

盲学校に於ける理科学習指導に関する研究 (第三報)

理科実験指導について (其の三)

大庭景利・野村益盛*

(教育学部物理学教室)

The Third Report of the Research for the Science Teaching in the School for the Blindmen

On the Teaching of the Scientific Experiments (3rd report)

Kagetoshi OBA

(Physical Section, Faculty of Education, Kochi University)

Masuyoshi NOMURA

(Kochi Blindmen's School)

1. 緒言

筆者等は既に盲学校に於ける理科教育に関する研究をつづけて居り、先づ盲学校における理科教材中において実験困難なるものにつき検討しその一部を発表すると共に⁽¹⁾、各種理科実験器具並びに其の取扱ひ方について、全盲生を対象として行って来たその結果について発表を行ったのであるが⁽²⁾⁻⁽⁴⁾、今回は、ポリエチレンの利用をしたもの並びに力の合成と分解に関するものについて発表したいと思っている。なお本研究をなすにあたり、高知県立盲学校長久米田佐敏氏その他の先生方にひとかたならぬ御世話に相成ったことに対し感謝の意を表するとともに、この研究の一部は科学研究費によってなされてきたので、併せて謝意を表する次第である。

2. ポリエチレンチューブの活用法

数年前より市販されている化学的合成物質よりなる袋には、塩化ビニールチューブとポリエチレンチューブの二種類あるようである。このうち筆者等は后者のポリエチレンに注目し、盲人用の物理及び化学実験に利用することを考えた。そもそもポリエチレンチューブといっても通常市販されている袋を直接購入するのではなく、長いチューブを機械で切断して袋に加工している工場に行き、数十米もある未加工の細長いチューブを購入している訳である。本材料が一般の小、中、高校における理科教材のみならず、殊に盲人の理科教材に適していると思われる理由は、①、化学薬品に比較的侵されない事。②、盲人はポリエチレンチューブの溝膜を通じて通常の方法で触れることのできない種々な物質に触れることができる事。③、本チューブを利用して気体、液体又は固体の体積を盲人の手で簡単に測定できる事。④、丈夫で破れ難い事。⑤、非常に廉価である事(チューブ1米につき数十銭から2~3円位迄)等のためである。なお市販されているポリエチレンチューブの厚みと折径(チューブを平たく折った時の広さ)を紹介すれば、0.02耗、0.03耗、0.04耗、0.05耗、0.06耗、0.08耗、0.1耗等の厚みがあり、折径には50耗より各5耗~10耗の間隔で700耗位まであるのでこれらのうち、必要なものを注文すればよい。

* 高知県立盲学校

本チューブを熱で加工接着する場合、筆者等は次にのべるような方法で行った。先ず電気ハンダゴテを加熱しておき、チューブの加工接着する部分を備えておく。一方2枚のセロファン紙を用意し、そのうち1枚は接着しようとするチューブの下に敷き、残る1枚はチューブの上に置く、その上を接着しようとする線に沿ってハンダゴテを静かに滑らせていく、するとチューブの接着部分は熱のため熔融して密着する。もしこの時、普通の紙をチューブの上下に敷けばチューブが加熱密着すると同時に紙にも付着するので、後に紙をチューブから引離す時に紙がチューブに附着して容易に取れなくなってしまうのでよくない。チューブを使用する場合、予めチューブに体積目盛をつけて置くと便利である。それにはチューブに一定量の水を入れ、水の高さと体積とによってチューブの目盛りの長さを知り、その長さに応じて紐の切断したものを糊づけして行けばよい。盲人はこの目盛りに触れる事によって体積を知るわけである。次に本チューブによる盲人への理科実験使用例を幾つかのべてみる事にする。

(1) 定量的な化学実験を行う場合

盲人に定量的な化学実験を行わせるのは少々困難な事ではあるが、高等部に於ける化学での理論を知識のみで終止させるのは正しくないので、どうしても安全な方法を考えて全盲生にやらせる必要がある様に思われる。

例 1. カーバイトよりアセチレンガスを取り出す実験

カーバイトを水に入れてアセチレンガスを生成する化学方程式は、

$\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$ であるが、此の式を理解させるため、一定量のカーバイトから幾ccのアセチレンガスが生成するかを計算させてみる。それに依れば、理論的には、 0°C 1気圧下でカーバイト64瓦より22.4立のアセチレンガスが生成する筈である。其処で市販のカーバイトを水に入れてアセチレンガスを生成し（不純物を多く含む）其の体積を測定し難い乍らも理論値と実際値とを比較させ、考えさせてみようとする訳である。

