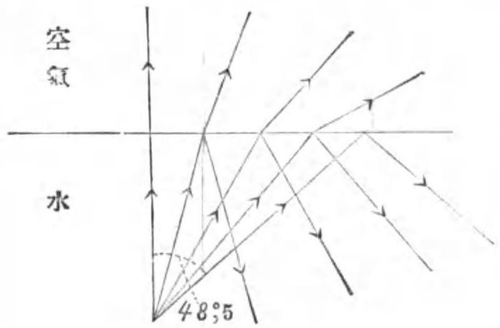
（五）日出及日沒の際は、實際太陽が少しく地平線以下に在るも、之を見ることを得るは何故なるか。

一〇七　全反射

既に述べたるが如く、光が密度大なる媒體より小なる媒體に入るときは、屈折角は投射角よりも大なり、例へば光が水より空氣に出づるときの如し。此の如き場合に於て、投射角の値が或大に達すれば、屈折角は九〇度となる、投射角が尙是より增加すれば、屈折光線は急に消滅して、投射光線は悉く反射せらる、此現象を全反射と云ふ、屈折角九〇度に對する投射角を臨界角と云ふ、光が水より空氣



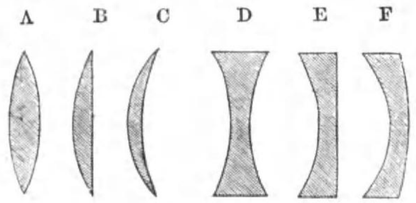
に出づるときの臨界角は約四八度半なり。

問　光が或物體より空氣に出づるときの臨界角を r とし、其物躰の屈折率を n とするときは $\sin r=\frac{1}{n}$ なる關係あるとを證せよ。

第二節　レンズ

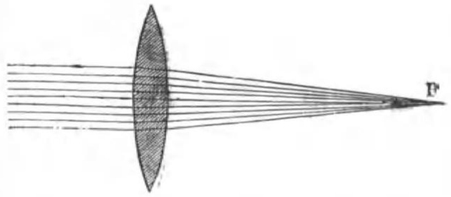
一〇八　レンズ

レンズは屢、光學上の諸器械に用ひらるゝものにして、通常、硝子の如き透明體を兩面とも球面にて圍むか、若くは一面を球面、他面を平面にて圍みたるものなり、上圖はレンズの切口を示すものにして、ABCの如き中央の厚きものを凸レンズと云ひ、DEFの如き中央の薄きものを凹レンズと云ふ、レンズの中央を通りて其兩面へ直角に引きたる直線



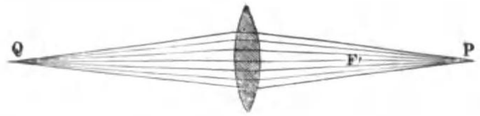
をレンズの軸と云ふ。

一〇九　凸レンズ　暗室内に於て平行なる光線、例へば太陽より來る光線を凸レンズの軸に沿ふて透すときは、光線は屈折の法則に從て、皆レンズの厚き方に向て屈折し、殆ど軸上の一點に集まるを見るなり、故に衝立を此點に置くときは其上に甚だ小なる圓形の輝點を現すべし、此點をレンズの主焦點と云ひ、主焦點とレンズの中心との距離を焦點距離と云ふ。



次に光點を軸上主焦點の外に置き、レンズの他側に衝立を立て、之を前後に動かして光點の像を觀測するに、衝立が適當なる位置に來るときは、光點は最小にして

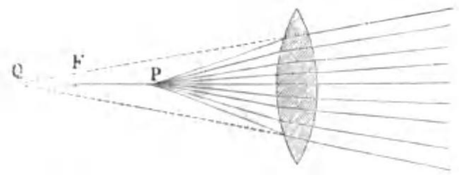
判明なる像をレンズの軸上に作るを見る、即ち軸上主焦點外に在る一點Pより發し、レンズに當りて屈折したる光線は、他側に於ける軸上の一點Qに集まるを知る、又逆にQを光點とするときは、之より發してレンズに依りて屈折せらるゝ光線はPに集まるべし、故に此二點を共軛焦點と云ふ。今レンズの中心より共軛焦點に至る距離をa及b糎とし、焦點距離をf糎とすれば、理論上の計算或は實驗の結果に依りて、



$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$$

なる關係の成立するを知る。

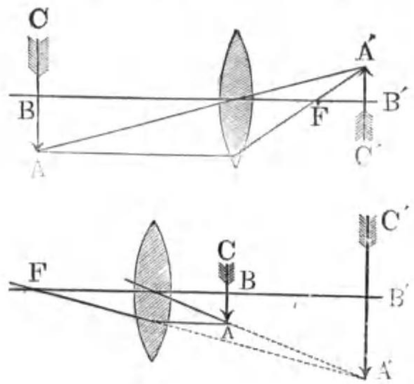
光點Pが主焦點以内に在るときは、レンズに當りたる光線



は、上圖に示すが如く、屈折の後發散して虚焦點Qを生ず、此場合に於ては、理論上の計算に依り、a b fの間に次の關係あるとを知る。

$$\frac{1}{a}-\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$$

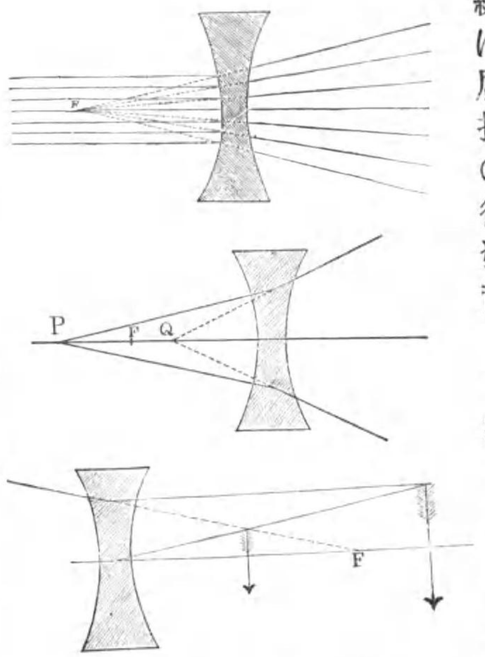
次に下圖に示すが如く、レンズの前に矢を立つるものとすれば、一端Aより發する光線の内、中心Oを通過するものは同じ方向に進み、軸に平行なるものは屈折して主焦點を通過す、今是等の光線の會點をA′とせば、A′はAの像なり、同樣にBC等の諸點は夫々B′C′等に其像



を作る。故に物體が主焦點外に在るときは、逆立したる實像を生じ、主焦點内に在るときは、并立したる虚像を生ず、且ッ像の長さの比は畧ぼレンズよりの距離の比に等し。

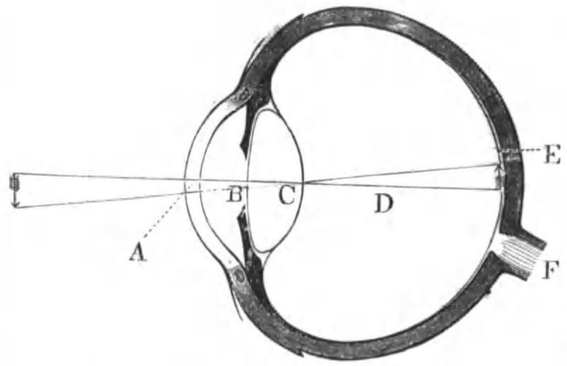
一一〇　凹レンズ　凹レンズの軸上の一點より發する光線は、屈折の後發散して集るとなしと雖も、是等の光線を逆に延長したるものは、理論上殆ど一點に會するを知る。此場合に於て、共軛焦點間の關係は次式の如し。

$$\frac{1}{b}-\frac{1}{a}=\frac{1}{f}$$



又凸レンズの場合と同じ作圖に依りて、凹レンズの生ずる像は、常に虚像にして其大實物よりも小なるを知る。是等の事項は學生自ら圖に就て之を了解すべし。

第三節　視覺



一一一　眼　眼の構造は畧、圖に示すが如し、Aは透明なる球面狀の薄膜にして前方に突出す、之を角膜と云ふ、Bは瞳孔にして、光の强弱に應じて擴大收縮し、眼中に入る光の量を加減す、Cは水晶體と稱する透明體にして、レンズの作用を爲す、其背後Dは硝子樣液にて充さる、Eは網膜、Fは視神經にして其末端は網膜上に撒布す、瞳孔より入り來れる光線は、水晶體にて屈折されて、物體の像を網膜上に投じ、以て視覺を起さしむ、水晶體は筋肉の作用に依りて其彎曲の度を整理し、物體の遠近に應じて、其像を常に網膜上に結ばしむ。

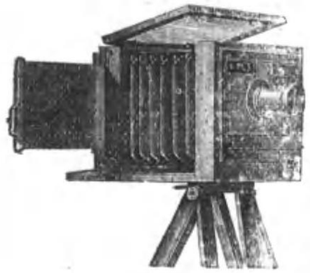
一一二　視角及明視の距離　物體の遠近に依りて網膜上に生ずる像は、或は小に、或は大なるべし、眼に見ゆる物體の大は物體が眼のレンズに於て含む角の大小に依るなり、此角を視角と云ふ、月と太陽とが畧同じ大に見ゆるは、兩者の視角畧相等しきが爲なり。

眼に苦なくして物體を最も精細に視得る距離を明視の距離と云ふ、健全なる眼に在りては、明視の距離は約二五糎な

り。眼によりては水晶體扁平に過ぎ、明視の距離二五糎よりも大にして、近方の物體を明亮に見ると能はざるものあり、之を遠視眼と云ふ、遠視眼を補ふには凸レンズを以てす。又水晶體特に彎曲し、明視の距離著しく小にして、遠方の物體を明亮に見ると能はざるものあり、之を近視眼と云ふ、近視眼を補ふには凹レンズを以てす。

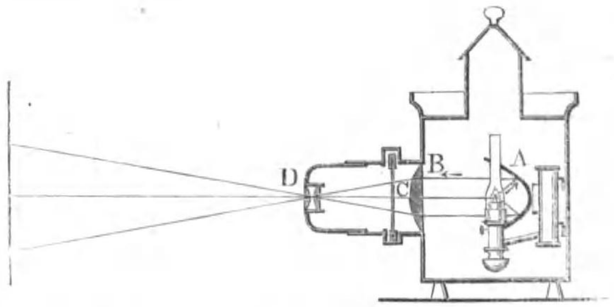
第四節　光學器械

一一一三　寫眞器械　寫眞器械はレンズによりて生じたる物體の像を印出せしむる器械にして、圖に示すは其要部なる暗箱なり、暗箱は小なる暗室にして、其一端にレンズを置き、他端に摺硝子を置く。



一八二七年佛人J. N. Niepce寫眞術を發明す

今革製の蛇腹を伸縮して、像が丁度摺硝子の上に映ずる樣にし、然る後摺硝子に代ゆるに、光に感じ易き藥品を塗りたる硝子板を以てし、暫時之に光を當つるときは、光の強弱に應じて藥劑に化學的變化を生ず、次に之を適當なる溶液に浸すときは、硝子板上に印出されたる像を得、之を陰畫と云ふ、更に之を藥品を塗りたる紙に燒付くるときは、陽畫即ち通常の寫眞を得るなり。



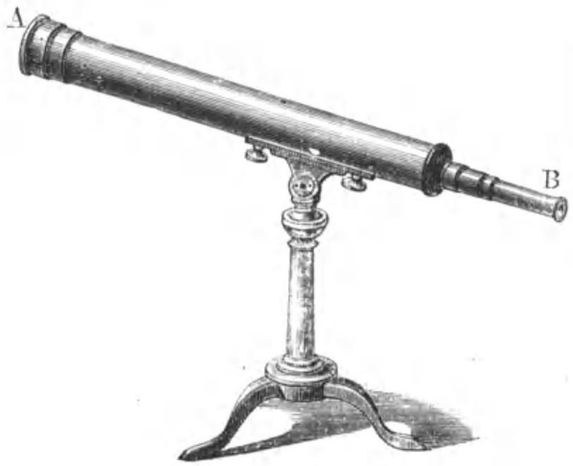
一一一四　幻燈器械　幻燈器械の裝置は圖に示すが如く、凹面鏡A及凸レンズBに依りて、繪を畫きたる硝子板Cを照

一六〇八年獨人Hans Lippersheyは始めて望遠鏡を發明す

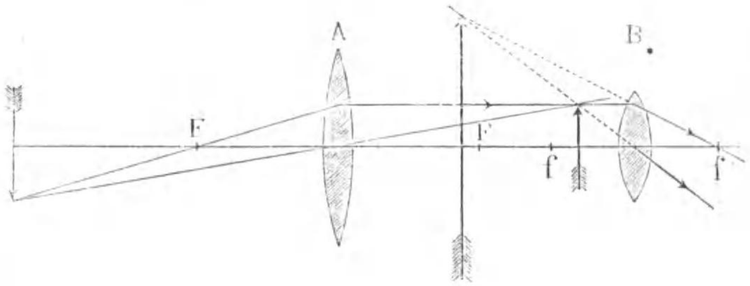
Galileoは獨立に望遠鏡を作る

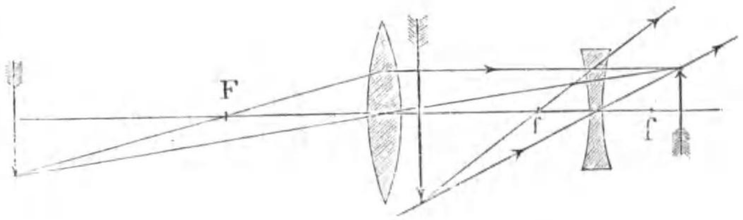
し、凸レンズDを以て擴大したる畫の像を、衝立の上に映ぜしむ、畫を照すには弧燈の如き强き光を用ふるを宜しとす。

一一五　望遠鏡



望遠鏡は天體又は遠距離に在る物體を觀測する器械にして、太き金屬製の圓筒の一端に凸レンズAを置き、他端に小なる圓筒を挿し、其端に凸レンズBを置きたるものなり、Aを對物レンズ、Bを對眼レンズと云ふ。先對物レンズに依りて生じたる物體の像を、對眼レンズの主焦點以内に來らしめ、更に此像を對眼レンズに依りて擴大して、大なる虚像を得るなり。

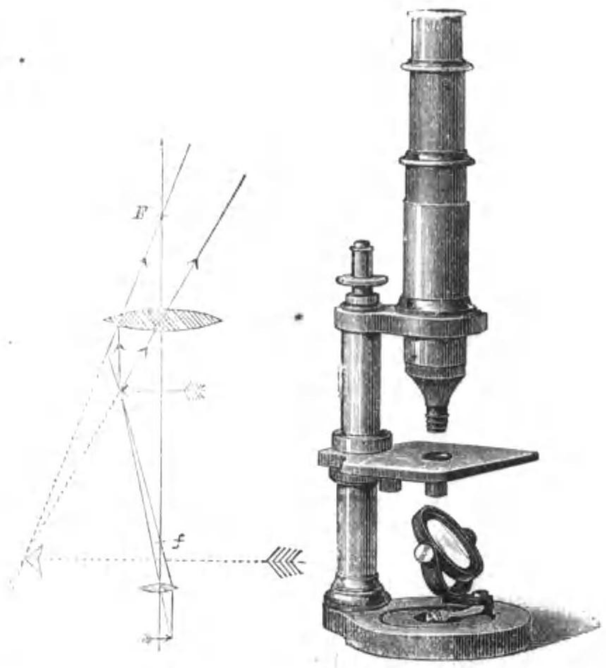




ガリレオの望遠鏡は、對眼レンズに凹レンズを代用したるものにして、像は直立して現るゝが故に、重に景色を眺むるに用ひらる。双眼鏡は此種の望遠鏡に屬す。

一一六　顯微鏡

顯微鏡は微小なる物體を著しく擴大して見せしむる裝置にして、其構造畧、望遠鏡に類す、顯微鏡の對物レンズの焦點距離は極めて短く、通常其主焦點外に於て、かなり之に近く物體を置く、然るときは、擴大したる實像を生じ、此像更に對眼レンズに依りて擴大せらる、通常二個或は三個より成る對物レンズを用ひて擴大の度を增す。



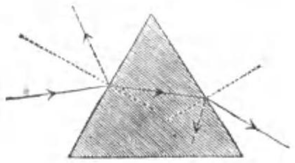
和蘭人 Zacharias Joannides 殆と同時代に顯微鏡を發見す

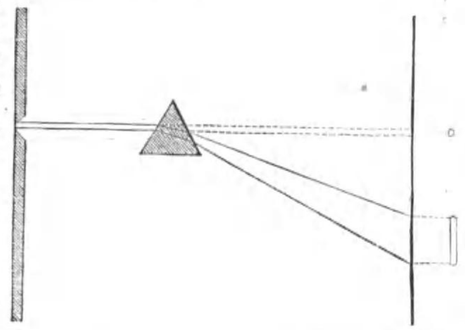
第四章　光の分散

第一節　分散

一一七　分散

互に傾斜せる二平面を有する透明體をプリズムと云ふ、光線がプリズムの第一面に投射するときは、一部は反射し他部は屈折してプリズム中に入る、屈折光線の一部は更に第二面に於て反射し、他部は再び屈折して空氣中に出づ、屈折の法則に照して考ふるに、透明體の屈折率が一より大なるときは、投射光線はプリズムの厚き部分に向て屈折す、之に反して其屈折率が一より小なるときは、

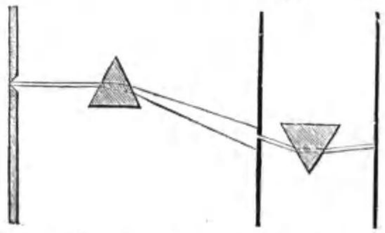


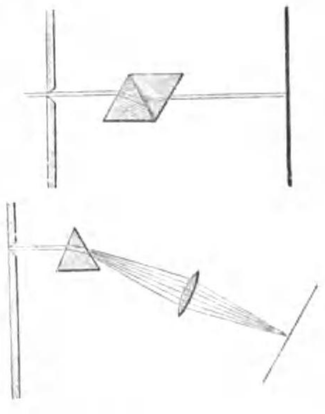


薄き部分に向て屈折す。

暗室の側壁に穿てる小孔より日光を室内に導き、之を硝子プリズムを通して屈折せしめたる後、衝立に受くるときは、種々の美麗なる色が虹の如く帶狀を爲して並列するを見る、其著しき者を排列の順に擧ぐれば、赤・橙・黃・綠・青・藍・紫等の七色なり、此の如く、光が種々の色の光に分るゝ現象を分散と云ひ、色の排列をスペクトルと云ふ。

