

263  
81



始



263.7-81

岡山縣女子師範學校教諭 片寄卯三郎 共著  
岡山縣女子師範學校訓導 木山淳一



教壇活用  
理化實驗は斯の如く取扱ふべし

正  
9. 5. 15  
内交

東京廣文堂書店發行

### 叙言

私は、先年歐米諸國の理科教授狀況を視察し廻つて教授の方法が豫想以上に進歩し、科學の思想が著しく普及發達して居る事に驚き、彼國が今日産業其の他の點に於て非常な發展を遂げ、國運の隆盛を極めつゝあるのも全く無理のない事と思つた。故に我が邦が歐米の教育に學ばねばならぬ事も多々あらうが、就中、彼國に行はれて居る兒童生徒自らの實驗を以て理科教授全體の基礎にする新教授法、即ち、實驗室教授法を本邦に導き入れる事は、實に急務中の最大急務と認めたのである。右様の次第で、私が歸朝後早速之に着手し、拙著新理科教授法で之を我が邦の教育界に初めて紹介し得たのは實に去る大正二年の春の事であつた。當時私は、彼地で二三十年も費して漸く物にした此の新教授法を、普ねく我が邦の學校に導き入れて、相當教育上に効果あらしめ得るまでには、實は少くも十數年の歲月と、莫大な經費や非常な努力を要する事と思つた。それが歐洲大戰其他の影響で、俄に今日の様に全國の中等學校は勿論、小學校に至るまで普ねく實施されるに至つた事は、實に

私の案外とする所で、非常な急速の進歩と謂はなければならぬ。併しながら、實を言へば我が邦現時の兒童生徒理科實驗なるものは、唯もう彼等に實驗を行はせて居るといふばかりで、眞によく兒童生徒實驗の本旨に合し、遺憾なく其の教育上の効果を擧げて居るもの、如きは甚だ稀である。之には生徒實驗の教育上の意義が教授者にまだよく了解されて居ないといふ様な事情もあらうが、同時にまた、彼等に理科實驗に關する經驗素養が不足して居る事も看過してはならぬ。

從來の我が邦小學校教員が、一般に、理科實驗の素養を缺いて居る事は、洵に無理もない次第で、兩三年前までは我が邦の師範學校や中等學校には、眞の意味に於ける實驗室教授法といふものが行はれて居なかつたのである。唯、近年に至つて漸くこの新教授法が行はれるに至つたけれども、日尙淺く未だ十分徹底するに至らないのである。就中、理化學實驗の方面には一層此の憾がある。さすれば、今後理科教授の重任に當らんとせられる諸君は、此の方面に關する知識技能の修養に格別の奮勵努力を要する譯である。これが爲めには、理化學實驗の講習會などに出席して、専門家示導の下に、各自之を試み

練習する事は最も必要である。が、併しながら左様な便宜の無い場合と雖も、よろしく實地の授業に先きだつて可成親切に書かれて居る實驗書の類を参考し、獨力で工夫経験を重ね、練習を積む事に努めなければならぬ。然るに、これまで斯かる要求に應ずる爲の適當な参考書の無い事を私は常に遺憾として居たのである。右の如き事情で、私は今回本書が刊行せられた事を深く歡び、我が教育界に向つて敢て之を推奨せんと欲するものである。

本書記述の體裁を見るに、同一の題目事項に關して幾通りもの實驗方法を擧げて教授者に選擇の餘地を十分に與へてある事や、其等の實驗が悉く著者自らの幾回もの實地經驗の下に工夫改善され、洗鍊されて全く實際的のものに成つて居る事等は、確かに本書の特色と認むべき點であらう。獨り實驗の方法ばかりでなく、其れに關聯した教授の資料、例へば、科學上著名な研究發見とか、或は科學上の新しい應用に屬する趣味ある事項とかを簡潔に記載して教師の参考に供されて居る事なども亦本書の特色の一としなければならぬ。唯、此等の事項の中には、往々、小學兒童の力では一寸理解され難くは無いかと思はれるものも無いではないが、しかし此等は單に教師だけの參

考に資する爲のものである事は勿論である。

要するに、本書は教授者に對して理化學兒童實驗の指導者として、將た、教師實驗の實演者として必要な素養準備を與へる爲の参考書に書かれたものであるから、本書を使用せられる諸君は、本書が妄りに教授者の盲従を強要するものではなく、單に参考書として數多選擇の自由、工夫の餘地を残して居る事を忘れてはならぬ。私は、本書をして成るべく有効適切に利用せられて、今日尙甚だ幼稚の域を脱し能はざる本邦理科教授の上に、何卒十分の貢獻を爲さしめん事を切望するが故に、聊か斯んな婆心を書き添へて、本書の叙言と致した次第である。

棚橋源太郎識

### 編著の趣意

觀察及實驗が理科教授の中心生命であることは明白な事柄である。併し「其の如何なる實驗を選ぶを以て、一定の事項を教授するの資料たる任務を果たさしめるに最も適切であるとするか。」を定める事になると、それは中々容易なことではない。更に「選擇せられた觀察及實驗の事項を如何に配列するを以て、所定の目的を貫徹するの手段たる任務を果たさしめるに適切であるとするか。」に至つては一層の苦心なきを得ない。これ著者等が非才を顧みず最新の學理に照し實地教授の經驗を整理し、以て所見を開陳して諸氏の批判に訴へんとする勇ある所以である。

本書は如上の重要問題を解決し、併せて實地取扱者の便利を期するが爲に左の如き趣意に據つて全篇の結構を定めたのである。即ち

### 一、教授の主眼

全課教授の主眼を概括して教授の據るべき順序を稽へ、此の要旨と關聯せしめて實驗及び觀察事項の選擇配列を述べてある。

### 二、實驗事項

1. 教師實驗 實驗の性質を顧慮し教師の必要と認むるものを最小限度に系統を追うて配列した。
  2. 兒童實驗 簡易、安全、趣味を顧慮しつゝ、教材の主要骨子を標準とし常に實驗に要する時間を稽へつゝ配列した。
  3. 參考實驗 教師實驗及兒童實驗の系統中に組入れた材料と類同のもので參考例證として活用すべきものを載せた。
  4. 補充實驗 教師實驗及兒童實驗を更に補充説明するためのもので、之を配列の系統から分離したのは教授に要する時間の關係と、それが幾分教授の主眼と縁遠くなるが爲であるが、教師としては必ず知悉して置かねばならぬものである。
- 參考實驗、補充實驗は成る可く其の多方面に亘るを期し、實地教授に於ける種々な

支障から系統的材捨に料取を加へなければならぬやうな場合、之が代用に便するやうにした。

### 三、實驗の記述

1. 實驗の要旨 各實驗の題下に實驗の要旨を掲げることにした。
2. 準備 之は材料及び製作の二項に分ちて簡易器械の製作及び利用を圖るやうにしてある。
3. 方法 次に實驗の手續を記述する。
4. 歸納 實驗に基いて概念、理法を抽出する順序により前項の方法を説明する。
5. 例證 前項に於て歸納した原理を日常の觀察事項に照して例證を求める。
6. 實驗の特徴 本項で及備考しは該實驗の長所及び短所を明かにし、教師實驗又は兒童實驗として撰擇した理由を述べることにした。
7. 注意及備考 注意及備考は各項に於て必要な箇所に附記するやうにした。

### 四、研究應用

教授事項と關係あり、必要と認める一般知識竝に最新進歩の智識、日常生活と關係ある趣

味的材料等を記述してある。

要するに本書が多くの勞力を拂つたのは教育的見識を以て材料の選擇及び配列に確固たる方針を樹立してある點で、又常に實地教授の徹底便利を顧慮してゐる點である。もしそれ本書が幾分たりとも教壇上の實際的活用に貢献する所あるならば、それは唯に著者同人の喜びのみではないのである。

終に東京高等師範學校教授兼文部省督學官棚橋源太郎先生が公務多端の際にも拘らず本書を閲讀せられて序文を賜はつたことを深く感謝する。

著 者 識

# 教壇活用理化實驗は斯の如く取扱ふべし

## 目 次

第 一	空氣と土	一
第 二	物の重さ	一九
第 三	空氣の性質	五〇
第 四	水の性質	六五
第 五	熱	七六
第 六	水の三態及び寒暖計	一〇八
第 七	風と雨	一三七
第 八	火	一四七
第 九	酸素	一七〇

目次	二
第十	空氣の成分……………一九二
第十一	水素……………二〇六
第十二	炭酸瓦斯……………二三二
第十三	燃焼の成生物……………二四八
第十四	食鹽……………二五八
第十五	硫黃……………二七五
第十六	石油……………二九一
第十七	石炭……………三〇三
第十八	鐵……………三二三
第十九	錫、鉛、亞鉛、アルミニウム……………三四二
第二十	銅……………三六四
第二十一	金、銀……………三七五

目次	三
第二十二	鹽酸、硫酸、硝酸……………三九八
第二十三	苛性曹達、炭酸曹達……………四三八
第二十四	いしばひ、アンモニヤ……………四七〇
第二十五	重力……………四八七
第二十六	挺子……………四九九
第二十七	はかり……………五一二
第二十八	ふりこ、時計……………五二一
第二十九	吸上ポンプ……………五二六
第三十	光の直進……………五二九
第三十一	光の反射……………五四四
第三十二	平なる鏡……………五五七
第三十三	光の屈折……………五七七

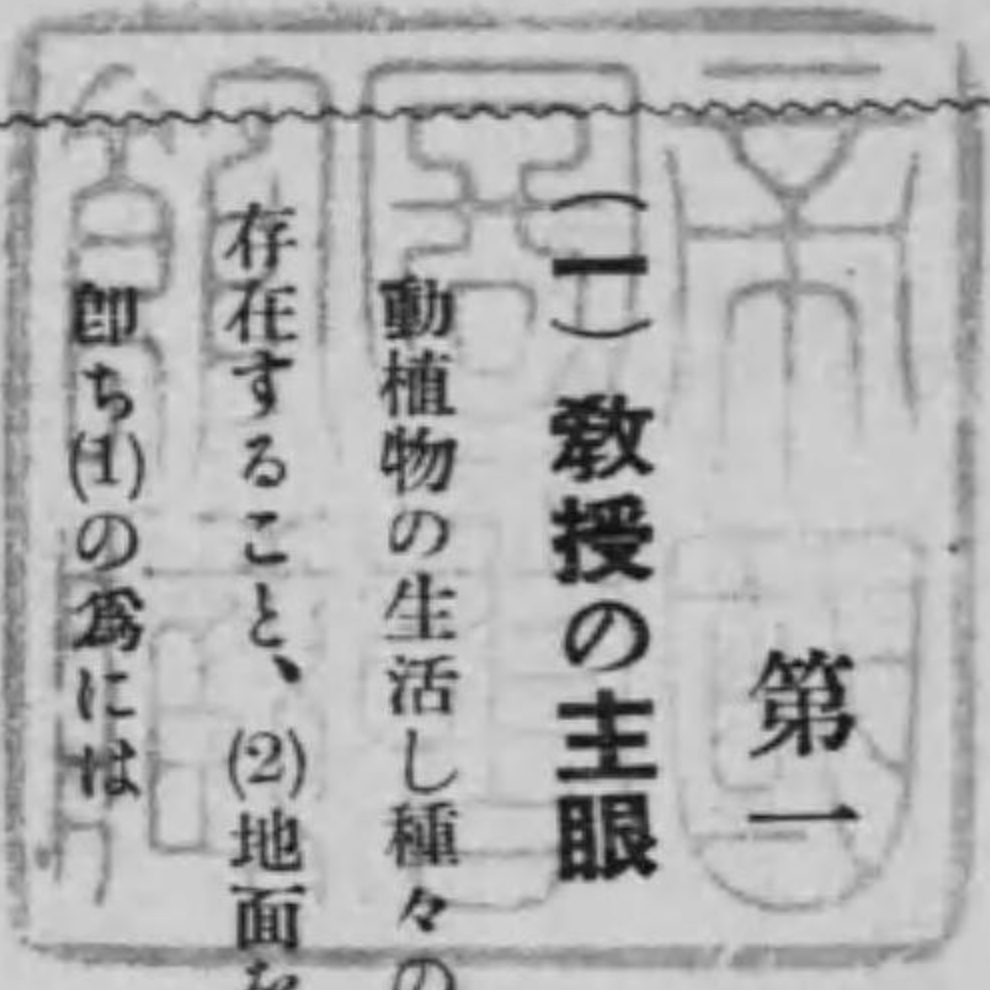


目次	四
第三十四	凸れんず……………五九八
第三十五	音……………六〇三
第三十六	磁石……………六三九
第三十七	電氣……………六六一
第三十八	電流……………六九四
第三十九	電燈……………七〇八
第四十	電鈴、電信機……………七三三
第四十一	食物……………七五六

目次終

教壇理化實驗は斯の如く取扱ふべし

片寄卯三郎 共著  
木山淳一



第一 空氣と土

(一) 教授の主眼  
動植物の生活し種々の自然現象の行はれてゐる場所の状態を知らしめるためには、(1)地上に空氣の普く存在すること、(2)地面を被へる土の性質、(3)地面及び空氣の溫度と日光の關係とを明かにせねばならぬ。即ち(1)の爲には

(イ)先づ空氣といふものゝ存在することを知らしめ、(ロ)次に空氣は他の諸物體と同様空間を占めてゐること、即ち不可入性を有することを知らしめ、(ハ)常に移動して任意の器物に捕集せられるものであることを明かにするのが必要である。

又(2)の爲には

(イ)土が砂と土とより成り、草木の朽ちたものなどを雜へてゐること、(ロ)土が常に水分を含んでゐること

ること、(ハ)又空氣を含んでゐることも明かにせねばならぬ。  
次に(3)の爲には

(イ)日光によりて空氣及び土の暖まること、(ロ)空氣の土によりて暖まること等を授けねばならぬ。

### (二) 實驗事項

#### A、兒童實驗一

- 1、地上に空氣の普く存在すること。
- 2、空氣の不可入性を有すること。

#### 一、準備

材料 Ⅱ バケツ、底に孔ある試験管、各組に一個宛。

製作 Ⅱ 底に孔ある試験管を作るには、アルコールランプにて試験管の下部を充分に熱し、胎色を帯ぶるを待ち、尙熱しながら試験管の口を口の中にいれて強く吹くのである。さうすると、下部は幾分尖つてきて「ブツ」と音を發して孔があく。

#### 二、方法

- (1) バケツの大凡八・九分迄で水を満して机上に置き、次に豫め用意されたる試験管を右手に握り、而かも

第一圖



注意

- (1) 試験管を水中に挿入する際には、(イ)水面に直角にすること、(ロ)小孔を塞げる指を緩めぬこと。
- (2) 試験管を水中に挿入したる後は之を傾けてから實驗に移るがよい。かくすれば細き多數の泡が出ると同時に管内に浸入し来る水の有様を見ることが出来る。
- (3) 此の實驗にはバケツを用ひるから、光線がよく来る明るい場所で行ふがよい。
- (4) 空氣と水の置換を一度に行はないうで、中途で孔を塞いで空氣の逸出するをやめ、次に開きて置換をするといふこともやらせる必要がある。

母指にて其の底部の孔を塞ぎ、圖の如くバケツの水中に挿入するのである。  
(2) かくてバケツ内を注視しつつ、試験管の小孔を塞げる指を緩めて隙間を作る。  
(3) かくすれば細き多數の泡出で、之と同時に試験管内には次第に水が浸入し、遂に是を滿充す。

### 三、歸納

- (1) 試験管を水中に挿入した時管内の状態はどうであるか。……水は管内に浸入して居ない。
- (2) 母指を緩めて小孔を開いた時は、……管内の空氣が泡となつて出るから、管内は次第に水に滿され

る。

(3) 空氣は普く存在し、場所を占めて不可入性を有してゐる。

#### 四、例證

- (1) 手を強く振る時、手に觸るゝものは何か。
- (2) 團扇を用ひて風の起る理。
- (3) 水入れに二つの孔ある理。
- (4) 急須の蓋の穴を塞ぐと湯が出なくなる理由。
- (5) 樽の酒を出すに鏡板の木栓を緩める理。
- (6) 桶を水面に伏せて上から押すも桶の内底内側に水がつかぬ理。

#### 五、本實驗の特徴

- (1) 簡易明瞭なること、——バケツ、試験管は容易に手に入ることが出来、しかも兒童をして明瞭に實驗せしむることを得る。
- (2) 空氣と水の出入に依つて空氣の不可入性を明かに知ることが出来る。——前教科書の如くコツブに線香を用ふる時は此の缺點を免れることが出来ぬ。

備考

(1) 本實驗に於て理科書所載の如く漏斗を用ふる時は漏斗の孔は中々大きいから、之を一度に開くと殆ど一瞬間に空氣と水の置換が行はれて變化の進行の模様が明瞭でない。そこで一部分を開く必要が起る。これは兒童にはやや無理である。しかし絶対に

不可能だといふことはない。それよりも試験管で小孔をつくつて置いて用ひしめたらばよからうと思ふのである。試験管に小孔を穿つ時に前記の方法による時はやゝ大きい孔となつて、やはり一部分を開かしめる必要があるかもしれぬ。しかしやゝ斜に置くと徐々に置換が行はれる。漏斗だと斜に置くと空氣が漏斗の下面から漏れる恐がある。

(2) そこで著者は更に進んで小孔のある試験管について考へて見た。これには試験管の底を鉛色に熱して置いて針にて内方につくのである。さうすると小孔があく。底が内面に彎曲する憂があるが、之は針をさしたまゝ試験管の口から吹くと幾分直すことが出来る。少々彎曲して居ても實驗上不便はないやうである。

第二圖



(3) 尙底の破れたる試験管に尖口を有する硝子管を挿入したコルク栓を嵌めて實驗すると置換の現象が最もよく見られ心ゆくばかり實驗することが出来る。

(4) 底に小孔を穿ちたる試験管に前記のコルク栓をさして實驗したが最も良好であつた。この装置は色々他の實驗に用ふる事が出来る。第二圖に示す様に硝子管はコルク栓の内部に端の出ぬ様にする。端が出ると最後に空氣が殘留するのである。

### B、參考實驗一

#### 一、準備

材料 ● ビーカー、器底に近き側面に孔を穿てる試験管、蠟燭。

製作 ● 試験管に孔を穿つには、其の孔を穿つべき場所に、吹管でアルコールランプの火を吹きつけ其の

第三圖

處を熔融する。斯くて、熔融したならば更に該試験管を口にて強く吹くのである。斯くすると試験管の熔融せられた部分は吹き出されて圖の如くなるのである。

第一 空氣と土

る。吹管を用ひないでも、強く熱して置いても作ることが出来る。

### 二、方法

(1) ピーカーの七八分目迄水を満して机上に置き、次に豫め製作されたる試験管の底部を上にして圖の如く水中に挿入する。

圖四第



(2) 斯くて試験管を漸時水中深く挿入し、試験管の開孔部に近く蠟燭の火を持つて行く。

(3) 然るときは蠟燭の火は試験管内より押し出されたる空氣のため、に動搖するを見る。

注意

- (1) 試験管を挿入すると同時に燭火を下げる必要がある。
- (2) 底部に孔を穿ちたる試験管で實驗するはラフソクを斜に燭を孔の上にかざせばよい。
- (3) 孔を指にてとめて充分水中に入れ孔の上に燭をかざし指をとつても實驗される。しかしこれよりも本實驗の方法の方が明瞭である。

### 三、歸納

(1) 試験管を水面に挿入した時に……空氣は試験管内に充滿してゐる。  
 (2) 試験管を水中深く挿入しつゝ、其の開孔部に燭火を持ち行くと……試験管内の空氣は水のために壓出

され、この空氣のため燭火は吹付けられ之によりて動搖するのである。

### 四、本實驗の特徴

(1) 本實驗は準備に稍手数を要するが試験管内の空氣のため燭火に動搖を來たすといふので、兒童には興味を興へることが出来る。

### ウ、參考實驗二

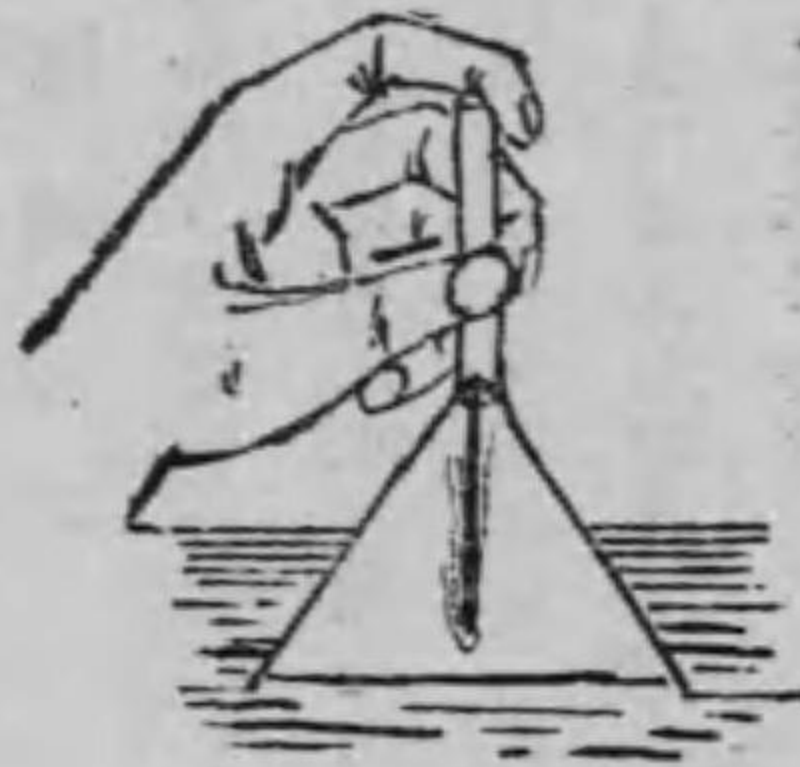
#### 一、準備

材料 水槽、漏斗、線香

#### 二、方法

- (1) 水槽にインクにて着色したる水を入れ、漏斗の内底に火を附けたる線香を立てたるもの、細管部の口を母指にて壓へて水中に入れる。
- (2) 然るに漏斗内の線香は火の消ゆることがない。
- (3) 後漏斗の細管部を壓へたる母指を放すときは、水は漏斗内に入り込みて線香の火は消ゆ。

圖五第



注意

(1) 漏斗の内底に線香を立てるには、漏斗の細管部へ反古を入れこれに線香を挿入してこれに線香を立て

第一 空氣と土

がこれは便利が悪い。

(2) 空氣が壓縮されるから線香は五分位は下面より内部にあるやうにせねばならぬ。

### 三、歸納

- (1) 漏斗の細管を母指にて壓へ水中に入れたるときは……漏斗内の空氣は場所を占むるが、逸出する所なくために水は漏斗内に浸入することなく線香の火は依然消えないのである。
- (2) 壓へたる母指を放したるときは……漏斗内の空氣は水の壓力によりて細管より出で、これに代りて水は浸入し線香は消えるのである。

### 四、本實驗の特徴

- (1) 本實驗は從來コップの内底に火を附けたる線香を立てて、之を倒に水中に入れ火の消えざる實驗を改良したるものである。
- イ 母指にて漏斗の細管部を壓へたるときは着色したる水の漏斗内に入らず空氣の場所を占むることを明瞭に觀察せしめることが出来る。
- ロ (イ)の事實を觀察せしめたる後母指を放し、漏斗内の空氣を壓出し水を浸入せしめることが出来る。

### D、參考實驗三

#### 一、準備

材料 Ⅱ フラスコ、コップ、コルク栓、漏斗管、曲硝子管。

製作 Ⅱ 硝子管は其の尖端を細く作る。又其の中間を兩分し、之をゴム管にて連結しピンチコックにてとめる。

装置 Ⅱ 漏斗管及び曲管を通したるコルク栓をフラスコに嵌め、その曲管の外の端をコップに盛れる水中に導き後漏斗より水をフラスコ内に注ぐ

注意

漏斗管はフラスコの上部にて止まらしむることが必要である。

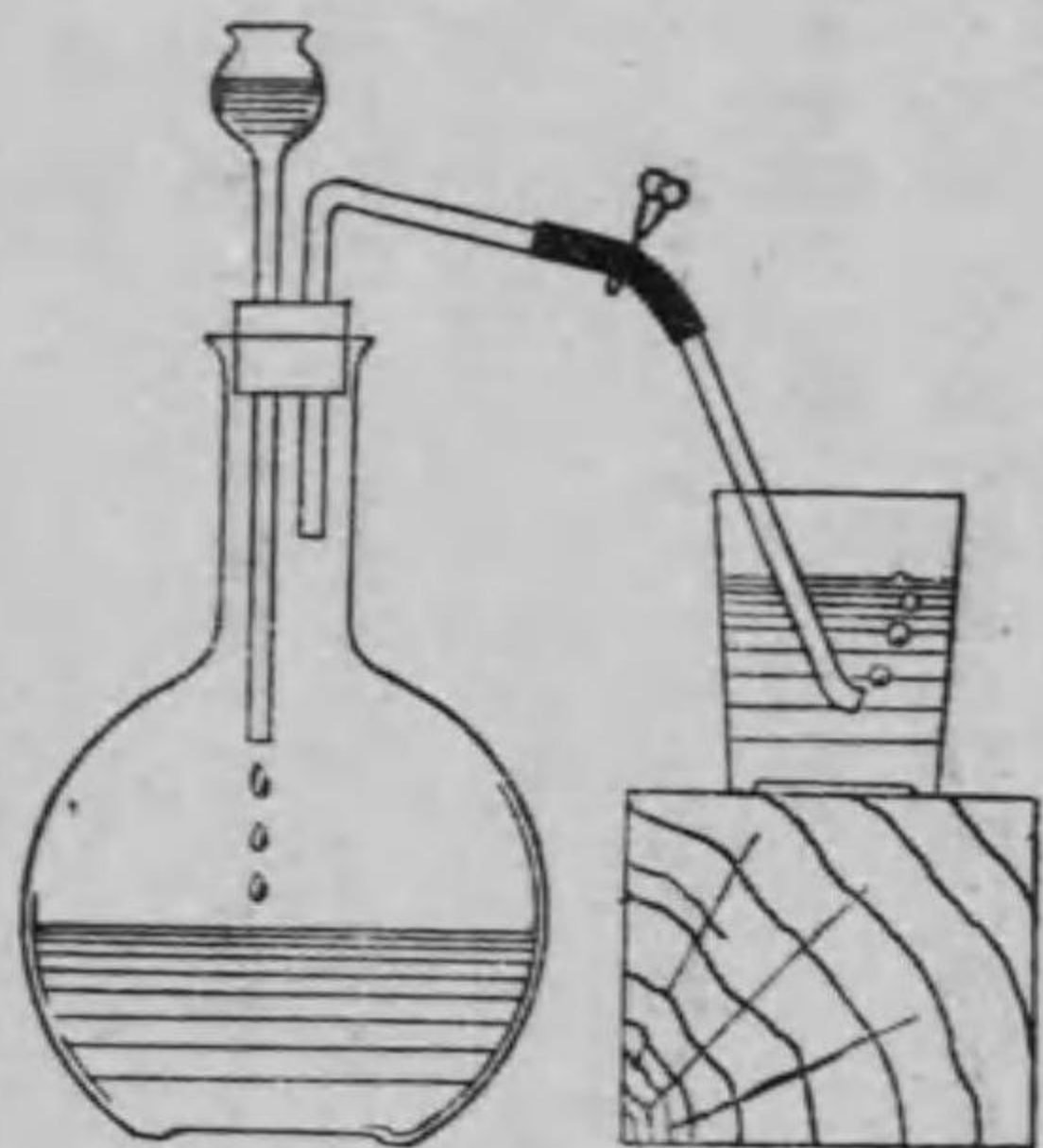
#### 二、方法

- (1) 曲管の外の端をコップに盛れる水中に導き、後漏斗に水を注ぐも、ピンチコックで曲管をとめて居る間は水はフラスコ内に滴下することがない。
- (2) 斯くて後ピンチコックを緩めると、漏斗内の水はフラスコ内に滴下すると同時に、曲管の水中にある端より泡の出づるのを認める。

注意

この實驗は餘程氣密を要するから、フラスコに嵌める木栓は豫め軟時

第六圖



問水に浸し置き、後木栓壓搾器にて壓し周圍に種油類を塗りて施すがよい。併し木栓に代ふるにゴム栓を施すのは最もよい。

### 三、歸納

- (1) ピンチコックで密壓せるときは……フラスコ内の空氣は場所を占めてゐるから漏斗より水を下すも水は下らないのである。
- (2) 後ピンチコックを緩めると……漏斗の水はフラスコ中に下り、フラスコ中の空氣は放出せられる。この時この空氣はコップ中に泡となりて出るのである。

### 四、本實驗の特徴

- (1) 本實驗は實驗の經過を明瞭に觀察せしめることが出来る。
- (2) 圖の如く漏斗管をフラスコの上部に止め置くと、水が一滴一滴落つるのを見ることが出来る。そして一滴大の空氣の泡がコップにて觀察される、即ち數量的關係が認められる長所がある。

### E、參考實驗四

#### 一、準備

材料 水入、水槽。

#### 二、方法

- (1) 硯箱に用ふる小さい陶器製の水入の一方の孔を指にて閉ぢ、水槽内の水中に入れるも水は其の中に入らない。
- (2) 次に兩方の孔を開きたる儘、水中に入れる時は一方の孔よりは泡を出し、他方の孔よりは水が進入して、終に一杯になるのである。

#### 三、歸納

- (1) 水入の一方の孔を指にて閉ぢ、水中に入れたるときは……水入内の空氣は場所を占めてゐるから水は水入の中に入らないのである。
- (2) 次に兩方の孔を開きたる儘水中に入れるときは……水入中の空氣は泡となりて出で、その代りに水は水入中に入るのである。
- (3) この實驗によりても水入内には空氣が場所を占め、之を放出せねば水は入り代ることは出来ぬ。

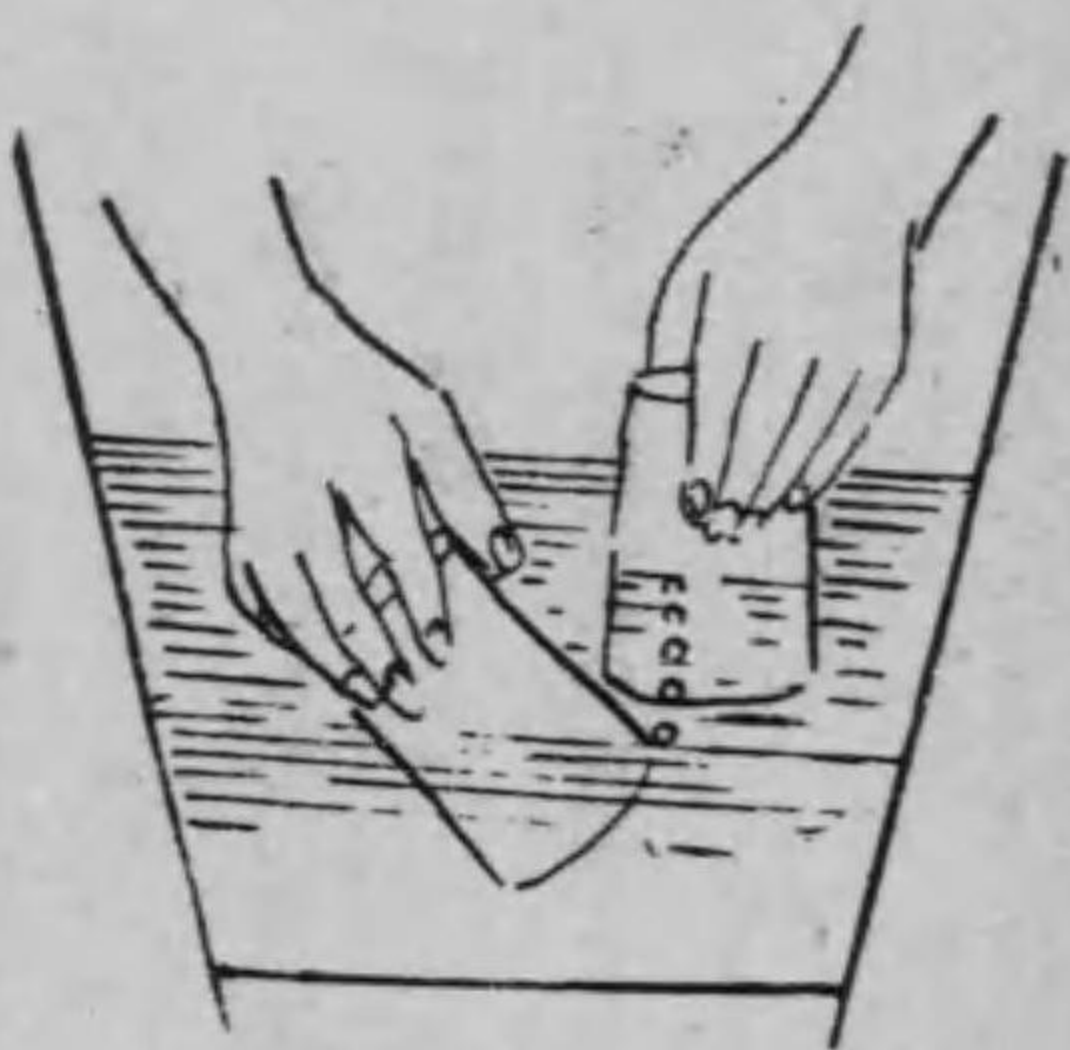
#### 四、本實驗の特徴

本實驗は應用證明の實驗としては趣味あるもので、兒童實驗としては家庭で課するがよい。

### F、兒童實驗二

空氣の容易に移動せしめられること。

圖 七 第



一、準備

材料 || バケツ一箇、コップ二箇(又は同大の試験管或はビーカー)

二、方法

- (1) コップを倒にしてバケツ内の水中に押下す。
- (2) 又水中で別のコップに水を満し、之を倒にす。
- (3) 水を満せるコップの口の下で(1)のコップを傾けるときは、前のコップの空氣は後のコップに移る。

三、歸納

- (1) 倒にして押下したコップに水の入らぬのは何故か……コップ内に空氣を捕へてゐるからである。
- (2) 傾けたるコップの空氣はどんなになつたか……泡となりて水を満したコップに移る。
- (3) 空氣は器中に捕へることが出來、又他の器中に移すことが出來る。

注意

- (1) 二つのコップを接近せしめるには水を満した方を移動せしめて他の上に持つて行くのである。
- (2) 空氣を満したコップを傾けるのに極めて徐々にせねばならぬ。

四、本實驗の特徴

(1) 本實驗の變化は之を接近して觀察せしめる必要があり、且極めて簡易であるから兒童實驗としては適當の材料である。

(2) 舊教科書にはその原理を示してあつたが、實驗法は示してなかつた。

G、兒童實驗三

- 1、土が主として砂と粘土とより成ること。
- 2、土が常に水分を含んでゐること。

一、準備

材料 || 厚用紙、日本紙、粘土。

二、方法 (其の一)

- (1) 乾いた土の小さい塊を取り、之を掌の上に載せて揉潰すときは……固い粒と細かき粉とに分れる。
- (2) 土の小さい塊を水を潤し、之を指の先につけて白紙の面に擦り附けると……細かい粉は紙に附着し、固い粒は残る。

三、方法 (其の二)

- (1) 土を紙に包んで小時間を経れば……紙の濕つて來るのを見る。

- (2) 土を二分し、一半を日光に乾燥せしめると兩者の間に色の濃淡が出来る。
- (3) 之は土が水分を含有してゐる證據である。

### II、參考實驗五

#### 一、準備

材料 試験管、粘土。

#### 二、方法

- (1) 試験管内に粘土塊を入れて水を注ぐ。
- (2) 振盪して之を沈澱せしめ、其の状態を観察する。

#### 三、歸納

沈澱の結果管内は如何なる状態を示すか……粘土及び砂の層を作る。

注意

粘土の沈澱を速かならしめるには、泥水に明礬を加へて攪拌すればよい。

### I、兒童實驗四

土の間隙に空氣を有すること。

#### 一、準備

材料 試験管、粘土。

#### 二、方法

乾いた粘土をバケツの中の水に投ずる。

#### 三、歸納

- (1) 塊の表面から數多の小さい泡の出るのを見る……これは粘土の間隙内の空氣が水の爲に押し出されてゐるのである。
- (2) 即ち土は空氣を含んでゐることが解る。

注意

(1) 此の空氣を試験管に捕集してもよい。

(2) 漏斗の尖端を指頭で押へて空氣を集めると最も完全に捕集することが出来、且「實驗一」と連絡して面白い。

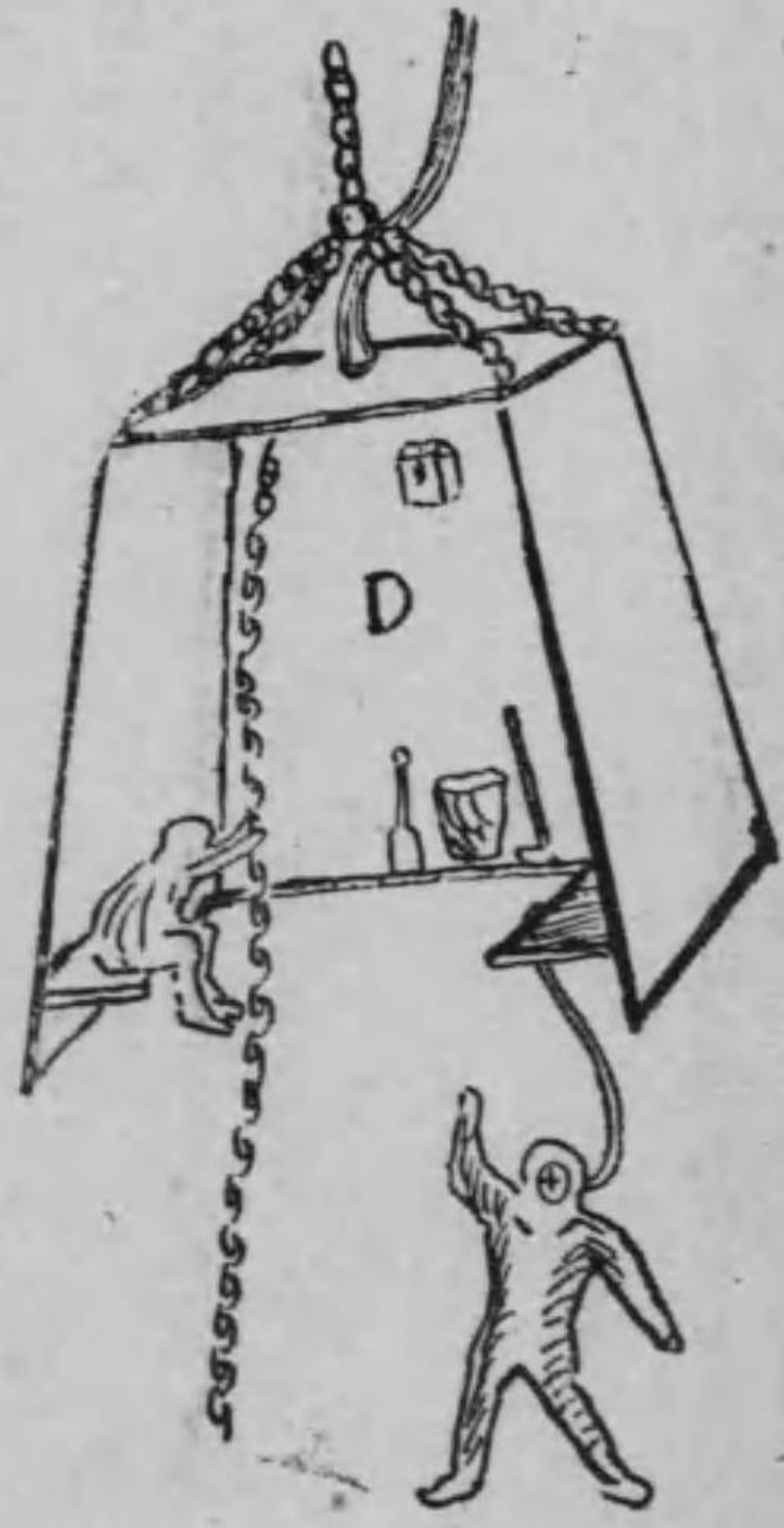
(3) 乾燥した粗糲の土を用ひればならぬ。みずの糞土の如きは最も宜しい。

### (三) 研究應用

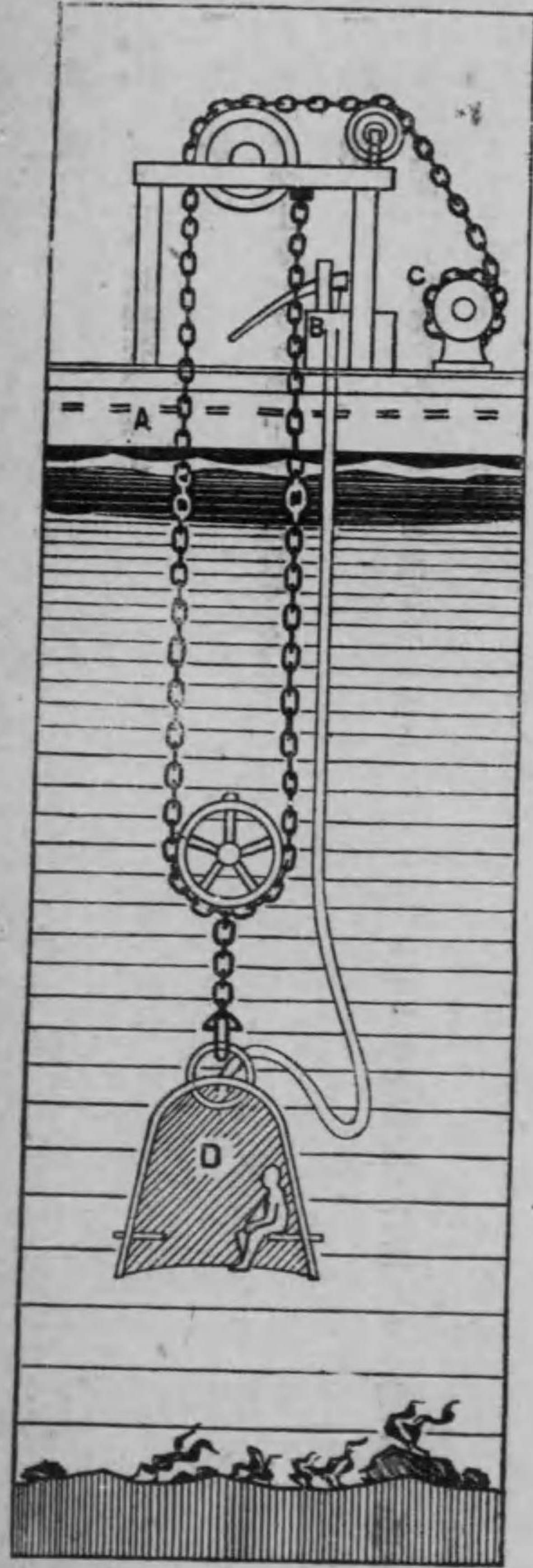
#### 一、潜水機 (Diving Bell)

空氣の不可入性を利用したものは第八圖に示すが如き潜水機がある。





第八圖



Aは母船であつて、Dは鐘の形をした潜水器で、この中に人間が這入つてゐるのである。Cの鎖を延しつゞDを水中に沈めると、D内の空氣は壓縮されて水が漸次内部に這入つて来る。海底にこれが着いた時に水が多いと具合が悪いからBの壓搾ポンプで空氣を送ると、水は潜水器の中から出るのである。かくして置いて中の人は海底で仕事をするのである。次に之を持ち上げようとする、氣空は膨脹して泡になつて出る。

### 二、釉藥壺

空氣の不可入性と壓縮性を應用して、面白く、且經濟的に施釉し得る釉藥壺がある。即ち陶器の外圍に釉藥を施さんには先づ第一に大なる桶壺に釉藥を造つて置いて、其の中に素燒の陶器を倒に框で挟んで挿入する。挿入すれば空氣の不可入性と壓縮性に依つて、其の手加減で例へば火鉢・花瓶等の如く、内部の不必要なものは、其の外圍と内面の必要な部分とのみに釉藥を平等に附けることが出来る。而して内面の不必要な部分では釉藥を節約し得べく、手數に於て、使用量に於て經濟であり、又其の結果は精巧である。

### 三、土壤

(A)土壤の性質 土壤は岩石が空氣及び水の作用によつて漸々崩壊して細粒となつたもの、若しくは其の細粒が水に運搬せられて推積したものである。通常土壤は其の中に動植物の腐敗したもの(有機物質)

及諸種の鹽類(例、磷酸加里、硫酸アムモニア等)を含有し、植物は其の中に能く根を蔓延して是を吸収し以て繁茂し得るのである。

(B)土壤の種類 土壤には其の構成物の如何に依つて礫土・砂土・埴土・壤土・泥灰土・石灰土・埴土・泥炭土等の種類がある。礫土とは主として石礫より成り、中に少量の粘土を含むものをいひ、砂土とは八割以上の砂を含有するものをいひ、水の保持性乏しく乾燥し易くて耕作に適しない。埴土は砂土と反對で六割以上の粘土より成り温度低く、空氣及水の流通及び有機物質の分解よろしからずして之亦耕作土に不適である。壤土は砂土と埴土との中間にある性質のもので耕土として最もよい。泥灰土は粘土に多くの石灰を含有する豊饒なる土壤である。石灰土は主として炭酸石灰より成り、埴土は腐敗せる植物質を多量に混じ、泥炭土は殆ど全く植物質から成つてゐて共に耕土としてはよろしくない。

(C)土壤中の養分 土壤中の主要なる養分は、水素・酸素・窒素・硫黄・磷素・ポッタシウム・カルシウム・マグネシウム及鐵等の諸元素で何れも化合物となつて存在して居る。植物の養分となるものには曹達・鹽素・硅酸等がある。殊に窒素・磷酸・加里は植物にとつて瞬時も缺く可からざるものである。しかるに土壤中には此の三成分を含む事極めて少量なるが故に茲に肥料を施す目的が生ずるのである。

(D)粘土 微細にして所謂土状をなせる粘土分子の集合である。毛細管引力強く、乾けば則ち固結し、水を得れば粘質となる。是を顯微鏡下に照せば、是等微細なる分子は多く結晶質で、六角形小粒である。

其の純粹なものは含水酸礬土で、多くは長石を含んだ岩石の分解から生じたものである。

(E)砂 石屑・石礫が河水の消磨作用を受けて碎分したもので毛細管引力が微弱である。

要するに土壤は農業者と密接な關係があるから、其性質を研究し、客土法を行つて其の缺點を補ふことに努むるが切要である。

## 第二 物の重さ

### (一) 教授の主眼

本課の教授は

(1)物に重さあること、(2)物に輕重あること、(3)及び其の應用たる物の浮沈の三項を明かにするを主眼とする。

而して物に重さあることの教授の爲には

(イ)液体に就いて、(ロ)固體に就いて兒童に實驗せしめるを必要とする。

物に輕重あることの教授には

(イ)先づ同質等體積の重さの相等しきこと、(ロ)同質異體積の重さの相異することを實驗せねばなら

ぬ。(ハ)次に異質の等體積及異體積の實驗の爲には

(a) 固體に就いての異質の重さの比較、(b) 液體に就いての異質の重さの比較、(c) 固體と液體との重さの比較

此の三つの場合を實驗せしめねばならぬ。

物の浮沈の教授のためには水を基本として、

(イ)之と他の液體との浮沈の状態、(ロ)及び之と固體との浮沈状態を示す。これには

(a) 水よりも軽くして浮ぶもの、(b) 水よりも重くして沈むものの二方面がある。

之等の實驗を経過して教科書に記載された原理を歸納することとなる。左に其の主なる實驗法を述べ

### (二) 實驗事項

#### A、兒童實驗

物に重さあること。

1、固體に重さあること。

2、液體に重さあること。

#### 注意

次に氣體に重さあることの實驗をなして、茲に初めて總て物には重さあることを斷言することが出来る。(參考實驗参照)