厚さ0.02mm折経90mm外部には体積目盛をつけたポリエチレンチューブを1.5米位用意して一端を封じて置く。一方ではカーバイトを10瓦秤量しポリエチレンチューブの中に入れ、其のチューブの一端を水で満した500cc入りポリエチレン瓶につなぐ、其の後、チューブの中のカーバイトを水中に落せば、瓶の中よりアセチレンガスが盛んに発生して来て、チューブは次第に膨らんで来る。カーバイトが全部無くなってしまったならば瓶からチューブを脱した後、チューブが完全に膨らみ、正しい体積を示す様にするため手拭をしぼる様な形でガスを洩らさない様につめて行く。そして完全に膨らんだチューブの体積を触読する訳である。

斯うして出来たガスのチューブはポンベの如く使用出来るので、先をポリエチレンの細管に接続し、しばって置き、其の部分に熱いピンセットを用いて封じ安全な場所に保持して置けばよいのである。

ついでに述べると、此のカーバイトは地学で空気の酸化による岩石の風化作用を説明するのに適してゐる。カーバイトは岩石の様に非常に硬いものであるが、此のカーバイトを空气中に放置して一昼夜位すると表面が酸化されてボロボロになっている事に気づくであろう。そして此の酸化されたものは、やがて土に変わって行くことも理解させる事が出来た訳である。又、此のカーバイトは化学変化の処で発熱反応の説明をするのに適している。全盲生にカーバイトの小さなかけらを持たせて、それを水槽中に入れさせると、アセチレンガスが勢よく出てくる音を聞く事ができるが、其の後カーバイトを取り出して持っているとき水分が少くなり、又次第に熱くなり、遂には持っている事が出来なくなるであろう。（其の時は再び水中に入れて冷却すればよい）

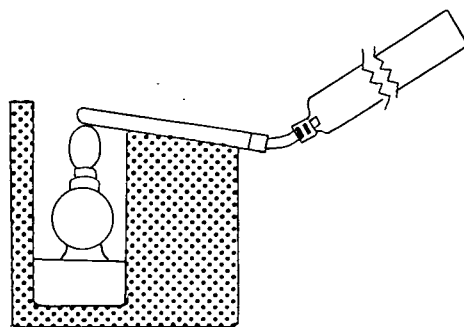
例 2. 塩素酸カリウムより酸素を発生させる実験

(a) ポリエチレンチューブを使用する場合

塩素酸カリウムを使って酸素を発生させる場合、計算値に近い値を得る事が出来るので化学方程

式の意味や、原子量或は分子量等の意味を理解させるのに都合のよい事は既知の通りである。筆者等はこれらを全盲生に適用しようと試みたが、全盲生一人でやらせるのはどうしても危険であり、或程度は教師が援助するという形で次の様な方法を考へてみた。先づ2瓦の塩素酸カリウムを正しく秤量し、これと同量位の二酸化マンガンの混合物をつくっておく。これを全盲生にたしかめさせて置き、直径20耗位の試験管に入れる。其れを第1図の様なセメントで作った実験台上に載せ、それにポリエチレン管を更にその先に折径4,5耗位的一端を封じたポリエチレンチューブを接続する。

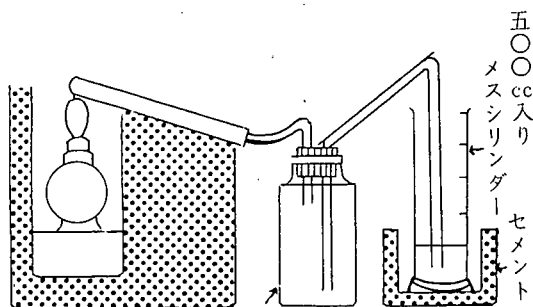
アルコールランプで混合物を十分に加熱して酸素が発生してしまったならば火を消して常温になる迄放置冷却させる。そしてポリエチレンチューブの口を細管より脱して内部の気体を逃さないため手拭をしぼる様にしてチューブ内の気体をつめ、予めチューブの外側に目印してあつた体積目盛を触読できる様にする。反応式は $2\text{KClO}_3 \xrightarrow{\text{熱分解}} 2\text{KCl} + 2\text{O}_2$ であるから、理論的には 0°C 1気圧で245瓦の塩素酸カリウムより凡そ22.4立の酸素を得る事が出来る筈である。これと実測値とを比較するためには、 $V_0 = V \times \frac{273}{T} \times \frac{P}{760}$ (V :チューブ内の気体の体積, T :実験容器内の温度(絶対温度) P :実験容器内の気圧)の式を使えばよい。



