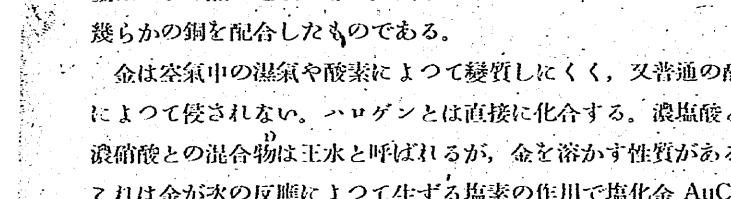
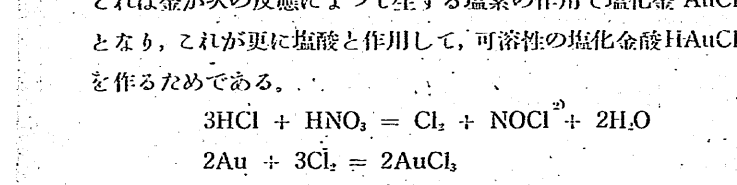
留する。金は又銅の電氣製錬の際，陽極泥の中にも含まれてゐるが，これを分離するには，先づ陽極泥をシヤン化ナトリウム NaCN で處理して金を溶かし出し，次にその溶液を電氣分解して金を陰極に析出させる。

金は非常に密度が大きく，その値は 19.3 瓦/糎^3 である。總べての金屬の中で展性及び延性が最も大きく，これを箔とする場合，その厚さを凡そ $\frac{1}{10000}$ 粍にまで薄くすることができる。金は又よく熱・電氣を導く。貨幣や器物に用ひるものは，普通幾らかの銅を配合したものである。

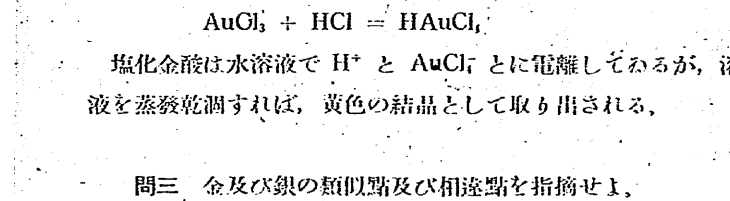
金は空氣中の濕氣や酸素によつて變質しにくく，又普通の酸によつて侵されない。ハロゲンとは直接に化合する。濃塩酸と濃硝酸との混合物[1]は王水と呼ばれるが，金を溶かす性質がある。これは金が次の反應によつて生ずる塩素の作用で塩化金 $AuCl_3$ となり，これが更に塩酸と作用して，可溶性の塩化金酸 $HAuCl_4$ を作るためである。



$$3HCl + HNO_3 = Cl_2 + NOCl^{2)} + 2H_2O$$



$$2Au + 3Cl_2 = 2AuCl_3$$



$$AuCl_3 + HCl = HAuCl_4$$

塩化金酸は水溶液で H^+ と $AuCl_4^-$ とに電離してゐるが，溶液を蒸發乾涸すれば，黄色の結晶として取り出される。

問三　金及び銀の類似點及び相違點を指摘せよ。

1) 通常濃塩酸と濃硝酸とを體積比で 3:1 に混合する。

2) 塩化ニトロシルと呼ぶ。

9

中等物象

三

文部省

〔後〕￥1.60

中等物象

昭和21年5月17日印刷 同日翻刻印刷して 〔後〕
昭和21年5月21日發行 同日翻刻發行 定價1圓60錢

〔昭和21年5月21日 文部省檢査濟〕

APPROVED BY MINISTRY OF EDUCATION (DATE May 17, 1946)

著作兼發行者 文部省

東京都神田區岩本町三番地
翻刻發行者 中等學校教科書株式會社
代表者 加野庄吾

東京都牛込區市谷加賀町一丁目十二番地
印刷者 大日本印刷株式會社
代表者 佐久間長吉郎

教科書番號 81ノ三

發行所 中等學校教科書株式會社

五 鉛

(イ) 鉛の性質・製錬

實驗一 鉛の小片を小刀で切つて硬さを調べ，その切り口の光澤を見よ。

鉛は密度が大きくて軟かく，比較的融けやすい金屬である。新しい切り口は輝いた光澤をもつ。鉛は空氣中で表面が酸化するが，この酸化物は銅の場合と同樣に，表面を被覆して內部が侵されるのを防ぐ働きをする。

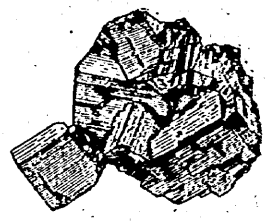
問一 鉛が日常生活に利用されてゐる例を擧げよ。

鉛の主な鑛石は方鉛鑛である。その主成分は硫化鉛 PbS であるが，普通少量の銀を含んでゐる。

實驗二 方鉛鑛の結晶形を觀察し，色・光澤・硬さ[1]を調べよ。

方鉛鑛から鉛を製錬するには，一旦これを燒いて酸化物とし，更に炭素で還元する。

1) 硬さは，次の十種の標準鑛をとり，これらと互に引つ掻いて傷ついた方が軟かいときめる。
一度 滑石，二度 石膏，三度 方解石，四度 螢石，五度 燐灰石，六度 正長石，七度 石英，八度 黃玉，九度 コランダム，十度 金剛石。



このやうにして得た鉛は，屢〻少量の銀を含んでゐるので，銀の製錬に用ひる。熔融した鉛に熔融した亞鉛を混ぜて攪拌すると，亞鉛は上層に浮かぶ。この時鉛の中に含まれてゐる銀の一部分は，亞鉛の中に溶け込む。これをレトルトに入れて熱すると，亞鉛は蒸溜されて銀を含んだ殘渣が殘る。この殘渣を淺い皿に入れて爐の中で熱すると，殘渣の中に含まれてゐる鉛は酸化物となつて分離し，あとに銀が殘る。

この時，銀と共に少量の金が殘ることがある。その場合には濃硝酸で處理すると，銀は硝酸銀として溶け，金は變化を受けないで分離する。

(ロ) 鉛の化合物

實驗三　鉛の小片に濃硝酸を加へよ。次にこれを水で薄め，熱してみよ。

問二　實驗三で發生する氣體は何か。又この際の反應方程式を書け。

鉛は稀硝酸に溶けて硝酸鉛 $Pb(NO_3)_2$ を生ずる。これは水に可溶性の塩である。

實驗四　硝酸鉛の水溶液に稀硫酸を加へてみよ。又稀塩酸を加へてみよ。それぞれの場合に生じた沈澱を濾別して，各〻に溫湯を注いでみよ。

ここに生じた白色の沈澱はそれぞれ，硫酸鉛 $PbSO_4$ 及び塩化鉛 $PbCl_2$ である。前者は水に非常に溶けにくい沈澱である。後者は冷水には溶けにくいが，溫湯には溶ける。鉛が硫酸や塩酸に溶けにくいのは，このためである。

硝酸鉛のほかに水に溶けやすい鉛塩として重要な物は，醋酸鉛 $Pb(C_2H_3O_2)_2 \cdot 3H_2O$ である。これは一名鉛糖といふ。

實驗五　醋酸鉛の溶液に硫化水素[1]を通じてみよ。又クロム酸カリウム K_2CrO_4 の溶液を加へてみよ。

硫化水素を通じて生じた黑色沈澱は硫化鉛 PbS で，クロム酸カリウムの溶液を加へて生じた黃色沈澱はクロム酸鉛 $PbCrO_4$ である。これらの反應は Pb^{++} の特徵反應で，その檢出に用ひる。クロム酸鉛はクロム黃又は黃鉛といひ，顏料として廣く用ひる。

硫化鉛を空氣中で燒けば，酸化鉛 PbO といふ黃色の物質が出來る。これは俗に密陀僧(みつだそう)といふ。これを空氣中で更に長い時間熱すると，きれいな赤色の物質に變る。これは Pb_3O_4 の組

1) 硫化水素 H_2S は硫化鐵 FeS に稀塩酸又は稀硫酸を注ぐ時發生する氣體である。　$FeS + 2HCl = FeCl_2 + H_2S$

成をもち，鉛丹といふ。鉛丹は鐵の防銹塗料として有用である。

鉛は屢水道管として使用されるが，水によつて侵されないであらうか。もし少しでも溶解するならば Pb^{++} は非常に有毒な物であるから，注意すべき問題である。

Pb^{++} はたとへ微量でも，それが長い期間に亘つて次第に體內に溜ると，非常な變症に陷る。

鉛に對する水の作用を調べてみよう。

實驗六 表面を紙やすりでよく磨いた鉛の小片を數箇に切り，その一片を蒸溜水を入れた試驗管の中に，他の一片を井戸水又は水道水を入れた試驗管の中に入れ，栓をして數日間放置した後，これらに起る變化を比較觀察せよ。又それぞれの上澄みを取り，硫化水素を通じてみよ。

問三 實驗六で，蒸溜水の場合に見た白色の沈澱は何か。又どのやうにして生ずるのか。その上澄みに硫化水素を通ず時，黑色の沈澱を生ずるわけを考へよ。

井戸水或は水道水によつて，鉛は殆ど溶かし出されない。そのわけは，これらの水の中に含まれてゐる CO_3^{--}，SO_4^{--} が，鉛と作用してその炭酸塩又は硫酸塩を作るためである。これらの塩は水に溶けにくいので，鉛の表面を覆ひ，內部の侵蝕を防ぐやうに働く。

問四 水道管として新しい鉛管を用ひる場合には，特に使用の當初に於いて注意しなければならないといふ。そのわけを述べよ。

六 アルミニウム

(イ) アルミニウムの性質

問一 アルミニウムは今日どんな方面に用ひられてゐるか。

アルミニウムは，地殼の中に最も多く含まれてゐる金屬である。しかしこれが今日のやうに廣く利用されるやうになつたのは，比較的新しいことである。それは，この金屬の製錬法がむづかしかつたからである。

實驗一 一片のアルミニウムを取つて，その表面をよく觀察せよ。又表面を少し小刀で削り取つてみよ。

アルミニウムが空氣中で丈夫であるのは，それが酸化されにくいためではなく，表面が酸化すると，その被膜によつて內部への侵蝕が防がれるためである。

實驗二 アルミニウムの粉末を焰の中に入れてみよ。

實驗二で知られるやうに，アルミニウムは高溫度では激しく燃燒し，その際多量の熱を發生する。その結果出來る酸化アル

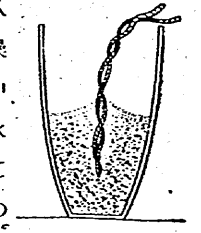
ミニウム Al_2O_3 の1瓦分子卽ち102瓦について約380キロカロリーの熱を發生する。この熱量を反應方程式の中に含めて示せば，

$$4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3 + 380 \times 2 \text{ キロカロリー}$$

となる。

問二 アルミニウム箔が寫眞撮影の閃光電球に用ひられるわけを述べよ。

實驗三 アルミニウムの粉末に酸化鐵の粉末を約 1:3 の割合に混ぜ，るつぼの半分ぐらゐまで入れよ。先づこれを100度附近でよく乾燥してから耐火板の上に置き，るつぼの中に紐狀マグネシウムを立ててこれに點火し，少し離れて觀察せよ。反應が終つてから放置し，冷えた後るつぼの底に鐵の塊の殘ることを見よ。



アルミニウムは酸素と結合する力が非常に強く，酸化鐵のやうに安定な他の金屬の酸化物からも，その酸素を奪ひ取つて金屬を遊離する性質がある。卽ち，

$$2Al + Fe_2O_3 = Al_2O_3 + 2Fe$$

しかもこの反應には酸化アルミニウム1瓦分子につき，約200キロカロリーの熱を發生するので，反應が起ると非常な高溫度

を生じ，生成した鐵は熔融する。アルミニウムと酸化鐵との混合物をテルミットといふ。テルミットは鐵の熔接に用ひる。

問三 54 瓦のアルミニウム粉末から上の反應を起すに必要な混合物を作るには，酸化鐵の粉末をどれだけ混ぜればよいか。

次にアルミニウムに對する酸や塩基の作用を調べてみよう。

實驗四 アルミニウムの小片を二本の試驗管に取り，一方には稀塩酸，他方には苛性ソーダの溶液を加へてみよ。反應が不活潑な場合には，少し溫めてみよ。發生する氣體が水素であることを確かめよ。

このやうに，アルミニウムは稀塩酸にも苛性ソーダにも溶解して，水素を發生する。その反應は次のやうに表される。

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2 \quad (1)$$

$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2 \quad (2)$$

(1) の反應で生成するのは塩化アルミニウムであり，(2) の反應で生成する物はアルミン酸ナトリウムと呼ばれる。いづれも水に可溶性の塩である。このやうに酸にもアルカリにも溶解するといふ性質は，アルミニウムのほかに亞鉛・錫などに於いても見られる。

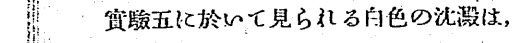
アルミニウムを蓚酸（しうさん）溶液中に插入し，電氣分解によつて，その表面に酸化物の皮

膜を作つたものがアルマイトである

實驗五　實驗四で作つた塩化アルミニウムの溶液の一部に，アンモニヤ水を加へよ。又他の一部に苛性ソーダの溶液を加へよ。いづれの場合にも綿のやうな白色の沈澱が現れるであらう。苛性ソーダの場合は，一旦生成した沈澱が，過剰の苛性ソーダによつて再び溶解することに注意せよ。

實驗五に於いて見られる白色の沈澱は，水酸化アルミニウム $Al(OH)_3$ である。この沈澱反應はアルミニウムの檢出に應用される。

又，この沈澱が過剰の苛性ソーダによつて溶解するのは，次の反應による。



$$Al(OH)_3 + NaOH = NaAlO_2 + 2H_2O$$

即ち水酸化アルミニウムはそれ自身弱い塩基であるに拘らず，苛性ソーダのやうな強い塩基に對しては，寧ろ酸のやうに反應してアルミン酸ナトリウムを作る。又水酸化アルミニウムは塩酸に溶ける。これは，塩酸のやうな強酸に對しては塩基として反應するためである。

$$Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3 + 3H_2O$$

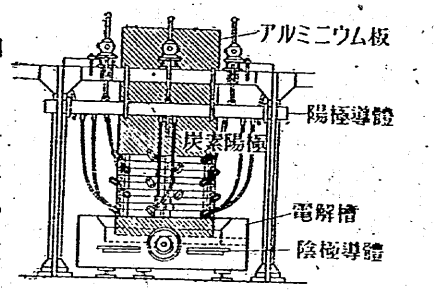
このやうな性質を兩性的であるといふ。

(ロ)　アルミニウムの製錬

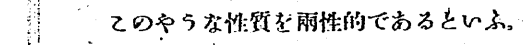
自然界に鑛石として產出するボーキサイト $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ は，

アルミニウム製錬の最も重要な資源である。

ボーキサイトを煆燒(かしょう)[1]，粉碎して後，苛性ソーダを作用させ，アルミニウム分を可溶性のアルミン酸ナトリウムとする。この際，鑛石中に含まれる鐵の酸化物は，アルカリに溶けないために分離する。アルミン酸ナトリウムの溶液を，水で薄めて水酸化アルミニウムを沈澱させ，これを回轉爐に入れて煆燒すると，殆ど純粹に近い酸化アルミニウムの粉末が得られる。これをアルミナといふ。



