Ⅶ電気と磁気

1静電気

133 各種の物体をこすり合わせて静電気を作る 中1 高 …… 285
134 静電気を調べる 高 …… 288
135 静電気と動電気の比較 高 …… 290
136 静電気をためる 中 …… 293
137 静電高圧発生装置を使った実験 高 …… 296

2電気回路

138 乾電池と豆電球をつないだ回路 小4 中2 …… 297
139 豆電球で電気回路を調べる 小4 中2 …… 300
140 電流と電圧の関係を調べる 中2 …… 301
141 コンピュータによるオームの法則の実験 中 …… 303
142 抵抗は長さによりどう変わるかを調べる 中2 …… 304
143 抵抗の合成 中2 …… 306
144 物質の違いによる抵抗の違い 中 …… 308
145 抵抗は温度によりどう変わるかを調べる 中 高 …… 309
146 水溶液に電圧をかけたときの電流変化を調べる 中3 …… 310
147 ヒーターに息を吹きかけたときの抵抗の変化を調べる 中2 高 …… 311

3電流と発熱

148 電熱線から出る熱の測定 中2 …… 312
149 電圧と発熱量の関係を調べる 中2 …… 313
150 電流と発熱量の関係を調べる 中2 …… 314
151 電力量と発熱量の関係を調べる 中2 …… 316
152 金属・炭素棒の発熱を調べる 中2 …… 317

4電流と磁界

153 永久磁石の性質を調べる 小3 …… 318
154 磁石のまわりの磁界の様子を調べる 小3 中2 …… 320
155 直線電流のまわりにできる磁界の様子を調べる 小6 中2 …… 323
156 コイルの磁力線を調べる 小6 中2 …… 325
157 電磁石を作る 小6 …… 327
158 電磁石の性質を調べる 小6 …… 328
159 磁界から電流が受ける力を調べる 中2 …… 330

160 モーターを作る 小6 中2 …… 332
161 付磁・消磁の実験 小6 中2 …… 334

5電磁誘導

162 コイルと磁石で電流を作る 中2 …… 335
163 誘導電流の向きを調べる 中2 …… 338
164 発電機を作る 中2 …… 339
165 誘導電流の強さを調べる 中2 高 …… 342

6直流と交流

166 直流と交流の違いを調べる 中2 …… 343
167 オシロスコープによる直流と交流の波形の観察 中2 …… 346
168 変圧器の原理を調べる 中2 …… 347

Ⅷ物質の構造

1電子

169 陰極線の性質を調べる 中2 …… 350
170 真空放電の観察 中2 …… 354

2原子と原子核

171 放射線で写真フィルムが感光することを調べる 中3 高 …… 356
172 α-トラック法による放射性核種の分布および部位の確定と測定 中 高 …… 358
173 ラジウムなどから出る放射線を調べる 高 …… 359
174 霧箱による放射線の飛跡の観察 中3 高 …… 363

133 各種の物体をこすり合わせて静電気を作る

ねらい 田1 各種の物体をこすり合わせると摩擦電気が生じ，その摩擦電気により物体が引き合ったり反発したりすることが調べられる。

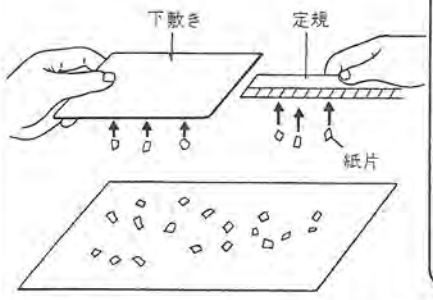
高 摩擦電気には正・負の2種類があり，その正・負はこすり合わせる物質の種類により決まっていることが調べられる。

下敷き　定規　ストロー　アルミはく　塩化ビニル板　ふうせん　ラップフィルム　ネオン管　ポリエチレン管　アクリル板　アクリル棒　フォームポリスチレン　エボナイト棒　ポリエチレン袋　薄い紙　ナイロン布　猫の毛皮　ティッシュペーパー　糸　絹糸　虫ピン　アクリル用接着剤（二塩化メチレン）など

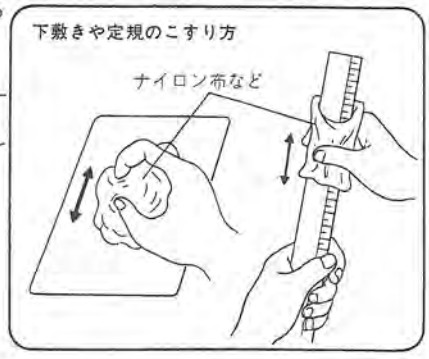
＊以上のほか，帯電列を調べたいものをいろいろ用意するとよい。

1 2種類の物体をこすり合わせて静電気を作り，その性質について調べる

①下敷きや定規を紙片の上にかざしてみる



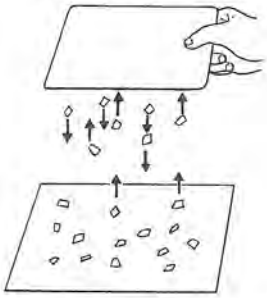
下敷きや定規のこすり方



②下敷きを耳のそばに持っていってみる



③下敷きを，丸めたアルミはくやティッシュペーパーの上にかざしてみる

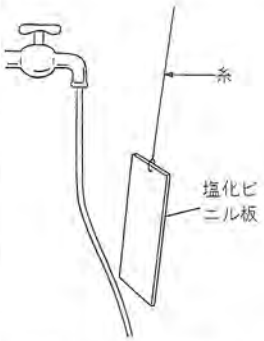


④ストローを，水に浮かせたアルミはくに近づけてみる

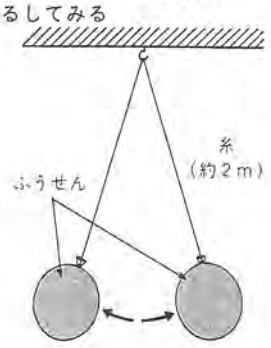


⑤ストローや糸でつるしたビニル板を水流に近づけてみる





⑥2つのふうせんを天井からつるしてみる

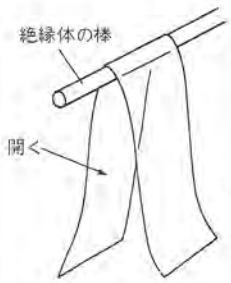


⑦ラップフィルムを棒にかけ，吸引と反発について調べる

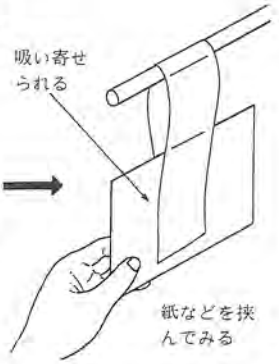
ラップフィルムのこすり方



絶縁体の上にフィルムを広げて，軽くこする



ラップフィルムを棒にかけてみる



紙などを挟んでみる

1 留意点 実験は，よく乾燥した場所で，よく乾燥させた物体を用いて行う。湿度が高いと，うまくいかない。

物体を摩擦するために用いる布や紙は，ナイロン布かティッシュペーパーがよい。

①～⑦のいずれの場合も，物体は，よく摩擦し，帯電させたものを用いる。

① 留意点 下敷きや定規は，そのままでは（こすらないときには）紙片などを引きつけないことを，あらかじめ確かめておく。紙片は，薄い紙や新聞紙などを 0.5cm角ぐらいに切ったものが使いやすい。

解説 こすった下敷きや定規は，紙片などを吸いつける。

② 解説 下敷きに産毛が引かれるのがわかる。また，パチッと音がして，痛みを感じることもある。

③ 留意点 アルミはくは，0.5cm角ぐらいに切ったものを丸めればよい。

ティッシュペーパーは，1cm角ぐらいに切ったものを丸めればよい。

アルミはくやティッシュペーパーだけでなく，たばこの灰や消しゴムのくずなどでも試してみるとよい。

解説 アルミはくなどは，下敷きに引きつけられ，下敷きに接触すると，下敷きと同じ電荷を帯びるので反発して落ちる。そして，下に落ちると放電し，再び下敷きに吸いつけられる。この往復運動を繰り返す。たばこの灰を使うと，この往復運動はもっと速くなる（台と下敷きの距離を変えてみる）。

参考 下敷きの代わりにポリエチレン管を使うと，吸いつけられたアルミはくなどは，管の表面に垂直な方向に飛び散る。

④ 解説 アルミはくは，ストローに引き寄せられる。この場合，アルミはくを帯電させて，反発の実験をすることはできない。

⑤ 留意点 水道水は，できるだけ細くする。

解説 ストローや塩化ビニル板をよく摩擦すると強く帯電する。そこで，そのように強く帯電させたストローを細い水流に近づけると，水流は，ストローに引き寄せられる。また，糸でつるした塩化ビニル板を近づけると，両方が引き合う。

⑥ 留意点 ふうせんは，同じ大きさに膨らませる。

ふうせんをこするときには，セーターを用いればよい。

解説 ふうせんは互いに反発する。

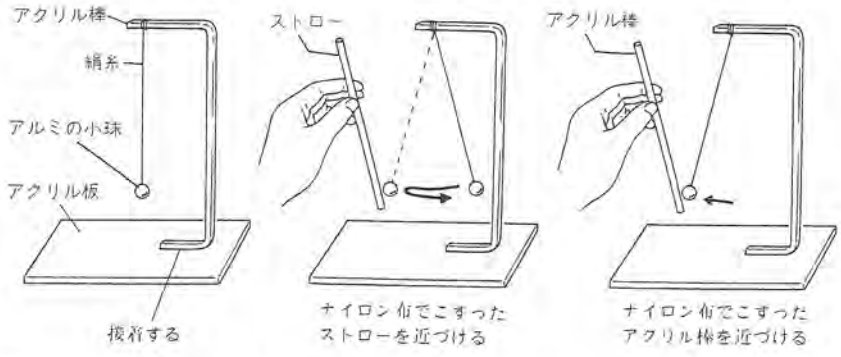
2 こすり合わせた物体に生じているものが電気であることを確かめる

①よくこすった下敷きにネオン管を近づけてみる　②下敷きやポリエチレン管を強くこすったり，よくこすった下敷きなどに指先を近づけたりしてみる



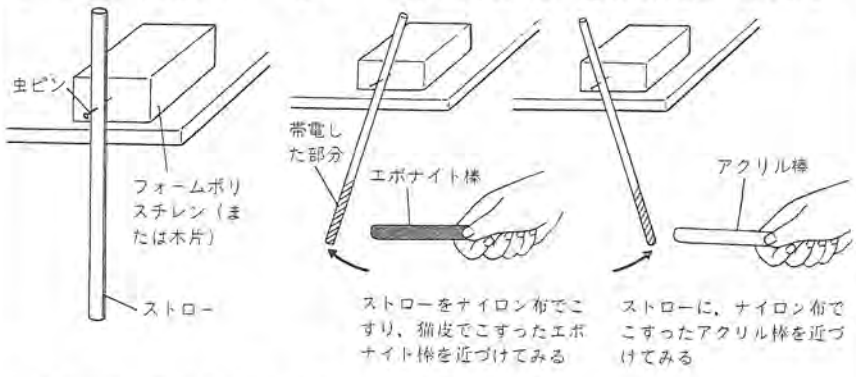
3 摩擦電気には2種類あることを電気振り子で確かめる

①電気振り子を作る　②電気振り子を帯電させる　③異種の電気を近づける



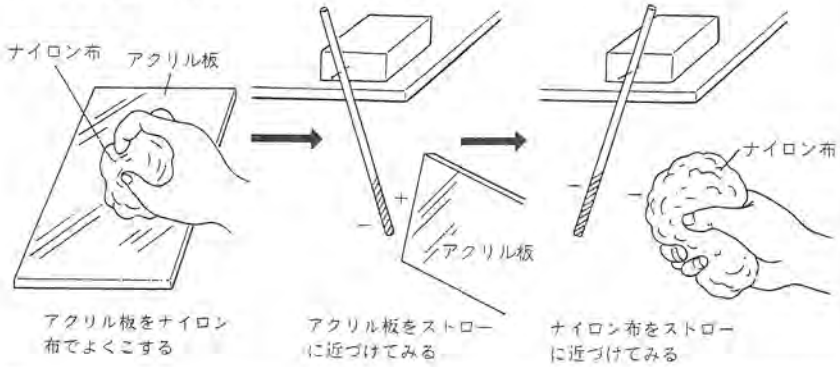
4 ストローを利用して電気の正負を調べる

①ストロー検電器を作る　②ストローの電荷を調べる　③異種の電気を近づける



5 各種の物質の帯電列を調べる

①アクリル板とナイロン布について調べる



⑦ 解説 ラップフィルムは，箱から引き出したときは吸いついて重なってしまうが，絶縁体の上に広げ，ティッシュペーパーなどでこすると，手に吸いつくようになる。絶縁体の棒にかけ，逃げないように指で押さえておくと，反発して間が開く。そして，その間に手や紙などを入れると，吸引されて吸いつく。紙をとれば，再び開き，何回も繰り返すことができる。

2 ① 留意点 薄暗い所で実験したほうがわかりやすい。

解説 ネオン管の下敷き側の極が光る。

② 解説 下敷きやポリエチレン管をナイロン布などで強くこすると，パチパチ音がする。これは放電しているからである。暗室で行うと，青白い火花が確認できる。また，よくこすった下敷きなどに，指先を近づけても，放電するのがわかる。

3 解説 電気振り子を使って，同種の電気は反発し，異種の電気は引き合うことを確かめる方法である。

① 留意点 電気振り子は市販されているが，簡単に作れるので，自作するとよい。

アクリル棒は，4 mm角程度のものがよい。ライターなどでゆっくり温めると，簡単に折り曲げることができる。

アルミの小球は，アルミはくを1 cm角に切り，丸めて作ればよい。

② 留意点 ストローの摩擦には，ティッシュペーパーを使ってもよい。ただし，猫皮は使わないほうがよい。帯電が強過ぎるのでよくない。

解説 アルミ小球はストローに吸いつき，ストローと同じ電荷を帯びると，後は反発して逃げ回る。

③ 留意点 アクリルは，電荷は弱いが，ガラス棒を使うよりは，はるかに良い結果が得られる。

解説 帯電した小球は，アクリル棒に引き寄せられる。しかし，アクリル棒に一度接触すると，アクリル棒と同じ電荷で帯電するため，反発するようになる。

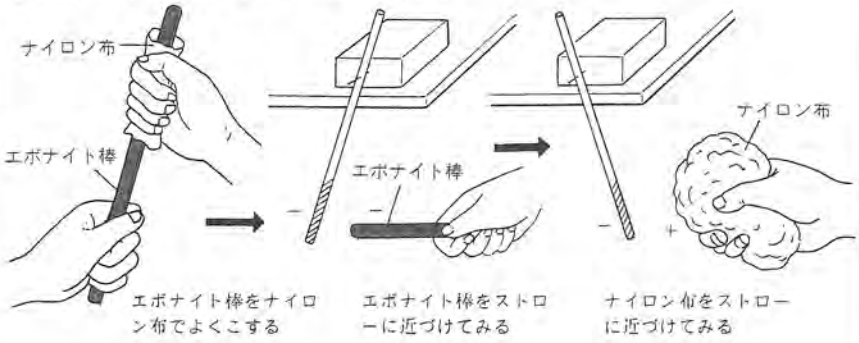
4 解説 ストローを基準にして，電荷の正負を確かめる方法である。

① 留意点 ストローは，上部から1/3ぐらいの所を固定する。針で穴をあけてから，つまようじなどで穴を広げ，虫ピンを通したとき，軽く動くようにしておく。

② 解説 エボナイト棒を近づけると，ストローは反発する。エボナイト棒は負に帯電しているので，ストローは負に帯電していることになる。

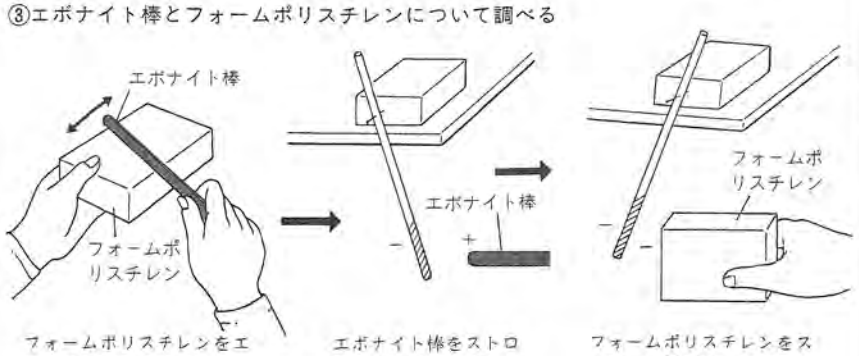
③ 解説 ストローがアクリル棒に引き寄せられる。したがって，アクリル棒は正に帯電していることになる。

②エボナイト棒とナイロン布について調べる



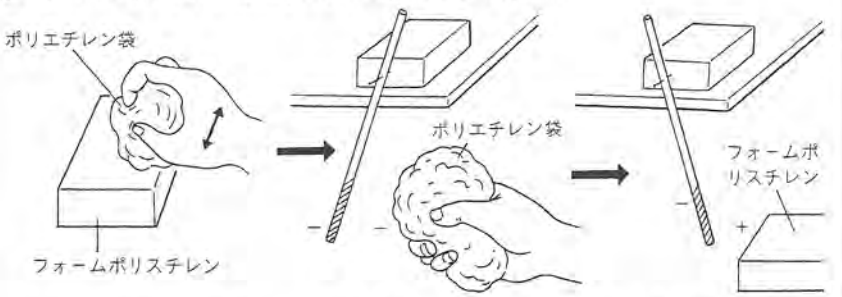
エボナイト棒をナイロン布でよくこする　エボナイト棒をストローに近づけてみる　ナイロン布をストローに近づけてみる

③エボナイト棒とフォームポリスチレンについて調べる



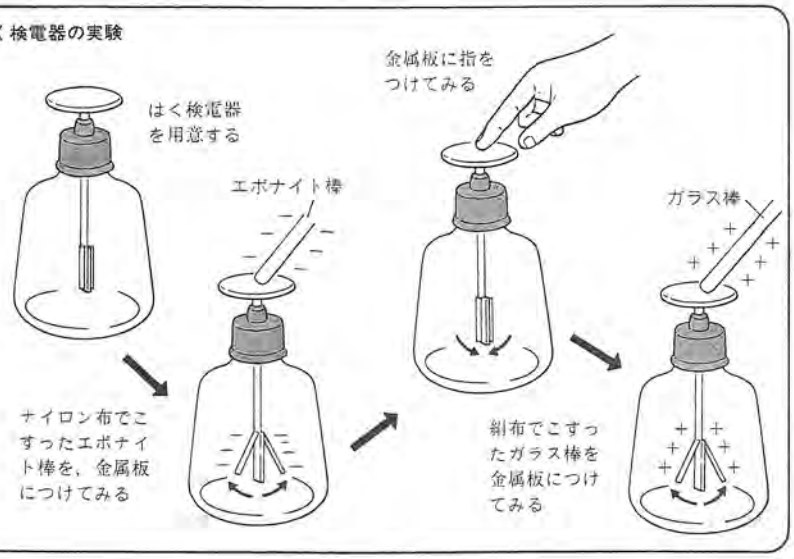
フォームポリスチレンをエボナイト棒でよくこする　エボナイト棒をストローに近づけてみる　フォームポリスチレンをストローに近づけてみる

④フォームポリスチレンとポリエチレン袋について調べる



フォームポリスチレンをポリエチレン袋でよくこする　ポリエチレン袋をストローに近づけてみる　フォームポリスチレンをストローに近づけてみる

はく検電器の実験



5 解説 新しい樹脂材料が多く出回っているので，その帯電列を調べておくと便利である。ここでは，4で自作したストロー検電器を使って，帯電列を調べる。

同じ物質でも，こすり合わせる材料が違えば，正に帯電したり負に帯電したりすることから，帯電列を決定する。

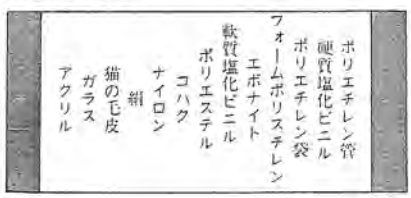
留意点 ストローは，①～④のいずれの場合も，猫の毛皮でよくこすり，帯電させておく。

ストロー検電器は，手軽に帯電状態が調べられるので，大変便利なものである。しかし，帯電していない物体を近づけたときにも，ストロー自身の電荷のため，ストローが吸い寄せられる。したがって，このように帯電列を決める実験では，慎重な配慮と根気強さが必要である。

帯電防止剤の普及から，樹脂材料の表面状態によっては帯電の様子が変わることがある。良い結果を得るためには，試料をあらかじめ，アルコールでふいておくとよい。

試料どうしをこすり合わせて帯電させるときには，事前に試料の帯電状態を調べ，よく放電させておく必要がある。

結果 ①～④のような操作を繰り返し行い，13種類の物体について調べた実験データ例を次に示す。



参考 静電気の実験によく使われるものにはく検電器がある。左の囲み図は，これを使った基本的な実験である。

- ナイロン布でこすったエボナイト棒を検電器の金属板につけると，エボナイト棒表面の余分な電子がはくに移るため，はくが互いに反発し合って開く
- 次に，金属板に指をつけると，はくにあった電子が指を通って逃げ去るので，はくは閉じる
- さらに，絹布でこすった棒ガラスを金属板につけると，ガラス棒の表面は正の電気を帯びているので，はくの電子がガラス棒に移って，はくは正に帯電するため，はくは開く

このほか，2つのはく検電器を使えば，次のような実験もできる。

- 正と負に帯電させた検電器の金属板をつける⟶はくは閉じる
- 正どうし(または負どうし)に帯電させた金属板をつける⟶はくは開いたまま

134 静電気を調べる

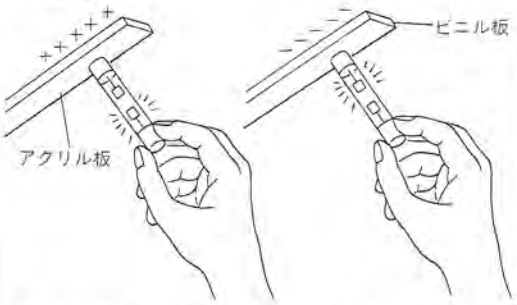
いろいろな帯電体① ネオン管 はく検電器

ねらい 圖 ネオン管やはく検電器を使って，静電気の性質を調べることができる。

①ビニル板，アクリル板，走行後の自動車など，いろいろなもの

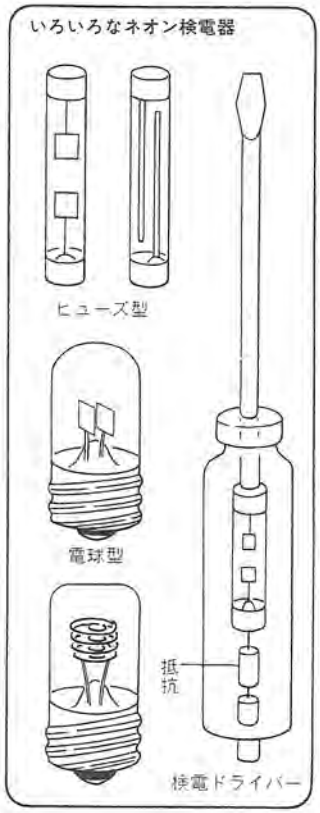
1 ネオン検電器により静電気を調べる

①帯電させたアクリル板やビニル板にネオン管をつけてみる



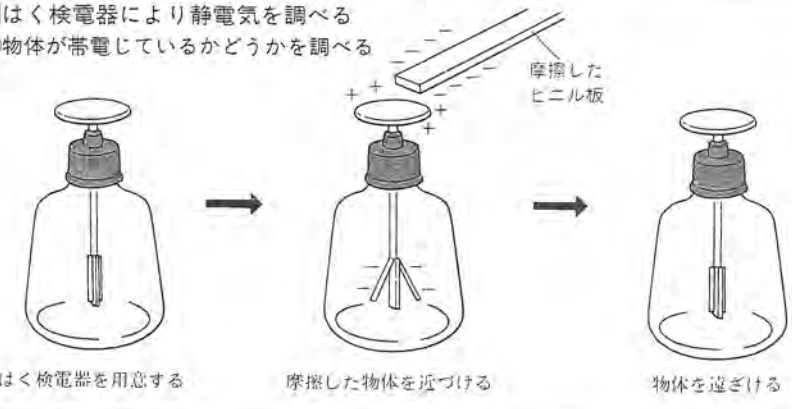
②走行した後の自動車にネオン管をつけてみる



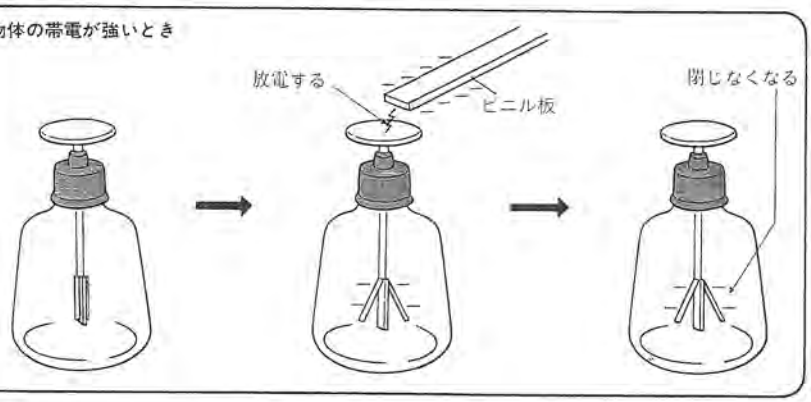


2 はく検電器により静電気を調べる

①物体が帯電しているかどうかを調べる



物体の帯電が強いとき



1 留意点 帯電体にネオン管をつけるときには，一方の極を手で持ち，他方の極を帯電体につけるようにする。

事務用のスチール机やじゅうたん上のショーケースなど，いろいろなもので調べてみるとよい。

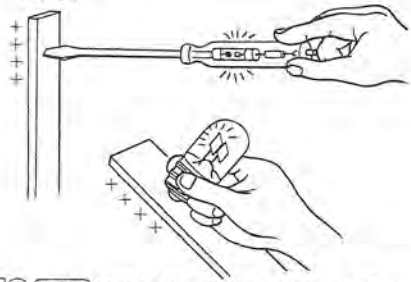
解説 帯電体が正に帯電している場合は手でアースしているほうの極が発光し，負に帯電している場合は帯電体に接しているほうの極が発光する。つまり，ネオン管は負極側が発光するのである。このことから，帯電体の極性を知ることができる。

参考 ネオン管は空気を抜いて微量のネオンガスを封入したものである。いろいろなものがあるが，一般に市販されている100V用のものは，放電開始電圧70～75V，放電継続電圧55～60Vぐらいのものが多い。60μA程度の電流で，かなり明るく発光する。電流があまり大きくなければ，負極側がグロー発光する。

電球型のものは，以前は電源表示灯などに利用されていたが，発光ダイオードの普及に伴い，ほとんど利用されなくなったため，入手が困難である。

検電ドライバーには制限抵抗が直列に入れられている。これも入手が困難であるがテレビ用のもの(柄が長く，高圧に耐える)なら手に入る。

電球型のものや検電ドライバーの使い方も，基本的にはヒューズ型のものと同じである。

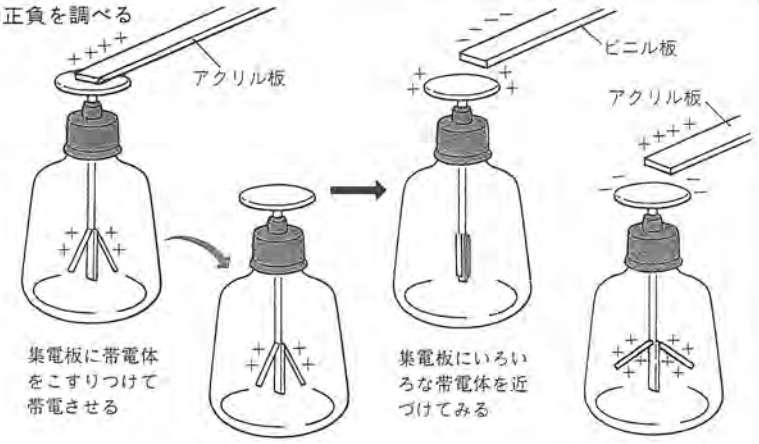


2① 留意点 いろいろな物体を摩擦して調べてみるとよい。また，そのとき，摩擦の強さも，いろいろ変化させてみるとよい。

解説 物体を近づけたとき，物体が帯電しているとはくは開く。そしてその後，物体を遠ざけると，再びはくは閉じる。

物体の帯電が強いと，物体を近づけたときに放電する。このように物体と検電器の間で電荷の移動が行われると，物体を遠ざけても，はくは開いたままとなる。

②帯電の正負を調べる

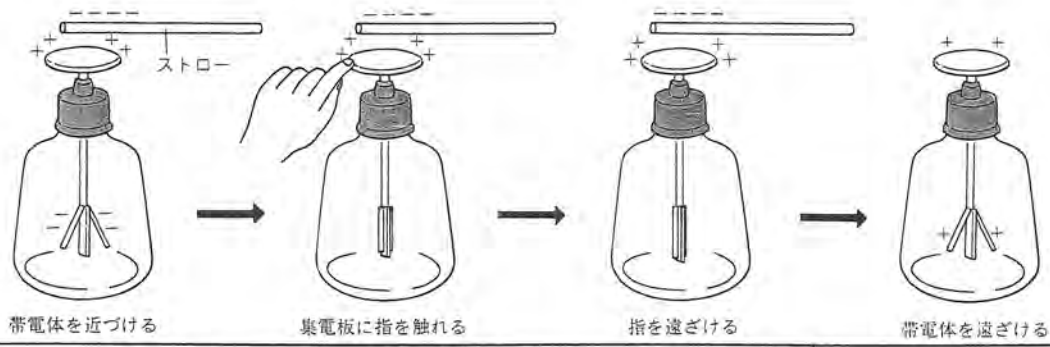


②留意点 いろいろな物体を摩擦して調べてみるとよい。

解説 帯電させたはく検電器に帯電体を近づけると，帯電体とはく検電器の電荷の正負が異なっている場合，はくは閉じ，正負が同じ場合，はくはさらに開く。

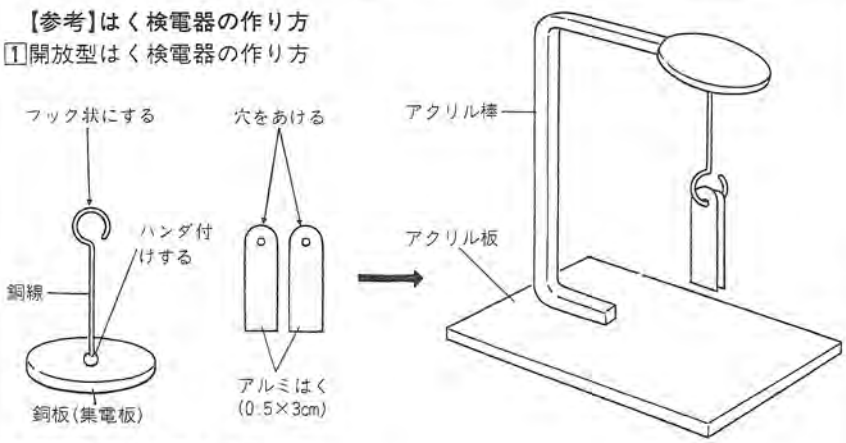
参考 はく検電器を帯電させる方法として，集電板に帯電体をこすりつける方法のほか，静電誘導による方法がある。静電誘導で行えば，帯電体とは逆の電荷を蓄えることができる。

静電誘導で異種の電荷を蓄える方法

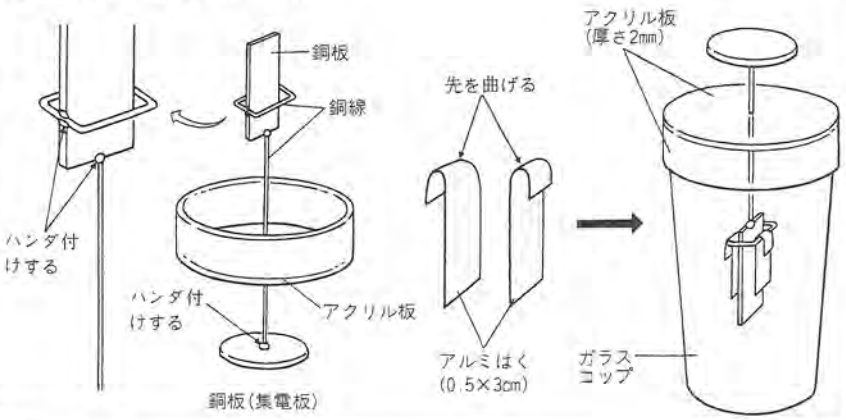


【参考】はく検電器の作り方

1 開放型はく検電器の作り方



2 密閉型はく検電器の作り方



【参考】はく検電器の作り方

解説 はく検電器は，簡単に自作することができる。1は，銅線にアルミはくをつるしただけのもの，2は，はくの部分をガラスコップの中に入れたものである。

乾燥した室内で使う。

1 解説 この検電器は放電しやすいので，長い時間はくを開かせておくことはできないが，物体の帯電を調べるだけなら，十分実用になる。

留意点 アルミはくに穴をあけるときには，軽く動くように，つまようじなどを利用して，銅線の太さよりも大きくする。またこのとき，アルミはくの上端と穴との距離が長いと，うまく開かなくなるので，この距離はできるだけ短くする。穴をあけてからアルミはくを切るとよい。

フックの直径は，5mmぐらいがよい。

2 留意点 アルミはくを銅線の輪にひっかけたとき，軽く動くように調整する。そして，銅板とアルミはくとの距離は1mm以内にする。

アクリル板のふたに銅線を通す穴をあけるときには，焼いた針金などで開けるとよい。

使うときには，ガラスコップをよく乾燥させておく。

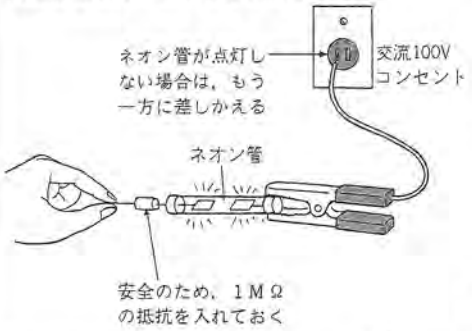
135 静電気と動電気の比較

ねらい 高　静電気と動電気は，本質的には同じものであることが調べられる。

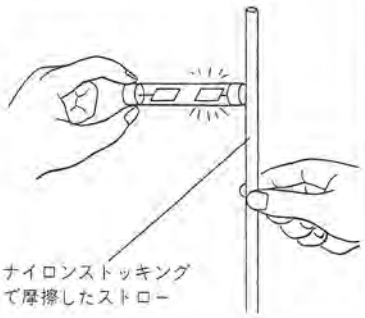
ネオン管　導線　検電ドライバー　可変変圧器　真空管電源装置　ストロー(ポリプロピレン製)　空き缶(金属製)　ナイロンストッキング　フォームポリスチレン　毛糸のセーター　セロハンテープ　スポイト　蛍光管　ビニル板　クロス真空計　クルックス管(蛍光板入り)　はく検電器　エボナイト棒　アルミはく　ラジオ用変圧器　積層乾電池　アクリル板　アクリル棒　銅板　絹糸

1 ネオン管を用いて比較する

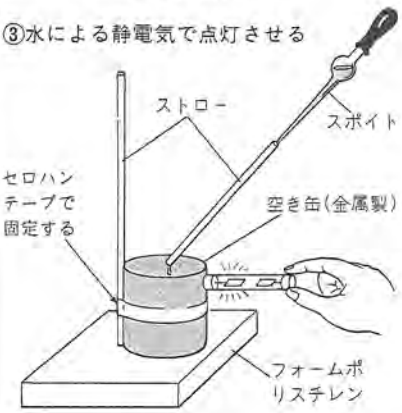
①交流電気でネオン管を点灯させる



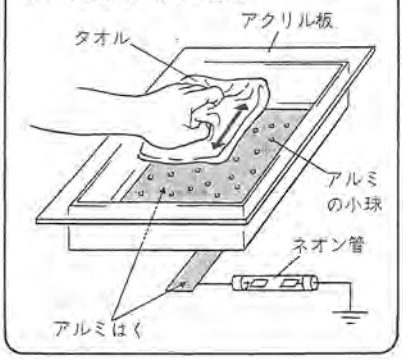
②摩擦電気で点灯させる



③水による静電気で点灯させる

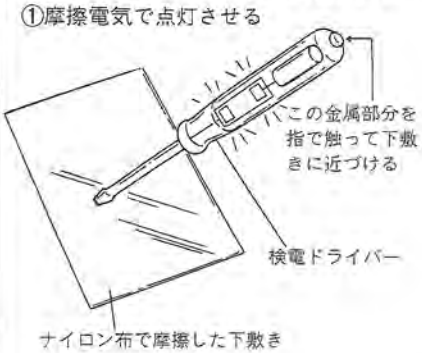


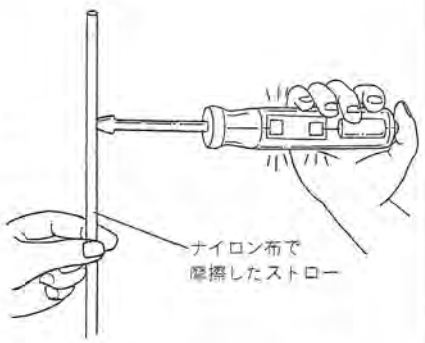
自作の蓄電器を用いる方法



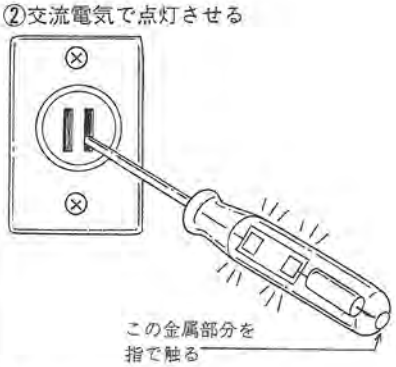
2 検電ドライバーを用いて比較する

①摩擦電気で点灯させる

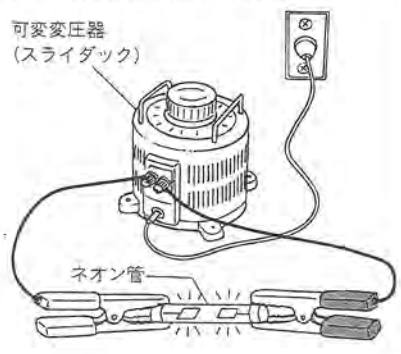




②交流電気で点灯させる



3 可変変圧器を用いて比較する



1 ① 注意 導線をコンセントに差しこんだ後，クリップの金属部分に触れると感電することがあるので注意する。したがって，危険防止のため，この実験は暗室で行ってはいけない。

解説 ネオン管は，赤く点灯する。

② 留意点 ストローは，ほこりがついていると点灯しにくいので，新しいものを使う。暗室で行ったほうがよい(③も同様)。

解説 ネオン管は点灯する。この場合，点灯してもすぐに消えてしまうが，ストローに接触させながら少しずつネオン管をずらしていくと，何度も点灯させることができる。

蓄電器の上に載せたアクリル板をタオルやビニル板などでこすると，摩擦している間はネオン管が点灯し続ける。また，アルミはくを帯電させた後，ネオン管のアース側の極を箱の内側のアルミはくにつけると，ネオン管は一瞬，点灯する。

③ 留意点 ストローは，よく乾燥したものを用いる。

静電気を逃がさないように，空き缶の下にはフォームポリスチレンを敷いておく。空き缶には，セロハンテープで缶を手で支えるためのストローをとりつけておくとよい。

水は1滴ずつ流すようにする。一続きに流してはいけない。

解説 水が帯電するため，空き缶にネオン管をつけると点灯する。

2 ① 留意点 検電ドライバーは，家庭用(低電圧用)を用いる。ドライバーの握りの後部にある金属部分に軽く触って近づけるようにする。検電ドライバーを下敷きの上で移動させると何度も点灯する。

ストローは汚れのない新しいものを使う。給食用のストローでよい。

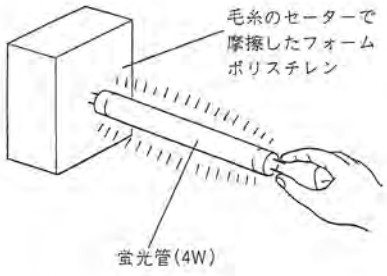
③ 注意 ドライバー部分(握りでない部分)には触らないこと。感電することがある。

留意点 点灯しないときはコンセントのもう一方の穴に差しこむ。

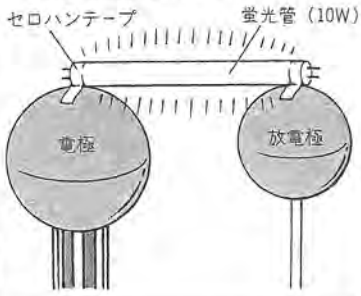
3 留意点 配線をきちんとしてからコンセントにプラグを差し込む。可変変圧器の電圧が60～70V程度で点灯する。

4 静電気で蛍光管などを点灯させる

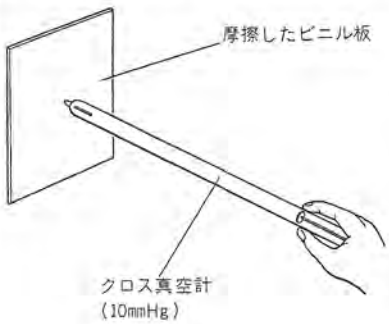
①蛍光管を点灯させる



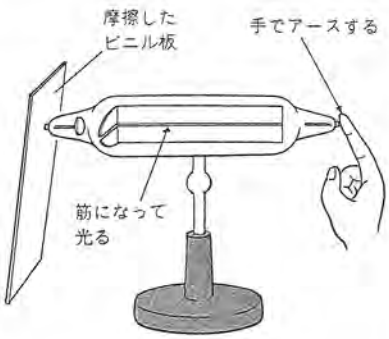
静電高圧発生装置を用いる方法



②クロス真空計を光らせる



③クルックス管を光らせる

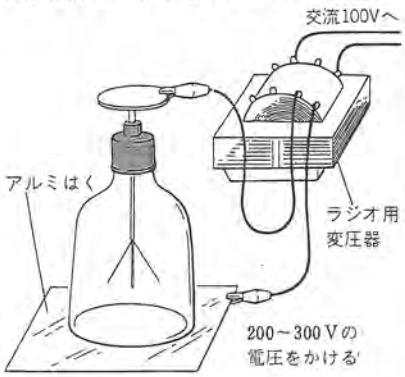


5 はく検電器を用いて比較する

①摩擦電気ではくを開かせる



②交流電気ではくを開かせる



③直流電気ではくを開かせる



誘導コイルによる方法



---

4 留意点 実験は暗室で行う。

解説 ①では，蛍光管が点灯する。1②と同様，蛍光管を少しずつずらしていくと，何度も点灯させることができる。

②や③では，クロス真空計やクルックス管が光る。

蛍光管，クロス真空計，クルックス管などが動電気で光ることは，誰でもわかっていることと思われるので，特に確かめる必要はない。

参考 静電高圧発生装置（バン・デ・グラーフ型起電機）を用いれば，蛍光管を連続的に点灯させることができる。装置のとり扱い方については，137を参照。

5 ② 留意点 変圧器を使って200～300Vの電圧をかけるようにする。100Vだと，はくはわずかしか開かない。

注意 セットをすべて終えてからコンセントにつなぐようにし，感電したり，ショートさせたりしないよう，十分な注意を払う必要がある。

③ 留意点 電池は，高電圧の積層乾電池を用いる。0210(315V)か0160W(480V)がよい。この電池は電流のとり出し口が凹部になっているので，金属棒を差しこみ，それをクリップで挟むとよい。

また，ストロボ用トランジスタ昇圧器を使ってもよい。

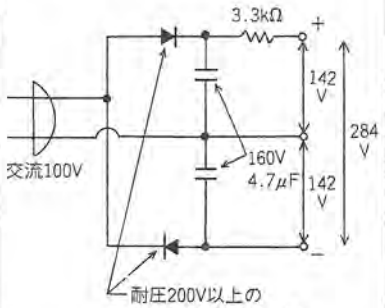
注意 電池は高電圧なので，とり扱いには十分注意する。

参考 誘導コイルを用いて，はくを開かせる方法もある。

④真空管電源装置ではくを開かせる

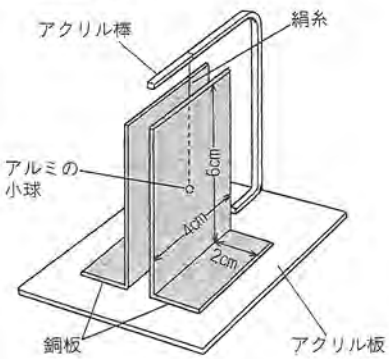


直流高圧電源装置を自作する場合の回路図

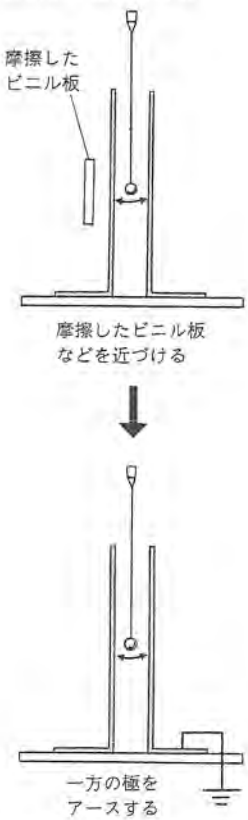


6電気振り子を用いて比較する

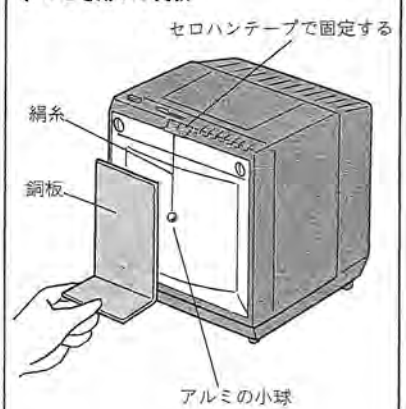
①電気振り子を作る

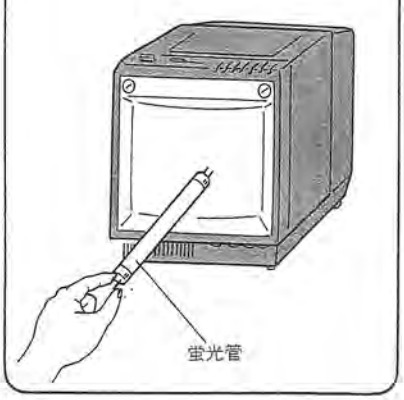


②摩擦電気で振動させる

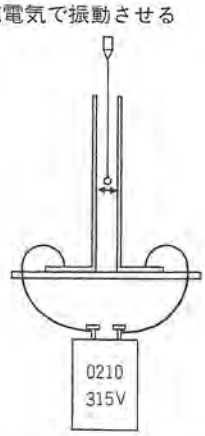


テレビを用いる実験





③直流電気で振動させる



④留意点真空管電源装置はプレート端子を使用する。

注意高電圧なので配線をきちんとセットしてからコンセントにつなぐようにする。

参考真空管電源装置がない場合は，囲み図のような回路を作ると約280Vの直流電圧が得られる（考案　坂戸中学校　後藤富治）。

6①留意点アルミの小球は，アルミはくで作ればよい。

②留意点極板間の距離は，1cm程度がよい。

解説摩擦したビニル板などを極板に近づけると，両極の電荷が等しくなるまでアルミ小球は振動する。また，振動が止まった後，一方の極をアースすると，再び振動する。

③留意点小さいアルミ小球を使い，②の場合より極板間の距離を近づけるようにする。

電池は5③の場合と同様，積層乾電池を用いる。

解説アルミ小球は振動する。

結果いずれの場合も静電気と動電気は同じ現象を示すことから，両者は本来，同じものであることがわかる。

参考テレビを用いると，動電気も静電気を発生することが調べられる。

電気振り子の実験では，アルミ小球をテレビ画面の近くに下げ，銅板を手で持って5mmぐらいの距離に近づけておく。

スイッチを入れると，アルミ小球が振動する。振動は，スイッチを切ったときのほうが激しい。

蛍光管を点灯させる実験では，スイッチを入れた瞬間と切った瞬間に光る。同様の方法でネオン管を点灯させることもできる。ネオン管の場合は，スイッチを入れた一瞬時だけ，手の側の極が発光し，スイッチを切ると，テレビ側の極がしばらく光り続ける。

なお，最近のテレビには保護ガラスの前面にさらにアクリル板をとりつけたものがあるが，この場合はアクリル板をはずさないと反応しない。

136 静電気をためる

ねらい 田 1枚の銅板やライデンびん，自作の蓄電器(コンデンサー)に静電気をためることができる。

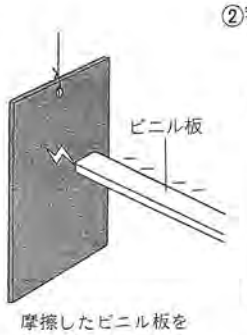
銅板(25×35cm) 絹糸 ビニル板 摩擦用の布(タオルなど) ネオン管 ライデンびん 静電高圧発生装置(バン・デ・グラーフ型起電機) ヒューズ セロハンテープ 発泡スチロールの板 蛍光管 ラップフィルム 乾電池 クリスタルイヤホン 導線 絶縁棒 空き箱① アルミはく アクリル板 銅線

①プラスチック製の菓子箱などがよい。

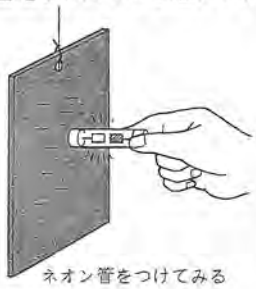
1 1枚の銅板に静電気をためる

①摩擦電気を銅板にためる



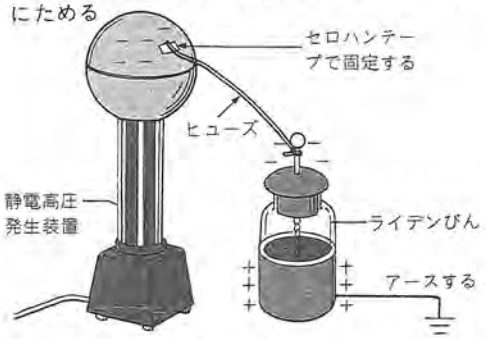


②蓄電されたことを確かめる

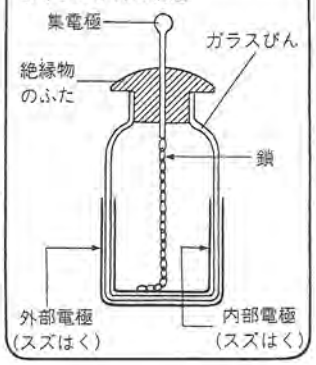


2 ライデンびんに静電気をためる

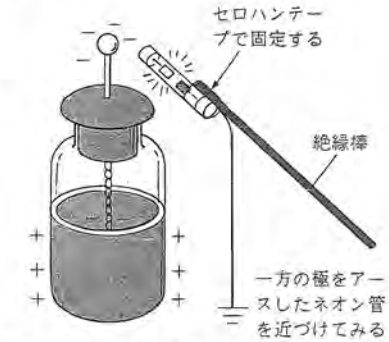
①静電高圧発生装置で作った静電気をライデンびんにためる



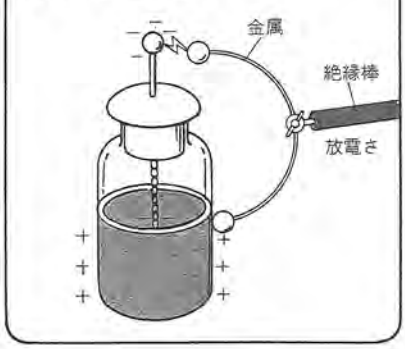
ライデンびんの構造



②蓄電されたことを確かめる



放電さによる蓄電の確認



3 ヒトの体に静電気をためる

①絶縁台の上にヒトを載せ，背中をこすり摩擦電気をおこす



②絶縁台の上のヒトと床の上にいるヒトで蛍光管の両端を触ってみる



1 解説 この実験は，絶縁された導体に電気を蓄えることができることを確かめるものである。

① 留意点 放電により銅板に電気をためる操作は，2～3回繰り返すようにする。ビニル板以外のものでも，いろいろ試してみるとよい。

② 解説 ネオン管が発光することから，銅板に電気が蓄えられていたことがわかる。

2 ① 解説 ライデンびんは，ガラスびんの内側と外側にスズはくをはったものである。高圧の電気を蓄えることができる。

留意点 ライデンびんは，よく乾燥させたものを用いる。

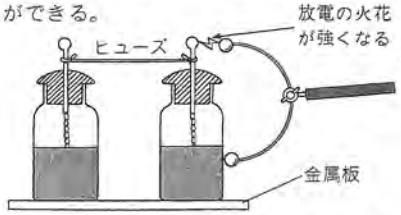
ライデンびんの外部電極をアースするときには，ライデンびんをアースした金属板の上に載せればよい。

静電高圧発生装置(バン・デ・グラーフ型起電機)のとり扱いなどについては，137 を参照。

② 留意点 ライデンびんに蓄電された電気は高圧なので，ネオン管の一方の極をアースし，絶縁棒にとりつけて近づけるようにする。

参考 蓄電を確かめる方法として，放電さを用いる方法もある。この場合，一方の小球をライデンびんの外部電極に触れさせ，他方の小球をライデンびんの集電極に少しずつ近づけていくようにする。この反対の操作をするとライデンびんが壊れることがあるので気をつける。