第 1 図

(b) 体積測定器を使用する場合

これ迄述べて来た実験を更に精密に行わせるために第2図の様な方法を取るとよい。此の実験で試験管内に発生した酸素はポリエチレン 500 cc 入りの瓶の中に入っている水を押し出し、押し出された水は、500 cc 入りのメスシリンダーの中に入っていく。此の水の体積を測定すれば発生した酸素の量を知る事が出来る。但し此の場合の混合物は塩素酸カリ1瓦からは、標準状態で274.3ccの酸素を発生するから前項の $V_0 = V \times \frac{273}{T} \times \frac{P}{760}$ の式を使って実測値を標準状態に直したものと比較すればよい。尚、全盲生による体積の測定法は前に発表したもので此処では省略する。

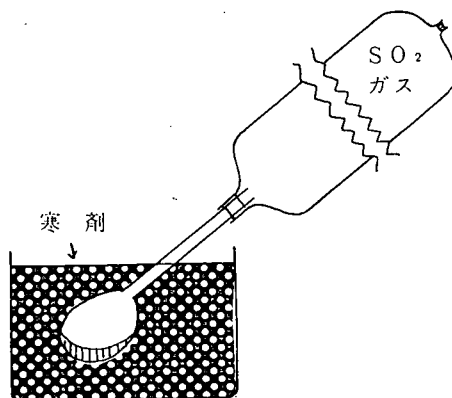


第 2 図

(2) 其 他

(イ) 気体の液化を試めず実験 (SO_2 凝縮の場合)

亜硫酸ガスの沸点は、 -10°C であるから本気体を -10°C 以下に冷却すればた易く液化させる事が出来る。第3図の如く、ポリエチレンチューブの中に亜硫酸ガスを入れ、一方では、同質の小さな折径を持つチューブをパイプ(管)でつなぐ。小さな方を寒剤の方へ沈めて冷却し、暫くすると二硫化硫黄が凝縮して内にたまる。



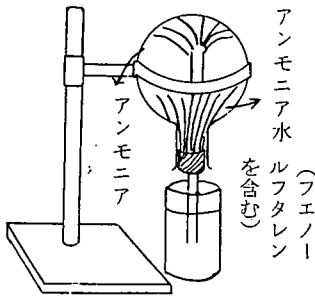
第 3 図

此の凝縮が起ると体積が縮むので大きなチューブからしぼる様にして小さなチューブの方へ押し出す。此の実験によればどれだけの気体が液体になるかを凡そ直接に触知させる事が出来る訳である。ガスが液化している状態は沈めてあるチューブを取り出して触れてみると気体とは違った感じを与えることで明かになる。

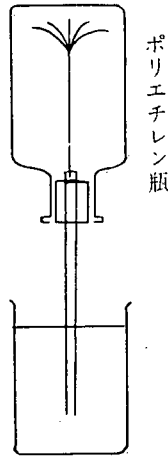
(ロ) 気体の溶解を示す実験 (アンモニア・塩化水素、亜硫酸ガス等を用いて)

一般学校の教材には、アンモニアの溶解度を利用して噴水をつくって楽しむ事が出ている。例えば1立位の丸底フラスコにアンモニアの気体を満し、其れにガラス管をさしたゴム栓をはめる。ガラス管の下端をビーカーに入れた水の中に入れ、暫らくすると第4図の如く、見事な噴水ができるものである。尚、ビーカーの水には赤色リトマス液、或いはフェノールフタレイン溶液を入れて置くと色の変化が見られるので興味深いものであるが、扱、此の実験を全盲生に行わせ、分らせるためには少々工夫が必要である。それは全盲生にはフラスコ内部の現実が見えないので、中で何が起こっているのかさっぱり分らないからである。其処で筆者等は次の様な二通りの方法によって問題の解決に当った。

