

金は貨幣を作る外、近來奢侈の風が行はれると共に裝飾用贅澤の用に供せられることが益々多いやうになつた。其の増加の跡を見るに、一八三〇年から五〇年の間に於ては、平均、貨幣に用ひられて金が四十二噸で、裝飾に用ひられたものが十九噸に過ぎなかつたが、一八八〇年から八五年に至る五年間に於ては、平均貨幣用が二十三噸、裝飾用が七〇噸となるやうになつた、金の純粹のものは其の質が柔軟であるから、貨幣其他の裝飾品を製するには合金として之を使用する。古の大判小判は金に銀を投じたもので、現今の貨幣は金に銅を合したものである。即ち日本、北米合衆國、佛國露國などの貨幣は二十一カラット、英國では二十二カラット、和蘭、澳地利のは二十三カラットである。(合金の項參照)十八カラットといふのと十八金といふのと同じ)

一〇、銀の用途

銀は貨幣として、何れの國に於ても使用せられ、また時計其他、種々の裝飾に用ひられ種々の合金の材料とし、尙之を打つて銀箔とし、また鐵の如く錆を生ずることのないのと、其の光澤の麗はしいのとを以て、食器としても賞用せられる。

銀の化合物として最も廣く用ひられるのは硝酸銀である。硝酸銀は銀を硝酸に溶解せしめて製するもので、透明な結晶をなし、薬用には腐蝕薬として喉頭加答兒、トラホーム、結膜加答兒などに效多く、また赤痢の灌腸劑として應用せられる。尙硝酸銀は硝子鏡の製造に供せられる。其の法は硝酸銀の水

液溶に酒石酸アムモニウムを加へ、研磨せる硝子板の一面を浸して、徐ろに之を熱するのである。すると銀は還元せられて硝子板を被ひ鏡となるのである。

銀は黄金と同じく鍍金術に應用せられるがこは後項に譲つて此所には寫眞術の應用方面をのべやう。寫眞術は銀の化合物が日光の作用を受けて變化することを應用したもので

イ、乾板 俗に種板と云つて居る。銀の化合物なる臭化銀を透明な膠と共に平な硝子板に塗つて乾かしたものである。これは非常に技術を要するもので我國では未だ完全なものが製せられないで年々數十萬圓を外國に拂つてゐる。

ロ、撮影 乾板を暗所で取枠に嵌め之を寫眞機に装置し、レンズによつて生ずる物體の像を其の乾板の面に投射せしめると膠中の臭化銀は光線の作用で亞臭化銀に變り、出て來た臭素は膠に吸収せられる。そして此の作用は、光の作用の強い所に多く起り、光の少ない所には僅に起るから、濃淡を作つて實象を顯はすのである。

ハ、現象 次に此の乾板を取り外して、還元劑例へば焦性没食子酸の溶液に漬けると亞臭化銀は更に還元して遂に黒色な銀の細粒を膠の中に生ずるに至るのである。

ニ、定着 次に其の乾板を定着液に浸ける。定着液といふのはチオ硫酸曹達の水溶液である。チオ硫酸曹達は臭化銀を溶し去る性質を持つてゐる。

この銀チオ硫酸曹達及び臭化ナトリウムは共に水に溶ける故、水を以て洗ひ去らるゝのであるから乾板は透明な膠の中に黒い銀の細粒を残すだけになる。併も其の銀粒は光に強く感じた部分に多く少し感じた部分に少い故につまり實物の白い所は黒く黒い所は白く出来るわけである。之を陰畫と名付ける。此れ迄の乾板を取扱ふ操作は總て暗所で行はれる。之をよく乾して保存する。

ホ、焼付 陰畫から之を紙に焼きつけるには種々の方法がある。先づ通常のP・O・Pと稱へる感光紙に焼き付ける方法を述べやう、P・O・Pと云ふのは Printing Out Paper の略であつて、つまり焼付紙といふことである。厚い平な紙の表面に鹽化銀を塗つてつくつたものである。此焼付紙も乾板と等しく製造の困難なものであつて、年々數十萬圓の輸入を外國から仰いでゐる有様である。

焼付といふもので此紙を前の乾板に押し當て日光に曝せば、乾板の透明なる部分は多く日光を透して其の紙上に大なる化學的變化を起し不透明な部分は此の變化を起さない。其の變化と云ふのは日光の作用によつて銀と鹽素が分れ鹽素は膠に吸はれ、銀は赤褐色の粒になつて止まるのである。

ヘ、渡金 此ま、P・O・Pを洗つて定着液に入れて仕舞つてもそれで終りはつくわけであるが畫の色が赤くて面白くないので、爰に鍍金と云ふ操作をする。通常鹽化金の溶液へ浸して銀を金で置き換へると赤い畫が黒くなる。

ト、定着 之を乾板の場合と同じくチオ硫酸曹達を溶した溶液に入れて定着し後よく水洗して乾かす

である。

一一、鍍銀法

鍍銀法は鍍金術中最も簡單で、又最も廣く行はれる方法で何人にも容易に出来る方法であるから次に之を述べる。

イ、鍍銀液のつくり方

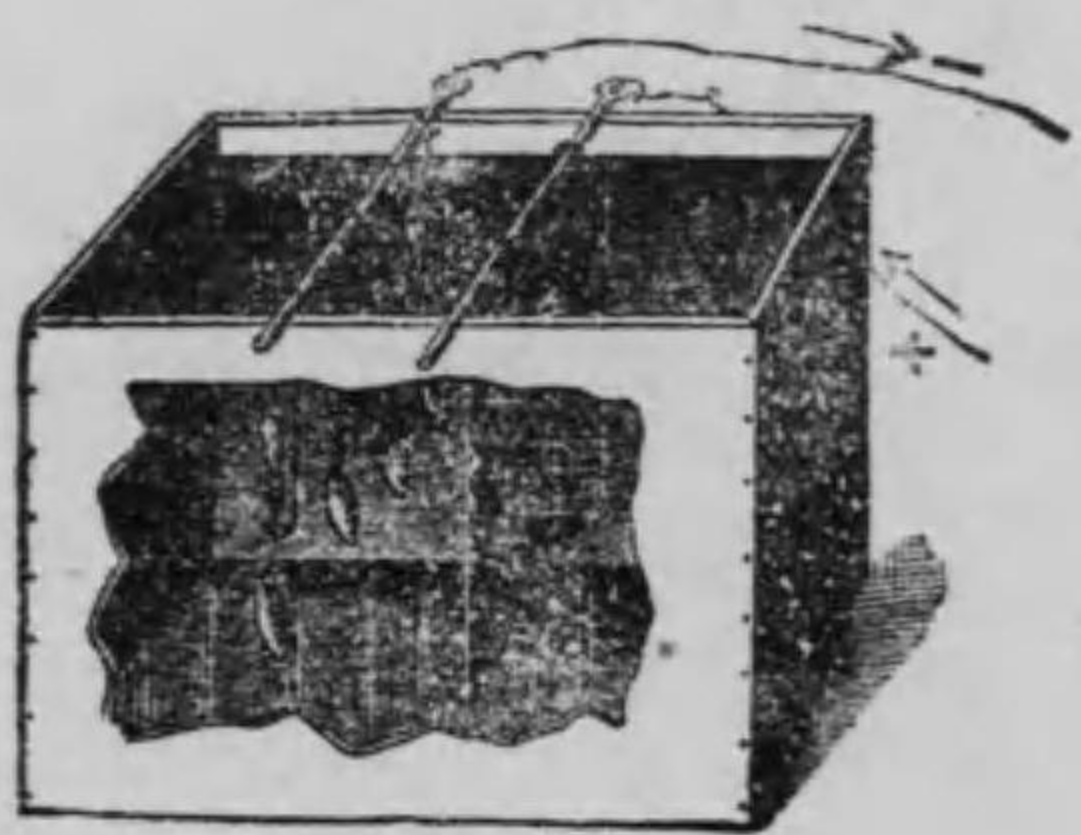
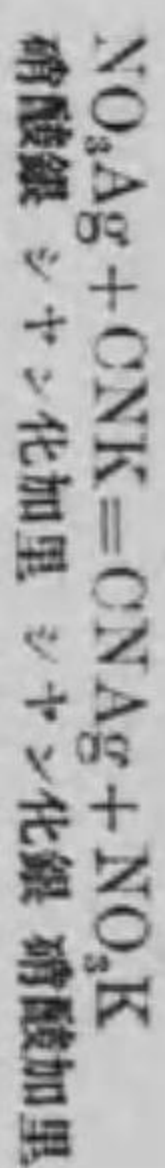
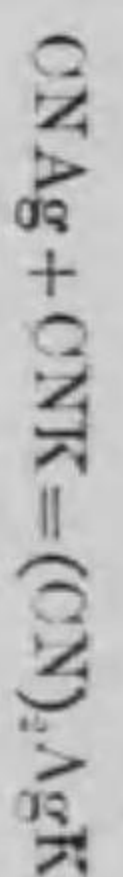


圖 二 十 七 百 第

硝酸銀半瓦を約半合程の水に溶し、之に青化加里の容易を注ぐ時は、次の反應によつて、其處に青化銀の沈澱が出来る。



然るに尙ほ過量に青化加里を加へて行く時は、一旦出来た沈澱は再び消えるのである。其丁度消えるのを度として。其時出来た銀青化加里なる



ものは水に溶ける物質であるからそれで再び透明の液となつたのである。此物は水に溶けた場合にカリウムの陽イオンと銀シヤンの陰イオンとに

解離 $(\text{CN})_2\text{AgK} = (\text{CN})_2\text{Ag}^+ + \text{K}^-$ する。

ロ、鍍銀の仕方

先づ第一に鍍金せんとする物を磨き粉又は重曹で磨き、次に苛性曹達の溶液に浸し次に鹽酸溶液に浸して洗ふ。此等の場合には決して手を觸れざる様針金で釣し置き、此れを持つて操作するがよい。次に清水を以て附着した酸などを洗ふ。

かくて之を電池の陰極に吊して鍍銀液の中に浸し陽極には銀片若しくは十錢銀貨を吊してもよい。電池は何でもよい。電流はあまりに強くない方が緻密に鍍することが出来てよい。只少し長く置かねばならぬ。

ハ、仕上げ方

鍍金が済んだならば液から引き上げ、出来るならば一度之を湯で煮るがよい。煮れば附着して銀の分子がいくらか溶け合つて密に着くのである。

次に之を重曹粉で軽く磨くと光澤が出て来る。

一二、鍍金法

金を他の金屬に鍍する方法も全く銀と同様であるが銀の場合よりは少しく熟練を要する。金液として用ひる液は金青化加里であつて操作は鍍銀と同様である。

一三、金屬の概括

イ、金屬の物理的性質

金屬の物理的性質は實用上重要なものであるから、左にそのおもなるものを述べることにする。

色、金屬は白色に近きものが多い。例へば亜鉛は青白色、鐵は灰白色である。されど、金及び銅の色、特殊の色を具へてゐるものもある。

如く、特殊の色を具へてゐるものもある。

比重、ナトリウムなど二三を除けば、金屬はすべて水より重い。その中で比重四以上のものを重金屬といひ、以下のものを輕金屬といふ。おもなる金屬をその比重の順に挙げると、次のやうである。

圖 三 十 七 百 第

(比重)

21.4	白金	金	一九・三
19.3	金	鉛	一一・四
11.4	鉛	銀	一〇・五
10.5	銀	銅	八・九
8.9	銅	ニッケル	八・九
8.9	ニッケル	洋銀	八・九
8.6	洋銀	黄銅	八・六
8.4	黄銅	鐵	七・八
7.8	鐵	錫	七・三
7.7	錫	亜鉛	七・二
7.3	錫	クロム	六・八
7.2	錫		
2.6	アルミニウム		
1.76	マグネシウム		

同じ重さとするがために要する諸金屬の體積の比較 (但し同じ厚み)

アルミニウム……二・六 カルシウム……一・八三 マグネシウム……一・七五
 ナトリウム……〇・九七 カリウム……〇・八七

融點 諸金屬の熔融する溫度即ち融點には大差がある。例へば水銀は常溫では液體で、その低溫で固體となつてゐるものは、零下三九度では既に熔けて液體となり、鉛は炭火によつて容易に熔け。白金の如きは、酸素アセチレン焰の高熱にあらざれば熔けない。次におもなる金屬の融點を順序に列挙する。

水銀—カリウム—錫—蒼鉛—カドミウム—鉛—亞鉛—マグネシウム—アルミニウム—銀—金—銅—ニッケル—鐵—白金

沸點 金屬を相當の高溫度に熱して、その沸點に達するときは、液體から遂に氣體とすることが出来る。水銀は沸點最も低く、カドミウム・カリウム・ナトリウム・亞鉛などの金屬もまた容易に氣化せしめることが出来る。さればその製練にはこの性質を利用す。金・銀・銅の如きも、相當の高溫度を用ゐると、また氣體とすることが得られる。

展性、延性 金屬を打ち展して薄い箔とし得る性質を展性といひ、引き延して細い線とし得る性質を延性といふ。金は最もこの兩性に富んでゐる。けれどこの兩性質は常に相伴なふものではない。左にその大小の順序によつて、おもなる金屬を列挙する。

展性 金—銀—アルミニウム—銅—錫—白金—鉛—鐵—ニッケル。

延性 金—銀—白金—アルミニウム—鐵—ニッケル—銅—亞鉛—錫—鉛。

熱及び電氣の傳導度 銀が最も大きく、其の他は次の順序に従ふ。

熱傳導度 銀—銅—金—亞鉛—錫—鉛—白金。

電氣傳導度 銀—銅—金—亞鉛—白金—錫—鐵—鉛。

(ロ)、金屬の化學的性質

金屬は單獨で皆陽イオンとなるもので、遊離せる金屬を水中に入れても、その幾分は溶けてイオンに變らうとする傾向がある。この傾向は輕金屬が最も大で左のやうな順序で減少する。

カリウム—ナトリウム—カルナウム—マグネシウム—アルミニウム—亞鉛—鐵—ニッケル—錫—鉛—(水素)—銅砒素—アンチモン—水銀—銀—白金—金。

亞鉛はイオン化傾向が鉛より大きいから、亞鉛棒を鉛鹽の溶液中に吊るせば、亞鉛は鉛イオンの有つてゐる陽電氣を奪つてイオンとなり、鉛は遊離して亞鉛棒に附着し、樹枝狀とする。



また鐵はイオン化傾向が銅より大いから鐵片(例へば小刀)を銅鹽の溶液に浸せば、鐵の表面に銅が附着する。

圖 四 十 七 百 第

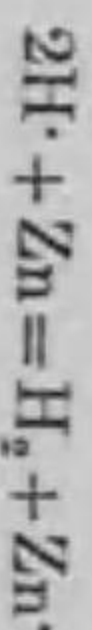


精鉛(醋酸鉛)の液に亞鉛棒を吊する



三九二

その他、前記の順序に於いて上位の金属は下位の金属をその鹽の溶液中から逐ひ出すことが出来る。水素はイオン化傾向、略鉛と同じいから、その上位の金属は水素の鹽即ち酸の溶液中から水素を逐ひ出すことが出来るけれど、下位の金属は之をすることが出来ぬ。



イオン化傾向の大小は、金属が諸物質に對する反應の強弱を示す。例へばカリウムは反應力が最も強く、空氣中で直に酸化し、常溫で水を分解する。マグネシウムは水の沸騰せるものを分解し、鐵は赤熱せられて始めて水蒸氣を分解する。白金・金の如き貴金属に至つては、空氣中で酸化せず且水を分解しない。それ故金属の反應力は略その比重と反比例す。

(ハ) 合金

單獨で實用に供し得る金属は、數が少く、到底人生百般の需用を満足せしめることが出来ないから二種以上の金属を熔し合はせて合金を製し、各種の目的に適應せしめる。合金の硬度は通常その成分たる金属の硬度よりは大である。例へば真鍮は銅・亞鉛よりも硬く、金

または銀に銅を加へて造つた貨幣は金・銀よりも硬い。合金は一つの金属の中に他の金属を溶した溶液と見ることが出来る。それ故水溶液の水點の降ると同じく合金の融點はその成分の融點より大に低い。例へば蒼鉛四、鉛二、錫一、カドミウム一の比で製した合金はウッドの可融金といひ、六〇・五度で融ける。此の如き融點の低い合金は消火用鐵管の水口を塞いでおくのに用ひる。銅は最も多く有用な合金を造る(左表参照)。水銀と他の金属との合金をアマルガムといふ。多くの金属はアマルガムをつくる。

一、合金の成分

普通の合金の成分は一定しないが、概ね左表の百分比をしてゐる。

合金成分金属	銅	亞鉛	ニッケル	アルミニウム	錫	銀	金	鉛	アンチモ
真鍮	六七	三三							
洋銀	五〇		二五						
アルミ銅	九〇			一〇					
鏡銅	六七				三三				
鐘銅	六六				三三				

幣貨邦本	白銀	活字金	赤銅	四分一	鏡像用銅	砲銅	金		
							貨拾錢	銀貳拾錢	金拾錢
青銅貨					九〇	九〇			
白銅貨					九〇	九〇			
					五以上	五			
	二五								
					二〇一八	二〇			
					五未満				
					(少量)				

二、各種金屬の狀態

銅
銀
金
白
金

物理性	融點	比重	原子量
赤色、光輝ある固體にして、展性及び延性に富み、その箔は緑色の光線を通過せしむ。熱及び電氣の良導體なり。	一〇八四度	八・九	六三・五七
白色、光輝ある固體にして、極めて展性及び延性に富み、熱及び電氣を導くこと金屬中の第一たり。	九六〇度	一〇・五	一〇七・八八
黄赤色、光輝ある軟き固體にして、展性・延性は金屬中最も大なり。その箔を透視すれば青綠色を示す。熱及び電氣の良導體なり。	一〇六三度	一九・三	一九五・二
灰白色にして光輝強く、稍堅く展性・延性に富む。	一七八〇度	二一・四	一九五・二

物理性	融點	比重	原子量
白色にして、光輝あり。極めて堅く、展性及び延性を有し、稍熱及び電氣を導く。	一五二五度	六・八	五二・〇
赤灰色にして光輝あり。鐵より堅し。	一二四五度	約七・〇	五四・九三
灰白色にして、光輝あり。展性及び延性を有し、稍電氣を導き、一時磁石となる。	一六〇〇度	七・八	五五・八四
白色にして、光輝あり。展性及び延性を有し、質堅くして、少し磁石性あり。	一四八四度	八・九	五八・六八
色はニッケルよりも少し青色を帯び、他はニッケルに同じ。	一五二〇度	八・五	五八・九七

物理性	融點	比重	原子量	原子量
白色、光輝あり、稍脆く、延性あり。極めて高温にて蒸溜するを得べし。	六三三度	一・七五	一一九・〇	マグネシウム
青白色にして、光輝あり。常温にては脆けれど、一〇〇度乃至一五〇度の間に展乃て板となすべし。九五〇度にて蒸溜するを得べし。容易に蒸溜するを得べし。	四一九度	七・二	二〇七・一〇	亜鉛
青白色にして、光輝あり。展性及び延性を有し、七〇度にて酸化するが故に、最も容易に蒸溜するを得べし。	三二一度	八・六	一一二・四〇	カドミウム
零下三九・四度以上にては白色光輝ある液体にして、三五七度で沸騰す。	零下三九・四度	一三・六	二〇〇・六	水銀

物理性	融點	比重	原子量	原子量
青白色にして光輝あり。軟くして展性に富み、箔となすを得べし。棒状の錫を曲ぐれば一種の音を發す。	二三二度	七・三	一一九・〇	錫
青白色にして結晶性を有し。甚だ軟くして紙上に印するを得べし。稍展性あれど、延性最も少し。	三二六度	一一・四	二〇七・一〇	鉛
灰白色にして少し赤色を帯び、光澤あり。容易に結晶す。極めて脆し。	二六八度	九・九	二〇八・〇	蒼鉛

五、世界重要鑛産物産額比較表 (大正元年度)

金	銀	銅	鐵	石炭	石油
<p>大正二年日本鑛産總産額</p> <p>金 三〇二三貫</p> <p>鉄 五六三八二佛噸</p>	<p>大正二年日本鑛産總産額</p> <p>銀 三九四二三貫</p> <p>石炭 二一五九六七八五佛噸</p>	<p>大正二年日本鑛産總産額</p> <p>銅 一一一九六九一二六斤</p> <p>石油 一七〇九五一五石</p>	<p>大正二年日本鑛産總産額</p> <p>鐵 三九四二三貫</p> <p>石炭 二一五九六七八五佛噸</p>	<p>大正二年日本鑛産總産額</p> <p>石炭 二一五九六七八五佛噸</p>	<p>大正二年日本鑛産總産額</p> <p>石油 一七〇九五一五石</p>

第二十二 鹽酸、硫酸、硝酸

一、教授の主眼

硫酸・硝酸・鹽酸の性質作用について教へ、酸の如何なるものを歸納するのが本課教授の主眼である。即ち

(1) 鹽酸の性質として

イ、青色リトマス試験紙を赤變せしめること、及び酸味を有すること。

ロ、亞鉛に作用して水素を發生すること、及び錫鈎なども亞鉛と同様であること。

(2) 硫酸の性質として

イ、木片、魚肉等の有機質を腐蝕すること。

ロ、青色リトマス試験紙を赤變すること、及び酸味を有すること。

ハ、亞鉛に作用して水素を發生すること、及び鐵に於ても同様の事實を認められること。

(3) 硝酸の性質として

イ、酸性の反應をもつこと。

ロ、銅其他の金屬を溶解せしめること、を實驗によりて知らしめ。

(4) 酸の通性として

イ、酸味を有すること。

ロ、青色リトマス試験紙を赤變することを纏める。

二、實驗事項

A、兒童實驗一

(準備)酸性反應を呈すること

一、準備

試験管、稀鹽酸、リトマス、試験紙

二、方法

(1) 試験管に稀鹽酸を入れ別に青色リトマス液又は同試験紙をとりこれに稀鹽酸を浸せば赤色に變ずる

(2) 硫酸の場合と同じ様に極く薄いものを作つて、指頭につけて之を味はしめる。

注意 鹽酸の極く薄いものは吾人の胃の中にもあり、また醫藥としても用ふるものであるから吐き出させる必要もないが、然しそれには薬局方に叶つた純粹のものでなければならぬ。

三、歸納

- (1) 鹽酸も青色リトマス及試験紙を赤變する即ち酸性反應を呈する。
- (2) 味ふと酸味がある。

B、兒童實驗二

鹽酸の金屬に對する作用

一、準備

鹽酸、亞鉛、試験管、

二、方法及歸納

- (1) 試験管に亞鉛片を入れ之に鹽酸を注ぐと、盛に泡立つて水素が発生する。
- (2) 管口に點火すると青紫色の燐を出して燃えるものである。
- (3) 亞鉛に代ふるに鐵又は錫を以てしても同様である。
- (4) 歸納……鹽酸も、硫酸と同様金屬に作用しても水素を發生するものである。

C、補充實驗

王水

一、準備

試験管、鹽酸、硝酸、金箔、

二、方法

- (1) 試験管に濃鹽酸少許を取り、硝子棒の端に金箔を巻きつけたるものを此の中に浸し試験管を加熱せよ、金箔は溶解せぬ。
- (2) 別に金箔を取り濃硝酸について同様の操作を行ふも溶解せぬ。
- (3) 然るに此の兩液を混合するときは、忽ち金箔は溶解し黄金の液に變ずる。
始めより兩者を混合しこれに金箔を入れるもよい。

注意

金箔を取るには風なきところに於て、硝子棒の端に巻きつけて取るがよい。手指に觸れるときは、附着して取離すのに困難だからである。

三、歸納

此の液は王水と稱するもので、金白金等の貴金屬を溶解する、其の割合は體積に於て鹽酸三に對し硝酸一の割合とする。然してこれが作用は



の如く發生機の鹽素を作りこれが貴金屬に作用するのである。

注意

本實驗は稍高尚であるけれども其の大略を知らしめるため實驗するもよい。

D、教師實驗一

(硫酸)硫酸の動植物體に對する作用

一、準備

ビーカー、濃硫酸、酒精燈、マッチ、杉箸、木の葉、魚肉、木綿布片、

二、方法

- (1) 試験管に少量の濃硫酸を入れ、用意せる木の葉を浸すと、木の葉は忽ち黒く脆くなる。
- (2) 杉箸を浸すと杉箸は黒く腐飾する。
- (2) 又木綿布片を浸すと同様黒く脆くなつてポロ／＼と切れ落ちるものである。
- (4) 小魚(魚肉)等を浸すも同様其の作用を受けて表面から爛れ腐る。
- (5) 次にその試験管をアルコールランプで熱する時は、その作用が殊に甚だしいのを發見する。

三、歸納

- (1) 濃硫酸中に木の葉を入れ黒く脆くなるは……濃硫酸が木の葉の如き植物に對し烈しい作用を呈するからである。

(2) 杉箸、木綿、布片の黒く脆くなるのも……濃硫酸が總ての植物乃至纖維にまで烈しい作用を呈するためである。

(3) 魚肉小魚の腐爛するのは……濃硫酸が動物に對しても烈しい作用を呈するのである。然も其の作用は熱を加へると一層烈しいものである。

研究

硫酸が動植物に對して烈しい腐蝕性を有するは、硫酸が強く水を吸收する性質を持つて居るが爲である。硫酸が水を取らんとする力は頗る猛烈なものであつて、水を有するものから水を取るは勿論水を持たないものからでも水を取る。無いものから取るといふのは變な様であるが例へば有機化合物等で水素と酸素とを持つてゐる化合物があれば、其の物の組織を破壊して、水素と酸素となす丁度水になる様な割合にして引抜くのである。爰に一人の銀へた盜賊がある、他人の家へ押込んで飯があれば飯を取るは勿論飯がなくとも米と水とがあれば、それを飯にして取るといふのと同じ事である。水に對しての執念深さが察せられる。硫酸の腐蝕性は此脱水作用に基づくものである。即ち木の葉や紙片が燃えた様になつたのも、動物質が腐蝕されたのも、皆其組織が破壊されて水が取り去られたからである。そして此等は皆炭水化物であるから炭が残つたわけである。我等の皮膚に火傷を生ずるのもやはりそれである。

注意

此説明は深くする必要がないが其の大体の説明はするがよい。

四、本實驗の特徴

- (1) 硫酸が無色の粘り液體であることを観察せしめるに便である。
- (2) 實驗の結果を兒童に廻覽せしめるに都合がよい。
- (3) 熱して其の作用の愈々烈しいことを知らしめるに便利である。

E、兒童實驗三

稀硫酸の動植物體に對する作用

(「焙り出し」の實驗)

一、準備

焙り出しの紙、アルコールランプ、マッチ、稀硫酸、

二、方法

- (1) 濃度 1—20 位の硫酸を製し置き白紙に畫又は文字を書き置き之を兒童に與へてアルコールランプの焔で徐かに熱せしめる。
- (2) 初め描いた繪又は文字が現れ紙は其の所だけ焼ける、所謂焙り出すことが出来る。
- (3) 稀硫酸を用ひて各兒に製せしめ前記の實驗をさせるもよい。

三、歸納

(1) 黑色を現はし來り黒き焙り出しを得るは……硫酸の脱水作用即ち腐蝕性によるのである。硫酸は揮發性のものであるから乾燥するに従つて水分の逸散により漸時濃厚のものとなつて終にその本性を現はすに至つたのである。

(2) 此故に手指衣服等に附着することがあつたら、縦合稀硫酸であるからといつても充分に洗滌して取り置き置かねばならぬ。

三、本實驗の特徴

- (1) 濃硫酸の腐蝕性を知らしめるに都合がよい。
- (2) 兒童の興味に適合する。
- (3) 硫酸の取扱について警告を與へる。

F、兒童參考實驗一

一、準備

試験管、濃硫酸、黒汁、

二、方法

- (1) 試験管に濃硫酸を入れ表面の位置に黒汁を以て目印をつけ數日間机上に置く。

- (2) 時日の経過するに従つて表面が漸時高まり行くのを見ることが出来る。
- (3) 歸納……これ硫酸は水分を吸収する作用が大であるから、空氣中の水分を吸収して爲めに其の量を増したのである。

三、例 證

瓦斯乾燥装置



- (1) 乾燥器は圖の如き器の底に濃硫酸を入れ蓋をなし置き物質を乾燥せしめるのである。
- (2) 瓦斯乾燥装置にも硫酸を用ふる。
- (3) 濃硫酸の保存には栓を密にして置く。

圖五十七百第

G、兒童參考實驗二

一、準 備

試験管、白砂糖、濃硫酸、

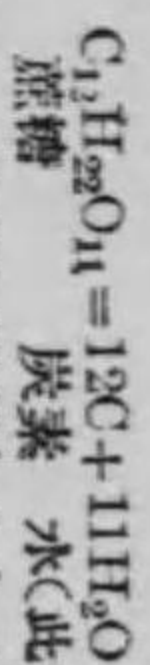
二、方法及歸納

- (1) 試験管に砂糖を入れこれに濃硫酸を注ぐ、
- (2) 砂糖は忽ちに悉く黒色の炭素に變じて来る。

(3) 歸納……硫酸の脱水作用に基くもので如何に其の作用の強烈であるかを窺ふことが出来る。

研究

この理を考へるに次の變化に基くのである。



蔗糖 炭素 水(此の水が炭酸にとられる)

即ち蔗糖中の水素、酸素分を合して水となしこれを吸収するのである斯くして後には炭素が残るのである。

三、本實驗の特徴

- (1) 説明に稍困難であるが硫酸の脱水作用の烈しいのを知らしめるには都合がよい。
- (2) 砂糖の大體の性分を知らしめに都合よい。
- (3) 日用品についてであるから趣味がある。

H、兒童實驗四

酸性反應を呈すること、酸味を呈すること

一、準 備

試験管、稀硫酸、リトマス、試験紙、コップ、

二、方 法

- (1) 試験管にリトマス液を取り、それに稀硫酸若しくは硫酸の一滴を注加して見ると、リトマスは忽ち

赤色に變る。

- (2) 試験管に稀硫酸を入れて、それにリトマス試験紙を浸して見るとリトマス試験紙は赤色に變ずる。
- (3) 清浄なコップに清水一杯を入れ、これに硫酸を真の一滴落してつくつた稀硫酸をとり、兒童各自をして指頭を以て之を觸れさせ、それを舌端に觸れしめると其の酸味が味はれる。

注意

硫酸は毒であるから勿論飲むべきものではない。故に此實驗をした際にも、兒童をして唾と共に吐き出さしめる様にするがよい。然し可也大きなビーカーの一杯の水へ真の一滴を入れたものを、指の先に觸れて嘗めた位では大したことはない。猶數量的には二千倍位に稀めたもので充分酸味を呈するからそのつもりで充分薄めてよい。指頭に觸れさせずにも指を深く挿し入れる必要はない、この邊のことは教授者が範を示して指導することが大切である。

研究

硫酸イオンは吾々に毒である。だから遊離の硫酸や硫酸鹽類などの溶けて居る水は飲料としてはあまり適當ではない。然し硫酸根の含まれてゐる水は天然に屢よくある。鐵瓶に強く作用して之を腐蝕させる水などは往々これを含んでゐる。又彼のラムネの中には枸橼酸が酒石酸のやうな無害な有機酸を使ふべき所に此硫酸を使つたものもある。極少量ならさまで害ではないといふことである。

三、歸納

- (1) 青色のリトマス又はリトマス紙を赤色に變ずるは酸性反應と稱するもので水素イオンのためである。

研究

酸性反應を呈するものは又酸味を有するものである。

I、兒童實驗五

金屬に對する作用（亞鉛に對する作用）

一、準備

試験管、稀硫酸、亞鉛粒、マッチ、

二、方法

- (1) 試験管に濃度 1/20 位の稀硫酸を其の四分の一程入れ更に稀硫酸中に亞鉛を投ずると亞鉛の表面より暫時の後盛んに氣泡を發し亞鉛は次第に溶解する。
- (2) 管口に點火すると爆音を發し紫青色の弱き光の焰をあげて燃焼する。
- (3) 亞鉛の代りに鐵屑を用ひ同様の實驗をするも同じく盛んに氣泡を發生する。

備考

本實驗には次の如くするも興味がある。先づ四本の試験管に夫々亞鉛鐵、銅及鉛の小片を取りこれに稀硫酸を加へて常溫及び加熱したときの反應を見せしめるがよい。

三、歸納

- (1) 亞鉛に稀硫酸を注いで氣泡の發生するは……水素瓦斯であるから點火すればピョッーと音を發して燃えるのである。
- (2) 鐵に稀硫酸を注いでも同様水素を發生するのである。
- (3) 備考に上げた實驗を行ふと銅・鉛からは氣泡が出ない……これ稀硫酸は銅及鉛には作用せぬのである。

研究

水素が何故に發生するかといふと局部電流のためである。局部電流の爲めには不純な方がよい、そして金屬によつては水素が出ぬといふのは、金屬のイオン化傾向と水素のイオン化傾向との順序に基づく、水素よりイオン化傾向の大きい金屬に稀硫酸をかけた時に水素は出てくるのである。水素よりも亞鉛がイオン化傾向が大きいから稀硫酸中の水素イオンの有する電氣を取つて亞鉛イオンになり、水素イオンは電氣を失つて氣體の水素になるのである。

故に亞鉛が純粹の時は二種の金屬が液中にないから電流は起らず亞鉛もとけず従つて水素は出ぬのである。普通の粒狀亞鉛は不純だから水素が出るのである。水素の出るのかわるい時は一度用ひた不純の亞鉛を入るとよく出る様になるのである。

又硫酸があまり濃くても水素は出ない、それは濃い硫酸は解離度が少ないから水素がイオンになつて居ないからである。

J、教師實驗補一

水と混するとき發熱すること

一、準備

試験管、濃硫酸、水、

二、方法

- (1) 濃硫酸の約二倍容の水、試験管に取り硝子棒を傳はらしめて少量宛の濃硫酸を滴下し其度毎によく攪拌する。
- (2) 斯くて漸次熱を發生し來り遂に管壁が熱くなる。
- (3) 歸納……水と混すれば發熱するものである。

注意

水の中に一時に多重の濃硫酸を注ぎ又は濃硫酸の中に水を注ぐは急劇なる發熱のため液の飛び散り又は器の破損する等の危險がある。故に稀硫酸を作るには水に硫酸を少しづつ加へて行くのである。決して硫酸に水を加へてはならない甚だ危險である。

K、教師實驗補二

發火

一、準備

鹽素酸カリウム、白砂糖、濃硫酸、長き硝子管、蒸發皿、

二、方法

- (1) 蒸發皿に鹽素酸カリウム一匙及び白砂糖二匙程を取りよく混合する。次に長き硝子管の端で少量の

濃硫酸を取り(一端を濃硫酸中に入れ他端を指頭で塞いで引き出す)右の混合物の上に滴下する。

(2)極めて激烈な變化が起つて赤紫色の煙を擧げて急劇に燃焼し去る。

備考

(1)本實驗は又次の如くするもよい。

細粉とした鹽素酸加里と白砂糖とを略二と一との割合にまぜ糊を以て之を練り、普通のマッチの棒の藥を去つたるもの若くは割箸の細くしたものを、先端に之を固著せしめて乾かす。

斯くして得たるものを濃硫酸で濡らすときは直ちに發火する。

又之を普通のマッチの箱で擦つても發火するものである。

(2)この發火法は今日の如き燐マッチの使用せらるゝ以前に於て一時歐洲に行はれたものである。しかし濃硫酸といふはげしい液體を用ひる所に缺點があるのである。

L、教師實驗二

(硝酸) 動植物體に對する作用

一、準備

試験管、木箸、木の葉、魚肉、毛片、硝酸、

二、方法

(1)試験管に濃硝酸を入れ木箸を以て木の葉及魚肉布片及毛布片等を入れる。

(2)直ちに黄色に變化して侵される。

注意

動植物に對する作用の實驗では木の葉や魚肉片の外に藍で染めた布片を以て行はしめるがよい。

(3)歸納……此の實驗によつて硝酸の動物に對する作用の激烈であることが知れる。

M、兒童實驗六

酸性反應を呈すること

一、準備

試験管、稀硝酸、青色リトマス、試験紙、

二、方法

(1)少量の稀硝酸の容れてある試験管の中へ青色リトマス試験紙又は青色リトマス液を浸さしめる。

(2)試験紙は赤色に變ずる。

(3)又同實驗に使用した稀硫酸を嘗めると酸味を呈する。

(4)歸納……是等の實驗によつて、硝酸も亦鹽酸と同じく硫酸のやうに酸味を帯び、酸性の反應を有する。

N、教師參考實驗

有機物に對する作用

一、準備

鳥の羽根、發煙硝酸、ビーカー、蒸發皿、テルペン油、鋸屑、炭、

二、方法

- (1) 鳥の羽根を發煙硝酸に浸す時は黄色になる。
- (2) 大きいビーカーに砂を敷きその上に小形の蒸發皿を置いて之に發煙硝酸及濃硫酸を等量に加へた混合液をいれる、そして長い硝子管の口にテルペン油を含ませて上端を指にて壓へ指をとりつゝ一滴宛加へるとテルペン油は發火する。
- (3) 鋸屑又は木炭を試験管にとり之に發煙硝酸を少し加へると發火する。

O、兒童實驗七

金屬に對する作用

一、準備

硝酸、試験管、銅片、亞鉛、アルコールランプ。

二、方法

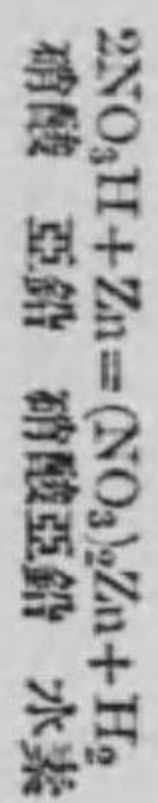
- (1) 濃硝酸の入れてある試験管を取り、その中へ亞鉛片を入れると、亞鉛片は硝酸と化合して盛んに赤褐色の氣體を發する。そしてこの氣體は刺戟性のわるい嗅がある。
- (2) 亞鉛の溶けた液は無色である。
- (3) 亞鉛の代りに銅片を入れて實驗する……このまゝでは作用しないから少しあたためる……赤褐色の氣體が出るようになつたら熱することをやめる。

三、歸納

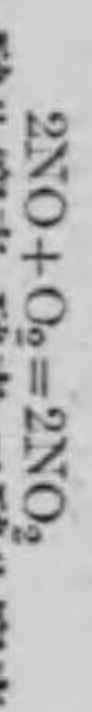
- (1) 濃硝酸に銅や亞鉛を入れると激しく作用する。
- (2) 赤褐色の氣體は二酸化窒素の氣體である。
- (3) 亞鉛のとけた液は硝酸亞鉛であつて亞鉛イオンに色が無いから無色である。
- (4) 銅屑の溶けた液は硝酸銅の溶液であつて青いのは銅イオンの色である。

研究

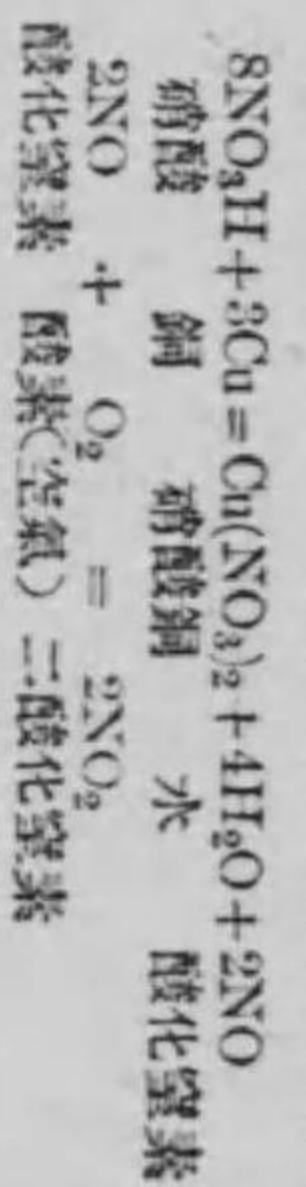
硝酸の時に水素が出ないで二酸化窒素が出るといふのは、これは硝酸に酸化力が強いからである。即ち出來た水素に硝酸が働いて水素を酸化して水になし



$2H_2 + 2NO_2H = 4H_2O + 2NO$
 水素 硝酸 水 酸化窒素
 酸化窒素を生ずる。これに空気が作用して二酸化窒素となつたのである。



この反応は兒童の最も意外とする所で色と云ひ嗅と云ひ普通とことなるから毒ガスといつて喜ぶのである。
 銅の時は次の如く作用する、亜鉛の時は反應の式をわけてかいたが同時に進行するから次の如くかくのが普通である。



F、兒童實驗八

有機酸の反應及作用

一、準備

食醋、蜜柑、試験管、青色トリマス、試験紙、

二、方法

- (1) 試験管に食醋又は蜜柑汁を入れ、先づトリマス試験紙又はリトマス液を入れて其の反應を研べる。
- (2) 次に兩管の液中に亞鉛粒の一二筒を投じアルコールランプの焰を以つて熱する。
- (3) 亞鉛の表面より盛に泡立つて段々溶解する。

三、歸納

- (1) 青色リトマスを赤變するは……これ等の食醋、梅醋の酸性反應を呈するためである。
- (3) 亞鉛の表面より盛んに泡立つて溶解するは……これ等の食醋、梅醋が金屬に對して作用を及ぼすがためである。

四、例證

- (1) アルミニウムの器には酢物を入れてはならぬ。
- (2) 梅の實を漬けるに紫蘇を入れると紫色となる。

五、本實驗の特徴

- (1) 日常の食品等について實驗することは最も必要なことで日常の事實を考研するに適してゐる。
- (2) 趣味を増す。
- (3) 家庭實驗とすることが出来る。

Q、兒童實驗一〇

梅醋とアルカリとの作用

一、準備

第二十二 鹽酸 硫酸 硝酸

梅醋、アルカリ、試験管、

二、方法及歸納

試験管に少量の梅醋を入れ之にアルカリを注ぎて綠色に變ずるを見せる。
紫色の紫蘇の葉の汁が梅の中の酸のために赤くなつたのをアルカリによつて再び緑青色にしたのである。

三、本實驗の特徴

- (1) 指示薬はリトマス試験紙、又はリトマス液といふ特別のものでなくてもよいことを知らせる。指示薬の研究が主眼である。
- (2) 梅漬をして赤くなる理を知らせる。
- (3) 兒童をして少量づゝ用意させると理科の材料と家庭の品物との連絡がついて面白い。

研究

著者は指示薬として紫蘇の葉の浸出液を用いたが、最も結果がよかつた、紫蘇の葉をビーカーに入れ水を加へて暫時沸騰する、そうすると紫色の汁が水に浸出する、これは本當の中性の液の様に思はれる、酸を加へると赤くなるし、アルカリを加へると綠色になる、その變化は頗る明瞭である。梅醋を用ふるよりもよい様に思つた、アルコールで浸出すると葉綠素がとけて出るが水では指示薬になる色素のみが浸出して葉綠素は全部殘留して居る様である。
其他著者は赤い葉鷓頭の浸出液を用いたがこれまたよろしい、尙赤無膏の汁を用ひても明瞭である。赤無膏の酢の物が特に美し

三、研究應用

一、リトマス

リトマスはスエーデン、ノルウエー、カナリー島等に産する地衣類の植物より製する色素であつて、通常石膏に含ませて販賣せられてゐる。故に坊間販賣のリトマス粒一分を六分の水で煮沸し、色素を抽出し、此溶液を濾過して石膏を分離し、次に溶液を二分し、其の一方は稀硫酸で濕した硝子棒で幾度も攪拌し、液の赤色を帯ぶるに至りてやめ之を他の方に加へ、青色リトマス液をつくる。赤色リトマス液はリトマス粒より前の如く抽出した液を稀硫酸で濕した硝子棒で幾度も攪拌して赤色となすのである、但し稀硫酸を餘分に加へない様注意せねばならぬ。

リトマスは酸を加へると赤色を呈し、アルカリを加へると青色を呈する。これリトマスは元來赤色の酸性物質であるから酸にはリトマス分子の赤色を呈し、アルカリにてはリトマスイオンの青色を呈するのである。

二、指示薬の理論

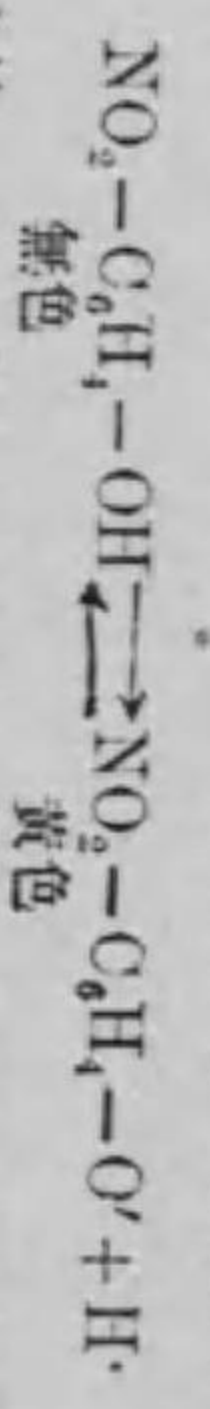
電氣解離の有様が色の變化を伴ふ場合が屢々ある、濃い鹽化銅の溶液は綠色であつて稀薄な溶液では

い鮮紅色を呈するの、酸性反應のためである。赤無膏が酢の物にされて益々美を發揮するといふのも面白いことである。
ヒサカキの實がリトマス代用になることも昔から知られたことである。子供の時ヒサカキの實の汁の中に密柑の汁を注いで黄赤色にしたことは誰しも経験したことであらう。

青色である。この場合には銅イオンの色が青で鹽化銅が黄褐色のものであることを考へると容易に説明がつくのである。稀薄な溶液では大部分が銅イオンと鹽素イオンとに解離するから銅イオンのため青色を呈するのである。

指示薬も之に類した關係であるとオストワルド氏は説明した、即ち指示薬は色のある鹽を作つて弱鹽基性が弱酸性のものである即ち僅かに解離してゐて、そのイオンは解離しない分子と異つた色を持つて居る。指示薬としての鋭敏度はイオン化の量に關係してゐるイオン化量が少なければ少い程、鹽基又は酸が加へられた時に鋭敏な指示薬となるのである。

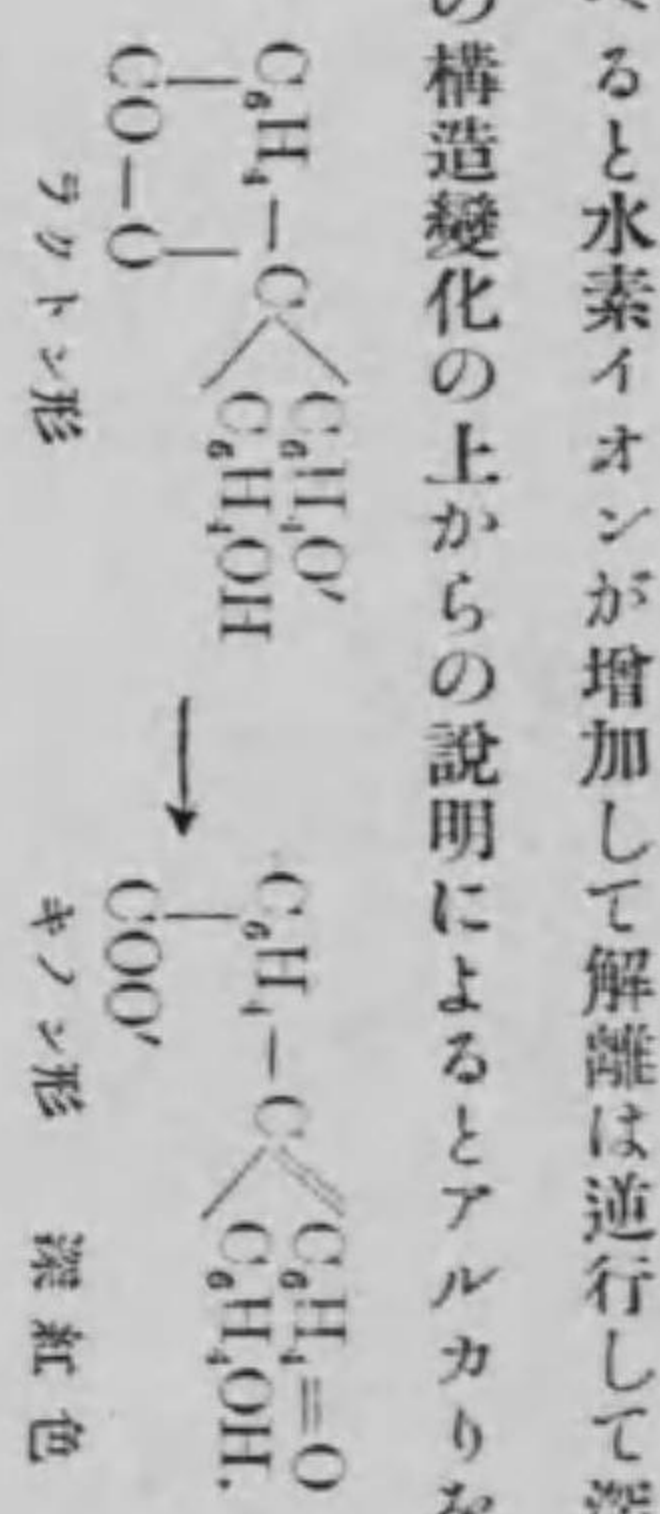
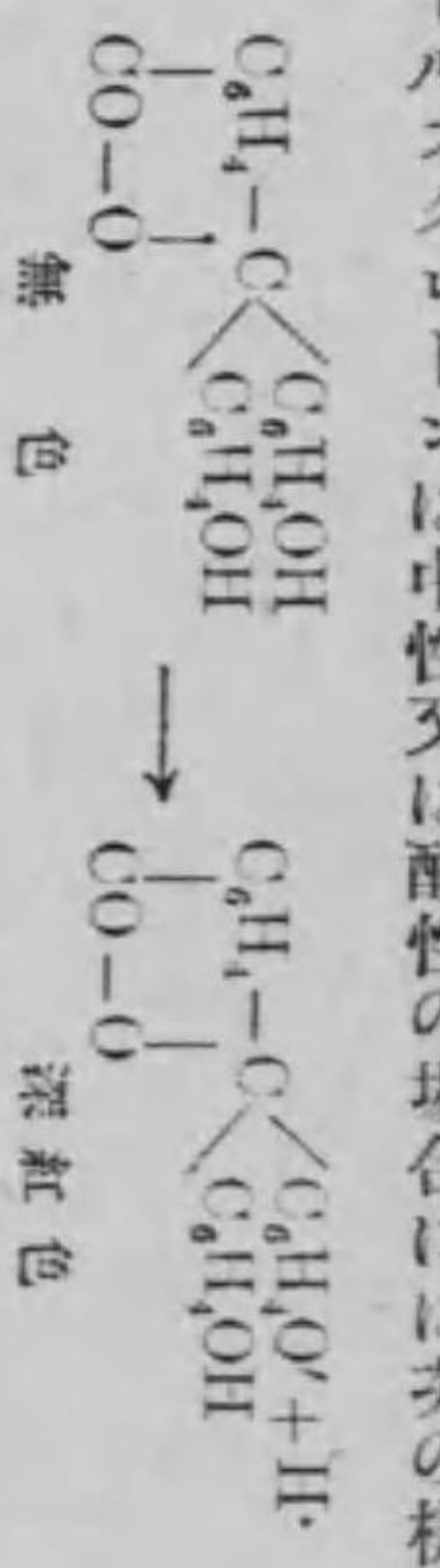
例へば、パラニトロフェノールは次の様な解離を僅かに起す弱酸である。



そして其陰イオンが黄色を呈するのである。然るにこれが酸性の液に於ては水素イオンのために解離は逆行して無色になるのである。

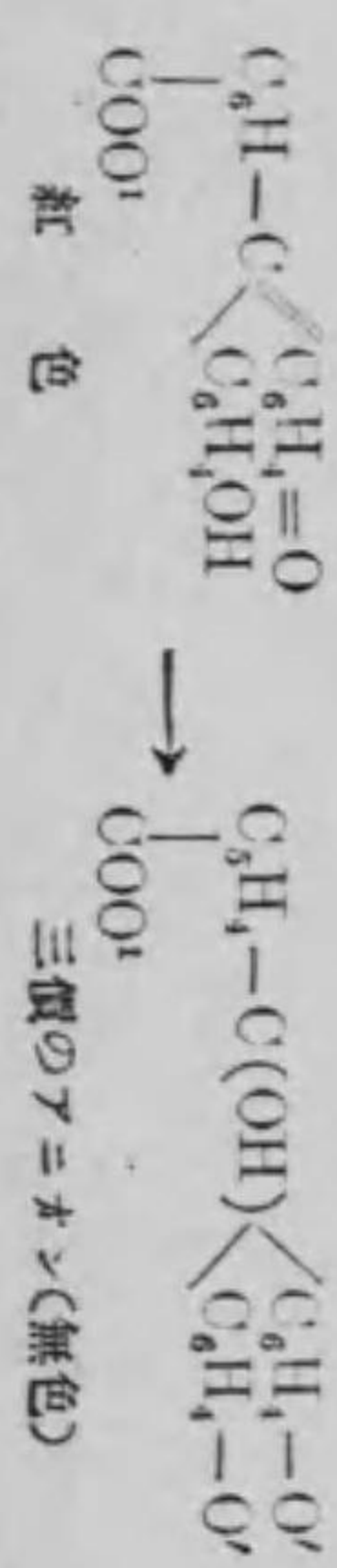
フェノールフタレインも弱き酸であつてイオン化せない状態では殆んど無色である。オストワルドはそのイオンが赤であるといつてゐる。

ハンツの研究によると色の變化と共に構造の變化を供ふといつてゐる。先の例についていふと、



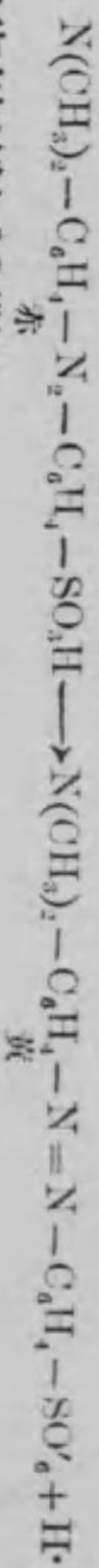
フェノールフタレインは中性又は酸性の場合には次の様に解離してゐる、弱酸である酸を加へると水素イオンが増加して解離は逆行して深紅色になるのである。ハンツの構造變化の上からの説明によるとアルカリを加へると次の如く變化する、

茲に注意すべきことはフェノールフタレインが極めて濃厚なアルカリ液では深紅色にならないで無色で居ることである、これはオストワルドのイオン解離説ではどうも説明しにくい。しかしハンツの構造上の變化から考へると深紅色のキノン形の方が更に次の如く變化すると考へれば宜しい。



リトマスはロクセラ、レカノラといふ地衣類をアンモニアと炭酸加里とを作用させてえた、濃青色の液を石膏や白堊に混和したもので、マルキルといふ色素でその主成分は、オルセイン $C_{26}H_{24}N_2O_4$ といふものである、弱酸性のものであつて酸にあうとオルセインの條態となつて赤である、アルカリでは解離してゐて青である。

メチルオレンジはやゝ強い酸であつてイオンは黄で分子は赤である、ここで酸にあうと解離がやんで分子が出来てそのため赤き色を現すのである。

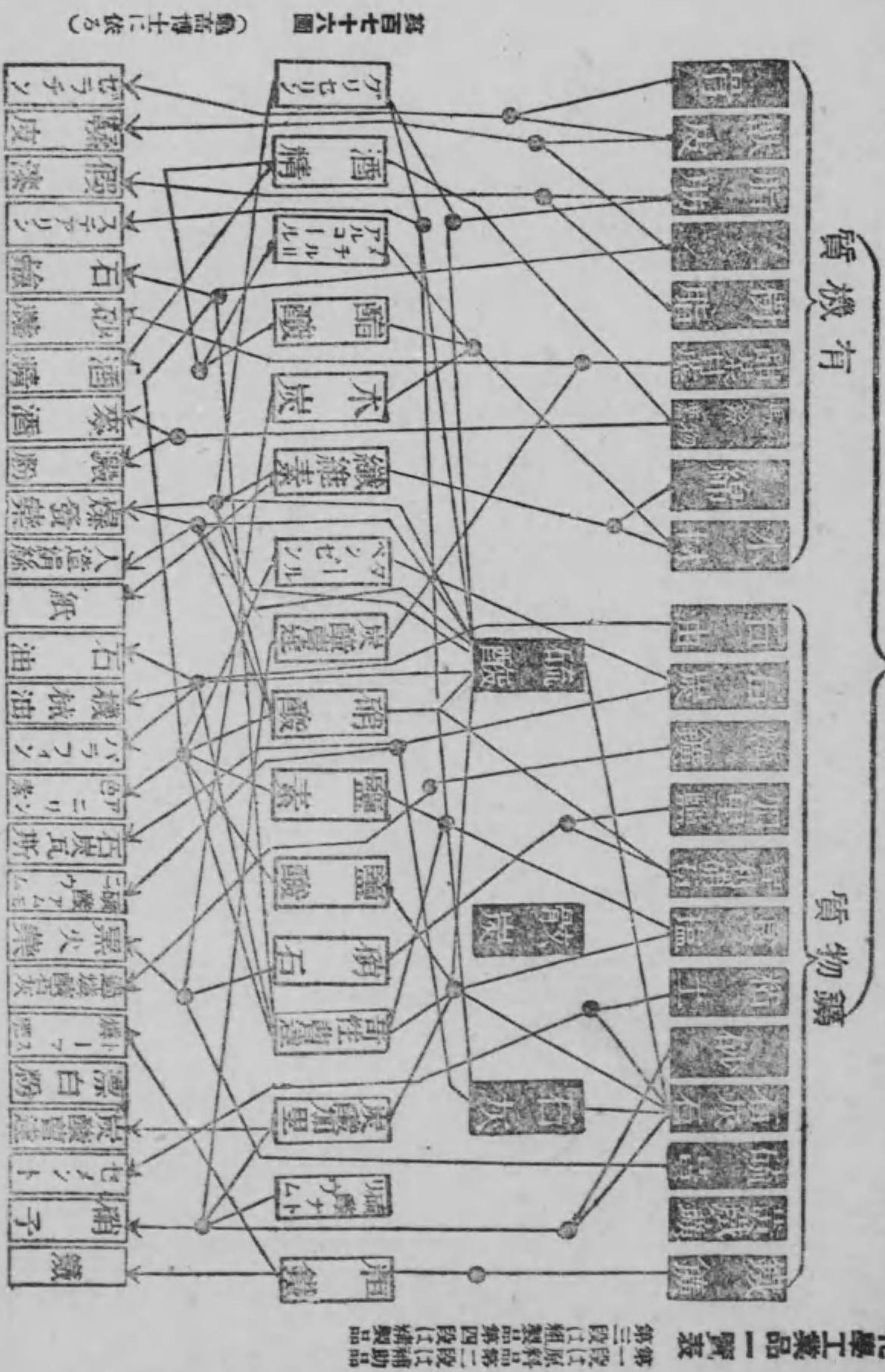


二、硫酸の所在及発見の歴史

硫酸は天然に遊離して存するものが多い、河水鑛泉中に存することがある。草津温泉は其の一例で多量の硫酸を含有する。又動物の分泌液中にもその少量を含蓄してゐる。その他金属と化合して硫酸鹽類となつて存在することが又極めて多い。硫酸の世に知られたのは、久しい昔時であるけれども、これを工業上に使用するに至つたのは、今から凡百七十年前、英人ワード氏が硫黄と硝石との混合物を燃焼して其の瓦斯を水中に通じて稀硫酸を作り、更に之を硝子レトルトにて蒸溜し濃硫酸としたのに始まつてゐる。(硫酸の製法に就きては硫黄の研究應用参照)

