

「いそぎんちやく」は雌雄異體であつて、雄の膈膜の内層精巢の中に完全に發育した精子は、其の壁を破つて腔腸の中に落ち、更に口から水中に出で、進んで雌の口から腔腸に入り、此所に於いて雌の卵巢の中に成熟した卵の腔腸に落ちて來ると合して受精發育して、母體から泳ぎ出て、永住の地を見つけて固着するのである。

三、さんご

1. 珊瑚で造つた細工品

古から七寶の随一として珊瑚は珍重せられたものである。然しこれに關する研究は餘り出來てゐなかつたものであつて、ギリシヤ時代にはこれを一種の植物として考へて居り、それ以後も珊瑚蟲の觸手を見てこれを花なりとした様な滑稽な時代もあつたのである。昔も今も貴重がられてゐる桃色珊瑚や赤珊瑚も、實は珊瑚蟲と稱する動物の作つた骨格なのである。「さんご」蟲の大抵のものは皆骨格を作るのであるが、その中で品質の良い骨格を選んで、珊瑚の玉とか珊瑚の印材等にするのである。

イ、珊瑚で造つた主なる細工品、珊瑚で造つた主なる細工品を舉げると次の様なものがある。

管の玉、婦人の鬘に結ぶ時の根掛の玉、袋物の緒締の玉、珠數玉、婦人の頸飾、カフス釦、印材、裝飾用ピン、床の置物。

ロ、珊瑚は何處が一番多く採れるか、歐洲では古來伊太利が珊瑚の産地として有名であつたのであるが、今日では餘り振はない、従つて現今世界に於ける珊瑚の主要産地はわが日本である。日本の中でも長崎縣、鹿兒島縣、高知縣等の近海に於いて最も多く採れるのである。

ハ、珊瑚の産額、珊瑚の中で最も價の高いのは桃色珊瑚であつて、最上等品は一斤八十圓から三百圓もする相である。次ぎは赤珊瑚であつて、最上等品でも一斤四十圓乃至五十圓位だ相である。白珊瑚になると其の價はずつと落ちると言ふことである。

長崎縣の年産額は凡そ百萬圓で、鹿兒島縣では凡そ五十萬圓に達すると言ふことである。我が國で産する珊瑚の三分の二は赤珊瑚であつて、多くは外國に輸出せられるのである。

ニ、珊瑚の偽物とその鑑識法、珊瑚には偽物が随分ある。そして偽珊瑚の造り方にも色々な方法がある。

- a 象牙の木目を利用して染めたもの
- b 心を煉物で造り籠甲で以つて之を被つたもの
- c 心を煉物で造り鶏卵の白味を以つて之を被つたもの
- d 大理石又は玉のやうな質の緻密な石を染めたもの
- e セルロイドで造つたもの

明治初年頃までは主としてa、b、c、の方法によつて偽珊瑚が造られたのであるが現今に於いては、多くd、eの方法によつて造られると言ふことである。

偽造の方法の巧なものになると素人には到底見分けがつかぬのである。然し只偽珊瑚は何れも本珊瑚よりもその目方が軽るいから、此の點に於いて眞偽の鑑識が出来るのである。

2. 「まんご」蟲の體の構造

海から採集したばかりの珊瑚を見ると、硬い骨體の軸を中心として、其の周圍に多少柔かい皮の様な部分があり、其の表面には多くの珊瑚蟲がまばらに着いてゐる。

イ、一個の「まんご」蟲の構造、一個の珊瑚蟲の體の構造は圓筒狀をなしてゐて、八箇の觸手を環狀に出してその中央に口があるのである。一個の「まんご」蟲

の體形を簡單に想像せしめるには、次の様に説明するもよからう。

コップを倒に伏せてその底の中央に孔を穿ち、その孔に短い管をさす、但しその管は底の上に出ない様に挿すのである。次に其の周

枝一の珊瑚



海繪の断面圖



縁部からは、八本の突起を環狀に出すのである。更にコップの内側には放射狀に八枚の板を着けて區切りをつくるのである。これで珊瑚蟲の簡單な摸壁が出来た譯である。

ロ、共肉及び骨格、以上イに説明する様な珊瑚蟲の固體が數十若しくは數百集つて珊瑚合體をなしてゐるのである。一個の珊瑚蟲は共肉によつて相連結してゐるのである。水と共に口から入つた食物は吸収せられ、それによつて珊瑚蟲の榮養が保たれるのであるが、それと共に内方に向つて常に炭酸石灰を分泌し、これが次第に積み重ねられて所謂珊瑚を造るのである。かくの如くして骨格は次第に成長すると共に樹枝狀となり、其の下端は外物に固着してゐるのである。

3. ガラクタ珊瑚と珊瑚礁

桃色珊瑚、赤珊瑚、白珊瑚等は裝飾用として役立つのであるが、此の外に珊瑚の類は澤山あるのであつて、それ等も亦骨格を造るのである。ところがこれ等の骨格は殆んど裝飾の用をなさないのであるからガラクタ珊瑚の名が附けられてゐるのである。

「びはがらいし」「きくめいし」「みどりいし」「くさびらいし」「くださんご」等はこれである。これ等は珊瑚蟲體の底面の外層から石灰質を分泌して出来たものであつて、各枝の先端に菊花狀を呈した部分のあるのは、夫々の珊瑚蟲體の底面に菊花狀の皺があるからである。

珊瑚礁と稱するのは珊瑚の骨格が水上に現はれて出来た島であつて、南洋には多くこれを見るのである。

四、かいめん

1. 海綿の利用

店で賣つてゐる綺麗な海綿は「浴用海綿」の骨格なのである。この良品は西印度諸島中のバハマ島、及び地中海の沿岸で採れたものゝ輸入された物なのである。我が國では琉球諸島から臺灣島にかけてその近海で質の良い海綿が僅かに採れるのである。海綿の利用は相當に廣いものである。

イ、紙幣や紙等の敷を敷く時、指頭につける水分を含ませて置くに用ふる。

ロ、墨池に用ひて、墨液を含ませるために使ふ。

ハ、外科醫が膿汁や血汁を吸はせる時に使用する。

ニ、浴場で使用し或は又一般に水分を拭ふのに使ふ。

2. 海綿の體制

イ、「いそかいめん」の採集、浴用海綿の生きたものを採集することは困難であるから、材料が容易に得られ且つ構造が比較的代表的なものとして、磯海綿を採集するがよい。

「いそかいめん」は、我國の到る所の海岸の磯礁に多数着生するものであつて、外形は火山状をな

して色は橙赤色と黒色との二種類がある。

ロ、海綿動物の體の構造、磯海綿によつても判る通り、海綿動物の體は不規則な塊状圓筒形をなして多数が群棲してゐるのである。

體壁は寒天質と一種の骨格とからなつてゐて、表面には稍々大きい孔を開いてゐる。これは水の出る孔であつて出水孔と稱する。この出水孔とは別にそしてそれより小さい孔が無数にある。尤もこれは仔細に見なければ判らない。これは水の入る孔であつて、入水孔と稱するのである。

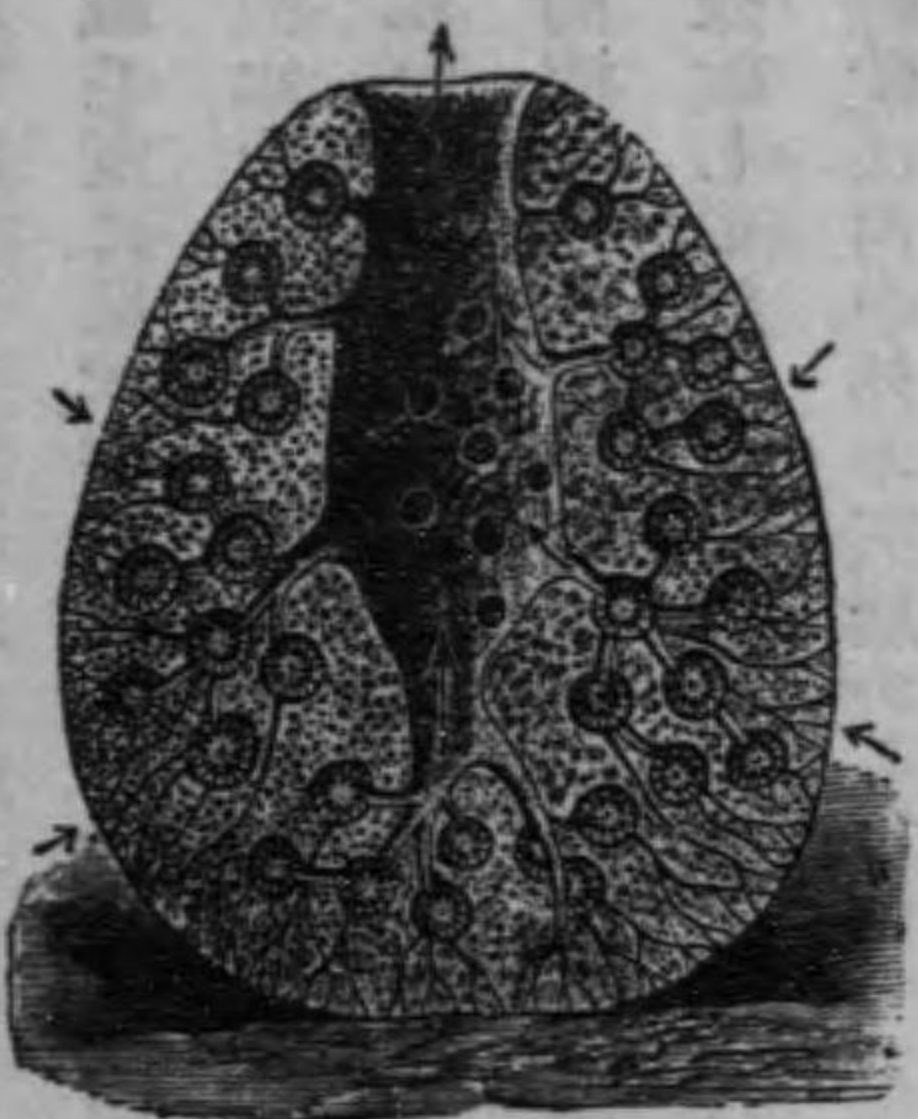
入水孔を入つた水は體内で雜多に分岐してゐる。そしてその途中纖毛室と稱する特別の腔所があるのである。

纖毛室には、海綿動物に特有な一種の細胞層が出来てゐる。これを襟細胞と名づける此の襟細胞は流水中に混つてゐる動物の碎片を捕へ、又其の纖毛によつて水の流れを起すのである。従つて海水は絶えず入水孔から入つて纖毛室を通り、出水孔から流れ出るのである。

動物の碎片が纖毛室の襟細胞に附着すると、細胞そのものがこれを取圍んで、終に細胞内に同化吸収して終ふのである。かくして得た養分が體の全部を運行するのである。

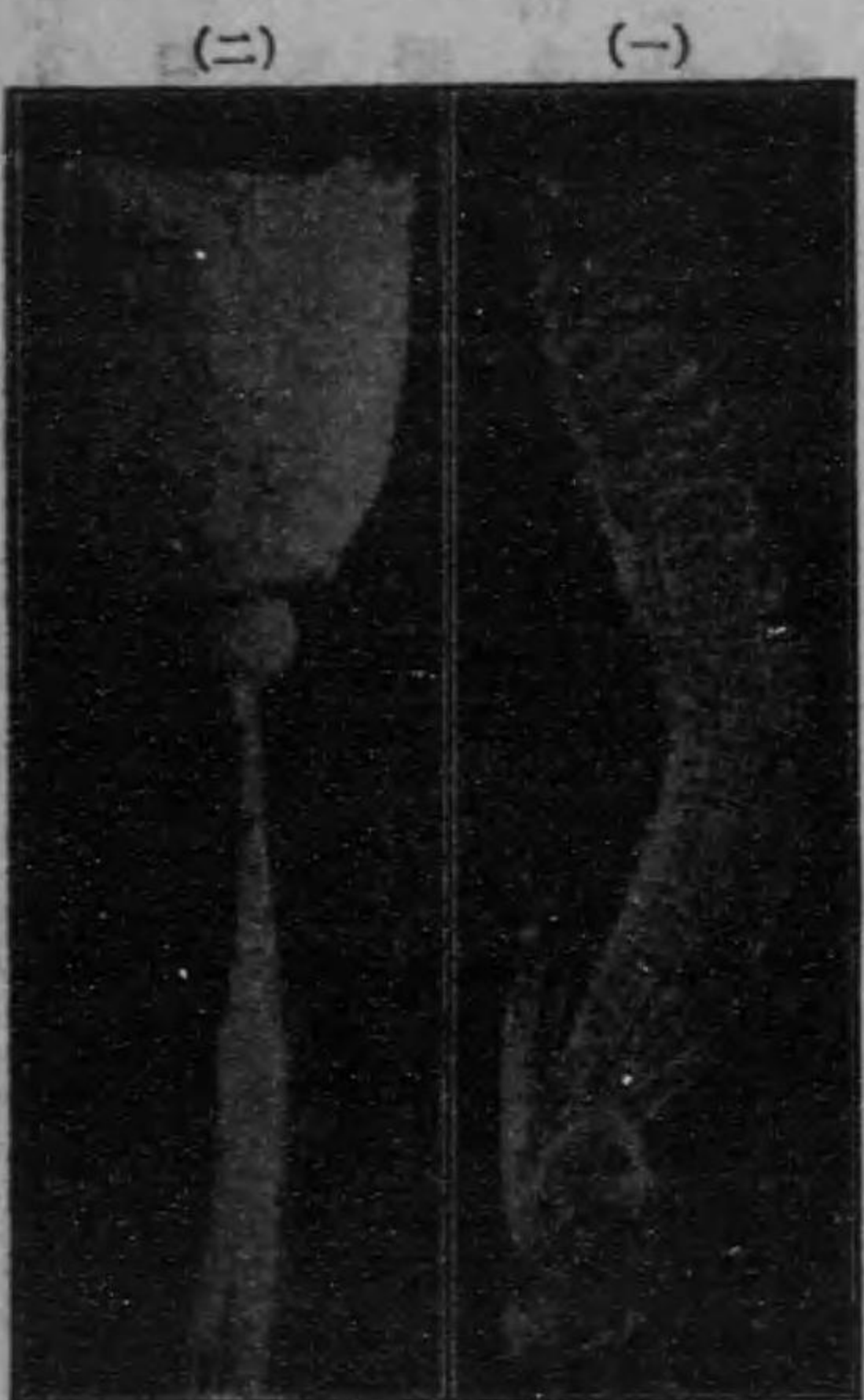
體壁は内中外の三層からなつてゐて、外層は全表面を被ひ、内層は體内諸腔の内面を被つてゐる。そして中層は、寒天質の物質及び無數のアミバ状の細胞から成つてゐて、中に角質の骨格がへちま

の繊維の様に網状に分布してゐる。この骨格は細胞の分泌物であつて、所謂「浴用海綿」はこの良質のものなのである。



図式模面断のんめいか

一、かいらちどうけり 二、ほつすかひ



3. 海綿の製法とその種類

海綿が海底にある時には、全體に寒天質の物質が詰つてゐるから、これを採集する時に海中で先づ寒天質の物質を搾り出すのである、次に清水でよく洗ひ、これを漂白し且つ乾かして、これを市場に出すのである。

浴用海綿の骨格は軟かで且つ弾力に富み、使用して工合がよいのであるが、臺灣産の晒海綿は使用に堪へぬ程ではないが、品質が劣るのである。

何處にも産する「わたとり」は一名「うみへちま」とも稱してゐるものであるが、これには、硅質の針狀骨片が含まれてゐるから、皮膚を洗つたりなどすると刺して痛いのである。

である。併しそれによつて衣服等に附着した綿を取るには都合がよい譯である。

この他海綿動物の仲間に入るものに偕老同穴、拂子介等がある。

第二學期

第二十課 火山、火成岩

教材選擇の趣旨及び主眼點

我が國に於いては火山の影響は特に顯著である。地理其の他でも火山と言ふ言葉に觸れ又地方に依つてはこれを目撃してゐる筈である。従つて國民教育としてこれに一通の理解を與へるべく、火山の状態、火山の原因、火成岩の成因、及び溫泉、地熱に就いて教へるのが主眼である。

教具及び準備

教師 火山の模型、火山の掛圖。

兒童 火山灰、火山礫、熔岩、安岩、花崗岩、黒曜石、輕石、蟲眼鏡。

教材の解説及び取扱上の注意

一、火山の状態

地球の内部には強烈なる熱氣があつて、そのために多量の瓦斯體及び熱熔體が出來てゐる。その瓦斯體及び熱熔體の現に噴出し或は過去に噴出した口を噴火口と稱するのである。而して地球内部から噴出した熔岩、火山灰、火山礫、火山砂等が噴火口の周圍に堆積して大抵圓錐形をしてゐるものである。

現に噴出しつゝある火山にあつては、噴火口から多量の水蒸氣及び亞硫酸瓦斯及び炭酸瓦斯等を吹出すことがあるが、この水蒸氣は空中高く昇るにつれて冷却して細かい水滴となるから、晝は恰も煙の様に見える、夜は又噴火口の底にある熔岩の光を受けて焰の様に見えるのである。従つてこれを遠望すれば火を噴く様に又煙を噴く様に見えるのである。

元來火山と言ふ名稱は二つの意味に於いて兒童に誤解を起し易い言葉である。其の第一は火山と言ふ言葉は火を噴出すことを暗示してゐるが火(焰)を噴出す所ではなくて瓦斯體岩塊、砂礫、熔岩等を噴出す所若しくは嘗て噴出した所である。第二には火山と云へば山を思はしめるが火山は必ずしも山ではない却つて地の凹所から前記の物質を噴出しても矢張り火山である。要は地殼の内部の熱氣によつて出來た瓦斯體及び熱熔體が地溝(地殼の内部から瓦斯及び熔體の出て來る道)を通つて地表へ出る所を稱して火山と言ふのである。従つて火山は火を吹く山と言ふことの兒童の誤解を訂正してやる必要がある。

二、火山噴出の原因噴火の状態

イ、地熱

地球の内部は吾々は實際に目撃することは出来ぬけれども、火山、温泉、噴氣孔等の事實から推測しても、非常に高温を有してゐることは想像することが出来る。更に地球内部の高温であるべきことは次のことから考へられる。即ち或る調査に依ると地下六七間の深さに掘つた後は約十八、九間を下る毎に攝氏一度を増す割合ださうである。今二十間毎に攝氏一度を増すと見て計算しても三十三町で約百度に達し、三百三十町(約九里位)な深さの所では千度になり、十八里も行くとも千度に達する筈である。攝氏二千度と云へば金屬は勿論、地球上のあらゆる物體は總べて熔かされる温度である、處が地球の半径は約千六百里もあるから地球の内部が如何程まで酷熱の状態にあるかと言ふことは、容易に承認される譯である。

ロ、火山噴出の原因

此の地熱は絶えず地球から外部に向つて放熱せられてゐるから、従つて地球は次第に冷却し収縮して行くことになる。此の収縮して行く力及び重力は内部へ向つて働く壓力となり、地球内部の物質を非常なる力で押しつけてゐることになる。(従つて何千度と云ふ高温であつても、地球内部は液状をなした熔融體だと速断してはならぬ何となればこの地球の内部に向つての壓力の強大な爲に壓

縮せられてゐることが考へられるからである。)この壓縮されてゐる地球内部の物質の反動力が、地殻の或る弱所を見出すと噴き出て膨脹し、流動體に變ずることは考へられることである。

然し地球の内部へ向つての壓力にも増して火山噴出の大きな原因をなすものと考へられてゐるのは、地殻の内部に向つて浸入した地下水、及び地球成生の昔埋藏せられた水の水蒸氣となつた蒸氣壓力である。先にも述べた通り内部は何千度と言ふ高温であるから、水蒸氣の膨脹力は非常なものである。(水蒸氣は百度で一氣壓七百六十耗のものが二百度となつただけでも十五倍餘即ち一萬一千六百二十六耗となる割合である。)實に火山の猛烈な爆發の力は直接此の力によることが多大である。

この水蒸氣の壓力及び地球内部の物質の反動力が、相合して地殻の弱い所を求めて噴出した場合これを火山の爆發と言ふのである。

ハ、火山爆發の状態

爆發の際には猛烈な激動を起し、轟然たる大爆音と共に山上から巨柱が高く天に沖するのを見ることが出来る。その白色を呈してゐるのは水蒸氣であつて、黒色又は黝色を呈してゐるのは灰砂石彈等である。これを夜に入つて遠望する時には、前述した様に火口内の熱熔體が空中に昇騰した蒸氣及び水滴に反映し、又蒸氣固有の熱によつて特に赫耀たる光を發するのであつて、物體の燃焼に依つて生ずる烟焰では斷じてないのである。

火口から噴出した蒸氣、灰、砂等は或高さに達すると四方に擴散して丁度傘を開いた様に擴がり、其の噴出物の中石彈、岩塊、砂の様な粗大なものは、火口の附近に雨の様に落下して晝尙ほ暗鬱たる状態を呈することがある。

噴出物が噴火口の四近に堆積して終には圓錐形の美しい山形を呈するのである。富士山の八面玲瓏なる優姿は其好例である。

微細な灰塵は風のために送られて遠距離の地までも送られるものであつて、明治十六年のクラカトアの爆發の際にはその噴出した灰が遠く太平洋を越えて、北米に達し我が國にも多量の灰が降り太陽これがために古銅色を呈したと言ふことである。

三、火山の活動の状態に依る種別

火山の活動状態は常に不變のものではなく、其の活動の旺盛な時期と微弱な時期と全く活動を休止してゐる時期とある。是等の活動の状態から火山を區別すると、活火山、休眠火山、熄火山の三つになる。

活火山は今現に活動しつゝあるもので、我が國では淺間山、阿蘇山はこの例である。休眠火山は有史時代に嘗て活動したことがあるけれども、現在は休眠の状態にあるもので、富士山等は其例である。熄火山は現在休憩してゐるばかりでなく、未だ嘗て活動したと言ふことの傳へられて居らぬ

火山であつて、箱根、榛名等はこれである。

四、火山の重複による種別

イ、塊状火山と成層火山

火山の至極簡單なものにあつては、三河の鳳來寺山、中國の彌山等の様に、一回の噴出だけに止まるものがある。この種の火山を塊状火山と稱するのである。此の種の火山には大なるものは少ないのである。然し時としてはメキシコのホルロ山の様には西曆一七五九年に噴火し一夜に四百三十三呎の圓錐状をした火山を築造した様な例もないのではないのである。然しこれは例外である、

富士山、淺間山、開聞嶽等の様に數々噴出して、其の噴出の度を重ねるに従つて愈々その高さを加へ、終に圓錐形の美しい峯を見るに到つた様なものもあるのである。この種の火山を成層火山と稱するのである。日本の火山の大抵のものはこれに屬するのである。

ロ、單式火山と複式火山

富士山、開聞嶽、男體山等の様に、圓錐形の秀峯が天に沖してゐる大山は、これを單式火山と稱するのである。

然し多くの火山の中には、火口の中に更に新たに火山を生ずるもの、山腹に更に火山を起すもの等がある。この様なものを複式火山と稱するのである。

舊火口の内に更に一個或は數個の火山の噴出した場合には、舊噴火口壁は輪狀をなして、新火山を包圍して所謂外輪山をなすものである。外輪山と新火山との間に横はつてゐる平地は、火口原と稱し、箱根火山の仙石原、阿蘇火山の阿蘇南郷平野の様なのは、其の著名なものに屬するのである。複式火山は我が國には非常に多く、千島のチャク／＼ヌプリ、釧路のノボリベツ、越後の妙高山等は、簡単な二重式火山であり、淺間山は三重式を呈し、阿蘇山には火口の内に中嶽、高嶽、杵島嶽、烏帽子嶽、根子嶽の五嶽が容つてゐる複雑な三重式火山である。

五、温泉

イ、温泉と火山

地下水が地上に湧き出た物を泉と稱することは先に教へた所であるが、その水が地熱の作用を受けて、其の湧出する地方の一ヶ年平均温度よりも高い場合には、これを温泉と言ふのである。地熱は先にも述べた通り地下三十三町で百度位、真直に九里掘り下げると約千度にも達するのであるから、どんな地方でも極深い所まで浸入した地下水が湧出すれば皆温泉となる理であるが、その然らざるのは地下水は事實そんなに深い所まで浸入せず、従つて泉の水は淺い所を通つて湧出するのである。故に地熱の比較的地表近くに現れてゐる火山地方であれば、地下水は熱せられて湧出するのである。だから温泉は多く火山地方に存在するのである。

ロ、温泉の種類

單なる地下水でも多少他の物質を溶解してゐるのであるが、温泉は其の温度が高い丈色々な物を溶解してゐる。箱根の蘆の湯は硫黄を含んで居り、熱海及び有馬の湯は、食鹽、硫酸苦土の様な鹽類を含有し、別府の温泉は、多量の炭酸を含み、上野草津の湯は、硫酸の様な遊離酸類を含んでゐる、箱根湯本、四國の道後等の温泉は、含有物が少量で單純な湯が湧き出る、温泉は含有する鹽物によつて各特別の醫療上の效果あるものであつて、附近の風景の美と相須つて身心の保養にもなるのである。

日本の温泉を分類すると左の五種になるのである。

(一) 單純泉(溫和泉)多少高温を有する尋常の水であつて、硫化水素瓦斯、炭酸瓦斯或は他の瓦斯をも含有することなく、只僅少の鹽類を溶解するの言ふのである。

例へば千分中に〇、五以下の鹽類を含んでゐる信州上諏訪の松の湯、伊豫の道後、相模の湯本、堂ヶ島、伊豆の吉奈、豊後の壁湯、薩摩の湯川の様なのはこれである。

(二) 酸性泉、(酸性硫酸)多量の遊離硫酸、鹽酸、綠礬、硼酸等を含み、特異の酸性を有するものを言ふのである。下野の那須(鹿沼、行人湯)上野の草津、信濃の澁湯、羽前の高湯、豊後の鐵輪、地藏湯等は皆これに屬するのである。

(三) 炭酸泉、多量の炭酸を含みこれを振盪すれば甚だしく氣泡を生ずるものを言ふのである。下野の鹽原(福渡戸)、岩の湯、湯本、鹽原、梶原、攝津の有馬、羽前の肘折(疵湯、疝氣湯)豊後の濱脇、湯の坪、御夢想、嬉野等はこれに屬するのである。

(四) 鹽類泉、多量の鹽類例へば食鹽、硫酸ナトリウム芒硝酸、マグネシウム等を含み、多量に硫化水素又は炭酸を有しないものを言ふのである。陸奥の大鰐、陸前鬼首の吹揚、岩代の熱海、羽前の赤倉、赤湯、下野の鹽原の鹽の湯、上野の伊香保、四萬、相模箱根の塔の澤、姥子、宮の下、底倉、湯河原、伊豆の熱海、修善寺、信濃の上諏訪、加賀の山中、山代、能登の和倉、攝津の有馬、豊後の鐵輪等が之に屬するのである。

(五) 硫黄泉、臭氣があつて、多量の硫化水素を含んで居り、或は又アルカリ性硫化金屬を含むものを言ふのである。岩代磐梯山の上の湯、下野日光の湯本上野の草津、相模箱根の大涌谷、湯の花澤、肥後の山鹿等が之に屬するのである。

ハ、湯の花

温泉地方等から賣出してゐる湯の花は、以上説明する様に温泉の中には、多くの礦物質を溶かしてゐるのであるが、これ等の水に溶けてゐる礦物質が、水から分離して出來たものなのである。

二、温泉と人生

温泉は其の溶解してゐる礦物質の人體に及ぼす作用によつて、諸種の病氣を治療するの效果あるものである。然し結核病、癌腫、動脈瘤、心臟の如き病氣の重患者には適せず、特に腦病、呼吸器病、腸胃等に出血の恐れあるもの及び急性の諸疾患には大いに有害なのである。

温泉が其の病魔を醫する効果のあることは、古來著明の事實であるけれども、それは一つには其の含む礦物質の人體に及ぼす作用も勿論大ではあるが、其の所在の山間海邊の別天地にあつて、空氣が清鮮であり、俗塵と遠く離れてゐるが故に、自から心氣一轉して家事に心身を勞することなく、精神と身體と共に之れを醫するの故を以つて、其の効果が大なのである。

六、地熱

先に火山噴出の原因を説明した時にも述べた如く、地球の内部には非常なる熱氣あることが想像せられるのであつて、これが更に火山の噴出温泉の湧出によつて確められるのである。此の地球の持つ熱を地熱と稱するのである。

九州の炭坑に働く工夫は、冬日嚴寒の際でも僅にシャツとズボン位の物を身に着けて、坑内に作業するのである。これは地熱の影響を受けて、地上よりも坑内は暖いからである。

七、火成岩

火成岩は熔融體或は半熔融體から凝結した岩石の總稱であつて、地球内部にあつた高熱の岩漿が

地殻の表面或は表面近くに押し出して来て、或る物は火山の噴出の際地上高く吹き飛ばされて、冷えて固まつたものである。多くは塊状をなして産するから塊状岩とも言ふのである。

イ、火成岩の二大別、火成岩は、地表に噴出して出来たものと、地中の深處で出来たものと二つに大別するのであつて、前者を火山岩又は噴出岩と言ひ、後者を深成岩又は深造岩と言ふのである。

火成岩

火山岩(噴出岩) 岩漿が地表又は地表に近い所で固まつたもの
深成岩(深造岩) 岩漿が地下の深い所で固まつたもの

火山岩は地表近くで固まつたものであるから、比較的急に冷却したために、結晶粒が小さいか或は結晶せぬ様な部分を含んでゐるが、深成岩は地下の深い所で固まつたのであるから従つて冷却することが徐々であり、爲めに結晶大きく且つ全部明瞭に結晶してゐる。

□、火成岩の種類、火成岩の種類は多いが、其の中で火山岩を代表するものとして、安山岩を教へ深成岩を代表するものとして、花崗岩を取扱ふことになつてゐるのである。

次今に火山岩と深成岩とに屬する重なるものを擧げることにする。

(1) 火山岩

安山岩、流紋岩(石英粗面岩) 石英斑岩、玄武岩、輝綠岩、火山礫、火山灰、黒曜石、浮

石、集塊岩等がある。

(2) 深成岩

花崗岩、閃綠岩、斑縞岩、橄欖岩等がある。

ハ、安山岩——其の他の火山岩

安山岩と言ふ名稱は、アンデス山によく發達してゐるところから代表的に命名したと言ふことである。我が國では、富士山がこの岩で出来てゐるから、富士岩とも稱せられてゐるのである。

安山岩は火山岩の中で最も新しいもので、我が國の火山の大部分はこの安山岩で出来てゐるのである。岩漿が地表に流れ出て而して固まつたのであるから、その冷却凝固に遲速があつて、従つてその結晶粒にも大小精粗の別があるのである。

イ、安山岩に就いての肉眼的觀察

なるべく粗粒の安山岩の新しい面に就いて、次の如きことを觀察せしめるがよい。

- (1) 面が大變粗であつて、従つて粒が密着してゐないこと
- (2) 地色は黒、灰、淡灰、淡赤等であつて、その中に種々の斑晶を認めることが出来るのである
- (3) その面を明るい方に向けて少しく動かすとキラ／＼とする。これは斜長石の劈開面であつて、色は普通白く、新鮮なものは透明に近く風化したものは不透明であり、形は長方形、方形及び

長細い六角をしてゐる。

(4) 石の地及斜長石の結晶の外に、黒色か緑黒色を呈してそして其の劈開面が非常に強く輝き、然も劈開面が短冊形をしてゐるのは角閃石である。

(5) 又、色は角閃石の結晶に似て、然も其の結晶は短冊よりも遙に短く、切口も菱形ではなくて、角の殺げた四角に近く、その劈開面の光澤が角閃石程強くないものは輝石である。

(6) 蟲眼鏡で観察すると、石の地、含有礦物の結晶、それ等の間に大小不規則に無數の小孔を認めることが出来る。これはガスの出た孔であつて、これによつても水成岩との區別が立つのである。

□、安山岩の種類

安山岩はその中に含有する礦物によつて次の如く分類するのである。

輝石安山岩——輝石を含む——鐵平石（信州上諏訪町福澤山から産する。板狀節理をしてゐて飛石敷石瓦の代用などに使はれる）

角閃安山岩——角閃石を含む——須賀川石、月出石

英閃安山岩——石英角閃岩を含む——江の浦石

雲閃安山岩——雲母角閃石を含む——嶽山石

ハ、安山岩の用途

安山岩は質が堅實で、風化も遅く長持がするから、石垣、間地石、踏臺石、土臺石等に使用し、又磨いて艶の出たものは、建築用材及び石碑材等にする。

ニ、其の他の火山岩

イ、玄武岩

暗灰色、黒色等であつて、質が緻密であるから不注意なものは粘板岩とよく間違へることがある。又質の粗なものは安山岩と誤り易いのである。然し安山岩と異なり橄欖石を有し且つ比重が非常に大きいのである。

玄武岩は主として、斜長石、輝石からなつて、中に橄欖石、磁鐵礦を含んでゐるのである。

柱狀節理を呈してゐることが、著しく但馬の玄武洞ではこれを材木岩と稱して建築用に使用する。

□、黒曜石、断面はガラスの様であつて介狀を呈し、色は概ね黒い。熱熔體の流動してゐたのが急に冷却凝固したものである。磨いて裝飾に用ひ緒締めや釦にする。又古昔にあつてはこれを矢の根石にした。

ハ、浮石、多孔であるから極めて軽く、色は白い、質は黒曜石と同じであるが多量の瓦斯體を含んでゐて、これを放出した跡を最多く止めてゐるのである。粉碎して磨粉とし、又そのまゝ皮膚の垢落にもする。

二、其の他火山の噴出物

其の他に火山から噴出して凝固したものの中に、火山彈、(黒色又は赤褐色であつて、氣孔に富んで脆弱である。岩質は、安山岩、玄武岩と同じである)火山礫、火山砂、火山灰等がある。

九、花崗岩——深成岩

花崗岩に就いては、既に尋常五年の理科書第一課で習つて來たのであるからそれを復習して置いたらよからう。

花崗岩はその主成分として、石英、長石、黒雲母を有し、この外に角閃石、白雲母等を含んでゐることもある。

花崗岩は深成岩の代表的のものである。従つて安山岩に比べて結晶粒が大きく、且つ全部明瞭に結晶してゐることを觀察せしめることが大切である。

元來鑛物の結晶するには、一定の時期があるものであつて、その状態に達せぬ間は決して結晶しないのである。而して其の時期は各鑛物各特有である。そこで黒雲母花崗岩では、黒雲母、長石、石英の順に結晶するからして、長石が往々雲母を抱き石英は各鑛物の間を充填するために定形を存しないのが普通である。

イ、閃綠岩

閃綠岩はその外觀が花崗岩に似てゐるが、花崗岩と異なり正長石の代りに斜長石を含み、更に角閃石をも含むのである。甲州御影と稱するのはこれである。

ロ、斑糲岩

斑糲岩は斜長石を主成分とし、外に異剝石を含んでゐる。粒狀組織が著しく發達してゐて外觀は黒白の白斑がある。

異剝石と云ふのは、輝石の一種であつて、葉片狀に剝離する性質がある。褐色、緑褐色の金屬光澤がある。

ハ、橄欖石

橄欖石を主成分とする岩石で、角閃石や輝石を含むこともある。この岩石は往々蛇紋岩に變ずる。

十、火成岩の特徴

以上説明した岩石は何れも火成岩であつて、これ等を總括する意味に於いても、且つ又、次に授ける水成岩との區別を明かにする意味に於いても、火成岩の特徴を知らしめて置く必要があるのである。

火成岩の特徴

1. 塊狀をなし、層理がない、但し柱狀や板狀の節理はある

2. 化石を含んでゐない。
3. 多少玻璃状のものを含む。
4. 玻璃状、有孔状、鑛滓状の組織のものもある。
5. 多くは結晶質である。
6. 他の岩石を貫通し、貫通せられた岩石に接する部分は結晶が小さい。
7. 貫通の際に附近の岩石を變質する。

第二十一課 流水の働

教材選擇の趣旨及び主眼點

流れる水には浸蝕、運搬、沈積の三つの作用のあることを教へ、水の地殼の表面に與へる變化について知らしめるのが主眼である。

教具及び準備

教師 川の上流地方で拾つた稜角のある礫、及び中流地方で拾つた圓滑な礫、下流の砂及び粘土。
流水の作用を示す掛圖。

教材の解説及び取扱上の注意

一、浸蝕作用

浸蝕、運搬、沈積の三作用は、校庭に大雨が降つて地上を水が流れる所を見ても判る。即ち雨が強く降ると地面の稍々低い所は次第に掘られて、自然に溝をなして細かい土は水と共に流れ去り、粗い砂は溝を流れて行く間に水の流れる路の迂曲した處等の様な水勢の弱い所へ殘される。溝の掘られた所は浸蝕作用が表れたものであり、水と共に運ばれて水勢の弱い所へ殘されるのは、運搬及び沈積の兩作用が行はれたものと言ふことが出来る。

雨水の流れが溝を掘る様に、川の流れは浸蝕、破壊の作用となつて現れ、谷を穿つのである。山の中の豁谷は多くは流水の浸蝕作用の結果出来たものであつて、川の上流は勾配が急であるから水勢が強く、川底と川の兩岸とを洗つてこれを破壊するのである。殊に瀑布の懸つてゐる斷崖に於いては、浸蝕の作用が非常に劇烈であつて、彼のナイヤガラ瀑布は一年に一呎乃至三呎づつその位置が後退すると言ふことである。

又川の水の浸蝕作用を助けるものは、上流に於いて破壊せられた岩石及び砂粉が川の水と共に押し流されて、川底、及び兩岸を擊磨することである。勿論流されて行く岩石自身も其の形狀が變化

して圓滑となるのである。このことは、川の上流の砂礫は稜角があるが、中流下流の砂礫は圓滑になつてゐることでも判る。

流水の浸蝕作用の結果は、河の兩岸に河段丘と名づけるものをつくることになる。即ち嘗て川の底であつた所が水のために次第に川底が浸蝕せられてその河底の或る部分だけが一層穿掘せられて他の部分は高く丘陵の形に残るのである、だから河段丘は一段だけでなくて數段生ずることがあるのである。

二、運搬作用

兒童をして近傍にある川の橋の上から川底の砂の流れの様子を眺めてゐさせたならば（若し川水が濁つてゐては見えぬが清澄であれば）寸時も止む時なく川砂の下流へ押流されて行くのを見るであらう。又洪水の際濁水となつて上流地方の土砂を運搬し大石を押流す事も時々見ることである。殊に洪水の際の作用は非常なものであつて、川の水が増し爲に水速が平素の二倍になつたとすると、運搬力の方は平素の六十四倍になると言ふのであるから、實に恐ろしい力になつて現れるのである。

三、沈積作用

上流に於いては破壊作用特に甚だしく、これが下流まで運搬せられて來ると水速が緩徐になるために砂礫土砂を沈積する様になるのである。その沈積する際には先づ大きな礫から、次第に砂粒、

粘土と言ふ様な順になるのが普通である。従つて、川の上流に於いては、破壊されたばかりの巨岩が河底に横つてゐるが、次第に下つて中流になるにつれて、圓滑な礫が川底に沈積し、更に下流に至ると砂粉及び粘土が沈積してゐるのを見るのである。

特に川口に於いては、水勢が緩くなるのが普通であるから、殆んど總べての砂粉が此所に沈積せられるので、所謂三角洲を作つて次第に川口を埋めて淺くし、船舶の航行に不便を來すことがあるのである。然し又一方、此の三角洲を利用して埋立地を作り、耕地或は養魚場等としてゐるのも多あるのである。

地球上に在る總べての河川は皆絶えず此の三つの作用を營んでゐるので、これを加算すると随分な大仕事をなすのである。或る人の計算に依ると、三千乃至五千年毎に地球上の全陸地が一呎づゝ削られる割合になると言ふことである。

第二十二課 水成岩、地層

教材選擇の趣旨及び主眼點

流水が浸蝕、運搬、沈積の三つの作用をすること、關連して、水成岩の成因、種類、地層及び化石に附いて授けるのが主眼である。

教具及び準備

教師 地層を示す掛圖及び模型、水成岩の製品。
兒童 粘板岩、泥板岩、砂岩、礫岩、石灰岩、化石の標本。

教材の解説及び取扱上の注意

一、水成岩の成因

流水の作用に依つて破壊し運搬し沈積せられた泥土砂礫は、河底、海底、若しくは湖の底に於いて次第に硬化して、永い年月の後には遂に岩石となる。これを水成岩と言ふのである。

一體、流水の沈積作用は休む時なく常に行はれてゐるのであるから、下層に沈んだものは其の上から土砂及び水のために非常な壓力を受けることになるのである。そして一方河水の中に溶解してゐた物質、(例へば硫酸、炭酸石灰水、酸化鐵、粘土)が相混じて沈積するために膠着作用を營み、砂粒にセメントを混ぜた際に互に相倚つて固まる様になり、長年月の間に岩石となるのである。

二、成岩の主なる種類

水成岩はこれを形成してゐる主要な成分、及び其の中に含んでゐる膠着物質の如何によつて色々の種類に分けることが出来る。其の主なる物を挙げると次の様である。

1. 泥板岩

粘板岩は粘土が水底で硬化して岩石となつたものである。然し其の質が餘り堅硬でなく、且又板狀に剝離する性質も不完全で、多くは不規則に壊れ易い性質を持つてゐる。泥板岩が更に水底に於いて幾多の年月を経過し、強壓に逢ふ時には粘板岩になるものとせられてゐる。

色は概ね灰色であるが、中には黒色及び褐色のものもある。泥板岩は質が軟かで且つ壊れ易いから、岩石として餘り用ひられない。然しセメントや煉瓦の材料として、粘土の代りに使用せられるのである。

イ、セメントの製法

第十三課、石灰のセメントの製法参照

ロ、煉瓦の製法

普通の煉瓦即ち赤煉瓦は、粘土を主として、之れに砂を交ぜて作るものである。

即ち我が國で製する方法は濕式と言ふのであつて、粘土を粉碎してそれに水をかけ、適當に濕氣を含ませて、鍬で薄く切ること數回、足で踏んで良く煉り、適當の大きさに切りとり、木製の抜枠の中に入れて打固め、針金で餘分の土を切り去り、抜き出すのである。此の方法を手抜と言ふのである。器械抜と言ふのは、要するに複雑なる煉瓦製器械によつて、煉瓦の形を造るのである。

此の如くして形の出来たのを野天干にし若しくは屋内干にして乾かし、窯に入れて焼くのである。煉瓦の赤色は粘土中の鐵分が熱のために酸化の度が進み、第二酸化鐵を生ずるからである。煉瓦の中に耐火性煉瓦と言ふのがあつたが、あれは耐火性粘土即ち、珪酸と礬土とを其の主成分として作つたもので、普通の煉瓦とは異なつて一千五百度の高熱にも耐へるのである。

2. 粘板岩

粘板岩は其の名の示す様に粘土が硬化して出来たものであつて、多くは黒色を示してゐる。尤も中には灰色のものもある。膠着物質としては石灰質を多く含むものであり、又珪酸質を多く含むものもある。何れも質が緻密で薄く剥がれ易く又切つたり磨いたりし易い。珪酸質を多量に含んでゐるものはその質が堅硬であるから、石盤石等に使用せられる。普通の粘板岩は屋根を葺くに使ひ、又石盤、硯石、基石、砥石、碑石、文鎮等に用ひられる。

3. 砂岩

砂岩は主として石英の粒から出来てゐて、珪酸、石灰、粘土、水酸化鐵等が膠着物質となつてゐる。面は粗雑で、これを形成してゐる砂粒を肉眼で認め得るから、砂が固まつて出来た岩であることは明かである。

面は美しくはないが堅牢であるから、石垣、堤防其他建築の土臺石等にし、又刃物を研ぐ際の

粗砥として使用する。

4. 礫岩

大小不同の砂礫が、水底で泥土や石灰質珪酸質等と共に固まつて岩石となつたものを礫岩と云ふのである。其の礫の中稜角を持つてゐるものを特に角礫岩と言つてゐる。

礫岩は土木、建築等に使用せられる。

5. 凝灰岩

凝灰岩は火山噴出のために空氣中に吹き飛ばされた火山灰、火山砂、火山礫等が、地上や水底に沈積して水的作用を受けて固結したものである。従つて、其の固まり方は普通餘り強固ではない。

凝灰岩は、これを手にした感じでも判る通り、比重は小さいものである。即ち砂礫の間には空隙が澤山あり、蟲眼鏡によつてこれを観察すると大小不定の孔が澤山に明いてゐることが判る。これは瓦斯の出た孔であつて、此の間隙があるが故にその比重が小さいのである。而してこれがあるが故に苔類等が生え易く、且つ水分を吸収し易いから早く崩れるのである。

凝灰岩は、建築材として非常に多く使用せられるのである。然し凝灰岩が建築材として、使用せられるためには、その長所短所に就いて考へた上でなくてはならぬのである。

凝灰岩の長所

凝灰岩が建築材として持つ長所、

- イ、大塊をなすが故に切り出しに便利である
 - ロ、軟いから採掘が容易である
 - ハ、比較的軽いから其の運搬費が少なくて済む
 - ニ、軟かいから細工が仕易い
 - ホ、以上の理由から従つて價が安い
 - ヘ、耐火力が強い
 - ト、色合や斑紋の工合に面白いものがある
- 凝灰岩が持つ短所
- イ、風化が極速い
 - ロ、水中では腐りが速い
 - ハ、苔が生え易い
 - ニ、堅くない

以上の理由を以つて凝灰岩を使用する場所も自から定まる譯である。

(1) 竈、七輪等常に火熱を用ふる處に使用する。

(2) 石地蔵の如きものに使用する。

(3) 經濟的に安價であるの故を以つて、塀等にする。

而して次に示すが如き個所に凝灰岩を使用するのは其の性質から考へて禁すべきである。

- (1) 溝縁、
- (2) 濕氣多き所、
- (3) 土臺、
- (4) 踏臺石、
- (5) 石垣、
- (6) 石灰岩、



のもるたき研り磨を岩灰石ナリズフ

石灰岩は主として炭酸石灰から成つてゐて、其の成因は海、湖等の水に溶けてゐた炭酸石灰が、次第に分離沈澱して生じたものもあるが、多くは水棲動物の骨片や介殻等が堆積して、後に壓力や熱を受けて固まつたものである。従つて、フズリナ石灰岩等の中には明かに其の遺骸を認めることが出来るのである。

又石灰岩の或る種類のものになると石灰藻が集つて出来たものもあるのである。石灰岩の中で、結晶質に變じ粒は粗いが質が緻密で美しいものは、大理石と稱して裝飾材となし、

ストープの飾、電氣の抵抗盤、印刷用石版、文鎮、花瓶、置物等に使用する。

石灰岩は石灰を作り、又セメントの材料となり、冶金の媒熔劑として使はれるのである。

三、水成岩の特徴

以上掲げたものは、何れも水成岩であつて、それには相通するところの性質があるのである。今水成岩の通性を列挙すると次の通りである。

1. 層状をなすことが多い。
2. 化石を含むことがある。
3. 岩石の中に玻璃質のものが無い。
4. 玻璃状、有孔状、鑛滓状等の組織がない。

四、地層

水に依つて運搬せられた土砂が水底に沈積されて、次第に其の厚さを増して行く際に、水勢が増して粗荒の砂粒が流れて来て其の状態が或る期間續くことがあり、反對に又水勢が衰へて非常に細かな泥土が沈積する状態が或る期間繼續することもある。この様にして長年月を経ると層状を呈する様になることは明かである。此の累層を地層と言ふのである。従つて地層の下位にあるものは上層にあるものよりは古く成生したものである。

地層の成因から考へると、層状をなしてゐる線が相並行して水平であるべき筈であるが、實際現れてゐる所を見ると或は曲つて波形をなし、或は皺をなしてゐる、或は横に連續してゐる地層が切れて一方は他方より落こんで喰違を生じて所謂斷層をなしてゐることがある。これ等の地層の變化は、其の成生した後後に於いて地殻が變動したために生じた結果である。

五、化石

水成岩の中には、其の岩石が成生した當時生存してゐた動植物の遺骸及び遺跡を殘存してゐることがある。これを化石と云ふのである。

化石の成生には三つの種類がある。第一は、生物固有の物質がそのまま全部又は一部分保存せられてゐるもの、石炭の中に植物があつたり、又は琥珀の中に昆蟲があるのはこの例である。第二は生物固有の物質も體の構造も全く消失して、唯其の外形だけが殘存してゐるもの、例へば、介殼や「うに」の殻等の様なものはこれである。第三は分子の交換によつて、有機物組織が全部又は一部分だけ鑛物質となつたものであつて、例へば、珊瑚とか硅華木等はこれである。

今左に化石は何を教へるかを調べて見よう。

- (1) 地質時代を教へる、極く長い年代の中には、生物は次第に變り、或は絶滅し或は新種が出來てゐるのである。此の中の一部が化石として殘るのであるから、化石を見れば、その地層が凡

その時代の相當するかと言ふことが判るのである。
標準化石

多くの化石の中で、或るものは地質時代の或る定まつた年代にのみ特有のものがある、之は化石の中で最も重要なもので、之れによつて地質時代が定められるのである。この様な化石を標準化石と言ふのである。標準化石及び本邦産の化石の三四を次に記すことにする。

始原代

世界

動物 なし

植物 なし

日本

動物 なし

植物 なし

古生代

世界

動物 硬鱗魚類、直角石

植物 鱗木、封印木、蘆木。

日本

動物 フズソナ(有孔蟲類)

植物 なし

中生代

世界

動物 有齒鳥、爬蟲類、アンモン貝、

植物 蘇鐵類、羊齒類。

日本

動物 アンモン貝、三角貝。

植物 蘇鐵類、公孫樹類、羊齒類。

近世代

世界

動物 獸類。

植物 潤葉樹、松柏類

日本

動物 象の齒、鯨の齒、現種に近い貝類。

植物 槭類、殼斗類、松柏類。

(2) 地勢の變遷を教へる

化石が海棲生物であれば、其の地が當時海であつて、後に隆起して陸となつたのであり、若し化石が陸棲動物のみであれば初めから陸であつたことが知られるのである。大部分海棲のものを有し、一部分陸棲のものを有して居れば、陸より遠くない海底であつたが後に昇つて陸となつたことが知られるのである。