(a) ポリエチレン瓶を利用する方法



第4図 (一般的な実験)



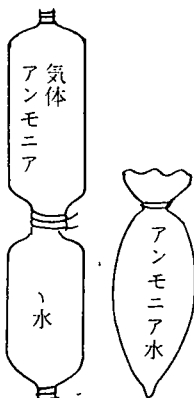
第5図 (盲人用の実験)

第5図の如く、ポリエチレン瓶にガラス管を通したゴム栓を入れ瓶の中にはアンモニアの気体を満しておく。そしてガラス管の先は水槽の中につけるようにする。暫らくすると先程と同じように管の先から噴水を生じる。其の時、瓶の中の気体のアンモニアは水に吸収されて真空状態に近づく。其のため瓶の内圧は急に低くなり、外圧に押されて瞬間的に凹んでしまうが、噴水によって瓶内に液体が満されるにつれて瓶は元の形に戻って来る様になる。それと共に支えていた瓶は次第に重くなるのを感じる。

全盲生は瓶の凹んだ状態や、噴水による瓶の衝撃音や瓶の段々重くなって行く状態を知る事によって此の気体の水に対する溶解性の大きい事を理解して行く訳である。又この実験は半盲生にとっても更に有効である。

(b) ポリエチレンチューブを利用する方法

これ迄にのべて来た様な市販のポリエチレンチューブを利用する。第六図の如く、1つの袋の途中を紐でしばり、下の袋内には水を満した後、端を封じて上の袋には、アンモニアの気体を充満させ、之又端を封ずる(アンモニアの気体を入れた袋の中には、水がつかない様に気をつける。)これを全盲生に与えておき、水とアンモニアの存在を十分に確認させておく。其後紐を静かにほどかせてみる。其の時全盲生は全く異様な事に気づいて驚く、其れは上の気体アンモニアの膨らみが瞬間的に激しく消失してしまったからである。然しやがてこれは気体のアンモニアが水に溶解して吸収されてしまった事に気づくであろう。其他塩化水素や亜硫酸ガス等の場合にも同様に行い得る



第6図

ので、此処では省略する。

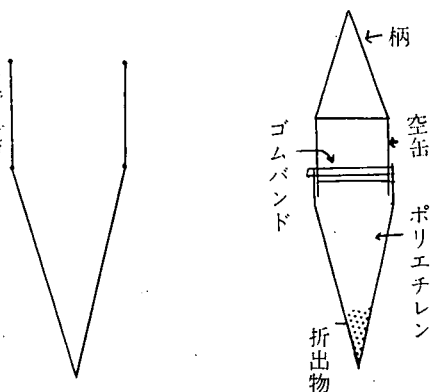
イ) 気体の重さを比較する実験

気体は一般に軽いのでその重さを比較するには可成り手のこんだ装置を必要とする。例えば簡単な例で水素と空気の重さを比較する場合等には、中央部に支点を持つ細長い棒の両端に夫々箱を吊し、一方には水素を上方置換によって入れさせ、其の傾きによって水素の軽い事を知る方法がある。然しこれらの器具を全盲生にやらせてみても不可能に近い事は自明の通りである。何とか全盲生に適した方法はないものかと考えた挙句、次の様な方法が望ましい事が分った。

それは折径15mm位のポリエチレンチューブを使用する。同チューブを同じ大きさに切断し、両端を熱処理で封じ、両端いつれかの片隅に気体が入る穴をあけておく。此の中に様々な気体を充満させておく。此の時、チューブの膜が十分に張り切る迄気体を入れる事が必要である。此等の各々には気体の名を点字で打った紙をはりつけておく。各気体の重さを比較する方法としては、此の気体を交互に掌で少し宛上にはじいてみる。其の時、はづみの工合で重さを比較する訳である。此れを全盲生にやらせてみたところ、炭酸ガス、酸素、亜硫酸ガス等、重さの順に判別する事が出来たのであった。

