

研究題目  
(高校物理)

## 日用品を利用した電磁気に関する簡易実験

研究者

鳥取県立鳥取東高等学校 教諭 三浦 喜一郎

協同研究者

鳥取県立鳥取東高等学校 教諭 藤井 宗雄  
鳥取県立鳥取東高等学校 教諭 小嶋 登

### 目的

高校の物理はできるだけ事実から出発したいと思う。簡単な定性実験でいいから、生徒ひとりひとりに、まず自分の手で事実を確かめさせておきたい。そのためには簡単で確実な方法でなければならないし、経費の問題もある。そこで安価な日用品を利用した「いつでも」「どこでも」「だれでも」できる実験を、次の3分野についてまとめた。

1. 静電気の発生とその性質
2. 電流の作る磁界の観察
3. 電流が磁界から受ける力の観察

### 概要

#### 1. ストローによる静電気の実験

ポリプロピレン製のストローは絶縁性がすぐれているので、それを発電棒と絶縁材として利用し、その他簡単な日用品を加えて、ひと通りの静電気の実験を行なう。

従来のエボナイト等より、プラスチック類の方が静電気の実験材料としてすぐれているが、とくにストローはその材料・形・価格の点でも利用しやすい。また絶縁材として、従来の糸などに比べてしっかりしているので、さらに広い用途を持っている。

#### 2. 水面による磁界の観察

鉄粉や薄い鉄片が、表面張力によって十分水に浮くことを利用し、コイルに電流を流して生ずる磁界を、水面に浮かべた鉄粉や磁針によって観察する。

従来の紙に針金を通してコイルを作る方法より、装置も簡単であり、小電流ですむ。また磁針を浮かべた場合、磁界の強い方に移動し、せまいすき間にも入りこむなど、興味を持たせることもでき

る。

#### 3. 針金の曲がりによる電流にはたらく力の観察

針金に力がはたらくとき、曲がり方は半径の4乗に反比例するので(電気抵抗は半径の2乗に反比例)、電気コードの芯線程度の細い線を使うと、電流にはたらく弱い力を観察することができる。

従来の線をつり下げた振り子による方法よりも、装置も簡単で、感度が高い。そのため原理そのままの単純な形での観察が可能である。

### 学習指導法ならびに教具の製作方法

#### 1. ストローによる静電気の実験

##### (1) ストローによる摩擦電気の発生

紙袋入りのストローを、袋との間で数回摩擦してから引き出すと、ストローは負に帯電している。(図1) 手はじめに紙袋を吸いつけてみる。

雨天でも、紙袋入りのまま乾燥させておけばよく発生する。

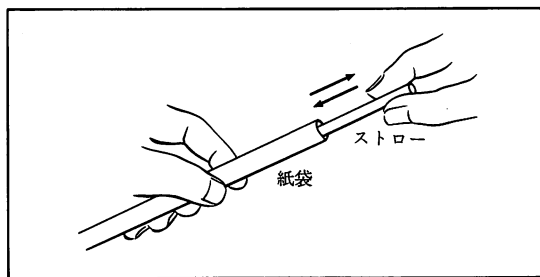


図1. ストローの摩擦

##### (2) 静電気の間力(同じ電気の反発)

端にゼムクリップを押し込み、さらに他のクリップに通して自由に動けるようにした(クリップ・ジョイントと呼ぶ)ストローを帯電させてつるしておく。そこへ同じ方法で帯電させたストローを近づけると、ストローは軽いので反発してよく