また，ライデンびんを並列につないで蓄電すると，より多くの電気を蓄えることができる。

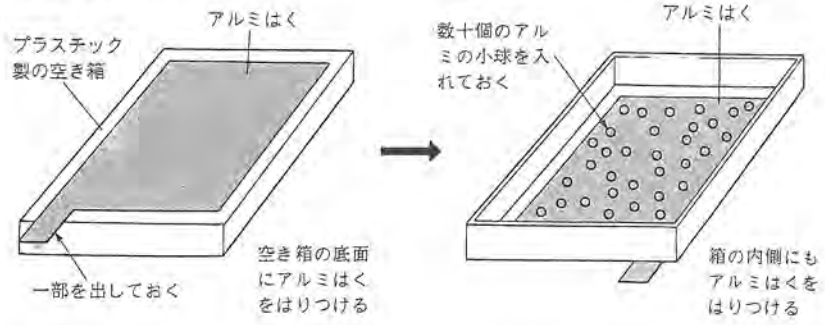


3 留意点 理科室などでは，暗幕を閉め部屋を暗くしないと光ったことがわかりにくい。AとCが蛍光管の途中をつかむと，2人の手の間の部分だけ光ることも観察させるとよい。

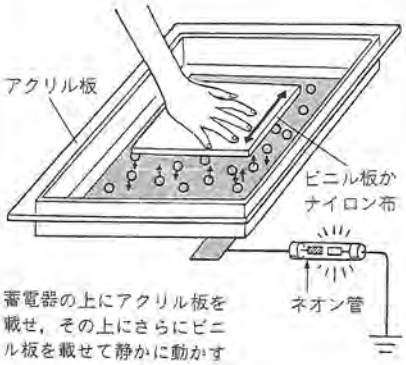
解説 ヒトなどの生物もよく電気を通す導体である。人間に電気をため，簡単に蛍光灯を光らせることができる。

4 空き箱コンデンサーを作り静電気をためる

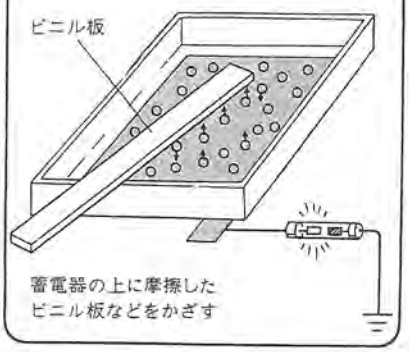
①空き箱コンデンサーを作る



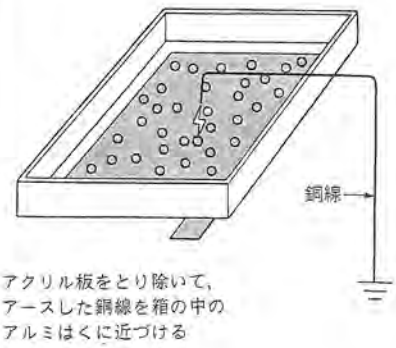
②摩擦電気を蓄電器にためる



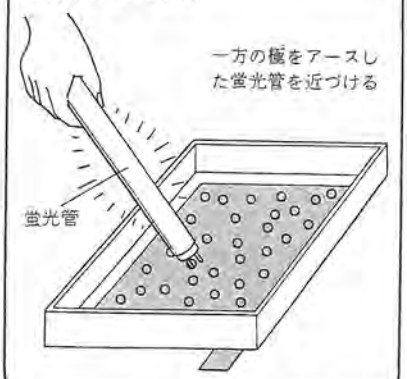
帯電体を近づける方法



③蓄電されたことを確かめる

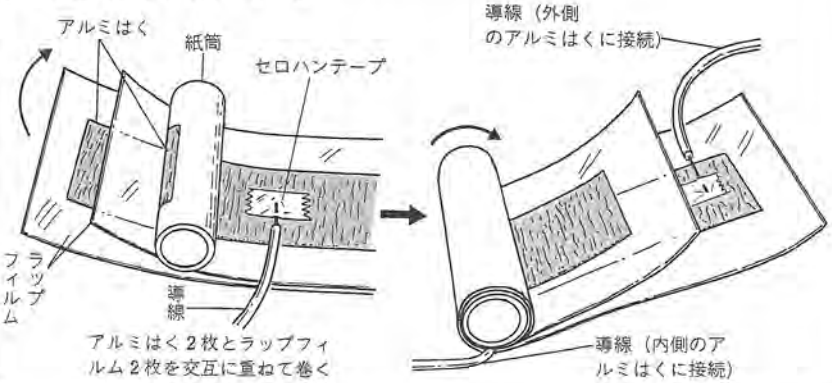


蛍光管を用いる方法



5 フィルムコンデンサーを作り静電気をためる

①フィルムコンデンサーを作る



4 ①留意点 身近な材料を利用して蓄電器（コンデンサー）を作ってみる。静電気用蓄電器は大きな耐圧が要求されるので，極板を挟む誘導体（箱）は，ある程度の厚みがあり（耐圧のため），絶縁性の高いものが必要である。プラスチック性の引出しや菓子箱などがよい。

②留意点 箱の底面の極はアースしておく。このとき，帯電されていく様子がわかるように，ネオン管を入れておくとよい。摩擦電気を蓄えていくと，電圧が上るにつれて放電が起こるようになり，蓄電量が変化する。そこで，何度か試してみて，確かめながらちょうどよい点を見つけるようにする。

解説 アクリル板の上にビニル板を載せてこすり合わせると，アルミの小球が激しく上下して，帯電体の電荷をアルミはくに伝える。そしてアルミはくには正の電荷がたまる。また，ビニル板を下にして，アクリル板を動かすと，アルミはくには，負の電荷がたまる。

参考 摩擦したビニル板や下敷きなどの帯電体を蓄電器の上にかざす方法もある。この方法でも，電気はよくたまる。

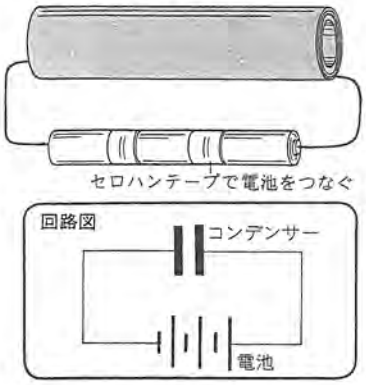
③解説 一端をアースした銅線を近づけると放電する。

参考 一方の極をアースした蛍光管を近づける方法もある。5～6 cmに近づけると蛍光管が光る。

5 ①留意点 食品包装用ラップフィルムとアルミはくを各2枚ずつ交互に重ね，紙筒を芯にして丁寧に巻く。このとき，導線の一端を内側のアルミホイルにセロハンテープでとめて，外に出しておく。そしてアルミはくどうしが接触しないように4枚のシートをそろえ，よじれないように少しずつ巻いていく。

巻き終りは，外側のアルミホイルに導線をセロハンテープでとめて，内側の導線とは反対側に出す。最後にシート全体をセロハンテープで巻く。

②フィルムコンデンサーと電池をつないで静電気をためる



③静電気がたまったことを調べる

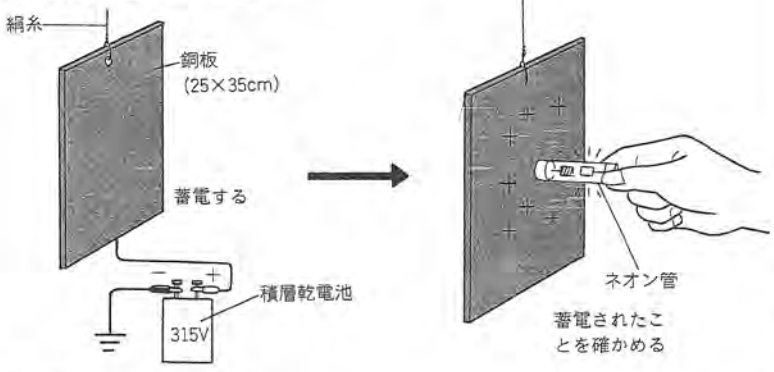


②留意点 電池を数個直列に並べ，セロハンテープでつなぎ，その両端にフィルムコンデンサーの導線をそれぞれつなぐ。

③結果 クリスタルイヤホンの両端子にコンデンサーの導線をつなぐとガリッという音がして，静電気がたまっていたことがわかる。

【参考実験】コンデンサーの蓄電の原理を調べる

1 1枚の銅板に電気をためる



【参考実験】コンデンサーの蓄電の原理を調べる

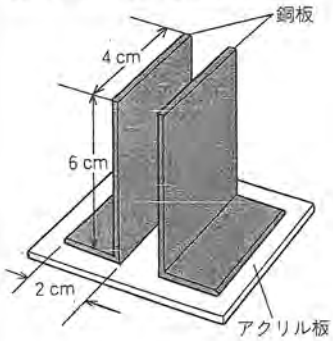
解説 これは，向かい合わせた導体は，より多くの電気を蓄えることを確かめる実験である。小さな極板でもネオン管を光らせることができる。

1 留意点 ネオン管を黒い筒などで暗くして観察するようにする(2の場合も同様)。

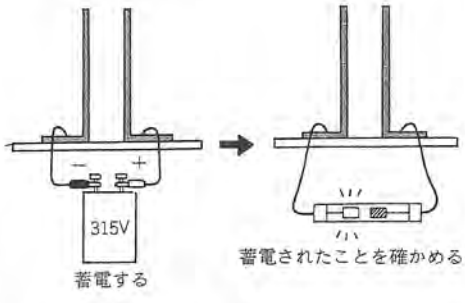
解説 ネオン管は暗く光る。

2 2枚の銅板に電気をためる

①コンデンサーを作る



②コンデンサーに蓄電し，ネオン管をつないでみる

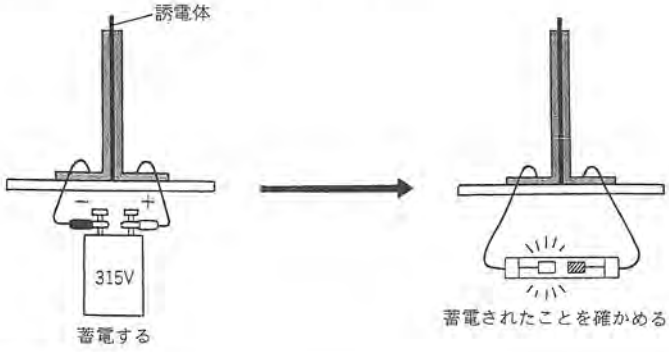


2 留意点 極板は，両面テープでアクリル板に固定しておくとよい。

③では，誘電体としてTPシートやポリエチレン袋などを使い，極板を密着させるようにする。

解説 ②では，ネオン管をつないだ瞬間，かすかに発光するだけだが，③では明るく発光する。極板の距離が小さいほど，多くの電気を蓄えられるのである。

③誘電体を挟んで極板の距離を近づけ，②と同様の実験を行う



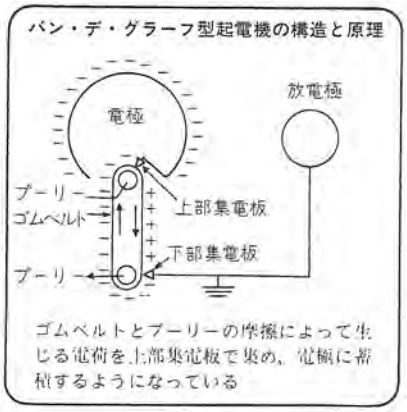
137 静電高圧発生装置を使った実験

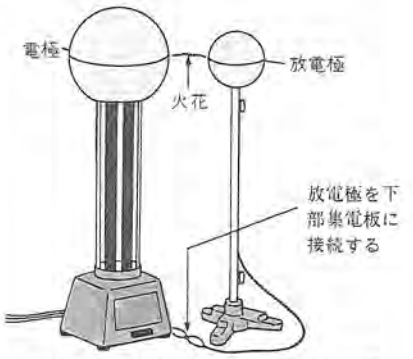
静電高圧発生装置(バン・デ・グラーフ型起電機)
薄い紙① 銅線(直径0.5mm程度) ろうそく クロス真空計 ハミルトン電気回転車 セロハンテープ

ねらい 高 バン・デ・グラーフ型起電機で静電高圧を発生させ，静電気の性質についての各種の実験を行うことができる。

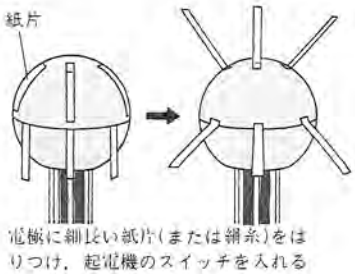
①絹糸でもよい。

1 電極と放電極間の放電を観察する

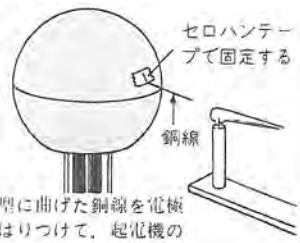




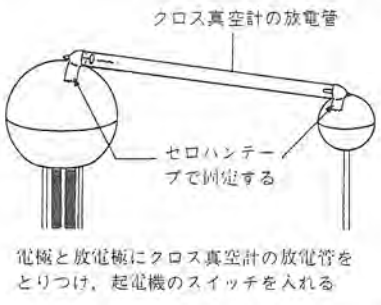
2 紙片などを用いて，電気力線を調べる



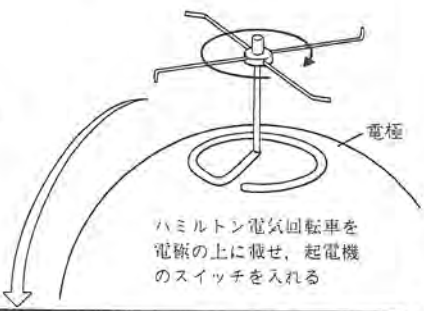
3 電気風を調べる



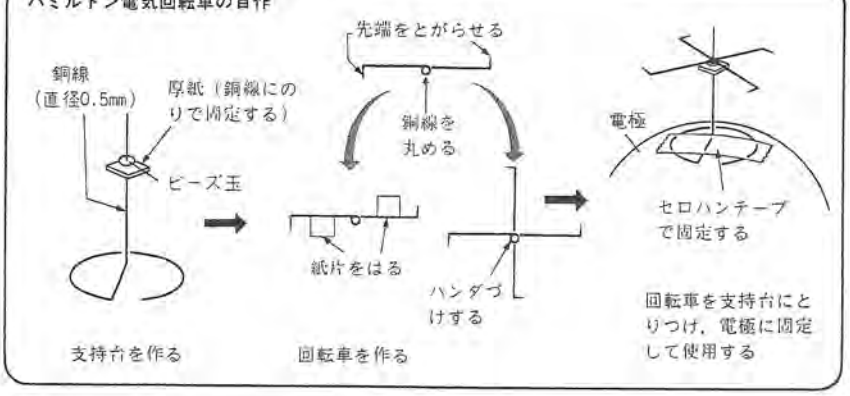
4 クロス真空計の放電を観察する



5 ハミルトン電気回転車を回してみる



ハミルトン電気回転車の自作



留意点 実験は，乾燥した部屋で行う。起電機は，湿度が70%を超えると，ほとんど起電しなくなる。また，起電機がほこりなどでよごれていると，空気中に放電してしまうため，電極に電荷が蓄積しにくくなるので，よくふくとよい。
電極にセロハンテープをはりつけたときには，実験後，すぐアルコールでふいてから，乾いた布でよくふきとっておく。

注意 高圧電極に身体を近づけると非常に危険なので，とり扱いには十分注意する。

1 解説 電極と放電極間に，火花が飛ぶのが見られる。
留意点 実験終了後は，電極と放電極を接触させて，完全に電荷を消しておく。

2 留意点 紙片は，長さ10cmぐらいの薄いものがよい。絹糸を用いる場合は，長さを20cmぐらいにする。
解説 紙片や絹糸は，電極の表面に対して垂直になるように立つ。このときの紙片や絹糸の向きが，電気力線の向きである。

3 留意点 銅線は，直径 0.5mmぐらいのものがよい。
解説 ろうそくの炎は，風に吹かれたように曲げられる。これは，銅線の先に密集した電荷が，電気風を起こすからである。そうそくを銅線に近づけ過ぎると，電気風で炎が吹き消されてしまう。

4 留意点 放電の様子をわかりやすくするため，実験は暗室で行う。
クルックス管を用いるのもよい。
解説 放電管内に，放電が見られる。この実験で，電極の正負を知ることができる。

5 留意点 起電機に電極とり出し口がついている場合は，電気回転車を電極の上に載せずに，電極とり出し口と電気回転車を導線でつないで実験してもよい。
解説 電荷は，曲率半径の小さい部分に集まる性質があることから，回転車の針の先端部分に密集し，電気風を起こす。この反作用で，回転車は回る。
参考 ハミルトンの電気回転車は，わりあい組雑な作りでもよく回るので，自作が容易である。こつは，①先端をよくとがらせる，②バランスをとる，③回転部の摩擦を小さくする，ことである。
回転車のうでの部分に紙やセロハンテープで翼をつけてみるのもよい。回ったときにきれいなので，デモンストレーション効果が期待できる。

138 乾電池と豆電球をつないだ回路

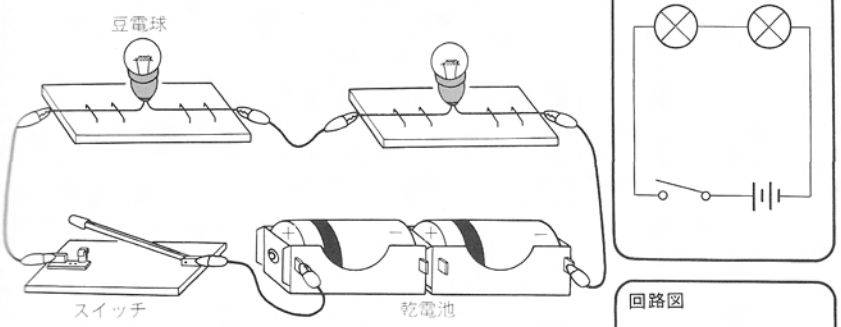
準備するもの
乾電池2[①] 乾電池ボルダー2[②] 豆電球(2.5V)2
豆電球ソケット(導線付き)2 導線7[③] スイッチ

①単1または単2。②乾電池の規格と同じもの。③クリップ付きのもの。7本のうち2本は中央部分の被覆をはがしたものがよい。

ねらい 小4 中2 乾電池2個と豆電球2個を使って，いろいろな回路を作ることができる。
乾電池と豆電球の接続のしかたによって，点灯した豆電球の明るさが異なることが調べられる。

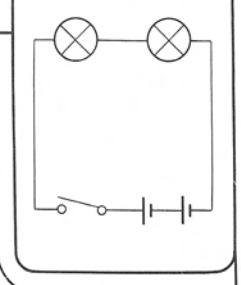
1 電地の接続も豆電球の接続も直列の回路を作る

①電池を1カ所にまとめた回路をつくる

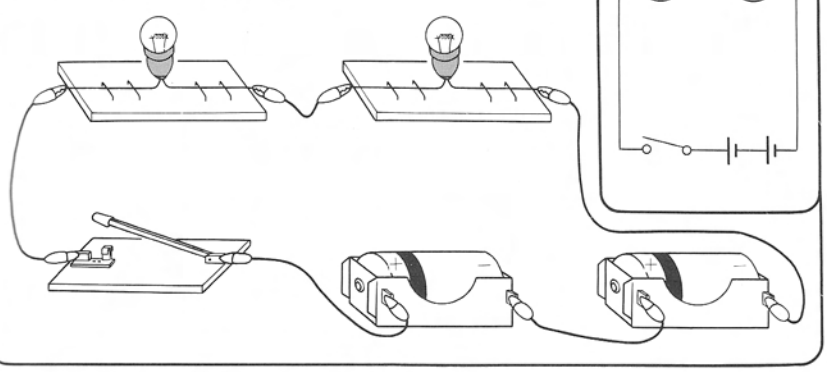


図路図(配線図)

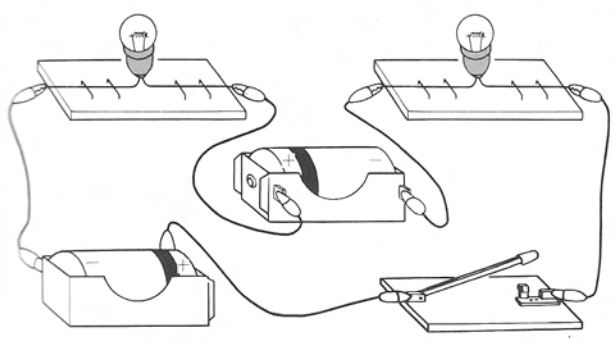
回路図



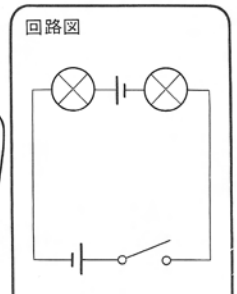
電池ホルダーの間に導線を入れた場合



②乾電池を2カ所に離した回路を作る

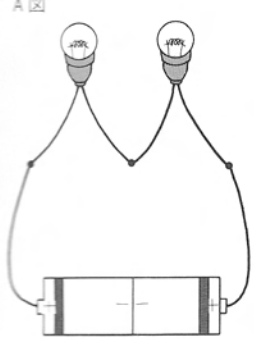


回路図

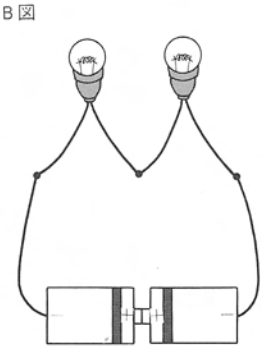


③誤った回路を接続してみる

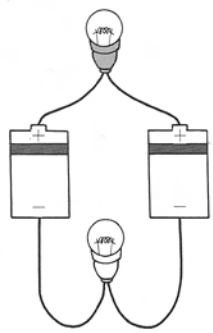
A図



B図

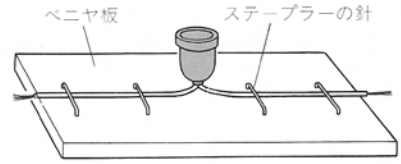


C図

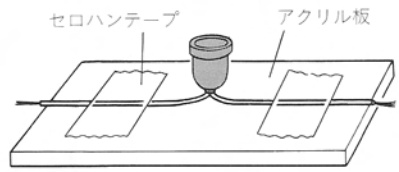


1① 留意点 電池ホルダー2個を連結してしまう方法と，電池ホルダーと電池ホルダーの間を導線でつなぐ方法の2通りの方法でやってみることが望ましい。
中学生の場合は，回路図と実際の配線を結びつけて考えるようにする。そのためには，配線図を書いてみるのも1つの方法である。
回路には，スイッチを入れるようにする。豆電球は，とくに固定しなくてもよいが，厚さ3～4㎜程度のベニヤ板や，アクリル板を適当な大きさに切り，導線を固定したものを作っておくと便利である。

ベニヤ板使用の場合



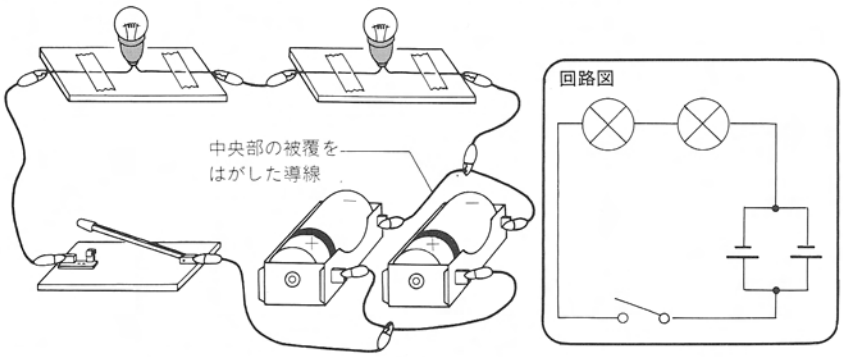
アクリル板使用の場合



② 解説 ふつう，このような配線はしないが，回路としては，①の場合と等価であり，豆電球の明るさももちろん①の場合と同じである。
留意点 このような回路でも，電池と豆電球を独立して考えれば，それぞれが直列に接続されていることを，回路図や実際の配線から考えてみる。この際，常に電流の流れに沿って回路を考えることに注意する。

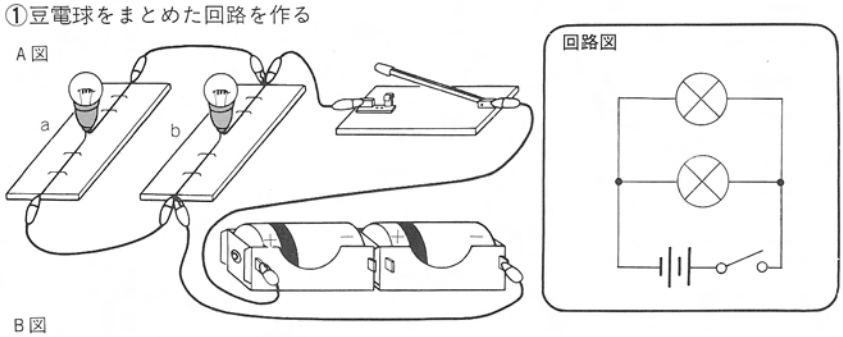
③ 解説 小学生の場合，回路や電流の流れについて深く理解するためには，誤った回路を作ってみることも必要である。そして，豆電球が点灯しないことを実際に確かめることが大切である。
留意点 C図のような回路を作ったときには，回路に加えられる電圧の向きが同じでないと，互いに打ち消し合うため，電流が流れないことを考えてみる。

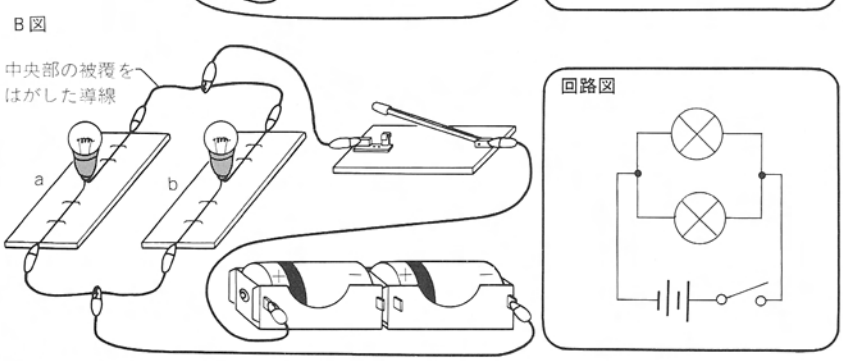
2電池の接続が並列で，豆電球の接続が直列の回路を作る



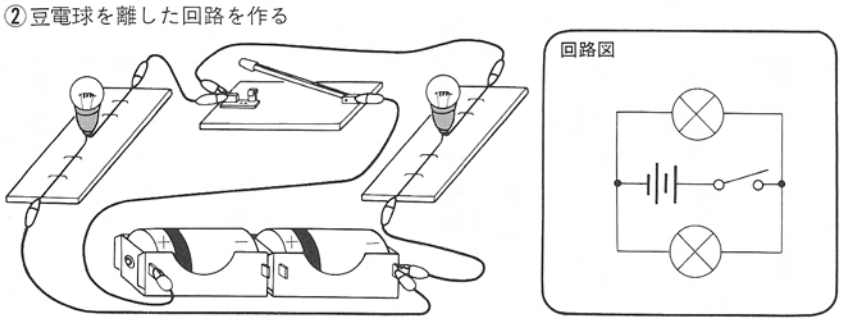
3電池の接続が直列で，豆電球の接続が並列の回路を作る

①豆電球をまとめた回路を作る



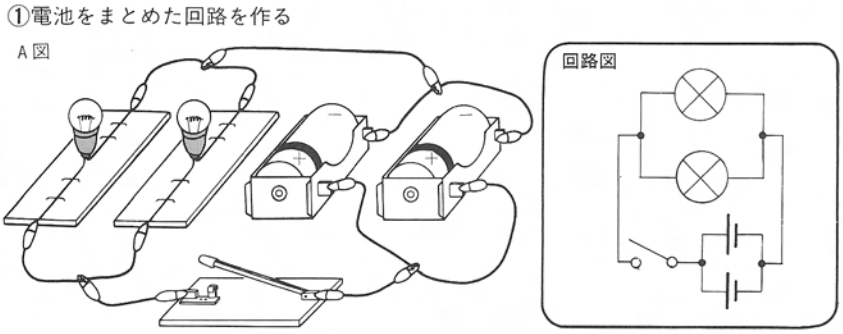


②豆電球を離した回路を作る

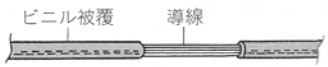


4電池の接続も豆電球の接続も並列の回路を作る

①電池をまとめた回路を作る



2 留意点 電池や電球を並列に接続するとき，中央部の被覆をはがした導線を使うと，生徒には配線がわかりやすい。



このように中央部の被覆をはがした導線を用意しておくとよい。ビニル被覆の場合，電工ペンチ，ストリッパー，ニッパーなどを用いれば，容易に被覆をはがすことができる。

3① 留意点 小学生の場合，電球を図のように接続すると，aとbの豆電球が同質でもbのほうが明るくなると予想する者もいる。明るさが同じであることをよく確かめる。

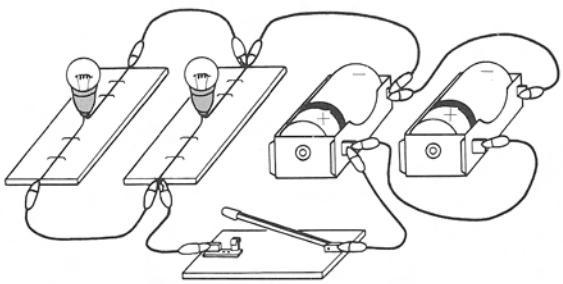
B図のように接続したほうが豆電球が並列に接続されていることを理解しやすい。A図とは全く豆電球の明るさが違わないことを確かめる。

② 留意点 中学生の場合は，2つの豆電球が並列に接続されていることを，電流の流れ方（途中から分流，合流すること）から考えてみる。また，電球の明るさは①の場合と同じであることをよく確かめる。

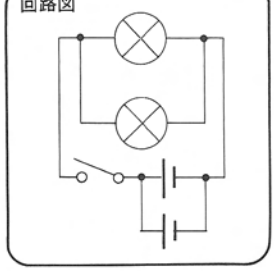
4① 留意点 A図のように豆電球や電池を接続するとき，中央部の被覆をはがした導線を使うと，並列の回路の接続がわかりやすい。

B図のように接続する場合も，豆電球・電池とも並列に接続されており，A図の場合と全く同じ回路である。このことを電球の明るさがA図と違わないことから確かめておくと複雑な配線をする場合に役立つ。

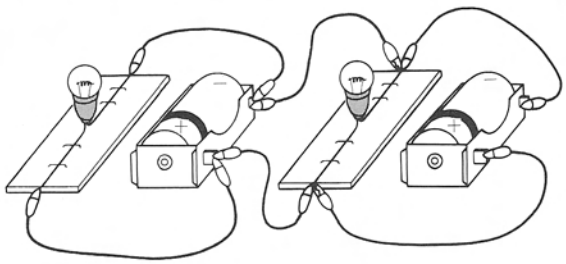
B図



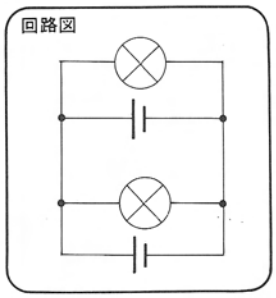
回路図



②電池を離した回路を作る

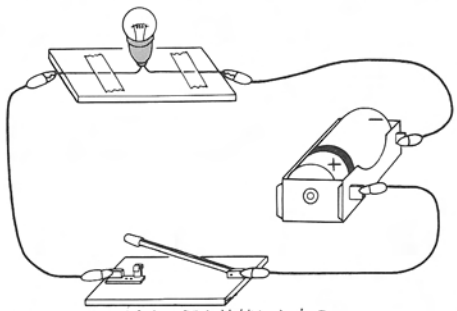


回路図



②前ページ[1][2]と同様，一般的な回路ではないが，電池も豆電球も並列になっていることを，よく考えてみる。また，電球の明るさは①の場合と同じであることをよく確かめる。

[5]いろいろな回路を作り，豆電球の明るさを比較してみる



電池1個と豆電球1個を接続した上の回路の豆電球の明るさを基準にする

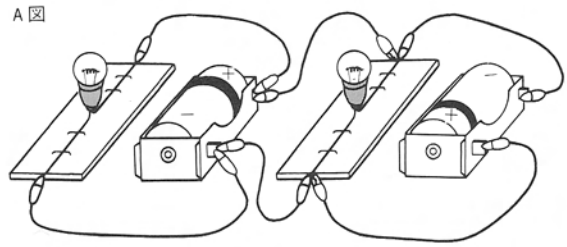
豆電球 / 電池	直列	並列
直列		
並列		

上のような表にまとめてみる

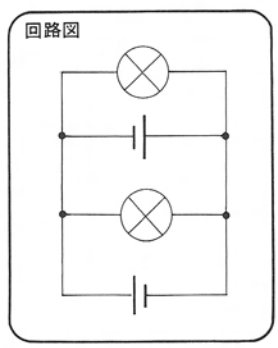
[5]電池1個と豆電球1個を接続した回路の豆電球の明るさを基準として，[1]①・[2]・[3]①・[4]①のそれぞれの豆電球の明るさを比べ，表にまとめるとよい。

【参考】ショート回路を作る

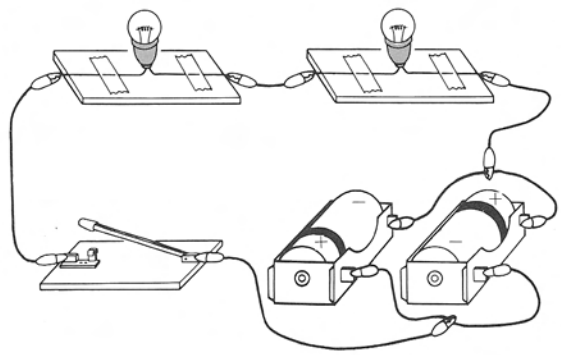
A図



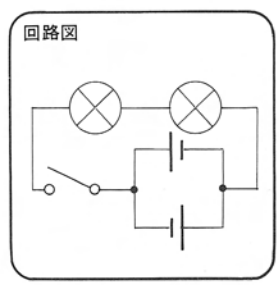
回路図



B図



回路図



【参考】ショート回路を作る

留意点 子供は，間違ってこのように配線することがあるが，注意するだけでなく，むしろこのような回路を積極的に作って危険なことを知らせたほうがよい。つまり，豆電球が点灯しないことや，電池が傷む（しばらくすると熱くなる）ことなどを知らせるのである。ただし，電池の消耗・損失が激しいので，豆電球が点灯しないことを確認する程度にしたほうがよい。また，乾電池では危険はないが，家庭用の交流100V電源などでのショートは，きわめて危険であることに触れておくようにする。

準備するもの

豆電球① 乾電池② エナメル線③ ピンセット 加熱器具 丸底フラスコ ガラス管 ゴム栓 真空ポンプ テスター ハンダ ハンダごて 紙ヤスリ

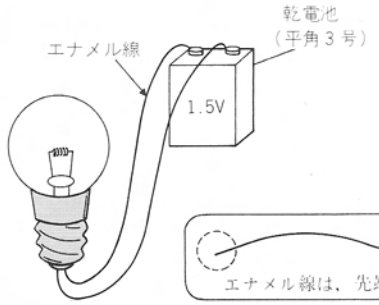
①2.5V，0.3A程度のものを用いる。②1.5Vのもの。平角3号が使いやすい。③0.3mm程度の太さのものがよい。ホルマル線でもよい。

139 豆電球で電気回路を調べる

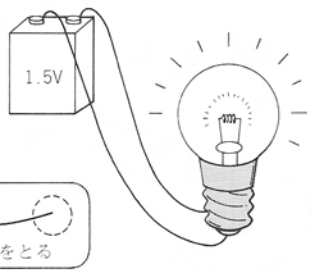
ねらい 小4 中2 電気回路というのは，ぐるっと一回りしているものであることが理解できる。
電球の中は真空になっていることが理解できる。

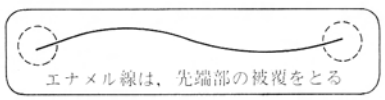
1 電気回路を作ってみる

①両方の導線を口金のへそにつける

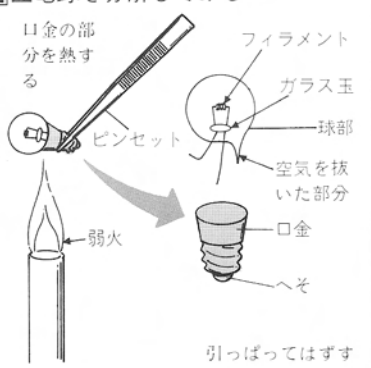


②導線の一方をへそに，他方を口金のねじの部分につける



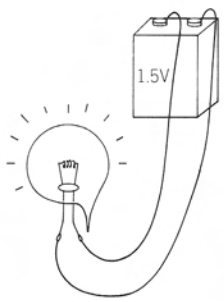


2 豆電球を分解してみる

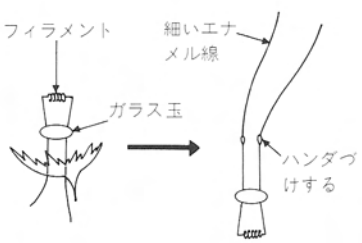




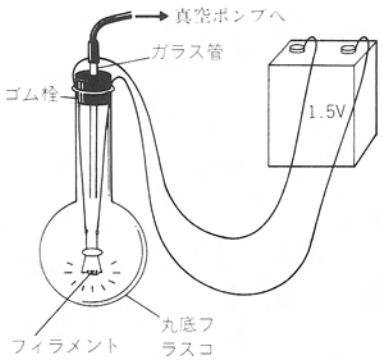
3 豆電球をつけてみる



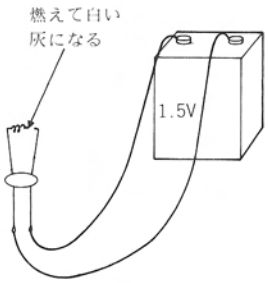
4 豆電球のガラスを割り，導線をハンダづけする



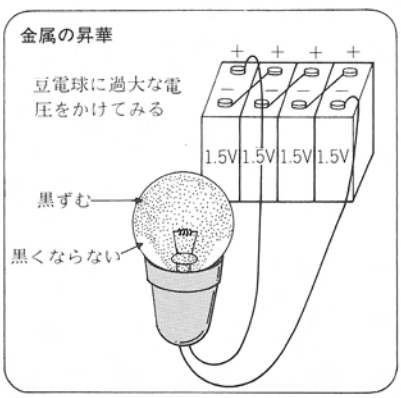
5 真空中でフィラメントに電流を流す



6 空気中でフィラメントに電流を流す



金属の昇華



1 解説 当然，豆電球は①ではつかず，②ではつくが，初めて回路を作ろうとする生徒は，①のようにすることが多い。そこで，どうして②ではつき，①ではつかないのか，すなわち回路とはどういうものなのかを知るために，2以下の実験をしてみる。

留意点 導線は，ホルマル線でもよいが，いずれにしても両端の被覆を，紙ヤスリでこするか，火で燃やして，とりおることが必要である。

2 解説 ガスバーナーかアルコールランプを弱火にして口金部分をあぶると，接着剤が溶けるから，口金とガラスの球部とを反対方向に引っぱると，簡単にはずすことができる。

分解してみると，ガラスの球部からは2本の線が出ており，1本は口金に，他の1本はへその部分についていたことがわかる。また，よく見ると，口金とへその間には，絶縁体が入っていることもわかる。確かに絶縁されているかどうか，導通テストをしてみるとなおよい。

3 解説 このようにすれば電球はつき，電流の流れる道は，乾電池→導線→フィラメント→導線→乾電池と一回りになっていることを目で見ることができ，回路というものが理解できる。したがって1の①では電球がつかないことも理解できる。

4 解説 ガラスを割ると電球の構造をよりはっきり見ることができる。色のついたガラス玉は，線がくっつかないように（くっつくとショートしてしまう）するためのものであることもわかるであろう。

5 解説 この場合は，ふつうに光を発する。

6 解説 5の装置で，電流を流したままフラスコ内に空気を入れるか，図のように，フラスコからとり出して電流を流すかすると，またたく間にフィラメントは燃えて切れ，白い灰を残す。したがって電球内は真空にしてあるだろうことがわかる。実際，電球が実用化されるかどうかは，どれだけ電球内を真空にできるかという技術にかかっていた。

参考 電球に過大な電圧をかけると，しばらくして図のようにガラスが黒ずみ，フィラメントが切れる。これはフィラメント（タングステン）が昇華して，ガラスの内壁に付着するためである。

準備するもの

ニクロム線① ターミナル板(10×40cm)3 直流電流計 直流電圧計 乾電池 電源装置 導線

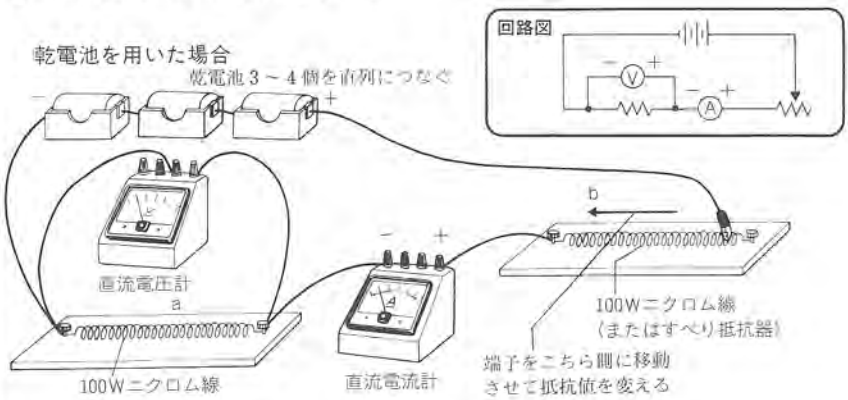
①100W用，300W用，600W用の3本を用意する。

140 電流と電圧の関係を調べる

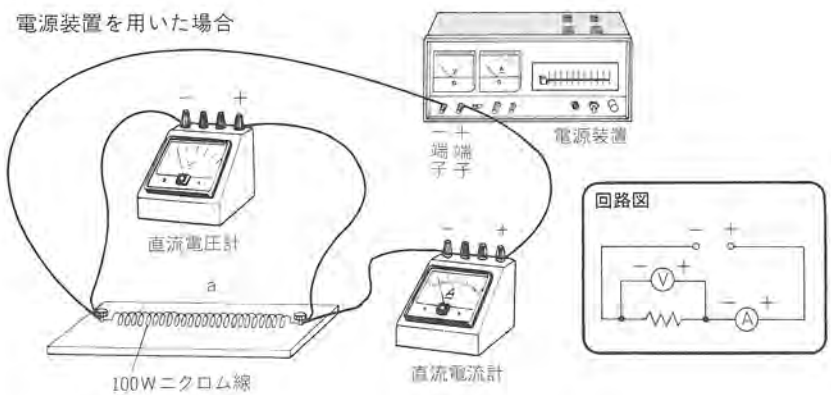
ねらい 中2 電流の大きさは，抵抗の両端にかかる電圧に比例することが調べられる。

1 回路の電流と電圧の関係を調べる

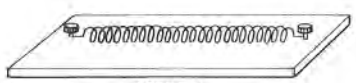
乾電池を用いた場合

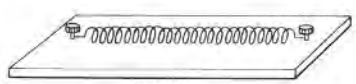


電源装置を用いた場合



2 1のaのニクロム線を替えて測定する 3 結果を表にする


300W用


600W用

実験データ例(100Wの場合)

電流(A)	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
電圧(V)	0.91	1.84	2.75	3.65	4.59	5.52

実験データ例(300Wの場合)

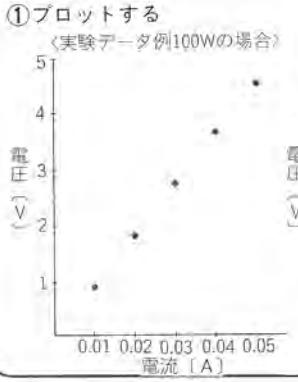
電流(A)	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
電圧(V)	0.27	0.55	0.86	1.15	1.38	1.71

実験データ例(600Wの場合)

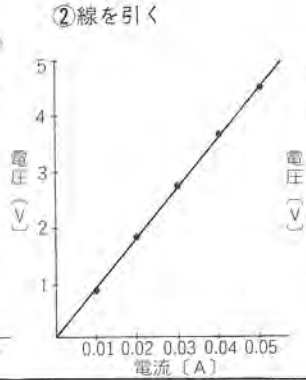
電流(A)	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
電圧(V)	0.15	0.29	0.43	0.59	0.72	0.88

4 グラフ化する

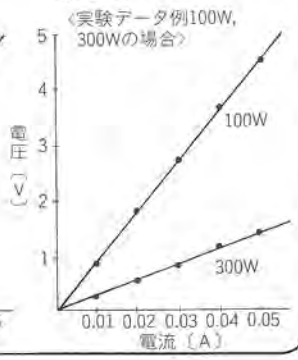
①プロットする



②線を引く



③比較する



1 留意点 理解を用意にするため，また電圧計の＋端子，－端子の間違った接続や，器具を配線するときの混乱を防ぐために，配線は器具ができるだけ回路図と同じ位置関係になるように行う。

配線が終わったら，回路の抵抗値をいろいろと変えて，電流とニクロム線の両端の電圧を読む。乾電池を使用した場合には，100Wニクロム線につないだ端子を移動させて，抵抗値を変える。電源装置を使用した場合には電源装置で電流を変化させる。

電流はできるかぎり0.01A，0.02A，0.03A……と，区切りのよい値にするとわかりやすい。

電流計，電圧計の端子の使い方に注意する（電圧は3－5Vのとき電流の変動する範囲は100W用で20～50mA，200W用で20～70mA，300W用で20～100mA程度である）。

基本的には電流計，電圧計の端子は単位の大きいほうから小さいほうへ順に接続を替えていく。

2 注意 過大電流はニクロム線を加熱させてしまうので，0.5A以下で実験を行うこと。

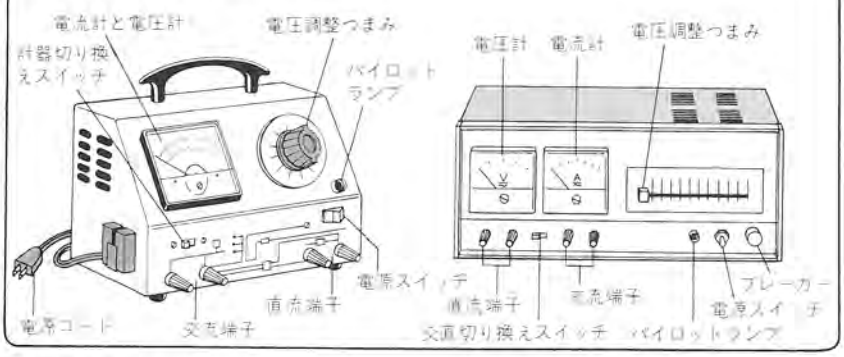
4 留意点 変化の様子をわかりやすくするためグラフ化する。変化させた量（電流）を横軸，変化した量（電圧）を縦軸にとる。点の散らばりは測定誤差のためである。直線は点の散らばりの中央を通り，原点を通る直線になる。100W以外のデータと比較するのも参考になる。いずれも直線なので電圧と電流は比例関係にあることがわかる。

解説 電圧Eと電流Iの関係は以下の式で表すことができる。

$E=k\cdot I$（k：比例定数＝電気抵抗）

【参考】電源装置の使い方

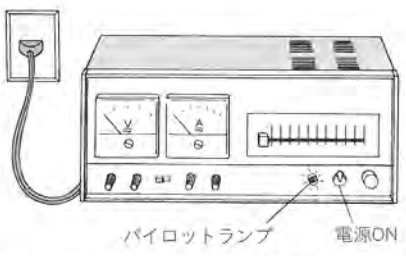
電源装置の例と各部の名称



1 スイッチ類を点検する

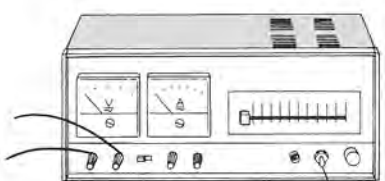


2 パイロットランプがつくかどうか調べる

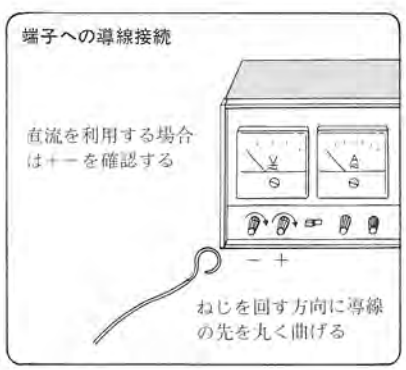


電源コードをコンセントに差しこみ，電源スイッチをONにしてパイロットランプの点灯を確認する

3 電源スイッチを再びOFFにして回路を作る

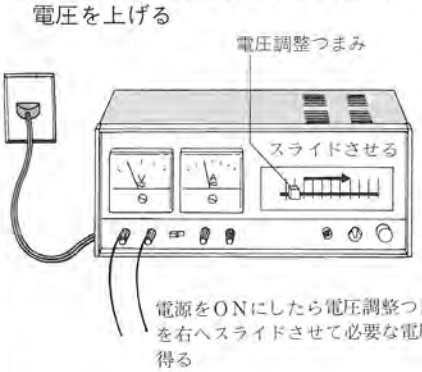


端子への導線接続

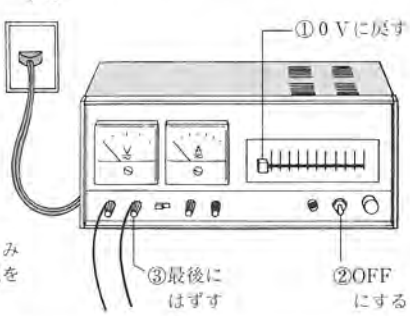


4 回路の配線を確認し，電源スイッチをONにする

5 電圧調整つまみをスライドさせて電圧を上げる



6 使用が終わったら電圧調整つまみを0にし，電源をOFFにしてから回路をはずす



【参考】電源装置の使い方

留意点 電源装置の持ち運びには十分に注意すること。机上に置くときなどは静かに置くようにする。

電源装置は電圧調整装置がロータリー式とスライド式のものがある。いずれにせよ微調整ができる構造のものが使いやすい。

1 留意点 電源装置の使用にあたっては，まずこれらの基本操作を習慣化することが大切である。スイッチはOFFの状態，電圧調整つまみは0Vの位置になっているかどうかを確認する。

2 留意点 上記のような基本操作をした後，電源コードをコンセントに差しこみ，電源スイッチをONにし，パイロットランプの点灯を確認する。メーターが電流計・電圧計共用の場合，計器切り換えスイッチを電圧計側にし，電圧調整つまみを動かし電圧がかかることを確認しておく（確認が終わったら電圧は0Vに戻しておく）。パイロットランプが点灯しないときは，ヒューズの断線，コンセント部分の接触不良，電源コードの断線，パイロットランプの断線などの原因が考えられる。

3 留意点 電源スイッチをOFFにしてから回路をつなぐこと。導線は交流か直流か，使用する側の端子にしっかりつなぐ。＋－の極性を間違わないこと。電源の＋側に赤色の導線，－側に黒の導線をつなぐ習慣をつける。導線の先端は，図のように，端子のねじを回す方向に曲げておく。反対方向に曲げると，ねじを締めるときにはずれてしまうこともある。また，いちおうはとまっても，実験中にはずれてしまうことがある。回路をつなぐとき＋側のほうから順に回路図にしたがってつないでいくと理解しやすく，間違わずにつなぐことができる。

4 留意点 回路図にしたがって導線のつなぎ方を確認する。とくに計器類の＋－端子の接続をしっかり確認する（極性を間違うと瞬時に計器をこわす場合がある）。確認後電源スイッチをONにする。

5 留意点 パイロットランプが点灯したら電圧計を見ながら電圧調整つまみで必要な電圧に上げていく。目盛りの読み違いをしないこと。

6 留意点 使用後は電圧調整つまみを必ず0Vに戻し，電源スイッチをOFFにしてから回路の導線をはずす。

準備するもの

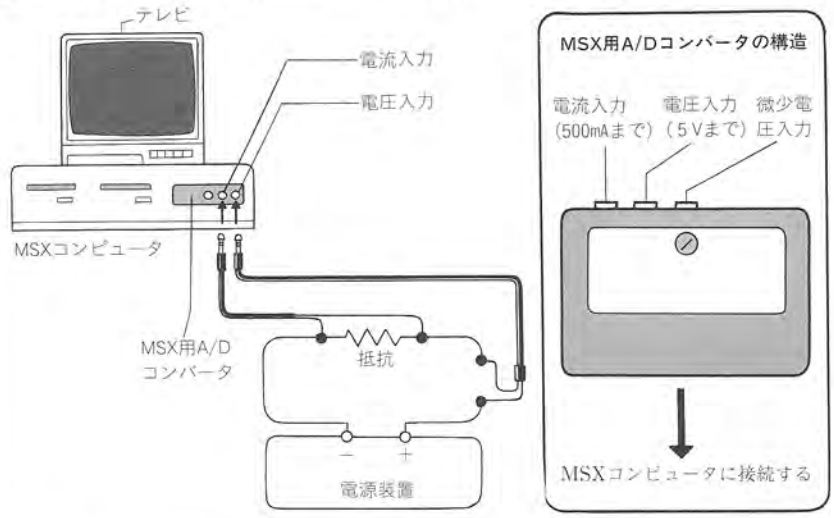
MSXコンピュータ① MSX用A/Dコンバータ② テレビ③ 電流装置 抵抗(10,25,50,100Ω) 導線

①MSXは1でよい。 ②理科教材メーカーから安価で販売されている。コンピュータの本体スロットに入れて使用する。
③RGBマルチ入力端子があればさらによい。

141 コンピュータによるオームの法則の実験

ねらい 中 電流と電圧をコンピュータで測定することによって実験操作を容易にすることができる。

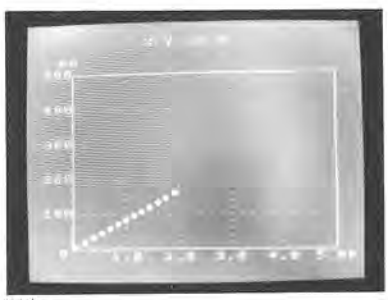
1 MSX用A/DコンバータをMSXコンピュータ，電源装置に接続する

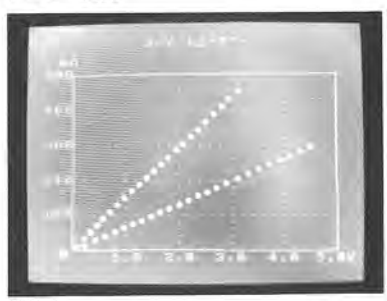


2 コンピュータでいろいろな抵抗での電流，電圧を測定する

①メニュー画面で「XYグラフ」を選択する
②25Ωの抵抗を接続して，電源装置のスライドスイッチを少しずつ上げていく
③10，50，100Ωの抵抗についても②の操作を行う
④必要に応じて画面をコピーする