#### 一、準備

材料 石、木、砂、其の他種々の固體、水、石油、水銀、バケツ、同質同大の瓶二個。

#### 二、方法

(1) 石、木、砂、其の他種々の固體を兒童各自に手の上に載せて支へしめ、之等固體は手を押して重さあることを感せしめる。

(2) 空のバケツを揚げしめ、後これに水を入れて重さあることを感せしめる。

(3) 同質の瓶二個を取り、其の一個に石油、或は水等を入れ、他の空瓶と其の重さを比較せしめ液體に重さあることを知らしめる。

#### 三、歸納

(1) 石、木、砂、其の他固體を手の上に載せたるとき……各固體は重さを有するから、手を壓すが如き感があるのである。

(2) 空のバケツを揚げ、後水を滿して提げるときは……水を入れたるとき重さ感じのするのは水に重さあるが爲である。

(3) 同質同大の瓶二個を取り、其の一に石油或は水を入れて比較するときは……石油或は水には重さあるがため空瓶の方よりも重く感ずるのである。

(4) 斯くて總べて物體は固體、液體を論せず重さを有するものである。

注意

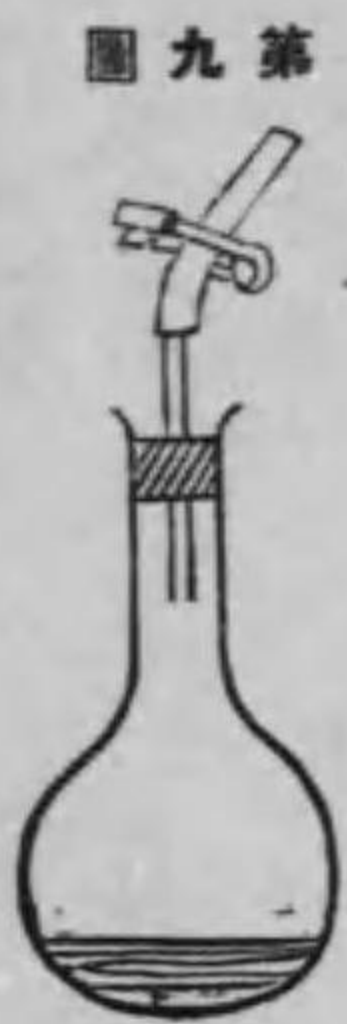
之等の事實は兒童日常の經驗により熟知せる所なれども、特に其感じの印象を深くして置く事は大切である。筋肉の壓迫せらるる感じが重さの基本要素である。この點に關する確固たる信念がなければ以上の實驗は益なきのみならず輕蔑を招くかもしれぬ。

B、參考實驗一

一、準備

材料 Ⅱ フラスコ、硝子管、ゴム栓、ピンチコック、アルコールランプ、天秤

二、方法



第九圖

(1) 圖に示す如くフラスコに少量の水を入れ硝子管を嵌めたるゴム栓を挿入し、硝子管の先に短かきゴム管をつけ。別にピンチコックを用意する

(2) 水を沸騰させて内部の空氣を追出す。

(3) 三分間位沸騰させてピンチコックにてゴム管をとめる。

(4) フラスコに水をかけて冷す……ゴム管の様子に注意する。

(5) 天秤にかけて平均さす。

(6) ピンチコックを開きて空氣をいれる……天秤はいかになるか。

(7) 更に進んで空氣の精確なる重さを求めんとせばゴム栓の位置を記し置き、これに水を刻度圓筒にて入れて容積をはかり、以て空氣の目方を測定する。

C、教師實驗一

物に輕重あること。

1、同質同體積の重さ相等しきこと。

2、同質異體積の重さの相異なること。

一、準備

材料 Ⅱ 木の四角埦、二寸平方高さ五寸のもの二個、同二寸平方高さ一尺のもの一個、日本秤。

二、方法

(1) 木の四角埦底面積二寸平方、高さ五寸のもの二個を取り、之を秤にて一箇づつの重さを測る。

(2) 次に木の底面積二寸平方、高さ一尺のものを取り、(1)の實驗に用ひたる木質と比較して秤る。

(3) 更に高さ一尺のものと、高さ五寸のもの二個とを各秤量して其の重さを比較せしめる。

注意

(イ)本実験に用ふべき木の直方體は勿論其形状、大きき一定を要せざるも、最も兒童に觀察せしめ易きために斯くの如き形にしたのである。

(ロ)①の實驗は同質同形の場合として取扱ひ、③の實驗は同質等體積の場合として取扱ひたいのである。①の實驗のみでは二個あるけれども兒童は同一物のやうな感じがするのである。それで③の實驗では小なる木片二個を上下に頂度重なるやうにせないで横にならべたり又は直角に接してならべたり、上下にならべるにしてもすらして並べたりして兒童をして同質等體積の時に重さの等しいことを發見せしめるやうにしたい。③は必ずしも實驗せないう推考させて、その重さを算術的に求めてもよからうと思ふ。

この實驗は兒童直接の感覺に訴へないで秤によつて錘の位置の取替からの遠近を見せて重さを判定せしめるのであるから、秤の桿上にて相當の距離の相異があらはれねばならぬ。これがためには前記の木片を用ふると先づ普通の日本秤では可なり明瞭に觀察せしめることが出来る。角桿秤の如き小さきものでやる時には一寸五分の立方體二個、底面一寸五分平方、高さ三寸位のものゝ適當である。著者の實驗によると同じ木で作つた立方體でも一、二々の相異はあるやうである。之等の相異の依つて來る所を兒童をして推考發見せしむるもよからうと思ふ。

三、歸納

- (1) 同質同形の木片二箇を取り秤にて一箇づつ重さを測るときは……其の木片は重さ相等しい。
- (2) 次に前の木片の二倍の體積を有する木片と比較して測るに……後の木片は前の木片よりも重く且其の重さは二倍に當る。
- (3) 更に大なる木片と其の半にあたる木片二箇とを測り其の重さを比較するに……小なる木片二箇と大

なる本片との體積相等しきときは兩者の重さは互に等しい。  
斯くて同質の物にありては體積相等しきときは重さも相等しく、體積異なるときは體積の大なるものが重さは大であることを知らしめるのである。

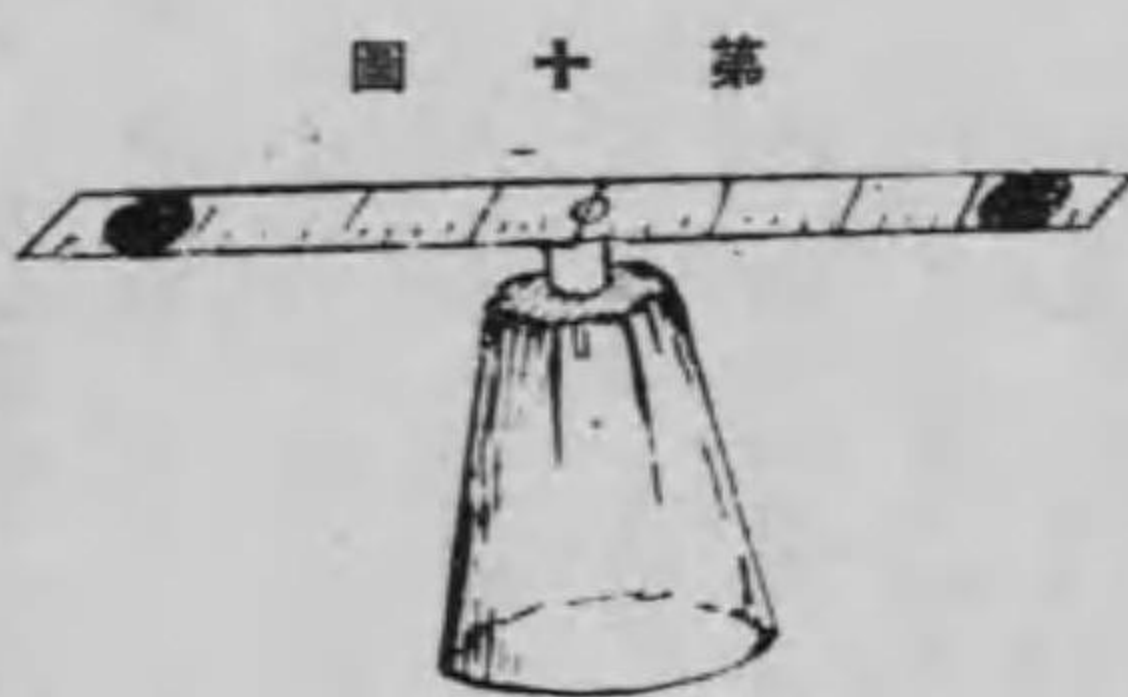
D 参考實驗二

一、準備

材料 一錢銅貨二個、二錢銅貨二個、五錢白銅貨二個、コップ、コルク、一尺の物指。

二、方法

- (1) 上圖に示すやうにコップを倒にして、其の底上にコルクを置き、其の上にコルクを臺として一尺指を横たへ、兩端の傾かぬやうに置く。
- (2) 次に一尺指の兩端に中點から等距離の個處に各々一錢銅貨一個を載せると、兩端は依然釣合つて、一尺指はどちらへも傾斜せぬ。
- (3) 次に前と同じ手續で二錢銅貨、五錢白銅貨等について見ても同じく釣合ふものである。
- (4) 然るに今度は一錢と二錢との銅貨で前と同じ實驗を行つて見ると、體積の大



第十圖

なる二錢銅貨の方が下方に傾くことが知れる。

### 三、歸納

- (1) 尺度の兩端等距離の所へ一錢銅貨を載せて兩端の釣合ふは……一錢銅貨は同質同體積であるから其の重さも亦相等しく、ために物指の双方の重さが等しいから釣合ふのである。
- (2) 次に一錢と二錢との銅貨で實驗をすると……二錢銅貨は一錢銅貨よりも體積が大で重さも大であるから二錢銅貨の方が下方に傾くのである。
- (3) かくて同質の物にありては、體積相等しければ重さも亦相等しく、體積異るときは體積の大なる方重さも大なることが出来る。

### 四、本實驗の特徴

- (1) 重さを測るに秤を使用することは、本學年兒童にはもはや算術科の方で習つて居るから秤を使用して實驗させるもよい。併し經濟上秤を數多く設備することは難く、勢、秤を用ひての實驗は教師實驗となる。然るに本装置による實驗は比較的準備も手数を要せず簡便で兒童實驗には最も適してゐる。
- (2) 物指の兩端に載せる二物體を種々取り代へること種々のものについての實驗を課することが出来、興味ある實驗である。加ふるに經過を明瞭に實驗せしめることが出来、従つて結果も判然としてゐる。
- (3) この實驗の主要原理は能率の問題である。併しここでは能率のことは言はないで、常に距離を等しく

して、たゞ物體の物指を壓す重さのみに注意させるのである。さうすると、秤よりも一層重さあるものが壓すといふことを具體化することが出来ると思ふ。

### E、教師實驗二

一物に輕重あること。

- 1、固體に於ける異質の物の重さ相異なること。
- 2、液體に於ける異質の物の重さ相異なること。
- 3、固體と液體との物の重さの相異なること。

#### ○實驗其の一

### 一、準備

材料 木片、木片と同體積の鉛、秤。

製作 木片と同體積の鉛を作らんとするには先づ石膏を水でこね、適當の器に平に盛り、木片を取つて石膏の上に當てて壓しつける。木片を當てる際には木片に煤煙を塗つて置くがよい。さもないと木片が石膏から離れなくなる。斯くて少しく乾くを待つて木片を取り去ると型が出来る。其處に鉛を熔してつき込むと、同體積の鉛を得るのである。木片の大きさは勿論一定する必要はないが、兒童の觀察に最も適し經濟

上の事も考へて一立方寸位がよい。従つて鉛も一立方寸位となる。著者の経験によると、一立方寸大の鉛塊を作るに貳拾錢位を要する。

二、方法及歸納

- (1) 體積相等しき木片と鉛との重さを秤にて別々に測り其の重さを比較する。
- (2) 斯くて鉛は木片よりも大に重い事が知れる。
- (3) かく物の質異なるときは體積相等しきも重さは相異なるものである。

○實驗その二

一、準備

材料 水、石油、一磅入の壘、秤、ビーカー。

二、方法

- (1) ビーカーに水を適宜に入れ其の重さを秤る。
- (2) 次に水を去りこれと同體積の石油を入れて其の重さを測り兩者の重さを比較さす。

注意

(イ) ビーカーに水、石油を等量に入れるには計量器を用ひて等量に入れるか又はビーカーに印を施して入れるかするがよい。  
 (ロ) 本實驗をなすにはビーカーの代りに試験管又は一磅入の壘を用ひて之に水、又は石油を入れて用ふるがよい。斯くすれば取扱に輕便で且實驗を明瞭に觀察せしめることが出来る。印として糸を瓶の首にまきなく時は等積をとるに都合がよい。

(ハ) 本實驗に於ては容器の目方の加はりたるものについて比較せばよからうと思ふ。容器の目方を引き去りて水又は石油のみの重さを出さないでもよからう。

しかしこれもその時の兒童の態度如何によつては教師は容器の目方をはかり引算によりて水、石油の目方を求めねばならぬ。容器の目方が兒童の問題となつた時に

目方を秤つて水、石油の目方を出した方が兒童に適すると思ふ。

(ニ) 著者の研究によると、

一〇〇瓦秤にて	
水を試験管に満したるもの……………	四七瓦
石油を試験管に満したるもの……………	三四・八瓦
アルコールを試験管に満したるもの……………	四〇瓦
三貫五百目秤にて	
水を一磅入瓶に満したるもの……………	二二五瓦
石油を一磅入瓶に満したるもの……………	二〇〇瓦

三、歸納

- (1) ビーカーに水を入れ其の重さを測り、次に水を去りこれと同體積の石油を入れて其の重さを測れば：  
 ……水の重さは石油の重さよりは大である。
- (2) かくて液體に於ても物の液の質異なるときは體積相等しきも重さは相異なるものである。

○實驗其の三

一、準備

材料 水、水銀、試験管二、秤。

二、方法及歸納

- (1) 試験管に水を入れ其の重さを測る。
- (2) 次に之に水と等體積の水銀を入れて秤り、兩者の重さを比較する。

注意

試験管に水、水銀を入れて秤るには、試験管の上端を糸にて釣して置くがよい。水平面の印として糸をまいて置く。

- (3) これによりて水銀は同體積の水より重きことを知る。

三、本實驗の特徴

- (1) 教科書の實驗は水と石油との如き水より輕きものと水との實驗であるから、水と水より重きものとの實驗を補ふ必要がある。それには水と水銀が一番適當である。
- (2) 本實驗は次になすべき物の浮沈の實驗をなす豫備實驗ともなるものである。

F、參考實驗二

一、準備

材料 一錢銅貨、同大の鉛、一尺指、コルク、コップ。

製作 一錢銅貨と同大の鉛を製するは前掲木製立方體と同大の鉛塊を作るものと同様である。

二、方法及歸納

- (1) 前掲の參考實驗と同じやうにコップを倒にして、その底にコルクを置き、コルクの上に尺度を横へ兩端の傾かぬやうに装置する。
- (2) 尺度の一端に一錢銅貨を載せ、他端等距離の所へ等大の鉛を載せ兩者の重さを比較する。
- (3) 銅貨よりも鉛塊の方が重いから、鉛塊を載せた方が下方に傾くことが知れる。

G、參考實驗四

一、準備

材料 水、石油、同形等大の小壘二個、尺度、コルク、コップ。

二、方法及歸納

- (1) 装置及び手續は前實驗と同様である。
- (2) 石油を入れたる壘と、水を入れたる壘とを尺度の兩方に載せ又は吊す。
- (3) 石油より水の方が重いから、水を入れた壘を吊した方が下方に下る。



斯くて物の質異なるときには、體積相等しきも重さは相異なるものであることが分る。

### 五、教師實驗三

物の浮沈

- 1、水よりも軽くして浮ぶもの。
- 2、水よりも重くして沈むもの。

#### 一、準備

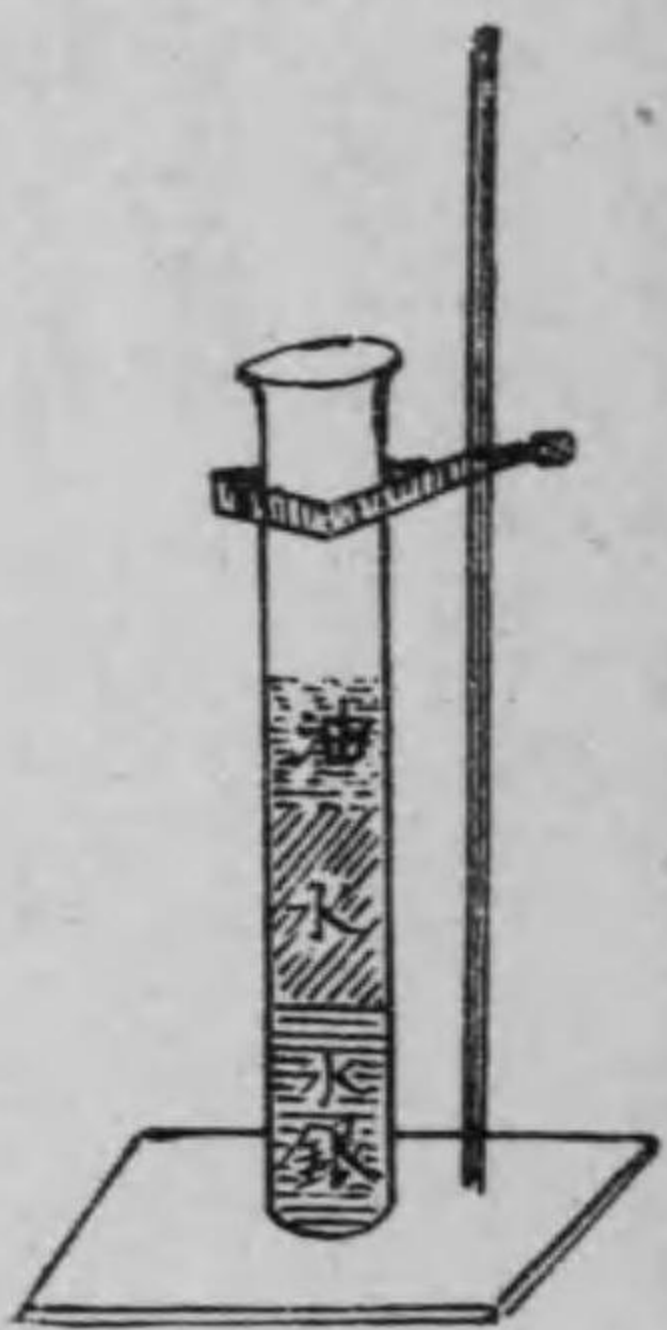
材料 着色したる水、石油、水銀、試験管。

製作 (1) 水と石油との層を明瞭にするには着色水を用ふるがよい。着色水を作るには赤インキ又はマセンド(フクシン)を用ひて着色するがよい。(2) 併し、マセンドは高價であるから、これを安く作らんとするには重クロム酸加里又はログードの浸出液を用ふるがよい。

#### 二、方法及歸納

- (1) 着色したる水を試験管に1/3程入れる。
- (2) 次にこの試験管に水銀を入れて觀察さす。
- (3) 更に石油を注ぎ入れる。

第十圖



(4) 然るときは水銀は試験管の底に沈み、石油は水の上に浮ぶ……これ水銀は同體積の水よりも重きが故に沈み石油は同體積の水よりも軽きが故に浮ぶのである。即ち物を水中に入れるとき同體積の水よりも軽きものは水面に浮び、重きものは沈むものである。

#### 三、本實驗の特徴

(1) 教師用教科書の實驗ではビーカーを用ふるやうになつてゐるが、ビーカーで水銀、水、石油の層を可成見られるやうに作るためには多量の水銀を要する。然るに水銀は高價であるから、之を多く備へ置くことは望まれぬ。さればビーカーの代りに試験管を用ふることは少量の水銀で、而も其の層の厚さを増すことが出来る。

(2) 水に着色してあるから明瞭に實驗の結果を觀察することが出来る。

### I、教師實驗四

#### 一、準備

材料 木片、石、鉛、コップ。

第二物の重さ

### 二、方法及歸納

- (1) コップに七分目位の水を入れ、之に木片、鉛、石等を入れる。
  - (2) 斯くすると木片は水面に浮び、石、鉛は水底に沈む。
  - (3) 木片の水面に浮ぶは木片が同體積の水の重さよりも輕き爲で、石、鉛の水底に沈むは之等の石、鉛が同體の水の重さよりも重いからである。
- 斯くて物を水中に入れるときは同體積の水の重さよりも輕いものは水面に浮び、重いものは沈むものである。

### J、參考實驗五

#### 一、準備

材料 試験管、浮沈子、ゴム膜。

#### 二、方法及歸納

- (1) 試験管に水を満し浮沈子を浮べ管口にゴム膜を張る。
- (2) 今手を以つて水面を壓すと浮沈子は沈み、手を去ると浮ぶ。
- (3) これ浮沈子は同容積の水よりも輕きがため水面に浮ぶが、手を以て水を壓すと浮沈子は其の中の空氣

第二十圖



せればそれでよい。

### 三、例證

- (1) 淡水中では鶏卵は沈み、鹽水中では浮ぶ。
- (2) 海水は淡水よりも泳ぎ易い。

壓縮せられて體積を減じた爲、水が浸入して浮沈子は同容積の水の重さよりも重くなるから沈むのである。

試験管やフラスコを用ひて水を一杯入れてする時は上部をたゞ手の腹にて壓しても實驗することが出来る。

浮沈子は長さを加減するか又は下に針金等をまきつけて僅かの體積の變化のために沈み又は浮ぶやうにして置かねばならぬ。

やゝ大なる硝子圓筒を用ひたる時は一方に穴を有するゴム廢球の穴を下にして圓筒の口を蔽ひゴム球を上より壓してもよろしい。

現象は(1)パスカルの原理、(2)空氣は其受くる壓力の變化によりて體積を變ずることと、(3)アルキメデス原理とに基づいて證明せられるので、此處では兒童に説明されない。故にたゞ體積の變化に注意さ

- (3) 魚には鰓があつて浮沈する。
- (4) ランプの失火には石油は禁物である。
- (5) 金物でも大きい柄をつけると水中に沈まぬ。
- (6) 鐵艦でも水上に浮ぶ。

### K、参考實驗六

#### 一、準備

材料 Ⅱ コップ、小壘、木栓、木栓等大の鉛。

#### 二、方法

- (1) コップ又は水槽の深いものに水を盛つて、これに先づ木栓を入れて見ると木栓は浮ぶ。
- (2) 次に木栓と同體積の鉛を入れて見ると鉛は沈む。
- (3) 次に小壘に木栓を嵌めたものを水中に入れると水上に浮び、今度その瓶中に水を入れて再び水中に投ずると水底深く沈む。
- (4) 更に瓶内の水を出して見、入れて見して壘内の水の量を加減すると壘は或は浮び或は沈み又は浮きも沈みもせぬ。

圖三十第



注意

本實驗を課した後小壘が沈む様にして之にコルクを結びつけて見ると小壘は沈まない。航海者の救助器を附説するも徒事でない。

### (三) 研究應用

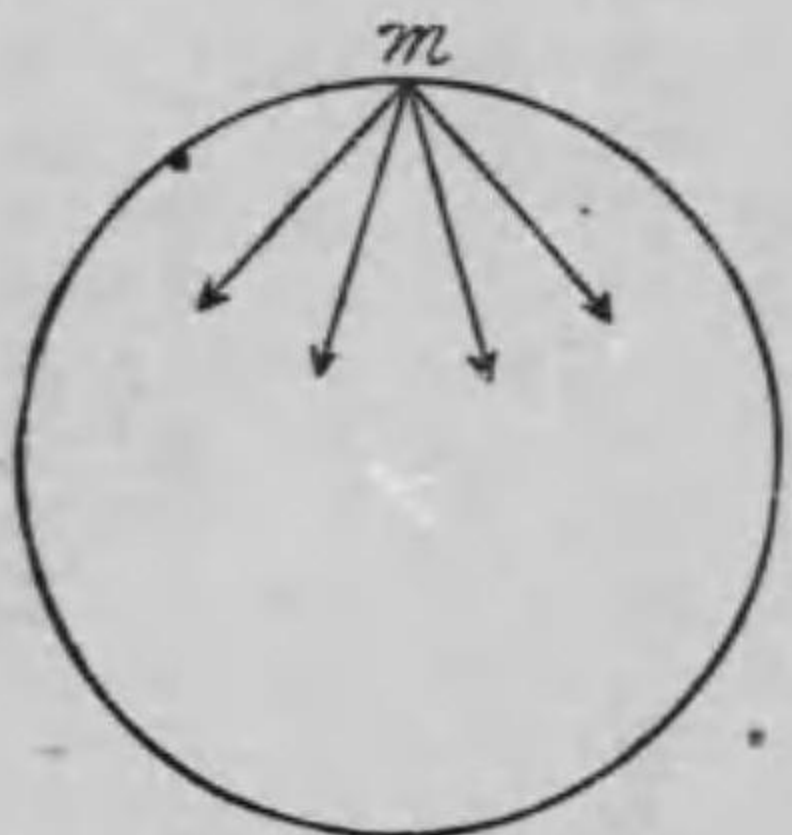
#### 一、重さの原因

萬有引力の定律によつて、宇宙の二物體はその質量の相乗積に比例し距離に反比例する力で引き合つて居るのである。地表に於ける質量  $m$  の物體の重量は地球の凡べての部分  $m$  に作用する引力の合力である。理論上の計算によると、球が體外の物體を引く力は球の質量が其中心に集した時と同じ結果になる。

#### 二、質量と重量

一物體の質量とは所謂物質の量であつて一定不變のものであるが、其重量は地球の物體に及ぼす力であるから場所の變化によつて變るものである。即ち水平線と山の頂とは異つて居るのである。今假りに物體を月の邊位の遠距離に持つて行つたとすると、重力は地面の三千六百分の一となる。しかしこれを天秤ではかつて多少しも異はないのである。それは分銅も同時に軽くなつて居るからである。之をみるにはゼンマイ秤を用ひねばならぬ。ゼンマイ秤は弾性を應用したものであるから必ずや三千六百分の一となることを示すであらう。

圖四十第



尙地球上では同じ水平面上であつても地球の形の球でなくて赤道がふくれて居ることと、地軸のまはり  
に自轉して居る影響をうけて、北極での重さと赤道上での重さとの差は北極での重さの  $\frac{1}{189}$  になつて  
居る。故に北極で189匁あるものは赤道では188匁あるわけである。これも同様にゼンマイ秤ではからねば  
ならぬ。同一物體の重さを正確に測定して地球の形を研究することが出来るのである。

### 三、アルキメデスの原理

(イ) 発見の由來 アルキメデスは今より二千百九十餘年前に、地中海中の一小島シシリー島の一部に  
あるシラクユース市に生れた人である。幼より非常の天才として知られてゐた。學を修めんために當  
時學問の中心であつた埃及のアレキサンドリヤ府に到り數年間滞在し數多の有名な學者と交り歸國後  
は其の一生を數學及物理学の研究に委ね発見したことも尠くなかつたといふことである。茲に叙せん  
とするのも即ち其の一つである。

ヒーローといふシラクユース王が或る時金冠を製せしめたのに、其の果して純金か否かを疑ふ所があ  
つたから、國王はアルキメデスに命じて之を検せしめた。併し此の金冠は貴重なるものであるから製  
品に損害を與へることは王の許さぬ所である。そこで氏は大にこれが解釋に困つたのである。

一日入浴の際其の體の沈むに従つて湯の溢出する現象を見て、俄に悟るところがあつた。そこで歡喜  
措く所を知らず、裸體の儘浴室を走り出で「予は之を發見せり」と連呼しながら、その家に歸つたとい

ふことである。即ちその重量を同じうし且その密度を一にする物體は、液體中に沈むに當つて、その  
液體を溢出せしめることが同等で重量を減ずることも亦同等であらうとの考を起し、問題解釋の端緒  
を得たのである。

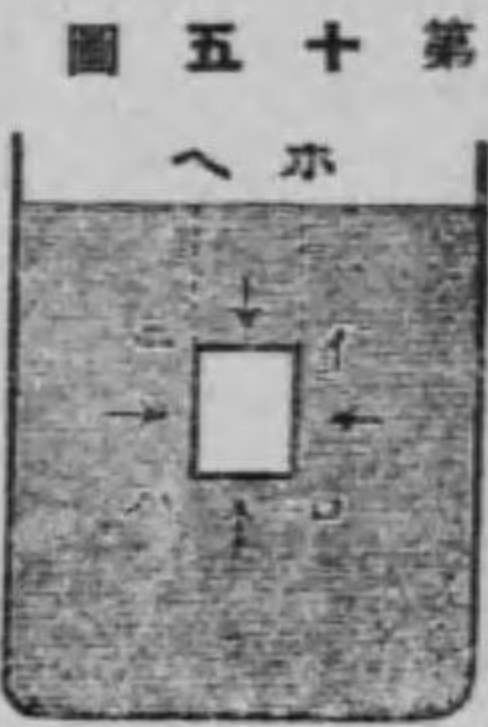
歸宅後直ちに金冠と同重量である純金及純銀塊を求め、これを水を充てた器中に沈めて、其際溢れ出  
れ水の重量を検したのに金冠の溢れしめた水は金塊の溢れしめた水よりも多く純銀の場合よりも少い  
ことを知つた。

是に於て此の金冠は純金ではなくて金銀の混合から成つたものであることを解決することを得たとい  
ふことである。

氏は其の後益々研究を重ねて遂に比重に關する原理を發見するに至つた。

(ロ) アルキメデスの原理 アルキメデスが前述のやうな由來によつて發見した原理は次の如きである。  
液體中に於ける物體の重さは、空氣中に於ける重さより輕きこと、其の物體が排除する液體の重さ丈  
なり。即ち、凡て物體を液體中に沈むる時は其の物體と同じ體積の液の重さだけ其の重さを失ふもの  
である。

今、其の理を考ふるに第十五圖に示す如く器に盛りたる水中にて(イロハニ)の部分區別して考ふる時  
は此の部分は前後にも左右にも動かぬ故、其の前後の壓力は相等しく、左右の壓力も亦相等しい。而し



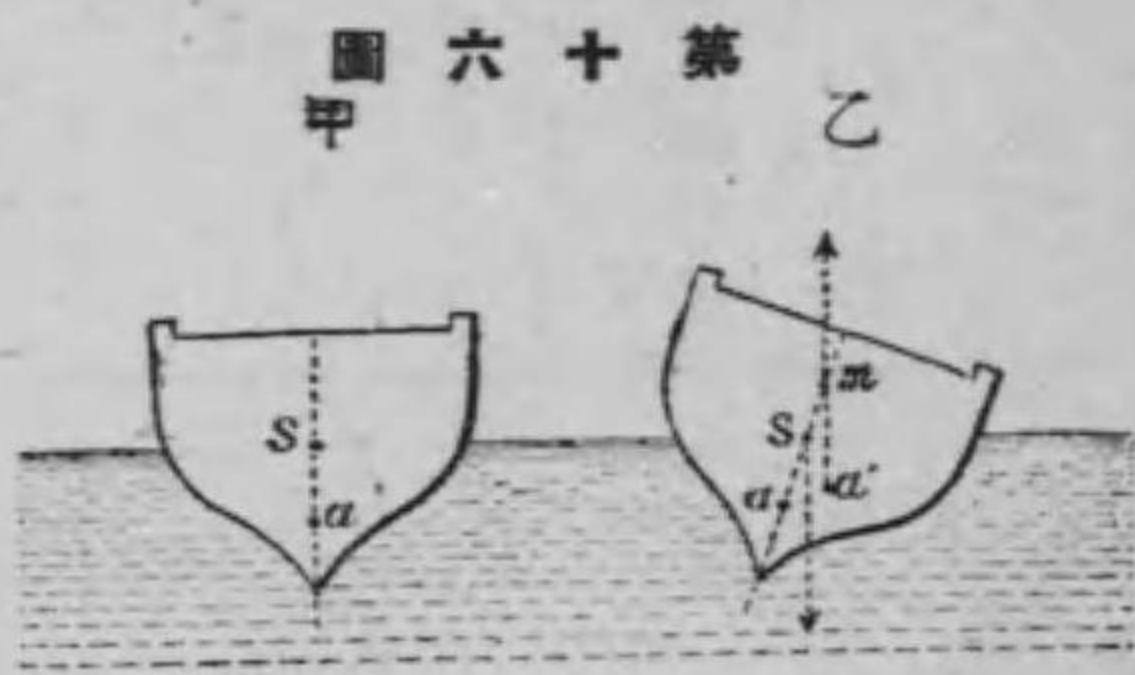
體中に沈めた物體は同體積の液體の重さだけ其の重さを失ふのである。

#### 四、浮沈

物體の重さが液體の浮力より大なれば物體は液底に沈降し、浮力と等しければ液體中何れの所に置くと其の所に止り、浮力より小なれば液面に浮き上る。而してアルキメデスの原理により、液面に浮ぶ物體の重さは、其の液中に没したる部分の體積と同じ體積の液體の重さに等し。

#### 五、浮體の安定

船に働く水の浮力は船の排除した水の重量に等しく且この水の重心に働くと見做すことが出来る。この重心を浮力の中心といふ。第十六圖甲の如く、船の重心 $S$ と浮力の中心 $a$ とが同じ鉛直線上にあるときは二力は釣合つて船は動かない。今第十六圖乙の如く船が稍傾いたとすれば、船の重心 $S$ は其位置を變へないけれど、排除した水は位置、形狀を變へるから浮力の中心は他の位置 $a'$ に移る。この $a'$ を過ぎる鉛直線と $as$ 線との交る點 $m$ が $S$ の上にあるときは、矢で示すやうな浮力が船を舊位置に變へるから、



ることが出来る。

船は相當の用意をして出帆したならば暗礁に乗り上げたり他の船と衝突さへせなかつたならば決して顛覆せぬことを知らせ大に海國思想を振起したいものである。

#### 六、密度

鉛は同體積の水より重く、木は同體積の水より軽い。かく同體積の物體の重さの異なる時は、其の密度異なるなりといひ、重き方を密度大なりといふ。

七、比重

比重とは其の物体の重さと之と同體積の水（攝氏四度の蒸溜水）の重さとの比を言ひ、物体の密度の大小を表すに用ひる。例へば、一立方寸の鉛の重さに八十三分六厘二厘で、一立方寸の水の重さは七厘四分なるが故に鉛の比重は  $1 \cdot 111$  ( $83 \cdot 62 + 7 \cdot 4 = 11 \cdot 34$ ) である。従つて物体の比重 (S)、重さ (P) 及容積 (V) の關係は次の如くである。

$$P = V \times S, \quad V = P \div S, \quad S = P \div V.$$

次に主なる物体の比重をあげて見よう。

度 (重比)	
ニッケル	8.8
白金	21.4
水晶	2.65
硝子	2.4—2.6
“(フリント)	3.0—5.9
木(黒檀)	1.2
“(櫟)	0.7
“(松)	0.5
コルク	0.2
氷	0.9167

體 (18°)	
二硫化炭素	1.265
グリセリン	1.260
テレピン油	0.87
水銀(18°)	13.552
“(0°)	13.596

體	
空氣=1	酸素=16
1.0000	14.476
1.1053	16.000
0.9673	14.003
0.06950	1.006
1.52	22.
0.9218	8.982

密 固

アルミニウム	2.7
鉛	11.3
鐵, 鋼	7.8
金	19.3
銀	10.5
銅	8.5—8.9
眞鍮	8.1—8.6
亞鉛	7.1
錫	7.3
洋銀	8.5

液

エーテル	0.717
アルコール	0.791
アニリン	1.02
ベンゼン	0.881
クロロフォルム	1.493
オリーブ油	0.91

氣

氣 體	0°, 760 耗ノ時 水=1
空 氣	0.001293
酸 素	0.001429
窒 素	0.001251
水 素	0.0000899
無 水 炭 酸	0.001977
水 蒸 氣	0.000804

八、比重測定法

1 水より重き固体の比重測定 水より重き鐵の如きもの、比重を計るには先づ其の鐵の空中の重さを計り、次に之を糸に吊して水中で計れ。アルキメデスの原理より兩者の差は石と等體積の水の重さとなる。故に石の空中の重さを a、水中の重さを b、比重を D とすれば次の公式を得る。

$$D = \frac{a}{a-b}$$

2 水より輕き固体の比重測定 水より輕き木栓の如きもの、比重を計るには先づ精密に木栓の空氣中の重さを計り、次に此の平衡せる天秤を其の儘用ひ、木栓を乗せたる皿の下に鉛塊を吊し鉛塊のみを

水中に沈めて兩者の重さ $b$ を計り、かくて後再び木栓と鉛塊と兩者を水中に沈めて其の重さ $c$ を計れ。然る時は $b$ と $c$ との差は木栓と等容積なる水の重さとなる故、比重 $D$ は

$$D = \frac{a}{b-c} \text{ である。}$$

3 液體の比重測定法 液體例へばアルコールの如きもの、比重を測るには硝子栓の空中の重さ $a$ を計り次に水中に於ける其の重量 $b$ 及びアルコール中に於ける重量 $c$ を知れ。然る時は $\frac{a}{b-c}$ は硝子栓と等容積の水の重さであつて $\frac{a}{b-c}$ はそれと等容積の石油の重さとなる。故に比重を $D$ とすれば、

$$D = \frac{a}{b-c} \text{ となる。}$$

第七十圖



4 細粒物體の比重測定法 砂の比重を計るには、之をよく乾燥させ、其の一定量を取つて之を比重瓶に入れ、重さ $a$ を計り、次に砂を入れたまゝ瓶に水を充して其の重さ $b$ を計り、最後に比重瓶より砂を取り出し、之に水を充して其の重さ $c$ を計れ。而して比重瓶の重さを $d$ とすれば、

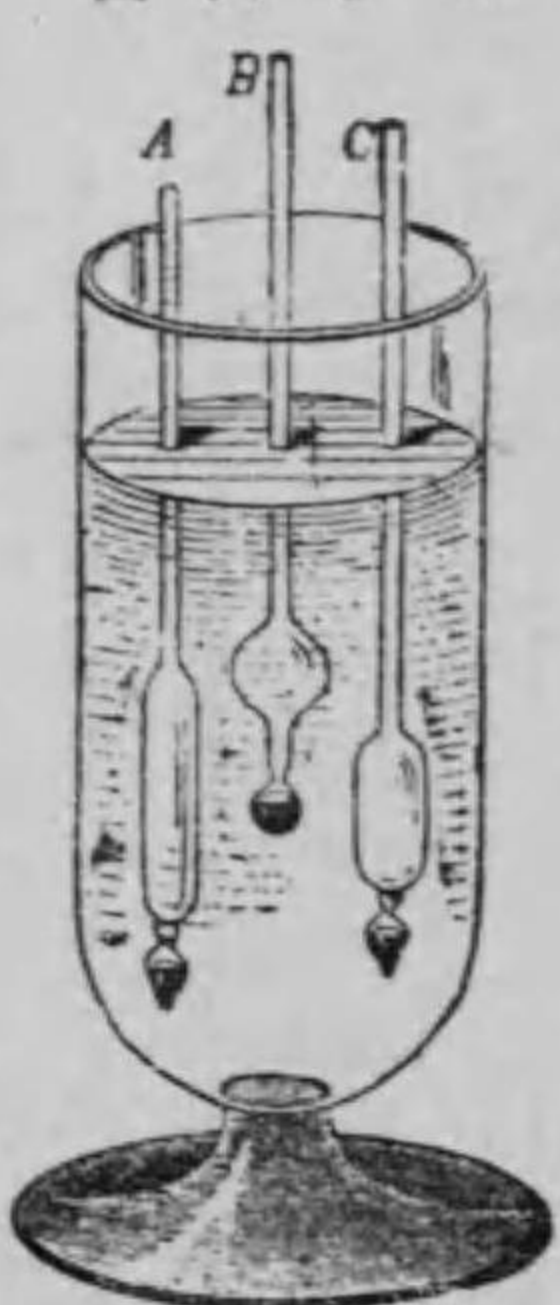
$$\begin{array}{l}
 a \dots\dots \text{比重瓶} + \text{砂} \\
 b \dots\dots \text{比重瓶} + \text{砂} + \text{等體積だけ少ない瓶中の水の重さ} \\
 c \dots\dots \text{比重瓶} \\
 d \dots\dots \text{比重瓶} \\
 \hline
 \text{+ 瓶一杯の水の重さ}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \therefore a-b \dots\dots \text{砂の重さ} \\
 a+c-b-d \dots\dots \text{砂と等體積の水の重さ} \\
 \hline
 \text{故に比重 } D \text{ は、 } D = \frac{a-b}{a+c-b-d} \text{ である。}
 \end{array}$$

### 九、浮秤

液そのもの、密度に依つて、同一物體と雖も浮沈に深淺の差がある。浮秤は此の理を應用したもので液體の比重を測定するに用ひる器である。即ち密閉せる硝子管にして上部は細く、中央より以下を少し太くして液上に浮ぶに便ならしめてゐる。其の下端には水銀又は彈丸の類を入れて其の量を加減し、上部必要の長さだけ液面上に現はるゝ様にして、液中に縦に浮ばせる。今、之を密度の大なる液に浮ばせる時は淺く沈み、密度の小なる液に浮

第八十圖



ばせる時は深く沈むのである。故に之を比重をはからんとする液に入れ、液面に當る度數を見て其の密度の大小を知ることが出来る。度の盛り方に種々あつて浮秤に特別の名稱がある。例へば、トワドル氏の浮秤、ポーマ氏の浮秤、ゲイルサツクの浮秤、鹽液汁、糖液汁、牛乳汁等がある。

其内最も普通に用ひらるゝはポーマの浮秤である、ポーマの浮秤は水より輕き液に用ふるものと重き液に用ふるものとの二種がある。前者は食鹽十パーセントの水溶液に浮べたる時管の下部が液面に來る様にし、此の點を零度とし、水に浮べて其の面に當る點を十度とし、兩點間を十等分して目盛を施し、

尙其の目盛を十度以上に及ぼしてある。後者は即ち重き液に用ふるもので之を水に入れた時殆ど管の頂まで沈む様にし、其の水面に當る點を零度とし、次に食鹽十五パーセントの水溶液中に浮べ其の液面に當る點を十五度とし、兩點間を十五等分して目盛が定めてある。

$$\begin{aligned} \text{輕液用} & \dots\dots\dots 145.88 \\ & \underline{135.88 + N} \\ \text{重液用} & \dots\dots\dots 146.78 \\ & \underline{146.78 - N} \end{aligned}$$

併し次の表によりてボーメーの度から直ちに比重が求められる。

度数と比重  
水より輕き液(12°.5C)

度	比重	度	比重
10	1.0060		
11	.9932	36	.8488
12	.9865	37	.8439
13	.9799	38	.8391
14	.9733	39	.8343
15	.9669	40	.8295
16	.9605	41	.8248
17	.9542	42	.8202
18	.9480	43	.8156
19	.9420	44	.8111
20	.9359	45	.8066
21	.9300	46	.8022
22	.9241	47	.7978
23	.9183	48	.7935
24	.9125	49	.7892
25	.9068	50	.7849
26	.9012	51	.7807
27	.8957	52	.7766
28	.8902	53	.7725
29	.8848	54	.7684
30	.8795	55	.7643
31	.8742	56	.7604
32	.8690	57	.7565
33	.8639	58	.7526
34	.8588	59	.7487
35	.8538	60	.7449

ボーメー浮秤の

水より重き液(17°.5C)

度	比重	度	比重	度	比重
0	1.0000				
1	1.0068	26	1.2153	51	1.5325
2	1.0138	27	1.2254	52	1.5487
3	1.0208	28	1.2357	53	1.5652
4	1.0280	29	1.2462	54	1.5820
5	1.0353	30	1.2569	55	1.5993
6	1.0426	31	1.2677	56	1.6169
7	1.0501	32	1.2788	57	1.6349
8	1.0576	33	1.2901	58	1.6533
9	1.0653	34	1.3015	59	1.6721
10	1.0731	35	1.3131	60	1.6914
11	1.0810	36	1.3250	61	1.7111
12	1.0890	37	1.3370	62	1.7313
13	1.0972	38	1.3494	63	1.7520
14	1.1054	39	1.3619	64	1.7731
15	1.1138	40	1.3746	65	1.7948
16	1.1224	41	1.3876	66	1.8171
17	1.1310	42	1.4009	67	1.8398
18	1.1398	43	1.4143	68	1.8632
19	1.1487	44	1.4281	69	1.8871
20	1.1578	45	1.4421	70	1.9117
21	1.1670	46	1.4564	71	1.9370
22	1.1763	47	1.4710	72	1.9629
23	1.1858	48	1.4860	73	1.9895
24	1.1955	49	1.5012	74	1.0167
25	1.2053	50	1.5167	75	1.0449

トワツドル浮秤もボーメー浮秤によく似て居るが、水より重き液の比重ばかり測定するに用ひられる。度盛は下部に行くに従つて調和級数的に一度の距離が減少して居る。Nをトワツドルの度数とすると比重は次式によつて計算することが出来る。



$$\text{比重} = \frac{5 \times N + 1000}{1000}$$

故にこれは關係が簡單だから表がなくつてもすぐに比重が求められる、0度は比重は0であつて、一度は比重は一、〇〇五、二度は一、〇〇〇、三度は一、〇〇一五……である。この比重計は染色業者によく用ひられる。

一〇、鶏卵を水中に浮ばせる

聚氣筒に深さ三寸許り水を入れ、靜かに鶏卵を入れ、然る後此の内に食鹽を投じ攪拌して漸次水の密度を増加すれば遂に鶏卵は浮き上るに至る。又初め鶏卵を清水中に沈め置き、長徑漏斗によつて濃度の食鹽水を器底に注加すれば、鶏卵は浮き上り、兩液の境界面上に浮遊するに至る。

一一、軍艦

鐵の塊は水中に沈むが之を薄板として箱を作らば水面に浮ぶ。是は其の容積増大し、同容積の水の重さより輕くなつたが爲である。軍艦は此の應用である。

一二、人體と水

(イ)人體は同容積の水よりも輕いから水面に浮ぶことは勿論である。然るに溺死せるものは多量の水を飲むが故に遂に沈む。一旦沈みたる死體が腐敗して多少分解を起し體中に瓦斯を生ずる時は又水より輕くなつて水面に浮び出る。

(ロ)脂肪は水よりも輕い。故に脂肪で肥滿せる人は普通の人よりは能く水中に浮ぶことを得る理である。

(ハ)死海の水

地中海の東岸シリヤの地に死海と呼ばれる湖があるが非常に鹽分に富んでゐて人は皆圖に示すやうにして浮ぶことが出来るといふことである。

一三、輕氣球及飛行船

浮力の理を空中に應用したものが輕氣球・飛行船・風船玉などである。是れ等には同體積の空氣よりも輕い氣體(水素又は石炭瓦斯)を用ひるから空中に飛遊行し得るのである。飛行船は只推進機を附したまでである。

