以て連絡せらるゝか又は互に接觸するときは此の兩電氣が同一の電位にあるときは決して電氣の運動移轉なし。若し電位差ある時は必らず高電位の方より正電氣が低電位の方に向つて運動するか又は負電氣が低き方より高き電位の方に向つて運動す。従て接觸の結果正電氣減するか又は負電氣増加するものは初め高電位にありしもの、正電氣増すか又は負電氣の減する方は初め低電位にありし物なり。
- (二) 接觸する兩電氣が異種の電氣なるときは、運動の結果電氣の量を減少し、中和するため又兩電氣間の電位差も漸次減少す。
- (三) 電氣の運動は兩發電體が同一の電位となるに至りて止む。故に各導體が異種同量の電氣を有し居たるときは全部が中和消失し電位差も零となるに至りて止む。
- (四) 電氣が運動するときは必らず外部に「エネルギー」を放出す。

是れ電氣に特有なる性質にして要するに電氣相互間の電位差は自ら減少し同一

電位とならんとするが如き性質を有す、此故に一の導體に電氣を附與するときは其導體の形狀大小如何に關せず電氣は其の表面内部共に同一の電位を有する様に排列分布す、導體の所々に於て電氣密度の異なるは、本節の理により導體表面が全部同一の電位とならんとするより來る自然の結果なり。

一の發電體の附近に導體を持來る時は誘導作用によりて之れに正負電氣を發生するも亦本節の理に源因するものにして、假りに發電體が正の電氣を有し居たる時は之に近き部分の空間は高電位、遠き部分は低電位にあるを以て正電氣は遠き部に發生し負電氣は近き部分に發生す、而して此導體全部が同一の電位となるに至りて止む(誘導作用にて電氣を發生することによりて初めて此導體の表面が全部同一の電位となるの狀況は後節の第五八圖に就て見るべし)。

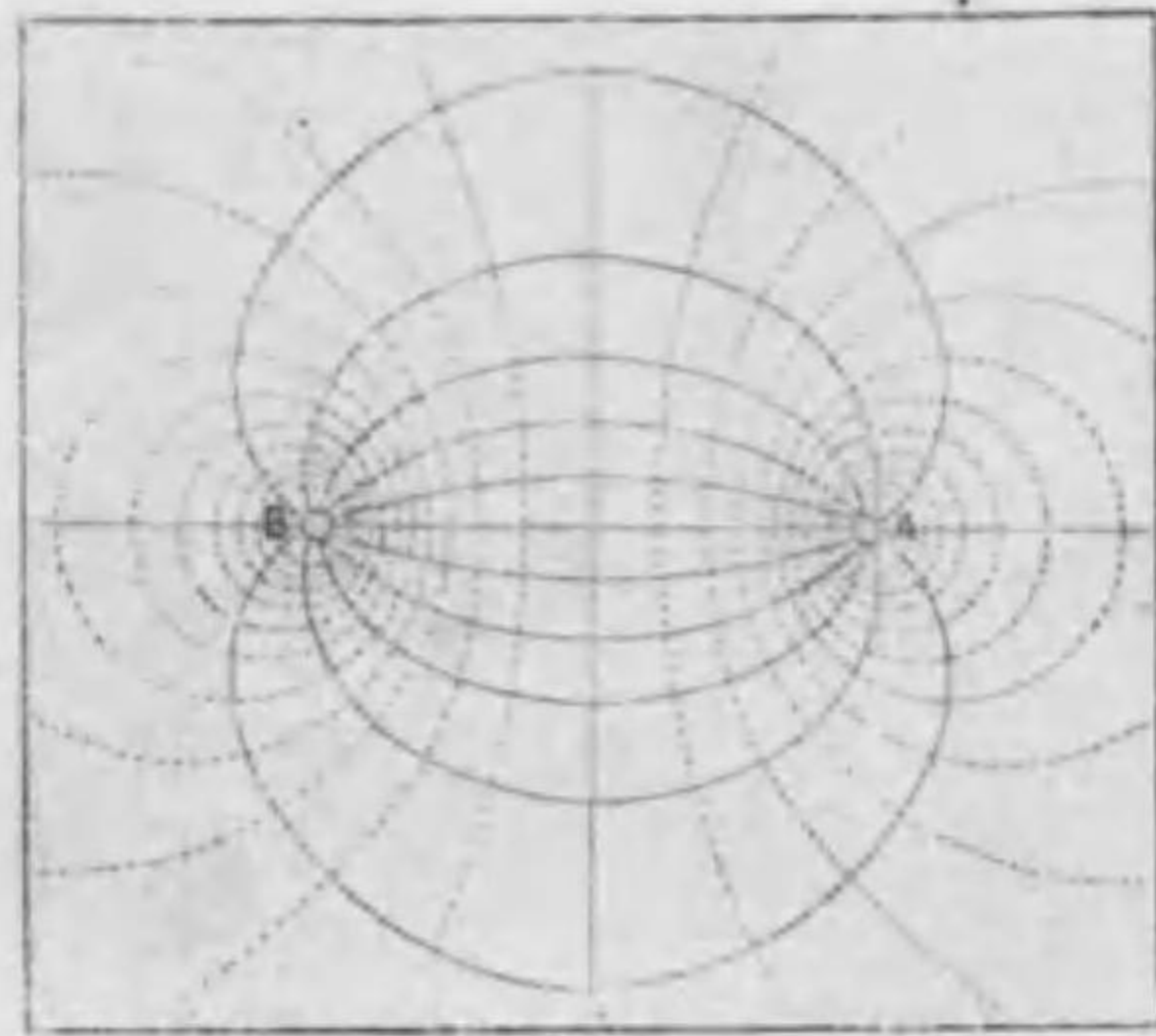
## 二二 同電位面

*Equipotential Surface (E. P. S.)*

一の導體の表面は何所も同一の電

位を有するを以て此の表面は一の同電位面なりと稱す、地球の表面も亦零なる値の同電位面なり、一般に電界中に於て同一の電位を有する諸點を見出して之を連結するときは一の面を得可し、是れ一の同電位面なり、單獨なる帶電球の場合に於ては球の中心より  $r$ 、センチの距離にある諸點は何れも  $e/r$  の電位を有するを以

て球と同心にして  $r$  を半徑とせる球の表面は一の同電位面なり  $r$  を變ずれば値の異なる數多の同電位を得可し、即ち單獨球の同電位面は球と同心なる數多の球なり 第五七圖は A 及び B の兩點に正負の兩電氣あるときに於ける力線の分布實線にて示す) 及び同電位面の分布(點線にて示す)を示せるものなり、即ち同電位面は何れも A 又は B を圍繞せる輪狀をなす唯 A B の中間に於て之を直角に二等分する平面のみは輪狀をなさずして無窮の遠きに達す、即ち零なる値を有する一の同電位面なり、前の第五五圖に於ける A B E の線に相當す。



第五七圖 異種同量電氣 A B 及異電ノキトル  
同電位面及同電位線

電位面點線及び力線の分布圖なり。

同電位面に就て注意すべきことは如何なる同電位面と雖相互に交切するとなし、何となれば、若し相交はるものとすれば其の交點は同時に二様の電位を有すること

第五八圖は單獨球に  $+e$  なる電氣あるときに附近の導體 A B に誘導作用にて發電せる際に於ける同

なり明らかに不合理なればなり。

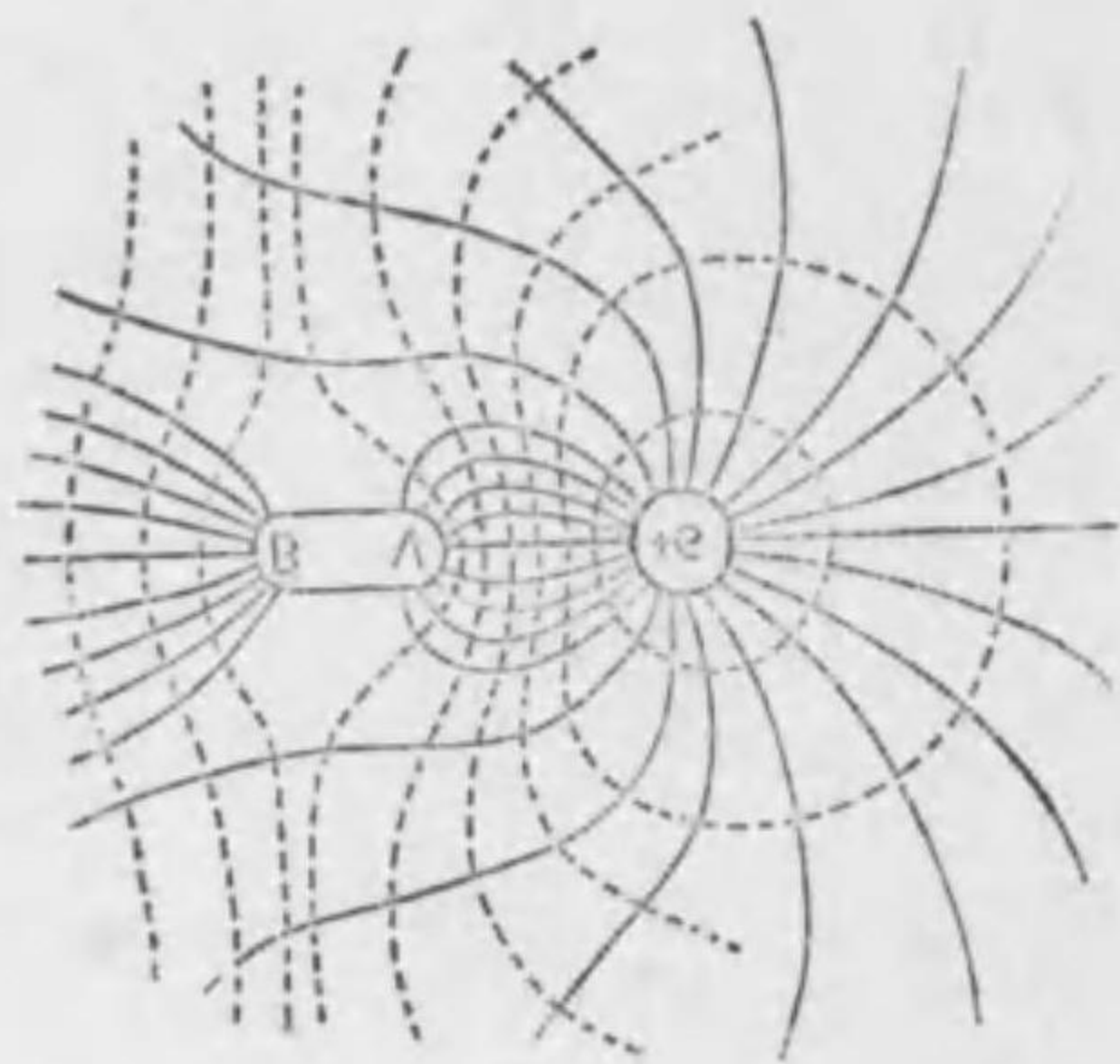
又一の同電位面上にては電氣を如何に移動するにも仕事を要せざるなり、何となれば仕事を要するものとすれば、其仕事に等し

き丈の電位差が此兩點間に存することとなり、明らかに同電位面上にて移動すると云ふ假定に戻ればなり。

故に同電位面上に如何に電氣が移動するも、仕事を要するとなし、即ち移動する方向には何等の電氣力作用し居らず

**二、電界の方向と同電位面とは直角をなす** 前節の理により同電位面上に於ては如何に電氣を移動せしむるにも仕事を要

せず、即ち力線又は力管は決して同電位面に沿うて通ずるものにあらず、常に互に直角をなすなり、即ち第五七圖第五八圖等に見る如く、同電位面と力線とは何所に於ても互に直角に切合うなり



第五八圖 異種同量電氣 A B 及異電ノキトル  
同電位面及同電位線

此理により力線又は力管は導體の表面の部に於ては必らず常に其表面に直角に射出するなり、何となれば導體の表面は形狀に關せず常に一の同電位面をなせばなり。電界内に於て電氣が力線に沿うて運動するときは電界より受くる力に抗するか、又は此力の方向に動きたるを以て前者の場合には仕事を要し後者の場合には電氣が仕事をなすなり、換言すれば電氣が電界の方向に動けば必らず一の同電位面上を去て他の同電位面上に至ることとなるなり、而して此運動のために與へられる仕事或は電氣がなす仕事は兩面の電位の差に等し。

**二三、電界の強さと電位差との關係** 前記の如く力線は常に同電位面と直角に切合ひ居りて電界の方向に進めば種々値の異なる多數の同電位面に遭遇すべし、今一の均一なる電界に就て考ふるに、力線は全く平行なるを以て同電位面も皆な平行せる平面をなすべし、一點Bより力線に沿ひてなる距離を進みAに達したりとすればAB間の電位差はHを電界の強さとすれば

$$V = Hl \quad \dots \dots \dots (25)$$

なり換言すれば電界の強さHなるものは力線の長さlに對し兩端の電位差幾何

なるかを示す數に等しきものなり、均一なる電界にあらざる時と雖電界中の一點の強さHは其附近に於て異なる極小なる長さに力線をとる、其の兩端の電位差がΔVなるときには、

$$H = \frac{\Delta V}{\Delta l}$$

に等しきものなり、從て下の如く規定するとを得

電界の強さとは其點に於て力管の方向に一なる距離を進むに幾何の電位差を生ずるやを示す數に等し

從て電界の強大なる部に於ては力線の同一長さに對し、多くの同電位面が通過するなり第五七圖に於てもA又はBの附近の電界の強大なる部に於ては多數の同電位面の通するを見る。

**二四、導體の内部に力線又は力管なし** 電氣の運動の項に述べたる如く一の導體は表面内部共に全く同電位とならざれば電氣靜止せざるものなり、故

に同電位面は導體表面及び外部の電界内に存すれども、導體内部には存せず、内部の全容積は全く同一の電位にあり、故に導體内部は電界にあらざるなり、若し電界なりとすれば其の力の方向に力線を通じ力線の長さに沿ひ電位を異にせざるを

得ざるが故なり、即ち導體内部に若し電氣を持來れりとするも何れの方角にも電氣力を受けざるなり、即ち力線力管等は導體の内部には通せざるものとす、此點は磁石の力線と電氣の力線と全く異なる所にして第五八圖に於ても $+e$ より出でたる力線はAの表面に終り、更らにBより同数の力線を射出せることを注意すべし

二五、諸種の發電体外の電界の強さ 種々の形状をなせる數個の發電

體が複雑して存する場合には電界の強さを求むるとは一般に困難なれども、單一なる發電體の場合には比較的簡單に求むることを得可し

(一) 單一なる帶電球、球に $e$ の電氣あるときは球外の一、中心より $r$ 「センチ」の所に於ける電界の強さは次の如し

$$H = \frac{e}{r^2} \dots\dots\dots (26)$$

(二) 均一に帶電せる大平面 均一に帶電せる無窮大の平面ありとすれば電氣は其の前後兩表面にのみ分布す、其一面に於ける電氣密度を $\rho$ とすれば、單位面積より射出する力線の數は $\frac{1}{2}\rho$ にして各線は何れも平面と直角に出で常に平行して均一電界を形成す故に電界の強さは

$$H = 2\pi\rho \dots\dots\dots (27)$$

なり、若し平面が無窮大ならざる時は端に近き部分の力線は外方に膨脹するを以て電界は均一なりと稱すべからずと雖、平面の中央の部にして面を去ると遠からざる所に於ては殆んど前述の如く各力線は皆な平行し

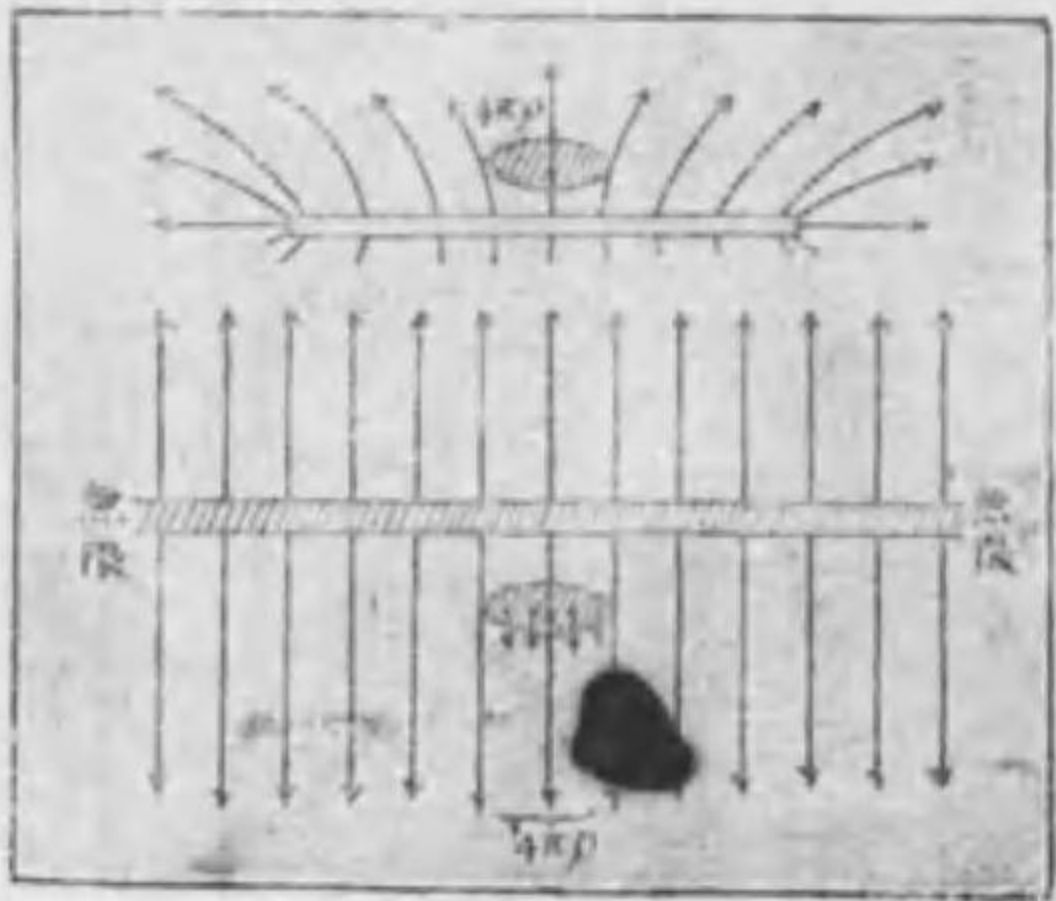
$\frac{1}{2}\rho$ なる均一電界を作るものと假定して差支なし

(三) 長さ帶電筒 長さ無窮大にして半徑 $r$ 「センチ」なる圓筒が均一に $\rho$ なる密度に帶電し居る時は力線は長さの方向には擴大せずして常に圓筒と直角に射出し、唯圓筒の斷面積に就て見るときは四方に放散す(第六〇圖)今「センチ」を距つる平行なる二平面を以て之の圓筒を直角に切り其兩面内に含まるゝ力線の總數を $N$ とすれば

$$N = 4\pi r^2 \rho \dots\dots\dots (28)$$

( $\rho$ は圓筒の電氣密度)

今圓筒の中心軸より $R$ なる距離の一點の電界の強さ $H$ を求めんに、半徑筒を描き前記二平面内に含まるゝ部分より外部に射出する力線の數は



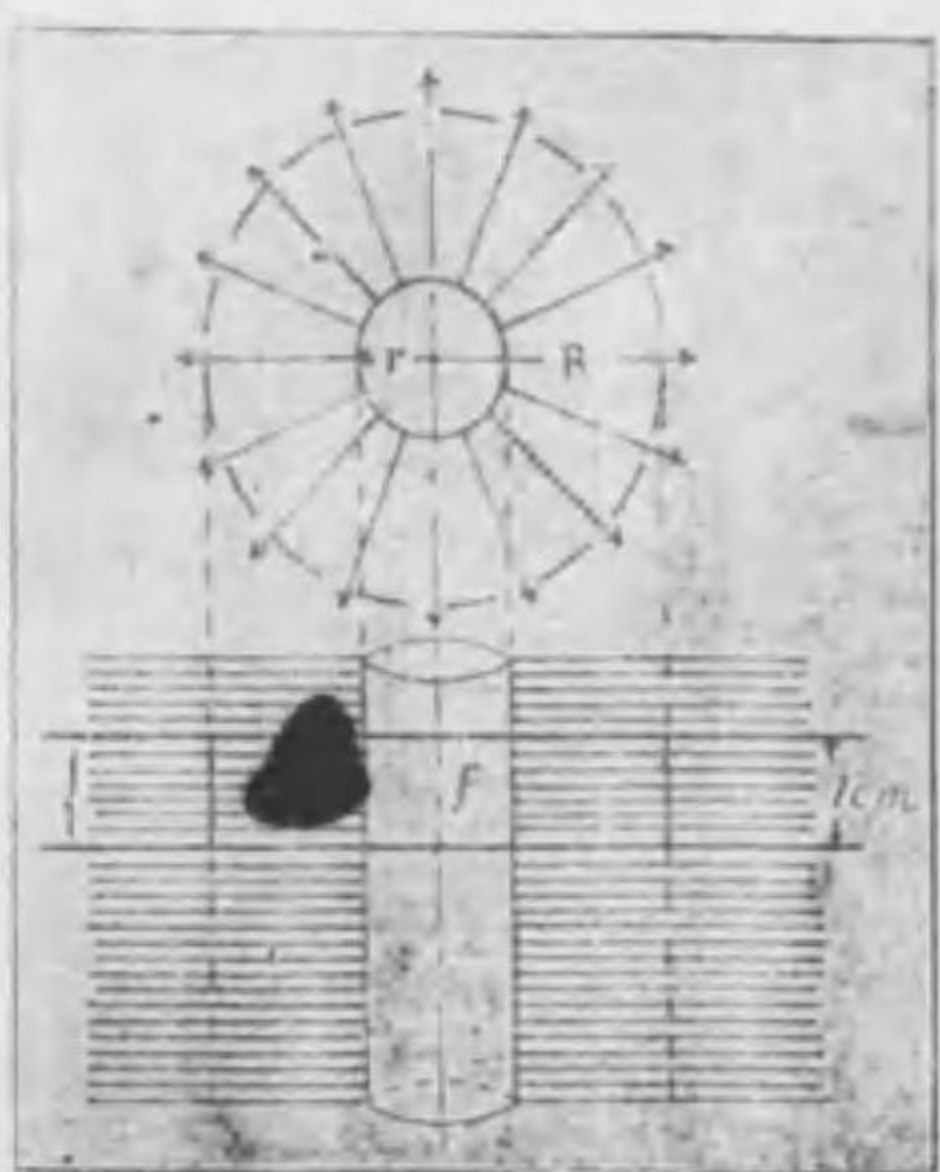
圖九五第  $H = 4\pi\rho$

に等しく且つ其面積は  $2\pi R$  なるを以て

$$H = \frac{N}{2\pi R} = \frac{8\pi^2 p}{2\pi R} = 4\pi p \times \frac{1}{R} \dots\dots\dots$$

(四) 不整形の導體 不整なる導體に於ては電氣密度が各部均一ならざるを以て

意點の電界の強さを知るとは甚だ困難なり、然れども其表面上の一點にて電氣の度の  $\rho$  なる部分に極く近き所に於ては導體の表面は其點に對し、殆んど無限大の平面と想像せられ得可きを以て表面より直角に射出せる力線は單位面積につき  $4\pi\rho$  にして、此部にては尙ほ平行の狀にありて放散せざるを以て電界の強さは  $4\pi\rho$  をなす。



第六〇圖

### 二六、蓄電器と電氣容量 Condenser and Electric Capacity

電氣は必ず正負兩電氣に分れ且つ互に絶縁せる導體上に容れられざる可らず、かく絶縁物を以て隔てられたる二導體は即ち電氣の容器にして之れを蓄電器と云ふ、例令ば今一個の金屬體に正電氣を與へ、負電氣は大地に免れしむる時はこの金屬體と大地とは一個の蓄電器をなすなり、又ある同一の面積を有する二

枚の金屬板を、小許の距離を隔て、相面せるものも一の蓄電器にして一板に正の電氣を與へ、他の板に負電氣を與ふれば電氣は此の兩板内に入りて相吸引す、一板に正電氣を與ふれば他の一板は大地に結ぶのみにても負電氣は自ら吸引せられて入り來るなり。

諸て以上の如き蓄電器の各導體に電氣を入るゝときは、兩者間には電位差を生ずべし、而して入れたる電氣の量と其の電位差とは常に正比例するものにして二倍の電氣を注入すば電位差も必ず二倍となる、今各導體の電氣を  $Q$ 、其の電位差を  $V$  とすれば

$$Q \propto V \quad \therefore Q = CV \quad \text{或} \quad C = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots (29)$$

にして此の  $C$  は兩導體の面積、距離、兩者を隔つる絶縁物等によりて異なると雖、一の蓄電器に於ては一定の値なり、之を該蓄電器の電氣容量と稱し、此式に見る如く電位差  $V$  が一なるとき電氣の量  $Q$  が一なる時には其容量は一なり、故に兩電氣の電位差  $V$  にして電氣の量  $Q$  なるときは、蓄電器の容量は

$$C = \frac{Q}{V}$$

なり、換言すれば、或る蓄電器の容量は電位差一なるときに、其内に吸引し居る電氣の

量に等しきなり  
 電氣容量の大なるものとは電位差小にして電氣の量の多くを入れ得るものなり  
 即ち相面する二導體の面積の大にして、距離の小なる程容量大なり何となれば、  
 第五六圖の如き均一なる電界を作る蓄電器に就て云へば

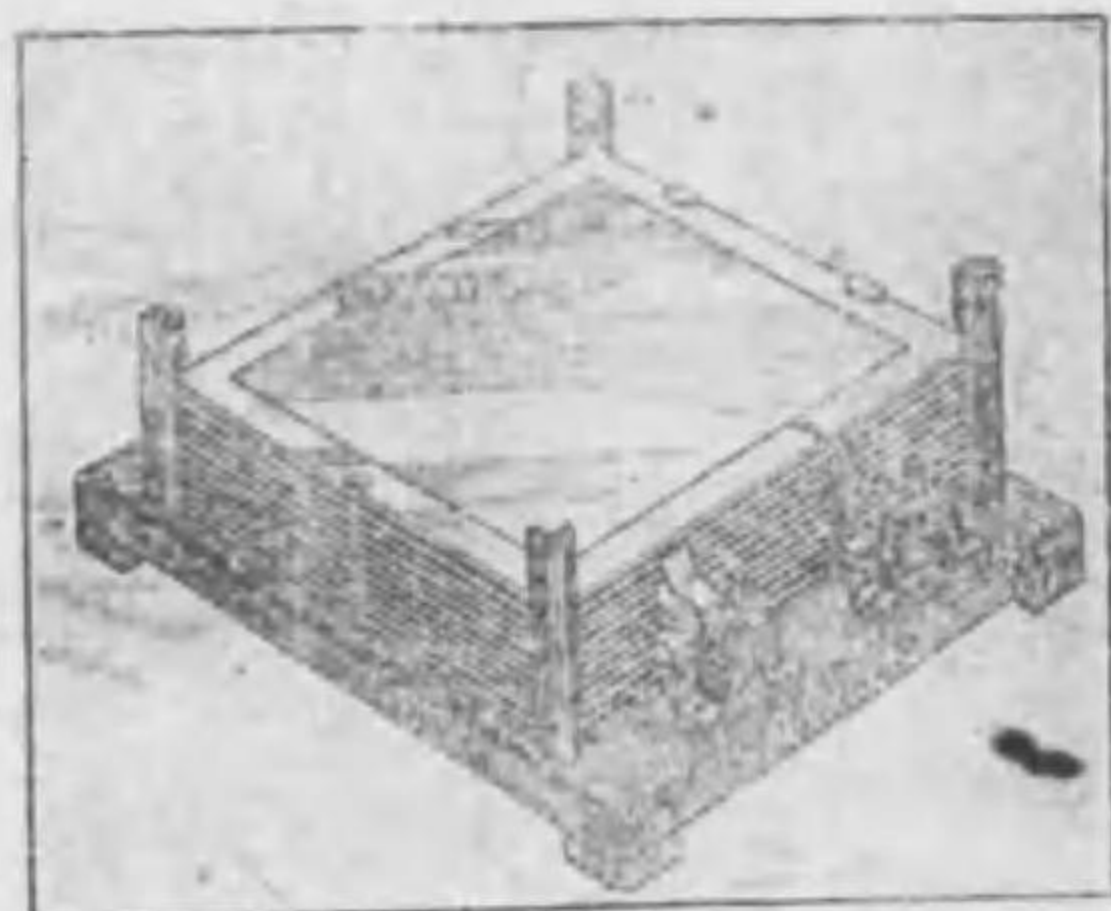
$$C = \frac{Q}{V} = \frac{A_0}{4\pi r^2} = \frac{A_0}{4\pi r^2} = \frac{A_0}{4\pi r^2}$$

をなせばなり、但しAは各板の面積、ρは其電氣密度、dは兩板の距離とす  
 蓄電器の兩板に電位差の生ぜるとき即ち電氣の蓄積せられたるときは蓄電器  
 が充電 (Charge) せられたりと云ふ。

充電せられたる蓄電器を針金又は金屬體等を以て連結すれば電氣運動の規則に  
 従ひ正の電氣は高電位の方より低電位の方に運動して中和し、音、光、熱等を發生す、  
 之れ電氣が保有せし「エネルギー」が電氣の消失と共に放出せらるゝものにして、之  
 を放電 (Discharge) と稱し一面より云へば蓄電器は又「エネルギー」を蓄積するの具なり、  
 實用上蓄電器と稱するは以上の目的にて特に面積の大なる導體を近き距離に相  
 面せしめたるものなり最も普通にして古くより使用せらるゝものは「レイデン」瓶  
 と稱し十八世紀の頃「レイデン」市に於て僧「クライスト」の發明せるものにして、硝子



圖一六第  
 瓶「ンアイレ」



器電蓄ノ箔錫ト紙 圖二六第

瓶の内外に錫箔を貼付せるものなり(第六一圖即ち一方の電氣を内箔Cに連結  
 せる導體Aに與へ外箔Bを大地に結べば他方の電氣  
 は此れに吸引せらる、此蓄電器は硝子を隔てゝ相互作用  
 し居るを以て、高き電位差に使用するを得可く無線電  
 信等に於ては現時も盛に使用せらる又電信電話等に  
 使用するものありては電位差低くして多量の電氣  
 を蓄積するを要すると多し、此目的に向ては「バラヒン」  
 に浸して良絶縁性とせる紙に錫箔を貼付せるもの數  
 百枚を重ね錫箔を一つ置きに連結せる二組となし各  
 組を蓄電器の兩板として使用す、此蓄電器に於ては各  
 錫箔は表裏兩面に於て電氣吸引し居るを以て錫箔一  
 枚の面積Aなるも、2Aの如く作用し、且つ各枚の距離は  
 頗る小なるを以て容量大にして多量の電氣を蓄積し  
 得、然れども薄き紙の絶縁力は「レイデン」瓶の硝子の如  
 く強大ならざるを以て、余り高き電位差を與ふるときは紙を破りて放電を起すと

あり、故に比較的低い電位差にのみ使用せらる(第六二圖)。

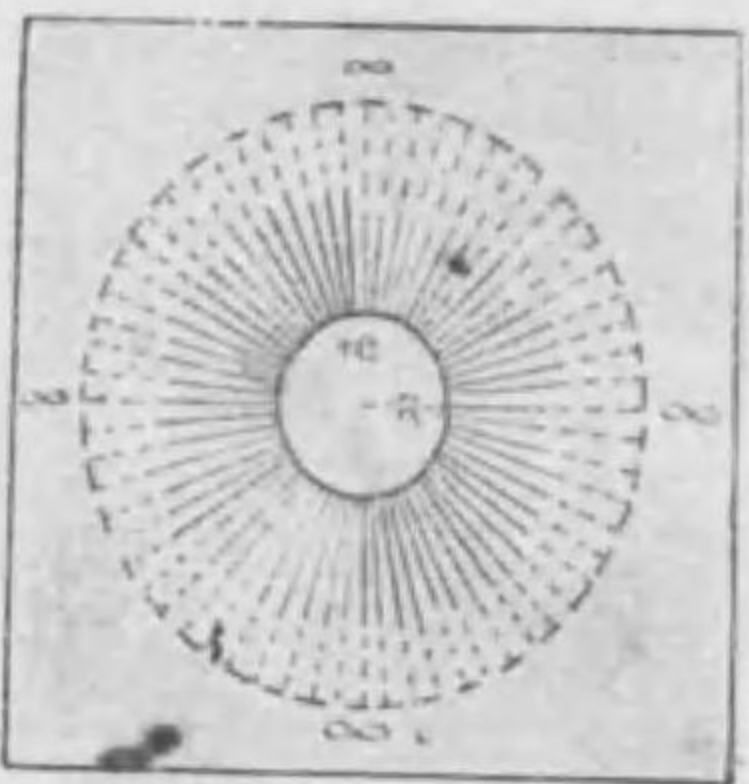
### 二七、諸種の蓄電器の容量

(一) 平行せる二面 前節の蓄電氣の如く兩板が同一の厚さを隔て、平行し居る時は中間は均一なる電界をなすべし、之の各板にQなる電氣を與へたりとせば、電界

の強さは  $H = \frac{4\pi Q}{AK}$  (Aは各板の面積、Kは中間物質の誘電率) 有誘電容量又其電位差Vは  $V = Ht$  (tは中間絶縁物の厚さをなすを以て容量Cは

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{Ht} = \frac{Q}{\frac{4\pi Q}{AK} t} = \frac{AK}{4\pi t}$$

即ち面積に正比し厚さに逆比すると既に説明せる



第六三圖 單獨球の容量  $C = KR$

が如し。

(二) 單一なる球 今空中に半径Rなる單一の球ありて+Qの電氣を有せりとすれば-Qの電氣は無限大の遠きにあるべく即ち一の蓄電器をなす、而して帯電球の表面の電位は既に述べたる如く  $V = \frac{Q}{R}$  又無限大外の電氣の電位は零なるを以て該蓄電器の兩電氣の電位差は即ちQRなり仍て容量Cは

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{Q}{R}} = R$$

若し球が空中にあらすして他の物質中にあるときは

$$C = KR \dots\dots\dots (30)$$

(三) 二個の同心球 二個の同心球ありて内球の半径r、外球の半径Rとすれば兩球間は常に+Q、-Qを隔つ、今内球に+Qの電氣外球に-Qの電氣を與へ且つ之れを大地に連結すれば

$$\begin{aligned} \text{内球上の一箇の電位} & V_1 = \frac{Q}{Kr} - \frac{Q}{KR} = \frac{Q}{K} \left( \frac{R-r}{rR} \right) \\ \text{外球上の電位} & V_2 = 0 \end{aligned}$$

$$\therefore C = \frac{Q}{V_1 - V_2} = \frac{Q}{\frac{Q}{K} \left( \frac{R-r}{rR} \right)} = \frac{rR}{R-r} \quad K = \frac{rR}{R-r} \quad \dots\dots\dots (31)$$

若しtが甚だ小なるときはRもrも殆んど等きしを以て

$$C = \frac{R^2}{t} K \dots\dots\dots (31')$$

又この場合に於て内外球の面積をAとすれば  $C = \frac{AR}{4\pi t}$  なるを以て

$$C = \frac{A}{4\pi t} \quad K = \frac{A}{4\pi t} K$$

Handwritten notes:  $R_2 = \frac{A}{4\pi R}$ ,  $C = \frac{R^2}{t} K$ ,  $C = \frac{AR}{4\pi t}$



即ち平行面の場合と同一式となる事實上より考ふるもRとrが大差なきときは均一電界をなすを以て球状の蓄電器も平行面の場合と同一と見得ると明らかなり。

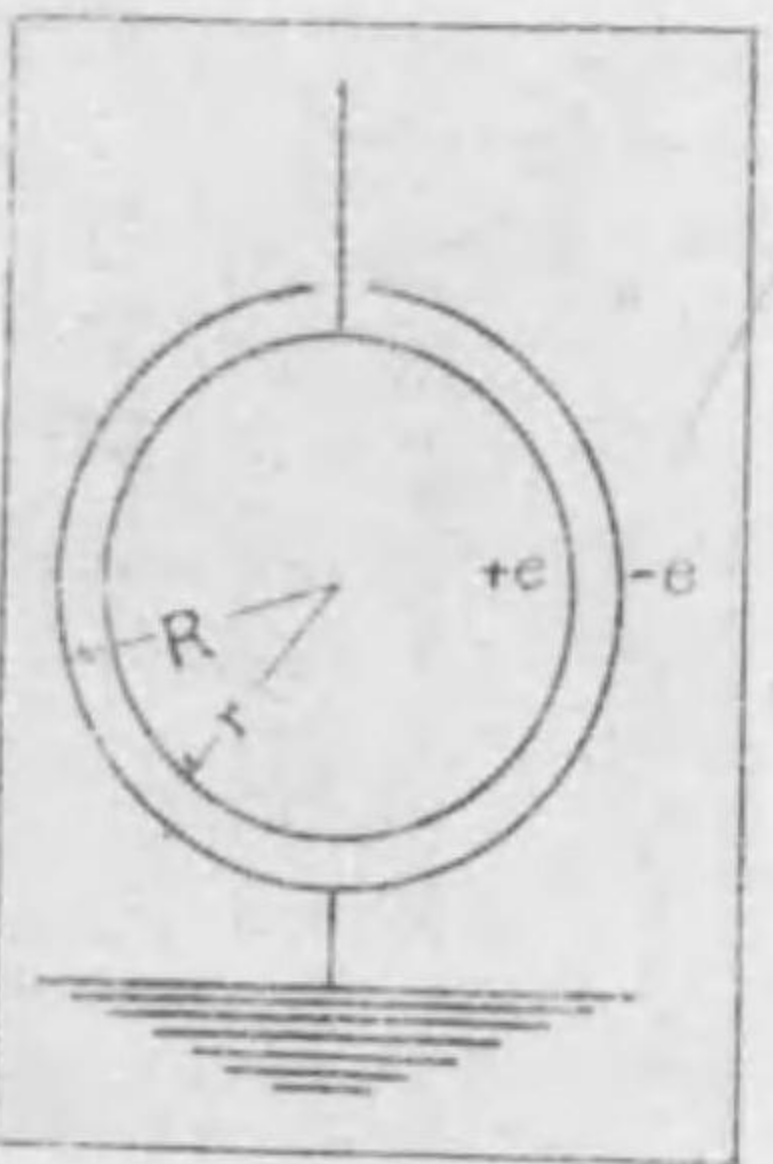
又反對に外球Rが非常に大となりて無限大に達したりとすれば

$$C = K \frac{4\pi R^2}{R-r} = K \frac{4\pi R^2}{1-r/R} = K \frac{4\pi R^2}{1 - \frac{r}{R}}$$

即ち單一球の場合となる

### 二八、 數個の蓄電器の合成容量

個以上の蓄電器を第六五圖の如く一板と一板宛を同電位の點に結合して使用するときは并列 Parallel なりと云ひ第六六圖の如く一板

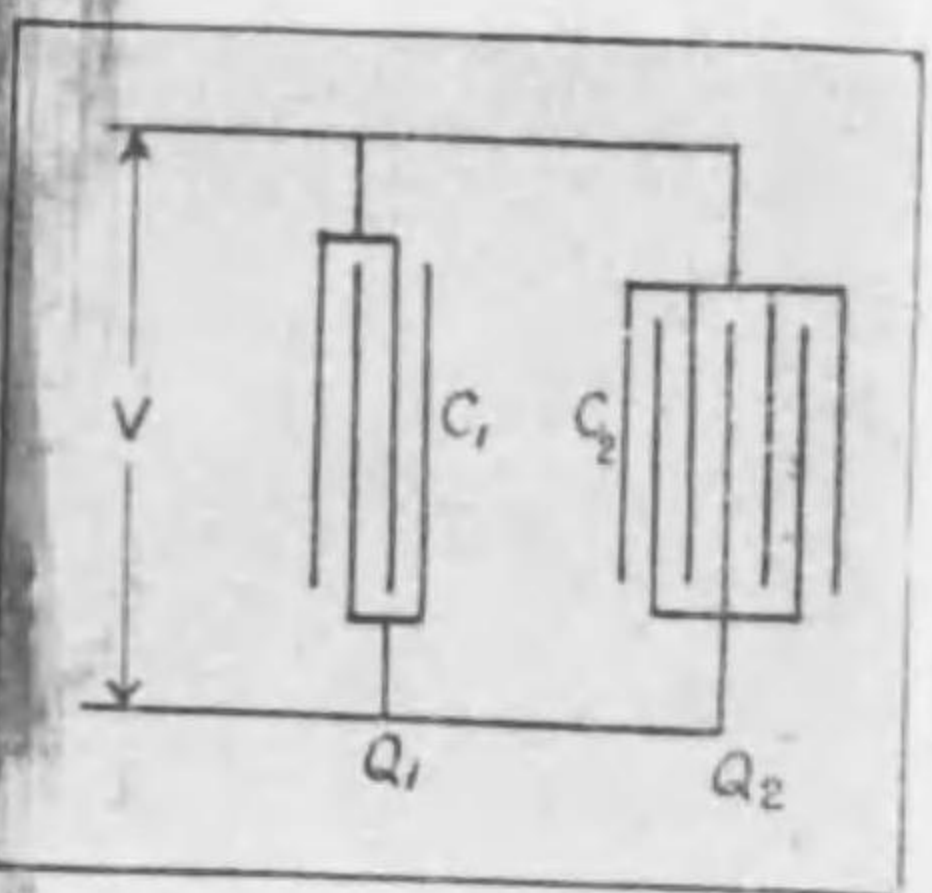


圖四六第 同心球の容量

$$C = K \frac{4\pi Rr}{R-r}$$

に他の蓄電器の一板を結び他の兩板間に電位差を與ふる事を直列 Series に使用したりと云ふかく種々に連結せるものを一個と見做して其の電氣容量即ち蓄積せる電氣の總量と電位差の比を其の合成容量 Combined Capacity と稱す。

(一) 並列にせる場合の合成容量 各の容量C<sub>1</sub>及びC<sub>2</sub>なる二個の蓄電器を並列にせ



圖五六第 並列の容量

るとき兩端にVなる電位差を生ぜしむればC<sub>1</sub>及びC<sub>2</sub>の各に在る電氣の量はそれぞれQ<sub>1</sub>及びQ<sub>2</sub>にして

$$Q_1 = C_1 V \quad Q_2 = C_2 V$$

故に總電氣量Q<sub>0</sub>は

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 = C_1 V + C_2 V = (C_1 + C_2) V$$

依て合成容量C<sub>0</sub>は

$$C_0 = \frac{Q_0}{V} = \frac{(C_1 + C_2) V}{V} = C_1 + C_2 \dots \dots \dots (32)$$

同様多數個の容量を並列にせるものゝ合成容量は各の和に等し。

(二) 直列の場合 今二個の容量C<sub>1</sub>とC<sub>2</sub>とを直列に結び兩端にVなる電位差を與へAを正Cを負電氣とすればBはAよりV<sub>1</sub>だけ低くCは又BよりV<sub>2</sub>だけ低き電位にあるべきを以て

$$V = V_1 + V_2$$

をなす次に電氣の量はAに+Q<sub>1</sub>あらばBの上部に-Q<sub>1</sub>下部に+Q<sub>1</sub>に-Q<sub>1</sub>あるべきを以て次の關係あり

$$Q = C_1 V_1 \quad Q = C_2 V_2$$

故に  $V = V_1 + V_2 = Q \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)$

從て合成容量  $C_0$  は

$$C_0 = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{Q \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} \quad \text{又は} \quad \frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \dots\dots\dots (33)$$

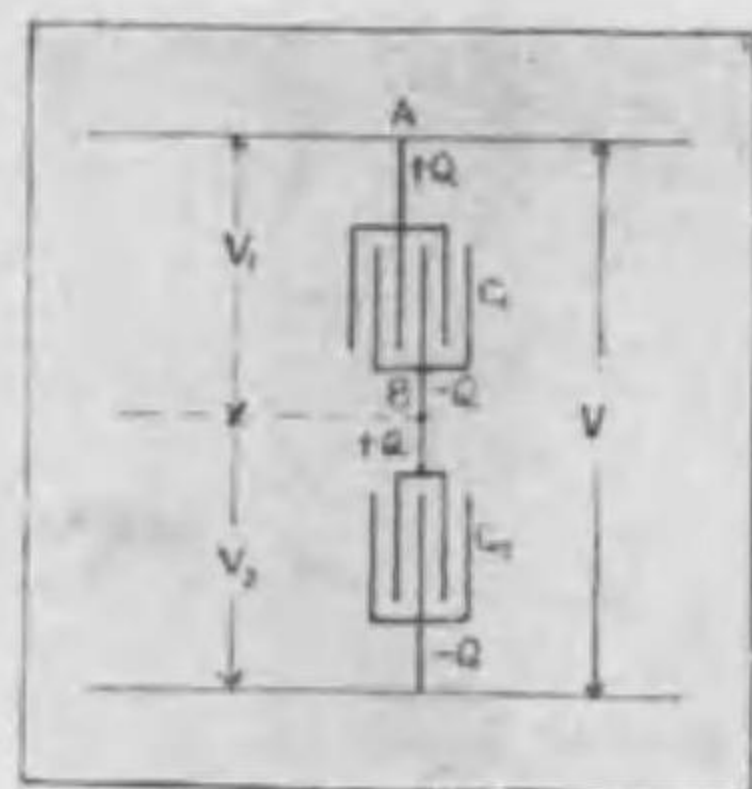
換言すれば、直列に入れたる合成容量は各容量の反数の和の反数に等し、或は合成

容量の反数は各容量の反数の和に等し。

故に相等しき二個の容量を直列にすれば合成容量は

$$C_0 = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

となりて半減す、一般に  $C_1$  と  $C_2$  とが等しからざる時は合成容量は其最小なるものより小なり。



第六六圖 直列に入ルル容量

### 二九、特有誘電容量、Specific Inductive Capacity

界中の一點の強さ、電位、又は電氣容量等は、電界を形成する物質に依て異なり、即ち電氣力、電氣現象等は必ずしも兩電氣を絶縁する中介物 Dielectric の如何に依て左右せらるゝものにして、電氣力、電位に於ては各物質に特有なる係數  $K$  に反比し、電

氣容量は之に正比す、此係數  $K$  を其物質の特有誘電容量と稱す、而して空氣に於ては此係數を一と定む、故に或る物質が  $K$  なる誘電容量を有するとは空氣の  $K$  倍の容量を有すと云ふことなり、實驗の結果諸物質に就き左の如き係數を得たり。

物	質	K
空	氣	1.0
紙		1.86
油	紙	2.4
ビ	ツ	1.85
蜂	蜜	1.86
バ	ラ	1.92-2.32
全	油	1.98-2.32
ゴ	ム	2.0-2.8
樹	脂	1.78-3.0
エ	ボ	1.90-3.15
セル	ナ	2.95-3.7
硫	ラ	2.24-3.8
	ツ	3.3-4.9
	ガ	4.6-8.0
雲	母	約 3.0
硝	子	6.5
フリ	硝	43.8
陶	子	2.15
テ	器	2.1
石	油	2.2
ベ	ン	3.1
コ	ダ	2.23
水	油	5.6
グ	リ	3.0-3.5
オリ	ブ	1.8
オ	ー	2.23
タ	ル	
レ	ビ	
ビ	ン	

### 三〇、蓄電器の「エネルギー」、正負兩電氣に電位差を與へ、或る蓄電器内に

在らしむるためには必ず或る「エネルギー」を要す、此の「エネルギー」は電氣の作る電界内に蓄へらるゝものにして、電氣が放電する際外部に再現し電氣的仕事をなすものとす、即ち電氣の「エネルギー」は力管に保有せらるゝものなり、而して此の「エ

エネルギーの量は正負兩電氣を其の引力に抗して相離し或る電位差を有せしむるために爲したる仕事の量に等しきを以て下の如くして求め得べし。

先づ均一なる電界を有する蓄電器に就て考ふるに其の電界の強さH、兩電氣間の距離tなりとすれば、兩電氣間の引力は既に説明せる如く

$$F = Q \times \frac{H}{2} \quad \text{[エルク]} \quad \text{[メルク]}$$

にして電氣間の電位差をVとすれば、初めtが零にして電氣の中和せる位置より兩者を引放してtに至らしめたりと考ふれば、其間に受くる力は常に同一なる力Fにして爲したる仕事の量は

$$W = F \times t = Q \times \frac{H}{2} \times t \quad \text{[エルク]} \quad \text{[メルク]}$$

なり然るにHとVとの關係  $V = Ht$  を此のHに代用するときは

$$W = Q \times \frac{V}{2} \times t = \frac{1}{2} QV \quad \text{[エルク]} \quad \text{[メルク]} \dots \dots \dots (34)$$

是れ即ち蓄電器内に蓄積せられたる「エネルギー」にして、電氣の量Qと其電位差Vとに正比す。

前記「エネルギー」は下の如く考ふるも同一なり、即ち電氣の量を零より漸次Qまで増加したりと想像すべし、電位差Vも亦零よりVまでQの變化と同じ割合に増

$W = \frac{1}{2} QV$

加するが故に斯く電氣を増加する爲には、最初入れ初めんとする時と、既に或る量まで入れたる後とは、同じく一なる電氣を増加するために要する仕事の量は異なるべし、然れども其總量は、仮りに電位差が終始變ずるとなく常に最初と最後の平均値  $\frac{V}{2}$  (即ち  $\frac{0+V}{2}$ ) を保ちつゝある所にQを負導體より正導體まで運びたりとせる時の仕事の量と見るも同一なり、即ち

$$W = \frac{V}{2} \times Q \quad \text{[エルク]} \quad \text{[メルク]}$$

均一なる電界を作らざる一般の蓄電器に於ても其の「エネルギー」を示す式は前記の式と全く同一なり、此の一般の場合に對する證明は下の如くするを最も便とす、電氣Qは極く少量宛n回に分ち入るゝものとすべし、一回に入るゝ量はqにして

$$q = \frac{Q}{n}$$

なり、然るときは電位差は各一回毎に増加し最初は  $\frac{V}{n}$ 、第二回目の終りには  $\frac{2V}{n}$ 、第三回目の終りには  $\frac{3V}{n}$ 、等を漸次増加すべし、故に各回に爲さるべき仕事の量を求め合計すれば

$$\text{第一回目の } q \text{ を入るゝためには} \quad W_1 = q \times \frac{V}{n}$$

$$\text{第二回目の } q \text{ を入るゝためには} \quad W_2 = q \times \frac{2V}{n}$$

第三回目には

$$W_3 = q \times \frac{3V}{n}$$

最後第n回目には

$$W_n = q \times \frac{nV}{n}$$

合計すれば

$$W = q \times \frac{(1+2+3+\dots+n)}{n} V = \frac{Q}{n} \times \frac{(1+2+3+\dots+n)}{n} V = QV \times \frac{n(n+1)}{2n \cdot n} \quad (nが非常に大なるときは \frac{n(n+1)}{2n \cdot n} = 1となる)$$

$$\therefore W = \frac{1}{2} QV \quad \text{「エネルギー」}$$

倍て此の「エネルギー」の式に  $Q = CV$  なる関係を代入すれば

$$W = \frac{1}{2} CV^2$$

$$\text{又は} = \frac{Q^2}{2C}$$

以上に計算せる「エネルギー」は皆な兩板間の絶縁物中に即ち力管内に蓄積せられしものなり

例題五、面積一〇〇平方「センチ」なる二平面が〇.五「センチ」を隔つる時兩板間に六〇の電位差を與ふる時は此の蓄電器に蓄積さる「エネルギー」何程なる

か

解、先づ電氣容量Cを求むれば

$$C = \frac{A}{4\pi t} = \frac{100}{4 \times \pi \times 0.5} = 15.9$$

$$\therefore W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 15.9 \times 60 \times 60 = 28,800 \text{ 「エネルギー」}$$

例題六、厚さ二「ミリ」の硝子製「レイデン」瓶に一〇〇なる電位差を與へ三百七十五萬「エルグ」の仕事を蓄積せしめんがためには内外兩錫箔の面積何程なるを要するか(但しKを三とす)

解、

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} C \times 100 \times 100 = 3,750,000$$

$$\therefore C = 750 \quad \text{而して} \quad C = \frac{AK}{4\pi t} = \frac{A \times 3}{4\pi \times 0.2} = 750$$

$$\therefore A = 750 \times 0.2 \times \frac{4\pi}{3} = 628 \frac{4}{7} \text{ 「平方センチ」}$$

例題七、直径三〇「センチ」なる金屬球の表面の電位が五〇となるまで電氣を入るゝときは何程の電氣集合し何程の「エネルギー」蓄へらるゝか、但し球はKが3なる礦油中にあるものとす

解、Cを求むれば

$$C = Kr = 3 \times \frac{30}{2} = 45$$

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 45 \times 50 \times 50 = 225 \times 2500 = 562500 \text{ [エネルギー]}$$

$$Q = CV = 45 \times 50 = 225$$

三二、力管の「エネルギー」 前記の蓄電器の「エネルギー」は力管内に蓄へらるゝものなるが故に吾人は電界中の或る部分に於て一個の力管の有する「エネルギー」を求むる事を得、即ち均一電界の場合に於ては直ちに想像せられ得る如く力管の數Qにして「エネルギー」 $\frac{1}{2} QV$  なるを以て一力管につき

$$W = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} V \dots\dots\dots (36)$$

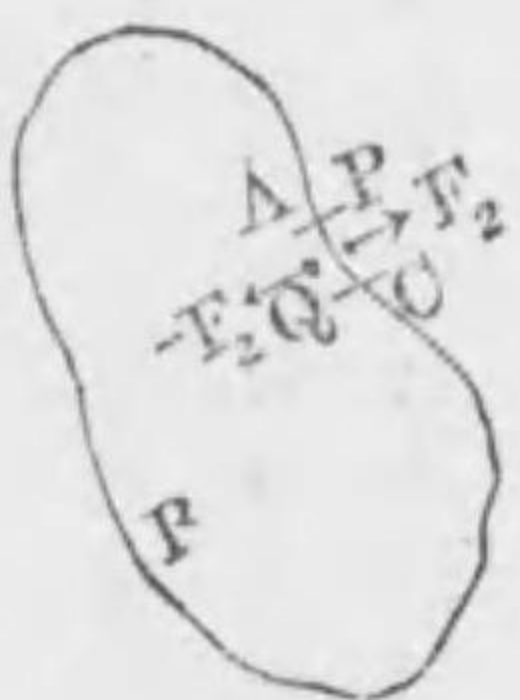
即ち一力管の兩端の電位差の二分の一なり、此の關係は蓄電器の形狀、電界の狀況等に關せず常に成立するものなり  
又前記蓄電器の例に於て其の兩板間の距離を二倍に増加するときは公式二四により其の電位差も二倍となり従て「エネルギー」も二倍となるを要す、此の増加せる「エネルギー」は何所より來るか云ふに吾人が兩板間の引力に抗してを2で擴ぐるが爲めに爲したる仕事は變形せるものなり。

倍て一力管の有する「エネルギー」は其兩端の電位差Vの二分の一にて示さるゝも此關係は一力管の一部分に就て云ふも同理にして、其部分の兩端の電位差Vなる時は此部は $\frac{1}{2} V$ の「エネルギー」を有す。

右の關係より又電界内の一點に於て單位容積に存する「エネルギー」をも下の如く求むるを得、即ち電界の強さHなる點に一立方「センチ」の容積を取れば此の容積内には長さ「センチ」なる力管 $\frac{H}{4\pi}$ 個を包含すべく、其の兩端の電位差は $V = H \times H$ なるを以て

$$\text{單位容積内の「エネルギー」} = \text{力管數} \times \frac{V}{2} = \frac{H}{4\pi} \times \frac{H}{2} = \frac{H^2}{8\pi} \text{ [エネルギー]} \dots\dots\dots (37)$$

三三、導体上の電氣の受くる力 導體上にある電氣の各一部は他の部分の電氣より斥力を受けて導體外に逸出せんとするが如き力を生ずべし、今第六七圖の如き任意形狀の一導體上に、或る一小部分ACを取り其部の電氣密度をρとすれば、ACなる電氣に極く近く導體表面の外に一點P及び内部に一點Qを取りて此の兩點に作用する電氣力を考ふべし、(一)PもQもACの部も共にAC以外の電氣より殆んど同一の力Fを受け其方向は何れも導體の外部に向ふ、(二)Pなる點は其外



第七六圖 表面電氣力

に AC なる電氣より  $F_2$  の力を受け方向は前者と同じく外に向ふ、(三) Q なる點は AC の電氣より同じく  $F_2$  の力を受くるも方向は P と反對に内部に向ふ、而して實際 P の受くる力は (一) と (二) の和にして之れが爲めに  $4\pi\rho$  なる電界を作り、Q に働らく力は (一) と (二) の差にして其結果 Q には電氣力無し

故に

$$\left. \begin{aligned} P \text{ の受くる力} &= F + F_2 = 4\pi\rho \\ Q \text{ の受くる力} &= F - F_2 = 0 \end{aligned} \right\}$$

$$\therefore 2F = 4\pi\rho \quad 2F_2 = 4\pi\rho$$

$$\therefore F = F_2 = 2\pi\rho \dots\dots\dots (38)$$

換言すれば AC なる電氣が他の電氣より受くる斥力は  $2\pi\rho$  即ち導體表面に近き部分の電界の強さの半ばに等し、今表面に一平方センチの面積を取れば其上の各單位電氣は何れも  $2\pi\rho$  「ダイーン」の力を受け、又其の電氣の量は  $\rho$  なるを以て

$$\text{單位面上の電氣が受くる各反斥力} = 2\pi\rho \times \rho = 2\pi\rho^2 \dots\dots\dots (39)$$

若し表面の電氣密度  $\rho$  を知り能はざるときも此表面外にて表面に近き一點の電

界 H を知り得れば、上式は下の如くなる

$$\text{單位表面の全力} = 2\pi \left( \frac{H}{4\pi} \right)^2 = \frac{H^2}{8\pi} \text{ 「ダイーン」} \dots\dots\dots (39)$$

故に均一なる電界 H を作る A なる面積の蓄電器ありとすれば其兩板間の全引力は A 倍となりて

$$\text{兩板の引力} = A \times \frac{H^2}{8\pi}$$

是れ既に公式九に示せる所なり。

上説の如く導體表面の電氣は何れも或る力を以て外部に引かれ居るを以て吾人は力管は引力を有し常に表面の電氣を緊張し居るものと信ず、即ち力管は常に收縮し短大ならんとする性質ありと假定すると磁力線に於けるが如し、倍て茲に於て一力管の緊張力を計算せんに單位面積よりは  $\rho$  本の力管を出し、其の總緊張力  $\frac{H^2}{8\pi}$  「ダイーン」なるを以て一本につき  $A\rho$

$$\int = \frac{H^2}{8\pi} + \rho = \frac{H^2}{8\pi} \times \frac{4\pi}{H} = \frac{H}{2} \dots\dots\dots (40)$$

但し H は導體表面に極く近き一點の電界の強さなり。

### 三三三、電氣計

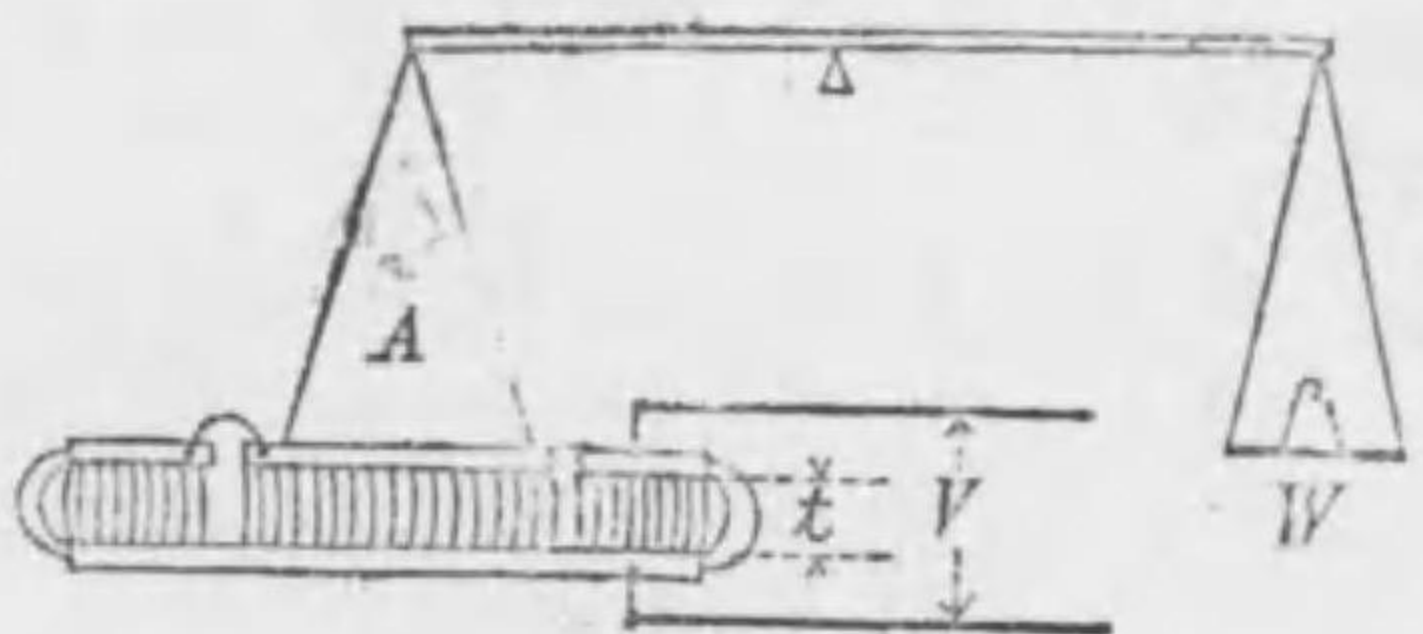
Electrometer 爰に電氣計と稱するは兩電氣間の電位差又は一の發

電體の電位大地に對する電位差)を測定すべき器具を云ふ、其の最も簡單なる吸引

電氣計

Attraction Disc Electro-meter

を述べれば第六八圖の如く小距離をも隔て、相



計氣電引吸 圖八六第

對する二板あり、上板は圓形に切抜きて内外兩部となし外部及び下板は固定し、内部は秤器の如く桿の中央にて支持され、他方に重量を置くが如くす、測定すべき電位差を上下兩板に結ぶ時は上下兩板の吸引力により内部圓板は下方に下らんとするを以てWなる重量を以て平衡を保持せしむ、今測るべき電位差をVとして圓板の面積をAとすれば

公式一九により

上下兩板の引力 =  $Q \times \frac{H}{2}$

$\begin{cases} Q = QV = \frac{A}{4\pi} V \\ H = \frac{V}{t} \end{cases}$

∴ 吸引力 =  $\frac{A}{4\pi} V \times \frac{V}{2t} = \frac{AV^2}{8\pi t^2} = 980W$

∴  $V = \sqrt{\frac{9.0 \times 8\pi^2}{A} \times \sqrt{W}} \dots\dots\dots (41)$   
=  $K\sqrt{W}$

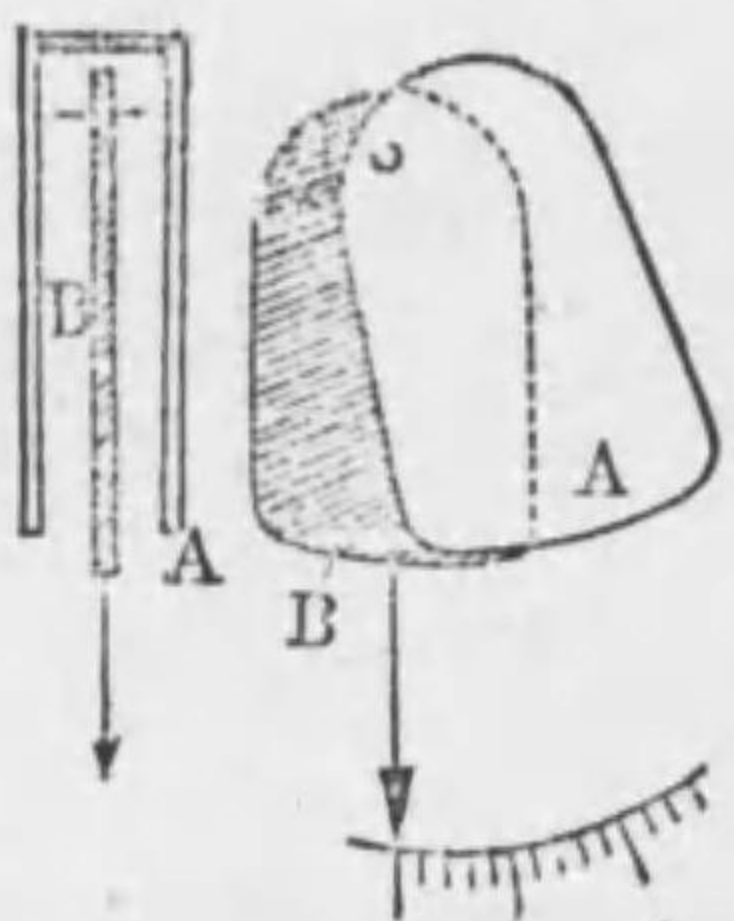
即ちKはこの器械に特有なる係數なるを以て重量Wを測りてVを計算するとを得。

三四、靜電的電壓計

Electrostatic Voltmeter

電位差の實用單位を「ヴォルト」と稱

し、上來説明せる靜電的電位差の三分の一の大きさを有す、靜電的電氣間の引力によりて、電位差を測定し「ヴォルト」にて其の値を讀むもの靜電的電壓計なり、一般に靜電氣間の作用は一面より見る時は電位差ある兩電氣を接近せしめんとするが如く作用するものにて其結果一方の導體が運動せりとすれば蓄電氣の容量は常



計器電靜 圖九十六第

に増加す、故に「電氣間の作用は常に蓄電器の容量を増加するが如き状態に働らく」をも稱せらる、即ち(一)力線の長さを減少するか(二)又は電氣の相吸引する面積を大にす、此理により多くの靜電的電壓計は製作せらる、其最も簡單なるものは第六十九圖の如く「アルミニウム」を以て作れる輕き可動片Bと其外

側に一部分重なり合へる金屬函Aとより成り、後者は固定せらる、此の二板に電位差を與ふるときは引力のため可動板は重力に抗して廻轉し或る位置に至れば重

力による廻轉力と電氣引力と平衡して靜止するを以て廻轉の大小を以て電位差を知るなり。

此種の電壓計は電氣容量小なるを以て一千「ヴォルト」以下位の電位差にては可動板に働らく廻轉力僅小にして、指針は大なる廻轉をなし得ず、故に多くは數千「ヴォルト」以上の電位差の測定に使用せらる。然れども兩吸引板の面積を大にすれば電氣容量増加し電氣力も大となるを以て比較的低き電位差を測り得可し、第七十圖は「ケルビン」氏のマルチセルラー電壓計 Multicellular Voltmeter にして蓄電器の如く正負兩板を交互に重なり合はしむる如くせるものなり。

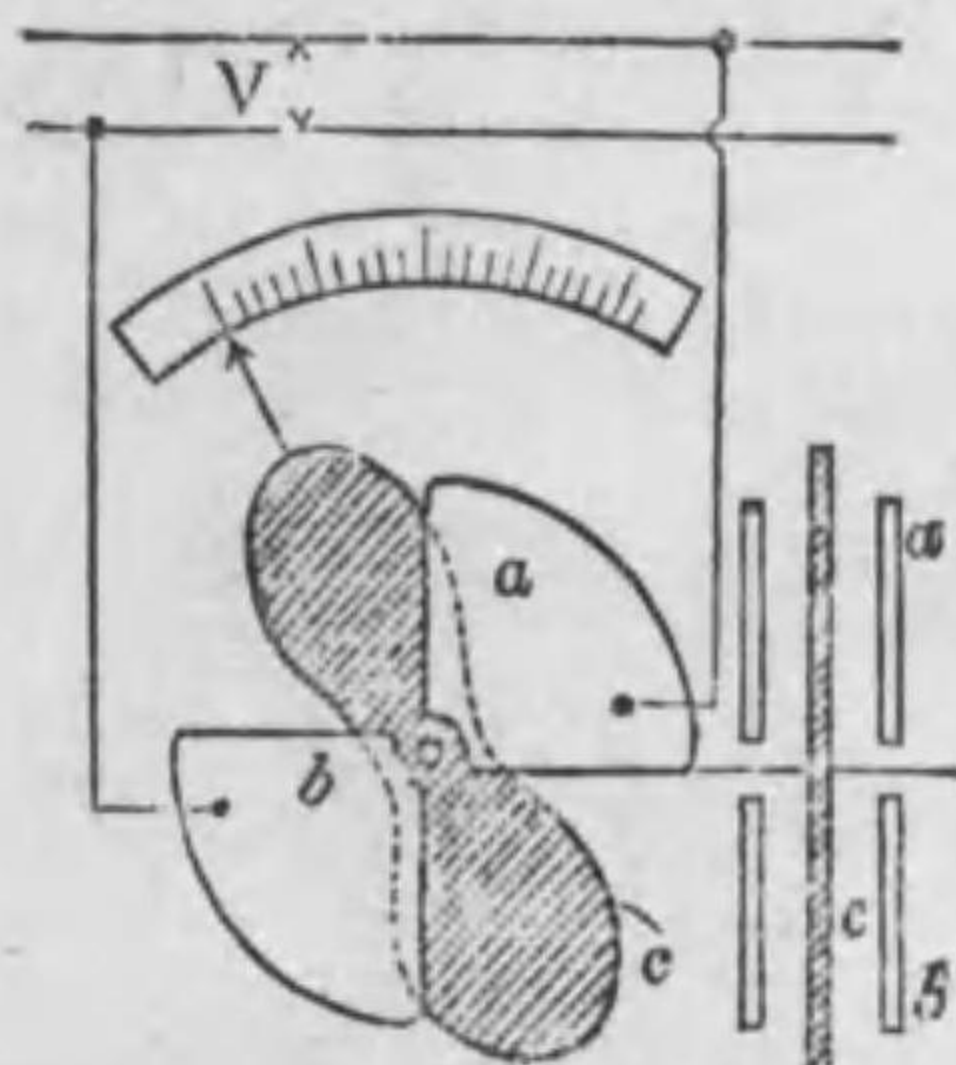
第七十圖 「マルチセルラー」電壓計



第七十一圖に示せるものは靜電的電壓計の最も普通に使用せらるゝ一種にして外函は四分圓の形をなせる a 及び b となし之に測定すべき電位差を結び可動板は獨立す c が特殊の形狀をなせるは廻轉の角が電位差に正比する様にせんがため

第七十一圖に示せるものは靜電的電壓計の最も普通に使用せらるゝ一種にして外函は四分

圓の形をなせる a 及び b となし之に測定すべき電位差を結び可動板は獨立す c が特殊の形狀をなせるは廻轉の角が電位差に正比する様にせんがため



第七十一圖に示せるものは靜電的電壓計の最も普通に使用せらるゝ一種にして外函は四分

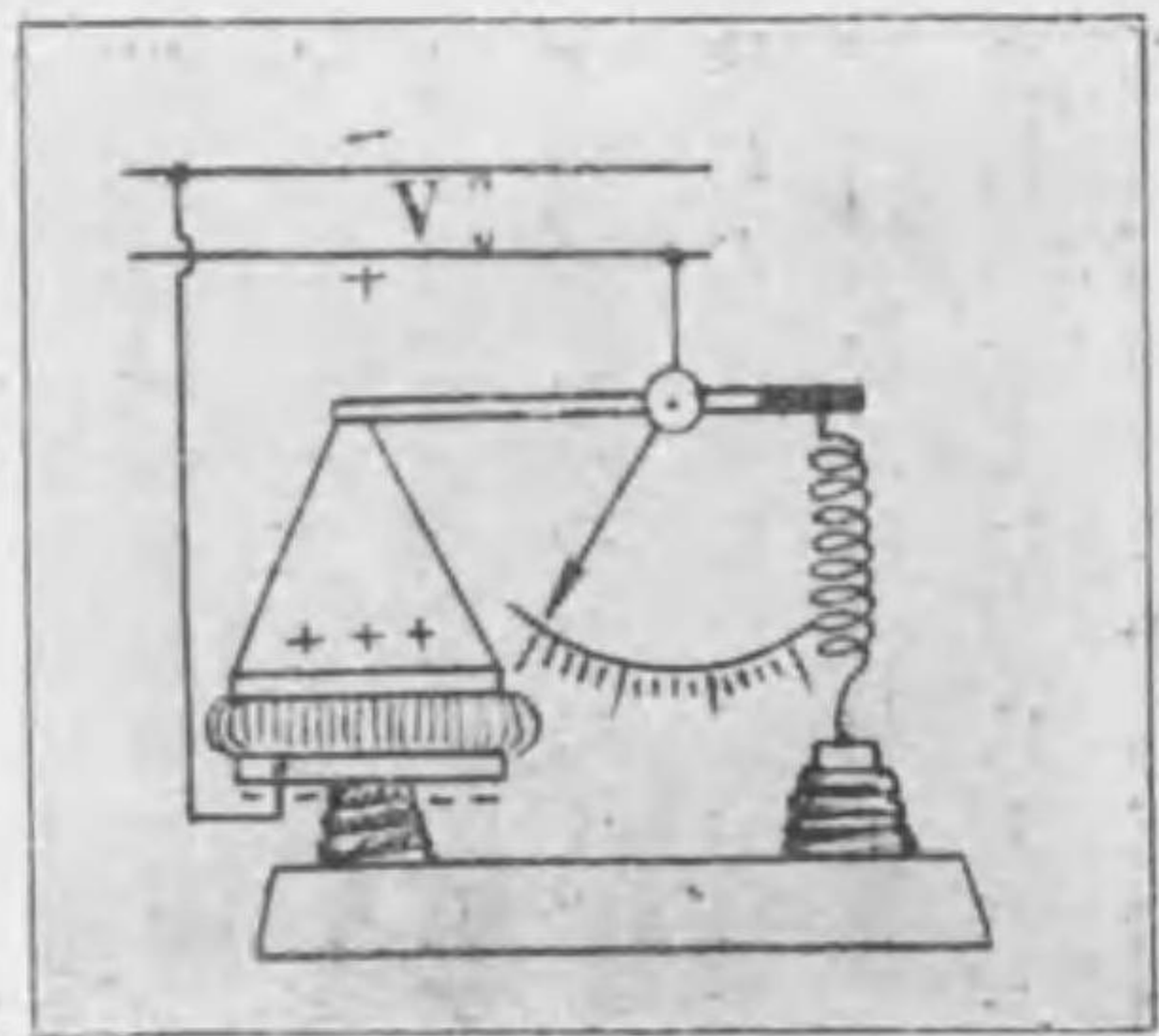
なり

第七二圖に示せるは發條の引力に抗して兩板が吸引せらるゝ程度により電位差を測定すべき装置にして特別高壓電氣を使用する電氣會社に於て機械が大地と完全に絶縁し居るや否やを測定するため大地と電線との間に挿し大地に對する電位差を測定するに使用するものゝ一種なり。

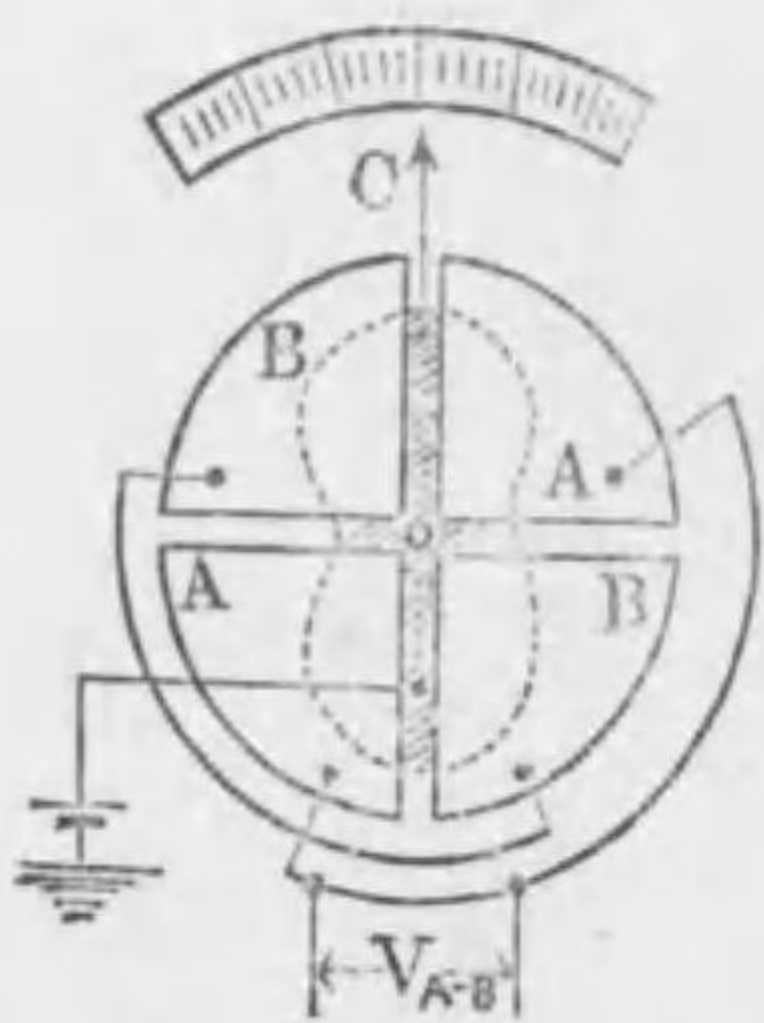
三五象限電氣計 Quadrant Electrometer 「ロード」

ケルビン」氏の發明せる所也、可動板 C は大地との間に或る電池を結びて大地より高き電位 V<sub>0</sub> となしあり外函は四個の四分圓に分ち相對する二個 AA 及び BB は互に接続し各に測定すべき電位差を結ぶ此の兩板の電位を各 V<sub>A</sub> 及び V<sub>B</sub> とすれば、發條の引力に抗して可動板の廻轉せる角 θ は下の關係をなす。

$$\theta = K \left( V_0 - \frac{V_A + V_B}{2} \right) (V_A - V_B) \dots\dots\dots (42)$$



第七二圖に示せるは發條の引力に抗して兩板が吸引せらるゝ程度により電位差を測定すべき装置



第七三圖に示せるは發條の引力に抗して可動板の廻轉せる角 θ は下の關係をなす。



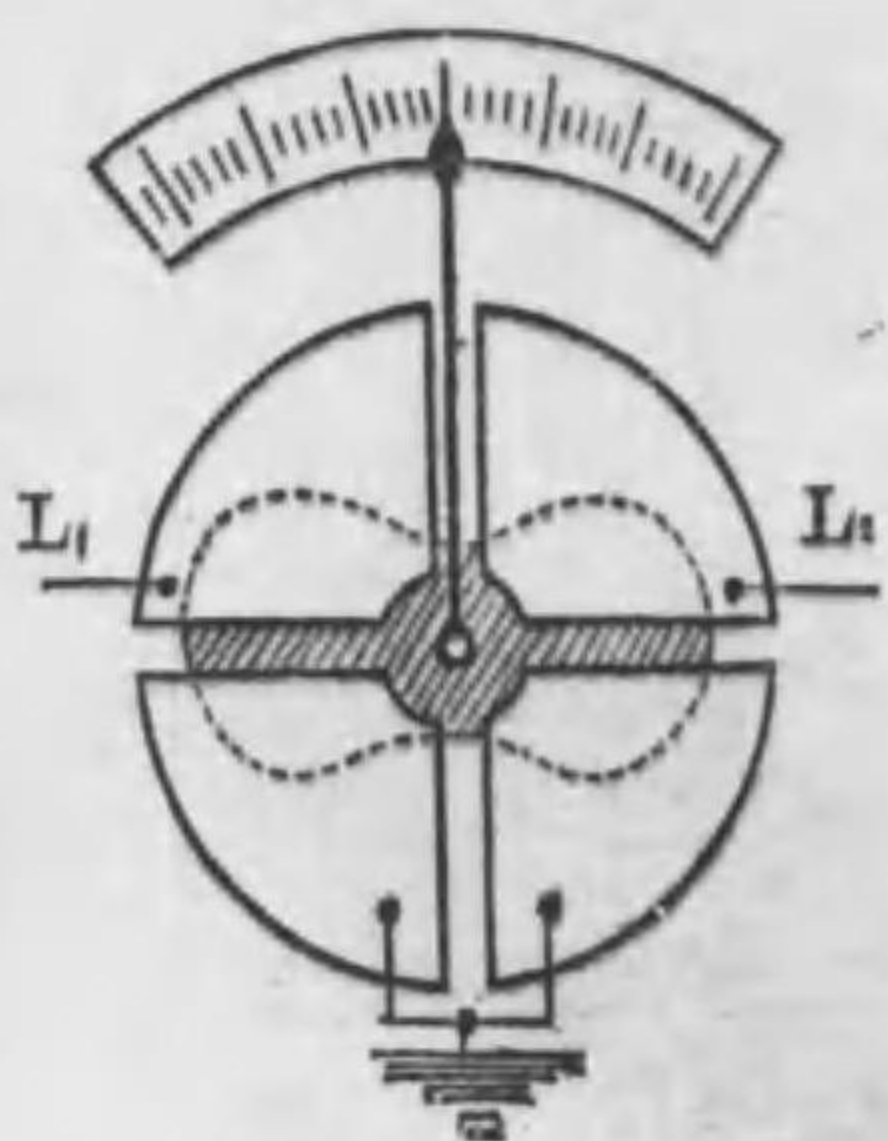
今若しCの電位 $V_C$ が可也高き時又は $V_A$ 及び $V_B$ の兩者が大地と全く同一に絶縁せられをりて $V_A - V_B$ をなすときには

$$\theta = K(V_A - V_B) \dots\dots\dots (43)$$

即ち $\theta$ は略ぼ測るべき電位差に正比するものなり。

此電壓計は又正負兩電氣が大地より絶縁せられ居る程度の差異を知るとを得、即ち之を漏電計又は檢地器 (Ground Detector) と稱し、AA及びBBに正負兩電氣を結びCを大地に結ぶなり、若し兩電氣が同じ程度に大地より絶縁せられ居るときは、可動板Cを吸引廻轉せしめんとする力はAとBと全く相等しきを以てCの針は動かす、何れか一方の電氣が大地に接し居るときは其方は可動板に對する電位差小なるを以て吸引力も小にして針は其差に應じ右或は左に動き漏電の程度及び何れの線に在るやを示す。

然れども特に此目的に使用せらるるものは第七四圖の如き結線となす、即ち兩電氣を上部の相隣れる二象限に結び下部の二象限は共に大地に結び可動板は獨立せしむ、即ち第七一圖に示せる電位計二た組を各線と大地間に結び各を以て可動板に對し反對の方向に作用せしめたるものと思ふれば其理明かなる



計電漏的電靜 圖四七第

### 三六、靜電氣機械

Electrostatic Machine 靜電氣を

發生せしむべき機械の最も普通なるもの一二を

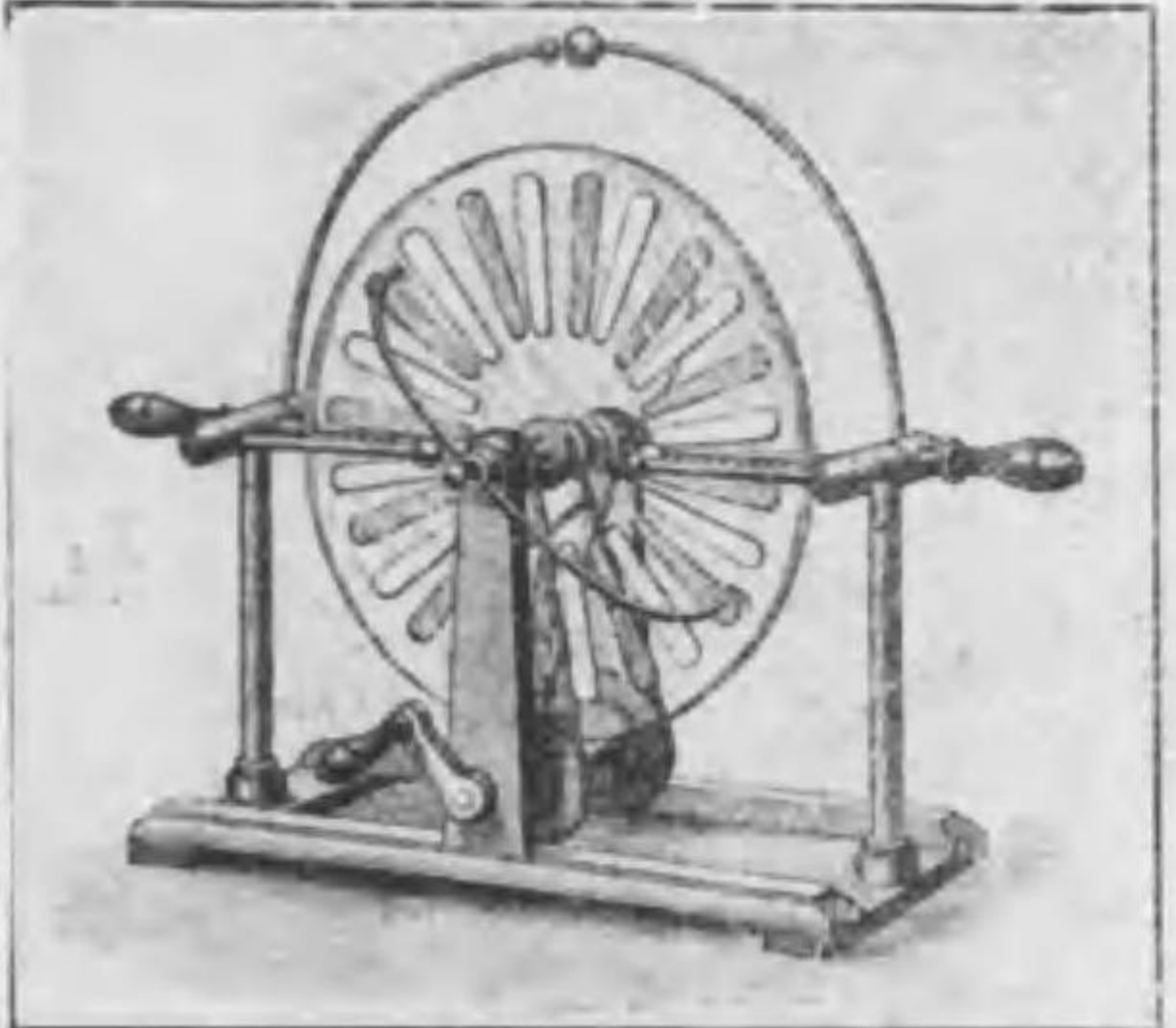
擧ぐれば

(一) 摩擦電氣機械 (Frictional Machine) 第七五圖の

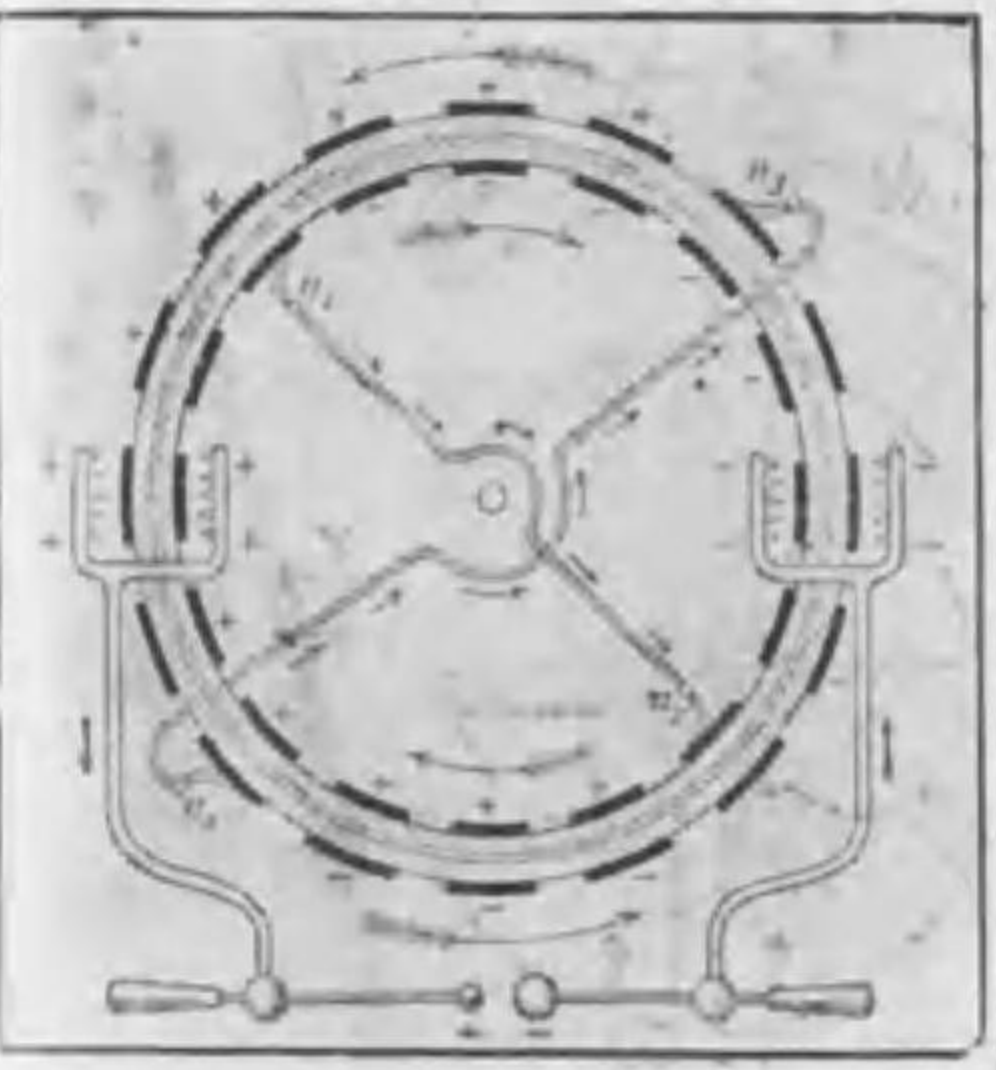
如く廻轉し得る硝子板の上下兩部に於て「アマルガム」を塗布せる皮を挿み左右の部に於ては楯形の導體をして殆んど硝子に接して之を圍ましむ、今硝子板を廻轉して皮と摩擦せしむる時は硝子は負電氣を發電し楯形の尖端には正電氣を吸引す、従て楯形の部と最も遠き端に負電氣を斥くるを以て此部に蓄電器を接すれば負電氣を貯へ得るなり、但し硝子の廻轉中は皮は大地と結び正電氣をして大地を経て蓄電器の外箱に入るを得せしむるを要す。



機電發摩 圖五七第



「トスヤソムサウ」圖六七第  
ス示テ原理ノ機電發



「トスヤソムサウ」圖七七第  
機電發

(二)誘導發電機(Induction Machine) 高き電位差を得るに適當にして實驗室内等に於ては盛に使用せらる。就中「ウヰムシヤスト」氏發電機最も著名なり。其の構造は第七六圖七七圖等に見る如く反對の方向に廻轉する所の相面する二硝子板ありて、其の表面には數多の錫箔を貼付しあり、櫛狀導體は其の左右に來り各は金屬球を以て相隔つ、又互に直角をなす二個の金屬製刷子ありて圖の如く四十五度の位置に於て前後各板に接す、今何等かの原因にて甲板の上部の錫箔に正電氣發生すれば相面する乙硝子の上部の箔には負を誘起し、從て正電氣は $n_1$ より $n_2$ に斥けられる、從て此板の大部は正電氣を有し相面する甲板の下部には負電氣を誘起し、正電氣を $n_3$ より $n_4$ に斥けて最初の部分に至らしむ、即ち前後兩板に於て發生せる電氣

は上部及び下部に於て空氣を隔て、相吸引し、硝子が反對に廻轉し吸引せる電氣間の距離大となるために其電位を高く、而して此等電氣は何れも左右の櫛形導體に集められて兩金屬球に至る電位差が餘り大となるときは兩球間の空隙を突破して放電す。

(三)電氣盆(Electrophorus) 「エポナイト」又は樹脂製の小盆を作りて之を絶縁し又別に



盆 氣 電

同大の金屬製盆の表面に薄く「ワニス」を塗り裏面に絶縁性の柄を附したる物を作らば、此の兩者は電氣盆と稱し電氣を發生し得可し、今毛皮の如きものにて「エポナイト」盆を摩搦すれば負電氣を發生す、此の上に金屬製盆を置くとときは下部には正上部には負電氣を誘起するにより上部に手を觸れて上部の電氣を大地に免れしめ、然る後柄を持ちて取上ぐれば此金屬板は正電氣のみを有すべし、即ち指端を近くれば火花を發す、斯くして一と度び「エポナイト」に負電氣を發せしめ置かば數十回數百回と雖金屬盆に正電氣を得可し、此の電氣盆に於て「エポナイト」盆に發生せる少量の電氣を基として金屬盆に數回に分ち多量の電氣を

發生し得るは「エネルギー」の方面より考へて一見不合理なるが如きも其實決して然らず、金屬盆を「エポナイト」上に置きたるのみにては「エネルギー」に何等の増加なし上の盆を引き上る(兩電氣の引力に抗して)に及びて初めて兩盆間の電位差大となり、今加へたる「エネルギー」が電氣的「エネルギー」として力管内に蓄へらる、即ち上の盆を取り上ぐる各回毎に新たに「エネルギー」が與へらるゝものにして、最初毛布にて摩擦せる時の「エネルギー」が盆より盆に傳達せらるゝものにあらざるなり。

### 三七、放電 Discharge

今迄電位差を有し相隔たり居たる正負電氣が相中和し消失するを放電と稱す、放電は力管の減少消失を來すを以て外部に「エネルギー」を放出するを常とす、放電に數種あり、

(一) 傳導放電 Conductive Discharge 電氣が導體を通じて放電することなり、即ち一方より正、他方より負電氣が互に反對の方向に傳はり來りて中和するものなり、後編に述ぶる電流の現象も要するに此種の放電が永く連續し、一の電氣放電消失するも尙ほ他の電氣が直ちに發生供給せらるゝものに外ならず。

(二) 壊裂放電 Disruptive Discharge 兩發電體間の電位差が甚だ大となるときは兩者を隔つる絶縁物を破壊して中和放電を起す、之を壊裂放電と稱し絶縁物の性質兩發

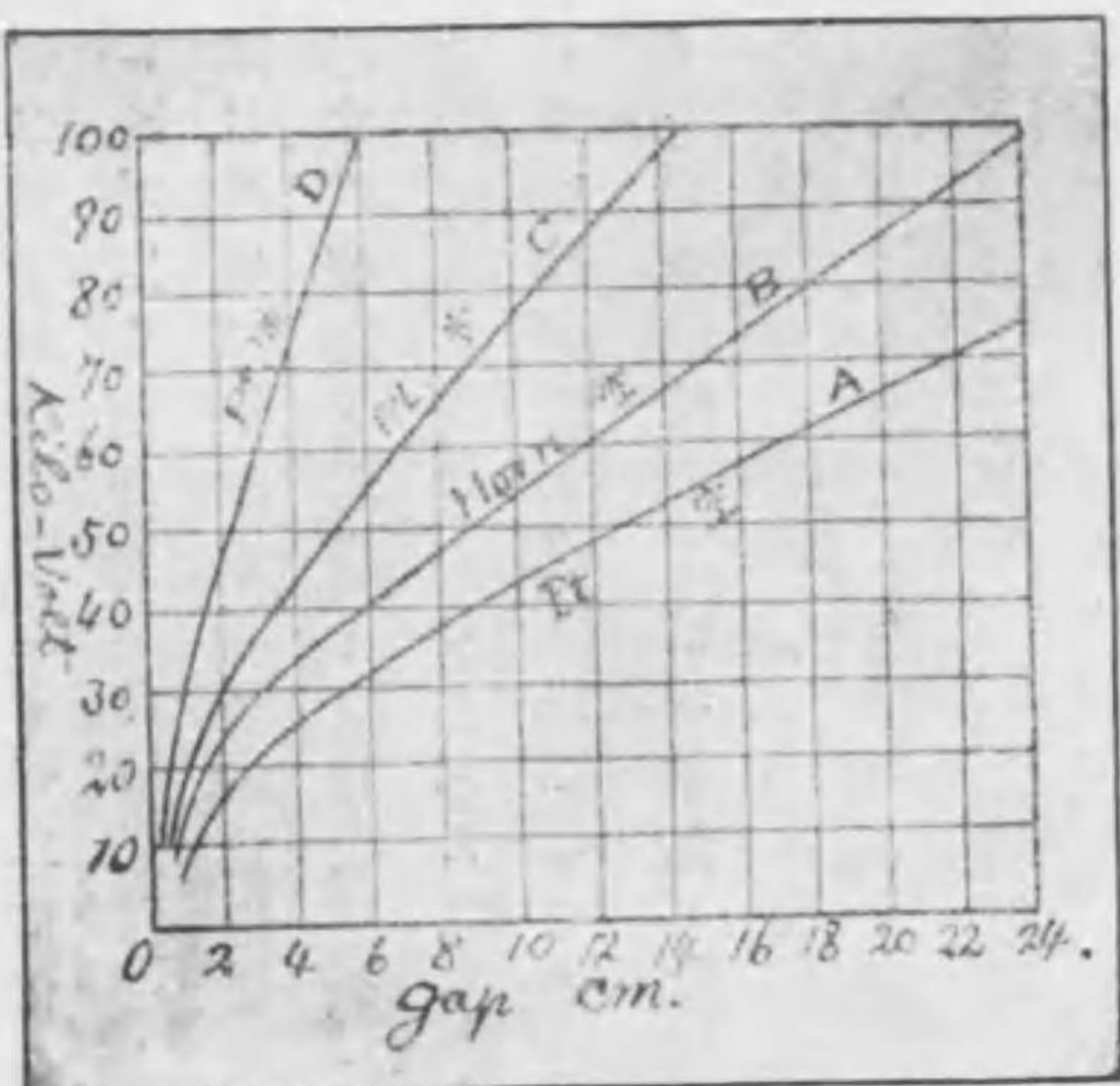
電體の形狀距離等によりて放電を起すべき電位差は異なるものなり、例令ば空中に於ては空隙「ミリメートル」に就き約三千乃至四千「ヴォルト」の電位差を要し空隙二倍すれば電位差も約二倍にして初めて放電す、然れども必ずしも空隙の長さには正比せず「ピース」氏の實驗によれば電位差が三百「ヴォルト」以下なるときは空隙は如何に小なるも壊裂放電は生ぜず、而して二「ミリ」以上の空隙に於ては放電を起す電位差と空隙とは約次の式に従ふと

$$V = 1500 + 30000/l \text{ 「ヴォルト」}$$

V は放電をなす電位差にして l は「センチ」にて示せる空隙の長さなり、此式に於て l を種々に變ずれば次の如し。

空隙 l	放電々位差 V
1 ミリ	4500 「ヴォルト」
2 ミリ	7500 ”
3 ミリ	10500 ”
5 ミリ	16500 ”
8 ミリ	27000 ”

1 センチ  
2 センチ

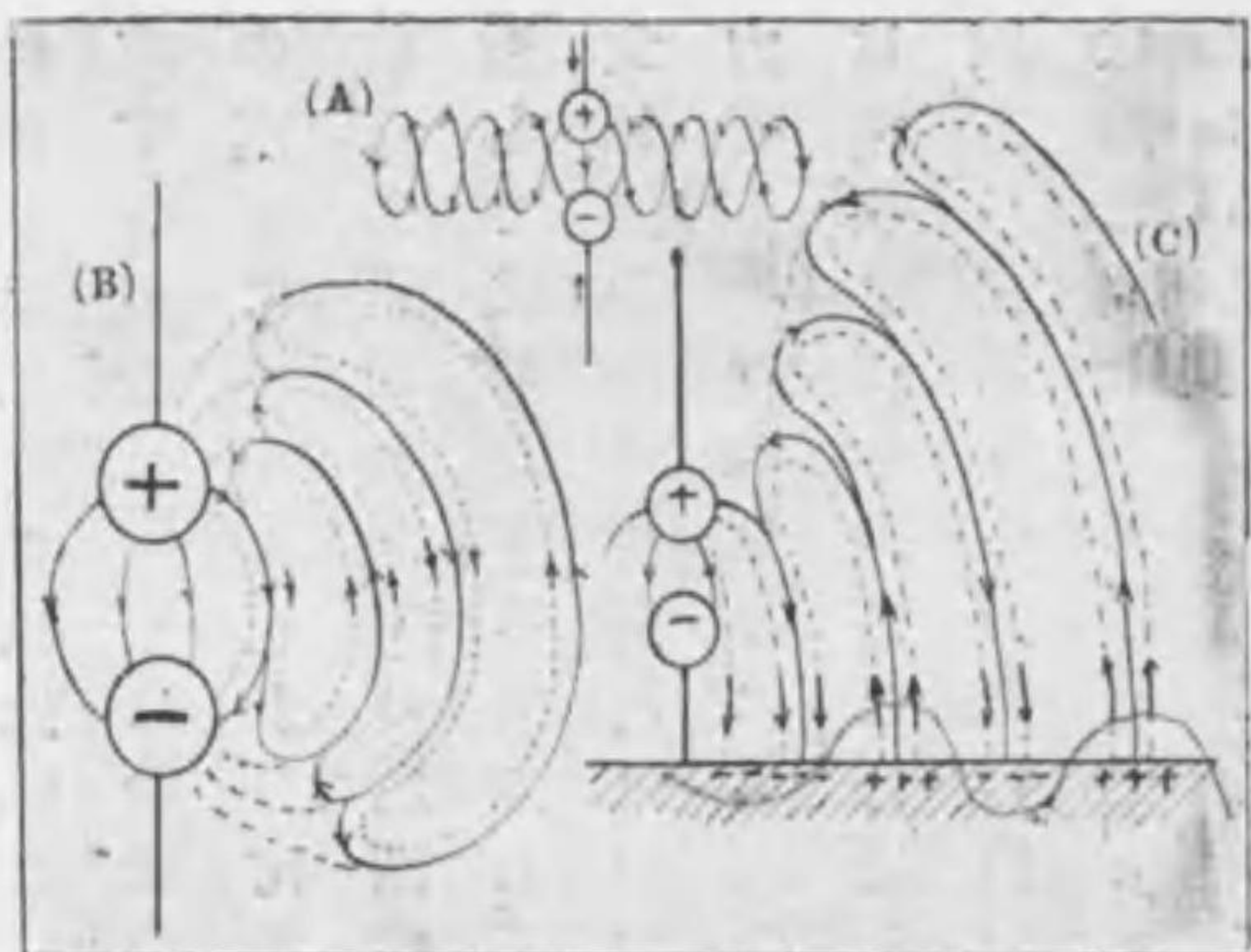


第 九 七 圖 空 隙 放 電 電 壓 の 關 係 圖

は絶縁物として良好なるものにして、特別高壓電氣機械器具類は油中に浸せるも  
 高き電位差に於て放電するを見る、即ち油  
 極なるも絶縁物に油を使用せるものにし  
 て同一の空隙に對し、油は空氣よりも頗る

31500  
63000

の多し。  
 斯くの如く電位差大なるときは絶縁物を破壊して放電するが故に正負兩電氣は  
 絶縁物にある壓迫 Strain を與へ居るものと信じ、電位差を一に電壓 Electric Pressure  
 とも稱す。



第 八 〇 圖 電 氣 動 力 放 電 の 生 成

前掲の空氣の放電々壓は氣壓が一氣壓即ち七  
 六〇mm なるときにして、氣壓の異なるに従ひ放電々  
 壓も異なり、一般に氣壓の小なるほど放電の空隙  
 は大となる(放電し易くなること)其割合は氣壓の  
 減少八mm につき一mm なり、而して氣壓が五mm なるど  
 きが最も放電の容易なるときにして此れ以上に  
 氣壓減少すれば放電は又困難となる、壊裂放電に  
 際しては常に火花 Spark を發生し之れに沿ひて電  
 氣放電す、一般に電極が金屬なるときは火花の發  
 生と共に其熱にて金屬の一部蒸發して電極間を  
 連續する電弧 Arc を形成す、此の電弧は又導體なる

が故に、残餘電氣は急激に此の電弧を通じて放電中和せむ。此際電氣は習慣性を有するが故に直ちに中和消失せず、一部分は運動の餘勢を以て互に通り返して他の電極に移り、又引合ひて運動を初め一部は中和するも猶ほ幾分は又通り越して前後に數回往復する所謂電氣振動 Electric Oscillation をなすと、振子の數回前後に振動して後静止するが如し。

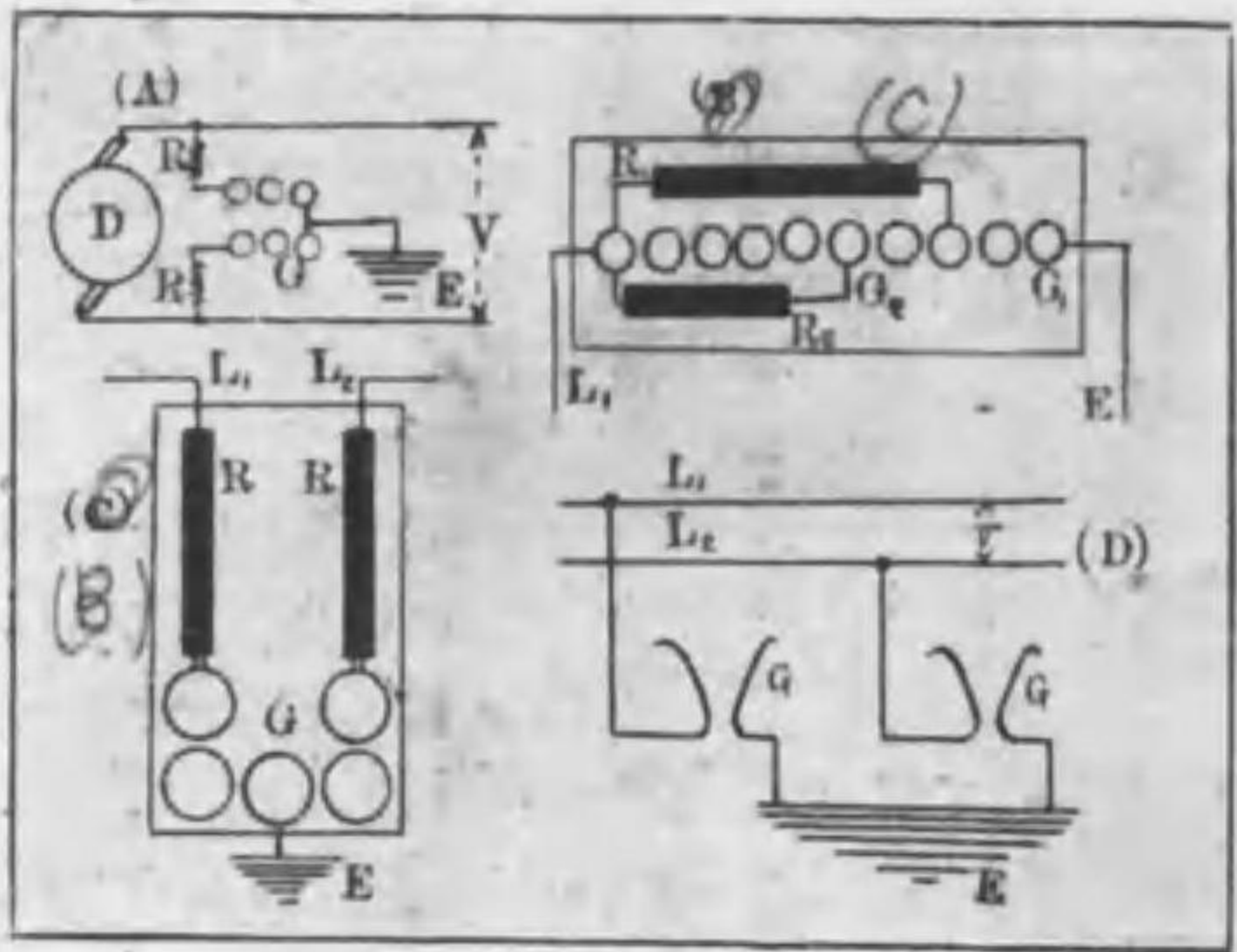
電氣振動は正負兩電氣が相互に位置を變ずるものなるが故に、兩電極間を通ずる力管も振動のために第八〇圖(A)の如く波狀に運動すべし、而して各力管の收縮力は漸次各管を外方に押出し、是等力管が中和消失する以前に、同圖(B)又は(C)の如く四方に傳播する力管の波を得べし、之れを電波 Electric Wave と稱し、其傳播の速度は光と同じく毎秒三億「メートル」(Rは  $3 \times 10^{10}$  cm)にして、電氣の振動數は電極に連なれる導體の如何によりて異なれども毎秒數十萬回乃至數百萬回なり、此の電波は同圖(C)の如く一極が大地なるときは(B)の場合に比し少許の「エネルギー」を以て遠距離に到達し得べし、而して電波が遠方の一地點に於て導體に衝突するときは是れにある電氣現象を發生せしむるを以て電波を送りて通信の具となすことを得、無線電信 Wireless Telegraphy 是れなり。

(三) 無聲放電 Silent Discharge

導體が甚だ高き電位にあるときは、尖端の部等に於ては電氣密度大なるを以て電氣は近傍の空氣を経て靜かに放電することあり、之を無聲放電と稱し、一般に紫青色刷子狀の薄き火花を發生し、暗室に於ては明らかに目睹するを得、此種の放電は又刷子狀放電 Brush Discharge とも曰ふ、刷子放電をなしつゝある導體の附近に金屬板を近くる時は此部に於て電氣容量増加するを以て放電は一層増大す。

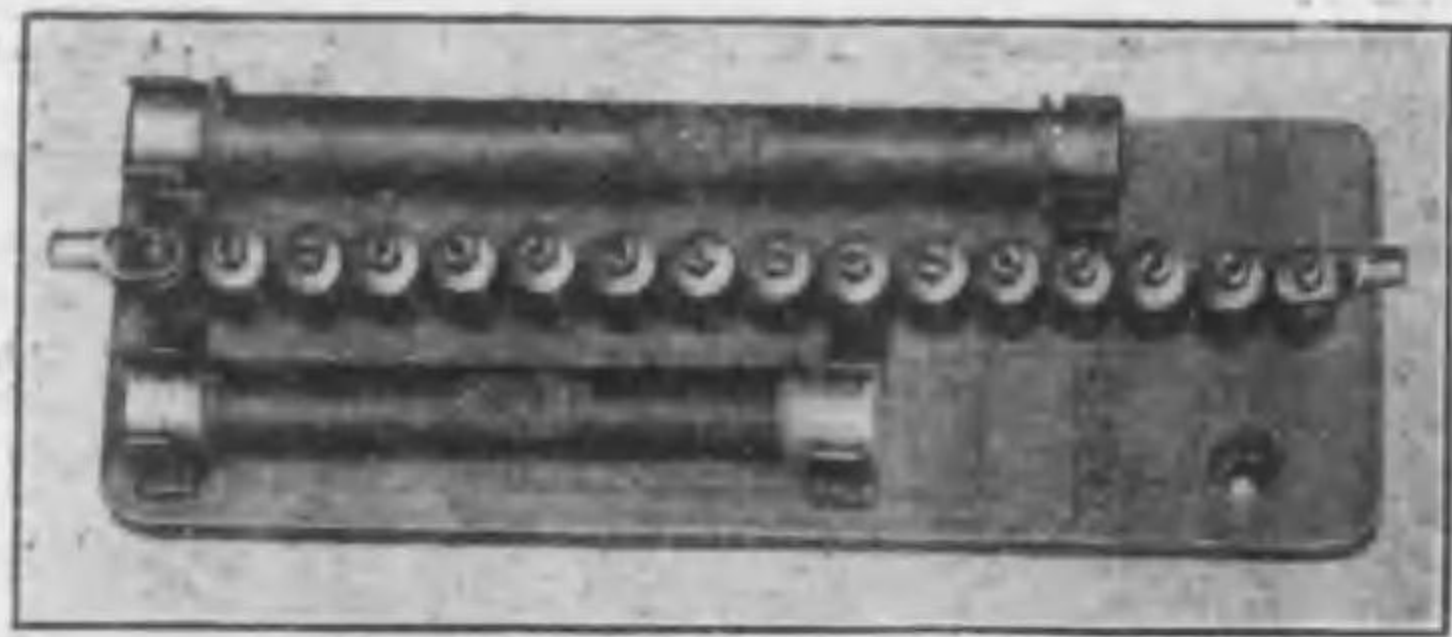
三八、避雷器 Lightning Arrester

屋外に架空線を有する電氣線路には時々空中電氣即ち雷の電氣を感じて其の高き電壓大なる「エネルギー」等の爲めに機械器具の絶縁を破り之に大なる損害を加へ、再び使用するを得ざらしむることあり、故に此の災害を免れんが爲めに避雷器を使用す、何れも現に機械に使用しつゝある電壓より五割又は十割高き電壓が雷の電氣の爲めに生じたるるとき空隙を破りて大地へ放電せしむる様にせるもの、換言すれば火花間隙



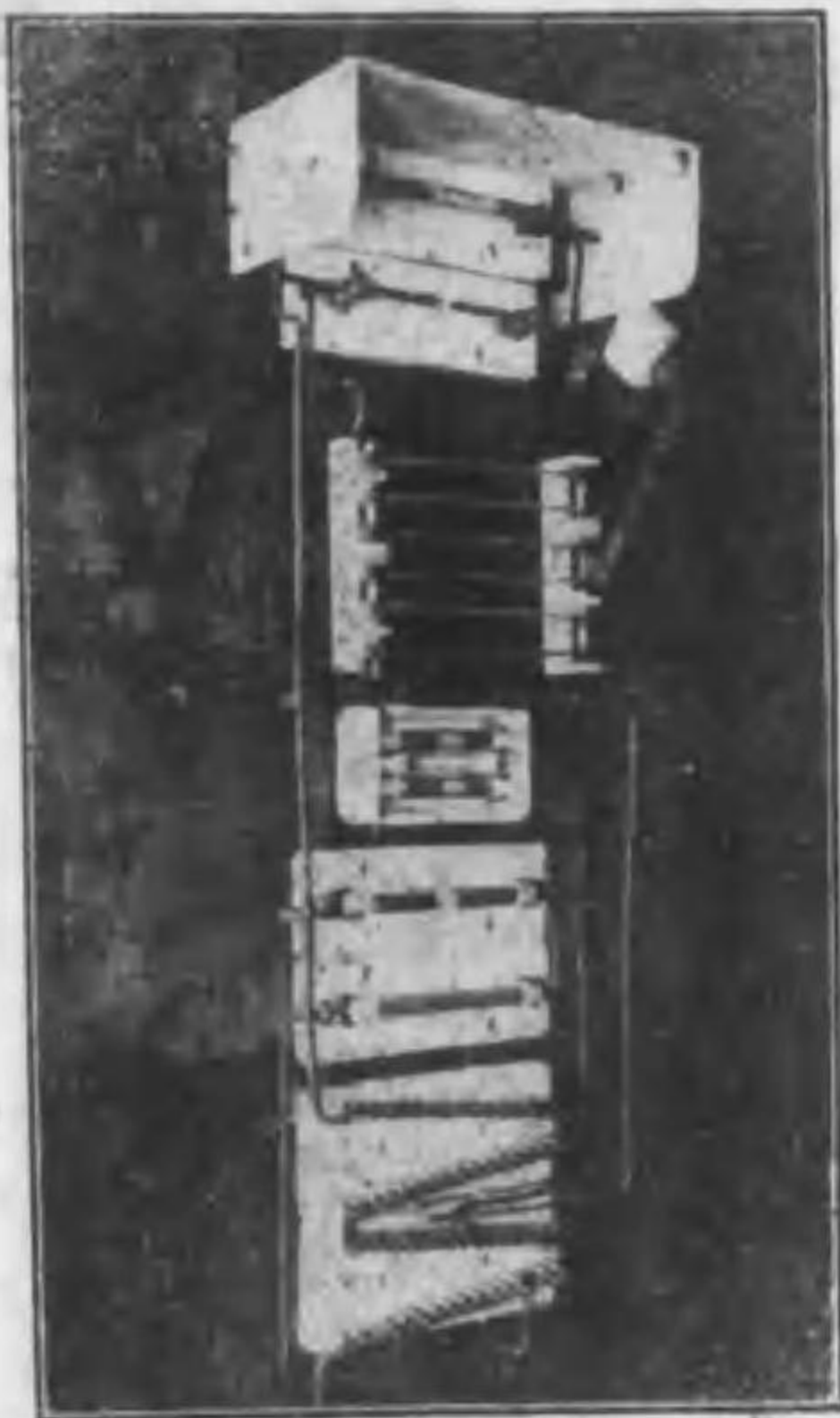
各種の器備圖一八第

Spark Gap なる、即ち放電の火花に續く電弧を永續せしめざる様低き沸騰點を有する特殊の合金之れを「ノンアーキングメタル」(Nonarcing Metal) と云ふを以て作れる數個の火花間隙にして、之を各極と大地間に結ぶなり、而して雷の電氣が空隙より放電せる瞬間には機械に使用しつゝある電流も大地に流るゝ虞あるを以て、此作用を減少せん爲に空隙に直列にRR(第八一圖(A)及(B)の如



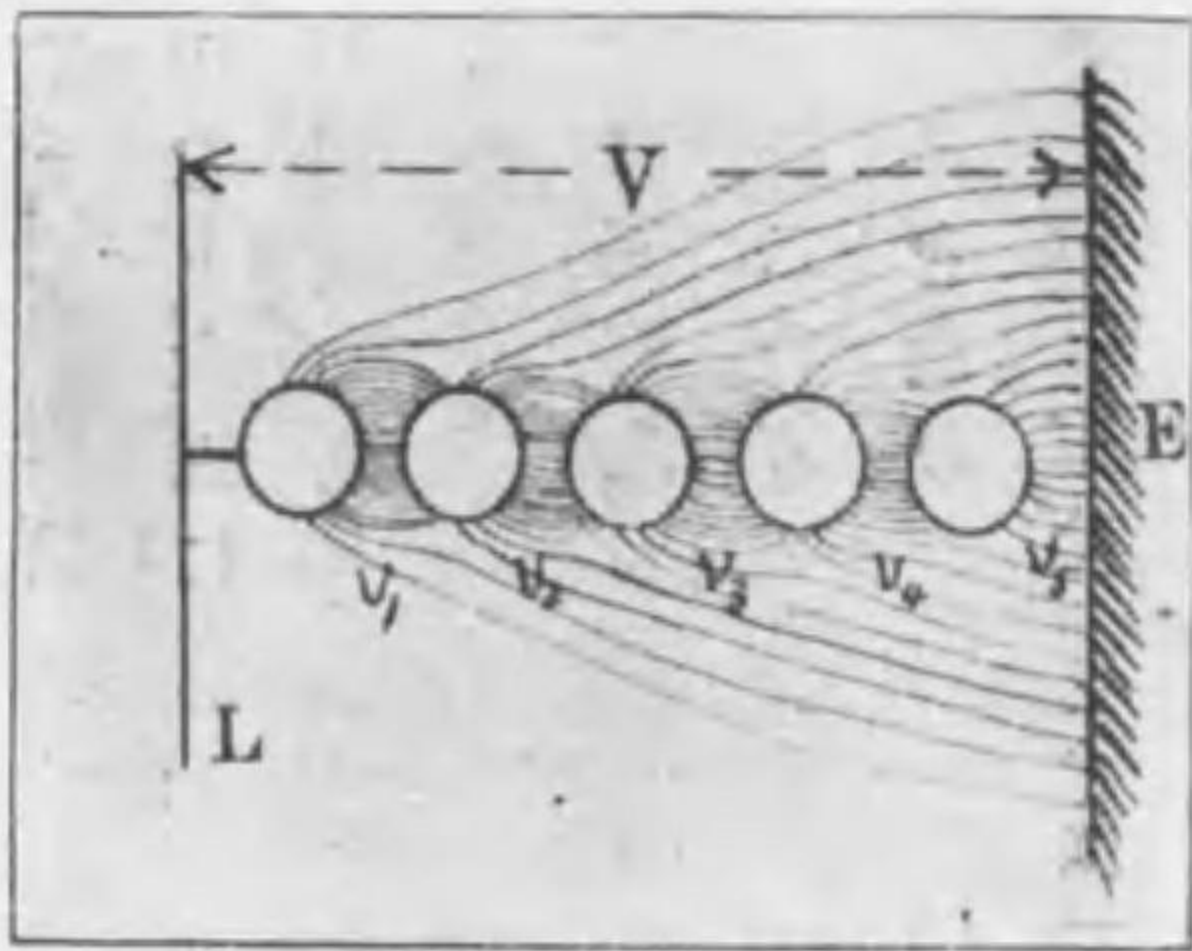
第 二 八 圖 「マツヤギツツ」雷管

き抵抗の高き導體を入るゝとあり、然れども此の抵抗は又雷の放電をも幾分妨ぐるが故に雷の「エネルギー」大なるときには災害を逞しうするとあり、故に現時にては「マルチギヤツツ」避



第 三 八 圖 E.G. 社製  
「トルネッ」雷管適用

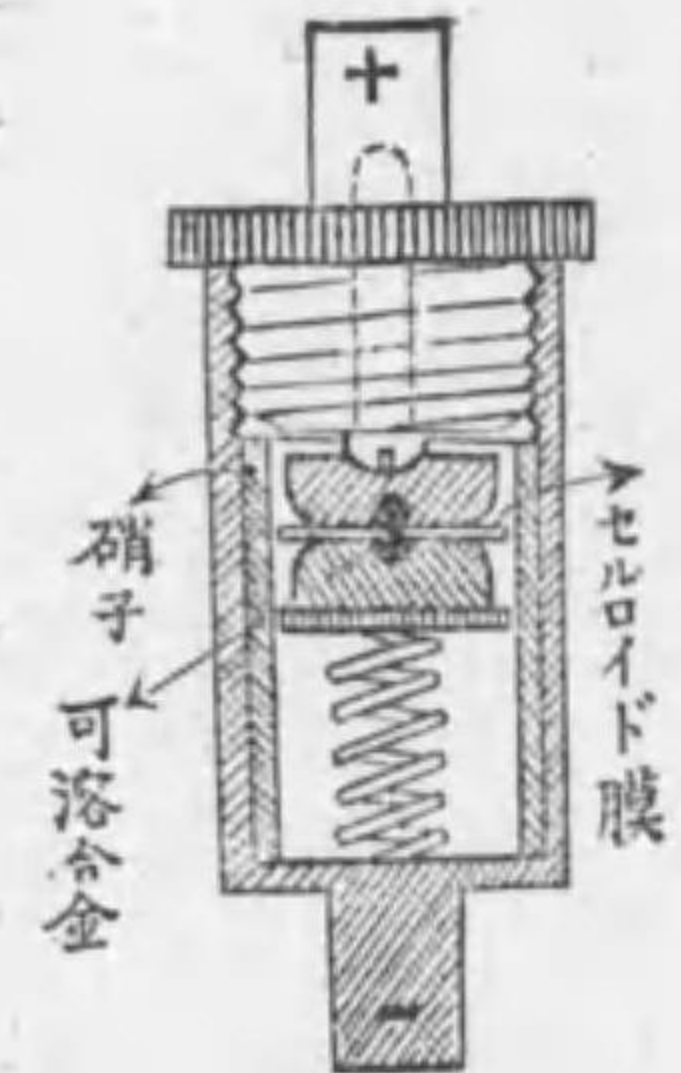
雷器 Malingup Ar-Resistor とて數個の小なる火花間隙を直列にし第八一圖(C)の如く所々に於て大小數種の抵抗  $R_1, R_2$



第 四 八 圖 「マツヤギツツ」電位分布

等を並列に結べるものを使用する事多し、最初抵抗の最大なる  $R_1$  と間隙  $G_1$  とを通じて放電し、尙ほ雷の力大なる時は低き抵抗  $R_2$  及び間隙  $G_2$  とを経て放電す、此際  $G_1$  は全部大地と同一の電位となり居るなり、第八二圖は米國 G.E. 會社製此種避雷器の一種第八四圖は同一の原理にて多數の小空隙を直列にし所々に並列に抵抗を結び一萬「ヴォルト」電氣線路に入れたる避雷器の實形なり。

此等「マルチギヤツツ」避雷器に於て注意すべきことは



第 五 八 圖 「ドイロルセ」器地接

小空隙數個を直列に入るゝとき各個間の電位差は均一ならず、大地を遠ざかれる空隙程電位差大なり、其理由は第八四圖に於て見る如く電極 L より直接大地に連なる力線あるを以てなり、即ち圖に於て落雷の爲めに第一に破らるゝは  $V_1$  なる間隙にして、次で  $V_2$  が最大の電壓を受け漸次將棋倒しとなりて大地に連なる電

弧を作製するなり、又避雷器の一種に角形 Horn Type と稱するものあり、第八一圖 (D) に示したる如く角形に曲げたる二電線を或る空隙 G を隔て、相對したるものにして放電の際發生する電弧が自己の電氣力のために上部に吹上げられ直ちに消滅するの利あるものなり。

又避雷器にあらざれ共低き電壓を有する電線路に高き電壓の電氣が漏洩せるとき其の放電又は人畜へ對する感電等を避けんが爲めに、斯る際には直ちに大地へ向け放電せしむる装置を使用することあり、之を接地装置 Earthing Device と稱し第八五圖は其一例にして薄き「セルロイド」膜を隔て、兩電極を對せしめたるものなり、大地に對する電壓が三四百「ヴォルト」を超過するときは電氣は「セルロイド」の薄膜を破り、其の火花のため特殊可鎔合金を鎔かして大地へ通ずる電路を作るものなり。

例題八、石油中に浸せる二個の金屬球ありて兩者は正負同量の電氣を有し、二〇「センチ」を距つ、而して兩球間の引力は四五〇「ダイン」なりと謂ふ電氣の量を求む

解、石油の K は二「一」なるを以て

$$F = \frac{q_1 q_2}{K r^2} \quad 450 = \frac{e^2}{2.1 \times 20 \times 20}$$

$$\therefore e^2 = 450 \times 2.1 \times 400 = 378000$$

$$e = \sqrt{378000} = 615$$

例題九、直径三〇「センチ」の圓板二個を三「ミリ」を距て、相對峙せしめ兩板の電位差が三千「ヴォルト」なる迄電氣を注入せりと云ふ、兩板間の電界の強さ及び兩板の引力を計算せよ。

解、蓄電器容量を C とすれば

$$C = \frac{A}{4\pi t} = \frac{\pi \times 30 \times 30}{4 \times 4\pi \times 0.3} = \frac{3000}{16}$$

$$Q = CV = \frac{3000}{16} \times \frac{3000}{300} = 1875$$

公式一八により

$$H = \frac{4\pi Q}{A} = \frac{4\pi \times 1875}{\pi \times 15 \times 15} = 33.34$$

兩板間の引力は公式一九により

$$F = \frac{QH}{2} = \frac{1875 \times 33.34}{2} = 31,250 \quad \text{「ダイン」}$$

例題一〇、厚さ二「ミリ」の硝子板に面積四二〇平方「センチ」の錫箔を帖附せるもの五十枚を重ねて作製せる蓄電器の容量何程なるか、又之れに二〇〇〇「ヴォルト」の電壓を附與するときは蓄積せらるゝ「エネルギー」何程なるか、クリ

$$C = \frac{AK}{4\pi t} = \frac{(50-1) \times 420 \times 3}{4\pi \times 0.2} = 24,580$$

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 24,580 \times \left(\frac{2000}{300}\right)^2 = 546,200 \quad \text{「エルグ」}$$

例題一一、三千「ヴォルト」の電壓にて「ジュール」の「エネルギー」を蓄積し得る蓄電器の容量を求む

$$\text{解} \quad W = \frac{1}{2} CV^2$$

$$10^7 = \frac{1}{2} \times C \times \left(\frac{3000}{300}\right)^2$$

$$\therefore C = \frac{2 \times 10^7}{100} = 200,000$$

例題一二、容量十五萬なる蓄電器を使用し二千「ヴォルト」の電壓にて二百五十萬「エルグ」を蓄積せんが爲めには何程容量の蓄電器を如何に接続使用すべきか。

解、求むる電氣容量をCとすれば

$$2,500,000 = \frac{1}{2} C \times \left(\frac{2000}{300}\right)^2$$

$$C_1 = 2 \times 2,500,000 \times \left(\frac{3}{20}\right)^2 = 5,000,000 \times \frac{9}{400} \\ = 112,500$$

即ち十五萬容量のものを十一萬二千五百に減するを要するを以て他の容量Cを直列に接続すれば可なり、故に公式三三により

$$\frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C}$$

$$\frac{1}{112,500} = \frac{1}{150,000} + \frac{1}{C}$$

$$\therefore C = \frac{150,000 \times 112,500}{150,000 - 112,500} = 449,900$$

例題一三、某吸引板電氣計の兩版は三萬「ヴォルト」の電位差に結ぶとき〇、五七「グラム」の重量と平衡す、今或る電壓に結びたるに一二四「グラム」と平衡せりと云ふ、其の電位差何程なるか

解、吸引電氣計の式により

$$V = K\sqrt{W}$$



$$30,000 = K \times \sqrt{0.57} \quad \therefore K = \frac{30,000}{\sqrt{0.57}} = 62,980$$

$$\text{又} \quad V = 62,980 \times \sqrt{124} = 70,130$$

即ち求むる電位差は七萬百三十「ヴォルト」なり。

### 第三編 電流 Electric Current

**一 電流** Current 電燈の煌々として夜能く晝を欺くが如き、電車の轟々として能く數百の貨客を載せて瞬時に數十哩を疾走するが如き、其他電信、電話の微妙なる或は電動機、昇降機、電氣暖爐の如きより、電氣分解、電氣鍍金乃至は諸種の化學製品の製造に至るまで利用厚生の具、一として電氣に依て爲されざるはなし。

抑も此等の所謂電氣現象は何に依て來るか、是れ即ち前編に説述せる電氣の導體上を運動するものに外ならざるなり、是れを電流と稱す。

一の導體を以て蓄電器の兩板に結び電氣を放電せしむるときは、力管は導體に沿うて運動し、正負兩電氣は相中和して漸次其の量を減じ、同時に蓄電器の電位差も減少して遂に零となる。若し爰に電氣の運動及び力管の減少あるにも拘らず、電位差の減少を妨ぐる方法あらば、電氣は絶えず運動を持續すべし、是れ即ち前記の電流にして電流の結果として熱力、化學作用等を發生するものなり。

一秒時内に或る導體上を運動する電氣の量を以て電流の強さと稱し、常に電位差を一定に保持しつゝ、永く或る強さの電流を通ぜしむるものは一般に發電機と稱

せらる、而して電流が或る仕事をなす時には右の發電機は又此の仕事に等しきだけの「エネルギー」を供給するの力あるものならざる可らず、一般に發電機は外部より「エネルギー」を與へて運轉發電せしむる「ダイナモ發電機」*Dynamo Electric Machine*と發電機内にて發生する化學作用の「エネルギー」が電氣となる電池「Cell」との二種に分つことを得、何れも電流あれば力管の消滅あるにより、力管の有する「エネルギー」は何處かに轉ぜざる可らず、即ち電流は必ず或る仕事を伴ふものにして吾人の利用する電氣力は即ち此の「エネルギー」に外ならず、

強さCなる電流がt秒間繼續するときは其間に導體上を通過せる電氣の量は

$$Q = Ct \quad C = \frac{Q}{t} \dots\dots\dots (44)$$

但し其單位は前編に示せる靜電的單位なり、吾人は電流に於ては又別に電氣の量及び電流の強さの單位を定む、即ち電氣の量の實用單位を「クーロム Coulomb」と稱し、靜電單位に於ける  $3 \times 10^9$  なる量の電氣に相當す、又毎秒一「クーロム」の電氣通ずるときは電流の強さ「一アムペア Ampere」なりと云ふ、故に

$$(クーロム) = (アンペア) \times (秒)$$

及  $(クーロム) = 3 \times 10^9 \times$  (靜電單位のトなる電氣)

### 二、起電力

*Electro-Motive-Force E. M. F.* 前述の如く電池又は發電機等は電氣の運動あるに拘らず電位差を減ぜしめざる様保持する力あるものなるにより此等は起電力又は電壓を有すと稱す、故に起電力とは電位の落下を妨げて電位差を一定に保持する力なりと解するか又は或る電位差の下に絶えず電氣を發生運動せしむる力なりと解すべきものなり、要するに發電機内に潜める一種の力にして、之れが爲めに一の導體の兩端に電位差發生するなり、而して何故に斯る力が發生するやは未だ明かならざれども、如何にすれば如何なる大きさの起電力を得べきやは明らかに研究せられたり、後節に於て順次詳説すべし。

起電力の大きさは、其れが作る電位差を以て示す、即ち五なる電位差を生ずる電池は五の起電力ありと曰ふが如し、前編にも述べたる如く靜電的電位差は實用上大に失するを以て別に一個の實用單位を定む「ヴォルト Volt」是れにして一靜電電位差の三〇〇分の一の大きさを有す。

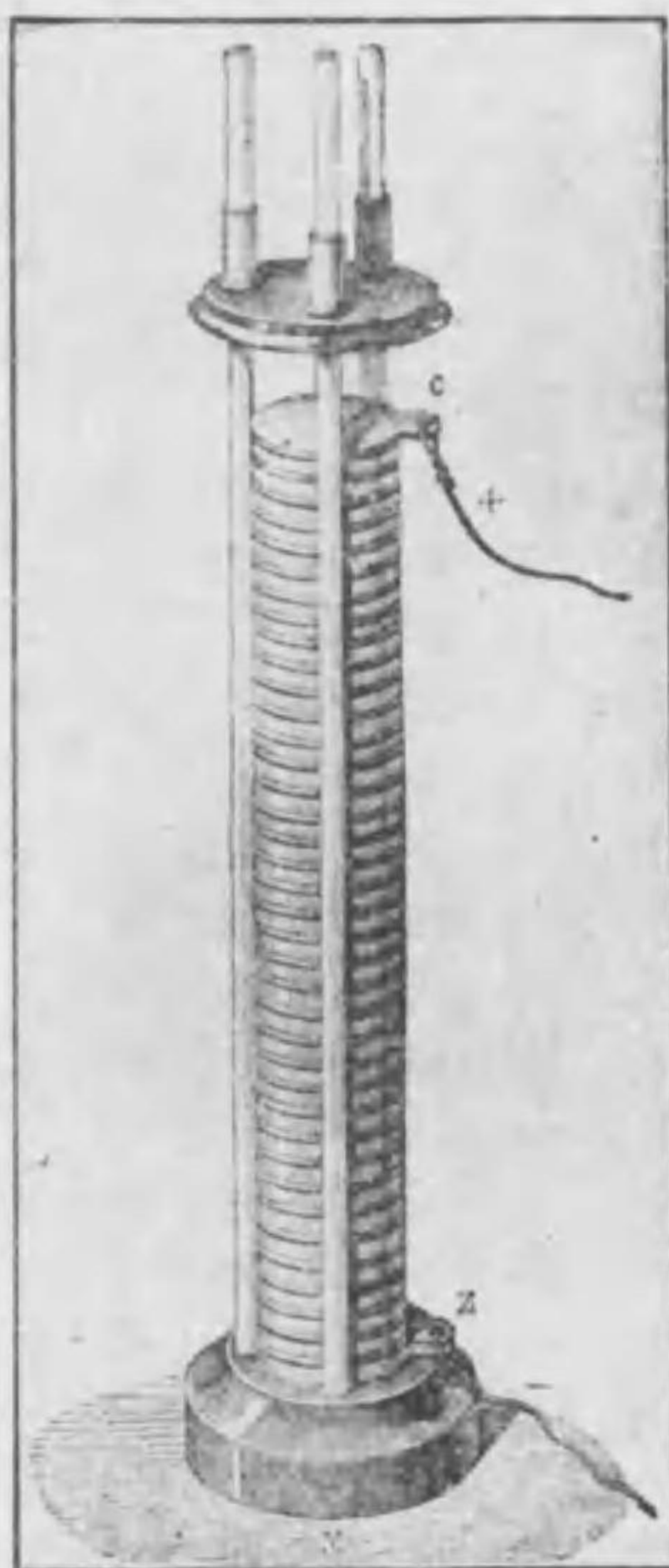
$$1 \text{ Volt} = \frac{1}{300} \text{ (一靜電電位差)}$$

### 三、電池

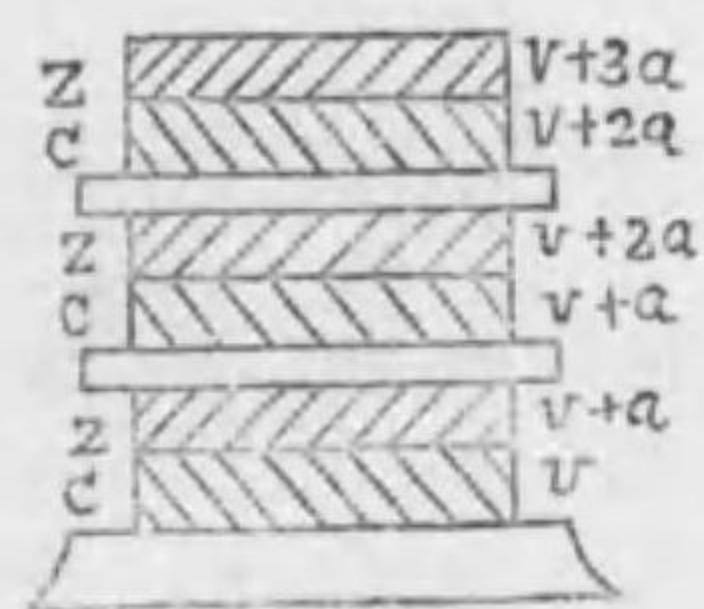
上述の如く電池は起電力即ち電位差を有するものなり、抑も異種の二導體を接觸せしむるときは必ず其の接面に電位差を生ずるものにして其大

さは相接觸せる二導體の物質によりて定まり接面の大小形狀等に關せず、かく異種導體の接點に起る電位差を應用せるものを電池となす。

最初ヴォルタ氏は亜鉛と銅との小圓板を重ねたるもの數十組を作り各組の中間に鹽水に浸したる毛布を挿入して相重ね一の筒狀物を作りたり之をヴォルタの



第八圖「タルオウ」の電池



第八圖

電壘 Voltaic Pile と稱し各組の銅板と亜鉛板との間には電位差生じ、相加はりて兩端の二枚間には大なる電位差を有するものなり、但し此種の電池に於ては内部の抵抗頗る大なるを以て多大の電流を通過せしむること能はず、凡て電氣は導體上に移動し得と雖各導體は此の移動に抵抗する力を有し、其程度亦導體の性質と大

さによりて異なるを以て、運動する電氣の量即ち電流の強さは場合によりて大小あるなり、是れ電流の研究に於て大に注意すべき點となす。

後に「ヴォルタ」氏は改良を加へて、稀硫酸中に銅片と亜鉛板とを挿入せるものを作り、此際稀硫酸は亜鉛と銅との何れよりも高き電位にあるものにして、亜鉛よりは、一、八六「ヴォルト」高く、銅よりは、〇、八一「ヴォルト」高し、故に銅と亜鉛との間には、 $1.86 - 0.81 = 1.05$ 「ヴォルト」の電位差を存し、銅の方亜鉛よりも高し、故に此の銅と亜鉛とを導體を以て連絡するときは正電氣は絶えず銅より此の導體を経て亜鉛に向ひて流通し、負電氣は逆に亜鉛より銅に向ふ斯く電氣は常に正と負とが反對の方向に通ずるものなるを以て吾人は以下常に正電氣の運動の方向を以て電流の方向と稱すると定む、即ち電流は常に高電位の點より低電位の點に向つて流る、但し之は電池外の導體に就て云へるものにして實は電氣は磁力線の如く終りなき環狀の導體に沿ふて通ずるものなれば電池内にては、外部とは逆に正電氣は低電位の亜鉛より高電位の銅に向ふものなり、銅を正極 Positive Pole 亜鉛を負極 Negative Pole と稱す、正極は十、負極は一符を以て示す。

諸て此の「ヴォルタ」氏の電池に於ては電流の通過と同時に電池は變化を來すもの

なり、一般に電池に於ては電流の通過に伴ふ「エネルギー」は電池内部より供給せざる可らず、ヴォルタ電池に於ては負極を形成せる亜鉛が稀硫酸中に溶解するに當りて放出する化學作用の「エネルギー」が電氣の「エネルギー」となりて導體内に放出せらるゝなり、即ち電池の作用する必須條件として亜鉛は溶解減少す、而して又之れと同時に水素瓦斯を發生す、此の水素は亜鉛の表面に發生すべき筈なるも後章に説明する電氣化學の理によりて正極なる銅の表面に集合し、且つ瓦斯は電氣の不導體なるを以て漸次電氣の通過を妨げ、電流の強さを減殺す。

#### 四、電池内の化學作用

電池が電流を起し又之れと同時に「エネルギー」を放出し得る事は内部にて化學變化あるが故なること已に説明せるが如し、然れども電流は必らずしも常に化學變化ありて而して後に生ずるものにはあらず、化學書に記するが如く、亜鉛は硫酸に化合する性あるものなれども、純粹の亜鉛は硫酸中に挿入するも何等化學變化を生ぜず、硫酸中に銅又は他の金屬を挿入して亜鉛と結ぶか又は不純なる亜鉛を使用せる時にのみ亜鉛は硫酸亜鉛となる、之れに因て亜鉛の化學變化は電池作用により電氣の流通なくんば發生せずと信ぜらる、即ち一面より云へば、電流の發生には化學變化あるを要し、又一面より云へば化學

變化あるためには電流の存在を要することとなり、一見奇なるが如しと雖、事實に於ては電流と化學變化とは全く同時に發生するものにして、互に相扶けて永く電流及び化學變化を持続するものなり。

斯くの如く電流と化學變化とは相離る可らざる密接の關係あり、而して電流の供給を目的とする電池に於ても又他より電流を送り入れて化學作用を爲さしむべき電氣分解装置に於ても、常に電流が極より液に入る部分(電池にては負極、電氣分解にては正極)に於ては極の金屬は漸次溶液中に溶解し去り、電流が液より極に向ふ部分(電池にては正極、電解にては負極)に於ては溶液中の金屬又は金屬性原素が分離して極に附着するを通則とす、即ち電池の負極は消耗し、正極は増大するか又は他物を沈澱附着す、前記「ヴォルタ」電池に於ても負極の亜鉛は消耗し、正極の銅には水素瓦斯を附着せり。

借て以上の如く不純なる亜鉛を使用するときには電極を結ばずとも、亜鉛が漸次稀硫酸中に溶解し去るは矢張り此の不純物と液と亜鉛との間に局部的の小さな電池作用をなし居るが故にして、之を電池の局部作用 *Local Action* と云ふ、局部作用は亜鉛を不用の時間内に消費し終るを以て不經濟なり、之を防ぐには亜鉛を混汞

亞鉛 Amalgamated Zinc として使用す、即ち亞鉛を稀硫酸にて洗ひ其表面に水銀の  
 數滴を塗布せるものなり、此の物を使用すれば水銀は純粹の亞鉛のみと混合して  
 表面に現はれ不純物を表面に表はすことなし故に不純物は酸に觸れずして局部  
 作用を呈せず又表面の亞鉛が電流の使用に連れて消費さるゝや水銀は漸次下部  
 の亞鉛と混和するなり、斯くして全部の亞鉛が悉く酸に溶解し終るまでは電池は  
 其作用を呈し得るも亞鉛又は酸が盡くる時は電池の壽命は茲に終る、故に酸又は  
 亞鉛は時々新たに給するを要す。

五、成極作用

Polariation

前節の理由により負極は漸次消耗し、同時に正極  
 上には何等かの附着物を生ず、即ちヴォルタ電池にては水素瓦斯正極上に集合  
 す、而して(一)此の水素瓦斯は電流の通過を妨ぐる抵抗力を有すると(二)水素瓦斯と  
 銅と液との間には此の電池とは逆の方向を有する起電力を生ずるが故に正極の  
 電位を低むるとの二箇の理由により電流は數分間の後減少し來る、之れ成極作用  
 なり而してかく逆の方向に生ずる起電力を逆起電力 Counter Electromotive Force, C. E. M. F. と稱す。

成極作用は電池に於ては最も忌むべき作用なるを以て此の作用を除くべき諸種

の方法と其れに従ひたる諸種の電池ありと雖大別すれば左の如し

(一)機械的作用に依るもの

(二)化學的作用に依るもの

(三)電氣化學的作用に依るもの

(一)機械的作用に依るもの。銅板の表面に附着する水素瓦斯を掃除する方法にし  
 て常に刷子の如きものにて銅板面を摩擦するか又は或る方法によりて白金と銀  
 との微細なる線狀の結晶を表面に有せる板をば正極として使用す、斯くすれば水  
 素瓦斯は針狀端にのみ附着し直ちに集合して液面に浮ぶを以て板の表面全部を  
 覆ふ憂なし、此の方法に依れるもの「スミ」電池其の一例なり。

此の方法に依るも尙ほ多少の成極作用は免るゝ能はず。

(二)化學的作用に依るもの。銅板面に發生すべき水素瓦斯を化學作用にて變化せ  
 しむる方法なり、即ち液中に酸化力の大なる物例令ば重クロムサン加里溶液又  
 は硝酸の如きを混合し置き水素を酸化せしむるものなり、後に記する「クロム酸電  
 池」アンセン電池等此種に屬するもの甚だ多し。

(三)電氣化學作用に依るもの。溶液中に或種の鹽類を加へ置き發生すべき水素は

電氣化學の理によりて、この溶液に作用して正極板と同種の金屬をして正極上に附着せしむる如くせるもの即ち正極に銅を使用する電池に在りては銅の鹽類例令ば硫酸銅の如きを加へ置きて正極板上には銅を沈澱せしむ斯くすれば成極作用は絶體的に免るゝことを得べし。

**六、負極の消耗** 負極が漸次消耗することは前述の如し而して電池の負極としては概ね亞鉛を使用し、この亞鉛の消耗の量は通過せる電氣の量に正比するこゝと一般の電氣分解に於けると同様にして實驗に徴するに一「クロム」の電氣が通過する毎に〇、〇〇〇三六八九「グラム」の亞鉛を消費し同時に〇、〇〇〇〇一〇三八四「グラム」九萬六千三百分の一「グラム」の水素瓦斯を發生す、之れより使用せし電流の總量を知つて費消せる亞鉛の量を知ること、又逆に亞鉛の減量より使用せし電氣の量を計算することも可能なり。

**七、良好なる電池の要件** 良好なる電池の要件としては

- (一)起電力高く且つ常に均一なること
- (二)電池内部の抵抗小なること
- (三)成極作用なきこと

(四)負極が必要なき時に消耗せざること

(五)安價にして堅固なること

(六)有毒なる瓦斯等を發生せず、且つ取扱容易なること

電池の種類は甚だ多しと雖何れも一得一失ありて悉く前記條件を具備するものは殆んどなし要するに内部抵抗僅少にして極の消耗等少なく、成極作用の大ならざるものを可とす。

### 八、諸種の電池

以下列記する諸種の電池は何れも化學作用又は電氣化學作用によりて成極作用を防がんとするものにして容器は唯一個にして之れに電池の藥液減極物 *Depolarizer* (成極作用を防ぐために使用する物質を云ふ)等を混合するものは一般に單液電池 *Single Fluid Cell* と稱し減極物を別個の容器に容れたるもの即ち二種の藥液を使用するものを兩液電池 *Two Fluid Cell* と云ふ單液電池は重に電池として働らく液の外に酸化力の強き液例令ば硝酸、重クロム酸、鹽化鐵、二酸化マンガン、臭素、過酸化鉛、赤鉛等を加へたるもの、兩液電池は負極を挿入せる液の中に素焼の陶器筒を入れ之れに正極と同じ金屬の鹽類を容れたるものにして液は互に流通せざれども電氣は此の素陶を通じ得るものなり、單液電池に於ては

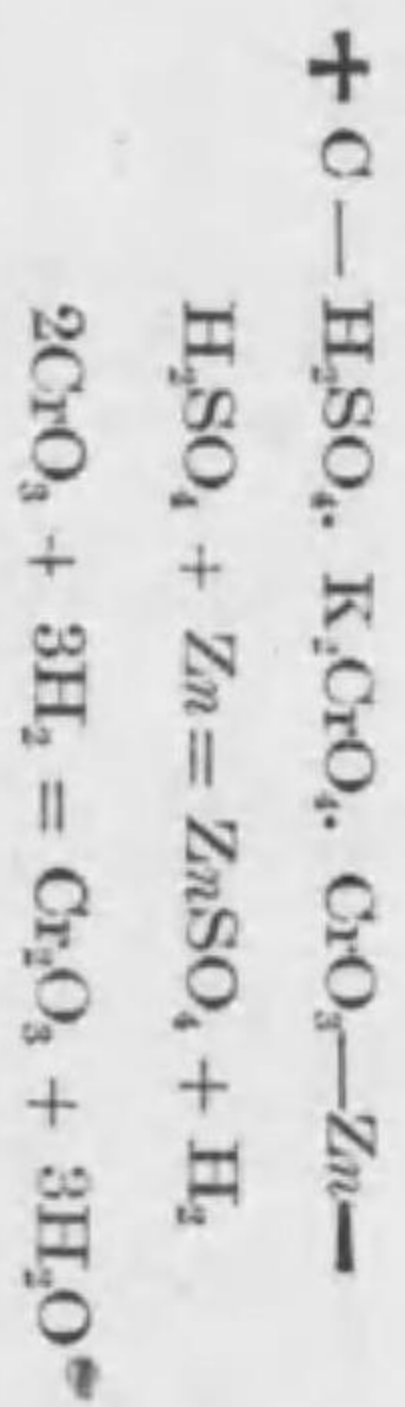
電流を使用せざる時にも前記の諸酸化劑は正極に作用するの虞あり故に正極は銅に代ふるに瓦斯炭素白金の如く容易く化學作用を受けざるものを使用す、以下現時最も行はるゝ二三の電池を略述すべし。

九、重クロム酸電池

*Bichromate Cell*

單液電池中に於て最も汎く使用せらる、ボグンドルフ氏の製造せるものにして水百分中に硫酸十分及び重クロム酸加里十分を加へたるものを液とし此の液中に亞鉛及び炭素棒を各負極及び正極として挿入せるものなり、起電力は一九「ヴォルト」なり、此電池は有毒の瓦斯等を發生せずして一時強大なる電流を發生し得るを以て素人用電氣醫療機械等に使用すること大なり而して此電池は使用せざる間は亞鉛を液外に引出し置かざれば酸に腐蝕せらるゝ憂あり。

此電池の構造及び作用は次式の如し



一〇「ダニール」電池

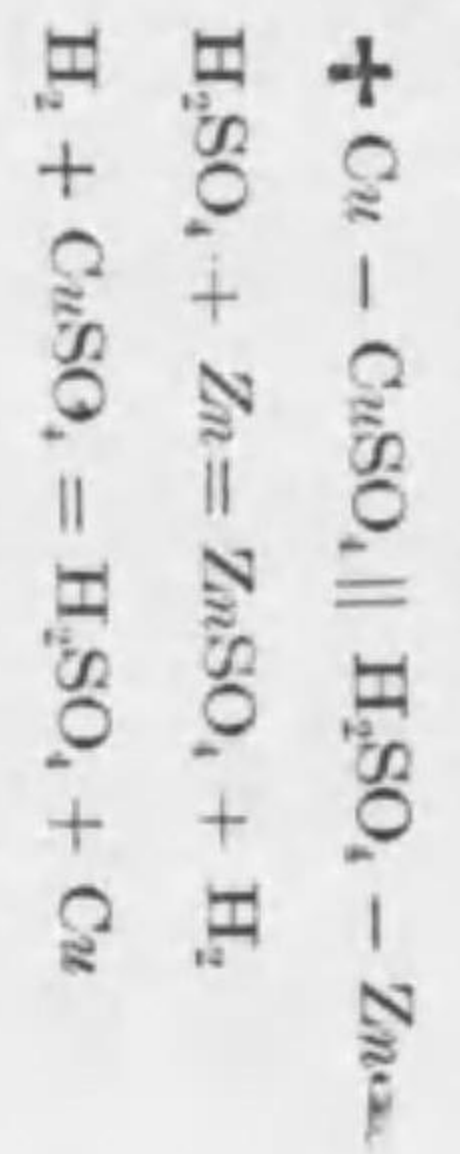
*Daniell Cell*

外筒に稀硫酸又は硫酸亞鉛を容れ之れに



「池電ル」ニ「ダ」 圖八 八第

亞鉛を挿入して負極とす、其中央に素陶を入れ、之れに硫酸銅の飽和溶液及び銅を入れて正極とす、電流の通過と共に亞鉛減少して硫酸亞鉛増加し、硫酸銅分解減少して銅は正極の銅面上に附着増大す、故にこの電池は硫酸亞鉛濃厚となり、硫酸銅は稀薄となるを以て硫酸銅は常に結晶を投入し置くを要す。



「ダニール」電池の起電力は普通一〇七「ヴォルト」位なり、内部抵抗は約二分の一「オーム」にして此電池は電流の通過と共に起電力の減少大ならざるを以て、電信、電話又は實驗室内に使用するに便なり。

一一「グロブ」電池

*Grove Cell*

外筒は稀硫酸中に混汞亞鉛を挿入せるもの、内筒は硝酸に白金を挿入せる素陶なり、起電力は高くして一九「ヴォルト」、其の化學

變化は次の如し



NOなる瓦斯は極に集まらずして初めは溶液中に溶解し、後徐々に空中に出て、有毒なるNO<sub>2</sub>瓦斯となる、故に此電池は室内に於て使用すべからず、之れにも拘らず其の起電力の大なると内部抵抗の小なるとの理由により一時的に強き電流を得る爲めに盛に使用せらる。

一ニ「ブレンセン」電池 *Bunsen Cell* 「グローブ」電池にては白金を使用し高價なるが故に之れに代ふるに固き瓦斯炭素を以てせるものなり、起電力其他「グローブ」電池と大差なし。

一三「レクランシェー」電池 *Leclanche Cell* 外器は鹽化「アムモニア」の飽和溶液に亜鉛を浸せるもの、内器は炭素粉と二酸化「マンガント」の混合物中に炭素棒を挿入せるものなり、發生する水素は二酸化「マンガン」に酸化せらるゝものなれども「マンガン」は固形状にあるが故に減極作用弱くして、永く電流を使用すれば多少の成

極作用を呈す、然れども暫時放置すれば又起電力を回復す



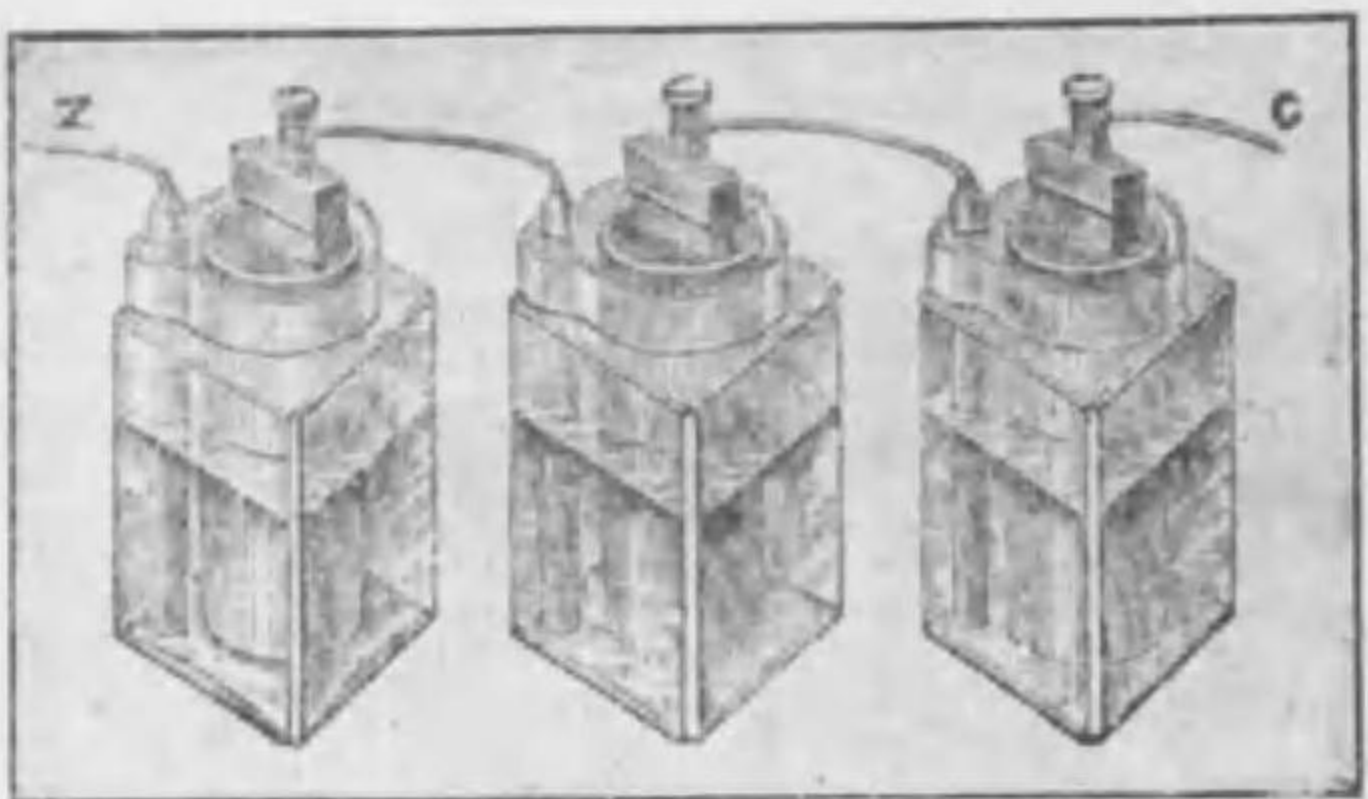
此電池は劇薬を使用せざるを以て安全に且つ取扱便利なるを以て呼鈴電話其他一般屋内に使用するに適す。

一四「フリーラー」電池 *Freilich Cell* 内器は重「クロム」酸加里溶液に炭素棒を挿入せるもの、外器は水銀を容れたる稀硫酸中に亜鉛を挿入せるものなり、起電力二、「ヴォルト」内部抵抗三分の一なるを以て電話に使用するに適し、我國に

ても長距離電話には此の電池を使用す。

一五「乾電池」 *Dry Cell* 前記の「レクランシェー」電池に於ては内筒は液を使用せずして固體を使用せるが、外筒内の鹽化「アンモニア」も液とせずして、海綿状又は糊状

の物質例令ば石膏粉末の如きものに吸入せしめたるものを使用するときは、液の流出する憂なく、取扱至便なり、之を乾電池と稱す、今日乾電池として市場に販賣



池電「レクランシェー」 圖九 八第



せらるゝもの其種類甚だ多しと雖何れも液を糊狀とせるに過ぎず此の糊狀物質は電池の化學變化とは何等關係なきなり而して乾電池にては滅極作用は半液狀の溶液中に起るを以て其の作用鈍く多少の成極作用あること「レ克蘭シェー」電池と同様なり故に長時間引續きての使用には堪へず。