(3) 固体の溶解度と温度との関係

盲学校中学部及び高等部の化学教材の指導内容にも固体の溶解度に関する項目が出ている。此の溶解度を全盲生に定量的に測定させることは困難であるので、筆者はなるべく定量的な概念をつかみ溶解度曲線が理解できる様な実験方法を考える事にした。以前の報告書で電解質の溶解度の変化を間接的にベルの音で聞くようにしたものを発表した⁽²⁾、今度の場合は直接的であり、然も電解質以外の物質にも適用できる訳である。まづ溶解度と温度の関係を知る器具の作り方についてのべる。円錐状の木の棒にセロファン紙を巻き、其の上に厚さ0.02mmのポリエチレンを重ね(ポリエチレンチューブを切ってつくる)更に上にセロファン紙を重ね、ハンダゴテを当てて第7図に示す様な円錐状の袋を作る。次に其の袋にちょうど合う様な小さな空罐を用意して罐の上下を切り取り、底に円錐状の袋を被せ、ゴムでしばる。罐の上部には、針金で硬く柄をつけ、吊り下げる事が出来る様にして置く、此の中に70°C位の飽和した塩化アンモニウムの水溶液を入れて放置する。次で過飽和の状態を予防するために塩化アンモニウム結晶の小片を投入しておく、冷却につれて塩化アンモニウムの溶解度曲線から明らかなる如く、第8図に於ける下部の円錐形の先より徐々に溶解し



第7図
ポリエチレンの薄膜でつくる

第8図
盲人用溶解度調査器具

(第1表) NH_4Cl と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の溶解度 (瓦/100瓦H.O)

温度	NH_4Cl	温度	NH_4Cl	温度	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
0	29.4	50	50.4	10	0.125
10	33.3	60	55.2	20	0.118
20	37.2	70	60.2	30	0.109
30	41.4			50	0.091
40	45.8			70	0.074

ていた物質の結晶の析出してくるのが分る。全盲生は此の結晶の析出している状態を円錐状ポリエチレンの薄膜を通して触知する事が出来るわけである。室温に近づくとつれて益々析出して行く事に気づくであろう。尚此の薄い円錐状膜の外側には、小さな目盛を3つ位つけて触知できる様にし

て置いた方がよい様に思う。全盲生は結晶の析出する過程で円錐の薄膜の温度に触れ乍ら析出量との関係を理解して行く訳である。又同時に別の容器には水酸化カルシウムの同温の飽和加熱溶液を置いて、此の円錐形の膜に触れ乍ら、両者の変化を比較すれば、物質の種類によって溶解度の異なることを理解する事が出来る。同様にして他の物質についても比較させるとよい。此の様な異なる溶液の入った器具を各人に持たせて互に比較検討させるうちに溶解度曲線への概念へと導いて行く事が出来るであろう。扱、今述べた各物質の溶解度を比較するためには同一温度の種々な飽和溶液をつくらねばならない。そのために、次の様にしている。ビーカーに各々の溶液と過量の溶質を入れておき、其れを水の入っている水槽中に入れておく、其の中に絶縁物にニクロム線を巻いて作った棒を入れ、電源につなぎ、スライダックで調節し乍ら温度をあげる。此の時、水中に手を入れたりするので、ゴムスリッパ等をはいて身体と地面とを電氣的に絶縁しておく必要がある。時々攪拌してやると其の内のビーカー中には等温の溶液が出来るので、其れを先述の円錐状容器の中に等量宛入れて、出たものに触知すればよい。此の時溶質は過度に入れてあるので一部はビーカーの底に溜っている筈である。各物質を一定温度に下げるには水槽内へ冷水を混ぜ、其の中に器具を入れて同温になる様に冷却すればよい。

(4) 過飽和溶液から結晶を析出させる実験

チオ硫酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ や結晶硫酸ナトリウムの様な多量の結晶水を含む物質を水中に過量に入れて 40°C 位で飽和させたものを前節の薄膜による円錐状ポリエチレンの容器に入れて空気中に放置して置く。斯うして室温迄冷えた溶液は過飽和溶液になっている。全盲生は円錐状の先へ静かに触れて結晶の出来て居ない過飽和の状態を確認する。其の後、此の物質の微小な結晶を上から振りまくと急速に結晶が成長して行き、円錐状の底に溜って行くのを触知する事が出来る。又上の罐の口に蓋をして激しく振ったりしても結晶が析出し、底に溜る事を触知する事が出来る。

(第2表) 含水塩の溶解度 (瓦/100瓦の水)