(3) 當時の氣候を教へる。

現時熱帯地に産する獅子、象、椰子等を出す地層の出來た頃は大體に溫暖であつたことを示し、馴鹿、麝香鹿、柳等の化石の時代は寒冷であつたと想像せられる。

併し之れ等の種類が現在の種類と全く同じでなく、従つて體の構造等も現存種とは多少違ふから、これ等の僅かな化石で直ちに斷定することは間違の基である。出來るだけ多く現存種のものを集めて参考としなければならぬ、例へば舊象は寒冷の氣候に棲んでゐたことは毛皮の模様からも察せられるが、現在種が熱帯に棲むから、象の化石を見て直ぐにその地が熱帯であつたと斷定するが如きは間違である。

第二十三課 土

教材選擇の趣旨及び主眼點

火山、火成岩、水成岩、地層の教授に於いて、岩石の成因はほぼ明瞭にし得たのであるから、それに關連して土の出來方及び土の中の含有物、並びに土壤に就いて知らしめるのが主眼である。

教具及び準備

教師 岩石の破壊して土となる有様を示す掛圖、赤色の土、試験管、硝酸、鐵鏟、黃血鹽、黒色の土、ブリキ皿、焔爐、
兒童 各所の土、試験管。

教材の解説及び取扱上の注意

一、岩石を崩壊する力

岩漿の流出、凝固、並びに水の壓力等によつて、總べての岩石は造られるのであるが、これと共に

に自然は又岩石を崩壊する働をなすものである。而して自然の岩石を崩壊する作用を分けて考へて見ると、次の如きもののあるのを知るのである。即ち、温度の變化、水、空氣、植物腐蝕質、火山作用等はこれであつて、其の間に輕重強弱の差のあることは勿論であるけれども、兎に角岩石を崩壊して砂、土とすることは同じである。

1. 温度の變化 温度の變化は岩石を或は膨脹せしめ或は收縮せしめるものであつて、それがために鑛物の結合を弛め、間隙を多くして終に崩壊せしめるのである。

特に一度割目を生ずれば、冬季等其の中に浸入した水が、零度以下になつて氷結してその體積を増し、益々崩壊を早めることになるのである。

2. 水、水は主として器械的の破壊作用をなすものであつて、雨、水滴の打撃、河水、水河、激浪等の打撃、削磨、崩壊等は、日夜間斷なく働いて岩石を土砂に變じて居るのである。雨、水滴の打撃等は、甚だ緩慢ではあるが、長年月の間には涓滴がよく石を穿ち等してゐるのを古社寺の敷石等に認めるのである。河水の浸蝕作用に就いては、先に流水の働の課で説明した通りである。

ナイヤガラ瀑布が一年に一尺乃至三尺後退することは有名な話である、紀伊の瀨八町は瀑布の退却によつて生じたものだと言はれてゐるのである。

水河の運動も亦、岩石の破壊作用に關係があるのであつて、岸を削り底を摩擦し、以つて岩石を浸蝕するのである。

雨水は又降下の際、酸素、炭酸瓦斯等を溶解してこれを含有してゐるから、化學的にも岩石を破壊するのである。即ち石英以外の多くの鑛物は、此の如き水のために分解されて、土となるのである。

3. 空氣、空氣が岩石を崩壊する作用は、器械的と化學的と二つあるのである。

器械的作用は、風となつて砂礫を飛ばし、岩石に打ちつけて之れを削つて、永い間に岩面を摩擦し、従つて新たに土砂を生ずるのである。

化學的作用は、空氣中の酸素と炭素ガスとが主として其の崩壊作用をなすのである。酸素は、鐵其他の岩石中の化合物に働いてこれを崩壊するのであつて、例へば亞硫化鐵は、酸化して酸化鐵となり、或は又水酸化鐵となり、又硫化鐵を硫酸鐵とし、水に溶解させて次第に岩石を崩壊せしめるのである。

炭酸瓦斯は水に溶けて炭酸となり、石灰岩を溶かす等、炭酸鹽をつくつて岩石を崩壊するのである。

4. 植物、植物の根も亦器械的と化學的と兩方面の破壊作用を營むものである。即ち器械的方面

では、岩石の破目の間に這入つた根が次第に成長、肥大して遂に岩石を破壊するに至るのであつて、化學的方面では、根の先即ち根毛から分泌する有機酸の作用によつて徐々に岩石を溶かし去り、割目を大にして崩壊の因をなすのである。

5. 腐蝕質、腐殖質が腐敗し又醗酵するときに、有機酸、炭酸其の他の岩石を溶かすべきものを生じ、次第に岩石を崩壊させるのである。

6. 火山作用、火山が噴出する時に岩石を粉砕して土砂とする。
其の他馬車荷車等は路上の砂礫を粉砕して、土砂となし、又人が岩石を破壊する作用も大きいのである。

二、風化作用

以上説明する様な諸種の力によつて、岩石は破壊せられて終に土となるのであるが、これ等の諸力の中、特に空氣、水等の作用を受けて岩石が土に變ずることを、岩石の風化と言ふのである。

三、土の組成

土は以上説明する如き諸力の作用を受けて、岩石が破壊して出來た粘土と、まだ分解しない礦物の細粒であるところの砂とから成つてゐるものであつて、この他に礫、腐蝕質等をも含有するものである。

1. 土の觀察

種々の場所にあるところの土を集めて來て、これを別々によく乾かして置き、それに就いて次の如き觀察を行はしめるがよい。

1. 蟲眼鏡で丁寧に觀察せしめて、土、砂等が不規則に集合してゐること、及び其の間に不定の小孔が散在してゐることを知らしめるがよい。
2. 土の塊を指先で壊し、その中にある砂礫を驗べさせるがよい。
3. 土を試験管に入れて、水の適量を注ぎ、強く振つた後靜かに放置して、その沈澱の有様を觀察せしめて、礫、砂、粘土が次第に層をなすことを知らしめるがよい。

〔備考〕

(一) 粘土とは何か

粘土と稱するのは、直徑〇、〇五耗以下の小粒に碎かれたものであつて、肉眼で粒狀に見える最小限から粒として認められぬものまでを言ふのである。

(二) 砂とは何を言ふか

砂とは直徑四耗から直徑〇、〇五耗のものを言ふのである、普通は、更にこれを二分して、粗砂と細砂とするのである。粗砂は直徑四耗までのものであり、細砂は直徑一耗までのものを言ふので

ある。

(三) 礫とは何か

礫とは直径四耗から上のものを言ふのである。

四、土の含物

土は先に説明する様に粘土と砂とからなつてゐるのであるが、其の他に、更に礫を含み、鐵分を含み、或は有機物等を含んで種々の色を呈してゐるものである。

1. 土の赤色は何によるか、土の赤色を呈するのは酸化鐵を混有するからである。

鐵の檢出法實驗

土の中に鐵を含有することを檢出するには、黃血鹽を使用するのである。

そこで先づ鐵に就いてその反應を實驗して示し、次に赤褐色の土に就いてその反應を示し、以つて土の中に鐵を含むことを知らしめるがよからう。

(1)先づ小刀或は釘等に生じた錆を粟粒位とつて試験管に入れるのである、(2)これに硝酸五六滴を注ぐ、(3)振盪しながらアルコールランプで熱し、色の褐色になつたことを知らしめる、(4)これに水を試験管の深さ凡そ一寸位になるまで注ぎ込む、(5)黃血鹽を任意の水に溶かしたものを一二滴落す、(6)これを振盪してブルー色になることを知らしめる。

此の如くして黃血鹽に對する青色の反應を起せば、その中に鐵を含むことを了解せしめて、然る後赤褐色の土に就いて實驗して示すがよい。

(1)赤褐色の土を小豆粒位とり粉となし、試験管に入れる、(2)硝酸、水、黃血鹽の分量は前實驗と同様、

青色の反應を呈すれば、鐵を含んでゐることが判るのである。

2. 土の黒色は何に原因するか、耕作地、森林の表面の土等は著しく黒色を呈してゐる、これは腐蝕質を含有してゐるからである。

土の中に含まれてゐる腐蝕質の鑑定、實驗、

土が腐蝕質のために黒色を呈することは、次の様な實驗によつても判るのである。

(1)ブリキで皿を作り、その上に一二分の厚さに黒色の土を載せる、(2)その土の色を寫生して置く、(3)焔爐の炭火で強熱し折々火箸で搔廻す、(4)土が焼けて火の様になつたら下す、(5)下した時の土の色及び數分後の土の色を寫生して以上の三色を比較する。かくする時は、初めの黒色は殆んど失せて赤色となり、赤土と變ずる。

この黒色が失せたのは、一つは水分を失つて乾燥したことにも原因してゐるが、主として、腐蝕質が焼失し去つたのに原因してゐるのである。而して、赤色を増したのは黒色を失ふと同時に鐵の

酸化が進んだからである。

〔備考〕

火山地方の黒土の原因、火山地方にある黒土の色は鐵分がその主なる原因である。従つてこれを熱すると、土の乾燥した時の目方よりも、赤熱後の土の目方が重くなるのである。これは酸化の度が進んで、とり入れられた酸素の量だけ目方が増すからである。

然し鐵の酸化の度が進めば、矢張り赤色を呈するから、火山地方の黒土も焼けば赤土になるのである。

五、地表に存在する位置から見た土

土はその中に含む物質によつて以上の様な色を呈するのであるが、これを地表に存在する位置から見る時は、大體に於いて表面に近い部分は腐蝕質を含んで黒色を呈し、或は又鐵分を含んで赤褐色を呈して居るのである。

然るに次第に土中深く進み行く時は、風化の程度未だ進まず、或は礫砂を含み或は岩石の碎けを含み居るのである。而して更に深く進めば未だ全く風化作用を受けぬところの岩石がそのまま、存在して居るのである。

六、土の運搬作用

岩石は、風化作用を受けて終に土となるに至るのであるが、かくして生じた土は、母岩の近邊のみ存在するものとはかぎらぬのであつて、流水の作用を受けて運搬せられ、下流に運ばれて後沈積せらるゝあり、或は又、風の力によつて吹送られて堆積することもあるのである。前者の例は各河川の流域に見る平野であつて、後者の好例は支那の黄河の流域に見る黄土層である。この黄土層は中央亞細亞から吹送られた砂の堆積したものであつて、其の最厚層は七百米に達すると言はれて居るのである。

第二十四課 熱の移り方

教材選擇の趣旨及び主眼點

尋常四年の理科書第三十四課、熱に於いて、熱の發生、熱と物の溫度及び熱によつて物がその體積を變ずることを教へたのである。本課に於いては、それと關聯して、熱の移動することを教材として、傳導、對流、輻射の有様を知らしむるのが主眼である。

教具及び準備

教師 アルコールランプ、マッチ、銅網、板の所々にピンを挿してその上に白紙を貼付したもの

洋紙で作つた箱。

兒童 銅、眞鍮、鐵の針金の太さの等しいものの一端を繩の様によつたもの、バラフィン、コルク片、アルコールランプ。マッチ、フラスコ、鋸屑、五徳、中間に境界板を持つた圓筒、ローンク、鎖で吊した鐵の球、U字管によつて連結した二個のフラスコ。

教材の解説及び取扱上の注意

一、熱の移動に就いて兒童の経験事項整理

熱い湯をコップ等の中に注込むと、初め冷めたかつたコップが終には手では持てぬ程に熱くなるのである。又風呂の水は始め冷めたくて、到底入浴に堪へぬ温度であつたのが、火をたくと後には丁度いゝ湯にまで暖めることが出来る。火鉢に手をかざすと手が非常に温くなる。これ等の事は兒童の日常経験してゐる事柄である。

要するに温度の異なる種々の物體を近く置く時には、温度の高い物體は熱を失つて冷却し、温度の低い物體は熱を得て其の温度が上昇するものである。此の様に熱が高温度の物體から低温度の物體に移り行くことを、熱の移動と言ふのである。而して熱の移動には、傳導、對流、輻射の三つの區別があるのである。

先の例に就いて言へば、湯の熱がコップに移つたのは傳導であつて、風呂の湯の次第に暖くなつたのは對流によつたものであり、火鉢の上に手をかざして暖く感ずるのは輻射によつて熱が移動したのである。

二、熱の傳導

1. 熱の傳導の事實、火箸の一端を炭火の中に挿入して置けば、火箸は次第に温くなり、終には持つて居られなくなる。これは、熱は高温度の炭火から、之れに接觸してゐる火箸の一端から他端に向つて移つて行くのであると考へねばならぬのである。此の様に熱が物體に沿うて移つて行くのを熱の傳導と言ふのである。

2. 良導體、不良導體、火箸に木の柄をつけると、これを把持するに困難を感ずることなく、又マッチの軸木に點火しても、手で持つところは容易に熱せられないことは吾々の日常経験するところである。先の火箸の場合とこれとを比較した場合に於いて、物質によつて熱の傳導に良否の差のあることが判るのである。熱を良く傳導するものを良導體と言ひ、熱を傳へることの少いものを不良導體と言ふのである。一般に金屬は良導體であつて、木材、毛布、絹、藁、及び多くの液體(水銀を除く)氣體は不良導體である。

デビーの安全燈の理の實驗

アルコールランプの焰若しくは瓦斯燈の火焰を銅の金網で蔽ふ時には、火焰は金網の上に出て來ないことが判るであらう。これは銅の金網が良導體であるから熱を奪つてしまふ故、網を通して上

騰するアルコールの蒸氣若しくは瓦斯は、冷却して發火し得ざるによるのである。故に金網が充分に熱せらるゝ時は、火焰は終に金網の上に移るのである。尚ほ又、最初の如く實驗して金網の上には火焰の無い場合でも、これに點火すれば忽ち火焰を生ずるのである。

石炭坑内に使用するデビーの安全燈は、上記の理を應用したものである。即ちランプの火焰の周圍を銅網で蔽ふたものであつて、若し空氣中に爆發性の瓦斯が混ざる場合には、網の内部に於いて發火することがあつても外部の瓦斯は爆發することはないのである。従つてこれを早く見つけて適宜の處置をすれば坑内の安全を得るのである。然し銅網が熱せらるれば爆發は外部に移るの憂があるから、網の内部に瓦斯の爆發を見つけたならば、直ちに火焰を消して適宜の處置をとるの必要がある。



るのである。

木板の上に貼付した紙に白く斑紋を残す實驗

木板の所々ピンを打ちつけ、その上に白紙を貼付し、これをアルコールランプの焰の上に翳すと、紙の板に觸れてゐる部分は黒焦となり、ピンの頭に觸れてゐる部分は白く斑紋となつて残るのである。これは木は不良導體であるから、紙の所に來た熱を奪ひ去ることが少く、従つて紙は高温度に熱せられ黒焦となつたのであるが、眞鍮で作つてあるピンは良導體であるから、紙は一面から熱せられてもその反對の面から熱を奪ひ去られ、爲めに高温度に熱せられないのに依るのである。

3. 熱傳導の良否、金屬は總て熱の良導體であるが、その中にも種類によつて、傳導の良否はあるのであつて、銀は最もよく熱を傳へ、銅これに次ぎ、金、あるみにうむ、鐵、錫、鉛の順序に並ぶのである。

傳導の良否を検べる實驗

同じ太さの種類の異なる金網の針金を一端からより合せて、凡そ三分の一位まで繩の様に、其の分岐點から等距離の點にバラフィンで小コルク若しくは大豆粒をつけて置き、アルコールランプでその繩の様によつてある點を熱すると、傳導度の大きいものは早くバラフィンが溶けてコルクが落ちるから、これによつて熱の傳導の良否を比較せしめることが出来るのである。

三、熱の對流

液體(水銀を除く)及び氣體は不良導體であるから、熱を傳導する度が極めて小である。このこと

は次の如き實驗によつても示すことが出来る。

1. 水が熱の不良導體であることを示す實驗

試験管には八九分目まで水を容れ、試験管の上部をアルコールランプで熱すると、水は沸騰するに至つても底部は左程熱せられない、これは、水が不良導體であるから、熱せられる部分より下の水へは熱が傳導して來ないためである。



然るに、試験管の上部にある水が熱せられて終に沸騰するに至つたのは、これは勿論熱の傳導によるのではなくて、アルコールランプの熱によつて熱せられた水は、膨脹して比重小となり上に向つて昇り行き、上部のもとのみなる冷たき水は、比重大なるため下に下つて來てこれが又暖められて、互に循環するが爲めに此の如き水の運動に伴つて上部の水全體が温められたのである。

熱が物質の運動に伴はれて移つて行くのを熱の對流と言ふのである。

2. 熱の對流を示す實驗

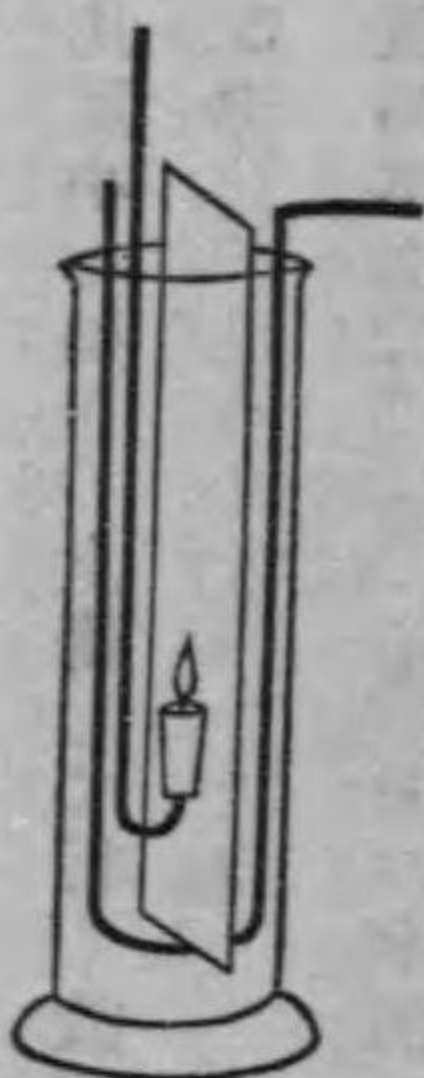
A 水の對流の有様を示す實驗

フラスコに少しばかりの鋸屑と水を八分目容れ、アルコールランプで靜かに熱すると、水は鋸屑を伴つて、フラスコの中央を昇り、フラスコの周壁に沿つて降るを見ることが出来るであらう。この理の説明は、試験管の水を熱した場合と同様である。



B 空氣の對流の有様を示す實驗

ガラスの圓筒の内にボール紙で中央に境界板を作り、その境界板は底面から凡そ一寸位上げて置く、而して圓筒の内の一方へローソクに點火したものを入れ、その反對側の入口へ點火した線香を持つて行くと、煙は吸入れられて下り、更にローソクの燃えてゐる側を昇つて外に出ることが判るであらう。これは、明かに空氣の對流する有様を示したものである。



實

C 對流を利用したるもの及び對流によつて説明し得る事

煙突、ランプのホヤ等は何れも空氣の對流を利用したものである。即ち熱せられた空氣は膨脹して比重小となり、上騰して行く故、燃燒部には絶えず新鮮なる空氣が供給せられることになるのである。

貿易風(或は一般に風)及び潮流は自然界に於ける大規模の對流作用に外ならぬのである。

鐵瓶の湯、鍋の水、風呂の水等が全體熱く沸くのも對流作用が行はるゝからである。

四、熱の輻射

火鉢に手を翳す時は暖さを感じるけれども、若し一枚の紙で手と火鉢の火との間を隔て、しまつと最早暖さを感じなくなる。然るに紙を取去れば再び暖さを感じるのである。若し炭火の熱が空氣に傳はつて、手に接觸してゐる空氣の熱が手を暖かくするのであるならば、紙で炭火との間を隔てても、直ちに溫暖の感が無くなる譯はなく、又紙を取去ると直ちに溫暖を感じるの理もないのである。だから火鉢に翳してゐる手が溫暖を感じるのは、熱が傳導若しくは對流以外の方法によつて、四方に擴がるがためであると考へなくてはならぬのである。

そこで此の現象を説明するには、炭火が熱でない他の或るものを發して、それが中間にある空氣の中を自由に通過して來て、手に當つて茲に再び熱となつて手を温めるものと考へなくてはならぬのである。此の様に或る物體の熱が中間の物質に關係なく移つて行くのを輻射と言ふのである。

〔備考〕

輻射熱は光と同じく、普通の物質以外に宇宙間に瀰漫せりと考へられてゐるエーテルの内に起る一種の波動である。即ち物體を構成してゐる原子の内の電子が振動すると、その周圍のエーテルに波動を生じ、その波動が四方に波及するのである。ところが此のエーテルの波動が他の物體の分子に當つて、其の振動を活潑ならしめ、再び熱として現はれるのである。だから輻射熱自身は熱ではなく、物體に吸収せられて初めて熱となるのを知ることが出来るのである。太陽の熱は一旦地球に吸収せられて地表が温められ、それが空氣に傳はつて氣温の上昇を見るのであつて、空中を通る時は熱としては現れないのである。

1. 熱の輻射の有様を検べる實驗

熱した鐵の球を鎖で吊して置き、之れに掌を近づけると暖さを感じる。然るに其の間に紙を一枚挿入すると、忽ち暖さを感じなくなる。次に紙を取去ると再び暖さを感じる様になる。

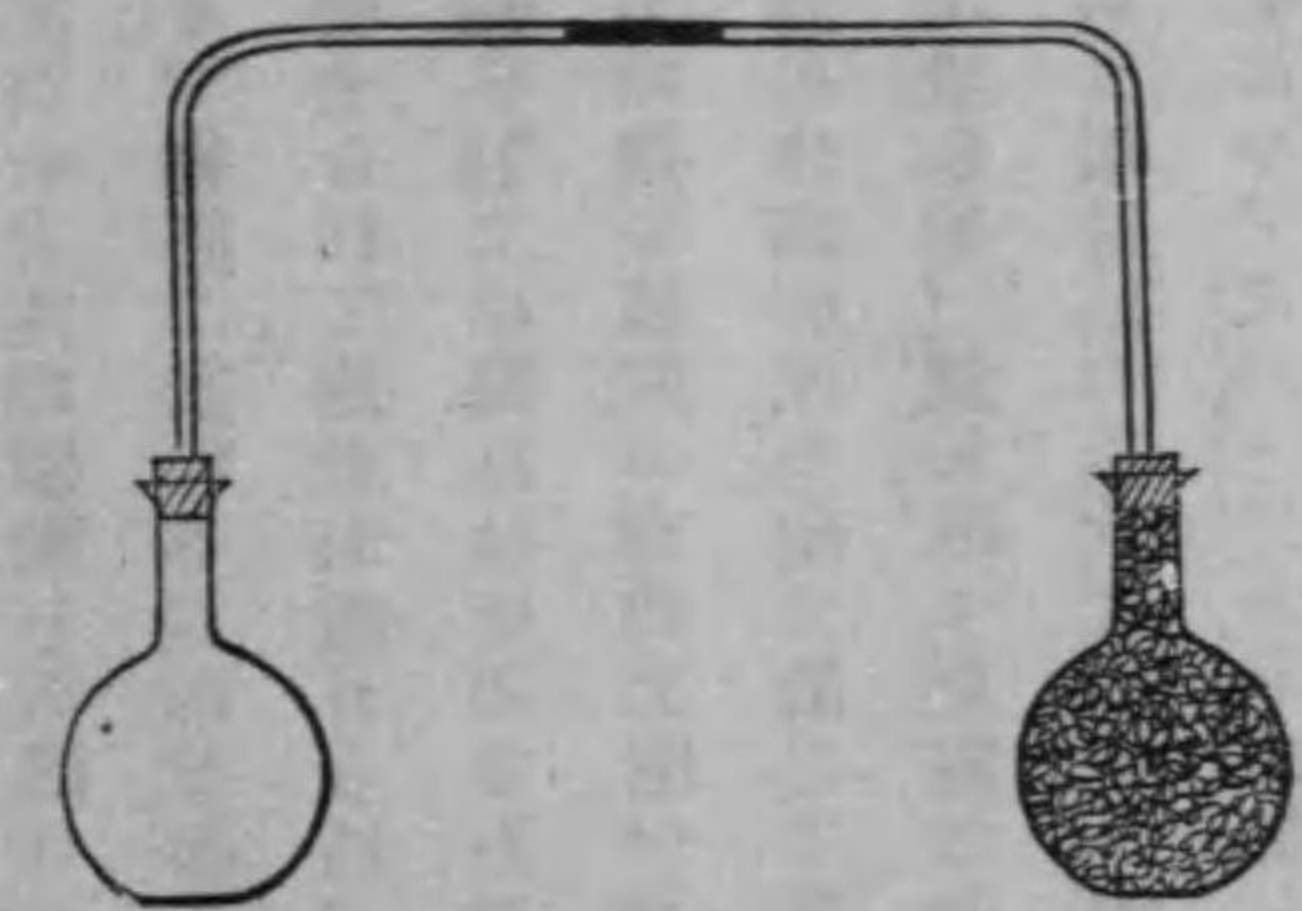
2. 輻射熱の吸収に關する實驗

半ポンド入のフラスコ二個をとり、ガラス細管をU字形に曲げたものによつて連結し、且つ氣密にしてU字形の細管の中央には赤色に着色した液を入れて置き、其の一方のフラスコを煤煙で黒くすぶらして置いて、これを太陽の直射する場所に持出す(若し雨天等で太陽の直射熱に曝すこと

の出来ぬ場合には、火鉢の輻射熱でも宜しい、但し等分に熱線を受ける様に置くことが大切である。然る時は黒球の方は輻射熱を吸収することが多量であるから、この方のフラスコ内の空気はよ

り多く膨脹してU字管内の液を押し付ける事になるから、黒色フラスコの方から透明フラスコの方へ中央の赤色液が移動するのである。

〔備考〕



輻射熱の進んで行く線を輻射線若しくは熱線と言ふのである。而して熱線は光線の様に直進し、且つ物體の表面で反射するのである、だから凹面鏡を使へば焦點に集めることも出来る、凸レンズを使用すれば収束せしめることも出来るのである。

一般に煤煙を塗つた黒い表面は投射線の殆んど全部を吸収し、これに反して磨いた銀の表面は殆んど全部を反射するのである。白い物體の表面は光線を亂反射すると同様に、熱線も亦散亂するの性質があるのである。夏に白衣を、冬に黒衣を着ることは、理窟に叶つてゐるのである。

熱線を通せしめる度も亦物體によつて異なつて居るのである。沃素を二硫化炭素に溶かしたも

のは、光に對しては全く不透明であるのに、熱線に對しては、透熱である。氷の薄片は光線は通過せしめるけれども熱線は通過せしめないのである。岩鹽は、光線も熱線も共に自由に通過せしめるものである。

3. 輻射熱及び熱線吸収の理によつて説明し得ること。

(1) は夏季に於いて簾を吊して室内の涼味を保持する理。

太陽の熱線が地面、屋根瓦等に吸収せられてこれが再び輻射熱を出し、或は又これが反射せられて熱線を出し、相當に多量の熱線が室内目掛けて進んで來るのである。これを簾によつて遮ぎつて室内に入るを防ぐから室内は冷しいのである。

(2) 島の雪は日光の直射を受けても永く残るのに、道路の汚れた雪は早く溶融して無くなる理由、白い雪は輻射熱を反射してこれを吸収する量が少いために融け難いのであるが、汚れた雪は輻射熱を吸収する量が大きであるから割合に早く融けるのである。

〔備考〕

魔法瓶の構造

冬季湯茶を容れて永くその温さを保ら、夏季氷等を容れて永く冷氣を保つ魔法瓶は、熱の傳導、對流、輻射の三つの理を考へて造つたものである。その構造は、二重壁のガラス瓶の中間の部分の

空氣を抜去つて真空にして、其の内壁に鍍銀を施したものである。瓶の中に温いもの若しくは冷たいものを容れると、二重壁の内部へは熱が移動し得ないのである。何となれば、ガラスは熱の不良導



體であるから、ガラス壁に沿つて傳導する熱は左程大きいものではないのである。次に二重壁の内部は真空であるから、熱が對流によつて移動することもないのである。次に内壁は鍍銀してあるから、その表面は輻射線に對しては理想的の反射面である。故に輻射によつて瓶の内外に於ける熱の通過の量も亦微少な譯である。此の如くして、永く冷若しくは保温が出来るのである。

第二十五課 熱と氣體の壓力

教材選擇の趣旨及び主眼點

氣體が熱せられると壓力を増すことを知らしめて、蒸氣機關の理を授けるのが主眼である。

教具及び準備

教師 ゴム毬、ゴム風船、糸、火鉢、蒸氣機關の原理を知らしめるための金屬アラスコ、五徳、

アルコールランプ、マッチ、蒸氣機關の模型、及び説明圖空氣式蒸氣機關實驗器、空氣罐。

一、熱と氣體の壓力との關係

1. 物體は熱の變化に伴つて其の體積を變ずることの復習

尋常四年の理科書第三十四課、熱のところに於いて熱と物の體積との關係を吟味して、物體は熱すれば其の體積を増し、冷やせば其の體積を減すること、液體は固體よりも其の度大に、氣體は液體よりも其の度大であることを知らしめたのである。

2. 氣體の體積を一定に保つて之れを熱すると、其の壓力は溫度と共に増加する實驗

ゴム毬若しくは空氣を、充したゴム風船を火鉢の炭火の傍に持つて行き之れを熱すると、ゴム毬若しくはゴム風船は固くなる事が判る。これは其の中にある空氣が熱せられて膨脹して體積を増したのに、四壁をつくつてゐるゴムは、その膨脹に應じて伸展しないから、空氣は壓縮せられて中にゐるのである。然るに尋常四年理科書第三十二課、空氣のところにて教へし如く、空氣は壓縮せられると元の體積にかへらうとする彈力がある故、その力がゴムを押す力となつて、此の様に張力となつて現はれたのである。

此の壓力は溫度の増すに従つて増すものである。

〔備考〕

ボイル及びシャルルの定律

氣體の體積を一定に保つて之れを熱する時は、其の壓力は溫度と共に増加する。而して此の場合に於ける壓力と溫度との關係は、ボイルの定律とシャルルの定律と兩方から見出し得るのである。ボイルの定律

尋四理科書第三十二課空氣の所に於いて、「空氣の體積を變じ易いこと」と言ふ題のもとに、活塞を備へた太いガラス管の一端にコルク栓を嵌込んで置いて、活塞をコルク栓の方向に向つて強く押進め、以つて空氣の彈力を知らしめる實驗があつたのである。此の場合空氣を壓搾すればそれに伴つて其の體積は減するのであるが、體積を減すれば減する程其の壓力は大となつたのである。尤も此の際は溫度は考に入れないのである。此の間の關係を言ひ現したものがボイルの定律である。

溫度不變なる時は、一定量の氣體の壓力と體積とは互に反比例する。

シャルルの定律

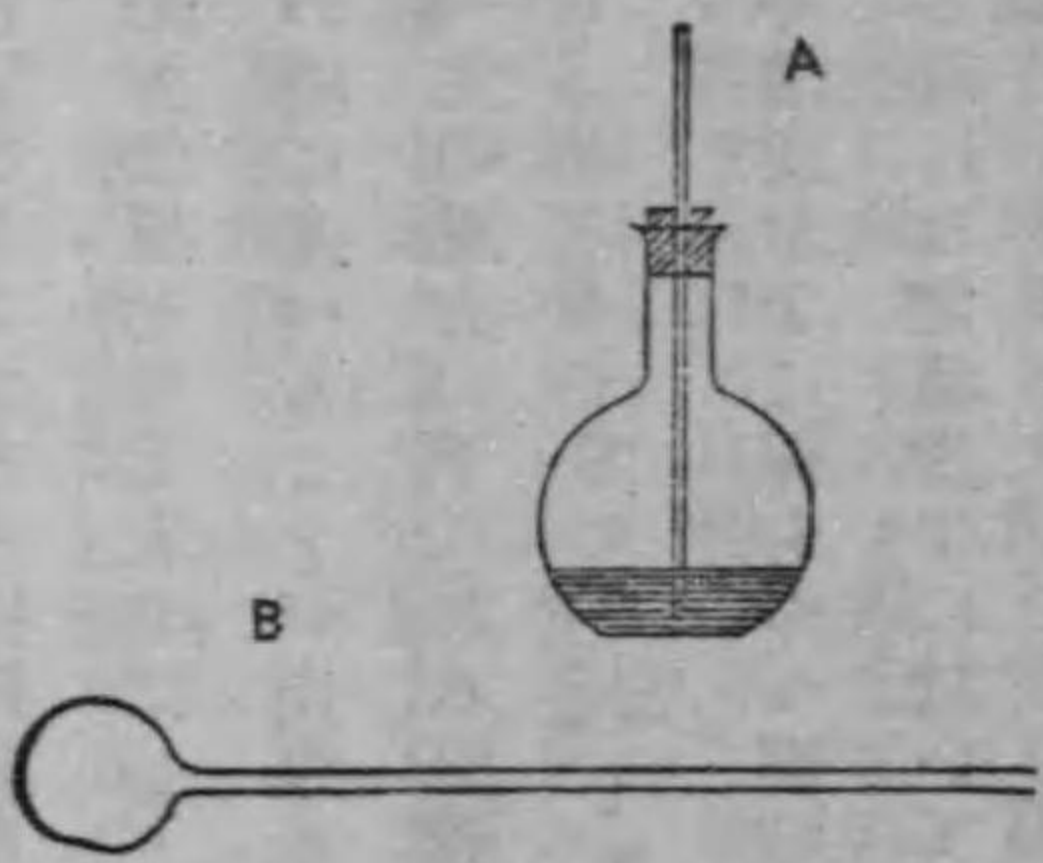
尋四理科書第三十四課熱のところの於いて、氣體の膨脹を示す實驗として、圖Bに類似した裝置を以つてしたのであるが、若し圖Aの様な裝置に於いて實驗したならば何うであらうか、フラスコの中の空氣を熱すると共に、空氣は膨脹してガラス管の中の水は上昇するであらう、然し細管内に

水柱の上ると共にフラスコの中の空氣の壓力は漸次に増加して膨脹の度は小となるのである。これに反してB圖の様な裝置に於いて、熱による空氣の膨脹實驗をなしたならば、球内の空氣は、その時の氣壓に等しい一定の壓力の下に膨脹するのである。

又先の實驗のゴム毬ゴム風船の代りに、ガラス球の内に空氣を密封して、これを熱する時は其の體積は殆んど不變であつて、壓力が溫度と共に増加するのである。

此の様に氣體を熱する時は、其の體積及び壓力が共に變化し、壓力の變化は又體積に影響を及ぼすが故に氣體の熱に、よる膨脹を考へるには、其の壓力を一定に保つことを必要とするのである。實測の結果、壓力が一定である時には、氣體の熱に依る膨脹には次の様な定律があるのである。これをシャルルの定律と言ふのである。

壓力一定なる時は各氣體の膨脹係數は、互に相等しくして其の



値は $\frac{1}{273}$ である。
これを言ひ換へると、

氣體の種類に關せず、一定の壓力のもとにある氣體の體積は、溫度攝氏一度昇る毎に零度に於ける

體積の二百七十三分の一づつ膨脹するのである。

故に零度に於ける體積を V_0 とし、 t 度に於ける體積を V_t とすれば

$$V_t = V_0 \left(1 + \frac{1}{273} t\right) \text{ 或は又 } V_t = V_0 \left(\frac{273+t}{273}\right)$$

となるのである。攝氏の度数 t に二百七十三度を加へたるものを絶対温度と稱するのであるが、今絶対温度を T で表せば $T = 273 + t$ である。従つて此の絶対温度を用ふればシャルルの定律は、次の様に述べる事が出来るのである。

一定の壓力の下にある氣體の體積は、絶対温度に正比例する。

$$V_t = V_0 \frac{T}{273} \text{ 或は } \frac{V_t}{V_0} = \frac{T}{273}$$

今温度を T に保ちつゝ、壓縮して體積を初めの V_0 に達せしめて、而して此の時の壓力を P_t とする。然る時には定温度 T に於いて壓力が P_0 、體積が V_0 の有様から、壓力 P_t 、體積 V_t の有様に移つたからして、ボイルの定律によつて、

$$P_0 X V_0 = P_t X V_t$$

$$V_t = V_0 \frac{T}{273} \text{ であるから}$$

$$P_t = P_0 \frac{T}{273}$$

等式の兩邊を P_0 で割れば

$$\frac{P_t}{P_0} = \frac{T}{273}$$

即ち體積が一定である場合には、氣體の壓力は絶対温度に正比例することが判るのである。

此の關係が判れば、先の實驗に於けるゴム毬若しくはゴム風船の場合の温度の、上昇に伴つて増す壓力の増加も了解し得る譯である。即ちゴム毬、若しくはゴム風船が理想的に出来てゐて、體積を不變に保つものと假定すれば、熱を加へることによつて増加する壓力の關係は、絶対温度が二倍三倍等せられるに伴つて、壓力も亦二倍三倍等せられ、絶対温度が二分の一、三分の一等になれば壓力も亦二分の一、三分の一等になるのである。

而して此の温度と壓力との關係は、如何なる氣體に就いても成立し得るのである。

二、蒸氣機關

1. 水の水蒸氣に變ずることの復習

尋四理科書第三十五課、水蒸氣、氷のところにおいて、物體に熱エネルギーが働いて、固體、液體、氣體と三態の變化を起さしめることを教へるために、水を熱すると水蒸氣に變ずることを知らしめたのである。

然し其の場合には、水蒸氣(氣體)の温度と壓力との關係に就いては、吟味しなかつたのである。

然るに本課に於いて熱と氣體の壓力との關係を吟味し、以つて蒸氣機關の理を理解せしめんとするるのである。

2. 水蒸氣の壓力

鐵瓶若しくは釜の湯が沸騰する時に、其の蒸氣力で蓋を強く動かすことは、兒童のよく目撃して居る所であらう。然し蒸氣の壓力に就いて實際に實驗して示すには、次の様な装置を使用するがよい。金屬製のフラスコに、圖の様に頸の口に近い所に横から孔を穿つて蒸氣の逃れ出る口を設け、次に其の頸に密合する活塞を嵌め、而して活塞は滑つてフラスコの頸を下つて行つても、活塞密合部がフラスコの球部へ出ない様に、活塞の上端がフラスコの口で止まる様にして置く。



圖の様にフラスコに少量の水を容れ、アルコールランプで熱すると水が水蒸氣に變化し、蒸氣の壓力によつて活塞を上へ押し上げて行くのである。然るに活塞の下端が兼ねて穿つて置いた横の孔以上に押し上げられると、水蒸氣の大部分はその孔から逃げ去るから、壓力は急に減少し、活塞は自からの重みによつて再び下つて來るのである。然るに加熱を續けるならば、この活動は繰返されるのである。水蒸氣の力が餘りに強きに失する時は、調子よく活塞が上下しない故、火力

を加減してやる必要があり、時としては活塞の上部に錘を載せて重みをつけるのもよい。

2. 蒸氣機關の發明

蒸氣機關の發明といへば、誰でも英國のジェームス・ワット(一七三七—一八一九)を思ひ出すのであるが、ワット以前にも蒸氣機關はあつたのであつて、カジヨリの物理學史講義を見ると、イギリスのダルトマウスの鍛冶家トーマス・ニューコメンは、ジョンカリーの助を借りて一種の機械「大氣蒸氣機械」を作り、一七〇五年に其の特許を得たと言つて居り、一七一一年には此の種の機械が水を汲上げるためにウォルグエルハムプトンに据附けられたと書いてあり、其の機械の構造を相當に詳しく説明して居るのである。又兒童は尋常讀本卷の九、第四汽車の發達のところで、フランス人キュニョーが、一七六九年に普通の道路に用ふる機關車を考察したことを讀んで居るのである。この様にしてワット以前に蒸氣機關はなかつたかと言ふと、そうではなくて、確にあつたのである。然しそれは實に粗末なもので、キュニョー氏の機關車の如き、一時間に三哩か四哩の速度であつて、十五分毎に休まねば蒸氣力が回復しないと云ふ始末であつたのである。

ところがワット氏は、従前のものに工夫に工夫を凝らして、終に一大改良を施し、一七八四年に其の特許を受けたのである。

ワット氏が蒸氣機關を發明するに到つた根本動機は、彼が十二三歳の頃フト鐵瓶の水蒸氣がその

蓋を上げては又持上げてゐるのを見て、「ハテナ」と思つたことから起つたとは世間に傳へられてゐるところである。實に世界の機械動力を一變せしめたところの蒸氣機關の發明も、僅かに鐵瓶の蓋が水蒸氣のために動くのを見たことから發してゐるのである。

蒸氣機關はワットの力によつて實用に供せられる様になり、これを諸方に用ひられる様に工夫せられるに到つたのである。一八〇〇年にはイギリス人のリチャード・トレヴィシク氏が、蒸氣力を以つて軌條の上に車輛を運轉させる特許を受け、一八一四年にはジョージ・スチブソン氏が苦心の結果機關車を造り、之を一八二五年に實地に使用したのである。

蒸氣機關は陸の交通の上に一大進歩を與へたと共に、海の交通の上にも亦一大進歩を來したのである。米國人ジョン・フイチ氏は一七八七年外輪汽船を建造して、デラウエア河航行の用に供し、旅客運搬の營業會社を起し、而して曰く、「蒸氣力を以つて、大西洋を横斷し得る日は、余の死後であらうが、遠い將來ではあるまい」と。ところが之を聞いたフイチ氏の友人は嘲笑して「哀むべし彼は狂せり」と言ふたのである。然るに一八〇七年フルトン氏（一七六五年アメリカのペンシルバニア州に生まる一八一五年歿す）はワット氏の蒸氣機關を用ひて自己の工夫になる蒸氣船をハドソン河に浮べて試運轉をなし、大に成功したのである。而して一八一九年に米國のサザンナ號が始めて大西洋を横斷し得たのであるが、此の時は尙ほ帆を使用して、蒸氣機關を補助に使つた位のもの

であつたのであるが、一八三三年ローヤル・ウイリアム號は蒸氣力だけで大西洋を横斷したのである。此の時ケベック、ロンドン間の航行に三十九日を要したと言ふことである。今日タービン汽船

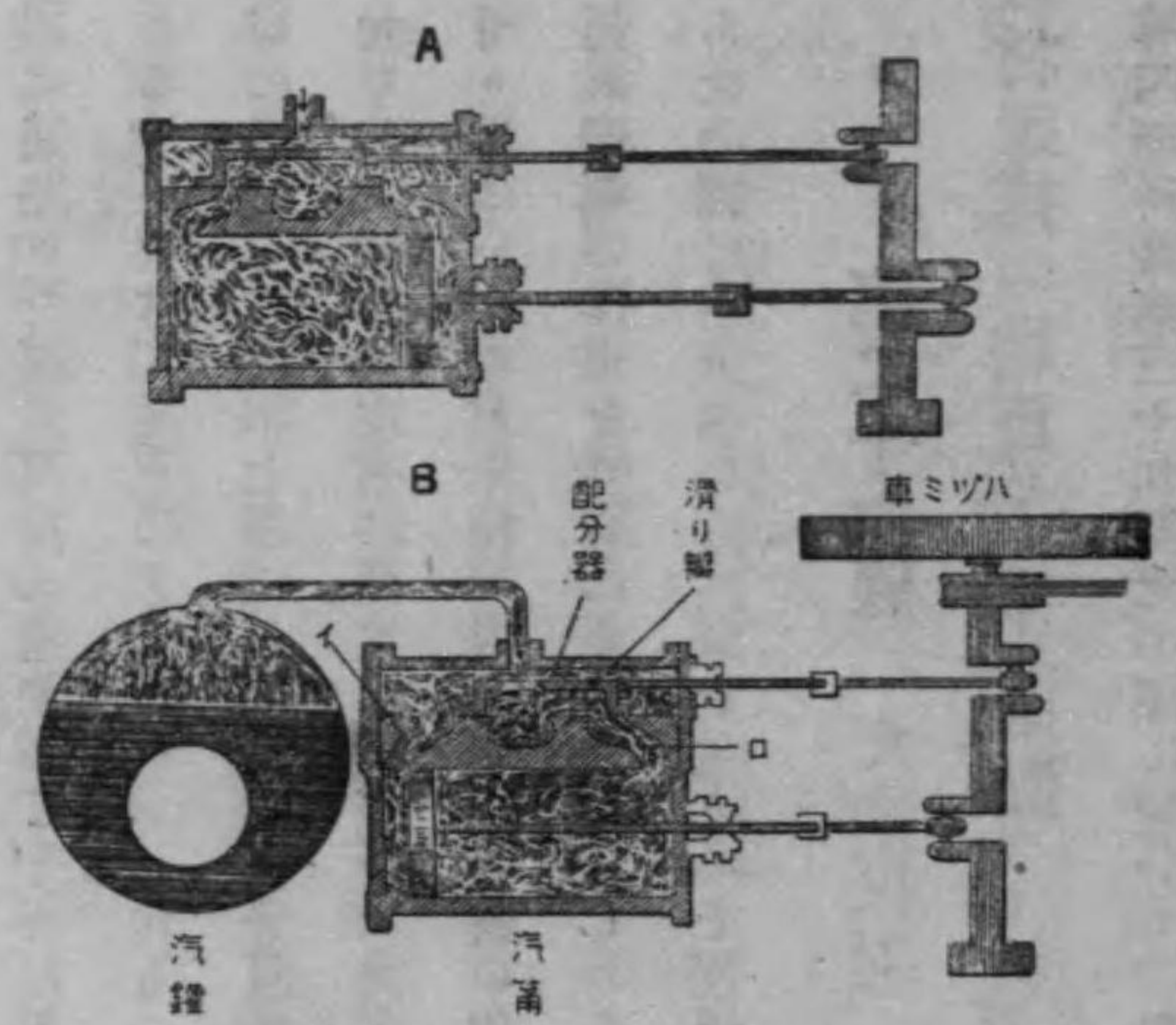
によれば、大西洋横斷四日十九時間位でなし得ると言ふことである。

4. 蒸氣機關の構造及び作用

蒸氣機關は、汽鐘と機關部と二つの部分からなつてゐる。機關部の主要なものは、配分器と汽笛とである。汽鐘に於いて壓力の強大な水蒸氣を生じ、水蒸氣は配分室を経て汽笛に入るのである。汽笛の内には活塞があつて、この活塞に固定してある桿によつて汽笛の外の挺子に連絡して居るのである。

配分器から汽笛に通ずるにイの通とロの道と二つある。而してこれによつて活塞の左右兩側に通じ、

その入口に滑り瓣があつて、通路が開いたり閉ぢたりするのである。B圖の位置に活塞がある時は、汽鐘から來てゐる強力の水蒸氣はイの通路を通過して汽笛の左側に入り、活塞とそれに固定してあ



る桿とを右の方に押すのである。此の時口の通路は滑り瓣の助によつて排泄口に通じ、中の蒸氣は冷水を容れた凝結器に排除し去られるのである。活塞が右端に達すると、滑り瓣の位置を變じて配分器は通路口を経て汽笛に通ずることとなり水蒸氣は右側に入つて活塞を左方に押すこととなるのである。A圖は丁度そのところを示したものである。而してイの通路が滑り瓣の助けを借りて、排泄口に通じて、冷水を容れた凝結器に一旦働いた水蒸氣を排除し去ることは前と同様である。かくの如くして活塞は左右に往復し、槌子は此の運動を傳へてハヅミ車を廻轉せしめるのである。而して滑り瓣はハヅミ車の軸に附した離心盤の作用によつて、活塞と反對に適當な運動をなすのである。蒸氣機關の作用を實驗によつて知らしめるには、空氣式蒸氣機關實驗器を使用するのによからう。即ち此の機に空氣輪から空氣を送込んで運轉せしめて見るのである。

第二十六課 光の反射

教材選擇の趣旨及び主眼點

尋四理科書第三十九課光の課に於いて、發光體、光の直進、並に透明體、不透明體及び陰影に就いて授けたのである。故に本課は之に關連して、更に光に就ての研究を進め、暗體の見ゆるは何故かを問答して、光は反射するものであること、反射には一定の法則のあることを平面鏡を使用して

實驗によつてこれを教へ、更に暗體が光を受けて見ゆる理由の説明に返つて、亂反射のことに就いて授けるのが主眼である。

教具及び準備

教師 越智式光學實驗器、鏡、分度器、暗箱、ローソク、マッチ。
 兒童 鏡、光の反射實驗器、分度器。

教材の解説及び取扱上の注意

一、光は反射するものである

1. 兒童の經驗事項の整理、夕方或は朝に於いて學校の教室の窓ガラスとか工場ガラス等が、日光を受けて非常に強く光つて見えることがある。
 或は又、鏡を日向に持出して、日光をその面に受けて鏡の向を色々に變化すると、自由な方向へ光を送ることが出来る。

或は又、池の水面だの川の水面だのが、何うかすると非常に光つて見えることがある。
 以上の如き經驗は兒童も亦持つてゐるのであらうから、それ等の經驗事項に就いて問答して、光はガラスだの鏡だの水面だのと言ふ様な物體に當ると反射するものであることを知らしめるがよい。

〔備考〕

一様なる質の内に於いては光は直進するのであるが、光が二つの媒質の境界面に達する時には、一部の光が第二の媒質の内に進み入るゝ共に、残部の光は第一の媒質に向つて進むのが常である。此の後者の現象を光の反射と言ふのである。

2. 光は反射するものであることの實驗、平面鏡を手にとつて教室の窓際に照込んである直射H光をこれに受けて、反射光線を教室の天井や壁や或は兒童の顔等に送つたならば、光が反射するものであることを實驗によつて確かめることが出来るであらう。

更に教室には塵埃等が空氣中に飛散してゐるから、光線の進路をも認めしめることが出来るであらう。故に鏡に受けて反射して行く光線の進路に、更に今一個の鏡を持ち行きてこの第二の鏡にその光を受け、これを他の方向へ反射せしめて見たならば、光が反射するものであることを一層明瞭に知らしめ得るであらう。

此の様な場合に於て鏡に向つて進んで来る光を投射光線と言ひ、一旦鏡に當つて反射して行く光を反射光線と言ひ、鏡の面に當る點を投射點と言ふのである。

二、光の反射の法則

光の反射には一定の法則があるのである。

1. 投射角と反射角とは相等しきことを示す實驗、越智式光學實驗器を使用するがよからう。即ち一枚の板の一端にブリキの衝立をとりつけ、ブリキの板に接する部分の中央を縦に細く抜いて、この細隙から光を入れる様にしたものである。