アルミナ Al_2O_3 を圖に示すやうな電解槽に，高溫度で熔融してゐる氷晶石 $AlF_3 \cdot 3NaF$ と共に入れ，アルミニウム板の外筒の中に泥狀炭素物質を詰めた物を陽極とし，爐材を陰極として電氣分解する。この時爐の中では，次の反應が起つて，アルミニウムは陰極に析出する。



$$2Al_2O_3 \longrightarrow 4Al + 3O_2$$

近時アルミニウムの需要が激增するに伴なつてボーキサイトのほかに，礬土頁岩(はんどけつがん)・明礬石などの資源を利用することが研究され且つ實施されてゐる。

礬土頁岩からアルミナを作るには，これを磁鐵鑛及びコーク

1) 焼して灰燼にすること。

スと共に電氣爐で熱し，珪酸分を除いて不純のアルミナを分離し，これに塩素を通じて更に不純物を除く。

又明礬石からアルミナを作るには，原鑛を粉碎して燒き，アンモニヤ水を加へて分解して生ずる不純のアルミナを精製する。

(ハ) 明　礬

アルミニウムの化合物として重要なものは明礬である。次に明礬の結晶を作つてみよう。

實驗六　約 10 瓦の硫酸カリウム K_2SO_4 の結晶を，ビーカーの中でなるべく少量の溫湯に溶かし，濃い溶液を作れ。次に約 38 瓦の硫酸アルミニウム $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ を少量の溫湯に溶かし，これを前の溶液に加へ放置せよ。生成した明礬の結晶を觀察せよ。

明礬の組成は $Al_2(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4 \cdot 24H_2O$ であるが，これは二種の塩が結晶水と共に結合したものである。これを水に溶かした溶液の中には，Al^{+++}, K^+ 及び SO_4^{--} のイオンが存在する。このやうに二種の塩から出來上つてゐて，しかも水溶液中で各成分塩のイオンに電離するやうな物を複塩といふ。

明礬の成分元素の中で，Al を他の 3 價の原子 Fe, Cr で置き換へた物，或は K を他の 1 價の原子團 NH_4 で置き換へた物は，いづれも同じ結晶形をとる。

アンモニウム明礬　$Al_2(SO_4)_3 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 24H_2O$

鐵　明　礬　$Fe_2(SO_4)_3 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 24H_2O$

クロム明礬　$Cr_2(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4 \cdot 24H_2O$

明礬は染色の際に媒染劑として利用される。又濁り水の清澄劑としても用ひられる。

實驗七　三箇の瓶を取り，(イ)(ロ)(ハ)と符號を附ける。(イ)(ロ)に濁り水を滿たし，(ハ)に清水を入れる。(イ)及び(ハ)に約 5 立方糎の明礬水を加へ，よく振り，更にこれらに約 25 立方糎の石灰水を加へてよく混合せよ。數時間又は次の實驗の時まで靜かに放置し，それぞれの變化を比較觀察せよ。

問四　實驗七で，明礬と石灰水との間の反應によつて水酸化アルミニウムの綿狀沈澱が出來ることを，反應方程式で示せ。

問五　明礬の清澄作用は，どうして行なはれるものであるかを考察せよ。

七　結　晶　系

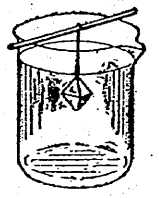
明礬は硫黄などと同じくみごとに結晶することを知つたが，次に大きな結晶を作つて，その形に就いて詳しく調べてみよう。

研究　(一)　小さなビーカーの中に 20－25 度[1]の明礬の飽

1) この溫度は室溫によつて多少加減する必要があるが，夏季ならば 30－35 度ぐらゐが適當であらう。

和溶液を作り，そのまま靜かに一晝夜放置せよ。

（二） ビーカーの底に出來た細かな結晶の中で，なるべく大きくて形の整つた物をピンセットで取り出し，これに細い糸を結び附けよ。



（三） 500 立方糎ほどのビーカーに(一)で作つたのと同じ飽和溶液を滿たし，その中に(二)で用意した結晶を圖のやうに釣り下げよ。ごみのはいらないやうに覆ひをし，放置して冷却し，溶液が自然に蒸發するに任せよ。[1] この時結晶は次第に成長するであらう。

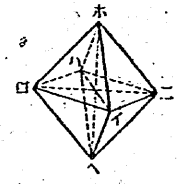
（四） 毎日一回結晶を取り出し，ビーカーには原液と同じ飽和溶液を追加して元の量にし，再び結晶を釣るして，次第にその生成するのを待つ。この際，もし八面體の面に平行して他の面が現れたり，或は凹みを生じたり，又は小結晶が面に着成したりするならば，それを小刀で削り，或は砥石で磨り減らし，一つの大きな八面體の結晶を作るやうに努めよ。一週間もすれば相當に大きな結晶が得られるであらう。

問一 上のやうにして作つた大きな明礬の結晶に就いて，これが正八面體であることを調べよ。

この正八面體の結晶に就いて，正四邊形の各切斷面の對角線は，次頁の圖のイハ，ロニ及びホヘのやうに，互に直交し，且

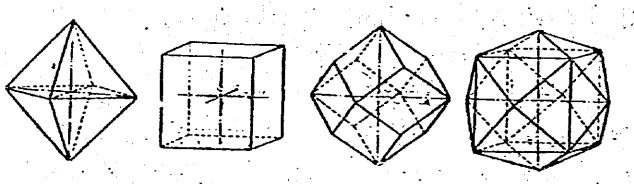
1) 冬季はできるだけ保溫裝置を施して，徐々に冷すことが必要である。

つ同じ長さであることがわかる。このやうなものを結晶軸といふ。

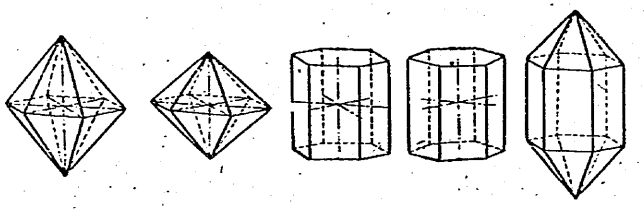


結晶はその軸要素によつて，次の六種の結晶系に區別される。

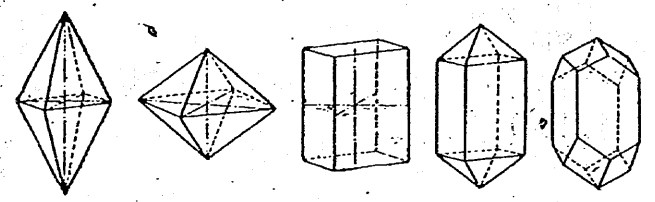
（一） 等軸晶系　互に直交する等しい長さの三軸をもつ物。明礬・食塩・方鉛鑛・磁鐵鑛などはこれに屬する。



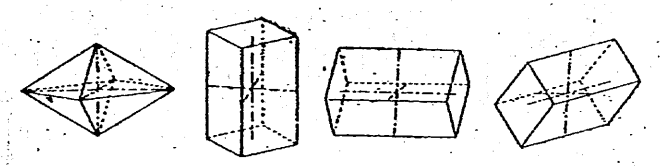
（二） 六方晶系　等しい長さの三軸が一平面内に於いて互に60度で交はり，異なる長さの一軸が，これらに直交する物。水晶・燐灰石などはこれに屬する。



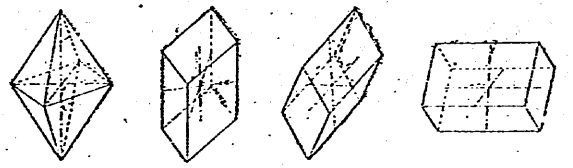
（三） 正方晶系　互に直交する三軸のうち，二軸は等長，一軸は異なる長さの物。錫石はこれに屬する。



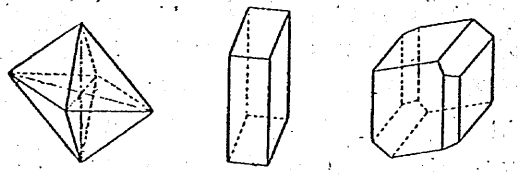
（四） 斜方晶系　互に直交する三軸の總べてが，その長さを異にする物。斜方硫黄・橄欖石などはこれに屬する。



（五） 單斜晶系　三軸のうち二軸は互に直交し，他の一軸は初めの一軸には直交し，もう一つの軸に對しては斜交して，いづれもその長さを異にする物。單斜硫黄・石膏・正長石などはこれに屬する。

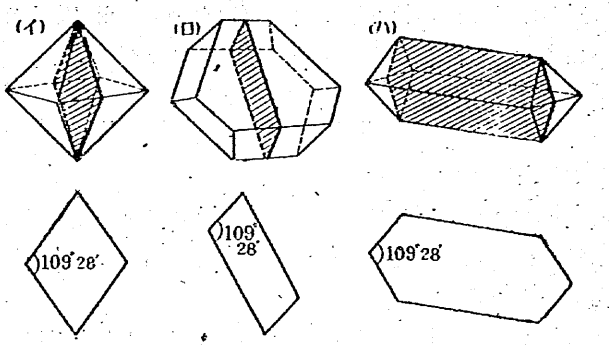


（六） 三斜晶系　三軸とも互に斜交し，且つその長さを異にする物。硫酸銅・斜長石などはこれに屬する。



總べての天然又は人工の結晶は，以上の六つの結晶系のいづれかに屬する。

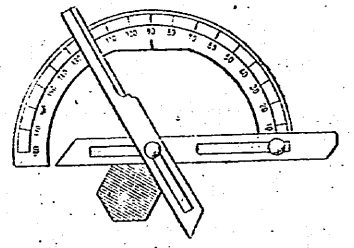
天然及び人工の結晶は，たとへ同じ物質から出來た結晶でも，それが生成する時の周圍の狀況によつて，その形がいづれも常に正しく出來てゐるとは限らない。例へば，明礬の結晶は，正しく完全に成長するならば，圖の(イ)のやうに正八面體になるが，屢〻圖の(ロ)(ハ)のやうに或る面が著しく發達して，異樣な



晶相を呈することがある。このやうな場合には，前に述べたやうな方法で軸要素を見出し，それが何晶系に屬するかを定めることはむづかしい。しかし都合のよいことには，外形はどんな

に變つてゐても，同一の物質から出來た結晶では，相對應する二面間の角度は一定してゐる。隨つてこのことを手掛りにして正しい形に作り直して軸關係を調べ，それぞれの面の性質を見るならば，その結晶系を定めることができる。

面角を測るには測角器を用ひる。



問二　方鉛鑛が等軸晶系に屬するといふことは，どうすれば確認されるか。

實驗　前節の實驗六又は研究で作つた明礬の結晶の中で，多少外形の異なつた物に就いて，相對應する二面間の角度を測定し，それが一定であることを確かめよ。

八　カルシウム・マグネシウム

(イ) 炭酸カルシウム

カルシウムは自然界に相當多量に存在する金屬元素である。われわれの身體を構成してゐる金屬元素のうちで，その量の最も多いものである。

自然界には普通に炭酸カルシウム $CaCO_3$ として產出する。屢〻厚い地層として存在する石灰岩の主成分は，炭酸カルシウムである。大理石は石灰岩のうち研磨して美麗な石材となし得るものをいひ，屢〻不純物のために着色してゐる。方解石は殆

ど純粹な炭酸カルシウムである。その結晶は六方晶系に屬し[1]，著しい複屈折[2]を示すので，光學器械の製作に利用される。又貝殼や卵の殼も炭酸カルシウムを主成分とする。

問一　上に擧げた物質が，いづれも炭酸塩であることはどうしてわかるか。

炭酸カルシウムは酸によつてたやすく炭酸ガスを放出するばかりでなく，これを強熱しても放出する。

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

ここに同時に生成する酸化カルシウム CaO は白色の物質で，通常生石灰と呼ぶ。

實驗一　蒸發皿に生石灰の小塊を二，三箇入れ，湯を注いでみよ。

このやうに生石灰に水を加へると，激しく化合して水酸化カルシウム $Ca(OH)_2$ が出來る。

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

水酸化カルシウムは通常消石灰ともいひ，かなり強い塩基で

1) 複六角錐の面が一つおきに發達した物。

2) 物體に入射した光線が二つの方向の屈折光線に分れる現象をいふ。

あるが，水にはごく僅か（0.2％）しか溶けない。この飽和溶液の上澄みが，石灰水である。

消石灰に砂などを混ぜて泥狀にしたものが漆喰（しっくい）であつて，壁塗りに用ひられる。消石灰は空氣中の炭酸ガスを吸收し，炭酸カルシウムを生じて硬化する。

問二　漆喰壁の既に乾いた新築の家に人が住むと，壁に濕氣が出るのは何故であらうか。又どうすれば壁を早く乾燥し，且つ硬くすることができるであらうか。

實驗二　石灰水に炭酸ガスを通じ，沈澱が出來たら更に炭酸ガスを通ぜよ。出來た澄明な溶液を煮沸してみよ。

この實驗の結果は，水に溶けにくい炭酸カルシウムが炭酸と化合して溶けやすい重炭酸カルシウム $Ca(HCO_3)_2$ となり，その反應が熱によつて逆行したものと考へればわかるであらう。これを反應方程式で示せば次のやうである。

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$$

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \rightleftharpoons Ca(HCO_3)_2$$

問三　石灰洞に於いて石筍（せきじゅん）や鍾乳石（しょうにゅうせき）の出來るわけを，上の反應を基にして說明せよ。

（ロ）石　膏

自然に產出する石膏は $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ の組成を有する。單斜晶系に屬する透明な菱形の結晶として，或は時に絹絲光澤を有する絲狀の結晶として現れ，割合に軟かで，脆くないのが特徵である。

石膏を燒くと，約120度で結晶水の $\frac{3}{4}$ 量が放出され，結晶形が崩れて粉末となる。これがいはゆる燒石膏 $CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$ である。これに適當量の水を加へて煉つた糊狀物質は，暫く放置すると固化し，更に乾燥すると一層硬くなる。糊狀物質は著しく塑性をもち，且つ硬化する際膨脹するので，塑像の製作に用ひる。

實驗三　糊狀の石膏を二枚の貨幣の間に挾んで型を取つてみよ。

石膏を200度附近で長時間熱すると，全く結晶水を失つて水を加へても再び結晶しなくなる。このやうな狀態になつたものを，燒過石膏といふ。

問四　石膏の硬化と漆喰の硬化とを比較考察せよ。

硫酸カルシウムもまた水に溶けにくい塩であるが，多くの鑛泉は多少これを含んでゐる。鑛泉の中から，石膏の結晶が析出することは珍しくない。

（ハ）塩化カルシウム

炭酸カルシウムは塩酸に溶解し，塩化カルシウム $CaCl_2$ の

溶液を生成する。塩化カルシウムは水に溶けやすい塩で，六分子の水と共に結晶する。結晶水のない塩化カルシウムは，強く濕氣を吸收する性質があるので，乾燥劑として用ひる。

問五　今までに知つた幾つかの乾燥劑に就いて，それらの特徴を比較せよ。

(二)　マグネシウムとその化合物

マグネシウムもまた自然界に比較的多く存在する金属元素である。自然界に産するマグネシウム化合物中，最も廣く分布してゐるのは炭酸マグネシウム $MgCO_3$ で，これを菱苦土鑛(りょうくどくこう)といふ。山嶽地方に蓄積する白雲石といふ岩石は，炭酸カルシウム・炭酸マグネシウムの複塩 $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ である。海水から食塩を結晶させた殘りの母液卽ち苦汁(にがり)は，約2％の塩化マグネシウム $MgCl_2$ を含む。