メニュー画面


測定1


測定2

【参考】プログラムを変更する



1 解説 MSXコンピュータは，本体やA/Dコンバータが安価であること，普通のテレビに接続できることなどから，理科室での計測には使いやすい。
NEC用のコンバータも市販されており，精度も高いが高価である。また，RS-232C端子に接続する汎用型もあるが入手しにくい。MSX用コンバータには，プログラムが付属している。このプログラムは，BASICで書かれており，簡単に変更することができる（今回はオリジナルのまま使用）。

2 ② 留意点 電圧が5V以上にならないように注意する。

③ 留意点 このときに，画面を初期化せずに，データを重ねて表示したほうが比較しやすい。
なお2の操作の流れ図は以下のとおりである。

メニュー選択
↓
測定開始
↓
画面コピー
↓
終了

【参考】プログラムを変更する

解説 オリジナルのプログラムに下の方法で手を加えることにより，グラフ作成能力をより確かにすることができる。

- ファンクションキー−F・2〜F・4の割りこみ処理をONにする
- 割りこみ先を，F・2→電流計，F・3→電圧計，F・4→XYグラフにする

このようにすることによって，現在の電流，電圧およびその値でのグラフ上のプロットする点を確認することができる。またコンピュータを全くのブラックボックスにしてしまうのではなく，直接操作の感覚をもたせることができる。

参考 このコンバータおよびコンピュータの内部には，ノイズ電流が流れているようで，デジタル表示させた値は常に変動している。
このコンバータを応用して，さまざまな物理量を測定することができる。たとえば，サーミスタを用いれば温度を測定することができるし，CdSを用いれば照度計や光スイッチとして利用することができる。

142 抵抗は長さによりどう変わるかを調べる

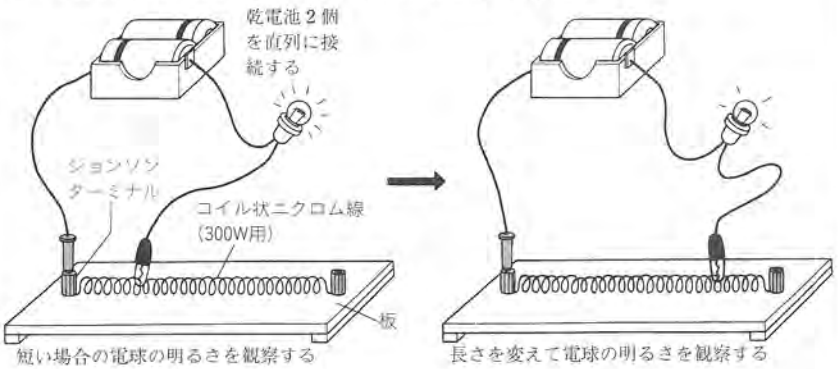
ねらい 中2　電流の流れにくさは，物質の長さや断面積によってどのように変化するか調べることができる。

準備するもの

ニクロム線① 板 バナナチップ端子 ジョンソンターミナル 豆電球 乾電池 導線 直流電流計 ものさし

①100W用，300W用，500W用を用意する。

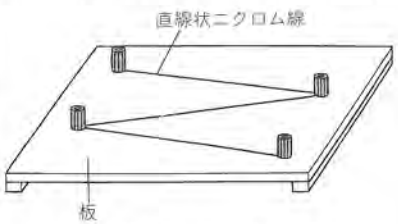
1 ニクロム線の長さを変えて豆電球の明るさを比較する



1 留意点 300W用の長さ30cmのコイル状ニクロム線を，ジョンソンターミナルを使って板に固定する。導線の一方をバナナチップ端子に接続しジョンソンターミナルの一方へつなぐ，もう一方のみのむしクリップをいろいろな位置に移動させて，豆電球の光の明るさを比較する。
結果 導線を接続した2点間のニクロム線が短い（抵抗が短い）と，豆電球は明るくなり，導線を接続した2点間のニクロム線が長いと，豆電球は暗くなる。

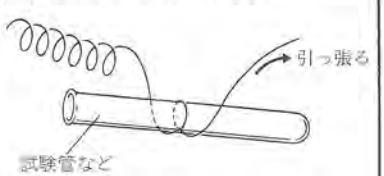
2 ニクロム線の長さと電流の関係を調べる

①直線状のニクロム線を図のように張る



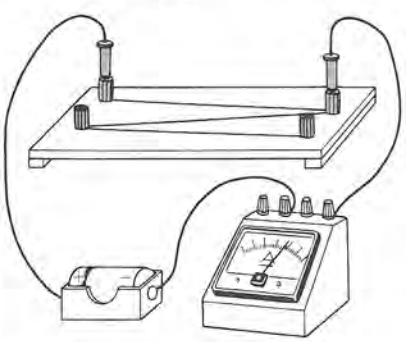
ニクロム線をそれぞれの部分の長さが同じになるように3つに曲げて張る

直線状のニクロム線がない場合

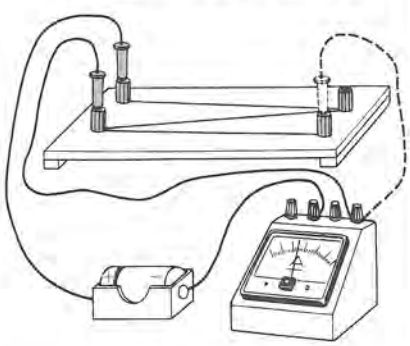


コイル状のニクロム線を巻いていた方向と逆方向に試験管などに巻きつけ，引っ張りながら引き伸ばして用いる

②3つに曲げた1つの部分に電流を流し，電流計で測定する



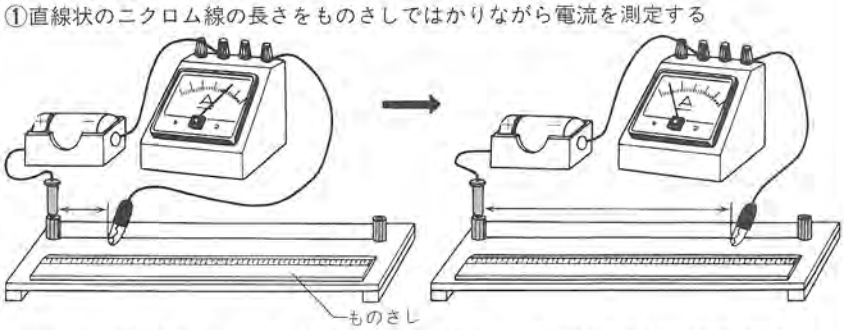
③3つに曲げた2つの部分，次いで全部に電流を流し，電流計で測定する



2 留意点 ニクロム線の長さは，それぞれの部分が，40～80cmぐらいになるようにする。300W用のニクロム線15cmでは2～3Ω程度の抵抗である。ただし，発熱すると抵抗値が変わるのでここで使用する電圧は0.5～2V程度でよい。
ジョンソン端子はハンガーボードにとりつけるとよい。
結果 ニクロム線をそれぞれ同じ長さになるよう，3つに折り曲げてあるので，その2つ分の長さでの電流値と1つ分の長さでの電流値を比較すると，抵抗の長さが1/2のとき2倍の電流値を示すことがわかる。また，3つ分の長さでは1つ分の長さの電流値の1/3になる。
注意 この実験ではニクロム線との接触抵抗がやり方によって大きく変わるので端子部やつなぎ部などはできるだけよく締めつけるとよい。また，この実験では，バナナチップ端子が使いやすい。

3 抵抗の長さと電流の関係を詳しく調べる

①直線状のニクロム線の長さをものさしではかりながら電流を測定する

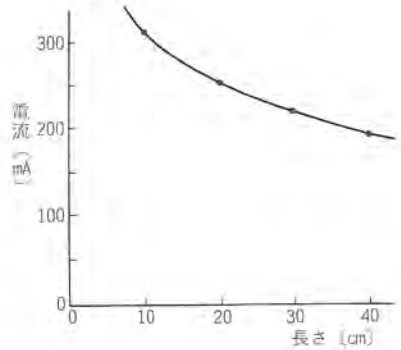


ニクロム線の端を固定して，一方のみのむしクリップをとめた所までの長さと電流を測定する

3 留意点 ニクロム線は30cmぐらいの長さが適当である。ものさしをニクロム線の横に固定する。方眼紙を2cm幅に切ってセロハンテープではりつけるのもよい。図のようにニクロム線の一方を固定して，もう一方のクリップを動かし，長さと電流を測定する。ニクロム線は100W用か300W用がよい。得られたデータをグラフ化するとよい。

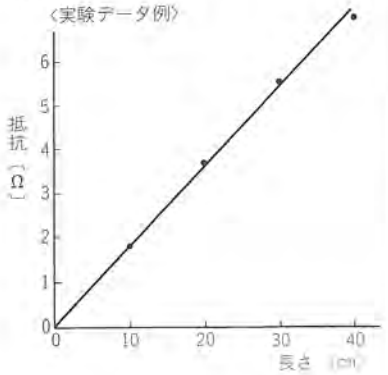
②抵抗の長さと電流の関係をグラフ化する

〈実験データ例〉



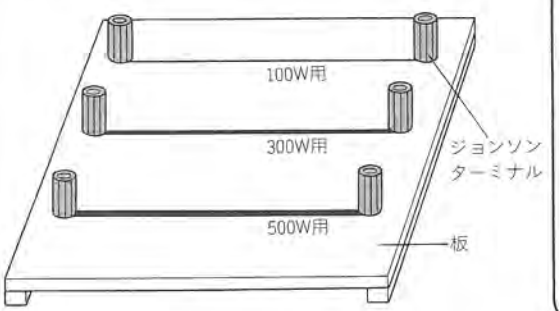
③抵抗の長さと抵抗値の関係をグラフ化する

〈実験データ例〉



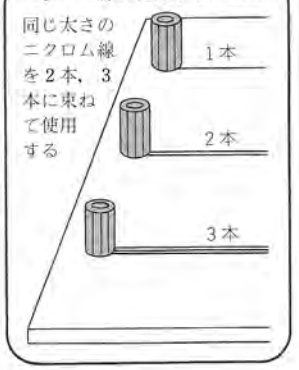
④ニクロム線の太さと抵抗の大きさの関係を調べる

①ニクロム線を板にとりつける

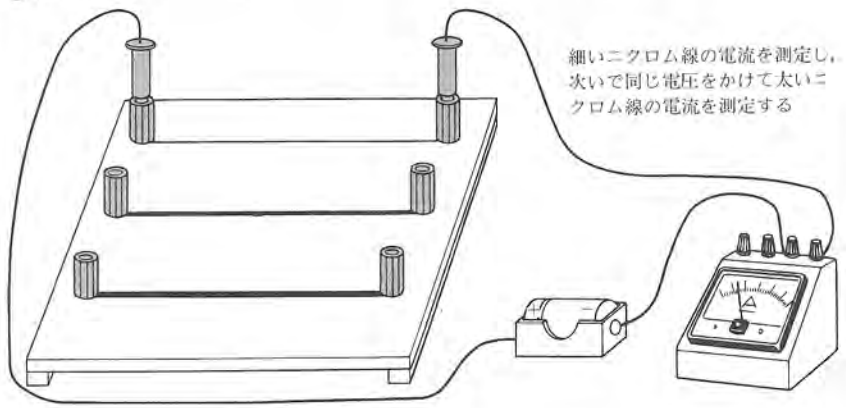


ニクロム線の種類がない場合

同じ太さのニクロム線を2本，3本に束ねて使用する



②それぞれのニクロム線の電流を測定する



細いニクロム線の電流を測定し，次いで同じ電圧をかけて太いニクロム線の電流を測定する

【参考】主な物質の抵抗率の一覧

物質（金属）	抵抗率〔Ω·m〕	物質（半導体·不導体）	抵抗率〔Ω·m〕
銀	1.6×10^{-8}	ゲルマニウム（純粋なもの）	0.47
銅	1.6×10^{-8}		
アルミニウム	2.8×10^{-8}	ケイ素（純粋なもの）	2.3×10^{3}
タングステン	5.5×10^{-8}		
白金	10.6×10^{-8}	ガラス	$10^{10}\sim10^{13}$
鉄	9.8×10^{-8}	ウンモ	2×10^{13}
水銀	1.1×10^{-7}	ゴム	$10^{13}\sim10^{15}$
ニクロム	1.1×10^{-6}	エボナイト	$10^{15}\sim10^{16}$

長さl〔m〕，断面積S〔m²〕の一様な物質の電気抵抗Rは，次式で求められる

$$R=\rho\frac{l}{S}$$

上式における比例定数ρを抵抗率という。抵抗率の単位はオームメートル（記号Ω·m）である。抵抗率の数値は，長さ1m，断面積1m²の物質の抵抗の値に等しい

結果 抵抗の長さと電流の関係は反比例関係にある。抵抗値は電流の流れにくさを表すため，抵抗は長さに比例して大きくなると考えればよい。

実験データ例（200W用ニクロム線使用）

長さ〔cm〕	10	20	30	40
電圧〔V〕	0.58	0.99	1.21	1.38
電流〔mV〕	312	260	218	197
抵抗〔Ω〕	1.85	3.80	5.55	7.00

4 **留意点** 3種類の同じ長さのニクロム線を固定して，一定の電圧をかけて電流の大きさを測定する。

結果 ニクロム線の太さが2倍，3倍となると（束ねた場合にはニクロム線が2本，3本となると）電流の大きさも2倍，3倍となることから，同じ抵抗であるならば，その太さが太くなるほど抵抗値は小さくなることがわかる。

準備するもの

ニクロム線(300W用 3)　板(40×10cm 3, 40×20cm 1)　直流電流計 2　直流電圧計　電源装置　ターミナル12(またはくぎ)

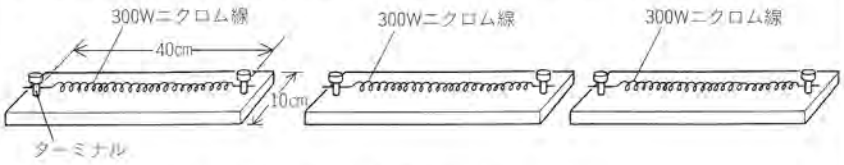
143 抵抗の合成

ねらい 中2

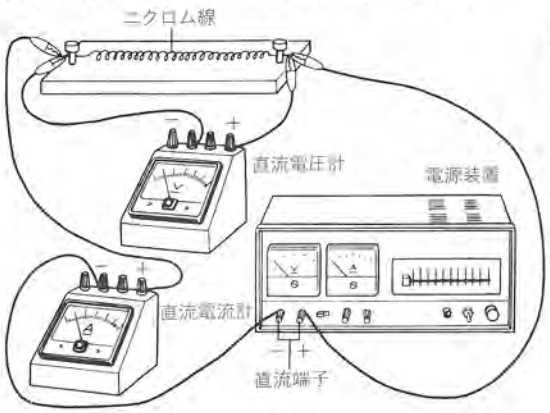
ニクロム線を直列につなぐと，全抵抗はそれぞれの抵抗値の和になることを調べられる。
ニクロム線を並列につなぐと，全抵抗の逆数はそれぞれの抵抗値の逆数の和になることを推論できる。

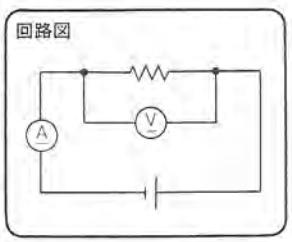
【A】抵抗の直列つなぎについて調べる

1 長さと太さが同じ300Wニクロム線3本をそれぞれ別の板にとりつける



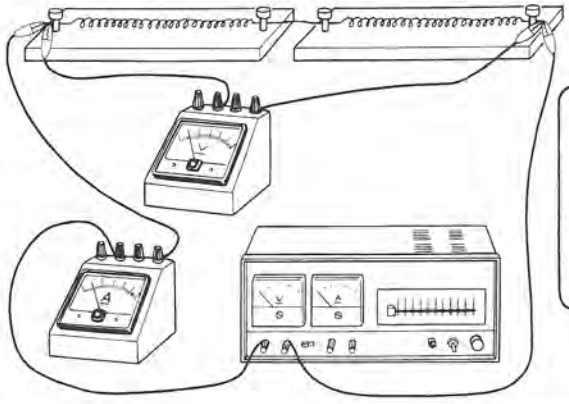
2 1本のニクロム線に電流を流し抵抗を求める

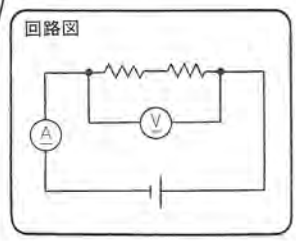




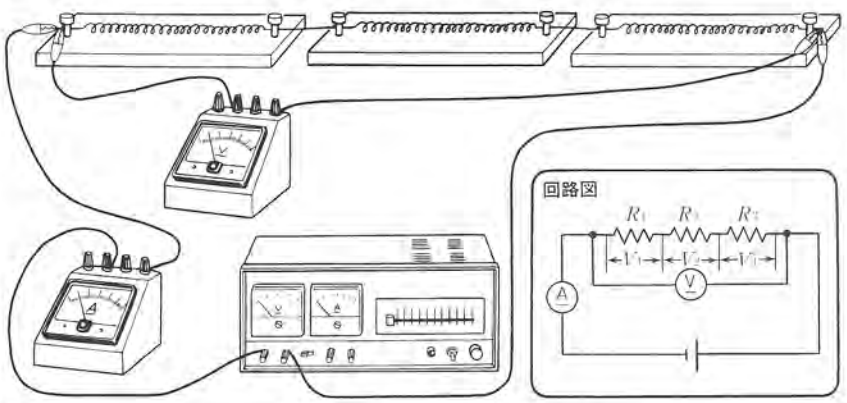
回路図と同じ位置関係に測定器を置くと理解しやすい。電圧は3～10Vの範囲で行うこと。＋・－端子をまちがわないように注意する

3 2本のニクロム線を直列につないで電流を流し全抵抗を求める



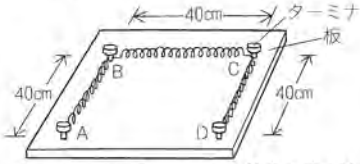


4 3本のニクロム線を直列につないで電流を流し全抵抗を求める



【A】抵抗の直列つなぎについて調べる

1 留意点 300W用ニクロム線をそのまま利用する。3等分して使用してもよい(300W用ニクロム線1本は約30Ω)。
3個のニクロム線固定板の代わりに次のような装置を作ってもよい。



1辺40cmの長さにニクロム線をとりつける

2はAB間，3はAC間，4はAD間の抵抗を測定していることになる。

2 留意点 電圧は5～10V程度にすること。ただしニクロム線を短くして使用(3等分した場合)したときは電圧を下げ3～5Vにすること。
過大電流を流すとニクロム線が赤熱したり，伸びたり，手をやけどしたりする。500mA以上流さない。

解説 抵抗Rは，ニクロム線の両端の電圧Vとニクロム線を流れる電流Iから，次の式で求められる(3，4も同じ)。

$$R[\Omega]=\frac{V[\mathrm{V}]}{I[\mathrm{mA}]}$$

3 留意点 電源電圧は2と同じにする。

結果 ニクロム線2本の全抵抗を求めると1本のときの2倍になり，3本を直列につなぐと3倍になる。このことからいくつかの抵抗を直列につないだときの全抵抗は，それぞれの抵抗の和に等しくなる。

実験データ例(300W用ニクロム線をそのまま利用)

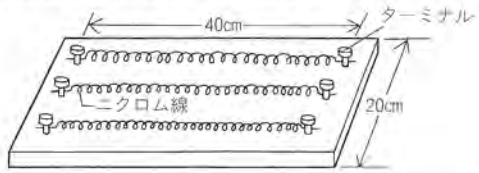
	電流[mA]	電圧[V]	抵抗[Ω]
300W用ニクロム線1本	193	6.0	31.2
300W用ニクロム線2本	95	6.0	63.1
300W用ニクロム線3本	63	5.9	93.6

4 解説 左の回路図において回路全体の電圧は$V=V_1+V_2+V_3$，回路の電流は一定なので$V_1=R_1I$，$V_2=R_2I$，$V_3=R_3I$となる。よって全抵抗は次式のようになる。

$$R=\frac{V}{I}=\frac{R_1I+R_2I+R_3I}{I}$$
$$=R_1+R_2+R_3$$

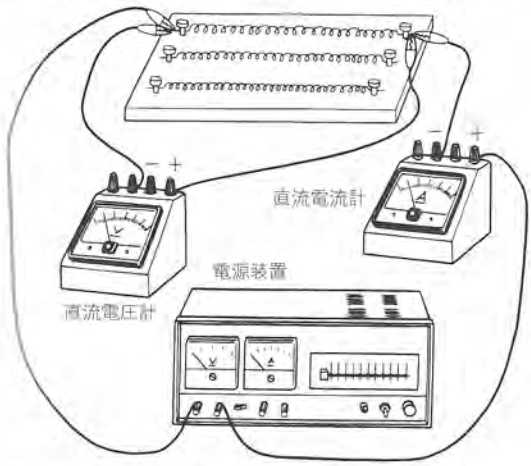
【B】抵抗の並列つなぎについて調べる

1 長さと太さが同じニクロム線を板にとりつける

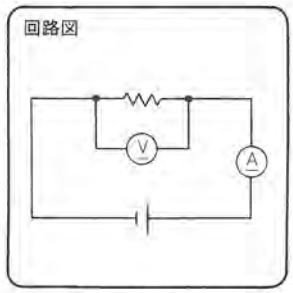


ニクロム線は100W用か300W用を用いる。40cmのニクロム線3本を平行に板にとりつける

2 1本のニクロム線に電流を流し，抵抗を求める

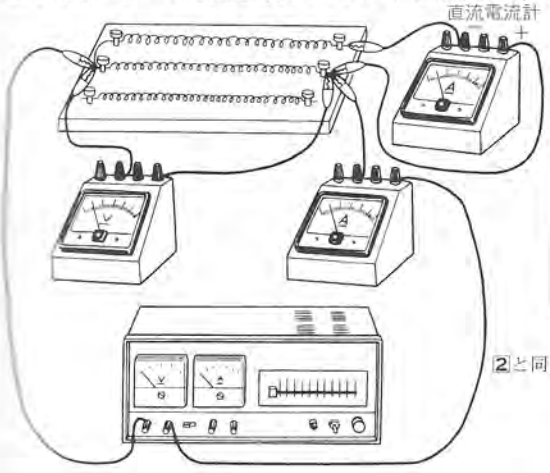


回路図

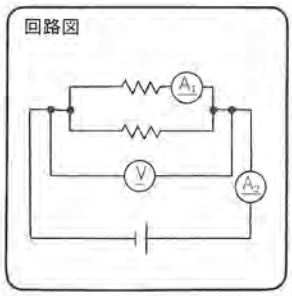


電流計は回路に直列に入れる
電圧計は回路に並列に入れる

3 2本のニクロム線を並列につないで電流を流し，全抵抗を求める

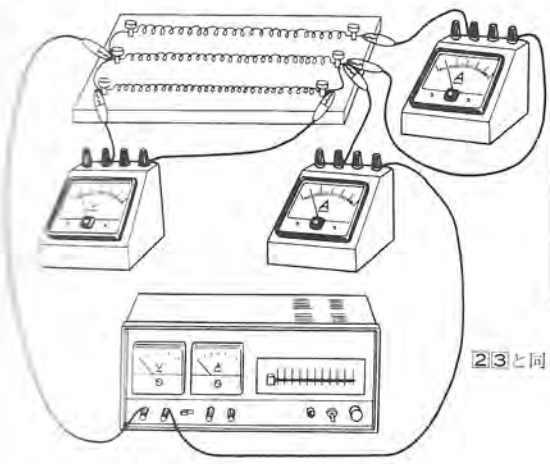


回路図

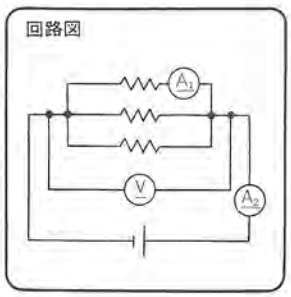


2と同じ電圧をかけること

4 3本のニクロム線を並列につないで電流を流し，全抵抗を求める



回路図



2 3と同じ電圧にする

【B】抵抗の並列つなぎについて調べる

1 留意点 ニクロム線は100W用か300W用を用いる。40cmの幅に3本を平行にとりつける。
100Wは線が細くて扱いにくいので注意する。

2 留意点 配線は回路図に沿って順につなぐ。測定器も回路図にできるだけ一致する位置関係に置くと理解しやすい。
注意 電源電圧は3～10Vの範囲で使用すること。ニクロム線を3等分して使用するときはさらに電圧を下げて，1～3Vの範囲で行うこと。電流は500mA以上にならない範囲で電圧をかけるようにする。過大の電流は事故のもとである。
解説 抵抗Rは【A】と同じく次の式から求める。

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

以下3 4の抵抗値も同様に求められる。

3 留意点 電源電圧は2と同じにする。
解説 同じニクロム線を2本並列につなぐと電流は倍になることがわかる。1本のときの電流が2本に同じく流れていることを考察させる。Ⓐでニクロム線1本に流れる電流を確認し，Ⓐ2によりⒶの倍の電流が流れていることを把握させればよい。すなわちニクロム線を2本並列にすると倍の電流が流れることから全抵抗は1/2になっていることが予測される。

4 解説 ニクロム線3本の場合も3と同じ考察をする。1本のニクロム線の電流Ⓐの3倍の電流がⒶに流れていることから同じニクロム線を3本並列にすると全抵抗は1/3になることがわかる。このことから同じ抵抗R_1をn本並列につなぐと全抵抗は，

$$R=\frac{1}{n}R_1$$

となる。一般にR_1，R_2，R_3…の並列つなぎの全抵抗Rは以下の式から求められる。

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

実験データ例

	電流(mA)	電圧(V)	抵抗(Ω)
300Wニクロム線1本のとき	Ⓐ100	3.02	30.2
300Wニクロム線2本のとき	Ⓐ194	3.01	15.5
300Wニクロム線3本のとき	Ⓐ288	3.00	10.4

準備するもの

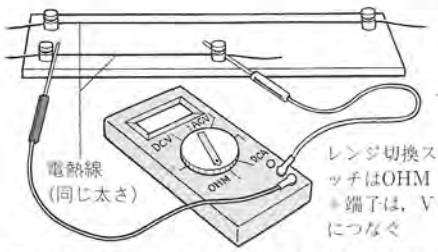
電熱線（300W用，500W用など）　各種金属線（ニクロム，銅，黄銅，アルミニウム，ステンレスなど，30番線程度の同じ太さのもの）　デジタルメーター　電流計　電圧計　電源装置（または電池）　導線

144 物質の違いによる抵抗の違い

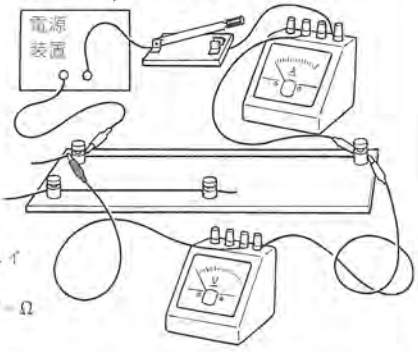
ねらい　中　電気抵抗は，金属の長さや太さ（断面積）によって異なることを確かめられる。
金属の電気抵抗は，長さや太さが同じでも，物質が異なると違うことを実験を通じて調べることができる。

1 長さによる抵抗の違いを調べる（同じ太さ）

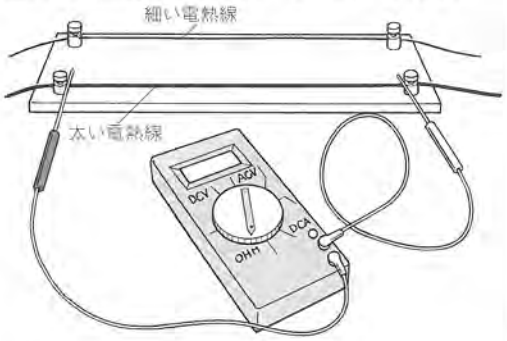
①太さ（断面積）が同じで長さの異なる電熱線を用意し，デジタルメーターでそれぞれ抵抗を測定し，違いを確かめる



②電流計，電圧計を用いる方法

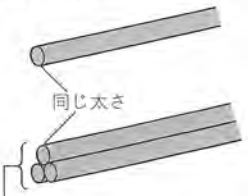


2 太さの抵抗の違いを調べる（長さは同じ）



太さの異なる電熱線がない場合

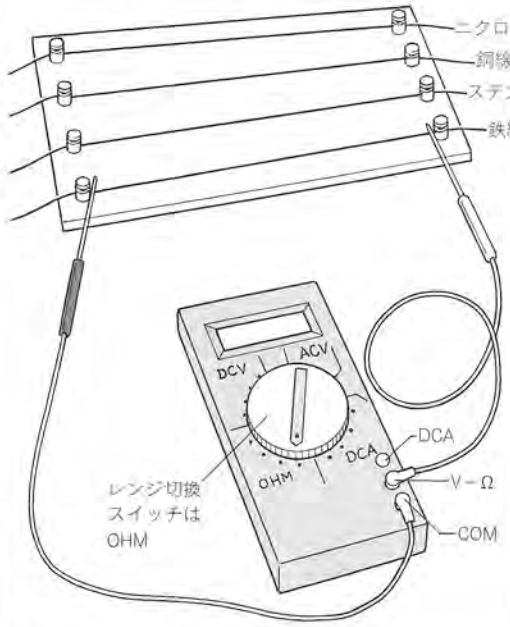
電熱線を束ねる



断面積が3倍になることを生徒に納得させる

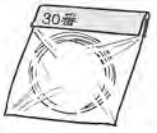
3 金属の種類による抵抗の違いを調べる（長さ，太さは同じ）

同じ太さ，同じ長さで種類の異なる金属線を用意し，デジタルメーターで，抵抗を測定して抵抗が違うことを確かめる



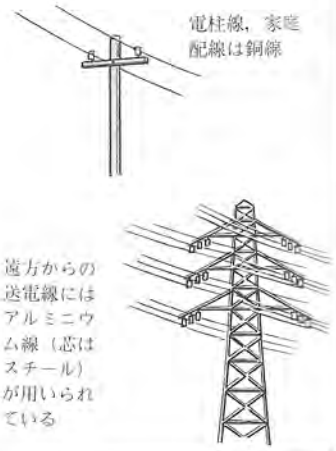
各種金属線

30番線程度のものがよい
袋に入って市販されているものがある

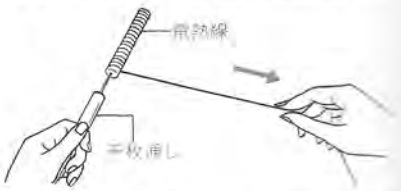


電線には，銅線，アルミニウム線が用いられている

電流を電源から電気機器まで送るために導線を用いるが，導線にも抵抗があるため，$P=RI^2$の電力が導線部分で失われてしまう
この式から考えて，抵抗Rが小さいほど，導線部分で消費される電力は少なくなる
そのため，導線には，銅やアルミニウムが用いられている
断面積1mm²，長さ1mの金属の抵抗は，銅0.017Ω，アルミニウム0.028Ω，鉄0.098Ω，ニクロム110Ωである
遠方からの送電線には銅より安価で強度のあるアルミニウム線が用いられている。家庭用の配線などは銅線が用いられている



1 留意点 用いる電熱線は，太さが同じなら300W用でも500W用でもよい。電熱線の伸ばし方は，下図のように千枚通しを差しこんで，一端を引っ張ればよい。



適当に長さを変え板にとりつける。簡単化するには，端子を用いず，数カ所をセロハンテープでベニヤ板上にとめて実験する。

① 解説 デジタルメーターの使用法は，[参] デジタルメーターの使い方の頁を参照。

② 解説 電流，電圧を測定したら，オームの法則，$E=RI$からRを計算により求める。

3 留意点 ここでは物質の体積抵抗率を求めるわけではないので，生徒にあまり細かい数値を気にしないように測定させる。

実験データ例
長さ1m，直径0.29mm（30番線）

ニクロム線（150W用の電熱線）	20.0Ω
銅線	0.7Ω
黄銅線	1.1Ω
鉄線（軟鉄）	2.4Ω
ステンレス線	11.0Ω

30番線の径をマイクロメーターで測定してみると，0.28～0.30mmと，かなりばらつきがある。

145 抵抗は温度によりどう変わるかを調べる

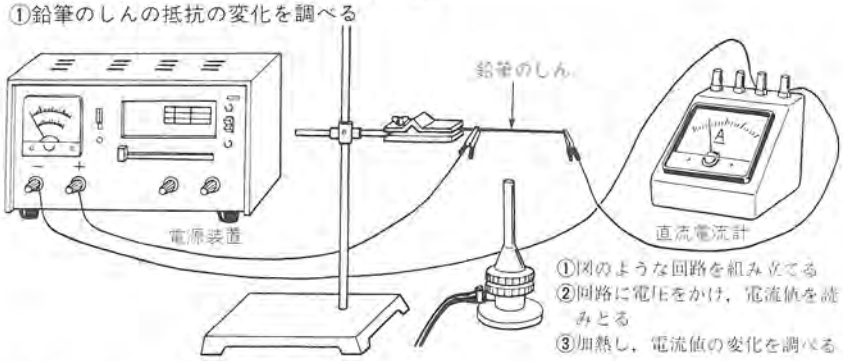
準備するもの

鉛筆のしん　加熱器具　スタンド　電源装置　導線　直流電流計　直流電圧計　鉄線　ガラス棒　ニクロム線(線状のもの)　電球(100W)

ねらい 抵抗の温度が変化すると，電流が電圧に比例する関係が成立しなくなることが調べられる。
金属の抵抗は，温度が高くなると大きくなることが調べられる。

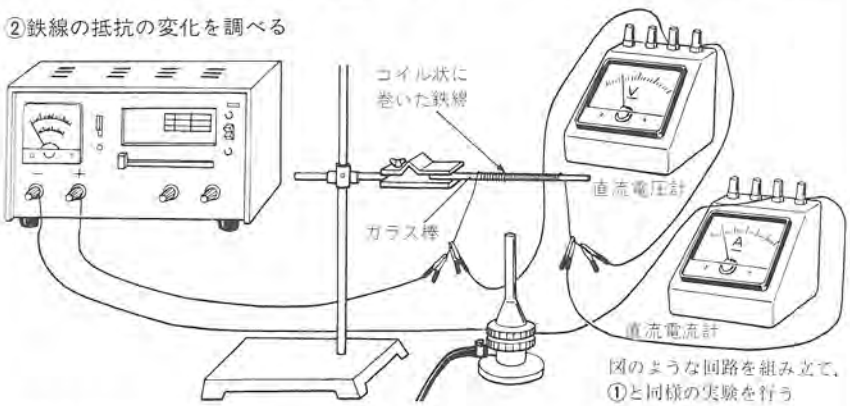
1 炎で熱したときの抵抗の変化を調べる

①鉛筆のしんの抵抗の変化を調べる



①図のような回路を組み立てる
②回路に電圧をかけ，電流値を読みとる
③加熱し，電流値の変化を調べる

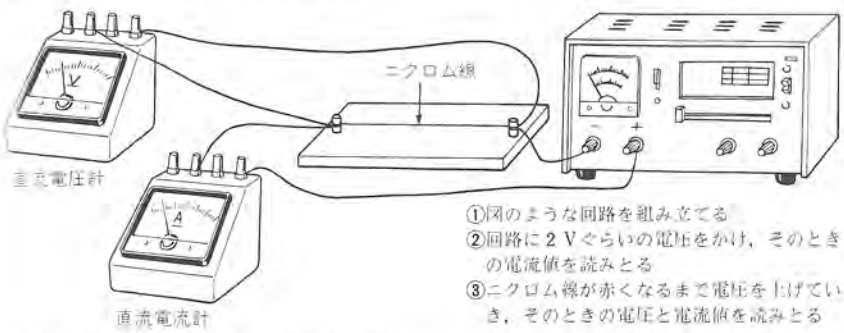
②鉄線の抵抗の変化を調べる



図のような回路を組み立て，①と同様の実験を行う

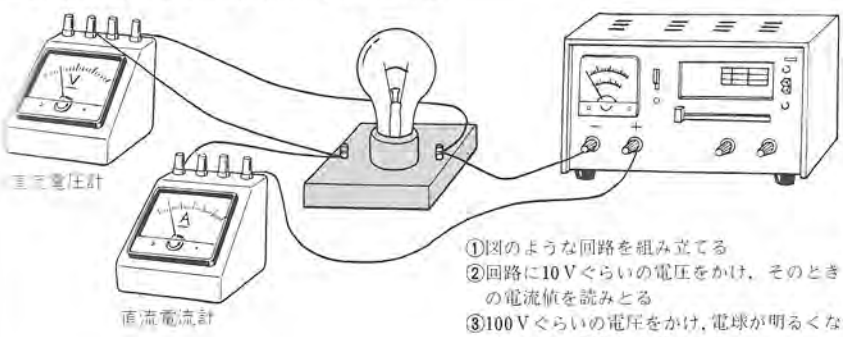
2 電流を増やしたときの抵抗の変化を調べる

①ニクロム線の抵抗の変化を調べる



①図のような回路を組み立てる
②回路に2Vぐらいの電圧をかけ，そのときの電流値を読みとる
③ニクロム線が赤くなるまで電圧を上げていき，そのときの電圧と電流値を読みとる

②電球のフィラメントの抵抗の変化を調べる



①図のような回路を組み立てる
②回路に10Vぐらいの電圧をかけ，そのときの電流値を読みとる
③100Vぐらいの電圧をかけ，電球が明るくなったときの電流値を読みとる

1 ① 留意点 温度によって電気抵抗がどのように変わるかを調べるだけであるから，鉛筆のしんと導線の接続部は，わにロクリップなどでつなぐ程度でよい。
加熱するとき，わにロクリップに炎が当たらないようにする。
電源電圧は2～3Vにする。
結果 加熱すると，温度が高くなるにつれて電流値がだんだん大きくなることから，鉛筆のしんは，温度が高くなるにつれて抵抗が小さくなっていくことがわかる。

2 留意点 鉄線は，直径0.32mm程度のものがよい。鉄線をガラス棒に巻きつけるときには，加熱する部分が特に密になるようにするとよい。巻いた鉄線どうしが接しないようにする。
鉄線は，ニクロム線などに比べて抵抗値が小さいので，あまり電圧を上げないようにする。2～3V程度にする。
加熱は穏やかに行う。

注意 加熱中や加熱後しばらくの間は，ガラス棒に手を触れないようにする。やけどをする危険がある。このような心配をできるだけなくするためには，石綿を巻いたガラス棒の上に鉄線を巻くようにするとよい。

結果 加熱すると，温度が高くなるにつれて電流値がだんだん小さくなる。このことから，鉄線は，温度が高くなるにつれて抵抗が大きくなっていくことがわかる。

実験データ例

	電圧〔V〕	電流〔A〕	抵抗〔Ω〕
加熱前	2.7	2.0	1.4
加熱後	2.7	1.8	1.5

参考 鉄線を加熱すると抵抗が大きくなるのは，温度が上がると，鉄線の熱運動が盛んになり，電子の流れを妨げるためと考えられる。一般に，金属は，温度が高くなると抵抗は大きくなる。

2 ① 留意点 ニクロム線の長さは，40～80cmぐらいがよい。
結果 電流と電圧の測定値をもとに，ニクロム線が赤くなる前と赤くなってからの抵抗を計算で求めると，赤いとき（温度が高いとき）のほうが抵抗が大きいことがわかる。

2 結果 ニクロム線の場合と同様，電球のフィラメントの抵抗も，温度が高いときのほうが大きいことがわかる。

準備するもの

ステンレス板(1×12cm2)[1] ビニルテープ 角材(1×1×12cm) 電源装置[2] 直流電流計 直流電圧計 ビーカー(50～100cm³) マグネチックスターラー 電解質水溶液[3] 方眼紙

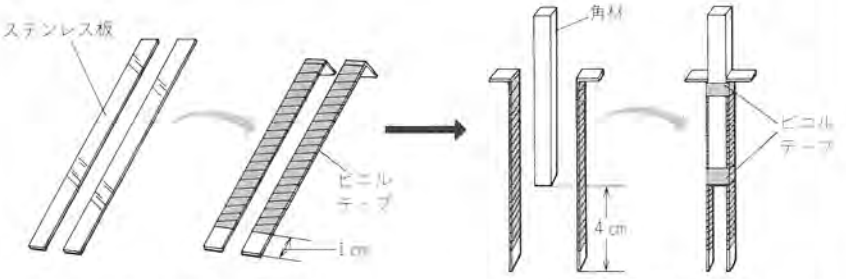
①できれば，18-8ステンレスを用意する。②電圧調整スライド式のもの。③1mol/lの硫酸銅水溶液や硫酸亜鉛水溶液など。

146 水溶液に電圧をかけたときの電流変化を調べる

ねらい 中3

電解質水溶液に電圧をかけたときに流れる電流は，全体としてはオームの法則に従わないが，分解電圧を境にして，電圧と電流が比例関係にあることが確かめられる。分解電圧に達したとき，物質が分解され，析出することが確かめられる。

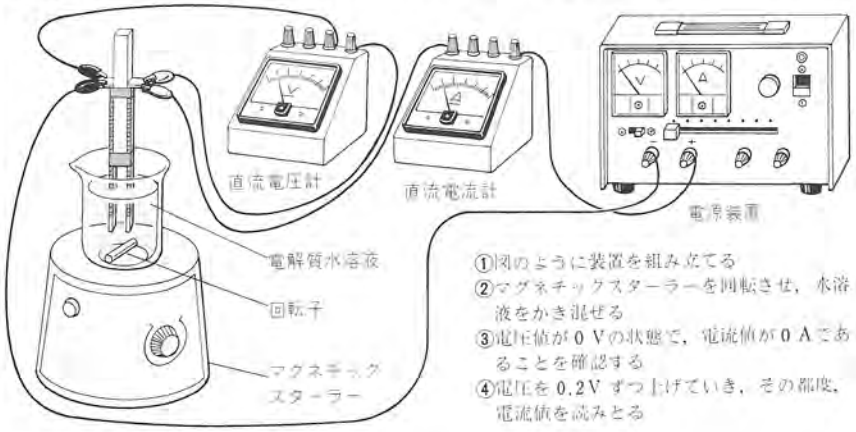
1 電極を作る



ステンレス板の一端を折り曲げてビニルテープを巻いたものを2枚作る

ステンレス板に角材を挟み，ビニルテープで巻きつけて固定する

2 装置を組み立てて，水溶液に電圧をかけ，電流値を読みとる



①図のように装置を組み立てる
②マグネチックスターラーを回転させ，水溶液をかき混ぜる
③電圧値が0Vの状態で，電流値が0Aであることを確認する
④電圧を0.2Vずつ上げていき，その都度，電流値を読みとる

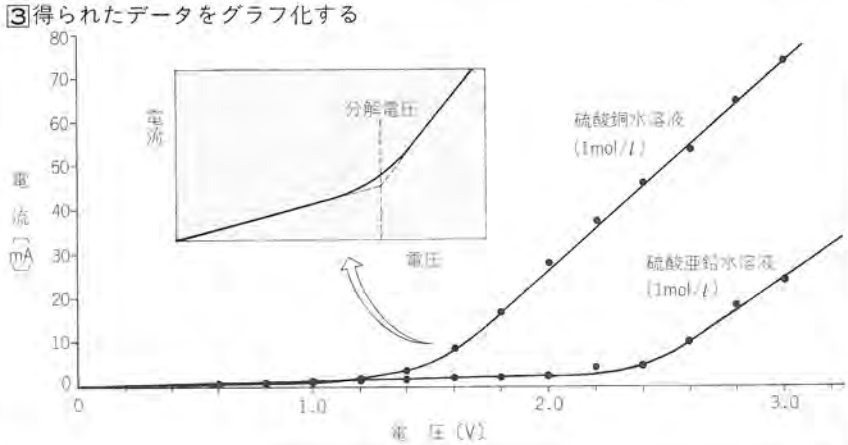
実験データ例〈硫酸銅水溶液(1mol/l)〉

電圧[V]	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80	3.00
電流[mA]	0.5	0.8	0.9	2.0	4.1	8.5	17.5	27.5	36.8	45.7	54.5	64.5	73.5

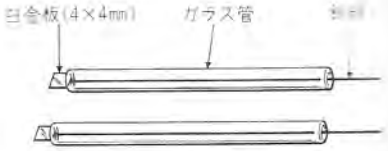
実験データ例〈硫酸亜鉛水溶液(1mol/l)〉

電圧[V]	0.6	0.8	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80	3.00
電流[mA]	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	2.0	2.9	3.6	4.1	5.0	10.5	17.5	23.2

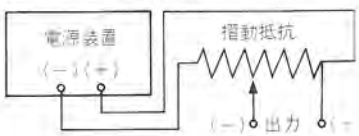
3 得られたデータをグラフ化する



1 留意点 ビニルテープは，強く引っ張って伸ばしながら巻きつけるようにする。
解説 角材を電極の先端から3～4cmまでのは，水溶液中に角材が浸らないようにするためである。
参考 ステンレス電極の代わりに，電気分解用の白金電極を用いてもよい。



2 留意点 電源装置は，電圧調整がスライド式になっているものを用いる。スライド式のものがなくて切り替え式のもの(例えば，0V，2V，4V，……と切り替えるもの)を用いる場合は，摺動抵抗(約30～40Ω)を回路に入れて，電源装置の電圧を4Vにセットして実験する。0～4Vの電圧をスムーズにとり出すことができる。



電流計と電圧計の負端子は，50mAと3Vを使用する。
1つの電極でいろいろな電解質水溶液について調べるときには，電極に付着している水溶液を純水でよく洗い流す。
解説 電圧が0.8Vぐらいまでは，電流計の負端子を50mAに接続してあっても電流値を読みとることはできない。

3 結果 グラフ化することにより，電解質水溶液に電圧をかけると，ある電圧の所で急激に電流値が上昇するようになることがわかる。したがって，全体的にはオームの法則には従わないが，グラフが折れ曲がる点を境にして，その前後では電圧と電流とが直線関係にあることがわかる。
解説 グラフが折れ曲がる所の電圧は正イオンの種類によって決まっており，この電圧に達したとき，正イオンは金属に還元される。このときの電圧を分解電圧という。
したがって，電解質水溶液を電気分解するときには，分解電圧以上の電圧をかけなければならない。

準備するもの

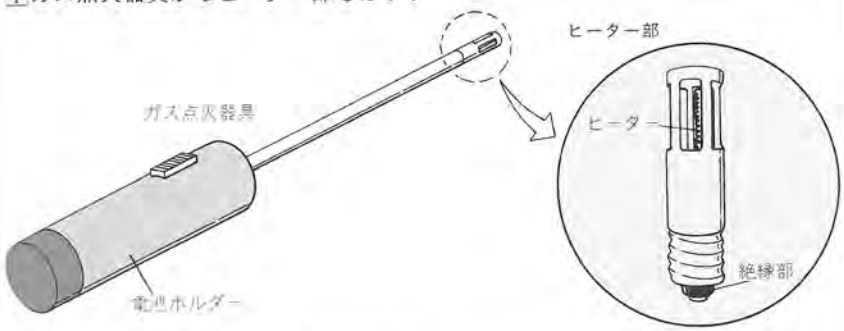
ガス点火器具　ハンダ　導線　乾電池　直流電流計　ハンダごて

147 ヒーターに息を吹きかけたときの抵抗の変化を調べる

ねらい 中2高　抵抗は，温度が下がると小さくなり，温度が上がると大きくなることが調べられる。

①電池式のものでなければならない。最近のものには圧電式のものが多いが，この実験の役には立たないので，注意する。②ビニル被覆してあるものがよい。③1.5Vのもの。平角3号（角型）が使いやすい。なお，3Vで実験する場合は2本必要である。

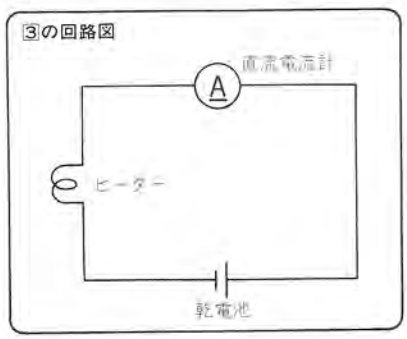
1 ガス点火器具からヒーター部をはずす



2 ヒーター部に導線をハンダづけする



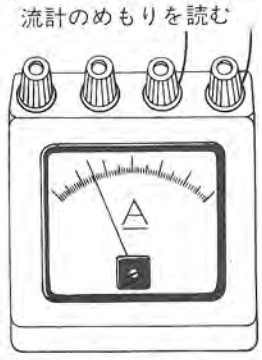
3の回路図



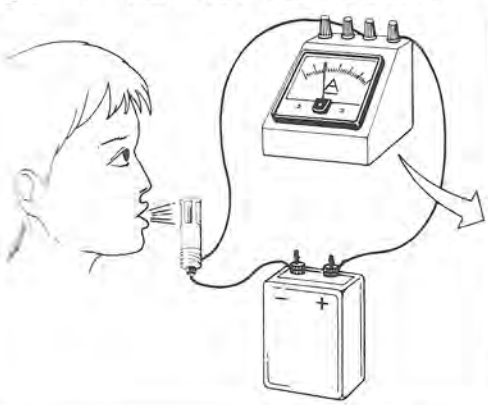
3 乾電池と電流計につなぐ

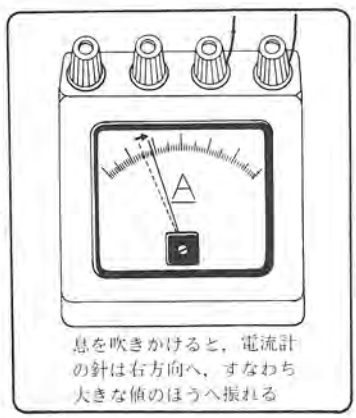


4 ヒーターが赤熱したら，電流計のめもりを読む



5 ヒーターを強く吹き，電流の変化を見る





1 留意点 電気器具店に注文すれば，ヒーター部だけを手に入れることもできる。

2 留意点 ビニル線は，1本はヘそに，他の1本は口金の部分にハンダづけする。

3 留意点 正極と負極を間違わないように，十分注意する。
電流計の負極端子は5A用（1A用がある場合は，1Aのほうがなおよい）を用いる。針が振り切れて電流計を破損するおそれがあるので，絶対に50mAや500mA用の端子を使ってはならない。

4 留意点 しばらくするとヒーターは赤熱するから，このときの電流を電流計で読む。だいたい0.4～0.5Aぐらいであろう。

5 留意点 強く息を吹きかけると，ヒーターは赤味を失う。このときの電流を電流計で読む。0.7～0.8Aあたりを指しているであろう。
何度も息を吹きかけてみて，電流の変化する様子を観察するとよい。
なお，乾電池を直列に2個つなぎ，電圧を3Vにしてみるのもよい。この場合，赤熱状態では0.6～0.7A，息を吹きかけたときで1.2～1.3Aになる。1.5Vの場合よりも赤熱状態の光り方が明るくなるので，観察するには，3Vのほうがわかりやすいかもしれない。ただし，1A用の端子は使えないので，注意する。

結果 ヒーターの温度が上がると流れる電流が小さくなる，すなわち，抵抗が大きくなることがわかる。

解説 この方法は，直接抵抗の大きさの変化をはかるのではない。しかし，電流は電圧に比例し，抵抗に反比例するのであるから，電圧が一定であれば，電流を変化させる要因は抵抗だけであり，したがって，電流が大きくなれば抵抗が小さくなったことが，電流が小さくなれば抵抗が大きくなったことがわかるのである。

参考 温度によって抵抗が変化するのは，金属を作っているイオンの振動の強弱が温度に影響されるからである。すなわち，電流の正体であるイオン間を移動する電子はイオンの運動にじゃまされながら動いていくが，イオンの振動は温度が高いほど激しくなって電子が動きづらくなり，したがって抵抗が大きくなるのである。

148 電熱線から出る熱の測定

ねらい 由2 電圧と電流を一定にして抵抗に電流を流したときの時間と発熱量の関係が調べられる。

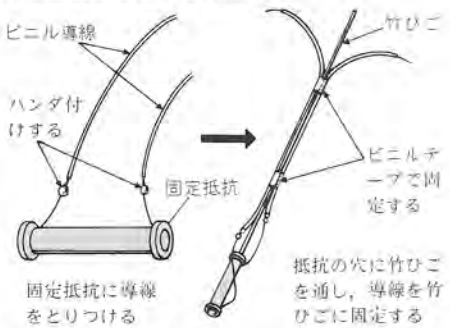
準備するもの

2W固定抵抗① ビニル導線(銅単線) ハンダ ハンダごて 竹ひご ビニルテープ フォームポリスチレンコップ 温度計 直流電流計 直流電圧計 電源装置 導線 方眼紙

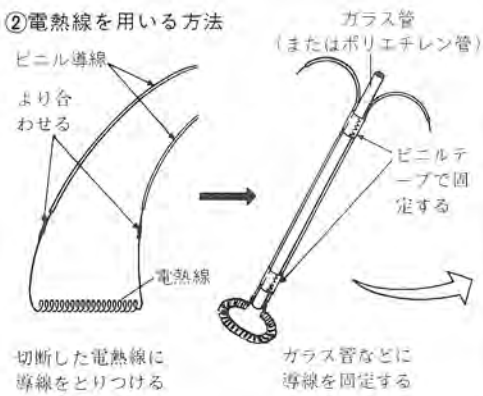
①2Ω, 3Ω, 4Ω, 5Ω, 8Ω, 10Ωなど。固定抵抗ではなく,300W用電熱線を用意してもよい。その場合は,ガラス管も用意する。