この實驗器を直射日光の照つてゐる場所に持出し、衝立の方を太陽に向けて、細隙から日光を板の面に沿つて取入れるのである。此の時板の面は衝立によつて日光が遮られる故、日陰になつてゐるから細隙から入つた日光は一直線になつて明瞭に認め得るのである。

その光線の直路に幅八分長さ二寸程の鏡を持つて行つて、光線をこの鏡に受けると、光は鏡に當つて反射するのである。此の場合に鏡の位置を一定して、射角と反射角とを（射角とは鏡面に垂直線を引きその垂直線と投射線となす角、反射角はその垂直線と反射線とのなす角である。）分度器を使用せしめて測定せしめるのである。更に此の實驗は鏡の向を色々に變化して、幾度も行はしめて測定せしめるがよい。

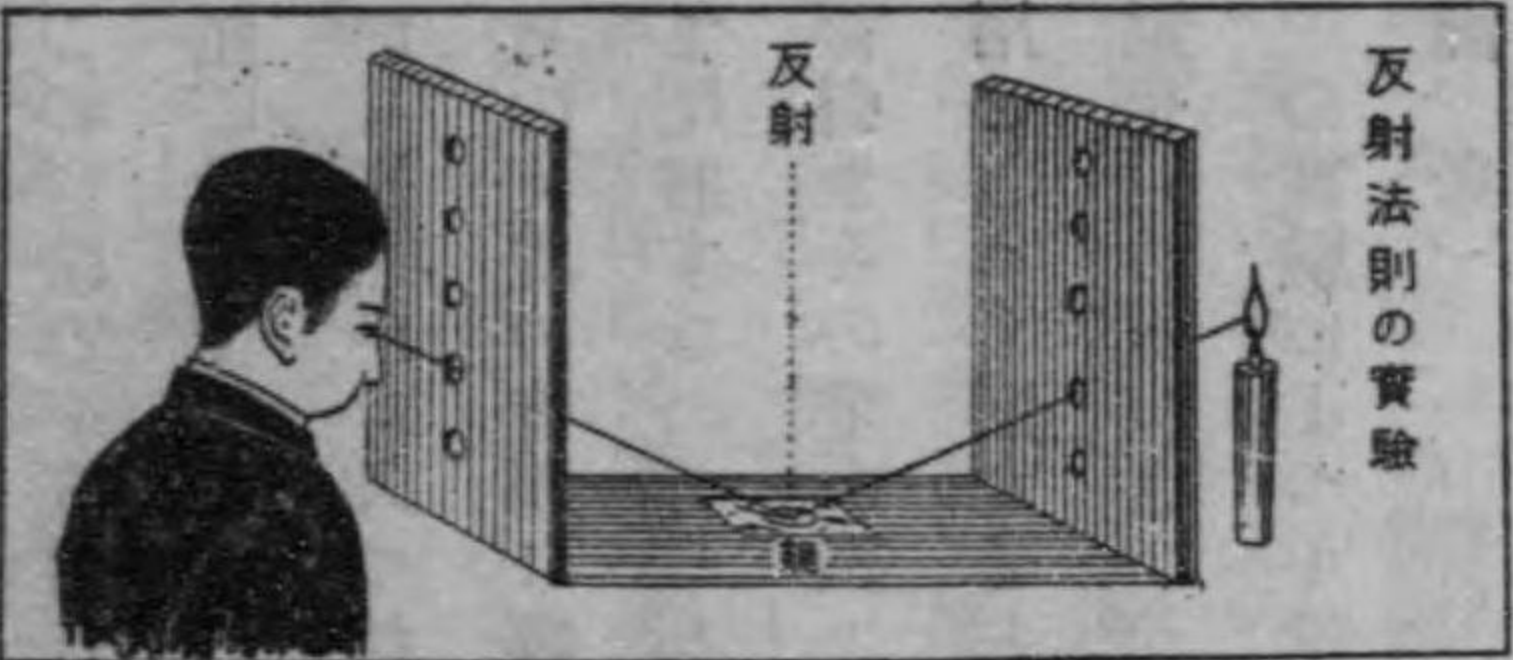
この實驗によつて投射角と反射角とは相等しいことが判るのである。

〔備考〕

光の反射の法則を嚴密に言へば次の通りなのである。反射光線と投射光線とは、投射點に引いた垂線を含む平面の内に於いて其の兩側にあり、且つ反射角と投射角とは相等しいのである。

2. 光の反射の法則を確かめる色々の實驗、反射角と投射角とは相等しいことを知らしめる實驗には色々の仕方がある。例へば、暗箱を使つて行ふ方法もある。即ち太陽の光線を暗箱の小孔から暗箱の中に入れて、暗箱の中には線香若しくは煙草の煙を入れて光の進路を見易くして置き、その光線を暗箱の中に入れて平面鏡に當て、反射せしめ、その投射角と反射角とを測定するのである。

反射法則の實驗



尙ほ、縦八寸横五寸位の板の兩端にブリキの衝立を板と直角に取つけ、然もそのブリキ衝立には双照に小孔を穿つて置くのである。そして板の中央に一個の平面鏡を置くのである。然る時はブリキの衝立の小孔から平面鏡をのぞいて見ると、それに對する向へのブリキの孔が鏡に寫つて見えるのである。この場合眼を當てた小孔から、鏡へ引いた線と鏡となす角と鏡に寫つた小孔から、鏡へ引いた線と鏡となす角とが相等しいのである。

三、光の反射によつて説明し得る事柄

大鏡を教室の黒板の前に児童に面して眞直に立てて置くのである。而して教卓を取去つて、児童が自己の席から鏡面が見える様にするのである。

試みに甲兒を立たしめ、次に乙兒を立たしめてお互に見ゆる位置にて停止せしめるのである。

此の場合甲は乙を見得ると共に乙は又甲を見得るのである。而して鏡と兩者の位置とに就いて吟味して見ると、各から鏡へ向つて引いた線と鏡となす角が等しいことが判るであらう。

更に尙ほ細密に吟味して見ると、このことによつて光の逆行し得ることも亦考へ得る緒になるのである。即ち甲から發した光が鏡に當つて、乙に達するならば、乙から發した光も亦鏡に當つて甲に達し得るのである。

四、光の反射の法則の利用

鏡を適當に使用せることによつて光の方向を變へることは反射の法則によつて容易に理解し得ることである。

體を塹壕の中に入れたままで前方の敵情を知らんと欲すれば、鏡を利用すれば鏡を傾ける角度を適當にすることによつてなし得る譯である。

教室を暗室にして日光をその中に入れるのに、ヘリオスタットを使用するのは、光の反射の理を應用したものである。

更にこの工夫の進化したものは、潜航艇に設備せられた潜望遠鏡である。

五、亂反射

日光の光線の様な平行線が、鏡の面の様な半滑な物體の表面に投射する時には、各光線は反射の法

則に従つて一定の方向にばかり反射して進んで行くから、塵埃の多い室内等に於いては、光線の直路を認め得ることは、先に實驗したことによつても明瞭である。然し此の場合に、鏡そのものは反射光線の来ない方向からであれば何れの方向からも見えないのである(縁や金具の見えるのは別である)。

1. 實驗、このことを實驗によつて兒童に知らしむるには、十分に清潔に磨いた鏡を暗箱の中に入れ、その鏡の前にローソクを置き、鏡の面に注意せしめると之れを認め難いことによつてもよいのである。

鏡の在ることを認め得ない例は、宿屋の廊下の突當りの壁にある大鏡、或は理髮店の大鏡の前にひよくりと立つと、自分の影を見て誰かがやつて来るかの様に思つたりするのである。これは矢張り鏡の存在が判らないからである。

2. 亂反射する場合、ところが鏡が塵埃で汚れてゐると鏡の面を認めることが出来るのである。之は鏡に附着した個々の塵埃の表面が不規則であつて、従つて光線を種々の方向へ反射するからである。

吾々が室内にある總べての物體をあらゆる方向から見てもこれを見得るのは、其表面が不規則であつて、投射光線が色々の方向へ反射するから、その光線が眼に入つて見えるのである。

此現象を亂反射と言ふのである。

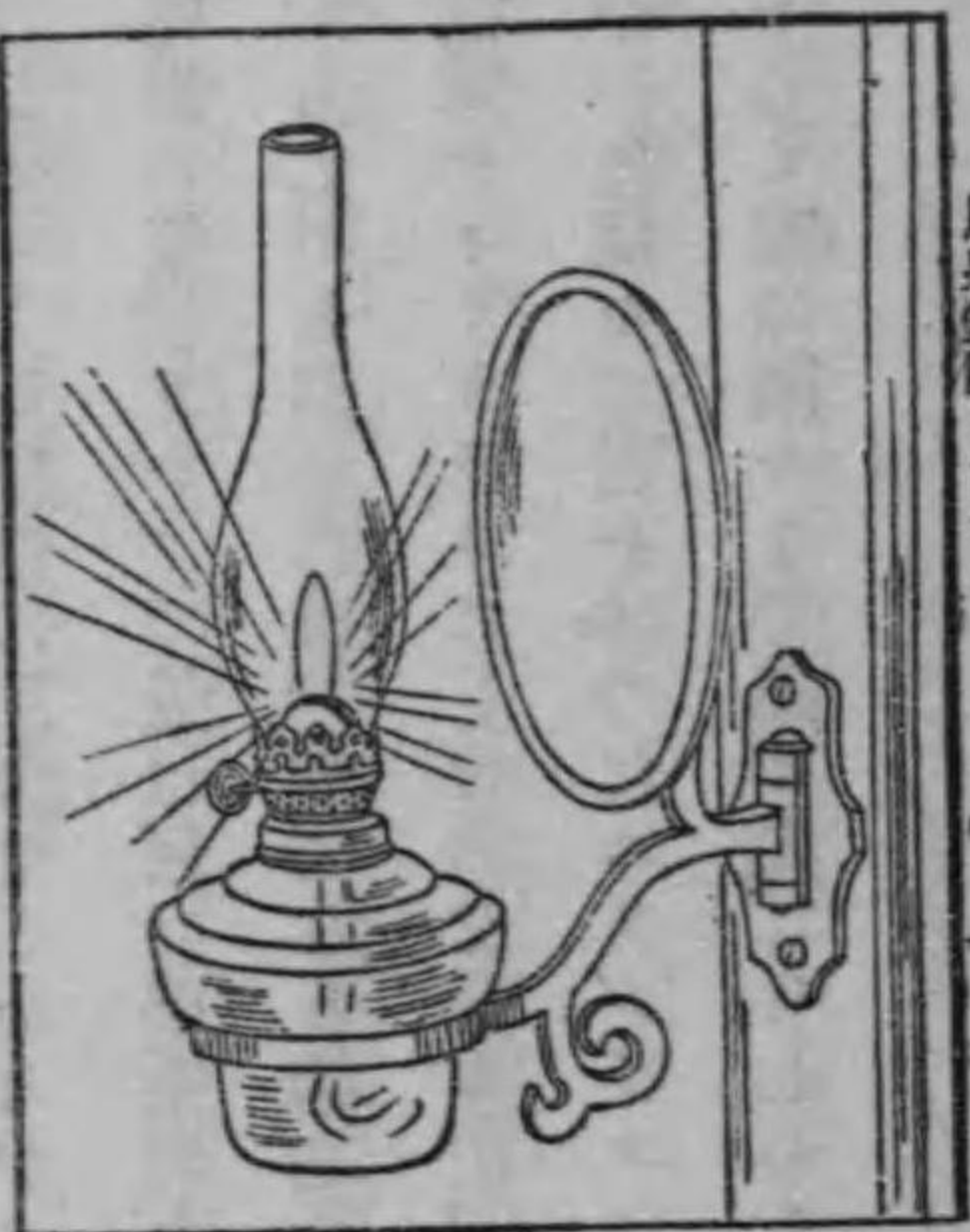
〔備考〕

鏡面に於ける時の様に、反射の法則に従つて反射するのを正反射と云うて、この亂反射と區別するのである。而して亂反射して進んで来た光線を受けて種々の方向に反射する光を、散光と稱するのである。

3. 亂反射にて説明し得ることども

日中日光の直射を受けてゐない場所が明るいのは、地上の物體及び空氣中に浮遊してゐる塵埃等が光線を散亂するからである。

反射鏡附ランプ



日出前又は日没後に少時間明るいのは、空氣の塵埃及び雲等が日光を散亂するからである。
瀧の水のとばしり、硝子粉等が白く見えるのは、日光を散亂するからである。

六、光の反射の應用

「照り返し」の作り方、自動車のヘッドライト、其他照明器にとりつけられてゐる照り返しは、光の反射の理を應用したものである。従つてこれを作らんとすれば、光を最もよく反射する物質を使用して照り

返しを作り、そして光を最も多く送らんとする方向へ光の行く様に角度を測つて造ればよい譯である。このことを兒童に工夫せしめるがよい。

電燈の笠、ランプの笠は何の必要があるかを説明せしめて、更にこれ等の笠の役目をして効果多からしめる爲めには、如何なる構造をした笠を作ればよいかを考へしめるがよい。

電球をスリガラスにしたのを見るが、あれは如何なる利益があるかを考へしめ、つまりは電燈の光を一旦種々の面を持つたスリガラスに當て、散亂せしめテカ〜とする光たらしめず、心持のよいとして室の隅々まで通る光たらしめるのであることを發見せしめるがよい。

第二十七課 平面鏡

教材選擇の趣旨及び主眼點

光の反射の後を受けて、平面鏡によつて生ずる像に就いて教へるのが主眼である。即ち光線が平面鏡に當つて反射する結果像を生ずることを、先づ小さき點に就いて教授し、次にその像と實物と鏡との位置的關係に就いて吟味せしめ、更に進んで稍大なる物體の像と實物との關係を知らしめるのが主眼である。

教具及び準備

教師

兒童 臺のついた小鏡、針五本宛、鏡、蠟燭。

教材の解説及び取扱上の注意

一、平面鏡とは如何なるものか

普通の鏡、或は自動車等の照り返しは、皆これは光を殆ど全部反射させるための面を持つものである。この光の反射面が平面になつてゐるものを平面鏡と稱するのである。前課の實驗に使用した鏡及び普通の姿見は皆平面鏡である。

〔備考〕

平面の反射面を有する鏡は平面鏡であるが、此の外に、球面の反射面を有してゐる鏡を球面鏡と言ふのであつて、球面鏡に凹面鏡と凸面鏡との別があるのである。即ち球の内面が反射面になつてゐるものは凹面鏡であつて、球の外表面が反射面になつてゐるものは凸面鏡である。

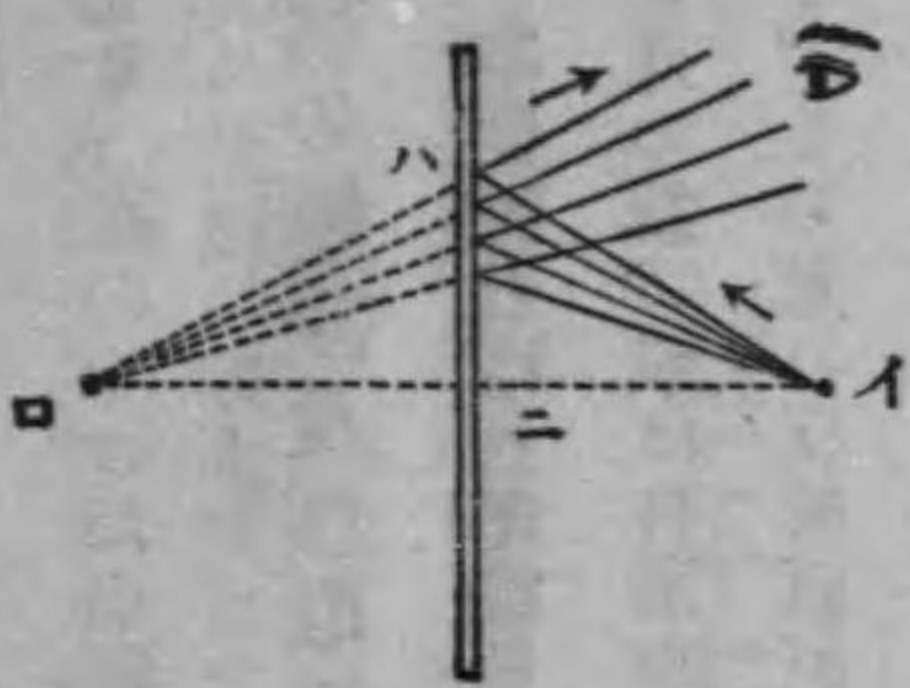
二、平面鏡によりて生ずる像

1. 平面鏡には何故に物の姿が映るか、姿見の前に立つとか或は小鏡の前に顔を出せば、其の背

後に其の姿なり顔なりの像が映つて見えることは、兒童の常に經驗してゐることである。然しその理由は如何と言ふ問題に就いては考へて見たことは少ないであらうと思ふ。此の鏡に向へば姿の見える理由如何と言ふことを教授の出發として、研究の歩を進めしむるのも一つの良方法であると思ふ。

2. 一點より發する光の反射

鏡に向へば、姿の見える理由如何を探究する第一歩として、一點より發する光の反射に就いて考へて見るのが順序である。



線香に火をともし、これを見るに何れの方角から見てもその線香の火を認めることが出来るのである。これは線香から發する光が上下左右四方八方へ向つて眞直に進むからである。

線香の火は小さいけれども尙ほ多くの點の集りと見なくてはならぬのであるが、一點から發する火も亦四方八方の方角に向つて直進するものである。

更に尙ほ自から光を發せざる物でも、その一點に散光が當れば四方八方に光を反射するから、丁度一點から發する光と同様の進路をとつて進むと考へることが出来るのである。

今平面鏡の前に光を發する點(自から光を發するとも或は他の光を亂反射するとも何れにでもよし)イを置いたとする。然るときは光は圖に示す様にイ點から發して一旦鏡の反射面に當り、反射して返つて來るのである、この様に反射して來る光は恰も鏡の後の一點ロから發したかの様な方向をとつて進むのである。従つて吾々の眼にはイ點は恰もロ點にある様に思はれるのである。

此の場合にイとロとを連ねる直線は、常に鏡面に垂直であつて、イから鏡面までの距離とロから鏡面までの距離とは相等しいのである。

〔備考〕

先の圖に於いて、イ點から鏡面に向つて進む無数の光線の中から任意の光線イハを考へ、これに對する反射光線を逆に延長し、これと光點イから鏡面に下した垂線の延長との交りをロ點とする。さすれば此所に出來た二つの三角形イハニ及びロハニに於いて、邊ハニは共通、又反射の法則によつて、角イハニは角ロハニに等しく、更に又角イニハと角ロニハとは直角であるから等しい。故に此の二つの三角形は全く相等しいのである。

故にイニはロニに等しいのである。

即ち反射光線を逆に延長する時生ずる延長線は、鏡面に對して光點イに對稱となる一定ロを通過することが判るのである。他の總べての反射光線を逆に延長したのも皆ロ點を通過するからして、

反射光線を眼に受ける時には、眼はイ點が恰もロ點に在るかの様に感ずるのである。このロ點をイ點の像と言ふのである。これ元來眼は光線の過去の行路を認識する能力がないから、單に光が眼に入つて來る方向に光源があるが様に感ずるのである。

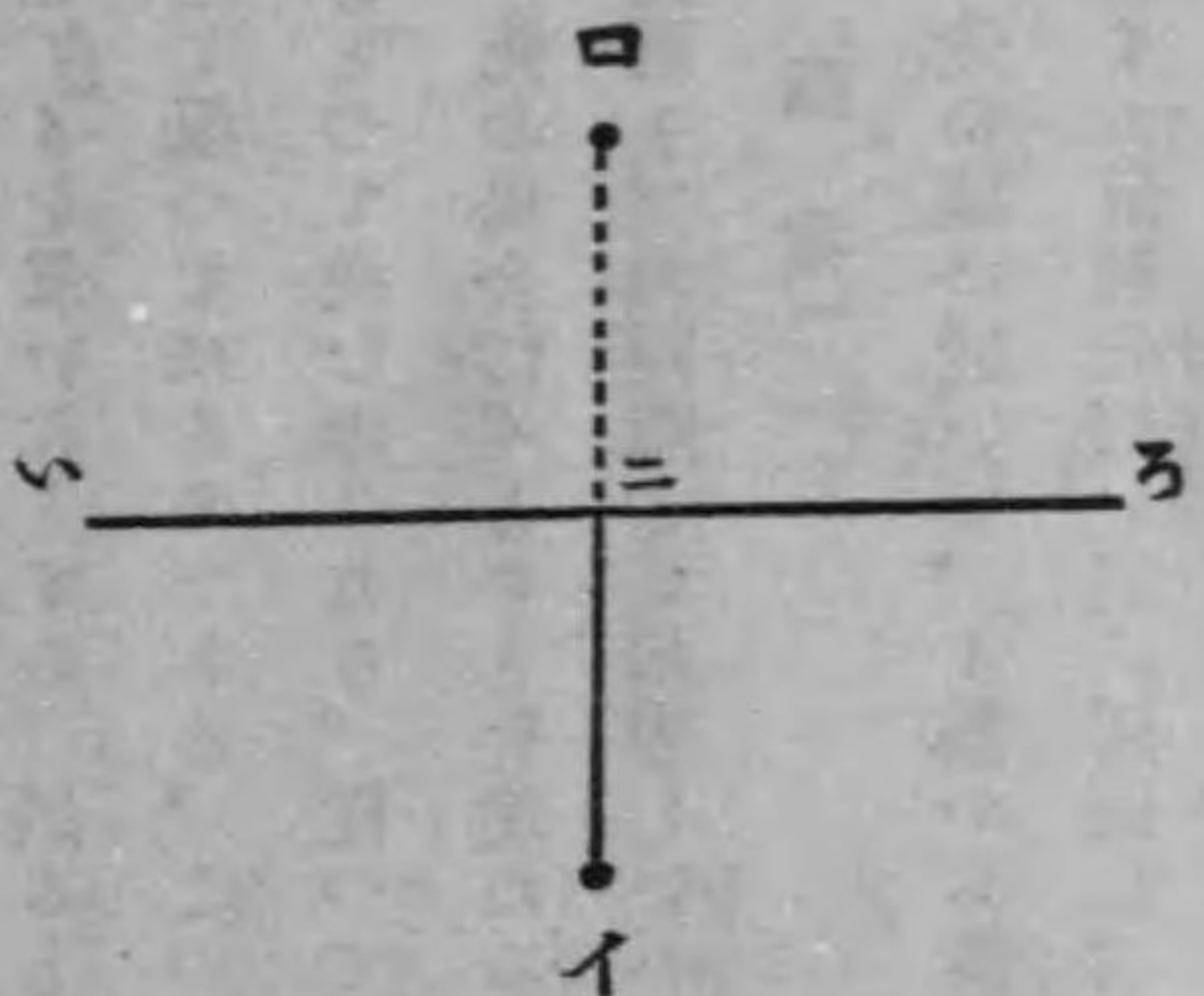
此の様に光線が實際其所から來るのではなく、光線の反射(屈折の場合に就いては後に研究する)に依つて其所に光點若しくは物體を認めるやうな場合には、これを虚像と言ふのである。即ちロ點はイ點の虚像である。

3. 點の虚像を求める實驗

一つの點イの平面鏡に對する像を求めるには、イから鏡面に垂線イニを引き、イニの延長線上にイニに等しくニロをとり、點ロを求めればよいのである。

實驗、虚像が果してロ點にあるや否やを實地に就いて檢證すること、

机の上に白紙を置き、其の上に直線いろを引かしめる。直線から一寸離れたところに點イを求め、イ點からいろ直線に垂線イニを下し、これを延長してイニに等しくニロをとつてロ點を求める。



然る後に平面鏡の反射面がいろ線に一致する様にして紙面に直角に置き、鏡に映るイ點の虚像を見る時にはロ點にある様に思はれるのである。

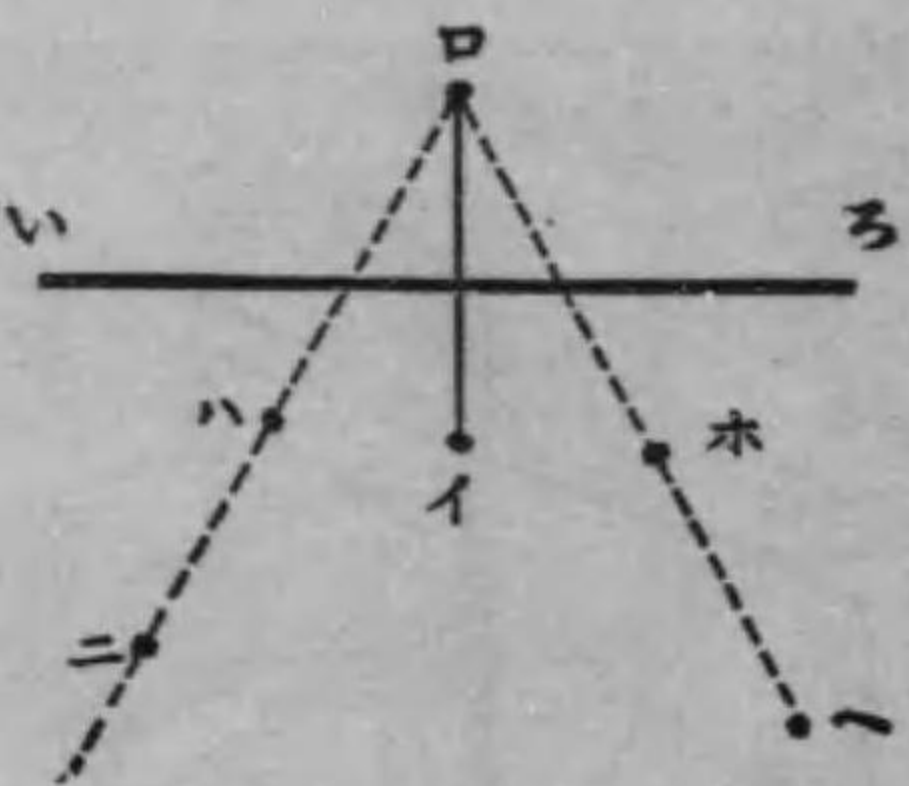
實驗、いろ線がいろ線に依つて直角に二等分せらるるや否やを實地に就いて檢證すること、

先の實驗と同様に机の上に白紙を置き、其の上に直線いろを引き、平面鏡の反射面が此の線と一致する様にして鏡を直立するのである。鏡の前方に針イを直立すれば、其の像ロを生ずるのである。次に針ニを直立し、一眼で見ると針イの像ロが隠れる位置に更に針ハを直立するのである。同様にして、更に他の二本の針ヘを直立し、鏡を取去つて針の痕、ハニ及びホへを各々連結すれば、像の位置はこの二直線の交點ロにあることは明かである。次にイロを結んで直線イロに依つて、直角に二等分せらるるか否かを檢するのである。

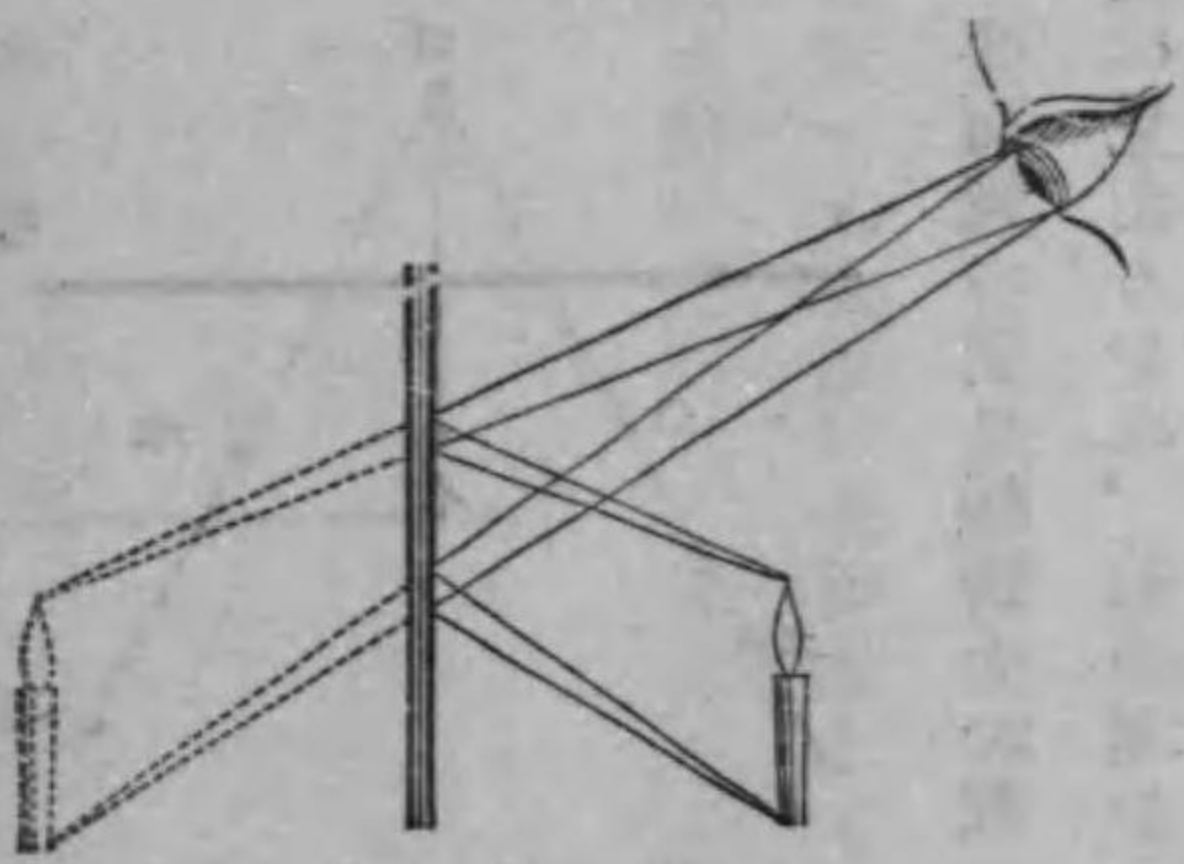
4. 平面鏡の前方にある物體の像

平面鏡の前に蠟燭とか筆とか言ふ様な物を立て、置いた場合に、それ等の物體の像が如何なる位置に見えるかは、前の理から推して判ることである。即ちそれはそれ等の物體を多くの小さな點に分けて考へればよいのである。

圖に示す様に蠟燭の各點の像は集まつて、蠟燭の形を作り鏡の後に蠟燭の像となつて見えるので



ある。而して蠟燭の像は鏡面に對して物體と對稱の形を有するのである。
5. 實物と像とは左右反對である。



平面鏡の像

物體の右の方の點から出た光は、鏡に當つて反射して鏡の後の右の方の點から發する様に見える。左の方の點から出た光は鏡の後の左の方の點から發する様に見えるから、鏡に映る像は左右相反して見えるのである。

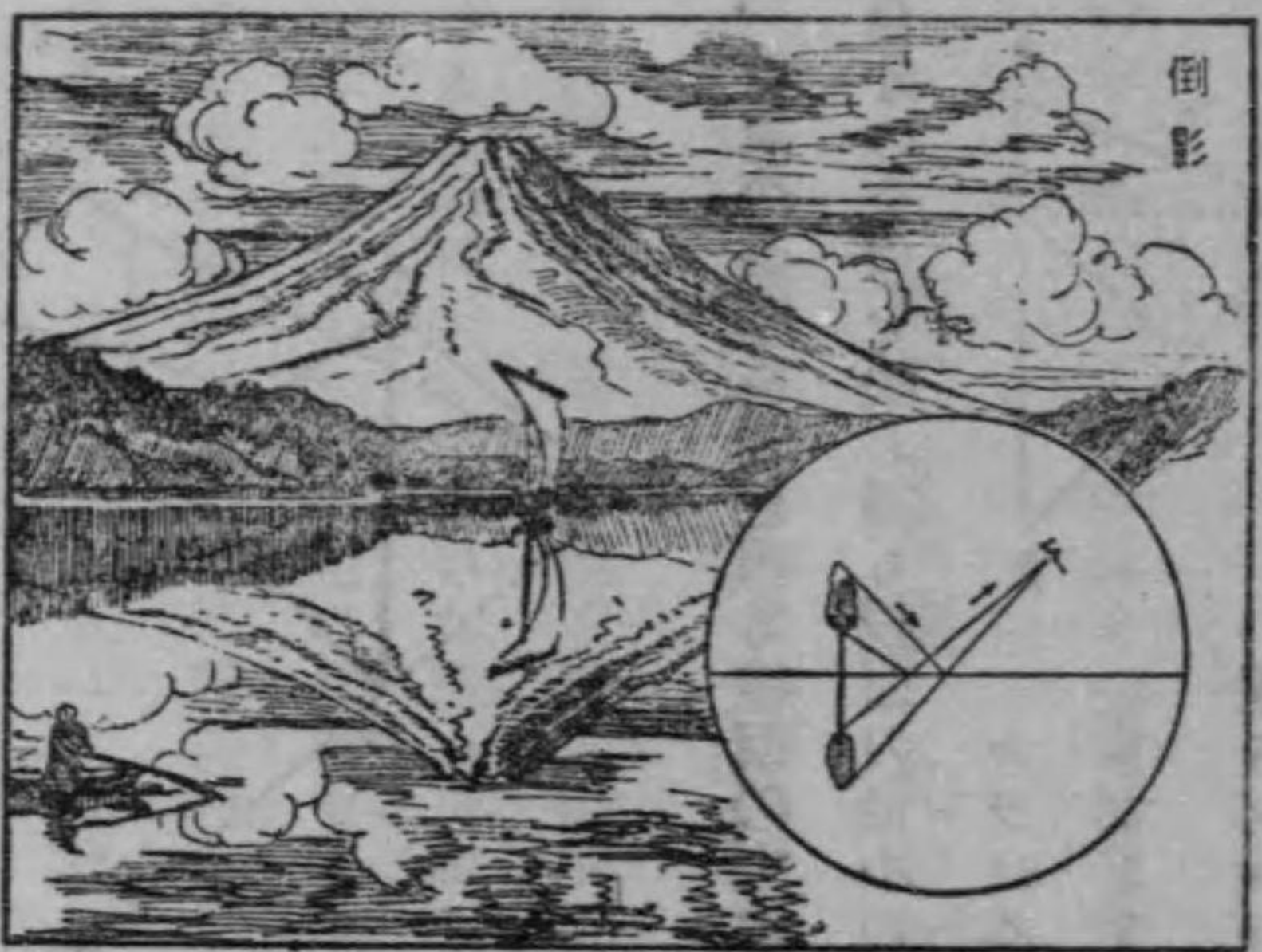
これを實驗によつて知らしめるには、鏡に向つて左手の掌を向けて映すと像はこちらを向いて見える。従つて自分の右手の掌を自分の方に向けた時の様に見える、右手の掌を映すと像は自分の左手の掌を自分に見る時の様に見えるのである。或は又鏡に自分の顔を映して、自分の右の眼をつむれば、像では左の眼をつむつて居り、左の眼をつむれば像では右をつむつてゐる様に思はれるのである。

6. 倒影の理

静かな水面に映る水の影、木の影等が倒に見えるのも前の理から説明し得ることであるから、その理由を考へしめるがよからう、

備考

一、平面鏡の視野



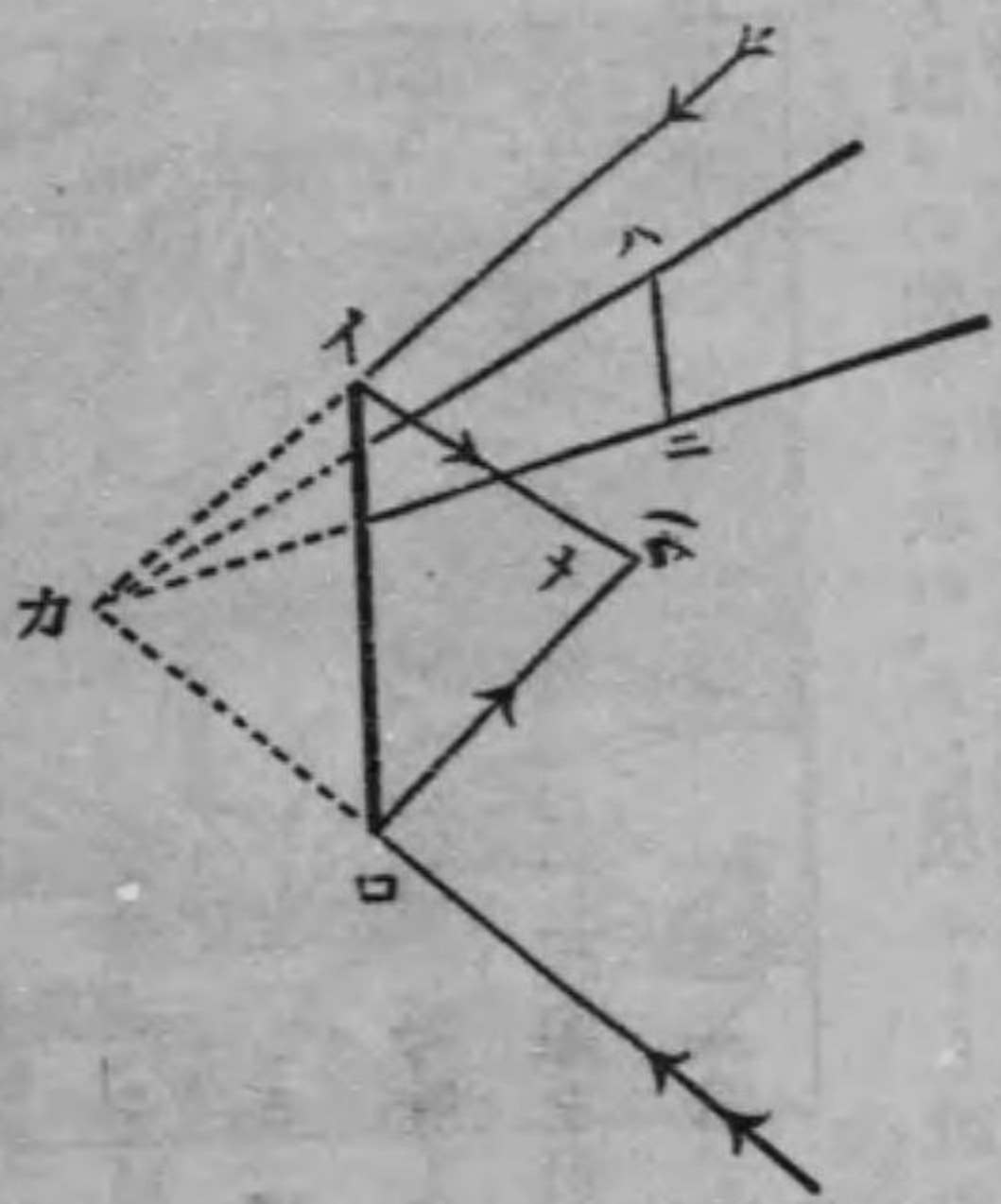
平面鏡の前に眼を置いて鏡の中に映る物體を見る場合に、眼の位置を一定すれば視得る範圍も従つて定まるのである。これを平面鏡の視野と言ふのである。

平面鏡の視野を定めようと思へば、次の如く考へて行くのが便利である。

鏡に映る物體の像を見得るためには、物體から發する光の一部が一度鏡の面に當つて反射しそれが眼の瞳孔に達しなくてはならぬのである。ところが反射行線は逆光し得るからして、平面鏡の視野を定めるには、假りに射點（瞳孔の中心）を光點と看做し、メ點から鏡面に投射して反射する光線の範圍を求めらるるそれでい、譯である。だから鏡に對する眼メの像カを求め、カを頂點とし鏡面を底面とする錐體内に於いて、カイロを除いた部分は即ち求むるところの視野となるのである。此の作圖を見ても明かな様に、平面鏡の視野は鏡面から遠ざ

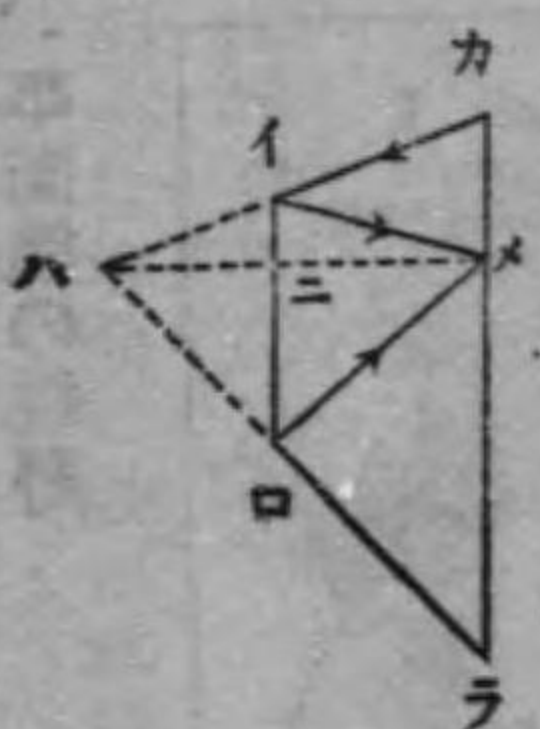
かるに従つて大となるのであるから、自分の體の全體を映すことの出來ぬ鏡でも、自分の後の方にある遠方の家屋や樹木等の像を見ることが出来るのである。又作圖によつて推察し得る様に、眼の位置を鏡面に近づける程、視野を定めるところの錐體の頂角イカロは大となるから、従つて視野は大となるのである。

次に視野の内に障礙物ハニを置く時には、カを頂點としハニを底面とする錐體の内に於いて、ハニの後の方にある物體は隠れて見ることが出來ないのである。



二、自己の全像を映し得る鏡面の大きさ

自分の全像を映し得る鏡面の最小の長さを求めるために作圖したのが此の圖である。



カラは全身であつて、メは眼の位置とするのである。眼の像がハであるとする、ハを頂點としカラを底邊とする三角形で鏡面を制限した部分をイロとすれば、鏡面のイロの部分に全身カラ像を映し得るに必要な最小の鏡面である。

次にメハを結んだ線が鏡面と交る點をニとすれば、三角形ハカメに於いてイニはカメに平行であ

つて、ニはメニの中點であるから、イニはカメの長さを二分の一だけとつたものに等しいのである。

これと同様に考へて、ニロの長さはメラの長さの二分の一に等しいのである。故に

$$イロ = \frac{1}{2} \text{カラ}$$

だから全長の半分の長さの姿見で全身が見得るのである。

第二十八課 光の屈折

教材選擇の趣旨及び主眼點

光は同じ質、同じ密度の物質の間を通る場合には直進するといふことは、尋四理科書第三十九課光のところの於いて授けた通りである。而して、一つの物質から異なつた他の物質に入る場合に起る一つの現象として、光の反射を吟味したのである。故に本課に於いては、二つの媒質の境界面に於ける方向變換、即ち光の屈折現象を教材として選み、光の空氣より水に入る場合、水から空氣中に出る場合、及び、ガラスへ入る場合、ガラスから出る場合などの屈折に就いて知らしめるのが主眼である。

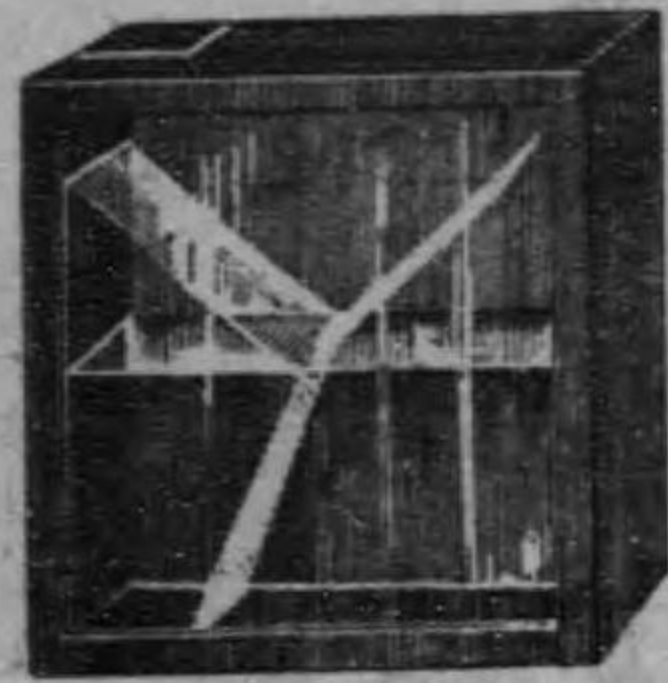
教具及び準備

教師 硝子で造つた水槽、赤インク、平面鏡、越智式光學實驗器、竹箸。
兒童 茶碗、コップ、一錢銅貨、水さし、箸、ガラスの束、針四本、白紙、

教材の解説及び取扱上の注意

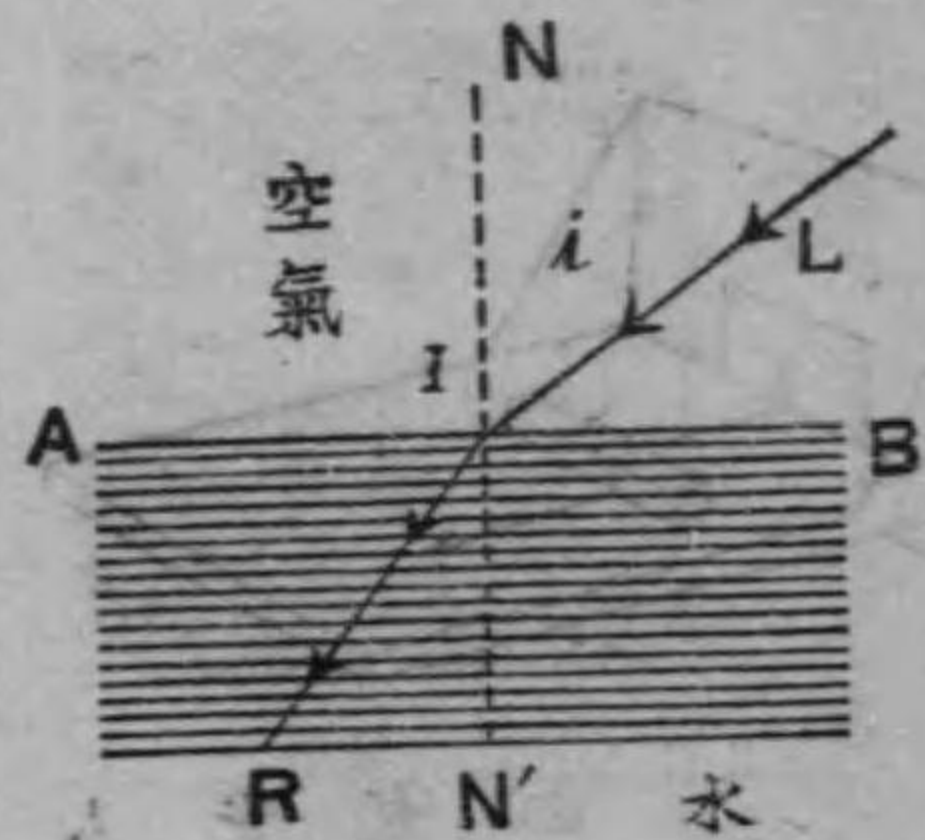
一、光は異なつた物質に入る時屈折する

尋常四年の理科書の第三十九課光のところ、光は直進するものであることを教へたが、これは同質、同密度の物質の中を進行する場合に就いて言つたことであつて、異物質、異密度の物質へ進む入る場合には、その媒質の境界面に達して、光の一部は第一の媒質に向つて反射することは、第二十六課光の反射に就いて授けた通りであるが、残部の光は一般に方向を變じて第二の媒質に向つて進み入るのである。此の現象を光の屈折と言ふのである。例へば光が今空氣中を進行して來て、それが水中に入る場合、或はガラスの中に入る場合共に境界面で屈折するのである、光は此の如く異なつた物質の間に於いてのみでなく、同一物質でも密度が異なると、その境界面で屈折するものである。



二、光が空氣中から水中に入り又は空氣中に出る場合の屈折

1. 空氣中より水中に入る場合の實驗



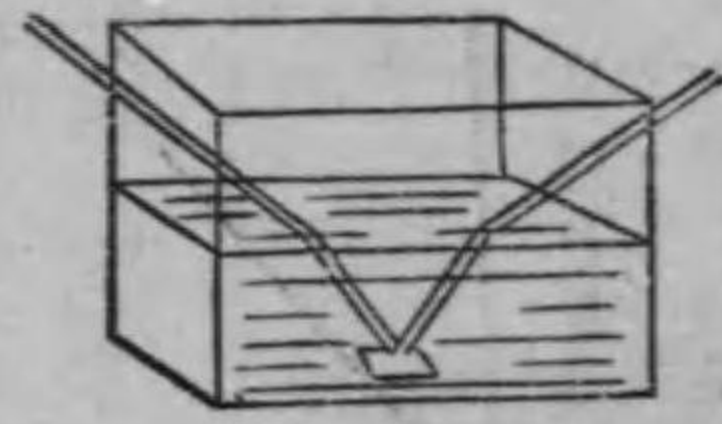
硝子で造つた方形の箱に、少しばかりの赤インキを混じた水を七八分目容れ、暗室の内で其の水面に斜めに日光を投射すると、一部の光は方向を變へて、水中に屈折することを示すことが出来る。