金属マグネシウムを得るには，無水の塩化マグネシウムを熔融[1]して電氣分解する。

マグネシウムは純金属としてよりは，いはゆる輕合金の材料として近時益々その重要性が認められて來た。

マグネシウムは高温で激しく燃燒し，强烈な光を出す。

$$2\,Mg + O_2 = 2MgO$$

この反應では酸化マグネシウム1瓦分子につき，144 キロカロリーの熱を發生する。

1)　この際融劑として，塩化カリウム又は塩化ナトリウムを混ぜる。

問六　マグネシウムの燃燒に際して，强烈な光が發するわけを考察せよ。

酸化マグネシウムは輕い白色の粉末で，水と化合して水酸化マグネシウム $Mg(OH)_2$ を作る。水酸化マグネシウムは水酸化カルシウムよりも一層水に溶けにくい塩基である。

鑛泉や井戸水などで石鹸のよくきかない水のあることは，われわれの經驗するところである。これらの水は大體その中に比較的多くの Ca^{++} 又は Mg^{++} を含んでゐて，硬水と呼ばれる。これに對して，天然水でも，例へば雨水のやうに石鹸のよくきくものは，軟水と呼ばれる。

問七　水の中に Mg^{++} 又は Ca^{++} があると，石鹸はどう變質するか。石鹸の組成を想ひ起してこれを説明せよ。

九　合　金

(イ)　金　属

われわれの周圍には鐵・銅・鉛・アルミニウムなどの金属が重要な使命を果してゐる。このほか日常接する金属には，亞鉛・ニッケル・錫・クロム・水銀などがあり，又貴金属として白金・金・銀などがある。

これらのうち，水銀以外の金属は總べて常温では固體である。金属は一般に融點・沸點が高く，延性・展性に富んでゐて，金属特有の光澤をもち，熱や電氣をよく導く。このやうな性質のほか，金属の酸化物は水と反應して塩基を作り，又酸に作用さ

れて塩を作る。それらは水に溶けると金属の陽イオンを電離する。

金属の密度・融點

	密　度[1]（瓦/糎³）	融　點（度）
白　金	21.4	1774
金	19.3	1063
水　銀	13.595	−38.83
鉛	11.34	327.3
銀	10.5	960.5
銅	8.93	1083
ニッケル	8.9	1455
鐵	7.86	1530
錫	7.3	231.9
亞　鉛	7.14	419.5
アルミニウム	2.69	660

（ロ）　合金の性質

先に鐵の性質がその中に含まれる他の物質，特に炭素の量によつて支配されることを知つた。一般に一つの金属は，これに他の金属又は非金属を加へることによつて，著しくその性質を變へるものである，例へば，銅はすぐれて電氣をよく導く物であるが，これに亞鉛を加へた黄銅は，純銅に比べて $\frac{1}{3}$ 程度しか電氣を導かない。アルミニウムは輕いが，餘り強靱でない缺

1）　水銀は温度 0 度，その他の物は 20 度に於ける値。

點をもつてゐる。しかし，これに少量の銅・マンガン・マグネシウムなどを加へて作つたジュラルミンは，甚だ強靱である。

このやうな事實を應用すれば，適當な金属の組合はせによつて，いろいろな特性をもつ物を作ることができる。これが合金であつて，今日では多くの金属は純金属として用ひるよりも，合金の材料として用ひる方が遙かに多い。今日作られてゐる合金は數千種に及ぶが，その研究の前途はなほ非常に有望である。

次に簡單な場合に就いて合金の實驗を試みよう。

實驗一　鉛と錫とを略ぼ同量(2—3瓦)取り，これを磁製のるつぼに入れて[1]熱し，内容物を融かせ。熔融物を木片上の穴の中に流し出し，冷却して固まつてから，その硬さ・融點などを調べよ。それらの性質を各成分金属の性質と比較せよ。

ここに出來た物は鉛と錫との合金(はんだ)であつて，その性質はいづれの成分金属よりも硬さは増し，融點は低いことがわかる。

この實驗で見たやうに，合金は二種又は數種の金属[2]を熱して，一旦一しよに融かし，均質な混合物を作り，これを放冷して固まらせて作る。この際各金属は，凝固する時にはつきりと層に分れることがなく，全體として均質にまじり合ふか，或は微結

1）　熔融物の酸化を防ぐため，上方に少量(0.5瓦以下)の炭酸ナトリウムの粉末を撒布せよ。

2）　炭素・硫黄などの非金属を含むこともある。

晶の入り亂れた構造をとる。鋼は炭素を一成分とする一種の合金である。鋼で見られるやうに，合金の性質はその成分の配合ばかりでなく，熱處理の如何によつても影響される。

合金に就いては，その組織を調べることが重要であるが，それには小さな塊を切斷して斷面をよく磨き，且つ組織をわかりよくするために薄い酸で腐蝕する。このやうに處理した切斷面を反射顯微鏡によつて直接觀察するか，或は寫眞にとつて調べる。

實驗二　反射顯微鏡を用ひて二，三の合金の表面の組織を觀察せよ。

(六)　いろいろな合金

次に主要な金屬とその合金に就いて列記する。

(一)　銅の合金

銅を主成分とする合金は多數あるが，その代表的なものは，黃銅 (Cu, Zn)，青銅 (Cu, Sn) で，既に古代から利用されたものである。銅・錫のほかに少量の燐を含む燐青銅，或は銅・錫のほかにマンガンを含むマンガン青銅は硬さも高く，腐蝕しにくいので，船の推進器やいろいろな機械の軸などに用ひられる。

(二)　銀の合金

銀貨幣は通常 28% の銅を含んでゐる。銀の合金は高級な食器や美術工藝品の製作にも用ひる。

(三)　鉛の合金

鉛は低溫度で崩ける金屬であるが，これは更に融點の低い，いはゆる易融合金の材料となる。活字合金は鉛のほかにアンチモン及び錫を含み，はんだは錫を含んでゐる。はんだの融點は約200度である。ヒューズ用合金には鉛のほかアンチモン・錫

などを含み，融點220--320度の物がある。

(四)　ニッケル・コバルトの合金

ニッケル及びコバルトは共に鐵に似た金屬であるが，その表面は光澤をもち，空氣中で銹びにくい。これらはいづれも特殊鋼の原料として重要である。

銅にニッケルを加へた物は，銅のやうに硬く，比重が大きく，腐蝕に耐へるので熱機關の弁に用ひる。洋銀は銅・亞鉛・ニッケルの合金であり，腐蝕に對する抵抗力が大きい。ニクロムはニッケルのほかにクロム・マンガン・鐵を含み，電熱器・電氣爐などの加熱線に用ひる。

(五)　クロム・マンガンの合金

クロム及びマンガンはいづれも硬く，融點の高い金屬であるが，特殊鋼の原料として重要である。

(六)　タングステン・モリブデン・バナジンの合金

これらもまた硬さ・融點の高い金屬であつて，主として特殊鋼の製造に利用する。タングステンはその純金屬が極めて纖細な線にひかれ，しかも强靱であり，强熱に耐へるので，電球や眞空管の纖條として用ひられる。又タングステンと炭素との化合物は，金剛石に近い硬さをもつた結晶である。

(七)　アルミニウム・マグネシウムの合金

アルミニウム及びマグネシウムも金屬自身としてよりも，いはゆる輕合金の原料としての需要が大きい。

5—12% のアルミニウムを含む銅はアルミニウム青銅と呼ばれ，輝いた黃金色をもち，高度の强靱性を有する。マグナリウム (Al 70, Mg 30)，ジュラルミン (Al 95, Cu 4, Mn 0.5, Mg 0.5) は，共にかなりの硬さと强靱性とを有し，空氣中に於いて變質しにくく，輕く且つ細工しやすい。これらの特性によつて，航空機資材として缺くことのできないものである。

エレクトロンはマグネシウムを主成分とし，少量のアルミニウム・亞鉛・マンガン・カドミウムなどを含む輕合金である。その比重はマグナリウム・ジュラルミンよりも小さく，しかも相當の硬さをもつてゐるから，航空機・自動車などの製作に

用ひる。

(八) 水銀の合金

水銀の合金を一般にアマルガムといふ。銅アマルガムは一種の金屬セメントで，金屬や陶器の接合劑として用ひる。錫・カドミウム・パラジウムのアマルガムは齒科醫が齒や齒間の充塡劑として用ひる。

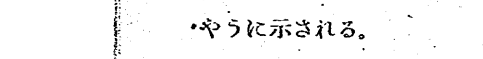
研究　自動車の各部分に用ひられてゐる合金と，それらの特性に就いて調べよ。

十　電　池

(イ) イオン化傾向

亞鉛や鐵や鉛は，薄い酸に溶解して水素を發生するのに，銅や銀ではこのやうな性質を示さないのは，どんな理由によるのであらうか。

金屬が酸に溶ける現象は，イオンの考へを基にすれば，次のやうに示される。

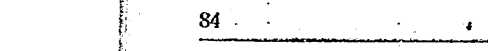


$$M + 2H^{+} \longrightarrow M^{++} + H_2$$

但し M を以つて 2 價の金屬を表す。卽ち，金屬が酸によつて溶解して水素を發生するのは，金屬原子と水素イオンとの間に，電氣の移動が行なはれることにほかならない。亞鉛や鐵では，この移動が行なはれるが，銅や銀ではこれが行なはれないのである。このことを多くの金屬に就いて調べてみると，それらがイオンになる傾向の大小には一定の順位があることがわかる。この順位は，例へば次のやうな實驗によつて知られる。

實驗一　硝酸銀の溶液の中に，表面を磨いた銅線を入れよ。

實驗一に於いて，銅線に附着した灰色の物質は銀である。それに對して，溶液が青く着色したのは，銅が溶けてイオンとなつたためである。卽ちこの際，

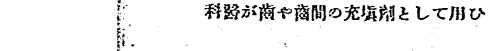


$$2Ag^{+} + Cu \longrightarrow 2Ag + Cu^{++}$$

の反應が起つて電氣が銀から銅へ移る。

實驗二　硝酸銅の溶液の中に，磨いた鐵釘を入れよ。

實驗二に於いて，鐵釘の表面には銅が析出し，溶液の青い色は幾分薄くなつたことがわかるであらう。これは



$$Cu^{++} + Fe \longrightarrow Cu + Fe^{++}$$

の反應が行なはれたためである。

上の二つの實驗に於いて，溶液中の硝酸イオンは何ら變化を受けないのであつて，これらの實驗に用ひる塩類は必ずしも硝酸塩でなくてもよい。

このやうに鐵は銅に比べてイオンになりやすく，銅は銀に比べてイオンになりやすい。隨つて鐵は銀に比べて一層イオンになりやすい。このやうな順位は，他の任意の二つの金屬に就いても比較できる。主な金屬に就いて調べた結果，それらのイオン化傾向の順位は次のやうである。

K　Na　Ca　Mg　Al　Zn　Fe

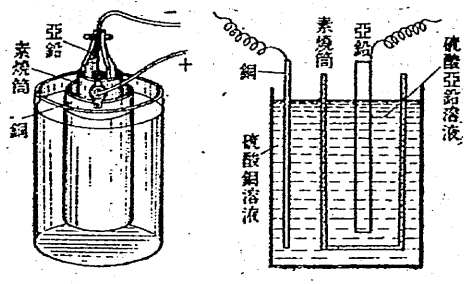
Sn　Pb　(H)　Cu　Hg　Ag　Au

この際水素を一つの金屬と見なすならば，これは順位の中で Pb と Cu との間に置かれる。H より上位の金屬は，酸と作用して水素を發生するが，それより下位のものは水素を發生しない。又 H より上位の多くの金屬も，その排列の順位に從つて，酸に溶ける程度に難易がある。Na や K が水の中からさへも水素を發生することができるのは，そのイオン化傾向が非常に大きいためにほかならない。

(ロ) 電　池

金屬のイオン化傾向に一定の順位があるといふ事實は，電流の源として用ひる電池の作用と密接に關係してゐる。今，硫酸銅電池に就いてこれを考察しよう。

實驗三　ガラス又は磁製の容器に，硫酸銅の溶液を入れる。別に小さな素燒の筒に，硫酸亞鉛の溶液を入れ，そのままそれを硫酸銅の溶液の中に插入せよ。硫酸亞鉛の溶液の中に亞鉛板を，硫酸銅の溶液の中に銅板を插入して，これを二つの極として外部を針金で結び，その間に豆電球又は電鈴を插入せよ。



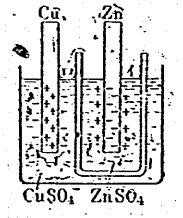
實驗三に於いて，豆電球がともり或は電鈴が鳴ることによつて，電流が發生してゐることがわかるであらう。暫くしてから觀察すると，亞鉛は幾らか消耗してゐるのに對し，銅板にはその表面に新たに銅が析出してゐることがわかる。

この時，どうして電流が發生するのであらうか。

亞鉛はイオン化傾向が大きいために，同じ亞鉛イオンを含む溶液中に於いて，

$$Zn \longrightarrow Zn^{++}$$

の變化によつて，(イ)の中の Zn^{++} の量を增加する。その結果，過剩の陽イオンを中和するために(ロ)の中の SO_4^{--} は素燒を通して移動する。同時に Cu^{++} は銅板に向かつて移動し，そこで電氣を失つて Cu となる。このやうにして，亞鉛極は正の電氣を失ふのに對して，銅極は正の電氣を得る。そこで兩極を針金で結ぶと，その中に電流[1]が通るが，それと同時に亞鉛極は更に溶解し，銅極には銅が析出する。又溶液中ではイオンの移動が行なはれ，ここに溶液と針金とを通して電流が流れる。さうして亞鉛極が失ふだけの電氣が絶えず銅極によつて補はれ，亞鉛極が全部溶解するか，或は溶液中の Cu^{++} が全部析出してしまふまでは電流が通るのである。



兩極を結ぶ針金中での電流の向きは，電池の陽極（銅極）から陰極（亞鉛極）に向かふときめる。電池の內部では溶液中を陰極から陽極へ向かつて電流が通る。そ

1) 電流が電氣の流れであることは後に學ぶ。

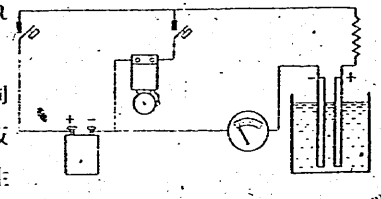
のやうに電流の通る一つの閉ぢた路を回路といふ。

亞鉛と銅との組合はせに限らず，イオン化傾向を異にする任意の二種の金属を，それぞれの塩の溶液に插入することによつて，電池を作ることができる。

研究 乾電池の構造と機能とを調べよ。

(ハ) 蓄電池

實驗四 ガラス又は磁製の容器に稀硫酸を入れ，これに二枚の鉛板を插入し，それぞれ適當な電源[1]に繋げ。溶液中に電流が通ると同時に分解が起り，陰極板からは盛んに水素が發生するのを見るであらう。この際，圖に示すやうに適當な抵抗[2]と電流計とを回路に插入して，電流計の針の動きを見ておく。暫く電氣分解を續けてから，開閉器を斷つて電氣分解を中止すると同時に，電鈴を插入した別の回路を閉ぢる。電鈴が鳴ることによつて新しい回路に電流が通ることを確かめ，同時に電流計の針の動く方向に注意せよ。