**一六、重力電池 Gravity Cell** 上來記述せる兩液電池に於ては兩液は素陶を以て相隔てられたりと雖若し兩液が比重を異にせるときには素陶の如き隔離物を使用せずとも重力のため重き液は下層に沈み輕き液は上層に上りて自ら相隔つべし故に各極板を上層及び下層に入れば以て一の兩液電池を得之れを重力電池と稱す普通使用するものは「ダニール」電池と同式にして大なる硝子器の下半は硫酸銅溶液と其の結晶とにして此部に銅板を沈め上半は硫酸亞鉛溶液にして此部に亞鉛板を吊せるものなり而して銅板より外部に引き出す針金は上部の液に觸れざる様絶縁しあるなり此種の電池は各板の面積大にして比較的大なる電流を通じ得可く小規模の電話交換局又は電信電氣信號等に使用せらる勿論此の電池は一ヶ所に静置せしむるを要す。

**一七、「クラーク」標準電池 Clark's Standard Cell** 負極は亞鉛にして此部に硫



第九圖  
「クラーク」標準電池

酸亞鉛の溶液あり又之れに接して硫酸第一水銀の糊狀にせるものありこれに正極として水銀を觸れしむること上掲の第九圖の如し硫酸水銀を糊狀とせるは硫酸亞鉛と混ぜざらしむるためなり此の電池は大なる電流を供し得ずと雖其の起電力は攝氏一五度に於て常に一四三四「ヴォルト」(他の温度に於ては攝氏一度に就き約一「ミリボルト」の割にて起電力減少す)なるを以て他の電池の電壓等を比較する標準として使用せらる。

「クラーク」電池の亞鉛に代ふるに「ガドミウム」を以てし硫酸亞鉛の代りに硫酸「カドミウム」を使用せるものは「カドミウム」電池と稱し普通の温度零度乃至一〇〇(度位)にては殆んど温度に關せず同一の起電力一〇二五「ヴォルト」を有す。

第一表は諸種電池を分類し構造起電力等を一目瞭然たらしめたるものなり。

**一八、電池の起電力と温度との關係** 温度の變化は電池の起電力に變化を及ぼすものなり「ダニール」電池にては其温度攝氏一〇〇度に達するとき起電力は一五%増加す然るに重「クロム」酸電池にては二〇%減少す又電池内の溶液

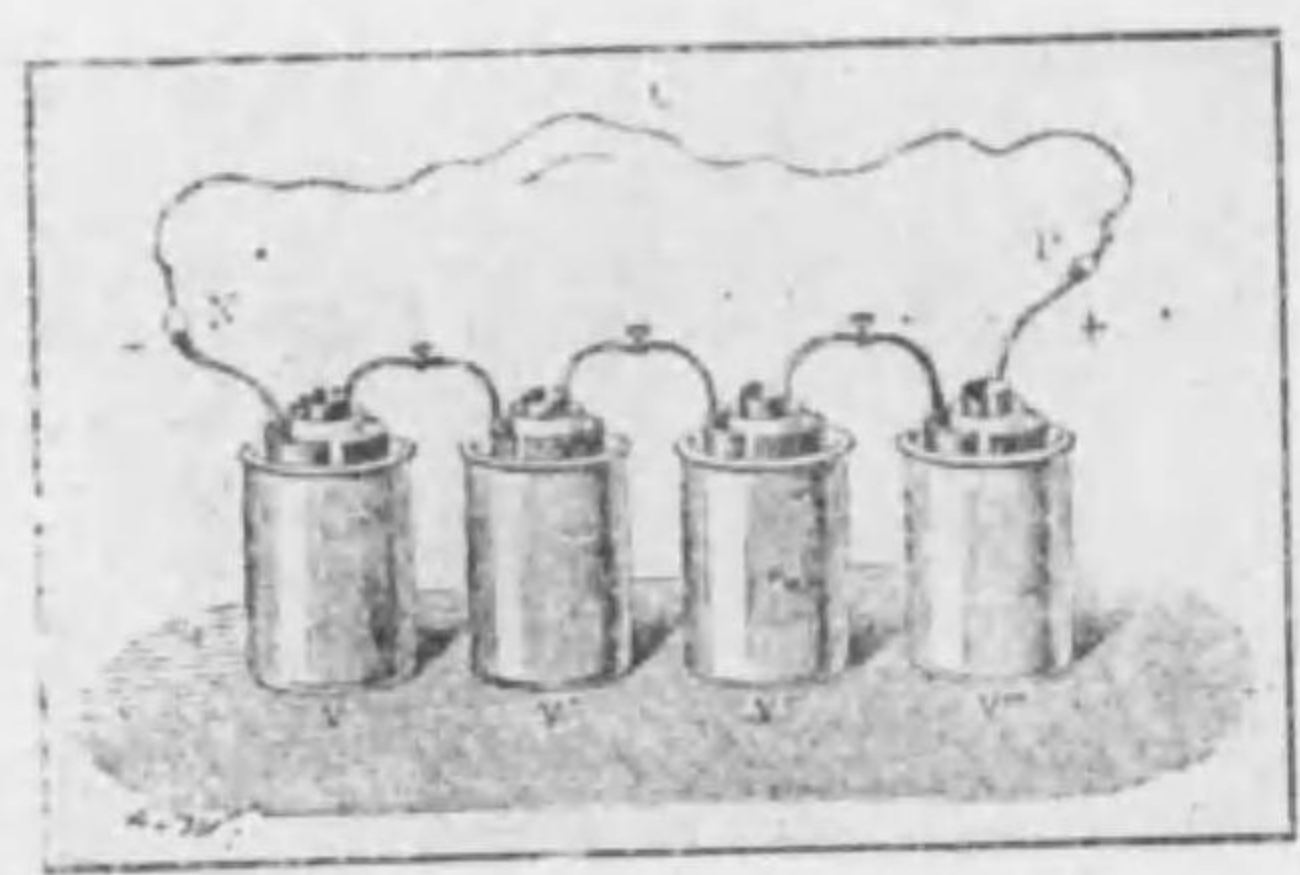
電氣磁氣  
の内部抵抗は温度の上昇と共に減少するを常とす。

第一電池表

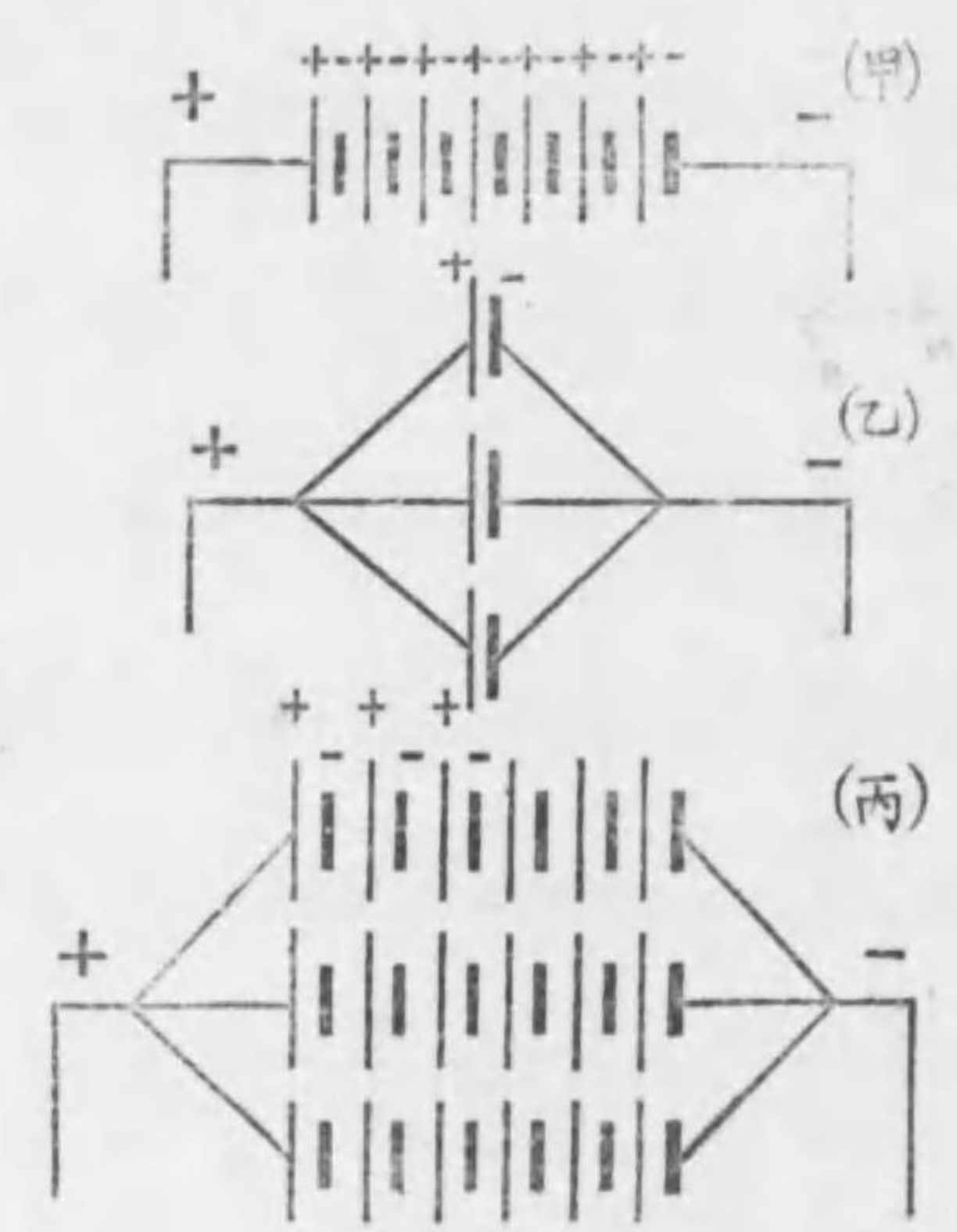
電池名	負極	負極溶液	消極薬	正極	起電力 (ヴォルト)
第一種					
ボルタ	亜鉛	稀硫酸	ナシ	銅	1.0—0.5
スミエロー	同	同	ナシ	白金、銀	1.0—0.5
同	同	同	ナシ	炭素	1.0—0.5
第二種					
重クロム酸	同	同	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	同	2.1
グローブ	同	同	HNO <sub>3</sub>	白金	1.9
ブレンセン	同	同	HNO <sub>3</sub>	炭素	1.9
レ克蘭シエ	同	NH <sub>4</sub> Cl	MnO <sub>2</sub>	同	1.4
ラーランド	同	KHO	CuO	同	0.8
アプワード	同	ZnCl <sub>2</sub>	Cl	同	2.0
フイツチ	同	NH <sub>4</sub> Cl	KClO <sub>4</sub> + NaClO <sub>3</sub>	同	1.1
バプスト	同	Fe <sub>2</sub> Cl <sub>6</sub>	Fe <sub>2</sub> Cl <sub>6</sub>	同	0.4
オーバツハ(乾)	亜鉛	NH <sub>4</sub> Cl 石膏	MnO <sub>2</sub>	同	1.46
第三種					
ダニール	同	ZnSO <sub>4</sub>	CuSO <sub>4</sub>	銅	1.07
ドラルー	同	ZnCl <sub>2</sub>	AgCl	銀	1.42
デビー	同	ZnSO <sub>4</sub>	Hg <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	炭素	1.40
クラーク	同	ZnSO <sub>4</sub>	Hg <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	水銀	1.434
ウエストン	同	CdSO <sub>4</sub>	Hg <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	同	1.025
ヘルムホルツ	カドミウム 亜鉛	ZnCl <sub>2</sub>	Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	同	1.0
フーラー	同	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	炭素	2.1
第四種 (蓄電池) ブランテ ファウレン等	鉛	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	PbO <sub>2</sub>	鉛	1.85—2.10

「クラーク」標準電池に於ては温度上昇一度に就き 0.00077「ヴォルト」の割合を以て起電力減少す即ち攝氏θ度に於ける其の起電力は  
 $E = 1.434[1 - 0.00077(\theta - 15)]$ 「ヴォルト」……………(45)  
 ナリ。

一九「バッテリー」Battery 普通電池の起電力は約一「ヴォルト」内外なるを以て數十乃至數百「ヴォルト」の電壓を得るために此等の電池數個を連結して使用す



第九圖「リッテッパ」(列直)



第九圖 甲列直 乙列並 丙「リッテッパ」

電氣磁氣  
其の連結法に直列及び並列の二種あること蓄電器の場合に於けるが如し、第九十

一圖は電池を直列に結びたる圖にして、甲電池の正極は乙電池の負極に、乙の正極は丙の負極に漸次かく同方向に連結す、圖に於てNは負極、Pは正極なりと知るべし、又第九二圖乙の如く數個の電池の正極同志と負極同志と連結すれば並列連結法となる尙ほ又同圖丙の如くシリーズ、パラレル連結法と稱するもあり甲の如き直列連結にては一個の電池の起電力E、ヴォルトにして其數nなるときは兩端に得べき電壓はnE、ヴォルトなり、乙の如き並列連結法にありては同電位の端と端とが並ぶのみなるを以て電壓は電池の數nに關せずE、ヴォルトなり又丙の如くn個を直列にせるものm組を並列に結ぶ時は電壓はnE、ヴォルトなり。

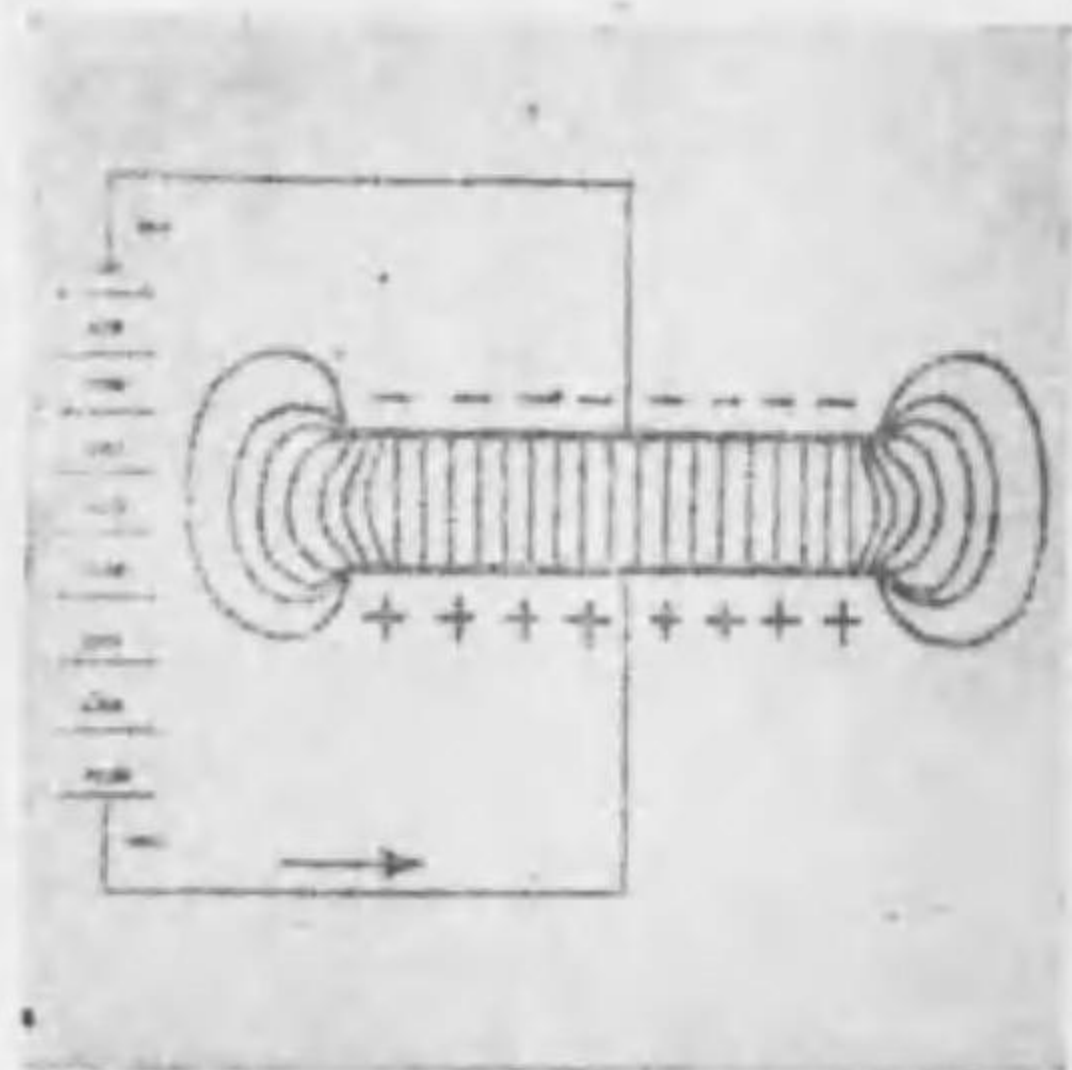
右三種連結法の利害は後節に説明すべきも、要するに直列にては電壓n倍に増加する代りに内部抵抗もn倍となり、並列法に於いては電壓増加せざる代りに内部抵抗はn分の一に減じ、丙のシリーズ、パラレル法にては電壓はn倍し内部抵抗は $\frac{n}{m}$ 倍となるなり、以上の如く數個の電池を一組とせるものは何れもバッテリーと稱す。

**二〇〇回路 Circuit** 電池又は發電機等の如く起電力を有する電源の兩極間は必ず内部に於て電氣的接續を有し一の導體をなせり此の兩端を外部に於て

一の導體を以て連結するとき初めて電流を通ず、即ち電流は磁石に於ける磁力線の如く一の終りなき環狀の通路を得て初めて通ずるものにして、之の環狀通路を回路と稱す、而して電氣は外部に於ては正極より負極に向ひ、電池内部に於ては負極より正極に向ひて通ずるものなり。

回路を作りて電流を通ぜしむることを回路ヲ閉ツク(Close)と稱し、回路の一部分を切り離して電氣を通ぜざらしむることを回路ヲ開ク(Open)と云ふ。

前記の如く電流は回路の閉じられたる時にのみ通ずるものなるを以て第九三圖の如く一の蓄電器を以て電池の兩端を結びたる場合には永續せる電流は通ぜずと雖蓄電器に充電せられたる電氣 $Q = CV$ のQは此の電池の正負各極より出て來れるものなるを以て此のQが電池の極より蓄電器に至るまでの時間内は針金中を電氣が通過することゝなる然れども之れは瞬時に終るを以て普通電流と區別して、ダイエ

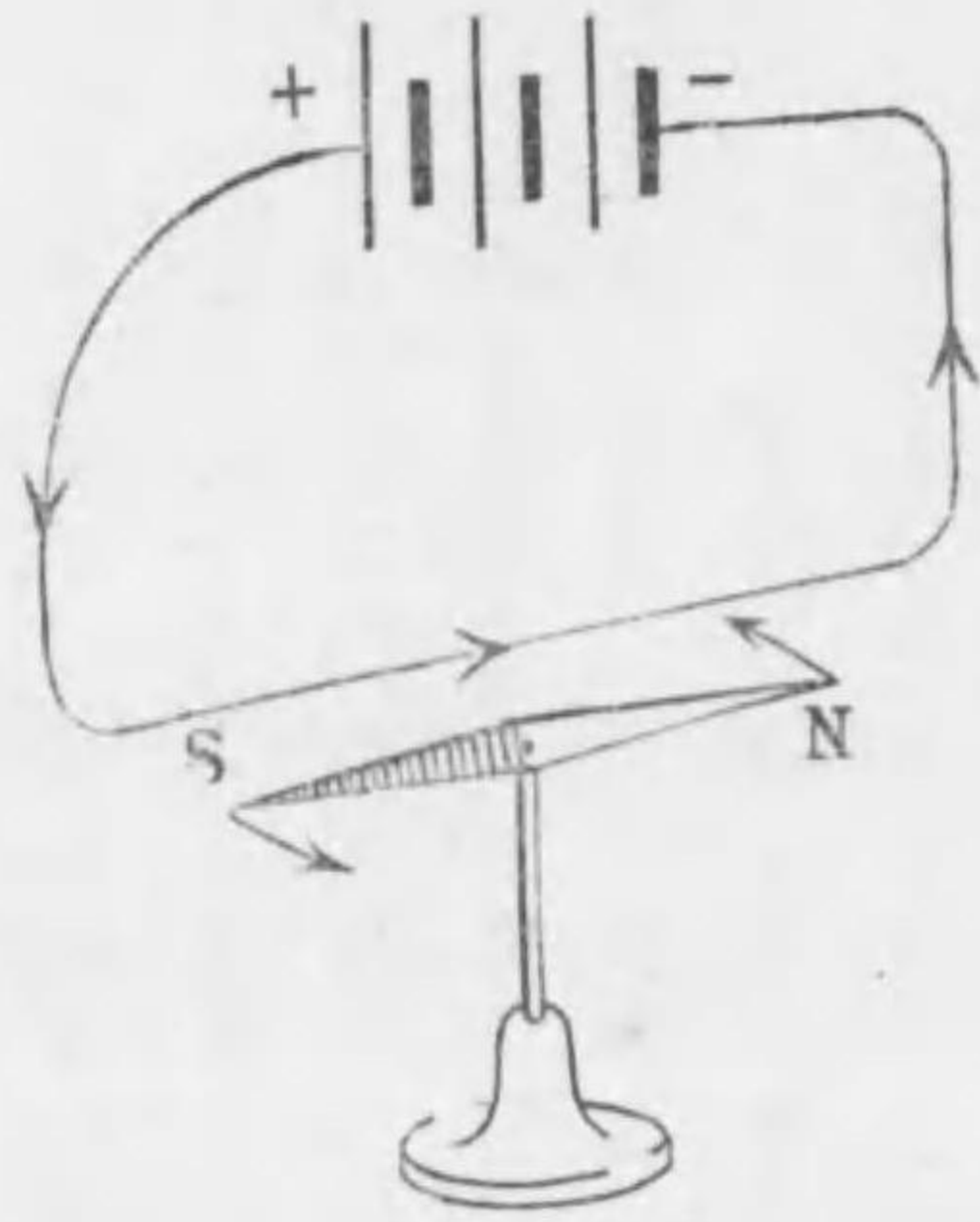


第九三圖 蓄電器の瞬間電流

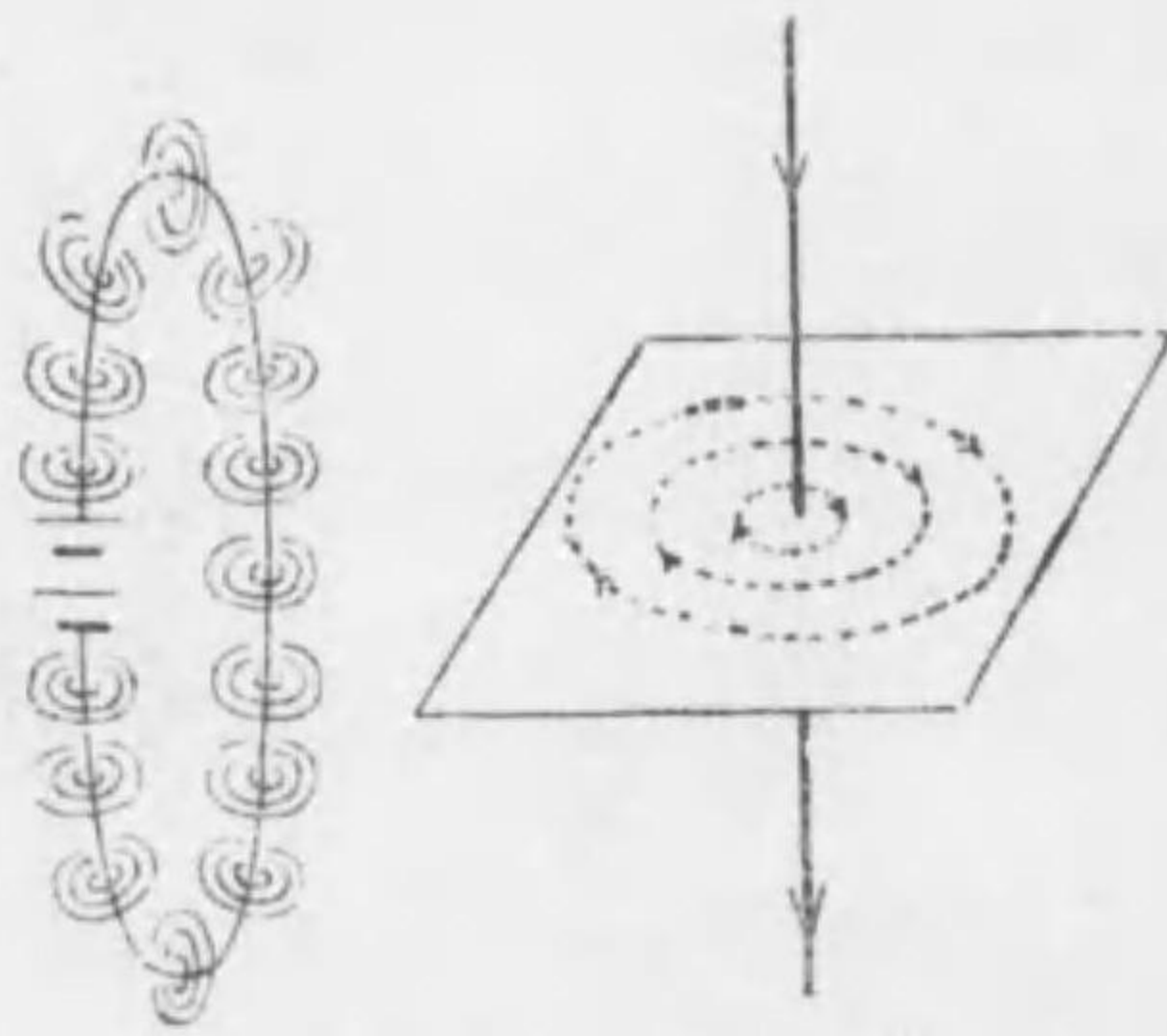
レクトリック、カーレントの名を附す、若し起電力が電池の如く一定の大きさならざる場合例令ば交流發電機の如きものなるときは電壓Vの變化に連れ蓄電器に充電さるゝ電量Qも變ずべきを以て電氣は常に針金を傳ひて蓄電器を出入す依て強さの常に變動する一種の電流を通ずることゝなるべし是れ交番電流と稱するものなり、即ち蓄電器は交番電流を通ずるも電池の如き定電壓の電流即ち直流を通ぜず。

二二、電流に伴なふ現象 音、光、熱等の現象は吾人の五官を以て直接に意識するを得れ共電流の存在は直ちに五官に何等の感覺を與へず吾人が電氣の存在するを知るは唯だ之れに伴なふ諸種の現象、即ち電氣的現象より推斷するに外ならず、抑もある導體中に電流通ずる時は如何なる現象を示して吾人の注意を喚起するか、其の現象種々ありと雖最も顯著なるは

- (一)磁石的作用
- (二)發熱作用
- (三)化學作用
- (四)動力作用



第九圖 四「エスラツト」の實驗



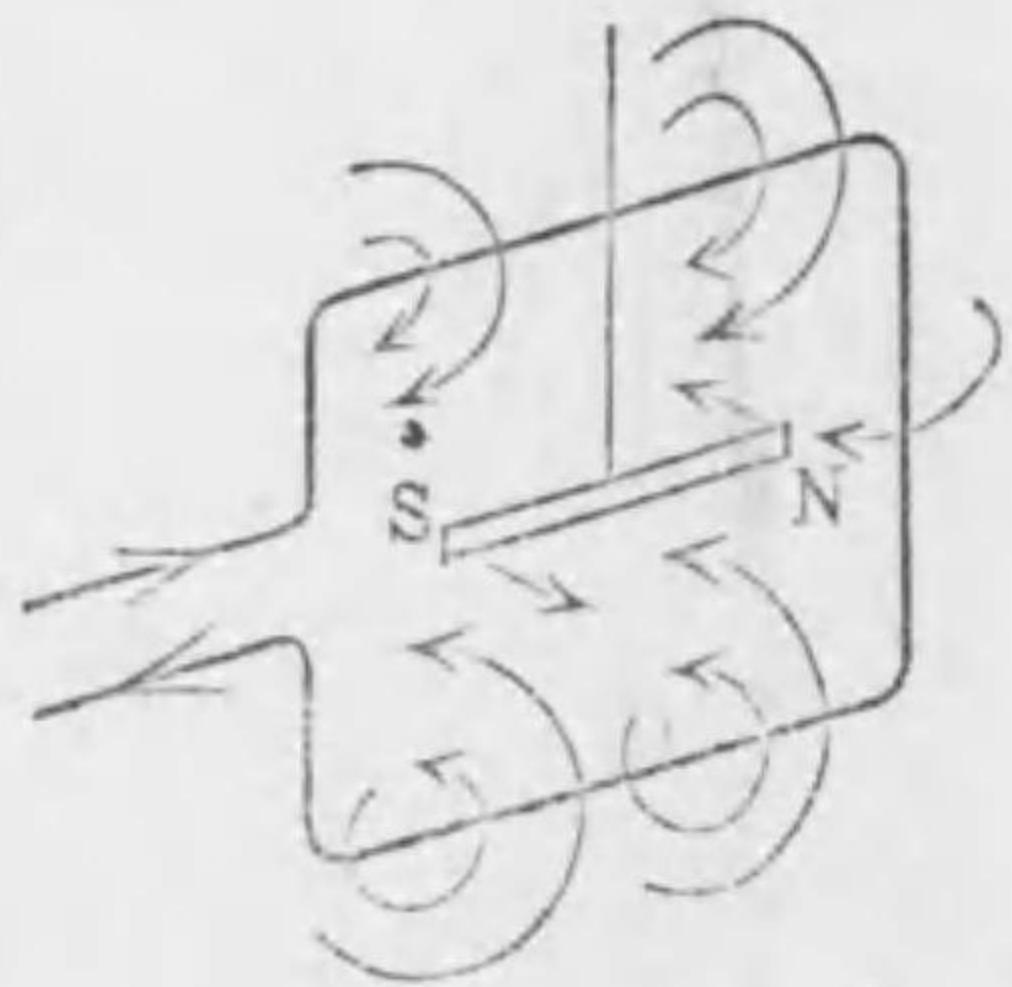
第九圖 五電流の作る磁界

等なりとす此他生理的に吾人の身體を刺戟する作用、電波となりてある距離に隔たれる導體に電氣現象を誘起せしむる作用等あれども茲には之を略し以上四現象と其性質とを明らかにするを本書の目的とすべし、先づ電氣現象の一般を知らんが爲めに以上の四現象を略述すれば下の如し

二二(一)磁石的作用 エルルステット氏は南北に靜止せる一の磁石針の上部又は下部に之れと平行に電線を支へ電流を通じたるに磁針は靜止の位置より多少東又は西に偏するを見たり、故に電流の通ぜる針金はある磁石作用を有し磁針にある力を作るとを知り、而して第

九四圖の如く針金を磁針の上部に支へ南より北に向ひ電流を通ずるときは磁針のN極は西にS極は東に向て廻轉を初む若し電流の方向を逆にすれば磁針の偏すること逆の方向となる又電線を磁針の下部に保持せる場合にも磁針の偏倚は逆となる若し下部に於て支へ逆の方向に電流を通ずれば偏倚の方向は第九四圖の場合と全く相等し又電流を強くするとき或は電線を磁針に近づくる時は偏倚の度は大となる以上の事實よりして電流の通ぜる電線は或る磁石力を有するものにして其の磁石力の強さは(一)電流の強き程強く(二)電線に近き程強く(三)電流の方向に關することを知れり

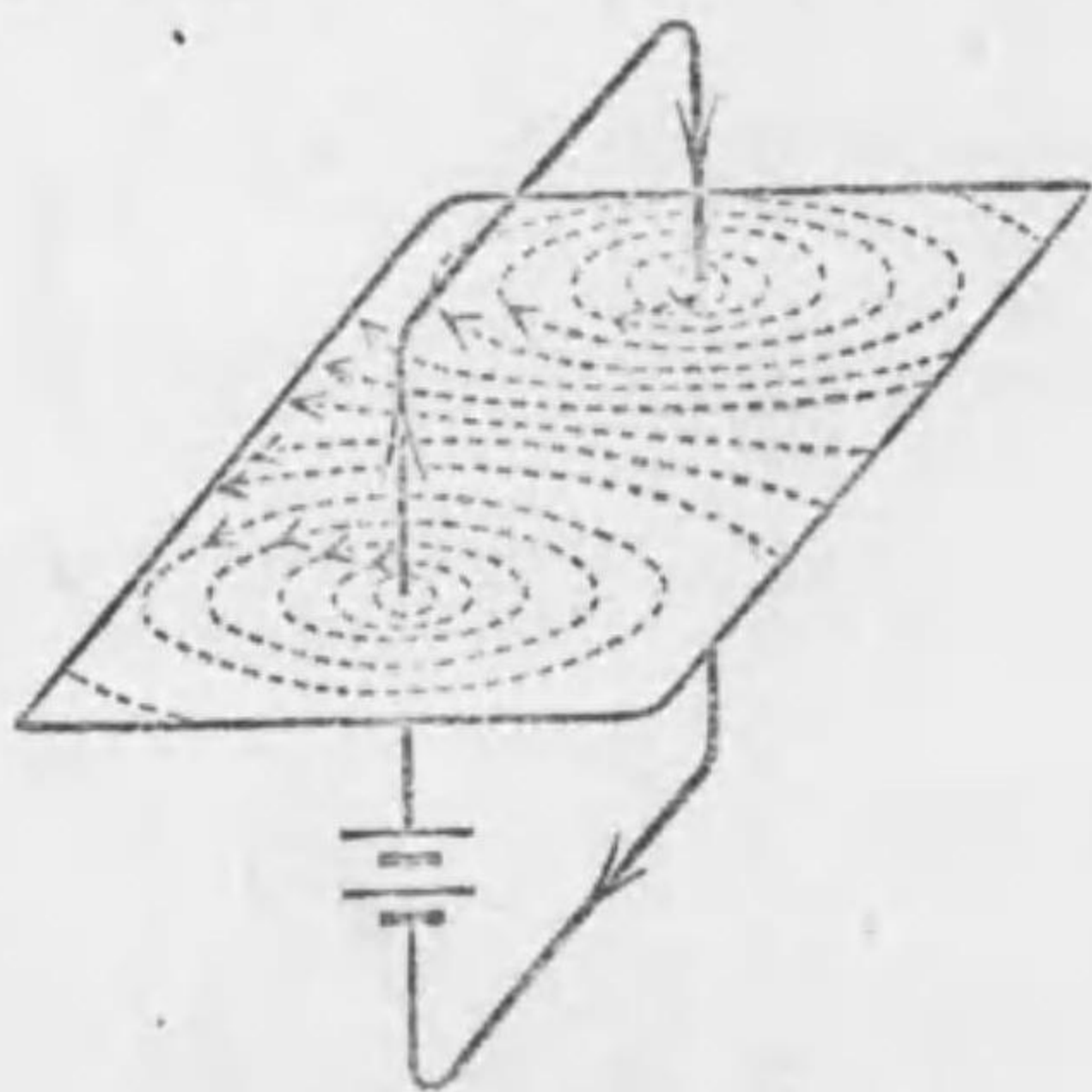
以上の事實より電流は磁力線を發生し居るものなることは推論せられるべきも尙ほアラゴ氏の實驗は一層此の事實を明白ならしめたり氏は第九五圖の如く鐵片を散布せる紙片に直角に電線を貫き強き電流を通ぜしめたるに鐵分は電線を中心とし或る數多の同心圓となりて排列せり即ち電線の各部は皆な電線を中心として之れと直角をなす平面上に同心なる磁力線の環を作るものなり而して其の密度は電線に近き程密にして遠き程疎なり此の結果より第九四圖の實驗は明らかに説明し得らる茲に注意すべきことは電流の作る磁力線は必ずしも鐵の



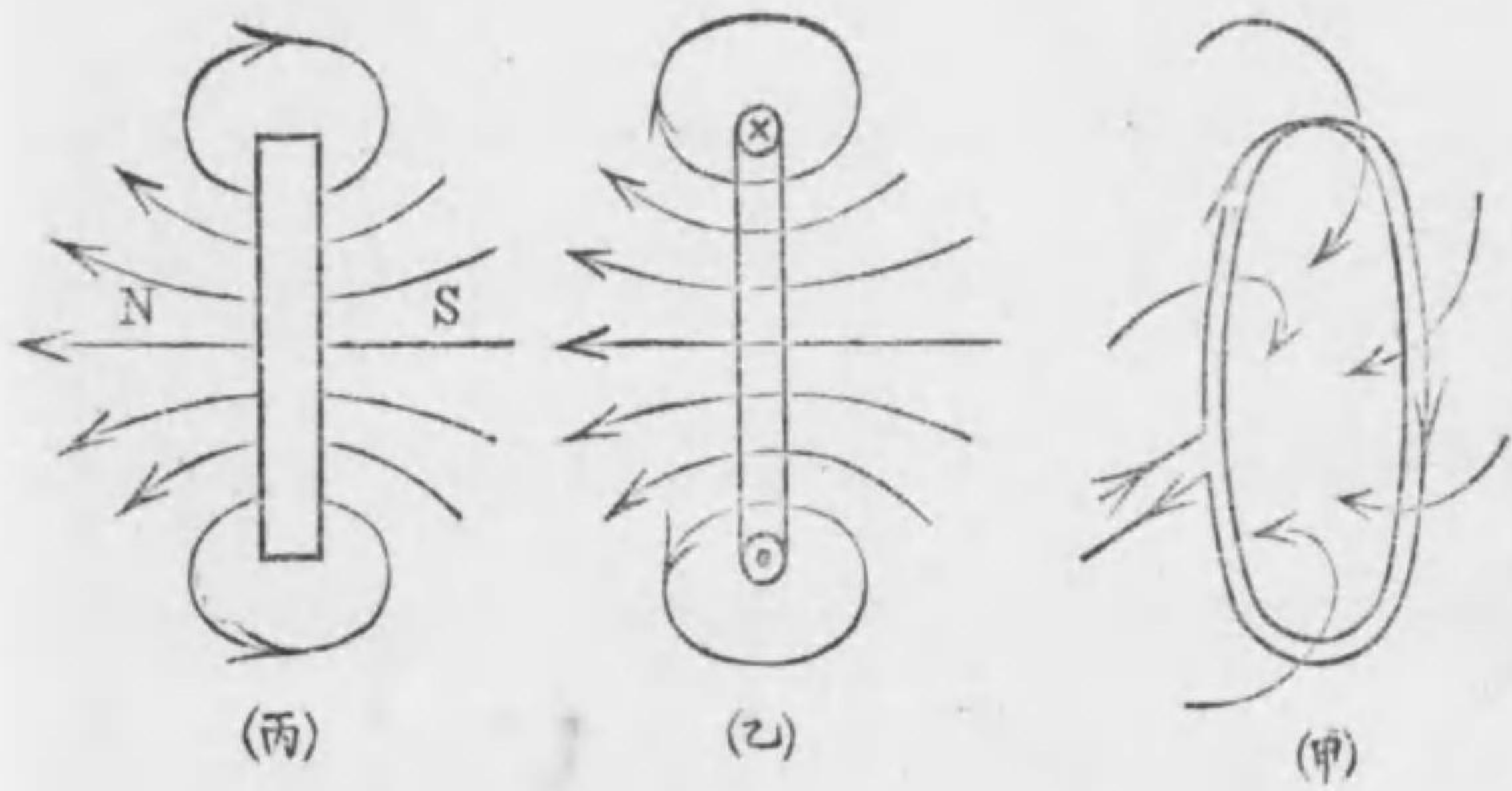
第九六圖

存在を要せずして全く空中にありて正又は負の極を有せざる磁力線輪をなし得ることなり次に此の磁力線の方向は常に電流の方向より眺め右廻りをなすこと第九五圖の如し  
針金の各部は何れも斯く磁力線を形成し居るを以て第九六圖の如く磁石の上下

に針金を捲くときは上部も下部も中央の磁針に作用する力は同方向にて相加はりて磁針を偏せしむること大なり若し捲き數を數十又は數百に増加するときは磁針に作用する力は相加はりて大となる。  
一般に右の如く電線を捲けるものをコイル(三)と稱し、コイルに電流通ずるときは其の面に於ては常に一面より他面に向う磁界を作ること第九

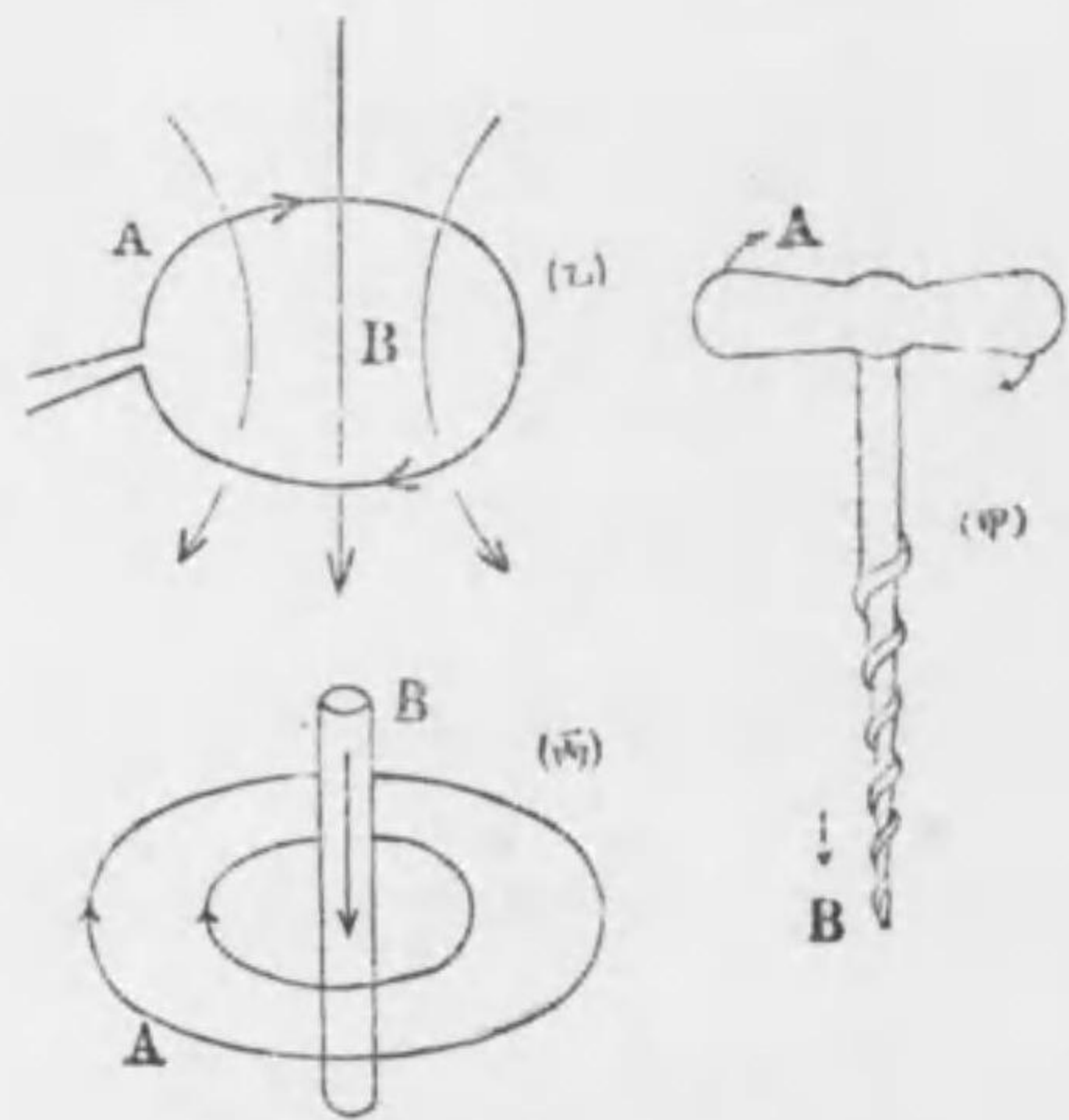


第九七圖 平面行な電氣の磁界



第九八圖 界磁る作の「ルイコ」

七圖又は第九八圖甲に見るが如し、仍て「コイル」の切斷面に於て磁力線の分布を考ふるときは同圖乙の如く電流右廻りをなす時は磁力線は「コイル」の前面より後面に向て通ず其狀恰も同圖丙に於けるが如き薄き永久磁石ありて一面がN極他面がS極をなせる場合と相等し(圖に於て十字形⊗は電流の進み行く方向、⊙點は進み來る方向を示す)斯く「コイル」に電流通ずるとき兩者の方向の關係は「コルク」抜きの廻轉と其の進行との關係と全く相等し而して廻轉の方向をAにて示し、進行の方向をBにて示せばAが電流なるときはBは磁力線の方向又Bが電流の方向なるときはAは磁力線の方向にして何れより云ふも全く同一關係をなせり(第九九圖)

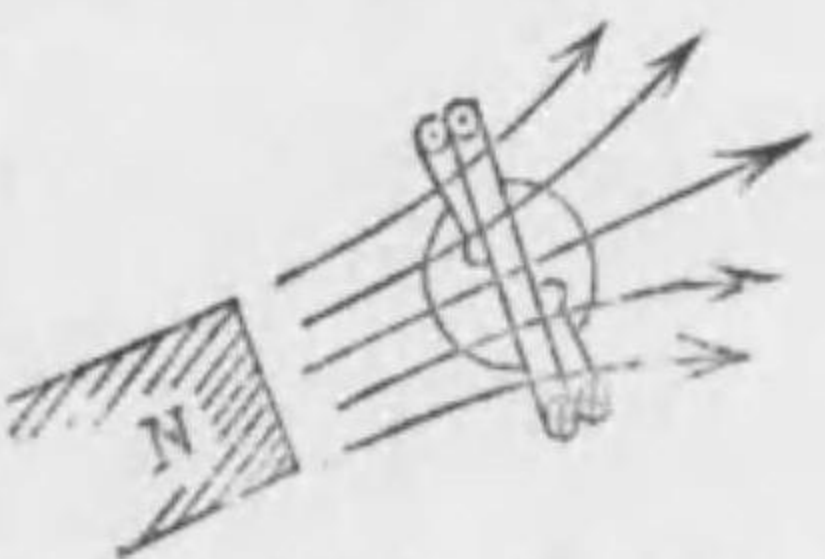
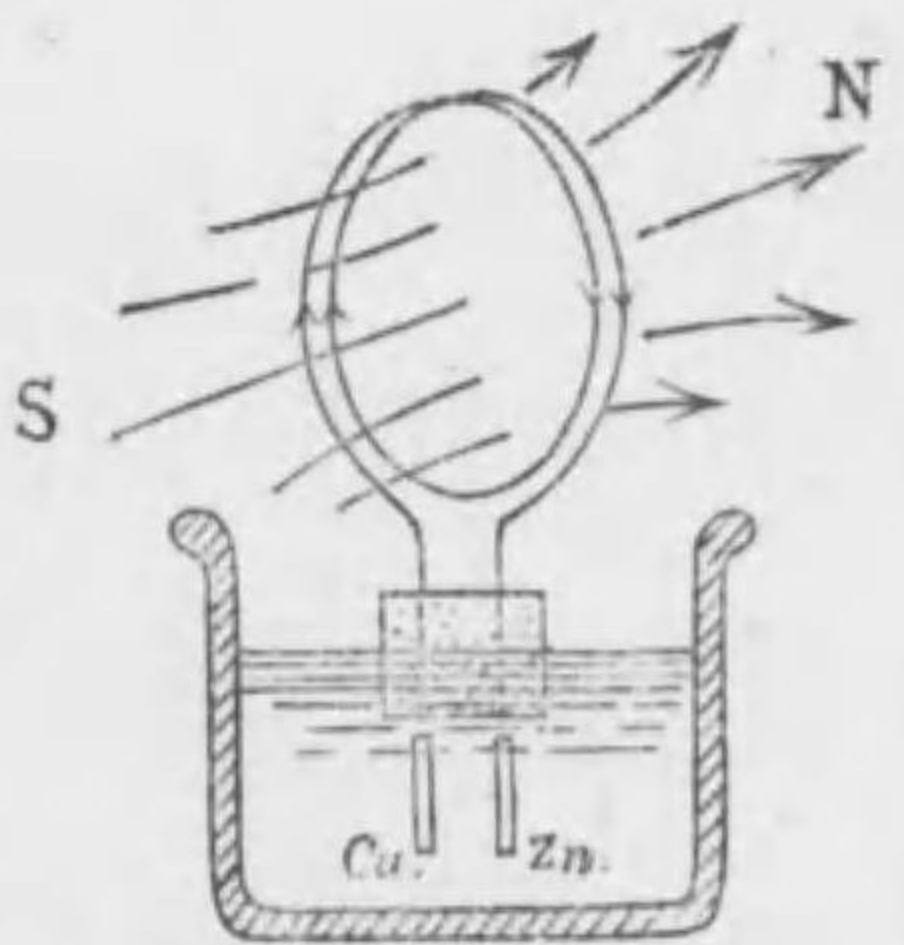


第九九圖 「コルク」抜きの規則

又は他の磁石等に對し或る作用を呈すべし「ドラール」氏は浮電池と稱するものを作りて「コイル」作用を研究せり、即ち小「コルク」に銅及び亜鉛の小片を挿入し其の兩端を「コイル」に連結し之を稀硫酸液上に浮べたるものなり、故に之の「コイル」は任意の方向に浮動し得るものとす、今手を放すときは「コイル」は必ず南北に向ふべ

第九八圖乙に見る如く「コイル」の中心に於て磁界の方向は「コイル」の面に直角をなし且つ其の強さは常に電流の強さと「コイル」の捲數とに比例するものなるが故に「コイル」の面を南北に置き中央に小磁針を直下し「マグネツトメーター」と同様に磁針を偏倚せしめて電流の強さを測定することを得、  
**二二二、「コイル」の一般性質** 前記の如く電流の通ぜる「コイル」は恰も一の磁石と同様のものなれば地球磁界

し「コイル」の軸が南北を指すこと又此の附近に強き永久磁石を持來るときは「コイ

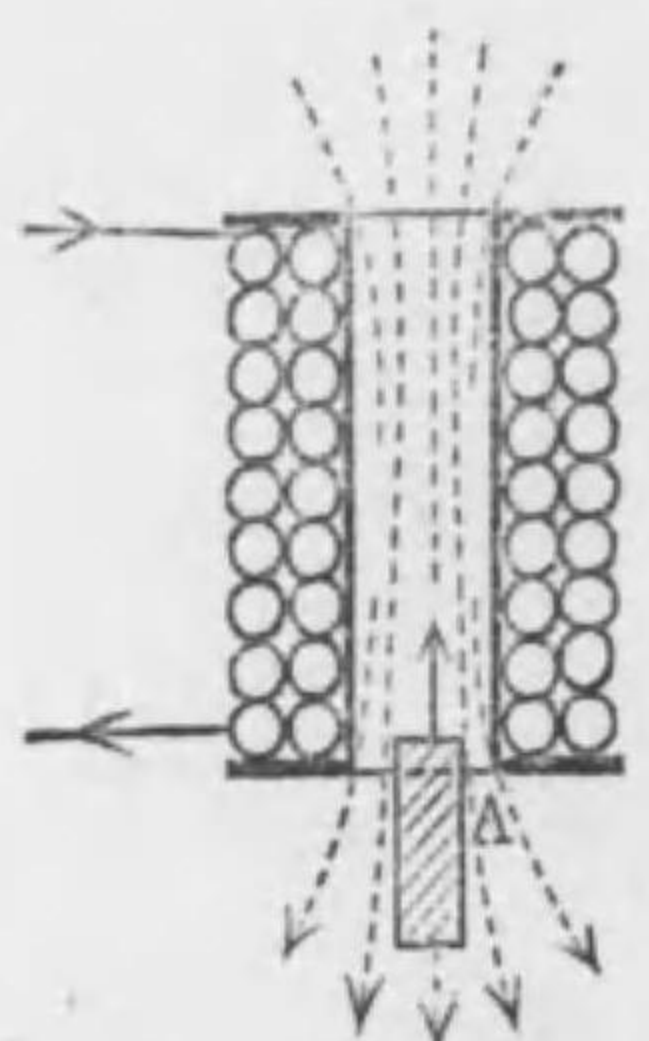


第一〇〇一圖  
磁氣線を通ぜしめんとするに「ルイコ」の内ほ最大の大

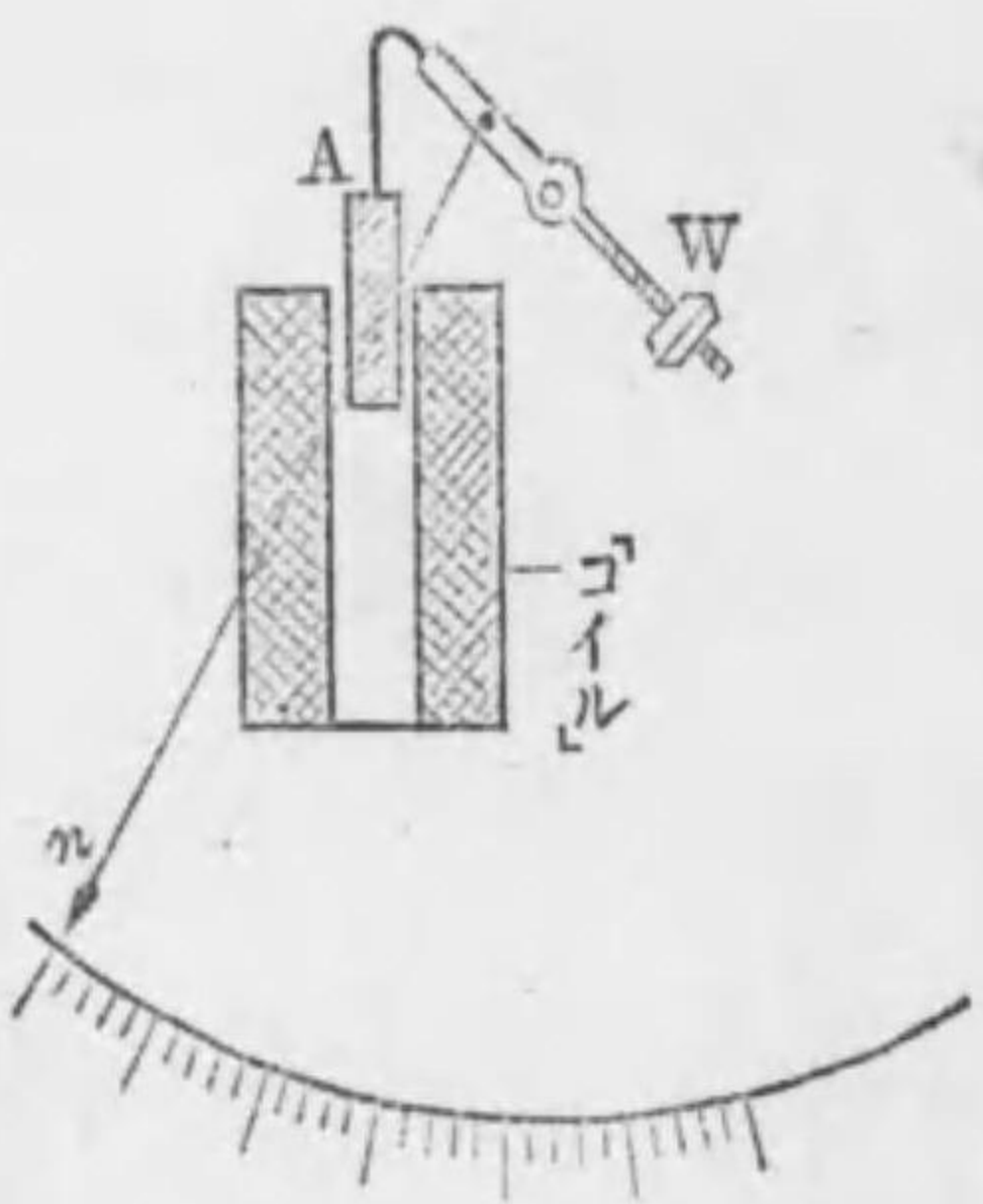
性質あるを知るべし之れ實に電流を通ぜる「コイル」の一般性質にして左の如く言ひ換ふることを得

- 一、電流の通ぜる「コイル」は常に自己の作る磁氣線方向が他の磁界方向と合する如く作用す又は
- 二、電流の通ぜる「コイル」は常に其の面内に最大の磁氣線を通ぜしめんとするが如く作用す。

此理に因り第一〇一圖の如く數捲の「コイル」の入口の部に小鐵片を置くとときは鐵



第一〇一圖  
中央部に鐵片を「ルイコ」の中に入れて上吸に部尖

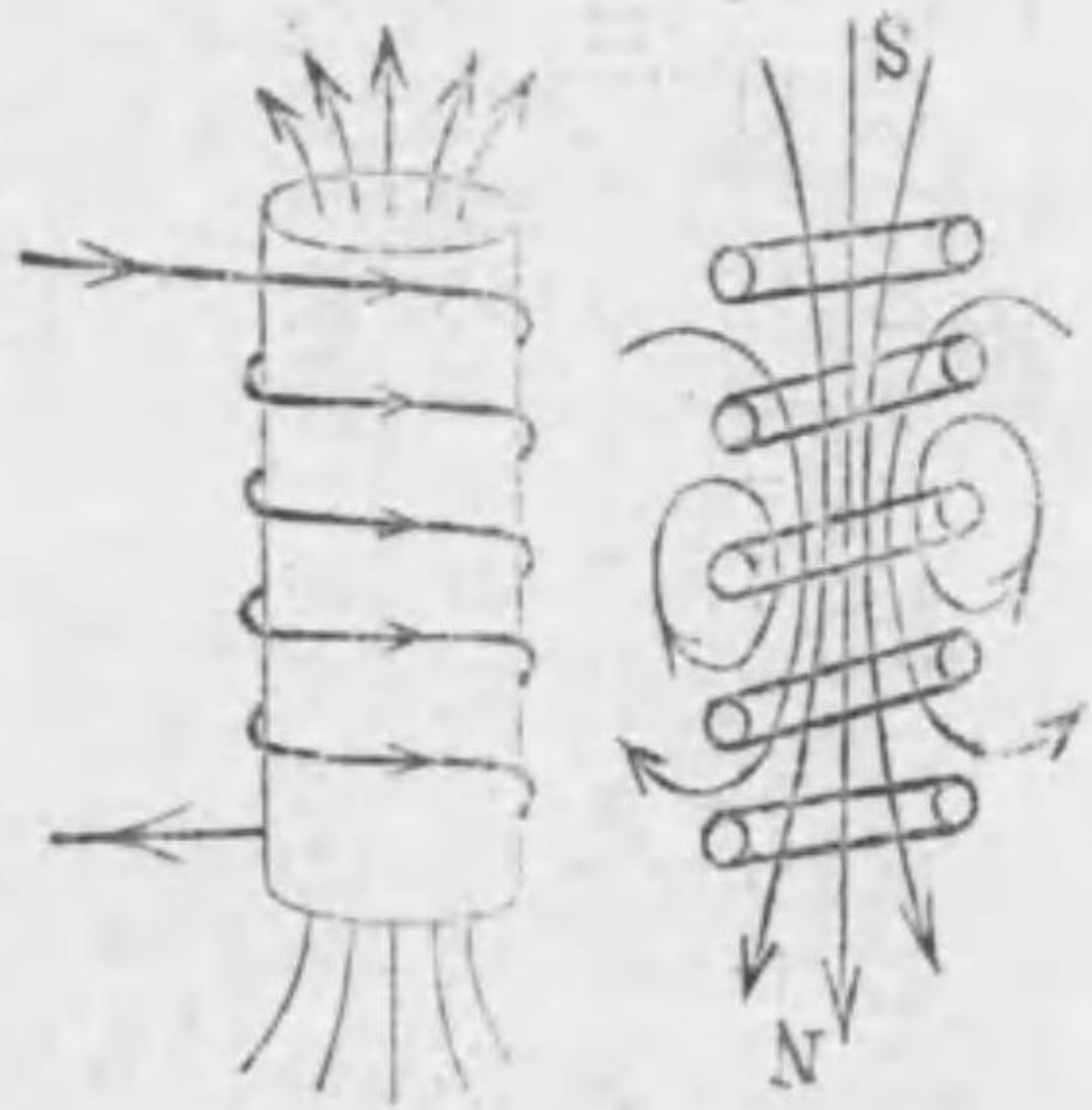


第一〇二圖  
電流計の一種

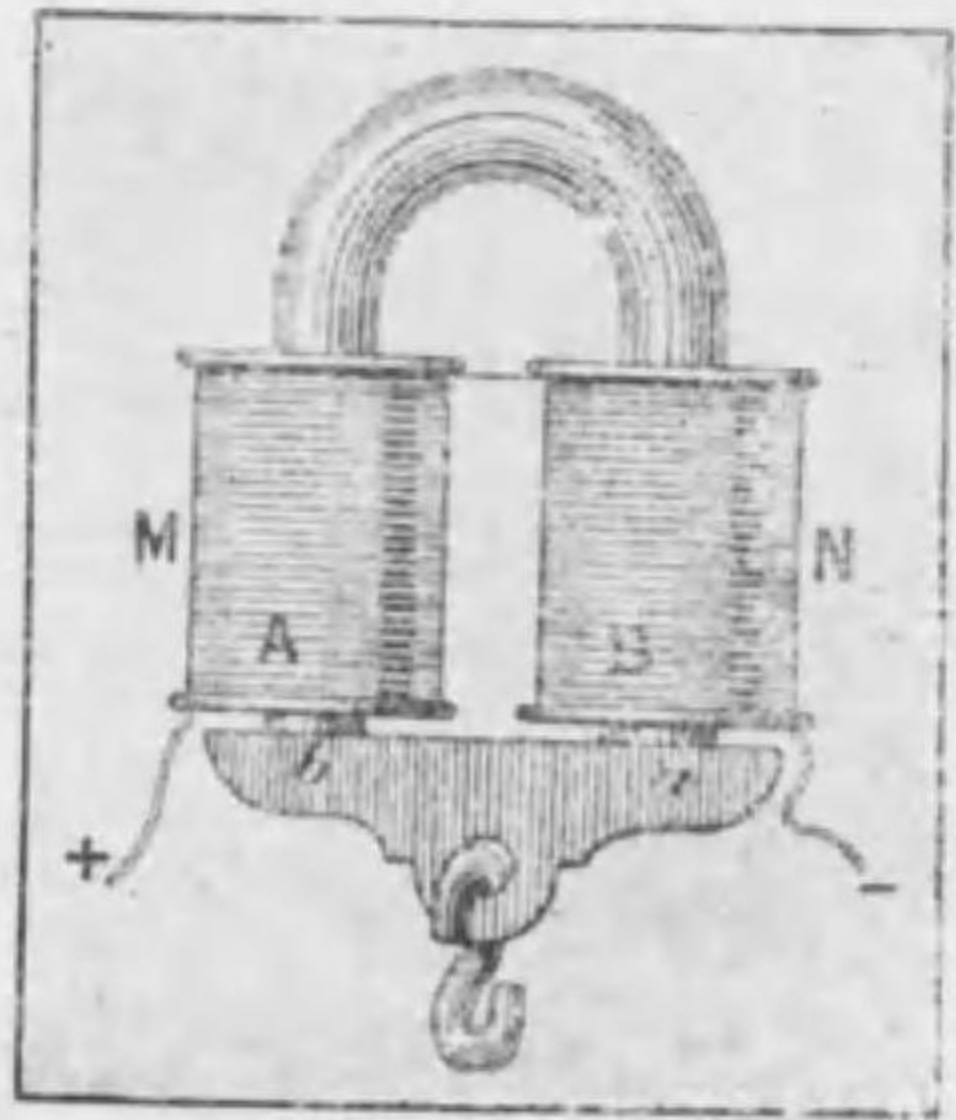
片は「コイル」の中央部に吸引せらるべし是れ中心部が磁界最も強くして鐵を此部に吸引すれば最大の磁氣線を含むし得ればなり第一〇二圖は此理に因り電流の強さを測定

すべき電流計と稱するものにして、電流の強弱に應じ重量Wに抗して鐵片Aを「コイル」の中心に向け吸引するが故に針Aの廻轉の角を以て電流を知るものとす

**二二三「ソレノイド」及び電氣磁石** Solenoid; Electromagnet 第一〇三圖の如く數十回捲ける「コイル」を「ソレノイド」と稱し磁氣線の分布の狀は棒狀磁石と同様なり而して之の中央に鐵片を挿入せるものは電氣磁石と稱し「コルク」抜き法の法則に従ひ一端はN極一端はS極となる



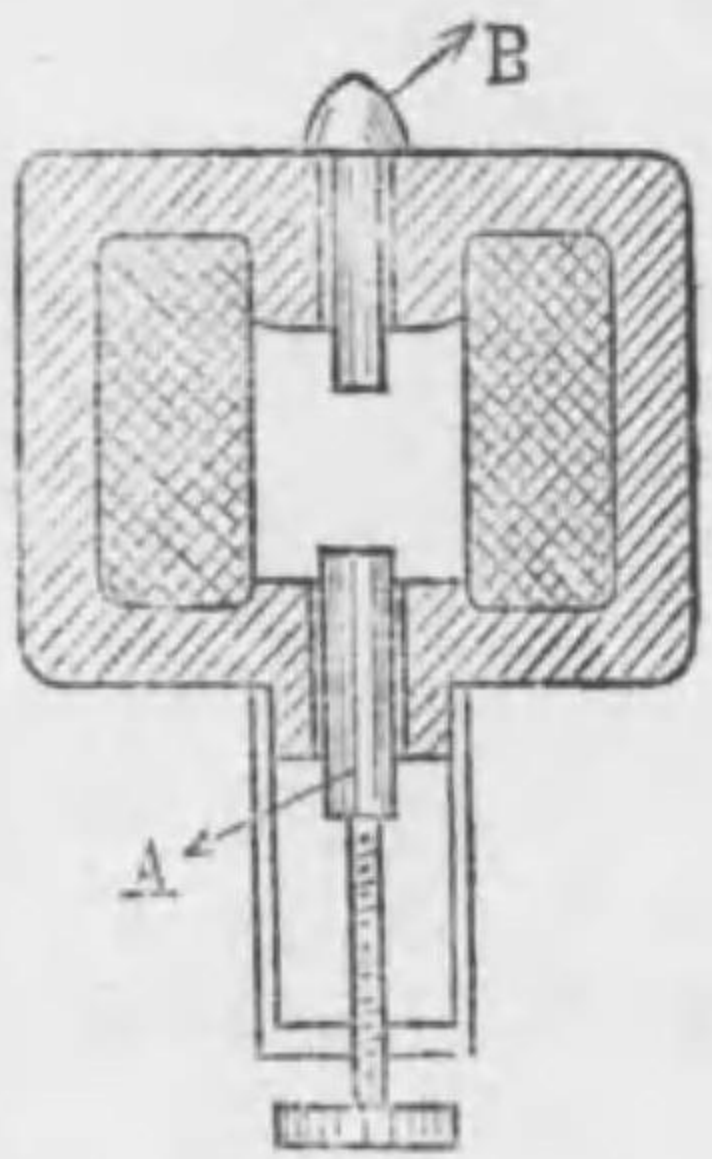
石磁氣電圖三〇一第



石磁氣電馬蹄圖四〇一第

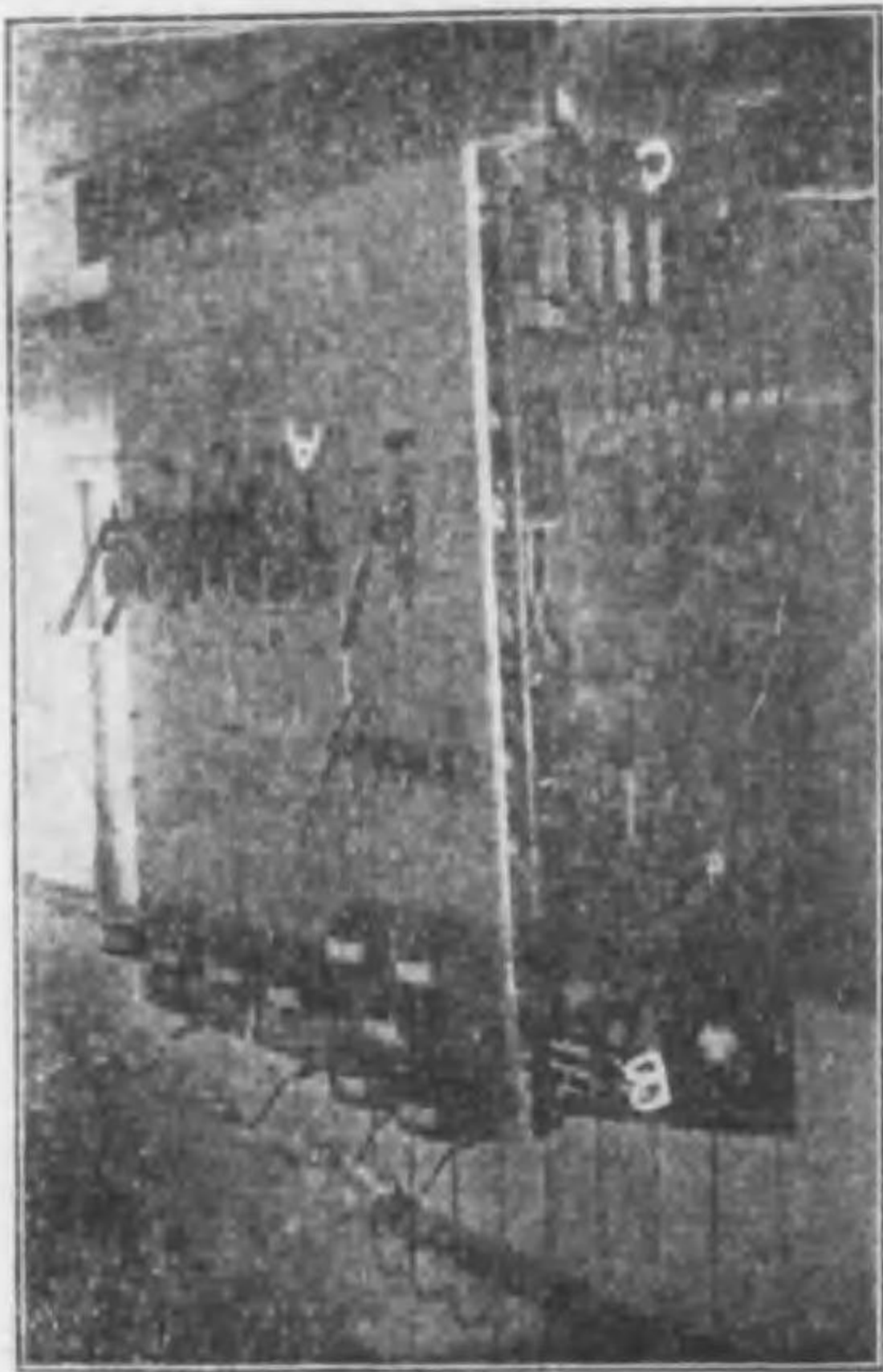
ソレノイドに挿入せられたる鐵を鐵心 (Core) と稱し、軟鐵を使用する時は電流を通ずる間のみ強き磁石となるを以て電信機、呼鈴、鐵片の吸引運搬等に使用せられ、電氣應用の中に就き最も要用なる地位を占むるものなり。

電氣磁石は第一〇三圖の如く棒狀にせる者と第一〇四圖の如く馬蹄形となせる者とあり、後者に於ては圖の如く、コイルも二個に分ち各脚に捲くを普通とす是に於て注意すべき事は一脚はN極一脚はS極なるを以て、コイルの捲方は、各脚の電流が一方に於て右廻り、他方に於て左り廻りとなる様にするを要するとなり、又大なる磁石に於ては鐵心は第一〇四圖の如く馬蹄形に曲ぐる事困難なるを以て棒狀なる二脚を他の鐵片にて結付け



「レイコ、プツリト」圖五〇一第

て開閉器の仕掛けに働らき自動的に回路を開きて電流を遮断せしむる保安の裝置なり



圖六〇一第  
器閉開付「レイコ、プツリト」A  
器抗抵 C 計電高電淨式相三 B

第一〇五圖は電氣磁石を應用せる一例にして「トリップコイル」と稱し電流が或る値以下なる時は「ソレノイド」の磁石力はAなる鐵片を引き上げるに足らざるも、或る強さを超過するときAを吸上げAはBに衝突してBは上部に於て電流を遮断せしむる保安の裝置なり第一〇六圖に示せる配電盤の前面なる開閉器の脚部には皆な此の「トリップコイル」を附しあり。

電流の作る磁石力に就きては第四編に於て詳述すべし。

**二四(二)發熱作用** 今強力なるブンセン電池二三個を



直列に結び、之れに長さ約二三吋の細き鐵線(三十番線位)を連結するときは鐵線は赤熱し遂に溶融すべし、之れ電流が導體を通ずるときは其導體の各部より熱を發生するが故にして、一般に電流強ければ強き程熱量も大なり、ジュール氏の研究によれば電流を二倍にすれば熱は四倍に増加す又使用する導體によりても異なり前記鐵線に代ふるに銅線を以てするときは熱は鐵の場合より少にして針金は赤熱とはなるも溶融せず、是れを以て電流の發熱は使用する針金の抵抗に依て異ると稱す、總ての金屬は電氣の通過を妨ぐる性質を有するを以て、之れに打勝ちて電流通ずるときは、或る量の熱を發生すること物體を摩擦するとき熱を發すると同一の理なり、若し針金が太きか又は電流小なるときは熱量小にして針金細きか又は電流大なるときは熱量も大なり、非常に細き針金に電流を通ずるときは熱の爲めに温度上昇し従て針金は又光を發するにいたる、吾人が室内に使用する白熱電燈は此理により抵抗の大なる炭素の細き針金を作りて之れに電流を通ぜしめ白熱に至らしむるものなり、此の炭素線を封じたる硝子球は真空に爲さざれば炭素は直ちに燃焼し終る憂あり、現時は炭素に代ふるに種々の金屬を以てせる白熱燈盛に使用せらると雖熱として電氣が發生する「エネルギー」と其中光に變形する



第一〇七圖 白熱電燈構造

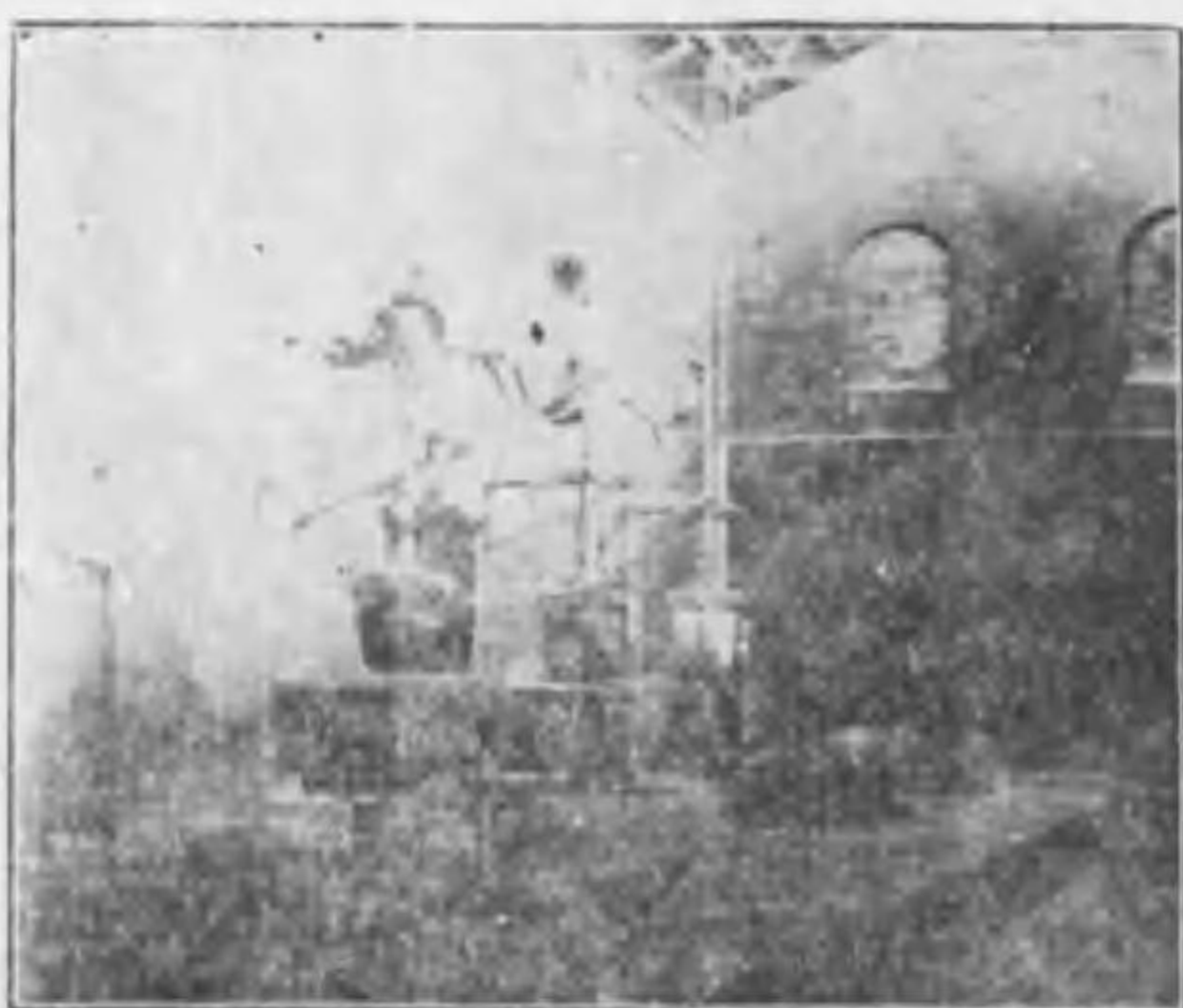
「エネルギー」とは猶ほ非常の差あるものにして炭素を使用するものに於ては後者は前者の約五%内外に過ぎず、殘餘の九五%内外は單に熱として室内に放散せらるる電氣の發生する熱は在來は斯の如き不經濟な

る燈火にのみ使用せられ居たるも現時に於ては暖爐、鑊、炊厨器具等にも盛に使用せらるゝに至れり。

其他電氣の熱を以て金屬の接合溶融等をなさしむる工業も近時非常の發達をなせり又第一〇八圖に示したるものは我國にて近年大に勃興せる炭化石灰製造用電氣爐使用の狀況にして石灰及び炭の混合物に電氣を通ぜしめ其熱にて兩者を溶融化合せしむるものとす。

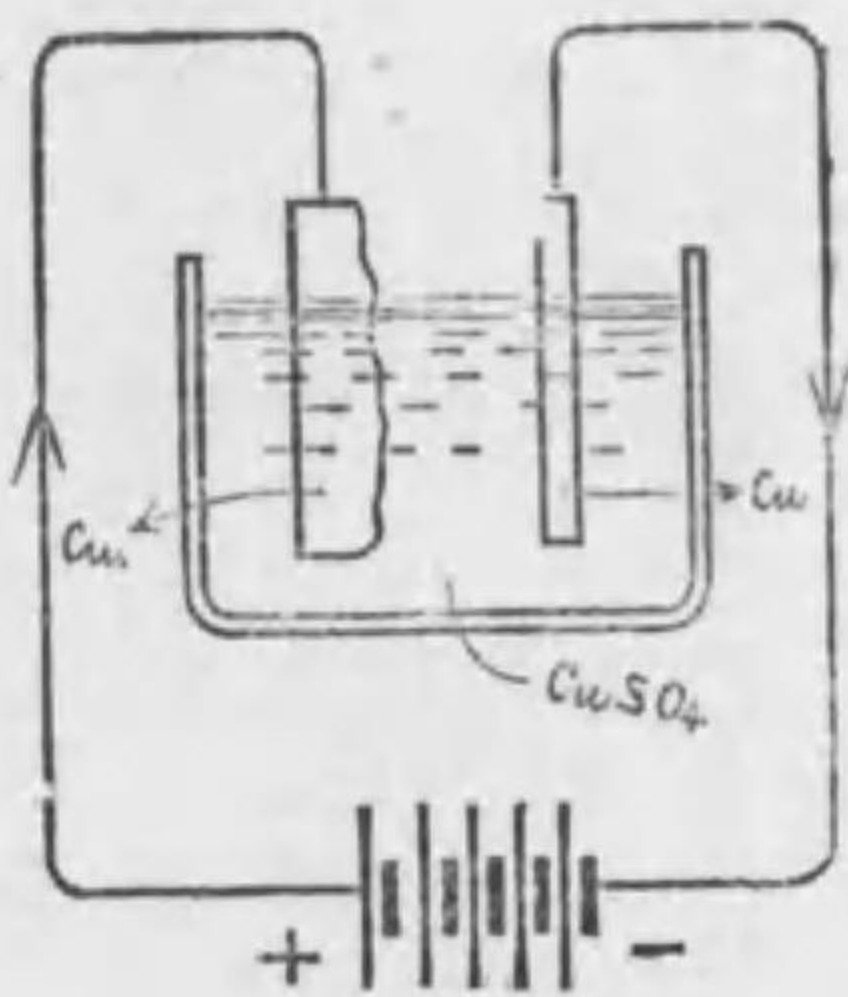
### 二五(三)化學的現象

電流の發生と同時に



第一〇八圖 「イパーカ」製造用電氣爐

電池内部には常に化學變化あること既に説明せり、電池外に於ても、或る鹽類又は酸等の溶液を回路の一部とし、電流をして之の溶液を通過せしむるときは、其結果溶液は分解して各の根 Radical となる、その一秒時間内に分解せらるゝ分子の数は常に一の溶液に於ては同一にして、電流の強さに正比す、例令ば今稀硫酸中に電流を通ずるときは硫酸は分解せられて  $H_2$  及び  $SO_4$  となる、而して  $SO_4$  は直ちに水の  $H_2$  を奪ひて元の硫酸となり、從て各極よりは  $H_2$  瓦斯及び  $O$  瓦斯を發生するを以て、其現象恰も水を分解せるが如し、又、金屬鹽の溶液を分解するときは一極(負極)上には其の金屬を沈澱し、他極(正極)には酸根を生じ、此の酸根は水中の水素を奪ひて元の酸となるか、又は、極の金屬に作用して其の鹽となる



製精の銅 圖九〇一第

此の現象を應用せるものを電氣鍍金又は金屬の精製法となす、例令ば銅の精製に於ては第一〇九圖の如く硫酸銅溶液中に不純なる銅を正極に純銅の小片を負極に吊下し、之れに電流を通ずるときは硫酸銅は分解して銅は負極の銅片上に沈澱し、硫酸根は正極の銅と結合して元の硫酸銅液

に歸り、永く同一作用を繼續す、電流の化學作用を呈するに當りて一秒時間内に分解さるゝ分子の數と電流の強さとは常に正確なる關係を有するものにして、分解沈澱せる金屬の重量を測りて電流の強さを測定することを得、之れをボルタメーター Voltmeter と云ふ、尙ほ電氣化學の項に於て述べべし、

### 二六、電流及び電氣量の實用單位

靜電氣相互間の引力より定めたる電氣の量の單位は既に靜電的單位と命名し、第一編に述べたり、吾人は電流に於ては又之れと全く獨立せる單位を定む、即ち電流に依る磁石力より定むるものにして、電磁的單位 Electromagnetic Unit と云ふ、即ち下記の如し、

電流を圓形の「コイル」に通ぜしむるときは、其の中心點に於て「コイル」の面に直角に生ずる磁界の強さ  $F$  は、「コイル」の半徑  $r$ 、「センチ」電流の強さ  $I$  なるときは

$$F = \frac{2\pi I}{r} \quad \text{「センチ」電流} \quad \text{「センチ」} \quad \dots \dots \dots (46)$$

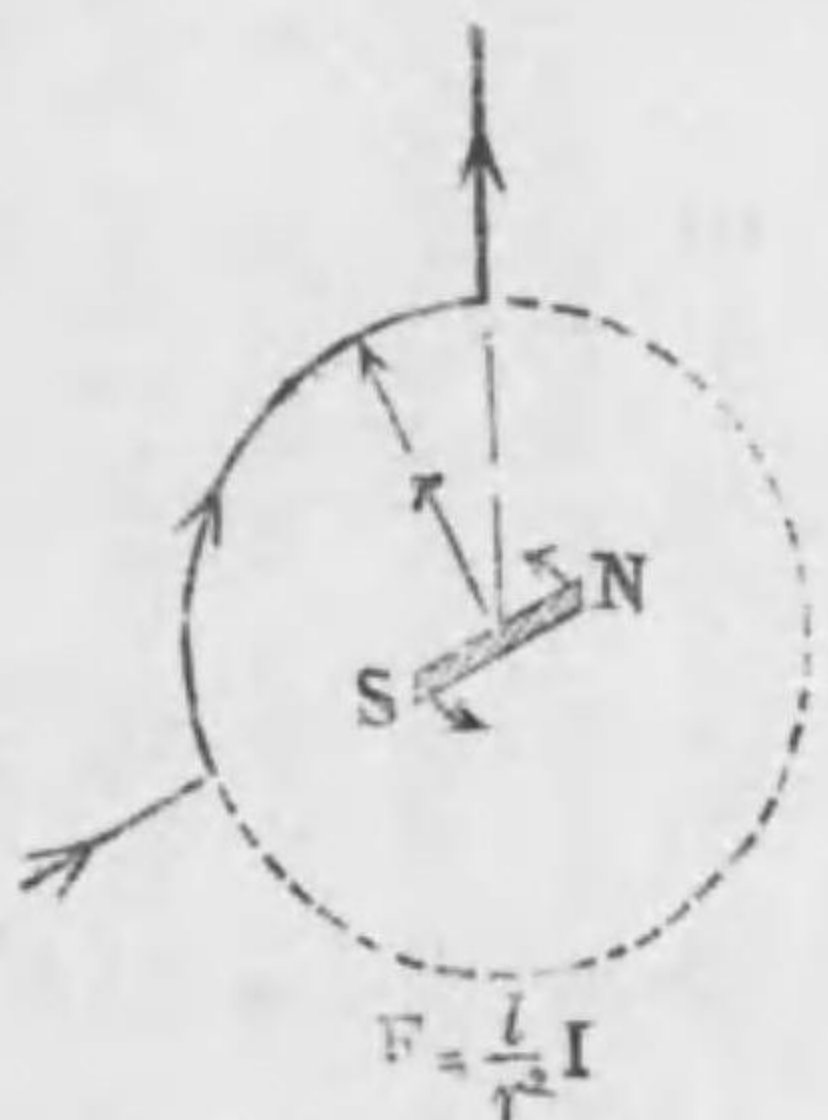
をなすものにして、「コイル」が全圓なるときは  $F = \frac{2\pi I}{r}$  「センチ」 $\dots \dots \dots (47)$

又「コイル」が圓弧の一部にして長さ  $l$ 、「センチ」なるときは

$$F = \frac{l}{r} I \quad \text{「センチ」} \quad \dots \dots \dots (48)$$

をなすなり。

故に吾人は第一〇圖の如く長さ一センチにして半径一センチなる圓弧に電流を通じ中心點に生ずる磁力が一なるときに其の電流の強さを一と稱すと定む。故に「コイル」が半径一センチの全圓形をなす時は中心に $2\pi$ の磁石力を作るもの單位



第一〇圖「ルイコ」形圓の中心の磁界

電流なり、之を電磁的絶體單位と稱す。

此の電磁的單位にて一なる電流の十分の一を實用單位となし、一アムペア Ampere と稱す、

故に「アムペア」の電流は電磁的絶體單位にて示せば $\frac{1}{10}$ に相當す。

既に本編の初めに述べたる如く電流の強さは、一秒時間内に導體中を通過する電氣量の事は、一秒時間内に通過せる電氣の量となる、故に

$$Q = Ct$$

にして電流の強さに時間を乗ずれば其時間内に通過せる電氣の量となる、故ににして「アムペア」が一秒時間通ずるときは一クーロム Coulomb の電氣通じたりと云ふ、即ち

$$(クーロム) = (\text{アムペア}) \times (\text{秒}) \dots\dots\dots (49)$$

又一「アムペア」が一秒時間通ずる時の電氣の量を「アムペア時」 Ampere Hour と稱す即ち一時間は三六〇〇秒なるを以て「アムペア時」とは三六〇〇「クーロム」の事なり。

吾人は電氣の量と電流の強さとを明らかに區別するを要す、電氣の量とは時間に關係なく、相中和費消せる電氣の量にして、電流の強さは此の量の電氣が何程の時間を費して中和せるやを示す所の數即ち一秒時間内に運動せる電氣の量なり従て強き電流が少時間通ずるも、弱き電流が長時間通ずるも電氣の量は同一となり得るものなり。

例題一、一六燭光電燈一個は約二分の一「アムペア」を要す、之の電燈を二時間點火する時は、其の電氣の量を求む。

解  $Q = Ct = 0.5 \times 2 \times 3600 = 3600$  即ち三六〇〇「クーロム」なり。

例題二、某電燈回線に五時間電流を通じたるに五四〇〇〇「クーロム」の電氣を費消せりと云ふ、電流の平均強さを求む。

解  $C = \frac{Q}{t} = \frac{54000}{5 \times 3600} = 3 \text{ amp.}$  即ち三「アムペア」なり

例題三、或る量の銅を精製するに一八〇〇「クロム」の電氣を要すと云ふ、六「アムペア」の電流を使用するときは右精製には何時間を要するか

解、 $t = \frac{Q}{I} = \frac{1800}{6} = 300 \text{ second}$  三〇〇秒即ち五十分時間

本節の如く定めたる「アムペア」の電流は毎一秒時に 0.001118 「グラム」の銀を硝酸銀溶液より分解するものなり、明治四十一年秋倫敦に於て開かれたる萬國電氣單本位會議に於ては、是れを以て電流の實用單位とすることに定めたり。

又右の「アムペア」なる電流を靜電的單位の電流に比するに下の關係をなせり、

$$\begin{aligned} \text{「クーロム」} &= 3 \times 10^9 \text{ 靜電的電氣} \\ \therefore \text{「アムペア」} &= 3 \times 10^9 \text{ 靜電的電流} \\ \text{「電磁的絶體電流」} &= 10^9 \text{「アムペア」} = 3 \times 10^{18} \text{ 靜電的電流} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (50)$$

二七、電壓の單位 電流ニ於ても靜電氣に於けるが如く、單位量の電氣が、或る電位差有る兩點の高き方より低き方に運動するときに爲す仕事の量は  $W = E \times C$

にしてCが電磁的絶體單位にて一なる電流の時放出する仕事毎秒「エルグ」なるときは其時の電位差を電磁的絶體單位の一と稱す、而して其の一億倍(10<sup>9</sup>倍)を實

用單位としてヴォルト volt と云ふ故に m「ヴォルト」の電位差有る點を C「アムペア」の電流通ずるときは毎秒放出する仕事は  $W = 10^9 E \times \frac{C}{10} = 10^8 EC$  「エルグ」

而して毎秒「ジュール」の仕事をするを「ワット」 Watt の「パワー」と稱するを以て  $P = E \times C$  「ワット」;  $\dots\dots\dots (51)$

例題四、電壓一二五「ヴォルト」の發電機より八〇「アムペア」の電流通ずるとせば其の「パワー」何程なるか

解、 $P = EC = 125 \times 80 = 10000 \text{ watt} = 10 \text{ kilowatt}$  即ち一〇「キロワット」なり

靜電的單位に於ても電磁的絶體單位に於ても單位電壓に單位電流を乗じたるものは毎秒「エルグ」の「パワー」以下電力と稱すべしをなす、然るに電流の單位は靜電的單位よりも電磁的單位の方  $3 \times 10^9$  倍大なるを以て、電位差の單位は逆に電磁的の方靜電的の  $\frac{1}{3 \times 10^9}$  倍に小なるべし、而して實用單位「ヴォルト」は其の10<sup>9</sup>なる倍を

以て靜電的單位に比し

$$\frac{1}{3 \times 10^9} \times 10^9 = \frac{1}{300}$$

三〇〇分の一の大きさなり即ち三〇〇「ヴォルト」が一靜電的電位差に等しきなり。

例題五、面積二〇〇平方センチなる吸引板電氣計の各板に三萬「ヴォルト」の電位差を與ふるときは、兩板間の電界に蓄積さるゝエネルギーは何程「ジュール」なるか但し兩板の距離は一「センチ」とす

解、蓄電器としての容量Cは

$$C = \frac{A}{4\pi t} = \frac{200}{4 \times \pi \times 1} = 15.9$$

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 15.9 \times \left(\frac{30000}{300}\right)^2 = 0.5 \times 15.9 \times 100 \times 100 = 79900 \text{「ジュール」}$$

$$79900 \times \frac{1}{10^7} = 0.00799 \text{「ジュール」}$$

### 二八、「オーム」氏法則

Ohm's Law.

或る針金を以て一個の電池の正負兩極

を結ぶ時は或る電流を通ずべし、同一の針金を以て他の種類の電池に結ぶときは電流の強さは必ずしも前の場合と同一ならず一般に電壓大なる電池に結ぶときは電流大なり、又た同一の電池にても使用する針金の大小長短及び物質の銅なる

か鐵なるか洋銀なるか等に因て大に異なるものなり、即ち或る電路に通ずる電流の強さを定むるものは(一)電壓の大小(二)使用する針金の如何による、かく針金の大小長短に因て電流の強さの異なるは針金は電氣の通過を妨ぐる性質を有するが故にして是を以て總ての導體は電氣の抵抗 Resistance を有すと稱す、而して同一の電壓に結ぶとき大なる電流を通ずるものは抵抗小にして小なる電流を通ずるものは大なる抵抗と稱す。

「オーム」博士は電壓電流及抵抗の間の關係を明確に規定せる人にして氏に従へば

電流の強さは電壓に正比例し抵抗に反比例す。

即ちCを電流Eを電壓Rを抵抗を示すものとすれば

$$C \propto \frac{E}{R}$$

なり、吾人は電壓Eが一「ヴォルト」なるとき電流Cを一「アンペア」ならしむる如き抵抗を抵抗の實用單位となし、之を一「オーム」と稱すと定む、從て上式はEが「ヴォルト」Cが「アンペア」Rが「オーム」なるときは

$$C = \frac{E}{R} \quad (\text{「ヴォルト」}) \quad \text{電流} = \frac{\text{電壓}}{\text{抵抗}} \dots\dots\dots (53)$$

となる、

例合ば十六燭光白熱電燈球一個は一〇〇「ヴォルト」の電壓に結ぶときは約〇.五「アムペア」の電流を通ず、従て其の電氣抵抗は

$$C = \frac{E}{R} \quad 0.5 = \frac{100}{R} \quad \therefore R = \frac{100}{0.5} = 200$$

即ち二〇〇「オーム」なり、又五〇燭光用の電球ありて七〇「オーム」の抵抗を有するときは之を一.二五「ヴォルト」の電壓に結べば其の電流は

$$C = \frac{E}{R} = \frac{1.25}{70} = 1.78$$

即ち一.七八「アムペア」を通ずるなり

前記「オーム」氏法則は下の如く變形することを得

$$E = C \times R \quad (\text{電壓}) = (\text{電流}) \times (\text{抵抗}) \dots\dots\dots (54)$$

換言すれば或るR「オーム」の抵抗を有する導體にC「アムペア」の電流を通ぜしむる爲には電流に抵抗を乗じたる値に等しき電壓を要す、例合ば三〇「オーム」の抵抗を有する導體に五「アムペア」を通ぜしむる爲めには

$$E = CR = 5 \times 30 = 150$$

一五〇「ヴォルト」を要するなり

### 二九、内部抵抗

*Internal Resistance*

前節に説明せる抵抗Rは電池又は發電機

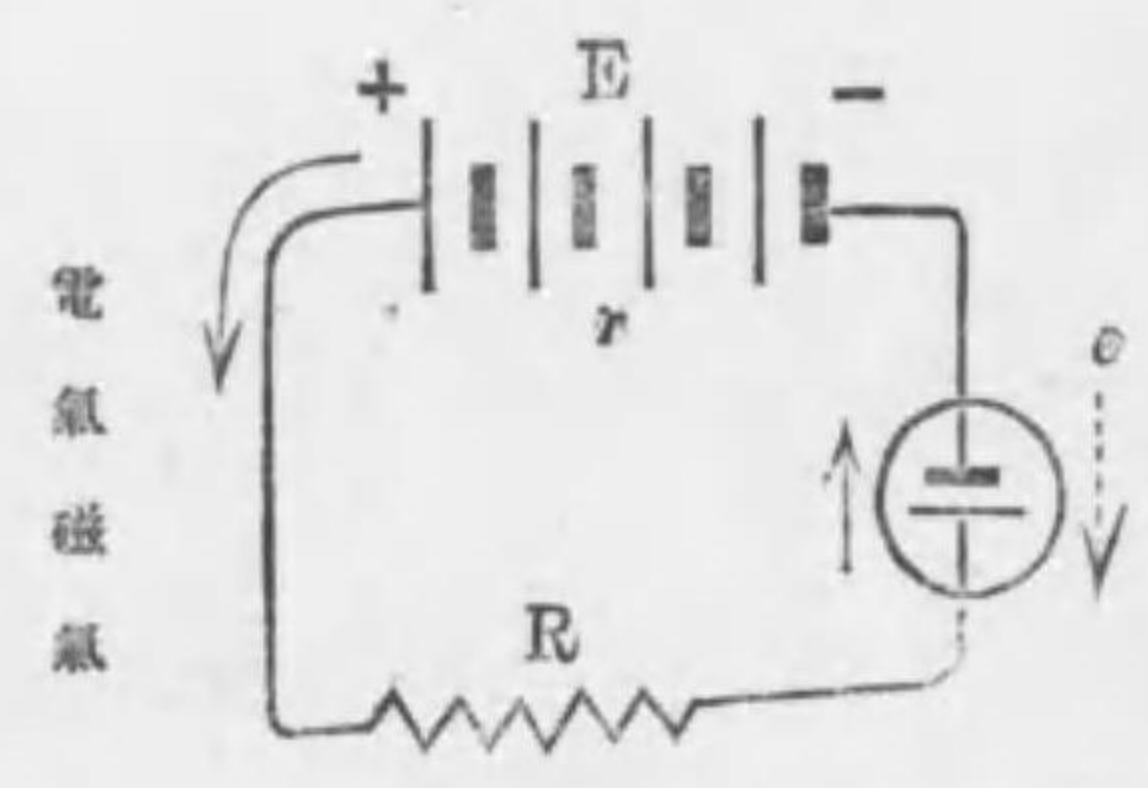
等の兩極を連結する針金の抵抗なり、電流は外部の針金のみならず電池自身の液又は電線をも通ずるが故に此部の抵抗をも考へざる可らず、此等電源自身の有する抵抗を其の内部抵抗と稱してrを以て示すときは「オーム」氏法則は下の如くなるものなり。

$$C = \frac{E}{R+r} \quad (R \text{は外部抵抗, } r \text{は内部抵抗})$$

一般にある數個の電壓及び抵抗よりなる一の回路に於ける電流は電壓の總和を抵抗の總和を以て除して求むべし、若し起電力の一部分が逆の方向にあるときは之れは負に取るを要す、即ち第一一圖の如き回路に於て外部抵抗R、内部抵抗r、電池の電壓E、且つ回路内にはEと逆の方向に他の電壓eあるときは電流Cは

$$C = \frac{\text{起電力の總和}}{\text{抵抗の總和}} = \frac{\sum E}{\sum R} = \frac{E-e}{R+r} \quad (\text{「アンペア」} \dots\dots (55))$$

をなすなり、「ヴォルタ」電池に於ては成極作用のために電流の強さが漸次減少することを説けり、是れ此の式に於ける反起電力eが漸次増加し且つ水素瓦斯の爲めに、内部抵抗rが大となり來るが故に外ならず。



第一圖 抵抗及起電力のあつた場合

電氣磁氣

次に此の式を變形するときは

$$C(E+r) = E - e \quad \text{又は} \quad E = e + C(E+r) \dots\dots\dots (19)$$

となる。是れ回路中にeなる逆起電力あるときにはR+rなる抵抗中にCなる電流を通ずるために要する電圧はC(E+r)の外にeを打消すべく同じくeを要することを示す。換言すれば電池の電圧Eは一部はeを打消す爲に、残部はR+rにCを通ずるために使用せらるゝなり。

例題六、起電力二「ヴォルト」内部抵抗〇.四「オーム」なる重「クロム」酸電池六個を直列に結び之れを抵抗三.六「オーム」の電線にて結ぶときは電流何「アムペア」を通ずるか。

$$\text{解} \quad C = \frac{2E}{2R} = \frac{2 \times 6}{3.6 + 0.4 \times 6} = \frac{12}{6} = 2 \quad \text{「アンペア」}$$

例題七、内部抵抗〇.〇〇五「オーム」なる蓄電池(稀硫酸中に二枚の鉛板を挿入せるものと知るべし)を抵抗〇.〇五「オーム」なる電線にて内部抵抗四.五「オーム」なる発電機に結び、電流八「アムペア」を通ぜしめんとす。発電機の電圧何程なるを要するか、又電流の通過と共に蓄電池は二「ヴォルト」の逆起電力を發生するものとせば電流を八「アムペア」に保つ爲めには発電機の電圧は何「ヴォルト」

となすべし。

$$\text{解} \quad C = \frac{E}{R+r+r'} \quad 8 = \frac{E}{.05 + .005 + 4.5} \quad \therefore E = 8(.05 + .005 + 4.5) = 8 \times 4.555 = 40.44 \text{「ヴォルト」}$$

$$\text{又} \quad C = \frac{E - e}{R+r+r'} \quad \therefore 8 = \frac{E - 2}{4.555} \quad \therefore E - 2 = 8 \times 4.555 = 42.44 \text{「ヴォルト」}$$

### 三〇、抵抗

或る一定の形状を有する針金の抵抗は其の温度が變ぜざる限りは電圧又は電流の有無大小等に關せず一定せるものにして「オーム」氏の研究によれば總て導體の有する抵抗は

- (一)物質によりて異なる。
  - (二)同一物質にても長さに依りて異なり抵抗は長さに正比例す。
  - (三)同一物質にても其の切斷面積に依りて異なり抵抗は切斷面積に反比例す。
- 故に「センチ」なる長さにてA平方「センチ」なる切斷面積を有する電線の抵抗は

$$R = \frac{\rho l}{A} \quad \text{「オーム」} \dots\dots\dots (57)$$

の形を以て示すことを得可くρは物質に依りて異なる係數にして、之を其の物質の特有抵抗 specific resistance と稱すしが「センチ」Aが一平方「センチ」なる導體にては

$$R = \rho$$

抗抵有特の屬金 (表二第)

物質	成分	10 <sup>-6</sup> ohm單位 ρ 0°C.		銅ノ抵抗 ヲ一ト見 テ比抵抗	0°C-100°C 間ノ平均 α
		1Cm. 立方	1吋立方		
銀	軟	1.468	0.5781	0.9406	0.00400
銅	軟	1.561	0.6146	1	0.00428
銀	硬 引	1.592	0.6269	1.02	—
銅	硬 引	1.592	0.6269	1.02	—
金	軟純度 99.9%	2.197	0.8650	1.407	0.00377
金	硬 引	2.234	0.8796	1.431	—
アルミニウム	純度 99%	2.563	1.009	1.642	0.00423
アルミニウム	工業用 97.5%	2.665	1.049	1.707	0.00435
マグネシウム		4.355	1.715	2.790	0.00381
亜鉛		5.751	2.265	3.684	0.00406
鐵	純 粹	9.065	3.569	5.806	0.00625
鐵	0.25%Mn, 0.01%S ヲ含有セルモノ	10.512	4.138	6.733	0.00544
鐵	電 信 用	14.910	5.870	9.552	—
カドミウム		10.023	3.946	6.419	0.00419
パラジウム		10.219	4.024	6.546	0.00354
白金		10.917	4.299	6.995	0.00367
ニッケル		12.323	4.851	7.893	0.00622
錫		13.048	5.137	8.358	0.00440
タリウム		17.633	6.940	11.29	0.00398
鉛		20.380	8.024	13.05	0.00411
アンチモニー		35.45	13.96	22.71	0.00389
水銀		94.07	37.03	60.26	0.00072
蒼鉛		131.18	51.65	84.95	0.00353

(フレイミング・ヂェワ・兩氏測定)

をなすが故に、特有抵抗とは各片一センチなる立方形の一面向より他面に電流を通ぜんとする時其の導體の有する抵抗なりと稱することを得、各物質のρは第二表に見るが如し、實用上、長さを吋、面積も平方吋にて計算するを要することあり、此際にては係數ρも相當換算を要す、第二表の第二行に掲げたるもの之れなり。

各導體中銅及び銀は抵抗最も小にして金、アルミニウム等之れに次ぎ鐵は銅の約六倍、ニッケルは八倍、鉛は一三倍、水銀は約六〇倍の抵抗を有す。

明治四十一年の萬國電氣單位會議に於ては太さ一平方ミリメートル、長さ一〇六三センチなる水銀柱が攝氏零度に於て有する抵抗を一「オーム」と稱すと規定せり、勿論前節に於て定めたる「オーム」と相合すべきものなり。

導體の特有抵抗は其の成分即ち純粹の程度に因て非常に差異あるを忘る可らず、第二表及第三表に示したるは「フレイミング」氏が或る見本に就て試験せる結果なり。



抗抵有特の金合 (表三第)

合金名	合金ノ成分	ρ(10 <sup>-6</sup> ohm單位)00C.		銅チートセル比抵抗	0°-100° C間ノ平均α
		1Cm.立方	1吋立方		
シルベリン	77Cu+17Ni+2Fe+2Zn+2Co	2,064	0,8127	1,322	0,00285
アルミ銅	94Al+6Cu	2,904	1,144	1,861	0,00381
チタンアルミ		3,887	1,531	2,490	0,00290
アルミ銀	94Al+6Ag	4,641	1,827	2,973	0,00238
金銀	90%Au+10%Ag	6,280	2,473	4,024	0,00121
銀銅	67Au+33Ag	10,78	4,244	6,906	—
黄銅	軟70.2Cu+29.8Zn	6,970	2,745	4,465	—
同	硬	8,226	3,239	5,270	—
同	諸種大約	6.4—8.3	2.52—3.27	4.1—5.32	.001—.002
青銅	80Pt+20Ir	8,479	3,339	5,433	0,00064
同	諸種大約	5.0—10.0	1.97—3.94	3.2—6.4	—
銅アルミ	97Cu+3Al	8,847	3,483	5,667	0,000897
アルミ青銅		12,300	4,843	7,879	0,0010
同	諸種大約	11.7—13.4	4.61—5.28	7.5—8.6	0.005—0.001
銅アルミニウム	87Cu+6.5Ni+6.5Al	14,912	5,87	9,552	0,000645
パラヂウム銀	20Pd+80Ag	14,964	5,891	9,585	—
白銀ローヂウム	90Pt+10Rh	21,142	8,324	13,54	0,00143
ニッケル鋼	1.35%Ni 含まムモノ	29,452	11,60	18,87	0,00201
洋銀	Cu+Zn+Ni	29,982	11,80	19,21	0,000273
同	90.16Cu+25.25Zn+14.02Ni+0.3P	30,031	11,82	19,23	0,000361
同	諸種大約	20—34	7.87—13.4	12.8—21.8	—
白金イリヂウム	20Ir+80Pt	30,896	12,16	19,79	0,000822
白金銀	66Ag+33Pt	31,582	12,44	20,23	0,000243
ニッケリン	18.14Ni+61.64Cu+19.52Zn+23Fe+2Co+19Mn	33,22	13,08	21,28	0,000300
プラチノイド	洋銀+1—2%マンガン	41,731	16,43	26,73	0,000310
コンスタンチン		42,147	16,594	27,0	—
マンガン	84Cu+12Mn+4Ni	46,678	18,38	29,90	0,0000
同	84Cu+12Mn+4Ni	42,92	16,90	27,50	-0,000025
ユーリカ	軟	47.1	18.55	30.17	0,000005
同	硬	—	—	—	0,000011
クルミツ		48,391	19,053	31,0	—
レチスタン	33.29Cu+25.3Ni+16.9Zn+4.4Fe+37Mn	52,63	20,72	33,71	0,000411
クルツピン	鋼ノ合金ノ一種	57,757	22,74	37,00	—
マンガン鋼	12%Mn 含まム鋼	67,148	26,43	43,01	0,00127
ビーコン		74,928	29,5008	48,00	0,0007007
レチスタ	マンガン鋼ノ一種	75.5	29,724	48,36	—
レチシテン		76,468	30,11	48,99	0,00110
マンガニス鋼	70Cu+30Mn	100,0	39,38	64,06	0,00040
炭素	白熱燈用	3300—4100	1536—1614	2439—2626	-0,00054
同	アーク用	6300—7000	2400—2756	4035—4484	-0,00050
同	レトルト炭素	約67000	26380	42920	—

三、銅線の抵抗計算 第二表を用ひて或る長さの銅又は其他の抵抗を計

算せんに、 $l$ 及び $A$ の單位に従ひ係數 $\rho$ は種々に變ずべし。

(一)長さが「センチメートル」面積 $A$ が平方「センチ」なるときは

$$R = \frac{1.592}{10^6} \times \frac{l}{A} \quad \text{「オーム」} \quad (l \text{ は「センチ」} A \text{ は平方「センチ」} \dots\dots(58))$$

(二)  $l$ は「メートル」 $A$ は平方「ミリメートル」の場合には

$$R = \frac{1.592}{10^6} \times \frac{100l}{A} = 0.0159 \times \frac{l}{A} \quad (l \text{ は「メートル」} A \text{ は平方「ミリ」} \dots\dots(59))$$

(三)  $l$ は吋 $A$ は平方吋の場合には

$$R = \frac{0.626}{10^6} \times \frac{l}{A} \quad (l \text{ は「インチ」} A \text{ は平方「インチ」} \dots\dots(60))$$

(四)  $l$ が呎 $A$ が「サーキュラー、ミル」の場合 電線の太さを示すに「サーキュラー、ミル」なる單位あり、一時の千分の一を「ミル」と稱し、直徑「ミル」なる圓形の積を「サーキュラーミル」と云ふ、一般に圓の面積は直徑の二乗に正比例するものなるにより直徑 $d$ 「ミル」なる圓形の積は $d^2$ 「サーキュラーミル」なり、假令ば直徑 $O$ 、一二吋なる圓形の電線あらば其の面積は



$$r_{\text{アル}} = r_{\text{ニ}} - \Delta, \text{ 故に } R = \frac{2.56}{10^6} \times \frac{100 \times 100}{\pi \times (1.2)^2} = 5.85 \quad [r_{\text{ニ}} - \Delta]$$

例題一〇、切斷面積一五平方センチ長五〇〇メートルなる銅線の抵抗を求む

解 公式(五九)の係数を〇.〇二として計算し

$$R = 0.02 \times \frac{500}{15} = 0.66 \quad [r_{\text{ニ}} - \Delta]$$

例題一一、切斷面積〇.二二平方吋にして抵抗二オームなる銅線の長さを求む

$$\text{解 } 2 = \frac{0.626}{10^6} \times \frac{l}{0.12} \quad l = \frac{2 \times 10^6 \times 0.12}{0.626} = 383,000 \text{吋} = \frac{383,000}{12} = 32,000 \text{呎}$$

例題一二、太さ二十萬「サーキュラーミル」長さ〇.六哩なる銅線の抵抗を求む

$$R = 10.8 \times \frac{0.6 \times 5280}{200000} = 0.171 \quad [r_{\text{ニ}} - \Delta]$$

三三三、合金の抵抗 二種以上の金属を合金とせるものは、其の成分たる各金属の何れよりも大なる特有抵抗を有す、特に抵抗を増加する目的に使用する電線は何れも合金を使用するを普通とす、例令ば洋銀は銅の約二〇倍「マンガニ」は三〇倍の抵抗を有するが如し。

三四、温度と抵抗との關係 特有抵抗  $\rho$  は各物質によりて定めれりと雖

若し温度に變動あるときは又少しく變化するものにして一般に金属の抵抗は温度上昇すると共に増加し其率は略ぼ攝氏一度に就き〇.四%内外とす、故に温度が零度より一〇〇度迄變ずるときは抵抗は  $100 \times 0.4\% = 0.4$  即ち約四割の變動あるものなれば、温度の變化は常に注意するを要す、第二表及び第三表に示したる數は攝氏零度に相當するものなり。  
今零度に於ける或る金属の抵抗を  $R_0$ 「オーム」も及び  $T$  度に於ける抵抗を各  $R_t$  及び  $R_T$  とすれば  $\alpha$  を温度による抵抗の變化率となし

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \quad \dots\dots\dots (63)$$

$$R_T = R_0(1 + \alpha T) = R_t \times \frac{1 + \alpha T}{1 + \alpha t} \quad \dots\dots\dots (63)$$

の關係あり、 $\alpha$  を抵抗の温度係數 Temperature Coefficient と稱し、第二表及び第三表の末行に示したり。

導體中炭素及び溶液は他の金属等と異なり温度の上昇と共に抵抗を減少する性質あり即ち  $\alpha$  は負値を取る。

又第三表を第二表と比する時は吾人は合金の特有抵抗は其の成分なる金属の抵抗より大なるも、其の温度係數は一般に非常に小なるを見る、諸種の實驗又は測定

2460  
221

等の際し抵抗の標準として温度の變化に關せず常に同一の抵抗を有する導體を欲することあり、特に此の目的に向つてαが零なる合金を作り使用することあり

「マンガン」Manganin「ユーリカ」Eurekaの如き是れなり。本節の理由により抵抗の變化を知り之れより温度の變化を計算することを得即ち「はち公式(六二)より、

$$R_t - R_0 = R_0 \alpha (T - t) \quad \therefore \text{温度の變化 } T - t = \frac{R_t - R_0}{\alpha R_0} \dots \dots \dots (63)$$

假令ば攝氏一五度に於て五〇「オーム」の抵抗ありしものが温度上昇の爲めに五七「オーム」に増加せりとすればαを〇.〇〇〇四とし

$$T - t = \frac{57 - 50}{0.004 \times 50} = 35^\circ$$

即ち三五度上昇し現在は五〇度となり居れるなり。

### 三四、接觸抵抗

Contact Resistance 今一の導體を中央より切斷し各片を元の

如く相接して其抵抗を測定すれば必ずや切斷せる以前より抵抗増加し居るを見るならん、即ち兩片の接する部に抵抗加はれるものにして一般に二個の導體を單に機械的に接觸したるのみにては其間に必ず多少の抵抗を生ず、之れを接

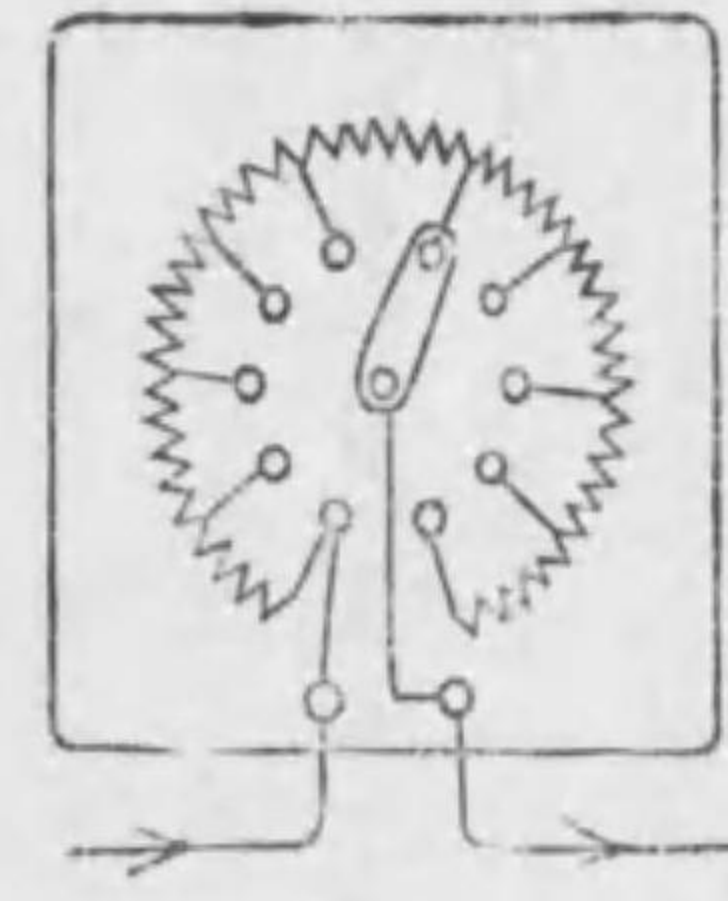
觸抵抗と稱し、接面の壓力を大にすれば殆んど除却し得るものなり、故に針金と針金とを振り合せて連結するが如き、一方の針金を他の針金に巻き付くるが如きは抵抗を増加し従て電流通過の際其部に於て特に甚だしく發熱する等の憂あるを以て避くるを要す、之の接觸抵抗の存在する理由は恐らく接觸面に於て二個の導體が全く相接せずして抵抗大なる空氣の薄層を存するが故なるべし、之を不完接觸 Imperfect Contact とす。

不完接觸の抵抗は壓力に依て非常に變化するものにして電話送話機の如きは此理を應用し炭素粒を軽く盛りたるものに電流を通ぜしむるものなり、又無線電信に使用する「コヒーラ」Coharer 即ち受信機も電波の衝擊より起る接觸抵抗の變化を應用せるものにして「コヒーラ」内の金屬粉は平常は頗る大なる接觸抵抗を有するも粉末間に電波の通ずる時は其の抵抗急に下りて粉末間に極小なる火花が飛びて接面の空氣層を破ると信ずる者あり、局部電池の回線に電流を通ぜしむるものなり。

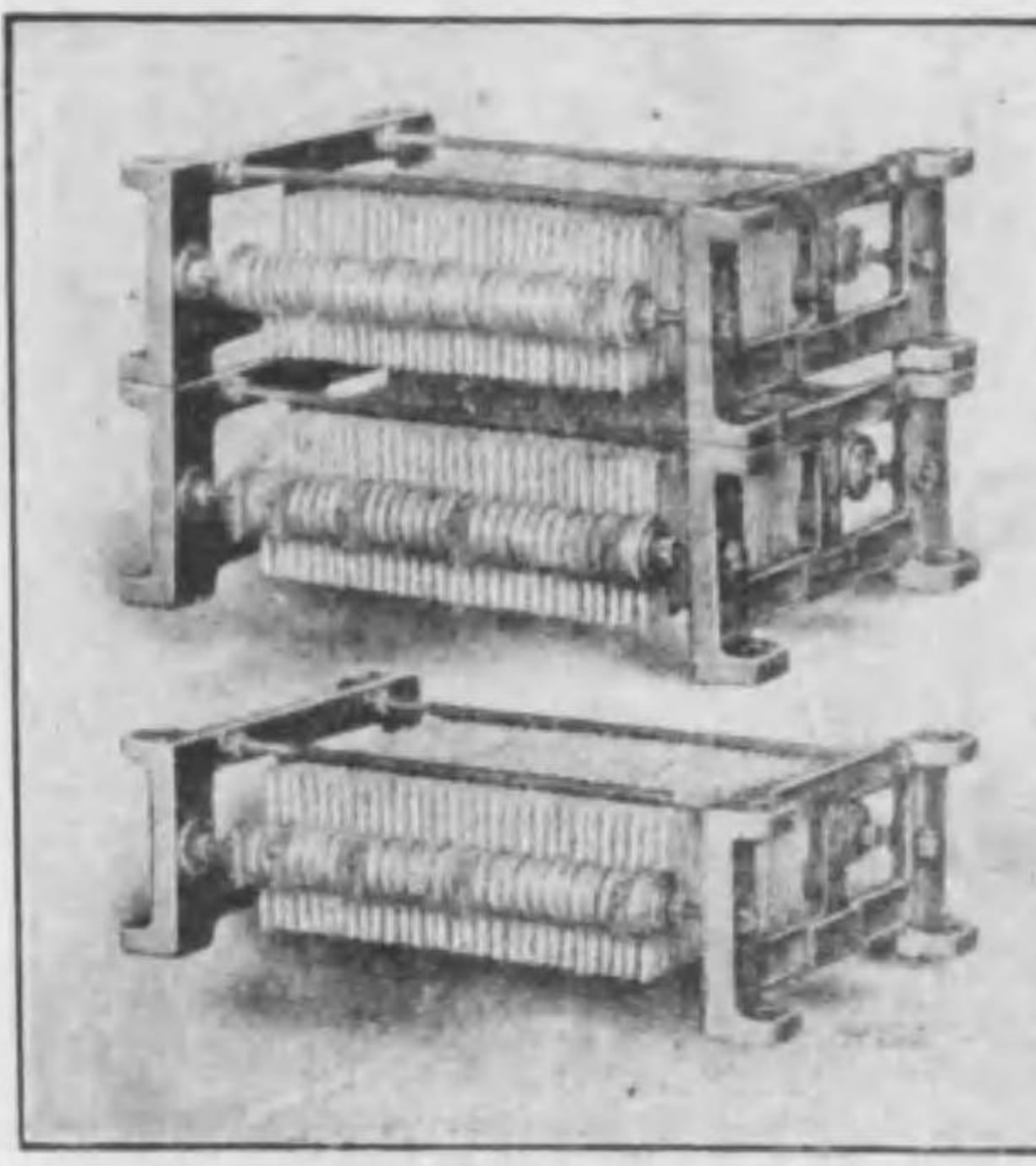
### 三五、抵抗器、抵抗箱

Rheostat; Resistance Box 或る起電力より電流を得るに

當り其の強さを増減するを要することあり、之れが爲めには回路の抵抗を増設す

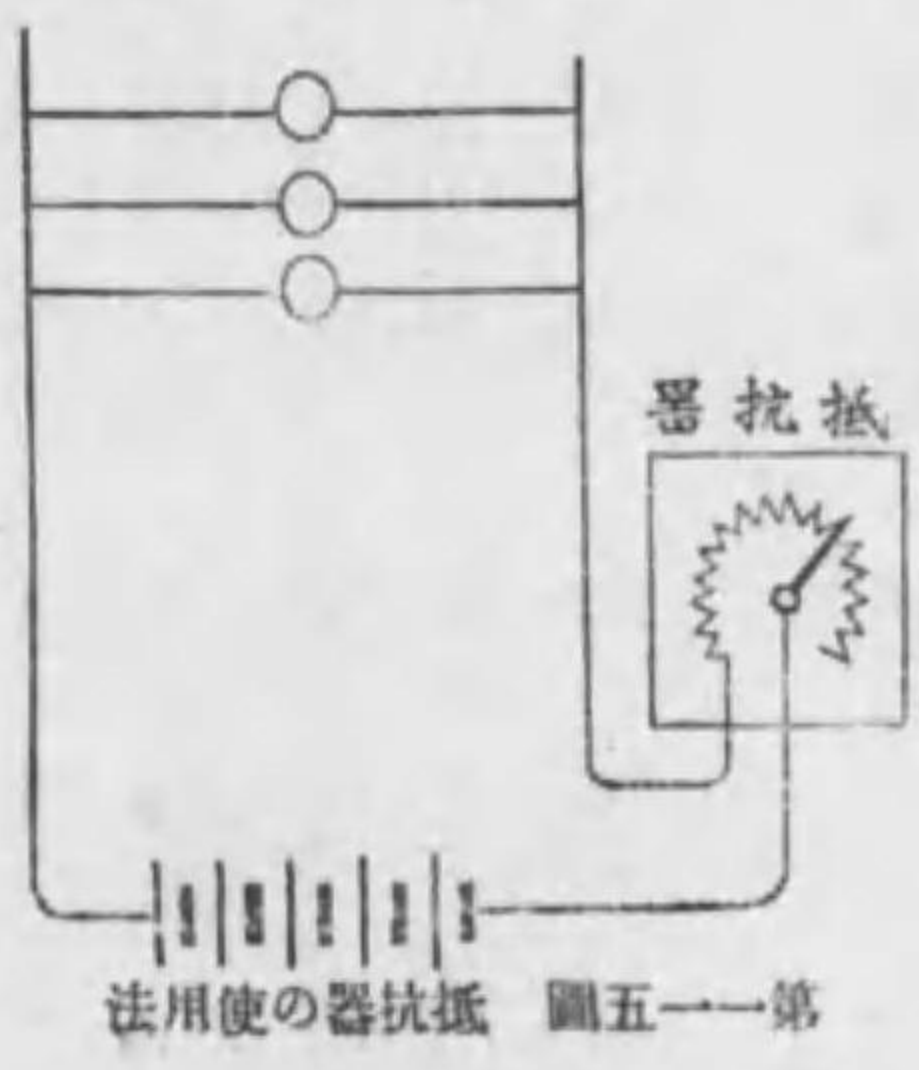


器抗抵 圖三一一第

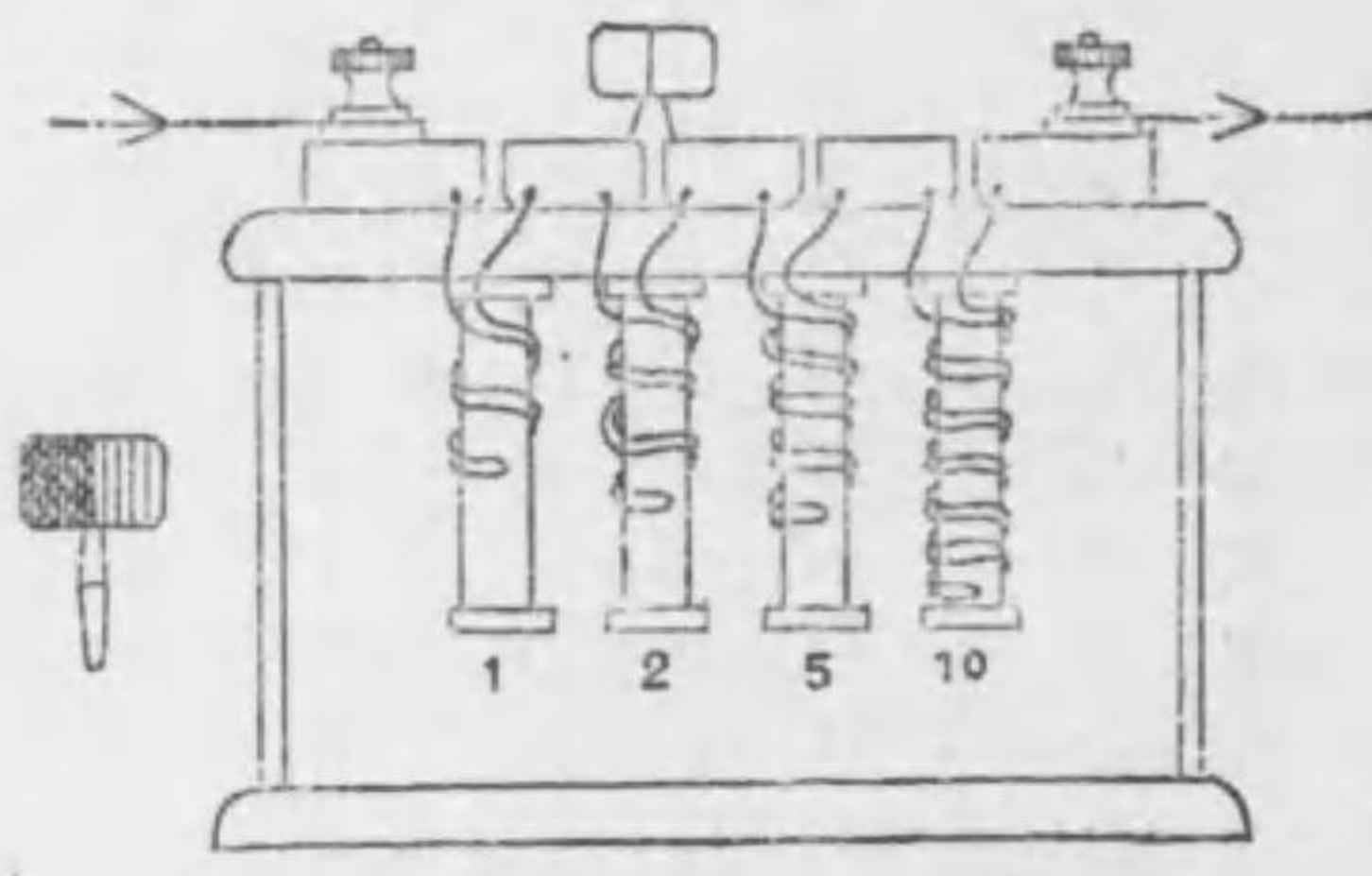


器抗抵用機電發 圖四一一第

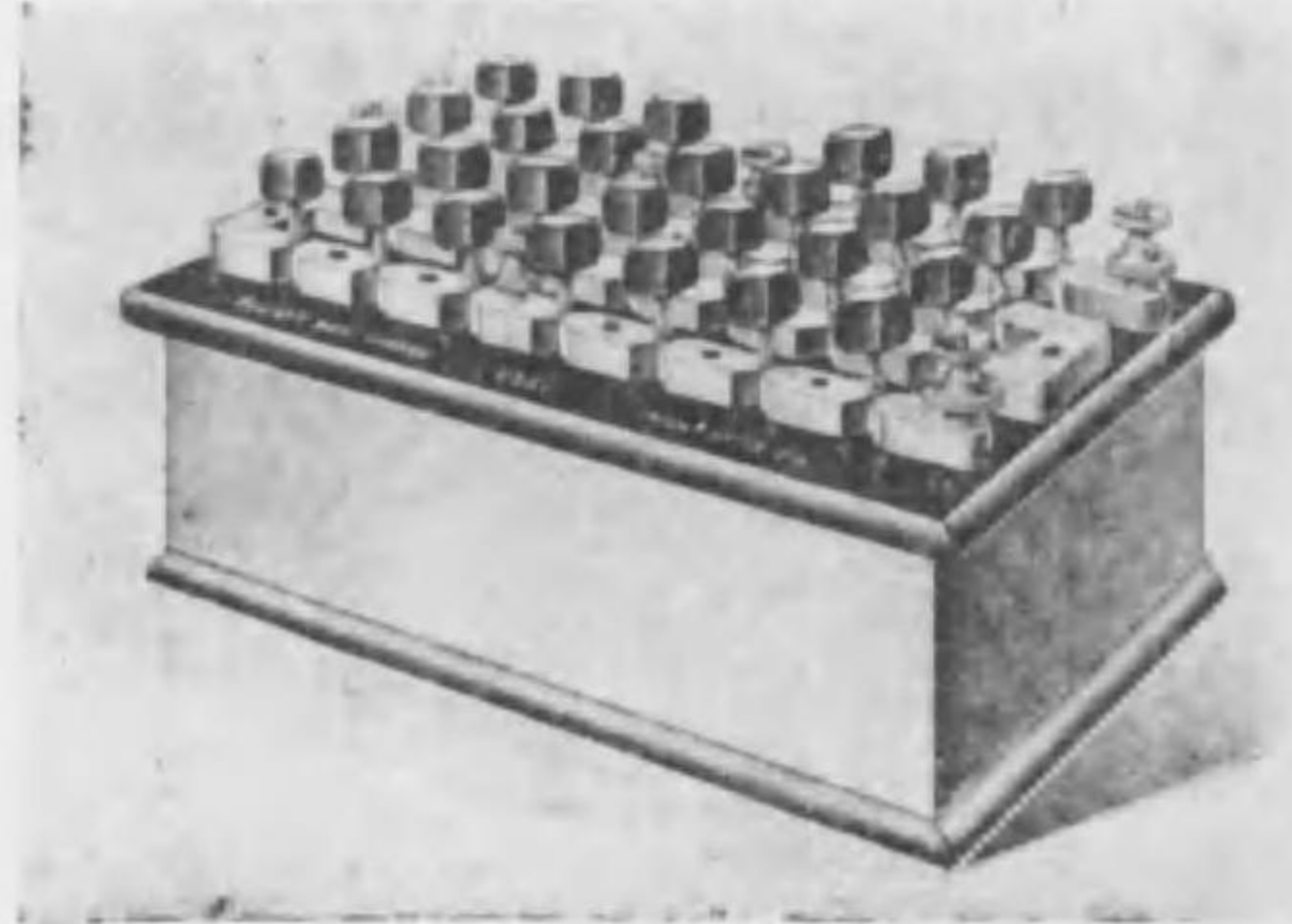
るを要す、抵抗器又は抵抗箱は此の目的に向つて作られたるものにして、一般に或る特有抵抗の大なる針金又は片を捲線とするか又は數回折り曲げて函内に藏めたるものなり、而して何れも使用の目的に向て充分なる太さを有し且つ電流のために發熱又は溶融せざる様充分の冷却面積を有するを要す、電氣事業に於ける如く大なる電流の回路に使用するものを主に抵抗器と稱し測定器等弱き電流の回路に使用するものは抵抗箱と稱す抵抗器



法用使の器抗抵 圖五一一第



種一の箱抗抵 圖六一一第



種一の箱抗抵 圖七一第

る抵抗箱は普通電流甚だ小なるを以て線は洋銀又は、プラチノイドの細線を用ひ之を絲絡に捲きたる大小數種の抵抗となし第一一六圖の如く箱に入れ上部にて黄銅製「ターミナル」總て針金の終端又は之れに附着しある物を云ふに結び「ターミナル」各片の間に栓を挿入し其の一部を短絡して抵抗を増減す、圖に於ては抵抗が

は重に把手を回轉して抵抗を増減すること第一一三圖及び第一一五圖に示せるが如くせるもの多し第一一四圖は大なる電流に使用すべく太き鐵にて作れる抵抗器なり又前の第一一〇六〇圖に示せるは此抵抗器の配電盤裏面に取付けられたる狀況なり抵抗器には洋銀、鐵、プラチノイド等を使用す、實驗室又は電信電話等に使用する

一六、オームなる様一、五、一〇の三個の栓を取去りあり、又近時使用せらるゝ抵抗箱の一種には第一一八圖に見る如く抵抗は一「オーム」を一〇個、一〇「オーム」を一〇個、一〇〇「オーム」を一〇個と云ふ如く一行づつに並べ之れを悉く直列に結び各行に一個の栓を使用し、假令ば三六五「オーム」の抵抗を得んと欲せば第一行(百位)の三の孔に第一の栓、第二行(十位)の六の孔に第二の栓、第三行(一位)の五の孔に第三の栓を挿入するなり第一一八圖は三五「オーム」を示す

三六、電池連結法と電流との關係

數個の電池を使用するとき其の連結方法が直列なるか並列なるか、シリーズ、パラルレルなるかに従ひ電流の強さに大差あり、之れ電池の内部抵抗の如何によるものにして、今一個の電池の起電力をE「ヴォルト」、内部抵抗をr「オーム」、外線の抵抗をR「オーム」とすれば電流Cは

$$C = \frac{E}{R+r} \quad \text{「アンペア」} \dots\dots\dots (64)$$

Rがrに比し甚だ大なるときはnを大にするときは分子は同じ割合に大となるも分母の増加は僅少なるにより電流は大となる。

(一)同n個を並列にせるときは電壓増加せざるも、内部抵抗n分の一に減じ其の理

325 例

由は電池並列に入るときは極の面積は大となると同じことなればなり

$$C = \frac{E}{R + \frac{r}{n}} \quad \text{「アンペア」} \dots\dots\dots (65)$$

此式を見るにrがRに比し大なるときはnを大にする程分母小となるを以て電流増加す、Rがrよりも甚大なる場合にはnを大にするも電流の増加は僅少なり

(二)同n個を直列にせるものm組を並列にせるときは明らかに

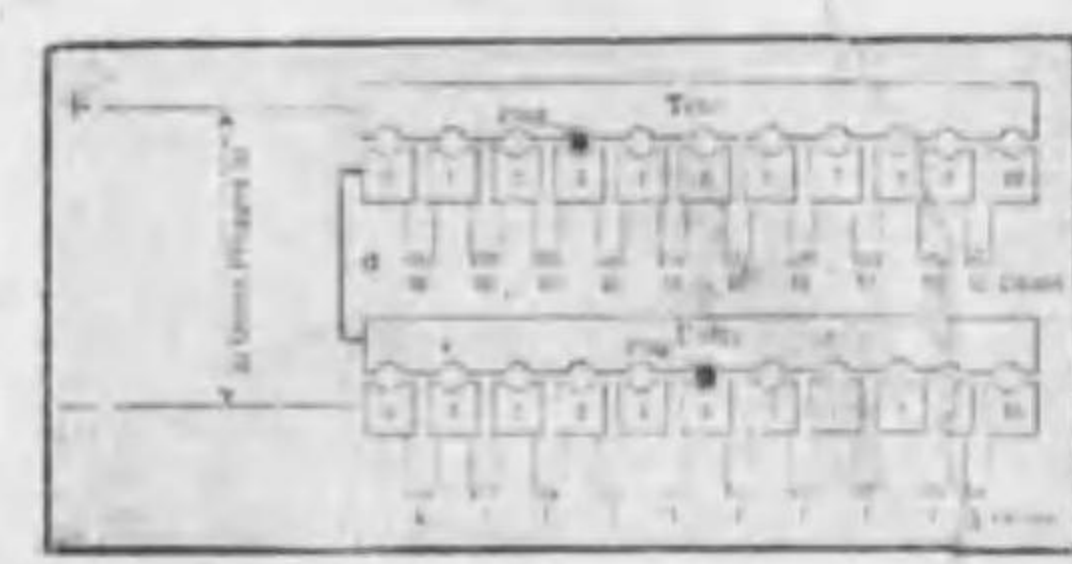
$$C = \frac{nE}{R + \frac{r}{m}} = \frac{E}{\frac{R}{n} + \frac{r}{m}} \quad \text{「アンペア」} \dots\dots\dots (66)$$

此式に於てはnとmとを如何に變ずればCハ如何なる値となるかはRとrとの關係によりて異なること勿論にして、今一定の數の電池を、シリーズ、パラルレルに連結して最大の電流を得んと欲する場合には

$$\frac{R}{n} = \frac{r}{m} = \text{定數}$$

なる兩式に就きnとmとを定むるを要す、之れ

$$\frac{R}{n} = \frac{r}{m} \quad \text{又は} \quad \frac{R}{r} = \frac{n}{m} \dots\dots\dots (67)$$



第一の箱抵抗 圖八一第一 示合「ム-オ」五三今

なる關係をなすときなり、即ち直列にせる數と並列にせる數との比が外部抵抗内部抵抗との比に可及的なき様とを定むべきなり。

例題一三、起電力二「ヴォルト」なる「電池一〇〇個あり各の内部抵抗を二「オーム」外線の抵抗を一〇「オーム」とすれば直列なるときと並列なるときとの電流を比較せよ

解 直列にせるときは

$$C = \frac{100 \times 1}{10 + 100 \times 2} = \frac{100}{210} = 0.476 \quad \text{「アムペア」}$$

並列にせるときは

$$C = \frac{1}{10 + \frac{2}{100}} = \frac{1}{1000 + 2} = \frac{100}{1002} = 0.995 \quad \text{「アムペア」}$$

即ち直列にせる方非常に有利なり

例題一四、前例に於て外部抵抗が〇「五」オームなるときとの電流を比較せよ

解 直列にせるときは

$$C = \frac{100 \times 1}{0.5 + 100 \times 2} = \frac{100}{200.5} = 0.498 \quad \text{「アムペア」}$$

並列にせるときは

$$C = \frac{1}{0.5 + \frac{2}{100}} = \frac{1}{50 + 2} = \frac{100}{52} = 1.92 \quad \text{「アムペア」}$$

P.

$$4 \sqrt{100} = 4m = 40$$
$$n = 4m, \quad 4 < \frac{n}{m} = \frac{16}{4}$$

即ち直列にせる方非常に有利なり

例題一五、前例に於て外部抵抗が八「オーム」なるときは如何に連結すれば最大電流を得べきか

解

$$n \times m = 100; \quad \frac{R}{r} = \frac{n}{m} = \frac{8}{2} = 4$$
$$n = 4m \quad Rm = 4m^2 = 100 \quad \therefore m = 5 \quad n = 4 \times 5 = 20$$
$$R = 1 \quad n = 100$$
$$R = 2 \quad R = 8 \quad \frac{R}{r} = \frac{n}{m} = \frac{8}{2} = 4$$

即ち二〇個直列にせるもの五組を並列とすべし而して其電流は

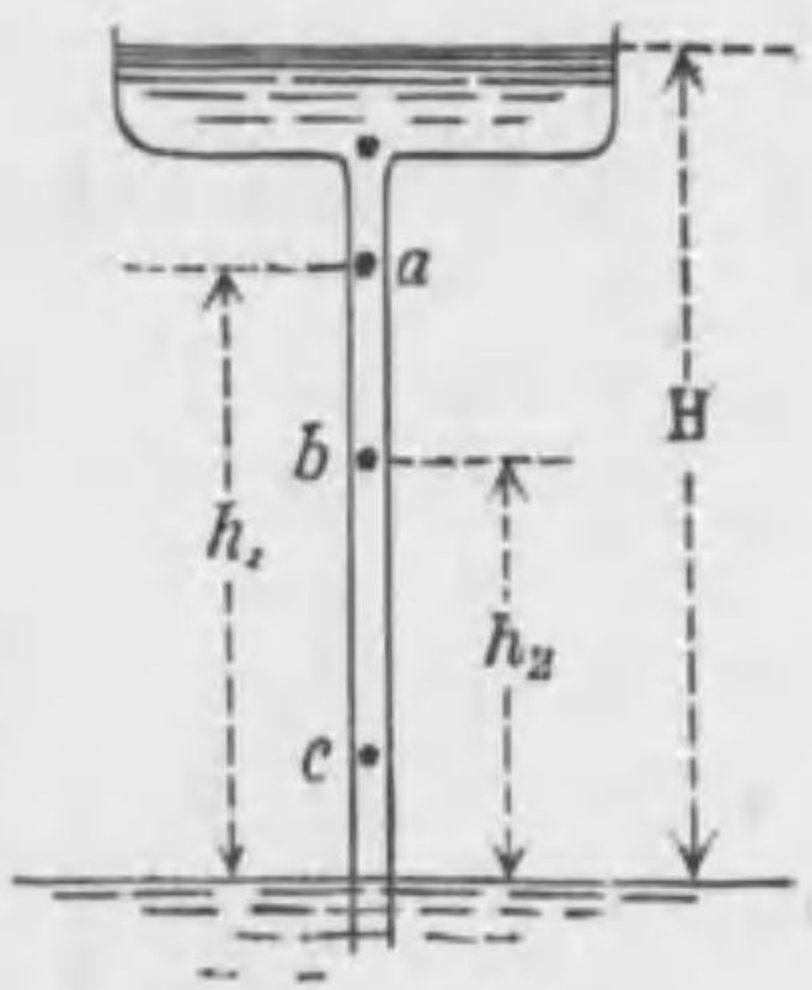
$$C = \frac{E}{R + \frac{r}{n}} = \frac{1}{8 + \frac{1}{5}} = \frac{5}{41} = 1.25 \quad \text{「アンペア」}$$

例題一六、起電力二「ヴォルト」内部抵抗〇「五」オームなる電池八個をとり四個を並列にして二た組直列となし之れに四「オーム」の「抵抗を結ぶときは電流何程なるか

$$C = \frac{2E}{R + \frac{2r}{4}} = \frac{2 \times 2}{4 + \frac{1}{4}} = \frac{4}{4.25} = 0.942 \quad \text{「アンペア」}$$
$$r = 5 \times 2 = 10 \quad \frac{r}{n} = \frac{10}{4} = 2.5$$

三七、電壓の落下 Drop of Potential 或る高所の水は其の水頭に比例する下

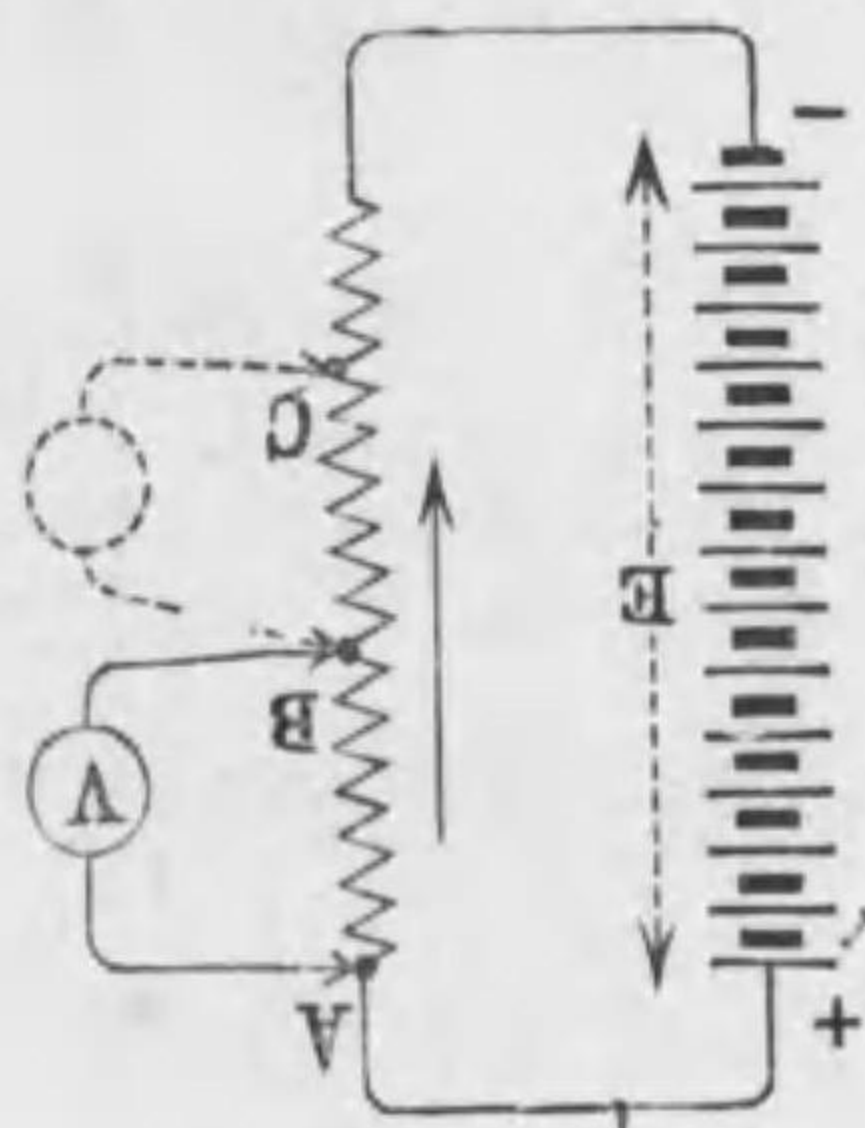
壓力を有し抵抗力を以て阻止されざる限りは下降せんとする性質あり、之れ恰も電池の起電力に比すべきものにして、之れの壓力の爲めに水が下方に運動を初む



少減の頭水 圖九一第

るやその水頭は a より b へと進むに従ひて漸次減少し最下の水面に至りて最初有せる水頭 H の悉くを失なふ、電流の回路に於ても是れと同様にして電氣は正極より出て電路に沿ひ、負極に向つて進むに従ひ A B C と順次に其の電壓負極に對するを減少し負極に至りては最初の電壓 E は悉く落下して負

極の電位となる、即ち正負兩極を連ぬる外部抵抗内には電池の起電力に等しきだけの電壓落下あるものにして此抵抗の中間の點は皆正極の電位と負極の電位との中間の電位にあり、正極に近き部は電位高く負極に近き部は低し此の事實は實驗よりも證明することを得、今一の電壓計を十、一間に結べば電池の電壓 E を示し、A B, B C 等の間に結べば A B 間 B C 間



下落の位電 圖〇二一第

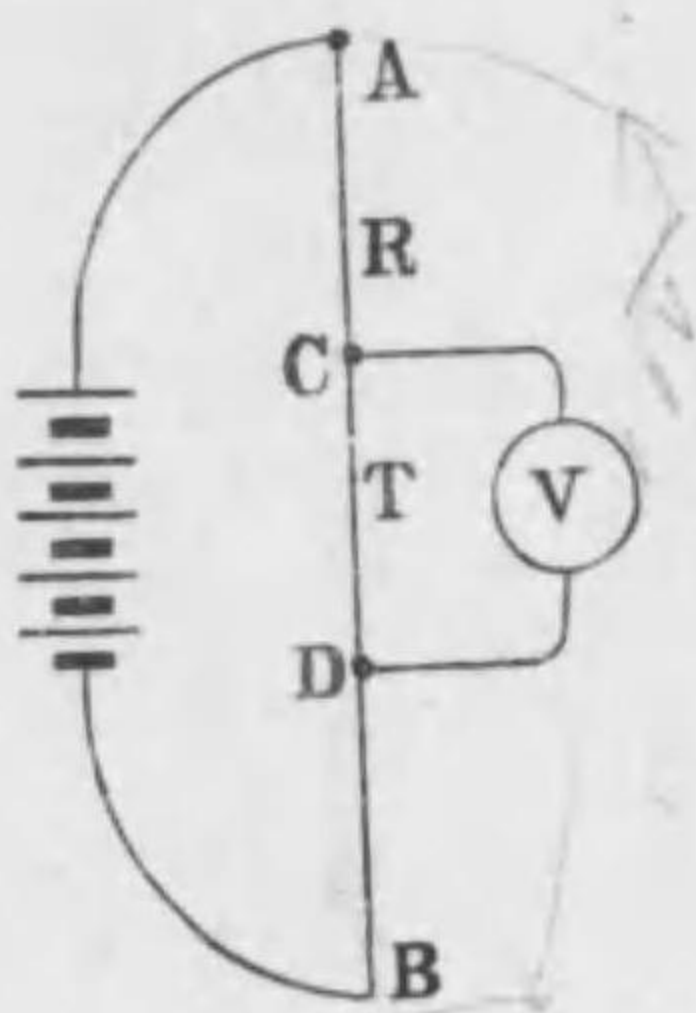
にて落下する電壓を示す、此の電壓が電池の全電壓 E よりも小なるは  $h_1$  又は  $h_2$  等の水頭が H よりも小なるが如し、次に進んで電路中の各點の電位の分布の有様を研究せんに

(一) 抵抗中の任意一點の電位は正極の電位より低く、負極の電位より高し、

(二) 電路中にて正極より負極に進むに従ひ電位の減少する割合は、其の抵抗に比例す即ち抵抗二倍を隔つる點に於ては電位の減少二倍なり、而して全抵抗 R 中に於て全電壓 E を落下せしむるにより、其の中間にて  $\frac{1}{2}E$  を有する二點間にては  $\frac{1}{2}E$  の電壓落下、又任意の位置にて  $\frac{1}{5}E$  を有する二點間には  $\frac{1}{5}E$  の電位の差を生ずるなり、

(三) 電路中の任意二點間に存する電位差を、ヴォルトにて示したるものは常に其の抵抗と之れを通じつゝある電流との積に等し、即ち第一一九圖の如き實驗に於て同一抵抗にても電流を増加すれば其の電位差も同じ割合に増加し、又同一の電流即ち同一の電路内にては抵抗の増減と同比例にて電位差増減す、故に今ある抵抗中を五、アムペアの電流通じ居るときは電路中七、オームの抵抗を有する部分の兩端に電壓計を結べば必ず  $5 \times 7 = 35$  (ヴォルト) を指示するものなり、





圖一七一第

例題一七、長さ一メートル抵抗二オームの洋銀線に一〇ヴォルトの電圧を與へ其の中間にて三五センチを隔つるCD二點に電壓計を結ぶときは何ヴォルトを示すべきか  
解、太さの均一なる線なるを以て抵抗及び電

$$\frac{e}{E} = \frac{CD}{AB}$$

壓の落下は長さに正比例す、故にCD内の電壓落下eは

$$e = E \times \frac{CD}{AB} = 10 \times \frac{35}{100} = 3.5 \quad \text{「ヴォルト」}$$

此の解は又次の如く電流と抵抗とより計算するも同様なり

$$\text{電路の電流は} \quad C = \frac{E}{R} = \frac{10}{2} = 5 \quad \text{「アンペア」}$$

$$\text{又CDの抵抗は} \quad r = R \times \frac{35}{100} = 2 \times \frac{35}{100} = 0.7 \quad \text{「オーム」}$$

$$\text{故にCDの電位差は} \quad e = Cr = 5 \times 0.7 = 3.5 \quad \text{「ヴォルト」}$$

右の如く「オーム」氏法則は電路の全抵抗と起電力と電流との間のみならず、電路の一部の抵抗と其の兩端の電位差と電流との間に於ても成立するものにして常に

電路の中「r」オームの抵抗を有する部に「C」アンペアを通ぜしむるためには、 $e = Cr$ 「オーム」の電位差を要す此のeを其抵抗がCなる電流の爲めに生ずる電壓の落下と稱す、今第一二二圖の如く $r_1, r_2, r_3$ の三抵抗を以て電壓Eに結ぶとき、電流Cを通ずるものとせば

$$C = \frac{E}{r_1 + r_2 + r_3} \quad \therefore E = Cr_1 + Cr_2 + Cr_3$$

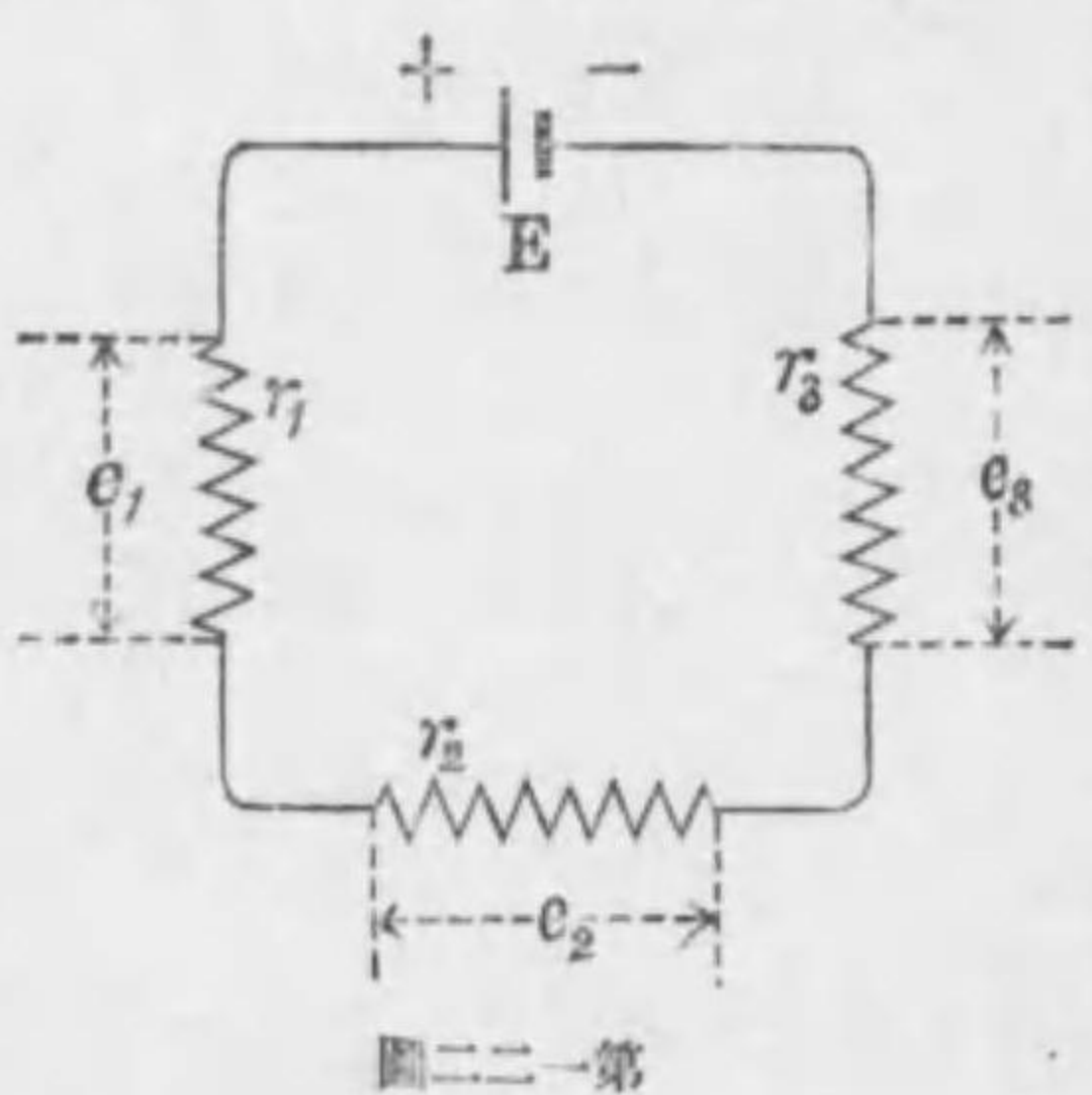
然るに $Cr_1, Cr_2, Cr_3$ 等は各抵抗内の「ドロップ」なれば之を $e_1, e_2, e_3$ とすれば

$$E = e_1 + e_2 + e_3$$

となる即ち各部の「ドロップ」の總和は電路内の起電力に等し、換言すれば電池の起電力は電路の抵抗中に於て各部の抵抗に比例して「ドロップ」となりて分配せらる或は又「ドロップ」の式を變形すれば

$$e_1 = Cr_1 = E \times \frac{r_1}{r_1 + r_2 + r_3} \quad e_2 = Cr_2 = E \times \frac{r_2}{r_1 + r_2 + r_3} \quad e_3 = Cr_3 = E \times \frac{r_3}{r_1 + r_2 + r_3}$$

となる即ち各部の「ドロップ」は明らかに全起電力Eを各部の抵抗の比に按分せるものなり



圖二二一第

今一例を擧ぐれば爰に直列に結ばれたる五「オーム」七「オーム」八「オーム」の三抵抗ありとすれば之れに一〇〇「ヴォルト」の電壓を與ふる時各部の「ドロップ」を求めんに其の電流 C は

$$C = \frac{E}{R} = \frac{100}{5+7+8} = 5 \quad \text{「アムペア」}$$

にして各の「ドロップ」は

- (1) 5「オーム」抵抗内にて  $e_1 = r_1 C = 5 \times 5 = 25$  「ヴォルト」
- (2) 7「オーム」抵抗内にて  $e_2 = r_2 C = 7 \times 5 = 35$  " "
- (3) 8「オーム」抵抗内にて  $e_3 = r_3 C = 8 \times 5 = 40$  " "

全抵抗内には

$$E = e_1 + e_2 + e_3 = 100 \text{ 「ヴォルト」}$$

### 三八、電線内の「ドロップ」

以上を理由により電氣を使用すべき場所と電氣を發生すべき場所例令ば發電所の如き所と位置を異にする時は二條の送電線を以て電流を通ぜざる可らず、而して此の送電線内には必ず電流及び其の抵抗に比例して電壓の落下あるが故に發電所に於ては使用場所にて機械に與ふべき電壓よりも高き電壓を送電せざる可らず例令ば某所に於て一〇〇「ヴォルト」にて電燈一〇〇〇個を點じ其の電流五〇〇「アムペア」なりとすれば、電燈の總抵抗は