上の圖でABを空氣と水との境界面とし、LIを投射線とすると、垂線NIを立て、LIN角を投射角と言ひ、N'IR角を屈折角と言ふ

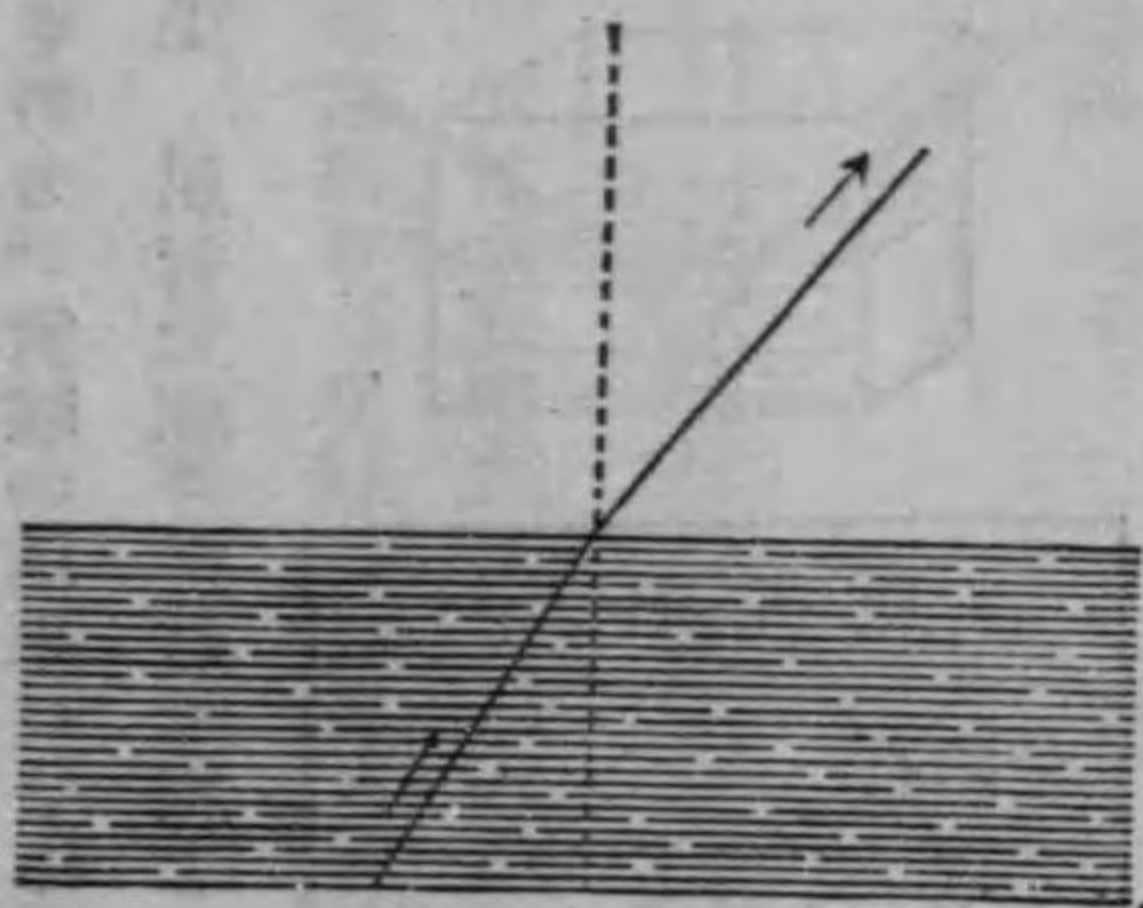
のである。實驗の結果によると光の屈折に關しては、次の様な規則があるのである。

1. 屈折光線と投射光線とは、投射點に引いた垂線を含む平面内に於いて、垂線の兩側にある。媒質に特有であつて、投射角の大きさには關係はない常數である。

これは種々物質の空氣に對する屈折率である。従つて、光が空氣から斜に水中に入るときには水面に遠ざかる様に折れて進行するのである。



屈折率表	
金剛石	2.49
ふりんと硝子	1.64
二硫化炭素	1.53
酒精	1.36
水	1.33



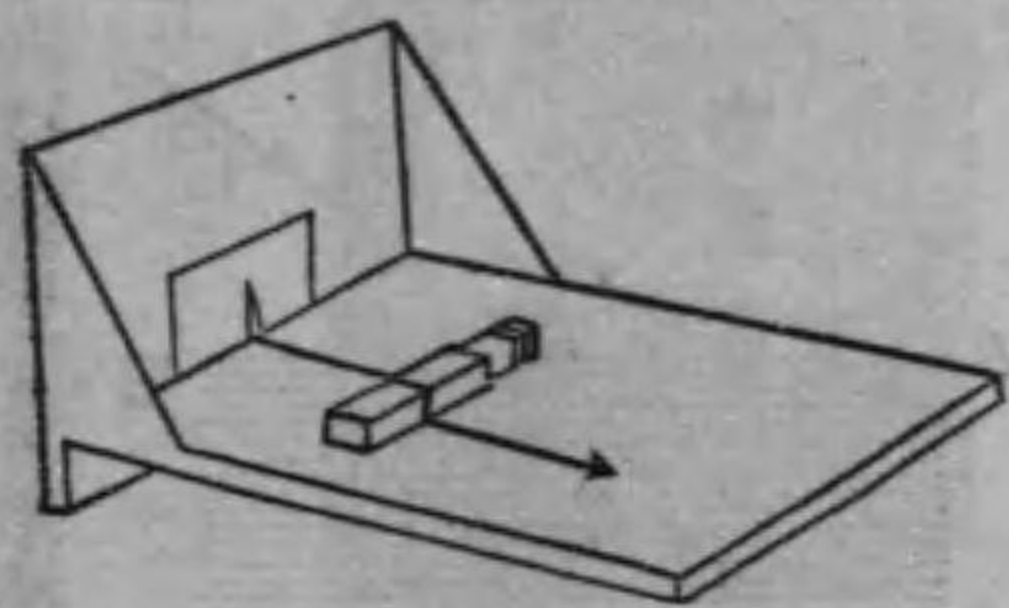
3. 水中より空気中に出る場合の實驗
 先の實驗に使用した硝子器の底に小型の平面鏡を置き、空氣から水中に入つた屈折光線が丁度その平面鏡に當る様にし、その反射光線が水面に来て再び屈折して空氣に出る有様に注意せしめるがよい。

此の場合には圖に示す様に境界面に近づく様に屈折するのである。空氣中から水中に入る場合、及び水中から空氣中に出る場合の兩方の實驗を簡單に行ふ方法として、越智式光學實驗器を使用するのちよからう、即ち圖に示す様に、垂直に立つてゐる壁に直射日光を當て、單光隙から日光を板面上に導いて來るのである。そしてその光の進路に水を充てた瓶を横に置けば、光が水中に入る場合の屈折及び水中から出る場合の屈折を同時に實驗することが出来るのである。

三、以上の理由から説明し得る應用的事項

1. 錢の浮いて見える實驗

兒童の一人を實驗者として、他の兒童は觀測者として、一個の茶碗の底



に一錢銅貨一個を入れ、觀測者をして次第に後に遠ざからしめて、茶碗の縁のために殆んど銅貨の

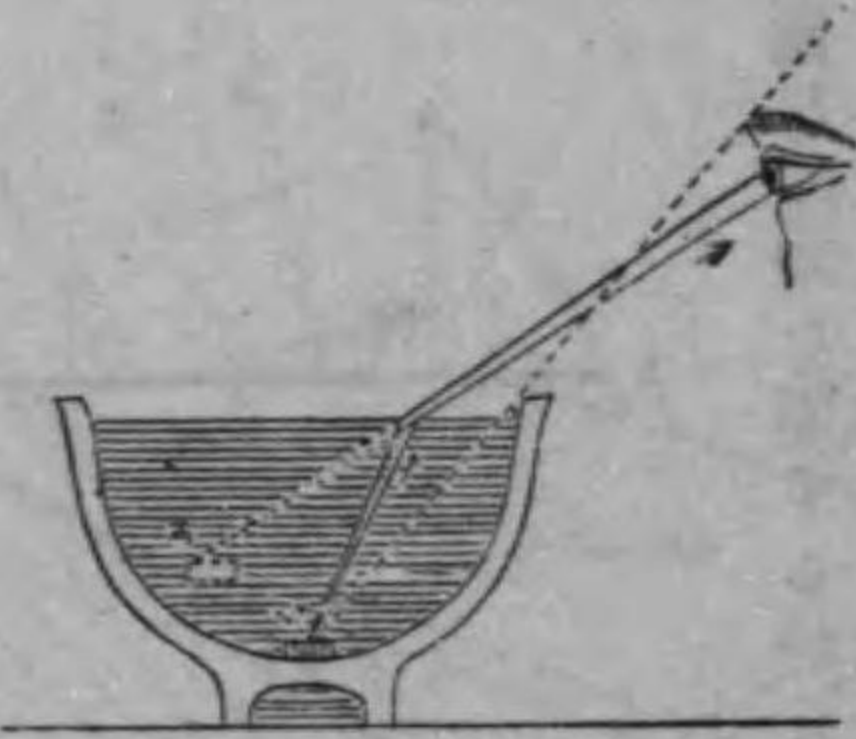
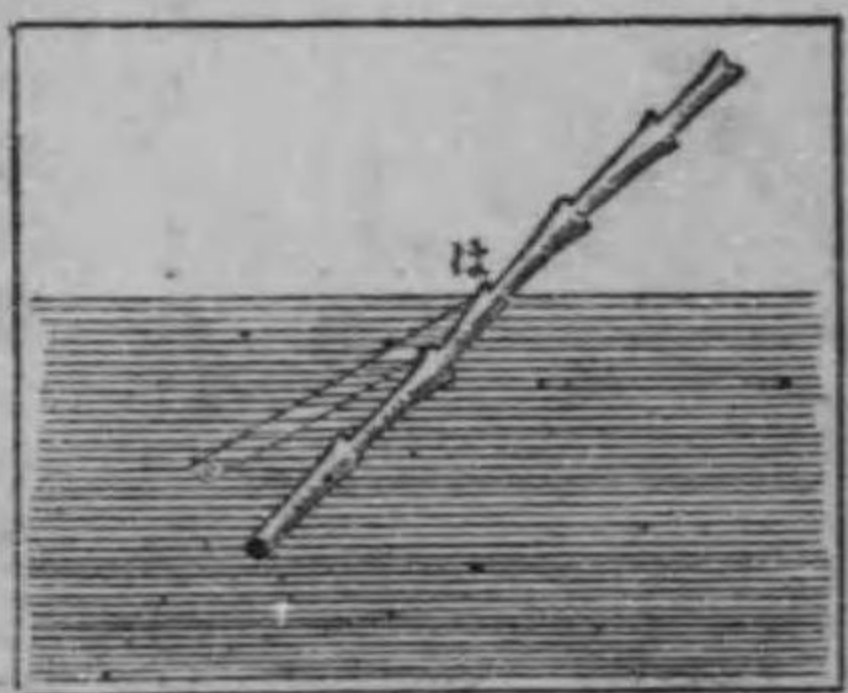
見えない位置に立たしめるのである。而して後實驗者は水さしをとつて靜かに錢の動かぬ様に徐々に水を注入れさせるのである。銅貨は茶碗の中に水の溜るに従つて觀測者の眼に見える様になるのである。次には實驗者と觀測者とを取換へて幾度も同一の實驗を繰り返へし、その理由を考へしめ且つ圖解によつて説明せしめるがよい。

次にガラスのコップをとりその底に一錢銅貨を置き、水さしから水を注入して横から觀測せしめるがよい、然る時は、錢は、底に一個とこれよりも稍上方に浮いて一個と、二個見えるのである、その理由を説明せしめるがよい。

2. 箸若しくは竹竿の折れて見える實驗

コップに水を充たし箸か鉛筆を少し斜に挿し入れさせ、これを斜の方から觀察せしめると、箸乃至鉛筆は水面で折れて見える。

二校庭に池でもあつたならば、矢張竹竿は水面で折れて居る様に見えるであらう。

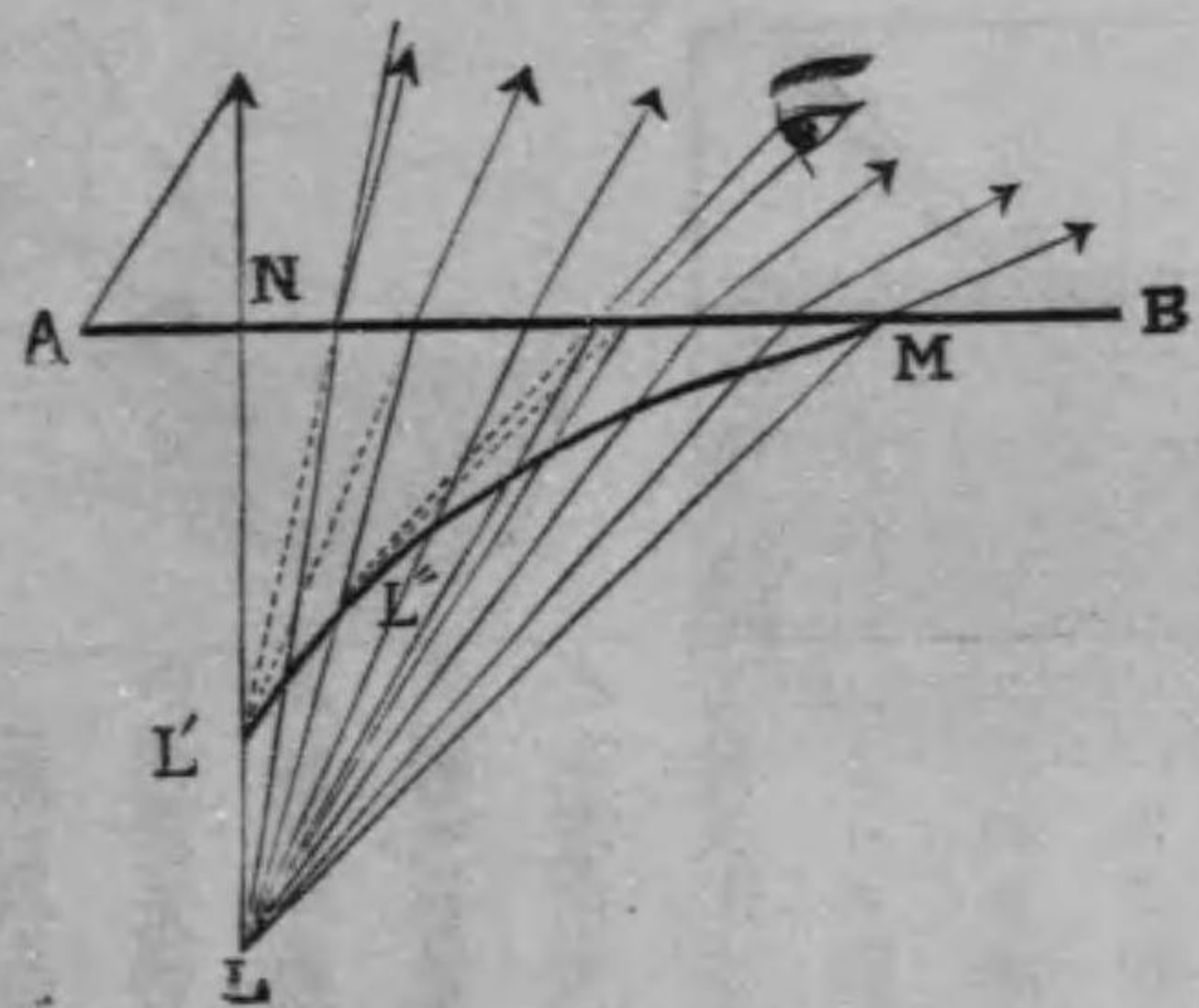


この理由を兒童に説明せしめるがよい。

3. 其他光の屈折の理にて説明し得る事項

清い水の溜つてゐる池或は川等が淺く見えるから、入つて見ると實際は深くて着物をぬらす事等がある。これは、水の外から見ると眞の深さに見えないで、眞上から見ても實際の深さの四分の三

位に見えるのである。而して斜から見ると其の浮上つて見える度は一層甚だしく、極端に斜即ち顔を水面につける程にして見れば、水底は水面に引着いて見えるのである。又斜に見れば浮き上つて見ると同時に、自分の方に近づいて見えるのである。



此の理由を考へるに、圖に於いてLを水中の光點とすれば、この點から境界面ABに垂直に投射する光線LNは方向を變へず鉛直に上方に直進することは明瞭である。(此の場合L點はL'點に見え従つてNLの3/4がNL'であることは、少し複雑な證明を要するから省略する) 投射點がM點から遠ざかつて行く程屈折線は益々垂線とは大なる角を爲す様になり、従て是等の屈折光線を逆に延長すれば、悉く一つの曲線L'L'Mに接線となるの

である。従つて屈折線を眼に受けると、光線Lの虚像L'を此の曲線の上
に認め、且つ水面を斜に見る程、像L'は曲線に沿つて上方に上り、従つ
て益々浮上がつて見えるのである。

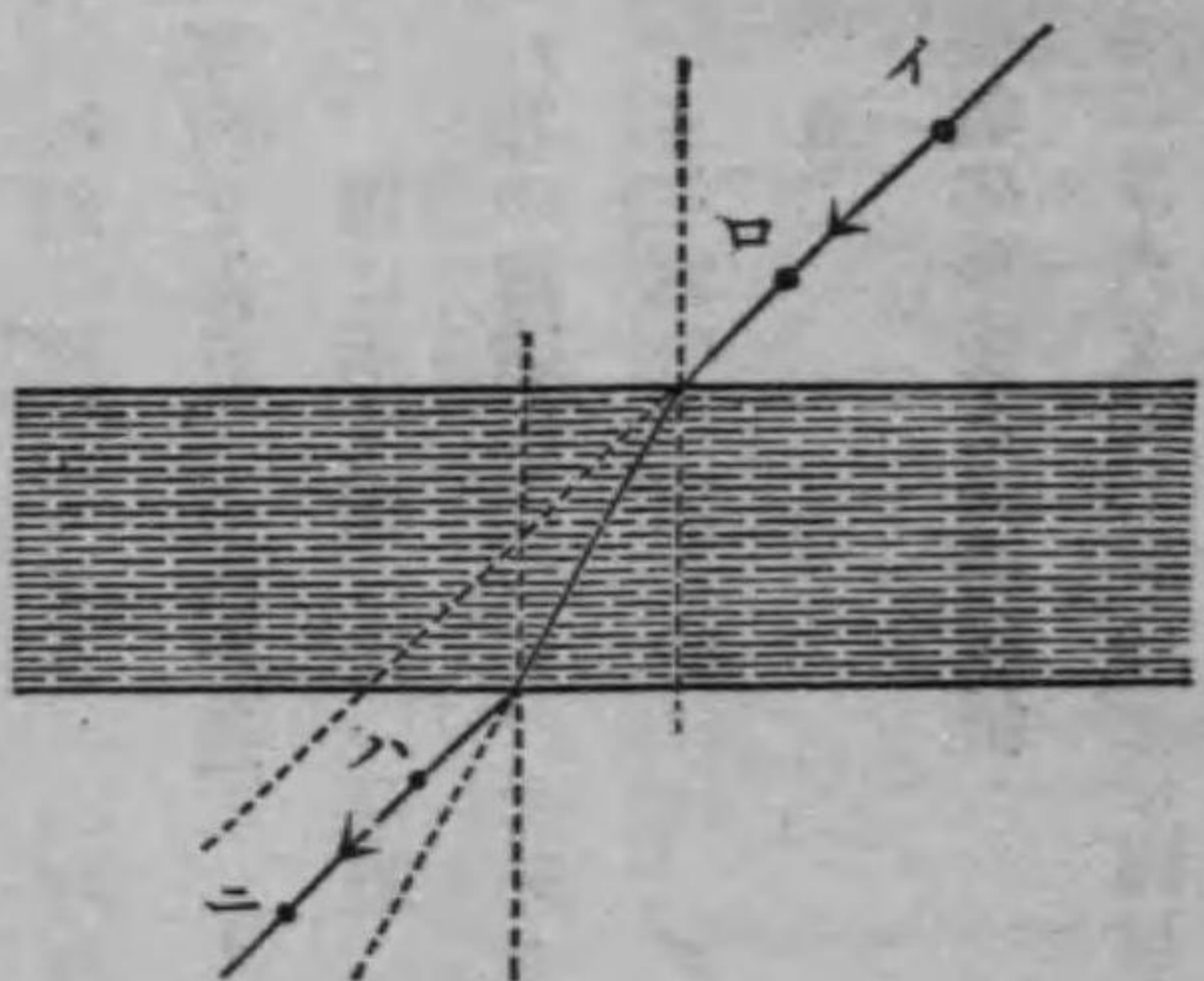
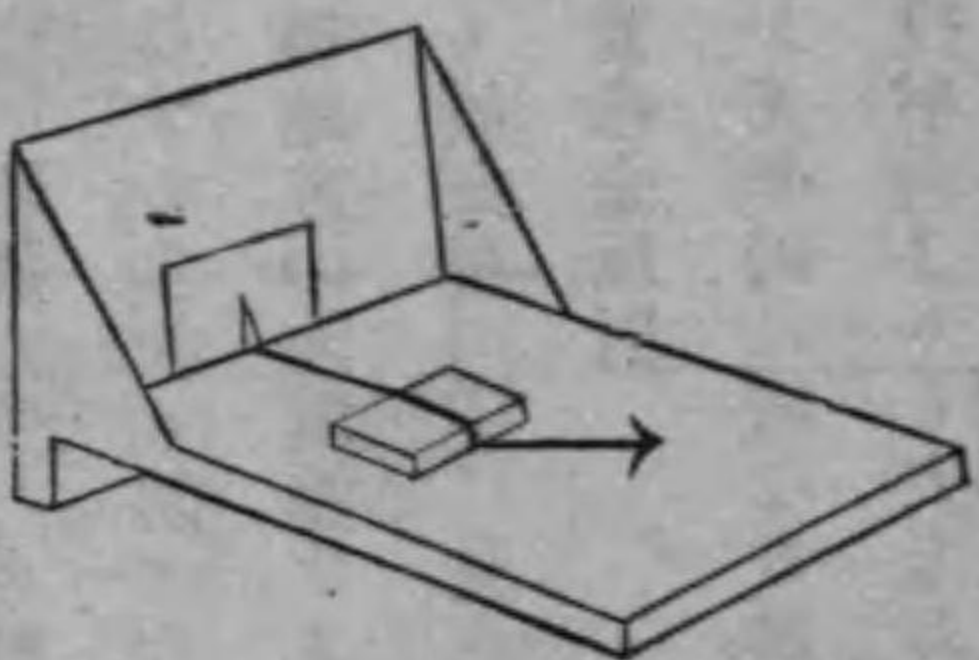
四、光が空氣中からガラスの中に入る場合及びガラス、から
空氣中に出る場合

1. 越智式光學實驗器を使用しての實驗

圖に示す様に越智式光學實驗器を使用して、先の水瓶に代へるに厚板
ガラスを以つてすると、空氣中からガラスに入る場合、及び
ガラスから空氣中に出る場合の兩方が實驗し得るのである。
此の場合に白紙を敷いて、光の進路をガラス板の外形と共に鉛筆で記入すれば、實驗後、屈折の有様を驗べるに便利である。

2. ガラス板の束をすかして、針を立て、ガラスの屈折を
測る實驗。

窓ガラスの破れたの幅一寸長さ三寸位に切り、これを十二



三枚づつ糸で束ねてガラスの厚板を作り、白紙の上にイロ二本の針を立て、それに對してこのガラスの厚板を置き、これを透してイロの針を重ねる様にハニの針を立てガラスの境界面に二本の線を引くと、圖に示す様に光の進路に就いて考へて見ることが出来るのである。

これ等の實驗によつて、空氣中からガラスに入る時には、ガラスの面に遠ざかる様に屈折し、ガラスから空氣中に出る時には、ガラスの面に近づく様に屈折するのである。

〔備考〕

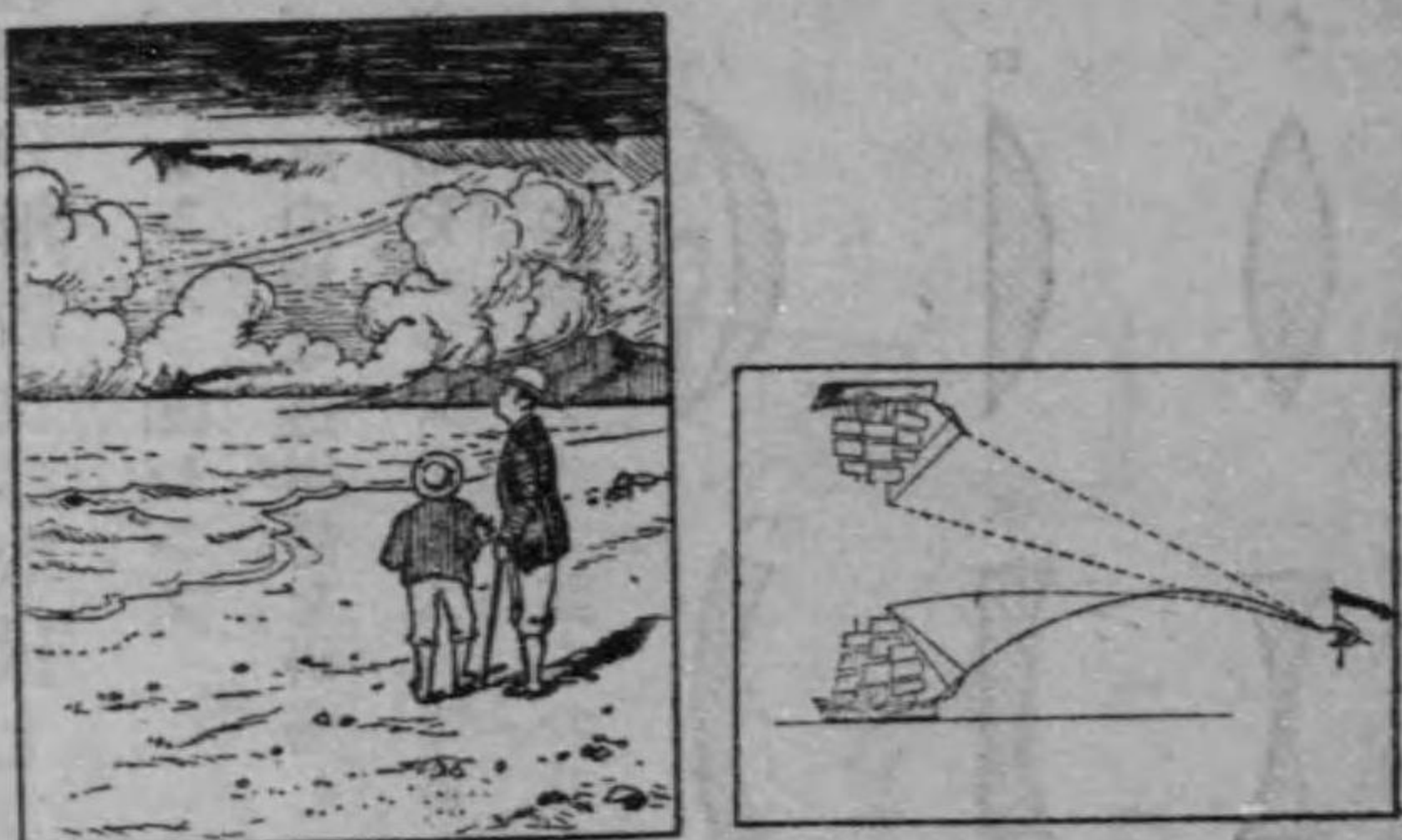
一、空氣の密度と光の屈折

焔爐に炭火を起し其の上に鐵板を載せ、熱せらるるを待つて、其の上を通して向側の物體を見ると向側の物體は少しく動搖し、且つ沈下して見えるのである。これは鐵板が熱せらるると共に其の面に接する空氣も熱せられて稀薄となり、普通の空氣との間に光の屈折の現象を生じたのである。

熱帯地方の沙漠等でよく見る蜃氣樓や、我が國の北國の海岸で見る蜃氣樓もこれと同じ理である。尤も蜃氣樓の逆に見える理は、全反射のことを説明しなくては判らぬのである。

二、光の全反射

光が光學的に密なる媒質から粗なる媒質へ出る時には、垂線に遠ざかつて屈折する。即ち屈折角は常に投射角よりも大である。投射角は零度から90度まで任意に變へることが出来るのであるが、投射



角が未だ90度に達しない間に其の屈折角は既に90度に達する譯である。實際水から空氣中に出る場合に就いて云へば、投射角が48.5度に達すれば、屈折角は丁度90度に達するから、此の場合の屈折光線は水の面に沿つて走ることになるのである。若し投射角が48.5度より少しでも大きくなれば、光は屈折せずして、全然反射の法則に従つて光線全部が水面から水中へ反射するのである。此の現象を光の全反射と稱するのである。而して、光の全反射は水にかぎらず、密度を異にする空氣と空氣との層にも行はれるのであつて圖に示す蜃氣樓の如きは其の例である。

第二十九課 レンズ

教材選擇の趣旨及び主眼點

光の屈折に連絡し、且つは、最も應用方面の廣いレンズを教材として選び、凸レンズ及び凹レンズを通過する光の屈折する有様、及び之れによつて生ずる像に就いて知らしめるのが主眼である。

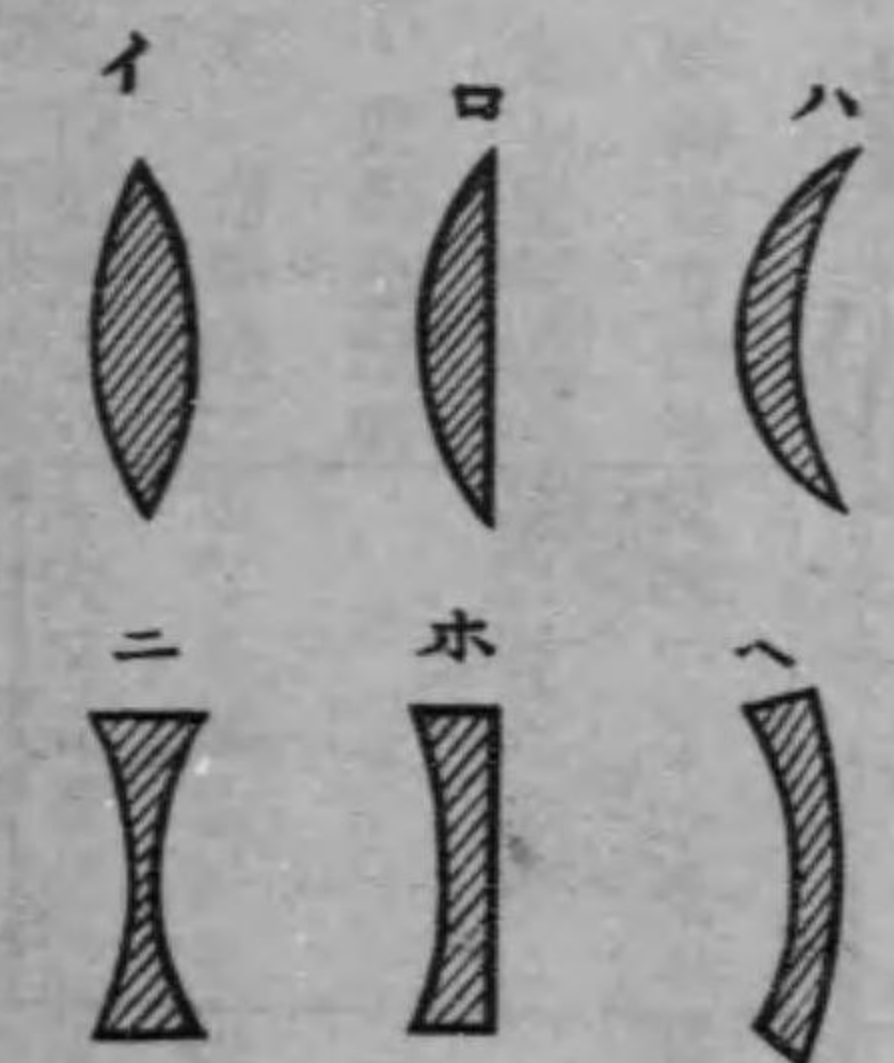
教具及び準備

教師 越智式光學實驗器、暗箱、寫真機、幻燈機。
兒童 凸レンズ、蠟燭、マッチ、圖畫用紙、凹レンズ。

教材の解説及び取扱上の注意

一、凸レンズ、凹レンズ

ガラスの様な透明體を研磨して、圖に示す様に兩面共球面に、或は一面を球面に其他の面を平面にしたものをレンズと言ふのである。而して一般に中央部の厚いレンズを凸レンズと稱し、中央部の薄いレンズを凹レンズと言ふのである。レンズには此の圖に示す様に普通六種の種類があるのである。



イ、兩凸レンズ
ロ、平凸レンズ
ハ、凸凹レンズ
ニ、兩凹レンズ
ホ、平凹レンズ
ヘ、凹凸レンズ

而して吾々が普通の實驗に使用するレンズは、多くは兩凸レンズ及び兩凹レンズの二種なのである。

二、凸レンズの實像の實驗

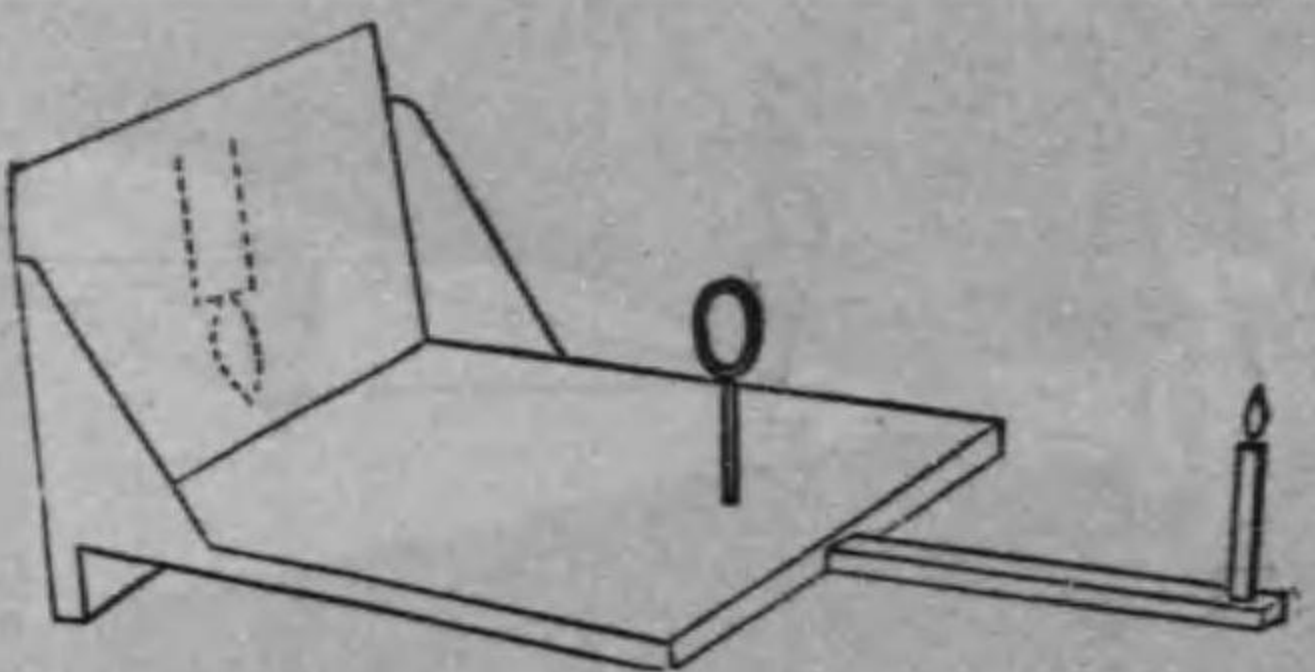
凸レンズの一侧の稍、遠い所に蠟燭に火をともして置き、他の側の適當な位置に、白い圖畫用紙か又は白紙で作つた衝立を置くと、その面に燭火の倒の像を生ずるのである。

この實驗は別に越智式光學實驗器を圖の様に裝置し、燭火をレンズに近づけ又は遠ざけて、映像板に丁度像を結ばしめる様にするがよい、而して、實像は倒に立ち、實物との大きさの割合はレンズからの距離の比に等しいことをも吟味せしめるがよい。

次には又、燭火の位地を變更して、それに伴ふ實像の位置の變化を吟

味せしめるがよい。

今此の燭火の實像の出来る理を吟味して見るに、凸レンズは、圖に示す様に屈折角を異にする多くのプリズムの集りと見ることが出来るのである。即ち凸レンズの中央は屈折角零のプリズム(換言すれば平行板である)であり、漸次レンズの縁に近づくに伴つて、屈折角が大となるのである。従



つて凸レンズに光線を投射すれば、屈折光線はレンズの縁に近い程大きいフレを受けるからして、光線を収集して一點に集め得る譯である。

この理は先の燭火の實像の場合に當て嵌めて考へれば明瞭である。即ち、燭火のイ點から出た光は、凸レンズに入る時と出る時と二度屈折して、 ρ 點に集るのである。これと同様に μ から出る光も π 點に集り、其の他の點から出る光もそれ μ 相當の點に集るから、 μ 其所に實像を生ずるのである。

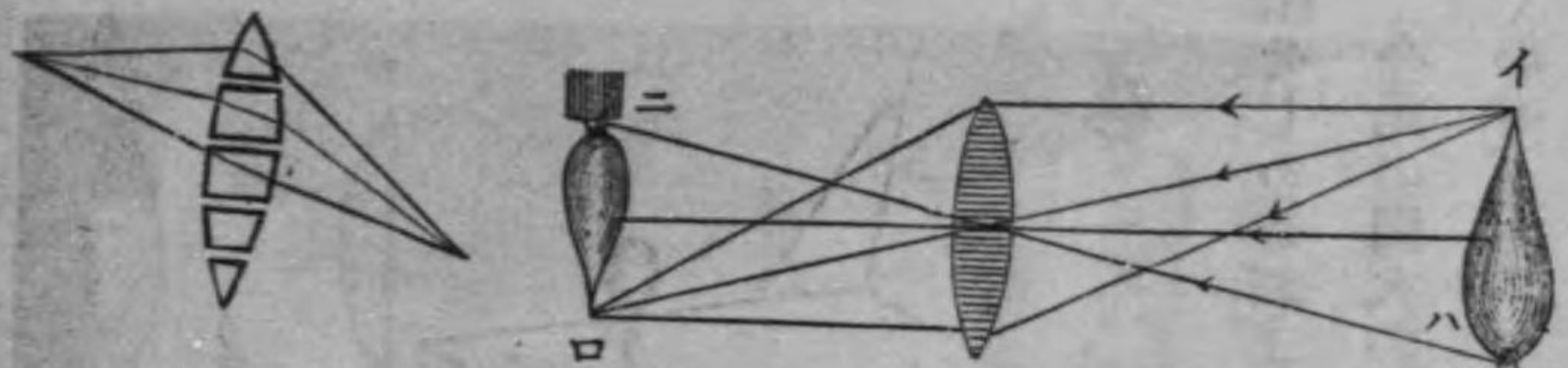
二、暗箱、寫眞機、幻燈機

此の様にして、凸レンズを使用すると、種々の物の像をうつすことが出来るのであつて、これがために作られた道具に暗箱、寫眞機、幻燈機等がある。暗箱又は、寫眞機を兒童に視かして、實物と實像との關係に就いて吟味せしめ、大小、倒立、左右等の關係を明瞭に知らしめるがよい。

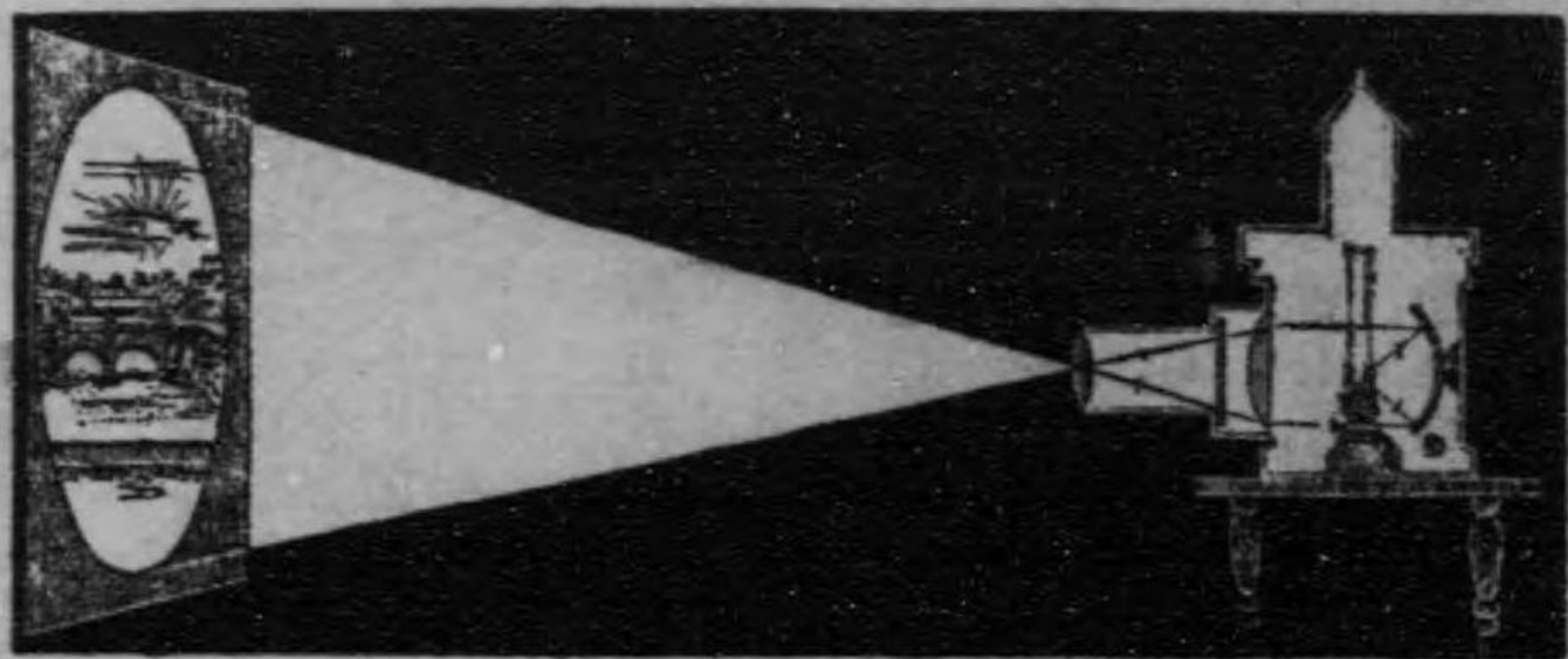
更に幻燈機を使用して、これが映寫を時間外に行つて見せるもよからうと思ふ。

三、凸レンズの虚像

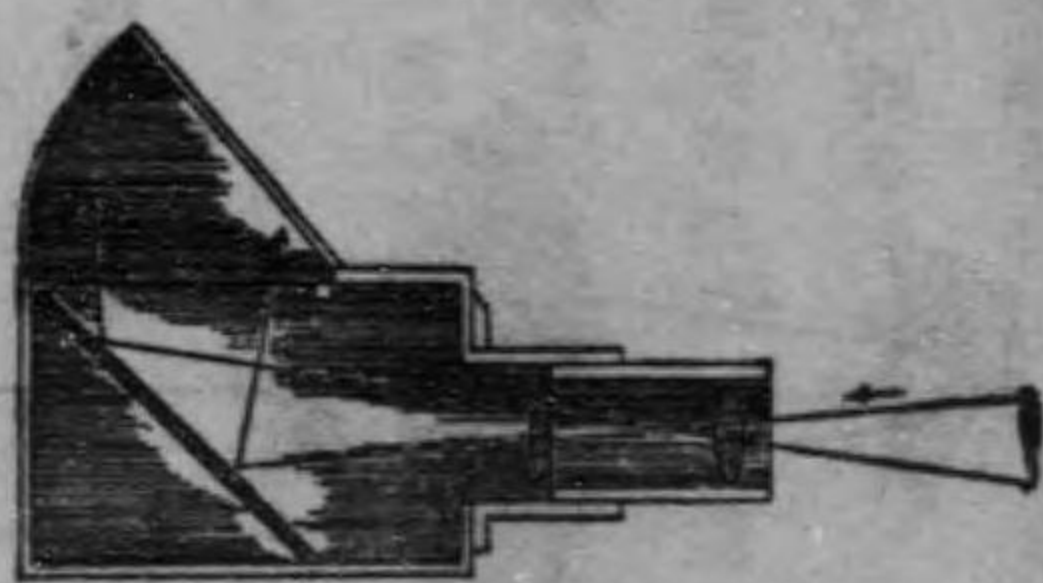
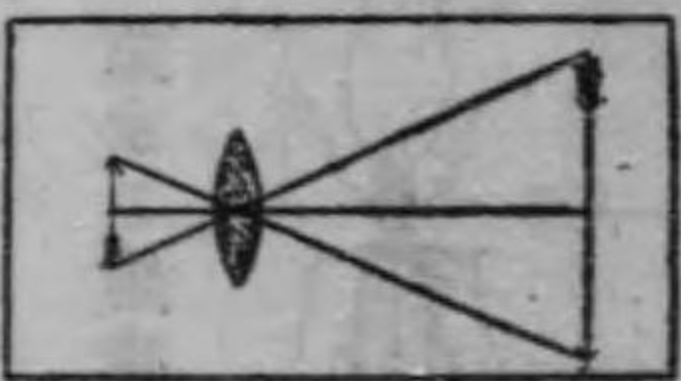
燭火を凸レンズの一侧に置き、他の側に衝立を置くと、倒立してゐる實像を生じたのであるが、この場合次第に燭火を凸レンズに近づけて(凸レンズの焦點内



幻燈機



暗箱



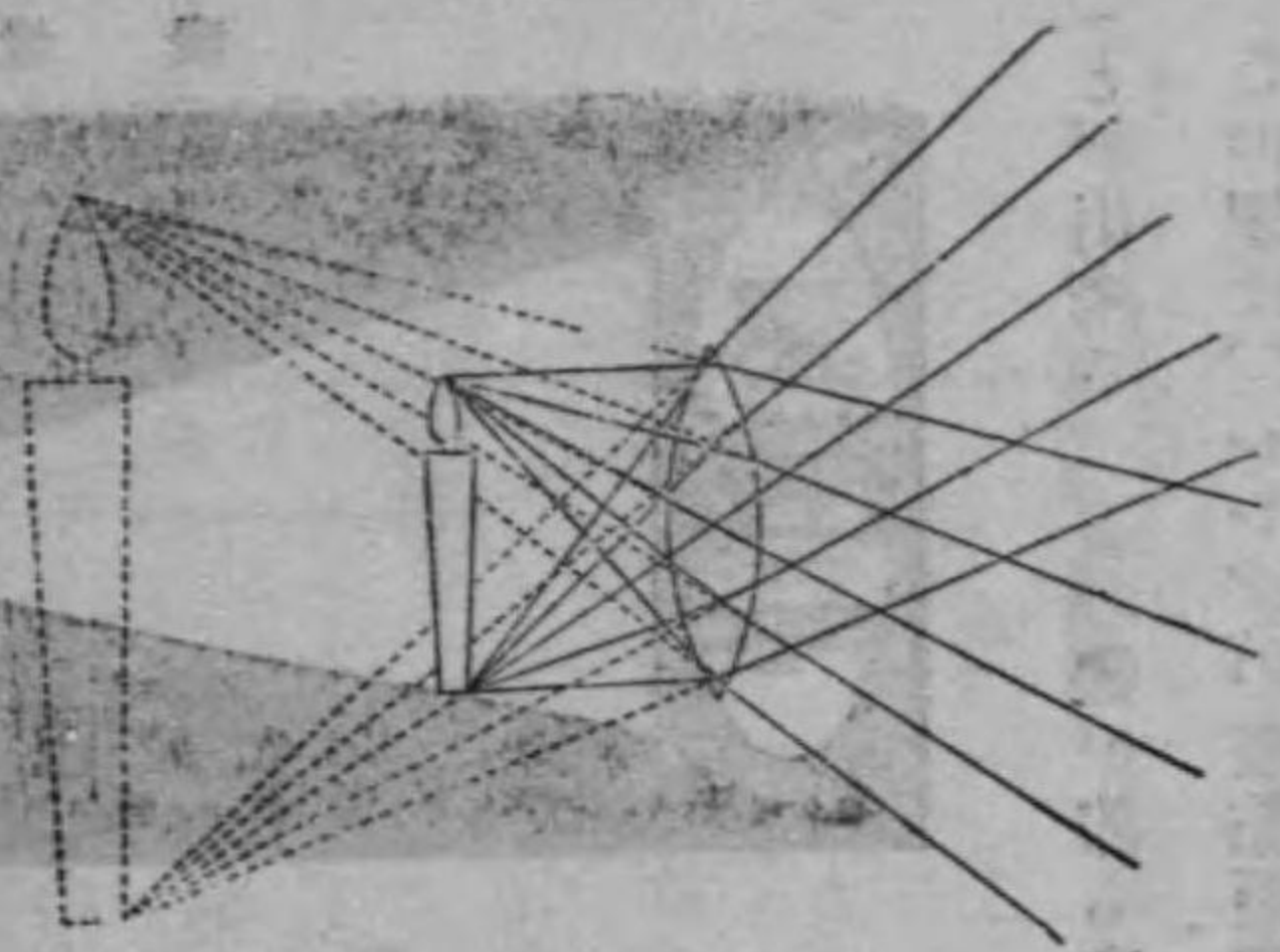
寫眞機



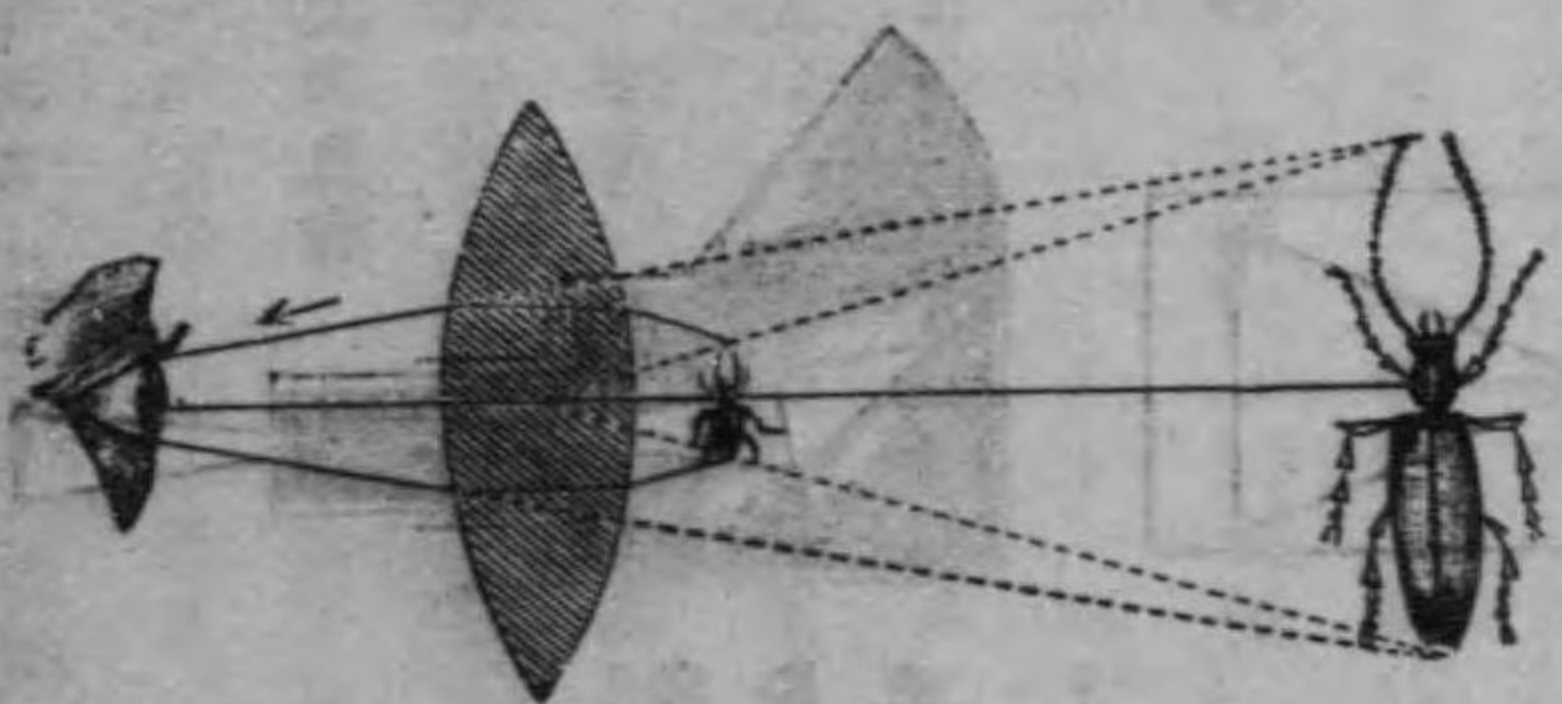
にまで近づける) 來ると最早衝立を何所へ持つて行つても實像を結ばなくなる。此の時凸レンズを透して燭火を見ると、燭火と同じ側の少しく離れた所に大きな燭火を認める