一四、氷山

氷の比重が〇、九一七であるから水上に出て居る部分は少なくとも水中の部分が中々大きいのである、それ故に水上には小さく現れてゐても舟がこれに觸れて大破損を來すわけである。

圖 九 十 第

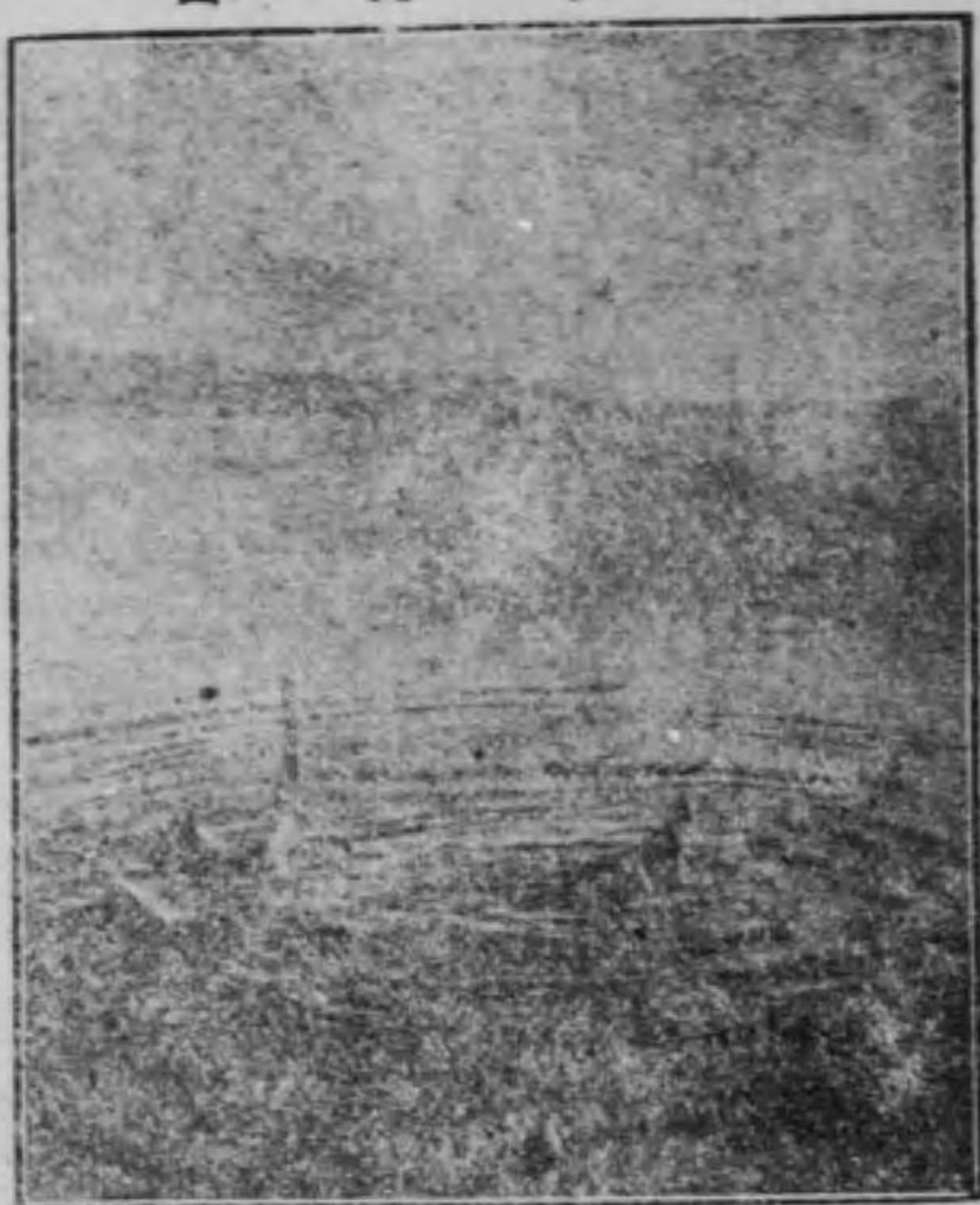


圖 十 二 第



第二 物の重さ

### 第三 空氣の性質

#### (一) 教授の主眼

本課は第一「空氣と土」に於ける空氣の性質を襲いで、

- (1) 空氣の形態の變じ易きこと、(2) 體積の變じ易きこと、(3) 體積の縮少するに隨ひ膨張力を潛有するに至ることを授け、以て、(4) 氣體一般の通性を理解せしめやうとするのである。

#### (二) 實驗事項

##### A、教師實驗一

形の變じ易きこと

##### 一、準備

材料 膀胱膜(又は風船球)

##### 二、方法

- (1) 水に濕して柔かにした膀胱膜に八・九分通り空氣を滿し、其の口を糸で緊縛する。
- (2) かくて膀胱の所々を押す時は、其の中の空氣は容易に種々の形にかはる。

##### 三、歸納

- (1) 手で膀胱の所々を押へる時は如何になるか。……容易に形を變ず。
- (2) 是れは如何なる理か。……空氣の形を變じ易きによる。
- (3) 是れによりて、空氣は狭き間でも自由に通り得ること及び物は空氣中で自由に動き得ることを考察し、解せしめる。

##### B、參考實驗一

材料も容易に得べく、方法も簡單なれば兒童實驗とす。

##### 一、準備

材料 風船球各組に一個。

##### 二、方法

本實驗の膀胱の變りに風船球を代用するのであるから方法亦之れに準ず。

##### 注意

- (1) 風船球は可成大なること。
- (2) 風船球内に滿すべき空氣が過多ならぬこと。

### C、兒童實驗一

- 1、體積の變じ易きこと。
- 2、膨張力あること。

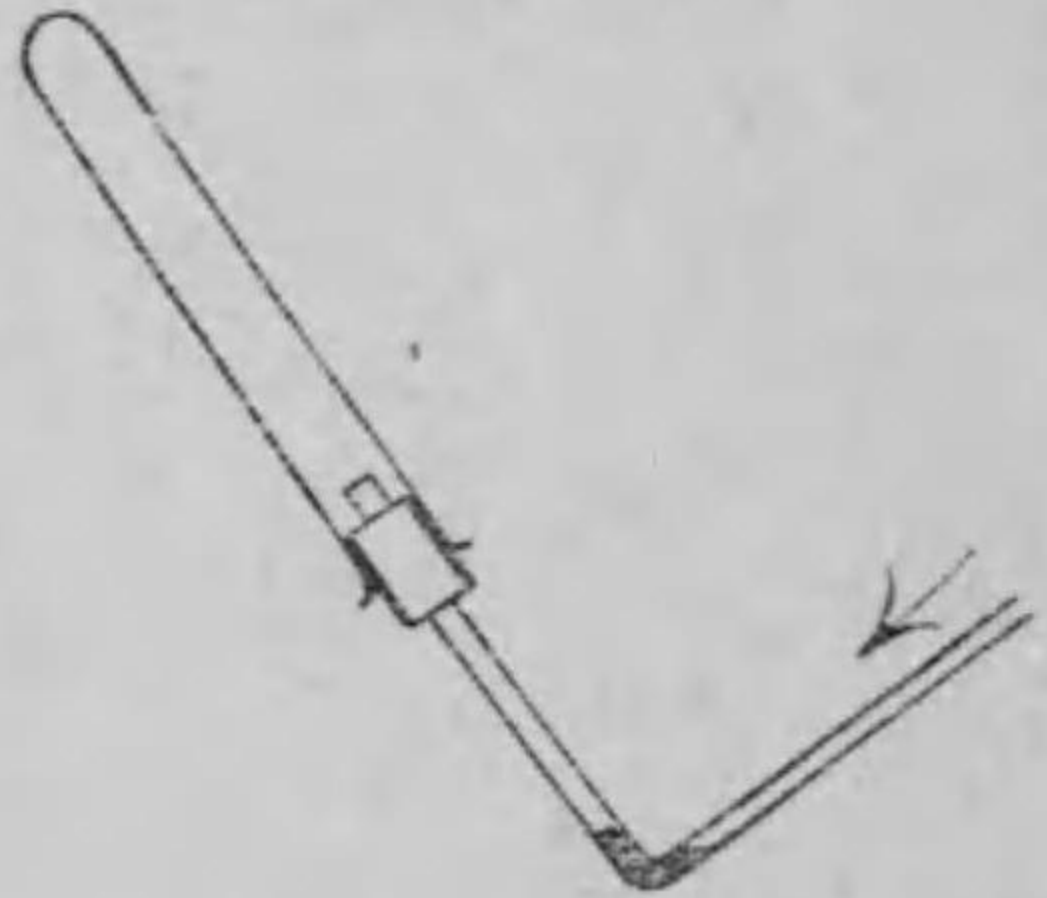
#### 一、準備

材料 試驗管、ゴム栓、直角に曲げたる硝子曲管、着色液(前節参照)、各組に一個宛。  
 製作 (1)コルク栓よりも成る可くゴム栓を用ひるがよい。是れに孔を穿つには、穿孔器にアルコールを着けると(穿孔の中途に於てもアルコールを與へる)容易である。大なるゴム栓を小さくするには、鑢磨研紙等を用ひて削る。此の際、水をつけて用ひると滑かに完成し得られる。ゴム栓は經六分のもの一個約四錢位である。(2)硝子管を直角に曲ぐるには適當に切斷したる硝子管の曲げんとする部分をアルコール洋燈の焰中に於て熱し、かくて自由自在に曲げ得る程度に達せば焰外に出して徐々に曲げるのである。急に曲げると灣曲部が綻れ又は細くなるから注意すべきである。

#### 二、方法

- (1)ゴム栓の孔に彎曲硝子管を挿入し(ゴム栓の孔は管よりも細きこと)ゴム栓部の硝子口に着色水を一寸計り入れ、他端を母指にて壓したま、試驗管の口に持ち來る。

圖 一 十 二 第



- (2)試驗管の口にゴム栓を當てると同時に曲管の他端の母指を除き圖に示すが如き位置に於て堅く栓を挿入する。
- (3)次に矢の方向に口で空氣を吹き込む。
- (4)着色液上昇後は又もとの如く口を除く。口を除けば着色液は原位置に復る。

#### 注意

- (1)コルク栓を試驗管に裝置の際、着色液を滴下せしめぬこと。
- (2)コルク栓を堅く挿入する際、注意して試驗管の口をこぼさぬこと。
- (3)口を以て空氣を送る際は徐々にし、着色液に注意し、之れを曲管外に出さぬ事。

#### 三、歸納

- (1)曲管の一端から空氣を送つた時着色液はどうなつたか：：吹けば向へ進む。(試驗管内の空氣壓縮す)
- (2)口を外づした時、着色液はどうなつたか：：後へ歸つた。(壓縮された空氣は膨脹す)
- (3)初の水滴の位置と、歸りたる時の水滴の位置とを驗べて見よ：：殆んど同位置。
- (4)是れによりて空氣は壓縮せられ易く、其の壓縮せられたる空氣はもとの體積にかへらんとする膨張力を有することを發見せしめる。

#### 四、本實驗の特徴

- (1)實驗器具を容易に製作調達し得る。

(2) 明確に實驗の過程及び結果を観察し得る。  
 (3) 此の實驗によれば空氣(氣體)には壓縮性と弾力性とあることを根本的に知らすことが得られる。

**D、兒童參考實驗一**

**一、準備**

材料 彎曲硝子管一個、着色液。

**二、方法**

彎曲せる硝子細管の彎曲部に着色液を一滴入れ、曲管の先端を人差し指にて塞ぎ、他端より口を以て強く吹く。着色液は塞げる人差し指の方に移動す。口を除けば着色液は再び原位置に歸る。

**三、歸納**

實驗のそれに準ず。

**注意**

本實驗は實驗Cを縮少した裝置ではあるが、肺力弱き兒童に行はしむるに於ては明確でない。従つて比較的曲管を長くし着色液の運動には十二分の注意を以て觀せしめなければならぬ。しかし此の裝置で十分である。

**E、教師實驗二**

1、體積の變じ易きこと。

2、縮少空氣に膨張力あること。

**一、準備**

材料 flasco、有孔ゴム栓、尖端の硝子管、着色液。

製作 尖端の硝子管を作るには所用の硝子管をアルコール洋燈にて熱し、十分柔かくなりたる際、焰中にて兩方に引き離すのである。然らずして普通の方法によらんか挿

圖(一)の如くなる。硝子管の尖端は挿圖(二)の如く作るのが最もよい。

**二、方法**

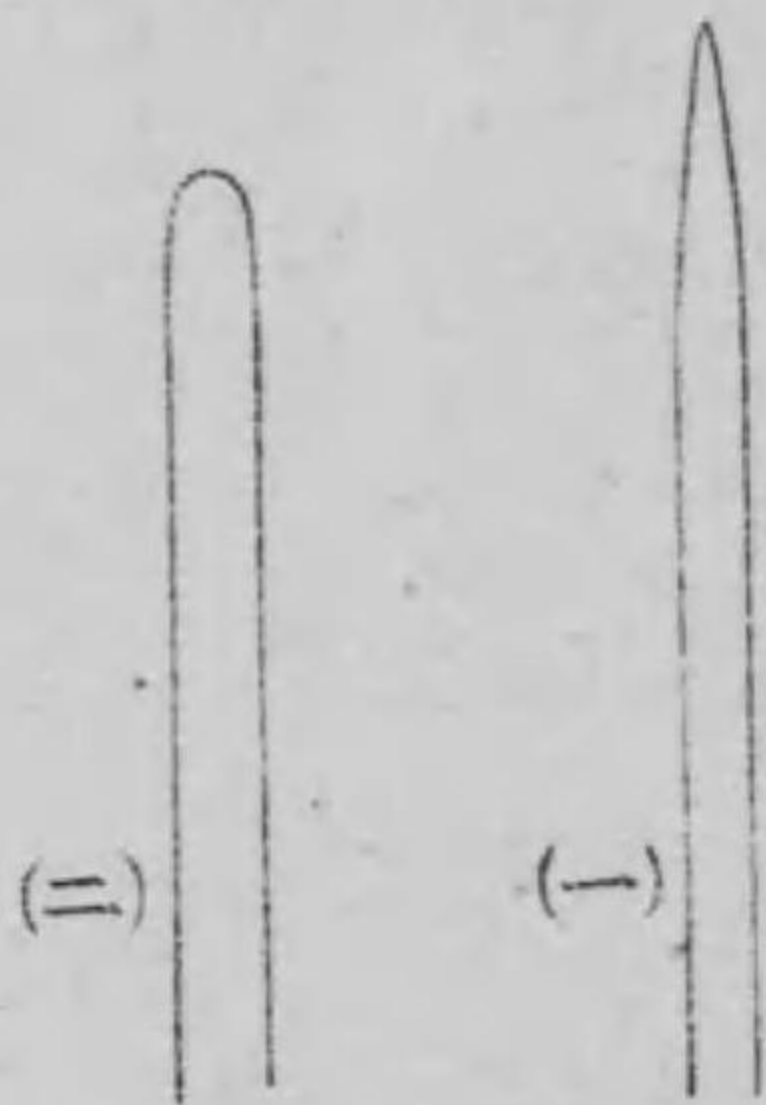
(1) flascoの底へ四分通り着色液を入れ、硝子管を通したるゴム栓にてflascoの口を密閉する。其の際、硝子管の長さは殆んど

flascoの底に達すを度とす。

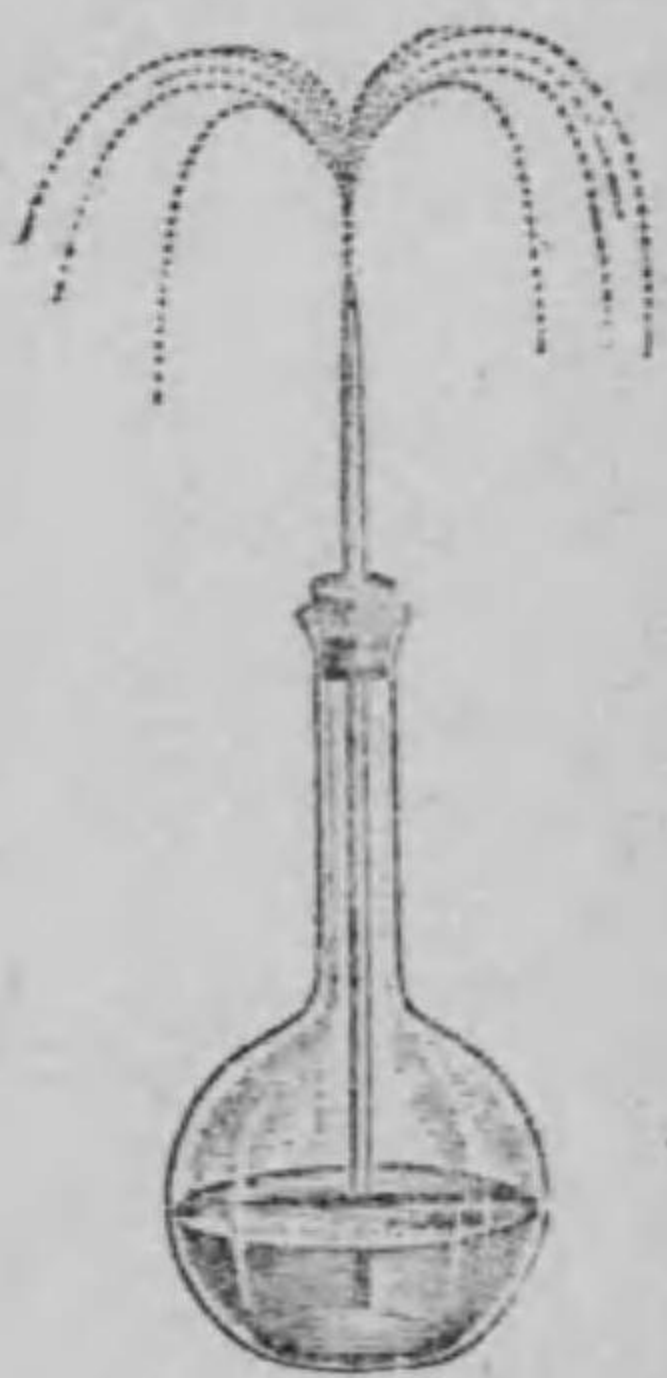
(2) 硝子管の尖端を口に入れて出來得る限り空氣を多量に吹き込む。空氣は着色液を通してflasco内に満つ。

(3) かくて後口を尖端より離す。直ちにflasco内の着色液は噴水して見事壯觀。

圖 二十 二 第



圖三十二第



注意

- (1) ゴム栓は密閉のこと。
- (2) 硝子管は必ず十分に着色液に挿入し置くこと。
- (3) 可成多量の空氣を吹き込むこと。
- (4) 此の實驗をなす時は机上を注意し、物品を濡らしてはしめぬこと。

三、歸納

- (1) 尖端より空氣を吹き込む時は如何になるか……着色液内に泡を立て、空氣はフラスコ内に入る。
- (2) フラスコ内の空氣はどうなるか……一定せる器内に空氣は陸續として吹き込まれるから其の空氣は一吹毎に壓縮せられる。
- (3) 噴水の理を問ふ……壓縮せられた空氣は原の形に歸らんと膨脹して、遂に液面を押す、壓せられた液はフラスコ外に出でんとして唯一の进出口たる尖端硝子管より噴出するのである。(噴水となるは出口が細いためである)
- (4) 是に依つて空氣には壓縮し易き性と膨脹性とあることを發見させる。

四、例證

- (1) ゴム種・フットボールの跳ね上ること。(2) 空氣鐵砲。(3) 空氣枕。(4) 自轉車・人力車・自動車の輪に空氣入のゴム輪を用ひること。
- (5) 風呂にて手拭に空氣を包み、湯中に入れて手にて壓する時、空氣の泡となりて浮き上ること。(6) 紙袋の口を閉めて打つ時大音を發して紙の破れること。(7) 本實驗の吹込みでだん／＼呼氣の苦しく重くなること等である。

四、本實驗の特徴

- (1) 趣味的なること。
- (2) 噴水の高さ及び永續時間と壓力の強度との關係を了察せしめ得る。

F、兒童參考實驗二

一、準備

材料 空瓶又は試験管、ゴム栓、尖口を有する硝子管、水又は着色液。

二、方法

實驗のフラスコの代りに空瓶又は試験管を用ひるのである。従つて其の方法も同前。

三、特徴

フラスコを用ひての實驗は材料の都合上教師に限られる嫌があるが、此の方法によれば廢物の利用に依り或は卑近の材料に依つて其の目的を達することが出来る。尙、兒童にとつて大いに趣味あることである。

G、教師實驗三

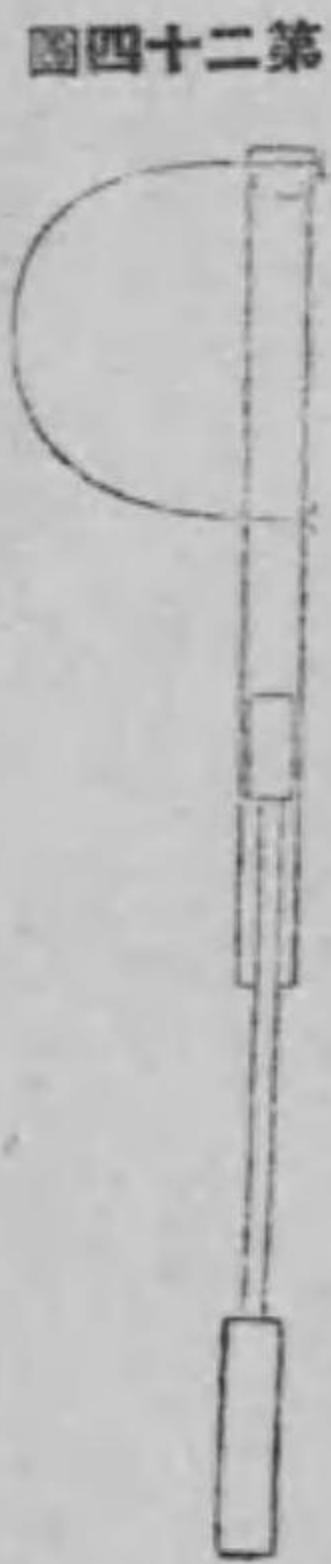
- 1、空氣の壓縮し易きこと。
- 2、壓縮された空氣は膨脹すること。

一、準備

材料 孔の大きい一様な太き硝子管一個、コルク二個、細き硝子管又は太き針金一本、糸一筋。  
 製作 太き硝子管を一尺五寸位に切り、其の先端にコルクを差し、(成る可く密着してゐるのがよい) 且つ之を糸にて硝子管に縊連し、又針金(細管)の先端にコルク(漸く管内を通り得る位の太さ)を固着して置く。

二、方法

- (1) 太き硝子管のコルク栓なき一端の口より、コルク付きの針金の先端を静かに挿入し、徐々に管内の空氣を壓縮す。
- (2) 壓縮の度一定を越ゆればボンと音を發して硝子管先端のコルクは前方に飛逃する。



圖四十二第

注意  
 (1) 此の實驗は成る可く緩く行ひ其の状況を精細に觀察させるがよい。  
 (2) コルクは餘りにゆるからぬこと。

三、歸納

- (1) 一方のコルクを壓するにつれて中の空氣はどうなるか……壓縮されて膨脹の度を増す。
- (2) 何處までも壓縮し得るか……能はぬ。
- (3) 遂に如何、(コルクが恐しい勢で飛び出すは何故か)……壓縮空氣の膨脹に依つてコルクを飛逃す。
- (4) 空氣は壓縮せられ易く、壓縮された空氣は再び膨脹せんとする力がある。

四、本實驗の特徴

- (1) 趣味があること。
- (2) 兒童の日常生活と関連する一法たること。
- (3) 管内に煙を吹き込んで實驗する時は一層明確である。

五、兒童實驗二

材料 竹鐵砲。

一、方法

實驗に準ず。

注意

(イ) 竹鐵砲は手工時間又は課外に於て兒童に製作せしめ、コルクの代りに紙丸を用ひしめて實驗せしめる。  
 (ロ) 本實驗は兒童の常に行へる所なるもいかなる點まで挿したる時に飛び出でしか、紙丸の小なりし時は如何等と、輔導しつゝ、

原理を會得せしめるのである。

### (三) 研究應用

#### 一、空氣の壓縮

空氣は輕き物體であるけれども已に重量あるが故に積み重ねらるゝ時は其の下層は壓縮せられざるを得ぬ。例へば海面上の空氣の密度を一とせば富士山の巔に於ては〇・六四となり、一地理里(三四四八六尺)の高度に於ては僅かに〇・四にして八地理里に至れば〇・〇〇〇三の密度となる。

#### 二、壓力と氣體容積との關係

空氣(一般氣體)は壓力を加ふれば壓縮し得られるけれども壓力を減すれば其の彈性に依つて又膨脹するものである。氣體の容積と壓力との間に於ける關係は今から二百十餘年前英人ボイル氏の發見せる所では是れを世にボイルの定律といつて居る。(其の後十七年、佛人マリオット氏獨立して此の關係を發見したるが故にマリオットの定律ともいふ)。

一定質量を有する氣體の容積は溫度に變化なき時は、その受くる所の壓力に逆比例す。

例へば氣體の受くる壓力がPよりP'に變じたるがためにその體積がVよりV'に變じたりとせば

$$\frac{V}{V'} = \frac{P'}{P} \quad \text{或は} \quad PV = P'V'$$

精密なる測定によると氣體は嚴密にこの法則に従はない、壓力が大きくなると大分異つてくるのである。今一氣壓の時の壓力體積をP<sub>1</sub>V<sub>1</sub>、二氣壓の時の壓力體積をP<sub>2</sub>V<sub>2</sub>とする、若し氣體が完全にボイルの法則に従ふ者とするとき、P<sub>1</sub>V<sub>1</sub> = P<sub>2</sub>V<sub>2</sub>、即ち  $\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = 1$  となるべき筈である所が實際は次の様な値となるのである。

水素	窒素	酸素	炭酸ガス	アンモニア	亞硫酸ガス
$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2}$	0.999	1.001	1.002	1.003	1.019
					1.021

そこでファンデルワールスは理論上の推理から

$$(P + \frac{a}{V^2})(V - b) = K \quad (K \text{は常数})$$

といふ式を見出したのである。a、bは各氣體に特有な常数である。

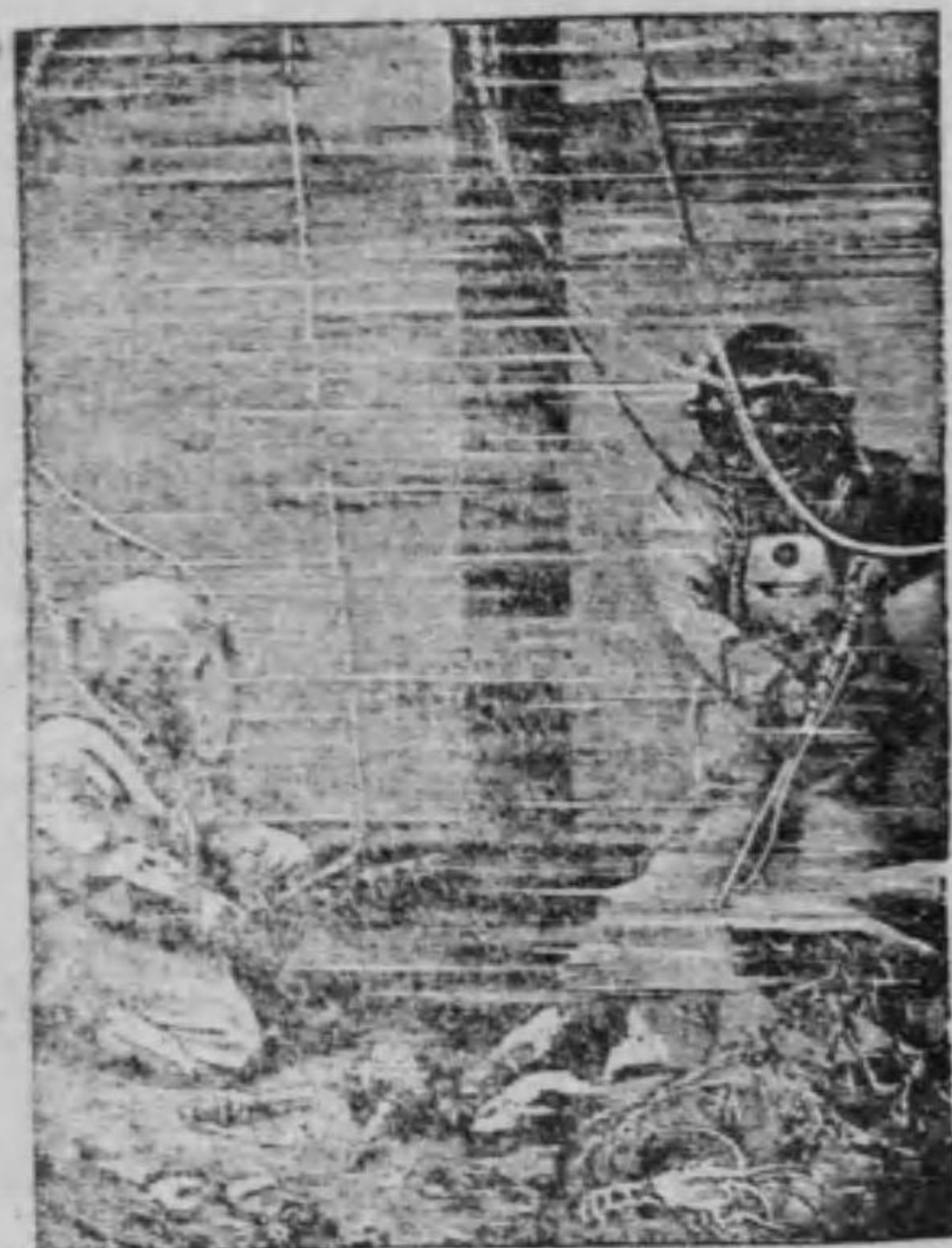
#### 三、空氣銃

空氣銃は空氣鐵砲の原理を比較的精巧なる機械的装置にしたものである。

#### 四、潜水作業

壓縮空氣の應用の一つに潜水作業がある。潜水夫

第五十二圖



は水や空氣の透らない兜とゴム服とで全身を被ふて手だけを遣し、胸、背及び臍には鉛の錘を附けて水底に立ち、眞珠の採取、沈没船の引揚、其他の水中工事を、水上では常に壓縮ポンプを運轉し、管によつて壓縮空氣を潜水者のゴム服内に送り、古い空氣は胸部の瓣を通つて水中に逃れ出さす。

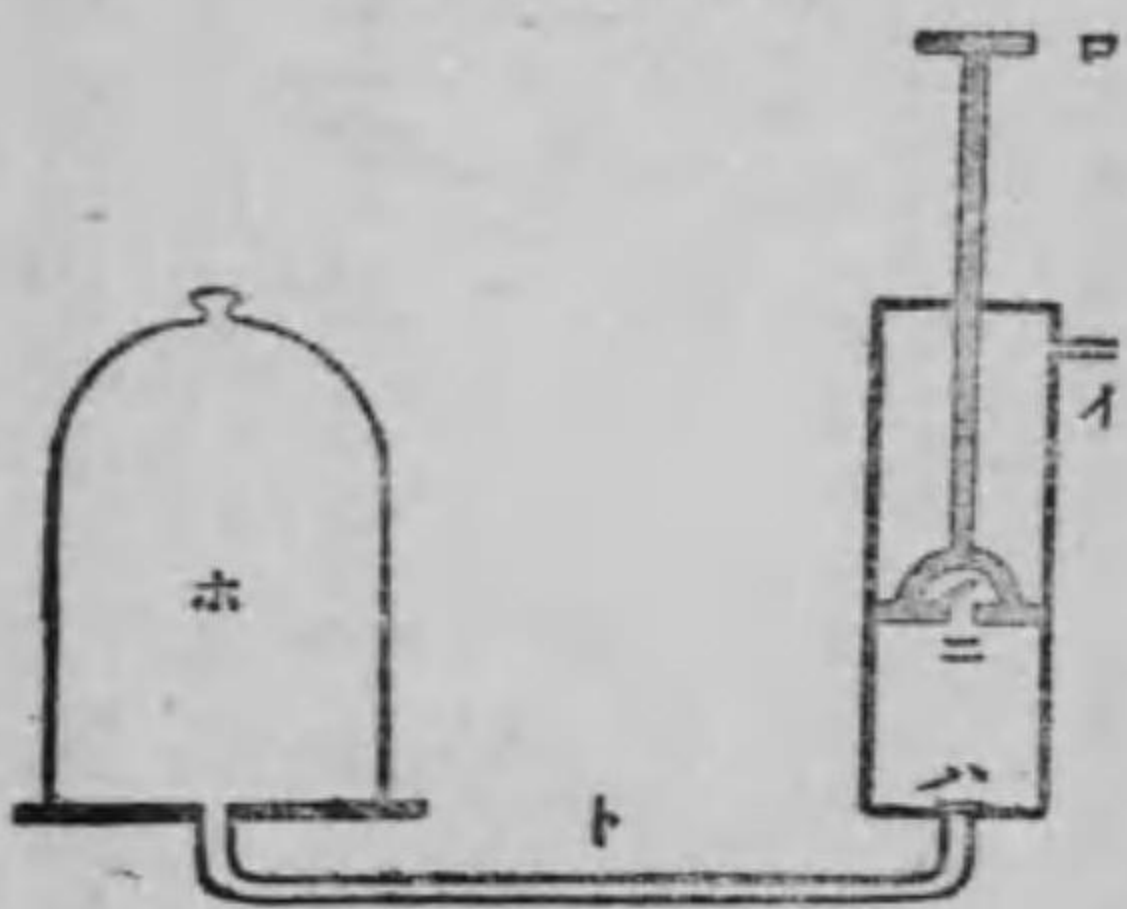
### 五、氣送郵便

壓縮空氣(空氣の液化の條參照)の膨脹性は各種の所に應用されるが氣送郵便は最も新しい應用の一つである。歐洲の大都會に於ては早くから使用されて居たが我が國では數年前東京の神田郵便局と江戸橋郵便局との間に試みに開始された。それは兩局間に一樣の金屬筒を埋めて置いてそれに丁度嵌まる革製圓筒が(其の中に速達すべき郵便物が封じてある)壓縮空氣の膨脹力によつて先方の局へ送りまた管内の空氣を排出して之を手前に取り寄するるのである。今では東京大阪の取引所と中央郵便局間、大きい新聞社と郵便局間等に多數設けられるようになったのである。

### 六、消防用ポンプ

其の原理は凡て空氣の壓縮力と膨脹力との利用である。排氣機は空氣を除き去る機械で圖に示すが如く(イ)は活栓(ロ)を備へたる圓筒で、其の底と活栓とに上方のみに開く瓣(ハ)(ニ)がある。(ホ)

圖六十二第



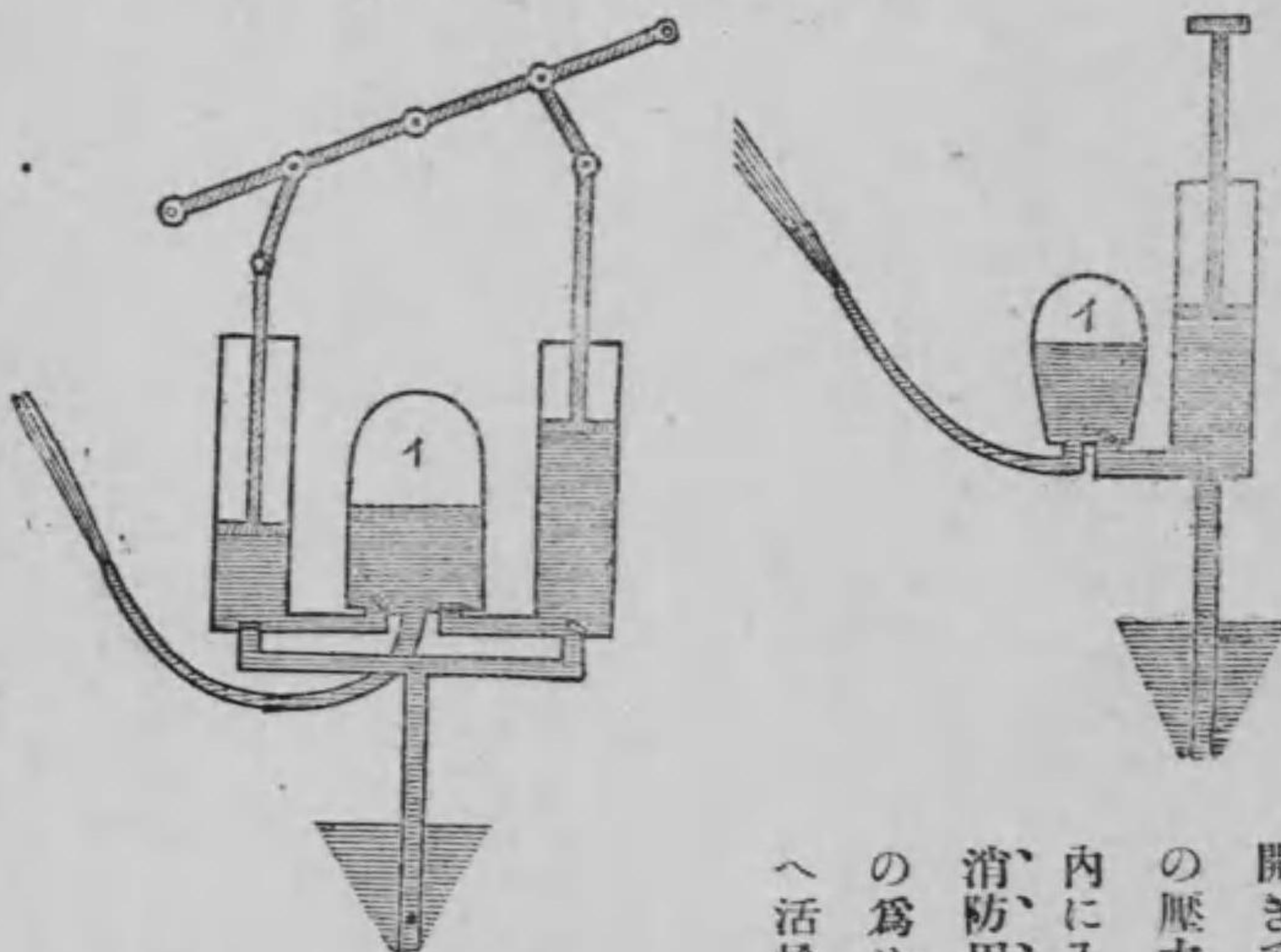
は硝子鐘で(ト)管により圓筒に通ず。今活栓を押し下げると筒内の空氣は其の壓力で(ハ)を閉ぢ(ニ)を開きて活栓は上に出る。次に活栓を引き上げると(ニ)は外氣の壓力で閉ぢられ、鐘内の空氣は膨脹して(ハ)を押し開き筒内に入る。故に是れを反復すれば空氣は次第に除き去られる。消防用ポンプは水が絶えず噴出することを要する。此の目的の爲めにポンプを圖の如くに構造する。即ち空氣室(イ)を備へ活栓には瓣なくして空氣室の入口と筒底とに瓣がある。

故に活栓を上下すれば水は次第に空氣室内に入り来る。空氣室の出口は其の入口より小にしてあるから、水は室内に溜つて空氣を壓縮する。壓縮された空氣は又膨脹せんとして水を壓するにより、水は絶えず噴出するのである。

### 七、壓力計

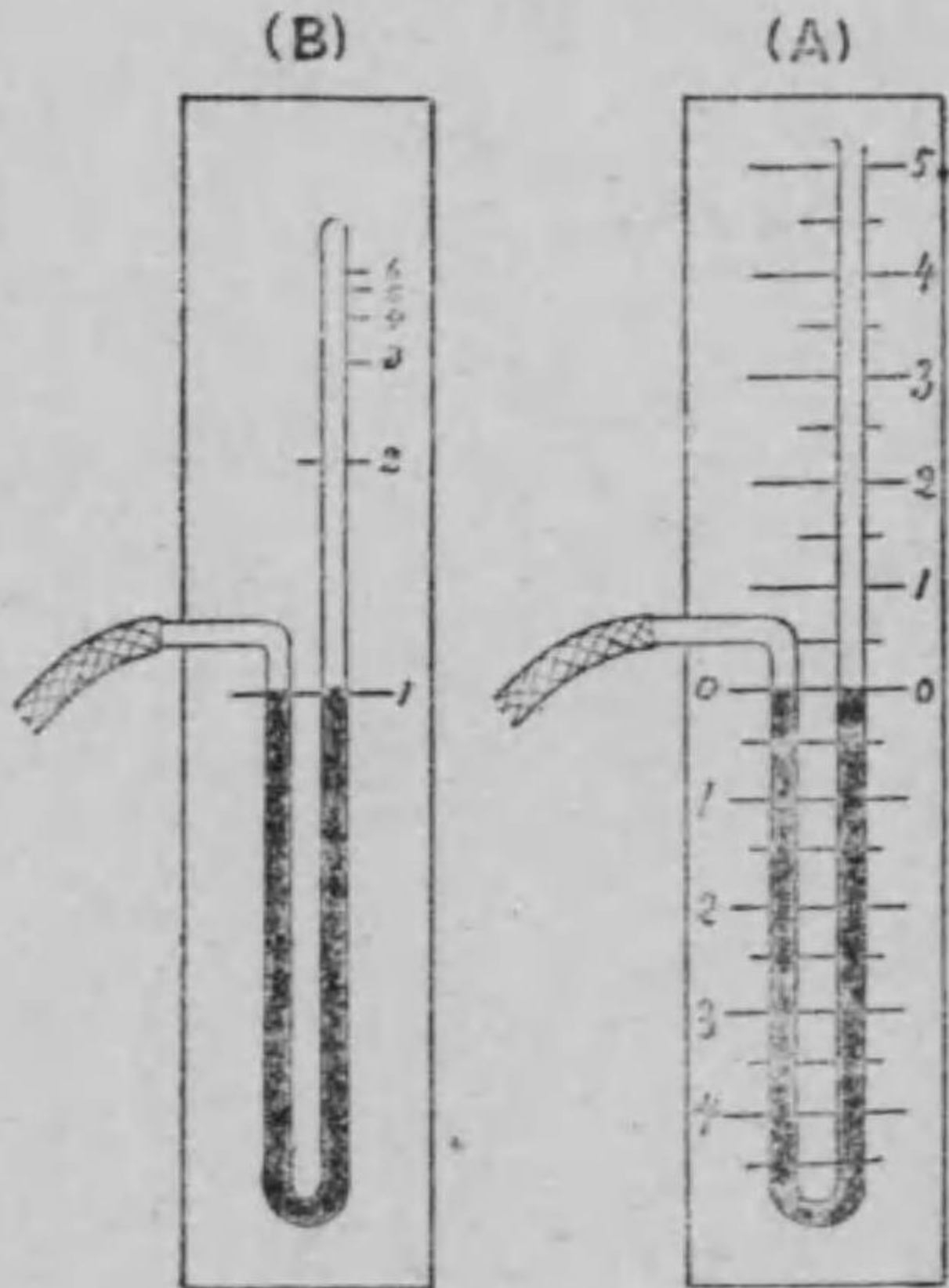
(A)は開き壓力計であつてU字硝子管に水又は水銀を入れ一方をゴム管で壓力を測らんとする容器内

圖七十二第



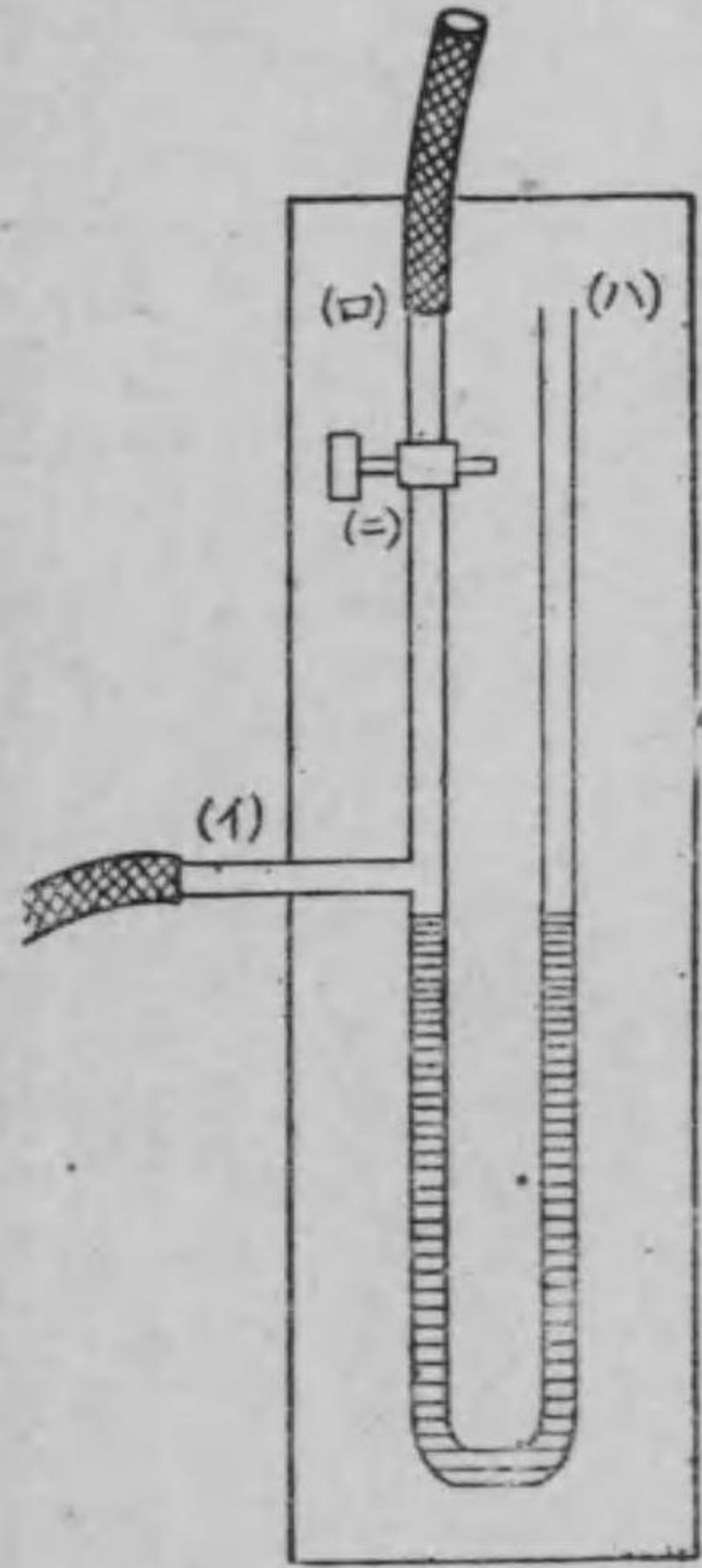


圖八十二第



の氣體にいれるのである。兩脚の液柱が水平の時は、壓力は氣壓に等しく、壓力が之よりも大きい時は、兩脚の讀を加へて壓力を求め、のである。開き壓力計は、小なる壓力を測定するに用ひられる。(B)は大なる壓力をはかるに用ひらる、閉壓力計である。一端が閉ちて居るから、體積の變化と壓力の關係は、ボイルの定律によるのである。豫め管側に1、2、3氣壓等に對する目盛を施し、置くと直ちに壓力が測られる。(A)或は(B)の如きものを作りて、一方より吹きて肺の壓を見たり、瓦斯の口につないでその壓力を見たりすると面白い。