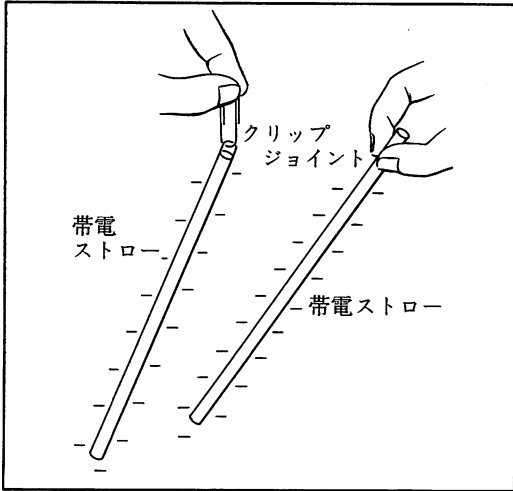


図2. 帯電ストローどうしの反発

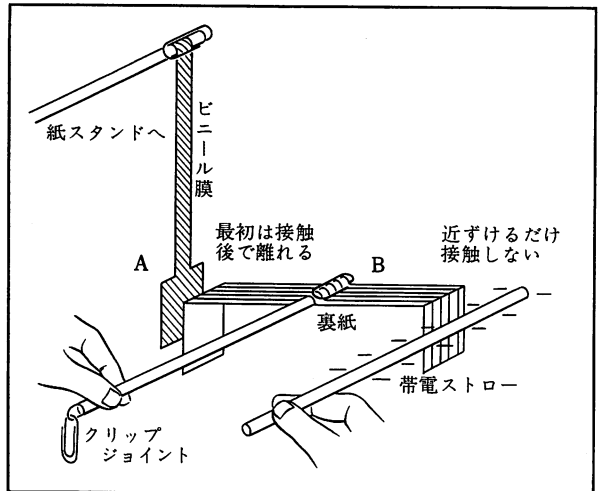


図4. 静電誘導 線入りは黒色(導体)の面を示す。

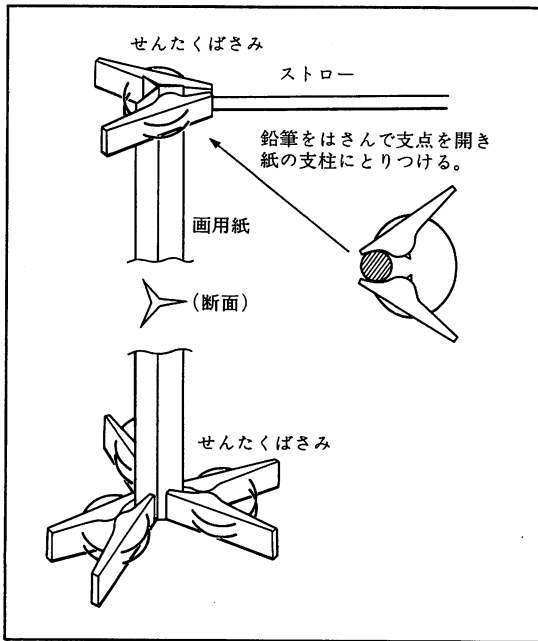


図3. 紙スタンドの例、画用紙を折り込み、支点分離形のせんたくばさみと組み合わせたもの。

動く。(図2)

ストローを金属製スタンドにつると、静電誘導のため吸い寄せられるので、紙スタンドなどくふうすると、以下の実験にも役立つ。(図3)はその一例である。また、エポナイトやガラスの標準と比較して、ストローの電荷の正負を判定してみてもよい。

(3) ストローを絶縁材とする静電誘導

考えられる種々の方法のうち、次の方法が確実

である。ストローの先にとう写用ファックス原紙のビニール膜をクリップでとりつけ、導体Aとする。他のストローの先には硬い裏紙の方をとりつけ、導体Bとする。AとBを接触させておいて、反対側から帯電したストローを近づけると、静電誘導を生じAがBから離れる。(図4) Bをとり去り、帯電ストローを少しAに近づけると、反発が見られる。さらにBに生じている電荷も、Bのストローの反対側にクリップ・ジョイントをつけておけば観察できる。

ファックス原紙のビニール膜を切りとるには、裏紙と共に切ってからはがす。ともに黒い方が導体である。(図4)の膜の長さは、10cm程度で、曲り易いように途中を細くしてみた。また膜をストローにとめるのに、せんたくばさみなど大きな導体を使うとうまくゆかないので、注意を要する。

(4) ファックス原紙による検電器の製作

ファックス原紙のビニール膜を、金属製せんたくばさみに黒い方が接触するように、折り重ねてはさんでつるし、ストローで絶縁する。(図5) また上から帯電ストローを近づけて膜を開かせたまま、横から別の帯電ストローを近づけると、膜が反発して同じ電荷であることを示す。

(図5)の膜の長さは10cm程度であり、曲り易さを考え図の形にした。料理用アルミはくにくらべて、曲り易さ、加工のし易さの点でこの方がすぐれている。うまくゆかない時は、ストローの絶縁不良によることが多く、これは(3)についても同