三、硫酸の用途

品 料 原



英國の化學工業の進歩はその硫酸の消費高で知る事が出来るといはれて居る位硫酸は用途が廣く化學工業上大切な藥品である。

水素や亞硫酸の發生、鹽酸硝酸磷酸醋酸等の酸類の製造肥料製造、石油工業、瓦斯工業、曹達工業、ニトログリセリン、綿火藥、無煙火藥、セルロイド、人造絹糸等の所謂硝酸纖維工業及香料の製造等頗る廣く用ひられる。

尙ほ精しくは前頁の化學工業品一覽を参照せられよ。

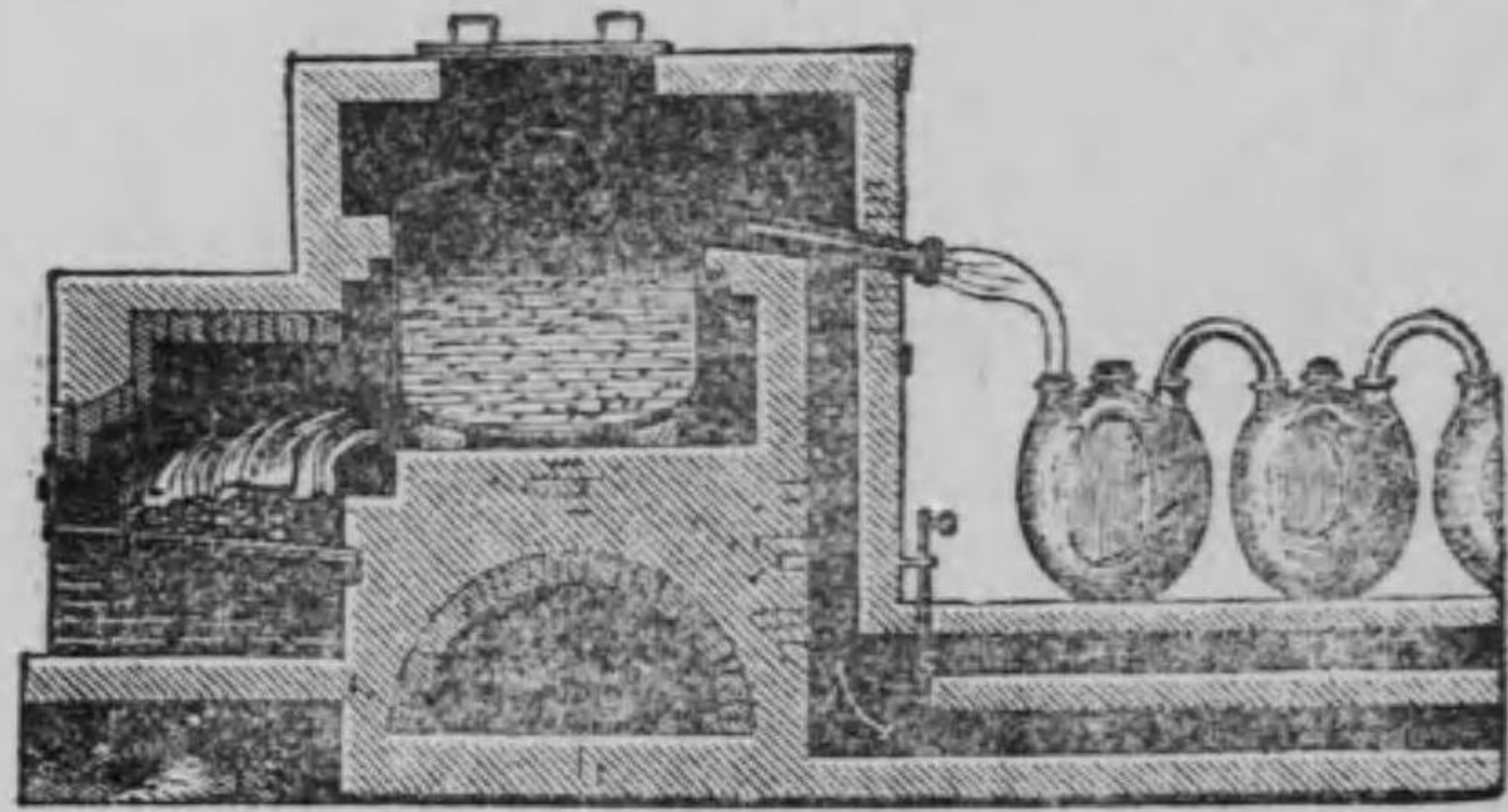
四、硝酸の性状所在

硝酸は窒素の水酸化化合物で天然遊離のものである。ソヂウムと化合して硝酸ソヂウムとなる、廣大な層をなして南米の智利及白露國に存在してゐる。智利硝石と稱するは即ち是れである。又ポタシウム及びカルシウムと化合して硝酸加里及び硝酸石灰となり、熱帶地方殊に印度及び埃及地方に産する。所謂印度硝石の原料である。其のアンモニア鹽は往々また氣中に存在し、遊離酸の少量は濕氣中に久しく電氣炎光を導入するの際に化生することがある。

又含窒有機物が大氣中に腐敗する際、硝化バクテリアの存在するときは、硝酸を化生し若しアルカリあるときは之と化合して硝酸アルカリ鹽を構成する。是れ熱帶地方に於て多量の硝酸鹽類を生ずる所以下である。

五、硝酸の製法

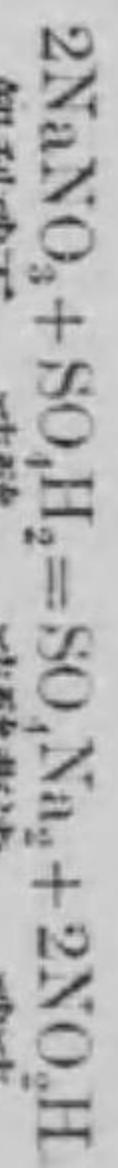
第百七十七圖



硝酸の工業的製法

硝酸を工業的に製するには、智利硝石に硫酸を加へて之を熱するのである。硝酸曹達は硫酸のために分解せられて硝酸を生じ此の硝酸は熱のために蒸溜し來るが故に、之を集めて冷却すれば、液體の硝酸を得るのである。即ち鐵製のレトルトに智利硝石と硫酸とを入れ、相連続してゐる磁製の大甕に導いて硝酸を凝縮せしめるのである。

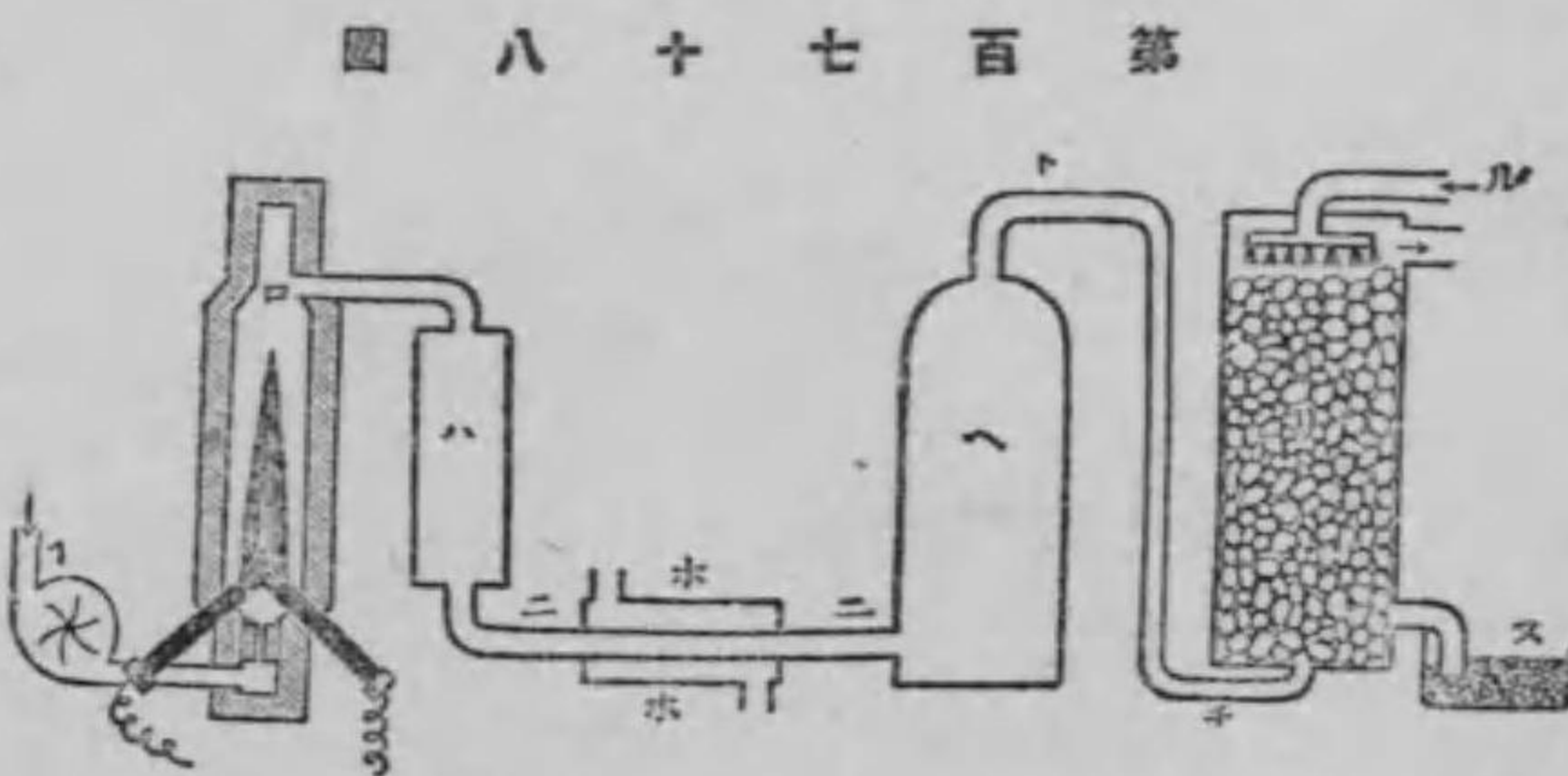
理論上に於ては、智利硝石の八十五分に對して要する硫酸の量は四十九分で、之れに依つて得られる硝酸の量は六十三分である。即ち



智利硝石 硫酸 硝酸曹達 硝酸

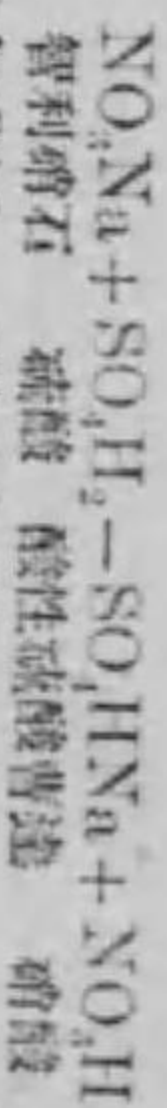
理論上よりすれば此の如くであるが、此時化生する硫酸曹達は固結し易いものであるから之をレトルトから取り出すに、甚だ困難であるばかりでなく、硝酸は高温のため多少分解し、純硝酸を得られないので、通常右の量よりも

二割又は三割の硫酸を増量し、時によつては其の二倍の増量をなすことがある。然し低壓の下に蒸溜



製及空... (Detailed description of the apparatus components and process steps, including terms like '空気の窒素', '硝酸の製造', '冷却', '蒸溜', etc.)

さすれば、全く純粋な硝酸を多量に製し得るものである。此の如くすると硝酸曹達又は其の一部は、左の方程式の如く酸性硫酸曹達となり硫酸曹達に比し凝固し難く、排出に便なるのみでなく、その熱度も比較的低下に於て分解作用を起し得るのである。



稀薄硝酸から濃厚硝酸を製するには、之に強硫酸を加へ、レトルトで再び蒸溜するにある、然るときは硫酸は水を引く力が大であるから、硝酸のみ蒸溜せられて水の大部分は硫酸と共に残留するのである。

六、硝酸の効用

硝酸は金属を腐蝕溶解するの力が甚だ強いので工業上に使用せられることが多い。又硝酸鹽を製しアニリン染料を製するに用ひ、尙ほ綿火薬、ダイナマイトを製するにも、多く之を使用する。その他寫眞用の硝酸銀、コロチオンにも之を用ひ、醫藥にも應用せられることがある。(第七十六圖参照)

七、智利硝石

硝酸製造の原料たる智利硝石は硝酸工業の主要原料として吾人の生活と深い關係があるから此處に特に之れに就いて述べやう。

智利硝石は既に述べた如く、南米智利國の特産品で太平洋海岸とアンデス山麓の間約四百哩に亘つた無風帯に土砂を混じて存在するので重要成分たる硝酸曹達の量は七%乃至十六%位である。爆發藥を以て此の地層を崩解し、選礦して硝酸曹達の分量二十五%乃至三十%位に高め、之を非常に大きな釜に入れて熱湯に溶解し、上澄液をボンプで結晶槽に送つて四日間位放置して冷却し、析出した硝酸曹達の結晶を母液と別つたものが吾人の手に入る智利硝石である。

智利硝石は千八百三十年前即ち今から八十五六年前めて採掘せられ、當時は微々たるものであつたが逐年其の採掘量も増し、今日では其の生産額は一年約二百萬噸以上で、智利國受渡價格は一噸六十五圓乃至七十五圓であるから一億三千萬圓乃至一億五千萬圓のものになる。又智利國政府は一噸につき廿二圓の輸出税を課してゐるから、其の額は智利國政府の歳入の六割を占めてゐる。そこで智利國はこゝ三十年間に數億圓の税金を得てゐるから、智利國にとつては國家經濟上非常に重要な産物である。併し資本國は本國の智利では無く、主なるものは英獨でそれに亞ぐは米國である。我國にも多少目を注いだものがあつたやうだが投資はして居らぬ。日本では南米航路が頻繁でないから運賃も高かつ

き、自然價格も割合に高いやうであるが、これは單に肥料としてのみならず、火藥、セルロイド、色素工業等に用ふる硝酸の原料として、先づ第一のものと云つてよい位だから、我國市場の智利硝石の價格の廉不廉は此等工業の發達に大なる影響を及ぼすものである。日本では智利硝石を肥料として用ふる量は割合に少い様である。これは水田肥料に適せぬからであらう。智利國は斯様に幸福な財源を有つて居るが、何時まで無限に世界に供給し得るかといふに、然うは行かぬ。然らば今後幾年續くと云ふことは必要でもあり、且つ興味ある問題であるから、種々の方面から調査せられてゐて、長短種々の説があるが、今後約四十年乃至五十年と云ふのは、先づ當らずと雖も遠かぢすと云ふ所らしい。何にしても今世紀の半頃までが頂上で、其餘は保證出來ぬと云ふ極めて先の見えた心細い報告である。さうなると吾人はこゝに一大窒素肥料を失ふのみならず、硝酸の原料をも失ひ、従つて火藥や染料やセルロイドも製造が出来なくなる。そこで智利硝石の如き硝酸鹽類の製造は、窒素肥料としても、亦化學工業用原料としても緊急の問題である。こゝに於てか窒素を多量に有し、而も地球上到る所あらゆる空氣なるものは、硝酸又は硝酸鹽類製造の源泉地として大なる注意を惹かざるを得なかつた。其の結果として生れた新工業は内外の學者及び實業家により、多大の興味を以て迎へられてゐるのは空窒素工業である。

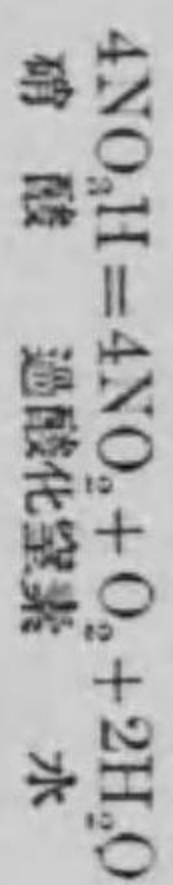
空氣中の酸素と窒素とを電力を用ひて酸化窒素に變じ、後之を硝酸又は硝酸鹽に變ずる、所謂空氣硝

酸工業には種々の方法があるが、工業的に成功せるものには千九百三年(明治三十六年)諾威リリズチアニア大學のパークランド教授が、教師アイデ氏と共に攻究せる結果出た所謂パークランド、アイデ法と、これと殆んど同時に獨逸のセーンヘン氏の發明したものと、ポーリング氏法とがある。そして各所にこれ等の設立を見るやうになつた。(第七十八圖參照)

智利硝石が今後五十年にして盡きるものとすれば、其時の人工硝石の需要は約五百萬噸になるから、之を製するには電力六百八十萬馬力を要し、全歐洲水力發電力約三千五百萬馬力の約五分の一に相當してゐるので、空氣硝酸製造のみに斯く莫大の電力を消費することは不可能であるから、方法の改良は勿論の事、他方に硫酸アムモニウムの産額をも増さねばならぬ事となる。

八、硝酸の發煙

硝酸が稍黄色を帯びてゐるのは、其の中に硝酸分解によつて生ずる過酸化窒素 NO_2 を溶してゐるからである。此過酸化窒素を多量に溶して居るものは特に發煙硝酸と稱へられる。此物の入つて居る壺の口を取ると、過酸化窒素の濃褐色の瓦斯が立ち昇るのである。



九、硝酸の酸化作用とその腐蝕性

今何か空の砂皿若しくは瀬戸片等の上に鋸屑とか木片の如き可燃物質を積み置き、炭火若しくは酒精燈

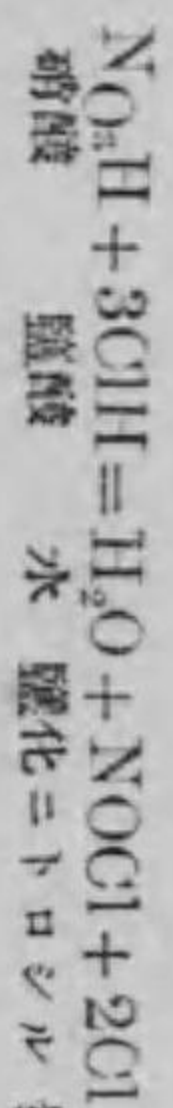
で下から熱してやゝ焦げる位になつた時、上から發煙硝酸を滴下すると、木片は忽ち發火するものである。これ硝酸は前述の如く自ら分解して酸素を出すためである。

硝酸の腐蝕性は硝酸のこの酸化作用に基くもので、青竹とか木材とかに此ものを塗れば或は褪色し或は黄褐色の焦げた様な色に變るので、これを應用して竹や木に細工を施すのは人の知る所である。皮膚に觸れると皮膚は黄色に變る。皆酸化作用によるのであつて、硫酸の腐蝕性と異なるのは注意すべきことである。皮膚の黄色になるのは蛋白質の硝酸に對する反應で、ザンソブロン反應といはれて居る。

十、王水と發生機の鹽素

硝酸一容鹽酸三容の割合に混合した液は、よく金や白金をも溶かすので之を王水と稱へることは前に揚げたが何故このものが金や白金に作用するかを左に上げることとする。

硝酸一と鹽酸三の混合液がよく金を溶かすのは次の如き反應によつて其處に發生機の鹽素が出来るからである。



硝酸

鹽酸

水

鹽化ニトロソル

發生機鹽素

爰に發生機といふのは「出來たての」といふ事である出來たてのほやくである。否出來たてのほやく所ではなくまだ出來ないほやくである。即ち出來ないうちから其の使用先が約束されてあるも

のである。出てブラ／＼して居る暇など一秒もない出ると同時に使はれるのである。此の場合の鹽素は普通の分子狀の鹽素ではない。故にCl₂とは書かずにClと書くのである。殆んど原子狀鹽素であると考えてよい。だから化學力が強く金とも白金とも化合するのである。



金 發生機鹽 鹽化金



白金 發生機鹽素 鹽化白金

かくの如く其發生機のものたるが故に作用する例はまだ他にもある。例へば鹽素で色素を漂白する場合の如き即ちそれである。布切れ等を鹽素で漂白する場合には、布切れは少くとも濕つて居らねばならないのは人の知る所である。あれは鹽素が水分の中の水素と化合して鹽化水素となり、其處に酸素を出す、其酸素が色素を酸化するからである、其の色素の酸化生成物が色のないものであつた時には我々は稱して漂白し得たりとなすのである。



此時の酸素が發生機の酸素の好例である。出來たての酸素ではなくまだ出て來ない酸素であると云ひたい。何となれば水の中に鹽素を通しても、只の水へ通じたのでは此分解作用はしかく活潑に起るものでない。所が色素を漂白する場合の様に、其處に色素といふ酸素を要するものがある、即ち酸素の賣れ先がきまつて居れば、此作用が盛に起るのである、出て而して後に作用するのでなく、出ると同

時に作用するのである。否作用する所があるから出て來るのである。

十一、鹽酸の性状、所在

鹽酸は鹽素と水素との化合物即ち鹽化水素である。その少量は噴火山の噴出氣中、人類及哺乳動物の胃液中に含有せられ消化作用を助ける。

鹽化水素は水と牽合するの力強きを以て、水に遇へば容易にその中に溶解する。即ち水一容は零度の溫度に於て此の瓦斯の五百容、十度に於て四百五十容を吸収し強酸性なる無色透明の液體を生じることが即ち鹽酸である。

坊間に販賣する通常の鹽酸は其強鹽酸にありては百分中四十分の鹽酸を含有するもので、その比重は一、二である。此の如き鹽酸は大氣に觸れると、直に發烟する、是れ鹽化水素を放散するによるのである。

藥用に供する鹽酸は、百分中三十分の鹽酸氣を含有するもので之に二倍の水を混和した者は、所謂稀鹽酸である。大約百分中に於て十分の鹽酸氣を含むものである。

十二、鹽酸の白煙

濃い鹽酸の入つた壺の口をとると、刺激性のある白煙の立ち昇ることは鹽酸を取り扱つた者の經驗する所である。鹽化水素はよく水に溶ける従つて鹽酸の壺の口を去れば鹽化水素の蒸氣が立ち昇り空氣

中の濕氣を集めて之に溶けんとするので、かくは吾人に見ゆる様な霧を生ずるに至るのである。

十三、鹽酸の効用

鹽酸は化學及び工業即ち鹽素の製造、染色術に於ける媒染劑の製造その他多くの金屬の溶解等に廣く應用せられる。

又醫藥としては消化不良の諸病に應用せられる、即ち胃液中には鹽酸の成分を含んでゐるからである。その他チブス性熱の諸病及諸種の皮膚病、デフテアリ等の治療にも應用せられる。

十四、酸

硫酸鹽酸硝酸等の如く酸性の反應を呈し酸味を有する物を總稱して酸と云ふのである。

イオン説に従ふと硫酸 SO_4H_2 、鹽酸 ClH 、硝酸 NO_3 等は皆水素原子を有しこれ等の物質が水溶液となる際には、硫酸は硫酸イオン SO_4^- と水素イオン H^+ とに、鹽酸は鹽素イオン Cl^- と水素イオン H^+ とに、硝酸は硝酸イオン NO_3^- と水素イオン H^+ とに電離するを以て、酸として共通な性質を呈するものは、水素イオンの爲なりと斷定せねばならぬ。而して酸に金屬を働かすと水素を生じ金屬は溶解して金屬イオンとなれば一般に酸とは金屬と置換し得べき水素原子を有するものであると定義することが出来る。而して酸に強弱あるは、同じ濃さの溶液中に存在する水素イオンの多寡により決定せられるもので、例へば硫酸なる硝酸は一モルの溶液(水一立に其物質の一瓦分子量を溶解せるもの)に於て八五%鹽酸

は八〇%電離し、醋酸の如き弱酸は僅かに〇、四%位電離し居るのである。又溶解せる物質の全量に對し電離せる部分の比を其物質の電離度と稱す。

今普通の酸の強弱を類別すると次の如くである。

強酸 硝酸、鹽酸、臭化水素酸、沃化水素酸

中酸 硫酸、磷酸、亞硫酸、碲酸、弗化水素酸

弱酸 碳酸、硼酸、醋酸

十五、酸の比重と濃度

比重	鹽酸	硝酸	硫酸
一、〇一	二、一四%	一、九〇%	一、五七%
一、〇二	四、一三%	三、七〇%	三、〇三%
一、〇三	六、一五	五、五〇	四、四九
一、〇四	八、一六	七、二六	五、九六
一、〇五	一〇、一七	八、九九	七、三七
一、〇六	一二、一九	一〇、六九	八、七七
一、〇七	一四、一七	一二、三二	一〇、一九

一、〇八	一六、一五	一三、九四	一一、六〇	
一、〇九	一八、一一	一五、五二	一二、九九	
一、一〇	二〇、〇一	一七、一〇	一四、三五	
一、一一	二一、九二	一八、六六	一五、七一	
一、一二	二三、八二	二〇、二二	一七、〇一	
一、一三	二五、七五	二一、七六	一八、三一	
一、一四	二七、六六	二三、三〇	一九、六一	
一、一五	二九、五七	二四、八三	二〇、九一	
一、一六	三一、五二	二六、三五	二二、一九	
一、一七	三三、四六	二七、八七	二三、四七	
一、一八	三五、三九	二九、三七	二四、七六	
一、一九	三七、二三	三〇、八七	二六、〇四	
一、二〇	三九、一一	三二、三四	二七、三二	
比重	硝酸	硫酸	比重	硫酸
一、二一	三三、八〇%	二八、五八	一、五九	六七、八三

一、三二	三五、二六	二九、八四	一、六〇	六八、七〇
一、二三	三六、七六	三一、一一	一、六一	六九、五六
一、二四	三八、二七	三二、二八	一、六二	七〇、四二
一、二五	三九、八〇	三三、四三	一、六三	七一、二七
一、二六	四一、三二	三四、五七	一、六四	七二、一二
一、二七	四二、八五	三五、七一	一、六五	七二、九六
一、二八	四四、三九	三六、八七	一、六六	七三、八一
一、二九	四五、九三	三八、〇三	一、六七	七四、六六
一、三〇	四七、四七	三九、一九	一、六八	七五、五〇
一、三一	四九、〇五	四〇、三五	一、六九	七六、三八
一、三二	五〇、六九	四一、五〇	一、七〇	七七、一七
一、三三	五二、三四	四二、六六	一、七一	七八、〇四
一、三四	五四、〇四	四三、七四	一、七二	七八、九二
一、三五	五五、七六	四四、八二	一、七三	七九、八〇
一、三六	五七、五四	四五、八八	一、七四	八〇、六八

一、三七	五九、三六	四六、九四	一、七五	八一、五六
一、三八	六一、二四	四八、〇〇	一、七六	八二、四四
一、三九	六三、二〇	四九、〇六	一、七七	八三、五一
一、四〇	六五、二七	五〇、一一	一、七八	八四、五〇
一、四一	六七、四七	五一、一五	一、七九	八五、七〇
一、四二	六九、七七	五二、一五	一、八〇	八六、九二
一、四三	七二、一四	五三、一一	一、八一	八八、三〇
一、四四	七四、六四	五四、〇七	一、八二	九〇、〇五
一、四五	七七、二四	五五、〇三	一、八三	九二、一〇
一、四六	七九、九四	五五、九七	一、八四	九五、六〇
一、四七	八二、八六	五六、九〇	一、八四〇五	九五、九五
一、四八	八六、〇一	五七、八三	一、八四一〇	九六、三八
一、四九	八九、五六	五八、七四	一、八四二五	九七、三五
一、五〇	九四、〇四	五九、七〇	一、八四一〇	九八、二〇
一、五一	九八、〇五	六〇、六五	一、八四〇五	九八、五二

一、五二	九九、六二	六一、五九	一、八四〇〇	九八、七二
一、五三		六二、五三	一、八三九五	九八、七七
一、五四		六三、四三	一、八三九〇	九九、一二
一、五五		六四、二六	一、八三八五	九九、三一
一、五六		六五、二〇		
五一、七		六六、〇九		
一、五八		六六、九五		

第二十三 苛性曹達、炭酸曹達

一、教授の主眼

(1) 苛性曹達

イ、苛性曹達の水溶液が赤色試験紙を青變すること。

ロ、その水溶液が動植物體に對して激性を有つてゐること。

ハ、特に水溶液が油、脂肪を乳狀となすこと。

(2) 中和

(3) 炭酸曹達

イ、炭酸曹達の水溶液がアルカリ性を有すること。

ロ、これに鹽酸を加ふれば炭酸瓦斯を出す。

ハ、苛性曹達の如く、油、脂肪を乳狀となせども動植物體に激性を與へないこと。

二、實驗事項

A、兒童實驗一

(苛性曹達)アルカリの反應及味

一、準備

試験管、苛性曹達の濃溶液、リトマス、フェノルフタレイン、赤色試験紙。

二、方法

(1) 他の試験管に少量の水を入れ、その中へ苛性曹達の濃溶液を少量入れしめ薄き水溶液を作る。

(2) その中へ赤色リトマス試験紙又は赤色リトマス液を浸さしめると、直に青色に變ずる。

(3) フェノルフタレインのアルコール溶液を注ぐと赤色を呈する。

(4) 其の充分稀釋したるものを嘗むれば一種の味を有する。

三、歸納

- (1) 赤色リトマス紙を青變するは……アルカリの性質を言ひ表したものである。
- (2) 稀弱なるものを嘗めると……アルカリ性の味を有する。

四、例 證

石鹼には苛性曹達が入つてゐる故に其の液を試験管に入れて水を加へ、フタエノルフレンを注下すると赤紫色を呈するものである。

B、兒童實驗一

動植物質に對する作用

一、準 備

試験管、苛性曹達、毛布片、毛糸、メリンス布片、酒精燈。

二、方 法

- (1) 試験管の中へ苛性曹達の小塊を入れたものを兒童各組に與へ、其中へ水を注がしめると暫時にして苛性曹達は溶解し、濃き水溶液となる。
- (2) 苛性曹達の濃溶液の中へ、毛布片及メリンス布片を浸しアルコールランプの焰で熱すると其の布片は遂に爛れ崩れる。
- (3) 又木の葉を同様に實驗するも爛れる。

注 意

- (1) 苛性曹達の水溶液を作る場合には、苛性曹達を水に浸し、アルコールランプの焰で熱すると速かに溶解する。
- (2) 苛性曹達の小片を試験管に入れて配布しなくと溶けてくる、これは潮解性が大きい爲である、空中の水分を吸つたのである。
- (3) 動物質の方が植物質のものより侵されやすい。

三、歸 納

- (1) 苛性曹達に水を注ぐと……水によく溶解する。
- (2) 苛性曹達の濃溶液中へ毛布、メリンス、木の葉等を浸すと……苛性曹達はこれ等動植物體に烈しく作用して遂に溶解するに至るものである。

四、例 證

- (1) 苛性ソーダの水溶液を指頭につけ摩擦するとき、アルカリに特有なる粘滑なる感覚を與へるこれ苛性曹達が皮膚を浸すためである。
- (2) 石鹼に苛性曹達を入れるはこの作用を利用したものである。
- (3) ベルツ水に入れるも同様である。

參 考 實 驗

一、準 備

蛙、蛇、鮎、濃苛性曹達液、アルコール、試験管又は瓶

二、方 法

- (1) 試験管に濃苛性曹達液を入れる。
- (2) 蛙、蛇の皮をむぎ濃苛性曹達液の中に入れる。
- (3) 漸時にして蛙、蛇等は透明體となり内臓、骨格等を十分認めることが出来る。
- (4) 鮎は鱗を落す必要はない直に濃溶液中に入れるとよい。
- (5) 蛙、蛇、鮎等が適當の透明色となつたらこれを引上げて、水洗し（或は稀酸を以て中和してもよい）これをアルコールにて漬物にして置くと立派な標本が得られる。
- (6) 歸納 苛性曹達は動物に對して實に猛烈なる作用を以てゐるものである。

三、本實驗の特徴

- (1) 明瞭で興味がある。
- (2) 博物標本には缺く可らざるものである。

C、兒童實驗三

苛性曹達の水溶液が油を乳化すること

一、準備

苛性曹達、種油、コップ、水。

二、方法・歸納

- (1) コップの水の中に種油を滴下して兩者の交る状態を観察せよ………溶けぬ。
- (2) 次に之を振盪せよ………暫時にして舊の状態に復る。
- (3) 之に苛性曹達の溶液を加へよ………苛性曹達は油を乳狀化する。

備考

炭酸曹達にても同様に實驗してよい。

D、補充實驗

灰汁のアルカリ性反應を呈すること

一、準備

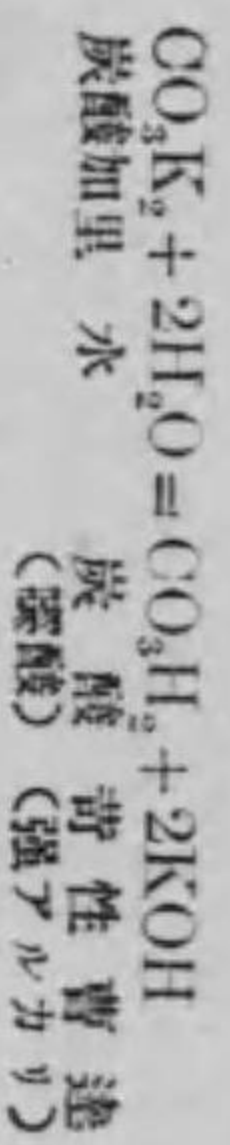
試験管二本、木灰、濾紙、漏斗、リトマス試験紙。

二、方法

- (1) 試験管に木灰を入れ水を加へて灰汁を作り、濾紙で濾して他の試験管に取る。
- (2) その中へ赤色リトマス試験紙（又は赤色リトマス溶液乃至はフェノルフタレン溶液）を入れしめると直に青色に變ずるものである。

三、歸納

- (1) 赤色リトマス試験紙が青色に變するは……灰汁がアルカリ性反應を呈するのである、これ木灰中には炭酸カリウムを含有するためである其の割合は木灰の二〇%を占めてゐる。
- (2) 灰汁の濃過したものを稍多量に製し、蒸發皿で煮詰めると粗製の炭酸を得るによつても明かである
- (3) 古來灰汁を洗濯に使用するは即ちこの炭酸カリウムが洗濯曹達の如く加水分解してアルカリ性を呈するに因るのである、木灰を肥料とするのも亦此カリウム鹽を利用するに外ならないのである。



四、本實驗の特徴

- (1) 實用的で日常必須の知識である。
- (2) 非常に趣味を増す。
- (3) 洗濯の理を知らしめる。
- (4) 家庭實驗をすることが出来る。

灰汁ノ研究

木灰には二十パーセントの加里鹽が含まれてゐる。炭酸加里が最も多くて硫酸加里、鹽化加里も少量はある、各加里鹽の水の溶解度は攝氏十度で

炭酸加里 一〇九、二

硫酸加里 九、二二

鹽化加里 三一、〇〇

であるから灰汁を煮つめる時に溶解度の少ない、硫酸鹽、鹽酸鹽は最初に結晶となつて折出するのである。此等を檢出するには次の如くすればよい。

- 鹽化バリウムの水溶液を加へて 白き沈澱が出来たら………硫酸鹽
- 硝酸銀を加へて 白き沈澱が出来たら………鹽酸鹽
- 酸を加へて出てくるがすなわ炭水に入れて白濁したならば………炭酸鹽
- 白金線につけて焰色反應をみて紫白色になつたら………加里

E、補充實驗

石鹼汁のアルカリ性を呈すること

一、準備

石鹼汁、赤色リトマス試験紙、試験管。

二、方法

- (1) 試験管に水を入れ石鹼の小片を入れこれを振盪すると石鹼汁が得られる。
- (2) 赤色リトマス試験紙を入れると青變する。
- (3) 赤色リトマス液を注ぐと青變する。

- (4) フェノルフタレン溶液を入れると赤紫色を呈する。
- (5) 歸納……石鹼溶液もアルカリ性反應を呈するものである。

F、教師實驗

中和

一、準備

苛性曹達、鹽酸、赤色及青色のリトマス試験紙、赤色リトマス溶液、コップ、ガラス棒。

二、方法

- (1) 苛性曹達の水溶液を容れたコップを取り其中へ赤色リトマス溶液を入れて青變せしめ、之を硝子棒で絶えず掻き廻しながら鹽酸を入れ、青色の液が漸時紫色に變じて止める。
- (2) この時鹽酸の量少きときはリトマス液は猶青色を呈するけれどもその量少しく過剰となれば忽ち赤色に變ずる、丁度紫色を呈する時がよいのである。

注意

- (1) リトマス液紙を用ふる時は紫色となつた所が中性である。
- (2) フェノルフタレンを用ふるときはアルカリで赤くなつた上に酸を加へる様にし赤色が丁度消えし所が中性である。

三、歸納

(1) アルカリと酸とは其の反應相反するもので上の如く此の二物を適度に混するときは何れも其の反應を失ふものである。

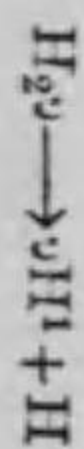
(2) 赤色のリトマスの何れにも作用せざるものを中性の物といふ。

(3) 例證……水、鹽水、アルコールの如きは其の例なり。

備考

- (1) 中和すべき割合は苛性曹達一瓦に對し濃鹽酸(比量一、一五三)の鹽化水素を含むもの約三立方厘米の割合である。
- (2) 中和の指示薬

指示薬の實用はその變化が最も中性に近い處で起ることが必要である、純水中に水が解離して水素イオンが出來て居る。



その水素イオンの濃度は $\frac{1}{10^7}$ 此の濃度が即ち中性點である。

今醋酸溶液に醋酸ナトリウムを加へ甚だ弱き酸性の液を作り或はアンモニア溶液に鹽化アンモニウムを加へて甚だ弱きアルカリを作り數種の指示薬について實驗すると次の如くなる。

名稱	水素イオンの濃度色			
フェールフタレン	$\frac{1}{10^{7.3}}$	紅色	$\frac{1}{10^{7.5}}$	無色
パラニトロフェノール	$\frac{1}{10^{6.7}}$	黄色	$\frac{1}{10^{6.1}}$	無色
メチルオレンジ	$\frac{1}{10^{5.2}}$	黄色	$\frac{1}{10^{4.1}}$	橙色
			$\frac{1}{10^{3.3}}$	赤色

之からみるとフェノルフタレンは最も中性に近き處に就て變化する迄である、即ち指示薬として尤も適切である。

リトコスは水素イオンの濃度 $10^{6.97}$ の時に紫色を呈しその前後に青色赤色にかかるから之れ又良い指示薬である。

G、兒童實驗五

A 鹹味を有すること食鹽を作ること

一、準備

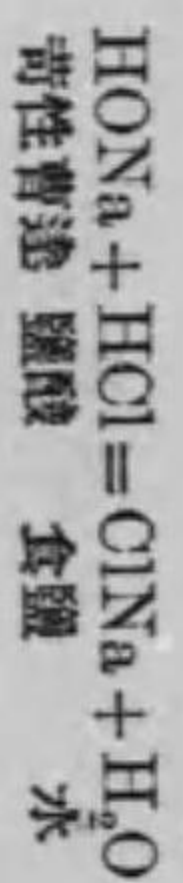
蒸發皿、三脚臺、金網、酒精燈。

二、方法

- (1) 前實驗に於て得た液を嘗めると鹹味があつて酸味もアルカリ性の味をも呈せない。
- (2) この液を蒸發皿に移し金網上で煎沸し、水分を蒸發し去る時は食鹽を留める。

三、歸納

(1) 鹹味を呈するは……中性なる鹽化ナトリウム(食鹽)といふ鹽の成生せしによるのである。



苛性曹達 鹽酸 食鹽 水

(2) 蒸發して食鹽の析出するは……苛性曹達に鹽酸を加へて中和すれば食鹽と水を生ずる故にこの水が蒸發して食鹽を析出するのである。

(3) 凡べて酸とアルカリとは適量に混するときは中性のものを生じ、この溶液を蒸發し行くときは遂に

外形食鹽に類するものを得るを以てこれ等を總稱して鹽類といふのである。

H、兒童實驗六

(炭酸曹達)加水分解

A 水にとけ易いこと

B 其の水溶液はアルカリ性を有すること

一、準備

水、炭酸曹達、赤色試験紙、試験管。

二、方法

- (1) 試験管に少許の水をとり、少許の炭酸曹達を投下すれば暫くにして溶解する。
- (2) 此の水溶液中に赤色試験紙をひたすに青色に變る。

三、歸納

- (1) 試験管の水中に投下した炭酸曹達は如何になつたか……暫くにしてなくなつた。
- (2) 赤色試験紙はどうなつたか……青色と變つた。
- (3) 炭酸曹達は水にとけ易く、其の水溶液にアルカリ性を有して居る。

注意

赤色試験紙の代りにフェノールフタレンを用ひると明瞭に其の反應を知ることが出来る。

I、兒童實驗七

炭酸瓦斯の發生

一、準備

炭酸曹達、鹽酸、マツチ、試験管。

二、方法・歸納

試験管に炭酸曹達を取り之れに鹽酸を注げば瓦斯を發生する、マツチを点火して近づくるに直ちに消える。是れ炭酸瓦斯である。

備考

此の發生瓦斯を石灰水中に導いて白濁を作れば炭酸瓦斯たることは明瞭である。

G、兒童實驗八

炭酸曹達の乳狀化

一、準備

材料—炭酸曹達の水溶液、菜種油、試験管。

二、方法・歸納

試験管に菜種油を少許取り、之れに炭酸曹達の水溶液を注下して振盪すれば乳狀となる。是によつて炭酸曹達には油・脂肪を乳狀化する性質のあることがわかる。

K、教師參考實驗

油の乳狀化

一、準備

前實驗の準備、及、顯微鏡。

二、方法

兒童がなしたると同一の實驗をなして、乳狀化せるものを顯微鏡に依つて膨大する。

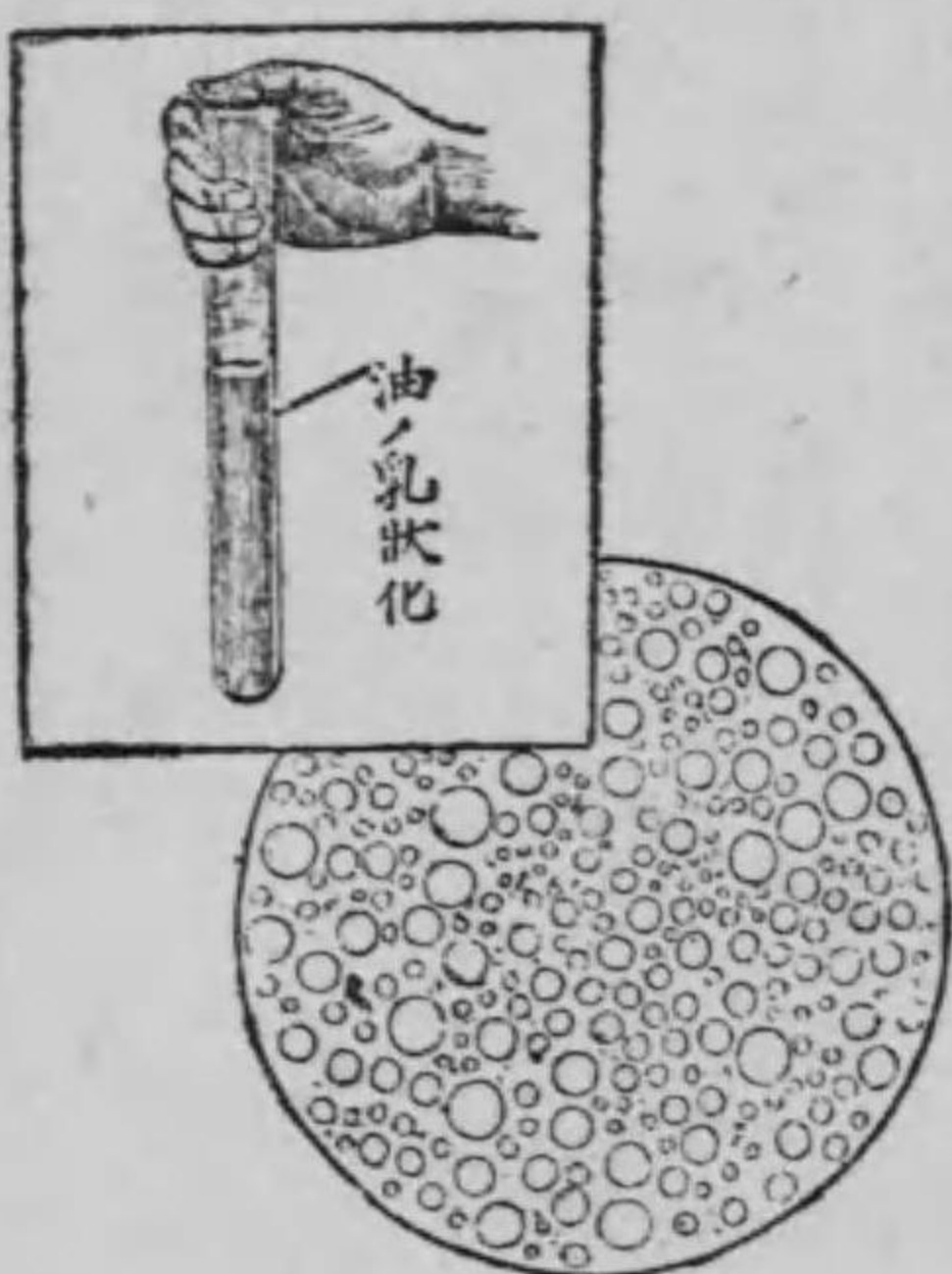
注意

兒童をして課外等に見させる。

三、例證

炭酸曹達に油又は脂肪を乳狀化する性あるものと、動植物體にはげしい作用をなさめ性あるのとなつて洗滌に用ひる。

第九十七百第



第二十三 苛性曹達 炭酸曹達

I、補充實驗

炭酸曹達の風化

一、準備

炭酸曹達、蒸發皿。

二、方法・歸納

新らしい炭酸曹達の結晶を取つて蒸發皿に入れて空氣中に放置して置くと數日の後には結晶を失つて粉末となる。かゝる現象を風化といふ。之を兒童に觀察させよ。

備考

- (1)炭酸曹達を焼けば直ちに此の結果が得られる。
- (2)かくて得たものは無水炭酸曹達といふ。

三、研究應用

一、中和の化學的現象

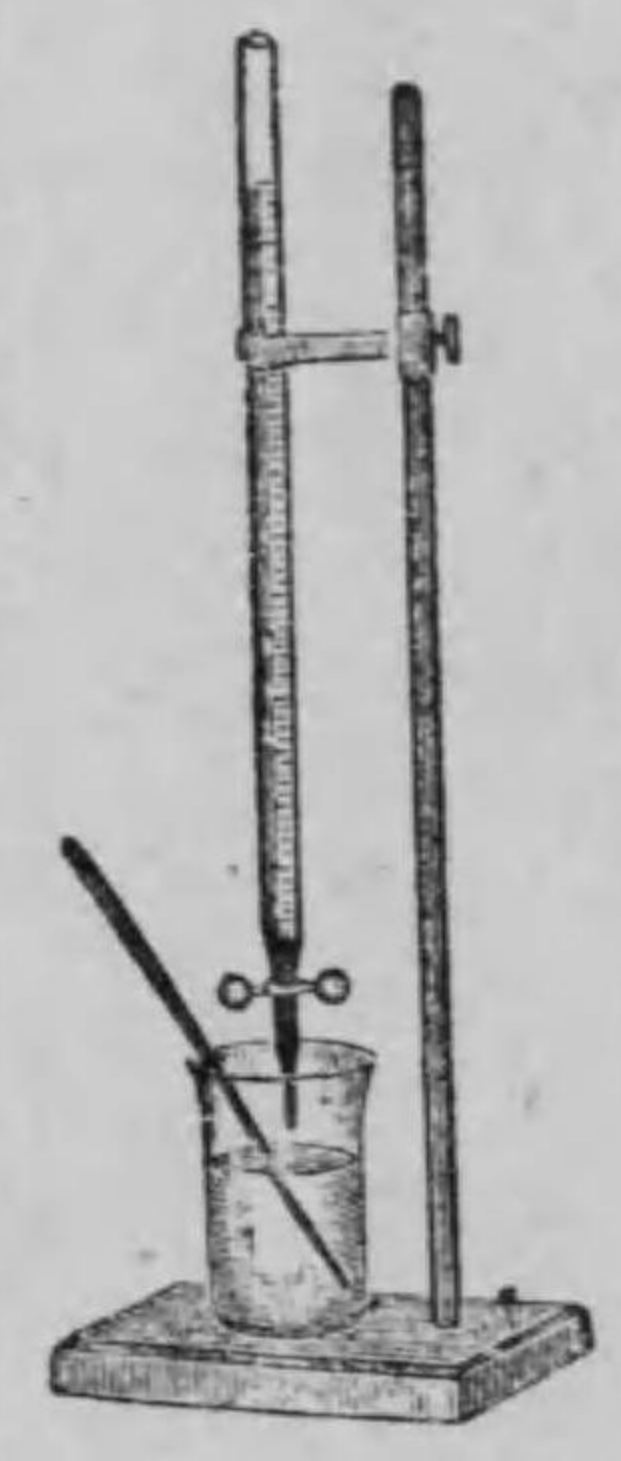
酸と鹽基とは互に反對の性質を有し、其各適量を用ひて反應せしめる時は即ち中性を有する化合物を

生ずる。此の作用に由りて如何なる化學的變化の起るべきものなるやを知らんと欲せば、酸と鹽基との二三を取つてその相互間の反應を検する。

今試に他の代表物を取り、其溶液の濃度を一定して、之れを検する。

鹽	酸	水酸化
酸	酸	化
硝	NO ₂ H	ボタシウム(苛性加里) KOH
硫	SO ₂ H ₂	水酸化ソヂウム(苛性曹達) HO ₂ Na
		水酸化カルシウム(苛性石灰) (HO) ₂ Ca

是等の化合物によりて最初に酸の一定量を中和せんに鹽基の幾何量を要するやを驗し次に酸と鹽基との化合は如何なる化學的作用なるかを驗するがよい。



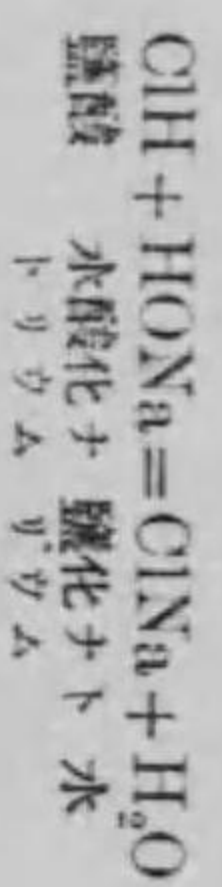
圖十八百第

今酸の水溶液の一定量に、青色のリトマス液を注加して赤色に變せるもの、一に、鹽基の水溶液を目盛管ビュレットに入れ、下端の活栓を開き徐々に滴下するときは、其液にして尙ほ酸性を存する間は、その赤色を失はないが、その液が鹽基性となる時は直に青色に變するを見る。

此くの如く溶液中に於けるリトマスの變色を注意して觀察するときは、酸の一定量を中和するに要するところの鹽基の量を定むることが出来る。

かくてその他の酸類及び鹽基に就いて、互に中和するに要する量を定すれば、即ちその量の常に不變なることを知る。即ち一の酸を中和するに要する一の鹽基の量は常に相同じいものである。是を以て中和は一の酸及び一の鹽基(アルカリ)の各一定量の間に生ずる化學的作用であると知られる。

前の實驗で既に知れるが如く、水酸化ナトリウム液を以て、鹽酸を中和する時は鹽化ナトリウム及び水を生ずるのである。その反應は左の如くである。



鹽酸 水酸化ナトリウム

鹽化ナトリウム 水

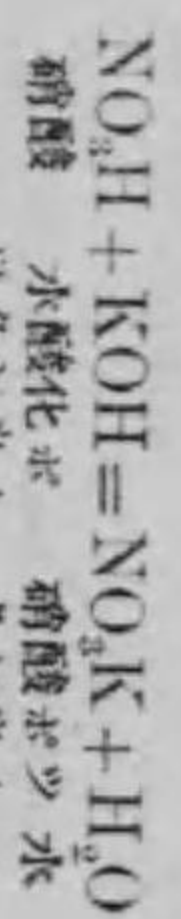
又鹽酸の水酸化カルシウムに於ける反應は、左の如く鹽化カルシウムと水を生ずるのである。



鹽酸 水酸化カルシウム

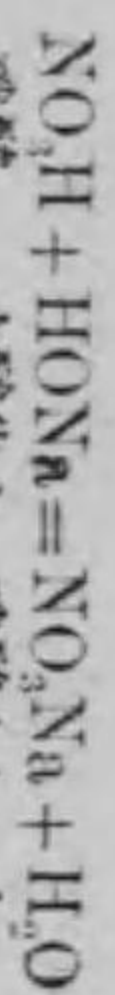
鹽化カルシウム 水

鹽酸が三種の鹽基に於ける反應は次の如くである。



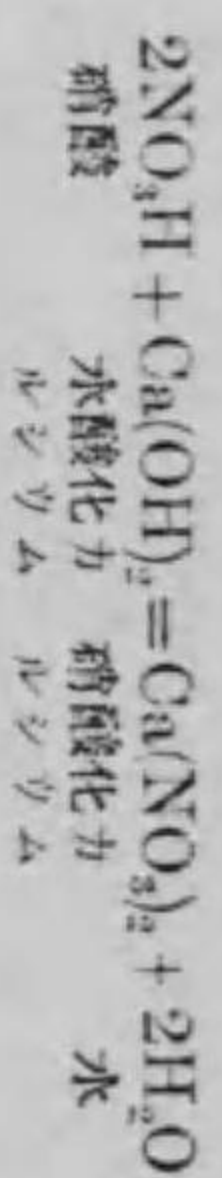
硝酸 水酸化カリウム

硝酸カリウム 水



硝酸 水酸化ナトリウム

硝酸ナトリウム 水



硝酸 水酸化カルシウム

硝酸カルシウム 水

又硫酸が三種に於ける反應は左の如くである。



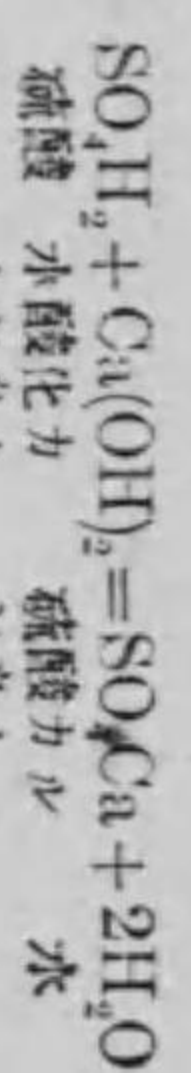
硫酸 水酸化カリウム

硫酸カリウム 水



硫酸 水酸化ナトリウム

硫酸ナトリウム 水



硫酸 水酸化カルシウム

硫酸カルシウム 水

右の三種に於ける反應は、酸と鹽基との間に於ける總ての反應の模範とすべきもので、これによつて生ずる所のものは、常に水及び中性の化合物で之を之の酸と比較するときは、酸中の水素が鹽基中の金屬と交代して成れるものである。即ち鹽化ナトリウム ClNa は鹽酸 ClH 中の水素が水酸化ナトリウム HONa 中のナトリウムと交代して生じ、硝酸ポッタシウム NO_3K 硝酸 NO_3H 中の水素 H が、水酸化ポッタシウム HOK 中のポッタシウムと交代して成れるもので、鹽化ナトリウム及び硝酸ポッタシウムは共に中性の化合物即ち鹽である。

右の現象は尙ほ諸多の酸類及び金屬の水酸化物に就いて實驗するも、常に同一の反應を呈するを以て

吾人は則ち左の事實を抽象し得る、

一、酸は金屬によつて置換せらるべき水素を含有する化合物で、青色リトマス^{リトマス}を赤色に變ずるものである。

一、鹽基(アルカリ)は金屬の水酸化物で、赤色リトマス^{リトマス}を青色に變ずるの性を有するものである。

一、酸が鹽基に作用する時は、酸中の水素は、鹽基中の金屬と交代するものである。

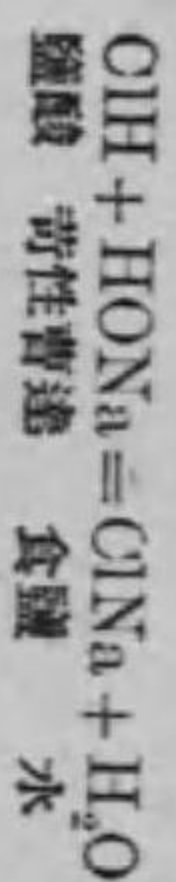
一、鹽基中の金屬を、酸の作用によつてその水素と交代せしめて、生じたるものは水である。

一、酸中の水素を鹽基中の金屬と交代せしめて生ずる物は、酸にもあらず又鹽基にもあらずして、中性を有するものである、此の化合物を鹽といふ。

二、鹽の生ずる場合

(一)酸と鹽基と作用した場合

例へば鹽酸と苛性曹達と作用して食鹽が出来る場合の如きものである。



鹽酸 苛性曹達 食鹽 水

(二)酸と金屬の酸化物が作用した場合

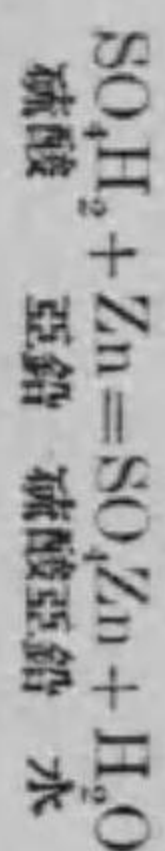
例へば硝酸と酸化銅で硝酸銅が出来る如き類である。



硝酸 酸化銅 硝酸銅 水

(三)酸と金屬とが作用した場合

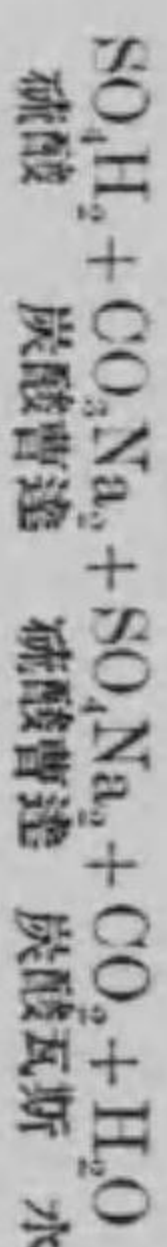
例へば硫酸と亜鉛とが作用して硫酸亜鉛が出来る如きもの。



硫酸 亜鉛 硫酸亜鉛 水

(四)酸と金屬の炭酸化合物と作用した場合

例へば硫酸と炭酸曹達と作用して、硫酸曹達を生じたるが如きもの。



硫酸 炭酸曹達 硫酸曹達 炭酸瓦斯 水

三、鹽の種類

鹽には三つの種類がある。

(一)中性鹽

酸の水素元素が悉く金屬で置換せられた成分或は又鹽基根が悉く酸根で置換せられた成分を以てするものであつて、前に上げた食鹽(ClNa)硫酸曹達(SO₄Na₂)等は何れもこれである。