圖九十二第



尙(C)の如き装置で圖の如く水をいれ、(イ)を瓦斯の口につなぎ、(ロ)より呼吸を送りて水を(ハ)まで上げ、(ニ)の栓を閉ち

て放置し置く時、水下降る時は、瓦斯が漏つて居ることを知ることが出来る。瓦斯管敷設の時には、必要な器具である。

### 第四 水の性質

#### (一) 教授の主眼

本節の主眼は

(1) 水の形の變じ易きこと、(2) 體積の變じ難きこと、(3) 液體の通性に及び、更に前節の空氣に依りて授けた氣體及他の經驗から得來つた固體との別を明かならしめやうとするのである。

#### (二) 實驗事項

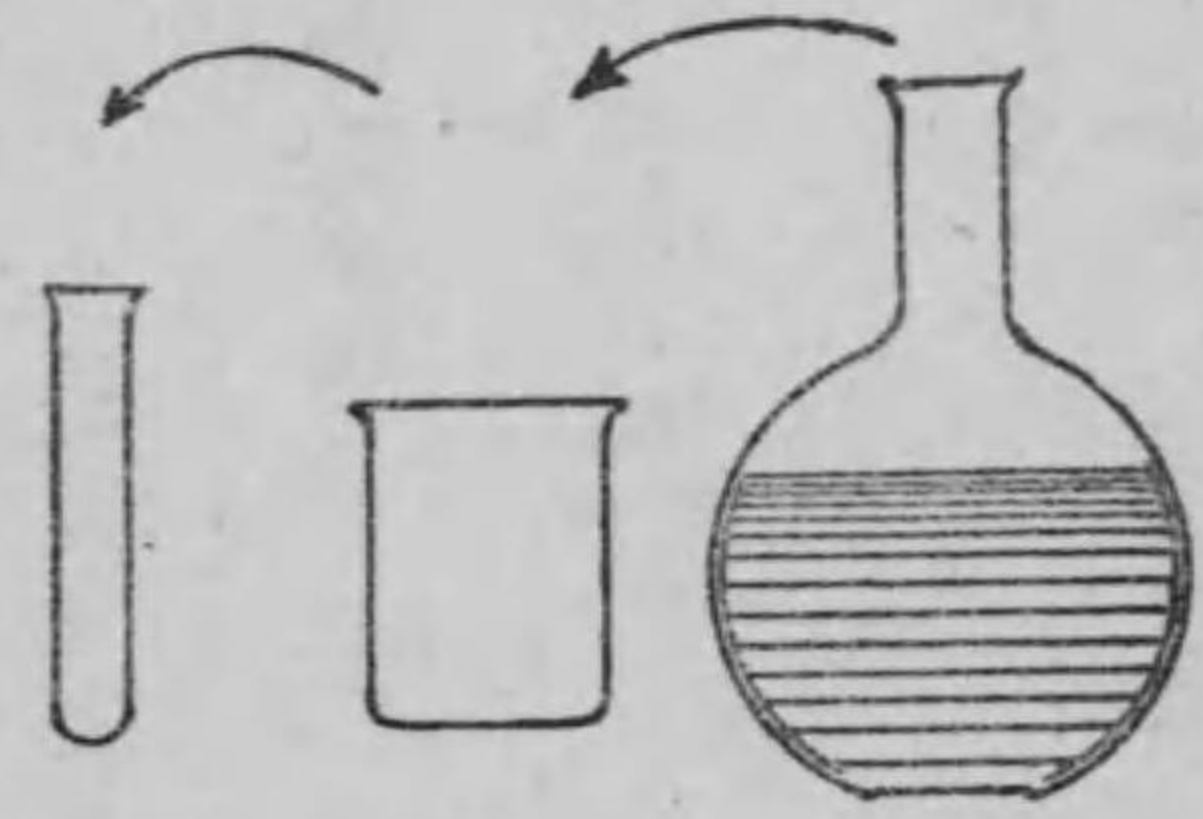
##### A、教師實驗一

水の形の變じ易きこと。

##### 一、準備

材料：試験管、フラスコ、ビーカー各組合一箇宛。

第三十圖



二、方法

- (1) フラスコに着色したる水を容れる。
- (2) 次にこれを試験管に移す。
- (3) 次に又、之をビーカーに移す。

注意

- (1) 器物は形の異なるものであれば何でもよい適當の三つを揃へばよい。
- (2) 器物に水を容れるには一様に三箇へ注入することなく容器から容器へ順々に移す

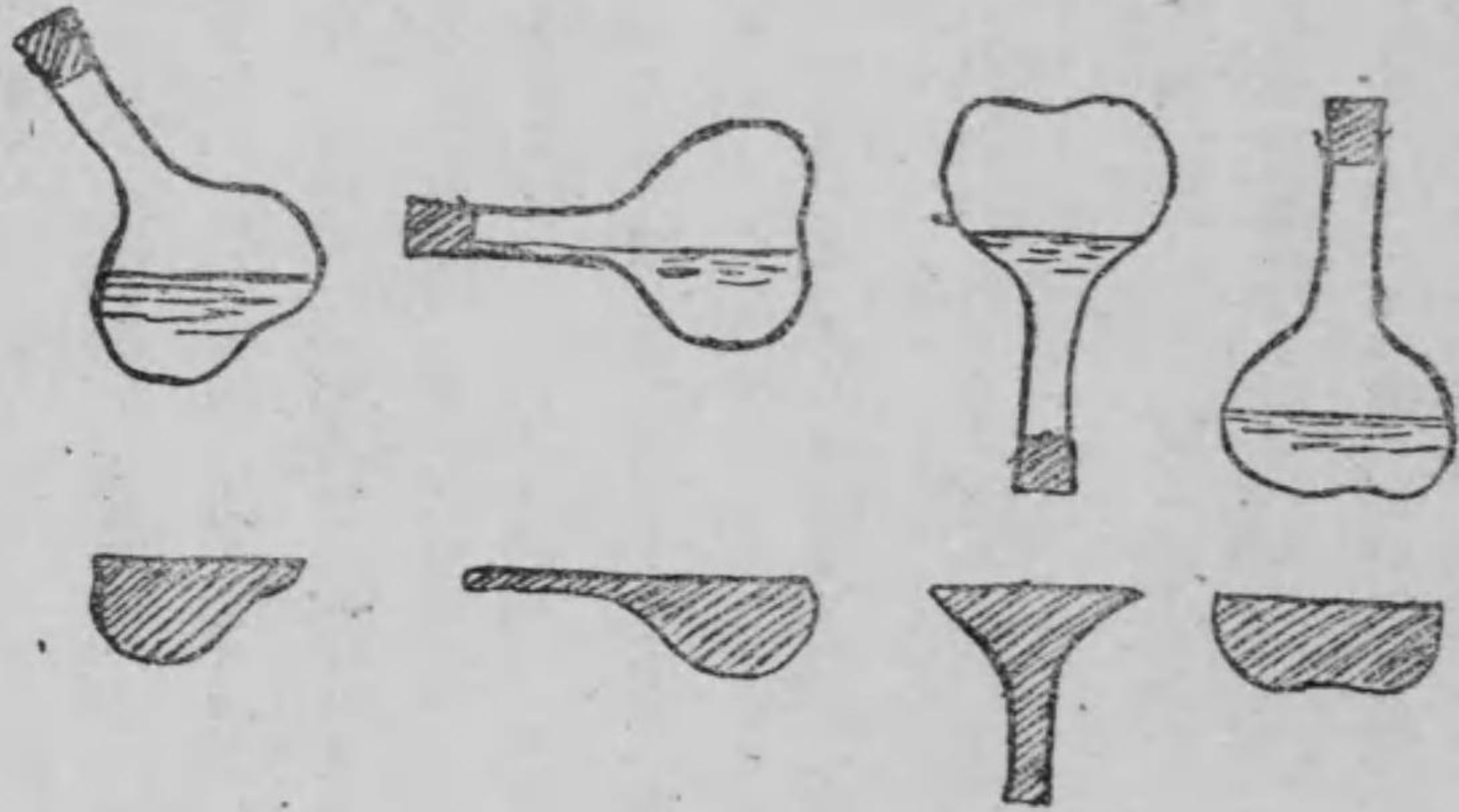
三、歸納

- (1) 水の移入に随ひ其の形は如何に變るか：：器物の形に随つて變化す。

四、例證

- (2) 水の平面は如何なる状態にあるか：：常に水平を保つて居る。
- (3) これ水の形を變じ易く、且その重さのため成るべく器の下部に落附かうとするのによる。
- (1) 水を容れた器に孔があれば水はこれから漏出す。
- (2) 水を机上にこぼせば「流れ」て低い方に移動する。
- (3) 有色・無色の水を攪廻すと容易に交り合ふ。
- (4) 魚は水中を自由に運動することが出来る。

第三十一圖



B、参考實驗一

一、準備

材料 Ⅱ フラスコ、着色水、コルク栓。

二、方法

一箇のフラスコに着色水を  $\frac{1}{3}$  位入れ栓をなし、これを上圖に示す様に種々の位置にをきて各の場合の水の形を兒童に觀察せしめノートに第三十一圖の如く書きとらせるも面白と思ふ。兒童は必ず上面が常に平なるに疑問をいだくと思ふ。巧に發見的に取扱ひたいものである。

注意

本實驗に於て空氣の部分に注目する時は氣體の變形性の實驗となる。

C、兒童實驗一

水の體積の變じ難きこと。

一、準備

材料 コルク栓を有する試験管、ガラス管、着色水。  
製作 第三〇兒童實驗に用ひたる装置にて。

- (1) 水を充たした試験管内に硝子曲管を有するコルクを挿入する。
- (2) 管の着色水は曲管内にあふれいで、静止する。

二、方法及歸納

ガラス管の一端を強く吹く……空氣の實驗の如く水が壓縮されて移動することがない。

注意

教師用書一八六頁の實驗は困難であるから省略する。

D、参考實驗二

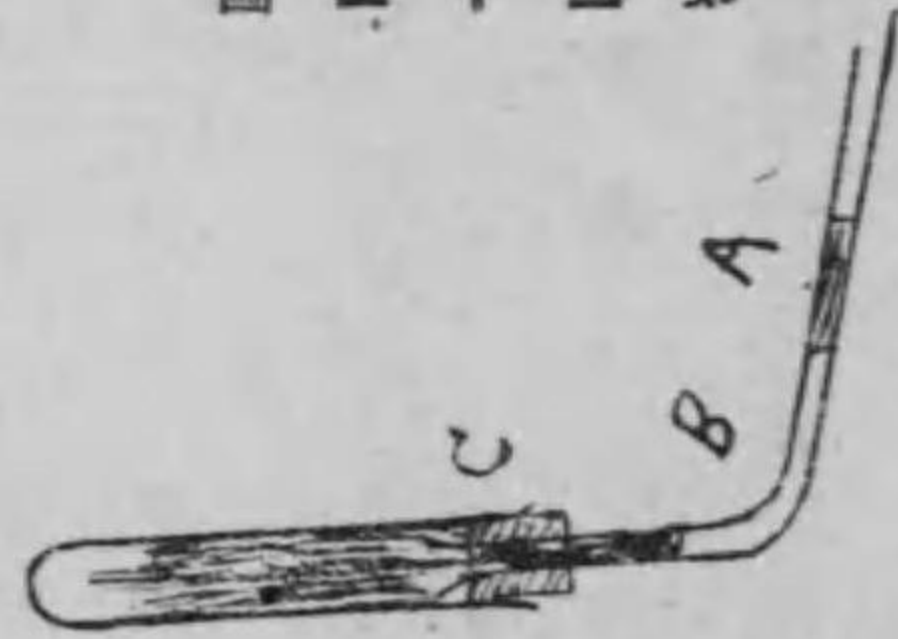
一、準備

材料 前の装置による。

製作 第三十二圖の如く管内の一定部に空氣を止めて着色水を容れる。

これには先づ硝子曲管に一寸許り着色水(A)をとり管を傾けてゴム栓のある端から三寸位の所に置き他

第三十二圖



端を指にておさへて着色水(A)の位置のかはらぬ様にして、着色水を充した試験管にそのゴム栓を挿入し指をとりてやゝ強くゴム栓を押し込みて第三十二圖の如くする。

二、方法及歸納

- (1) 前の實驗と同様に管の一端を強く吹く。
- (2) (A)に於ける水は(B)の空氣を壓縮して前進するけれども(C)の水は少しも動かぬ……即ち之に依つて空氣には壓縮性があるけれども、水にはないことを確めることが出来る。

三、本實驗の特徴

- (1) 本實驗は氣體と液體とを相並べて其の壓縮性如何を調べることが出来、後の兩者の比較を觀せしめる基礎として特殊の便を以てゐる。
- (2) 本實驗は兒童に課してもよい。

E、参考實驗三

一、準備

第四 水の性質

材料 太き硝子管、細き硝子棒、ゴム栓。

製作 第三十三圖の如く硝子管の内部の定距離二點にゴム栓を入れ、中に着色入を充たす。

二、方法及歸納

(1) 硝子棒を以て一方のゴム栓を押す……水は一定の體積を保つて前方の栓と共に移動する。

(2) これまた水が壓縮を有たない例證となる。

三、本實驗の特徴

(1) 現象が極めて明瞭であり、且興味があるため教師實驗としては面白からう。

(2) 製作の點に至つては微細の技術を要する點があるから、若し之を行ふには教師の周到な準備を必要とする。

第三十三圖



F、參考實驗四

一、準備

(1) 硝子管の一端にコルク栓をし。

(2) その中に水を充たす。

(3) 別にコルク一つ。

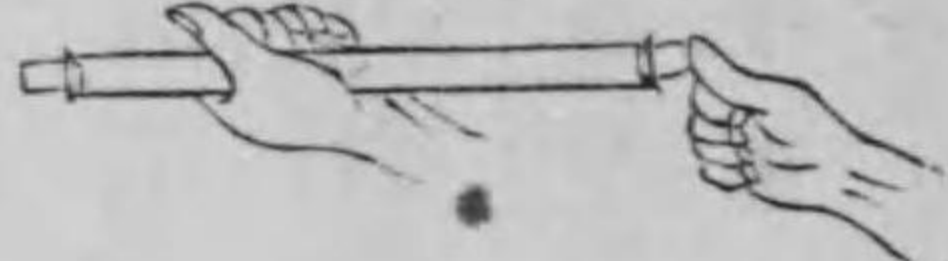
二、方法及歸納

(1) 水を入れた硝子管の一端に残つてゐる木栓を箆めそれを棒又は指で押す……押すに従つて他端の木栓は抜け出して来る。

(2) 若し一端を机の面等で支へて容易に抜け去らない様にすれば……他端を押すに大なる力が必要、そして管は遂に破裂する。

(3) これによつて歸納せらるべき原理は前と同様である。

第三十四圖



G、參考實驗五

一、準備

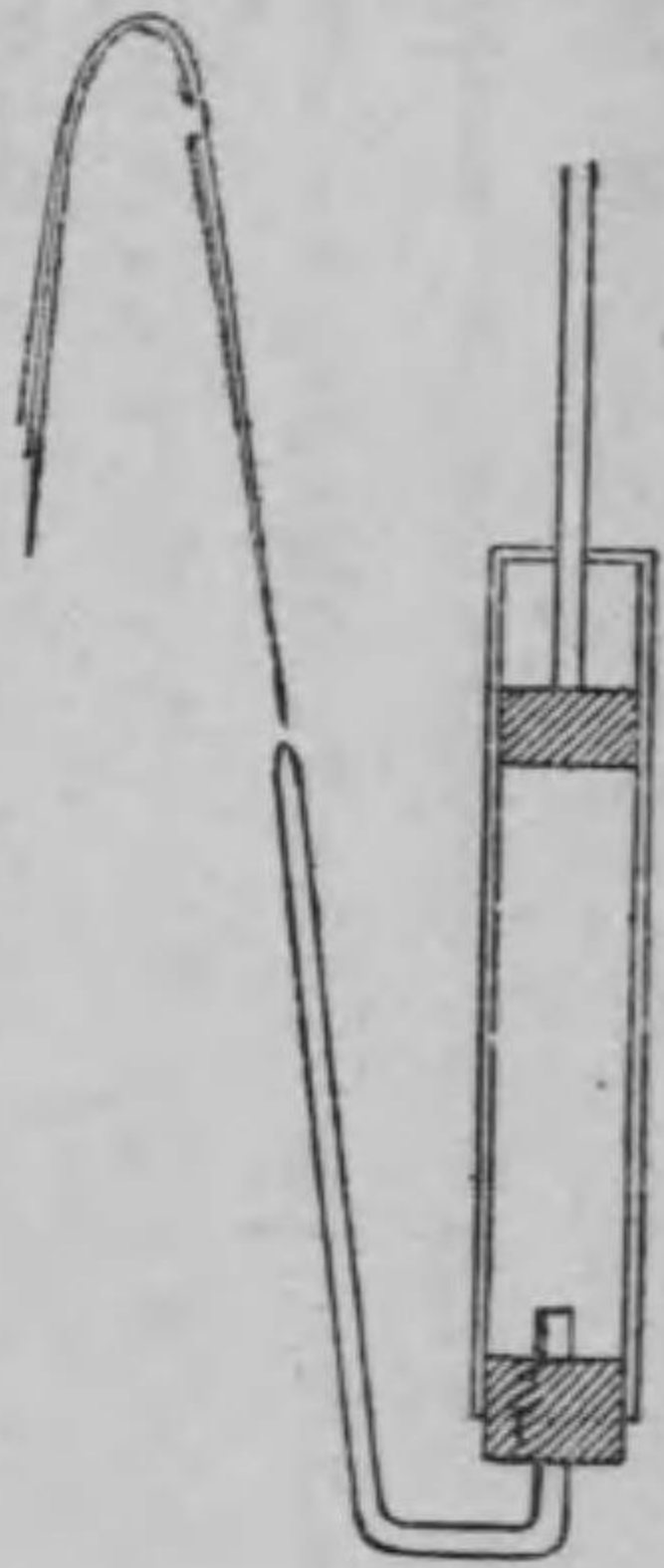
材料 太いガラス管、細いガラス管、木栓二、ガラス棒。

製作 (1) 細い硝子管の一端を尖らし曲げてそれを木栓に通す。

(2) 之を太い硝子管の一端に箆め中に水を入れる。

二、方法

圖五十三第



(1) 水を入れた管の他端に空気の残らないやうに木栓を嵌めて上から硝子棒を以て壓す……押してある間は水は尖口から噴出してゐるが押すのを止めると水は止まる。

(2) 次に筒に半ば水を満たし、半空気を残して木を栓嵌め前の如く押す……容易に押すことが出来、且つ水は押してゐる間ばかりでなく排すのを止めても噴出してゐる。

三、歸納

- (1)の方法は何を示すか……水の壓縮し難いことを示すもので。
- (2)の方法は空気の壓縮が原因する相異である。これ参考實驗一と同一種類のものである。

丑、教師實驗二

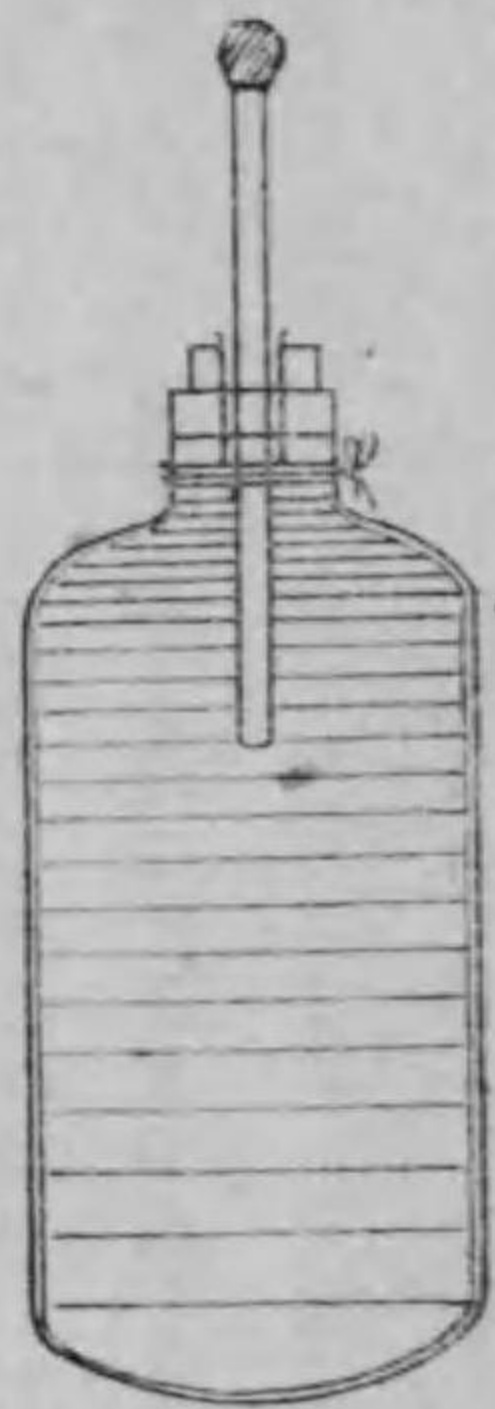
實驗Cと同様水の壓縮し難いことを實驗す。

一、準備

材料 Ⅱ ゴム栓、空罎、金屬棒(火箸)、墨糸二尺。

二、方法

圖六十三第



- (1) 水を瓶口に溢るゝ迄に入れ、棒を挿入した栓を密にし糸にて栓を瓶の口に強く括りをく。
- (2) 栓を壓へつゝ除かに棒を押し下げると罎は遂に破壊せられる。

三、歸納

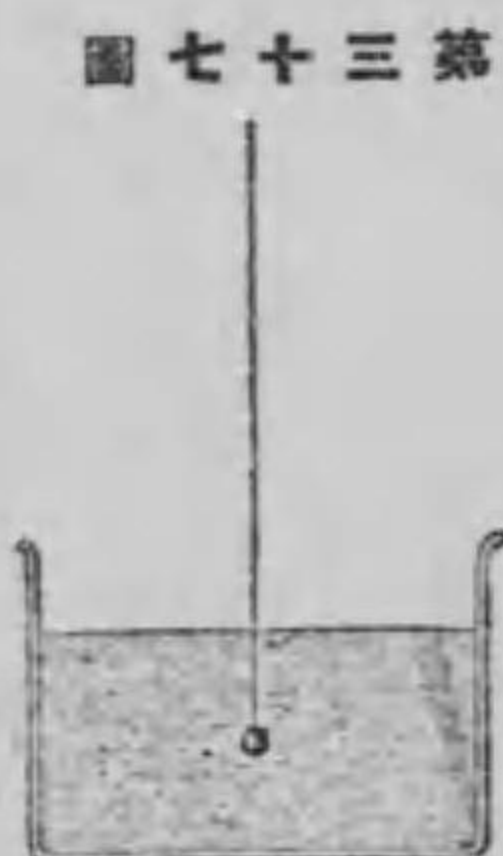
これ罎中の水が體積を小さくすることが出来ぬから罎壁を壓迫し遂にこれを破壊したのである。

注意

- (1) 空罎を使用する時には口の小さなものを用ひゴム栓は六分の二にしてよろしいゴム栓の孔は二分位にしてこれに三分位の直径の火箸を挿入するのである。
- (2) 空罎はなるべく薄肉のものがよい、厚き時には多大の力がいるし破壊された時に少々はげしすぎるのである。そこでフラスコを用ふると極めて僅かの力ですぐに破壊される。しかもフラスコの底のみが奇麗に壊されて危険でない。厚肉の空罎でも決して危険なことは無いのであるが、著者の経験によると大分の力が必要とするから罎の底を机上につけて押すことになるそうするにはかに破壊されて抵抗がなくなるから餘勢で手が破片にふれることがないとも言はれぬ。薄肉の罎がフラスコならば手にもちて居て底を机につけないで軽く押しこむとすぐに破壊されるのである。
- (3) フラスコを用ふる時は八分のゴム栓を必要とする。

(三) 研究應用

一、水平面

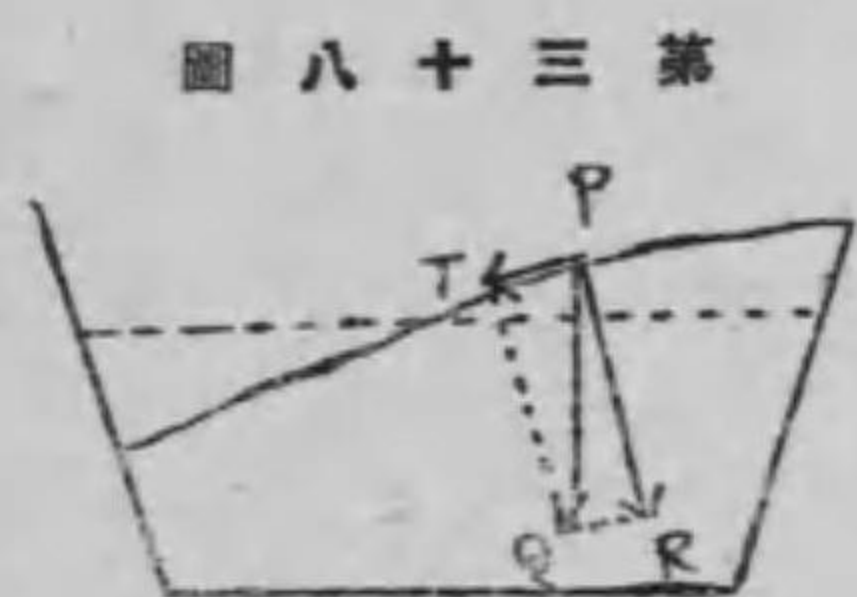


圖七十三第

(1) 鏡の面に定規の縁のやうな直線なものを何れか方向に置くとも、定規の縁は鏡面に密合する。斯の如き面を平面といふ。静止した水の面は平面である。  
 (2) 鉛直線に垂直な平面は之を水平面といふ。水は常に水平面を保つてゐるので此の名がある。

二、水の水平を保つ理

これは水に重さのある爲めと、一つは水の各部分がよく互に滑り得るによる。即ち液体の分子の凝集力は、固体のそれの如く強くない。これを引き離さうと思へば容易に引き離すことが出来る、即ち容易に形を變へることが出来るからである。従つて重力の作用をうけて容易に動いて水平になつて静止する所以である。



圖八十三第

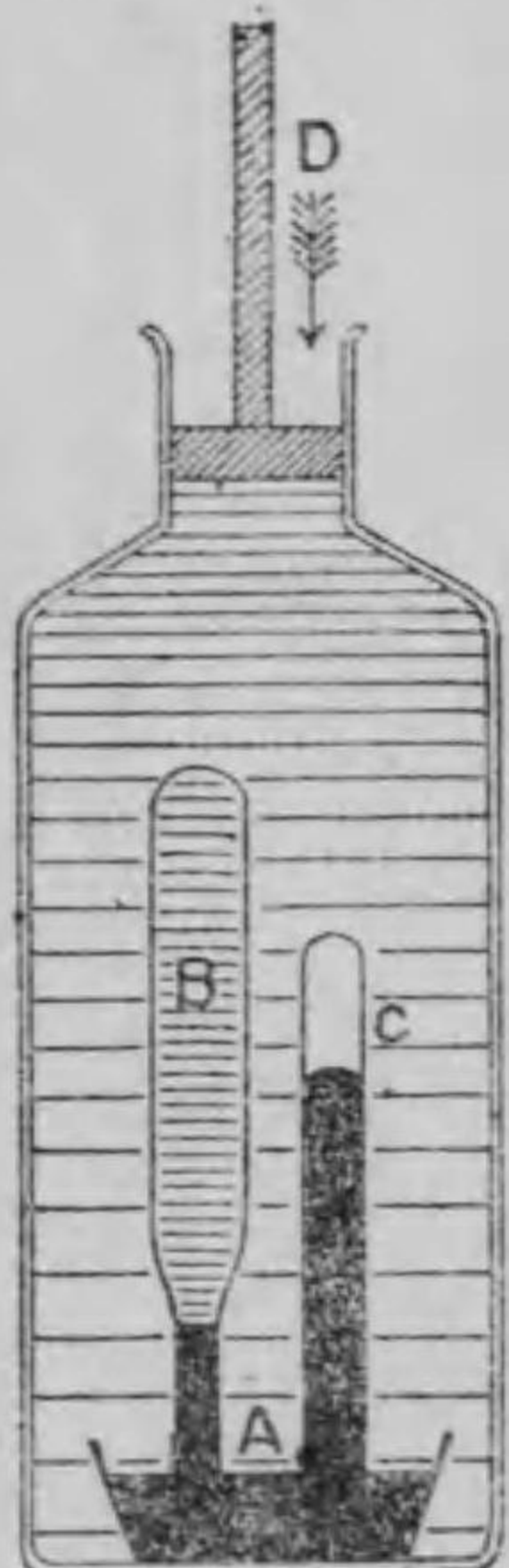
今上圖に於て水平面の一點(P)に就て考へて見るのに、(PQ)なる重力の作用を受けて居るとすると、其の力は、力の平行四邊形によつて之を(PR)なる水面に直角なる力と、(PT)なる水面に平行なる力とに分けることが出来る。其中PRなる力は液体の内部に壓力となつて釣合ふが、PTは何も之を妨げるものが無いから、P

なる水の分子は其の方向に移動すべきである。そして水平になつて(P、Tの力が零になつて)始めて静止する理である。

三、液体の壓縮

液体は絶対に壓縮することが出来ないかといふと實際はさうでなくて幾分かは壓縮される。然し氣體に比べると實に僅かであるから殆ど壓縮されないと云つてもよいのである。エルステッド(丁抹人)と云ふ人は一八二二年ピエゾメーター(Piezometer)と云ふ機械を用ひて液体の壓縮率を測つたが、その結果によると、攝氏十度に於ける水の壓縮率は、一氣壓に僅かに百萬分の四十八、零度に於ける水銀は百萬分の三に過ぎなかつた。即ち一氣壓の時百石ある水は二氣壓になれば僅かに四合八勺程を減じ、水銀は僅々三勺より減じないといふ割合である。

圖九十三第



第四 水の性質

すのである(A)は水銀槽で(B)は試験せんとする液をいれて水銀上に立て、ある(C)は空氣壓力計で空氣の體積によつてボイルの定律から内部の壓を知ることが出来るようになつてゐる。今壓搾ポンプの活塞(P)で壓して十

氣壓位になると水銀は(B)の細管中を昇つて試験液の縮少したことを示すのである。同時にその時の(C)の空氣壓力計で其時の壓力を知るのである。

### 第五 熱

#### (一) 教授の主眼

本節教授の主眼は下の四點に在る。即ち(1)物は熱を多量に有する程温度が高くなること、(2)熱が温度の高いものより温度の低いものに移動すること、(3)熱の發生、(4)物體が熱度によつて膨脹することであるとして (1)に於ては

(イ)物體が熱を取り入れると云ふこと、(ロ)温度の高くなると云ふこととの二經驗を結合せしめる點に著眼して教授すべく、

(2)に於ては

(イ)一物體が他から熱を感受する場合と、(ロ)他に熱を移動せしめる場合とを對照し、兩者に共通な單一原理を歸納せねばならぬ。

(3)熱の發生にありては

(イ)燃焼による發生と、(ロ)廣義の摩擦による場合とを觀せしめる、又。

(4)の爲には

(イ)固體の膨脹(A)體膨脹、(B)線膨脹、(ロ)液體の膨脹、(ハ)氣體の膨脹の各場合を経験せしめ、總合的には熱による諸物體膨脹の原理を明にし、分解的には三態膨脹の相異を觀せしめるやうに進みたい。

#### (二) 實驗事項

##### A、兒童實驗補

物は熱を多量に有する程温度が高くなること。

1、物體が熱を取り入れること。

2、熱を取り入れると温度が高くなること。

##### 一、準備

材料 金屬球若くは銅貨、石塊、火箸、ビーカー二個、酒精燈若くは火鉢に火。

##### 二、方法

(1)同物質から成る二個の金屬、球の一方を熱し、他方は其儘にして置いて後兩者の温度を比較させる。

注意

- (1) 金屬球がない時には、銅貨又は石塊を以てしてもよい。
- (2) 又二個のビーカーに水を入れ、其の一方を火の上に置いて温めてもよい。
- (3) 或は二本の火箸について實驗するもよい。

### 三、歸納

- (1) 金屬球、又は石塊、或はコップ、火箸等の一方を火の上に置くと……これ等のものは次第に温くなる  
これ物體は熱を取り入れるからである。
- (2) 金屬球又は石塊等の熱したものと熱しないものとの兩者を比較して、熱したものが温いのは其の  
物が他の熱しないものよりも、多くの熱を有するからである。

### 四、例證

燒鐵の熱くなるときその温度は高くなるほど多くの熱を有す。

## B、兒童實驗一

熱の移動すること。

### (イ) 實驗其の一

- 1、一物體が他から熱を感受すること。

### 一、準備

材料 銅の針金、(一尺)木の柄、パラフィン、又はワセリン、大豆、アルコールランプ。

製作 適當の大きさの木の柄を取りこれに銅線を挿入し得られるやうに孔を開け、これに銅線を柄と直角に挿し入れる。

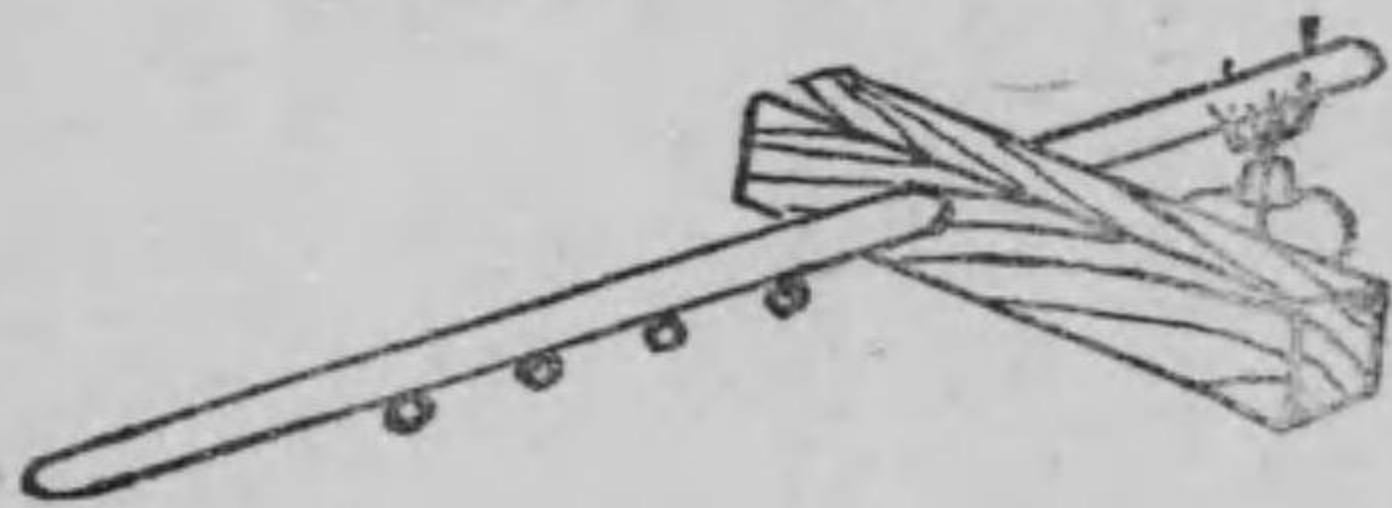
木の柄を附するは實驗者が熱せられた銅線を支持するためと、アルコールランプの熱が直接傳るとを防ぐためである木の柄の代りに二箇の竹片を平に削り、一方に少し凹部を刻みきこれに銅線をいれて縛る。

### 二、方法

- (1) 先づ銅線にパラフィン又はワセリンで大豆を一寸置位に付け後柄の他端に出た銅線をアルコールランプにて熱する。
- (2) 然るときは銅線に附けた豆は熱せられてゐる方から(アルコールランプに近き方)順次に落ちる。

### 三、歸納

- (1) 銅線を熱するときは……銅線はアルコールランプの熱を感受して温度が昇る。
- (2) 銅線を熱してゐて豆の熱せられてゐる方から順次落ちるのは……銅線が熱を感受してこれを順次移動するため豆の落ち方に遅速を生ずるのは其の移動の順序を語つてゐるのである。



第十四圖



(3) 斯くて物體は熱を感受し且その熱を順次に移動せしめるのである。

#### 四、例證

- (1) 金火箸の一端が火の中に入つてゐると他端まで熱い。
- (2) 物に手を觸れしめて温く又は冷く感ずる。
- (3) 鍋の下で薪を燃して鍋の中の物が煮える。
- (4) 湯に入れば温く、水に入れば冷い。

#### 五、本實驗の特徴

- (1) 熱の移動の説明として教師用教科書の所掲によると燒鑊を冷き物に當てて、冷き物の溫度昇ると共に燒鑊の溫度降ることによりて、熱な熱き物より冷き物に移ることを説明することにしてある然し熱の移動については熱が熱き物より冷き物に移るのみでは物足らない、其感受した熱を如何様に傳へるかを知らしめる必要がある。期くなると教科書實驗は不適當で勢、本實驗を撰定した所以が明瞭であることと思ふ。
  - (2) 熱の移動を知らしめる實驗は數あるが、比較的簡單で且つ實驗の結果を明瞭に知らすことの出来るものは先づこの實驗を措いては他に求め得ないと思ふのである。
  - (3) 本實驗は兒童の家庭に於ても、火箸を利用して實驗せしめることも出来る、趣味ある實驗である。
- (□) 實驗其の二

2、一物體が他に熱を移動せしめること。

#### 一、準備

材料 試験管、銅、又は鐵線、アルコールランプ(蠟燭)。

#### 二、方法

- (1) 試験管に少量の水を入れ、別に銅線又は鐵線をアルコールランプ又は蠟燭の焰で一二分間熱し、これを前の試験管中の水に入れる。
- (2) この實驗を二三回繰り返すと冷い水は段々熱くなる。

#### 注意

本實驗に使用する銅線又は鐵線が容易に得られぬ場合は、火箸でも鑊でも有合せの金屬で差支はない。又準備が出来れば直徑三吋半位の鉛球を鑄造り(球には針金を二寸斗り巻込んで置く)これを蠟燭の火で熱し茶碗に少量の水を入れたものに入れて實驗するもよい。これは火箸の時の様に熱が他部へ移動する處がないから一二回繰り返すと水は温るのである。

#### 三、歸納

- (1) 銅又は鐵の針金を熱すると…熱を感受する。
- (2) これを水に入れると…熱を有する針金はその熱を水に傳へる、再三斯くする内に水は温くなるのである。
- (3) 斯く感受した熱も更に他物體に移動する。然も熱きものより冷きものに移るのである。

### C、教師應用實驗一

#### 一、準備

材料 蠟燭、一端を螺旋狀に作った銅線。

製作 一端を螺旋狀に作った銅線を作るには、銅線一尺四五寸のものを取り、この一端を硝子管か又は其の他の丸いものに七八回巻きつけて螺旋狀となし、其の一端を引き延ばして置くのである。

#### 二、方法

- (1) 一端を螺旋狀に作った銅線を取り、其の螺旋部で燭火を被ふ。
- (2) 斯くすると蠟燭の炎は螺旋部に包まれこれを續くると燭火は遂に消滅するに至るものである。



第十四圖

#### 三、歸納

- (1) 銅線で燭火を蓋へば……銅線は燭火の熱を感受する。
- (2) これを續ける内に燭火の消滅するは……蠟燭の燃燒に要する熱が銅に傳導するため蠟燭は燃燒を續けることが出来ぬのである。

### D、教師應用實驗二

#### 一、準備

材料 銅板又は鐵葉を巻き附けたるコルク（鐵葉を巻く部分は鐵葉の厚さだけコルクを削り置き鐵葉を巻いた所でコルクの部と鐵葉とが同じ高さになる様にす）、アルコールランプ、半紙。

#### 二、方法

- (1) 徑七八分位の木栓に其の半分だけ鐵葉を一重巻き附けこれを半紙に包み酒精燈上に翳す。
- (2) 然るときは、鐵葉に接してゐない部分の紙は直ちに焦げるも、鐵葉に接する部分は暫時は變化しない。

第十四圖



#### 三、歸納

- (1) コルクに鐵葉を巻きつけたものを酒精燈上に翳すと……鐵葉は熱を感受する。
- (2) 鐵葉に接しない部分の紙は直に焦ぐるも、鐵葉に接する部分が漸時變化しないのは……酒精燈の熱が鐵葉に傳はり、紙を焦すまでの溫度に達せしめない爲めである。
- (3) 銅、鐵は熱をよく傳へるけれどもコルクは傳へない。

E、兒童實驗一

熱の發生。

物を摩り合ふ時熱を發生する。

一、準備

材料 鉛筆二本。

二、方法及歸納

- (1) 兒童をして各自使用する鉛筆なり筆なりの柄を摩り合させる。
- (2) 斯くして其の摩擦面を頬又は鼻端に當てさせ熱の起つたか否かを調べさせる。
- (3) 二本の鉛筆等を摩り合せて摩擦面を頬に當てると…暖く感ずる。これ熱の起つた爲である。即ち熱は物と物との摩擦によつても起るものである。

三、例證

- (1) 錐なもみ込むとき其の先は熱くなる。
- (2) 鋸で物を引き切つてゐると鋸は暖くなる。
- (3) 獨樂が廻つた後其の心棒は熱い。
- (4) 木材引割機の鋸の上に水が滴下するやうに造られてゐる。

- (5) マッチを摩れば發火する。
- (6) 冬寒い時兩手を摩り合はす。

F、參考實驗一

一、準備

材料 麻繩、木片、錐。

二、方法

- (1) 麻繩のやうなもので、柱なり、庭の樹木なりを摩擦させると熱が起る。
- (2) 堅い木に錐で採み込むと採んだ錐も孔も共に熱い即ち熱が起るのである。

G、教師兒童實驗補

熱の發生。

(イ) 實驗其一

- 1、物を打てば熱を發すること。
- 2、物の燃ゆるとき熱を發すること。

一、準備

材料||金槌、金屬片(鉛片)、鐵、火燧石。

二、方法及歸納

- (1) 金槌を以て金屬片を強く打つと熱くなる。
- (2) 火燧石を鐵で打つと火花が飛ぶ。
- (3) 斯くて物を打てば熱を發するものである。

注意

これ等の實驗は家庭に於て教授前行はせる方が便宜である。此の法は教授前實驗すべき事項につきて問題を課し實驗範圍をよく知らしめ置き、家庭の道具を使つて豫備的實驗をなさしめるに適してゐる。

(□) 實驗其の二

- 1、電氣によりて熱を發すること。
- 2、化合によつて熱を發すること。

一、準備

材料||亞鉛、稀硫酸、試験管、生石灰、水、小皿。

二、方法

- (1) 亞鉛を試験管に入れこれに稀硫酸を注ぐと瓦斯が出て試験管は暖くなる。
- (2) 生石灰を小皿に盛りこれに水を注ぐと熱を發し小皿は暖くなる。
- (3) 斯くて化合によりても熱を生ずるものである。

備考

試験管に水を半分位入れ濃硫酸をいれると熱が發生する。濃硫酸に水をいれると甚だ危險である。

五、兒童實驗二

熱による膨脹(固体の膨脹)

(イ) 實驗其の一

1、體膨脹

一、準備

材料||アルコールランプ(蠟燭)、銅板の中を圓く切抜いた體膨脹實驗器。

製作||方三寸斗りの銅板の中央に直径一寸ばかりの圓形を切抜く。別に切抜いた圓板の中央に小さい孔を穿つて、鐵線を通じて柄を附けるのである。尙第四十三圖を参照するがよい。

備考

銅板が容易に得られない場合には、何處の學校でも廢物になつて居る、屋井乾電池の古物の外圍を利用して其の中央部を圓く切り抜くこと前と同様にして製作するがよい、乾電池の外圍は亞鉛板である。

二、方法及歸納

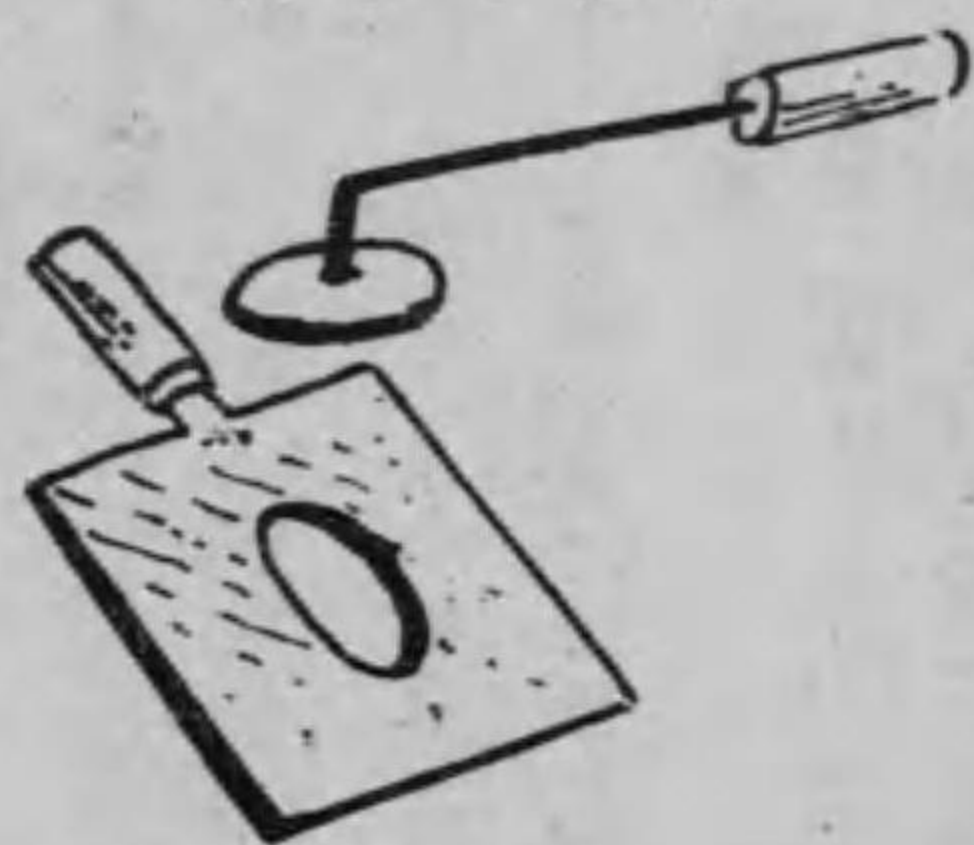
(1) 銅板又は鉛板の中央を切抜いたものを、其の外圍の銅板又は鉛板に挿入させる、然るときは其の圓板は自由に通り抜ける。

(2) 次に圓板をアルコールランプ又は蠟燭の火で熱して後切抜かれた外圍の板に嵌めて見る。然るときはこの圓板は自由に通り抜けることは出來ぬ。

(3) 後又圓板を冷して實驗すると自由に通るものである。

(3) 切り抜いた圓板を熱すると、圓板は熱によりて膨脹し其の體積を増すそれがために、圓板は切り抜かれた孔を自由に通ることが出來なくなるのである。

圖三十四第



(4) 斯く物體は熱せられると其の體積を増し、冷ゆれば其の體積を減するものである。

三、例證

- (1) 柱時計(分銅付)が夏になると少し遅れる。
- (2) 厚いガラスに熱湯を入れると破れる。
- (3) 密栓をした器の口を温めると栓は抜ける。

四、本實驗の特徴

(1) 教師用教科書には體膨脹の實驗として、金屬製の球も其の僅に通る環とによる實驗を示してゐるが、これは製作に手数を要するものでとても兒童實驗には課することは出來ぬ、これに反して銅板、