温度	0°	10°	20°	30°	40°
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	52.5	—	70.0	—	102.6
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	—	9.14	19.8	40.87	—

(5) 溶解熱を調べる実験

全盲生には容器の中の液体を棒で攪拌するのが大変面倒である。よく攪拌棒の位置が分からなかったり、容器の中味をこぼしたりするものである。筆者等は此の問題を解決するためにポリエチレンチューブを用いることにしている。その一例として溶解熱の吸収を示す実験について述べる。ポリエチレンチューブを第9図の如く切断し、その一端をコテで封じ他端を開き、其処へ100瓦の硝酸アンモニウムと100ccの水を入れ先をこぼれないようゴムバンドで縛り、手でつぶしたり弱めたりして攪拌する。すると溶液の温度の低下するのを触知できる。又他のチューブに約150ccの水を入れ、これに結晶炭酸ナトリウム75瓦と塩化アンモニウム50瓦とを加えよく攪拌すると一度に低温(約 -30°C)を得る事が出来る。又、溶解熱の発生を示す実験では一端を封じた折径3厘位のポリエチレンチューブの中に水を満し、其の中へ粒状水酸化ナトリウムの一粒を入れ、上の口もしぼる様に閉じて置き、それを全盲生に持たせるようにする。全盲生はチューブの底に沈んでいるNaOHの粒に触れることが出来る。暫らくしている中に持っている指先でNaOHが水に溶けて行く時の発熱を感じとる事が出来る。但し此の時粒を外からちょっと触れただけでは駄目で、粒を指の間にはさんだまま暫らくしてから段々熱くなって行くのを感じ



第9図

る事ができるのである。溶液はついでに後で触知させて皮膚を侵すことなどを確かめておくのもよい。

(6) 寒剤を用ひて温度降下を比較する実験

固体が溶解する時は一般に熱を吸収する事が多い。寒剤は此の性質を利用して温度を降下させる混合物である。此の温度降下を全盲生の手で実現するためには第3表に示された様な総合比で前節に示した様なポリエチレンチューブを用ひて行く。例えばポリエチレンチューブの中に食塩と水を25:75の割合で入れ、チューブの両端を閉じた後、袋を押したり縮めたりして攪拌すれば皮膚の感覚をとほして急激な温度降下を実現触知する事が出来る。此の様な方法で寒剤をつくり全盲生に触知させ乍ら最低温度を比較させるとよい。

(第3表) 寒 剤

物 質	混 合 比	最低温度
塩 化 ア ン モ ン と 水	20 : 80	-15.4°C
食 塩 と 水	24.8 : 75.2	-21.3°C
塩化カルシウム結晶と水	58.8 : 41.2	-54.9°C

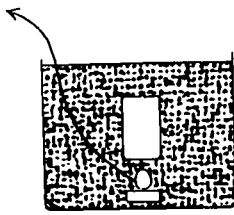
(7) 爆発実験

前年度の報告書にも空瓶を利用した爆発実験装置について発表した⁽²⁾、今度の場合は、万一瓶が壊れる様な危険性がなくて更に全盲生の使用に適して居る様に思われるので発表する事にした。此の場合にもポリエチレンチューブを利用する。実験室内で行う場合は、折径4厘位のものがよく、野外で大規模に行う場合は折径の大きいもの程よい。先づ水素と酸素の混合気体による爆発実験を例にとって述べる。細長いチューブの中央をすぐに解ける様に紐でしばって置き、一端からは水素を、他端からは酸素を入れ、各々の端は気体の洩れない様にしばっておく。一方でゴム栓に通線を通し、其の先にニクロム線をつけたもの、其のニクロム線にはマッチの軸先をはさみニクロム線の加熱で気体に点火する様にして置く。此のゴム栓をチューブの先にしばりつけ、中央の紐を解いて混合気体をつくる。此の気体の水素と酸素の混合比を色々に変えたものを幾つか(第10図)作り、同様に用意する。其して次々にスイッチを入れて爆発させ、最も大きかった音のものを選び出させる。録音機があれば録音して置くとよい。其の他の気体についても同様に行えばよい。

(8) 其他の実験

(イ) 液体の圧力の方向を知る実験

第11図の如くあらかじめ孔をあけたポリエチレンチューブに水を入れ其の口をしぼり、これを手で握って圧力を加えると、水は各小孔からゴム膜の面に直角に噴出するのが触知出来る。