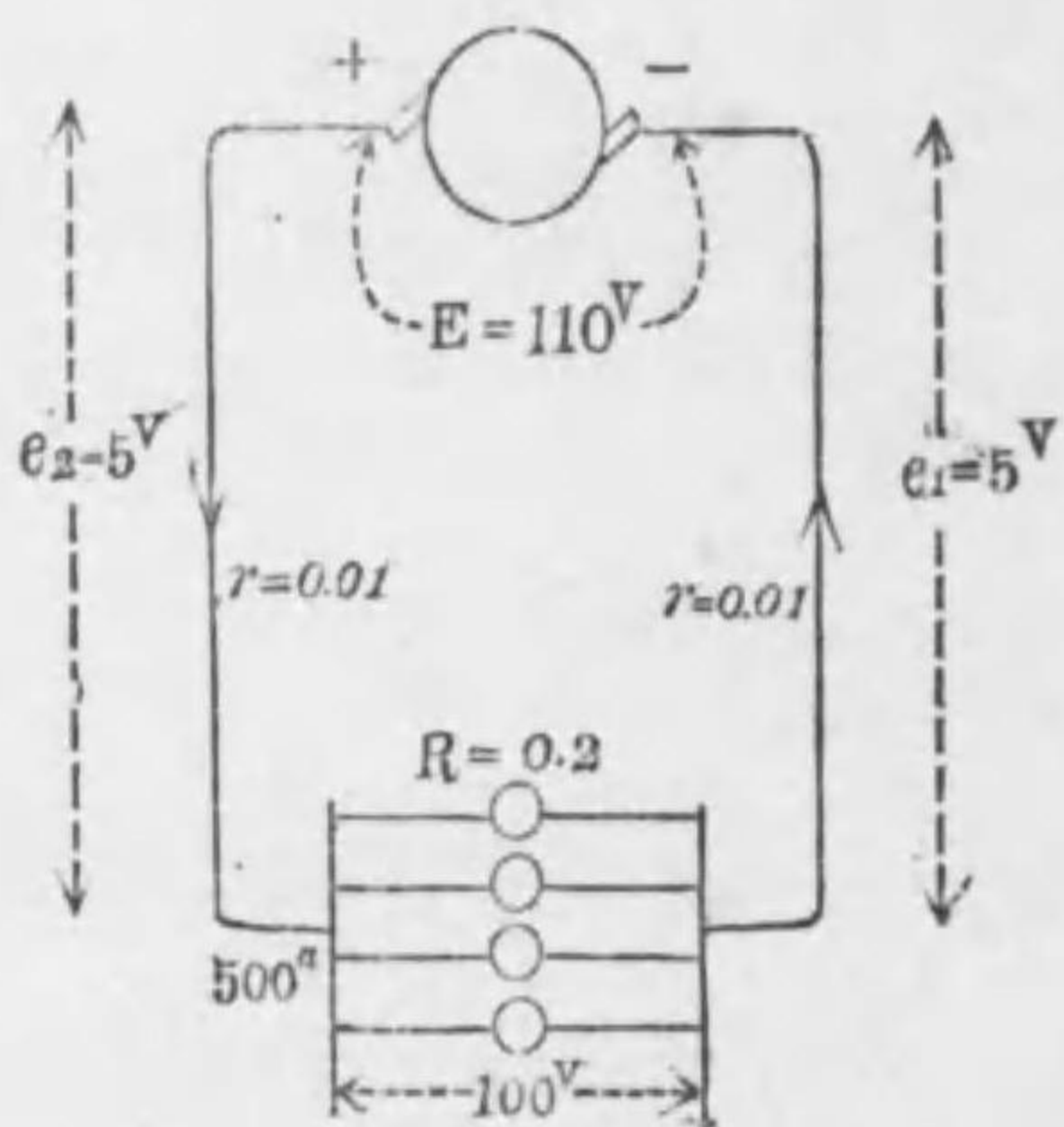
$$R = \frac{E}{C} = \frac{100}{500} = 0.2 \quad \text{「オーム」}$$

に相當す、然るに往復二電線が合計一〇〇「オーム」の抵抗を有する時は電線内には

$$e = Cr = 500 \times 0.02 = 10 \quad \text{「ヴォルト」}$$

の「ドロップ」ある可きを以て發電所に於ける電壓は

$$E = CR + Cr = 100 + 10 = 110 \text{ 「ヴォルト」}$$



「プロダ」の内線電 圖三二一第

なるを要す即ち此際送電線内に於て一割の電壓落下ありと稱す、後節に説明する如く電壓に一割の落下あるときには「エネルギー」も亦一割だけ熱として此部より失はるゝものなり、右の電線路内の「ドロップ」は其の抵抗と電流と

に比例するが故に同一の線路に於ては電流の増加と共に「ドロップ」も増加するを以て受電の場所に於て常に一定の電壓を機械に與へんが爲めには發電所に於ける電壓は電流の増加と共により大にするを要す前例に於て電燈の数が一〇〇〇個より増して一八〇〇個となり電流が九〇〇「アムペア」となれりとすれば「ドロップ」は

$$e = Cr = 900 \times 0.02 = 18 \quad \text{「ヴォルト」}$$

∴  $E = CR + Cr = 100 + 18 = 118$  「ヴォルト」  
 即ち一割八分の「ドロップ」となるなり、若し右の場合に於て電燈が一八〇〇個に増加するも發電所に於ては常に一一〇「ヴォルト」を保持せりとすれば受電所に於ける電壓は次の如く減少すべきなり

「ラム」の全抵抗  $R = \frac{E}{C} = \frac{100}{900} = 0.11$  「オーム」

∴ 「ラム」に與へらる電壓即ち「ラム」の「ドロップ」 $= E \times \frac{R}{R+r} = 110 \times \frac{0.11}{0.11+0.02}$   
 $= 110 \times \frac{0.11}{0.13} = 93$  「ヴォルト」  
 送電線内の「ドロップ」 $= 110 \times \frac{0.02}{0.13} = 17$  「ヴォルト」

即ち電燈の電壓は減じて九三「ヴォルト」となる。

例題一八、距離二〇〇「メートル」の所に面積五〇平方ミリ「メートル」の銅線を以て電流六〇「アンペア」を送電する時は送電線中の「ドロップ」何程なるか又受電所にて一〇〇「ヴォルト」ならしむる爲には發電機の電壓は何程とすべきか  
 解  $e = iR = 60 \times 0.017 \times \frac{2 \times 200}{50} = 60 \times 0.136 = 8.0$  「ヴォルト」  
 ∴  $E = 100 + e = 100 + 8 = 108$

即ち「ドロップ」は八「ヴォルト」發電機電壓は一〇八「ヴォルト」なり。

Q

### 三九、電路の抵抗の變化と「ドロップ」の變化

電路内各部の「ドロップ」

は各部の抵抗の比をなし且つ各部の「ドロップ」の和は常に電池の電壓に等しきを以て電路の一部分に抵抗の變化あるときは各部分に於ける「ドロップ」も變ず可し、今外線路がrなる送電線とRなる抵抗よりなるときRが減少せば電壓の分配は如何に變ずべきかと云ふにrの「ドロップ」は増加しRの「ドロップ」は減少す此理は電流の増減より想像すれば自ら明かなり、即ちR減少すれば全電路の抵抗も減少するが故に電流Cは増加し、電線内の「ドロップ」Crは増加す、然るに電池の電壓Eは一定なるを以てR内の「ドロップ」CRは減少せざるを得ざるなり。

例令ばR二〇〇「オーム」、rは二〇「オーム」、Eは一〇〇「ヴォルト」とすれば

rの「ドロップ」は  $E \times \frac{r}{R+r} = 110 \times \frac{20}{200+20} = 10$  「ヴォルト」

Rの「ドロップ」は  $E \times \frac{R}{R+r} = 110 \times \frac{200}{200+20} = 100$  「ヴォルト」

然るに若しRが五〇「オーム」に減じたりとすれば

rの「ドロップ」は  $E \times \frac{r}{R+r} = 110 \times \frac{20}{50+20} = 31.4$  「ヴォルト」

$$R \text{ の } \text{ドロップ} \text{ は } E \times \frac{R}{R+r} = 110 \times \frac{50}{50+20} = 78.6 \quad \text{「ヴォルト」}$$

となるが如し

例題一九、百「ヴォルト」用「五」アムペア「故に抵抗は二〇〇「オーム」の電燈球五個を直列に結び之れに五五〇「ヴォルト」を與ふるときは各電球の受くる電壓如何又一個の電球を一〇〇「ヴォルト」二「アムペア」用のもの故に抵抗五〇「オーム」と取代ゆるときは如何なる結果となるか

解、同一の抵抗五個直列にせるを以て各個の「ドロップ」は相等しくして全電壓の五分の一をなす、故に各個の電壓は

$$e = E \times \frac{1}{5} = 550 \times \frac{1}{5} = 110 \quad \text{「ヴォルト」}$$

なり若し一個を五〇「オーム」のものに代ゆるときは二〇〇「オーム」を有する四個は何れも

$$e = E \times \frac{r}{4r+r} = 550 \times \frac{200}{4 \times 200 + 50} = 129.5 \quad \text{「ヴォルト」}$$

に増加し五〇「オーム」のものは

$$e' = E \times \frac{r'}{4r+r'} = 550 \times \frac{50}{4 \times 200 + 50} = 32.0 \quad \text{「ヴォルト」}$$

に減少す、而して各個の「ドロップ」の總和は勿論全電壓 E に等しく

Handwritten calculations:  
 $110 \times \frac{50}{50+20} = 78.6$   
 $550 \times \frac{1}{5} = 110$   
 $550 \times \frac{200}{4 \times 200 + 50} = 129.5$   
 $550 \times \frac{50}{4 \times 200 + 50} = 32.0$

なり實際斯の如き場合に於ては燭力の大なる六五燭光「ランプ」(五〇「オーム」のもの)は甚だしく暗く、小なる一六燭光「ランプ」(二〇〇「オーム」のもの)甚だしく明るくなり遂に炭素線を切斷するに至るべし、抵抗の異なる電球數個を直列に使用するとき各個の受くる電壓に不平均を生ずること上の如くなれば注意を要す。

$$E = 129.5 + 129.5 + 129.5 + 129.5 + 32.0 = 550 \quad \text{「ヴォルト」}$$

#### 四〇、電壓の内部落下

Internal drop of potential 電池發電機等は回路の閉ぢ

られざる間は電壓計を其の正負兩極に結ぶ時は常に其の起電力に等しき電位差を示す之れ毫も電壓の落下なきが故なり若し回路を閉ぢて電流を通ぜしむる時は兩極間の電壓は小となる可し之れ前節の理に因り電池又は發電機自身に内部抵抗を有するを以て之れに因る電壓落下を來すが故なり普通發電機等は能ふ限り内部抵抗を小とし斯く内部にて落下する電壓を可及的小ならしむる様製作すと雖必ず多少の落下は免るゝ能はず、何となれば抵抗なき導體は存せざればなり、又この内部落下は電流に正比するものなるを以て使用する電流大となるに従ひて電池又は發電機の兩端の電壓は漸次小となるものなり、斯く發電機の兩端に

於て測定さるゝ電壓を常にターミナル電壓 Terminal Voltage と稱し、實際其機の發生せし電壓より内部落下 Cr を減じたる値をなすものなり例令ば未だ電流を通ぜざるとき一〇〇「ヴォルト」を示す發電機ありて、其の抵抗〇、〇八「オーム」なりとせば此の發電機が二〇〇「アムペア」の電流を供給し居るときは其の「ターミナル」電壓 V は

$$V = E - Cr \dots\dots\dots (15)$$

$$= 100 - 200 \times 0.08 = 100 - 16 = 84 \quad \text{「ヴォルト」}$$

若し電流減じて二五「アムペア」とならば V は

$$V = 100 - 25 \times 0.08 = 100 - 2 = 98 \quad \text{「ヴォルト」}$$

に増加すべし、斯く一般の發電機は電流の増加と共に其の「ターミナル」電壓を減少するものなり

例題二〇、一の發電機ありて電流五〇「アムペア」を通じ居るとき正に一〇〇「ヴォルト」の「ターミナル」電壓を有す而して電流を急に切去る時は電壓は一二五「ヴォルト」に増加すと云ふ此機の内部抵抗を求む

解、發電機の發生せる電壓一二五「ヴォルト」なるに内部落下のために一〇〇

となり居たるものなるが故に

$$V = E - Cr$$

$$100 = 125 - 50 \times r$$

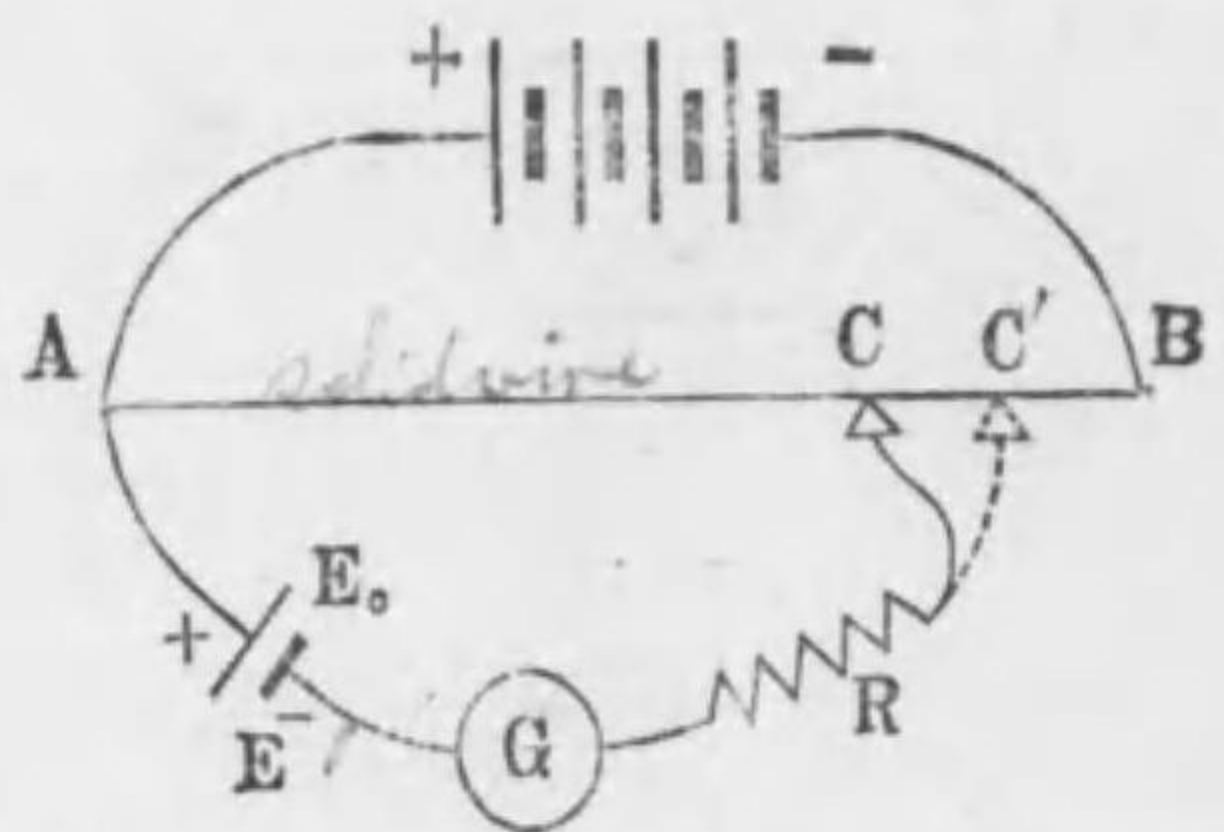
$$\therefore r = \frac{125 - 100}{50} = 0.5 \quad \text{「オーム」}$$

例題二一、某變壓器あり其の捲線に一〇「アムペア」を通ぜしめ、兩端の電壓を定せるに二「ヴォルト」なりしと云ふ捲線の抵抗を求む。

解、 $e = Cr \quad 2 = 10 \times r \quad \therefore r = 0.2 \quad \text{「オーム」}$

四一、ポテンシチメーター Potentiometer 電

壓落下の理を應用し電池の起電力を比較測定する方法あり或る電壓を以て均一なる太さを有する電線 AB 中に一定の電流を通ぜしめ或る已知の起電力 E を有する電池の正極を電線の正極側即ち A に結び負極を R なる高さ抵抗及び電流計(電流の有無大小を測定する器)を経て刃形の尖端を有する金屬 C に結び C を AB 線上に左右せしめ G なる電流計に電流の通ぜざ



「ポテンシチメーター」圖四二一第

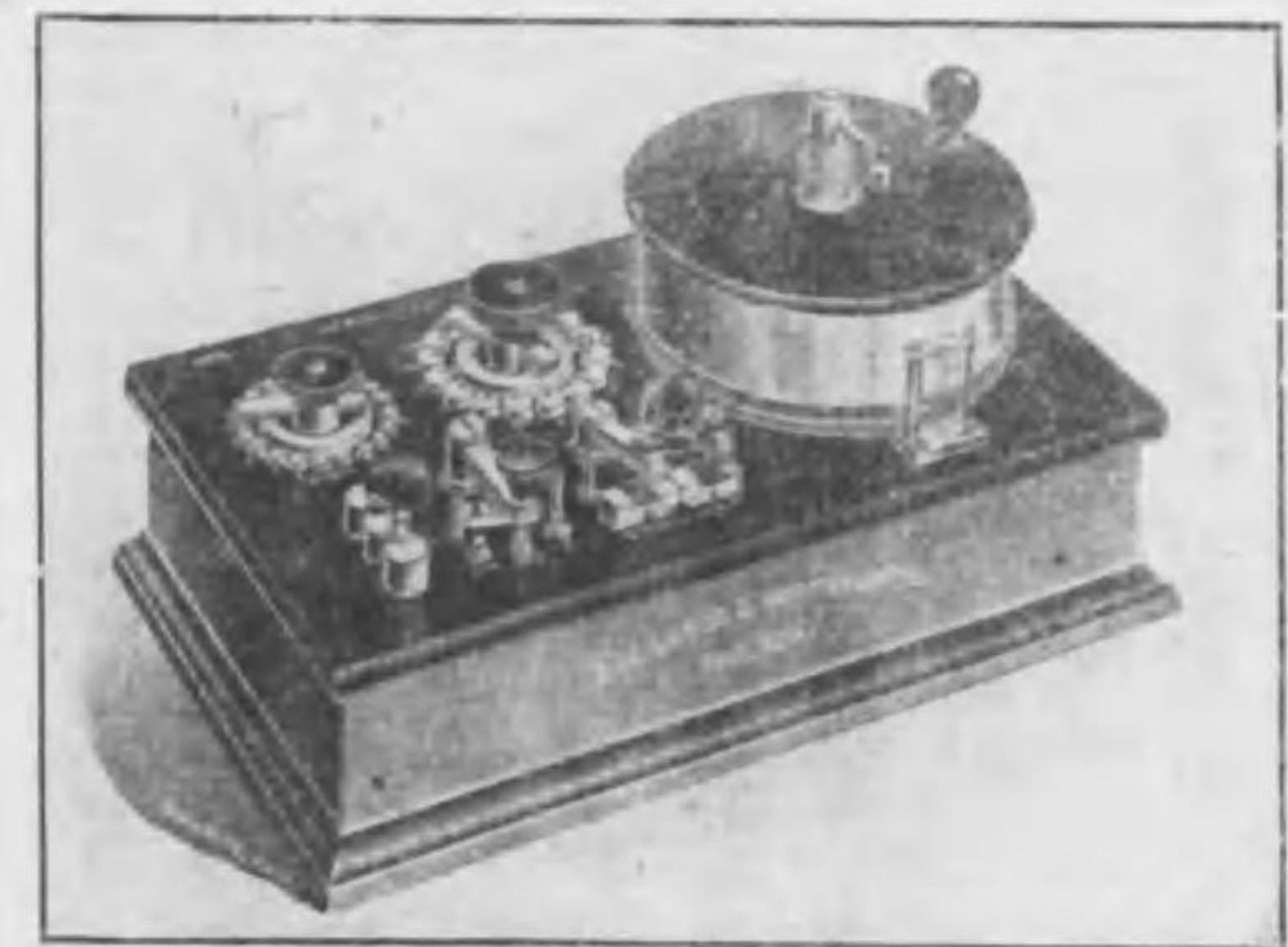
るに至る點Cを見出すべし、又た別に測定すべき電壓E<sub>0</sub>を有する電池を以てEに代へ同じくGに電流の通ぜざる様加減してC'等を得るなり、然るときは

$$E = AC \text{ の電壓}$$

$$E_0 = AC' \text{ の電壓}$$

$$\therefore \frac{E_0}{E} = \frac{AC'}{AC} \text{ の電壓} = \frac{長さ AC'}{長さ AC}$$

$$\therefore E_0 = \frac{AC'}{AC} E \dots \dots \dots (9)$$



「ターメナシテホ形「ブーソルノメーリ」 圖五二一第

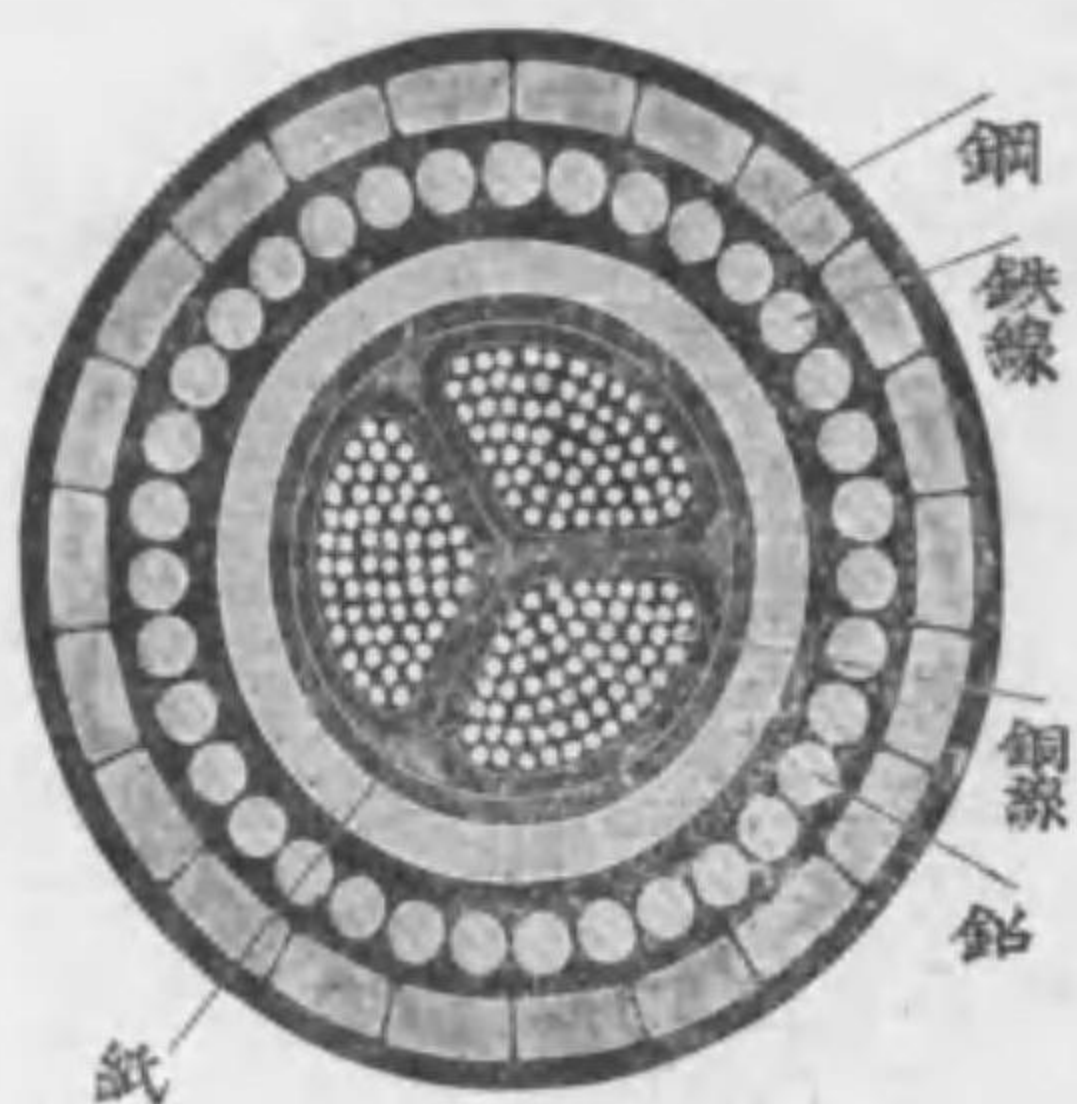
此の方法を「ポテンシフメーター」法と稱し普通AB線には長き洋銀線を使用す第一二五圖に示したるは「リージアンド、ノルソープ」會社製「ポテンシフメーター」の一種にしてABは右方の圓筒上に螺旋形に巻きあり尖端Cは固定し、圓筒の方を廻轉せしめて接點を變ずる如くせるものなり。

### 四二 絶縁

Insulation

體を絶縁體と稱すと述べたり、電流をして電線の導體に沿ふてのみ運動せしめ他

に漏洩することなからしむる爲めには、其の導體は絶縁體を以て他物と距つるを要す此を導體を絶縁すと稱し、我國電氣事業の取締規則に於ても屋外屋内に架設



「ルブーク」下地裝鎧入心三 圖六二一第

する電線は悉く絶縁物を以て被覆せるものたるを要すと規定しあり、絶縁電線も其の使用の目的及び電壓等によりて數種あり、最も簡單なるものは電線を木綿を以て一度又は二度編打し之れに絶縁性塗料を塗れるもの、又良好なるものは電線を一度以上護謨を以て包み其の上に木綿の編打をなせるもの等あり、其他地中線海底線又は多心被覆「ケーブル」の如く電線相互間、又は電線と大地とが近接して使用さるゝものにおいて護謨等の外に良絶縁性の油に浸せる紙にて被覆し、之れに濕氣の犯し來りて絶縁性を害するを防がんが爲めに「ガッタペルシヤ」の如きものを被ひ、尙ほ外物よりの機械的破損を受けしめざる様鉛管に藏し又は鋼鉄鎧裝 (Steel Armouring) を施せるものもあり、第一二六圖は其一例なり一般に絶縁體と稱するものも其實完全なる絶縁體にあらずして多少は電氣を通ぜ

しむ換言すれば特有抵抗の頗る大なる導體と稱すべきものなり、從て一の被覆電線の内部導體に或る電壓を與ふる時は多少の電氣は被覆絶縁物を通じて大地に通ずべし之れを漏洩電流 *Leakage Current* と稱し、絶縁物の有する電氣抵抗を其の絶縁抵抗 *Insulation Resistance* と稱す、絶縁抵抗は電線の長さに反比し被覆物の厚さに正比す(正確に正比例はせざれども)即ち電線の長き程絶縁抵抗小にして漏洩電流大なり、第四表に掲げられるは各種絶縁物の特有抵抗なり、現今の如く甚だ高き電壓を使用する電線路に於ては漏洩電流は頗る良質の碍子を使用せざれば甚だ大なり、且つ絶縁物の一部分に損所あるか又は水分等を含有し絶縁不良となれる場合には此部に於て漏洩電流を増し、從て多くの熱を發生し是れに因て其部の絶縁力を益々減少し遂には壊裂放電を生ずることあり我國に於ても特別高壓電氣(三五〇〇、ヴァネルト)以上を云ふを使用する電線路は人家道路等を離れたる屋外にのみ施設するを許され電線は常に六番以上の太さを有する裸銅線被覆線となすも他物と接觸せる場合に絶縁の効なきを以てなり)を使用し碍子及び機械器具は何れも大地に對し其の使用電壓の一倍半乃至二倍の電壓に堪ふるを要することに規定せられあり、

パール氏著書に據る

表の抗抵の有特の體縁絶 表 四 第

絶縁物質名	メゴーム(10 <sup>6</sup> オーム)を單位とする特有抵抗		温度 C
	cm 立方	吋立方	
ベンゼン油	14 × 10 <sup>6</sup>	5,22 × 10 <sup>6</sup>	15
ピチニューメンケープル	450 × 10 <sup>6</sup>	177 × 10 <sup>6</sup>	46
コルザ油	(0.1—1.5) × 10 <sup>6</sup>	(.039—0.59) × 10 <sup>6</sup>	20
エポナイト	28000 × 10 <sup>6</sup>	11030 × 10 <sup>6</sup>	20
普通硝子	20000 × 10 <sup>6</sup>	7874 × 10 <sup>6</sup>	20
フロント硝子	91 × 10 <sup>6</sup>	35,9 × 10 <sup>6</sup>	24
ガツタヘルチヤ	(2.5—4.50) × 10 <sup>6</sup>	(.99—1.77) × 10 <sup>6</sup>	24
同	7000 × 10 <sup>6</sup>	2756 × 10 <sup>6</sup>	24
フーバー氏コムバウンド	15000 × 10 <sup>6</sup>	5905 × 10 <sup>6</sup>	-12, 4
氷	240	882	-0, 2
同	284	112	21
護膜(フーバー氏製品)	15000 × 10 <sup>6</sup>	2905 × 10 <sup>6</sup>	14, 9
同(粗品)	10900 × 10 <sup>6</sup>	4292 × 10 <sup>6</sup>	15, 2
同(バルカナイズド)	3812 × 10 <sup>6</sup>	1500 × 10 <sup>6</sup>	15, 1
同(シーメン氏製品)	41418 × 10 <sup>6</sup>	16200 × 10 <sup>6</sup>	15
同(精製品)	16202 × 10 <sup>6</sup>	6380 × 10 <sup>6</sup>	15
雲母	84 × 10 <sup>6</sup>	33 × 10 <sup>6</sup>	20
マイカナイト	2940 × 10 <sup>6</sup>	981 × 10 <sup>6</sup>	20
同(布)	310 × 10 <sup>6</sup>	122 × 10 <sup>6</sup>	30
同(紙)	1240 × 10 <sup>6</sup>	481 × 10 <sup>6</sup>	30
同(板)	2067 × 10 <sup>6</sup>	814 × 10 <sup>6</sup>	30
同(同)	1727 × 10 <sup>6</sup>	680 × 10 <sup>6</sup>	100
油入石棉	0,85 × 10 <sup>6</sup>	0,315 × 10 <sup>6</sup>	20
オリーブ油	1 × 10 <sup>6</sup>	0,394 × 10 <sup>6</sup>	20
オゾクライト	4400 × 10 <sup>6</sup>	17347 × 10 <sup>6</sup>	20
紙(パーチメント)	0,03 × 10 <sup>6</sup>	,0112 × 10 <sup>6</sup>	20
紙(普通)	0,0485 × 10 <sup>6</sup>	,019 × 10 <sup>6</sup>	15
紙(樹脂に浸せる)	3000 × 10 <sup>6</sup>	1181 × 10 <sup>6</sup>	46
バフヒン	(24—34) × 10 <sup>6</sup>	(9449—13391) × 10 <sup>6</sup>	46
バフヒン蠟	34000 × 10 <sup>6</sup>	13385 × 10 <sup>6</sup>	18
樹脂油	320 × 10 <sup>6</sup>	126 × 10 <sup>6</sup>	28
セルフック	(2286—9000) × 10 <sup>6</sup>	(900—3543) × 10 <sup>6</sup>	28
バルカナイズドファイバー	68 × 10 <sup>6</sup>	28,6 × 10 <sup>6</sup>	28
同赤色品	10 × 10 <sup>6</sup>	3,9 × 10 <sup>6</sup>	28
同白色品	14 × 10 <sup>6</sup>	5,5 × 10 <sup>6</sup>	28
木(普通)	572 × 10 <sup>6</sup>	225 × 10 <sup>6</sup>	28
同(バフヒン浸し)	3690 × 10 <sup>6</sup>	1453 × 10 <sup>6</sup>	28
同(タール浸し)	1670 × 10 <sup>6</sup>	658 × 10 <sup>6</sup>	28

我國現行取締規則にて許され居る漏洩電流の極限は屋内低壓電路(直流六〇〇交流三〇〇ヴォルト以下)に於ては供給する電流の五〇〇〇分の一以下、屋外架空線を含有するときは一〇〇〇分の一、又高壓架空電線路に於ては各電線は大地に對し長さ一里につき二五〇〇〇オーム以上の絶縁抵抗あるを要す、又地中線の絶縁力は使用する電壓に應じて異なり、使用電壓一〇〇ヴォルト毎に長さ一里につき各線と大地間に六〇〇〇〇オーム以上なるを要す。

例題二二、直流五〇〇ヴォルト、五〇〇キロワット、一〇〇〇アムペアの鐵道用發電機の捲線と大地間の絶縁抵抗は何オーム以上なるを要するか。

解、漏洩電流は

$$C = \frac{1000}{5000} = 0.2 \quad \text{「アムペア」}$$

故に絶縁抵抗は

$$R = \frac{E}{C} = \frac{100}{0.2} = 2500 \quad \text{「オーム」}$$

例題二三、一六燭光白熱燈(五アムペア)五燈を使用する需用家の屋内電路の抵抗一五〇〇〇オームあり規定に適合するや否や但し使用電壓は一〇〇ヴォルトなり。

解、漏洩電流は

$$C = \frac{E}{R} = \frac{100}{150,000} = \frac{1}{1,500} \quad \text{「アムペア」}$$

然るに規定の漏洩電流は

$$C = \frac{5 \times 0.5}{5,000} = \frac{1}{2000} \quad \text{「アムペア」}$$

以下なるを要するを以て本例は規定以上にして不適合なり。

例題二四、三五〇〇ヴォルト用地下線一哩の絶縁抵抗は何オームあるを要するか、又長さ七哩なるときは何オームなるを要するか

解、一里は二、四四哩なるを以て一哩の電線の絶縁力は一里のものより二、四四倍なるを要す、故に

$$R = 2.44 \times 600,000 \times 33 = 48,200,000 \quad \text{「オーム」}$$

$$= 48.2 \quad \text{「メガオーム」}$$

又長さ七哩ならば絶縁力は七分の一にて可なるを以て

$$R = \frac{1}{7} \times 48.2 = 6.9 \quad \text{「メガオーム」}$$

右の絶縁力は屋内又は電柱上に施設したる電線が大地に對する絶縁力なりしが又被覆電線の被覆の絶縁力に關しては次の規定あり、即ち低壓に使用する電線



は容易に損傷せざる様被覆物にて外装しあれば可なり但し三〇〇、ヴォルト以上の低壓(直流に限る理なり)に使用するものは被覆物は厚さ五厘以上の耐水性のものにして木綿二度編打又は之れと同等以上のものなるを要す高壓電路に使用するものは厚さ三厘五毛以上の護謨を以て被覆し其の絶縁抵抗は二四時間浸水の後鹽水中に浸し一分間充電したる後測定して長さ一里につき四〇萬オーム以上あるを要す温度は攝氏一五度試験電壓は一〇〇、ヴォルト以上なるを要す但し線條の太さがS.W.G.六番以上なるときは木綿被覆にて可なり。

又濕氣ある場所其他特殊の場所に使用する電線は尙ほ一層高等なる絶縁線にして右同一の試験にて一里につき一〇〇、メゴーム以上なるを要す。

#### 四三、絶縁體

Insulator

現時の如く高壓電氣の盛に使用せらるゝに從て電線路機械器具等の絶縁は甚だ困難となる、從て絶縁物の研究は又頗る要用の事に屬す、近時絶縁物として使用さるゝ不導體は大約下の如く六種に區分することを得可し

(一)硝子性のもの、諸種の硝子類之れなり然れども硝子の表面は常に濕氣を吸集する性あるが故に餘り盛に使用されず

(二)岩石性のもの、石板石材、大理石、陶器の如きもの之れにして最も盛に使用せらる

(三)脂性のもの、「セルラック」護謨、「ピッチ」類の如きものにして機械器具の絶縁用として重用せらる

(四)弾力性のもの、「護謨」、「ガッタペルシヤ」、「エポナイト」の如き類之れ亦盛に使用せらる

(五)油質のもの、諸種の礦油、石油有機性油、例令ば「パラフィン」類の如きもの

(六)「セルローズ」質のもの、「木片紙」、「ファイバー」及び「セルロイド」質、纖維質のものにして柔軟にして屈曲し易きを以て重用せらる。

此等諸絶縁體の有する電氣抵抗は温度の上昇と共に非常に減少するものにして抵抗力の減少は又絶縁物の本質に化學變化を起し、急に絶縁力を降下すること多し、例令ば硝子の如き高温度にて軟となれるものは電氣を導くこと恰も導體の如しと

要するに良好なる絶縁體としては(一)絶縁抵抗の大なるべきこと、(二)水及び火に耐ゆること、(三)弾力性に富み易く破壊せざること、(四)普通温度にては壞裂放電を起さ

ざる様充分の「ダイエレクトリック」強度を有すべきこと(五)産額の多量なるべきこと(六)細工の爲し易き事等なりとす。

第四表に示したる絶縁抵抗は何れも近似數にして常に信頼するに足るものにはあらず何となれば絶縁力は各物質の化学成分に些少の差異ありても大に異なるものなればなり、「ガッタペルシヤ」の如きは空中にあるよりも水中にある方、年を経るに従ひて絶縁力増加す、されども一般に他の物質は歳月を経るに従ひ絶縁力を降下す。

紙又は布の如き纖維質の物を亞麻仁油に浸して好く乾燥せるものは可繞性ある良絶縁體をなす、亞麻仁油に代ふるに樹脂又は「ラック」を以てせるものは絶縁力大なれども破れ易し、雲母は頗る良好なる絶縁物の一にして高温に耐へ、「ダイエレクトリック」強度大にして放電を起すこと小なれども脆くして屈曲するに難きは惜むべし、又雲母の薄片を數多「ラック」又は樹脂類にて結合するか又は紙片に帖付せるものは「マイカナイト」と稱し殆んど雲母に次での良絶縁物なり。

#### 四四、碍子

Insulator

絶縁物中架空線を腕木に保持すべき碍子は、電氣的に良絶縁物なるのみならず、重き電線の張力、重量等にも耐へ、且つ風雨等にも犯されざ

る様充分なる形状と強度を要するものにして、重に陶器又は硝子を以て作る近時特別高壓電氣の使用と共に此の碍子の形状も漸次大となり其の費用も亦頗る高價となれり第一二七圖に示せるは六萬「ヴォルト」電路用笠形四重碍子の一例なり、又一昨年米國に於て落成せる「グランドラビッド」電



第一二七圖 六萬「ヴォルト」用碍子

ムスケゴン電

力會社の一萬「ヴォルト」送電線用碍子は第一二八圖甲及び乙の如く數個の陶器製碍子を直列に連結せる如きものにして其結果頗る良好なりと云ふ。

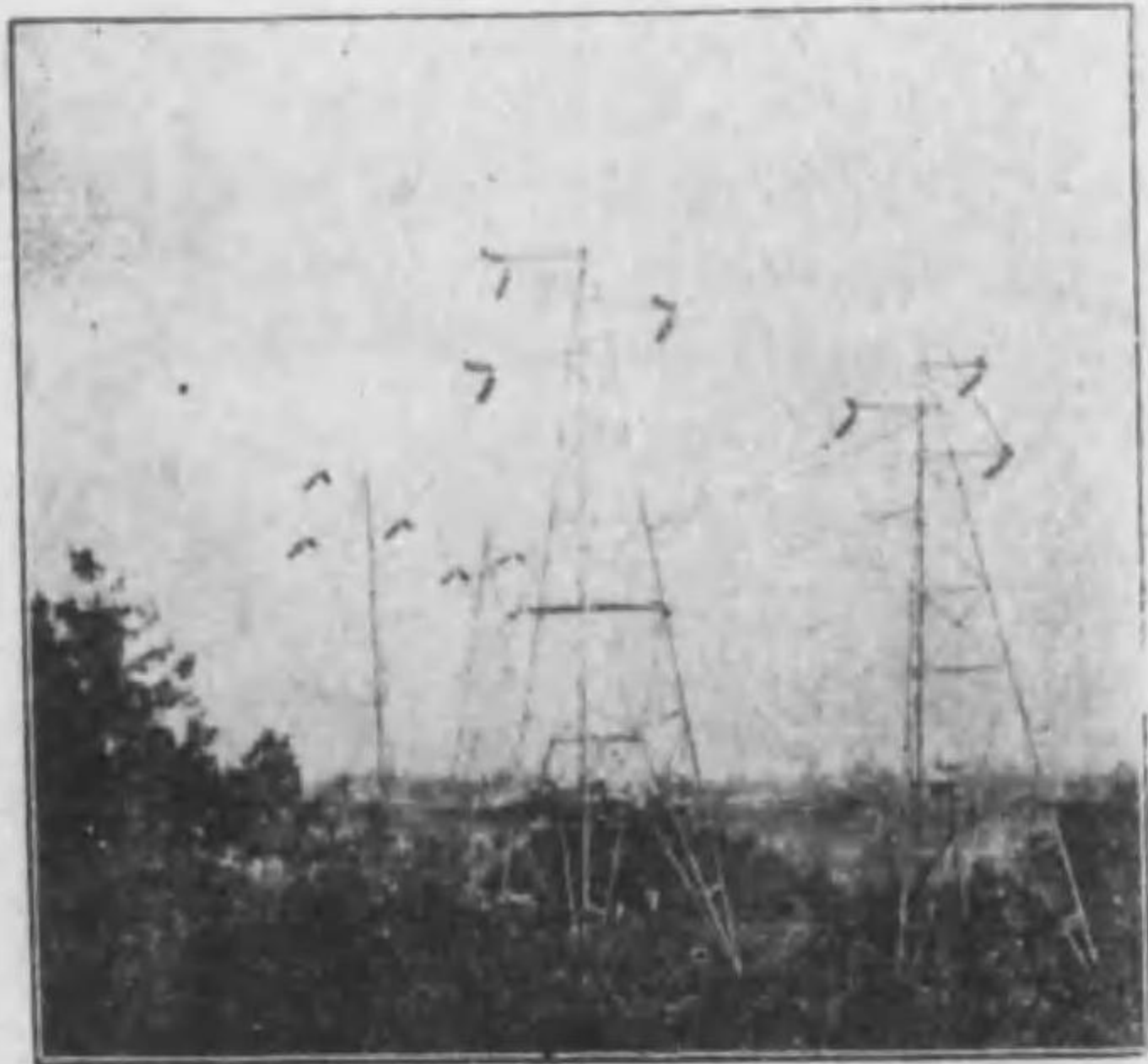
#### 四五、合成抵抗

Joint Resistance

第一二九圖の如く回路の一部が二個以上に分岐し互ひに並列に在る

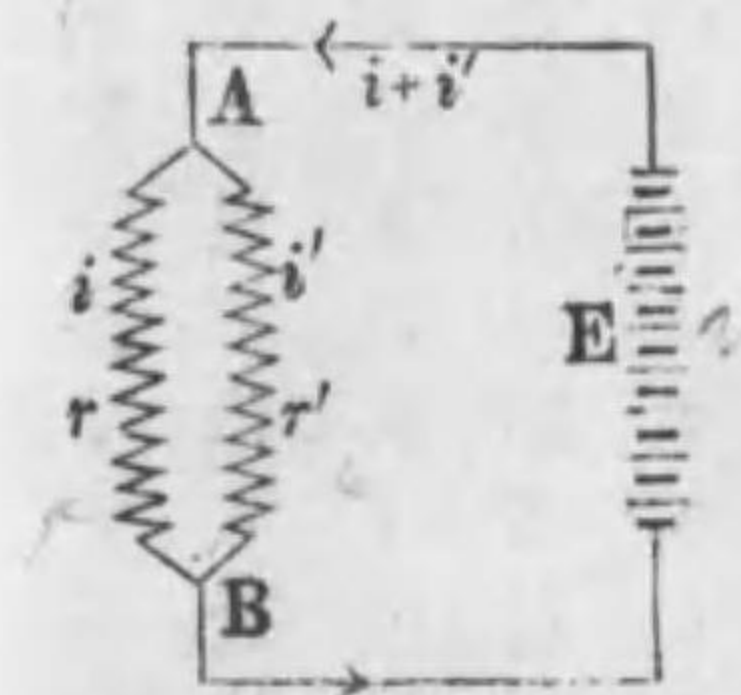


第一二八圖 一萬「ヴォルト」用碍子電線取付



第一二八圖 十萬瓩「トルオヴ」送電線の塔架圖

ときは各部は他の部分に對し分岐路 Point をなすと稱す。圖に於て A、B 間には r 及び r' の兩抵抗ありとすれば、電池より供給さるゝ電流は A に於て二分し又 B に於て相合するを以て各部の電流を i 及び i' とすれば電池より出づる全電流は明らかに i+i' となり而して電位は A より各分岐路に於て漸次低下し B に於ては A より低き或る電位を有するなり故に AB 間の電位差を e とすれば各



第一二九圖 分岐路

即ち各分路の電流は其部の抵抗に逆比するものなり故に一方の抵抗を他の部の抵抗の n 倍とすれば電流は必ら

$$e = ir \quad \text{及び} \quad e = i'r'$$

$$\therefore ir = i'r' \quad \frac{i}{i'} = \frac{r'}{r}$$

分路につき

ず  $\frac{1}{n}$  はなり。

又主要回路の全電流  $i+i'$  は r 又は r' の何れか一方が存在せざる時よりも大なり何となれば AB 兩點間の抵抗は分路あるが爲めに恰も斷面積を増加せると等しければなり。即ち一般に數個の抵抗を並列に結ぶときは全抵抗は小となる。並列に使用せられたる r 及び r' を一の導體と考へて AB 間に於ける其の全抵抗を r 及び r' の合成抵抗 Equivalent Resistance と稱す。即ち r に i, r' に i' の電流を通ずることは或る一の抵抗 R に  $i+i'$  を通ずると等しと見て R を r 及び r' の合成抵抗とは稱するなり。從て R は下の如き値なり。

$$i+i' = \frac{e}{r} + \frac{e}{r'}$$

$$\text{又} \quad \frac{e}{R} = \frac{e}{r} + \frac{e}{r'}$$

$$\therefore \frac{1}{R} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r'} \quad \dots\dots\dots (70)$$

$$R = \frac{rr'}{r+r'}$$

即ち合成抵抗の反數は各抵抗の反數の和に等し。一例を擧ぐれば五「オーム」及び四「オーム」なる二抵抗を並列に結べば合成抵抗は

$$R = \frac{rV}{r+V} = \frac{5 \times 4}{5+4} = \frac{20}{9} = 2.22 \quad \text{「オーム」}$$

にして五「オーム」又は四「オーム」の何れよりも小なり、故に此の分岐路の兩端に一〇「ヴォルト」の電壓を與ふれば全電流は  $C = \frac{10}{2.22} = 4.5$  「アムペア」を通ずべし、實に五「オーム」抵抗の側には  $I = \frac{10}{5} = 2$  「アムペア」四「オーム」抵抗の側には  $I = \frac{10}{4} = 2.5$  「アムペア」を通じ其和は四、五「アムペア」をなすなり。

分岐路の合成抵抗は分岐路の數に關せず全く前と同一の理にて計算せらるる即ち第一三〇圖の如く  $r_1, r_2, r_3, r_4$  の四抵抗並列にあるときは其の合成抵抗  $R$  は

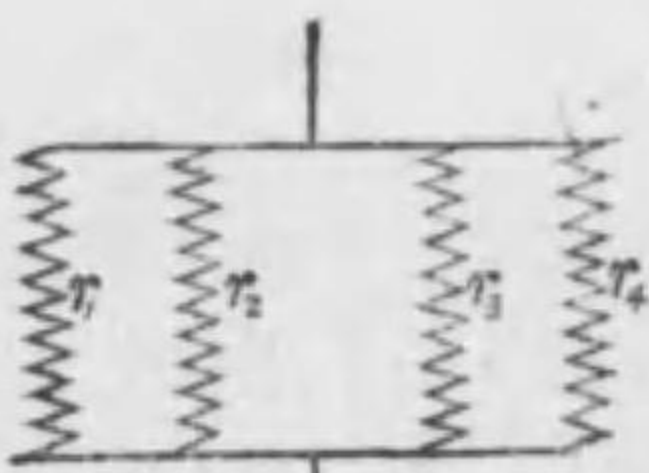
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}$$

をなすなり。

相等しき  $n$  個の抵抗が並列にあるときは其合成抵抗は一個の抵抗の  $n$  分の一に等し、何となれば公式七〇により

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \dots = \frac{n}{r} \quad \therefore R = \frac{r}{n}$$

假令ば抵抗二〇〇「オーム」を有する白熱電灯五〇〇個を並列に一〇〇「ヴォルト」の



第一三〇圖 四個分岐路

電路に結ぶときは其の全電流は下の如くなり

$$R = \frac{200}{500} = 0.4 \quad C = \frac{E}{R} = \frac{100}{0.4} = 250 \quad \text{「アンペア」}$$

即ち各一個に〇、五「アムペア」宛を通じ之れが五〇〇個並列にあるを以て  $500 \times 0.5 = 250$  「アムペア」なりと云ふも同様なり。

一般に抵抗の反數を導電力 Conductivity と稱し其の單位を「モ」 mho と云ふ、「三」オームなる抵抗は三分の一「モ」の導電力ありと云ふが如し、從て合成抵抗の場合に於ても公式七〇より直ちに

合成抵抗の導電力は各の導電力の和に等し

と稱することを得

例題二五 某發電機の發電子上には太さ一〇平方「ミリメートル」長さ一「メートル」の電線一〇〇回巻きて環狀をなしありと云ふ發電子の直徑の兩端に相當する部に電刷子を置くときは此の二點間の抵抗如何

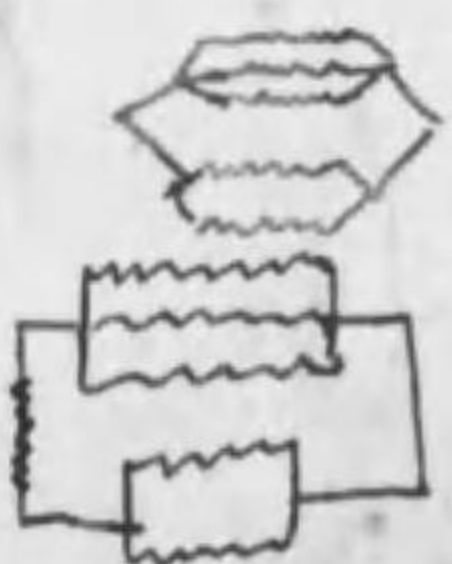
解 電刷子間にある電線の長さは  $l = 50 \times 1 = 50m$  にして之れが二個並列をなすを以て

$$R = \frac{r}{2} = 0.02 \times \frac{50}{10} \times \frac{1}{2} = 0.05 \quad \text{「オーム」}$$

例題二六 二オーム五「オーム」の二抵抗を並列に結び、尙ほ之れに六「オーム」抵抗三個を並列にせるものを連結し、之れに一「三オーム」の抵抗を加へ一〇〇「ヴォルト」電壓を與ふるときは電流何程なるか

解 第一の抵抗を  $r_1$ 、第二の抵抗を  $r_2$ 、第三の抵抗を  $r_3$  とすれば

$$r_1 = \frac{2 \times 5}{2+5} = 1.43 \quad r_2 = \frac{6}{3} = 2.0 \quad r_3 = 1.3$$



$$\therefore C = \frac{E}{r_1 + r_2 + r_3} = \frac{100}{1.43 + 2 + 1.3} = \frac{100}{4.73} = 21.22 \quad \text{「アムペア」}$$

分岐路を應用せる一例は低き抵抗を正確に作るにあり、假令ば〇「一オーム」の抵抗を得んとするに針金の切り方不正確にして二%の誤差を生じ〇「一〇二オーム」と成れりとすれば之れを〇「一オーム」とするにはある抵抗  $r$  を並列に加ふれば可なり、而し  $r$  は

$$R = \frac{r \times 0.102}{r + 0.102} = 0.1 \quad r \times 102 = 0.1r \times 0.102 \quad \therefore r = \frac{0.0102}{102 - 0.1} = 5.1 \text{「オーム」}$$

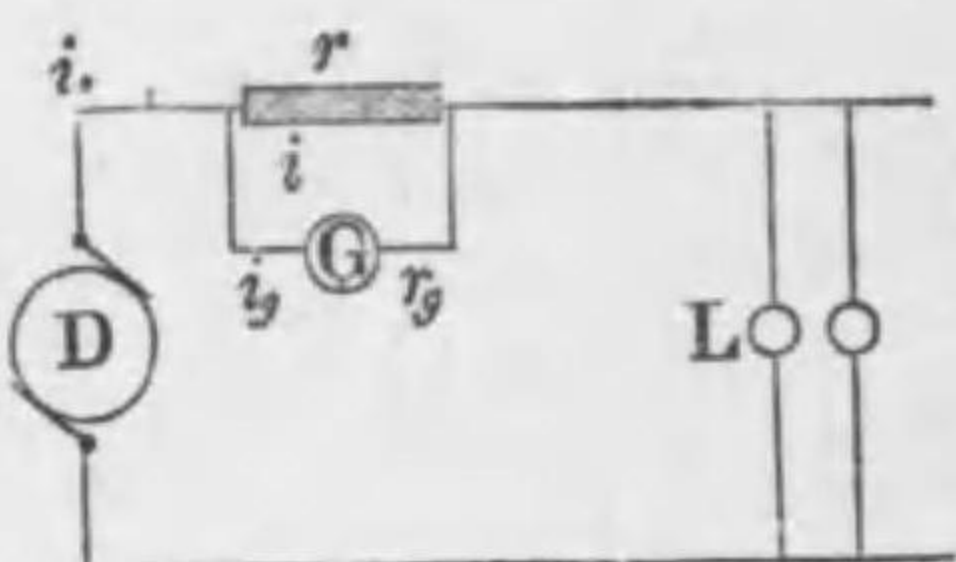
即ち五「一オーム」を加ふれば可なり、今之の五「一オーム」の抵抗を作るにも又二%の誤差ありて五「〇「オーム」となれりとするも、上の如くして得可き合成抵抗は

$$R = \frac{5 \times 102}{5 + 102} = 0.99996 \quad \text{「オーム」}$$

をなす、即ちち求むる〇「一オーム」に對し僅々一萬分の四の誤差あるに過ぎず、

### 四六、分流器

*Shunt* 電流計又は「ガルバノメーター」を以て電流の強さを測定



第一一三圖 分流器

するに當り測るべき電流の全部を電流計に通ぜしむるときは過大なる憂あるときは電路の一部に分路を設け其の一方に電流計を入ること第一一三圖の如くするとあり此の目的に使用する抵抗(圖の  $r$ )を分流器と稱し一般に電流計の抵抗は頗る小なるを以て分流器の抵抗も非常に小なり、而して電流計に流るゝ電流と分流器を通ずる電流とは其の各の抵抗に反比するを以て兩者の抵抗の割合を適當に變じて全電流の任意一部分のみを電流計に通ぜしむることを得るものなり、今分流器と電流計との抵抗をそれぞれ  $r$  及び  $r_g$  とし、各を通ずる電流を  $i$  及び  $i_g$  とすれば、測定すべき全電流  $i_0$  は  $i + i_g$  にして前節の理由により、

$$\frac{i}{r} = \frac{i_g}{r_g} \quad \therefore \frac{i_0}{i + i_g} = \frac{r + r_g}{r}$$

$$\frac{i_0}{i} = \frac{1 + 49}{1} = 50$$

*Capacities*

即ち電流計には全電流の五〇分の一を通ずべし、一般に電流計に幹線の電流の

二分の一を通せしむるためには、其の抵抗は分流器の抵抗の二倍となすべし。

四七、キルヒホッフ氏法則 Kirchhoff's Law 回線が數多分岐路を有し所

謂網狀結線 Net Work 又は Netz となすとき、及び起電力が回線の諸々に挿入しある

時の如き、各分路を通ずる電流及び其の方向等を計算せんとするも甚だ錯雜せる

を以て、オーム氏法則を適用するに困難なり、かゝる際に於ける各部分の電流を知

らんには次に示す、キルヒホッフ氏法則に依らざる可らず、此の法則も、オーム氏法

則を布行せるものに外ならずと雖ある場合には頗る便利な

ものなり。

(一)網狀をなす回路の中任意一點に集合する電流の總和は常

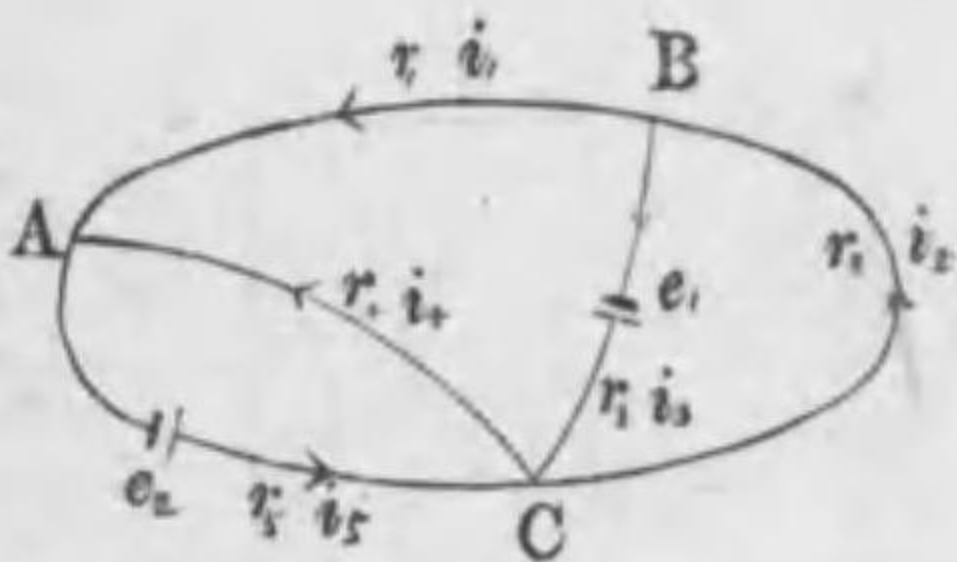
に零なり、

何となれば電流は電氣の運動するものなれば一方より或る

量の電氣入り來れば同量の電氣は必ず他方に出でざる可ら

ず、即ち入り來る電流の總和は出行く電流の總和に等しから

ざるを得ず、從て一點に集合する電流は、出で行く部分には負號を與ふれば其の總



第一三二圖 網狀回路の電流

和は零となるなり例令ば第一三二圖に於て一點Bに對してi3はなる電流他より入り來るを以て他に出去る電流i1及びi2の和はi3に等しからざる可らず、即ち

B點に對しては  $i_1 + i_2 - i_3 = 0$  又は  $i_1 + i_2 = i_3$

A點に對しては  $i_1 - i_2 - i_3 = 0$  又は  $i_1 = i_2 + i_3$

C點に對しては  $i_2 + i_3 - i_1 = 0$  又は  $i_2 + i_3 = i_1$

右の如く先づ電流の方向を適宜に假定すれば各電流の間には是等の關係あるなり。

(二)網狀回路中に任意一回路を選定すれば其中にて同一方向に取れる各部の「ドロップ」の總和は其の回路内に之と同一方向に存する起電力の總和に等し。

何となれば電位は電池の正極の部に於て或る値を有し抵抗による「ドロップ」は漸次低下して最後に負極の電位となるものなれば各部抵抗中の「ドロップ」は總和は

起電力の總和に等しからざるを得ざればなり、從て「ドロップ」を計算せる方向と逆

に置かれたる起電力は負に計算するを要す、又起電力を含まざる回路に就ては「ドロップ」の總和(同一方向に計算し)は零なり、何となれば一半に於てeCの「ドロップ」あれば他の一半に逆の方向にeCの「ドロップ」なくんば出發點は元の電位を有し得ざ

る理なればなり即ち第一三三圖の  $r_2$  及び  $r_3$  よりなる回路に就ては  $i_1$  の方向に算することとし「ドロップ」の總和は  $i_1 r_2 + i_1 r_3$  にして又之れと同方向に  $e_1$  なる起電力あるを以て

$$r_2 \text{ と } r_3 \text{ よりなる回路にては} \quad i_1 r_2 + i_1 r_3 = e_1$$

同様に

$$r_1 \text{ と } r_2 \text{ と } r_3 \text{ よりなる回路にては} \quad i_1 r_1 - i_2 r_1 + r_3 i_2 = 0$$

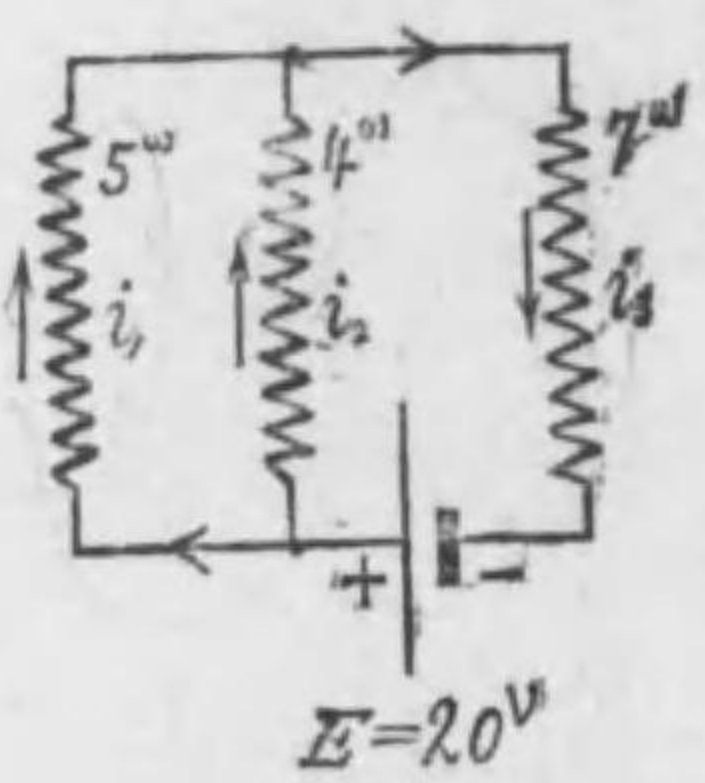
$$r_1 \text{ と } r_3 \text{ と } r_2 \text{ よりなる回路にては} \quad i_1 r_1 + i_2 r_3 + r_2 i_1 = e_2$$

$$r_2 \text{ と } r_1 \text{ と } r_3 \text{ よりなる回路にては} \quad -i_2 r_1 + r_1 i_1 - r_3 i_2 = -e_1$$

$$r_1 \text{ と } r_2 \text{ と } r_3 \text{ よりなる回路にては} \quad i_1 r_1 + i_2 r_3 - i_1 r_2 = e_2 - e_1$$

$$r_1 \text{ と } r_3 \text{ と } r_2 \text{ よりなる回路にては} \quad i_1 r_1 + i_2 r_3 = e_2$$

右六個の式中には他の式より變形して得可き方程式あるを以て實際は六個より小なるべけれども此の六個及び前の(一)に於ける三個を聯立方程式として解くときは  $i_1, i_2, i_3$  等は悉く求め得らるべし若し何れかの電流  $i$  が負となるときは之れ最初假定せる其の電流の方向が反對なりしことを示すものなり。  
例令ば第一三三圖の如き一例に於て各線の電流  $i_1, i_2$  及び  $i_3$  を求めんに



第一三三圖

此の四式の中(d)は(b)と(c)を加へて得可きものなり今(b)より

$$i_1 + i_2 = i_3 \dots\dots\dots (a)$$

$$i_1 \times 5 - i_2 \times 4 = 0 \dots\dots\dots (b)$$

$$i_2 \times 4 + i_3 \times 7 = 20 \dots\dots\dots (c)$$

$$i_1 \times 5 + i_2 \times 7 = 20 \dots\dots\dots (d)$$

$$i_1 \times 5 = i_2 \times 4 \quad \therefore i_1 = \frac{4}{5} i_2$$

$$\frac{4}{5} i_2 + i_2 = i_3 \quad \therefore i_3 = \frac{9}{5} i_2$$

之れを(a)に入れて  $i_2 \times 4 + \left(\frac{9}{5} i_2\right) 7 = 20 \quad \therefore i_2 \left(4 + \frac{9}{5} \times 7\right) = 20$

$$\therefore i_2 = \frac{20}{4 + \frac{63}{5}} = \frac{100}{20 + 63} = 1.2 \text{ 「アムペア」}$$

故に  $i_1 = \frac{4}{5} \times 1.2 = .96 \text{ 「アムペア」}$

$$i_3 = .96 + 1.2 = 2.16 \text{ 「アムペア」}$$

尙ほ「キルヒホッフ」氏法則を應用せる一例を擧ぐれば第一三四圖の如く起電力二

「ヴォルト」なる蓄電池五〇個を直列にせるものありて其の内部抵抗 $r_b$ を〇、一八「オーム」とし之れを抵抗 $r_a$ が〇、一二「オーム」なる電線を以て内部抵抗 $r_b$ が〇、一「オーム」なる發電機に結び發電機より四〇「アムペア」の電流を通ぜしめんには其の電壓 $E$

は何「ヴォルト」とすべきかを計算せん「キルヒホッフ」第二法則により、

$$ir_a + ir_b + ir_c = E - 50 \times 2$$

$$\therefore 40(r_a + r_b + r_c) = E - 100$$

$$\therefore E = 40 \times (0.1 + 0.18 + 0.12) + 100 = 40 \times 0.4 + 100$$

$$= 16 + 100 = 116$$

「ヴォルト」

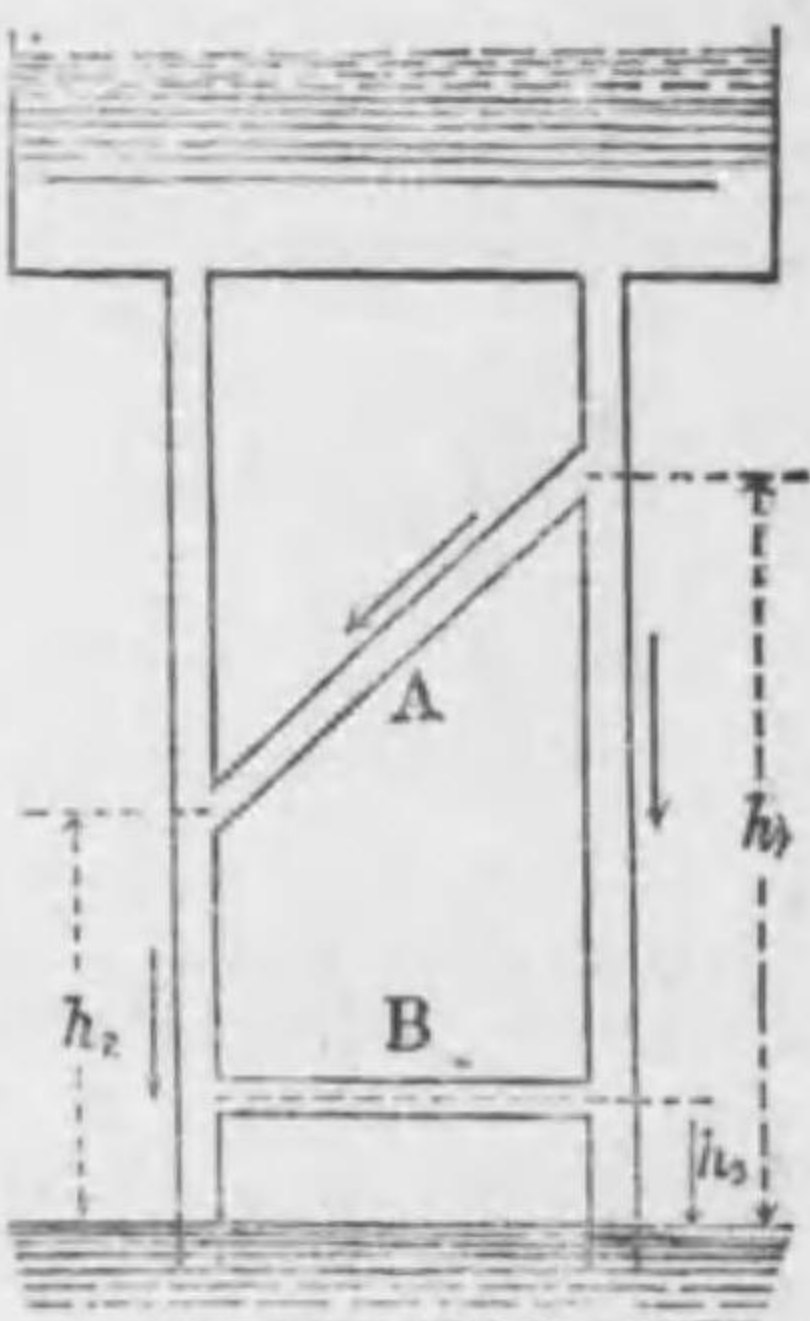
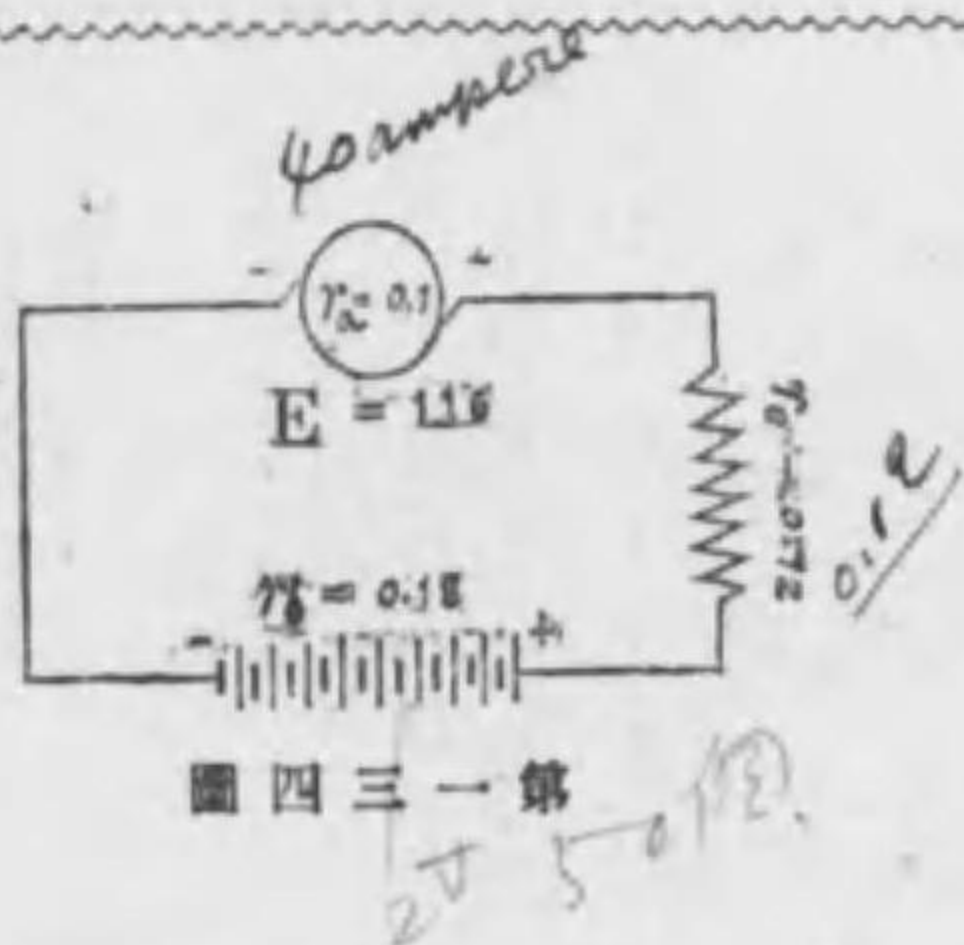
即ち發電機は、より各抵抗の「ドロップ」の和一六「ヴォルト」だけ高くして一一六「ヴォルト」にて送電するを要す、而して蓄電池兩端の電壓は

$$V = 50 \times 2 + 40 \times 0.18 = 100 + 7.2 = 107.2 \quad \text{「ヴォルト」}$$

をなすなり

四八、ホイートストンブリッジ

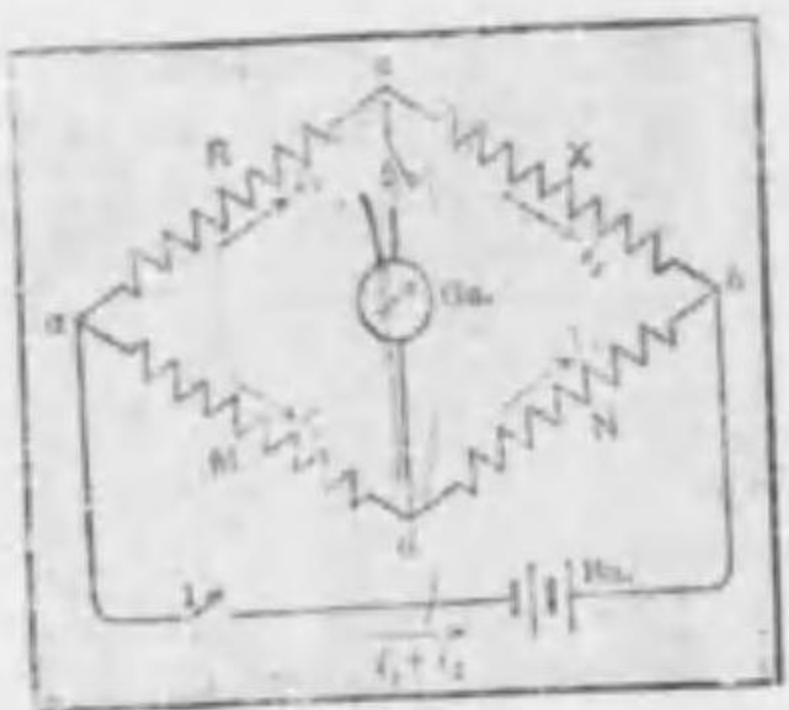
Wheatstone Bridge 第一三五圖の甲の如



甲 圖五三一第

く一の水頭を有する水槽より二本の管を以て水を流出せしむるときは各管内にて水頭の漸次低下すること並列電路の各分路の電流と相似たる状態にあり今管Aを以て兩分路を連結するに一端の水頭 $h_1$ が他端の水頭 $h_2$ より高きときは水はA管を $h_1$ より $h_2$ の方

に向ふ可し、又B管の如く兩端共に同一水頭 $h_1$ に連結するときは水はB管内を運動せず、電氣に於ても同様にして兩分岐路内に於て電位の相等しき二點間に電線を結ぶも此電線内には電流通ぜざるなり(同圖乙)



乙 圖五三一第

此理を應用して導體の抵抗を測定すべき要用なる一方法あり之れをホイートストンブリッジと稱し其の一例は第一三六圖の如くABなる長さ約一「メートル」にして太さの均一なる洋銀線に或る電壓 $E$ を與へて電流を通ぜしむ、又AB間に於て之れと並列にある抵抗 $x$ と $R$ とを結び $G$ なる電流計の一端は $x$ と $R$ との中間 $D$ に結び他端 $C$



は線上に沿ひて動き得るものとす、今Cを左右に調整するときは或る位置に於てGに電流通ぜず故にCとDとは同一の電位を有する點なり即ちAC間の「ドロップ」はAD間の「ドロップ」に又CB間の「ドロップ」はDB間の「ドロップ」に等しきなり故にAB線の電流を*i*<sub>1</sub>とRの電流を*i*<sub>2</sub>とすれば

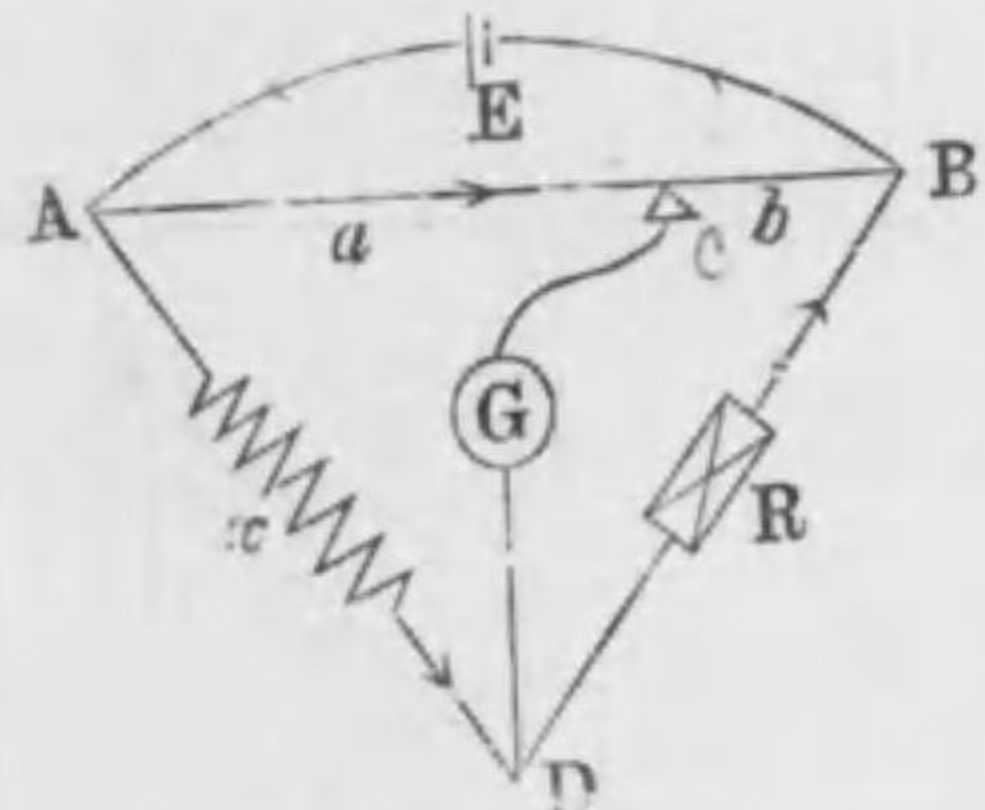
$$\left. \begin{aligned} \text{(抵抗 } a) \times i_1 &= a \times i_1 \\ \text{(抵抗 } b) \times i_2 &= R \times i_2 \end{aligned} \right\}$$

$$\therefore \frac{\text{抵抗 } a}{\text{抵抗 } b} = \frac{a}{R} \quad \text{抵抗 } a = R \times \frac{\text{抵抗 } a}{\text{抵抗 } b} \quad \dots\dots\dots (71)$$

又AB線は均一の太さを有するを以て*a*及び*b*の抵抗は其の長さに正比例し

$$a = R \times \frac{a}{b} \quad \dots\dots\dots (71)$$

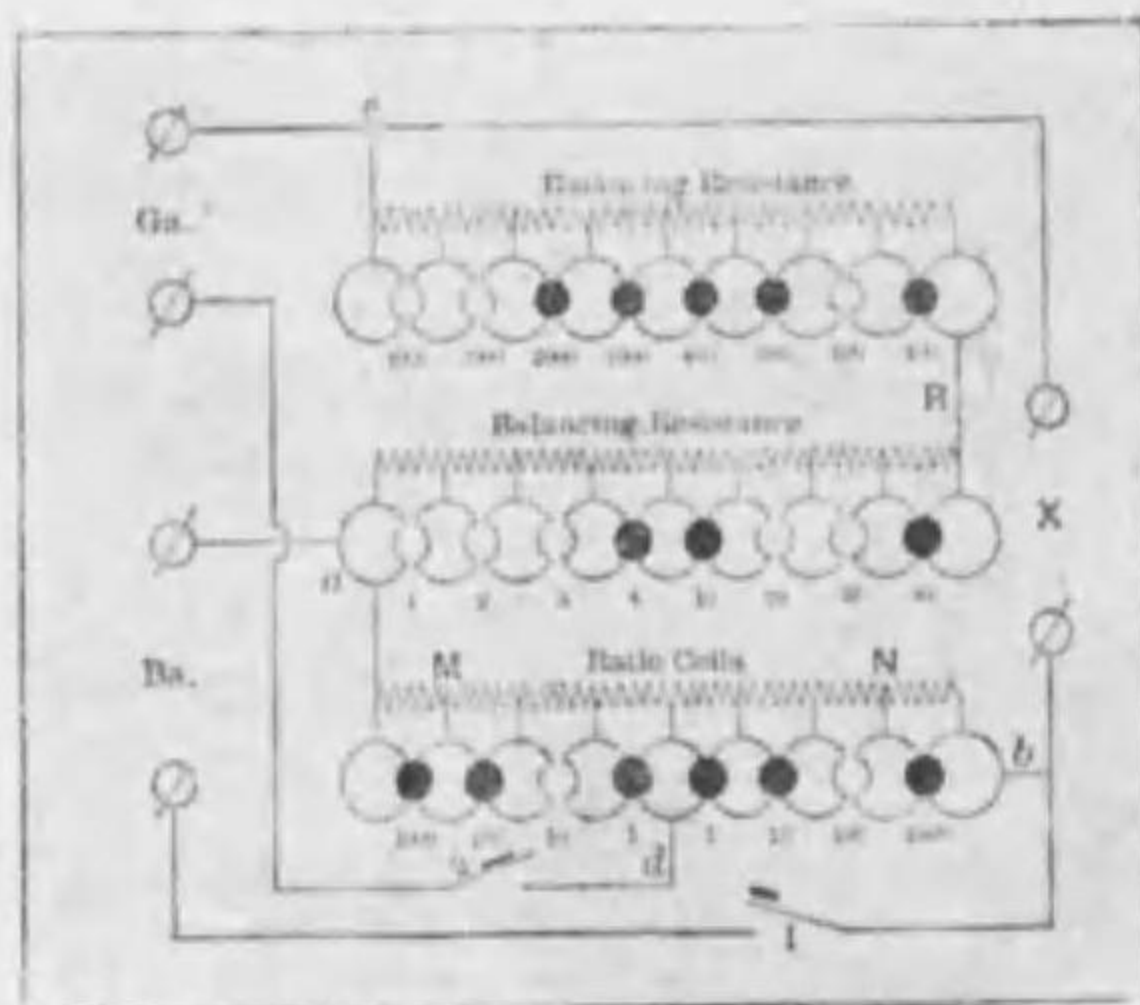
とすることを得、即ちR、*a*及び*b*を知て未知の抵抗*a*を測定することを得、是れを「ホイートストン」氏の「ブリッジ」と云ふ「ブリッジ」とはCDを以て兩分路間に橋を架するを以て命名せるなり、斯く長さ「メートル」の洋銀線上に切點を滑走せしむる如く製作せる「ブリッジ」



「ゲツリブ、ントストーイホ」 圖六三一第

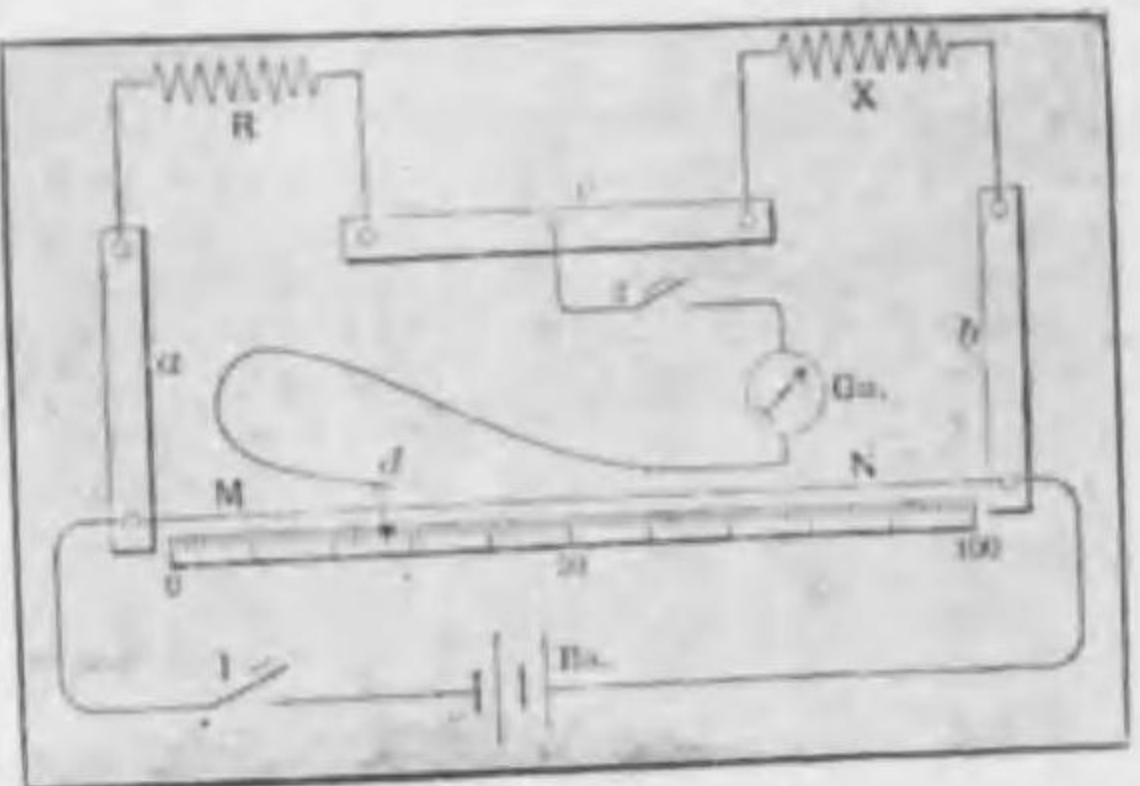
を「メートルブリッジ」と稱し第一三七圖に見る如く洋銀線には尺度を附して長さ

を讀むに便にし、尙電池Ba及び電流計Gaの電路に1及び2なる開閉器を挿入し測定せんとする瞬間にのみ電流を通ぜしむ、*a*、*b*、*c*等は太き銅片にして抵抗は殆んど零なり圖に於けるM



「スケツホUP」 圖八三一第

及びNなる長さは前式に於ける*a*並に*b*に相當す、又第一三八圖の如く洋銀線に代ふるにMNなる抵抗を使用し、栓に依てMとNとの比を變じ、Rなる抵抗箱と共用しRを増減して電流の通ぜざる位置を見出す如くするものはP、O「ボックス」又はP、O「ブリッジ」と稱し現時盛に使用せらる、即ち未知の抵抗はXなる「ターミナル」に結び電流計及び電池は各Ga及びBaなる「ターミナル」に結合し先づ1の開閉器を押して電流を通じ次で2の開閉器を押して電流計を「ブリッジ」せしむるなり圖に

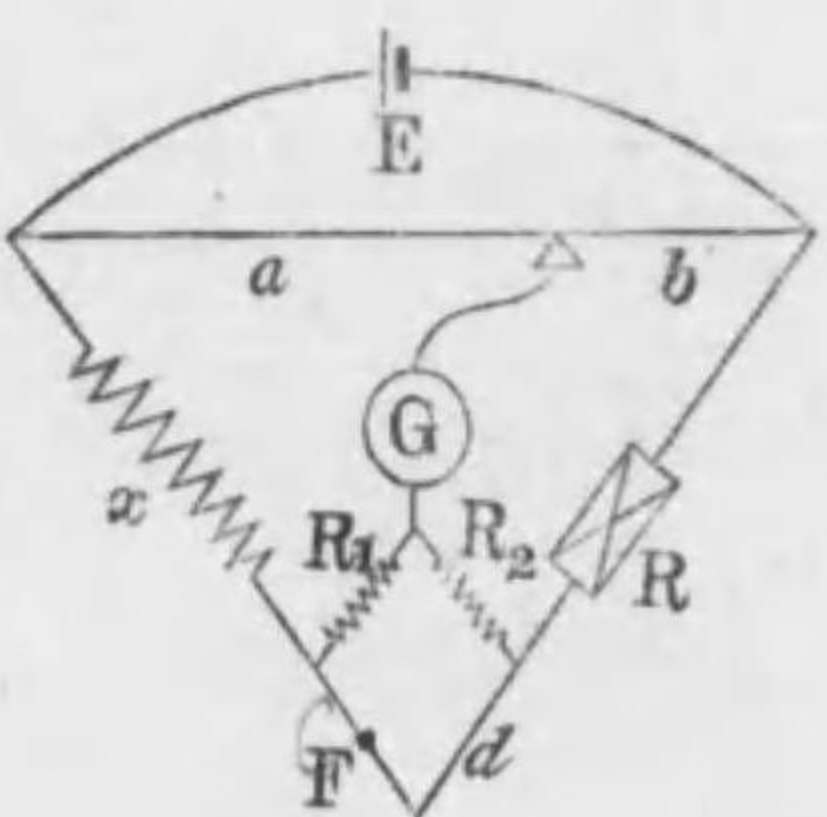


「ゲツリブ、ターメ」 圖七三一第

於てMは一〇「オーム」Nは一〇〇「オーム」Rは七二五六「オーム」を示すを以て未知の抵抗Xは

$$X = R \times \frac{N}{M} = 7256 \times \frac{100}{10} = 72560 \quad \text{「オーム」}$$

なるを示す、注意、黒點は栓にして栓を有せざる抵抗が現に使用されつゝあるなり）  
四九「ケルビン」氏複「ブリッジ」 Kelvin's Double Bridge 測定すべき抵抗x



「ダブリアルブリッジ」 圖九三一第

が非常に小なるときはxとRとを連結する電線の抵抗が計算に入り來りて其の結果を誤謬に陥らしむることあり「ケルビン」氏は第一三九圖の如くR1、R2の抵抗を以て電流計をxとRとに結び且つ接點をaとR1、R2との兩端に設け常に

$$a : b = R_1 : R_2$$

$$c : d = R_1 : R_2$$

なる關係を保ちつゝ滑走する様製作せる「ダブルブリッジ」を案出せり今Rとabとを變じて電流計の指針を零ならしむれば、cdの中間に

$$\frac{a}{b} = \frac{x+c}{R+d}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$\frac{c}{d} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$\therefore \frac{a}{b} = \frac{c}{d}$$

をなす點なりとすれば電流計GはR1とR2との接點にあらずして此のF點に結合せりと見る事を得、可く從て

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{x+c}{R+d}$$

$$\therefore \frac{a}{b} = \frac{x}{R}$$

$$x = R \times \frac{a}{b}$$

斯くしてxを正確に求むることを得

五〇、液體の電導力 一般に液體は電流の通過に對し三種に區別す、

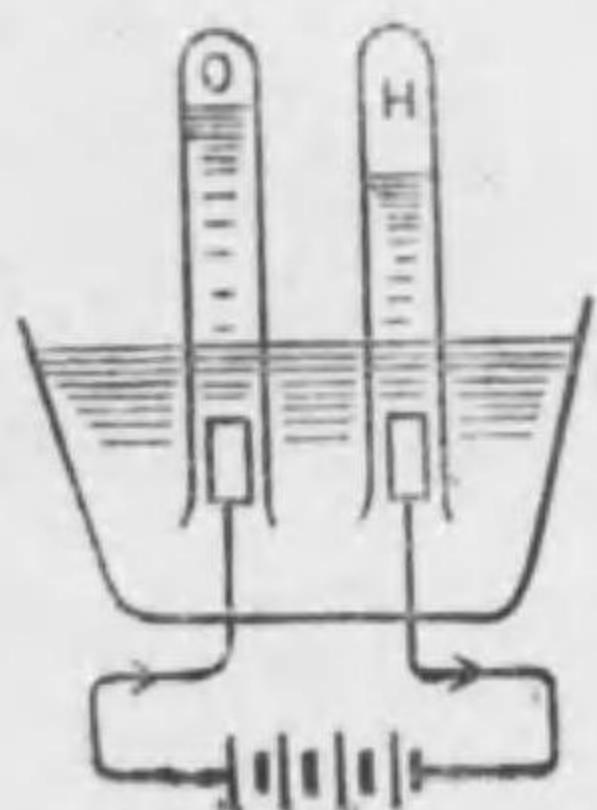
(一)石油、礦油類の如く良絶縁體にして全く電流を通ぜざるもの、

(二)水銀又は溶融せる金屬の如く何等の變化を起すことなく電流を通ぜしむるもの、

(三)薄き酸又は金屬鹽の溶液の如く電流の通過と共に何等かの化學變化を起すもの、

此の(三)の現象は即ち電氣化學作用にして電池の内部に起るものと同理なり、此種の溶液を電解物 Electrolyte と稱す、

五一、水の電氣分解 一八〇〇年頃、ニコルソン氏は電流は水を通過し得ると同時に之れを分解して酸素及び水素となすことを發見せり、即ち酸素瓦斯は正極に、水素瓦斯は負極に表はる、其後水のみならず他にも數種の溶液例令ば稀薄なる酸及び金屬鹽の溶液等皆な好く電流の爲めに分解せらるゝことを發見せり、斯く電流に依て溶液を分解することを電氣分解 *Electrolysis* と稱し、分解せらるゝ液は前節の如く電解物と稱す、而して電氣が溶液に入る極即ち電源の正極に連なる極をアノード Anode 電流が溶液より出づる極をカソード Cathode とす。



第一四〇圖 水の分解

前記の如く水は電氣に依て分解せらるゝと雖眞に純粹の水は電氣を導かず従つて分解を起さず水が不純なる時、特に僅少にても酸類を含有するときは忽ち分解を始む、而して正極に發生する酸素は負極に發生する水の二分の一の容積を有する筈なれども酸素は發生するや否や一部分は「オゾン」となりて容積を減ずるが故に、約一〇%程容積の減少あり、而して此等瓦斯は正負の各極に發生するを以て、之を集合するには第四百四十圖の如く各極の上部に水を充たせる試験管を倒立す、又發生せる瓦斯が極の金

屬に作用して化學變化を生ずるを防ぐため各極は白金を使用するを普通とす、斯く水の分解せらるゝ化學變化を化學方程式を以て示せば



なるの理なり、然れども酸性を有する水のみが電氣に依て分解せらるゝを以て今日の電氣化學の理論に於ては左の如く説明す、今水が硫酸を含有せりとすれば電流のために先づ硫酸分解せられて



となる、然るに  $SO_4$  なる根は其儘存在すること能はず直ちに水に作用して



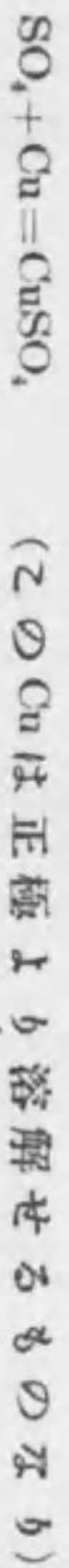
即ち硫酸は變化なくして水のみが分解さるゝと同じ事となる、今水に加ふるに硫酸の代りに硫酸銅を以てするときは前式の H の代りに Cu となりて



即ち負極より H 瓦斯を發生する代りに銅を沈澱す、

若し又硫酸銅を分解するに當り、極を白金とせずして銅とするときは發生する  $SO_4$

は水に作用せずして正極の銅に作用し元との硫酸銅となり従つて正極の銅は漸次消費せらる、但し同時に負極上には最初に分解せる銅を沈澱す、換言すれば正極の銅減少して負極の銅増加す、此の變化を方程式にて示せば



第一四一圖

此理により正極に不純なる銅を置ても負極上には純粹の銅を沈澱することを得べく電氣精銅又は電氣製版等に應用せらる、硫酸を分解せるときHが負極にSO<sub>4</sub>根が正極に出現する理は第一四一圖の如く各分子が分解してH根は負極に向ひSO<sub>4</sub>根は正極に向ひ中間の分子は隣り同志の根が相結合して元の硫酸の儘にて存在すと信ぜらる、かく溶液は電流の通過に際し各分子とも根に分解し金屬根は負極に酸根は正極に向ひて引かるゝ事を溶液分子がイオンとなる Ionise と云ふ、而して各根をイオン Ion と稱し、イオンは電氣を有するものと認めらるゝなり

### 五二、イオンの種類

或種の化合物の液溶を電氣分解すれば、其の化合物は

らず二根に分れ、一根を正極に他根は負極に出現す、即ち一般に金屬根は負極に表はれ、酸根は正極に表はる、故に此等各根を「イオン」と稱し、正極に表はるゝイオンは負電氣を有するものと信じ、電流と反對の方向に進むを以て負電氣と云ふ、之を「アニオン Anion」と命名す、又負極に表はるゝイオンは正電氣を有するものと信じ、電流の方向に進むを以て正電氣と云ふ、之を「カチオン Kation」と命名す。

酸又は金屬鹽は溶液とするときは電流を通ぜざる時と雖も一部分は分解して、アニオン及び「カチオン」となり居るものにして之を「電氣解離 Electric Dissociation」をなすと云ふ、此の溶液に電流通ずる時は「カチオン」は負極に、「アニオン」は正極に引かる。

**五三、電氣分解の法則** 或る時間内に分解せらるゝ化合物の量即ち分子の數及び之れと電流との關係等に就きては「ファラデー」氏の研究により下の諸規則あり。

(一) 二回路に於ては何れの部分に於ても一定時間内に分解する「イオン」の量は同一なり。

即ち二個或は數個の電氣分解裝置を一回路内に入るゝときは、何れの裝置も同一時間内に同一量の分解をなす。

(二)同一電路に二種以上の電氣分解装置を入れるときは各に於て同一時間内に分解せらるゝイオンの量は互に簡單なる關係あり即ち一般に或る時間内に分解せらるゝ金屬の重量は其の化學當量に比例す、化學當量とは各原子の原子量を其の原子價にて除したるものなり

此理により、同一回路内に水の分解装置と硫酸銅の分解装置とを直列に入れるときは同一時間内に一方より發生する水素瓦斯の重量と他方より分解せらるゝ銅の重量との比は水素と銅との化學當量の比即ち一と三一・六との比をなすなり。

(三)或る時間内に分解せらるゝイオンの量は常に電流の強さ及び其の繼續せる時間に比例す即ち通過せる電氣の量に比例す。

故にC「アムペア」の電流がt秒時間通じ或る物質のW「グラム」を分解せりとすれば前記(二)及び(三)より下の關係を得但しqは化學當量とす

$$W_{\text{電氣}} = kq \quad W_{\text{電化學}} = ZCt \quad (\text{但し } Z = kq) \dots\dots\dots (72)$$

而してkは何れの物質にも共通なる係數なり、此の關係に於けるZを其物質の電

氣化學當量 Electro-Chemical Equivalent と稱し「クロム」なる電氣が通過する間に

分解する其物質の重量なりと稱することを得るものなり

實驗に徴するに水を分解せしむるとき發生する水素の重量は電氣一「クロム」につき

$$W = .000010184 \quad \text{「グラム」}$$

なり即ち水素の電氣化學當量Zは此値なり、然るに水素の化學當量qは一なるを以て前掲の係數は

$$k = \frac{Z}{q} = \frac{.000010184}{1} = .000010184$$

依て他の總ての物質に於ても其の化學當量に此數を乗ずれば電氣化學當量Zを得らるべし第六表には重なる物質の電氣化學當量、化學當量等を示したり。

例題二七 硝酸銀溶液に銀を電極として三「アムペア」の電流を通ずること十時間なるときは負極の銀の重量増加幾何なるか

解  $W = Z.C.t = .001118 \times 3 \times 10 \times 3600 = 120.74 \quad \text{「グラム」}$

例題二八、重量三・五〇「グラム」の銅が硫酸銅溶液より沈澱するに一晝夜を要したりと云ふ、電流の強さは何「アムペア」ありしか。

表六第 電氣化學當量表

原素名	化學記號	原子量	原子價	化學當量 q	電氣化學當量 Z (グラム)	1「アムペア」時内ニ分解スル重量 (グラム)
[カチオン]						
水素	H	1	1	1	.000010184	.037368
ポッタシウム	K	39.03	1	39.03	.0004053	
ソヂウム	Na	23	1	23	.0002388	
金	Au	169.2	3	56.4	.0006791	2.4411
銀	Ag	107.67	1	107.67	.0011181	4.0250
第二銅(Cupric)	Cu	63.18	2	31.59	.0003281	1.1832
第一銅(Cuprous)	Cu	63.18	1	63.18	.0006562	2.3665
第二水銀(Mercuric)	Hg	199.8	2	99.9	.0010374	
第一水銀(Mercurous)	Hg	199.8	1	199.8	.0020748	
第二錫(Stannic)	Sn	117.8	4	29.45	.0003058	
第一錫(Stannous)	Sn	117.8	2	58.9	.0006116	
第二鐵(Ferric)	Fe	55.9	2	27.95	.0002902	0.6957
第一鐵(Ferrous)	Fe	55.9	3	18.64	.0001935	1.0436
ニッケル	Ni	58.6	2	29.3	.0003043	1.0993
亜鉛	Zn	64.9	2	32.45	.00033698	1.2113
鉛	Pb	206.4	2	103.2	.0010716	3.8570
アルミニウム	Al	27	3	9	.00009317	0.3355
[アニオン]						
酸素	O	15.96	2	7.98	.00008286	.29808
鹽素	Cl	35.37	1	35.37	.0003673	1.3212
沃度	I	126.54	1	126.54	.0013140	
臭素	Br	79.76	1	79.76	.0008282	
窒素	N	14.01	3	4.67	.00004849	

解

$$W = Z.C.t$$

$$350 = .0003281 \times C \times 24 \times 3600$$

$$\therefore C = \frac{350}{.0003281 \times 24 \times 3600} = 12.35$$

「アムペア」

例題二九、某ダニール電池の亜鉛板は面積 $3 \times 4$ 吋厚さ四分の一吋なり、電池は毎日平均三時間使用し電流は〇.二四「アムペア」ありと云ふ、右亜鉛板は何ヶ月毎日に新たにするを要するか、又毎年一回硫酸銅を補給するには何「グラム」宛を投入すべきか、亜鉛の比重は七.二なり、又一吋は二.五四「センチ」に相當す。

解 亜鉛の重量 W は

$$W = 7.2 \times 3 \times 4 \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2.54} = 353.9$$

「グラム」

この W が消費さるゝ時間をとすれば

$$W = Z.C.t$$

$$353.9 = .0003369 \times 0.24 \times t$$

$$\therefore t = \frac{353.9}{.0003369 \times 0.24} = 4377000 \text{ 秒} = 1245 \text{ 時間}$$

一日三時間使用するを以て日数は

$$n = \frac{1245}{3} = 415 \text{ 日}$$

即ち約一四ヶ月を保持す、又硫酸銅が一ヶ年間に分解する量を見んに銅に就て計算し

$$W = Z.C.t = .0003281 \times 0.24 \times 365 \times 3 \times 3600 = 310.3$$

「グラム」

然るに硫酸銅の分子量は  $\text{CuSO}_4 = 32.2 + 32 + 4 \times 16 = 159.2$  にして此中に銅一原子即ち  $\text{Cu} = 32.2$  を含有するにより前記三一〇「三」グラムを含有する硫酸銅の重量は

$$W = 310.3 \times \frac{159.2}{32.2} = 2673.0 \quad \text{「グラム」}$$

即ち約二七「キログラム」宛を投入するを要す。

**五四**「ボルタメーター」 Voltmeter 前節に説明せる電氣化學の法則より物質の分解せる量  $W$  を知るときは、之れより使用せる電氣の量  $Ct$  を知るを得可く、從つて時間も測定し置けば、電流  $C$  を計算することを得可し、此の方法によりて電流の強さを算定すべき装置を「ヴォルタメーター」と稱し、普通銀又は銅を分解せしむべき装置を使用し之を回路内に直列に入るゝなり而して負極上に沈澱増加せる金屬の重量より  $C$  を計算す、銅を用ふるものは銅「ボルタメーター」、銀を用ふるものは銀「ボルタメーター」なり、又水「ヴォルタメーター」と稱し水を分解せしめ發生する水素、酸素又は兩者の混合せるものゝ容積より電流を算出するものもあり即ち此種の「ヴォルタメーター」にては次の如く容積と重量との換算を要す。

攝氏零度一氣壓に於て一立方「センチ」の水素瓦斯は  $0.00008989$ 「グラム」の重量あり從

て一「クローロム」の電氣は水素瓦斯の  $0.1165$  立方「センチ」酸素瓦斯の  $0.577$  立方「センチ」を發生す、又水一「グラム」を全く分解し終るには  $96,302$ 「クローロム」の電氣を要す。

「ボルタメーター」の有利なる點は非常に小なる電流を測定し得るにあり、即ち  $C$  が小なる時は時間も大にすれば相當の重量  $W$  を分解し得るなり、又注意すべき事は「ヴォルタメーター」より計算せる電流  $C$  は測定せる時間内に於ける平均電流にして、其時間内にて電流に増減あるときは各瞬時の電流を知ることは不可能なることなり、故に「ヴォルタメーター」にては測定中常に電流の變化せざる様、注意するを要す。

### 五五、成極作用

Polarization

稀薄なる硫酸中に白金を極として電流を通ぜしむ

るときは正負各極にはそれぞれ酸素及び水素瓦斯を附着す、今急に電流の通過を止むるときは此の酸素と水素の附着せる電極は一の電池として作用し、兩極を針金にて結合すれば前と反對の方向に電流の通ずるを見るべし、即ち元と電氣分解のとき正極なりし部は電池の正極となる、換言すれば電氣分解槽として受けたる電壓とは逆の方向を有する電壓を發生し居るなり、此の作用を成極作用と稱しかく發生する電壓を逆起電力 Counter Electro Motive Force; C.E.M.F. と云ふ、逆起電力

は時間を経、成極作用の進むに従つて大となる、其最高限は溶液と電極の種類に因て定まるものなり、而して之を電池として使用するときは初め成極作用にて極に附着せる瓦斯は漸次消失して元に復し同時に其の電壓も漸次減少して零となる「ゲオルタ」電池に於て電壓の減退し來るも此の作用なり、成極作用は上言の如く極に瓦斯の附着するに限るものにあらず極に化學作用の働らきて變化を生ずると共に起るものなり

銅を電極として硫酸銅を電氣分解するが如く、分解のために生ずる金屬又は酸根が極に何等の變化を與へざるものなるときは勿論成極作用なし、前の第三種の電池と稱せるものは此理を應用せるなり

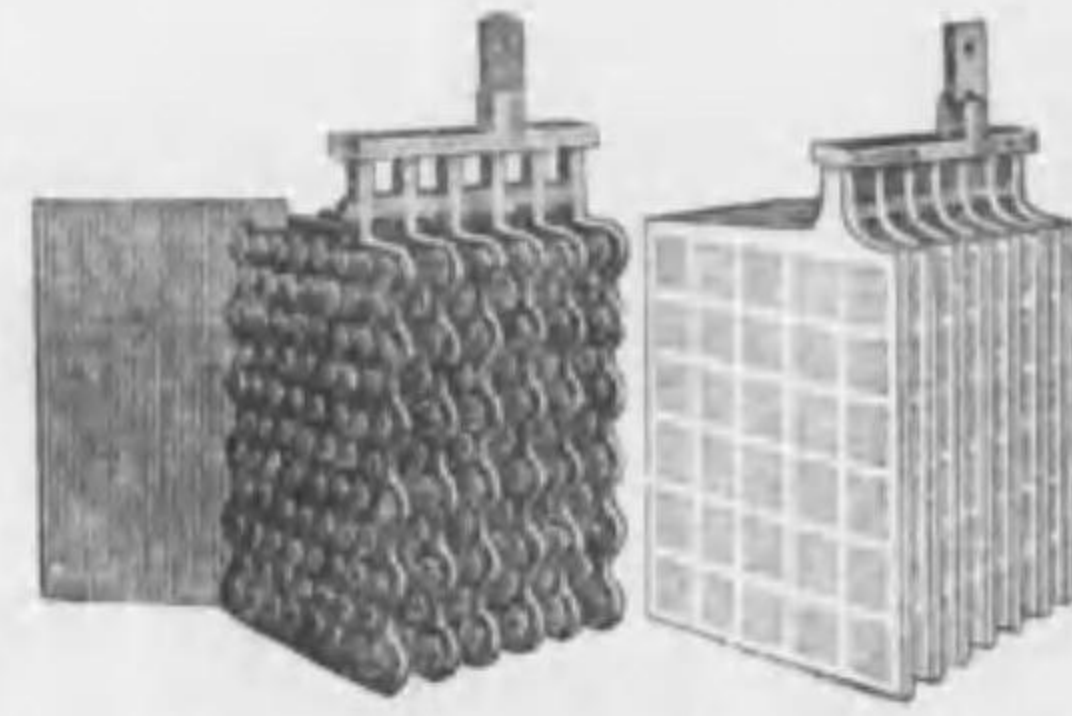
成極作用は逆起電力を發生するものなれば其の回路の電流*C*は

$$C = \frac{E}{R}$$

の式に於て*e*の漸大すると同時に減少し來る、故に一般の電氣分解又は電氣化學裝置に於て電源の起電力*E*は電槽の起電力の最大値より大なるを要す、然らざれば*e*が漸次大となり遂に*E*と等しくなると共に電流は零となりて化學作用は停止するを以てなり、假令ば水を電氣分解するには少くとも一、四七「ゲオルト」以上の

電壓を有する電源を使用せざる可らず、前の第四七節例題に於て蓄電池の逆起電力が一〇〇「ゲルト」なるときは發電機の電壓一六「ゲルト」なりしが、若し蓄電池電壓が一〇「ゲルト」に増加せりとすれば同一の電流四〇「アムペア」を通ずる爲めには發電機は一、二六「ゲルト」に増加するを要するなり

**五六蓄電池** *Storage Battery* 蓄電池又は二次電池 *Secondary Cell* と稱するは成



第一四二圖 蓄電池の極正右極左負極

極作用に因る電壓を應用し、之れを電池として使用せんとするものなり、初め「ブランテ」氏が製作した後「ファウレ」氏が改良せるものなり、最も簡單なるものは稀硫酸中に二枚の鉛板を挿入せるものにして一極を正他極を負として電流を通ずるときは分解せる硫酸は兩「鉛板」に作用して化學變化を生ぜしむると共に漸次逆電壓を發生す、故に或る時間の後電流を送るを止めて之れを電池として使用するものなり、即ち蓄電池は電流の「エネルギー」を化合物の原子間に蓄積せしめ之



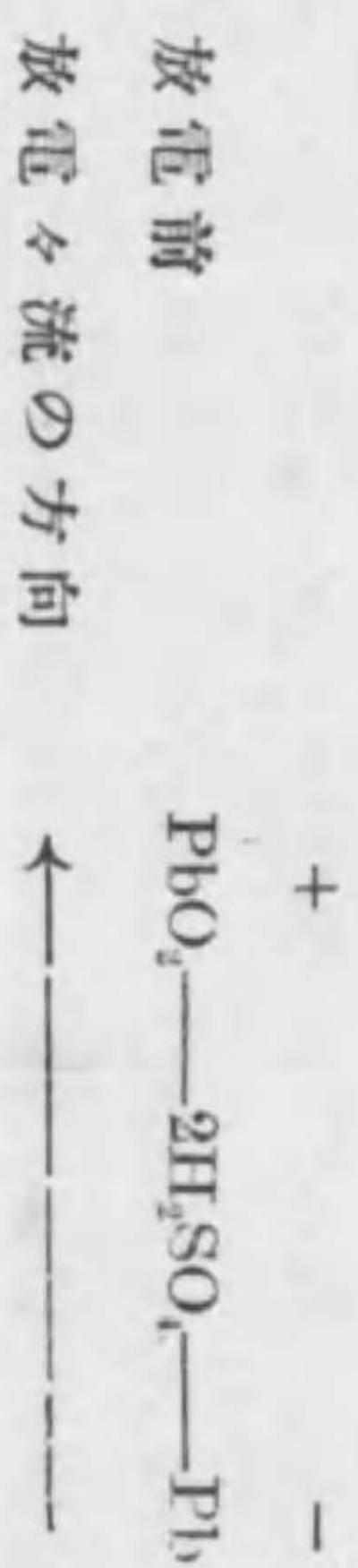
第一四三圖 蓄電池



れを随時に電池として使用し前の「エネルギー」を再び電氣的「エネルギー」として出現せしむるものなり。

今日使用せらるる蓄電池は正極は鉛板に多数の小孔を穿ち表面積を増すため硫酸にて処理し表面を酸化せしめたるもの、又負極は鉛板に孔を穿ち酸化鉛の特殊の練物を充填せるものなり、是等正負兩板を交互に稀硫酸液中に浸し正極同志と負極同志と並列に結び第一四三圖の如き蓄電池を得、此の蓄電池は使用する前に先づ四〇時間程外部より電流を與へて充分なる起電力を發生せしめざる可らず之を充電 (Charge) すと稱す、充電の爲めに負極は鉛となり正極は過酸化鉛に變ず、一個の蓄電池の起電力は約二〇「ヴォルト」なり、

右の如く充分に充電せるものはある抵抗に結ぶときは電池として電流を外部に供給し得るものにして之を放電 (Discharge) すと稱す、放電に際し電池内部に起る化學變化は次の如し、



「イオン」の運動

$$\text{H} \leftarrow \quad \quad \quad \rightarrow \text{SO}_4$$

化學變化

$$\text{PbO}_2 + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Pb} + \text{SO}_4$$

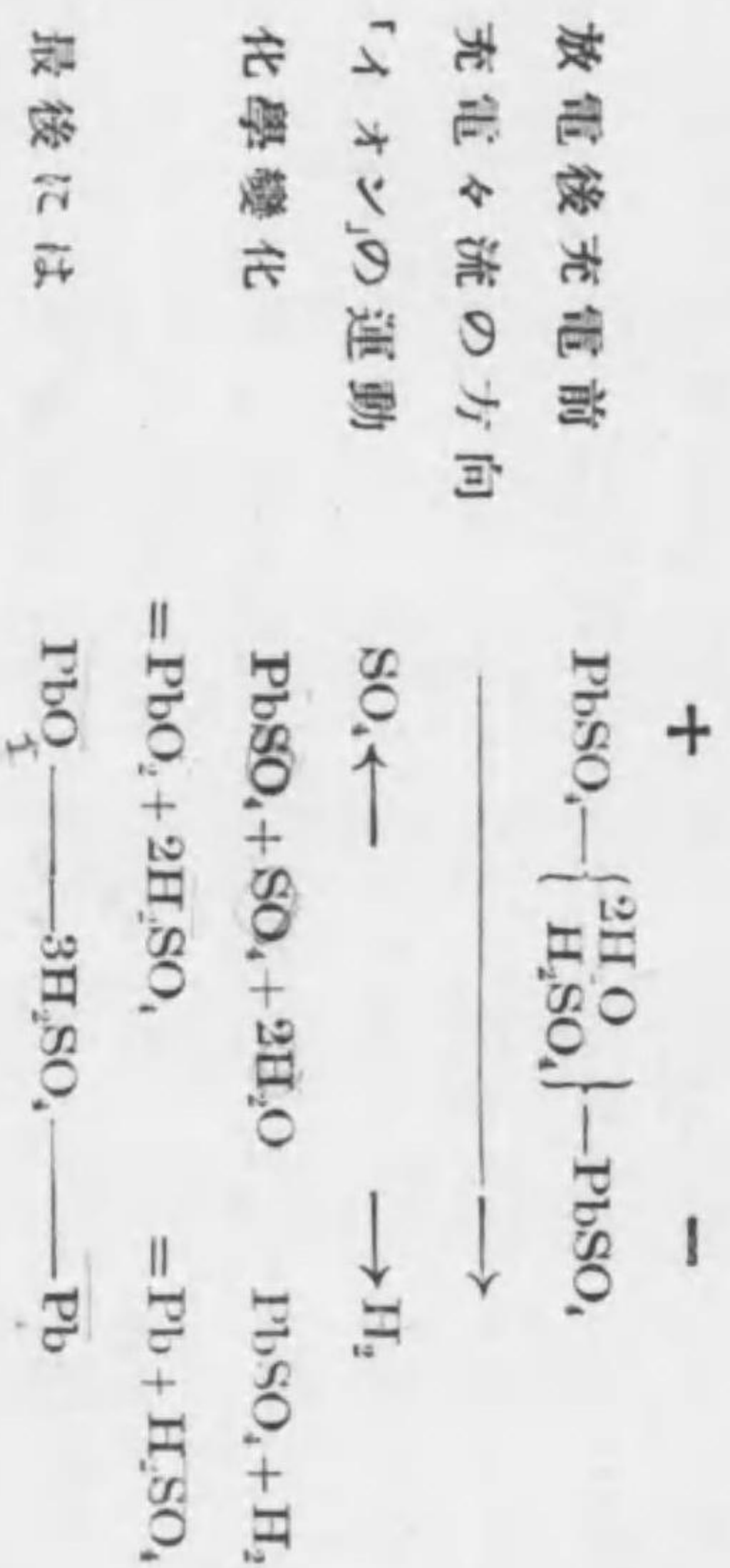
$$= \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{PbSO}_4$$

最後の状態

$$\text{PbSO}_4 \text{---} 2\text{H}_2\text{O} \text{---} \text{PbSO}_4$$

即ち放電のために兩極は同一の物質となるを以て電壓は漸次減少し又硫酸も減少して水増加するを以て比重は從て減ず可し、

斯く放電せるものは又充電を行ひて反覆使用することを得、即ち其の化學變化は左の如し



即ち充電の結果正極は酸化し負極は還元し漸次起電力を高め來る、且つ水減少して硫酸増加するを以て其の比重を増加す。

蓄電池に蓄へられたる「エネルギー」は化學的「エネルギー」に變形し居るを以て正負兩電氣間の「エネルギー」即ち力管の「エネルギー」とは異なる状態にあるものなり一の蓄電池に過大の電流を通ぜしむるときは各極に餘り急に化學變化作用するを以て板の彎曲破壊又は兩板の接觸等を生ずる憂あるものなれば蓄電池は一般に使用し得る電流の最大限定められ居るものなり、由て大なる電流を使用せんと欲すれば各板の面積の大なるものを使用せざる可らず、一般に各板の面積一平方時につき電流は二〇「アムペア」内外を限度とす、又蓄電池は一般に内部抵抗非常に小なるものなれば一個につき〇・〇二「オーム」位外部には常に注意して相當の抵抗を挿入し置き何等かの原因にて電線が互に接觸することあるも過大の電流を通じ極板を破損する事なき様にするを要す、斯く外線路の一部が接觸して回路の全抵抗を減少し多大電流を通ずることを短絡 Short Circuit すと稱す。

或る蓄電池に蓄へたる「エネルギー」は其の時間内に電流が供給せるものなれば後節に説明する如く、與へたる「ターミナル電壓」と電氣の量との積に等し即ち

$$W = E \times C \times t \quad (E \text{ が「ヴォルト」, } C \text{ が「アムペア」, } t \text{ が秒なるときは } W \text{ は「ジュール」})$$

なり普通 E は約二「ヴォルト」なるを以て右「エネルギー」は常に電氣の量  $C \times t$  に比例す、蓄電池に於ては一般に「アムペア時」を以て「エネルギー」の單位とす、小「アムペア」にて大時間使用するも大「アムペア」にて小時間使用するも電氣の量は同一なるを得べく、某蓄電池に蓄積し得可き「アムペア時」の電量を其の容量 Capacity と云ふ、靜電氣學に述べたる電氣容量とは全く別意義のものなり。

「エネルギー」不滅の理により充電の際與へたる「アムペア時」に等しき電量は放電に際して使用し得可き理なれども事實に於ては、蓄電池の絶縁不良のため漏電あると、電池内にて板と板との間に局部電流通ずると、酸の濃度不均一なるため又は充電々力の一部は水を分解して瓦斯を發生する等目的以外の仕事をなす等の爲めに、放電々量は必ず充電々量より小なり、而して此の兩者の比を「アムペアアワー能率 Ampere-Hour Efficiency」と云ふ、此の能率は一より低く〇・九よりは高きを常とし注意して取扱ふときは殆んど一に近くするを得るものなり。

「アムペアアワー」能率はかく高けれども、送入せる電力と放電の電力との比即ち蓄電池の電力能率 Watt Efficiency は遙かに小なり何となれば

にして蓄電池の放電の「ターミナル」電壓  $E'$  と充電の時の  $E$  とは各  $e$  を逆起電力とすれば)

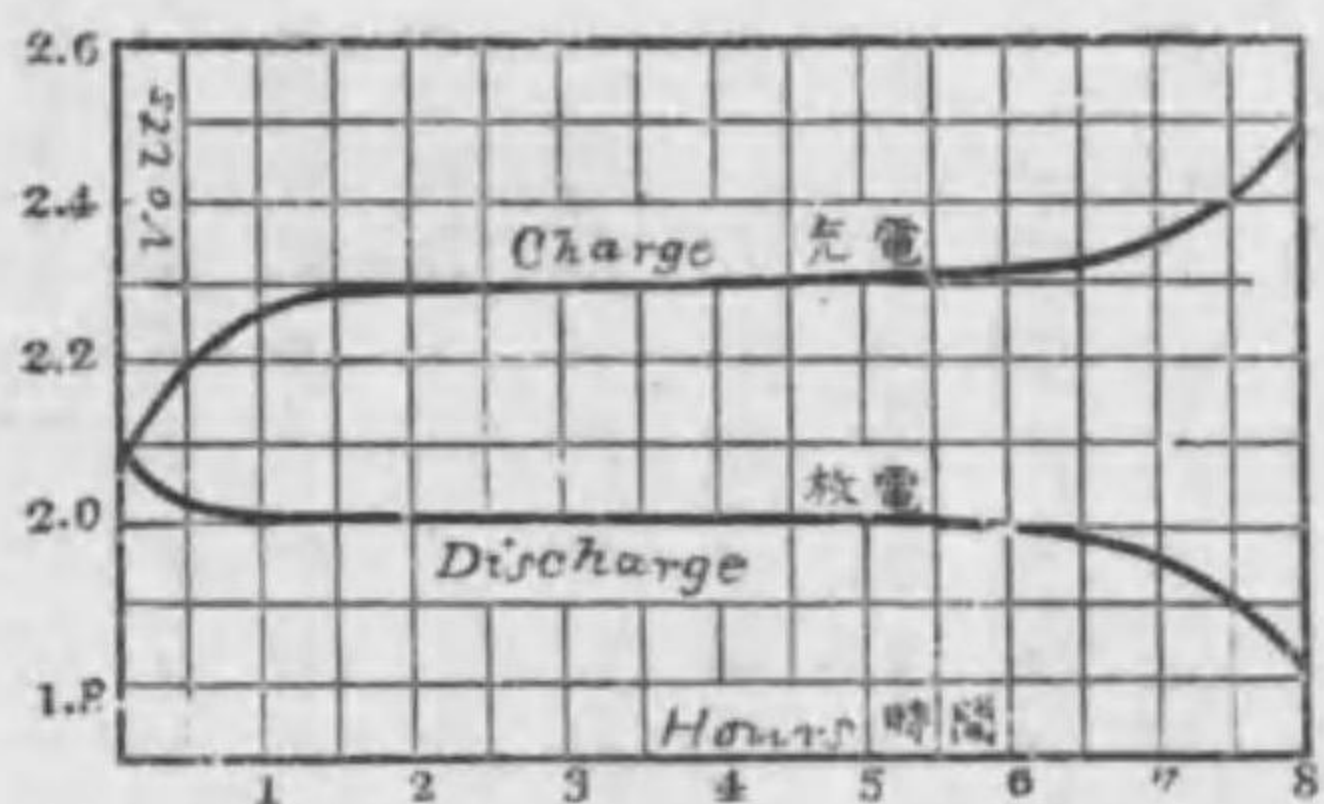
$$\text{電力能率} = \frac{E' \cdot C \cdot t}{E \cdot C \cdot t} = \frac{E'}{E} \times (\text{アムペア・アワー能率}) \dots \dots \dots (73)$$

にして此の兩者の比  $E'/E$  は勿論一より小なればなり。

$$\left. \begin{aligned} E' &= e - ir \\ E &= e + ir \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} a \text{ は電流 } r \text{ は内部抵抗} \end{array}$$

逆起電力  $e$  は充電の終らんとする頃は二・六「ヴォルト」にも達することあり然れども放電に際しては一・九乃至二・〇「ヴォルト」に下る而して放電の爲めに生ぜる硫酸鉛は其の内部抵抗を増加するを以て「ターミナル」電壓は一・八「ヴォルト」位にも降るなり。

充電に際し液より氣泡を發生するに至らば之れ鉛板の化學變化全く終結し水素瓦斯の分解するものなれば充電を止むべき時期となれるを示すものなり一般に充電及び放電の程度は各板の色と液の比重等より知るものとす。



第一四四圖 時間と電壓の關係

### 五七、電流の發生する熱「ジュール」氏法則

*Joule's Law* 電流の通ぜる導

體の各部よりは必ず熱を放出す其量は電流が  $C$ 「アムペア」なるときは抵抗  $R$ 「オーム」なる部分よりは毎秒

$$\text{熱} = C^2 R \quad \text{「ジュール」} \dots \dots \dots (74)$$

なり、即ち之を「ワット」と稱す、此の規則は「ジュール」氏が實驗によりて發見せしものにして抵抗が金屬なると液體なると、又は電池内部なると外抵抗内なるとを問はず、又其の回路の全部なると一部分なるとを問はず、必ず右の關係をなす、即ち一面より曰ふときは導體が必ず抵抗を有すと云ふとは電氣の通過に際して必ず「エネルギー」の一部を奪ひ熱として放散せしむる性質ありと云ふと云なる。回路の電流を  $C$  とし、 $R$  なる抵抗を有する部分に就て考ふるに此の抵抗内にて落下する電壓は  $CR$ 「ボルト」にして之を。とすれば前記の如く  $R$  より放出する「パワー」は

$$P = C^2 R = C \cdot CR = C e \quad \text{「ワット」} \dots \dots \dots (75)$$

なり、即ち電流  $C$  にして落下する電壓  $e$  なる部分よりは  $eC$ 「ワット」の「パワー」を放出す故に電池の起電力  $E$ 「ヴォルト」にして電流  $C$ 「アムペア」なるときは此の電池は

EC「ワット」の「パワー」を供給しつゝあるなり何となればEなる起電力は全部回路内にて落下すればなり

例題三〇、一〇〇「ヴォルト」二分の一「アンペア」の白熱電燈一〇〇〇個を點火するに要する「パワー」は何程なるか

解 P=EC=100×1/2×1000=50,000「ワット」=50「キロワット」

例題三一、一〇〇「ヴォルト」十燭光(〇「三五」アンペア)の白熱燈五個を使用する需用家あり毎日平均四時間點火するときは一ヶ月内に使用する電力(ワット)何程なるか、又「キロワット」一時間の電力料二〇錢なるときは一ヶ月の點燈料何程なるか

解 P=CE=100×.35×5=175 「ワット」

一ヶ月の電力量=P×t=175×35×4「ワット時」

=21,000「ワット時」=21.0「キロワット時」

點燈料=21×20=420 錢

例題三二、内部抵抗〇「三」オーム起電力百「ヴォルト」の發電機あり抵抗〇「二」オームの送電線を以て抵抗二〇〇「オーム」の白熱燈二〇〇燈を點火するとき

カ

發電機の全「パワー」及び各部より熱として放散する「パワー」を計算せよ

解 P=EC=100×100/200=10000 「ワット」 之れ全「パワー」なり

發電機の「P<sub>1</sub>」は P<sub>1</sub>=C<sup>2</sup>R<sub>1</sub>=(100/200×200)<sup>2</sup>×0.3=3000 「ワット」

送電線の「P<sub>2</sub>」は P<sub>2</sub>=C<sup>2</sup>R<sub>2</sub>=(100/200×200)<sup>2</sup>×0.2=2000 「ワット」

「ラムプ」の「P<sub>3</sub>」は P<sub>3</sub>=C<sup>2</sup>R<sub>3</sub>=(100/200×200)<sup>2</sup>×100=10,000 「ワット」

回路の抵抗より發熱作用にて失はる「パワー」は右の如くEC 又は C<sup>2</sup>R なれ共、若し回路に與ふる電壓Eが一定にして其の抵抗Rが變じ得る場合に於ける「P<sub>1</sub>」の變化は前式を變形し下の如くして知ることを得即ち

P=EC, E=E×R E/R = E<sup>2</sup>/R 「ワット」.....(76)

即ち或る一定電壓の電路より得可き「パワー」は電壓の自乗に比例し抵抗に逆比例す。

例題三三、面積3×4呎の水槽に深さ三呎に清水を入れ之れを四時間内に攝氏一五度より六〇度迄温むるためには何程の「パワー」を要するか、又百「ヴォルト」回路に挿入せる鐵線の抵抗の熱にて之れを温むるためには、其抵抗何「オーム」

なるべきか(但し水一立方センチを攝氏一度温むる熱量を「カロリー」と稱し四「ヂュール」に相當す、一呎は三〇・四七センチに當る)

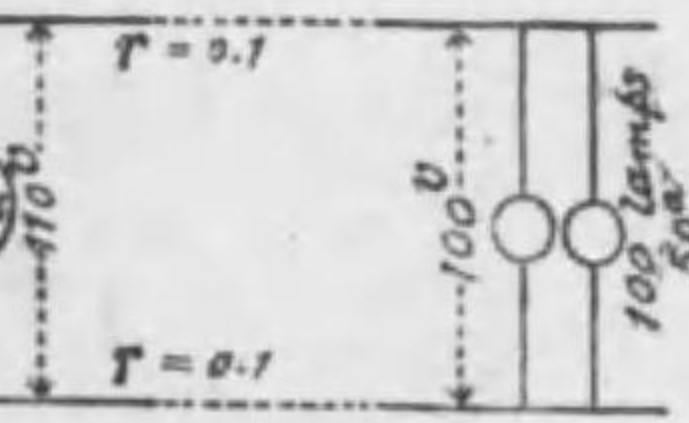
解 全電力量は  $W = 3 \times 4 \times 3 \times 30 \cdot 47^2 \times (60 - 15) \times 4 \cdot 2 = 192,500,000$  「ヂュール」

$$= \frac{192,500,000}{1000 \times 3600} = 53 \cdot 47$$
 「キロワット」時

故に「パワー」は  $P = \frac{W}{t} = \frac{53 \cdot 47}{4} = 13 \cdot 37$  「キロワット」 $P = 13370$  「ワット」

由て抵抗 R は  $P = \frac{E^2}{R}$   $R = \frac{E^2}{P} = \frac{100 \times 100}{13370} = 7518$  「オーム」

而して電流は  $I = \frac{E}{R} = \frac{100}{7518} = 133$  「アンペア」



圖五四一第

例 33

斯く電流の通過と共に導體の各部より熱を放出するは導體に免れ能はざる特性にして此熱は一般に導體を熱し温度を上昇せしむ、かく電力の一部が電線中に空費さるゝを防がんが爲めには同一の電流に對し抵抗は可及的小とせざる可らず、換言すれば太き電線を使用して電壓の落下を小とするを要す。

例令は上記第一四五圖の如く内部抵抗 〇・〇五「オーム」の發電機

より各線の抵抗 〇・二「オーム」の往復二條の送電線にて一〇〇個の「ラムプ」に送電し一〇〇「ヴォルト」にて五〇「アンペア」を通ずるとき各部に發生する熱「エネルギー」を計算せんに

「ラムプ」の「ワット」	100 <sup>2</sup>	熱の「ワット」	$ec = 100 \times 50 = 5000$	「ワット」
線路の「ワット」	$50 \times 0.2 = 10^2$	“	$= 10 \times 50 = 500$	“
内部落下	$50 \times 0.05 = 2.5^2$	“	$= 2.5 \times 50 = 125$	“
全起電力は	合計 = 112.5 <sup>2</sup>	全「パワー」は	合計 = 5625	「ワット」

**五八、電流の供給する熱以外の「エネルギー」** 前節に説明せる所によれば電池又は發電機の供給する「パワー」は悉く電路内の熱に化するが如くなりしが實際に於て電氣の爲したる仕事は發熱のみならず電氣分解、電働機、運轉、磁力線發生に要する「エネルギー」等ともなる然らば此等の「パワー」は如何なる關係より求むべきか、一般に次の規則に従ふ。

(一) 電路が抵抗のみなるときは電源の供給する「パワー」は全部抵抗各部の熱となる。

即ち E なる電壓が R なる全抵抗に與へらるゝときは其の「パワー」は

$$P = EC = CR \cdot C = C^2 R \quad \text{「ワット」}$$

即ち(抵抗による「ポロウ」)×(電流) $= C^2 R$ なる熱……(75)

にしてこの $C^2 R$ なる「パワー」は「ジュール」氏規則に従ひて抵抗 $R$ 中を $C$ が通過するために常に必要なる「パワー」なるを以て此の場合に於ては電源の「パワー」 $EC$ は悉く熱 $C^2 R$ となるなり。

(二)回路中に抵抗の外に逆起電力 $e$ あるとき電流 $C$ が通ずるときには $C^2 R$ の熱の外に $eC$ 「ワット」の「パワー」は熱以外の仕事となりて其部に與へらる

何となれば回路の電圧 $E$ 、全抵抗 $R$ 、其外に逆起電力 $e$ ありて而して電流 $C$ が通ずる時は

$$C = \frac{E-e}{R} \quad \therefore E = e + CR$$

$\therefore$  電源の供する「パワー」 $= EC = (e + CR) \times C = eC + C^2 R \dots\dots\dots(77)$

にして $C^2 R$ は抵抗中より熱として放散する「パワー」なるを以て殘餘の $eC$ なる「パワー」は熱以外の仕事をなさざる可らざるなり。

例令ば蓄電池充電の場合に於て二「ヴォルト」の起電力を有する蓄電池五五個を直列にせるものと電線及び發電機等との全抵抗を〇「三」オームとすれば四〇「アンペア」を通ぜしむるためには發電機の電圧は

$$E = e + CR = 2 \times 55 + 40 \times 0.3 = 110 + 12 = 122 \quad \text{「ヴォルト」}$$

にして各部の「パワー」は

$$\text{全「パワー」} = EC = 122 \times 40 = 4880 \quad \text{「ワット」}$$

$$\text{熱となる「パワー」} = C^2 R = 40 \times 40 \times 0.3 = 480 \quad \text{「ワット」}$$

$$\text{蓄電池に與へたる「パワー」} = EC - C^2 R = 4880 - 480 = 4400 \quad \text{「ワット」}$$

$$\text{又は } C(E - CR) = C \times e = 40 \times 110 = 4400 \quad \text{「ワット」}$$

同理により抵抗〇「五」オームを有する電働機に五〇〇「ヴォルト」の電圧を與へたる時一〇〇「アンペア」を通じたりとすれば、電働機の爲したる機械的仕事の「パワー」は

$$P = eC = (E - CR) \times C = (500 - 100 \times 0.5) \times 100 = 450 \times 100 = 45 \quad \text{「キロワット」}$$

にして電働機の發生する逆起電力 $e$ は明らかに四五〇「ヴォルト」なり。

一般に或る起電力を有する導體に電流通ずるとき「パワー」は次の規則に従がふ。

- (一)電流が起電力と同方向に流るときは起電力は常に電源となりて $EC$ 「ワット」の「パワー」を外部に供給す。
- (二)電流が起電力と反對の方向に流るときは $eC$ 「ワット」の「パワー」は外部より來り此部に於て或る仕事をなす。

分母

此の兩規則の理由は電位差の定義より直ちに了解せらるべし、即ち(一)の場合に於ては電氣が高電位より低電位の方に運動するを以て電氣は仕事をなして外部に電氣的「エネルギー」を供し、(二)の場合に於ては電氣が低電位より高電位の點に運動するを以て外部より「エネルギー」を與ふるを要し、此の「エネルギー」は其部に於て化學的又は機械的の仕事となすなり。

### 五九、電流計

一般に電流の有無多少を測定する器具を電流計と稱し、就中小なる電流に就き其の有無多少等を比較するものを「ガルバノメーター」Galvanometer 又大なる電流を正確に「アムペア」にて測定するものを「アムメーター」又は「アムペアメーター」Ammeter; Ampere-meter と云ふ其の種類甚だ多し、爰に先づ「ガルバノメーター」の二三を述べ次て「アムメーター」の重なるものを説明せん。

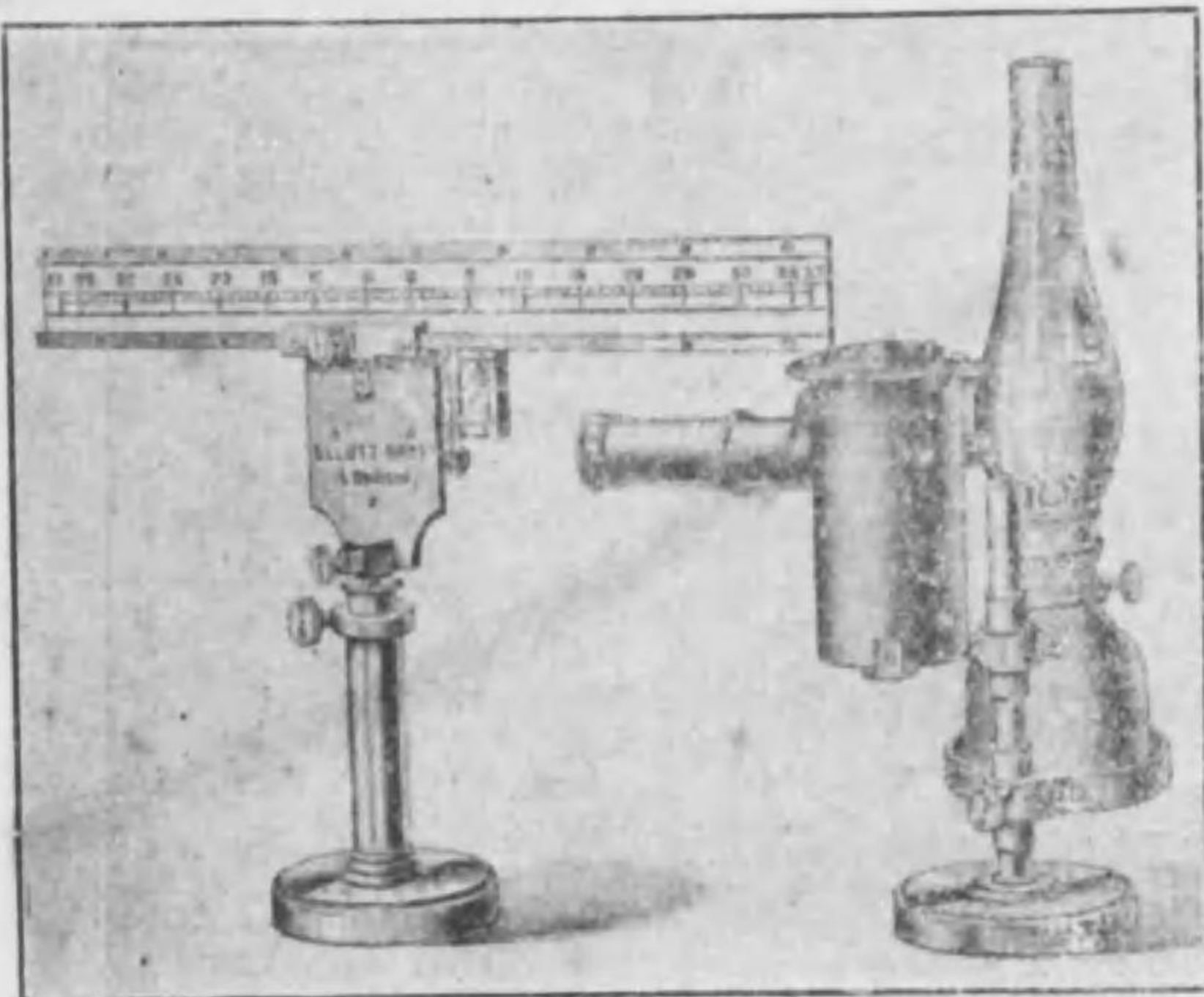
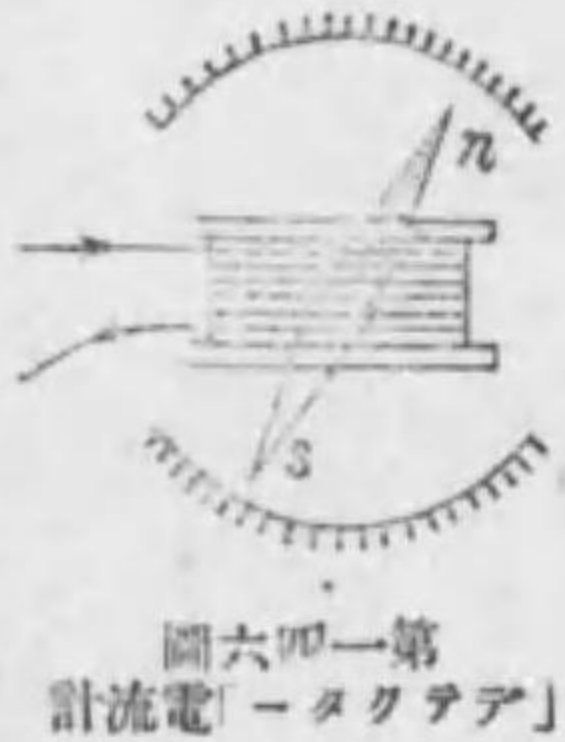
(一)「デテクトル、ガルバノメーター」「ガルバノメーター」中最も簡單なるものにして、本編の初めに説明せる電流の磁石力に基き一の小磁石針の廻りに數十回「コイル」を捲けるもの即ち第一四六圖に示せる如きものにして、磁石の偏する角の方向及び大小を以て電流の強さ及び方向を比較するものなり。

### (二)「反照電流計」

Mirror Galvanometer 「ロード、ケルピンの發明せるものにして微

算換及位單の等「ワバ」事仕、力 表七第

名稱	絶體單位 (c.g.s. unit) 及び其倍位	實用單位
力 Force	dyne. (ダイン) 1 gm の質量に作用し毎秒 1 cm/sec. の加速度を生ぜしむる力 gramme (gm) 重量 = 980 dyne Kilo-gramme (Kgm.) 重量 = 1000 gm = 9.8 × 10 <sup>8</sup> dyne	Kgm (キログラム) 重量 = 2.205 lb wt. lb wt. = 0.454 Kgm wt.
	erg. (エルグ) 1 dyne の力が作用して 1 cm. の距離を進む間にしたる仕事 = 1 dyne × 1 cm. Joule. (ジュール) = 10 <sup>7</sup> erg. = 0.102 Kgm-m. Kgm-m (キログラムメーター) = 1000 × 100 × 980 erg = 9.8 Joule	ft-lb = 1.36 joule = 0.1384 kgm-m. = 0.00377 watt-h. watt-hour (ワット時) = 1 amp. × 1 volt × 1 second = 3600 joule K.W.H. (キロワット時) = 10.00 watt-h. = 1.34 H.P.H. = 3,600,000 joule = 2,656,400 ft-lb. H.P.H. (馬力時) = 0.746 K.W.H. = 273,740 Kgm-m.
仕事 Work Energy	erg/sec. 毎秒-erg の割合の仕事 = erg ÷ sec. watt (ワット) = 10 <sup>7</sup> erg/sec. = 1 Joule/sec. = 0.00134 H.P. = 0.001 k.w. = 0.738 ft-lb/sec.	H.P. (馬力) = 550 ft-lb/sec. 33,000 ft-lb/min = 746 watt K.W. (キロワット) = 10.0 watt = 1.34 H.P.
「パワー」 Power	小 Calorie 1 gm. の水を 1°C 温度を上ぐるに要する熱 = 4.2 joule 大 Calorie 1 kgm の水を 1°C 温度を上ぐるに要する熱 = 4200 joule = 3.968 B.T.U.	B.T.U. (英國熱單位) 一付度の水を 1° F 温むる熱 = 0.252 calorie (大) = 1055.2 joule
熱量 Heat		Coulomb (クーロム) = amp. × second Amp-H. (アムペア時) = 3600 Coulomb
電氣量	Meter = 100 cm. 39.37 inch Kgm = 1000 gm. 2.204 lb.	foot = 30.47 cm. pound (lb) = 0.454 kgm
長さ	□ cm. (平方センチ) = 0.155 □ inch	□ inch (平方インチ) = 6.45 □ cm.
重量		
面積		



度尺び又「ラムフ」圖八四一第



圖七四一第  
-ターメノパルゲ-フエ

細なる電流を測るに適す細き電線を數千回捲ける「コイル」の中心部に一厘銅貨大小鏡の裏面に懐中時計用發條にて作れる小磁石を膠着せるものを細き絹の纖維又は極く細く引延ばせる水晶の線を以て吊下せるものにして(第一四七圖)其の使用法は「ラムフ」の光を「レンズ」を経て此の小鏡上に照し其の反射光を度盛りしたる尺度

上に映ぜしめ電流の通過と共に此の影が尺度上に移動する多少によりて電流を比較するなり故に此器は概ね暗室内にて使用せらる「ラムフ」及び度板は電流計より「メーター」内外を隔つるを以て電流が非常に小なる時も影は度板上にて數「ミリメーター」の偏倚を生ず此種電流計の或物は「コイル」電線の全長二哩に達し一億分の六「アムペア」内外の電流をも讀み得るものありといふ。

「ラムフ」及び尺度を使用し影の移動より測定する方法を一般に「ラムフ」及び「ピ尺度法」(Lamp and Scale Method) と云ふ(第一四八圖)

一般に是等電流計の磁針を動かさんとする磁石力Fは既に公式四七に説明せる如く電線の捲數n「コイル」の半徑r電流Iなるときは

$$F = \frac{2\pi n}{r} I$$

$$F = H \tan \theta = \frac{2\pi n}{r} I$$

にして地球磁石力と直角の方向に作用するを以て「コイル」は常に地球磁石子午線

$$I = \frac{Hr}{2\pi n} \tan \theta = (H \tan \theta) \dots \dots \dots (78)$$



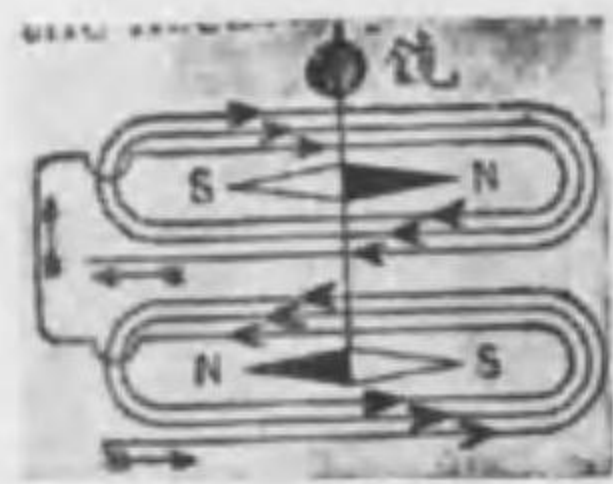
の如き關係をなす、而してGはこの電流計に特有なる係數にして之れを電流計の定數 *Galvanometer Constant* と云ふ、而してθが小なる間は  $\tan\theta$  は殆んどθに正比するを以て

$$I = G\theta \dots\dots\dots (78)$$

なり、反照電流計は一般に磁針の偏すること小にして従て影の移動せる距離は知れど電流の強さに比例す。

或る電流計に「ミリアムペア」を通ずるとき小鏡より「メートル」を去る所に置くる尺度上に影が何「ミリメートル」移動するやを示す數を其の電流計の感度 *Sensitivity* と稱す、感度を大にするためには前式に於て明らかなる如く定數Gを小とするを要す、Gが小なるときは同一のIに對しθは大となるなり、即ち捲數nを大にするか又は磁界の強さHを小とすべきなり、第一四七圖の上部にあるnsなる永久磁石は制禦磁石 *Controlling Magnet* と稱しHを小として感度を大ならしむるためと、「コイル」が正しく地球の磁石子午線と平行せざるとき磁界の方向を變じて之を平行ならしむる爲めとに使用せらる、即ちnsなる磁石は垂直軸の廻りに廻轉し且つ上下に動かし得るものなり。

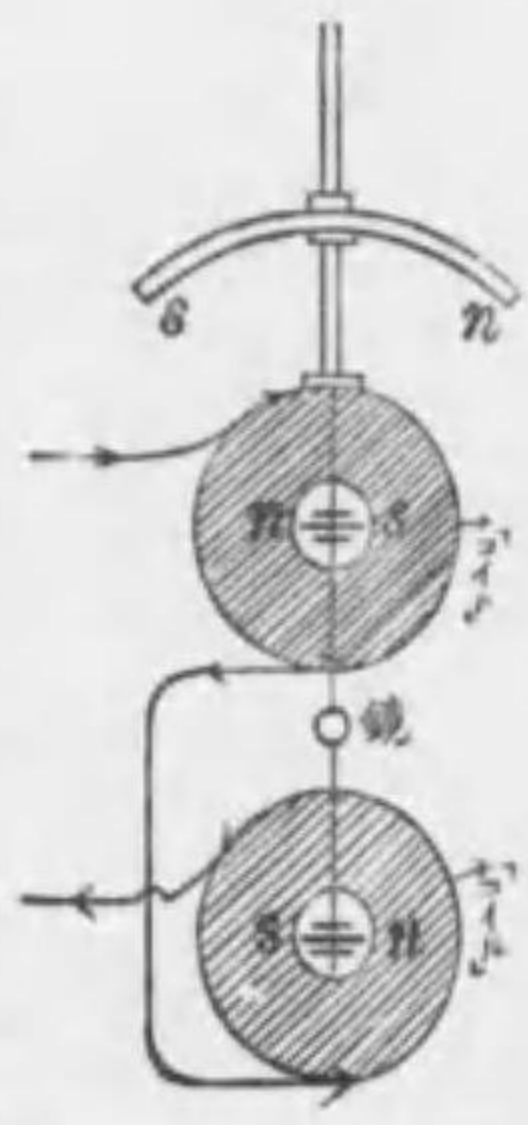
(三)無定位磁石針を使用するもの 第一四九圖の如く同力同大なる



第一四九圖 無定位磁石針

小磁針二個を正負兩極を互に逆にして同一の軸に結びたるものは地球磁界より相等しくして方向反せる二力を受くるを以て必らずしも南北を指して靜止することなかるべし、之れを無定位磁石針 *Astatic Needle* と云ふ、二個の磁石の極が全く強さ同一ならざる時も、地球磁界より受くる力は  $H(m-m')$  をなし、又各の廻はりに捲ける「コイル」は各磁針に同一方向に作用するを以て力は相加はりて  $F(m+m')$  となる故に此の磁針の偏倚角θは

$$\tan\theta = \frac{F(m+m')}{H(m-m')} \dots\dots\dots (79)$$



第一五一圖 無定位磁石針

の關係にあるを以て同一の電流に對しθは頗る大にして感度の大きな電流計を得可し、此理によりて作れる電流計は第一五〇圖及第一五一圖に示せる如く二個又は四個の「コイル」を上下二た組に装置し圖の如き結線となす、此れ亦「ケルビン」氏の發明せる所にして一般に「ケルビン」型電流計と云ふ。

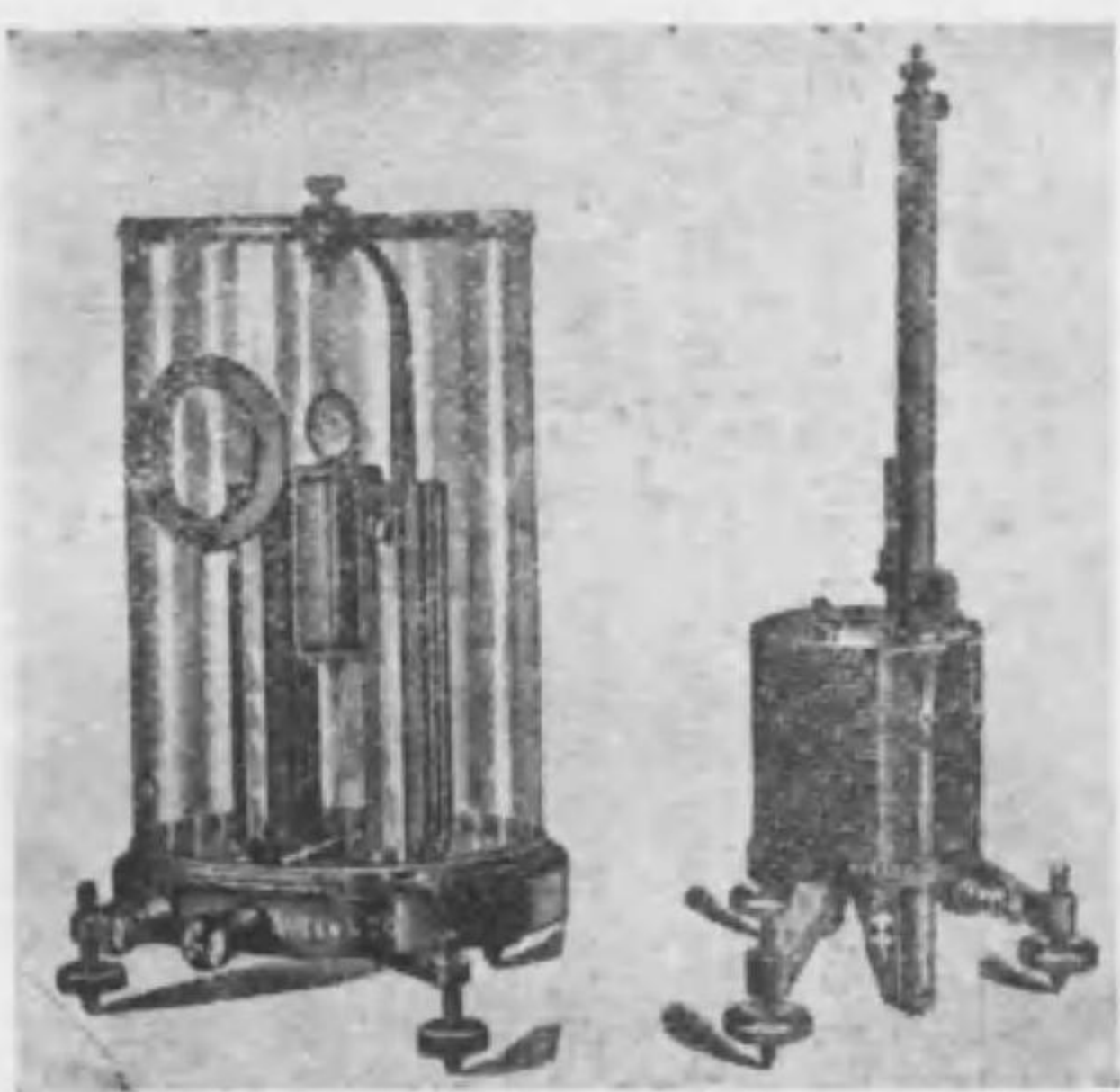
以上の諸電流計は皆な地球磁界を使用するものにして、「コイル」は常に地球磁界と



第一五二圖 第一五二圖  
計流電「ダソナル」

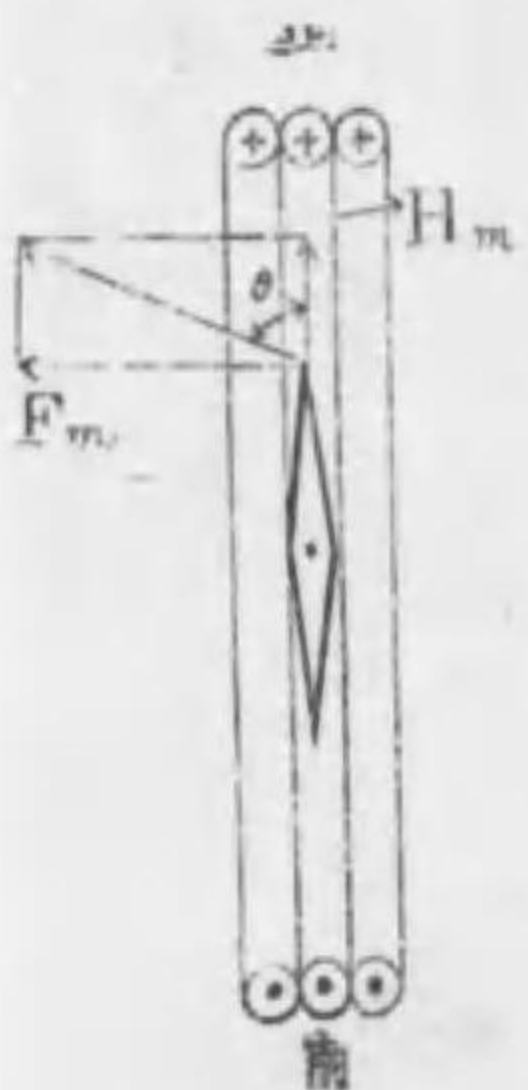
(四) ダルソンバー電流計 D'Arsonval Galvanometer

平行に即はち南北に排置するを要するの不便あり(制禦磁石にて多少の自由は有れども)此の不便を避ける爲め地球磁界の代りに他の強き永久磁石の磁界を使用せるもの甚だ多し、其の最も普通なるものは



第二五二圖 第二五二圖  
計流電「コイル」

計 Suspended Coil Galvanometer



第三五二圖 第三五二圖  
計流電切正の用

$$F = \frac{2\pi n}{r} I = H \tan \theta$$

方に在るは最新型のもにして環状の永久磁

石數個を水平に重ねて磁界を作れるものなり

(五) 正切電流計

Tangent Galvanometer

地球磁界を使用する種類のものなれども



第一五三圖 第一五三圖  
計流電切正

「コイル」の大き捲數等より電流の眞價を直接計算し得るを以て或る場合に於ては他の電流計の標準として使用され得可き便あるものなり、其の構造は第一五四圖に見る如く可及的半徑の大なる數捲の「コイル」の中心部に及ふ限り長さの短かき磁針を水平に支へたるものにして、其の働きの原

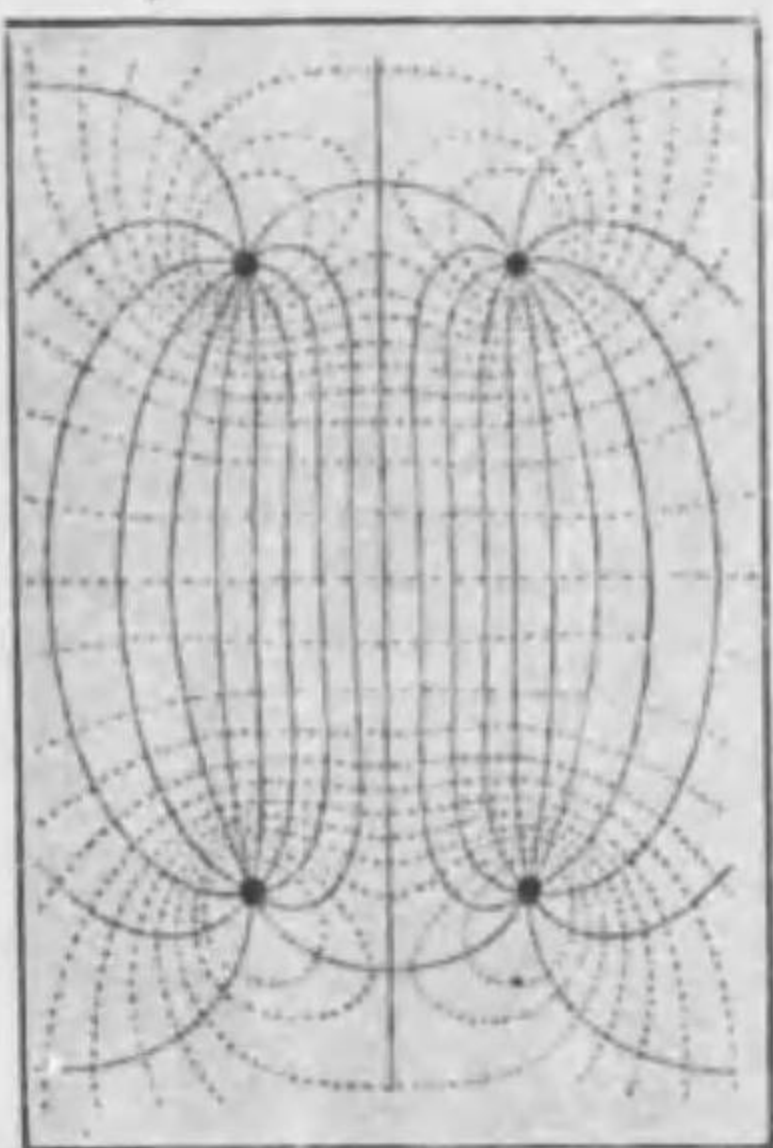
理は第一五三圖に見るが如く磁針の偏倚θと電流の強さとの關係は正に公式(78)に適合す即はち

$$I = \frac{Hr}{2\pi n} \tan \theta$$

にして電流はθの正切に比例す。

中央の磁石が「コイル」の半徑rに比し小なるを要するはθなる角だけ偏せるとき

中心部より遠かり従ひて電流より受くる磁石力が  $H = \frac{2\pi n I}{r}$  より大に異なりて誤差を生ずるを避けんか爲めなり、一般に上圖の如き「コイル」の作る磁界の強さは中心に於ては此値をなせども中心を去るに従ひて異なれり、故に小磁針が偏するにも拘らず其附近にて殆んど均一なる磁界を得んが爲めに種々の考案費されたり、今其の普通なる一例を挙げれば第一五五圖の如く半径  $r$  なる「コイル」二個を  $r$  の距離を隔て、平行に置くにあり然るときは其の中心部の附近にては殆んど均一なる磁界を得ること圖の點線に示したるか如くなり。