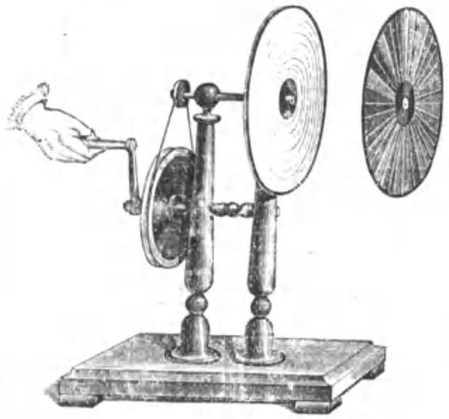
又一度プリズムに依りて分散したる光の一部を取りて、再びプリズムを通らしむるも、更





に屈折するのみにて、分散するとなし。又一度分散したる光を、第二のプリズムに依りて逆に屈折せしむるか、或は凸レンズに依りて一點に集むるときは、元の白色を得。是に依りて、日光は屈折率を異にせる無數の光線より成ることを知る、其中重なる色の水に對する屈折率を擧ぐれば左表の如し。

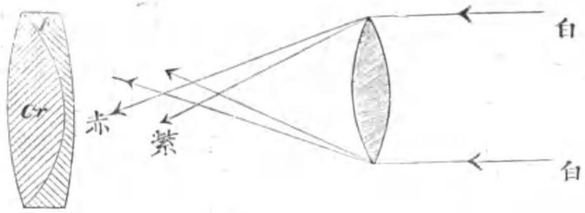
赤(A)……1.3293
橙(C)……1.3317
黃(D)……1.3335
綠(E)……1.3358
青(F)……1.3377
藍(G)……1.3412
紫(H)……1.3441



ニュートンは日光が多くの色の光より成るとに就て深く研究せり、氏は又圖に示すが如く、圓板上に七色の繪具を塗り、之を廻轉して板が白色に見ゆるとに依りて、白色の光は七色の光より成るとを示せり。

一一八　レンズの色收差　前に述べたるが如く、通常の光は屈折率を異にせる多くの光より成るが故に、之をレンズを透して屈折せしむるときは、色により多少焦點の位置を異にす、例へば、屈折率の大なる紫色は、レンズに近く焦點を結び、屈折率の小なる赤色は、遠く焦點を結ぶ、故に白紙を

一七五八年英人Dollondが色消レンズを作る



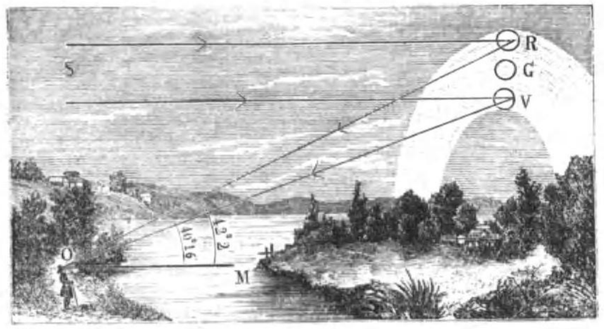
焦點の近傍に動かすときは、距離に應じて、種々の色を現す、同樣にレンズの作る所の物體の像は、一般に輪廓の着色するを見る、此現象をレンズの色收差と云ふ。レンズの色收差は物體の像を不明瞭ならしむるが故に、之を防ぐには色消レンズと稱するものを用ふ、色消レンズは通常クラウン硝子の凸レンズとフリント硝子の凹レンズとを合せたるものにして、レンズの彎曲の度を適當に撰みて、重なる色を畧、一點に集まらしめ、以て輪廓の着色するを防ぐ、精巧なる光學器械には皆色消レンズを用ふ。

一一九　虹

虹は日光が空氣中に浮遊せる無數の水滴に當りて、反射及屈折を爲すに因りて起る現象にして、通常約四一度の角半徑を有する色帶の圓弧より成る、此圓の中心は、肉眼と太陽とを結ぶ線上に在りて、色の順序はスペクトルに於けるものと同じく、赤は最も外部に、紫は最も内部に在り。時として、此虹の外に更に第二の虹を見ることあり、其角半徑は約五二度半にして、色の順序は第一の虹と相反す、左に虹の生ずる理由を説明せん。

太陽より來れる平行なる光線が水滴に當りて、圖に示すが如く屈折及反射を爲すときは、光線は水滴を出づる後一般に發散す、然れども、適當なる投射角を以て

水滴中に入る所の光線は、之を出づる後再び平行するものなり、かゝる光線を眼に受くるときは其光の強きを感ず、理論上の計算に依るに、此の如き光線が投射光線となす角は色によりて其値を異にするものにして、赤色に於ては四二度二分にして、紫色に於ては四〇度一六分なり。



圖に於てO點を觀測者の位置とし、R G V等を水滴とし、OMを日光の來る方向とし、角ROMを四二度二分とせば、水滴Rは眼に強き赤色の光を送り、其他の光を發散して甚だ微弱ならしむ、同

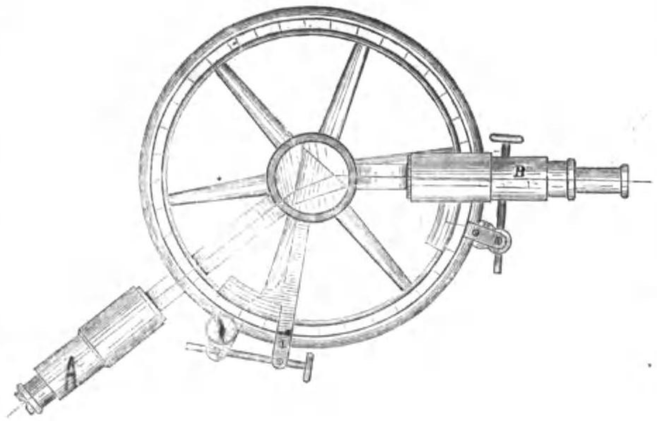
様に角VOMを四〇度一六分とせば、水滴Vは眼に強き紫色の光を送るべし、今OMを軸としOR或はOVを迴轉するときは一〃の圓錐を得、此圓錐上の各水滴は太陽及觀測者に對して、R或はV等の水滴と、同一の關係を有するが故に、皆強き赤色或は紫色の光を送る理なり、故に赤色は角半徑四二度二分、紫色は四〇度一六分の圓形を爲して、太陽と反對の側に現るゝを見る、又、橙・黃・綠・青等の各光線が水滴に當りて反射及屈折をなしたる後、平行光線として出づる方向は、順次に赤及紫の中間にあるが故に、各色はスペクトルと同じ順序に排列して美麗なる色帶を生ず。

同樣に、水滴中にて二度反射して後出づる光線は第二の虹を生ず、理論上の計算に依るに、光線が二度反射して出づるとき平行するものとすれば、是等の光線が投射光線となす角は、赤に於ては五〇度五八分、紫に於ては五四度一〇分となる、從て色の順序は第一の虹と相反す。凡て光は反射する毎に其強を、減ずるが故に、第二の虹は第一の虹よりも弱し。

第二節　スペクトル分拆

一二〇　分光器　スペクトルを研究するには分光器と稱する器械を用ふ、其構造は臺上に目盛したる圓盤ありて、之にコリメートルと稱する圓筒Aを附す、圓筒の外に向へる一端に細隙あり、内に向へる他端に凸レンズありて、細隙

をして丁度レンズの主焦點に在らしむ、又圓筒と同じ水平面に、臺を軸として廻轉し得る望遠鏡Bあり、廻轉の角度は示標に依りて、圓盤上にて讀むことを得、今太陽或は他の發光體の光を細隙に導けば、光線は圓筒のレンズによりて平行光線に變ぜられ、中央の臺上に在るプリズムを通りて、望遠鏡の視場に美麗なるスペクトルを現す。



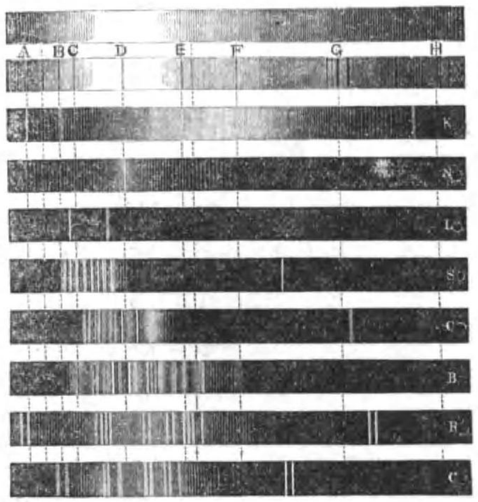
一二一　スペクトルの種類

分光器を以て細に太陽

一八〇二年英人Wollaston太陽スペクトル中に黑線を發見す

Fraunhofer (1787-1826) 大にスペクトルを研究す

のスペクトルを觀察するに、左圖の第二列に示すが如く、其中に無數の黑線の存在するを見る、獨人フラウンホーヘルは深く是等の黑線に就て研究し、其重なるものにABCDEFGH等の名を與へたり、普通に是等をフラウンホーヘルの黑線と云ひ、黑線を有するスペクトルを不連續スペクトルと云ふ。又固體或は液體の發光體が生ずるスペクトルは、上圖の第一列に示すが如く、太陽のスペクトルと異る所なしと雖も、所謂フラウンホーヘルの黑線の存



Fraunhofer 氣體スペクトル中に輝線を發見す

獨人 G. Kirchhoff (1824-1887) 及 Bunsen (1811-　) 大にスペクトル分析術を研究しクシウム及ルビヂウムの二元素を發見す

在を認むるとなし、之を連續スペクトルと云ふ。次に氣體のスペクトルを見るに、其大部分は暗黑にして、唯所々に輝線の存在するを見るのみ、之を輝線スペクトルと云ふ。圖中第三列以下にあるものはカリウム・ナトリウム・リチウム等の蒸氣の生ずる輝線スペクトルなり。

氣體のスペクトルは其氣體に特有なる輝線を表すものなるが故に、一度之を種々の元素の蒸氣に就て定むるときは、之に依りて種々の物體中に存在する元素を知ることを得。此法をスペクトル分析術と云ふ。

又發光體が固體若くは液體なるか、或は氣體なるかに依りて、スペクトルの種類を異にするを以て、逆にスペクトルの種類に依りて、發光體の狀態を判定することを得べし、例へば

G. Kirchhoff 黑線の存在を説明す

或天體が連續スペクトルを現せば、其天體は固體或は液體の狀態にあるべく、若し輝線スペクトルを現せば氣體の狀態にあるべし、太陽のスペクトルは輝線に非ざるが故に、其大部分は液體或は固體の狀態にあるべし、されど、太陽のスペクトルが固體・液體のスペクトルと異りて、無數の黑線を有するは他に源因あればなり。

一二二　黑線の説明

種々の元素のスペクトルを吟味するに、輝線の位置は殆ど皆太陽スペクトル中の黑線の或者と一致す、例へばナトリウム蒸氣の發する輝線は、太陽スペクトルのD線と其位置を同ふするが如し、之に依りて、黑線と種々の元素との間に、密接なる關係あることを知る。

又、凡ての氣體はそが高溫度に於て輻射し得べき光線を、低

溫度に於て吸收す、例へば、電氣燈の如き連續スペクトルを生ずる光と、分光器の細隙との間に、ナトリウム蒸氣を置くときは、黃色の光の一部は吸收せられて黑線を生ずるを見る、其黑線の位置は太陽スペクトルのD線と全く一致す。

是等の事實に依りて考ふるに、太陽は高溫度に在る固體或は液體の塊にして、之より發する光は連續スペクトルを現すべけれども、太陽を圍繞せる比較的低溫度の種々の元素の蒸氣に依りて其一部吸收せられて、スペクトルに黑線を生ずるを知るなり。

されば、太陽スペクトルの黑線の位置と、種々の元素の輝線の位置とを比較して、如何なる元素が、太陽中に存在するかを知るとを得、例へば、太陽スペクトルのD線はナトリウム

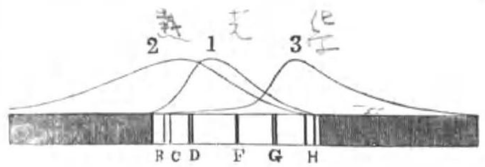
の輝線と其位置を同ふするが故に、太陽にも、此元素の存在するを推定し得べし、物理學者は此方法に依りて、初て諸天體中に如何なる元素が存在するかを知り、且是等は、我地球上に存在するものと大差なきとを確むるを得たり。

獨人 Herschel (1738-1822) 一八〇〇年赤外線を發見す後數年 W. Ritter 及 Wollaston 紫外線を發見す

米人 Langley 大に赤外線を研究す

一二三　スペクトル各部の作用　太陽スペクトル中にて、吾人の眼に最も强き感覺を與ふる色は黃にして、夫より赤或は紫に至るに從ひ、次第に强を減ず。又銳敏なる測溫器を以てスペクトル各部の熱の作用を驗するに、黃色部に於ては作用最も大にして、紫色部に向て比較的急激に減少し、紫色の外部に至れば殆ど全く消滅す、之に反して、赤色の外部に於ては作用尙强く、その全く消滅するは、赤色外遠き所にありとす。又硝酸銀を塗りたる紙片を以て、各部の

化學作用を驗するに、概して赤・橙・黄・綠等の部分に於て其作用少く、青より紫に至るに從ひ次第に增加す、上圖スペクトルの上に引ける1 2 3なる三曲線はスペクトルの各部に相當する光の强・熱作用及化學作用の强弱の模樣を示すものにして、曲線の高き部分は比較的作用の大なるを示し、低き部分は作用の小なるを示す。



此の如く、太陽スペクトル中には通常吾人の眼に感ずる光線以外にも屈折し來る所の光線あり、赤以外に屈折するものを赤外線或は熱線と云ひ、紫以外に屈折するものを紫外線或は化學線と云ふ、前者は重に熱作用を呈はし、後者は重に化學作用を爲す、通常の光線・熱線及化學線を總稱して輻射線と云ふ。

第三節　色

一二四　餘色及原色　太陽スペクトル中或色例へば、赤色を遮りて、殘の色を集むるときは青綠色に見ゆ、又青綠色を遮りて、殘の色を集むるときは赤色に見ゆ、若し是等の二色を相混ずるときは再び白色となる、此の如く相混じて白色となる二色は互に餘色を爲すと云ふ。又赤・綠・紫の三色を適當に混ずるときは白色及他の任意の色を生ぜしむることを得、故に此三色を原色と云ふ。

一二五　物體の色　物體各、特種の色を有するは、受けたる光を一樣に吸收或は反射せざるに基く、例へば青色の布は重に青色の光を反射し、其他を吸收するに依りて青く見

ゆ、又白色の物體は各色の光を一樣に反射するものにして、黑色の物體は總ての光を悉く吸收するものなり。

又同一の物體にても、之を照す光の種類によりて其色を異にす、例へば紅の如きは赤色の光の外殆ど他を吸收するを以て、日光に照して見るときは、赤色に見ゆれども、之を照すに酒精燈にて食鹽を熱して生ずる所の光を以てするときは、紅の反射し得べき赤色の光を欠くがため、暗黑色に見ゆべし。

透明體を通りたる日光が其物體に特有の色を現すは、物體が重に或色の光を通過せしめて其他を吸收するに基く、例へば、赤硝子は重に赤色の光を通過せしめ、其他を吸收するによりて赤く見ゆるなり。

問（一）酒精燈に食鹽を投じたる光にては、殆ど白色と黃色とを區別し能はざるは何故なるか。

（二）紙片に蠟を塗りたるものを前面より照して見るときは、蠟を塗りたる部分は他の部分よりも暗黑なれど、背後より照して見るときは却て光輝あるは何故なるか。

一二六　燐光及螢光

硫化カルシウム又は硫化ストロンシウムの如き物體を、暫時日光に晒して後、之を暗室に移すときは、薄き青色の光を發するを見る、之を燐光の現象と云ふ。又石油を充てたる硝子瓶に、暗室の小孔より導ける日光を當て、反射光線にて之を望むときは、美麗なる青藍色を呈するを見る、若し石油の代りにフリュオレッシーンの溶液を以てするときは鮮美なる綠色を呈す、之を螢光の現象と云ふ。螢光は燐光の如く永續するものに非らずして、投射

光線を遮るときは忽ち消滅す。

一二七　繪具の混合　茲に注意すべきは、光の混合と繪具の混合とは其趣を異にするとなり、互に餘色を爲す二色、例へば、黄色の光と藍色の光とを適當に混合すれば白色を生ずれども、黄色の繪具と藍色の繪具とを混合するときは通常綠色を呈す、其故は、黄色の繪具は重に青藍紫等の光線を吸收し、藍色の繪具は重に赤・橙・黄等の光線を吸收するものなれば、兩者を混合する時は、綠を除きて他の光線を吸收するを以て綠色を呈するなり。

第五章　波動說

一二八　光に關する學說　往時學者は光の現象を以て、發光體が絶えず光素と名くる微小なる物體を四方に發射するに依るものとし、光素が眼中に入り來るときは視覺を起すものなりとせり、之を光の微塵說と云ふ。此說は古き希臘のピタゴラスに始まり、中世に於て、有名なるニュートンの賛同する所となりたるものにして、當時已に世に知られたる、光に關する諸現象を說明するに、最も簡便なりしかば、一時大に稱揚せられたり。

Huygens (1629-1696) 一六七八年波動說を公にす

ニュートンと同時に和蘭にハイゲンスなる人あり、微塵說に反對して波動說を唱道せり、氏は光を以てエーテルと名く

る一種の媒體の波動に基くものとして、光の反射・屈折及複屈折等に就て明亮なる說明を與へたり、然れども氏は十分に光の直行を說明すると能はざりき、氏の說は當時尙多くの學者の注意する所とならざりしが、光に關する種々の現象發見せらるゝに從ひ、微塵說の困難益〻增加し、學者をして次第に波動說に傾くの已を得ざるに至らしめたり。ハイゲンスに次でヤング・フレヂル及其他の學者は大に波動說を改良し、遂に所謂彈性波動說なるものを完成したり。近世に至り、フーコーは水中の光の速度を測定して、空氣中に於けるものよりも小なるとを確めたり、微塵說の推論に依れば、光の速度は密度大なる媒體中に於ては、小なる媒體中に於けるよりも大にして、正にフーコーの實驗の結果と相反す、然るに波動說に從ふときは、其推論能く氏の實驗に符合せり、かくして微塵說は遂に全く敗滅に歸せり。