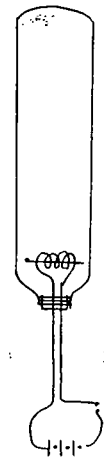
↑ ↑ ↑
加 熱
第 12 図

(ロ) 気体の熱膨脹を知る実験

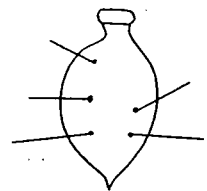
気体の熱膨脹を知るために、ポリエチレンチューブを第12図の様封じ、中に半分位の空気を入れておく。其の一端を糸につけ、水中に沈め底にある錘の穴に糸を通して外に出す。下から加熱すると、中の気体の熱膨脹でふくらみ、浮力が強く働くのが糸の先で触知できるわけである。

(ハ) 水鉄砲

水鉄砲といえば必ず筒と押し込む柄がない

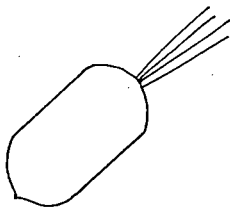


第 10 図



第 11 図

といけない様な固定観念を破り、液体の圧力の伝わり方を正しく指導するためにポリエチレンチューブに水を入れ、両端を閉じて置き、一つの穴をあけ、手で圧力を加えると水は勢よくとび出す。



第 13 図

(二) 音の振動を知る実験

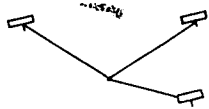
全盲生にはオツシロスコープも、踊るほのほも見えないので、音が媒質の振動である事を分り易く別の方法で知らせてやらねばならない。其のためにポリエチレンチューブ内に空気を入れ、膜を十分張らせておく。其れを手を持って近くに口を持って行き、アー、ウー、オー等と発声すると振動が膜に伝わっている事を手で触知する事が出来る。



第 14 図

3. 力の合成と分解……平行四辺形の法則を調べる器具

物理学の学習に於て力の合成と分解について特に平行四辺形の法則を全盲生自身の実験によって確かめさせようとするのが本章の目的である。この実験を行うため、市販の輪ゴムと押しピンを利用した。先づ其の実験器具の作り方についてのべる。沢山の輪ゴムの中から均質に出来ていると思われるものを3つだけ選び出し、其の各々を切断して、細長いゴム紐とする。其のゴム紐の一つをとり、一端を押しピンの針の先に結びつけ、糸でしばり固定する。これはゴムを伸ばしたままで行った方がよい。あと2つの押しピンとゴム紐も同様にして結びつける。こうして出来たゴム紐の3つの先を各押しピンの先から4 輝位の間隔で固く糸でしばりつける。尚各押しピンの頭部は第16図に示す如くハンダ付けをして、其の中央部に凹みを作っておく。



第 15 図

力の平行四辺形を求める実験器具



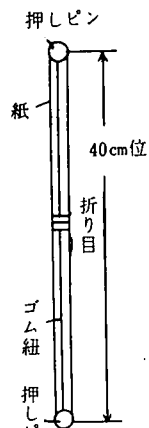
第 16 図

押しピンの上部にハンダ付けをして中央に凹みをつくる

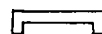
斯うして先づ第15図に示す様な輪ゴムと押しピンにより力の平行四辺形を求める実験器具が出来た。此处でゴム紐は作用する力に比例するバネの働きをする訳である。此等各々のゴム紐は加えられた力に比例して3つ共等しい長さで伸長する必要があるので、出来た器具は検査し