鉛板等になると容易に製作し得られる。

(2) 且つ金屬球になると製作に割合の費用を要する、然るに鉛板などになると廢物を利用することも出来る。

(□) 實驗其の二

2、線膨脹。

一、準備

材料 高さ五寸位の立方體、(臺に用ふるのであるから適當のものであればよい) 酒精燈、木綿針、麥稈、板子板、金屬棒(火箸でもよい)。

二、方法及歸納

(1) 第四十四圖に示す様に臺の上に金屬棒を横たへ、其の一端に重錘(若しくは石塊等何でも有合せの重きものであればよい)をあげて滑らない様にし他端には圖の如く麥稈を通した木綿針を金屬棒の下に敷くのである。猶木綿針を置く方の臺の上には硝子板を敷くが便利である。

(2) 今酒精燈を以て金屬棒を熱すると、それが膨脹して延びる爲め木綿針が回轉す

圖四十四第



る。それが麥稈の回轉となつて現はれるので麥稈を長くして置くと大きくあらはれる。

(3) 麥稈の回轉するのは針の回轉によるのである。針の回轉は其の上に置かれたる金屬棒の伸縮によるのである。即ち酒精燈で金屬棒を熱すると金屬棒は膨脹して延びる。然し一端は重錘で壓へてあるので止むなく他端へのみ延びる。斯くて針は回轉するのである。

(4) アルコールランプをとつて冷すと反對に回轉して縮むことがわかる。

注意

麥稈を圖の如く中央を針に通すとこの重さはないものとなる、長くしようとして端の方に通すと重さが大變關係してくる。

三、例證

- (1) 車の輪をはめるに金輪を熱して嵌める。
- (2) 齒輪の金輪をはめるに輪を熱して嵌める。
- (3) 鐵道のレールには隙間が置かれてある。
- (4) 電線は夏冬で張り方に多少の強弱をつける。

四、本實驗の特徴

(1) 線膨脹の實驗にはよく理化機械店などに賣つて居る線膨脹試驗器によるものが多い、勿論これが備へ付けてあればこれに越した事はないが、簡易に且面白く出来るものは本實驗である。

(2) 何れの機械を以て實驗するにしても兒童をしてよく觀察せしめ、且つ其膨脹の程度までも大體注意せしめることは大切である。それには麥稈の一廻轉と木綿針の一廻轉とを吟味すればよい。

I、教師參考實驗一

一、準備

材料 蠟燭、鉛球、金輪。

二、方法

(1) 第四十五圖に示すやうに、鉛球を蠟燭の燭にかざして二三秒間熱し金屬の輪の中に當てると、實驗前に自在に通るだけの出来た球は通らなくなる。

(2) 其の儘金輪の上に放置して置くと間もなくまた抜け落ちるのである。

注意

鉛球の代り亞鉛球でもよい。其の針はアルコールランプの焰で熱しても差間はない。併し其の程度は難かしい。即ち少時であれば膨脹が足りないし、熱する度が過ぎると溶ける恐があるからである。併し三四秒で適當に膨脹するものである。

圖五十四第



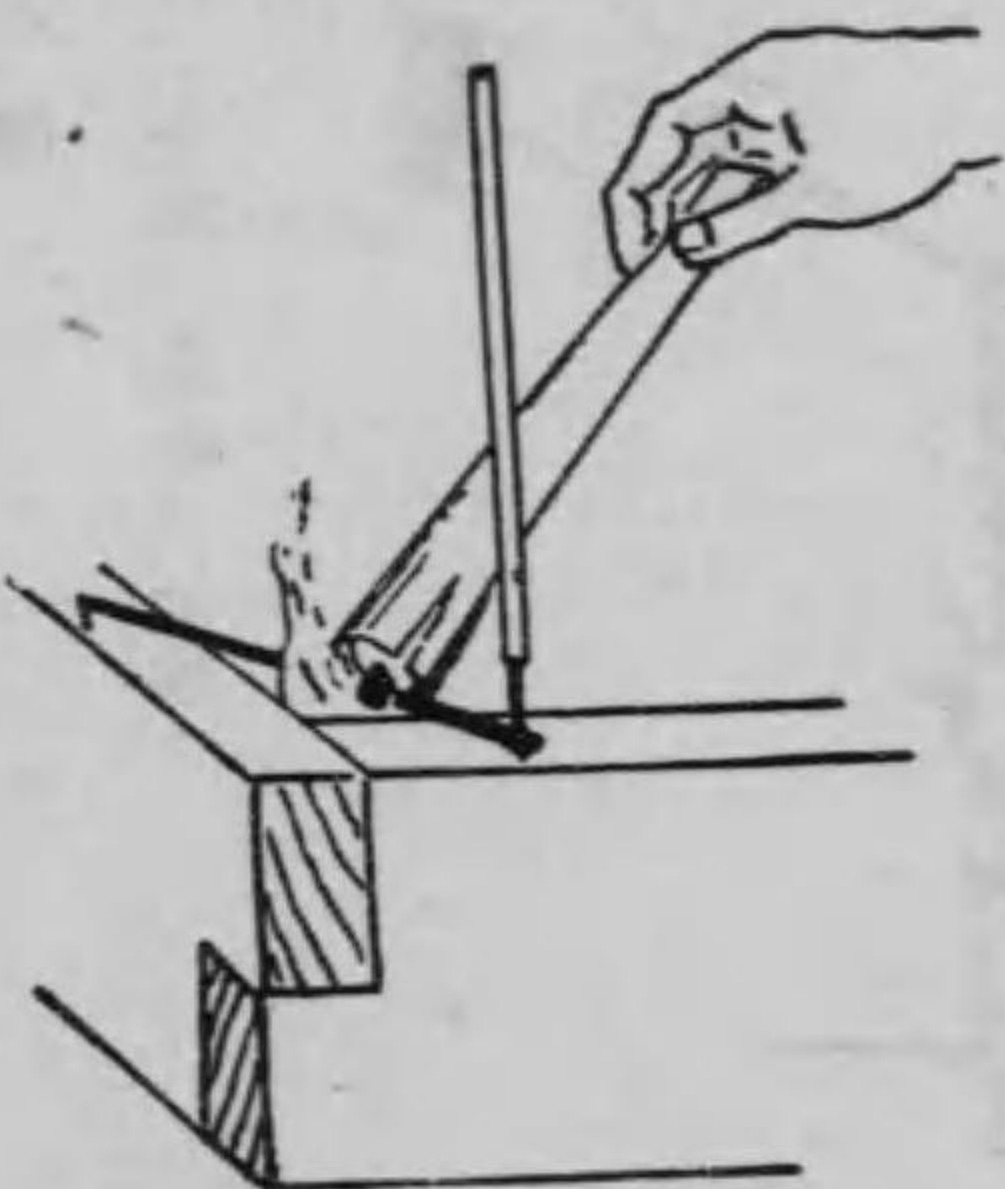
J、教師參考實驗二

一、準備

材料 箱、木綿針二本、麥稈、蠟燭。

二、方法

- (1) 木綿針を赤熱し自然に放置して冷して焼を戻し、針の孔を上面にして上方に尖端を一分許り直角に曲げ、之を箱の隅の直角な縁の一方に打ちつけ、斜に他の縁に渡して其の針の孔に他の針を通して箱の縁に突き立て其の針に麥稈の長さものを立てて置く。
- (2) 今箱に斜に置いた針を蠟燭の焰で熱する、然るときは針の



圖六十四第

膨脹により麥稈は次第に傾くことが知れる。これ線膨脹を意味するものである。

注意

本實驗は簡易で中々明瞭な實驗である。箱の縁を用ひないで二箇の木片の間に渡して實驗するもよろしい。

K、教師參考實驗三

一、準備

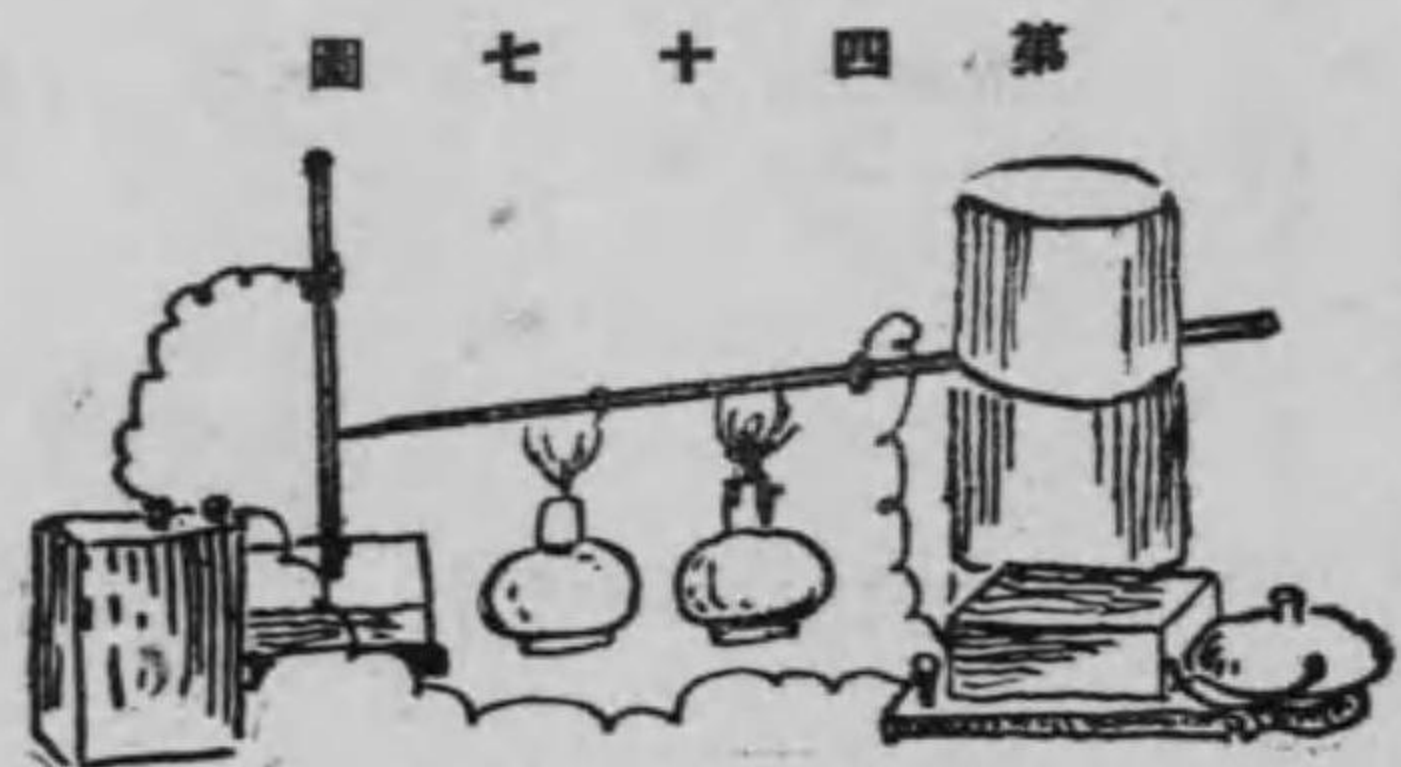
材料 電池、レトルト臺、電鈴、酒精燈二個。

二、方法

- (1) 金火箸を取り圖に示すやうに臺上に置いて之に石を載せて重みとなし、別に木版に金屬棒を立てたものを造り、此の金屬棒の下端に近く導線の一端を巻き付け、他端を電池の一極に取りつけて其の電池の他の極より又導線を出し電鈴に取り付け、又別の導線で電鈴と金火箸とを連結し金火箸の尖端と木版に立てた金屬棒との距離を極めて近づけ置く。
- (2) 今金火箸を酒精燈で熱すると金火箸は膨脹して其の長さを増加し、直に金屬棒に觸れ、電流はこれによつて通じ電鈴は鳴り出す。

注意

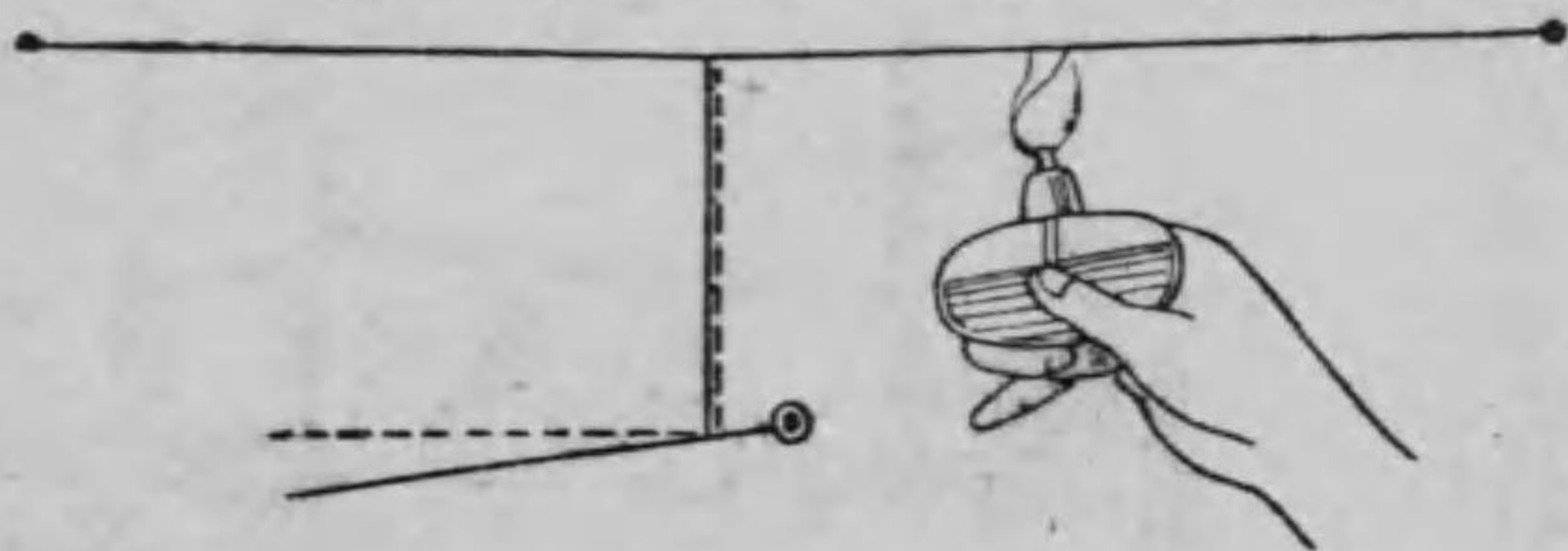
凡て電流の通る輪道の接続點はよく磨いて錆を取り置くことを忘れてはならぬ。



圖七十四第

L、教師參考實驗四

圖 八 十 第



一、準備

材料 銅線、糸、釘三本、指針用の棒又は金屬線。

二、方法

(1) 塗板の兩端に釘を打ちて銅線を張りその中央に圖の如く糸をむすびて指針の支點の近くを支ふ、指針はその一端に穴を穿つか、針金ならば輪をつくり之に針をうちて自由に回轉しうる様之を支ふ。

(2) 針金に沿ふてアルコールランプで暖める時は針金は延長して指針は下に下り、冷す時は原位置に歸るのである。

注意

本實驗は規模を小にして行ふも明瞭に實驗しう。

M、兒童實驗三

熱による膨脹(液體の膨脹すること)

一、準備

材料 試験管、硝子の曲管を嵌めたゴム栓、木綿糸少し、酒精燈、着色水。

二、方法

(1) 第四十九圖に示す如く試験管に着色水を一杯満し、硝子曲管を嵌めたゴム栓を以て試験管を密栓する。

(2) 後この試験管を酒精燈で少時暖める、然るときは試験管中の着色水は次第に曲硝子管中に昇つて行く。

(3) 猶續いて熱すると試験管中の水は曲管を通りて其先端から湯となつて滴下するやうになる。

(4) 又熱して曲管中に上昇した水もこれを冷やすと次第に試験管中に入る(冷水をかけるか冷水中につける)

注意

(1) 本實驗をするには豫め水に着色して置くとその水の昇降が明瞭に觀察せられる。

(2) 木綿糸を曲管に巻き附けて其の昇降の度を觀察せしめればならぬ。

(3) 兒童には液體の暖まつた程度と昇つた水の量を觀察せしめて、漠然ながら固體よりは餘程膨脹し易いものであることを知らしめて置くことは必要である。

(4) 教師實驗とするなら試験管の代りにフラスコを用ひる。

三、歸納

(1) 熱すると水が曲管に上昇するのは……試験管内の水が熱せられて膨脹し、其の體積を増すためであ

圖 九 十 第





る。  
(2) 熱した水を冷やすと曲管中の水が次第に降下するのは……水が冷ゆれば其の體積を減するからである。

### 四、例證

- (1) 鐵瓶に水を入れるには一ぱい入れぬ。
- (2) ビールや葡萄酒の壺の栓の下には多少の隙間が設けてある。
- (3) 徳利の中へは酒を八分目程入れる。
- (4) ランプの心を急に大きくするとホヤが割れる。
- (5) 栗、卵などを火で焼くと破裂する。

### 五、本實驗の長所

- (1) 試験管での實驗であるから簡便である、従つて兒童實驗に適する。
- (2) 試験管であるから僅に熱しても其の結果を明瞭に觀察せしめることが出来る。

## N、兒童實驗四

熱による膨脹(氣體の膨脹すること)

### 一、準備

材料 試験管、曲げたる硝子管を通したゴム栓(前實驗装置)、酒精燈、着色水。



第五十圖

### 二、方法

- (1) 一尺計りの硝子管を曲げこれを木栓に通して試験管に氣密に嵌める。硝子管には着色水を一滴入れて置く。
- (2) 試験管を手でシツカリ握ると曲管中の水滴は漸次押し出される。
- (3) 後試験管を冷やすと曲管中の水滴は試験管の方へ移動する(水をかけるか叩くかする)。

#### 注意

- (1) この實驗は木栓を氣密に嵌めねばならぬ栓が氣密に嵌められたか否かを調べるには裝置後曲管の端を口に當て吹いて見る。この時息氣が漏れるやうではいかぬ、ゴム栓は安全である。
- (2) 曲管中の水滴の移動を見るため其の移動の前後に木綿糸で標を付けて其の移動の度をよく觀察させ、液體の暖まつて膨脹する度より漠然ながら其の膨脹率の大であることを知らしめるがよい。
- (3) 本實驗に於て試験管を熱するには、マッチの火で暖めてもよい。又兩手を暖めてこれで握つてもよい。否なさうした方が簡易で趣味があらう。

### 三、歸納

- (1) 始め試験管内には……一定の空氣がある。

- (2) 試験管を手で握ると……其の空氣は熱のために膨脹して體積を増す。
  - (3) 試験管を冷やすと……空氣は收縮して其の體積を減するのである。
- 斯くて氣體も暖めると其の體積を増し冷やすと其體積を減するのである。

#### 四、例證

- (1) ゴム壺を暖めるとよく上る。
- (2) 天氣のよい日は太鼓の鳴りがよい。
- (3) 青竹が燃えると爆發する。
- (4) 蒲團を日光に照すと膨れる。
- (5) 餅を焼くと膨れる。
- (6) 卵を焼くと爆發する。

#### 五、本實驗の特徴

- (1) 試験管での實驗であるから兒童に課して簡便である。
- (2) 然も比較的實驗の結果を明瞭に觀察せしめることが出來て兒童の趣味に適してゐる。
- (3) 本實驗は試験管を使用するのであるから硝子の壁が薄く實驗に時間を要せぬ。

### O、教師參考實驗五

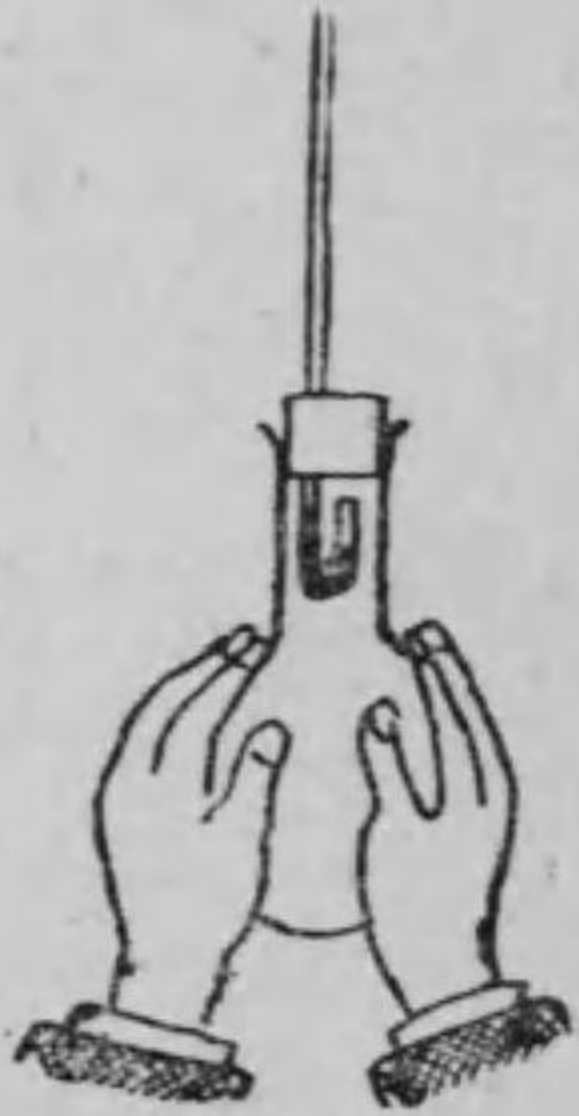
#### 一、準備

材料 〓 フラスコ、一端をU字形に曲げたる硝子管、ゴム栓。

#### 二、方法

- (1) 第五十一圖に見るが如く硝子管の一端をU字形に曲げてゴム栓に貫き、其の曲部には赤く着色した少量の水を入れ、フラスコの口に緊密に嵌める。
- (2) 斯して手でフラスコを暖めると水は管中を速に昇る。

第五



- (3) 次にこのフラスコを机上に置くと管中の水は再び下る。
- (4) ……フラスコ内の空氣が暖められると其の體積を増し冷やすと其の體積を減するからである。

#### 三、本實驗の特徴

- (1) 試験管實驗に比すると器が大きいから教師實驗に適してゐる。

### P、教師參考實驗六

#### 一、準備

材料 〓 徑二寸五分位の硝子球で一端に口を有するもの(又はフラスコ)水を入れたコップ、硝子管。  
製作 〓 硝子球に硝子管を嵌めるには其の外部をゴム管を以て連続せしめるがよい。フラスコの際はゴム

圖二十五第



栓で連結せばよい。

二、方法

- (1) 球を手で握つてコップに盛つた水の中に硝子細管の先を入れる。
- (2) 球中の空氣は膨れて水中に泡となつて出る。

注意

五十三圖に示す様に實驗Nの應用としてこれを試みるもよい。

Q、參考實驗二

一、準備

材料 フラスコ、硝子管を通じた木栓、酒精燈。

二、方法

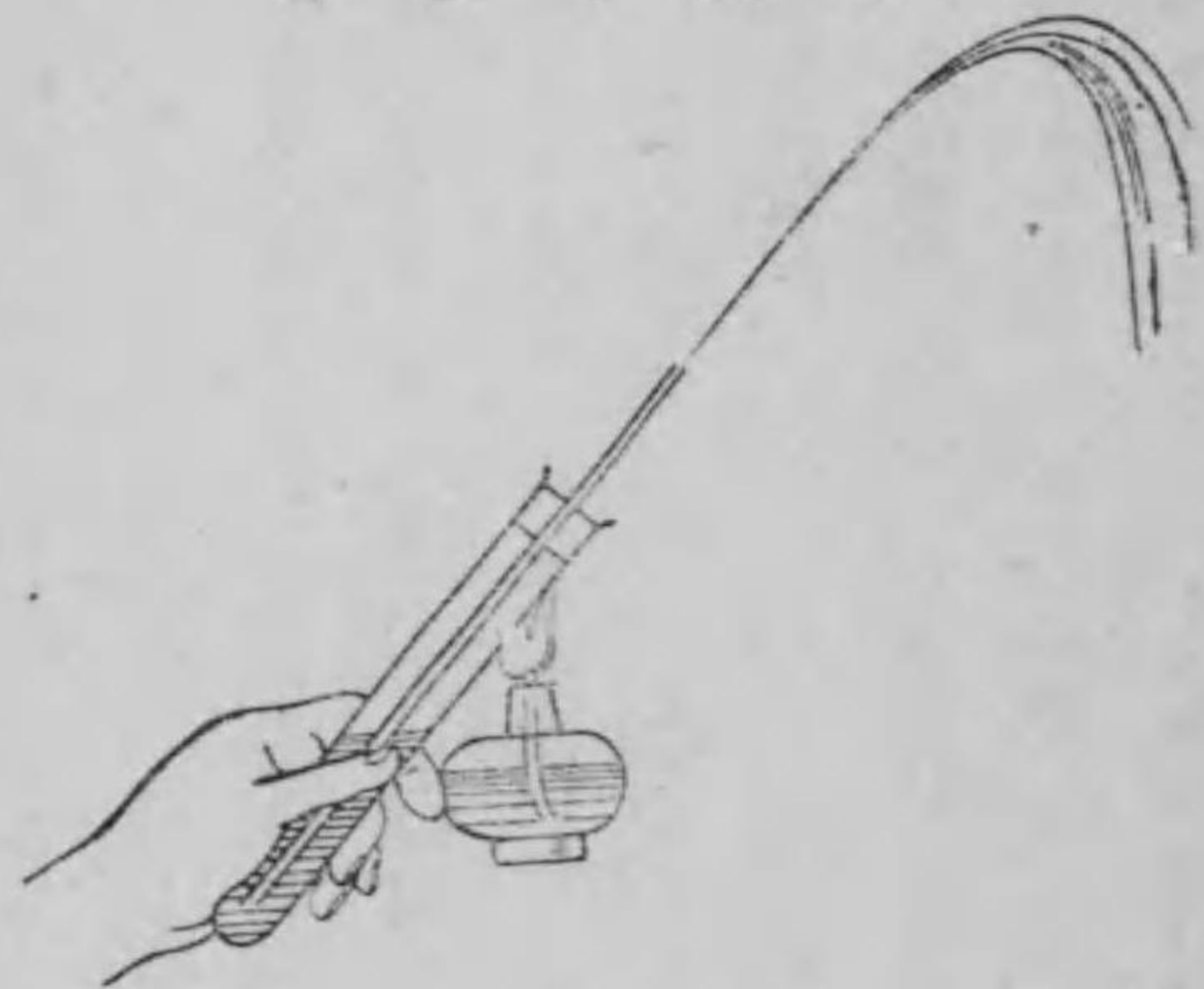


- (1) フラスコを取つてそれに水を入れ、先の細い硝子管を嵌めた木栓をして硝子管を水に届く様にして置く。
- (2) 斯して其の上方から酒精燈の火で熱する。
- (3) フラスコ内の空氣は膨脹して其の水面を強く壓するので、

圖四十五第

圖三十五第

圖五十五第



水は硝子管を通つて噴水する。

注意

試験管で五十五圖の如くして實驗してもよいが、かくすると兒童實驗になる。

(三)、研究應用

一、熱の本質

- 1、熱は薪炭を燃焼する時の如き化學的作用に因つても起る。
- 2、物の烈しく摩擦する時、又は物を烈しく打つ時の如く物理的作用に因つても起る。
- 3、太陽光線に伴うても來る。

熱の本質について古來二説ある。第一説は熱の出入が重量に關係なき所から、熱は一種の不秤量物質であると。然し乍ら熱が摩擦によつて限りなく増加され得ることから考へると此の説は其の事實に反せるものであるといふ。第二説は熱を以て一種のエネルギーであるとする。而して其のエネルギーは少くも一部は運動のエネルギーである。即ち熱とは物體分子の有する運動のエネルギーである。吾人の見る可らざる物體分子は暫くも静止するものではなくて常に若干の速度を以て運動するものである。若し此の運動が緩慢なれば、運動のエネルギーは少く、所謂寒冷な物體

である。若し又此の冷體に適當なる方法に依つて外よりエネルギーを與へ、其の分子の運動をして激烈ならしめる時は其の物體は溫暖となる。夫の鎚をもつて連りに金屬を打つ時鎚の烈しく熱せらるゝは鎚のもてる運動のエネルギーが分子に傳はりて熱に變形したのである。是れに依つて熱の本質は分子の運動のエネルギーであることを知るのである。(次節参照)

### 二、熱と仕事との關係

昔時は熱は物質の分子間にあるカロリック(熱素)と稱する重量なき一種の流體で、打撃に依つて追出され、摩擦に依つて躍り出すものと考へられてゐた。然るに獨人ルムフォルド伯は製砲に従事し、水中にて黃銅の砲身に鑽孔中、二時間半にして鎚と砲身との摩擦のために二十六ポンドの水を零度より百度に熱するに足る熱を起すことを經驗し、殆んど限りなく熱を生ずることを知り、之を物質と考ふることに反對し、運動の一種なりと説いた。英國のデーヅキー氏は水を眞空中にて摩擦し、全く融解する事を實驗し、水を融解する熱の由來はカロリック説で明かになし難いとして物體分子の振動に基くことを唱へた。其の後獨人ロバートマイヤー氏はデーヅキー氏の説を賛し、仕事と熱量との關係を算定し、英人ジュール氏は實驗上から一定の仕事より生ずる熱量は常に相等しき事を證明した。是れエネルギー不滅説に強固なる基礎を與へたるものと言つてよい。

一キログラム・カロリーの熱量は約四百二十九キログラム・メートルの仕事に相等する。即ち重さ四百二

十キログラムの物體を一メートルの高さより落し、其の地面と衝突する瞬間に有するエネルギーが盡く熱に變じたとすれば、其の熱は丁度一キログラムの水を一度體むる事を得るのである。是れをジュール氏の熱の仕事當量と言ふ。

### 三、熱による膨脹

1、**固體の膨脹** 固體の膨脹には二種ある。例へば鐵棒の如く長さものに就いて檢するに、其の長さ方向に膨脹すると同時に全容積にも亦膨大する。長さ方向に膨脹するを線膨脹といひ、全容積の膨大するを體膨脹といふ。體膨脹の係数は線膨脹の係數に比して殆んど三倍に等しい。膨脹係數とは或る物質が其の溫度一度を昇せし爲めに生ずる膨脹の割合をいふ。固體は一般に溫度の高まるに従つて膨脹係數を増すもので、例へば白金の體膨脹係數は零度より百度までは平均 $0.00002658$ なれど、零度より四百度までは平均 $0.00002970$ に増加し、銅の體膨脹係數は零度より百度までは平均 $0.00004998$ で、零度より四百度までは平均 $0.00006663$ に増加するが如きである。

如此、固體は一般に熱を受ければ膨脹し、放冷すれば收縮するが、例外としてローズ合金・鹽化カルシウム・磷酸ソーダの如きは或る溫度に達するまでは通常の如く膨脹すれど、其れより後は却つて收縮する。合金は此の性質を利用して活字の材料に供せられるのである。

固體の膨脹は一度について其の全長の十萬分の五に及ぶものがないが其の膨脹・收縮力は強大である。嘗

て佛國の某寺院の壁の上部が斜に開きたる事があつた。そこで左右より極度に熱せる數本の鐵棒を以てシカト取り附け連ねたる後、放冷せしに冷却と共に各鐵棒は收縮し、遂に兩壁の開きたる部分は次第に引き寄せられて目的を達するに至つたと。

2、液體の膨脹 液體は其の揮發性の大なる程其の膨脹率も大である。液體は亦、溫度の上昇に従つて其の膨脹係數を増加するものである。例へば、アルコールの膨脹係數は零度と十度の間には平均〇・〇〇〇九三五六で零度から五十度の間では平均〇・〇〇一〇五六。又エーテルのは、零度と十度の間で〇・〇〇一五四一で零度と三十度の間では平均〇・〇〇一六二〇である。液體中、水の如きものは膨脹收縮が例外である。即ち水は四度以上の溫度では一般の法則に従ふけれども、四度以下では却つて膨脹する。夫の池水等の表面のみ氷結するのは此の理に依るのである。

3、氣體の膨脹 氣體の膨脹係數は其の種類に係らず概して相等しい。之を發見した人は佛人シャルル氏であるから「氣體は其の壓力を一定せる場合に於て溫度を變ずる時は、溫度一度の昇降につき零度の時の體積の二百七十三分の一(〇・〇〇三六七)を増減す」といふ原理をシャルルの法則といふ。今重なる氣體の膨脹係數を示さんに

物名	膨脹係數	物名	膨脹係數
空氣	〇・〇〇三六六九	酸素	〇・〇〇三六七四

窒素	〇・〇〇三六六八	水素	〇・〇〇三六五八
一酸化炭素	〇・〇〇三六六七	二酸化炭素	〇・〇〇三七〇六
亞硫酸	〇・〇〇三八四五	水蒸氣	〇・〇〇四一八七

の如く、諸種の氣體は殆んど同一係數たるを知る。又、如何なる瓦斯も十分其の溫度を減じ強壓を加ふる時は遂に液化し、同時に容積を減ずるものである。

四、摩擦と熱

兩手を合せて摩擦れば温く感ずるが、或る野蠻人は木の丸太を切つて、丸棒の木を盛んに摩擦して火を起したり、木に錐をもみ込んで火を發せしめたりするさうである。又、大森林のある地方では大風のために枝と枝、枝と幹等の摩擦によつて爲めに往々火事の起ることさへある。

五、打撃と熱

石と石を打ち合せたり、石と鐵と打ち合せたりすると發火する。打撃によつて起つた熱の爲めに石なり鐵なりの破片が灼熱されて飛ぶのが其の時の火花である。燧石は此の理を應用したものである。夫の鉢合をした時眼から火が出るといふ火は少々異つてゐる。但しぶち合つた額は打撃に依つて多少は熱の高まるものである。

六、壓縮と熱

壓縮に依つても熱は起るものである。タイヤに空氣を壓入する時バルムロ及びタイヤが熱くなるのは此の爲めである。

### 七、白金の膨脹係數

白金の膨脹係數は硝子と一致せるために電氣の實驗に用ふる真空管や、電球に金屬線を封する時に用ひられる、もしも金屬と硝子との膨脹係數が異なる時には封じ目に間隙が出来て空氣が這入るか又は硝子が破壊せられることになる、今頃では白金は高價だからインヅアル(三十六パーセントのニッケルを含んだ鋼鐵)といふ合金が用ひられるこれの膨脹率も白金や硝子と殆んど等しいのである。

### 八、硝子器具

熱にあはせる硝子器具はなるべく薄いがよい硝子器具の破壊は大抵外部又は内部が暖められて膨脹した時に硝子は熱を傳導せぬからその反對の面は膨脹せぬ故遂に壊るのである。ランプのホヤの如きも薄い方が丈夫である萬年ホヤといつて金鍍の代りになる位の厚いのを釘をうちつけつゝ、非常に丈夫なことを見せて賣つて居たが金鍍として用ふるならばそれもよからうがホヤとして火にかけるならば非常に弱いものと思つた。

水晶を溶融して硝子状にして作つた器は膨脹率が少なくして膨脹收縮をせぬからこれで作つた試験管などは熱して置いて冷水中につけても割れない特性がある。

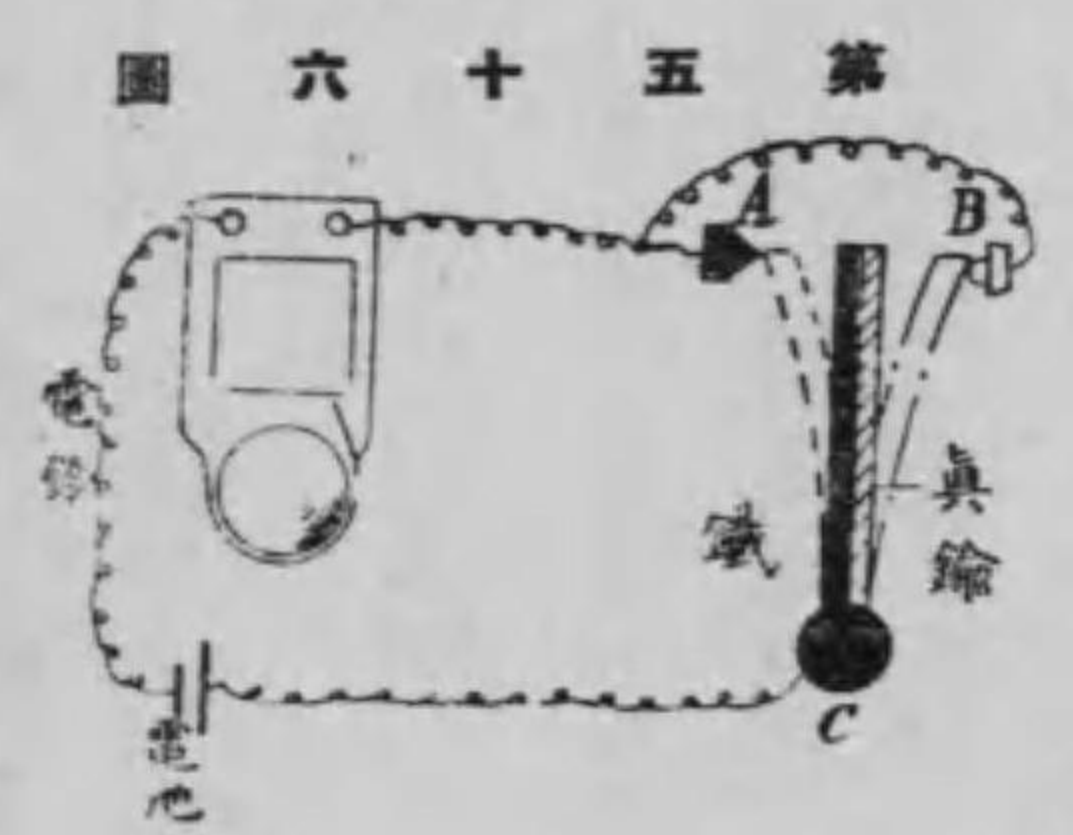
### 九、補整振子

正確なる時計とは寒暖の別なく其の振子の長さを一定に保つたものでなければならぬ。何んとなれば振子は其の長さによつて周期を異するからである。夫の時計が冬季に於て進み、夏季には遅れ勝ちとなるは此の理によるのである。補整振子は膨脹係數の差を利用して此の不便をさけたものである。

補正振子は鋼鐵と亞鉛と交互に配置せる數本の棒の匝より成る、鋼鐵の棒は上部に固繋せられ、下方に膨脹し、亞鉛棒は底部に固着して上方に膨脹する。而して亞鉛の膨脹係數と鋼鐵の膨脹係數とは二・四と一との比なるを以て、一端と中央との二本の鋼鐵棒の長さが一本の亞鉛棒の長さの二・四倍なる様に作れば如何に溫度の變化あるも兩者の膨脹相平均して振子は常に一定の長さを保つのである。

### 一〇、溫度調節自報器

鐵の板と眞鍮の板とを合せて一枚の板に作つたものは溫度の變化に依つて曲つて來る溫度が昇れば比較的膨脹の度の著しい眞鍮が伸びて鐵の方に曲る、溫度が低くなるなるとやはり眞鍮の收縮が著しいから眞鍮の方に曲るのである。次の圖はこの性質を應用して養蠶室内の溫度を始終適度に保つために溫度が高すぎても低すぎても電鈴が鳴り出すようにした装置である、この裝置



第五熱 圖六十

は(A)の位置を適當に遠けて、火災自報器にすることも出来る。

## 第六 水の三態及び寒暖計

### (一) 教授の主眼

本節は前の熱を承けて物が之により固體液體氣體の一から他に變ずる例として水を取り、それが水蒸氣となり、氷となる有様、氷が水となり水蒸氣が水となる有様を知らしめ、併せて寒暖計の構造、目盛に就いて授けやうとするのである。即ち先づ(1)水の水蒸氣に變ずる實驗を授け、次に(2)水蒸氣の水になる實驗を知らしめ、(3)其の場合に於ける蒸氣と水との溫度に關する知識を開き置き、次に(4)水の氷に變ずることと氷の水に變ずることの實驗を與へ、(5)前と同様其の場合の溫度を知らしめ、(6)(3)と(5)とから寒暖計の構造を歸納せしめやうとするのが教科書である。しかし(3)と(5)殊に(3)を三體變化の説明中に交へることは却つて兒童の思想を錯雜せしめる憂がないとも限らぬ。そこで次の如く順序を變更してもよいと思ふ。即ち(1)水の水蒸氣に變ずること、(2)水蒸氣の水に變ずること、(3)水の氷に變ずること、水の氷に變ずること、(4)寒暖計の構造のこととして、前の(3)と(5)とはこの項の中に入れるのである。更に詳しく謂へば、後の(1)に於ては、(イ)先づ表面蒸發を觀せしめ、(ロ)次に内面蒸發即ち沸騰を授け

(2)に於ては、水蒸氣の水に變ずることを授け、併せて水蒸氣と湯氣との區別を與へねばならぬ。但し(3)

(4)以下はこゝに記載することを省略する。

### (二) 實驗の實際

#### A、兒童實驗一

水の水蒸氣に變ずること……

#### 1、蒸發に關する實驗。

#### 一、準備

材料 〓 びーカー、試験管、酒精燈、五徳、金網、水、燐寸等。

#### 二、方法

- (1) びーカーに水を入れ、これを火上で穩に熱す。
- (2) 次に試験管に冷水を入れてびーカーの上にかざす……管の底に細かい水滴の附着したのを認める。

#### 三、歸納

- (1) 火上に置いたびーカー内の水は如何なる變化を來すか……温められる。
- (2) 試験管の底に附着した水滴は如何にして生じたか……びーカー内の水の水蒸發したのによる。
- (3) 其の蒸發は水の如何なる部分からせられるか……表面。

(4) 水は熱を得て表面から氣化を始める……これを蒸發と云ふ。

#### 四、例證

- (1) 干物には日當のよい所を選ぶ。
- (2) 冬よりも夏の干物がよく乾く。
- (3) 板を濡雑巾で拭き、暫くすると自然に乾いて来る。

#### 三、實驗上の注意

- (1) あまりにビーカー内の水が熱度を高めない内に水滴を経験せしめねばならぬ。
- (2) 挿入すべき試験管は表面を濡さぬやう注意して置くべきである。
- (3) ビーカーの下底にも水滴を結ぶけれどもこれは燃焼によつて生じたもので蒸發とは何の関係もないものである。

### B、兒童實驗二

水の水蒸氣となること。

#### 2、沸騰に関する實驗

#### 一、準備

材料 前實驗の裝置。

#### 二、方法

前實驗を繼續し次第に熱度を高める。

#### 三、歸納

(1) 如何なる變化を來たしたか……

(イ) 内部から盛に泡が立つて来る。

(ロ) 盛に湯氣を出し、且つ水面と湯氣との間に水蒸氣の存在する場所を明かに想見することが出来る。

(2) かゝる水蒸氣の出方を沸騰と云ふ。

#### 四、例證

- (1) 鐵瓶で湯を沸かすと重い蓋が盛に動き出す。
- (2) 水を沸騰さして飲食物を蒸す。

#### 五、實驗上の注意

- (1) 眞の水蒸氣を湯氣と區別せしめるのは本實驗が好都合である。
- (2) 水蒸氣が太なる張力を有つてゐることも間接に着眼せしめて置くがよい。

### C、兒童實驗三



### 3、水蒸氣の水に變すること。

#### 一、準備

材料 前實驗の裝置を使ふ。

#### 二、方法歸納

- (1) 前實驗を繼續し水蒸氣中に水をいれたる試験管を入れ水滴の附着するを観察せしめる。
- (2) 水蒸氣は冷却されると水になる。

#### 三、例證

- (1) 吾々の呼氣中にも水蒸氣があるから鏡等に息を吹きかけると硝子面に水滴が出来る。
- (2) 寒い日眼鏡に露の玉をつけてゐるのもこの例である……外部が寒冷な程この變化は著しい。

### D、兒童實驗四

水の水に變すること及び氷の水に變すること。

#### 一、準備

材料 試験管、コップ、雪又は氷、食鹽、水。

#### 二、方法

- (1) 氷を細かく碎き食鹽と交せてコップに入れる。
- (2) 試験管に小許の水を容れコップ中に挿入して冷す。
- (3) 暫くすれば管内の水は氷となる。
- (4) 又これを暖めると水に歸る。
- (5) 歸納 水は冷えると氷に變じ、氷は暖めると水になる。

#### 三、實驗上の注意

- (1) 氷を破碎するに布片に包んで其上から堅いもので打てばよい。
- (2) 寒剤は食鹽を多量に加へると速く冷くなるが最低の温度は高くなる。
- (3) 寒剤が多量で試験管に入れた水が其の中に没するやうになると、水は表面から凍つて行つて爲めに試験管を破壊する。
- (4) 水が固體になると體積を増すものであることは(3)の破壊によつても解るが、又、試験管に糸で印をして置いて後で検査してもよい。
- (5) 寒剤を容れたコップの表面に水滴のつくのは空中の水蒸氣が凝集したもので之にも注意を與へて置くべきである。
- (6) 試験管内の水を直觀せしめるには管を少し暖めて中から傾け出し手にとらしめるがよい。

### E、兒童參考實驗

#### 一、準備

材料||コルク、サイダー瓶の蓋、エーテル、硝子管。

#### 二、方法

コルクを水にて湿しその上にサイダー瓶の蓋を置きその中にエーテルを入れ、硝子管にてエーテルを吹きて蒸發せしめると、サイダーの蓋はコルクに氷結する。

### F、教師實驗一

寒暖計製作の原理を示す實驗。

#### 一、準備

材料||寒暖計用硝子管、着色せるアルコール、アルコールランプ、漏斗、ゴム管等。

#### 二、方法

(1)寒暖計用硝子管を取り、之に細いゴム管を以て漏斗を連結し、漏斗内に

圖七十五第



マゼンダで着色したアルコールを入れる。

(2)次に管の球部を熱して中の空気を逃れ出さしめ、之を冷すと漏斗内のアルコールは管内に這入る。

(3)又熱して球内のアルコールを蒸發せしめて冷す……かくすればアルコールは遂に球内全部を充すやうになる。

#### 注意

アルコールの代りに水銀や水を用ひてもよい。

#### 三、本實驗の長所

本實驗法は常に上部のアルコール又は水銀が空気の浸入を遮断して居るから具合よく寒暖計が作られる。従來の方法の様にこの管を熱して空気を追出し置き、急にアルコール或は水銀中に倒立する方法では中中よく出来ぬものである。