電鈴が鳴り止んで電流計の針が零點に復したら，その回路

1) 電池，その他後に學ぶ直流の電源。

2) 抵抗を插入するのは，後に學ぶやうに回路に過大の電流が通るのを防ぐためである。

を斷つて再び初めの回路を作り，電氣分解を行なへ。

このやうな操作を繰り返して行なつてみよ。

この實驗によつて，電氣分解と電池の作用とが，同じ裝置で交互に反覆して行なはれることがわかつたであらう。この現象は，次のやうに説明される。第一に電氣分解が行なはれる場合には，外部から電流を通すと，電極に於いて次の變化が起る。

陽極に於いて $SO_4^{--} \longrightarrow SO_4$

$$Pb \xrightarrow{+SO_4} PbSO_4 \xrightarrow{+SO_4} Pb(SO_4)_2$$

$$\xrightarrow{+2H_2O} PbO_2 + 2H_2SO_4$$

陰極に於いて $H^+ \longrightarrow H$

$$H + H \longrightarrow H_2 \uparrow$$

即ち陰極では H^+ が放電して H となり，これが水素ガスとなつて發生する。陽極では SO_4^{--} が放電して中性の SO_4 となるが，これは直ちに極板の Pb と反應して $PbSO_4$ となり，更に酸化して，遂に PbO_2 となる。そこで，一方の鉛板はそのままになつてゐるが，他方の鉛板はその表面が PbO_2 に變化する。PbO_2 は過酸化鉛と呼び，暗褐色を呈する。

電氣分解によつて，極板がこのやうな狀態になつた物は，電池としての機能を發揮する。即ち兩極を針金で結べば，PbO_2 の極板は電池としての陽極となり，Pb の極板は陰極となり，その間に電流を通す。しかもその電流の方向は，電氣分解の場合とちやうど反對の向きになる。この際

陽極に於いて

$$PbO_2 + 2H^+ + H_2SO_4 \longrightarrow PbSO_4 + 2H_2O$$

陰極に於いて

$$Pb + SO_4^{--} \longrightarrow PbSO_4$$

の變化が行なはれ，兩極はいづれも硫酸鉛の狀態になる。このやうにして，兩極が同じ狀態となると同時に，電池としての働きを失ふ。これがいはゆる電池の放電である。

しかし，再び外部から電流を通して電氣分解を行なへば，陽極は酸化されて過酸化鉛となり，陰極は還元されて鉛に戻り，また電池としての作用をする狀態となる。これが卽ち充電である。さうして充電と放電とは可逆的に繰り返して行なふことができる。このやうな裝置を蓄電池といふ。鉛蓄電池はその代表的なものである。

實際の鉛蓄電池では，豫め一方の極板に鉛，他方の極板に過酸化鉛を用ひ，これらを硫酸(比重1.25)の中に對立させてある。

電氣と磁氣

一　電流と抵抗

(イ) 電流

先に學んだやうに電池には電流を流さうとする働きがあり，その兩極を針金で結べば針金の中を電流が通る。

これから電流は回路の中をどのやうに流れるか，又どんな作用をするかを調べてみよう。

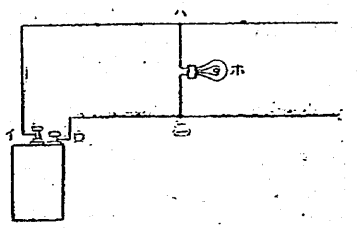
既に知つてゐるやうに，いろいろの物質を回路に插入すると，金屬のやうに電流をよく通す性質のある物質(導體)と，ガラスやゴムのやうに電流を通しにくい物質(不導體)とがある。不導體はまた絶緣體ともいふ。又木材や紙のやうにこれらの中間の性質をもつ物質もある。

問一　いろいろな電氣器具に用ひてある絶緣體を擧げてみよ。

實驗一　電燈線・動力線などの開閉器，電氣器具に用ひてあるスイッチの構造と作用とを調べてみよ。

實驗二　次頁の圖のやうに電池の兩極イ・ロに細い二本の導線を繋ぎ，導線の二點ハ・ニの間に豆電球ホのソケットから出てゐる針金をそれぞれ結べ。ハ・ニの位置をいろいろに變へた時，電球の明かるさがどのやうに變るか。

この實驗に於いて，電流の通る導線の部分イハホニロが長くなるほど電球が暗くなることがわかるであらう。電球が暗くなるのは電流が弱くなつたためと考へられる。



電流の強さの單位をアンペアといふ。[1] 電解質溶液に電流を通ずと物質の分解が起ることは既に學んだが，その時電極に毎秒析出する物質の量を測つて，電流の強さをきめることができる。即ち1アンペアとは，電極に銀を用ひて硝酸銀の溶液から電氣分解により毎秒 1.118 瓩の銀を分離する電流の強さと規定されてゐる。實際に電流の強さを測るのに用ひる電流計の目盛は，この規定に合ふやうに作られたものである。

實驗三　實驗二でイ・ハの間に電流計を插入し，電流が通つてゐても電球がともらないことがあるかどうかを調べよ。

(ロ)　電氣抵抗

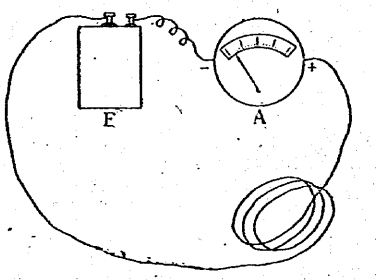
導線はその長さが增すに從つて電流を通しにくくなることがわかつた。これは導線に電流の通るのを妨げようとする作用即ち電氣抵抗があるためと考へられる。

高い所にある水を管で低い所へ導くのに，管が細くて長いと水の流れ方は弱くなる。これも管に水の流れを妨げる作用があるからである。

1)　千分の一アンペアを1ミリアンペアといふ。

これからいろいろな導線の電氣抵抗がその長さ・太さ，物質の種類などによつてどのやうに違ふかを調べよう。

實驗四　蓄電池[1] E と電流計 A とを圖のやうに細い導線で繋ぎ，回路中の電流の強さを電流計で讀め。[2] 同じ太さ，同じ物質の導線で，長さがいろいろ異なるものを用ひる時，導線の長さと電流の強さとの間にどんな關係があるか。



實驗四に於いて，電流の強さは導線の長さに反比例して，減つて行くことがわかつたであらう。これは，導線の抵抗がその長さに比例して增すためと考へられる。[3]

實驗五　長さ・太さが等しく，同じ物質で出來た數本の導線を用意し，實驗四の裝置で E と A とを，この導線一本で結ぶ時と，數本束にして結ぶ時とで，電流の強さがどのやう

1)　特に蓄電池を用ひるわけは後の考察で明らかになる。

2)　回路に過大の電流が通ると電流計や電池を損じるから注意せよ。この場合回路に適當なヒューズを插入するとよい。

3)　電流計にも抵抗があるが，それは非常に小さいので殆ど考へなくてもよい。

に達ふかを調べてみよ。

この實驗から數本束にした導線の抵抗は，その本數に反比例して，減少することがわかつたであらう。

問二　長さの等しい同じ物質の導線の抵抗は，その太さとの間にどのやうな關係があるであらうか。

實驗六　長さ・太さの共に等しい鐵線とニクロム線とを用意し，これを以て實驗四の裝置でEとAとを結び，この時流れる電流の強さを比較せよ。

導線の抵抗はその長さや太さのほかに物質の種類によつても異なる。長さが1糎で斷面積が1平方糎の物の抵抗を，その物質の抵抗率といふ。

導體の抵抗率は，温度によつて變る。普通，金屬例へば電球に用ひるタングステン線條などの抵抗は，温度が昇ると著しく增すが，炭素線條などはこれに反し，温度が昇ると却つて減る。

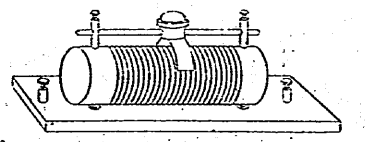
抵　抗　率（オーム・糎）（20度にて）

銀	0.00000162	鋼	0.000010—0.000020
銅	0.0000172	白　金	0.0000106
アルミニウム	0.00000275	水　銀	0.000095
タングステン	0.0000055	ニクロム	0.000110
鐵	0.0000093	炭　素	0.0002—0.001

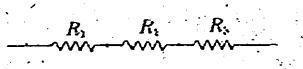
抵抗の單位を1オームといふ，水銀 14.4521 瓦を，一樣な斷面積で長さ 106.300 糎にした物[1]の0度に於ける抵抗を1オームときめる。他の物質の抵抗はこれと比較してきめればよい。

問三　直徑 0.91 粍[2]，長さ5米のニクロム線の抵抗は何オームか。

電流の強さを適當に加減するために，いろいろに變化する抵抗を必要とする時には，可變抵抗器が普通用ひられる。



問四　三本の抵抗をそれぞれ R_1, R_2, R_3 とし，これを圖のやうに順次一列に繋ぐ時[3]，その全抵抗は幾らになると考へられるか。



二　電池の起電力

(イ)　蓄電池の起電力

電流を流さうとする電池の働きの強さを表すのに，起電力と

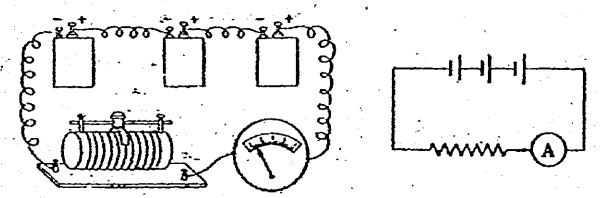
1)　水銀はガラス管に入れて用ひる。

2)　導線の太さに番號をつけて，何番線と呼ぶ習慣がある。ここに掲げた太さの物は 20 番線である。

3)　このやうに繋ぐのを直列に繋ぐといふ。通常上のやうに指示する。

いふ言葉を用ひる。先づ蓄電池に就いてその起電力を調べてみよう。

實驗一　何箇かの蓄電池を圖のやうに直列に結び，電流の強さが電池の數によつてどう變るかを調べよ。[1]



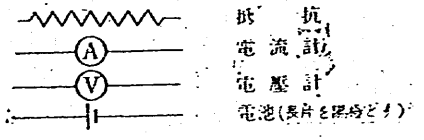
n 個の蓄電池を直列に結べば電流は n 倍になる。隨つて全體として起電力は n 倍になるものと考へられるであらう。

起電力の單位を1ボルトといひ，蓄電池の兩極を抵抗1オームの導線で結ぶ時，流れる電流が E アンペアであれば，その起電力を E ボルトときめる。隨つて R オームの抵抗をもつ導線で結ぶ時，流れる電流が I アンペアであるとすれば，蓄電池の起電力は

$$E=IR \quad \text{ボルト}$$

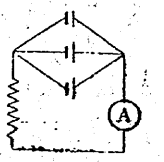
で與へられる。

1) 圖中の符號は次のやうに用ひられる。



尙蓄電池一箇の起電力は約2ボルトで，蓄電池の大きさには關係がない。

實驗二　實驗一で用ひた蓄電池を圖のやうに(並列)結び變へた時，全體としての起電力はどう變るかを調べてみよ。



電池を並列に繋ぐ場合には，その數を增しても起電力が變らないことがわかる。

蓄電池から强い電流を得ようとしても，それぞれきまつた最大の値がもつて，これ以上强い電流を通すと蓄電池を傷つける。この値は大型の蓄電池では大きく，小型の物では小さい，小型の蓄電池でこの値以上の電流を得ようとするには，これらを數箇並列に結び，一箇當りの電流がこの限度を超えないやうにすればよい。

問一　同種の蓄電池三箇を直列に繋ぎ，これらを抵抗10オームの導線で結ぶと，何程の電流が流れるか。

(ロ)　電池の內抵抗

先に調べたやうに，蓄電池の兩極をいろいろの抵抗の導線で結ぶ時，電流と導線の抵抗との間には

(電流)×(抵抗)＝一定＝蓄電池の起電力

の關係がある。言ひ換へれば電流は導線の抵抗に反比例する。

しかし蓄電池の代りに乾電池を用ひて實驗すると，上の關係が成り立たないことがわかる。それは何故であらうか。この場合，電流が電池の內部を突き拔けて通り，そこでもやはり或る

大きさの抵抗(内抵抗)を受けることに注意しなければならない。

内抵抗の大きさは電池の種類で異なり，蓄電池では非常に小さいが，乾電池などではかなり大きく，数オームある場合がある。

乾電池などの場合，その内抵抗を r オームとし，両極を結ぶ導線の抵抗を R オーム，電流の強さを I アンペアとすれば，I は $(R+r)$ に反比例し，随つて $I(R+r)$ が一定値となり，これが電池の起電力 E に當るものと考へられないであらうか。實際に實驗してみるとこの値は一定になり，

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

の關係が成り立つことがわかる。[1]

乾電池一箇の起電力は約 1.5 ボルトである。

問二　起電力 E ボルト，内抵抗 r オームの電池 n 箇を直列に結び，これを抵抗 R オームの導線で結んだ時，流れる電流の強さを I アンペアとすれば

$$I(R+nr)=nE$$

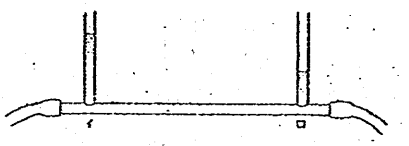
の關係が成り立つことを考へよ。

問三　問二に於いて，n 箇の電池を並列に結ぶ時には $I\left(R+\frac{r}{n}\right)=E$ の關係が成り立つことを考へよ。

1)　$r=0$ とすれば 96 頁の關係式を得る。

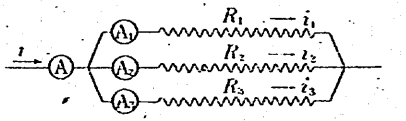
三　電　壓

いろいろの太さ・長さの管を圖のやうに水平に置いて，これに水を流し，イ・ロの水壓の差と水流の強さ及び管イロの抵抗との關係を調べてみると，水壓の差は水流が強いほど，又管の抵抗が大きいほど（管が細いほど，又長いほど）大きくなることがわかる。



導線の中を流れる電流の場合にも，上の例の水壓に相當する量が考へられないであらうか。

實驗　それぞれの抵抗 R_1, R_2, R_3 がわかつてゐる三本の導線を，圖のやうに並列に繋ぎ，これらの導線全體を通して一定の電流 i を通す時，各の導線に流れる電流の強さ i_1, i_2, i_3 を測れ。電流の強さと導線の抵抗との相乘積を，それぞれの導線に就いて比較せよ。



上の實驗に於いて，それぞれの導線を流れてゐる電流の強さと導線の抵抗との相乘積は等しくなることがわかるであらう。導線の二點間で考へたこの量を二點間の電壓といふ。

先に蓄電池の起電力を考へた時，起電力は導線の抵抗と電流の強さとの相乘積で表されることを知つたが，これを電壓とい

ふ言葉を以て表せば，起電力は兩極の間の電壓に等しい。又乾電池などでは起電力は電池の內部及び導線內に生ずる電壓の和に等しくなる。

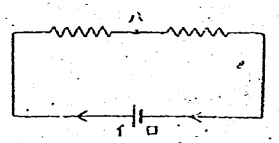
起電力の單位は1ボルトであるから，電壓の單位もやはり1ボルトときめる。

抵抗 R オームの導線を通して I アンペアの電流が流れてゐる時，導線の兩端に於ける電壓を V ボルトとすれば

$$V=IR$$

の關係がある（直流[1]抵抗の法則）。

問一　圖のやうに 1.5 オームの導線イハと 2.8 オームの導線ハロとが，起電力 1.5 ボルト，內抵抗 1.2 オームの乾電池と直列に結ばれてゐる。この回路を流れる電流は何アンペアか。又イ・ハ間及びハ・ロ間の電壓はそれぞれ何ボルトか。