(二)酸性鹽

酸の水素元素の一部分が金屬で置換せられ、他の一部分は置換されず其儘残つてゐるものであつ

て、例へば酸性炭酸曹達即ち重炭酸曹達、俗に云ふ重曹 NaHCO_3 とか酸性磷酸曹達 NaH_2PO_4 或は Na_2HPO_4 の如き即ちこれである。

酸性鹽に又種類がある。炭酸の如く (CO_2H) 水素を二つきり有つて居らない酸には、酸性は一種類きり無いけれども、游酸 の如き二つの水素を持つて居るものには二種類の酸性鹽があるわけである。即ち

(a) 其の中の二つの水素だけを金屬で置き換へたもの Na_2HPO_4 磷酸二水素ナトリウムと稱する。

(b) 其の中の二つの水素を金屬で置き換へたもの NaH_2PO_4 磷酸一水素ナトリウムを稱する。

(三) 鹽基性鹽

鹽を鹽基の水酸根を酸根で置き換へたものと見る時に其の水酸根を悉く酸根で置きかへないで其の一部分の残つて居るものであつて、例へば鹽基性鹽化マグネシウム $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$ の如きものである。

(四) 中性、酸性、鹽基性鹽について。

中性鹽とか酸性鹽とか鹽基性鹽など稱するのは、只其形即ち構造の上から稱へる事であつて、決してそれがリトマスに對する實際の作用を意味して居るもので無い事を忘れてはならぬ、中性鹽と稱しても、水に溶けてリトマスに對する反應は或は酸性のものもアルカリ性の者もある。又偶然に其の名の通り中性のものもある。酸性或る鹽基性と稱しても同様である。例へば硫酸曹達即ち中性或

は正硫酸曹達 Na_2SO_4 の如きは名實相伴つて實際の性質も中性であるが、炭酸曹達の如きは、其中性鹽 CO_2Na_2 も、酸性鹽 NaHCO_3 どちらも共にアルカリ性である。又中性硫酸アルミニウム $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ の如きは實際の性質は酸性である。此等の事は其少量を水に溶して試験紙を浸して見れば直ぐ判る中性と稱しながら酸性であつたり、酸性と稱しながらアルカリ性であるなどは、頗る不都合である様に考へられるけれども、只形の上の名である事を了解して居れば少しも不都合はない。

四、石鹼の鑑別

石鹼を無水アルコールに溶かすか又は石鹼に直接フェノルフタレインのアルコール溶液をつけて赤くなるならば、それは遊離のアルカリが存在するのであつて、よく化合せなかつた残り皮膚を荒し絹物をいためる原因になる、今之に水を加へると石鹼が加水分解してバルミチン酸などの有機の弱酸と苛性ソーダとなるからアルカリ性反應を呈するのである。水を加へるに従つて赤色をますのを見る事が出来て頗る興味ある實驗である。

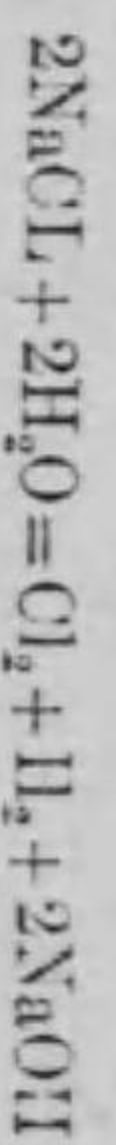
五、苛性曹達

苛性曹達は極めて水にとけ易い白色の固體で強いアルカリ性がある。之れを製するには炭酸曹達に石灰乳(生石灰を水にとかして乳狀としたもの)を加へて熱するそうすれば次式の反應

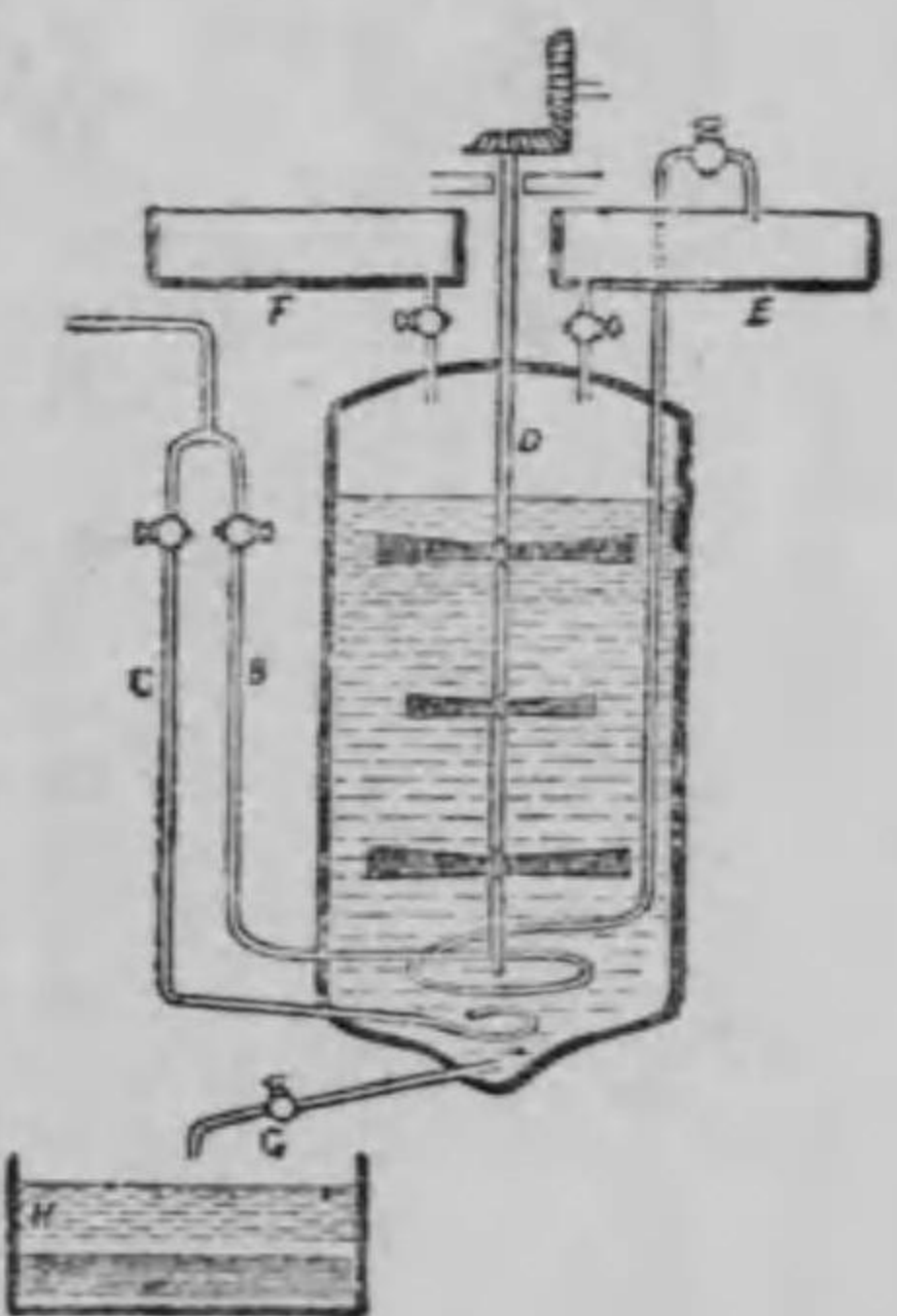


に依つて炭酸石灰及苛性曹達を生ずる。炭酸石灰は水に不溶解性であるから其のまゝ沈澱し、苛性曹達のみ液中に溶存する。是れを蒸發して濃厚にし、型に入れて製したものは普通吾人の用ひる棒狀苛性曹達である。

近來は水力に依つて廉價に電氣エネルギーが得られるから食鹽の水溶液に電氣分解を行ひ、陰極に生じた苛性曹達溶液を蒸發して作る法が行はれてゐる。



六、石鹼の製法



C、Bは過熱蒸氣送管、D攪拌器、E苛性曹達液、F食鹽水、H K鹼化液

脂肪を碎きて苛性曹達を加へ、平い大鍋で煮る。すると玆に



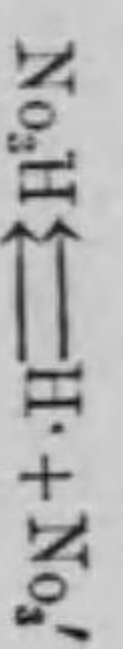
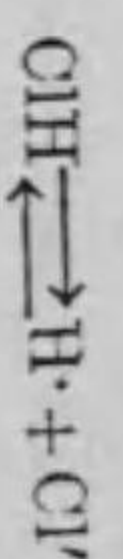
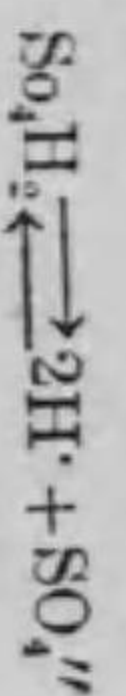
牛脂、豚脂等を苛性曹達と共に熱すれば脂肪の主成分たるパルミチン酸、ステアリン酸、オレイン酸等のグリセリンエステルが苛性曹達と作用して三種のナトリウム鹽類とグリセリンとなる。是れに香料を入れて型に固めたものが石鹼である。即ち先づ

第四百一十八

なる化學變化が起る。(是れを鹼化作用といふ) 鹼化作用の完全するを待つて其の中に食鹽を加へると三種の脂肪酸曹達は凝因して液と分離する。

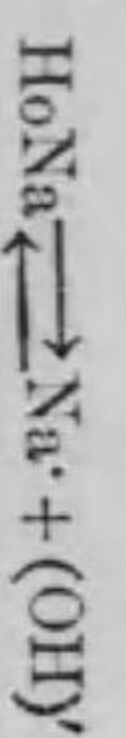
七、酸性反應とアルカリ性反應の原因

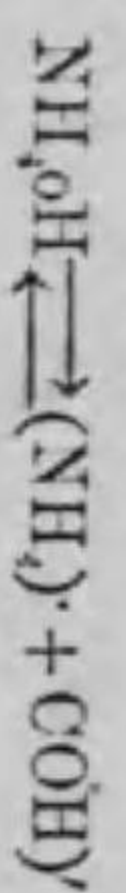
硫酸、硝酸、鹽酸は皆其水溶液に於てよく解離して何れも水素の陽イオンとそれぞれ異つた酸根の陰イオンとなつて居る。



これ等の酸が水溶液に於て何れも等しく酸性の反應を呈するのは、此水素イオンのためである。 SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- は酸性反應に就いては何等與らないのである。

次にアルカリは其水溶液に於てそれゝ異なる金屬の陽イオンと水酸根の陰イオンとに解離してゐる例入ば





種々のアルカリが水に溶けて等しくアルカリ性反応を呈するのは、皆この水酸根の陰イオンのためであつてそれ〴〵異つた金属の陽イオンは與らないのである。

八、酸及鹽基の強弱

同じ酸でも硫酸や鹽酸の様に強い酸もあれば、醋酸や炭酸瓦斯の水に溶けた炭酸の様に弱い酸もある。アルカリに於ても同様である。苛性曹達や苛性加里の様に強いアルカリもあれば、水酸化アルミニウム $\text{Al}(\text{OH})_3$ の様に誠に弱いものもある。何によつて然るかそれは解離の度合によつて定まるのである。解離の度合の強い酸は強く弱い酸は弱いアルカリに於ても同様である。

硫酸の如きは、其薄い溶液に於ては溶けてゐる硫酸の全部が悉く解離して水素イオンを出して居り、炭酸の如きは一部分は解離して水素イオンを出して居るが、他の大部分は解離しないで CO_2 、其儘となつて溶けて居る。即ち硫酸は割合に汁を多く出し、炭酸は少しきり出さないわけになる。これ強弱の分るゝ所である。アルカリも同様であつて苛性曹達の如きものは其薄い溶液に於ては全部解離して (OH) を出して居り $\text{Al}(\text{OH})_3$ の如きは其一部は解離して居るが大部分は其儘になつて居るのである。

九、種々の鹽類の眞の性

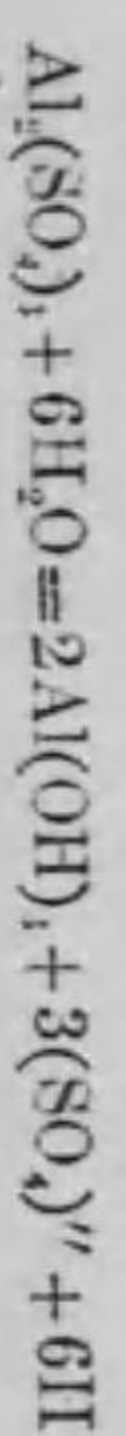
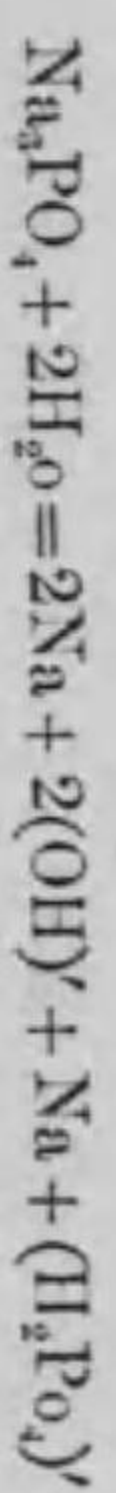
種々の鹽類に於て其の眞の性即ち其反應が中性であり、或はアルカリ性であり、或は酸性である釋を知らんに、例へば中性炭酸曹達 Na_2CO_3 がリトマスに對する性が、アルカリ性であることは次の如き理由である。

炭酸曹達は強鹽基と弱酸との中和で出來た鹽であるから、水溶液に於て加水分解して解離して居る



この式の右邊を見ると、酸性及アルカリ性反應に關係あるものではアルカリ性反應に關係ある (OH) がある丈けであとは全く關係の無いものばかりである。即ちアルカリ性反應を呈する所以である。

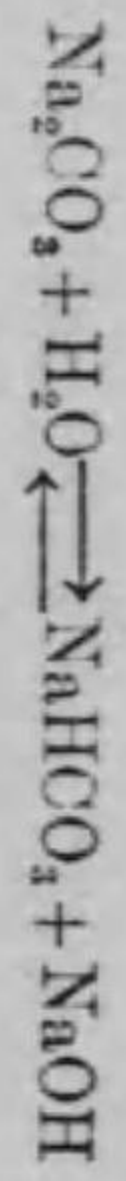
茲で $(\text{HCO}_2)'$ は一個の陰イオンとして作用するだけで H 及 (CO_2) とはならぬのである。斯くて (OH) が一個 H が一個であるから中性となるわけである。其の然らずして $(\text{HCO}_2)'$ となる所に炭酸曹達の水溶液のアルカリ性な所以があるのであるが然らば何故に $(\text{HCO}_2)'$ は更に H と (CO_2) とにならないかといふに、それは炭酸は弱酸即ち解離度の少ない酸であるからである。其の他皆之に類して居るが、次に中性磷酸曹達の同じくアルカリ性なる所以と、中性硫酸アルミニウムが酸性なる所以とを只式にて示すこととする。



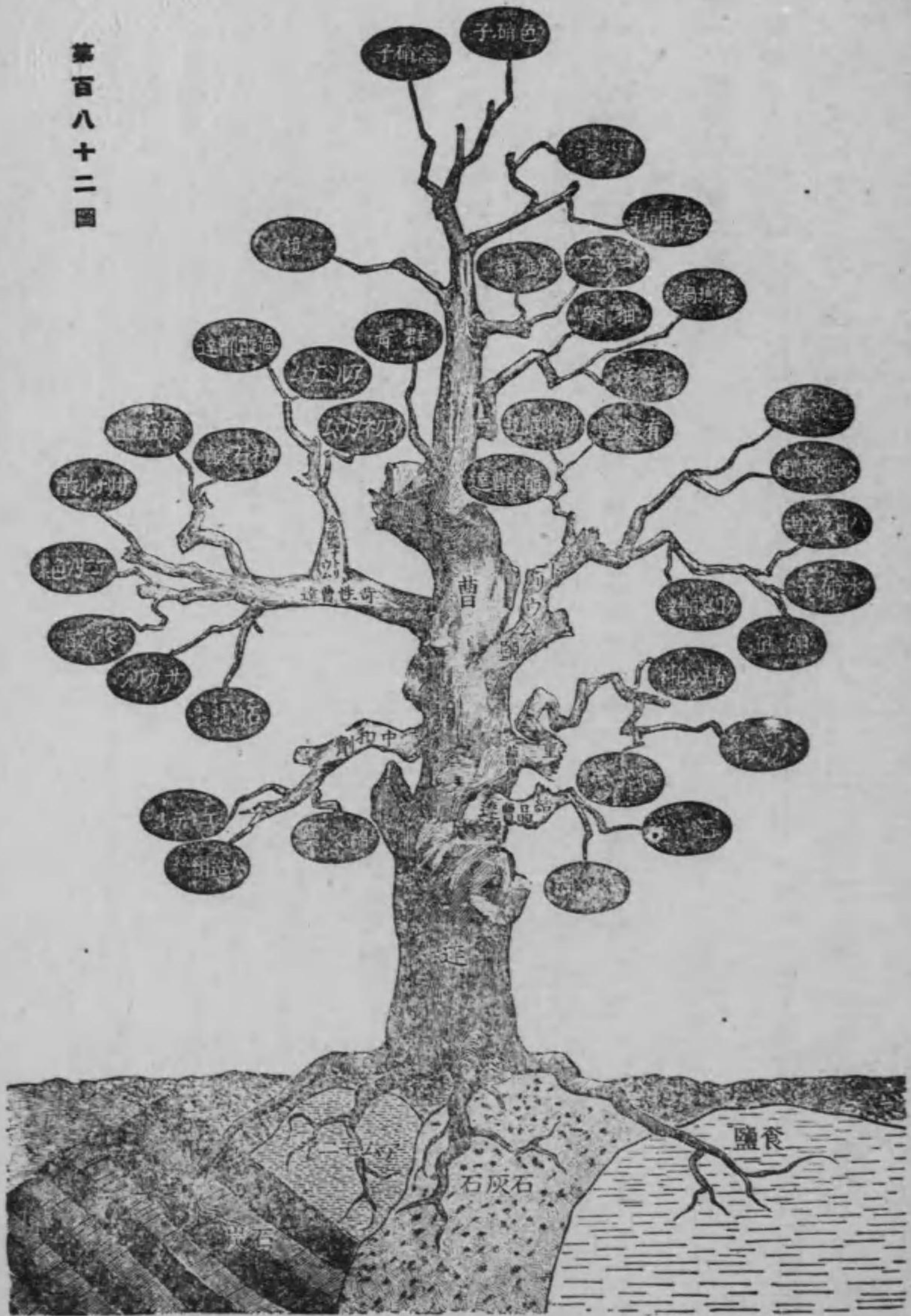
一〇、炭酸曹達の性質用途

炭酸曹達は俗に曹達とも言ひ、普通 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ の式で示されるやうに十分子の結晶體として市場に販賣されてゐる。之れを空氣中に放置するか、焼くかすれば結晶水を失つて白色の粉末即ち無水炭酸曹達となる。此の現象を風化といふ。

此の水溶液は加水分解を受けて



弱いアルカリとして作用をする。(弱酸と強アルカリとの鹽はアルカリ性反應を呈する) 故に炭酸曹達を清淨劑・中和劑などに用ひ、又苛性曹達及ナトリウム鹽の原料となり、硝子製造、其の他工業上盛んに使用せられてゐる。次の第百八十圖曹達樹を見よ。



第百八十二圖

曹達樹の圖の說明

第百八十圖は西曆一千九百年(明治三十三年)の巴里大博覽會にソルベール曹達會社が工業館に陳列したる大掛圖を聊か變更したるものにして曹達の應用が家庭並に工業上如何に多方面に亙るかを示すものである。

まづ曹達樹の生じたる土壤は食鹽(ナトリウム)の源、石灰石(炭酸)のアムモニア(アムモニア)及び石灰(燃料として用ひ、ルアラ)で樹の下の枝より説明を始める、結晶曹達なる小枝には、清淨劑(洗濯などに)用ふることに、石鹼(石鹼の粉末に混じて粉)の實を結び、重曹の小枝よりは「清涼飲料水」(沸騰散を造り、また無)、「ペーキングパウダー」(パン焼粉)、「醫藥」(胃の慢性カタルのとき結膜面に附く)を生じ、「ナトリウム鹽」の稍大なる枝には種々の酸を中和して生じる工業上有用なる曹達鹽類があり、左下部の中和劑なる小枝には「綿火藥」(製造後に過量の)、「人造絹絲」(ニトロセルロース)の酸を去るため、「エーテル」(製造後に亞硫酸)あり、曹達より製する「苛性曹達」なる大枝には「石油精製」(原油を硫酸にて洗ひた)、「サツカリ」(製造中に或酸をナトリウム)、「石鹼」(木材をこれと熱して製す、最新の製法に)、「アニリン色素」(曹達を融及びスルホン酸)、「サリチル酸」(石炭酸を中和し)、「硬石鹼」(脂肪を鹼化)、「粉石鹼」(鹼化に)などがある。

苛性曹達を電解して「金屬ナトリウム」を製し、これより「マグネシウム」(ナトリウムにて鹽化)、「アルミニウム」(ナトリウムにて鹽還元)及び「過酸化曹達」(熱したるナトリウムの上に空氣を)を製するを得(但し上の二金屬は現今)曹達の上部の枝には「群青」(土曹達、硫酸曹達、硫黄、石)あり、「鏡」、「硝子類」、「珪瑪鋼」、「釉藥」、「七寶燒」などの日用品あり、その用途殆ど枚舉に遑あらざるほどである。(龜高博士)

十一、炭酸ソーダの製法

炭酸ソーダは往時は海草を焼いて、其の灰中から之れを製取してゐたから頗る高價であつた。近時佛人ルブラン(一七九四年)後には白耳義人ソルベール(一八六三年)に依つて食鹽、石灰石等を原料として廉價

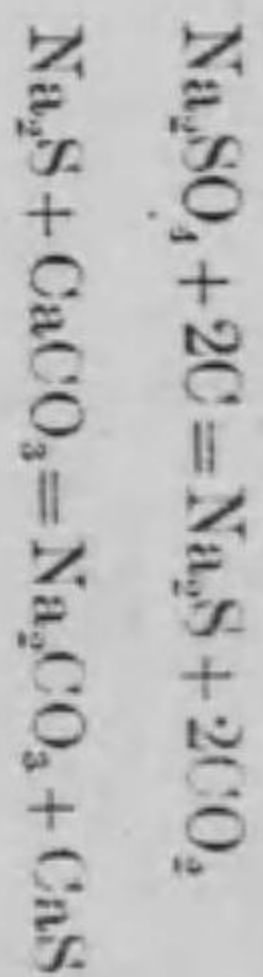
に之れを製する方法が発見せられ、化學工業は爲めに一大進歩を來したのである。

A、ルブラン法。

先づ食鹽を硫酸と共に熱して鹽化水素と硫酸ナトリウムを生せしめ、此の鹽化水素を集めて巨額の鹽

酸を副産物として製するのである。

次に硫酸ナトリウムを骸炭及石灰石と共に廻轉圓坩堝に入れて強熱すれば、先づ骸炭に還元せられて硫酸ナトリウムとなり更に石灰石と作用して炭酸ソーダ及硫化カルシウムとなる。

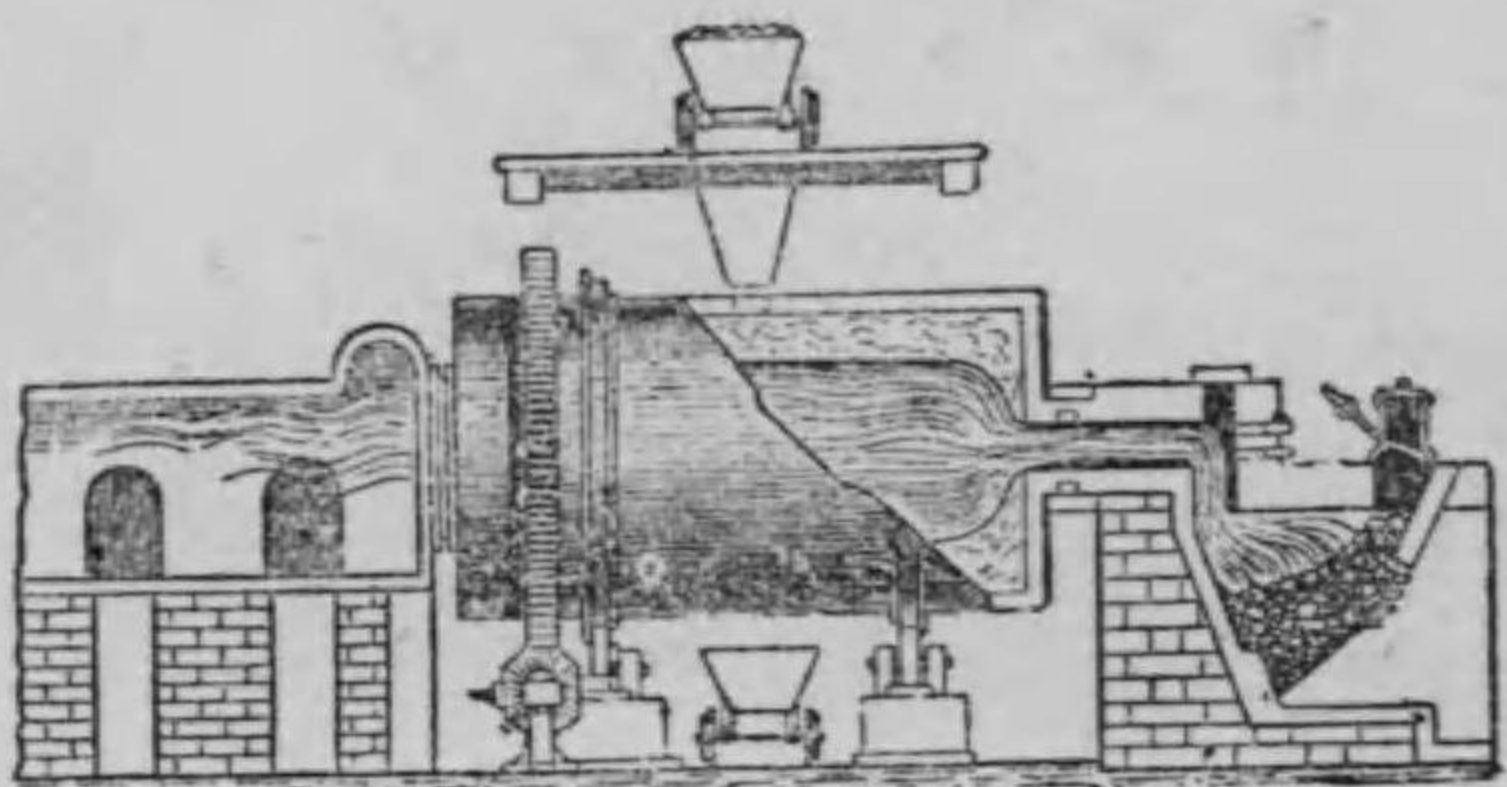


此の黑色の成生物即黒灰を水で反復浸出すれば炭酸曹達は溶解して不溶性なる硫化カルシウムは殘留する。其の溶液を蒸發させて得た不純の炭酸ソーダを焼いて

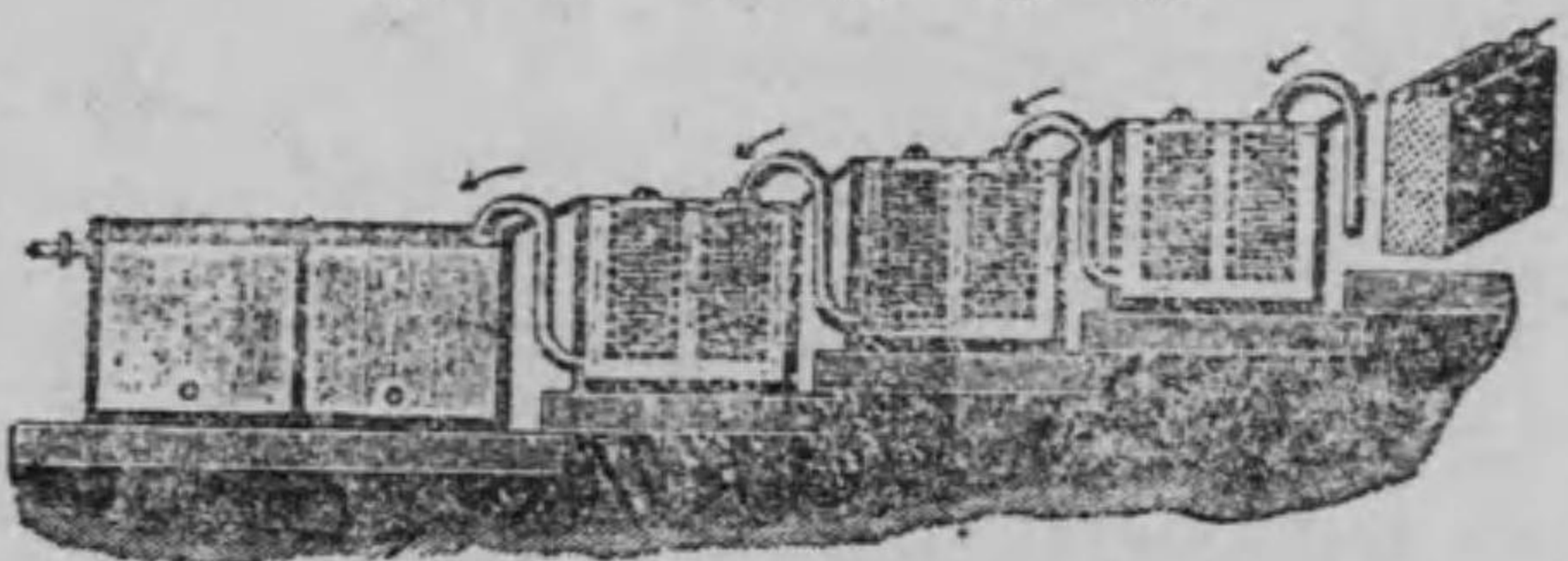
無水としたものを曹達灰と稱して販賣して居る。

之れを再び結晶させると炭酸曹達 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ が得られるのである。

第百八十三圖

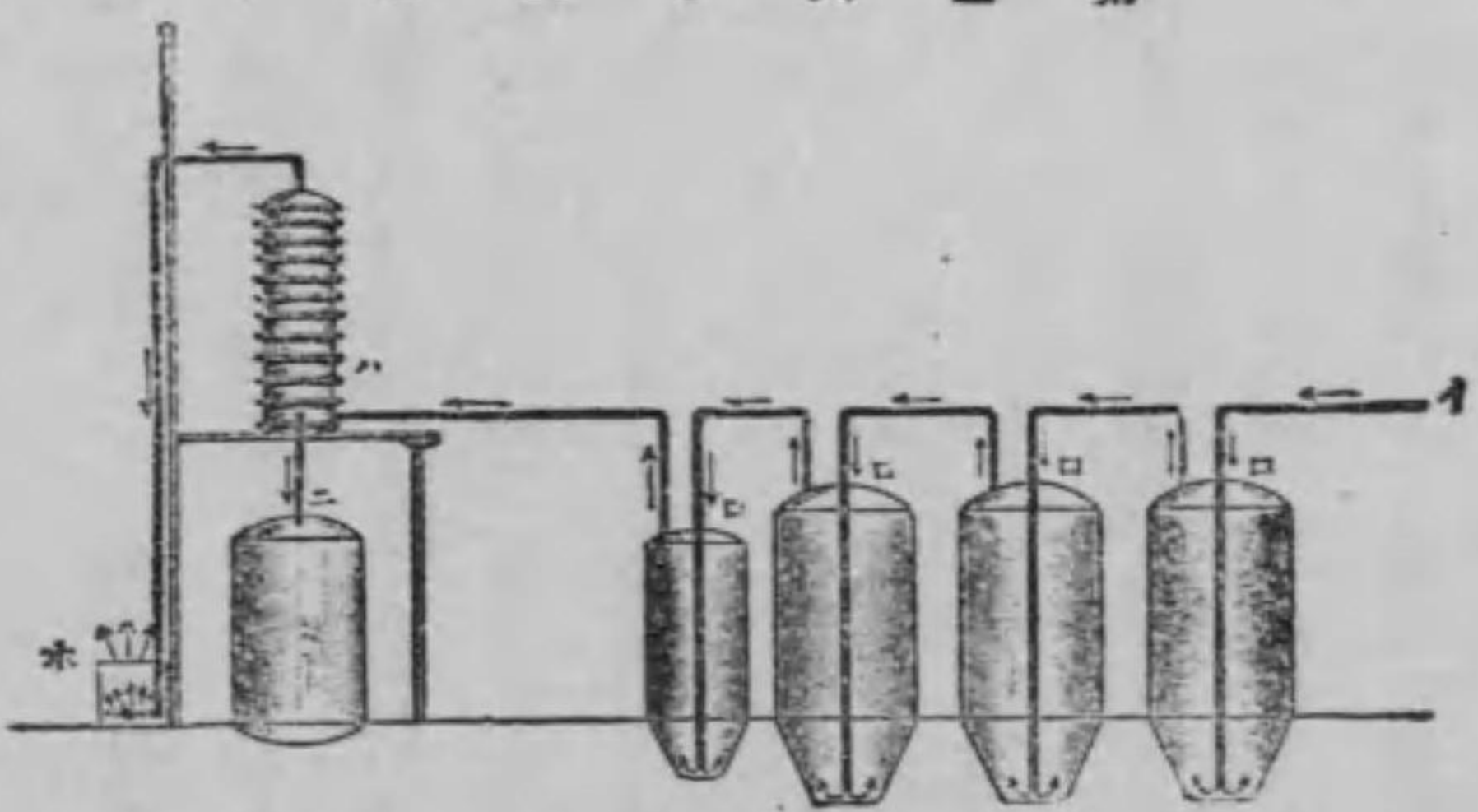


廻轉圓坩堝
上部の小車から三種の原料を圓坩堝に入れ、右方の爐がら生ずる火焰は圓坩堝中を通過して強熱し、圓坩堝は左方の齒車によつて徐に廻轉して内容物を十分に混和するのである。



黒灰を右端に示すやうな数多の細孔を有する金屬箱に入れ、次第に高き位置にある三箇の水槽の最下の者に一定時間浸して、水で溶出せしめ、後に一段高い水槽に移す、順次に此の如くする、溶出に用ひる水は反対に上から矢の方向に移り行く。斯くすれば最少量の水を用ひて最も完全に溶出することが出来る。之れを反流の理といひ、多くの場合に應用する。

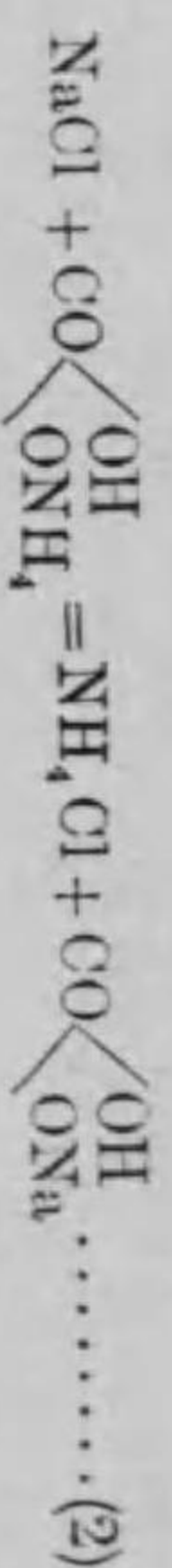
四百八十五



アムモニアソーダ式炭酸曹達製法(食鹽の濃溶液にアムモニアを飽和した液を四箇の大圓塔に充たし、イ管から無水炭酸を順次に通して飽和させ、最後の圓塔から出る氣體は無水炭酸の外にアムモニアをも伴なつてゐるから、上から食鹽水を流下し(水槽ニ入る)つゝある塔を昇らせて、これらなを吸収させ、なほ残れる部分は、なほ水に吸収させ、吸収せられざる氣體のみを空中に放たせる。)

食鹽の濃溶液中にアムモニヤ及び無水炭酸を壓入すれば水に溶け易い鹽化アムモニウムと、水に溶け

難い酸性炭酸曹達とが出来る。



次に溶液中から析出した酸性炭酸曹達を熱すれば通常の炭酸曹達と無水炭酸とに分解する



(2)に生じた鹽化アムモニウムに石或灰はマグネシアを作用させて生ずるアムモニア及(3)に生じた無水炭酸は再び(1)の反應に與らせて反復利用するのである。

C、電解法

食鹽水に電流を通じて一方の極から鹽素を得、(是れは漂白粉製造に利用する)他方の極の附近ではナトリウムと水との反應に基いて生じた苛性曹達液に無水炭酸を通じて炭酸曹達を作るのである。

十二、重炭酸曹達

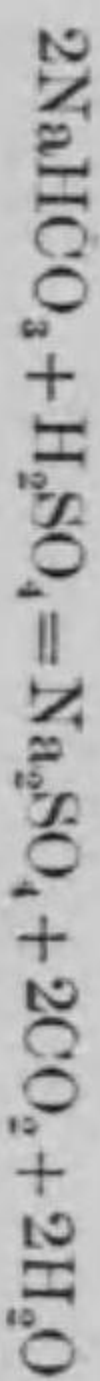
重炭酸曹達はナトリウムの酸性炭酸鹽である。ソルベール法によつて炭酸曹達を作る時に先づ生成せられるもので、之れを熱すれば次式の如くに分解して炭酸曹達となる。



是れは可逆反應で常温度では此の式の矢を反對にして示すべき反應が見られるのである。
パン・菓子等をふくらせるに用ひる焼粉は多くは乾燒せる重炭酸ソーダの粉末と酒石酸の如き固體の酸
若くは其の酸性鹽との混和物である。

十三、消火器の理

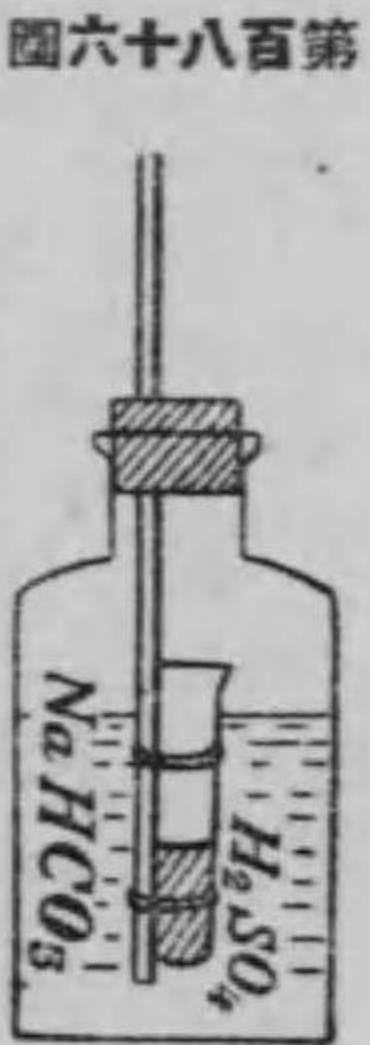
炭酸鹽に稍々強い酸を注ぐと常に炭酸瓦斯を發生し、同時に其の酸の鹽を作る。
重炭酸曹達に硫酸を注いだ時の反應は



消火器は此の反應を利用して無水炭酸をして、水を押し出させるやうにしたものである。(炭酸瓦斯の
條參照)

教師補充實驗

消火器



第百八十四圖の如き装置にしたる後瓶をさかさまにして硫酸と重曹液
とを混合し、原の位置に復して置けば噴水する。

第二十四

いしばひ・アンモニヤ

一、教授の主眼

石炭及びアンモニヤに就いて教へ、アルカリの一般性質を明確ならしめると共に實際應用の方面に着目
せしめる。而して

(1) 石灰では

(イ) 貝殻を燒けば生石灰の出来ること。(ロ) 生石灰が水を得て消石灰となること。(ハ) 其の水溶液が
赤色リトマス試験紙を青變すること、及びアルカリ味を持つてゐること。

(2) アムモニヤでは其水溶液のアルカリ性反應あることを觀察せしめ、

(3) 以てアルカリの通性たる

(イ) 水に溶けること。(ロ) アルカリ性の反應あること。(ハ) アルカリ味をもつことこの概念を與へれば
よい。

二、實驗事項

A、兒童實驗一

(石灰) 貝殻を燒いて生石灰を作ること。

一、準備

第二十四 いしばひ アンモニヤ

貝殻、酒精燈、ピンセット。

二、方法

- (1)ピンセットに貝殻を挿んで酒精燈の上に翳せ。このときは葉書又は畫洋紙の反古を以てピンセットを持つやうにすればよい。
- (2)これを冷却した後、指頭に觸れて變化を観察せしめる……後の機會に於て石灰としての反應を検すれば一層有意義となる。

B、兒童實驗二

生石灰に水を加ふれば消石灰となること。

一、準備

生石灰、小皿、水、硝子管。

二、方法

- (1)磁製の小皿に生石灰の小塊を入れ、硝子管に水を含ませて、圖の如く生石灰の上に滴下する。
- (2)少時にして熱を發して膨れ上り、生石灰の塊は碎けて細かい白色の



圖七十八百第

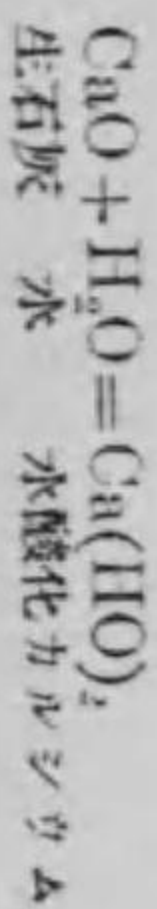
粉末となる。

注意

- (1)生石灰を多量の水に投ずるときは、生石灰は甚だしく冷却するので反應起らずして消石灰を容易に生じない、故に水は少量加へるよう注意せねばならぬ。
- (2)生石灰は又粗生石灰を用ふるがよい、そうするとき其の反應が速である。煨製石灰といつて居るものでは反應が大分ひまがいろいろである。
- (3)若し壁に入つてゐる生石灰を使用したならば、使用後木栓にマラフインを塗り置くがよい。然らざるときは空氣中の水分を吸收して消石灰となるものである。
- (4)市販の生石灰は時として直に變化を起さぬことがある、斯くの如きものも大抵十分乃至十五分位經過する内に反應が起るものである。
- (5)水をかけてから手をふれて見て熱があるならば少時間経つと水蒸氣を盛に上げ音を發しつゝ膨脹してくるものである。兒童をして直接そのあついのを實驗せしめねばならぬ、化合熱のことを印象深からしめるのである。

三、歸納

- (1)生石灰に水を滴下すると……熱を起し遂に粉末となる。
- (2)この白色の粉末は消石灰と名づけるもので、生石灰と水を化合して生じたもので、水酸化カルシウムと稱するものである。このものは又普通石灰と稱せられてゐる。其の化學變化を示すと



(3)例證……生石灰を多く乗せた船は海水の浸入によりてよく船火事を起す。

C、兒童實驗三

石灰水を作ること。

一、準備

消石灰、水、試験管、濾紙、漏斗。

二、方法

- (1)消石灰少量を試験管に入れこれに多量の水を投じて、これを攪拌振盪しよく混和するときは乳の如く濁つた液を生ずる。
- (2)これを静に置くときは上液は次第に澄み消石灰の大部分は器底に沈む。
- (3)又漏斗に濾紙を入れこの濁りたる液を濾過するときは清澄の液を得る。

注意

生石灰と水と作用せしめて消石灰を作り、其消石灰を水に溶かして石灰水を作る時に、上澄液が得るまでには稍長時間を要するから、實驗に使用する石灰水は豫め前日に作つて置くがよい。其時間に兒童に作らしたものは、時間の終り頃に於て實驗觀察せしめて、證明的の實驗とするがよい。

三、歸納

- (1)消石灰に水を加へると……石灰乳が出来る。
- (2)其の上澄液又は濾液は……石灰水である。
- (3)消石灰は僅かに水に溶けるものである。
水一立は常温に於て僅かに約一、七瓦の消石灰を溶解する、熱湯よりも冷水に溶け易い。

D、兒童實驗四

アルカリ性の味及反應。

一、準備

石灰水、試験管、赤色リトマス液、赤色リトマス試験紙、フェノルフタレインのアルコール溶液。

二、方法

- (1)石灰水を指頭につけて嘗める。
- (2)石灰水を入れた試験管の中へ赤色リトマス試験紙を入れる。
- (3)又石灰水を入れた試験管に赤色リトマス液を注ぐ。
- (4)又石灰水を入れた試験管の中へフェノルフタレインのアルコール溶液を注ぐ。

三、歸納

- (1) 石灰水を指頭につけて嘗める……舌を刺すが如き一種の味がある。これをアルカリ性の味とふ。
- (2) 石灰水に赤色リトマス試験紙を入れると……直に青色に變じ酸性の反對の反應を呈する。これをアルカリ性反應といふ。
- (3) 石灰水に赤色リトマス液を注ぐと……直に青色を呈する即ちアルカリ性反應を呈する。
- (4) 石灰水にフェノルフタレインを注加すると……純紫色を呈する、矢張りアルカリ性反應を呈するものである。

E、参考實驗

フェノルフタレンを塗れる紙の上に石灰水にて書いた文字の消えること。

一、準備

白紙、フェノルフタレン、石灰水。

二、方法

- (1) 白紙にフェノルフタレンのアルコール溶液を塗つて乾燥する。
- (2) 石灰水を筆につけて其の上に文字を書く。
- (3) 暫時是れを空中に放任すると文字は消失する。
- (4) 又別に酸の薄い溶液をつけると直に文字は消失する。

三、歸納

- (1) 白紙にフェノルフタレンを塗り、これに石灰水を以て文字を書く……石灰水のアルカリ性反應によつてフェノルフタレンの赤色の文字が現れる。
- (2) 空中に放任して消失するは……空中の無水酸の作用によつて中和せられるのである。
- (3) アルカリ性反應によつて現はれた文字に酸をつけると……酸の爲めにアルカリは中和せられて消失する。

F、兒童實驗五

(アンモニヤ)アンモニヤ水の酸性反應について。

一、準備

アンモニヤ水、試験管、赤色リトマス試験紙。

二、方法

- (1) アンモニヤ水を試験管に入れ、リトマス試験紙又はリトマス液を加へると青色に變ずる。
- (2) 次に其の溶液を嘗めるとアルカリ性の味を有するものである。
- (3) 歸納……アルカリ性の反應及アルカリ性の味を有するものである。

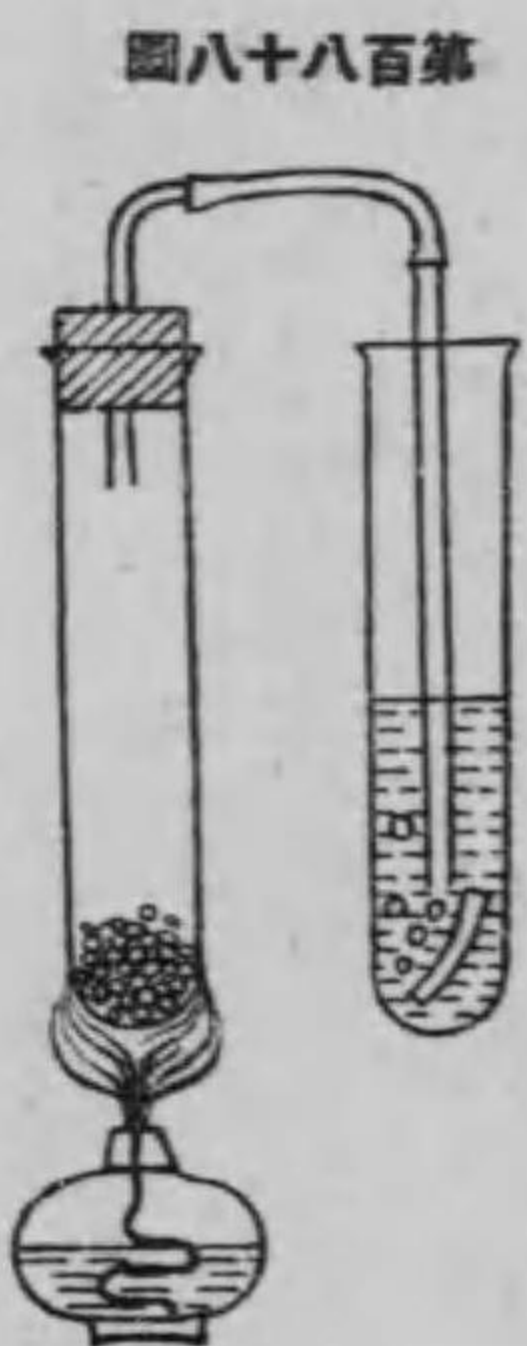
G、参考実験

水酸化アンモニウム

一、準備

鹽化アンモニウム、生石灰少量、試験管、赤色リトマス試験紙(赤色リトマス溶液)アルコールランプ、マツチ。

二、方法



圖八十八百第

- (1) 圖の如く試験管に少量の鹽化アンモニウムと少量の生石灰とを入れ、アルコールランプの燭で熱する。
- (2) 著しく臭氣ある氣體を發生する。
- (3) 今導管を試験管(四分の一ほどの水を入れ、青色リトマス試験紙を浸せる)に入れ、この氣體を導く時は、漸時にして赤色試験紙は青變する。
- (4) 其溶液を嘗むるもアルカリ性味を有す。

注意

(1) 鹽化アンモニウム(鹼砂)と生石灰との(消石灰にてもよろし)との割合は六五と一二五即ち一と二の比がよい。
 (2) フラコスを使用するときは丸底を使用して横置するがよい、又混合物を入れた上になほ石灰の粉末を入れてこれを覆ふ様にするとときは出で来る水分を吸收するを以て縦になすもよい。

三、歸納

- (1) 導管より水に導く……水によく溶解する、常温にあつて一容の水は約八〇〇容のアンモニアを溶解する。アンモニアの水溶液をアンモニア水といふ。水溶液中にあつては、アンモニアは一部分水の分子と化合して $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{OH}$, 即ち水酸化アンモニウムとなる。而して其の解離によりて生ずる OH^- のために液はアルカリ性を呈するのである。
- (2) アルカリ性反應を呈しアルカリ性味を有すること。

四、参考実験

リトマス液の噴水

一、準備

アンモニア捕集瓶(参考実験によつて得たもの)、ゴム栓(尖端を有する硝子管付)、赤色リトマス液。

二、方法



圖九十八百第

- (1) フラスコにアンモニア瓦斯を取り、豫ねて用意せる硝子管の先を細くし之をゴム栓に嵌めたものを手早く其の瓶口に嵌める。
- (2) 別に用意してあるコップの中のリトマス液は段々昇り、始めは徐々に瓶中に入るや否や急に噴出して

忽ち變つて青色となる。

三、歸納

- (1) アンモニア瓦斯中へ噴水するは……アンモニヤ瓦斯は水によく溶けるからである。
- (2) コップ中の紅色リトマスが青色に變するは……アンモニヤのアルカリ性反應によるのである。

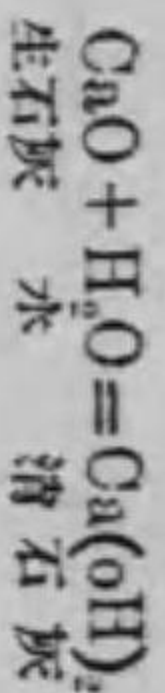
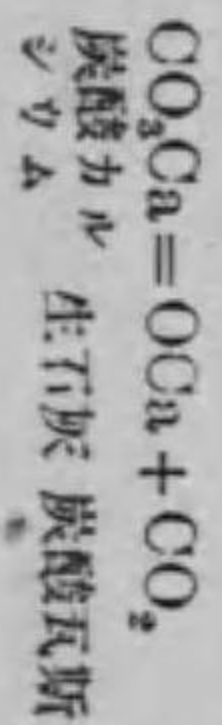
三、研究應用

一、生石灰

通常石灰と稱するは、化學名にて酸化カルシウム又は生石灰 CaO といふもので、カルシウム化合物中最も應用の廣いものである。

純粹の石灰は白色無結晶の塊で臭氣なく、腐蝕性の味を有す、鹽基性の反應を呈する。大氣中に曝露すると自然に水分と炭酸とを牽引して炭酸カルシウムに變じ又水を加れば熱を發して水酸化カルシウムに變する。

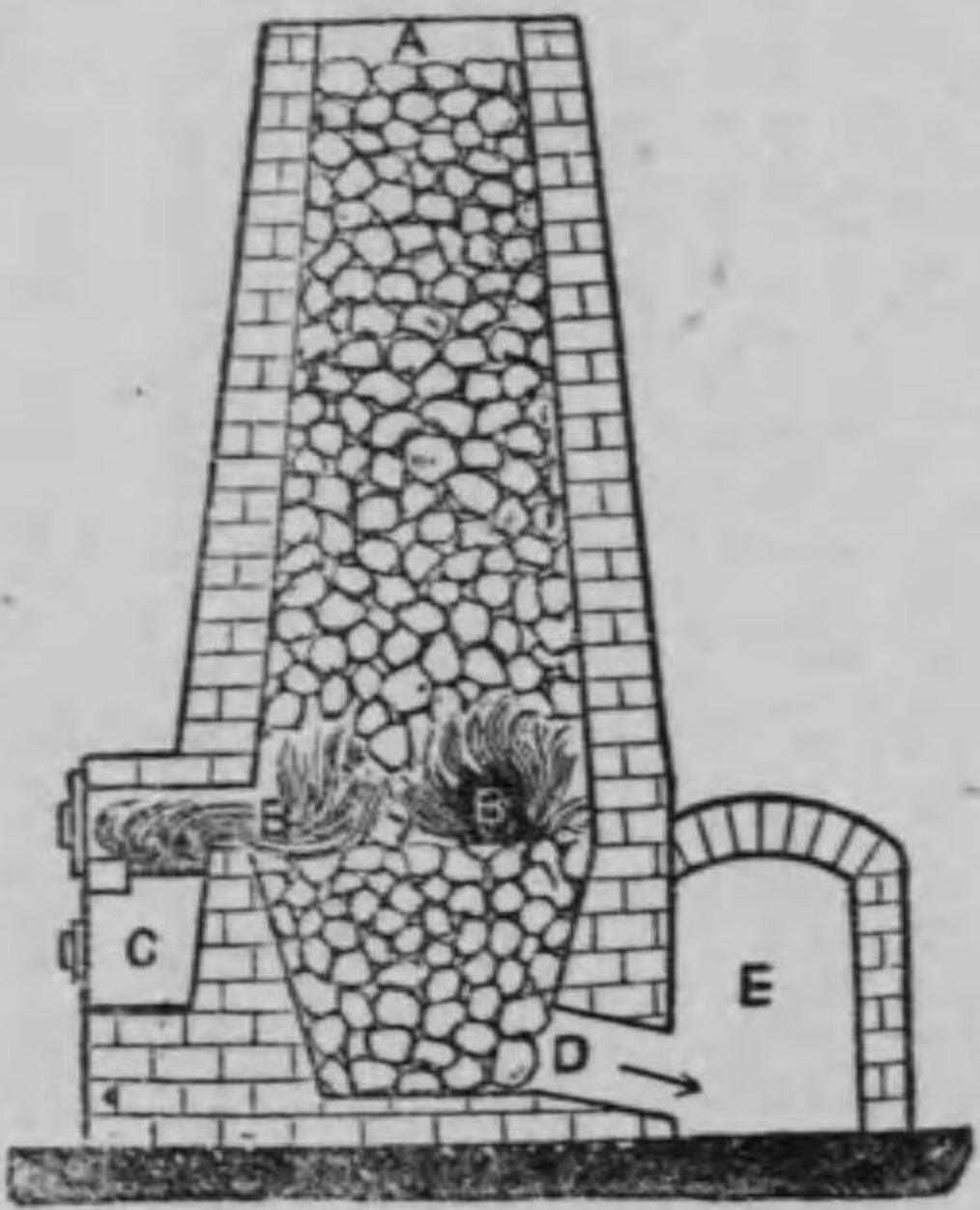
通常土木建築等に使用するものは消石灰で炭酸石灰の灼熱によりて生ずる石灰即ち生石灰に水を注加したものである。



此の硝石の水に溶けたものが石灰水である。通常空氣中には濕氣が含まれて居る。生石灰の俵を納屋に貯藏して置く間に、濕氣に作用せられて大部分硝石灰になつて居る。生石灰として使用するには再び燒き直さなければならぬ。

二、石灰の製法

(イ) 石灰製造の最も簡單なるものは、竈を作らずして地上に於て之を行ふもので之を野燒と稱す即ち



A、石灰石を投入する口
 BB₁、圓く爐の下部を圍める焔、この長き焔が昇りて石灰石を燒く
 C、爐の火口
 D、生石灰を取出す口
 E、冷却室

石灰石を地上に盛り其の上に薪等を積み之に點火して炭酸石灰を分離せしめるのである。故に此の法は不完全である冷却後一々選別する必要がある。

(ロ) 竈燒と稱するものは山腹等に穴を穿ち、岩石又は石灰石を以て竈を築き下底に大なる石灰石を置きその上に薪を入れ其

の上に石炭を置き、又その上に石灰石を積み重ねて下底の穴より薪に點火するときは、石炭の燃焼によりて大に熱を起し石灰石を分解し、炭酸瓦斯は上口より遁れ出るのである。

此の法によりて製したる石灰は、石炭の灰分を混するが故に不純なるのみならずその色も純白でない
 (ハ)石灰の多量を製するに最も経済的なるものは、輪窯と稱する窯に於て製するのである。即ち多くの
 の窯を輪狀に並べ、或る一室に於て石灰石を焼きその焔は之を直に焔道に導くことをなさず隣室の
 石灰石を焼きて、更に其の次の室に入り此の如く數個の室の石灰石を熱したる後初めて焔道に導く
 のである。