一二九　彈性波動說　宇宙間到る所エーテルと稱する、輕微稀薄にして、彈性に富める物質ありて、吾人の所謂眞空中或は物體中にも瀰漫し、物體の分子は點々其中に散在す、光は發光體の分子の振動エーテルに傳はり、之に橫波を生ずるに依る所の現象にして、其波動四方に傳播して、吾人の眼中に達するときは光の感覺を生ず、其狀恰も發音體の振動が空氣に疎密の波を生じ、音を四方に傳送するが如し、音波は波長の大小によりて、耳に調子の高低を感ぜしむるが如く、光波も亦其長短によりて、眼に色の感覺を生ぜしむ。

一三〇　光波の波長　エーテルの波動中にて、吾人が光

として感ずることを得るは、其波長一定の範圍内に在るものゝみにして、赤外線及紫外線の如きは、肉眼を以て其存在を認むることを得ず。今光の干渉の實驗に基き、波動說に從て種々の光の波長を計算すれば左の如し。

波長の表

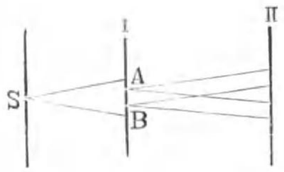
A	0.0007600 粍
B	0.0006867
C	0.0006563
D	0.0005893
E	0.0005270
F	0.0004861
G	0.0004309
H	0.0003969

Fraunhofer 初て波長を測定す

即ちスペクトルに於ける色の排列は、波長の順序を示すものにして、赤色より紫色に至るに從ひ次第に其波長を減ず、又赤外線の波長は赤の波長よりも大に、紫外線の波長は紫の波長よりも小なり、一般に光波の波長は音波に比して、甚だ小にして、其振動數も亦極めて大なり。

英人 T. Young (1773–1829) 一八〇一年波動の干渉を論じ之を光及音波に應用す

一三一　光波の干渉



暗室の側壁に細隙Sを穿ち、之より入り來れる日光を第一の衝立に受け、更に、衝立上に穿てる、極く接近したる二小孔A及Bを通過したる光を第二の衝立に受くるときは、兩孔より來る光の相重なる部分に於て、スペクトルの如き色の縞を生ず、又日光に代ふるに、ナトリウム蒸氣の光を以てするときは、色の縞を生ぜずして輝線及黑線の交々相併列するを見る、此現象を光の干渉と云ふ、若し兩孔の一を塞ぐときは、此現象は忽ち消滅す、是に依て、A孔より來る光の一部は、B孔より來るものゝ爲に助けらるゝ所と、消さるゝ所とを生ずること、音波の

干渉に於けるが如きを知る、此現象は尚微塵説の盛なる頃ヤングの實驗せし處にして、波動説に依れば直に了解するとを得と雖も、微塵説にては到底之を説明すると能はず、實に此現象の發見は微塵説に一大打擊を與へたるものと謂ふべし。

Grimaldi (1618-1663) ヂフラクションを發見す

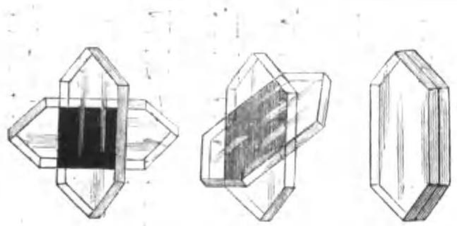
一三二　光のヂフラクション　極めて細き細隙より日光を暗室に導き、之を衝立に受くるときは、白色なる細隙の像の左右に虹の如き美麗なる色の縞を生ずるを見る、此の如く光が陰影となるべき部分にも進入する現象を光のヂフラクション と云ふ、若し細隙を少しく廣むるときは、此現象忽ち消失すべし。

是に依て見れば、光が直線に進行して陰影を作るは、光の通過する孔が波長に比して甚だ大なる場合にして、若し孔の大甚だ小なるときは、恰も戸の間隙より入り來れる音波が室内に擴がるが如く、光波も亦其陰影中に進入す、音波が陰影を作らざるは、全く其波長が光波の如くに、通常の物體に比して甚だ小ならざるが爲なり。

Fresnel 初て波動説より光の直行を説明す

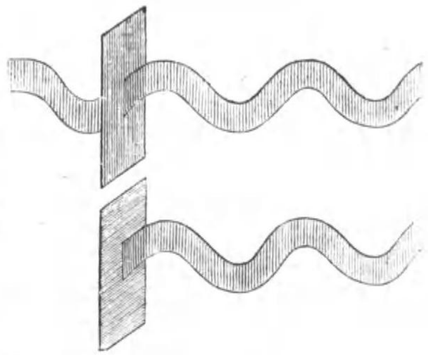
一三三　偏光　電氣石と名くる結晶體を、結晶軸に平行に切りて二枚の板を作り、第一の板を通過せる光を見るに、肉眼にては通常の光と殆ど區別すること能はず、されど之を第二の板を通して窺ふに、若し兩板の結晶軸互に平行なるときは、第二の板の有無に依りて、光の强に變化を生ずることなし、若し第二の板を其位置に於て次第に廻轉するときは、光の强は漸々減少し、兩板の結晶軸互に直角を爲すに

至れば、光は殆ど全く消滅す、此の如く一旦電氣石を通過せる光は、通常の光と大に其性質を異にす、此現象を光の偏と云ふ、一般に木板及硝子板等の如き非金屬の表面に於て反射したる光は、多少偏るを常とす、偏光を驗するには、其光を電氣石の板を通過せしめ、板の廻轉によりて、光の强弱を生ずるや否やを見るべし。



佛人フレヂルは、光波はエーテルの横波なりとの假定によりて、巧に偏光を説明せり、左に氏の説を擧ぐ。

光波はエーテルの横波にして、振動の方向は、波の進行の方向に直角なる平面内にありて一定せずと雖も、一旦之を電氣石の板に當つるときは、振動の方向結晶軸に平行なるものゝみ通過して偏光を生ず、一旦偏りたる光を第二の電氣石に當つるに、兩板の軸が互に平行なるときは、偏光は第二の板を通過するとを得れども、直角なるときは全く通過すると能はず、其狀恰も上圖に示すが如し、若し兩板の軸が九〇度以内の角をなすときは、偏光の一部分のみ第二の板を通過するとを得るが故に、光の强は二軸の平行なるときよりも弱し。



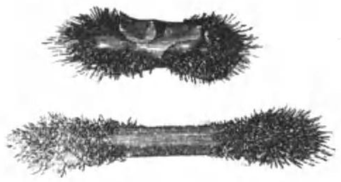
希臘の學者Thales (640-546 B.C.)磁鐵鑛が鐵粉を吸引することを知る

四千五百年前支那の黃帝初めて指南車を作る

第五篇　磁氣學

第一章　磁石の作用

一三四　磁石　磁鐵鑛と名くる鑛物には鐵を吸引する性質を有するものあり、此の如き磁鐵鑛を鐵粉中に入れて之を引き出すときは、多くの鐵粉之に附着す。又鋼鐵の棒を取り、磁鐵鑛にて二三度摩擦するときは、鐵棒の兩端は磁鐵鑛の如く鐵粉を吸引するを見る。斯く鐵を吸引する性質を有する物體を磁石と名け、磁石の性質を授くることを磁氣を付ると云ふ。磁石の鐵を引く力は部分に依りて強弱あり、通常兩端に近き所に於て



其力最も強し、是等の部分を磁石の極と云ふ。

今鋼鐵より成る細長き棒狀磁石を中央に於て支へ、水平の位置にて自由に廻轉するを得せしむるときは、磁石は署、南北の方向を取るべし、その北に向へる極を南極と云ふ。普通に、此裝置を磁針と云ふ。

一三五　磁石の相互の作用　一ッの磁針を他の磁針の近傍に持來すときは、兩者の間に力の作用あるを知り、且、南北兩極の性質に著しき差違あるを見る、例へば甲の磁針の北極を乙の磁針の北極に近くるときは互に相斥け、南極に近くるときは互に相引く、又甲の南極と乙の南極とは互に相斥け、北極とは互に相引く、約言すれば二ッの磁石の同名の極は互に相斥け、異名の極は互に相引く。

一三六　磁氣量　磁石の相互の作用を研究するには、磁石の兩極に磁氣と稱する一種の量の存在するありて、其一方には正の磁氣、他方には負の磁氣の分配せらるゝものと假想するを便利なりとす、通常北極の磁氣を正とし、南極の磁氣を負とす。

細長き二個の磁石を取り、同名の極甲及乙を別々に、同一の位置に於て磁針の一極に作用せしめ、兩極の作用する力が互に相等しきときは兩極の磁氣量相等しと云ひ、若し甲極の作用する力が、乙極の作用する力にn倍するときは、甲極の磁氣量は乙極の磁氣量にn倍すと云ふ。

又同じ方法に依りて、一ッの磁石の南北兩極の磁氣量を驗するに、如何なる磁石に就ても、兩極の磁氣量は互に相等しきを知る、こは磁氣に關する甚だ重要なる事實なりとす。

一三七　磁極間の作用　佛人クーロンは二ッの磁極間の作用を研究し、精密なる實驗の結果として、次の法則を得たり。

Coulomb (1736-1806) 氏の名を冠せる法則を發見す

二ッの磁極間の引力又は斥力は、兩極の磁氣量の相乘積に正比例し、其間の距離の自乘に逆比例す。 $\frac{mn}{r^2}$

此法則は甚だ重要なるものにして實に理論磁氣學の基礎を組成す。

英人 Faraday (1776-1867) の研究

其後ファラデーは、二ッの磁極間の引力或は斥力は、兩極が空氣中に在ると、他の媒體中に在るとは、少しく其大を異にすることを發見せり、即ち磁石の作用は之を包圍する媒體の性質に關するものなることを知れり、是に依て見れば、磁氣の作用は一物體より直接に他物體に及ぶものに非ずして、必ず中間の物體即ち磁氣の媒體を經て到著するものなること明なり。

第二章　磁氣感應

一三八　磁場　磁石の周圍に於て、其作用の及ぶ所を磁場と云ふ嚴密に云へば、磁石の周圍は到る所磁場なるべきも、實際其作用を認め得るは磁石に近き部分に限れり、單位の正極を磁場の一點に持來すとき、之に働く力を、其點に於ける磁場の强と云ふ。

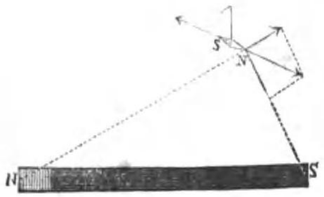
一三九　感應

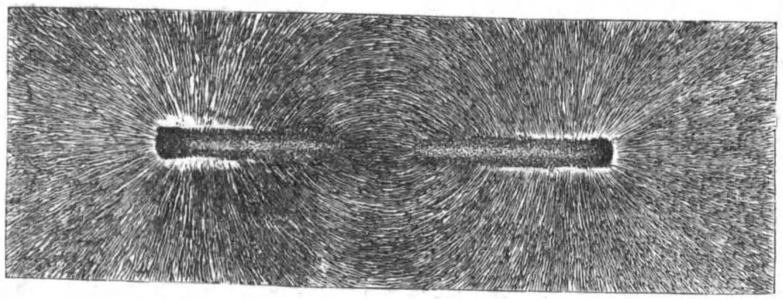
磁石の近傍に一の鐵片を持來すときは、鐵片は磁石となるべし、此の如く、磁場に置かれたる物體が磁氣を帶ぶることを磁氣感應と云ひ、感應に依りて磁氣を帶ぶる物體を磁性體と云ふ、鐵の外ニッケル・コバルト等も亦著しく感應作用を現す、又ファラデーを始とし、其後多くの學者の研究に依るに、甚だ強き磁場に於ては、殆ど総ての物體は多少感應の現象を表すものなり。

鐵、ニッケル・コバルト等を磁石の近傍に持來すときは、感應作用によりて、磁石に近き部分に異名の極、遠き部分に同名の極を生じて磁石に吸引せらるゝ物體を常磁性體と云ふ、之に反してビスマス・銅等は、磁石に近き部分に同名の極、遠き部分に異名の極を生じて磁石に反撥せらるゝ物體を反磁性體と云ふ、凡て反磁性體は感應に依りて磁氣を帶ぶると甚だ微弱なるが故に、特別の裝置を用ふるにあらざれば、其反撥の模樣を見ると能はず。

一四〇　指力線

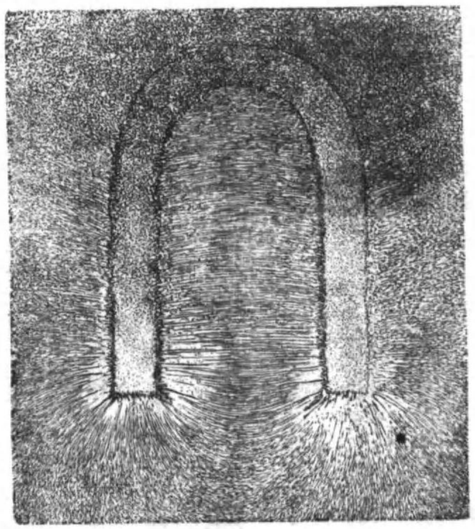
磁場の強は所によりて異なるものにして、磁石の兩極を遠ざかるに從て減少す。又磁石の近傍に置かれたる磁針の各極は、磁石の兩極の爲めに反撥吸引せらる、若し磁針甚だ小なるときは、兩極に働く各力は大相等しく、互に平行して反對の方向に向ふべし、故に磁針は偶力の作用を受けて磁場の強の方向に向て靜止す、即ち磁場の一點に持來されたる小磁針は其點に於ける磁場の強の方向を指す。



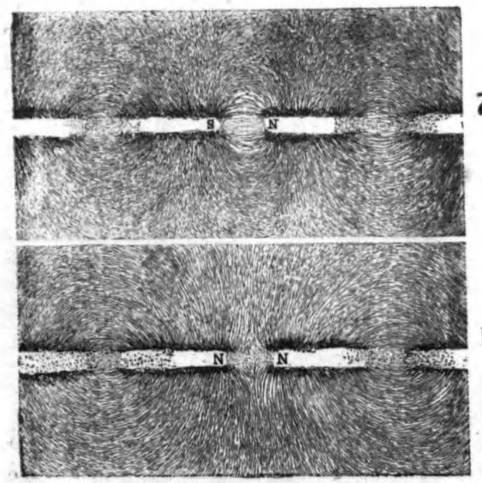


今磁石の上に硝子板を置き、其上に鐵粉を撒布して靜に板を敲くときは、各鐵粉は皆感應に依り磁氣を帶びて小磁石となるを以て、其軸は磁場の强弱の方向に向くべし、故に鐵粉は圖に示すが如く整列して無數の曲線を作る、されば、是等の曲線の各點に於ける切線の方向は、其點に於ける磁場の强弱の方向を示す、此の如き性質を有する曲線を指力線と云ふ、一般に、指力線は磁石の北極に始まり其南極に終る。

左圖甲は蹄鐵形磁石の指力線を表し、乙及丙は夫々異名の二極及同名の二極を向ひ合せに置きたる場合の指力線を表す。



甲

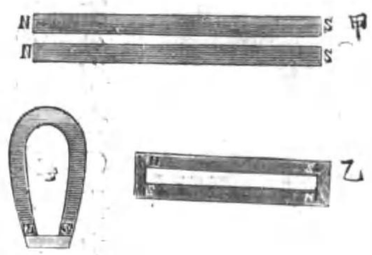


乙

丙

一四一　磁石の製法　軟鐵を磁場に持來すときは、容易に磁氣を帶ぶと雖も、之を磁場の外に持行くときは、直に磁

氣の大部を失ふ、之に反して、鋼鐵は磁塲に於て磁氣を帶ぶると容易ならずと雖も、一旦磁氣を受くるときは、之を磁塲の外に出すも磁氣を失ふこと少し、故に磁石の製造には鋼鐵を用ふ、磁石を作るに簡便なる方法は、强き磁石の一極を以て、數回鋼鐵棒の一端より他端に向て同じ方向に摩擦するにあり、又强き磁石を得んと欲せば、暫時鋼鐵棒を甚だ强き磁塲に置くを可とす。



上圖甲に示すが如く、同名の極を同方に向けて並置するときは、相互の感應によりて磁氣の殺減を生ず、之に反して、乙に示すが如く、異名の極を同方に向けて並置するときは、感應によりて、多少磁氣の

増加を生ずべし、殊に兩極に軟鐵片を架するときは、尙感應作用を盛ならしむ、故に棒狀磁石を保存するには、通常此方法を用ふ、又蹄鐵形磁石にありても、兩極に軟鐵を架して之を貯ふ。

問　蹄鐵形磁石は棒狀磁石よりも、磁氣を失ふこと少なきは何故なるか。

第三章　地球磁氣

英人Gilbert(1540-1603)磁氣と題する大著を公にす

一四二　ギルバートの說　ギルバートは磁氣學の基礎を作りし人にして、氏は磁針の常に南北を指す所以を說明する爲め、地球は其軸の兩端に、正負の磁氣を有する一大磁石なりと假定せり。然れども、磁針が正しく南北を指さずして、所によりて多少方向を異にするを以て見れば、地球磁

氣の分布は甚だ複雜ならざるべからず、地球が如何にして此の如く磁氣を帶ぶるに至りしかに就ては、未だ確定せる學說なし。

一四三　地球の磁場　地球磁氣を研究せんには、地表の各點に於ける磁場の强及其方向を知らざるべからず。磁針を其重心にて吊し、自由に上下左右に廻轉するを得せしむるときは、磁針の方向は其場所に於ける磁場の方向を示す。一般に磁針は畧南北に向へども、多少眞の南北より偏り、且水平面にも傾をなすを常とす、即ち地表に於ける磁場の方向は、一般に子午線及水平面と或角を爲すなり。

一四四　伏角・方位角及水平分力　或場所に於ける磁場の方向が水平面と爲す角を伏角と云ひ、之が子午線と爲せる水平面上の角を方位角と云ふ、又水平面上に於ける磁場の强の分力を水平分力と云ふ、地表に於ける磁場の强は、以上の三量に依りて十分に定まるものなるが故に、是等を地球磁氣の三要素と云ふ。

方位角は東に偏する所と、西に偏する所とあり、又磁針の北極は北半球に於ては概して下方に傾き、南半球に於ては上方に傾く、地球の表面上伏角零に等しき諸點を結びたる線を磁氣赤道と云ひ、伏角九〇度に等しき部分を、磁氣極と云ふ、磁氣赤道は地球の赤道と畧一致し、磁氣の兩極は地球の兩極を距る十餘度の所にあり。左に本邦各地に於ける方位角及伏角の表を揭ぐ。