このやうな場合，電池の兩極の間の電壓が，その起電力と異なる値になることに注意せよ。

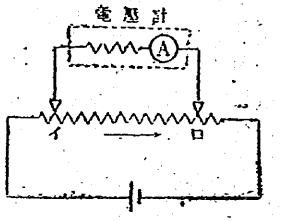
問二　前頁の實驗で抵抗がそれぞれ R_1, R_2, R_3 の三本の導線を唯一本の導線で置き換へても，電流が變らないやうにするためには，この導線の抵抗 R は

1) 電池で得られる電流のやうに，一方向きの電流を直流といふ。

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

の關係にあることを導け。

電壓をボルト單位で測り得るやうにした器械を電壓計といふ，これは鋭敏な電流計を非常に大きな値の抵抗と直列に繋いだものである。例へば圖の回路で，イ・ロ間の電壓を測るには，電壓計の兩方の端子をイ點とロ點とに接觸させて用ひる。



この時電壓計の中にも電流が流れるから，もし電壓計の抵抗が小さいと，これを入れたために回路のいろいろな部分の電流の强さが變化し，從つてイ・ロ間の電壓も變つて來る。これを防ぐために電壓計の抵抗を非常に大きくし，その中を通る電流が非常に小さくなるやうに作られてゐる。

問三　電壓計の兩端子の間の抵抗が 1000 オームで，それに入れてある電流計は，これを電流計として用ひる時，一目盛が1ミリアンペアを示すものとする。この電壓計の一目盛は何ボルトを示すことになるか。

問四　乾電池の兩極をそれぞれ電壓計の兩端子に繋いだ時，電壓計の讀みは起電力を示してゐるであらうか。又蓄電池の場合はどうであるか。

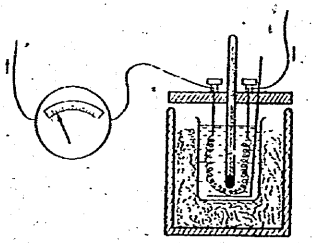
四　電流の熱發生作用

電球や電氣アイロンなどでもわかるやうに，導線に電流が通

ると熱を發生する。電流が弱ければ熱の發生が少いし，又同じ電流が通つてゐても抵抗の小さいコード線では殆ど熱が發生しない。

發生する熱が電流の强さや導線の抵抗とどんな關係になつてゐるかを調べるのに，次のやうな實驗をしよう。

實驗 抵抗の知れてゐるニクロム線などを蔓卷線狀に卷き，圖のやうな容器に入れる。容器にはなるべく多量の水を入れ，木の蓋をして，溫度計及び攪拌器を附けておく。導線の兩端に銅線を結び，電流計を通して電源に繫げ，



豫め水及び容器の重さをそれぞれ測つておき，電流を通しながら水の溫度の昇つて行く速さを調べ，これから電流の强さと毎秒發生する熱量との關係を求めよ。

電流の强さを變へた時，發生する熱量はどうなるか。又抵抗の異なる導線を用ひた時はどうか。

發生した熱は水と容器だけの溫度をあげるのに費されるのでなく，ニクロム線・攪拌器・溫度計などの溫度をあげるのにも費され，綿に包んでも熱は幾らか放散する。詳しく調べるにはこのやうなことも考へに入れて，熱の發生量をきめなければならない。

このやうな實驗の結果，次の關係がわかる。

(一) 電流の强さをいろいろ變へてみると，毎秒發生する熱量は電流の强さの二乘に比例する。

(二) 抵抗の異なるいろいろの導線を用ひ，これにきまつた强さの電流を通しながら調べると，毎秒發生する熱量は導線の抵抗に比例する。

(三) 抵抗 R オームの導線に I アンペアの電流が流れる時，t 秒間に發生する熱量を Q カロリーとすれば

$$Q=\frac{1}{4.2}\times I^2Rt$$

となる。

問一 導線の二點間の電壓を V ボルト，流れる電流の强さを I アンペアとする時，この二點間で毎秒發生する熱量は何カロリーか。

導線の二點間の電壓と流れてゐる電流の强さとの相乘積をその二點間で費される電力といひ，電力の單位をワットと呼ぶ。1 ワットとは 1 ボルトの電壓の二點間を 1 アンペアの電流が流れてゐる時，その二點間で費される電力をいふ。

隨つて導線の二點間で費される電力を P ワットとして，そこで t 秒間に發生する熱量を Q カロリーとすれば

$$Q=\frac{1}{4.2}Pt$$

の關係がある。

電流の發生する熱を簡單に電熱といつてゐる。これから電熱の應用の二，三に就いて考へてみよう。

電　燈

一般に物體は高溫度になると光を出すが，電燈は細い纖條を電熱で高溫度に保つやうにしたものである。纖條は抵抗率が大きくて融點の高い物でなければならない。

纖條には最初は炭素を用ひたが，今日ではタングステンを取り扱ふ技術が進歩したために，電球の纖條として炭素よりすぐれた性質[1]のあるこの金屬を一般に用ひてゐる。

電球の内部は，發生した熱が無駄に放散するのを防ぐために，眞空にしてある場合もある。しかし窒素・アルゴンなどの氣體を詰めた方がタングステンの昇華が少くてすみ，そのため一層高溫度に保つて發光を盛んにすることができる。今日では氣體入りの電球が多く用ひられてゐる。

問二　ワット數の小さな電球は觸れてみてもさほど熱くないのに，これを蒲團の中に入れて放置すると蒲團が燒け出すことがある。何故か。

問三　100 ボルト用 60 ワットの電球には何アンペアの電流が流れてゐることになるか。又この電球がともつてゐる時の抵抗は何オームか。

1) 融點は 3400 度，炭素は高溫度でも融解しないが，しかしよく昇華する缺點がある。

電熱器

いろいろな電熱器にニクロム線を用ひるのは，この合金の抵抗率が大きいこと，融點が割合に高いこと，赤熱しても空氣中で酸化しないこと[1]などの長所があるからである。

ヒューズ

回路中に適當なヒューズを插入しておくと，何かの事故で過大な電流が流れても，ヒューズが融けて電流が切れるから危險を生じない。ヒューズは先に學んだやうに極めて融點の低い合金の針金或は帶金で，それらの切り口の大きさで何アンペアまでの電流に耐へるかがきまる。

五　磁　氣

電鈴や電話器に用ひてある電磁石は，電流を流すと鐵片を引きつける作用をなし，鐵の磁石と同じやうな働きをする。このやうな作用を調べる前に，先づ鐵の磁石の性質を調べてみよう。

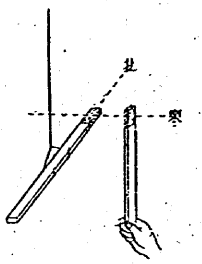
(イ)　磁石の性質

實驗一　棒磁石や馬蹄形磁石に鐵粉をふりかけて，それらがどんな狀態になるかを見よ。

磁石の兩端に近い持によく鐵を吸ひつける部分を磁石の極といふ。細長い棒磁石を捻りの掛つてゐない糸で水平に釣るす時，北を指す極を北極，南を指す極を南極

1) 空氣中で 900-1000 度ぐらゐまで耐へる。

といふ。[1]



實驗二　一本の棒磁石を水平に釣るし，その一つの極に別の棒磁石の一極を圖のやうに近づけると，二極の間にはどんな力が作用するか。極の組合はせ方をいろいろに變へて調べてみよ。

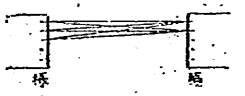
實驗二に於いて，同種の極の間には斥力，異種の極の間には引力が作用すること，及びそれらの力は二極の距離が近くなるほど強くなることがわかるであらう。

更に詳しい實驗によると，二極の間の引力或は斥力の大きさは，それらの間の距離の二乘に反比例することがわかる。

このやうに磁極の間に力が作用するのは，極に磁氣といふものがあつて，磁氣の間に力が作用する結果であると考へられる。實驗二でわかるやうに，北極にある磁氣と南極にある磁氣とは種類が違つたもので，北極にある磁氣を正，南極にある磁氣を負とする。

磁石の極の强弱は，そこにある磁氣の量の多少による。又一つのきまつた磁氣に對して，他の正磁氣の作用する力の大きさと負磁氣の作用する力の大きさとが等しい時，これらの正負の磁氣量は等しいときめる。

一定の距離で二極の間に作用する力は，兩極の磁氣量の積に比例する。こ



1) 北極には箸の具などで目じるしをつけておくと便利である。

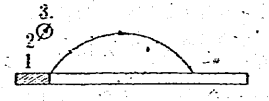
れは兩方の極をそれぞれ單位の極に分けて考へればわかるであらう。

實驗の結果によると，一つの磁石の北極にある磁氣量と南極にある磁氣量とは分量が等しい。

(ロ) 磁　界

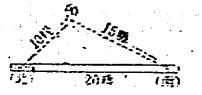
上のやうに，磁石の周圍の空間には，他の空間と違つて，そこへ別の磁石をもつて來ると，それに力が作用するといふ特別な性質がある。このやうな空間を磁界と呼んでゐる。

實驗三　棒磁石を紙の上に置き，別に小さな磁針(針磁石)をその近くに置いて，その兩極の指す點 1・2 を紙の上に記す。次に磁針の位置を變へて，前の1を指した極が2を指すやうにし，前に2を指した極が新しく指す點3を紙の上に記す。順にこのやうにして出來た點を結んで曲線を作り，それに棒磁石の北極から南極に向かふ矢じるしをつけよ。



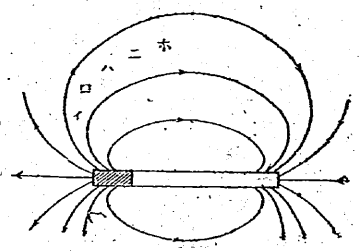
最初に磁針を置く場所をいろいろに變へて，このやうな曲線を何本か書け。

問一　兩極間の距離が 20 糎の棒磁石がある。その北極から 10 糎，南極から 15 糎の距離にある點イに別の磁



石の北極を置いたら，それにはどんな方向の力が作用することになるか，圖に書いてみよ。

次にイに北極の代りに南極を置いたら，それにはどんな方向の力が作用するか。又イに自由に回轉のできる非常に小さな磁針を置いたら，その磁針はどんな方向に向くか。この考察から實驗三の結果を説明せよ。



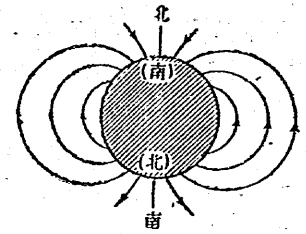
實驗三のやうにして書いた曲線を磁力線といふ。

磁界の中の一點に單位の北極を置いた時，これに働く力をその點に於ける磁界の強さ或は磁氣力といふ。磁界の強さの方向はその點に於ける磁力線の接線と一致してゐる。

實驗三からもわかるやうに，磁石の外では磁力線は磁石の北極に始り南極に終る。さうして途中で枝分れしたり，又途中で切れてしまつたりすることはない。磁力線は何本でも圖に書くことができるが，磁石の極から出る磁力線の數はその極の強さ即ち磁氣量に比例して書くことにきめる。そのやうにすると上の圖からもわかるやうに，一般に磁力線が密集してゐる所では磁界が強く，磁力線の疎な所では磁界が弱い。

(ハ) 地磁氣

地球の表面で磁針がいつでも大體南北を指すのは，地球自體が一つの大きな磁石であつて，地球の北極には磁石の南極があり，地球の南極には磁石の北極があると考へるとよく理會できる。



しかし，地磁氣の極の位置は地理上の極の位置と一致しないばかりでなく，磁界の模樣も地方によつていろいろ不規則であり，磁針が指すのは正確な南北の方向ではない。

或る場所で磁針の北極が正しい北の方向から偏つてゐる角度を，その場所での偏角といふ。本州では偏角は大體西へ 5—7 度である。

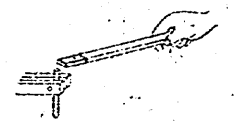
地磁氣の磁力線は上の圖からもわかるやうに，赤道地方を除いては水平に走つてゐない。地磁氣の磁力線が水平から傾いてゐる角を伏角といふ。本州での伏角は大體 50 度である。

問二　地磁氣の磁力線は水平でないが，磁針を水平に保つにはどんな工夫をすればよいか。

(ニ) 物質の磁化

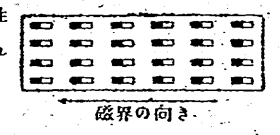
既に知つてゐるやうに普通の鐵は磁石に吸ひつけられる。ニッケルやコバルトなどにも鐵と同じやうな性質がある。

實驗四　細長い軟鐵の棒を腕木に縱に挾み，その上端に磁石の極を近づければ，下の端には磁氣的にどんな性質が現れるか。その端に別の小さな軟鐵片を接觸させて，手を離したらどうなるか。又その狀態で磁石を遠ざけたらどうなるか。



この實驗から軟鐵が磁界にはいると，一時的に磁石の性質を帶びることがわかるであらう。これを軟鐵が磁化したといふ。

鐵などが磁化する時，その內部では通常次のやうな變化が起つてゐると考へられてゐる。鐵の極めて細かな部分は元來磁石であるが，普通の狀態ではそれらがまちまちの方向になつてゐるので，全體としては磁性を現さない。しかし鐵が磁界に置かれると，それらの小さな磁石が大部分磁界の方向を向くので，全體が一つの磁石としての作用を現すのである。



このやうに，磁界のために物質が磁化することを磁氣誘導の現象といふ。

實驗五　一本の棒磁石に平な紙を載せ，その上に鐵粉をまいて紙を少し振動させ，鐵粉がどんな形に並ぶかを見よ。

問三　實驗五で鐵粉が繋がり合つて鎖のやうになるのは何故か。又その鐵粉の書く曲線は何を示すか。

（ホ）　耐久磁石

實驗六　實驗四と同じことを軟鐵の棒の代りに鋼の棒を用ひて繰り返してみよ。どんな違ひが見つかつたか。

固體の變形に一時的な變形と永久的な變形とがあるやうに磁化にも一時的なものと後まで殘るものとがある。普通の磁石は一度強く誘導された磁氣がいつまでも殘つてゐるもので，このやうな物を，軟鐵の場合のやうな一時的の磁石に對して，耐久磁石といふ。

軟鐵では外からの磁界を除けば，內部の細かな磁石の向きは，直ちに元の無秩序な狀態に戻るが，耐久磁石ではこれらがいつまでも磁界の方向をとつてゐるものと考へられる。

强い磁石を作るには，次に學ぶ電流の磁氣作用を利用するのである外，鋼を强い磁石でこすつて耐久磁石を作ることもできる。又磁石の磁性を失はせるにはそれを暫く高い溫度に熱すればよい。

わが國で發明された磁石鋼では，非常にすぐれた性質の磁石を作ることができる。

六　電流の磁氣作用

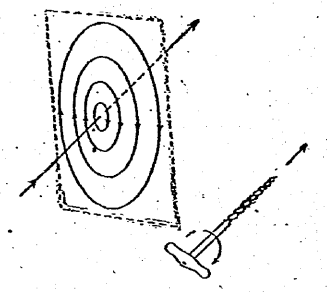
電磁石はこれに電流を通してゐる間だけ磁石になる。それから電流のために生ずる磁界に就いて調べてみよう。