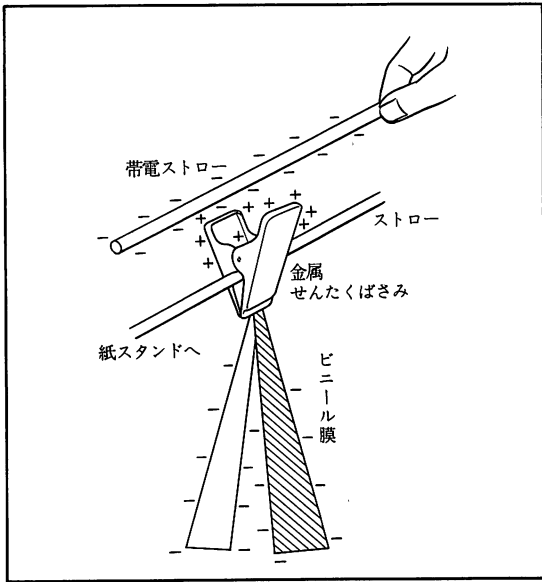


図5. 検電器 ビニール膜の黒色(斜線)が接触するようにはさむ。

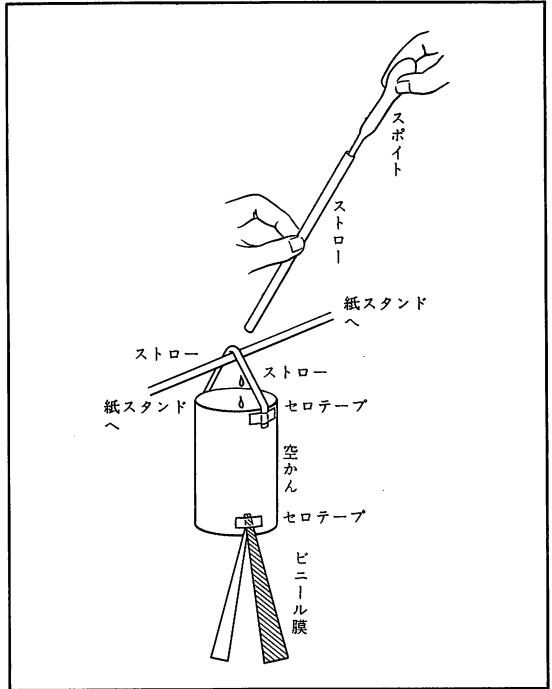


図7. ストローを通した水の帯電

じである。

(5) 食品包装フィルムによる金属の帯電

空かんにストローをセロテープではりつけて絶縁できるようにしてから、フィルムを密着させて巻きつける。空かんにストローでつるして絶縁してから、フィルムをはいてゆくと(図6)、空かんに正、フィルムが負に帯電する。

ポリエチレンでも可能だが、クレラップ(呉羽化学)を使うと、よく帯電した。これから、帯電が摩擦によるものではなく、接触によるものであることが説明できる。

(6) ストローによる水の帯電

空かんにファックス原紙のビニール膜をセロテープではりつけ、ストローで絶縁して検電器を作る。空かんの中に、水をストローの穴を通して、水滴にして落

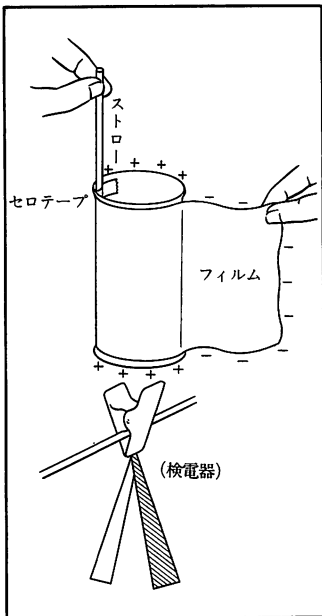


図6. フィルムによる空かんの帯電

とすと(図7)、膜がしだいに開いてくる。

最初開きにくいですが、途中で急に開く。水流を連続させたり、水を流す側の絶縁がよくないと失敗する。

2. 水面による磁界の観察

(1) 鉄粉による磁力線模様の観察

エナメル線でコイルを作り、水中に半分浸らし乾電池につないで電流を流しながら、鉄粉を少しずつ水面にふるい落とす。鉄粉は水面に浮き、磁力線の模様を作る。(図8)