この法は大に燃料を節約するのみならず少時間にて多量の石灰を製することが出来る。

三、石灰の用法

- (イ)セメントは粘土に約三倍量の石灰石を混じ、白熱して殆んど溶化せんとする迄熱し、後再び粉碎したものである。是れはもと英國リーズ市の煉瓦職ジョン、アスプデン氏が最初風化石灰と粘土とより得たるものである。ジョン氏はポーランド石材に類似せるところから一八二四年ポーランドセメントの名を與へた。
- (ロ)コンクリートはモルタルを以て鑛滓、コークス、煉瓦、砂利等をかためたものである。近來鐵筋コンクリートとして鐵材を以て骨組みをなし、之れをコンクリートで固める橋梁・礎(土臺)が盛んに造られて居る。又コンクリート船も造らるゝに至つた。
- (ハ)漆喰 消石灰と蠣灰とを等分或は四分、六分の割合に混じて是れに膠着材料としてツノマタ汁又は

フノリを加へ更に繋着材料としてスサを加へて石と石との間等を填充するのである。

- (ニ)モルタルは學術上では水と煉つて膠着する凡ての物質の總稱であるが、俗にはセメント一、石灰三砂六の割合に混じて煉瓦等を結合するものを稱して居る。
- (ホ)ボルドー液 は少量の湯に硫酸銅百二十匁を溶解し、之れに水を加へて五升とし、又別に水五升中に生石灰百二十匁を溶したるものを作り、後兩液を混合攪拌して濾過したものである。但濾過液に磨いた鐵片を入れて銅鍍金をなし得るものは不良液であるから更に石灰液を加へなければならぬ。

四、アムモニア

鹽化アムモニウムといふ食鹽狀のものに、重量二倍許の消石灰を加へて熱すれば無色で、一種の臭氣ある氣體を發生する。

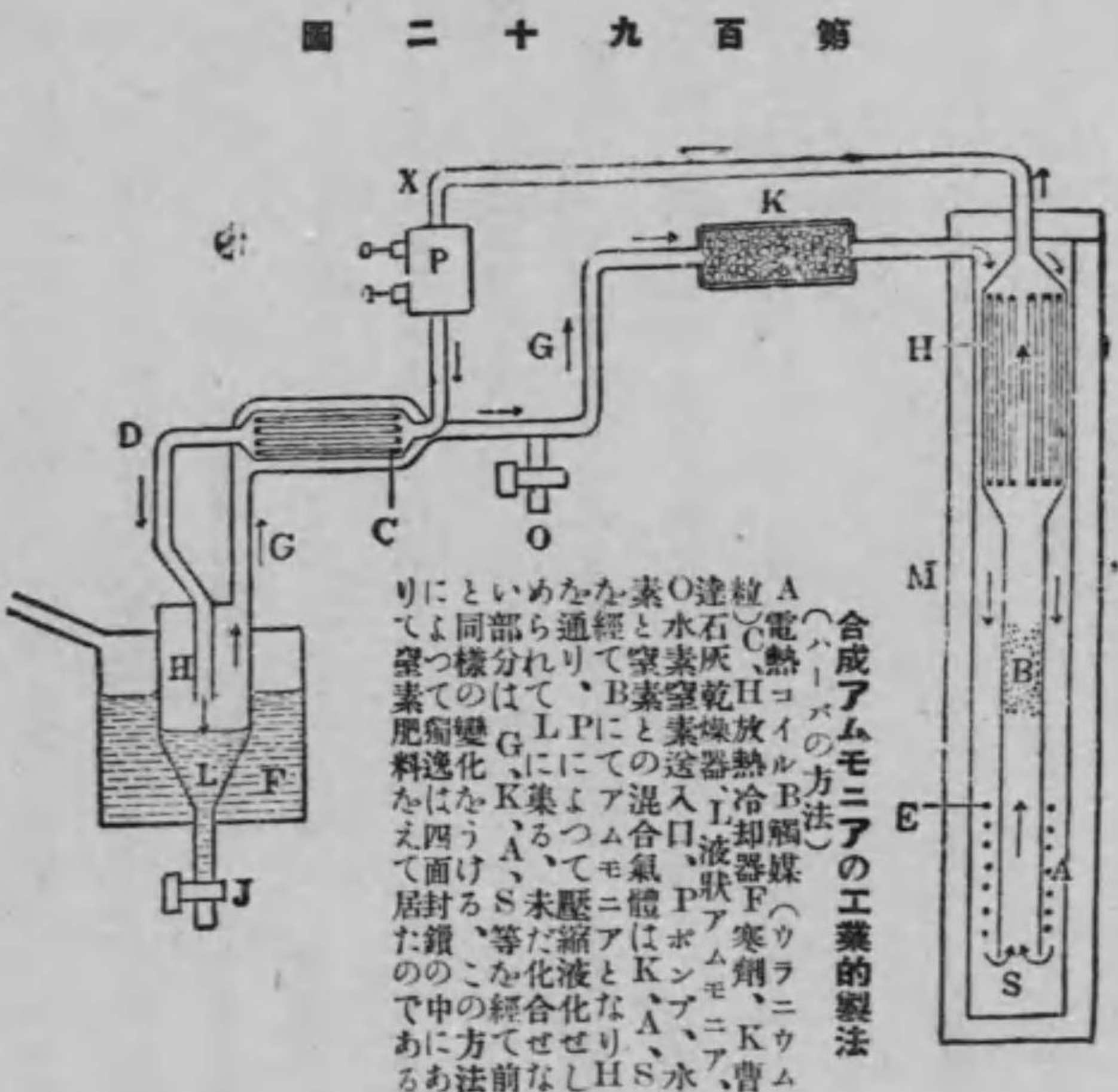


是れがアムモニアで、かの往便所に存在して鼻目を刺戟するが如き臭氣を放つ氣體と同一物である。その空氣に對する比重は〇・五九で、上方置換によつて之を集めることができる。器中にこの氣體の充ちたか否かを檢するには、濃鹽酸に浸したる硝子棒をその口に近づける。アムモニアの溢れ出づるに遇へば、鹽酸は之と化合して鹽化アムモニウムの白煙を生じる



圖一十九百第

アンモニアの製法の圖



するものをアルカリと總稱することは既に述べた通りである。アンモニア水はまた姜黄紙を褐色に變ずるもの

アンモニアに強い圧を加へれば液體となり、次に壓を去れば、急に氣體に復り、この際、多量の熱を吸収する。この事實を利用して人造水を拵へる。



アンモニアは極めて水に溶け易く、常溫にて水はその氣體の八〇〇倍の體積を溶解する。その水溶液をアンモニア水といひ、醫藥及び化學實驗に多く使用する。之を熱して簡便にアンモニアを分ち取ることが出来る。アンモニア水、その他苛性加里・苛性曹達の溶液は赤色リトマス液またはこの液で染めたる赤色試験紙を青色に變ず。之をアルカリ性反應といひ、この反應を呈するもの

圖 二 十 九 百 第

窒素と水素との混合物に電氣の火花を通すれば、微量のアンモニアを合成する。



近年、非常の高壓の下に、鐵粉を媒介として、この兩氣體に電流を通じて大部分を化合せしめ、液狀アンモニアを大規模に製造することを得るに至つた。これ空氣中の窒素より窒素肥料を製する方法の一として重要である。

精密なる實驗の結果によれば、アンモニア二體積を分解するときは、水素三體積と窒素一體積とを生ずることを知る。



五、アンモニアの檢出

- (イ)濃鹽酸をつけた硝子棒を持つてくると白煙が出る、これは鹽化アンモニウムである。
- (ロ)臭氣によつてわかる。苛性曹達又は石苛と共に熱すると更によくわかる。
- (ハ)ネスレル試薬を加へると $\text{H}_2\text{N} \cdot \text{N} \cdot \text{H}_2 + \text{HO}$ の赤褐色の沈澱を生ずる、微量の時は液が黄褐色になるのみである。

これは飲料水中のアンモニアをみるに用ひらるゝ反應である。

ネスレル試薬は沃化加里二瓦を五瓦の蒸溜水にとかし少しく熱して昇汞の溶液を加へて生ずる赤い

沃化水銀の沈澱が消えずに残る迄に加へ、二〇瓦の蒸溜水を加へて温し之に苛性加里(二倍量の水にとかした)三〇瓦を加ふるればよい。

六、アンモニヤの比重 (濃アンモニア水ハ三十五パーセントのものである)

比重	アンモニアの%
1.00	0.0
0.99	2.3
0.98	5.8
0.97	7.3
0.96	9.9
0.95	12.8
0.94	15.6
0.93	18.6
0.92	21.8
0.91	25.0
0.90	28.3
0.89	31.8
0.88	35.0

七、フェニールフタレン

$C_{10}H_6O$ なる分子式を有し、純粹なものは殆んど無色の晶質粉末で水には殆んど溶解しないがアルコールには容易に溶解する。此のものはアルカリ又は炭酸アルカリに液解すれば紅色を呈し、酸には無色となる。リトマスに比すればアルカリに對する反應が鋭敏であるからアルカリ鑑識上の指示薬として廣く使用せられる。

フェニールフタレンは弱性の物質であるから酸液中では無色の分子状となり、アルカリ液中ではフェニールフタレンイオンの紅色を呈するのである。

又指示薬としての溶液は此物の一瓦をアルコール百立方厘米に溶解して使用する。使用の際白濁を生ずる事があつても實驗には差支ない。

第二十五 重力

一、教授の主眼

重力の存在並に重力の方向と物體の重量について知らしめ、兼ねて互に垂直、鉛直線、水平面等の意義を明かにしやうとするのである。それには、

- (1) 物體の落下、及び重さの存在に思辨を加へて、地球の引力を索め、これを重力と稱することを授け、
- (2) 次に其の方向を吟味して鉛直線の意義を明かにし、
- (3) 更に水平面の意義並に鉛直線との關係を知らしめる順序によるがよい。

二、實驗事項

A、兒童實驗一

鉛直線。

一、準備

材料 小石(鉛球)糸。

二、方法

- (1) 小石(又は鉛)を糸の一端に結びつけ、其の糸の他端を手に持つて高く保つ。
- (2) 小石(鉛)は地球に引かれるから真直に垂れる。
- (3) 柱机の脚、壁の近くに持ち行つて其の方面を検するに凡て並行して真直に垂れる。

注意

- (1) 錘とする小石又は鉛は可成重いもの。
- (2) 教師は錘を用ひる。

三、歸納

- (1) 小石の吊してある糸の方向は……真直下、地球の方。
- (2) 凡て物には重さがある。——地球は凡ての物體を引く。
- (3) 糸の示す方向を鉛直線の方向といふ。——重力の方向。

四、例證

- (1) 柱、壁、机の脚は重力に對抗してある。
- (2) 樹木の幹の成長の方向、人間の立つ位置は凡そ地球の重力に對抗するために定まる。然らざれば凡て倒れる。

B、兒童實驗二

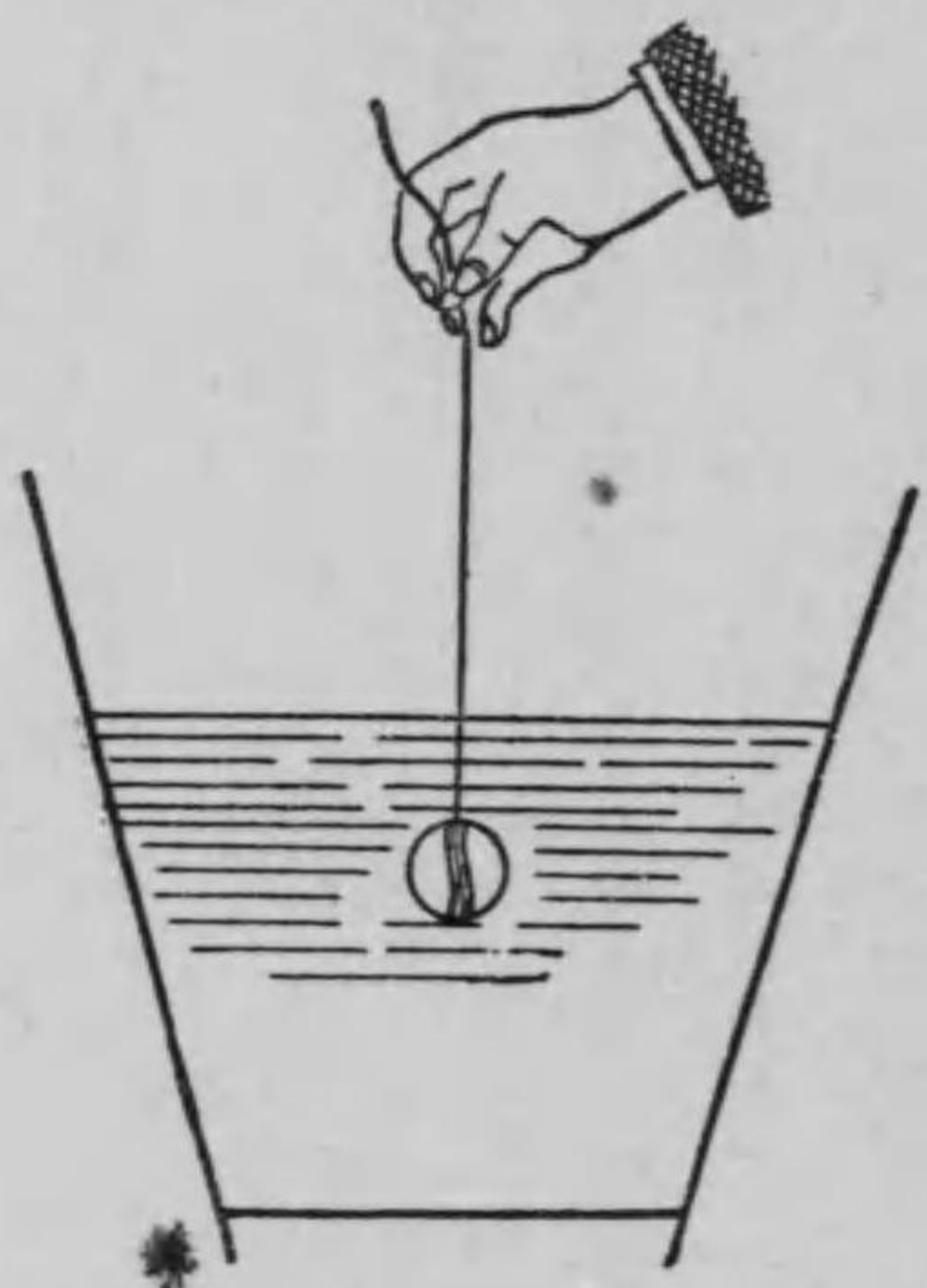
水平面。

一、準備

材料||バケツ、水、錘、三角定規、糸。

二、方法

圖三十九百第



- (1) バケツに水を盛つて静置し、實驗一の錘を水中に垂れ、糸を水面に交はらす。
- (2) 三角定規の直角を夾む邊を此の糸に接してせしめつゝ、水面上に下して定規の他の邊と水面との關係を見させる。(即ち其の角度を種々の位置について測らせる。)
- (3) 凡て直角である。即ち水の表面は重力の方向と直角である。

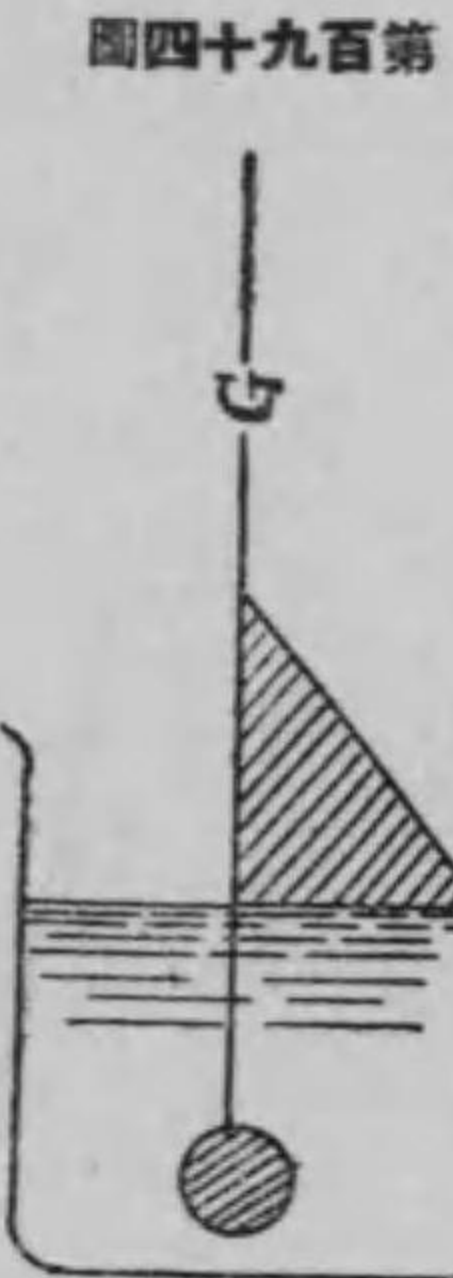
C、參考實驗

水平面及鉛直線。

一、準備

や、厚紙、糸、錘、鉢、糊、定規、ビーカー。

二、方法



圖四十九百第

れるようにする、そして糸をまわして種々な部分に於ける角を測らせるのである。

三、本実験の特徴

- (一) 兒童に自ら実験器具を作らせることが出来る。
- (二) 三角定規をあてるためには可なり大きな容器を必要とするが、これならば小さいビーカーでも充分である。
- (三) 三角定規で見せるには、色々所をかへねばならぬが、本実験で一度回轉させるとあらゆる場合に ついてしらべたことになる。

三、歸納

(1) 三角定規で其の角度を測つた時其の角度は……何れの位置に於ても直角である。(糸は水面に對して何れの方へも傾かない。)

(2) かゝる場合を……糸と水面とは互ひに垂直なりといふ。

(3) 鉛直線と互ひに垂直なる平面を(此の水面の如きを)……水平面といふ。

四、例證

- (1) 家を建てるには第一に土臺を水平に据る。柱は其上面に垂直に立てる。
- (2) 大抵の物体は水平に置かれてある。水平に置かれた物体は安定である。
- (3) 器物に盛られた液体の面は水平面である。
- (4) 河水は常に水平面を作らんとして流れてゐる。

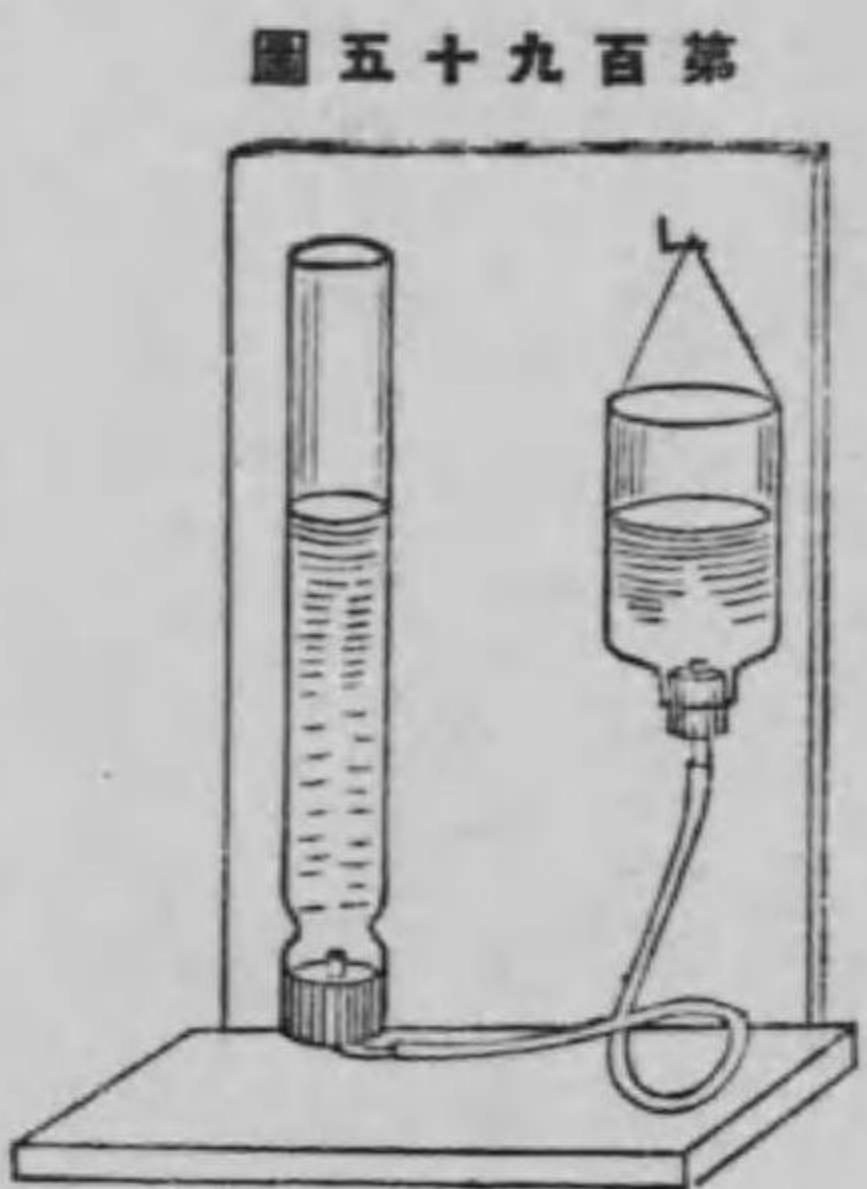
D、教師補充實驗一

一、準備

材料 Ⅱ ランプのホヤ、水、平板、コルク、ゴム管。

製作 Ⅱ 幅四寸、長さ五寸、厚さ一寸許りの板の一端に幅四寸長さ一尺程の四分板を打ち着け、之れに曲管を嵌めたコルク栓で下端を閉じたランプのホヤを取りつけ、又別に底なしの空瓶を倒に糸で吊し、管を嵌めたコルクで瓶の口を閉ぎ、かくて兩器をゴム管で連結する。

二、方法



圖五十九百第

(1) 前装置の器具に水を入れてホヤの水面と瓶の水面とを一致させる。

(2) 瓶を上下させて兩者の水面比較。

三、歸納

(1) 初めホヤの水面と瓶の水面とはどんな位置にあつたか、同一面上にあつた。(真直くなつてゐた。)

(2) 瓶を上にあげた時水はどんなになつたか……瓶の中の水は次第に降つた。その反對にホヤの水の面は次第に上つた。而して遂に兩方の水面は一致した。

(3) 瓶を下にやつた時は……瓶の中の水は次第に上つたがホヤの中の水面は次第に下つた。遂に兩水面は同高となつた。

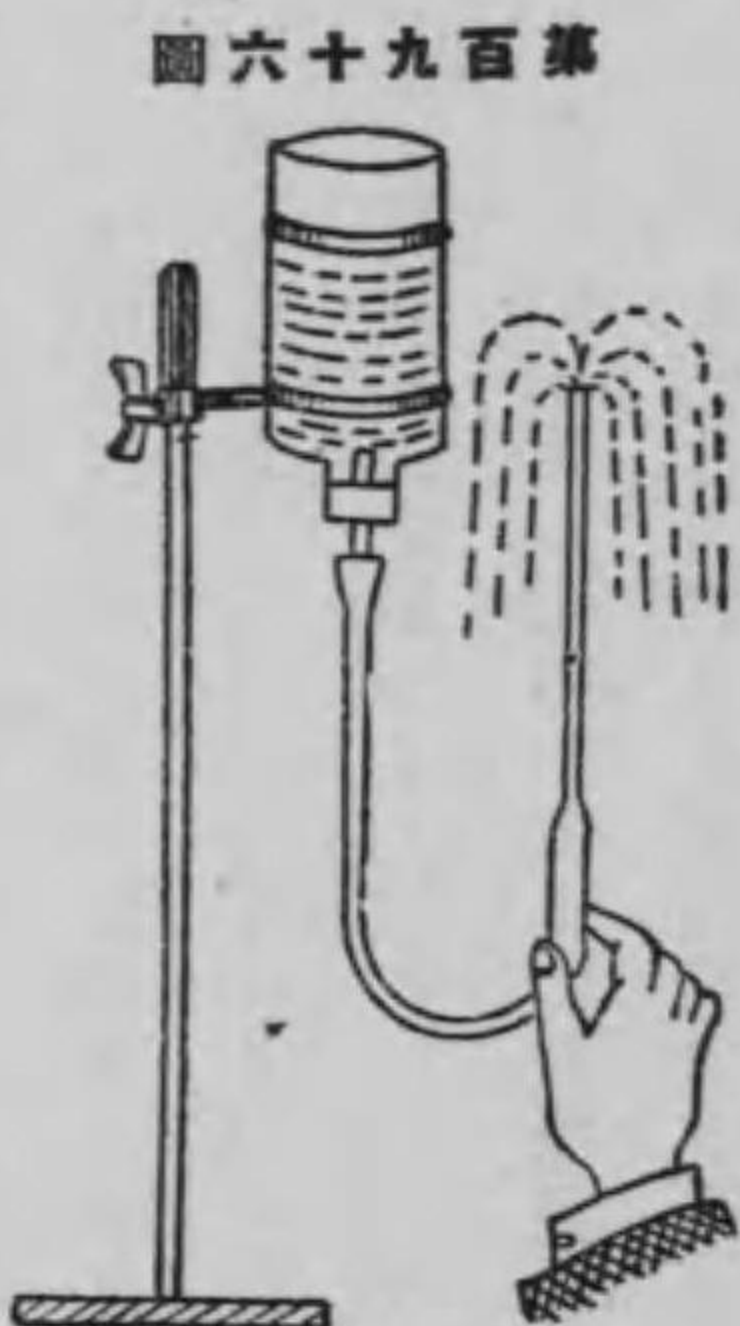
(4) 水は如何なる位置にあつても同一水平面上に定着するものである。水の流水は凡て此の作用による。

E、教師補充實驗二

一、準備

材料||レントルト臺、瓶、ゴム管、硝子管、水。

二、方法



圖六十九百第

(1) レントルト臺の上方に底なし空瓶を倒にして支へる。其の瓶の口は硝子管を通したコルク栓で閉ぢ、更にゴム管に連絡する。其のゴム管の先端には噴出に便なる硝子管を附する

(2) 瓶の中に水を注いで圖に示すが如き位置をとれば水は水平面を保たんとして噴水を生ずる。

三、歸納

(1) 瓶中の水はどうなつたか……降下する。降下に從つて噴水する。

(2) 噴水の高さは……瓶の水面近くまで。

(3) 何故瓶の水面近くまで噴昇するか……水は常に水平面を保たんとするから。

三、研究應用

一、物體の引力ニュートンの發明

西紀一六六八年彼の有名なニュートン氏は當時在學して居た大學に於て、疾病流行の爲め休業せし際

其の郷里なるウルスノープ村に歸省中の事であつた。一日炎熱に堪へずして樹蔭の清冷を趁ひ、林檎の大樹の下に佇立せし時、熟せる林檎の一つが偶然其の前に落下した。凡人ならぬ彼ニュートンは直ちに其の味を賞するに引きかへて、不圖心に浮べたるは、「風もなく、又他に之れに觸るゝものさへなきに、そが自然に落ちたるは、是れを落下せしむる何物かの存するにあるならん」との疑ひであつた。其の後種々研究の結果、遂に宇宙間に引力の働ける事があつて、天體の運行も亦之れが爲めに行はれるものである事を發明するに至つた。

夫の林檎が其の母樹を離れて自然に落下するは、林檎と地球との間に働ける引力があつた、爲めに引き落されたのである。而して未熟の林檎の落下せざるは母樹と林檎との附着力が其の林檎に働く地球の引力よりも強い爲めである。故に一部成熟して其の附着力微弱となるに至らば引力の爲めに落下するのである。

二、萬有引力と重力

凡ての物質に引力ある事の創唱者はガリレオであるが是れを大成したのはニュートンである。

ニュートンは地球半径の通常の測定を採つて計算せしに月をして其の軌道にあらしめる力が、若し引力と同一ならば、實際観測の結果よりも六分の一大ならざる可らざる事に歸着し、爲めに少しく困却する所があつて、其の發表を公にする事に躊躇して居たが、一六八二年六月ピカルドが地球直径に就

いて更に精密な測定を得たるを聞き、是れに依つて再び計算せしに引力即ち之に由つて物體が地球表面(地球の中心より四千哩)に落下する力が二十四萬哩(月の距離)の自乗によつて減せらるゝ時は、恰も月をして其の軌道を運轉せしむる力に該當することを發見し、茲に衛星の遊星を廻轉する力、及び遊星が太陽の周圍を廻轉する力は、皆同一引力なる事を得た。此の引力を萬有引力といふ。一般に宇宙間にある物質は其の距離の遠近に關らず相引き、其の力は物質の量即ち質量の相乗積に正比例し、距離の自乗に反比例するものである。

此の引力たるや、一物質の各部が他物質の各部を牽引するもので宇宙間の萬物は凡て此の性質を具へて居る。しかし吾人の普通手にするものは其の間の引力が甚だ微弱であるはら精巧な器械を用ひ、特殊の方法に依らなければ認めることが出来ぬ。

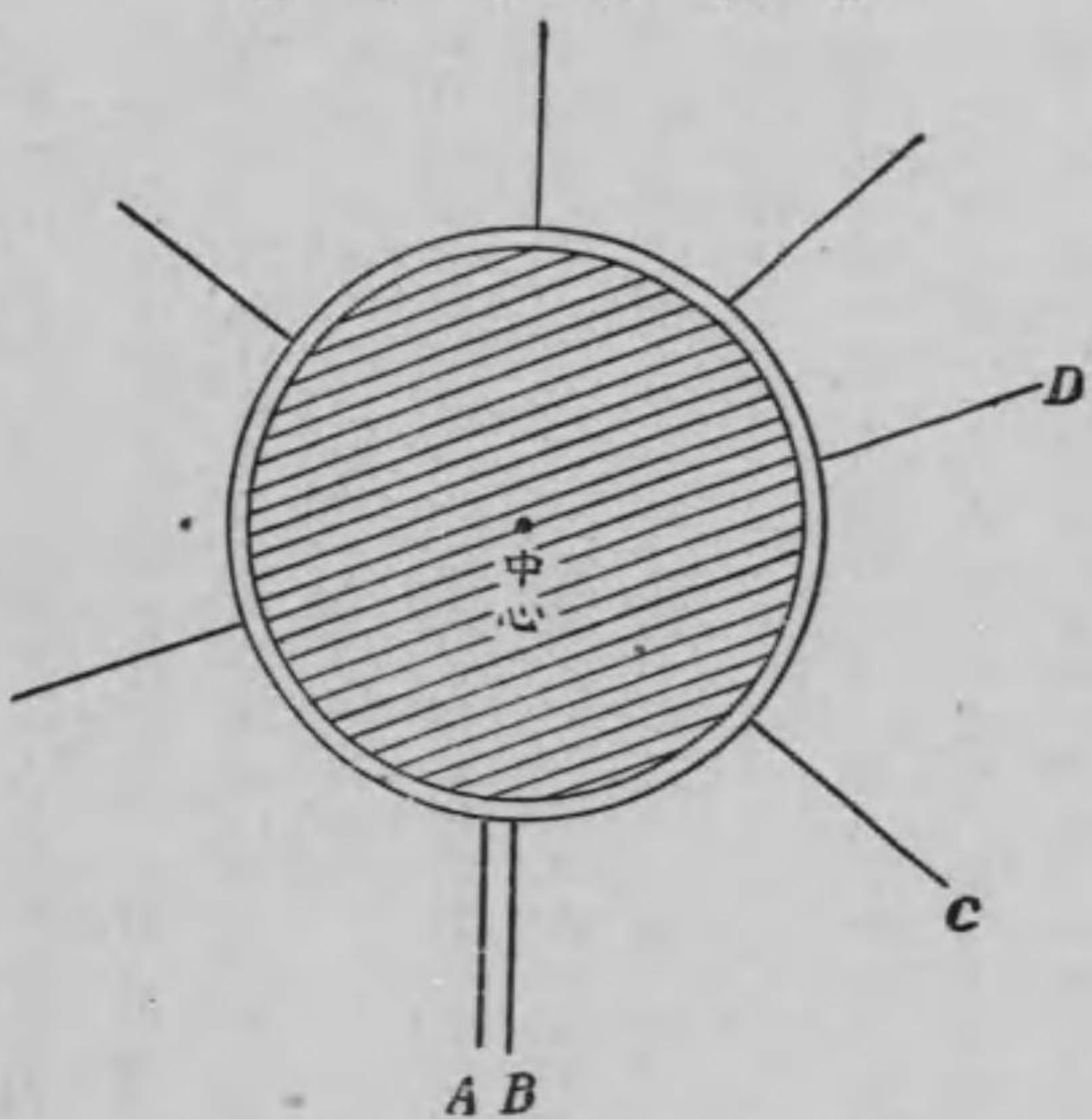
地球の質量は大約一、六〇〇〇、〇〇〇〇、〇〇〇〇、〇〇〇〇、〇〇〇〇、〇〇〇〇貫であるから地球と地球上の諸物體との間の引力は容易に認められる。此の引力を重力といふ。通常、物質の重いといふは此の力に依つて起る吾人の感覺に外ならない。

尙、此の重力の作用する方向は垂直で地球の中心に向ふものである。故に水平面は球面であつて垂直線は平行ではない。(A、C、D)然し近距離で平行である。(A、B)

三、重量

物体を支持すれば、多少の力があつて上から手を壓するを感ずる。是れは重力の作用によるものでは、是の壓力を物体の重量と名づける。

第九百七十七圖



重力の方向を示す

重力の方向は地球の中心にある。即ち地球はすべての物体を其の中心に引きつけんとする者で地球以外にあつては中心に近づく程引力強く、之れを遠ざかる程弱くなるものである。故に物質が地球表面上、高山の頂にあると海面上にあると依つて其の重さに多少の差異を生ず可きである。例へば東京で一貫目の重さある物質は富士山の頂に於て九百九十九匁であるが如きである。

故に若し、地球を去つて虚空に出で、少しも天體の引力を感ぜざる所に至りたりとせば其の物體は殆んど重さを有せず、只身體と引合ふが爲めに極めて僅少な重さを有するのみであらう。又、萬有引力の法則に従へば地球上同一の場所に於ける物質の重さは其の質量に比例すべきである。

地球の直径は南北に少し短かいため南北兩極の近傍は赤道の近傍に比して、稍々中心に近いから、其の引力も赤道の近傍よりは幾分か強大である。即ち赤道の直下に於ては最も少で、兩極に近づくに従つて増加し、兩極に於ては最も大（赤道近傍は地球の自轉に依つて起る遠心力に依つても引力は多少弱められる）である。斯くの如く物体の重さは緯度の差異に依つて變更する計りでなく、地球の組織は疎密不齊一故、其の引力は隨所小差がある。故に東京で精密に百匁の重さのものは札幌では百匁と七厘、那覇では九十九匁九分三厘、赤道では九十九匁八分一厘、兩極では百匁三分三厘である。（重さの研究應用の條参照）

重量の單位は國々によつて異なるが學術上一般に用ひられるものは攝氏四度の純水一立方センチメートルの重さをもつて單位とし、之をグラムと稱してゐる。

四、鉛直線と水平面

水平面がきまつて鉛直線の方がきまるわけでもなく、鉛直線がきまつて水平面が定まるわけでもない。重錘が鉛直の方向に垂れる理と水が水平を保つ理とは同じく重力の作用から來るので、何れを標準にしても差支はない。又獨立的に説いてもよい。

而して後、一つの鉛直線に平行な直線は何れも皆鉛直線で、一つの水平面に平行な面は水でなくとも皆水平面であるといふ事を兒童にさしらせるやう教授を進めなければならぬ。

五、風船球は重力の作用を受けぬか

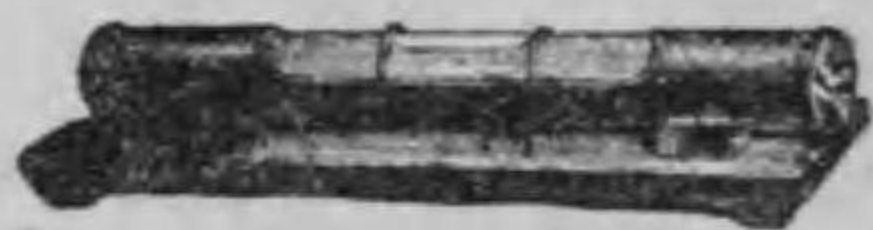
物体は凡て重力の作用をうけて居るから持ち上げたものは手から離せば必ず地上に落ちるのが一般の方則である。然るに茲に風船は何に故空氣中に浮昇するか、是れは兒童の大いに不審とする所であらう。其の説明にも色々あるが先づ、水中に於て水より軽いものは凡て重力に反對して浮ぶといふのが一番よからう。即ち水素(或は炭酸瓦斯)は空氣よりも非常に軽いから風船球を地球は引いては居るがやはり重い空氣を下に軽い水素を上になければならぬ。故に若し、空氣のない所で實驗すれば水素や風船球でも地上に向つて落ちるのである。實際水素は真空中で計つて見ると一立に就いて約九哩程の重さがある。

風船球はそんならどこまでも上るかといふとそういふわけにゆかぬ、それは風船球が上つてゆくにつれてその周囲の空氣が稀薄になる、そうすると同容積の空氣の重さだけの浮力のために上つてきたのであるが、空氣がうすくなるから浮力が少なくなつて風船の目方と同容積の大氣の目方が等しくなる所まで上るのである。尙風船球のゴム球を通して水素が滲透して水素が大氣中に出て遂には重力が作用して地球上に落下するのである。

六、鉛直と垂直

一つの線が一つの平面に直角に交はつてゐたならば、垂直線である。鉛直といふのは水平面といふ特

第百九十八圖



(7)水準器
別の平面に垂直な線のことである。

面の水平なるか否かを検するには、圖の如き水準器を用ひる。この器は水の面が常に水平を保つ性質を應用したもので、少し曲つた硝子管内に液を入れ、少許の氣泡を遣して管を密閉し、之に臺を附けたもので、之を水平面に載すれば、氣泡は器の中央即ち最高處に來るやうになつてゐる。

第二十六 挺子

一、教授の主眼

挺子に就いて (1)其の構造、(2)其の力の釣合、(3)其の應用の三點を明かならしめるのが本節の主眼である。即ち先づ

(1)支點の中央にある最も簡單なるものによつて其の構造を知らしめ、等しい重量を載する最も簡單なる場合の釣合を知らしめ、(2)更に異つた大重量を用ひて種々なる取扱により一般に挺子の釣合といふことを知らしめ、(3)進んで支點が一端にある如き特殊の構造に及び、且つ其釣合をも説き、(4)以て諸器物の應用を調べるやうにすることが必要である。

二、實驗事項

A、兒童實驗一

挺子

一、準備

材料 物差し、板片、糸、錘、釘。

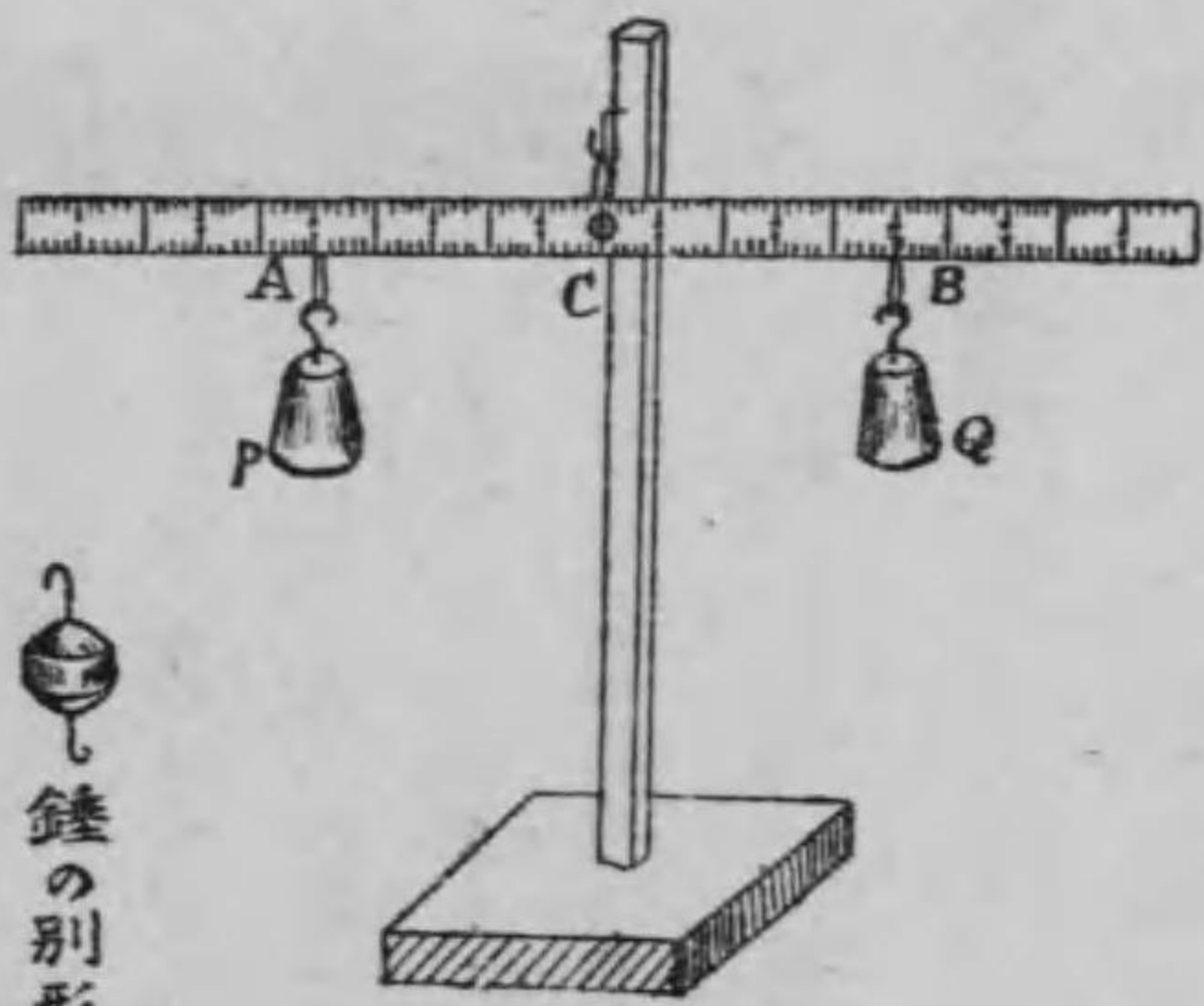
製作 (1) 五寸四分位の六分板の中央に一尺許りの一寸角柱を立て其の角柱の上部に曲げた釘を打ち込む。(2) 一尺指しの中央五寸の境を糸でくくりて釘に吊す。

二、方法

(1) 物差しの度盛りに従つて右左等距離の所に同じ重さの錘を糸に依つて懸ける。

(2) 此の實驗は數度位置を換へて行ふ。常に一尺差しは水平を保ちて何れにも傾かない。

圖九十九百第



錘の別形

(3) 右左等距離の所に重さの異なる錘を懸ける。

(4) 此の實驗を數度位置を換へて行ふに常に錘の重き側が下方に下りて一尺指子は傾く。

注意

(1) 本實驗の裝置を爲す際は一尺指子が水平ならざる時は一側的一端を削つて水平を保たしめて置くこと。

又は針金片や紙燃を一方にまいて平均せしめてもよい。

(2) 錘を吊る際物差の度盛りを誤まらぬ様注意し、等距離の所に錘を吊るせ。

(3) 若し木製の臺を使用せざる時はレットルト臺を代用してもよい。

(4) 錘のない所では、晒布を方一寸五六分位に切りとり、其の上と同大の半紙を載せ之れを天紙の右側に置き、其の左側に分銅二十五を載せ、砂を加減して平均せしめた後絲で括つて吊し絲をつけて錘の代用とするがよい。

圖百二第



三、歸納

(1) 左右等距離の所に同じ重さの錘を懸けると如何なる位置に於ても釣合ふ。

(2) 左右異なる重さの錘の時には……重い錘の方が下方に下つて物差しは傾いた。

(3) 左右の錘は其の重さに依つて物差しの各側を引下げ、互に反對の方に廻さんとし、而して錘の重さの等しい時は其の物差しを廻さんとする力が互に釣合ふ。

B、兒童實驗二

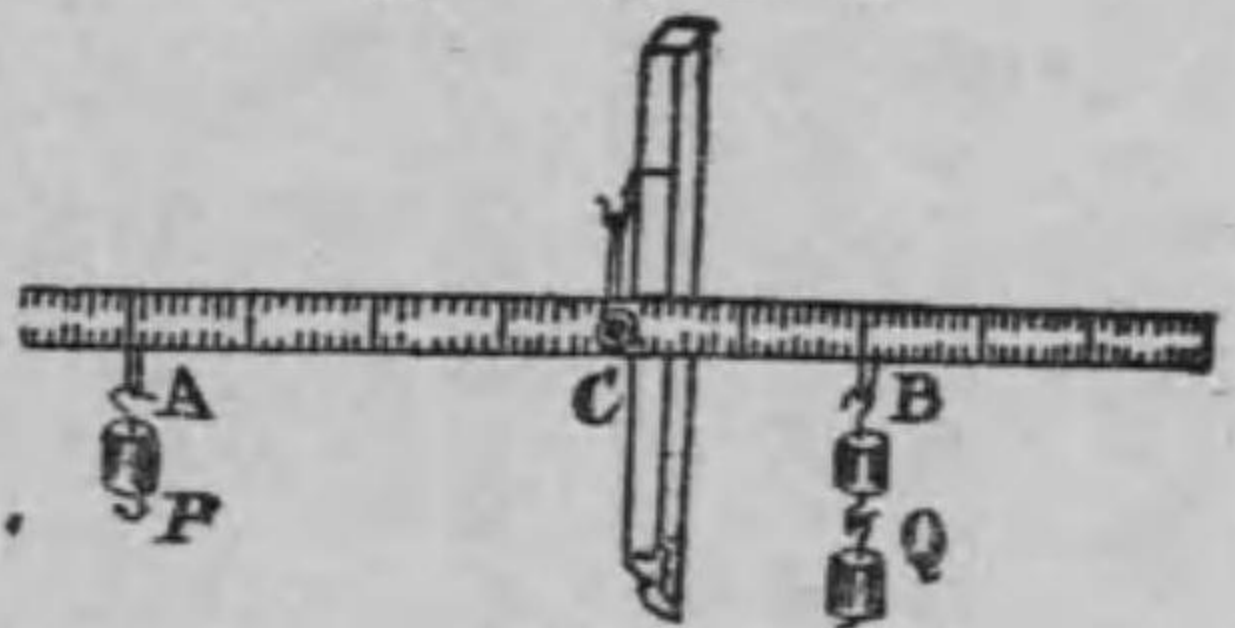
挺子(支點が二方の間にある挺子)の釣合

一、準備

實驗一に同じ。

二、方法

圖 一 百 二 第



- (1) 前實驗に用ひた物差しの中央から相異なる距離に錘を懸け、一方の距離を他方の距離の二倍($\frac{1}{2}$)とせよ。
- (2) 近い方には遠い方の錘と同じ重さの錘二箇を懸けて物差しは釣り合ふ。
- (3) 一方の距離を他方の距離の三倍($\frac{1}{3}$)とせよ。
- (4) 近い方の錘が遠い方の錘の重さの三倍なる時に物差しは釣り合ふ。
- (5) 斯くの如き實驗を數回試みよ。

三、歸納

(1) 物差しはどんなにし釣り合つたか……支點の右方に一點に一つの錘を吊し、左方共の、 $1:2:3$ ……等の距離に錘を吊して挺子を釣り合はしめるには夫々錘を二倍、三倍……とせなければならぬ。即ち支點よりの距離の比と之れにかける錘との比を反比例せしむれば常に挺子は釣り合ふ。

(2) 實驗 A、B に用ひた物差しの如く其の一點を固定せしめ、他の二箇所に此の棒(物差し)を互に反對に廻さんとする力が働く時は此の棒を挺子といふ。その固定點を支點といふ。

四、例證

(3) 挺子に働く二方は其の各々の力と其の働く點から支點までの距離との積が互に相等しい時に釣り合ひ若し、此の積が等しからぬ時は其の積の大なる方の力に引かれて廻る。

- (1) 鐵棒或は木の棒に枕を當てがつて重い物をこち上げるは挺子の應用。(挺子の發明は極めて古く、古のエジプト人既に之れを解し夫の壯大なる建築物オベリスク、ピラミッドの如き今日とても甚だ困難なる工事には挺子を應用したものである。)枕は支點。
- (2) 木鋏、釘抜
- (3) 天秤、天秤、天秤棒。(研究應用欄参照)

注意

挺子の二方の働く點を區別して力點、重點と呼ぶことがあるが何れも力の働く點であるから此の區別をなさないで教授するがよい。

C、教師補充實驗

支點が二力點の間にあらざる挺子。

一、準備

材料 物差し、滑車、釘、糸、錘、板片。
製作 (其の一)

(2) 長さ一尺二寸巾五寸の四分板の中央に一直線を引き其の上部から五分下つた所に物差しを吊す爲めに

釘を打ち、又中央直線の左右には數個の小滑車を物差の一寸度盛りと水平に釘で打ちつける。但し滑車は上の者程の中央直線から離るゝ距離を大にせよ。

(2) 此の板の裏面に適當な支柱を打ち着け之れを板より五寸許り長く切つて方五寸の六分板の臺に取りつけよ。

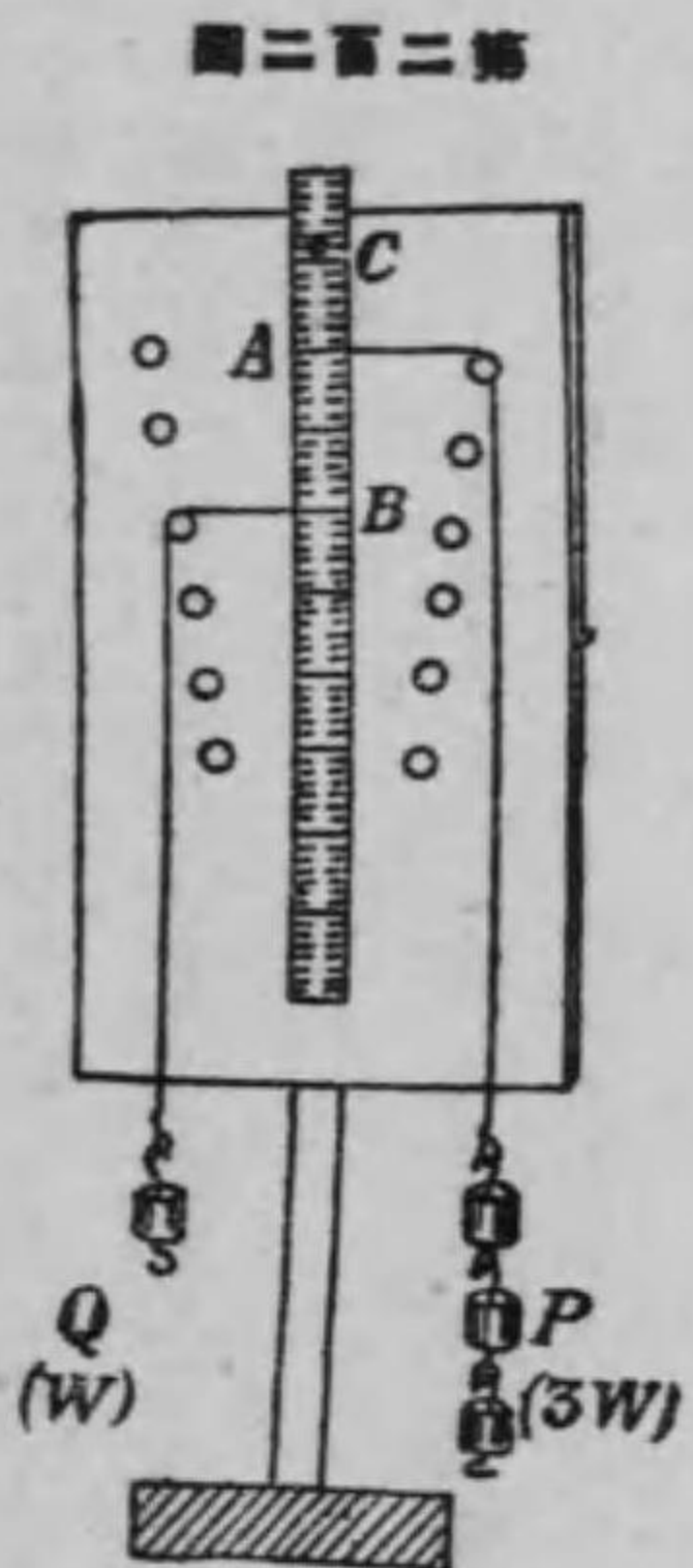
(3) 錘には長い糸をつけて使用せよ。

(其の二)

實驗一に用ひた装置に一つの滑車を取りつける。(第百九十八圖参照)かくの如くすると物差の左半は八を支點にした重さなき挺子となるのである。

二、方法・歸納

其の一



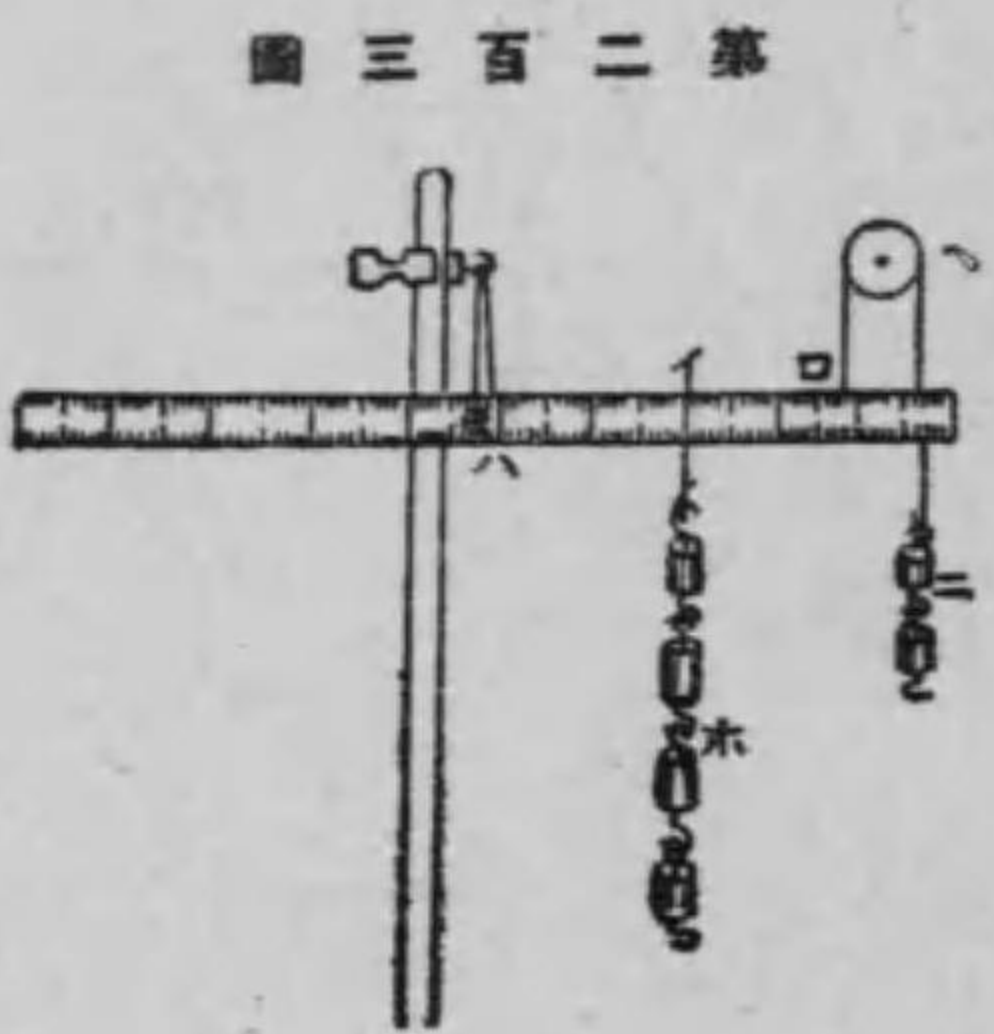
- (1) 板の上部に物差しを懸け、支點から一寸の距離に三個の錘を、又三寸の距離に一個の錘を圖の如くに吊るせ。挺子は釣り合ふ。
- (2) 一寸の距離に四つの錘を吊せ。是れと釣り合はす爲めには、(イ)二寸の距離に二個か、(ロ)四寸の

圖二百二第

距離に一個かの錘を吊るせばよい。

(3) 支點よりの距離と錘との乗積が相等しくなるやうに錘を垂下したならば常に挺子は釣り合ふ。

其の二



圖三百二第

若し滑車に摩擦がなければ正しく「二分の一、三分の一……」である。

注意 (3)に於て「(二)は(ホ)の略と二分の一……」は滑車(ハ)の摩擦の爲めである。

三、例證

- (1) 裁縫用鉄、飼馬切り。
- (2) 毛抜、木栓壓搾器。
- (3) 開き戸。

注意

新教科書に據れば本課の記載は著しく定量的に示されてゐるから、教授上特に注意せねばならぬことと思ふ。

三、研究應用

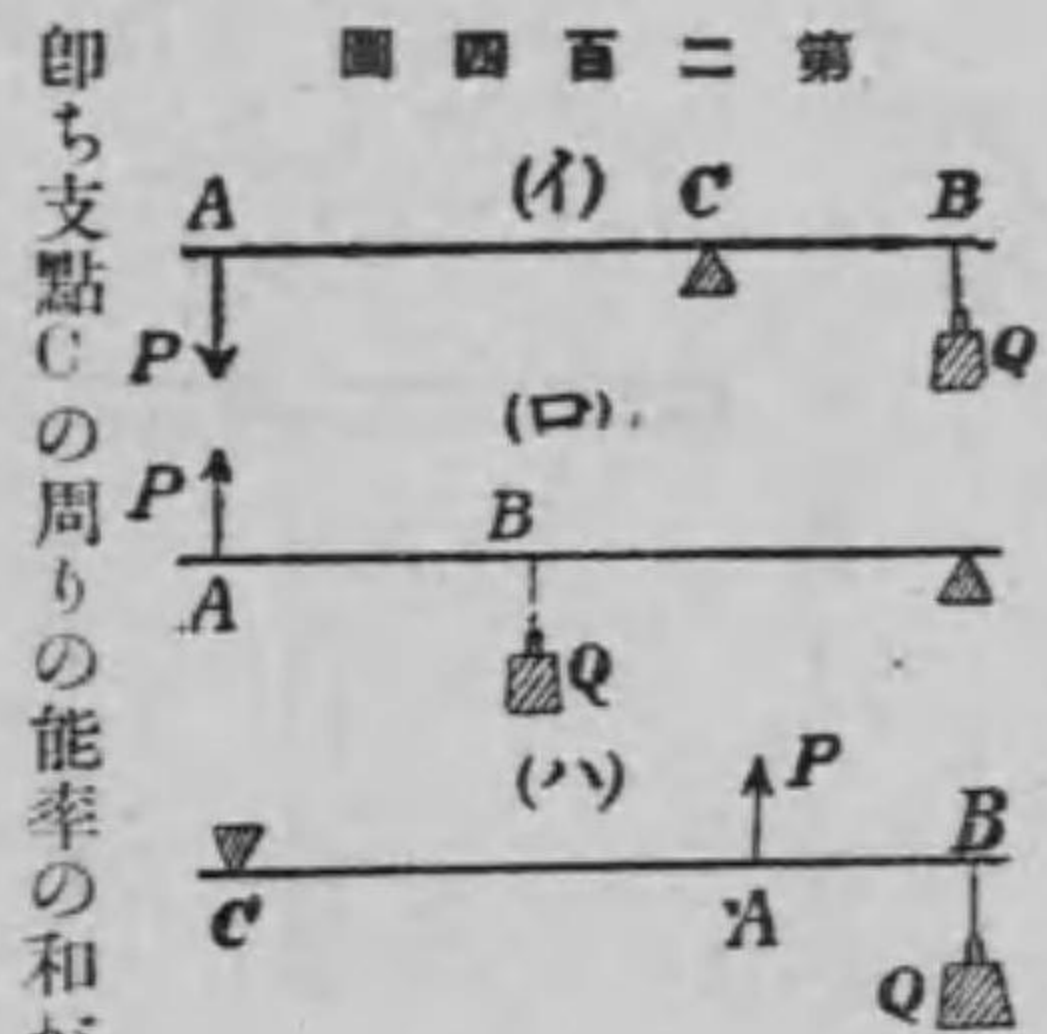
一、槌子の三要點と釣り合ひ

圖に示すが如く棒が支點と名づくる一點Oの周りを廻轉し得る装置を槌子といふのである。

今B點に重さQの物體を吊し、A點に於てP力を働かせて全體が釣り合ふものとすればP、Q二力の合力の作用線がOを通過する故、

$$POA = -QOB$$

$$\text{或は } POA + QOB = 0$$



即ち支點Oの周りの能率の和が0なる時槌子は釣り合ふのである。

であるから、A點とO點との距離のB點とO點との距離に對する比の大小に依つて其の力に益する所があり、又損する所がある。例へば今O點とB點との距離が二で其の重量Qが五なりとし、而してO點とA點との距離が五なる場合には即ち二の力を以て互に釣り合ふことが出来るのである。故に若し此の重さQを動かさんとならば二の力より稍々大なる力をA點に加へるか、又はO點とA點との距離を増さなければならぬ。