圖五五—第

正切電流計にては電流は  $\theta$  の正切に比例するを以て電流二倍となるも  $\theta$  は二倍とならず、電流の増加するに連れて  $\theta$  の増加は僅小となり測定は不正確となる。

公式七八に於ける電流  $I$  は絶體單位なれば若し「アマペア」にて示すを要するときは十倍し  $I = 10 \times I$  と置くを要す、即ち  $i$  は「アマペア」にて示せる電流なり。

例題三四 某正切電流計を銅の分解装置に入れたるに針の偏すること四

五度に於て、一晝夜に二八「グラム」の銅を沈澱せりと云ふ「コイル」の直径八四「センチ」捲數二〇なるときは地球磁力の水平分力  $H$  を算定せよ。

解 先づ電流の強さを求むれば

$$W = Z.C.t \quad 28 = .0003281 \times C \times 24 \times 3600 \quad \therefore C = 0.988 \quad \text{「アマペア」}$$

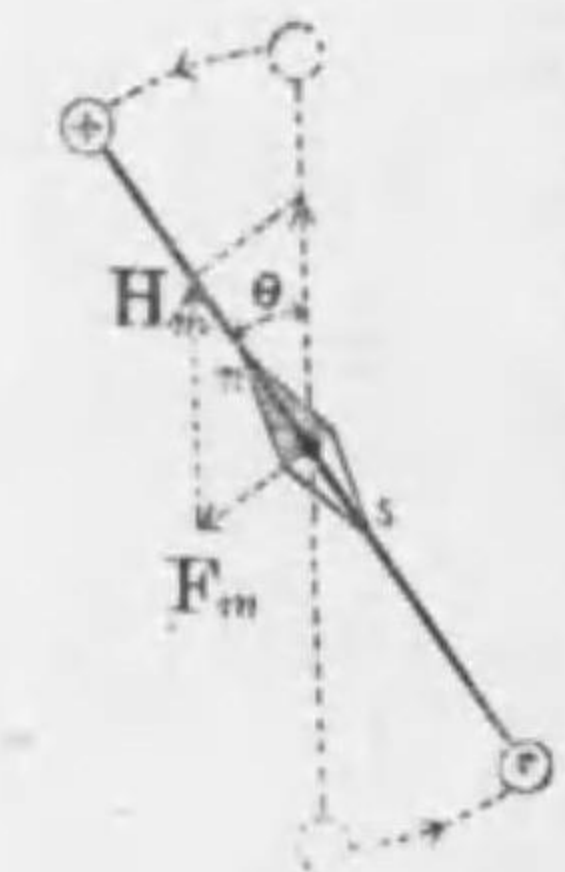
$$\text{故に正切電流計の式に之れを入れて} \quad H \tan \theta = \frac{2\pi n I}{r} = \frac{2\pi \times 20 \times .0988}{42} \quad \text{而して } \tan \theta = \tan 45^\circ = 1$$

$$\therefore H = \frac{2\pi \times 20 \times .0988}{42} = 0.295$$

但し四二は半径、即ち直径八四の二分の一なり、又電流〇、九八八「アマペア」は絶體値にて示し〇、〇九八八とせるを注意すへし。

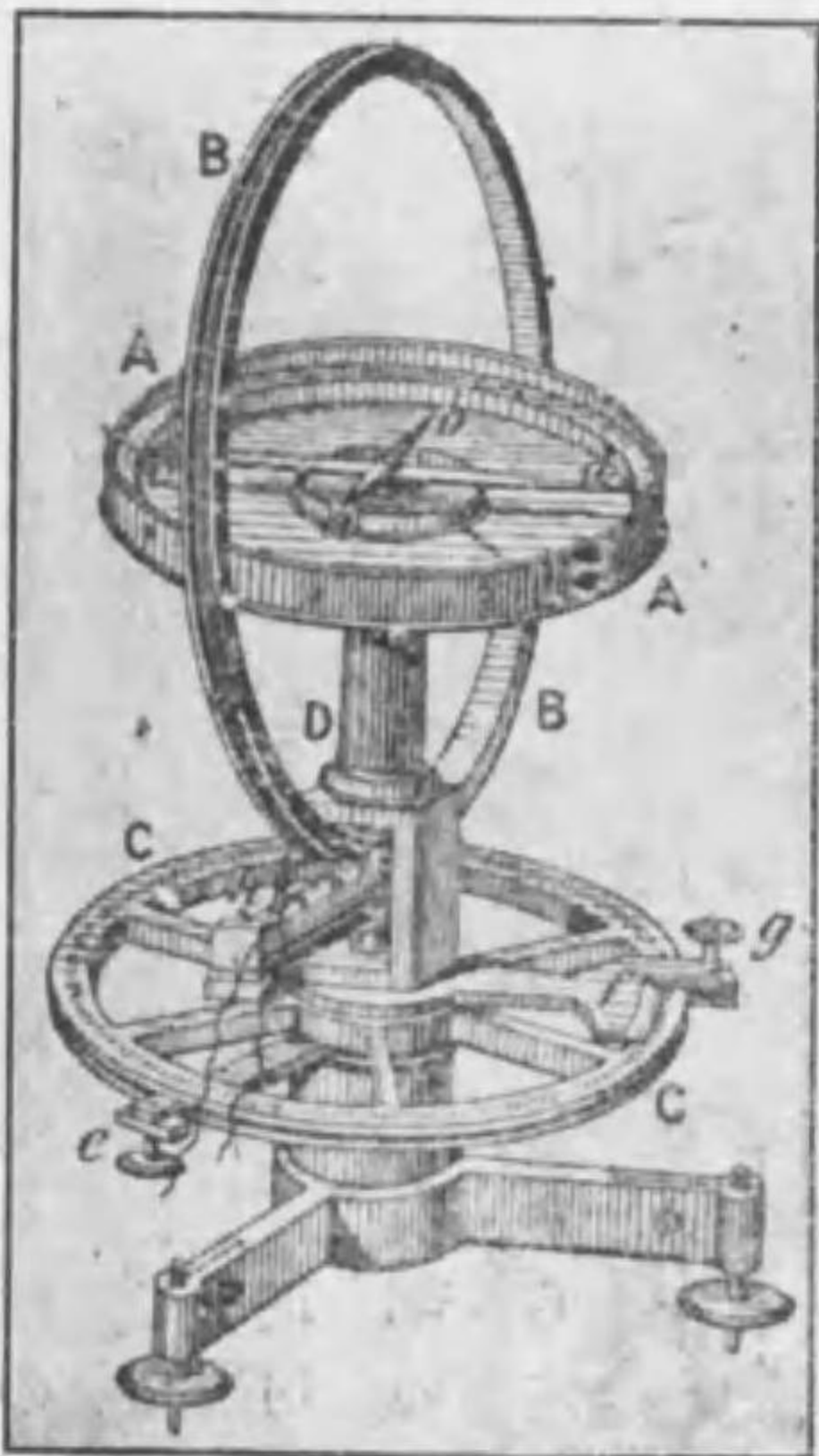
### (六) 正弦電流計

Stane (Galvanometer)



「イサ」圖六五一第  
理原の計流電

正切電流計に於ては外部の捲線は頗る大にして内部の磁針は頗る小なるを要し構造上の不便甚なからず、正弦電流計に於ては外部「コイル」も餘り大なるを要せず且つ磁針も甚たしく短小なるを要せざるなり而して其の正切電流計と異なる點は單に



第一五七圖「サイ」電流計の構造

「コイル」とが相平行するに至らしむ(第一五七圖)其の角度をθとすれば此位置に於て磁針は地球磁界よりはHmの力を南北の方向に受け、電流の磁石力のためには自己の平面と直角の方向にFmの力を受く、而して其の合力が現在静止せる方向にあるを以て平衡を保ちつゝあるなり、即ち圖に見る如く

$$\sin \theta = \frac{F_m}{H_m}$$

$$\therefore H \sin \theta = F = \frac{2\pi n}{r} I$$

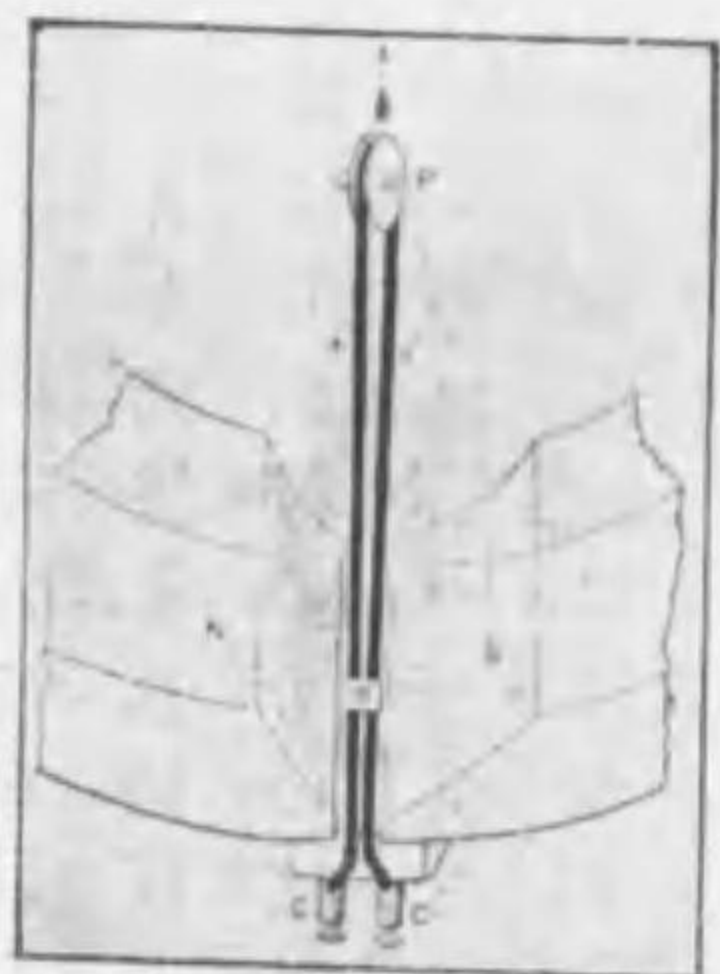
$$\therefore I = \frac{Hr}{2\pi n} \sin \theta = GH \sin \theta \dots\dots\dots (80)$$

にして電流は角θの正弦に比例す、第一五七圖は此種電流計の構造を示す、

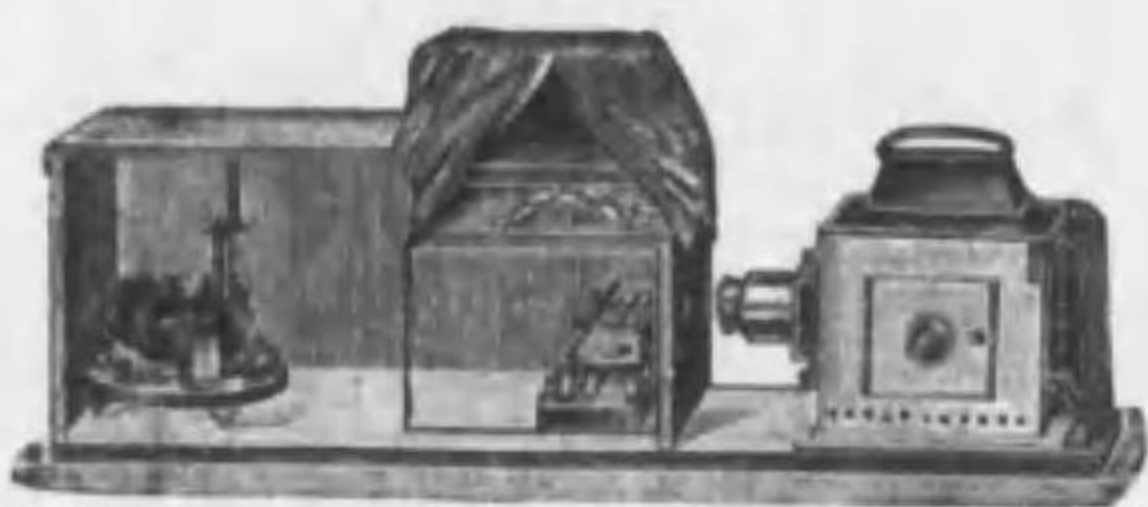
(七) 記振器

Oscillograph

交番電流又は電話電流の如く一秒時内に數十回乃至數百回方向と強さとを變する電流即ち、振動電流の各瞬間の値又は變化の狀況等を知らんと欲するも普通の電流計を用ひては例令針は各瞬間に異なる磁石力を受くるとも針が未だ相當の角を廻轉せざる中に電流及び其の磁石力は變するを以て針の振動を以て電流の振動を示すことは全く不可能なり、之れ磁針等の可動部分か有する習慣性の大きなるため電流の變化と歩調を一にし能はざるか故なり、オスシログラフなる一種の電流計は可動部は極めて輕小にして電流の變化に



第一五八圖「オスシログラフの原理」



第一五九圖「ツツダ氏記振器」

連れて容易に指度を變し得る如くせるものなり、ダツデル氏「オスシログラフ」に於ては第一五八圖に見る如く強力なる電氣磁石の磁界内に微小なる一と捲きの「コイル」を吊し強く緊張しありて其の廻轉の大小は「コイル」に附せる小鏡Mに光影を反射せしめ之を寫眞乾板又は「ス

クリーン」上に投せしめて測るものなり、第一五九圖は同器の構造を示せるものにして、函内左方に環状をなせるは強き電氣磁石及び「コイル」なり之れに右方の弧光燈より光線を數回反射せしめ中央上部の弧形「スクリーン」上に波形を現出せしむ即ち此種のものには吊捲線電流計の一種と見るべきものなり。

(八)熱電流計 *Thermo Galvanometer* 記振器の外電流の磁石作用を應用せる電流計は交番電流には使用すると能はざるもの多し、ダツデル氏の熱電流計と稱するものは磁石的作用にあらずして電流の發熱作用を應用せるものにして、電流の方向により鏡の偏倚の方向を變ずることなきを以て交番電流の測定に使用することを得、其の原理は異種の金屬の接點に熱を與ふるときは此點に起電力を發生する所謂熱電氣學の作用を應用せるものにして、其の構造は強き永久磁石の磁界内に外部より空氣の侵入せざる様密封せる小腔を作り此の中に「ビスマス」と「アンチモニー」を接合せるものより成る小「コイル」を吊し、尙ほ其の下部に細き白金線の抵抗を置き之れに測定すべき電流を通ぜしむるなり、然るときは白金線より發射する熱のために小腔内の空氣は熱せられ「ビスマス」と「アンチモニー」との接點に小起電力を發生し該「コイル」に小電流を通じ、此の電流は磁界内にて迴轉力を受けて

鏡と共に多少の偏倚をなすものなり。

### (九)彈進電流計

*Balistic Galvanometer*

小時間内に通過する電流の總和即ち電氣の量を測定せんが爲めには彈進電流計と稱し磁針を比較的長く且つ重くせるものを使用す、或は時としては磁針に鉛を被せて重量を増加せるものもあり、要するに針の慣性を大とし、針が動き出さざる内に測るべき電氣の全量が回路を通過し去りて針は全電流より受くる力の總和に等しき力を受け徐ろに運動を初むる如くせるものなり、此針の迴轉せる角の半分の正弦は一般に針の受けたる全力に比例す、即ち電流の全量に比例す。

### 六〇 制禦法

*Method of Controlling*

何種の電流計たるを問はず、指針の運動は之を制禦すべき力を要す、何となれば若し之れなくんば微小なる電流と雖指針を極度に迴轉し去るやも知れざればなり、小なる電流に對し小なる迴轉、大なる電流に對して大なる迴轉をなさしむるためには或種の制禦力を要す、即ち制禦力は電流の通ぜざる間は指針を零位に保ち、電流より受くる力の大小に應じ、異なる位置に於て平衡を保つべき性質のものなり、諸種の電流計に用ゐらるゝ重なる制禦法を擧ぐれば、

(一)地球の磁石力を用ふるもの、正切電流計、正弦電流計等此種に屬す、電流の通ぜざる間は指針は地球磁界の方向に靜止し、電流の爲めに生ずる力は地球磁力と或る方向の合力を作り、針は此の方向に移動するもにして此の移動のために磁針に働らく廻轉力は移動の角が大なる程大なり(公式(5)を見よ)。

(二)絲の捩れを應用せるもの、凡て棒狀の固體は之を捩るときは元の如く戻らんとする反抗力を生ずるものにして其の反撥力の大きさは或る程度迄は捩れの角に正比するものなり、故に此理に依り、吊下せる「コイル」又は磁針を平常は一定の方向に靜止せしめ、電流の力を受くるに及び、其の力と反撥力とが平衡する位置まで廻轉せしむることを得、「ミラー」電流計に於ては水晶又は絹織維の捩れを應用し、「ダルソンバー」電流計等に於ては發條を使用す。

(三)重力を應用せるもの、指針は又水平軸にて支へ、電流の力によりて垂直面内に廻轉せしむることを得、此際針の一方には重量を置き、廻轉の大なるに従ひ重量が支持點に對する水平距離を増加し、廻轉の「モーメント」も増加せしむる如くして制禦力とす、此種の物は大なる電流を測定すべき機械に於て大に使用せらる。

四 永久磁石を使用するもの、地球磁界の代りに永久磁石の強力なるものを使用するものに於ては永久磁石が制禦力として作用するなり。

(五)二本吊りを使用するもの、或る重量あるものを平行せる二本の絲にて吊下せるものは二本吊り「Riffler Suspension」と稱し、或る角度の捩りを與ふるときは重力のために元の位置に復せんとする力を生ず、此の反抗力は又或る程度迄は捩りの角に比例すること(二)の場合に於けるが如し。

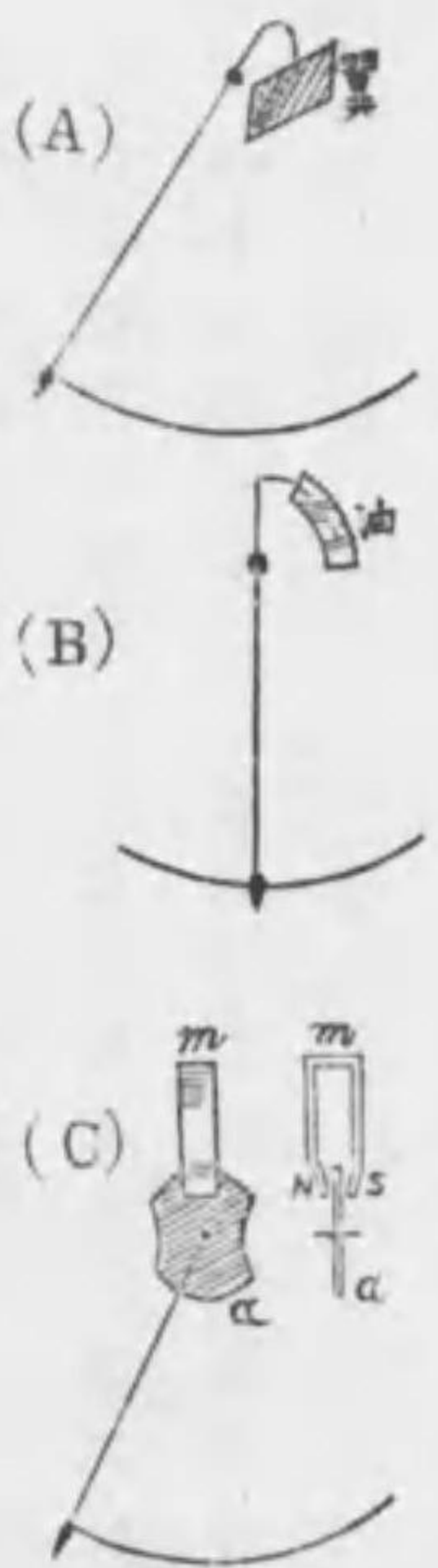
一般に電流計の感度を大ならしめんが爲めには制禦力は能ふ限り弱きを可とす、斯くすれば或る電流のために指針の動かさるゝ角は頗る大なればなり。

六一 制動法 *Method of Damping* 電流計の指針は直ちに適當の位置に靜止せずして其の前後に振動し以て測定の時間を空費せしむる事あり、此の振動を減殺するに諸法ありと雖、重なるものは左の三種とす。

(一)空氣制動法 指針の一部に羽狀片を附す、此の羽と空氣との摩擦のため振動は速かに停止せらる、反照電流計に於ては鏡を羽狀片に代用せるものもあり。

(二)油制動法 前項の羽は空氣中にて動かしめずして小油槽中にて運動せしむる如くせるものあり、摩擦大なるにより針の靜止一層速かなり。

(三) 渦電流制動法 動くべき磁針を銅製の小腔内にて廻轉せしむるか、又は可動部に薄き金屬板を附し、之を挿みて小なる永久磁石を置くことあり、然るときは針又は板の廻轉と共に金屬板又は銅の腔壁に渦形の電流を誘起す、此の渦電流と磁石力間には常に運動と相反する方向の引力作用するを以て針の振動は急速に停止せらる。



第一六〇圖の(A)(B)(C)は前記三種の制動法を例示せるものなり。  
 第一六〇圖の(A)は前記三種の制動法を例示せるものなり。  
 一般に電流計は可動部分の重量大なるに従ひて針は緩

く振動し静止に長時間を要するものなれば、彈進電流計を除きては可動部は及ぶ限り輕小とするを要す、又指針は其の制動力を大にすれば振動は早く停止すれども、電流計の感度を小とするの不利あり、兎に角以上の如き制動の設備を有し針の振動なからしめたる電流計をデッドビート Dead-Beat なりと云ふ。

六二、電流計使用法 電流の力にて指針に或る力を與へ其の移動の多少を

以て電流を測定するに數種の方法あり。

(一) 偏倚法 Deflexion Method 電流の作る磁場又は捲線間の引力等のために指針は制動力に打勝ちて或る角だけ偏倚を生じて平衡を保つ、其の角を度盛り上に讀みて電流を知る法なり、最も普通なるものとす。

(二) 振り戻し法 Torsion Back Method 電流と共に可動部が一方に偏せんとするを之を支へ居る發條を逆に振りて元の静止の位置に歸らしめ、斯く振り戻したる角より電流を測定するもの、後に記述する、電氣動力作用の電流計、電力計等此種に屬す、即ち電流に起因する力と發條に與へたる逆の振りの力とが平衡を保つものなり。

(三) 第一振動法 First Swing Method 針が直ちに所定の位置に静止せずして先づ其の位置を通り越し次で元に戻り反復振動する場合に於て(即ち、ダムピング)なき場合なり、若し測定すべき電流が普通電流の如き永續のものにあらずして蓄電器の放電の如く一時的のものなるときは針の最初に振動せる振幅は通過せる電氣の全量を示し得るものにして之れを彈進法 Ballistic Method とも云ふ、即ち振動部分が大なる制動作用を受けざる時は最初の振幅は静止すべき

角の二倍に相當するものなり。

(四) 振動法 *Oscillation Method* 凡て振子の如きものが振動するに當りて、其の一振動に要する時間は之れに働らく力の平方根に逆比例するものにして振動の時間を知れば從て作用する力を測定し得るものなり同理により一の磁石計を磁界内にて振動せしむるときは振子と同様磁界の強さに應じ振動の周期を異にす、依て「コイル」の作る磁界内にて磁石針を振動せしめ其の周期より電流を計算し得。

(五) 累加法 *Cumulative Method* 針の振幅甚だ微小なるときは針が靜止點を前後に通過する毎に電流の方向を變じて振幅を倍加せしむることあり、時としては特に此の目的にて一種の器具を作り其の廻轉によりて電流の方向を變ずることあり、之を累加法と稱す。

(六) 零度法 *Null Method* 時としては「ホイートストン」橋の理又は差動電流計 *Differential Galvanometer* として全く同形なる二個の「コイル」に逆に電流を通ぜしめ中央の磁針には兩電流の差に比例する力の作用する如くせるものを使用し、回路の一部に電流の通ぜざるか又は兩者が相殺して結果を示さざる條件より諸種の

測定をなすことあり、之を零度法と稱し電流計は全く電流を通せざるか又は相等しき電流を逆に通ず、此目的に使用する電流計は鋭敏なるを要すと雖指針の偏倚の大小を測ることは全く不必要にして單に偏倚あると否やを測定すれば足るなり。

六三「アムメーター」 *Ammeter* 電流計の目盛りが電流の強さを直ちに「アムペア」にて読み得る如くせるもの「アムメーター」又は「アムペアメーター」 *Ampere-meter* と云ひ邦語に於ては「ガルバノメーター」同様電流計と譯すと雖「アムメーター」は主に大なる電流を「アムペア」にて測定するに使用する電流計を指す、而して「アムメーター」は電流の爲めに電壓を「ドロップ」すること少なき様、又大なる「パワー」を取ることなき様、一般に可及的太き針金を以て作り其の抵抗を小とす、「ガルバノメーター」は普通微小なる電流を通じて諸種の測定をなす際に使用するものなれば其の抵抗は數十乃至百「オーム」なるも回路の全抵抗に甚だしく影響せず從つて電壓も多く「ドロップ」せざるなり、而して其の作用の原理は「アムメーター」も「ガルバノメーター」も大差なしと雖其の構造に至りては大に異なる所あり、然るに電流計及び後に説明すべき電壓計は其の原理及び構造とも頗る相似たるものにして今之等を大

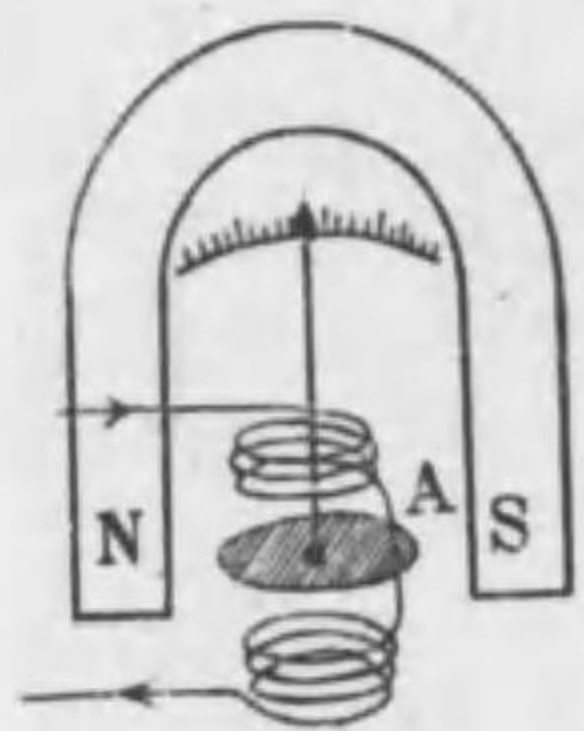


別して下の六種となす。

- (一)磁石的性質を應用せるもの。
- (二)發熱作用を應用せるもの。
- (三)電氣分解作用を應用せるもの。
- (四)電氣動力作用を應用せるもの。
- (五)誘導作用を應用せるもの。
- (六)靜電的引力を應用せるもの。

以上の各種につき重なるものを説明すれば下の如し。

(一)磁石的性質を應用せるもの 電流の作る磁石力を應用せるものにして之れに又(二)磁針の動く種類のもの(三)鐵心の動く種類のもの(四)ニコイルの動く種類のものを擧ぐれば第一六二圖に示めしたる「エルトン、ペリー」兩氏の電流計の如き其の一例にして強き永久磁石SNの磁界に直角に「コイル」あり、之れを通ずる電流の作る磁石力は合成磁界の方向を變ずるを以て針は其の方向に移動す



圖一六一第  
の種類の動く針磁

るものとする。第二種の「コイル」の動く種類の中最も普通なるはウエストン型電流計 Weston Ammeter にして第一六三圖に見るが如く馬蹄形永久磁石の兩極間に軟



計流電「ントスエウ」 圖二六一第



部内上同 圖三六一第



圖四六一第  
す示を針び及條發に並「ルイコ」上同

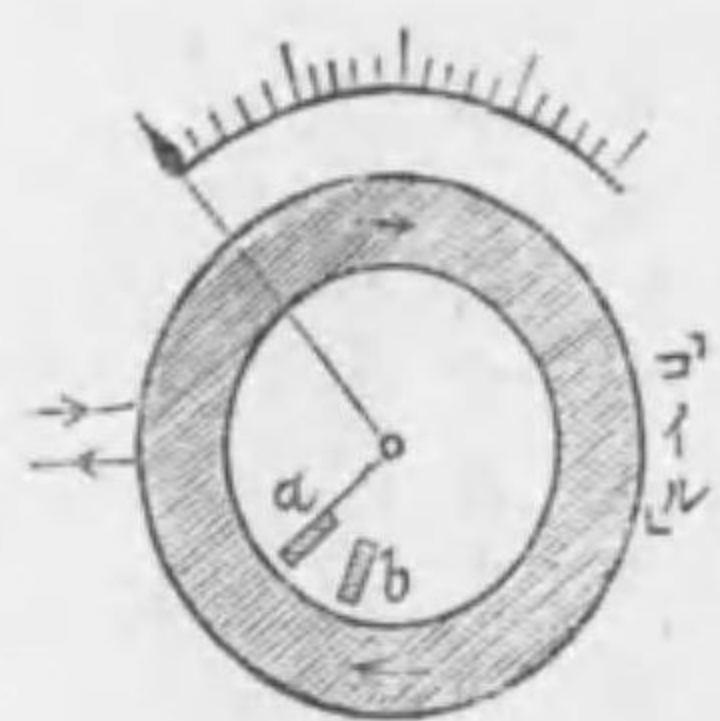
鐵製圓筒あり、之れを挿みて上下に於て發條を以て支へられたる方形の「コイル」あり(第一六四圖此の「コイル」に電流通ずると共に磁界内に於て廻轉力を受け發條に抗してある角だけ廻轉し、これに附せる指針は電流の強さを直ちに「アムペア」にて度盤上に示す、即ち此の電流計は「ダルソンパー」電流計の一種と見るを得可きものにして永久磁石の磁界の均一なると發條を制禦力とせるとの故を以て偏倚

の角は殆んど正しく電流に比例す又可動コイルを巻ける絲絡は薄き銅片なるを以て廻轉に際し渦電流のために制動作用を受け従つて「デッドポイント」なり又「コイル」に電流を送る「ターミナル」は上下の發條よりす此の電流計の精細なるものは度板上の一と刻みが〇・一「ミリ」アムペアに相當するものあり而して度板に沿ひ指針の下部に鏡を附せるは電流の値を讀む際に觀測者の位置及び見方によりて誤謬を生ずるを防がんが爲めにして常に指針と其の影とが相合する様上部より眺めつゝ讀むべきものとす(測定者の位置及び見方によりて角の差を感ずるを「パララックス Parallax」と云ふ)



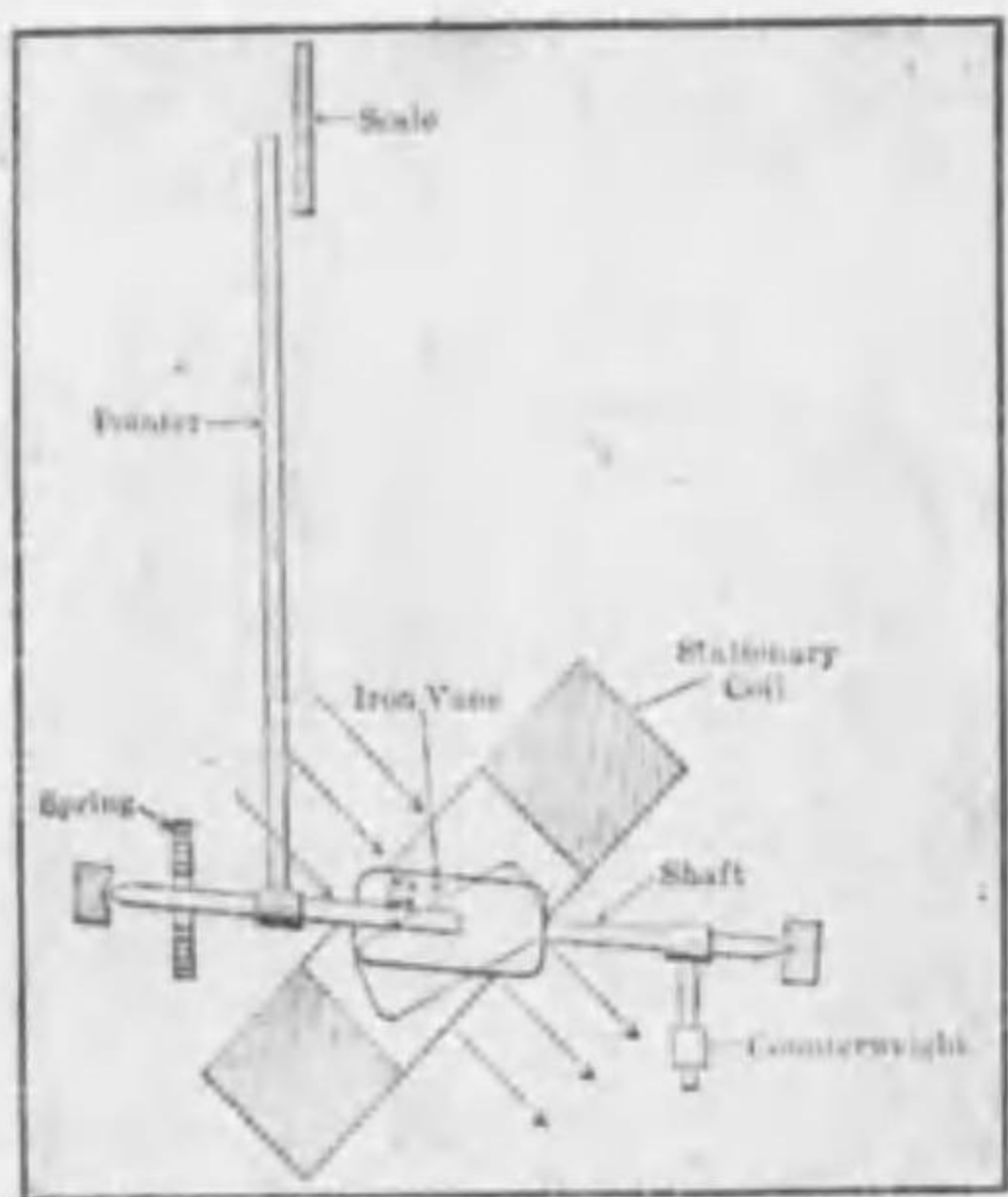
圖五六一第 計流電の類種を引吸を心鐵

次に第三種の鐵心の動く種類のものにも數種あり前に第一〇〇圖に示せる電流計は正に此種に屬するものにして其の實際の物の一例は第百六十五圖に見るが如し即ち「a」は「コイル」Pは其の上部出口に置かれたる軟鐵片Nは指針Qは制動力として使用せる重量なり此種の電流計は永久磁石を使用せざるを以て電流の方向によりて指針の動かさるゝ方向に變動を生ぜず従つて交番電流にも使用し得るの利あり



(甲) 圖六六一第 計流電るせ用便を力駁反の心鐵兩

又第一六六圖に示せるものは一の「ソレノイド」の内部に平行せる二本の軟鐵棒 a 及び b を入れ前者は中心軸の廻りに廻轉し得る如くし後者は固定せるものなり外の「コイル」に電流通ずるときは a と b とは同極相面せる平行の二磁石となり其の相互間の反駁力により a は b に斥けられて廻轉す



(乙) 圖六六一第 計流電 [ルイコドンイ] 17

又此種の電流計の一種に「トムソン」氏の傾斜捲線電流計 *Inclined Coil Ammeter* と稱するものあり其の構造は第一六六圖乙の如く水平軸に對し約四五度傾斜せる「コイル」あり其の内部には前記水平軸に取付けられたる軟鐵片 *Vane* ありて軸及び「コイル」の何れよりも傾斜せる方向にありて靜止す「コイル」の電流は矢の如き方向に磁界を作るを以て右の「ベーン」は最多數の力線を通ぜんとするが如き力を受け發條に抗して廻轉するも

のなり直流交流何れにも使用し得可く「トムソン」氏扇形電流計と稱するも此種なり。

(二)發熱作用を應用せるもの 其の最も著明なるは熱線電流計 Hot Wire Ammeter にして第一六七圖に示す如くABなる細き白金線を張り其の中央より



計流電線熱 圖七六一第

cdなる磷青銅線を分岐し、又其の中央より絹絲を取りてpなる滑車を巻き發條sにて緊張せしむ、電流の多少に應じてAB線cd線は弛るみを生じpは發條の爲めに廻轉せられ指針を動かすものなり、此種電流計は細き白金線の赤熱せられ切斷するを防がんが爲めに小なる電流にのみ使用するか又は分流器を使用して電流の一部分のみをAB線に通ぜしむるを要す。

(三)電氣分解作用によるもの 既に説明せる「ホルタメーター」は即ち此種に屬するものにして銅又は銀等を分解せしめ或時間内に於ける其の重量より電流の強さを計算するなり。

(四)電氣動力作用を應用せるもの 次の第四編に説明する電流相互間の

引力又は斥力即ち電氣動力作用 Electro Dynamic Action を應用せるものにして其

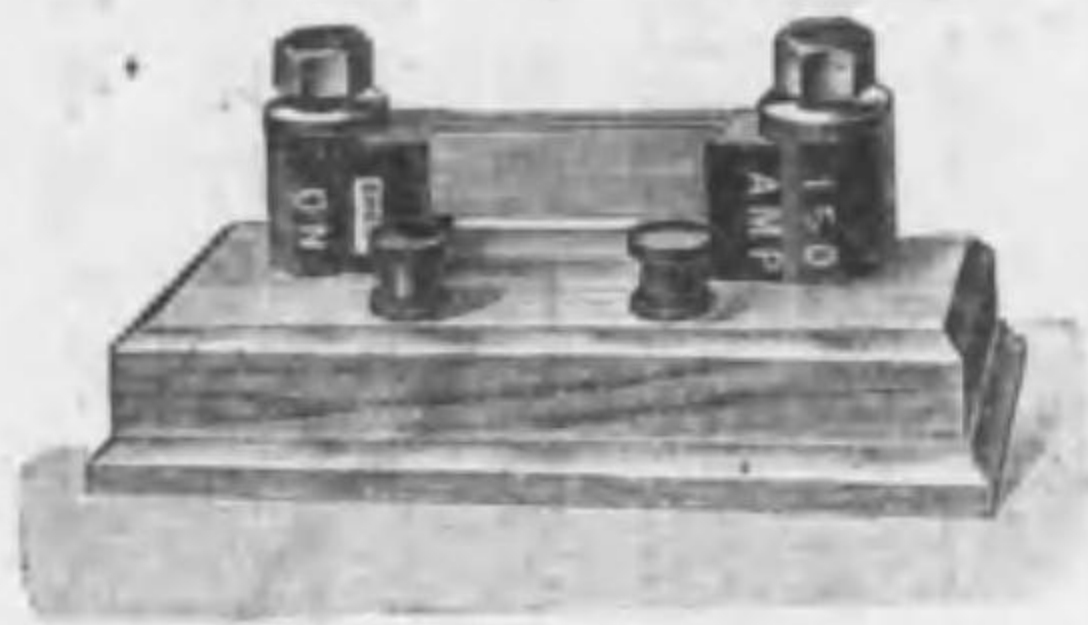


計力動氣電 圖八六一第

の一例は第一六八圖に示せる「シーメン」會社の電氣動力計 Electro Dynamometer とす即ち垂直なる二個の「コイル」ありて一は固定し一は兩「ターミナル」を下方に於て水銀中に入れ、上部は發條にて支へ廻轉し得る如くせるものなり、而して測定すべき電流は兩「コイル」を直列に通せしむ、然るときは可動「コイル」は兩「コイル」の磁石力の相乗に比例する力を受けて廻轉せんとすべし、此れを上部の度板に於て振り戻し法によりて元との位置に靜止せしめ其角を以て電流を測定す振り戻せる角は兩「コイル」の磁石力の積即ち測定すべき電流の自乗に比例するものなり。

(五)誘導作用を應用せるもの 此種のものには交番電流にのみ限らるゝを以て交番電流編に於て説明す。

(六)靜電的引力を應用せるもの 勿論電壓計としてのみ使用せられ電流計とは成らず第二編に於て説明せる靜電々壓計は皆な此種に屬す。



第一九六圖 電流計の分流器

一般に測定すべき電流が過大なるときは分流器を使用し其の一部分のみを電流計に通ぜしむ電流計は抵抗の非常に小なるものなれば分流器の抵抗も亦頗る小なるものにして且つ温度によりて抵抗に差異を生ずるときは電流の比を變ずべきを以て温度係数の零に近き合金を以て作る第一六九圖は其の一種なり。

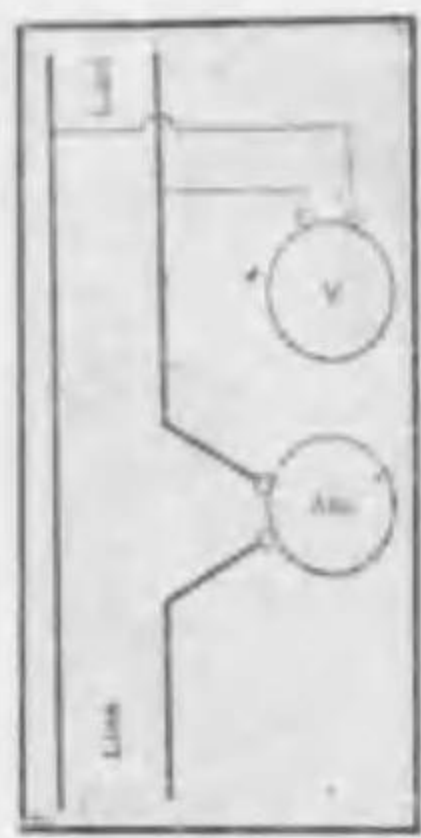
### 六四 電壓計

何れも其の「コイル」を通ずる電流の大小に應じて指針に作

用する力に大小あるを以て針の移動の角を以て電流を測定し得たるなり而して此等電流計の「コイル」は一定の電氣抵抗を有するを以て之れを或る電壓に結ぶときは其の電流は電壓に比例すべく指針の移動の大小は以て電壓の大小を示すことを得可し即ち前諸種の電流計は又電壓計として使用し得可し然れども抵抗の小なる電流計を直ちに或る電壓に結ぶときは過大の電流を通ずるの虞あるを以て電壓計として使用せんとする器具は一般に頗る細き電線を用ひ「コイル」の捲數を増して抵抗を非常に大ならしむ尙ほ抵抗を充分大ならしむるために特に抵

抗器を直列に結び使用することもあり、偕て之れを或る測定せんとする電壓に結ぶときは其の「コイル」を通ずる電流は頗る小なれども捲數大なるを以て指針を動かす力は電流計の時と同様に相當の大さなるを得且つ抵抗大なるを以て電壓計内に消費さる「パワー」は僅少なり。

右の如く電流計と電壓計とは其の原理及び構造共に全く同一にして單に電線の



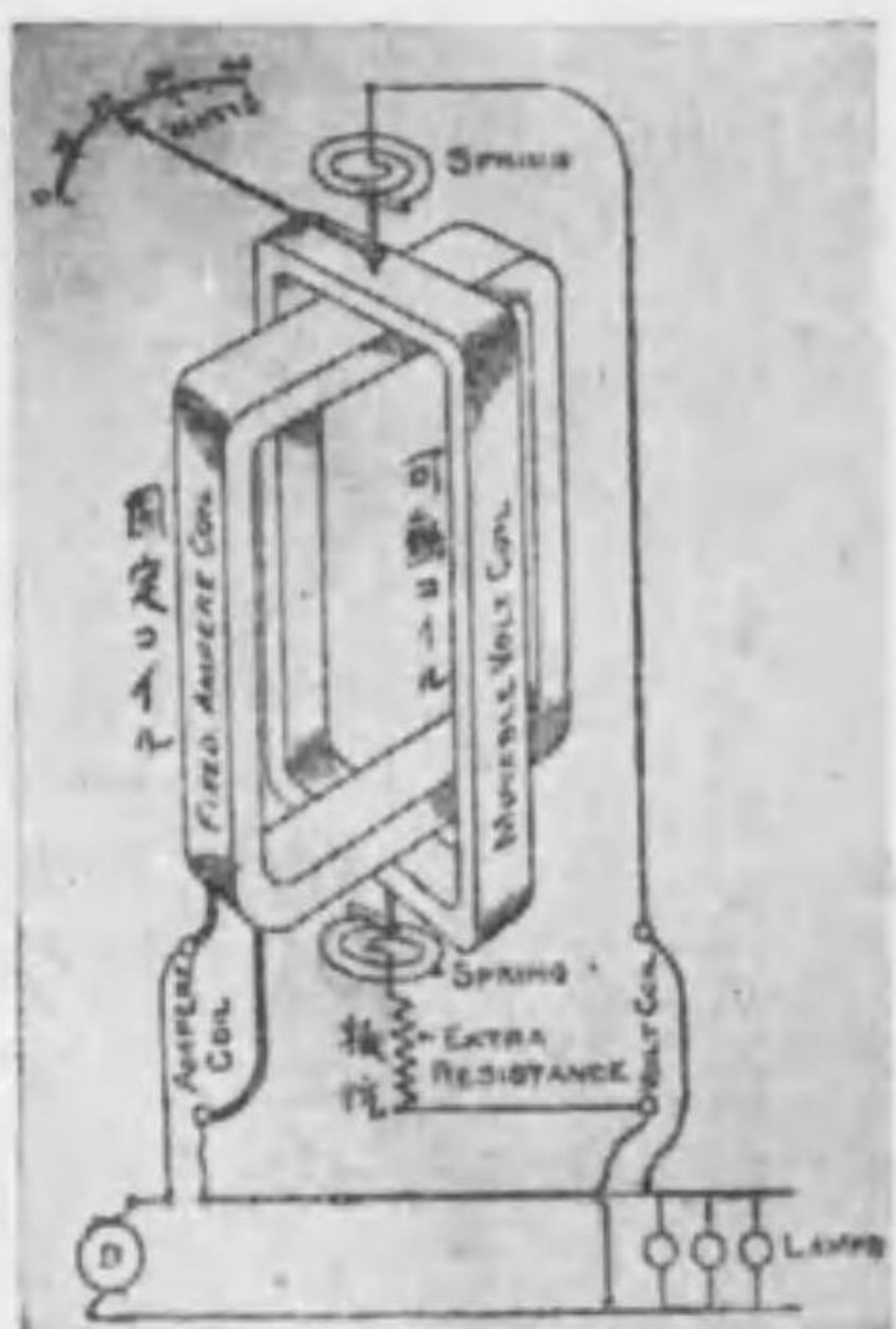
第一七〇圖 電流計と電壓計の用法

太さが前者に於ては太くして捲數少なく後者に於ては細くして捲數大なると其の使用法が前者は測定せんとする電流を電流計に直列に通ぜしむるに反し後者は回路に並列に入れ電壓計には常に測定せんとする電壓を與ふるとの差あるのみなり即ち第一七〇圖はこの接続方法を示せるものにしてVは電壓計Aは電流計なり吾人は必らず(一)電流計は電路に直列に(二)電壓計は之れに並列に入るものなるを注意するを要す。

### 六五 電力計

或る電路に與へらるる電氣の「パワー」は電壓 E「ヴォルト」と電流 C「アムペア」を乗じたる EC「ワット」をなすものなれば電壓計と電流計と

を有すれば回路の「パワー」は直ちに求むることを得可し、然れども自働的に兩者の積を指示する指示電力計 Indicating Wattmeter なるものあり其の構造は前節の「シー



メン會社電氣動力計の如く可動「コイル」と固定「コイル」との二者よりなる、この兩「コイル」は電流計の場合の如く直列に結ばれずして可動「コイル」は電壓計同様測定すべき電路の電壓を受けしめ固定「コイル」は電流計の如く回路に直列に結び其の電流を通ぜしむると第一 七一圖

に示すが如し、即ち可動「コイル」は細き電線を數十回捲けるものにして尙ほ直列に抵抗を挿入して電流を小とすることもあり之を一に「ポテンシアル「コイル」Potential Coil」とも曰ふ、固定「コイル」は電路の電流に應ずるに足る太き電線の僅々數捲より成るものにして一に「カレント「コイル」 Current Coil」とも云ふ、可動「コイル」は電路の電壓に比例する磁界を作り固定「コイル」は其の電流に比例する磁界を作る而して此の兩磁界は其の方向相合せんとする力を作用し其の大き

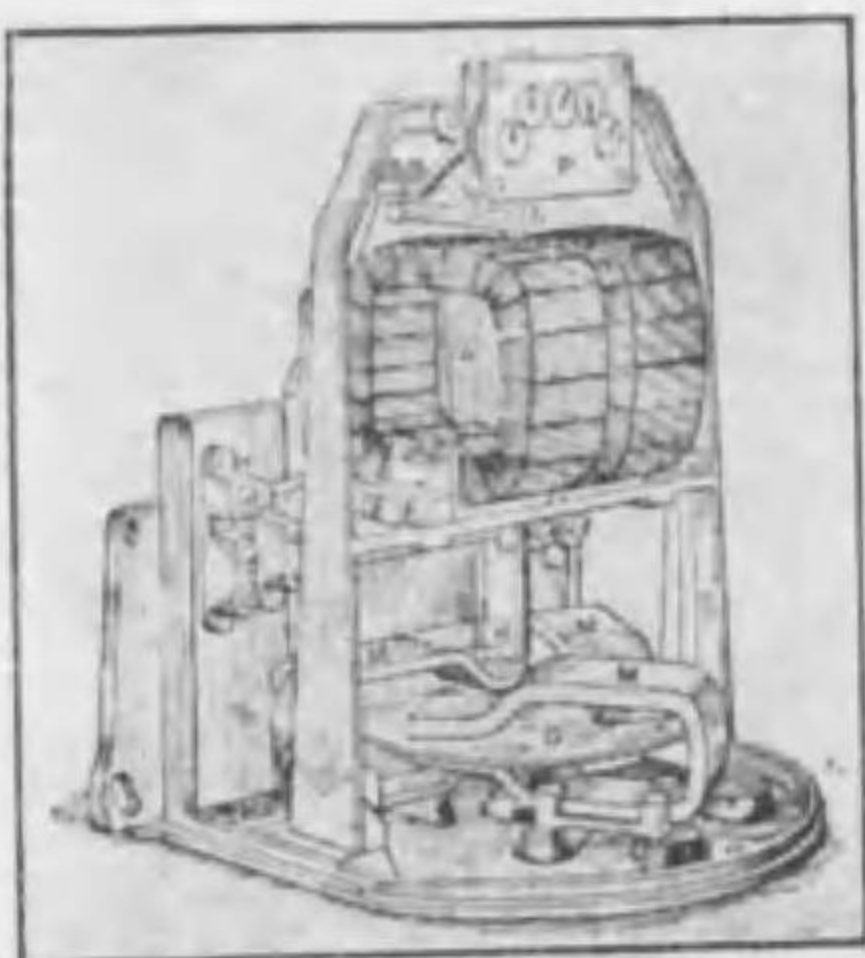


第一七二圖 電力計の構造

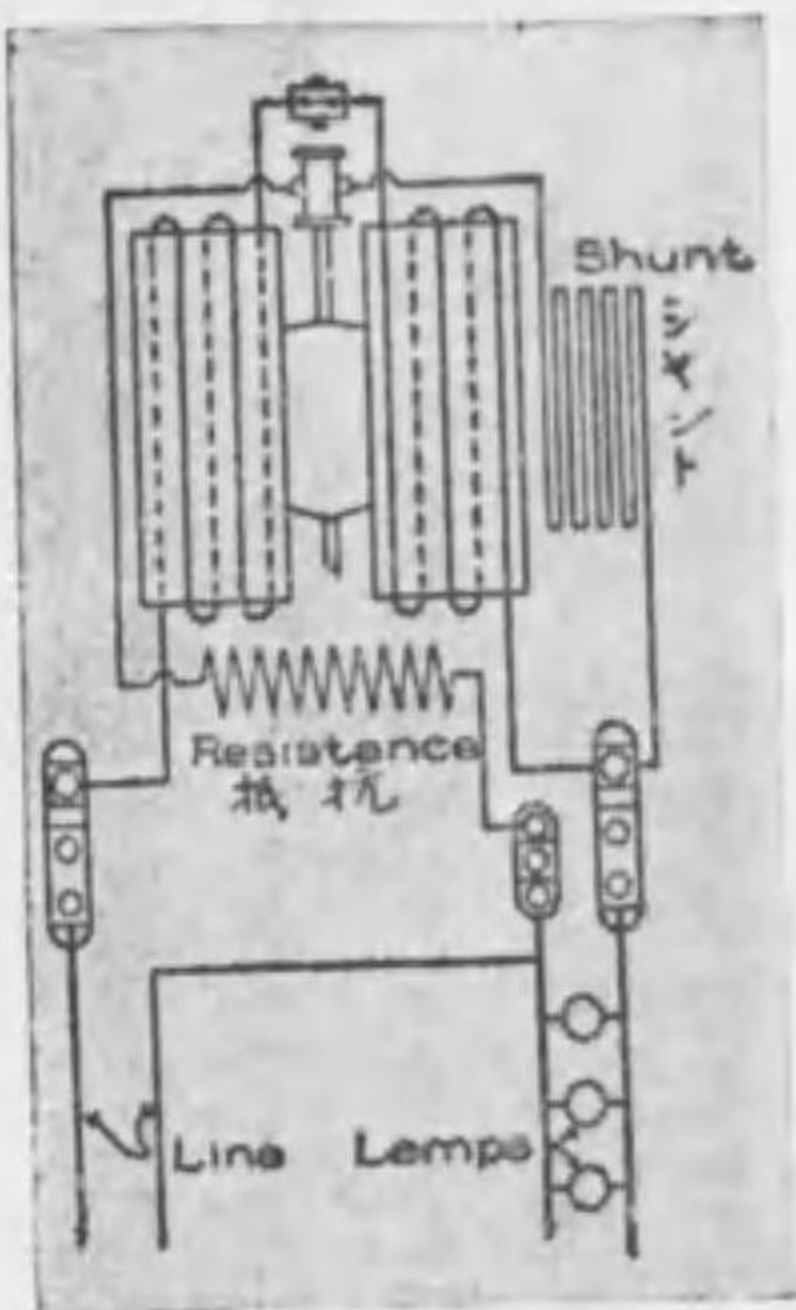
は兩磁界の強さの積に比例するものなれば従て電壓と電流との積即ち電力ECに比例するものなり第一 七二圖は、ウエストン携帶用指示電力計の一種にして左方の太き「ターミナル」は「カレント「コイル」上部兩端の「ターミナル」は「ポテンシアル「コイル」に接続するものなり、此種指示電力計は直流にも交流にも使用することを得何となれば交流に使用するとき可動「コイル」の電流が方向を轉ずるときは固定「コイル」も電流の方向を變ずべき

を以て兩「コイル」間の引力は常に同一方向にあればなり、電力計も其の「カレント「コイル」に分流器、其の「ポテンシアル「コイル」に直列抵抗を挿入するときは頗る大なる電力の回路にも使用することを得るなり例令ば「ポテンシアル「コイル」が最大一五〇「ヴォルト」用なるときは可動「コイル」の抵抗と同一の抵抗を直列に結べば三〇〇「ヴォルト」迄使用し得るが如し、

一般に「ポテンシアル、コイル」は其の電流を小とせんが爲めに之れに直列に結びて使用すべき抵抗箱を附屬すること多し、之れを「マルチプライアー Multiplier」と云ふ。  
**六六、記録電力計** Recording Wattmeter 指示電力計は各瞬間の電力を指示するものなれば或る時間内に電力に増減あるとき其時間内に回路に與へたる全電氣「エネルギー」は此の電力計より求むること能はず、自動的に或る時間内に於て各時刻に於ける電力を加算する如く製作せる電力計を**記録電力計**又は**積算電力計**「Integrating Wattmeter」と云ふ、第一七三圖乃至第一七五圖は其の構造の概略を示せるものにして其の主要部分はFなる固定「コイル」電流を通ずるもの(を二個に分ちて相並べ



計力電録記「ソムト」 一圖三七一第



圖四七一第 概接の計力電録記「ソムト」

ちて相並べ  
 其の中間に  
 Aなる可動  
 「コイル」電壓  
 を受くるも  
 の(ありて垂  
 直軸にて支



圖五七一第 「アムテメーア」の計力電上同

へられ指示電力計の場合とは異なりて限りなく廻轉し得るものなり、而して斯く限りなく廻轉するも其の「コイル」には常に電壓に比例する電流を通じ得るためには可動「コイル」は第一七五圖に示す如く $c_1, c_2, c_3$ 等數個の「コイル」を圓筒上に捲き各の「ターミナル」は上部に於て「コンムテーター」と稱する數個の銅片 $k_1, k_2$ 等に接せしむ此の「コンムテーター」にはBBなる二個の刷子兩側より接し居るを以て $c_1$ の「コイル」が廻轉し去れば次で $c_2$ の「コイル」が刷子を経て電路に接続せられ順次 $c_3, c_4$ 等と循環するものなり此のAなる廻轉圓筒は電働機と全く同一の作用をなすものにして此の場合に於ては「ポテンシアル、コイル」と稱せずして「アーマチュア Armature」と云ふなり(實際の構造に於ては「アーマチュア」の各「コイル」は獨立し居らずして順次に連結され環狀をなす從て電流は一の刷子より入り左右に別れ各組の「コイル」を経て他の刷子に於て合一して出づるなり、故に「アーマチュア」は如何に廻轉するとも固定「コイル」の磁界内に電壓に比例する電流の存在し絶えず廻轉力

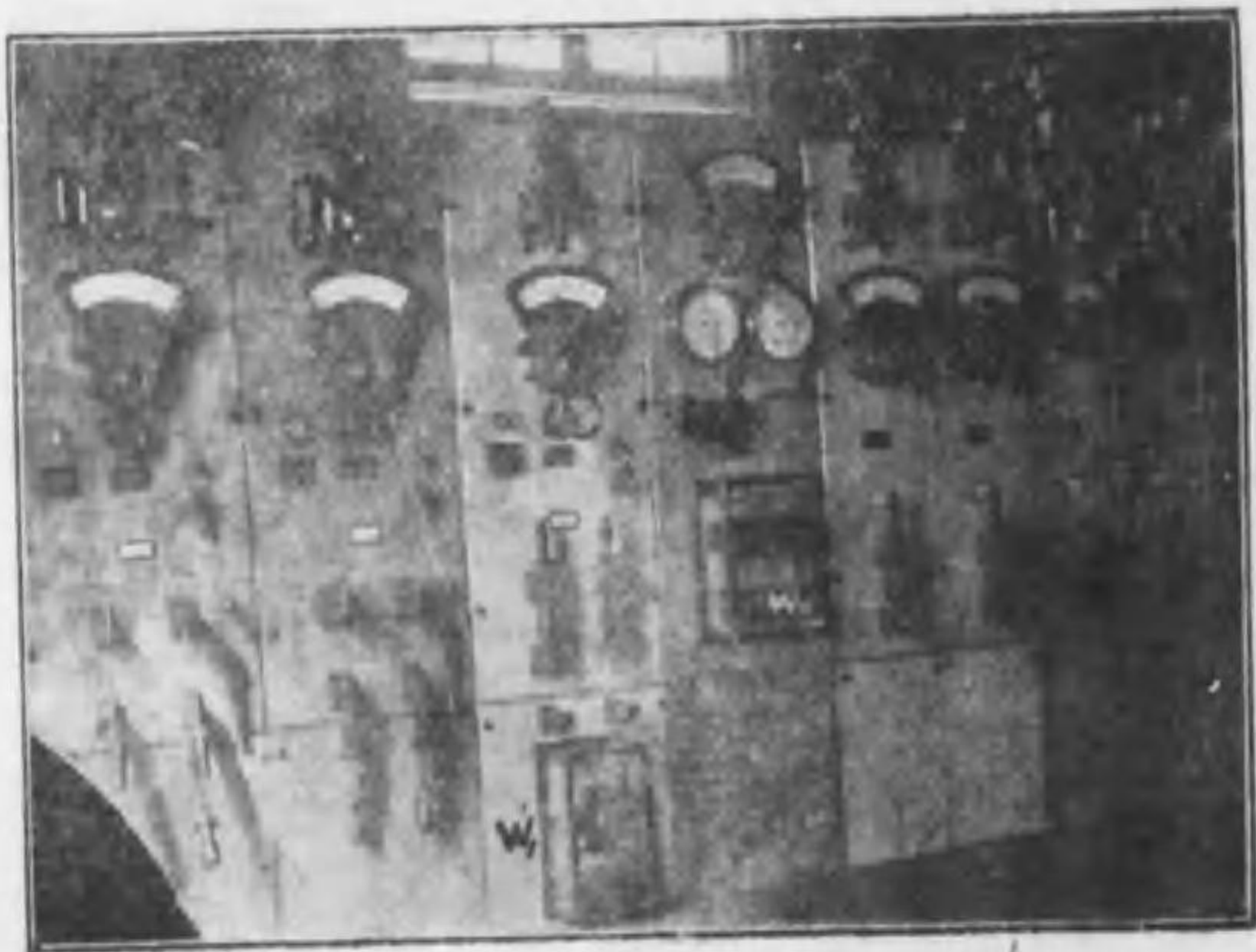
を受くるの關係は異なることなし。

諸て此の「アーメチユア」の受くる廻轉は固定「コイル」の磁界と「アーメチユア」の「コイル」の作る磁界との方向の合せんとする力に起因すと見るも、兩「コイル」間の電氣働力的引力に因ると見るも、又は電働機の理由により固定「コイル」の磁界に置かれたる「アーメチユア」電流の受くる力に起因すと見るも何れも全く同一の事實にして「アーメチユア」の廻轉されんとする力は兩「コイル」の電流の積に比例す、即ち各瞬間に於ける電力 $EC$ に比例するなり、故に「パワー」大なるきは「アーメチユア」は速く廻轉し、小なるときは緩く廻轉す、即ち或る時間内の廻轉數は其の間に費されたる「パワー」の總和に比例す。

「アーメチユア」軸の上部には其の廻轉數を記録すべき數個の齒車あり、「ウオーム、ギア」にて軸に接し其の廻轉を傳ふ、之れを「サイクロメーター」Cycloimeter と云ふ、第一七三圖に於て $P$ と示せる部分是れなり、又同軸の下部には薄き金屬圓板 $D$ 取付けあり其の上下に之を挿みて永久磁石 $M$ の各極突出す、是れ渦電流による制動装置にして軸の餘り多く廻轉するを防ぐものなり、一般に渦電流による制動力は圓板の速度に比例するを以て制動力は「パワー」の大小に關せず常に同一の比に速

を抑減し、何等誤差を生ずるの源因とはならず、然れども永久磁石の強さに變動を來すときは速度の抑減さるゝ比も變ずるを以て廻轉數より電力量を計算すべき係數にも變動を生ず。

指示及び記録電力計は其使用さるゝ電路の電壓及び電流の最大限の大小に因り種々の構造あり、電流の非常に大なるものにおいて固定「コイル」は太き角銅片の唯一捲を左右に置けるものなり、又尙電流大なる時は唯半捲とし其の周圍に生ずる磁界を利用し爰に「アーメチユア」を装置せるものもあり上掲の第一七六圖は某電氣鐵道發電所の配電盤の一部にして圖中 $W_1$ 及び $W_2$ は前記二種の記録電力計、又 $W_3$ の上部にあるは記録電流計及び記録電壓計にして指針に「ペン」及び墨汁を附し時計仕掛けにて徐々に廻轉する紙片上に各瞬間の電流又は電壓の變化を記せしむるものなり。

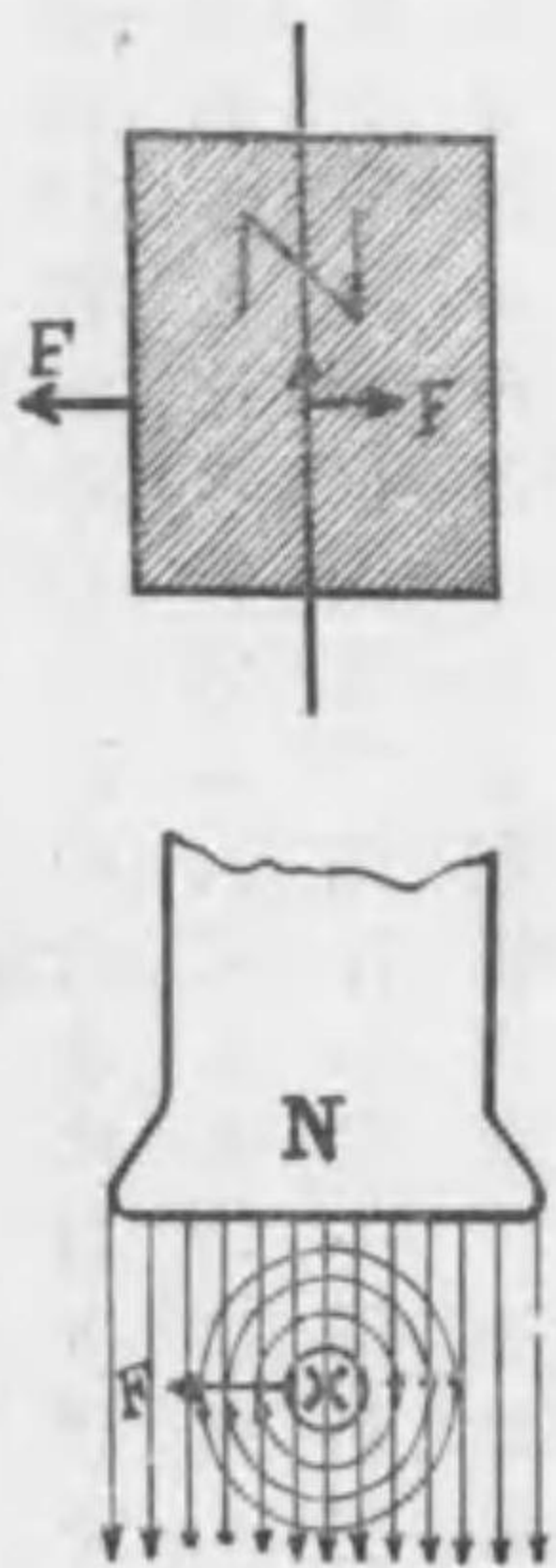


第一七六圖

第四編 電氣磁氣學 Electro Magnetics

附電氣動力學 Electro Dynamics

一、磁界に於ける電流の受くる力 磁界内に電流の通する電線を置くときは電流は或る力を受く、其の方向は磁界及び電流の兩者に直角なり、而して力は常正磁極を電流の作る磁界の方向に動かさんとするが如くなり、即ち第一七

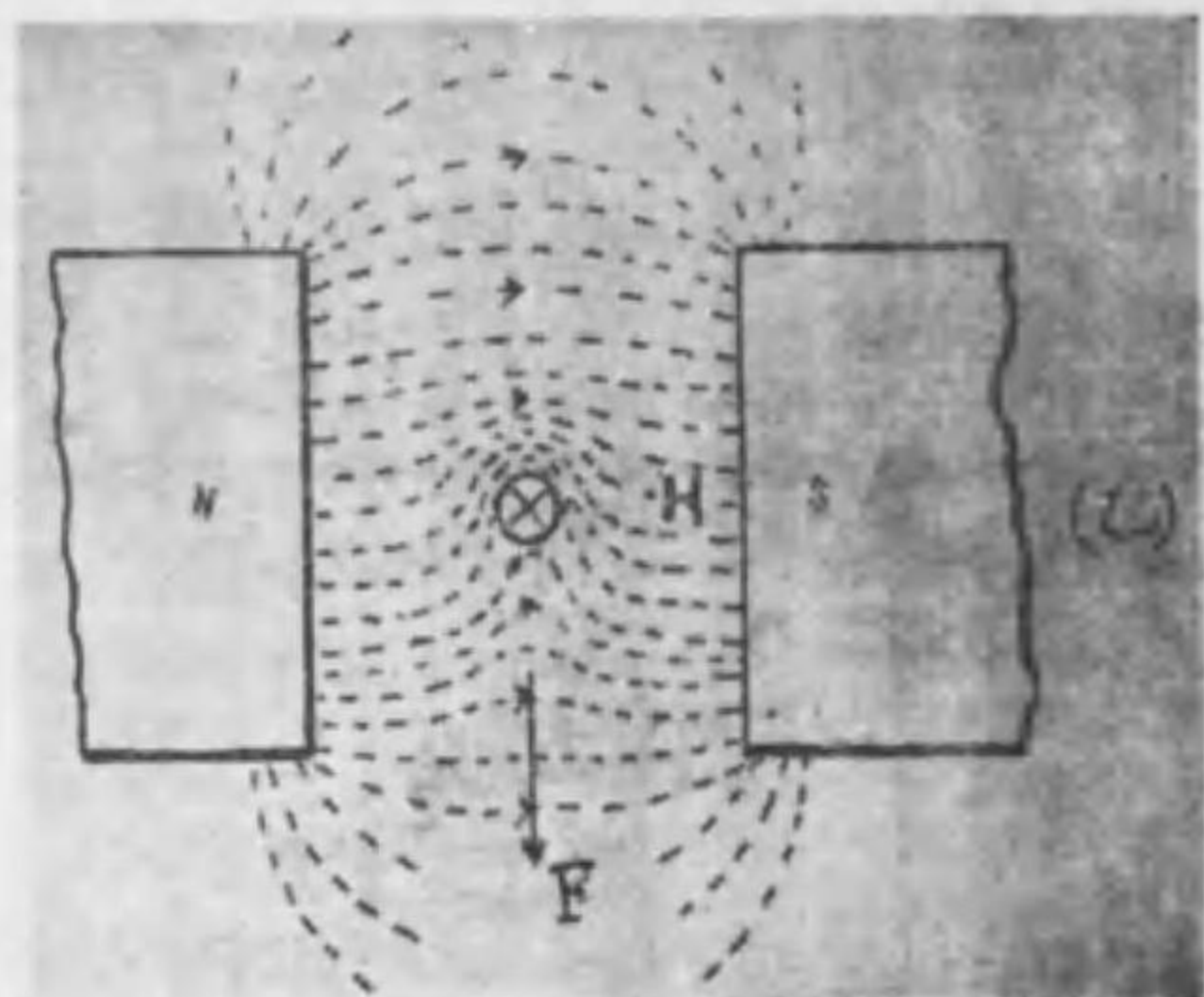
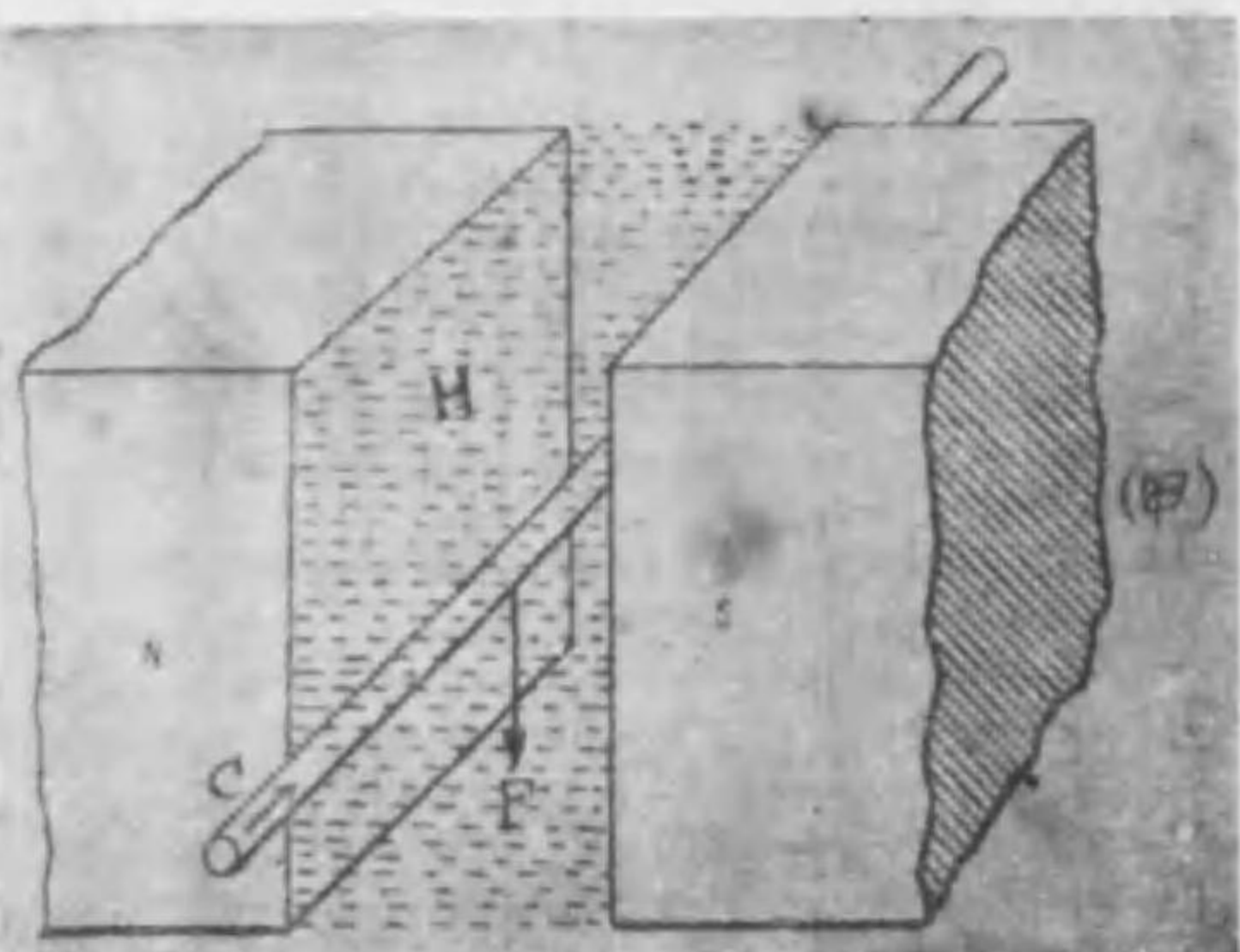


圖七七一第

七圖の如く正磁極の前面に下方より上方に向け電流の通する電線を置くときは磁極は左方に、従つて電流は右方に力を受く、此の力は運動の第三法則に従ひ兩者相互間に作用する力にして電



流固定せるときは磁極は左方に動かされ、磁極固定せるときは電流を右方に動かさんとするものなり、此の力の生ずる理由は磁界の状況の變化に依つて説明するを便とす第一七八圖甲の如く磁界に直角なる方向に電流あるときは圖の如き



圖八七一第

方向に力Fを受く、其の理由はHなる磁界内に電流Cの磁界を描くときは其結果同圖乙に見る如く上部に於て磁界強く、下部に於て弱くなるを以て磁力線の收縮の爲めに電線は下方に押しさるゝなり、故に若し

第一七七圖に於ける磁極が負極なるときは磁極は右に電流は左に力を受くるなり。

二、力の大さ 前節の力Fは次の關係を有す、Iを電流、 $\Delta l$ を磁界内にある電流の一小部分の長さ、rを電線と磁極m迄の距離、 $\phi$ を此の $\Delta l$ とrとの爲す角とすれば此の小部分の電流 $\Delta I$ が磁界より受くる力 $\Delta F$ は





第一七九圖

をなすものなり、然るに Δl の部に於て m なる極の作る磁界を H とすれば  $H = \frac{m}{r^2}$  にして

$$\Delta F = H \cdot I \cdot \Delta l \cdot \sin \phi$$

なり、之れ Δl なる部分が受くる力にして常に其の長さ電流の強さ、磁界の強さの相乗に比例するものなり、全電線の受くる全力 F は此の ΔF を電線の全長につき合力とせるものにして一般に

$$F = \sum H \cdot I \cdot \Delta l \cdot \sin \phi \quad \text{「ダイン」} \dots \dots \dots (81)$$

にして若し電線が各部分皆な H と直角の方向にあるときは  $\sin \phi = 1$  なるを以て

$$F = \sum H \cdot I \cdot \Delta l \quad \text{「ダイン」} \dots \dots \dots (82)$$

なり、但し L は電線の全長とす、斯く電流が磁界内にて受くる力は電流、磁界、電線の長さの積に比例し其の方向は I と H の各に直角なり、若し I と H とが直角をなさざる時は H 又は L を互に直角なる方向に分力とせる値の相乗に等しきなり、即ち

ち第百八十圖の如く L なる電線が磁界の方向と直角なる方向より φ を偏すると

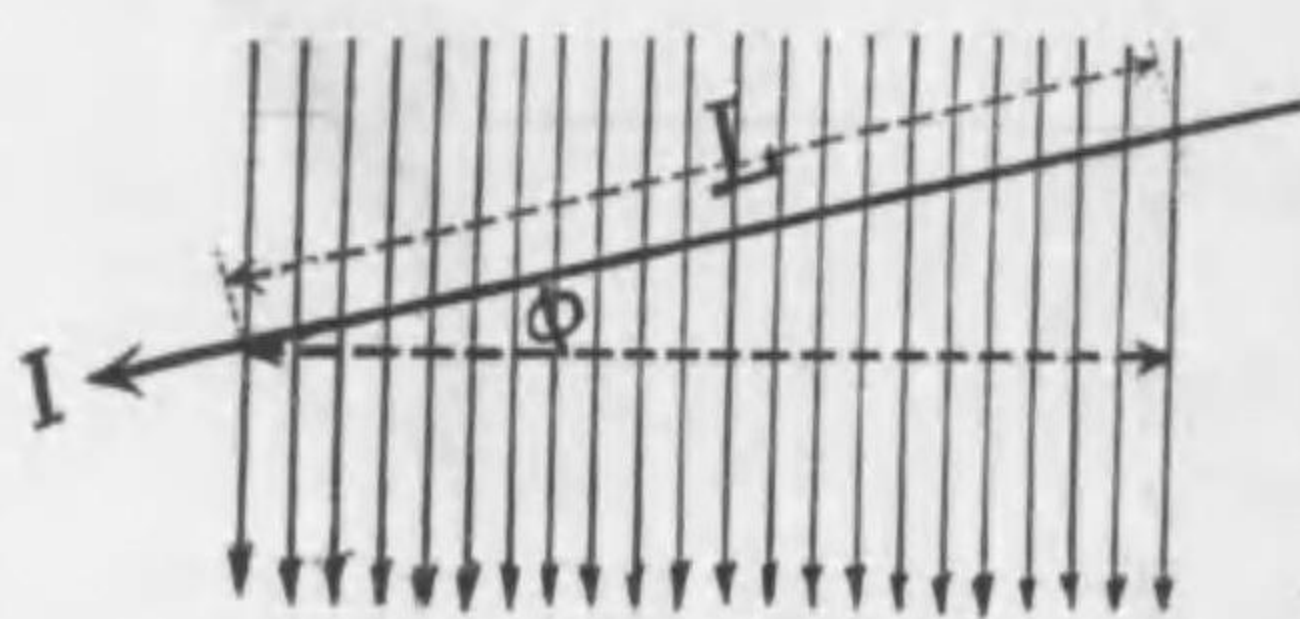
きは其の受くる力は

$$F = H \cdot I \cdot L \cdot \cos \phi \quad \text{「ダイン」} \dots \dots \dots (83)$$

をなすなり、

### 三、電流の絶體單位

前項の關係より電流の電磁的絶體單位を制定することを得、即ち若し H が一なる磁界内に長さ L が一なる電線を置き、或る電流を通じたる時、兩者間に作用する力 F が「ダイン」とるときは I は一にして之れ電流の電磁的絶體單位なり、是を一〇「アムペア」と稱す、即ち「アムペア」は絶體單位の一〇分の一の單位にして電流の實用單位として使用せ

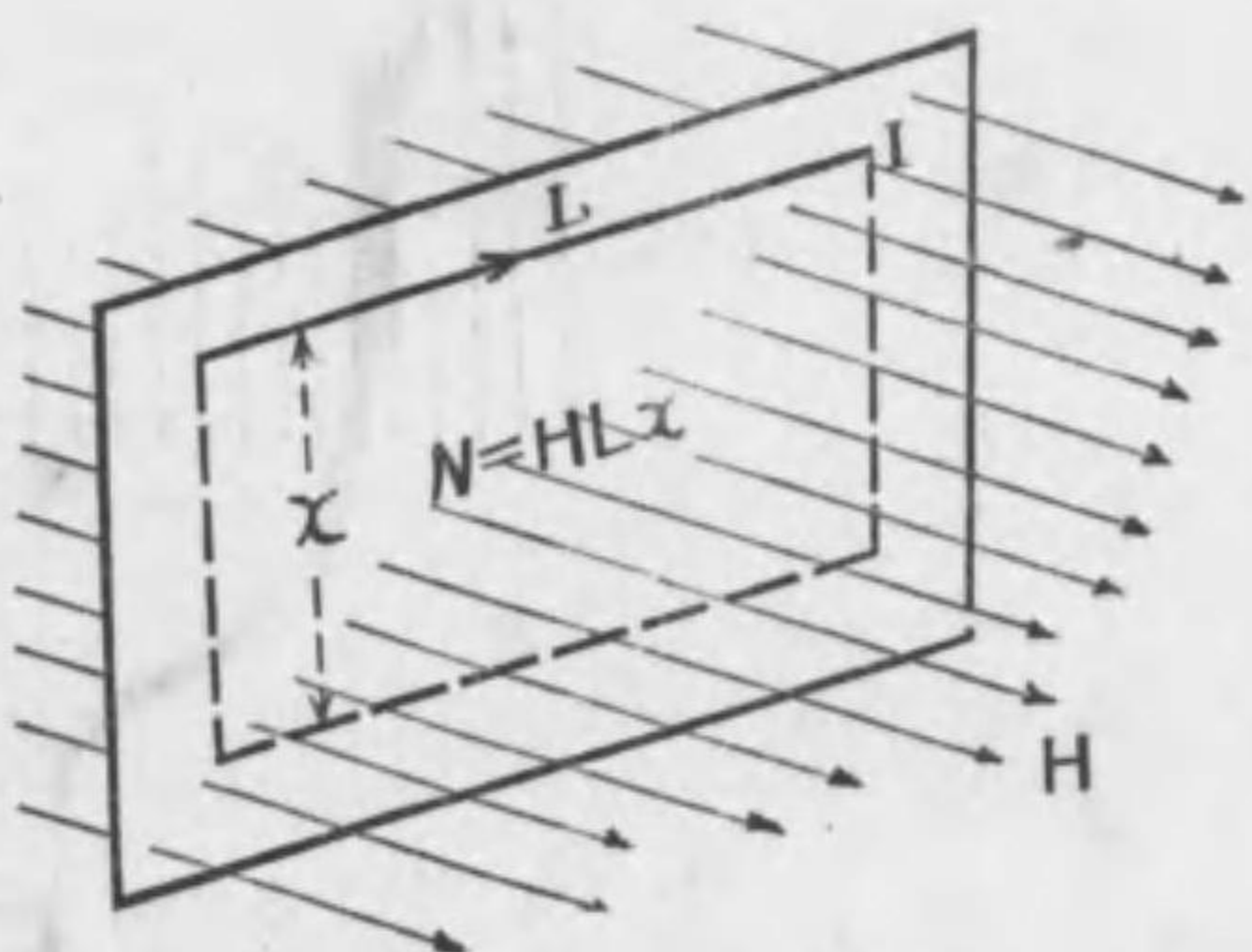


第一八〇圖

らるゝものなり、故に「アムペア」は絶體値にて「10」なる電流なり、「アムペア」は既に前編に述べたる如く硝酸銀溶液より毎秒 0.00118 瓦の銀を沈澱するものなり。

### 四、電流の爲す機械的仕事

前記の如く磁界に置ける電流は F なる力を受



第一八〇圖

くるを以て若し電線が此の力のために  
なる距離だけ動きたりとすれば此の電線  
は或る機械的の仕事をしたるものにして  
其の大きさWは

$$W = F \cdot x \quad \text{[エネルギー]}$$

$$= H \cdot \frac{i}{10} \cdot L \cdot a \quad \text{[エネルギー]}$$

然るに  $H \cdot L \cdot a$  は電線が動きたる際に切り  
たる磁力線の總數に等しくして之をNと  
すれば

$$W = \frac{i}{10} N \text{ [エネルギー]} \quad \text{[iは「アンペア」]} \quad \dots (84)$$

なり換言すれば絶體値にてIなる電流が

N本の磁力線を切るときは常にIN「エネルギー」の機械的仕事をなすものにして即ち  
(電流の爲す機械的の仕事) = (電流) × (電流の切らるる磁力線の數)

なり、又上記のeなる距離を動くにt秒時を費したりとすればW「エネルギー」の仕事は

t秒時に爲されたるを以て、毎秒時の仕事即ち「パワー」Pは

$$P = \frac{W}{t} = \frac{i}{10} \times \frac{N}{t} \quad \dots \text{[甲]} \text{ [エネルギー]} \quad \dots \quad \dots (85)$$

### 五、電磁誘導に因る起電力

前記の如く磁界内に置かれたる電流は或る  
力を受け従て或る機械的仕事をなし得るものなるが前編の第五八節に於て吾人  
は電流が「デュール」氏法則による發熱以外に或る仕事をなすときは必ず其の電  
線内にeなる逆起電力を發生し居るものにして、且つ其の「パワー」は

(機械的「パワー」) = (逆起電力e) × (電流I)

$$\therefore P = e \frac{i}{10} \quad \dots \text{[乙]} \text{ [iは「アンペア」]} \quad \dots$$

なる關係の必らず存することを述べたり、之を本項の場合に就て考ふるときは當  
然(甲)なる「パワー」Pは(乙)なる「パワー」に等しきものならざる可らず、

$$\therefore P = \frac{i}{10} \times \frac{N}{t} = \frac{i}{10} \times e$$

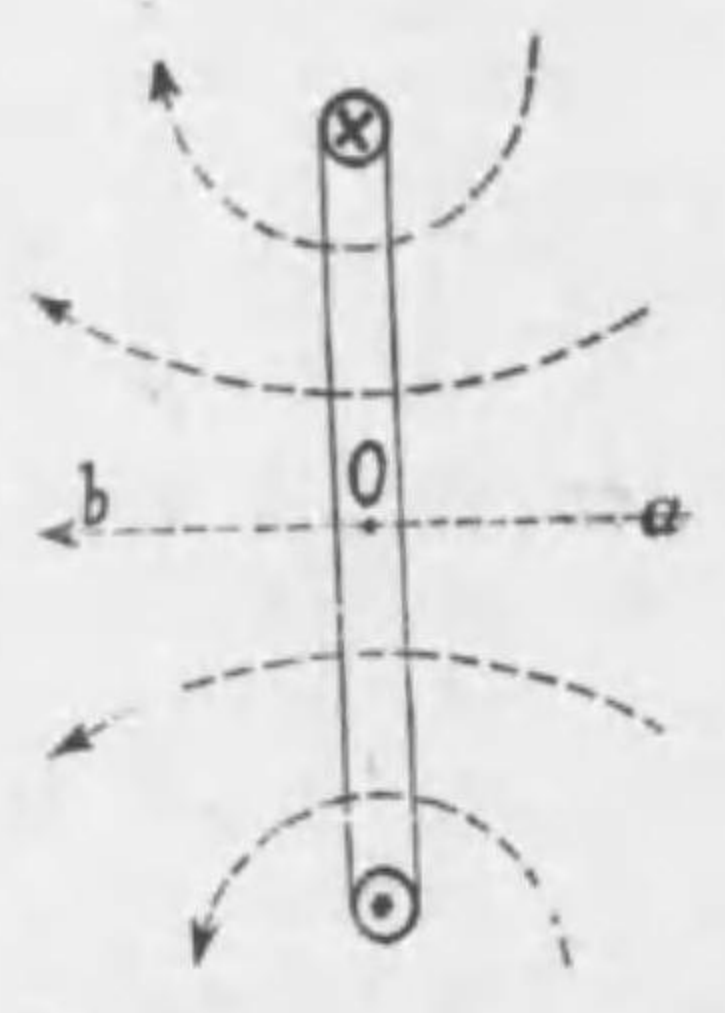
$$\therefore e = \frac{N}{t} \quad \dots \dots \dots (86)$$

換言すれば電線が磁力線Nを切りて機械的仕事をなす爲めには之れと同時に或

る起電力  $e$  を發生するものにして  $e$  の大きさは電線が一秒時内に切る磁力線の數  
 即ち  $N \frac{d\phi}{dt}$  にて示さるゝものなり、逆起電力のみならず一般に電線が磁力線を切  
 るときは必ず其の電線内に起電力を發生するものにして其の大きさは上記の如  
 く一秒時に切る力線數に等し、之れ後節に詳論する電磁的誘導作用にして今日の  
 發電機變壓器等は悉く此理を應用せるものなり。  
 静止せる電線に外部より電流を送るときは電線の附近に之を圍繞する磁力線を  
 生ず、又或る磁界内に電線を動かす磁力線をして電線に纏繞せしむるときは電線  
 内に起電力を發生し、從て電流を生じ得、前者は電氣の「エネルギー」を與へて磁力線  
 を作り後者は磁力線を介して電氣を發生せるなり、其の關係の相似て而して原因  
 結果の相反する須らく注意すべきなり。

六、一と捲きの圓形「コイル」の磁界 爰に第一八二圖の如き一と捲きの

「コイル」ありとすれば其の電流  $I$  (絶體値) の作る磁界の狀況は圖の如く「コイル」の一  
 面より入りて他面に出て電線を各部に於て一周し元に戻る數多の磁力線群にし  
 て其狀恰も薄き盆形の永久磁石を見るが如くなる、既に説明せる所なり、第九八  
 圖乙及び丙(即ち「コイル」の中心部に於ては「コイル」の平面に正に直角なる磁界



第一八二圖  $H = \frac{2\pi i}{10r}$

を作ると圖の  $ab$  線の如し、今この  $ab$  の中心點  $O$  の  
 磁界の強さを求めん、「コイル」の半徑を  $r$ 、電流の強  
 さを  $I$  (絶體値にて) とす、中心點  $O$  に  $+m$  なる磁極あ  
 りとすればこの  $m$  なる極が「コイル」より受くる力  
 $F$  は

$$F = \sum \frac{m \cdot I \Delta l \sin \phi}{r^2} \quad [ \text{シ} \times \text{シ} ]$$

なり、但し  $\Delta l$  は「コイル」の一小部分とす、今此の式に  
 於て  $\Delta l$  は「コイル」の何處の部分に取るも  $r$  は常に  
 同一  $\phi$  も常に  $90^\circ$  なるを以て

$$F = \sum \frac{m \cdot I \Delta l}{r^2} = \frac{m \cdot I}{r^2} \cdot \sum \Delta l = \frac{m \cdot I}{r^2} \times 2\pi r$$

$$= \frac{m \cdot 2\pi I}{r} \quad [ \text{シ} \times \text{シ} ] \dots \dots \dots (87)$$

之れ中心の磁極  $m$  に作用する力なれば  $m$  を一と置けば電流の作る磁界  $H$  を得可  
 し、即ち  $H = \frac{2\pi I}{10r}$  又は  $H = \frac{2\pi I}{10r}$  (此は「アンペア」)  
 即ち「コイル」の中心にをける磁界の強さは  $I$  に正比し半徑  $r$  に逆比す。

若し「コイル」が  $n$  捲の電線なるときは明らかに

$$H = \frac{2\pi ni}{10^9} \dots \dots \dots (87)$$

をなす此の磁界は「コイル」の面に垂直なるを以て「コイル」の軸を東西に支へ中心部に小磁石針を吊して此のHのために磁針を偏せしめ其角より電流の強さを測定するもの即ち前篇に述べたる「ガルバノメーター」なり。

七「コイル」の中心軸上任意點の磁界 第一八三圖の如くOを通じ「コイル」に垂直なる直線上の任意一點Pの磁界の強さを求めん、Pは「コイル」の周邊より  $a$  だけ距たり、中心線OEと  $a$  とは圖の如く  $\alpha$  なる角をなすものとすれば、P點に  $m$  なる磁極ありと假定し「コイル」の電流  $I$  が  $m$  に作用する力は

$$F = \sum \frac{m \cdot I \cdot \Delta l}{a^2} \quad (\text{第 183 圖})$$

にして圖の如き或る  $\Delta l$  より受くる力の方向は  $a$  に直角なるPFの方向にあり、而して  $\Delta l$  を「コイル」の周上に漸次に變ずるときはPFの方向も順次に變ずるを以て、Pに作用する實際の力は此等PFの全合力なり、今PFを軸に平行なるPE及び垂直なるPDに分つときは

$$PE \text{ なる分力は } PE = \sum \frac{m \cdot I \cdot \Delta l}{a^2} \sin \alpha$$

$$PD \text{ なる分力は } PD = \sum \frac{m \cdot I \cdot \Delta l}{a^2} \cos \alpha$$

にして  $\Delta l$  を全圓周上に變ずるときはPEなる分力は常に同一にして且つ同方向なるを以て漸次相加はりて

$$\text{全PEの和} = \frac{m \cdot I}{a^2} \sin \alpha \cdot \Delta l = \frac{m \cdot I}{a^2} \sin \alpha \cdot 2\pi r$$

となる、又PDなる分力も常に同一の値を有すれども、 $\Delta l$  を圓周に變ずるに供なひPDもPの周圍に圓形に方向を變ず、故に其の全合力は零なり、従てPに作用する磁石力は要するにPEの合力のみにして之を  $F_0$  とすれば

$$F_0 = \frac{m \cdot I \cdot 2\pi r}{a^2} \sin \alpha$$

今之の式に於て  $a = r \sin \alpha$  なる關係を代用して  $a$  を去るために  $a = \frac{r}{\sin \alpha}$  を入れ

$$F_0 = \frac{m \cdot I \cdot 2\pi r}{r^3} \sin^3 \alpha = \frac{m \cdot 2\pi I}{r} \sin^3 \alpha \quad (\text{第 184 圖})$$

此れに於て  $m$  を一とするときは電流の作る磁界Hを得可く

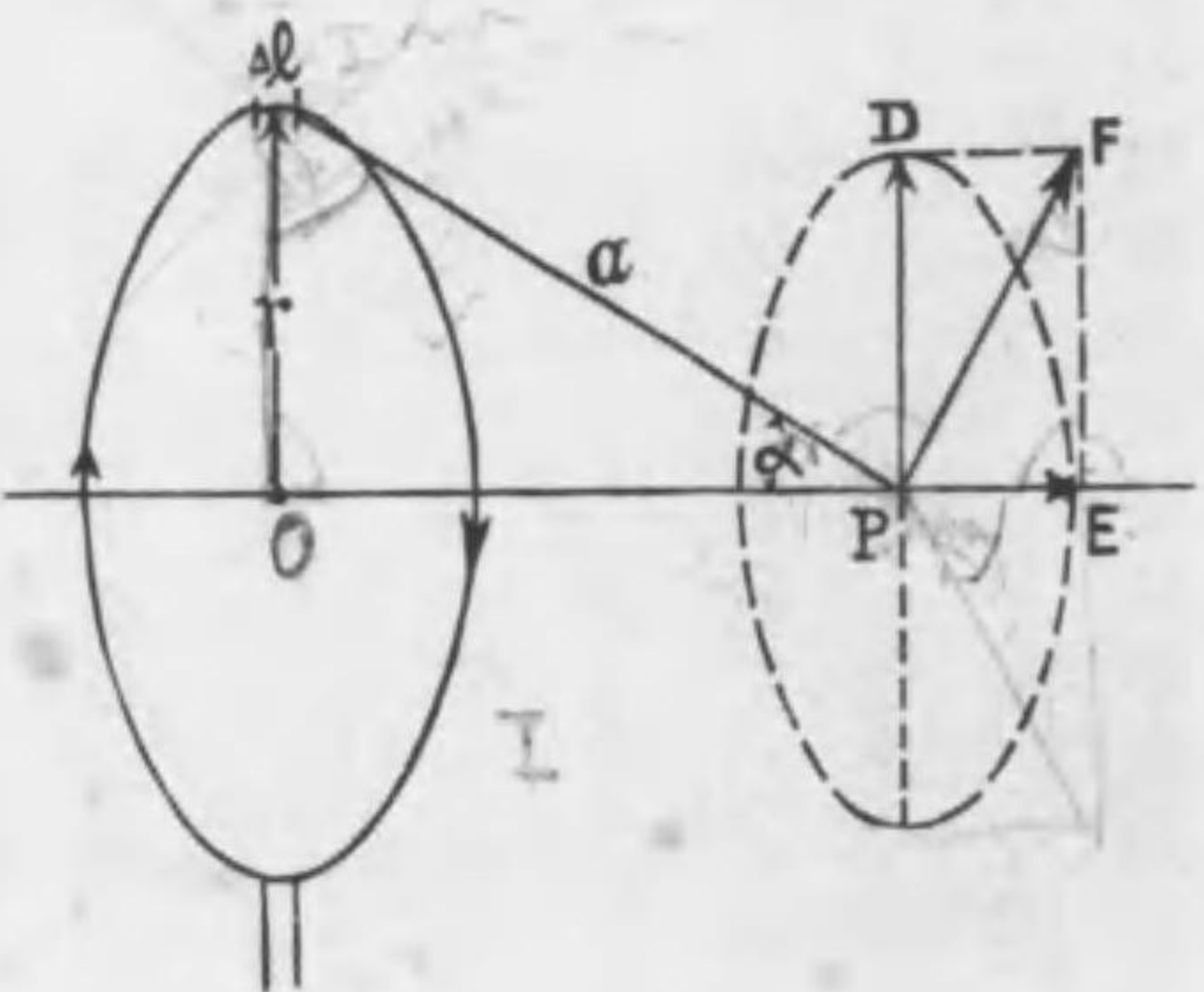


圖 三 八 一 第

$$H = \frac{2\pi I}{r} \sin^2 \alpha \quad \text{「マイク」} \dots \dots \dots (88)$$

なり即ち磁界の方向は圖のPEの如く「コイル」の面と直角の方向にあり其の強さは中心Oにをける強さに  $\sin^2 \alpha$  を乗じたものに等し。

例題一、直徑二〇センチなる圓形の銅線に一四「アンペア」を通ずるときは「コイル」の中心に於ける磁界の強さ如何、又磁界の強さが中心の二分の一の強さをなす點はOより何「センチ」距たれる點なるか。

解、中心の磁界  $H_0$  は

$$H_0 = \frac{2\pi i}{10r} = \frac{2\pi \times 14}{10 \times 10} = 0.88$$

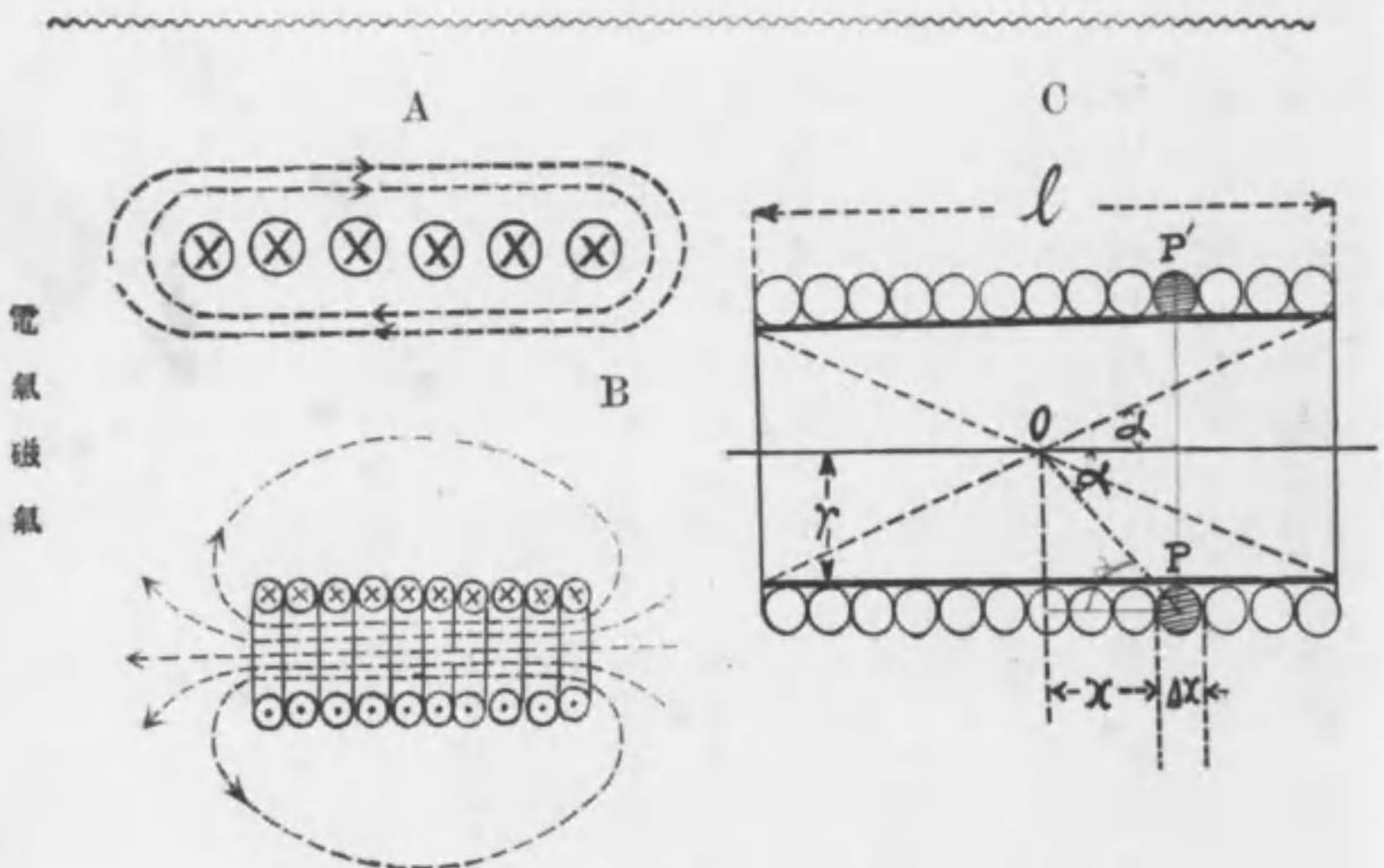
又この二分の一の磁界即ち0.44なるHを作る點を求めんには

$$\frac{1}{2} H_0 = H_0 \sin^2 \alpha \quad \therefore \sin^2 \alpha = \frac{1}{2} = 0.7937 \quad \therefore \alpha = \frac{r}{\sin \alpha} = \frac{10}{0.7937} = 12.90$$

求むる距離を  $d$  とすれば  $d^2 + r^2 = a^2 \therefore d^2 = a^2 - r^2 = (12.9)^2 - (10)^2 = 158.8 - 100 = 58.8$

$$\therefore d = \sqrt{58.8} = 7.668 \quad \text{「センチ」}$$

ハ「ソレノイド」内の磁界 第一八四圖Aの如く數個の電流平行する時は其の附近の磁界は各捲相互の中間にては磁界相消し全部を圍繞せる磁路にのみ



圖四八一第 界磁の「ソレノイド」

磁力線を通ずること圖の如くなるべし、故にB圖の如き「ソレノイド」の磁界は圖の如く「ソレノイド」の一面より入り他面に出づる磁束をなすべし、勿論一部分の「コイル」のみを圍繞する磁力線も多少は存在す、今C圖の如く半径  $r$  「センチ」長さ  $l$  「センチ」なる「ソレノイド」に電流  $I$  の通ずるとき中心O點に生ずる磁界の強さを計算せん、中心より  $x$  を距つる  $PP'$  なる一部分のO點に作る界は

$$\Delta H = \frac{2\pi \times IS \Delta x}{r^2 \sin^2 \alpha}$$

なり、何となれば  $PP'$  なる部分の電流は全部にて  $I$  が  $S$  捲ありて長さ  $l$  をなすもの、中  $\Delta x$  だけの幅に通ずる故に  $S \times \frac{\Delta x}{l}$  捲あ

るの理なればなり、  
諸て前式に於て

$$\tan \alpha = \frac{r}{x} \quad x = r \cdot \cot \alpha \quad \therefore dx = -\frac{r}{\sin^2 \alpha} d\alpha$$

なるを以て之の關係を代用すれば

$$dH = \frac{-2\pi IS \times \frac{r}{\sin^2 \alpha} d\alpha}{r \cdot l} \quad \sin^2 \alpha = \frac{2\pi IS}{l} \sin \alpha d\alpha \quad \text{「ダ」}$$

之れPP'なる一部分の作る磁石力なれば之のPP'を全「コイル」に就き合計せるものは  
O點にをける磁界Hとなるなり、即ちHは之のdHをdαがαよりπ-α<sub>1</sub>に至るまで合  
計せるものにして

$$H = \sum_{\alpha=\alpha_1}^{\alpha=\pi-\alpha_1} \frac{2\pi IS}{l} \sin \alpha d\alpha = \frac{2\pi IS}{l} [\cos \alpha]_{\pi-\alpha_1}^{\alpha_1} \\ = \frac{4\pi IS}{l} \cos \alpha_1 \dots \dots \dots (89)$$

即ち磁界は電流と捲數Sに正比し、長さlに反比す尙ほα<sub>1</sub>の餘弦に比例するを  
以てlに比しrの小なる程(α<sub>1</sub>は小となりて)H大なり、若しlに比しrを看過し得  
るときはα<sub>1</sub>は殆んど零に等しくcos α<sub>1</sub>=1にして

$$H = \frac{4\pi IS}{l} = \frac{4\pi}{10} \frac{iS}{l} \quad (\text{いは「アンペア」} \dots \dots \dots (90))$$

例題二 長さ三〇センチ半徑二センチにして捲數一二〇なる「ソレノイド」の  
中心に於ける磁界を求む、但し電流は七「アンペア」なり

$$H = \frac{4\pi}{10} \frac{iS}{l} \times \cos \alpha_1 \quad \cos \alpha_1 = \frac{15}{\sqrt{2^2 + 15^2}} = \frac{15}{15.1327} = 0.9915 \\ = \frac{4\pi \times 7 \times 120}{10 \times 30} \times 0.9915 = 35.2 \times .9915 = 34.89$$

例題三 前例に於てcos α<sub>1</sub>を省略せるた

め誤差が千分の一をなすはrがlに比  
し如何なる比をなす時なるか

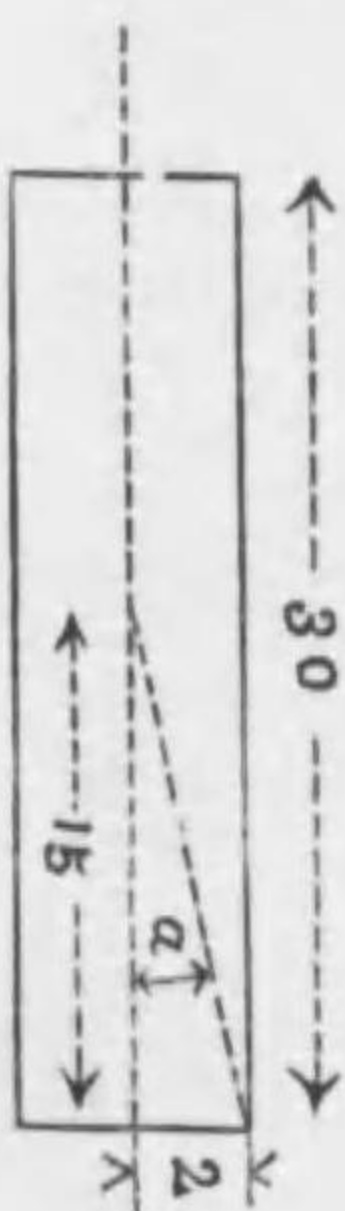
解 題意により三四八九の代りに三五

二を使用して誤差が一〇〇〇分の一以下なる

$$\text{により } \cos \alpha_1 = 1 - \frac{1}{1000} = 0.999 \text{ をなすためには } \alpha_1 = 2^\circ 30'$$

$$\therefore \frac{r}{l} = \tan \alpha_1 = \tan 2^\circ 30' = 0.04366 = \frac{1}{20}$$

即ちrがlの二〇分の一以下ならばα<sub>1</sub>を零と見るも誤差は千分の一以下



也次に第一八五圖の如く、ソレノイドの一端の入口の中心點に於ける磁界は前同様に  $a_2$  を圖の  $a_2$  より  $90^\circ$  迄の間に合計すれば求めらるべし、即ち

$$H = \sum_{a=a_2}^{\pi} \frac{2\pi IS}{l} \sin a \cdot da = \frac{2\pi IS}{l} [\sin a]_{a_2}^{\pi} = \frac{2\pi IS}{l} \cos a_2 \dots \dots \dots (91)$$

$r$  が  $l$  に比し小なるときは  $\cos a_2 = 1$  と見るを得可く

$$H = \frac{2\pi IS}{l} \quad \text{又} \quad H = \frac{2\pi IS}{10l} \quad \text{「ガイツ」} \dots \dots \dots (92)$$

をなす、即ち「ソレノイド」の入口に於ては中央に於ける場合に比し磁界の強さは二分の一をなす

九、アムペア、ターン、斯く電流の通ずる「コイル」の爲めに

空中に生ずる磁界は考ふる點によりて異なれとも常に一點の磁界の強さは電流  $i$  と捲數  $S$  との相乗に比例するを以て之の  $iS$  をアムペアターン Ampere Turn と稱し磁力線を發生する力の多少を示すものなるにより又起磁力  $M.M.F.$  Magnetic Motive Force とも云ふ、磁力線は何れも終りなき環狀輪をなすが故に一の磁極を磁力線に沿ひて之の線上を一周せしむ

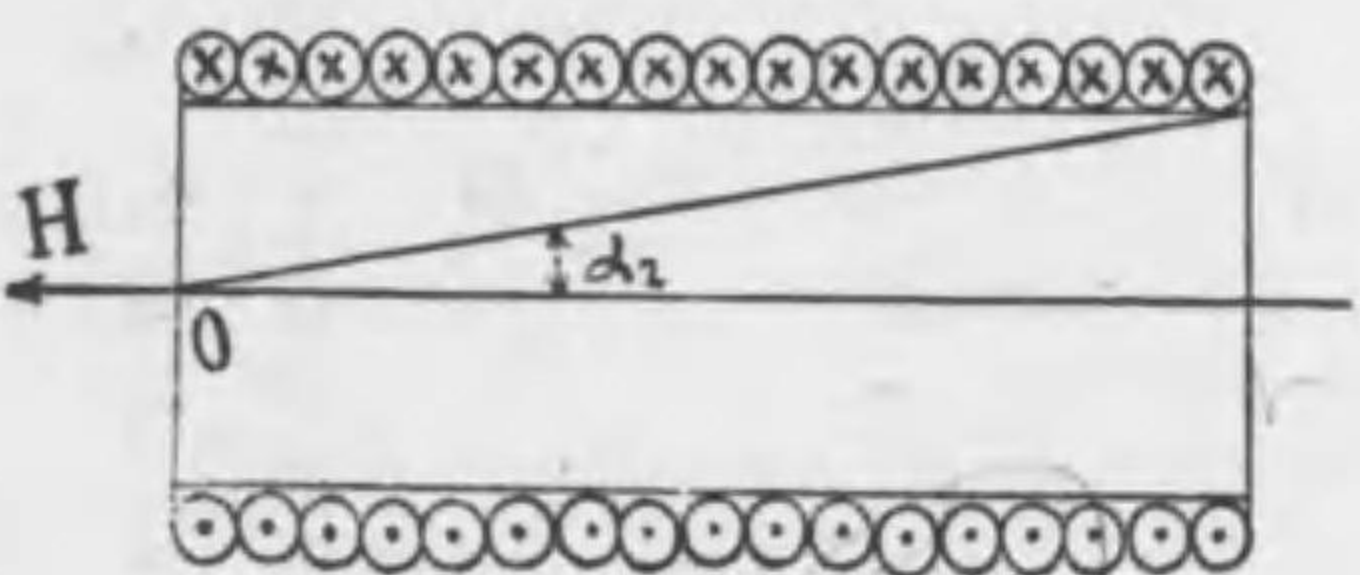


圖 五 八 一 第

る時は或る仕事を要するか(力線の方向と逆に動かす時)又は或仕事をなし得るものなり(力線の方向に動くとき)則ち電流の通せる「コイル」は自己の線輪の周圍に磁位の差を生じ居るものなり、換言すれば磁力線の通ずるはこの起磁力があるが故なること恰も電流の通ずるは起電力あるに起因するが如くなり。

吾人はある「アムペア、ターン」 $iS$  と切合ひ居る磁路に沿ひて一なる正磁極を磁界と逆の方向に一周せしむる爲めに要する仕事の量即ち  $iS$  の作る磁位差(第一編第二八節参照)を以て起磁力の大きさと定むること恰も電池の兩極間に存する電位差を以て其の起電力と稱するが如し、今  $S$  捲の「コイル」に三「アムペア」を通ずるとき、即ち  $iS$  なる「アムペア、ターン」ある時之れが有する起磁力を求めんに假りに一なる正極を持ち來り任意の磁路に沿ひ一周せしめたりとせば其間に成したる仕事  $W$  (即ち求むる起磁力に等しき數なり)は次の如し第四節に説明せる  $W = \frac{1}{10} i S$  により

$$W = \frac{1}{10} i S \times 4\pi \quad \text{「ガイツ」}$$

何となれば一なる磁極よりは  $4\pi$  本の力線を射出し電流を一周する間には各力線は必ず一回づゝ  $i$  なる電流の  $S$  個を切るが故なり斯く  $iS$  「アムペア、ターン」の作る起磁力は

$$M.M.F. = \frac{4\pi}{10} i S$$

なり、第一編に説明せる如く常にHなる均一磁界内に於て一なる正極をLなる距離を動かしむるにはHL「エルグ」の仕事をするを以て第一八六圖の如く長さLにして常に磁界が均一なる様に捲ける「コイル」有るときは其の中心の磁界Hは

$$W = HL = \frac{4\pi}{10} i S$$

$$\therefore H = \frac{W}{L} = \frac{4\pi}{10} \frac{i S}{L} \dots\dots\dots (93)$$

より求むるを得、然れども一般の「ソレノイド」

に於ては例令ば第一八七圖の如く磁路の各部につきてHはH<sub>1</sub>、H<sub>2</sub>、H<sub>3</sub>等の如く變ずべきを以て、各部分に於ける小距離をL<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub>等とするも

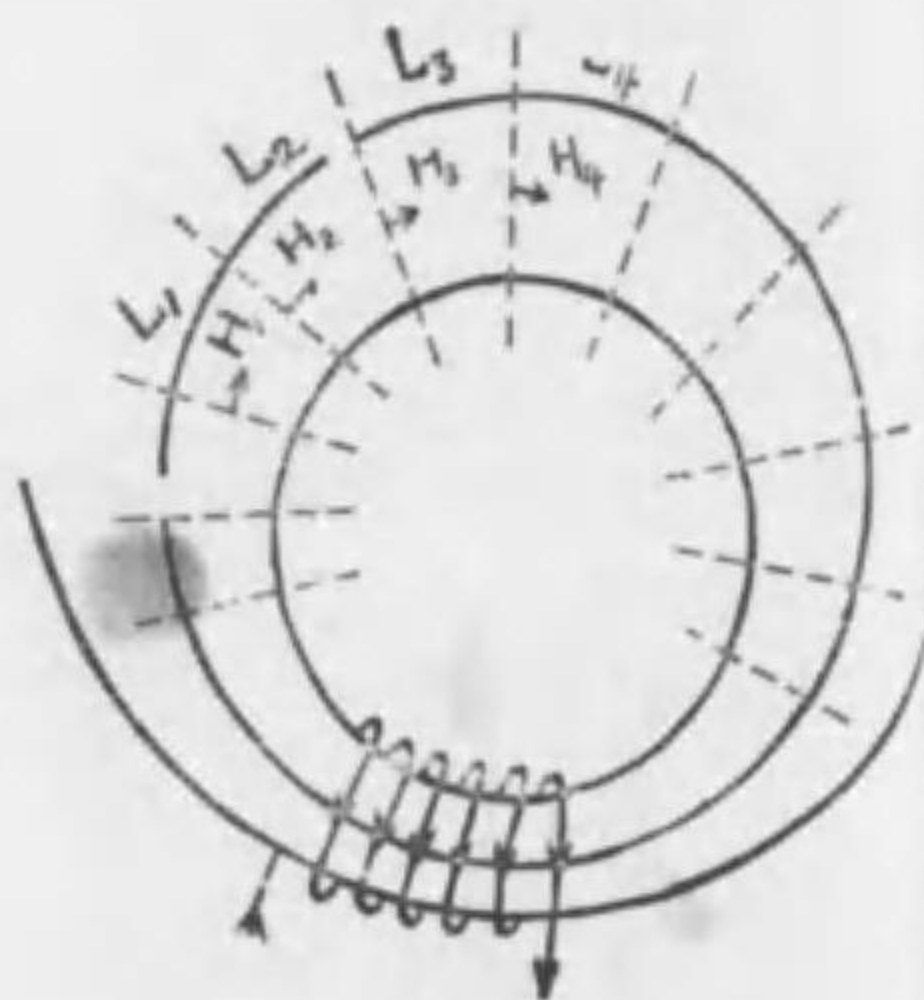
$$W = H_1 L_1 + H_2 L_2 + H_3 L_3 + \dots\dots\dots = \sum H L = \frac{4\pi i S}{10} \dots\dots\dots (94)$$

なる關係をなすことは知らるゝも此式を用ひて任意點の磁界Hを計算すること能はず、

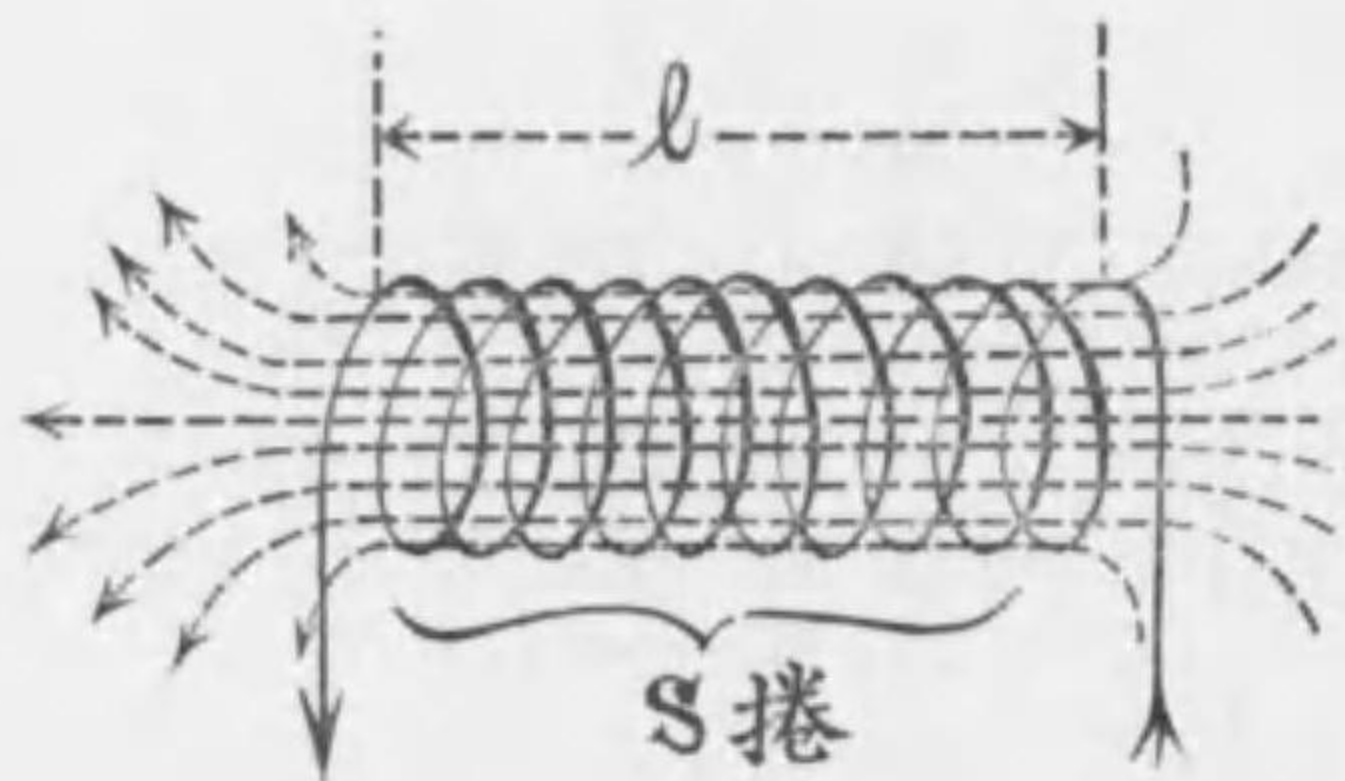
諸て公式(93)は前の公式(90)の其形相等し、而して一般には(93)に見る如く起磁



圖六八一第  
りな界磁一均は内「ルイコ」



圖七八一第



電氣磁氣

圖八八一第

すなわち界磁き弱に常非は外「ルイコ」

力 $\frac{4\pi}{10} i S$ を磁路の全長Lにて除するを正當とすれども(90)に示せる如き棒狀「ソレノイド」に於ては磁力線は第一八八圖の如く「ソレノイド」内部にては殆んど均一なる磁界をなし、其の外部に於ては無限に擴大展開し居るを以て後節に述ぶる磁抵抗頗る小にして従つて「コイル」外に於ける長さは零なるが如くに見てLの代りに「コイル」の長さlを代用するも差支なく、(93)に於ける均一磁界の場合と同一の式となるなり。

$$\text{公式(90)又は(93)に於ける } H = \frac{M.M.F.}{L} \text{ 及び } M.M.F. = H.L$$

なる關係を見るにHなる磁界をLなる長さLに生ぜしむるためにはHLの起磁力を要すと云ふことなり、而して起磁力HLを作るために

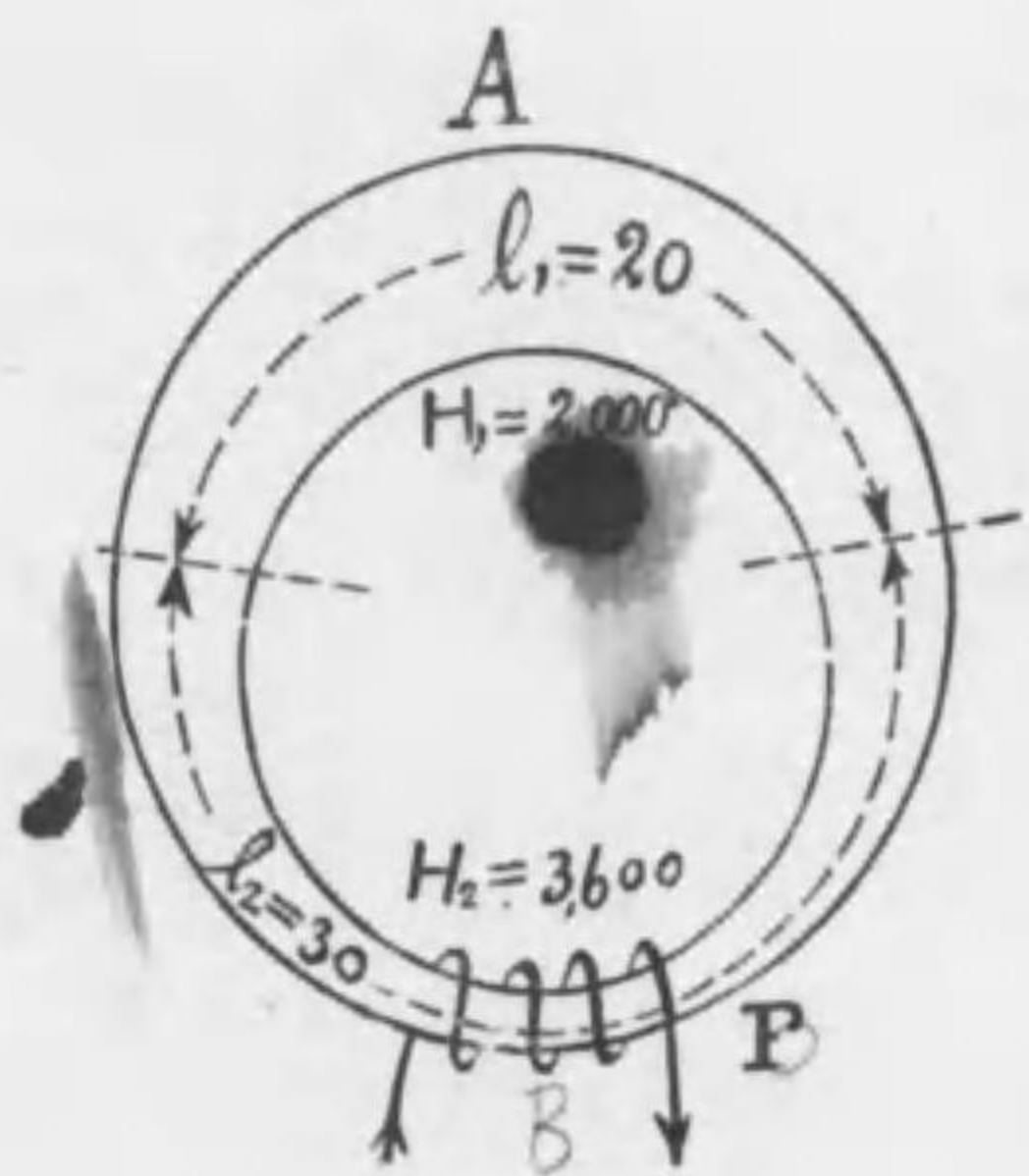


は或る「アムペア、ターン」 $iS$ を要し

$$iS = HI \times \frac{10}{4\pi} = 0.8HI, \dots \dots \dots (95)$$

なり、此の關係はLなる長さが磁路の全部なる時も、又一部分なる時も同様なること電流の場合に於ても、電路の中抵抗「オーム」なる部にC「アムペア」を通ずるにはC「ヴォルト」の電壓を其部に與ふるを要すると全く相似たり。

殊に公式(94)は此の關係を充分に説明するものにして各部に於て要さるゝ起磁カ $H_1L_1$ 、 $H_2L_2$ 等の總和が其の磁路を作るに要する全起磁力をなすなり。



第一八九圖

電氣磁氣學の計算は特にこの(95)の式を用し、或る磁界Hを作るために必要なる「アムペア、ターン」 $iS$ を求むる場合多し、例令ば第一八九圖の如く一部はHが二〇〇〇にして其の長さ二〇「センチ」又一部はHが三六〇〇にして其長さ三〇「センチ」なる如き一の磁路を作らんとするとき幾何「アムペア、ターン」を與ふるを要するかを求めん(實際空中に於て

は磁力線は任意の太さ飛狀等に發生せしむること不可能にして特に一部はH大に又一部は小なる如き狀況に在らしむること能はざれとも茲には假りに可能なものと定む)

先づ Aの磁界を於て  $(M.M.F.)_A = H_1L_1 = 2,000 \times 20 = 40,000$

次に Bの磁界を於て  $(M.M.F.)_B = H_2L_2 = 3,600 \times 30 = 108,000$

之れを「アンペア、ターン」に換算すれば公式(九五)により

$$A \text{ に對しては } (iS)_A = 0.8H_1L_1 = 0.8 \times 40,000$$

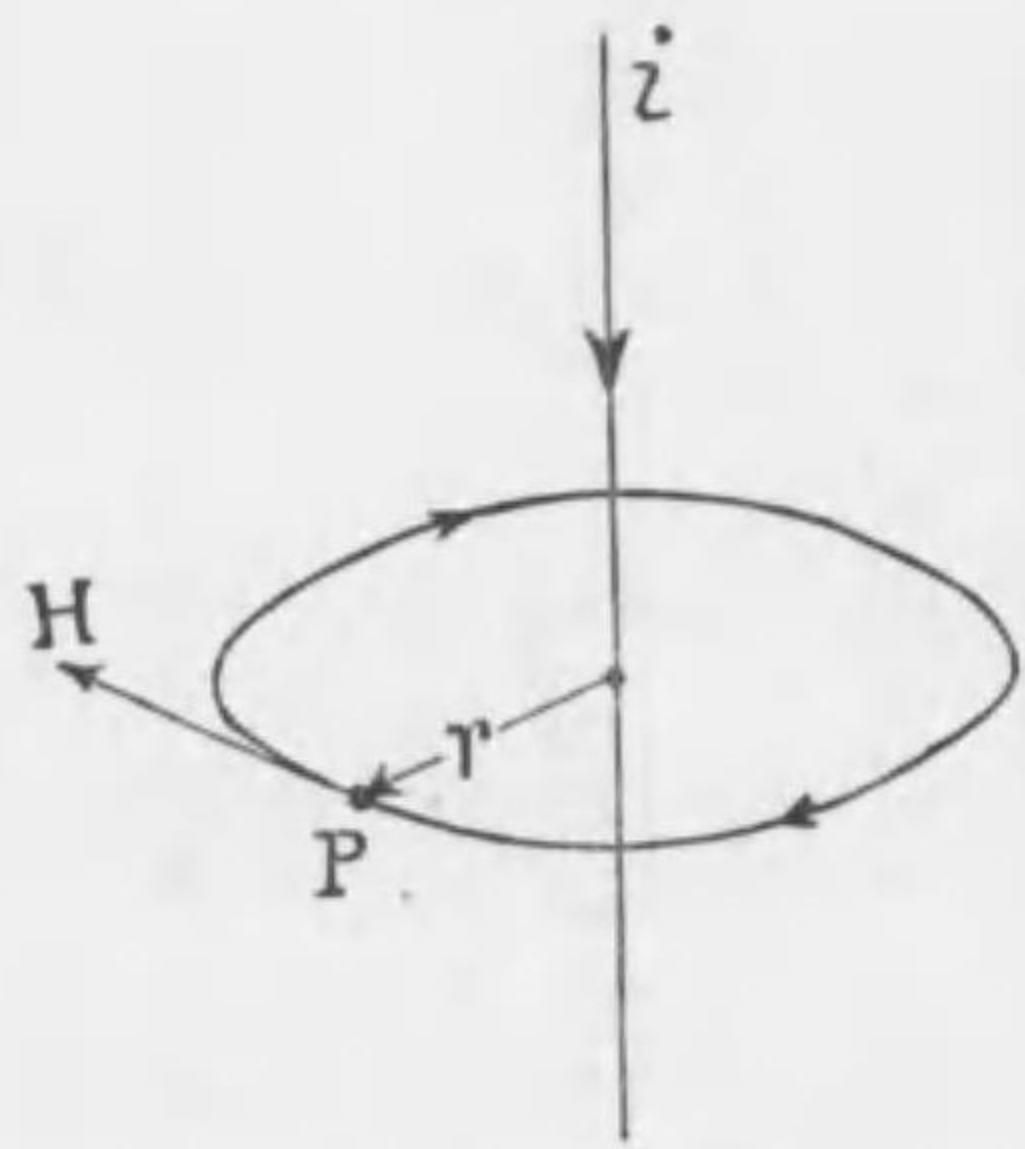
$$B \text{ に對しては } (iS)_B = 0.8H_2L_2 = 0.8 \times 108,000$$

$$\text{所要の全「アムペア、ターン」は } iS = (iS)_A + (iS)_B = 0.8(40,000 + 108,000)$$

$$= 119,400 \quad \text{「アムペア、ターン」}$$

この一一九四〇〇「アムペア、ターン」は磁路の何處に捲くも全く同様なること恰も電池は回路の中何處に挿入するも何等差違なきと同様なり、又「コイル」は細線を一、九〇〇〇餘回捲きて「アムペア」を通ぜしむるも、一一九四〇〇餘捲にして一〇「アムペア」を通ずるも或は一〇〇〇捲として一一九四「アムペア」を通ずるも全く同一なり

一〇、無限直線電流の作る磁界 前節の理により一磁路の各點に於て磁



第一九〇圖

界が均一なる場合に於ては起磁力を磁路の長さにて除せるものは其の磁路中任意點の磁界Hを示すなり故に例令ば第一九〇圖の如き長さ無限大なる直線電流ありて電流よりrを距つる一點Pの磁界Hを求めんに、磁路は常に電流を中心とせる同心圓にして、Pを過る磁路は半徑rなる圓周をなし其の長さは $2\pi r$ センチなり、又「アムペア、ターン」は捲數

が一なるを以てiなり、故に

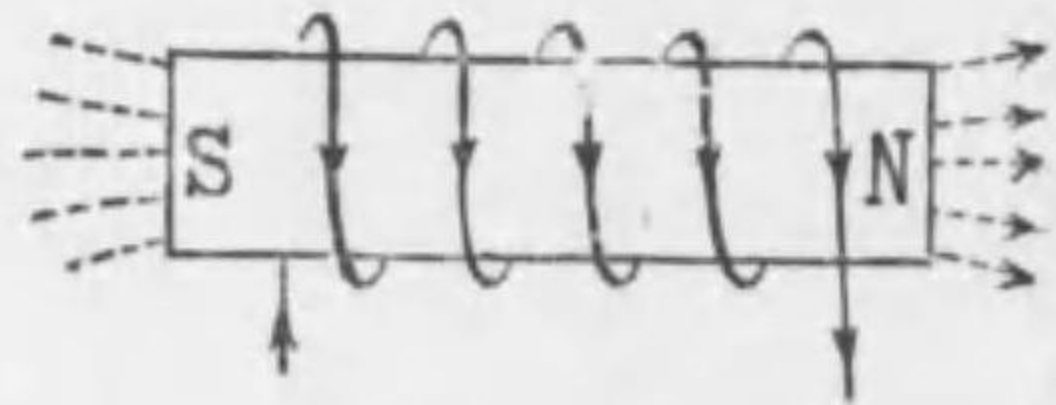
$$H = \frac{M.M.F.}{L} = \frac{4\pi i}{10} = \frac{2}{10} \frac{i}{r} \dots \dots \dots (96)$$

### 一一、鐵の磁化

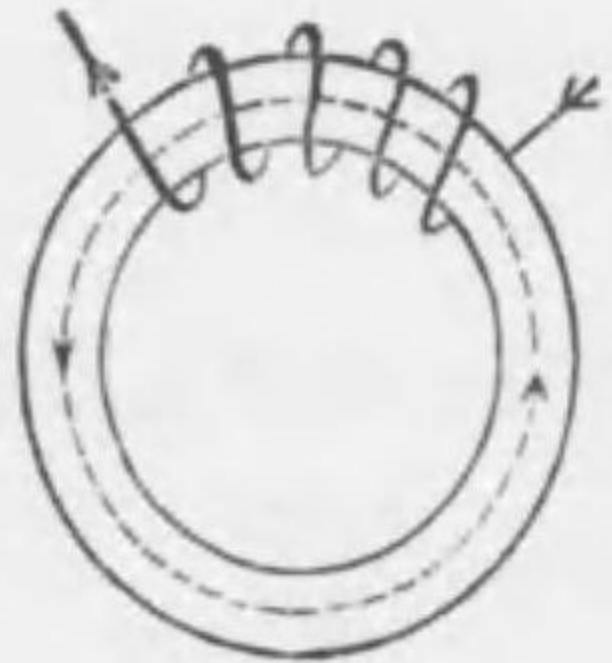
Magnetisation of Iron.