### G、教師參考實驗



圖八十五第

#### 方法

(1)第五十八圖の如く液體の膨脹を實驗するに使つた装置を利用

用がらす管の得られない場合は次の實驗によつて其の原理を示すことが出来る。

し、それに少許の水を入れる。

(2) それをアルコール燈の焰で熱し、管内の水を沸騰せしめた後、コップに取つた水中に倒立する。

(3) 水は漸次試験管中に入つて来る。

### II、教師實驗一

沸點の定め方……沸騰する水から出る水蒸氣の溫度。

#### 一、準備

材料……實驗によりて得たる寒暖計、フラスコ、アルコールランプ、三脚臺、金網、レトルト臺、二箇の孔を有するコルク栓。

#### 二、方法



圖九十五第

(1) 第五十九圖の如き装置により沸騰して居る水から出る水蒸氣中に寒暖計を吊し、其の球を水に觸れない様にする。少なくとも一寸位上に支へる。

(2) すると寒暖計の液は上昇して或る一定度に上る。それに

印をつけて百度とするのである。

### I、兒童實驗

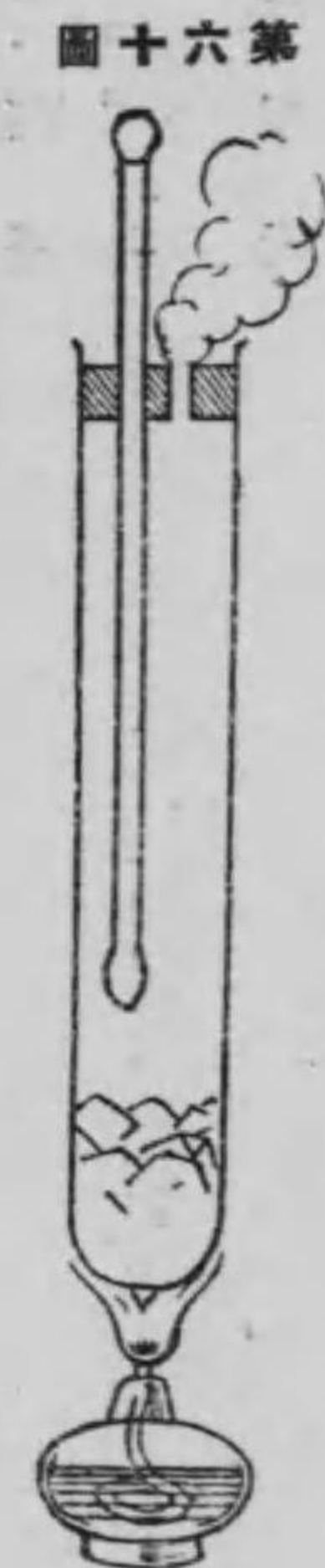
寒暖計沸點の検査。

#### 一、準備

材料……試験管、試験管挟み、アルコールランプ、二箇の孔を有するコルク栓、寒暖計。

#### 二、方法及歸納

(1) コルク栓に寒暖計をさし圖の如く少量の水を入れたる試験管に挿入し、試験管挟にて挟みアルコールランプにて熱する。



(2) 寒暖計の示度は漸次上昇して水が沸騰する頃に到ると百度になる。百度と異なるものは狂

つた寒暖計である。

(3) 寒暖計の球を沸騰水中に入れる、……百度位になる。

(4) 沸騰する水から出る水蒸氣の溫度……百度沸騰する水の溫度……百度より高い。

注意

教師用書に沸騰せる湯の温度が百度としてあるがこれは誤りである(研究應用欄参照)。

### 丁、兒童參考實驗

寒暖計の上端を封じること。

#### 一、準備

材料 前實驗の裝置及び更に酒精燈、吹管等。

#### 二、方法

- (1) 酒精燈を以て水銀を入れた管の口に近い部分を熱し、少し之を引き延して置く。
- (2) 水少許を入れて沸騰せしめたフラスコの水蒸氣内に差入れる。
- (3) すると管は水蒸氣に熱せられる爲め、餘分の水銀は管口から溢れ出る。充分出た後酒精燈の焰を吹管を以て豫め細くして置いた部分に吹きつけて之を焼き切る。

#### 注意

かくして出来た寒暖計でなければ沸騰點と水點間を百に等分するわけにゆかぬ。空氣が残留するとボイルの法則によつて平等に水銀の上ることなさまたげる。

### キ、兒童實驗

氷點の検査……水と水との交れる時の温度。

#### 一、準備

材料 水、コップ、寒暖計。

#### 二、方法

- (1) 細く碎いた氷をコップに入れ、少しく水を混ぜてよくかきまはす。
- (2) 寒暖計をいれて八分許そのままに放置して零度になるのを觀察する。

第十六圖



### リ、兒童實驗

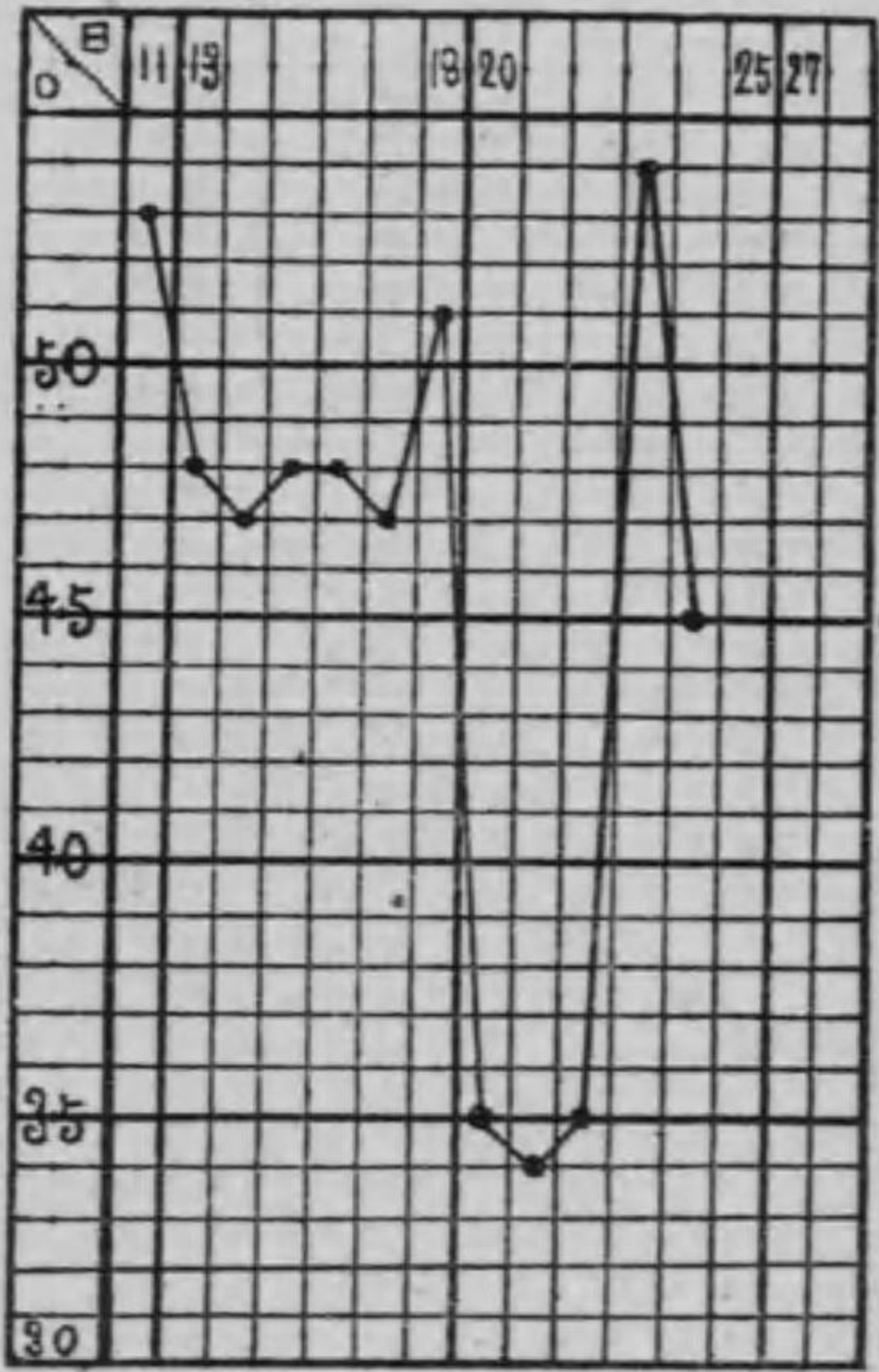
氣温の變化を實驗的に測定、記述せしめる。

#### 一、準備

材料 寒暖計、方眼紙。

- (1) 一定の期間の温度を數字的に記録し、又、その平均常態をも調べさす。
- (2) 變化は圖表として記録せしめる等種々の手段がある。第六十二圖は岡山市に於て大正八年一月二十日

圖二十六第



頃寒氣の急激に増加した時の記録の例である。

(3) 地下一米位に竹の空筒を埋め寒暖計を挿入して地中の温度を計らしても面白い、地中の温度はあまり變化しないものである。

(三) 研究應用

一、熱と温度

温度は熱と違つて唯物質の暖冷の程度を示す階級の番號である。例へば攝氏十度だけ暖ると云ふ事は一匁の物質でも百匁の物質でも同じく十度である。併し此時熱は百匁の物質には一匁の物質に入つた量の百倍入つて居る。又温度の異なる二つの同質の物體が接觸して一方の温度が降り一方の温度が上る時にも温度の昇降の變りは決して一方が下つただけ他方が昇るといふやうな事はない。兩方の温度がきまつて居ても若し高温度物質が多量にあれば高温度のものゝ温度の降りは少なく低温度のものゝ昇りは多い。

二、熱量の單位

一瓦の水を攝氏一度だけ暖めるに要する熱量を一カロリーと稱へて熱の單位にする。

三、氣體、ガス、蒸氣

氣體とはすべて氣狀をなしたものをすべていふのである。ガスは空氣、水素等所謂液化されぬと考へられた永久瓦斯のことであつて蒸氣といふのは液化し得る氣體の事であつた。しかし今ではすべて液化されるから以前の意味でのガスはないのである。そこで今頃は常温にて液化されぬ氣體をガスと稱するところになつて居る。故に常温以上の限界温度を有する水、アルコール等の氣狀をなしたものは蒸氣であつて水素空氣等は瓦斯である。

四、寒劑

各種寒劑の混合物質、混合割合及び寒冷度は次表によつて知ることが出来る。

硫酸曹達	.....	八	零下	十七度
鹽酸	.....	五	零下	十九度
硫酸曹達	.....	三	零下	廿二度
稀硝酸	.....	二	零下	廿二度
氷の碎片(雪)	.....	三	零下	廿二度
食鹽	.....	一	零下	廿二度

硫酸	曹	達	.....	六	
硝酸	安	母	尼	.....	五
稀	硝	酸	.....	四	
磷	酸	曹	達	.....	九
稀	硝	酸	.....	四	
稀	硝	酸	.....	四	
稀	硝	酸	.....	九	
稀	硝	酸	.....	廿九	
稀	硝	酸	.....	廿九	

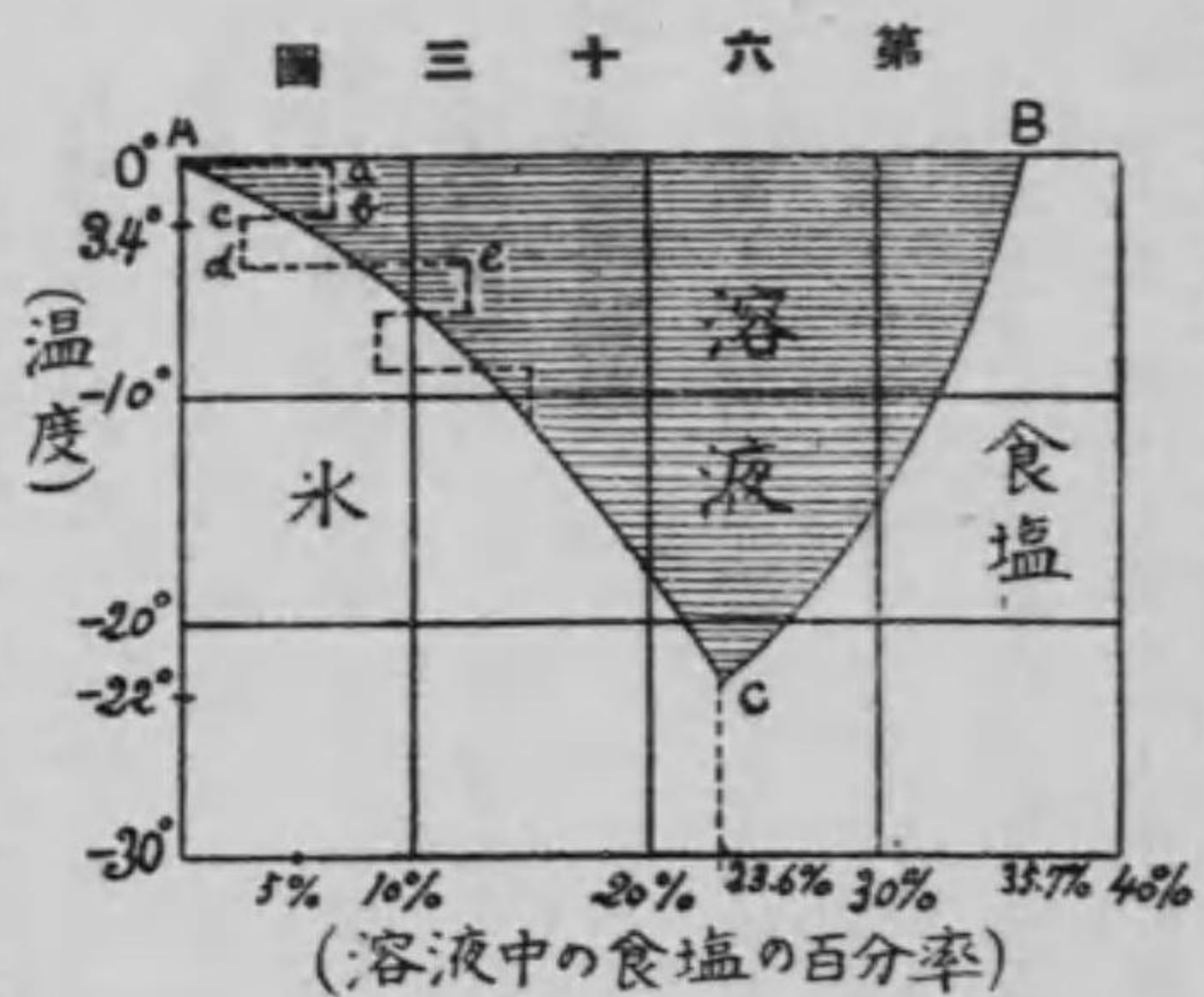
寒剤の理を述べるに當つて、食鹽水等の溶液の凍結について考へる必要がある。濃厚な食鹽水を冷やすと、温度が下るにつれて溶解度がへるから食鹽が折出してくる、0度では水の百分中に食鹽は三五・七分とけるのである。そこで0度ではその様な濃さの食鹽水と食鹽とがあるわけである、更にこれを冷すと氷が出来ないで、其溶液の温度が下りかけてくる、そうすると、食鹽の一部は溶けきれないで固體になつて折出する。温度が零下二二度になると初めて氷が出来てくる。しかしこの氷は食鹽水といふ特別なものでなくて、食鹽と氷との細かい混合物である。

所が稀薄な食鹽水、例へば五パーセントの食鹽水を冷すと0度になつても凍らないで零下三、四度に到つて初めて氷があらはれる。そしてこの氷は純粹な氷である。氷が出ると食鹽の濃さがますますから最早0度三、四度では凍らないで更に冷えてくる。そうすると氷が出来て食鹽の濃さが又増して来る。この様にして氷が漸次出来てきて食鹽の濃さが二三・六パーセントとなるとその温度は零下二二度となるのである。

る。この状態になつて更に冷すと食鹽を混じた氷が出来て来るのである。

この様に薄き溶液から出發して冷しても濃き溶液から出發して冷しても最後には同一のものとなる即ち二三・六パーセントの食鹽を混じた氷が零下二二度といふ不變の温度で出来るといふ事になる。

第六十三圖は之等の關係を曲線に現はしたもので縦に温度をとり横に食鹽の濃度を示したものである。



BCの曲線は濃き食鹽水の冷却したる時の温度と濃度の關係であつてACの曲線は薄き食鹽水の場合を示したものであるが、寒剤を説明する便宜上零度に於て已に氷のある場合を示して居る。

今、氷と食鹽とを混合すると氷の表面に僅かにあつた水分に食鹽がとける。食鹽水と氷との接觸を考へるとAの近くの状態にあるものと考へることが出来る。

食鹽が溶解すると(nの位置)食鹽は融解の潜熱を奪ふから冷却されて来る、(hの位置)そうすると平衡状態を示すAC曲線より右だからその温度に對しては食鹽の濃さが大きいことになるから氷がとけてくる、(cの位置)氷がとけると融解の潜熱を奪うから冷却される、(dの位置)その温度に對しては食鹽の濃さがうすいから食鹽がとけてくる、(oの位置)かくの如くして交互に食鹽、氷がとけて大體ACの曲線を

たどりつゝ、混合物の温度は下つて来る、〇に到着して食鹽水の濃度が二二・六パーセント、温度零下二度になると最早此上温度は下らぬ、それは此温度になると食鹽は更にとけて濃さを増さないし従つて此上氷がとけることもないからである。

寒剤を作つて温度が零下二度にならないのは食鹽が不足するか、若しくは食鹽が器底に沈むかするために食鹽の濃さが十分でない爲である。食鹽の濃さが假に五パーセントであつたとすると寒剤の温度は零下三、四度がとまりである。

### 五、沸騰の状態

水を熱して居ると表面から盛に湯氣が出る様になる、即ち表面氣化が行はれるのである。沸騰近くなると心地よい音を發する。これは内部に出來た水蒸氣が上昇して中途の冷い水にあつて消滅する音である。水蒸氣は水中に含まれてゐる空氣又は器具の内面に吸着して居た空氣の中に盛に蒸發して行く。しかし大氣の壓力と器物内の水の深さに相當する壓力をうけて居るから中々上昇するわけに行かぬ。且つ氣泡が出來てもその周囲の水の表面張力をうけて居るから昇ることは困難である。そこで百度以上になつて蒸氣の壓力がこれに打ち勝つ様になると上昇する。だからその時の氣泡内の蒸氣の温度は百度以上である。しかしこれが表面に出ると頂度その時の大氣壓力に等しくなるまで膨脹するから温度が下つてその湯の上の蒸氣の温度は一定となるのである。

かく内部から蒸氣になる様になつたのを沸騰といつて居る。

沸騰して居る水をよく觀察すると上に昇る。氣泡の出來る所は殆んど一定して居て數箇所から泡の棒を形成して上昇するのを見る。これは蒸氣になる種となつた空氣の最初に存在して居た場所であつて上昇しても幾分は殘留する。その殘つた部分に續々と蒸氣が入り込むからかく一箇所から泡が上昇するのである。

もし、水中に空氣が少しもないと即ち一度煮沸した水だといふと、こゝにいふ種がないから下から熱せられる時でも中々蒸氣にならないで百五度位も水の温度は上昇する。そこで平衡が失はれて爆發的に沸騰が起る。これを突沸といつて居る。金屬製の湯湧しには少ないが陶器・磁器製の様に傳導の悪いものはよく起るのである。

その様に混亂状態を呈して居る沸騰ではその湯の温度は一定せないので百度以上數度になるのである。しかし、その上にある水蒸氣の温度は常にその時の大氣の壓力に等しい。己の蒸氣張力を出すことの出來る温度を保つのである。そこで沸騰點は蒸氣の温度をはかるべきであつて、その沸騰せる水の温度は不定であるから前にもいつた様に通常百二―三度を示して居るのである。

### 六、氷の温度

純粹の水が將に凍らんとする、氷の將にとけんとする温度が氷點即ち零度であつて、氷にはそれ以下種

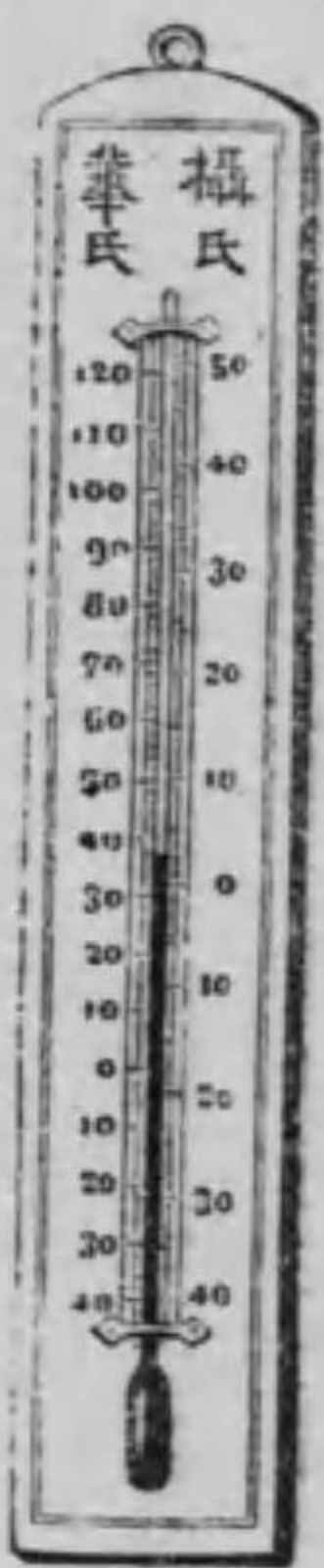
々の温度の水があるのである。

七、寒暖計の種類と其の特徴

(1) 度盛より見たる種類

寒暖計には攝氏(瑞典人セルシウス一七三六年創製)と華氏(獨人フアーレンハイト一七一四年創製)と

圖四十六第



ある。攝氏は氷點を零度とし、沸騰點を百度としたもので、華氏は氷點を三十二度とし、沸騰點を二百十二度とし、其間を百八十に等分する。而して氷點以

下も此割合で目盛をつける。華氏は普通の温度測定に用ひ、攝氏は學問上に用ひる。又列氏(佛人オミユール一七三一年創製)といつて氷點を零度沸騰點を八十度にしたものもあつて植物學者農學者に用ひられる。

(2) 構造より見たる種類

寒暖計には又、アルコール寒暖計と水銀寒暖計とがある。アルコールは攝氏の七十八度で沸騰するが攝氏の零下百三十度といふ極寒でなければ氷結しない。水銀は三百五十七度の高温でなければ沸騰しないが、其の氷點は攝氏零下三十九度四分である。故にアルコール寒暖計は低い温度を計るのに適し、水銀寒暖計は高い方の温度をはかるに適してゐる。

(3) 檢温器

體音計は人體の温度を測る爲に製した最高寒暖計で攝氏の度盛を用ひてである。この寒暖計では第六十

圖五十六第



五圖の如く、その球と管との相連つてゐる頸部の通路が極めて狭く作つてある。だから水銀が膨脹す

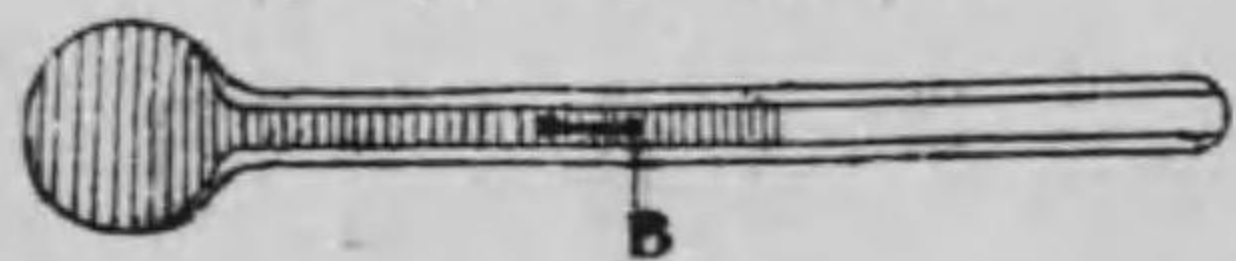
るときは、水銀は此の間を通過することが出来るけれども、收縮するときは水銀の表面張力に支へら

れて下へ落ちて行かないのである。之によつて後にその最高の示度を知ることが出来るのである。

(4) 最高最低寒暖計

檢温器は一種の最高寒暖計である。最低寒暖計は圖に示す様に酒精寒暖計を水平に装置して陶器製の細い棒が管内の液中に緩く横はつて居る。最初寒暖計を倒に直立して棒の右端(B)が液體の面に觸れるやうにして置くと温度が降つて液面が退く時には棒の右の端が液體の面に伴はれて(表面張力)自然に退くから棒の前端がその時液面の位置を示す、又温度が上つて酒精が膨脹すると棒は其の儘液體の内部に残つて液面のみが右の方に進む、それ故に棒の前端は最も液面の退いた位置即ち最低温度を與へる理である。

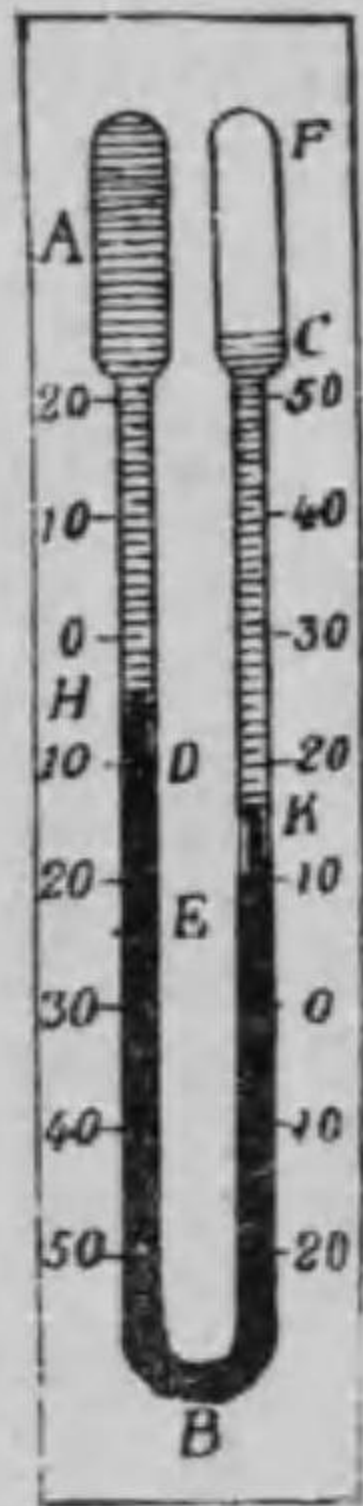
圖六十六第





次の圖は「シツタスの最高最低寒暖計」と稱して最高と最低を兼ねた寒暖計である。(A)から(D)まで

圖七十六第

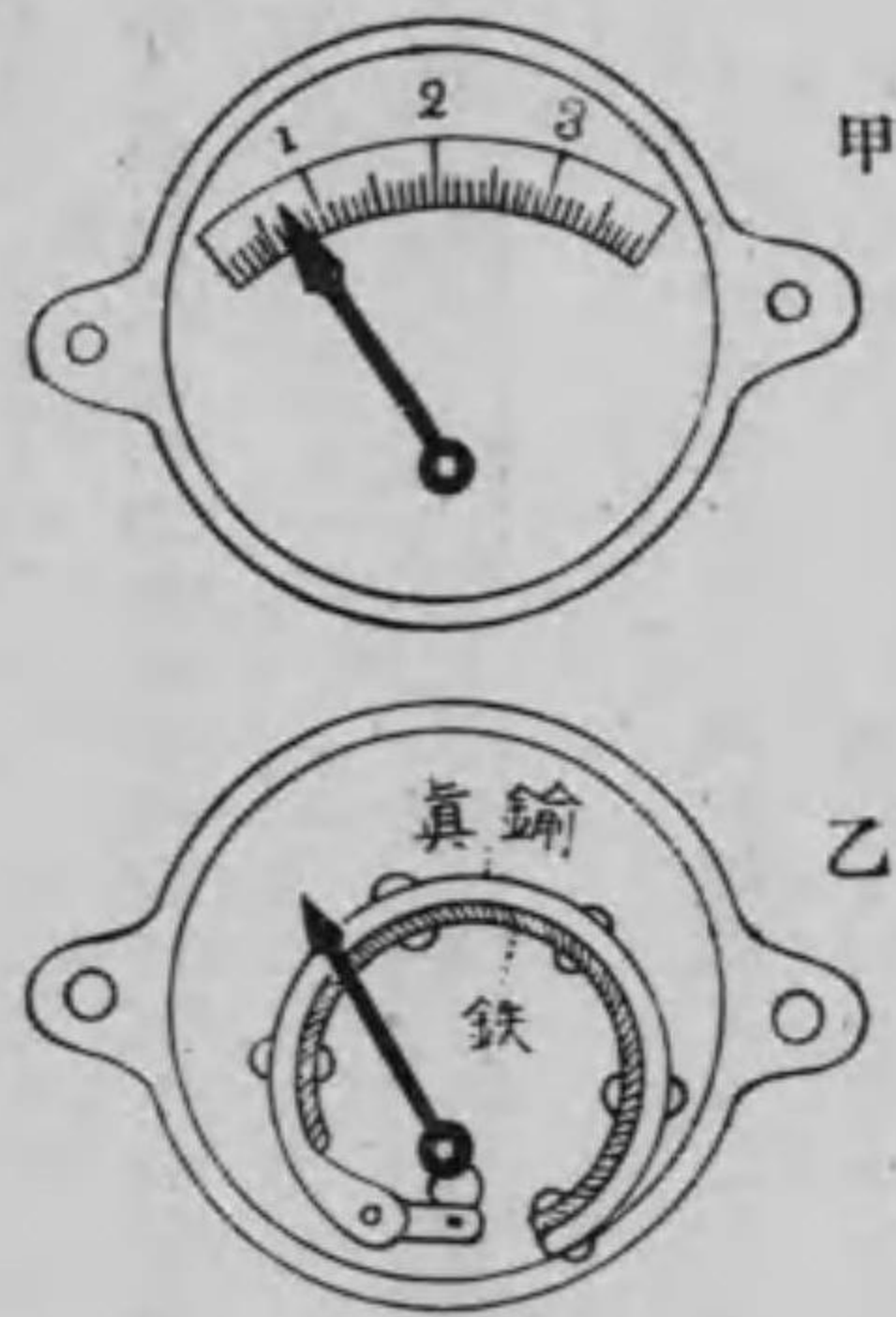


が昇降する之等の水銀面の上、酒精の中に小さい鐵の棒(H、K)がある此等の鐵棒には弱いバネがついて居て管の内面を押して管中任意の位置に止まる様になつて居る初め磁石を近づけて水銀面に接する様にこの(H、K)の鐵棒を定めて置く、溫度が上ると(H)は酒精中に残されるが(K)は水銀の表面張力のために水銀中に這入らないで押し上げられる。溫度が下ると(A)が收縮するから、(K)は酒精中に残され(H)が上方に上げられることになる。そこで(K)の下端は最高、(H)の下端は最低の溫度を與へるわけである。

(5) 金屬製高熱寒暖計

上圖に示す甲はその外見で乙は内部の構造を示したものである。眞鍮と鐵とを合せた棒が溫度の昇降によつて彎曲することを利用したもので、その棒の一端を

圖八十六第



固定して他端を指針に連結して棒の彎曲によつて指針が運動するやうにしたもので、四五度位の溫度をはかるに用ひられる。

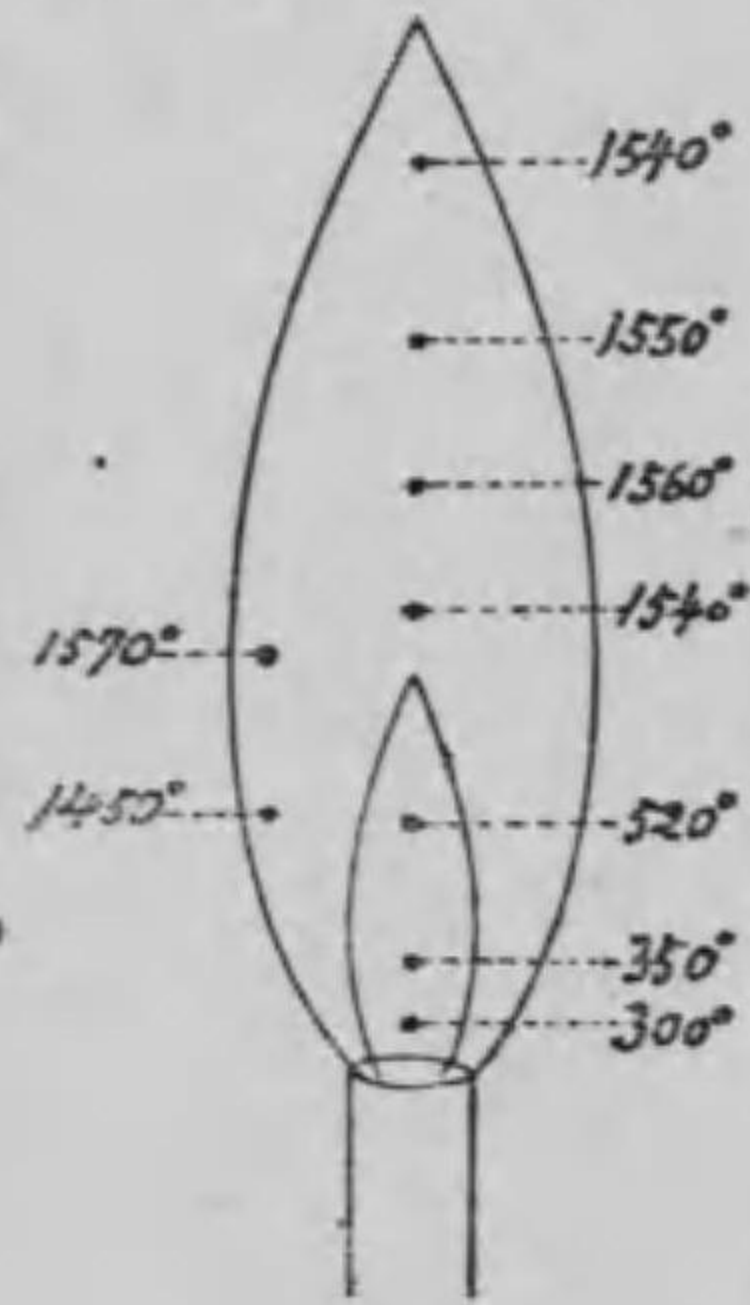
八、火の色と溫度

灰	色(辛じて認め得るもの)	約四五〇度(攝氏)	弱暗赤色	約五〇〇度
暗赤	色	約七〇〇度	櫻色	約九〇〇度
橙	色	約一〇〇〇度	白色	約一三〇〇度
眩灼		約一五〇〇度		

九、ファンゼン燈の溫度

次の圖は充分もえつゝあるファンゼン燈の焰の各部の溫度を示したものである。

圖九十六第



一〇、高溫度とその測定法

- (イ) アルコール寒暖計 攝氏 七八度…零下 一三〇度
- (ロ) 水銀寒暖計 三五八度…零下 三九四
- 窒素を封入して 硝子管…五〇〇度迄
- 壓力を加へて 石英硝子管…六〇〇度迄
- (ハ) 瓦斯寒暖計 一二〇〇度迄

氣體は溫度一度上る互に攝氏零度の體積の二百七十三分一膨脹する性質を利用す。

(二)電熱計

一六〇〇度迄

白金、ロヂウム兩種金屬の接觸の面の溫度と電氣抵抗との關係により電流の強弱により溫度をはかる。

(ホ)光熱計 七〇〇〇度迄

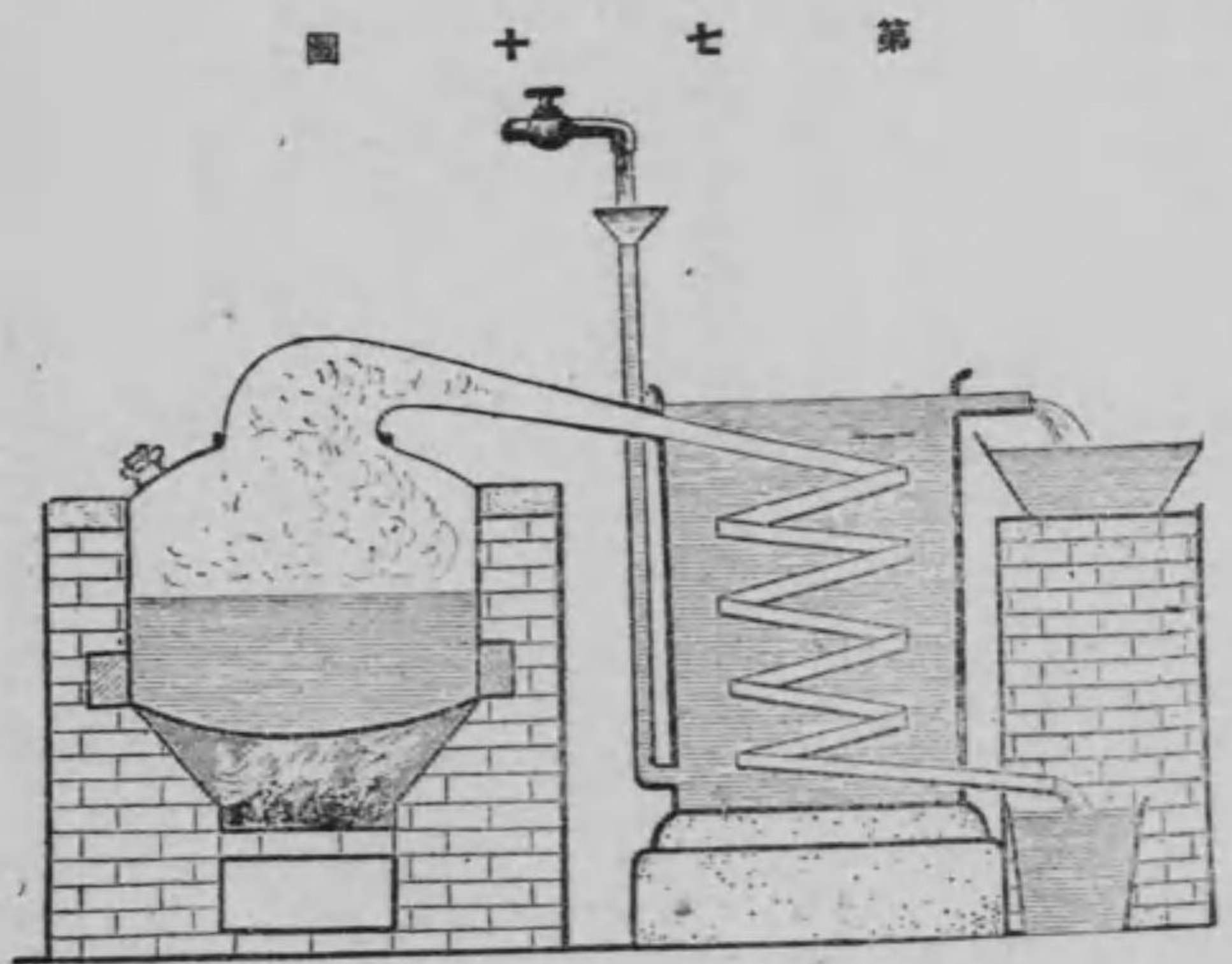
溫度と色との關係に示す如く、溫度増すにつれて放出する光の波長をことにするによりて、分光器にて測定する。

一一、蒸溜

蒸溜とは液體の氣化及び氣體の液化の原理を應用した方法で水の精製、薄荷の精製等其の應用の範圍が極めて廣い其の原理を見る方法は「第四百四十一頁」兒童參考實驗二の裝置を利用すればよい。大仕掛には第七十圖の如くする。

一二、製氷及冷蔵庫

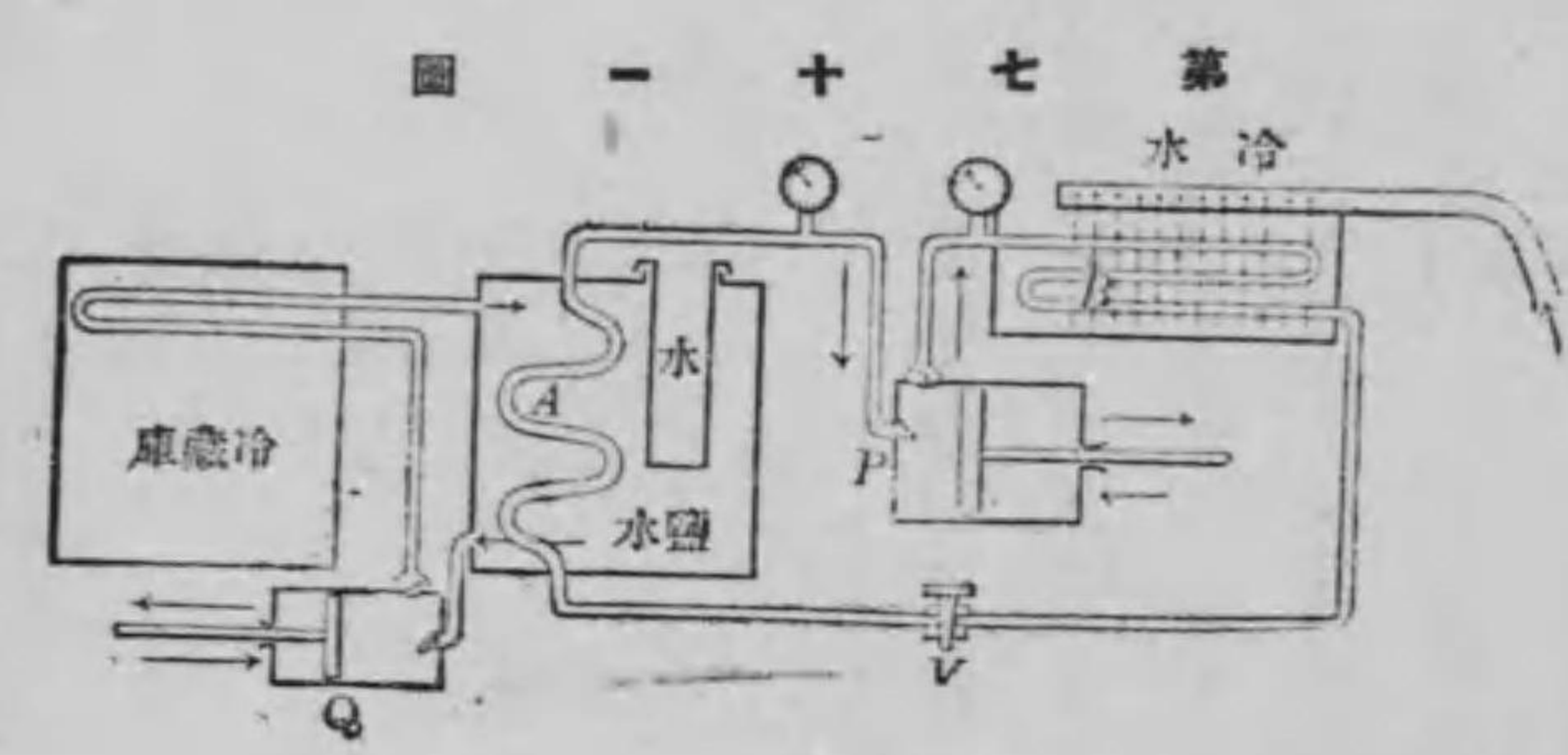
大都會で氷を製造するにはアムモニアの蒸發による。圖



第七十圖

の如くポンプ(P)でアムモニア蒸氣を蛇管(B)内に強く壓縮して液化せしめると、多量に熱を生じるから、冷水を蛇管に注いで之を冷却し、冷却したアムモニア液は調節弁(V)を通じて蒸氣管(A)に送る。この管内の蒸氣はポンプに吸収せられて常に小なる氣壓を有つてゐるから、アムモニア液は盛に蒸發し、管の溫度は降つて略零下五度となる。この管で鹽水を零下數度に冷す、その中に淡水を入れた鐵器を沈めて置くと氷が出来るのである。

またこの鹽水を冷蔵庫の管内に循環せしめると、庫の溫度を零下以下に保ち、永く鳥獸魚肉、蠶種などを貯へることが出来る。



第七十一圖

融解點及融解熱の表

物質	融解點 (攝氏)	融解熱
窒素	零下二四	二・八
アルコール	零下一二	七九・二
水	零下〇	五・四
氷	零下三九	三・七
鉛	零下三二七	一〇〇・一四〇〇
硝子	零下三〇〇	一〇〇・一六〇〇
鐵	零下一八〇〇	二七・二

沸騰點及蒸發熱の表

物質	沸騰點にて (一氣壓)	蒸發熱 (瓦カロ)
水	三五七度	六八
水	一〇〇	五六
アルコール	七六・四	二〇五
アムモニア	零下 三・七	二六
素	零下 一・八	五〇

三、沸騰點と壓力との關係

實驗 一 ボンド入りフラスコに四分の一程水を入れ木栓には三個の孔を穿ち、一つには硝子管を(U)字形に曲げて其中に水銀を入れた壓力計、一つには寒暖計、又他の一つには短い硝子曲管の先端にゴム管とゴム管挟みをつけたものを備へ、先づゴム管挟みを開いてフラスコを熱し、ゴム管から盛に水蒸氣が出るやうになると壓力計の水銀面が水平な否かを見て、フラスコ内の壓力を知り溫度を讀む。次にゴム管挟みをして再び壓力計の水銀面の差よりフラスコ内の壓力を知り、同時に溫度を讀む。すると水は百度以上で沸騰するやうになる。大抵のフラスコは二氣壓位の壓力には堪えるものであるけれども、猶破壊するか、若しくは木栓の跳ね飛ばされる恐があるから、溫度が百二―三度に昇つたら火を引いて

熱することを止め、ゴム管挟みを其儘にして、フラスコを放置すればよい。暫くの後、フラスコに水を加けると、前實驗の如くフラスコ内の水蒸氣は凝縮するから内部の壓力は著しく減少して、氣壓計の水銀面の差は著しく大となり、同時に寒暖計の度盛は下降するも水は猶ほ盛んに沸騰を起すであらう。水の沸騰點は氣壓が七、六耗の附近に於ては、壓力が一耗の増加に對し、溫度の上昇は〇・〇三七度の割合である。高山の頂で米の炊けないのは大氣の壓力が減少して水の沸騰點が下つた爲めで、此の際には釜の蓋を重くして釜に密着せしめて、水蒸氣の逃げるのを防ぎ、壓力を大にすれば普通の飯に炊けるのである。水の沸騰點から山の高さを測定するには次の實驗的關係式を用ひればよい。

$$H = 295(100t)$$

例 富士山 高さ三七七八米、沸騰點八七・六

Hは山の高さ、tは其場所に於ける水の沸騰點

水蒸氣の最大壓力 (てに柱銀水、種)

溫度	壓力
-20°	0.1
-10°	0.2
0°	0.4
10°	0.9
20°	1.7
30°	3.1
40°	5.4
50°	9.0
60°	14.4
70°	23.1
80°	35.2
90°	52.4
100°	76.0
140°	272.5
200°	1162.5

一四、空氣の液化

水を熱すると氣體になり、冷すと固体の水となるこの三態の變化は水に限つた性質ではなくて總てのものには皆この性質がある、空氣も液体となるのであつて、東京、目黒、大阪、神戸、廣島等にもその工場があつて盛に製造して居る世界には二百許りの大工場があるのである。

空氣は酸素と窒素の混合物であるから液体酸素は液体酸素と液体窒素の混合物である、併し窒素の方が揮發し易いから自然液体空氣は大部分酸素である、蒼碧色のさら／＼した水より重い(比重一・三四)もので更に冷すと固体となる。

從來は如何なる方法でも空氣や水素は液化することが出来なかつたから永久瓦斯と名づけて居た。一八七七年(明治十年)佛人ピクテカユテの兩人が殆んど同時に液化の端緒をえて一八九〇年(明治二十三年)一月トリブラー氏は美事に之に成功した、其後一八九六年リンデ氏は工業的製法に成功した。