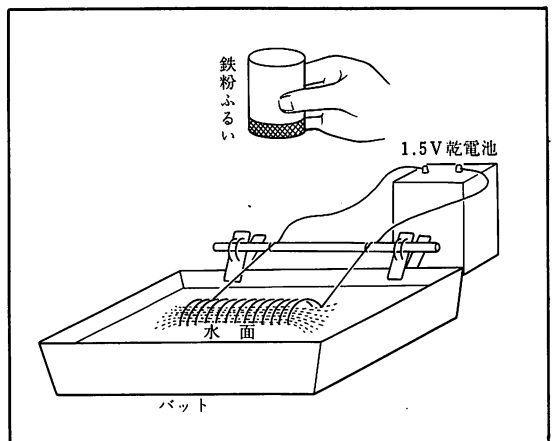


図8. ソレノイドコイルによる磁力線模様

- (a) ソレノイドコイルの場合、水の表面張力のため、直径1 cm以上が必要で、2 cmもあれば十分観察できる。エナメル線は直径0.5 mmでは少し弱く、太目の方が加工し易い。3 mm間隔に巻き、1.5 V 平角3号乾電池につないで、内部の平行磁界がよくわかる。周辺は少し無理である。
- (b) 円形コイルの場合、細いエナメル線でも作れ、直径3 cm 20巻のコイルを、上と同じ電池につないで、磁力線が一周している周辺部の様子もよくわかる。(図9)

鉄粉は化学実験用のもので、ふるいはガーゼ一重がよい。目が細かく微粉になると、かえって模様ができない。ほんの少しずつ落とすのがコツであり、失敗したら水を取り替えてやり直す。濡れた鉄粉はさびつき易いので、あとでよく洗い落としておく。

## (2) 鉄心を入れたときの磁界の変化

同じ装置で、コイルの中に軟鉄片を通して鉄心とし、水中に沈める。(図10) 鉄粉をまくと、周囲の磁界は非常に強くなって鉄粉が集まりよくそろう。逆に、これまで強かったコイル内(鉄心上の水面)には鉄粉が集まらなくなり、弱くなっていることがわかる。

## (3) 磁針による磁力線の方向の観察

同じ装置で、鉄粉のかわりに磁針を浮かべると、磁界の方向を向き、磁界の強い場所へ移動してゆく。(図11)

磁針の材料としては、2 m 鋼製巻尺が適当で、

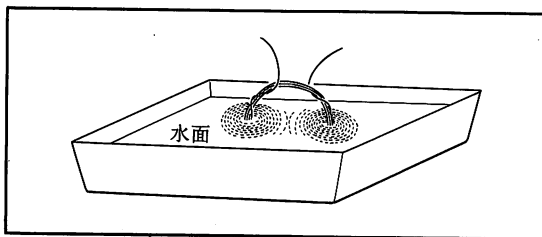


図9. 円形コイルによる磁力線模様  
(電源および操作は省略)

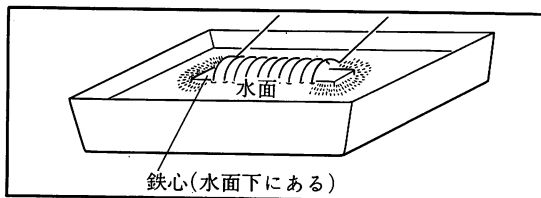


図10. 鉄心による磁界の変化(電源および操作は省略)

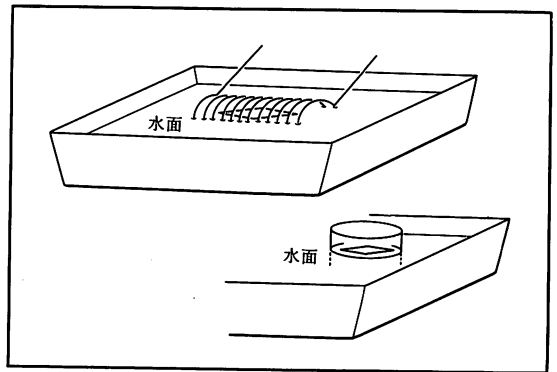


図11. 磁針による磁力線の観察(電源は省略)下は円筒をかぶせたもの。

長さ3 cm程度に、折って形をつくる。磁石を使って磁化させ、水に浮かべてN極を確かめておく。一度浮かべたら、あとは鉄片で必要な位置に誘導できるので、「浮き」はつけなくて表面張力を利用した方が、縁に附着したりしないでよい。沈めば磁石で簡単に引き揚げられる。

磁針の移動を防ぎ、特定な場所の磁界を見るには、磁針の長さより内径の少し大きな円筒をかぶせる。(図11) 普通の磁針と同じ使い方ができる。

## 3. 針金の曲がりによる電流にはたらく力の観察

### (1) 磁界中の電流にはたらく力

電気コードの被覆をむいて芯線を1本とり出し、下敷にセロテープでとめ、(図12)のような立ち上りを作る。上の水平な直線部分に、磁石で上下方向の磁界を作り、芯線を乾電池につないで電流を流すと、芯線は力を受けて曲げられる。