1 発熱体を作る

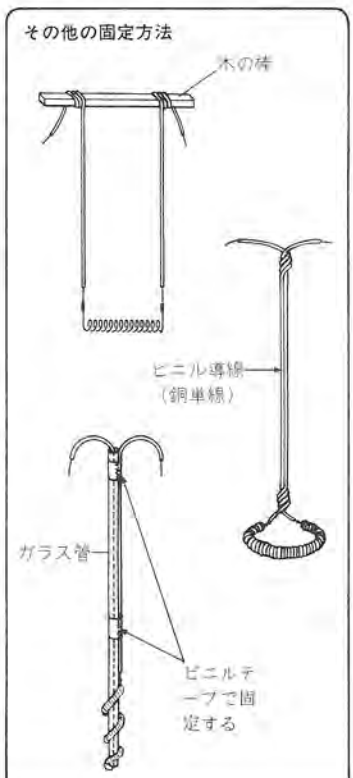
①固定抵抗を用いる方法



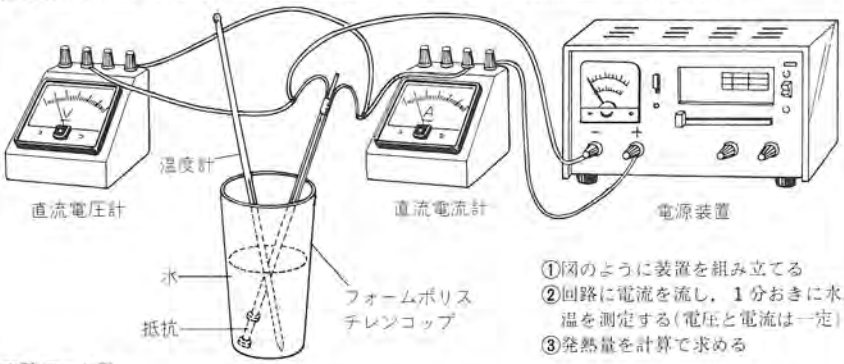
②電熱線を用いる方法



その他の固定方法



2 装置を組み立てて,回路に電流を流し,時間と発熱量の関係を調べる

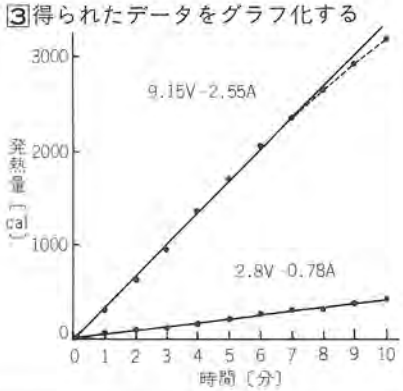


①図のように装置を組み立てる
②回路に電流を流し,1分おきに水温を測定する(電圧と電流は一定)
③発熱量を計算で求める

実験データ例

例1(9.15V-2.55A)			例2(2.8V-0.78A)		
時間〔分〕	水温〔℃〕	発熱量〔cal〕	時間〔分〕	水温〔℃〕	発熱量〔cal〕
0	18.5	0	0	17.9	0
1	21.8	330	1	18.4	50
2	25.0	650	2	18.9	100
3	28.0	950	3	19.2	130
4	32.0	1,350	4	19.6	170
5	35.5	1,700	5	20.0	210
6	39.0	2,050	6	20.5	260
7	42.0	2,350	7	20.9	300
8	45.1	2,660	8	21.1	320
9	47.9	2,940	9	21.7	380
10	50.5	3,200	10	22.0	410

3 得られたデータをグラフ化する

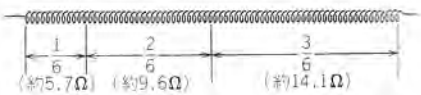


---

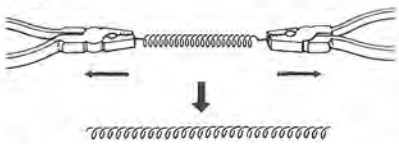
1 ① 留意点 ビニル導線の長さは,15~20cm程度がよい。

参考 固定抵抗には,4Ω, 8Ωなどと表示されているが,その数値がそのまま抵抗値にはなっていない。したがって,抵抗値が必要なときには,あらかじめ測定して求めておく必要がある。

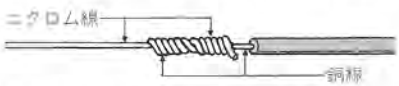
② 留意点 電熱線は,300W用のものを,1/6, 2/6, 3/6の長さに切ったものを用いる。



切断後は,次のように両側から引っ張って,ニクロム線の接触がないようにしておく。



電熱線に導線をとりつけるときには,はずれたり接触不良を起こしたりしないように,次のようにしっかりより合わせる。



2 留意点 フォームポリスチレンコップの代わりに,銅容器の入っている熱量計を用いる場合は,ショートする危険を防ぐため,銅容器をとり除いて,断熱用のポリスチレン容器に直接水を入れるようにする。水は室温と等しいものを用いる。そのためには,前日のうちにバケツなどにくみ置きしておくとよい。

コップに入れる水の量は,100cm³(≒100g)がよい。

水温を測定するときには,水をかき混ぜて,水温が均一になるようにする。

解説 発熱量の計算式については,【150】3の解説を参照。

3 解説 9.15V-2.55Aで測定したときのグラフは,7分を経過した後,グラフが直線にならない(点線のように曲がる)。

これは,水温が45℃ぐらいになると,熱が外部に逃げ去り,水温の上昇の割合が低くなるからである。このような場合には,熱が外部に逃げないものとして,グラフを実線のようにし,直線として解釈する。

結果 グラフ化することにより,抵抗の発熱量は時間に比例することがわかる。

準備するもの

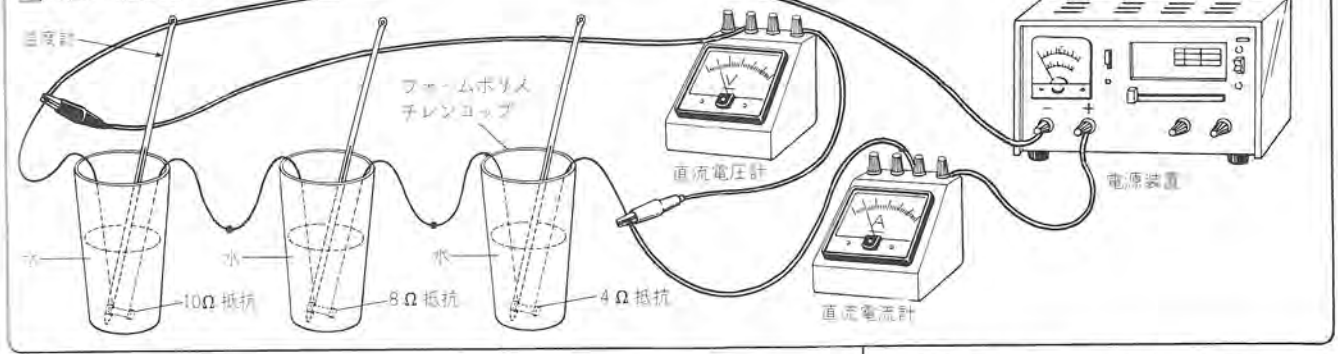
2 W用固定抵抗(10Ω, 8Ω, 4Ω)　フォームポリスチレンコップ3　メスシリンダー　温度計3　直流電流計　直流電圧計　電源装置　導線　方眼紙

149 電圧と発熱量の関係を調べる

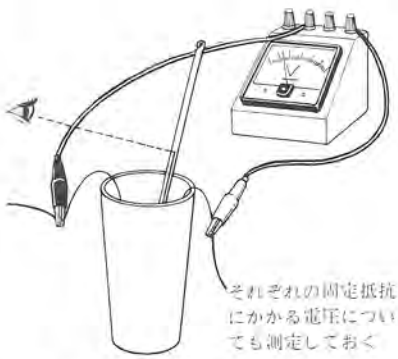
ねらい 由2

3本の抵抗体に一定の電流を流すためにはどうすればよいかが説明でき，その回路を組み立てることができる。
電流を一定にしたときの電圧と発熱量の関係が調べられる。

1 装置を組み立てる



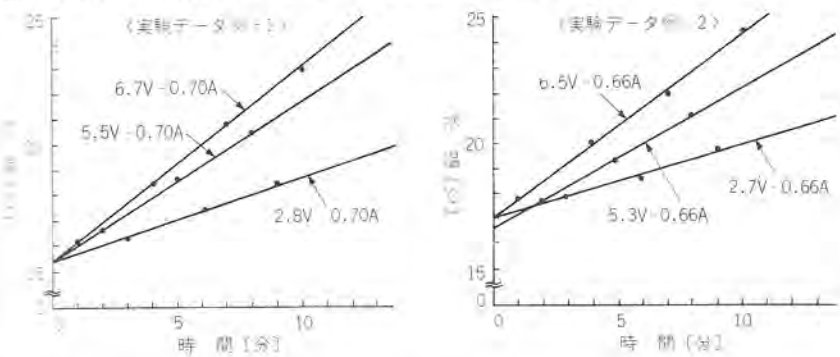
2 回路に電圧をかけ，時間と水温の関係，電流，電圧などを測定する



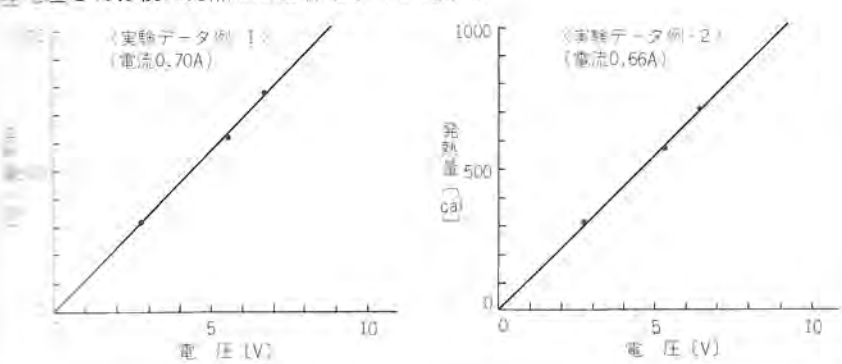
実験データ例〈電圧と電流の測定値〉

	例1	例2
全抵抗にかけた電圧〔V〕	15.0	14.3
全抵抗を流れる電流〔A〕	0.70	0.66
10Ω抵抗にかかる電圧〔V〕	6.7	6.5
8Ω抵抗にかかる電圧〔V〕	5.5	5.3
4Ω抵抗にかかる電圧〔V〕	2.8	2.7

3 時間と水温の関係をグラフ化し，10分後の発熱量を求める



4 電圧と10分後の発熱量の関係をグラフ化する



1 留意点 水温は室温と等しいものを用いる。それぞれのコップに入れる水の量は，100 cm³(≒100g) がよい。
固定抵抗については 148 を参照。

2 留意点 回路にかける電圧は，15 V程度がよい。
水温を測定するときには，水をかき混ぜて，水温が均一になるようにする。1人で実験を行うときには，それぞれの水温を1分おきに順々に読んでいくようにするとよい（3のグラフのプロット値を参照）。

3 解説 1人で実験を行う場合，それぞれのコップの水温を，10分後に同時に測定することはできない。また，測定値には必ず誤差がある。そこで，このように一度，時間と水温のグラフを書き，このグラフから温度差を求めて発熱量を計算するのである（150 3の解説を参照）。
回路に電圧をかける前の水温を t_1〔℃〕，グラフから読みとった水温を t_2〔℃〕，それぞれのコップに入れた水の質量を m〔g〕とすると，それぞれの抵抗の発熱量 Q〔cal〕は，次式のようになる。

$$Q = m(t_2 - t_1)$$

実験データ例による10分後の発熱量の計算例は，次の通りである。

- 実験データ例－1
  10Ω 抵抗 ――100×(23.1－15.4)＝770
  8Ω 抵抗 ――100×(21.6－15.4)＝620
  4Ω 抵抗 ――100×(18.7－15.4)＝330
- 実験データ例－2
  10Ω 抵抗――100×(24.3－17.0)＝730
  8Ω 抵抗 ― 100×(22.3－16.5)＝580
  4Ω 抵抗――100×(20.1－17.0)＝310

4 結果 グラフ化することにより，電流が一定のとき，抵抗の発熱量は電圧に比例することがわかる。

準備するもの

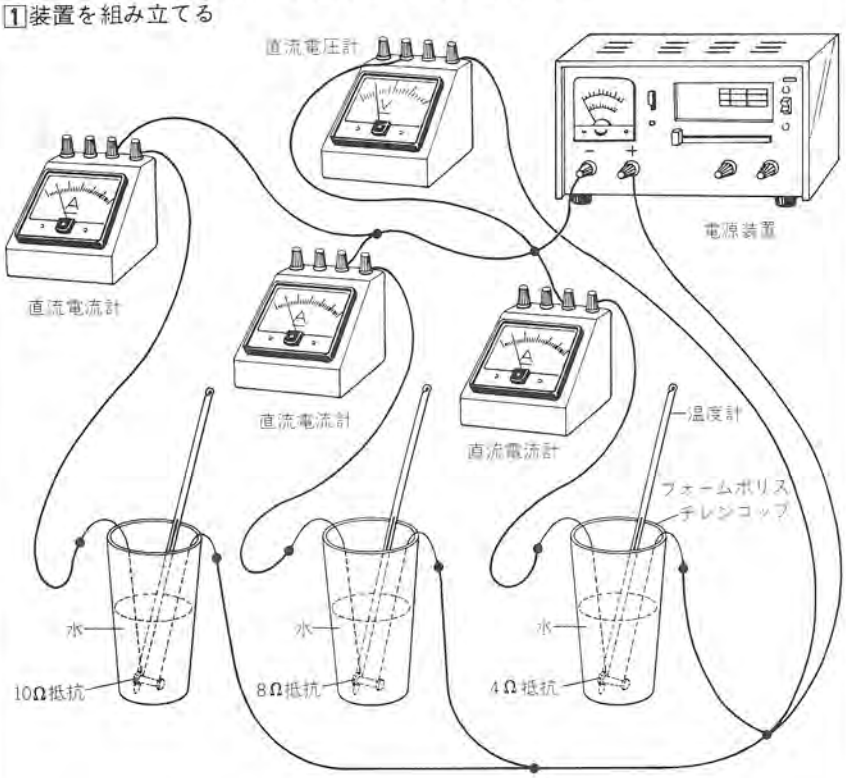
2 W用固定抵抗(10Ω,8Ω,4Ω)　フォームポリスチレンコップ3　メスシリンダー　温度計3　直流電流計3 直流電圧計　電源装置　導線　方眼紙

150 電流と発熱量の関係を調べる

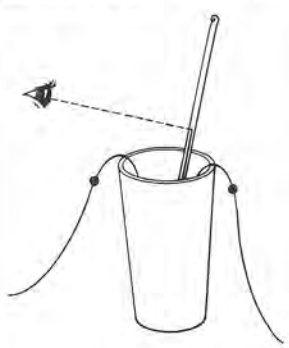
ねらい 田2　電圧を一定にしたときの電流と発熱量の関係が調べられる。
抵抗を一定にしたときの電流と発熱量の関係が調べられる。

【A】電圧を一定にして，電流と発熱量の関係を調べる

1 装置を組み立てる



2 回路に電圧をかけ，時間と水温の関係，電流，電圧などを測定する

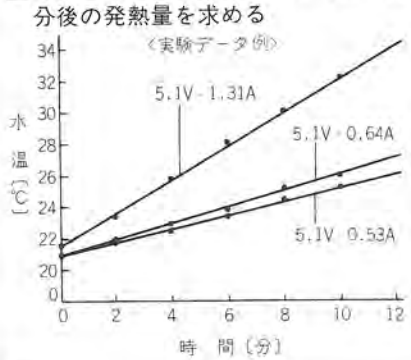


実験データ例

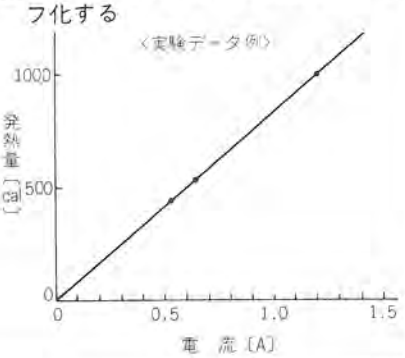
10Ω抵抗	時　間〔分〕	0	2	4	6	8	10
	温　度〔℃〕	21.0	21.8	22.7	23.5	24.5	25.3
8Ω抵抗	時　間〔分〕	0	2	4	6	8	10
	温　度〔℃〕	21.0	22.1	23.1	24.0	25.1	26.1
4Ω抵抗	時　間〔分〕	0	2	4	6	8	10
	温　度〔℃〕	21.5	23.6	25.9	28.1	30.1	32.2

電圧は5.1V，それぞれの抵抗に流れる電流は，10Ω抵抗が0.53A，8Ω抵抗が0.64A，4Ω抵抗が1.31Aである

3 時間と水温の関係をグラフ化し，10分後の発熱量を求める



4 電流と10分後の発熱量の関係をグラフ化する



【A】電圧を一定にして，電流と発熱量の関係を調べる

1 留意点 回路を接続する前に，3個の抵抗を並列につないだものを電源装置に接続し，これに電圧をかけてみる。そして，電圧が5～10Vになるように電圧調節のつまみを合わせておく（2で回路に電圧をかけるときには，電源スイッチを入れればよい）。
水は室温と等しいものを用いる。
それぞれのコップに入れる水の量は，100cm³(≒100g)がよい。
固定抵抗については 148 を参照。

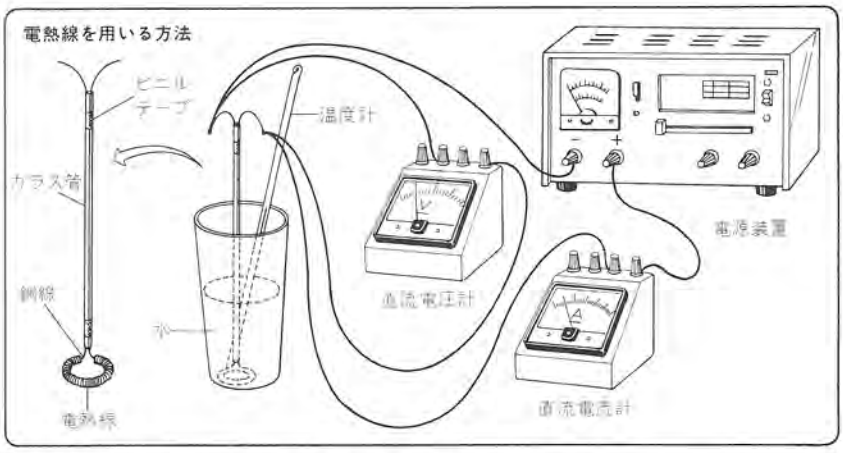
2 留意点 水温を測定するときには，水をかき混ぜて，水温が均一になるようにする。3人以上で実験を行うときには，2分おきに水温を測定するとよい。
1人で実験を行うときには，それぞれの水温を1分おきに順々に読んでいくようにするとよい（140 3のグラフのプロット値を参照）。

3 解説 1人で実験を行う場合，それぞれのコップの水温を，10分後に同時に測定することはできない。また，測定値には必ず誤差がある。そこで，このように一定時間と水温のグラフをかき，このグラフから温度差を求めて発熱量を計算するのである。したがって，3人以上で実験し，誤差を無視するなら，このようなグラフは必要ない。通電前の水温と，通電後10分間経過したときの水温を測定し，そのときの上昇温度から発熱量を求めればよい。
回路に電圧をかける前の水温をt_1〔℃〕，グラフから読みとった水温をt_2〔℃〕，それぞれのコップに入れた水の質量をm〔g〕とすると，それぞれの抵抗の発熱量Q〔cal〕は，次式のようになる。

$$Q = m(t_2 - t_1)$$

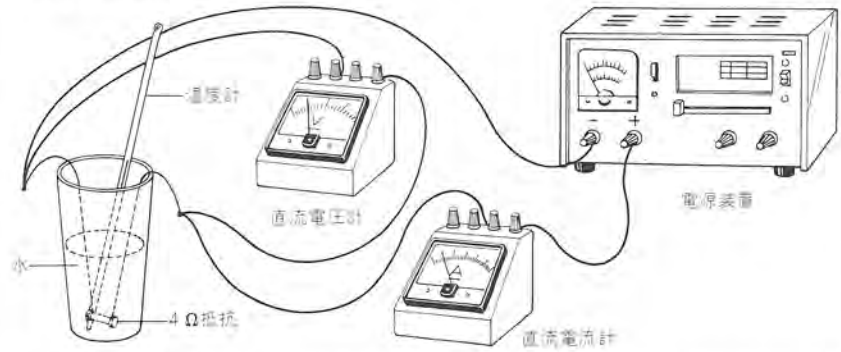
実験データ例による10分後の発熱量の計算例は，次の通りである。
10Ω抵抗――100×(25.3－21.0)＝430
8Ω抵抗――100×(26.1－21.0)＝510
4Ω抵抗――100×(32.2－21.5)＝1070

4 結果 グラフ化することにより，電圧が一定のとき，抵抗の発熱量は電流に比例することがわかる。

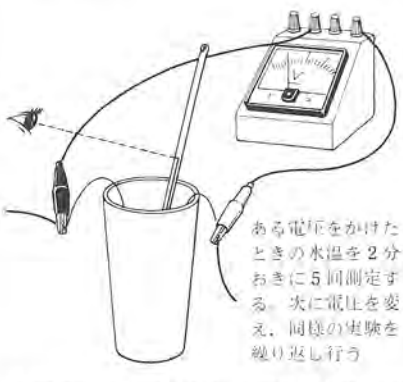


【B】抵抗を一定にして，電流と発熱量の関係を調べる

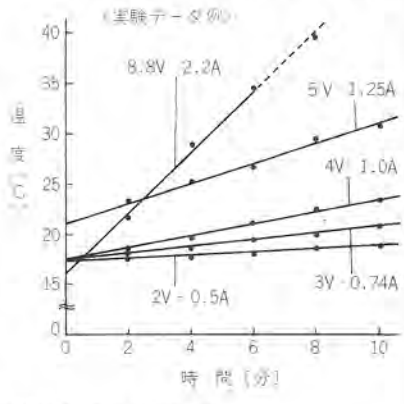
1 装置を組み立てる



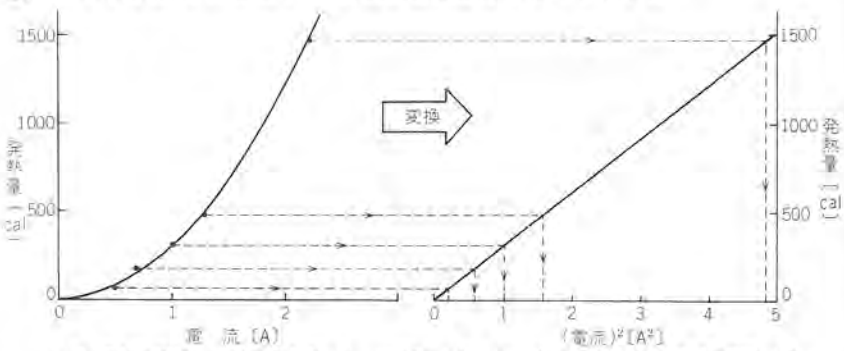
2 回路に電圧をかけ，時間と水温の関係，電流，電圧などを測定する



3 時間と水温の関係をグラフ化し，5分後(または10分後)の発熱量を求める



4 電流と5分後(または10分後)の発熱量の関係をグラフ化する



参考 抵抗として電熱線を用いる方法もある。この場合，300W用電熱線を 1/6，2/6，3/6 に切って用いる。電熱線の処理方法については 148 を参照。

コップに入れる水の量は，100cm³程度がよい。

測定は，それぞれの電熱線について個々に行う。10Vの電圧をかけ，電流，時間と水温の関係を，それぞれの電熱線について測定すればよい。その際，電熱線をとり替えるごとに，コップの水をとり替える必要がある。

測定値の処理方法は，固定抵抗を使って測定した場合と同じである。

【B】抵抗を一定にして，電流と発熱量の関係を調べる

1 留意点 水は室温と等しいものを用いる。コップに入れる水の量は，100cm³(≒100g)がよい。

固定抵抗については【148】を参照。

2 留意点 電圧は，最初は2Vにし，次に3V 4V，5V，6Vと1Vずつ上げていくとよい。その際，電圧を変えるごとに，コップの水をとり替える必要がある。

水温を測定するときには，水をかき混ぜて，水温が均一になるようにする。

3 留意点 電流を大きくして水温を測定すると，水温が高くなるにつれて放熱量が大きくなる。したがって，線を引くときには，2分，4分，6分ぐらいの測定点を目安にして，直線を引くようにする。

解説 測定値には必ず誤差があるので，このように一度，時間と水温のグラフを書き，このグラフから温度差を求めて発熱量を計算するのである。

実験データ例による5分後の発熱量の計算例は，次の通りである(計算式については【A】3の解説を参照)。

2V - 0.5A —100×(18.1−17.3)=80
3V-0.74A —100×(19.2−17.5)=170
4V - 1.0A —100×(20.5−17.4)=310
5V-1.25A —100×(26.4−21.5)=490
8V-2.2A —100×(30.8−16.0)=1480

4 解説 横軸に電流，縦軸に発熱量をとると，グラフが放物線になる。これを直線のグラフにするために，横軸に(電流)²をとったグラフに変換する。

結果 グラフ化することにより，抵抗が一定のとき，抵抗の発熱量は電流の2乗に比例することがわかる。

準備するもの
方眼紙

151 電力量と発熱量の関係を調べる

ねらい 田2 時間と発熱量，電流と発熱量，電圧と発熱量の測定値から，電力量と発熱量の関係を示すグラフを作ることができる。
電力量と発熱量の関係を調べ，それを数式にまとめることができる。

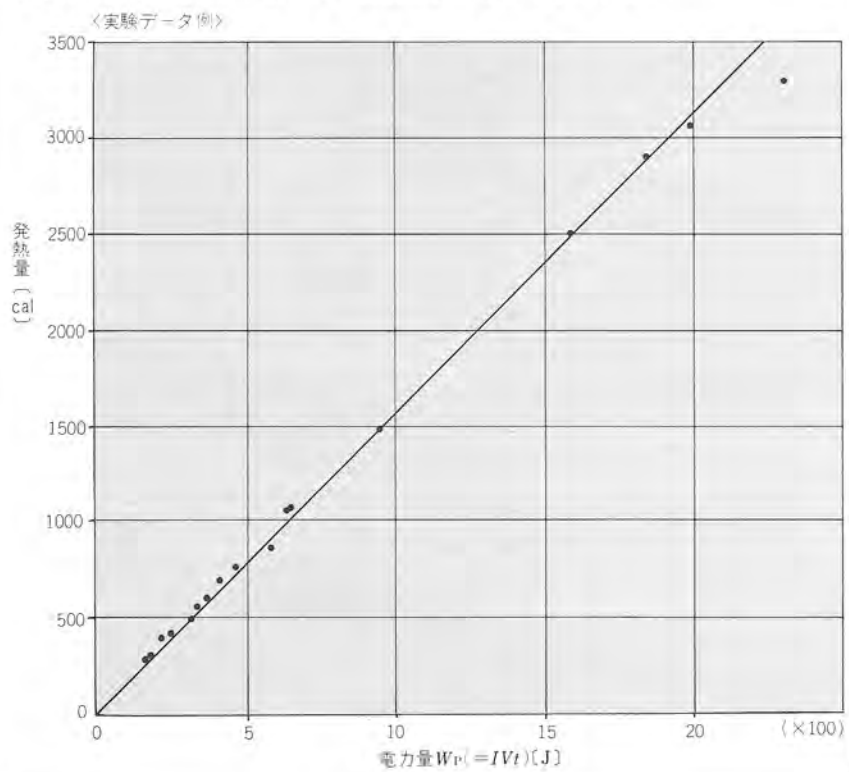
1 時間と発熱量，電流と発熱量，電圧と発熱量の測定値を集め，電力量（電流×電圧×時間）を計算する

〈実験データ例〉

時間 t〔s〕	電圧 V〔V〕	電流 I〔A〕	発熱量 Q〔cal〕	電力量 W_P〔J〕$(=IVt)$
600	9.15	2.55	3380	23.33×600
600	2.80	0.78	420	2.18×600
600	5.10	1.31	1080	6.68×600
600	5.10	0.64	500	3.26×600
600	5.10	0.53	430	2.70×600
600	10.00	0.60	880	6.00×600
600	10.00	0.65	1100	6.50×600
600	10.00	0.95	1510	9.50×600
600	10.00	1.62	2560	16.20×600
600	10.00	1.85	2940	18.50×600
600	10.00	2.00	3110	20.00×600
600	6.7	0.70	770	4.69×600
600	5.5	0.70	620	3.85×600
600	2.8	0.70	330	1.96×600
600	6.5	0.66	730	4.29×600
600	5.3	0.66	580	3.50×600
600	2.7	0.66	310	1.78×600

計算を簡略化するため，時間が600秒(10分)のときのデータだけを集めてみる

2 電力量を横軸にとり，発熱量を縦軸にとってグラフ化する



1 留意点 データの測定方法については 148 と 149 と 150 を参照。

2 結果 発熱量 Q〔cal〕は電力量 W_P〔J〕$(=IVt)$ に比例することがわかる。

$Q=kIVt$（kは比例定数）

そこで，比例定数kをグラフから求め，上式に代入すると，

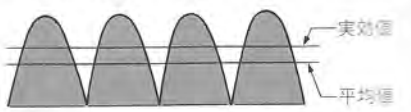
$$k=\frac{Q}{IVt}\fallingdotseq 0.26$$

$$Q\fallingdotseq 0.26IVt$$

となることがわかる。

解説 比例定数をさらに正確に求めるためには，次の2点に注意しなければならない。

- 容器の断熱性を高めて，熱の出入りを防ぐ
- 電源の出力が脈流であることに対する補正を行う



電源の出力は上図のような脈流になっているので，電力量の計算には実効値を用いなければならない。すなわち

電力量$=I_eV_et$

ここで，I_eは電流の実効値，V_eは電圧の実効値である。一方，計器の指示する値は平均値であるので，計器の値をそのまま用いたのでは，正しい電力量は計算できない。

さて，実効値と平均値との間には

$I_e=(\pi/2\sqrt{2})I$，$V_e=(\pi/2\sqrt{2})V$

の関係があるので，

電力量$=(\pi/2\sqrt{2})2IVt=1.23IVt$

つまり，電力量の正確な値は，表に示されている値の 1.23 倍である（例えば 23.33×600J→28.78×600 J）。

つぎに，測定結果からkの値を求める。

上の考察から

$$k=\frac{Q}{1.23IVt}$$

グラフから，$IVt=12.75\times600$Jのとき，

$Q=2000$cal　$\therefore k=0.212$cal/J

文献値0.239cal/Jよりも小さいが，これは発熱量の一部が失われたためと思われる。

準備するもの

鉄線[1]　銅線[1]　エナメル線[1]　ヒューズ(1A用)　シャープペンシルのしん(直径0.9mm)　乾電池(1.5V)[2]　温度計　可変変圧器　交流電流計(10A用)　導線　スタンド2

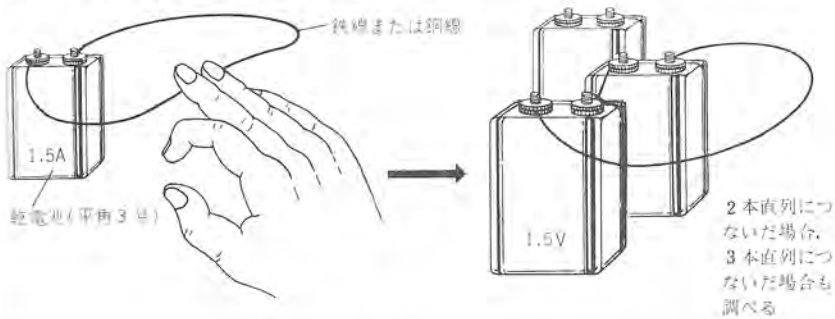
①すべて直径 0.2mmのものを用いる。鉄線は荷札についている針金，銅線はビニル被覆の導線から抜きとったものを用いるとよい。②平角3号を用いる。

152 金属・炭素棒の発熱を調べる

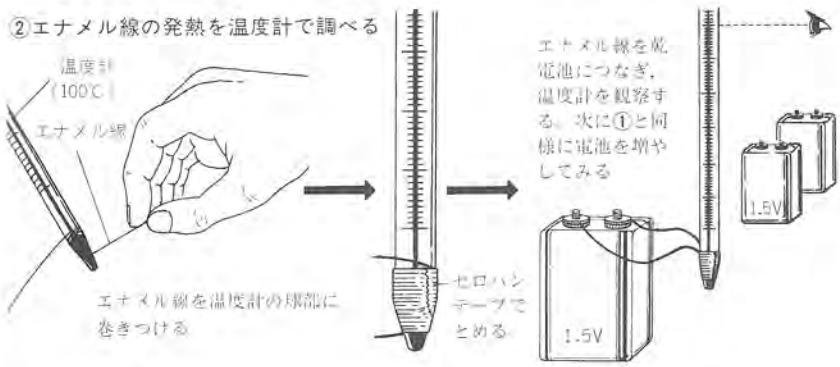
ねらい 由2　どんな導体であっても，電流が流れると発熱することが調べられる。
電流が大きくなると発熱も大きくなることが調べられる。
発熱が激しければ発光することが調べられる。

1金属線に電流を流して発熱を調べる

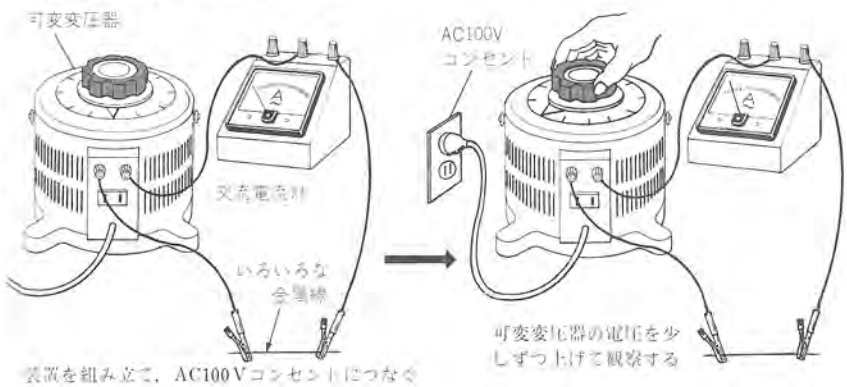
①金属線を乾電池につなぎ，指で触れてみる



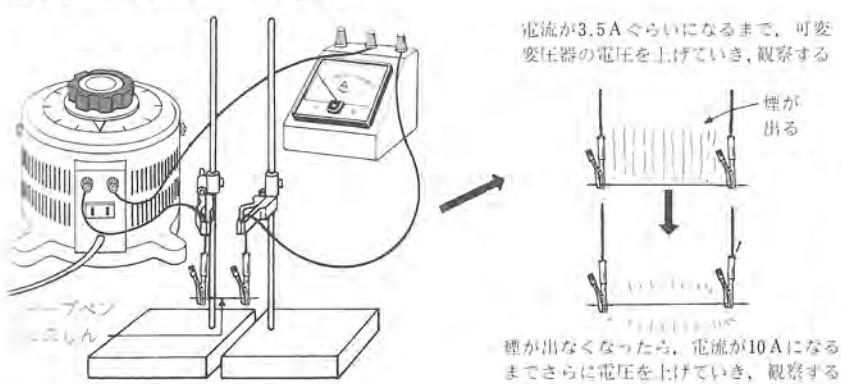
②エナメル線の発熱を温度計で調べる



③金属線に電流を流して観察する



2炭素棒に電流を流して発熱を調べる



1① 解説 乾電池につないでしばらくたった後，指で触れてみると，鉄線（または銅線）は熱くなっている。金属線に電流を流すと発熱することがわかる。乾電池を2個，3個と直列につなぐと熱さはどうなるか，についても調べる。

② 留意点 はずれやすいので，巻きつけたエナメル線はセロハンテープでとめておく。
解説 温度計を観察すると，エナメル線の温度がどんどん上昇していくのがわかる。金属線に電流を流すと発熱するということが，目で確かめられる。
また，直列に乾電池を増やして調べると，温度の上昇のしかたから，電圧が大きくなると発熱量も大きくなることがわかる。

③ 留意点 金属線としては，エナメル線，鉄線，銅線，ヒューズを用いる。
解説 電圧を上げながら電流計を観察すると，電圧が大きくなると電流も大きくなるのがわかる。すなわち，電圧と電流の関係が確かめられる。
金属線は，電圧を上げていくと，すなわち流れる電流が大きくなると，発光し，ついには焼き切れる。発熱が激しいと発光することがわかる。電流の大きさと発光の度合い，焼き切れるときの電流の大きさなどは，各金属によって異なる。

2 注意 初めに，電流が 3.5Aぐらいになるように電圧をかけるのは，炭素を固めるために使ってあるプラスチックを追い出すためである。煙が出るのは，このプラスチックのためである。この過程を経ずに，いきなり5－10Aにすると，シャープペンシルのしんは，破裂音を出して粉末状に飛び散り，たいへん危険である。
解説 煙が出なくなってから電流を大きくしていくと，10Aぐらいで橙～白色の光を発する。電圧を上げるのをやめると，しんが徐々に細くなり抵抗が増すので電流はだんだん小さくなり，赤～暗赤色の光を発するようになる。10Aの電流を維持するためには，電圧を上げ続けなければならない。

結果 ニクロム線だけでなく，すべての導体は電流を流すと発熱し，電流が大きくなると発熱量も大きくなることがわかる。
また，導体の発光は，発熱が大きいと起こることがわかる。
ショートの意味，安全器の役割が理解できるであろう。

Ⅸエレクトロニクス機器の製作

175 主な工具の使い方 …… 367
176 金属板の加工法 …… 369
177 プラスチックの加工法 …… 371
178 配線のテクニック …… 373
179 プリント基板の作り方 …… 375
180 電気部品とその表示 …… 377
181 整流回路のしくみと応用 …… 379
182 太陽電池の利用法 …… 381
183 タイムカウンターの製作 …… 383
184 タイムカウンターの利用法 …… 385
185 タイマーの製作 …… 387
186 微小温度差検出器の製作 …… 389
187 熱電対の利用法 …… 391
188 発光ダイオードの利用法 …… 393
189 照度計の製作 …… 395
190 波形発生装置の製作 …… 397
191 金属検知器の製作 …… 399
192 簡単な電子楽器の製作 …… 402
193 簡単なラジオの製作 …… 403
194 サイリスタによる制御回路 …… 405
195 高感度電流計の製作 …… 407
196 抵抗計の製作 …… 409
197 定電圧電源の製作 …… 410
198 直読容量計の製作 …… 412

準備するもの

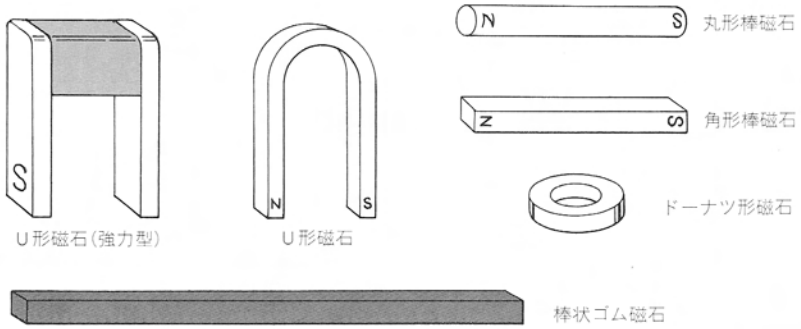
いろいろな磁石[1]　身近にある金属製品[2]　硬貨　砂鉄(または直径3㎜程度の鋼球)　はさみ　糸　紙片　水槽　フォームポリスチレンの板　鉛筆(いもの)　木の板　竹ひご　試験管　丸棒　スタンド　セロハンテープ　いろいろな板[5]

①[1]の図を参照。②[2]の図を参照。③旧50円硬貨があるとよい。④ナイロンてぐすがよい。⑤ノート，プラスチック下敷き，ガラス板，アルミニウム板，銅板，鉄板など。

153 永久磁石の性質を調べる

ねらい小3　磁石につくものとつかないものがあることが調べられる。
磁石にはN極とS極があり，異極どうしは引き合い，同極どうしは退け合うことが調べられる。
磁石をつるすと，南北の方向を向いて止まることが調べられる。

1 いろいろな磁石を用意する

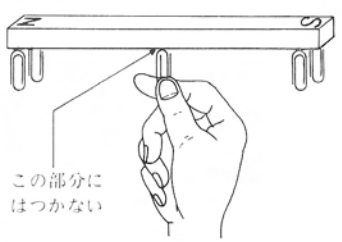


2 いろいろな金属製品を用意し，磁石につくかどうかを調べる

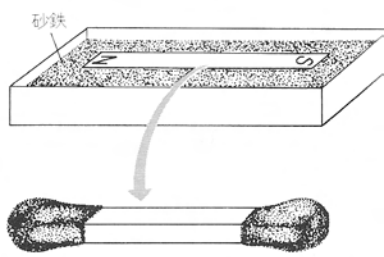


3 磁石のどの部分が金属を吸いつけるのかを調べる

①磁石の各部にクリップをつけてみる

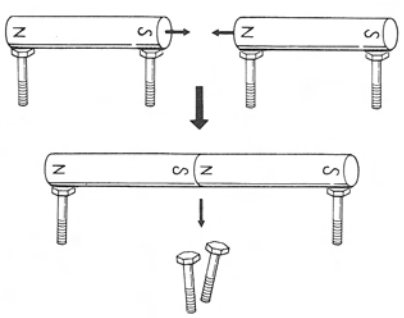


②磁石を砂鉄(または鋼球)の中に入れ，とり出してみる

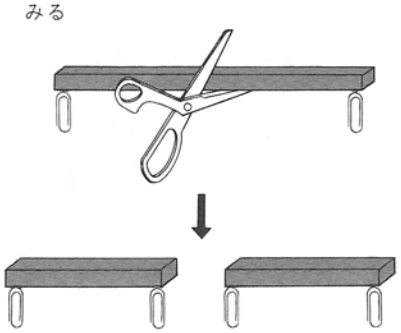


4 磁石をつないだり切ったりし，磁極の変化を調べる

①ビスをつけた磁石をつないでみる

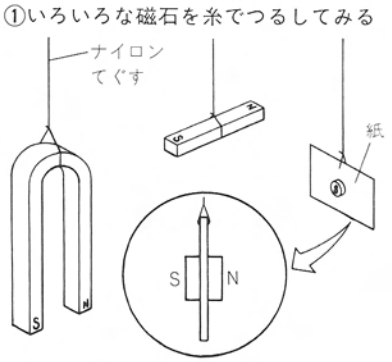


②ゴム磁石を切って，クリップをつけてみる

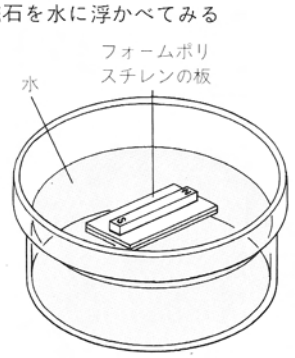


5 地球磁場と磁石の関係を調べる

①いろいろな磁石を糸でつるしてみる



②磁石を水に浮かべてみる



2 解説 強磁性体には，鉄，ニッケル，コバルトがある。また，非磁性体の化合物や合金で，強磁性体のものもある。
旧50円硬貨はニッケル製なので，磁石につく。
ステンレス鋼は，鉄にクロムとニッケルを混ぜた合金だが，磁石につくものとつかないものがある。18-8ステンレス鋼(クロム18%，ニッケル8%)は磁石につかない。
結果 金属でも，磁石につくものとつかないものがあることがわかる。

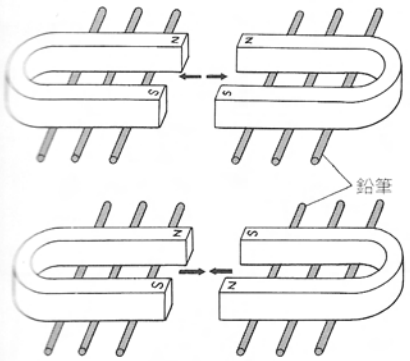
3 留意点 砂鉄の代わりに直径3㎜程度の鋼球を使うと，後始末が楽である。
解説 磁石が磁性体を吸いつける場所はふつう2カ所ある。これを磁極という。
結果 クリップや砂鉄などは，磁石の両端にはつくが，中央部(磁極と磁極の間)にはつかないことがわかる。

4 留意点 ゴム磁石は，両端に磁極がある形状のものを用いる。
ゴム磁石を切断するときには，中央部にクリップなどを吸いつける性質がないことを確認しておく。
結果 2つの磁石を接続すると，接続部のビスなどが落ちる。また，1つの磁石を切断すると，切断部分にクリップなどがつくようになる。これらのことから，2つの磁石をつなげると1つの磁石になり，1つの磁石を分けると2つの磁石ができることがわかる。

5 留意点 磁石の向きを，磁針と比較してみるとよい。
結果 どのような磁石も，一定方向を向くことがわかる。また，その向きを磁針と比較すると，すべてのN極が北を向いていることがわかる。

6 磁石の極どうしが及ぼし合う力を調べる

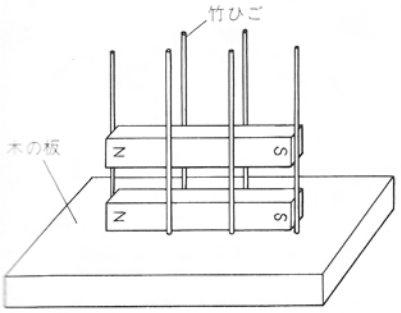
①鉛筆の上に磁石を置いてみる

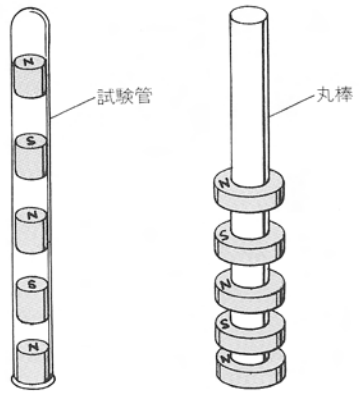


②水に浮かべた磁石に，別の磁石を近づけてみる



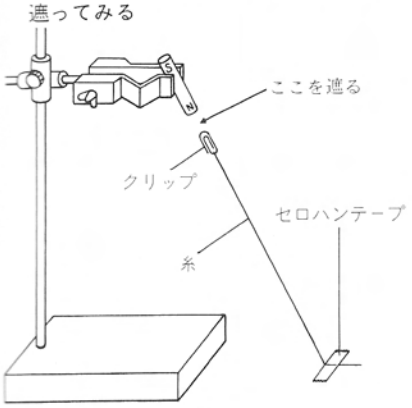
③いろいろな磁石を，次のように重ねてみる



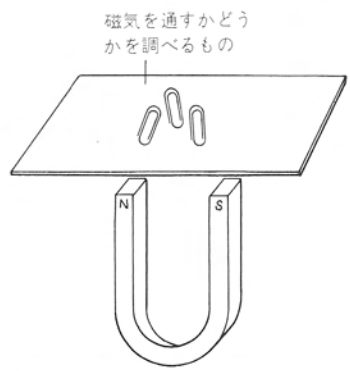


7 磁気を通すものと通さないものがあることを調べる

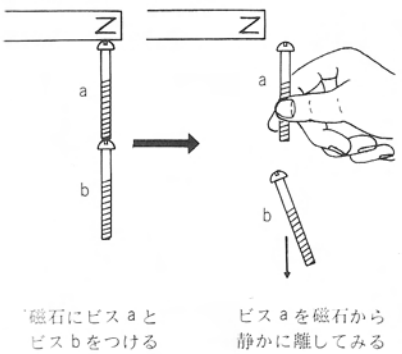
①磁石とクリップの間を，いろいろなもので遮ってみる



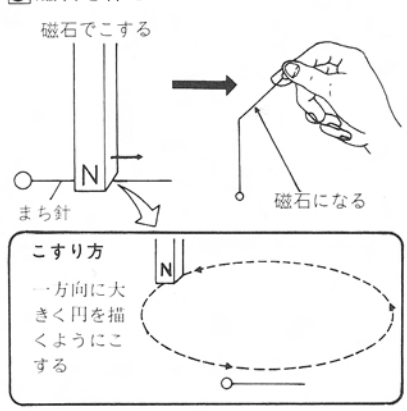
②いろいろなものの上にクリップを載せ，下で磁石を動かしてみる



8 一時的に磁石になっても，すぐその性質を失うものがあることを調べる



9 磁石を作る



6 留意点 ③で用いる丸型磁石は，すべて対面着磁になっているものを選ぶ。

試験管の中に豆型フェライト磁石を入れるときや，丸棒でドーナツ型磁石を支えるときには，磁石の両極どうしが対面するように入れる。

結果 N極とN極，S極とS極は，互いに退け合うことがわかる。また，S極とN極は引き合うことがわかる。

7 留意点 磁石とクリップの間に入れるものは，ノート，プラスチック下敷き，ガラス板，アルミニウム板，銅板，鉄板など，いろいろなもので試してみるとよい。

結果 実験結果をまとめると，次のようになる。

- 紙，プラスチック，ガラス，アルミニウム，銅——①では変化なし。②では磁石といっしょにクリップが動く
- 鉄——①ではクリップが落ちる。②ではクリップが動かない

これらのことから，以上の物質では，鉄だけが磁気を通さないことがわかる。

8 解説 磁石の一端に鉄製のビスaとbをつけておき，ビスaを静かに磁石から離すと，ビスbは落ちる。これはビスaが磁石についていたときだけ，一時的に磁石になっていたからである。

9 留意点 磁石にするものは，まち針かピアノ線がよい。

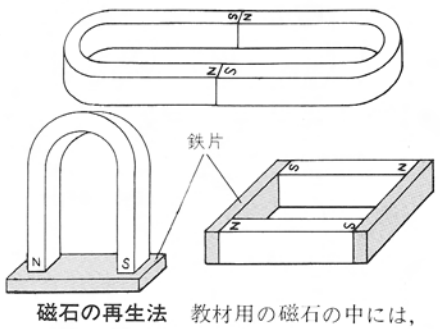
磁石でこするときには，一方向に何回もこする。往復運動はしない。

解説 磁石でこすったまち針に他の針を近づけると，他の針が吸いつけられる現象が見られる。まち針が磁石になったからである。

参考 針を長時間，磁石につけておいても磁石になる。

また，南北の狂った磁針は，磁石につけておくと，簡単にもとの状態に戻る。

参考 **磁石の保存法** 鉄片か異極どうしをつけて，磁気回路を閉じておく。



磁石の再生法 教材用の磁石の中には，磁性の弱いものもあり，斥力の関係を見落とすことがある。このような磁石や，弱くなった磁石は，磁化用コイル（付磁器）を使って，強くしておく。

準備するもの

154 磁石のまわりの磁界の様子を調べる

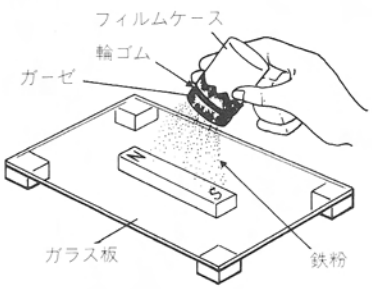
ねらい 小3 中2 鉄粉や磁針を用いて，磁力線の存在を確かめることができる。

鉄粉　ガラス板①　磁石　フィルムケース　ガーゼ　輪ゴム　アクリル板②　ジアゾ感光紙　現液　セロハンテープ　脱脂綿　アクリルパイプ　ゴム栓　流動パラフィン　テレピン油　1,2ジクロロエタン　セルマット　磁針

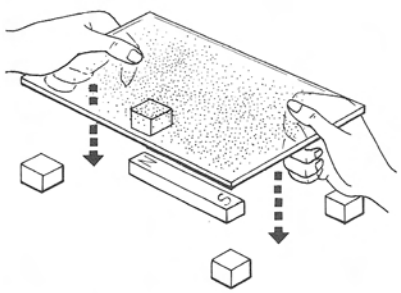
①透明なもの。②透明で厚さ3㎜のもの。③内径18㎜，厚さ1㎜のもの。

【A】ガラス板と鉄粉を用いて調べる

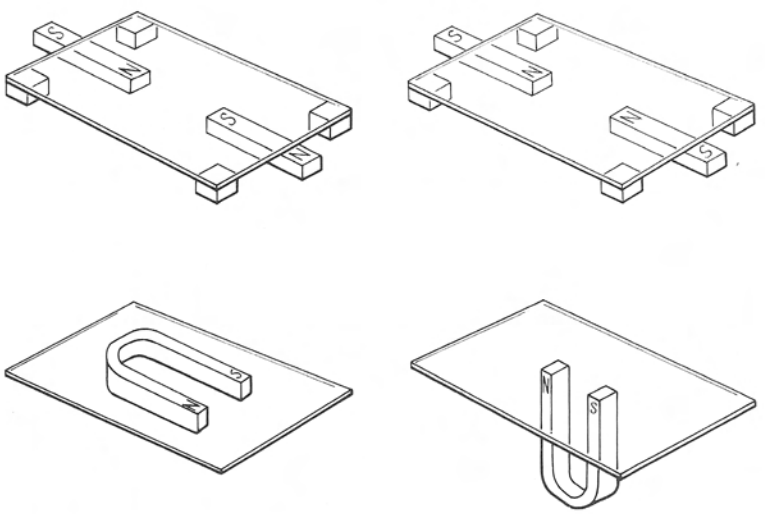
1 磁石の上にガラス板を置き，上から鉄粉をまいてみる



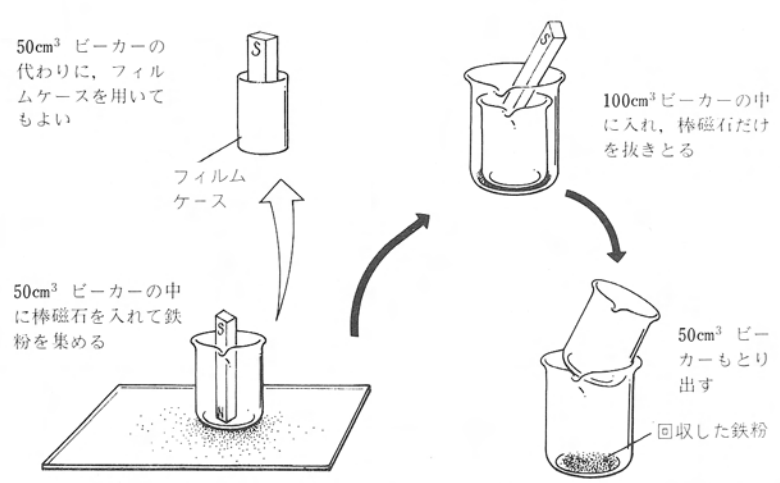
2 磁石の上に，鉄粉をまいたガラス板を置いてみる

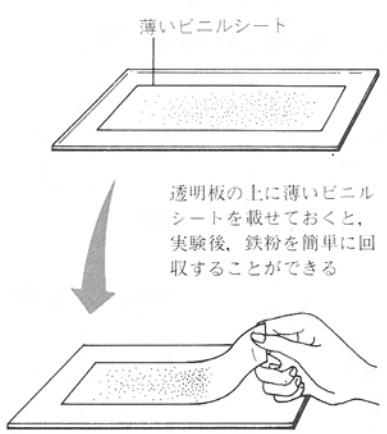


3 磁石の置き方をいろいろ変えて，1 2 と同様の実験を行う



鉄粉の回収法





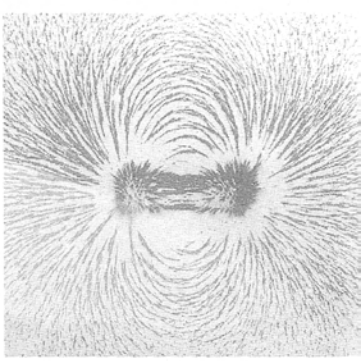
【A】ガラス板と鉄粉を用いて調べる

留意点 鉄粉は，ガラス板上に一様にまく
フィルムケースの空き容器に鉄粉を入
口にガーゼをかぶせで輪ゴムでとめる
簡単にまくことができる。
机の上に白い紙を敷いておくと，観察
やすい。
鉄粉が描く模様をスケッチしておくと
い。