二、槌子の種類

槌子の三要點相互の位置に由つて槌子を三種に分つことが出来る。前回に依つて其の大意が知れる。

第一種 支點がA(力點)とB(重點)との間にあるもの。 || 兩臂槓杆(槌子)

第二種 B(重點)が支點とA(力點)との間にあるもの。

第三種 A(力點)がB(重點)との間にあるもの。 || 一臂槓杆(槌子)

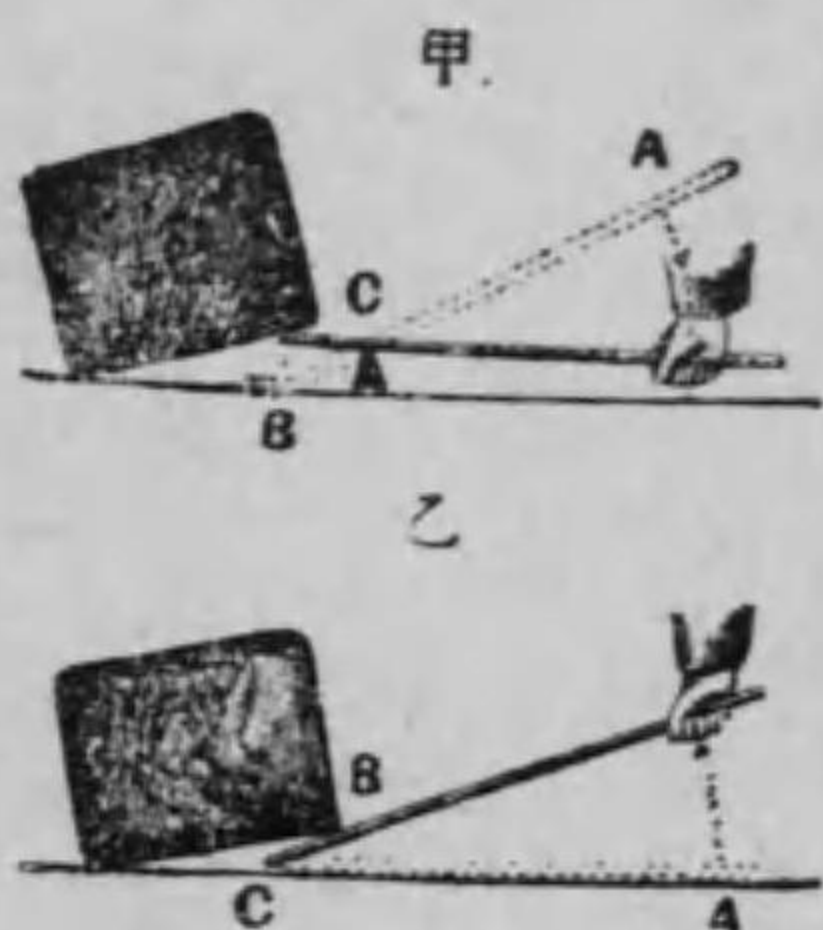
是を前圖と對照して見ると、第一種の槌子は(イ)に當り、第二種の槌子は(ロ)に當り、第三種の槌子は(ハ)に當つて居る。

槌子には如斯三種類あるけれども皆同一の法則に支配せられるのである。しかしA點に働かす力Pには損益を異にして居る。即ち第一種に於てはC/V/CBなる時P/Vとなるを以て小なる力で重い物體を支へる事が出来る。故にかゝる槌子では力を利することが出来る。第二種に於ては常に力を利してゐる。第三種に於ては常に力を損してゐる。

三、槌子使用の實例

夫の石屋が使用して居る四尺許りの鐵棒は吾人の常に目撃する所で、石屋は此の鐵棒を巧みに利用して重い石を動かし夫の理學者アルキメデスは曾て「我れに枕木を與へよ、然らばよく地球を動かさん」と

圖五百二第



言つた。此の言甚だ荒誕不稽なるが如きも蓋し亦眞理が潜在してゐる。如何に且大なる地球と雖も亦動かし難きにはあらざるも、實際に於ては之れを動かすべき立脚地がないから此の眞理も今は一つの推論と見るの外ない。

夫の兒童が運動場に於て板又は柱を横へ其の中間に木石を枕としてシーソーを作り、其の右左に乗つて交互に上下せしめて遊戯すること

とがある。是れも挺子を使用して居るのである。實驗教授の場合に於ては此れを問題として提出し、左の事項を實驗的に或は推究的に解釋せしめよ。

- (a) 板の中間の一點を支へて、左に二人右に一人を以て平均せしむるには如何すべき。
- (d) 同じく三人と一人とを平均せしめるには如何。

(c) 支點より其の一端までを一尺とし、他端までを三尺とし短い方に二人を乗せ、長い方に一人を乗せたらば其の板は如何に傾くだらうか。

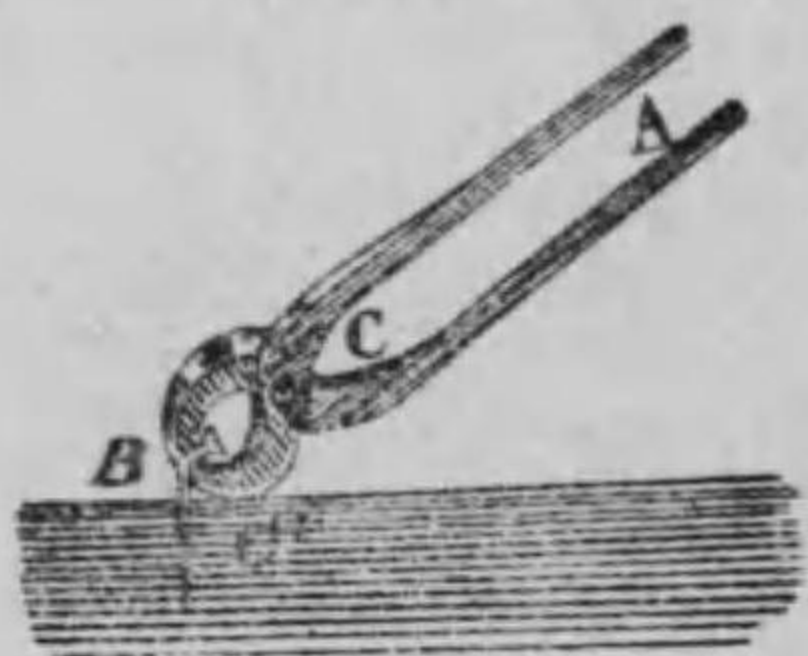
(d) シーソーを互に上下せしむる時、之れに乗れる人は如何なる手心を必要とするか。上る時には？、下る時には？。

四、第一種挺子の應用

第一種の挺子では支點の左右に二力點がある。此の挺子を應用したものは釘抜・花鋏の類である。此の器具は二個の挺子を併せたものと見做すことができる。即ち

兩脚を連結した所は支點で、切られ又は挟まるゝ所はB點で、指で力を加へる所はA點である。

圖六百二第



故に鋏を使用して物を切らんとする時、其の物が堅くて抵抗の多い時は是れを可成支點に近づけて切るがよい。是れは誰も自然に經驗せる所である。

釘抜の場合に圖に示す様に釘を挾

んでからAを下に下げて釘を抜かうとする時にはC點が支點となるのである。

又ポンプの活塞を上下するにも通常此の挺子を利用して力を省き、且つ其の使用上の利便を計つてゐるのである。又家の土臺を動かすため、大なる石を動かすた

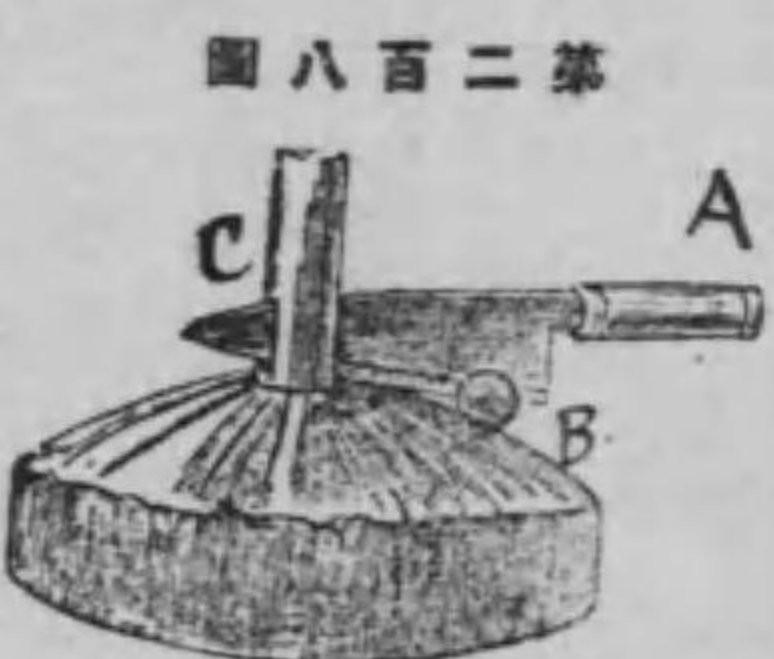
圖七百二第



め等に木棒或は鐵棒を用ひて、一種の挺子を作つてゐる。是れは矢張り第一種の挺子を利用したものである。故に此れ等の場合に力を加へる臂が愈々長ければ長い程、力を費すことが愈々少なく、且容易に之れを動かす得るのである。但時間を長く費す事は勿論である。

舟を動かす船も亦第一種の挺子で、B點は水中にあり、支點は舟にあたる所であり、A點は手で握る所である。

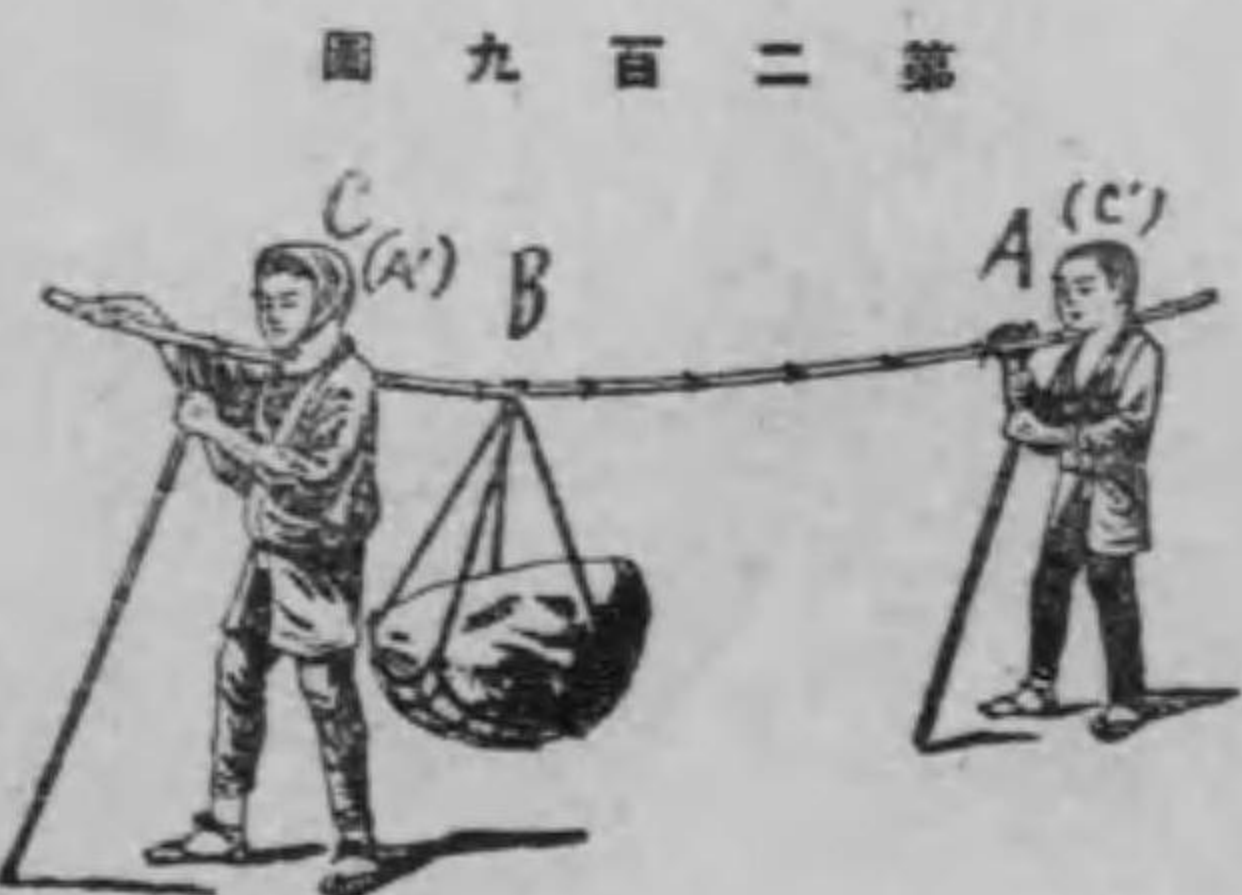
五、第二種挺子の應用



圖八百二第

第二種の挺子は支點が一端にあつて、B點が支點とA點との中間にあるものである。此の種の挺子を利用したものは押切、木栓壓搾器、胡桃割り等である。B點即ち切られ又は割られるものが支點に近い程力を益することが多い。又重ものを天秤棒にかけて二人で擔ふ場合に、荷を一方の人に近寄せば其の人は他方の人よりも多く重さを受ける。而して一人の肩を支點と見做せば荷物と他の人の肩とが二力點となるのである。

六、第三種挺子の應用



圖九百二第

第三種の挺子は支點とA點との距離が支點とB點との距離より小であるから、是れが釣り合ひを保つには力は重量よりも大でなければならぬ。故に此の種の器械に於ては力に於益することがない。然し乍ら使用甚だ便利であるから應用せられてゐる。

毛拔、裁縫用鋏は此の實例である。其の曲れる端は支點で、物を挟み切る又は挟む所はB點で、握つて力を加へる所はA點である。

圖十百二第



七、挺子に働く數力と重さ

挺子に働く力は一力に限らない。數力を巨大なる一つの重量に加へる場合も少なくない。又一力を以て數多の重さに當る場合もある。例へば數人で一本の挺子を用ひ、巨岩を動かすが如きは前者で、數個の石から成つてゐる石垣の下に挺子を加へて、一人で動かすが如きは後者の場合である。

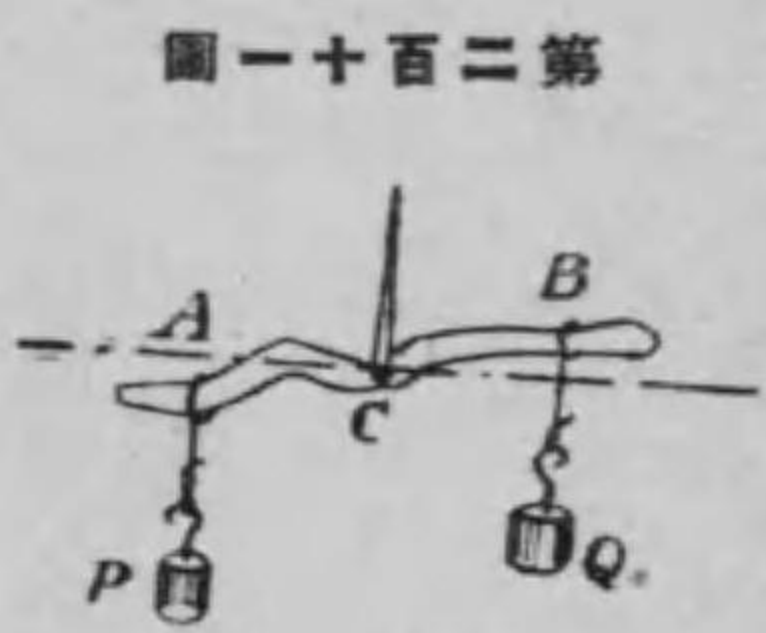
是れ等の場合に於ても平均釣合の法則は一方一重の時と毫も異ならない。即ち、

$$Q \times BO = \text{甲の力} \times \text{甲・支二點間の距離} + \text{乙の力} \times \text{乙・支二點間の距離} + \text{丙の力} \times \text{丙・支二點間の距離} + \dots$$

或は、

$$\text{甲の重さ} \times \text{甲・支二點間の距離} + \text{乙の重さ} \times \text{乙・支二點間の距離} + \dots = P \times AO.$$

又挺子は其の棒の不規則には關係しない。即ち、



第二十七 図一

挿圖の如き曲つた挺子があつてC點で支へた時、圖の如き位置で平均したとするならば、其のC點から等しい水平距離の二點A、Bに、等しい重さP、Qを吊した時である。故に若し一方が他方の水平距離の二倍であるとすれば、其の短かい方へ長い方の二倍の重さをかければ平均するのである。

要するに挺子釣合の法則は一定である。

此の挺子の釣合の定律を發見したのは、今を距る二千二百數年前ギリシヤに生れたアルキメデス氏である。

第二十七 はかり

一、教授の主眼

天秤及桿秤の構造と其使用とを授けるのが本課の主眼で、前節の挺子の應用中特に主要なものを取り出して來たのである。即ち、

(1) 先づ支點の中央にある場合の挺子の原理から、天秤の構造と使用法を授け、(2) 次に支點の偏する場合の釣合の理から桿秤の構造と使用法を授ける。就中其の使用法に對して明瞭な考をもたしめることは

教科書が特に本節を特立せしめた趣旨にそふ一重要な事柄と思ふ。

二、實驗事項

A、教師實驗

天秤の構造。

一、準備

天秤。

二、方法

天秤の構造と分解的に觀察せしめ、其の使用を實驗しつゝ、説明を與ふ。

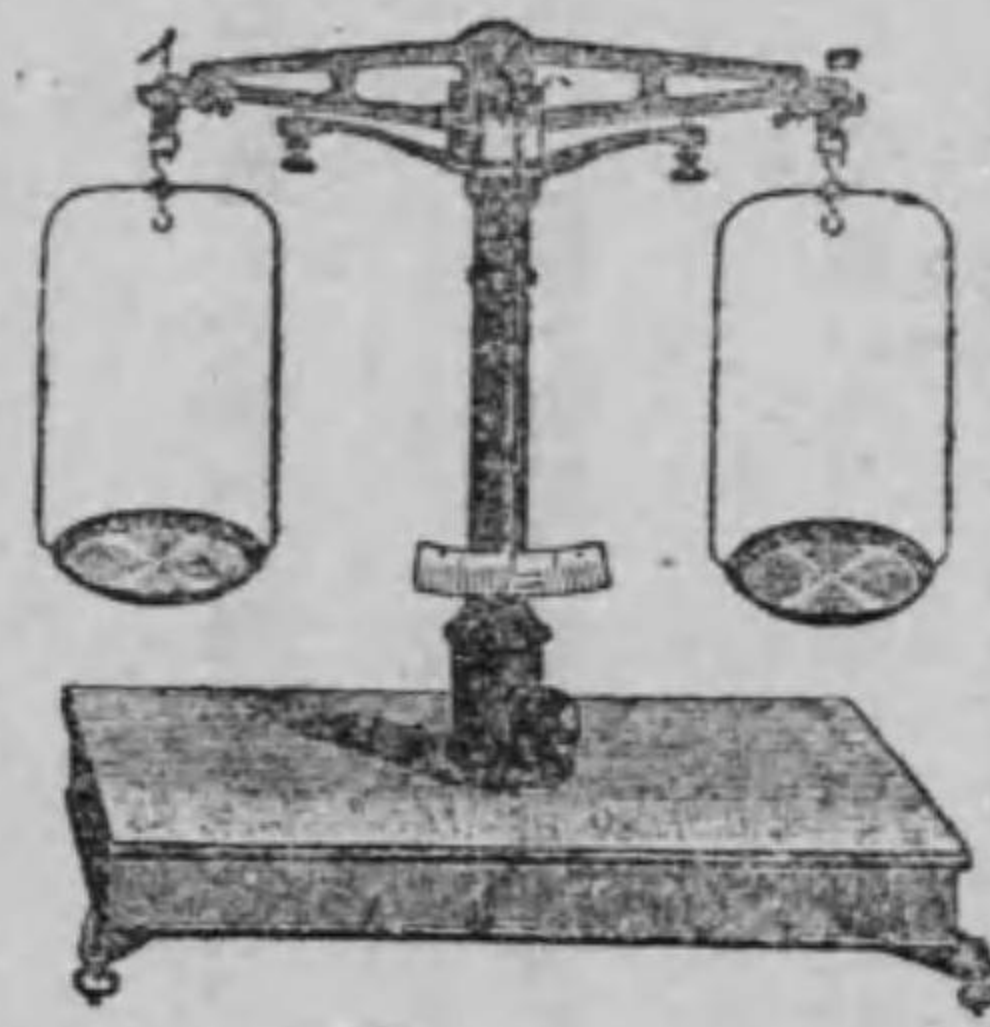
三、説明

(1) 天秤は支點が力點、重點の中央にある一種の挺子で、其の支點より力點重點の各點までの距離を臂と稱する。

(2) 桿は撓み難い棒で、桿の中央には横に貫ぬける鋼製の短き軸がある。

(3) 桿は此の軸によりて直立せる柱上に支へられ、軸の柱に接する所は銳き稜をなしてゐる。これ天秤の感じをよくするためである。

(4) 桿の両端には皿を懸けてある。



圖二十百二第



(5) 支柱を立つる支柱臺にある三個の螺旋と泡準器(又は支柱に沿ふ振子)とは支柱を垂直ならしめる装置で、目盛板と臂の中央に附着せる指針とは、臂の水平なるか否かを検するに用ふるものである。
(6) 天秤を使用するには、大様次の順序に依る。

(一) 支柱臺の三個の螺旋の内二個だけを動かして泡準器(振子により)によりて支柱臺を水平ならしめ、次て支柱を水平面に垂直に立たしめる。

(二) 螺旋によりて天秤を働かして、指針が目盛板の中央を指すか否かによつて桿の水平を検する。若し此の際針が目盛の中央より左に偏らば、臂の右端にある小なる螺旋を支點に近寄らしめ、又右に偏らば左の螺旋を支點に近寄らしめ、以て臂を水平ならしめる。

(三) 筆の毛で皿を拂ひ清めるがよい。

(四) 質量を測らんとする物體を左の皿に載せる。

(五) 分銅をピンセットで右の皿に載す。

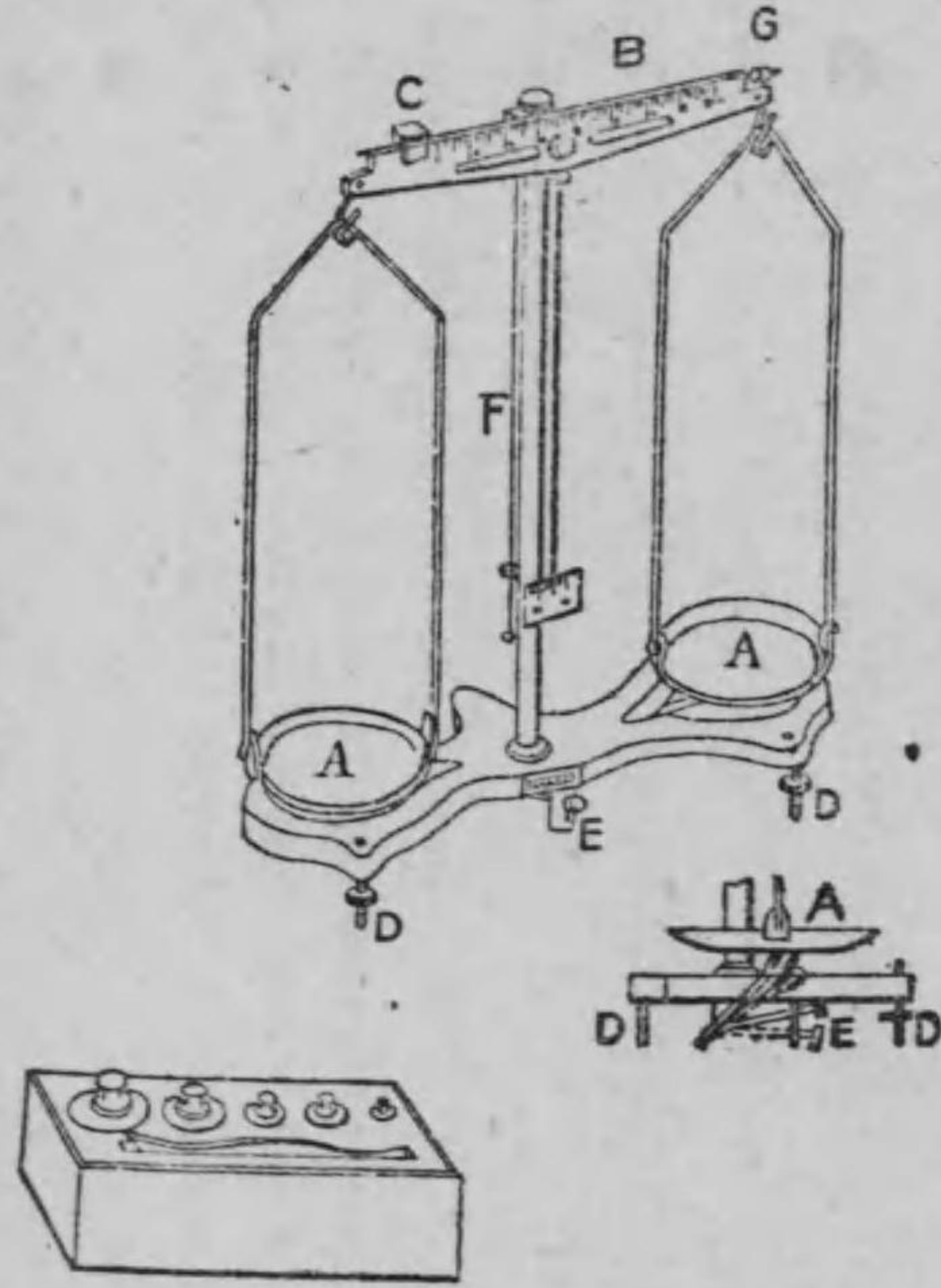
注意

分銅を皿に載するには、必ずピンセットで取り扱ふがよい、最初に載する分銅は其の物體より稍重いと思ふものを選ぶがよい。而して之が重きに過ぐるときは、次の重きものを載せ、夫れのみで軽きに過ぎるときは、其の次の重きものを載せ加へ、斯くして次第に軽い分銅を載せ、遂に臂の水平となるに至つて止む。又分銅を載する度毎に必ず天秤を休ませがよい。

(六) 桿が水平とならば天秤を休ましめ、ピンセットで分銅を舊位置に復しつゝ、一々其表面に記してある質量を記載し、最後に其の和を求めらるがよい。此の和は求むところの重さである。

(七) 天秤の支柱か又は桿には感量何瓦、秤量何瓦と記してあるものである、其の感量とは秤量し得る最小量を云ひ、秤量とは測り得る最大量を云ふ。されば其の秤量より大なる質量、又は感量より小なる質量は、測ることが出来ぬもので

圖三十百二第



ある。

備考

第二十圖に示す天秤は、Fの錘によつて柱を垂直にし、Gの螺旋によつて桿の水平を調節する所は何も異つた所ではないが、分銅が最小十五まであつて十五以下は、桿上に乗つて居る、ライダーCを右に動かして聡まで精確にはかる様になつて居る。故にこれは最もCを零の位置に合せて置いてGの螺旋で調節するのである。故原理は天秤と桿秤とを折衷したようなものである。

B、教師實驗二

桿秤の構造。

一、準備

桿秤。

二、方法

桿秤の構造を知らしめ、其の使用を實驗しつゝ説明を與へる。

三、説明

(1) 桿秤も天秤と同じく支點が重點と力點との間にある椀子である。而して其の重點は質量を測らんとする物體を吊す鈎又は皿の垂下せる點で、力點は錘りを懸くる點である。又支點は緒の附着せる部分である。

(2) 其の重なる部分は桿と名づける長き棒と一箇の重錘とである。

(3) 桿の一端に近き所に緒があつて桿はこれによつて二分せられてゐる。その短き方の端には皿或は鈎を吊し、長き方には目盛があつて、此の所に錘を懸ける。

(4) 桿秤によつて物體の質量を測らんとするには、大様次の如くする。

(一) 物體を鈎又は皿に懸ける。

(二) 右手で緒を持ち、左手で錘の糸と桿とを支へて秤を吊し、錘を左右に動かして桿を水平ならしめる。桿の水平を決定するためには、之を眼と同じ高さに横たへるがよい。

(三) 緒は二つある。されば最初は鈎より遠き緒を使用し、若し秤が鈎り合はなければ他の緒を使用する

(四) 秤が鈎り合ひたるときは、左手で錘りの糸を緊く桿につけたまゝ、舊位置に復し、然る後に目盛を讀む。

C、教師參考實驗

桿秤の製作。

一、準備

竹片、(箸) 小石、糸。

二、方法

(1) 任意の小石を糸で吊し、箸の一端に懸け他端に（此桿秤を四匁迄秤量し得る様製作せんとせば）十五瓦の分銅（天秤の分銅を借り来るがよい）を適當の皿の上のせて、之を懸け丁度水平に釣合ふ處を求めて此れを支點とし、此れに緒を一つ附ける。

(2) 次に重錘となるべき前の小石を左右して、正確に釣合ふ位置を求めて四匁の目盛を附ける。

(3) 次に零匁の目を求めるために十五瓦の分銅を皿より取り去りて、小石を緒の方向に動かして水平に釣り合ふ所を求める（此の時小石は或は緒と皿の間に行くことがある）。斯くして零と四匁との位置を知つたるが故に此の間を四等分すれば一匁宛の目盛を得る。

備考

桿秤の目盛。茲に更に目盛について詳説すれば元來此の桿秤に作用する力は
(一) 桿自らの重量 W (G を重心とする)

(二) 皿及皿の上にある物体の重量 $M+m$

(三) 重錘の重量 P の三つである。

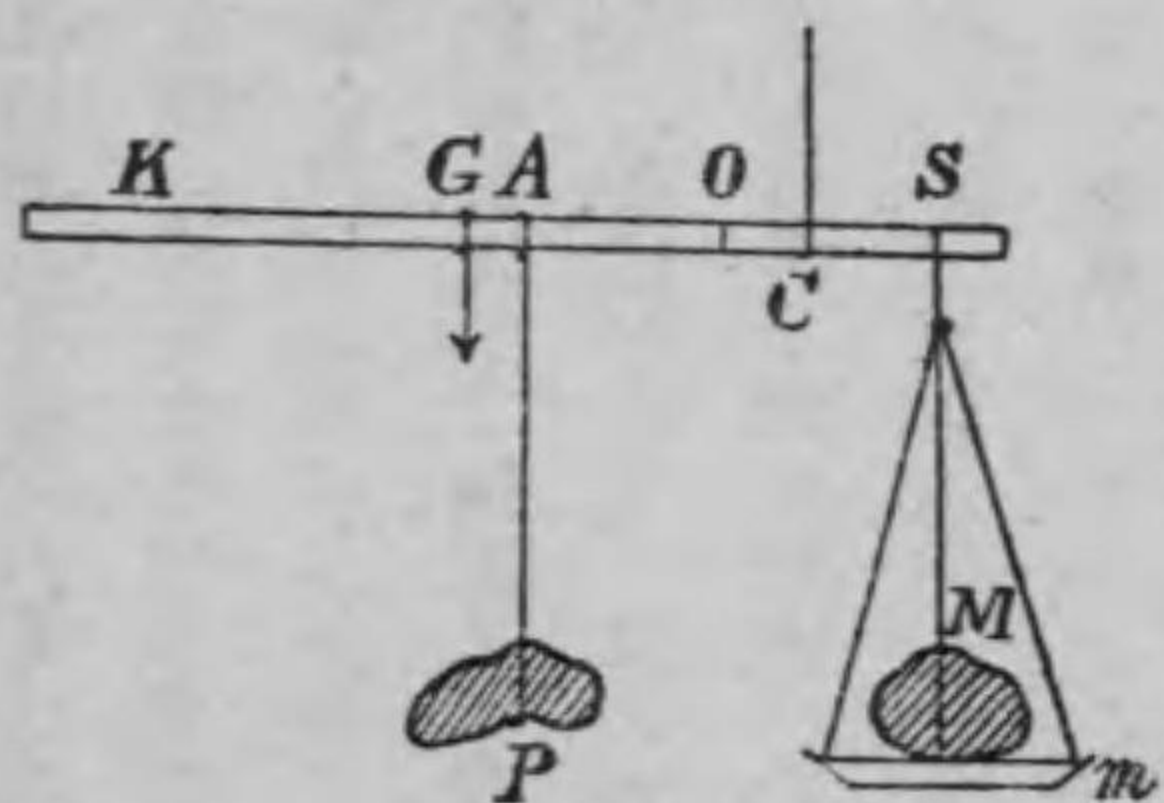
今圖の如くにして釣合ひの状態にあつたとすれば次の關係が成立つ。

$$W \times CG + (CO + OA)P = BC \times (M + m) \dots \dots (1)$$

又皿に物体を載せないで分銅を零點 O にかけたる時の釣合の關係は次の如くである。

$$W \times CG + CO \times P = BC \times m \dots \dots (2)$$

圖 四 十 百 二 第



(1) より (2) を邊々相減する時は

$$AO \times P = BC \times M$$

となる。竝に P 及 BC は一つは重錘の重量、他は取り緒と皿との位置の距離で何れも此桿秤に關しては一定のものである、故に AO と M とは正比例する。斯かるが故に桿は零點と四匁の點との間を等分して可い理である。

目盛を四匁としたのは手紙を秤らんとする時に利用する爲である。

三、研究應用

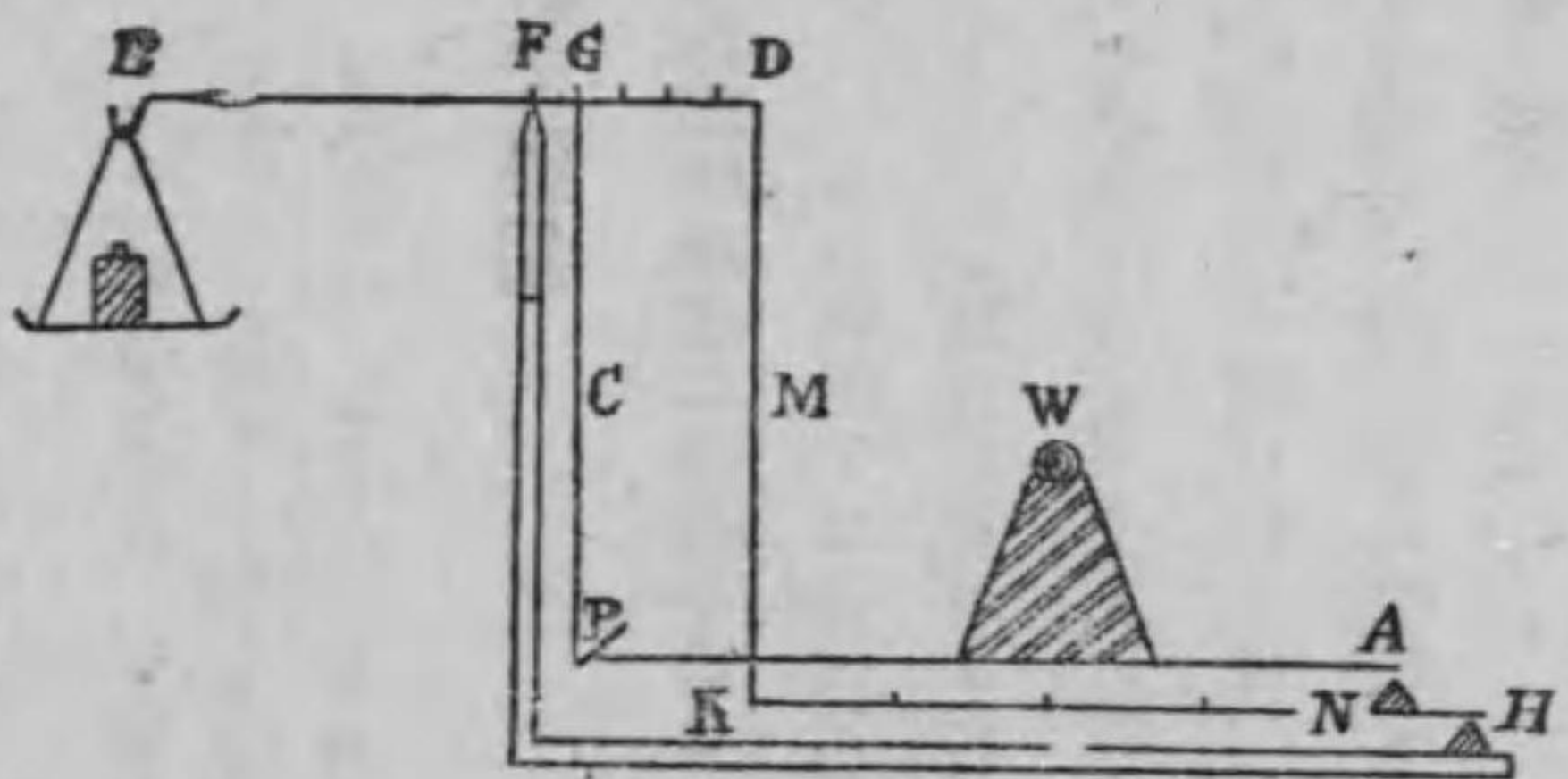
一、桿秤には取緒二つあること

此れは一方の取緒では秤量出來ぬ程の重いものを測るため更に取緒を設け之れを皿に近い方におく。然るときは、支點となるべき此取緒と皿との距離は前よりも小となつたため前と同じ重さの物体を皿に載せても分銅は前より支點に近くて釣合ふのである。而して一定の目方に對する度盛の間隔亦小となるを以て取緒を二つ設けたるは二個の桿秤の代用をなすとも、又一個では充分桿を長くせねばならぬ代りに比較的短かい桿で重い物体を測り得る様に作られたるものであるとも考ふる事が出来る。

二、臺秤

臺秤は巨大な物体でも容易に之を秤量し得る装置で、支點が力點と重點との間にあるもの、及び重點が支點との間にあるものとの槌子を併用したものである。

左に臺秤の概型を示して力の平均の概要を説明しよう。
重さを測らんとする物Wは、其一端に於ては、又(A)上に居り他端(B)に於ては(C)なる杆條に連なれる臺板



第二十七 ばかり

ABの上に載せる。(C)の他端はFなる及上に位する兩臂横杆DEとG點に於て連繫し、(A)は其支點Hなる及上に在りて、其一端Kは(D)に懸れる杆條(M)に固着したる一臂横杆HK上に居るものである。而してFGのFDに於ける比がHNのHKに於ける比に等しい様につてある。
即ち重量WをAB板上に載せると、一部はAを壓し、一部はBを壓してCを引く、今Aを壓する力をaとしCを引く力をcとすると $W = ac$ である。又Aを壓する力aはKNに働きK點に於てMを引く。その力は正に a/n である。(nはKNで圖に於ては5である)故にDEなる横杆に於て、Fなる支點の右方に働く力は、Gに於てはc、Dに於ては a/n である。但し此の a/n は支點からの距離がG點のn倍にあるから、G點にaだけの重さを懸けたのと同じ。由て臺秤に於ては、その板上に物を載せるのは、同一の重さをGに懸けたのと同じことになるのである。

第二十八 ぶりこ時計

一、教授の主眼

ぶりこの性質を授け、其の應用として時計の構造の原理の一面を簡單に知らしめやうとするのである。
それがためには。

(1)振子運動の事實、(2)振子運動の性質、(3)時計の振子、(4)時計のテンブ等の諸實驗觀察を必要とする。

二、實驗事項

A、兒童實驗一

實驗振子の事實及週期。

一、準備

糸、鉛錘、コルク。

二、方法

- (1)鉛錘を糸で釣し、錘を少しく側方に引寄せて放てよ……錘は左右に幾回も往復する。
- (2)次にコルクの錘を附け同じ糸の長さを以て前と同様の實驗を反復せよ……錘は同様に幾回も往復す

る。

(3) 今度は二つの錘のうち、一つをとつて糸を短くして其の振動状態に着目せよ。

三、歸納

- (1) コルク及び鉛の錘の振動時数を比較せよ。……常に一定す。
- (2) (1)又は(2)と、(3)とを同様に比較せよ。……糸の短き方時間少なり。
- (3) 更に糸を短くして時間を観よ。……小なる程益々其の時間は小となる。

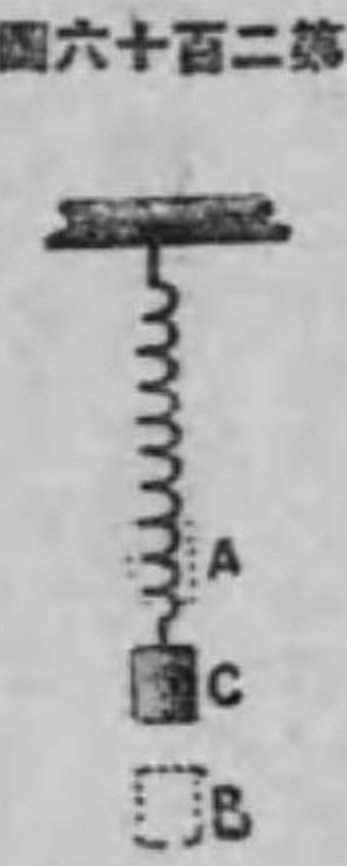
B、教師實驗一

弾性體の振動。

一、準備

次の圖の如き製作。

二、方法



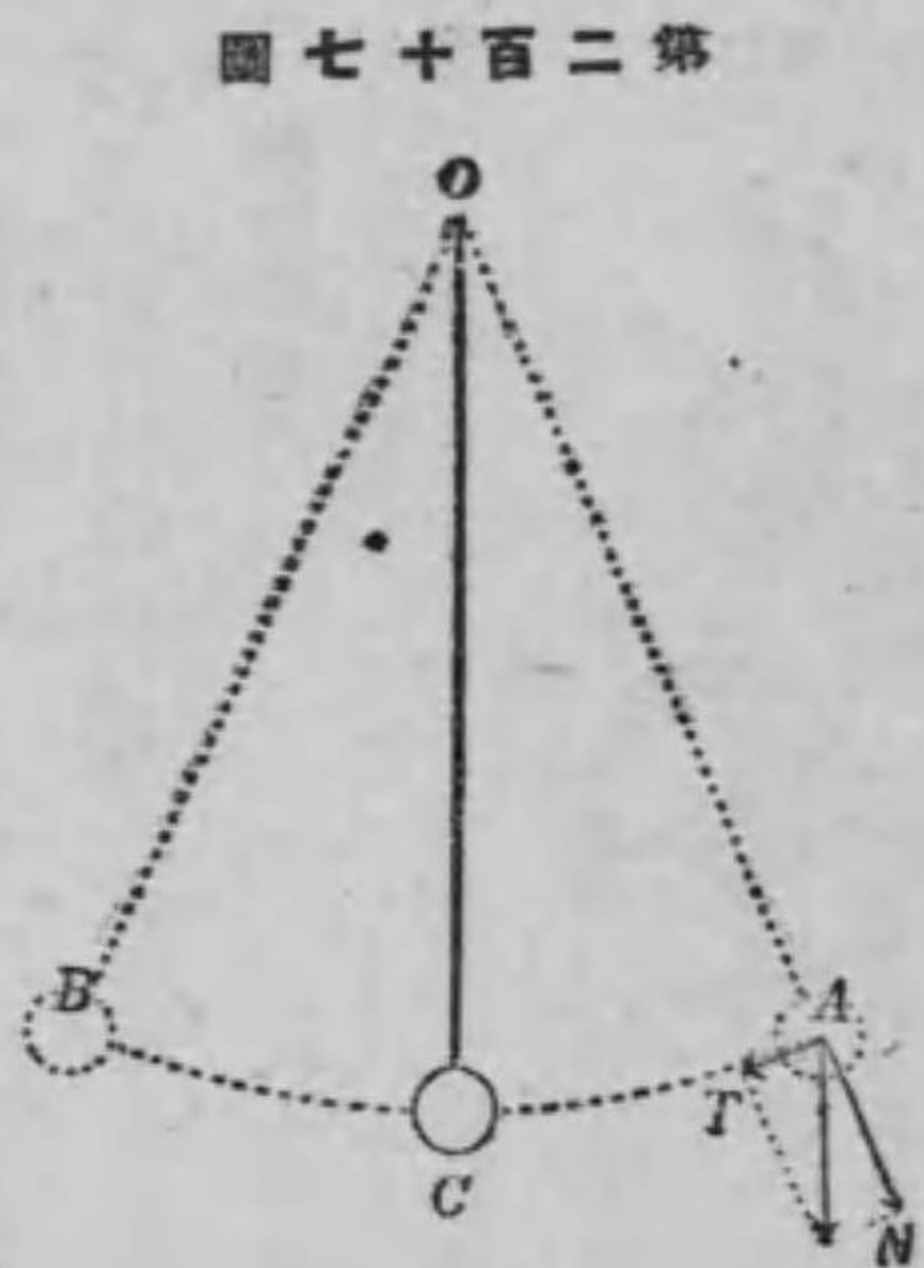
圖六十百二第

錘CをBの位置まで引き延ばして急に手を放てよ、……CはAの位置に至り直ちに又Bに返り上下に振動す。

三、研究應用

一、振り運動の原理

糸で錘を吊れば、糸は鉛直線をして錘は静止する。この錘を圖の如く一方に引いて放てば、重力の作用によつて錘は圓弧ABを描いて往復振動する。この圓弧ABを振幅といひ、一回の往復に要する時間Tを週期



圖七十百二第

といひ、糸の長さLを振子の長さといふ。Aに於て錘の重量を糸の方向と切線の方向とに分てば、分力AN、NTを得る。分力ANはたゞ糸を引張つて之を張るのみであるが、分力ATは錘を圓弧ABの最低點Cの方へ動かさんとし、その大きさは略C點からの距離に比例するものである。それ故錘はC點の方へ動き、次第にその速度を増し、C點で最大速度を得、慣性によつて圓弧BCを昇る。そして重力は常に錘をC點に引き戻さうとするから、錘

の速度は次第に減じ遂にA點の高さに等しいB點で全く静止し、直に降り始める。これ振り運動の状態である。

實驗の結果によれば、振幅の餘り大きくないときは、

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

となる。そして式中のgは落體の加速度である。此の如く、振子の週期はその長さに關し、その質量及

び振幅には関係しない。之を振子の等時性といふ。されば、振子の長さ週期とを測定し、この公式によつてgの値を算出し、またそれらの等時性を利用して時計を調整するのである。

二、弾性體振動の原理

實驗二に於て見たる如く、螺旋條を上より吊り、其の下端に小さい錘を懸け、錘が釣合の位置に静止したとき、少し之を引下げて急に放てば、螺旋條は伸縮し、錘はその釣合の位置を中心として上下に等時性の振子運動をする。これフックの法則によつて、釣合の位置から偏つた距離に比例する力が錘に働いて之を釣合の位置に引戻さんとするためである。

三、時計の振子

時計の振子を具體的に説明しやう。次回に於て時計の齒車Bの軸Wに附いたせんまいは、其の弾力によつて、數多の齒車仕掛を廻さうとするが、最後の齒車Cは振子ABに附いた金屬片DE(アンクル)に支へられて、自由に廻ることを得ず、振子が運動して、一度往復する間に、たゞ齒一つづゝの割で廻るだけである。そして振子の一度の振動時間は一定して居るから時計は規則正しく運轉するのである。

圖八十二百二第



四、時計のテンブ

振子を用ひない時計例へば懐中時計の如きものは、二に於て説明した弾性體の振動を應用したものである。ABは鋼鐵條の渦卷で、其の一端Aをハズミ車の軸に附着せしめ、他端Bを固定し、車が釣合の位置に静止した後、聊か之を廻して急に放つと渦線條は伸縮し、車は釣合の位置を中心として、等時性の廻轉振動をして時計を調節する。

五、時計の調節

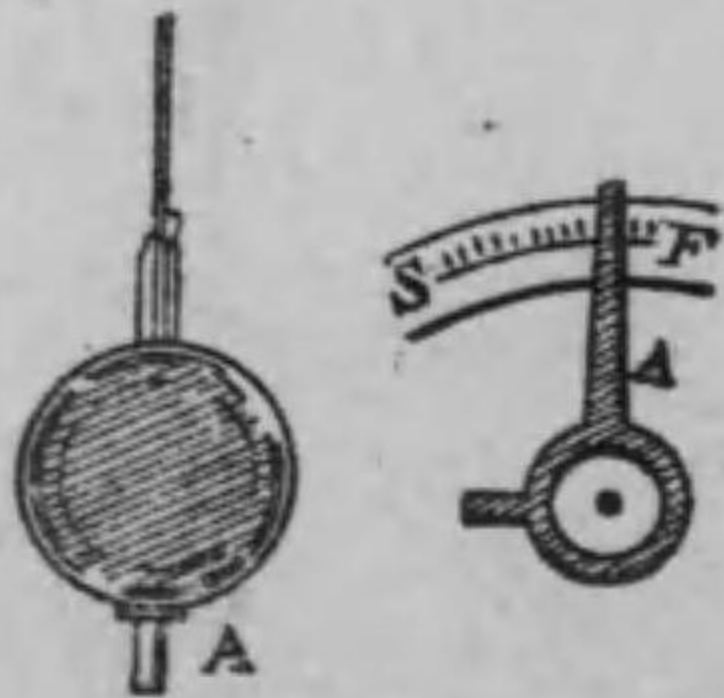
時計は精緻な機械であるから微細な構造上の差異から都合よく遅速の加減のとれないものがある。又、幾ら正しい時計でも夏冬の温度の變化のため振子や鬆せんまいの膨脹・收縮があつて時々之を調節する必要がある。調節

圖九十二百二第



の方法としては、振子を有つ時計ならば圖のねぢ(A)を延して錘を上下せしめ、テンブを有つものなれば圖の針(A)を左右に移動せしめる。Fは速の記號でSは遅の記號である。原理はいづれも振子の長さを加減することになるのである。

圖十二百二第



第二十九 吸上ポンプ

一、教授の主眼

大氣の壓力及び液體の性質を基礎として吸上ポンプの構造及原理を觀せしめるのが本課教授の主眼である。實驗事項としては、先づ

(1) 水面に加はる空氣は低い壓力の方に水を移動せしめることを確實にし、(2) 次に應用としての吸上ポンプの構造に及ぶがよい。

二、實驗事項

A、兒童實驗一

管の先を水中に入れて水を吸ひ上ぐ。

一、準備

ガラス管、ゴム管、ピンチコック、水。

第二百一十一圖



二、方法及歸納

(1) 硝子管の一端Aを指頭で壓して置き他端を吸ふて

ピンチコックでゴム管を挿む。

(2) Aを水中に入れて指先を放つ………水は上つて管内に入る。

三、本實驗の特徴

教科書の如く管を水に入れて直に口で吸ふのは、吸ふことゝ、水の上昇することとの關係を連斷的につけて空氣の壓力の減少と云ふことを考へるのに却つて不便である。

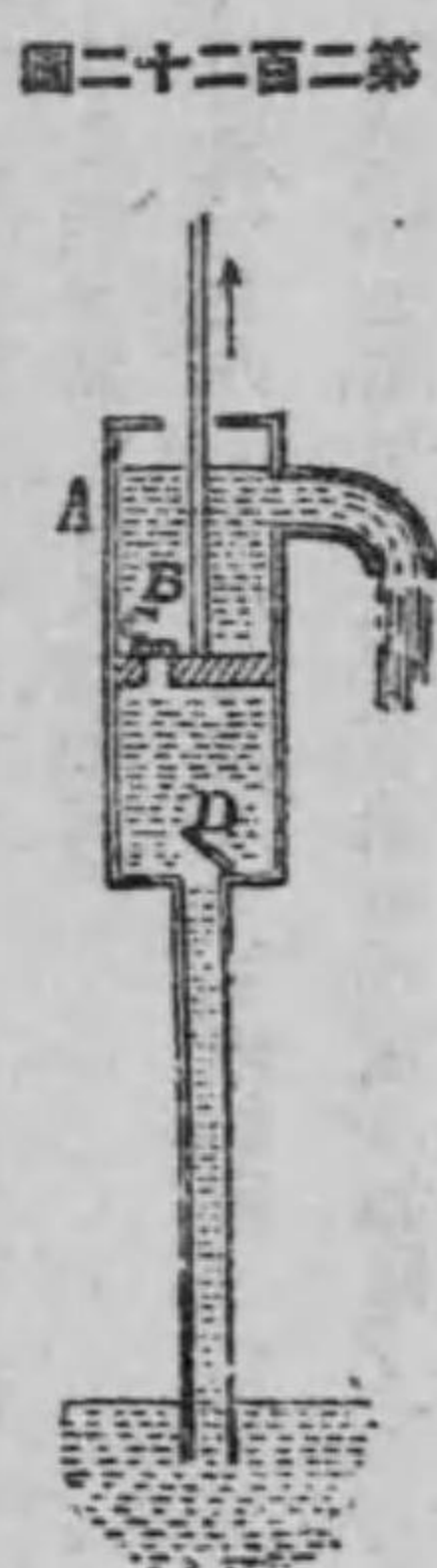
B、教師實驗一

吸上ポンプの使用。

一、準備

吸上ポンプ、水。

二、方法



第二十二百二圖

は遂に筒の上方側口から流れ出るであらう。

(1) 活栓(B)を筒(A)の下際まで押しさげて少量の水を注入せよ。

(2) 活栓を除々に上下し始めて終に筒内全體に及べ、水

三、歸納

- (1) 活栓を密にする理如何。
- (2) 先づ上方より水を注入する理如何。
- (3) 活栓を除々に上下し始める理は如何。

備考

本教材は説明を與へたる後思考せしめるを經濟的取扱と考へる。

三、研究應用

一、吸上ポンプ

吸上ポンプは井水を汲むが如く低い所の水を高い所に用ひるもので、圖の如く活栓を備へた圓筒と、其底に連なる長い管とから成り、圓筒の底と活栓とは上方に開くことの出来る瓣C、Dがある。今此の長管の下端を水中に達せしめ、活栓を押し下げると瓣Dは閉ぢて、活栓の下に在つた空氣は瓣Cを壓開いて其の上に出る。次に活栓を引き上げるときは、瓣Cは開ぢて空氣が活栓の上から其の下に入ることが出来ないから、活栓の下に残つた空氣は膨脹して稀薄となり、壓力が減じて、管外の水面に受ける大氣の壓力よりも小さくなるから、水は長管内に吸ひ上げられる、かうして活栓を數回上下するとき、長管内の空氣の減するに隨ひ水は次第に長管内に昇つて來て遂には圓筒内に來る。此の際活栓を

引き上げる場合には活栓と水との接觸は氣密で空氣がなく真空を生じるから、大氣の壓力の爲めに水は圓筒内の上つて來る。そして活栓を下す際に水は瓣Cを壓開けて活栓の上に出、次に活栓を引き上げるときは圓筒の上端にある口から流れ出る。

大氣の壓力は高さ略ぼ、三丈四尺の水柱の重さと釣合ふから、吸上ポンプで井水を汲み上げるには、活栓を壓上げたとき、井水面よりの高さはこれよりも小でなければならぬ。

二、各種のポンプ

吸ひ上げポンプと似たものに押し上げポンプがある。又ポンプのみから考へると氣體、液體の二方面に互つて色々のものがあるが、これらは又他のそれらの所で改めて詳述することにする。