ことが出来る。この像が即ち虚像である。

この理は、レンズの焦點距離内に燭火を近づけると、圖に示す様に燭火の各點から出て來る光は



凸レンズを通過した後集ることなく、燭火と同側でこれよりも遠い所の各点から出て来た様な方向をとつて進むのである。従つて燭火を凸レンズを通して見る時は虚像となるのである。



- 凸レンズによつて生ずる像の関係
1. 物体が焦点外にあるときには、倒立せる実像を生ずる
 2. 物体が焦点内にあるときには、物体よりも大きいそして正立せる虚像を生ずるのである。

四、虫眼鏡で物の拡大せられる實驗

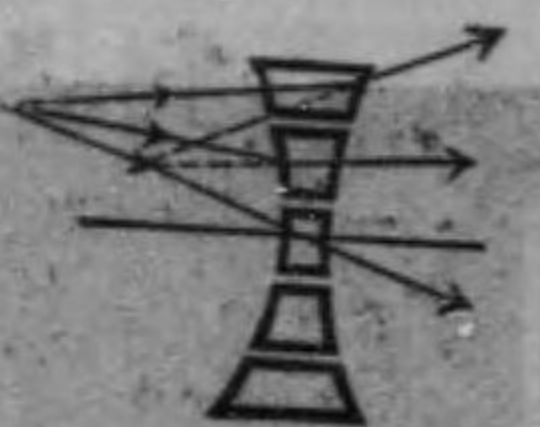
虫眼鏡を使用すると物が拡大せられて、微細な物も大きく且つ明瞭に視ることの出来るのは、前の場合と同一の理によるものである。従つて實物を虫眼鏡の焦点距離以内に置くことが大切である。

虫眼鏡が實物を拡大する理を圖解せしめて見ることは、先の虚像の理を明瞭に理解せしめるためにもよいことである。

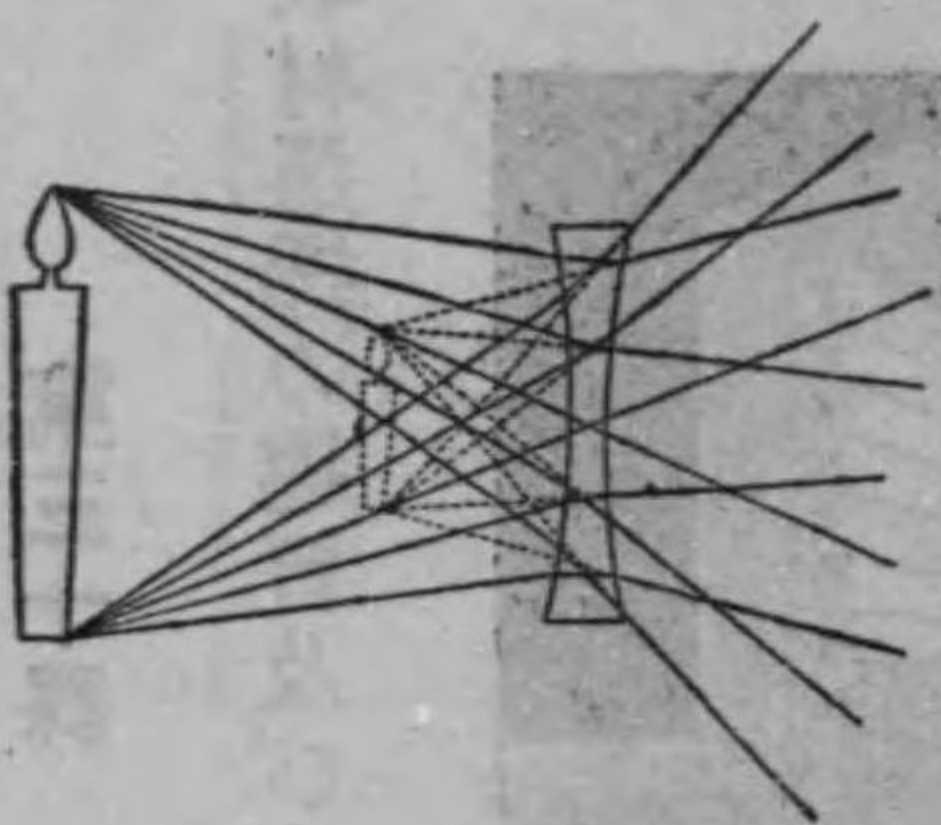
五、凹レンズの像の實驗

凹レンズを使用して、凸レンズの時にな

したと同様に實像を結ばしめる實驗を行はしめるがよい。燭火及び衝立の距離を如何様に變へても、衝立の面には實像を結ばぬことが判るであらう。



次に凹レンズを透して燭火を見たならば、實際の燭火よりも小さい虚像をレンズに近い所に結んでゐることが判るであらう。實像を結ばぬ理は、凹レンズでは實物を如何なる位置に置いて、其の實物から發する光は、レンズによつて必ず屈折せられて發散するからである。この理は先の凸レンズに就いて考へ見たと同様、凹レンズを圖に示す様に屈折角の異なる數多のプリズムの集合と看做せば判るのである。然る時は中央部は屈折角零なるところのプリズム即ち平行板であつて、漸次縁に近づくにつれて屈折角が大となるのである。従つてレンズに光線が投射すれば屈折光線はレンズの縁に近い程大なるフレを受けるからして、凹レンズは光線を發散するのである。



蠟燭の虚像に就いて圖解すれば、此所に掲げたところの圖の通りである。凹レンズの場合には、物体の位置の如何に拘らず、常に物体よりも小さいそして正立せる虚像を生ずるのである。

第三十課 色

教材選擇の趣旨及び主眼點

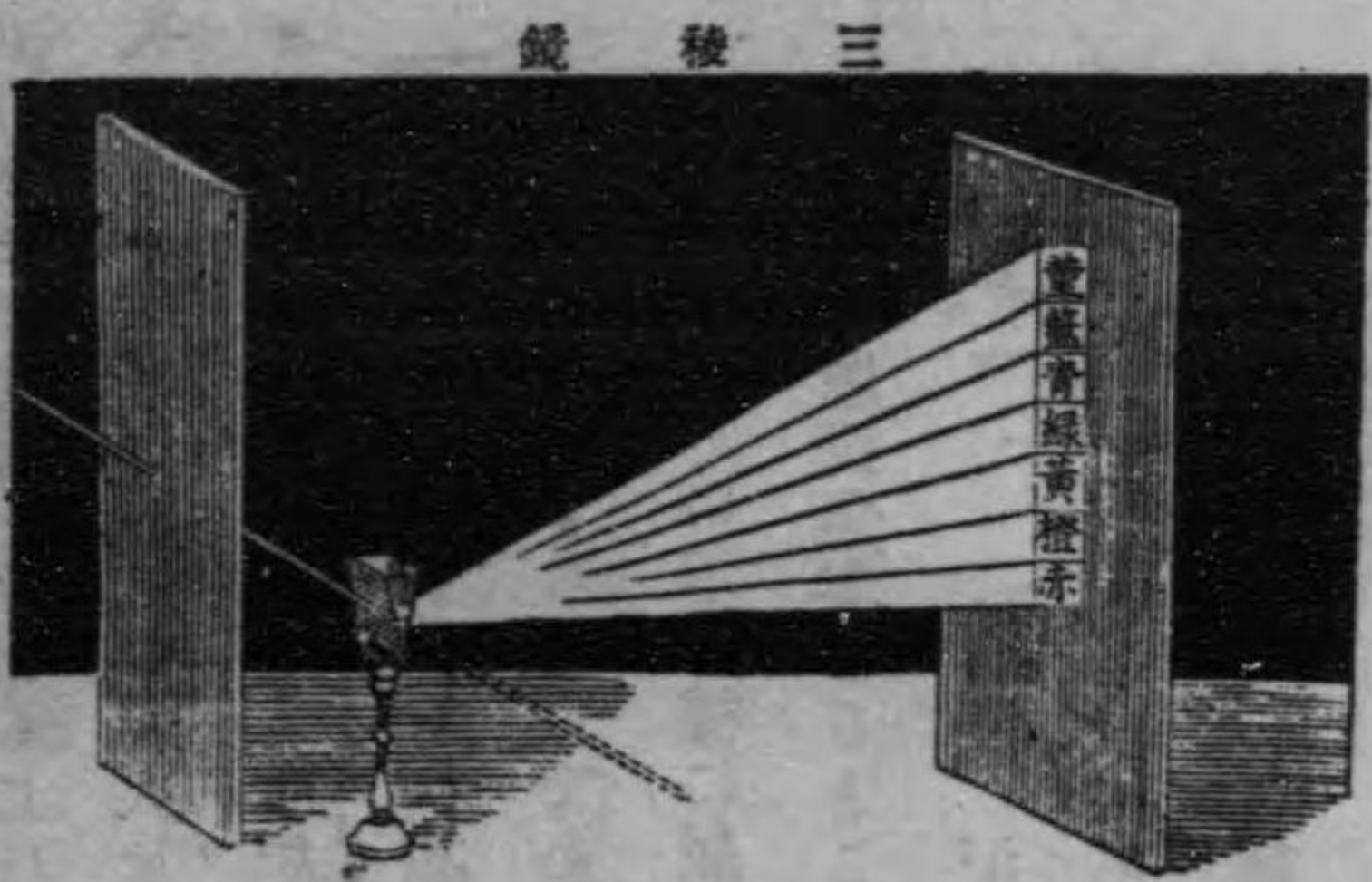
光の分散によつて七色の生ずることを知らしめ、日光のもとにある諸種の物が種々の色に見える理、及び透して見る場合に色の異なつて見える理等を教へるのが主眼である。

教具及び準備

教師 プリズム二個、衝立、赤、橙、黄、綠、青、藍、堇の色ガラス板、虹及び虹の説明圖、ニュートンの色板、白紙、赤紙。
兒童

教材解説及び取扱上の注意

一、日光をプリズムに當てて光を分散せしめる實驗
暗室の内に日光を導いて來て、それを更に細長い細隙に當てて、通過して來る光線をプリズムに



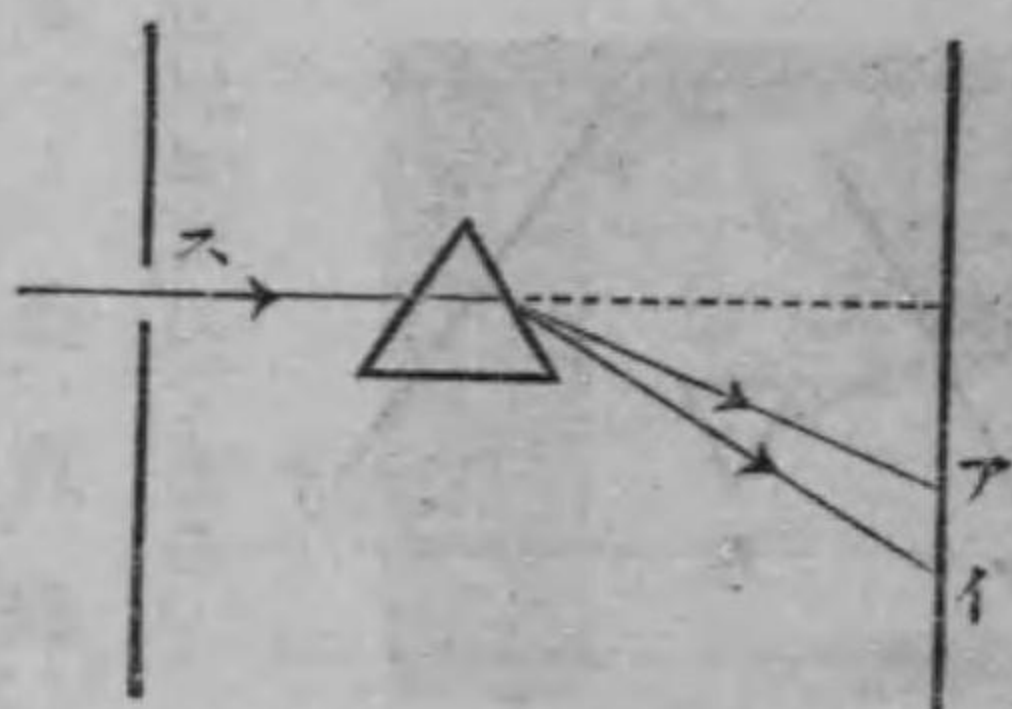
當てると、日光はプリズムに入る時とプリズムから出る時と二回屈折して出て來る、これを白紙を以つて作つた衝立に受けると、虹と同様の色帯を見ることが出来るのである。其の主なる色を挙げると次の七色である。

堇、藍、青、綠、黄、橙、赤。

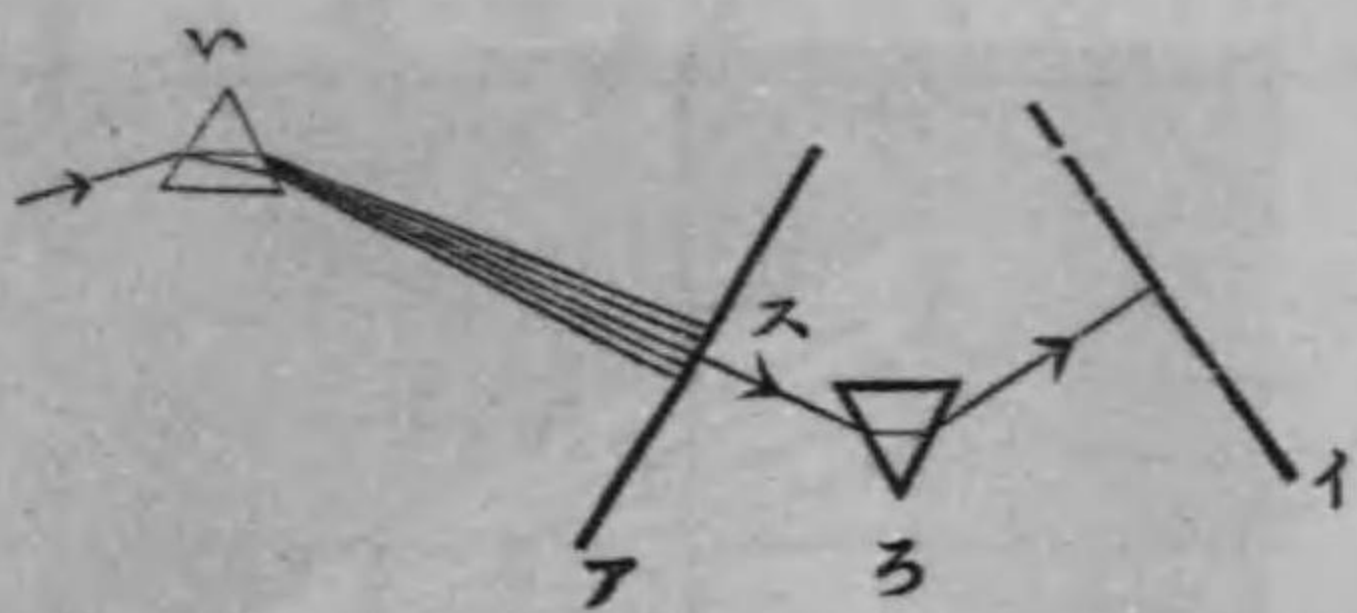
此の實驗によつて、日光は七色が集まつて出來て居ることが判るのである。然らばプリズムを通せば、何故に日光が分散するかと言ふに、それは各色々によつて其の屈折の度を異にするからである。これを實驗によつて示すには次の様な装置によるがよい。

二、七色は各屈折の度を異にすることの實驗

暗室の内に日光を導いて、細長い細隙スに當て、通過光線を衝立に受けると、衝立には細隙に相當する白い線が映るであらう、次に赤ガラスで以つて細隙を蔽ひ、その光をプリズムの一面に受けると、屈折光線は衝立のAに赤い線を生ずるのである。次に赤ガラスに換ふるに堇色ガラスを以つてして細隙を蔽へば、衝立のイに堇の線を生ずるのである、其の他七色ガラスを別々に使つて細隙を蔽へば、Aとイとの間に夫々其の色を生ずるのである。これによつて、異なつてゐる色の光は、同一のプリズムを以つてしても



異なるフレを受け、従つて屈折率を異にすることが判るのである。而して、莖色の屈折率は最も大であつて、藍、青、緑、黄、橙が次々とこれに次ぎ大であつて、赤色光線の屈折率が最も小であることが判るのである。



次に日光をそのまま、細隙から導き入れし、プリズムに當てる時は、衝立のイロの間に沿つて、前に別々に實驗したと同一の位置に七色帯が出来ることが判るであらう、これによつて、日光を分散すると七色を區別することが出来、その七色は、各々屈折率を異にすることが判るのである。更に單一の色は更に分散せざること、及び同一の色は等しき屈折率を示すことの實驗は、此の所に掲げる圖のやうにして、行ふことが出来るのである。即ち圖に示す様にプリズム(イ)に依つて分散した日光を、細隙を有してゐる衝立アに當て、プリズムを其の屈折稜の周りに廻轉すれば、七色の中の任意の色の光を衝立の細隙から取出すことが出来るのである。此の様にして細隙から取出した單一色の光線を第二のプリズム(ろ)に當て第二の衝立イに受けて見るのに、此の場合は單に屈折するに止まり、分散することはないのである。これによつて單一の色の光線は更に分散せしめ得ないこと、及び同一の色の光線は相等しき屈折率を示すことが判るのである。

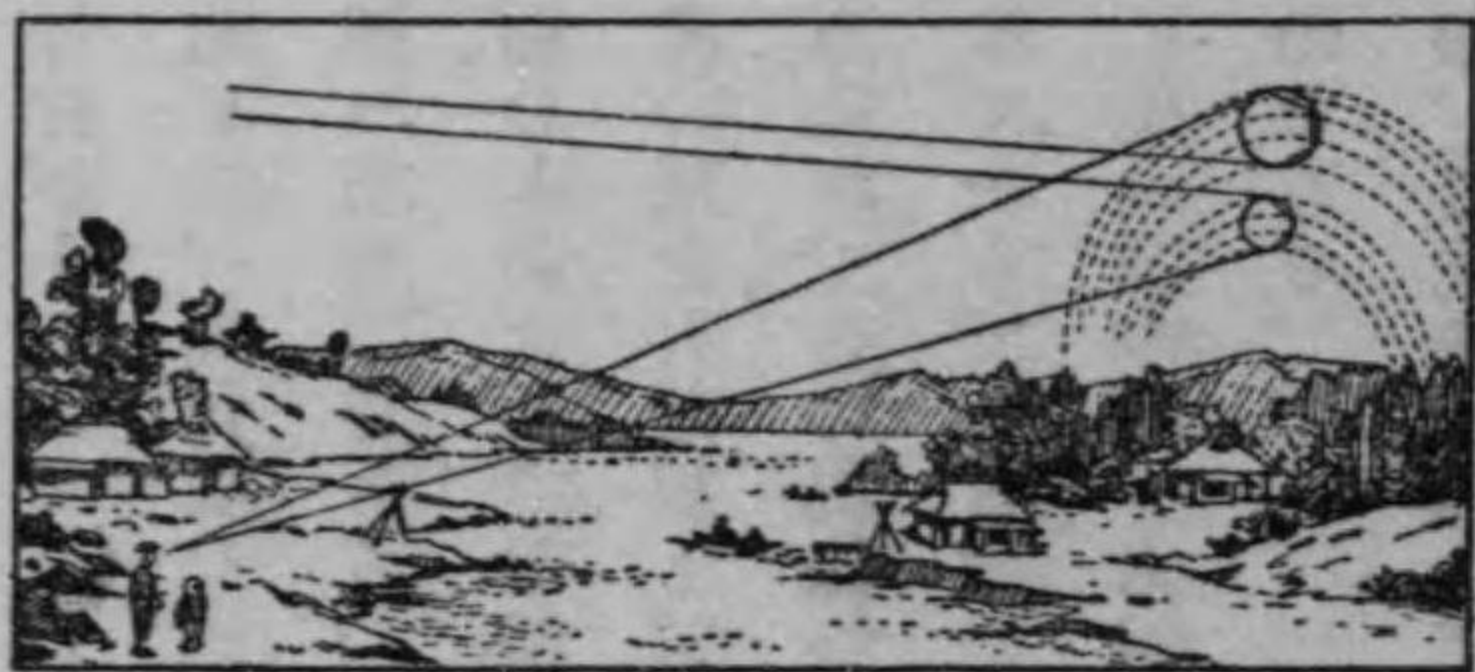
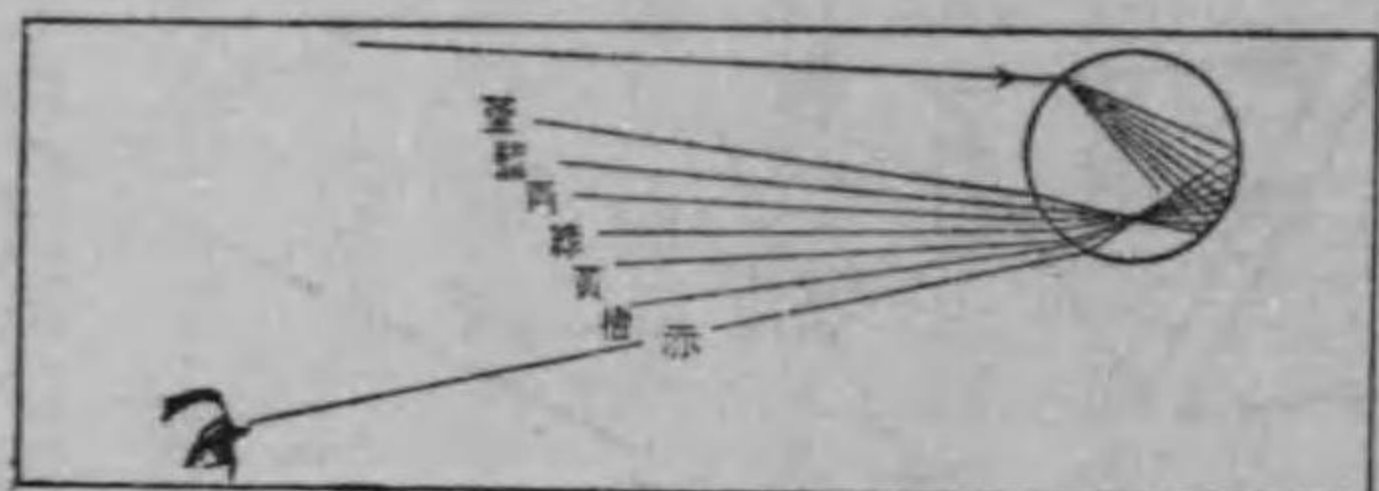
〔備考〕

日光を分散して先に七色を區別し得たのであるが、これは大體の色合を示すに過ぎないものであつて、ケーニツヒ及びキユルペ兩氏は研究の結果、日光を百五十の異なる色に區別し得たと言はれてゐるのである。

三、虹

日光が草葉に宿る露滴に直射して、美しい色彩を表はすことは兒童の度々目撃するところである。又虹は、吾々が太陽を背にして空中に浮游してゐる無数の水滴に對する時に見る現象である。虹を簡單に作り兒童に示さんとすれば、太陽を背にして霧を吹けば人工の虹を現し得るのである。又虹に似た現象は、瀑布の近傍に於ける水沫の飛散して空中に浮游する時にも見るのである。

此れ等の現象は光の分散に依つて説明し得るところである。先づ日光が個々の水滴に投射して分散を受け、單色光線に分解するのである。而して、水滴の内一回反射せられて、再び分散せられて空中に出る分散光は、上の圖に示す有様で前進するの



である。これが水滴の光を分散する有様なのであるが、此の如く個々の投射光線に對する分散光は極めて微弱なものであつて、遠方の人の眼に色彩の感覺を興へるには他に一の條件があるのである。それは分散光線の中、或るものは水滴を出で後に平行に進まず、或角度を以つて發散するものがあるのであるが、或るものは平行に進み來るのである。發散するものは遠方に達すれば弱くなるけれども、平行に進むものは強さを減することなく眼に達して色彩の感覺を起すのである。此の光の束を有効線と言ふのである、又時に第一の虹の上方に第二の虹を見るのであるが、この現象の起る理由は、此所に示す圖の様に、水滴内で二回の反射をなすからである。

先の圖の内、人が虹を見てゐる圖は、第一の虹と第二の虹とを併せ描いたものである。

四、日光を分散して生じた七色を再び集めると白色となる實驗

日光は、白光線であるがこれをプリズムによつて分散すると、七色を區別することの出來ることは先の實驗で明かであるが、これを逆に、一旦分散した光線を再び組合せると元の白光を得るのである。



これを實驗によつて示すには、屈折率及び屈折角の相等しい二つのプリズムを、圖に示す様に逆に組合せてこれに日光を發射すればよいのである。

此の然る理由は、結極二個のプリズムを組合すれば、一枚の厚いガラス板と同様の作用をなし、分散を現さないのである。

〔備考〕

此の様に二個のプリズムを逆に組合せて之れに日光を投射するとき、屈折光線の白色となるのは、個々の投射光線が第一のプリズムを通過して分散光となり、それが第二のプリズムにて集合せられるが爲めではなくて、異なる投射光線に對する分散光中、白光となるに必要な各單光線が合一して進むに因るのである。

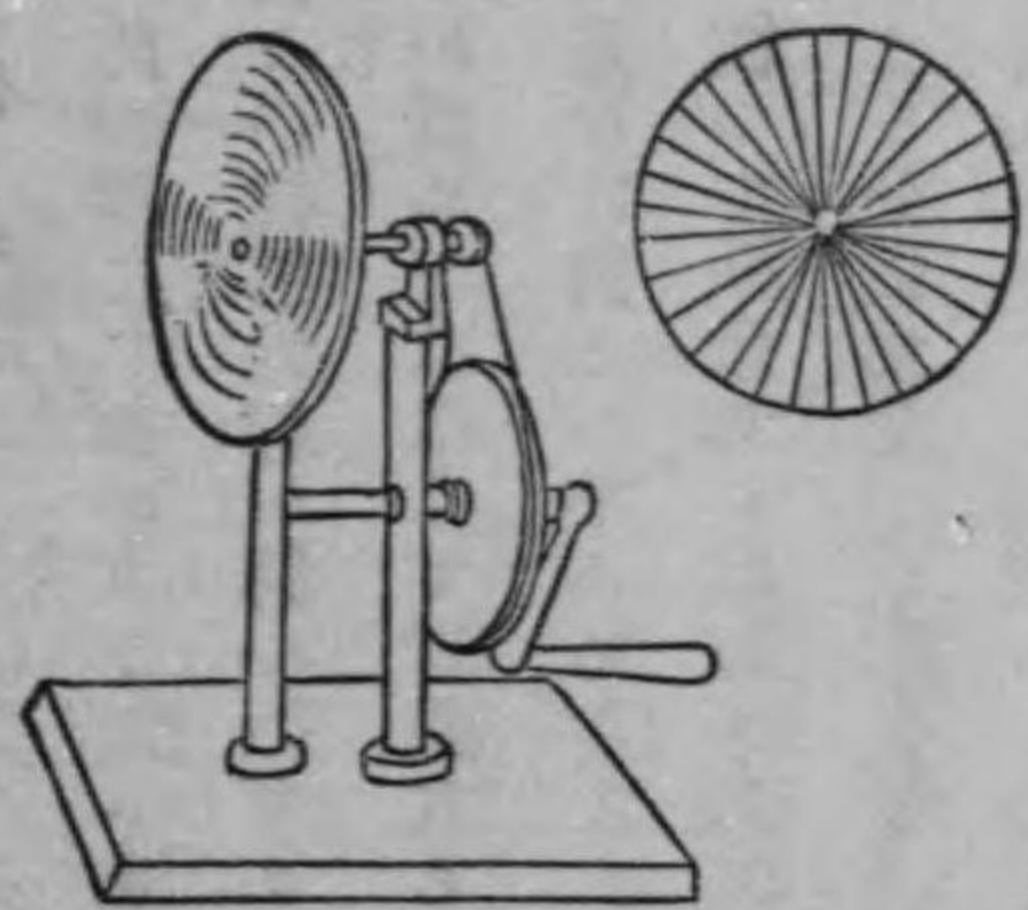
従つて分散光を集めて白光線となすことを實驗によつて正確に認識せしめんとすれば、プリズムによる分散光を、レンズによつて集めて白光となることを示す方がよいのである。而し、理由をあまり深入りせずに取り扱ふものとしては、プリズムを逆に組合せる方前との連絡上面白き故、此所にその方法を採用したのである。

五、ニュートンの色板の實驗

日光を分散して得た七色に相當する繪具を適當の幅に塗つた圓板を圖に示す様に裝置して、急速

に廻轉せしめると白色に見えるのである。

六、物體の色



一般に日光が物體に投射する時に、一部の光は其の儘其の表面に於いて反射し、残部の光は物體の内部に進入するものである。而して、硝子、水等の様に組織の様な物體に於いては、内部に進入する光の一部が物體に吸収せられると共に、残部の光は物體の内部を通過し去るのである。又布、紙、繪具等の様に、繊維とか微細の粒状のものとかの集合からなつてゐる物體に於いては、表面から漸次内部に進入する光は、途中に於いて個々の繊維或は微粒の表面に於いて反射せられ、一部の光は再び表面に出て來ると共に、残部の光は物體に吸収せられるのである。

總べて日光が物體の内部を通過するときには、物體は自己に特有なる光を選択吸収するからして、物體を通過する光は一般に透明體の色を現はし、物體の表面から少しく内部に進入して再び反射する光は、不透明體の色を現はすのである。而して、物體の表面から直ちに反射せらるゝ光は、(金屬は除外例である。) 選択吸収を受けないから、所謂光澤を生ずるだけであつて、物體の光には關係しないのである。

七、不透明體の色

日光をプリズムで分散した光線を白紙の上を受けて見ると、七つの色は完全に見ることが出来るのである。然るに之れを赤い色の紙の上を受けて見ると、七つの色の内赤及び橙の部分は明るいかれども、其の他の部は董色に近づくに従つて漸次暗黒となるのを見るのである。

此の實驗によつて考へて見ると、白紙の白く見える理由は投射する日光に對して、選擇吸収をなさず、各色の光線を皆一樣に反射するが爲めである。而して、赤色の紙の如きは、投射日光の中、赤及び橙色の光線だけを反射して、其の他の色を選択吸収するから赤く見ることが判る。

一般に不透明體は、繊維或は細粒から成つてゐて、其の組織が連続的でないから、投射光線の一部は表面から少しく内部に進入した後、個々の繊維及び微粒の面で反射して再び空氣中に出て來るのである。そこで種々の不透明體が、日光に照らされて夫れ々特有の色を現すのは、此の物體内に進入して、再び空氣中に出る光が、物體に特有な光を吸収して残部の光を放散するのに因るのである。白紙の場合の如く、投射日光を選択吸収せず、その成分であるところの各色光を一樣に吸収し、従つて各光を一樣に反射するものは白色を呈し、反射の度弱き物體は灰色を呈するのである。而して投射光線を悉く吸収するものは黒く見えるのである。油煙、炭等はこれである。此の様に白、灰黒は反射光線の量によつて定まるものであるから、日暮の際等の様に、反射光線の強さが漸次弱く

なると、白壁の如きも灰色を経て黒色となるのである。

又薄い吉野紙を重ねる程白味を増すのは、紙質内に進入した後更に散亂反射せられる光の量が漸次増加するからである。

又赤い色の紙の場合の様に、赤色光線をよく反射して他の色線を吸収するものは赤色を呈し、橙、黄、緑、青、藍、堇等これと同一理由によるのである。

この様に不透明體の現はす色は、物體が投射日光の中で吸収しない色光の混じたものであるから、日光に代へるに他の投射光を以つてすれば、物體の色は異なつて見えるのである。例へば、人の唇若しくは化粧の際用ひる紅は、日光の下で見れば赤く見えるのであるが、これを暗室の中でナトリウムの焰の光で見ると暗黒に見えるのである。これは、投射光の中に、物體の吸収し得ない光を缺く時は、物體が暗黒に見える例であつて、ナトリウムの焰の光の中には赤色光線を缺いてゐるから、唇、紅が暗黒に見えるのである。

八、透明體の色

色ガラス、インキ等の様な透明體に日光を投射する時には、物體は日光の中から自己に特有な色を吸収して、他の吸収し得ない色光の色を呈するのである。例へば赤色硝子は日光の中の赤及び橙を通過し、其の他の色を吸収するからして、通過光線は赤、及び橙の複光である。これを眼に受け

ると赤く見えるのである。又緑ガラス及び青ガラスは日光の中の綠色或は青色以外の色光を吸収するからして、通過光線は緑或は青を現はすのである。

物體が日光に對して選擇吸収をすることなく、其の各色光を一樣に透過せしめる時は、その物體は無色透明である。例へば、空氣、水、無色のガラス等はこれである。無色透明の物體を通して物體を見る場合は、先の不透明體を直接見ると何等異なつたところがなく、その物體の色そのままに見えるのである。

然るに赤色のガラスは赤色だけを通過せしめて、其の他の色光を吸収してしまふから、赤ガラスを透して見ると白壁も赤い花も共に赤く見え、緑の葉の様なものは黒く見えるのである。其の理由は、不透明體の色及び透明體の色に就いて考へさせて見たれば、直ちに了解のつくことであらう。又赤色ガラスと綠色ガラスとを重ねて物を見る時は、全く暗黒となるのである。何故なれば、赤ガラスを通過せる光は總べて緑ガラスに吸収せらるゝからである。

〔備考〕

透明體の組織は一樣であるから、物體內に進入せる光は其の儘通過し去るのである。従つて、透明體を投射日光の側から見る場合には、通過光線が他物の表面に當つて反射し、更に投射光線に逆進して來ない限りに於いては、眼は透明體の色を認めることは出來ないのである。例へば、色ガラ

ス、或は無色のガラスを使用して窓ガラスとしてある暗室を、窓の外から窺ふ時には全く暗黒なのである。これは、室内に進入した色光が室内に於いて散亂吸収し去られて、室外に出て來ないのに因るのである。

又眼の瞳孔を外から見ると黒く見えたり、茶碗に入れた赤インキが赤く見えたり、黒塗の椀に入れた赤インキが黒く見えるのも全く同一の理由に基くのである。

光澤

物體の光澤は、表面反射によるのであつて、物體の表面に於いて、選擇吸収を受けることなく一様に反射せらるる時は、光澤を生ずるのである。而して、物體の表面が滑かなる程、又光が表面に斜に來る程光澤はよいのである。

第三十一課 音

教材選擇の趣旨及び主眼點

音なる題目のもとに、音の源、音の傳播、音の速度、音の反響、音の強弱、音の高低に就いて知らしめるのが主眼である。

教具及び準備

教師 單絃琴、木髓球振子、彈性のある鐵片、固定マンリキ、サバーの齒車。

兒童 單絃琴、木髓球振子、音叉、グアイオリンの弓、真空鈴、排氣器、絲電話、二絃琴。

教材の解説及び取扱上の注意

一、音は如何にして起るか

1. 兒童の經驗事項整理

鐘や太鼓を打てば音を發し、琵琶や琴を弾けば微妙な音を發することは、兒童の經驗して知つてゐることである。而し、それ等の發音體が發音を續けてゐる間、如何なる状態にあるかに就いては餘り注意してゐないかも知れぬ。其所でそれを實驗せしめるために、次の様な手續を踏むがよい。

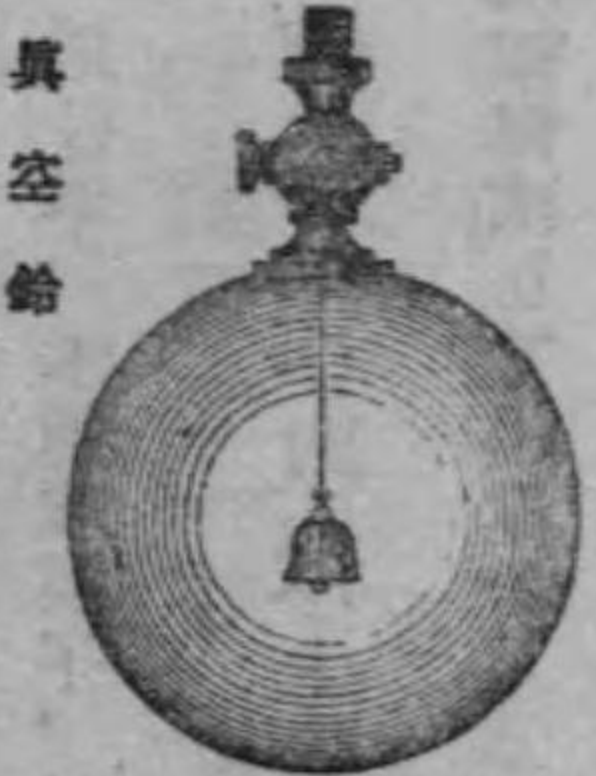
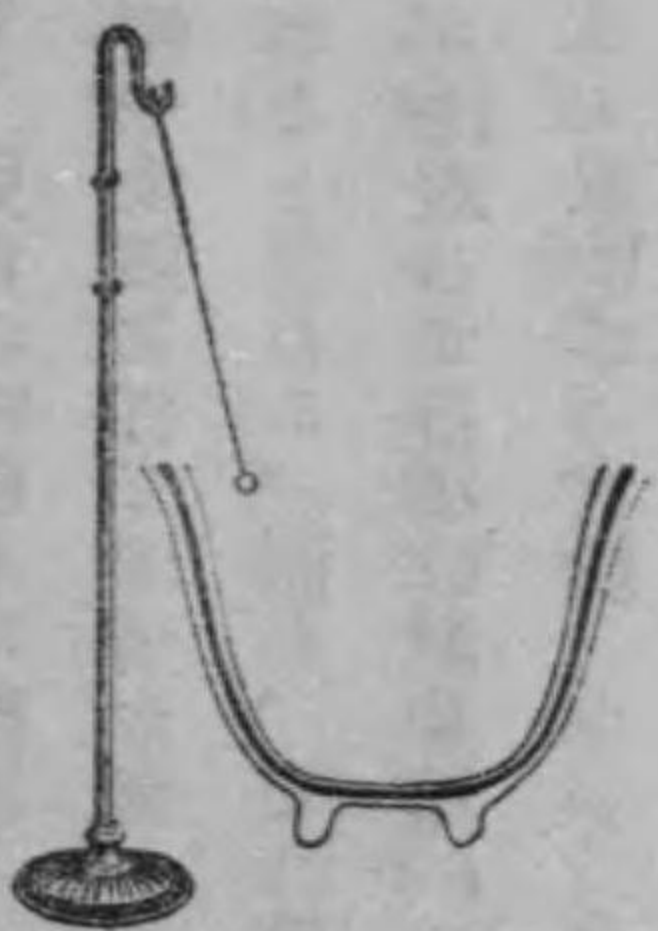
2. 單絃琴の實驗

單絃琴を弾いて置いて、その絃に燈心其他の木髓を絲で吊した振子を近づけると、絃に之が觸れると共に、強く弾き飛ばされるのが判るであらう。又音を發しつつある絃に手指を觸れて見ると絃が振動してゐることが判る。而して指で絃の振動を止めたなれば、音を發しなくなることが判る。

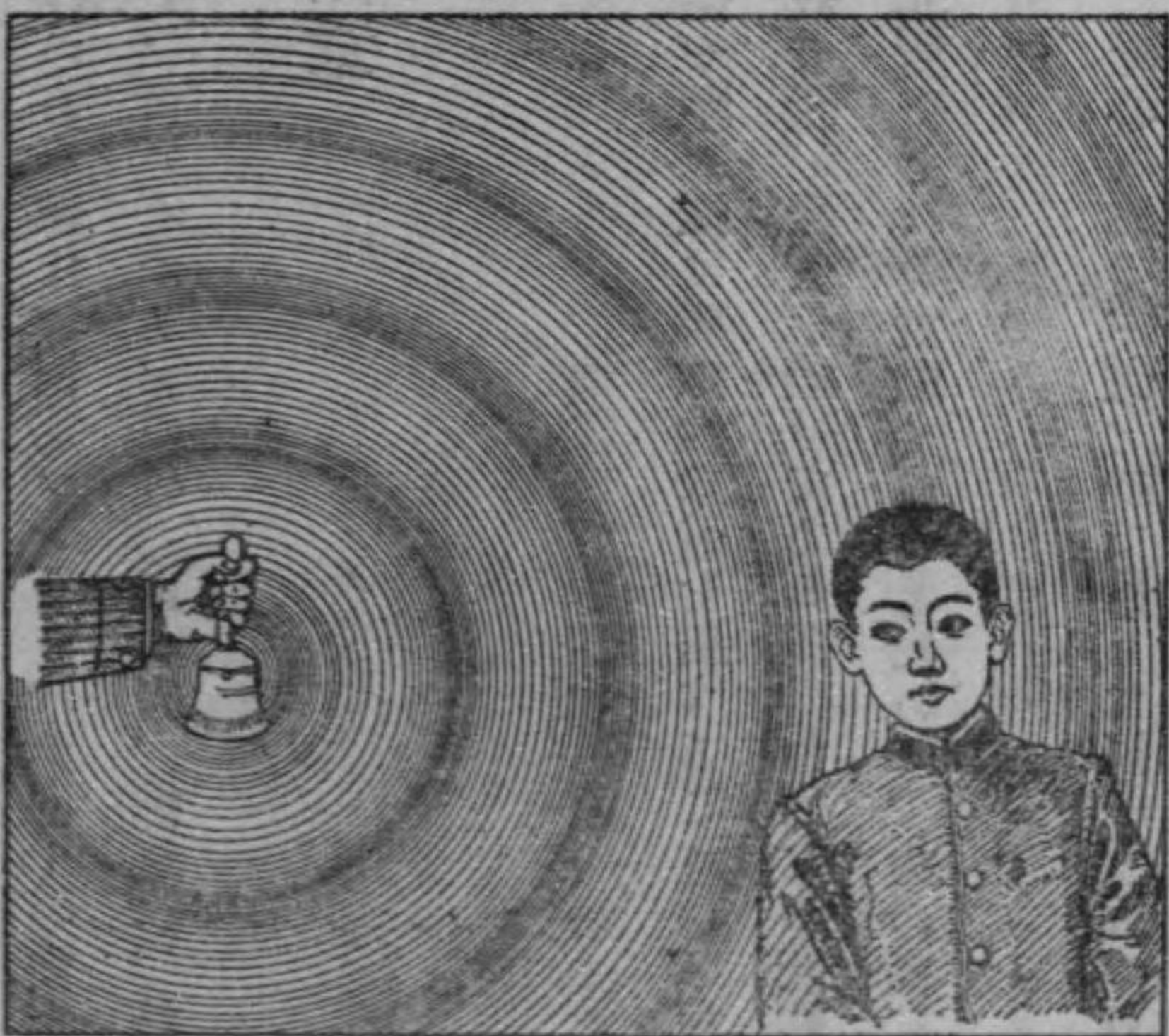
2. 音叉を用ひての實驗

音叉をバイオリンの弓で摩つて音を發せしめ、これに木髓振子を近づけると、木髓は弾かれて運動することが判る。

音の發生



真空鈴



左右に振動してゐることが判る。

これ等の實驗によつて明かな様に、音響を發する物體、即ち發音體が音を發するためには振動す

動することが判る。

3. 彈性のある

鐵片をマンリ

キで挟んで一

端を固定し、

それを手で持

つて一方に屈

けて急に放つ

と音を發する。

その時鐵片を

注視すると、

ることを要するのである。

二、音は如何にして、吾々の耳に聞えるか

發音體が振動すれば音を發するのであるが、その振動が如何にして吾々の耳に達するかと言ふことは、研究題目として考へて見なくてはならぬ。それは即ち音が空氣を傳はつて來るからである。例へば鈴が振動すれば鈴に接近してゐる周圍の空氣は一種の波を起し、其の波は四方八方に擴ろがつて終に吾々の耳に達するのである。この現象は、丁度靜かな水面の池の中に石を投げ込んだ時、其の波が四方に擴ろがるのと同様である。

1. 真空鈴の實驗

真空鈴の中に始め空氣を入れて置いて鈴を振り動かし、その音の聞えることを確め、然る後に排



氣器を使用してその中の空氣を次第に排除すると、鈴の音は漸

次に微弱となり、遂に消失することが判る。次に次第に空氣を

送込むと再び音を聞き得る様になるのである。これによつて音

の傳達には通常空氣を要するといふことが判るのである。

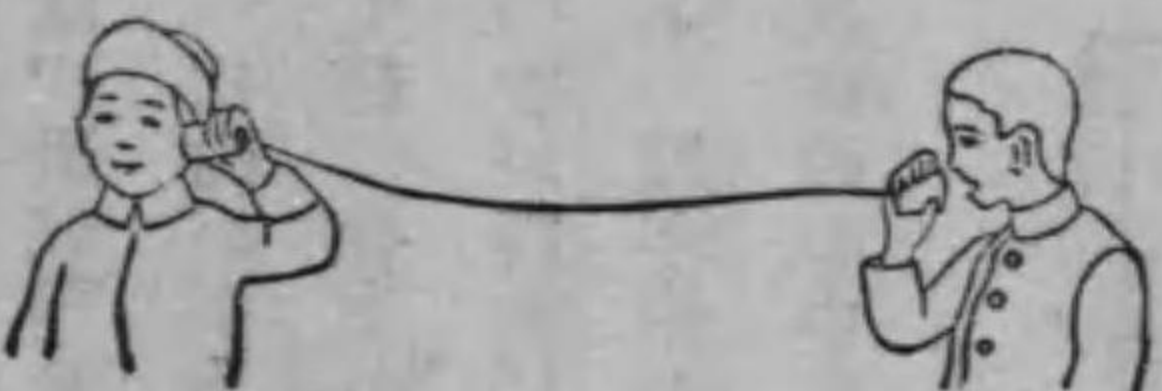
若し排氣器の無い場合には、丈夫なフラスコに氣密にゴム栓を嵌め、そのゴム栓に細い方から穿孔して栓の中途まで孔を穿ち、これに硝子を挿しそのガラス棒の先端にゴム管を、ゴム管の先端に

鈴を取つて、フラスコに少量の水を入れて、ゴム栓を少しくゆるめて、フラスコを熱し、水を盛に沸騰せしめて中の空氣を追出し、未だ沸騰中に栓を氣密にして急いで火を去りフラスコを水で冷やして中の水蒸氣をなるべく水となし、然る後に鈴を振つて音の聞えぬと言ふ實驗を示すがよい。

2. 音は固體及び液體をも傳はる

音響を傳達するものは、獨り空氣のみに限らず、他の氣體、液體、固體等も音を傳へるものである。例へば潜水者が水中で石塊を打合すと陸上に居る人も其の音が聞えることは、兒童が水泳の時等に經驗するところであり、又絲電話によると、直接に聞き得ない音響でも明瞭に聞き得るのである。

絲電話の實驗



竹筒を二寸位の長さに切り、その一端に日本紙を一重若しくは二重に貼りその中央から普通の木綿絲を出し、紙に固定し、圖の様にして、話を交換せしめるのである。

三、音の速さ

遠方で花火を見る時、花火が開いて後少時して爆聲を聞き、又電光を認めて後電鳴を聞く等とは、兒童の經驗してゐることである。而して、これによつて音響が空氣中を傳はるには時間を要

することが判るのである。

實測の結果によると、常溫に於いて音の空氣中を傳はる速度は、一秒に凡そ三百四十米である。

〔備考〕

空氣中を傳はる音の速度は、氣溫、氣壓、風向に影響せられること極めて大である。溫度攝氏零度、氣壓七百六十托の時の音の速度は三百三十一米であつて、其の値は音の振動數及び強さには無關係である。而して溫度攝氏一度上昇する如に毎秒約〇.六米増すのである。

一般に媒質の内に於ける音の速度は、其の彈性の大なる程大であつて、密度の大なる程小である。一般に固體に於いて最も大であつて、液體、氣體が之れに次ぐのである。而して其の値を掲げると次の通りである。

音波の速度	
0°C	米 秒
硝子	5600
鐵	4900
水	1450
鉛	1300
水素	1280
空氣	331
炭酸ガス	259

光の速度と音の速度

音波の速度は、光の速度に比べると實に比較にもならぬ程遅いものである。光の速度に就いて學者の實測の結果を見ると、毎秒三十萬軒と言ふのであるから、一秒時間に地球を七周半廻轉することになる