感度は立ち上りの高さによるが、5~10 cmあれば、教材用U磁石と1.5 V乾電池によって十分観察で

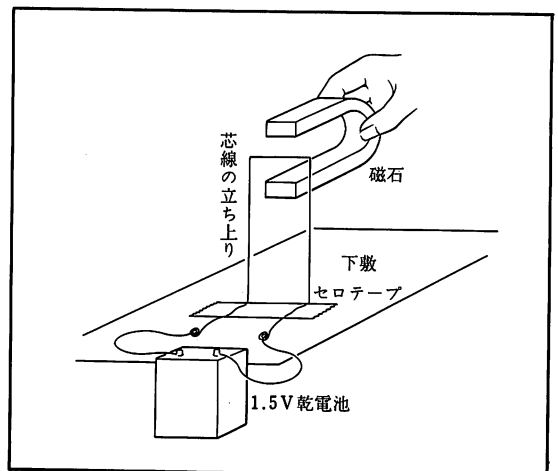


図12. 磁界と直角方向の電源にはたらく力

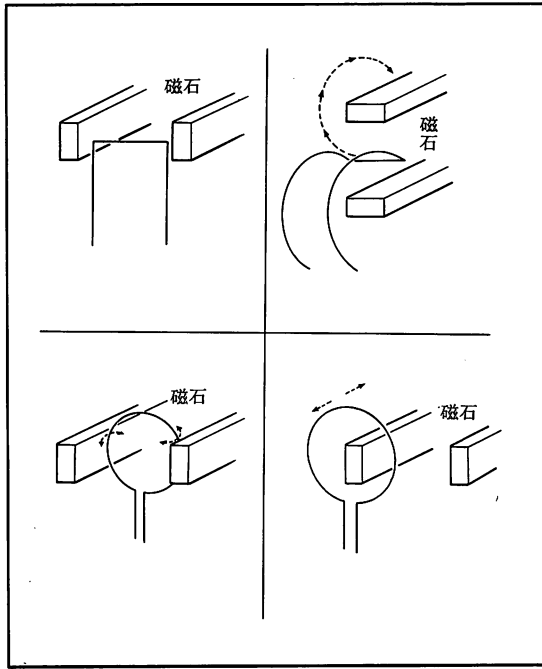


図13. いろいろな電流にはたらく力

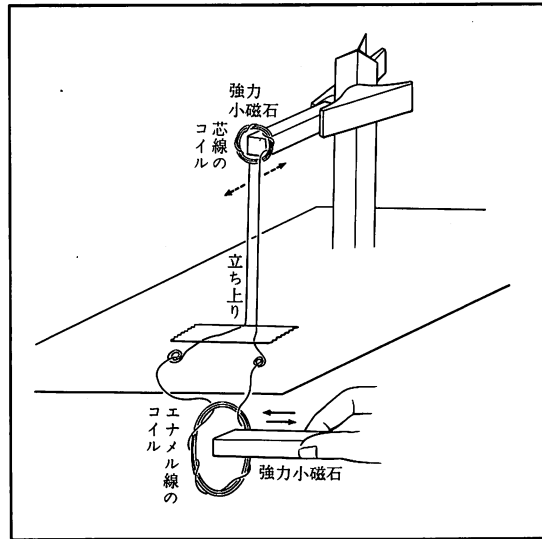


図14. 検流計と電磁誘導

きる。みのむしクリップなどではさむ時の接触をよくするため、芯線の端はとぐろに巻いておくとうい。

電流と磁界が直角な場合のほか、(図13)のように、電流と磁界が平行な場合(左上)、上下にも動ける場合磁極のまわりを一周する(右上)、円電流にはたらく偶力(左下)、円電流と磁極の吸引と反発(右下)なども観察できる。

## (2) 検流計の製作と電磁誘導の実験

同じ装置で、立ち上りの上部に直径1cm、10数巻のコイルを作り、強力な小磁石の磁極に近づけておくと、簡単な検流計ができる。(図14) 立ち上りは10cm程度で、コイルの重さが辛うじて支えられているぐらいにすれば、感度が高くなる。コイルの部分は、はだかの芯線どうしの絶縁は気にしないで、まとめておけばよい。