實驗一　机の上に磁針を置き，その眞上の點を通つて南北に水平に長い導線を張り，それに南から北に向かつて電流を通したら磁針はどうなるか。電流の向きを反對にした時はどうか。又導線を磁針の眞下に張つた時はどうか。

次に導線を同じやうに東西の方向に張つて，それに順に東向きと西向きの電流を通して磁針の樣子を見よ。

電流の周圍に磁界がどの向きに出來るかがわかつたら，再び導線を南北に張り，電流の強さを變へたり導線と磁針との距離を變へたりして，磁界の強さがどう變るかを調べよ。

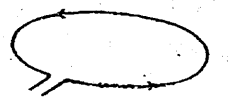
眞直な長い電流によつて生ずる磁界の向きは，どこでも電流の方向と直角で，その強さは電流の強さに比例し電流からの距離に反比例する。



磁力線を書けば，それらは電流に垂直な面に横たはつてゐてその面と電流との交點を中心とする圓になる。

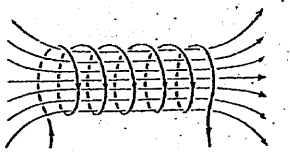
磁力線の向きと電流の向きとの關係は，右廻しねぢを用ひて圖のやうに表すことができる。卽ち磁力線に沿つての磁界の向きをねぢを廻す向きにとれば，電流の向きはちやうどねぢの進む向きになる。

問一　上の結果から考へると，圓形の導線に圖の矢じるしの向きに電流が流れてゐる時，磁力線はどうなるであらうか。圖に書いて見よ。



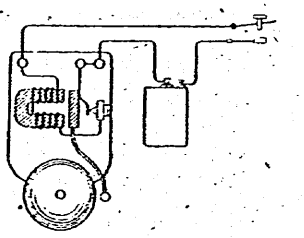
電流の磁界を利用する時に屢〻用ひられる線輪は，導線を螺卷線の形に卷いたもので，前頁の圖のやうな圓形の導線をたくさん重ねたものと似てゐる。

實驗二　線輪の軸を東西に向けて電流を通し，その內部のいろいろな場所に小さな磁針を置いて，磁界の樣子を見よ。この時電流の向きと磁力線の向きとの關係は圖のやうになることを確かめよ。



問二　線輪を流れる電流の向きと，磁界の向きとの關係を，右廻しねぢを例にとつて言ひ表せ。

線輪に軟鐵の心を入れておくと，電流だけによる磁界のほかに，軟鐵が磁化して磁石となつたための磁界も加るので，強い磁界を得ることができる。



問三　圖を見て電鈴の作用を說明せよ。

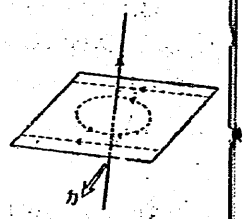
七　磁界の中にある電流の受ける力

（イ）　磁界の中にある電流

電流が磁石に力を及すことは知つたが，逆に磁石が電流の流れてゐる導線に力を及すかどうかを調べてみよう。

實驗　水平方向の磁界内に於いて，曲りやすい導線を稍，たるませて鉛直に張り，これに電流を通す時どんな力を受けるかを見よ。又この實驗で，磁界の方向を變へて，電流に對する角度を次第に小さくして行くと，それにつれて電流の受ける力はどのやうに變るかを調べよ。

この實驗からわかるやうに，電流の流れてゐる導線が磁界にあると，導線の方向と磁界の方向との兩方に直角な方向に力を受ける。さうしてその力の働く向きは，電流の磁界と他からの磁界とが助け合つて強くなる側（圖では向かふ側）から反對の側へ，導線を押しやらうとする向きである。



なほ電流の流れてゐる導線が，磁界で受ける力の大きさは，(一)電流の強さと，磁界の強さと，磁界内にある導線の長さとに比例し，(二)電流の方向と磁界の方向とが，互に直角な時に最も大きく，直角から離れると次第に小さくなり，兩方が平行

になると0になる。

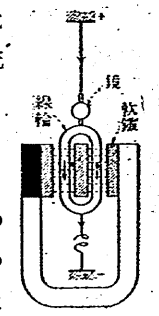
問一　二本の長い眞直な導線が平行に張つてあつて，これに同じ向きの電流が流れてゐる時，これらの導線の間にはどんな力が働くことになるか。

（ロ）　檢流計と電流計

磁界の中で電流の受ける力が，電流の強さに比例することを利用して，電流を測る器械を作ることができる。

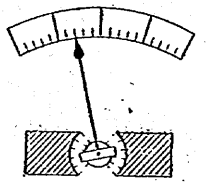
普通に用ひられる檢流計では，強い馬蹄形磁石の兩極の間に，下の圖のやうに，輕い線輪を細い導線で釣るし，その導線と線輪の下から出てゐる細い導線とを通して，電流を線輪に通すやうになつてゐる。

問二　右の圖で，馬蹄形磁石の左の極が北極で，線輪の中の電流が矢じるしの向きに流れてゐるとすれば，線輪はどんな力を受けるであらうか。



線輪の枠に固定してある鏡は，線輪の僅かの回轉を見るためのものであるが，線輪の回轉の角度が極めて小さい間は，角度は電流の強さに比例するとみることができる。

檢流計は極めて弱い電流を調べるのに用ひるが，直接アンペア單位で電流が讀めるやうになつてゐない。次の電流計と同じ構造のものも，鋭敏ではないが檢流計として用ひることができる。



先に學んだやうに，電流はアンペア單位で目盛した電流計を用ひて測るが，普通の電流計は檢流計と同じ原理のもので，唯線輪を導線で釣るす代りに時計のテンプと同じ方法で保持し，鏡の代りに圖のやうに指針を附けた點が，檢流計と違つてゐる。

電流計では檢流計と違つて，線輪が大きな角度まで回轉するから，上の圖のやうに磁力線が線輪の回轉に對して放射狀になるやうにして，線輪に對する磁界の働きがいつでも一定になるやうに作られてゐる。

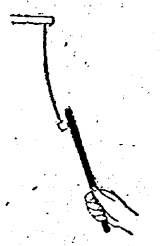
八　電　氣

(イ)　帶　電

先に電流の強さは，電氣分解の際に毎秒電極に運ばれる物質の量によつてきめることができるのを知つたが，電氣分解や電池の場合，溶液中を電流が通るのは，その中でイオンが電氣を運ぶためであると考へた。

この時考へた電氣といふものはどんな性質のものであらうか。

實驗一　天然絹絲でコルクの小片を釣るし，それに乾いた毛皮の毛で摩擦したエボナイト棒を，よく接觸させた後離し，再び靜かに棒を近づけてみよ。コルク片は反撥されるであら



う。更に乾いた天然絹布で摩擦したガラス棒を，靜かに上のコルク片に近づけてみよ。コルク片は吸引されるであらう。

次に上と順序を逆にし，コルク片に先づガラス棒を接觸させて離し，これに兩方の棒を交互に近づけてみよ。

實驗一の結果は，次のやうな考察を基にすれば，よく理會することができる。

(一)　上のやうに摩擦した棒は，普通と違つた性質をもつてゐるが，これはそれらの棒が摩擦によつて，電氣[1]を帶びた（帶電した）からであると考へる。

(二)　帶電した棒をコルク片に接觸させると，棒のもつてゐる電氣の一部分はコルク片に移るが，天然絹絲は電氣を通さないから電氣がコルク片の上に溜つてゐる。

問一　實驗一の結果から次のことを考へよ。

(一)　エボナイト棒が帶びてゐる電氣と，ガラス棒が帶びてゐる電氣とは同じ性質のものかどうか。

(二)　同種の電氣の間，又異種の電氣の間には，それぞれどんな性質の力が作用するか。

1)　これが電氣分解や電池の場合に考へた電氣と同じものであることは後に述べる。

習慣上，絹布で摩擦したガラス棒の帶びるやうな電氣を正(陽)電氣，又毛皮で摩擦したエボナイト棒の帶びるやうな電氣を負(陰)電氣といつてゐる。

實驗によつて，同種の電氣の間の斥力も，異種の電氣の間の引力も共に距離の二乘に反比例することが知られてゐる。

一定の距離に置いた帶電體の間に作用する力の大きさは，帶電の狀態によつて異なるから電氣にも量を考へる。隨つて，二つの帶電體の間の力が兩方のもつ電氣の量の積に比例することは，磁氣の場合と同じやうに考へられるであらう。

一つのきまつた電氣に對して，他の正電氣が作用する力の大きさと，これと同じ距離に置いた負電氣の作用する力の大きさとが等しい時は，これらの正負の電氣の量は等しいときめる。

帶電は絹布とガラス棒，毛皮とエボナイト棒を摩擦した時だけに起るのではない。種類の違ふ二つの物質[1]を摩擦すればいつも帶電が起るし，そのほかにもいろいろ帶電させる方法がある。しかしどんな場合にも，上に調べた二種類よりほかの電氣は見つからない。

磁氣の場合と同じやうに，帶電體の周圍の空間を電界といふ。電界に單位の電氣量をもつ物體を置く時，それに働く力の大きさで電界の強さ(電氣力)を表すことも，又その力の方向を連ねた曲線を電氣力線といふことも，磁氣の場合と同樣である。

(ロ) 靜電誘導

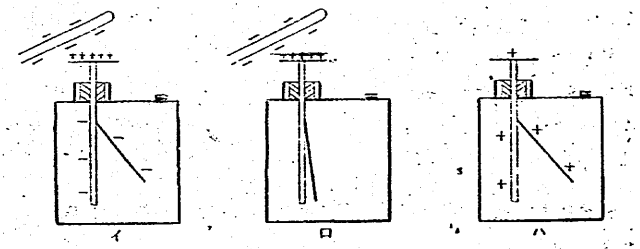
實驗一に於いて，コルク片に帶電した棒を近づけると，まだ接觸させない前にも，コルク片が幾らか引きつけられることに氣がついたであらう。

1) 同じ物質でも溫度などが違ふ二物體を摩擦すれば帶電する。

帶電した物體は，帶電してゐない物體にも力を及すのであらうか。これに就いて考へる前に，箔檢電器を用ひて次のやうな實驗を行なつてみよう。

箔檢電器は金屬又はガラスの函の中に，函と絶緣した金屬の棒を下げ，それにアルミニウムなどの箔を釣るしたものである。棒と箔とが同種の電氣を帶びれば相反發して開く。

實驗二 (一) 帶電したエボナイト棒を箔檢電器の金屬棒の上端に近づけて，箔が開くことを見よ(圖イ)。



(二) 上の狀態で檢電器の金屬棒に一瞬間，指或は手で持つた金屬片を觸れてみよ(圖ロ)。

金屬片の代りにガラス棒・エボナイト棒などで觸れてみよ。

(三) 上のやうにして檢電器の金屬棒に指を一旦觸れて離した後，帶電した棒を遠ざけてみよ(圖ハ)。

(四) この狀態の時，更に指で檢電器の金屬棒に觸れてみよ。

これらの實驗は，次のやうに考へればよく理會できる．金屬は平素は同じだけの正負の電氣をもつてゐて，それらがよくまじつてゐるから他の帶電體に及す引力と斥力とが打ち消し合つて帶電の性質を現さない。もし帶電體をこれに近づけると，それと反對の電氣は引き寄せられて帶電體の近くに集り，同種の電氣は反撥されて遠い端に集る．

ここでは正電氣も負電氣も共に金屬の中を動くことができるものと考へたが，正電氣は動けるが，負電氣は動けないと考へても，又負電氣は動けるが，正電氣は動けないと考へても全く同樣に理會できる．

このやうに帶電體の影響で，電氣の分離が起る現象を靜電誘導といふ。又正負の電氣が集つてその作用を打ち消し合つてしまふことを電氣が中和したといふ．

問二　上のやうな考へから，帶電してゐないコルク片が帶電した棒に引きつけられるわけを考へてみよ。

實驗二に於いて，電氣の現象にも導體と不導體との別のあることがわかつたであらう。

この實驗で見たやうに，われわれのからだは導體である。靴や床や土地も導體であるから，指で帶電した金屬に觸れれば，それは地球全體と導體で結ばれたことになる．このやうに一つの物體が導體で土地と結ばれてゐる時，その物體は地絡[1]されてゐるといふ。

1)　殊更に地絡させる場合には，接地させるともいふ。

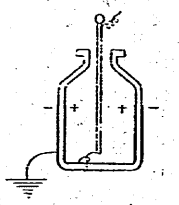
又この實驗によつて，ガラス・エボナイトなどは不導體であることがわかる。帶電體に指で觸れても，ゴム靴をはいてゐるやうな場合には，ゴムは不導體であるから地絡されない。

不導體も導體と同樣に平素同じだけの正負の電氣をもつてゐるものと考へられてゐる。その中では電氣の移動は普通行なはれないから靜電誘導は起らないが，先に實驗したやうに，ガラス棒を絹布で摩擦すると，兩者の表面の間に電氣の移動が行なはれて帶電が起る。隨つてこのやうな場合，ガラス棒が正電氣を帶びれば絹布は負電氣を帶び，その正負の電氣量は互に等しいはずであるが，それはまた實際確かめられてゐる．

(ハ)　蓄電器

導體を帶電させるとその中の電氣は反撥し合つて，互に導體の外へ押し出さうとする。隨つて導體に多量の電氣を溜めることは困難になる[1]。電氣を多量に溜めやすくするためには，どのやうな裝置を用ひればよいであらうか。

蓄電器はこのやうな目的で作られたもので，ガラス板・パラヒン紙などの兩面に薄い金屬板を貼り附け，一方の板は普通接地し，他の板に電氣を溜めるのである．この板に例へば正電氣を溜めると靜電誘導で他の板に負の電氣が集り，これが正の電氣を引きつけておかうとするので，正電氣が溜りやすくなるのである。

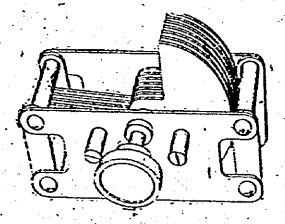


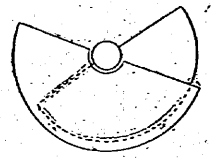
ガラス瓶に金屬箔を貼つた物は蓄電瓶といつて屢〻實驗に用ひられる．

1)　あまり多量に帶電すると，電氣は空氣の中をも通り，火花を出して他の導體へ移る。

蓄電器では金屬板の面積が大きいほど，又，互の距離が小さいほど電氣を溜めやすい。そのやうなのを電氣容量[1]の大きな蓄電器といふ。

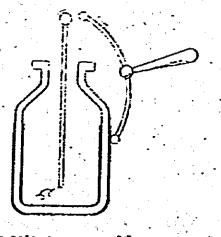
金屬板の間にガラスなどを插入すると，そこが空氣である場合に比べて容量が數倍大きくなる。又無線通信などに用ひる可變蓄電器は金屬板の互に向かひ合つた部分の面積が變へられるやうになつたもので，その容量をいろいろに變へることができる。