地名	方位角	伏角
	(西)	(下)
札幌	6° 8′	57° 11′
仙臺	5° 6′	51° 50′
東京	4° 24′	49° 3′
名古屋	4° 41′	48° 50′
京都	4° 47′	58° 46′
廣島	4° 33′	48° 26′
熊本	4° 3′	46° 47′

一四五　磁氣の變化

地表に於ける磁場の强弱は、場所によりて異るのみならず、同一の場所に於ても時と共に變化するものなり、而して其變化に二樣あり、一は一日或は一年を周期として稍〻規則正しく變化するものにして、他は長年月の間に漸々變化するものなり、例へば、本邦各地の方位角は午前七八時頃最小にして、夫より次第に增加し、午后一時

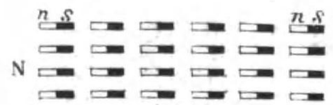
頃最大となる、其後漸々減少し、夜に入りては殆ど一定の値を有す、然れども、其變化甚だ僅少にして、最大最小の差僅に一〇分を越ゆるとなし、又本邦に於ける方位角は百年前頃より今日に至るまでに、零度より漸々增して西に偏ること四度以上に及べりと云ふ。

磁場の强弱は、是等の規則正しき變化の外に、僅々數時間若しくば數日間持續する所の急激なる變化を生ずるとあり、之を磁氣嵐(マグネチック)と云ふ。

問　磁石をコルクの上に載せ、之を水上に浮ばすときは、磁石は只南北を指して靜止するのみにして、少しも進行運動をなさゞるは何故なるか。

第四章　磁氣分子說

一四六　ギルバートの說　長き棒狀磁石を折りて數個となすも、其各片は皆磁石の性を現し、原の磁石と同じ向に正負の磁氣を帶ぶ、更に其一を取りて之を數個に分つも、其各片は亦磁石の性を現すを見る、同じ方法を幾度も繰返すに各小片は常に磁性を帶ぶべし、ギルバートは此事實を說明せんが爲め、磁石を作る鐵の各分子は皆一の小磁石にして、圖に示すが如く一定の方向に整列するものとせり、磁石の作用が重に兩端に表れて中央部に表れざるは、磁石の中央部に於ては、各分子の一極の作用は之に隣れる他分子の



異名の極の爲めに打消さると雖も、其兩端に於ては、重に同名の極相并列して其働を增大するに依る。

一八九一年英人Ewingは磁氣分子說を提出す

一四七　ユーイングの說　ギルバートの後二三の學者は各、自己の見解に從て氏の分子說に修正を加へたり、其中ユーイングの分子說は最も簡單にして、且ッ磁氣に關する現象を說明するに甚だ便利なりとす、氏の說に從へば、磁性體は磁氣を帶ぶると帶びざるとを論ぜず、其分子は皆小磁石にして互に磁力の作用を及ぼす者なり、磁氣を帶びざる磁性體に於ては、是等無數の小磁石の軸は、其方向種々雜多にして全體として磁石の性質を現さざれども、之を磁場に持來すときは、是等の小磁石は磁場の作用を受くるが故に、相互の作用に反して、多少磁場の方向に向けられ、磁性體は、全

體として磁石の性を現すに至る、而して磁場の強、大なれば大なる程、分子磁石は相互の作用に反して、其軸を磁場の方向に向けらるゝなり、從て磁性體の磁力は磁場の強、と共に增加すべし、然れども、分子磁石の軸の方向が殆ど皆磁場の方向に向ふときは、以後磁場の強、を增すと雖も、磁性體の磁力を增すと甚だ少かるべし、又磁性體は磁場を取去るも、分子磁石の相互の作用の爲めに、全く初の有樣に復すると能はずして幾分か磁氣を存すべきなり、是等は能く鐵ニ、ケル、コバルト等に就て已に知られた事實と一致す。

第六篇　電氣學

第一章　發電體

Thales摩擦したる封蠟の輕き物體を引くことを發見す

一四八　發電　乾きたる毛布を以て摩擦したる封蠟は能く輕き物體を吸引す、燈心にて作りたる小球を絹糸にて吊し、之に前記の封蠟を近づくるときは、小球は封蠟に引き付けられ、一旦之に接觸したる後は、直に排斥せらる、封蠟の代りに、之を摩擦するに用ひたる毛布を以てするも亦同じ、之を電氣の現象と云ふ、封蠟及毛布は發電の狀態に在りと云ひ、或は電氣を帶ぶと云ふ。

紙の小片を火に翳し、火鉢の側にて爪を以て二三回摩擦するときは、輕き物體を吸引す、學生自ら之を實驗すべし。

一四九　二種の電氣　今甲乙二個の燈心の小球を絹糸にて吊し、一旦是等を毛布にて摩擦したる封蠟に接觸せしむる時は、兩球は發電の狀態を表して互に排斥するを見る、又丙丁二個の燈心球を吊し、一旦之を毛布に觸れしめたる後は、亦互に排斥す、次に甲球を取り、之を丙球或は丁球に近づくるときは、互に吸引す、甲球の代りに乙球を以てするも、同樣の結果を得、されば、封蠟或は毛布に觸れたる兩球は、互に排斥すれども、封蠟に觸れたる球と、毛布に觸れたる球とは、互に相吸引す、是に依って甲乙二球の發電の有樣は、丙丁二球の發電の有樣と、其性質を異にするを知る、是等の發電の狀態を區別せんが爲、毛布及之に觸れたる球は正の發電の狀態に在りと云ひ、或は正電氣を帶ぶと云ふ、又封蠟及之に觸れたる球は、負の發電の狀態に在りと云ひ、或は負電氣を帶ぶと云ふ、實驗の結果に依るに、如何なる方法によりて發電せしむるも、發電の狀態は此二種の外に出づるとなし。

是等の事實を總括して、次の法則を得。

同じ發電の狀態に在る二物體は、互に相排斥し、異れる發電の狀態に在る二物體は、互に相吸引す。

問　硝子棒を絹布にて摩擦して得たる電氣は、正なりや、負なりや、實驗に依りて之を判斷せよ。

一五〇　導體及不導體　手に握れる硝子或は封蠟棒の一端を、金屬の發電體に觸れしむるも、發電體は其發電の狀

態を失ふとなし、されど、金屬棒の一端を之に觸れしむるときは、直ちに其發電の狀態を失ふべし、此の如く發電體に觸れて、發電の狀態を失はしむる物體を導體と云ひ、發電の狀態を失はしめざる物體を不導體、或は絶緣體と云ふ、金屬・身體等は導體にして、空氣・封蠟・絹・硝子・毛布等は不導體なり。

凡て物體は摩擦によりて發電せしむるを得と雖も、導體に於ては發電するも、不導體を以て之を絶緣するにあらざれば、發電の狀態は直に消滅するが故に、之を認むると能はず、然るに不導體に於ては發電したる儘にて殘るを以て、之を認むるを得るなり。

一五一　電氣量　磁石の作用を論ずるに當り、磁氣と云へる量を用ひたるが如く、發電體の相互の作用を簡單に言ひ表すに、發電の現象は發電體の有する二種の假想的の流體に因るものなりと考ふるを便とす、即ち此二種の流體は、反對の性質を有し、是等が等量に混合するときは、全く發電の狀態を表さずと雖も、若し一方多きときは、其差に相當する發電の現象を現すものとす、されば物體中の電氣の總量とは、其中に存在するものと假想したる、二種の流體の代數和に等し。

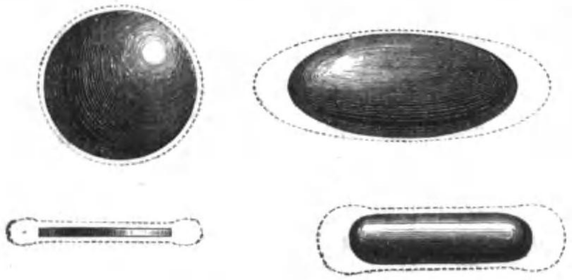
今甲乙二個の小なる發電體を取り、順次に同一の距離に於て、電氣を帶べる小物體丙に作用せしめ、二の場合の力の大互に相等しき時は、甲乙二物體の有する電氣量相等しと云ひ、若し甲體の作用する力が乙體の作用する力の n 倍なる時は、甲體の電氣量は乙體の電氣量の n 倍なりと云ふ、され

ば或電氣量を單位に採るときは之に依りて電氣量を測ることを得、通常用ふる電氣量の單位をクーロンと云ふ。

一五二　金箔驗電器　發電及其多少を驗するに最も便利なる器械を金箔驗電器とす、其構造は圖に示すが如く、硝子瓶中に金屬棒を挿入し、其下端より瓶内に二枚の金箔を垂下し、其上端に金屬板を附したるものなり、今發電體を金屬板に觸るゝときは、金箔は互に開くべし、其開きたる角の大小によりて、發電の多少を知ることを得。

一五三　電氣の分布　導體に電氣を移すときは、直に其全體に撒布して靜止の狀態に達す、靜止の狀態に達したる

電氣は、導體の表面にのみ存在し、決して其内部に存在することなし、此事實は種々の簡單なる實驗に依りて證明することを得。例へば一の小孔を有する内空の導體に電氣を與へ、絶緣體の柄を有する小なる金屬板を導體の内部に觸れしめ、金箔驗電器によりて驗するに、電氣は少しも導體の内部に存在せざるを見るべし。



又同一の導體の表面に於ても、其分布一樣ならず、一般に表面の扁平なる所には電氣の量少くして、彎曲せる部分には其量多し、上圖は球・楕圓體・圓板及圓柱形の導體上に於ける電氣の分布の模樣を曲

線を以て示せるものなり。

電氣を帶びたる導體の表面上單位面積中にある電氣の量を、此部分に於ける表面密度と云ふ。

Coulomb發電體間の力を測定す

一五四　クーロンの法則　クーロンは精密なる實驗によりて、二個の電氣を帶べる物體間の力を測定して、磁氣の場合と同じ法則に從ふものなるとを發見せり、即ち、

二ッの發電體の間に作用する力は、電氣量の相乘積に正比例し、距離の自乘に逆比例す。

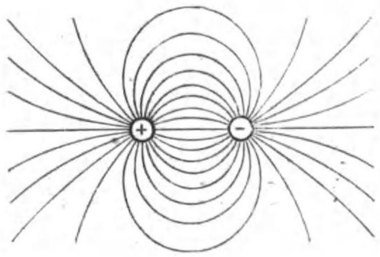
こは甚だ重要なる法則にして、磁氣の場合に於けるが如く、理論電氣學の基礎を組成す。

一八三一年Faraday初て指力線なる語を用ふ

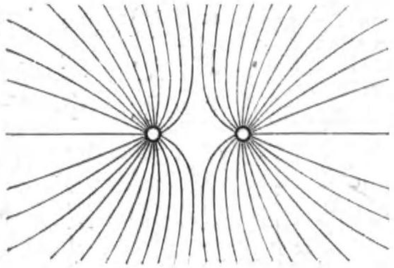
第二章　電氣感應

一五五　電場　發電體の周圍に於て、電氣の作用の及ぶ所を電氣の場或は單に電場と云ふ、然れども、實際電氣の作用を認め得るは、發電躰に近き部分に限れり。電場の一點に持來されたる單位正電氣に働く力を、其點に於ける電場の强と云ふ。

甲



乙



一五六　指力線　磁場の場合に於けるが如く、電場に引ける曲線にして、其各點の切線の方向が其點に

於ける電場の方向を表すときは、此線を指力線と云ふ、上圖甲は等量異種の電氣の作くる指力線を表し、乙は等量同種の電氣の作くる指力線を示す。

テレビン油に硫酸キニーネの少量を混じ、其中に發電機の兩極を漬けて電氣を通ずるときは、硫酸キニーネは整列して指力線を示すべし。

一五七　感應　發電體の近傍に絶縁したる導體を持來すときは、導體は電場の作用を受けて、發電體に近き部分に異種の電氣を生じ、遠き部分に同種の電氣を生ず、絹絲にて吊したる燈心球を以て、容易に之を驗することを得、此の如く電場に置かれたる導體が發電の狀態を表すことを電氣感應と云ふ。感應によりて發電したる導體は、發電體を遠ざくと共に、發電の狀態を失ふ。

次に發電體を金箔驗電器の金屬板に近づくるときは、感應によりて金屬板は異種の電氣を帶び、金箔は同種の電氣を帶びて開くと雖も、發電體を遠ざくるときは、金箔は全く閉づべし、然れども發電體を金屬板に近づけたるまゝ、手を之に觸るゝときは、金屬板身體及地球は一の長き導體をなすが故に、金箔の部分に集れる電氣は、地球の遠き部分に流れて、金箔の閉づるを見るべし、是に於て手を離し、發電體を遠ざくれば、金屬板に留まれる電氣は、其一部流れて金箔に移るが故に、金箔は再び開くに至る、之を感應授電と云ふ。

一五八　正負の電氣量　金箔驗電器の金屬板の上に小口を有する金屬器を置き、互に能く接觸せしむると圖の如

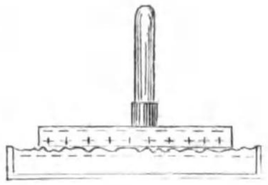
伊太利人Volta(1745-1827)電氣盆を發明す

くし、二の絶縁體を互に摩擦して發電せしめ、絹糸にて吊し、順次に此金屬器中に入るゝときは、感應作用に依りて金箔の開くを見る、且其開は前後の場合に於て毫も異ることなし、次に此二物體を同時に器中に吊すときは、金箔は少しも開くことなし、即ち二物體を摩擦して生ずる電氣は反對の種類にして、其量は互に相等しきを知る、又感應によりて生ずる正負の電氣に付て同樣の實驗をなすも、常に同じ結果を得るなり。

一五九　電氣盆　電氣盆は感應を利用したる簡便なる起電器にして、少量の電氣を要するときに用ふ、其構造は圖の如くにして、盆はエボナイト・松脂又は其他の不導體より

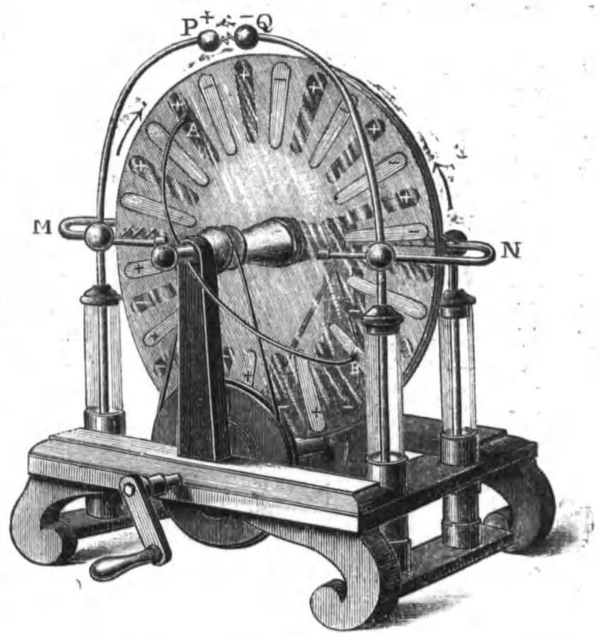
一八八二年Wimshurst感應起電機を作る

成り、其上に硝子の柄を有する金屬板あり、先ず乾きたる猫皮又は毛布にて盆を摩擦するときは盆に負電氣を生ず、盆の表面には微少なる凸凹あるを以て、此上に金屬板を載するときは、感應によりて、下面に正電氣、上面に負電氣を生ず、故に手を之に觸るれば、負電氣は身體を經て地球に移り、金屬板には正電氣のみ殘るべし。



一六〇　ウィムシヤルストの起電機　此機械は多量の電氣を得るに便なり、其構造は圖に示すが如く、二枚の硝子圓板ありて互に反對の方向に廻轉し得べく、其外面には多くの錫箔片を貼付く、又金屬製の刷毛を有する二本の金屬棒ありて、各硝子板の錫箔を押す。

今二枚の硝子板を反對の方向に廻轉せしめて、PQなる導體に電氣の集る所以を考ふるに、假に後板は靜止し、前板のみ矢の方向に廻轉するものとし、刷毛Aに對する後板の錫箔が正電氣を帶べりとすれば、感應によりて刷毛Aは負電氣、刷毛Bは正電氣を帶ぶべし、故に硝子板の廻轉に伴ふて、Aを過ぐる錫箔は負電氣、Bを過ぐる錫箔は正電氣を得、かくして、正電氣



を帶べる錫箔は櫛Mに近づき、感應によりて之に負電氣を生じ、他端Pに正電氣を生ず、而して櫛の尖端にある負電氣は錫箔の其間を通過するとき、其正電氣と中和して、導體Pに正電氣のみを殘す、同樣に導體Qは負電氣を得るなり、實際には、後板は反對の方向に廻轉して、之に貼れる錫箔の正電氣を帶ぶるものは櫛Mに、負電氣を帶ぶるものは櫛Nに近づきて、Pに正電氣、Qに負電氣を與ふるなり。若しPQに集まれる電氣量甚だ多くして、其間の距離餘り大ならざるときは、正負の電氣は遂に音と火花とを發して互に中和す、之を破放電と云ふ。一般に空氣中の塵埃は多少電氣を帶ぶるが故に、錫箔は初より幾分か電氣を帶ぶるものなり。凡て電氣を集むる器械に於て、尖頭を避けて球形となすは、

對流と名くる現象によりて、電氣の消失するを防ぐが爲なり、若し導體の一部著しく尖れるときは、此部分に於ける電氣の密度は甚だ大にして、空氣中に浮べる微細なる塵埃は感應によりて吸引せられ、尖頭の電氣を受けて反撥せらる、斯くして尖頭の電氣は次第に奪ひ去られて、此所に電氣の流出を生ず、之を電氣の對流と云ふ。

一六一　空中電氣　大氣中に浮游せる微小なる水滴及塵埃は、常に多少の電氣を帶ぶるものにして、雨天の時は正負常ならずと雖も、晴天の時は通常正電氣を帶ぶ。若し多量に異種の電氣を帶べる雲と雲とが相接近するときは、電氣は中間の空氣を破りて放電し、所謂雷鳴及電光の現象を生ず、若し又電氣を帶べる雲の降りて地面に近づくとあるときは、地面は之に感應して異種の電氣を生じ、遂に放電して所謂落雷を生じ、往々家屋樹木を破壞し又人畜の死傷を來す。