1 留意点 磁石が強い場合は，ガラス板を
し磁石から遠ざけるとよい。

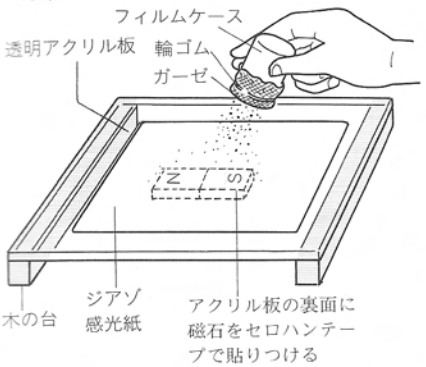
3 留意点 いろいろな磁石の置き方を考え
それらについても調べてみるとよい。

解説 鉄粉が，磁力線に沿って，独特の模
を描く。一例を次に示す。

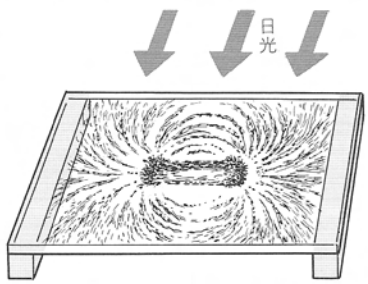


【B】ジアゾ感光紙を用いて調べる

1 磁石の上にジアゾ感光紙を置き，上から鉄粉をまいてみる



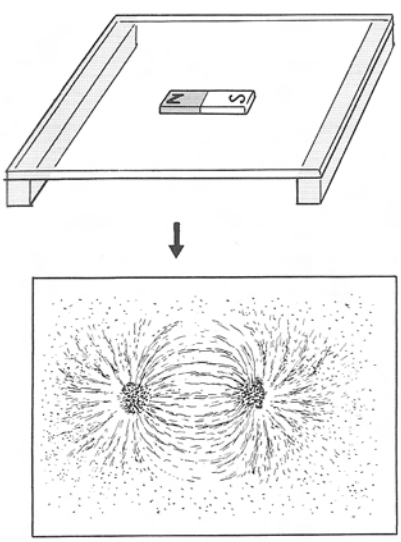
2 鉄粉の模様ができたら，直射日光，スタンドなどの光を感光紙に当てる



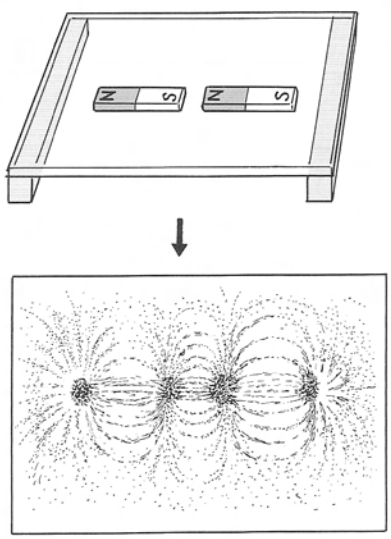
感光紙の黄色が白っぽくなるまで光を当てたら鉄粉を回収して，脱脂綿などで感光紙に現像液を塗る

3 磁石の置き方をいろいろ変えて，1 2 と同様の実験を行う

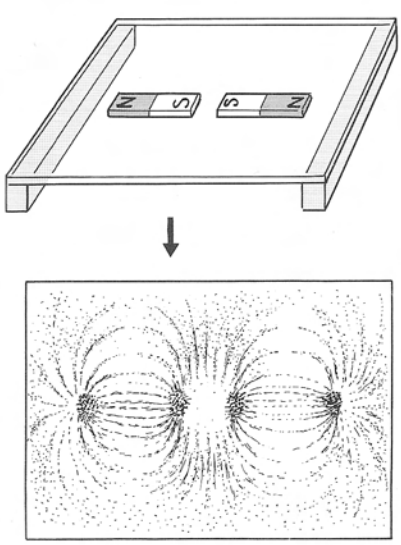
● 1本の棒磁石



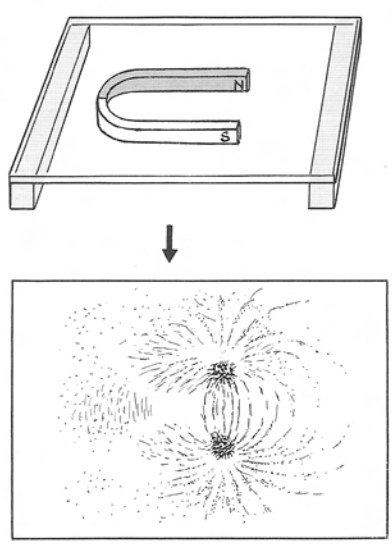
● 2本の棒磁石



● 2本の棒磁石の同極どうしの反発



● U形磁石



【B】ジアゾ感光紙を用いて調べる

1 留意点 ジアゾ感光紙はいわゆる青焼きコピーの感光紙で，文具店で入手が可能である。

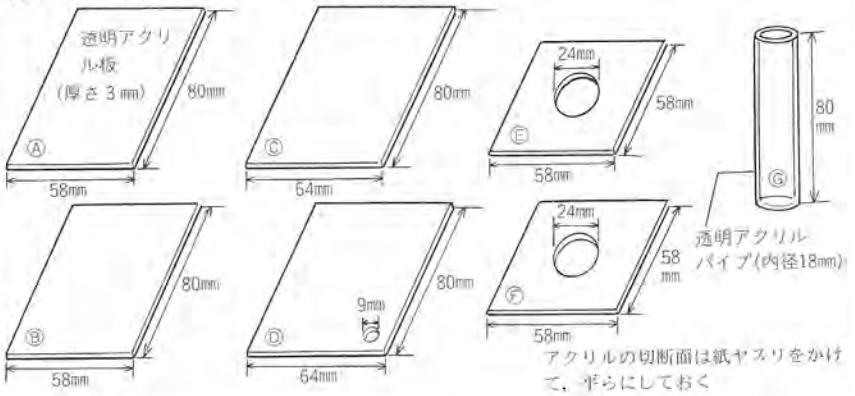
透明アクリル板は厚さ2～3㎜，大きさは20×30㎝のものを使用する。鉄粉をまくときには，あまり近くからまかず，10～20㎝ぐらい離れたところからまくほうが，一様に鉄粉が散らばって都合がよい。

2 留意点 光による焼きつけは，直射日光の場合は10～20秒程度，20Wの蛍光灯スタンドの場合は距離20㎝で1～2分程度が目安だが，黄色の感光紙が白っぽくなれば十分である。

なお，感光紙は超高速など感度の高いものは避け，感度の低いものを選ぶこと。この実験の場合，鉄粉の回収法は簡単である。感光紙をU字形に曲げて鉄粉を元の容器に入れればよい。

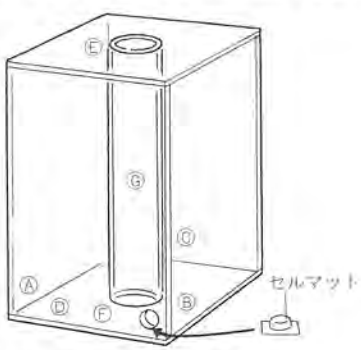
【C】自作立体磁気観察槽を用いて調べる

1 アクリル板，アクリルパイプを切断する

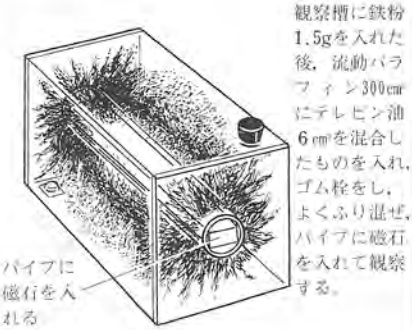


2 観察槽を組み立てる

1,2 ジクロロエタンを用いて各部品を接着する

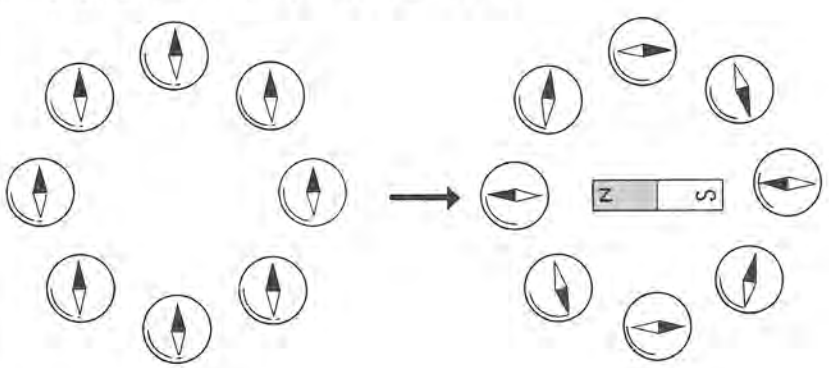


3 磁界の様子を観察する

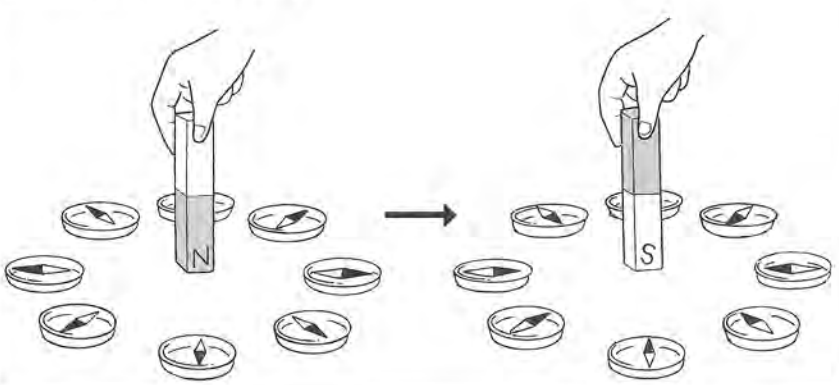


【D】磁針を用いて調べる

1 磁針を円形に並べ，その中に磁石を置いてみる



2 磁針の置き方を変えてみる



【C】自作立体磁気観察槽を用いて調べる

1 留意点 この観察槽では，磁界の様子を立体的に観察することができる。市販品より少し小さめだが，1/5程度の費用で比較的容易に製作できる。アクリル板は直角に切断しないと液漏れの原因となる。

2 留意点 接着するときは先にアクリル板を組み合わせてから，すき間に1,2ジクロロエタンを注射器などの先から流し込むようにする。アクリル板どうしの間にすきまがあきそうであれば，三角柱の棒材を入れるようにする。また，1つの面が乾燥してから次の部分を接着する。

流動パラフィンの膨張による観察槽の破裂を防止するため，ポリエチレン製のセルマット（われものや，お菓子などの包装に使われるもの）を1片入れておくとよい。



3 留意点 流動パラフィンの粘度を下げるためにテレピン油を加える。

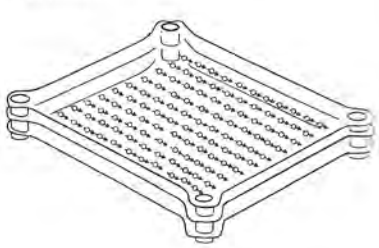
【D】磁針を用いて調べる

留意点 磁針は，強い磁石の近くだと，N極とS極の向きが逆転することがあるので注意を要する。

解説 磁針が磁力線の接線方向を指すとき，磁針のN極は，磁界の向きを示している。

参考 **磁界の向き** 磁界の向きは，N極からS極に向かうものと定められている。地球磁場は，南極がN極，北極がS極なので，地球上の磁界の向きは，南極から北極に向かっていることになる。つまり，磁針のN極の示す向きが，磁界の向きである。生徒の中には，磁極と地理上の極を混同しているものがしばしばある。

磁界説明器 小さな磁針を121個セットした磁界説明器が市販されている。これを用いると，磁力線と磁界の向きがひと目でわかる。



155 直線電流のまわりにできる磁界の様子を調べる

ねらい 小6中2 導線に電流が流れると，そのまわりに磁界ができることが調べられる。
磁界の存在・強弱・向きを，磁針を使って調べることができる。

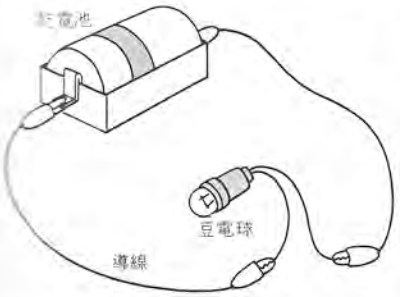
準備するもの

乾電池 豆電球 導線 磁針4 金属管 台板 スタンド 抵抗器 直流電流計 電源装置 アクリル板 ターミナル® ソリッド抵抗器(100Ω) 発光ダイオード2 ニクロム線(500W用) ビニルテープ バナナチップ端子 ジョンソンターミナル 乾電池 接着剤

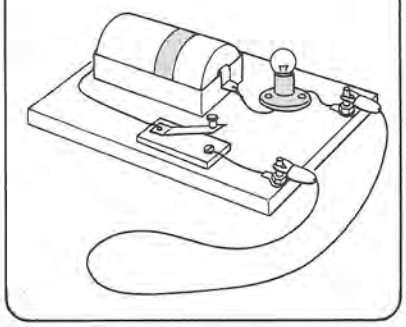
®赤と黄を各2個，黒を1個用意する。

1 電流が磁石に力を及ぼすことを調べる

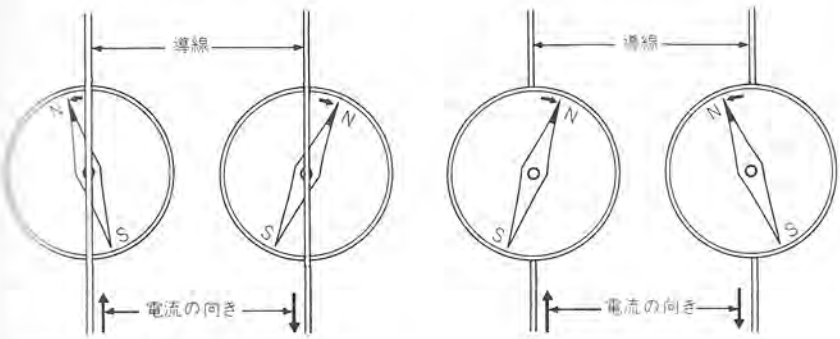
① 乾電池，導線，豆電球で回路を作る



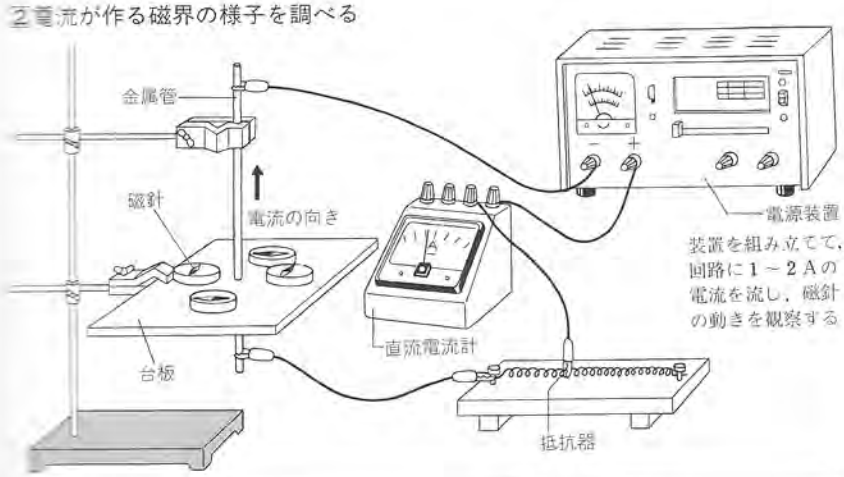
台板に固定した装置



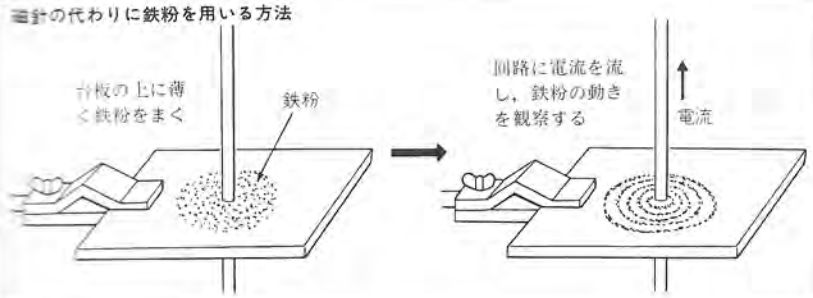
② 磁針の上や下に導線を置いて回路に電流を流し，磁針の動きを観察する



2 電流が作る磁界の様子を調べる



磁針の代わりに鉄粉を用いる方法



1 ① 留意点 導線だけを直接，電源に接続することは避ける。電池の消耗を早める。回路に流れる電流は0.5Aぐらいあれば十分である。したがって，抵抗として豆電球を回路に直列に入れるとよい。豆電球を入れると，通電状態や電池の消耗度なども一目でわかる。

参考 電池ホルダー，豆電球，スイッチ，ターミナルを台板にとりつけた装置を作っておくと便利である。その際，6Pスイッチを使って，回路の正負をワンタッチで切り換えられるようにしておくと，さらに便利である。このように台板にとりつけた装置を作っておくと，接触不良や断線などのトラブルを防ぐこともできる。

② 留意点 導線を磁針の上や下に置くときには，導線を必ず南北に向け，磁針と平行になるようにする。
近くに磁石や鉄製品を置かないようにする。
電流の向きを変えたときについても調べてみる。

参考 市販のエルステッド試験器を使って実験してもよい。その場合は，電源電圧を考慮して適当な抵抗を回路に直列に入れる。



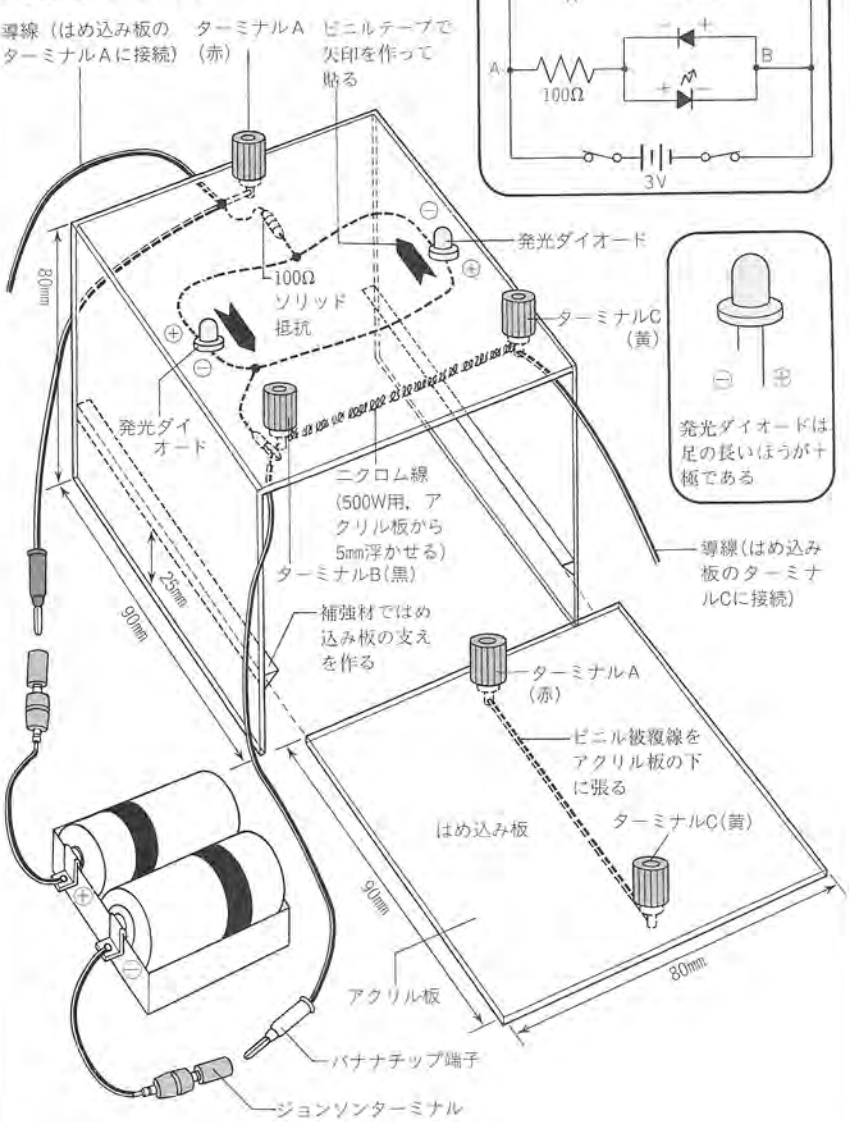
エルステッド試験器

2 留意点 電流は，少なくとも1Aは必要である。2A以上にするときには，抵抗に留意する。500W用ニクロムを台板にとりつけた抵抗器だと，台板を焼損するおそれがある。ニクロム線を磁器台（または磁器ボビン）に巻くとか，3Aの自動車用電球を使うとかの工夫が必要である。

参考 磁針の代わりに鉄粉を使って調べる方法もある。電流を流すと鉄粉が磁力線を描く。この場合，10A程度の電流が必要である。したがって鉄粉を用いるときには，電源の電流容量，抵抗，導線の安全性などを，全回路について考慮する必要がある。

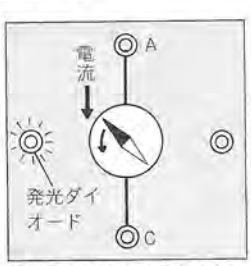
【別法】自作の観察装置を使って調べる

1 装置を組み立てる



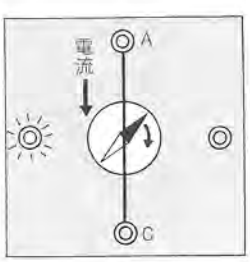
2 磁針の動きを調べる

● はめ込み板の上に磁針を載せて，A→C方向に電流を流した場合

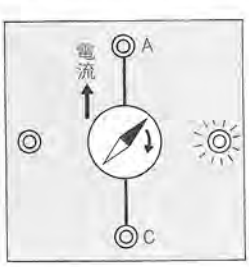


はめ込み板を上から見た図

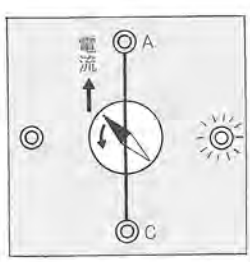
● はめ込み板の下に磁針を置き，A→C方向に電流を流した場合



● はめ込み板の上に磁針を載せて，C→A方向に電流を流した場合



● はめ込み板の下に磁針を置き，C→A方向に電流を流した場合



【別法】自作の観察装置を使って調べる

1 留意点 アクリル板は240×90mmの大きさのものを熱して曲げる。

ニクロム線は，アクリル板が溶けるのを防ぐため，アクリル板から5mm以上離して固定する。

ターミナルA（赤）どうし，またターミナルC（黄）どうしを導線でつなぐ。

装置の上面にビニルテープで作った矢印を貼り，どちらの発光ダイオードが光ったかによって電流の方向が一目でわかるようにするとよい。

はめ込み板にはビニル被覆線のほかに，コイルなどをつないで実験をしてみるとよい。

電源には単1乾電池2個を直列にして用いる。電源装置を用いる場合は，電流が2A以上にならないよう注意する。なお，発光ダイオードの発光電圧は1.8V程度であるため，乾電池の場合は2個直列にする必要がある。

2 留意点 磁針の向きが導線と重なるようにセットしてから電流を流すようにする。

電流の＋－の切り換えはバナナチップ端子をつなぎかえて行う。

磁針への影響を避けるため，はめ込み板のターミナルに，鉄製のワッシャーが使われている場合はあらかじめとり除いておいたほうがよい。

準備するもの

156 コイルの磁力線を調べる

ねらい 小6中2　コイルに電流を流したときの磁力線の様子を，磁針の振れる方向や鉄粉の模様によって調べることができる。

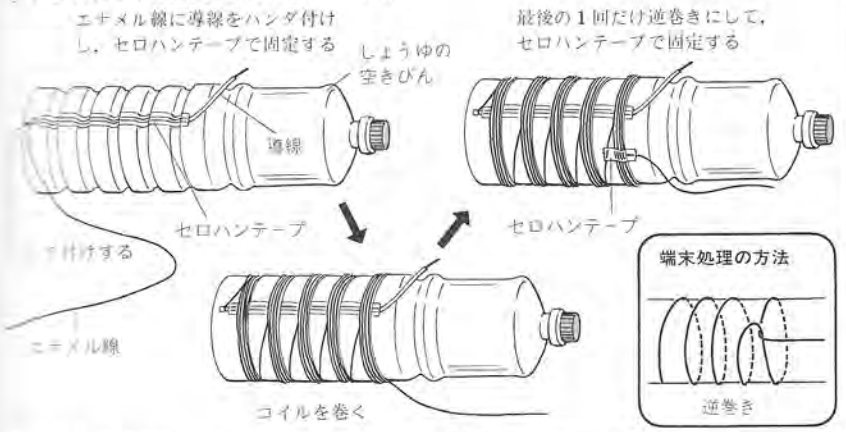
準備するもの

しょうゆの空きびん　エナメル線　セロハンテープ　観察台①　中板①　画用紙　フィルムケース　ガーゼ　輪ゴム　試験管　糸　磁石②　電源装置　すべり抵抗器　直流電流計　磁針　鉄粉　コイル　筆記用具

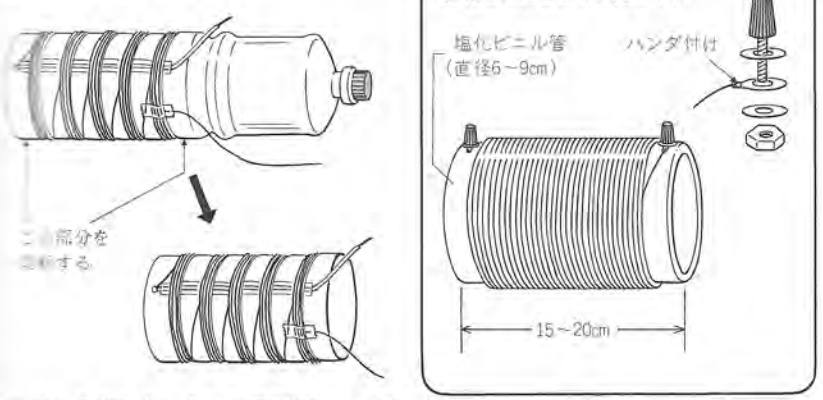
①空き箱，ベニヤ板などの材料で作る。　②試験管の中に入る大きさの穴あき丸形フェライト磁石がよい。

1 コイルを作る

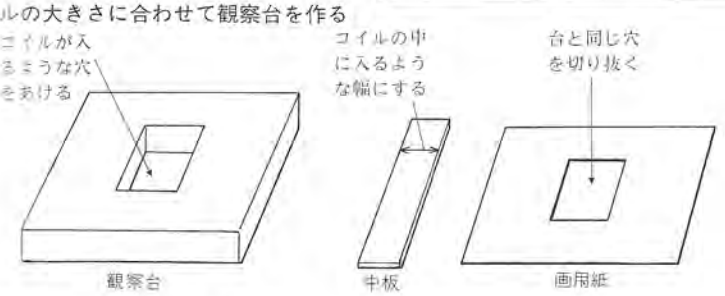
① プラスチックの空きびんにコイルを巻く



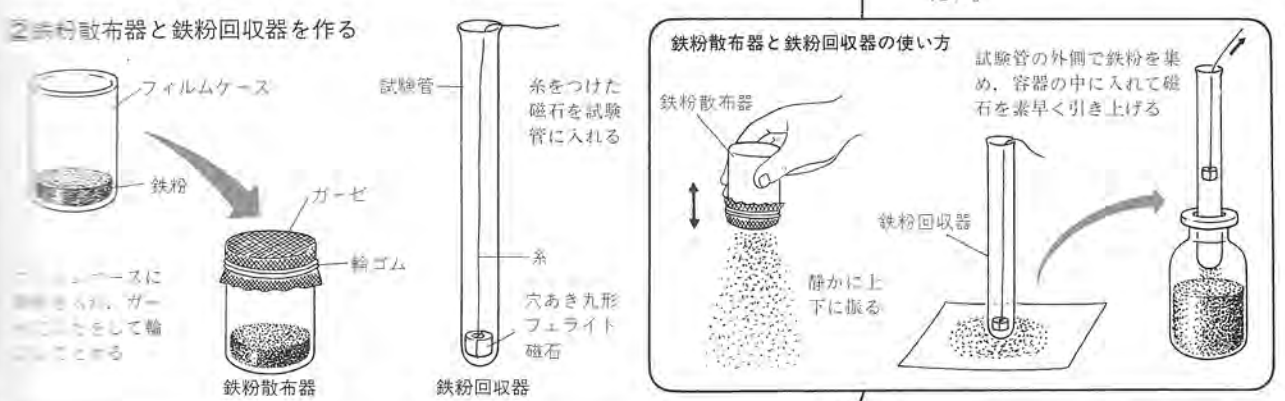
② コイルの両端を切断する



③ コイルの大きさに合わせて観察台を作る



2 鉄粉散布器と鉄粉回収器を作る



1 ① 留意点　コイルは，しょうゆの空きびんの溝に巻くようにする。1溝に50～100回ぐらい巻くことができる。しょうゆの空きびんを使った場合1A以上の電流を流すのは無理であるが，塩化ビニル管（径6～9cm）をもちいれば，5A以上の電流を流すことも可能である。この場合，直径1mm（No.18）以上のエナメル線を用いる。2重3重にするときは，絶縁紙を用いるようにする。

参考　コイルの巻き数と，エナメル線の抵抗値との関係は次のとおりである。

巻き数〔回〕		100	250	500
所要量〔m〕		27	68	135
抵抗〔Ω〕	No.18	0.6	1.7	3.1
	No.24	2.5	6.3	12
	No.26	4.0	9.9	20

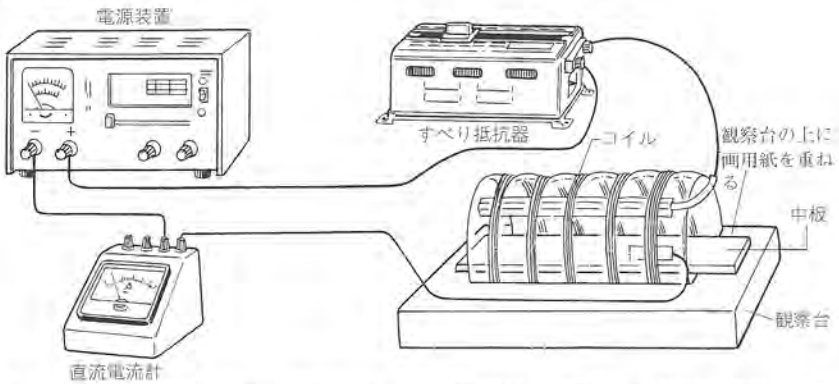
② 留意点　切断は，赤熱させたニクロム線で行うとよい。このように後から切断するのは，びんの強度が弱いからである。

③ 留意点　観察台には，円形コイルの大きさの切込みを入れる。観察台は水平になるようにする。

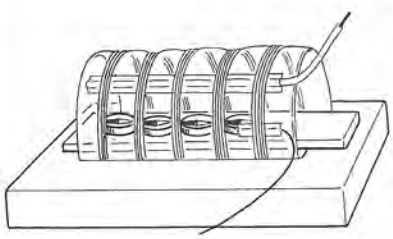
2 留意点　ガーゼを2～3重に重ねてフィルムケースに輪ゴムでとめ，鉄粉散布器を作る。穴のあいたフェライト磁石がない場合，磁石にセロハンテープで糸をつけて鉄粉回収器に用いることができる。棒磁石のように大きいと試験管を割るおそれがあるので小さい磁石を使うようにしたい。

3 磁針や鉄粉を使って磁力線を調べる

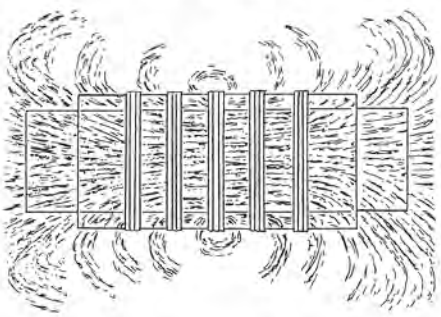
①装置を組み立てる



②コイルの中に磁針を入れ，電流を流しN極の指す方向を調べる

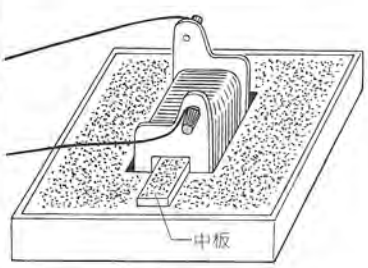


③画用紙と中板の上に鉄粉を散布し，電流を流して模様を観察する



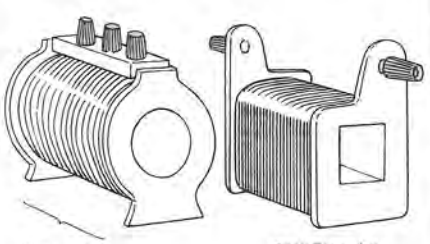
4 市販のコイルを使って磁力線を調べる

①鉄粉を用いて磁力線の様子を観察する

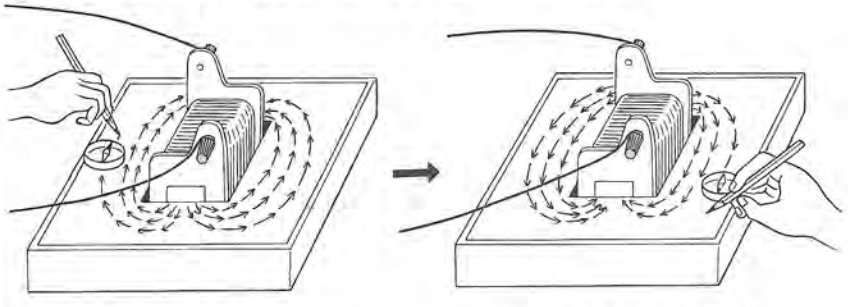


電流を流して台を軽くたたく。次に，電流を切ってからコイルをとり除いて観察する

市販のコイルの種類



②コイルに電流を流し，磁針のN極が指す方向を画用紙に記録する



磁針を少しずつ移動させて記録する　　電流の向きを逆にして記録する

3 ①留意点 コイルは巻き数や形状，コイル線の種類によって抵抗の大きさが異なるが，左図の装置ではコイルの抵抗が小さいので，過電流防止のため，回路に抵抗器を入れる。コイルに約3Aの電流が流れるようにしてから磁界を調べるようにする。

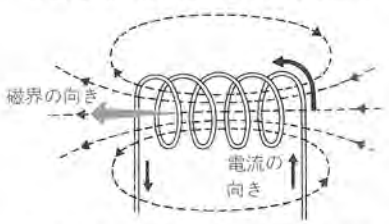
②留意点 磁界を調べるときは，できるだけ小さい磁針を用いたほうが動きがよくわかってよい。いくつか磁針を配置しておくとわかりやすい。

解説 磁界において磁力線は，Nから出てSに向かう。

③留意点 鉄粉は，静かに薄く一面に散布する。そして，電流を流してから台を軽くたたく。毎回，鉄粉を回収し，新しく散布してから実験したほうがきれいな模様になる。

解説 コイルに電流を流すと，鉄粉が磁化して磁力線の模様を描く。

円形コイルの作る磁界の向きと電流の向きとの間には，次のような関係がある。



4 留意点 市販のコイルは，2重コイルが便利である。磁化用コイル，変圧器の2次側のコイルも使える。

観察台は，コイルが半分入る高さにし，コイルが入る大きさの穴をあける。中板を作り，コイル中央の磁界が調べられるようにする。

電流は，コイルの形状や巻き数によっても異なるが，許容限度の電流を流したほうがよい。場合によっては，10A以上の電流が流れることがあるので許容電流を点検する必要がある。許容電流の目安は，電源装置で5A，すべり抵抗器で2A，32芯導線で7Aである。

電流を流した後，中板をコイルの中から取り出すときには，鉄粉をこぼさないように注意する。

準備するもの

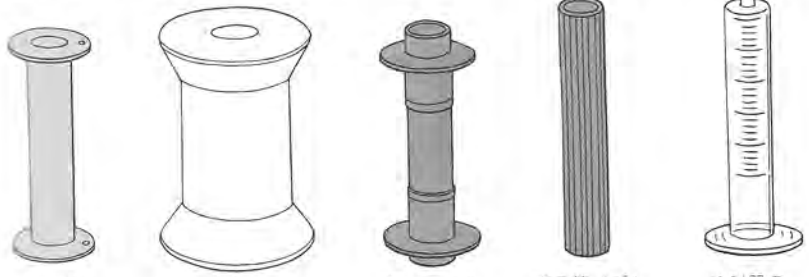
巻き枠(コイルボビン)① エナメル線② セロハンテープ 紙ヤスリ ハンダ ハンダごて

①既成品に限らず，いろいろなもので代用できる。1を参照。
②No.24～No.28程度のものがよい。

157 電磁石を作る

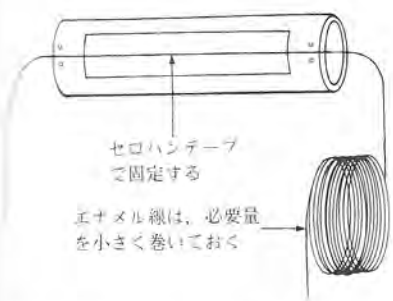
ねらい 巻き枠にエナメル線を巻き，電磁石を作ることができる。

1 巻き枠を用意する

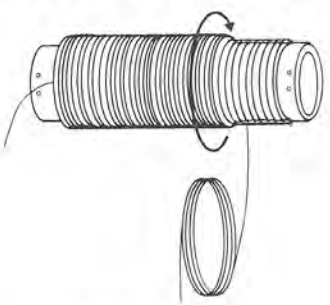


2 巻き枠にエナメル線を巻く

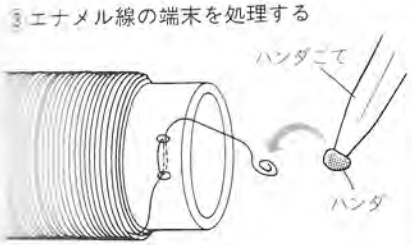
1 エナメル線の一端を巻き枠に固定する



②エナメル線を巻く

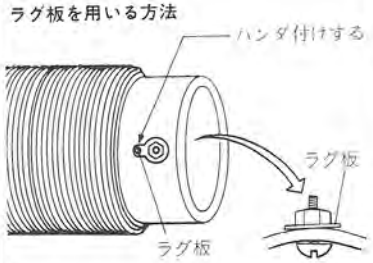


3 エナメル線の端末を処理する



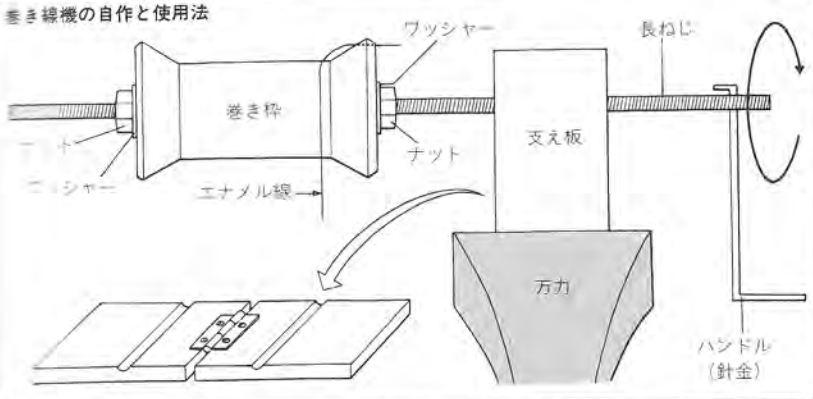
エナメル線を穴に2回通して外に出す．そして，先端のエナメルをはがして輪にし，ハンダ付けする

ラグ板を用いる方法



先端のエナメルをはがしてラグ板にハンダ付けし，ビス・ナットで固定する

巻き線機の自作と使用法



解説 エナメル線を直接，鉄しんに巻く方法もあるが，ここでは巻き枠を使ったものを作る。巻き枠を使ったほうがコイルが巻きやすい。また，鉄しん(鉄ボルトがよい)の出し入れによる空しん・有しんの実験もできるので用途が広い。

1 留意点 既成品以外に，いろいろなものを代用することが考えられる。図のようなもののうち，いずれかを用意すればよい。注射器を使う場合は，プラスチック製のものを用意し，先端部分を切断する。

2① 留意点 エナメル線は，No.24～No.28程度のものが使いやすくてよい。エナメル線を手巻きする場合，枠に大きく巻いたものをそのまま使うと，一巻きごとに線がねじれ，こぶができることがある。これを防ぐため，必要量をあらかじめ計算し，5 mとか10 mとかの長さに切断して，小さく巻いておくとよい。

参考 エナメル線の番号と直径，抵抗の関係は次のとおりである。

BS番号	直径〔mm〕	1 mの抵抗〔Ω〕
18	1.0	0.022
20	0.81	0.036
22	0.64	0.055
24	0.51	0.09
26	0.40	0.14
28	0.32	0.23

3 解説 エナメル線の線端をハンダ付けするのは，クリップでとめやすくするためである。

参考 コイルをたくさん巻くときや，きれいに巻きたいときには，巻き線機があると便利である。左の囲み図は，簡単な巻き線機の一例を示したものである。

長ねじは，直径8 mm，長さ20cm程度のものがよい。

ハンドルは針金(直径3 mm，長さ10cm)で作る。長ねじに直径3 mmの穴をあけ，その穴に針金を通して曲げる。

支え板は，かまぼこの板などに長ねじがちょうど通るぐらいの溝を彫り，ちょうつがいでつないで作る。

左の図は手巻き用であるが，ハンドドリルを使う方法もある。長ねじにワッシャーとナットで巻き枠を固定し，その長ねじを万力に固定したハンドドリルのチャックにとりつけて巻きとればよい。この場合は，あらかじめ回転比を数えておく。コイルを巻くときは，必ず巻き数を数えながら巻く。

準備するもの

空しんコイルの電磁石① 磁針 直流電源② 鉛筆③
鉄棒④ ゼムクリップ

①100回巻き，200回巻き，400回巻きなど各種。②電源装置で，電池でもよい。電池で自作の装置を作る場合は，1を参照。③鉛筆のほか，ガラス棒，アルミニウム棒など，いろいろな棒を用意するとよい。④焼きなました鉄ボルトやくぎなど。

158 電磁石の性質を調べる

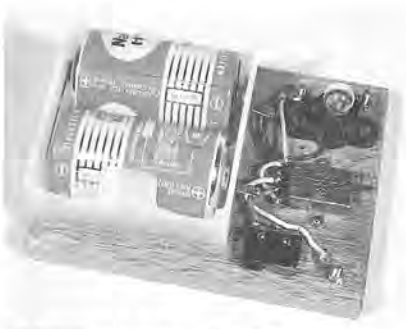
ねらい小6

コイルに電流を流すと磁石のはたらきをし，電流を切ると磁石のはたらきがなくなることが調べられる。
電磁石は，鉄しんを入れたり，コイルの巻き数を多くしたり，電流を大きくすると，磁力が強くなることが調べられる。

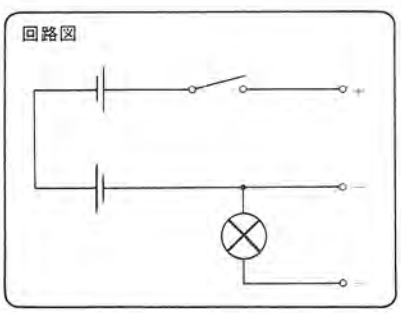
1 単1乾電池使用の自作の電源装置

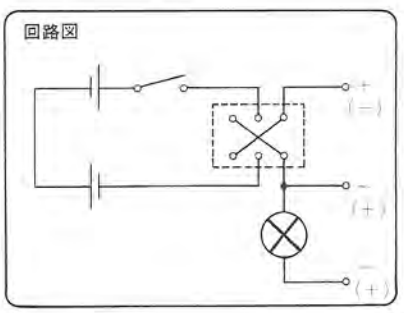


正負の切り換えスイッチがない装置



正負の切り換えスイッチ付き装置



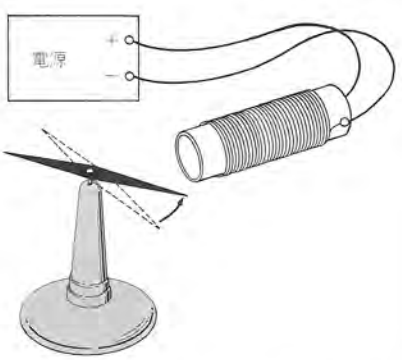


2 空しんコイルの電磁石について調べる

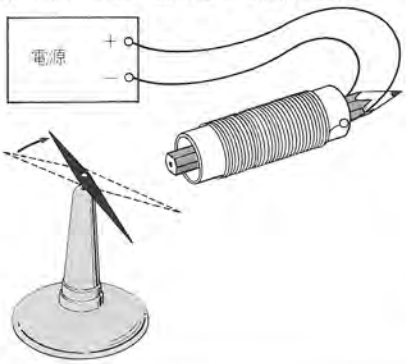
①電磁石に電流を流し，磁針の振れを観察する



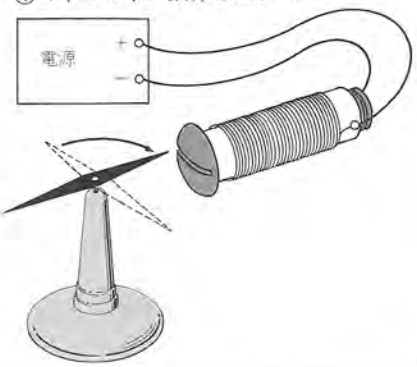
②電流の向きを逆にしてみる



③コイルの中に鉛筆などを入れてみる



④コイルの中に鉄棒を入れてみる



留意点 電磁石の実験において，電源として単1乾電池を使用するときには，次のことに留意する。

単1乾電池の定常電流は，0.5A程度が望ましい。そのためには，負荷抵抗が少なくとも3Ωは必要である。しかし，自作の電磁石は，線径や巻き数の関係から，どうしても低抵抗になりやすい。このようなときには，抵抗として，豆電球を直列につなぐとよい。通電状態が一目でわかるほか，電池の消耗度もわかるので便利である。

定量実験の場合は，トランス使用の電源装置を使用し，電圧計や電流計で，電圧や電流を確認したほうがよい。同じ電圧でコイルの巻き数を2倍にしても，電流が変化するので，磁力は2倍にはならない。

1 解説 電源として単1乾電池を使用するときには，図のようなものを作っておくと便利である。

正負の切り換えをワンタッチで行えるように，回路に6Pスイッチを入れておくと，さらに便利である。

中央の端子は，回路に豆電球を入れないときに使う。

留意点 1.5V用として使うときには，電池を1個だけ入れて，電池を入れない電池ホルダーの正負の接点を短絡すればよい。

2① 結果 空しんコイルに電流を流すと，磁針が振れる。このことから，鉄しんがなくてもコイルには電磁石のはたらきがあることがわかる。

② 留意点 正負の切り換えスイッチがついていない電源装置で，電流の向きを逆にするときには，端子の接続を逆にすればよい。

結果 磁針は，①の場合と逆に振れる。

③ 留意点 鉛筆，ガラス棒，アルミニウム棒などで試してみるとよい。

結果 磁針の振れは，コイルの中に鉛筆などを入れても，何も入れないときと変わらない。

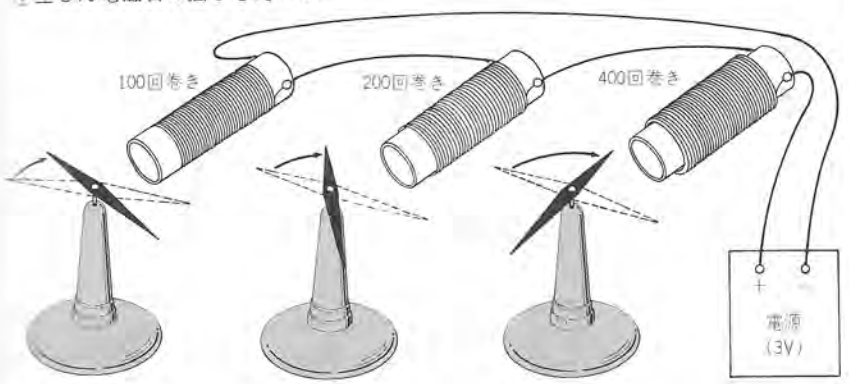
④ 留意点 鉄棒は，焼きなました鉄ボルトやくぎなどがよい。

結果 磁針は，鉄しんに吸い寄せられるように回転し，鉄しんと一直線の向きになる。

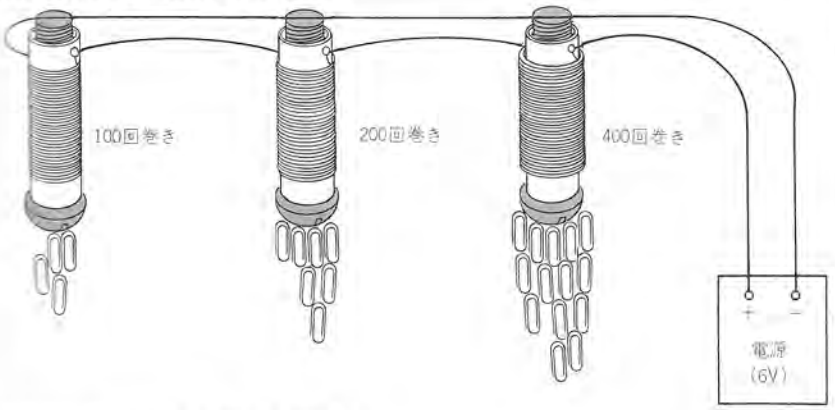
参考 磁針を静かに，少しずつ遠ざけてみるとよい。

3 コイルの巻き数と磁石の強さの関係を調べる

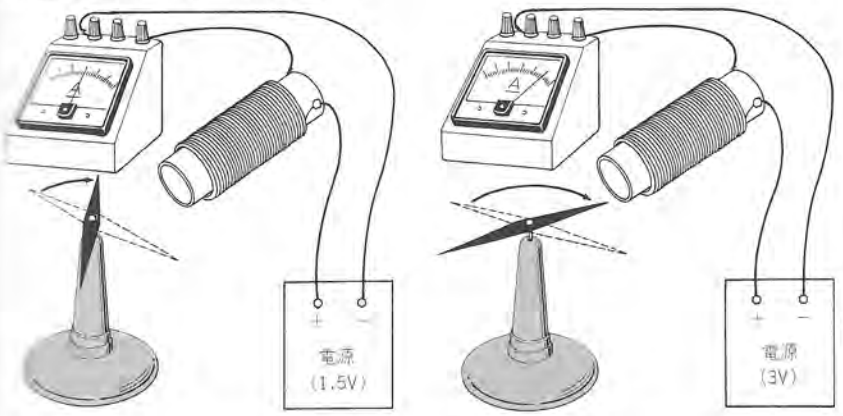
1 空しん電磁石の強さを比べる



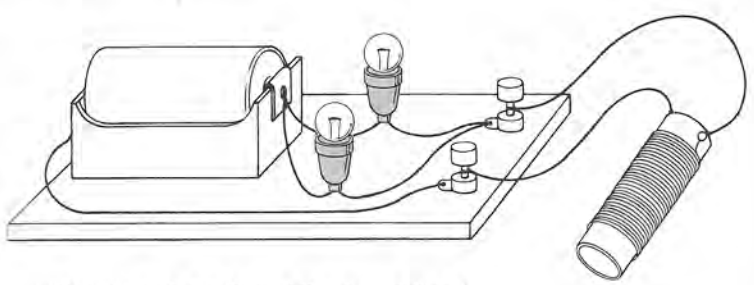
2 鉄しん入り電磁石の強さを比べる



4 電流と磁石の強さの関係を調べる



電池1個で電流を変化させる方法



回路に豆電球2個を並列に入れておくと，1個の豆電球の点滅で電流をほぼ1：2に変化させられる

3 解説 巻き数による磁石の強さを調べるためには，電流の大きさを等しくしなければならない。同一電源にそれぞれのコイルを個別につないでも，それぞれの抵抗が違うので，電流が同じにならない。簡単に同一電流にするため，電磁石を直列につなぐ。