て正しいものに改められなければならない。其のためには40 輝位の細長い紙を2つに折り、再び開いて板上に置く。その紙の両端に上述の器具の押しピンの中、2つを選び押しつけて固定する。其の時ゴム紐の結び目(3つのゴム紐の中央の結び目)が紙の中央に来ておればよいが、そうでなければ一方が長く、他方が短か過ぎる事になる。同様にして残る1つのものも行う。そうしてこれら3つのゴム紐のうち、最も短いものを選び出し、これを基準にして後2つの紐の長さを改める。(第17図参照)次で基準にとった短いゴム紐の押しピンを先と同様に紙の一端に押しつけて固定する。後の一つを他端に固定し、其の長さを調べた後、ピンを外し、後、長い分だけゴム紐をピンの針の先に巻きつけ、ゴムの結び目が、紙の中央の折り目に来ている事を確かめた後、巻きつけた部分を糸でしばり固定する。同様にして残る1つのゴム紐の長さも改める。(固定した押しピンの針のもとにはセメダインを塗って置くことよい)斯うして出来た器具の押しピンの中央部から3つのゴム紐の中央部迄の長さを伸長しないままで測り、其の平均値を求める。其の値と同じ長さのものを針金を用いて第18図の様な形につくる。これで本器具は完成した事になる。次で使用法について述べる。先づ準備品としては、これ迄に述べて来た本器具、画用紙(点字用紙の2倍位の大きさ)、点筆、線を引くための物指し、ボール紙に蚊帳の布を貼りつけたボール板等を用意する。

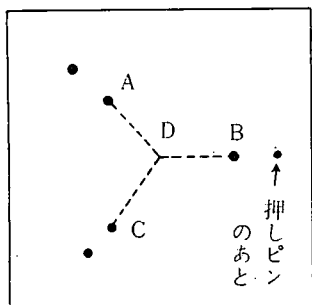
平らな机の上にボール板を置き、更に其の上に画用紙を置く、其処へ本器の押しピンを画用紙の三隅に適当に立てて固定する。ゴムは伸びてその結び目は用紙の中央近くのどこかに決る。全盲生は此の結び目の位置を手で触れて確かめた後に、其の部分点を点筆で押し下して下の紙に傷をつけ読ませる。次で第18図に示す針金の一端を各押しピンの頭の凹部（第16図参照）に入れ、他端をゴム紐にあて、其の当たった部分を押しつけて画用紙に傷をつけ凹部をつくる。他の2つの押しピンも同様にする。其の後各押しピンを取り外し紙を裏返す。これ迄凹んだ部分は裏返した為凸になる。全盲生は手を持って行けば其の部分に触れる事が出来る。ボール板の上に其の画用紙を置き、中央の印に向って三方の印より点筆で線を引く、すると紙の表にボール紙の布の荒目によるギザギザの線が出てくる。これは3つの力の釣合を示す図である。（第19図参照）此の図のA、B、Cのうちどれか1つを選び（例えば此処でAを選ぶ）其の延長上にADと同じ長さの点A'に点筆で印をつける。其の印にA'とC、A'とBを点筆で線を引く、再び紙の表を出し、手で触れれば、全盲生は、これ等が平行四辺形になってゐる事に気付くであろう。（第20図参照）同様にA以外の点B、Cについても作用すれば同様な形の出来る事を明らかにする事が出来る。この四辺形の大きさは全盲生が掌で触ってみて知悉できる範囲に適する様にせねばならない。



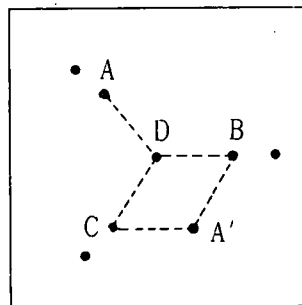
第17図
ゴム紐の長さの補正



第18図
元のゴム紐の長さを示す針



第19図 三つの力の釣合の作図



第20図 力の平行四辺形の作図

4. 考察並びに結論

筆者等は、今回はポリエチレンを利用した各種盲人用実験装置並びに力の合成及び分解に関する盲人用実験装置についてのべたのであるが、盲学校教育現場に於ては理科教育上必要な実験設備並びに其の指導方法の研究は尚多くの余地を残し今後共増々必要であり、又前に筆者等の述べた如く小、中学校理科教材を逐次調査して指導困難なものを見つけ、之を整理している研究と相まって之等の困難点を逐次解決し以て盲学校理科学習指導上に貢献して行きたいと思つて居る次第である。

5. 文 献

- ① 大庭，理科の教育，昭和35年（1960）60号 8月 50頁。
- ② 大庭，野村，高知大学々術研究報告，昭和34年（1959）第8巻 15号，10月。
- ③ 大庭，野村，高知大学教育学部研究報告，昭和35年（1960）第12号，4月，45頁。
- ④ 大庭，野村，日本理科教育学会第9回全国大会（昭和34年10月2日，山形大学）に於て発表。