のである。従つて強烈なる電光を見て強烈なる雷鳴の來るのを今か今かと恐れる人があるが、此の

理由を知つてゐるならば、恐れるに當らぬことであつて、電光を見ることが出来たならば、既にその雷が自分に害を及ぼすことなく終つたことの證據なのである。

四、音の反響

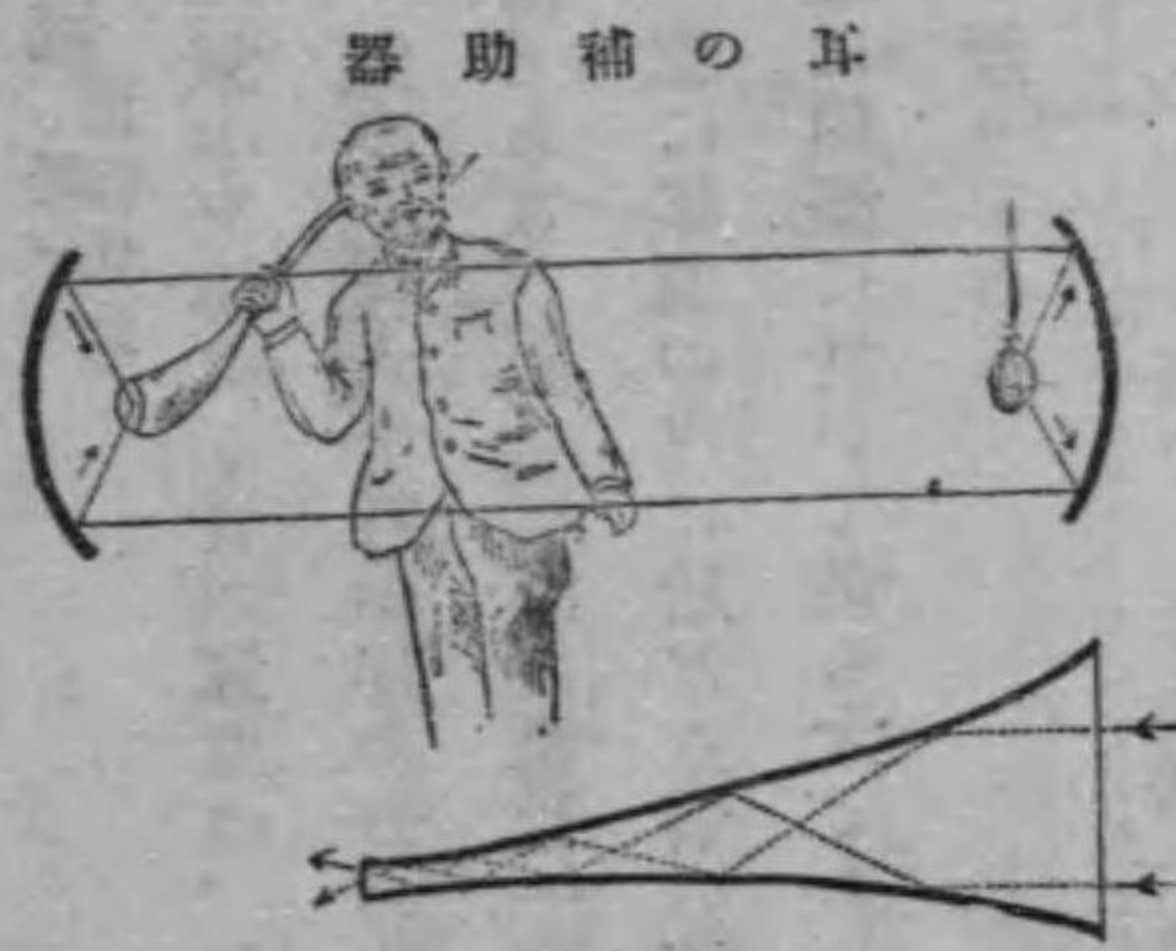
音波が堅い平面に當ると、水の波が反射する様に反射するものである。この事實は、兒童が既に經驗してゐることであつて、例へば、深い井戸に向つて音を發した時の如き、或は、音が山の側面に當つて反響する山彦の如きこれである。音波の反射する現象を反響と言ふのである。

〔備考〕

音の反射する時の法則は、光の反射の時の法則と全然同一であつて、投射角は反射角に等しいの一言で盡きるのである。

五、反響の理によつて説明し得ること及び反響の利用

井戸の反響、山彦、汽船、工場等の汽笛の鳴りの止んだ後、尙ほ暫く其の音の連續する等は、此の反響の理によつて説明し



得ることである。

而して吾々の耳殻は一つは、音を集めて耳によく聞え得る役目を持つたものであつて、老人等

が手を耳に當て、傾聴するのも、此の理によるのである。又圓錐狀の圓筒から成る談話喇叭を運動會の時等によく使用し、又蓄音器が反響箱等を備へてゐるのを見ても等しく音の反響の理を應用したものである。故にこれを用ひない場合よりも、用ひる時の方が音波が反射によつて圓筒の方向に略、纏まつて前進し得るのである。

六、音の強弱

1. 單絃琴を弾いて調べさせる實驗



弱 強 低 高

張つた單絃琴を一度弾いて其の音を聞いて居ると、弾いた瞬間が最も強く、次第に弱くなつて遂に消えてしまふのである。又弦を見てゐると弾いた瞬間は其の振動の幅が一番廣いが、次第に狭くなつて、遂に全く振動しなくなるのである。

2. 齒車にハガキ等の様な厚紙を當て、音の強弱を調べらる實驗

バザアの齒車が無ければ、先にニュートンの色板に使用した器械を少しく工夫して色板に代へるにボール紙で齒車を切つて、それと色板とを取換へても出来るのである。

齒車の先端がハガキの端にやうやく觸れる様にして之れを廻轉すると、速さを同じにしても紙（ハガキ若しくは名刺）の持ち場所によつて振幅に大小を生ずるから、音に強弱が出来るのである。此の場合に音の強弱以外に高低が加はるかも知れぬが、若しそれであつたら次の研究問題に行くもよからう。

要するに音の強さは、發音體の振幅の大小に依つて定まるのであつて、振動大なれば音は強く、振幅小なれば音は弱いのである。

七、音の高低

1. 單絃琴の張りを變へて音の高低を調べる實驗

單絃琴の捻に右手をかけて、左手でその絃を弾いて音を發せしめ、音の高低に注意しつゝ右手で捻を加減しつゝ、幾度も繰返し實驗を行はしめよ。

2. 單絃琴のこまの位置を變へて音の高低を調べる實驗

單絃琴のこまを種々の位置に動かしてこれを弾き、それに伴ふ音の變化を注意せしめる。

3. 一方の絃が太く、他の方の絃が細い二絃琴をとり、張りを同じにして音の高低を調べる實驗
太さを異にする二絃を、滑車の方法によつて兩方に同じ鐘をかけ、これを弾いて見て音の高低に注意せしめる。

これ等の實驗によつて、總べて絃はこれを強く張るか、短かくするか、細くして質量を少なくすれば振動が早くなり、これと反對にすれば振動は遅くなる。一定時間の振動数が多くなれば音が高くなり、一定時間の振動数が少なければ音は低くなるのである。

4. サバーの齒車を使用して實驗

サバーの齒車の齒の先に、名刺を僅かに觸れる様にして、一回は廻轉を緩にし、次には廻轉を急にしてその時に發する音に注意せしめる。

此の實驗によつても、廻轉の緩急は振動の遲速を來たし、従つて、一定時間内に於ける振動数の多少となつて現れるから、音に高低の相違を生ずるのである。

〔備考〕

一、絃を使用する樂器

絃を使用する樂器に共通なる性質

1. 絃（一區域をなして振動する）の長さ程………音は低くなる。即、振動数は少なくなるのである。
2. 絃を張る力の弱い程………音は低くなる。即、振動数は少なくなるのである。
3. 絃が重い程………音は低くなる。即、振動数は少なくなるのである。

琴に於いては、總べての絃が同じ太さ、等しき重さであり、張り方も大體同じ強さであるから、

琴柱の位置を加減して換言すれば絃の長さを加減して、色々の高さの音を出さしめるのである。
三味線、バイオリン等に於いては、糸の数が僅か三四本であるから、先づ絃の太さを適當に變へて置き、次に指で絃の或部分を抑へて絃の長さを加減し、以つて必要の高さの音を出すのである。
ピアノには、ダンピングと稱して、音を急に止める仕掛が備へてある。ダンピングは毛布の張りつめられた木片で、振動してゐる絃を抑へ、振動を止める仕掛である。

二、鐵琴

鐵琴は鋼鐵の短い板の數個を其の長さの順に並べたもので、その兩端に近い適當な部分を支へて此の板を叩き、音を發せしめる装置である。

三、尺八、笛

尺八や横笛は、孔の縁邊の鋭く削られた部分に、薄い空氣の流れを強く吹き付ける時、それが障礙物に衝突して一種の音を發するのである。ナイフの刃に空氣を吹きつけてもスースーと言ふ一種の音を發するのである。此の現象が筒の一端に於いて起る時には、此の噪音の中の筒内の空氣柱固有の振動に一致した振動をなす音が、忽ち筒内の空氣柱を振動せしめて音を發するのである。

此の種の樂器には、筒の側面に數個の孔があつて、其の何れをか開放することに依つて、音の高低が變化するのである。要するに孔を開くのは管の長さをそれまでに短縮したことになるのである。

四、オルガン、ハモニカ、クラリオネット、自轉車用のラツバ

音樂上では、これ等の樂器の發音體を舌と呼んでゐるのである。舌には二種あつて、一つは、一端を固定せられた細長い薄い板が、丁度之れを入れるに足るだけの切口の間に振動する様にしたものでこれを自由舌と言ふてゐる。他の一つは、其の振動する薄い板が孔の切口を覆つてゐるものであつて、之れを衝打舌と言ふのである。前者に屬するものは、オルガン、ハモニカ等であり、後者に屬するものは、クラリオネット、自轉車用ラツバ等である。後者の發する音は、前者の發する音よりも強くして通りがよいのである。

是等の装置によつて、一方から其の間隙を通じて空氣を送込む時には、空氣の流れに誘はれて舌はその口を閉ぢる位置に押し進められるのである。かくすると空氣の流れも一時杜絶するから、舌は自己の弾力によつて舊位置に歸るのである。さすれば、再び空氣の流れを生じて又舌を押しつけるのである。この舌の振動に依つて空氣の流れの斷續が生じ、従つて空氣中に音波を生ずるのである。これが舌の發音する理である。

是等發音體に於いては、舌の薄い程、又舌の長い程、音は低いのである。オルガンに於いて高調子を出す舌が、却つて低き調子を出す舌よりも薄いのを見るのであるが、それは舌の長さが著しく短いために起ることであつて、若し長さの同一なる舌に就いて比較すれば、薄い舌程振動が緩慢で

あるから、従つて音は低いのである。

五、軍隊で使用する喇叭

軍隊で使用する喇叭は、前に述べた舌の代りをなすものとして、人の唇を以つてするのである。従つて唇の張力を種々に變化することによつて、種々の調子の音が出るのである。

第三十二課 磁石

教材選擇の趣旨及び主眼點

磁石の性質並びに用途に就いて知らしめるのが主眼である。

教具及び準備

教師 磁鐵鏝、棒磁石、馬蹄形磁石、磁針、羅針盤（若しくは其の模型）。

兒童 棒磁石二本、釘、鐵粉、銅片、真鍮片、砂、磁針、木綿絲。

教材の解説及び取扱上の注意

一、磁石

兒童は、玩具として磁石を使用したものを玩んだこともあるであらうし、又父兄等の時計の鎖の先に取りつけられた磁針を見たであらうし、或は讀本でも磁石に就いて讀んで相當の知識を持つてゐるのであるから、それ等の經驗及び既有的知識を一層確實にし、更に補説する意味に就いて本課の教授に入る様にし、更に、電磁石等の性質及び作用を學習する準備とするの心掛けが必要であると思ふのである。

1. 天然磁石

尋常五年の理科書第四十課に於いて、磁鐵鏝に就いて知らしめたのであるが、磁鐵鏝は天然磁石の一つであつて、鐵片を引きつける性質、即ち磁性を持つてゐるのである。天然に磁性を持つもの即ち天然磁石には、磁鐵鏝の外に磁黃鐵鏝、コバルト、ニッケルの鏝物の或る物等がある。磁鐵鏝を絲で吊して置けば、一定の方向をとつて靜止するし、又これを鐵粉中に埋めて置いて、後引出して見ると其の突出てゐる數個所の部分には、殊に多くの鐵粉が附着してゐることが判るであらう。

2. 人工磁石

鋼鐵を強い磁石の一極で一方から他方へと往復することなく、其の長さの方向に反覆摩擦すると磁石になる。又鋼鐵棒を磁石の兩極に架して、木槌で反覆槌撃するとこれ亦磁石になる。此の如くにして鋼鐵で造つた磁石を人工磁石と云ふのである。

人工磁石は、吾々の使用の目的によつて種々の形に造られるのであつて、磁針、馬蹄磁石、棒磁石等はこれである。

二、磁石は鐵を引く

1. 鐵粉又は釘を吸引する實驗

棒磁石を兒童に與へて、針の入つてゐる箱、又は鐵粉の中にその一端を突込ませると、磁石が鐵を引くことが判る。

2. 鐵片と銅片若しくは眞鍮片と分離

鐵片の中に銅片若しくは眞鍮片を加へてこれを混じて置き、磁石で鐵だけを分離せしめる實驗。

3. 砂と鐵粉とを分離せしめる實驗

砂と鐵粉とを混じた箱の中に、磁石を入れて、鐵粉だけを分離せしめる實驗。

此れ等の實驗によつて磁石は鐵を引くことが判る筈である。

〔備考〕

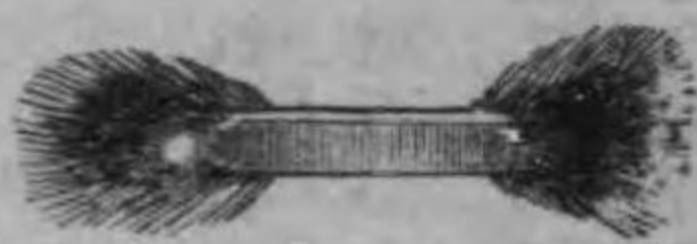
磁石は鐵以外にニッケル、コバルトにも其の作用を及ぼし、これを吸引するものである。

4. 中間物として硝子、紙等を置いての磁氣作用の實驗

磁石と、鐵粉若しくは釘等との間に硝子又は紙等を置いて、これを隔て、磁氣作用を調べて見る

に、矢張り中間物を隔て、磁氣作用を現すことが判るのである。

三、磁石の極



紙の上に棒磁石を置き、これに鐵粉を振りかけると、鐵粉は圖に示すが様に兩端に蟬集し、磁力の原因が恰も兩端に近い點に伏在するが様な觀を呈するのである。是等の點を磁石の極(或は磁極)と言ふのである。

四、磁石が南北を指すこと及び磁石の利用

磁針の中央を尖つた棒で支へ、自由に廻轉し得る様にして放置すると、暫くして靜止した場合に必ず定まつて一極は常に北方を指し他の極は南方を指すことが判るであらう。

或は又、縫針を磁石の一極で摩擦して、これに磁性を帯びしめたものをつつてコルクの小片にさし通し、これを水中に浮べても、定まつた一極は常に北方を指し、他の一極は南方を指すことが判るであらう。

磁石の北の方に向ふ極を北極(若しくは指北極)、南に向ふ極を南極(若しくは指南極)と言ふのである。
磁石の利用

磁石は何に役立つであらうかの問を發して、兒童に推究せしめるがよい。而して方位を知るために使用せられることは、何れの兒童にても直ちに思ひ當ることであらうから、方向を知るために作られた各種の磁石を示すがよい。



〔備考〕

一、地球の磁力と方位角

學者の説に依れば、地球は一つの大きな磁石であつて、地球の北極に近く其の指南極を有し、南極に近く其の指北極を有するのであると説くのである。磁石針が常に南北の方向をとり、磁石の指北極が北極の方に向ひ、指南極が南極の方に向ふのはそれが爲めである。けれども、磁石針は完全に南北を指すものではない。それは、地球の南北と地球磁石の方向とが完全に一致しないこと、及其の他の原因の爲めに、磁石針は必ずしも眞の南北を指すものではないのである。従つて各地其子午線と多少の角をなしてゐるのである。その角を其の地の方位角と稱するのである。従つて、其の方位角を知つて加減しなければ、磁石針を見ただけでは其の地の眞の方位は判らぬのである。

次に磁石針を其の重心で支へて、自由に廻轉し得る様に装置しても、赤道附近では靜止した時水

平になるが、我が國の様な北半球に在る國では磁石の指北極が稍、下を向き、指南極が稍々上を向くのである。これがもつと地球の北極に近づけば其の度は次第に甚だしくなり、地球磁石の極に達すれば磁石は遂に眞逆様に立つのである。(理由は、磁石の兩極の作用を吟味した後であれば、兒童も理解し得ることである)。此の如き場合に、磁石の方向と其の地の水平線となす角を、其の地の方位角と言ふのである。方位角は赤道では零で、地球磁石の極では九十度である。今參考の爲めに、日本の主要の地の方位角と、方位角とを表にして示すと次の通りである。(日用物理講義學に據る。)

	方位角	伏角		方位角	伏角
鹿兒島	3°43'1	45°22'5	長野	4°55'6	50°26'1
宮崎	3°51'5	45°39'4	松本	4°49'9	49°58'1
熊本	4° 7'5	46°52'7	高山	4°53'6	49°56'5
大分	4°17'7	47°18'0	金澤	5° 5'3	50°31'0
柳河	4°13'9	47°23'1	七尾	5°11'8	51° 2'5
長崎	4° 4'2	46°57'8	新潟	5° 9'4	51°44'6
福岡	4°22'3	47°55'4	高崎	4°42'6	49°57'3
中津	4°24'2	47°48'8	東京	4°24'3	49° 9'6
萩	4°40'1	48°46'9	熱海	4°20'6	48°31'9
山口	4°35'9	48°29'3	佐倉	4°19'9	49° 8'4
廣島	4°39'7	48°33'5	水戸	4°27'7	49°50'7
濱田	4°49'6	46°14'4	宇都宮	4°37'6	50° 7'3
福山	4°40'5	48°31'7	若松	4°52'8	51°10'0
松江	4°59'7	49°46'6	福島	4°51'2	51°23'8
鳥取	4°57'4	49°36'9	米澤	4°58'6	51°37'6
岡山	4°43'0	48°40'8	山形	5° 1'4	51°59'4
明石	4°39'3	48°30'1	仙臺	4°55'1	51°55'2
高知	4°22'6	47°22'0	水澤	5° 6'4	52°50'1
松山	4°29'7	47°52'7	盛岡	5°15'4	53°27'4
丸龜	4°36'0	48°13'4	酒田	5°18'2	52°44'9
徳島	4°29'9	47°51'2	秋田	5°27'8	53°34'8
和歌山	4°30'7	47°57'8	弘前	5°38'2	54°29'7
堺	4°36'1	48°21'1	青森	5°38'6	54°41'5
奈良	4°36'1	48°25'3	函館	5°53'9	55°41'4
京都	4°42'5	48°49'8	小樽	6°12'8	57° 6'9
執賀	4°52'7	49°32'5	札幌	6° 6'1	56°56'8
津	4°33'1	48°22'7	宗谷	6°35'5	59°15'9
名古屋	4°38'8	48°52'0	根室	4°58'4	56°42'3
岐阜	4°44'4	49°10'9			
岡崎	4°33'3	48°34'1			
沼津	4°22'2	48°32'4			
甲府	4°34'9	49°14'3			

(日用物理學講義に據る。)

二、羅針盤

傳ふるところに依ると、昔支那の黃帝の頃には指南車なるものがあつた、降つて周公の頃にはこの指南車が盛に使はれた様である。その構造は、車の上に木で造つた仙人の像が据ゑつけてあつて、仙人は右手を伸べ信號の旗を持つて前方を指して居るのである。車が東西南北何れの方向を向いても、此の仙人は常に南方を指してゐる様に造られてゐたのである。思ふにそれには磁石を應用したのであらう。何となれば、最近まで或は現在でもそうかも知らぬが支那の官吏の乗る馬車には、往往にして磁石針を其の車上に装置してゐたのであるが、これは指南車の遺風であらう。

それは兎に角、指南車のことは歴史上の一話柄であるが、今日航海業者にとつて指南車にも相當して大切にせられるものは羅針盤である。

羅針盤の構造は大體二部分からなつてゐるのである。即ち、外部を包み且つ如何なる場合にも圓盤を水中に保ち得る様に装置した箱と、一つの針の先によつて支へられた針石を持つた圓盤とである。箱は三重になつてゐて、一番外側のものは船に固定して居り、其の次の函と、最内部の函とは、相互に直角な水平軸で廻轉する様になつてゐるのである。だから船が如何に動搖しても傾いても、内の函は常に水平の位置を保つて、圓盤を軽く針の上に廻轉せしめる様になつてゐるのである。

圓盤の面には東西南北等の方位を細密に區分し、其の下面には小さな磁石を貼りつけて、自由に水平に廻轉し得る様にしてゐるのである。だから船が如何なる方向をとつても、盤上の目盛は常に一定の方向を指してゐるのである。而して最内部の函の内側には、船の方向と一致して居る指標が附せられてゐるから、此の指標が圓盤の何方位の所に來てゐるかによつて、船の進んでゐる眞の方向が判るのである。

三、磁石の他の利用

磁石の用途として最も廣いのは、勿論方角を測定するにあるのであるが、その他に鐵を引くと言ふ性質、及び電流によつて方向を變へると言ふ性質を利用した諸種の道具を見るのである。前者の例として、時計屋が螺旋廻しの先に磁性を帯びて於いて、小さい螺旋等を巧みに操つて居り、或は又、強力な磁石(多くは電磁石)を利用して、負傷者の身體内に深く入込んでゐる鐵片等を抜取り等するのである。これ等は、磁石の鐵を引く性質を利用したものであるが、電流計等は後者の例である。

五、磁石の兩極の作用

吊した磁石若しくは磁針の極に他の磁石を近づけるに、磁石の北極と北極と或は南極と南極とは相斥け、北極と南極とは相引く性質があるのである。

これを兒童に實驗せしめるには、一本の磁針を針の上に載せて水平に保ち、南北を指さしめて其の兩極に記をつけ、次に他の棒磁石若しくは磁針をとつて、其の磁石の北極を水平に支へてある磁針の南極に、或は其の磁石の南極を水平に支へてある磁石の北極に近づけしめて、異名の極は互に相引くことを知らしめ、次に、北極同志若しくは南極同志を近づけしめて、同名の極は互に相斥けることを知らしめるがよい。

此の如くしてこの定律を次の如く纏めて置くがよい。

「同名の極は互に相斥け異名の極は互に相引く」

此の定律を使つて説明し得る實驗

縫針二本をとり其の溝に木綿糸を通し、二本を揃へて置いて、同時に磁石の一つの極で摩擦して磁性を帯ばしめて、これを糸で下垂せしめると二本は又狀をなして開く様になる。その理由は二本共同端に同名の磁石の極があるから、互に相斥けるからである。

今度は、矢張り縫針二本をとつて、磁石の一極で一本の方は他の方と反對に擦つて（つまり一本の方を溝の方から擦れば、他の方は先の方から溝の方へ擦るのである。）磁性を帯ばしめ、木綿糸を溝に通して吊すと、今度は二本が互に相密着するのである。その理由は同じ側に異名の極が來てゐるから互ひに相吸引するからである。

〔備考〕

分子磁石の説

縫針を取り之を赤熱したる後冷水に投じて焼を入れ、これに磁性を帯ばしめて（強い磁石の一極で擦るのである。）然る後これに鐵粉を散布すれば、鐵粉は極即ち針の兩端に於いて最もよく附着し、極の位置を示すのである。然るに其の極の中央部に於いてこれを折り、再び鐵粉を散布して見ると、鐵粉は折つて出來た兩片の各の兩端に附着して結極二個の磁石を得たことを示すのである。更に各針を數個に折つて見るに、何れも獨立してゐる小さい磁石となるのである。而して、單獨なる磁極を有するところの磁石とすることは出來ぬのである。而かも此の如くして出來たところの小磁石を元の形の様に密着せしめると、接合面の北極と南極とは互に其の作用を打消して、鐵粉は主として兩端にのみ附着するに到るのである、此の實驗によつても判る様に、磁石は之れを如何に細分するも、個々の細片は皆獨立の小磁石となるからして、一個の磁石は南北極を備へてゐる多數の小磁石の集合せるものであると考へることが出來るのである。即ち磁石の内部に於いては、小磁石の反對の極が對立して外部に對する作用を打消し、其の兩端に於いては打消さないために、自由なる極が併列して磁極を成すのである。此の様な事實に基いて、ウエーベル氏は若し未だ磁性を持た

ない鐵の分子を磁石なりと考へたならば、種々の磁氣現象を説明し得る事が出来るといふ事を示したのであつて、これを分子磁石の説と言ふのである。

即ち未だ磁性を持たない鐵の棒の分子磁石は不規則に配列するが故に、其の南北兩極は、鐵の内部に於いては互に打消し、外部に磁力を現さないものであるが、之を磁場の内に入れて長さの方向に磁化力を作せしめると、分子磁石は其の方向に整列して、兩端に於いては打消されないからして磁性を表すのである。

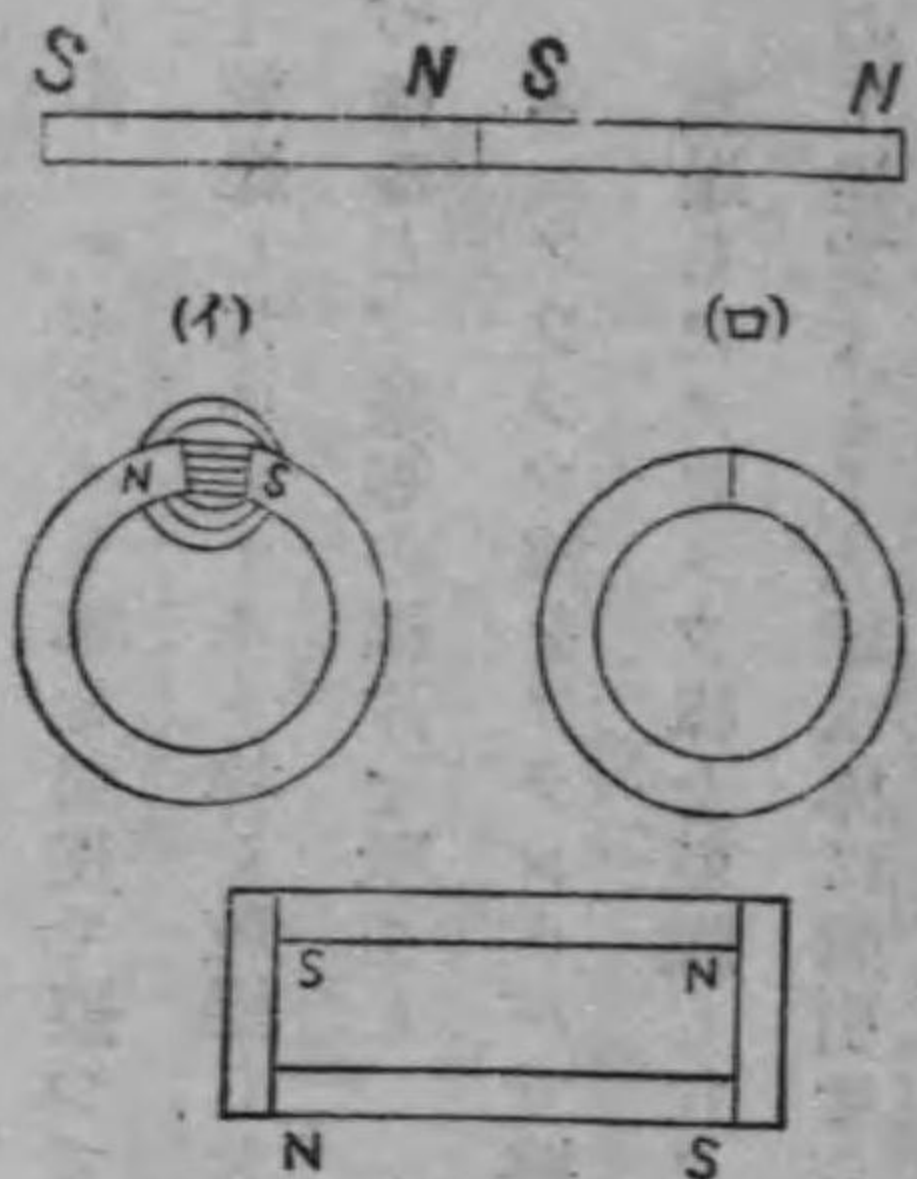
これを實驗によつて試みるには、試験管に鋼鐵粉を入れ、強い磁石の一極で試験管の外側を同じ方向に摩擦すれば、個々の鋼粉は小磁石となつて其の兩端に磁極を生じ、これを磁針に近づけるとその作用を現すのである。然るに試験管を振盪すれば、鐵粉は亂雜に配列して外部には全く磁氣を現はさなくなるのである。

消磁石と磁石の保存法

實驗の結果に見るに、磁石を其の儘放置して時を経れば、漸次磁氣を失つて行くのが常である。これを自己消磁と言ふのである。この自己消磁の力即ち消磁力があるから、磁石を保存する際注意して保存する必要があるのである。

例へば二本の相等しい棒磁石を別々に放置すれば、消磁力が大であるが圖の様に其の異極を密接

して置けば、結局二倍の長さの棒磁石となるから、消磁力は小となり、保存するに便なのである。



若し磁石の極の磁氣を拘束磁力とし、極を無くすることが出来れば、消磁力は零となる譯である。(イ)圖に示す様に、初め棒磁石であつたものを漸次曲げて、遂に(ロ)圖に示す様に輪磁石にしてしまへば、兩極の磁氣は互に拘束して、消磁力は零となり、永く磁氣を失ふことはないのである。この理に基づいて、その下に示す様に二個の棒磁石を反對の向に對置し、其の兩極に軟鐵片を架して置くと、軟鐵片は感應に依つて磁石となり、丁度輪磁石の様になるから、磁石の磁氣の弱くなるのを防ぎ得るのである。

第三十三課 電氣

教材選擇の趣旨及び主眼點

電氣に就いては兒童は既に多少の知識を持つて居るのである。故にこれを教材として帯電の有様、電氣の種類、兩種の電氣の作用、電氣の傳導等に就いて知らしめるのが主眼である、

教具及び準備

教師 エボナイト棒、フウラウ棒、ガラス棒、猫皮、フランネル、絹、驗電器、電氣振子、金屬棒、ガラス柄つき金屬棒。

兒童 エボナイト棒、猫皮、フウラウ棒、フランネル、紙の細片、電氣振子、ガラス棒、絹布、金箔驗電器、金屬棒、ガラスの柄のついた金屬棒。

教材の解説及び取扱上の注意

一、電氣現象

1. エボナイト棒を猫皮で擦つて帯電現象を調べる實驗
乾燥したエボナイト棒を乾燥した猫皮で摩擦して、之れを細かく切つた紙片若しくは羽毛等に近づけると、是等の細片を吸引し、一旦接觸した後は反撥するのを見ることが出来る。
2. フウラウ棒をフランネルで擦つて帯電現象を調べる實驗
乾燥したフウラウ棒を乾燥したフランネルで摩擦し、之れを電氣振子（木髓球を絹糸で吊したものに近づけると、球は棒に吸引せられて接觸し、一旦接觸した後は烈しく反撥せられることが判る。
3. ガラス棒を絹で擦つて帯電現象を調べる實驗

乾燥したガラス棒を乾燥した絹布で摩擦して、これを金箔驗電器の極に近づけると箔が開くことが判る。

4. 其の他の物に就いての帯電現象

杉箸若しくは木片の一端を火で焼いて乾かし、之れを頭髮で摩擦して、小さい塵埃等に近づけると、これを吸引し且つ一旦吸着すると反撥する現象を呈する。

又半紙を火でよく乾燥して、頭髮でよく摩擦しても同様に紙に帯電現象の表れるのを見ることが出来る。

此の様に是等の棒は、摩擦の爲めに平常有してゐなかつた性質を得て、一種の現象を呈する様になるのである。此の現象を電氣現象と言ふのである。而して、物體に電氣現象を表はさしめる原因を電氣と言ひ、物體が電氣現象を現す時は、その物體は帯電せりと言ふのである。

〔備考〕

電氣の歴史

電氣の現象の實驗は随分古くから行はれたものと見えて、ギリシヤの七賢人の一人であるタレーヌ（紀元前六四〇—五四六）は、琥珀を擦ると夫れが軽い物體を引くと言ふことをの知識を有して居つた事實があるのである。而して電氣の語原エレクトロシチーなる語は、琥珀（エレクトロン）

から来たと言はれてゐるのである。それからずつと下つて後、英國のウイリアム、ギルバート（一五四〇—一六〇三）は、琥珀と同様に擦ると吸引力を表す物體をエレクトリックスと稱し、金属だの其の他の若干の物體の様に、摩擦しても吸引力を帯びぬものを、ノンエレクトリックスと稱してこれと區別した事實があるのである。

又英國人のロバート・ボイル氏（一六二七—一六九一）は、髪が摩擦に依つて容易に帯電することを観察した。ニュートンはガラスが帯電する實驗を行つたし、マグデブルグの半球で有名なオットー・フォン・ゲーリック氏は、硫黄の球に自分の手を摩擦して電氣を起し、摩擦發電機の先驅をなしたのである。

帯電列

種々の物を摩擦して、帯電の種類を吟味した結果、物體を下のような順序に配列し、これを帯電列と稱してゐるのである。

1. 獣皮、2. 毛布、3. 硝子、4. 絹、5. 手、6. 金属、7. 封蠟、8. 護謨、9. 硫黄、10. エポナイト。

此の列の中、任意の二つを摩擦すれば、上位にあるものに陽電氣、下位にあるものに陰電氣が起るのである。

二、電氣の導體及び不導體

1. 金属棒を毛皮で擦る實驗

金属棒と毛皮とをよく乾燥せしめて置いてこれを摩擦し、其の棒に帯電したか否かを、電氣振子或は驗電器に就いて調べて見るに、少しも帯電してゐないことが判る。次にガラスの柄のついた金属棒をとつて、ガラスの柄のところを持つて前同様の實驗をすると、今度は帯電してゐることが判るであらう。次に此の帯電してゐる金属棒の一部に一寸指を觸れて、然る後に驗電器で調べて見ると、全く電氣が失はれてゐることが判るのである。

是の實驗によつて、最初金属棒に帯電してゐないのに、次にガラス柄の金属棒に帯電してゐるのを見たのは金属及び人體が導體であり、ガラスが不導體であるからである。即ち最初は金属棒を手で直接握つてゐるから、金属を毛皮で摩擦することによつて起つた電氣は、金属から手へ傳はつて起り次第逃げてしまつたのである。然るにガラスは不導體であるから、ガラス柄の金属棒を毛皮で摩擦する際起つた電氣は、逃げ道が斷たれてゐるから金属に帯電現象を表すのである。ところがこの金属の部に手を觸れると、電氣は金属から手を傳はつて全部逃げるから、帯電現象を現さなくなるのである。

2. 金箔驗電器に帯電せしめて、導體不導體を調べる實驗

先の實驗に使用したガラス柄の金属棒を毛皮で摩擦して帯電せしめ、それを金箔驗電器の上の金

屬棒に觸れしめて金箔驗電器に帶電せしめ、其の箔を開かして置き、その上の金屬棒に木片、木炭、ガラス棒、陶器、エポナイト棒、手、金屬等色々の物を觸れて見させて、下部の金箔の開閉及び閉止の度に注意せしめる。若し閉ぢたれば再び帶電せしめて、實驗を繰返し行はしめるがよい。

此の際、驗電器の上の金屬棒に觸れる物體が若し、導體であれば、放電を誘發して金箔を閉鎖し、半導體なれば漸々開度を少くし、不導體なれば金箔は開いたまゝ、何の變化もないのである。

種々の物體を電氣を傳へるか否かによつて、導體、半導體、不導體と三つに分けることが出来るのであるが、今それに屬する主なものをあげると次の通りである。

導體、(よく傳へるものから順次に)

銀、銅、金、亞鉛、白金、鐵、鉛、水銀、蒼鉛、瓦斯、炭素、石墨、木炭、酸及び鹽類の溶液、海水、濕地、焰、稀薄なる氣體。

半導體

人體、井水、紙、綿、乾燥せる木材、大理石、酒精。

不導體

油、陶器、硝子、硫黃、エポナイト、氷、雪、空氣及び氣體、琥珀、眞空。

3. 不導體の帶電と導體の帶電

ガラス柄の金屬棒は、その一部分を毛皮で摩擦しても、電氣現象は金屬棒の何れの部分でもこれを認めることが出来るのである。然るにガラス棒、エポナイト棒等の如き不導體に就いては、其の摩擦した部分だけに電氣現象が起つて、摩擦しない部分にはこれを認めることが出来ない。更に又、金屬棒の様な導體が帶電した場合に、其の一部に手若しくは他の導體を觸れても、全部の電氣はそれから傳はつて逃げ去るのを見るのに、不導體の場合にはこれに觸れた部分の電氣だけが逃げ去るのみであつて、他の部分の電氣は逃げないことが判る。

これ等の理由を兒童をして説明せしめるがよい。

三三二種の電氣

ガラス棒を絹で摩擦して帶電せしめ、これを電氣振子のそばに持つて行けば、電氣振子はガラス棒に吸引せられる。けれども、一旦ガラス棒に電氣振子の木髓球が觸れると同時に、彈き飛ばされて行くのを見ることが出来る。これは、木髓球がガラス棒に觸れたために、ガラス棒の電氣がこれに傳はつて木髓球が帶電したから、ガラス棒と木髓球とは同じ電氣を持つことになり、それがために互に相斥けて、反撥するに到つたのである。

次に木髓球にガラス棒の電氣を帶ばしめて置き、別にフランネルで封蠟棒を摩擦して帶電せしめ、その封蠟棒を木髓球に近づけるに、非常に勢よくこれが引つけられるのを見るのである。

更に一方の木髓球にはガラス棒に電氣を帯ばしめ、他の木髓球には封蠟棒の電氣を帯ばしめて、その木髓球を互に近づけると、兩者は強く引合つて密着するのを見るのである。

これ等の實驗によつて、同種の電氣は相引く異種の電氣は相引くことが判るのである。

而して、ガラス棒を絹で摩擦した際にガラス棒に起つた電氣を陽電氣（正電氣若しくはプラスの電氣）、封蠟棒を毛皮若しくはフランネルで摩擦して封蠟棒に起つた電氣を陰電氣（負電氣若しくはマイナスの電氣）と言ふのである。

二種の電氣の性質を調べる實驗は次の様な方法によるのもよい、即ち二本の絹絲で吊した鈎に帯電したガラス棒を載せ、封蠟棒をフランネルで摩擦して帯電せしめてこれに近づけると、兩者は互に相引くことが判る。次に絹で帯電せしめたガラス棒を近づけると互に相斥けることが判る。封蠟棒にフランネルで帯電せしめたものを鈎の上に載せて置いて、それに同様の實驗をしても同様の結果を見るのである。

〔備考〕

避雷針

1. フランクリンの風上げ

「電雷は、空氣中に電氣が存在してゐて、その爲めに起る現象ではあるまいか、」こんな考へが昔

の人の頭にも閃めいたらしいのである。陰電氣と陽電氣とが中和する時には、強い火花と音とを發するものであるが、その火花と音とは、彼の雷電の現象に似た點があるから、雷電も雲にある電氣が放電して起るのではあるまいかと、今から二百年許り以前の人が考へてゐたのである。然し、雷電が果して放電の現象であると言ふことは、未だ確定することが出来なかつたのである。一七五二年六月十日フランクリン氏は、彼の有名な話として傳へられてゐる風上げの實驗によつて、これを明白にしたのである。

フランクリン氏は十字形のシイダーの木骨に絹のハンカチを結び付けて風を作り、十字架の木骨の上端、鋭く尖らした針金をつけ、木骨から一呎以上も高くなる様にして置いたのである。絹紐を以つて風絲とし、手近い絲の端へ絹の紐を結んで、絹紐と絲との結び目に一つの鍵を取つたのである。そしてこれから鎖によつてレイデン瓶に接続したのである。之れは電光が放電の際發するものならば電氣は風絲から手に傳はることなく、鎖を傳つてレイデン瓶に蓄積せられるやうにとの仕掛であつたのである。而してレイデン瓶に電氣を集めることが出来れば、雷電は放電の現象であることが明白であると考へたのである。

此の様な考へから所要の風を提へて、雷雨模様の時に彼フランクリン氏は、自分の子供と共に野原へ行つたのである。そして、彼は雨をよけるために假小屋の中にかくれて風をあげたのである。初

め一塊の雷雲が通過したけれども、而かも電氣らしい何等の現象が起らなかつた。彼は非常に失望したが、此の時天を覆ふ様な黒雲が風の邊りを過ぐるよと見る間に、忽然絲の弛んでゐる纖維が自ら直立したのを目撃したのである。そこで彼は指節を鍵に當てたところが、強い火花を受けたのであつた。此の火花を見た彼の喜は果して何んなであつたであらうか、又もや火花を受けて見た、それからレイデン瓶を調べて見ると、明かに多くの電氣が捕へられてゐたのである。彼フランクリンは此處に於いて、雷電の正體は空氣中の電氣であることを確證したのである。

2. 電氣中の空氣

フランクリン氏の此の冒險的な實驗によつて、空氣中特に雷雲には電氣の存在してゐることが明らかとなり、雷電は放電の現象であることが一般の人に了解せられることになつたのである。然らばその空氣中の電氣は如何にして發生したものであるか、それは等しく兒童の疑問とするところである。

空氣は必ず多少の電氣を帯んでゐるものであつて、大體晴天の時には陽電氣を帯んで居り、雨天には陰電氣を、曇天には陽電氣のときと陰電氣のときと兩方あつて、不定であることが普通の事實である。而して、是等の電氣が如何にして生じたかは今日尙ほ不明である。然し色々の説はあるのである。

ゾーング氏の説、雷雨の電氣は、氷片と水滴との摩擦によつて生じたものである。

ジー・ジー・タムソンの説、空氣中の陰イオンが過飽和を呈せる昇騰氣流凝結の心核となつて、水滴と共に降下するが故に陽陰電氣が分離するのである。

エルステル氏の説、空氣は或る程度までイオンに解離し、空氣中で陰イオンは陽イオンよりも

速度大であるがために、地球が空氣に接觸する時は陰電氣を帯び空氣は陽電氣を

帯びるのである。この説は、ガイテル氏も稱へてゐる。

カデー氏の説、有機物が燃焼するに當つて地球は陰電氣を帯び、生じた炭酸ガスは陽電氣を帯びる、これが空氣の電氣である。

此れ等の諸説は何れも完全なものではない様である。要するに今日尙ほ不明である。

3. 電光及び雷鳴

兎に角空氣中に電氣のあることは事實である。空氣は乾燥してゐる時には不導體であるが、濕氣を帯んで來れば導體となり、その電氣は濕氣の表面即ち雲團の表面に集つて互に感應して益々強い電氣を生ずるのである。此の如くして、電氣を蓄積した雲と他の雲との間、若しくは地との間に放電が行はれる時には、光と音とを發するのである。電光は其の時の光であり雷鳴は其の時の音である。

電光は所謂稲妻形と稱して、曲折するものであるとせられてゐる。併しこれを寫眞に撮つて研究して見ると曲折するのは眼の迷ひであつて、決して曲折してはゐないとも言はれてゐる。兎に角電光が曲折して見えるのは事實である。然してこれを折電と稱してゐるのである。この曲折の起るのは、塵埃若しくは放電し易い局所を連ねるによるのであつて。長さは一乃至三軒を普通とし、時には十軒乃至五十軒にも及ぶことがある。然し時間は非常に僅かなものであつて、一秒の百萬分の一乃至一秒の千分の一位である。

電光には折電の外に管電とか幕電とか球電とか稱するものがある。管電と言ふのは雲と砂との間に起つた放電であつて、砂を熔かして管状をなすものであると言はれてゐる。幕電は天空の遠い所に起る電光でピカリと空が一面に光るもので、電光が雲に反射して現はれる。夏季地平線近くに屢々見るものである。球電は丸で火の球の様なものであつて、飛行して爆裂するものである。その原因は不明である。

雷鳴は電光の通り路に當る空氣が排斥せられ又膨脹して其所が一時稀薄となり、電光の通過後空氣が急に後に戻り、茲に空氣の振動が起るから生ずるものである。その般々として響き轟くのは、雲や山岳に反響して起る外に、尙ほ英人ブツク氏は次の様な理由を擧げてゐるのである。例へば兵士が長い一列をなして一齊射撃をしてゐる時に、その列の延長線上に一入立つてその音

を聞くと、一番近い兵士の銃聲が先づ聞え。それから順次にその列の遠い者が發した銃聲が次第に弱りつゝ聞えて來るのである。若し又聞く人が兵士の列の中央少しく前に在つたとすれば、先づ中央の兵士の銃聲を聞き相續いて殆んど同時に兩端の銃を聞き其の音は大きくなるべき筈である。又兵士の列が曲折してゐたならば、銃聲は種々に變化して聞えるであらう。この例と同様に、數町乃至一里にも亘つて雷鳴を發するのであるから、その長く聞えることも、一時に爆鳴を聞くことも、太鼓の聲の様に聞くことも種々あるのである。

4. 落雷

落雷は雲と地との間に起る放電である。多くは高い樹木又は家屋と雲との間に起り、平地との間に起ることは少ないのである。樹木家屋等との間に落雷が起る時は、多量の電氣が一時にこれ等の物を傳はつて地に通じるから之を破壊し、時としては火を發することさへある。然して火を起す時はこれを火雷と稱し、雷雨を伴ふ時には之れを水雷と稱するのである。何れの落雷であつても烈しい熱を生じて物體を熱するから、家屋等が乾燥してゐる時には直ちに火事を起すのであるが、烈しい雷雨が直ちに到る時には火災を起さずに終るがために、火雷水雷の區別がつくのである。

落雷の時人畜に電氣が傳はる時には、死傷を生ずるものであるから、雷雨の時樹下に雨宿りし、若しくは電柱に近寄ること等は甚だ危険である。これは高きものに落雷し易いからである。又家屋

内に在つても、柱だの壁だのに近寄らないのが安全である。これ家屋に落雷する時には、主として柱壁等を電氣が傳はるからである。

落雷の時樹木を破壊するのは、樹木の中に含まれてゐる水分が熱のために水蒸氣に化し、水蒸氣が著しく膨脹するから起ることである。落雷の際一時異様な臭氣を感ずるのは、放電の際オゾンを生ずるによるのである。オゾンは強い酸化力を有してゐるから、これが空氣中に多く含まれてゐることは、衛生上望ましいことであり、且つ又稻の害蟲等を殺す作用があるとしせられてゐる。

5. 避雷針

フランクリン氏は、雷電が空中電氣の放電であることを實驗によつて確めてから、落雷を避ける工夫をして終に避雷針を考案したのである。

彼は初め尖端の作用によつて電光を引下さうと考へて、こんなことを彼の友人コリンソンに宛た手紙の中に言ふてゐるのである。

「或る高塔若しくは寺の尖塔の上へ、一人の人と電氣臺とを容れるに足る程充分な番兵小屋の一種を置いたとする。次にその電氣臺の中央から一本の鐵棒を立て、之れをば戸の外に出し、之れを曲げて直立にし、二、三十呎も長くして、其の尖端を鋭く尖らして置くのである。若し電氣臺が清淨で且つ乾燥して居れば、雲が低い所を通過して居る時には棒が雲から電光を引いて、電氣臺の上

に立つてゐる人は帯電して火花を放つであらう。若し以上の事實を實驗によつて確めることが出来れば、尖端の此の如き力に關する知識は、落雷から家屋、教會堂、船舶、其の他を避けしめることが出来、人類を裨益するではなからうか。」

フランクリンはフィラデルフィアに於ける何れの建物も又附近の何れの小山も、此の番小屋の實驗を行ひ得る程充分でないとの意見を抱いて居た。そこで彼は充分に高い尖塔を設けるために、福引の方法で金を募集してゐる間に、一方ではフランスの帝王の保護の下にダリバルド氏がバリーに近いマルリー・ラ・ヴィユで此の實驗に成功した。即ち僅かに下端に於いて絶縁せられた小さな小屋の中の小さい卓子の上に載せた十三米の高さの棒で行つたのである。ダリバルド氏は一人の老騎兵に天氣を注意してゐる様に教へ、ガラス瓶に眞鍮の針金を装置し、棒から火花を引きつける目的で用意を整へたのである。數日待つたところが一七五二年五月十日に雷雲が現れたのである。そこで老騎兵さんは棒へ針金を近づけたのである。忽ち火花の烈しい音が發して、焰と硫黄様の臭とが正しく地獄を實現した。恐れ惶いた老騎兵さんは、針金を捨て隣人を呼んで村の僧侶の來ることを乞ふたのである。ところが僧侶は老騎兵さんより大膽であつたと見えて、僧侶は自から實驗をなしたのである。初めは棒から火花を引いた、そこで僧侶はこれをダリバルド氏へ報告したのである。此の如くしてフランクリンの考へは單に推量たるに止まらないで、此處にそのまゝ眞理であること

が實現された。」とダリバルド氏は書いたのである。然してこのことあつて一週間を過ぎた日に、同じく佛都バリーでデロル氏が三十二米の高さのある棒を以つて此の實驗を繰返したのである。ところがフランクリンはバリーに於けるこれ等の實驗を決定的のものと考えないで、先に記した風の實驗を自から行つたのである。然し避雷針の發明には未だ到らなかつた時、フランクリンの暗示によつて、一七五四年にメーレンのブレンデツで、僧侶のプロコピウスデグインシュが實行したのである。一七六〇年に、フランクリンはフラデルフィアに於ける一建築物の上へ一つの避雷棒を設けたのである。ウィリアム・ワットソン氏は一七六二年に英國に最初の避雷棒を立てたのである。一七八二年にはフラデルフィアに四百の避雷装置が出来る程になつた。これ等も總べてフランクリン氏の最初の思ひつきが此の如き結果を産み出すに到つたのである。

然し最初若干の神學者は避雷棒を立てるのに反對した。其の理は、雷電は神秘の表徴であるのに、其の破壊力に干渉するのは不敬度であると言ふのであつた。此の反對に對してハーヴァートの物理學の最初の教授であつたところのジョン・ウインスロップ氏は、次の様な常識的な答をしたに過ぎなかつたのである。「神が吾等の手に與へた仕方、電光の効果に對して吾等を保護することは、雨や雪や風等の效果に對して吾等を保護するのと同様に吾等の義務である。」と