米人Franklin(1706-1790)紙鳶の實驗を爲す

雷は空中の電氣の作用に依るものなるとは、フランクリンが初て紙鳶の實驗によりて確めたる事實なり。

一六二　避雷柱　避雷柱は上端の尖れる長き金屬棒を屋上に立て、針金を以て之を地中に埋めたる金屬板に連結せるものなり、通常、其尖端を鍍金して錆の生ずるを防ぐ。避雷柱は雲の電氣と、感應に依りて地面に生じたる電氣とが放電するに際し、電氣の多分を避雷柱及針金を通りて中和せしめ、以て家屋の破損を防ぐの効をなす。

第三章　ポテンシヤル

一六三　ポテンシヤル　水を盛れる甲乙二器を細管を以て連通せしむるときは、水は水平の高き方より低き方に向て流るべし、故に水流の方向によりて兩器の水平の高低を知るとを得。されば甲乙二器を細管にて繫ぐとき、其間に水の流動なきときは、兩器の水平相等しと云ひ、水が甲より乙に向て流るゝときは、甲器の水平は乙器の水平よりも高しと云ふとを得。

同樣に、電氣の塲合に於ても、二個の電氣を帶べる導體を繫ぐに、細くして單に電氣を導くに足るべき導體を以てするとき、其間に電氣の移動なければ、兩體は同一のポテンシヤルを有すと云ひ、若し正電氣が甲體より乙體に移り、或は負電氣が乙體より甲體に移るときは、甲體のポテンシヤルは乙體のポテンシヤルよりも高しと云ふ。されば、電氣量とポテンシヤルとの關係は猶水量と水平との如し、又兩者の關係は能く熱量と溫度との關係に類す。

一六四　ポテンシヤルの測り方　導體の各部にポテンシヤルの差あるときは、電氣は直に流れて其差なきに至りて靜止す、故に導體の電氣が靜止の有樣にあるときは其各部のポテンシヤルは同一ならざるべからず。

實驗上の事實に依るに、導體のポテンシヤルが上昇するときは、近傍に在る發電體に作用する力を增す、故に水銀の膨脹收縮に依りて溫度の昇降を測るが如く、此力の增減に依

りて、導體のポテンシヤルを測るとを得、例へば發電體より一定の距離に發電したる燈心球を吊し、之に働く力の增減によりて、發電體のポテンシヤルの昇降を測るとを得、又發電體を針金にて金箔驗電器の金屬板に繫ぎ、金箔の開ける角度の大小によりて、畧、導體のポテンシヤルを測るとを得るなり、凡てポテンシヤルの高低を測る器械を電壓計或は電氣計と云ふ。通常用ふるポテンシヤルの單位をボルトと云ふ。

一六五　電氣容量　等しき熱量を種々の物體に與ふるに、溫度の上昇同一ならざるが如く、等しき電氣量を種々の導體に與ふるも、ポテンシヤルの上昇等しからず。導體のポテンシヤルを單位だけ昇すに必要なる電氣量を其導體の電氣容量と云ふ。或導體に一クーロンの電氣を與へて、其ポテンシヤルが一ボルトだけ上るときは、其容量を一ファラッドと云ふ、今Cファラッドなる電氣容量を有する導體に、Qクーロンの電氣量を與へたるとき、導體のポテンシヤルの昇りをVボルトとすれば、次の關係を得。

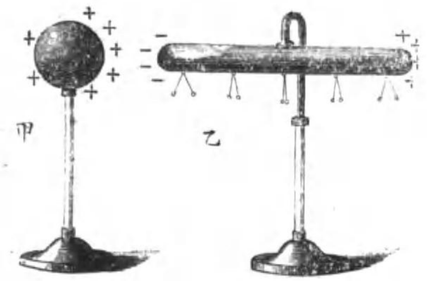
$$Q=VC$$

或は

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

地球は一大導體にして其容量甚だ大なり、故に之に多少の電氣を與ふるもポテンシヤルの昇降極めて小なり、通常地球のポテンシヤルを零として、ポテンシヤルを測る所の原點とす。

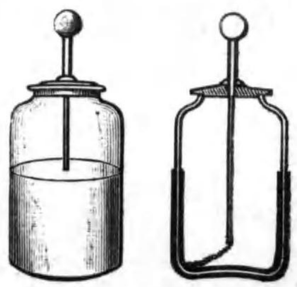
一六六　蓄電器　發電したる導體甲の近傍に、絶緣したる導體乙を持來す時は、甲のポテンシヤルは前よりも下降



す、こは甲體を金箔驗電器に擊きたる儘にて、乙體を持來すときは、金箔の開き方前よりも減ずるによりて知るとを得、又針金にて乙體を地球に繫ぎ、其ポテンシャルを零とするときは、甲のポテンシャルは一層下降す、更に兩體の距離を近づくるときは甲體のポテンシャルは愈下降す、從て其電氣容量は大に增加すべし。蓄電器は此理を應用して作りたるものにして、廣き面積を有する二枚の金屬板を、極めて近く、互に平行に對立せしめ、其一を針金を以て地球に繫ぎ、他の板に電氣を掛くる裝置なり、蓄電器は大なる電氣容量を有するを以て、多量の電氣を蓄ふるに用ふ。

一七四六年和蘭のLeydenに於て蓄電器發明せらる

ライデン瓶は蓄電器の一にして、圖に示すが如く、硝子瓶の內外兩面に、相對して錫箔を貼り、蓋に金屬棒を挿し、下端に鎖を下げて、內部の錫箔と連絡す、之を用ふるには、外側の錫箔を地球に連絡し、金屬棒を發電機に繫ぐべし、ライデン瓶の硝子壁は、前記蓄電器の金屬板の間に在る空氣の役目を爲す。發電機には通常ライデン瓶を附して電氣容量を增す。



一八三五年より一八三七年に渡りてFaradayの靜電氣を研究し比感應率を發見す

一六七　ファラデーの實驗　ファラデーは二枚の金屬板より成る蓄電器に就て實驗し、金屬板の間の距離及兩板のポテンシャルの差一定なる時は、蓄電器に於ける電氣の量は、兩板の中間に在る絕緣體の性質に依りて異なるとを發

見せり、例へば兩板のポテンシャルの差同一なるも、絶縁體が硝子或は硫黄なるときは、そが空氣なるときよりも、金屬板に在る電氣の量著しく多きが如し。

蓄電器の容量が金屬板の間に在る絶縁體の性質に依りて異なることは、電氣の作用も亦磁氣の作用と等しく、中間に在る媒體を經て、一ッの發電體より他に及ぶものなることを確むる所の重要なる事實なりとす。

第四章　電流

一六八　電流　甲乙の導體ありて、甲は正電氣を帶びて高ポテンシャルに在りとし、乙は負電氣を帶びて低ポテンシャルに在るものとす、若し甲と乙とを針金にて連結するときは、正電氣の一部は甲より乙に向て流れ、負電氣の一部は乙より甲に向て流る、かゝる電氣の流動は、極めて少時の後、甲乙兩導體のポテンシャルが同一となるに至りて止む、兩導體のポテンシャルが變じつゝある間は、之を連結せる針金の周圍に磁場を生じ、且此針金は熱せらるゝに至るべし、若し針金の近傍に鋭敏なる磁針を持來すときは、磁針は一時南北の方向より傾き、又鋭敏なる測溫器を針金に接近せしむるときは、溫度は一時上昇するを見る、導體が發電體なるときは、是等の効果は極めて少時間のみ續くを以て、之を觀測すると甚だ困難なりと雖も、甲乙兩體のポテンシャルの差を常に一定に保たしむる裝置を附するときは、磁場或は熱の効果は、長く續きて、容易に之を觀測するとを得。

伊太利人 Galvani (1737-1798) 電流を發見す

此の如く、異れるポテンシャルを有する二ッの導體を、針金にて連結するとき生ずる電氣の流動を電流と云ひ、正電氣の流るゝ方向を電流の方向とす。

通過する

電流の強弱を測るには、單位時間に針金の切口を一の方向に流るゝ正電氣の量と、反對の方向に流るゝ負電氣の量との和を以てす、通常一秒間に一クーロンの電氣量が流るゝときの電流の強を單位とし、之を一アンペールと云ふ。

電流を得る裝置種々ありと雖も、孰れも化學的作用、熱の作用、若しくは機械的作用に基くものなり、先づ左に初の二者に就て述べんとす。

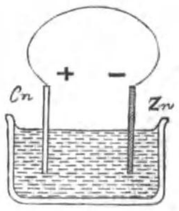
一六九　接觸電氣及電池　數個の異れる金屬を互に接觸せしむるときは、是等の金屬間に多少ポテンシャルの差を生ずべし、かゝる現象を接觸電氣と云ひ、此ポテンシャルの差を接觸電動力と云ふ。先に導體の各部は同一のポテンシャルを有すと云ひしは、導體が一種の物體より成るときに限れるなり。

Volta 接觸電氣を發見す

次に數個の金屬を連結して一の輪道を作るに、接觸電氣によりて各金屬のポテンシャルは各、異なりと雖も、輪道に電流の流るゝことなし、然るに金屬の一を、酸類或は鹽類の溶液を以て置き代ゆるときは、溶液中に化學的變化を生ずると同時に、輪道中に電流の生ずるを見る、此の如き裝置を電池と云ふ、左に電池の重なる種類を述ぶべし。

一七〇　ボルタの電池　器に水を盛り、之に少量の硫酸を混じ、銅及亞鉛の板を液中に對立せしむるときは、銅のポ

テンシャルは亞鉛のポテンシャルよりも高く、其差略、一ボルトとなる、銅及亞鉛を電池の極と云ひ、銅を陽極、亞鉛を陰極と云ふ、今此兩極を針金にて連結するときは、電流は陽極より針金を經て陰極に向つて流れ、銅及亞鉛のポテンシャルを同一ならしめんとす、之と同時に硫酸と亞鉛との化學反應は、銅板に正電氣を送り、亞鉛板に負電氣を送りて、電流は絶えず針金を流るべし。電池の兩極を連結せざる時に於ける、兩極のポテンシャルの差は、極の金屬及液の品質に依るものにして、毫も極の形狀及液の多少に依るものに非ず、此ポテンシャルの差を、電池の電動力と云ふ。



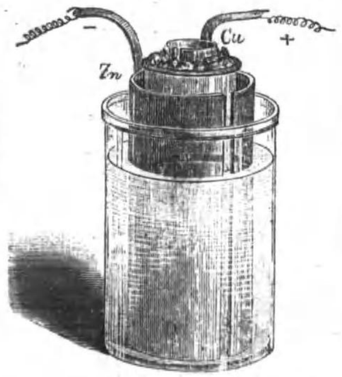
一七一　電池の分極

ボルタの電池に於ては、化學變化

の進むと共に、水素發生して銅板に附着す、此水素は電流の流るゝを妨ぐるのみならず、電流を逆に送る所の小なる電動力を生じて、電池の電動力を削減す、此作用を電池の分極と云ふ、電流を通ずること久しければ分極作用益盛にして電流甚だ微弱となる。

一七二　ダニエルの電池

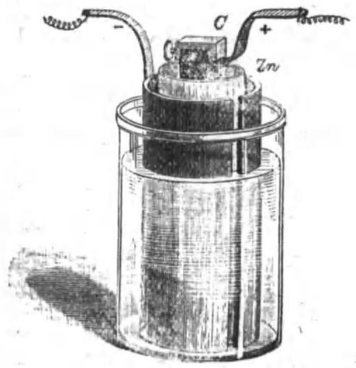
ダニエルの電池は圖に示すが如く、圓筒形の器中に稀硫酸を盛り、内に同形の亞鉛板を入れ、中央に硫酸銅の濃厚なる溶液を盛りたる素燒の圓筒を立て、更に此中に銅板を入れたるものなり、通常、亞鉛の表面に水銀を塗りて、硫酸の爲に亞鉛の無益に消費せらるゝ



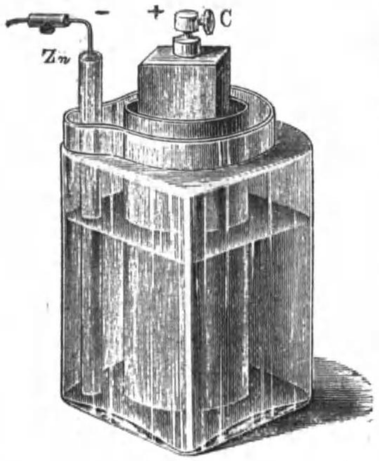
を防ぐ。

ダニエル電池に於ては、銅は陽極、亞鉛は陰極にして、電動力は一、〇八ボルトなり、此電池は強き電流を得る能はずと雖も、分極作用少きが故に、電流の衰弱すること極て僅なり。

一七三　ブンゼンの電池　ブンゼンの電池は稀硫酸を盛りたる器中に亞鉛筒を立て、其中に強硝酸を盛りたる素燒の筒を置き、更に其中央に炭素棒を立てたるものなり、此電池に於ては、炭素棒は陽極、亞鉛板は陰極にして、電動力は一、九ボルトなり、此電池は強き電流を得るに便にして、分極作用も亦小なり。



一七四　ルクランシェの電池　ルクランシェの電池は、ブンゼン電池の稀硫酸に代るに鹽酸アンモニヤの濃厚なる溶液を用ひ、硝酸の代りに炭素粉と二酸化マンガンとを混じたる粉末を用ひたるものなり、炭素棒は陽極、亞鉛棒は陰極にして、電動力は一、五ボルトなり、此電池に於て、鹽酸アンモニヤの液を木髓の如きものに浸すときは、一見液體を有せざるが如き電池となすを得て、携帶に便なり、屋井の乾電池は此

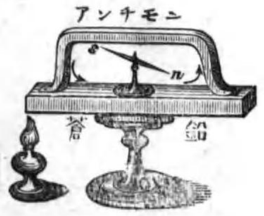


種の電池に屬す。

一七五　重クローム酸電池　重クローム酸電池は重クローム酸加里一、硫酸二、水十の割合にて混合したる液中に、炭素棒と亞鉛板とを對立せしめたるものにして、炭素棒は陽極、亞鉛板は陰極なり、電動力は二ボルト以上ありて強き電流を生ずと雖も、分極作用によりて其強、次第に減少す。

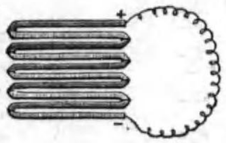
一七六　熱電流　二種の金屬を繋ぎて輪道を作り、繼目の一を熱するか、若くは之を冷して、他の繼目と溫度の差を生ぜしむるときは、此輪道に電流の流るゝを見る、之を熱電流。

一八二一年露人 Seebeck (1770-1831) 熱電流を發見す



と云ふ。電流の強、及方向は導體の種類によりて異なるものにして、同じ二、の導體にありては、電流の強、は、繼目の溫度の差小なる間は、其差に正比例し、電流の方向は甲の繼目が乙の繼目よりも高溫度に在るときと、甲の繼目が乙の繼目よりも低溫度に在るときとは正に相反す。

一七七　微溫計　熱電流は輪道の繼目に於ける溫度の差甚だ小なるも、之を測り得るが故に、逆に此電流の強弱によりて、微小なる溫度の差をも知ることを得。微溫計は此理を應用したるものにして、通常蒼鉛及アンチモニの棒を交互に併列し、之を接續すると圖の如くし、其兩端を針金にて連結す、若し繼目の



溫度に差あるときは、輪道に生ずる電流によりて、其差を知るとを得、蒼鉛及アンチモンの數を增すに從ひ、電流の强も亦從て加はるものにして、微溫計の精巧なるものにありては、能く一度の千分の一なる溫度の差をも測定するとを得。

第五章　電流と電動力

一七八　オームの法則　甲乙二器の水平の差を一定に保ち、種々の太の管を以て兩器を繫ぐに、同一時間に其中を流るゝ水量に多少あり、同樣に電池の兩極を種々の針金にて連結するに、針金の品質及形狀によりて、之を流るゝ電流に强弱あり、此場合には是等の針金の抵抗異ると云ふ、針金の抵抗の大小を測るには、其兩端に於けるポテンシャルの差を一定に保ち、針金を流るゝ電流の强にて此差を割りたる商を以てす、例へば針金の兩端に於けるポテンシャルの差をEボルトとし、針金を流るゝ電流の强をCアンペールとすれば、針金の抵抗は$\frac{E}{C}$なり、之をRとすれば次式を得。

獨人Ohm(1789-1854)導體の抵抗を研究す

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

オームの研究によれば、針金の抵抗は其兩端に於けるポテンシャルの差の大小に關係するとなし、故に針金の二點間を流るゝ電流の强は兩端のポテンシャルの差に正比例す、之をオームの法則と云ふ。

若し針金の兩端に於けるポテンシャルの差一ボルトにして、針金を流るゝ電流の强一アンペールなるときは、其抵抗を一オームと名く、一オームは長一〇六、三糎、太一平方粍の

水銀が溫度零度のときに有する抵抗に等し。

問　針金の兩端に於けるポテンシャルの差二ボルトにして、其の抵抗三五オームなりと云ふ、電流の強*を問ふ。

實驗の結果に依るに、同一の物體に於ては、其抵抗は長*に正比例し、切口の面積に逆比例す、又溫度の昇るに從ひ、抵抗を增すもの多しとす。左に長*一米、切口の面積一平方粍の針金が零度に於て有する抵抗の表を掲ぐ。

抵抗の表

ビスマス	1.313 オーム
水銀	0.943
洋銀	0.267
鉛	0.196
ニッケル	0.124
鐵	0.097
白金	0.091
金	0.0206
銅	0.0160
銀	0.01506

問　長*一、五米、直徑一粍の銀線の抵抗と、長*二、五米、直徑一、二粍の銅線の抵抗とを比較せよ。

一七九　全抵抗

圖に示すが如く、AB BC CD 等の針金を順次に連結したるときの全抵抗を計算せんに、各導線の抵抗を夫々 R_1 R_2 R_3 オームとし、A B C D の諸點に於けるポテンシャルを夫々 E_A E_B E_C E_D ボルトとし、導線を流るゝ電流の強*をCアンペールとすれば、オームの法則によりて左の關係を得。

$$E_A-E_B=R_1C,\quad E_B-E_C=R_2C,\quad E_C-E_D=R_3C,$$

故に　$E_A-E_D=(R_1+R_2+R_3)C.$

故に全抵抗をRオームとすれば、

$$R=R_1+R_2+R_3$$

斯く導線を並ぶるを列並と云ふ、列並に於ては全抵抗は各導線の抵抗の和に等し。

次に導線の各端を圖の如く一束とし、之に電流を通ずるときは、導線の兩端に於けるポテンシャルは各線に共通なり、其差をEボルトとし、各導線に於ける電流の強をC₁ C₂ C₃アンペールとすれば、