第三十 光の直進

一、教授の主眼

本節教授の主眼を舉げると左の諸項とならう。

- (1) 發光體と暗體、(2) 光の進行と反射、(3) 透明體と不透明體、(4) 光の進行の状態……直進である。

二、實驗の事項

A、児童實驗

光の直進すること。

一、準備

第二百二十二圖にある如き無蓋のボール箱に細い縦穴を設けたもの、縦七寸、横五寸、高さ三寸、間隙の幅五厘、長さ一寸五分、間隙の間隔六分。

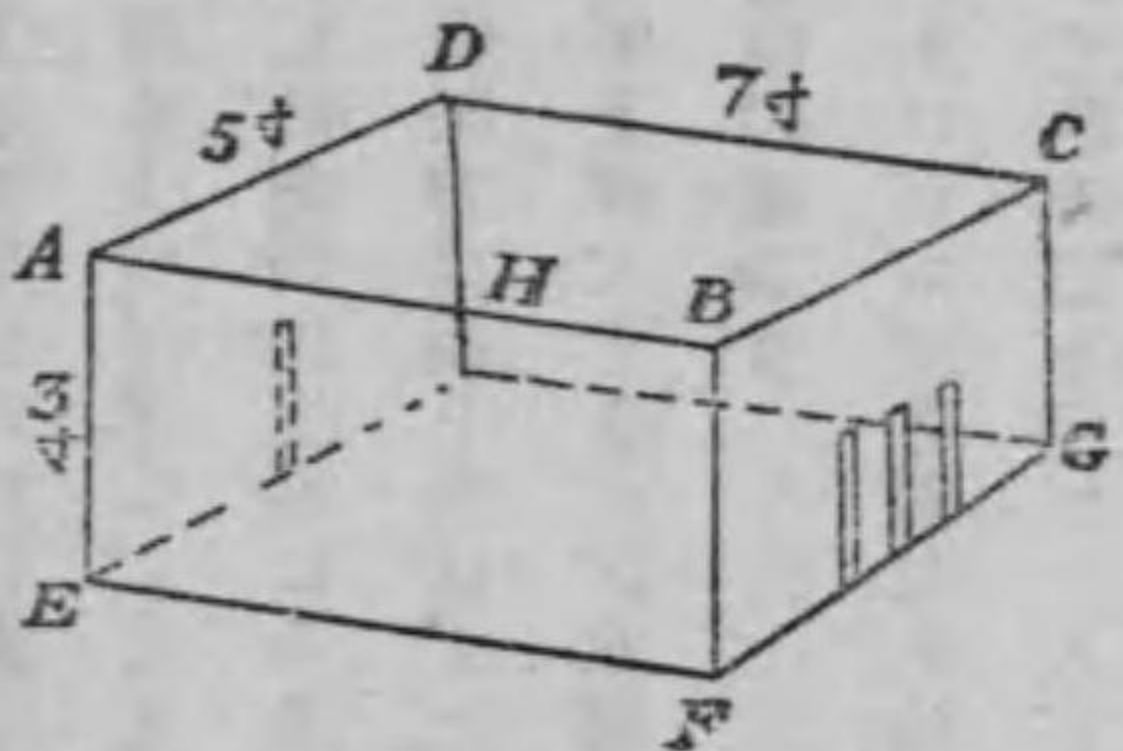
二、方法

(1)箱を日光の照る所へ持つて行き、A H面を日光に向けるときは、一本の明るい線を底上に見ることが出来る。(2)B G面を向ける時は三本の線を認めることが出来る。

注意

- (1)日光のない時は窓掛で蓋の點穴したラフックを使へばよい。暗其時は平行光線でないから漸次に幅なます線となつてあらはれる。
- (2)窓を一箇所あげ他を窓掛にて蓋ひその方向に間隔をむけても明るい線を見ることが出来る。
- (3)光の方向と箱の底面と平行にした時に最も長い線を出すことが出来る。
- (4)光の屈折實驗に使用する角形の瓶の中に線香の煙を充して栓をなしボール箱の内に置き

圖 二 十 二 百 二 第



間隙から光をいれて光の経路を見るのもよろしい。煙の立ちこめた中に光が這入つた時の日常の經驗を實驗にしたものである。線香の煙は時々入れないと直ぐに消失する。

三、本實驗の特徴

- 一、光の経路を明瞭ならしめることが出来る。
- 二、暗室を用ひないで出来る、ボール箱を用ひたのは、即ち簡易なる暗室である。

四、例證

左に示す參考實驗は皆この例證として興味あるものである。

B、參考實驗一

一、準備

蠟燭、紙又は板製の衝立二枚、

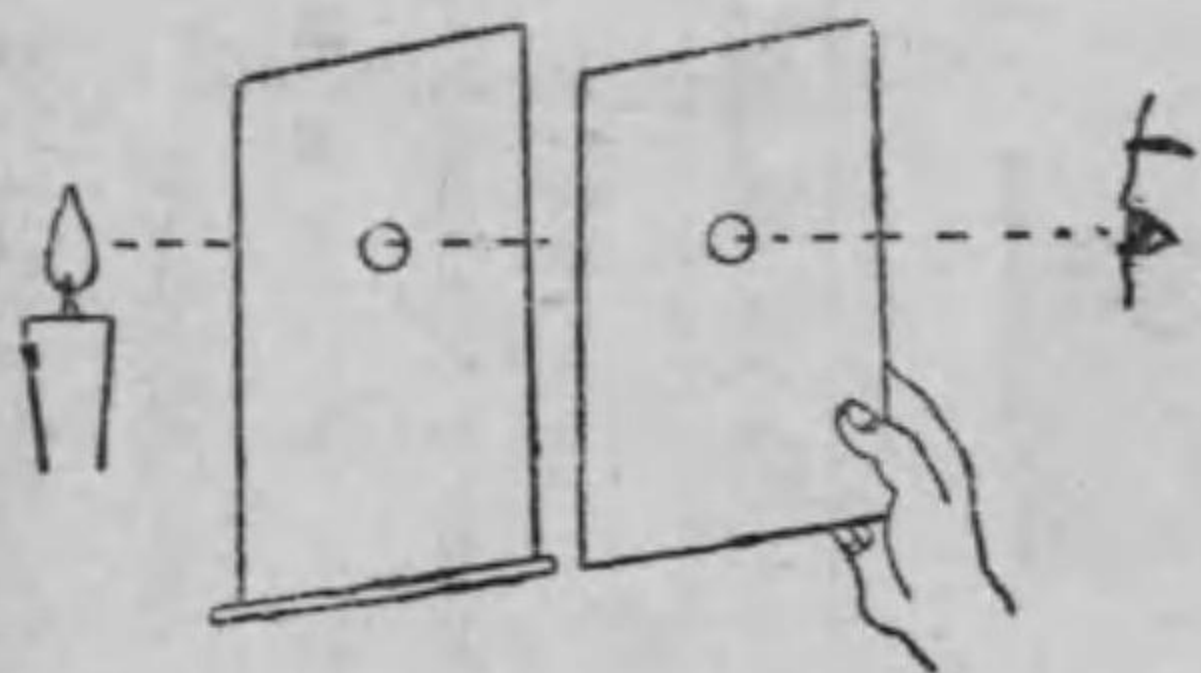
二、方法

- (1)燭火を置き其の前面細孔の有る衝立を立て。
- (2)同様の小板を動かして後方からこれを望むやうにする。

三、歸納

- (1)此の際に於ける二小孔及燭火及日の關係的位置をはかれ。

圖 三 十 二 百 二 第



(2) そは一直線をしてゐて、もし其の何れか一つがこの位置を外れる時は燭火は遂に見ることが出来ない
……光は直進する。

注意

教科書所載の如く有孔板を一枚とする時は兒童は自己の目の位置を考の外に置くから直線と云ふことの觀念は明瞭に説明せられない缺點がある。

C、参考實驗二

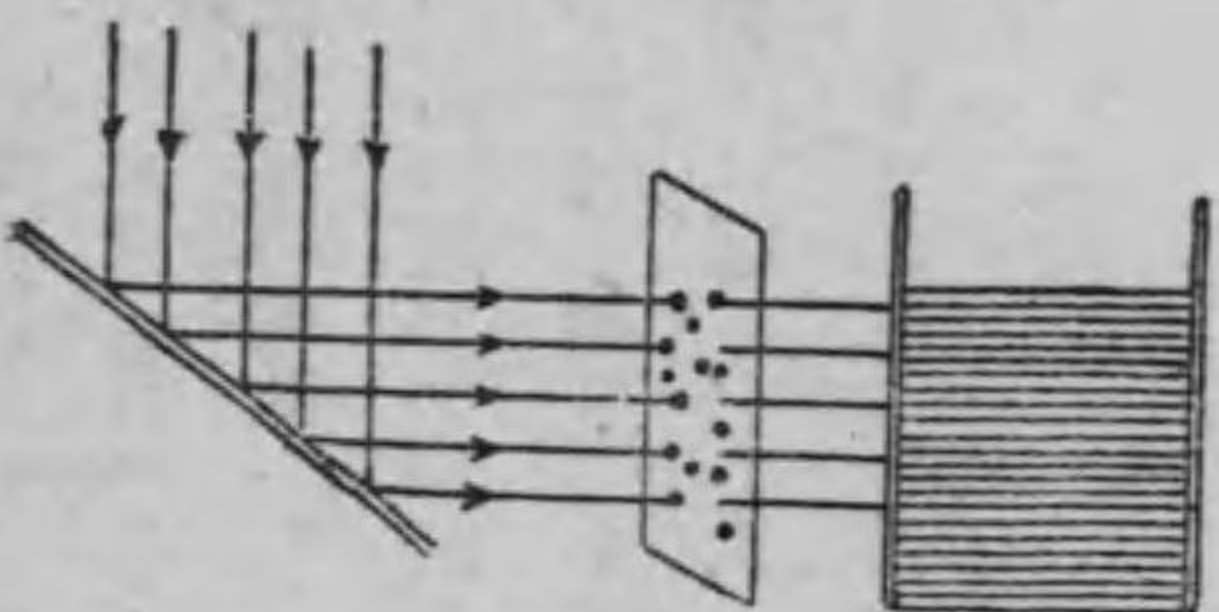
一、準備

硝子製水槽、着色水、小孔ある板紙、

二、方法

- (1) 暗室に於て平面鏡により光を反射させて、板紙の小孔を通過せしめる。
- (2) 他方に着色水を入れた水を置くと水は輝かされて光の直線を明かに認めることが出来る。フォレツシで着色すると殊に綺麗である。
- (3) 戸の小孔から日光が室内にさし込むとき空氣中塵埃に映じた光線を想起せしめるものも例證としては適切である。

圖四十二百二第



D、参考實驗三

一、準備

廣口瓶の外圍三分の二程を黒紙で被ふたもの、煙草、

二、方法

- (1) 瓶の側方に横に細長く紙を剥きとり、瓶内へは煙草の煙を充たす又點火した線香をいれて煙をためて栓をする。
- (2) 瓶を日の當る所へ出し側面の間隙から日光を導き入れて其の直進の有様を観察せしめる。

圖五十二百二第



E、参考實驗四

一、準備

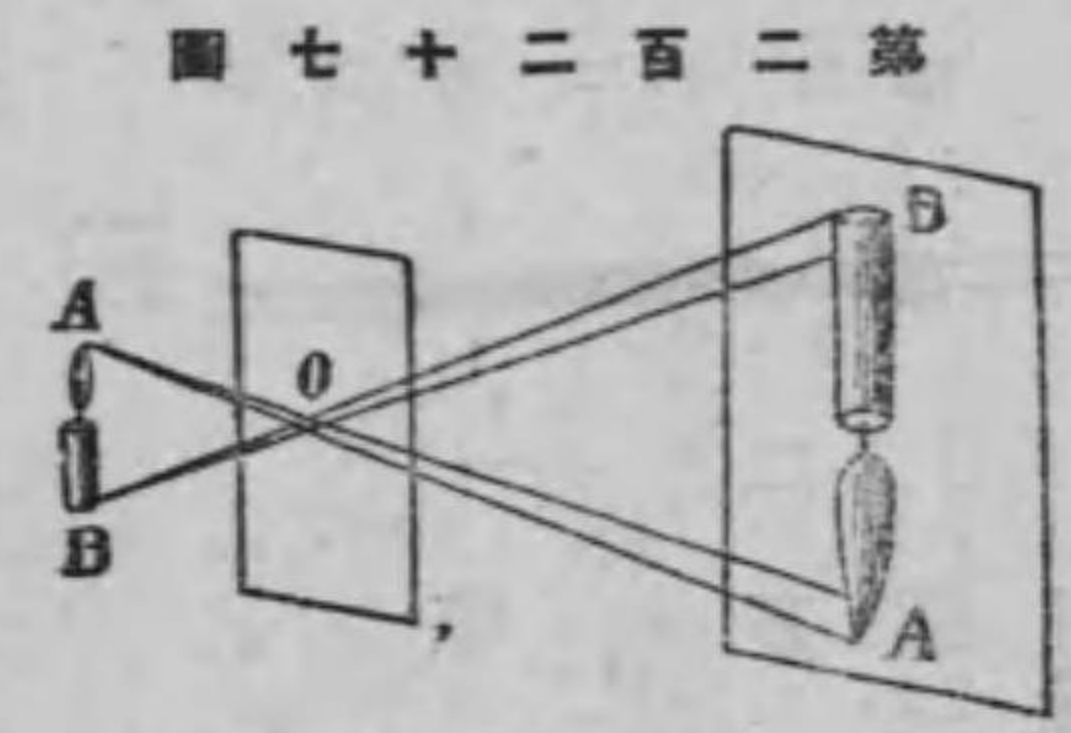
長一尺程のゴム管、二本の短い硝子管、

二、方法

- (1) 第二百二十圖の如く硝子管及び護謨管を接続する。
- (2) 兩端の硝子管を持つて、其の一端から管を通して、物體を覗く。

圖六十二百二第





第七十二百二第

(3)すると管が引張られて直線となつた時のみ向ふが見える。

F、参考実験五

一、準備

小孔ある厚紙、衝立、燭火、

二、方法

(1)室を少しく暗くして燭火を点じ、小孔ある厚紙を燭火と衝立との間に置く。

(2)すると燭火倒像を衝立に結ぶ……これ全く光の直進するに基くものである。

G、参考実験六

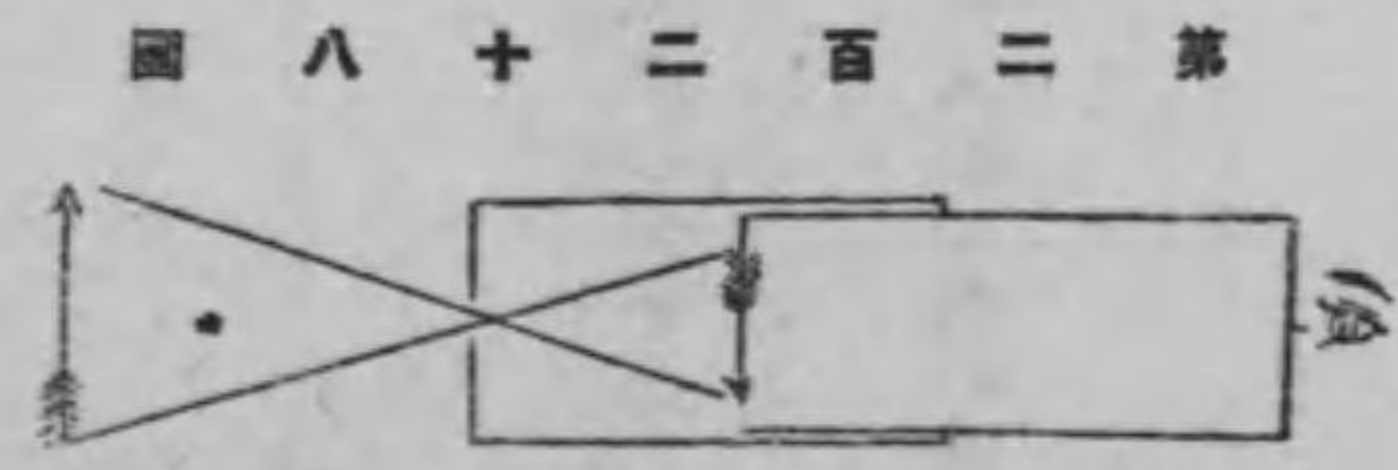
一、準備

覆蓋様の製紙圓筒、

二、方法

(1)共に一端に異紙を貼りて二百二十八圖の如く組合はす。

(2)兩圓外筒の先端に小孔を穿ち、又内筒の一端には更に同紙を貼つて置く。



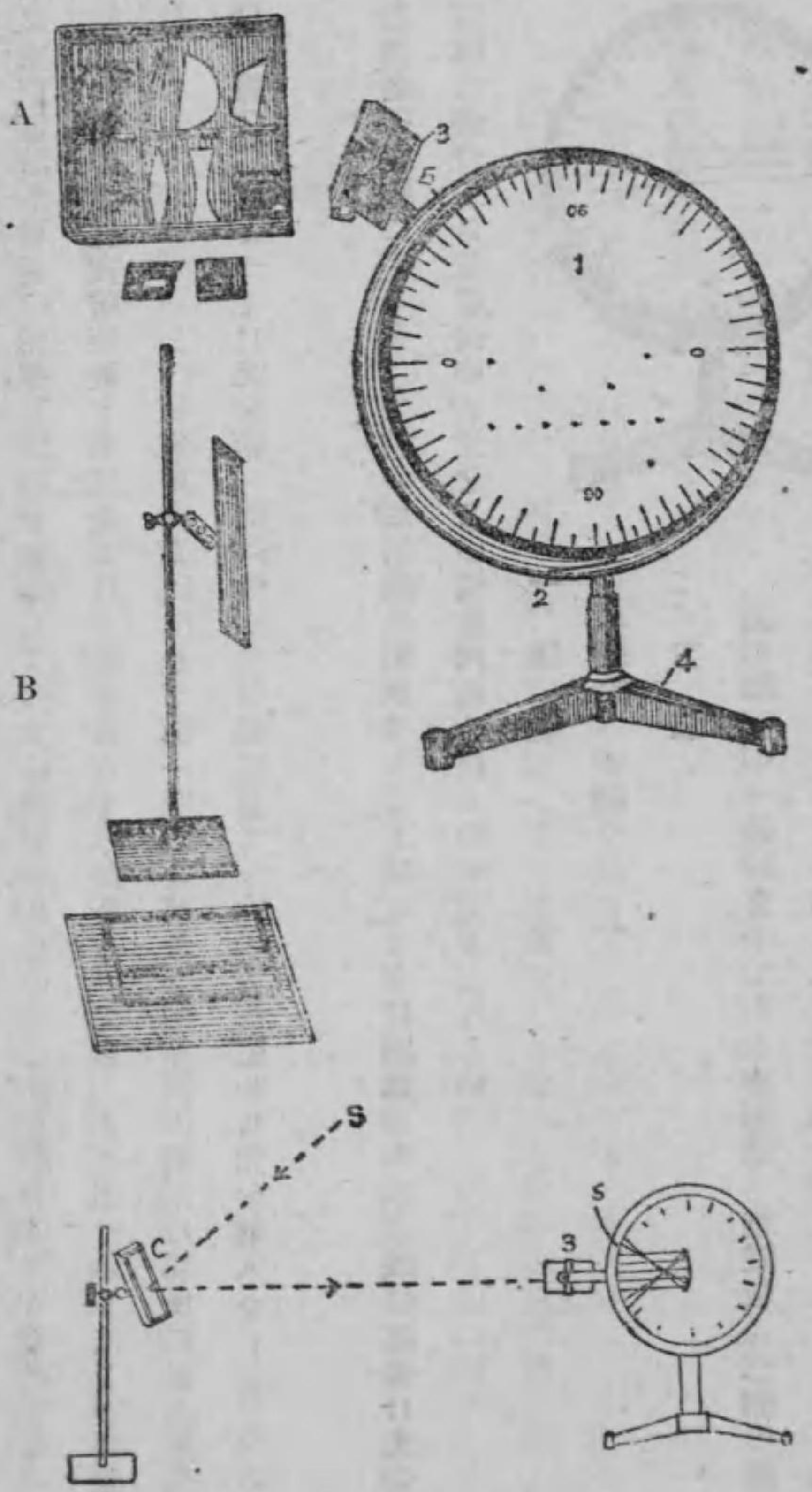
第八十二百二第

(3)そして内筒の小孔から白紙を覗くと物體が白紙上に倒に映じて来る。

H、参考実験七

光の直進に關する教師實驗は暗室を必要とする所から明瞭にしてみせることは中々困難なことである。

第九十二百二第 (圖二第)



(圖用使)

著者は東京進誠堂發賣の光學實驗器を使用して多大の便宜をえたのでこれを紹介することにする、著者が考案した光の生徒實驗裝置も本裝置に負ふ所大なるものがある。二百二十九圖に示すはこの裝置全體を示したものであつて、これを使用するには先づ第一圖の全裝置を教室内の適當の場所に置き附屬して居る反射鏡(C)によつて日光を第一圖(3)の小反射鏡に當て、(5)の方形窓から光を射入せしめるのである。

しかし著者の經驗によると、二枚の反射鏡を調節することは可なりに困難である。故に直接日光の射入する窓際に持つてきて直接の日光をこの裝置内にいれるのが尤もよろしい。

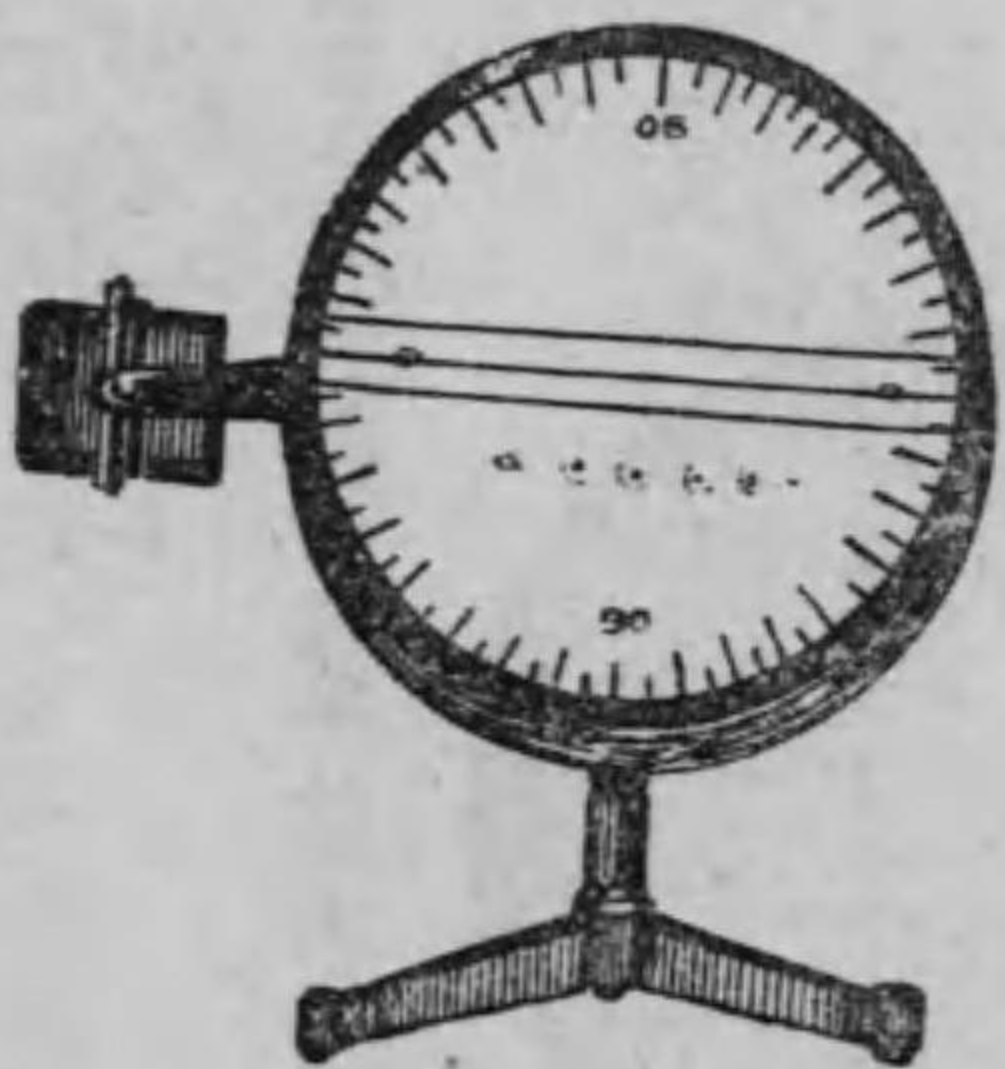
一、準備

本裝置

二、方法

圓形障壁の一邊に穿つてある方形窓へ細隙板(三個の細隙を有するもの)を窓部の溝に沿うてはめる。第二百三十圖に示す様な三つの光線の經路をつくつて見せる。次に七個の細隙板と取りかへて實驗する。

圖 十 三 百 二 第



三、研究應用

一、發光體及び暗體

太陽、蠟燭の燭、其他燃焼しつゝある薪の如く、自ら光を發する物體を發光體といひ、木・石・紙等の如く自ら光を發しないものを暗體といふ。暗體は他から光を受けなければ見ることが出来ない。

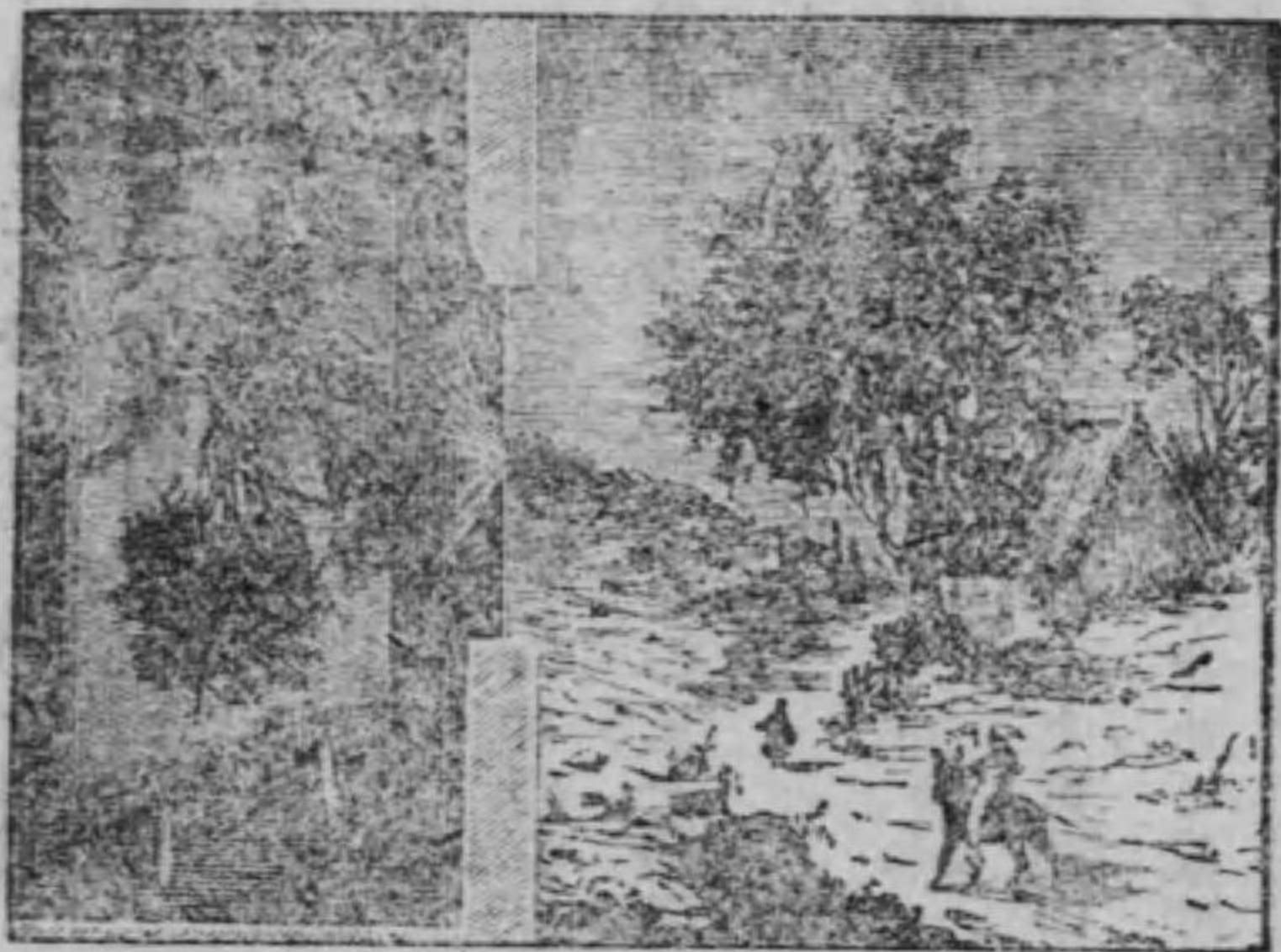
二、透明體及び不透明體

空氣、水、硝子等の如く、これを隔て、明かに他の物體を見ることが出来るものを換言せばよく光を通過せしめるものを透明體といひ、金、石、土、木等の如く光を通過せしめないものを不透明體といふ。十分に透明な物體は物體そのものをも見ることが出来ない。空氣及びよく磨いた硝子等その例である。また艶消硝子のやうに幾分の光を通過せしめるけれど、之を隔て、は明かに他の物體を見ることが出来ないものを半透明體といふ。

三、光の直進

光の直進を示す實驗は色々實驗の欄に記載した、こゝには吾々が時々實際に經驗する例として、二百三十一圖の挿繪を載すに止めて置く。曲つた道の先の見えるのも、眼前に物を置くと向ふの見えなくなるのも皆光の直進を示すに足るものである。茂つた木の葉の間から洩れる日光が地上に無數の圓形の像

第二十三百一十圖

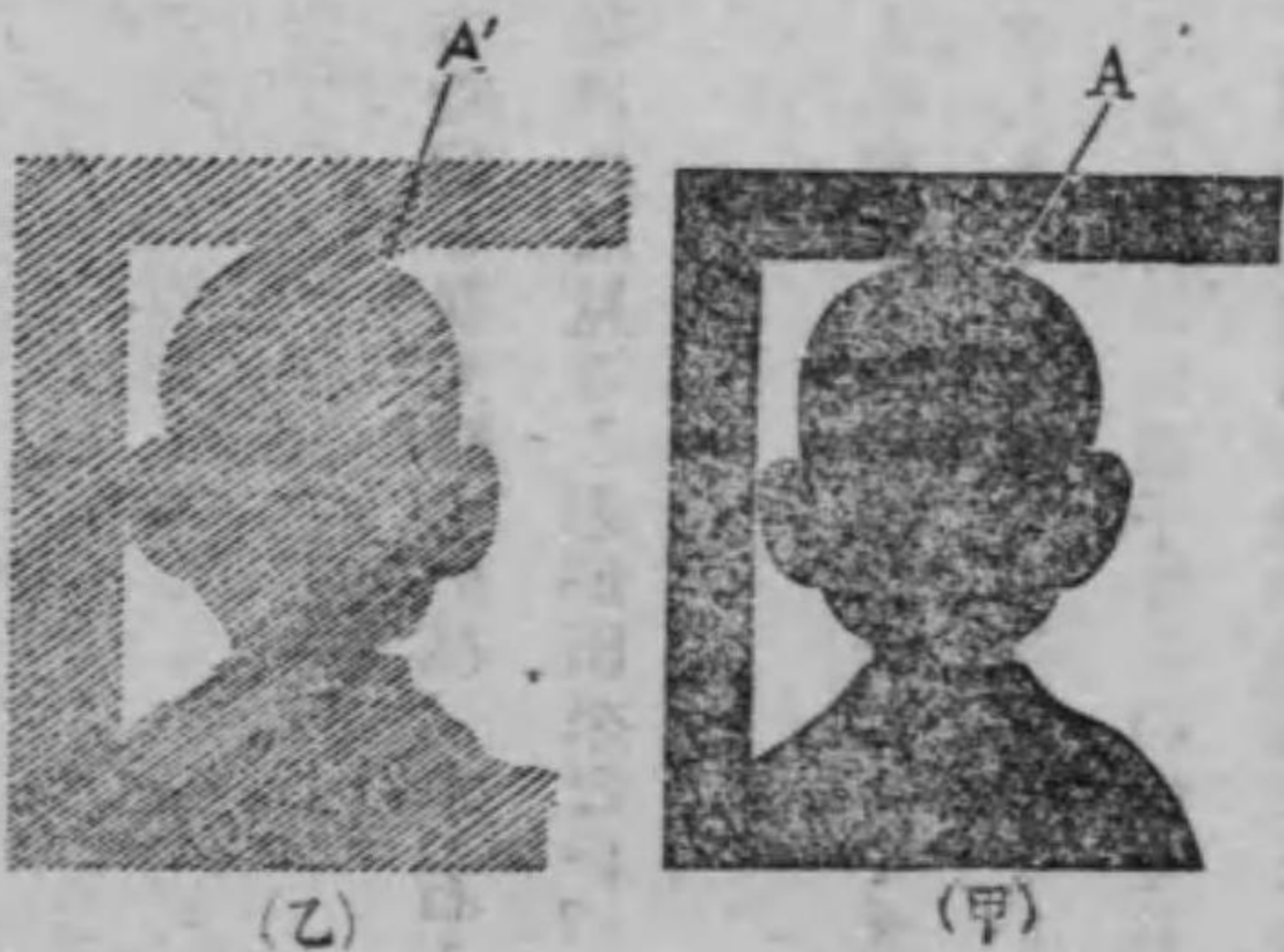


を印すのも此の理によるのであつて、木の葉の間隙は多くの小孔と見做すことが出来るから太陽はこれらの小孔を通つて其像を地上にうつしてゐるのである。影の丸いのは太陽のまるいことの例證になる。實際太陽が蝕の時には半圓形の影が見えたといふことである。甲圖の様に窓際に立つて棧に頭をつけてその影を見ると、乙圖の様にAの尖つた所がA'の如く丸くうつる。

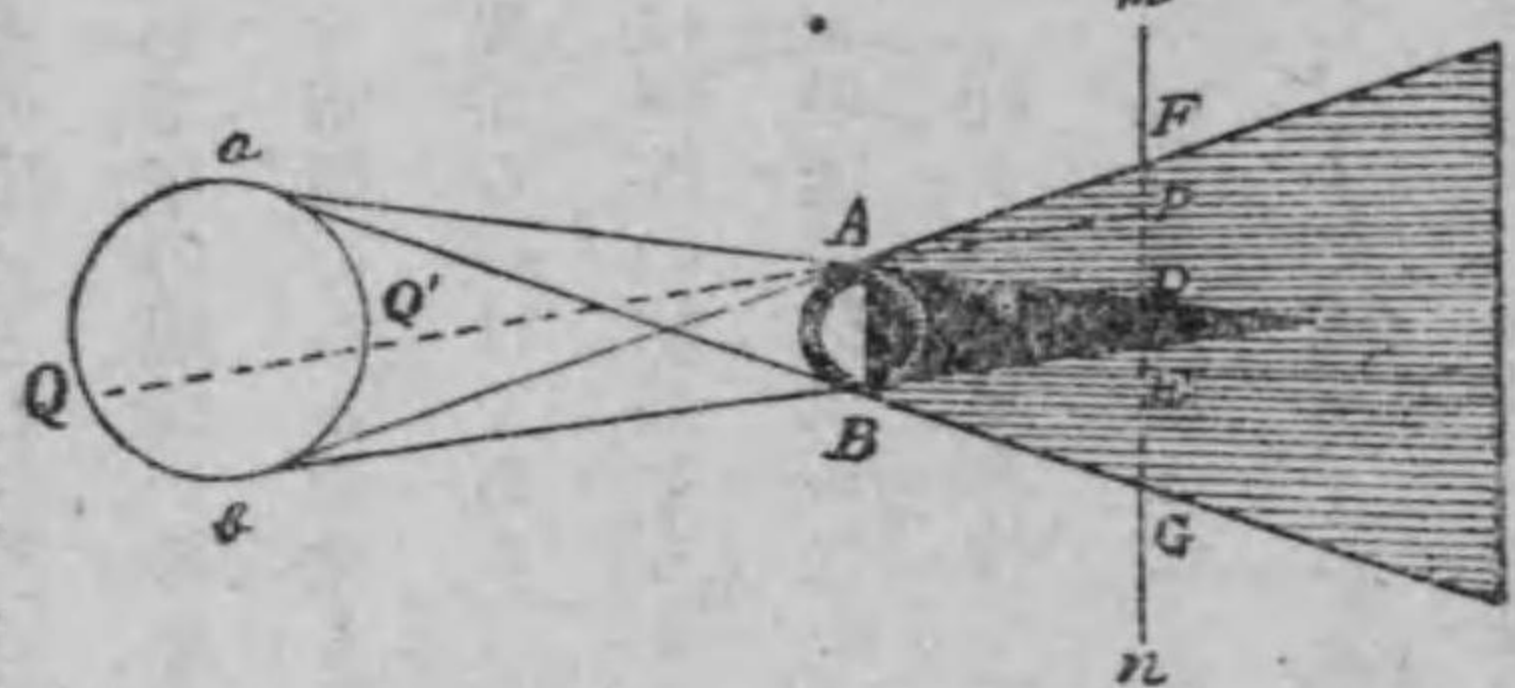
四、本影と半影

これはAの小孔による太陽の像が出来るからである。光は直進するから發光體の前に不透明體を置くと、其の背後には影が出来る。今二百三十三圖のabを發光體としABを

第二十三百二圖



第二十三百三十三圖

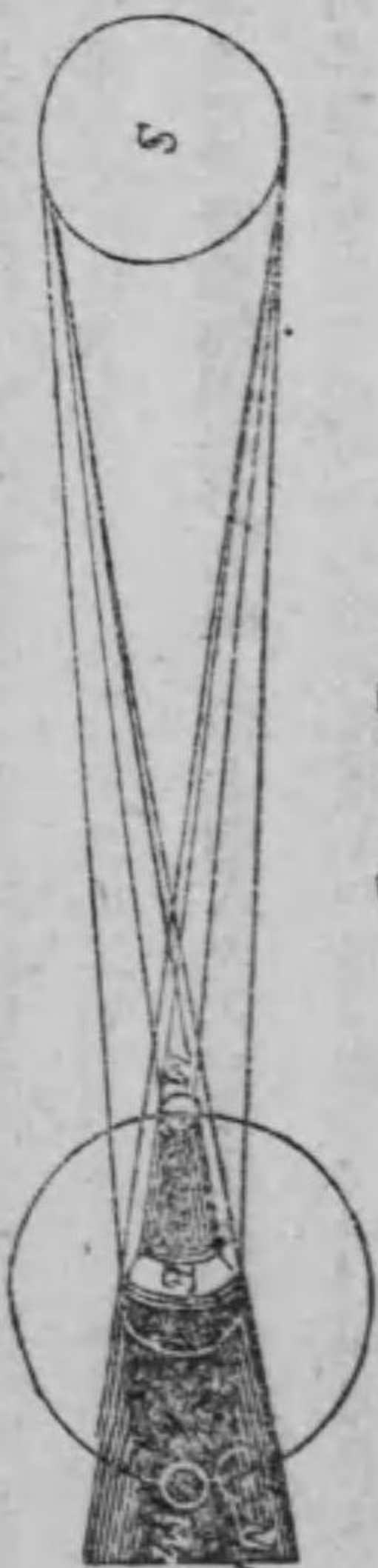


不透明體とすれば、發光體の上部から出る光はABの影を衝立muの上のDGに投げ、下部から出る光は其の影をFEに投げる。そしてFEとDGとの重なる部分のDEは、發光體のどの部分からも全く光を受けなくて濃い影となる。しかしFD EGのやうな部分は他から光を受けるから(例へばP點はQQ'から上の部分からは光を受ける)その影は淡い。これを半影と云ふのである。

月が地球の本影に入るときは月蝕となる。また地球表面上で月の本影に入つた處では太陽の皆既蝕を見、半影に入つた處ではその分蝕を見る。金環蝕といふのは地球が月の本影の尖端より少し遠方にあつた時で明るい輪をみるのである。日中、電柱は黒い影を地上に落してゐるけれど電線の影の見えないのは、その位置から本影を地上に生じないためである。太陽と地球上の物體の

場合に本影の尖端が物體の兩端で張る角度は三十三分三十三秒の各度を持つてゐる、それで針金の直徑の百〇七倍程へだたると本影はなくなる計算になるの

第二十三百四十四圖



月蝕及び日蝕

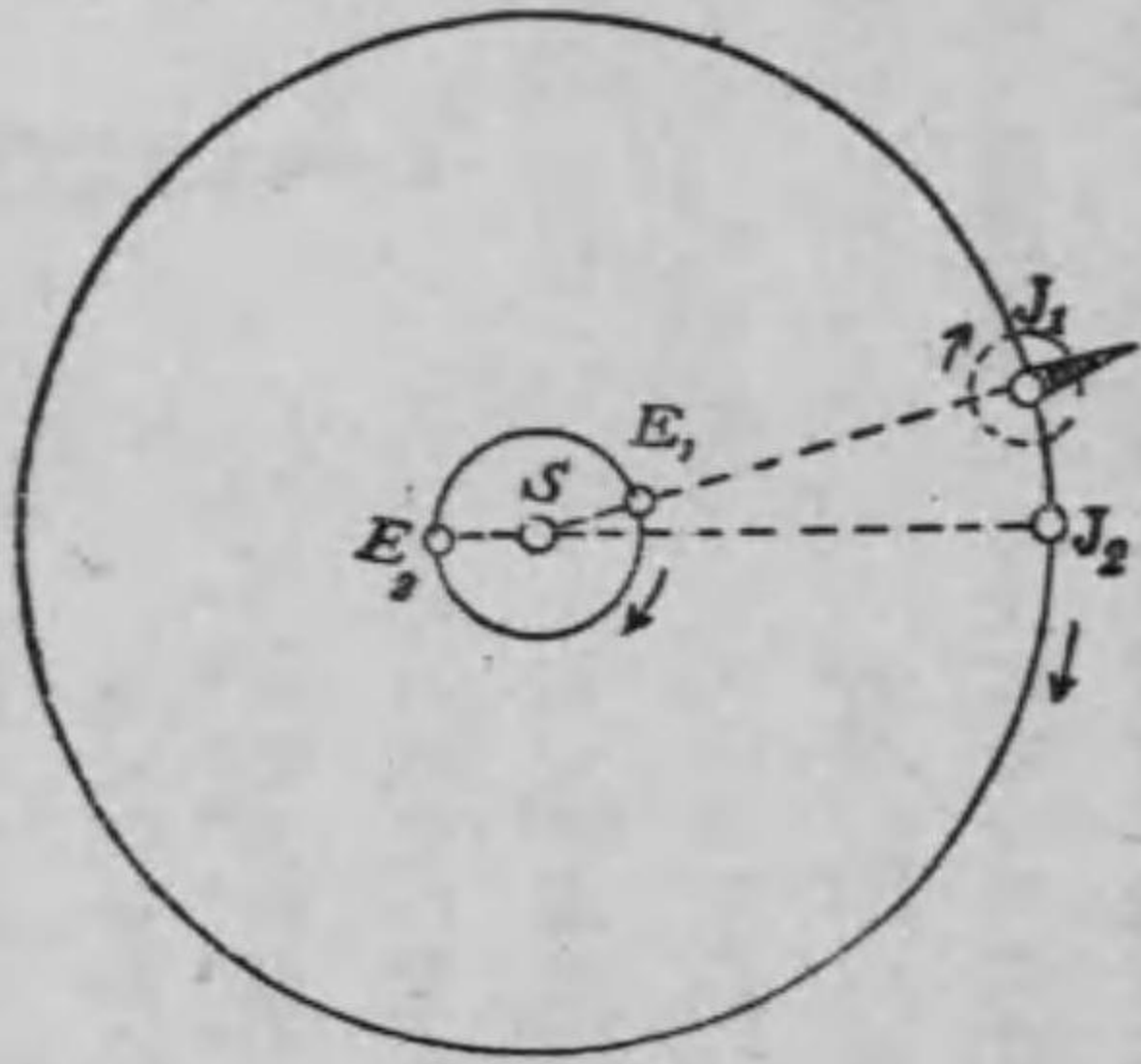
である。

五、光の速度

光は瞬間に傳達するものと考へられてゐた、實驗物理学の元祖、伊太利人ガリレオは初めてその速度を測らうと試みた。相距れる甲乙二個所に燈火を置き初めその燈火に覆をかけて置く、甲の観測者はその燈火の覆をとる。乙の観測者は甲の光をみると同時に乙の燈火の覆をとる。

そして甲の観測が覆をとつてから乙の光を認める迄の時間は即ち光が甲乙間の距離の二倍を傳はるに要する時間である。尤も乙の観測者が甲の光を感じて己の燈火の覆をとる迄には光の速度以外に若干の時を要するわけである。非常に大きい光の速度に對して、この様な實驗では成功しきうにもない、ガリレオは何等の結果をもうることは出来なかつた。所が一六七五年丁抹の天文學者レーメルは天體觀測の結果光の速度を求めたのである。遊星の内一番大きい木星は一一、八六年で太陽を一周する星であつて八つ許りの衛星を持つて居るその當時は五つ程發見されてゐた。そして之等の衛星の中にはその軌道面が木星の軌道面と全く同じいのがあつて一周一度必ず蝕が起るのである。二百三十五圖に於てSを太陽とし、Eを地球、Jを木星とすると、E、Jの様に地球と木星とが太陽の同じ側に於て一直線上に来る場合がある。此時に木星の衛星の蝕の時刻を觀測する。次に地球木星は夫々軌道に沿ふて運行してE₁J₁の

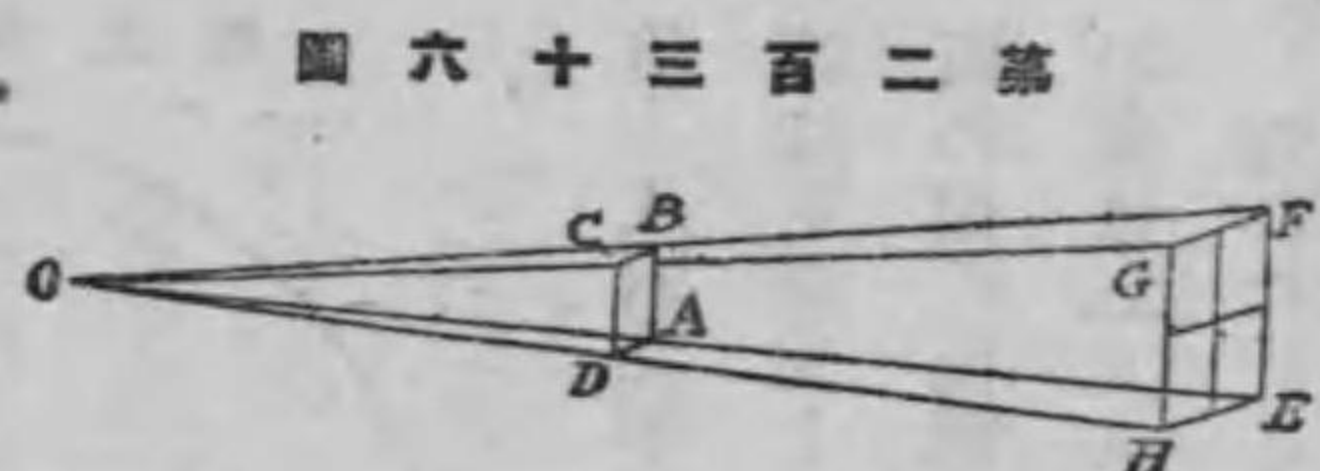
第二三百五十五圖



様に反對の側で一直線上に来る場合がある。計算上その時間は〇・五四五年である。所が觀測に用ひた木星の衛星の二回の蝕の間は定の測結果四十二時二十三分三十六秒であることが知られてゐる。そこでEの時に觀測してから丁度百十三回目の蝕をE₁の状態に於て觀測することが出来る計算になつて居る。所がレーメルの實測した所が豫定の時刻より一〇〇二秒遅るゝことを知つた。レーメルは之は丁度此の時間に光が地球軌道の直径を通過するものとして考へて軌道の直径を二九七五〇〇〇〇〇糎として光の速度を計算して毎秒二九六七〇〇〇糎といふ値を得た。其

後一八四九年フィゾーは地上で四哩位をへだて薄光體と凹面鏡とを以てその中間に齒車を置いて光の速度を測定して三一三二七四糎を得た。一八五〇年フーコーは實驗室内二十米の距離に於て光源と反射面の間に回轉鏡を置いて直接の光源の像と反射して來た光線の像の間隔を測つて光の速度を求めた。その値は二九八八七糎であつた。即ち空氣中又は眞空中では毎秒三億米即ち七萬六千里であることが知れた。これを具體化すれば一秒に地球を七周半する計算となる。光の速度は斯くの如く速かであるが、太陽の光が地球に達するのには八分十八秒かゝり、北極星からは四十四年かゝることである。

る。



第二十三圖六

六、照 度

光は發光體から出て四方へ擴がるものであるから、發光體を距ることが大なれば大なる程、一定面積が受ける光の量は減つて來る。今蠟燭の火から一米離れた處に一平方糎の面積を有つた孔のある衝立を置くと、それを通過する光は二米の處で四平方糎の面積の上に廣がることは第二三十六圖に見る通りである。随つて二米の所で——平方糎の面積が受ける光の量は四分の一と成つて來ることがわかる。即ち一定の面積の受ける光の量は距離の二乗に反比例する。照度とは單位面積の受ける光の量を云ふのである。

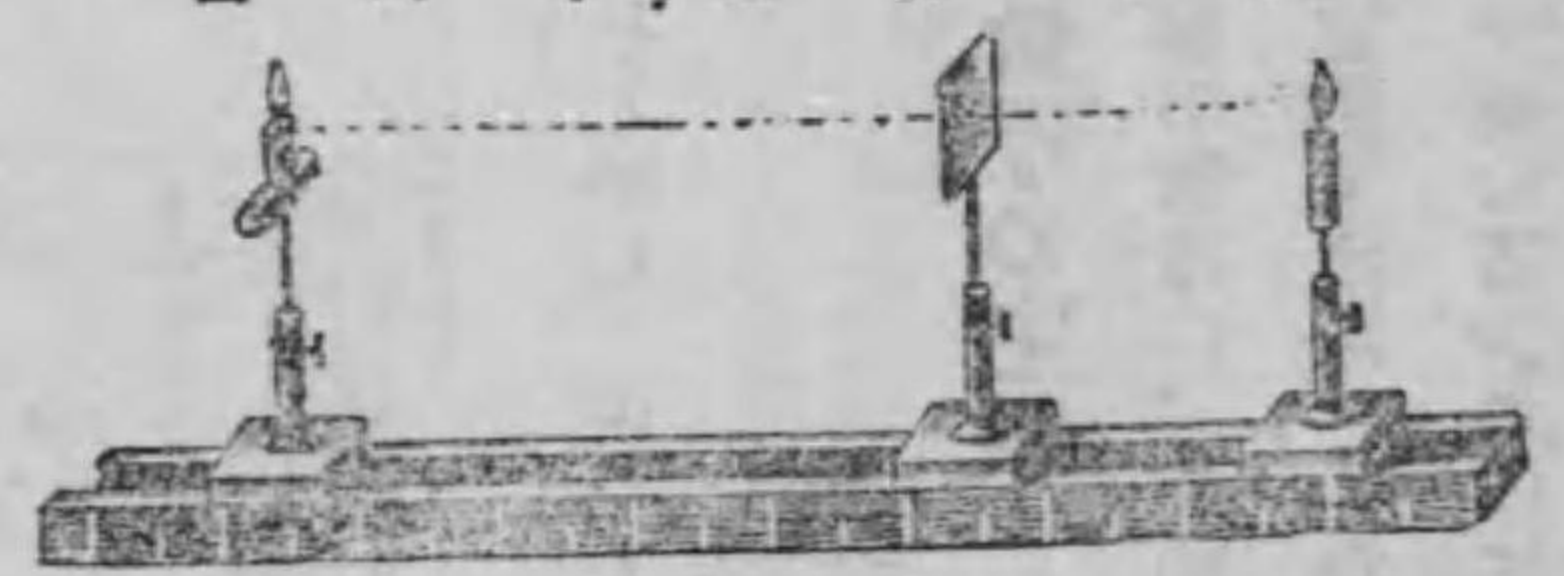
平行光線が二百三十七圖のMR或はNPの方面に進むものとし、これをこれと直角をなす面PQ或はこれと或角を作る面PRで受けるときは、この兩面の受ける光の量は相等しいけれど、PQの面積はPRの面積よりも小さいから、單位面積の受ける光の量即ち照度は、PQ面上にあつてはPR面上にあるよりも大である。即ち照度は面積が光線に直角にあたる場合に最も大である。

第二十三圖七



七、光 度

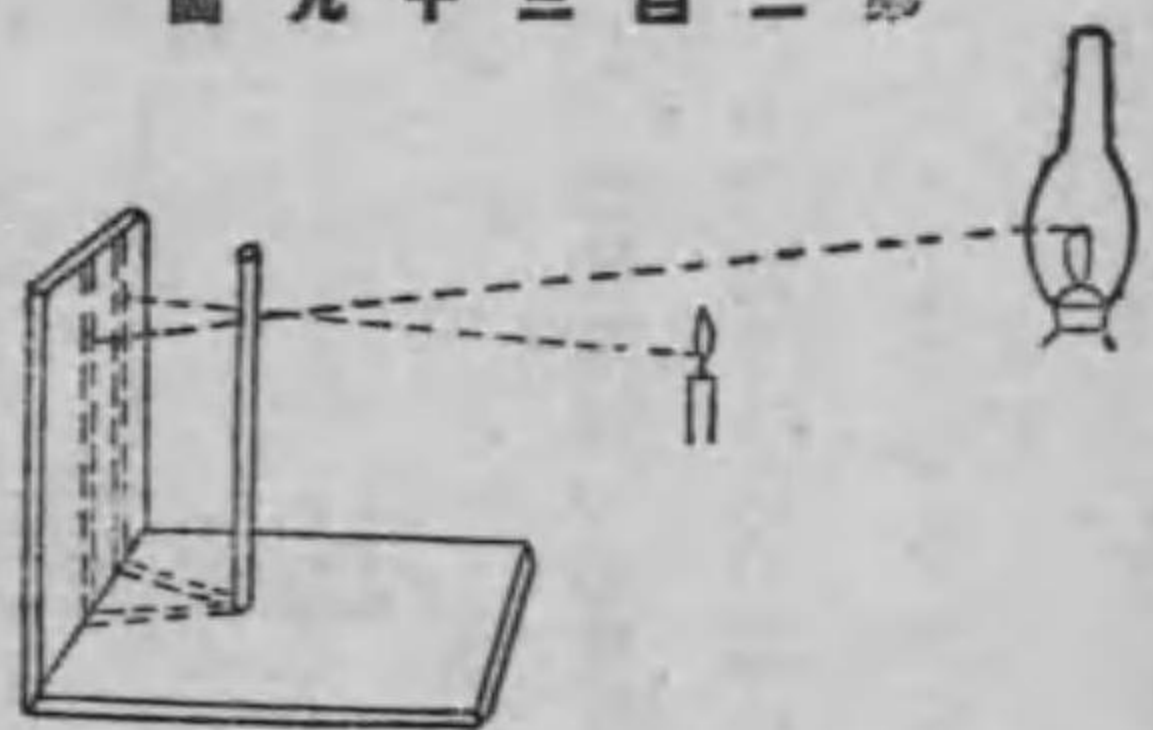
光源から單位の距離にある單位面積を直角に照す光の強さを光度といふ。通常、鯨油で製した一定の蠟燭の光度を一燭光といひ、これを單位として光の強弱を測るのである。普通室内で使ふ電燈の光は十燭光又は十六燭光である。又五分心ランプの光度は五燭光許で、毎時三立方尺の瓦斯を消費する白熱瓦斯燈の光度は四燭光許である。



第二十三圖八

し、兩發光體の光度をA及びBとするときは、衝立に於ける照度はA/a²及びB/b²である。それ故a及びbを側つて次の式によつて兩發光體の光度を比較することが出来る。

$$\frac{A}{a^2} = \frac{B}{b^2} \quad \therefore \frac{A}{B} = \frac{a^2}{b^2}$$



圖九十三百二第

燭をとかして作つてよい。

次の圖に示すはルムフォルトの光度計であつて幅六寸長さ三寸許りの板の一面に白紙を貼つて之を直立して衝立とし其の前方約二寸の所に高さ八寸直径五分許りの棒を立てたものである。第二百三十九圖に示す様にランプとラフソクとを置き二つの光源によつて出来る棒の影の薄さが同じ様になるやうに位置を置きかへて調整する。理論は前のと同様である。

尚ジョーの光度計といつて二枚のバラビンの板の間に錫箔をはさんでその兩側の明るさの等しくなる様な位置を求めるともある。バラビンの板は大凡厚さ三分、二寸平方位なものがよろしい。バラビンの板がない時には西洋蠟

第三十一 光の反射

一、教授の主眼

本節の教授は、前節の暗體が見える理より光に反射事實あることを出發點とし、反射の法則を抽出するのが主眼である。これが爲には

(1) 平面に當る光の反射(規則的反射)、(2) 平滑ならざる面に當る光の反射(不規則的反射)の二點を主要

の題材とし、そして暗體の見えると云ふ前節からの事實に理法を導くのである。

二、實驗事項

A、兒童實驗一

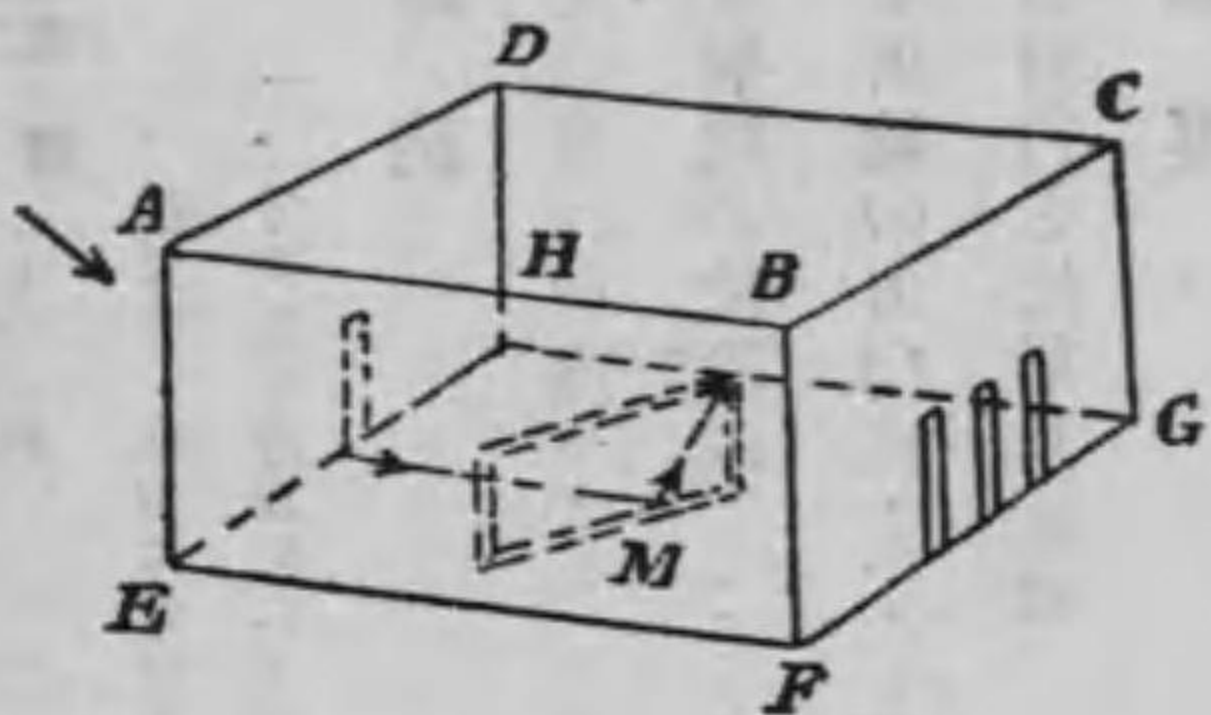
一、準備

五百三十頁兒童實驗に使ひたるボール箱、紙、平面鏡(一寸に二寸)