電流を等しくしても，漏えい磁束などの関係で正確には比例しないが，だいたいの大小関係はわかる。

留意点 電源電圧は，3～6 Vぐらいが適当である。

②では，クリップの代わりに直径3 mmの鋼球を使用してもよい。

結果 コイルの巻き数を多くすると，①では磁針の振れが大きくなり，②では吸いつくクリップの数が多くなる。このことから，巻き数が多くなるほど，磁石は強くなることがわかる。

4 留意点 コイルは，できるだけ巻き数の多いものを使う。

電源に電池を使う場合，内部抵抗の関係で，電池を2個，3個と増やしても，電流が2倍，3倍になるとは限らない。回路に電流計を入れて電流を測定するか，事前に電流計で調べておく必要がある。

結果 電流が大きいほど，磁針の振れは大きくなる。このことから，電流が大きくなるほど磁石は強くなることがわかる。

参考 電池1個で電流を変化させるには，左の囲み図のように，回路に豆電球2個を並列に入れておけばよい。

この場合でも，内部抵抗と負荷抵抗の関係があるので，あらかじめ電流計で電流値をはかっておいたほうがよい。

準備するもの

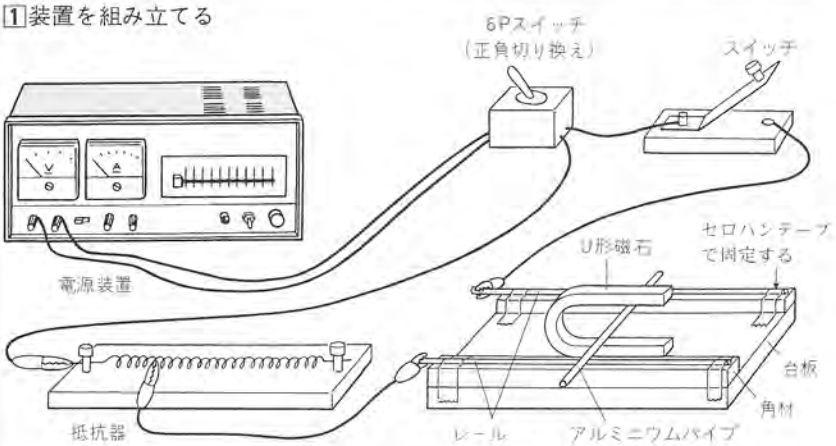
アルミニウムパイプ　銅線①　台板　角材　抵抗器
スイッチ　6Pスイッチ　電源装置②　U形磁石③
導線　セロハンテープ

①レールに使うので，ある程度の太さが必要である。②乾電池でもよい。③できるだけ強力なものを用意する。
*【別法】では，上記のほか，木の棒(割りばしなど)，スタンド，直流電流計を用意する。

159 磁界から電流が受ける力を調べる

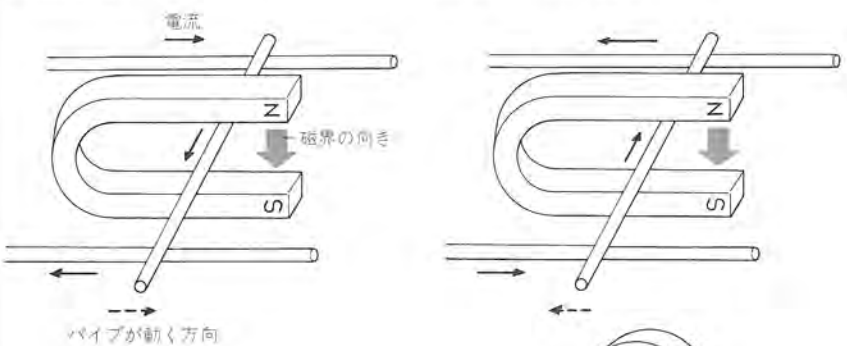
ねらい 中2　磁界内の導線に電流を流すと，導線は力を受けることが調べられる。
フレミング左手の法則を確かめることができる。

1 装置を組み立てる

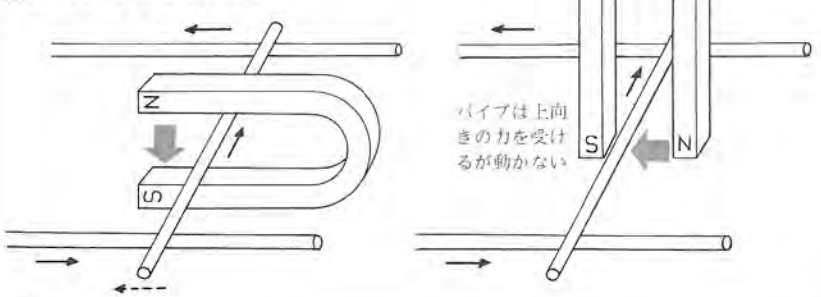


2 回路に電流を流し，アルミニウムパイプの動きを観察する

①電流を流してみる　②電流の向きを変えてみる

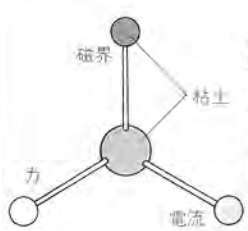


③磁石の向きを変えてみる



フレミング左手の法則の説明器

磁界，電流，力の方向を説明するときには，次のような簡単な立体模型を使うとよい。黒板で説明するよりも理解しやすい。

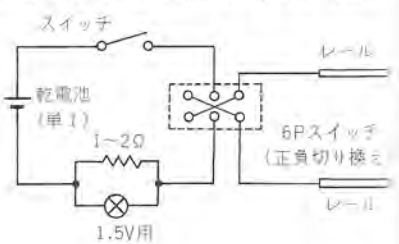


粘土に，割りばしなどの棒を刺したもの。この場合，力，磁界，電流の向きを色分けしておくとよい。



透明プラスチック板を直角に折り曲げ，力，磁界，電流の向きをかきこんだもの

1 留意点 電源としては，電源装置，乾電池のいずれを使ってもよい。電圧は1～3V程度である。
抵抗器として，ここでは500W用ニクロム線を使用しているが，1～3Ω程度の固定抵抗か1～2A程度の豆電球を使ってもよい。豆電球を使うと，接触の良否，電流の大小が一目でわかるので便利である。固定抵抗を使用したときの電流の調節は，電圧の高低で行えばよい。
レールは，銅線，黄銅線，スズめっき銅線などがよい。
レールやアルミニウムパイプは，さびをきれいに落としておく。さび落としにはステンレスたわしを乾いたまま使用するとよい。
解説 可動パイプとしてアルミニウムパイプを使う理由は，非磁性体であることと軽量ということである。しかし動きやすくするためには軽量のほうがよいが，接触電気抵抗を減らすためには重いほうがよい，という矛盾がある。
参考 電源，スイッチ，抵抗(豆電球)などを台板にとりつけた装置を作っておくと何回も実験するとき，毎回装置を組み立てる必要がないので便利である。次の回路図にしたがって自作しておくとよい。

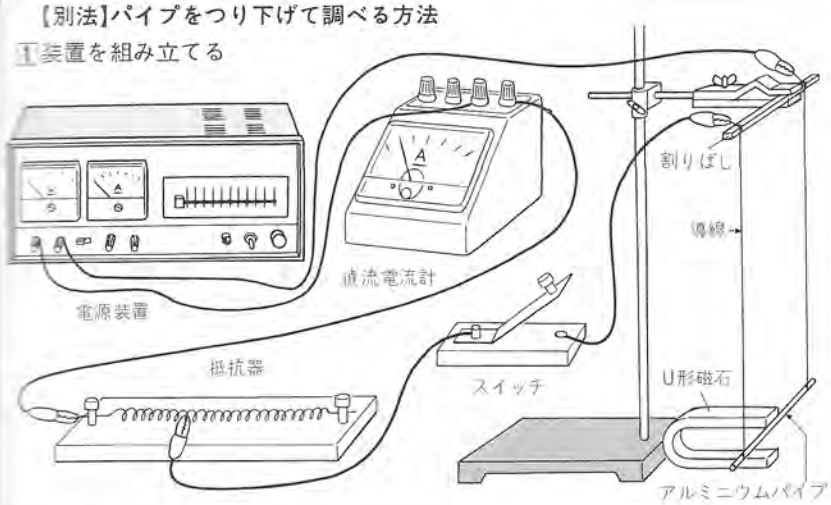


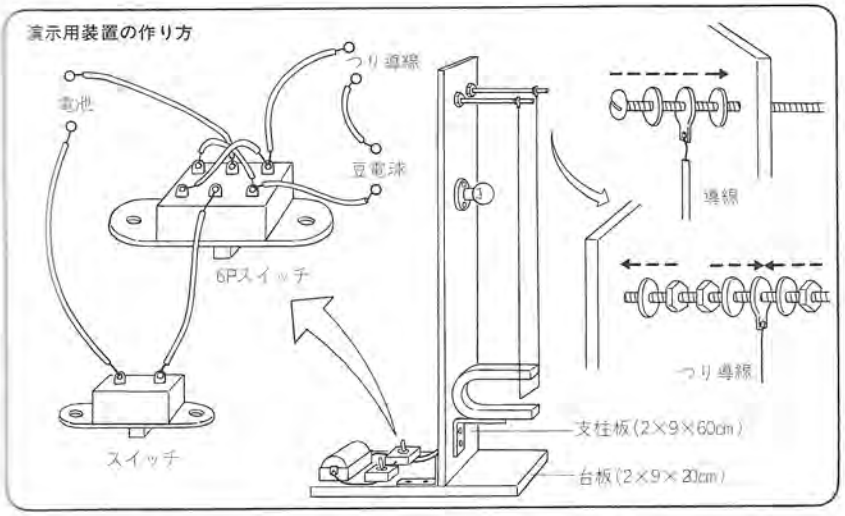
レールは，径2mm黄銅棒，可動棒は径3mmアルミパイプと，径2mm黄銅棒を，併用してある。

2 留意点 この実験の動作電流は，1A程度で十分なので，抵抗器を操作するときには0Ωにしないように注意する。0Ωにすると過電流になる。そのため，抵抗の値と電源電圧に注意する必要がある。
アルミニウムパイプが動かないときは，接触不良である。この場合は，回路を点検してみる。むやみに電圧を上げると，火花放電を大きくし，アルミニウムパイプの酸化を促進することになるので，次の実験の障害になる。

【別法】パイプをつり下げて調べる方法

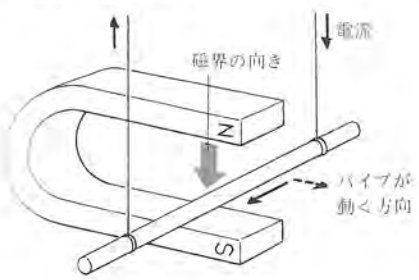
1 装置を組み立てる



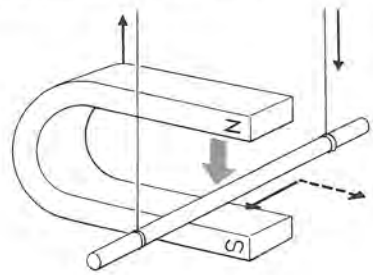


2 回路に電流を流し，アルミニウムパイプの動きを観察する

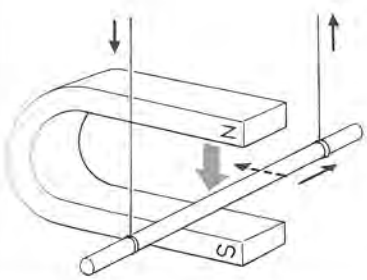
①電流を流してみる



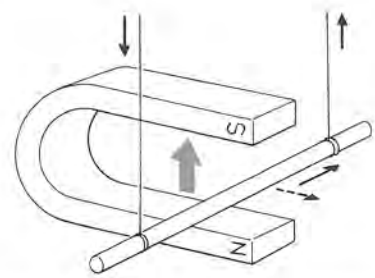
②電流の大きさを変えてみる



③電流の向きを変えてみる



④磁石の向きを変えてみる



【別法】パイプをつり下げて調べる方法

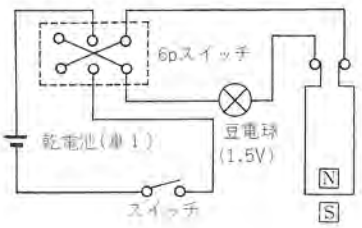
1 留意点 電源と抵抗器については，前ページ1の留意点を参照。

電流計の負端子は，5 A端子を用いる。

つり導線は，なるべくしなやかなものを用いる。そして，アルミニウムパイプと裸導線との接触部は，電流が流れやすいように密にする。

アルミニウムパイプの代わりに銅線を使ってもよい。

参考 電源，スイッチ，抵抗(豆電球)などを台板にとりつけた演示用装置を作っておくと便利である。次の回路図と左の図を参考にして作るとよい。



2 留意点 この実験の動作電流は，0.5～1 A程度である。アルミニウムパイプが動かないときには，回路の接触不良か，磁石の磁力が弱いためなので，点検してみる。動かないからといって，むやみに抵抗を小さくしたり電圧を上げたりしてはいけない。過電流になって危険である。

②では，電流の大きさをいろいろ変えてみるとよい。ただし，あまり大きくしないように気をつける。

③で電流の向きを変えるときには，スタンド上部の木の棒の部分の接続を変えるとよい。電源部分で変えると，電流計の接続も変えなければいけない。

160 モーターを作る

ねらい 小6理2　簡単なモーターを作り，モーターの原理・構造・性質を知ることができる。

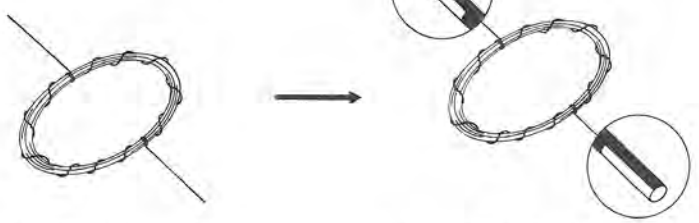
準備するもの

エナメル線　瞬間接着剤　銅線①　豆電球　乾電池　まち針　磁石②　導線　ステープラーの針(No.3)　針金　手回し発電機2　スイッチ

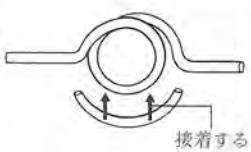
①径1㎜程度のスズ引き銅線がよい。②ネオジム磁石，フェライト磁石などがよい。

1 簡単なモーターを作る

①エナメル線でコイルを作る

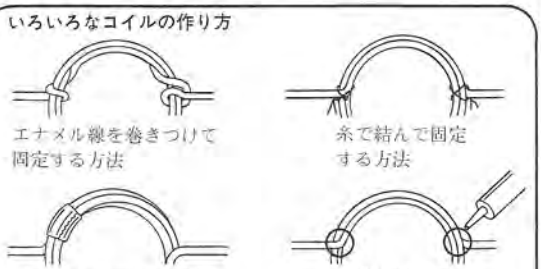


エナメル線径0.5㎜を2～20回巻く　　コイルの両端のエナメルを片面だけはがす

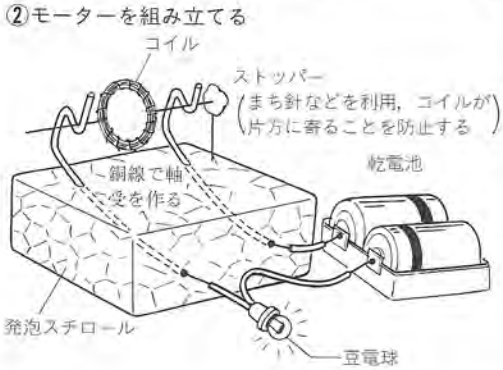


コイルの巻き数が少ないときは，上下の重さのバランスがよくないので，エナメル線を切って作ったおもりを接着してバランスをとる

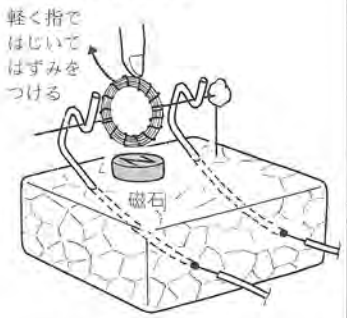
いろいろなコイルの作り方



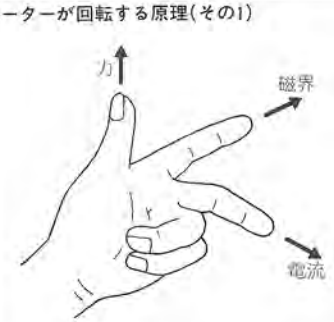
②モーターを組み立てる



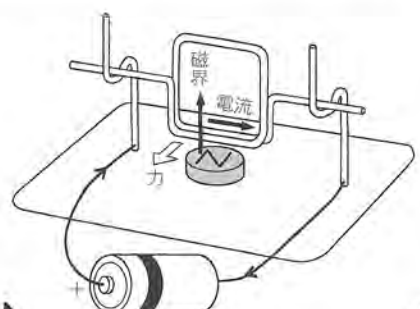
③コイルの下に磁石を置き，モーターを回転させる



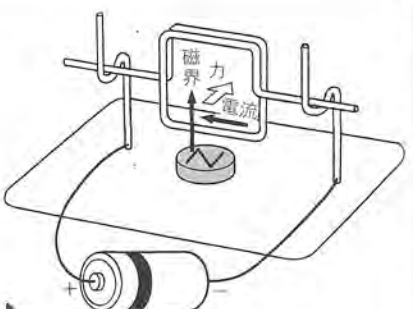
モーターが回転する原理(その1)



磁界の中で導線に電流を流すと銅線のまわりにできる磁界と磁石の磁界の2つの磁界が強めあう部分と弱めあう部分ができ，導線は力を受ける。その向きの関係は上図のフレミングの左手の法則として知られている。



フレミングの左手の法則を利用してモーターを回転させる。上図のように電流を流すと，電機子の下の部分は手前に力を受け回転し始める



電機子が半回転したときに，電流は逆方向に流れるため，電機子の下の部分は逆向きの力を受けてしまう。コイルの両端のエナメルを半分だけはがすのは，このときに電流が流れないようにするためである

1①留意点 コイルの直径は15～30㎜が適当である。小さいと作業がしにくく，大きいと動きはダイナミックだがバランスがとりにくい。コイルの巻き数は2～20回の間でいろいろ作ってみるとよい。

コイルの両端のエナメルをはがすときにはカッターナイフなどで片面だけをはがすようにする。このとき，コイルを垂直にして，上面のエナメルをはがすようにする。これは，磁力線が垂直にはたらく場合である(1③参照)。したがって，磁力線が水平にはたらく場合は，コイルを水平に置いて，上面のエナメルをはがすようにする。

また，コイルは上下の重さのバランスがよくないと回転しないのでいろいろと工夫してみる。

②留意点 電機子の重さと軸受の角度の微妙な関係で回転がスムーズにいかなかったり，軸のエナメルをはがしすぎて回転しないなど，軸受の形状と軸のエナメルをはがす部分の大きさのバランスがうまくいかないことが多いので注意する。

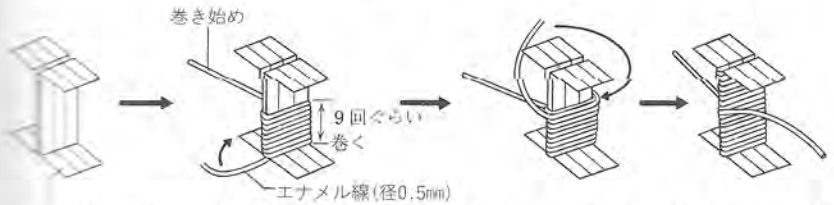
回路には豆電球を入れておくとよい。過電流が防止でき，接触の良否や電池の消耗なども一目でわかるので便利である。

参考 モーターを逆に回転させるためには以下の3つの方法がある。

- 磁石の極を逆にする
- 電流の流れる方向を逆にする
- コイルのエナメルをはがすとき，①と逆の部分をはがす

2 エナメル線とセロハンテープの針を使ってモーターを作る

1 エナメル線とセロハンテープの針にエナメル線を巻き，電機子を作る



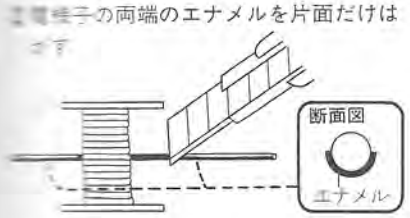
セロハンテープの針

針の中心から下に向かってエナメル線をきつく巻く

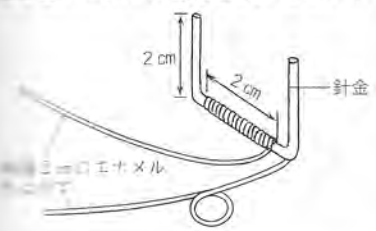
エナメル線を下まで巻き進んだら，2段目を巻きながら中心まで戻る

同じ方法で残りの半分を巻き，巻き終わりをまっすぐ伸ばして軸にする

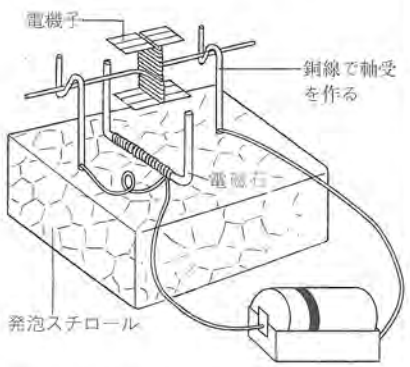
2 電機子の両端のエナメルを片面だけはがす



3 針金にエナメル線を巻き，電磁石を作る



4 モーターを組み立て，動かしてみる



電池をつないでも回転しない場合は，指で軽くはずみをつけてやるとよい

2 3 留意点 針金は太いほどよいが細いほうが曲げやすい。エナメル線は巻き始めを5 cm，巻き終わりを10cmぐらい余らせておく。

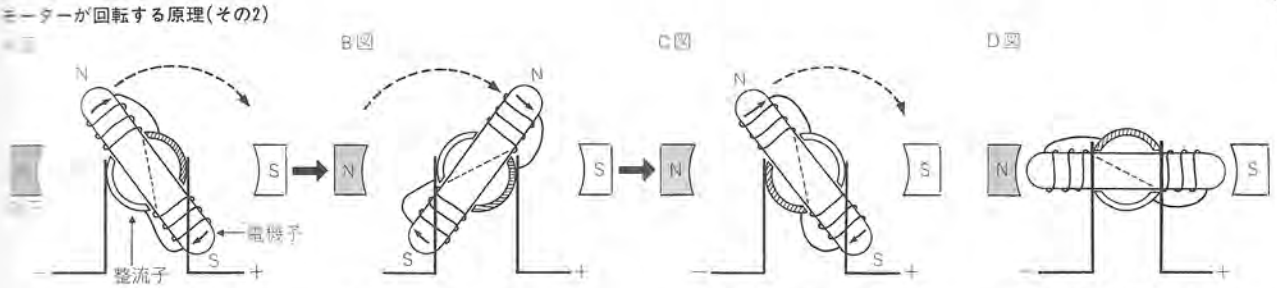
4 留意点 電機子と軸受は1と同様にバランスに気をつける。軸受は発泡スチロールの台にしっかり突き刺して固定する。電磁石はセロハンテープで固定してもよい。また，電磁石を永久磁石にしても同様の結果が得られる。
必要に応じて1と同様にストッパーなどの工夫を施すとよい。

3 1 参考 豆電球の代わりに，1 2で作ったモーターを接続してみてもよい。

解説 手回し発電機(ゼネコン)は発電機としてもモーターとしても使える器具でモーターと発電機の構造が同じであることを理解するのに便利である。
スイッチを入れた瞬間，豆電球は明るくつくが，手回し発電機の回転があがるにつれて暗くなる。また，回転している手回し発電機の軸に負荷をかけると豆電球は明るくなる。豆電球が明るくなるときは，手回し発電機の抵抗が小さく，大きな電流が流れているときである。

2 解説 手回し発電機を2台つなぎ，2人1組になって行う。ハンドルを回すほうが発電機，それによって回るほうがモーターである。

モーターが回転する原理(その2)



A図 この位置にあるとき，磁石のN極に近いほうに電機子のN極が近づき(S極についても同様)，同極は反発，異極は引き合うので，電機子は矢印の方向に回る

B図 電機子が回転してこの位置にきても，磁石と電機子のN極とS極の関係は変わらないので，同じ向きに回転を続ける

C図 この位置にくると，整流子によって，電機子のコイルを流れる電流の向きが逆になるため，結果としてA図と同じ状態になるため，同一方向に回転を続ける

D図 この位置からは始動できないし，ここで止められると回らなくなる。また，抵抗が減少するので過大電流が流れる。これが2極モーターの欠点である(回転中は慣性でこの位置を通り過ぎる)

3 モーターの性質を調べる

1 モーターに流れる電流の変化を調べる



手回し発電機を入れて手回し発電機を回し，豆電球の明るさの変化を観察する

2 2つの手回し発電機を接続し，一方を回してみる



回転している手回し発電機の軸を押え，豆電球の明るさの変化を観察する

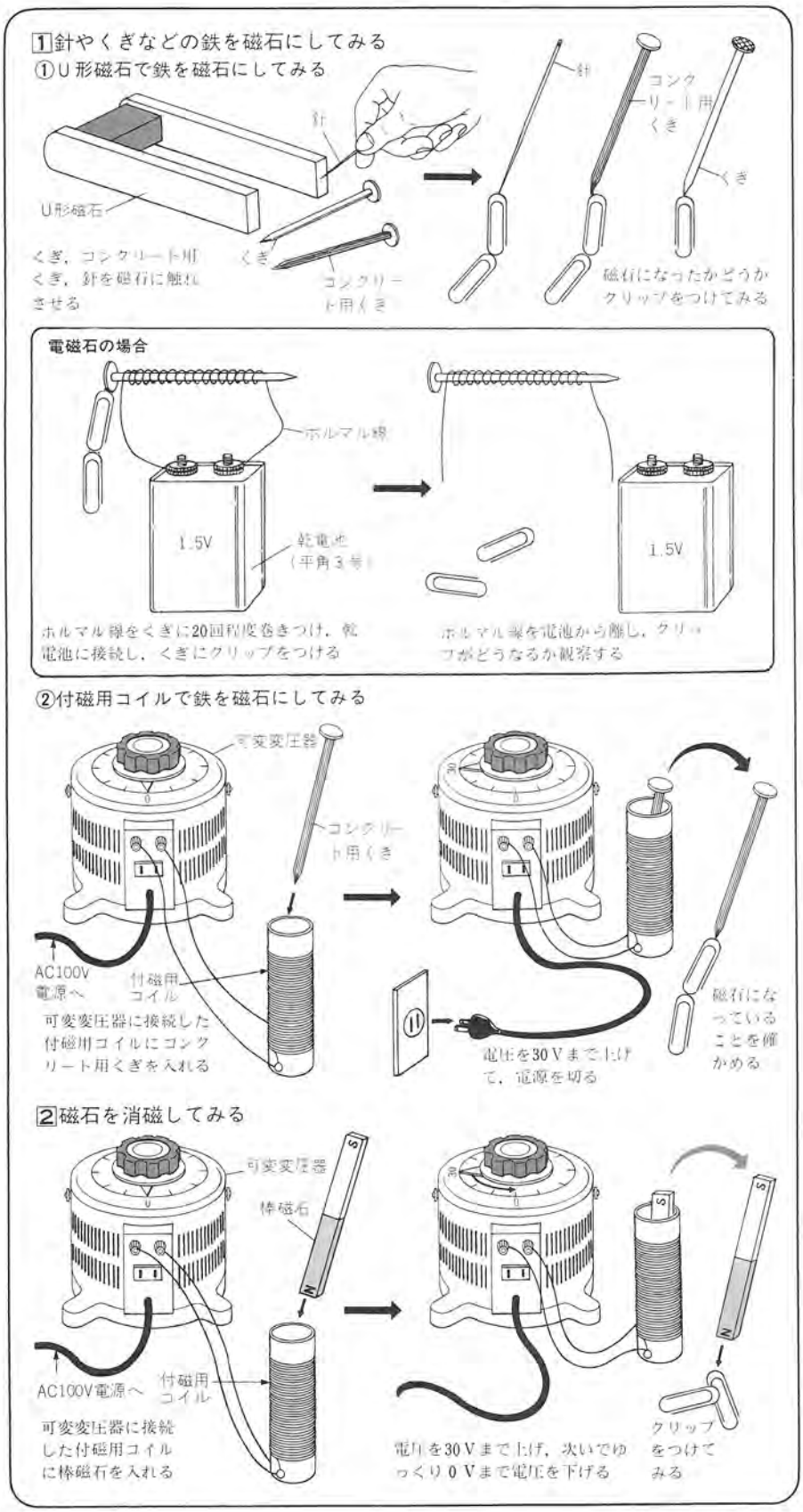
161 付磁・消磁の実験

ねらい 小6中2 鉄を磁化させたり消磁したりする方法を知ることができる。鉄などを引きつける性質，すなわち磁力は，与えたり消したりすることのできるものであることが理解できる。

準備するもの

くぎ　コンクリート用くぎ　針　U形磁石[1]　ゼムクリップ[2]　ホルマル線[3]　乾電池[4]　可変変圧器　付磁用コイル　棒磁石

①アルニコ磁石がよい。②ゼムクリップでなくても鉄でできた小さな軽いものであればよい。③エナメル線でもよい。④平角3号(1.5V)が扱いやすい。



1① 結果 針やくぎなどは磁石に触れさせると磁石になることがわかる。また，針やコンクリート用くぎに比べ，ふつうのくぎはあまり磁力が強くないこともわかる。

解説 金属を磁石に近づけてみると，吸いつく金属とそうでないものがある。吸いつく金属はほとんど鉄であり，ニッケルやコバルトも吸いつく。鉄の中にも，このように磁石にした場合，強力な磁力を持ち続ける鉄（硬鉄：ここでは針とコンクリート用くぎ）とそうでない鉄（軟鉄：ここではくぎ）とがある。

磁石に近づけただけでも磁石になるが，その磁力は硬鉄の場合でも極めて弱く，ここでの方法では，その磁力を確かめることは難しい。

参考 電磁石についても調べ，永久磁石の場合と比較してみるとよい。

電磁石は，ホルマル線を乾電池から離すと急激に磁力を失う。常に磁力を持っている永久磁石と電磁石との相違がわかるであろう。

② 留意点 ①で硬鉄（針やコンクリート用くぎ）のほうが磁石になりやすいことがわかるので，ここではコンクリート用くぎを用いる。

電圧は30V程度が適当である。電圧を上げ過ぎると付磁用コイルが熱を持ったり焼けたりするので注意する。

電源を切るのは，可変変圧器のコードをコンセントから抜きとることによって行う。可変変圧器のダイヤルを0Vにしてはいけない。

結果 クリップがつくので，磁石になったことが確かめられる。

2 留意点 1②と異なり，ここでは電圧を30Vに上げた後，ゆっくり0Vまで戻す。

結果 クリップがつかないので，棒磁石が磁力を失っていることがわかる。

解説 この操作をした後も磁力が残っているような場合，さらに同じ操作を繰り返せば，磁力を完全に消すことができる。

また，このように消磁した棒磁石を1②のようにして再び磁石にしてみるとよい。

結果 以上のことから，赤や青に塗られた棒磁石やU形磁石だけが磁石なのではなく，くぎや針も磁石にすることができること，すなわち，鉄などを引きつける性質（磁力）は，それを与えたり消したりすることのできるものであることがわかる。

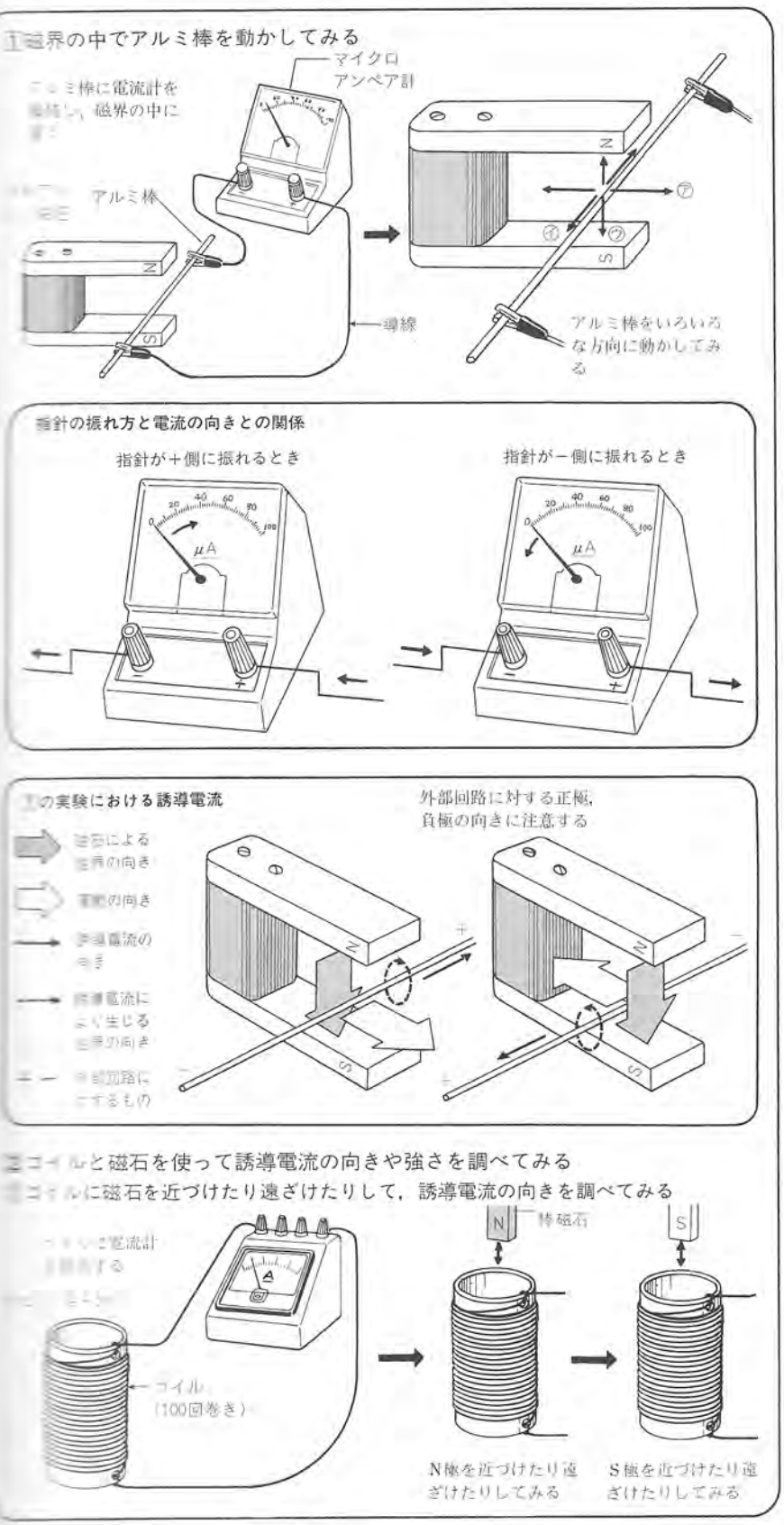
準備するもの

アルミ棒① マイクロアンペア計 磁石② 導線 コイル③ 直流電流計 竹ひご 輪ゴム フィルムケース エナメル線 スタンド たこ糸 セロハンテープ ゼネコン

①径3～6mmのもの。②U形アルニコ磁石，棒形アルニコ磁石，棒磁石，ネオジム磁石があるとよい。③径4cmのボビンにエナメル線を巻いたもの。100回巻いたものと200回巻いたものの2種を用意する。

162 コイルと磁石で電流を作る

ねらい 表2 コイルの中で磁石を動かすと(磁界を変化させると)，コイルに電流が流れることが調べられる。
条件を変えると誘導電流の向きや強さが変化することが調べられる。



1 留意点 磁石はできるだけ強力なものを使用する。アルミ棒の代わりに導線を用いてもよい。
マイクロアンペア計を用いるのがよいが，ない場合は直流電流計でもできる。ただし，電流の大きさは0.5mA程度である。磁極の位置を逆にした場合についても調べる。
また，誘導電流の向きはレンツの法則やフレミング右手の法則に従っていることを確かめてみる。

フレミング右手の法則



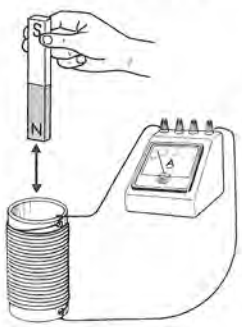
指針の振れ方と電流の向きとの関係をつかんでおかないと混乱をきたす。左の図を参考にして，関係を理解したうえで実験するようにする。

解説 誘導電流は，アルミ棒を磁界の向きに垂直かつ磁界を切るように動かした場合(左図㋐)に生じる。しかし，磁界の向きに垂直でもアルミ棒の軸方向に動かした場合(左図㋑)や，磁界の向きに平行に動かした場合(左図㋒)には，誘導電流は生じない。

2 ① 留意点 コイルを用いる実験(2，3)ではマイクロアンペア計を使わなくても電流計で十分に測定可能である。磁石を固定して，コイルを動かした場合も確かめてみる。
逆巻きのコイルについても調べてみるとよい。

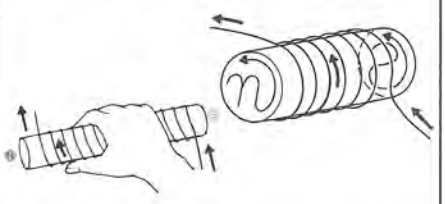
解説 コイルに磁石を近づけたり遠ざけたりすると，コイルに誘導電流が生じる。誘導電流の向きは，レンツの法則に従い磁界の変化を妨げる向きに流れる。

②磁石を動かす速さ，磁石の強さ，コイルの巻き数などによる誘導電流の強さの違いを調べる



- 磁石を動かす速さを変える
- 磁石の強さを変える（棒磁石，棒形アルニコ磁石）
- コイルの巻き数を変える（100回，200回）

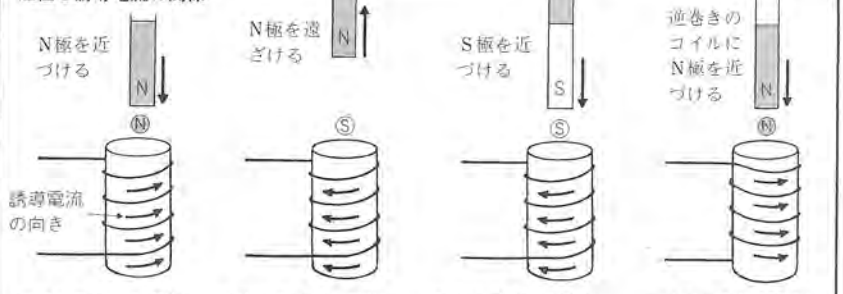
コイルにおける誘導電流の向きを知る方法



右手の法則，親指以外の4本指のつけ根から指先に向かって電流が流れたとき，親指の向きにN極ができる

コイルの両端に，NとSの文字を置いて考える方法（上図では，Sは裏側から見ている）

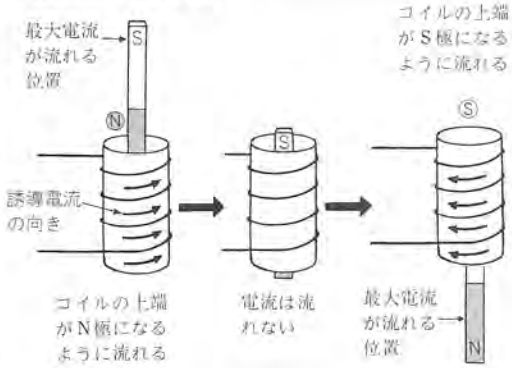
磁極と誘導電流の関係



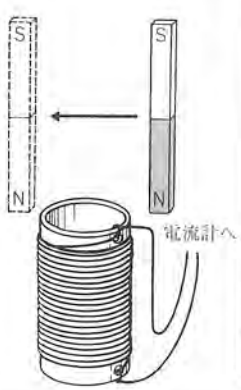
③棒磁石がコイルの中を通過したときの誘導電流を調べる



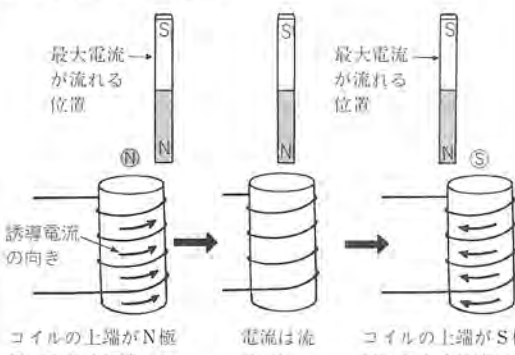
③の実験における誘導電流



④コイルの断面方向に磁石を動かしてみる



④の実験における誘導電流



②留意点 装置は①と同じものを用いればよいが，厳密に測定するためにはマイクロアンペア計を使うほうが望ましい。また，ボビンに巻いたコイルを使うより，エナメル線だけを束ねるように巻いたコイルを使うほうが生じる電流が大きくてわかりやすい。

解説 磁石を動かす速さが速いほど，磁石の強さが強いほど，コイルの巻き数が多いほど，電流は強くなる。

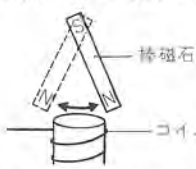
③留意点 コイルはあまり直径の大きくないもののほうがよい。

磁石に竹ひごなどの細い棒をとりつけ，ゆっくり動かすようにする。

コイルの長さに対して，磁石の長さが同程度の場合や短い場合について調べてみるとよい。

解説 磁石がコイルより短い場合，磁石がコイルの中に完全に入っている間は電流が流れない。これは，磁界の変化によって生じる誘導電圧が，1つのコイルの中で互いに打ち消し合うようにはたらくためである。

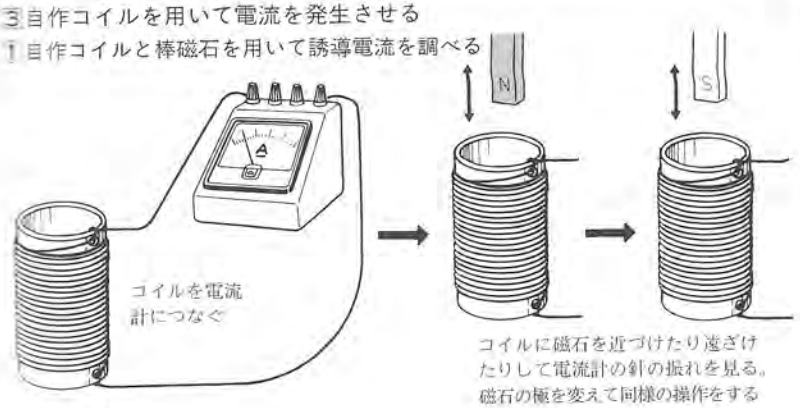
④留意点 ここでも，エナメル線だけを巻いたコイルを使うほうが生じる電流が大きくてわかりやすい。磁石を下図のように振ったときについても調べてみるとよい。



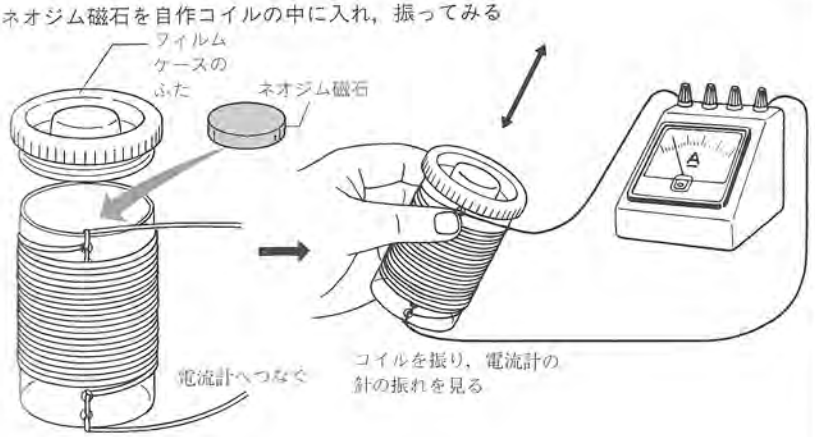
解説 コイルの断面方向に磁石を動かしても誘導電流は生じる。しかし，コイルに磁石を出し入れするときに比べて，電流は非常に小さくなる。この場合でも，電流の向きがレンツの法則に従うことに変わりはない。

3 自作コイルを用いて電流を発生させる

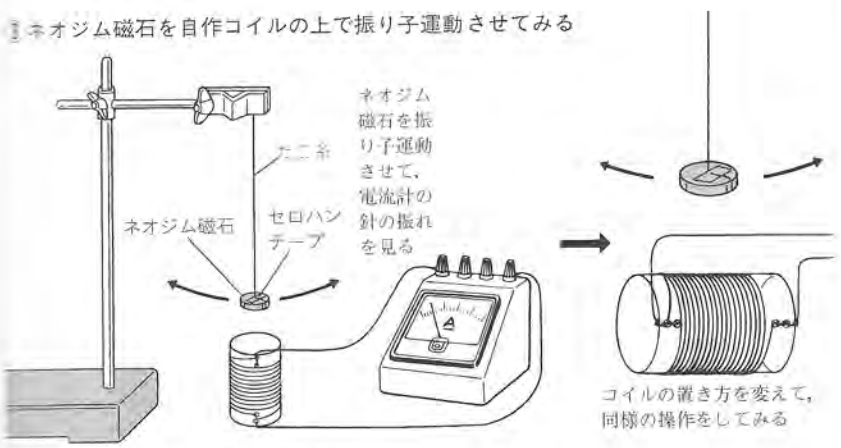
1 自作コイルと棒磁石を用いて誘導電流を調べる



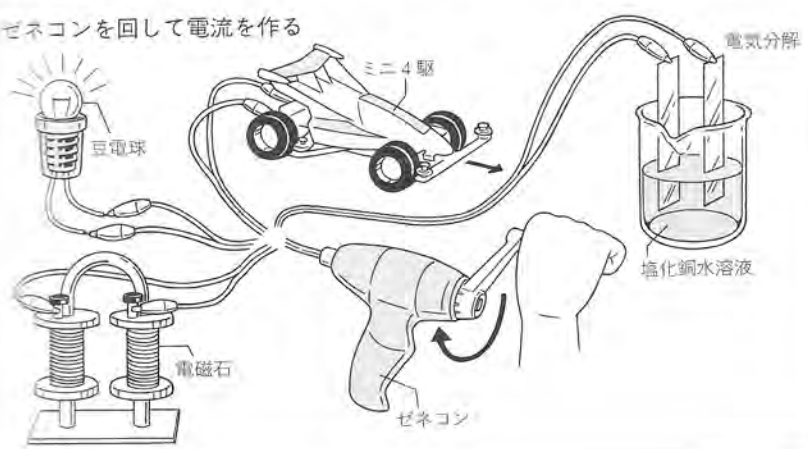
2 ネオジム磁石を自作コイルの中に入れ，振ってみる



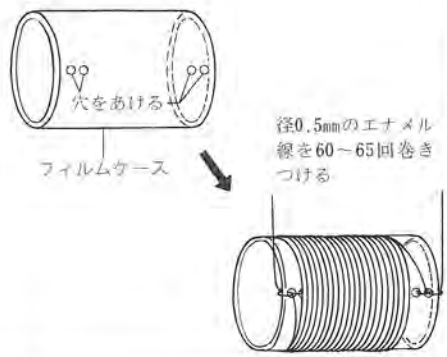
3 ネオジム磁石を自作コイルの上で振り子運動させてみる



4 ゼネコンを回して電流を作る



自作コイルの作り方



3①【留意点】ここでは電流の向きについてあまり深く説明をせず，磁石が動いているときにだけ電流が流れることに気づかせる。

【解説】コイルに誘導電流が生じ，電流計の指針を振らせる。

②【留意点】磁石を動かすと電流が生じることに気づかせるだけでよい。

【解説】フィルムケースの中にネオジム磁石を入れて振ると誘導電流が生じる。

③【留意点】ネオジム磁石は両極が上下になるように糸につける。コイルの置き方もいろいろと変えてみる。このときの誘導電流はとても小さいのでコイルと磁石の間隔をできるだけ小さくする。

4【解説】ここでは磁石とコイルが運動エネルギーを電気エネルギーに変換させるときの仲立ちをしていることをとらえさせる。電気エネルギーが次々に他のエネルギーに変換されていろいろなはたらきをすることを理解させる。

【留意点】ゼネコンは最大12V，1Aまでの電力が得られる。また回転方向を逆にすると電流の向きも逆になる。このため，電気分解をするときには，とくに電流の向きに注意をすること。

163 誘導電流の向きを調べる

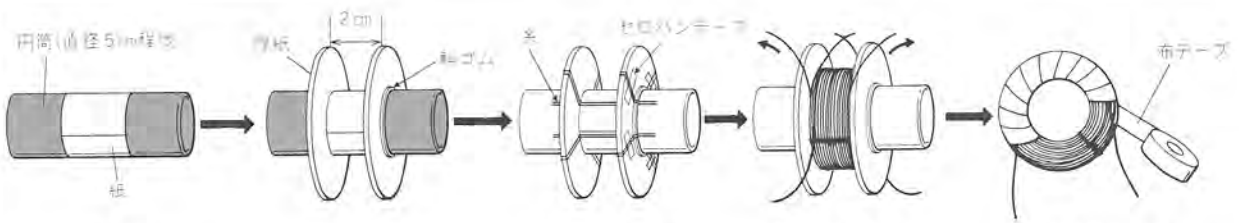
ねらい 中2 コイルの中で磁石を動かすと(磁界を変化させると)，コイルに電流が流れることを，発光ダイオードを使って調べることができる。
誘導電流の向きを調べることができる。

準備するもの

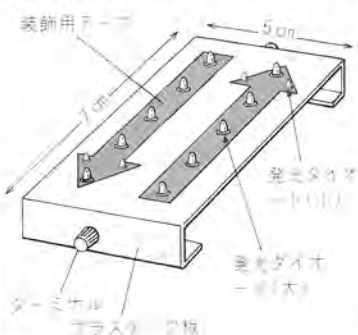
円筒[1] 紙 厚紙 輪ゴム 糸 セロハンテープ
エナメル線(直径0.2～0.4mm) 布テープ[2] プラスチック板[3] 装飾用テープ(赤) 発光ダイオード(大10，小4) ターミナル2 導線 U字形アルニコ磁石 工具類

①直径5cm，長さ15cm程度のプラスチック円筒，ガラスびんなど。②表面にのりがついているもの。③アクリル板や塩ビ板など。厚紙でもよい。

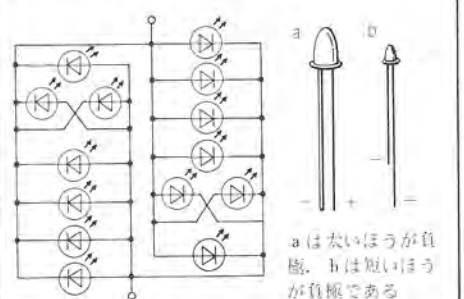
1 コイルを作る



2 発光ダイオードの検流計を作る

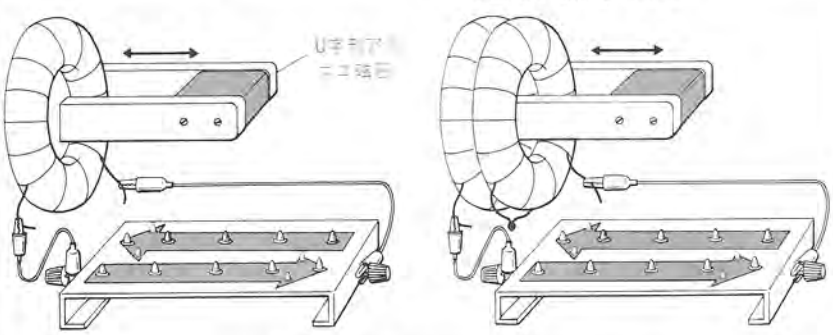


回路図と発光ダイオードの極性

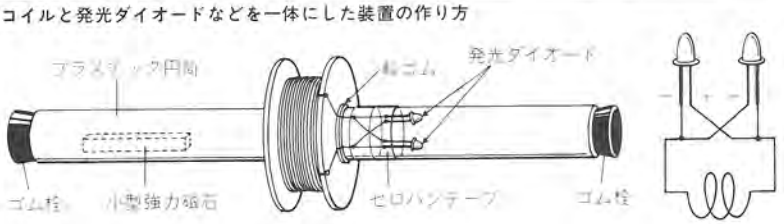


3 コイルの中で磁石を動かし，電流の向きを調べる

①コイル1個の中で磁石を動かしてみる ②直列や並列につないだコイル2個の中で磁石を動かしてみる



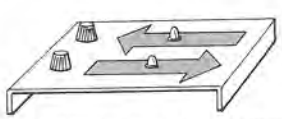
コイルと発光ダイオードなどを一体にした装置の作り方



①ルーターライトや硬質プラスチックなどの滑りのよい円筒(直径1.5cm，長さ20cm程度)の中に，フェライトなどの強い小型磁石を入れ，両端にゴム栓をする
②中央部に2cm間隔で厚紙の輪をはめ，両端を輪ゴムでとめる
③エナメル線を1000回巻く
④発光ダイオード2個を逆向きに接続して，セロハンテープで固定する

1 留意点 エナメル線は，1000回巻きで直径0.4mm，3000回巻きで直径0.2mm程度のものを使えばよい。できるだけ丁寧に巻いたほうが結果がよい。
1000回巻き，2000回巻き，3000回巻きと各種のものを作っておくとよい。

2 留意点 発光ダイオードには，赤，黄，緑など，いろいろな色のものがあるが，赤が見やすくてよい。
装飾用テープはアルミ製(裏面のり付き赤色)なので，ダイオードをとりつける部分は，ショートしないように足のまわりの部分を削りとっておく。
ここでは，大5個，小2個を一組として発光ダイオードを2組使っているが，次のような簡単なものを使ってもよい。