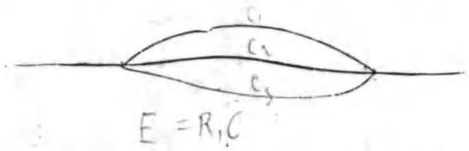
$$E=R_1C_1=R_2C_2=R_3C_3$$

即ち各導線を流るゝ電流の強は、其導線の抵抗に逆比例するを知る。今全抵抗をRオームとし、全電流をCアンペールとすれば、

$$E=CR, \quad C=C_1+C_2+C_3$$

故に

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$$



斯く導線を並ぶるを行並と云ふ、行並に於ては、全抵抗は何れの導線の抵抗よりも小なり。

一八〇　電池の抵抗　電池も一の導體にして、電流が之を流るゝとき、多少の抵抗を與ふ、此抵抗を内抵抗と云ひ、之に對して兩極を連結せる針金の抵抗を外抵抗と云ふ。今電池の電動力をEボルト、電流の強をCアンペール、外抵抗及内抵抗を夫々R及rオームとすれば左の關係を得。

$$E=C(R+r)$$

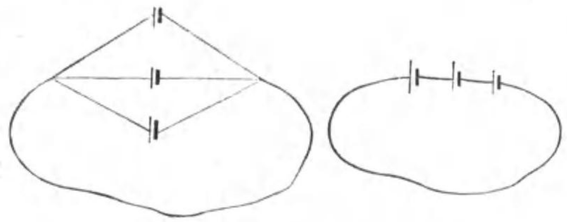
一八一　電池の連結　等しき電池n個を取り、順次に前者の陽極と後者の陰極とを連結して列並に繋ぐときは、全内抵抗及全電動力は夫々各電池の内抵抗及電動力のn倍に等し、故に各電池の抵抗及電動力を夫々rオーム及Eボ

ルトとし、電流の強さをCアンペール、外抵抗をRオームとすれば、左の關係を得。

$$C=\frac{nE}{R+nr}$$

次に各電池の陽極及陰極を別々に一束として行并に繋ぐときは、全電動力は各電池の電動力と異なるとなく、全内抵抗は各電池の抵抗の$\frac{1}{n}$に等しきを以て、次の關係を得。

$$C=\frac{E\times n}{\left(R+\frac{r}{n}\right)\times n}=\frac{nE}{nR+r}$$



問

（一）内抵抗五オームのダニエル電池五個を、行并に繋ぎたるときの電流の強さを問ふ、但し外抵抗を二四オームとす。

（二）内抵抗〇・二オームのブンセン電池三個あり、外抵抗三オームとすれば、是等を用ひて得らるゝ最も強き電流を求む。

（三）抵抗二、〇オーム・五、六オーム・九、五オームの三種の導線を行并にし、其兩端に電動力二ボルト、内抵抗〇・五オームの重クローム酸電池の兩極を連結すれば、各線に於ける電流の強さ幾何となるか。

第六章　電流の効果

第一節　ジュールの効果

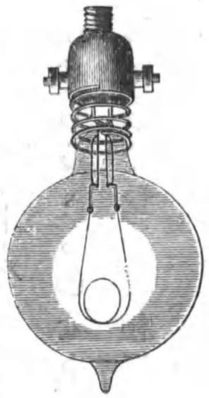
一八二　ジュールの効果　電流の流るゝ輪道の各部は多少熱せらるゝものなり、ジュールは電流の強さ・針金の抵抗及發生したる熱量等の相互の關係を研究して、次の法則を發見せり。

輪道の一部に於て單位時間に生ずる熱量は、電流の強さの自乘と其部分の抵抗との相乘積に正比例す。

一八七九年 Swan 及 Edison 炭素線を用ふる白熱電燈を作る

一八三　電燈

電燈はジュール熱を利用したるものにして、白熱燈及弧燈の二種あり、上圖に示すは白熱燈にして、茄子狀をなせる硝子器內の空氣を能く排除して、其中に細き炭素線を封入したるものなり、之に強き電流を通ずるときは、炭素線は烈しく熱せられ、遂に光を發するに至る、器內を低壓に爲すは、酸化によりて速に炭素線の切るゝを防ぐが爲めなり、又炭素線は大なる抵抗を有するの利あるのみならず、普通の物體に反し、溫度の昇るに從ひ却て抵抗を減ずるが故に、餘り烈しく熱せられて線の切るゝ虞少なし。通常用ふる十六燭光の白熱燈に於ては、炭素線の兩端のポテンシャルの差



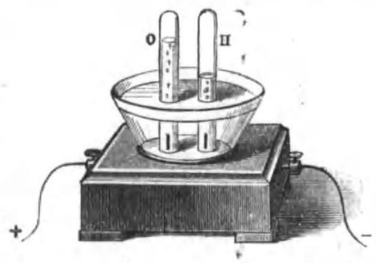
一〇〇ボルトと電流〇、五七アンペールとを要す。

弧燈は二本の炭素棒より成る、是等の棒の兩端を接觸せしめ、之に強き電流を通じて後、少しく兩端を引離すときは、白色の火花は弧狀を爲して間隙を飛び、其兩端は二千度以上に熱せらる。弧燈に於ては炭素棒の兩端は漸次消費するを以て、其間隔を適當に保つの裝置を附す、上圖は炭素棒間の模樣を寫影したるものなり。

通常、屋內に用ひらるゝ五百燭光の弧燈に於ては、兩極間のポテンシャルの差四五ボルト、電流三、五アンペールを要す。

第二節　電解

一八四　電解　稀硫酸中に二枚の白金を浸し、之を兩極として電流を通ずるときは、溶液の一部は分解して陽極に酸素、陰極に水素を發生するを見る、此の如き現象を電解と云ひ、分解せらるゝ物體を可電解物と云ふ、酸類及金屬鹽の溶液の多くは可電解物なり。可電解物が電流に依りて分解せられて生じたるものをイオンと云ひ、陽極に集まるイオンを陽イオン、陰極に集まるイオンを陰イオンと云ふ、電流によりて種々の可電解物を分解するに、同一のイオンは常に陽極に集まるか、或は常に陰極に集まるものなり、例へば化合物の何たるに



關せず、水素は陰極に集まり、鹽素は陽極に集まるが如し。

一八五　ファラデーの法則　ファラデーは可電解物を通る電氣の量と、之に依りて分解せらるゝイオンの量との關係を研究して、次の二法則を發見せり。

(一)電流に依りて分解せらるゝイオンの量は、可電解物を通過する電氣の總量に正比例す。

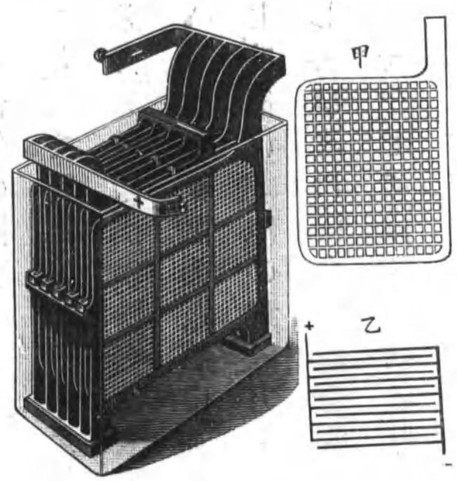
(二)同じ電氣量によりて分解せらるゝ種々のイオンの量は、イオンの化學當量に正比例す。

是に依りて見れば、可電解物を通して弱き電流を長時間送るも、強き電流を暫時送るも、電氣の總量等しきときは、電流に依りて分解せらるゝイオンの量は相等し、又種々の可電解物に同一の電流を通して、水素・酸素・鹽素・銀等を發生する

ものとすれば、水素一瓦に對し、酸素八瓦、鹽素三五、五瓦、銀一〇八瓦を生ず。

一八六　電氣鍍金術　鍍金術は電解によりて、金銀等を以て他の金屬の表面を覆ふ所の方法にして、先づ鍍金せんと欲する金或は銀等を電池の陽極に繫ぎて、同じ金屬の塩類の溶液中に浸し、次に鍍金せらるべき金屬の表面を清潔にし、之を電池の陰極に繫ぎて溶液中に入るべし、然るときは、可電解物を通過する電流は、電解に依りて陽極の金屬を消耗せしめ、之を陰極に在る金屬の表面に附着せしむ。銅を鍍金せんには硫酸銅の溶液を用ひ、銀を鍍金せんには青酸銀と青酸加里との混合液を用ひ、金を鍍金せんには鹽化金と青酸加里との混合液を用ふ。

一八七　蓄電池　蓄電池は分極作用を利用したるものにして、其構造は甲圖の如く、格子狀を爲して數多の小孔を有する二枚の鉛板を取り、一酸化鉛を稀硫酸にて煉りたるものを其表面に詰め、稀硫酸を盛りたる器中に對立せしめたるものなり、先づ鉛板を兩極として强き電流を送るときは、電解によりて、陽極の一酸化鉛は酸化して二酸化鉛となり、陰極の一酸化鉛は還元して鉛の細末となる、是に於て電流を斷てば、二〇の鉛板間にポテンシャルの差を生



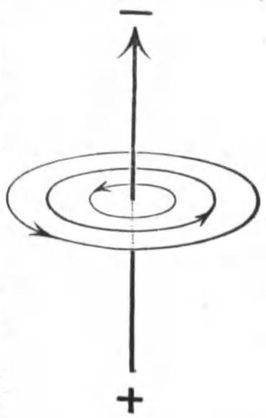
じ、二酸化鉛の附着せる鉛板は陽極となり、他の鉛板は陰極となる、之を電池の蓄電と云ふ。若し針金にて兩極を連結するときは、電流は陽極より陰極に向て流るべし、電流の流るゝに從ひ、硫酸の電解によりて陰陽兩極に漸々硫酸鉛を生じ、次第に電池の電動力を削減す、之を電池の放電と云ふ、若し再び之に強き電流を送るときは、陽極に二酸化鉛、陰極に鉛を生じて兩極は初の狀態に復す。實際に於ては、乙及丙圖に示すが如く、鉛板の數對を行并に繋ぎて電池の容量を大にす、此電池の電動力は二ボルト以上にして、內抵抗甚だ小なるが故に、強き電流を得るに便なり。

第三節　電流の磁氣作用

一八八　電流の磁氣作用　電流を通ぜる直線狀の導線

一八一九年和蘭人 Oersted (1777-1851) 電流の磁氣作用を發見す

佛人 Ampère (1775-1836) 大に電流の作用を研究す氏は磁氣を説明するに電流をを以てせり

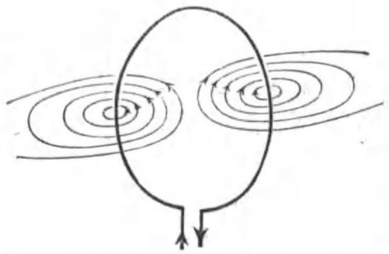


にて厚紙の中央を貫き、之を紙面に垂直に立て、厚紙の上に鐵粉を撒布する時は、鐵粉は各、磁氣を帶び、圖に示すが如く、導線を中心とせる同心圓を作りて排列し、且、導線に近き部分に多く集まるべし、是に由りて見れば、電流の流るゝ導線の周圍は磁場にして、其指力線は之に垂直なる平面上に在りて、導線を中心とせる同心圓を作す、而して電流の方向と磁場の方向とは、螺旋の進む方向と、之を捻

じ込む方向との關係を有す、之をアンペールの法則と云ふ。

問　南北を指せる磁針の上に導線を置き、之に南より北に電流を通ずるときは、磁針の方向は如何に偏るか。

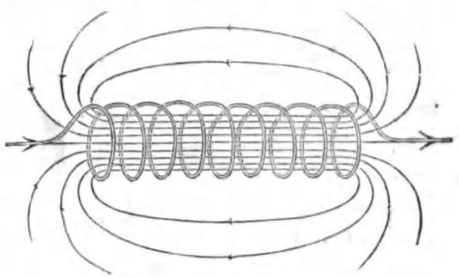
一八九　コイル　導線を曲げて圓形となし、之に電流を通ずれば、導線の周圍に於ける指力線の有樣は上圖に示すが如し、又圓の平面上各點に於ける指力線の方向は皆此面に直角をなす。又絹糸を捲きて絶縁したる針金を、密に圓筒上に卷きて螺旋狀となし、之に電流を通ずれば、螺旋内部の指力線は、兩端に近き部分を除きては、其軸に平行し、螺旋外部の指力線は、同形の磁石と同一の形をなすと圖に示すが如し、何となれば



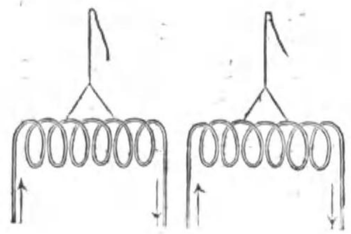
螺旋は前記の圓形導線を相并べたるものと見做を得べければなり。かく導線を螺旋狀に卷きたるものをコイルと云ふ。

電流の通ぜるコイルを磁針に近け其働を驗するに、毫も磁石の作用と異なることなし、故に此の如きコイルは一個の磁石と見做すとを得べし。電流の方向とコイルの極との關係は、アンペールの法則に照して考ふれば、左の法則に從ふとを知るなり。

右の手をコイルの中に挿入したりと假定し、電流の手を廻る方向が左より上、上より右、右より下なるときは、指頭に北極を生ず、若し電流の方向反對なる時は指頭に南極



を生ず。

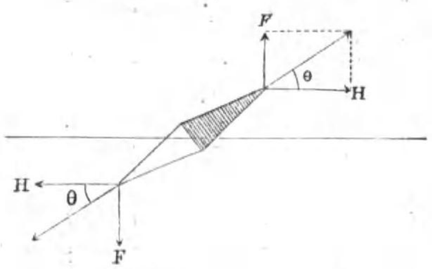


問　(一)　(二)

二ッのコイルを吊し其軸を一直線上にあらしめ、之に同じ向きに電流を通ずるときは、兩者は互に相吸引し、反對の向きに電流を通ずるときは、互に相排斥す、其理由を説明せよ。

二ッの互に平行なる直線に、同じ向きに電流を通ずるときは如何、又反對の向きに電流を通ずるときは如何、直線を無極大の半徑を有する圓の一部と見て、之を説明せよ。

一九〇　電流計　電流計は電流の通ぜるコイルが其中心に於ける磁石に及ぼす作用を利用したるものなり、圖に示せるは正切電流計と稱するものにして、絶縁したる銅線を圓形に捲きて扁平なるコイルを作り、之を鉛直に立てゝ、其中央に、度盛したる圓板を水平に置き、圓板の中心に長き指針を有せる小磁針を据へたるものなり、今コイルの面を地球磁氣の子午線内に置き、之に電流を通ずるときは、中央の磁針は地球の磁力及電流の生ずる磁場の作用を受けて南北の方向より傾き、二力の合力の方向に向くべし、此傾ける角をθとし、地球磁力の水平分力をHとし、電流の生ずる磁力をFとすれば、此二力は互に垂直なるを以て

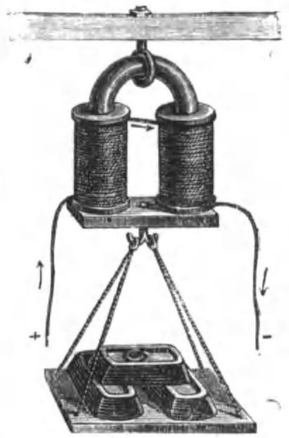


$F=H\tan\theta.$

然るに電流の生ずる磁場の強は電流に比例するものなるが故に、磁針の偏角の正切に依りて、電流の強を比較するとを得べし。

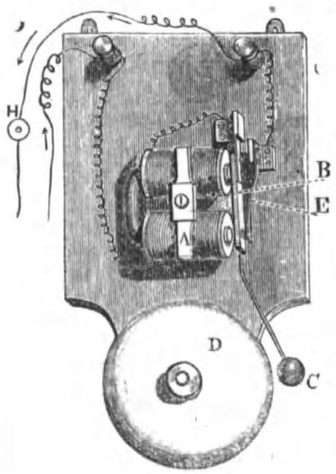
米人 Henry (1799-1878) 大に電磁石に改良を加ふ

一九一　電磁石　電流の通ぜるコイルの中に軟鐵棒を入るゝときは、鐵は感應によりて磁氣を帶びて磁石となり、其兩極はコイルの兩極と一致す、然れどもコイルの電流を切るときは、鐵は直に磁氣の大部分を失ふ、次に軟鐵の代りに鋼鐵を以てすれば、感應によりて磁氣を得ること前の如く容易ならずと雖も、一旦磁氣を帶ぶれば電流を切るも之を失ふと少し、人造磁石は多く此方法によりて作らる。凡て軟鐵棒に絶縁したる針金を螺旋狀に捲き、之に電流を

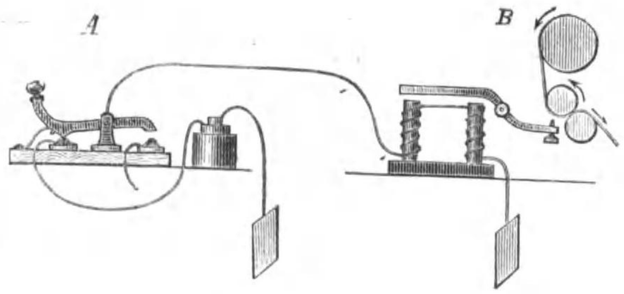


通じて磁石と爲すの裝置を電磁石と云ふ。電磁石の用は甚だ廣くして、電信電話呼鈴及其他の諸器械に於て多く之を用ふ。

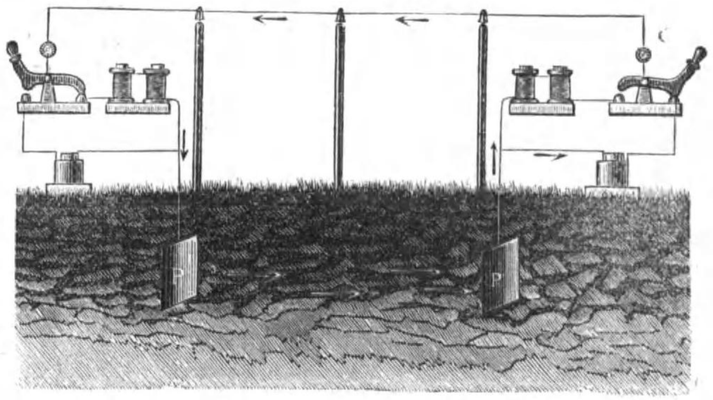
一九二　電鈴　電鈴の構造は圖に示すが如く、電磁石Aの前に軟鐵片Bありて、之より鎚Cを出す、此鐵片はバヂEの一端に觸る、今釦Hを押して電流を通ずるときは、鐵片は電磁石に吸引せらるゝを以て、鎚は鈴Dを擊つ、之と同時に、鐵片はバヂより離るゝが故に、電流