(ニ) 蓄電器の放電

實驗四* 蓄電瓶を充電し，その内外の金屬箔を圖のやうに金屬の棒によつて接觸しようとすると，その間隙に電氣火花が生ずることを見よ。



實驗四に於いて火花が生ずると共に蓄電器に蓄へられた電氣は消えてなくなる。この現象を蓄電器の放電といふ。

この時金屬棒の中には一瞬間電氣の流れが出來るはずである。

電氣の流れがどのやうな性質をもつてゐるかを調べるために，抵抗の大きな導線を使つて實驗してみると，その導線中に熱が

1) 電氣容量の單位は後に學ぶ。

發生し，導線の代りに線輪を使へば線輪内に磁界が生ずる。このやうにして，電氣の流れは電流と全く同じ性質をもつてゐることがわかる。

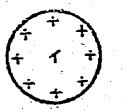
先に電解質溶液中でイオンがもつと考へた電氣もまた上の實驗に現れる電氣と同じものであると考へれば，それらの現象をよく理會することができる。

われわれが今まで電流と呼んでゐたものは，電氣の流れにほかならないのである。

線輪に電流を通し，その時生ずる磁界の有様を調べることなどから，今まで電流の正の向きときめてゐたのは正電氣の流れる向きであることがわかる。從つて，電流では正電氣がその向きに流れてゐるか，負電氣が反對の向きに流れてゐるか，或はこれらのことが同時に起つてゐるかのいづれかであると考へられる。

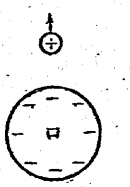
電池の二つの極の一方を陽極と名づけたわけも，その極から正電氣が流れ出すと考へられるからである。

電氣量の單位を1クーロンといふ。1クーロンとは1アンペアの電流が流れる導線の切り口を一秒間に通る電氣量である。



(ホ) 電位差と電力

二つの導體イ・ロがそれぞれ正負の電氣を帶びてゐる時，その間で正電氣をロからイへ運ぶには，われわれが仕事をしなければならない。これを表すために，イはロよりも高い電位にあるといふ。



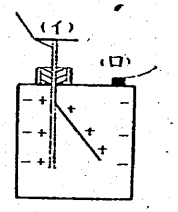
この電氣の間の力に對してする仕事は，桶で水を高い所へ運ぶ時にする仕事に似てゐる。そのや

うにして高い所へ運ばれた水は，管をかけてやればみづから管を通つてもりて來る。

電位の異なる二つの導體を導線で結べば，正電氣は電位の高い方から低い方へ向かつて流れる。一繋がりの導體の中で，電氣の流れがなければ，この導體の電位はどこでも等しい。

電位の標準をきめるために，大地の電位を0とすることにする。さうして單位の正電氣を大地から或る導體まで運ぶのに必要な仕事で，その導體の電位を表す。

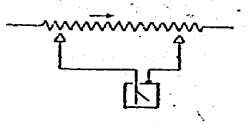
二つの導體の電位が違ふ時は，それらの間に電位差があるといふ。この電位差は箔檢電器で測ることができる。



電位差を測らうとする二つの導體イ・ロに，それぞれ箔檢電器の金屬棒及び金屬函を繋ぐと，電位差の大小に從つて箔の開き方が大きくなつたり小さくなる。例へばイの方がロより電位が高いと，正負の電氣が圖のやうに配置する。

問四　上圖でロの方がイより電位が高い時は，電氣の配置や箔の開き方がどうなるであらうか。

大きな抵抗をもつ導線に電流を通して，その二點へ圖のやうに箔檢電器を繋ぐと，その箔を開かせることができる。このやうにして二點間の電壓と電位差とは同じものであることがわかる。それで電位差の單位にもボルトを用ひる。



導體の電位は通常それが帶びてゐる電氣量に比例する。蓄電器に電氣量 q を溜わ

た時に，兩板の間に電位差 V を生じたとすれば，$\frac{q}{V}$ でその電氣容量を表す。電氣容量の單位をファラッドと呼び，1クーロンの電氣量を與へた時に，1ボルトの電位差を生ずる蓄電器の容量をとる。10^{-6} ファラッドを1ミクロファラッドといふ。

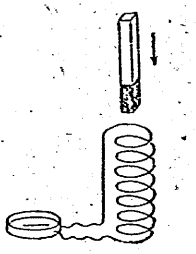
1ボルトの電壓の二點間を1アンペアの電流が流れる時，その二點間で費される電力を1ワットと呼んだ[1]。卽ち1ワットは毎秒1クーロンづつの電氣を1ボルトの電位差だけ運ぶのに必要な仕事に當る。このやうに電力とは電氣が單位時間になし得る仕事(仕事率)であることがわかる。

われわれはまだ，電流から仕事が現れて來る實際の場合を知らないが，次節で電氣誘導といふ新しい現象に就いて學んでから仕事に就いて調べることにしよう。電力の費される二點間に仕事が現れない時は，必ず代りに何らかの他の變化が現れる。その一つの例は先に學んだやうに毎秒一定の熱を發生する場合である。この事は仕事と熱との間に密接な關係のあることを示してゐる。

九　電　磁　誘　導

先に電流が磁界を生ずることを知つたが，逆に磁界は電流を生じないものであらうか。磁石を導線のそばに置いただけでは別に電流は流れないが，これを動かしてみたらどうであらうか。

實驗一　線輪に檢流計を繋ぎ，棒磁石或は電磁石の一方の極を線輪の中へ押し動かし，檢流計の針が動くかどうかを見よ。その動き方から線輪内にどの向きの電流が流れるかを調べよ。



1) 103 頁參照。

なほ(一)極を插し込む時と引き出す時，(二)極が北極である時と南極である時とで，それぞれ電流の向きはどう變るか。

又(三)極の動かし方が速い時と遲い時，(四)强い磁石を用ひた時と，弱い磁石を用ひた時，(五)線輪の卷き數が多い時と少い時とで，それぞれ電流の强さがどう變るか。

次に上と同じ回路に抵抗を直列に入れたとして，(六)電流の强さが回路の抵抗によつてどのやうに變るかを見よ。

このやうな實驗によつて線輪に對して磁石が運動すると線輪内に電流が起ることがわかるが，それは線輪内に新たに起電力が發生したためと考へられる。この起電力を誘導起電力といひ，この時流れる電流を誘導電流といふ。

實驗一からわかるやうに，磁石の强さやその動かし方との間に一定の關係をもつのは誘導起電力で，誘導電流ではない。さうしてこの起電力の向き及び大きさに就いては次のやうな關係がある。

誘導起電力の向きは，その向きに流れる電流によつて生ずる磁界が，磁石の運動を妨げようとするやうな向きである。

又その大きさは，(一)磁石の極が强いほど，(二)互の動き方が速いほど，(三)線輪の卷き數が多いほど大きくなる。

誘導起電力は磁石が動いてゐる間だけ働き，その運動が終れば止る。

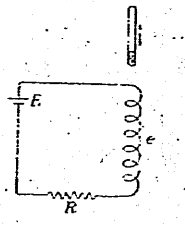
實驗二　實驗一では磁石の方を動かしたが，線輪の方を動

かしたらどうなるかを考察し，その考へが正しいかどうかを實驗してみよ。

このやうに誘導起電力は磁石と線輪との相對的の運動によつてきまり，どちらを動かしても，又兩方共に動かしても相對的の運動さへ同じならば同じやうに起る。又磁石の代りに電流の通つてゐる線輪或は電磁石を用ひても上と同じことが起る。

上の實驗で線輪を含む回路に電池などの起電力がはいつてゐても，誘導起電力の起り方には變りはない。

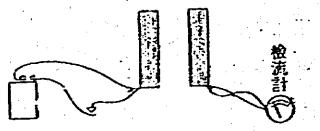
問一　線輪を含む回路内にある電池の起電力を E ボルト，誘導起電力を e ボルト，回路の全體の抵抗を R オームとすれば，回路を流れる電流は何程か。



(ロ)　電流の變化によつて起る誘導起電力

電流の流れてゐる線輪を動かすと，附近の線輪内に起電力が發生することはわかつたが，線輪を動かす代りにその中を流れてゐる電流の强さを變へたらどうなるであらうか。

實驗三　圖のやうに線輪を二つ向かひ合はせて，一方に檢流計を繋ぎ，他方に電池を繋いで電流を通したり切つた



りする時，初めの線輪にはどの向きの電流が流れるかを調べよ。

實驗三に於いて，線輪を動かさなくても，一つの線輪（一次線輪）を流れる電流の强さが變化すると，他の線輪(二次線輪)に誘導起電力が發生することがわかるであらう。その起電力の向きは，(一)一次線輪に電流を通し始める時（一般には電流の强さが增す時）は，その電流の向きとは反對向きに起り，(二)一次線輪の電流を切る時(一般には電流の强さが減る時)は，今まで一次線輪に流れてゐた電流と同じ向きに起る。

この場合の起電力も，一次線輪の電流が變化してゐる間だけ起り，その大きさは電流の變化する速さが大きいほど，又兩方の線輪の卷き數が多くて，互の距離が近いほど大きい。

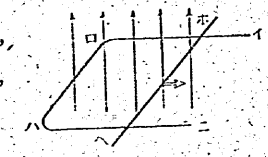
このやうな起電力は，二次線輪の電流が變ると，そのために，また一次線輪の方にも起つて來る。二つの線輪の間のこのやうな相互的な關係を相互誘導の現象といふ。

いろいろな場合に發生する誘導起電力を調べたが，これらの關係を綜合して考察しよう。

それには線輪の置かれた所の磁界の變化，卽ち線輪內を通る磁力線の數の變化を考へてみるとよい。一般に一つの線輪內を通る磁力線の數の變化に伴なつて線輪內に誘導起電力が起り，その向きと大きさとは次の通りである。

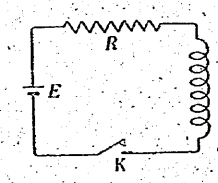
(一)その向きは，起電力の向きに流れる誘導電流によつて生ずる磁界が，線輪內にあつた磁力線の數の變化するのを妨げるやうな向きに起り，(二)その大きさは，線輪內の磁力線の數の變る速さが大きいほど大きく，又線輪の卷き數が多いほど大きい（電磁誘導の法則）。

問二　圖でイロハニは固定した針金，ホヘはこの上で滑ることのできる針金である。この裝置を圖のやうな磁界の中に入れて，ホヘを矢じるしの方向に動かす時，どのやうに誘導起電力が起るか。又このことから，一つの針金が磁力線を切りながら運動する時，その中にどのやうに起電力が起るかを考へよ。



(ハ)　自己誘導

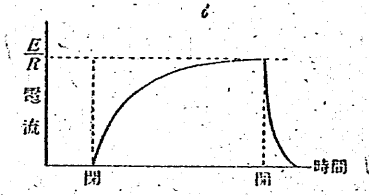
問三　圖のやうな回路でスイッチ K を押す(閉ぢる)と，$\frac{E}{R}$ の電流が流れることは知つたが，スイッチを閉ぢた瞬間に電流が直ちにこの强さになるかどうかを考へてみよ。但し E は電池の起電力で，R は回路全體の抵抗とする。



この考察でわかるやうに，電流が線輪を通り始めようとすれば，この線輪內にこれを妨げようとするやうな反對向きの起電力が發生するから，電流の强さは直ち

に $\frac{E}{R}$ にはならず，少し遲れてからこの値になる。

スイッチを切つた時(開いた時)電流が止らうとすれば，それを妨げるやうに起電力が發生するから，少し經つてから電流が止る。これらの場合に於いての電流の變り方は圖のやうで，回路を開いた時の方がその變り方が激しい。



實驗四　線輪或は電磁石を含む回路に電流を通し，回路中にあるスイッチを開いてスイッチの間隙に發生する火花を見よ。どうしてこのやうなことが起るか。

このやうに一つの線輪内で電流が變化しようとすれば，いつもこれを妨げようとする起電力が發生する。この現象を自己誘導の現象といふ。

實驗によると，自己誘導によつて生ずる起電力の大きさは，線輪の中の電流が變化する速さに比例する。この比例定數は線輪の大きさ・形及び周圍の物質によつてきまり，これを線輪の自己誘導係數といふ。自己誘導係數の單位をヘンリーとし，線輪の中の電流が1秒間に1アンペアの割合で變化する時，1ボルトの誘導起電力を生ずる線輪のものを1ヘンリーといふ。

相互誘導でも自己誘導でも，線輪の中に鐵心を入れると誘導係數が非常に大きくなる。

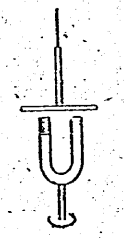
自己誘導の現象は電流が今までの狀態をそのまま保ち續けよ

うとする性質をもつてゐると考へてみることができる。

(二)　渦電流

先の實驗で使つたやうな導線の代りに，金屬の板や塊を用ひても，同じやうに誘導電流が流れるであらうか。

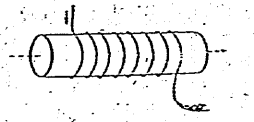
實驗五*　圖のやうに，アルミニウムの圓板を面が水平になるやうに釣るし，その下へ強い馬蹄形磁石又は電磁石の極を近づけて，磁石を鉛直軸の周りに回轉させてみよ。



次に磁石を低い位置に下げて，圓板を糸の周りに回轉させておき，急に磁石をあげて圓板に接近させてみよ。

この實驗でもわかるやうに，線輪の代りに導體の塊を使つても誘導電流が起る。この時導體の中では一般に渦卷狀の電流が流れるので，これを渦電流といふ。

問四　圖のやうな鐵心のある電磁石に電流が流れ始める時，鐵心内には大體どんな渦電流が發生するであらうか。

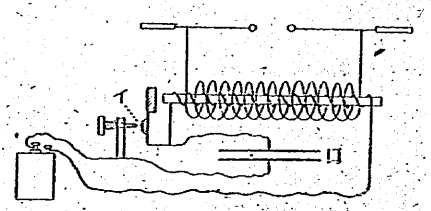


渦電流はいろいろな目的に利用される。しかし導體内に熱が

發生して却つて害になるやうな場合もあるので，このやうな時には適當な工夫をしてこれを防ぐ。

（ホ） 誘導線輪

相互誘導を利用して，數ボルトの電池から數萬ボルトの起電力を發生することのできるものに誘導線輪がある。



誘導線輪の要部は圖の通りで，互に絶縁した細い鐵の針金を多數束にした鐵心の上へ，太い銅線をあらく卷いたものを一次線輪とし，これとよく絶縁してその上へ細い銅線を非常に多數回卷き掛けたものを二次線輪とする。一次線輪と電池の間には，電鈴の場合と同樣に電流を斷續する接點イと，イに並列に蓄電器ロが入れてある。電池を繋ぐとおのづから接點が働き電流が斷續するが，電流が通り始める時より切れる時の方が電流の變化が急なので，切れる時に二次線輪に非常に大きな電位差が生ずる。

問五 誘導線輪の鐵心に細い鐵線の束を用ひるのは何のためであらうか。

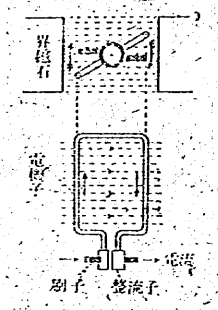
十 直流の發電機・電動機

（イ） 直流發電機

電池によつて電流が得られるほかに，電磁誘導によつても電流の起ることがわかつた。これは電力を得るのに非常に大切な方法で，今日のやうに電氣の利用の盛んになつたのは全くこの

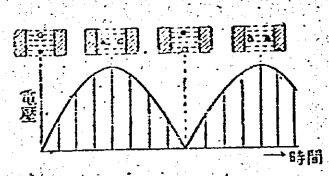
ためである。

直流發電機では，圖のやうに電磁石で磁界を作つて，その中で羽子板のやうな形に曲げた導線を，磁界に直角な軸の周りに回轉させるのである。羽子板の柄に當る導線のそれぞれの端には，圓筒を二つに割つた形の導體（整流子）を附ける。整流子には炭素製の刷子を二箇向かひ合はせて觸れさせ，電流の出入口とする。[1]