二、方法

- (1) 五百三十頁兒童實驗一の装置を使ひAH面を日光に向け、底面上に平面鏡Mを立て、置いて這入つて来る光を反射せしめ明るい線を底面上につくる。
- (2) 白紙を底の面上に置き鏡の位置、入射光線、反射光線を鉛筆で記入せしめる。
- (3) として入射角の零度の時、三〇度位の時、六〇度位の時三回を實驗せしめる。
- (4) 次にBG面を日光に向けて三線同時に反射する様をも見せしめる。

圖十四百二第



注意

- 一、鏡はやゝ前方に傾けるのがよい。
- 二、分度器を透寫板にて印刷して兒童に與へこれによつて測らせると非常に興味を持つのである。

三、歸納

- (1) 光の進行を逐へ……平面鏡にあつて反射する。
- (2) 反射線の位置は……投射點に於ける垂直線の兩側に。
- (3) 反射線の方向は……投射線と反對。
- (4) 投射角と反射角とは……相等しい。

四、例證

日の照る處に鏡を動かせば輝いた部分が移動する。

B、兒童參考實驗

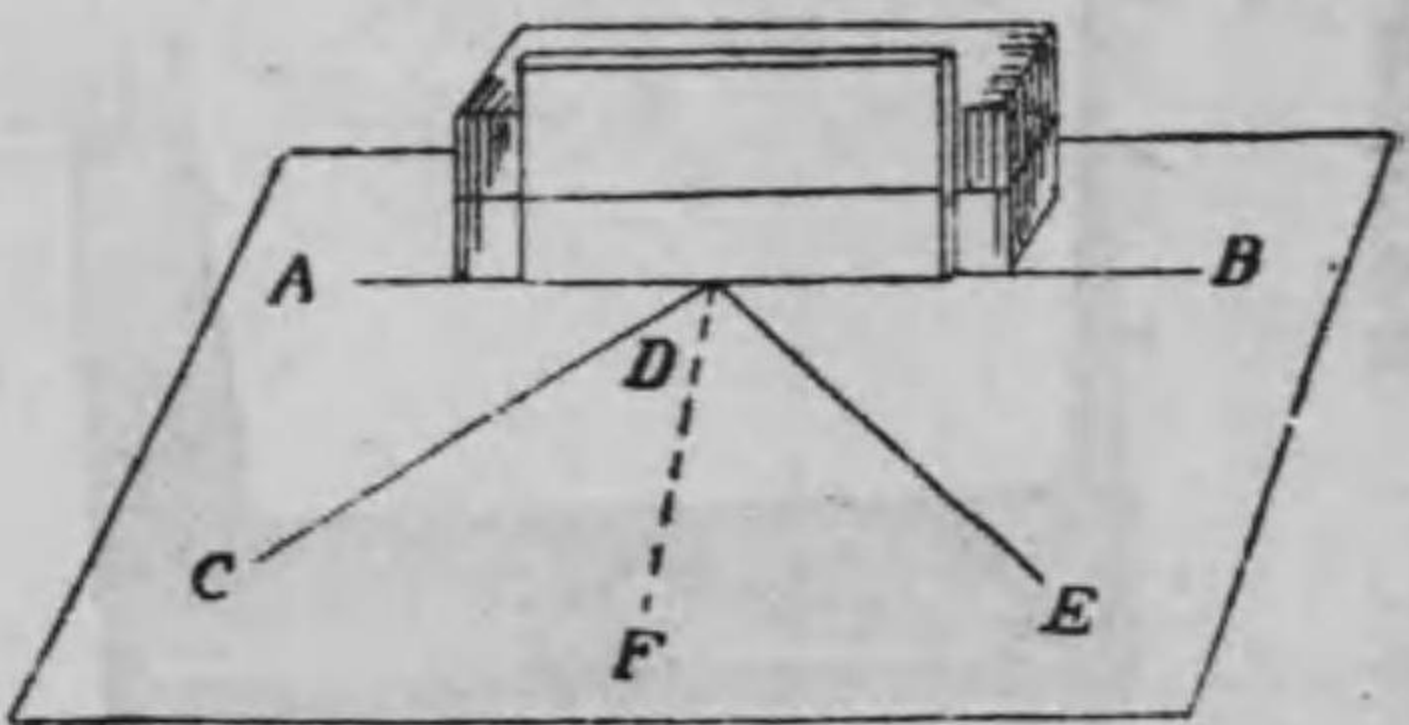
一、準備

平面鏡、紙、鉛筆、定木、分度器(紙製)

二、方法

- (1) 紙を机上に置いて直線ABを引く。

第二十四圖



- (2) 平面鏡をこの直線と一致させて垂直に立てる。
- (3) CDの如き直線を紙上に引き。
- (4) 反射側よりこの線の像を見出しその方向に直線DEを引く、そうするとCDは入射光線でDEは反射光線となる。
- (5) D點に於て垂線DFをたて、 $\angle CDF$ と $\angle FDE$ とを分度器で測る。

注意

平面鏡を垂直に立てるには、小さい長方形の木片の一面に平面鏡を密着させてその上を小さい「ゴムヒモ」でくるのがよい。又は小さい木片の横に鋸で切目をつけ切目に平面鏡をさしてもよい。

三、本實驗の特徴

- (1) 光線の通路を明瞭ならしめることが出来ぬからやゝ高尚であるが正確に作圖することの出来る長所がある。

(2) 針を用ひてやる方法もあるけれどもこれは兒童にはかへつて理解しにくい様である、そこで著者は線をかゝせたのである。

C、教師實驗一

一、準備

圖に示す装置

製作—一枚のブリキ板に各九箇又は四箇の孔を規則正しく穿ち他の一枚には前者のと同じ位置に小圓を畫き異なる色にて着色する之を長さ七寸許、幅三寸五分許の厚い木板の兩端に垂直に附け、木板の中央には小さい鏡をはめて、其の上に小さい孔を切り抜いた紙を貼る。

二、方法

- (1) 先づ(イ)孔から鏡面を覗け……(ロ)の着色せる圓を見る。
- (2) (ハ)の孔より鏡面を見よ……(ニ)の着色せる圓が映る。

三、歸納

- (1) 日に接する孔(イ又はニ)から鏡面の映像に一線を引け——之と反對の方向に鏡面と同角度をしつ線をたどれ……(ロ)又は(ニ)に至る。
- (2) 之と反對に(ロ)又は(ニ)より發する光は鏡面にあたりて如何に反射するか。
- (3) 吾々の目を反射線上に置けば何を見るべきか……入射線上に位置するものを見る。

圖二十四百二第



四、本實驗の特徴

- (1) 器具が簡易の製作にて得られる。
- (2) 雨天などの際に於ても實驗し得られる。
- (3) 興味があると共に反射の理法を明確に證することが出来る。

D、教師參考實驗一

一、準備

前實驗に用ひたる装置にて兩板共に孔を穿てるもの、針金又は細き竹の棒三本、分度器、

二、方法

- (1) (ロ)の外側に色紙又は指を置く、
- (2) 反對側の如何なる孔から鏡にうつつた(ロ)の像を見ることが出来るかをさがさせる……(イ)から見える。
- (3) 針金又は細き竹の棒を(イ)及び(ロ)の孔に挿し、鏡面上で合せしめる。そうすると入射光線と反對光線とを具體化することが出来る。
- (4) 鏡面上に竹の棒を垂直に立て、入射角反射角を分度器を用ひて測定する。
- (5) 厚紙で垂線と入射光線と反射光線とが一平面内にあることをしらせることが出来る。

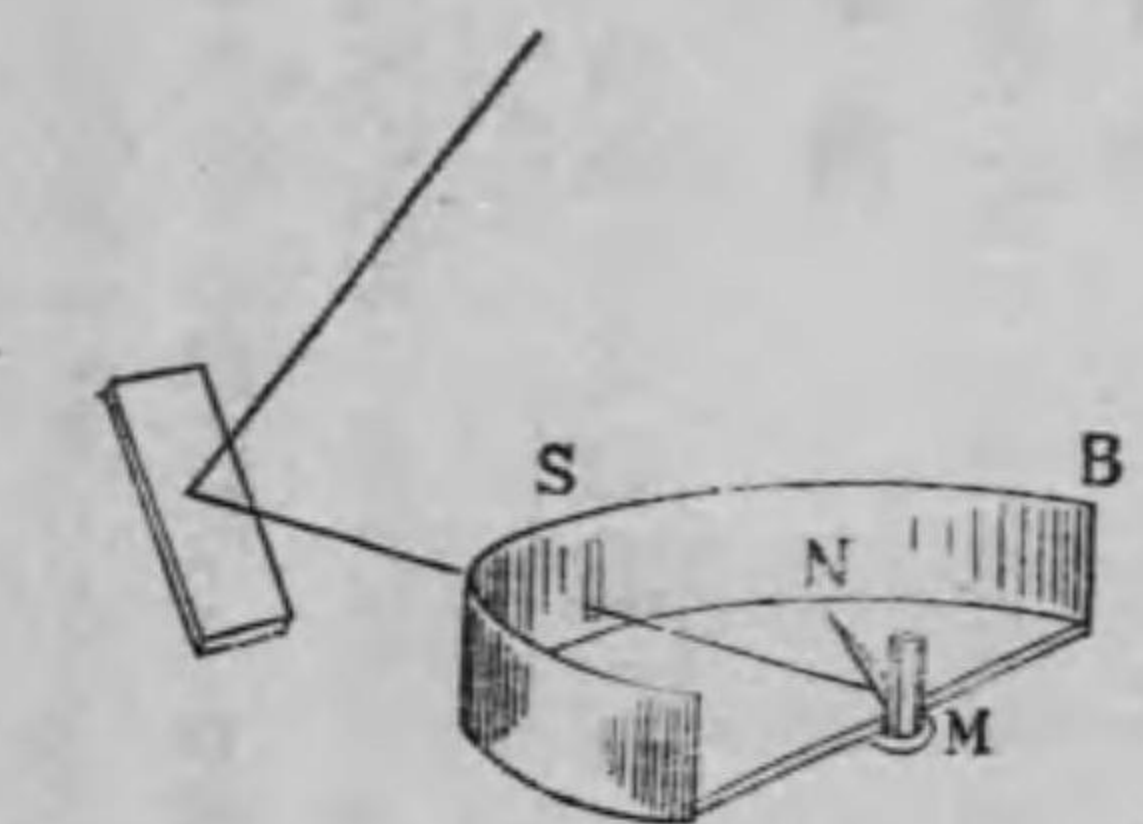
E、教師参考實驗二

一、準備

材料圖に示す實驗器、平面鏡、

裝置—平面鏡(M)を半圓板上の中心に垂直に立て、指針(N)を鏡面の中央に垂直に固着せしめ鏡と共に移動するやうにする。曲面(B)には中央に細隙(S)があり、内面には度盛を施してある。

二、方法



三、本實驗の特徴

- (1) 裝置を暗室内に置き、別に平面鏡で太陽の平行光線を板に水平に細隙Sから射入せしめる。
 - (2) 鏡面Mを光線に斜にすると細隙の像は指針の反對の側に生じる。
 - (3) として指針となす入射角と反射角とを曲面の目盛によつて比較する
- 「兒童實驗一」は極めて適切ではあるが光の進行と云ふ點に兒童を注意せしめることに困難を感じる。しかし本實驗は此の點を明かにする點に特徴を有してゐる。

圖三十四百二第

(2)しかし器具の稍々複雑なものと、暗室の設備を要するのとは不便であらう。尙暗室を用ひないでも大體は明瞭に實驗することが出来る。

F、教師参考實驗三

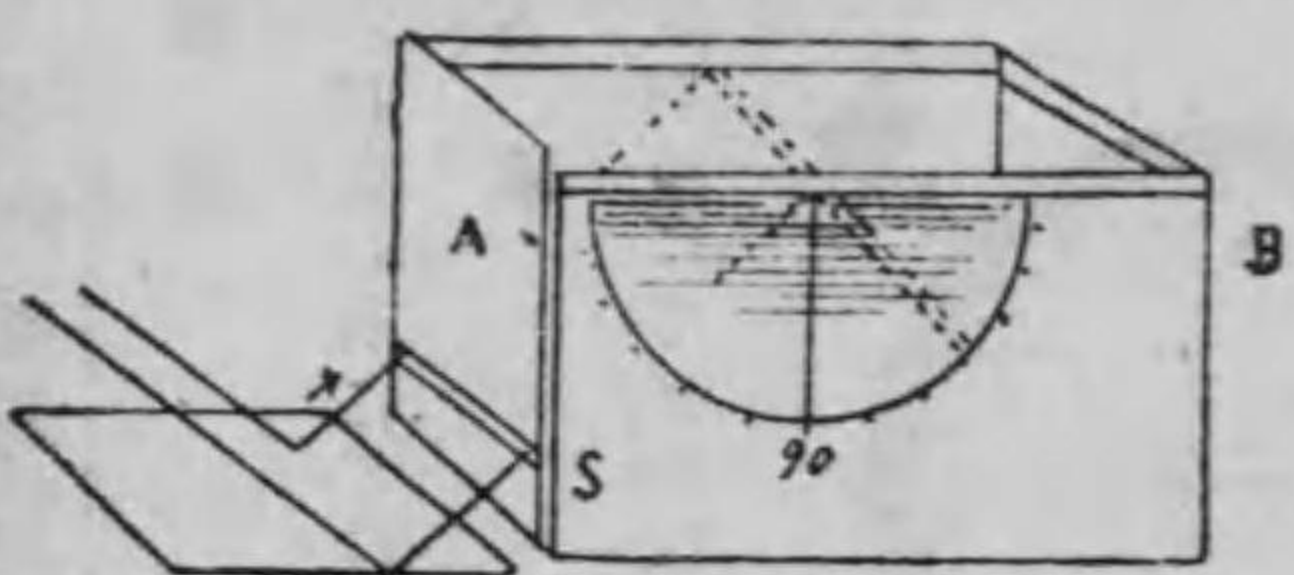
一、準備

材料—反射鏡、長方形の硝子箱、

裝置—箱の一面に平圓形の度盛を施しAB線まで水を入れ細隙(S)のある厚紙を其側面にあてる。

二、方法

- (1) 暗室内で光を反射させ細隙を通過して水中に半圓の中心に射入せしめる。
- (2) 入射角が小さい間は入射光線の一部は水面で屈折して水面上に出るから白紙を翳して細隙の明るい像を見出すことが出来る。
- (3) 又其の一部は反射するから入射角が反射角に等しい事を見ることが出来る
- (4) 次に入射角を漸次増加し四十八度以上とすれば屈折光線は消失し、反射光線許りとなる(全反射)



圖四十四百二第

G、教師参考実験四

一、準備

光の直進の所にて説明した、簡易光線実験装置、

二、方法

(1) 反射鏡にて光を取り入る、か、又は直射せる日光の所に持ちゆきて光學器に光をあて、窓に一箇の細



(甲)



(乙)

圖五十四百二第

隙板を入れて実験する(甲圖)

(2) 七箇の細隙板を入れて実験する(乙圖)

H、兒童補充實驗

一、準備

「五百三十八頁兒童實驗一」に使つたボール箱、平面鏡、白紙、白紙にて作りたる十字形、鳥の形等、

二、方法

(1) 圖に示す様に日光の射入する所でボール箱の外面を日光に向けて置き内面は暗くする(即ち暗室を作る)

(2) 平面鏡Mを圖の如き位置にて傾けて置きその明るい影をボール箱の内面に作る。

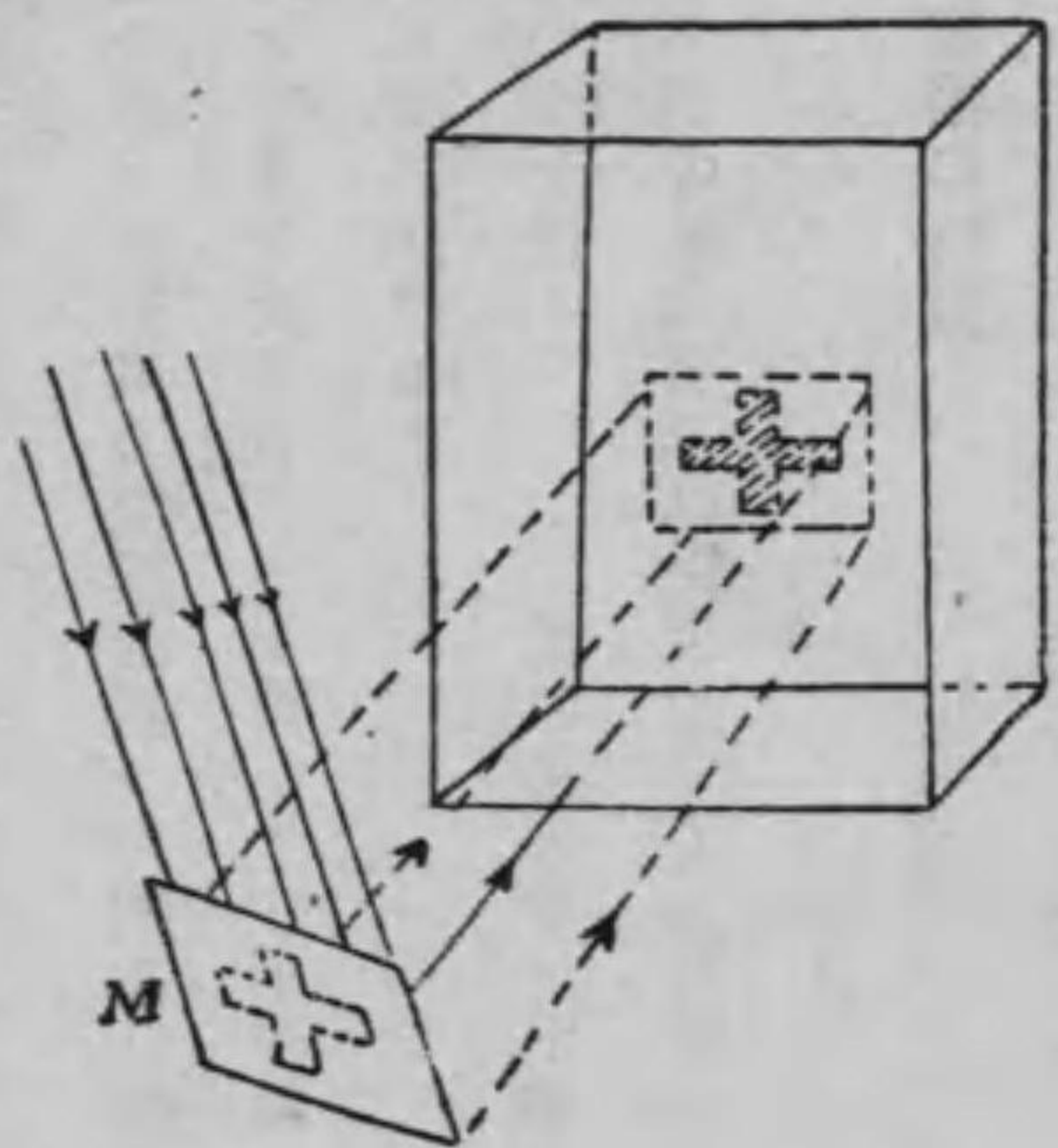
正反射の場合であると、光は全部一定の方面に反射する。

(3) 次にMの代りに白紙を傾けて置くとボール箱の内面が一様にポーと明るくなる。

紙をとると……暗くなる、紙をやると……明るくなる數回やつて比較させる。

白紙が亂反射するのであつて、種々の方向に反射するから全體が明るくなる、ある方向に特に反射することはない……(然し亂反射の場合でも紙の面

圖六十四百二第



に對して正反射の方向が尤も明るいのである。正反射と亂反射の割合は物によつて異なる。(研究應用 参照)

(4)次に再び鏡をMの位置に置いて明るい影をボール箱の内部に作つて置き、その鏡の上に白紙にて作つた十字形を置くと……黒い十字形が映る。(距離を適當にし尙必要あらばボール箱の面を鏡面と平行する様に傾ける)

鳥の形を置くと……黒い鳥の形が出来る。

十字形の紙の面では亂反射するから特にある方向に對しての反射の光の分量は少ない。夫故黒くなるのである。

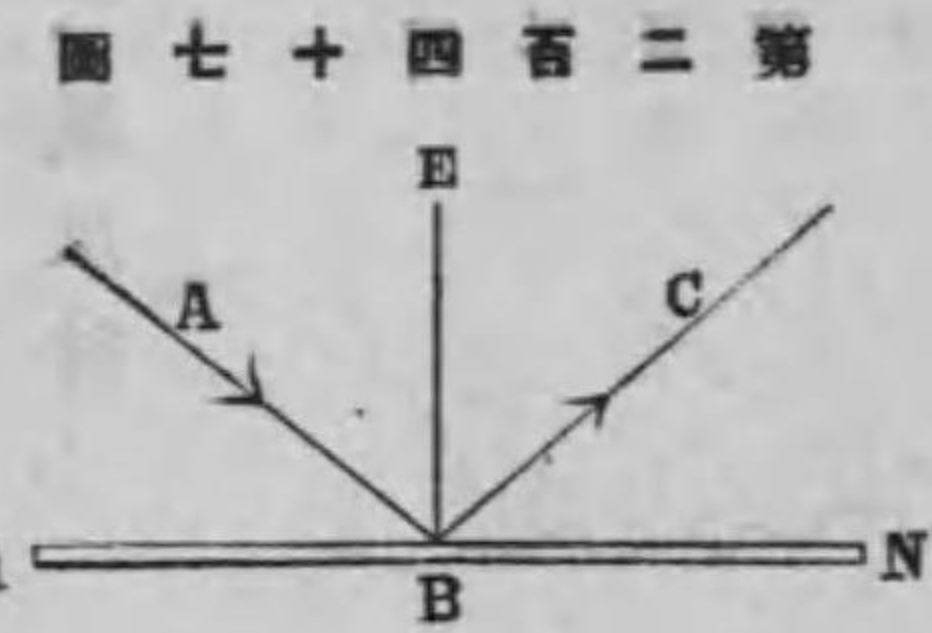
三、本實驗の特徴

- (1)簡單に暗室をつくり得ること、しかもその暗室の壁面は距離も傾きも色々にかへることが出来る、この暗室は共同の暗室でなく兒童各個の暗室である。
- (2)明瞭に亂反射を了解させることが出来る。
- (3)白い十字形を置いて黒い十字形をみることの實驗は甚だ興味ある實驗である、しかしその理由は一寸むづかしい、しかしその前の實驗は充分亂反射を了解したならば兒童はその理由を考へ出すにちがいない、大に發見的に取扱ひたい、充分に時間を與へて考察させるのである。

尙鳥の形をいれたのは興味があるからである、鳥に限らず種々の形を置いてよい。

三、研究應用

一、反射及反射の法則



光が空氣水等同一の密度を持つてゐる某體を通過する間は其方向を變へ、直線に進むけれども密度を異にした媒體を通過しやうとする場合には其の鏡界面に於て一部の光線は一般に初めの媒體内に反射し、他の一部は第二の媒體に元の方向と異つた方向を取つて進む。投射光線(入射光線)が鏡面で會する點を投射點(入射點)といひ、此の點に於て鏡面に立てた垂線と投射光線とのなす角を投射角(入射角)といひ、垂線と反射光線とのなす角を反射角といふ。光の反射は次の法則に従ふ。

- (1)投射光線と反射光線とは投射點に於て反射面に立てた垂線と同じ平面内にあつて且つ、垂線の兩側にある。
- (2)投射角と反射角とは相等しい。

例へば圖に於てMNを反射面、Bを投射點、ABを投射線、BCを光反射垂、BEを垂線とすれば、

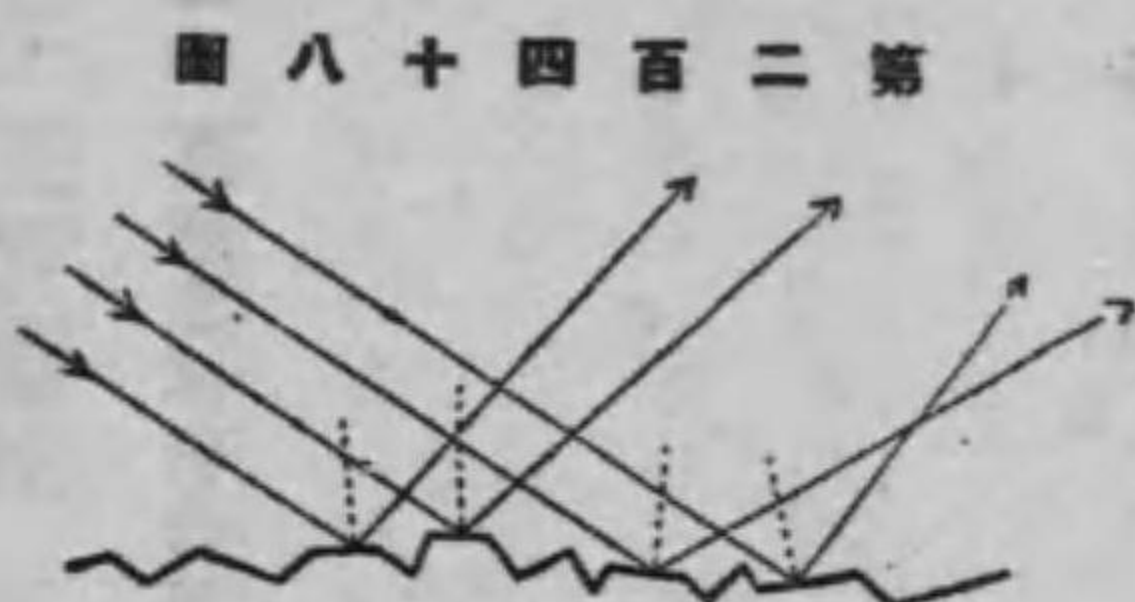
$$\angle ABE = \angle CBE$$

光の反射の量は水、硝子等のやうな透明體の表面では其の量が少いが、磨いた金屬の表面はよく光を反射するものである。故に鏡の反射は硝子面からの反射ではなくて主として硝子の裏面に鍍金してある銀面から反射して來たものである。又同一の表面から反射する光の強きは投射角の大なる程大であるから、濠などの水面に映つた遠方の樹木の像が却つて近傍のものより明瞭に見えることのあるのは之れが爲めである。

二、亂反射

鏡面、水銀面の如き平滑な平面は投射光をたゞ一方に反射する。これを正反射といふのである。然るに机の面の如きは甚だ粗糙で、その部分は種々の方向を有つて居り、随つて正反射の法則によつて投射光を諸方に反射する。之を亂反射といふ。吾々が鳥・獸・書籍などの如く自ら發光しない物體をどちらの方からも見ることの出来るのは亂反射によるのである。

すべて物體の表面に投射する光の一部分は正反射をなし、一部分は亂反射をする。その割合は物體によつて差異がある。磨いた銀の表面は投射光の $\frac{1}{10}$ 分の $\frac{9}{10}$ を正反射し、白壁は殆ど完全に亂反射する。亂反射をする部分の多い程表面は明るく見える。



第二百四十八圖

明るく見える。

例 白壁の室は黒壁の室より明るい。

第三十二 平なる鏡

一、教授の主眼

平面鏡によつて生ずる像について研究せしめるのが本節の主眼である。そしてこの教材を前節から特立せしめた所以のものは平面鏡が日常使用せられてゐる器具であるからであらうが、一面には規則的反射の理法状態を一層詳細に攻究せしめやうとするもので、やがてはそれが「光の反射」と云ふ知識に對して底強い基礎を捉へしめやうとするためである。教授の要項として、

- (1) 平面鏡とは何か、(2) 一小點の反射に就いて教授し、
- (イ) 線の見える理を示し、(ロ) 鏡面との距離に関する理を知らしめ、次に
- (3) 諸物體の反射に就いて、
- (イ) 像の見える理は(2)の場合の複合したものであることを理解させ、(ロ) 更に像の左右と物體の左右とに關する理を發見せしめ、
- (3) 最後に(2)を概括して平面鏡の反射の理法を纏めるの順序であらう、

二、實驗事項

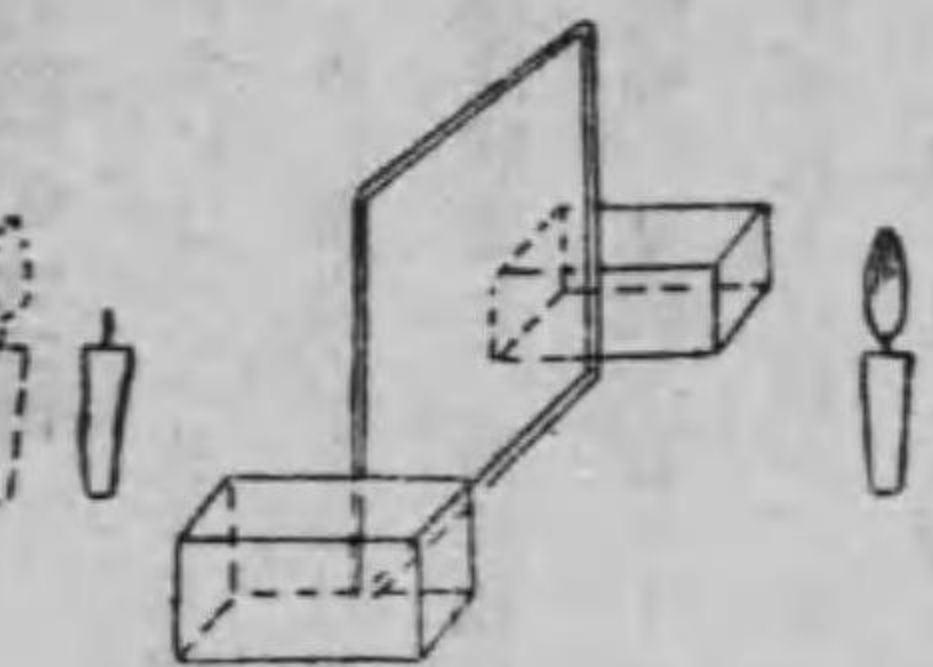
A、兒童實驗一

一、準備

硝子板（四寸に五寸の短形） 蠟燭二本、マッチ、木片二箇、物差。

(A)

二、方法



第九十四百二第

- (1) 窓掛をかけて室内を暗くする。
 - (2) 硝子板を二箇の木片の間に挟みて垂直に立てる。(又は鋸にて切目をつけてある木片によつて)
 - (3) その前方、三寸位の所に点火せる蠟燭を立てる。後方に何が見えるか……点火せる蠟燭の像をみる。
 - (4) 硝子板の後方に点火せざる同大の蠟燭を置き通過光線によりて見ゆるこの蠟燭と点火せる蠟燭の像とを一致せしめる。
- これには正面より眺めて点火せる蠟燭とその像とを連結する直線上に、点火せぬ蠟燭を置いてや、斜な位置から眺めて点火した蠟燭の像と点火せぬ蠟燭とが一致して居れば、これがはなれて居たならば適宜進退するのである……所謂視差法による像の見出し方である。

(5) この時、前後の蠟燭の位置から硝子面までの距離をはかると……凡そ等しくなる。

三、本實驗の特徴

- (1) 簡單なる方法によつて對照の位置に像の出来ることを明瞭にすることが出来る。
- (2) 平面鏡と針とを用ふる視差法は中々兒童にはむづかしいが、本實驗の如くするとまことに容易に發見することが出来る。
- (3) 点火した蠟燭と点火せぬ蠟燭とを用ひると、像の焰が實物に点火したように見えて面白い。

備考

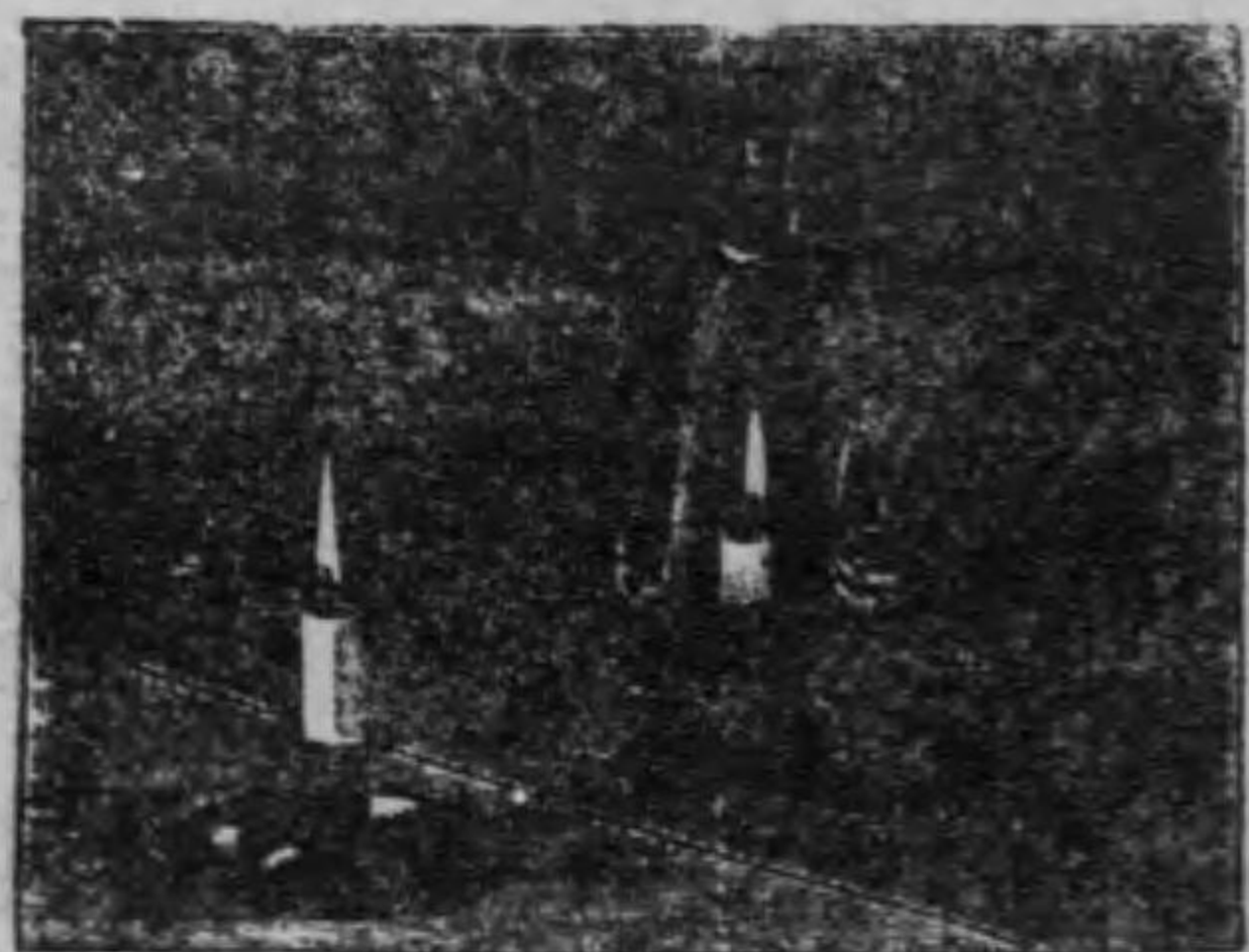
第二百五十圖の様に像の出来る所に水をいれたビーカー又はフランスコを置く水中で蠟燭が点火して居る様で非常におもしろい。

B、兒童參考實驗一

平面鏡の像

一、準備

圖十五百二第



「五百二十八頁兒童實驗一」に用ひたボール箱、平面鏡、蠟燭、マッチ、紙、鉛筆、物指、

二、方法

- (1) 室内をなるべく暗くする。
- (2) 点火せる蠟燭を箱の前に置き三本の間隙から光を箱の中にいれる。
- (3) 箱の底に白紙を敷き、適當の位置に平面鏡を垂直に立て三本の光線を反射する。
- (4) 入射光線、反射光線、平面鏡の位置を鉛筆にて記入する、蠟燭の位置から鏡までの長さを測らせる。
- (5) この紙をとり出し反射光線を延長して像の位置を求め、鏡からの距離を測らせる。
- (6) 蠟燭の距離をかへて實驗を繰り返す。

注意

- (1) 一本の間隙から光を入れただけでも光線に幅があるから實驗することが出来る。
- (2) 間隙と蠟燭の焰の高さを等しくする、これにはボール箱の下に書物などを置いて蓋とするがよい。
- (3) 平面鏡は手に持つて居てもよいがなるべくゴム紐で木片等にむすんで手に持たないで垂直に立てる様にした方がよい。
- (4) 紙上の鏡の位置は前以て直線をかいて置く。

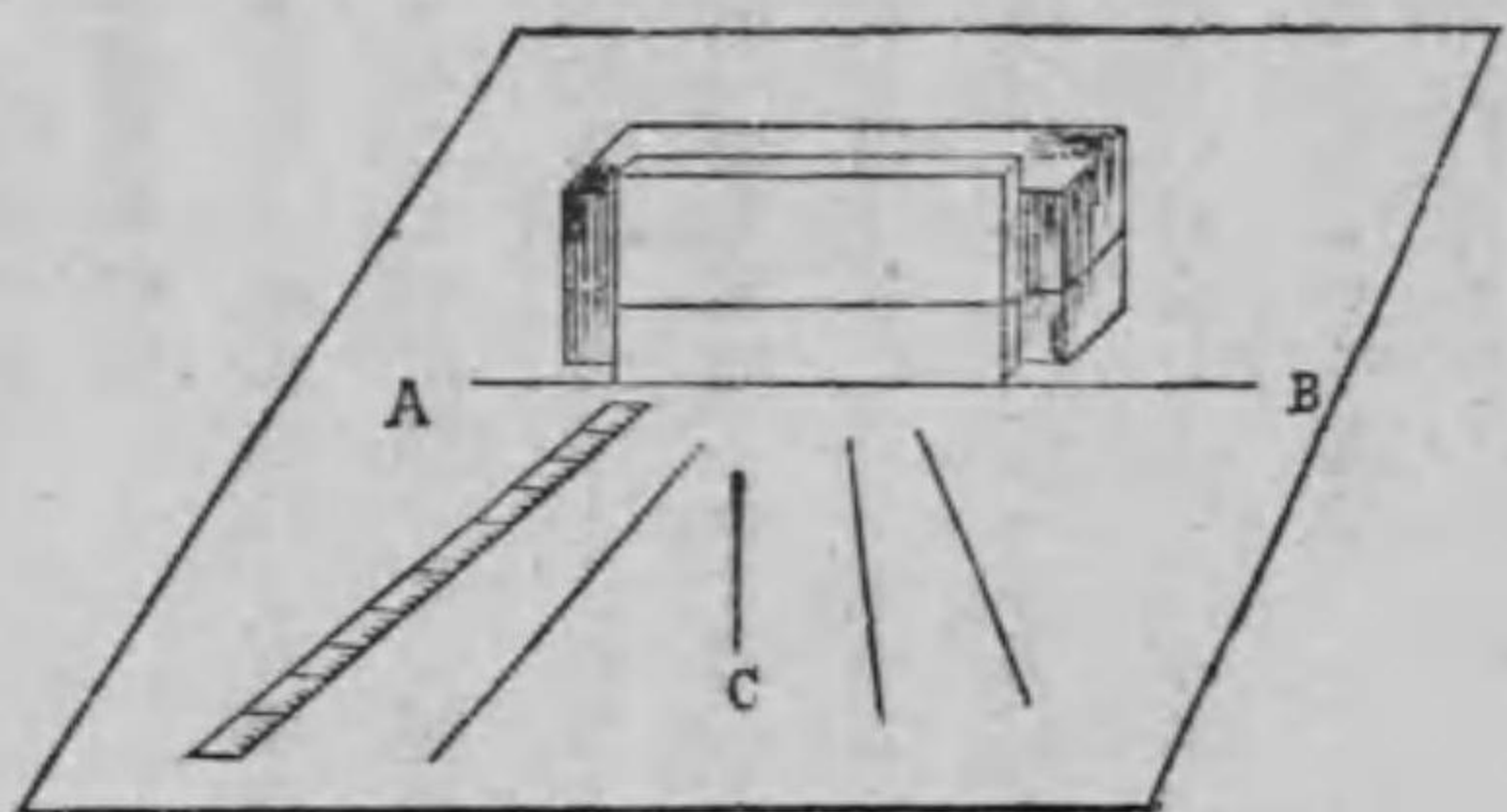
三、本實驗の特徴

- (1) 光線の経路を明らかにすることが出来る。しかし像をみる事が困難である。像をみるには端の間隙から出るやうにすると箱の外から蠟燭の像をみることが出来る。

(2) 本實驗によつて理科書所載の平面鏡の像の作圖を具體化することが出来る。

C、兒童參考實驗二

平面鏡の像



圖一十五百二第

一、準備

平面鏡、平面鏡を直立する木片、紙、定規(物差)、針一本、

二、方法

- (1) 紙上に直線ABをかき、この直線にそつて平面鏡を直立す。
- (2) その前方約一寸五分位の所に針Cを直立する。
- (3) や、斜の位置から平面鏡の後方に生ずる像を眺め、像と一直線をなす様に定規の線を置いて直線をひく。
- (4) 方向を變へて四本許りかくの如き直線をひく。
- (5) 之等の直線を延長する……後方に一點に於て會する。
- (6) 會する點と平面鏡、平面鏡と針の位置までの距離を比較する。
- (7) 斯くしてえた反射光線のもとの入射光線を作圖させ各々について正

反射の法則を吟味する。

三、本實驗の特徴

- (1) 本實驗は視線法による平面鏡の像の見出し方で尋常科の兒童にはやゝ高尚である、しかし正確に作圖することが出来、その経過の内には科學的訓練上有效の所が多いから取扱方法如何によつてはよい結果をもたらすことと信ずる。
 - (2) 前の參考實驗と合せ考へると中々有效である。
 - (3) 針を用ひないで定規の縁にしたら兒童によくわかるやうである。尙、眞直な棒を用ひさせてもよいと思つてゐる、否その方がよいと思つて居る。
- 針金の眞直なもの五本許りを作つて置いて、種々の位置にこの針金を置いて反射光線の方向を知らしめてもよいと思ふ。

D、兒童實驗一

平面鏡によつて生ずる事物の像に就いて。

一、準備

平面鏡、其他、

二、方法

平面鏡の前に鉛筆などを持つて行き實物と像とを比較させる。

- (1) 文字を紙に書いて鏡に映し、映つた文字をその通りに書きとれ。
- (2) 左手の掌をうつしてこれを寫生せよ。

三、歸納

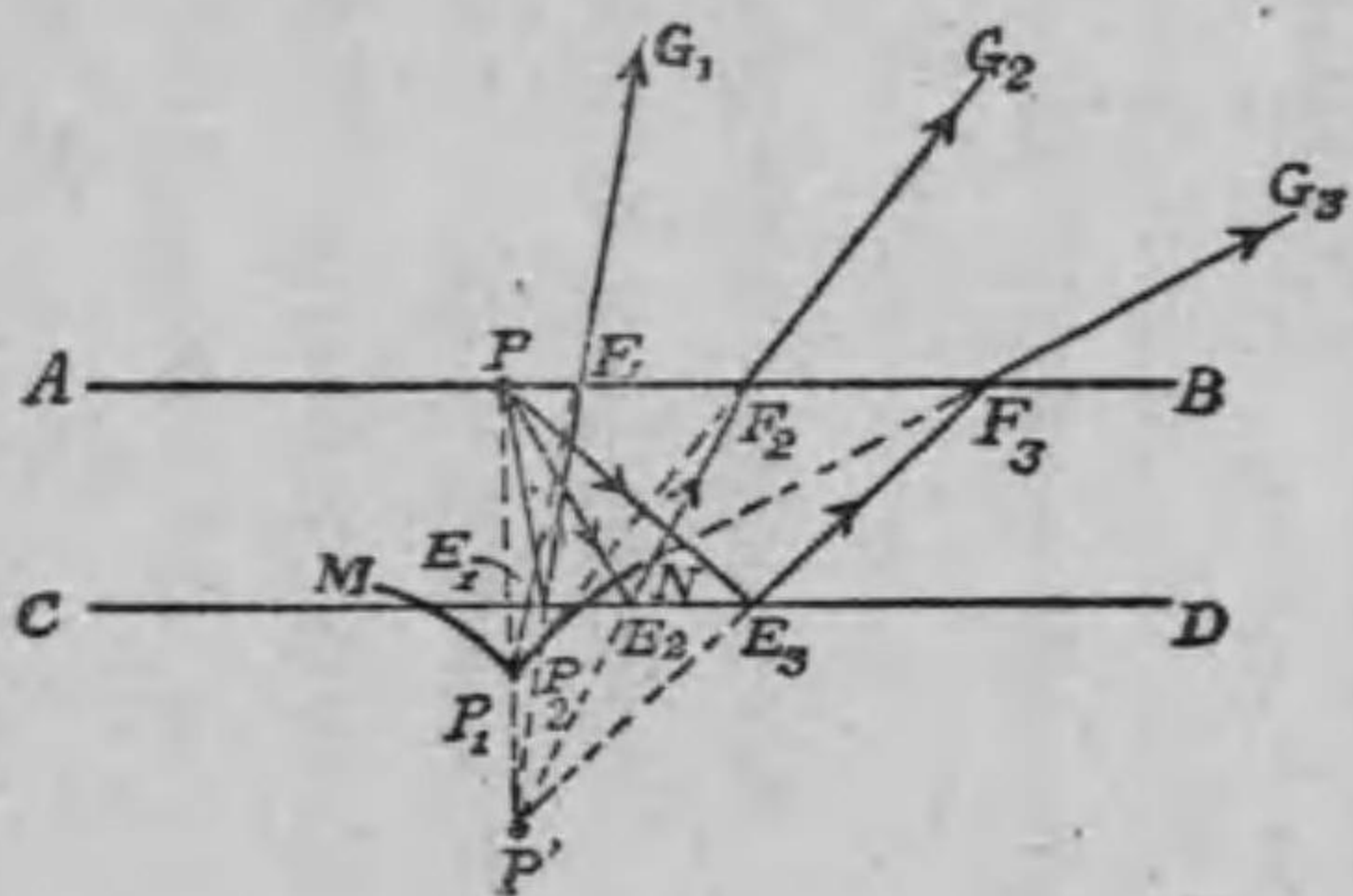
次の諸點を觀察して答へよ。

- (1) 實物の左右と映像の右左との比較。
- (2) 實物と映像とが鏡面までの距離の比較。
- (3) 實物と映像とが鏡面に對する傾斜の比較。
- (4) 實物と映像との大きさの比較。

注意

鉛筆を鏡面に接した時映つた鉛筆の尖端と實物尖端とが相接しないのは何故か。
鉛筆を鏡面に接した時に映つた薄い鉛筆の像は鏡の上面によつて出来た像であつて、對稱の位置に出来るのであるから尖端と尖端とが相接してあらはれるのである、しかし鏡の主なる反射面は鏡裏の鍍銀面であるから鉛筆を鏡面に接して置いても明かな像は離れて見ゆるのである。しからばこの像はたゞ反射面が鏡の厚さ程遠ざかつた場合とのみ考へてよいであらうか。さうであるとするとこの場合の像は鏡の厚さの二倍の後方に出来てゐる筈であるから鉛筆の尖端と像の尖端との距離の二分の一は即ち鏡

圖二百五十二第



の厚さとなる理である。しかし誰しも経験するやうに見た所でこの距離の二分の一よりも鏡の厚さの方が大分大きいことを感ずる。これは単に心持ちのみと断定する理にゆかぬ、且つ見る方向によつて鉛筆の尖端と像との距離は異つて来る、眞上から見た時が一番大きくて斜に見る程小さくなるのである。これは次の理由によることである。

鏡の反射面を鍍銀面とする時にはたゞ反射の現象のみではなくて屈折の現象が伴つて来るのである。

上の圖に於てABを鏡の上面CDを鍍銀面とし鏡上の一点Pの像がいかなる點に出来るかを作圖して見る、Pから出て、CD面で反射した光線はP點の、CD面に關する對稱點P'から出たような光線になる、その光線がAB面から空氣中に出る時には屈折する理である、今硝子の屈折率を假に一・五として作圖すると屈折光線は圖の様にF₁G₁F₂G₂F₃G₃等となる、之等の光線を延長するとM P₁Nの如き弧となるのである。

上に浮いて見ゆるわけである、眞上から見た時でもPとP₁の距離の3/4が鏡の厚さとなるわけである。鏡の上に厚い硝子板を置いて實驗すると明瞭である。(光の屈折参照)

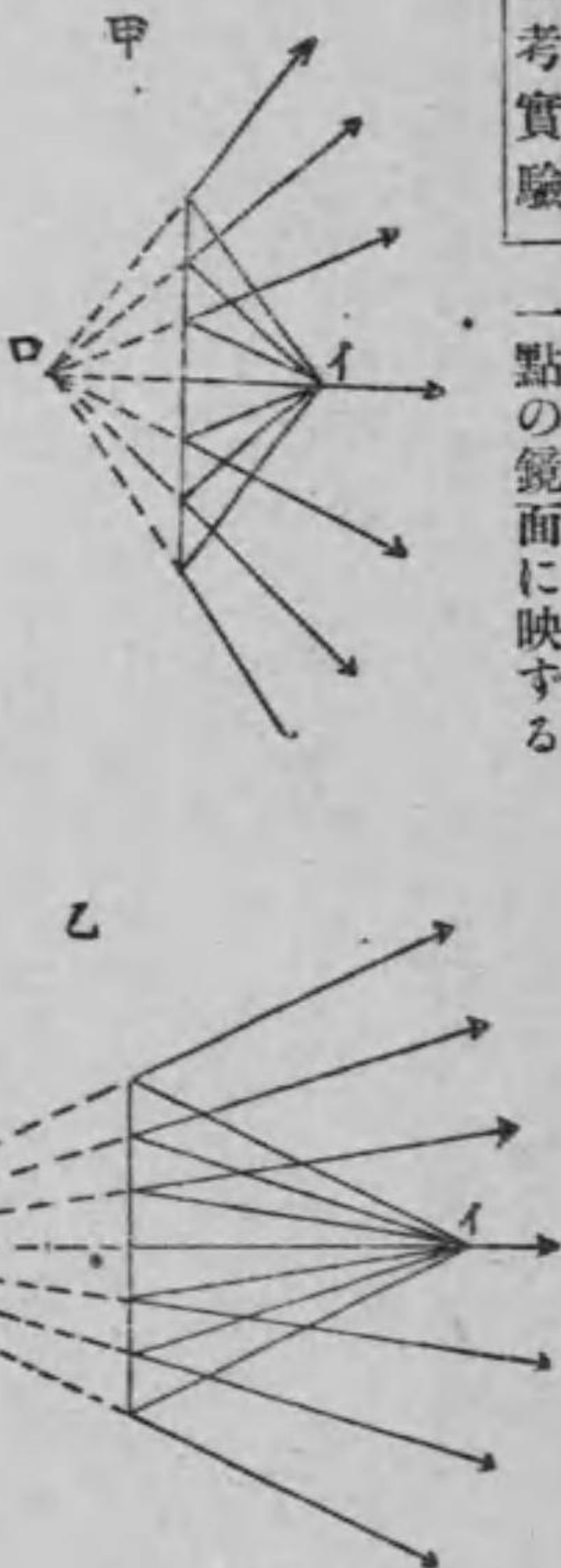
三、研究應用

一、一點より發する光の反射

參考實驗

一點の鏡面に映する

圖三十五百二第



範圍の擴大又は縮少。

(3)次に乙圖の如く發光體を鏡面と離して其見える

範圍を甲の場合と比較せよ。前者は後者よりも廣い。

(4)其の理を(1)の原理と圖とによりて考察せよ。

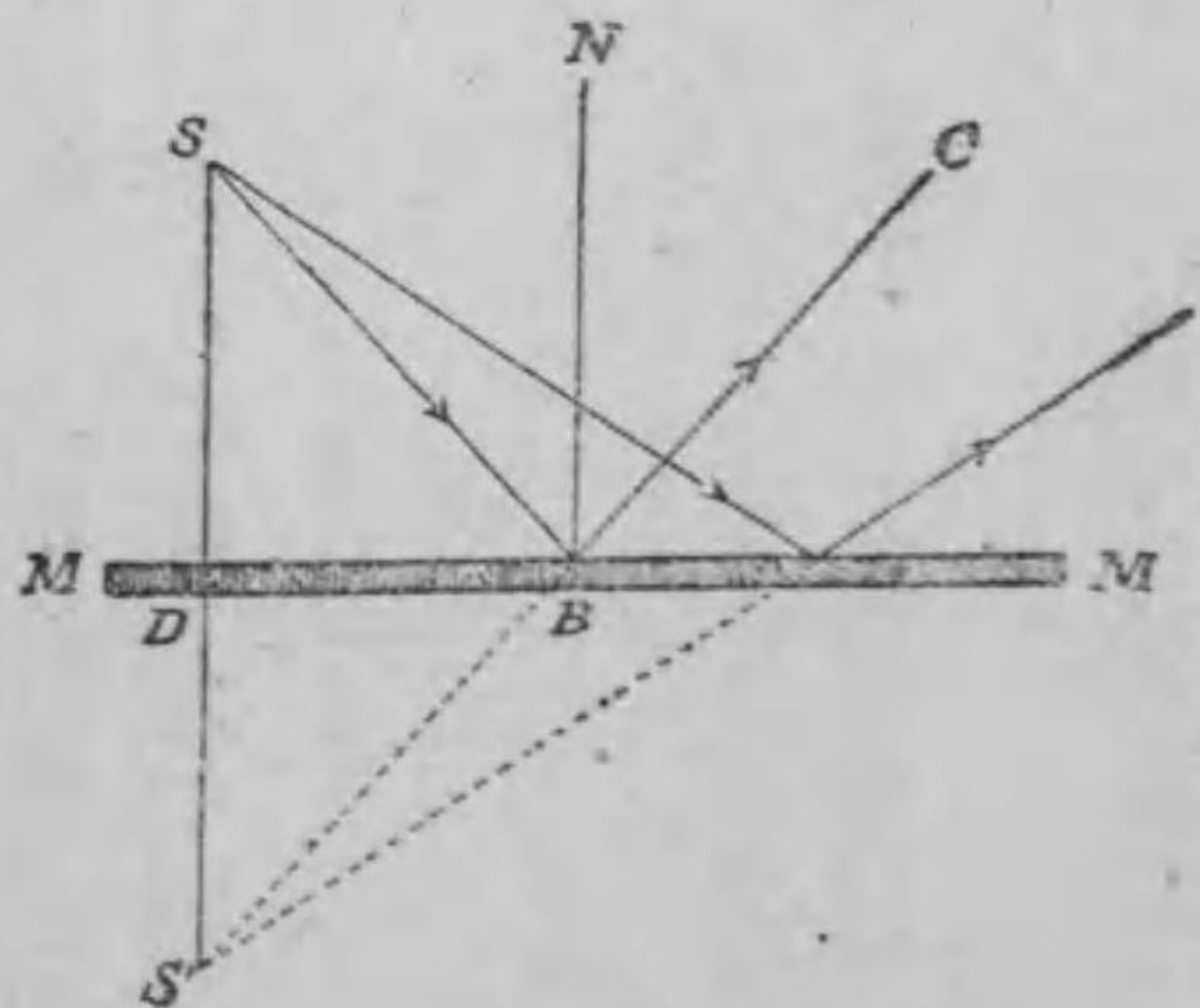
注意

本實驗は「實驗A」に於て知らしめなかつた平面鏡反射の原理で「鏡の實際」を考へる上に重要な一問題である。

二、平面鏡

第二百五十四圖に於てMMを鏡面とし、Sを發光體とすれば、Sよ

第三十二 平なる鏡



(1)發光體の一點から光は上下四方何れの方角にも眞直に進むことを前提として

(2)甲圖の如く發光體を鏡面に接近せしめて其の見える範圍を定めよ。

第二百五十四圖

り發して鏡面に垂直に投射した光線SDは、垂直に反射して反射光線DSとなり、斜に投射した光線SDは斜に反射して反射光線BCとなる。SDとCBとを延長するとS'で相會する。そして反射の法則によつて

$$\angle SBN = \angle NBC \quad SD \parallel NB, \quad \angle SBN = \angle BND(\text{錯角}) \quad \angle NBC = \angle BSD(\text{同位角})$$

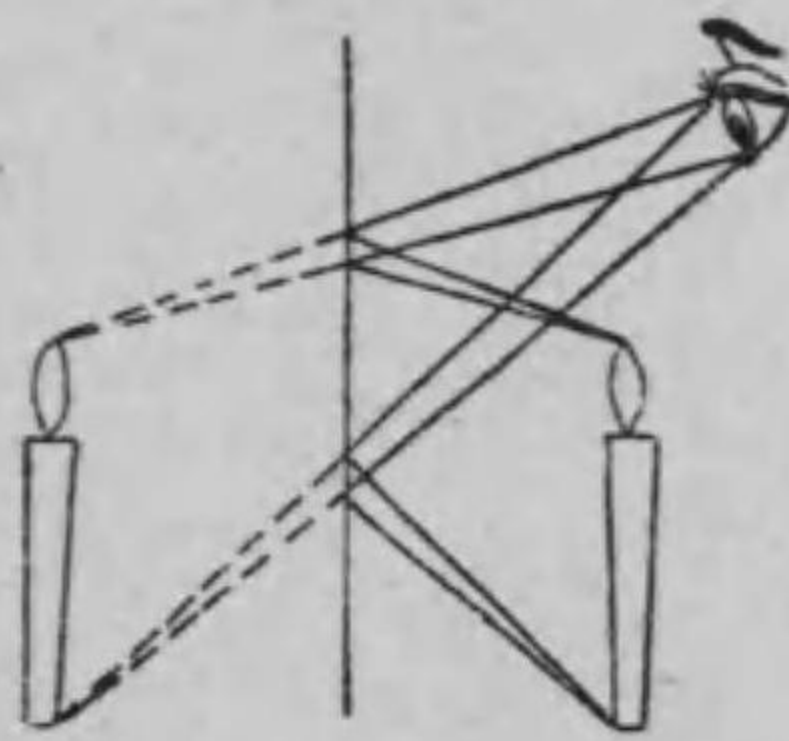
$$\therefore \angle BSD = \angle BSD.$$

$$SD = S'D$$

即ちS'は鏡面に對してSと對稱なる唯一の點である、それ故鏡面に投射する光線は、皆S'點から來るやうな方向をとり、鏡前でこれらの反射光線を眼に受けると發光體の像をS'に認める。

この理によつて鏡前に物體があると、鏡後の對稱の位置にその像を認めることは上の圖の如くである。此の像は實物と大きさが相等しいけれど、左右が反對で且つ光線は實際の像そのものから來たのではない。それ故像の位置に紙