或る「アムペア、ターン」を有し空中に

於てHなる磁界を作り居る「コイル」中に一の鐵片を挿入するとき「コイル」を通ずる磁力線の數は遙かに増加す磁路が第一九一圖甲の如く全部鐵なるときは單に磁力線のみを生じ游離磁石を發生せず、同圖乙の如く磁力線が鐵と空氣の兩者



乙



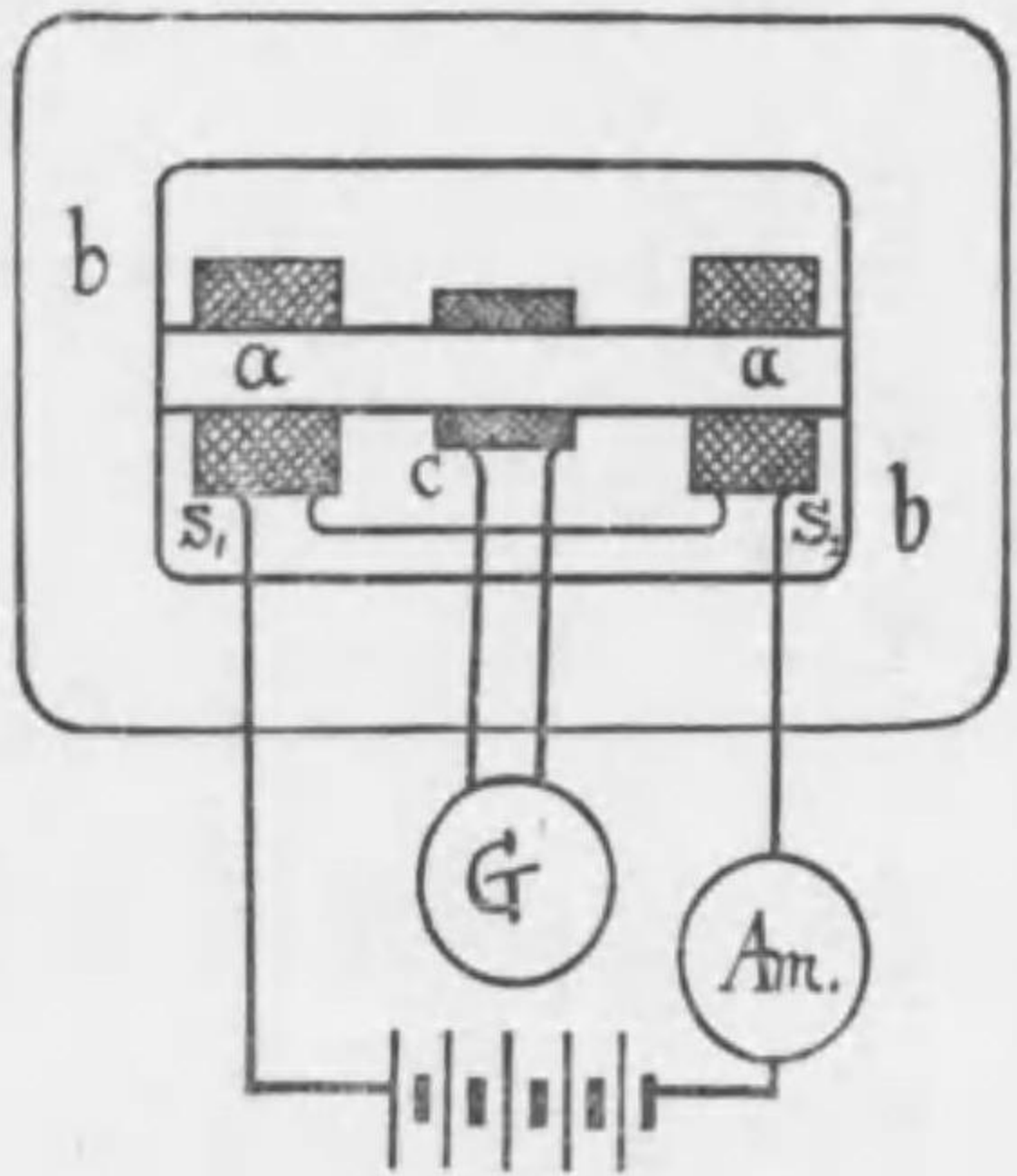
甲

第九一第

$$B = \mu H \quad \text{又は} \quad \mu = \frac{B}{H} \dots \dots \dots (97)$$

を通ずるときは兩者の境に極と稱する游離磁石を生ずるなり、斯く鐵を挿入するとき其の單位面積を通ずる磁石線の密度を「マグネチック、インダクション」Magnetic Induction. と云ひBを以て示す、BはHの數十倍乃至數百倍にして此の増加の割合 $\mu$ を磁界がHなるときに於ける其鐵の透磁率 Permeability と云ふ、即ち空氣の $\mu$ はHの大小に關せず常に一なり、鐵に於ては上記の如く $\mu$ は頗る大なるものなれとも一般の金屬、木片、紙等は何れも空氣と同じく一なり。

すを便とす、第一編の第三一圖及び第三二圖に示せるものは是にして前者をBH曲線と稱す、



第一九二圖

鐵の或る見本につき其のBH曲線を描くには種々の方法あれども一例を述べれば次の如し、太き鑄鐵製のbbなる枠ありて其の中央に測定すべき鐵を以て作れる長さl太さAなるaa片をbbに密接せしむ、このaaには二種の「コイル」ありてCなる「コイル」は彈進電流計Gに、S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>なる「コイル」は電池及び電流計に結びaaにある「アムペア、タイン」ISを與ふるなり、

借て枠は頗る太きを以て或る密度の力線を通ずるに要する「アムペア、タイン」は頗る僅小なり換言すれば、ISは殆んど全くaa片にあるBなる密度に力線を通ずるにのみ消費せらる、今鐵のμを考へずして空氣のみと假定するときは其の磁界Hは

$$H = \frac{4\pi}{10} IS \dots\dots\dots (\text{甲})$$

而して實際は鐵あるが爲めに密度はBとなりて

$$B = \mu H$$

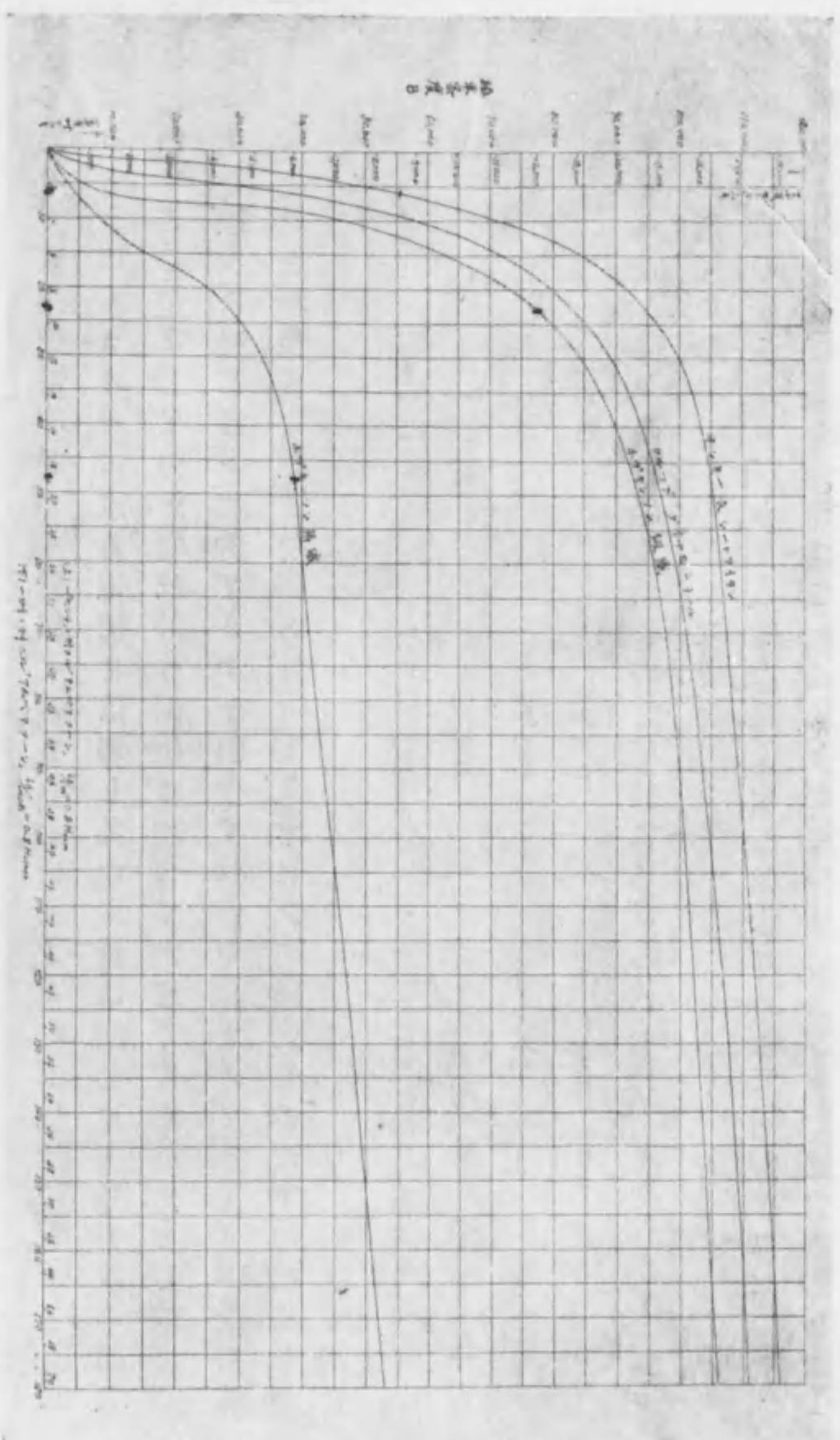
而して此のBは彈進電流計より計算することを得、何となれば電池の電流を急に切斷するときはC「コイル」に或る電流を誘起し其の電量はaaを通ずる力線の總數Nに比例するものにして彈進電流計の偏倚は従つて密度Bに比例するを以てなり、故にiを順次に變じ、各々相當するBを測定すれば(甲)によりてiよりHを計算し以てBとHとの曲線を描くを得るなり、某見本に就て測定せるに下の結果を得たり

H = 100	B = 18,000	∴ μ = 187
300	21,300	71
500	22,500	45
700	23,100	33

*H = 4πIS*  
*B = μH*

實用に供せらるゝBH曲線は縦軸にBを横軸にはHの代りに  $\frac{2}{l} (IS)$  (甲)は  $0.8H$  を取る、第一九三圖に示せるもの是れなり、

BH曲線に就て見るに、Hが小なる間はBは比較的大なるもH増加するに従ひBの増加はHの増加に伴はず従つてμは減少す、是れHが或る値に達するときはB



線曲 H B 圖三九一第

は最早や増加し得ざるを示すものにして之を鐵分子が飽和 *Saturate* し來れりと云ふ。

一一、電氣磁石の計算法

電氣磁石を工業上に使用する場合には先づ磁力線の總數  $N$  を定め此の  $N$  を發生するに要する「コイル」の「アムペア、ターン」を定むるを順序とす、即ち(一)所要の磁力線の總數  $N$ 、之を通すべき磁路の長さ、使用すべき鐵の種類を定め(二)次に其種類の鐵に對し  $B$  を何程にすべきかを適宜に決定し(三)鐵の切斷面積  $A$  は  $N = B \cdot A$  より定まる、然れども事情により使用する鐵の面積は已定にして  $B$  を變ずるを要することもあるべし(四)  $B-H$  曲線に就き右の  $B$  に相當する  $H$  即ち  $0.8H$  を見出し(前述の如く横軸は  $H$  を示さずして單位長さに要する「アムペア、ターン」  $0.8H$  を示すこと普通なり(五)此の値に磁路の長さ  $l$  を乗ずれば所要「アムペア、ターン」を得可し。

若し磁路の各部に於て物質及び面積等を異にするときは各部分につきて  $B$  を求め各に對する  $H$  を求め之れに各部の長さを乗じたるものの總和を取るべし。

例題四、面積一〇平方センチ、長さ三〇センチの鍛鐵棒に一〇〇捲の「コイル」を巻きあり、 $N$  が一二〇〇〇本なる磁力線を通ぜしむるためには何「アムペア」を通ずべ

さか

解

Aが一〇平方センチに定まれるを以て

$$B = \frac{N}{A} = \frac{120,000}{10} = 12,000$$

鍛鐵のBH曲線よりBが一二〇〇〇なるとき長さ「センチ」に對する「アムペアターン」0.8Hは九なるを知る

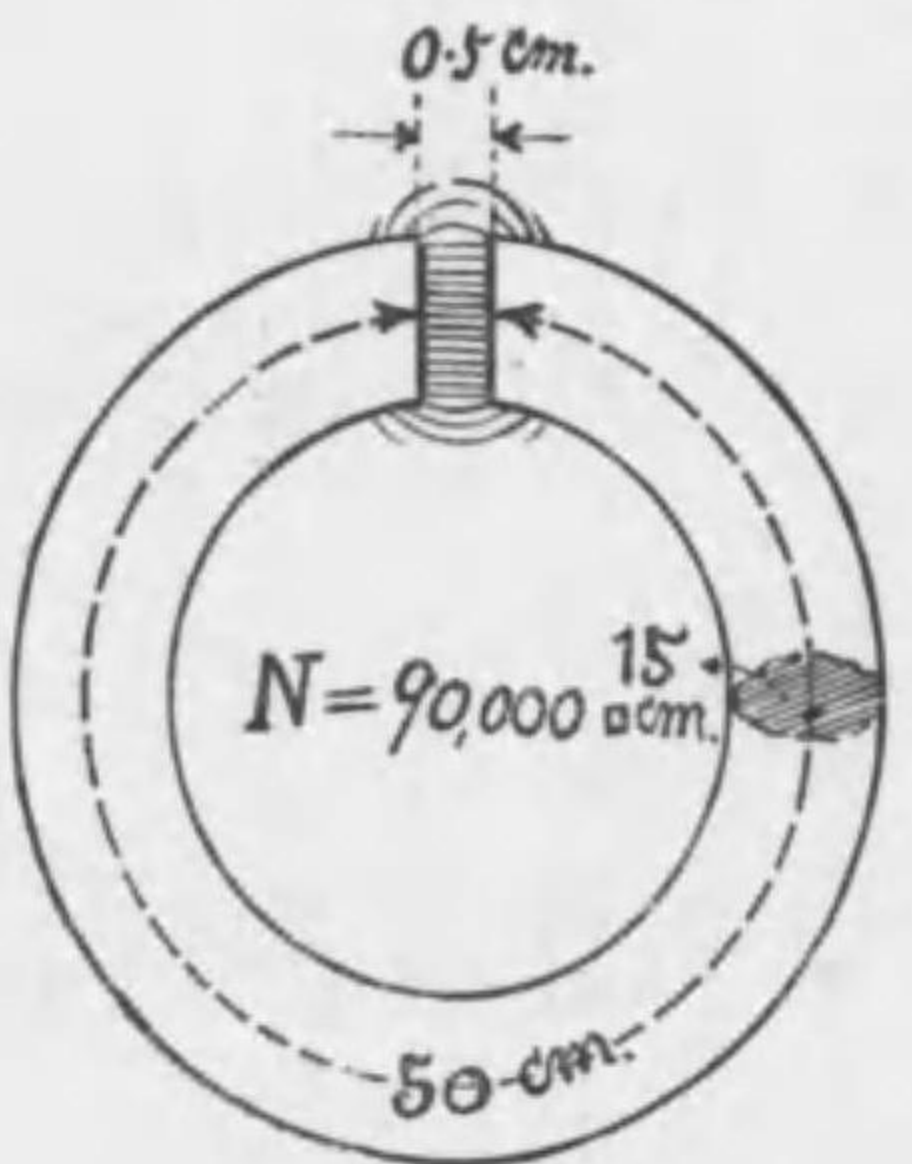
$$\therefore iS = (0.8H) \times l = (9) \times 30 = 270$$

「アムペアターン」

$$\times 270 = i \times 100 \quad \therefore i = 3$$

「アンペア」

即ち電流三「アムペア」を通ずるを要す。



圖四九一第

例題五

長さ五〇「センチ」太さ一五平方センチなる鑄鐵製の環あり其の一部分に長さ〇五「センチ」なる切り目(空隙)あるとき環中に九〇〇〇〇本の磁力線を通ぜしむるには何「アムペアターン」を與ふべきか

解

$$B = \frac{N}{A} = \frac{90,000}{15} = 6,000$$

鑄鐵の部は  $iS = (0.8H) \times l = [19] \times 49.5 = 340.5$

空氣の部は

$$iS = 0.8H \times l = 0.8 \times 6,000 \times 0.5 = 2400$$

合計

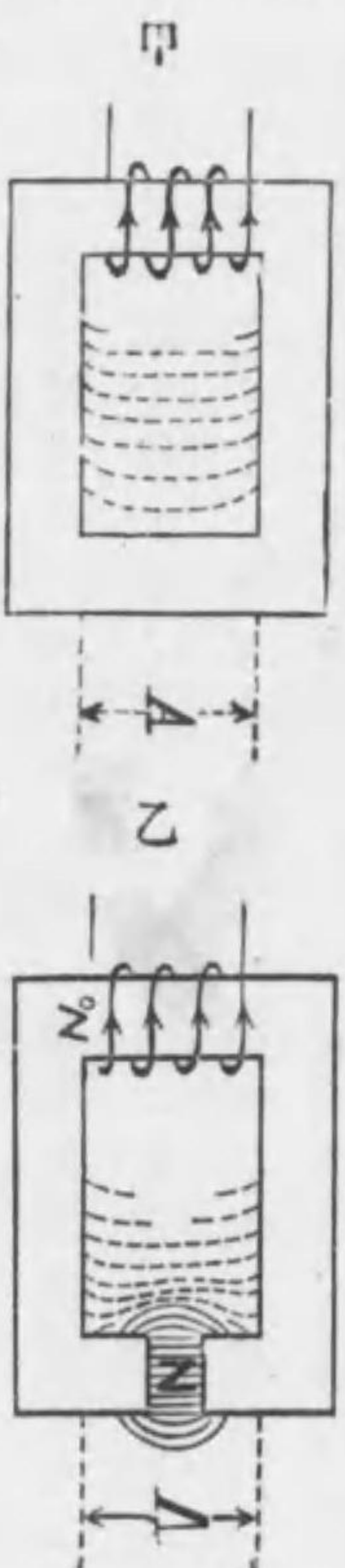
$$iS = 340.5 + 2400 = 3340.5$$

斯く空隙あるときは其の長さ僅々半「センチ」に過ぎざるも鐵の五〇「センチ」と殆んど等しき「アムペアターン」を要す鐵が良質の物なるときは尙ほ一層甚だしくして鐵に要する「アムペアターン」は空氣に要するものの僅々數割に過ぎざるなり一般に電氣機械に於ては磁路の空隙は可及的小ならしむるものなり

### 一三、漏洩磁力線

空氣又は鐵等の或る長さに或る密度の磁力線を通ずるためには常に若干の「アムペアターン」を要し其の各部分に要する起磁力は電流の「ドロップ」と同様磁路の長さに比例し物質の透磁率に反比するを以て鐵に比し空氣の部分は數十倍大なる「アムペアターン」を「ドロップ」するものなり而して一般に或る「アムペアターン」を有する「コイル」の圈はりには其の磁路の長さと同物質とに應じ必ず多少の磁力線を通ずるものにして例令ば第一九五圖甲の如く鐵心に「コイル」を捲けると時磁力線の大部分は鐵心のみを通ずれども又點線の如く一部分は空氣中を経て電流と切合ふ磁力線も必ず多少存在す一般に此等の磁力線を漏洩磁力線「Leakage Flux」と云ひ其の密度は空氣の部の兩端の磁位差Vに比例するも

のなり故に鐵心が飽和し來るときはVなる「ドロップ」は増加するを以て漏洩磁力量も増加し來る又同圖乙の如く鐵心の一部に空隙あるときは其兩端に「ドロップ」する磁位Vも非常に大なるを以て從て漏洩力線も甲の場合に比し頗る大なり斯く漏洩力線は鐵心が飽和せるときと磁路中に空隙を含有する時とに於て頗る大なるものなり



圖五九一第

り右の如く漏洩磁力量あるため「コイル」の一部分に發生する磁力量の總數Nは鐵心の他の部分又は空隙乙圖の如く磁路中に設けたるを通ずる有効なる磁束N<sub>1</sub>は常に大にして此の兩者の比を分散係數 Dispersion Coefficient と云ふ即ち

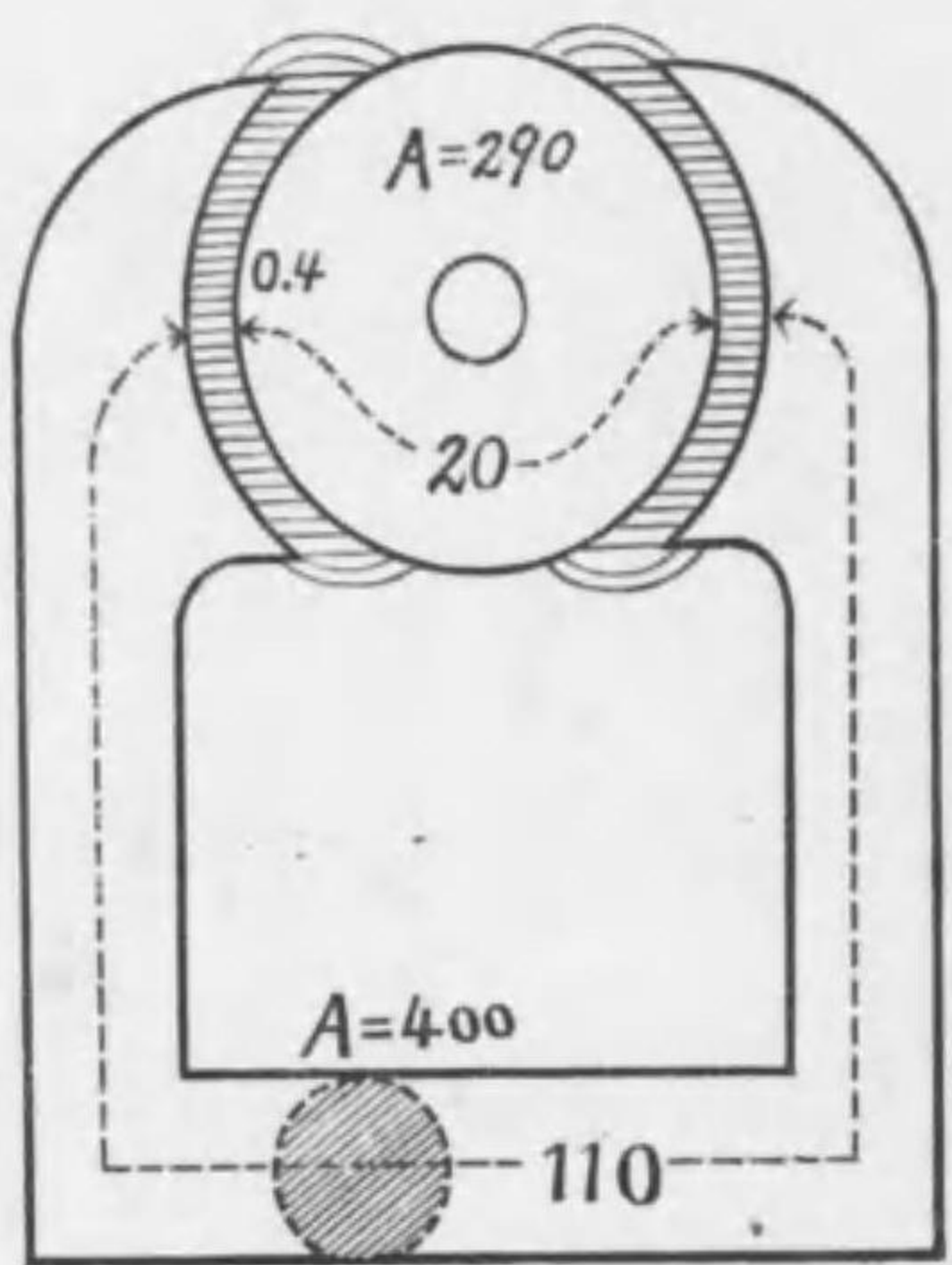
$$V = \frac{N_1}{N} \dots \dots \dots (98)$$

にして此のVは一、一乃至一、四位にもす達るものなり。

一四、發電機磁束の計算 磁路に「コイル」を捲き電流を通じ其の「アンペアタイン」にて磁束を發生せしむることを勵磁 Excite すと稱す今第一九六圖の如

き簡單なる發電機磁路に於て或る磁束を作るに要する勵磁捲線を計算せん先づ

(一)「アーメチュア」は磁路の長さ二〇「センチ」切斷面積二九〇平方「センチ」にて薄鐵板



圖六九一第

「センチ」にて面積四二〇平方「センチ」(二)磁鐵は長さ一一〇「センチ」面積四〇〇平方「センチ」鑄鐵を使用するものと定む今空隙を通じて「アーメチュア」に二百五十萬本の磁束を發生せしむるために各部に要する「アンペアタイン」を求むれば

(一)「アーメチュア」に就きは

$$B = \frac{N}{A} = \frac{2.5 \times 10^6}{290} = 8,600$$
$$\therefore \int S = 2.5 \times 20 = 50$$

$$\text{由線 } \gamma \text{ } [0.8H] = 2.5$$

(二)空隙に就ては

$$B = \frac{2.5 \times 10^6}{420} = 5,900$$

$$\int S = 0.8H = 0.8 \times 5,900 \times (0.4 \times 2) = 3,780$$

(三)磁鐵に就ては  $B = \frac{2.5 \times 10^6}{400} = 6,250$  なる理なれども前節の分散係數あるがために此部分の密度はV倍に増加す、此の係數を「二」と假定すれば

$$B = 6,250 \times 1.2 = 7,500 \quad \text{曲線 } \gamma \text{ } [0.8H] = 50$$

$$\therefore iS = 50 \times 110 = 6050$$

$$\text{即ち 全 } iS = 50 + 3780 + 6050 = 3880 \quad \text{「アムペア・ターンの」}$$

一五磁路に應用せる「オーム」氏法則、

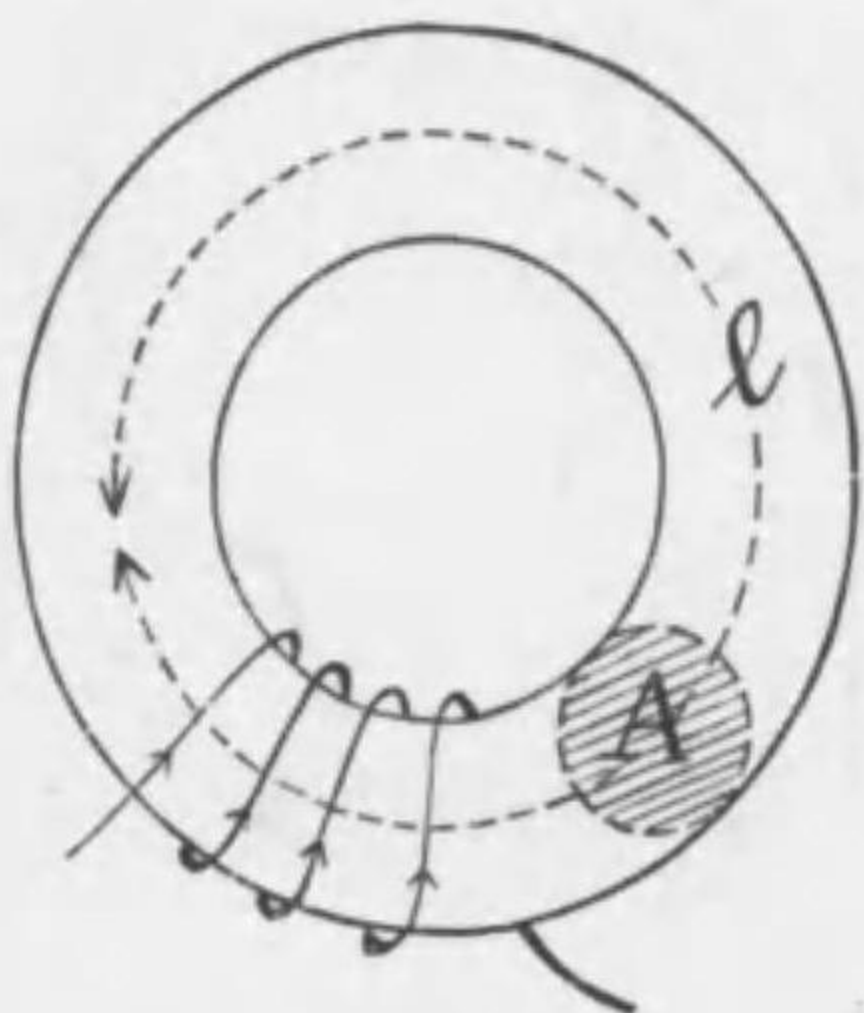
或る「アムペア・ターンの」 $iS$ の爲めに生じたる磁束の總數をNとすれば

$$N = (\text{面積}) \times (\text{密度}) = B \times A \quad \text{又} \quad B = \mu H$$

$$\text{又} \quad H = \frac{4\pi}{10} \frac{iS}{l}$$

$$\therefore N = A \mu \frac{4\pi}{10} \frac{iS}{l}$$

$$= \frac{10}{4\pi iS} = \frac{M.M.F.}{\mu A} \dots\dots\dots (99)$$



第一九七圖

の形に記することを得、即ち總數Nは起磁力に比例し  $\frac{l}{\mu A}$ なる値に反比す、之の

$\frac{l}{\mu A}$ は磁路の長さ、太さ、性質(透磁率)によりて異なるを以て之れを磁抵抗 Reluctance と稱し

$$\text{全磁束} = \frac{\text{起磁力}}{\text{磁抵抗}}$$

となるを以て電流に於ける「オーム」氏法則と同様に取扱ふことを得、又磁抵抗をZを以て示すときは

$$Z = \frac{l}{\mu A} \dots\dots\dots (100)$$

即ち長さ正比し、面積に反比すること電氣抵抗と相似たり、唯だ特有抵抗なる定數の代りに變數なる透磁率 $\mu$ が加はれるを以て前者は溫度變ぜざる限りは同一の抵抗を示すに反し後者は其れが置かるべき磁界のH(空氣の)の如何によりて異なるの差あるのみなり。

斯く電氣の回路は磁路とは相似たる關係を有するものなれども、尙ほ茲に兩者の大に異なる點一つあり、即ち或る電壓Eを抵抗Rにて結び電流Cを通ぜしむるときは常にCの「エネルギー」を熱として放出すれども、磁石に於ては「起磁力」をなる磁抵抗に與へNなる磁束を發生せしむるとも、之れが爲めに常に「エネルギー」を放出するものにあらず、唯最初磁束を生じたる際此の磁束の「エネルギー」

だけを注入するのみなり。

一六、磁界の「エネルギー」捲数  $S$  なる「コイル」ありて或る一點の磁界の強さ  $H$  なりとせば之を  $\Delta H$  だけ増加するためには或る「エネルギー」を要す、即ち磁束の總數  $\Sigma \Delta H$  なるを  $H$  が  $\Delta H$  だけ増せば磁束も  $\Sigma \Delta H = \Delta H \times H$  だけ増加し此の増加磁束は其の發生に際し  $S$  捲の「コイル」の各を切るを以て、之れが爲めに要する「エネルギー」  $\Delta W$  は

$$\Delta W = S \times \Delta H \times I = S \cdot \Delta H \cdot I$$

「エネルギー」

然るに  $IS = \frac{1}{4\pi} Hl$  なるを以て ( $l$  は「コイル」の長さ)

$$\Delta W = A \cdot \Delta H \times \frac{Hl}{4\pi}$$

「エネルギー」

之れ磁界を  $H$  より  $\Delta H$  だけ増加するに要する仕事にして磁力線の「エネルギー」として磁界内に蓄積せらるゝものなり、故に現在に於て  $H$  なる磁界が有する「エネルギー」は此式の示す  $\Delta W$  なる仕事を  $H$  が零の時より現在の  $H$  まで順次に合計せるものに等しく

$$\text{現在蓄へられたる仕事 } W = \sum_{H=0}^{H-H} \Delta W = \frac{A}{4\pi} \sum_0^H H \cdot \Delta H = \frac{A}{4\pi} \times \frac{H^2}{2} = \frac{H^2 \cdot A}{8\pi}$$

$$W = \frac{H^2}{8\pi}$$

「エネルギー」..... (101)

然るに  $A$  は磁束の通じ居る空間の容積に相當するを以てつまり單位容積の磁界の「エネルギー」は

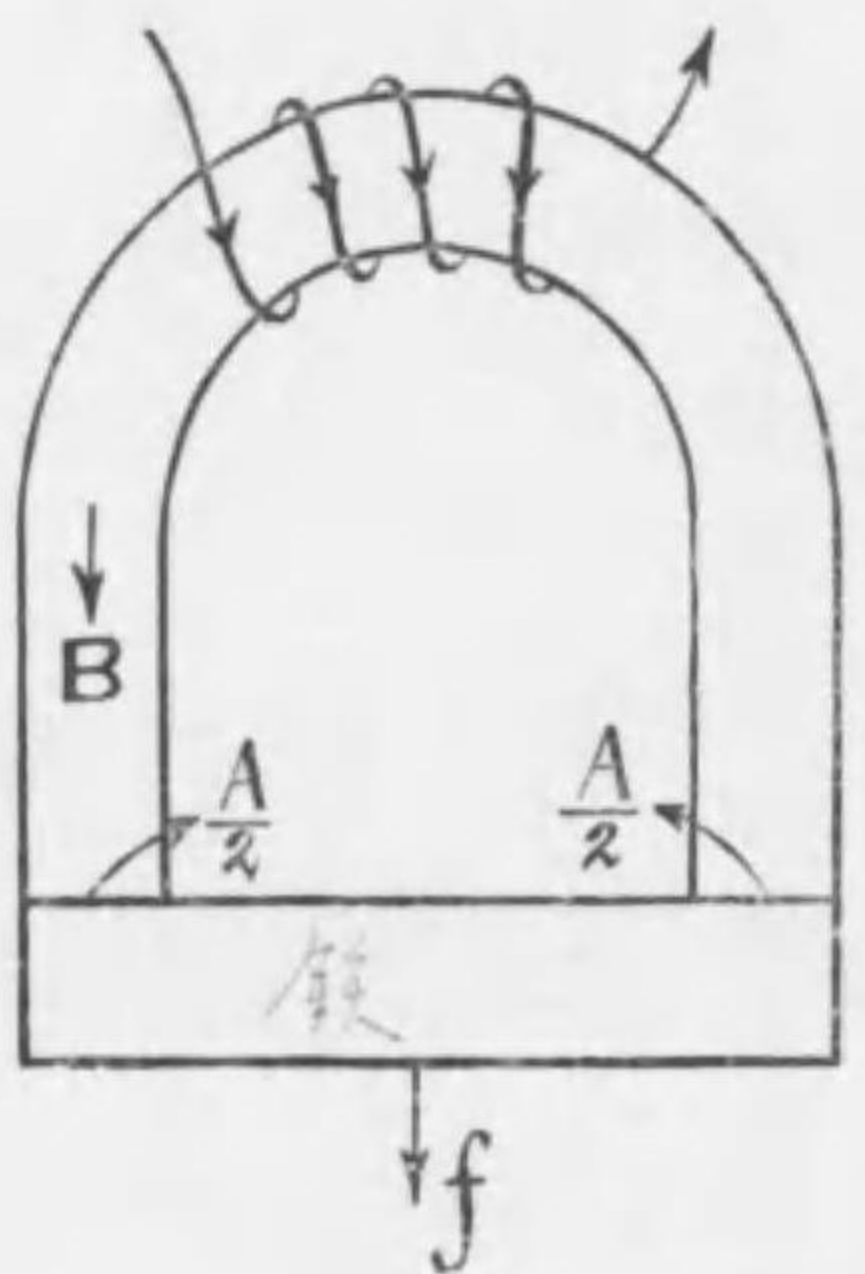
なり、之れ靜電氣學に於ける電界の「エネルギー」と全く相等しき形にあり、  
若し磁界が空氣にあらずして鐵を含む回路なるときは勿論

$$W = \frac{B^2}{8\pi}$$

「エネルギー」..... (102)

### 一七、磁石の吸引力

第一九八圖の如く一の電氣磁石が鐵片を吸引し居り



第一九八圖

て其の接面の面積  $A$  (二ヶ所を合して) にして磁束の密度  $B$  なるとき之れを引放すに要する力、即ち鐵片の吸引力  $f$  を求めん、  
今  $f$  なる力にて引放したるも未だ磁束密度  $B$  が變化を生ぜざる程に小なる距離  $\Delta l$  を進みたりとすれば此れが爲めに爲したる仕事は  $W = f \cdot \Delta l$  にして之の「エネルギー」は引放して生じたる空間  $\Delta V$  内に蓄へらる



る理なり、依て

$$f \cdot dl = \frac{B^2}{8\pi} \times A \cdot dl \quad \therefore f = \frac{B^2 A}{8\pi} \quad \text{「キログラム」} \dots\dots\dots (103)$$

此の力を「キログラム」にて示せば

$$F = \frac{B^2 A}{8\pi} \times \frac{1}{980 \times 1000} = 4B^2 A \times 10^{-8} \quad \text{「キログラム」} \dots\dots\dots (104)$$

$$\text{又は } = 4 \left( \frac{B}{6.45} \right) \times (A \times 6.45) \times 2.2 \times 10^{-8} = 1.37 B^2 A \times 10^{-8} \quad \text{「BもAも単位、力は封度単位」} \quad (105)$$

此等關係より磁石の吸引力は接面の面積及び磁氣密度の自乗に正比例するを見る故に接面の面積は全磁束に變化を生ぜざる限りは小とする程有利なり何となれば面積を二分の一とすればAは二分の一となる代りにBは四倍となり結局吸引力は二倍の増加をなせばなり。

**例題六** 前圖の如き磁石に於て鐵は何れも「サンキー」氏「シート、アイロン」を用し其の磁路の全長二呎、切斷面積七平方吋なるときに吸引力を七七六封度ならしむるためには、勵磁捲線の「アムペア、ターン」は何程とするを要するか、  
**解** 先づ磁束密度Bを求むれば本例に於ては悉く吋を單位とす注意すべし)

$$F = 1.37 B^2 A \times 10^{-8} \quad 776 = 1.37 B^2 \times 7 \times 10^{-8}$$

$$\therefore B^2 = \frac{776 \times 10^8}{1.37 \times 6} = 81 \times 10^8 \quad B = \sqrt{81 \times 10^8} = 90,000$$

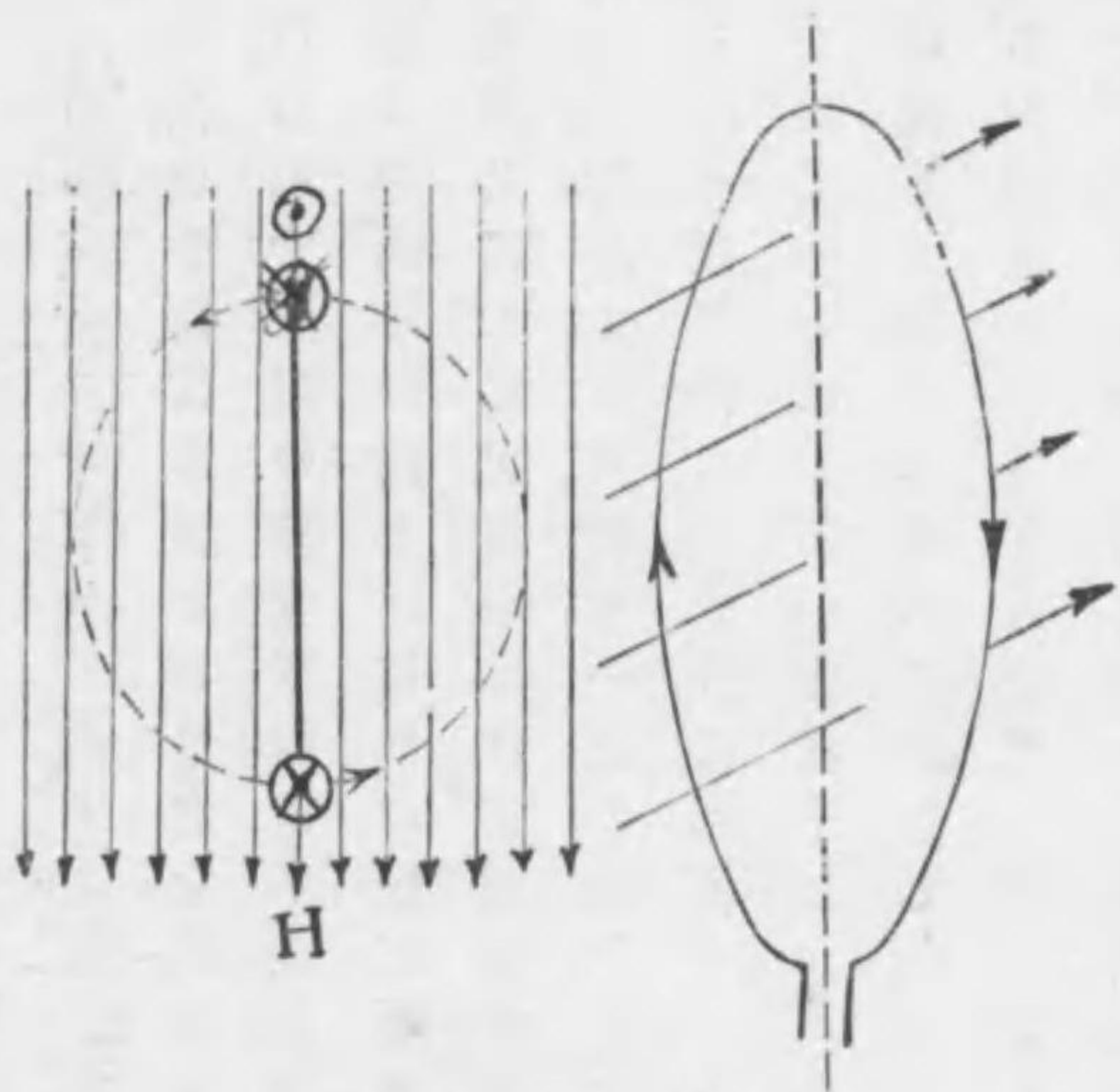
BH 曲線 1 b / (0.8H) = 18

$$\therefore IS = (0.8H) \times l = 18 \times (2 \times 12) = 432 \quad \text{「アムペア、ターン」}$$

### 一八、電磁誘導作用

Electromagnetic Induction 第五節に説明せる如く磁界

と直角の方向に電線を置き、之を磁界と電線と兩者に直角なる方向に動かすときは第百八十一圖の如く電線には或る起電力を發生す、之れ電線が磁束を切るが故にして運動の方向を逆にすれば電壓も方向逆となる、又運動の速度大なるときは起電力大にして速度小なれば起電力も小なり、而して常に同一の速度にて動かすときは誘起する電壓も一定の値を有す、又第一九九圖の如く「コイル」を水平なる均一磁界内にて垂直に廻轉せしむるときは左右兩半は逆の方向に磁束を切るを以て一方は上に一方は下に向ふ電壓を發生し直列に相加はり「ターミナル」間には或る電壓を示すべし、而して此の場合に於ては「コイル」の位置によりて磁束を切る方向常に直角ならず絶へず變動あるを以て單位時間内に切る磁束の數も變動を生じ起電力も常に變化す、即ち一の交番電流を得るなり、何れにもせよ斯く



切る割合ならば電壓は

$$E = \frac{N}{l} \times 10^9$$

..... (109)

三)磁界、電線、運動の方向の三者が互に直角をなすとき誘起電圧は最大にして何れ

磁界と電線との兩者間に於て一方が運動するため電線に電圧を誘起する作用を電磁的誘導作用と云ひ以下の諸法則に従がふ。

(一)電線が磁力線を切るときは電圧を生ず

第一九九圖

(二)誘起する電圧は單位時間に切る磁力線を以て示すことを得即ち

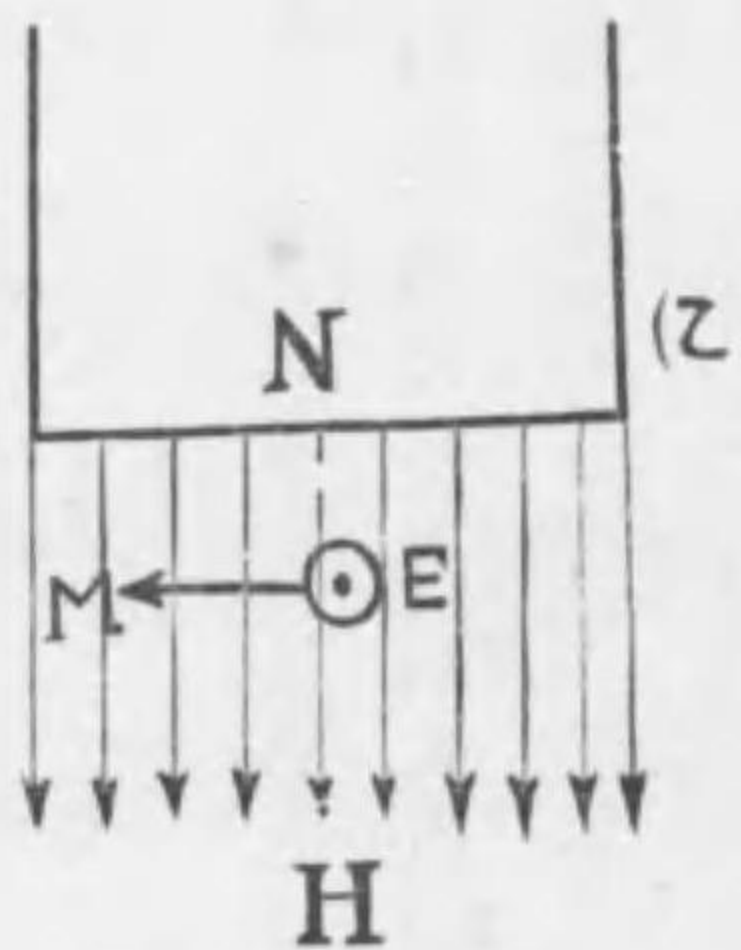
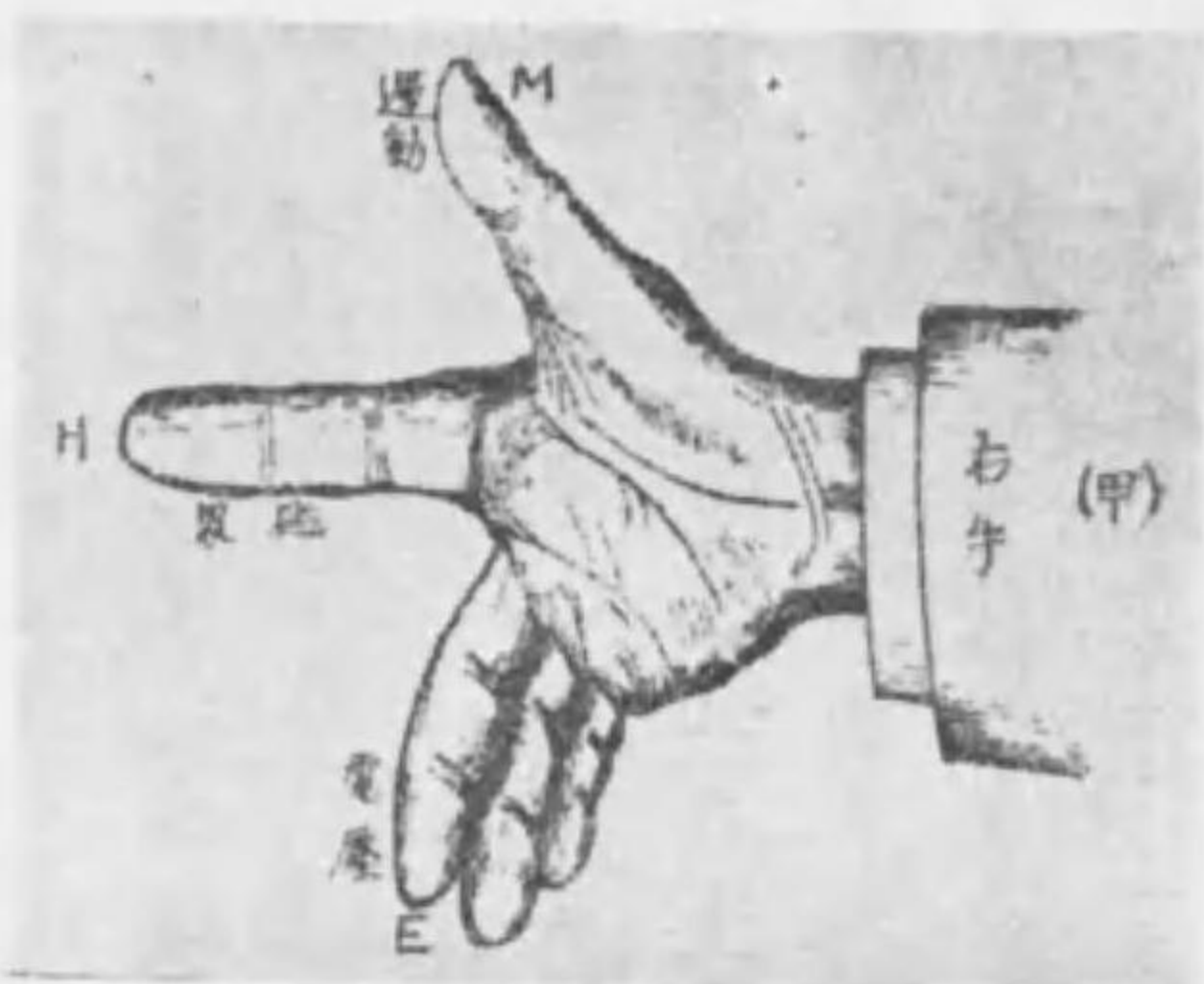
$$E = \frac{N}{l}$$

電磁的誘導單位

この單位の10<sup>9</sup>倍、即ち電線が毎秒一億本の磁力線を切るとき其の電圧一「ヴォルト」をなすなり、依て一秒時内にN本を

か一が他と平行し居りて、爲めに互に直角なる三つの分力の中一が零なるときは電圧は零なり(磁束は電線を切らざるなり)

(四)電線の運動の方向によりて誘起電圧も其の方向を異にす、右手の三指を第二〇〇



第二〇〇圖 誘起電壓の方向

圖の如く互に直角に開き食指を以て磁界Hの方向を中指を以つて電線の運動の方向を磁力線の方が運動するときはその反対にとる示すときは中指の方向は即ち発生せる電圧及び電流を示すなり、同乙圖

も同理によりて發生する電圧はHが下方に、運動が左方に向ふ時上向するを示すものなり。

(五)磁力線は永久磁石の作るものなるも、電氣磁石の作るものなるも、又は地球磁石

の磁界を使用するも全く同様なり。

電磁誘導作用の起電力は又電線の速度  $V$  を以て示すことを得可し、今長さ  $L$  なる電線が  $H$  なる磁界に直角に置かれ、其の長さの方向及磁界の方向の兩者に直角に毎秒  $V$  の速度を以て運動するときは、 $L$  なる小時間内に切る磁力線の數は  $N = H \times L \Delta S$  にして、 $\Delta S$  は  $\Delta t$  間に電線の運動せる距離にして、 $V = \frac{L \Delta S}{\Delta t}$  なり。

$$E = \frac{N}{\Delta t \times 10^9} = \frac{H \cdot L \cdot V \Delta t}{\Delta t \times 10^9} = H \cdot L \cdot V \times 10^{-9} \quad \text{「ヴォルツ」} \dots\dots\dots (107)$$

例題七、一の發電機の「アーメチュア」には長さ三〇センチなる四〇〇本の電線直列に入れあり、磁極の中央部に於て磁界の強さ  $H$  が五〇〇〇にして、「アーメチュア」表面の廻轉速度毎秒二〇「メートル」なるときは、「アーメチュア」に誘起する電壓何程なるか。

解  $E = H \cdot L \cdot V \times 10^{-9} = 5000 \times 400 \times 30 \times 2000 \times 10^{-9} = 1200 \quad \text{「ヴォルツ」}$

一九、誘起電壓に伴なふ「エネルギー」 前節に説明せる電磁誘導作用は今日の「ダイナモ」發電機の原理をなすものにして、現今電燈、電力、電氣鐵道等に使用する大なる電壓及び電流は、亦も電池によりて供給し得可くも、あらず、何れも發電

機に外部より機械的「エネルギー」を加へて是等の電氣を發生せしむるものなり。今電磁誘導によりて電壓  $E$  「ヴォルト」を發生し居る回路にある抵抗を入れ、電流  $I$  「アンペア」を通ぜしむるときは、該回路は  $E \cdot I$  「ワット」の電力を供給す、此の電力は電線を通して磁界内にて運動を繼續せしむる爲めに、其の反抗力に打勝つための機械的仕事より變形し來るものなり、換言すれば、未だ電流の通ぜざる間は電線を磁界内に動かし、磁束を切らしむるに殆んど何等の抵抗を受けざるも、電流  $I$  を通ずるや、否や運動に反せんとする抵抗を生ず、此の抵抗に打勝ちて運動を繼續せしむる爲めには、或る仕事を與へざる可らず、此の仕事は  $E \cdot I$  「ワット」の電力となりて回路に電氣的に與へらるゝなり。

即ち一般に磁界内に於かれたる電流は、或る力を受くること、本編の初節に説明せるが如く、其強さは  $H$  と  $I$  と長さ  $L$  とに比例するものにして、電流  $I$  が電磁的誘導作用に起因するものなるときは、電線の受くる力は常に此の電流を發生するために電線を動かしたる方向とは相反する方向にあり、即ち運動に對し抵抗として作用するものなり。

今電流  $I$  を供給し居るとき、電線の運動に反抗して受くる力を  $F$  とすれば、之の  $F$

は次の如く「エネルギー」不減則よりも計算することを得、即ちHなる磁界内に長さLなる電線をVなる速度にて運動せしめ、電流*i*「アンペア」を通ぜしめたりとすれば一秒時に爲したる仕事は

外より與へたる機械の仕事  $W = F \cdot V$  「エネルギー」速度Vは一秒時に進める距離なればなり

電氣的になしたる仕事  $W = E \cdot i$  「ワット」  $= E \times i \times 10^7$  「エネルギー」

$$= (H \cdot L \cdot V \times 10^{-9}) \times (i \times 10^7)$$

$$= H \cdot L \cdot V \cdot \frac{i}{10}$$
 「エネルギー」

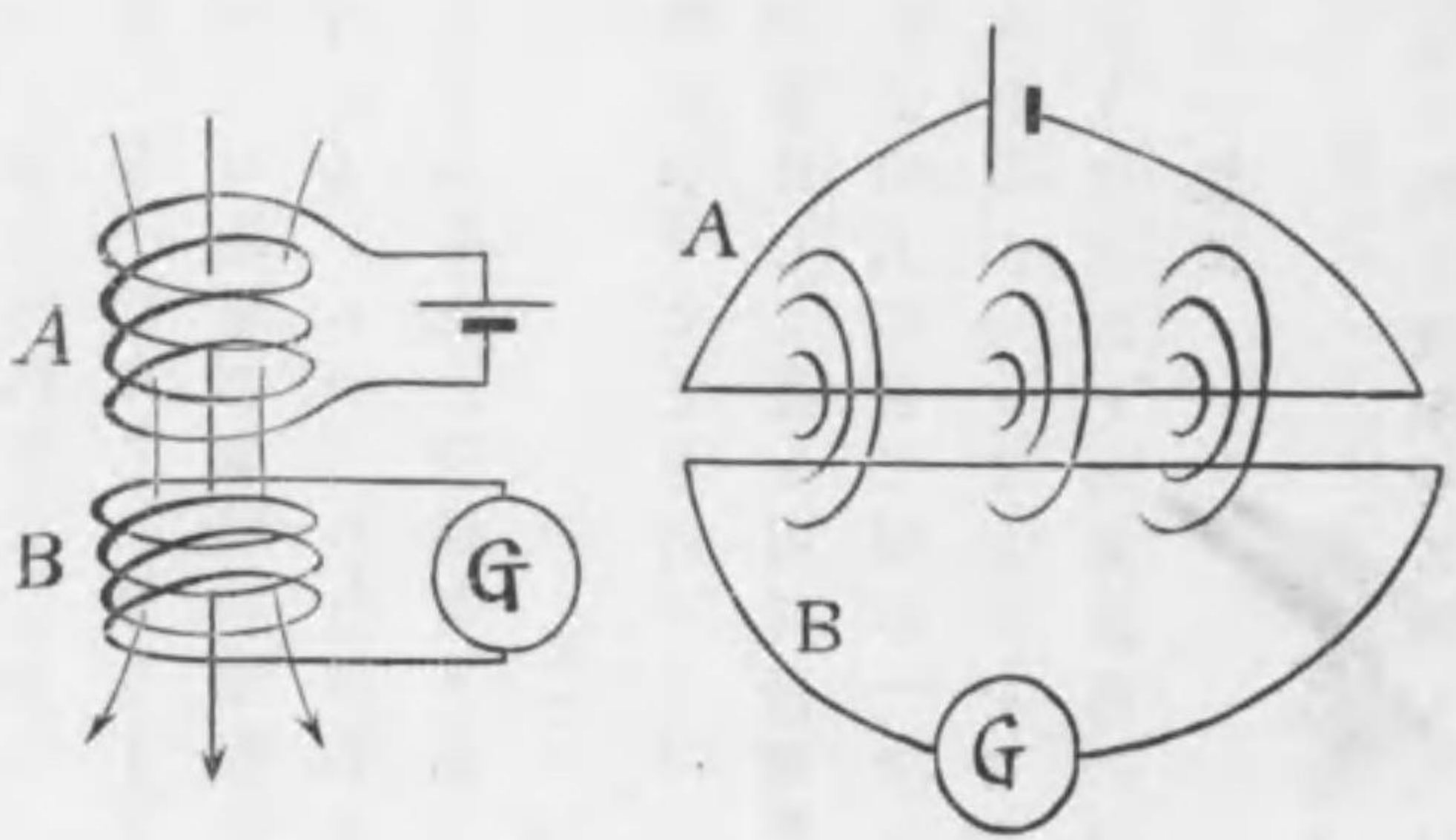
此の兩者は同一のものなるにより

$$F \cdot V = H \cdot L \cdot V \cdot \frac{i}{10} \quad \therefore F = H \cdot L \cdot \frac{i}{10}$$
 「ダイナ」

之れ第二節に説明せる公式(八二)と全く同一のものなり。

### 二〇、相互誘導作用 Mutual Induction

前節の電磁誘導作用と全く同一の事實なれども二種の獨立せる「コイル」相互間に作用する電磁誘導の現象につき次の如き關係あり、第二〇一圖に於てAの如き一の「コイル」又は電線ありて電流を通ず、其の附近に電流の通ぜざる他の「コイル」又は電線Bを置き(一)A又はBを動かして其の距離を變ずるか(二)Aの電流を増加又は減少するか(三)又は之を切り去る時



第二〇一圖

等に於てはBなる回路内にある瞬間的電流を誘起し、Aに於ける變化又は運動の止むと同時に停止す。

此のBの電流は要するにAの電流の作る磁力線がBの「コイル」を切るが故に起るものにして其の方向はAの電流の増加する時又はAとBとの距離近づく時にはBにはAと逆の方向の電流を生じ、Aの電流減少するか、零となるか又はAとBとが遠かる時にはBはAと同方向の電流を發生す、かく甲の回路の作る磁束が乙の「コイル」を切りて電壓を誘起することを甲乙兩回路間の相互誘導作用と云ふ、其の理由は逆に乙に前と同一の割合に電流の變化を生ぜしむるとき甲に對し前と同一の電壓を發生するを以てなり。

斯く甲の變化により乙に誘起する電壓は又誘導作用の規則に従ひ毎秒乙の電線の切る磁力線の數に比例し一秒時に $10^8$ 本を切る割合なるとき「ヴォルト」を發生す而して一般に乙に發生する電壓は(一)甲に於ける電流の増減の割合(二)甲乙兩コイル間の距離、位置等の關係によりて異なる故に(甲)の「コイル」を通ずる電流が $i$ 秒時に $i_1$ 「アムペア」の増減あるとき(零より $i_1$ となるも、 $i_1$ より零となるも、又は $i_1$ が $i_2$ となるも全く同様なり)乙に誘起する電壓 $E_2$ 「ヴォルト」は

$$E_2 = M \frac{di_1}{dt} \dots\dots\dots (108)$$

の形に示すことを得可くMは甲乙兩者間の位置の關係、及び捲數等によりて異なる係數にして是を相互誘導係數 PHYSICAL COEFFICIENT OF MUTUAL INDUCTION と云ふ。

今以上の式に於て毎秒「アムペア」の割にて電流變化するとき即ち $\frac{di_1}{dt}$ が一なるとき $E_2$ が「ヴォルト」をなす如き兩「コイル」あるときは前式のMは一なるべし故に吾人は之れを相互誘導の單位にとりて一ヘンリー Henry の係數を有すと稱す、故に一般に

$$E_2 = M \frac{di_1}{dt} = (\text{ヘンリー}) \times \frac{(\text{アムペア})}{\text{秒}} \dots\dots\dots (108')$$

然るに既に説明せる如く $E_2$ は乙の「コイル」が磁力線を切るより生ずるものなれば

毎秒 $10^8$ 本を切る毎に一「ヴォルト」を發生する割合にして、乙の捲數を $S_2$ 、甲の電流によりて發生し乙の各捲を切り得る磁束の總數をNとすれば

$$E_2 = S_2 \times \frac{N}{t \times 10^8} = \frac{SN}{10^8 t}$$

此のSNはこの「コイル」と切合ひ居れる磁束の數にして之れをリンク Link と稱す、例令ば三捲の「コイル」内を二本の磁力線通じ居るときは磁束と「コイル」との「リンク」は六なり(何となればこの磁力線が他に去る時には六ヶ所に於て電線を切るを以てなり)故に前式は  $E_2 = \frac{(y \text{リンク})}{10^8 t}$  「ヴォルト」  
之を(108)に入れ

$$E_2 = \frac{(y \text{リンク})}{10^8 t} = M \frac{di_1}{dt} \quad \therefore (y \text{リンク}) = M i_1 \times 10^8 \dots\dots\dots (109)$$

$$\text{又は } (\text{ヘンリー}) \times 10^8 = \frac{(y \text{リンク})}{(\text{アムペア})} \quad \therefore (y \text{リンク}) = (\text{ヘンリー}) \times (\text{アムペア}) \times 10^8$$

即ち「ヘンリー」なる係數の意義は甲の電流「アムペア」なるとき乙と切合へる「リンク」何程なるやを示すものなり、 $10^8$ を單位としてなり、故に「ヘンリー」と云ふことは $\approx 10^8$ の切合あることなり

上記の如く「リンク」は $NS_2$ 、即ち(甲の磁束)×(乙の捲數)にして此の磁束Nは $S_1$ な

る捲数を有する甲の「コイル」を通ずる  $i_1$ 「アムペア」より生ずるものなれば

$$N = \frac{4\pi i_1 S_1}{10 Z}$$

$$\therefore (2 \text{ ソク}) = S_2 N = \frac{4\pi i_1 S_1 S_2}{10 Z}$$

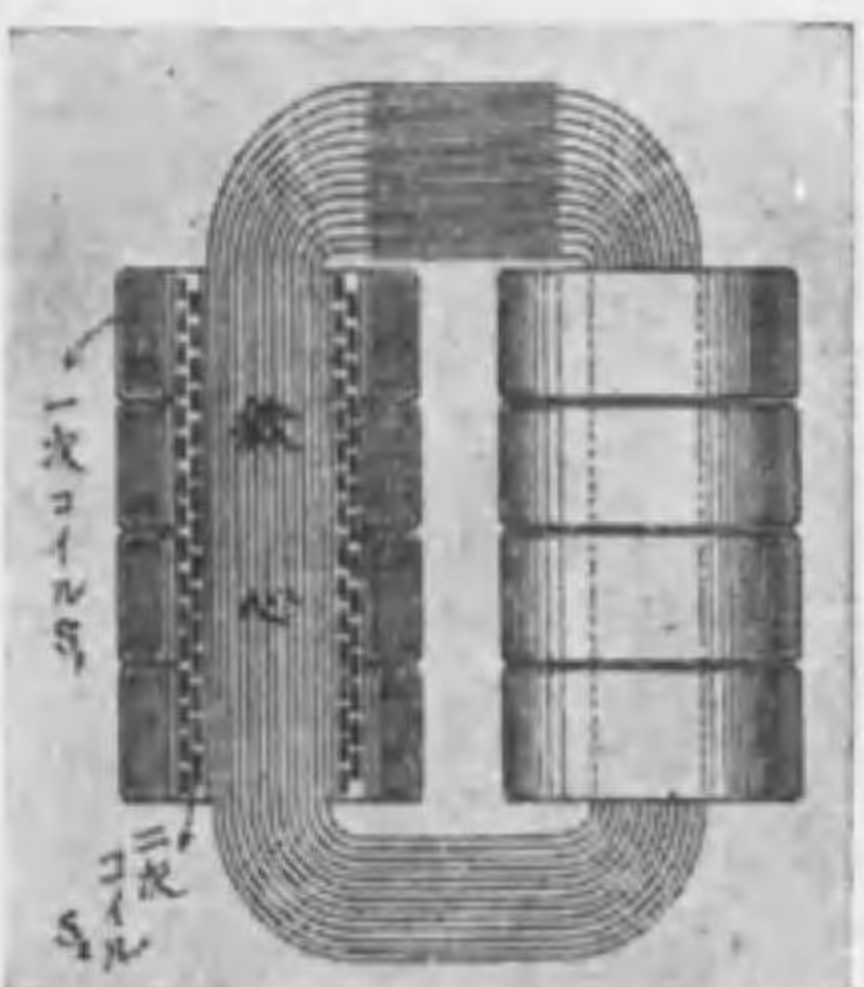
$$\therefore M = (2 \text{ ソク}) = \frac{4\pi}{10} \frac{S_1 S_2}{Z} \dots \dots \dots (110)$$

即ち「ヘンリー」は兩「コイル」の捲数の積に比例す。

此の證明より見る如く M なる係数は甲の電流より乙の「リンク」を云ふも、乙の電流より甲の「リンク」を云ふも全く同一なり、即ち甲の  $i_1$  が「アムペア」なるとき乙に

生ずる「リンク」も、乙の  $i_2$  が「アムペア」なるとき甲に生ずる「リンク」も同一なり。

相互誘導作用の理を應用し第二〇二圖の如く鐵の磁路に  $S_1$  及び  $S_2$  なる二「コイル」を捲き一方の「コイル」に交番電流を通ずれば他方の「コイル」に或る交番電壓誘起す、送入電壓と誘起電壓との比は兩



第二〇二圖  $\frac{E_1}{E_2} = \frac{S_1}{S_2}$

コイルの捲数の比をなすものなり故に高き電壓より低き電壓を得るか又は逆に

低きより高き電壓を得るに使用す、之を變壓器 Transformer と云ふ。

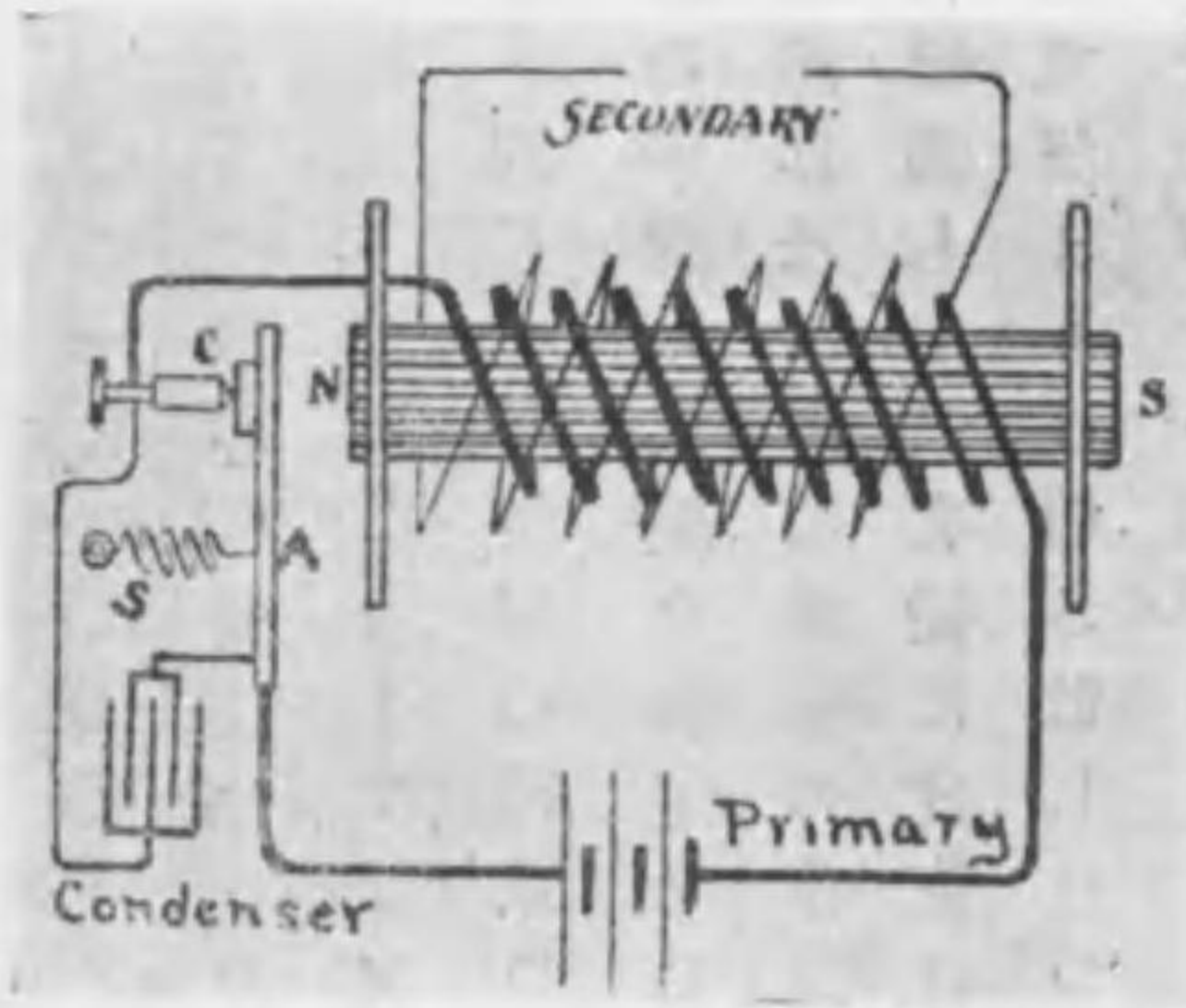
二二 誘導線輪 Induction Coil 空中に於ける放電又は X 光線等の研究に使

用すべき高き電壓を得んが爲めに電磁誘導作用を應用し低き電壓より頗る高き電壓を發生せしむる装置を誘導線輪と稱す、鉄心、一次捲線、二次捲線の三者より成り、一般に一次線には直流を送り、之れを斷續器 Interrupter を以て絶えず斷續せしむるときは鐵心に發生せる力線は常に増減するを以て二次捲線には斷續の各瞬間毎に或る電壓を發生す、二次線の電壓と一次線の電壓の比は一般の變壓器に於けると同じく各捲線の捲數に比例し兩捲線の捲數の比を變ずれば任意の電壓より他の任意の電壓を發生せしめ得可し。

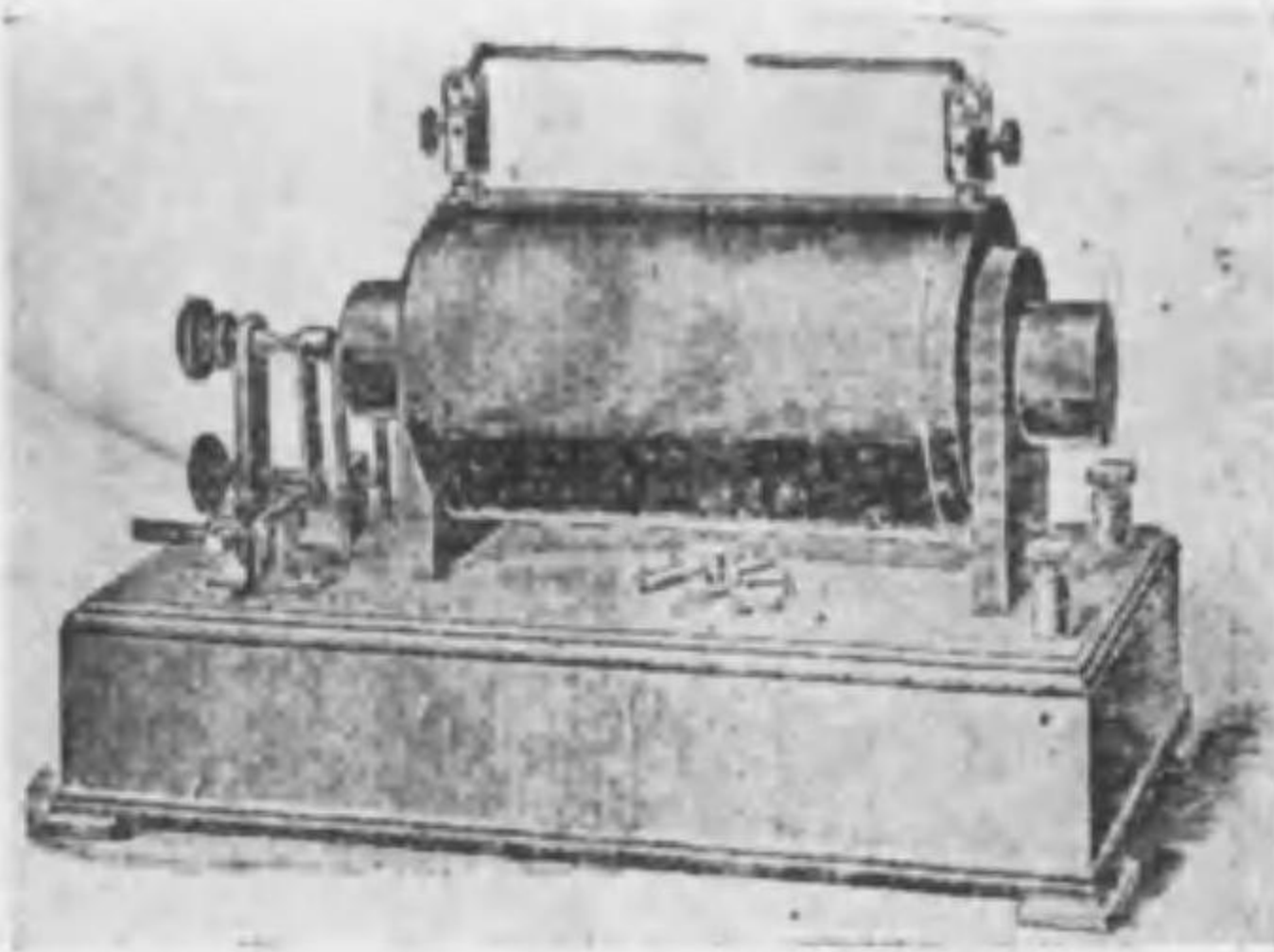
變壓器及び誘導線輪の作用は低電壓にて一次線に與へたる「エネルギー」を高電壓に變形して二次線に發生せしむるものなるが故に、電流は逆に二次線に於ては一次電流よりは頗る低し、且つ二次線輪より得らるべき「ワット」電力は一次線輪に與へたる「ワット」電力よりも常に小なり、之れ鐵心の損失及び  $C^2 R$  なる熱損失等あるが故なり。

誘導線輪の最も普通なるものはルムコーフ氏コイルと稱し第二〇三圖に示せる

が如く良質の軟鐵線を束ねたる鐵心上に二〇番乃至二二番線を以て數層の一次「コイル」を捲き、絶縁物を隔て、其の上部に三〇番乃至三六番線の二次「コイル」を捲



線結ルイコフーコムル 圖三〇二第

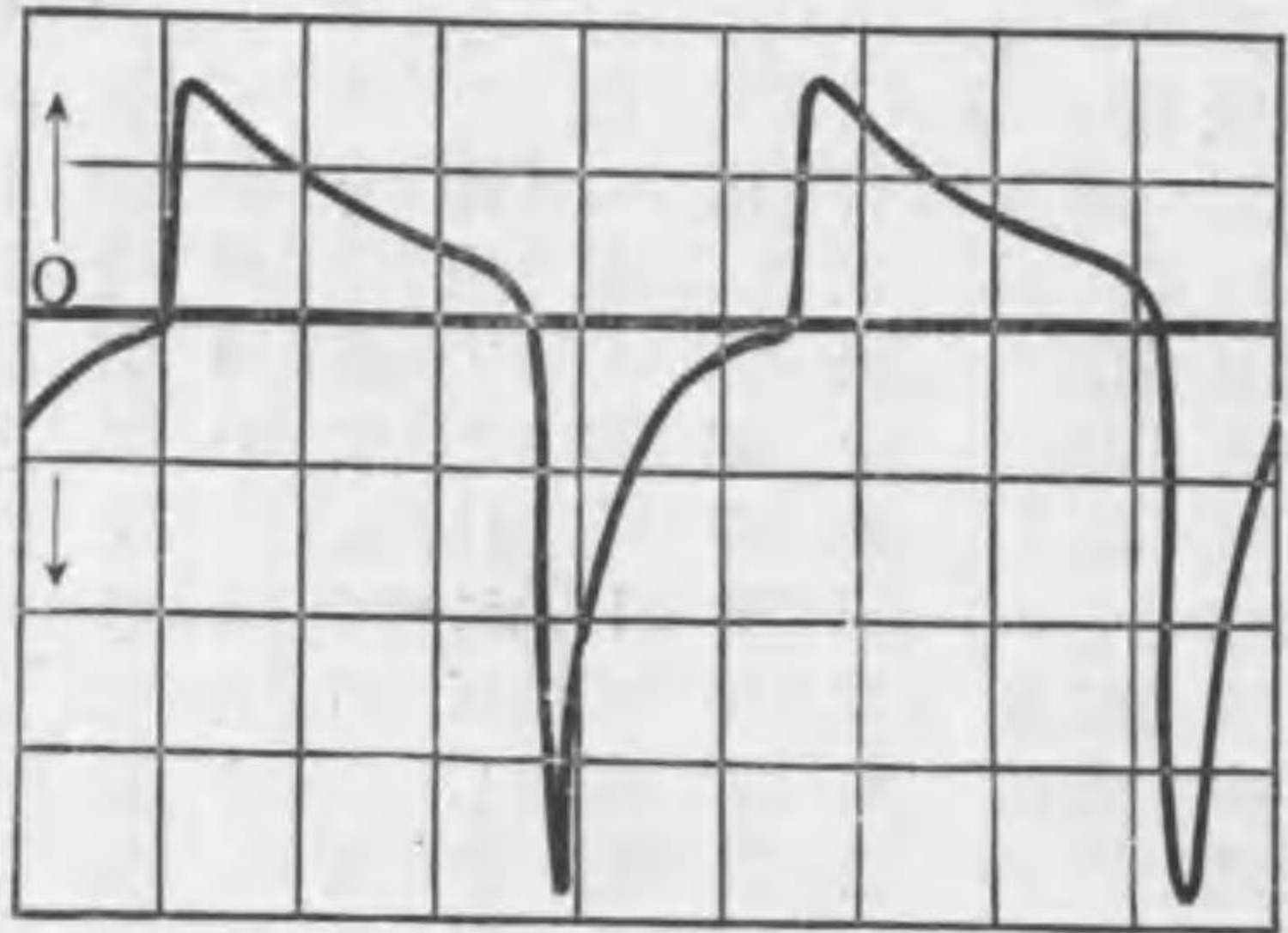


ルイコフーコムル 圖四〇二第

く、尙ほ斷續器の裝置として、電鈴に於けるが如く、一次線輪に直列にCなる接點及び吸引鐵片を置く、電流の爲め鐵心は磁化され、吸引片を引付くる爲めCの接點放れて電流を絶つ、同時に

に吸引片はSなる發條の彈力にて元に歸り再び電流を通ず、斯くして毎秒數十回電流及び磁力線の斷續を生ず、此故に二次線の電壓はCの接點が接する時及び放るゝ時の各瞬間に發生し前者に於ては二次電壓は一次電流と逆方向に後者に於

Jo



圖五〇二第

されCには火花を生ぜず、且つ此の蓄電器は又電池、一次線等を通じて放電し、其の方向一次電流の方向と反するを以て其の結果一次電流及び磁力線は急速に消滅す、斯くCの切るゝ時の電流の變化は頗る急なるを以て二次電壓もCの切るゝ際は接する際よりも常に高し、故に二次線輪の兩端に適當の空隙を置くときは切る

ては同方向にあり、即ち二次電壓は常に交互に方向の反する二種の電壓をなすものにして、この兩電壓は同一の強さを有するものにあらざ、Cの接する瞬間には一次線の自己誘導作用のために其の電流は急速に増加せず、従て磁力線の發生も寛漫にして二次電壓は比較的、低し、Cの切るゝ際には一次線の自己誘導作用はCに火花を通じて電流を繼續せしめんとする性質あれども圖の如くCには一の蓄電器並列に結ばれ有るを以て其の「エネルギー」は此の蓄電器を充電するに使用

ゝ時の電壓は火花を生じて放電するも、接する時の電壓は放電を起すに足らず従つて常に一方より他方にのみ電流を通ずべし、之を脈流 *Pulsating Current* と云ふ。鐵心を環狀にせずして棒狀とせるは同一の一次電流に對し磁力線を發生すると少許にして一見不利なるが如しと雖實際に於ては然らず若し環狀とするときは鐵中の電力損失大にして鐵は須臾にして赤熱するに至るべく且つ極に遊離磁石の存在せざるときは磁力線の消失急速ならず従て二次コイルに誘起する電壓は反て棒狀鐵心の場合よりも低き等の理由により現時の誘導線輪の如く電流の變化率を急速にして高き電壓を得んとする種類のものに於ては殆んど常に棒狀鐵心を使用す、之れに反し變壓器の如く電流の變化は毎秒數十内外に過ぎずして磁力線の數を多くして電壓を高からしめんと欲する種類のものに於ては環狀鐵心を使用し電流の變化も特に斷續器の如きものを以て急速に變化せしむることなく交番電流を使用す尙ほ變壓器の作用に關しては交番電流編に於て説明する所あるべし。

誘導線輪は右の如く電流の急速なる消滅發生によりて電壓を發生せしむるが故に斷續器の良否及び其振動の鋭敏なるか又は遅鈍なるかは大に二次電壓の高低に關す強大なる誘導線輪に於ては特に諸種の考案に成れる斷續器を製作し使用す、或物は電働機を以て急速に廻轉し居る鋸齒狀金屬筒に内面より水銀の細雨を噴出せしめ鋸齒との斷續によりて電流を斷續せしむるあり、又或る者は緊張せる金屬線の中央部より接點を設け其の端を水銀杯の表面に微かに觸れしめ電鈴裝置の斷續器にて緊張電線に一定の周期を有する振動をなさしめ以て水銀との間に斷續を生ぜしむる者もあり、此等は何れも斷續點に生ずる火花を消すため、アルコイル液中にて斷續せしむ又斷續器の内最も鋭敏なるものゝ一と稱せらるゝ、ウエーネルト氏斷續器は一の電解裝置の如き者にして稀硫酸溶液中に亞鉛板と別に硝子管内に密封して尖端のみを表はせる白金線、太サ約二十四番線の四分の一(位)とを挿入せる者なり、此の白金を正極として電池及び誘導線輪の一次線に直列に入るゝときは電氣分解のために發生せる酸素瓦斯は白金尖端を覆ひて電流を沮止し電流の止むと共に瓦斯は直ちに消滅して再び電流を通じ再三同一變化を繰返す者にして電流の毎秒斷續する回數は尖端の面積使用する電壓一次線の自己誘導の大小によりて異なれども、鐵片又は金屬線の振動によりて斷續せしむる裝置よりは非常に急速にして鋭敏なりと云ふ、又一般の斷續器に於ては接點の火



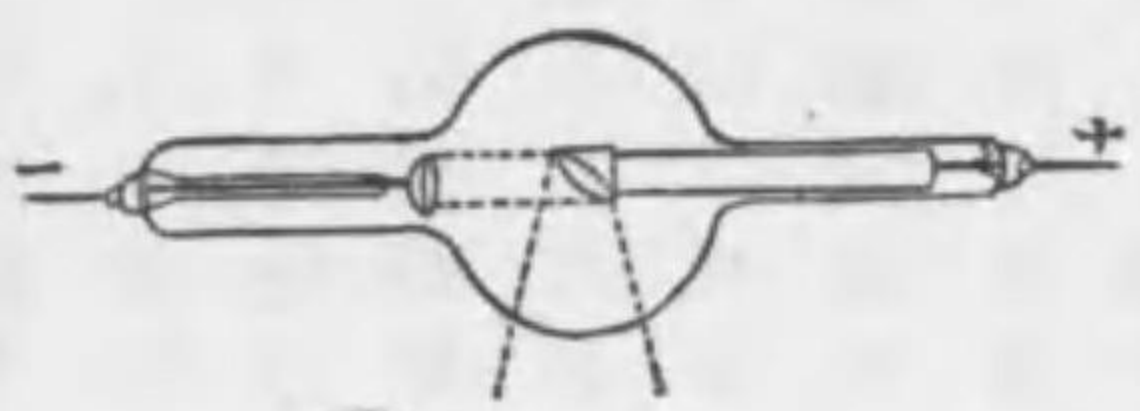
花のため一次線に使用すべき電壓は數「ヴォルト」乃至二四「ヴォルト」位に止まれ共「ウエーネルト」氏斷續器に於ては一〇〇「ヴォルト」回路に直ちに使用し得るものなり、誘導線輪の鐵心は一の棒狀鐵片とせずして細き鐵線を束ねたるものとせるは磁力線の増減に際し鐵自身にも電流を誘起して漸次熱し來る所謂渦電流の作用を減殺せんが爲なり。

誘導線輪は脈流を發生し且つ其の電壓も一般に高くして普通の電壓計を以て計ること不可能なるを以て其の大サを規定するには一般に二次線輪に放電を生ずべき最大空隙の長サを以てす、但し電極は針狀尖端とす、即ち六吋火花用誘導線輪とは空中に於て六吋の針端を越へて放電し得る大さのものと云ふ意なり、既に第一編に説明せる如く此等火花間隙は電極の形狀絶縁物の空氣なるや、否や空氣の壓力等に依て大に異なるを忘る可らず、

二二、真空管、並にX光線 Vacuum Tube; X-ray 誘導線輪の使用によりて研究せられたる最も重大なる事項は真空管の放電及びX光線なるべし、誘導線輪の二次線の放電は一般に空氣の壓力小なる程容易なる者にして、諸種の形狀をなせる硝子管に白金線を封入して電極とし管内の空氣を排除せる所謂真空管を誘

導線輪によりて放電せしむるときは管は氣壓に應じて種々の光芒を有する輻射線を各極より發射す是等の研究は「ガイヌレル」氏に依て初められたるを以て一般に「ガイヌレル」管と稱し管内に諸種の氣體又は液體等の少許を存せしむるときは物質に應じて輻射線の色及び性質を異にし、空氣を高度に排除せる真空管に於ては陰極よりは特に著しき性質を有する輻射線を射出す、之を陰極線 (Cathode Ray) と云ひ其の研究を成せるは「クルツクス」氏とす、クルツクス管に於て尙ほ氣壓を減少するときは陰極線の光は消滅し管壁より一種の螢光を放つに至る、此の螢光は陰極線が管壁に衝突する部より新たに發射するものにして陰極線と異なる性質を有す、特に奇異なるは此の輻射線は木片、肉等を貫通するの性あるを以て人體の如きものを經て木枠内に封入せる寫眞乾板に曝さしむるときは乾板は人骨を投影せる形を其儘に現出し得ること、及び青化白金「パリウム」の如き藥品を塗付せる「スクリーン」を通じて諸物體を透視するときはその影を直ちに肉眼にて認め得るにあり、例へば手の如きものを管と「スクリーン」との間に置くときは骨は黒く肉の外廓は淡黒に見ゆ、此の輻射線は一千八百九十五年獨の「ウィリアム、レントゲン」氏に依て發見せられ、氏はX光線と命名したれとも發明者の名に因りて「レントゲン」

光線と稱することもあり、其の著大なる應用は醫療上にありて人體内に入れる銃丸、針等を驗出するに用ひらる。



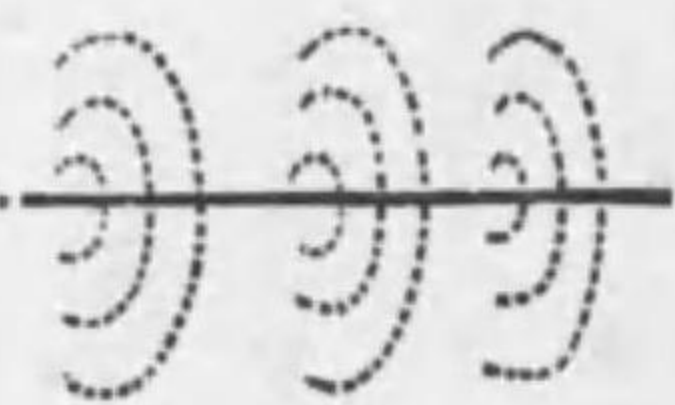
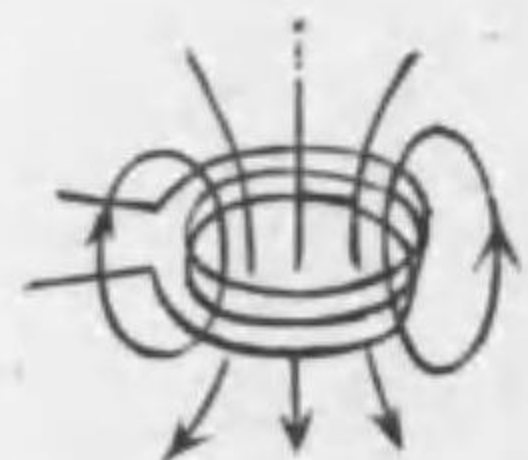
管「スクロウグ」 圖六〇二第

諸種の物質を封入せる「ガイスレル」管が諸種の光を放ちて放電するは是れ管内を一極より他極に電氣の通ずること電氣の導體を通ずるが如くなるにはあらずして恰も電氣分解に於けるが如く管内物質の分子が正負の兩「イオン」を有する二群に分れ一は正極に他は負極に向つて運動し互に激しく衝突して種々の「燐光」を放つものと信ぜらる。

自己誘導作用 Self Induction

電線が磁力線を切

るときは必ず電壓を誘起するものなるが故に、今一の電路ありて其の電流が増減せりとすれば夫れの作る磁力線の數も増減すべく増減せるだけの磁束は必ず自己の電線を切りて電壓を誘起すること相互誘導作用に於けると何等異なる所なかるべし、斯く一の電路の電流の變化によりて自身の電路内に電壓を誘起するを自己誘導作用と云ひ、(一)誘起電壓の方向は電流増加するときは電流と反對に起り、減ずる時は之れと同



圖七〇二第

方向に起る、即ち常に電流の増加又は減少に反對せんとするが如き方向に在り、(二)誘起電壓の多少は勿論その回路と切合ふ磁束の數に比例す、而して毎秒10本の割合にて「リンク」數に増減あるとき「ヴォルト」を發生する理なれば

$$E = \frac{(9 \times 10^9)}{10^9 \times t} \frac{NS}{10^9 \times t} \text{「ヴォルト」}$$

をなすべし、而して一般に此のEは電流變化の率、及び捲數、鐵心の有無等に依りて異なるを以て相互誘導作用の場合と同様に

$$E = L \times \frac{di}{dt} \text{「ヴォルト」}$$

(Lはt秒時に變化せる電流の値を「アンペア」にて示せるもの).....(III)

の形にて示すとを得べく「i」が一なるとき即ち毎秒「1」アンペアの割合にて電流の變化せるときEが「ヴォルト」なる如き回路あらば其の回路のLは一にして之れを「ヘンリー」の自己誘導係數又は「インダクタンス Inductance」を有すと稱す、一般に

なり、又前記兩式より

$$E = L \times \frac{i}{t} = \frac{(y \text{ ソク})}{10^9} \quad \therefore (y \text{ ソク}) = Li \times 10^9 \dots \dots \dots (112)$$

即ち「ハンリー」なる回路とは「アムペア」を通ずるとき自己と切合ふ磁束の数が10<sup>9</sup>本をなす如き回路なり。

今或る簡單なる「コイル」の自己誘導係數Lを求めんにS捲の「コイル」に「アムペア」を通じ爲めにN本の磁束を發生し、このNは悉くS捲の各と切合ひ居るものと假定すれば、鐵心なき場合には

$$N = \frac{4\pi iS}{10 Z}$$

$$\therefore (y \text{ ソク}) = N \cdot S = \frac{4\pi iS^2}{10 Z}$$

之れを

$$(y \text{ ソク}) = L \times i \times 10^9 \quad \text{と比較して}$$

$$Li \times 10^9 = (y \text{ ソク}) = \frac{4\pi iS^2}{10 Z} \quad \therefore L = \frac{4\pi}{10^9} \times \frac{S^2}{Z} \dots \dots \dots (113)$$

此の式より見るに自己誘導係數Lは相互誘導係數と全く同一の關係を有し單に兩「コイル」の捲數の積S<sub>1</sub>S<sub>2</sub>の代りに自己捲數の自乗S<sup>2</sup>と置けるの差異あるのみなり。是れ勿論當然の事實にして相互誘導作用は甲「コイル」の發生せる磁束が乙を切る場合、自己誘導作用は甲の磁束が甲自身を切る場合を考へたるものなれば前者に於てS<sub>1</sub>S<sub>2</sub>ならば後者に於てはS<sub>1</sub>S<sub>2</sub>をなすや明らかなり。尙ほ爰に捲數も大さも全く等しき甲乙兩「コイル」ありて兩者が全く相重なり合ひたる場合を考ふれば相互誘導係數Mは變じて自己誘導係數Lとなることも明らかなるべし。

若し「コイル」が鐵心を有するときは其の導磁率の一定せざるため電流と磁束とは常に同一の比をなさずZが變ずるため從てかゝる回路の誘導係數は一般に定數をなさず、電流に依て異なるものなり、一般に或る回路の誘導係數は或る電流を通じ之れが爲めに切合ひ居る磁束の「リンク」數を彈進電流計を以て測定し(112)式によりてLを算出するを常とす。

二四「リンク」の數 Linkage 上來S捲の「コイル」ありてN本の磁束を通ずるときは回路と磁束との「リンク」の數は「リンク」=NSなりと假定したれども是は

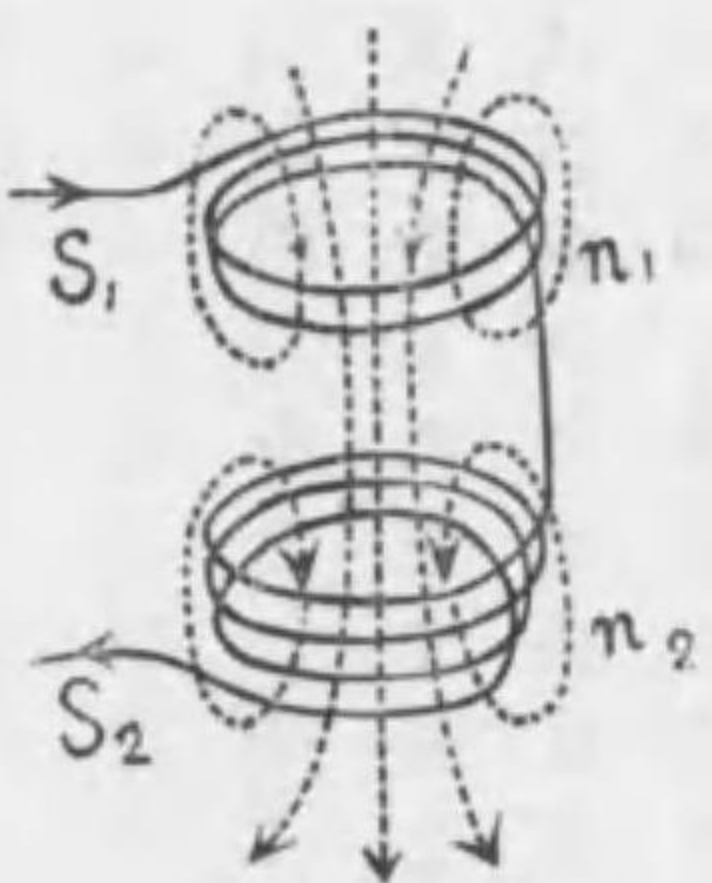
Nの悉くがS捲と切合へる場合にして事實に於ては常に然らず、即ち實際に於ては第二〇八圖に見る如く全數Nの中N<sub>1</sub>はS<sub>1</sub>捲と、N<sub>2</sub>はS<sub>2</sub>捲と切合うが如き有様にあること多く、從て此の回路の「リンク」數は

$$(2 \times S) = N_1 S_1 + N_2 S_2 + \dots = 2NS \dots (114)$$

をなすものなり。

### 二五、回路の有する電磁的「エネルギー」

第一六節に於ては磁界内任意一部分の單位容積の有する「エネルギー」を示したるが本節に於ては或る回路に電流の通ずるとき其の全磁束のために磁界内に蓄へられたる全「エネルギー」を求めんIなる電流がφなる磁束を切るためには「φ」「エネルギー」の仕事と要すること既に第四節に述べたるが如し、今或る回路にIを通じたるにφなる「リンク」を生じたりとすれば、電流が零よりIに増す迄の間に「リンク」も零よりφまで順次に増加せるものなれば其間に電流と磁束とが互に切合ひたる數は第二編三〇節に於て電界の「エネルギー」を算出せると全く同理により、電流が當初より平均値Iを保ちつゝある處に磁束の「リンク」が零より増加してφ達せりと見得るを以て



第二〇八圖 [リンク] 數

電流が磁束を切らしたる數をこれに乘したる仕事 = I × φ

即ち電流Iと「リンク」φとを生ぜしむるためには此の仕事を要したるなり、此の仕事は即ち磁束の「エネルギー」として空間に蓄積せられたるものなり、偕て「リンク」は公式「(112)」により

$$\phi = I L_i \times 10^9 \quad (i \text{ は「アムペン」})$$

なるを以て

$$\text{蓄積せられたる「エネルギー」} = \frac{1}{2} \phi I = \left( \frac{1}{2} I L_i \times 10^9 \right) \times \frac{1}{2} I \quad \text{「エルグ」} \quad (I = \frac{1}{10} \text{ なり})$$

$$= \frac{1}{4} I L_i^2 \times 10^9 \quad \text{「エルグ」}$$

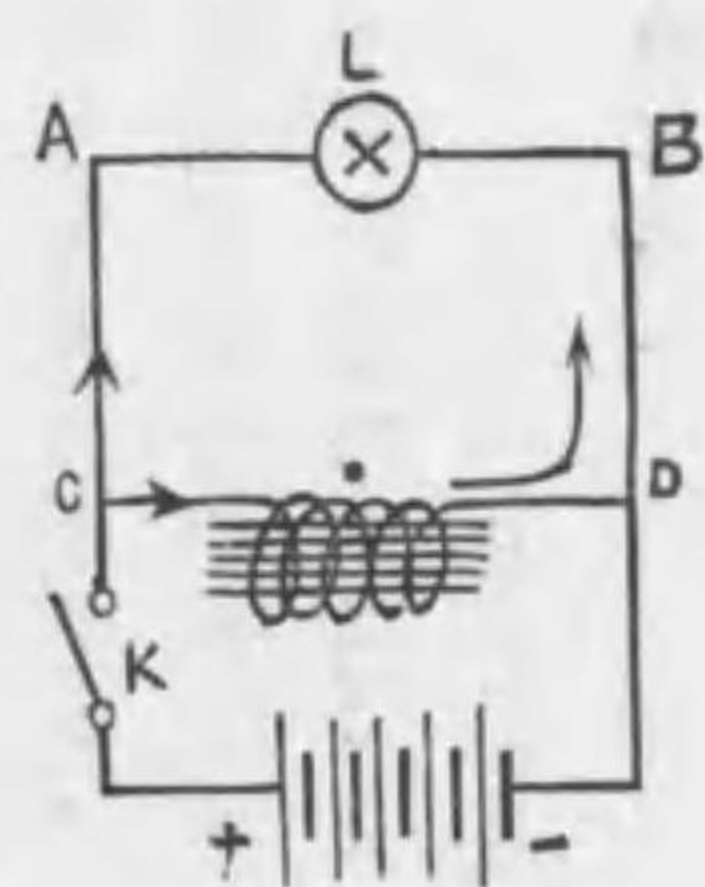
$$= \frac{1}{4} I L_i^2 \quad \text{「ジュール」} \dots (115)$$

即ち回路の有する電磁的「エネルギー」は電流の自乗に比例し、「インダクタンス」Lに比例す。

斯く電流の通ずる回路は必ず右の如き「エネルギー」を蓄積し居るを以て、回路を閉じて電流を通ぜしむるためには「ジュール」氏法則に依る「R」の「パワー」の外に回路の閉ぢらるゝ瞬間に於て此の「 $\frac{1}{2} I L_i$ 」「ジュール」の仕事と與へざる可らず、從て第三編の第五八節に證明せる如く電流と反對の方向に或る逆起電力の存在を要す、之れ

即ち前節に説明せる自己誘導作用の起電力なるなり。

二六、自己誘導の電壓と回路の「エネルギー」 上記の如く電流を増加するか又は初めて電路に電流を通ずるときは「L」の「エネルギー」を附與するを要するを以て逆起電力を發生す、若し電流が減ずるか又は回路を開きて零ならしむるときは蓄へられたる「L」の「エネルギー」は何れにか去らざる可らず、電流減小の際に起る同方向の起電力なるものも亦この「エネルギー」に起因するものに外ならず、即ち同方向に起電力を生じ以て電流の減少を遅からしむるのみならず一般に開閉器の切斷點に火花を發生して其の「エネルギー」の一部を放出す。



第二〇九圖

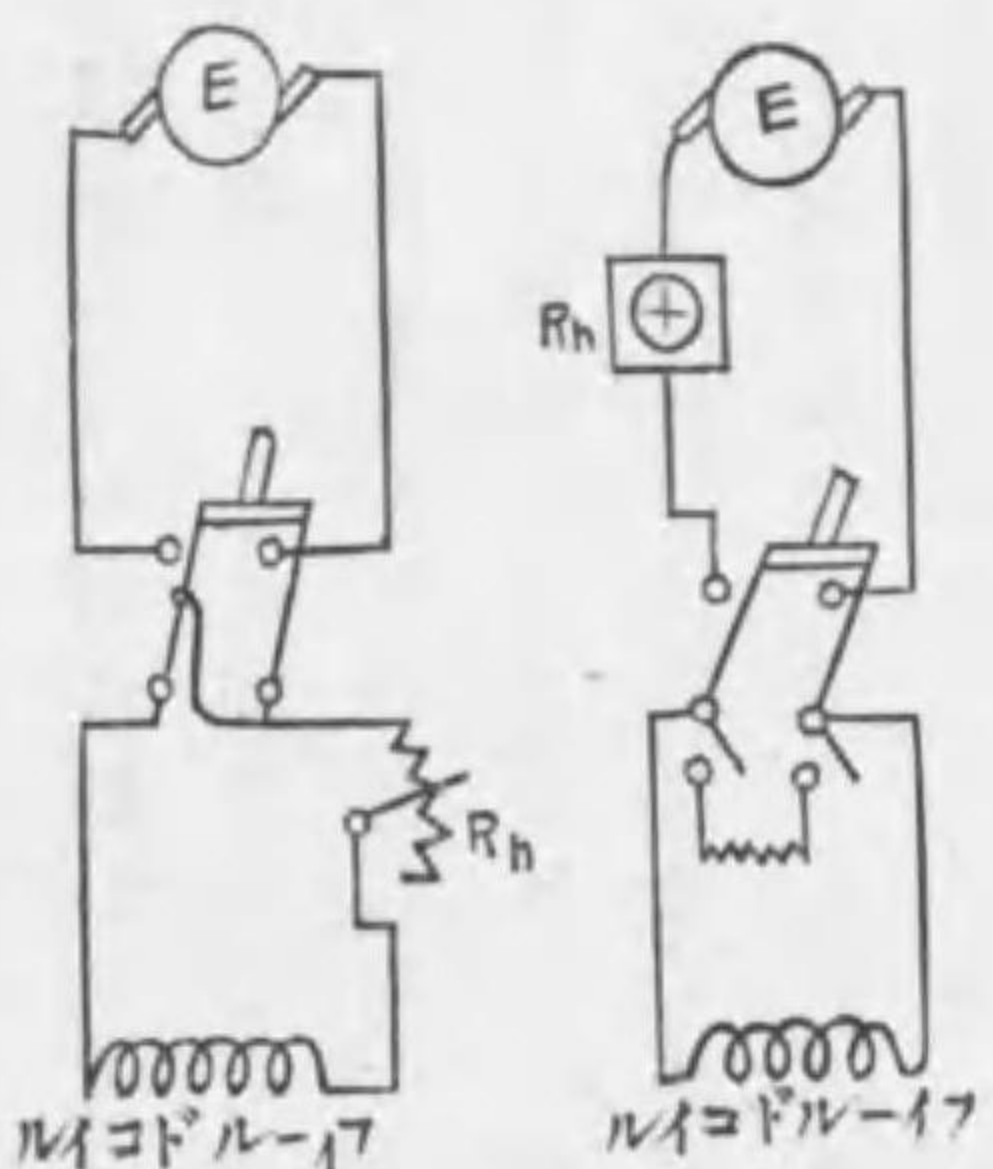
器を入れたる瞬間にはCDには電池より來る電流とは逆の電壓を發生し爲めに「ラ

第二〇九圖の如く一の電壓に「ラムプ」及び鐵心を有する「コイル」即ち自己誘導係數の大なる回路CDを互に並列に入れ開閉器Kを數回開閉せりとせよ、「ラムプ」Lは必ず電流の通ずる瞬間と切る瞬間とに於て特に光力を増加すべし、之れ並列に入れられたる「コイル」の自己誘導作用によるものにして開閉

ムプにはALBの方向に流るゝ瞬間電流を生じ光輝を増加す而して其の電流の方向は電池の電流の方向に等し、又Kの切らるゝ瞬間には「コイル」にはCDの方向の電壓を發生し、「ラムプ」にはBLAの方向に通ずる瞬間電流とKの切點に於て火花とを發生す、若しLなる「ラムプ」を有せざる單一なる回路に於てKを開閉するときは其の回路には電池の電壓と自己誘導の電壓と兩者の和が作用し此の電壓は電壓分布の規則に従がひ常に開閉器の接觸點の空隙に火花となりて出現す、開閉器を開くときは接點に於て抵抗が小時間内に零より無限大に増加す、而して開閉器を入るゝときは自己誘導電壓は電池の電壓とは逆に發生するを以て火花は小に切る時は同方向に發生し相加はりて火花は大なり。

一般の開閉器特に大なる電流を通じつゝある回路の開閉器を急に開くときは磁界の電磁的「エネルギー」は悉く自己誘導電壓となりて切點に表はれ其の火花の爲めに開閉器に損害を與へ此れを溶融するか又は其の電壓の爲めに回路の絶縁を破りて他の金屬に放電する等の憂あるものなれば、開閉器は成るべく電流を通じつゝあるとき切放さざるを可とす、故に特に電流が過大となりて「短絡等の源因にて」回路を開くを要するとき自動的に開くべき「サーキットブレーカー」Circuit Breaker

等に於ては切點を炭素となし火花のために溶融さるゝを防ぐを常とす、又一般に高壓電氣に使用する開閉器は油入開閉器と稱し絶縁力高き礦油中にて開閉せしむるを常とす。



器電放田磁 圖〇一二第

直流及び交流發電機の勵磁捲線の回路に挿入せる開閉器等は若し急に之を開くときは自己誘導電壓の爲めに「コイル」の絶縁を破る等の恐あるが故に開閉器の切るゝと同時に抵抗器又は他の抵抗を以て勵磁捲線を短絡し回路の「エネルギー」を熱として放散せしむる如くせるものあり、之れを磁田放電器「Field Discharger」と云ふ(第二一〇圖)。

又諸種の瓦斯機關に於て瓦斯が極度に壓縮せられたる瞬間に内部にて發火せしむべき装置に此の自己誘導電壓の火花を使用することあり、即ち自己誘導の成可く高く作られたる小發電機又は鐵心を有する「コイル」を直列に挿入せるもの、兩「ターミナル」を瓦斯筒内に於て接せしめ置き必要なる瞬間にのみ一寸引放し火

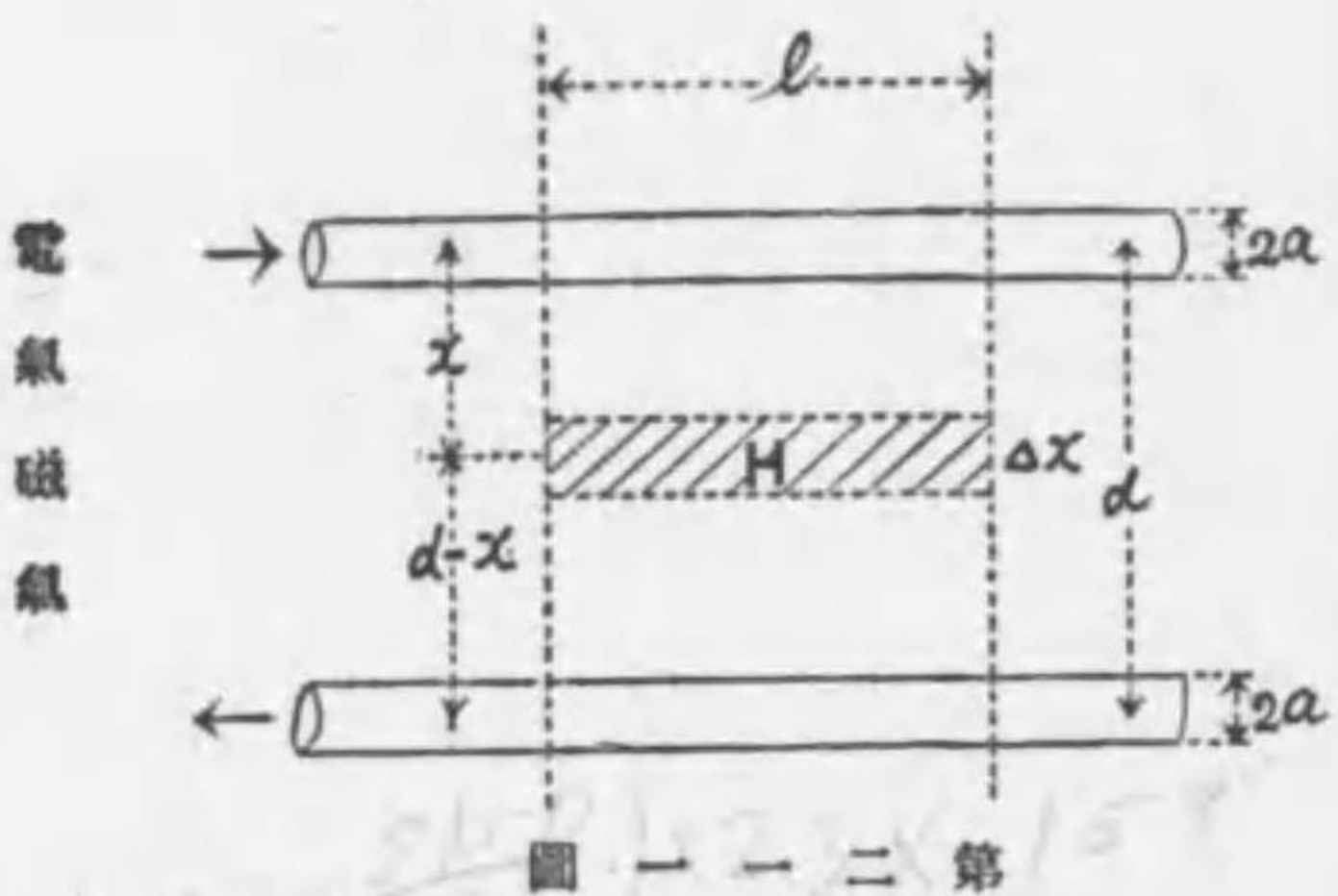
花を生ぜしむるものなり、瓦斯機關の發火装置中最も有効なるものにして、之をマグネット、イグナイター Magnet Igniter と稱す。

二七、自己誘導係數の計算 簡單なる回路に於ては電線相互の位置及び形狀等より其の自己誘導係數を求むることを得可し、次の三例に於て何れも電線間には鐵心を有せざるものとす。

(一)無限長の二平行線 往復二電線が第二一〇圖の如く中心間距離dを隔てゝ

相平行し其の長さdに比して甚だ大なるときは、兩線間の空間の磁界は無限の直線の場合と等しかるべし、各電線の半徑をaとすれば、長さlなる空間に在る磁力線の數即ち往復線が作る一捲の「コイル」の「リンク」よりLを求むことを得可し、今電流i「アンペア」を通じたりとすれば一線よりxを距つる部分に幅dxなる小矩形を描けば、之の内に含まるゝ力線dNは次の如くして求む。

$$H = \frac{2i}{10x} + \frac{2i}{10(d-x)} = \frac{2i}{10} \left( \frac{1}{x} + \frac{1}{d-x} \right) \text{ (公式96に依る)}$$



圖一二第

長さとなる兩電線間の全「リンク」は求むる全磁束Nにして

$$\begin{aligned}
 \int N &= H \times l \cdot dx = \frac{2il}{10} \left( x + \frac{1}{d-x} \right) dx \\
 (\text{リンク}) &= \sum_{x=a}^{x=d-a} \int N = \frac{2il}{10} \sum_{x=a}^{d-a} \left( x + \frac{1}{d-x} \right) dx \\
 &= \frac{4il}{10} \log_e \left( \frac{d-a}{a} \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \therefore L &= \frac{(\text{リンク})}{18^\circ \times i} = \frac{4l}{10^9} \log_e \left( \frac{d}{a} - 1 \right) \quad \text{「ハンソナー」} \\
 &= \frac{4l}{10^9 \times 4.343} \log_{10} \left( \frac{d}{a} - 1 \right) \quad \text{「ハンソナー」} \dots\dots\dots (116)
 \end{aligned}$$

長さ架空線の如き場合に「 $l$ 」が哩にて示せる「 $l$ 」ときは  $l = 5280 \times 30.47$  cm. と置きて一哩の自己誘導係数を求め得可し。

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{4 \times 5280 \times 30.47}{4.343 \times 10^9} \log_{10} \left( \frac{d}{a} - 1 \right) = \frac{1.482}{1000} \log_{10} \left( \frac{d}{a} - 1 \right) \text{「ハンソナー」} \\
 &= 1.482 \log_{10} \left( \frac{d}{a} - 1 \right) \quad \text{「ハンソナー」} \dots\dots\dots (117)
 \end{aligned}$$

(注意)各電線の体内にも磁力線あれとも  $a$  に比し  $d$  大なるを以て看却するも大差なし)

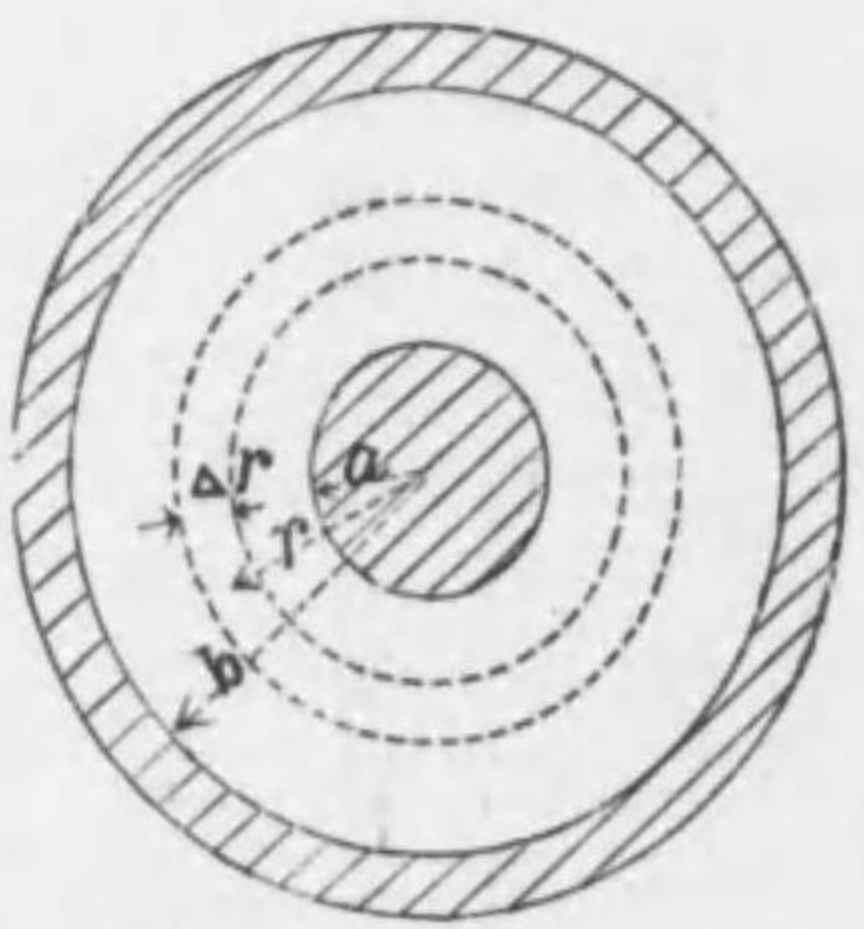
(二)同心ケーブル 圓形なる同心ケーブルの内心の半径  $a$  外心の内半径  $b$  となると

きは兩心間の空間には内心の作る磁力線のみありて外心の電流は磁力線を作らず(圓筒形導體の電流は其の内部に磁界を作らざるものなり)中心より  $r$  なる點の  $dN$  なる幅を通ずる力線の數を  $dN$  とすれば「 $l$ 」を「ケーブル」の長さとし

$$\begin{aligned}
 dN &= H \times dr \cdot l = \frac{2il}{10r} dr \\
 N &= \sum_{r=a}^{r=b} dN = \frac{2il}{10} \sum_a^b \frac{dr}{r} = \frac{2il}{10} \log_e \frac{b}{a} \\
 \therefore L &= \frac{(\text{リンク})}{i \times 10^9} = \frac{2l}{10^9} \log_e \frac{b}{a} \\
 &= \frac{2l}{10^9 \times 4.343} \log_{10} \frac{b}{a} \quad \text{「ハンソナー」} \dots\dots\dots (118)
 \end{aligned}$$

若し「 $l$ 」が哩なるときは前同様にして

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{0.741}{1000} \log_{10} \frac{b}{a} \quad \text{「ハンソナー」} \\
 &= 0.741 \log_{10} \frac{b}{a} \quad \text{「ハンソナー」} \dots\dots\dots (119)
 \end{aligned}$$



第二一圖

(三)環状コイル 半径  $r$  なる圓形の面積を有し  $R$  なる半径を有する環例令ば第一八六圖に示したるが如きものを「アンカーリング」Anchor Ring と云ふに  $S$  捲の

「コイル」を捲き「アムペア」を通じたりとせば「コイル」の半径  $r$  に比し環の半径  $R$  が大なるときは「コイル」の全面積を通じて磁界は均一と見ることが得可く

$$H = \frac{4\pi iS}{10 \times 2\pi R} = \frac{2iS}{10R}$$

$$N = H \cdot A = \frac{2iS}{10R} \times \pi r^2$$

( $A$  は「コイル」の面積)

$$(y \text{ ショク}) = N \cdot S = \frac{2\pi i r^2 S^2}{10R}$$

$$\therefore L = \frac{(y \text{ ショク})}{i \times 10^9} = \frac{2\pi r^2 S^2}{10^9 R}$$

「ハンダ」……………(120)

例題八、或る回路に電流五「アムペア」を通じ居たるに〇・一秒時内に零に減じたるとき回路に二四「ヴォルト」の電圧を発生せりと云ふ自己誘導係数を求む

$$\text{解} \quad E = L \frac{i}{t} \quad 25 = L \times \frac{5}{0.1}$$

$$L = 25 \times \frac{0.1}{5} = 0.5 \text{ 「ハンダ」}$$

例題九、捲数一〇〇なる「コイル」あり、測定の結果其の自己誘導係数は〇・二五「ミリヘンリー」なりしと云ふ、電流七「アンペア」を通ずるときに於ける磁束と「コイル」との「リンク」何程なるか、又各磁力線は皆な各捲と切合うものと假定し何

本の磁力線を発生し居るか

$$\text{解} \quad \phi = Li \times 10^9 = \frac{0.25}{1000} \times 7 \times 10^9 = 175,000$$

$$\text{又 } \phi = NS \quad \therefore 175,000 = 100 \times N \quad N = \frac{175,000}{100} = 1750 \text{ 本}$$

例題一〇、S. W. G. 八番銅線二哩の自己誘導係数何程なるか、但し往復兩線間の距離は一呎とす。

解、公式(117)により一哩に於て

$$L = 1.482 \log \left( \frac{d}{a} - 1 \right) = 1.482 \log \left( \frac{2 \times 12}{0.16} - 1 \right) \quad \text{「ミリアンダ」}$$

$$\text{故に全部にて } L = 2 \times 1.482 \log \left( \frac{24}{0.16} - 1 \right) = 2 \times 1.482 \times \log(150 - 1)$$

$$= 2 \times 1.482 \times 2.1732 = 6.442 \quad \text{「ミリアンダ」}$$

例題一一、前例に於て二〇〇「アムペア」の電流を通じ居りて之れを急に切斷し百分の一秒時に零ならしむるときは何「ヴォルト」を誘起するか。

$$\text{解} \quad E = L \times \frac{i}{t} = \frac{6.442}{1000} \times \frac{200}{0.01} = 128.84 \quad \text{「ヴォルト」}$$

例題一二、太さ五十萬「サーキュラーミル」にて絶縁物の厚さ十分の一吋なる



同心「ケーブル」五哩の自己誘導係数を求む  
解、内心の半径は

$$a = \frac{\text{直徑}}{2} = \frac{\sqrt{500,000}}{2} = 353.5 \text{ 呎}$$

又外心の内径は  $b = a + \frac{1}{10}$  吋  $= 353.5 + 100 = 453.5 \text{ 呎}$

故に L は公式 (119) により

$$L = 5 \times 0.741 \times \log \frac{453.5}{353.5} = 5 \times 0.741 \times [\log 453.5 - \log 353.5]$$
$$= 5 \times 0.741 \times 0.1028 = .4009 \text{ 「マイクログラム」}$$

例題一三、某交流發電機の勵磁捲線は一六個の磁極に直列に捲かれ有りて各極の捲数八〇其の電流は規定電壓の時一〇〇「アムペア」なり今此の電流を急に切りて五〇分の一秒に零ならしむるときは自己誘電壓何程を發生するか、但し各極より射出する磁束は三百萬本なり。  
解、各極の「リンク」φを求むれば

$$\phi = NS = 3 \times 10^6 \times 80 = 240 \times 10^6$$
$$\therefore L = \frac{\phi}{10^9 \times i} = \frac{240 \times 10^6}{10^9 \times 100} = \frac{2.4}{100} \text{ 「ヘンリー」 (各極につき)}$$

故に誘起電壓 E は全十六極につきて

$$E = 16 \times L \frac{di}{dt} = 16 \times \frac{2.4}{100} \times \frac{100}{.02} = 1920 \text{ 「ヴォルト」}$$

### 二八、「インダクタンス」の影響

凡て開閉器を開閉して電流を流通又は遮断するに當り、電流は決して零より直ちに i、又は i より直ちに零に變ずる能はず、必ず多少の時間を費して漸次に變化するものなり、而して其の變化の狀況換言すれば時間の進むに連れ電流は如何に變化するかと云ふに其の變化には回路の自己誘導作用による電壓作用し來るを以て頗る複雑せる關係をなすを常とす、然れども仔細に研究すれば下の如くなるものなり、(一)或る瞬間に於て電流 i が Δt 秒内に Δi だけ増加せりとすれば、其の回路には電路の電壓 E の外に逆起電力 e を作用し

$$e = L \frac{di}{dt} \text{ 「ヴォルト」} \dots\dots\dots \text{(甲)}$$

$$i = \frac{E - e}{R} \dots\dots\dots \text{(乙)}$$

なり、(二)之れが爲めに回路の電流は「オーム」氏法則によりりて

$$E = e + iR = L \frac{di}{dt} + Ri \dots\dots\dots \text{(丙)}$$

電流の變化は常に(甲)及び(乙)に従ふを以て此の(丙)の如き關係にあるなり、今(丙)を  

$$i = \frac{E-L}{R} \times \frac{di}{dt}$$
 の形となし、尙ほ高等數學の助を藉りて變形するとき、は電路を閉ぢてより、 $t$  秒時  
 の後の電流の一般式を得、即ち

$$i = \frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{t}{T}}) \quad \text{但し } T = \frac{L}{R}$$

$$= \frac{E}{R} \left(1 - \frac{1}{e^{\frac{t}{T}}}\right)$$

$$= \frac{E}{R} - \frac{E}{R} \times \frac{1}{e^{\frac{t}{T}}} \quad \dots\dots\dots (121)$$

之をヘルムホルツ氏方程式 Helmholtz's Equation と稱し、 $e$  は 2.71828 なる數とす、此式  
 より考ふるに自己誘導  $L$  が零ならざる限りは、電流は「オーム」氏法則の示すが如き  
 $\frac{E}{R}$  なる値の外反對の方向に

$$\frac{E}{R} \times \frac{1}{e^{\frac{t}{T}}}$$

の電流を通ずすが如く認めらるゝなり、然れども後者は  $t$  が大となるに従ひて漸  
 次小となるを以て暫時の後には電流は殆んど  $\frac{E}{R}$  と等しくなるものなり、前式の

$T$  は其の回路の  $L$  と  $R$  との比  $\frac{L}{R}$  にして之れを回路の時定數 Time Constant と稱し  
 一の回路に就ては一定の値なり、

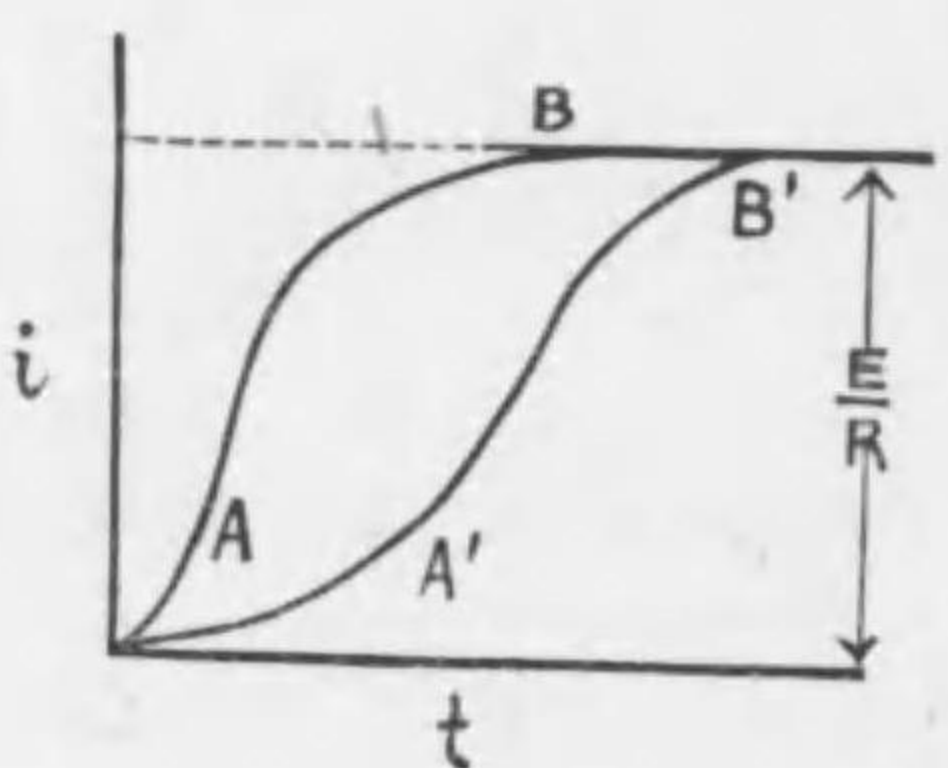


圖 三 一 二 第

斯く電流は或る時間を費して後初めて  $\frac{E}{R}$  なる値に  
 達するものなれども其の経過の状況も第二一三圖  
 の  $AB$  の如く早く増加すること、と  $A'B'$  の如く遅く増加す  
 るとあり、之れ勿論時定數の大小に由て異なるものにし  
 て今  $t$  が  $T$  と等しき時刻に於ては上の (121) 式は

$$i = \frac{E}{R} \left(1 - \frac{1}{e}\right) = \frac{E}{R} \times 0.634 \quad \text{「アムペア」}$$

となる故に  $T$  は又電流が「オーム」氏法則による電流の  
 0.634 倍に達するに要する時間なりと稱することを得、今

若し抵抗五「オーム」にして「インダクタンス」三「ミリヘンリー」なる回路ありとすれば  
 其の  $T$  は

$$T = \frac{L}{R} = \frac{3}{1000} \times \frac{1}{5} = 0.0006$$

なるを以て開閉器を閉ぢてより一萬分の六秒にして電流は最後の値の六割三分  
 に達す、若し  $R$  に比し  $L$  が大にして例令ば一「ヘンリー」なりとすれば

$$T = \frac{L}{R} = \frac{1}{5} = 0.2$$

なるを以て回路を閉じて後〇.二秒を費して初めて電流は六割三分に達するに過ぎず之等の理由により電氣諸器具を急速に働かせしめんが爲めにはTは成る可く小とするを要す即ちインダクタンスに比し抵抗の大ならしむるを要す。

例題一四 抵抗二オームインダクタンス三ミリヘンリーなる回路に於て電流がオーム法則の電流*i*より千分の一だけ小なる値に達するは回路を閉じて後何秒なるか

解

$$T = \frac{L}{R} = \frac{3}{1000} \times \frac{1}{2} = 0.0015$$

$$i = i_0 \left( 1 - \frac{1}{e^{\frac{t}{T}}} \right) \quad \frac{i}{i_0} = \frac{999}{1000} = 1 - \frac{1}{e^{\frac{t}{T}}}$$

$$\therefore 1 - \frac{999}{1000} = \frac{1}{e^{\frac{t}{T}}} = \frac{1}{1000} \quad \therefore e^{\frac{t}{T}} = 1000$$

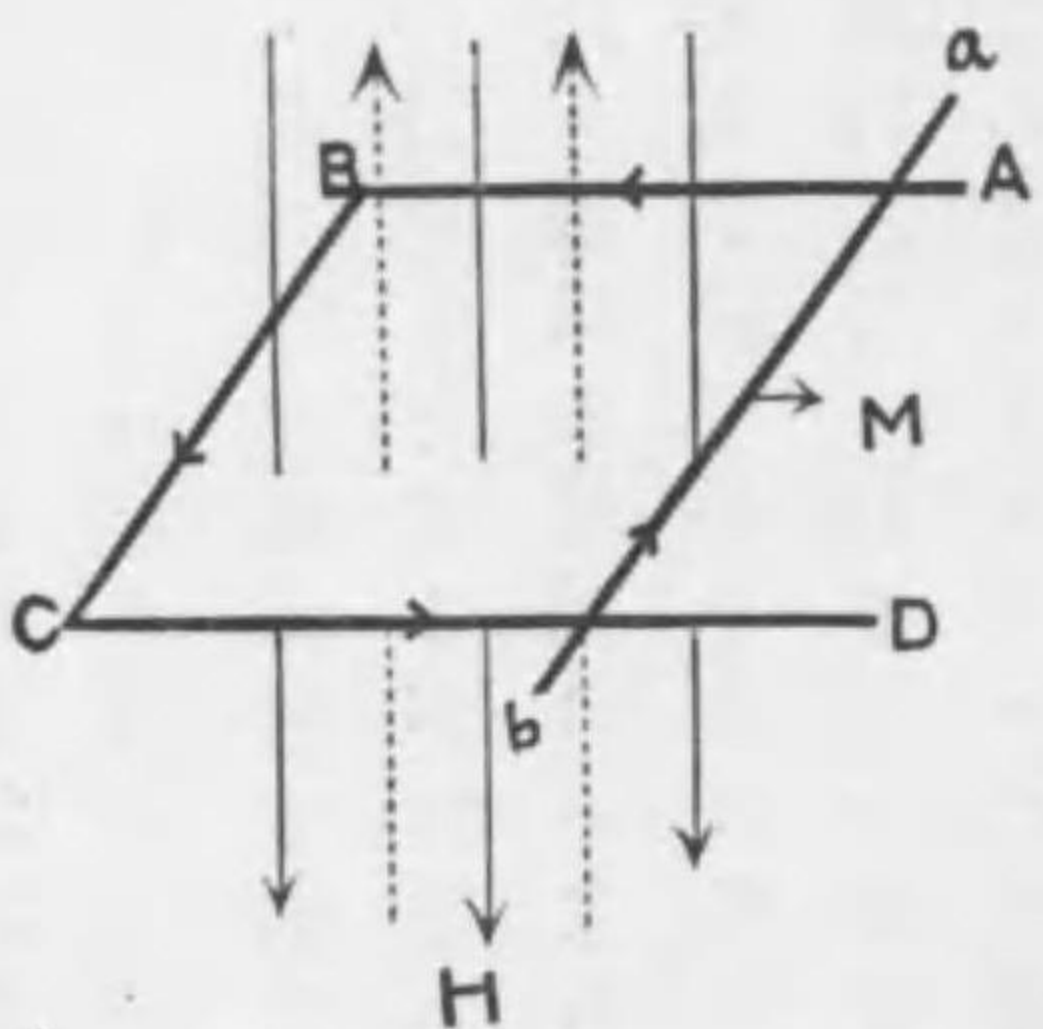
$$\frac{t}{T} \log e = \log 1000 \quad \frac{t}{T} = \frac{\log 1000}{\log e}$$

$$\therefore t = T \times \frac{\log 1000}{\log e} = 0.0015 \times \frac{3}{.4343} = 0.01306 \text{ 秒}$$

即ち約百分の一秒にしてERと違ふ事千分の一に過ぎず

### 二九「レンツ」の法則 Lenz's Law

第二一四圖の如くA B C Dの電線を



第二一四圖

曲げ其の一端にabの如き他の小電線に乗せ、下向せる磁界Hに持来りたりとせよ、abをMの方向即ち右方にて動かすときは第二〇〇圖に示したる右手三指の規則に依りab線内にはよりaに向う電圧を發生す、故に矢の如くA B C Dの方向に電流を通ず、此の電流の作る磁界は圖の點線の如く下より上に向ひHとは反對なり若しabをMとは逆に左方に動かしたりとせば誘起する電

流従つて其れが作る磁界も逆となりて上より下に向ひHと同方向なるべし、此の現象は一般に下の如く規定することを得、

一 A B C Dなる「コイル」内に含まるゝ磁束が増加する様にabが運動するときには(即ち右方に)誘起電流の作る磁界は元の磁界を弱めんとするが如くなり

二 若しbaがA B C D内を通ずる磁束の減ずる様に即ち左方に運動するときには

誘起電流の作る磁界は元の磁界を強めんとするが如くなり  
此の二法則は合して下の一般規則となすことを得、

電線の運動によりて生ずる電圧の方向は運動の爲めに生ずる「コイル」の磁力  
線の増減を妨げて元の數に保たんとするが如き方向にあり、

即ち増す様に動かせば減せしめんとする如き電流を誘起し、減ずる様に動か  
せば増さんとする如き電流を誘起す是れ相互誘導、自己誘導作用等總てに通有なる  
特性にして「レンツ」氏は下の如く述べたり、

凡て誘起電流の方向はこの誘起電流を作るために成したる運動(及變化)に反  
對せんとするが如き方向に在り、

即ち磁束の増減のみならず運動及び變化に對しても此の規則適用せらる、例令  
ば前圖に於てabを右に動かしたるためりよりaに向ふ電流通ずるときはab線は  
磁界内に於てある力を受く、其の力の方向は此規則に従ひ運動とは逆に左方に向  
ふものなり、又「コイル」は其儘靜止して磁界の強さHを増加せしめたりとすれば、誘  
起電流を發生す其の方向はHを減少せんとするが如く、即ち圖の矢の如く  
なり、又Hを減少すれば逆にA D C Bの方向に流るゝ電流を生じ以てHの減小を

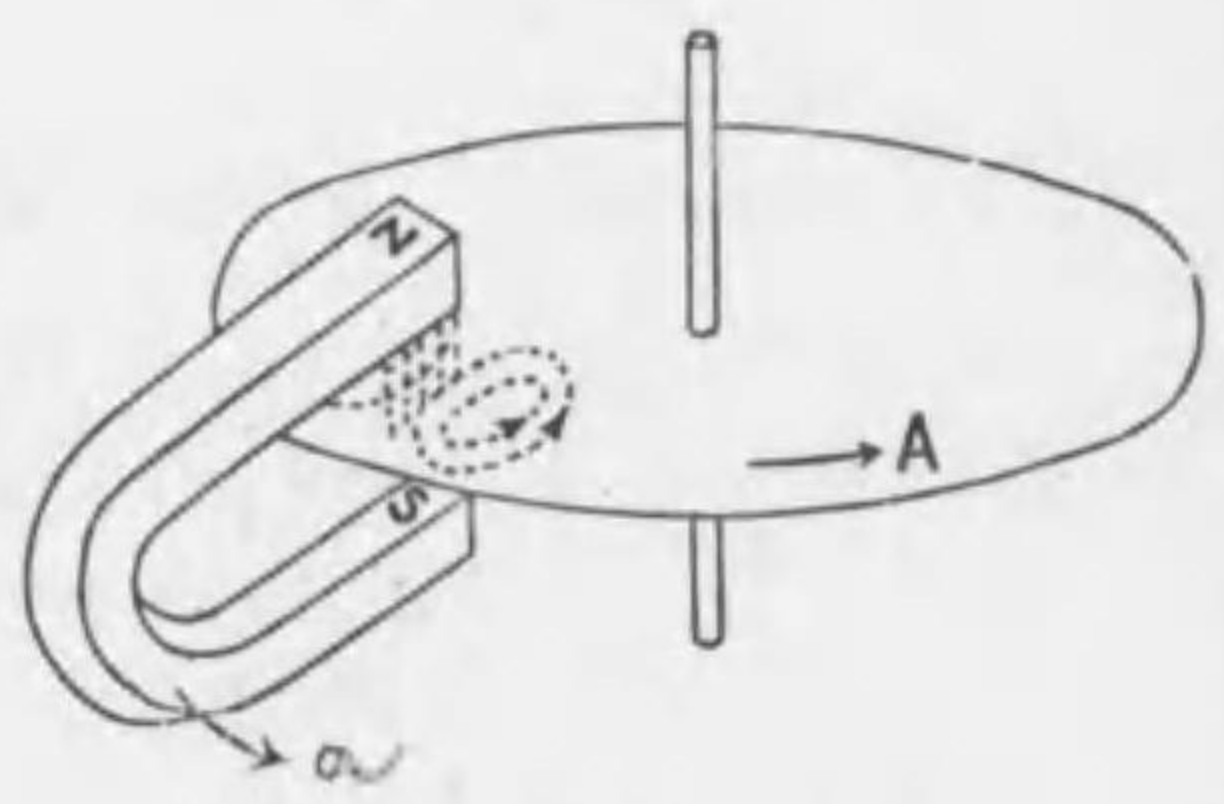
妨げんと勉むるが如くなり、

### 三〇、渦電流 Eddy Current

第二一五圖の如くAの方向に廻轉しつゝあ

る金屬板を挿みて一の磁石を持來るときは板には電流を誘起すべし、而も電流の

通路は針金の如き細長なる者にあらざるが故に圖の如く渦形に通ず而して「レン  
ツ」氏法則により此の渦電流と磁力線即ち磁石との

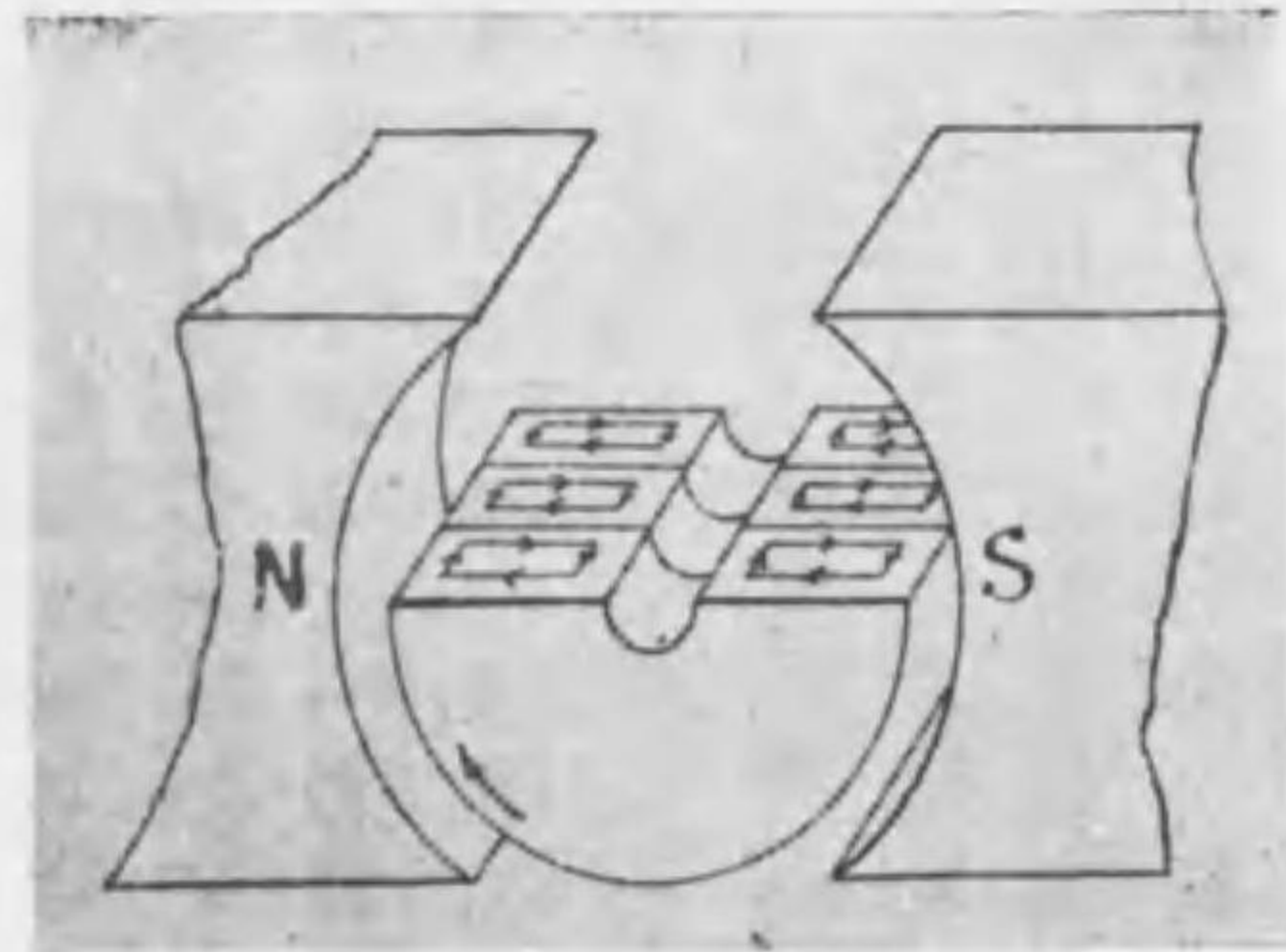


圖五一二第 渦電流

間にはAの運動を止めんとするが如き力を生ず故に  
Aの速度は大に弱めらるゝか又は同一速度を保つた  
ためには磁石なき時に比しAの運動に非常に大なる力  
を要す、かく廻轉せる金屬の附近に磁石を持來り磁力  
線を切らしめ以て速度を減少せしむる作用を磁氣制  
動 Magnetic Damping と云ひ渦形に通ずる電流を渦電流  
又は「フーコーレント」 Foucault Current と稱す、積算

電力計等に於て廻轉數を減少する目的に使用せる制  
用動装置も此の現象を應せるものに外ならざるなり、渦電流の發生と共にAの運  
動に對して抵抗力を感じ速度を減少するは之れ廻轉の「エネルギー」の一部が渦電

流のCRなる熱エネルギーに變形するが故なり故に外部より仕事を與へてAの廻轉を連續せしむるときはAは直ちに赤熱するに至るべし、一般の電氣機械類中磁界にて運動すべき部分又は磁界が運動する附近にあるもの例令ば「アーメチュア」の鐵心、變壓器鐵心又は誘導線輪の鐵心の如きは此の作用の爲めに發熱するの憂あるものにして之を絶體に避くることは不可能なるも其の電流を減せんが爲めに鐵心はシートアイロン Sheet Iron と稱し「ブリキ」



圖六一二第

板の如き薄き鐵板を重ね合せたるものを使用すること多し、勿論各板間は其表面の錆紙又は漆の如きものにて絶縁せられ居り且つ此等の切り目は電流の通路に直角に横はるものとす(第二一六圖)シートアイロンの厚さは一五「ミル」乃至二〇「ミル」なり。

前圖に於て磁石が固定せられAのみが動き得るときには渦電流と磁界との間に作用する力はAの運動を止めんとするが如く即ちAの廻轉と

は反對の方向に働らくべきも若し磁石も廻轉し得る如く装置しあるときには此力の反働として磁石はAに曳かれaの方向に廻轉すべし、一の棒狀磁石を中心にて支へて吊下し其の下部に於て金屬板を廻轉せしむるときは廻轉に對し反抗力を生ずると同時に磁石も同方向に廻轉すべし、此の作用は磁力線と金屬と相互間の運動による誘起電流に起因するものなれば、磁石を動かすも、金屬板を動かすも同様にして、一方を動かせば他方が附從して廻轉を初むるものなり。

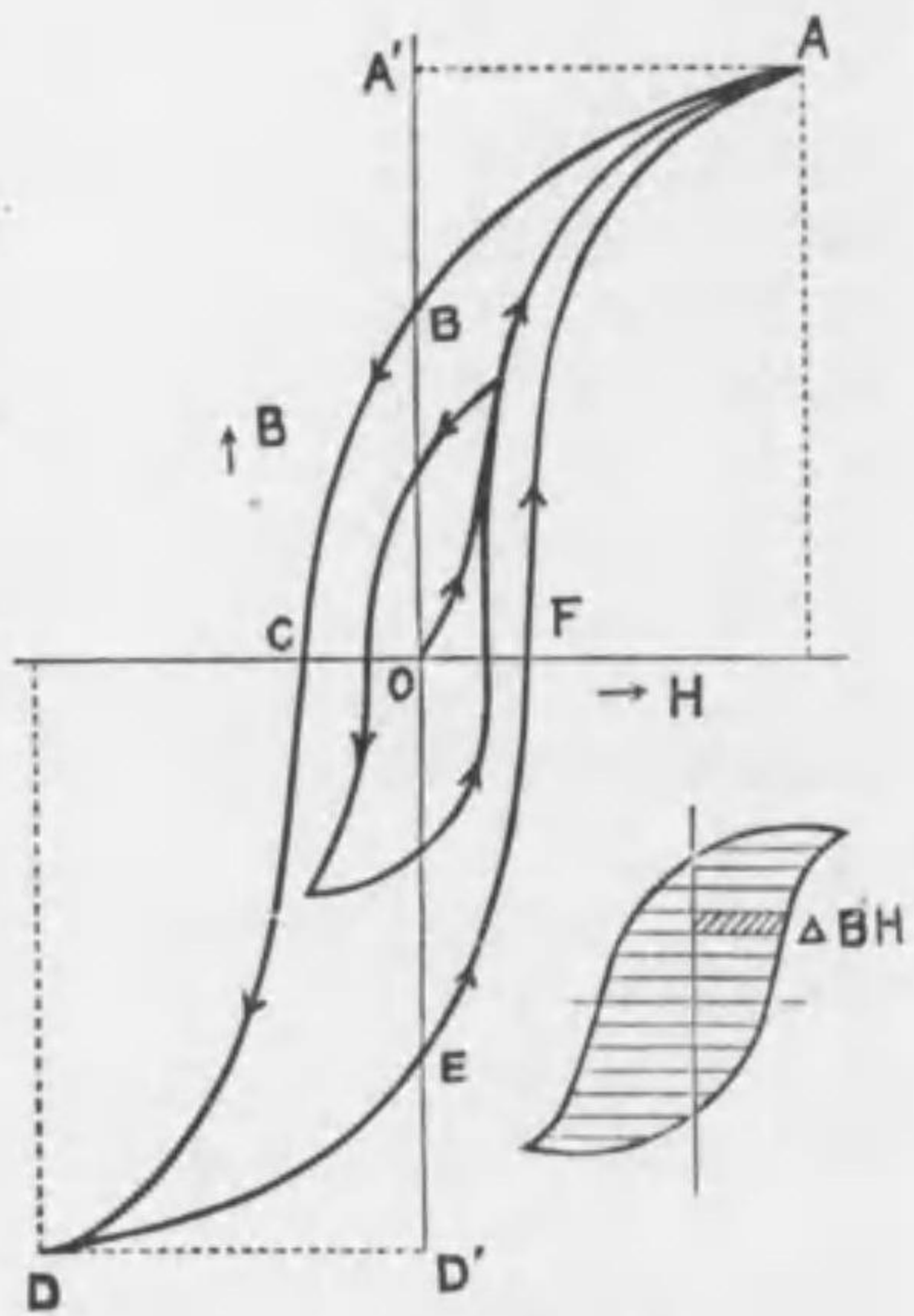
渦電流による「エネルギー」の損失は下の如し、今前の第二一五圖に於ける如く磁界に於て廻轉する鐵板一枚の厚さを「ミル」之れが受くる磁束密度(每平方吋につき)Bなるときは、同一部分が一秒時にN及びS極の附近を廻轉する回數之を周波度數と云ふをfとせば鐵の重量一封度より發生する熱は毎秒

$$W = 0.0064 \left( l \times \frac{f}{10} \times \frac{B}{10,000} \right)^2 \quad \text{「ワット」} \dots\dots\dots (122)$$

なり即ち熱は鐵板の厚さの二乗、周波度數の二乗、磁束密度の二乗等に比例す。

三三、ヒステリシス Hysteresis 今一の鐵片を磁界内に置き磁化力Hを漸次増加するとき、磁束密度Bの變化は既に説明せる如くOAの如き飽和曲線を作すべし(第二一七圖)然るに是れよりHを漸次減少するときはBの變化は元

の線を経ることなくしてAB線をなすべし、即ちHを減少する際には増加する際よりも多量のBを存す、之れ一度び或るBに上げられたる鐵はHの減じたる後も尙ほ多少の残留磁氣 *Residual Magnetism* を保有するが故にしてHを零に戻したる時に残留せるB即ちOBを該鐵片がOA'なる磁束密度まで上げられたる時に有する抗磁率 *Reluctivity* と云ふ、抗磁率の大きさは鐵の種類と受けたるBの最大値OA'の如何に由て異なる、次に尙ほHを反對の方向に増加する時にはBは漸次減少して遂に磁化力がOCなる時に零となる、即ちOCはOBなる残留磁束を打消すために逆に向ふべき磁化力なるを以て之れを該鐵片がOA'なる密度に上げられたる時に有する抗磁力 *Coersive Force* と云ふ、勿論OA'の大きさに由て異なる、HをOCよりも尙ほ減少(反對の方向に増加)するときはBは初めて前とは逆の方向に發生しCDの如き線をなすべし、今OD'がOA'に等しき様なるDにてHの方向を再び變ずるときは(即ちHを減少せしむるときは)曲線はDEの方向をとり、Hが再び零なるときはBはOEにして前のOBと等じかるべし、Hを尙ほ増加するときは曲線はEFよりFAに歸る、即ち一の面積AB C D E Fを得可し、之の面積の大小は即ち鐵の性質に關するものにして、軟鐵の如く抗磁性の僅小なるものにおいて、前圖のOE OB 又はOC OF等に



第二一七圖

相等する長さは頗る小にして從て其の面積も小なれども、鋼鐵の如く抗磁性の大なるものに於てはOC OB等大なるを以て其の面積も從て大なり。

右の如くHを増減せしむるにつれBの變化の曲線が一の面積を包有するは一に鐵が抗磁性を有しHが零となるもBは直ちに零

とならず、換言すればBの變化はHの變化に伴はずして幾分か遅れ *ラグ* を爲すが故にして之を鐵のヒステリシスと稱す。

上のヒステリシス曲線の面積に於て任意點の磁化力をHとし此部に於て現在のBを少しく増加してΔBだけ増加せしむるためには  $\frac{1}{4\pi} \Delta B$  なる磁極をHに抗して持來ることなるを以て鐵の一平方センチの面積の長さ一センチにつき

$$\frac{1}{4\pi} H \cdot \Delta B \quad \text{「エルク」}$$

の仕事を要す、何となればBは一平方センチ上にある磁束にして、Hは一センチの距離に一なる極を運ぶに要する仕事に等しければなり、故にH及びBが「ヒステリシス」曲線に沿ひて一周期の變化をなす間に要する仕事Wは

$$W = \int_0^1 H, dB \text{ 「エルグ」 } \dots \dots \dots \text{ (但しHとBとは常に前の曲線の如き關係にて變し)}$$

然るに「ヒステリシス」曲線の面積をAとすれば  $A = \int H, dB$  なるを以て

$$W = \frac{1}{4\pi} \sum H, dB = \frac{1}{4\pi} A \text{ 「エルグ」 } \dots \dots \dots \text{ (123)}$$

即ち右の面積を4π分せるものはHの一周期間に鐵の一立方センチ「容積」に與へたる仕事を示すものにして此の仕事は鐵分子間の熱となりて其の温度を高むるものとす、斯く「ヒステリシス」曲線の面積の大小はBの變化ある際に鐵が吸入する「エネルギー」の多小を示すものにして従て面積の小なる鐵程熱損失小にして良質のものと稱することを得可し。

斯の如く鐵の磁石的性質の良否を知らんが爲めには其の「ヒステリシス」曲線の面積を測定するの要あり、ホプキンソン氏の説によれば右曲線の面積Aは略ぼCF及びBEを兩邊とせる矩形の面積に等しと。

以上の説明に見る如く「ヒステリシス」曲線の面積は勿論Hの最高値A及びCの位

置即ちBが受けたる最高磁束密度OA'又はOD'の大きに由て異なるものなり米の「スタインメツツ」氏は精細なる實驗の末、任意の鐵がBなる最大密度迄上げられつゝ、磁化力Hの一周期をなす毎に其の一立方センチ「中」に消費せらるゝ熱の式を下の如く算出せり。

$$W = \gamma B^{1.6} \text{ 「エルグ」 } \dots \dots \dots \text{ (124)}$$

但しBは平方センチ「單位」にて示すべく、γは鐵の質によりて異なる係數にして概ね次の如し。

最軟瑞典木炭鐵(ソーシアオン)	γ=0.0015
良質の軟鍊鐵(ソーシアオン)	0.0025
ブリキ板	0.0029
消耗せる軟質鑄鋼 (mild cast steel)	0.0032-0.0085
普通の軟質鑄鐵	0.00315
灰色鑄鐵	0.0150
器械用消耗鋼鐵	0.0190
器械用最硬鋼鐵	0.0750

發電機又は變壓器等に使用する目的にて作らるゝ良質の鐵は  $\eta = 0.0012$  位のもの  
 有りと雖市場にて得らるべき普通の良品にては  $0.0013$  内外なり又其れ以下の普  
 通品にありては平均  $0.003$  位にして之れより  $\eta$  の大なる鐵を使用するは熱損失の  
 み多くして不利なり。

前式を使用に便なる様時單位に換算し容積の代りに鐵の重量を置くときは次の  
 如し

$$\text{損失の「ワット」} P = 1.317 \times f \times B^{1.6} \times 10^{-6} \times (\text{鐵の重量} / \text{ワット}) \dots (125)$$

即ち「ヒステリシス」損失は周波數及び  $B$  に正比例し  $B$  の一六乗に比例す

渦電流及び「ヒステリシス」損失は一々計算するの煩を避け曲線より求むるを得  
 べし次頁の第二一八圖は此の目的にて掲げたるものにして「ヒステリシス」は  $\eta$   
 が  $0.001$ — $0.003$  なる鐵の一封度中に失はるゝ熱損失を「ワット」にて示せるものなり、  
 而して周波數は  $50$  と假定せり故に一般に  $\eta$  なる係數  $\eta$  なる周波數を有せる  
 鐵心の  $W$  封度中に失はるゝ「ヒステリシス」電力求をめんと思ふときは此の曲線  
 より得たる値に  $\frac{\eta}{0.0013} \times \frac{f}{50} \times W$  を乗ずれば可なり又渦電流は一四「ミル」及び二〇  
 「ミル」なる厚さの鐵心につき周波數を  $50$  として示しあるが故に一般に「ミル」の

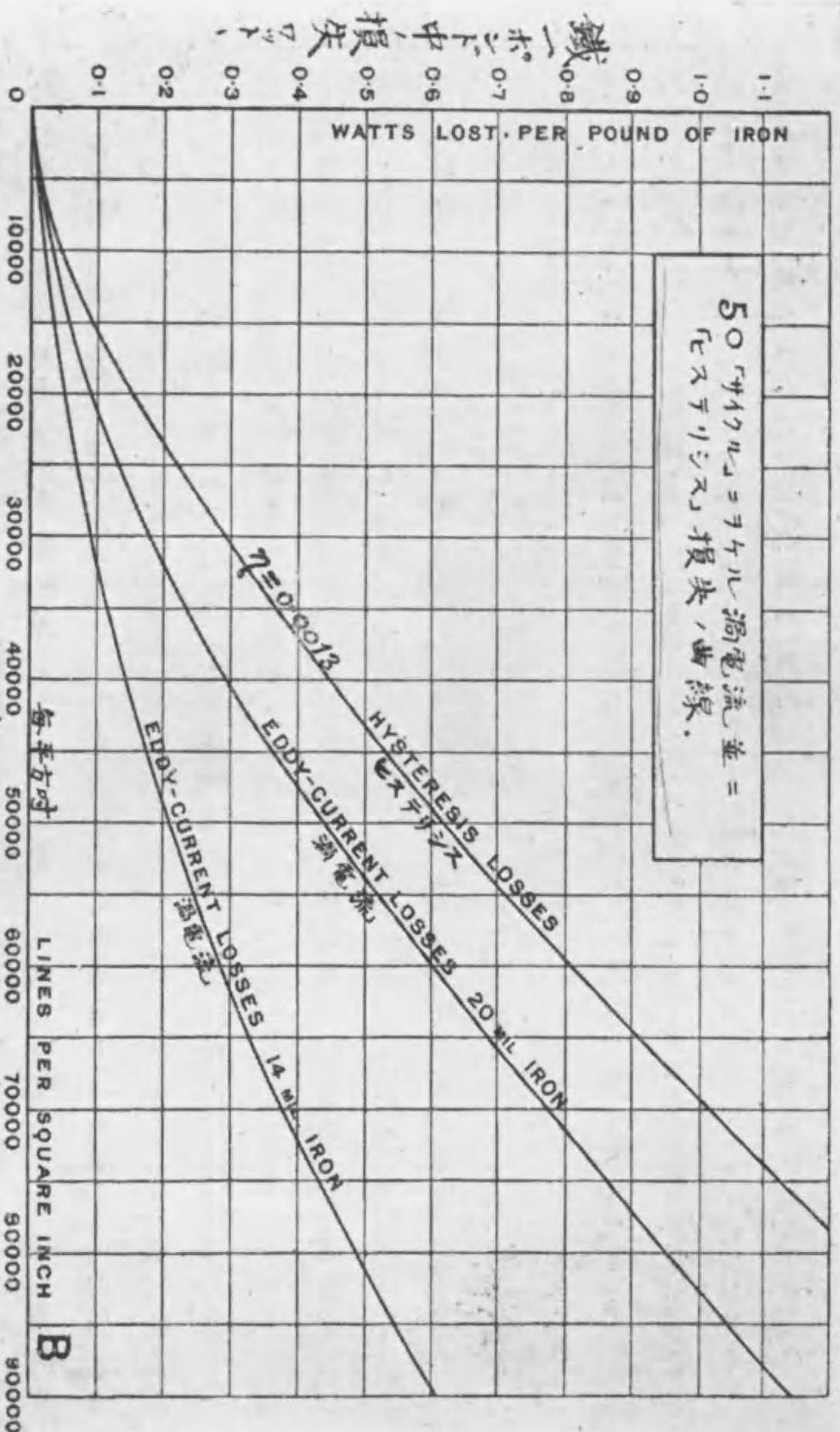


圖 八 一 二 第

磁 東 密 度



厚さ $f$ なる周波数の鐵に於ては曲線より得たる値に  $\left(\frac{1}{14} \times \frac{1}{50}\right)^2 \times \pi$  を乗じて換算すべし

例題一五、外半徑一八吋内半徑一四吋(即ち中空)にして長さ一八吋なる發電機「アーメチュア」あり六極なる磁極の下に毎分六百廻轉をなし且つ磁束密度毎平方吋につき六〇〇〇〇本を通ずるときは毎秒鐵中に失はるゝヒステリシス損失を計算せよ、但し鐵の $\gamma$ は〇、〇〇一五とす。

解、先づ毎秒鐵の受くる周波度數を求むれば六極の磁極の下に廻轉するにより一廻轉毎にN及びSの下を通ずること三回なり故に毎秒時の「サイクル」數は

$$f = np = \frac{600}{60} \times 3 = 30$$

次に鐵心の重量は鐵一立方呎の重量を四

八九封度ととるときは

$$W = \pi(r_1^2 - r_2^2) \times 489 = \pi \left( \left\{ \frac{18}{12} \right\}^2 - \left\{ \frac{14}{12} \right\}^2 \right) \times \frac{18}{12} \times 489 = 1537 \text{ 「ポンド」}$$

「ヒステリシス」曲線より見るにBが六萬 $\gamma$ が五十なるときの損失は  $\rho$  なるにより $f$ を三〇、 $\rho$ を〇、〇〇一五に換算し「ヒステリシス」は $f$ と $\rho$ とに正比す)

$$P = 81 \times \frac{30}{50} \times \frac{0.0015}{50} \times 1537 = 862 \text{ 「ワット」}$$

例題一六、先例に於て鐵心は厚さ一六「ミル」の鐵を重ねたるものなるとときは渦電流損失何程なるか

解、 $f$ が五〇、 $\rho$ が一四「ミル」なるときの損失は曲線より  $\rho$  をなすを以て $f$ を三〇、 $\rho$ を一六に換算し(渦電流は $f$ と $\rho$ との二乗に比例し)

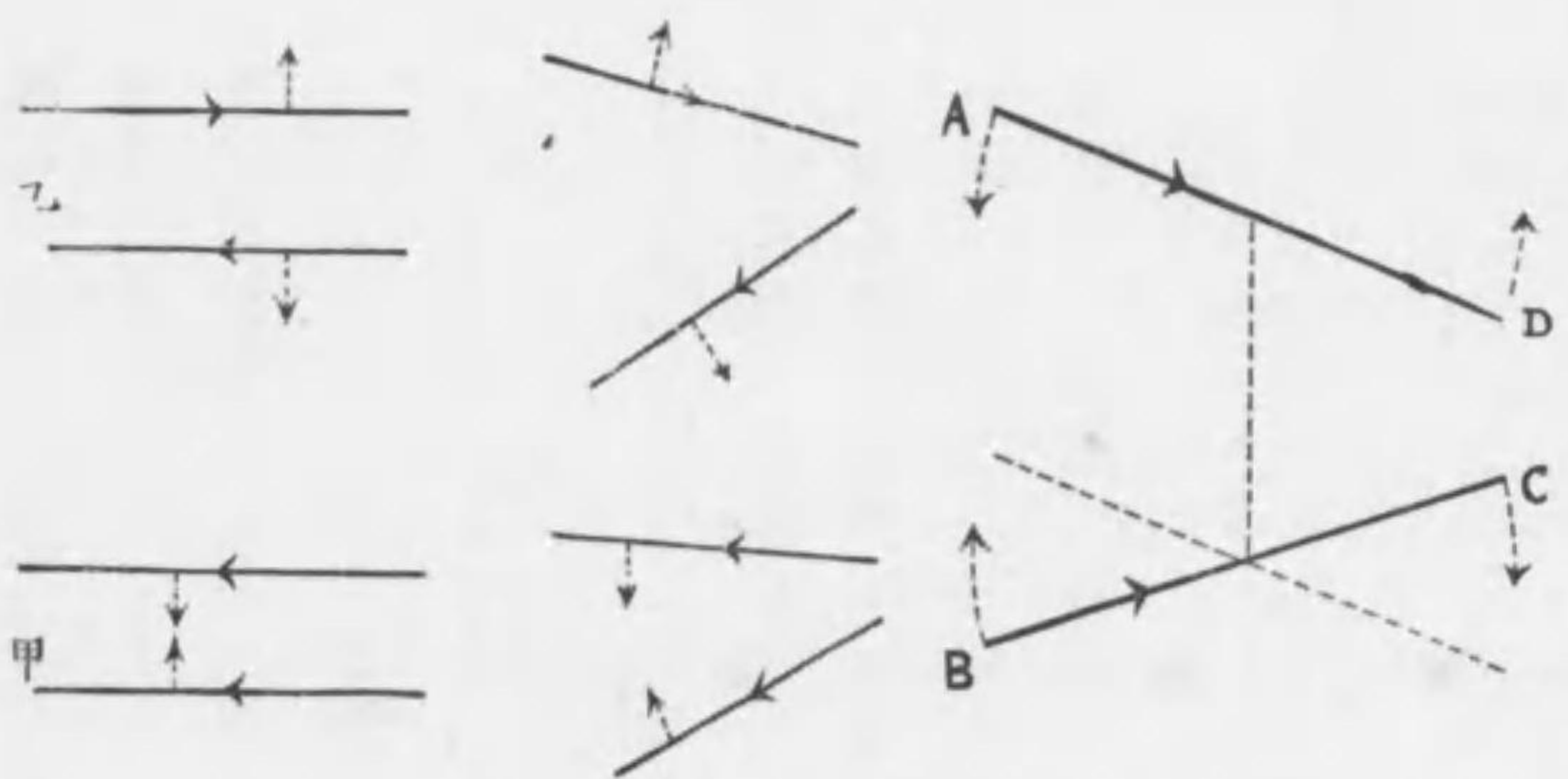
$$P = 28 \times \left( \frac{30}{50} \times \frac{16}{14} \right)^2 \times 1537 = 2024 \text{ 「ワット」}$$

### 三三、電氣動力作用

Electro-dynamic Action

「アンペール」氏は電流の通ずる電

線相互間に引力又は斥力あることを發見し之を電氣動力現象と命名せり、然れども其の根本原理に至りては電氣磁石作用と全く同一なり、氏は一の「ソレノイド」に電流を通ずるときは各捲は相引きて其の全長が幾分か縮小することを發見せり、又其他諸種の實驗に於て下の事實を確かめたり、第二一九圖甲の如く兩電流並行して同方向に通ずるときは兩電線は相引き、乙の如く並行なれども電流の方向反せるときは相斥く、又全く並行せざる時と雖電流同方向なれば相引き、反對なれば相斥く、且つ何れに於ても互に並行とならんとするが如く作用す(即ち多少の廻轉力を生ずるなり)又AD及びBCの如き兩電流が相接することなく交又する場



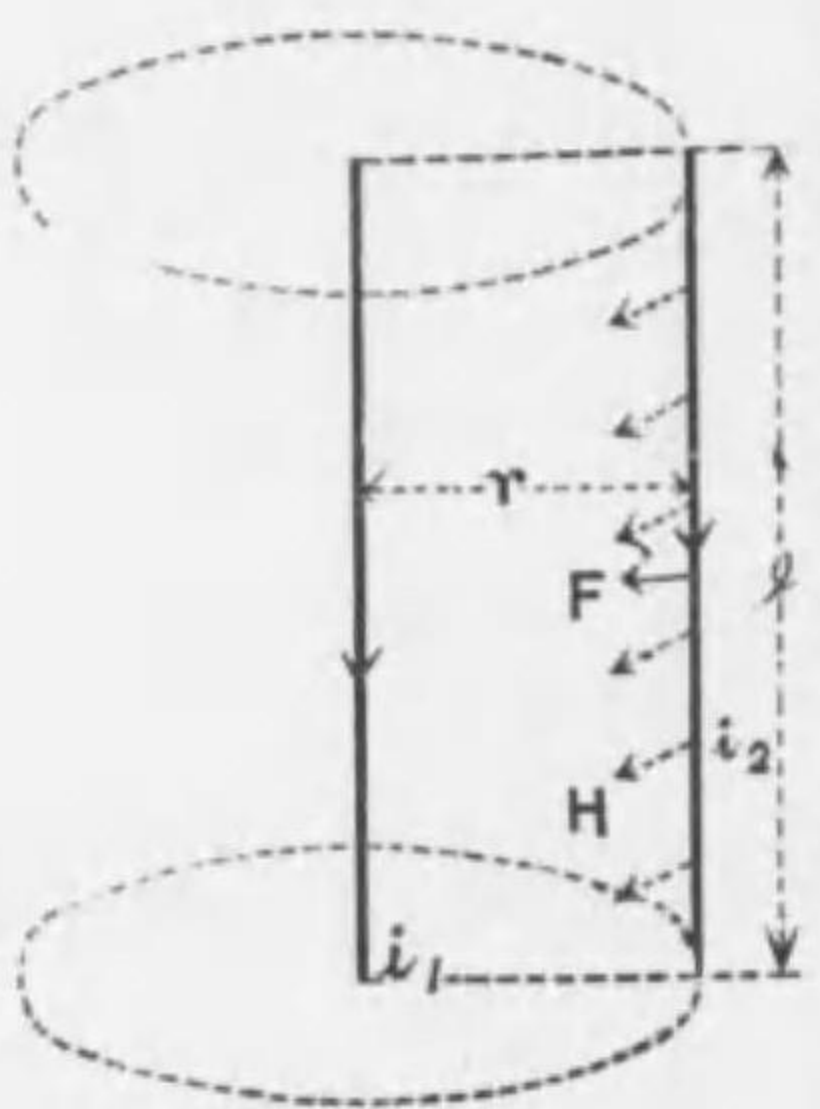
第九一第二圖

合には圖の如く電流の互に同方向をなす部分間には引力、相反する部分間には斥力を作用す、要するに兩電流は並行となりて相引かんとするの作用を呈す。

此の兩電流を甲及び乙と命名すれば右の電氣動力的現象は甲の磁界に置かれたる乙の電磁的作用として解するも、乙の磁界に置かれたる甲の電磁的作用として解するも全く同様なり、兩電流が並行せざるに之を平行せしめんとするが如き廻轉力の生ずるは電流の各部が不均一なる磁界に坐するを以て平行にして同一なる力を受けざるに因るなり。

極く簡單なる一の場合を説明すれば第二二二〇圖の如く、 $i_1$  及び  $i_2$  なる兩電流ありて其の距離が各の長さ  $l$  に比して小なるときには  $i_1$  の各部分

の作る磁界は公式九六によりて



第九二第二圖

にして其の方向は  $r$  及び  $i_2$  の各に直角にして圖の矢の如し、故に  $i_1$  の各部分が此の磁界より受くる力は公式 (92) により

$$H = \frac{2i_2}{10r}$$

$$F = HIL = \frac{2i_1}{10r} \times \frac{i_2}{10} \times l \quad \text{「ガウズ」}$$

$$= \frac{2l}{100r} i_1 i_2 \text{ 「ガウズ」} \dots\dots\dots (126)$$

なり即ち兩電流の積と各電線の長さの比に比例し距離  $r$  に逆比例す、而して力の方向は  $i_1$  及び  $i_2$  の兩者に直角にして即ち  $r$  の方向に合し内に向かふ。

第一六八圖及び第一七一圖に示したる電氣動力的電流計並に電力計の可動「コイル」が廻轉するは全く本節の電氣動力作用に由るものに外ならず、是等引力の發生する原因は第一八四圖 A 又は B に就て磁力線が常に收縮短大ならんとする性質あるものとして考ふるときは自ら明らかなるべし、此の現象は又前編の第二二節に述べたる如く或る電流の作る磁界は常に他の磁界の方向と合せんとす

る性質ありと云へるに符合するものなり。

第一七一圖に示せる如き兩「コイル」の各の電流 $i_1$ 及び $i_2$ にして其の定數第三編の第五九節の(11)が $G_1$ 及び $G_2$ なるときは可動「コイル」の廻轉の「モーメント」 $M$ は

$$M = \frac{i_1}{10G_1} \times \frac{i_2}{10G_2} = \frac{1}{100} \times \frac{i_1 i_2}{G_1 G_2} \quad \text{「モウメント」} \dots (127)$$

なり故に第一六八圖の如く兩「コイル」に同一の電流を直列に通ぜしめ且つ可動「コイル」に適當の制禦装置を施すときは其の廻轉の角 $\theta$ は

$$\theta \propto M \propto \frac{i_1 i_2}{G_1 G_2} \quad \therefore i_2 \propto G_1 G_2 \theta \quad i_2 \propto \sqrt{G_1 G_2} \theta \dots (128)$$

にして電流は角 $\theta$ の平方根に比例す「シーメン」會社電氣動力計「ホキットニー」氏電流計等は全く此理によりて作らる、又可動「コイル」には使用電流を直列に、固定「コイル」には使用電壓を與ふる様並列に入るときには

$$\theta \propto M \propto \frac{K_1 E_1 K_2 i_1}{G_1 G_2} \propto E_1 \dots (129)$$

にして $\theta$ は回路の電力を示し得可し。

此種電流計の有利なる點は交番電流にも使用し得らるるにあり。

例題一七 第一六八圖の如き「シーメン」式電氣動力的電流計に於て電流五「ア

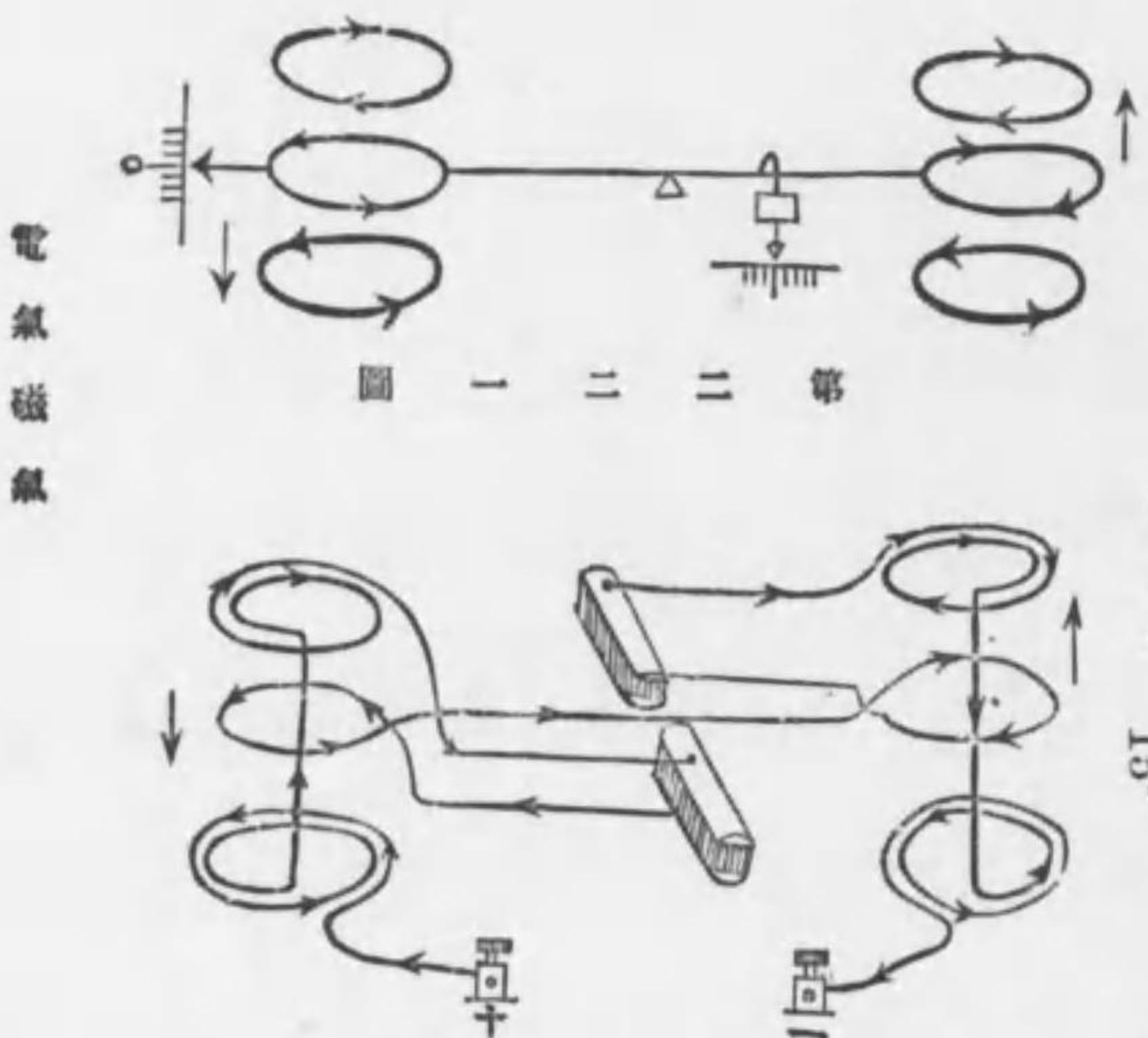
ムペア」を通ずるとき $\theta$ は一五度の偏倚なりと云ふ、或る電流を通じて $\theta$ が四五度をなすときは電流何程なるか

解  $i_2 \propto \sqrt{G_1 G_2} \theta \quad i_1^2 = k \theta_1 \quad \therefore K = \frac{i_1^2}{\theta_1} = \frac{5 \times 5}{15^\circ}$

$$i_2^2 = K \theta_2 = \frac{5 \times 5}{15^\circ} \times 45^\circ = 75 \quad \therefore i_2 = \sqrt{75} = 8.66 \text{ 「アムペア」}$$

III 「アムペア」衡「Amperé Balance」

「ロード、ケルビン」氏は「アムペア」衡と稱し電流相互間の引力作用によりて起る廻轉能率と平衡せしむるに或る重量を以てし秤錘の位置を變じて天秤と同様の二理により電流を測定すべき器械を作れり、第二二一圖は其の原理を示せるものにして中央にて支持せる杆の兩端に二個の「コイル」を附し各の上下に各一個づきの「コイル」ありて是等六個の「コイル」は



電氣磁氣

何れも直列に電流を通ず、而して其の方向が矢の如くなる時は第二二二圖(杆は一方に傾かんとする力を生ず、故に之れに重錘を懸け其の位置を變じて杆を水平に保持せしめ其の位置より廻轉力即ち電流を知るものとす、第二二三圖に示せるは、ゲルピン氏、アムペア衡の外形にして左右に通ずる紐を引きて重錘の位置を變ず、又左端に指示針ありて杆の水平位置を示す此器は細き電線を以て捲けるものは電壓計として使用し得べき事勿論なり