然るに又一方實驗に徴して見ると、避雷棒は雷電に對して絶對の保護でない事が判つた。其の理

由は、地球との連絡が悪いか或は尖端が鈍つたためよるとせられて、構造に關する改良が屢々示されたが、而し眞の原因は一世紀も過ぎた後に於いて認められたのである。

今日立てられてゐる避雷針の構造は、銅線の様な電氣をよく導くものを屋上高く立て、置いて、其の下端に銅板の様な電氣をよく導く物なるべく廣い板の形にして、地中若しくは池の中等に埋めて置くのである。元來電氣は入るにも出るにも良導體の光つた所を好むから、此の如くして置けば、空氣中の電氣と地中の電氣とが常に交通して、その尖端から出入交通をなし、兩方に強い異種の電氣が起つて大放電をやると言ふことがないのである。要するところ避雷針は空氣中の電氣と地にある電氣との交通路になるのである。従つて避雷針はなるべく多くあるのがよいのである。空氣中や地中に澤山電氣が起つた場合に、一本や二本の交通路(避雷針)では通り切れない時には、近傍の道でない所を無理に通ることになる。即ち落雷か起るのである。従つて最も安全に避雷の効果あらしめるためには、銅とか亜鉛とか言ふ様な金屬で家屋全部を包んで、其の上に避雷針を幾本も數多く立てて置くのに限るのである。

第三十四課 電 流

教材選擇の趣旨及び主眼點

電氣に引續いて、電流を教材として、電池の構造、電流の意義、電流の磁石に及ぼす影響、電流の強弱、抵抗等に就いてらしめるのが主眼である。

教具及び準備

教師　ダニエルの電池、ブンゼンの電池、重クロム酸電池、ルクランジェの電池、乾電池、電流計。
 兒童　ヴォルタの電池、稀硫酸、銅線、磁石、簡易電流計、長き等しく太さの異なる數本の銅線、等しき太さで長さの異なる數本の銅線、同じ太さ同じ長さの銅線と鐵線。

教材の解説及び取扱上の注意

一、電流とは何ぞ

前課で學んだ通り、電氣は導體を傳はつて逃げ去る性質を持つてゐるから、ガラス柄の金屬棒を毛皮で摩擦して帯電せしめ、その金屬の部に手若しくは針金を觸れると、電氣は手若しくは針金を傳つて移つて行くのである。此の様な際に電氣が針金若しくは手を流れたと云ふのである。そこで電氣を絶えず起して針金を絶えず流れてゐる様にすることも出来るのであつて、その様な時に其の針金を通る電氣を電流と言ふのである。

〔備考〕

若しウイムシャーストの起電機の兩極に導體を連結して、圓板を廻轉せしめたならば、兩種の電氣は引續き起され、従つて引續いて針金に沿ふて流れるであらう、この様に一般に電氣の流動するのを電流と言ひ、陽電氣の流れる方向を以つて、電流の方向と規定するのである。

二、電池

起電機で起した靜電氣を流しても電流を得ることが出来ないのではないけれども、其の強さが微弱であつて、電流に關する色々の實驗をなすには適しないのである。其所で普通電流を得る方法として、化學的エネルギーを利用したところの電池と、機械的エネルギーを利用したところの發電機とがあるのである。

此所では化學的エネルギーを利用した電池に就いて知らしめることになつてゐるのである。

1. 電池の歴史

電池の發明に關して其の先驅と做すべきものは、ガリヴァニ氏の蛙の實驗である、アロイシオ・ガリヴァニ氏（一七三七——一七九八）はボロニアの醫師で又解剖學の教授であつた、彼は偶然なことから電流に關する大發見をなすに到つたのである。彼の妻は健康が勝れず蛙の脚を食べる様に申渡されてゐたのである。そこでガリヴァニ氏は、何時も蛙を料理したのであつた。或時彼は蛙の皮を脱いで帯電した起電機の導體に近い卓子の上に置いた儘部屋を出たのである。ところが彼の妻は、

偶然起電機に近く解剖刀を持つて行つたところが、恰もその時解剖刀の尖端が蛙の脚の股のむき出しにされた神経に觸れたのである。すると火花が飛んで脚が烈しく痙攣を起したのである。そこで妻君は此の事實を夫に告げたのである。ガルヴァニ氏はこれを聞いて其の實驗を繰返したのである。此の事件は一七八〇年十一月六日に起つたのである。

ガルヴァニ氏は此の原因を發見しようとして企てたのである。何でも此の現象には、神経に觸れて火花を出すのが重大であるらしく見えたのである。彼は色々の實驗をして見たらしく、真空中に脚を置いても効果が同様であつたと言ふてゐる。

そこで問題になるのは、空中電氣が作用したのか、或は起電機からの電氣が作用したのかであつた、彼は庭園の鐵格子から鐵の輪で蛙の脚を支へて置いたのである。ところがその蛙の脚が矢張り時々運動をした。特に嵐が通過した後には其の運動が列しくなつた。然し晴天の場合でも屢々運動するのが見受けられたのであつた。最初は彼は蛙の脚の運動するのを大氣の電氣の作用に歸して居つたのであるが、其の後室内で蛙の脚を金屬板の上に置いて、針金を股神経に通して、金屬板に觸れると矢張り同じ効果を奏することを知つて、其の見解を棄てたのであつた。其所でこの原因は、蛙の脚の中か金屬板か或は又針金に存するものでなければならぬと考へた、そこでガルヴァニ氏は蛙の脚をガラスの上に置いて今度は一本の曲げた棒の端を、同時に一方は股神経に他方は足の筋に觸

れしめて見たところが、その棒がガラスであるとは何等の効果も起らないが、若しそれが銅と鐵か或は銅と銀とであれば痙攣が永く續いて起つたのであつた。又棒を鐵だけで作つて、同様の實驗をやつて見たが棒を二種の異なつた金屬で作つた場合程に引續いてはつきりしたものではないにしても、矢張り運動を呈すると言ふ事實を知つて、ガルヴァニ氏は棒は單に導體としての役をなすだけであると結論したのであつた。彼は其の後引續いて實驗を行ひ、神経中の電氣の源泉の位置を決定することが出来たやうに思つたのであつた。

要するに此の實驗に於ける痙攣現象は、他日の知識から見れば、勿論放電電流の生理的作用に外ならないのであるけれども、其の電氣の原因に關して、ガルヴァニ氏は動物電氣なりとしたのであつた。

ガルヴァニ氏の此實驗は、新奇なものとして、至る所の科學者を驚ろかしたのであつたが、ガルヴァニ氏と同國人であつたアレサンドロ・ヴォルタ(一七四五——一八二七)は、此の如き現象の原因に就いてガルヴァニ氏とは異なつた見界をとつたのであつた。彼は電氣學の方面では勤勉な實驗家であつて、一七七五年には電氣盆を發明した程の人であつた。彼は神経を通つて電氣の放電を行へば、單に運動のみならず他の効果をも生ずることを發見したのであつた。今若し二つの金屬の曲げた棒をとつて、その一方を眼に觸れ他端を口に觸れると、接觸が全うされた瞬間に光の感覺が感ぜら

れること、及び一つの銀貨と一つの金貨とを口につけて、その兩方を針金で連結すると一種の味が感ぜられること等を實驗の結果知つたのであつた。此の如くしてヴォルタ氏は、電氣は只運動を生ずるばかりでなく視覺や味覺の神經にも影響を及ぼすと説明を施したのであつた。即ち「凡べて是等の實驗で大切なことは異なる金屬の接觸である。」としたのであつた。彼の頭には今日の接觸電流の考へが稲妻の様に閃めいたのであつた。後一七九四年に彼は其の接觸電流の考へを證明しようと企てたのであつた。若し蛙の脚に電氣の原因を定めたガルヴァニ氏の考へにして正しかつたとしたならば、一つの金屬棒を以つてした場合でも、二種の金屬棒を以つてした場合と同様に、充分痙攣作用を起さなければならぬ筈である。然るに一種の金屬のみで作つた棒の兩端が夫れ／＼温度を異にしてゐた場合には、活潑な痙攣が起るが、温度が一樣になると其の作用が殆んど消失するのを見ると、ガルヴァニ氏の動物電氣の考へよりは、接觸電氣（ヴォルタ氏は金屬電氣と言ふてゐた）の考へが正しいと思つたのであつた。

一八〇〇年三月二日にヴォルタ氏は、當時のロイヤル・ソサイエティの會長であつたジョセフ・バンクス氏に書を寄せて、ヴォルタ電堆について説明を加へて居るのである。

例へば亞鉛と銅との様な二つの異なつた金屬が接觸される様にし、其の上にフランネルや吸取紙を巻いて之れを水又は海水で濕して置き、更に別に亞鉛と銅との一對を取り、其の間へ又も濕した

フランネルや吸取紙を挟むと言ふ様にして、此の如き金屬の對を次第に増加すれば、一ダース若しくはより多くの對で作つた電堆は、別々の效果を加へた強力なものになると言ふてゐるのである。又同じ手紙の中に、彼の有名なヴォルタの電池の最初のものに就いての説明をして居るのである。

ヴォルタはこれにコップの王と命名したらしいのである、「コップの王」は、海水又は稀薄な酸類を入れたコップへ、半分が亞鉛半分が銅である細い金屬條を浸したものである。此の金屬條の亞鉛端が一つのコップへ浸され、銅の端が他のコップへ浸される様にしたのであつた。是れがヴォルタ電池の最初のものであつたのである。

ヴォルタが此の記念すべき手紙を書いた六週間後には、イギリスでウキリアム・ニコルソン氏及びサア・アンソニー・カルリスマル氏が第一の電池を作り、一八〇〇年の五月二日にはこれを用ひて、水の電氣分解が行はれたのであつた。ヴォルタ氏の研究は忽ち人々の賞讃するところとなり。ロイヤルソサイエティの會員に選ばれ、一八〇一年にはナポレオンに召されて、其の前で電池の實驗を行ひ、かくてナポレオンから金牌を授けられたのであつた。（カヂヨリ物理學史講義）

2. ヴォルタの電池の實驗

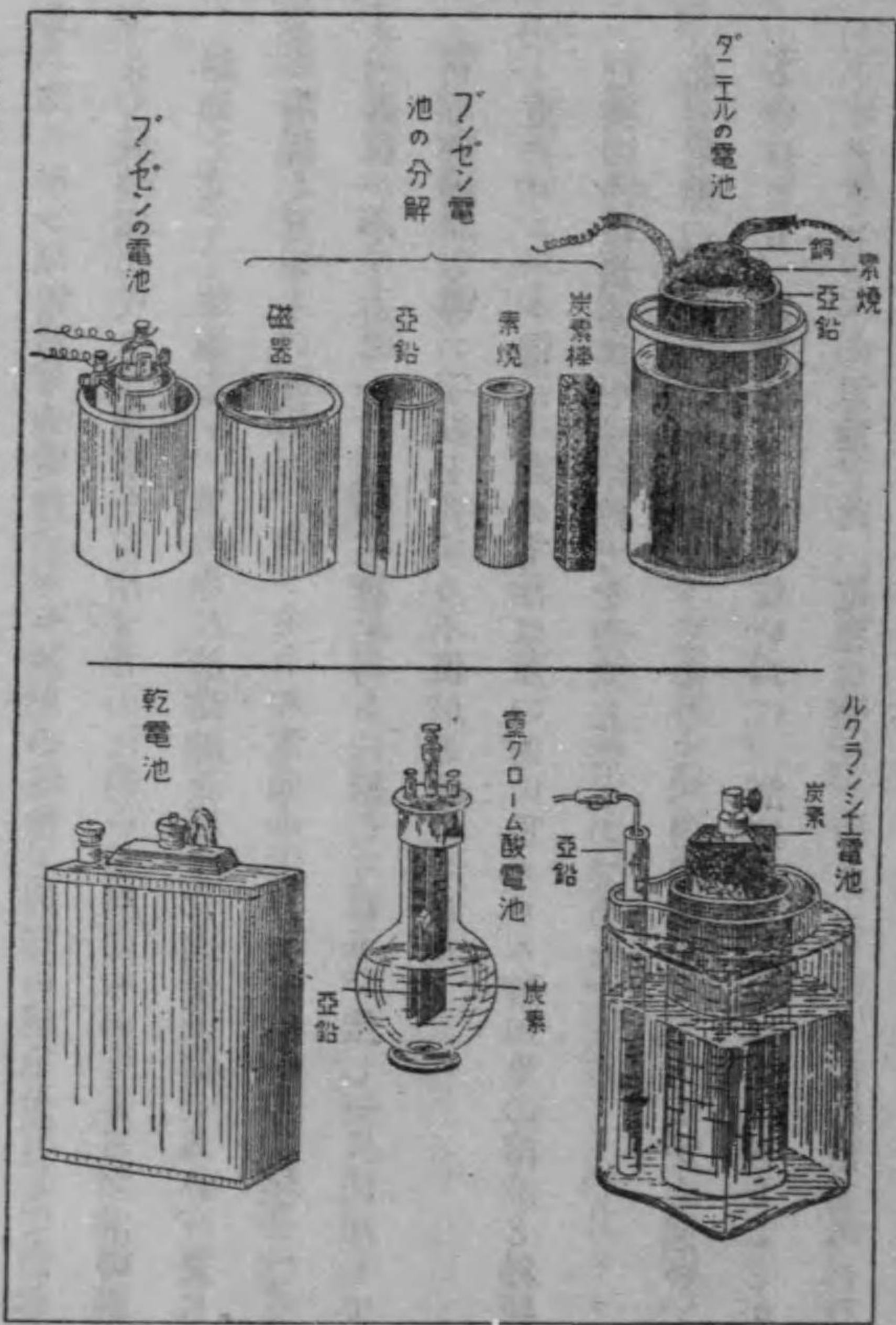
稀硫酸を器に入れ、其の中に亞鉛板と銅板とを對立させ、銅板と亞鉛板とを銅線で連結すると、銅板の方から亞鉛板の方へ電氣が流れて通るのである。

〔備考〕

ヴォルタ電池の説明 稀硫酸の中に亜鉛板を入れると、亜鉛は一部分陽イオンとなつて液中に溶解し、陰に帯電するのである。次に銅板を入れると、銅は幾分か陽イオンとなつて溶解すると共に陰に帯電することは、亜鉛板の時と同様である。ところが亜鉛のイオン化傾向は銅のイオン化傾向に比べて遙に大であるが故に、亜鉛板と液との電位差は銅板と液との電位差よりも大である。従つて銅板と亜鉛板との電位差(約一ボルト)を生ずるに至るのである。そこで針金で兩極を連結すれば、亜鉛のイオン化を妨げたところの亜鉛板の陰電氣は針金を經て銅板に移り、其の結果として亜鉛板は陰電氣を失ひ亜鉛のイオン化を許す有様となると共に、銅板の方は陰電氣を増加して前面の水素イオンを吸引し、硫酸のSO₄を排斥するに至るのである。而して銅板に附着してゐる數多の水素イオンHは、其の荷電を失ひ板の陰電氣と中和すると共に水素瓦斯H₂となつて上騰するのである。此の如く亜鉛の溶解によつて亜鉛板に陰電氣を與へ、水素イオンの附着によつて銅板に陽電氣を與へて電流は永續し得るのである。此の場合の化學的變化は次の通りである。



3. 種々の電池



銀漬にした亜鉛圓筒を挿入したものである。

ダニエルの電池の電動力は、液の濃度に依つて幾分か異なるけれども、其の値は約一乃至一・二ボ

ヴォルタの電池は電池の歴史の上から見て極めて興味あるものであるが、然し今日の電池にはヴォルタの電池以外に種々なものがあるから、其等に就ても簡単に説明して置く方がよからうと思ふ。

- (1) ダニエルの電池
 此の電池は硝子若しくは陶器製の容器に硫酸銅の濃溶液を入れ、其の中に陽極として、筒形の銅板を沈め、更に其の中に稀硫酸を入れた素焼の圓筒を立て、此の中に陰極として水

ルトである。此電池の内抵抗はかなり大であるから。従つて強い電流を得るには適しないけれども、弱い不變の電流を得るには便利である。

(2) ブンゼンの電池 此電池はダニエルの電池と同様の構造を有してゐるのである。唯消極劑として硫酸銅の代りに硝酸を使用するのに於いて異なるのである。其の構造は、稀硫酸の中に亜鉛筒を立てて陰極とし、其の中に濃硝酸を盛つた素焼圓筒を入れ、更に此の中に炭素棒を立てて陽極とせるものである。ブンゼンの電池の電動力は約一・八乃至二ボルトであつて、且つ其の内抵抗が小であるから強い電流を得るに適してゐる。然し一旦使用して後は、炭素棒を水に浸して乾燥する等の手数を要する不便があるのである。

(3) 重クロムサン電池、此の電池は瓶の内に重クロム酸加里の溶液と稀硫酸とを混じたものを入れ其の内に炭素棒と亜鉛棒とを對立したものである。

此の電池の電動力は約二ボルトであつて、内抵抗が少であるから強い、電流を得るに適してゐるけれども、電動力が一定でない爲に、測定用としては使用することが出来得ないのである。

(4) ル克蘭シエの電池、此の電池は鹽化アンモニウムの濃溶液を入れた瓶の内に亜鉛棒を立てて陰極とし一方に炭素棒を素焼の圓筒に入れ、棒の周圍に二酸化マンガと炭素粉末との混合物を填充したものを沈めて陽極としたものである。此の電池の電動力は約一五ボルトであつて、

初めは可なりに強い電流を生ずるけれども、斬時連續して使用すれば電動力は著しく低下して電流は弱くなるのである。然し暫くこれを使用せずに放置すると、回復して再び又相當に強い電力を得るに到るのである。だから此の電池は、呼鈴、電話等の様な一時的の使用に適するものである。

(5) 乾電池、乾電池は克蘭シエの電池を變形したものであつて、亜鉛の箱に鹽化アンモニウムの濃溶液を木髓に浸したものを入れ、其の中に炭素の粉末と二酸化マンガとの混合物を挿入して密封したものである。

三、電流の磁氣作用

1. 電流と磁氣作用との關係を發見するに到つた歴史

電流と磁氣作用との關係は、エルステッドによつて或る偶然の出來事から發見せられたものである。ハンス・クリスチャン・エルステッド(一七七七—一八五一)はランゲランドのルツクヨビンで生まれて、コペンハーゲンの大學で學び、其の後同地の大學で教授を勸めて居たのであつた。彼は或る時、他の實驗のために強い電池を用ひたのであつたが、其の講義の後で彼は言ふたのであつた、此の電池はまだ生きて働いてゐるから、今一度磁針に並行に針金を置いて見ませうと、かくてこれを試みたところが磁針が大變(殆んど磁氣子午線を直角になる程にフレたので大いに驚

いたのであつた。此の所に於いては彼は言つた「では電流の方向を變へて見よう」と。かくて電流の方向は先とは反對にすると、磁針は反對の方向にフレたのであつた。此の如くして千古不朽の一大発見はなされたのである。即ち推理の結果からではなしに「偶然にもそれを越えて轉るがつた」のであつた。然し此の如き偶然は、彼のニュートンに於ける林檎の落下と同様に獨りこれに價する人々にのみ遭遇するのみであつて、觀察する者に鋭い天才の閃きのあることは、此の如き偶然を無意味に取扱はないのである。

エールステッド氏は磁針と電流の流れてゐる針金との間に、種々の媒質を置いて實驗した結果、電流は硝子、金屬、木材、水、樹脂、素焼の壺、石を通して尚ほ磁針に作用を及ぼすことを確めたのであつた。

エールステッドの實驗は到る處の科學者によつて繰返されたのであつた。バリーの有名なる天文學者であり且つ物理學者であつたドミニック・フランソア・シアン・アラゴ(一七八六——一八五三)はエールステッドの此の発見のあつた翌年(一八二〇年)、鐵屑が電流によつて引かれることを觀察した。彼はかくして、電流の流れてゐる針金はよしそれが鐵で作られてゐないにしても、磁石と考へざるを得ないと結論した。

デーヴィー氏は、此の見掛けの鐵屑の引力作用は、實際は針金の周りに鐵屑が配列するからであ

つて、鐵屑の反對の極が相互に引合ひ針金の周りに一つの鎖を形成することを證明した。

アンドレ・マリー・アンペール(一七七五——一八三六)は、磁石が電流によつてフレさせられる方向に關する一つの法則、即ちアンペールの法則を與へたのである。アンペールの法則とは「顔を磁

針に向け、電流が足から入つて頭に出る様に吾人の身體を針金に沿うて置いたと想像すれば、磁針の北極は左手に動く」と言ふのである。

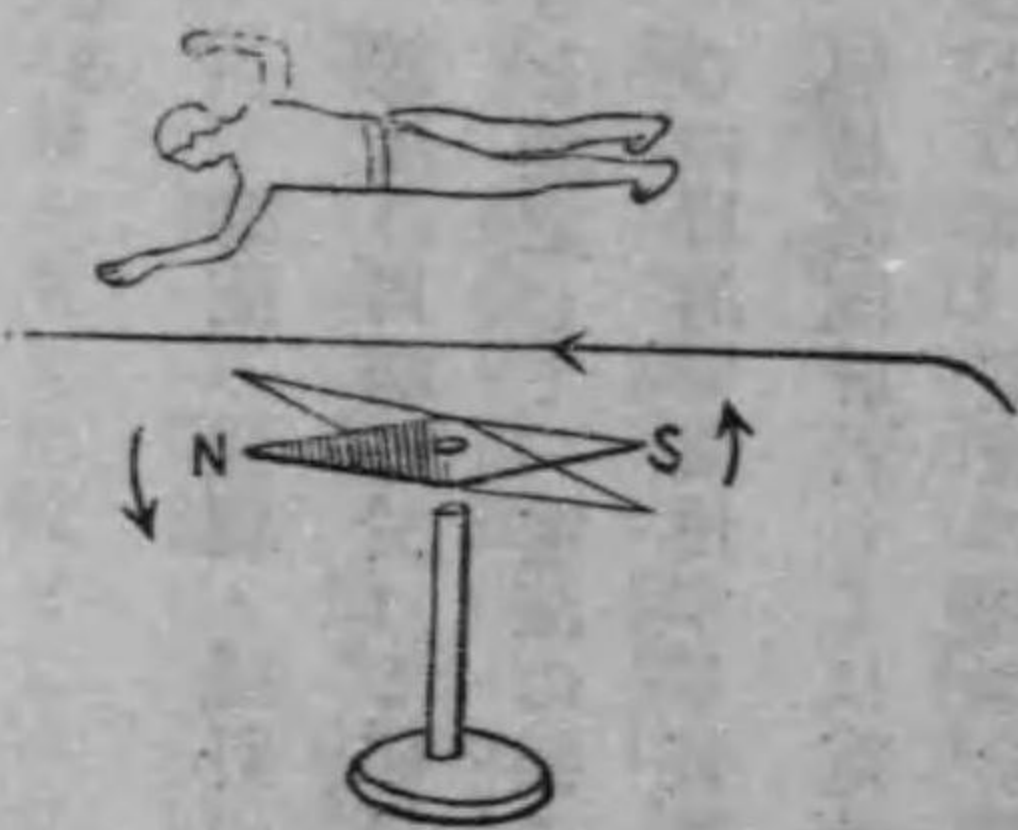
2. 電流の磁氣作用の實驗

磁針の上に針金を横たへ、これに電流を通じると、磁針は一方に偏り、電流の方向を反對にすると磁針は先の場合とは反對の方向に偏ることが判る。

更に電流の通る針金を磁針の一方にのみある様にしないで、磁針を一廻轉して居る様にした方が猶ほ鋭敏に此の作用を現はすことが判る。更に廻線の重さなる程其の影響が大きくなつて來るのである。これによつて簡易電流針の構造も了解し得るのである。

〔備考〕

一般に電流の方向と磁針の偏り方とは一定の關係があるのである。即ち先に記したアンペールの法則がそれであり。同一のことをフレミング及びボックスマスエルは次の如く言ひ現してゐる。



フレミングの法則

右手を針金に沿ふて電流の方向に向け、掌を磁針の北極に向けるならば、磁針の北極は常に拇指の方向に動く。

マクスウェルの法則

電流の方向をネジの進む方向と考へるならば、ネジを廻す方向即ち右廻りの方向が磁場の方向である。

3. 電流の強弱と磁針のフレの大小との關係を示す實驗

電流の周圍に於ける磁場の強さは、電流の強さに比例するのである。従つて電流の作る磁場の強さを測定して、電流の強さを定めることが出来る譯である。

この目的で使用する装置を電流計と言ふのである。

簡易電流計若しくは電流計を使用して、種々電池の電流の強さを測つて見せ、磁針の偏りの大小によつて、電流の強さを測り得ることを知らしめるがよい。

四、針金の抵抗

針金を流れる電流の強さは、針金の抵抗に關係するものである。

1. 針金の抵抗はその太さに關係する實驗

長さが等しくて太さの異なる數本の針金をとつて、同一の電池につなぎつけて、別々に磁針の上を持つて行つて（等距離にまで近づけて見る）磁針のフレる度を觀察せしめたならば、太き程フレの度が大であり、細き程フレの度が少であること、即ち針金の抵抗はその切口の大なる程小であつて、切口の小なる程大であることが判るであらう。

〔備考〕

種々なる測定の結果によれば、針金の抵抗はその切斷面の面積に逆比例するものである。

2. 針金の抵抗はその長さに關係する實驗

等しい太さで、長さの種々に異なる銅線（例へば二尺、四尺、六尺、八尺等）をとり、これ等を別々に同一の電池につないで、磁針の上に持つて行くか、然らずんば簡易電流計に連続せしめて磁針の偏る度を比較せしめたならば、針金の長さの長い程磁針の偏る度は小であり、針金の長さが短い程磁針の偏る度は大であることが判るであらう。即ちこれによつて、針金の抵抗は長さの長い程大であることが判るのである。

〔備考〕

種々なる測定の結果によれば、針金の抵抗は長さに比例することが判つたのである。故に先の太さと長さとを併せ考へると、針金の抵抗は其の長さに正比例し、其の切斷面に逆比例すると言ひ得

のである。

3. 針金の抵抗は針金の種類に關係する實驗

同じ太さ同じ長さの銅線と鐵線とを同一の電池に別々に連結して、簡易電流計若しくは磁針に就いてその抵抗の度を比較して見るに、鐵は銅よりも抵抗が大であることが判る。

種々なる測定の結果によると、銀は最も抵抗少なく、銅これに次ぎ、金、白金、鐵、鉛、洋銀、水銀、炭素と言ふ様な順になるのである。

〔備考〕

比抵抗の表

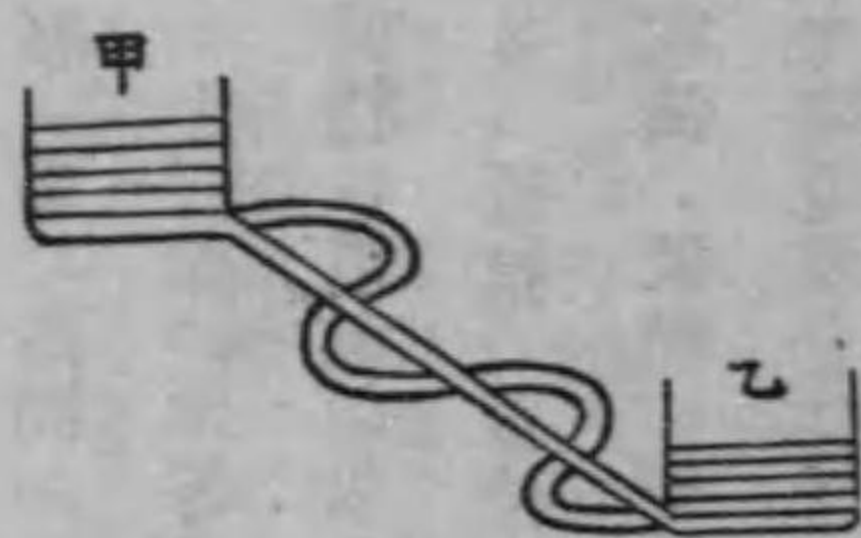
長さと同じ口とを等しくして、種々の物質の抵抗を比べたものを比抵抗と言ふのである。今比抵抗の表を掲げると次の通りである(攝氏零度の時)

銀	〇、〇一五
銅	〇、〇一六
金	〇、〇二〇六
白金	〇、〇九〇
鐵	〇、〇九六

鉛	〇、一九六
洋銀	〇、二〇(約)
水銀	〇、九四一
炭素	七〇、〇〇〇

〔備考〕

1. 抵抗とは何か



針金の抵抗に關する種々なる實驗で見た様に、同じ電池でも針金の太さが異なつたり、長さが異なつたり、或は又同長同切斷面の針金でもその質が異なれば、磁針若しくは電流計の動き方が異つたのである。即ち電流の強さが違つて現はれるのである。此の現象は何に原因するのであらうか、これは言ふまでもなく、針金によつて電流が通るに通りよいものと通り悪いものとあるに由るのである。同じ質で同じ長さでも、太さが異なれば細い針金程電流が通り悪いのである。同じ質、同じ太さでも長さが異なれば、長さの長い程電流は通り悪いのである。同長で同じ切口の針金でも、質が異なれば電流の通り悪い度異なるのである。これは丁度、高いところに置かれた甲の水槽から低い所に置かれた乙の水槽に樋で水を移す場合に於て、水桶の

状態の異なるにつれて、水の流れ移る様子が異ふのと同様である。即ち、樋が太ければ細い樋のよりも水は早く甲から乙に移つてしまふし、同じ太さの樋でも道中が廻りくねつて長くなつて居れば移るのに時間がかゝるし、又同じ太さで同じ長さの樋でも樋の内部が硝子の様に滑かに出来てゐると、松の木等でしかも匏もかけてない樋とでは、前者の方が遙に水が流れ易い譯である。これと同様に電氣の場合でも其の流れの悪い原因を抵抗と稱へるのである。

2. 抵抗の單位

電流の抵抗の單位はオームと言ふのである。針金の兩端に一ボルトの電位差があるとき、一アンペアの電流を生ずる針金の抵抗をオームと言ふのである。而して實際には、長さ一〇六・三厘切口一平方耗の水銀柱が攝氏零度に於いて、一オームの抵抗を有すと言ふのである。だから此の様な水銀柱が、丁度此の長さの二倍あればその抵抗は二オームであり、長さが一〇六・三厘で切口が二平方耗あればその抵抗は半オームである。

第三學期

第三十五課 電燈

教材選擇の趣旨及び主眼點

電氣の利用としての電燈は、今日餘程の田舎に行つてもこれを見ない所は少ない程に行なつてゐるのである。故にこれを教材として、電流の熱作用を知らしめ、併せて電燈に就いて教へるのが主眼である。

教具及び準備

教師 電池槽、食鹽、亞鉛板、濃硝酸に浸した炭素板、銅線、鍍、導線、炭素棒二本、鐵線、炭素線電球、ダングステン電球、タンタリウム電球、晝光色電球、窒素入電球。
 兒童 乾電池、錫の薄片、銅線、ヒューズ線、鐵線、マツチ。

教材の解説及び取扱上の注意

一、電流の熱作用

1. 錫を焼切る實驗

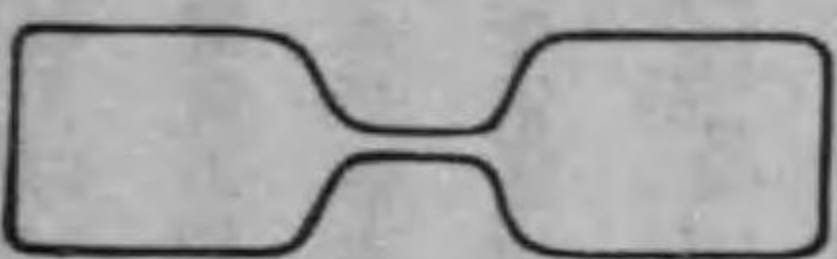
長方形の錫の薄片を、圖に示す様に切つて中央を絲の様に細くし、これを黒い紙の上に置き、乾電池に繋いだ二本の銅線をこの錫の薄片の兩端に觸れさせると錫の細い部分は熱せられて焼けて切れてしまうことが判る。

2. ヒューズ線を溶解して切る實驗

乾電池の兩極をヒューズ線で連結して見ると、ヒューズ線は忽ち熔解して切斷せらるゝことが判る。

3. 鐵線が發熱する實驗

乾電池の兩極を鐵線で連結すると、熱線は發熱して遂に赤熱するに到る。燐寸の軸木をとつて藥のついた方をこれに接觸させると、燐寸に點火せしむることが出来る。



4. 鐵で火花を發する實驗

電池槽に濃食鹽水を入れて置き、其の内に亞鉛板極と、濃硝酸の中に浸して置いた炭素板極とを對立せしめ、兩極から導線を出して陰極の線端を鐵に取りつけ、陽極の線端で鐵の割目を前後に摩すると強い火花を發す。

5. 小仕掛のアーク燈の實驗

鐵で火花を發する實驗に使用した強力食鹽電池の兩端から導線を出し、二本の炭素棒を各々その導線の端に連結し、炭素棒と炭素棒との端を接觸させた上、その間を少しく離しく間隙をつくと、火花がその間に現れて小仕掛のアーク燈を形づくる事が出来る。

6. 鐵線を赤熱し熔解し切る實驗

若し學校に晝間線が引込んであつたならば、鐵の相當に太い針金にその電流を通じてこれを赤熱し焼切る實驗をして見せるのもよからう。

以上諸種の實驗によつても明かな様に、電流は熱エネルギーに變ずるものであつて、これを先の電流の磁氣作用に對して電流の熱作用と言ふのである。

電流の熱作用は、要するに、電池に於ける化學的エネルギー若しくは發電機に於ける機械的エネルギーが、電流となつて導線を流れて通つて來たのであるが、此の電流に於けるエネルギーが、輪道の抵抗に抗して電流を送る爲に、輪道の各部に於いて熱エネルギーに變じたのである。而して此の電熱は、輪道の各部に一樣に發するものではなくて、抵抗の大なる部分に特に著しく發するものである。従つて、太い銅線と細い鐵線とを交互に連結して之れに強い電流を通すれば、鐵線の方は紅熾するに至るけれども、銅線の方は餘り熱せられないのである。

〔備考〕

ジュールの實驗

英國人ジュール氏は一八四一年白金線を油の中(絶縁液中)に沈めて、これに電流を通じて油の温度の上昇するのを測定し、その結果次の様な法則を得たのである。

針金に電流を通ずる時、單位時間に發生する熱量は、電流の強さの自乗と、其の針金の抵抗との積に正比例する。

これをジュールの定律と言ふのである。而して、導體に電流を通じて生ずる熱を、其の創めての測定者の名を冠してジュール熱と言ふのである。

二、電流の熱作用

以上説明する様に、電源に於けるエネルギーは電流の熱作用となつて、導線の抵抗の大なる部分に特に現れるのであるが、この電熱は今や種々の實用に供せられつつあるのであつて、本課の題目となつてゐる電燈は其の一つであるが、これ以外に尙ほ多々あるのである。

〔備考〕

1. 電氣ストーブ

多く行はれてゐる電氣ストーブは、數個の電燈を並べたと見做すべきものであつて、光を目的としないから、電球に相當する硝子圓筒は硝子圓筒になつてゐるし、熱の必要の程度に応じて、任意

に其の内の若干個を消すことが出来る様になつてゐるのである。

以前には抵抗の大きい導線を鐵板の上に塗られたエナメルの中に埋め、之に電流を通じてエナメルを温めると云ふ仕掛のものであつたが、此所に説明する様な装置の方が幅射熱として飛び出す熱が多量であり、又迅速に生ずると云ふので、この方が多く好評を博すると言ふことである。

2. 電氣七厘、電氣アイロン

電氣七厘も電氣アイロンも、便利、衛生、清潔と言ふ點から言へば、他の如何なる手段よりも勝つてゐるのである。只一つ困るのは經濟と言ふ點である。即ち日本現在の電氣の價では、何うしても經濟の上から一般家庭に於いてこれを使用することをゆるさぬ状態にあるのである。歐米の都市の様には電氣が安ければ、電氣鍋で物を煮るのと、石炭瓦斯の熱で物を煮るのと殆んど同じ金額であると言ふことである。勿論、瓦斯の方が同金額であれば熱は多く出すことになる相であるが、電氣鍋は無益に熱を失ふ量が極めて少ないのに、瓦斯の方は之れが多い爲めに右に言ふ様な結果になるのだ相である。

其の構造は、外見はニッケルメッキ等を施してある金屬で出来てゐるが、其の内部は、抵抗の大きな細い導線又は細くて薄い板狀の線を、不燃燒質で然かも電氣の不導體、例へばエナメル又は雲母或は石絨等の上に巻きつけ、若しくははりつけ又は其の内に埋めて、之れに電流を通じて熱を發

せしめる装置になつてゐるのである。

3. 電氣アンカ、電氣蒲團

電氣アンカは普通の電球を孔の多くあいたブリキ板製、若しくは孔のある陶器製の箱に納め、之れを布で包んだものである。

此の外に電氣蒲團、電熱鶏卵孵化器等がある。

三、電燈

1. 電燈の原理

電燈は電流の熱作用を利用したものである。即ち抵抗の少ない様にかなり太い銅線の間に、或は炭素線を入れたり或は極く細い或る種の金屬線を入れたりして、其の抵抗の大なる部を作り、多量の熱を起さしめ、其の結果強い光を放つに至らしめたのが、今日何所にも見るところの白熱電燈即ち普通單に電燈と言はれるものである。

炭素線や金屬線が燃え切れない様にするために、之れをガラス球で包んで、其の中の空氣を出來得る限り排除して置くのである。かくすると、線の燃焼を防ぐ以外に、空氣が熱を奪ひ去ることが少ないために一層線の温度を高め得るから、線は益々白熱せられる利益があるのである。高温度のために、線が熔解してはならぬ故、熔解點の最も高い炭素線又はタングステン線を此の目的に使用

するのである。

2. 電燈の種類

現今最も普通に用ひられる電球は、炭素線電球とタングステン電球との二種類である。アーク燈も電燈であると言ふのならば合せて三種類であるが、アーク燈に就いては、後に備考として、説明することにして、此所には省略して考へて置くのである。

以前には、ネルンスト電球といふのが行はれた時代もあつたが、製作費が高いためにタングステン電球に壓倒せられたのである。又オスミウム電球なるものがあつたが、オスミウムなる金屬は稀有のものであり、且つ電球の線としてはタングステンに劣つてゐるから、之れ亦久しからずして市上から絶えてしまつたのである。次に又タンタリウム電球と言ふところのが出來たが、これは線が丈夫で一吋した衝動位には容易に切れないと言ふの長所を持つてゐたのであるが、タングステンに比べて明るさの割合に多量の電力を要することと、尙ほ又一方にはタングステンが次第に丈夫に出來る様になつたために、之れ亦タングステン電球に壓倒せられたのである。

タングステン電球の一種であつて、球の内に窒素瓦斯を詰めたものがある。これを窒素電球と稱してゐる。俗に瓦斯入電球と言つてゐる。窒素を球内に詰めたために線の發する電熱を對流によつて奪ひとり、従つて線の熱は多量に失はれる形になるのであるが、此の缺點を打消して利益のある

ことは、この窒素が球内にあるために、タングステンの蒸發することが少なくなり、従つて普通よりも一層高い温度に之れを熱して差支へないことになるのである。従つて高温度に熱せられるために光の分量は一層強くなり、光の色は一層白くなり、かくの如くして一燭光に割り當ててのワット数が一層少く経済的のものになるのである。

窒素電球は又タングステンの線の細いのを小さい螺旋状に巻いてあるから、之れを一見すると太い短い導線が球内に入れてあるかの様に思はれるのである、これがために光が狭い面積から發射するから眼には一層強烈に感ずるのである。

窒素電球には、五百燭光、千燭光位のものもあり、其使用法も普通の電球と全く同様で非常に手軽に取扱れるから、近來はアーク燈の領域を次第に侵略し、やがてはアーク燈が探海燈のみに使用せられる日が來て、總ての高度燭光には窒素電球を使用するの目を思はせる有様になつてゐるのである。

窒素電球の球ガラスを淡青藍色に染めて作つたものに、晝光色電球と言ふのがある。此の種の電球ガラスは光のスペクトルの中、赤色及び之れに接近せる部分の光を吸收する性質があるから、淡色の青藍ガラスを使用する時には、電球の放つ光の中の赤、橙、黄等の光の一部を奪ひとり、従つて莖、青等の光を割合多く持つた光とすることが出来るのである。だからその光の成分が一層H光に近くなり、一種の快感を與へるのみならず、夜間に色のついた物を見る時、普通の燈火に於いて

起る色の誤認を避けることが出来ると言ふのである。

然し今日の實況は、未だ完全に晝光色を得たとは言へないのであつて、此の方向に餘程近寄つたと位は言ひ得るのである。

〔備考〕

水銀燈



此所に掲げた挿繪は水銀燈の普通のものである。A Bは真空管であつて、其の内に少量の水銀が入れてあるのである。而して常には圖の様に傾けてあつて陰極が水銀、陽極Aが鐵で出來てゐて、Fなる座によつて、天井裏等の様なところに取つけられてゐるのである。そしてこれには百ヴォルトの電壓がこれに働くのである。

此の電燈に點火しようと思へばA端に近くとりつけられてゐる鎖を引いて、AとBとの兩極間を水銀が連續して電流を通するやうにするのである。而して且電流が通じた上で再び管を初めの位置に廻すと水銀の切れる際に火花を發し、其の際の熱に依つて多量の水銀が蒸發せしめられ、その結果電氣は引續き此の水銀の蒸氣に依つて通することとなるのである。此の時に強烈なる光を放ち所謂水銀燈と爲るのである。百ヴォルトの電壓を持つてゐるA Bの兩極が水銀に依つて連續せられた時には、普通なれば強大な電流が通じて危険を招く譯であるが、之れに對してFなる座の中に此の

危険に備へる装置が入れてあるので、此の危険から免れることが出来るのである。

此水銀燈は、一燭光につき僅かに〇・六四ワットを要する位であるから、タングステン電球の約半分の電流ですむ程に経済的なものである。然し此水銀燈の大なる缺點は、此の光の中に全く赤色光線を缺いてゐると言ふ事である。従つて赤色の物は此の光の下には黒く見え、赤色を含んだものは凡べて黒味を帯んで見るのである。故に此の光の下で人の顔等を見ると、丁度幽霊の様な色に見えるのである。此缺點がある爲に普通には燈火として使用し得ないのである。然し化學線を利用して寫眞を撮つたり。又寫眞を焼きつてたり等するに使用し、又水や牛乳等の殺菌をするに使ふのである。此所に説明したものは直流の水銀燈であるが、交流に使用する水銀燈もあり又直接に使用するとしても點火手續の一層簡單なものもあると言ふことである。

3. 最も経済的な電球

最も経済的な電球と言ふのは、同一燭光の光を出させるのに要する電力が最も少なくて、且つ有效壽命が長く・加ふるに電球そのものの價格が低廉で、取扱ふ際に生ずる人為的破損の少ないものである。

一燭光を出させるに要する電力と電球の壽命とを比較して見ると次の通りである。

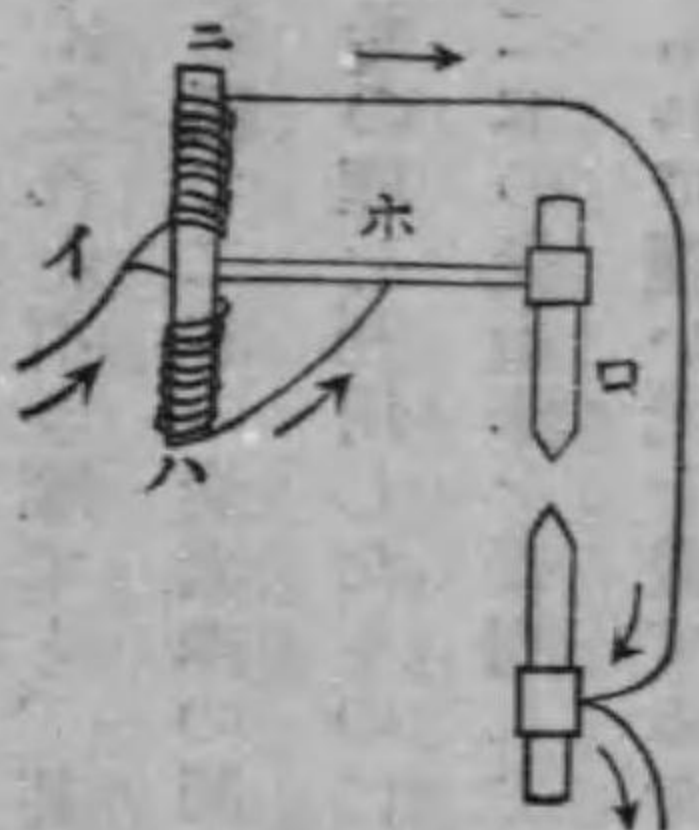
電流の種類	一燭光に要する電力	電球の壽命	人為的破損の難易
炭素線電球	約三・ワット	六〇乃至一〇〇時間	斷損し難い
タングステン電球	一乃至二・五ワット	一七〇〇乃至二〇〇〇時間	白熱せられてゐる時は強いが然らざる時は斷損し易い
タンタラム電球	約一・五ワット乃至二・五ワット	二〇〇〇乃至二六〇〇時間	炭素線に次いで斷損し難い

4. アーク燈

電流の熱作用の實驗に於いて見た通り、二本の炭素棒を相觸れしめて、電流が通じたところで少しく之れを引き離すと、其所に非常な熱を生じ、炭素は蒸發して氣體となり、電流は其の炭素の蒸氣を経て二本の炭素棒の間を流れ、炭素の蒸氣は弱い光を放ち、兩炭素棒の端が光るのである。

此の理を利用したものにアーク燈がある。アーク燈の發光部は二本の炭素棒からなつてゐて、此の二本の炭素棒を接觸して置いて電氣を通ずると、接觸部の抵抗が大きいため此の部が烈しく熱せられて強い光を發するから、其の時二本の炭素棒を少しく離すと、炭素棒の兩端に弧狀の白光を放つのである。だからこれを弧光電燈(アーク燈)と言ふのである。然るにアーク燈は、白熱電燈と異なり炭素棒が真空中に納められてゐるのではないから、炭素棒は漸次に消耗するのである。殊に陽極は陰極に比し一層速く消耗するから、兩端が次第に遠く離れて、其の儘永く點火すると終には

離れ過ぎて電流が通れなくなるのである。これを調節するために普通自動調節器が取り付けられてゐる。その距離を適當に保つやうに装置してあるのである。その方法には種々あるが、此所に説明するのはアルテネツクの差働法と稱する方法である。



圖に於いて、(ニ)は太い導線で作つたコイルであり、(ニ)は細い導線で作つたコイルである。この兩者のコイル中に鐵棒が納めてあるのである。此の鐵棒の中央には(ホ)を支點とする金屬製の挺子の一端を嵌めてあり、而して其の挺子の他端には炭素棒(イ)が固定してある。電流は(イ)から二つに分かれて(ハ)及び(ニ)に流れる様になつてゐるのである。

である。始め電流の通じてゐない時には二つの炭素棒の端が互に相接觸してゐるが、一旦電流が通じ始めるとコイル(ニ)の磁力は(ニ)の磁力よりも少しく強いやうに作つてあるから、中に納めてある鐵棒は少しく下がるのである。鐵棒が下ると金屬製の挺子の一端はこれに固着してゐるから従つて下がり、他端は上がつて炭素棒が引離され、烈しい棒間の抵抗が増大するから、コイル(ニ)に流れる電流が増加して従つて其の磁力は増加し、鐵を引上げるのである。鐵棒が上がれば金屬性の挺子の働によつて炭素棒は下がり、適當に其の間隔が調整せられるのである。

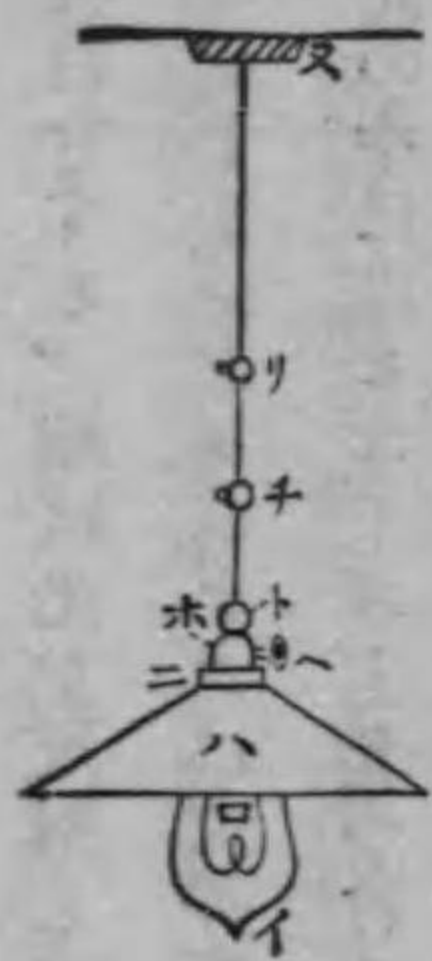
アーク燈の炭素棒は、此の如く絶えず消耗するものであつて、アーク燈の二千燭光のものは陽極

の炭素棒の長さ十二吋、陰極の炭素棒の長さ七吋のものを僅かに七時間で消費し盡すのが普通である。従つてアーク燈は時々此の炭素棒を新しくする手数を要し、且つ又自動調節装置が相當に高價であるから、普通一般の家庭の燈火用としては使用されないのである。然し設備費を度外に置き且つ炭素棒を取換へる手数を計算しないことにすれば、アーク燈は頗る經濟的なものである。大體に於いて一燭光半ワット乃至四分の一ワットですむ計算になるのである。