酸素や窒素の分子は非常に小さいものでその直径は約一分の一千萬分の一位である。氣體では之がまばらに散在して居て分子間の距離は直径の三百倍位のものである。

酸素分子の直径を一分で描くと次の分子は三尺を隔ててかゝねばならぬ。そしてこの分子は想像も及ばぬ大速度(毎秒約五百米)で飛動して居るのである。

洋紅といふ小染料は水一滴中に $\frac{2}{107}$ 瓦とけて居るとその色をみとめることが出来、フレオレッションは

一滴中に $1 \frac{1}{10^{17}}$ 瓦とけて居ると光に當つて特殊の螢光を發することがみとめられ麝香は一滴中に $1 \frac{1}{10^{11}}$ 瓦あると香をすることが出来る。これ等の事實で分子のいかに小さいか想像される尙學者の研究によると次の様な價になる。

分子直径	分子重量	平均自由行路	速度(秒米)
H.	$0.0_{17}203^{cm}$	$0.0_{23}25^{u}$	$< 1837(0^{\circ})$ $487(253)$
H <sub>2</sub> O	$0.0_{33}339^{cm}$	$0.0_{53}442^{u}$	$< 615(0^{\circ})$ $719(100^{\circ})$
H <sub>2</sub>	$0.0_{29}291^{cm}$	$0.0_{83}314^{u}$	$492(0^{\circ})$
O <sub>2</sub>	$0.0_{27}273^{cm}$	$0.0_{88}357^{u}$	$461(0^{\circ})$

この表に於て0の次に小さき數字で一段さげて書いてあるは小數以下の0の數である。平均自由行路とは分子と分子との自隔に相當するもので分子がある分子にあつてから次に分子にあたるまでの距離の平均である。

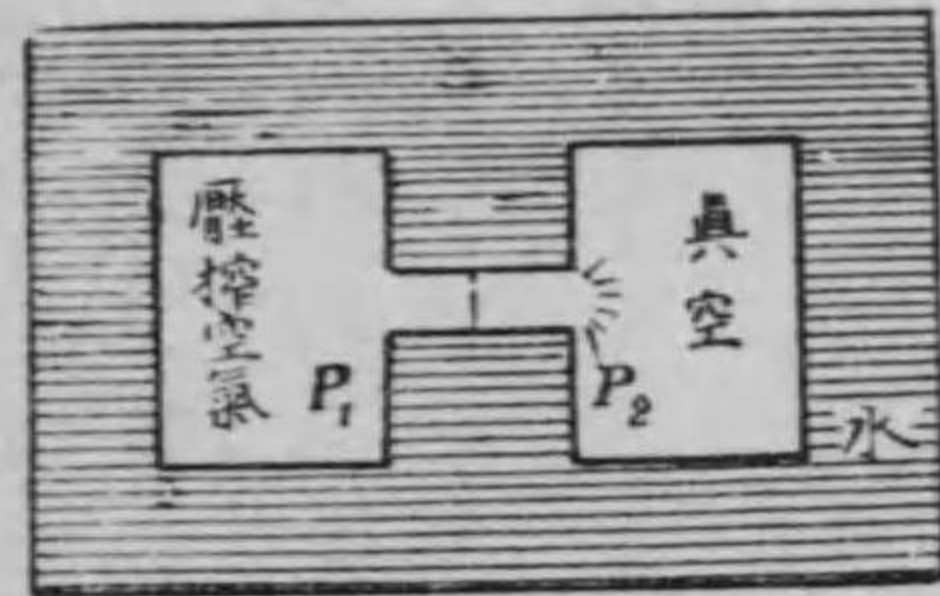
併て之等の研究がつむと液化の根本方法が解つてくる、即ち壓迫して分子間の距離を短縮し且つこれを冷却して飛動速度を減するのである。

そこで尙液化が困難であつたのは孰れか一方法のみによつたのと、又兩方やつても必要な程度に冷却することが出来なかつたのである、一般に氣體はある温度まで下げぬと液化されぬといふ温度があるこれ

を臨界温度といひ、臨界温度で液化に要する壓力を臨界壓といふのである。  
それは次の表の如くである。

	限界温度	限界壓力(氣壓)
水	零下 二三五	二〇
空 氣	零下 一四〇	三九
炭 酸 ガス	三一	七七
アンモニヤ	一三〇	一一五
アルコール	二四三	六三
水	三六四	一九五

圖 二 十 七 第



この様な低温度をどうして作るかと云ふとこれはジュールタムソン効果といつて  
兩氏十數年の長年月の研究の結果を應用するのである。

これは圖に示す様にP<sub>1</sub>の壓力の壓縮空氣を膨脹させてP<sub>2</sub>壓にすると温度の降下は  
次の式で與へられる。

$$\text{降下温度} = 0.276 \times (P_1 - P_2) \times \left( \frac{273}{273 + t^2} \right)$$

例へば十五度百一氣壓に壓縮して置いて之れを一氣壓に膨脹させると

$$\text{降下温度} = 0.76 \times 100 \times \left( \frac{273}{273 + 15} \right) = 25^\circ$$

即ち零下十度となるこれを繰り返すと遂に所要の温度が得られるのである。

その實際の方法は空氣の所の研究欄に譲る。

## 第七 風と雨

### (一) 教授の主眼

太陽熱を由因とする大氣中の變化を知らしめるのが本課の主眼である。即ち先づ(1)空氣の對流作用を授  
けて風に及び次に(2)霧、雲、(3)雨、雪を授ける。此等は兒童平素の經驗を想起せしめる部分が多いけれ  
ども、亦簡易の實驗によつて容易に之を合理的に例證し得られる箇所が少くない。

### (二) 實驗要項

#### A、兒童實驗一

風、

#### 一、準備

第七 風と雨

材料 Ⅱ ボール紙、蠟燭、(アルコールランプ)、線香。  
 製作 Ⅱ ボール紙を以て稍、大なる底なしの箱を作り、圖に示すが如く、一側面の上方と下方とに孔を設ける。

### 二、方法

- (1) 蠟燭(アルコールランプ)に火を點じ、其の上を静かにボール製の箱で覆ひ、箱の内部を暖める。
- (2) 次に線香に火を付け、煙を立たせながら、ボール製箱下方の孔口を去る一寸許りの所に持ち來す。
- (3) 之れを観察するに、線香の煙は其の孔より箱内に入るを見る。又暫くにして上方の孔よりは煙の箱外に出づるを見る。

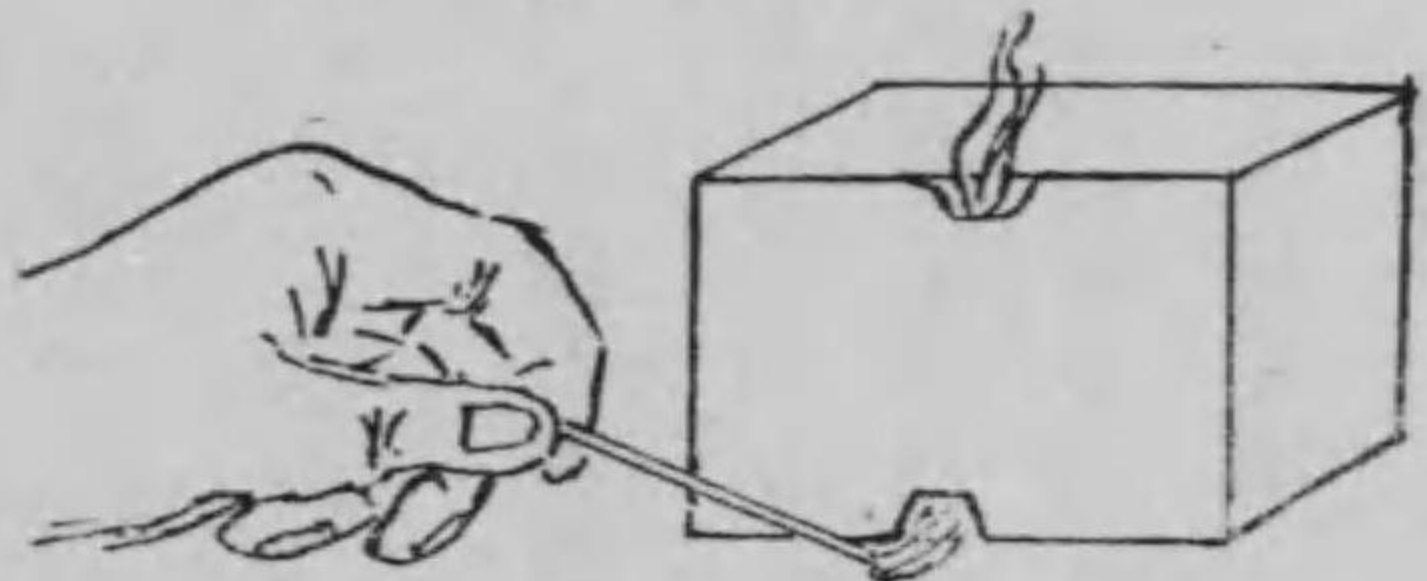
注意

蠟燭の火に注意して箱を燃やさないこと。

### 三、歸納

- (1) 蠟燭をボール紙製箱で覆へば箱内の状態はどうなるであらうか……箱内の空気は暖められる。
- (2) 線香に火を付けて、箱の下方の孔口に持ち來した時、煙はどうなつたか……下方の孔からは煙は、箱

圖 三 十 七 第



内に向つて浸入し、上方の孔からは箱外に向つて出る。

- (3) 其の理由如何……箱内の空気は蠟燭の火の爲めに暖められ、膨脹して上方の孔より箱外に出づ。之れに反して下方の孔からは箱内を満さんとして冷かな空氣が侵入する。其の空氣の運動に伴つて線香の煙は下方孔より入つて上方孔から出るのである。
- (4) 空氣の對流作用(移動)に依つて風は起る。

### 四、例證

- (1) コンロ、七輪の側面に口あること。
- (2) ランプに口金とホヤあること。
- (3) 煙突の理。

### 五、本實驗の特徴

- (1) 簡易にして而かも空氣の對流作用の明瞭なること。

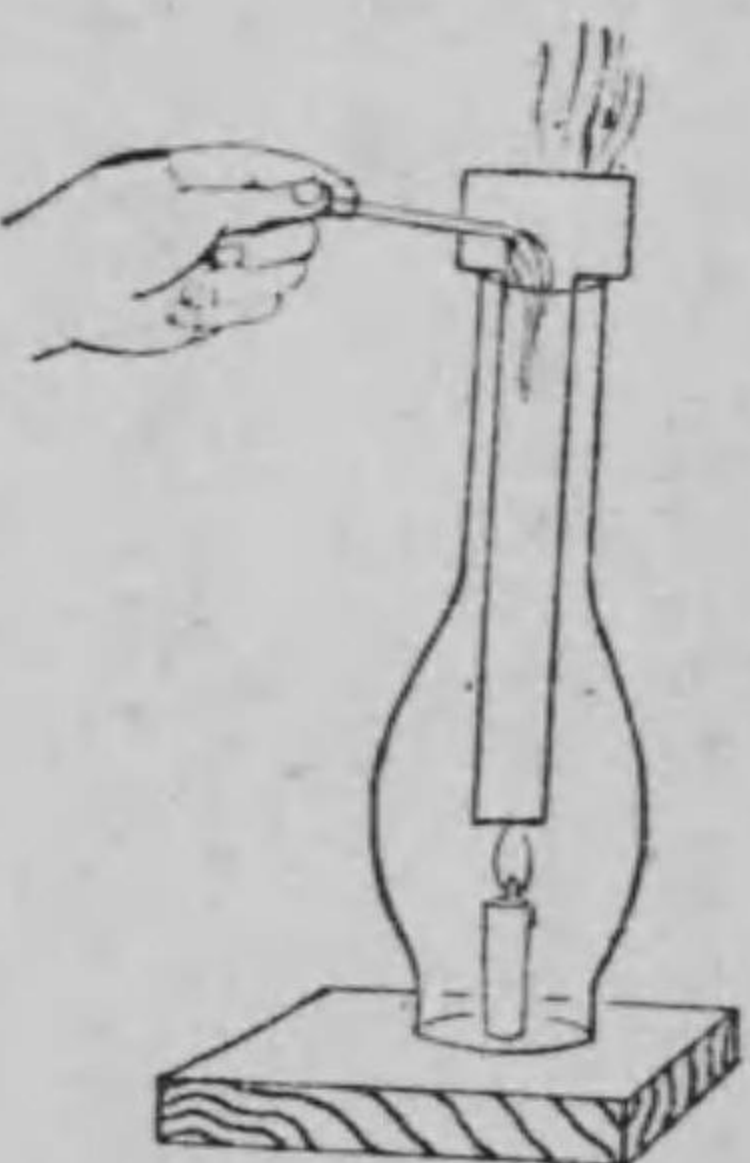
### B、兒童參考實驗一

#### 一、準備

材料 Ⅱ ホヤ、鐵葉板、蠟燭、線香。

製法 Ⅱ (イ) 長さ五寸許りの鐵板を圖に示すが如くランプホヤの中に挿入して筒口を二等分する。

第七十四圖



れた方から) 逃去する。

注意

- (1) 蠟燭餘りに長くて鐵葉板の下端に達せぬこと。
- (2) 亞鉛板の直下に燭火を置かぬこと、即ち、稍々偏して置き、然らざれば實驗は成功せぬ。

(ロ) 方四寸許りの板の中央に釘を打ちて蠟燭立てを作る。

### 二、方法

- (1) 蠟燭臺に点火された短い蠟燭を立て之れをホヤで覆ふ。
- (2) 火の附いた線香を燭火に遠き筒口に持ち來す。
- (3) 然る時は線香の煙はホヤ内に吸入せられ他の筒口(二等分さ

### 三、歸納

- (1) 燭火をブリキ板挿入のホヤで覆ふた時にはホヤ内の空氣は如何……ホヤ内の空氣は膨脹するからブリキ板に依つて割別せられた一方の筒口(燭火に近い口)より出づる。而して他の筒口よりは、ホヤ内を満さんとして空氣が浸入する。
- (2) 如何なる事實に依つてかゝる事を知つたか……筒口に持ち來した線香の煙の方向及び運動の有様によつて知つた。
- (3) 空氣の對流作用に依つて風は起る。

### 四、本實驗の特徴

- (1) 硝子製のホヤを用ひるから主實驗よりも一層明瞭である。
- (2) 費用を要し實驗上注意を要することは主實驗におとる。

### C、實驗觀察補一

方法・歸納 草木の常に動くこと、煙のたなびくこと等を觀察させて空氣中に於ても常に空氣中の移動即ち風のあることを推考させる。

### D、兒童參考實驗二

雨、

### 一、準備

材料 Ⅱ フラスコ、水、コップ、レトルト臺、アルコールランプ。

### 二、方法

- (1) レトルト臺で水を入れたフラスコを支へ、其の下方よりアルコールランプに依つて盛んに熱す。
- (2) 暫くにしてフラスコ内の水は沸騰し、水蒸氣を發する。其の際コップを倒にし、フラスコの口を去る

圖五十七第



三、歸納

一寸許りの所に於て少し傾斜し乍ら之れを覆ふ。  
 (3) 次第にコップの内部に水滴附着して曇りを生ず。更に  
 尙持續すれば水滴は次第に落下する。

- (1) 水を容れたフラスコを下方から熱する時、水はどうなるか：水蒸氣となつて蒸發する。
- (2) コップでフラスコの口を覆ふた時、フラスコ内が曇つたのは何故か：水蒸氣が冷たい硝子壁にふれて微粒の水滴となつて之れに附着した爲めである。
- (3) 遂に滴下垂落したのは？：小水滴が次第に結合して重くなり、附着力を失つて落下したのである。
- (4) 雨も此の理に依る。即ち空中の水蒸氣が水滴となつて雲に化し、雲なる水滴が結合して垂落茲に雨となるのである。

E、實驗觀察補二

方法・歸納(其の一) 霧の立ち籠たる朝、着衣の濡ること、硝子窓或は眼鏡の曇ること及び浮游物が小粒なることを觀察させて、霧は小水滴が地面近く漂ふてゐるものであることを了知させる。

方法・歸納(其の二) 高山登山の際、霧中を通過したる經驗に依り、或は高山にたなびく雲を觀察させて一

般に水滴の高所にあるものを雲と稱することを推察させる。

F、實驗觀察補三

方法・歸納 冬季嚴寒の際、雪を黒布に受載させて、之れが溶けて水となることを實驗觀察させ、雪は水滴の結晶したものであることを推知させる。

(三) 研究應用

一、風

風は空氣の對流に外ならぬ。即ち空氣が場所に依つて温冷疎密の度を異にすることより生ずるのである。精言すれば、氣壓の相等しい空氣の各層が地面から等しい高さにある時、即ち等氣壓の空氣の面が重力の方向に直角である時は、決して流動を起すことはないが、等氣壓の面が地面に平行せざる状態に在る時は空氣は茲に流動を始め、(風が起る)相等しき高さをなすに至つて始めて靜止するのである。(風が止む)地球上を吹く風には、定風、及不定風の別がある。定風とは貿易風、又は反對貿易風の如く、殆んど常に一定の方向に吹く風を言ひ、不定風とは時と方向とを定めざる氣壓の變化に依つて不定に起る風をいふのである。

又風は速度に依つて



零より一・四米まで	静
一・五米より三・四米まで	軟風
三・五米より五・九米まで	和風
六・〇米より九・九米まで	疾風
一〇・〇米より一四・九米まで	強風
一五・〇米より二八・九米まで	烈風
二九・〇米以上	颶風

等の別がある。

### 二、本邦の風

本邦に吹く主なる風は冬季には西風及北風、夏季には南風・南西風・南東風である。夏季に南風の多いのは、氣候風の影響を被る者で、此の風は熱帯地方から来るものであるから、多量の水蒸氣を含有し、従つて其の通過する地方には雨を降すことが多い。是れ夏季に雨量の多い原因である。冬季には赤道の南方を太陽が直射するから南方に低氣壓を生じ、北風が起るのである。我が國の東南は太平洋に面し、西北は僅に日本海を隔て、アジャ大陸を控へてゐるから、太平洋南部の低氣壓を満さんとして、アジャ大陸の空氣が本邦を通過するのである。是れ冬季に吹く寒冷な西北風で、先づ日本海

を越ゆるに多くの水蒸氣を齎らし、北陸地方の山嶽を通過する時茲に是れを凝結させて白雪を降すのである。

### 三、本邦の暴風

本邦の暴風は比律賓群島の近傍から来るものが多い。太陽は六月に於て最北に達するが、海洋の水が最高温度に達するのは八九月の頃である。此の頃水蒸氣は海面から盛んに蒸發し、同時に空氣も膨脹して疎簿となつて昇騰する。かくて冷却されて雨となるが、此の際又潜熱作用に依つて空氣は更に膨脹して益々低氣壓を生じ、暴風の原因を醸生する。而して南洋諸島邊は其の一部分が他部分より非常に熱せられるから茲に颶風を生じ、始めは北西の方向に進行し、二十度邊で北東に進行し、二百十日、二百二十日前後に於て南洋から九州の西南部、又は四國の南岸、瀬戸内海を襲ひ、北東して北海道に終る事が最も多いのである。

### 四、風と人生との關係

- (1) 風の利(軟風・和風の場合を主とする)。
- (イ) 植物の花に對して風媒作用をする。
- (ロ) 植物の種子・果實の播布を助力する。
- (ハ) 空氣の鬱滞を防ぐ。

(ニ) 空氣の乾濕を調和す。

(ホ) 氣候を調和する。

(ヘ) 人力を省く(船に帆をかけて走る。風車)。

(ト) 穀類の調製に便利を與ふ。

(2) 風の害(烈風・颶風等の場合を主とする)。

(イ) 農作物を害する。

(ロ) 樹木を折り家屋を倒す。

(ハ) 人畜を害す。(船舶覆滅)

### 五、雨・雲・霧の成因

水蒸氣を飽和せる空氣が、溫度を低下すると其の餘分の水蒸氣は乃ち放出せられて凝聚し、微粒狀をなして空中に浮ぶのである。是れが雲である。霧とは雲が地面に接して出來たものである。此の水の微粒が互に集合して其の形大となり、浮游する能はずして地上に落下するのが是れ雨である。

雲には卷雲、積雲、層雲、雨雲に四大別され、更に卷積雲、卷層雲、積雨雲等種類が多い。

卷雲の最高度は三里十四町、雨雲の最低は地上僅かに二町程。

### 六、雪

時に水蒸氣が一度液體となつて後、更に雪となることがあるが、大てい大氣中の水蒸氣が直ちに凍つて結晶し茲に雪となるのである。何れも美しい六の結晶をなし、其の比重は〇・九一八。雪は冬でなくても生ずるが其の際は地面に落ちぬ前に既に溶けるから降雪を見ぬのである。

雪は其の堆積する間に多量の空氣を含んでゐるから熱の不良導體である。

### 七、大火事後の水滴

大火の際ポンプ又は水道の水を多量に用ひた後に於て、微細の水滴が細雨の様に落下する事を實驗するは珍らしくない。之れは消火水が火力によつて蒸發し、後刻冷却した爲め雨滴となつて降るのである。

## 第八 火

### (一) 教授の主眼

熱の發する由因と關係せしめて燃燒に關する一般の理解を與へるため、材料を普通の火にとつたもので要點は、(1) 火が熱と光とを發すること、(2) 火の二種(氣體の燃えて生ずる火、固體の燃えて生ずる火)殊に焰の生ずること、(3) 火が新しい空氣を要すること、(4) 物の燃えるに隨つてその量を減すること、(5) 物の燃えるには熱せられることを要する等の諸條件に及び更に(6) 火の素たるマッチ、附木の製法、發火の原理等を知らしめることである。そして

(1) のための実験には

(イ) 焰ある火に就いて、(ロ) 焰なき火に就いての両方面を見せることが肝要である。

(2) の実験は顕著なものを採ることが肝要である。

### (二) 実験事項

#### A、児童実験一

焰は氣體の燃ゆるとき現はるゝものなること。

#### 一、準備

材料 酒精、試験管、酒精燈、マッチ。

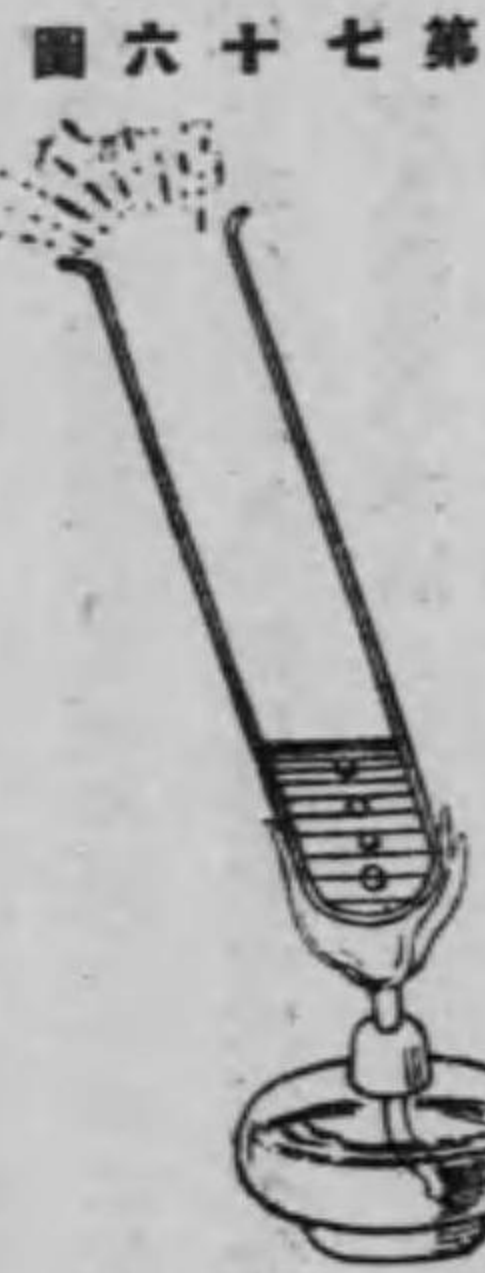
#### 二、方法

(1) 試験管にアルコールを五分程入れ、熱して沸騰させる。

(2) 發生する蒸氣に点火すると盛に焰を擧げて燃える。

#### 注意

アルコールの代りに石油を使用するもよい。



圖六十七第

### 三、歸納

(1) 熱すると……アルコールは蒸氣となつて管口に出る。

(2) 点火して管口で燃えるのは……アルコールの蒸氣が燃えるのである。

(3) ……焰は氣體の燃えるとき現はれるものである。

#### 四、本実験の特徴

本実験はラフソクの焰にて実験するが普通であるが、アルコールを用ひて実験する時は失敗することなく方法も頗る簡單、反應又明瞭で児童の興味をひくこと大である。

アルコールをあまり多く用ひるととび出したりなどして机上にて燃ゆる等のことがある。これは少なく用ふる方が經濟的でもあり、又氣體のもゆるといふことを明瞭ならしめて本実験の目的にも合致する。

#### B、児童参考実験

#### 一、準備

材料 蠟燭、直徑二三分位の硝子管。

#### 二、方法

(1) 大形の蠟燭に点火して直徑二三分位の硝子管を焰心部に挿



圖七十七第

入して未燃部の瓦斯を導く。

(2) 白い煙が管を傳ふて昇り来る故に管端に點火すれば茲に燃燒する。

注意

- (1) 硝子管は稍太いものがよい上端を細くせない方がよい。
- (2) 手で把持するときは動搖するを以てレトルト臺で支ふるがよい。
- (3) 硝子管の下端を焔心の暗い部に置くとき成績が最もよい。
- (4) 又硝子の端に點火する時に中々火がつかぬことがある。これは硝子の端が熱を取つて發火せしめぬのであるから硝子管の端を他の蠟燭の焔にて熱して置く必要がある。

三、歸納

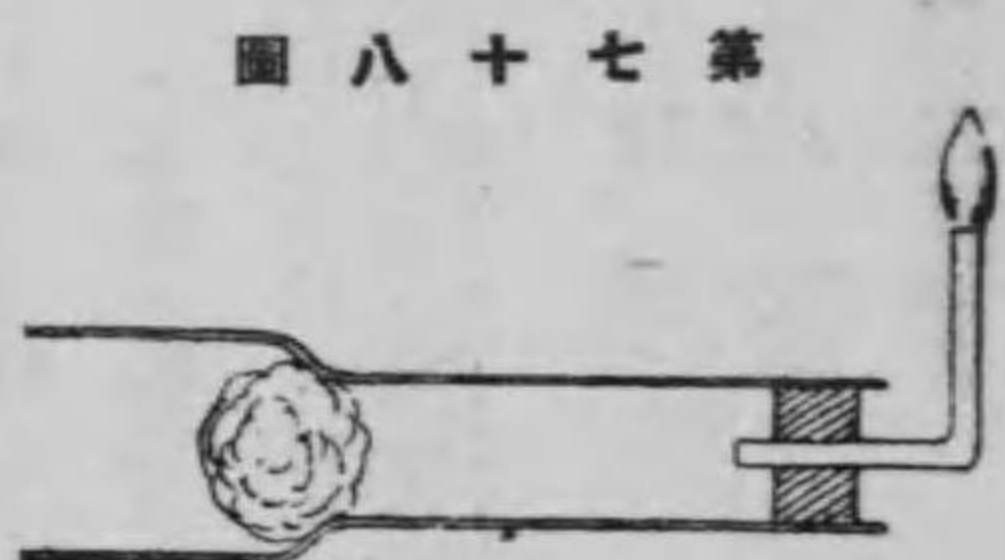
焔は氣體の燃えるとき現はれるものである。

四、本實驗の特徴

- (1) 蠟燭が燃燒すると心の熱を以つて、周圍の蠟を溶かして液體とし液體が心の上つて熱せられ氣體となれることをよく觀察せしめることが出来る。
- (2) 兒童に最も興味を起させる。

C、教師參考實驗

一、準備



圖八十七第

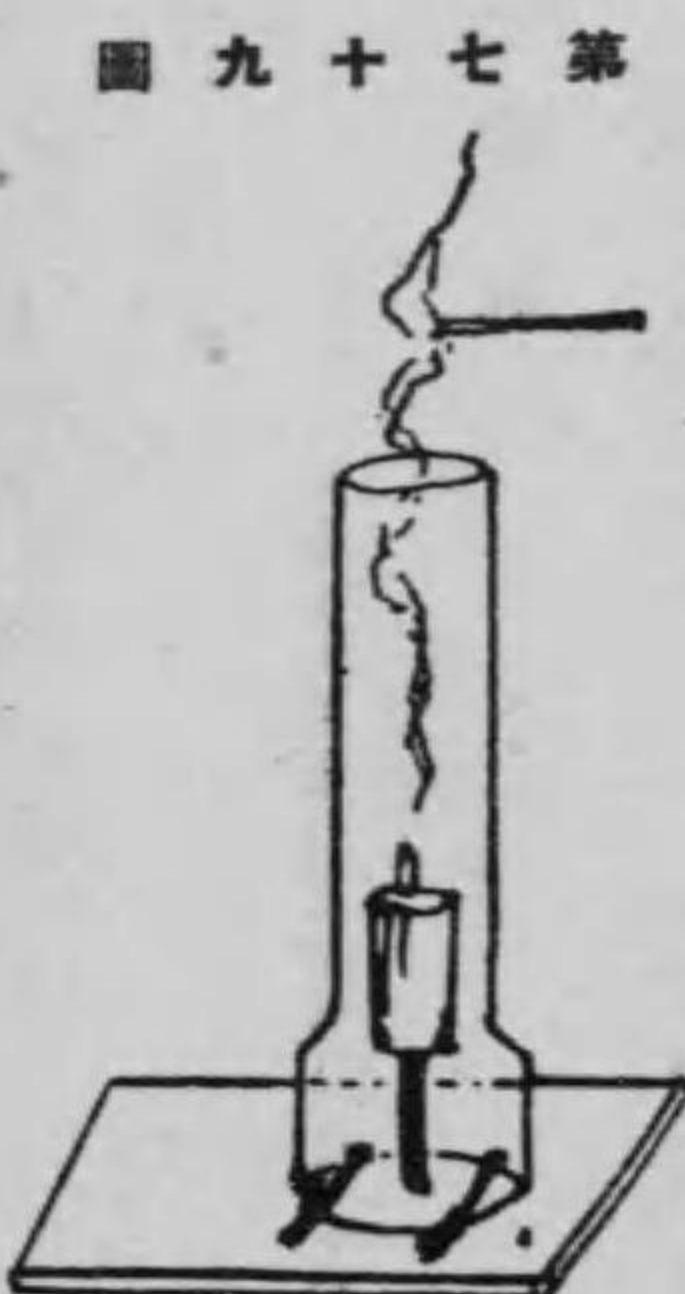
二、方法歸納

材料 竹ボヤ、コルク栓、硝子曲管、綿、エーテル、マッチ。

- (1) 圖に示す様に竹ボヤの下端に硝子曲管をつけ、綿にエーテルをふくませて上口より挿入する。
- (2) エーテル直ちに蒸氣になるその蒸氣は重いから硝子曲管の口の方に流動する。
- (3) 硝子曲管のさきに點火すると大きい勢のよい焔を擧げてもえる。
- (4) エーテルが……蒸發して氣體になる……燃えて……焔を生じる。

教師實驗二

焔は氣體の燃えるとき現はれるものであること。



圖九十七第

一、準備

材料 蠟燭、マッチ、ランプのホヤ。

二、方法

- (1) 點火した蠟燭を竹ボヤの中に立て、急に燭火を吹き消す。
- (2) 立ち昇るイキにマッチの火を近けると氣體は燃燒し延いて

蠟燭の心に点火する。

注意

マッチと蠟燭との距離は五寸位が適當と思ふ。あまり長くては失敗することがあるあまり短くては興味が薄い。

### 三、歸納

- (1) 燭火を吹き消すと……氣體は上昇する。
- (2) マッチの火を近づけると……上昇する氣體は燃焼し延いて火を導き再び点火するのである。
- (3) ……焰は氣體の燃えるとき生ずるものである。

### 四、本實驗の特徴

- (1) 要點の觀察明瞭、準備簡易。
- (2) 興味を増す。

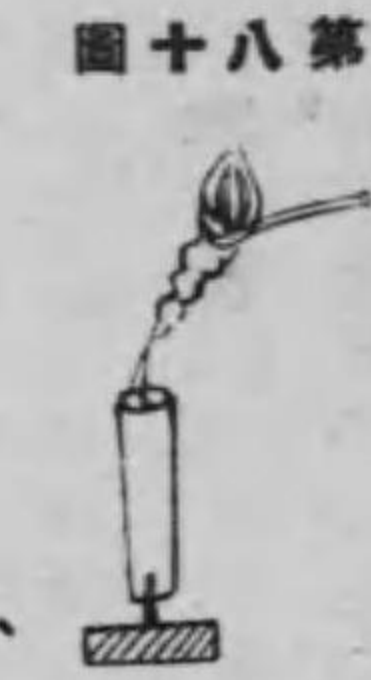
## E、兒童參考實驗

### 一、準備

材料 蠟燭、マッチ。

### 二、方法歸納

(1) 蠟燭に点火し置き溶融せる臘がたまるをまち別にマッチに点火せるものを用意し。



第十八圖

点火す(白き煙状のものに)。

(3) 蠟燭のもえて居るのをふきけすと……燃えて居た時の熱のために蒸氣が出て居る。

マッチを近づけると……燃える。

蠟燭のもえて居る時焰のあるのは……氣體がもえて居るため。

### 三、本實驗の特徴

- (1) 簡易なるため家庭にて實驗し得。
- (2) 卑近の事にも細心の注意と工夫をめぐらす時は新事實を發見しうることを自ら知らしむるに足る。
- (3) 点火せるマッチを近づける距離の最大距離を各自をして見出さしめ得ること。

## F、教師參考實驗

木材燃焼の時の焰。

### 一、準備

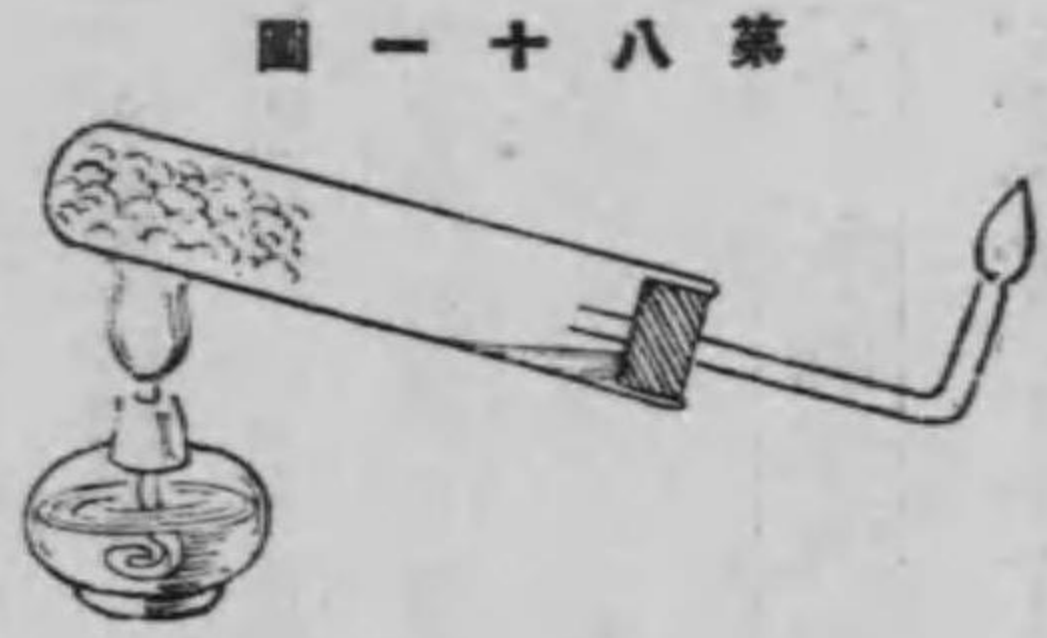
材料 Ⅱ 試験管、木栓、硝子曲管、鋸屑、アルコールランプ、試験管挟み、マッチ。

二、方法歸納

- (1) 試験管に鋸屑を半分位入れ硝子曲管を嵌めたる木栓をする。
- (2) 圖に示す如く試験管をや、斜に試験管挟みではさんで酒精燈で熱する。
- (3) 白き煙状のものが硝子管を傳うて出するのに点火すると焰を舉げて燃える。
- (4) 木材の燃焼の時焰あるも一度氣體となつたものもゆるのである。

三、本實驗の特徴

- (1) 日常の事實を取扱ひ得ること。
  - (2) 試験管口にたまれる、木タールを見ることも出来、酸性反應(木醋)を呈すること。
- とも容易に見ることが出来る。



圖一十八第

G、兒童實驗二

火の燃えるには新らしき空氣を要すること。

一、準備

材料 Ⅱ 蠟燭、マッチ、ランプのホヤ。

二、方法

- (1) 点火した蠟燭を机上に立て、竹ボヤで被ひ其の上に又は下端の孔を塞ぐこれを塞ぐにはボール紙を用ふればよい、尙手で蓋ふてもよい。
- (2) 火は漸時消える。
- (3) 歸納：蠟燭の火は絶えず新らしき空氣を要するものである。

三、例證

- (1) 濕漉の戸を閉めると火は消える。
- (2) 戸を開け又は扇等であふれば火勢がよくなる。
- (3) 石油ランプの口金には數多の孔が開いてゐる。
- (4) 煙突の高いのは火の燃えがよい。
- (5) 火を火消壺に入れると消える。
- (6) 火吹たるま。
- (7) 石油失火の際は水は禁物である。
- (8) 石油出火の際は敷物を覆ひ被せる。
- (9) 石油出火の際は消火器で不燃燒瓦斯で取り巻く。

H、教師參考實驗

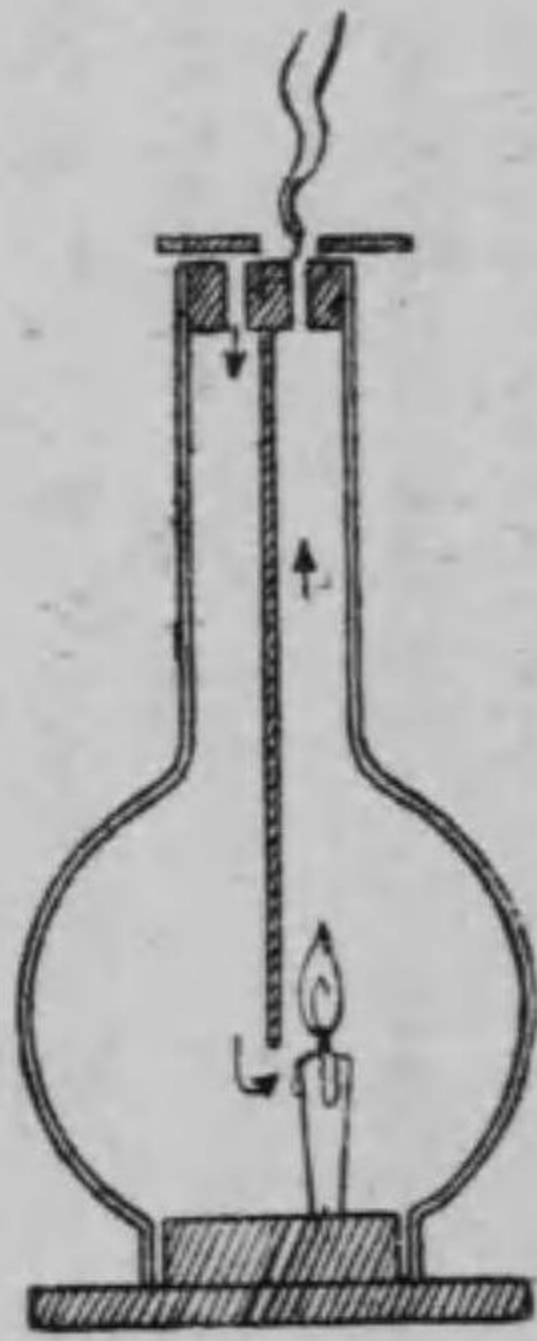
一、準備

材料 蠟燭、ランプのホヤにて作れる實驗器、線香、マッチ。

二、方法

- (1) 圖の如く二孔のある栓の中央に鐵葉片をつけたものを挿入し、下口の燭臺に火を點するときは蠟燭の火は盛んに燃える。
- (2) 今線香に火をつけたものを上方の二孔の所に近づかしめ

圖二十八第



ると、一方の線香の煙は下方に向つてホヤの中に入り、一方の線香の煙は上方に向つてなびく。

- (3) 次の上方の一孔を塞がせると蠟燭の火は忽ち消えてしまふ。

三、歸納

- (1) 燭火が燃えるときには……一方の空氣が絶えず一孔よりホヤの中に入りて燭火のところを通りて上方に流ることが知れる。
- (2) 一方の孔を閉ぢると……其流れる空氣が停止せられ新らしい空氣が入らぬからである。
- (3) 火の燃えるには絶えず新らしい空氣を要する。

注意

この實驗は空氣の對流を示すものであるけれども對流は高等科に於て教授し、ここでは新らしい空氣が絶えず交流してゐることを知らしめるのである。

四、本實驗の特徴

- (1) 燃燒に新らしい空氣の必要なることをよく理解せしめることが出来る。
- (2) ランプの理を説明するに都合がよい。

I、教師實驗補一

焰の觀察。

一、準備

材料 蠟燭、マッチ。

圖三十八第



二、方法

- (1) 蠟燭に點火して風のない室内でこれを仔細に觀察させる。
- (2) 中央部は暗黒、之を取圍んだ部は光輝強

くして最も人の目を引く、最外部は青色を帯びて甚だ認め難い。

三、歸納

- (1) 中央暗黒の部は未燃部(焰心)である、水を入れた試験管を挿入して、心の上端より少しく離れたところを支ふれば暫時に管底に蠟の凝着するを見る。
- (2) 光輝強い部は不完全燃焼の部で温度は却て低い浮游した炭素の細粒が熱せられて光輝を放ふ(内焰又は還元焰) 水を入れた試験管の底又は白墨の端を此部に入れると炭素は黒くその端に附着する。
- (3) 最外部は完全に燃焼して炭素粒もない従つて光輝極めて少く温度は最も高い(外焰又酸化焰)。

丁、教師實驗補二

外部は温度高く内部は低きこと。

(イ) 實驗其の一

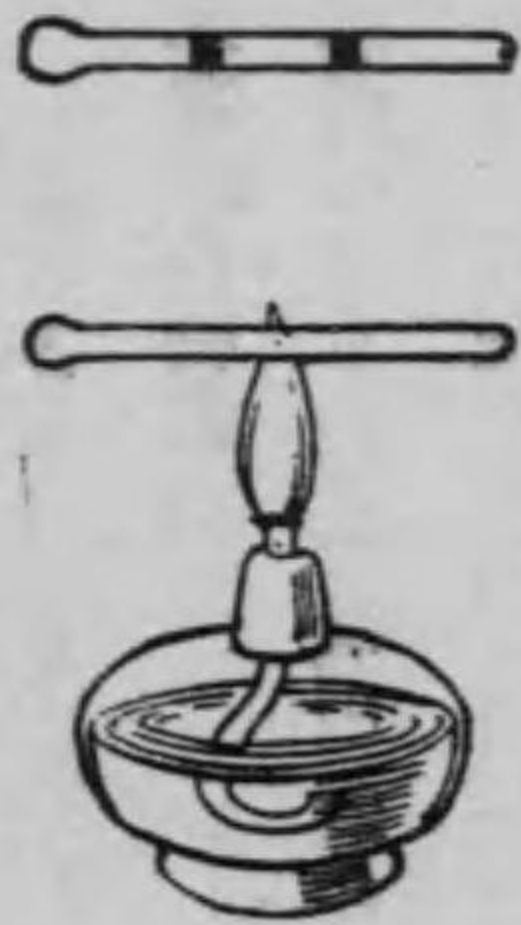
一、準備

材料|| 酒精燈、マッチ、細き鐵線、稻藁の炭。

二、方法

- (1) 酒精燈の焰を横ぎつてマッチの軸を支持すると先づ焰の外測に當るところから焦げはじめ。

圖 四 十 八 第



- (2) 細い鐵線又は稻藁の炭を以てすれば其の部分が赤熱せられる。

三、歸納

焰には焰心、内焰、外焰の三部あること而して焰心は最も内部の黒き部分で温度も光輝も最も弱く、内焰は温度稍弱いけれども光輝最も強、外焰は氣體の外界空氣と直接に觸れて完全に燃焼するから温度も高く光輝は割合に弱いことを知らしめることが出来る。

(ロ) 實驗其の二

一、準備

材料|| 酒精燈、マッチ軸木。

二、方法

- (1) マッチの軸の頭を焰心の暗黒部に挿入すると軸は焦げるも頭は發火せぬ。
- (2) 歸納... 焰心は未燃部であるから軸頭は燃えぬ。斯くて焰の外部は温度高く内部は低い。

(ハ) 實驗其の三

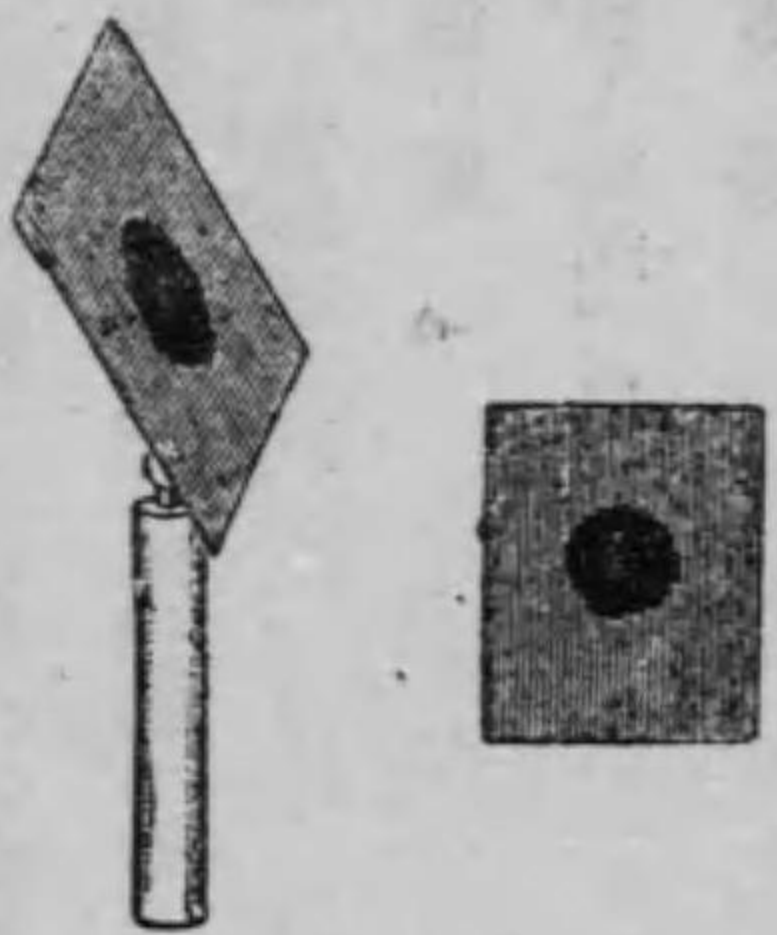
一、準備

材料|| 蠟燭、白紙。

二、方法



第五十八圖



- (1) 一片の白紙を取り速かに燭火の中央を覆へば先づ煤煙の輪が出来る。
- (2) 適當の時に紙を焰から取り出せば煤煙の輪の外に褐色に焦げた輪を紙上に印すものである。