3 解説 500回巻きコイルとU字形アルニコ磁石を使った場合は，速く動かすと7個ほどのダイオードが一瞬，発光する。1000回巻き以上のコイルを使うと，さらによく光るようになり，3000回巻きになると磁石をゆっくり動かしても光るようになる。1000回巻きのコイル2個を，巻き方と電流の向きが同じになるように直列につないで重ね合わせると，1個のときよりもよく光るようになる。ただし，巻き方が互いに反対の場合は光らない。並列につないだ場合は，2個のコイルの電圧値が最大になる時間がずれるため，複雑な光り方をする。

参考 左の囲み図のように，コイルと発光ダイオードなどを一体にした装置を作ってもよい。この場合，両端を手のひらで押さえて激しく振ると，発光ダイオードは交互に点滅する。

準備するもの

銅線　ハンダ　ハンダごて　ベニヤ板　磁石①
交流電流計　直流電流計　セロハンテープ　竹ひご　銅板　糸　接着剤　画びょう　フィルムケース　ゴム栓(2号)　アルミニウム管　導線
模型用モーター3　豆電球　乾電池　スイッチ

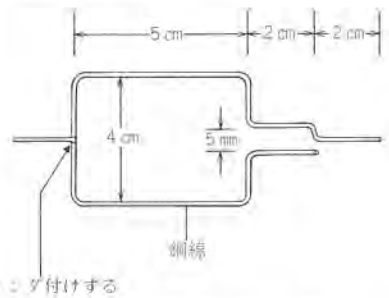
①アルニコ磁石，ネオジム磁石2個を用意する。

164 発電機を作る

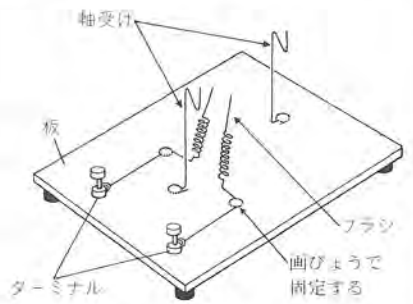
ねらい　中2　電磁誘導の原理を応用して，コイルと磁石で発電機を作ることができる。
発電機とモーターは，基本的に同じ構造であることが理解できる。

1 単コイルの発電機を作る

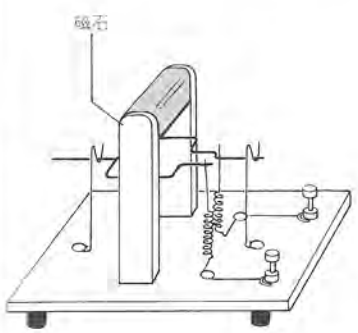
①電機子を作る



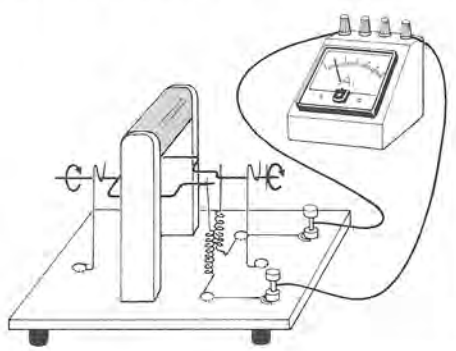
②軸受けとブラシを板にとりつける



③軸受けに電機子を載せ磁石を置く



④電流計に接続し，電機子を指で回してみる



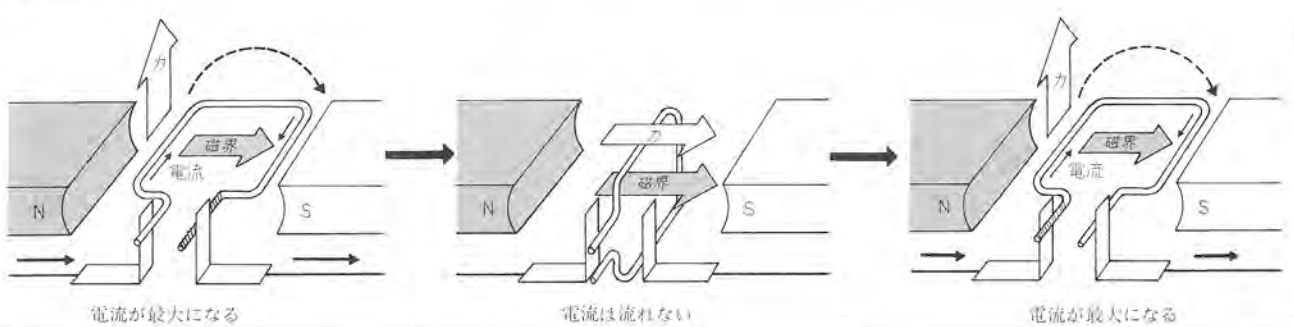
1 ①解説 この電機子は，銅線の一部が整流子のはたらきをするものである。
留意点 電機子は，あまり重くならないようにする。径1㎜程度の銅線を使うとよい。

② 留意点 軸受けは，径1.2㎜ぐらいの銅線で作るとよい。工作が用意である。
ブラシは，径0.3㎜の銅線で作るとよい。下部を径1㎜ぐらいの線に巻きつけてコイル状にし，弾力を持たせるようにする。
板は，7×12cm程度のものがよい。ベニヤ板でよい。また，板には，ゴム足をつけておくとよい。
電流取出口には，ターミナルをつけておくとよい。

③ 留意点 磁石は，できるだけ強力なものがよい。

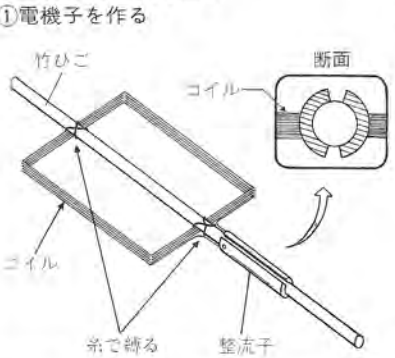
④ 解説 U形アルニコ磁石を使った場合，マイクロアンペア計(100μA)で1μAぐらい針が振れる。また，電流計の50mA端子でも，針が微かに振れるのがわかる。
留意点 電流が生じたことがわかったら，発電の原理について考えてみる。

発電の原理(直流)

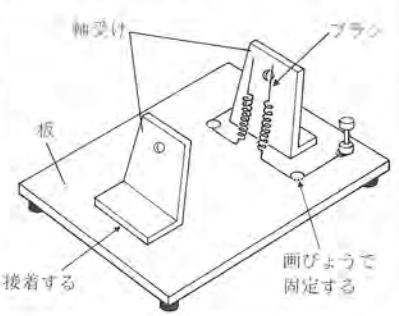


2 直流の発電機を作る

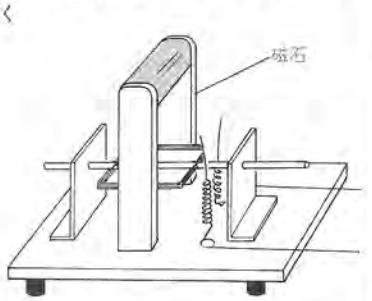
①電機子を作る



②軸受けとブラシを板にとりつける



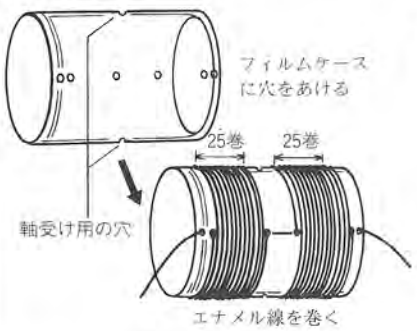
③軸受けに電機子をとりつけて，磁石を置く



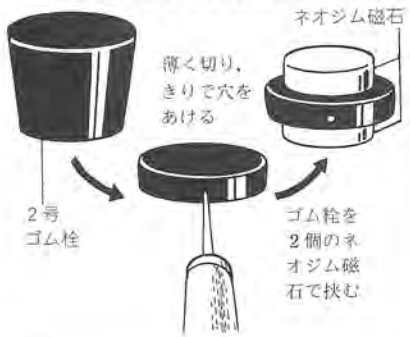
3 交流発電機を作る

①コイルの中で磁石を回転させる

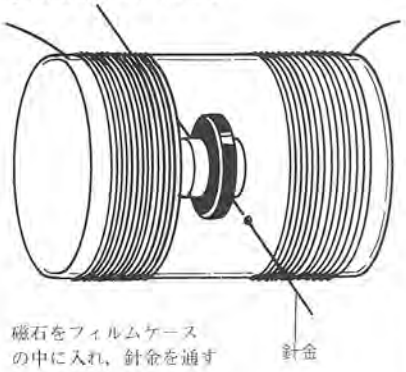
㋐コイルを作る



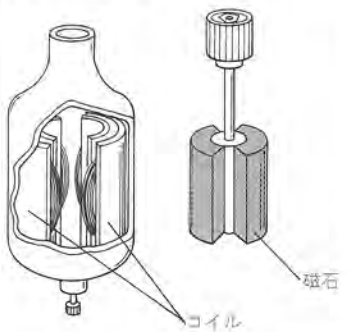
㋑ネオジム磁石をゴム栓にとりつける



㋒発電機を組み立てる

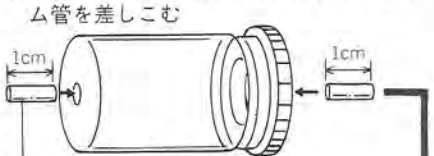


自転車用発電機の構造

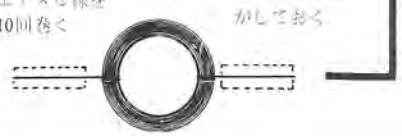


②磁界の中でコイルを回転させる

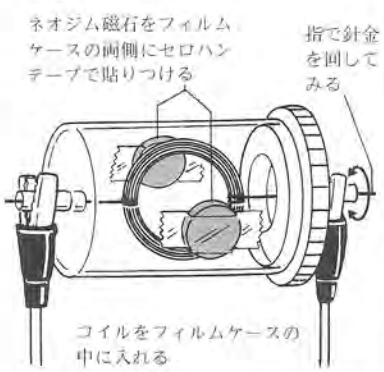
㋐フィルムケースに穴をあけ，アルミニウム管を差しこむ



㋑コイルを作る



㋒発電機を組み立てる



2 解説 平形コイルを使ったもので，1の発電機よりも少し性能をよくしたものである。

① 留意点 コイルは，直径0.2mmのエナメル線を10回ぐらい巻いて作る。
整流子は，長さ2cmぐらいの細長い銅板2枚で作ればよい。竹ひごには接着剤で固定し，コイルの線をハンダ付けする。

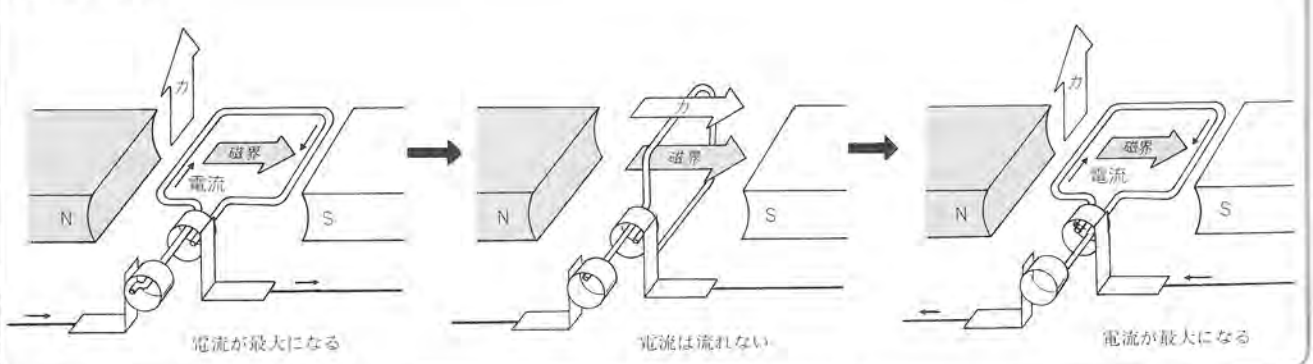
② 留意点 軸受けは，アルミニウム板で作り，接着剤で板に取りつける。
ブラシは，直径0.6mmの銅線で作り，下部をコイル状にして弾力をもたせる。板については，1②の留意点を参照。

③ 留意点 完成したら，1④と同様，電流計を接続して指で回してみるとよい。
解説 10回巻きのコイルなので，起電力は小さいが，電流計の50mA端子に接続した場合，20～30mAぐらいの電流が流れる。

3① 留意点 コイルはそれぞれ25回ほど巻きつければ十分である。ゴム栓にきりで穴をあけ，5～10mmの幅に切り，先に磁石をとりつけてからフィルムケースに入れ，針金を通す。

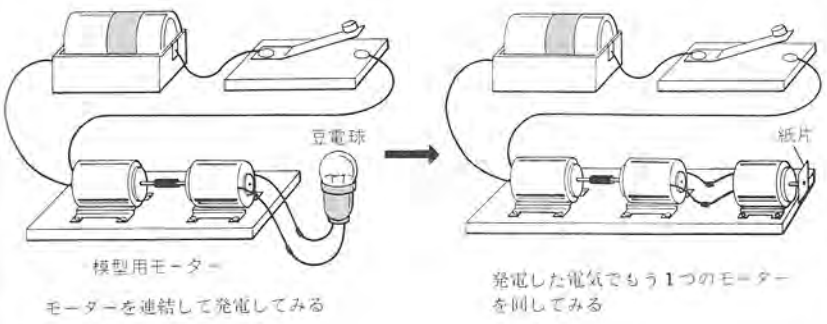
② 留意点 エナメル線は，0.5mm以上の太さがあれば十分である。コイルは適当な大きさの円柱形のものに10回ほど巻きつけ，両端を結ぶようにして固定すればよい。コイルの端はエナメルを削り取っておく。
解説 コイルの中で磁界を回す発電機は，コイルから電流を取り出すための接点を設ける必要がないため，構造も簡単で作りやすい。得られる電流は，回転数に応じた周波数の交流となる。自転車の発電機は，このような構造になっている。直流が必要な場合は，外部にダイオードを用いた整流器をつければよい。

発電の原理(交流)

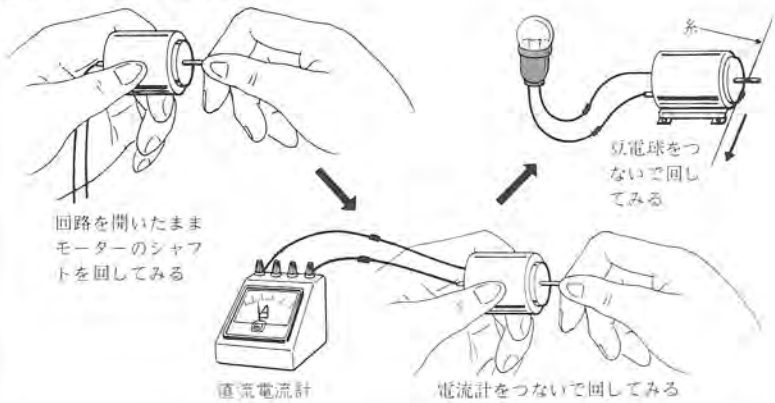


4 発電機の性質を調べる

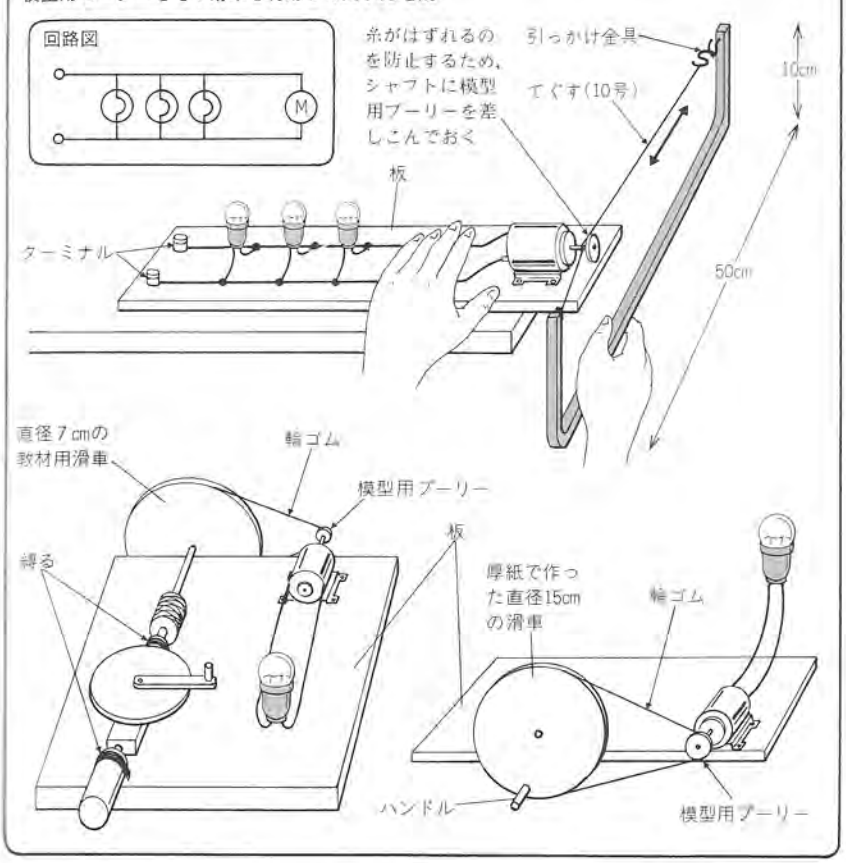
①発電機とモーターが基本的に同じであることを調べる



②モーターで発電してみる



模型用モーターを弓や滑車を利用して回す発電機



4① 留意点 モーターのシャフトを連結するときには，フレキシブル・ジョイントを使ったほうがよいが，太めのビニル線の被覆を使っても十分である。

解説 乾電池に接続したモーターに連結した第2のモーターが回ると，豆電球が点灯する。また，豆電球の代わりにモーターを接続すると，そのモーターも回る。この方法の欠点は，乾電池を使うので，第2のモーターも電池で回っていると誤解する生徒がいることや，仕事が電流に変換されたことがわかりにくいことである。

② 留意点 豆電球をつないで回すときには，指で回すのではなく，糸を使って回すようにする。シャフトに糸を1回だけ巻きつけ，一端を左手で軽く押さえて，他端を強く引っ張るようにするとよい。

解説 モーターの軸を指先で回すと，回路が開いているときは空回りするので軽い。しかし，電流計につないで，回路を短絡させると，空回りしないので重くなる。これは，仕事が電流に変わるからである。また，シャフトに糸を巻きつけて引っ張ると，豆電球が点灯する。電流計につないだときは2~3Aの短絡電流が流れる。

参考 模型用モーターを発電機として使う場合，弓や滑車を利用すると，発電しやすくなる（左の囲み図を参照）。

弓を用いる場合は，モーターに豆電球のソケット3個を並列につなぎ，豆電球を1個，2個，3個と，1個ずつ増やして点灯させてみるとよい（弓が重くなる）。このとき，豆電球が1個の場合は，弓をあまり速く動かすと，フィラメントが切れるので注意する。

また，豆電球をはずして，ターミナルに電流計を接続し，短絡電流を測定すると，約3Aの電流が流れる（弓が重くなるのがからだで感じられる）。同様に，電圧計で電圧を測定すると，約2Vとなる。このとき，弓を引くときと押すときとでは電流の向きが変わるので，弓の動かし方に注意する必要がある。そういう意味では，シャフトに紙片などをとりつけた別のモーターを接続したり，発光ダイオードを使って電流の方向がわかるようにした装置（105を参照）を接続して実験すると，弓を動かす方向を変えると，電流の方向が変わることを調べるのに効果的である。

滑車を用いる方法では，ハンドドリルを用いる方法のほうが，工作も容易で耐久性もよい。滑車を直接回す場合，滑車の軸の固定が難しい。滑車は，厚紙をはり合わせて自作すればよい。

準備するもの

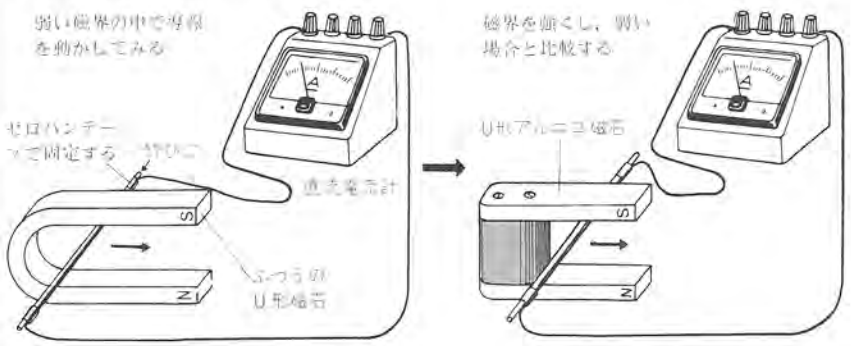
磁石(U形磁石,U形アルニコ磁石,棒磁石) 竹ひご
導線[1] セロハンテープ 直流電流計 ポリエチレン管[2] エナメル線(直径0.3mm) 鉄線(直径2mm)

1)ビニル単線がよい。2)外径が1cm，2cm，3cmと異なるもの

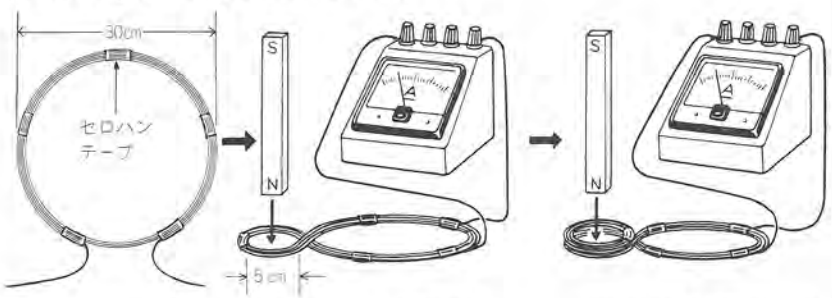
165 誘導電流の強さを調べる

ねらい 中2高 誘導起電力は，磁界の強さ(磁束密度)，コイルの巻き数，コイルの断面積，コイルの鉄しんの有無，磁界の変化の速さによって変わることが調べられる。

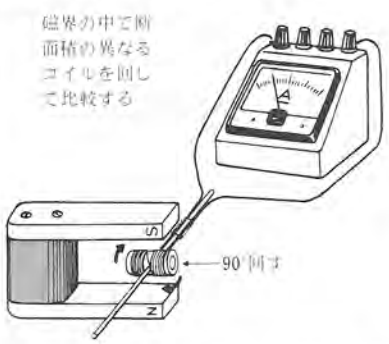
1 磁界の強さと電流の関係を調べる



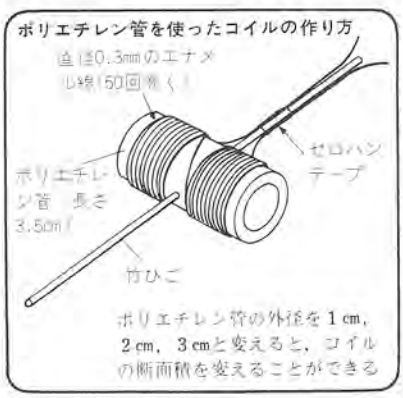
2 コイルの巻き数と電流の関係を調べる



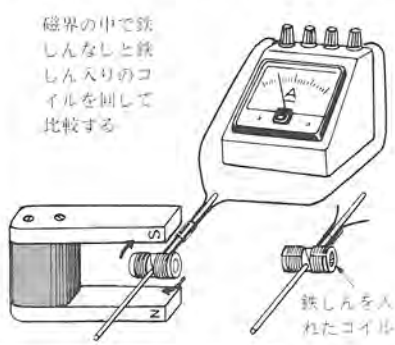
3 コイルの断面積と電流の関係を調べる



ポリエチレン管を使ったコイルの作り方



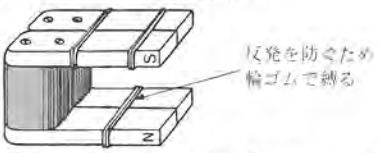
4 鉄しんの有無と電流の関係を調べる



5 コイルを動かす速さと電流の関係を調べる



1 留意点 磁石を変えても，導線を動かす速さが変わらないように気をつける。
U形アルニコ磁石2個を使った場合についても実験してみるとよい。

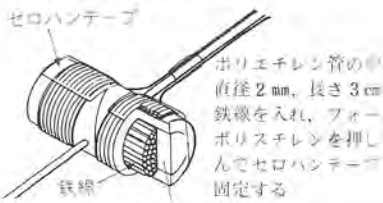


解説 磁界を強くすると，誘導電流は大きくなる。
参考 導線の代わりに10回巻きのコイルを使うと，電流の変化がわかりやすくなる。

2 留意点 コイルを三巻き(30回巻き)，四巻き(40回巻き)にしたときについても実験してみるとよい。
コイルを束ねて巻き数を変えるとき，磁石を通すほうのコイルの面積が変わらないようにする。
解説 コイルの巻き数を多くすると，誘導電流は大きくなる。
30回巻きや40回巻きのコイルについても実験し，そのデータをグラフ化することにより，コイルの巻き数と誘導電流の大きさが比例することがわかる。

3 留意点 コイルを変えても，コイルを回す速さが変わらないように気をつける。
解説 コイルの断面積を大きくすると，誘導電流は大きくなる。

4 留意点 コイルは**3**と同様のものを使えばよい。コイルの中に鉄しんを入れるときには，次のようにするとよい。



ポリエチレン管の中に入れる鉄線の本数をいろいろ変えて実験してみるとよい。
鉄しん入りのコイルを回すときには，鉄しんが磁石に吸いつけられないように工夫する必要がある。コイルに手を添えて回すようにするとよい。
解説 同じ条件のコイルでも，鉄しんを入れると，誘導電流は急激に大きくなる。

5 留意点 コイルは**2**と同様のものを使えばよい。
解説 コイルを速く動かすほど，誘導電流は大きくなる。

166 直流と交流の違いを調べる

ねらい 田2 電流による化学変化や電球の点灯，電流の磁気作用などにより，電流のはたらきが指摘できる。
交流電流と直流電流による実験結果の違いから，交流と直流の違いを説明することができる。

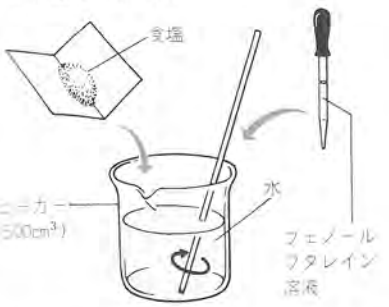
準備するもの

ビーカー(500cm³) かきまぜ棒 食塩 フェノールフタレイン溶液 ろ紙 金属板① テスターのテスト棒 電源装置 導線 ストロボスコープ 電球 蛍光灯 真空管用電源装置 ネオン管 スイッチ ラジオ用抵抗(10Ω程度) スタンド 回転鏡 ニクロム線抵抗器 豆電球 チョークコイル コンデンサー(5～10μF) ブリキ板 くぎ エナメル線 アルミニウム パイプ 磁針 割りばし 棒磁石 オシロスコープ

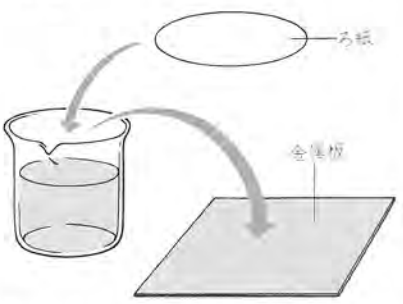
①トタン板，ブリキ板，銅板など

1 食塩水の電気分解を利用して調べる

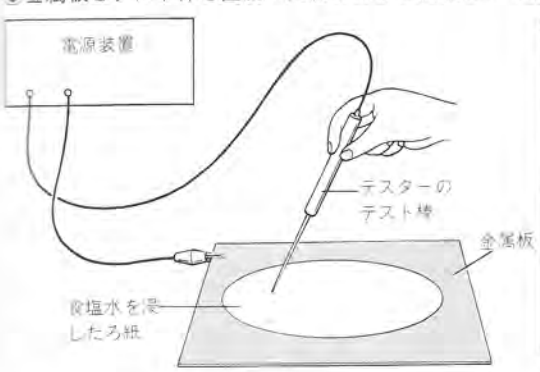
①濃い食塩水を作り，フェノールフタレイン溶液を加える

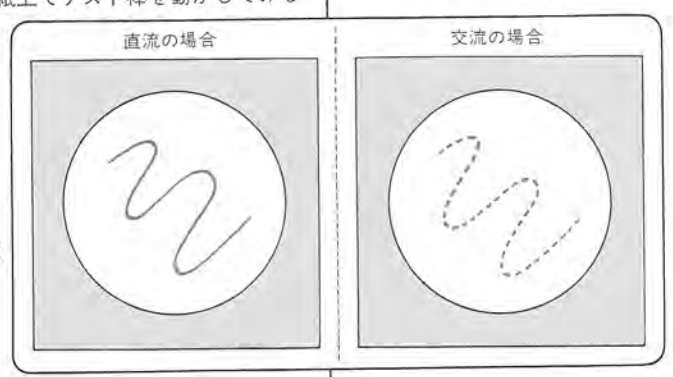


②ろ紙を食塩水に浸し，金属板の上に広げる

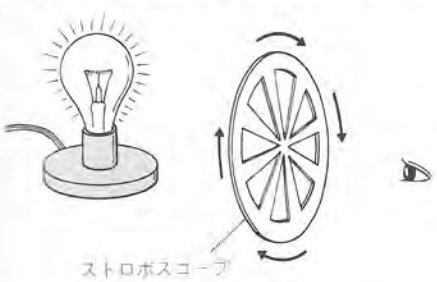


③金属板とテスト棒を直流や交流の電源に接続し，ろ紙上でテスト棒を動かしてみる



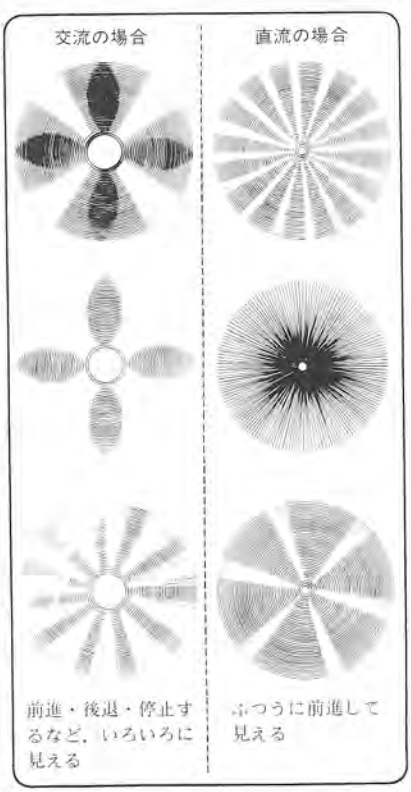


2 ストロボスコープを使って調べる



交流や直流で点灯させた電球を，回転させたストロボスコープを通して観察する





1 ① 留意点 フェノールフタレイン溶液は，10滴程度を加えればよい。

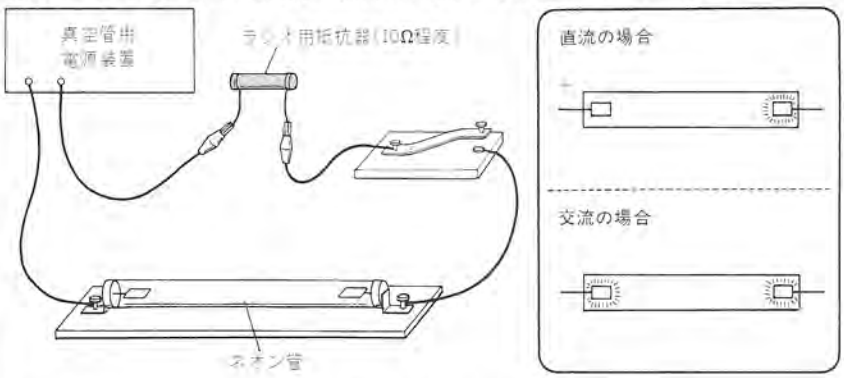
② 留意点 食塩水を浸したろ紙を金属板の上に広げるとき，ろ紙が食塩水で金属板に密着するようにする。

③ 留意点 電源として電源装置を使用しないときには，直流電源としては乾電池を使用し，交流電源としては可変変圧器を使用すればよい。いずれの場合も，使用電圧は3－5V程度である。
直流電源に接続するときには，電源の正端子には金属板を接続し，負端子にはテスト棒を接続する。
ろ紙上でテスト棒を動かすときには，素早く動かす。動かし方が遅いと，交流で実験するとき，よい結果が得られない。
結果 テスト棒を動かした跡が，直流では赤い実線となり，交流では赤い破線となることがわかる。
解説 テスト棒を動かした跡が赤くなるのは，食塩水の電気分解により負極に水酸化ナトリウムができ，このアルカリ性のため，フェノールフタレイン溶液が赤変するからである。

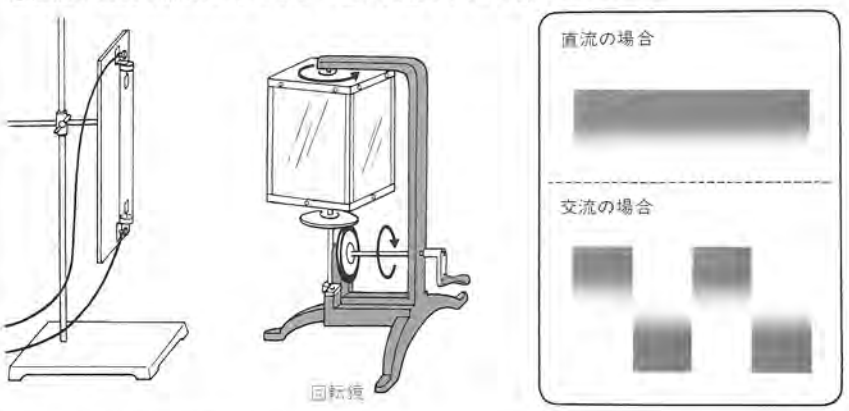
2 留意点 ストロボスコープの代わりに，扇風機を用いてもよい。扇風機を用いる場合は，動き始めの羽根を通して見るようにするとよい。
交流では，白熱電球だけでなく，蛍光灯についても試してみるとよい。この場合，蛍光灯は2灯式のものより，1灯だけのもののほうがよい。
注意 回転している扇風機に，指や棒などを絶対に差しこんだりしてはいけない。
結果 直流では，影がふつうに前進して見えるだけであるが，交流では，影が前進したり後退したり停止したり，いろいろ変化することがわかる。この見え方は，

3 ネオン管を使って調べる

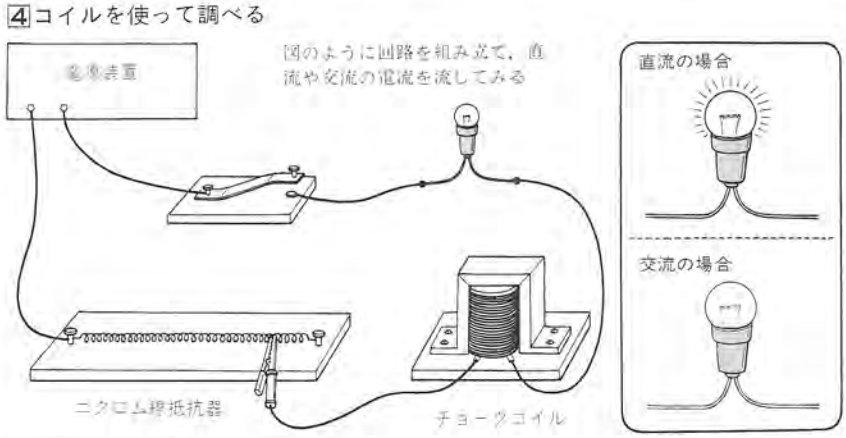
①ネオン管を真空管用電源装置に接続し，直流や交流の電流を流してみる



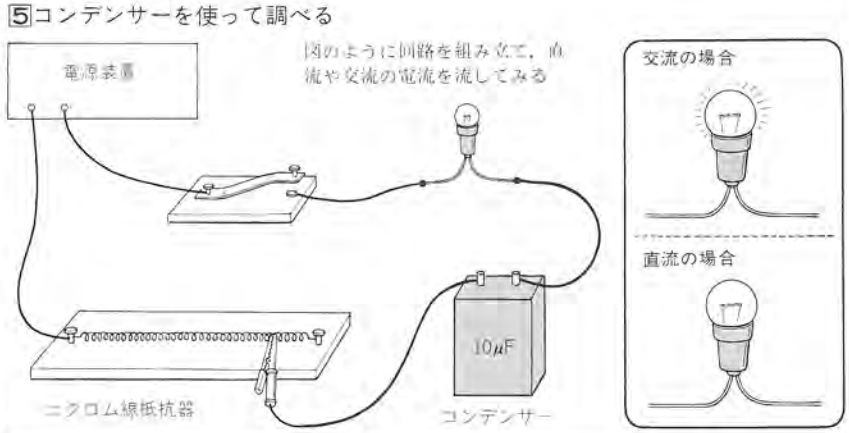
②直流や交流で点灯させたネオン管の光像を，回転鏡に映してみる



4 コイルを使って調べる



5 コンデンサーを使って調べる



ストロボスコープの回転速度によって異なる。

参考 ストロボスコープを使わなくても，同様のことを試してみることができる。交流電流で輝いているもの（蛍光灯やテレビなど）や直流電流で輝いているもの（白熱電球など）の前で手を動かすと，交流の場合は指がちらついて見えるが，直流の場合はこのちらつきが見えない。

3① 留意点 回路には，10Ω程度のラジオ用抵抗器を直列に入れておく。

結果 交流では，ネオン管の両極が点灯するが，直流では負極だけしか点灯しないことがわかる。

② 結果 点灯しているネオン管を回転鏡で見ると，両極とも点灯している交流の場合でも，両極が同時に点灯しているのではなく，交互に点灯しているのがわかる。つまり，交流の場合，極が交互に変化しているのがわかる。

4 留意点 回路を組み立てるとき，ニクロム線抵抗器(または可変抵抗器)の抵抗を最大にしておく。

回路を組み立てたら，まず直流で実験を行う。回路に直流電流を流し，抵抗を少しずつ小さくしていき，豆電球が点灯したら，抵抗を小さくするのをやめる。そして，抵抗をそのままの状態にしておき，交流についても，豆電球が点灯するかどうかを調べてみる。

抵抗を小さくし過ぎると，豆電球が切れるので注意する。

結果 直流だと豆電球が点灯するが，交流だと点灯しないことがわかる。これは，交流電流はコイルを通りにくいからである。

5 留意点 4と同じ回路で，チョークコイルをコンデンサーにとり替えて実験するとよい。

コンデンサーは，5～10μF程度のものがよい。

回路を組み立てたら，4の場合とは逆に，まず交流で実験を行う。その後の操作法などについては，4の留意点を参照。

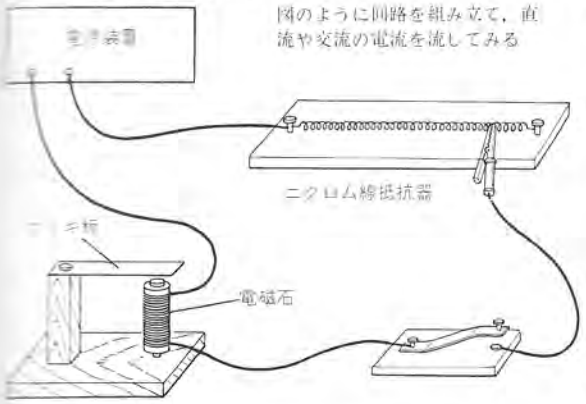
結果 交流だと豆電球が点灯するが，直流だと点灯しないことがわかる。これは，直流電流はコンデンサーを通らないからである。

6 留意点 電磁石は，10cmぐらいのくぎにエナメル線を巻きつけて作ればよい。そしてそのくぎを板に打ちこんでおく。

電流を流して変化を確認したら，スイッチをいつまでも入れておかないで，すぐ切るようにする（7，8も同様）。

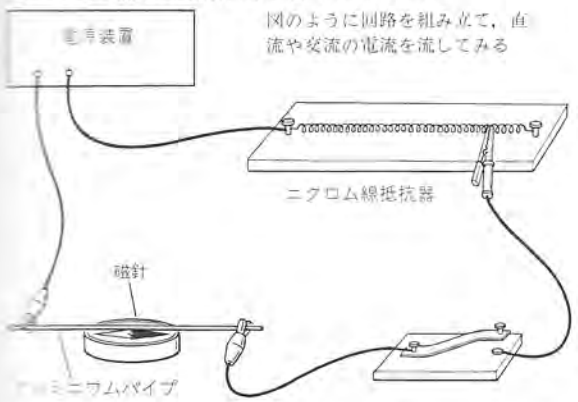
結果 直流では，ブリキ板が引きつけられ

6 電磁石を使って調べる

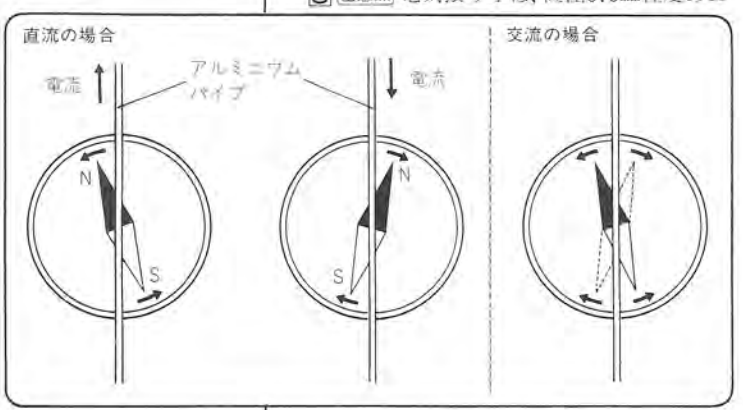


図のように回路を組み立て，直流や交流の電流を流してみる

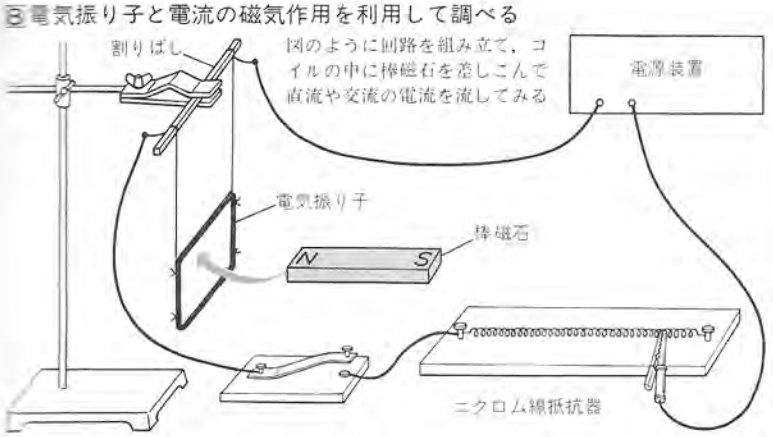
7 磁針と電流の磁気作用を利用して調べる



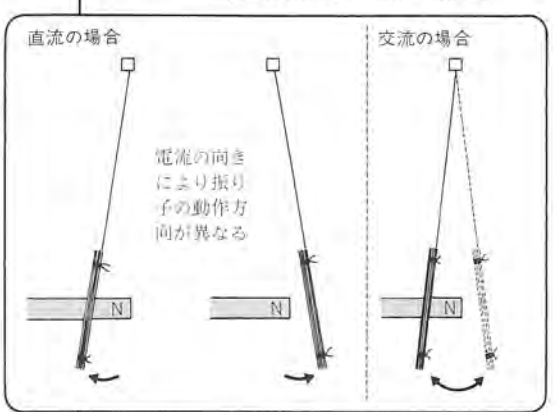
図のように回路を組み立て，直流や交流の電流を流してみる



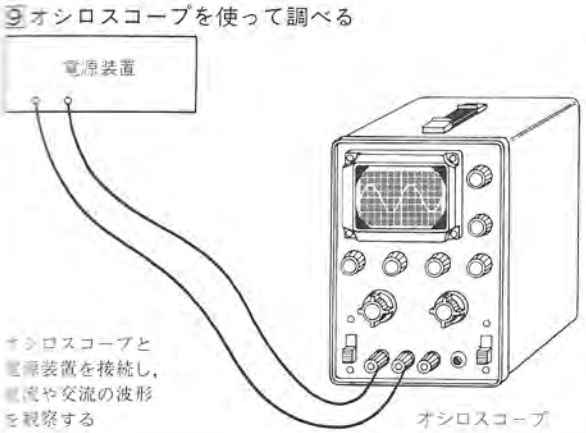
8 電気振り子と電流の磁気作用を利用して調べる



図のように回路を組み立て，コイルの中に棒磁石を差しこんで直流や交流の電流を流してみる



9 オシロスコープを使って調べる



オシロスコープと電源装置を接続し，直流や交流の波形を観察する

たままになるが，交流では，引きつけられたり離れたりして振動することがわかる。交流のときに振動するのは，ブザーと同じ原理である。

7 留意点 磁針の上にアルミニウムパイプ(銅線でもよい)を置くときには，パイプと磁針が平行になるようにする。
直流のときは，電流の向きを逆にした場合についても調べてみる(8も同様)
結果 直流では，磁針が一定の角度まで回って止まることがわかる。また，そのときの回転方向は，電流の向きによって異なることがわかる。交流では，磁針が左右に振動することがわかる。

8 留意点 電気振り子は，直径0.5mm程度のエナメル線を10回ぐらい巻いて作る。
結果 直流では，電気振り子が一定の角度まで動いて止まることがわかる。また，そのときの動作方向は，電流の向きによって異なることがわかる。交流では，振り子が振動することがわかる。

9 留意点 オシロスコープの操作法などについては，167を参照。
結果 直流では，水平軸に平行な直線となることがわかる。これは，電圧も電流の向きも一定であるということである。
交流では，水平軸を中心にした波形になることがわかる。これは，電圧も電流の向きも，時間とともに変化しているということである。

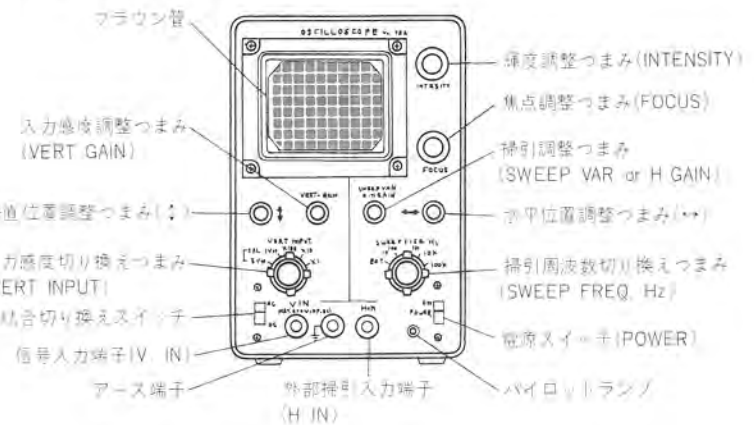
準備するもの

オシロスコープ　電源装置　導線

167 オシロスコープによる直流と交流の波形の観察

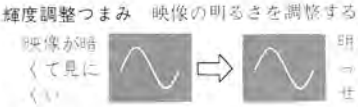
ねらい 中2 オシロスコープを操作することができる。
オシロスコープに交流電圧や直流電圧を入力し，その違いをブラウン管で見ることができる。

1 オシロスコープを調整する

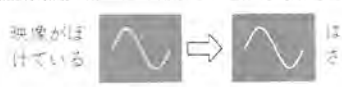


①電源スイッチを入れ，パイロットランプの点灯を確かめる
②5分間ぐらいそのままにしておき，各部の動作が安定するのを待つ
③直線の映像が出るように調整する（掃引周波数切り換えつまみ使用。このとき，EXTにしてはいけない）
④直線の映像が画面の中央にくるようにする（水平位置調整つまみと垂直位置調整つまみを使用）
⑤映像の明るさやピントを調整する（輝度調整つまみと焦点調整つまみを使用）

輝度調整つまみ　映像の明るさを調整する



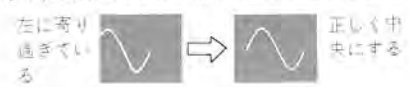
焦点調整つまみ　映像のピントを合わせる



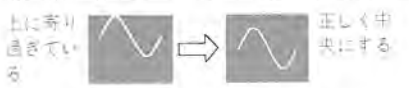
掃引調整つまみ　水平掃引周波数を微調整する



水平位置調整つまみ　水平位置を中央にする



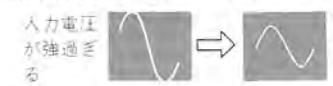
垂直位置調整つまみ　垂直位置を中央にする



掃引周波数切り換えつまみ　掃引周波数を切り換える



入力感度調整つまみ　入力電圧を微調整する



入力感度切り換えつまみ　入力電圧を適正な電圧になるように切り換える（CALで入力電圧のスイッチが入る。また，例えば，×100にすると，入力電圧が1/100に低下される）

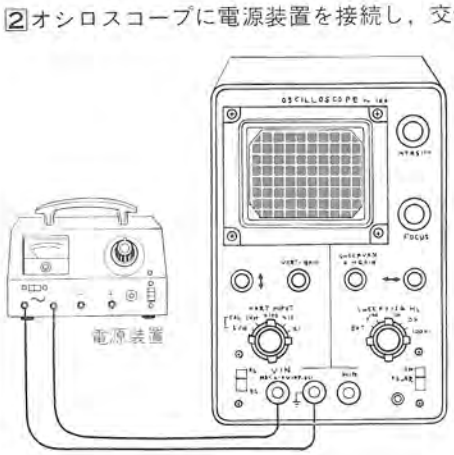
入力結合切り換えスイッチ　観測目的に応じて，DC－ACを切り換える
- DC　―直流，交流，直流と交流が重なった信号などを観測するとき
- AC　―直流と交流が重なった信号から交流成分だけをとり出して観測するとき

1 解説 オシロスコープには，いろいろなものがある。左の図は，その一例である。各スイッチやつまみの操作法については，囲みの部分を参照。

留意点 オシロスコープを設置するときには，映像（波形）が見にくくなるのを防ぐため，日光や蛍光灯の光がブラウン管に直射しないようにする。
使用の際は，できるだけ外箱をアースする。
電源スイッチを入れてもスポット（光の点）が出ないときには，水平位置調整つまみや垂直位置調整つまみを操作してみる。

注意 電源スイッチを入れるとスポットが出るが，このとき，掃引周波数切り換えつまみをいつまでもEXTにしておいてはいけない。スポットが，蛍光膜面を不良にするおそれがある。

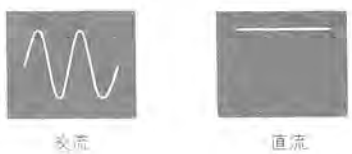
2 オシロスコープに電源装置を接続し，交流と直流の波形を観察する



①オシロスコープの入力端子と電源装置の交流用出力端子に接続する（オシロスコープの信号入力端子とアース端子を使用）
②電源装置のスイッチを入れ，電源電圧を5Vにセットする
③入力感度を調整する（入力感度切り換えつまみをCALにすると入力電圧が表示されるので，その値により，垂直軸に適正な表示を得る位置につまみを切り換える。次に，適正な表示になるように，入力感度調整つまみで微調整する）
④周波数を調整し，波形の動きを止めて観察する
⑤直流についても，交流の場合と同様の方法で調べる

2 注意 入力感度調整つまみは，最初はできるだけ感度を弱くしておく。そして，映像を見ながら徐々に強くしていく。最初から感度を強くしておくと，故障のもとになる。

結果 交流や直流の波形をオシロスコープで観察すると，それぞれ次のような形をしていることがわかる。



準備するもの

コイル　検流計　乾電池　スイッチ　導線　鉄しん　内鉄形鉄しん入り変圧器　外鉄形鉄しん入り変圧器　針金(直径0.5mm)　ペンチ　紙　セロハンテープ　エナメル線(直径0.5mm)　電源装置　交流電圧計2　交流電流計2

(いろいろな巻き数のもの。端子付きで巻き数が変えられるものでもよい)

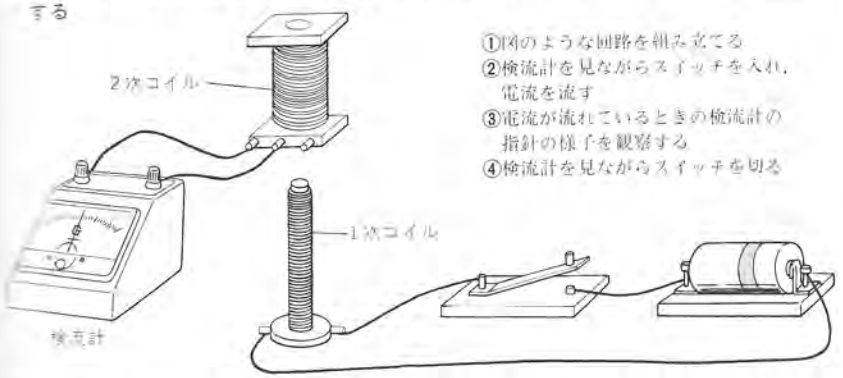
168 変圧器の原理を調べる

ねらい 中2

向き合った一方のコイルに交流電流を流すと，他方のコイルにも交流電流が流れることが調べられる。
2次コイルに生じる電圧は，コイルの巻き数に比例することが調べられる。

1 2つのコイルを向かい合わせ，一方に直流電流を流してみる

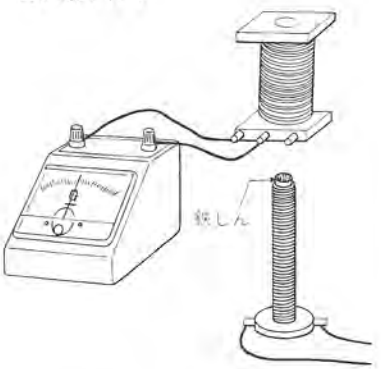
1 1次コイルに直流電流を流し，2次コイルにとりつけた検流計の指針の様子を観察する