別にエナメル線で数10巻のコイルを作って上の装置につなぎ、そのコイルへ別の磁石を出し入れすると、誘導電流が流れて上のコイルが動く。(図14) 動きが少ない時には、上のコイルの振動周期に合わせて下のコイルに磁石を出し入れすれば、動きが拡大されてわかりやすい。

## (3) 電流どうしの引力と反発力

下敷に芯線を山なりに往復させて、セロテープでとめる。(図15、16) その一端Aは接触しないように分け、他端Bはまとめる。

A Bの間隔は10cm余り、芯線の間を3mmほど離して、平行になるように作る。作り方は、まず2

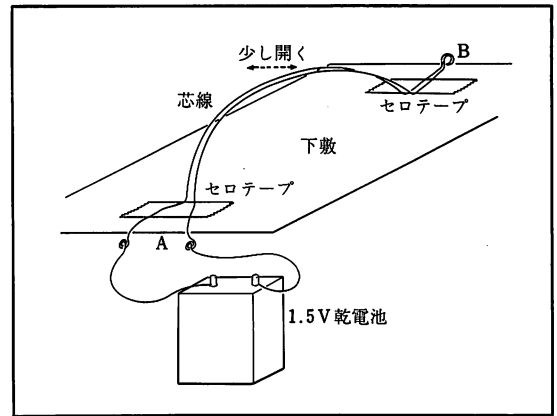


図15. 逆方向の電流どうしの間にはたらく力

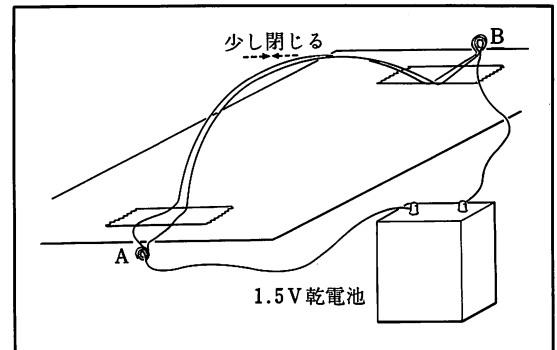


図16. 同方向の電流どうしのはたらく力

本をまとめて指でしごいてから、鉛筆の先などで分けてゆく。どうしても離れてしまう場合、一方を近づけて支える。また、芯線が交差しないように気をつける。

- (a) 乾電池をA端のそれぞれにつないで電流を流すと(図15)、逆方向電流となって反発し、芯線の間がわずかに開く。
- (b) A端をまとめ、B端との間に電流を流すと、同方向電流で引き合う。(図16)
- (c) 途中でU磁石で磁界を作ると(図17)、大きく動く。とくに逆方向電流の場合、反対に分かれるのでおもしろい。

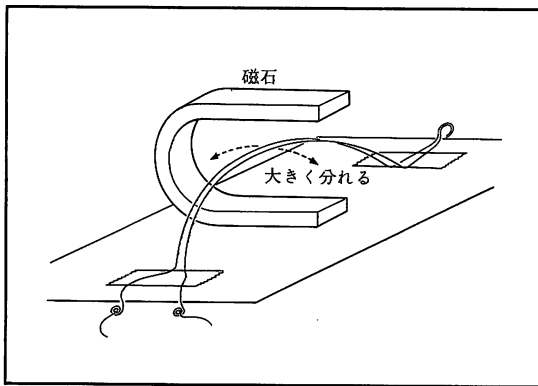


図17. 磁石をおいた場合 (電源は省略)

## 効果

- (1) 個人実験としてやれるので、グループの場合よりゆっくり観察でき、興味と関心も深まる。
- (2) 装置・方法が簡単であり、授業の説明と平行して実験できるので、実感をともなって理解できる。
- (3) 生徒自身が装置を組み立てるので、くふうや創造の余地がある。この報告の中にも生徒の考案を取り入れた。

## その他の補遺事項

ほしい器具もあり、賞につられて、とりあえず本校で数年来実践している実験をまとめて応募してみた。しかし実験の細かいことは生徒の勝手にまかせていたため、いざ自分でやってみると思い通りにゆかず、応募原稿、実物審査、作品集といろいろ変わってしまった。まだまだ改良の余地があると思うので、これを土台に試みていただければと思う。

なおこの実験は本校の藤井宗雄、小嶋登先生と共に行なっているものであり、持ち出した私だけが賞を受けるのも心苦しいが、本校にはこれに劣らぬ実験も数多いので、他日を期して、このままでお許しいただくことにした。