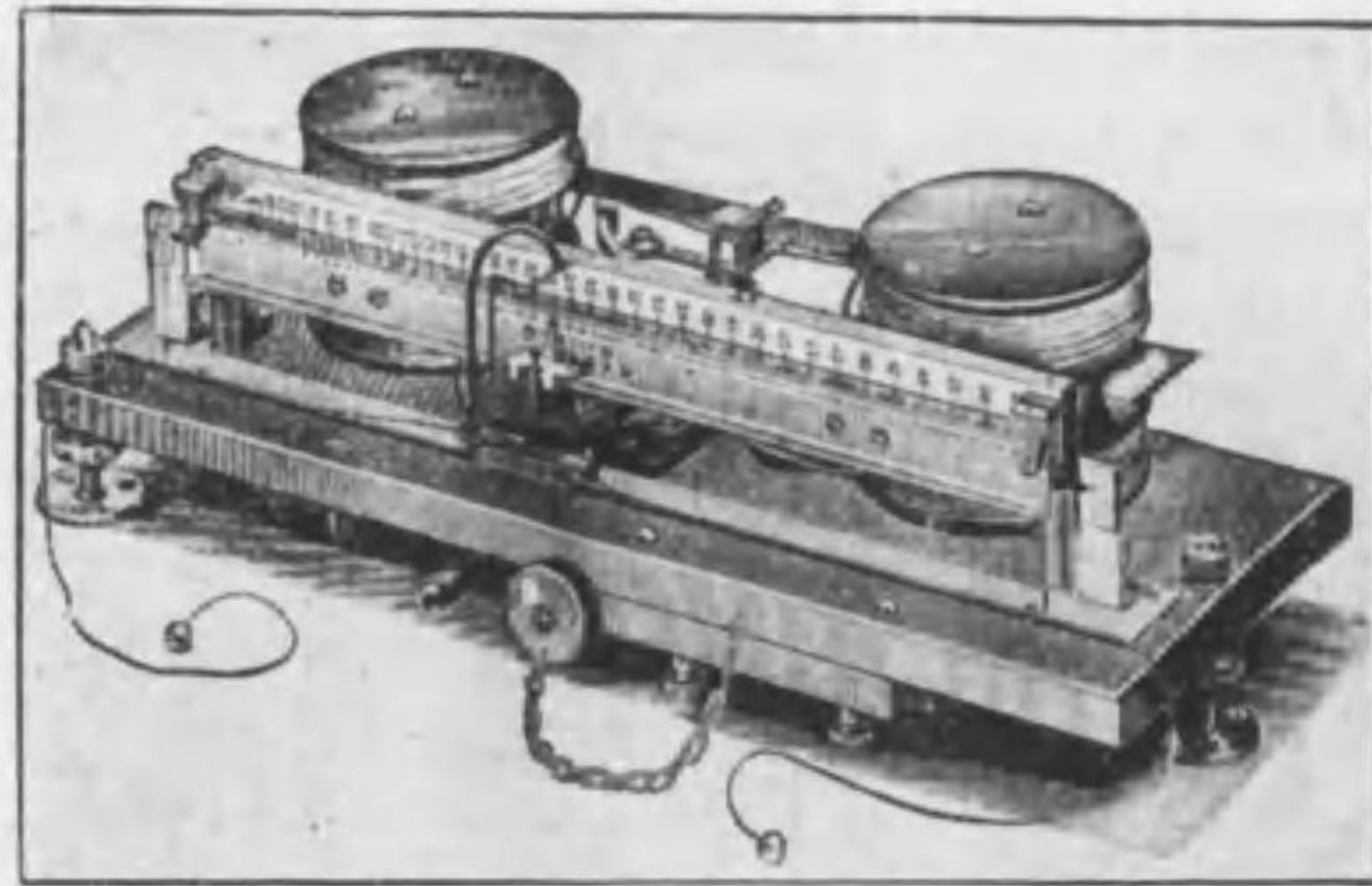
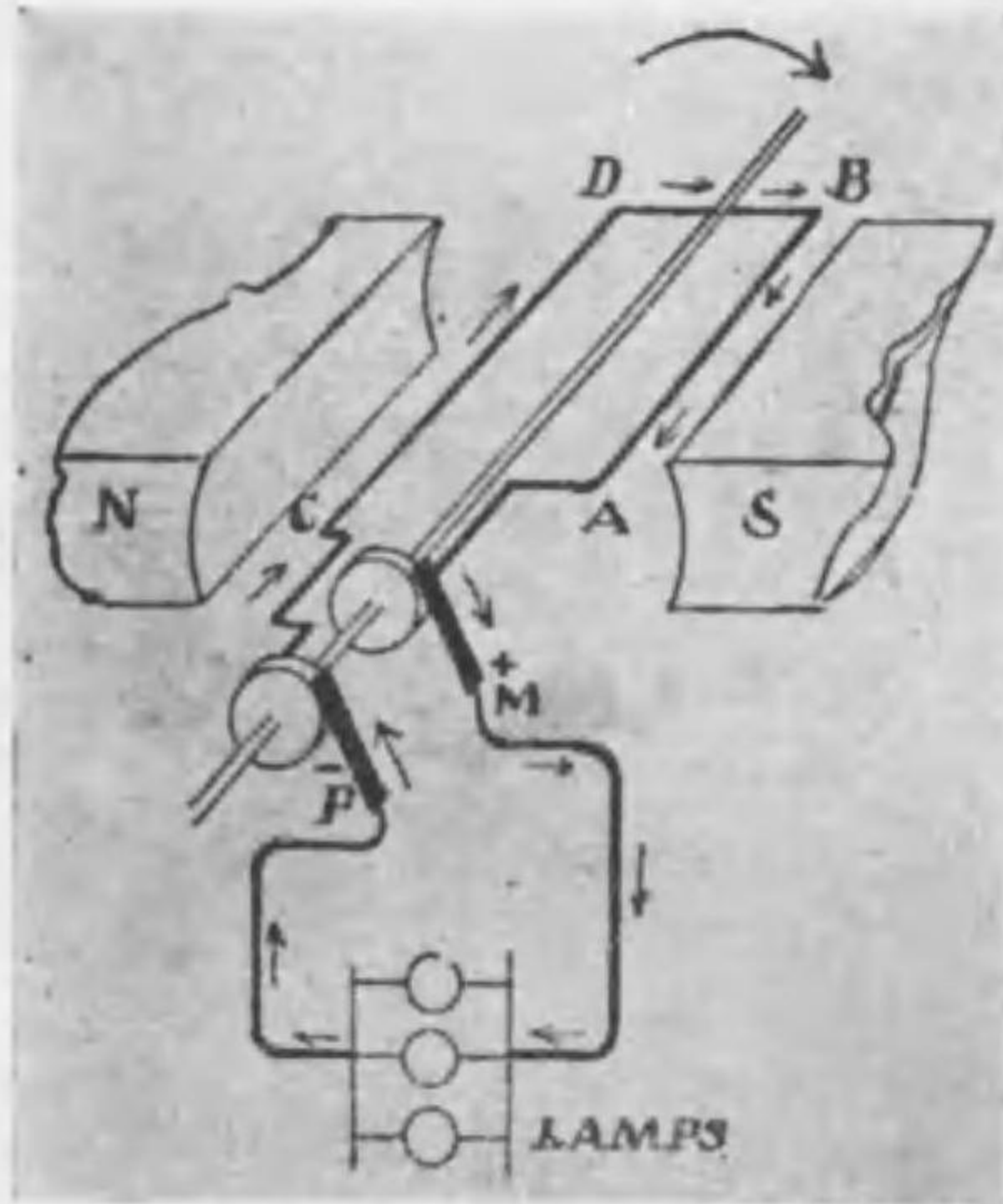


圖 三 二 二 第

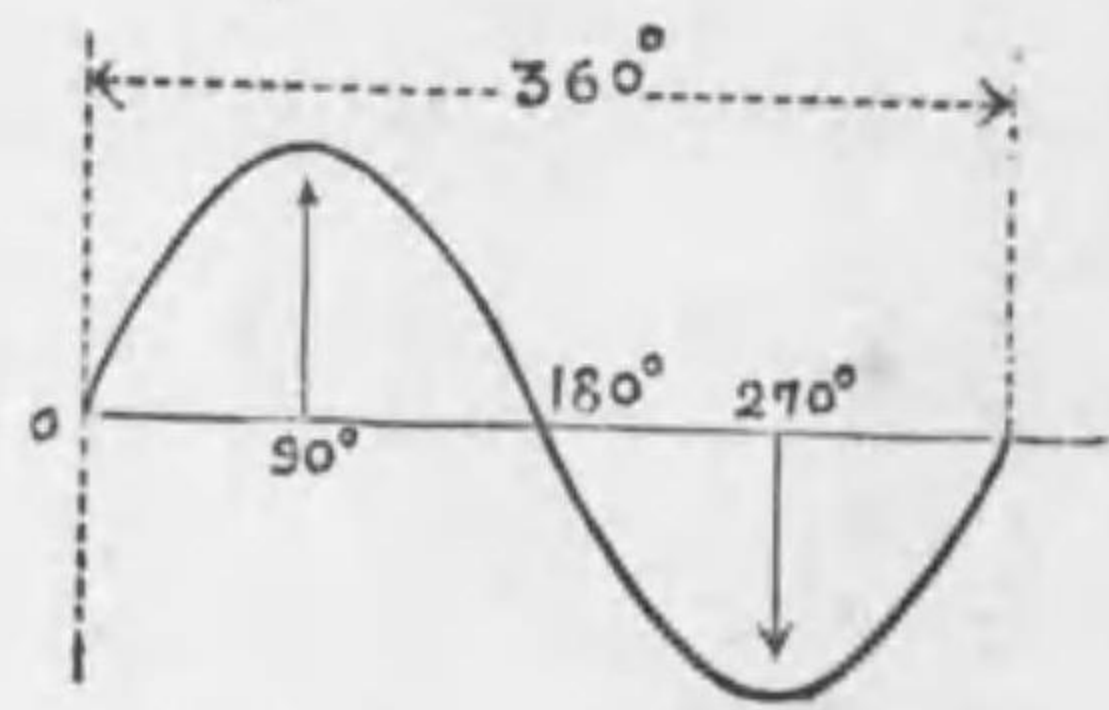
三四、發電機 Dynamo

大なる電流又は電壓を得るが爲めには電池を使用すると其の數を非常に多くするを要す、且つ其内部抵抗のために損失も甚だ多くして不利なり、今日に於ては電磁誘導作用により電線を磁界内に廻轉せしめて電壓を發生せしむるを普通とし之をダイナモと稱す、第二二四圖(甲)の如きN及びSなる磁極の下にAB及びCDなる二線よりなる「コイル」を廻轉せし

め各線の「ターミナル」は二個の絶縁輪に結び之れに電刷子 Brush を壓下し外線路に結ぶときは或る電壓を發生すべし、圖の如き位置に於ては電線は磁極の直下にありて磁束を直角に切るを以て最大の電壓を發生しつゝあり、此の「コイル」が九〇



(甲) 圖 四 二 二 第

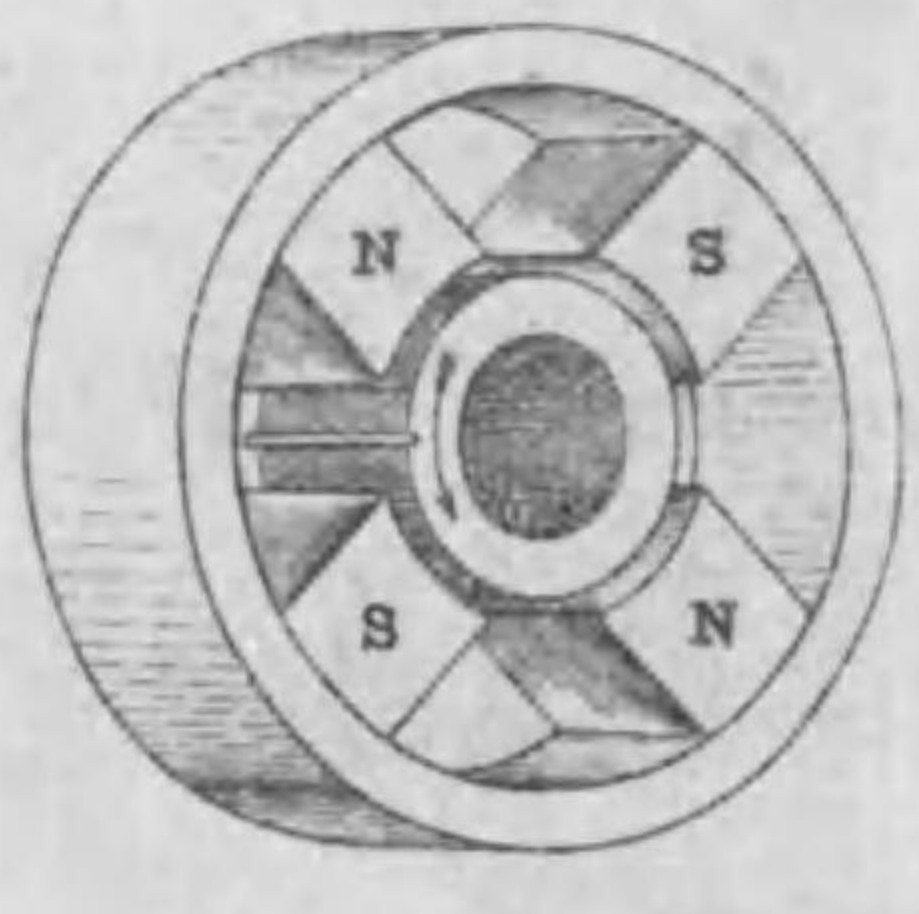


(乙) ル イ サ

度廻轉して上下の位置に來らば電線の運動は磁束と平行するを以て電壓零となる其の後はAB線の方N極、CD線の方S極の下に來るを以て發生する電壓は前の逆とな

る、而して二七〇度廻轉せる時は最大に達し其れより再び減少し三六〇度に至りて又零となる、故に「コイル」が全く一廻轉する間には電流の變化は第二二四圖(乙)の如くなる、但しAB及びCD線が磁極の中間線の位置之を中性線と云ふに來り電壓の

零なる位置より計算す、斯く電流の方向及び大きさの常に變ずる電流を**交番電流** Alternating Current と云ふ、而して「コイル」が一廻轉をなす間に全變化を一サイクル Cycle と稱し毎秒の「サイクル」數を**周波度數** Frequency と云ふ。



圖五二二第

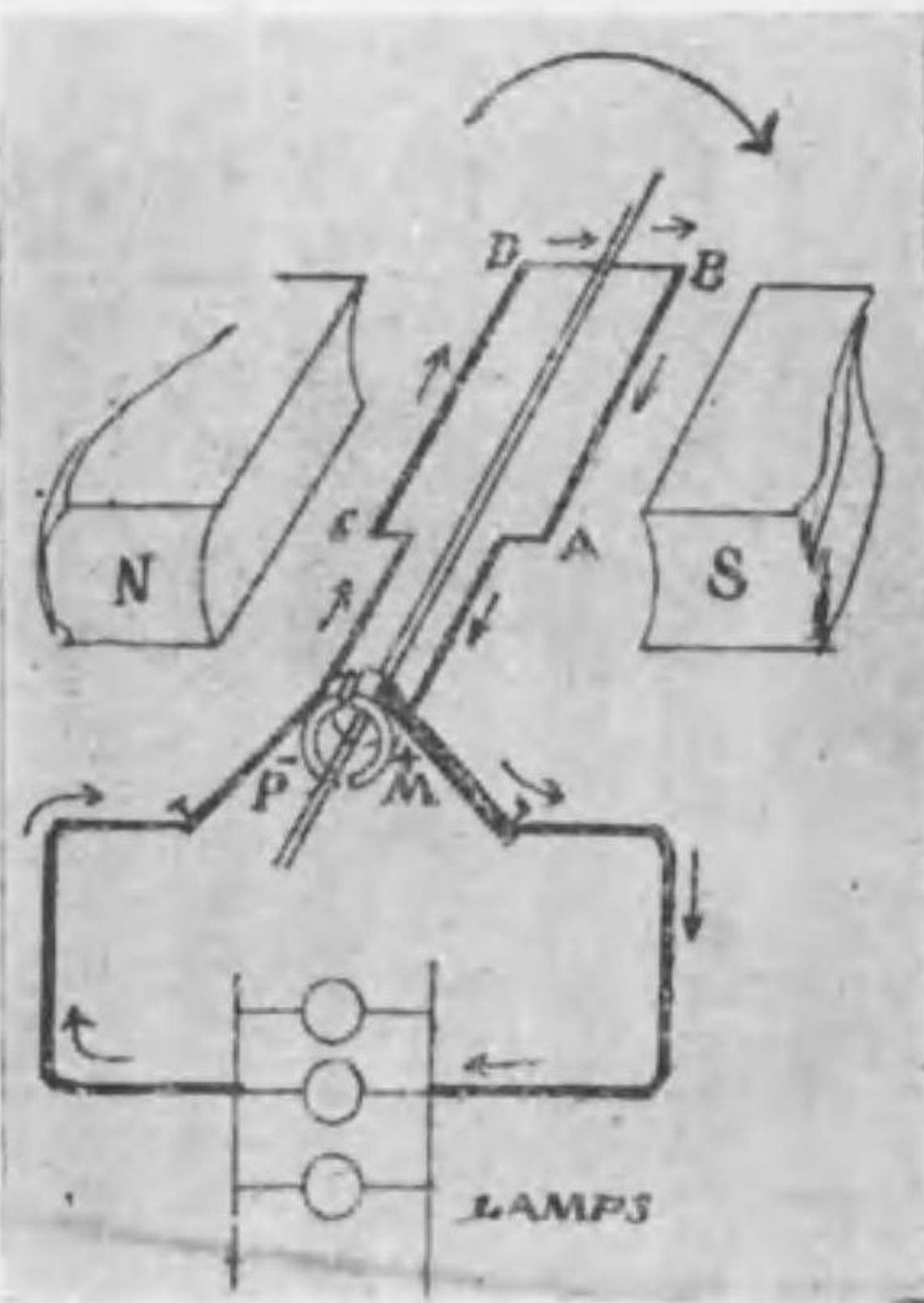
發電機の「コイル」は圓形の鐵心上に捲く、之れを**電子** Armature と云ふ、大なる發電機に於て磁極は S N 二極のみとせず、第二二五圖の如く多數の磁極を N 及び S 交互に排列するを普通とす、之を**多極發電機** Multipolar Dynamo と稱す、此圖の如く極數が四なるとき即ち二對あるときは「メチエア」の一廻轉は二「サイクル」の變化をなす、故に其の廻轉數毎秒一〇なるときは周波度數は二〇「サイクル」をなすべし、一般に磁極が P 對ありて毎秒の廻轉數 n なるときは周波度數 f は

$$f = np \quad \text{「サイクル」} \dots\dots\dots (130)$$

をなすものなり。

### 三五、直流發電機 Direct Current Dynamo 「コイル」に發生せる電流を外線に

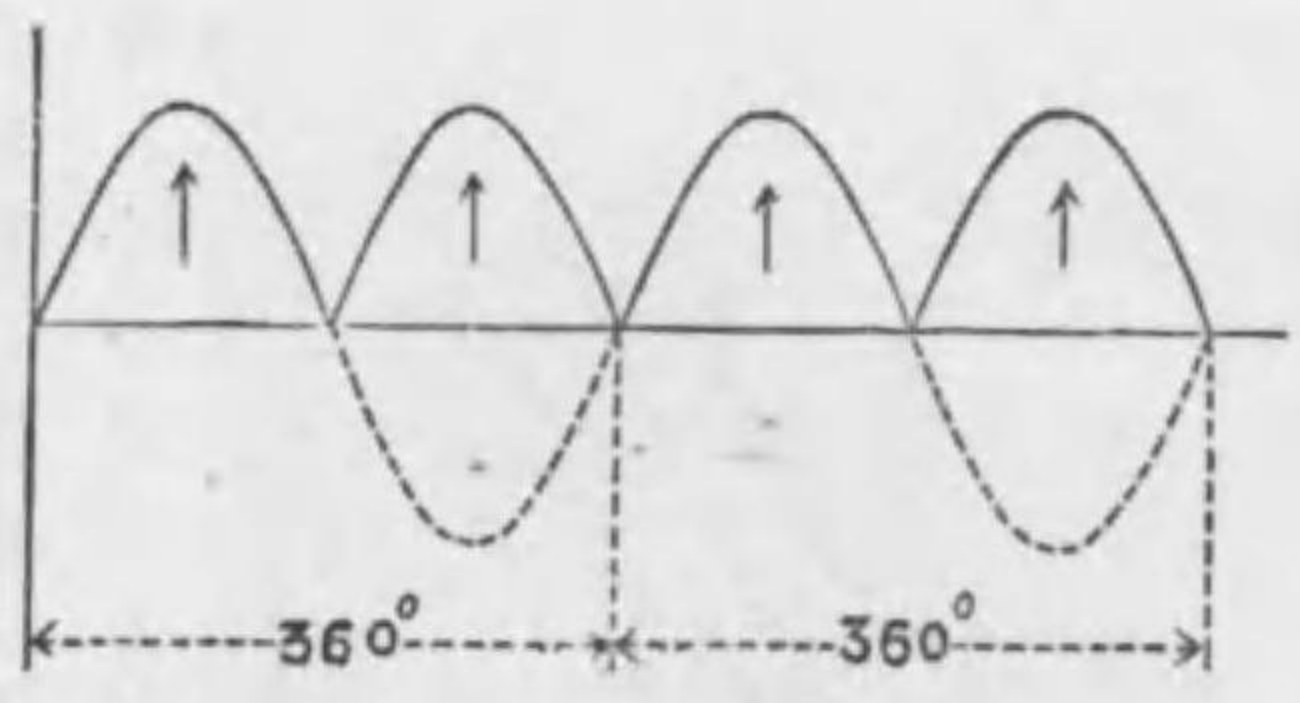
導くため其の「ターミナル」に付せる環を**スリツプリング** Slip Ring と稱す、現時に於ては諸種の理由により交流發電機を盛に使用すれども昔時に於ては電池の電流と等しく一定の方向に一定の強さの電流即ち直流を通ずる發電機を要する事多かりしものにして現時と雖化學工業用及び電氣鐵道用としては重



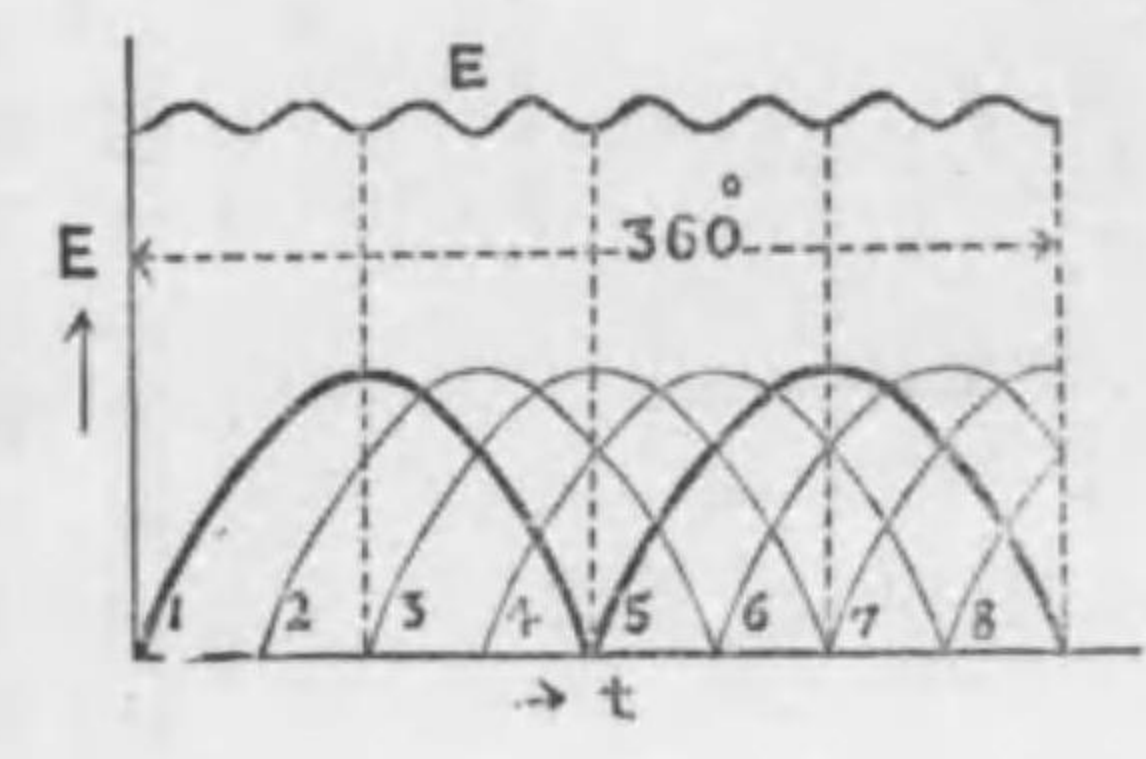
圖六二二第

工業用及び電氣鐵道用としては重に直流を使用す、是れが爲めには「メチエア」の「コイル」は N 及び S の下を順次に廻轉し交流を發生すと雖外線路には直流を送らんが爲めに半「サイクル」毎に電刷子を「コイル」の他の「ターミナル」に接せしむ、即ち第二二六圖の如く「スリツプリング」は絶縁せる二部に分ち中性線路上に「コイル」の來れるとき電刷子が兩部分の接點を通過する如くす、斯くすれば AB 線なると CD 線なるとを問はず N 極の下を通過する時は常に左方の P に接し、S 極の下を通過するときは常に右方の M に接す故に常に P は負極 M は正極となり外線路には

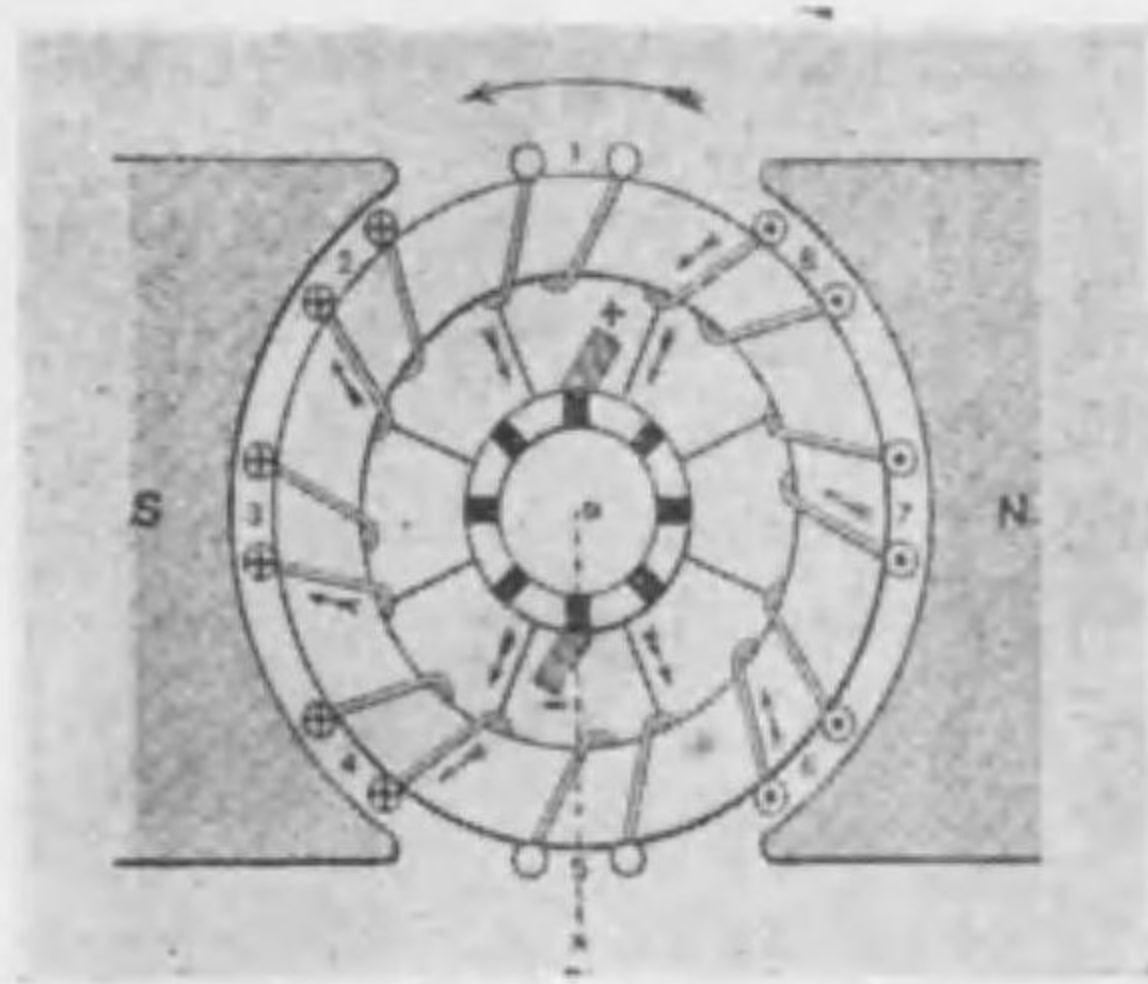
直流を通ずかく區劃せる「スリップリング」を「整流子 Commutator」と稱す、  
 整流子ある爲め外線を通ずる電壓及電流は常に同方向なれども前圖の如く「コイル」が唯一組なるときは其の強さは常に變じ第二二七圖の如くなるべし、即ち一の脈流をなす實際の「アーメチュア」に於ては第二二九圖の如く全表面に多數の「コ



圖七二二第



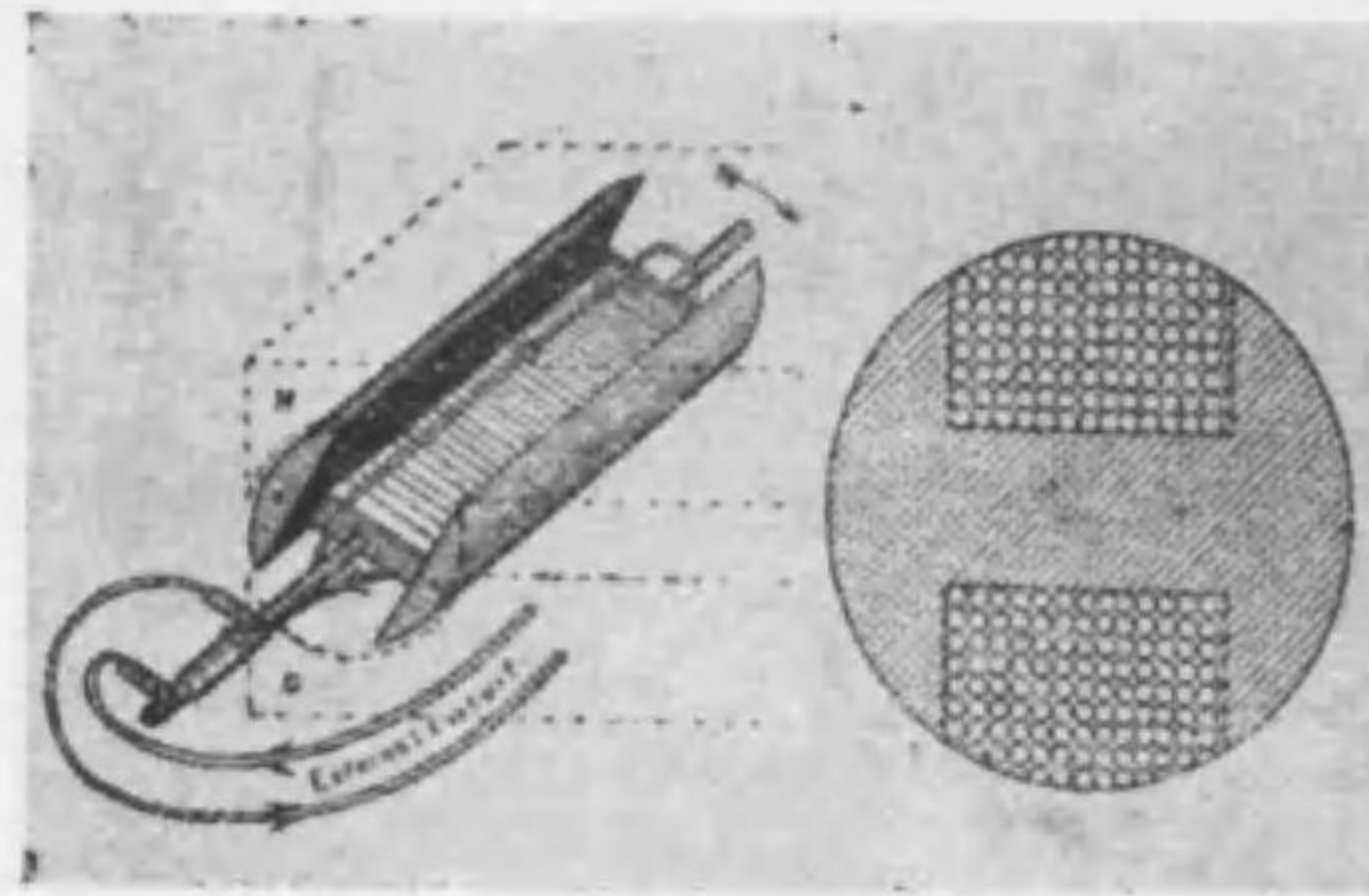
圖八二二第



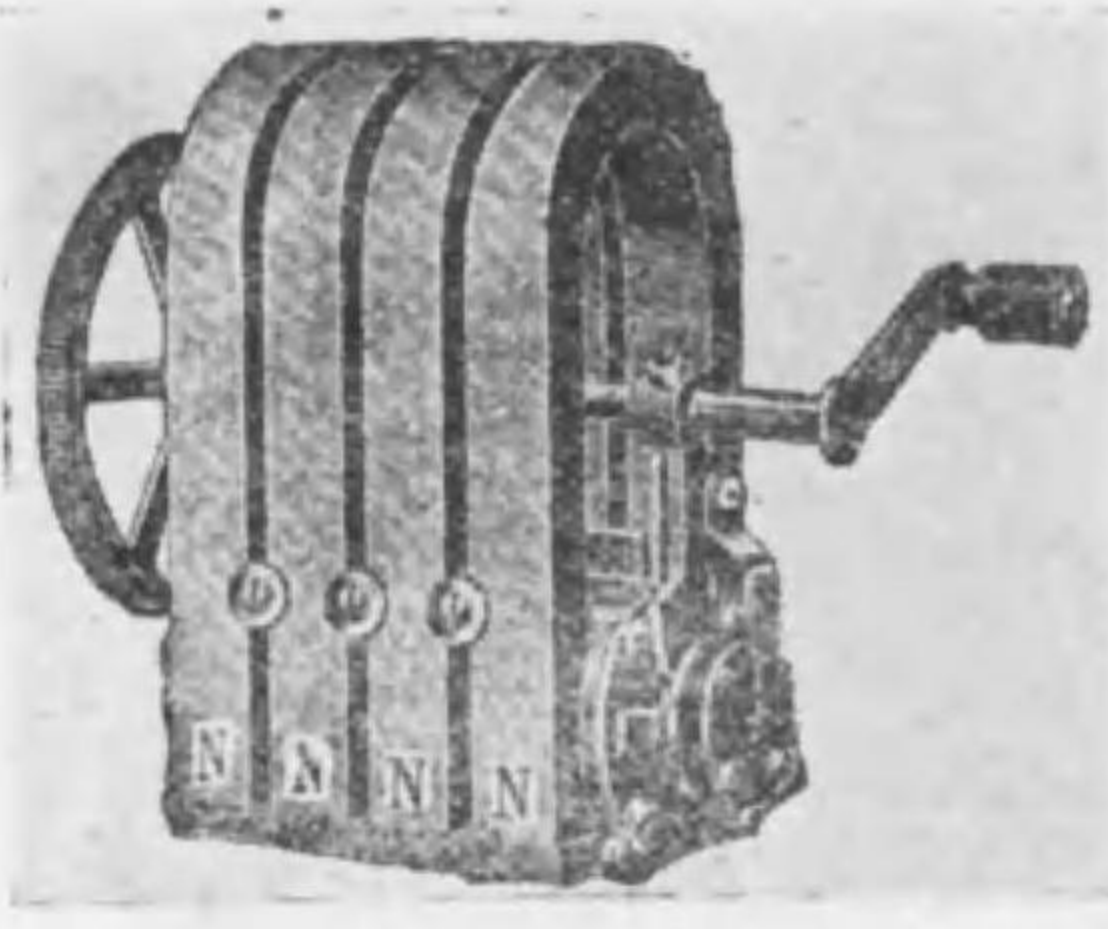
圖九二二第

イル」を分布し「ブラシ」間には位相の異なる多數の電壓を相加はらしむ、故に電壓の變

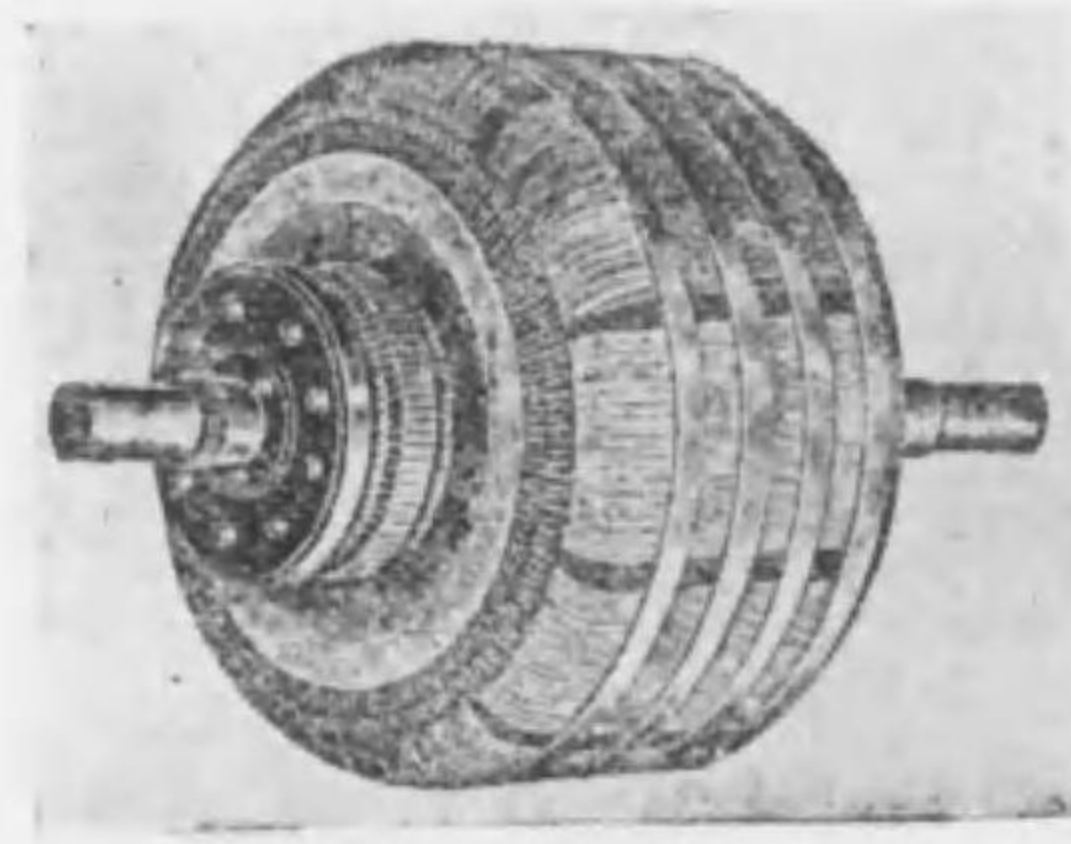
化は第二二八圖の如く略ぼ一定の値に近づき極く僅小なる變動をなす、「サイクル」中に於ける其の變動の數は「アーメチュア」表面にある電線の數に等し。  
 第二二九圖の如き「アーメチュア」に於ては「ブラシ」間の電流通路は二個に分れ並列をなす、又整流子も多數の區分に分たる此の各を「セグメント Segment」と稱す、



圖〇三二第  
機電發トネグマ



圖一三二第  
アユチメーアグンリ



三六「マグネト」發電機 Magnet Generator 發電機の最も小形にして簡單なるものを「マグネト」發電機となす、第二三〇圖の如く圓筒形鐵心に一の大きな溝を設け、細き電線を數十回埋没して捲きたるものにして之れを永久磁石の磁極間に廻轉せしむ、電話機に於て呼出し用に使用するものは此の一種にして二個の「スリップリング」を附して交流を取る、又整流子を附して直流を得るものあり、此種の「アーメチユア」を「シャツトル捲き」Shuttle wound の發電子と稱す。

三七、現時の直流發電機 前の第二二九圖の如き「アーメチユア」は電線を環狀鐵心に捲けるものにしてリング「アーメチユア」Ring Armature と云ふ其出來上れるものは上の第二三一圖に見る如きものにして十數年前迄は盛んに使用されたるも其の構造不便なるを以て今日に於ては「ドラム」Drum Armature と稱し鐵心の表面に豫め形成せる「コイル」を排列し、適當に連結して整流子に結ぶ、而して各「コイル」の巾は約「ポールピッチ」發電子の表面にてN極の中心よりS極中心までの距離を云ふに等からしめ、「コイル」の一線がN極の下にある時他の一線はS極の下にあらしむるを常とす、而して多くは多極發電機となし、第二三二圖の如く鐵心には鋸齒狀の溝を附し之れに「コイル」を藏む、第二三三圖は其最も簡單なる二

極「エヂソン」發電機の「アーメチユア」の全形、第二三四圖は多極發電機用發電子の構造

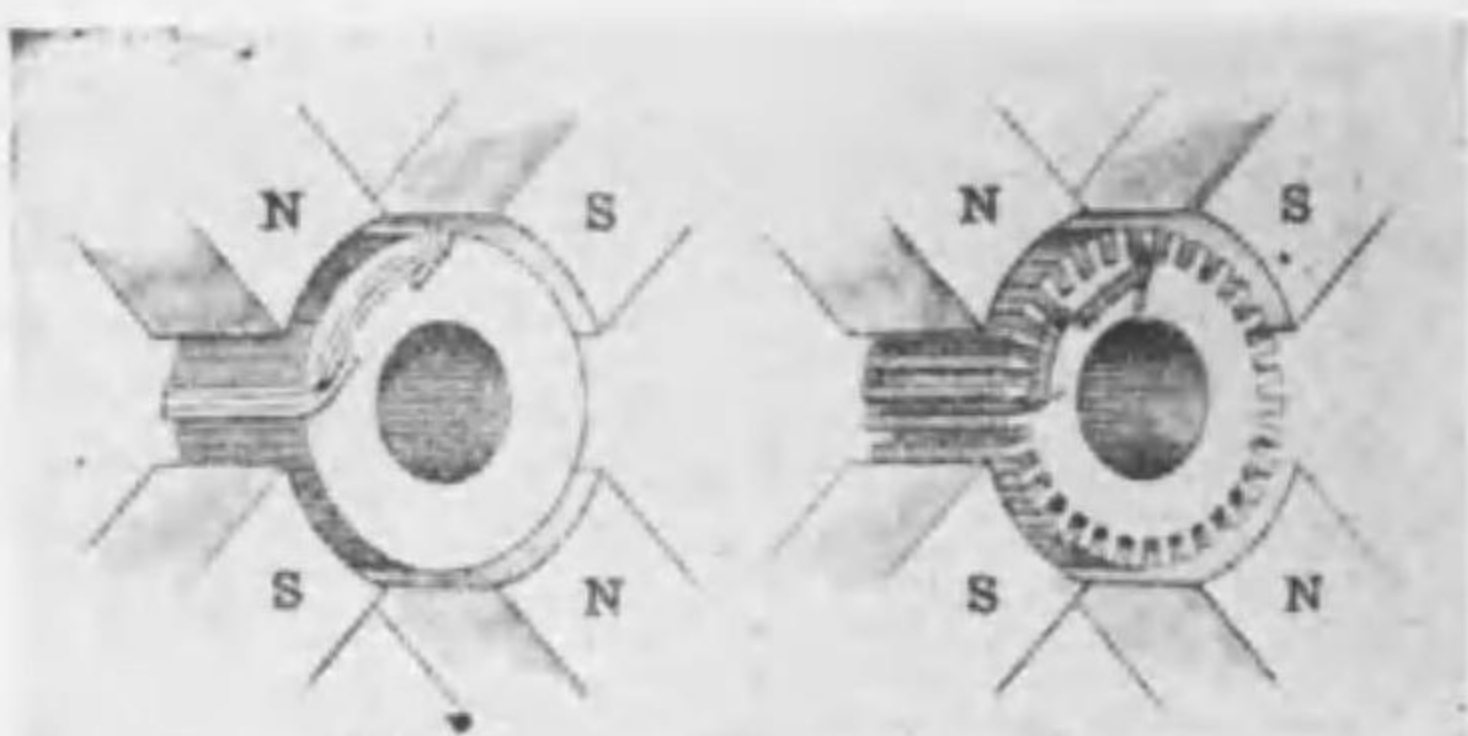


圖 二 三 二 第

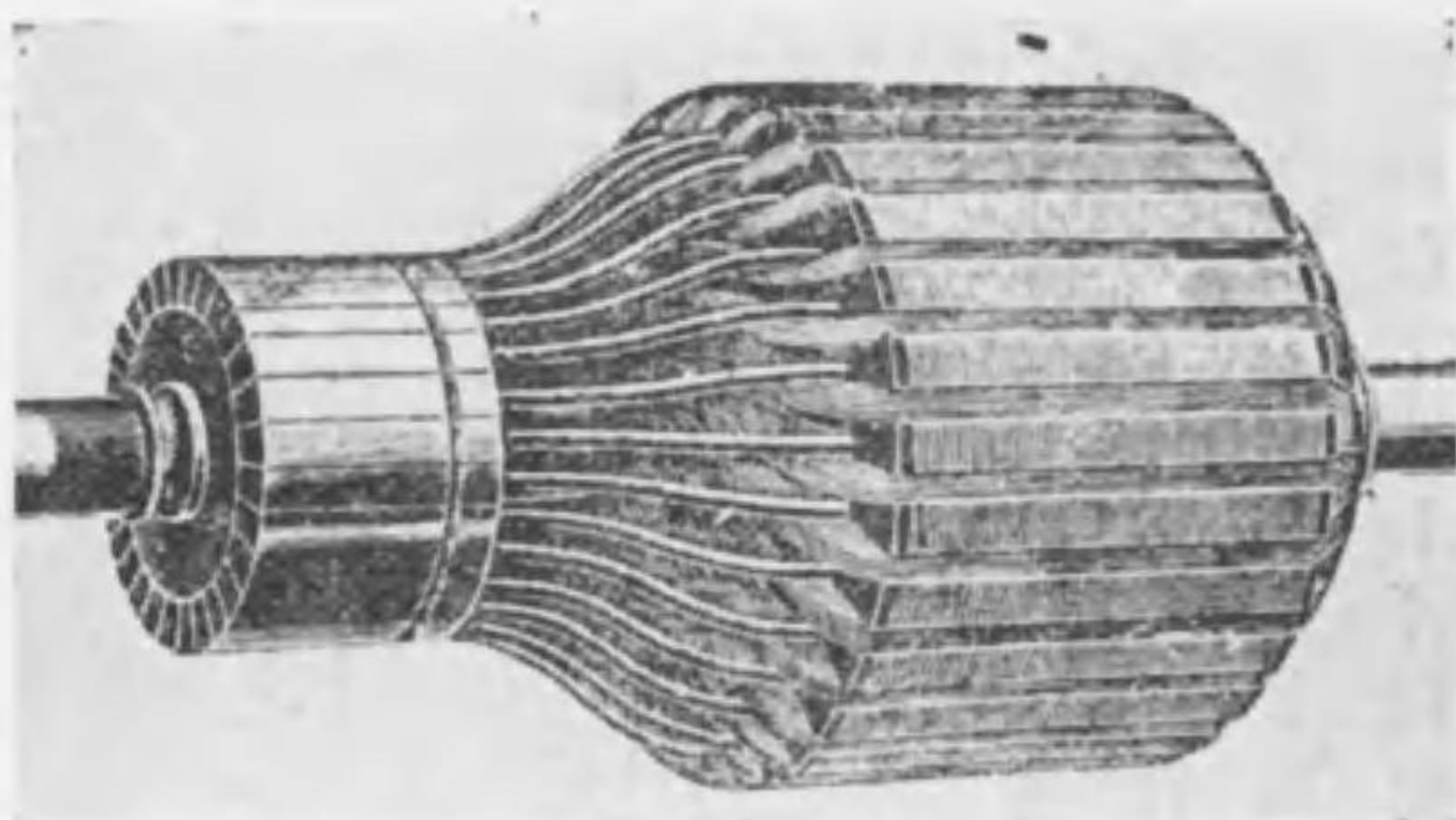


圖 三 三 二 第

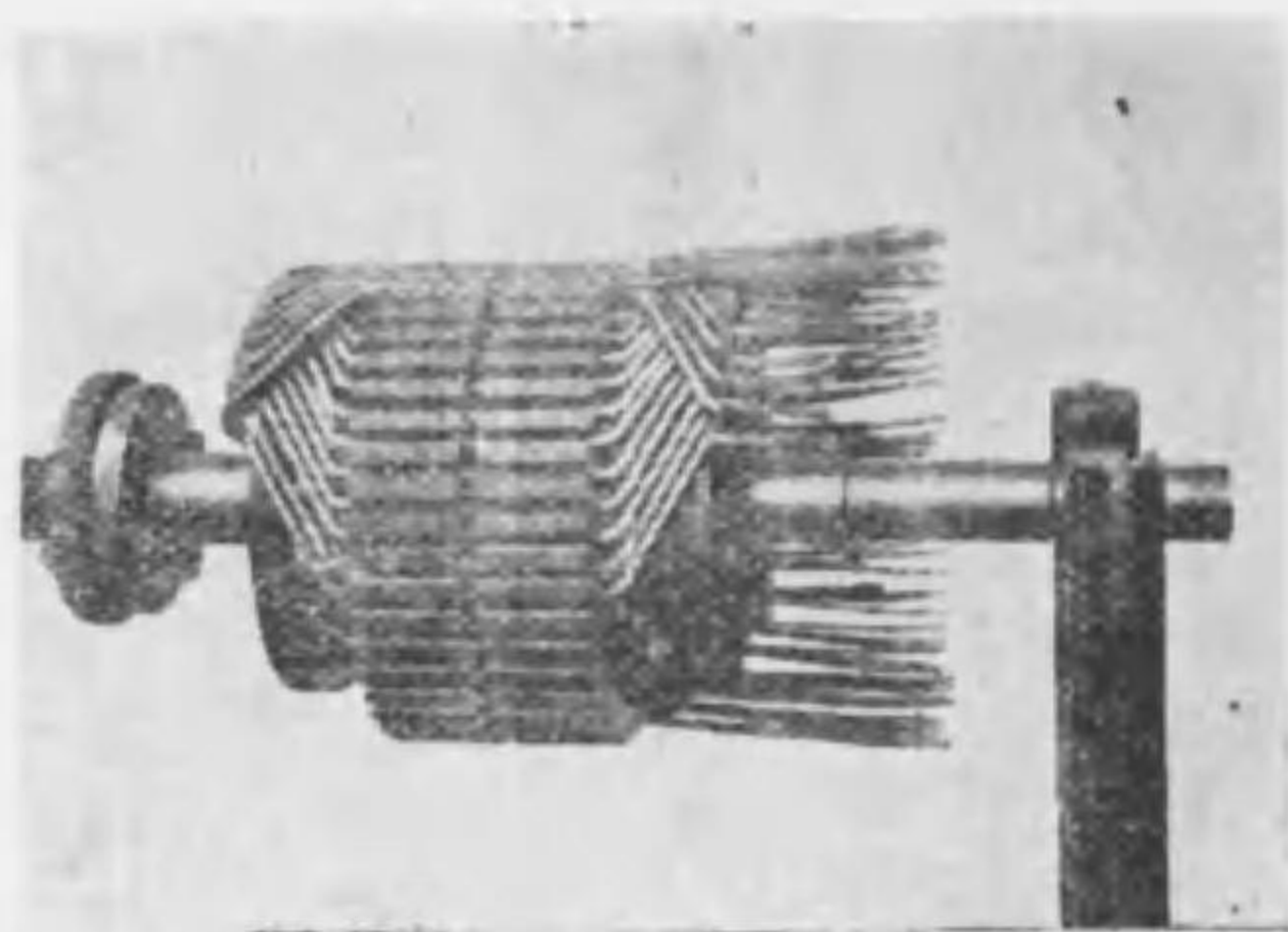
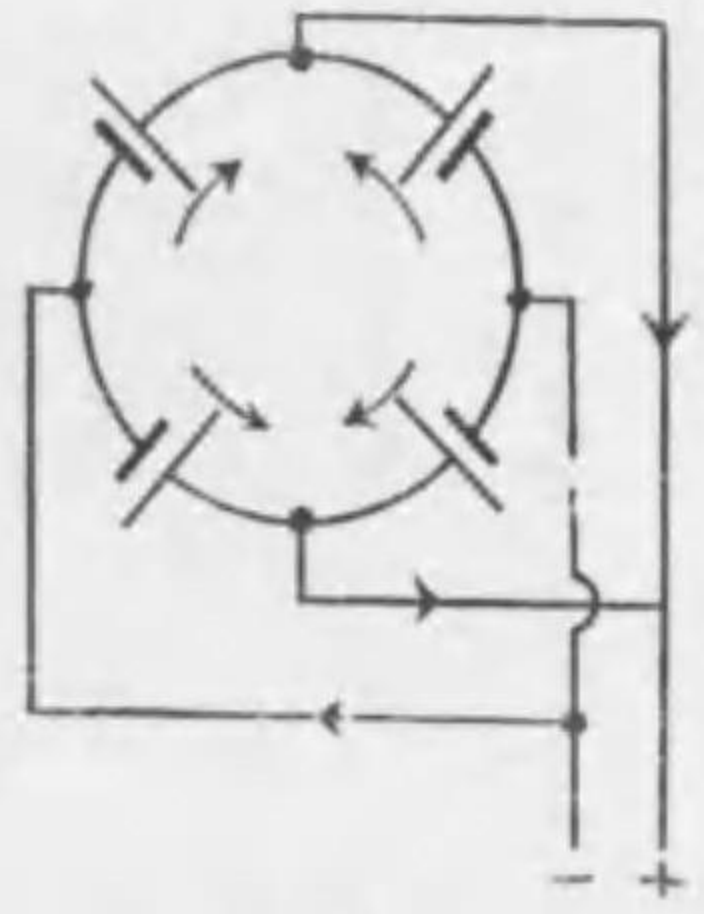


圖 四 三 二 第

中の狀を示す。

多極發電機にては「ブラシ」の數も磁極の數と同一にして何れも電壓が方向を變ずる點に置かる故に電流通路の數も同數に分れ互に並列をなすこと、第二三五圖の

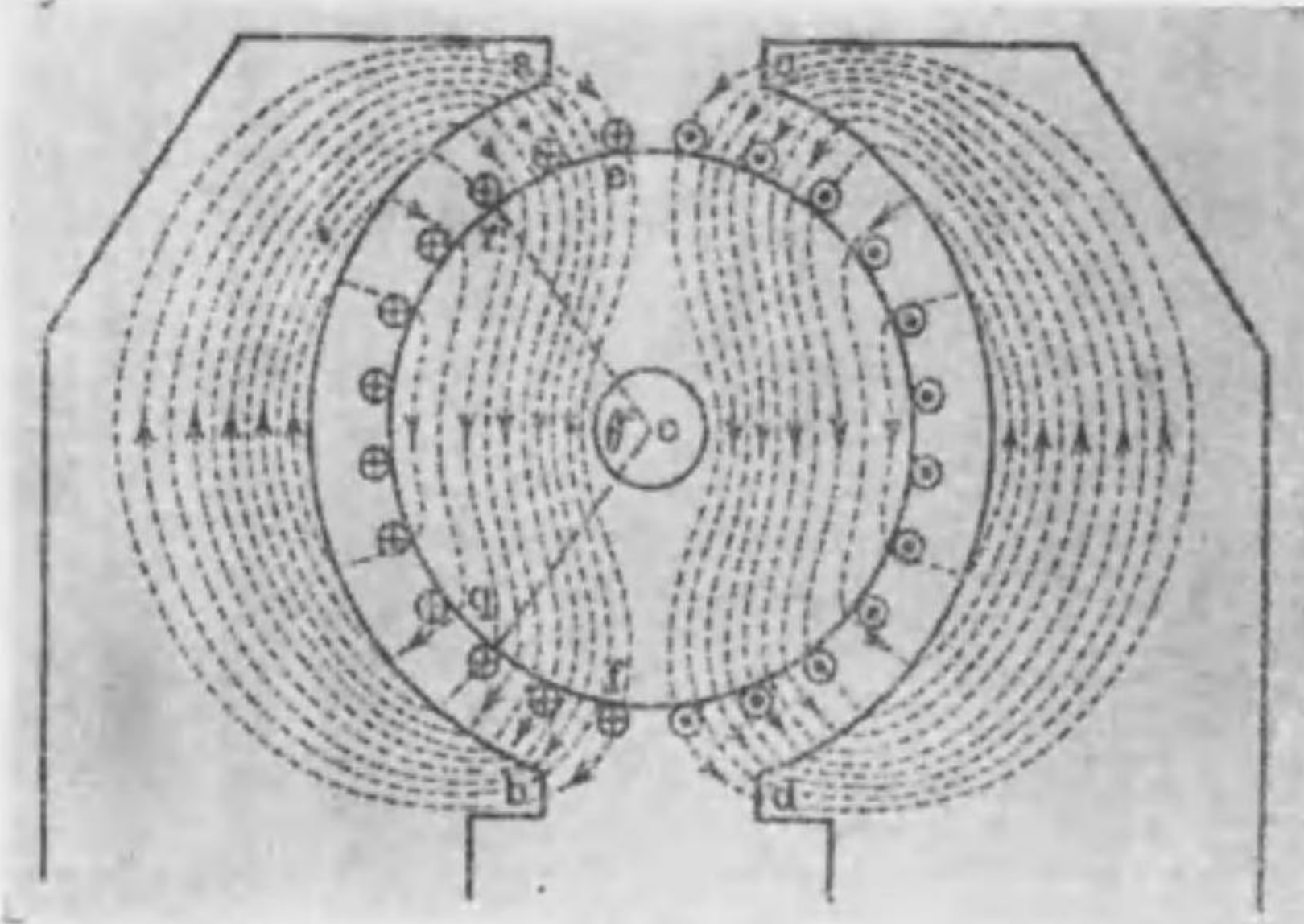
如し、



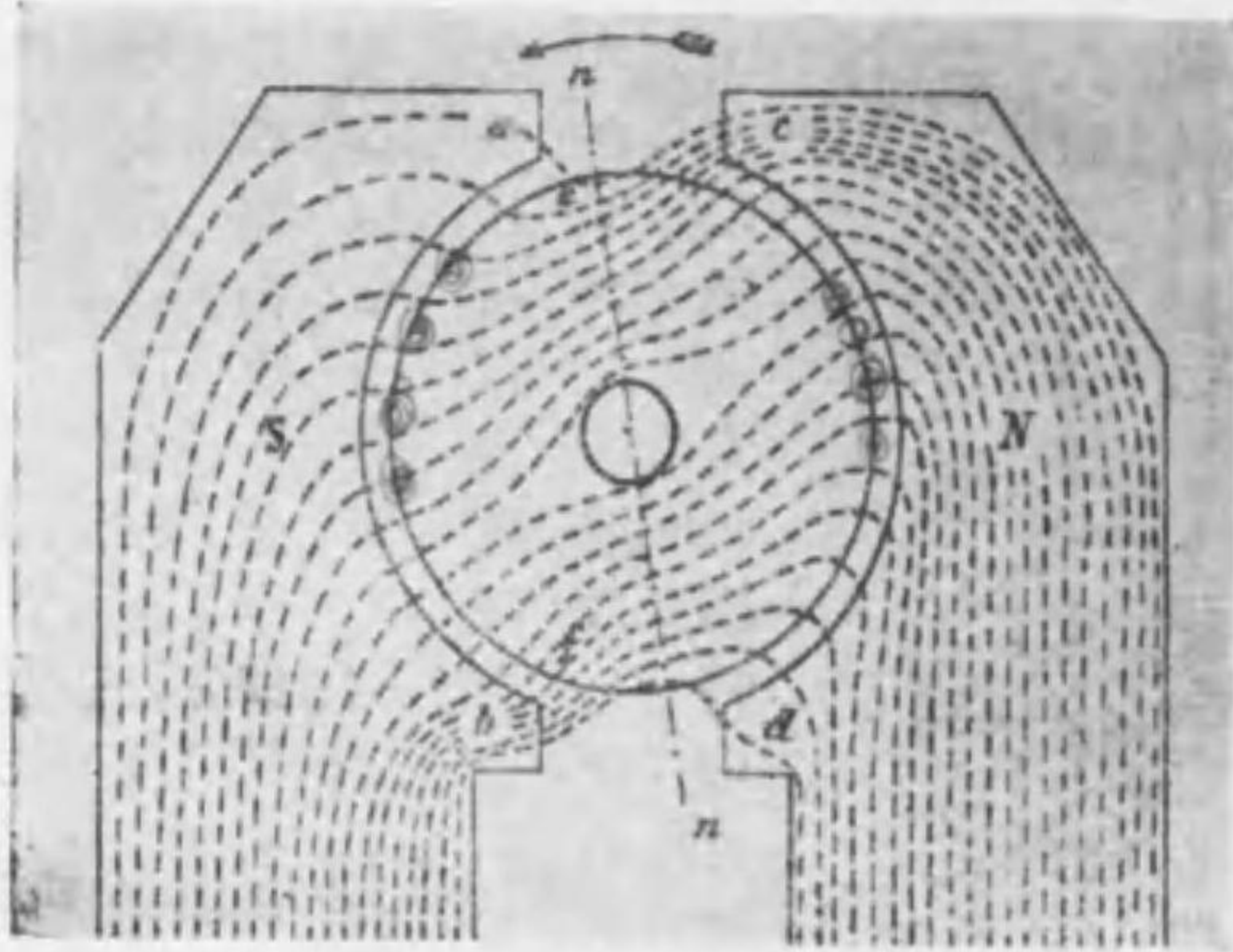
圖五三二第

三八、發電子の反作用  
 Armature Reaction  
 發電機の「ブラシ」の位置は前の諸圖より見る如くN極とS極との中間にて電壓が方向を變ずる部に在るを要す、此の部分を中性線 Neutral Line と稱す、

備て發電子の「コイル」に電流通ずるときは此の「コイル」は起磁力を生じある磁束を通ず、其の方向は常に主要磁極の磁界とは直角をなす、此の「アムペア、ターン」をクロツス、アムペアターン Cross Ampere Turn と稱す、此の「クロツス、ターン」の結果主用磁極の磁界は多小歪み Distortion を生じ第二三七圖の如くなる、故に中性線も少しく廻轉の方向に偏し圖の mn 如きの方向を取るなり従



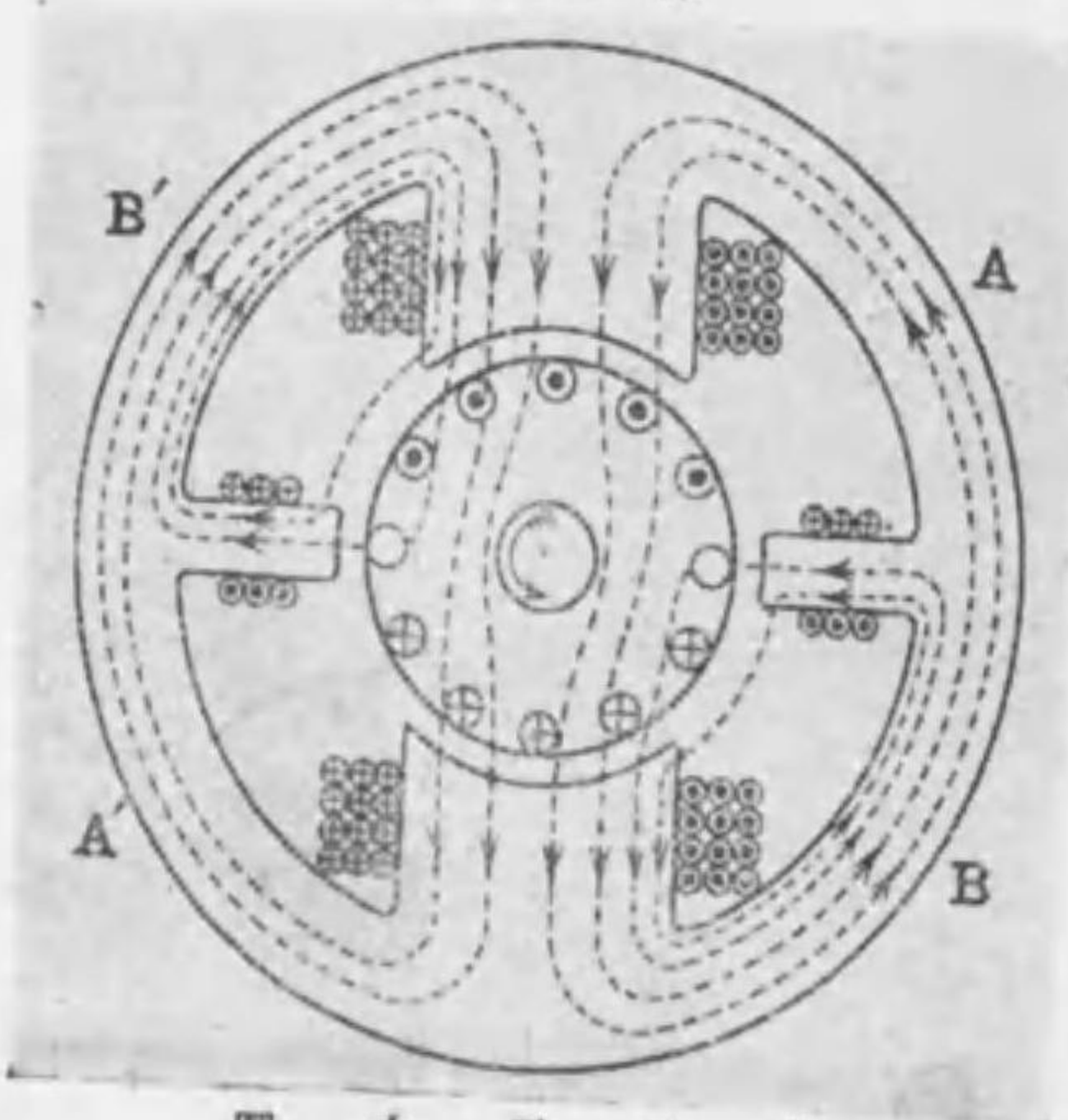
圖六三二第



圖七三二第



圖八三二第



圖九三二第

て磁極と鐵心間の磁界も初めは均一に分布し居たるも發電子電流と共に第二三八圖の如く廻轉の方向に移動して一端は密に、一端は疎となる、圖の NS は主要磁界の最初の方向、NS は「クロツス、ターン」の作る磁極とす、右の如く磁界の歪めらるゝは發電子電流によるものにして之を發電子反作用と



稱し「ブラシ」は常に中性線の上にあるを要するを以て此の反作用の結果「ブラシ」も廻轉の方向に小さく偏するを要す、之れを「リード Lead」を與ふと稱す。

「ブラシ」を「リード」すべき角は發電子の「アムペア、ターン」に由りて異なる、即ち荷重の多少によりて異なるものにして荷重の變動と共に「ブラシ」は常に位置を變ぜざれば整流子表面より甚だしく火花を發生し機械を損するものなり、然れども之は殆んど實行し難きを以て「クロツス、アムペア、ターン」に因る歪みを去る爲めに種々の考案ありと雖、近時最も盛に使用せられ且つ有功なるものは第二三九圖に見る如く中性線に相當する部分に「インターポール」Interpole と稱する磁極を作り之れに發電機電流を直列に通じて勵磁せしめ其の「アムペア、ターン」をして「クロツス、ターン」を打消さしむる所謂「インターポール、ダイナモ」なりとす、此の「インターポール」の極は常に廻轉の方向に進みて次に來る主要磁極と同種ならしむるものとす。

**三九、發電機の勵磁法** 發電機の磁界を作るには「マグネト」發電機の如く永久磁石を使用することあれども比較的強大なる磁界を得る能はざるを以て重に電氣磁石により強大なる磁界を發生せしむ、而して其の勵磁電流は發電機自身の

「アーメチユア」より取るを普通とす、之を自己勵磁法 Self Excitation と云ひ三種あり、

- (一) 直列捲發電機 Series Dynamo
- (二) 分岐捲發電機 Shunt Dynamo
- (三) 複捲發電機 Compound Dynamo

第一種の直列捲發電機と稱するは勵磁「コイル」を太き電線にて捲きて發電子電流を悉く直列に通ずるものなり、故に荷重増加して電流増大すると同時に發生電壓も上昇する性質を有す、第二種の分岐捲發電機とは細き電線を多く捲ける勵磁「コイル」を外線路と並列に「ブラシ」間に入れたるものなり、故に發電機の磁界の強さは荷重の大小に關せず一定せる理なり、第三種の複捲發電機は前兩者を合せる如きものにして荷重の増加と共に多小發生電壓を高むる性質を有するものなり。

**四〇、特有曲線 Characteristic Curve** 次節に説明する如く發電機の電壓は其廻轉數が一定なる限は磁束數に比例するものなるが故に第二四〇圖(乙)又は(丙)の如く分岐「コイル」に抵抗器を挿入して勵磁電流を變ずるときは誘起電壓をも變ずべし、發電機が電壓のみを發生し居りて未だ電流を通ぜざるとき即ち回路の開かれ居る状態に於て「實は勵磁電流だけを供給し居るなり」其の勵磁電流と誘

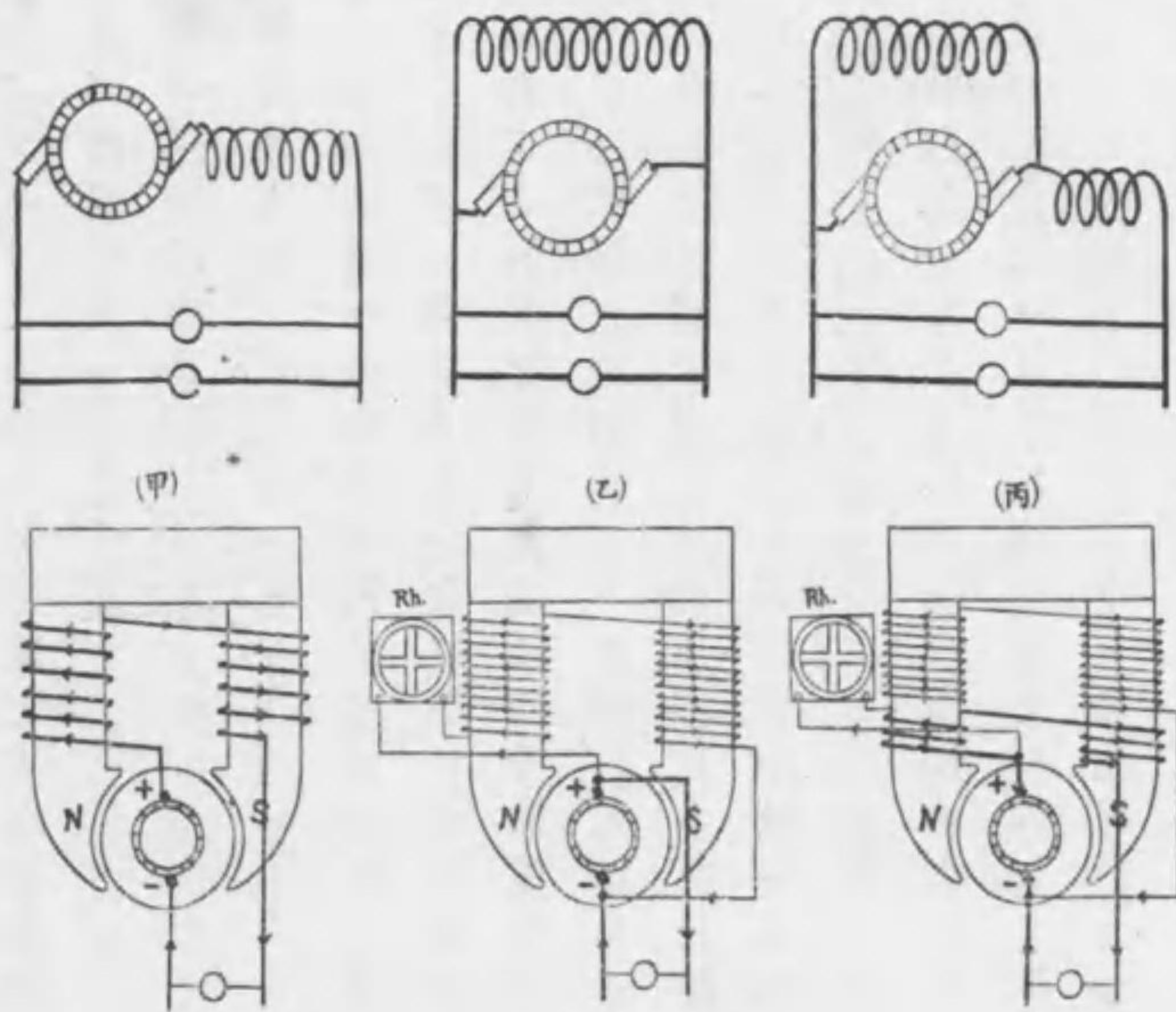


圖 〇 四 二 第  
モナイダ・トナヤシ (乙) モナイダ・スーリシ (甲)  
モナイダ・ドンウマムコ (丙)

起電壓との曲線をノード、キヤラクテリスチック No Load Characteristic と云う横軸は勵磁電流にして從軸は電壓とす、曲線が AB の如く屈曲し AB' の如く直線をなさざるは E が i に正比せざるは鐵の飽和するが故にして一に之を飽和曲線とも云ふ、第一編二五節參照、シリーズ、ダイナモに於ては無荷重なる間は E は零なるを以て右の如き飽和曲線なし、又發電機が荷重を有する

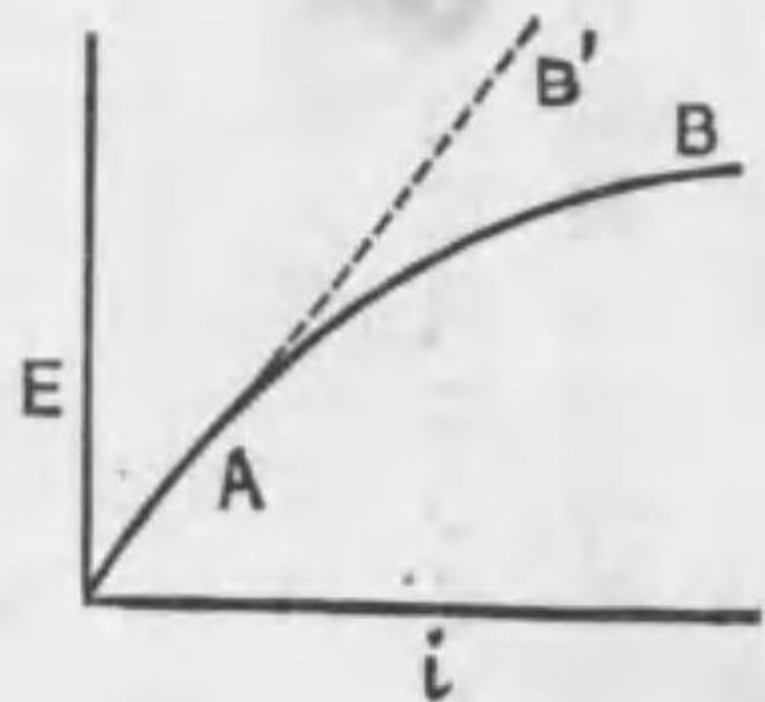


圖 一 四 二 第

減によりて増減すべし、第二四二圖の如く横軸に發電子の電流、縱軸に「ターミナル」電壓を示せる曲線を其「ロードキヤラクテリスチック」

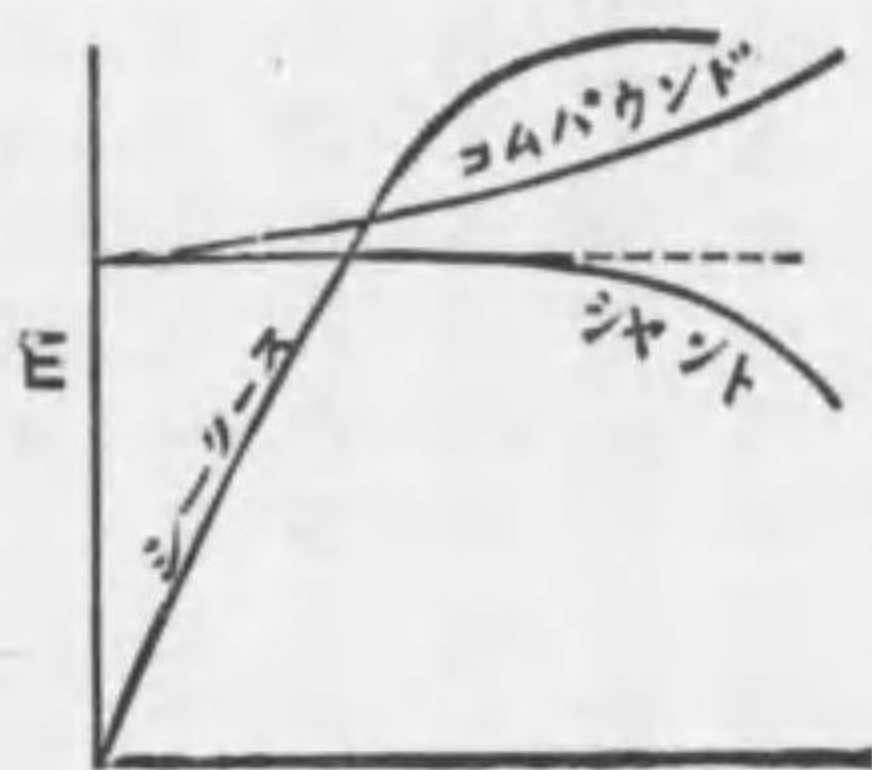


圖 二 四 二 第

磁電流も減小するを以て電壓減少を増進す、又「コムパウンド、ダイナモ」に於ては電

流の増加と共に内部落下は増大するも磁束の増加する結果誘起電圧は高めらるゝを以て兩者互に相殺し「ターミナル」電圧は大差なし、而已ならず「シリームコイル」の捲数を適宜増加すれば反て「ターミナル」電圧は増加せしむることを得、之をオーバークムバンドダイナモ Overcompound Dynamo と稱し電氣鐵道の如く長き線路に大なる電流を送る場合に使用するに適す。

**四一、發電機の電壓** 一磁極より射出する磁束數  $N$ 、アーメチユアの毎秒廻轉數  $n$  其の表面に排列せられたる電線の總數  $Z$  なるときは、各電線は一廻轉毎に  $2N$  の磁束を切るを以て(二極發電機と假定し)一秒時内には其の  $n$  倍にして  $2Nn$  本を切る、又「ブラシ」間には並列なる二通路あるを以て一通路には  $Z/2$  本の電線を直列に通ずるを以て發生する電壓  $E$  は

$$E = 2Nn \times \frac{Z}{2} \times 10^{-8} \quad \text{「ヴォルト」} \quad (181)$$

$$= NnZ \times 10^{-8} \quad \text{「ヴォルト」} \dots\dots\dots (182)$$

多極發電機にして  $P$  對の極を有する場合には一廻轉に  $2PZ$  の磁束を切る代りに  $Z$  の電線は  $Z/2P$  の通路に分るゝを以て「ブラシ」間の電壓は

$$E = 2PnN \times \frac{Z}{2P} \times 10^{-8} = NnZ \times 10^{-8}$$

なること前と同様なり。

**四二、發電機の「パワー」** 發電機が  $E$ 「ヴォルト」の電壓にて  $i$ 「アムペア」の電流を通しつゝあるときは  $EC$ 「ワット」の「パワー」を供しつゝあるものにして此の「パワー」は發電機を運轉するに當り抵抗力として常に廻轉と逆の方向に作用する力に打勝ちて爲したる仕事にして、此の抵抗力の生ずる理由は「レンツ」氏法則に依るも磁界内に置かれたる電流の受くる力と云ふも同一事實なり、而して此抵抗力に打勝つために外部より加へたる仕事は電氣力に變形して回路に與へらるゝ  $EC$ 「ワット」の電力となると云ふことは既に本編の第一九節に詳述せり、即ち發電機は荷重の増加と共に原働機に「重み」を感せしむ。

發電機「コイル」の電線は是れに對し最大極限の電流定まり居りて、其れ以上の電流を通ずれば  $C^2R$  の熱の爲めに電線又は鐵心を過熱する憂あり、即ち發電機は此の限度に於ける電流  $C$ 「アムペア」と其の電壓  $E$ 「ヴォルト」とを乗じたる  $EC$ 「ワット」以上の「パワー」を供し得ざる者にして  $EC$  を該發電の容量 Capacity 又はアウトプット Output と曰ふ、例令ば一二五「ヴォルト」にて八〇「アムペア」迄を供し得る發電機は

$$125 \times 80 = 10000 \quad \text{「ワット」}$$

の容量を有すと稱す、

發電機のみならず凡て一方より「エネルギー」を受け一方より之を他に傳ふる所謂機械に於ては其れが受くる「パワー」と他に傳ふる「パワー」とは必ず同一ならず受けたる「パワー」は其の一部分を諸種の損失として消費するものにして此の兩者の比を其機械の能率と云ふ即ち能率 $\eta$ は

$$\eta = \frac{\text{供給する「パワー」}}{\text{受けたる「パワー」}} = \frac{\text{供給する「パワー」}}{\text{供給する「パワー」} + \text{(損失)}} \quad \wedge 1$$

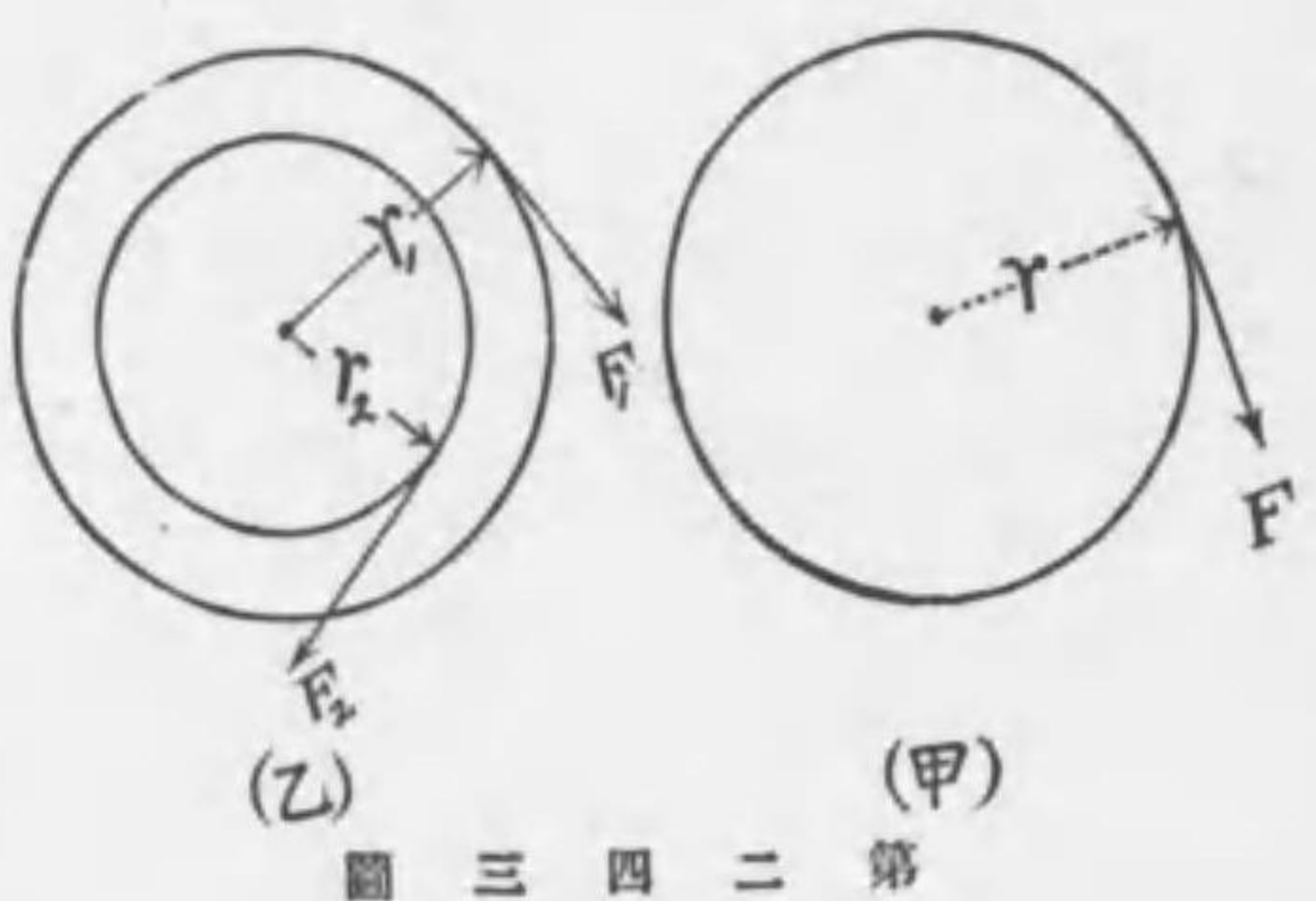
にして發電機に於ては損失中には(一)軸受け又は空氣との摩擦の如き機械的損失(二)電氣的損失の二種を含む後者は又二分して(A)發電子抵抗による $C_r$ の損失、勵磁「コイル」中の $i^2R$ 損失の如き銅損失(Copper loss)及(B)渦電流及及びヒステリシス損失の如き鐵損失 Iron loss の二となす、現今の大容量の發電機にては其の能率は九二%より九七%にも達し得るものなり。

### 四三「電動機」 Electric Motor

靜止せる發電機に外部より電壓を與へて其の「アーメチュア」及び勵磁「コイル」に電流を通ぜしむるときは「アーメチュア」電線は磁界内に在るを以て廻轉の力を受け其の偶力が機械の抵抗力より大なるときは廻

轉を初む、即ち機械的の仕事をなす、之れを電動機と稱す、三種の發電機を電動機とするときは直列捲、分岐捲、複捲の三種の電動機を得べし、各特性を異にす、

### 四四「トルク」 Torque



凡て廻轉によりて機械的「パワー」を傳達するには廻轉の中心より或る距離を隔て、ある力を作用せしむるを要す、今第二四三圖(甲)の如く中心より「センチ」の距離に $F$ 「ダイン」の力を與ふるときは廻轉體は $F \cdot r$ の「モーメン」を有する偶力を受くることとなる、偶力は常に二つの力を要す、此の場合には一方の力は中心點に於て $F$ に等しくして逆の方向に反動として發生し居りて此の兩者が偶力を形成するなり、廻轉體の爲したる仕事はこの $F \cdot r$ に比例するものにして之をトルクと稱す、又同圖(乙)の如く多くの力 $F_1, F_2$ 等が中心より $r_1, r_2$ 等の距離に作用するときには全廻轉力は各の偶力の

$$\text{「モーメント」の和にして此場合に於ける「トルク」は} \quad (トルク) = F_1 r_1 + F_2 r_2 + \dots = \sum F \cdot r$$

なり、此場合に於ては中心より任意の距離  $r$  を去る一點に  $F_0$  なる一の力が作用するものと同様と見ることを得、但し其の  $F_0$  は

$$F_0 = \frac{F_1 r_1 + F_2 r_2 + \dots}{r}$$

なる如き力とす、かく力が (乙) の如く多数存するときも之等を適當なる一の力に換算し (甲) と同様に考ふることを得るものなり、今ある廻轉體が  $E$  「ダイソ」の力を中心より  $r$  「センチ」の點に受けて毎秒  $n$  廻轉しつゝありとすれば、其の機械的「パワー」は

$$P = \frac{\text{仕事}}{\text{時間}} = \frac{2\pi n r F}{1} = 2\pi n r T \quad \text{「エルク、バー、セコン、P」}$$

なり、故に一廻轉間になす仕事は明かに  $2\pi T$  「H、M、S」にして、一廻轉の角三六〇度は又「ラヂアン」なる單位にて示し  $2\pi$  に相當するを以て「ラヂアン」の角を運轉する間になす仕事は即ち  $T$  に等し、故に「トルク」とはある廻轉體が一「ラヂアン」の角を描く間になす仕事なりと稱するも可なり、「ラヂアン」とは半徑と等しき長さの圓弧を包む角なり、即ち半徑  $r$  「センチ」なるときは  $r$  の圓弧を進む間になす仕事は  $rE$  即ち  $T$  「ダイソ」なること勿論なり、

諸て「トルク」の實用單位としては  $F$  は「ポンド」の重量  $r$  は呎にて示せるものを使用し之を「ポンド、フット」と云ふ、故に廻轉數が毎秒  $n$  なるときは毎秒の仕事は

$$W = 2\pi n r F \quad \text{「フート、ポンド、P」}$$
$$= 2\pi n T \quad \text{「フート、ポンド、P」} \quad (T \text{ は「ポンド、フート、P」})$$

にして毎秒五五〇「フート、ポンド」の割合の仕事をなすときは之を一馬力と稱するを以て此の仕事を馬力に換算すれば

$$H.P. = \frac{2\pi n T}{550} = .0114 n T \dots\dots\dots (132)$$

例題一八、重量六噸の電車あり、之を水平に牽引するには一噸につき二五「ポンド」の力を要すと云ふ、此電車が毎時九哩の速力にて走つりあるときは電車の馬力數並に其車輪に働らく「トルク」を求む、車輪の直徑は三三吋なり  
解、先づ牽引力  $F$  を求むれば

$$F = 25 \times 6 = 150 \quad \text{「ポンド」}$$
$$\text{「トルク」} \quad T = F r = 150 \times \frac{33}{2 \times 12} = 201.25 \quad \text{「ポンド、フート」}$$
$$\text{廻轉數} \quad n = \frac{10 \times 5280}{60 \times 60} \times \frac{1}{2\pi r} = \frac{10 \times 5280 \times 2 \times 12}{3600 \times 2\pi \times 33} = 8.384$$
$$\therefore H.P. = .01141 \times 8.384 \times 201.25 = 19.25 \quad \text{馬力}$$

### 四五、電働機的作用 電働機「アーメチュア」に電流通ずるときは各電線は力を

受け従つて、アーメチュアは或る「トルク」を發生す、故に此の「トルク」が機械的抵抗の「トルク」よりも大なるときは電働機は運轉を初むべし、而して「トルク」Tの中抵抗の「トルク」Rに打勝ちたる殘部「E-R」だけの「トルク」は加速度となりて其の速度を上昇す、斯く運動を開始せる「アーメチュア」は加速度の爲め漸次高速度に達すれども其の加速度は漸次に減少し來り速度は一定値以上に達せず、此理を説明せん、運轉を開始せる「アーメチュア」の電線は磁界内にて廻轉するを以て發電機と同一の理由にてある電壓eを發生す、其の方向は電磁誘導の規則「レンツ」の法則、電氣のなす熱以外の仕事等の項に詳説せる如く送入せる電流とは逆の方向に發生するものなり、故に始動當時には電働機はEの電壓を受け、rの抵抗にて

$$i = \frac{E}{r}$$

を通じ、之に由る「トルク」を發生したるも速度増加して、oの増大すると共に

$$i = \frac{E - e}{r}$$

に減少するを以て「トルク」も從て減少し加速度として作用する餘力「E-e」も漸次減少し遂にTが機械の抵抗Rに等しくなると共に加速度は零となるを以て速度は其時の値以上に達せざるなり。

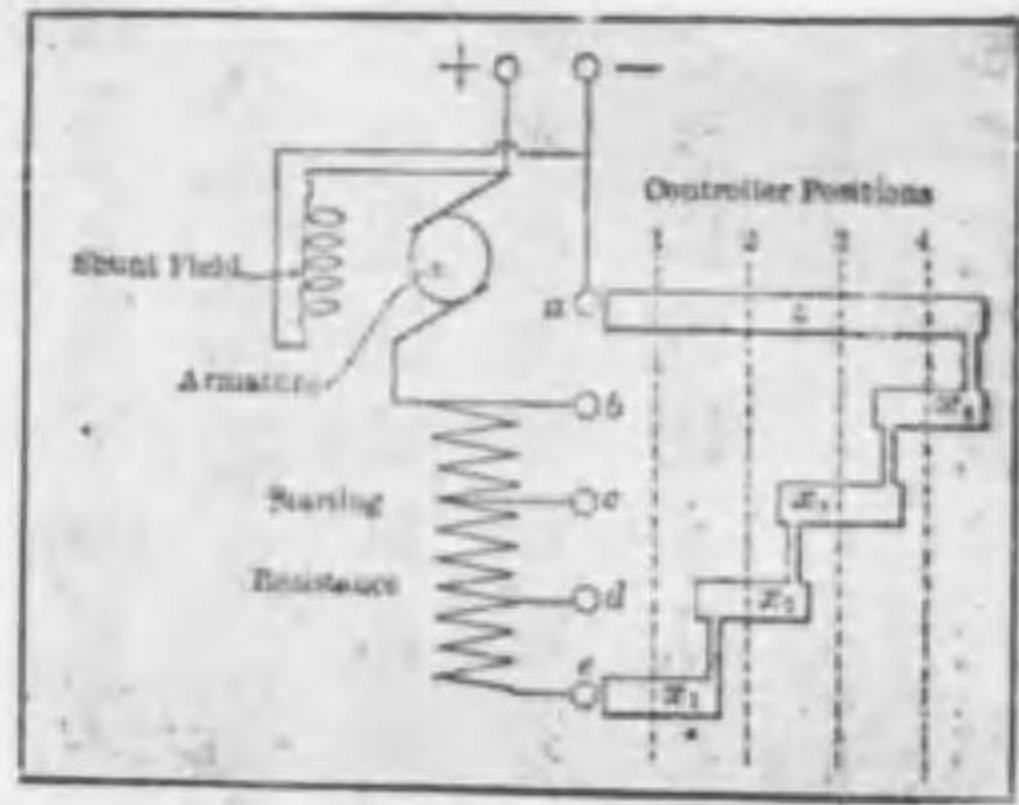
此理により電働機の荷重機械的抵抗Rの事が急に減ずるときは「トルク」に餘力を生じ加速度を生じてeを大にし自らi及び「トルク」を減じ以て外部荷重のRとTとが平衡するに至りて止み速度も一定す、又逆に荷重増加すれば其の「重み」の爲め速度を減じeを小とし從てi及びTは大となり荷重の「トルク」Rと平衡するに至りて止む、かく電働機は外部荷重の大小に應じ自ら其の速度を變じ之と平衡するに足る「トルク」を生ずるに至りて止むの性あるものにして一般に荷重大なれば速度小に荷重小なれば速度大なり、故に荷重の大小に抱らず速度を任意に調整せんと欲するときは送入電壓E又は「アーメチュア」の抵抗r又は磁界の強さ等の内何れかを變ずるを要するものなり。

**四六、始動抵抗器 Starting Rheostat** ある荷重を負ひて運轉しつゝある電

働機の電流は前記の如く  $i = \frac{E - e}{r}$  の如き關係にあり、例令ば送入電壓Eが五〇〇「ヴォルト」逆起電力eが四五〇「ヴォルト」、「アーメチュア」の抵抗rが二・五「オーム」なるときは電流iは

$$i = \frac{500 - 450}{2.5} = 20 \text{ 「アムペア」}$$

にして電働機は此際九「キロワット」即ち約一二馬力の仕事をなしつゝあるなり、



第二四四圖 制禦器

然れ共運轉開始の瞬間に於て突然二五「オーム」の「アーメチユア」を五〇〇「ヴォルト」電壓に結ぶときは

$$i = \frac{500}{2.5} = 200 \quad \text{「アンペア」}$$

を通じ過大に失し「アーメチユア」を焼損する虞あるべし故に始動に際しては適當なる抵抗を挿入して電流を必要以上に上ることなからしむ之を始動抵抗器と稱す而して速度上りeが大となるに従ひ此の抵抗を

漸次減小し最後に全く短絡し終るために普通制禦器「Controller」なる物を使用す第二四四圖は分岐捲電働機に使用する簡單なる制禦器の一例にして迴轉し得る圓筒に $x_1, x_2, x_3, x_4$ の如き銅片を取付けたるものを順次に1 2 3 4の如き線がa b c dの線上に合する様迴轉してe, d, c, bの如き順に始動抵抗を短絡し行く如くせるものなり。

### 四七、電働機の「パワー」

送入電壓E、逆起電力e、抵抗rなる電働機ありとせば電流iは次の如し、此等を變形して

$$i = \frac{E - e}{r}$$

$$ir = E - e$$

$$Pr = Ei - ei$$

$$\therefore Ei = Pr + ei$$

然るにEiは外部より電働機に供給せる「パワー」は電働機の「コイル」内にて熱として失はるし「パワー」なり故に殘餘のeiは即ち電働機の爲したる機械的「パワー」ならざる可らず、第二編五八節參照此理により電働機の能率を $\eta$ とすれば

$$\eta = \frac{ei}{Ei} = \frac{e}{E} \dots \dots \dots (133)$$

即ち一〇〇「ヴォルト」の電路に入れて八五「ヴォルト」の逆起電力を發生しつゝある電働機は八五%の能率にある理なり、然れども事實に於てはeiの幾分は空氣の摩擦、軸承の摩擦、鐵心内の損失等に依りて減ぜられ、又送入電力もEiの外に勵磁「コイル」の損失等をも供給するを要するを以て、

$$\eta = \frac{e_i - (i^2 r \text{ 以外の發電子内の損失})}{E_i + (\text{勵磁「コイル」等の損失})}$$

の如き形式より求めざる可らず、此値は當然e/Eより小なり、一般に

$$\eta = \frac{EC - \text{全損失}}{EC}$$

の如き形より計算せらる、eは電働機の回路に與へたる全電流とす、又全損失中には發電子内のみを初め鐵損失、機械的損失等悉くを含有するものなり

### 四八、能率と「パワー」

前節に見る如く電働機の能率は  $e/E$  にて示さるゝを以て  $e$  の大なる程、即ち速度の大なる程高能率にある理なり、然れども速度及び  $e$  の大なる時は「トルク」小なるを以て必ずしも其の「パワー」は大なりと稱すべからず、是等の關係は第二四五圖に就て知るを得可し、送入電壓を各邊とせる矩形内に逆起電力  $e$  を各邊とせる矩形を重ねるときは圖の如く  $R$  及び  $S$  なる兩面積の關係を考ふるに

$$R = e \times (E - e) = e \times ir = e^2 \times r$$

$$S = (E - e) \times (E - e) = ir \times ir = i^2 r \times r$$

即ち面積  $R$  は電働機の「パワー」に比例し、 $S$  は熱損失に比例す、依て送入さるゝ「パワー」 $Ei$  は  $R$  及び  $S$  の和なり、

今  $e$  が減少するとき  $R$  は増大するも  $S$  も從て増大し  $S$  と  $R$  との割合は  $S$  方大にして能率を減ず

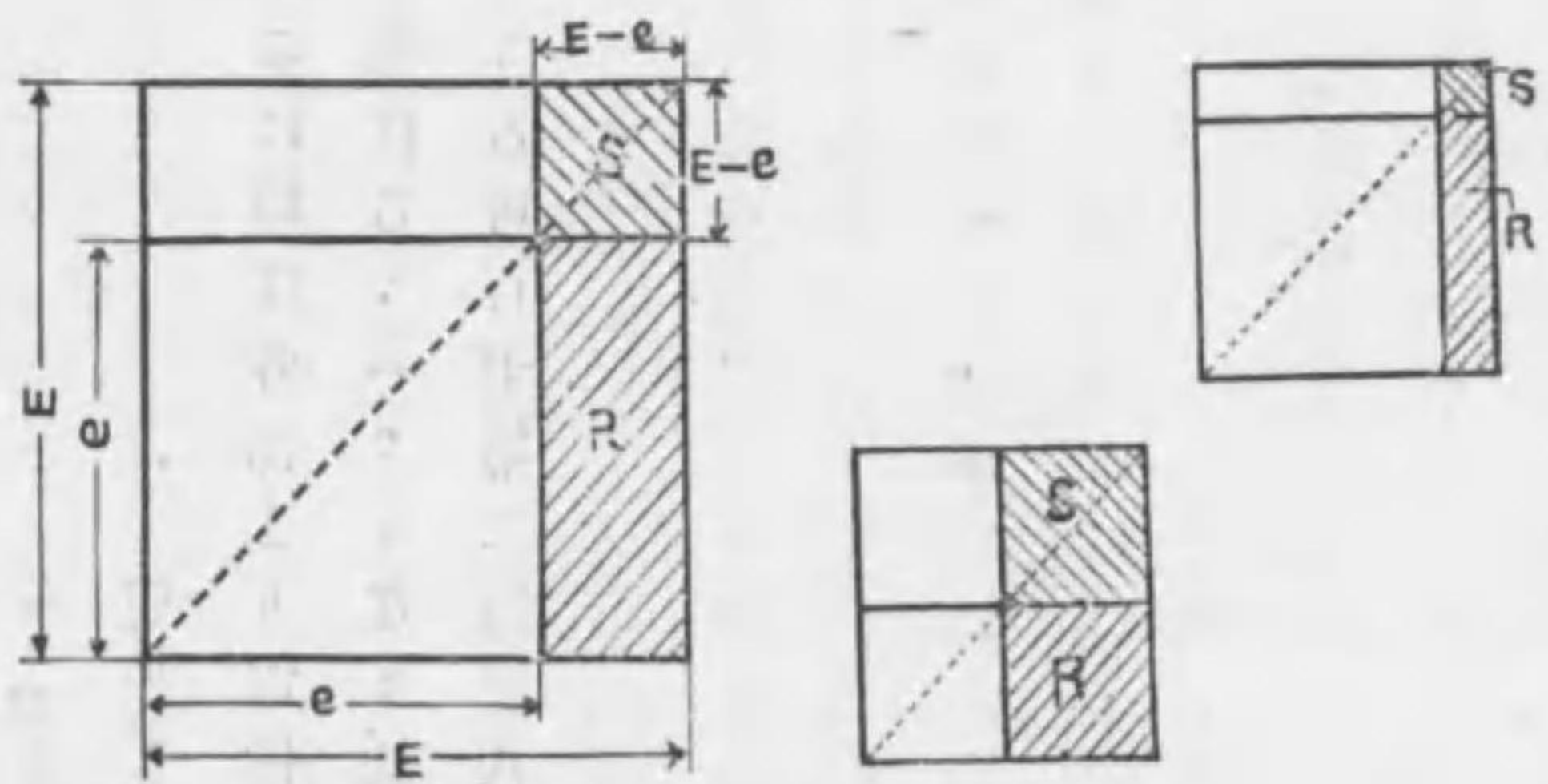


圖 五 四 二 第

るを示す又  $e$  を大にするときは其の「パワー」 $R$  は小となるも損失  $S$  は尙ほ遙かに小なるを以て能率は増加す、斯く高能率を得んと欲すれば電働機の供し得る「パワー」は減少し「パワー」を大ならしめんと欲せば能率の低下するを忍ばざる可らず、又  $e$  が  $E$  の半分なる時に於て  $R$  は最大の面積を有す、是れ此電働機の出し得る機械力の最大限を示すものにして此際  $R$  は  $S$  に等しく能率は  $0.5$  をなす  $e$  が尙ほ減少するも  $R$  は増加することなく單に損失  $S$  を増加するのみなり、故に電働機の最大理論的「パワー」即ち其の容量は  $e$  を  $E$  と置き

$$(P_{max}) = eE = iE \times \frac{E - \frac{1}{2}E}{r} = \frac{E^2}{4r} \dots \dots \dots (134)$$

即ち第四六節に記せる如く内部抵抗二五「オーム」なる電働機を五〇〇「ヴォルト」回路に使用するとき

$$P = \frac{E^2}{4r} = \frac{500 \times 500}{4 \times 2.5} = 25000 \text{ 「ワット」}$$

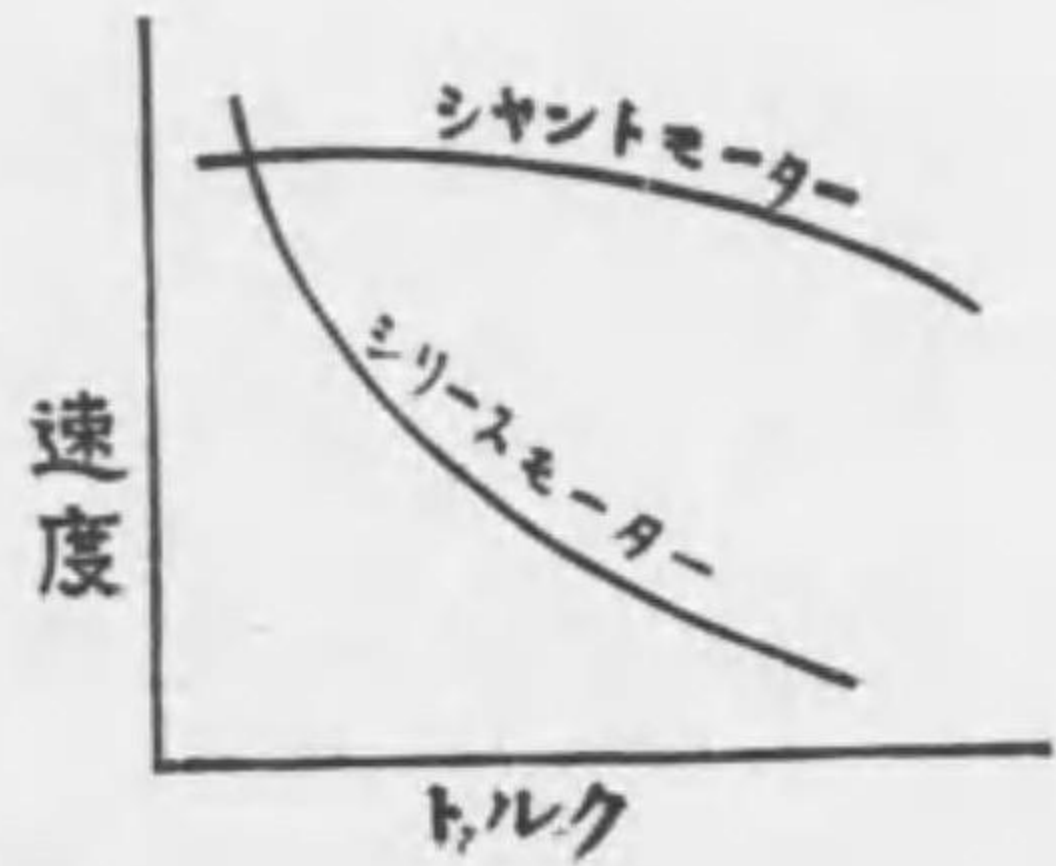
二十五「キロワット」即ち約三十三馬力以上の仕事を爲さしむる能はざるものなり、故に電働機の容量を大ならしめんと欲すれば抵抗  $r$  を可及的小ならしむるを要す。

### 四九、各種電働機の比較

第二百四十六圖は直列捲電働機と分岐捲電働

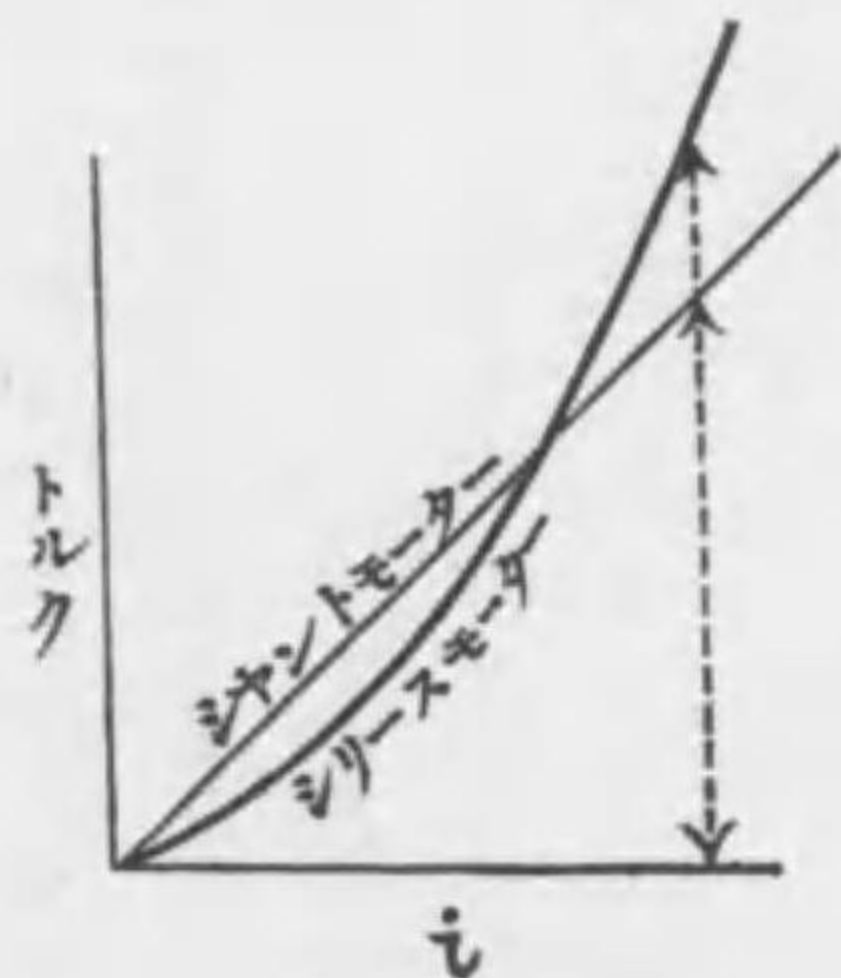


機との「トルク」の變化と速度の變化の狀況を比較せるものにして前者にありて勵



圖六十四百二第

磁コイルが發電子と直列に在るを以て始動に際し速度の小なる間は電流も磁束も共に大にしてトルクも甚だ大なり而して速度の増加と共にトルクは大に減少す之れに反し分岐捲電働機にありては磁束は速度トルク等の變化に關せず殆んど一定なるを以て電流の減少に伴ない速度の増加する割合は前者程甚だしからず。



圖七十四百二第

又第二百四十七圖は發電子電流とトルクとの變化を比較せるものにして直列捲電働機にては電流の増加は磁束をも増加するを以てトルクは大に増加すれども分岐捲電働機にては磁束數殆んど一定せるを以てトルクは電流に正比す圖に於て兩曲線の交點に就て考ふるに同一電流に對し同一トルクを發生し居れるなり今始動に際しては電流は運轉後

に於けるよりも大なるを以て圖の點線の部に見る如く直列捲に於ては分岐捲に於けるよりも非常に大なる始動トルクを發生す故に運轉後一定のトルクを要するものと雖始動の際の抵抗大なるもの即ち鐵道又は昇降機の如きものに於ては直列電働機を使用するを便とし始動に際し特に大なるトルクは要せざれども運轉後に於て荷重の増減に拘らず速度に大差なきを要するもの例令ば工場用動力の如きものには分岐捲電働機を使用するを便とす。

五〇、使用電壓と送電線の太さ 電壓Eにして電流Cなるときは

電力はECなるを以て同一の電力を遠距離に輸送せんとするに當り使用すべき電壓を變ずれば電流も變ず一般に電力輸送線に起る損失は $C^2R$ なる熱損失のみなるを以て同一電線中の損失は電流の二乗に比例す故に使用電壓を二倍とすれば電流は二分の一にて足り従て線路中の損失は四分の一に減ず故に線路中の損失を全電力の幾分と決定すれば電壓二倍なるときは電線の抵抗は四倍なるも損失は同一なるを得可し即ち電線の費用は四分の一に減ずることを得。

例令ば一千馬力を三十キロメートル(約七里)の距離に輸送し電線中の損失は其の一割即ち一十馬力ならしむるために使用電壓が(甲)一〇〇ヴォルト(乙)一〇〇〇

「ヴォルト」(丙)一〇〇〇〇「ヴォルト」なる三つの場合に於ける電線の太さを計算せんに、電流*i*は

$$i = \frac{P}{E}$$

(甲) E=100	$i=7460$	「アムペア」
(乙) E=1,000	$i=746$	「アムペア」
(丙) E=10,000	$i=74.6$	「アムペア」

而して損失が一百馬力なるを以て各の抵抗Rは

$$P^2 R = 100 \times 746$$

(甲) E=100	R=.00133	「オーム」
(乙) E=1,000	R=.133	「オーム」
(丙) E=10,000	R=13.3	「オーム」

故に電線の面積をA平方「ミリメートル」とすれば

$$R = \rho \frac{2l}{A} = .017 \times \frac{2 \times 30 \times 1000}{A}$$

(甲) E=100	A=7,600,000	□ mm.
(乙) E=1,000	A=76,000	□ mm
(丙) E=10,000	A=760	□ mm.

此の面積を圓形銅線の直径に換算すれば(甲)は直径三一〇センチ(乙)は三一センチ(丙)は三・一センチとなる即ち一萬「ヴォルト」を使用するも尙ほ三センチ以上とな

りて不利なり、須らく二萬「ヴォルト」以上なるを要す、二萬「ヴォルト」に於て其の太さ約 S. W. G. の零番線に相當す、近時種々の困難あるに拘らず非常に高き電圧を使用するは全く以上の理由により電線の費用を節せんが爲めなり然れども直流の發電機にては電壓一千「ヴォルト」以上のものを作ること頗る困難なり、尙ほ一例を擧ぐれば今一一〇「ヴォルト」にて〇・五「アムペア」白熱電燈二百個を「キロメートル」の距離に點火せんとするとき送電線中の損失を其の電力の一割と假定すれば電線の太さは下の如し、

電流  $i = 200 \times 0.5 = 100$  「アムペア」

電力  $P = Ei = 110 \times 100 = 11,000$  「ワット」

損失  $P' = 11,000 \times 10\% = 1,100$  「ワット」

$$= i^2 r \quad \therefore r = \frac{1100}{100^2} = 0.11 \text{ 「オーム」}$$

抵抗  $R = \rho \frac{2l}{A} \quad 0.11 = 0.017 \times \frac{2 \times 10,000}{A}$

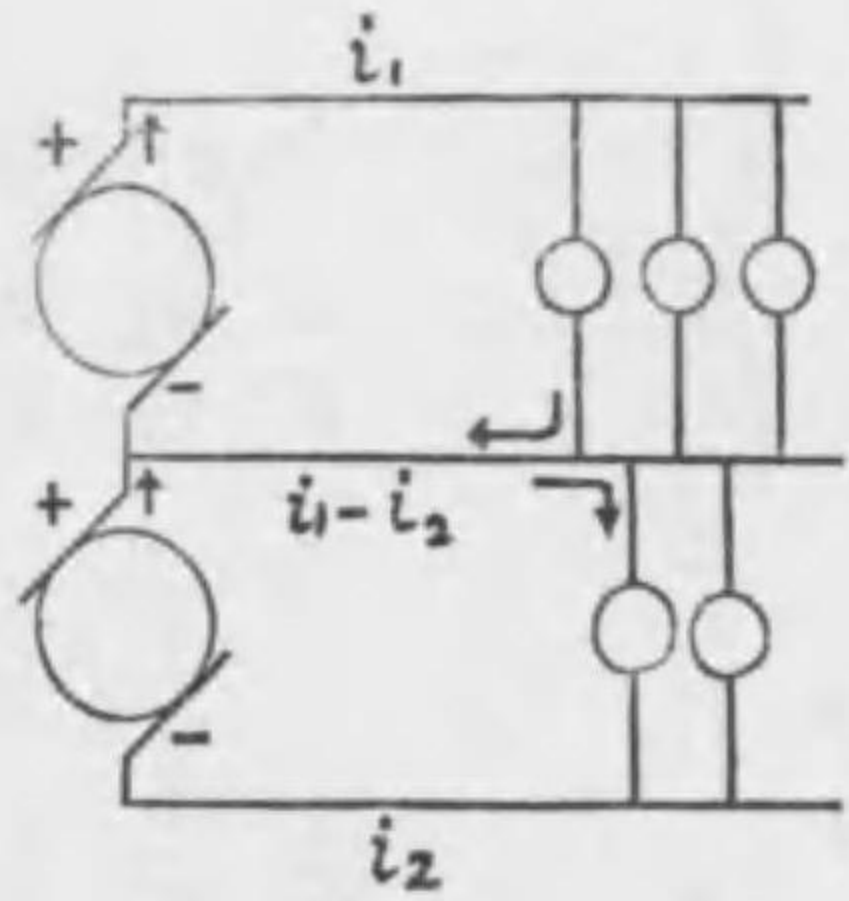
$$\therefore A = \frac{0.017 \times 20,000}{0.11} = 309 \quad \square \text{ mm.}$$

即ち直径二センチの銅線を要す然るに若し電燈二個宛を第二百四十八圖の如

alternating current

電氣磁氣

く直列とし其の百組を二二〇「ヴォルト」回路に並列に入るときは前の場合に比



式線三 圖八十四百二第

を中性線 Neutral Wire と命名し電燈は各外線と中性線とに同數に分ち連結す之を「エヂソン」氏の三線式 Three wire system と稱し理論上中性線には電流通ぜざる理なるも實際は兩側の電燈數に不平均あるため是れに起因する小電流のみを通ず、故に中性線は頗る細き線にて足るを以て一一〇「ヴォルト」回路に二百燈を悉く並列に入れたる場合に比し非常に電線は節約し得らる

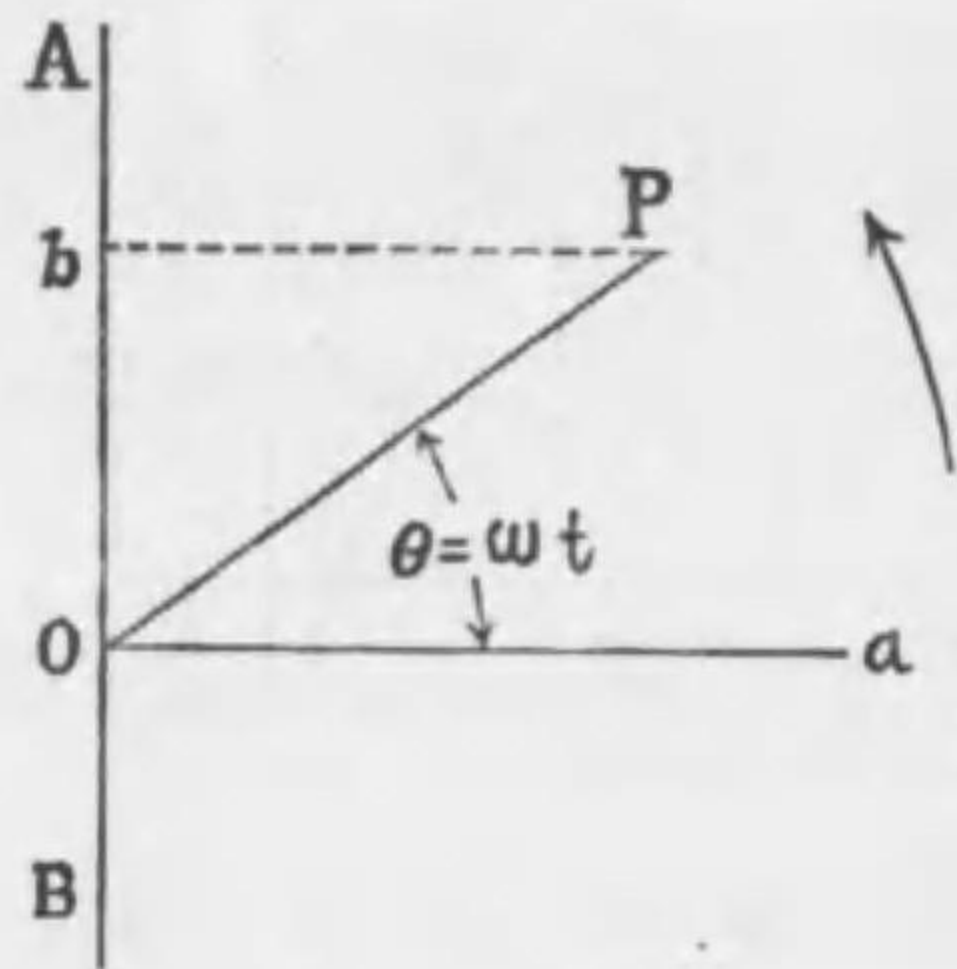
四〇四

After making current

第五編 交番電流

Alternating Current

「ハーモニック」曲線 Harmonic Curve oP の如き一線が O を中心とし第一二百四十九圖の矢の如き方向に  $\omega$  なる角速度にて迴轉するとき之を任意一線 AB 上に投影せる長さ ob の變化を見るに P が位置を變ずるに連れ ob も長さを變ずべし、P が oa の位置にあるとき ob は零にして、それより P が矢の方向に進むに連れ ob



圖九十四百二第

は漸次大となり、角  $\omega$  が九〇度に進むときは ob は最大にして P と等しく、其後は漸次減少して  $\theta$  が一八〇度なるときは零となる、其後は P 點は OB 線上に於て前同様の變化をなす、故に OA を正とすれば OB は負なり、時間の進むに連れ ob の變化の狀を曲線にて示すときは第二百五十圖の如くなり、此の AB 線上に於ける ob の變化の如き變化をなすものを「ハーモニック」

曲線と稱す、ある回路を通ずる電流が此の如き變化をなすときは之を「ハーモニック」電流

電氣磁氣

四〇五

と云ひ毎秒  $n$  サイクルの變動をなすときは其最大値に等しき  $P$  の如き線が毎秒

$n$  廻轉をなす者を  $AB$  線上に投影せる變化と等しかるべし、今  $P$  が毎秒  $f$  廻轉をなすときは其の角速度  $\omega$  は

$$\omega = 2\pi f \dots \dots \dots (135)$$

ラヂアンにして前圖の  $oa$  の如く影の零なる位置より起算し、秒の後は  $oP$  の位置は  $oa$  より  $\theta$  だけ隔たり

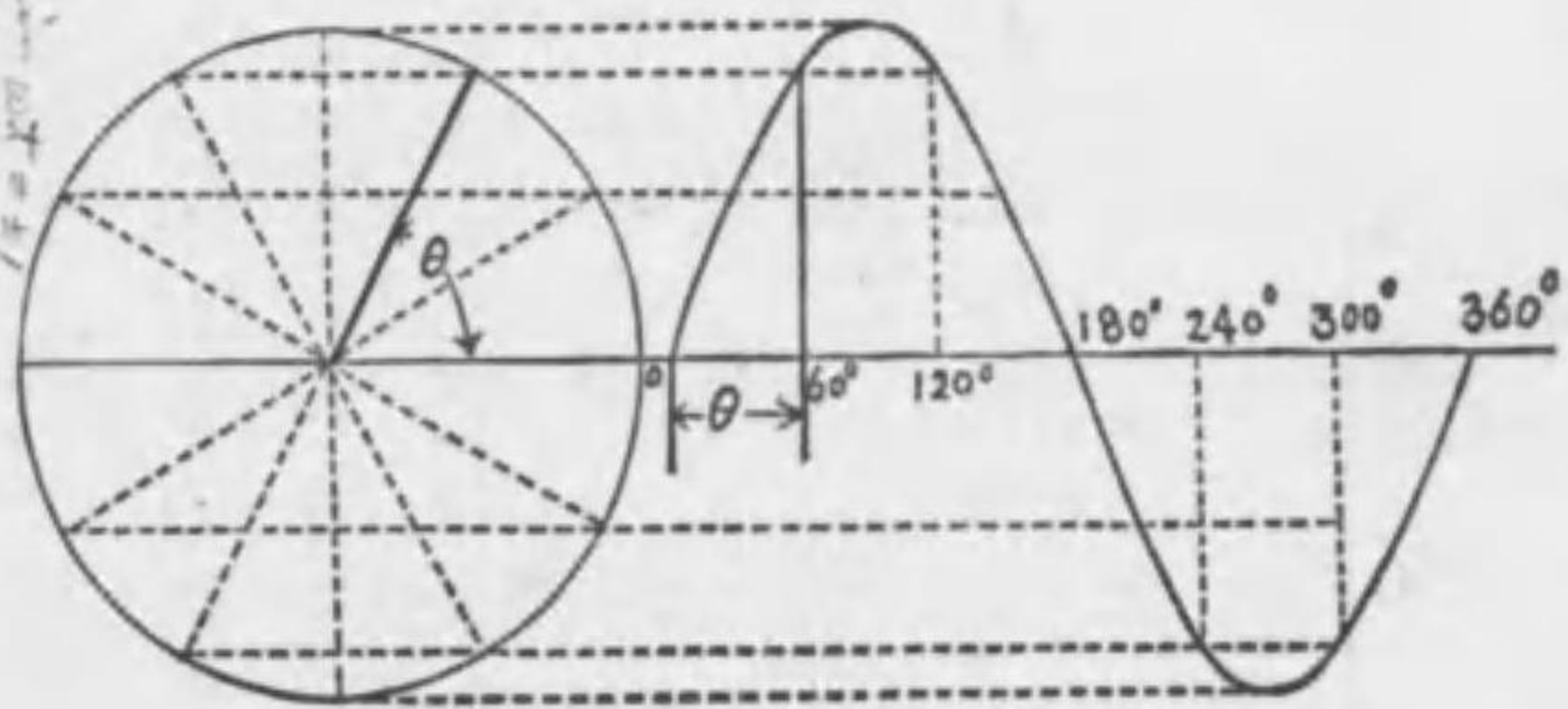
$$\theta = \omega t = 2\pi f t$$

に在り、而して影の大きさは

$$ob = oP \sin \theta = oP \sin \omega t$$

なり、即ち  $ob$  の變化は正弦  $\text{Sine}$  の變化と全く同一にして此の變動を單一に正弦波の變動又は單一弦運動  $\text{Simple Harmonic Motion}$  とも稱す、故に  $ob$  の最大値は

$\sin \theta = 1$  なる瞬間にして其値は  $oP$  に等し、而して此等正弦波の任意時間に於ける値は其最大値  $oP$  の長さ  $oP$  と、夾れの現在の位置  $\theta$  とを以て示し得る者にして、此の



第 二 百 五 十 圖

$\theta$  に在る  $P$  を一の「ベクトル」Vector と云ひ  $\theta$  を其の位相 Phase と云ふなり、

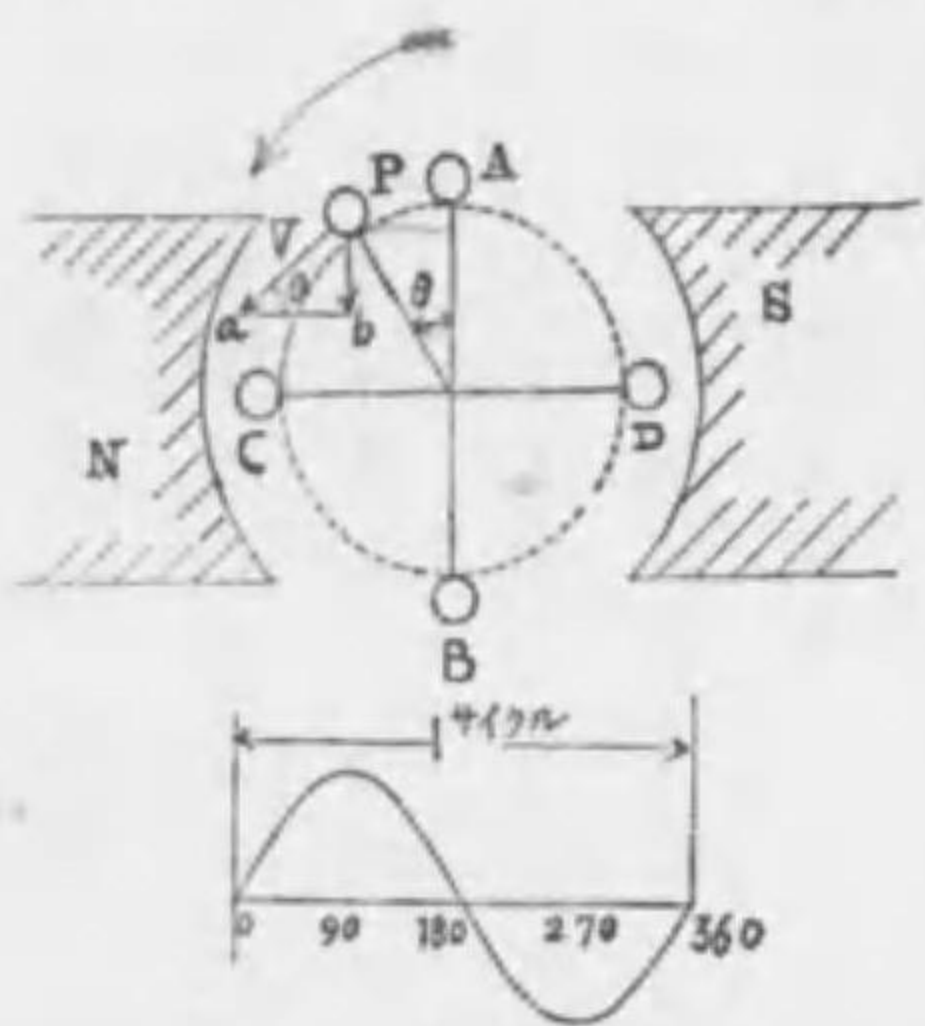
故にある回路に作用する電壓又は電流が上の正弦波の如く變ずるものにして其の最大値が  $E_m$  又は  $I_m$  なるときは此等の零なる時より起算し、秒の後に於ける電壓  $e$  及電流  $i$  は各

$$e = E_m \sin \omega t$$
$$i = I_m \sin \omega t$$

の如き値なりとす、 $\omega$  は前言の如く「ベクトル」 $P$  の廻轉速度、即ち變化の周波度數  $f$  の  $2\pi$  倍なり、

### 二、正弦波の發生

第二百五十一圖の如く均一なる磁界内に一の「コイル」有りて  $AB$  の如き位置より出發し  $V$  なる速度にて矢の如く廻轉し居れりとせば、「コイル」の位置に依りて夫れが力線を切る割合異なるを以て電壓も常に同一ならず、 $AB$  の如き位置にては零なるも、 $CD$  の如き位置にては最大なり、之れ  $V$  の方向は  $CD$  の位置に於て力線に直角なるが故なり、一般に任意の一點  $P$  に於て  $V$  は  $Pa$  の方向に有り、故に力線を切る割合は  $V$  を力線と直角に分解せる速度  $Pb$  に比例す、即ち  $V \sin \theta$  に比例す、依て「コイル」が一周する間には  $\theta$  が零又は一八〇度に於ては  $A$  及び  $B$  (電壓



第二五十一圖

てはS極の下を通過するが故なり、故に「サイクル」中には常に二個の相反する波形を有す、此の各を「オルタネーション」と云ひ、毎分時の變動數を以て示すことあり、例令ば毎秒五〇「サイクル」の交番電流は

$$60 \times 2 \times 50 = 6,000$$

にして六千「オルタネーション」の交流と稱するが如し。

實際の機械に於ては磁界も均一ならず「コイル」も「サイクル」内に三六〇度を廻轉せざるを以て「多極發電機」なるを以て「電壓」の波形は前記の如き眞の正弦波を爲さざる理なり、然れども磁極の形狀「アーメチュア」鐵心の溝の形狀、及び「コイル」の分布

方法等を適當にし成る可く「正弦波」に近き交流を發生せしむるを常とす。

本編に於ては電壓及び電流は何れも「正弦」の如く變ずるものと假定して其の諸性質を研究せんとす。

### 三、實効値 Effective Value

交番電流にては電壓又は電流は時々刻々其の値を變ずるを以て其の大きさを比較するには最大値又は平均値等に依るものと假定せざる可らず、吾人は交番電流を或る回路に通じ或る仕事を爲さしめたる時、其大きさが同一回路に直流の「i」アムペアを通じたる時と同程度なる時は之を「i」アムペアの交番電流と稱するなり、電壓に就ても同様にして交流「E」ヴォルトと稱するは直流の「E」ヴォルトと同一の「パワー」を同一回路に與ふるか又は電壓計指針に同一の指度を示さしむるものなり、之を實効値と稱し最大値又は平均値の何れとも異なるものなり。

汎て或る回路に作用する電氣力は其の靜電的引力なると電磁誘導による引力なると或は熱なると機械的「パワー」なるとを問はず常に此の回路に與へたる電壓又は回路を通ずる電流の自乗に比例するものにして交番電流の如く各瞬間に電壓又は電流の變ずる場合には各瞬間の電氣力は其時に於ける電壓の自乗に比例す、

故に今一の電圧計に或る電圧を與へたりとすれば直流に於ては

$$針を動かす力 \propto (\text{電流})^2 \quad \therefore \text{電流} \propto \sqrt{\text{針の受くる力}} \dots\dots\dots (甲)$$

又交番電流の場合には

$$針を動かす力 \propto (\text{各瞬間の電流})^2 \text{の平均}$$

なるを以て前記の如く直流と交流とに於て同一の仕事をなす電流を同一強さなりと定むれば(甲)に依り

交流の強さ  $\propto \sqrt{\text{針の受くる力}}$

$\propto \sqrt{\text{各瞬間の電流}}^2 \text{の平均}$

即ち實効値とは各瞬間値の自乗の平均の平方根 Root Mean Square; R. M. S. に相當するものなり。

最大値が一なる交番電圧又は電流の實効値は

$$\text{實効値} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \sin^2 \theta dt} = \sqrt{\frac{1}{2}} = 0.707$$

なり故に最大値が一〇〇「アムペア」なる交番電流の實効値は七〇・七「アムペア」にして直流の七〇・七「アムペア」と同一程度の仕事を成し、尙ほ測定器にも「0.7」として指示さるゝものなり、同理により實効一〇〇「ヴォルト」の交番電圧の最大値は

$$E_m = E \times \sqrt{2} = 100 \times \sqrt{2} = 141$$

「ヴォルト」

なり

### 四、位相 Phase

同一の「アーメチュア」上なる二個の電線 A 及び B は何れも同様なる交流波を發生すれども、A が零なる時 B は零ならず、B が零なるとき A 又零ならず、即ち兩波は第二百五十二圖の如く互に異なる位置にあり、其の距たりの大小は角  $\theta$  に由りて異なる、各の波を「ヴェクトル」を以て示すときは兩「ヴェクトル」は  $\theta$  なる角を隔つ、之れを A と B とに  $\theta$  なる位相の差 Phase difference ありと云ひ圖に於て A の如く早く零又は最大値を通過する方をリード Lead せる位相 B の如く遅き方をラツグ Lag せる位相に在りと云ふ、又任意時刻に於ける一交流の位相とは圖の ON の如く、其の電流が零なる位置より起算せる角  $\theta$  なり、上圖に於て A は正に九〇度の位相にあり。

一の「アーメチュア」表面に A B C D E F 等  $n$  個の電線を

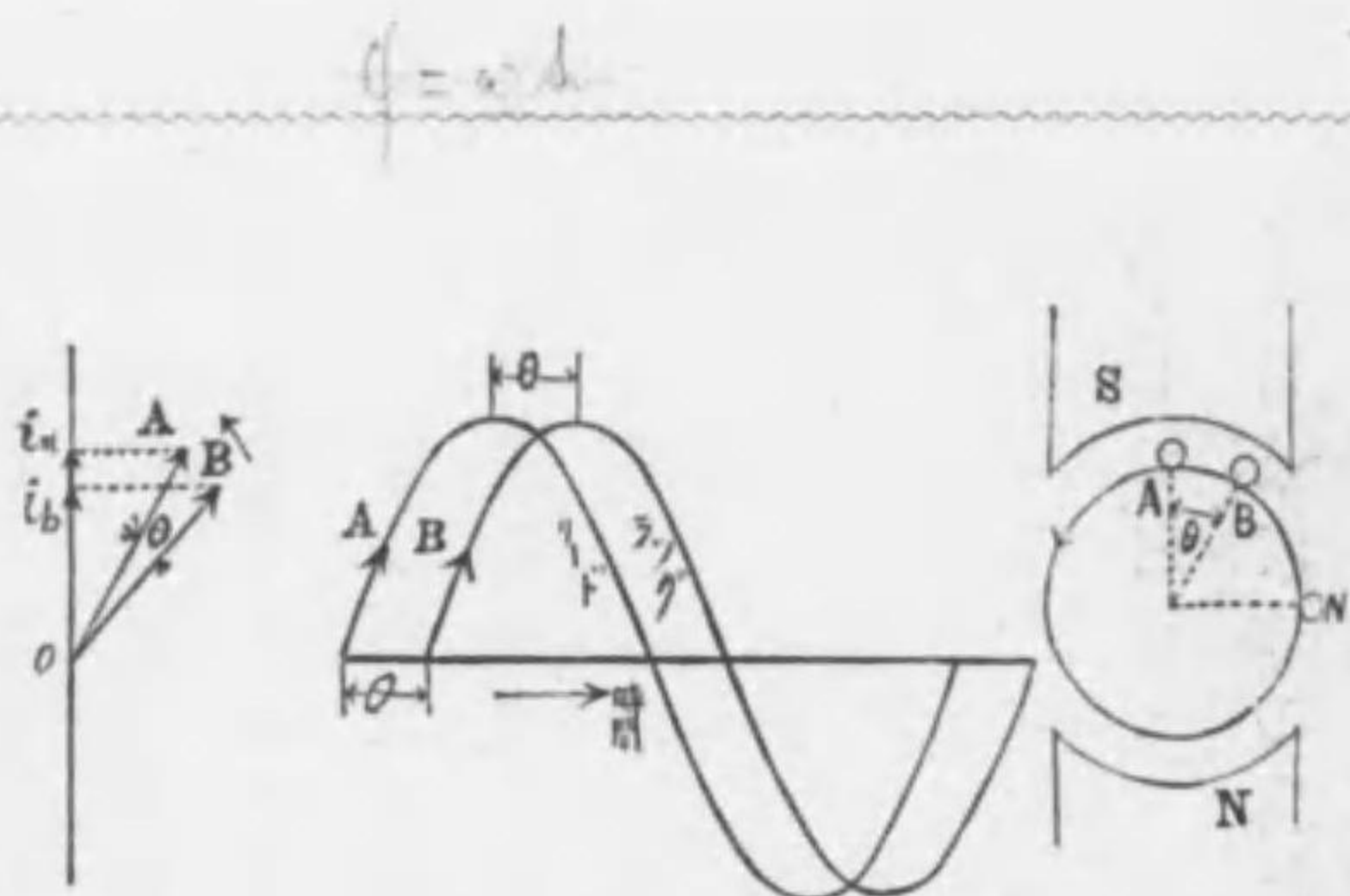


圖 二 十 五 二 第

捲くときは各線は何れも最大E「ヴォルト」の電壓を發生すとも各は位相を異にするが故に其の和は最大値がE「ヴォルト」なる交番電壓を爲し得ざるものなり之れ二個以上の「ヴェクトル」の和は其の各の位相が全く同一ならざる限りは各の代数和より常に小なるを以てなり

周波度數の全く等しき二つ以上の交流は其の「ヴェクトル」の廻轉速度全く同一なるを以て或る位相の差を有する數個の「ヴェクトル」を以て常に相互の關係を示し得可し、即ち各の長さを交流の最大値に、相互間の角を位相の差の角に取れば可なり、吾人は便宜上「ヴェクトル」の長さを最大値に取らずして實効値に取るものと約す、即ち此の「ヴェクトル」を或る基線の上に投影せるものは其時の瞬間値にあらずして之れよりも $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍に小なるものなり。

若し周波度數の異なる數個の交流あるときは「ヴェクトル」の廻轉速度同一ならざるため位相の差 $\theta$ は常に變ずべく、從つて長さ方向のみを定めたる「ヴェクトル」を以て相互間の關係を示すこと能はず

五、フォーム、ファクター Form Factor 總て交番電流又は電壓に於て其の實効値と平均値との比をフォームファクターと云う、今最大値がAなる正弦的

交番電流ありとすれば其の

$$\begin{aligned} \text{實効値は } & \sqrt{\frac{2}{\pi} \sum_{0 \rightarrow \frac{\pi}{2}} A^2 \sin^2 \theta} = \frac{A}{\sqrt{2}} = 0.707A \\ \text{平均値は } & \frac{2}{\pi} \sum_{0 \rightarrow \frac{\pi}{2}} A \sin \theta = \frac{2A}{\pi} = 0.637A \\ \therefore (\text{フォームファクター}) & = \frac{A}{\frac{2A}{\pi}} \times \frac{\pi}{2A} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1.11 \end{aligned}$$

正弦波の如く變ずる交流に於ては其の「フォームファクター」は「1」をなせども其他の曲線をなすものに於ては其の波形に從ひて之れより大に異なることあり、何れの場合に於ても任意交流波の平均値に其の「フォームファクター」を乗ずれば實効値を得可し

六、周波度數 Frequency 一對の磁極を有する磁界内に「アーメチュア」が一廻

轉をなすときは交流は「1」サイクルを爲すべし、故に廻轉數が毎秒nなるときは「n」サイクルの周波度數を爲す、然に若し多極發電機にして磁極がp對あるときは「アーメチュア」の一廻轉は $\frac{1}{p}$ サイクルの波を描き從つて毎秒 $\frac{n}{p}$ 廻轉ならば $\frac{n}{p}$ 「サイクル」の周波數となる、故に電流の容なる位置より起算し「アーメチュア」が $\theta$ を進める

時は電流は  $p\theta$  の位相にあり此の  $p\theta$  を交流波の電氣角度 Electrical angle と云ふ故に

$$\text{電氣角度} = p \times \text{實角度} \dots\dots\dots (137)$$

にして「アーメチュア」が  $2\pi$  ラヂアンの角を進む間に電流の變化は「サイクル」をなす即ち毎秒の周波度數は  $n$  が毎秒の廻轉數ならば

$$f = n.p.$$

なること既に一三〇式に示したるが如し一廻轉の角は  $2\pi$  ラヂアンなるを以て毎秒の角速度  $\omega$  は

$$\omega = 2\pi n$$

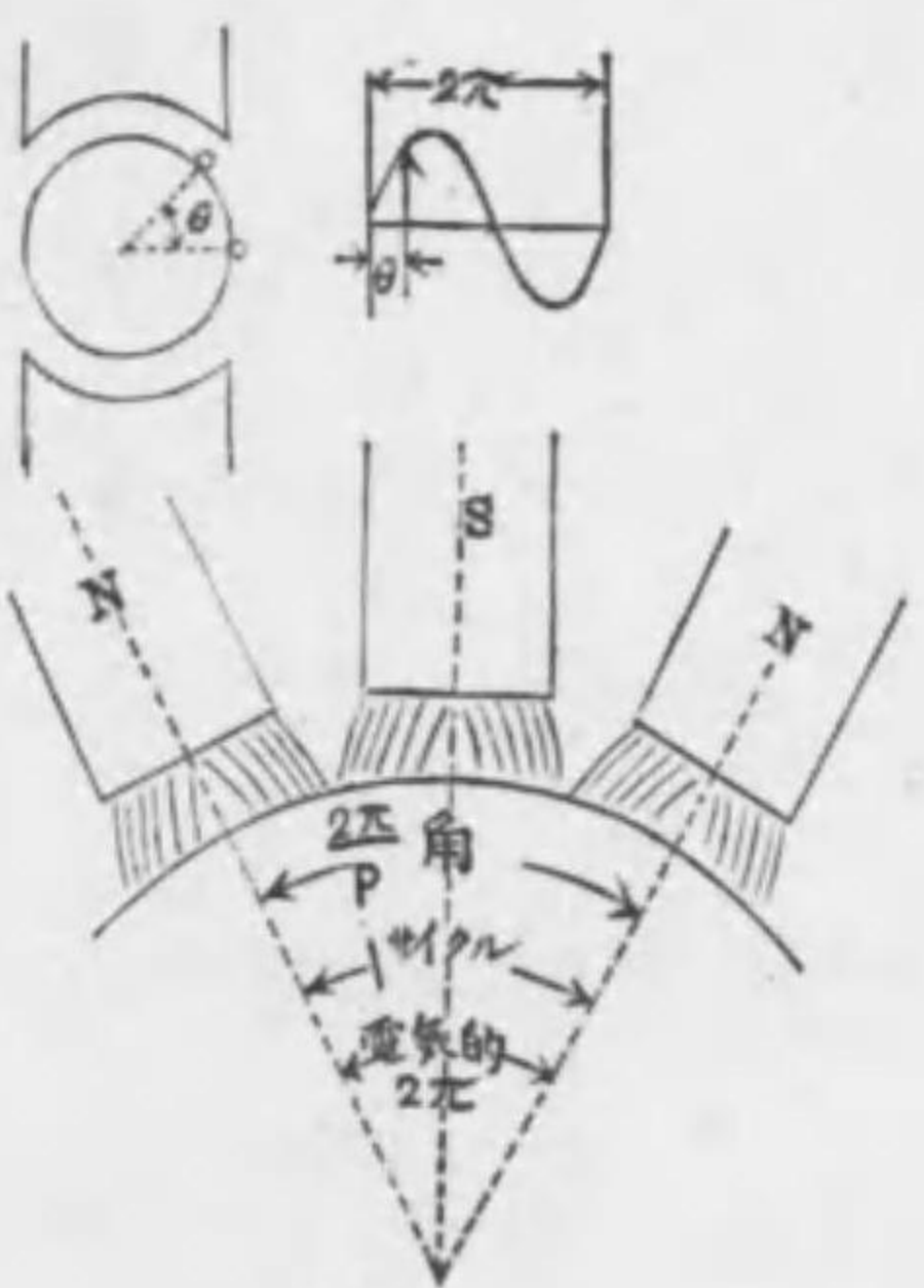
にして電氣的角速度は「アーメチュア」實角度の  $p$  倍となり

$$\omega = 2\pi n p = 2\pi f$$

なり、

「七」コイルに發生する電壓 捲數  $n$

を有する「コイル」が均一磁界内に廻轉するとき「コイル」内を通ずる力線の最大値を  $\Phi$  とし



圖三百五十二第

れば「コイル」が半「サイクル」をなす間に即ち二極發電機ならば一八〇度を廻轉する間に其の各半は何れも  $\Phi$  本の力線を切るを以て一捲の「コイル」は  $2\Phi$  を切る故に一「サイクル」内には  $4\Phi$  を切るべし故に其の平均電壓  $E_m$  は

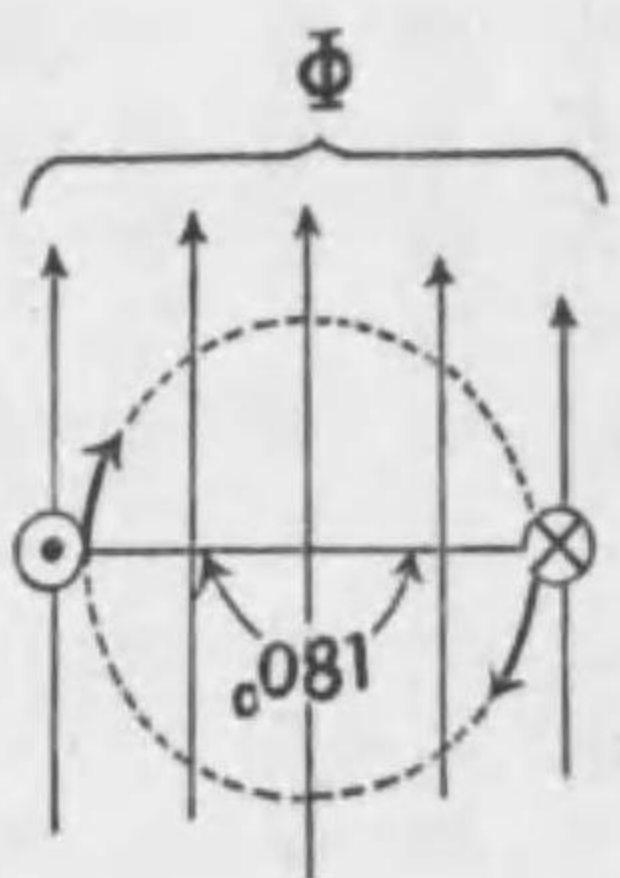
$$E_m = \frac{4\Phi}{f \times 10^8} \quad \text{「ヴォルト」}$$

然るにこれは「サイクル」に要したる時間なるを以て

$$\frac{1}{f} \text{に等し故に} \quad E_m = 4\Phi \times 10^{-8}$$

而して「コイル」は  $n$  捲あるを以て

$$E_m = 4\Phi n \times 10^{-8} \quad \text{「ヴォルト」} \dots\dots\dots (138)$$



圖四百五十二第

但し是れは平均電壓なるを以て實効値  $E$  「ヴォルト」に換算するには「フォーム」ファクター」を乗じて

$$E = 4\Phi n \times \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \times 10^{-8} = \sqrt{2} \pi f \Phi n \times 10^{-8} \\ = 4.44 \Phi n \times 1 \times 10^{-8} \quad \text{「ヴォルト」} \dots\dots\dots (139)$$

若し波形が正弦形を成さざるときは「フォーム」ファクター」は「一一」にあらざるを以て本式の係數も四四四をなさず。

變壓器の電壓等を計算するには此式に倚るを便とす又發電氣の場合に於ては  $n$



の各捲は何れも同一位相にあらざるを以て尙ほ他の係数を乗ずるを要す後節に説くべし

ハ「リアクタンス」Reactance Lなる自己誘導係数を有する電路に正弦の如く變ずる交番電流を通ずる時には、自己誘導作用にて發生する電壓は勿論交番電壓にして「レンツ」法則により其の方向は電流の増減とは常に逆にして

$$e = -L \frac{di}{dt} \quad (\text{一は} i \text{が} + \text{なるとき} e \text{が} - \text{なるを示す})$$

なるを以て i が正弦的變化をなせば e も亦正弦的に變化するものなり、若し磁路に鐵あるときは i の變化と共に L にも變化を生ずるを以て e の變化は i の變化と同形をなさず

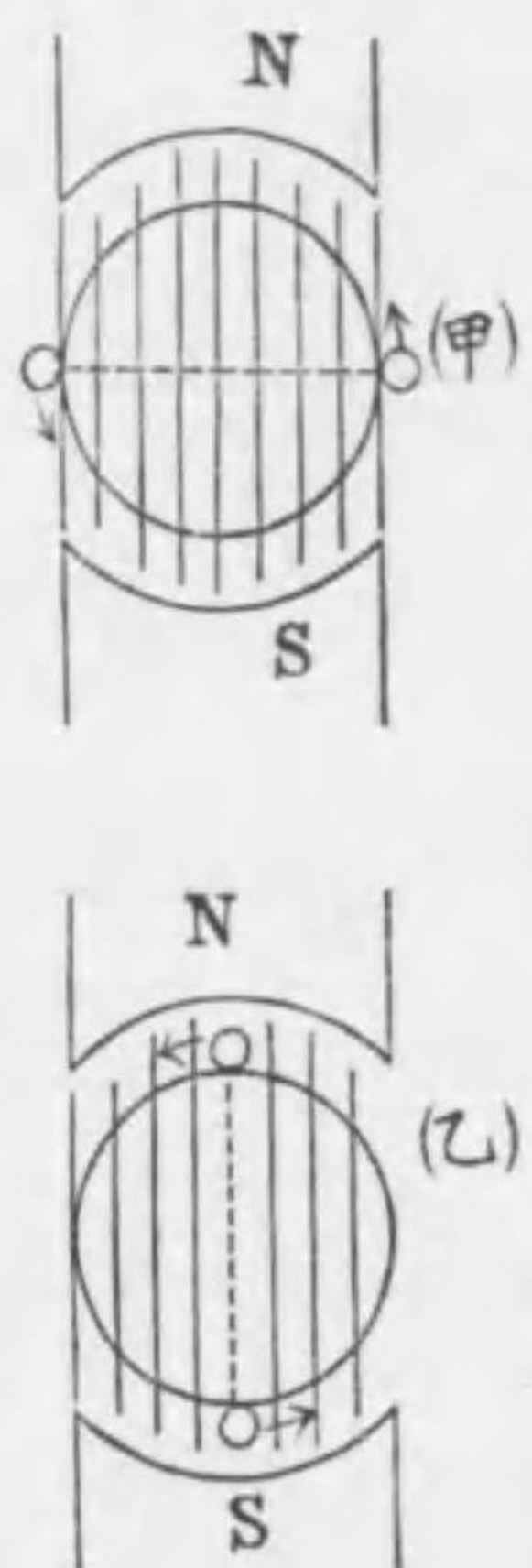
今實効値 I「アムペア」の交流を L「ヘンリー」の電路に通ぜるとき何「ヴォルト」の交番電壓を發生するかを見んに、先づ電流の最大値は  $\sqrt{2}I$ 「アムペア」にして之が爲めに生ずる回路と力線の最大「リンク」は

$$(\text{リンク}) = \sqrt{2}LI \times 10^9 = \phi_m$$

なり但し中は「コイル」中を通ずる磁束、n は其の捲数とす、今是れを前節の式に入るときは誘起電壓 V は

$$V = \frac{\sqrt{2}\pi\phi_m}{10^9} = \frac{\sqrt{2}\pi \cdot \sqrt{2}LI \times 10^9}{10^9} = 2\pi LI = \omega LI \quad \text{實効ヴォルト} \dots \dots \dots (140)$$

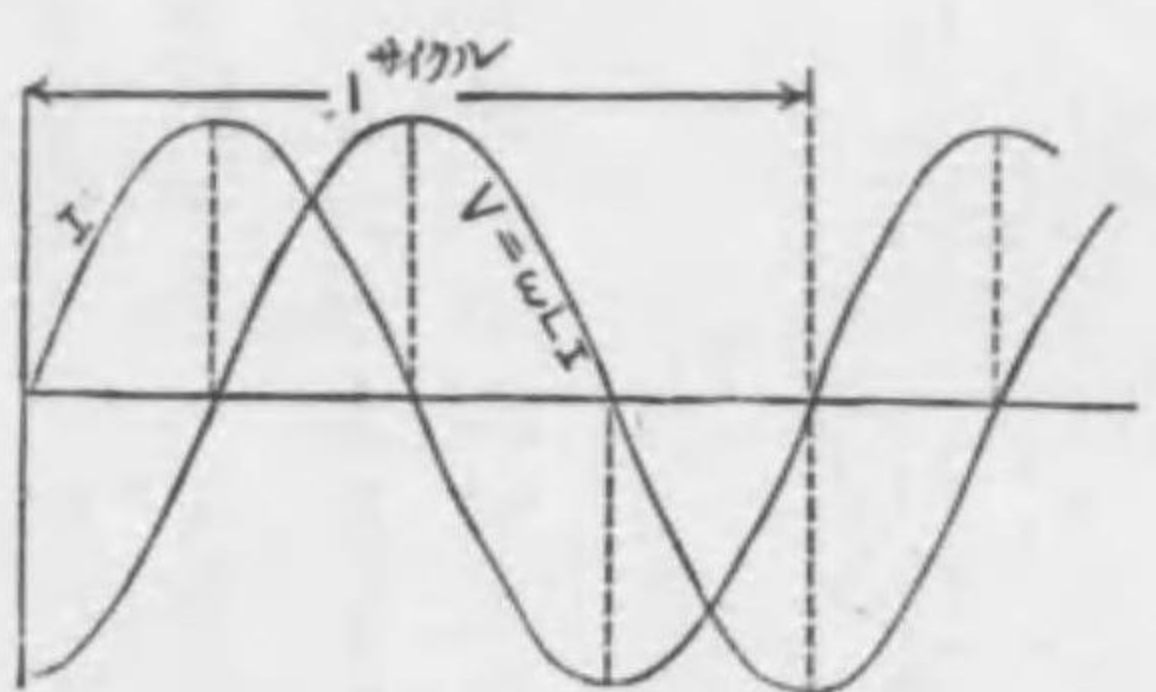
なり此の  $\omega LI$  を回路のリアクタンスと稱し自己誘導係数 L に  $\omega$  を乗じたるものなり、而して「オーム」を以て單位となす、何となれば「リアクタンス」に由る誘起電壓は送入電壓の一部分を消費し電流を小ならしむること抵抗に於けると相似たればなり、かく「リアクタンス」ある回路内に發生する電壓即ち自己誘導の電壓をリアクタンス「ヴォルテージ」Reactance voltage と云ふ



第二百五十五圖

斯く電路に通ずる電流が正弦の如く變ずるときは、リアクタンス「電壓」も正弦の如く變ずるものなれども、其の位相は電流の位相とは全く異なりて電流よりは九〇度遅れたる位相にあるなり、凡て回路に電流の増減あるときは電流が最大なる瞬間

間には「リンク」は最大なれども其の變化の率は最小に、又電流最小（即ち零）にして從て力線も最小なる瞬間に於ては其の變化の率は最大なるものなり、第二百五十



圖六十五百二第

五圖甲及び乙に於て甲の如き位置にては「コイル」の力線最大なるも電圧は零に、乙の位置に於ては力線最小なるも電圧最大なり、之れと同様に依り ωLI の位相は常に I の位相とは九〇度の差あり而して「リアクタンス」電圧の方 I より九〇度遅れ居るなり、何となれば前の

$$e = -L \frac{di}{dt}$$

式に於て

$$i = I_m \sin \omega t \quad (I_m \text{ は } I \text{ の最大値})$$

とすれば、なる時刻より少しく後の、なる時刻に移る迄の間に發生する e は

$$e = -L \frac{d(I_m \sin \omega t - \sin \omega t)}{dt}$$

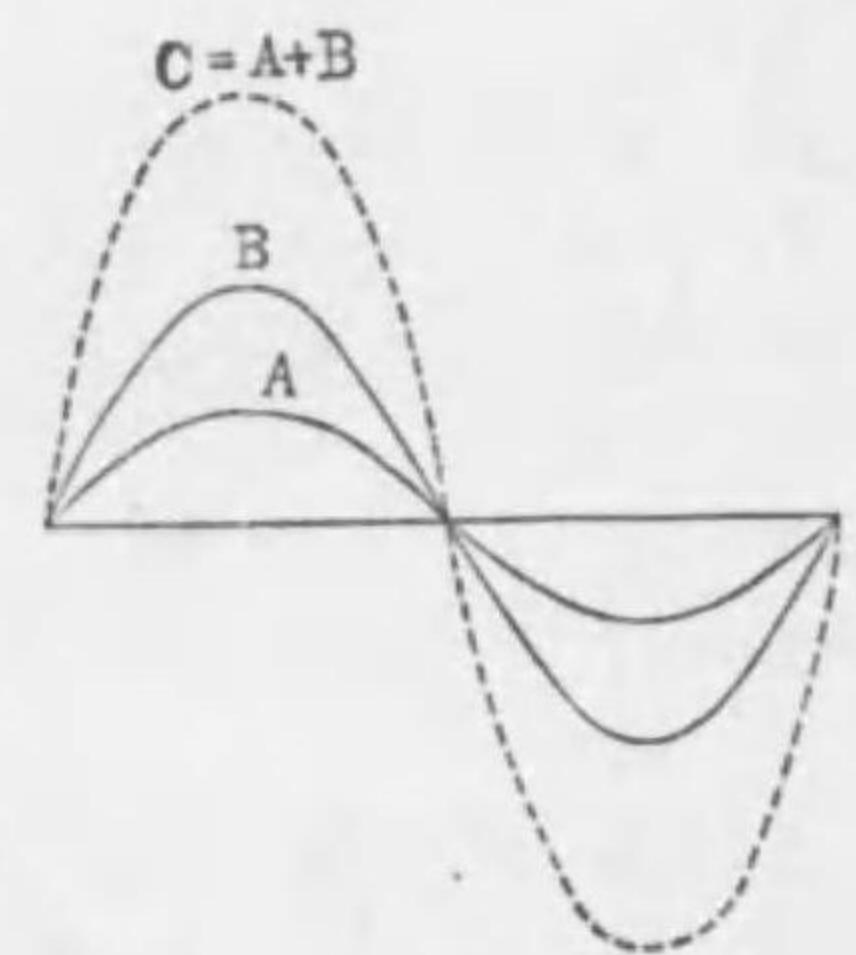
然るに、が、に極く近き瞬間に於ては

$$\frac{\sin \omega' t - \sin \omega t}{t' - t} = \frac{2 \cos \frac{\omega' t + \omega t}{2} \sin \frac{\omega' t - \omega t}{2}}{t' - t}$$