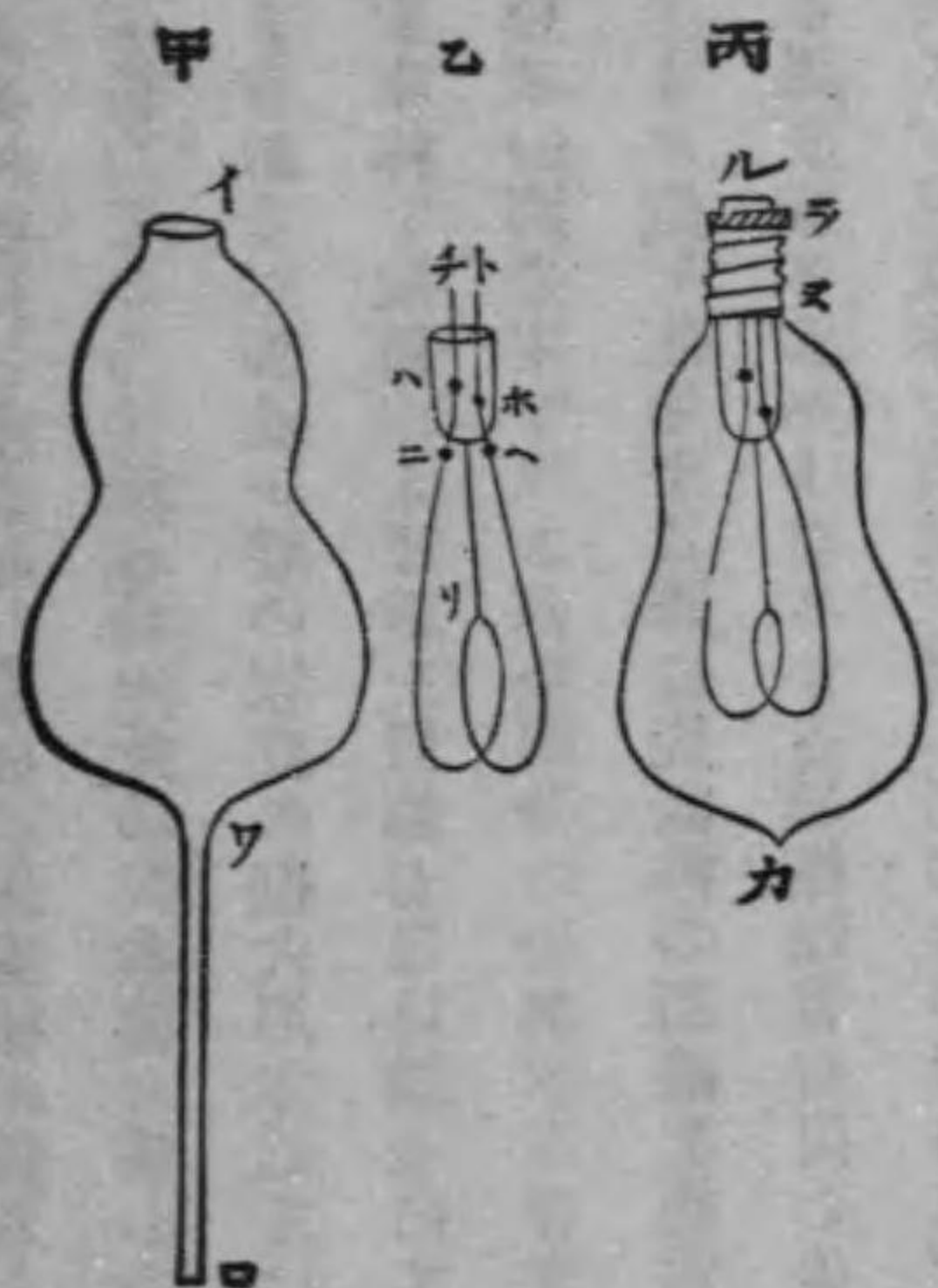
アーク燈を使用する際に炭素棒の距離を適當にすることは大切なことであつて、若し餘りに近くし過ぎるとシューシューと異様な音を出して工合が悪く、餘りに遠くし過ぎると兩極間に焰が出て、炭素棒の消耗が著しくなるのである。

5. 電燈各部の名稱と其の作用

普通の室内で使用される電燈には電球の外に二三の附屬器がついてゐる。今電燈の各部分の名稱を圖に就いて説明することにする。圖の(イ)は燈球で(ロ)は發光線、(ハ)は傘(シールド)、(ニ)はシールドホルダー(ホ)はソケット(ヘ)はキー(ト)はノツヅル(チ)(リ)は自在球又はシーリングブロックである。電燈をつり下げてある紐はコードであつて、中には二本の導線がある。コードからソケットを経て燈球の内の發光線に電流を送る作用をなすのである。而してコードの他端はヌによつて天井裏の屋内線に接続してゐるのである。



ある。自在球は其の鈎によつて、燈球を上下するに用ひるソケットは、其の雌ネヂに燈球の底金なる雄ネヂを嵌り込んで之れを支持すると同時に、コードからの電流を燈球内の發傘線に送る媒介をなし、之れに附屬する鍵は廻轉することに依つて發光線とコードとを斷續する作用をなすのである。ソケットはコードのソケットに接する部分を保護し、シールドホルダーは、傘(シールド)を支持する役目をする。傘は光を反射して座敷を明るくするために用ひられ、光發線は輝光を放つのである。シーリングブロックは天井裏の屋内引込線と電球に連絡するコードとを持続する部分であつて、此の中にはヒューズと名づける熔け易い金屬線が入れてあるのである。従つて電燈に強い電流が流れ込んで來る様な場合には、危険であるから先づこのヒューズが熔けて電流の道を斷ち、危険を防止するのである。



6. 電球は何うして作るか

電球は、硝子の管を強熱し、之を吹いて圖の甲の様な形にし、別に乙の様に發光線(リ)を取りつけた短い硝子管を作つてこれを甲の(イ)の部分から挿入して(イ)の部分を密閉してしまひ(ロ)の部分を空氣

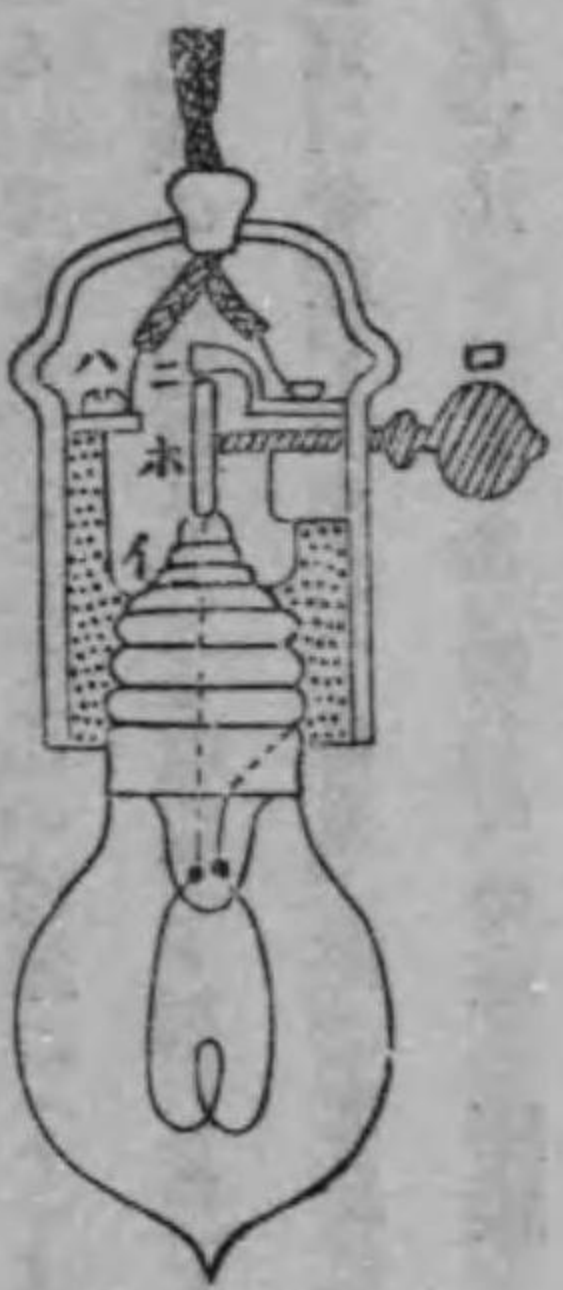
ポンプに繋いで球の中の空氣を除去するのである。空氣が全部除去せられたならば、(ワ)の部分を強熱して球を封じて丙の様な形にするのである。何の電球でも其の先端に尖がつた(カ)の部分があるのは、此の空氣を除去した後強熱して球を封じた跡である。然し此の如き球内の空氣を除去しても尙ほ全部は除去し得ないから、球の内に少量の磷を入れて、磷の化學作用によつて球内に殘存してゐる。酸素を除去すると言ふことである。

電球の(カ)部の反對の側、即ち球の基部に附着してゐる眞鍮のネジは、白墨又はセメントに依つて之れを球に密着させたものであつて、其の底金の臍(ル)は(ヲ)によつて(ヌ)の部分と絶縁されてゐるのである。そして乙の導線の(チ)は(ル)に(ト)は(ヌ)に夫々白鐵で附けてあるのである。

乙圖の發光線(リ)と導線(ト)、(チ)とを連結する部分に(ホ)、(ハ)、(ニ)がある。この部分は普通白金線を使用してある。此の部分に白金線を使用するのは白金線の膨脹が硝子の膨脹と殆んど等しいからである。若し白金線の膨脹と硝子の膨脹とがその度を異にしたならば、電流を通ずる際の電熱によつて硝子を破壊するに至り、或は又硝子と白金との熔着部に間隙を生じて此所から球の中に空氣を侵入せしめる虞れがある。近來は白金の代用品として種々の金屬が研究せられた結果、それ等の金屬が使用せられてゐるのであるが、硝子と膨脹率を等しくしてゐると言ふ點は同一である。

7. 電燈には如何にして電氣が送れるか

此の圖は、ソケット及び電球の断面を示したものである。コードは螺子によつて(ニ)及び(ハ)に連結せられてゐるのである、従つてキー(鍵)の(ロ)を圖の様な位置におけば、電流はコードの一端から(ニ)(ホ)(イ)を経て發光線に傳はり、電球の雄ネヂからソケットの雌ネヂに傳はり、(ハ)を経てコードの他端に歸るのである。従つて此の時は點火することになるのである。然るにキー(鍵)の(ロ)を半廻轉すると(ニ)と(イ)の連絡は斷たれて、電



燈は消えることになるのである。

8. 電球に書かれた數字は何か

電球の表面を見ると100-35とか100-16とか言ふ様な數字が書かれてゐる。これは百ボルトの電壓で三十二燭光電燈であるとか百ボルトの電壓で十六燭光の電球であるとかの意味である。

一ボルトと言ふのは電壓の單位である、即ち一ボルトと言ふのは、一オームの抵抗のある針金に一アンペア(電流の強さの單位)の電流が通る時の電壓である。一燭光と言ふのは明るさの單位であつて、鯨油で作つた標準蠟燭が、一時間に百二十グレン(約七夕)宛燃える時の明るさである。普通の電球は百ボルト乃至五十ボルトである。百ボルトの電壓のある電流に五十ボルトの電球を以つてすると、發光線が電熱のために忽ち熔けて切れるのである。又五十ボルトの電流に百ボルトの電

球を使用すれば、抵抗が大きいため電流が減少して燭光が充分出ないのである。従つて、電球面にはボルトと燭光とを書いて置くのである。

電球はこれを使用するに従つて燭光が減じて次第に暗くなるものである。これは發光線が熱せられる時に其の一部分が飛散して球の内面に附着し球を曇らせると同時に發光線が細くなつて抵抗を増加し、且つ光の輻射面を縮小させることになるからである。

9. 電燈使用上の注意

電燈使用の上から次の諸事項に注意することが必要である。

(一) 電球は柔い布片で時々拭ふこと、

これは外周に附着してゐる微塵を除く爲めである、タングステン電球の掃除は點燈中にするのがよい。特に傘の掃除は點燈中にするがよい。これはタングステンの線は消燈中よりも點燈中の方が柔かで且つ弾性に富むから従つて斷損の慮れが少ないからである。

(二) 終夜燈でも不用の時は消燈すべきこと。

電球の壽命には大凡定めがあるから、不用の時に點燈するとそれだけ壽命を短かくするだけでなく、電力を無駄に消費することになつて公共的にも損な譯である。

(三) 濕つた手で點燈したり消燈したりしないこと、

時として感電することであるから、

(四) コードを結び又は釘等に直接にかけないこと、

これは電線を破損し且つ其の被覆物を損じ、爲めに其所から漏電する恐れがあるから、

10. 電燈の發明者

電燈の發明と言ふても、アーク燈と、白光電燈とは其の發明が別であるから、これを區別して述べなければならぬのである。

アーク燈の發明

第十九世紀の初頭にはダイナモの發明がまだなかつたから、従つて強力な電氣を得るには多くの電池を連結するより他に方法はなかつたのである。時は一八〇八年、ロンドンのロイヤル・インスチテューションに於いて、サー・ハンフリー・デビー氏は、二千個の電池を一系列に繋いで其の電流を導線に導いて見たのであつた。そして目的の實驗が終つて二つの導線を少しく引離して見た時に、其の引離された間隔に強く光る火花が連続的に現れるのを見たのである。此の時猛烈に熱が起つて、引離された導線の兩端は見る間に熔けてしまつたのであつた。そこでデビー氏は其の導線の兩端に木炭を連結して、再び前の如くに試みたのであつた。かくてアーク燈が發明せられたのであつた。其の當時デビー氏が試みた方法は、二つの木炭棒を横に置いたから、其の間から熱せられた空氣が上

昇するために炭素の蒸氣が上方に彎曲して弧狀を呈したのであつて。そこでアークと名づけたと言ふことである。今日炭素棒が縦に置かれるに至つても、矢張り依然としてアーク燈(弧燈)と呼ばれてゐるのである。

デビーのアーク燈は、木炭片を使用したために暫時にして消耗してしまい、且つ數多の電池を要するの缺點があつたから、未だ實用に供せられる程には到らなかつたのであるが、一八四四年フリー氏は、木炭片の代りに、炭素棒を使用することを工夫し更にライト氏等に依つて炭素棒の自動調節法が工夫發明せられて今日に到つたのである。

白熱電燈の發明

室内燈用としてはアーク燈は餘り適切なものではない。即ちこれよりも弱い光が必要であつたのである。従つて一八七七年から一八八〇年代へかけて、多くの發明家が此の必要に應じるために白熱電球の發明に苦心したのであつた。

此の發明に係した有名な人々は、ウイリアム・エドワード・ソーヤー、アルボン・ペー・マン、レインフォックス、ジョセフ・ウイリソン・スワン等の諸氏である。尤も一八三八年にベルギー人のヨバー氏が真空中に小さい炭素片を封入してこれに電流を通じならば、一種の光を放つ球が出来ると言ふてゐるから、白熱燈の發明の端緒は此所に發してゐると見てもよいのである。

然し何人も知る様に、白熱燈の發明はトーマス、エジソン氏に其の名譽を専らにせしめてゐるものである。

エジソン氏は一八四七年に米國のオハイオ州に生まれた人である。家が貧乏で學校にも入ることが出来なかつたためにクランドトランク鐵道に新聞や菓子等の賣子をつとめて、自活の費用を求めつゝある傍から勉強をしてゐたと言ふことである。特に十五歳の時とかには、停車場の驛で驛長の子供を救つた等と云ふ美談も持つてゐるのである。それが縁となつて驛長にも愛せられ指導を受けしたが、それが一つには後年の大發明に非常な助けとなつたと言ふことである。

四重式電信法、炭素送話法、蓄音機、活動寫眞等氏の發明に係るものは實に多數に登つて、今日の世界人類を裨益することは非常に大なるものがあるのである。

電燈も其一つなのである。一八七八年に、エジソンは白金の針金に電流を通じて、白熱状態にまで到らしめる實驗をしたが、融解の危険を免れることが出来ないので困つてゐた。ところが一八七九年にスワン氏が真空の球の内に炭素纖維を入れた一種のランプを作つて、これを公衆に展覽させたのを見て、同年の十二月に紙で製した炭素線を用ひて真空電氣燈を作つて特許を得たのであつた。エジソン氏は、探險者を南アメリカ及び東洋に送つて、真空電燈の炭素線に用ひる適當な纖維を求めたのであつた。一八八〇年の十二月に、竹の纖維を用ふることの發明をなして特許を得たので

あつた、その原料は我國の大和の八幡の竹を取寄せて作つたと言ふことである。

タンングステン電球はウエルスバツハ氏等がタンングステンを纖維して作つたものであつて、タンタリウム電球は獨逸のフォン、ホルトン氏が一九〇三年にタンタリウムを用ひて作つたものである。

第三十六課 電信機、電鈴

教材選擇の趣旨及び主眼點

電流の磁氣作用の應用されてゐる機械は、今日の文明の利器として中々澤山あるのであるが、就中電信機及び電鈴は最も普通のものであり、且つ兒童の經驗世界の中に常にあるものである。従つてこれを教材として電磁石の理、及び電信機・電鈴の構造並びに作用を知らしめるのが主眼である。

教具及び準備

教師 馬蹄形磁石、電池數個、比較的精巧なる電信機模型、電鈴、押し釦。
 兒童 コイル、乾電池、釘、鐵粉等、發信機、受信機、導線、押し釦。

教材の解説及び取扱上の注意

一、電磁石

1. 電流の磁氣作用に就いての復習

第三十四課 電流の所に於いて學習した通り、一八二〇年デンマルクのコペンハーゲンの大學教授エルステッド氏が、電流によつて磁石の動くと言ふ所謂電流の磁氣作用を發見して以來、電氣學上に一新紀元を劃することとなり、電流計の創製、電磁石の製作、電鈴、電信機の發明等を將來するに到つたのである。

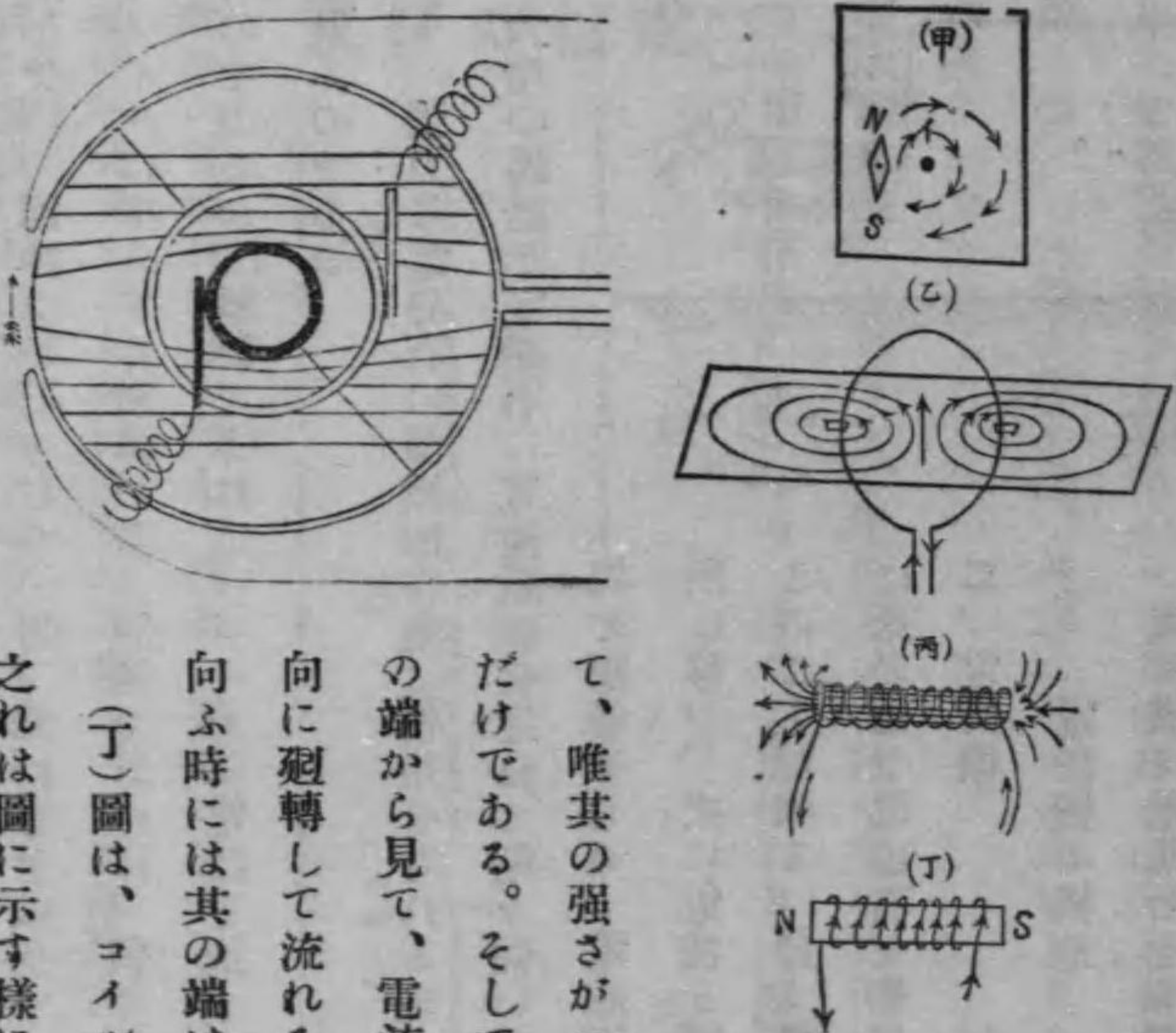
その中、電流と磁石との關係の研究から、佛國のエルステッド・アンペア氏は、所謂アンペアの法則を發見し、續いて電磁石をも作つたのである。

2. 電磁石の實驗

軟鐵棒の周圍にバラフィン線を幾回となく巻き付けたコイルを作り、之れに電流を通ずると、軟鐵棒は磁石となり、釘、鐵粉等を引きつけるのである。次に電流を斷つと軟鐵棒は磁性を失つて釘、鐵粉等を吸引しなくなることが判る。

3. 電磁石の理

先の實驗に於いて、コイルの中の鐵が如何にして磁石になるかと言ふに、それは電流の磁氣作用に原因することは勿論である。即ちそれを説明するためのものが此の處に掲げた圖である。圖(甲)に於いて(イ)を紙の面に直角な針金の切口とすると電流が此の針金を紙の背面の方へ貫いて流れて



居るとすると、磁石の北極は圖に示す様に位置するのである。即ち針金(イ)の周圍に磁石のN極を移動させるとイを中心として、圓周を畫いたところの矢の向きに動くのである。次には(乙)圖に示す様に針金を圓形に曲げて之に電流を通ずれば、其の磁場は一つの平面をとつて考へて見ると圖に示す様に現れるのである。

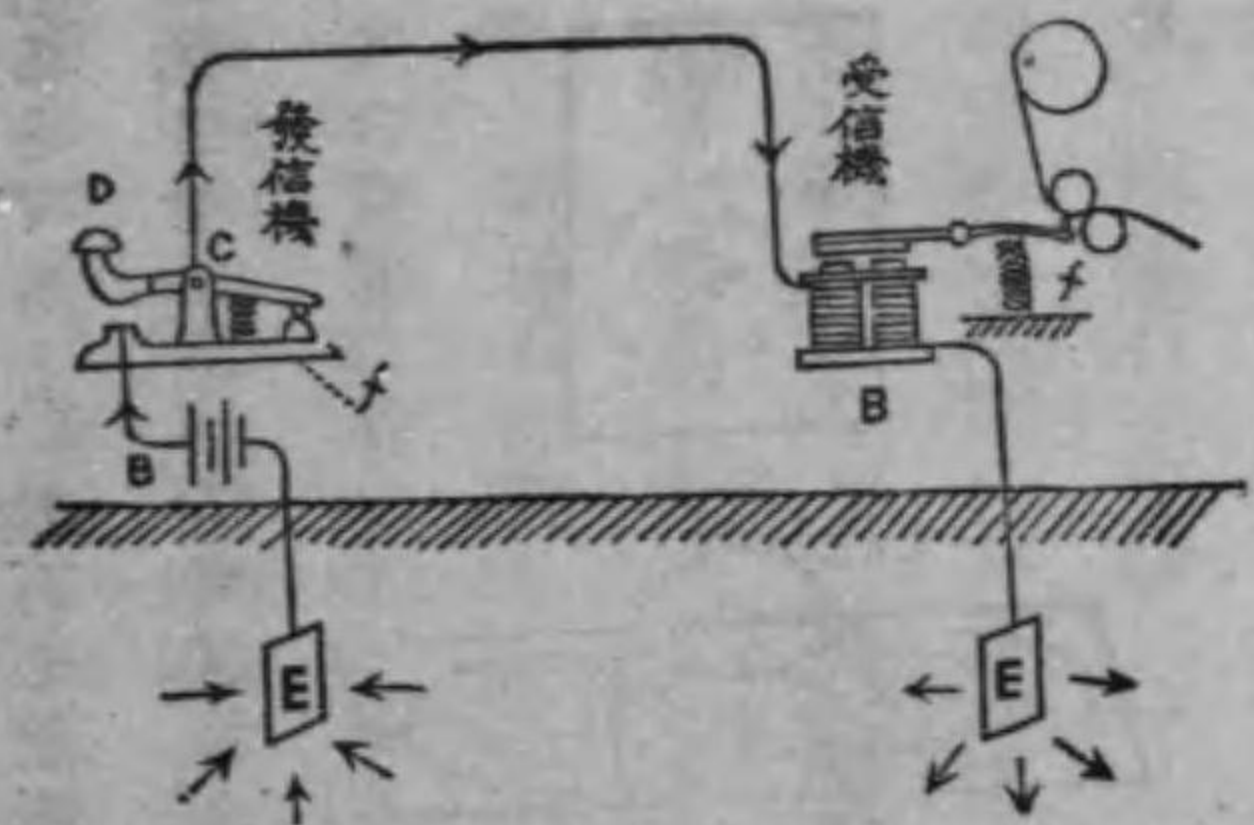
(丙)圖はコイルの磁場を示したものである。コイルは圓形に曲げた針金を重ね合せたものと同一と見做すことが出来るのである。

て、唯其の強さがコイルの巻き數に正例して増大するの差があるだけである。そしてコイルに依つて生ずる磁場の有様は、コイルの端から見て、電流の方向が時計の針の廻轉する方向と反對の方向に廻轉して流れるならば、其の端は北極となり、時計の方向に向ふ時には其の端は南極となるのである。

(丁)圖は、コイルの中に鐵棒を入れた場を畫いたものである。之れは圖に示す様に電流を通せば、電流のために生ずる磁場の作

用を受けて鐵棒は磁石となつて釘、鐵粉等を吸引するのである。
 コイルに挿入する鐵棒が若し鋼鐵であれば、暫く此の實驗を續けて居ればそれは永久の磁石になるのであるが、軟鐵であれば、コイルに電流を通ずる間だけ磁性を帯んで、電流を断てば忽ち磁性を失ふのである。

4. 強力な電磁石の機械的作業に使用せられる理由を示す實驗
 大型の馬蹄形電磁石に電池數個を連ねて稍々強い電流を通じ、これを電磁石として相當に重い鐵塊を吸着せしめ、電磁石を持運ぶことによつてその鐵塊を一所から他所に移し、次に電流を断つて希望の場所にその鐵塊を移さして見るとこのことが判る。即ち海軍の工廠或は造船所等で鐵板の運搬等のために此の如く電磁石を利用することがあるのである。



二、電信機

1. 電信機の構造

電信機は電磁石を利用したものであつて、其の要部は、發信機、受信機、及び架空線の三部からなつてゐるのである。

發信機は木製の臺の上に支點Oを有する金屬製の挺子を取付けたも

のであつて、挺子はゼンマイfの爲めに平常は圖に示す様な位置にあるのである。受信機の方は、電磁石Bの兩極の前面に、一端に軟鐵片を有し他極に尖端を有してゐる挺子を置いてゐるのである。そして受信機の挺子も亦ゼンマイfの爲めに平常は圖に示す位置にあるのである。此の發信機と受信機とは、一方架空線Lと、地中に埋めた地板E Eとによつて連結せられ、其の途中に電池Bを置いて居るのである。

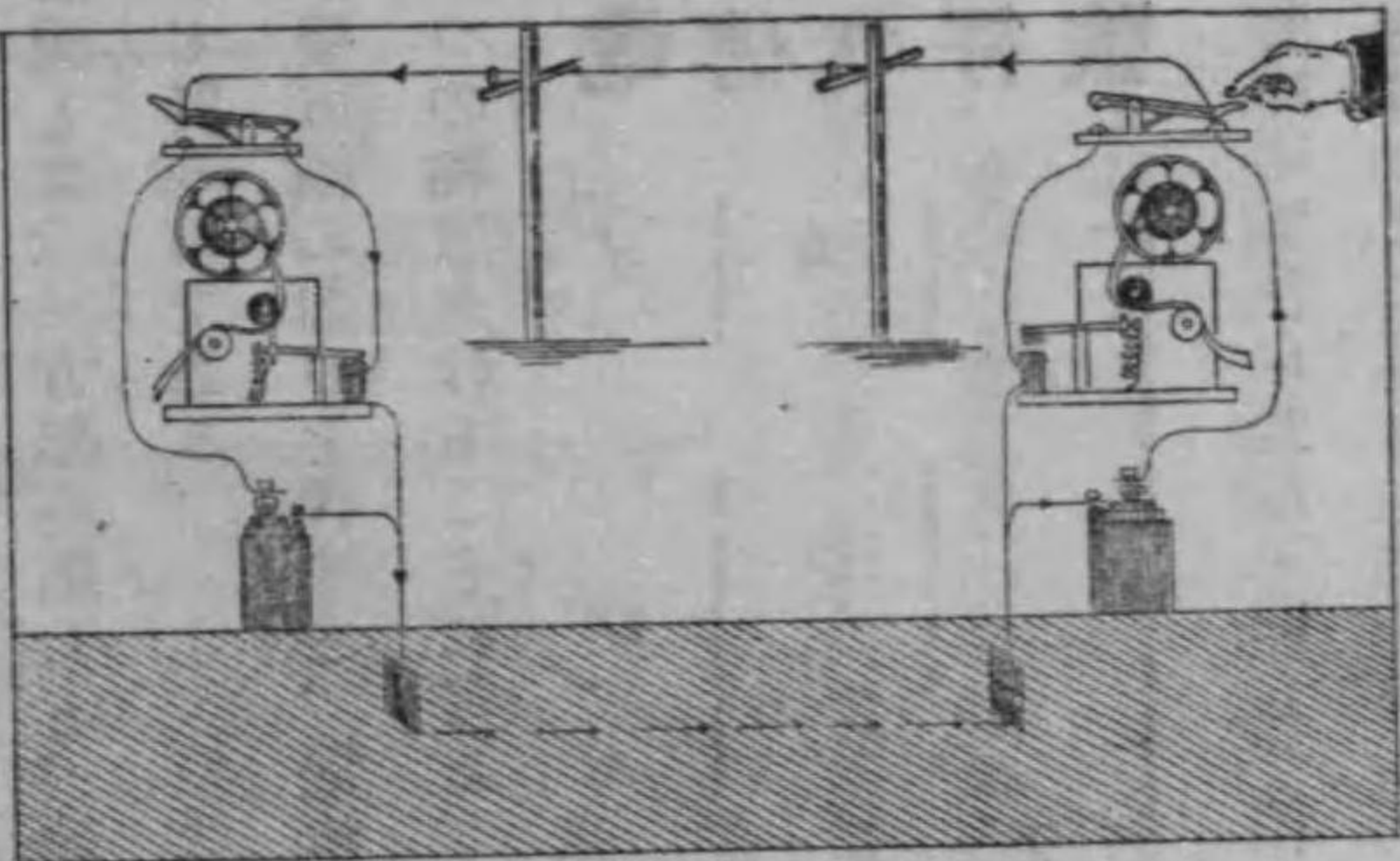
發信機の釦Dを押すと、電池Bの電流は矢の方向に流れて、架空線を経て地板から地中を通り、一つの輪道を作ることになる。従つて電磁石Bは兩極の前面にある軟鐵片を吸引し、挺子仕掛によ

電信の符号	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ
1	A	B	C	D	E	F
2	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—

つて其の他端の尖端は時計仕掛で自動的に繰り出されて来る紙片の上に記號を印するのである。而して

短時の電流は短線を印し、稍永い電流は長線を印すから、豫め記號を設けて置けば之れに依つて音信を通ずることが出来るのである。甲乙兩局から交互に音信を通ずるには、次の圖に示す様に二組の發信機及び受信機を取付ければよいのである。

2. 電信機の原理の實驗



發信機及び受信機を導線によつて連結せしめ（但し途中に電池を入れるは勿論である）これによつて發信機の鉤を押さしめて、受信機の電磁石に軟鐵片を吸引せしめ、其の原理を實驗によつて理解せしめるがよい。

尙ほ教師實驗として、比較的精巧なる電信機を使用して、一つの教室から他の教室まで導線によつて連結して、比較的遠距離の實驗をも行つて示すがよいと思ふ。

3. 印字機と音響機

先に説明した電信機は印字機による通信法であつたのであるが別に音響機による通信法もあるのである。即ち其の原理とするところは全く同一であるのであるが、斷續する電流のために受信機の軟鐵片が吸引せられ又放たれ、再び吸引せられる時に發する音響を聞いて、信號の何たるかを判じ得る様に出来てゐるのである。我が國では一等及び二等便郵局に於いては此の音響機を用ひ、三等局に於いては印字機を使用してゐると言ふことである。

4. 電信機發明の歴史

ヴォルタ氏が電堆を發明し、一八〇〇年五月二日には、ニョルソン氏がこれを利用して水の電氣分解を行つたことは、先に電流の課で説明したのであるが、この結果を利用して一つの電信機が發明せられたのであつた。それは奥國のゼンメリング氏によつて作られたのであつて、今日の電信機とは全然その趣を異にしてゐるのである。即ち氏の作つた受信機は廿四個の杯を並べたものであつて各の杯には二本の金屬線を底から立てあつて、その金屬線の端と發信所の電堆の極とが電線によつて連絡すると言ふ仕掛けになつてゐたのであつた。其所で今發信機所で一つの針金に電流を通ずると受信所の方の杯の中の水は分解して泡を生ずるからその何れの杯に泡を生ずるかを見て、豫めの約束によつて信號を判斷すると言ふ工夫であつたのである。此の方法は一寸面白い様であるが、只實際については二千呎の針金を以つて通信し得たと言ふだけに止まつて、實用とはならなかつたのである。

一方電磁石を利用しての電信機は、先に一八二一年既にアムペーア氏に依つて暗示せられたのであつたが、それから十年の後の一八三二年にジョセフ・ヘンリー氏は一つの電磁石の引力による電信機を作つて、彼の生地であるアルバニーで信號を試みる程に進んで來たのである。然るにニューヨークのモールズ氏（一七九一—一八七二）は、ヘンリー氏によつて發明せられた電信機を一層精巧な

ものにまで仕上げて今日多く使用されてゐる所謂モールス式電信機を發明したのである。

モールス氏は一七九一年四月廿七日に米國に生れ、幼にして繪畫を好んだから大人になつて既に此の方で相當の腕を現はしたのであつた。然し彼の家は貧乏であつたから、パンを得るために東奔西走しなくてはならなかつた。

一八三二年(或は一八三二年の十月とも言ふ)彼は歐洲から米國への歸航中、一日同業者と食卓を圍んで談話にふけてゐた際、偶然「若し針金中に電流の通じたか否かを知ることの出来る装置をすることが出来たならば、音信を通ずることが出来るに違いない。」と言ふ考へが浮んだのであつた。彼は此の考へに基づいて種々の苦心を重ねて研究を續けたのであつた。其の間ヘンリー氏の考案等も助けをなして、終に一八三七年七月ニューヨークの大學で一七〇〇呎の長さの電線を架して實驗をし、更に其の翌年には議員や學者の面前に於いて一〇哩の電線を用ひて實驗して見せ大いに感歎せしめたのであつた。一八四三年には米國の國會から電信架設費として三萬弗の補助支給の可決を見、翌一八四四年の五月廿四日には、始めて北米合衆國の最高法院の部屋から、*"What I wish God wrought!"*なる通信が送られたのであつた。そしてこのことまつて以來益々モールス氏を賞讃する世人の聲は高まつて來たのであつた。此の様にして一年の間試験的通信をやつた後、一八四五年の四月一日から料金をとつて公衆の需に應ずる様になつたと言ふことである。モールス氏は其の後各

國の電信架設の顧問となつて、通信界の發達に大いに貢獻したのである。後年は富裕な生活をなし、一八七二年四月二日遂に永眠したのである。

モールス氏の電信機は今日使はれてゐる機械の中で最も廣く使用せられて居るのである。其の以前に於いてミュンヘンのカール・アウグスト・スタインハイル氏は、地球が輪道の歸り路として一電線の代りになることを發見したのである。それ以來電信線を一條として地質を利用する様になり、電線に複線を使用する代りに單線で間に合はせる様にし、電線の架設費を大いに輕減することになつたのである。

5. 電信の人生に與へた利益

電信機は此の如くして發明せられたのであるが、其の恩惠は實に偉大なものであつて、通信が迅速に交換せられることは、電信機の無い時代を想像して實に思ひなかに過ぎざるものがあるのである。

現今電信機は私の通信には勿論、商業の取引の上にも軍事上にも缺くべからざるものであつて、其の他氣象臺はこれによつて各地の天候を知つて天氣圖を作製すると同時に、天候と暴風雨等の警報とを各地に發信し、取引所では同時電信によつて立合時に於ける相場を各仲買人に通知し、天文臺では又各々必要な個所に正確なる時刻を報知する等、其の利用の範圍は實に廣いものである。

ある。吾々が居ながらにして、數時間若しくは十數時間の後には内地の事は勿論、諸外國に於ける政治上の變動、商業上の狀況軍事乃至は工業上の事項、其他色々の出來事の總べてを知ることの出來るのは、専ら電信の賜なのである。

三、電鈴

1. 電鈴の發明

先に電信機の發明の歴史を述べた際に、ヘンリー氏が電磁力を利用した電信機を發明したことを述べたのであるが、ヘンリー氏の電信機は實に今日使用する電鈴の嚆矢であつたのである。

米國人ヘンリー氏は家が貧乏なために、十歳の頃には他人の家に雇はれてゐた程であつたと言ふことである。ところが一日その愛してゐた兎が逃げたので、それを追つて集會所の縁の下へ匍這んで兎を探して居たが、その時偶然にも其の村の圖書を入れてある本箱を見つけて、何心なく一冊の本を取出して讀んだのである。その本は何んでも小説の類であつたらしいのであるが、氏はその本を非常の興味を以つて讀み、遂に兎のことは全く忘れた程であつたと言ふことである。此の如くして兎は失つてしまつたが、ヘンリーは讀書の趣味を得て、以來は暇がありさへすれば其の室に入つて色々の本を讀んだと言ふことである。

氏が十六歳の時、或る日歸宅した折偶然にも物理学、天文学、化学の書物を手にして、氏はそれ

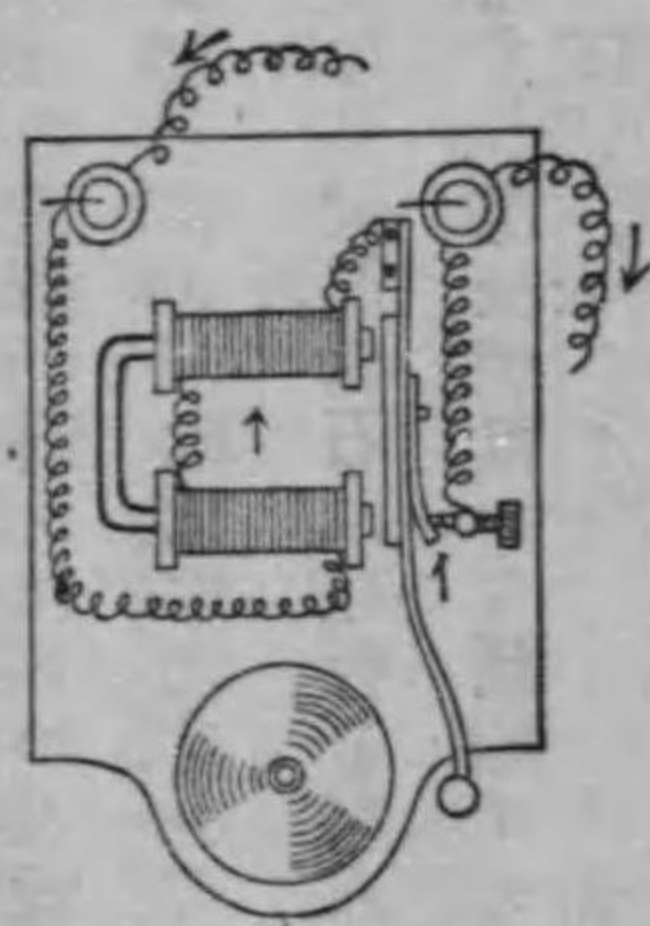
に又非常な趣味を感じたのであつた。その本には、「石は何故に落ちるか」とか「煙は何故に上の方へ昇つて行くか」とか言ふ様な疑問が書いてあつて、それと同時にその回答も書いてあつたのであつた。此の如くして氏の一身上には大變化の時機が來たのであつた。氏は爾來一身を科學の研究に委ねることになつたのである。

ヘンリー氏は一八三一年に電磁石に電流を通じて鐵棒の一端を吸引せしめ、他端で鈴を打たせて其の音の數で信號を傳へる方法を案出したのであつた。

そして一八三五年プリンストン大學の實驗室と自宅との間に電線を架設して通信を行つたと言ふことである。之れが實に電鈴の初歩であつて、又一方から見ると電信機的一種であつた譯である。

2. 電鈴の構造及び作用

電鈴は電磁石を應用したものであつて、其の構造は圖の通りで其の主要部は電磁石、鈴及び槌である。



今導線を電池に連結すると、電流が矢の方向に流れる様になるのである。然る時は、電磁石は磁性を帯んで前面の軟鐵片を引付けるのである。その時槌の尖端に取付けてある玉は鈴を一つチンと打つのである。然るに軟鐵片が引付けられると同時に槌の背面のイ部に

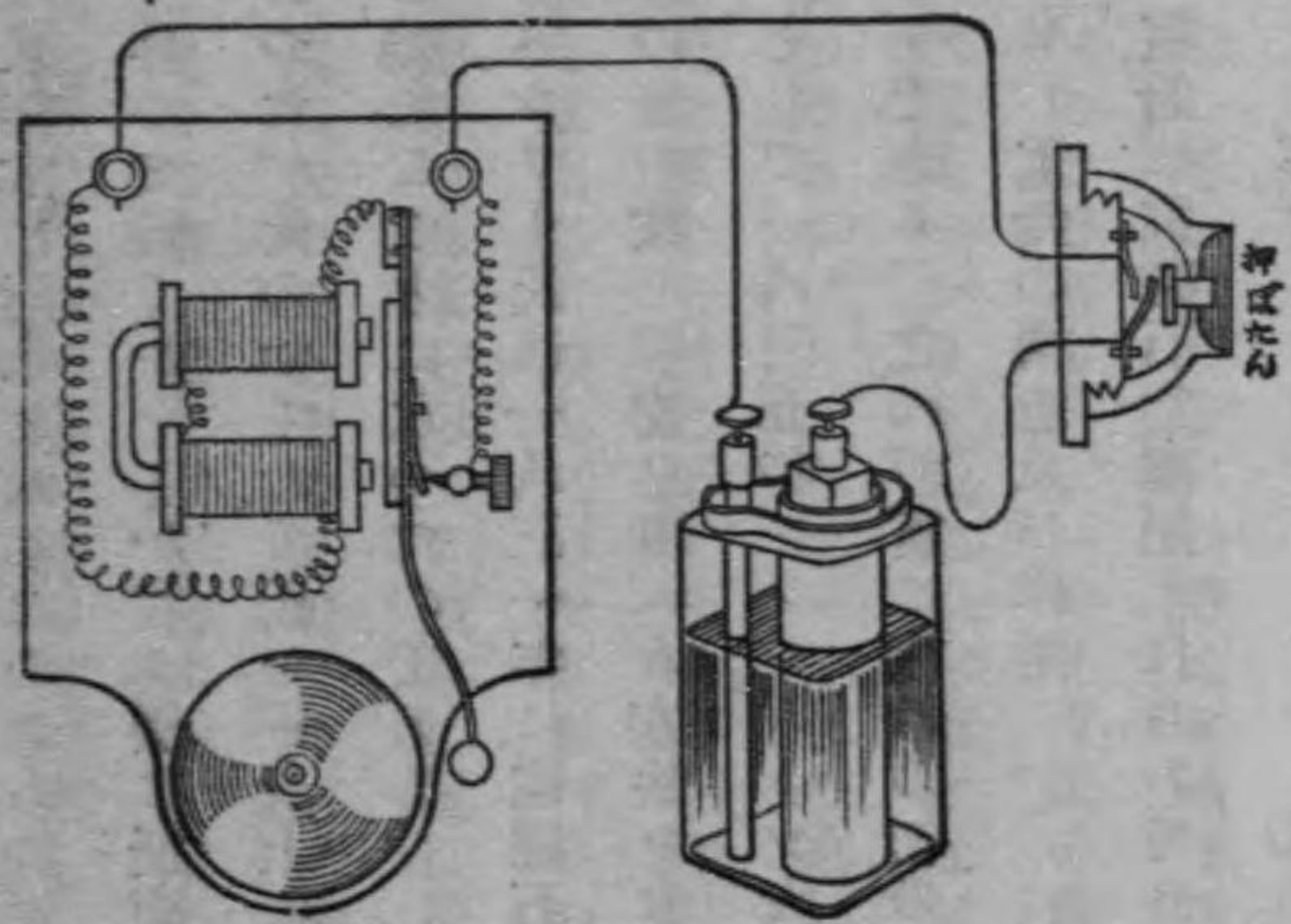
於ける連絡が断たれるから電流は流れなくなり、従つて電磁石は磁性を失つて軟鐵片を吸引しなくなる。すると軟鐵片は自からのバネの弾力によつて舊位置に復するから再び電流の路が連なることとなり、電磁石は磁性を帯んで再び軟鐵片を吸引し従つて鈴を復打つのである。此の様に電磁石に通する電流が自から断續する様な仕掛けになつてゐることによつて、軟鐵片及それに取付けてある槌は振動して鈴を打ち鳴らすのである。

3. 電鈴の取り付け方

實際に使はれる電鈴は、電流の輪道の中に押釦を入れて置いて、平素用の無い時は此の押し釦に於いて電流の輪道を断つて置くのである。其の連結の有様を示す圖は此の處に掲げた通りである。

4. 電鈴の組立及び作用を示す實驗

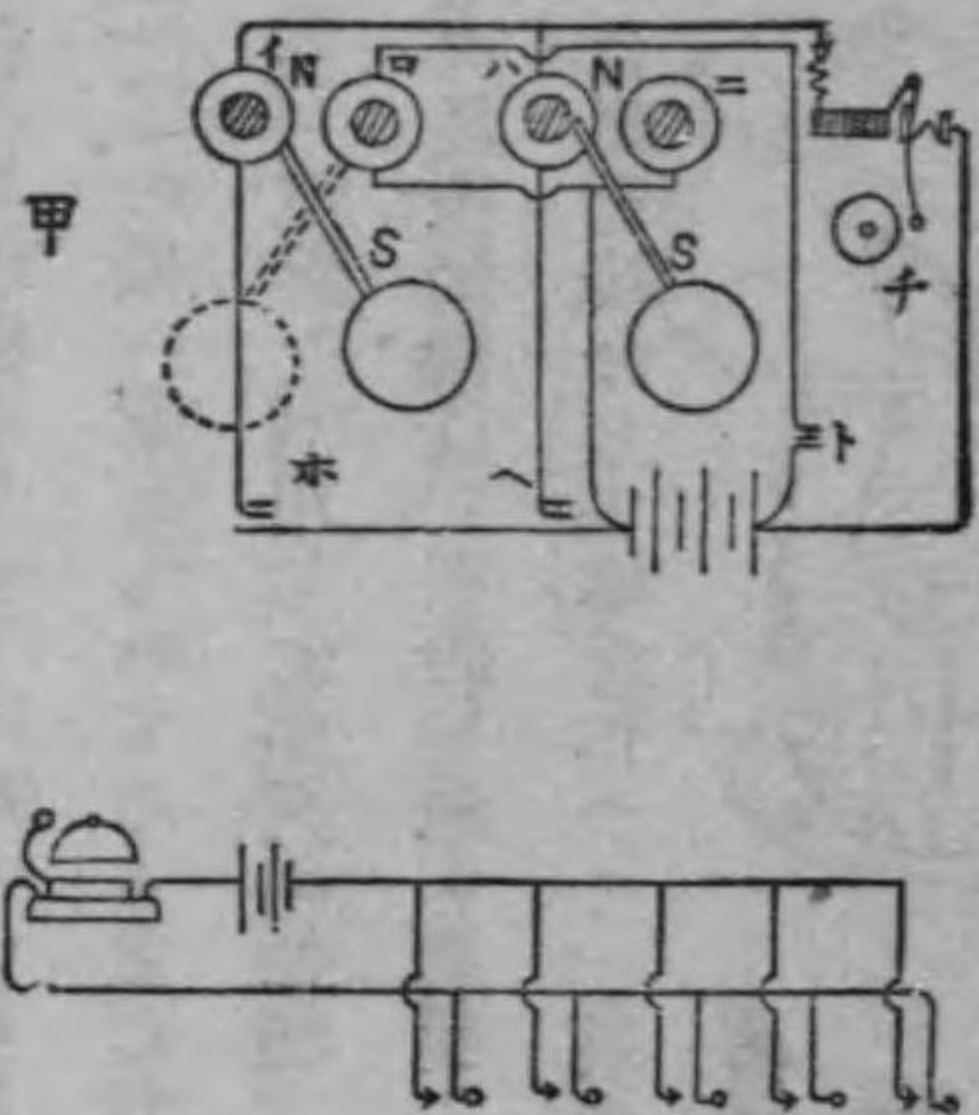
兒童自身に電鈴及び押し釦を導線によつて電池を中に入れて組立てしめ、押し釦を押さしめて電鈴の働に就いて實驗せしめ、特に此の際電鈴の断續部(イ)の作用に注意せしめるがよい。



〔備考〕

1. 一個の電鈴を多くの室で別々に使用する様な連絡の仕方及び指標器の構造。

諸官省だの役所、宿屋、病院、學校等其の他間數の多い家庭に於いては、乙圖の様な連絡の仕方によつて、小使室に装置してある一個の電鈴を多くの室で別々に使用することが出来るのである。然し此の如くしては第何室で呼んでゐるのか判らないから、別に指標器を装置してこれを知り得る様にしてゐるのである。



であるだから、今押し釦(ホ)を押せば、電流は電鈴(チ)を鳴らすと同時に電磁石(イ)に通じて、其の上面をN極とするから、磁石のN極は之に斥けられて轉回し、點線で示す様な位置をとつて指標板