注意

- (1) 紙は急に振つて紙に點じた火を消すがよい。
- (2) 示熱紙を燭火中にかざして色の變つた所を觀察して温度の高下を知る。
- (3) 金網を以て前同様のことを試みると赤熱せられた輪が生ずる。

### 三、歸納

内焰部には炭素の粒が澤山浮遊し居ること、焰は外部温度高く内部は低いことが知れる。

## K、兒童實驗三

マツチの原理。

### 一、準備

材料 || 鹽酸加里、赤燐、木の棒、紙片。

### 二、方法

- (1) 鹽酸加里を粉末にこれに赤燐を混和する、(軽くかきませる、鳥の羽にてなすが最もよろしい)。
- (2) 耳かきに三杯位紙片につつみて生徒に配布する。
- (3) これを机上に置いて木の棒にて打ちて發火するを實驗させる。

注意

- (1) 紙に包まないで打つてもよい。
- (2) あまり近づつてせぬこと。

### (三) 研究應用

#### 一、燃焼の意義

化學的變化が行はれる際には、熱を發生する、若くは吸集するといふ事が同時に行はれるのが通例である。熱の發生が殊に著しくして、火を放つに至つたとき吾々は其の化學的變化に別の名を與へて燃焼と謂つてゐる。

## A、參考實驗一

或器に水を盛り、ナトリウムの小片を之に投げ込めば、盛んなる化學的變化を起し、ナトリウムは其の熱のために熔けて銀色の球となつて水面を轉々する、併し光を發するに至らない。故に之を燃焼

と呼ばない。

B、参考實驗二

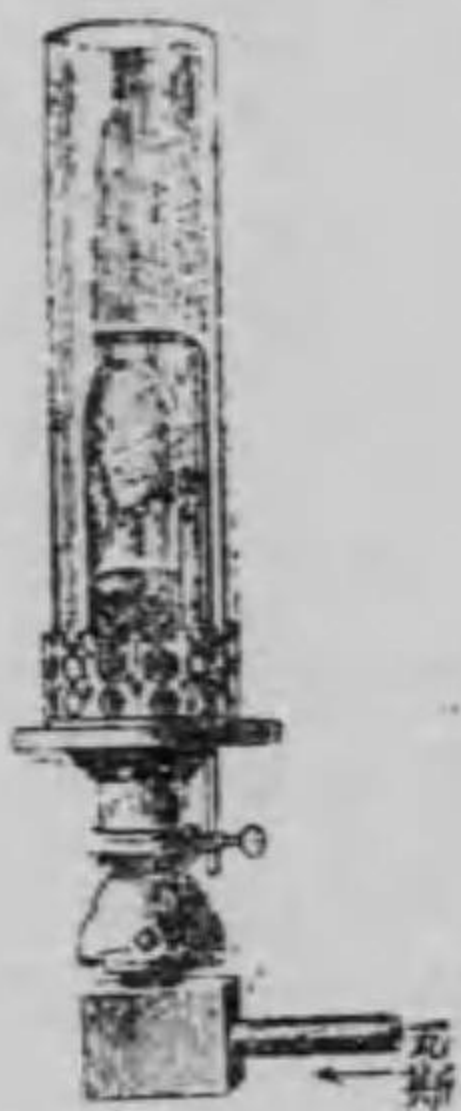


この實驗を水の代りに硫酸を小さい皿に盛つて行ふ時は化學的變化は一層烈しく、従つて熱の發生も著しく、直に光を發するに至る。即ち燃燒の現象が見られる。

二、燃燒の條件

燃燒を起すに必要な條件は二つある。一は酸素を與ふること、二は其物を或る溫度以上に熱すると云ふことである。兩者其の一つを缺けば燃燒は起りもせず又繼續もしない。而して其或る溫度と云ふのは物質に依つて夫々違つてゐる。

圖 六 十 八 第



三、瓦斯燈

現今の瓦斯燈は石炭瓦斯に十分なる空氣を混じてもやし、かくて蠟燭の外焰と同性質なる焰を得て、此の中にナトリウム、及びセリウムと云ふ稀有の金屬の灰から出來た網を熱するやうにしたものである。かくて得た

瓦斯燈が甚だ強い光を放つ所以は一つには其の焰の溫度の高いこと、二つには此の網を作つてゐる物質が、炭素の細粉よりも光を放つ性質に富んでゐるからである。

四、アセチレン燈

小仕掛で明るい燈火を得られるものにアセチレン燈がある。自轉車の燈火などに多く使ふ。アセチレンは炭素と生石灰とを混ぜて強熱して得た炭化カルシウム、俗にカーバイトと稱するものを水に觸れしむれば直ちに發生する瓦斯で、之を試験管口で點火するときは、アセチレン中の炭素が十分燃え盡きないから、油煙も多く光輝も弱い、若し之を細口から強く噴出せしめるか、若しくは二筒の細口から噴出する瓦斯が互に衝突して平たい焰を擧げるやうにした火口をつかつて之に點火するときは、油煙のなくして光の強い焰が得られる。アセチレンに空氣を混じたものに點火する時は烈しく爆發するものであるから深く注意せねばならぬ。



五、ランプの構造

(1) 口金 ランプの口金の底に、多數の小孔を設けたのは、空氣の流通を自在ならしめんがためで空氣の流通を良くするは、酸素の供給を充分ならしめんがためである。酸素の供給を充分ならしむるには、その空氣をして、成るべく焰に接近せしめねばならぬ。是れ口金

を要する所以で、ランプに口金がないときは、縦令空氣の流通を自在ならめる小孔を設けてもその燃焼を十分ならしめることが出来ぬ。従つて其の光も亦甚だ不完全なるを免れぬ。

(2) ホヤ ホヤもその目的の一は空氣をしてなるたけ焰に接近せしめ且つ空氣の對流をよくして酸素の供給を充分ならしめんが爲めの設備で、若しホヤがないときはその燈火強からずして且つ黒烟をあげるものである、是れ口金の底の小孔から自在に入り来る空氣は、そのまゝ四方に散じて充分に焰に接近せず。従つてその燃焼も充分ならざるによるものである。けれどもホヤある時は孔から入つた空氣は一旦焰に接近して、その燃焼を助け、熱せられると、即ち軽くなつて上に昇り、ホヤの上口から出て去るから新たな空氣はその缺を補はんが爲めに續々入り来るのである。

圓心ランプのホヤはその焰に接するところを、殊に小にしてゐる。是れ圓心ランプには口金がないから、ホヤの特殊な構造によつて空氣を成るべく焰に接せしむる様にせるものである。

ホヤを要する他の理由は、焰を外氣に冷さぬやうに保たんとすることである。凡そ一物の燃焼するときには必ず一定の溫度を要するもので溫度低いときは燃焼完全でない。然るにホヤあるが爲めに常に一定の溫度を保持してその燃焼を充分ならしめ従つて光を鮮明ならしめることを得るのである。

ランプに點火してもホヤを嵌めぬ間は、その光充分でなく盛に煤烟を出すけれども、ホヤを嵌めるときは、忽ちその光鮮明となつて、且つ煤烟の出づるのないのは日常經驗する所である。

(3) カサ ランプには通常カサがある。是れその反射を利用して一方面の光を強めんがためである。光は四方に輻射するものであるから、上部に輻射する光はカサに由り反射せられて下部に向ふから下方即ちその反射光線を受くるところは二重に光線を受く理である、故にその光は一層鮮明の度を加へるのである。

### 六、燐寸

燐寸には黄燐燐寸と安全燐寸との二種類がある。

黄燐燐寸は過酸化鹽、硝石又は鉛丹(酸化劑)と黄燐と膠とを共に煉り合して軸木の頭に著けたもので、その頭はラック溶液で被ひ自然の發火を防いである。安全燐寸は黄燐燐寸のやうに粗面に摩擦したゞけでは容易に發火せず他の藥劑を附けた摩擦面が必要である主なる藥品は赤燐と鹽酸加里との二つであつて共に低い發火點を有つたものである。

#### 安全燐寸藥劑割合の割合

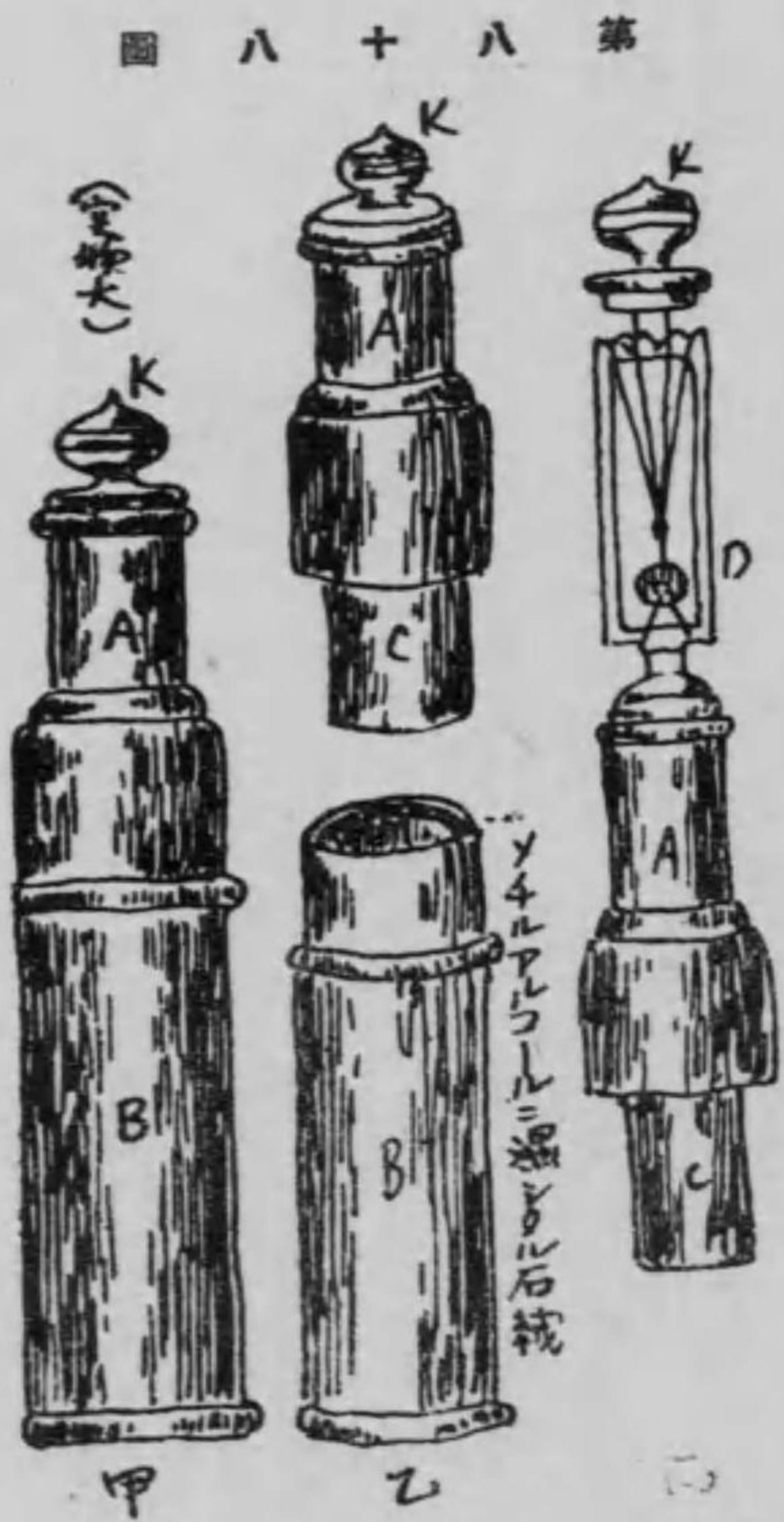
	軸木の頭に附着すべき藥劑			摩擦面に塗るべき藥劑		
	例一	例二	例三	例一	例二	例三
鹽酸加里	六	六〇	一一	—	—	—
重クロム鹽酸里	—	—	二	—	—	—

アラビヤゴム	木炭	赤磷	膠	硝子粉	硫化アンチモン	硫化鐵	硫黃	二酸化マンガシ
	一八	四	一	一〇	三	一	一	一
	一	一	一	一	一	一・五	一	一
	一〇	五	一	一	一	一	八	一五
	一〇	六〇	一	一五	一	一	一	一
	九	一	三	一	七	一	一	一

七、メチレット

白金の面白い性質を利用した点火器である。これは到底マッチを壓倒すると云ふ性質のものではないが、巻煙草の如きものに点火するには好い。此種の点火器の構造には種々あるが、其要部は數本の細い白金の針金で小さい環状をなせる黒い固體が張つてあるところである。此環は又白金の極めて細かい粉が浮石に附着してゐるか、或は陶土に混入して居るのである。時として白金の外にトリユームと云ふ金屬の酸化物を混じて居るものもある、此の装置が空氣を混じたる水素又は空氣を混じたる石炭瓦斯、又は空氣を

混じたるメチルアルコールの蒸氣に遇ふ時には、此等のもの、酸化を非常に活潑ならしめて、遂に自ら發火するに至らしむる性質がある。圖に示す甲は此主義に依つて作られた、シガー点火用として今日市



上に見るところのメチレットで、其の蓋を引き離すとて圖の如くなる。丙圖は其の蓋の(K)部を上引いて其の内に装置してある上記の白金製の部分を(B)の内へ挿入するときは其の口に於て直ちにメチルアルコールが燃え出すのである。

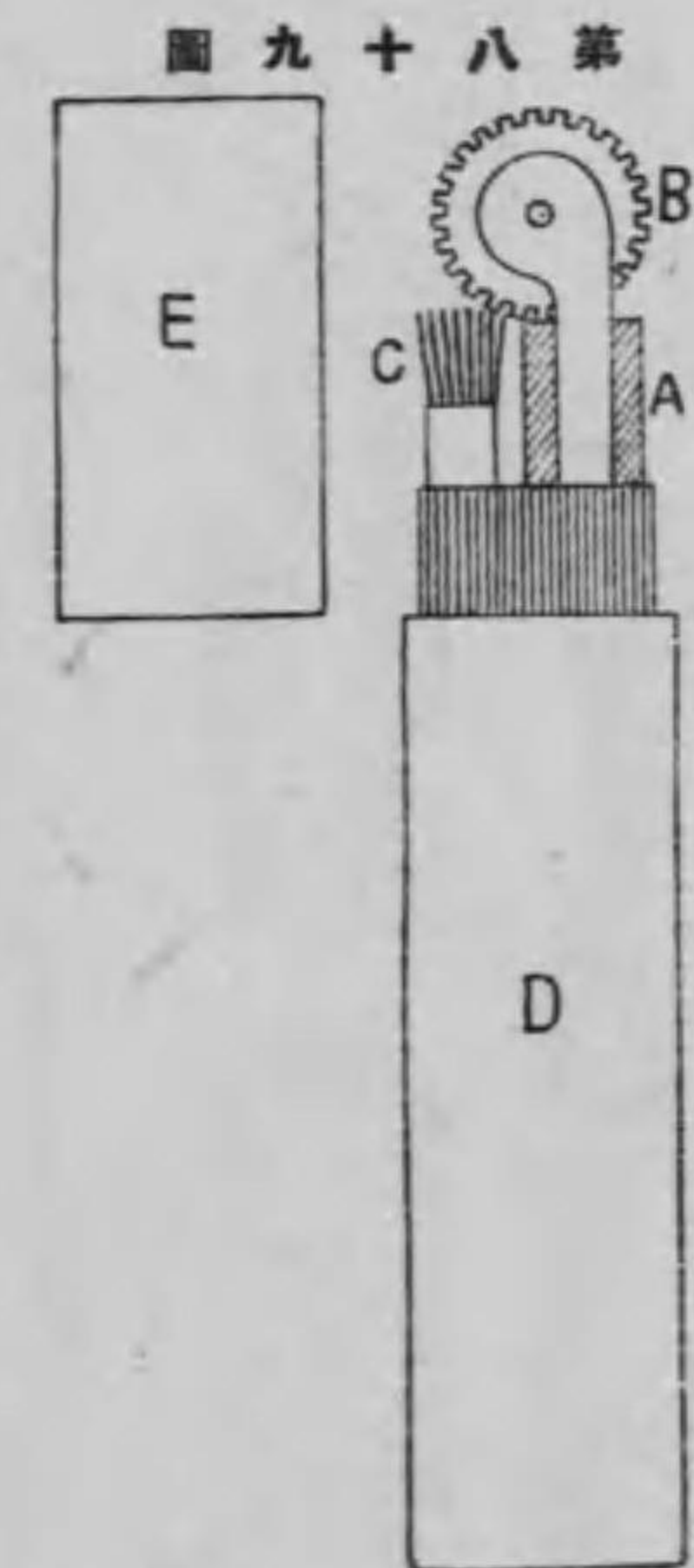
此の場合に於ける白金の役目はメチルアルコールと酸素との間に、白金がなくとも極めて微弱ながら行はるべき化學變化を、非常に活潑にする爲であつて自身が何等の變化を受けない。

八、巻煙草点火器

三十年前に獨逸のアウトエルは白熱ガスマントルを發明したのである、モナザイトといふ鑛石からマント

ルの原料のトリウムを取したセリウムを含有して居る残滓が非常に澤山あつた、アウエルは之を利用しようと思つてこの残滓の鹽化物をとかして鐵線で電氣分解をしてえたセリウムの棒を小刀で削つて見たのに内部にゆく程閃々と火花を發するのを見た、ここに研究に端緒をえて三十五パーセントの鐵六十五パーセントのセリウムからなつて居るマウエルメタルといふものを作り出した。

これを摩擦すると火花をよく發するそれはこの合金に鐵が混合して居るから摩擦に微細なる粒子が出來て之が摩擦熱のために酸化せられて光輝を發するのである。



次の圖は此のアウエルメタルを用いた卷煙點火器である。(A)はこの合金、(B)は齒車でこれを廻して摩擦すると火花が出る火花のために(C)の燈心に點火され(D)の中には揮發油で濕した燈心が

ある(E)は蓋である。

九、對流と空氣の供給

ランプにホヤをかけると空氣の供給が盛んになるのは對流が起るからである。一寸考へると下方の口金だけに止めてホヤを用ひるよりもホヤ、口金の孔を徹して四方から空氣が供給されるやうにした方がよ

いではないかと思はれる。しかしよく考へるとさうでない。即ち四方を開放して置けば焰に近づいて既に燃焼を終へた空氣の行き場がないため新しい空氣が火焰に近づけない。然るにホヤを用ひると入口と出口が定つて對流が起るから空氣の交代がよくなる。従つてよく燃焼するといふ事になる。對流と空氣の供給との關係は、人通りの繁い道路の左側通行の如く、又停車場の入り口出口の如きである。

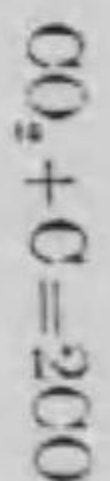
一〇、炭火の焰

炭の火に焰のないのは炭は固体のまま燃えるからであるが、炭火も盛んになると焰を出すものである。炭火の焰の構造は次の如くである。

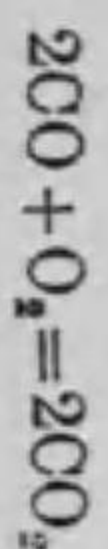
(イ)の部では炭と空氣中の酸素と化合して。



(ロ)部では熱せられた炭が下方から來る炭酸瓦斯に作用して之を分解する。



(ハ)部では其の一酸化炭素が更に酸素と化合して焰を擧げてもえ炭酸瓦斯となる。



第九圖

### 第九 酸素

#### (一) 教授の主眼

本節は火が新しい空気を要することと連關して、酸素の性質を教へ、其中で物のよく燃えることを知らしめるのが主眼である、それがためには、(1)其の發生、捕集を準備とし、(2)よく燃ゆる實驗に入つては

(イ)餘燼の燐を舉げて燃えること。  
 (ロ)氣中では燃えない鐵線の燐えること等を經驗せしむればよい。

#### (二) 實驗要項

##### A、兒童實驗一

- 1、酸素の發生。
- 2、酸素中にて物の燃ゆること。

#### 一、準備

材料|| 試験管、鹽素酸加里、過酸化マンガン、アルコールランプ、マッチ、木炭の小片、針金、古葉書  
 (試験管挟み)

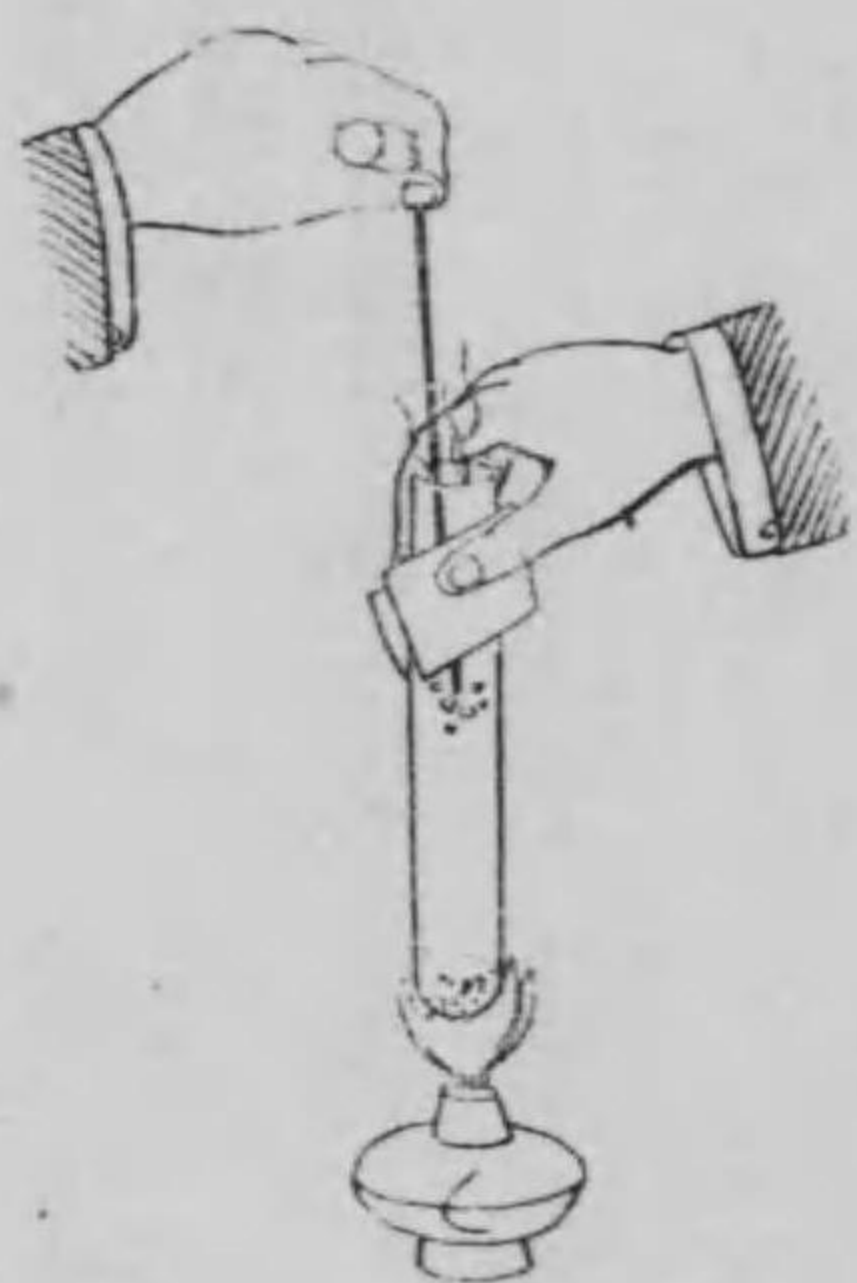
#### 二、方法

- (1) 鹽素酸加里四と過酸化マンガンとの割合に混じたものを試験管に少し許り入れ。
- (2) 管口に近い所に古葉書を四つ折りにしたものをあてて握り、之れをアルコールランプで熱する。
- (3) 暫くにして氣體を發生する。
- (4) 此の時、(ル) マッチの餘燼あるものを管口に持ち來せば再び燃える。又(ト) 木炭の小片を細い鐵線で巻きつけ、赤熱して管内に入れると感に燃える。

#### 注意

- (1) 試験管の底部に銅網を巻きつけて置くと一層都合がよい。
- (2) 酸素は無色・無臭であるから、其の發生當初は餘程注意して居ないと時機を失する。
- (3) 豫め小片炭素を熱する事を忘れぬこと。

圖 一 十 九 第



#### 三、歸納

- (1) 發生する氣體は何か… 酸素。

- (2) 酸素の色や臭ひは：：無色・無臭。
- (3) マッチの餘燼が酸素中で再び点火したのは何故か：：酸素には他の物を燃やす性質があるから。
- (4) 熱したる炭素を酸素中に入れた時はどうなつたか：：よく燃えた。：：其の理は：：(3)と同様。
- (5) 酸素は無色無臭の氣體でよく物を燃す性質を持つてゐる。

**四、本實驗の特徴**

- (1) 各兒の實驗團に簡單に行はしめることが出来る。
- (2) 規模小にして、且つ装置不完全なるが爲め、時機を失すれば目的を達することが出来ぬ。

**B、教師參考實驗**

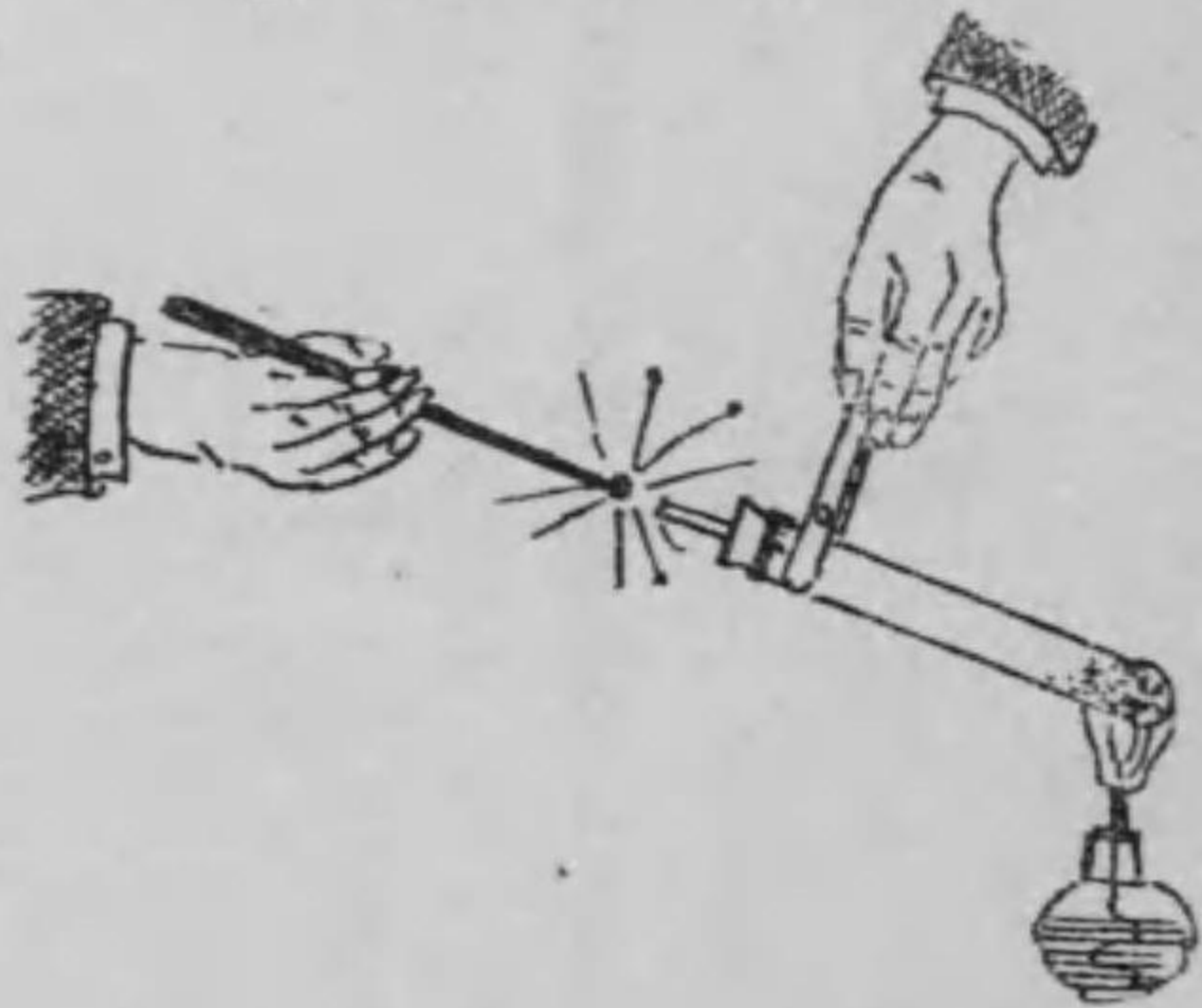
**一、準備**

材料：試験管、有孔コルク、一寸程の細き硝子管、鹽素酸加里、過酸化アンガン、アルコールランプ、木炭小片、硫黄、鐵線、試験管挟み。

**二、方法**

- (1) 試験管内に實驗一の如く藥を入れ、細き硝子管を通したコルクにて管を塞ぎ、試験管挟みに挟んで挿圖の如く加熱する。

第九 十 二 圖



- (2) 暫くにして酸素を發生する。
- (3) 硫黄を石綿の先端につけて之れを熱し、其の燃え始るものを酸素の發生せる口に近づけるとよく燃焼する。
- (4) 鐵線の先端にマッチの軸をつけ、点火して(3)の如くすれば鐵線は火花を散らす。

**三、歸納**

實驗一の歸納に準ず。

**四、本實驗の特徴**

- (1) 酸素發生の時機が発見し易い。
- (2)、(3)(4)の作用を明確に捕へしめることが出来る。

**C、教師實驗一**

酸素の發生、捕集。

**一、準備**

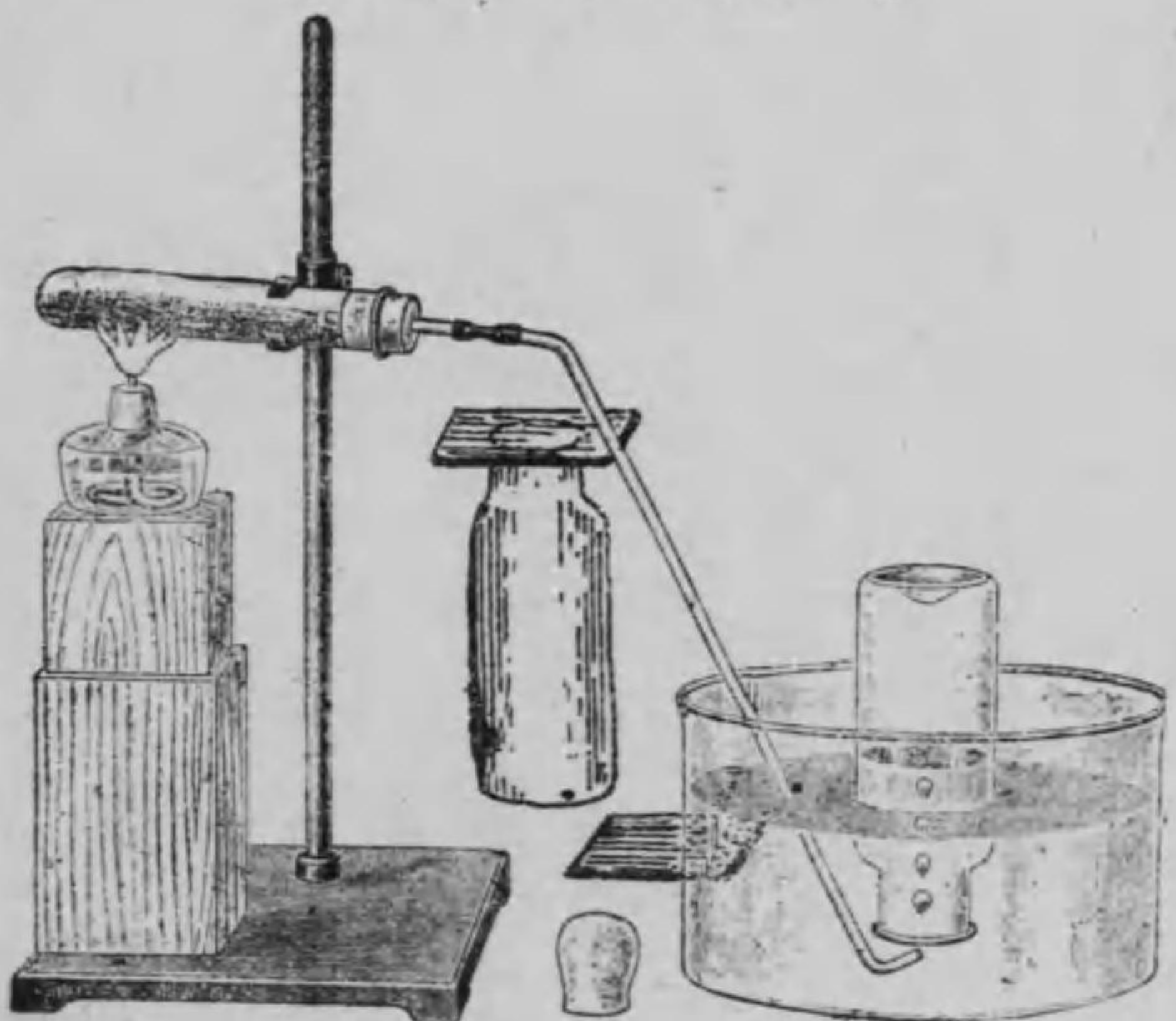
材料：硬質試験管、木栓、ガラス管、硝子曲管、支へ臺、廣口瓶(數個)、板ガラス(數個)、アルコール

ランプ、鹽素酸カリウム、二酸化マンガン、水槽（バケツ）、水。

二、方法

- (1) 稍大なる硬質試験管に鹽素酸カリウムとその四分の一の二酸化マンガンとを混じたものを三分の二位入れ、ガラス管を通したコルク栓を其の口に嵌め、ゴム管を以て曲折硝子管に連ねて、其の端を水槽（バケツ）に入れ、此の試験管を横にし、且つ口を少しく低くして支へる。
- (2) 下からアルコールランプで徐々に熱する。
- (3) 暫くにして導管の端から無色・無臭の氣體が泡となつて盛に出る。初め出るのは空氣である酸素が出る様になると盛に出でくる、白煙状のものも供ふが普通である。
- (4) 此の時、水を満して倒にした廣口瓶を導管の端

圖 三 十 九 第



の上に置く。次第に酸素は發生して水と入りかはり遂に廣口瓶に満ちる。其の時は瓶の口をガラス板

で蓋ふて取り出し、机上に靜置す。かくして數個の廣口瓶に氣體を集める。

注 意

- (1) 藥品は十分に乾いたものを用ひよ。然らざれば藥品より發生せる水蒸氣が上部に於て凝縮し、滴下して試験管を破壊する懼がある。
- (2) 試験管を傾けるのは、發生する水蒸氣の滴下によつて試験管を破壊するを防ぐためである。
- (3) 二藥品の外に同體積の細砂を加へると酸素を穩に發生し得る。
- (4) 集氣瓶に満水せしむる法は、先づ瓶に水を満し、硝子板を瓶口に載せ、左手で押へ、右手で瓶の下部を持ち、例にして水槽中に立て、硝子板を取る。此の際、一泡の空氣をも瓶中に残さぬことが大切である。
- (5) 試験管は一樣に熱して、一局部のみ強熱せぬやう注意せよ。
- (6) 試験管には成る可く硬質のものを用ひよ、若し普通のならばランプを移動せよ。
- (7) 鹽化加里は粉碎したものを用ひよ。
- (8) 酸素の發生あまりに盛なる時は一時アルコールランプを除去せよ。
- (9) 試験管を熱する時、内部に火花を見ることがある。是れは二酸化マンガんに混する細塵が燃えるのである。是の塵埃が多量に混してゐると爆發を起すことがあるから注意を要する。
- (10) 此の實驗に於て鹽素酸カリウムは分解して酸素と鹽化カリウムを生ずる。鹽素酸カリウム八匁から發生する酸素の體積は四升餘である。白い煙の様なもの分解の結果出來た鹽化加里の粉末である。
- (11) 酸素は殆んど一時に出るものであるから水をいれてふせた集氣瓶を充分用意して置かねばならぬ。
- (12) 二酸化滿俺は觸媒として作用し少しも變化して居ないから酸素採取後の試験管は冷却させて後水を入れて鹽化加里を溶解させ濾紙でこして二酸化滿俺を分ち乾燥させて再び用ひられる、濾液は蒸發させると鹽化加里を採取することが出来る。



三、歸納

實驗一に進ず。

四、本實驗の特徴

- (1) 装置完全。
- (2) 酸素の發生明瞭にして採捕容易。
- (3) 多量の酸素を發生採捕し得る。

D、教師實驗二

酸素中にて物のよく焼ゆること。

一、準備

材料 廣口瓶に捕集せる酸素、杉箸、マッチ。

二、方法

杉箸の一端を燃し、是れを吹き消して其の端に尙炭火の残れるものを酸素捕集瓶中に入れると杉箸は再び焰をあげて燃える。  
西洋蠟燭を用ひると餘燼があるように吹きけすことが難しい。

三、歸納

物の燃えるのは空氣中に於けるよりも酸素中に於ける方が盛んである。

E、教師參考實驗一

一、準備

材料 楯製蠟燭、マッチ、捕集酸素。

二、方法

蠟燭に點火して之を吹き消し、尙火の残れるものを酸素中に入れると再び焰を揚げて燃える。

三、歸納

實驗三の歸納に進ず。



第九十四圖

F、教師參考實驗二

一、準備

材料 木炭の小片、燃燒匙、捕集酸素。

二、方法

木炭の小片を赤熱して之を燃燒匙に載せ酸素中に入れると空氣中に於けるよりも強い光を放つて燃える。

三、歸納 (右同)。

G、教師實驗三

酸素中にて物のよく燃ゆること。(鐵の如きものにて)

一、準備

材料 細き鐵線、マッチ、捕集酸素。  
製作 細き鐵線を筆軸に巻きつけて螺旋状とし、其の先端にマッチの軸をつける。

二、方法

- (1) 酸素捕集の廣口瓶の蓋を去り、手早く砂一握を投入し、蓋をして置く。
- (2) 螺旋形鐵線の先端につけたるマッチの軸木に點火し、適當に燒えた時、之れを酸素中に入れよ。

圖五十九第



(3) 鐵線は烈しき火花を放つて燃える。

注意

- (1) 瓶底に一寸以上の深さの水を入れて置いても、赤熱せられた鐵の小塊の爲めに瓶底を破壊することがある。砂を入れる事が切要である。
- (2) 鐵が酸素中で燃える時は、磁鐵鐵と同成分の酸化鐵の黒塊を生ず。
- (3) マッチの軸のかはりに硫黄を用ひてもよい。

三、歸納

- (1) 鐵線を瓶中に入れた時、眼のくらむが如き閃光を認め鐵塊を飛散せしめたのは何故か……鐵が酸素のために燃えたのである。
- (2) 多くの物は酸素中にて燃燒す。鐵の如く、空氣中にては容易に燃えぬものも酸素中ではよく燃える。
- (3) 酸素が物を燃燒さす作用は空氣よりも強い。

四、本實驗の特徴

- (1) 酸素の助燃力を一層明確に知らすことが出来る。
- (2) 兒童の心膽に徹して興味を與へ得る。

五、例證

(1) 鐵板を切斷する時、及び大規模の鐵工場には水素と共に用ひて熔解の用に供する。

- (2) 液體酸素の利用。
- (3) 通氣よき所では火がよく燃える。(コンロ、ランプ、煙突のある處、扇で風を送つて燃す)。
- (4) 喫煙の時息を吸つて火熱の強くなる理。

### Ⅱ、教師實驗四

酸素中にてはよく物の燃ゆること。

#### 一、準備

材料 硫黄少許、燃燒匙、マッチ、捕集酸素、アルコールランプ。

#### 二、方法



圖六十九第

硫黄の少量を燃燒匙に入れ、アルコールランプで熱し、之れに點火し、酸素を満した瓶中に入れると空氣中に於けるよりも強い青色の焰をあげて燃える。

注意

- (1) 瓶の底部には少し水を殘して置け。
- (2) 火の消えるのを待つて燃燒匙を引き出して蓋をなし、振盪すれば瓶中の氣餘は水に溶解する。此の瓶中に青色リトマス液を注げば赤色に變ず。

### 三、歸納

實驗三に準ず。

### Ⅰ、教師參考實驗一

#### 一、準備

材料 石綿の薄片、針金、硫黄少許、アルコールランプ、酸素發生器。  
 製作 石綿を徑四分長さ四寸位に巻き、其の先端に硫黄をつけ、之れに針金を巻きつけて手に持ち得るやうにする。

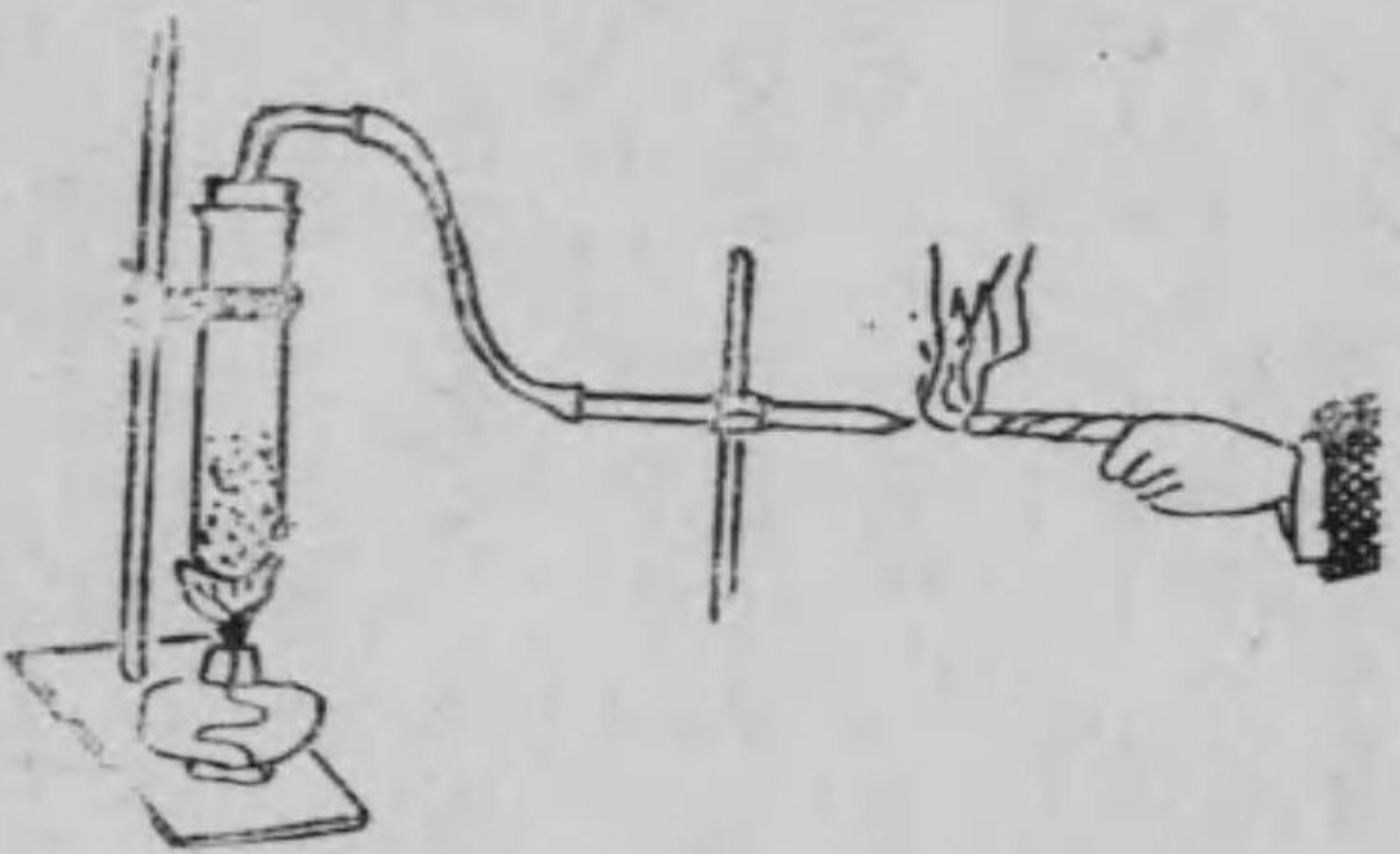
#### 二、方法

石綿の先の硫黄を熱して燃燒を始めた時之れを圖に示すが如く、發生器より酸素を吹き附けると硫黄は盛んに燃燒する。

#### 三、歸納

主實驗に準ず。

圖七十九第



### J、教師參考實驗三

#### 一、準備

材料 黄燐大豆大のもの、濾紙、燃燒匙、マッチ、捕集酸素。

#### 二、方法

黄燐を大豆の大きさに切りとり、手早く濾紙の上で湿氣を去り、燃燒匙に載せて点火し、之れを酸素瓶の中に入れる。すると劇しく燃えて眩目する許りの強い光を放ち、同時に白煙を生ずる。

注意

- (1) 瓶中に少許の水を残して置くこと。
- (2) 燃燒後振盪すれば白煙は盡く水に溶ける。次に青色リトマス液を瓶中に入れると赤色に變はる。
- (3) 是れは瓶中に生じた無水燐酸が水に溶けてメタ燐酸となり、之が酸性反應をあらはしたのである。
- (4) 黄燐を切るには水を少し入れた乳鉢に入れ、ピンセットを左手に持つて黄燐を挟み、右手の小刀で適當の大きさに切るのである。決して手をふれてはならぬ。
- (5) 黄燐が酸素中で燃える時には多量の熱を發するから燃燒匙を瓶の中央に保ち、之れに觸れぬ様に注意せよ。若し誤れば破壊するに至る。

#### 三、歸納

前實驗に準ず。

#### 四、本實驗の特徴

- (1) 酸素の助燃燒力性を明らかに知らせることが出来る。
- (2) 兒童の心膽に徹して興味を興へる。
- (3) 實驗が多少危険で困難。

### (三) 研究應用

#### 一、酸素發見の歴史

(1) 最初空氣は一種の原素と考へられて居たが、第十八世紀の末に至り、スウェーデンのシェーレ氏、硝石及軟マンガン鑛を灼熱して一種の氣體を得、此の氣體中に於て可燃物を燃したるによく燃燒を支へるのみならず空氣中よりも却つて盛んに燃え、其の氣體は全く消費せらるゝ事を實驗した。氏は硝石等から得た氣體を火氣と名づけ空氣中に此の火氣の存在せることを説いた。

(2) 其の後英人ブリストロー氏はシェーレ氏の研究を知らずして炭酸瓦斯について其の諸性質を實驗した後、偶々一つのレンズを得たので日光々線を集めて焦點を作り、種々の物を熱して如何なる氣體を發生するかを試みた。宛も鉛丹を熱した時、計らずも一種の氣體を發生ししかも其の中に於て燭火の盛んに燃えたるを見て、氏は大いに驚いた、氏は其の後一七七四年赤色酸化水銀を熱して始めて、確かに酸素を捕集し、是れにデフロクストン氣と名づけ、試験の結果を世に公にした。依つて、其の發見