なるを以て

$$\begin{aligned} &= \frac{2 \cos \omega t \times \frac{\omega}{2} \sin(t' - t)}{t' - t} \\ e &= -LI_m \omega \cos \omega t \end{aligned}$$

$$= \omega LI_m \sin(\omega t - 90^\circ) \dots \dots \dots (141)$$

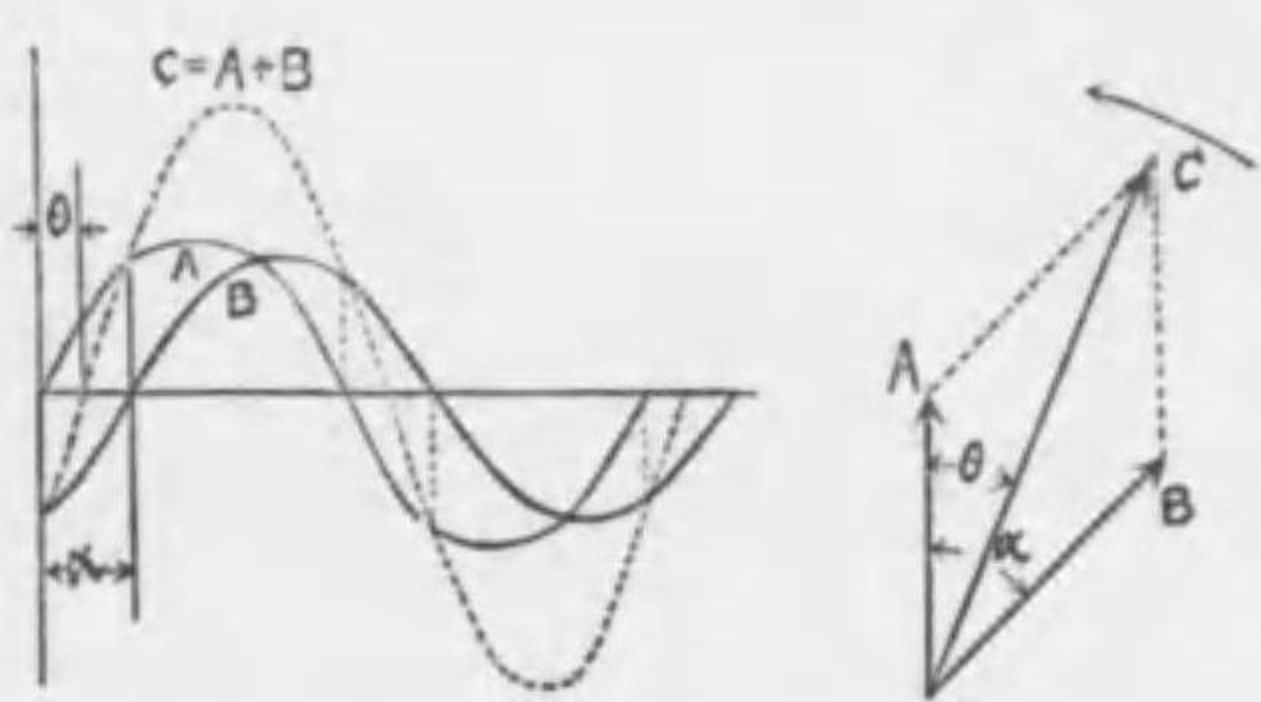


圖七十五百二第

き二個の互に直角なる二直線をなす

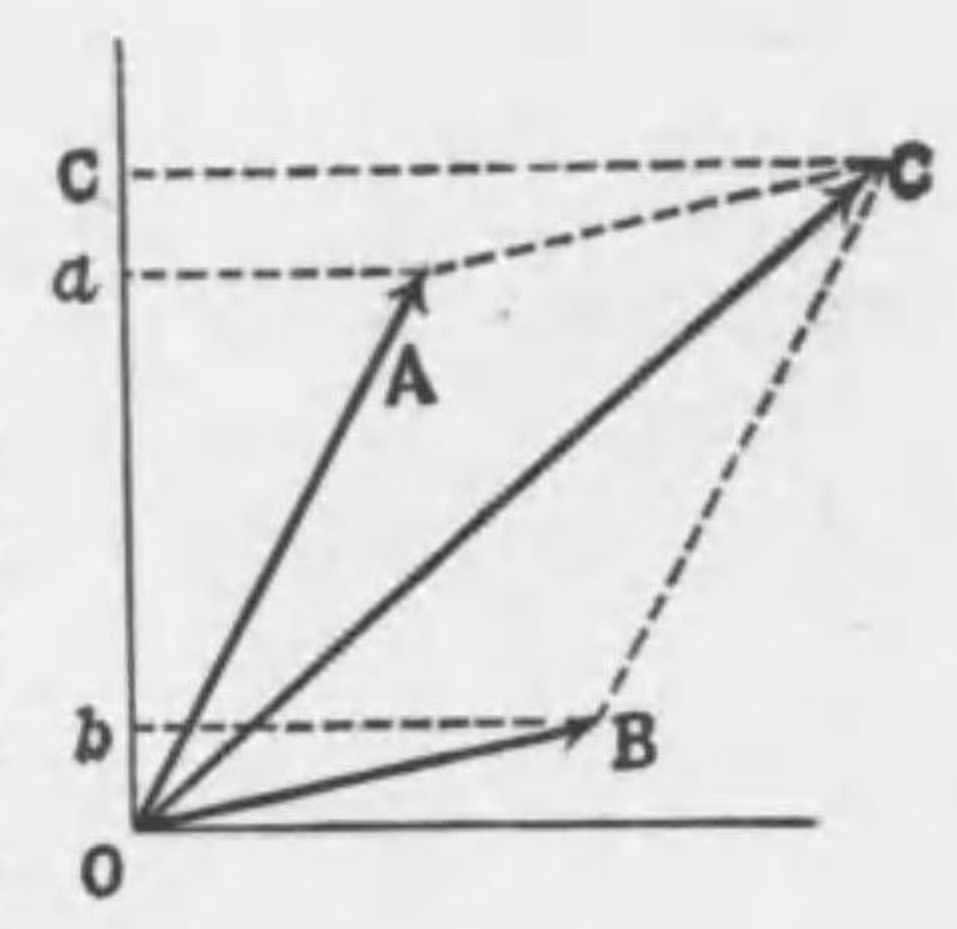
九、「ヴェクトル」の和及差

「ヴェクトル」の和及差は、其の和又は差を容易に知り得るにあり、今位相同じき二つの交番電圧ありて同一の周波度数を有し、或る一の回路に作用せるとき、各瞬間に於ける電圧は



圖八十五百二第

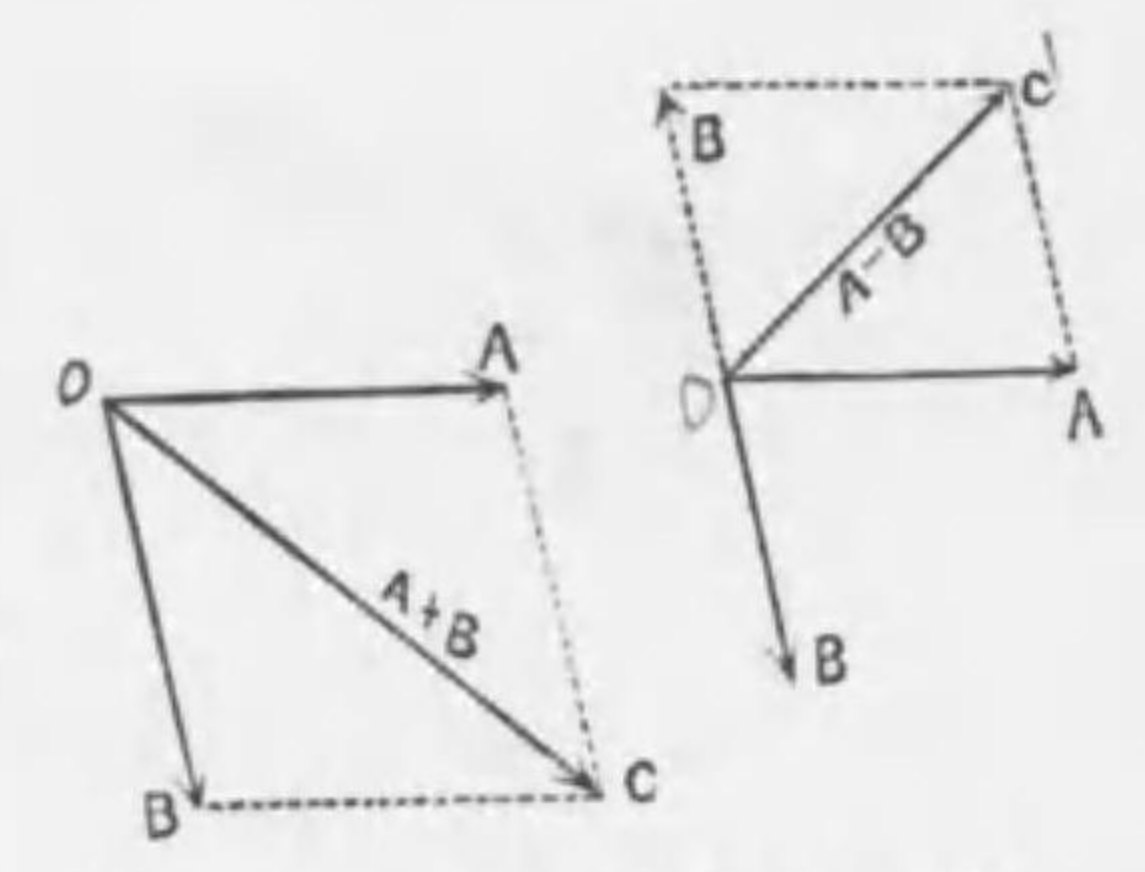
各波の瞬間値の和なるが故に第二百五十七圖の如くAが零の時にはBも零、Aが最大なる時にはBも最大にして其和はCの如き他の正弦波を成すべし、而して其の最大値はA、B各の最大値の和に等しく、其位相もA又はBと全く合す若しAとBとの位相が合せざるときは其和即ち回路に作用する合成電壓は第二百五十八圖の如く矢張り一の正弦波をなせども其の最大値はAより小にして位相もAとBとの中間にあり、而して此のCなる合成波を研究するにCはAとBとの「ベクトル」を二邊とせる平行四邊形の對角線の「ベクトル」と同一のものなるを見るべし、此の理を證明せん、第二百五十九圖に於てOA及びOB兩「ベクトル」の瞬間値は各oa及びobにして其和は明らかに對角線OCを投影せるocに等しきなり、即ち一の回路にA及びBなる二個の正弦波作用するとき其結果はCの如き一の正弦波あると全く同一なり、同理に依り逆にCなる一の「ベクトル」はA、B等の正弦波に分解し得ること物理學に於ける力の合成或は分解と同様なり。



圖九十五百二第

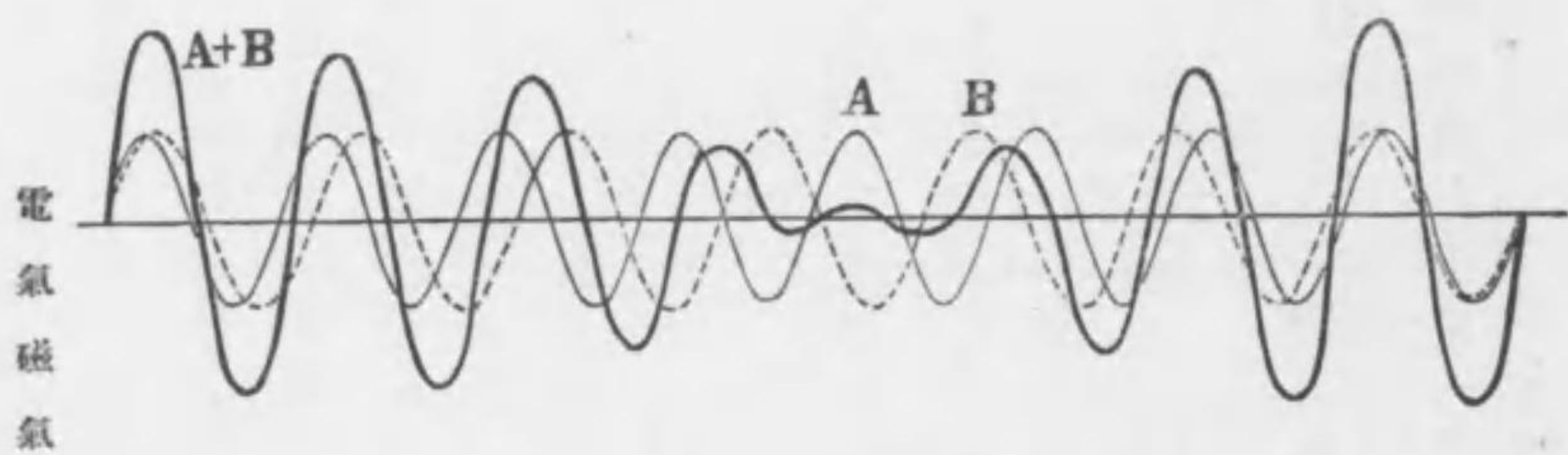
$ob=ac$   
 $ob+oa=oc$

ときは電路の電壓は兩者の位相の關係によりて下の如く種々に變ずべし、



圖十六百二第  
 $oC=oa+ob$   
 $oC'=oa-ob$

- (一)位相合し居るとき  $E=100+100=200V$
  - (二)位相六〇度の差あるとき  $E=100 \times \sqrt{3} = 173V$
  - (三)位相九〇度の差あるとき  $E=100 \times \sqrt{2} = 141V$
  - (四)位相一二〇度の差あるとき  $E=100V$
  - (五)位相一八〇度の差あるとき  $E=100-100=0$
- 即ち位相全く合し居るときは合成電壓は各の和となり、正に相反するとき即ち一八〇度の差あるときは兩者の差となり、其他の場合に於ては各の最大値が



電氣磁氣

圖 三 十 六 百 二 第

又此理により數個の「ベクトル」有りて此等が恰も一の多角形を完成するが如きものなるときは其の合成は零なり。

**10. 喰り Beat** 一の回路に周波度數の  $f$  及び  $f'$  なる二個の交流電壓作用するときは其結果如何、周波數合せざるを以て兩者間の位相の關係は一定ならずして常に變ずべく、或る時刻にては電壓相加りて大となり、又或る時刻に於ては電壓相消して零となる、從つて此の兩者の關係は「ベクトル」を以て示すこと能はず常に第二百六十三圖の如き時間と波形との曲線を描かざる可らず、而して其の合成波形を見るに恰も音響學に於ける喰りと同一の現象をなせり、今  $f$  と  $f'$  との差を一なりとすれば一秒の初めと終りとに於ては兩波共に零を通過するを以て位直は略ぼ相合し居りて合成波は強大なれども中間  $\frac{1}{2}$  秒の附近に於ては

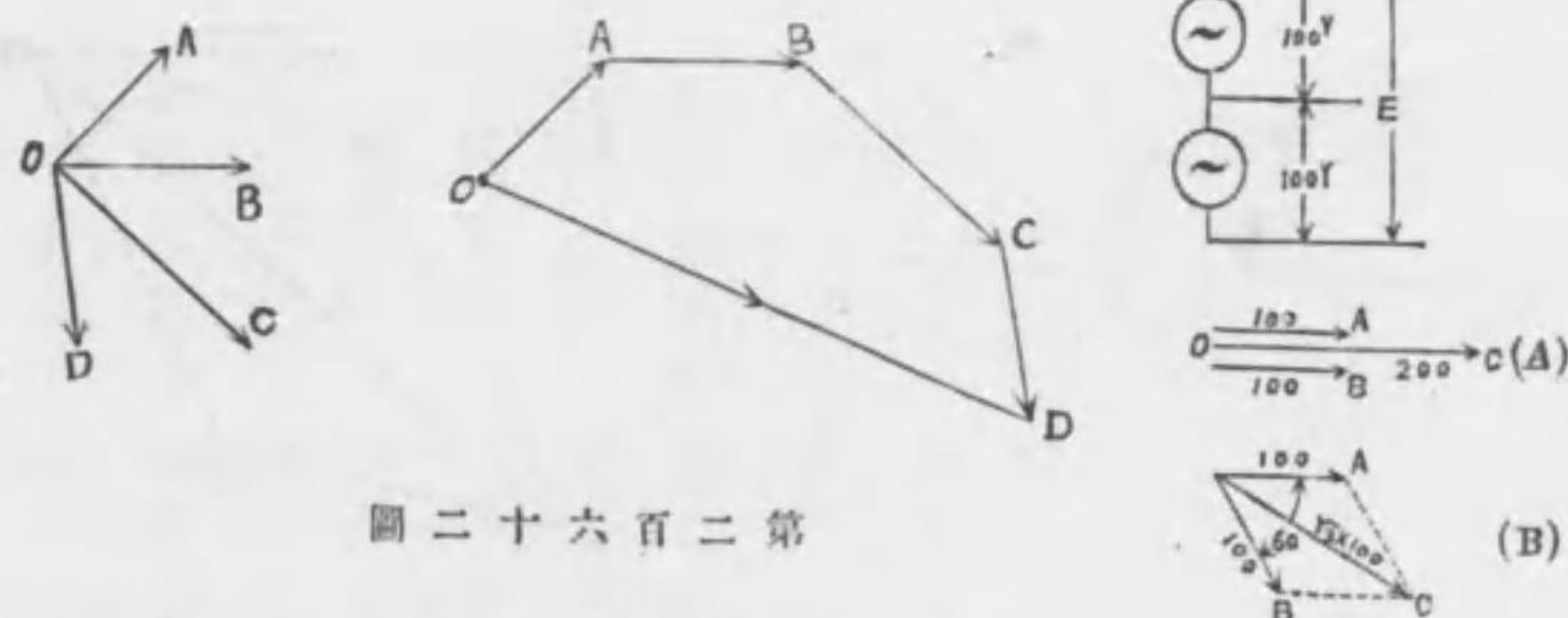


圖 二 十 六 百 二 第

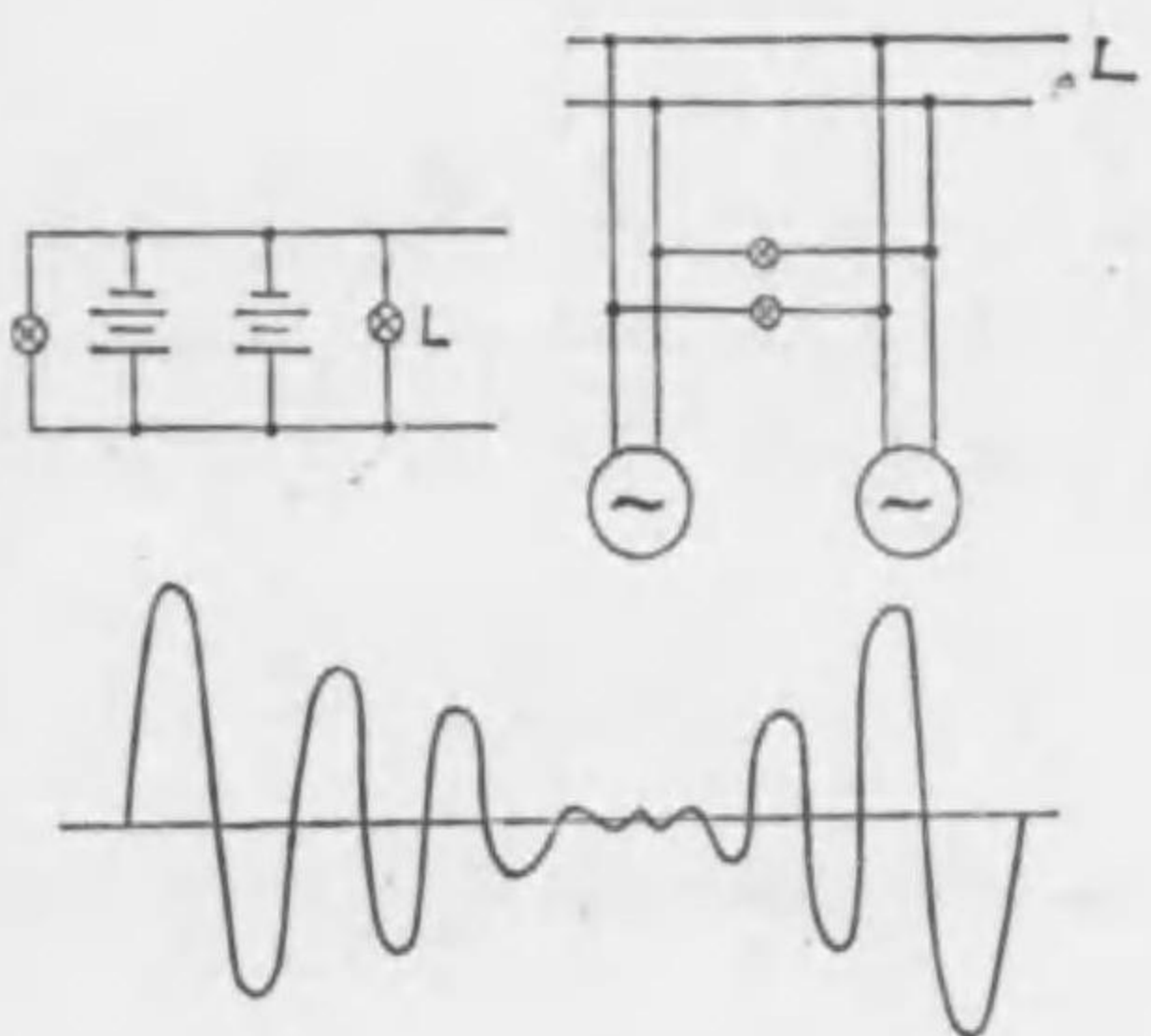
く一二〇度の位相差にては和は變化なく差は  $\sqrt{3}$  倍となる。「ベクトル」の和を求むるには必ずしも平行四邊形を描くを要せず、一の「ベクトル」の終點より他の「ベクトル」を描けば三角形の第三邊は兩者の和の「ベクトル」を爲す、又第二百六十二圖の如く數多の「ベクトル」ある時も同様にして順次に一の「ベクトル」終點より次の「ベクトル」を描けば多角形を完成すべき最後の一邊の方向を逆にせるものは合成「ベクトル」をなすなり、「ベクトル」の差を求むる場合には其の「ベクトル」は逆の方向に描き和を求むれば可なり。

電氣磁氣

圖 一 十 六 百 二 第

等しき者とせば九〇度の位相差あらば和及び差は何れも各の  $\sqrt{2}$  倍となり、六〇度の位相差にては和は  $\sqrt{3}$  倍に差は何等の變化なし。

兩波殆んど相反するを以て合成力は頗る弱小となる、即ち毎秒一回宛合成波は強大と衰弱とを示す是れ即ち一と餘りなり、若し $\beta$ と $\beta'$ との差が二なるときは毎秒二回此の現象を呈す一般に一波が $\beta$ 他が $\beta'$ なる周波度數なるとは毎秒 $\beta - \beta'$ 回の餘りを生ず。



圖四百六十二第

今第二百六十四圖の如く電壓一〇〇、ヴォルトなる發電機二個を百、ヴォルト用電球二個を以て直列に結ぶときは電球は兩者の位相近づきたるとき殆んど百に近き電壓を受けて光輝を放ち位相反するときはは光りを放たず故に其の毎秒の明滅回數は兩發電機の周波度數の差 $\beta - \beta'$ を示すべし、若し兩者の周波度數等しきとは其の位相の關係によりて電球は常に光輝を放つか又は常に暗かるべし電球の全く暗き時は兩機を連ぬる局部回路に對し兩波の位相が正に一八〇度の差を有し外線路Lに對しては正に相合せる位相にあ

るときにして交流發電機は此の狀況に於てのみ並列に使用され得べく是れ以外の位相にあるときは合成力零ならざるため局部回路に大なる電流を通ずる憂あり。

圖の如く電燈球の點滅又は其他の方法によりて兩交流の周波度數並に位相の合せ

るや否やを検する装置を同期檢定器 *Synchroniser* と云ふ。

一一、交番電壓と電流との關係 回路が自己誘導Lを有せざるときは或る瞬間に於ける交番電流は其時に於ける交番電壓を抵抗Rを以て除して求めらるべし、故に

$$i = \frac{e}{R}$$

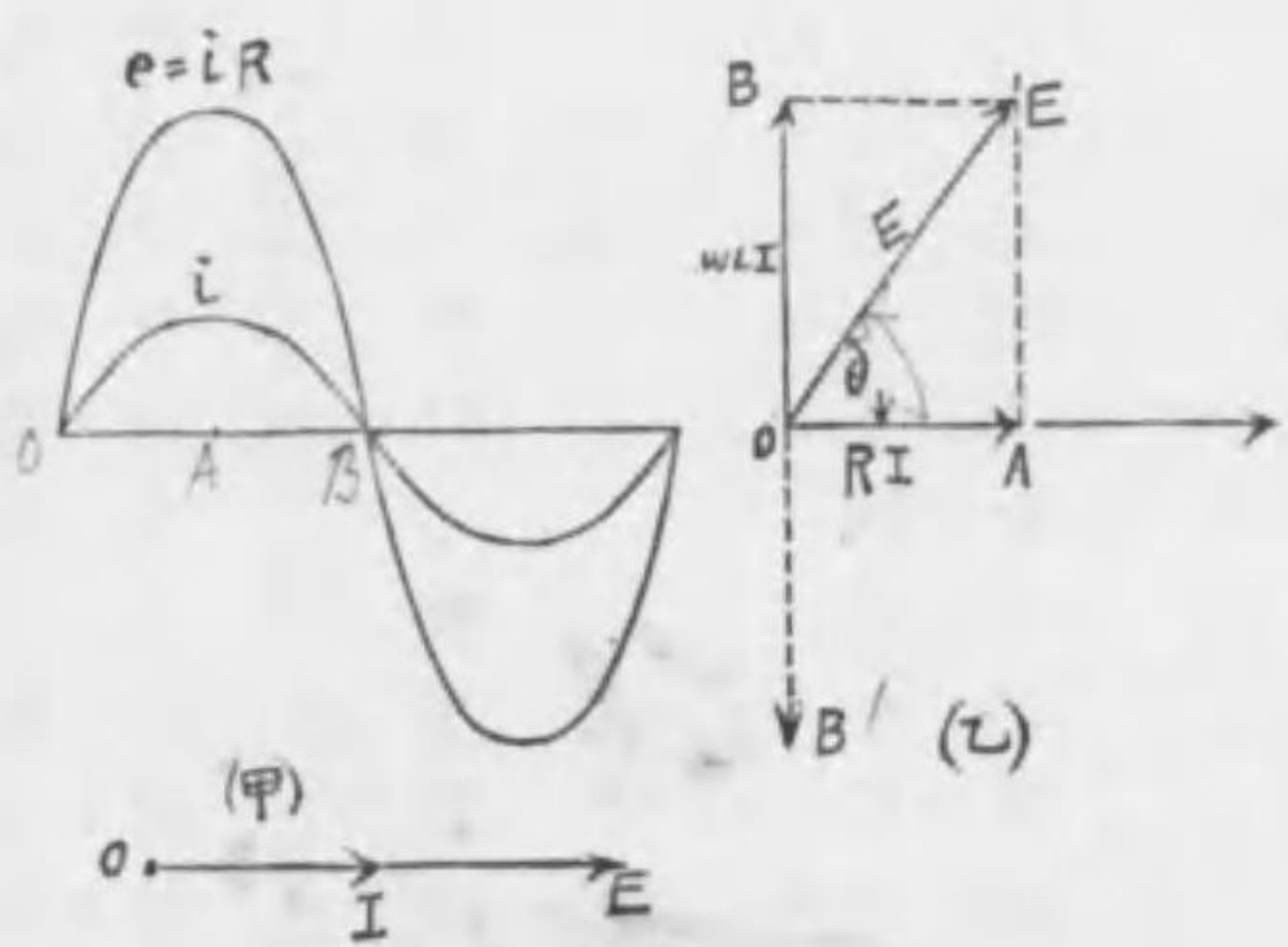
にして $e$ が正弦波をなすときは $i$ も亦正弦波をなし、兩波は常にRの比をなす、即ちE及びIを各の實効値とすれば

$$I = \frac{E}{R}$$

にして、ヴェクトルは同位相なる二直線OA、OBをなすこと第二百六十五圖(甲)の如し、若し電路が自己誘導係數Lを有するときは之に正弦波をなす一の交流を通ぜしむるに要する電壓は如何、自己誘導の爲め電路には電流より九〇度位相の遅れ

る交番電壓を發生するが故に送入電壓は抵抗の「ドロップ」RIの外に各瞬間の誘起電壓の瞬間値を打消すべき分力を要す、故に其の電壓は同(乙)圖の如く

打勝つべきRIをIの位相に取り、自己誘起の電壓ωLI、即ちOBを打消すべき分力OB'をOEの並に取れば送入電壓はOAとOB'との和にしてOEなる「ヴェクトル」を以て示さる、即ち送入電壓も亦一の正弦波をなすものなれども其の位相は電流の位相よりθだけ進みたる位相にあり、而して圖に見る如く



圖五十六百二第

之れ交流に於ける電壓Eと電流Iとの關係にしてLが零ならざる限りはIは直流に於ける場合の電流E/Rよりは常に小なり、之れ送入電壓中一部は必ず自己誘導電壓と平衡するに消費せらるゝが故にして斯く消費せらるゝ電壓の位相は

$$E^2 = (RI)^2 + (\omega LI)^2$$
$$\therefore E = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} I$$
$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \dots \dots \dots (142)$$

電流より九〇度進み居る事を注意すべし、尙ほ換言すれば送入電壓EはRIとLIとに分解し後者はリアクタンス電壓を打消し前者は抵抗に打勝ちて電流を通ず、直流に於ては電路を開閉する瞬間にのみ此の作用を呈すれども其他の時刻に於ては「オーム」氏法則の示す所に従ふ、斯く自己誘導Lある時は電壓Eは常に電流Iより進みたる位相にあり其の位相差をθとすれば

$$\cos \theta = \frac{\omega LI}{E} = \frac{\omega LI}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} I} \quad \text{又は} \quad \cos \theta = \frac{RI}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} I} = \frac{R}{Z} \dots \dots \dots (143)$$

なり即ちRに比しLの大なるもの程θ大にして電流の電壓より後ること大なり、以上の如く交流に於ては直流と異なり電流の強さは抵抗Rに依て定まらずして√(R²+ω²L²)に依て定まる、此値を電路の「イムピーダンス」 Impedance と稱しZを以て示す、即ち一般に

$$I = \frac{E}{Z} \text{ 及 } V^2 = R^2 + \omega^2 L^2 \dots \dots \dots (144)$$

なり、故に交流の電路に於ては抵抗Rは小なるもL又は周波數f(従つてω)が大なるときは電流は頗る小なるものなり、周波數の大なる雷の電氣(即ち電氣振動)

が鐵心を有する「コイル」を通過し得ざるは此理なり、之を「チョークコイル Choke Coil」又は「塞流線輪」と稱す。

例題一、電壓一〇〇實効「ヴォルト」、周波度數五〇、回路の抵抗一、六「オーム」自己誘導係數三〇「ミリヘンリー」なる時は、回路の電流何「アムペア」なるか

解、 $E=100$   $f=50$

$$R=1.6 \quad L=\frac{30}{1000}=0.03$$

$$\therefore \omega L=50 \times 2\pi \times 0.03=9.42 \quad \text{「オーム」}$$

$$Z=\sqrt{R^2+\omega^2 L^2}=\sqrt{1.6^2+9.42^2 \times 9.42}=9.55$$

$$I=\frac{E}{Z}=\frac{100}{9.55}=10.45 \quad \text{「アムペア」}$$

例題二、前例に於て抵抗Rを零と見るときは電流何程なるか、又Lが零なるときは電流何程なるか

解、 $R=0$  ならば  $Z=\omega L=9.42$   $\therefore I=\frac{100}{9.42}=10.55$  「アムペア」

$L=0$  ならば  $Z=R=1.6$   $\therefore I=\frac{100}{1.6}=62.5$  「アムペア」

本例の如くRがLに比し非常に小なるときはRを閉却するも電流は大差な

くして殆んどリアクタンスLに反比例す、即ち「塞流線輪」の一例なり。

例題三、前例の如き回路に於て電流Iを直流に於ける場合と同様六二、五「アムペア」ならしむるには何「ヴォルト」の電壓を要するか

解、 $E=IZ=62.5 \times 9.55=597$  「ヴォルト」

即ち約六倍の電壓を要す。

例題四、前例に於て電流と電壓との位相の差を求む

解、 $\tan \theta = \frac{\omega L}{R} = \frac{9.42}{1.6} = 5.9$   $\therefore \theta = 80^\circ 25'$

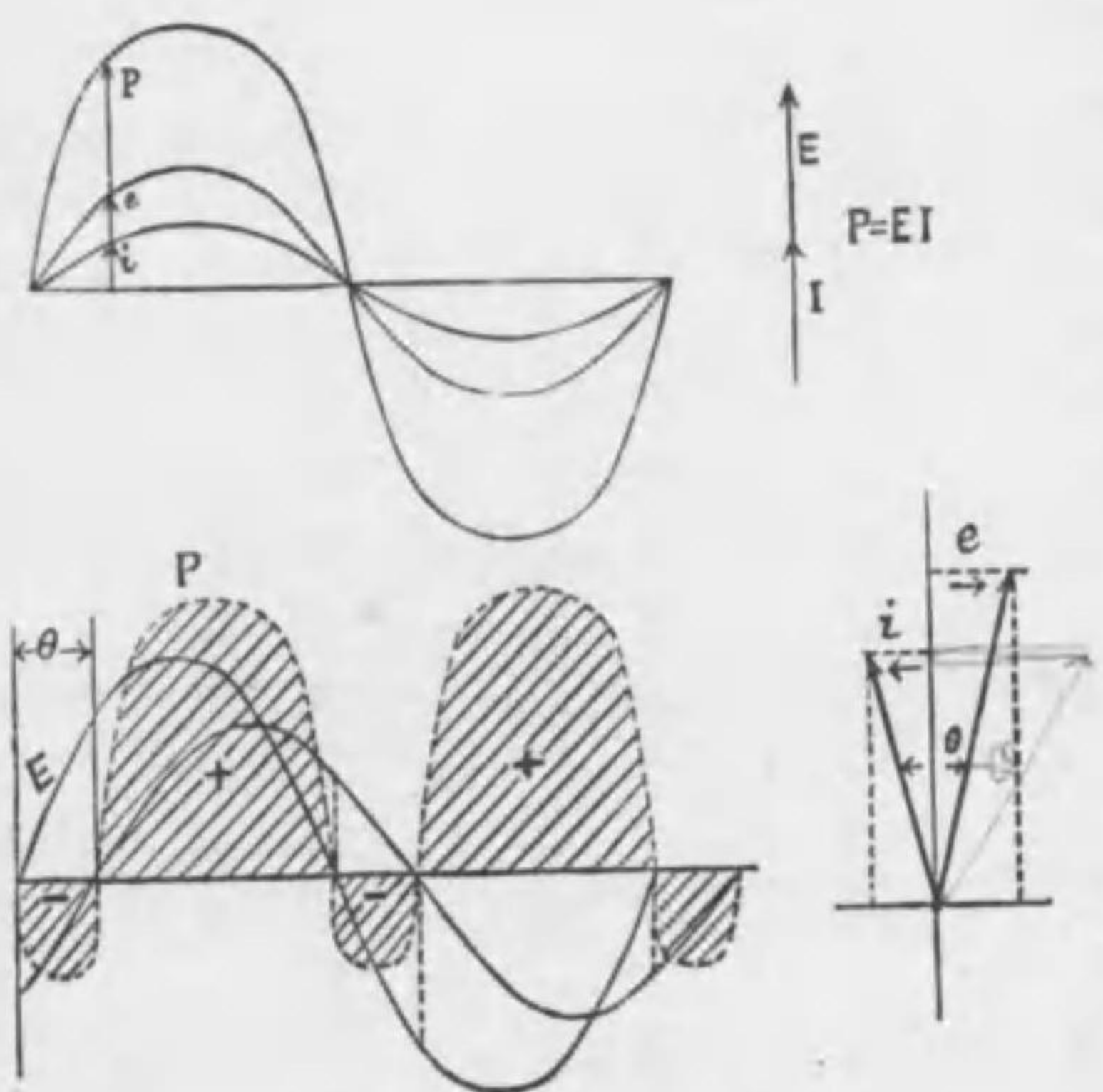
一、二、誘導ある回路内の電力 回路が抵抗Rの外に誘導係數Lを有するものなるときは之を「インダクティブサーキット Inductive Circuit」と稱す。

今Eなる實効電壓にLなる抵抗、Lなる自己誘導を有する回路を結び電流I「アムペア」を通じたりとせば此の回路に與へらるる「パワー」Pは

$$P=EI \cos \phi \quad \text{「ワット」} \dots\dots\dots (145)$$

但しφはEとIとの位相差の角なり、即ち「パワー」は直流に於ける場合の電力EIに  $\cos \phi$  を乗じたるものなれば常にEIより小なり此の  $\cos \phi$  を「電路の力率 Power Factor」と稱し常に一より小にしてφの零なる時即ちLの零なる時又はωの零なる時

(直流)に於てのみにして「パワー」はEIをなす、又LがRに比し非常に大にしてφが殆んど九〇度なるときは「パワー」は零なり



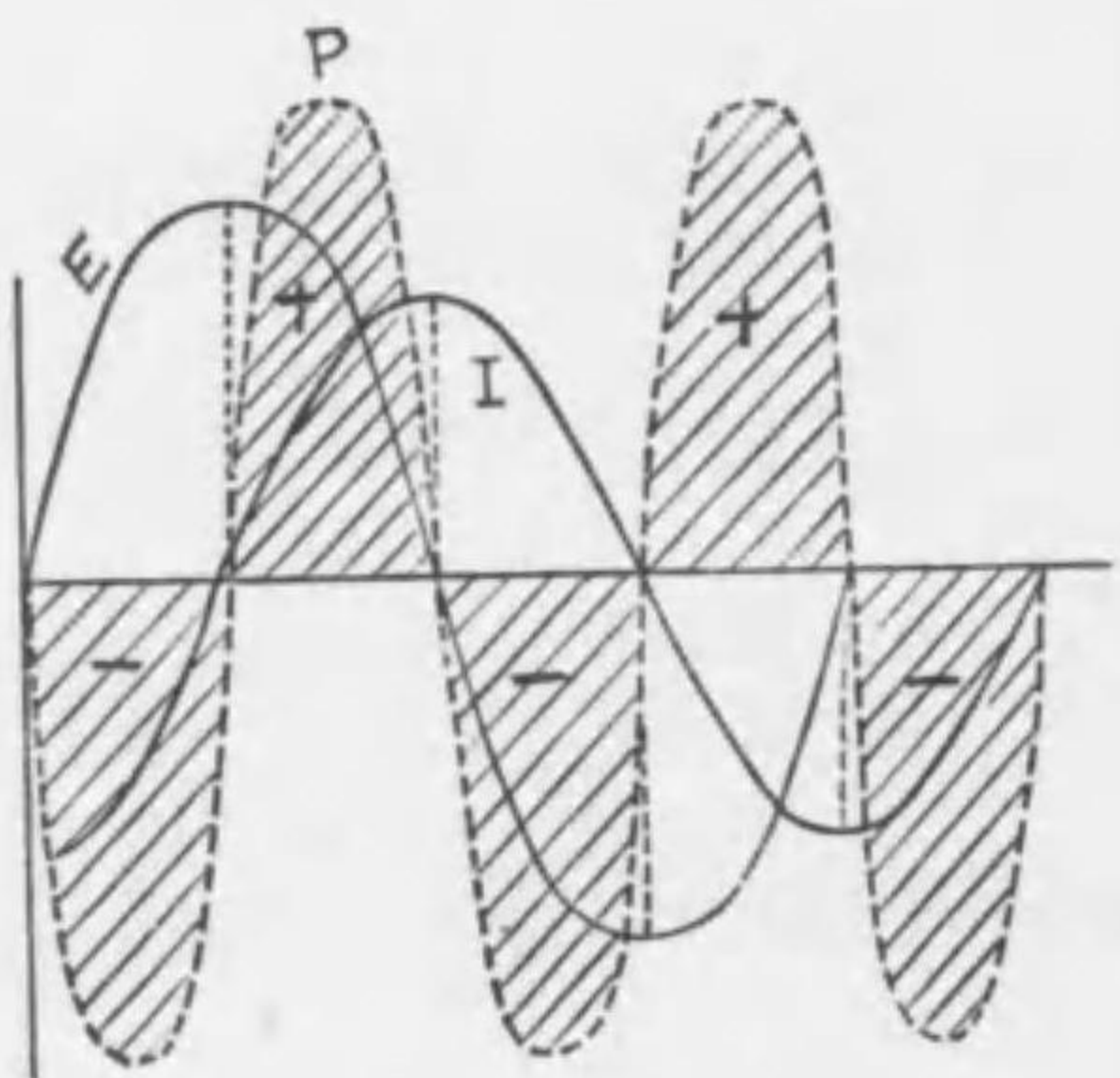
第二六百六十六圖

此の理由は次の如し、「パワー」は各瞬間に於ては電圧eと電流iとの相乗なることと直流に於けると異らず、故に電圧と電流とが位相全く合し居るときは平均の電力Pはeとiとの實効値の相乗にして

$$P = IE \quad (146)$$

なり、然るにEとIとが位相合せざるとは第二六百六十六圖の如く「サイクル」中に於てeとiとが必ず方向相反する時間あり、此際はiはeと反對の方向に通ずるを以て「パワー」は負なり、即ち電力は圖

力はこの瞬時に於ては回路より發電機の方に向て歸り來るなり、即ち電力は圖に於ける(+)の和より(-)の和を減じたるものなり、此の負値は位相の差の角φによりて異なりφが九〇度なる位置に於ては第二六百六十七圖の如く(+)値と(-)値と相等しく「パワー」は四分の一「サイクル」毎に或は回路に入り或は回路より電源に歸り來るを以て其の電氣的仕事は零なり、即ち自己誘導Lのみ有りて抵抗を有せざる導體有りとすればφは正に九〇度なるを以て如何に大なる電流を通ぜしむるとも「パワー」は零なるものなり、



第二六百六十七圖

第二六百六十八圖は此の理を發電機に就て説明せるものにして同圖(甲)の如くφが零なるときは電壓最大なる位置にて電流も最大なるを以て發電機電線の受くる抵抗力(即ち廻轉の方向とは反對に作用する力にして磁束數と電線數と電流とに比例し且つ發電機の電氣的「パワー」となりて電路に送らるゝものも最大なり、

又同圖(乙)の如く電流がφだけ後るときは磁界が電線の中央よりφだけ通り越して後に電流最大となるを以て抵抗力は幾分か減少す、又同圖(丙)の如くφが九〇



度なるときは磁界が電線の中心線より九〇度進み磁束の存在せざる位置に於て電流最大となるを以て反抗力は零なり従つて「パワー」も零なり。諸て右の如き交流電路の「パワー」Pを抵抗Rと電流Iとより示すときは次の如し

$$P = E \cdot I \cdot \cos\theta$$

$$\text{然るに } \tan\theta = \frac{\omega L}{R} \quad \therefore \cos\theta = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$$

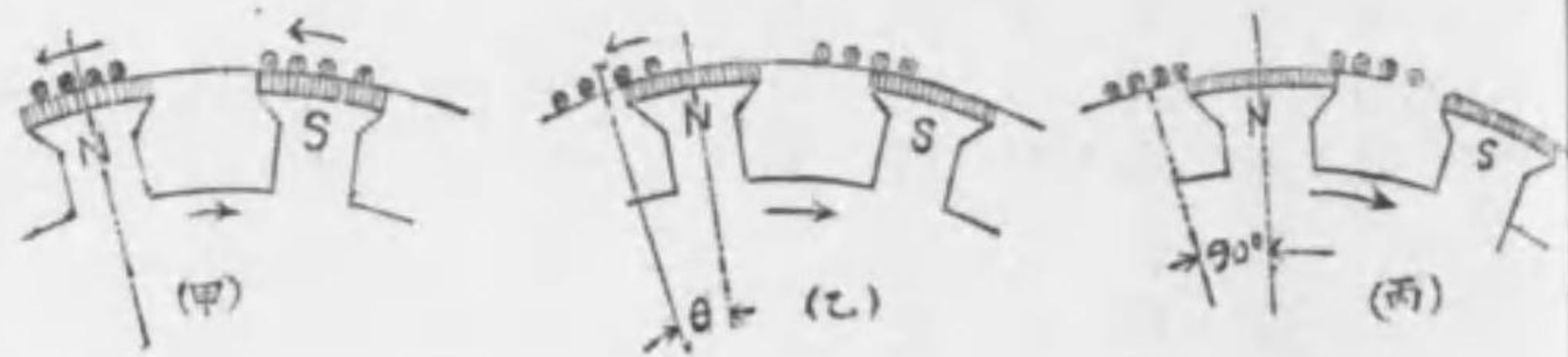
$$\text{及び } E = I \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$$

$$\therefore P = I \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} \cdot I \cdot \frac{R}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} = I^2 R \quad \text{「ワット」}$$

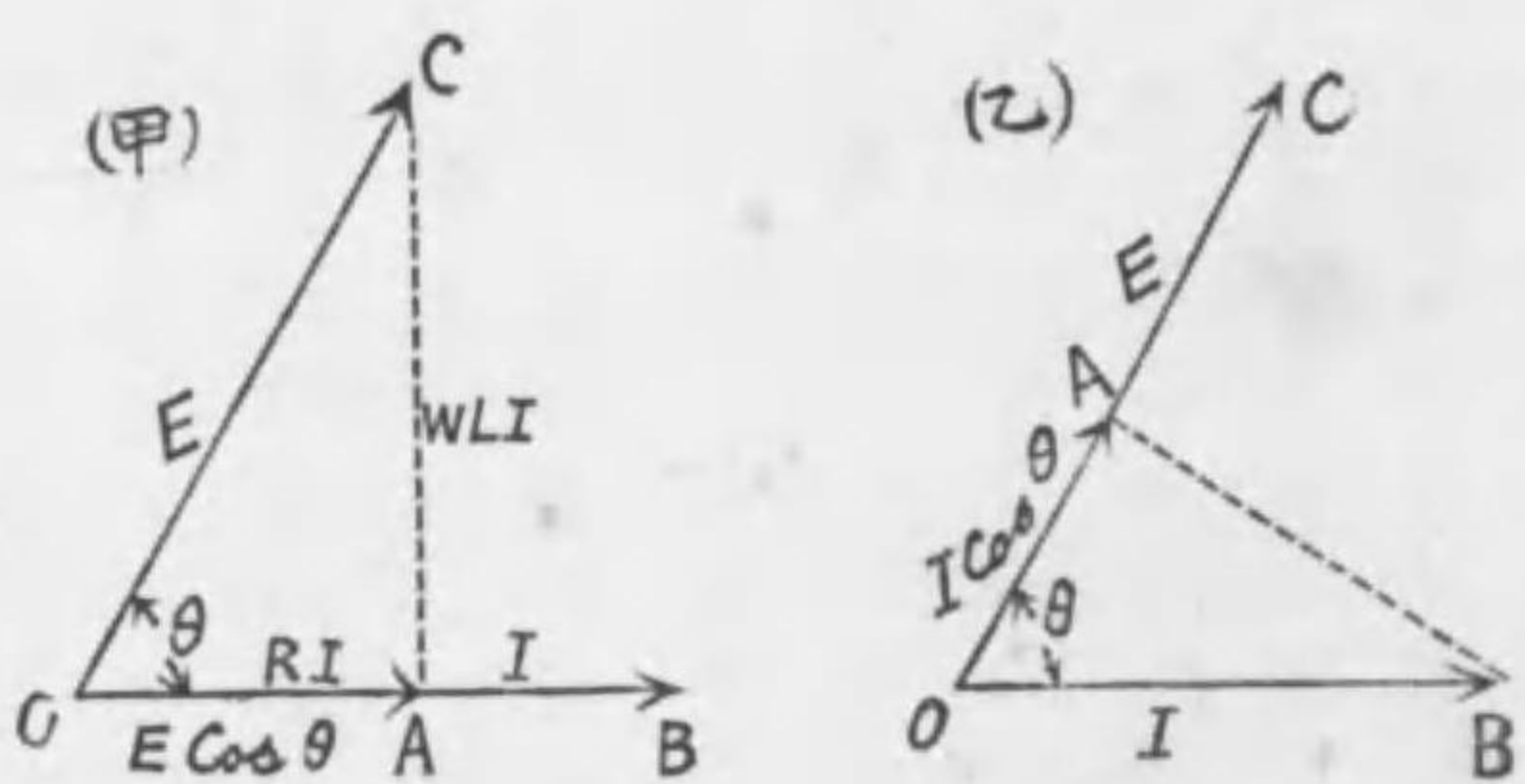
即ち抵抗Rなる導體に「アンペア」の交流通ずるとはR中に熱として失はるゝ「パワー」は直流の場合と同様「ワット」をなし位相の差の如何に關せず然れどもRなる導體にIを通ぜしむるに要する電壓はEI「ヴォルト」にあらずして常に  $I \times \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$ 「ヴォルト」なり

$$\text{「パワー」の式は又 } P = E \times I \cos\theta = I \times E \cos\theta$$

の何れとも見る事を得、即ち電力はE又はIの何れかを他の方向に分解し其の分力に就て直流の場合の如く相乗せるものと見るを得、即ちEとIとの同位相なる分力に就ての相乗が電力Pをなす、第二百六十九圖に於て「パワー」はOAとOBの



圖八十六百二第



圖九十六百二第

Current と曰ふ、一般に「パワー」Pは

$$P = E \times I \cos\theta \quad \text{「ワット」なり}$$

積に等しく、特に同圖(甲)に就て考ふるときはOAは抵抗に打勝つ分力RIに等しきを以て「パワー」は當然

$$P = OA \cdot OB = RI = I^2 R \quad \text{「ワット」}$$

なるを知る又同圖に於てOAは電流OBをEの方向に分解せるものにして「エナジー・カレント」 Energy Current と稱し AB はEと直角なる分力にして「ワットレス・カレント」 Wainless

### 一三 電氣容量

絶縁物を以て距てられたる導體は電氣容量を有すること既に静電氣編に述べたり、交流の電路に電氣容量を入るゝ時は特殊の現象を示すを

以て今茲に少しく再説せん、電氣容量の各導體間に或る電位差を與ふるときは或る量の電氣は各導體に入り絶縁物を通じて牽引す而して常に高電位の方に正電氣入り低電位の方に負電氣入る、斯く充電せる電氣の量は常に電位差に比例し

$$Q = CV$$

なりQが靜電的電氣の量Vが靜電的電位差にて示さるゝときCは勿論靜電的單位に於ける容量なり、實用上Vを「ヴォルト」Qを「クーロム」にて示し、「ヴォルト」の電位差を與ふるとき「クーロム」の電氣を充電する如き容量を電磁的單位の一として之を「ファラッド Farad」と稱す故に

$$(\text{クーロム}) = (\text{マイクロム}) \times (\text{ヴォルト})$$

なり「ファラッド」の百萬分の一を「マイクロファラッド」Microfarad (mf) と略記すと云ふ、電氣容量は兩導體の形狀面積距離、中間媒の性質(即ち誘電容量等)によりて異なる者にして架空送電線の如きものにありては線間の距離比較的大にして其の面積小なるを以て容量は頗る小なるものなれども線路延長する時は可也大となるものなり、地下「ケーブル」に於ては線間の距離小に絶縁物も空氣にあらざして誘電容量の大なるものを使用するが故に其の容量は頗る大なり。

一般電氣容量の算出法は靜電氣學に於て説明せり、今之を「ファラッド」に換言せん、Qを靜電單位の電氣量Vを同電位差とすれば、「クーロム」は  $3 \times 10^9$  靜電氣、「ヴォルト」は  $\frac{1}{300}$  靜電々位差なるを以て

$$(\text{ファラッド}) = \frac{(\text{クーロム})}{(\text{ヴォルト})} = \frac{Q}{3 \times 10^9} \div 300V = \frac{Q}{V} \times \frac{1}{9 \times 10^{11}} = C \times \frac{1}{9 \times 10^{11}} \dots (147)$$

但しCは靜電的電氣容量なり

例題五、厚さ二分の一「ミリ」の「バラフィン」紙に面積六〇〇平方「センチ」の錫箔を帖付せるもの百枚を重ね交互に連絡せる蓄電器の電氣容量を計算せよ、

解、靜電的電氣容量をCとすれば

$$C = \frac{AK}{4\pi l} = \frac{200 \times 600 \times 2}{4\pi \times 0.5} = 376800 \quad (\text{Kは「バラフィン」紙の誘電容量にて2と取れり、又枚数は100なるも相向する面積は200面なり})$$

之を電磁的容量に換算すれば

$$C_0 = \frac{C}{9 \times 10^{11}} = \frac{376800}{9 \times 10^{11}} = 0.0004186 \quad \text{「ファラッド」}$$
$$= 4186 \quad \text{「マイクロファラッド」}$$

一四、諸種の送電線の電氣容量 簡單なる場合に於ける送電線の兩線間の電氣容量を示せば次の如し、爰に注意すべきは二電線間の容量は之を距つる絶縁物の如何及び兩線相互間の關係に由るのみならず此等に對する大地の位置如

何に依て異なるものなり、之れ大地の表面は一の導體なるを以て地表上に誘起する静電氣の爲めに電界の状況同電位面の状況等を変ずるを以てなり、然れ共一般に兩電線間の距離に比し大地への距離が大なるときは此の作用は極く僅小なり

〔一〕同心ケーブル 前編の第二百十二圖に示したるが如き同心「ケーブル」あり内心の半徑  $a$  外心の内半徑  $b$  なるときは  $l$  を「ケーブル」の長さ  $h$  を絶縁物の誘電容量とすれば兩心線間の電氣容量  $C$  は左の如し

$$C = \frac{IK}{b} \frac{2 \log \frac{b}{a}}{l} \quad (\text{靜電的容量})$$

$$= \frac{.4343 \times 1.61 \times 10^9 \times K}{2 \log \frac{b}{a}} \times 9 \times 10^5 \frac{.03789 l}{\log \frac{b}{a}} \quad mfd. (l \text{ は 哩}) \dots\dots\dots (148)$$

但し  $4.343$  は  $e$  を基数とせる對數を普通對數に換算せる係數  $1.61 \times 10^5$  は一哩が十六萬一千「センチ」に相當するを以て  $l$  を哩に示す爲めの係數  $9 \times 10^5$  は靜電的單位を「マイクロ、フラット」に換算する係數なり

〔二〕大地と平行せる一架空線 半徑  $a$  なる導線が大地上  $h$  の高さに於て大地と平行するとき此の兩者間の電氣容量を  $C$  とすれば、長さ  $l$  「センチ」につき



圖十七百二第

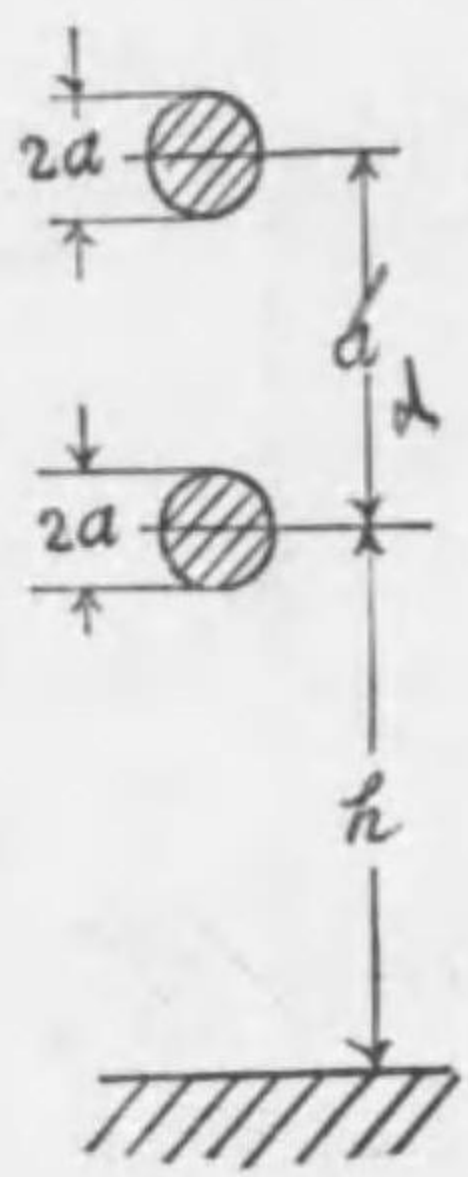
$$C = \frac{l}{2 \log_e \frac{h + \sqrt{h^2 - a^2}}{a}} \quad (\text{靜電的})$$

$$= \frac{.03789 l}{\log \frac{h + \sqrt{h^2 - a^2}}{a}} \quad mfd. (l \text{ は 哩}) \dots\dots\dots (149)$$

若し  $a$  に比し  $h$  が頗る大なるときは

$$C = \frac{.03789 l}{\log \frac{h}{a}} \quad mfd. \quad (l \text{ は 哩})$$

〔三〕垂直に平行せる兩電線 第二百七十一圖の如く  $h$  を下部電線地表上の高さ、 $d$  を上下兩電線間の距離、 $a$  を各線の半徑とすれば



圖一十七百二第

$$C = \frac{.179 l}{9.21 \log \frac{d}{a}} \quad mfd$$

電氣磁氣

若し  $d$  が  $h$  に比して小なるときは分母の末項を略し、 $l$  を哩に對數を普通對數に換算し且つ電磁的單位として

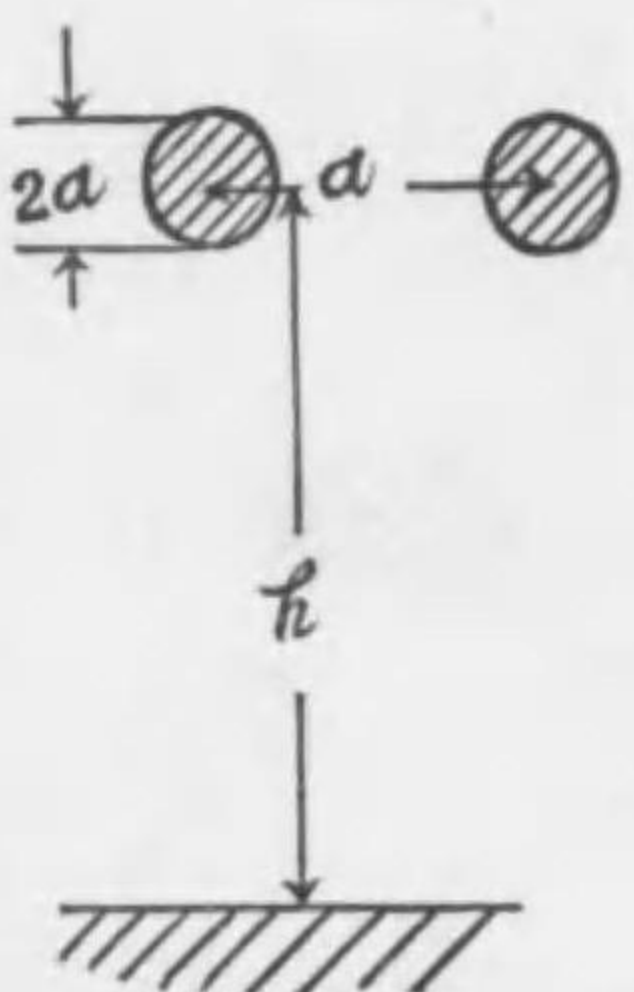
$$C = \frac{4 \log_e \frac{d}{a}}{1} \frac{.179 l}{(d + 2h)^2} \quad (\text{靜電的})$$

( $l$  は 哩)  $\dots\dots\dots (150)$

〔四〕水平に平行せる兩電線  $h$  に比し  $a$  が頗る小なるときは

$$C = \frac{l}{4 \log \frac{d}{a}} \quad (\text{靜電的})$$

$$= \frac{.018951}{\log \frac{d}{a}} \text{ mfd} \quad (l \text{ は 哩}) \dots \dots (141)$$



圖二十七百二第

厚さ一〇分の一時なる同心「ケーブル」五哩の電氣容量を求む但し絶縁物の  $K$  は三とす、

解 既に計算せる如く内心の半径  $a$  は三五三「五」 $\mu$  外心の内半径  $b$  は四五三「五」 $\mu$  なるを以て

$$C = \frac{.037897l}{\log \frac{d}{a}} = \frac{.03789 \times 5 \times 3}{\log \frac{453.5}{35.35}} = .1028 = 5.53 \text{ mfd}$$

例題七 S. W. G. 六番銅線の互長一〇哩兩線間距二呎六吋なる架空電線の各線間の電氣容量を求む但し兩線は水平に並行す、

解 六番線の半径は  $a = .096''$   $d = 2' - 6'' = 30''$

$$\therefore C = \frac{.018951}{\log \frac{d}{a}} = \frac{.01895 \times 10}{\log \frac{30}{.096}} = \frac{.1895}{\log 312.5} = .076 \text{ mfd}$$

一五「キ」容量「カ」パシチー「カ」レント Capacity Current 電氣容量の兩端の電壓を變ずるときは充電せる電氣の量に變化を生ず何となれば其量  $Q$  は常に電壓  $V$  に對し  $Q = CV$  の關係を保つを要すればなり而して斯く増減せるだけの電氣は電路の導體を通じて往來するが故に電氣容量以外の電路に就て考ふるときは即ち或る瞬間的電流を通ずるとなる若し電壓が交番電壓なるときは電氣は絶えず電路を往來して容量を或は充電し或は放電すべし即ち一種の交番電流を通ず之を「キ」パシチー「カ」レント又は「充」電電流 Charging Current と云ふ第三編二〇節及び第九三圖照)

今  $C$  なる電氣容量を有する回路に正弦的交番電壓を與ふるときは充電電流の波形及び其の大きさ如何電壓が  $e$  なる瞬間に於て容量の有する電氣が  $Q$  にして電壓が  $e'$  に變ぜるときに有する電氣が  $Q'$  なりとし  $e$  が  $e'$  に變ずるに時刻は  $t$  より  $t'$  に變ぜりとせば

$$t \text{ なる時刻には } Q = Ce$$

$t$ なる時刻には  $Q = Ce^t$

而して  $t$  が  $t$  に極く近き瞬間に於ては  $e^{-t}$  なる時間内に  $Q$  のなる電氣増減せるを以て其時に於ける電流の強さ  $i$  は

$$i = \frac{dQ}{dt} = \frac{Q(-e^{-t})}{e^{-t}} = -Qe^{-t}$$

然るに  $e$  は正弦波の如く變ずるものとし其の最大値を  $V_m$  とすれば

$$e = V_m \sin \omega t$$

$$e' = V_m \sin \omega t'$$

$$\therefore e' - e = V_m (\sin \omega t' - \sin \omega t)$$

$$\text{故に } i = C \frac{e' - e}{t' - t} = CV_m \frac{\sin \omega t' - \sin \omega t}{t' - t}$$

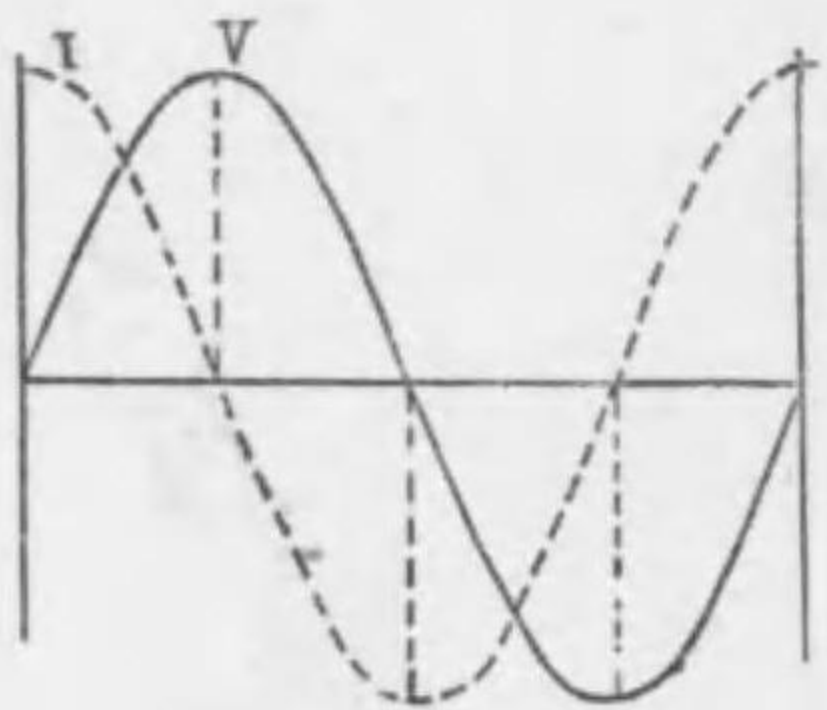
若し  $t'$  が  $t$  に極く近き時は「リアクタンス電壓の項に説明せると同理にて

$$i = C V_m \omega \cos \omega t = \omega C V_m \sin (\omega t + 90^\circ) \dots \dots \dots (125)$$

即ち  $i$  の變化も亦一の正弦波をなす而して其の位相は  $e$  が  $\sin \omega t$  なるとき  $i$  は  $\sin (\omega t + 90^\circ)$  なるを以て電壓よりは九〇度進める位相にあり且つ此の充電々流の最大値は勿論  $I_m = \omega C V_m$  にして其の實効値は各の四分の一なり之を  $I$  とすれば

$$I = \omega C \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \omega C V \dots \dots \dots (126)$$

但し  $V$  は電壓の實効値とす即ち充電々流は周波度數  $f$  にも容量  $C$  にも電壓  $V$  にも正比例す。



圖三十七百二第

$$I = \omega C V = 2\pi \times 50 \times \frac{5.53}{10^6} \times 3000 = 5.23$$

例題八、例題五に示したる如き地下「ケーブル」の各線間に五十「サイクル」にて交流三千「ヴォルト」を送るときは何「アムペア」の充電々流を通ずるか  
解、此の「ケーブル」の容量  $C$  は五、五三「マイクロファッド」なるを以て

即ち電路は開かれ居るも電壓を送れば此の電流を通ずるなり

### 一、六抵抗電氣容量とを有する回路

の位相より九〇度進み居るを以て正に自己誘導と逆の性質を有す容量  $C$  なる路に  $I$  の電流を通ぜしむるためには

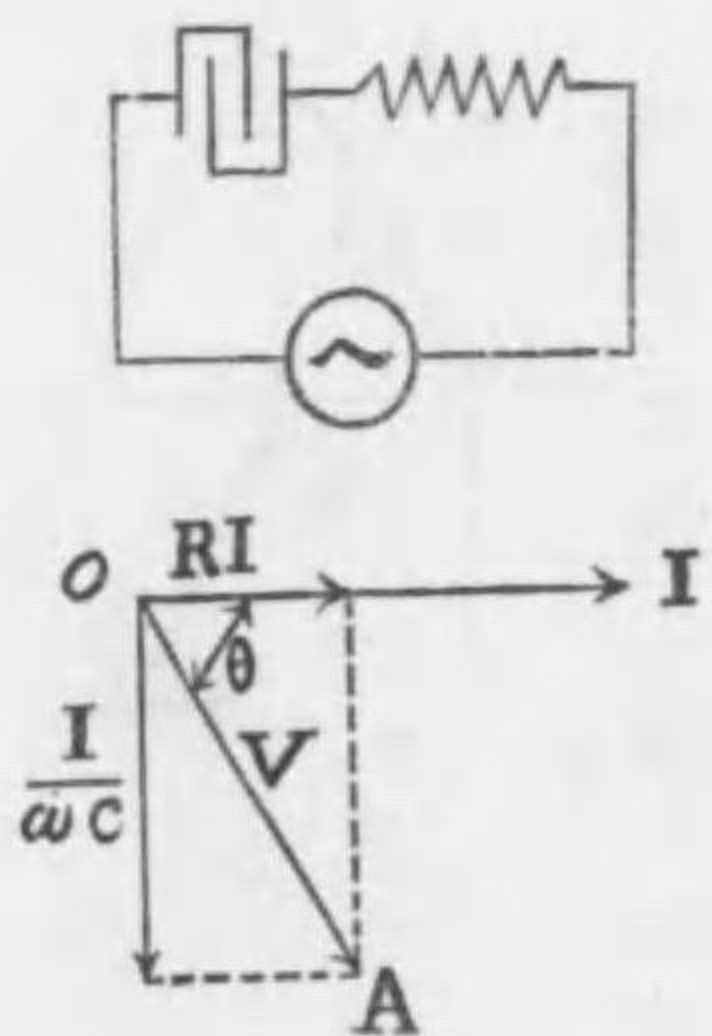
$$I = \omega C E \quad \therefore E = \frac{I}{\omega C}$$

の如き電壓 E を要し且つ其の位相は I より九〇度遅れ居るを要す、即ち回抵抗 R と容量 C とを有するときは I を通ずるためには I の位相に IR ヲオル、れより九〇度遅れて  $\frac{I}{\omega C}$  ヲオルトの兩電壓を要し送入電壓は此の兩者の和にて第二百七十四圖の OA の如き電壓を要することとなる即ち I は V よりも  $\theta$  け進みたる位相をなす之をリードせる電

Leading Current と云ふ圖に於て

$$V^2 = R^2 I^2 + \frac{I^2}{\omega^2 C^2}$$

$$V = \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}} \times I$$



圖四十七百二第

$$\therefore I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}} \dots\dots\dots (154)$$

之れ即ち容量ある回路に於ける送入電壓 V と電流 I との関係なり、即ち「インダクタンス」の場合と等しく  $\frac{1}{\omega C}$  なる項が零ならざる限りは電流は直流に於ける  $\sqrt{R}$  よりは常に小なり而して I の位相は V より  $\theta$  だけ進み居りて

$$\tan \theta = \frac{\frac{1}{\omega C}}{RI} = \frac{1}{R\omega C} \dots\dots\dots (154)$$

容量の場合に於ても「インダクタンス」の場合と同様

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}} = \frac{E}{Z} \quad \text{即ち} \quad Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}$$

と置くことを得 Z を回路の「インピーダンス」と稱すること前同様なり、又  $\frac{1}{\omega C}$  を回路の「キャパシタンス」, Capacitance と稱す。

**例題八、** 抵抗二〇〇「オーム」の電線を容量三〇「マイクロ、ファラッド」の蓄電器に直列に結び電壓百「ヴォルト」を與ふるときは電流何程を通じ電壓との位相の差は何程なるか、又送入電壓中抵抗に打勝つ分力及び蓄電器兩端に與へらるゝ電壓を計算せよ、交流周波度数は五〇とす

解  $\frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 30} = \frac{10^6}{3\pi} = 106.0$

$$Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}} = \sqrt{200^2 + 106^2} = 226.5 \quad \text{「オーム」}$$

$$\therefore I = \frac{E}{Z} = \frac{100}{226.5} = 0.441$$

「アムペア」

抵抗に打勝つ分力は

$$E_1 = RI = 200 \times 0.441 = 88.2 \text{ 「ボルト」}$$

容量兩端の電圧は

$$E_2 = \frac{I}{\omega C} = 106 \times 0.441 = 46.7 \text{ 「ボルト」}$$

位相の差  $\theta$  は

$$\tan \theta = \frac{I}{\omega CR} = \frac{106}{200} = 0.53 \quad \therefore \theta = 28^\circ \text{ 弱}$$

即ち送入電圧一〇〇は互に直角なる位相の四六・七及び八八・二の二者に分れ前者は容量に後者は抵抗に與へらる、且つ  $88.2^2 + 46.7^2 = 100^2$  をなす

例題九、前例に於て回路の「パワー」

及び其の力率を求む

解

$$\cos \theta = \cos 28^\circ = 0.883$$

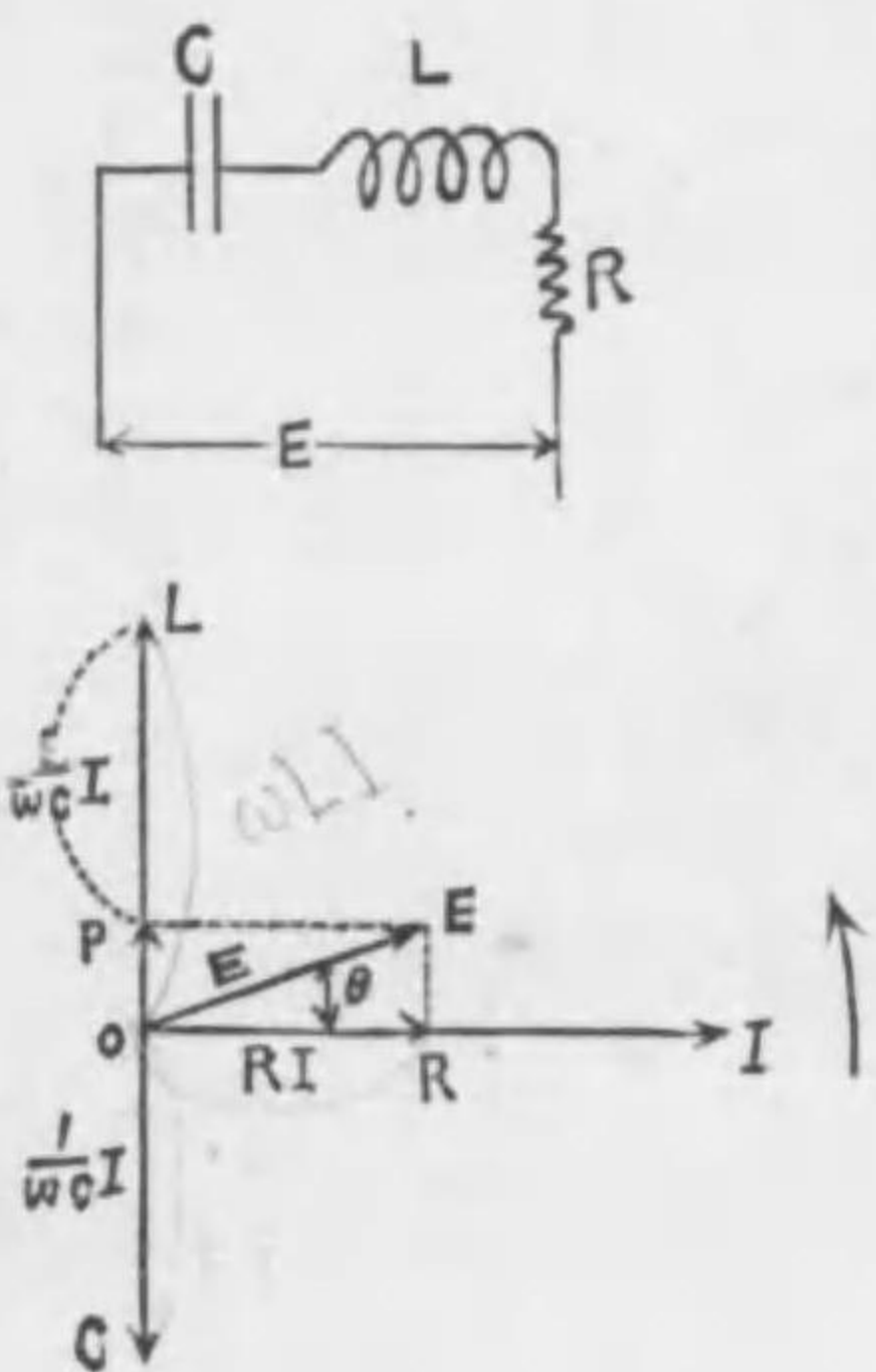
$$\therefore P = EI \cos \theta = 100 \times 0.441 \times 0.883 = 38.8$$

「ワット」

一七、容量と「インダクタンス」

とを有する回路 回路内に容

量Cと「インダクタンス」Lの兩者直列にあるときは、之に電流Iを通ぜしむるため



圖五十七百二第

には抵抗に打勝つ電圧分力OR、電氣容量に與ふべき分力OC、自己誘導電壓を打消すべき分力OLの三者を要す、而してOCはIの方向より九〇度後れOLは九〇度進み居るを以てOCとOLとは逆の方向にあり故にこのOR、OL、OCの三者の和を求むればOCとOLとが幾分か相消す爲め合力OEはORに近き値となる、即ち比較的小なる電圧OEを與へて比較的大なる電圧OL及びOCを發生し得るものなり、一般に斯くの如き回路に於てはEとIとの關係は第二百七十五圖に於て

$$E^2 = OR^2 + OP^2 = OR^2 + (OL - OC)^2$$

$$= \frac{R^2 I^2}{R^2} + \left( \omega LI - \frac{1}{\omega C} I \right)^2$$

$$\therefore E = \sqrt{\left[ R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2 \right]} I$$

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}} \quad \text{即ち} \quad Z = \sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} \dots\dots (155')$$

即ち「インダクタンス」の場合に於ける $\omega L$ は減じて  $I \omega - \frac{1}{\omega C}$  となる、而してEとIとの位相の差  $\theta$  は

$$\tan\theta = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} \dots\dots\dots (155)$$

にして此式は $\omega L$ の方が $\frac{1}{\omega C}$ より大なるものと假定せる形なるによりだけ電流の方が電圧より後れ居るなり若し $\frac{1}{\omega C}$ の方大なるときははり負角として算出せらる、即ち電流が進める場合を示すなり。

例題一〇、抵抗五「オーム」、インダクタンス〇・二「ヘンリー」、容量五〇「マイクロファラッド」なる電路に五〇「サイクル」百「ヴォルト」の電壓を與ふる時は電流何程にして力率及び「パワー」何程なるか、又電流は電壓より進み居るか、後れ居るか。

解  $\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50 = 314$      $\omega L = 314 \times 0.2 = 62.8$      $\frac{1}{\omega C} = \frac{1000000}{314 \times 50} = 63.5$

$$\begin{aligned} \therefore \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right) &= 62.8 - 63.5 = -0.7 & Z &= \sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} \\ & & &= \sqrt{10^2 + 5.7^2} = 11.49 \\ \therefore I &= \frac{E}{Z} = \frac{100}{11.49} = 8.7 & \text{「ワット」} & \\ \tan\theta &= \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} = \frac{5.7}{10} = 0.57 & \therefore \theta &= 29^\circ 40' & \cos\theta &= \frac{R}{Z} = \frac{10}{11.49} = 0.87 \end{aligned}$$

$$P = PI \cos\theta = 100 \times 8.7 \times 0.87 = 756 \quad \text{「ワット」}$$

I と E との位相差は二九度四〇分にして $\frac{1}{\omega C}$ の方 $\omega L$ より大なるを以てIの方Eより「リード」せり。

一八、「レゾナンス」Resonance 前節の如く容量と自己誘導とは逆に作用し各々與へらるゝ電壓は相殺する性あるを以てOLとOCと(第二七十五圖)との大小によりてIはEより「リード」せることあり、又「ラッグ」せることあり、若しOCがOLと全く等しき時は送電電壓OEは全く抵抗に打勝つORと等しかるべし、即ちEとIとは位相も合し電流も直流に於けると同様

$$E = IR \quad \therefore I = \frac{E}{R}$$

をなす、之れ勿論CとLとが次の如き關係をなすときなり

$$\begin{aligned} \omega L - \frac{1}{\omega C} &= 0 & \text{又は} & \omega L = \frac{1}{\omega C} \dots\dots\dots (156) \\ \therefore Z &= \sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} = R & \tan\theta &= \frac{0}{R} = 0 \quad \therefore \theta = 0 \quad \cos\theta = 1 \end{aligned}$$

即ち「イムピダダンス」は抵抗のみとなり力率も一となる、此の如き状況にあるときは電路が「レゾナンス」の狀に在りと稱し $\omega L - \frac{1}{\omega C}$ が全く零ならざるもRに比し



頗る小なるときは $Z$ は殆んど $R$ に等しく之を「一部分のレゾナンス」Partial Resonanceに在りと云う。即ち「レゾナンス」の狀に於ては比較的低い電壓を與へ以て比較的大なる電流を通じ且つ $L$ 及び $C$ の兩端に頗る高き電壓を生じ居るなり。

例令ば $R$ が二「オーム」、 $L$ が〇・二「ヘンリー」、 $C$ が五〇「マイクロファラット」なる電路に五〇「サイクル」の交流を送り電壓一〇「アムペア」を通ぜしむるに要する送電電壓と各の「ターミナル」に存する電壓とを求むれば

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50 = 314$$

抵抗に要する電壓

$$E_1 = RI = 2 \times 10 = 20$$

「ヴォルト」

$L$ に要する電壓

$$E_2 = \omega LI = 314 \times 0.2 \times 10 = 628$$

「ヴォルト」

$C$ に要する電壓

$$E_3 = \frac{I}{\omega C} = \frac{1000000}{314 \times 50} \times 10 = 638$$

「ヴォルト」

故に

$$E_2 - E_3 = 628 - 638 = -10$$

「ヴォルト」

故に所要の送電電壓

$$E = \sqrt{E_1^2 + (E_2 - E_3)^2} = \sqrt{20^2 + 20 + 10 \times 10} = \sqrt{500} = 22.36$$

「ヴォルト」

即ち二二三六「ヴォルト」を與ふれば二〇と一〇との二に分れ前者は抵抗に消費され後者は $L$ に六二八「ヴォルト」、 $C$ に六三八「ヴォルト」を保たしむるに消費さる、本

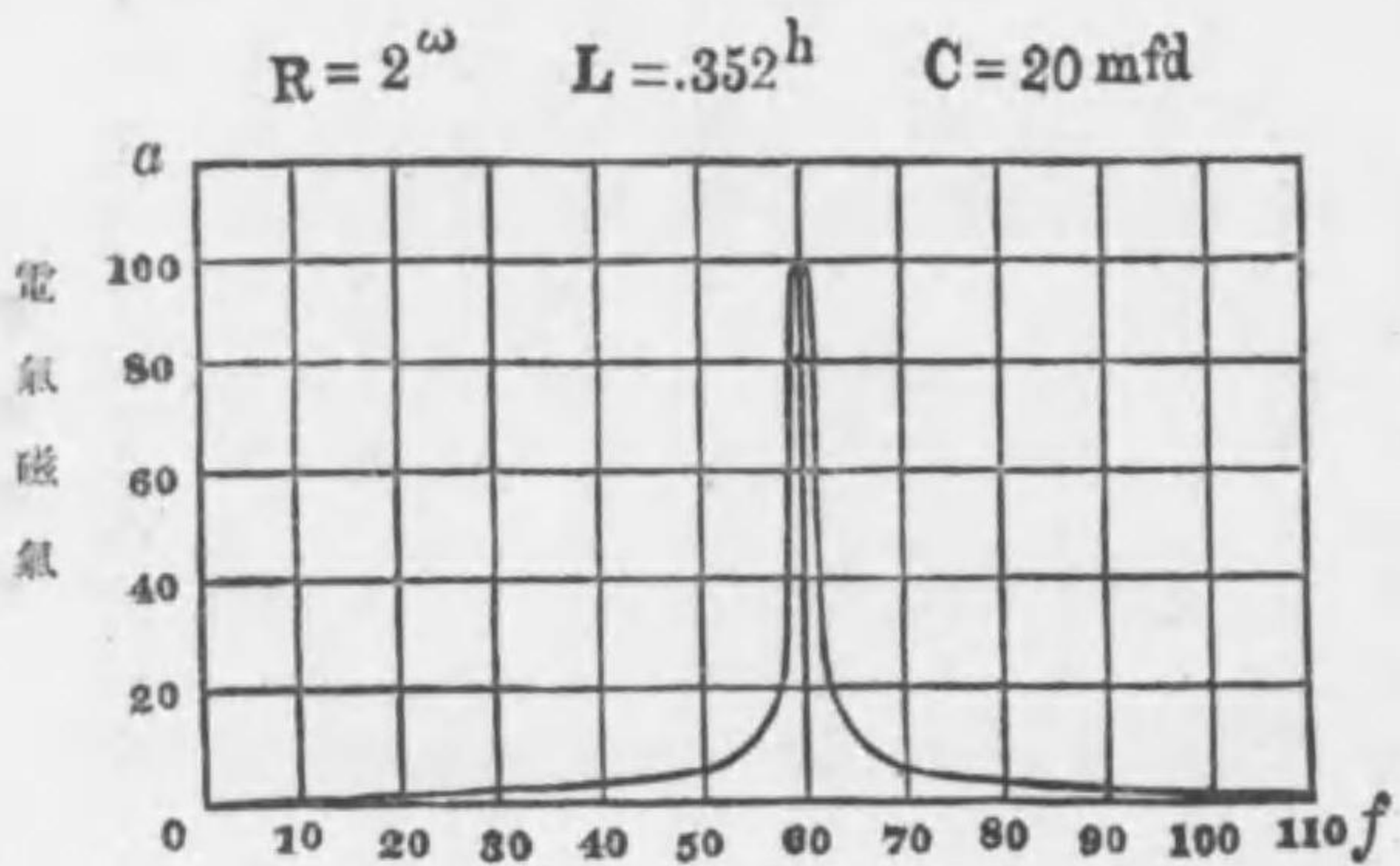
例の如きは $OL$ と $OC$ とが全く等しからざるを以て一部分の「レゾナンス」なり、交流の回路が「レゾナンス」に在るためには右の如く $OL=OC$ なるを以て

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$LC = \frac{1}{\omega^2} = \frac{1}{4\pi^2 f^2}$$

$$\text{又は } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots\dots\dots (157)$$

即ち $L$ と $C$ と $f$ とが之の關係にあるときは「レゾナンス」を起し電流は $I = \frac{E}{R}$ をなす、換言すれば或る $C$ 及び $L$ を有する電路は或る特殊の $f$ の場合に於て「レゾナンス」を起し得るものなり、例令ば $R$ が二「オーム」、 $C$ が二〇「マイクロファラット」、 $L$ が三五「ミリヘンリー」なる回路に實効値二〇〇「ヴォルト」の電壓を送りたりとし周波度数を種々に變じ電流の如何を變ずるかを計算し曲線に示せば



圖六十七百二第

第二百七十六圖の如く六〇「サイクル」の周波数の時電流最大にして一〇〇「アムペア」をなす、此際正に  $\frac{1}{\omega C} = \omega L$  にして

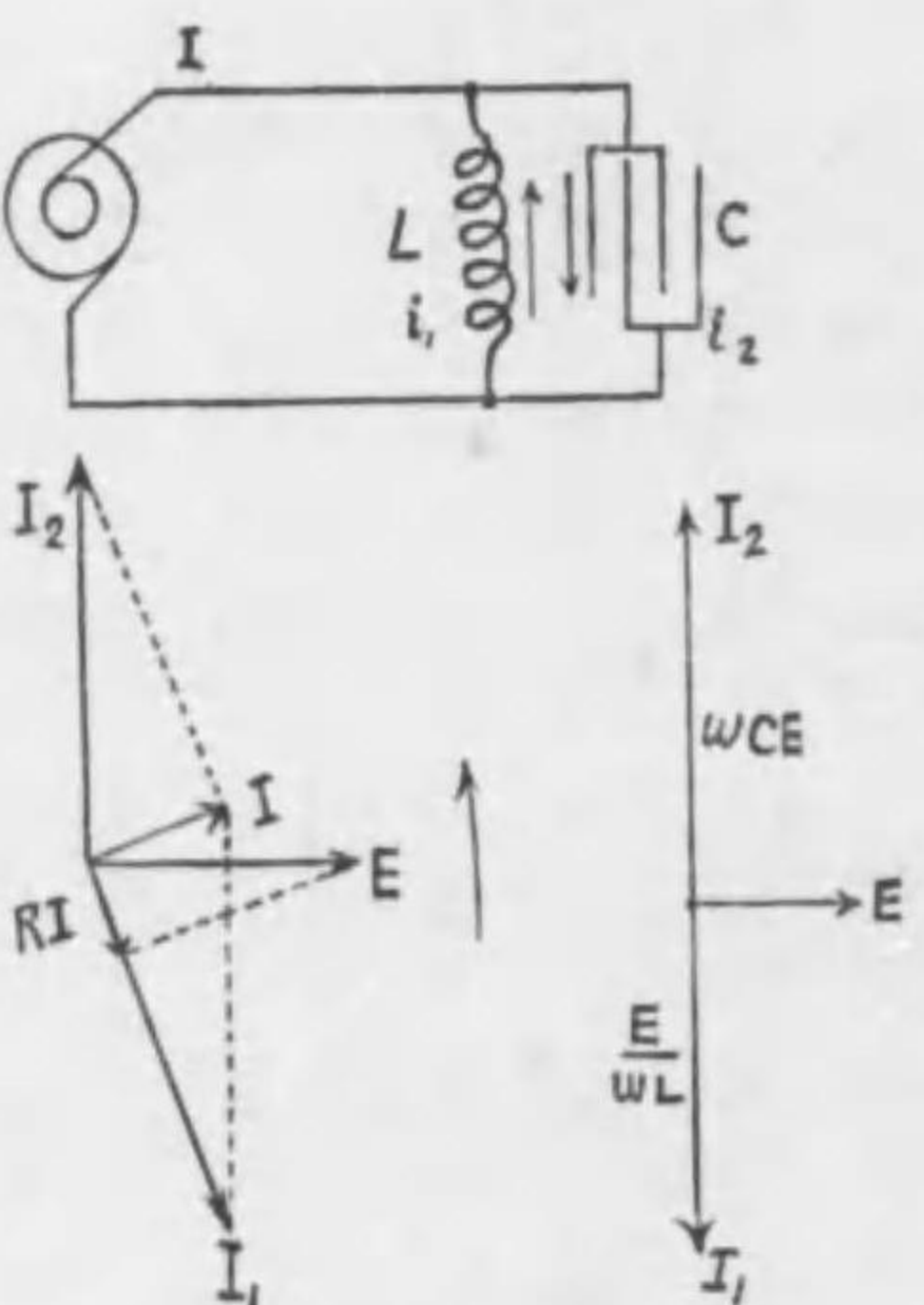
$$I = \frac{E}{R} = \frac{200}{2} = 100$$

となり居るなり。

例題一、Lが三「ミリヘンリー」Cが二「五マイクロファラット」なる回路に於て、レゾナンスの發生するとfが何「サイクル」なる時なるか

$$\text{解} \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{3}{1000} \times \frac{2.5}{1000000}}} = \frac{10^4}{2\pi\sqrt{7.5}} = \frac{10000}{5.45} = 1830 \quad \text{「サイクル」}$$

一九電流の「レゾナンス」第二百七十七圖の如く容量CとインダクタンスLとが並列にありて之れに或る交流電壓Eを與ふるときは抵抗Rを零と假定すればLを通ずる電流はI<sub>1</sub>にしてEより九〇度後れ、Cを通ずる電流はI<sub>2</sub>にしてEより九〇度進み居るを以て幹線の電流IはI<sub>1</sub>とI<sub>2</sub>との差にして一般にI<sub>1</sub>又はI<sub>2</sub>の何れよりも非常に小さくCとLとが適當なる大きさにあるときはI<sub>1</sub>とI<sub>2</sub>とを等しからしむることを得可く此際は幹線には電流を通ぜず單に電壓のみを與ふる



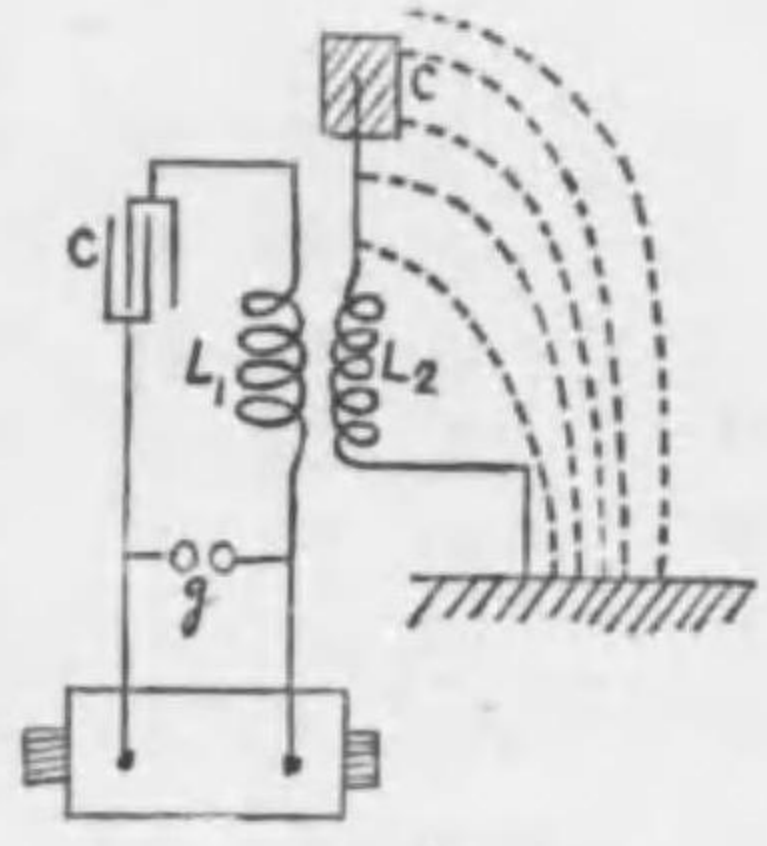
圖七十七百二第

ず幹線に多少の電流を通ずと雖Lに比しRの小なる時は殆んどI<sub>1</sub>とI<sub>2</sub>とは一八〇度の位相差となりて相殺す。斯く電流が「レゾナンス」の狀に在りて少許を電源より供することによりてCとLとの局部電路に大なる交流を振動せしむる爲めには、Rは可及的小なること、I<sub>1</sub>とI<sub>2</sub>とは其値等しき事を要す、即ちRを零と見て

$$I_1 = I_2 \quad \frac{E}{\omega L} = \omega C E$$

$$\therefore \frac{1}{\omega C} = \omega L \quad \text{又は} \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{CL}}$$

にして電壓の「レゾナンス」と同一の關係なり。



圖八十七百二第

第二百七十八圖の如くLとCを有する回路を空隙 $\eta$ と並列にして誘導線輪に結び交番電壓を與ふるときは $\eta$ の兩端の電位差が壊裂放電をなすに足るまでは電氣は蓄電器Cの兩板に蓄積せらる $\eta$ なる空隙が放電すると同時に右の電氣もCとLと $\eta$ とを経て放電す而して其の習慣性のために直ちに中和し終らずして振動的に回路を往復するを陳べたり此の振動の回数即ち周波度數は「レゾナンス」の規則に従がひCとLとの回路に「レゾナンス」を生ぜしむるに適當なる $\eta$ をなす故に

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

をなすものにして此の振動電流は相互誘導作用によりL<sub>2</sub>及び空中線と大地よりなる容量の回路L<sub>2</sub>及びC<sub>2</sub>に他の振動を誘起し電波を射出す之れ無線電信に於ける發信装置の一にして電波の速度は光と同じく毎秒三億「メートル」なり而して一般に波は其の波長が $\lambda$ なる時は毎秒 $\lambda$ 回振動するとき「 $\lambda$ 」の速度にて進行す

るものなれば前記 $\lambda$ を電波の波長とすれば

$$V = 3 \times 10^{10} = f \times \lambda \quad \text{「センチメートル」}$$

$$\therefore f = \frac{3 \times 10^{10}}{\lambda} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\therefore L = 2\pi\sqrt{LC} \times 3 \times 10^{10} \quad \text{「メートル」} \dots\dots\dots (156)$$

なり例令ばLが「ミリヘンリー」Cが「マイクロファラット」なるときは此の回路より射出する電波の波長は

$$L = 2\pi\sqrt{\frac{2}{1000} \times \frac{3}{1000000}} \times 3 \times 10^8 \quad \text{「メートル」}$$

$$= 6\pi \times \sqrt{\frac{6}{60}} \times \frac{10^8}{10^5}$$

$$= 6\pi \times 7746 \times 1000 = 14,6000 \quad \text{「メートル」}$$

なり。

### 二〇、波形と力率

上來交流の電壓又は電流は正弦波の如く變ずるものと假定せるも實際に於ては電壓は正弦波をなさざる事多し又回路に鐵を含有する如き場合には例令電壓が正弦波をなすとも電流は正弦變化をなさざることあり

かゝる時は、電壓と電流との實効値をV及びIとすれば兩波に位相の差なき時<sup>は</sup>「パワー」は

$$P=VI$$

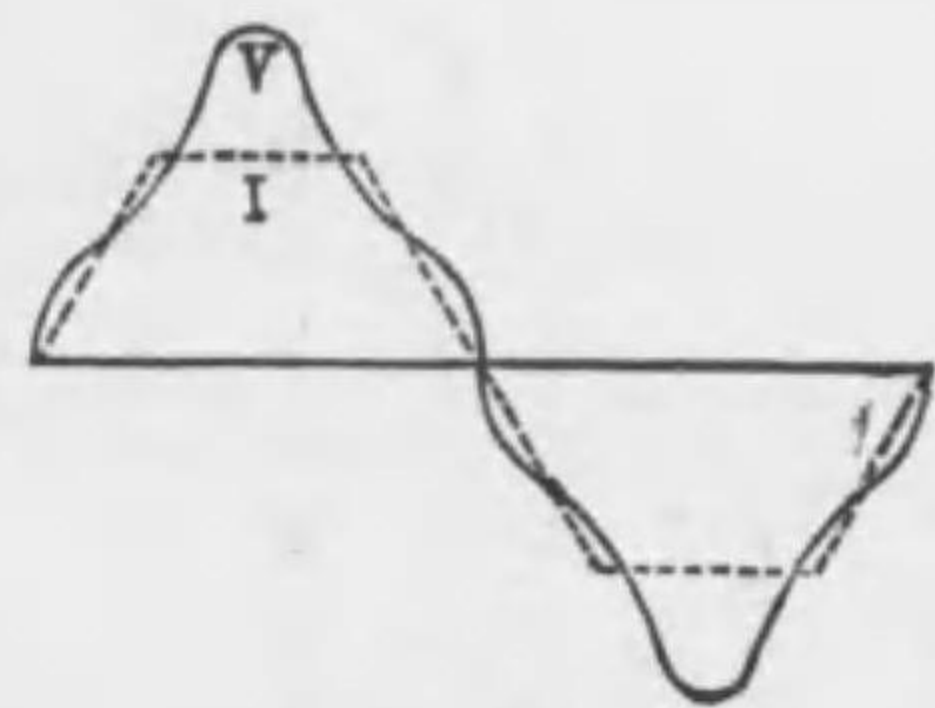
をなさずして是れより小なるを常とす即ち一般に

$$P=VI \cos \alpha$$

の如き關係に示すを得べく、 $\cos \alpha$ を此の回路の力率と云ふ若しVとIとに $\phi$ なる位相の差あるときは「パワー」

$$P=VI \cos \alpha \cos \phi \dots \dots \dots (159)$$

をなすものにして此の際に於ける力率は  $\cos \alpha \cos \phi$  なく要するに波形が正弦的ならざるときは力率は必らずしも位相差の角の餘弦にて示し得ずして幾分か之れより小なるも



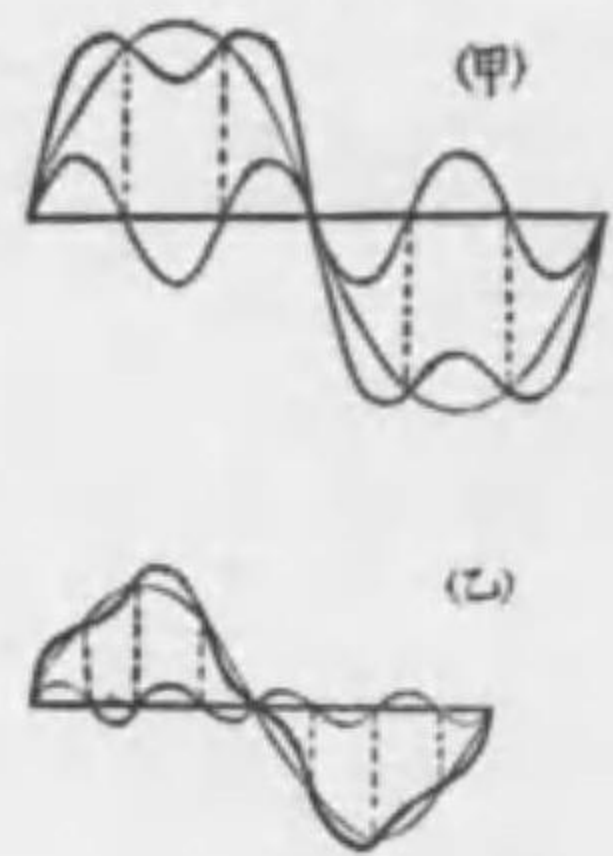
圖九十七百二第

のなり、

「**ハーモニックス**」 Harmonics 實際の交流機の波形は單一なる正弦波に

あらずと雖振幅と周波度数の異なる多數の正弦波の相合せるものとして此等に分解することを得るものなり而して原波と同一の實効値を有する正弦波及び是

れの奇數倍の周波度數を有し種々の振幅と位相とに在る諸正弦波に分つことを得べく前者を**ファンダメンタルウェーブ** Fundamental Wave 後者を其の「**ハーモニックス**」と稱す而して「**ハーモニックス**」が常に原波の奇數倍の周波數にのみ在る理由



圖十八百二第

は、若し偶數倍の「**ハーモニックス**」有る場合には波形の「**半部**」と「**一半部**」とは決して同形を成し得ざるものにして、之れ正負兩磁極が交互に作用する現時の發電機に於ては有り得べからざる事なればなり**第二百八十圖**に於て(甲)は三倍の「**ハーモニックス**」の加はれるものにして

上半部と下半部は全く相等しき形狀を有し(乙)は四倍の「**ハーモニックス**」を加へたるものにして上半と下半は波形は相似たれども一方は裏返しにして決して相等しからず是れ實際に於て有り得ざる所とす  
電氣容量を通ずる電流即ち「**チャージングカレント**」は「**ミ**」にして周波數に比例するものなれば電壓の波形が高周波の「**ハーモニックス**」を含有するときは其の爲めに大に充電々流を増加することあり故に高大なる容量ある回路例令ば地下ケーブル等に於ては電壓の波形に注意を拂はざるときは豫想外に大なる充電々流

を通じ、レジスタンスの爲めに其の絶縁を害する事あり。

### 二二二、交流「ダイアグラム」の例

或る電線路により電力を送達するに當り

荷重に與ふべき電壓をE電力をW荷重の力率をcosφとし

電線路の抵抗R及びリアクタンスωLを知れば、發電所に於

ける電壓Eを求むるには次の如くす、第二百八十一圖に於

て

ORを電流の方向と定む

AGを荷重の電壓Eに取る其の方向はORよりφを偏す但

しφはcosφが荷重の力率をなす角とす

ABを抵抗による送電線の「ドロップ」RIに取る其方向はIの

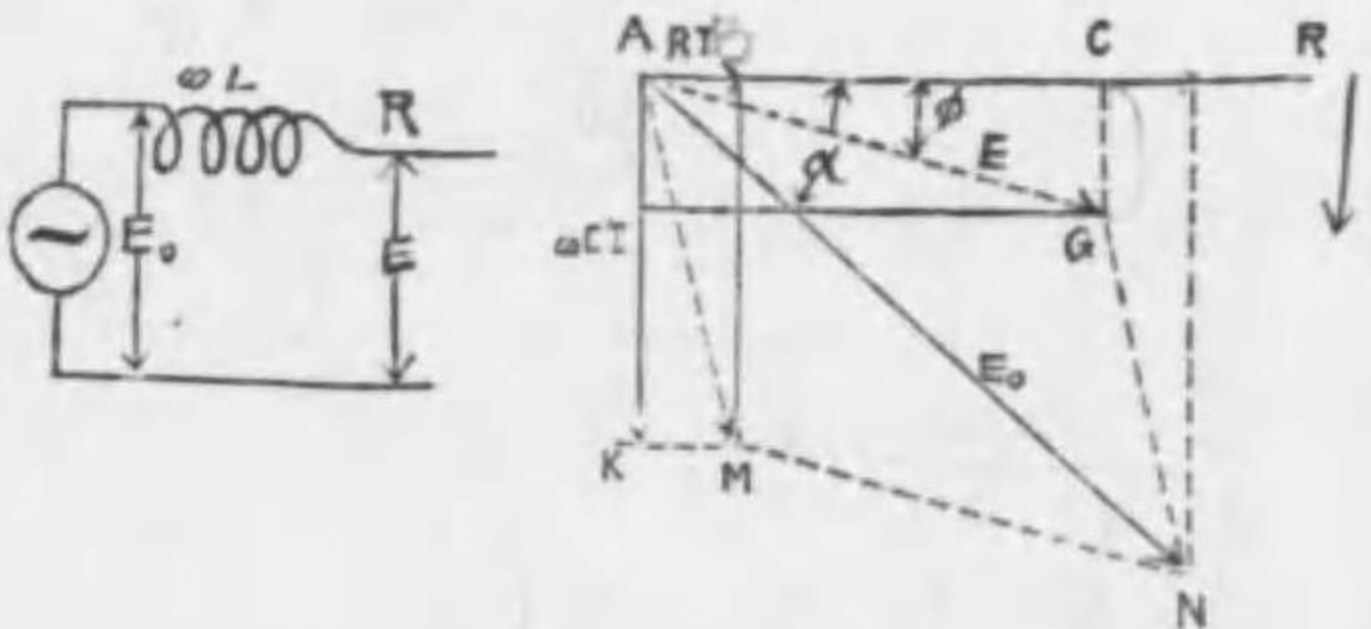
方向にあり

AKを線路のリアクタンス「電壓」ωLIに取り方向はRより九

〇度進める位相にあらしむ

ABとAKとの合力をAMとすればAMは線路内の全「ドロップ」の「ベクトル」にしてAMとE

との和ANを求むればANは即ちEなり而して此のEとIとの角をαとすれば發



圖一十八百二第

電所に於ける力率はcosαなり。  
圖に於て明かに

$$AM = \sqrt{RI^2 + (\omega LI)^2}$$

又

$$E_0^2 = (AC + AB)^2 + (CG + AK)^2$$

及び

$$\therefore E_0 = \sqrt{(RI + E \cos \phi)^2 + (\omega LI + E \sin \phi)^2}$$

$$\text{及 } \cos \alpha = \frac{RI + E \cos \phi}{E_0} \quad \dots \dots \dots (160)$$

例令ば荷重が三百キロワット其の電壓三千ヴォルト力率0.8にして線路のRは二「オーム」ωLは八「オーム」なりとすれば

$$I = \frac{P}{E \cos \phi} = \frac{300 \times 1000}{3000 \times 0.8} = 125 \text{ 「アムペア」}$$

$$\therefore E_0 = \sqrt{(2 \times 125 + 3000 \times 0.8)^2 + (8 \times 125 + 3000 \times 0.6)^2}$$

$$= \sqrt{(250 + 2400)^2 + (1000 + 1800)^2} = \sqrt{2650^2 + 2800^2} = 3856 \text{ ヴォルト}$$

$$\cos \alpha = \frac{2 \times 125 + 3000 \times 0.8}{3856} = 0.69$$

即ち發電所に於ける電壓は三八五六「ヴォルト」にして力率は0.69に相當す、此

の場合に於ては三八五六「ヴォルト」にて送電し三〇〇〇「ヴォルト」にて受電するが故に線路内の「ドロップ」は

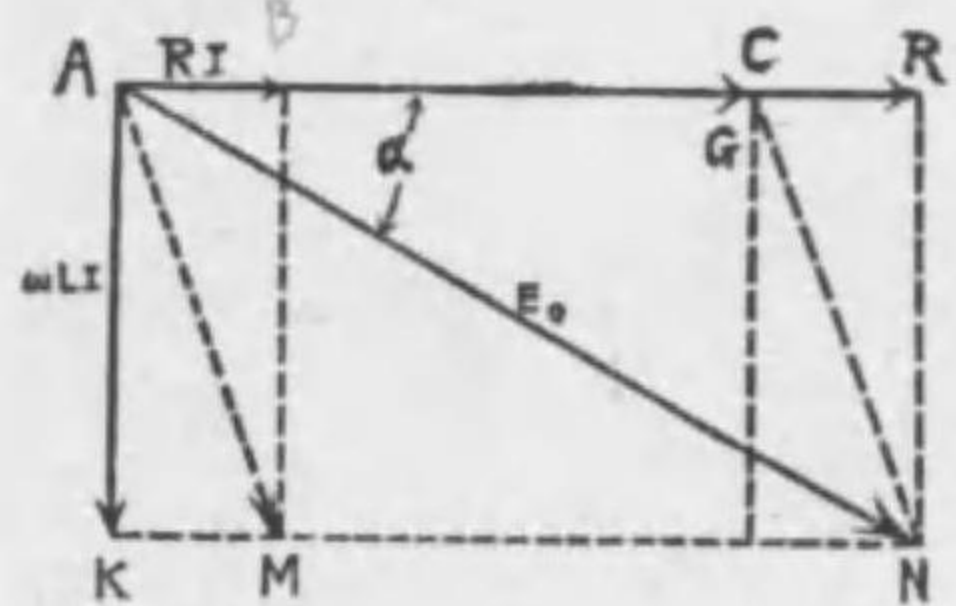
$$3856\text{V} - 3000\text{V} = 856\text{V} \quad \frac{856}{3000} = 0.285$$

即ち八百餘「ヴォルト」二八・八％に相當し過大に失す何となれば線路の「ドロップ」が一割以上なるときは荷重の増減のために受電々壓に大なる變動を生じ(發電所に一定電壓を保持するとき)諸種の不便あるものなればなり。

### 二三、荷重の力率の影響

前例に於て若し荷重の力率が一なるとき即ちφが零なるときは「ダイアグラム」は第二百八十二圖の如くなりてE<sub>0</sub>は前例に於けるよりも小にて足る。即ちC點はG點と合するを以て

$$\begin{aligned} ON^2 &= (AC + AB)^2 + AK^2 \\ \therefore E_0^2 &= \sqrt{(RI + E)^2 + \omega LI^2} \\ \text{及 } \cos\phi &= \frac{RI + E}{E_0} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (161)$$



圖二百八十二第

即ち一六〇式のφを零と置けるものと等しくて前節と同

一の例をとれば

$$I = \frac{P}{E} = \frac{300 \times 1000}{3000} = 100 \quad \text{「アンペア」}$$

$$\therefore E_0 = \sqrt{(2 \times 100 + 3000)^2 + 8 \times 100^2} = \sqrt{3200^2 + 800^2} = 3300 \quad \text{「ヴォルト」}$$

$$\text{及 } \cos\phi = \frac{E + RI}{E_0} = \frac{3000 + 200}{3300} = 0.97$$

$$\text{及 } (\text{ドロップ}) = 3300 - 3000 = 300 \quad \frac{300}{3000} = 0.1$$

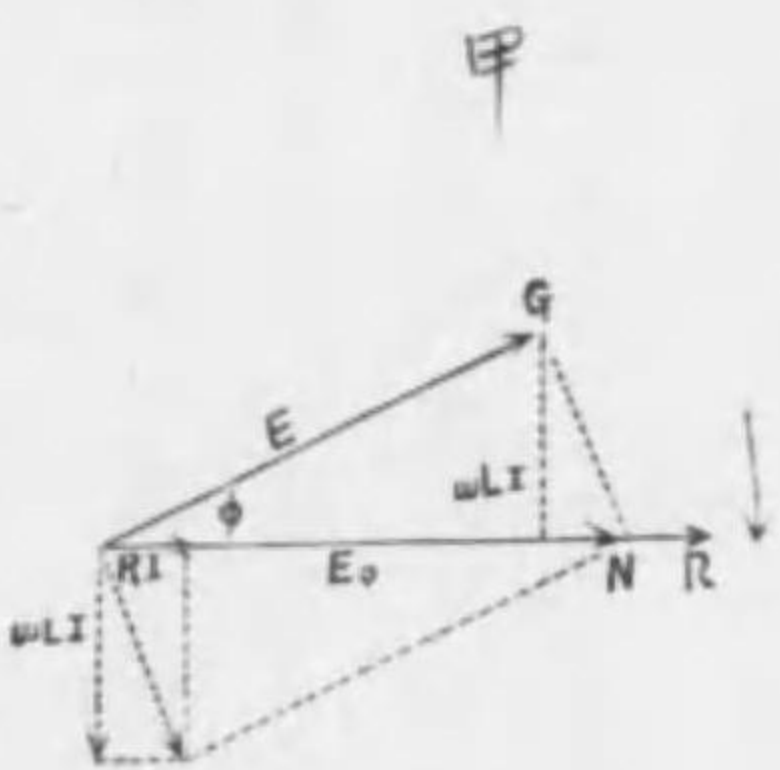
即ち力率は〇・九七となり「ドロップ」は一割に減ず。發電所の電壓を一定に保持するときは右の理由により荷重の大小及び力率により受電々壓に非常の差異を生ず、一般に電線路の兩端に於ける電壓の差算術的の差を其の「ドロップ」と稱し「ドロップ」と受電々壓との比を電線路の「レギュレーション」Regulation と云ふ。即ち前節に於ては二八・五％本節に於ては一〇％の「レギュレーション」を爲せり。一般に

$$(\text{レギュレーション}) = \frac{E_0 - E}{E} \dots\dots\dots (162)$$

なり

二四、荷重が「リーディング、カーレント」を通ずる場合 荷重の力率は

一よりは小なるも電流が電壓より進み居る場合に於てはφなる角は負にしてE<sub>0</sub>はEに等しきか又は反て小なることあり其の位相も電流と全く合するか又は電流より後ることあり、第二百八十三圖に於て



$$E_0^2 = (RI + E \cos \phi)^2 + (\omega LI - E \sin \phi)^2$$

$$\text{及び } \cos \alpha = \frac{E \cos \phi + RI}{E_0} \dots \dots \dots (163)$$

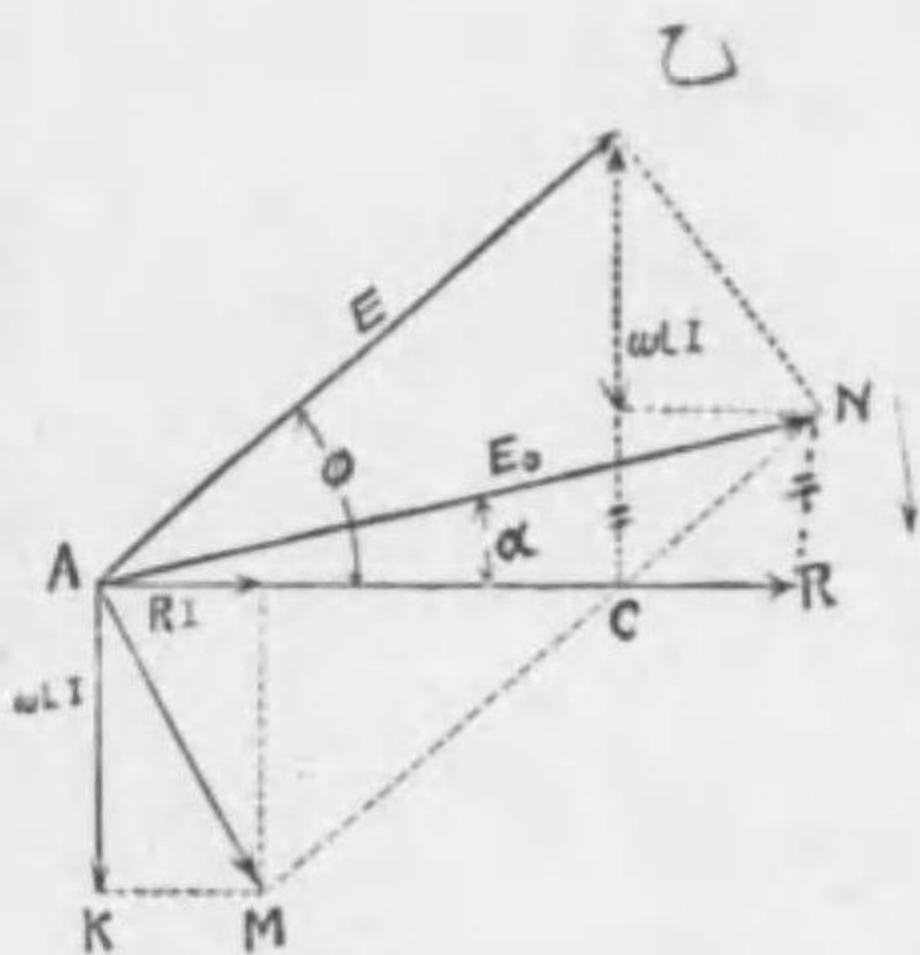
なり故に(甲)圖の如く

$$\omega LI = E \sin \phi$$

をなす場合には

$$E_0 = RI + E \cos \phi \quad \text{及び} \quad \cos \alpha = \frac{RI + E \cos \phi}{E_0} = 1$$

にして其の位相は圖の如くIと合してαを零なら



圖三十八百二第

しむ即ち発電所に於ける力率は一をなす。

若し同圖(乙)の如く荷重が大に「リード」せる電流を通ずるときはE sin φの方 ωLIより大なるを以てANはORより後れたる方向を取り発電所に於ても「リーディング、カーレント」を通ず。

例令ば荷重が第二二節の例の如く三百「キロ」力率〇、八なるも「リーディング、カーレント」なる場合に於ては

$$I = \frac{300 \times 1000}{3000 \times 0.8} = 125 \quad \text{「アムペヤ」} \quad \cos \phi = 0.8 \quad \therefore \sin \phi = 0.6$$

$$\therefore E_0^2 = (RI + E \cos \phi)^2 + (\omega LI - E \sin \phi)^2$$

$$= (2 \times 125 + 3000 \times 0.8)^2 + (8 \times 125 - 500 \times 0.6)^2$$

$$= (250 + 2400)^2 + (1000 - 1800)^2 = 7,022,500$$

$$E_0 = \sqrt{7,022,500} = 2768 \quad \text{「ヴォルツ」}$$

$$\cos \alpha = \frac{RI + E \cos \phi}{E_0} = \frac{250 + 2400}{2768} = 0.96$$

即ち荷重に三千「ヴォルト」を與ふる爲めに発電所に於て二七六八「ヴォルト」を送電すれば可なり、且つ荷重の力率は〇、八なるも発電所の力率は〇、九六をなす、而し

て此の場合に於ては電流はE<sub>0</sub>より「リード」し居るなり。

例題一二 前例に於てE<sub>0</sub>が全くIと合し發電所の力率が一となるは荷重の力率が何程の時なるか。

解 E<sub>0</sub>が全くIと合するはωI=E<sub>0</sub>sinφをなすときなれば

$$\frac{8 \times P}{E_0 \cos \phi} = 3000 \times \sin \phi$$

然るに P=300×1000 「ワット」 ならば

$$\frac{8 \times 300 \times 1000}{3000 \times \cos \phi} = 3000 \times \sin \phi$$

$$\sin \phi \cdot \cos \phi = \frac{8 \times 300 \times 1000}{3000 \times 3000} = \frac{8}{30} = .266$$

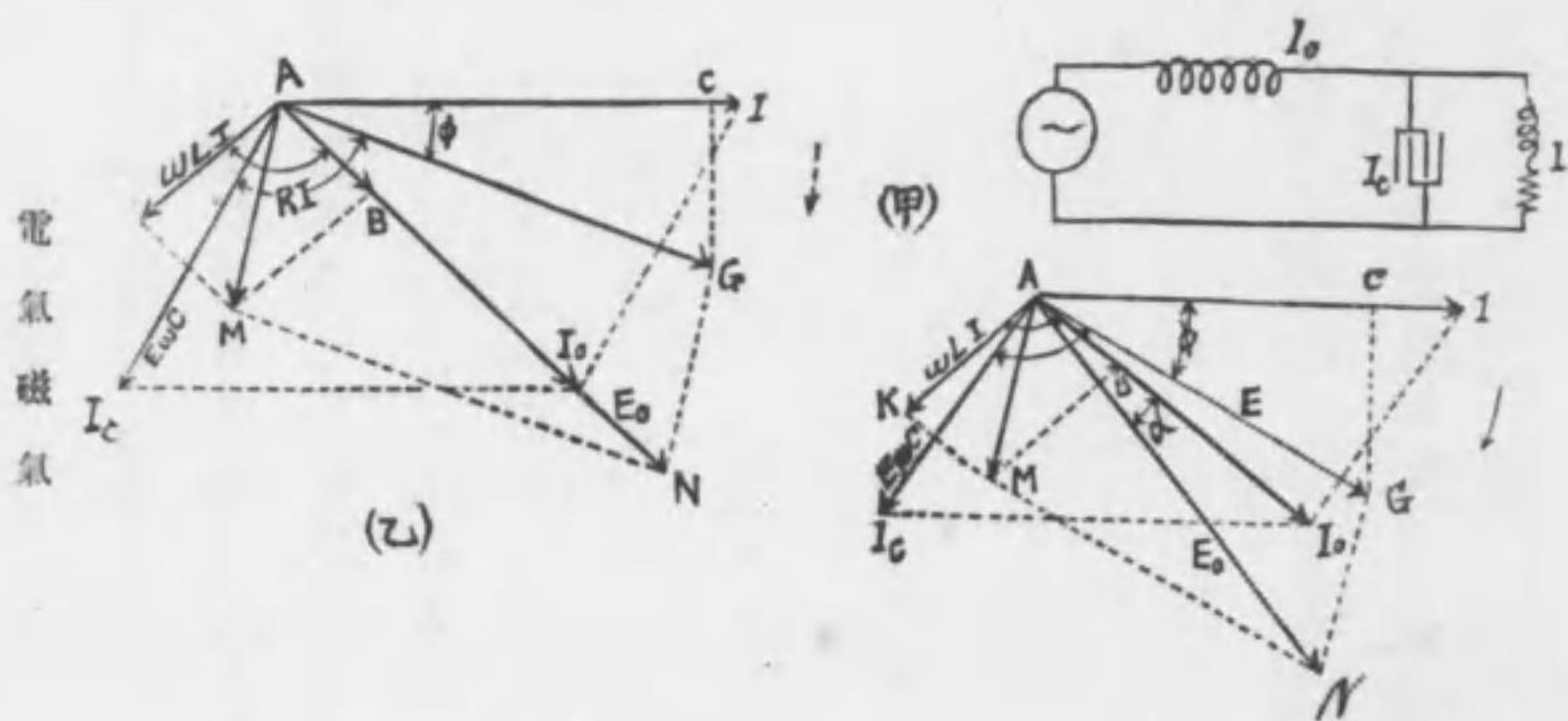
即ち  $\sin 2\phi = .533$  ∴  $\sin 2\phi = .533$

$$\therefore 2\phi = 32.10^\circ \quad \phi = 16^\circ 5'$$

即ち荷重が九五六の力率にて「リード」せる場合なり

### 二五 電路の電氣容量の影響

前節に説明せる如く送電線の力率が一に保たれ「ドロップ」も僅小となり得るは一に荷重が「リード」せる電流を通ずる場合に限る、若し荷重と並列に電氣容量あるときは荷重が「ラッグ」せる電流を通ずる場合と

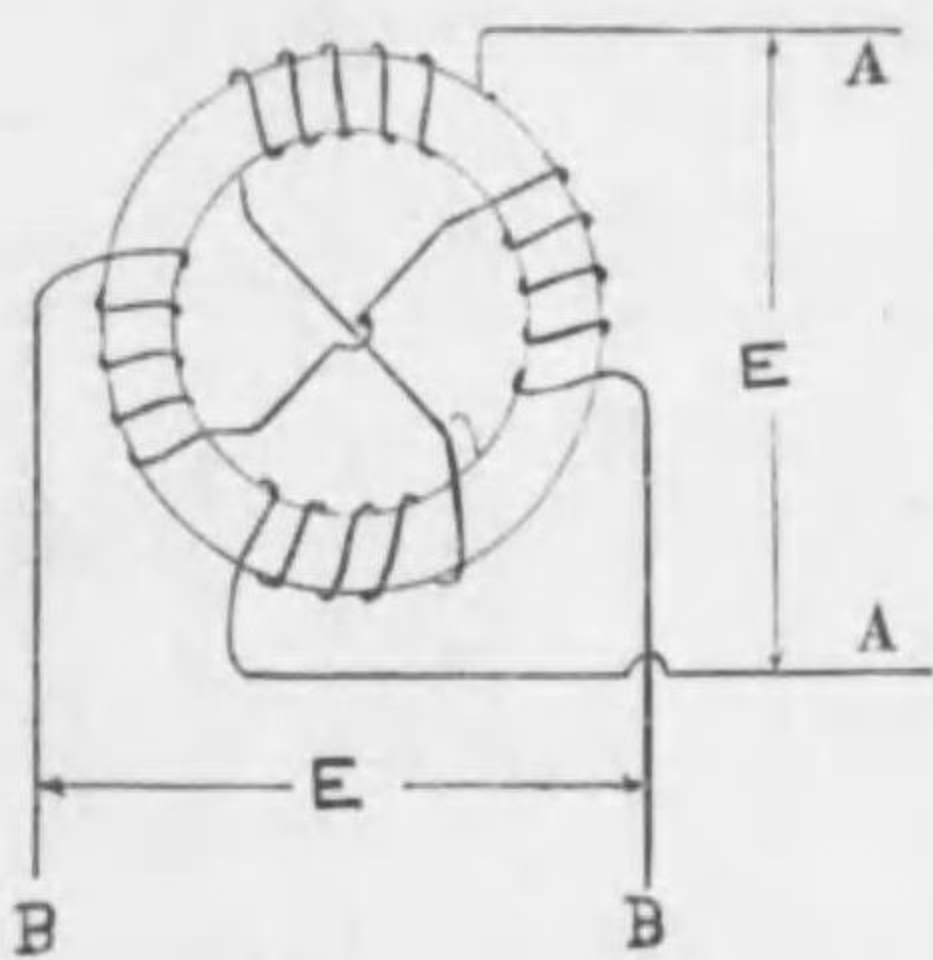
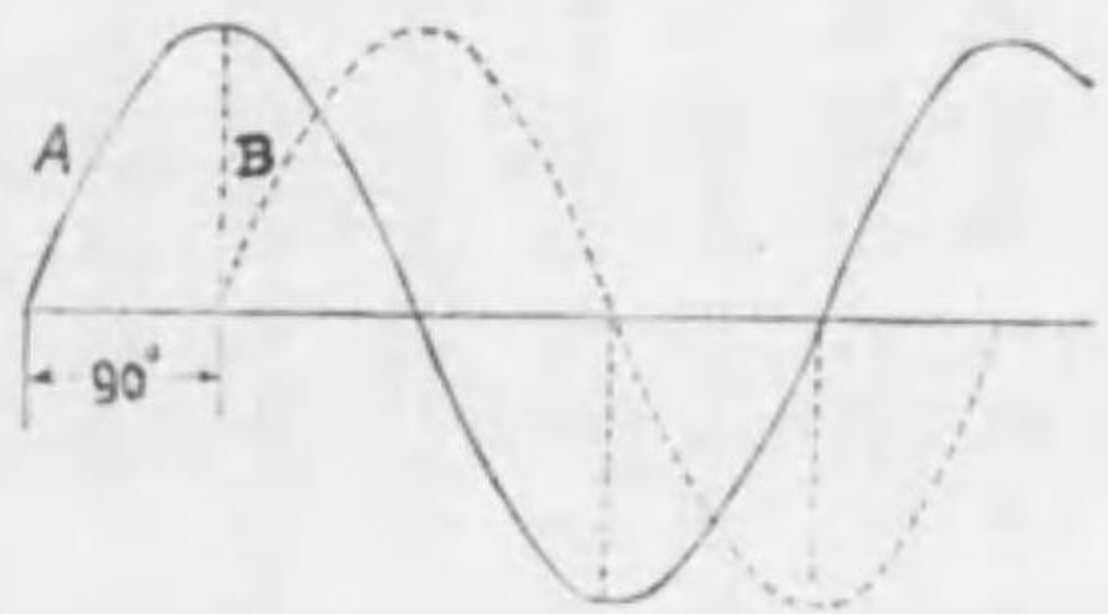
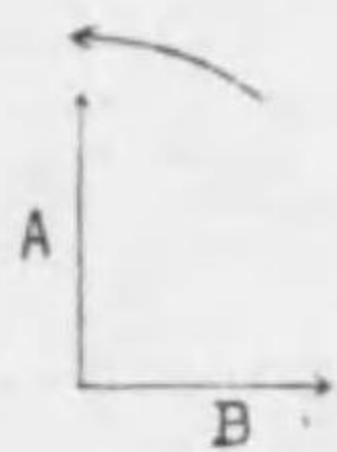


第 二 百 八 十 四 圖

雖容量の「リード」せる電流の爲に送電線の電流はE<sub>0</sub>と位相合し力率を一に近く保持するを得べし 第二百八十四圖は荷重がEよりφだけ後れたる電流を通じ居るにも抱らず之れと並列にCなる容量あるため送電線の電流がI<sub>0</sub>がE<sub>0</sub>と近き位相に保たるゝ状を示せる者なり、即ち第二百八十四圖(甲)に於てAIを荷重の電流の方向とすれば其の電圧Eは之れよりφだけ「リード」せるAGの方向にあり、而して容量CはI<sub>0</sub>とE<sub>0</sub>なる電流をAGとは九〇度進めるAI<sub>0</sub>の方向に通ず故に送電線の電流はAIとAI<sub>0</sub>との和にしてAI<sub>0</sub>をなす故に抵抗の「ドロップ」RIは此線上にABの如く生じリアクタレスに要する分力は此れより九〇度進みてAKの位相にある故に「ドロップ」する全電圧の位相はAMをなす、發電所の電圧はAGとAMとの和なるを以てAN即ちE<sub>0</sub>



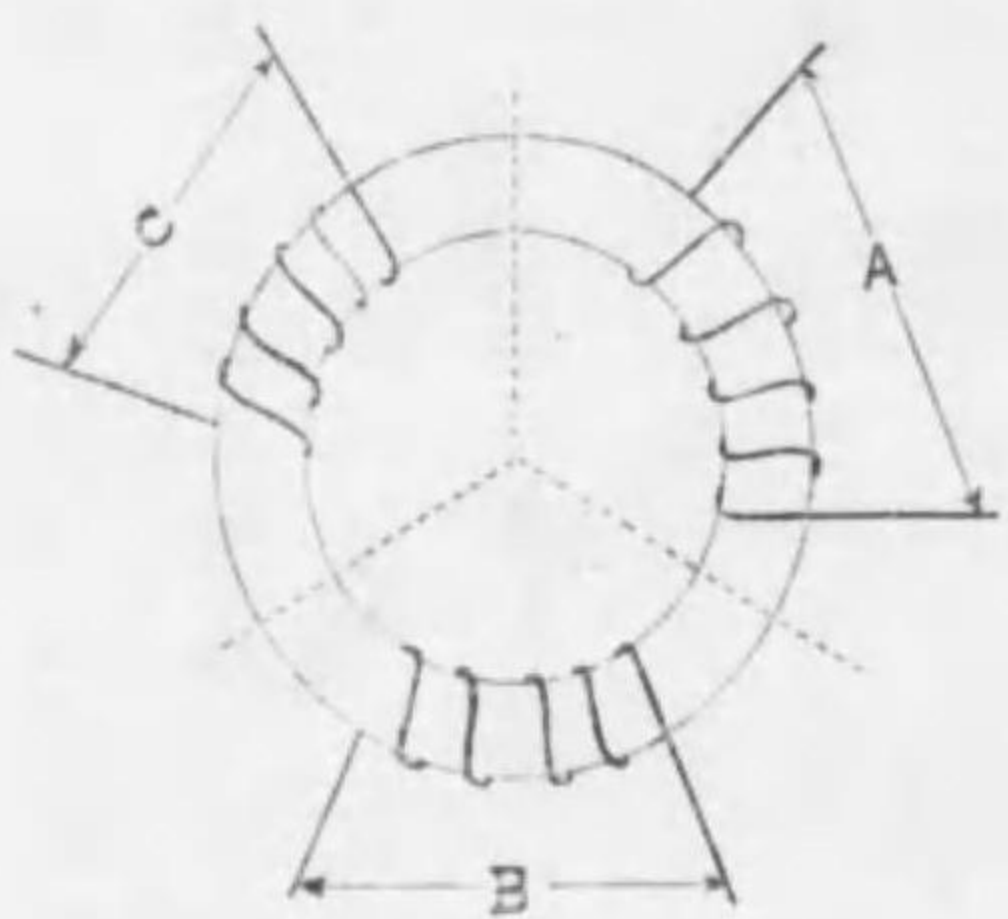
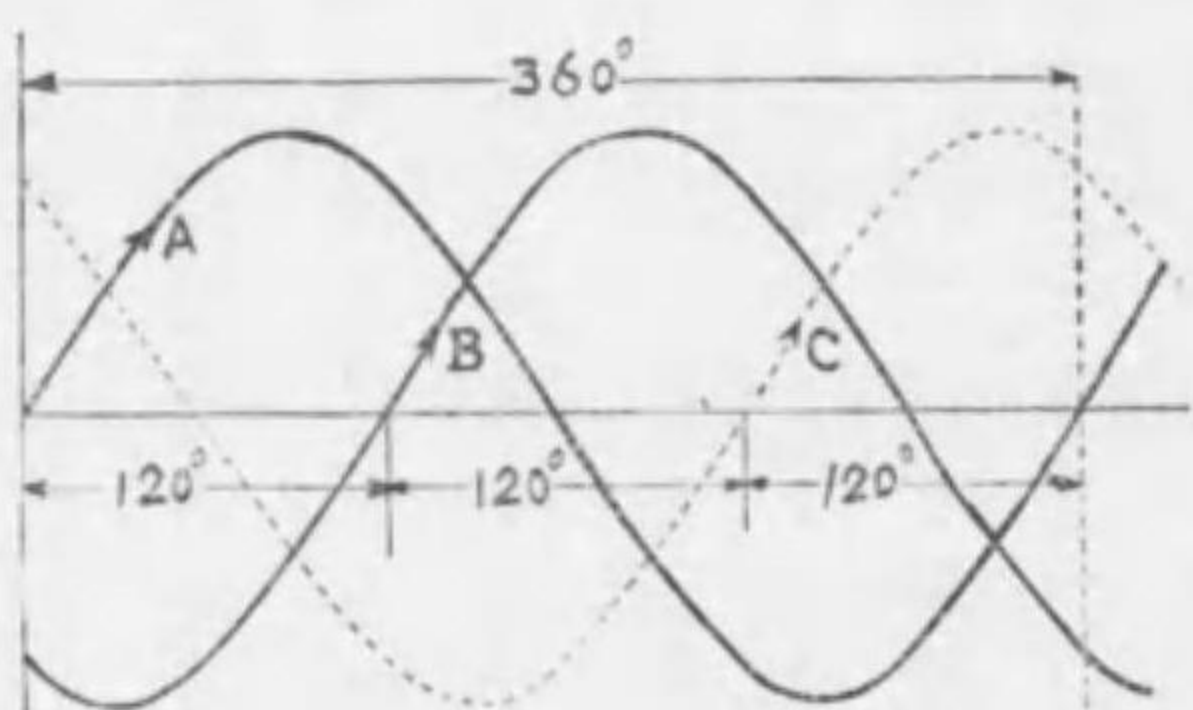
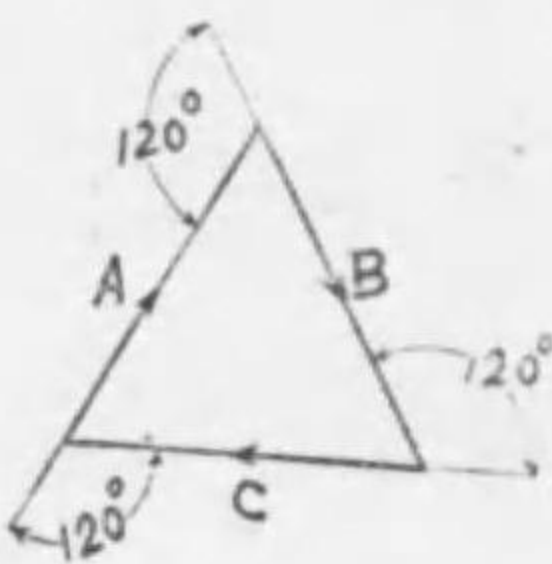
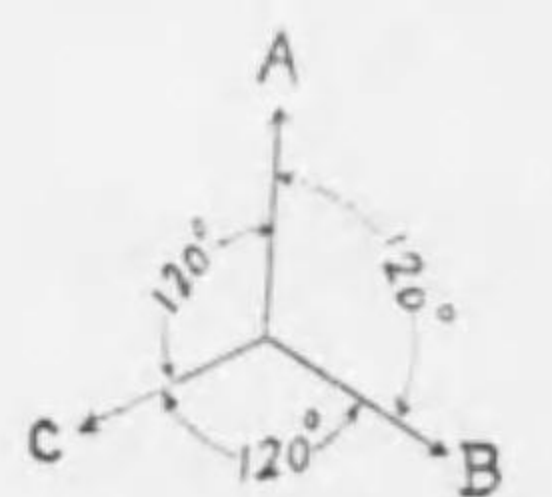
をなすなり而して其の力率はANとAI<sub>0</sub>の角αを以て示さる、即ち容量にCよる電流AI<sub>0</sub>有るが爲めにAI<sub>0</sub>はANに近き位相に来るなり  
 又同圖乙に於ては容量Cを適當なる大きに取れるが爲め送電線の電流I<sub>0</sub>がE<sub>0</sub>電壓と全く同位相に来れる状を示せるものなり  
 一般に送電線の兩線間には多少の電氣容量ありて荷重とは並列にあるを以て本節の理によりラッグせる荷重に對し多少送電線の力率を改善するの性を有す



流電式相二 圖五十八百二第

### 二六、多相式電流

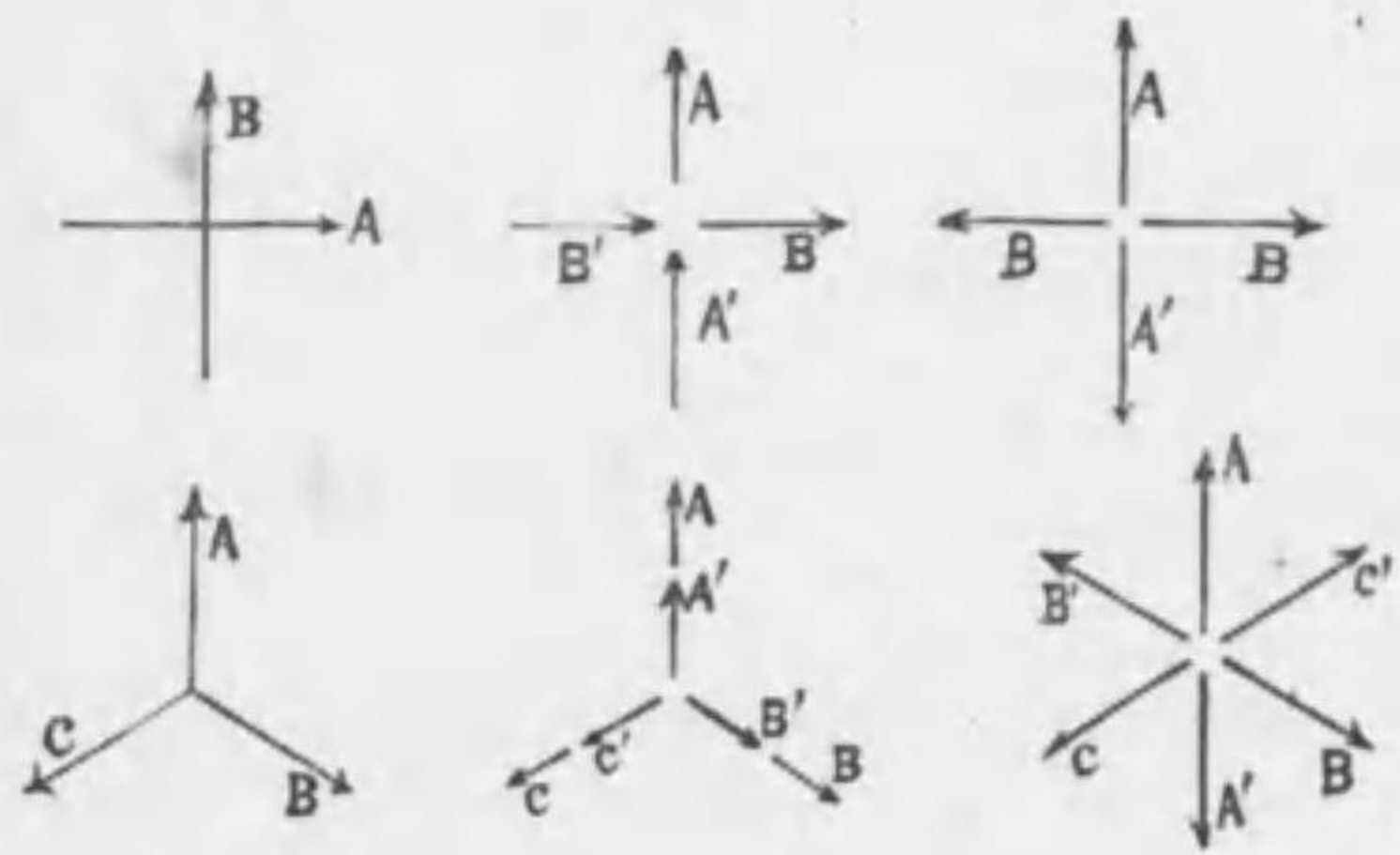
上來説明せる如く一の回路に一の交番電流通ずるものは之を單相式交流(Single Phase A. C.)と云ふ今一の發電子上に獨立せる二個又は三個のコイルを捲くときは一が最大の電流を通ずるとき他の「コイル」の電流は最大



流變式相三 圖六十八百二第

に達せず、即ち一般に異なる位相に在る二つ又は三つの交流を得べしかく二個以上の獨立せる回路の各二位相の異なる交流を通ずるものを多相式交流(Poly Phase A. C.)と稱す而して第二百八十五圖の如くAA及びBBなる二個の「コイル」が電氣

的九〇度の位相を距て排置さるゝときはAが最大の電流にあるときBは最小にしてAが最小なるときBは最大なり之れを二相式電流(Two Phase Current)と云ふ又第二百八十六圖の如く互に一二〇度宛距たれる三個の「コイル」を有せるものは



圖七十八百二第

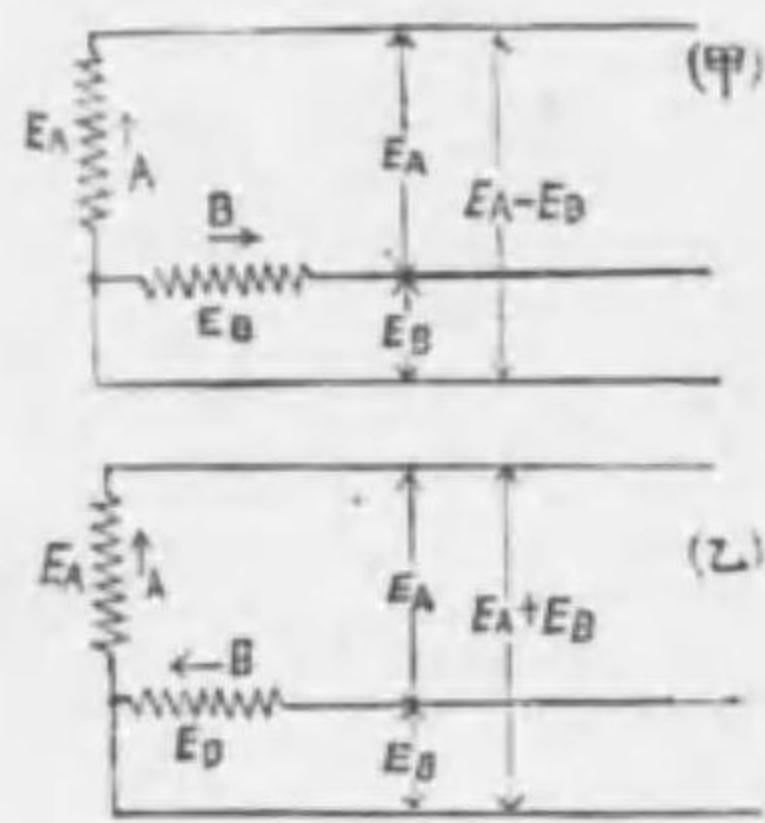
が如し。

三相式電流(Three Phase current)と稱す。多相式交流の中普通使用さるゝは二相式及び三相式の兩種なれども時には四相式六相式を使用することあり前者は順次に九〇度宛距れる四個、後者は六〇度宛距れる六個の「コイル」を有する理なり然れども四相式は二相式より六相式は三相式より變じて作り得べし何となれば一の交流を通じつゝ「コイル」は之を二分し一方を逆に使用すれば互に一八〇度距れる二個の交流となるを以てなり即ち二相式の各相を折半すれば四相となり三相式の各を折半すれば六相式となること第二百八十七圖に示す

### 二七、多相式各相間の連結

せんには二相式にては四個、三相式にては六個の電線を要する理なるべし然れども此等多相式電流は電線の一部分を共通として使用するときは種々の利益あり其一は直流に於ける三線式と同様共同線を通ずる電流は各相電流方向同一ならざる爲め或る程度迄打消し従て細き電線を使用し得る事なり。

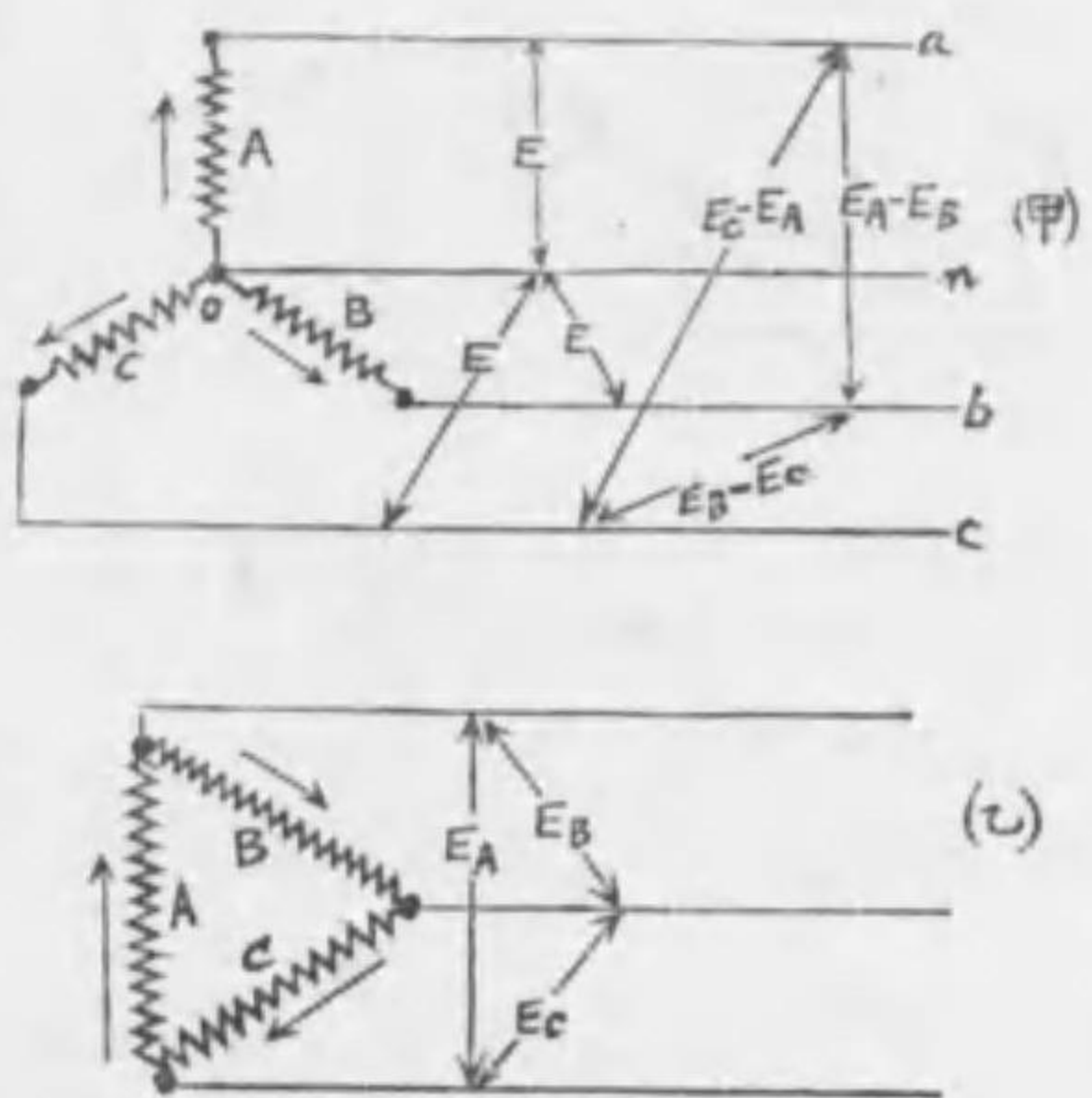
抑も現時に於て交番電流特に多相式交流のみ盛に使用せられ直流の使用が特殊の場合にのみ限らるゝは右の如く各相の一部分を共同とし以て同一の電力を送るに必要なる電線の量を節約せし爲めのみならず尙ほ他に一二の理由あり即ち直流に於ては整流子の構造上大なる電圧の機械を製作し得ざるに反し交流に於ては優に一萬ヴォルトを超過する發電機を製し得ること又變壓器を使用して電圧を任意に上下し得ること又廻轉磁場なるものを形成して取扱ひの輕便



圖八十八百二第

なる電働機を使用し得る等なり。斯くの如き多相式の各相を連結するに種々の法あり二相式に於て第二百八十八

圖(甲)又は(乙)の如く一線を共通にせるものを二相三線式(Two phase three wire system) 若し共通とせずして四線にて使用するときは一相四線式と云ふ、二相三線式も(甲)の如く電圧が差になる如く連ぬると(乙)の如く和になる如く連ぬると二種あれども其の結果は全く同一なること次節に示すが如し、又三相式に於ては第二百八十



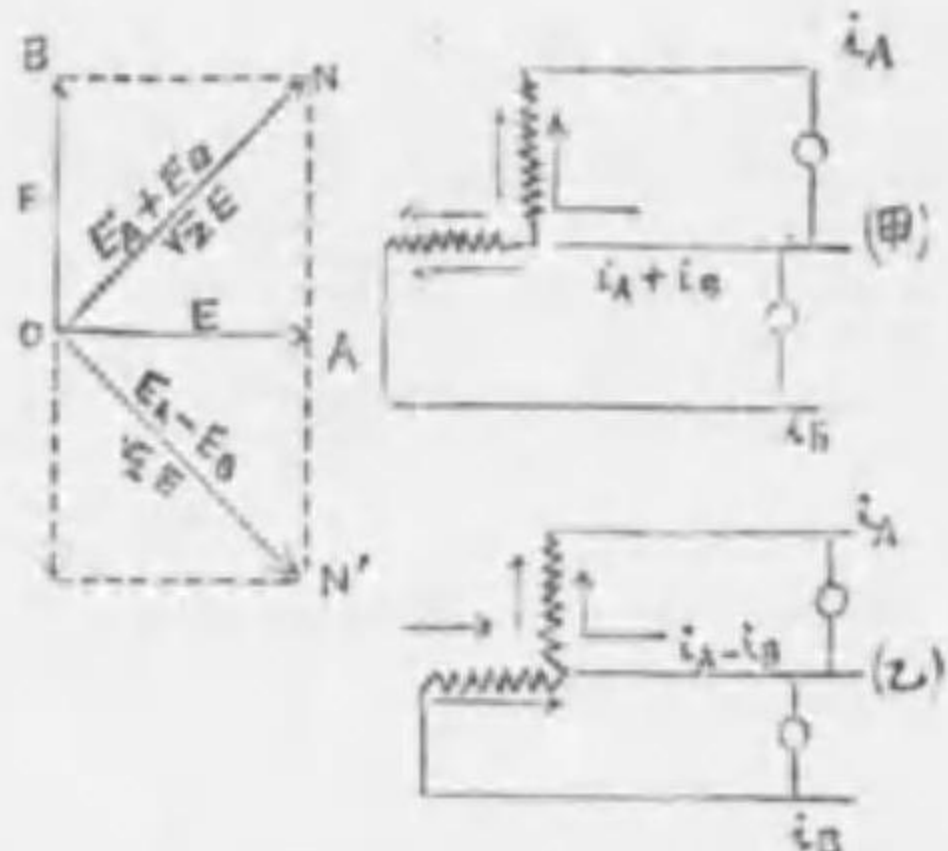
圖九十八百二第

九圖(甲)の如く各相の同極を一點に會して是れより共通線 *on* を設け他極を *oa ob oc* 等の各線に結べるものを三相四線式 (Three phase four wire system) と云ひ共同線 *on* を缺くものを三相三線式と云ふ且つ一般にかく各相を一點に會せる如き連結法を星形連結法 (Star Connection) と云ふなり、又同圖(乙)の如く各相を順次同方向に連結して網形の「ループ」となし各相の接點より電線を引出すときは三

相三線式にして一般に此種連結法を網形連結法 (Mesh Connection) と稱し電線の數は何相式たるを附はず相の數に等し殊に三相式の星形結線を Y 結線、網形結線を J 結線又は三角形結線と稱することあり。

二八、多相式各線間の電壓、電流及び電力 多相式交流に於ては其の各相の電壓は同一に設計し荷重も各相に均一に分配するを普通とす今各一相の電壓 *E* ヲヴォルト各相に負はしめたる荷重の電流 *I* アムペアにして *E* と *I* とは各相とも同位相にありとし *P* を此の多相式電路の全電力とす然るときは

(一) 二相三線式の場合 第二百九十圖に於て(甲)の如く電圧が差となる様に結びたるときも(乙)の如く和となる様に結びたるときも、九



圖十九百二第

〇度を距つる二個の相等しき *E* の和又は差は何れも  $\sqrt{2}E$  なるを以て兩外線間の電壓は即ち  $\sqrt{2}E$  なり故に各相が百ヴォルトなる二相式に於ては外線間の電壓(共同線ならざる線を指す)は百四十一、ヴォルトをなす次に電流の關係も各相が *I* を通じあるにより兩外線の各は何れも *I*、又共同線の電線は九〇度

位相差ある *I* を通ずるを以て其和(甲)又は其差(乙)にして何れに於ても  $\sqrt{2}I$  なり而して此の二相三線式の全電力は勿論

$P = 2E \cdot I$

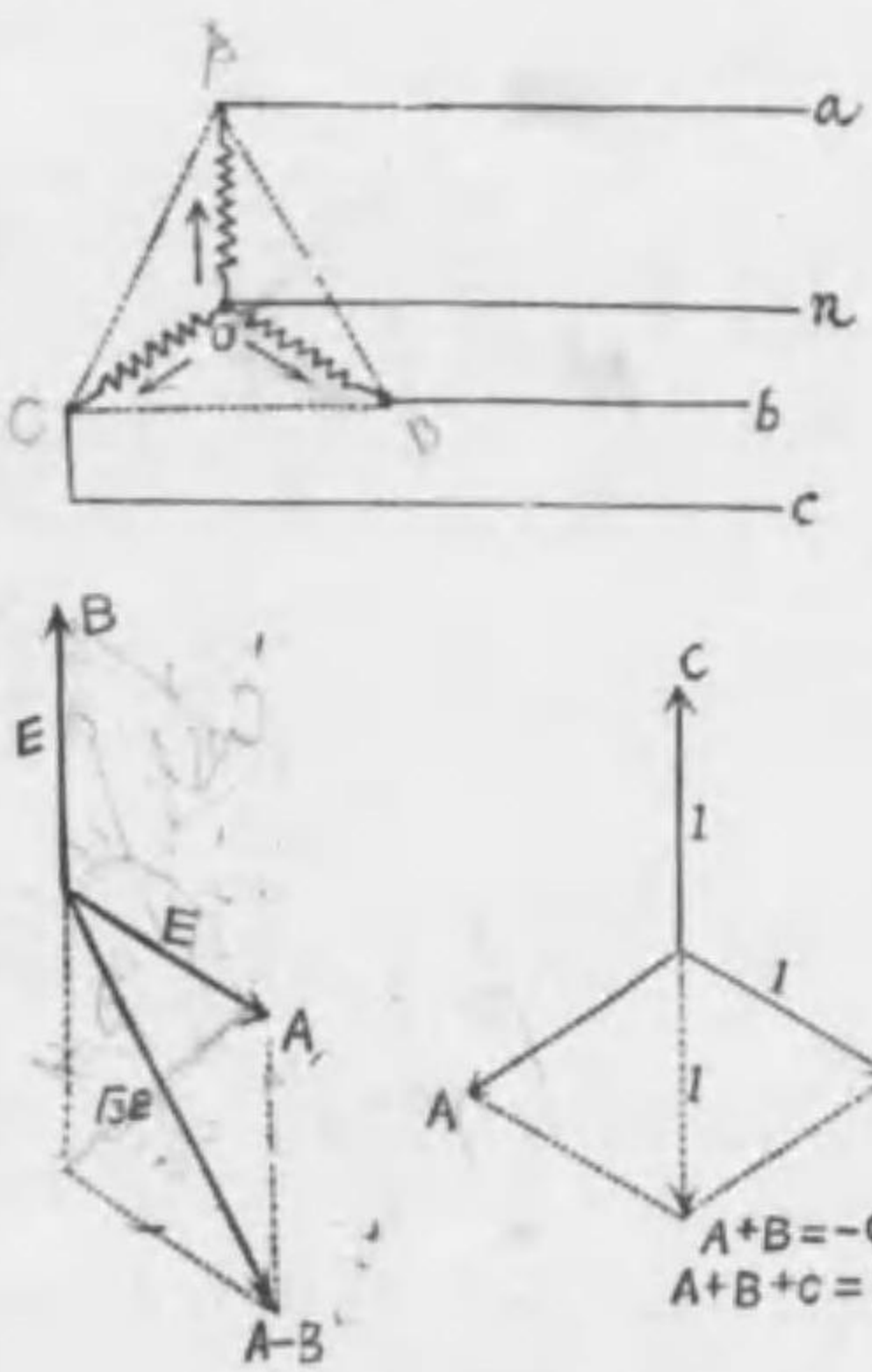
「グラフ」

なり二相三線式に於ては共同線の「イムビードランス」は一相の電圧を高め他相の電

壓を低むるの不利あり

(二)星形三相四線式又は三線式の場合

共同線  $on$  と各線  $A, B, C$  間の電圧は當然何れも  $E$  にして互に一二〇度の位相差あり、各外線間の電圧  $AB, BC, CA$  等は兩  $E$  の差 第二百九十一圖に於て矢の方向逆にあるを以て  $\sqrt{3}E$  となす、即ち圖に於ける點線の如き位相と大さとにあ



圖一十九百二第

り、 $OA, OB, OC$  の如く星形に結ばれたる各の電圧を「スターヴォルテージ」 Star Voltage と云ひ線間の電圧  $AB, BC, CA$  等を「メッシュヴォルテージ」 Mesh Voltage と曰ふ、即ち圖の點線是なり、次に電流の關係を見るに各相共  $I$  を通ずるを以て  $Aa, Bb, Cc$  の各線は何れも電流  $I$  なり、而して共同線  $on$  の電流は一二〇度を距つる三個の  $I$  の和なるを以て常に零なり、即ち各相の電流均等なる限りは共同線  $on$  は無きも可なり實

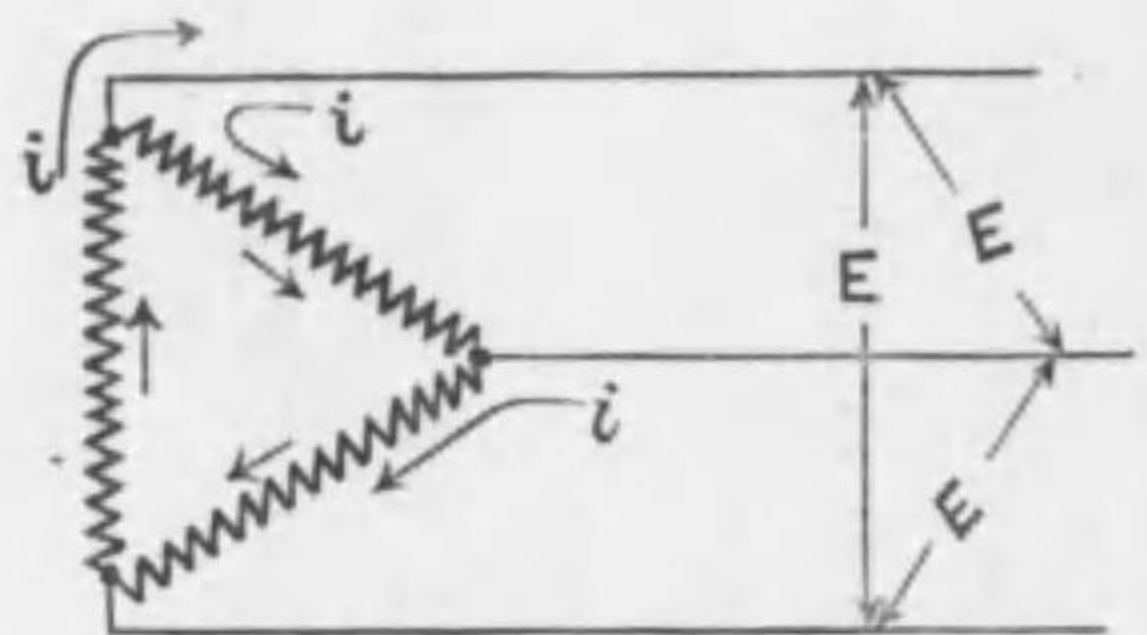
際に於ては各相間に多少電流の不平均あるを以て共同線は此の不平均に由る少許の電流のみを通ずる爲め細き電線を使用す、共同性を中性線 Neutral Wire と云ふ  $n$  點は中性點 Neutral point なり、