電氣機械ではいろいろな作用の基になる磁界を作る電磁石を界磁石といひ，界磁石に對して相互的に動いて，いろいろな作用をする導線の集りを電機子といふ。

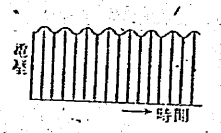
問一 電機子を上の圖で羽根の附いた矢じるしの向きに回轉すると，羽根のない實線の矢じるしで示したやうな向きに誘導起電力が起り，兩方の刷子を導線で繋げば，その向きに電流が流れることを説明せよ。



誘導起電力は，電機子が一樣な速さで廻つてゐれば，その面が磁界に平行の時最大，直角の時0となる。この起電力が0の時，刷子の觸れてゐる整流子が入れ換るので，刷子の間の電壓は圖のやうになる。

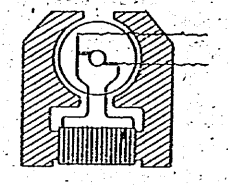
このやうにして，整流子の作用によつて電壓が一方向きに起ることがわかつたが，しかしその大きさは時間と共に甚だしく變化して不便である。この不便を除くため

1) 圖の上の部分で⊕のしるしは刷子を通して電流を流す時電流が向かふへ流れることを表し，⊙のしるしは手前に流れることを表してゐる。



に，實際の發電機では，電機子の導線の數と整流子の片の數とを多くして，それらを電機子の回轉軸の周りに一様に配置し，電壓がなるべく變化しないと同時に，それらの導線が最も有效に働くやうに工夫してある。

發電機の界磁石は，普通鉄芯に卷いた線輪に直流を通した電磁石であるが，この勵磁電流[1]は電池などから取らないで，自分の起す電流から取るのが普通である。勵磁電流の取り方にいろいろあるが，一つの主な方法は，圖のやうに界磁石の線輪を電機子と並列に繋ぐ方法である。このやうにしたものを分卷發電機といふ。

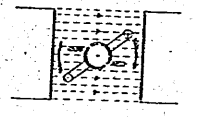


分卷發電機で運轉の初めに磁界を與へるものは，磁石に殘つてゐる殘留磁氣である。

問二　直流發電機から電流を得るためには，電機子にどのやうな力を働かせる必要があるか。

(ロ)　直流電動機

磁界の中にある導線に電流を通せばこれに力が働くから，このことを利用していろいろ仕事をする機械即ち電動機を作ることもできる。



直流電動機は直流發電機と同じ構造のものである。今，直流發電機の電機子に圖の向きの電流を通せば，圖の羽根の開いた矢じるしの向きに回轉するであらう。[2]

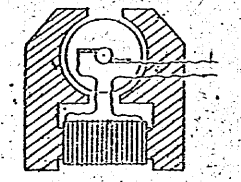
1)　界磁石の卷き線に通す電流。

2)　圖のやうに，唯一對の整流子片しかない時は，電機子に力の作用しない場合が出來るが，その場所は慣性で通り越すことができる。

この場合，電源が直流電源であつても，整流子の作用で電機子を通る電流の向きがちやうど都合よく變るから，電機子はいつまでも回轉を續ける。

同じ機械を發電機として用ひた時と比べると，回轉の向きは同じであるが，電流の流れ方が逆である。[1] 言ひ換へると，電動機を働かせるには，それが發電機として出すはずの起電力に打ち勝つだけの起電力を，外から加へなければならない。

右の圖のやうに界磁石の線輪を電機子と直列に繋いであるものを直卷電動機といふ。

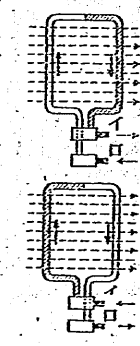


直卷電動機では，運轉の初めに非常に大きな力が出るので，電車などの電動機としては缺くことのできないものである。

十一　交　　流

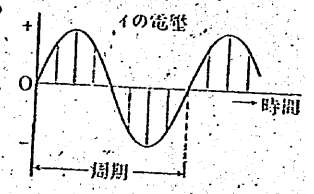
(イ)　交流發電機

直流發電機の整流子の代りに，導線の各端をそれぞれ一つの導體の環(滑り環)に繋ぎ，二箇の炭素刷子をそれらに接觸させると，刷子には電機子の半回轉ごとに，向きの反對になる電壓が現れ，刷子を導線で結べばそれには交互に向きの反對になる電流が流れる。このやうな電壓を交流電壓，電流を交流といふ。この時ロに對するイの電壓は次頁の圖に示した曲線のやうに

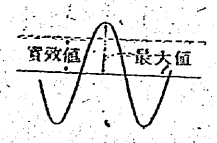


1)　133 頁の圖と比べよ。

變化する．電壓が一度增減して元の値になるまでの時間をそれの周期，1 秒を周期で割つた數，つまり 1 秒間に何回增減を繰り返すかといふ數を周波數といふ．



關東地方では周波數 50，關西地方では周波數 60 の交流が用ひられてゐる．



交流では電壓や電流をいふのに，實效値といふ値を用ひる．それは，電壓や電流が正しい正弦曲線で表される時には，その波の山の高さ（最大値）の $\frac{1}{\sqrt{2}}$ に當る値である．

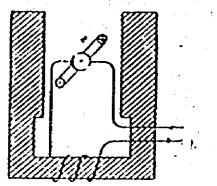
交流電壓何ボルト，或は交流何アンペアといふのは，それらの實效値を指してゐる．

問一　電燈線には交流[1] 100 ボルト[2]が來てゐるが，この電壓の最大値は何ボルトか．

（ロ）　交流電動機

次に交流で働く電動機を作るにはどうすればよいか．

問二　直卷電動機で，外から送り込む直流の向きを反對にしたら，廻り方はどう變るか．圖に就いて說明せよ．



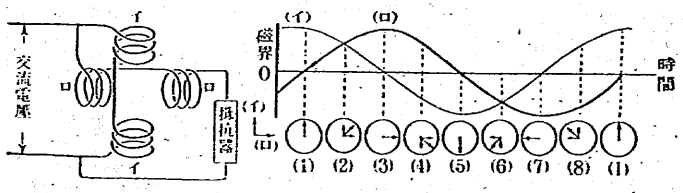
1) 交流は電燈や電動機などに用ひられるが，このやうな時一方の導線を接地することが規定によつて定められてゐる．

2) 普通には交流何ボルトといふが，これは交流電壓何ボルトの意味である．

このことからわかるやうに，直流で使つた直卷電動機は，そのまま交流の電動機として用ひられる．

この種類の電動機は，整流子をもつてゐるので，整流子電動機と呼ばれてゐる．

交流を使へば，直流では全くできなかつた種類の電動機が作られる．それは誘導電動機及び同期電動機と呼ばれる．



圖のやうにイ・イの線輪が鉛直な磁界を作り，ロ・ロの線輪が，これと交はる水平な磁界を作るやうに配置し，イ・イの方は直ちに，ロ・ロの方は抵抗器を通して，共に交流の電源に繫ぐ．抵抗器をロ・ロと直列に入れると，それを通る電流がイ・イを通る電流と，時間的に食ひ違つて來るのである．交流では，このやうな食ひ違ひを位相の差といふ．

上の右の方の圖で，曲線イはイ・イ線輪の磁界の變化，曲線ロはロ・ロ線輪の磁界の變化を表してゐる．これらの曲線から線輪の中央の磁界が時間と共に (1)，(2)，(3)，……の順に回轉することがわかるであらう．

このやうな，回轉する磁界の中に導體を入れておくと，渦電流のために導體が廻り出すことは，前に調べた通りである．

實際の電動機では，鐵板を重ねて作つた圓柱體に，圖のやう

に太い銅線の筒を，外からかぶせたやうな物(回轉子)を磁界で回轉させる。このやうな構造の物はただの銅或は鐵の塊より，回轉磁界に對して遙かに有效に働く。

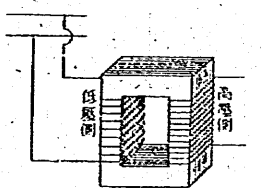
このやうな電動機は，回轉子に起る誘導電流で働くので，誘導電動機といふ。

實際の誘導電動機では，前頁の曲線のやうに，位相の差が完全に行かない。しかし，この種の電動機は，扇風機などの小型の電動機としてよく用ひられる。

上に述べた回轉子の代りに回轉軸に直角な磁石を，回轉できるやうにして取り附けたとすれば，その磁石は磁界の回轉につれて，毎秒磁界の回轉數と同じ數だけ回轉するであらう。これが同期電動機の原理である。電氣時計の中に入れてある電動機もこの一種である。

(ハ) 變壓器

薄い軟鐵の板を多數重ねて，環狀の鐵心を作り，それに二箇の線輪を卷き附けたものは變壓器といつて，交流の電壓を上げ下げするのに用ひられる。



變壓器の鐵心だけでなく，電機子の中に入れる鐵心，その他磁界が絶えず變化する部分の鐵心には，表面を不導體にした鐵板を重ねるか，或は誘導線輪の鐵心の場合のやうに表面を不導體にした鐵の針金の束を使ふ。これは鐵心に渦電流の起るのを，なるべく少くするためである。

問三　鐵心に渦電流の起るのを少くするためには，重ねる

鐵板の面を磁界の方向に對して，どのやうにすればよいか。

問四　鐵心に渦電流が多く流れると，どのやうな不利益が起るか。

變壓器は普通，變壓器油といふ油の中に浸けて使用するが，これは絶縁をよくするためと，變壓器に生ずる熱を速かに外部に傳へて，變壓器が過熱しないやうにするためである。

變壓器の一方の線輪に交流を通すと，誘導によつて他方に起電力が起るが，この場合，兩線輪の端に現れる電壓の比は，兩線輪の卷き數の比に等しい。

變壓器の二つの線輪のうち，發電機の側に繋いだのを一次線輪，反對側のを二次線輪といふが，同じ變壓器でも，どちらを一次線輪として使用するかによつて，二次の電壓を上げることにも下げることにもなる。この時一次側で消費される電力は二次側に現れる電力に等しく，變壓器を用ひても電力に損得はない。[1]

交流の電壓が，このやうに容易に上げ下げできることが，交流が直流より廣く使用されてゐる主な理由である。

(ニ) 整　流

交流は電動機・電燈などの電源として廣く實用に供せられるが，一方電氣分解のやうに，電源として直流でなければ使用できない場合もある。

1) 實際には鐵心部に於ける熱の發生などにより，多少電力の損失がある。

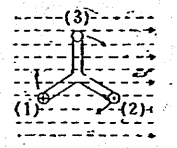
交流を直流に直すことを整流といふ。

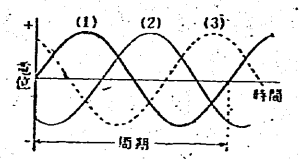
整流にはいろいろな方法がある。從來は交流で電動機を廻し，それで直流發電機を動かす方法を用ひた。しかし近頃は水銀整流器といつて，水銀の蒸氣中の放電を利用したものを用ひる。

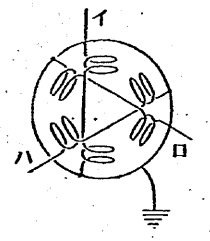
小規模な整流が必要なのは，ラジオ用蓄電池の充電などの場合であるが，このやうな時には，屢〻亞酸化銅整流器，又はタンガー整流管(二極眞空管)を用ひる。

(ホ) 三相交流

交流發電機の電機子の二本の平行な導線の代りに，圖のやうに回轉軸の周りに互に120度づつ隔てた三本の平行な導線を置き，これを界磁石の間で回轉させる。この時三本の導線の向かふの端を一つに繋いで接地し，手前の端を三箇の滑り環で外部導線に繋ぐ時は，三本の導線の電壓は位相が周期の三分の一づつ互にずれてゐる。このやうな交流を三相交流といひ，これに對して普通の交流を單相交流といふ。



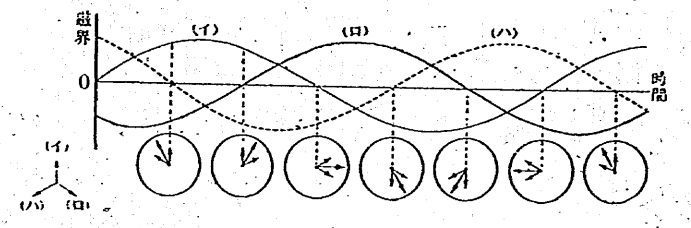




次に三本の導線を，左の圖のやうな三組の線輪のイ・ロ・ハといふ端へ繋いで三相交流を通し，それらの線輪の他の端を一しよに繋いで接地すれば，これらの線輪の中央に於ける磁界の方向は，次頁

の圖のやうに順次變化して回轉磁界を生ずる。

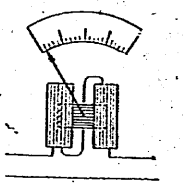
このやうな回轉磁界に單相の時と同樣な回轉子を入れたものが，工場などで廣く用ひる三相誘導電動機である。



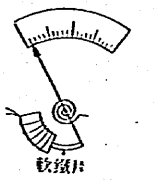
(ヘ) 交流の計器

直流の電流計には，磁石の磁界を用ひたが，交流の計器では，さうすることのできないのは明らかである。それならどうすればよいであらうか。

先づ思ひつくことは，圖のやうに固定した線輪の中へ回轉できる線輪を入れ，それらを直列に繋いで交流を通すことである。

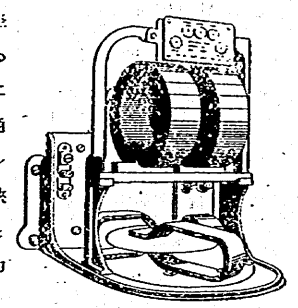


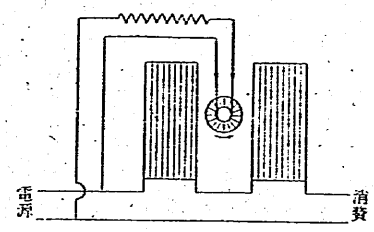
しかし，普通はこれより簡單にできる可動鐵片型計器が用ひられてゐる。この型では線輪を流れる交流の磁界が軟鐵片を引く力が利用される。電壓を測るのに，線輪と直列に抵抗を入れることも，直流の電壓計の場合と同じである。



交流の計器で最もよく使はれるのは，積算電力計である。これは或る場所で，一定の期間に消費された電力と時間との積を表すやうにしたものである。

その一つの型の構造を示すと鐵を使はない整流子電動機と同じで，磁界としては使用してゐる電流をそのまま通した線輪を使ひ，電機子には使用してゐる電壓に比例するやうな電流を通して回轉させる，回轉の軸の下の端には，アルミニウムの圓板を軸に直角に附け，その板を挾むやうに馬蹄形磁石を置いて，板が運動するとそれに渦電流が起つて，板を止めようとする力が作用するやうにしてある。





電機子が磁界で受ける偶力は，この構造からわかるやうに，使用してゐる電流と電壓との積に比例するが，一方渦電流が制動する偶力は，その回轉速度に比例するので，結局電機子は使用電力に比例する速度で回轉することになる。それ故，齒車仕掛けで，或る期間内に電機子の回轉した數を表すやうにしておけば，それが使用した電力と時間との積を示すことになる[1]。

1) 電力による仕事は1キロワット時何程として，電力と時間との積で取賣されてゐる。