切れて電磁石は磁氣を失ひ鐵片は舊位置に復すべし、是に於て電流再び通じて鎚は鈴を擊つ、故に釦を押す間は、此動作反復して、鈴は鳴り續くべし。通常、電鈴にはルクランシェの電池又は屋井の乾電池を用ふ。

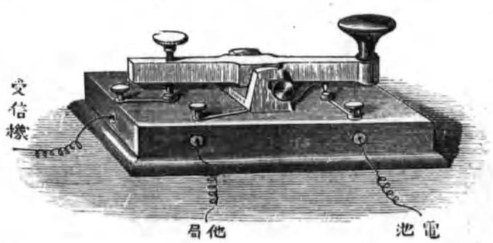


一九三　電信機　電信機の原理は圖に示すが如く、發信器Aの槓杆を動して電流を斷續すれば、受信器Bの鐵片の一端Cは之に應じて上下に運動し、其他端に附着せる針によりて紙に信號を印せしむるなり。通常、電信機にはダニエルの電池を用ふ。



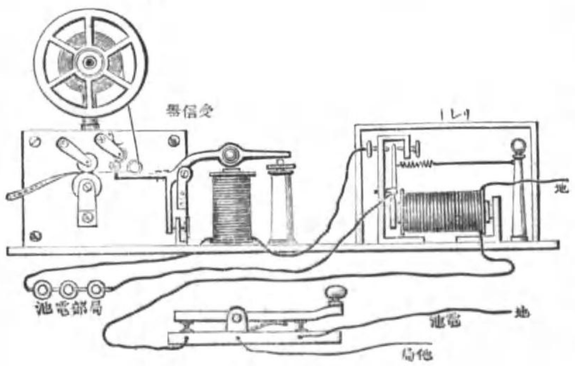
上圖は甲乙二局間の連結の模樣を示すものにして、地球を以て導線の一部に代用す。

發信器は下圖に示す如く、木製の臺に金屬の槓杆を附したるものにして、釦を押さざる間は、槓杆の一端に在るバネの作用によりて、電池と他局に至る電線との連絡



を斷ち、自局の受信器と他局の發信器とを相連絡す、然れども一旦釦を押すときは、受信器との連絡を絶ちて電線と電池とを連絡す、之と同時に電流は流れて他局の受信器を動かし、以て信號を通ずるなり。

受信器の形種々あり、圖に示せるはモールスの受信器にして、電流之に通ずるときは、電磁石は槓杆に附着せる鐵片を吸引して槓杆を動かす、又信號を記すべき紙片は、墨汁にて濕されたる小車の下を通りて、時計仕掛によりて、徐々に引き出さる、故に槓杆の一端が電磁石の作用に依



一八三七年 Morse (1791-1872) 受信機を作る

りて紙片を押すときは、之に記號を付す。

甲乙二局の距離遠きときは、電流弱くして充分に受信器を動かすと能はず、此場合には、別に受信器を動かさしむべき電池及電磁石を供へ、他局より來る電流をして先づ此電磁石に入らしむ、電流が電磁石に入れば、電磁石は輕き軟鐵を引きて電池の輪道を閉づ、此輪道を流るゝ電流は受信器の電磁石に入りて槓杆を動し、紙に記號を印さしむ、此裝置をリレイと云ふ。本邦に於て電信に用ふる符諜は左の如し。

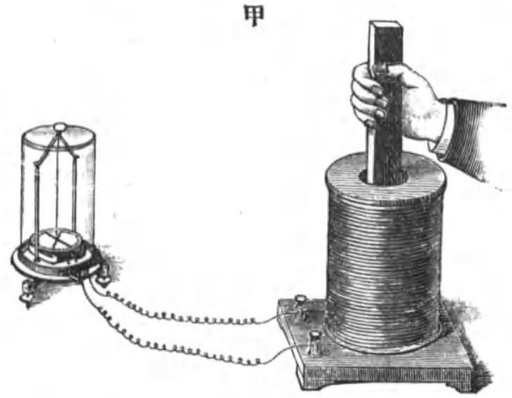
イ	·—
ロ	—·—·
ハ	—···
ニ	—·—·
ホ	—··
ヘ	·
ト	··—··
チ	··—·
リ	—··
ヌ	····
ル	—·—··
ヲ	·———
ワ	—·—
カ	·—··
ヨ	——
タ	—·
レ	———
ソ	——··
ツ	·——·
ネ	——·—
ナ	·—·
ラ	···
ム	—
ウ	··—
ヰ	·—··—

ノ　--——
オ　-—---
ク　---—
ヤ　-—-—
マ　—--—
ケ　—-—-
フ　—-—-
コ　—-—-
エ　-—-—
テ　-—-—
ア　—-—-
サ　—-—-
キ　—-—-
ユ　—-—-
メ　—---
ミ　--—-
シ　—-—-
ヱ　—-—-
ヒ　—-—-
モ　—-—-
セ　—-—-
ス　—-—-
濁　--
半濁　--—-
ン　-—-—-

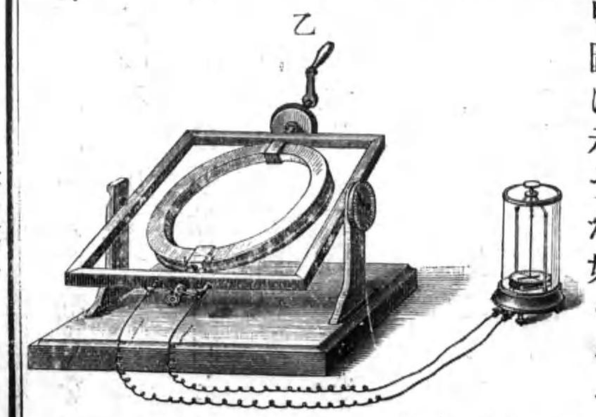
第七章　感應電流

一八三一年 Faraday 感應電流を發見す

一九四　感應電流　或導體を以て輪道を作り、其中に強き磁石を挿入して、急激に輪道内の磁場を變化せしむるときは、輪道中に瞬時の電流を生ずべし、又磁場に輪道を動かすも、同樣に瞬時の電流を生ずるを見るべし、此の如き電流を感應電流と云ふ、一般に感應電流は輪道内の磁場が變化するときのみ起るものにして、磁場の變化の止むと共に消失す、且輪道内の磁場の強が增加するときと減少するときとは、電流の方向相反す。感應電流の發生を試驗するには、甲圖に示すが如く、コイルと感じ易き電流計とを輪道中に入れ、強き磁石を急に



甲



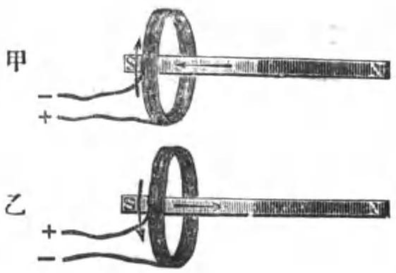
コイル中に出入せしむるか、或は乙圖に示すが如く、扁平なるコイルを急に或角だけ廻轉せしむるにあり、

電流若し輪道中に起るときは、電流計の針は一方に動くを以て、電流の發生及其方向を知るとを得るなり。

一九五　レンツの法則　レンツは磁石の運動の方向と感應電流の方向との關係を研究し、次の法則を發見せり。

一八三四年露人E.Lenz(1804-1865)氏の名を冠せる法則を發見す

感應により生ずる電流は、輪道に對する磁石の運動を妨ぐるが如き方向に流る。



例へば、甲圖に示す如く、南極を先にして磁石を輪道中に入るゝときは、輪道に生ずる電流の方向は矢を以て示すが如し、何となれば、電流が矢の向きに流るゝときは、輪道は扁平なる磁石の作用をなし、右面は南極、左面は北極となりて、磁石の之に近づくを妨ぐればなり。次に乙圖に示すが如く、一旦挿入したる磁石を引出すときは、電流は前と反對の方向に流れて、磁石の輪道より遠ざかるを妨ぐ。

一九六　相互感應及自己感應　電流を通ずるコイルは、磁石と同じ作用を爲すが故に、かゝるコイルを輪道に近づくるときは、輪道に逆の向きに流るゝ感應電流を生じ、コイルを輪道より遠ざくるときは、同じ向きに流るゝ感應電流を生ず、又甲乙二個のコイルを取り、甲を乙の中に挿入し、甲に電流を通ずるときは、乙の輪道に逆の向きに流るゝ電流を生じ、甲の電流を斷つときは、乙に同じ向きに流るゝ電流を生ず、此の如き現象を相互感應と云ふ。又一ッのコイルに電流を通ずるときは、其輪道に逆の向きに流るゝ瞬時の電流を生じ

Henry は Faraday に先だつ二年自己感應を發見す

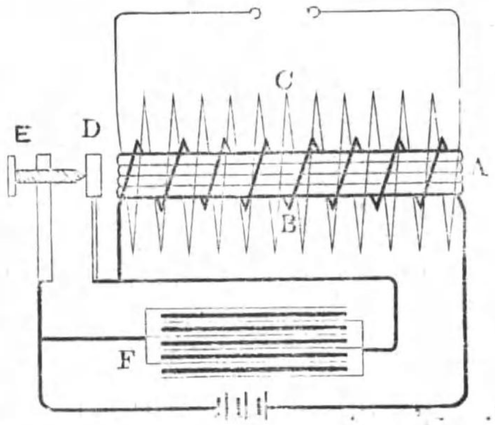
て、電流は一時に十分の強さに達するを妨げらる、又コイルの電流を斷つときは、其輪道に同じ向きに流るゝ瞬時の電流を生じて、電流は一時增加すべし、此現象を自己感應と云ふ。

一九七　感應電流の電動力　ファラデーの實驗に依るに、コイルに起る感應電流の電動力を强大ならしめんには、コイル內の磁場の變化を急激ならしむべし、又同じ磁場の變化に就ては、コイル中に生ずる電動力は其切口の面積及針金の卷數に比例するものなり、故に之を强大ならしむるには、コイルを太くし、且ッ極めて細き針金を幾重にも卷きて、其卷數を多くするを要す。

C. G. Page (1812–1868) 感應電流器を作る

一九八　感應電流器　感應電流器は强大なる電動力を得る裝置にして、其構造の主要なる部分は、圖に示すが如く、鐵心Aと二個のコイルB及Cとより成る、鐵心は數十條の軟鐵線を一束としたるものにして、其周圍に絕緣したる太き銅線を捲き付け、之を第一コイルとなす、次に其周圍に、極めて能く絕緣したる細き銅線を幾回となく捲き付け、之を第二コイルとなす。第一

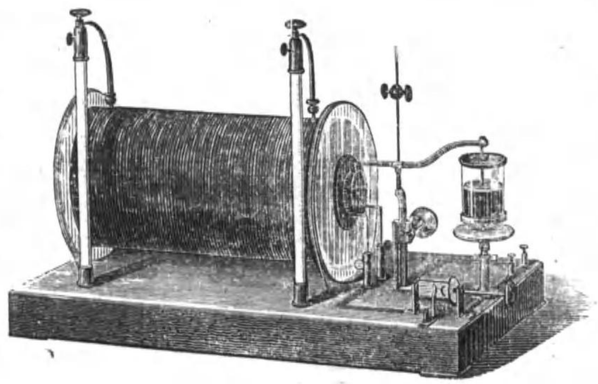
Ruhmkorff (1803–1877) 大に感應電流器を改良す



コイルは電池に繫がれ、其輪道は鐵片D及チジEによりて斷續せらるゝと電鈴の場合の如し、第二コイルの導線の兩端は各、硝子棒にて絕緣したる金屬棒に連結せらる、Fは錫箔と蠟紙とを交互に積重ねたる蓄電器にして、通常感應電

流器の臺中に在り。

今輪道の開閉に依りて、第一コイルの電流を斷續するときは第二コイルに強大なる電動力を生ず、而して電流を斷つに依りて生ずる電動力は、常に之を通ずるに依りて生ずる電動力と其方向相反す。第一コイルの電流を切斷するときは、自己感應の電流は大なる火花を發するが故に、蓄電器の兩極を切斷部の兩側に繋ぎて之を防ぐ、蓄電器は又第二コイルに生ずる電動力を增大するの用を爲す。

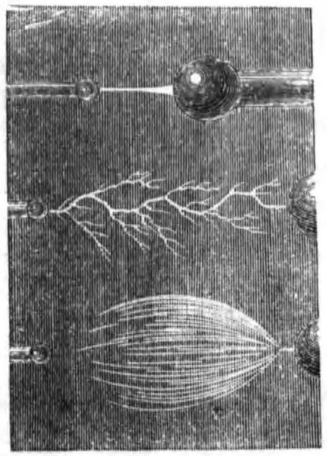


上圖は通常用ふる感應電流器の大

なるものにして、第一コイルの電流を斷續するに、前記の裝置に依らずして水銀斷流器を用ふ、水銀斷流器は振動子によりて、一振動に一度づゝ其臂と水銀杯とを斷續せしめ、以て電流を斷續する裝置なり。

感應電流器を用ひて放電に關する有用なる種々の實驗を爲すことを得、左に其二三を記せん。

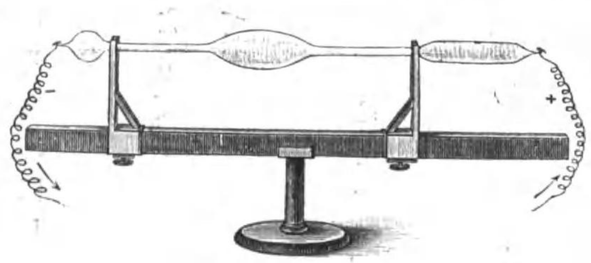
一九九　火花の實驗　二個の金屬棒の各〻に、感應電流器の兩極を繋ぎて放電せしむるに、電動力十分强大なるときは、甲圖の如き眞直なる火花を發し、電動力餘り强大ならざるとき



甲　乙　丙

は、乙圖の如き岐路を有する火花を生ず、又棒の一方尖端を有するときは、丙圖の如く刷毛狀をなせる火花を發す。

Crookes (1832–) 大に眞空管の放電を研究す

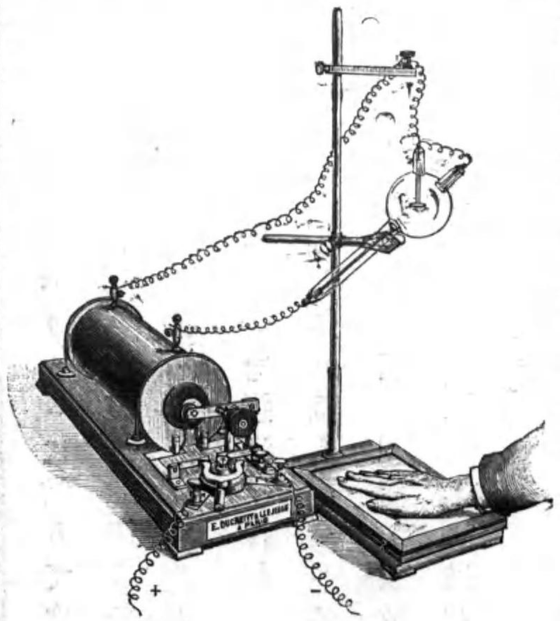


二〇〇　ガイスレル管の實驗　氣體中に於ける電氣の放電は、氣體の壓力餘り小ならざる間は、壓力の減ずるほど容易なり。今長約八寸の硝子管を取り、其中に極めて少量の空氣或は他の氣體を入れ、兩端に白金線を封入し、之に感應電流器の兩極を連結するときは、電氣は容易に管內を通りて放電し、管中に美麗なる鱗狀の微光の現るゝを見る、此光は氣體の種類に依りて異なる色を現し、分光器によりて之を分析するに、其氣體に

特有なる輝線を現す、此管をガイスレル管と云ふ。

一八九五年 Röntgen X放散線を發見す

二〇一　X放散線の實驗　ガイスレル管內の氣體を一層稀薄ならしむるときは、鱗狀の光は次第に其數を減じ、遂に全く消滅して、唯陰極に對する硝子管の壁に青綠色の薄光の現るゝを見るのみ、かゝる眞空管の壁は特殊の性質を有し、之より一種の放散線を發す、之をX放散線と云ふ、此放散線は肉眼に感ぜずと雖も、能く通常の寫眞板に

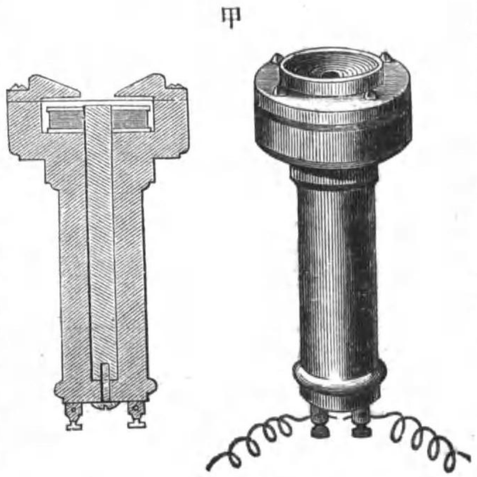


作用し、且青酸白金加里或は青酸白金バリウムに當りて之に螢光を放たしむ、殊に此放散線の著しき性質は、通常の光の透過し得ざる物體をも能く通過し得るとなり、例へば此放散線は容易にアルミニウム・木・布・紙・肉等を通過すれども、其他の金屬・硝子・骨等を通過すると難し、是れ獨人レントゲンの發見せる事實にして、醫學上應用甚だ廣し、圖はX放散線にて手を撮影する模樣を示せるものなり、又別紙に掲ぐるは、同放散線にて撮影したる手の寫眞なり。