(三)三角形三相三線式の場合 三角形なるを以て各線間の電圧は勿論各相の電圧に等しく  $E$  なり、

又各相に  $I$  の電流を通ぜしむるときは各線  $Aa, Bb, Cc$  等の電流は一二〇度を距つる兩  $I, i$  の差にして  $\sqrt{3}I$  をなす(第二百九十二圖)

即ち星形なると三角形なるとを問はず三相式にては各相の電圧  $E$  電流  $I$  なるときは

三角形	$E$	各外線の電圧
星形	$\sqrt{3}E$	各外線の電流
	$I$	



圖二十九百二第

なり  
緒て此等三相式の電力は

$$P = 3 \times EI$$

「ワット」

にしてEとIとは各相の電壓及び電流なるを以て之を下の如く變形す

$$P = \sqrt{3} \times \sqrt{3}EI \dots\dots\dots (a)$$

$$= \sqrt{3} \times E \cdot \sqrt{3}I \dots\dots\dots (b)$$

今(a)を星形結線の場合(b)を三角形結線の場合に就て考ふるときは三相式の電力は總ての場合を通じて

$$P = \sqrt{3} \times (\text{外線間の電壓}) \times (\text{外線の電流}) \dots\dots\dots (104)$$

なるを知る、但し荷重の力率が一ならざる時は之れにcosφを乗ずるを要す、又電流が各相に於て平均せざるときは、パワーも各の相に就て計算して相加ふるを要す

### 二九、多相式に於ける荷重の接續法

三相式電路に於ては荷重も星形に結ぶこと、三角形に結ぶこととあり、電燈回路の如く常に多少の不平均の免れ能はざる荷重を星形に結ぶときは中性線を設くるを要す、即ち發電機は星形結線のものなるを要す、其他の場合に於ては發電機結線法の如何に拘らず三角形にても星形にても可なり、而して各荷重の電壓電流等、外線の電壓電流等との關係は發電機各相の電壓電流と外線の夫れとの關係に等し例令ば三千五百ヴォルト

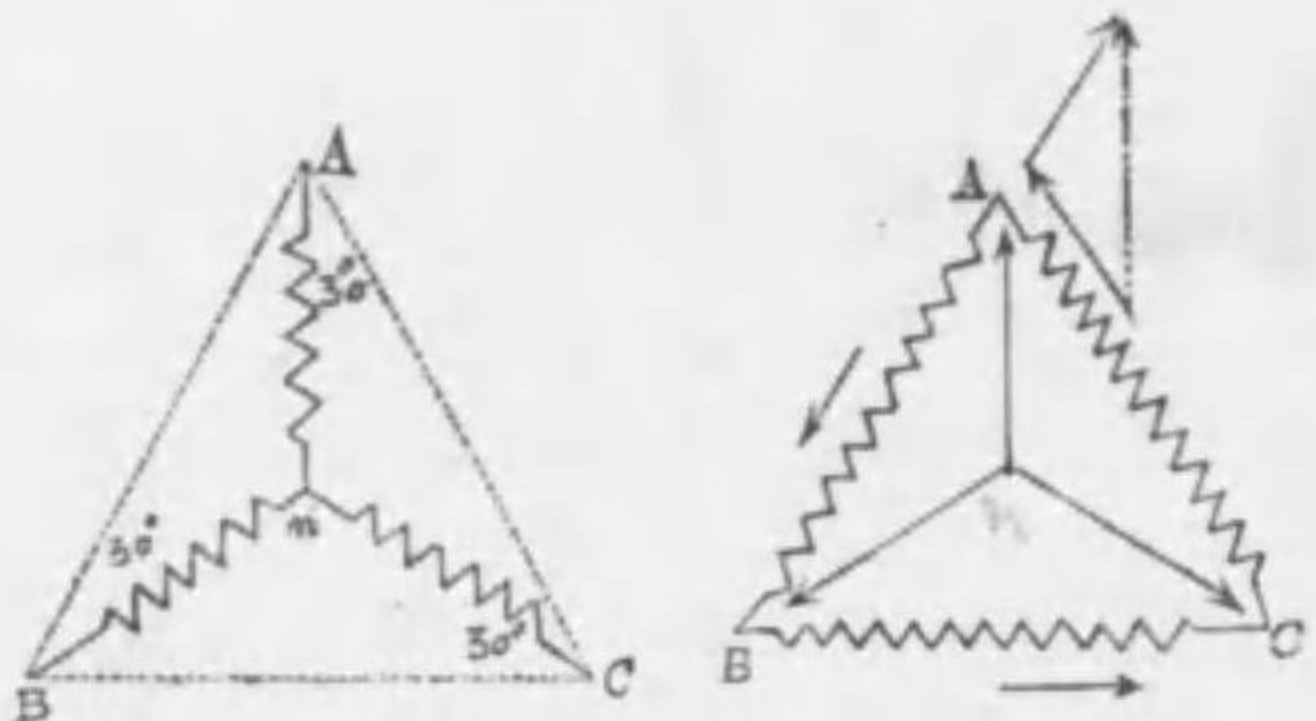
ト三相式回路に星形に變壓器三個を使用するとき各個は二千ヴォルト用のものたるを要す、何となれば

$$2000 \times \sqrt{3} = 3500$$

なればなり、

### 三〇、「スター」電壓と「メッシュ」電壓

前言の如く多相式電路に於ては各電線間の電壓と其の位相とを「メッシュ」ヴォルテージと云ひ、中性點と各外線間の電壓を「スター」ヴォルテージと云ふ、第二百九十三圖左圖の如く發電機が星形結線なるときは其の各相は「スター」電壓を供給し外線間にはABC CAの如き位相と大きさを有する「メッシュ」電壓作用す、又右圖の如く三角結線なるときは發電機各相はABC CAの「メッシュ」電壓を供給するものなれども尙ほ前の場合と同じく無形の「コイル」ありて各々nA nB nCの如き位相と大きさの電壓發生し居るものとして取扱ふことを得可く、即ち此の假定のnA nB nC等を其の「スター」電壓とす、故に圖に見る



圖三十九百二第

如く何れの場合に於ても三相式の「スター」電壓と「メッシュ」電壓とは正三角形の各邊と、各角點より重心に結べる三線との關係を以て示すことを得可く

「メッシュ」電壓 =  $\sqrt{3} \times$  「スター」電壓 ..... (165)

なり、且つ「スター」電壓と「メッシュ」電壓とは三〇度の位相の差あり、

尙ほ換言すれば多相式交流に於て相隣れる兩線間の電壓は常に「メッシュ」電壓をなし各線の電流は常に「スター」電壓の位相にあり、力率が一なるときは

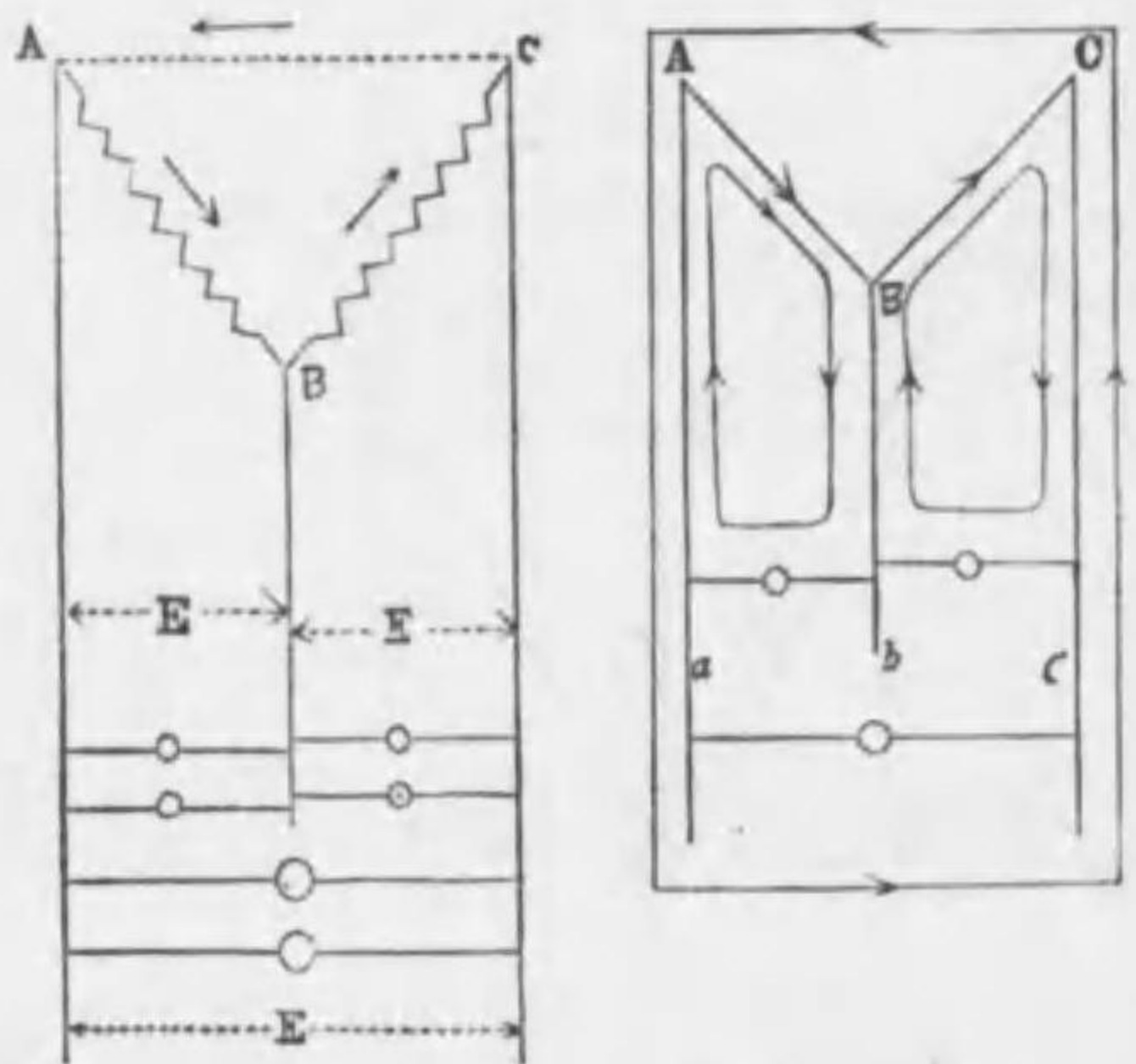
多相式交流回路に於て「中性點」と稱するは大地と同電位に在る點なり、各相が大地より同一程度に絶縁せられ居るときは「中性點」は星形結線の場合には常に共同點nと合す又三角結線の場合には各相中を順次に移動するものにして各相が「ヴェクトル」にて示さるゝときは前圖の如く重心點nに相當す

三、「ヴェイ」結線法 V Connection 第二百九十四圖の如く三角結線三相式の

一相ACを取去るときは三線間の電壓は依然としてEにしてAC間にはABとBCとの和なるE(一二〇度距たれる兩Eの和にして、矢張りEなり)作用す、故にABCの二相のみを電源としてABCの三線に三相式交流を供給し得可し、是れV結線法にして三角結線三相式の有利なる一點は斯く一相を取り去るも尙ほ三相式交流を供

給し得るにあり、

V結線法に於ける電流及び電力の關係は三角形結線の場合とは少しく異れり、先づiなる荷重をabの相に入れば「パワー」はEにしてABの相より供給せられし、いは勿論ABの電壓と同位相にあり、次に同じくiなる荷重をbcの相に入ると時は其の電力は又EにしてBCの相より供給せらる、而して電流はAa線に於てi、Cc線に於てi、Bb線に於ては二個のiの差にして $\sqrt{3}i$ なり、而して全電力は $2E$ なり、次に同じくiなる荷重をacの相に入ると時は其の電流iはCAの位相にありてAB及びBCの兩「コイル」を通ず、故に其の全電力は $3E$ なること勿論にして此の最後のiの爲めにAa線及びCc線の電流はBbと同理にて $\sqrt{3}i$ に増加す、即ち各線の電流 $\sqrt{3}i$ 、各相の電壓E、全電力はPにしてPは

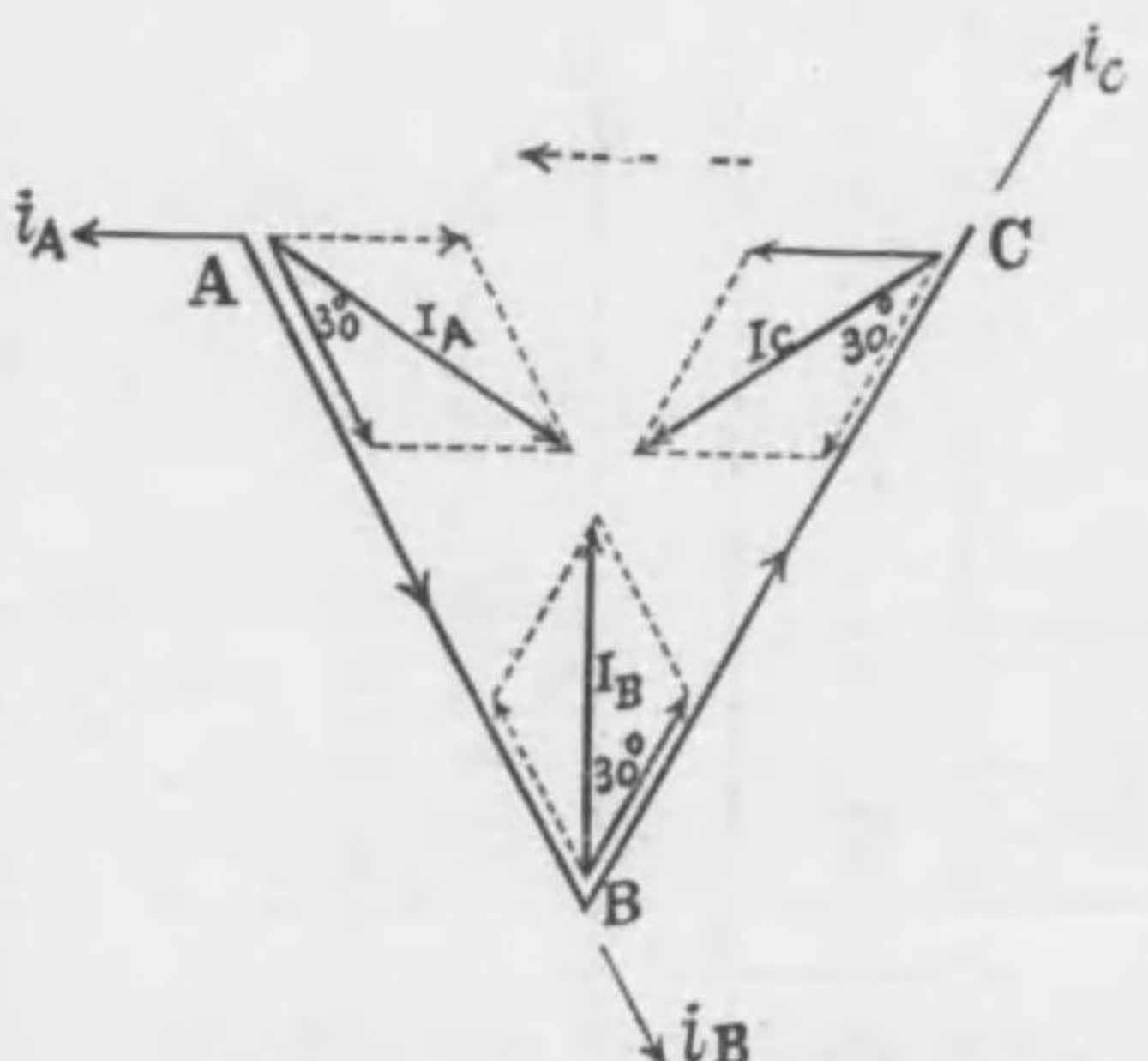


圖四十九百二第

$P = \sqrt{3} \times E \times \sqrt{3}i = 3 \times iE$

「ワット」

を以て示すことを得然るに電線の各相ABCに就て考ふるときは其の電壓と電流とは位相の差あり例令ばABの相は自己の電壓と同位相なる電流i(ab間の荷重の)



圖五十九百二第

及び之と一二〇度位相の異なる電流i(ac間の荷重の)の差を通ずるが故に其の電流I<sub>a</sub>はEとは三〇度の位相差あり第二百九十五圖Beの相に於ても同様なり故に各相の供給する電力は  
EI<sub>a</sub>cos30° 及び EI<sub>b</sub>cos30°  
にして荷重が各相間に均一なるときはI<sub>a</sub>I<sub>b</sub>I<sub>c</sub>は同一にして全電力は

$$2EI \cos 30^\circ = 2EI \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}EI$$

なり即ち各線間電壓と各線電流とより示すときは一般の三相式と異らずと雖各一相の供給する「パワー」は EIcos30°にして電源の各相は

$$\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.866$$

なる力率にて働らきつゝあるなり

右の如くV結線法に於ては荷重の力率は一なるも電源の各相は〇.八六六なる力率にあるを以て一機械の電力供給容量を小にするの不利あるを免れず例令ば一〇〇キロワット単相用變壓器三個を三角形に使用すれば三百キロワットを供給し得れども其の一個を取去りてV結線に使用するときは全電力は二百キロワットにあらずして

$$2 \times 100 \times 0.866 = 177.2$$

「キロワット」

を供給し得るのみなり

例題一三 二千三百ヴォルト三〇〇キロワット単相發電機と二相發電機及び三相發電機との電流を比較せよ

解

單相にては

$$I = \frac{P}{E} = \frac{300 \times 1000}{2300} = 130.5 \quad \text{「アンペア」}$$

二相にては

$$I = \frac{P}{2E} = \frac{300 \times 1000}{2300 \times 2} = 65.25 \quad \text{「アンペア」}$$

三相にては

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}E} = \frac{300 \times 1000}{230 \times 1.73} = 75.5 \quad \text{「アンペア」}$$

例題一四 前例に於て發電機が三相星形結線なるとき各相の電壓何ヴォル

トなるか、又二相三線式なるときは共同線の電流何「アムペア」なるか

解 三相式にては  $E = \frac{2300}{\sqrt{3}} = 1330$  「ヴォルト」

二相式にては  $I = \sqrt{2} \times i = 1.41 \times 65.25 = 92.5$  「アムペア」

例題一五、三角結線五〇〇「キロワット」三相發電機の一相の「コイル」焼損せるため此の相のみを切り放したりと云ふ、何「キロワット」迄發電し得可きか。  
解、各相電流の最大限をI、使用電壓をEとすれば焼損する迄は

$$P = 3EI = 500 \times 1000 \quad \text{「ワット」}$$
$$\therefore EI = \frac{500 \times 1000}{3}$$

焼損後は

$$P' = 2 \times EI \cos 30^\circ$$
$$= 2 \times \frac{500 \times 1000}{3} \times 0.866$$
$$= 298 \quad \text{「キロワット」}$$

三二、多相式交流と電線の節約 多相式交流に於ては電線の数が少くとも三本以上なるにも拘らず現今治く使用さるゝ理由の中最大なるものは其の電線の全量に於て大なる經濟あるが故なり今各電線間の電壓が何れもEなるとき

同一の電力Pを同一割合の損失にて或る場所まで輸送するに要する單相式と三相線式との電線の太さ及び全重量の大小を比較せん、單相式にては  $P = EI$  にて直流と毫も異らず、  
Iを單相式電流  $I_0$  を三相式電流  $I$  及び  $R_0$  を各單相及び三相式の一電線の抵抗とすれば

$$P = \sqrt{3} EI_0 = EI$$
$$I_0 = \frac{I}{\sqrt{3}}$$

而して全損失も等しきが故に

$$3 \times \left( \frac{I}{\sqrt{3}} \right)^2 R_0 = 2RI^2$$
$$R_0 = 2R$$

即ち三相式にては電線は單相に於けるものの二倍の抵抗即ち二分の一の太さにて可なり、而して線條の数は三相式にては三本、單相式にては二本なるを以て其の全量の比は

$$\frac{3 \times \frac{1}{2}}{2 \times 1} = 0.75$$

即ち三相式を用ゆれば單相式の場合の四分の三の銅にて足る、



次に他の一例を取り三相四線式にして共同線と各線との電圧が單相の電壓 E に等しきときは前同様の比較をなし

$$P = 3EI_0 = EI$$

$$I_0 = \frac{I}{3}$$

損失等しき故

$$3\left(\frac{I}{3}\right)^2 R_0 = 2RI^2$$

$$R_0 = 6R$$

即ち各線條の大きさは六分の一にて足る故に全重量の比は

$$\frac{\omega_0}{\omega} = \frac{4 \times \frac{1}{6} = 1}{2 \times 1} = \frac{1}{3}$$

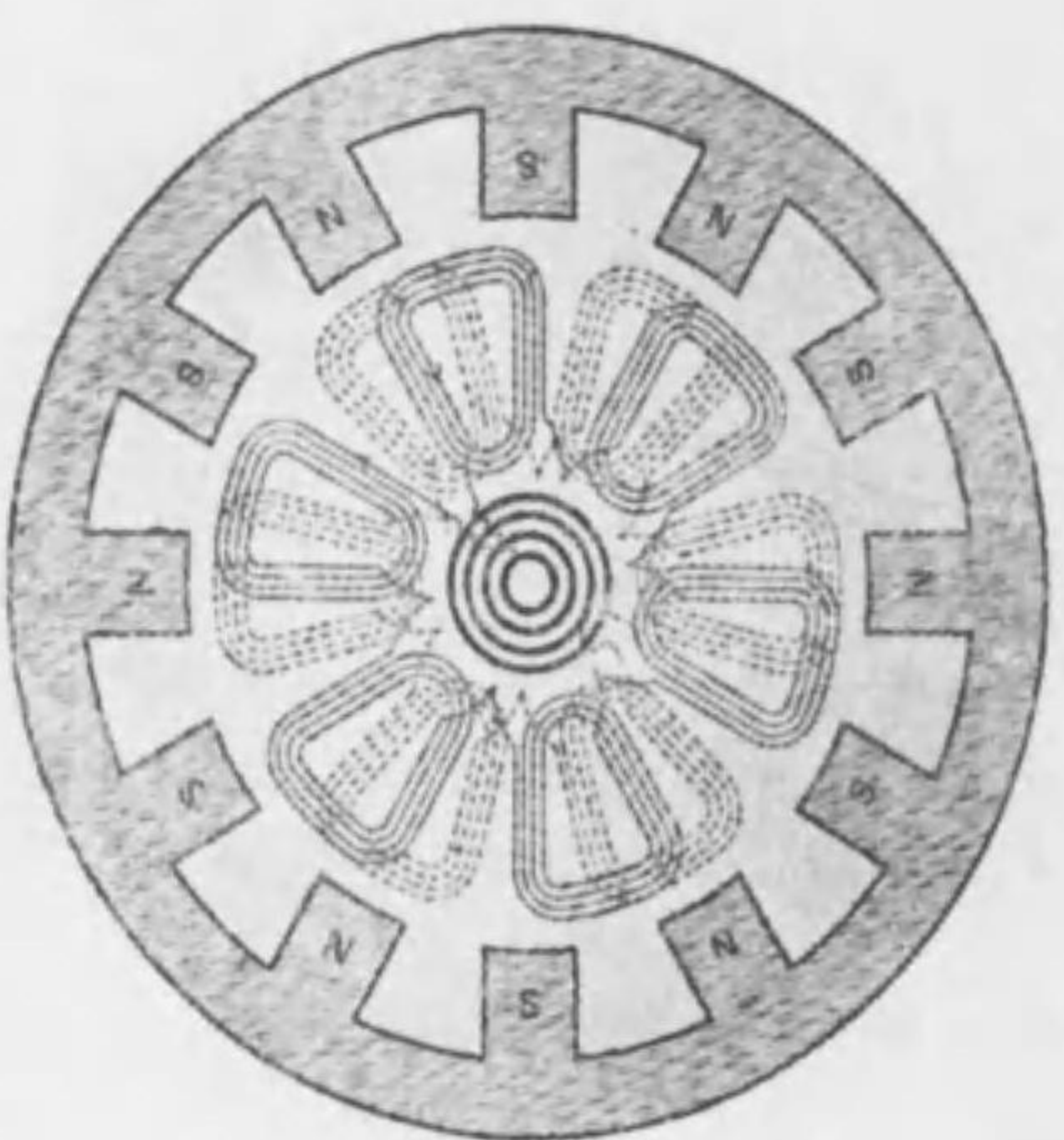
即ち三相四線式にては單相式に於ける場合の三分の一の銅にて足るなり。

**三三、交流發電機 Alternator** 交流發電機も亦直流發電機と同じく電磁誘導作用によりて發電せしむ、即ち直流を以て勵磁せられたる磁極の磁界内に「コイル」を廻轉せしむ其の構造に三種あり

- (一)發電子廻轉型 (Revolving Armature type)
- (二)磁極廻轉型 (Revolving field type)

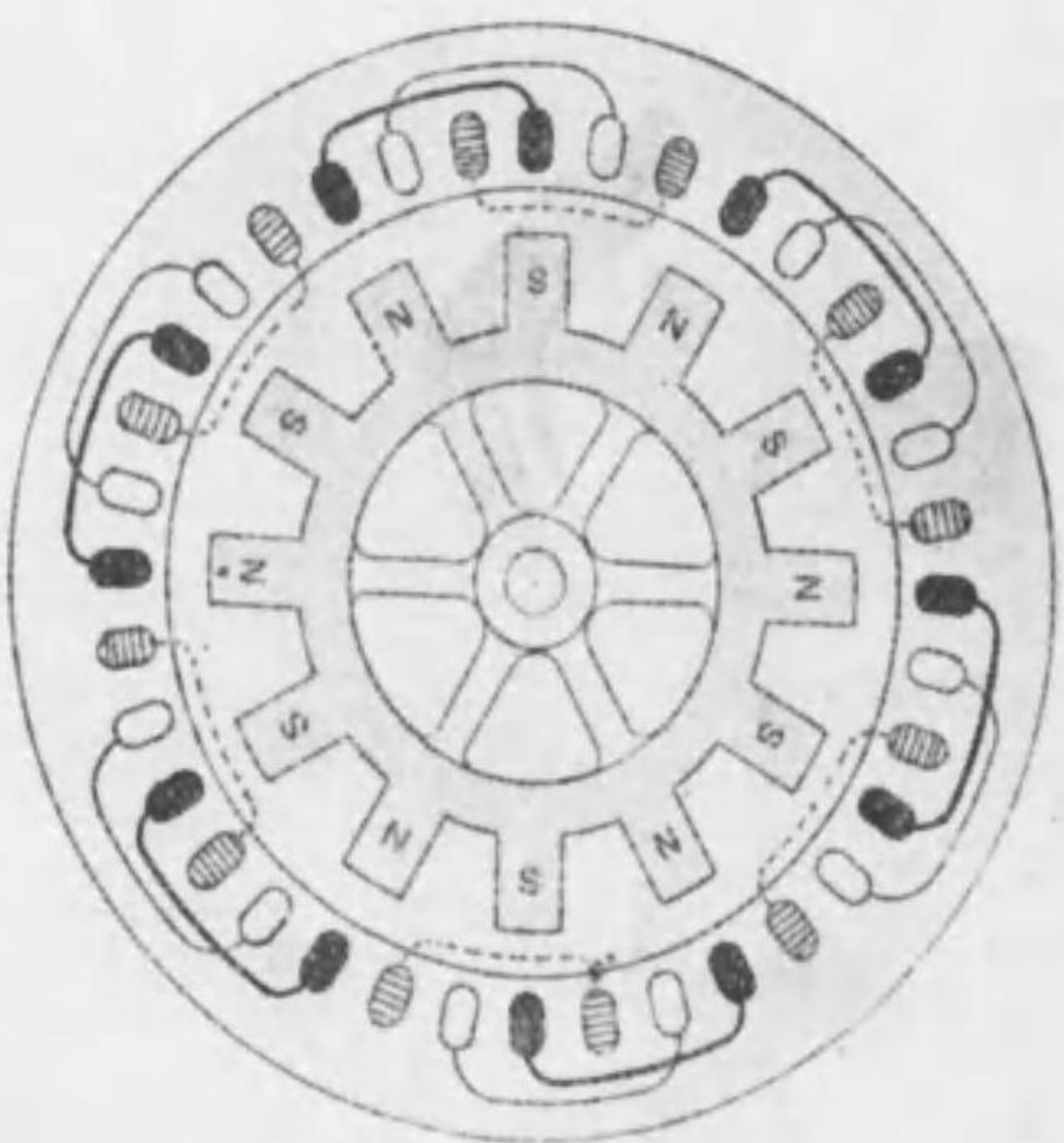
(三)インダクトル型 (Inductor Type)

(一)は磁極の靜止して發電子の廻轉するもの(二)は磁極が廻轉し發電子の靜止するもの(三)は磁極も發電子も共に靜止し單に空隙中を數個の鐵片が順次に廻轉し以



甲

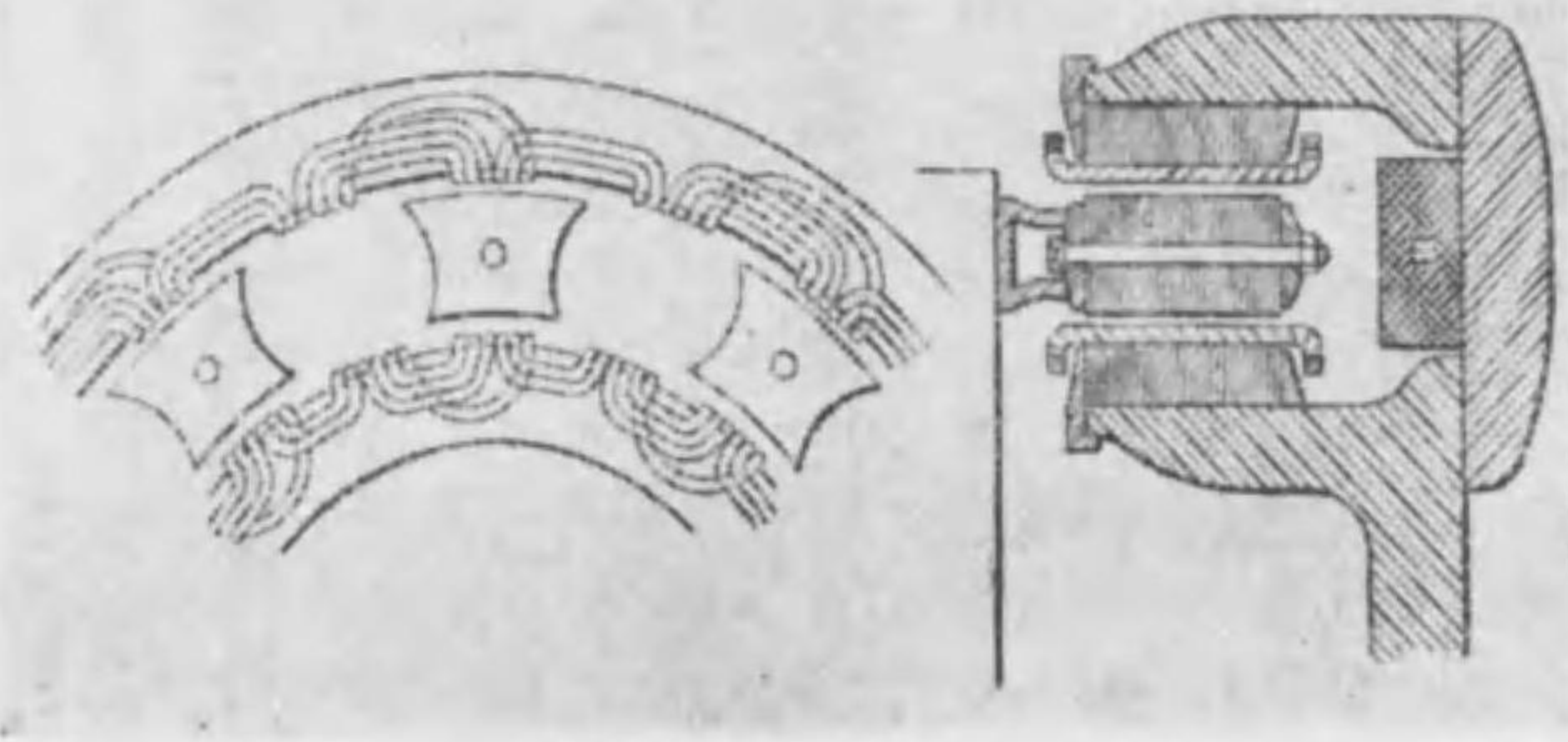
圖六十九百二第



乙

て「コイル」を通ずる磁束の數に變動を生ぜしむるものなり而して一般に多極發電機となし「コイル」も同形のもの數個を鐵心表面に「ホールピッチ」だけの幅を距て、排列し各を適宜直列に結びて其の電壓を高む第二百九十六圖甲乙丙は各此の三

種の原理を示せるものなり、インダクトル型に於ては一般に勵磁コイルは丙圖の

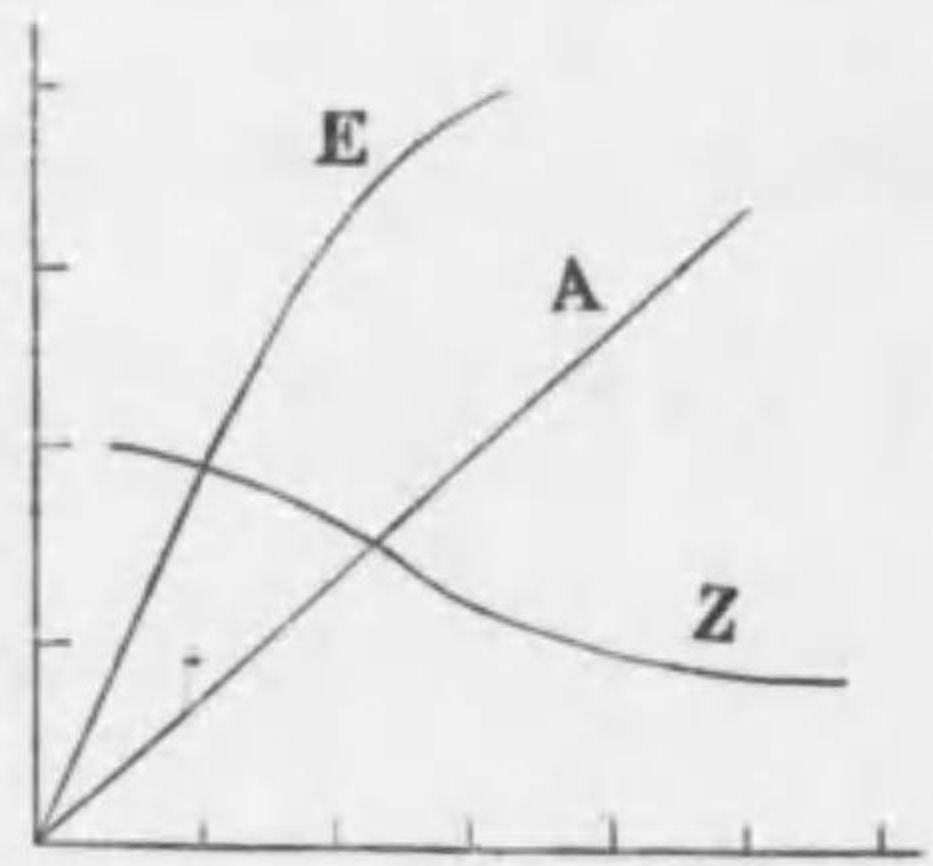


丙 圖六十九百二第

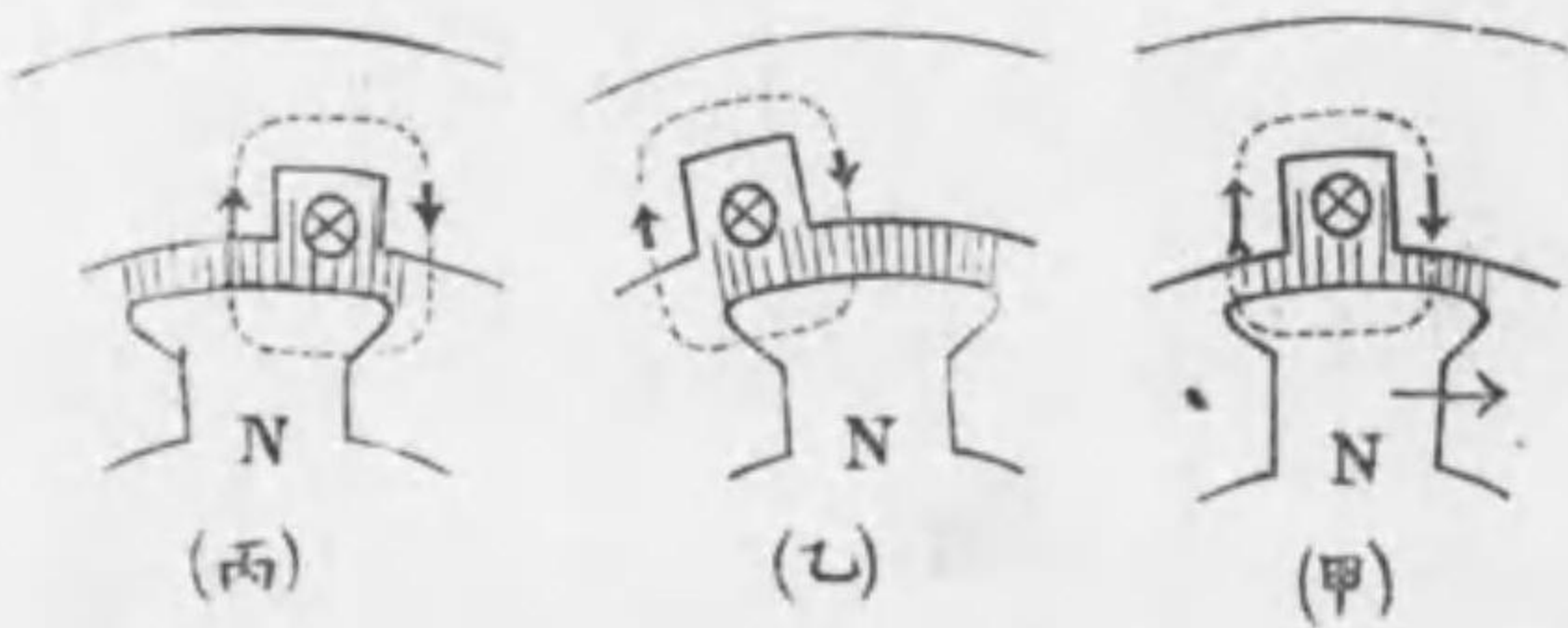
其の如き大なる一組のコイルなり、發電子の各コイルは二個又は三個に分割し鐵心表面に於て各異なる溝に藏すること多し之れをチストリビユーデットワインチング Distributed Winding と云ふ、第二百九十六圖に於ける(甲)は二相式(乙)は三相式の、コイル排列法なり一般に交流發電機の發電子捲線法は直流發電機に於けるよりも簡單なり而して二相式にては二組、三相式にては三組の全く獨立せるコイルを捲き各組を互に電氣的九〇度又は二二〇度の位相差に排列すれば可なり、交流發電機の磁極を勵磁すべき直流は他の電源より送らざる可らず、一般に小直流發電機を別に運轉し是れより送電す、之を勵磁機 Exciter と云ふ、發電機の勵磁電流と規定廻轉に於ける發電子電壓

との曲線は無荷重特有曲線又は飽和曲線にして其の性質直流に於けると全く同一なり、

發電子の「ターミナル」を短絡して勵磁電流を加減するとき、は短絡電流は殆んど勵磁電流に正比す(第二百九十七圖のA線)且つ其の内部抵抗は一般に内部リアクタンスに比し頗る小なるを以て、イムビダダンスは殆んど周波度數に正比し、發生電壓も亦周波度數に正比するを以て、曲線Aは發電機廻轉數のために殆んど影響を受せず、又短絡せるにも拘らず甚だしく過大の電流を通ぜざるは、イムビダダンス大なるが故なり、而してこのイムビダダンスは大部分リアクタンスより成るを以て、短絡電流は發生電壓より約九〇度ラッグせり、



Excitation i 圖七十九百二第



圖八十九百二第

交流發電機の反作用は其の力率によりて結果を異にす、力率が一なるときは第二百九十八圖(甲)の如く電壓の最大なる位置に於て電流も最大にして直流の場合と同じく發電子電流は磁極の一端を強め一端を弱む、從て磁界の分布の狀を變じ誘起電壓の波形を變ず、又電流が「ラッグ」せる場合には其の最大電流の瞬間には磁極は最大電壓の位置を通り過ぎ居るを以て(乙)圖の如く大に磁界を弱むる作用をなす、又電流が「リード」し居る場合には(丙)圖の如く磁界を強むる作用をなす、發電機の短絡せる場合には殆んど九〇度「ラッグ」せる電流を通ずるを以て其の電壓は大に弱められ短絡電流自身も過大ならざるを得るものなり、第二百九十七圖に於て各の*i*に對する電壓*E*を短絡電流*A*にて除したる曲線*Z*は發電子反作用による電壓の變動と「コイル」の「イムピーダンス」との兩者を一括して考へたる「イムピーダンス」に相當するものにして之を「シンクロナス、イムピーダンス」 Synchronous Impedance と云ふ

### 三四、交流機の電壓

交流機の一相に誘起する電壓の實効値は下の如し

$$N = \text{一磁極より出づる磁束數}$$

$$Z = \text{一相の「コイル」内の電線の數}$$

$$P = \text{磁極の對數}$$

$$n = \text{一秒時の廻轉數}$$

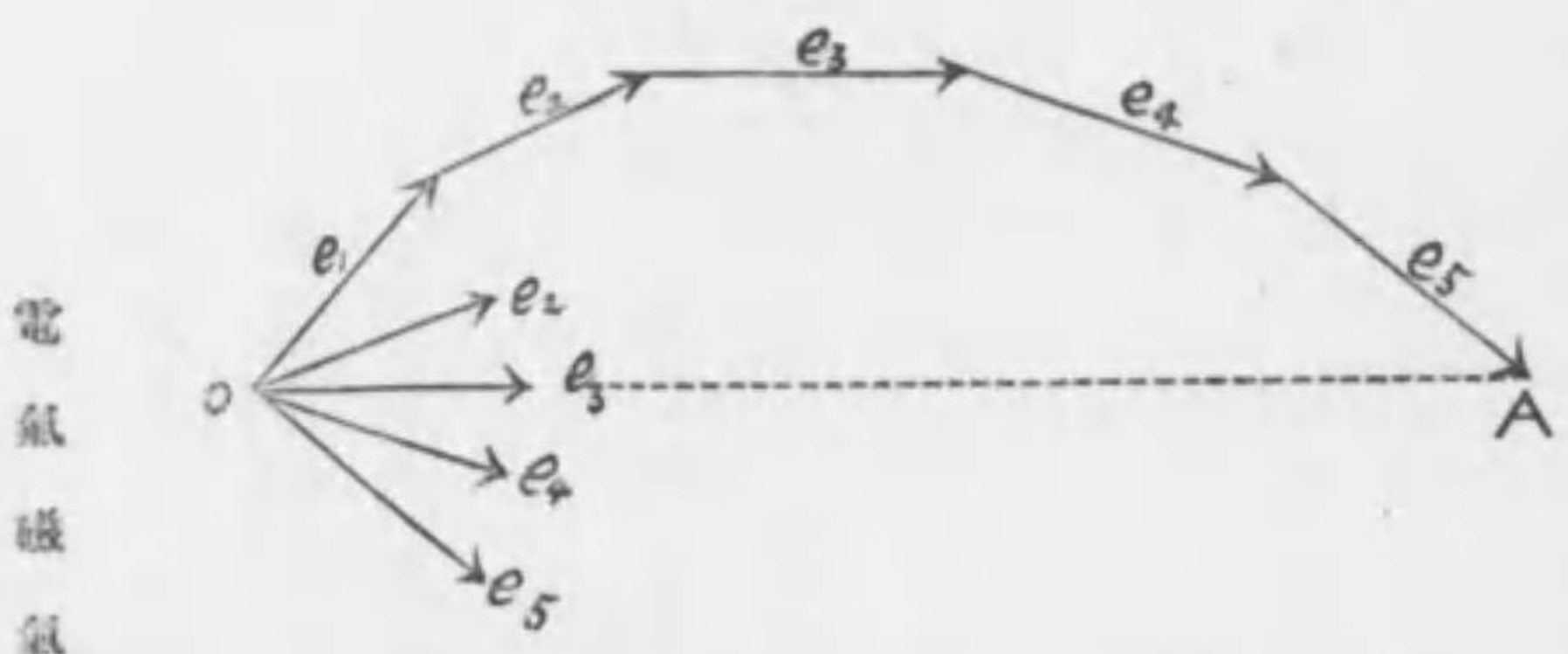
と假定し各電線が幅なきものにして何れも一點に集合し居るものとすれば各電線は毎秒  $2pn \times N \times n$  の磁束を切る而して此等の電線が *Z* 本直列にあるを以て一秒時内の平均電壓は

$$E_m = \frac{2p \times N \times n}{10^8} Z = 2ZNf \times 10^{-4} \text{ ヲル ト}$$

電壓の波形が正弦波をなすものと假定すれば實効電壓 *E* は

$$E = E_m \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{2ZNf}{\sqrt{2}} \times 10^{-4} = 1.414ZNf \times 10^{-4} \text{ ヲル ト}$$

即ち直流機の電壓の式に於て廻轉數 *n* の代りに周波數 *f* を置き係數 2.22 を乗ずれば可なり、一般に波形が正弦をなさざるときは「フォーム、ファクター」は 1.11 にあらず或る *K* なる係數をなす、尙ほ實際に於て「コイ



りな小りよ和的字數の各てしに OA は和の等  $e_1, e_2, e_3, e_4, e_5$

圖九十九百二第

ルは幅を有し又「ヂストリビューテッドワインディング」をなすためZの各本は何れも位相を異にし同時に最大又は最小値を有せざるが故に各の電壓の和はZ倍とならずして  $K_2 Z$  倍となる(但し  $K_2$  は一より小なる係數とす)即ち一般に電壓は

$$E = 2 \times K_1 K_2 Z N \times 10^{-8} \left[ \frac{d\phi}{dt} \right] \dots \dots \dots (167)$$

$K_1, E_2$  等は發電機構造によりて異なる。

### 三五 變壓器の作用

變壓器の一次「コイル」Pの捲數を  $n_1$  として之に  $E$  なる電壓を送るときは鐵心に發生する磁束の變動による誘起電壓は殆んど自己誘導作用の如き有様にあるを以て電流  $I_1$  は頗る僅小にして送入電壓  $E_1$  は逆電壓  $E'$  に殆んど等し、其の「ヴェクトル」の關係は第三百圖(甲)の如く  $OI_1$  を電流及び磁束の位相とすれば誘起電壓は之より九〇度後れて  $OA$  の位相にあり而して其の大きさを  $E'$  とすれば送入電壓は抵抗に打勝つに要する  $R_1 I_1$  ( $R_1$  はP「コイル」の抵抗及び  $OA$  を打消すべき  $OB$  ( $E'$  に等し)の和にして  $OE_1$  なる位相と同一の大きさにあり電流  $I_1$  よりは  $\theta$  だけリードす、 $\theta$  は九〇度に近き角をなし、此際電力は頗る僅小にして單に  $I_1 R_1$  なる銅損失と鐵心中の損失を附與するにすぎず、

諸て右の  $OA$  をP「コイル」に發生すると同時に一方の二次「コイル」Sにも其の捲數に

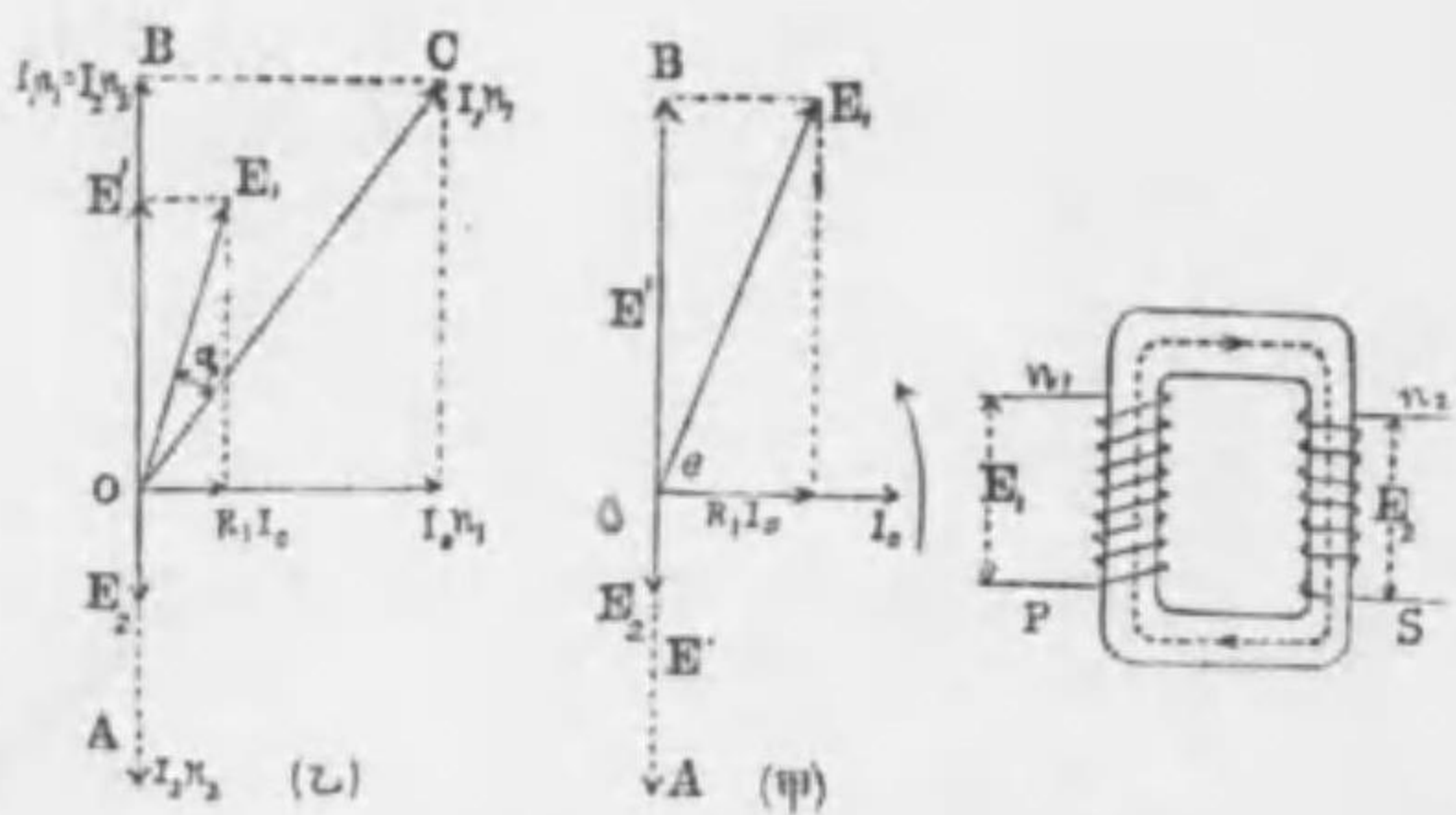


圖 百 三 第

應じ或る電壓  $E_2$  を誘起すべし其の位相は  $I_1$  より正に九〇度後れ  $OA$  の方向にあり

$$\frac{n_1}{n_2} = k$$

$$E_2 = \frac{1}{k} E_1 \approx \frac{1}{k} E_1 \dots \dots \dots (168)$$

即ち二次「コイル」には約送入電壓  $E_1$  の  $k$  分の一を發生す而して  $E_1$  と  $E_2$  とは  $n_1 + n_2$ 。即ち殆んど一八〇度位相を異にせり、今捲數の比  $k$  を變ずれば任意の電壓より他の任意の電壓を發生せしめ得可し、是れ交番電流の有利なる一理由にして上の如く  $n_2$  が  $n_1$  より小なるときは**遞降變壓器** Step Down Transformer と云ひ  $n_1$  より  $n_2$  の大なるとき即ち捲數比が  $1/k$  をなすときは**遞昇變壓器** Step Up Transformer と云ふ、

諸てSなる二次「コイル」には  $E_2$  なる交番電壓あるを以て「ラムプ」其他の抵抗を以て結ぶ時は電流  $I_2$  を通じ電力  $E_2 I_2$  を供給すべし、此「パワー」は勿論一次「コイル」Pより供

給せられざる可らず、即ち「パワー」は「P」コイルより入り、鐵心中を或る形式に於て通過し「S」コイルより電路に出づるものなり。此の作用は又一般の電磁的性質より説明することを得可し、即ち第三百圖(乙)に於て  $E_2$  の電壓の爲に  $I_2$  アムペアを通過するとき、二次捲線は鐵心に  $I_2$  なるアムペアターンを作用し、此「アムペアターン」は一次「コイル」の發生する「アムペアターン」に作用して、磁束に變動を生ぜしめんとすべし。従て「レンツ」氏法則により一次「コイル」には此二次「コイル」の作用を沮止せんとするが如き「アムペアターン」を發生す、即ち OA に等しくして全く逆方向の OB を生じ

$$OB = OA = I_2 n_2$$

なり。従て一次「コイル」は  $I_1 n_1$  及び OB の和 OC に等しき「アムペアターン」となる、即ち其の電流は

$$I_1 = \frac{OC}{n_1} \quad \text{又は} \quad OC \sim I_1 n_1$$

なる電流となる、而して勵磁電流  $I_1$  は僅小なるを以て殆んど

$$OC \approx OB \quad \therefore \quad I_1 n_1 \approx I_2 n_2$$

$$I_1 = \frac{n_2}{n_1} I_2 \quad I_1 = \frac{1}{k} I_2 \dots\dots\dots (168b)$$

即ち一次電壓  $E_1$  は  $E_2$  の  $k$  倍なる代りに電流は  $I_2$  の  $k$  分の一なり、而して  $E_1$  と  $I_1$

とは圖の如く  $\alpha$  なる位相の差あるを以て其の送込電力  $P_1$  は

$$P_1 = E_1 I_1 \cos \alpha \quad \text{「ワット」} \dots\dots\dots (168c)$$

なり、然るに  $I_1$  は頗る小にして OC は OB に殆んど近く、電壓  $E_1$  も  $E_2$  に殆んど近きを以て角  $\alpha$  は一般に僅小にして  $\cos \alpha$  は一に近く従つて

$$P_1 = E_1 I_1 \quad \text{「ワット」}$$

然るに二次「コイル」の「パワー」 $P_2$  は

$$P_2 = E_2 I_2 \\ = \left( \frac{1}{k} E_1 \right) \times (k I_1) = E_1 I_1 = P_1$$

即ち  $I_1$  なる「ヴェクトル」を看過すれば二次電力は一次電力に等し、實際に於ては一次電力は一次抵抗内の銅損失及び鐵損失だけ餘分の電力を供給し二次「コイル」は  $E_2$  なる銅損失だけ  $I_2$  より少なき「パワー」を供給す。右の如く一次「コイル」の「パワー」が二次「コイル」に現はるゝは全く二次「コイル」の「アムペアターン」が一次「コイル」に反動を與へ、又逆に一次「コイル」の「アムペアターン」も二次「コイル」に作用を與へ得るが故にして、換言すれば一方の電流に依て生ずる磁束が必らず他方の「コイル」を通過し得ること、即ち相互誘導作用によるものなり。

二次「コイル」が無荷重なるときの一次「コイル」の電流  $I_1$  は勵磁電流 Magnetising Current と稱し全荷重の電流  $I_2$  の二%乃至一〇%位をなすものなり。  
 一次電流と二次電流とも亦電壓と同じく約一八〇度の位相差を有するを注意すべし。

三六、廻轉磁場 Revolving Field

第三百一圖(甲)の如く單相式發電機を他の單相式捲線に連結し其の磁極を回轉せしむるときは此の捲線は常にAB線上に於て強さの異なる磁界を發生すべし之を振動磁界 Oscillating Field と云ふ同圖(乙)又は(丙)の如く二相式又は三相式發電機の電流を他

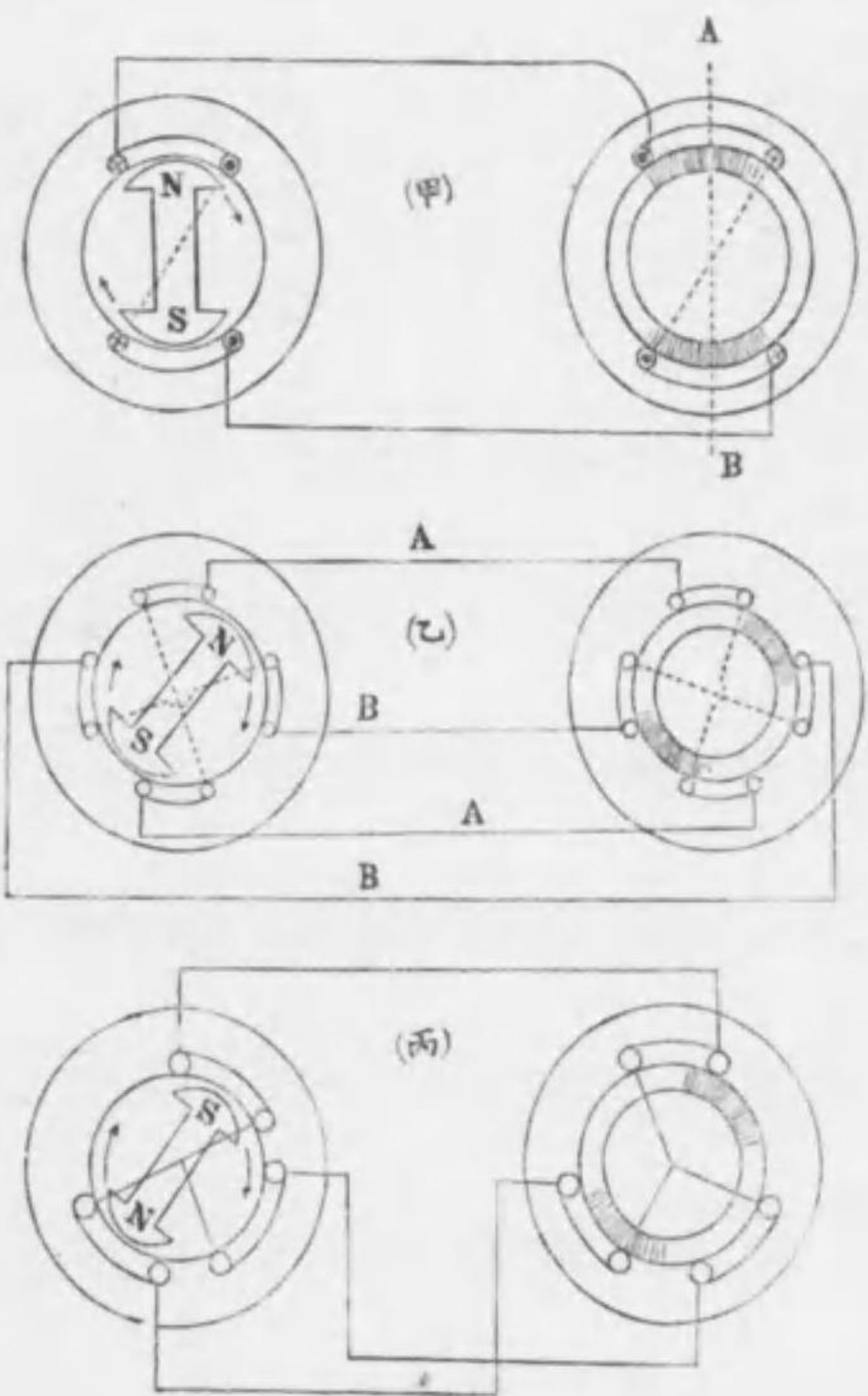


圖 一 百 三 第

の二相式又は三相式捲線に送るときはA「コイル」の作る磁界とB「コイル」の作る磁界との合力は常に其の方向を變じ、即ち一の廻轉磁界を得べし、一般に多相式發電機に外部より多相式交流を通ぜしむるときは其の結果回

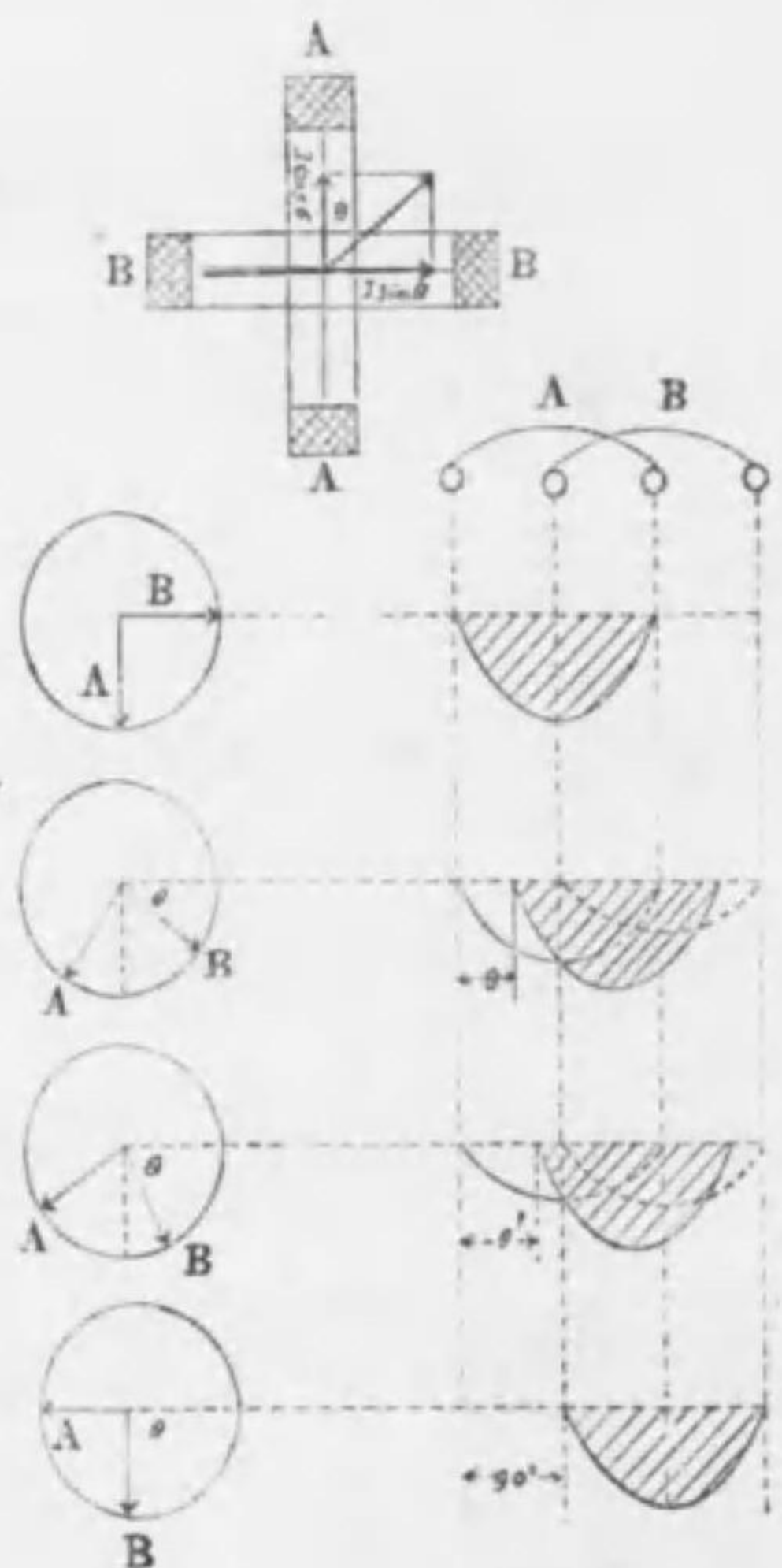


圖 二 百 三 第

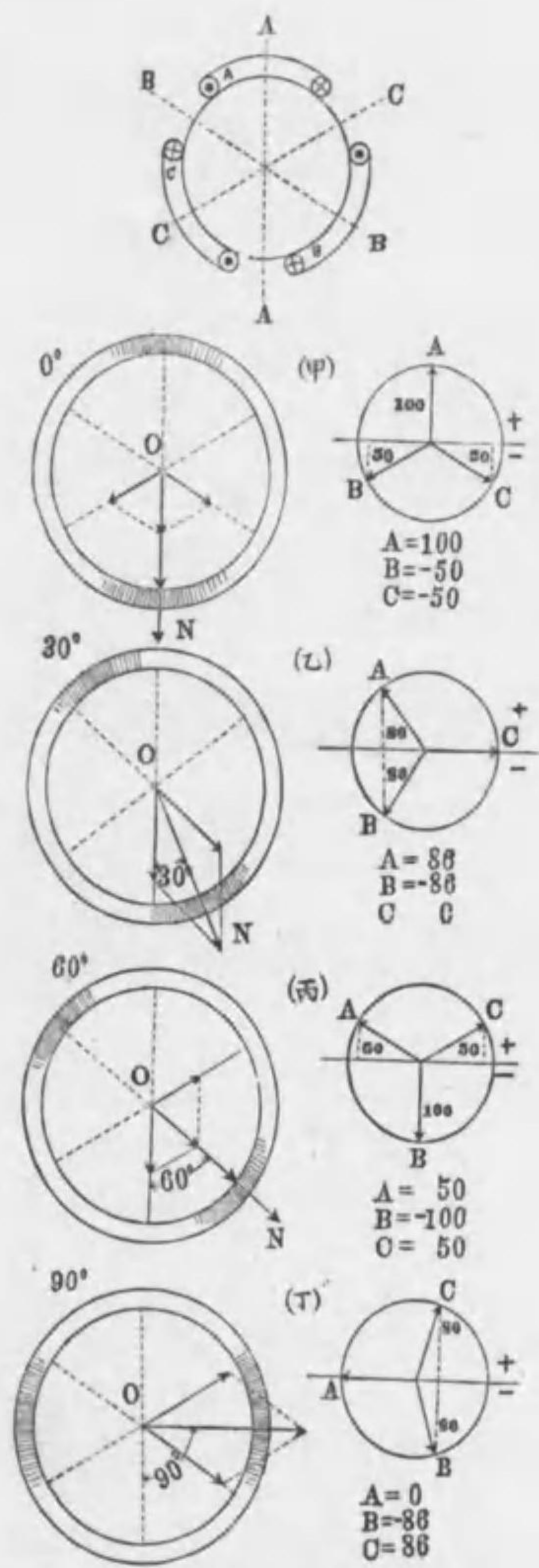
轉する磁界を發生す、今少しく其の狀況を説明せん、第三百二圖の如く二相式の場合に於てはA「コイル」の磁界とB「コイル」の磁界とは從に電氣的九〇度の角に於て發生し各一の振動磁界を生ず而して時間を経るに從がひAは「sinωt」なる「アマペア、ターン」となりBは「sin(ωt + π/2)」なる「アマペア、ターン」となる但しIは各「コイル」に生ずる最大「アマペア、ターン」なり而して互に直角をなす兩者の合力は

$$\sqrt{(I \sin \omega t)^2 + (I \cos \omega t)^2} = I \dots \dots \dots (169)$$

即ち各の最大値に等しく且つ其の方向はAが零なる位置よりωtだけ偏せる方

向にあり而して  $\omega t$  が零なるときは A の電流は零、B の電流は最大にて I 又  $\omega t$  が九〇度となるときは A 最大にして I 而して B は零なり、即ち送入電流が九〇度位相を變ずる間には廻轉磁界も九〇度方向を變ず換言すれば廻轉磁界は一「サイクル」内に電氣的三六〇度を廻轉す、依て多極發電機捲線の場合には第一の N 極の下より第二の N 極の下まで通過す、故に P 對の極を有する捲線ならば P サイクルにて全一廻轉をなし従つて毎秒の廻轉數は送入電流の周波數を  $f$  とすれば

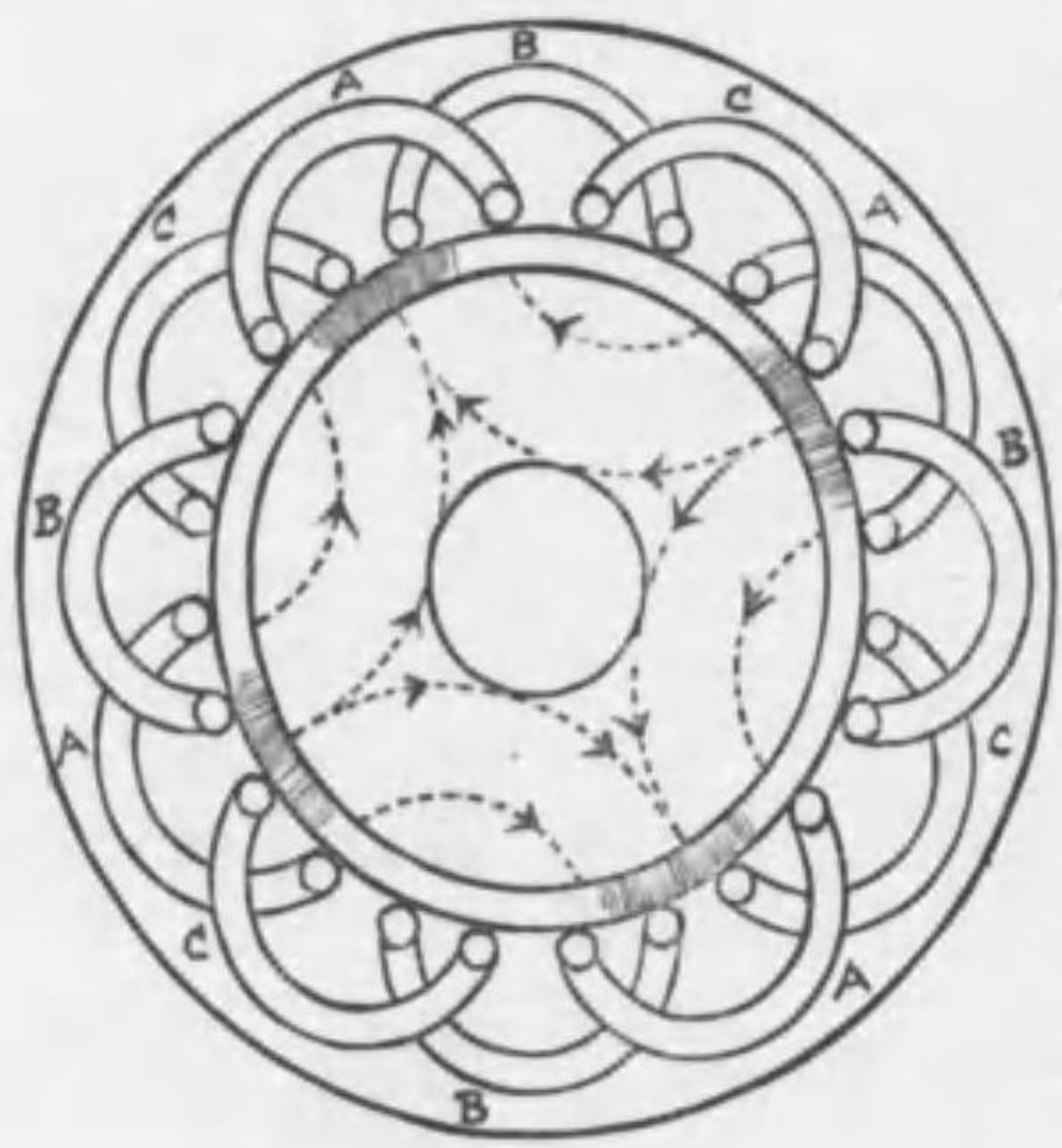
$$n = \frac{1}{T} \quad \therefore f = n \times T$$



圖三百三第

にして P と R と G との関係は全く發電機に於けると同様なり、

第三百三圖は三相式交流による廻轉磁界の移動を示したるものにして三相の各「コイル」は電氣的に一二〇度を距て、排置せらるゝが故に各の電流が正の方向にある時の「アムペヤ、ターン」の方向は最上圖の A B C 等に相當し、電流が逆の方向となれるときは A' B' C' となるなり、故に今各相電流の最大値を一〇〇と假定し A が最大なる位相に於ては(甲)圖の如く A は +100 B は -50 C は -50 にして其の合力は ON の方向にして一五〇の強さに相當す、夫れより各「ヴェクトル」が三〇度を経過せる後に



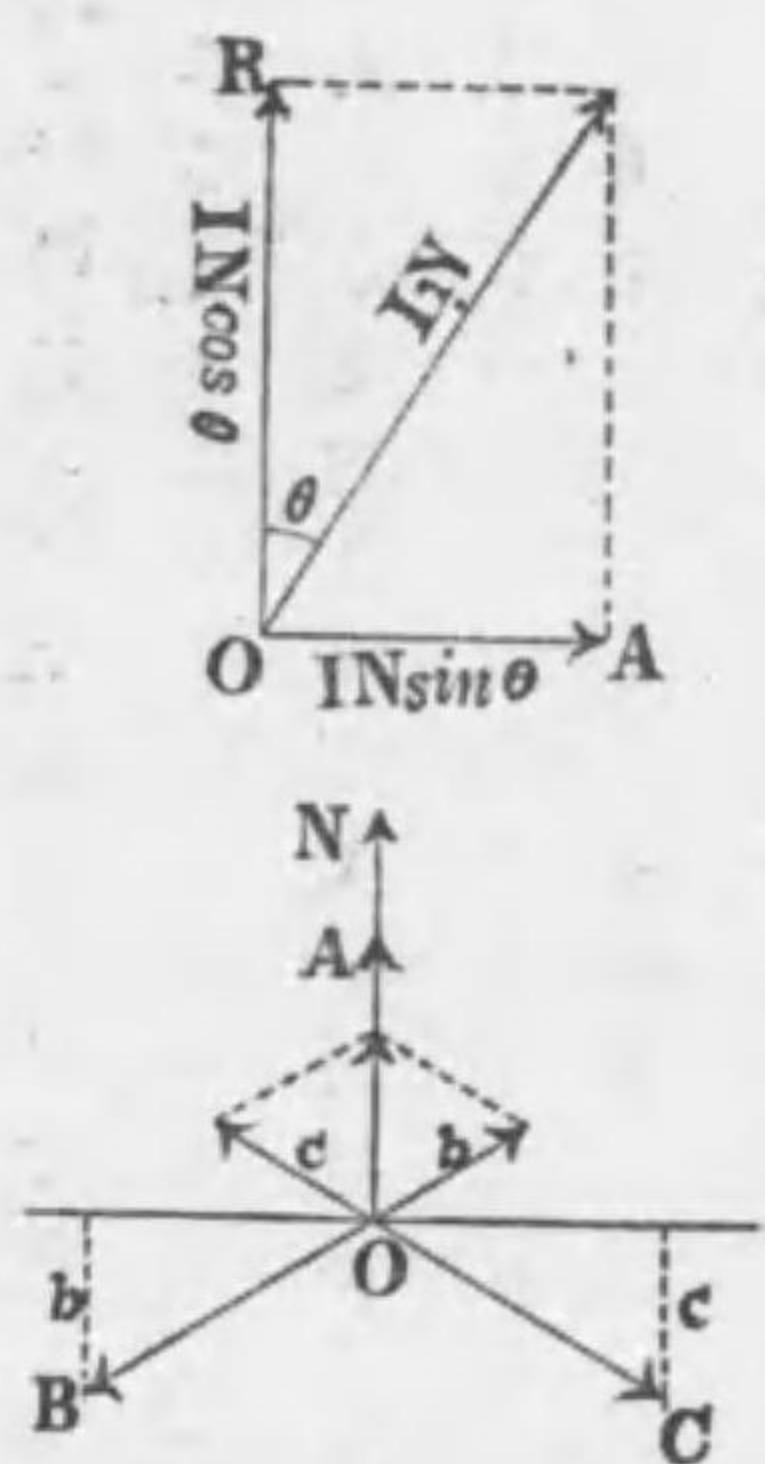
圖四百三第

は(乙)圖の如く A は +86 B は -86 C は零にして合力 ON は最初の位置より三〇度を偏す、六〇度の位相に於ては(丙)の如く ON も最初の位置より六〇度を偏し九〇度即ち四分の一「サイクル」の後には(丁)圖の如く九〇度を廻轉す、第三百二圖及び三圖は各相の「コイル」が一組づゝ、即ち二極發電機に相當する捲線の場合なりしなり多極の捲線となすときは廻轉

磁界も第三百四圖の如く多極となる圖は四極の場合にして四組の「コイル」は代々々々NSNSなる極を作る様に連結せらる若し四組共にN極を作る様に連結すればS極は自ら各N極の中間に生じ従て八極の磁界となる。

### 三七、廻轉磁界の強さ

二相式廻轉磁界の場合に於て各相の「アムペア、ターン」が最大INなるときは廻轉磁界を作る「アムペア、ターン」は互に直角なる  $IN \cos \theta$  と  $IN \sin \theta$  との合力にして其強さは前節に示したる如く矢張りIN「アムペア、ターン」にて常にθなる方向にあり、又三相式の場合に於てはA「コイル」が最大にしてINなるときはB及びCは第三百五圖(乙)の如く及びcなる瞬間値にして各  $\frac{1}{2} IN$  となり、而して此のりとの合力は同じく  $\frac{1}{2} IN$  (一二〇度距離る故にしてAの



第三百五圖

方向にあり故にABC三者の和即ち廻轉磁界の「アムペア、ターン」は

$$ON = IN + \frac{1}{2} IN = IN \times \frac{3}{2} \dots\dots\dots (170)$$

即ち各相の「アムペア、ターン」の一倍半なり、一般にn相式に於て各相の起磁力が

最大INなるときは合力の起磁力は

$$ON = (一相の最大起磁力 IN) \times \frac{n}{2} \dots\dots\dots (171)$$

をなすものなり

### 三八、橢圓形廻轉磁界 Elliptic Rotating Field 廻轉磁界は常に二個以上の振動磁界の合力なるを以て前節に説明せる如き(一)常に一定の起磁力を有し

(二)同一の速度にて廻轉する磁界を得るためには常に次の條件を満足せざる可らず、

- (一)各相の「コイル」が空間内にて互に同一の電氣角度を距て、排置せらるゝこと
- (二)各相の「コイル」は其の電流が同一の位相差を有すること
- (三)各相の電流の最大値の相等しきこと

故に二相式ならば各「コイル」は空間に對し互に九〇度の位置に置き尙ほ電流が時間にて九〇度の位相差あるを要す、三相式ならば三個の「コイル」は空間に對し一二〇度を距て、置き電流も時間にて一二〇度の位相差にあらざる可らず、然るに若し各相が右の條件の一又は二を具備せざるとき例令ば「コイル」が正に九〇度又は一二〇度の角に排置せられざるとき、又は各相の電流が時間にて右同



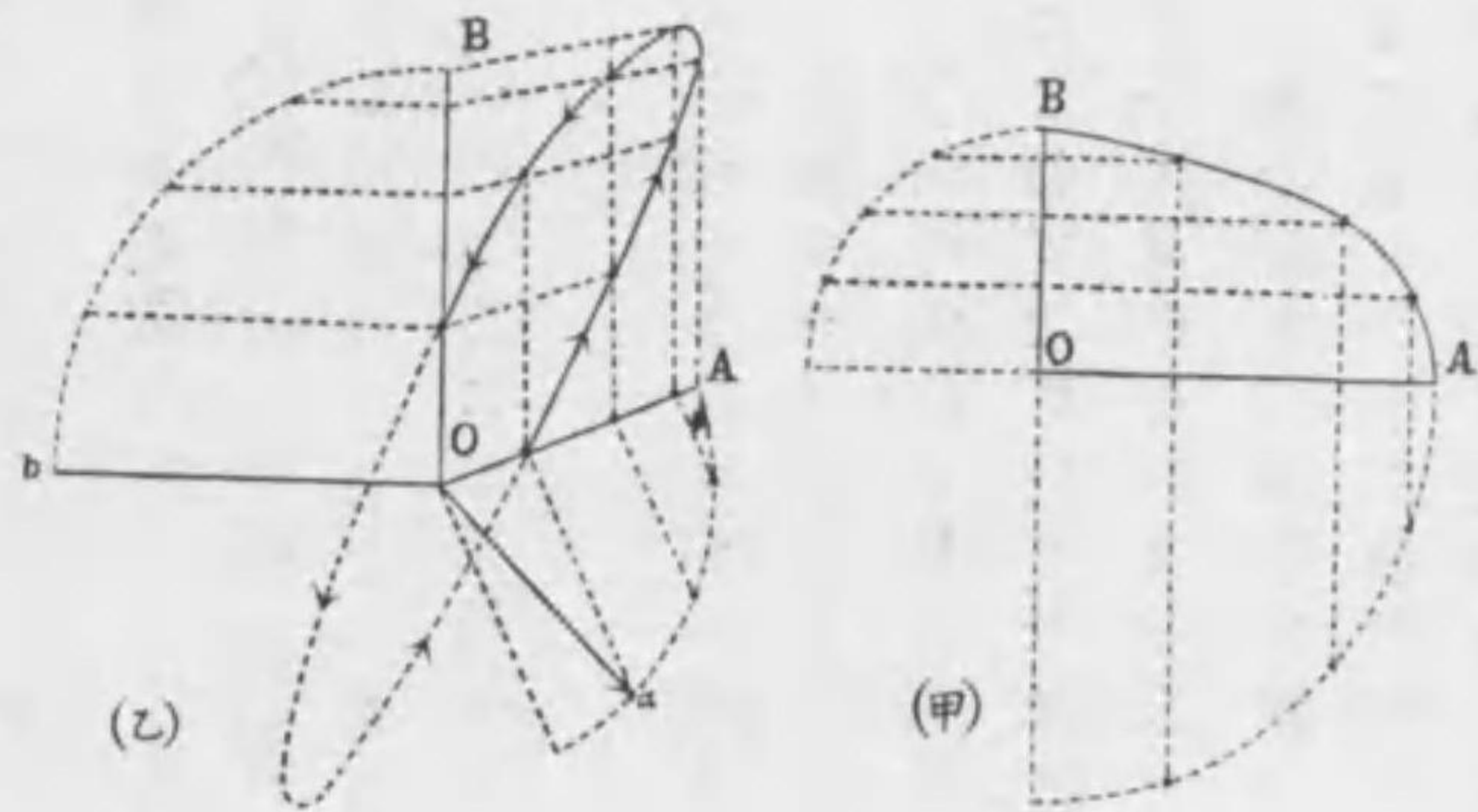


圖 六 百 三 第

三百七圖の如くaなるコイルの磁路の一部分にりの如き小金屬環を附するとき

様の位相差にて變ぜざるとき、或は各相の「アムペア、タイン」の最大値が等しからざる時等に於ては、合力は各瞬間毎に位置を變ずと雖同一の強さをなさず、又廻轉の速度も同一ならず故に其の變化を圖示すれば上の第三百六圖に見る如く一般に楕圓形をなす之を「エリプチック、フィールド」と稱す。圖に於て(甲)は、コイルの位置も電流の位相も九〇度をなすも最大値の異なる場合、(乙)圖は位置、位相、最大値共に異なりAの「ヴェクタトル」がoaの位相にあるときBの「ヴェクタトル」がobの位相にある場合を示せるものなり。

### 三九、單相式交流より廻轉磁界を得ること

單相交流は一般に振動磁界を作れども廻轉磁界は作り得ざるものなり然れ共第

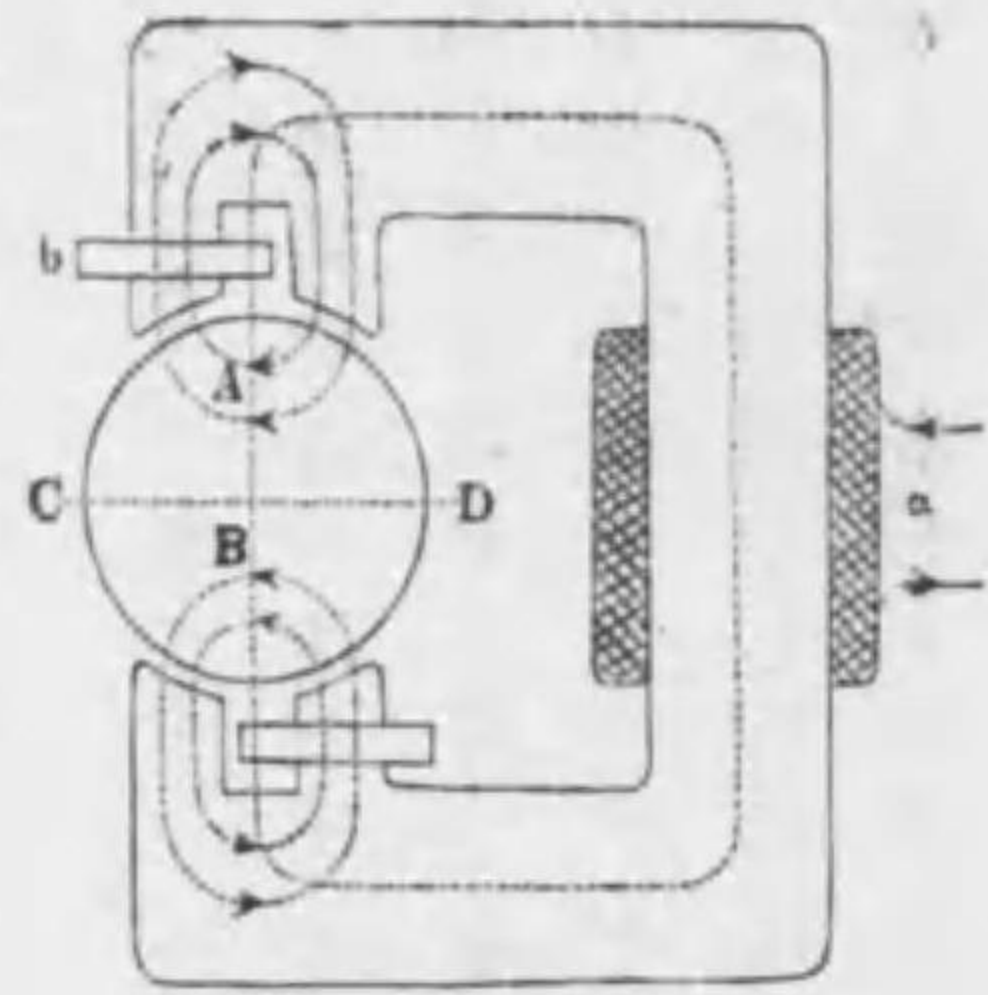


圖 七 百 三 第

はAB線の方向に振動する磁力線が環りを切る爲めb中に電流を誘起し此の電流は圖の如くCD線の方  
向に振動する磁力線を通ず、而してaとbとは變壓器の理により約一八〇度の位相差なるも鐵の「ヒステリシス」又は勵磁電流等の關係より正に一八〇度にあらざるを以て其結果前節の楕圓形廻轉磁界を生ず、此のものを「シェーディング、コイル」 Shading Coil

と稱す、斯く單相交流より不充分乍ら廻轉磁界を發生せしめ得るは非常の便利にして諸種の測定器具保安器具等に利用さるゝこと大なり。

### 四〇、誘導電動機 Induction Motor

廻轉磁界内に廻轉し得る如くせる磁針又は金屬筒を置くときは此等は磁界と同方向に廻轉すべし、前者は次節に説明すべき同期電動機の一つにして其の廻轉速度は磁界の速度に等し、(第三百八圖甲)後者は第四編第二八節の渦電流の項に説明せると全く同一の理由によりて作用するものにして其の廻轉速度は必ず磁界の廻轉速度よりは小なり、之を誘導電動機と稱す、何となれば其の廻轉力即ちトルクは廻轉しつつある磁束と、是れを爲

めに金屬筒に誘起する電流との間の機械力に由るものなればなり(第三百八圖乙)

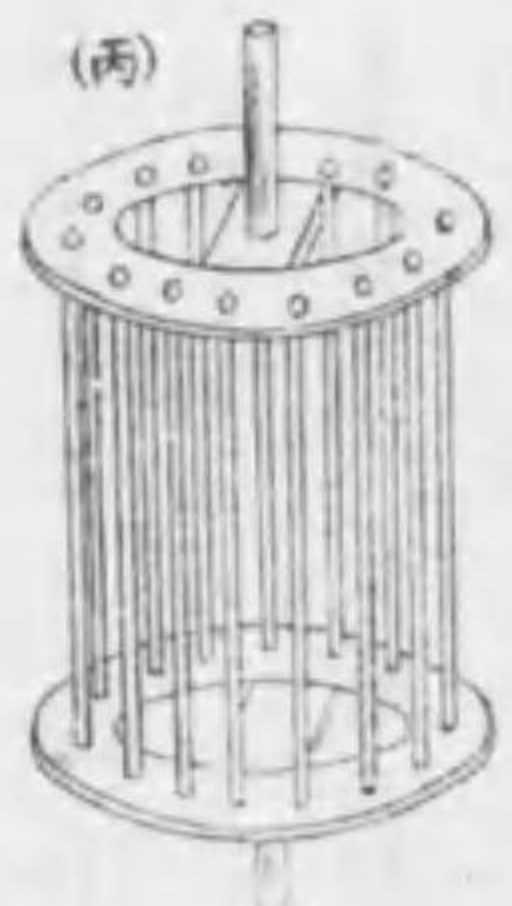


圖 八 百 三 第

トル Squirrel Cage Rotor と稱し鐵心中に埋没せる銅線内に電流を誘起し上下兩端に於て連結せる一捲の「コイル」を形成す、大なる電働機に於ては「ロートル」の「コイル」は右の如き並列なる棒となさずして鐵心の表面に「ステートル」同様普通の多相式捲線を捲き其の「ターミナル」を短絡して電流を通ぜしめ、其の電流と磁界との間の機械力にて廻轉せしむ、即ち「ロートル」は恰も一の多相式發電機と同様に作用するものにして若し「ロートル」を固定せしむれば毫も一の磁極廻轉形發電機と異なる

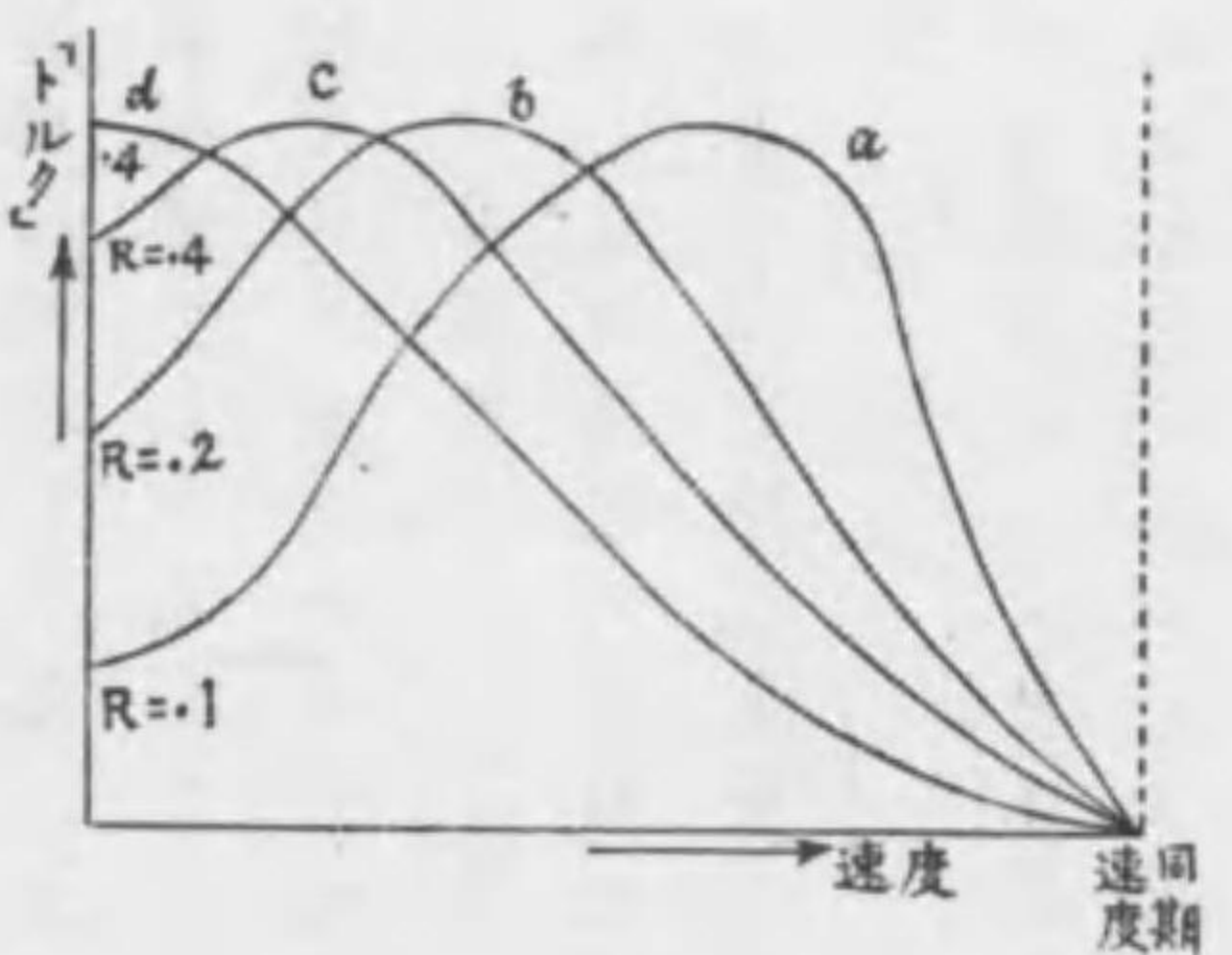
誘導電働機の最も簡單なるものは前の第三百一圖又は四圖に示せる如き多相式捲線の内部に圓筒形鐵心を置き之れに第三百八圖(丙)の如く銅線を圓形に埋没して其の兩端に於て接続せるものなり而して誘導電働機の外部に静止して廻轉磁界を發生する部分を「ステートル」Stator と云ひ内部に於て廻轉する部分を「ロートル」Rotor と云ふ、右の(丙)圖の如き「ロートル」は又スクワレル、ケージ、ロー

所なきに至る、即ち「ロートル」は短絡する代りに或る抵抗有る回路に結ぶ時は電氣的「パワー」を之に送り得るものにして之を誘導發電機 Induction Generator と云ふ、

「ロートル」コイルを通ずる電流は廻轉する磁界が「ロートル」電線を切りて發生する電壓に由るものなるが故に、「ロートル」の静止せる時に於て誘起電壓も其の周波度數も最大にして、「ロートル」は速度上るに従ひ「ロートル」に對する磁界の相互的廻轉速度は減少し來る、「ロートル」は磁界と同方に廻轉す故に其の電壓及び周波度數も漸次減少し來る、從つて若し「ロートル」が廻轉磁界と同一速度に達したりとすれば磁束は「ロートル」コイルを切ることなく其の電壓、電流及び周波度數等は消滅し「トルク」も消失すべし、即ち誘導電働機は決して廻轉磁界と同一速度に達することなし、此の極限の速度を同期速度 Synchronous Speed と云ひ「ロートル」は常に同期速度より一%乃至五%程低速度にて廻轉す且つ速度の低き程誘起電壓及び電流大なり、

故に電働機の「トルク」は静止の時即ち將さに運轉せんとするとき最大にして速度上ると共に減少する理なり、然れ共實際に於ては「ロートル」コイルの自己誘導作用のため其電流の位相電壓の位相と合せず、從て「トルク」も必ずしも低速度に於

て大なるを得ず、速度とトルクとの變化の形狀は第三百九圖に見る如く低速度に



圖九百三第

可らず而して荷重が零にして僅かに摩擦等の損失のみなるときは「ロートル」速度は殆んど同期速度に接近す、又上圖に見る如く速度と「トルク」との曲線は其の抵抗に依て異なる低速度に於ては抵抗大なる程「トルク」大にして高速度に於ては抵抗小なるほど大なる「トルク」を與ふ同一速度にて比較し是れ低速度にては $\omega$ の大なる程「ロートル」の位相差の角  $\tan \theta = \frac{\omega L}{R}$  の  $R$  を小とし力率を小とするを以てなり

「ステートル」及び「ロートル」コイルの極數  $p$  對  $f$  を送入電流の周波數  $f$  を「ロートル」に誘起する電壓の周波數とすれば磁極の廻轉速度即ち同期速度  $n_0$  と「ロートル」の速度  $n$  との間には下の關係あり

$$f = n_0 p \dots\dots\dots (172)$$

何となれば「ロートル」に對する磁界の速度は  $\omega_s$  をなせばなり、今此の  $\omega_s$  と同期速度  $n_0$  との比を「ロートル」の滑り  $s$  と稱し  $s$  を以て示すときは

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0}$$

$$\therefore n_0 - n = sn_0 \dots\dots\dots (173)$$

$$\text{依て( ) } f = (n_0 - n)p = sn_0 p = sf \dots\dots\dots (174)$$

故に「ロートル」が同期速度の九七%に達せるときは滑りは  $s = (100 - 97) \div 100 = 3\%$  にして磁界の廻轉數毎分六百なるも「ロートル」に對する廻轉數は  $600 \times 0.97 = 582$  に過ぎず(毎分)又其の周波數も送入電流が六〇サイクルなるときも  $f = 0.97 \times 60 = 58.2$  サイクルなり、斯く運轉中なる「ロートル」を通ずる電流は頗る低周波のものなるにより鐵心中の損失は一般に頗る僅少なり

### 四一、同期電動機

Synchronous motor

一の多相式發電子を固定し之に交

流を通ずれば廻轉磁場を生ずべし、若し此際發電子を廻轉磁場とは逆の方面に同

速度にて廻轉せしむるときは發電子の作る磁界は空間に

對しては固定して動くことなし、之をステーションナリーフ

イルド stationary field と云ふ、今一の多極發電機の固定

せる磁極の内部に於て發電子を斯く廻轉しつゝ、電流を送

り入るゝ時は發電子のステーションナリー磁界と固定磁極

との關係は例令ば第三百十圖(甲)の如くなるべし、故に磁極

相互間の引力のため發電子は同圖(乙)の如き關係に轉ぜん

とする、トルクを發生し或る機械的仕事を爲し得可し之れ

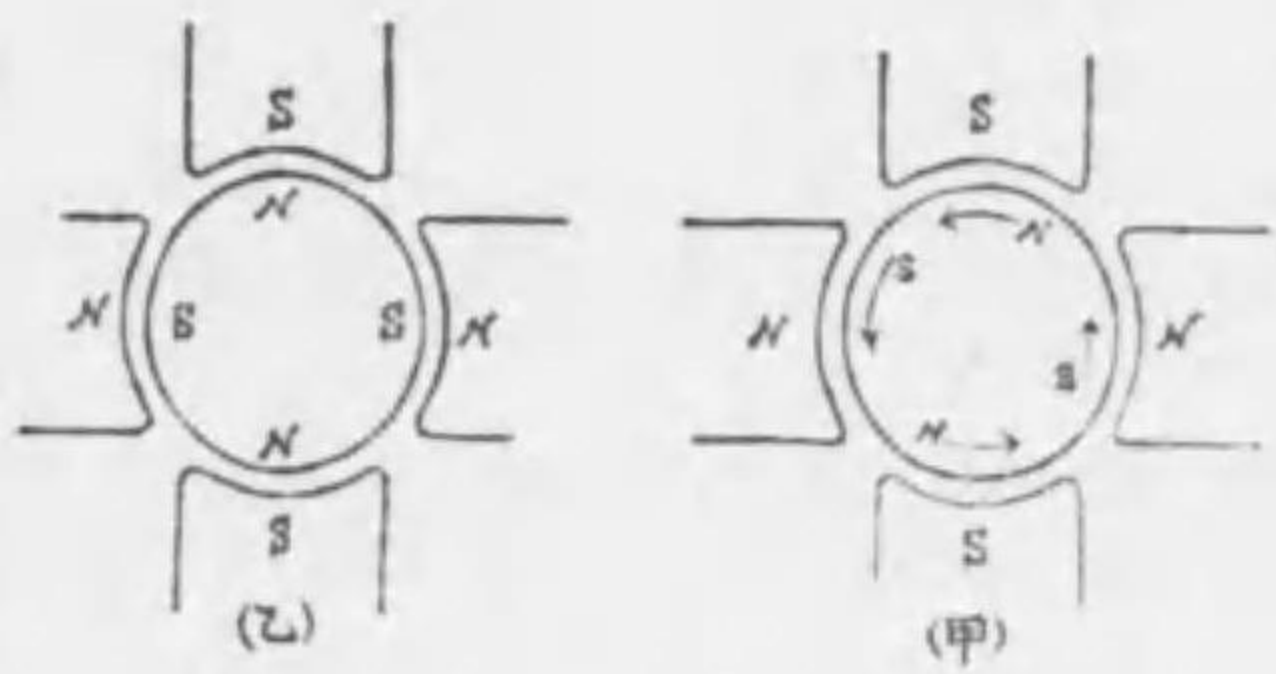
同期電動機にして其のトルクの爲め自ら同期速度を保持

し得るものなり、若し荷重が減少するときは(乙)に近き關係となる同時に其のトルク

も減少し全く(乙)圖の如き位置に來れる時はトルクは零なり、又荷重が大となる

ときは其の重みの爲め(甲)の如き關係となり、トルクを増加し同期の歩調を保つ尙

ほ荷重が非常に増加せる際には最早荷重の重みに堪へずして同期を失し従つて



圖十百三第

全く電動機として働らき得ざるに至る

同期電動機は磁界内に發電子の廻轉するものなるが故に發電機として作用する

こと直流電動機に於けると同様なり、即ち、コイルを通ずる電流と一八〇度位相

の異なる逆起電力を發生す故に送入電壓は電動機の發生電壓より小しく高さを

普通とす、然れども荷重の多少に應じて送入電

壓と電動機の發生電壓とは位相を變ずる故に

常に一八〇度の位相差を有するにあらず、一般

に一八〇度よりは大きななる差あり、第三百

十一圖故に送入電壓をOE、電動機電壓をOEとす

れば其和OE'が發電子コイルに電流を通ぜしむ

依て電流OIはOE'より或る角φだけ後れたる位

相にあり、今IをE<sub>0</sub>及びEの方向に分解せるも

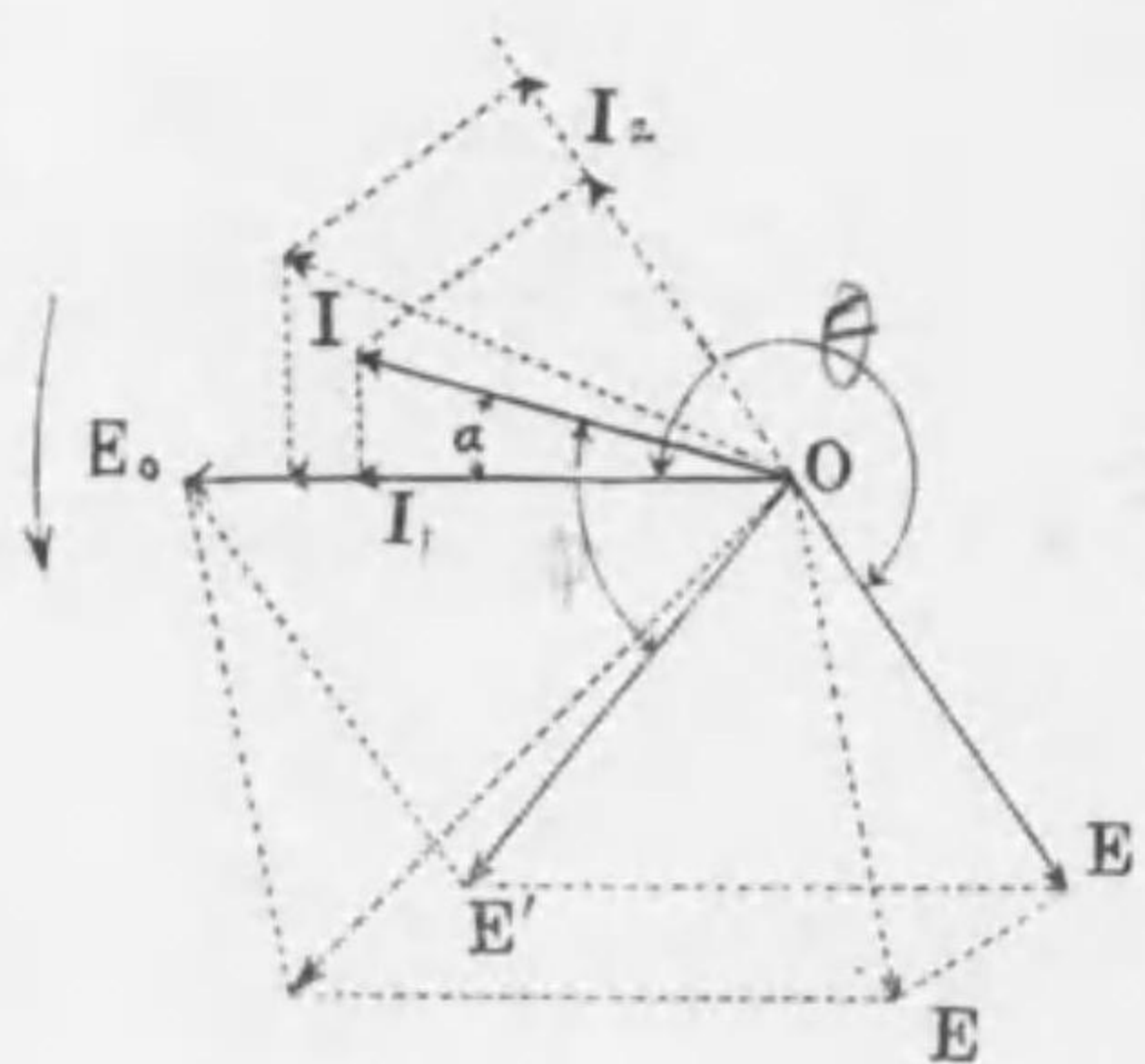
のを各I<sub>1</sub>及びI<sub>2</sub>とすれば電路より送り入れた

る、パワーは

$$P = E_0 I_1$$

$$I_1 = I \cos \phi$$

電氣磁氣



圖一十百三第

又電働機の爲したる機械的「パワー」は

$$P_2 = EI_2 \cos \theta$$

なる理なり而して、電働機の力率は  $\cos \theta$  にして

$$P_1 = E_0 I_1 \cos \alpha$$

なること勿論なり、荷重に變動あるときは角  $\theta$  は自ら變じ合力  $OE'$  の大さと方向とを變じ荷重に相當する「パワー」 $P_2$  を發生するに至るものなり。

同期電働機は其の電壓を加減するときは力率

$\cos \alpha$  を任意に變ずることを得るものなり、假令ば

第三百十二圖の如く  $E_0$  を  $E$  より少しく大ならし

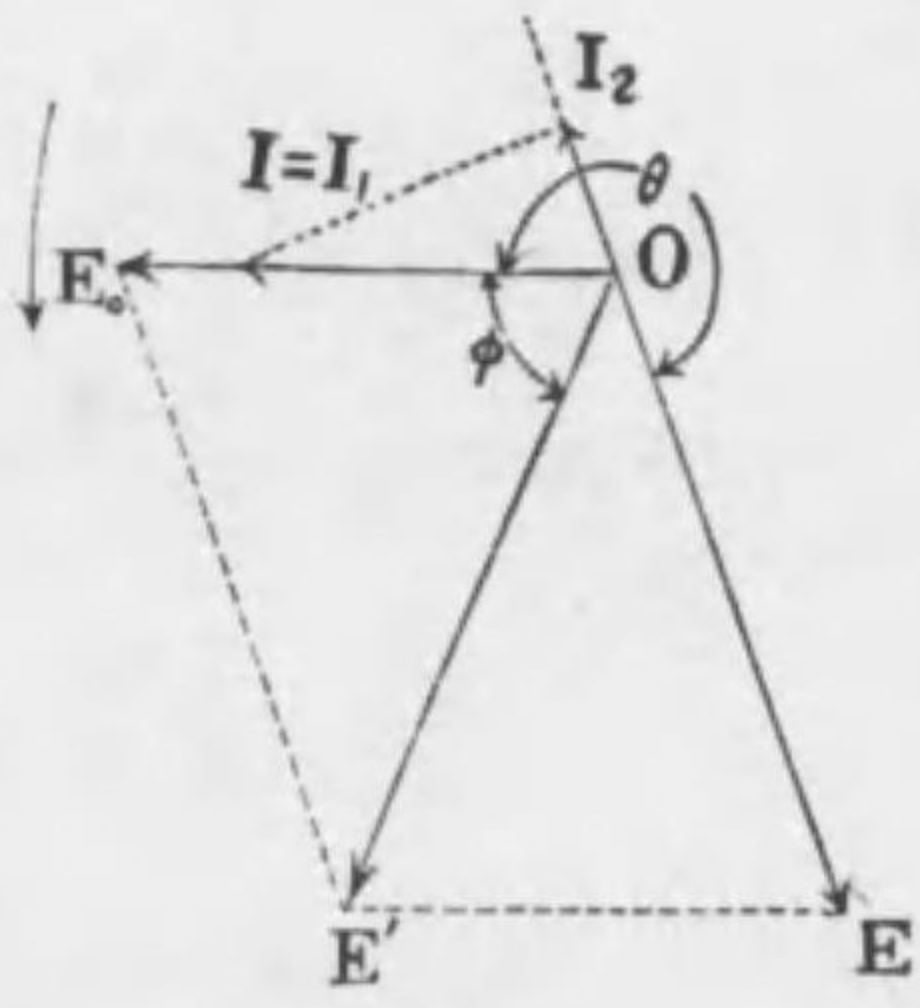
むるときは  $OE'$  は  $OE_0$  より正にゆだけ「リード」し電流

$I$  が  $E_0$  と合し角  $\alpha$  を零ならむるに至る、即ち力

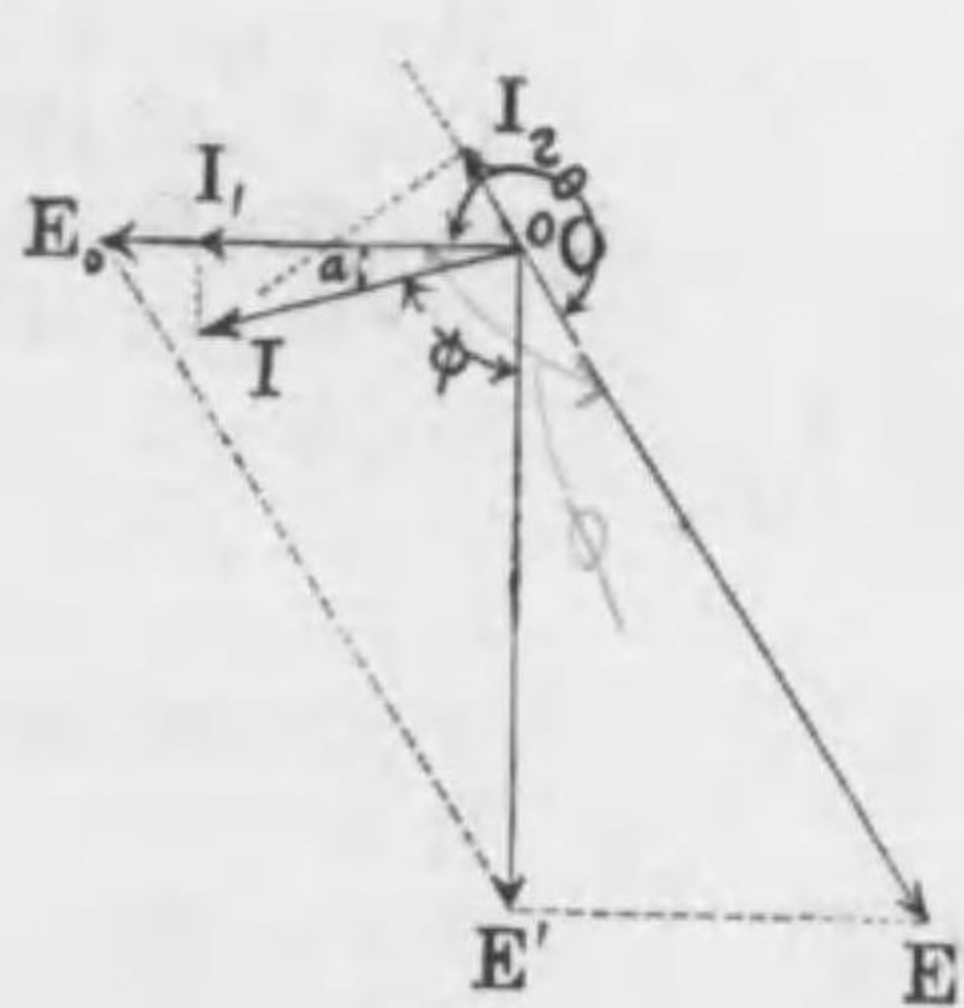
率一となる、尙ほ  $E$  を増加するときは第三百十三

圖の如く  $I$  の位相は  $E_0$  より「リード」し即ち「リ

ディング、カレント」を通ずるに至る、即ち同期電



圖二百三第



圖三百三第

働機は其の勵磁電流を適宜増加することによりて電路に對し電氣容量の如き結果を與へ得るものにして之を「インダクタンス」の大なる電路例令ば誘導電働機ある電路等に並列に使用するときは送電線の力率を一に近く保持し得るものにして特に此の目的に使用する同期電働機を同期補償機 (Synchronous Compensation) と云ふ。

同期電働機に於いては其の電壓  $E$  は送入電壓  $E_0$  と同

一の周波度數を有し且つ之れと一定の位相を保たざ

る可らず、故に此の機は他の機械を以て始動し電路と

並列に入れたる後に機械的荷重を負はしめざる可ら

ず

#### 四二、交流用電流計及び電壓計

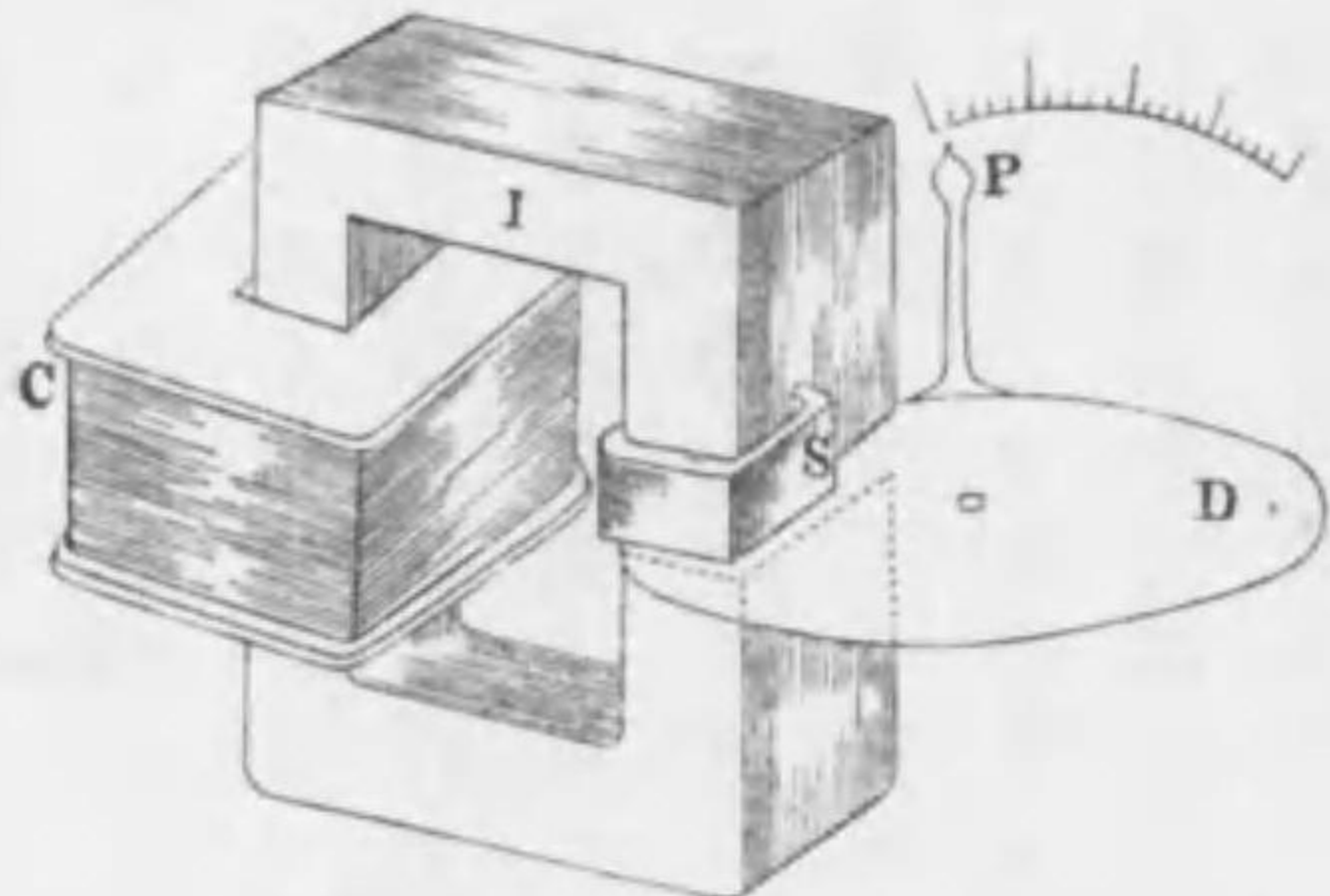
直流編に記

述せる測定器具中永久磁石を使用せざるものは何れ

も交流にも使用し得可し、而して何れも電流の方向如

何に關せず指針には同一方向の力を作用す、且つ其の

力は各瞬間に於ける電流又は電壓の自乗の和に比例



圖四百三第

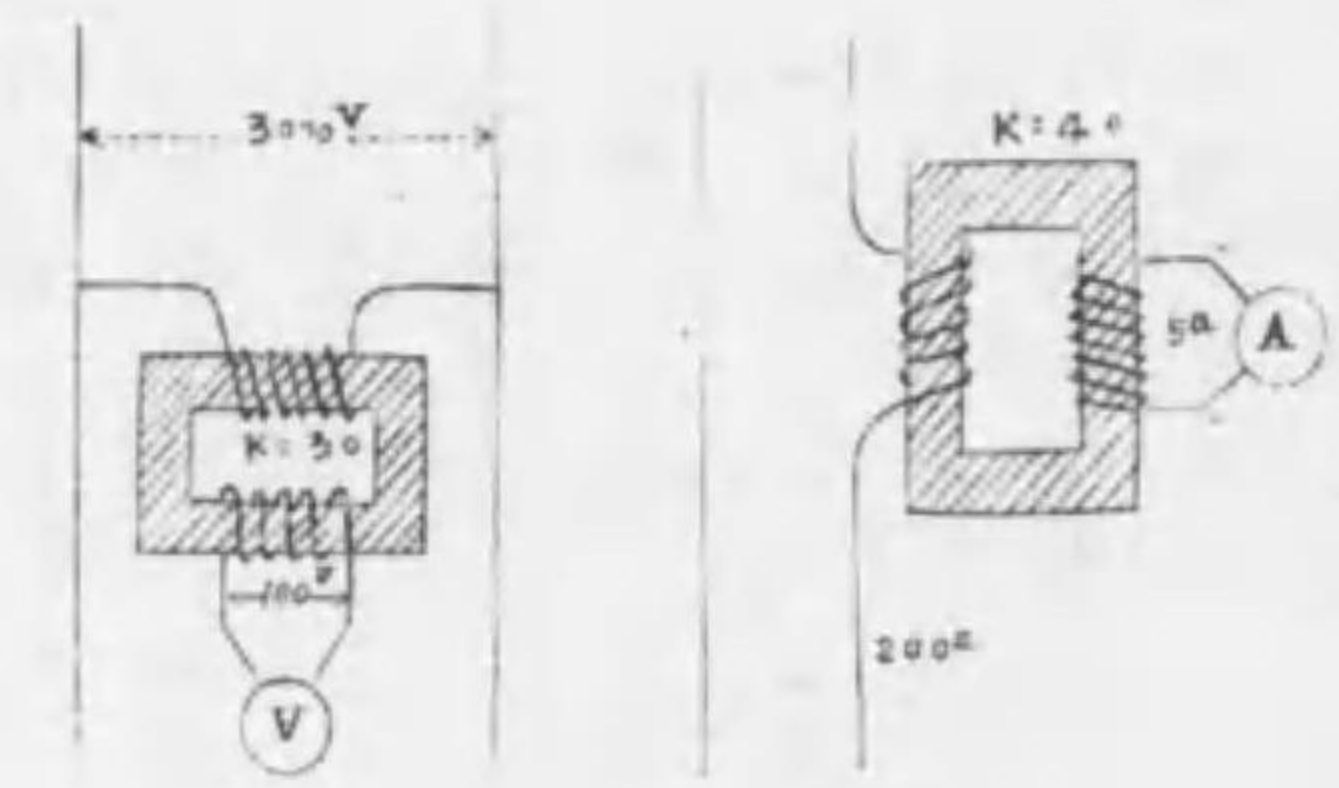
するものにして従て實効値を示すものなり。但し交流に於てはヒステリシス、渦電流の如き現象の爲め器具内にて或る「パワー」を消費するを以て直流に於ける場合に比し多小指度に差異あるを免れず、而して此の差異は又周波度数の異なるに從ひて其の程度を異にす。然れども毫も鐵を使用せざる測定器に於ては此の差異を生ずることなし。

#### 四三、誘導形電流計及電壓計

交番電流にのみ特有なる測定器にして廻轉磁界より受くる電磁誘導の電流と磁束間の「トルク」の爲め指針を廻轉せしむるものあり之を誘導型 Induction Type の電流計又は電壓計と稱し、其の最も普通なるものは前の第三百七圖に示せるが如く鐵心の一部に「シェーディング、コイル」を附し單相式電壓又は電流より廻轉磁界を作るものなり、即ち同圖に於て中央の圓筒を金屬筒とするときは渦電流の理によりて此の圓筒は或る「トルク」を受けて廻轉すべし、故に發條の如き制禦力を以て支へ置くときは廻轉の角を以て電壓又は電流を測定し得、第三百十四圖は此種電流計の構造の原理を示す。

交流電路に於て電壓の非常に大なるか又は電流の甚だ大なる時は測定器は何れも其の電壓又は電流に堪うる様製作するを要し、絶縁の點又は太き電線の「コイル」

を使用する點等に於て大なる困難あり、故に普通の低電壓用又は低電流用の測定を使用し、第三百十五圖の如く小なる變壓器を経て接続す、即ち左方に示せる如き變壓器を電壓變壓器 Potential Transformer と云ひ二次線は電壓計に結ばるゝを以て



圖五 十 百 三 第

て電流は頗る僅少にして一次電壓と二次電壓とは殆んど正確に其の捲數に比例すべし、又右方の圖の如く一次線を電路に直列に結び二次線を電流計に結びたるものは電流變流器 Current Transformer と稱し、二次線は殆んど短絡せられ居るを以て誘起電壓及び勵磁電流は頗る僅少にて足り、一次線と二次線との「アマペアターン」は常に相等しく、一次線は荷重と直列にあるを以て電流計 A に、二次線は一〇〇「ヴォルト」電流變流器の二次線は五「アマペア」内外なる様に製作す、電流變流器に於ては勿論二次

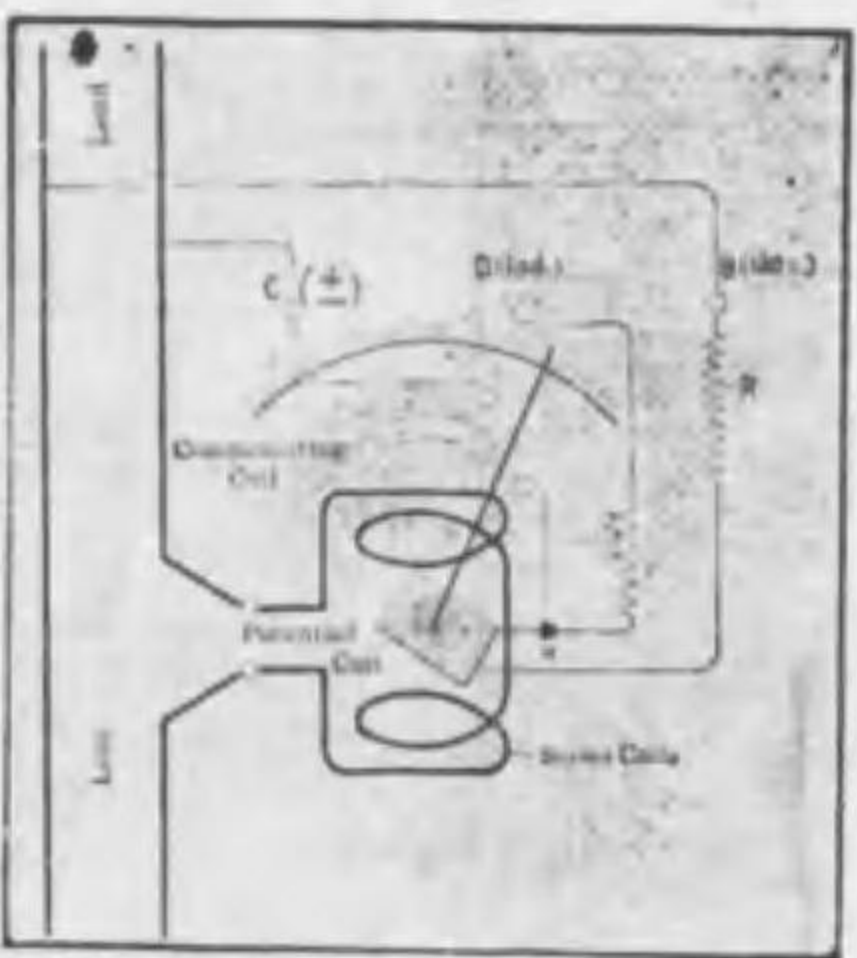
#### 四四、交流用電力計

線の捲數の方大なり

五〇七

交流に使用すべき電力計にも種々あれども何れも指

針の受くる力は各瞬間の電力  $e_i$  の平均値に比例す即ち實際の電力に  $E_i \cos \phi$  に比例するを以て其読みは直ちに電力を示し力率  $\cos \phi$  を乗ずるを要せず例令ば第七十一圖及び二圖に示せる如き指示電力計は交流にも使用し得可く其の構造は



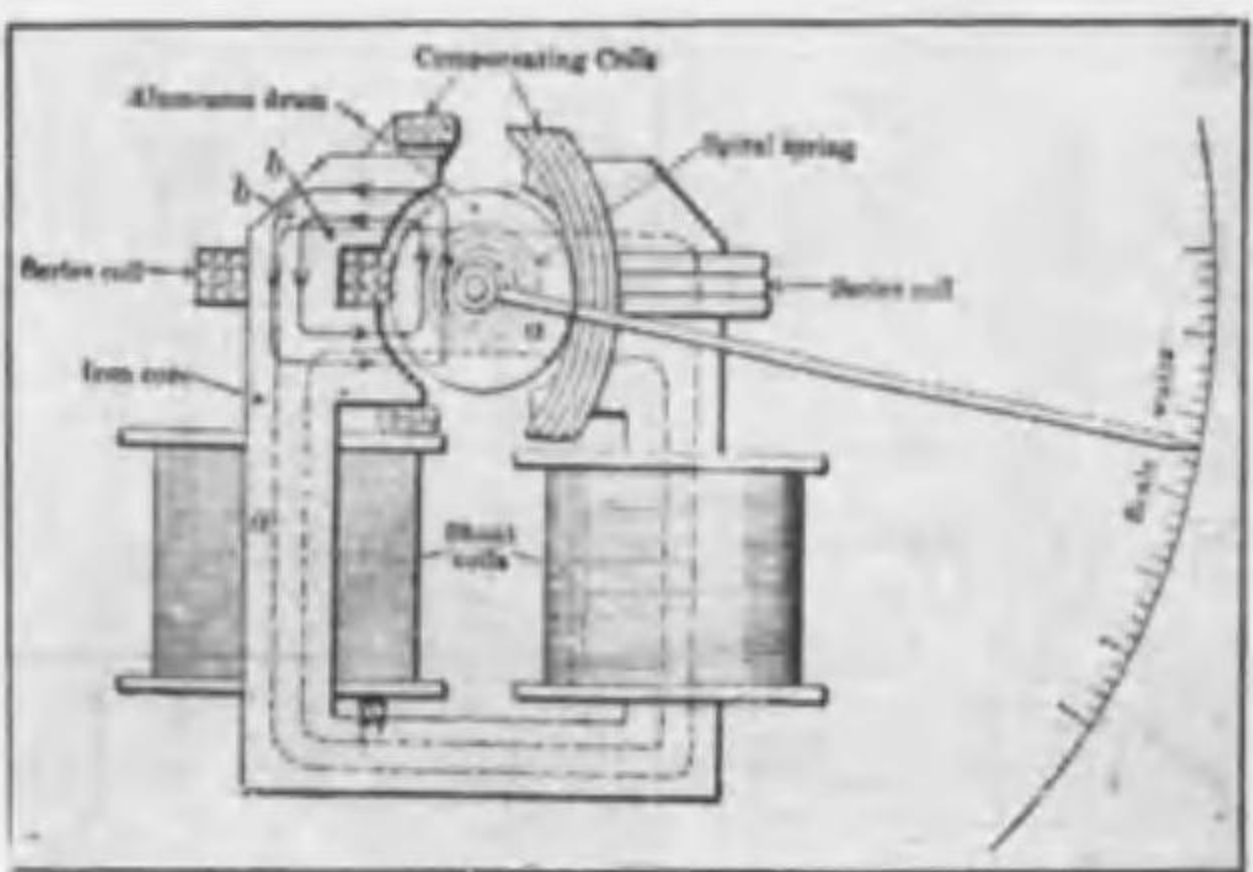
圖六十百三第

第三百十六圖に見る如く、シリーズコイルは固定しシャントコイルは可動コイルにして之れに抵抗 R (マルチプライアー) 及びコムベンセーシングコイルと同一方向に固定せるものにして其の作用は可動コイルを通ずる電流が荷重の電流に加はりて「カーレントコイル」を通過し電力計の指針を實際の「ワット」より多く指示するを補正するの作用をなすものなり、一般に電力計の「ポテンシアルコイル」は「カーレントコイル」よりも荷重に近き側に接続するを要す、斯くすれば其の電流の誤差は右の如く補正せらるゝを得れとも若し「ポテンシアルコイル」を發電機に近き側に置くときは、電流に誤差なき代りに「ポテンシアルコイル」の受くる電圧は荷重の電圧よりも「シリーズコイル」の「ドロップ」だけ高くして指針には矢張り或る誤差を與ふ、而も此の

誤差は補正するに困難なり。

### 四五、誘導型電力計

Induction Type Wattmeter 第三百十四圖に示せる誘導型電流計の「コイル」C を「ポテンシアルコイル」として電路の電圧を受けしめ、シエーディングコイル D の代りに



圖七十百三第

太き電線を捲き「シリーズコイル」として荷重の電流を通ぜしむるときは、圓筒 D の廻轉力は「パワー」に比例す是れ即ち誘導型電力計にして一般に第三百十七圖に示すが如き構造をなす而して渦電流を發生して廻轉すべき分部 a は「輕きアルミニウム」の圓筒を以て作るを普通とす、廻轉磁界を得る爲めには「シリーズコイル」と「ポテンシアルコイル」との電流は時間に於ても九〇度の位相差あるを要するを以て「ポテンシアルコイル」には高き自己誘導を有する「コイル」を直列に結び其の電流をして電圧より約九〇度後れしむ。又右の廻轉板 a に制禦力を附せずして「サイクロメーター」にて其の廻轉數を記録する如くすれば積算電力計となり或る時間内の廻轉數は其間に通過せる電力量

を示す。

### 四六、多相式電路の電力測定

上來説明せる如き單相式交流用電力計二個以上を使用すれば多相式電路の電力を測定し得可し、二相四線式に於ては二個の電力計にて獨立に各相の電力を測定すべし、二相三線式に於ては第三百十八圖の(甲)圖の如く接続して各相の電力を測定し其和を求む可し。

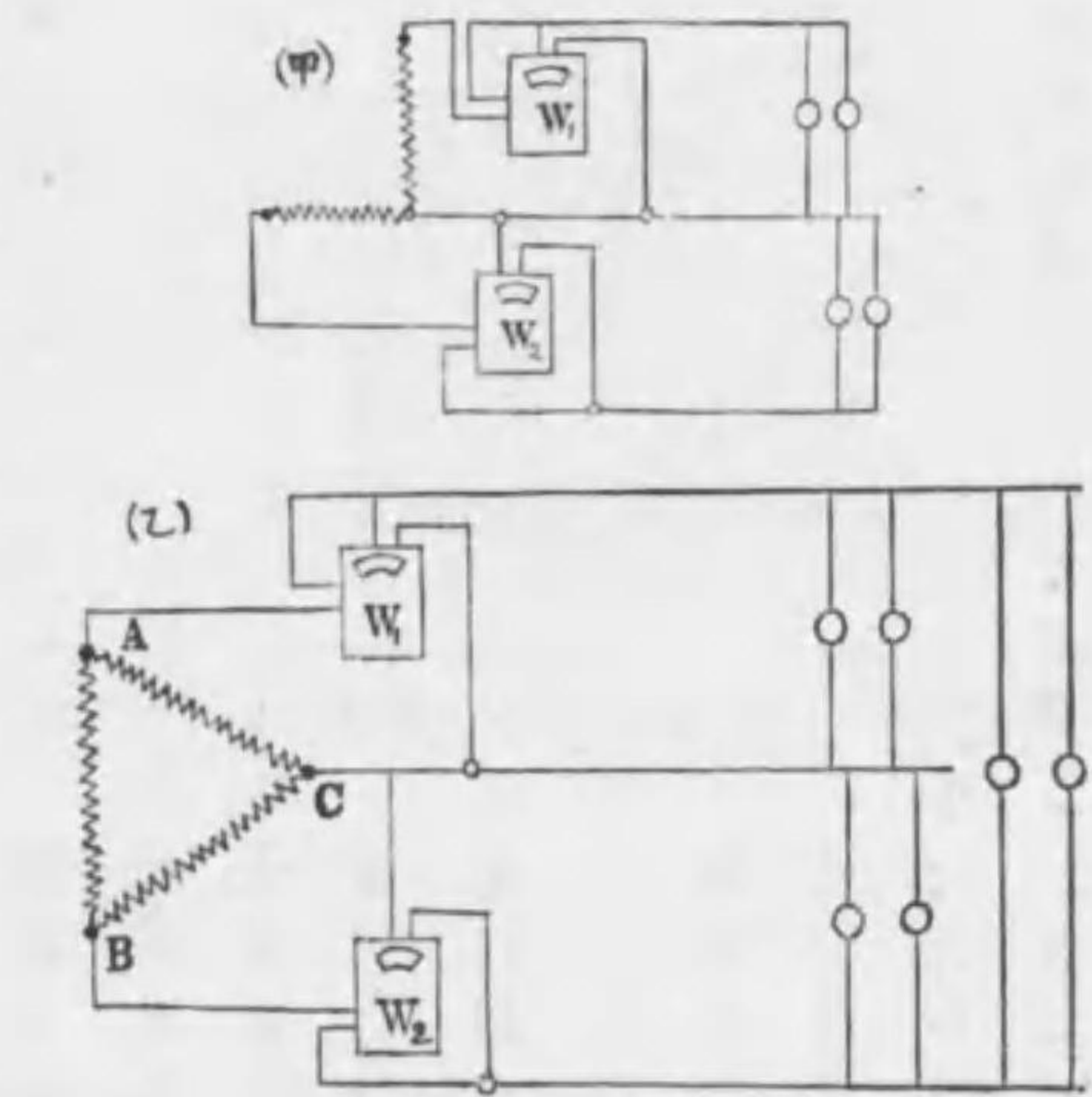


圖 八 十 百 三 第

又三相式電路に於ては各相の電力が平衡せざるときと雖一般に二個の電力計を以て上の(乙)圖の如く各A及びBの電流とAC及びBCの電壓に結び其の指示せる電力 $W_1$ 及び $W_2$ の和を求むれば之れ三相式の全電力をなすなり、荷重が平均せざる時及び力率の一ならざる時は $W_1$ と $W_2$ とは同一の讀みを與へず、又各相の電流が平衡せるときは即ち電動機を運轉し居る場合の如き平衡荷重 (Balanced Load) に

於ては一個の電力計を用ひて全電力を測定し得即ち例令ば一線Aの電流とA線と中性點n間の電壓に結び一相の電力を測定して其の讀みを三倍するなり、三相三線式にして中性線なき場合には第三百十九圖の如く同一の抵抗三個を星形に結びて中性點nを作り之れに結ぶ可し此のn點を人工中性點 (Artificial Neutral Point) と云ふ。

#### 工中性點 Artificial Neutral Point と云ふ。

第三百十八圖(乙)の如き測定の場合に於ては電路の力率に應じ $W_1$ と $W_2$ との和に非ずして差を求めざる可らざる事あり、何となれば各相の電流平均し力率が一なる時と雖各電力計の「シリーズ、コイル」は「スター」電壓の位相にあり「シャント、コイル」は「メッシュ」電壓の位相にあるを以て兩「コイル」の電流間には三〇度の位相差あり、故に電路の力率が二分の一なるとき換言すればEとIとに六〇度の位相差あるときは電力計の兩「コイル」の電流の位相差は正に九〇度にして指針は零を示すべし、又力率が二分の一より小なるときは前圖の如き接続にては一の電力計の針は負の方向に動か

圖 九 十 百 三 第



んとすべし、故に一方の「コイル」の「ターミナル」を入れ替へ逆に接続して正の讀みを  
 得兩電力計の讀みの差を求むれば是れ三相式の全電力なり。  
 右の如く二相又は三相式電路には二個以上の電力計を要するものなれども配電  
 盤用電力計は一個にして直ちに多相式電力を示し得る如くせるもの多し、即ち  
 前記の如き  $W_1, W_2$  なる二個の電力計を同一軸に作用せしめ指針に作用する力をし  
 て兩者の和となる様に製作せるものなり。

四七「サージング」Surging 誘導係数の  $L$ 「ヘンリー」なる電路に實効値  $I$ 「ア  
 ムペア」の交流を通ずるときは電路の有する電磁的「エネルギー」は

$$L I^2 \quad \text{「ジュール」}$$

なり、又電路の往復兩電線間には成る容量  $C$  を有するを以て電線間の電圧  $E$ 「ヴォ  
 ルト」なるときは容量内に蓄積せらるゝ靜電的「エネルギー」は

$$\frac{1}{2} C V^2 \quad \text{「ジュール」}$$

なり、今電流  $I$  を通ずるとき或る瞬間に於て急に電流を遮斷するときは上記の電  
 磁的「エネルギー」は或る通路を求めて放散するを要す即ち或は絶縁物を破りて  
 放電するか又は線路中を往復流通する一種の電流となり電線の抵抗内に熱とし

て消費せらる即ち電磁的「エネルギー」は靜電的「エネルギー」に變形し容量内に入  
 り兩線間の電圧を上昇せしむ此の過大なる電圧は電路の絶縁を破壊するか又は  
 直ちに再び電磁的「エネルギー」即ち電流となりて電線中を移動す斯くして數回  
 或は電流となり又は電圧となり往復移動し其の「エネルギー」を空費し終るに至り  
 て止む此の現象を「サージング」と稱す「サージング」の周波度數は一般に發電機の周  
 波度數等よりは大なるものにして「ケネリー」氏の説によれば毎秒一千回内外なる  
 べしと今電流  $I$  が最大値に達せる瞬間に電路遮斷せられたりとすれば、電路の有  
 する電磁的「エネルギー」は

$$L I (\sqrt{2} I)^2 = L I^2 \quad \text{「ジュール」}$$

なり、是れが  $C$ 「ファラード」の容量内の靜電的「エネルギー」に變形せりとすれば、其の  
 電圧  $V$  は

$$L I^2 = \frac{1}{2} C V^2$$

$$\therefore V = \sqrt{\frac{2 L I^2}{C}} \quad \text{「ヴォルト」}$$

なるの理なり、但し靜電氣が抵抗中を移動する爲めに消費せる熱「エネルギー」は看

過するものとす。

例令ばLが〇・二ヘンリーCが三マイクログハラッドなる電路に百「アムペア」を通じとすれば

最大電流の瞬間に電路を切りたりとすれば

$$V = \sqrt{\frac{2L}{C}} I = \sqrt{\frac{2 \times 0.2 \times 10^6}{3}} \times 100 = 36,500 \quad \text{「ヴォルト」}$$

を發生す此の理由により交流の回路を電流を通じつゝある時に遮断するには充分の注意を以てせざる可らず。

### 電氣磁氣 畢

T.U. 7-6-7

### 第一編 試験問題

- 〔一〕海底電線布設船内に磁石針を使用する鋭敏なる電流針あり是をして船の鐵に作用せしめざるためには如何にすれば可なるか
- 〔二〕二個の磁石が同じ強さなる事を證するには如何にすべきか
- 〔三〕強さ九なる磁極が強さ一六なる磁極と六「センチ」を去る距離に相對するときは兩者間に作用する力何程なるか (答四「ダイン」)
- 〔四〕一個の磁石を取り其の一極は「コムパス」を偏せしむるも他の極は之れに何等の作用なからしむる爲めには如何に置けば可なるか
- 〔五〕「マグネトメーター」法に於て磁石針より二〇「センチ」に置ける甲なる磁石は針を三〇度偏せしめ、三〇「センチ」に置ける乙なる磁石は四十五度偏せしめたり、甲は乙より二倍長き磁石なりと云ふ、兩者の極の強さの比を求む (磁針は磁石の軸の方向に置くも之れと直角の方向に置くも解は同一なり)
- 〔六〕強さ四〇なる一の磁極が五「センチ」を距つる他の極に三十二「ダイン」の力にて作用せりと云ふ、後者の強さを求む (答二〇)

試験問題

〔七〕一の棒磁石を水中に吊し英國にて振動せしむるときは五分間に一一〇回振動し同じものを「セントヘレナ」島にて振動せしむれば四分間に一一二回振動すと云ふ兩所に於ける地球磁石の水平分力の比を求む (答四八四對七八四)

但し總て振子の振動數は之れに働らく力の平方根に比例するものなり、即ち振動の周期は力の平方根に逆比例す、例令ば重力にて働らく時計の振子の如きものにありては一周期に要する時間  $T$  は  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$  にして  $g$  は重力  $l$  は系の長さなり

◎〔八〕甲乙二個の棒磁石ありて甲は乙の二倍の「モーメント」を有す、此の兩者の中心を合して互に直角に横たへ乙の軸の方角に於て可也遠き距離に小磁石針を置くときは此の磁石針は甲又は乙の磁石の何れにも同じ角度だけ傾斜せる方向を指すことを證明せよ(地球の磁力を考へざることを)

〔九〕水平に吊下せる一の磁石針ありて一分間に十三回振動す、一の棒磁石を此の磁針の北に南北の方向に置きN極の磁針に向はしむるときは振動數は毎分七回に減す若しこの棒磁石を磁針の南方に於て矢張りNが磁針に向ふ様置くときは針の振動數は毎分何回となるべきか (答一七回)

◎〔十〕二個の棒磁石ありて甲の「モーメント」は一〇八、乙の「モーメント」は一九二なり、今机上に互に直角をなす二直線を引き、各磁石を此の線上に置き、各磁石の中心が二直線の交點よりの距離をそれぞれ三〇及び四〇「センチ」とするときは該交點の磁界の強さ何程なるか

右問題中◎印ある四、五、八、一〇の四問を答ふ可し

## 第二編 試験問題

- 〔一〕同量の電氣を有し五〇「センチ」を隔つる二導體あり、其の斥力は六「ミリグラム」の重量に等しと云ふ、各の電氣の量何程なるか  
(答一、二、二)
- ①〔二〕力線又は力管が導體表面に直角をなす理由を説明せよ
- ②〔三〕電氣を帯べる水滴一の絶縁臺上にあリ、若し此の水滴漸次蒸發するときは、其の電位は如何に變ずるか(水蒸氣は不導體と見做す)
- ③〔四〕面積九〇〇平方「センチ」なる錫箔二枚を厚さ三「ミリ」の硝子板に貼付せるものに六〇〇「ヴォルト」の電位差を與ふる時は(一)注入せられたる電氣の量如何(二)蓄電器容量如何(三)蓄積せられたる「エネルギー」如何
- 〔五〕或る蓄電器に二〇の電位差を與へたる時器内に蓄積せられたる「エネルギー」は二三「ジュール」なりと云ふ、九二「ジュール」を蓄積するためには電位差を幾何となすべきか、又此の變動の爲めに蓄電器内の電氣の量は何倍に増加すべきか  
(答Vは四〇、Qは四倍)
- 〔六〕半徑一五「センチ」なる球の電位が二〇になるまで電氣を注入せるときは(一)此

の球の有する「エネルギー」何程なるか (二) 球の表面の電気密度何程 (三) 球外に於て球に極く近き一點の電界の強さ如何

◎〔七〕面積二五〇平方センチなる蓄電器あり絶縁物は「パラヒン」紙にして、均一電界の強さ八六〇なりと云ふ (一) 兩板の電位差 (二) 注入せられ居る電氣の量 (三) 同「エネルギー」の量を計算せよ。

◎〔八〕直徑二〇センチにして空氣を以て二センチを隔つる二枚の金屬圓板あり、此の各に正負の電氣を與へて兩板の吸引力を一二五ミリグラム<sup>2</sup>の重量に等しくならしむるためには何「ヴォルト」の電位差を與ふべきか

〔九〕三〇〇「ヴォルト」の電位差にて二六〇〇〇の電氣を有する蓄電器と九六〇「ヴォルト」にて八〇〇〇の電氣を有する蓄電器は何れが容量大なるか、又前者と後者に蓄積され居る「エネルギー」の比は如何

〔一〇〕甲乙二金屬球あり、甲は半徑七センチにして五六〇の正電氣を有し、乙は半徑十五センチにして一〇〇〇の正電氣を有す、この兩球を接觸するときは電氣は何れの球より何れに移るか、又接觸せる兩球の差位は大地に對し何「ヴォルト」以上何「ヴォルト」以下の電位差を有するか

◎〔一一〕二個の蓄電器あり、甲の容量は三二、乙の容量は四八なり、此の兩者を直列に結びたるときは (一) 其の合成容量何程なるか (二) 其兩端に三〇〇「ヴォルト」の電壓を與ふる時は各蓄電器に蓄積せられたる「エネルギー」何程なるか

右中◎印ある七問題を回答す可し

Handwritten scribbles or notes on the right page.

### 第三編 試験問題

- 〔一〕電壓一〇〇ヴォルト十燭光電燈(三〇〇オーム)五個を毎夜六時間點火すると  
きは一ヶ月に使用する電氣の量及び電力量何程なるか。
- 〔二〕一〇〇ヴォルトにて〇.五「アムペア」の電燈五〇〇個を點火する爲めには電線  
路の損失七%機械の能率〇.八九なるととき何馬力の原働機及び何「キロワット」容量  
の發電機を要するか。
- 〔三〕一「キロワット」の「パワー」は五〇ヴォルト「二アムペア」の弧光燈何箇を點じ得るか。
- 〔四〕抵抗二〇〇オームの電線を通じ抵抗八〇〇オームの電信機に一五「ミリアム  
ペア」の電流を通ぜしむるに内部抵抗五オームの「ダニール」電池何個を使用するを  
要するか。
- 〔五〕S W G 八番鐵線一哩の抵抗を計算せよ。
- 〔六〕S W G 三番電車銅線三哩の抵抗何「オーム」なるか又此の電車線路の一端  
に於て電流一二「アムペア」を通ずる電車一〇輛が運轉し居るときは右電線中の電  
壓の落下は何程なるか又電線中に發生する熱の「パワー」は何程なるか。

電氣磁氣



總  
〔七〕 度にて  
〔八〕 甲乙兩  
るときは乙に二  
數を二〇とせば、甲の電  
しか

\* 印のものは第三編に屬するものな

### 「答を要す」

### 第四編

### 問題目録

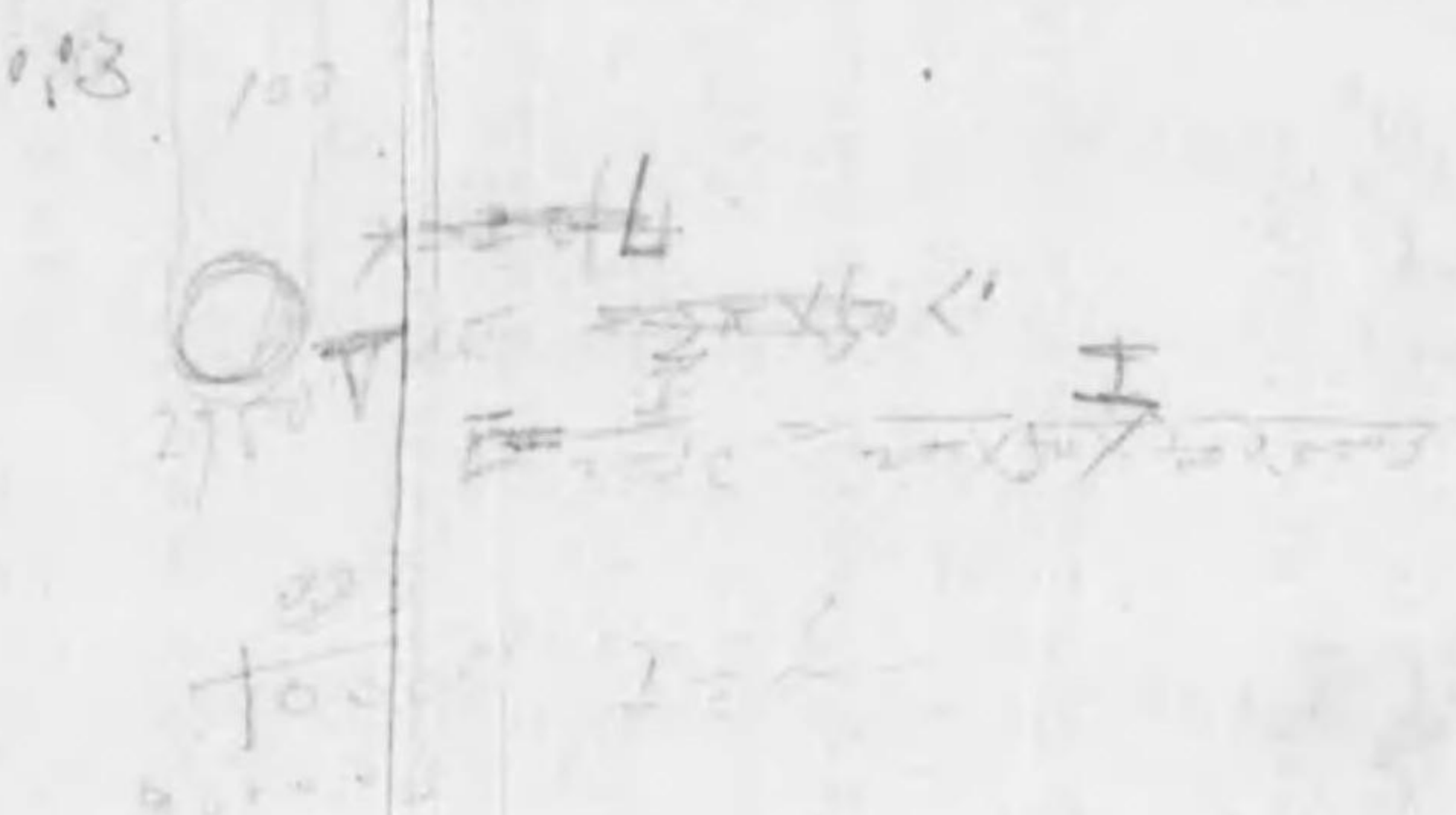
- (一) 長さ三〇センチ半徑三センチにして捲數一五〇なる「ソレノイド」の自己誘導係數を計算せよ但し鐵心を有せず。
  - (二) S. W. G. 四番銅線が往復線間距離三呎六吋を隔つるとき其の長さ五里に對する自己誘導係數及び時定數を求む但し一里は二、四四哩に等し。
  - (三) 厚さ二五「ミル」の「シート」アイオンを十吋の厚さに重ね外半徑二〇吋内半徑一五吋の圓筒形「アーメチユア」鐵心を作り之れを六極發電機の磁界内にて毎分三百廻轉せしむるときは鐵中の熱損失何程なるか但し磁束密度は五萬五千にして鐵の「ヒステリシス」係數は〇、〇〇一五とす。
  - (四) 五百五十「ヴォルト」發電機の廻轉數毎分六百、一極よりの磁束數三百萬本なるときは「アーメチユア」表面の電線數何本なるか。
  - (五) 内部抵抗三「オーム」なる電動機を二二〇「ヴォルト」回路に入れ二〇「アンペア」を通じつゝあるときに(一)其の爲しつゝある馬力數(二)理論的能率(三)其の廻轉數毎分五〇〇なるときに「アーメチユア」の發生しつゝある「トルク」等を計算せよ
- 右何れも回答を要す。



## 第五編 試験問題

- 〔一〕五十「サイクル」の交流発電機あり一分間の廻轉數五百なるときは磁極數何程なるを要するか。
- 〔二〕電氣容量〇、〇三「マイクロファラット」を有する靜電々壓計ヲ抵抗一〇〇「オーム」の電線を以て或る高壓母線に結びたるに二九五〇「ヴォルト」を示せりと云ふ、母線の實際の電壓何程なるか、但し周波數は五〇「サイクル」なり。
- 〔三〕抵抗〇、二一「オーム」、リアクタンス〇、四三「オーム」なる送電線の一端に於て十五馬力の誘導電動機が〇、八六の力率にて運轉しつゝありて其の受電々壓二〇〇「ヴォルト」なりと云ふ、發電所に於ける電壓及び力率何程なるか。
- 又電動機の力率が一となるときは各何程となるか。
- 〔四〕三千「キロワット」の電力を二萬「ヴォルト」三相三線式にて送電するに當り荷重の力率が〇、八五なるときは送電線の電流何「アンペア」なるか。
- 〔五〕某發電所の三相發電機に於て其の電壓三三〇〇「ヴォルト」各線の電流一五三「アンペア」を示せり、而して配電盤の電力計は八〇〇「キロワット」を指示すと云ふ、力率

$P = VI \cos \phi$   
 $I = \frac{P}{V \cos \phi}$



何程なるか、又此發電機が現に供給しつゝある「エネルギー、カーレント」及び「ワットレス、カーレント」を求む。

〔六〕 能率〇、九にして力率〇、八八なる二百馬力誘導電動機を動かすため二個の單相變壓器をV形結線に使用するとき各變壓器は何「キロワット」容量のものを要するか。

〔七〕 互長一二哩にして地上二三呎に架設せるS. W. G. 四番線の線路あり、其の絶縁を試験するため右電線と大地間に一萬五千「ヴォルト」六十「サイクル」電壓を與ふるときは充電々流何程を通ずるか。

右回答を要す

ス

明治四十五年二月十日印刷  
明治四十五年二月十三日發行

編輯者 電機學

東京市小石川小日向臺町二丁目三十番地

代表者 扇本眞吉

東京市神田區美土代町二丁目

印刷人 白鳥連大

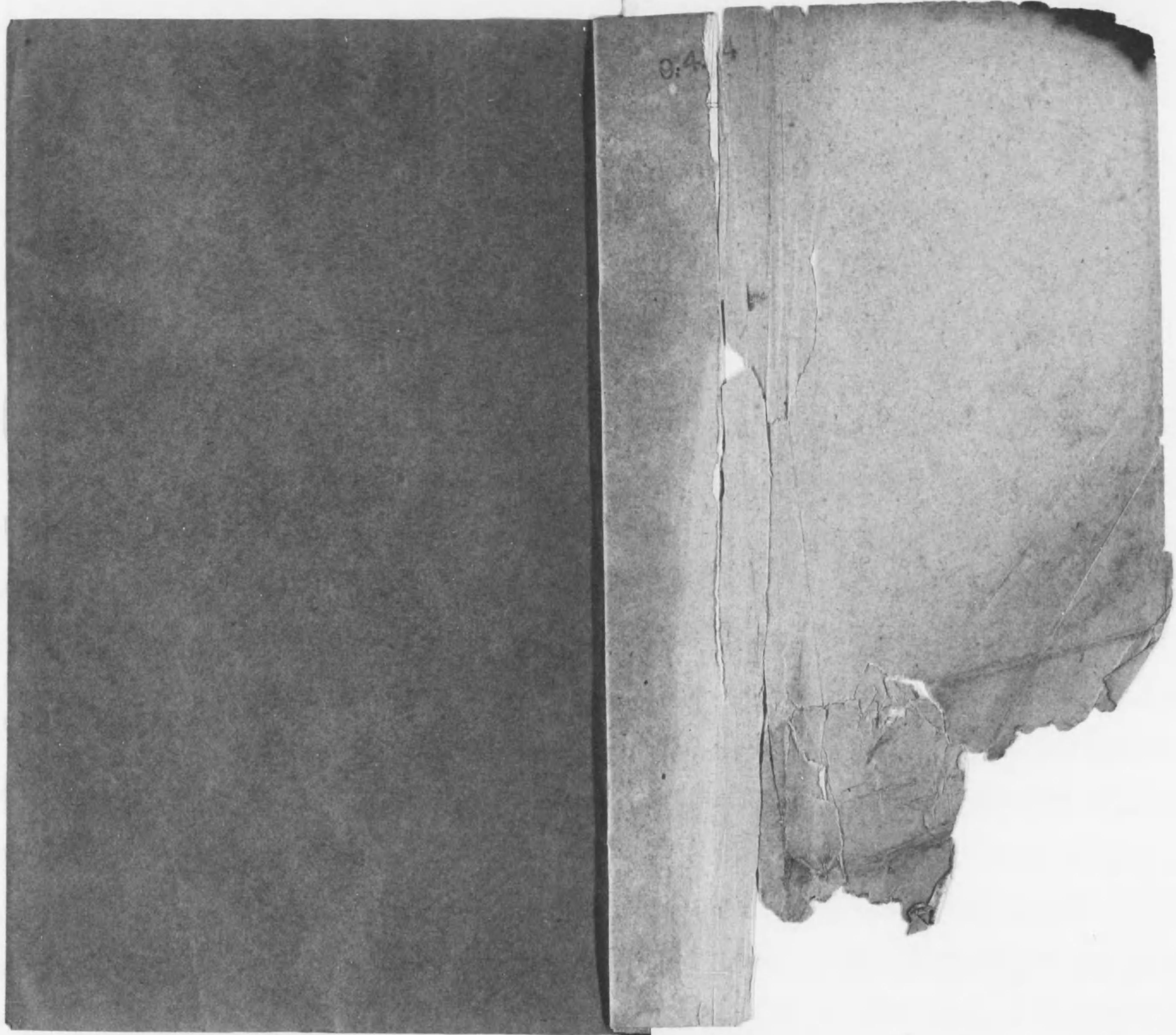
東京市神田區美土代町二丁目

印刷所 三

東京市神田區錦町三丁目

發行所 電

不許複製



3:4

4

330  
270

終