2 2次コイルの巻き数を多くし，①と同様の実験を行う

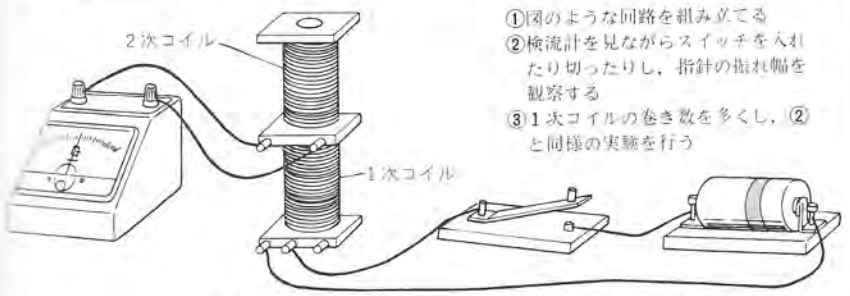


3 1次コイルに鉄しんを入れ，①と同様の実験を行う

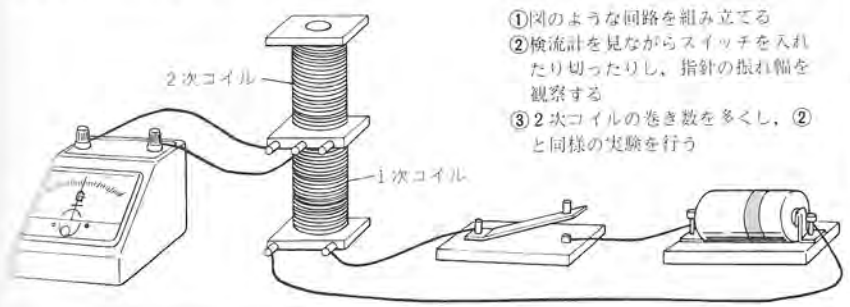


2 複巻き変圧器の原理を調べる

1 1次コイルの巻き数を変化させ，検流計の指針の振れ幅を比較する



2 2次コイルの巻き数を変化させ，検流計の指針の振れ幅を比較する



1 ① 解説 2つのコイルのうち，どちらを1次コイルとしてもよいが，電流を流すほうを1次コイルとする。そして，他方を2次コイルとする。

留意点 スイッチを入れた瞬間と切った瞬間，検流計の指針が振れる向きをよく確認しておく。

1次コイルに流す電流の向きを逆にした場合についても実験してみるとよい。

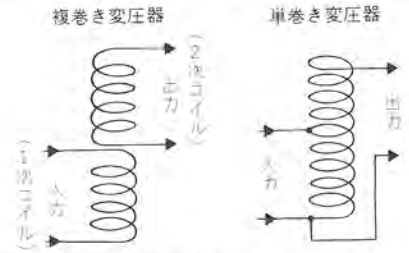
結果 スイッチを入れた瞬間と切った瞬間，検流計の指針が振れることがわかる。また，スイッチを入れたままのとき，つまり電流が流れ続けているときには，指針が振れないことがわかる。スイッチを入れた瞬間や切った瞬間のように，電流の大きさが変化するときだけ，2次コイルに電圧が生じるのである。

② 留意点 2次コイルとして，中間タップのついていないコイルを使用するときには，2次コイルを巻き数の多いものにとり替えればよい。

結果 2次コイルの巻き数を多くすると，検流計の指針の振れ幅が大きくなることがわかる。

③ 結果 1次コイルの中に鉄しんを入れると，検流計の指針の振れ幅が大きくなることがわかる。

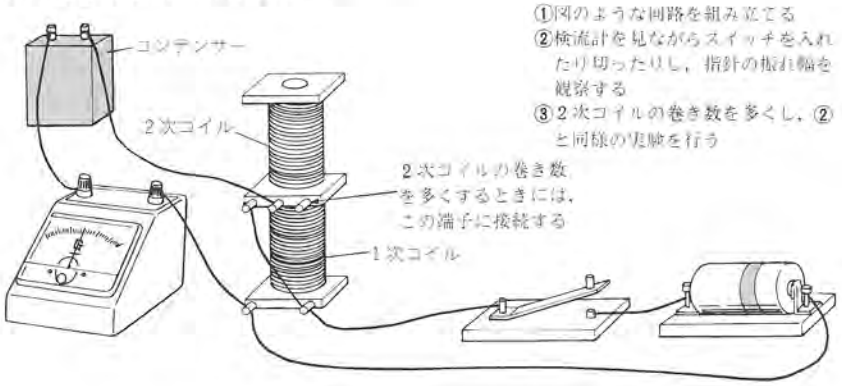
2 留意点 実験を始める前に，複巻き変圧器と次の3における単巻き変圧器の構造の違いを，はっきり理解しておく。複巻き変圧器は，1次コイルと2次コイルがまったく別々の変圧器であり，単巻き変圧器は，1つのコイルを1次コイルとしても2次コイルとしても使う変圧器である。



① 結果 1次コイルの巻き数を多くすると，検流計の指針の振れ幅が小さくなることがわかる。

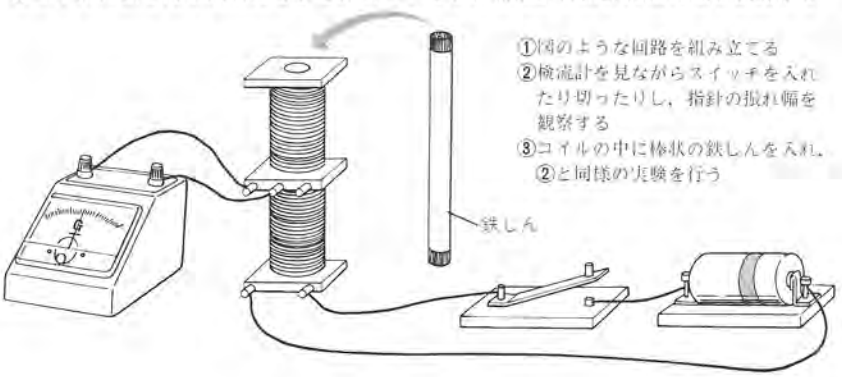
② 結果 2次コイルの巻き数を多くすると，検流計の指針の振れ幅が大きくなることがわかる。2次コイルは，巻き数が多くなると，生じる電圧も大きくなるのである。

3 単巻き変圧器の原理を調べる

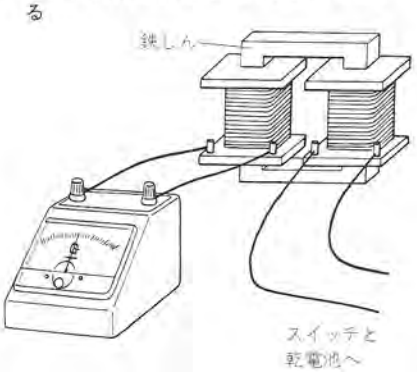


4 変圧器のコイルに鉄しんを入れたときの効果を調べる

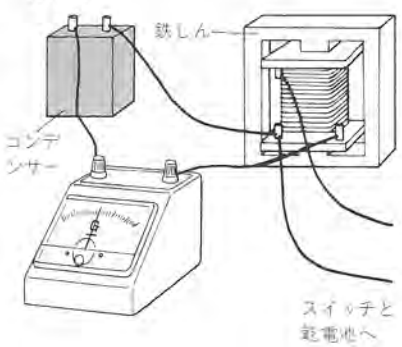
①コイルに鉄しんを入れたときと入れないときの検流計の指針の振れ幅を比較する



②コイルを内鉄形鉄しん入りのものに替え，指針の振れ幅を①の場合と比較する

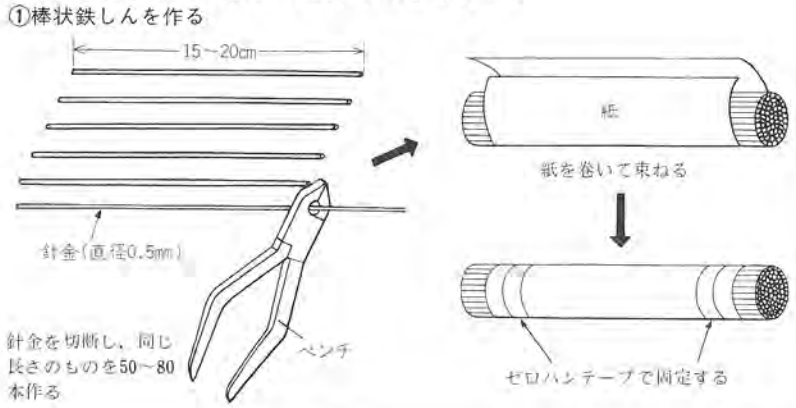


③コイルを外鉄形鉄しん入りのものに替え，指針の振れ幅を①や②の場合と比較する

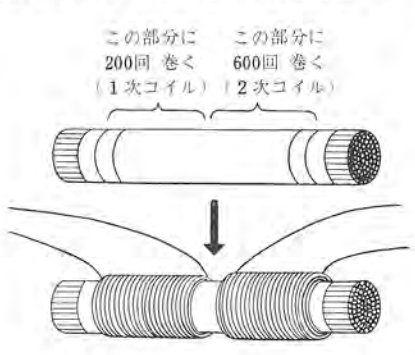


5 簡単な変圧器を自作し，そのはたらきを調べる

①棒状鉄しんを作る



②鉄しんにエナメル線を巻いて変圧器を作る



3 留意点 検流計は極めて小さい電流を測定する器具なので，電流計と同じように使うと破損するので注意する必要がある。そこで，安全確保のため，回路にコンデンサーを直列に入れておく。

2の留意点も参照。

結果 2次コイルの巻き数を多くすると，検流計の指針の振れ幅が大きくなることがわかる。

4 結果 1の③では，1次コイルだけに鉄しんを入れたが，ここでは1次コイルだけでなく2次コイルにも鉄しんを入れ，その鉄しんの形状による効果を比較する。

留意点 コイルの中に形状の異なる鉄しんを入れたときの効果を比較する実験であるから，条件を統一するため，①～③で用いるコイルは，1次コイルと2次コイルの巻き数がそれぞれ等しいものを用いる。

③では，検流計保護のため，回路には必ずコンデンサーを入れるようにする。

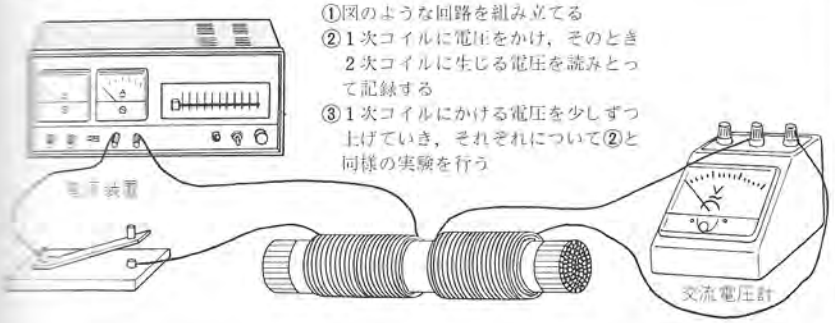
結果 1の③でもわかったことだが，コイルの中に鉄しんを入れると，入れないときに比べて指針の振れ幅が大きくなることがわかる。そして，その振れ幅は，棒状鉄しんを入れたときよりも内鉄形鉄しんを入れたほうが大きくなり，外鉄形鉄しんを入れると，内鉄形鉄しんよりもさらに大きくなることがわかる。

5 ① 留意点 針金は，まっすぐ伸ばしてから切断する。

注意 針金をペンチで切断すると，切り口が鋭くなるので，けがをしないようにとり扱いには注意する。絶対に他人をつついて遊んだりしてはいけない。

② 留意点 コイルを巻いた後，エナメル線の端末がほつれないように，1回だけ逆巻きにしてセロハンテープなどで固定しておくとよい。

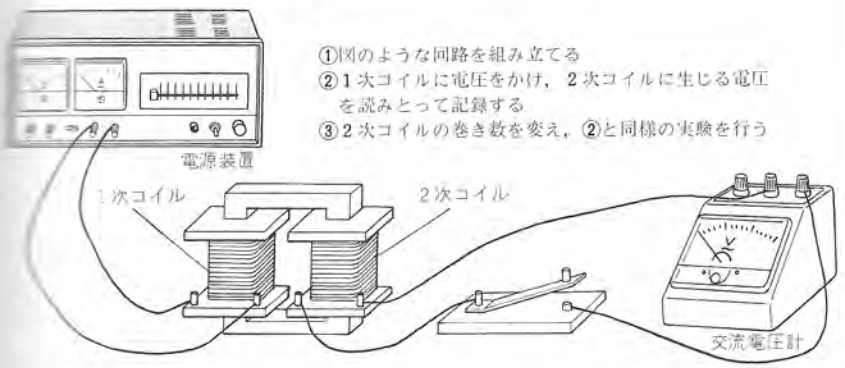
5 コイルの巻き数と電圧の関係を調べる



①図のような回路を組み立てる
②1次コイルに電圧をかけ，そのとき2次コイルに生じる電圧を読みとって記録する
③1次コイルにかける電圧を少しずつ上げていき，それぞれについて②と同様の実験を行う

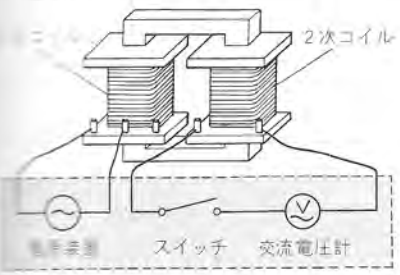
6 1次コイルと2次コイルの巻き数比と電圧比の関係を調べる

① 2次コイルの巻き数を変えて電圧を測定する



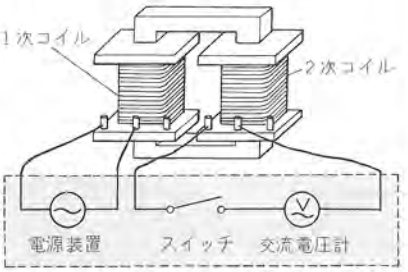
①図のような回路を組み立てる
②1次コイルに電圧をかけ，2次コイルに生じる電圧を読みとって記録する
③2次コイルの巻き数を変え，②と同様の実験を行う

② 1次コイルの巻き数を変えて電圧を測定する



①図のような回路を組み立てる
②1次コイルに電圧をかけ，2次コイルに生じる電圧を読みとって記録する
③1次コイルの巻き数を変え，②と同様の実験を行う

③ 1次コイルと2次コイルの巻き数を同じ割合で増やし，電圧を測定する



①図のような回路を組み立てる
②1次コイルに電圧をかけ，2次コイルに生じる電圧を読みとって記録する
③1次コイルと2次コイルの巻き数を同じ割合で増やし，②と同様の実験を行う

③ 留意点 1次コイルにかける電圧は2～6V程度がよい。最初は2Vにし，1Vずつ上げていくようにする。

結果 測定値をまとめ，1次コイル側と2次コイル側の電圧比を求めると，コイルの巻き数の比にほぼ等しいことがわかる。

$$\frac{\text{1次側の電圧}}{\text{2次側の電圧}} \fallingdotseq \frac{\text{1次コイルの巻き数}}{\text{2次コイルの巻き数}}$$

6 解説 2や3ではコイルの巻き数による電圧の変化を調べたが，ここでは交流電流を使用し，2次コイルに生じる電圧をきちんと測定する。そして，巻き数比と電圧比の関係を求める。

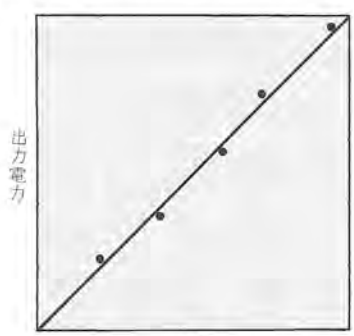
留意点 2次コイル側にスイッチを入れて，電圧計に規定以上の電圧がかからないようにする。

結果 ①～③の実験から，コイルの巻き数と電圧が正比例の関係にあることがわかる。

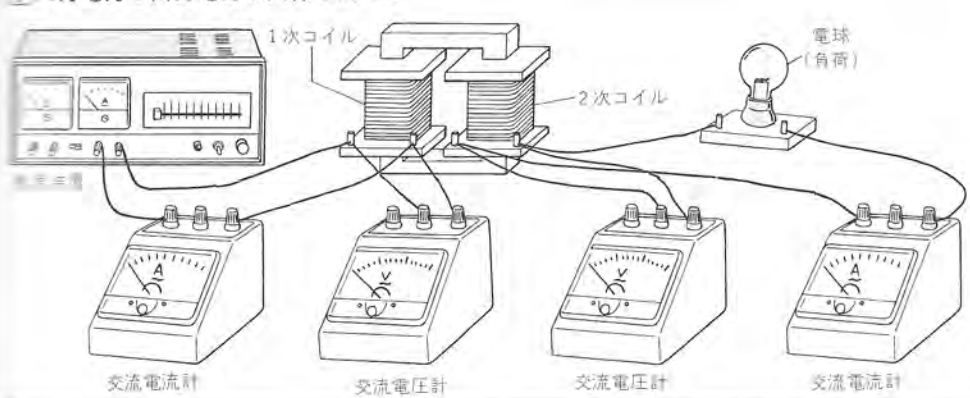
参考 コイルと鉄しんがセットになっている実験用変圧器が市販されているので，それを使うと便利である。

7 留意点 2次コイル側に入れる負荷は，電球でも電熱線でもよい。

結果 1次コイルにかかる電圧と電流の積(入力電力)と2次コイルにかかる電圧と電流の積(出力電力)はほぼ等しいことがわかる。また，これらは正比例の関係にあることがわかる。



7 入力電力と出力電力の関係を調べる



①図のような回路を組み立てる
②1次コイルに電流を流す
③1次コイル側，2次コイル側それぞれの電流と電圧を測定し，それぞれの電力を求めて比較する

電力＝電圧×電流

④電源装置の電圧を少しずつ上げていき，それぞれについて③と同様の実験を行う。また，横軸に入力電力，縦軸に出力電力をとってグラフ化し，それらの関係を調べる

準備するもの

いろいろなクルックス管　誘導コイル　マイクロアンペア計　直流電源　導線　U字形磁石　真空管用電源装置

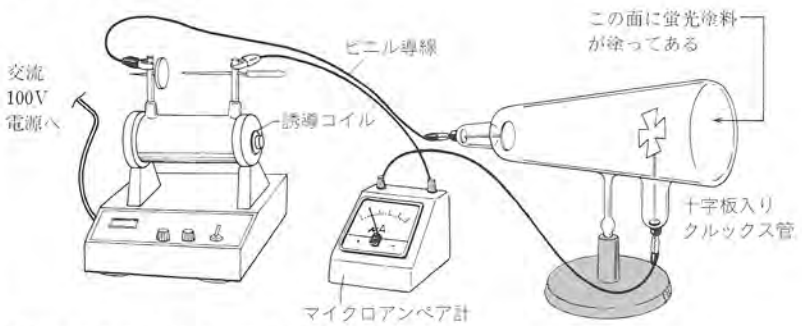
169 陰極線の性質を調べる

ねらい 中2 いろいろなクルックス管を使って陰極線の性質を調べることにより，陰極線の諸性質を理解することができる。

①十字板入り，磁界の影響を調べられるもの，偏向極板入り，回転車入り（または羽根車入り）など。②直流6Vを得られるもの。電源装置が便利であるが，電池（蓄電池または平角5号の乾電池を2個直列につなぐ）でもよい。

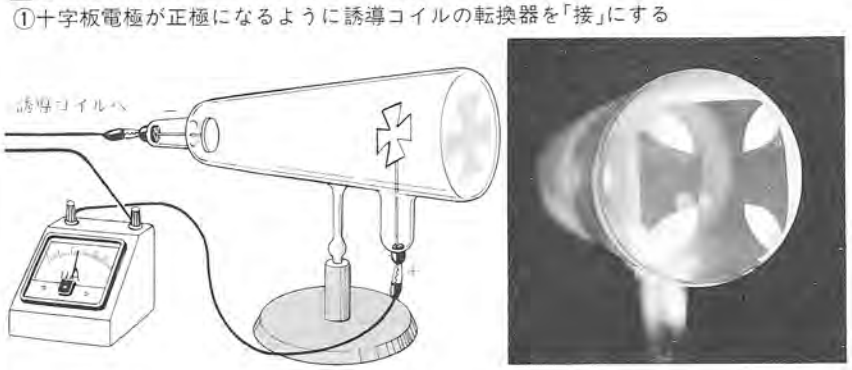
【A】十字板入りクルックス管の実験

1 装置を組み立てる

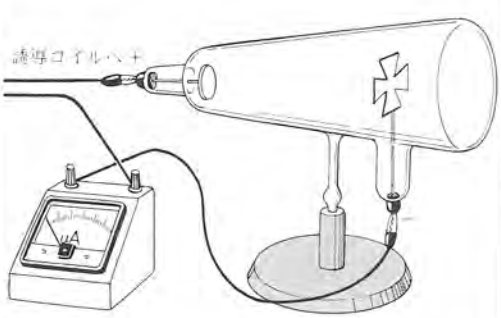


2 陰極線を放電させ，十字板の影を観察する

①十字板電極が正極になるように誘導コイルの転換器を「接」にする



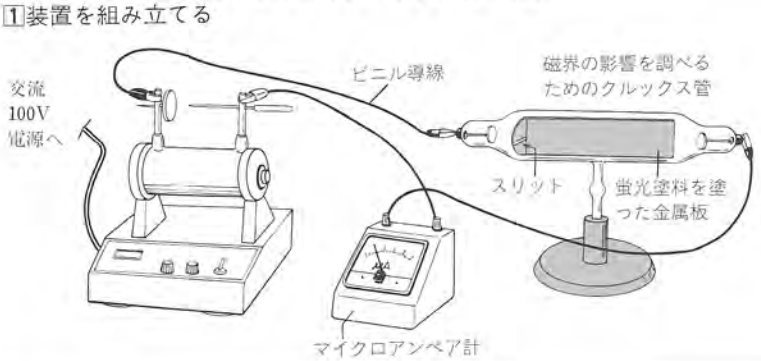
②十字板電極が負極になるように誘導コイルの転換器を切り換える





【B】磁界の影響を調べるためのクルックス管の実験

1 装置を組み立てる



【A】十字板入りクルックス管の実験

1 留意点 電流の向きを調べるため，マイクロアンペア計を回路の途中に入れて装置を組み立てる。

2 ① 留意点 蛍光塗料の部分に映る影が十字形にならないとき（②のような影ができたとき）は，極板の正負が逆になっているので，誘導コイルの転換器を回して電流の向きを正しくする。この際，電流の向きを逆にしたことを生徒にわかりやすくするためには，転換器を用いずに，クルックス管に接続してある導線をつなぎ変えればよい。

蛍光塗料の塗ってないクルックス管の場合，ガラスそのものが蛍光を発するが，光は弱い。したがって，この場合は，室内をやや暗くしたほうが観察しやすい。

② 解説 ①のように電流の向きが正常な場合だけでなく，このように逆方向の場合も観察するのは，陰極線が負極から出ていることをわかりやすくするためである。

結果 クルックス管の十字板電極が正極になるように電圧をかけると，蛍光部が光ると同時に十字板の影ができる。この逆に十字板電極が負極になるように電圧をかけても，十字板の影はできない。これらのことから，陰極線の性質を考察すると次のようなことがわかる。

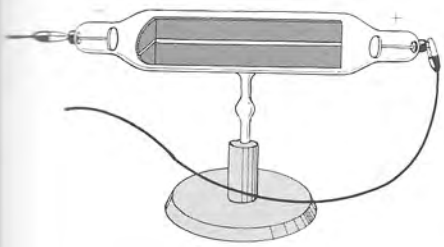
- 陰極線は負極から出ている（電流の向きとは逆である）
- 直進性がある
- 蛍光物質を発光させる（またはガラスに蛍光を発生させる）

【B】磁界の影響を調べるためのクルックス管の実験

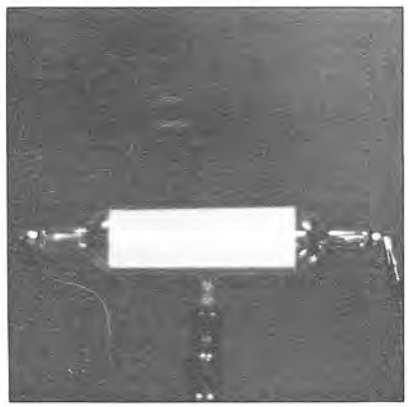
1 留意点 電流の向きを調べるため，回路の途中にマイクロアンペア計を入れておく。ビニル導線は，ねじれや硬さのため，クルックス管が思うような向きになりにくいので，注意が必要である。

解説 クルックス管の電極は，スリットのあるほうが負極，他のほうが正極である。

2 陰極線の放電の様子を観察する

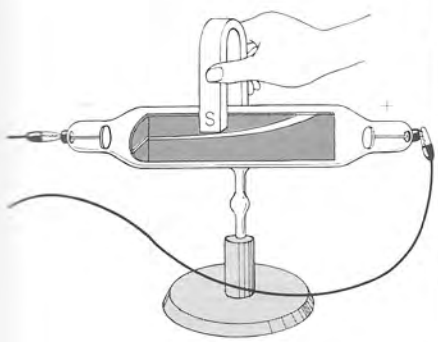


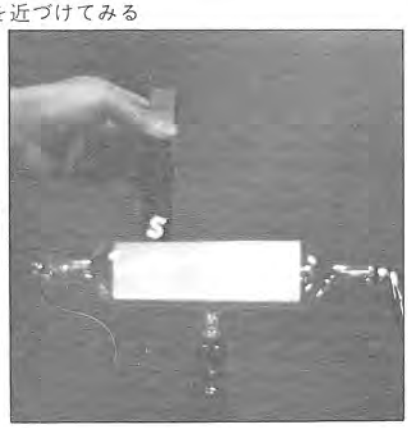
スリット側の電極が負極になるように
誘導コイルの転換器を「接」にする



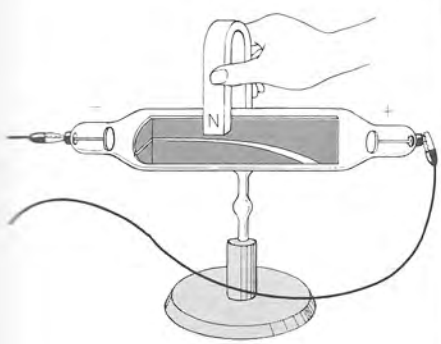
3 磁界による影響を調べる

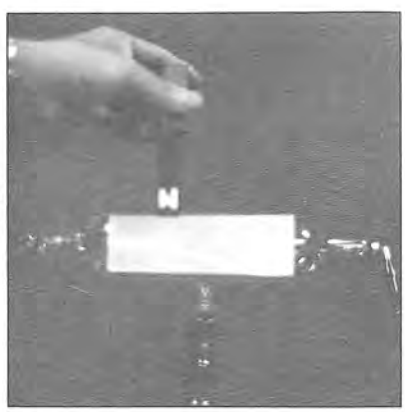
①クルックス管をまたぐようにU字形磁石を近づけてみる



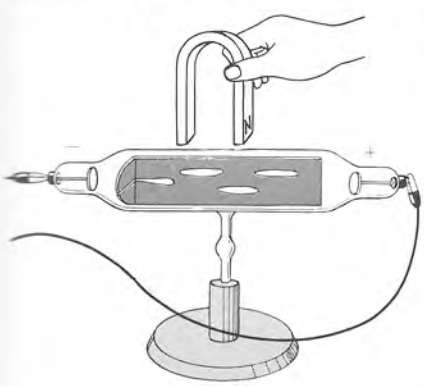


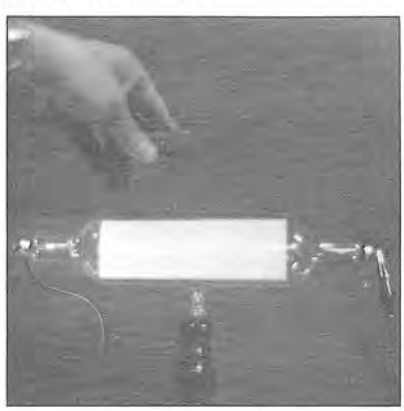
②U字形磁石の磁極を，①とは逆にしてみる





③クルックス管をまたぐようにしないでU字形磁石を近づけてみる





2 留意点 蛍光塗料を塗った蛍光板に線状の輝線が見られず，蛍光板全体が不規則に輝いた場合は，極板の正負が逆になっている。この場合は，誘導コイルの転換器を操作して電流の向きを逆にするか，クルックス管の導線をつなぎ換える(**【A】2** ②の留意点を参照)。

直線状の輝線を観察したら，電流の向きを逆にして直線状に光らないことを確認するとよい(**【A】2** ②の解説を参照)。

結果 クルックス管のスリット側の電極が負極になるように電圧をかけると，蛍光板が直線状に光る。この逆に，スリット側の電極が正極になるように電圧をかけても，きれいな輝線は見られない。これらのことから，陰極線の性質を考察すると，**【A】**の実験と同様のことがわかるほか，陰極線は金属を透過できないこともわかる。

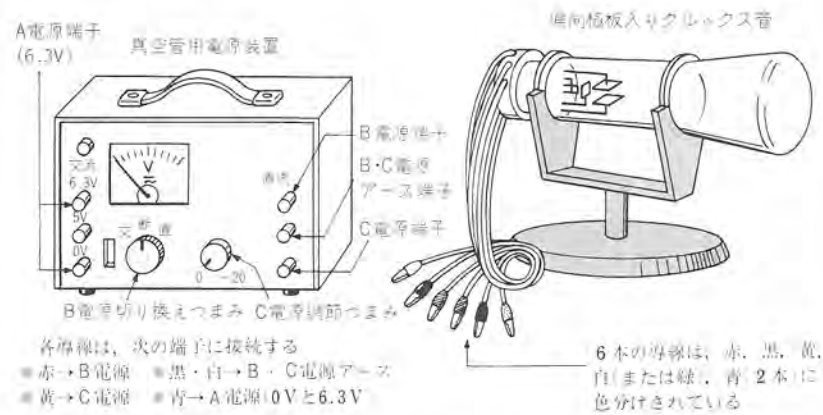
3 留意点 中学2年では，「フレミングの左手の法則」を学習していないので，①②では，陰極線が曲がる方向については考えなくてもよい。

③のような磁石の近づけ方をすると，陰極線の進路変化が複雑になり，説明が困難なので，場合によっては③を省略してもよい。

結果 陰極線は磁界(磁石)によって進路が曲げられる。磁界の向きが反対になると，進路の変化も反対になる。

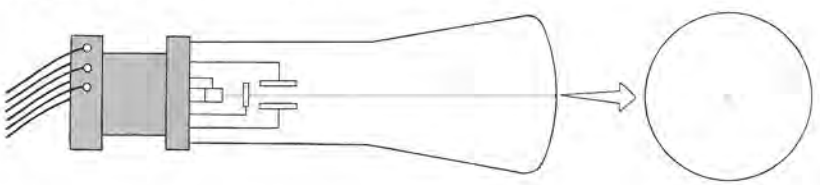
【C】偏向極板入りクルックス管の実験

1 クルックス管の6本の導線を真空管用電源装置に接続する

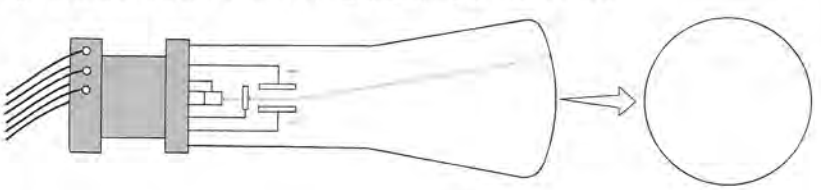


2 電界による影響を調べる

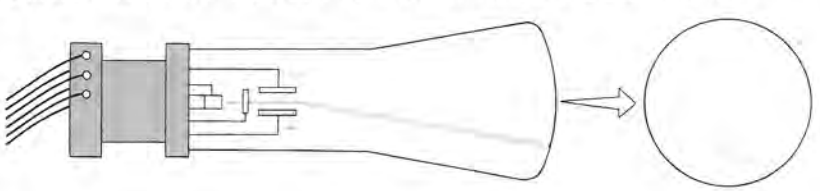
①電源を入れ，B電源切り換えつまみを「直」にしてみる



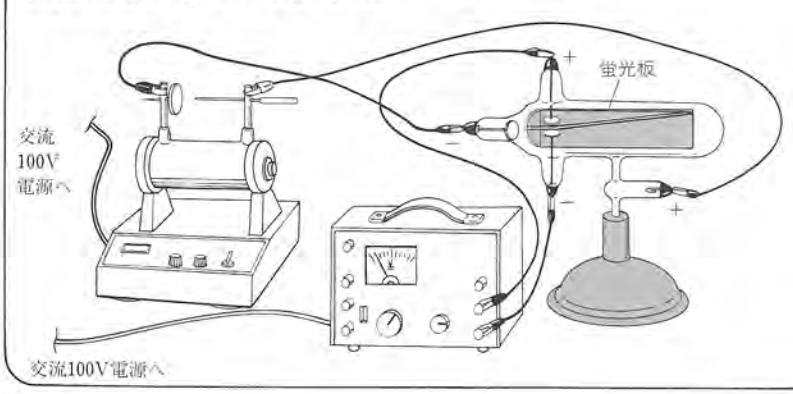
②C電源調節つまみを右に回し，偏向極板に電圧をかけてみる



③黄色と白色の導線をつなぎ変えて，偏向極板に加える電圧を逆にしてみる



誘導コイルも必要なクルックス管の接続法



【C】偏向極板入りクルックス管の実験

1 解説 偏向極板入りクルックス管は，各電極に対する導線を色分けしてあるが，それらの関係は次のようになっている。

- ヒーター(カソードを加熱)——青色
- プレート(電子を加速)——赤色
- カソード(電子を放出)——黒色
- 偏向極板(陰極線に偏向電圧をかける)——黄色と白色

このクルックス管は，管内にアルゴンガスが入れてあるため，陰極線の進路がよく見えるようになっている。他の管と同様，陰極線が当たった所に蛍光が見られるのは，もちろんである。

真空管用電源装置にはいろいろなものがあるが，基本的には同じである。図に示したものは一例であるが，各端子の規格は次のようになっている。

- A電源——ヒーター用(交流6.3V)
- B電源——プレート用(直流0～400V)
- C電源——グリッド用(直流0～－20V)

そのほか出力用端子として，交流5V，交流0～170V，直流B・C電源用共通アース端子(C電源アース，カソード接続端子)がある。

2 留意点 電源装置の電源コードをコンセントに差しこむ前に，B電源切り換えつまみとC電源調節つまみが，それぞれ「直」と「0」になっていることを確認する。

陰極線が発する光は弱いので，部屋は暗くしたほうがよい。

観察は，正面からと側面からの，両方から行うようにする。

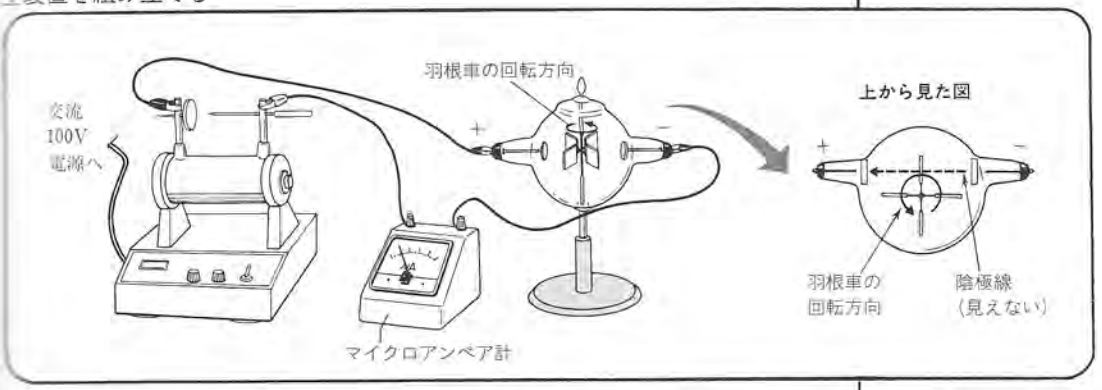
②③で，偏向極板に電圧をかけるときには，電極の正負を指示しておく。偏向極板用電源としては，電池を使ってもよい。偏向極板に加える電圧の大きさによる陰極線の曲がり方の違いも観察しておく。

結果 ①のように偏向電圧をかけない場合，陰極線は直進するが，②③のように陰極線の進路の横から電圧をかけると，進路は，加えられた電極の正極側に曲がる。このときの曲がり方は，横から加える電圧が高いほど大きい。

参考 クルックス管の種類によっては，陰極線を発生させるために誘導コイルを使用しなければならないものもある。この場合でも，偏向極板用電源としては，真空管用電源装置のC電源か電池を用いる。

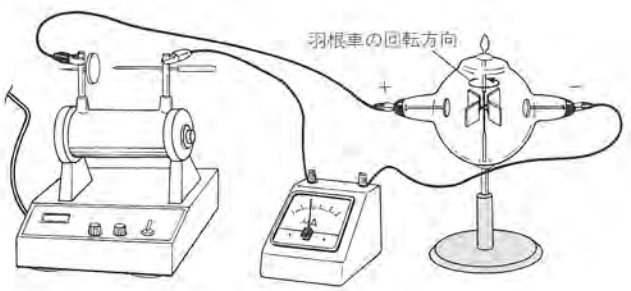
【D】羽根車入りクルックス管の実験

1 装置を組み立てる

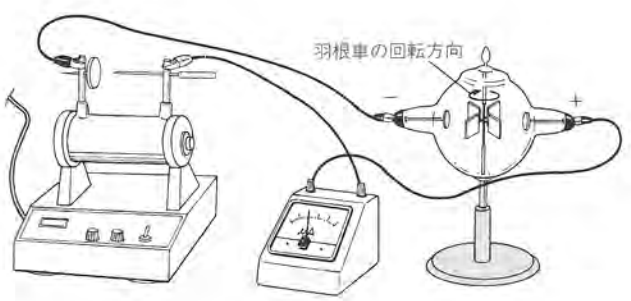


2 陰極線を放電させ，羽根車の動きを観察する

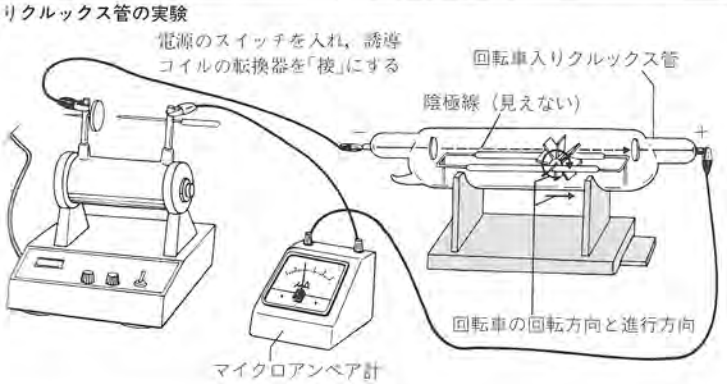
① 電源装置のスイッチを入れ，誘導コイルの転換器を「接」にする



② 転換器を回して，陰極線の向きを逆にする



回転車入りクルックス管の実験



【D】羽根車入りクルックス管の実験

1 留意点 羽根車入りクルックス管は水平な所に置き，回転軸が鉛直になるようにする。

羽根車の回転する理由を理解させるため生徒には，クルックス管を横から見させたり，真上から見させたりしてその構造を確実に把握させておくことが大切である。

解説 羽根車入りクルックス管や回転車入りクルックス管には，決まった正極，負極というものはない。

2 留意点 羽根車の回転方向を観察させるだけでなく電流計も観察させ，羽根車の回転の向きと電流の向きの関係をクルックス管の構造と関連づけて，とらえさせるようにする。また，電流を逆にしたときの羽根車の回転の向きもとらえさせる。

解説 羽根車に陰極線が当たると羽根車が回転することから，陰極線の性質を考察すると次のことがまとめられる。

- 陰極線は負極から出ている（電流の向きとは逆である）
- 陰極線は，目に見えない小さな質量のある粒子の流れである

ここでは，羽根車や回転車が回るのは陰極線（電子の流れ）の影響によるものとして扱う。しかし，電子の衝突による影響より，内部に発生した気体の負イオンの衝突による影響のほうが実際には大きい，という説もある。

参考 回転車入りクルックス管を用いる場合は，羽根車の回転台が完全に水平になるようにしないと，羽根に陰極線を当てても羽根車がうまく回転しないので，クルックス管のセットに十分気を付けることが大切である。

170 真空放電の観察

ねらい 中2 真空放電の様子を観察し，気体の圧力と放電状態の関係が確かめられる。

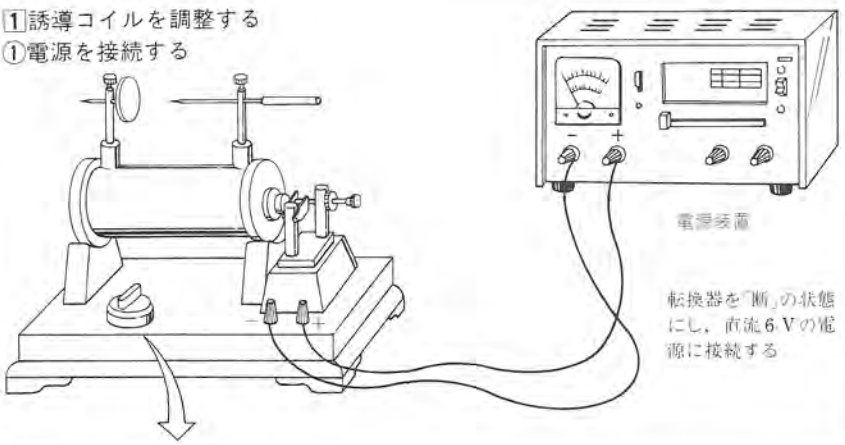
準備するもの

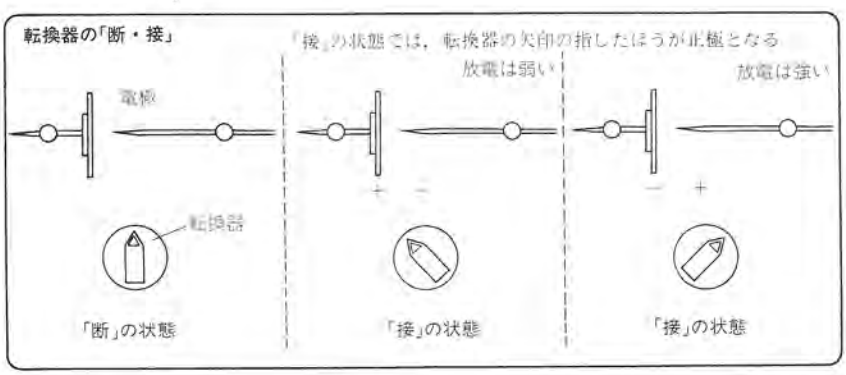
誘導コイル　直流電源[1]　真空ポンプ　水銀マノメーター　放電管(活栓付き)　直流電流計　導線　肉厚ゴム管　スタンド

①直流6Vが得られるものなら，なんでもよい。電源装置が便利だが，6Vの蓄電池や，平角5号の乾電池を2個直列に接続して用いてもよい。
＊【別法】では，上記のほか，クロス真空計が必要である。

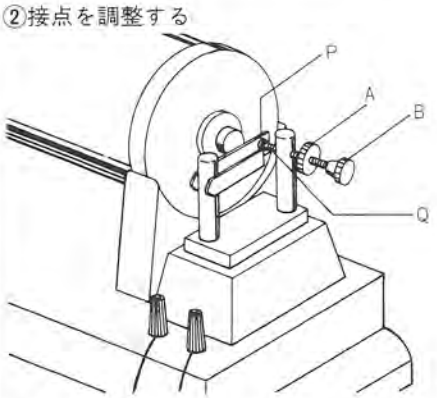
1 誘導コイルを調整する

①電源を接続する

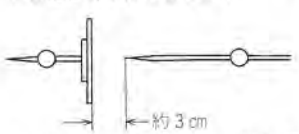




②接点を調整する

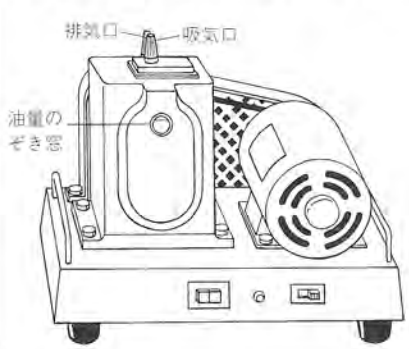


①ねじAを緩めてから，さらにねじBを緩め，接点PとQを離す
②転換器を回して，「接」にする
③ねじBを締め，接点PとQを接触させて放電させる。このとき，電極間の距離は約3cmにしておく

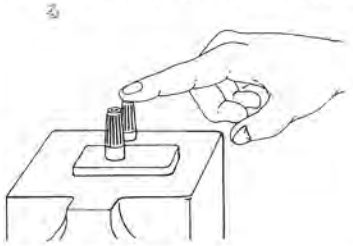


④放電状態のいい所で，ねじBを締めて固定する
⑤転換器を「断」の状態に戻す

2 真空ポンプが正常に作動するかどうかを調べる



①電源コードを接続する(AC100V)
②スイッチを入れてモーターを回転させる
③吸気口と排気口に軽く指を触れ，吸排気が正常に行われているかどうかを確かめる

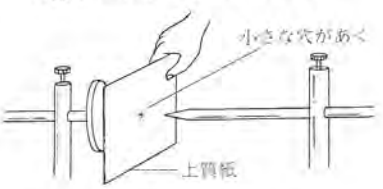


1 留意点

①電源は，電流不足にならないように気をつける。誘導コイルの形式によっても異なるが，3.5～4.0Aぐらいの大きな電流が流れる。充電が不十分な蓄電池や，かなり消耗した乾電池を使用すると，電流が不足して高圧が発生しにくいことがある。電源装置を用いる場合には，作動状態で電圧が6Vになるように調節する。電源を接続する前に，必ず転換器が「断」の状態になっていることを確認する。

②接点PとQの接し方は，強過ぎても弱過ぎてもよくない。パチパチ音がして，火花が勢いよく飛ぶところを見つけてねじを固定する。放電状態が悪いときには，接点を紙ヤスリで磨くとよい。

放電中に，電極の間に上質紙をかざすと小さな穴があく。紙を電灯にかざしてその様子を生徒に見せるとよい。



参考 誘導コイルの新しい器種では，この装置のないものがあるので，操作が簡単である。

2 留意点 電源を接続するときには，スイッチがOFFの状態になっていることを確認する。

油量が少ないときには，油を補充しておく。

注意 吸気口に指を近づけるときには，軽く触れる程度にする。強く触れると，指が強く吸いつけられてしまう。

3 留意点 誘導コイルと放電管の電極を結ぶ導線は，被覆がしっかりしているビニル導線を用いる。

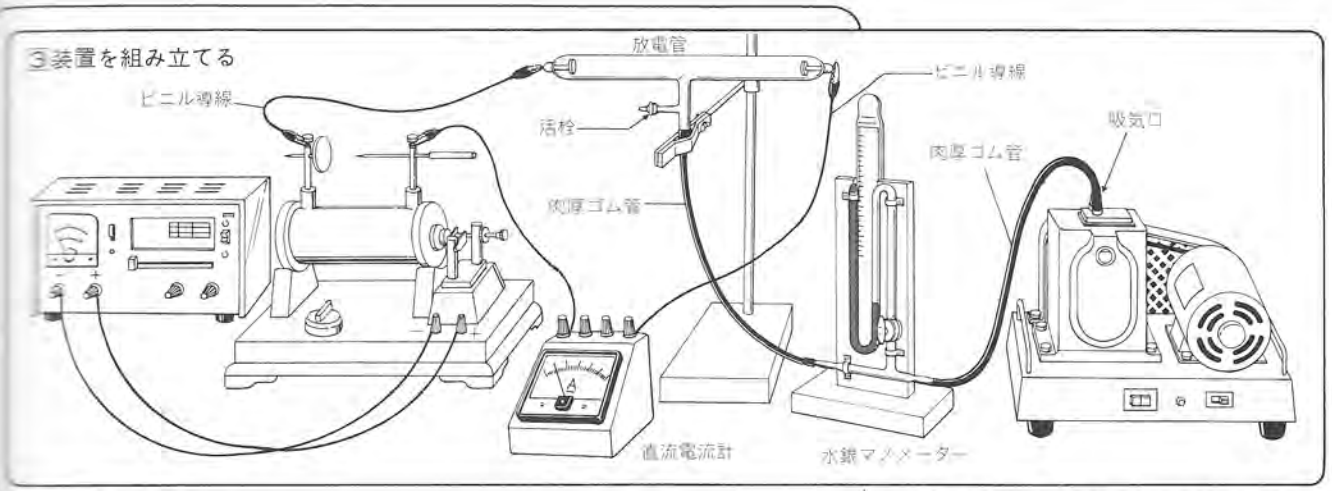
導線やゴム管の接続に無理がないようにする。

水銀マノメーターはなくても差し支えないが，放電状態と真空度を対比するためには必要である。

4① 解説 空気を抜かないと放電が起こらないことを確認する意味で，このような実験を行うのである。これは，真空放電の認識の重要な基盤なので，必ず行うようにする。

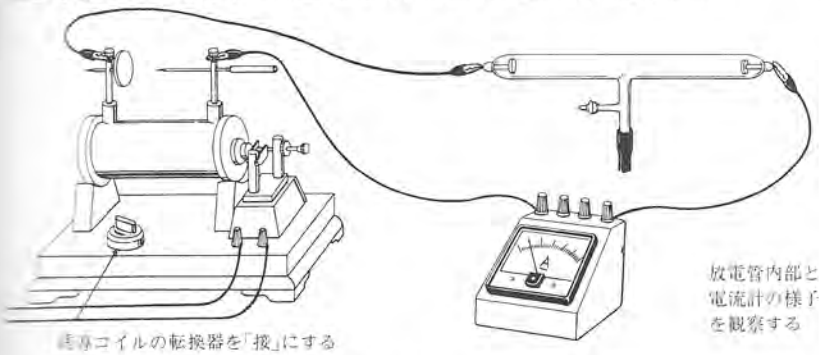
留意点 放電が起きないと，電流も流れないことを確認しておく。

③装置を組み立てる

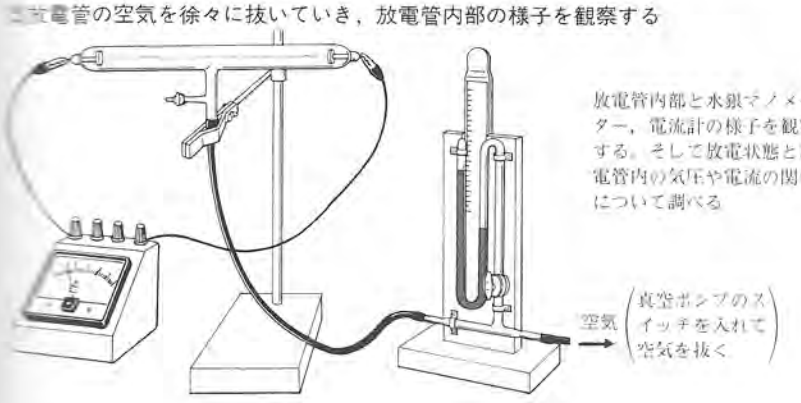


④真空放電を観察する

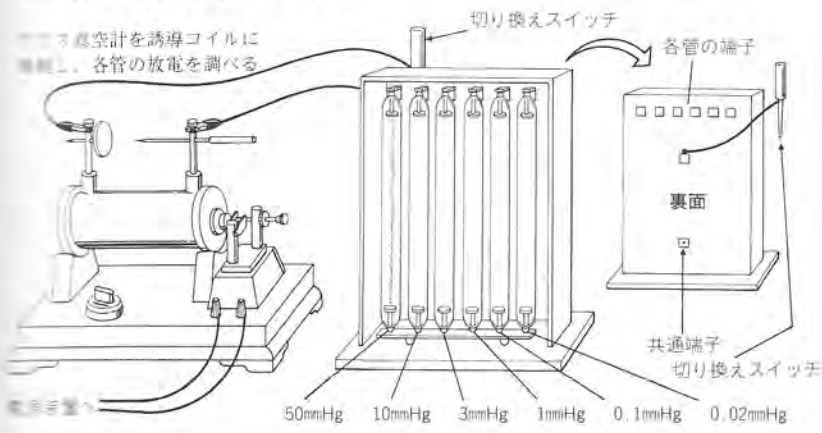
Ⅰ放電管の空気を抜かないで電圧をかけ，放電管内部の様子を観察する



Ⅱ放電管の空気を徐々に抜いていき，放電管内部の様子を観察する



【別法】クロス真空計を用いる方法



② 留意点 放電中は2～3 mA程度の電流しか流れないので，電流計は，できれば専用のミリアンペア計を使ったほうがよい。

部屋を少し暗くしたほうが放電の様子がよくわかり，効果的である。

放電管内部の気圧が下がるにつれて，放電状態が変化することをよく観察しておく。

実験中，放電管の活栓を開いて管内に空気を入れると(圧力を高めると)，放電しなくなることを確認するとよい。

解説 放電管の電極に高い電圧をかけ，管内の空気を抜いて圧力を下げると放電が起こる。これを真空放電という。

放電状態は，管内の圧力により次のように変化する。

- ひも状放電(50mmHg)
- 帯状放電(10mmHg)
- 管全体が光る帯状放電(5mmHg)
- 縞状放電(0.5mmHg)
- クルックス放電(0.01mmHg)

ふつうの真空ポンプは，真空到達度0.01mmHg程度なので，クルックス放電まで観察できるはずだが，なかなかこの状態にはなりにくいものである。

放電の様子は，口絵を参照。

【別法】クロス真空計を用いる方法

解説 この方法は，真空ポンプを使う必要がなく，実験方法も簡便である。しかし，一度，真空ポンプを用いた放電実験を行ってからでないと，管内の圧力と放電の様子との関係がつかみにくい。したがってこの実験は，真空ポンプを用いた実験の後にやるべきである。

注意 スイッチの切り換えの際，感電しないように注意する。切り換えスイッチの絶縁部(柄)を持って行えば安全である。

留意点 クルックス放電の観察では部屋を暗くしないと，蛍光の様子がわかりにくい。