一八七六年 G.Bell 及 E.Gray 電話裁に改良を加へ現今用ひらるゝ受信器を作る

二〇二　電話機

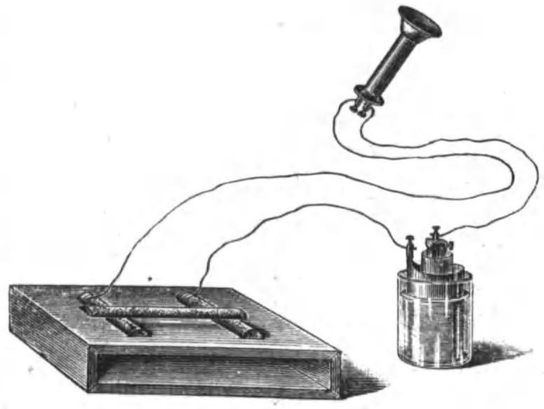
電話機は磁場の變化によりて生ずる感應電流を利用して、言語を遠方に傳ふる器械なり。甲圖は其主要なる部分にして、強き棒狀磁石の一端に針金を卷き、其前に薄き鐵板を置きたるものなり、之を二個導線を以て相連絡すること乙圖に示すが如くし、一方の喇叭口に口を當てゝ言語を發するときは、鐵板は振動して之と磁石との距離を變じ、以て磁場の變化を生せしむ、此變化は導線中に振動に相當する感應電流を生じて、他方の磁場を變じ、同樣の振動を其鐵板に起さしむ、故に此振動を耳に受くるときは言葉を聞取ることを得べし。



右に述べたる裝置にては、受信器及發信器は共

一八七七年Edison炭素棒に依れる發信器を發明す

翌年D.E.Hughes微音器を作る



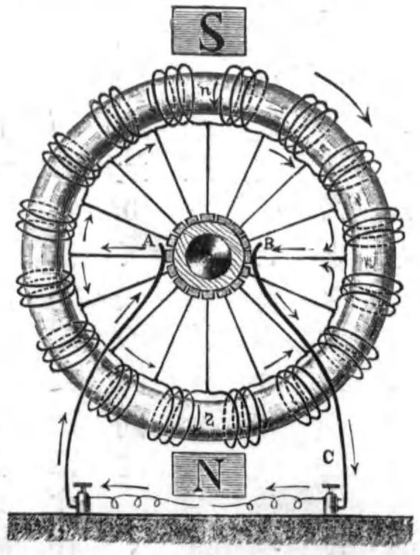
に同一の形なりと雖も、現今用ひらるゝ電話機の發信器は、炭素塊の輕く接觸する部分の抵抗が、甚だ微弱なる振動によりても變化するものなることを利用して作りたるものなり。今二個の炭素棒を板に取り付け、其間に他の炭素棒を架し、之を輪道の一部として電流を通じ、炭素棒に向て音聲を發するときは、空氣の振動之に傳り、接觸部の抵抗を增減して電流の强弱を生ぜしむ、故に此輪道に受信器を入るれば、明に音聲を聞くことを得るなり。

一八六八年Gramme環狀軟鐵を用ゐるダイナモを作る

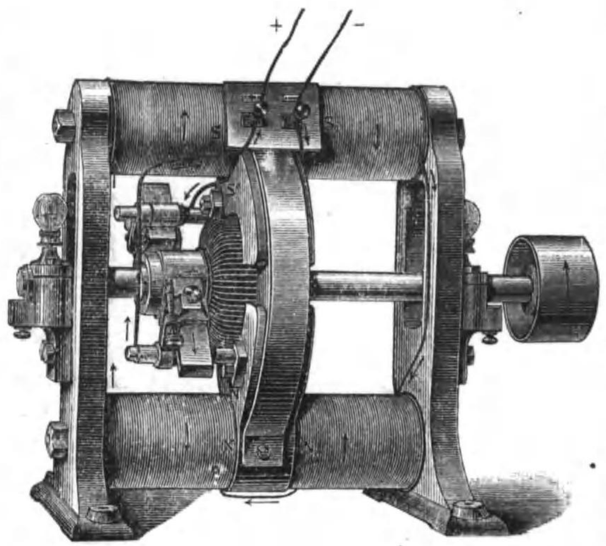
二〇三　ダイナモ

ダイナモは感應作用を利用して强き電流を得る器械にして、强大なる磁場に於てコイルを廻轉して、之に感應電流を生ぜしむるなり、磁場を作るには、磁石と稱する大なる電磁石を以てす。

佛人グラムの創作せしダイナモに於ては、コイルは環狀の軟鐵に捲附けらる、之をグラム環と云ふ。說明に便ならんが爲め、軟鐵環は靜止して場磁石の兩極間に在るものとすれば、磁氣の感應によりて、場磁石の北極に近き所に南極を生じ、



其南極に近き所に北極を生ず、而して軟鐵環に生じたる兩極がコイルに及ぼす作用は塲磁石の兩極が之に及ぼす作用よりも大なり。今コイルが環を辷りて矢の方向に動くものとし、レンツの法則に照して、感應電流の方向を求むれば、Aより發して兩途に別れ、Bに向て集まるが如くなるべし、故にA及Bを別に針金にて連結するときは、電流は之に沿ふて流るべし。實際軟鐵環はコイルと共に廻轉すと雖も、感應に依りて常に塲磁石の北極に近く南極を作り、南極に近く北極を作るが故に、之を靜止するものと見做も理論上大なる相違を生ずることなし。又導線ACBの兩端A及Bは固定せられコイルの導線之に觸るゝ裝置となる、通常、グラム環に生ぜる電流の一部を塲磁石のコイルに導きて



二〇四　電氣發動機　ダイナモに於ては、磁塲にグラム環を廻轉せしめて電流を得れども、若しグラム環のコイルに同じ方向の電流を送るときは、グラム環は前記の磁氣作磁塲を強くし、電流と磁塲と互に相輔佐して、益々電流を強大ならしむ。

上圖に示せるは現今普通に用ひらるゝ所のダイナモの一にして、グラマ形のダイナモをシュケルトが改良したるものなり。

用を受けて、反對の方向に廻轉すべし、電氣發動機は此理によりて作られたる器械にして、グラム環の廻轉を利用して、種々の仕事を爲さしむるなり、例へば電氣鐵道に於ては電氣發動機を用ひて車軸を廻轉せしむ、而して、之に電流を供するには、發電所より導線にて送るものと、蓄電池を用ふるものとの二式あり。

附錄　無線電信

一八四二年 Henry ライデン瓶の放電の周期的なることを發見す

一八四七年 Helmholtz 又同事實を發見す

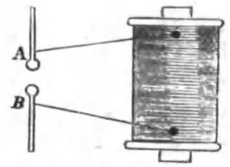
一八五三年 Thomson（今の Kelvin 卿）は理論上より此事項を研究す

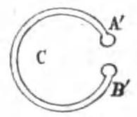
二〇五　電氣波及磁氣波　導體より成れる甲乙二球を相對せしめ、甲に正電氣、乙に負電氣を與ふるに、兩者のポテンシャルの差一定の値に達すれば、其間に放電す、理論上の推論及實驗の確むる所に依るに、其抵抗自己感應及電氣容量の關係によりて放電に際し(一)電流が單に甲體より乙體に向て流れ、瞬時の後兩者のポテンシャルが平均するに至て靜止する場合と、(二)電流が先づ甲體より乙體に、次で乙體より甲體へと、幾回となく往復して後遂に靜止すること、恰も一方に引き放ちたる振子の振動の如き場合とあり、此場合に於ても、電氣が放電し始めてより靜止するに至るまでの時間は極めて微小なるものなり、若し甲乙兩球の電氣量及電流の強さが周期的に變化するときは、周圍の媒體中に於ける電場及磁場の強さは共に周期的に變化し、波動的に四方に傳播す、其狀恰も水面の一部が周期的に上下に振動するが爲め、圓形を爲せる波の前面が四方に進行するが如し、斯く電場の強さが波動的に傳播するを電氣波と云ひ、磁場の強さが波動的に傳播するを磁氣波

と云ふ。

二〇六　ヘルツの實驗

獨人ヘルツは巧妙なる裝置に依りて、實際に電氣波及磁氣波の存在を確むることを得たり、氏の實驗を畧叙すれば、圖に示すが如く、感應電流器の兩極を二個の金屬棒ABに繫ぎ、極めて少しく一方の開きたる金屬環Cを種々の位置に置く、先づAB間に放電せしめて、之より電磁氣波を送るときは、波動は金屬環に當りて、其開キA′B′間に火花を發せしむ、故に此火花に依りて電磁氣波の存在を知ることを得、此現象は恰も音波が同じ振動數を有する物體に當りて之を共鳴せしむるに類す、故に之を電氣の共鳴と云ふ。





ヘルツは此裝置に依りて電磁氣波の反射・屈折・干渉・偏等の諸現象を吟味せしに、孰れも光波の場合と全く同じ法則に從ふことを發見せり、其後多くの學者はヘルツの實驗を繰返して氏の結果を確め、又是等の波動の進行の速度は光の速度と殆ど一致することを示せり、光波と電磁氣波と著しく相異する所は波長の長短にあり、即ち今日得らるゝ電磁氣波の最も短

H.Hertz (1857-1894) 一八八八年共鳴器を發見し氏の名を冠せる有名なる實驗を始む

一八四五年 Faraday 光と磁氣との間に關係あることを發見す

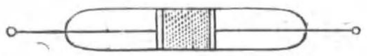
Maxwell (1831-1879) 一八七三年電氣及磁氣に關する大著を公にし、末に電磁氣光學說を論ず

きものも二粍を下らず、又赤外線の波長の最も長きものも〇、〇五粍より大ならず。

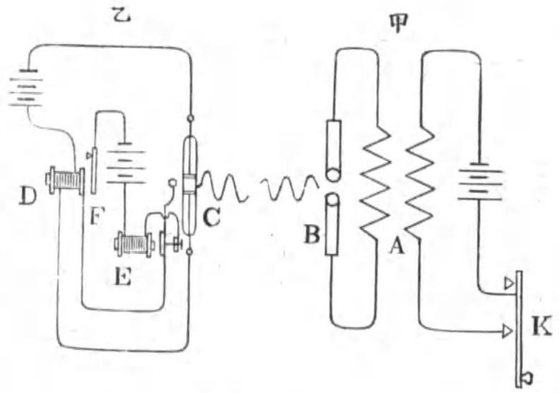
二〇七　無線電信

ブランリー及ロッヂの兩氏は輕く集合せる鐵粉の抵抗は電氣波に依りて大に變化することを發見して、ヘルツの共鳴器よりも電氣波に一層感じ易き裝置を得たり、後マルコニーは此性質を利用して無線電信法を案出せり。

Marconi 一八九六年無線電信法を發明す



ニッケル粉に少量の銀粉を混じ、之に水銀の二三滴を加へたるものを細き硝子管に入れ、金屬板二個を以て兩側より輕く押へ、之を電池の兩極に結びて輪道の一部となすに、粉の抵抗多くして電流の通ずるとなしと雖も、若し電氣波の來りて之に當るときは、粉の抵抗大に減じて、電池の輪道に電流の流るゝを見るべし、次に此管を輕く擊ちて粉を震動せしむるときは、粉は原の狀態に復して電流の輪道を流るゝを防ぐ。此管をコヘラと云ふ、コヘラに於ては通常管中の空氣を排除して電氣波に感じ易からしむ。今ヘルツの用ひし電磁氣波を起す裝置を發信器となし、上記の



コヘラを受信器となすときは、通常の電信と同じく音信を傳ふることを得るなり。上圖は無線電信の裝置の要部を示すものにして、甲は發信器、乙は受信器なり。感應電流器Aにより火花をBに發せしむれば、電氣波は波及してコヘラCに當り、其抵抗を減ぜしむるを以て、電流は輪道中を流るべし、此電流は直に電磁石Dに働きて輪道Fを閉づ、故に呼鈴と同じ作用に依りて鎚はコヘラを擊ち、粉末を初の狀態に復して電流を遮斷せしむ、故にコヘラは、電氣波を受くる間は電流の通ずるを許せども、電氣波の止むと同時に電流を遮斷す、是に依りて甲より發する音信を乙に傳ふることを得。

結論

二〇八　エネルギー　地上に在る物體を高所に揚ぐるには、之に仕事を爲さゞるべからず、斯く仕事をなされたる物體は、將來自ら仕事を爲すの能を增す、例へば高所に揚げられたる水は、流下の際水車を廻す等種々の仕事を爲すを得べければ、地上にあるときよりも仕事を爲すの能多し。又靜止せる物體を動かすには、之に仕事を爲さゞるべからず、斯く仕事を爲されたる物體は、他に仕事を爲すの能を增す、例へば火藥の爆發によりて進行を始めたる彈丸は、他の物體に當りて之を破壞する等の仕事を爲すを得べければ、銃身中に靜止するときよりも仕事を爲すの能多し。一般

に、一物體が他物體より仕事を爲さるゝときは、自ら仕事を爲すの能を增すものなり、此の如き場合に於てはエネルギーと名くる一種の量が、仕事を爲せる物體より、仕事を爲されたる物體に移れりとし、此物體が自ら仕事を爲すの能を增すは、受けたるエネルギーに依るものなりとす、而して受けたるエネルギーの多少を測るには、其物體に爲されたる仕事の量を以てす。

されば、仕事を爲したる物體は、仕事の量に等しきエネルギーの量を失ひ、仕事を爲されたる物體は、之と等量のエネルギーを得、仕事を爲さず、或は仕事を受けざる物體に於てはエネルギーの增減あるとなし、又仕事を爲すの能を有する物體は、少くとも之が爲し得る仕事と等量のエネルギーを

有す、

二〇九　運動及位置のエネルギー　物體はその位置に靜止するときよりも、運動するときの方多くのエネルギーを有す、斯く物體が運動しつゝあるが爲めに有するエネルギーを運動のエネルギーと云ふ。又高所に在る物體は、地上に在るときよりも多くのエネルギーを有し、歪を受けたる物體は、之を受けざるときよりも多くのエネルギーを有す、斯く一物體が他物體に對して或位置に在るが爲か、或は歪を受くるが爲めに有するエネルギーを位置のエネルギーと云ふ。エネルギーの種類は次に述ぶるが如く種々ありと雖も、能く玩味するときは、此二種の外に出づるものなし。

問（一）m瓦の物體がv秒糎の速さを以て進行するときは、其運動のエネルギーは幾許なるか。

今Fダインの力を靜止せるm瓦の物體に働かしめ、依て生ずる加速度をa秒々糎とし、v秒糎の速さを得るまでに物體の運動せる距離をs糎とすれば

$$F=ma,\quad v^2=2as,$$

$$\therefore\ F\times s=\frac{1}{2}mv^2$$

故に靜止せるm瓦の物體がv秒糎の速さを得るまでに爲されたる仕事の量即ち此物體の運動のエネルギーは$\frac{1}{2}mv^2$エルグなり。

（二）地上よりh糎の高さに在るm瓦の物體の有する位置のエネルギーは幾許なるか。

今此物體がh糎の高さより落下するものと考ふれば、之が地面に達する瞬時に於ける速さvは$\sqrt{2gh}$秒糎なるが故に、運動のエネルギーは

$$\frac{1}{2}mv^2=mgh\ \text{エルグ}$$

に等し、物體は落下する間に仕事を爲すと、及仕事を爲さるゝとなしと見做すが故に、此エネルギーは物體がh糎の高さにあるときの位置のエネルギーに等しからざるべからず、即ちh糎の高さに靜止せるm瓦の物體の有する位置のエネルギーはmghエルグなり。

二一〇 エネルギーの態

一定量の仕事を熱に變ずるに、種々の異れる方法を用ふるも、常に一定せる熱量の得らるゝことは、ジュールの實驗の證明する所なり、是に依て見れば、熱はエネルギーの變態にして、分子說に從ふときは、分子の振動に基く運動のエネルギーに外ならず。音及光は夫々空氣及エーテル中に起る一種の波動にして、其進行に伴ふてエネルギーを四方に傳達す、音波が物體に當るときは、其エネルギーは之を振動せしむることあり、又光波が物體に當るときは、光のエネルギーの一部は熱に變じて物體を暖

め、一部は物理的及化學的の種々の作用を營むとあり。磁石發電體及電流も亦一種のエヂルギーを有す、磁石が其近傍に在る鐵片を引付け、發電體が輕き物體を吸付くるが如きは、是等の物體が仕事を爲すの一例なり、又電流は自己の有するエヂルギーの爲めに、能く重き車軸を廻轉して種々の仕事を爲すとは、電氣發動機の場合に述べたるが如し。

R.Meyer Joule Helmholtz Thomson の諸氏エヂルギー不滅則を說く

二一一　エヂルギー不滅則　已に第一篇に於て述べたるが如く、斜面・槓杆・滑車等を用ふれば力に於て利する所あるも、仕事に於ては毫も得失あることなし、是れ即ちエヂルギーの不生不滅なることを是等の場合に就て證明するものなり、又ジュールの實驗は熱と機械的エヂルギーとの間にも同樣の事實の存在することを證明せり、其他電池の化學作用に依りて電流を生じ、或は電流に依りて化學作用を起す等の如き、又ダイナモを廻轉して電流を得、或は電流に依りて發動機を回轉せしむる等の如き、種々の場合に付てエヂルギーの變遷を考ふるに、其間に毫もエヂルギーの創生或は消滅するの證跡あるを見ず。

此の如く是等數種のエヂルギーは物理的及化學的變化と共に、一態より他態に變じ、或は一物體より他物體に移り、遷轉究りなしと雖も、一物體が一種のエヂルギーを減ずるときは、必ず之と等量の他種のエヂルギーを增すか、或は他物體が之と等量のエヂルギーを得るものにして、毫もその創生或は消滅を見ることなし、之をエヂルギー不滅の原則と云ふ。されば宇宙間に存在するエヂルギーは、時々刻々吾

人の周圍に起る所の種々の現象の爲めに其態を變ずと雖も、其總量に於ては增減あるとなし。此原則は、化學に於て確められたる物質不滅則と相伴ふて、科學の基礎を形成する極めて重要なる原則にして、物理學は實に物質とエヂルギーとの關係を論ずる學なりと云ふとを得べし。

新撰物理學終

明治三十四年十月一日印刷
明治三十四年十月四日發行
明治三十五年四月三日訂正再版印刷
明治三十五年四月六日發行

著作權登錄

新撰物理學
定價金壹圓

著者　本多光太郎
著者　田中三四郎
發行者　内田淺　東京市日本橋區大傳馬町二丁目十六番地　電話浪花千三百三十五番
印刷者　島保藏　東京市牛込區市ヶ谷加賀町一丁目十六番地
印刷所　株式會社秀英舍工場　東京市牛込區市ヶ谷加賀町一丁目十二番地

發行所　東京市日本橋區大傳馬町二丁目十六番地　内田老鶴圃　電話浪花千三百三十五番

46
別庫
251

終