圖五十五百二第

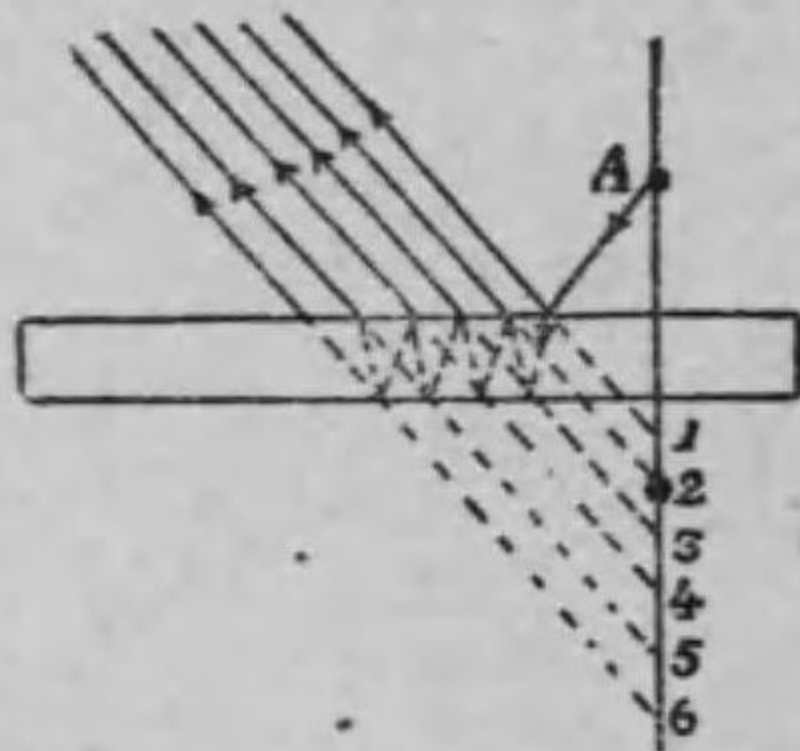


を置いても像は映ることはない。此のやうに光線が實際相會せずして出來る像は虚像といふのである。

參考實驗一 平面鏡に於ける複像の現象。

(1)厚硝子の鏡の前方に五—六種離して燭火を置き、其像を斜の位置から見よ……すると數個の燭火の像があらはれる。

圖六十五百二第



を映するのである。けれども第三以下の像は光の分量が漸次に減少するから像は次第に明るさを減じて遂に消失するものである。

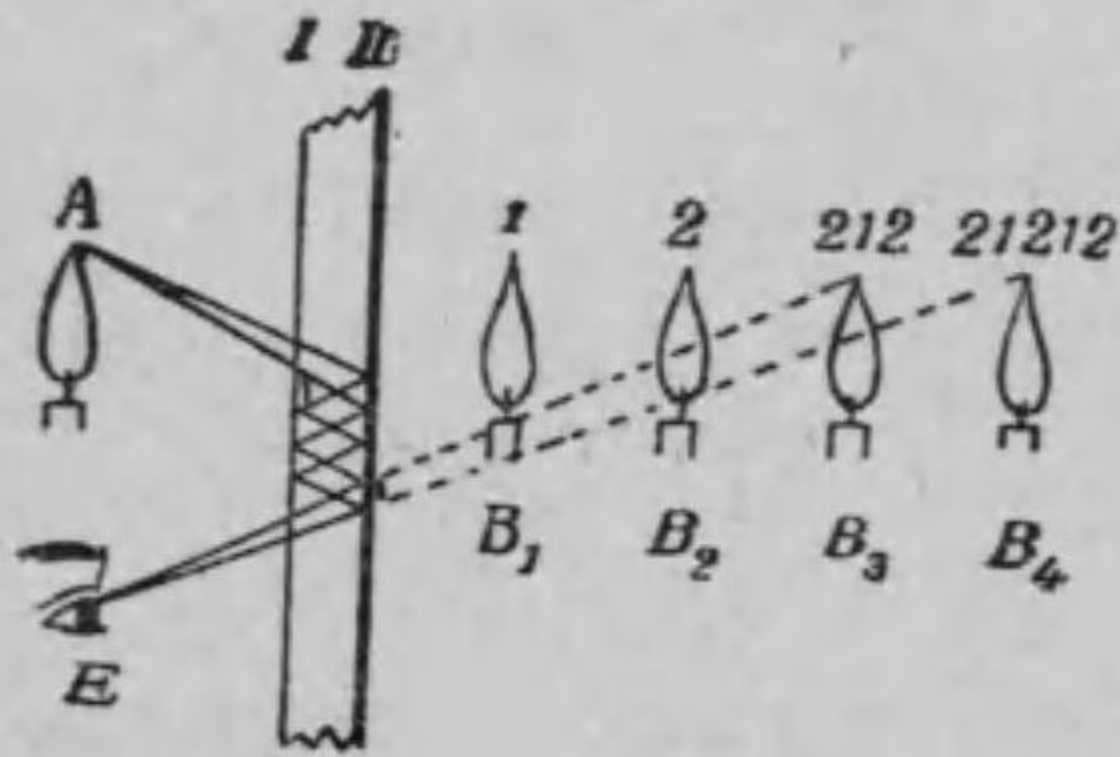
上の圖はAの蠟燭の像B₁、B₂がいかなる光線によつてEの眼に見ゆるにいたるかを示したのである。

B₁、B₂も同様にして作圖することが出来る、番號は眼に來るまでに反射した面である。

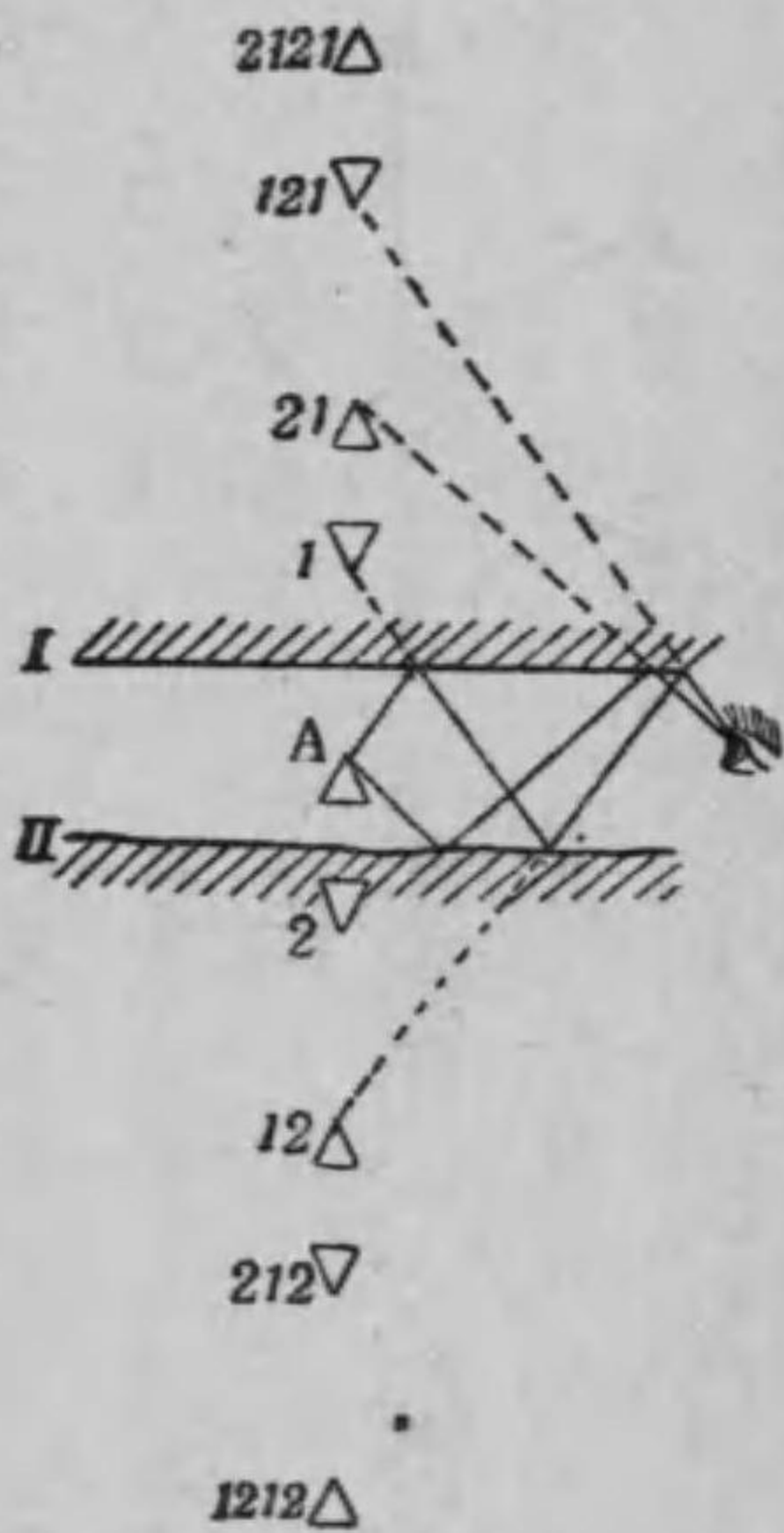
參考實驗二 二面鏡によつて生ずる像—其一

(1)二枚の平面鏡を五—六種隔て、平行に對立せしめ其の間燭火Aを置き眼を鏡の間に入れて其の像を見よ……すると燭火は直線上に無數に列ん

圖七十五百二第



圖八十五百二第



(2) 説明—これは第一の平面鏡に映る像は第二の平面鏡に對して光源となつて其の像を映じ、その像再び第一の平面鏡に對し光源となつて第一の平面鏡に像を映じ、かうして最初第二の平面鏡に映じた像も同様のことを繰り返して無數に見えるのである。

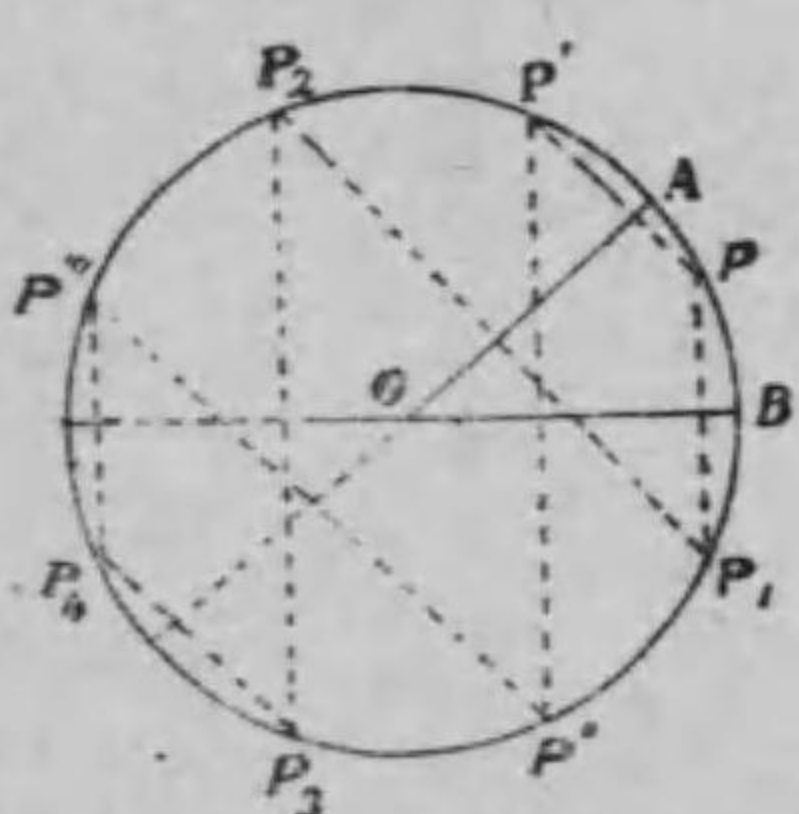
參考實驗三

二面鏡によつて生ずる像—其二

(1) 二のつ平面鏡AO・BOを机上に角度をなして垂直に立て其間に燭火を置いて其の像の數を見よ……二平面鏡の角度によつて其の數は色々に異つて来る。

(2) 説明—今鏡面の角度を四十五度として燭火Pの像を考へると、Pは鏡面BOに對して像を生じ、P₁は鏡面AOに對して像P₂を生じ、P₂は鏡面BOに對してP₃を生じ、P₃は鏡面AOに對して像P₄を生じ、そして像のP₄は、どの鏡面に對しても鏡の裏面に入つてゐるから再び像を生ずることが出来ずしてこゝに止まるのである。又燭火Pの像が鏡面AOに對して生じた像P'も、同様の理由でP''P'''の像を生じP'''の鏡面BOに對する像はP₄に合しこゝで止むのである。故に鏡面の角度が四十五度の場合には燭火の像は七箇出来るのである。

圖九十五百二第



(3) 歸納—今Nを二面鏡によつて生ずる像數とし、Aを其の角度とすると次の式が成立つ。

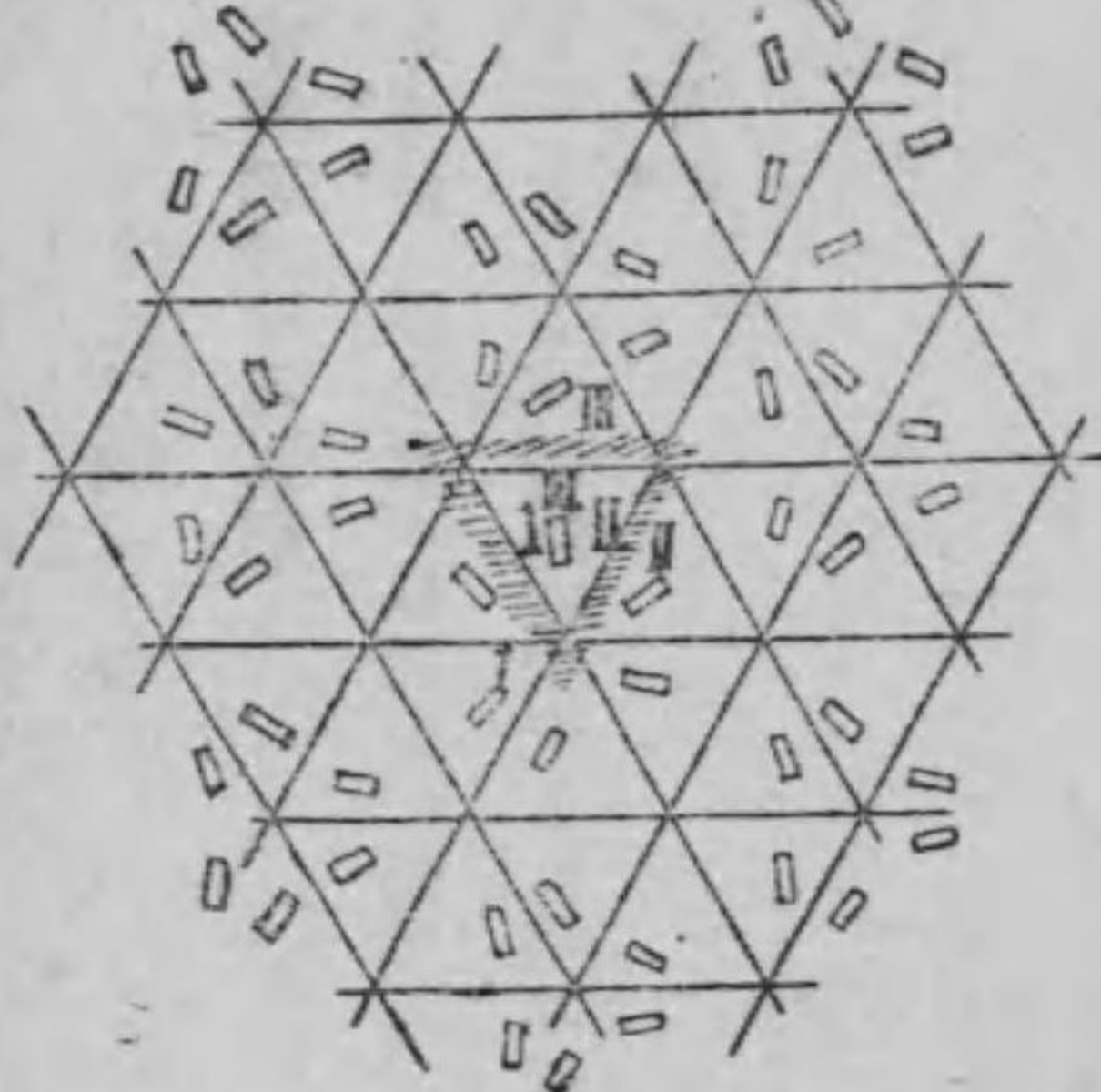
$$N = \frac{360}{A} - 1$$

(4) 演譯—故に角度が九〇度の場合には像が三箇、六〇度の場合には五箇出来る譯である。この原理は近時商店の飾窓に應用せられてゐる。百色眼鏡も亦これを玩具に應用したものである。

三、百色眼鏡

これは一八一五年、スコットランド人、ブリュースター氏によつて考案せられたもので、三枚の平面鏡(多くは硝子の表面を黒い光澤ある面にして表面のみの反射面にしてある)を正三角塔に組合せ、これを圓筒形の筒に入れ、三角塔の中には種々に着色した硝子片を入れ、上部を厚紙で蓋をし、中央に小孔を穿けて、硝子若しくはレンネを嵌め、摩り硝子を底としたものである。今小孔から覗きつゝ圓筒を回轉すれば色硝子は移動し、三枚の平面鏡によつて種々の美しい對稱的の像

圖十六百二第

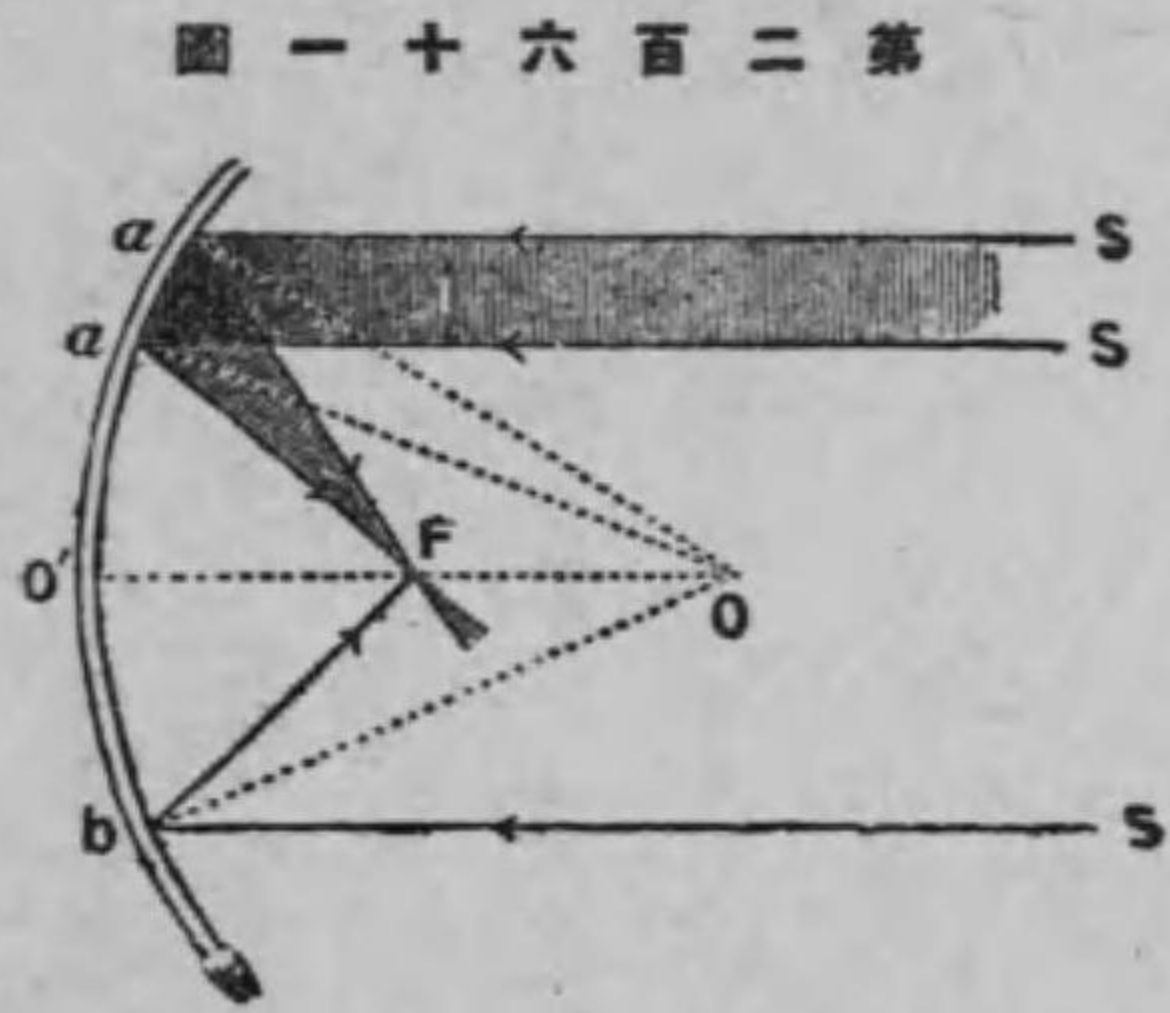


を映すのである。一面を黒い板にし二面を鏡にしたものもある。これは前の圖に於て例へばIIIが反射面でないとする二枚の平面鏡だからI IIの合点を中心にした六角形の圖形となる。

四、球面鏡に於ける反射

(イ)球面鏡 鏡の面が球面の一部をしてゐるものを球面鏡といふ。球面鏡には凹面鏡と凸面鏡の二種がある。そして球面鏡の中央とその球の中心とを結ぶ線を鏡軸といふ。

(ロ)凹面鏡



圖一十六百二第

參考實驗一 凹面鏡に於ける焦點

- (1)圖の如く暗室内で日光を凹面鏡abの鏡軸oo'に並行に射入せしめる。
- (2)其時に於ける光線の進行を、空中の塵埃によつて觀察せよ……Sa Sb等の光線は鏡軸上の一點Fに集合する。
- (3)此の點を焦點といふ。焦點は鏡の中央O'を距ること球の半径OO'の半に等しい處にある。この距離FO'を焦點距離といふ。

參考實驗二 凹面鏡の作る光點の像

- (1)暗室内で凹面鏡前に光點を置き、小さい紙片を鏡の前で進退せしめてその像を見よ……紙片が一定の位置にあるとき、光點の像が最も小に

且最も明瞭に映することがある。

- (2)説明—これは光點から發する光が鏡面から反射して來て、こゝに集るからである。

- (3)例證—光點の中心がO以外Sにあるときは像は焦點と中心との間のS'に生じ光點が球の中心と焦點との間のS'にあるときは、像は中心から外方のS'に出来ること圖に見る通りである。

- (4)歸納—一般に凹面鏡中央から光點とその像とに至る距離をそれぞれa及びbとし、球の半径をpとすれば、實驗によつて次の關係を知ることが出来る。

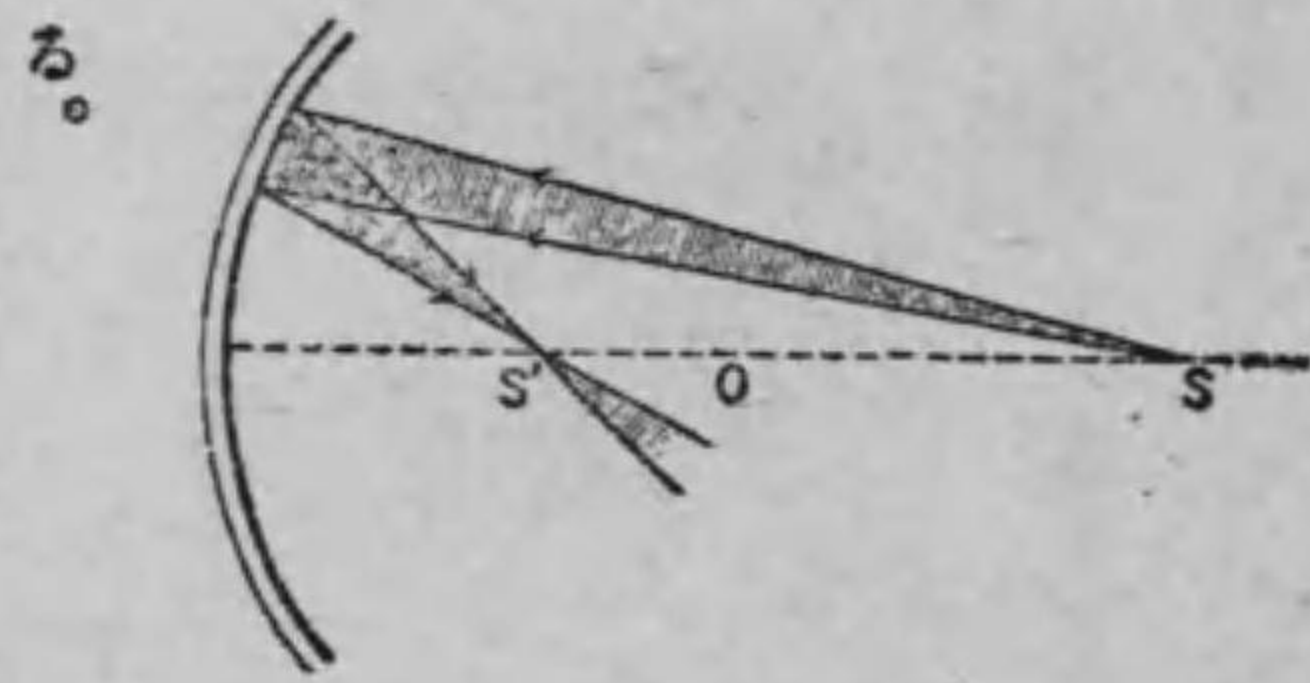
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{r}$$

參考實驗三 凹面鏡の作る光點の虚像

- (1)前實驗に於て光點を焦點以内に置くときは、鏡背に其の像が出来る。
- (2)こは鏡面から反射した光線は反射の後發散するけれども、反射光線を逆に延長したものは、鏡背の一點に會するからである。

- (3)けれども此の場合には、こゝに光が集るのでないから、紙片を鏡の背後に置いて像は映らない。

圖二十六百二第



この様な像を虚像といふ。

(4) 歸納—光點が焦點以内に来るときは前式は次の如く變る。



参考實驗四

凹面鏡の作る物體の像。

(1) 凹面鏡の前に火を點じた蠟燭を置けば圖の如くその各點は前記の理によつて各々其の像を造る。

(2) 故に燭火ABが球の中心O以外にあるときは像B'A'は焦點Bと中心Oとの間に倒立し、その大きさは實物よりも小さい。

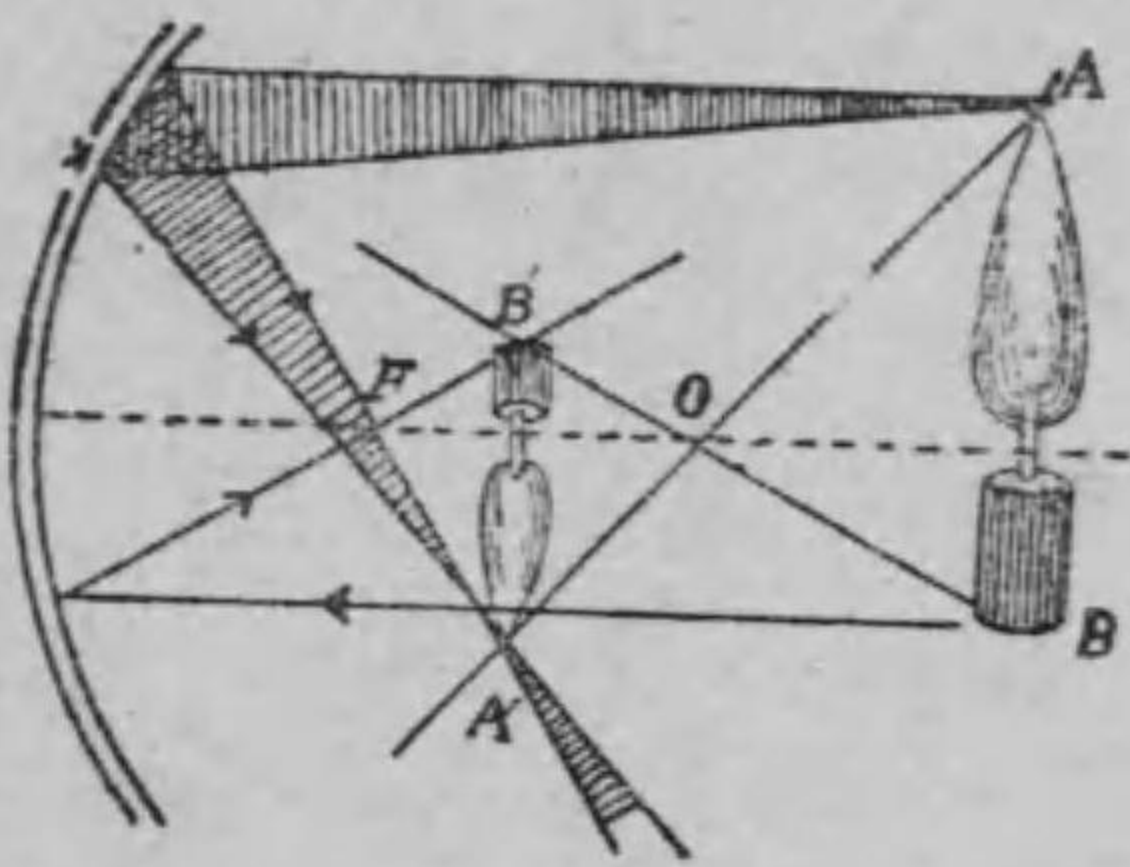
(3) まだ燭火B'A'が球の中心Oと焦點Fとの間にあるときはABなる像は中心から外方に例立して、其の大きさは實物より大である。

参考實驗五

凹面鏡の作る物體の虚像。

前實驗と同様の方法に於て圖の如くABなる燭火が焦點B以内にあるときは、鏡の背後A'に實物よりも大きな直立せる虚像を造る。

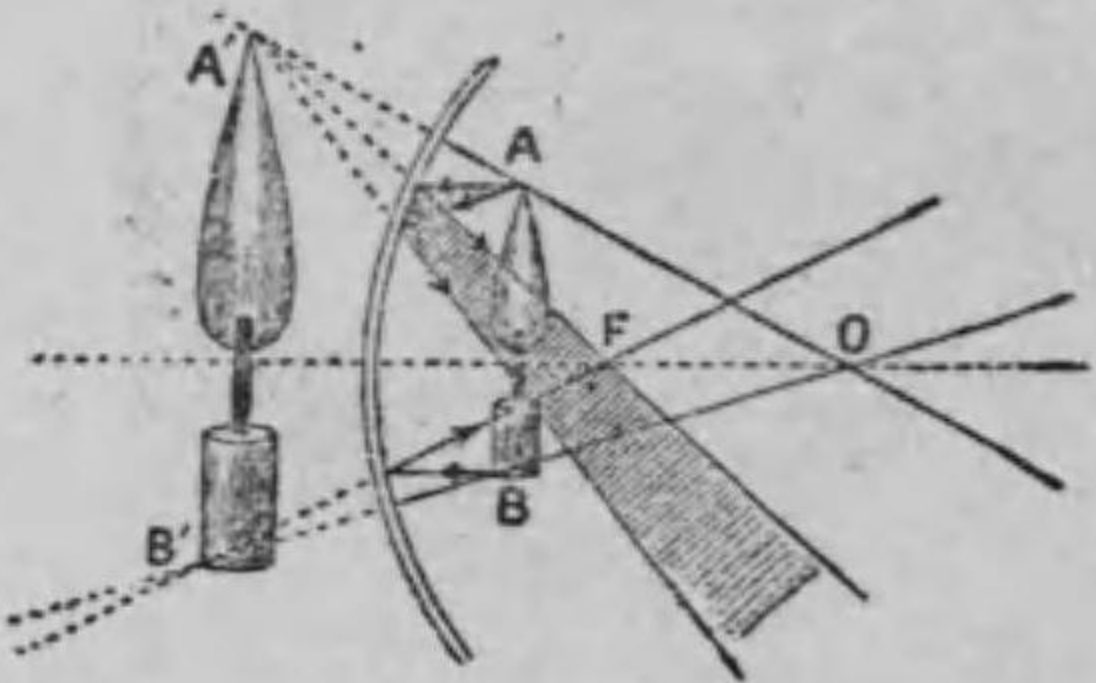
圖三十六百二第



五、凹面鏡の作る像を求める作圖法

凹面鏡に於ける燭火と其の像との關係を知るには、燭火の各點から出る任意の二光線の會點を求める

圖四十六百二第



凹面鏡の場合の様に一點に集らずして却つて發散し、其の形は鏡の背後の一點(虚焦點F)から發した如くに見える。

(2) 説明—これ反射光線を逆に延長したものがこの點を通過するが爲である。

参考實驗二

凸面鏡の作る物體の虚像。

(1) また燭火を凸面鏡の前に置くとときは、第二百六十四圖に示す如く、鏡の背後に實物ABよりも小さい直立した虚像A'B'を見る。

六、凸面鏡

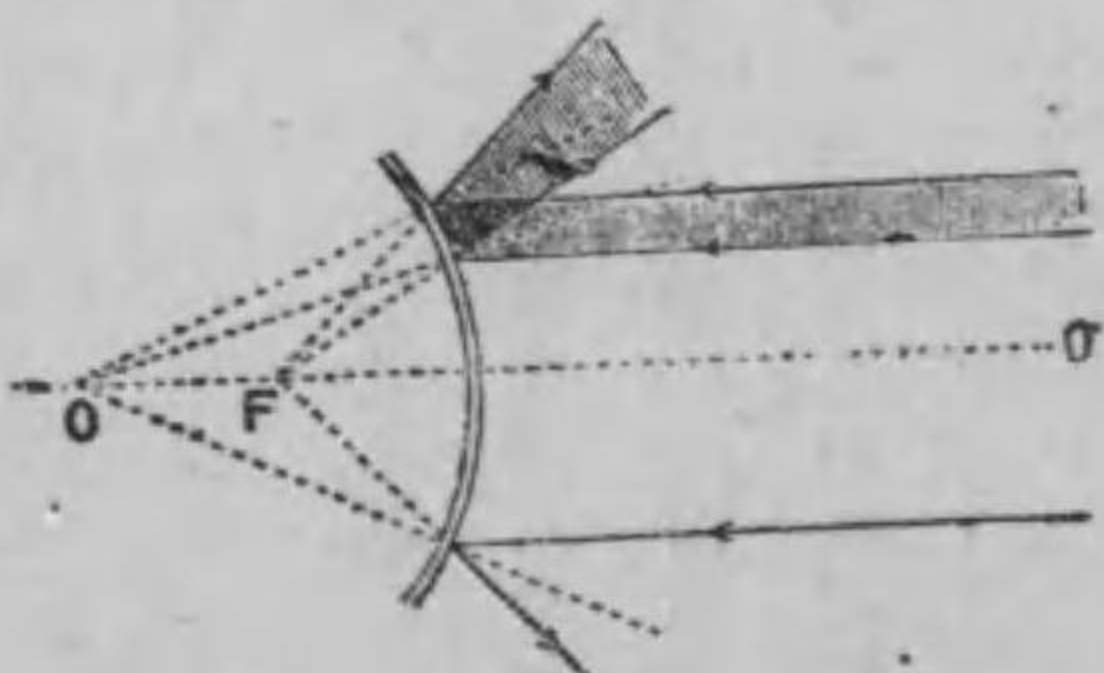
参考實驗一

凸面鏡に於ける日光の反射。

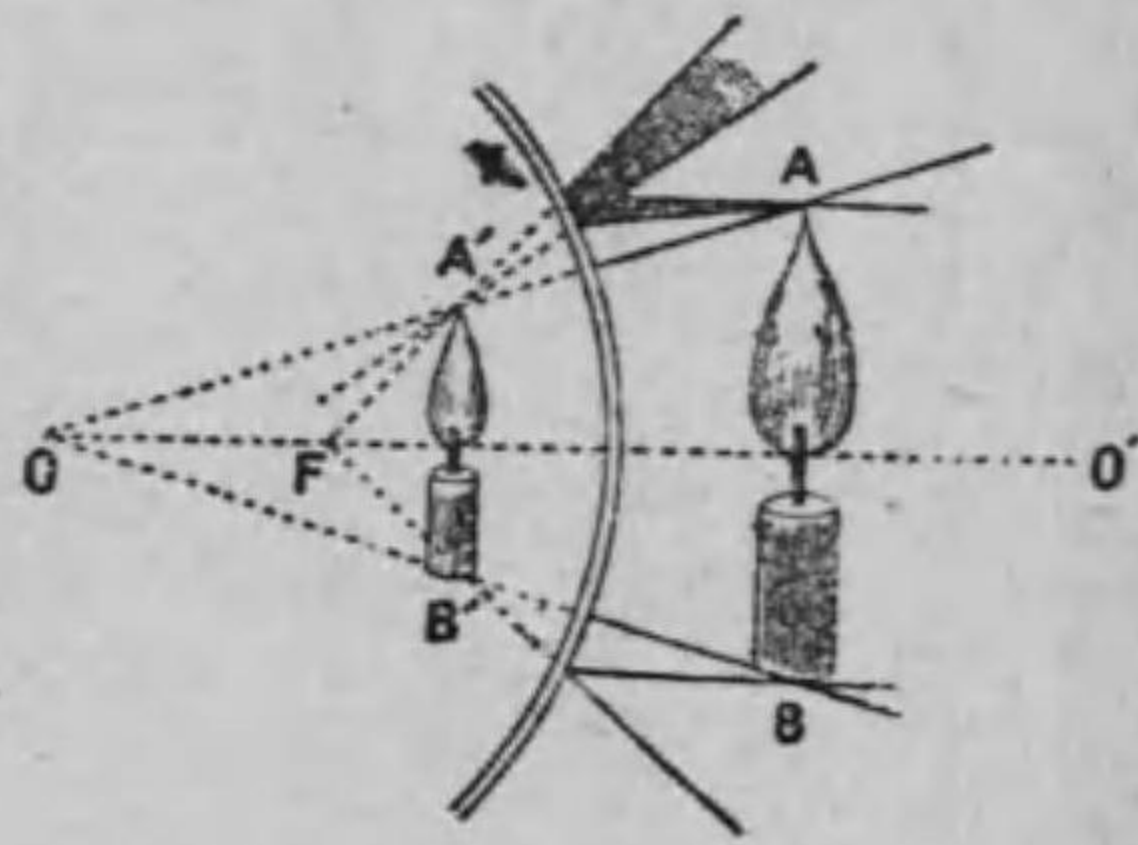
(1) 暗室内で凸面鏡の鏡軸に平行して日光を射入せしめて光線の進行を見よ……光線は

ことが必要である。そしてこの二光線には、鏡軸に平行するものと、球の中心を通過するものを選ぶのが便利である。則ち反射の法則によつて、鏡軸に平行する光線は反射した後焦點を通過し、球の中心へ向ふものは反射した後再び中心を通過するから、この二線の會點は容易に知ることが出來、隨つて像の大きさ位置とを求めることが出来る。

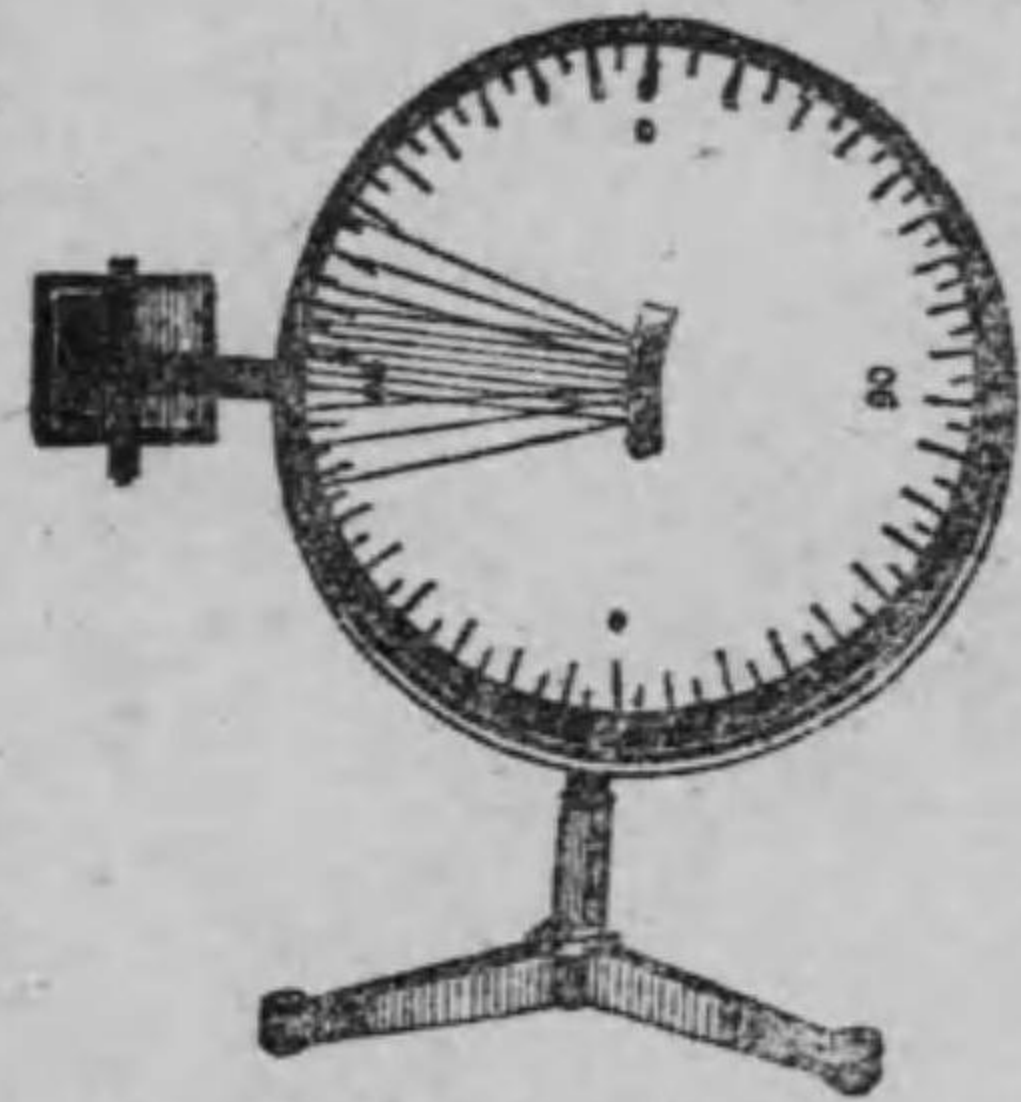
圖五十六百二第



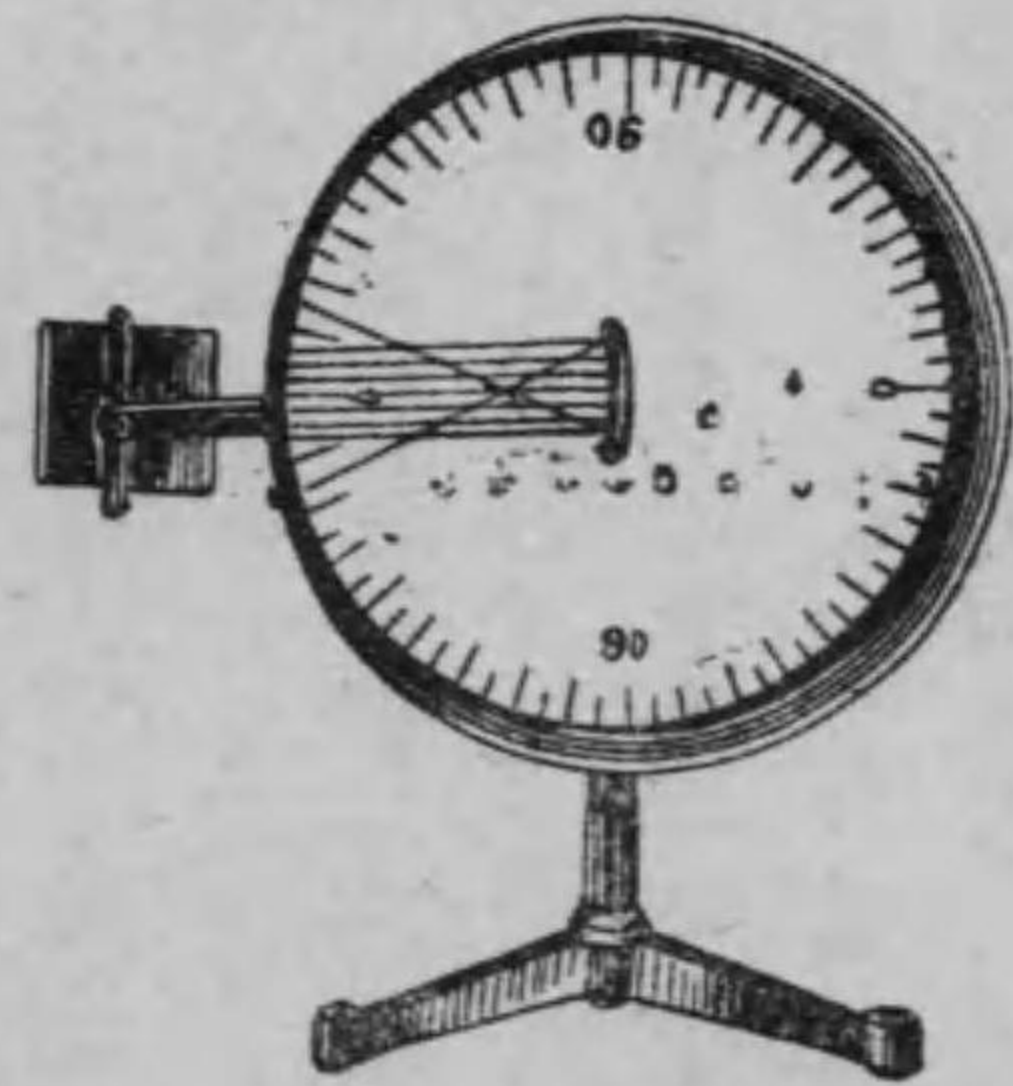
第二百六十七圖



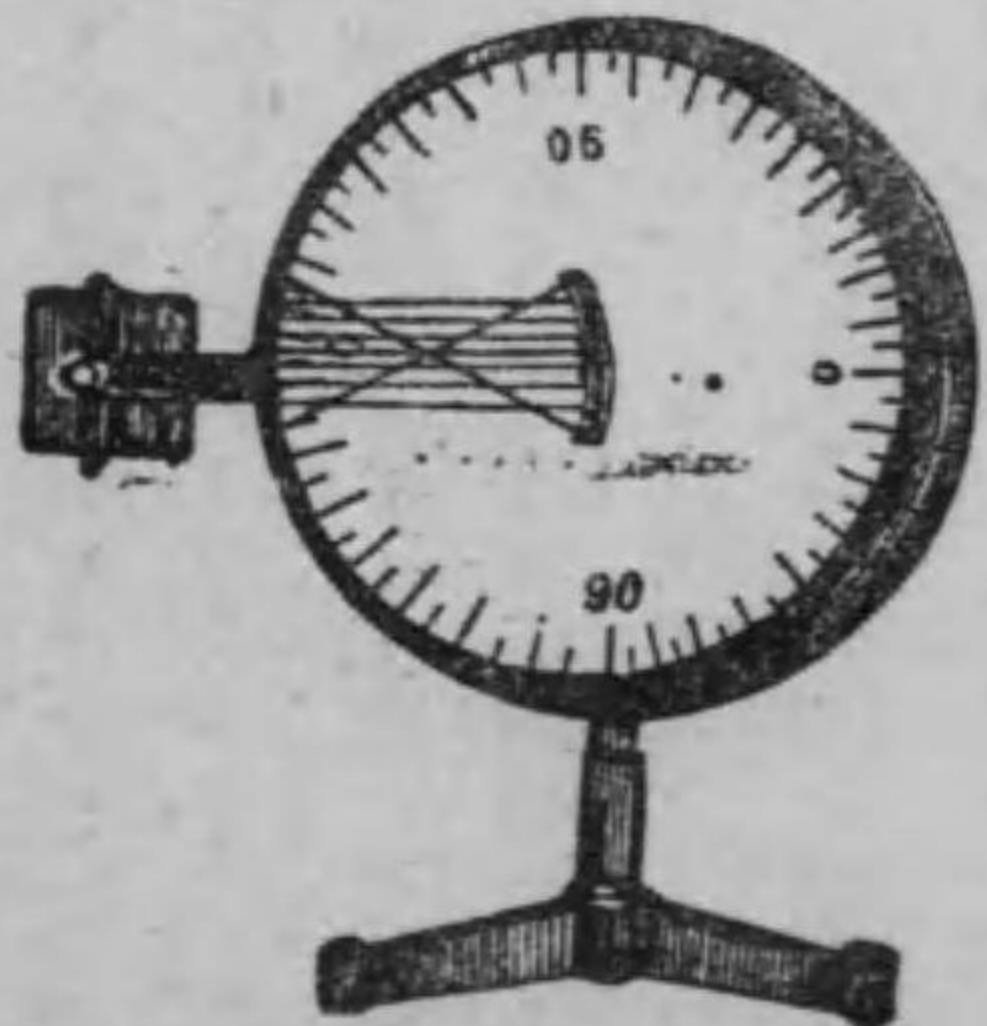
第二百六十八圖



第二百六十九圖



第二百七十圖

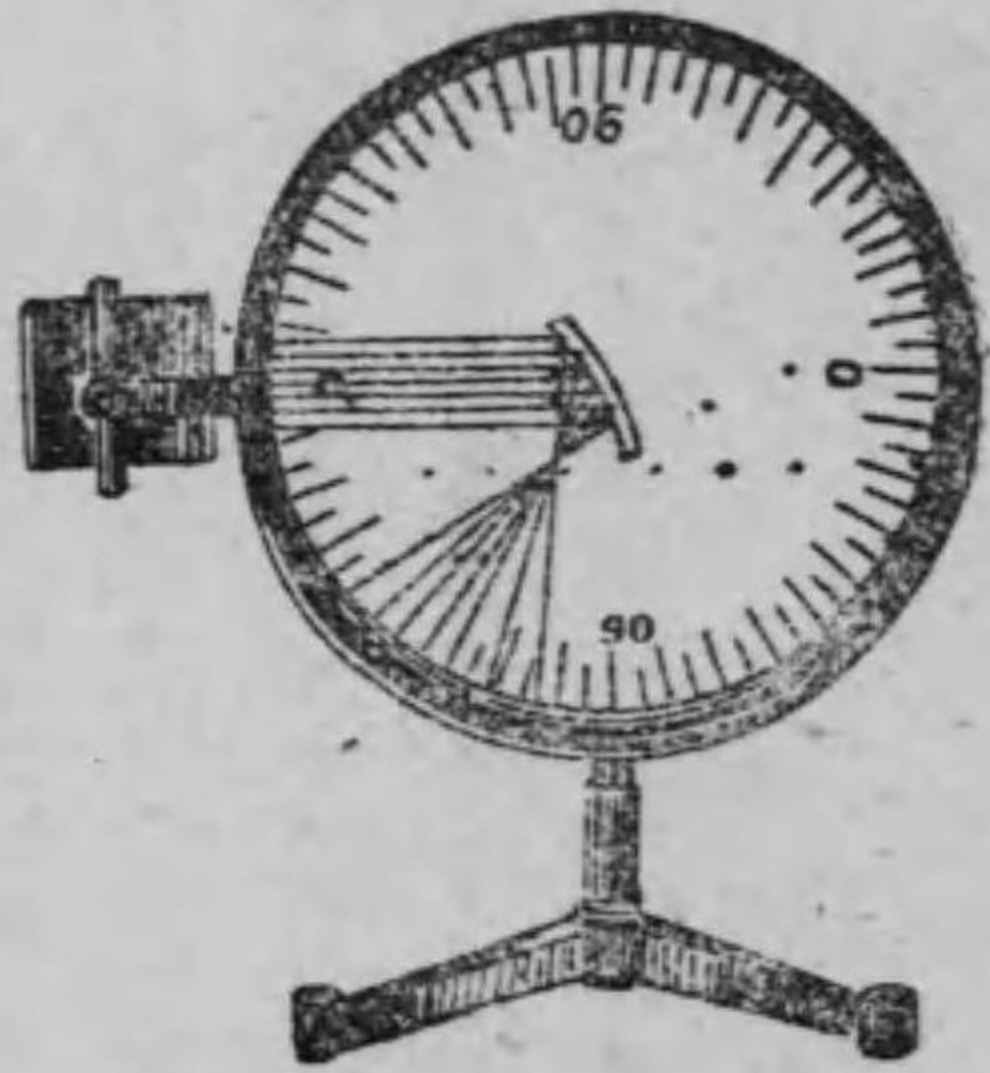


(2) 説明—これも凹面鏡の場合の如き作圖法によつて容易に作圖することが出来る。

七、凸面鏡凹面鏡反射の實驗

暗室を用ひないするには、光の直進の時に説明した簡易光學器によるのがよい。小學校ではこの位で充分であらうと思ふ。第二百六十七圖は凸面鏡、第二百六十八圖第二百六十九圖第二百七十圖は凹面鏡の場合であつて、特に第二百七十圖は美しい火線が明瞭にあらわれて綺麗である。

第二十七圖



八、平面鏡の製法

板硝子を平面鏡とするには先づ二液を作る。

甲液、硝酸銀五瓦を二〇〇立方厘の蒸餾水に溶かし之にアン

モニヤ水を加へ生じた酸化銀の沈澱が再び溶けるまで加へる。これを一度濾過し蒸餾水を加へて五〇〇立方厘にする。

乙液、硝酸銀一瓦を少量蒸餾水にかして之を沸騰しつゝある五〇〇立方厘の蒸餾水中に注ぐ。次に酒石酸カリウム、ナトリウム(一名ロツセル鹽)〇・八瓦を加へ溶液中に灰色沈澱が出来終るまで沸騰をつ

け、熱き間に數回之を濾して清淨の液を作る。此二種の液は常に暗所に貯使へ用の時は二液を等量にとつて混じ、その内に鍍銀せんとする硝子をつけ

すり落す。次に銀を乾かし其上に「ワニス」を塗り、よく乾きたる後ワニス若しくは亞麻仁油に鉛丹を混じたる溶液を塗つて銀の剝けるのを防ぐ。

注意

硝子板はプレパラート又は寫眞の古乾板のフィルムを熱き苛性曹達液にとがして用ふ。長く水中におきて磨り落してもとれる。
又沸化水素一二滴を入れたうすき溶液中にひたすと容易にとることが出来る。

九、凹面鏡凸面鏡の製法

時計皿に前同様の如くして鍍銀して作ることが出来る。

尙凸面鏡は試験管の底を利用して宜しい。これには一パーセン位の硝酸銀溶液を作つてこれを試験管の三分の一程に入れ、これに稀薄なアンモニヤ水を加へて行くと最初酸化銀の褐色の薄液が出来る。更に注意してアンモニヤ水を加へて沈澱を再びとがす。これを硝酸銀のアンモニヤ溶液といふ。この中に葡萄糖溶液少量か又はフォルマリンの溶液數滴を加へて試験管を温湯中につける。銀は還元されて試験管の内面は美麗に鍍銀せられる。アルコールランプの焰の上でかるくあたためても存外成績のよいことが多い。不出來の時には數滴の稀硝酸を加へて銀をとがす。

第三十三 光の屈折

一、教授の主眼

前節まで、「光の直進」「光の反射」を教授し終つたから此所では「光の屈折」と云ふことに就いて授けやうとするのである。そしてこれらの教授はいづれも、「光の直進」といふことを出發點とするのがよからう。教授の要點を擧げると。

- (1) 光が直進するのは同質・同密度の物體中を進行する時にのみ起る現象であることを知らしめ、
- (2) 實驗によつて屈折の事實を観察させる。
- (3) 更に此の事實を細分して、
 - (イ) 空氣より水に入る場合、(ロ) 水より空氣に出る場合の屈折の状態を知らしめ、
- (4) 進んで屈折の普通的理法に對する注意を喚起させる等の諸項であらう。

二、實驗の實際

A、兒童實驗一

光が屈折することの事實を直觀せしめる

一、準備

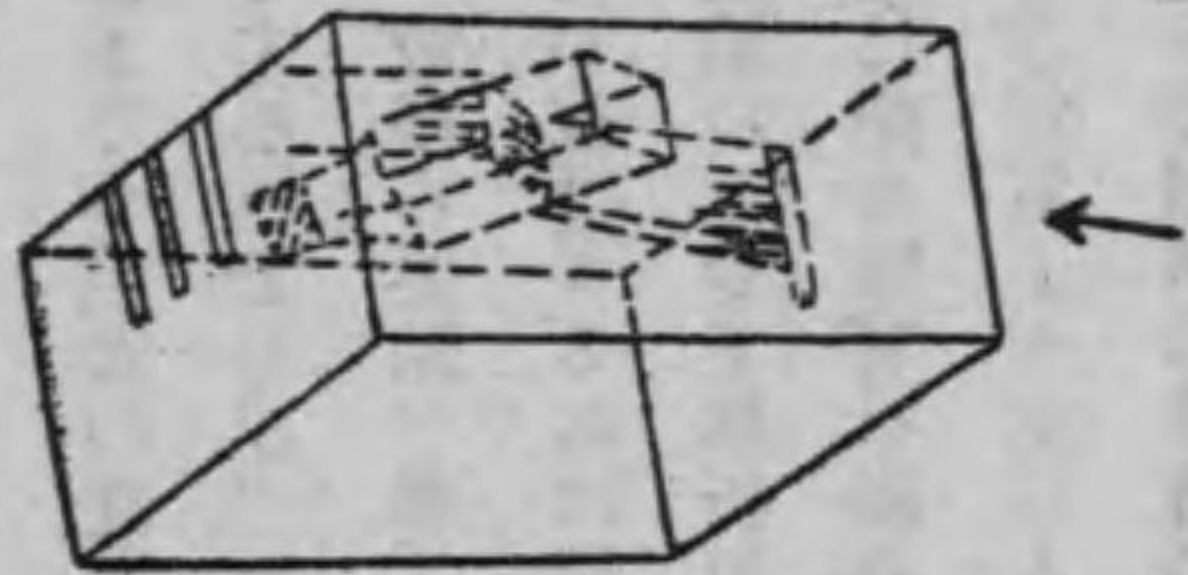
光の直進及反射に用いたボール箱、角瓶(底面一寸五分平方、高さ三寸位)フルオレツシンのアルカリ溶液、紙製の分度器、

二、方法

- (1) フルオレツシンのアルカリ溶液を瓶に入れ密栓して箱中に置く。
- (2) 側面の間から光線を射入せしめて其の進路に瓶を持つて行く……液中の光線の通路は黄色に輝く、(フルオレツシンの蛍光によつて)
- (3) 瓶から出た光線は黄褐色である。(之がフルオレツシンの色である)之ともとの光線の方と比較させる。

三、歸納

- (1) 瓶の下に紙をしきて光線の進路を鉛筆にて記入させ、空中より瓶中にいる點瓶から空中に再び出る點の面に垂線をたて、入射角及屈折角をはかる。



第二十七圖

空氣から瓶に入る時

入射角は……何度
 屈折角は……何度

瓶から空中に出る時

入射角は……何度
 屈折角は……何度

粗から密に入る時は……

密から粗に入る時は……

境界面で折れ曲るのである……單に曲るのではない。

注意

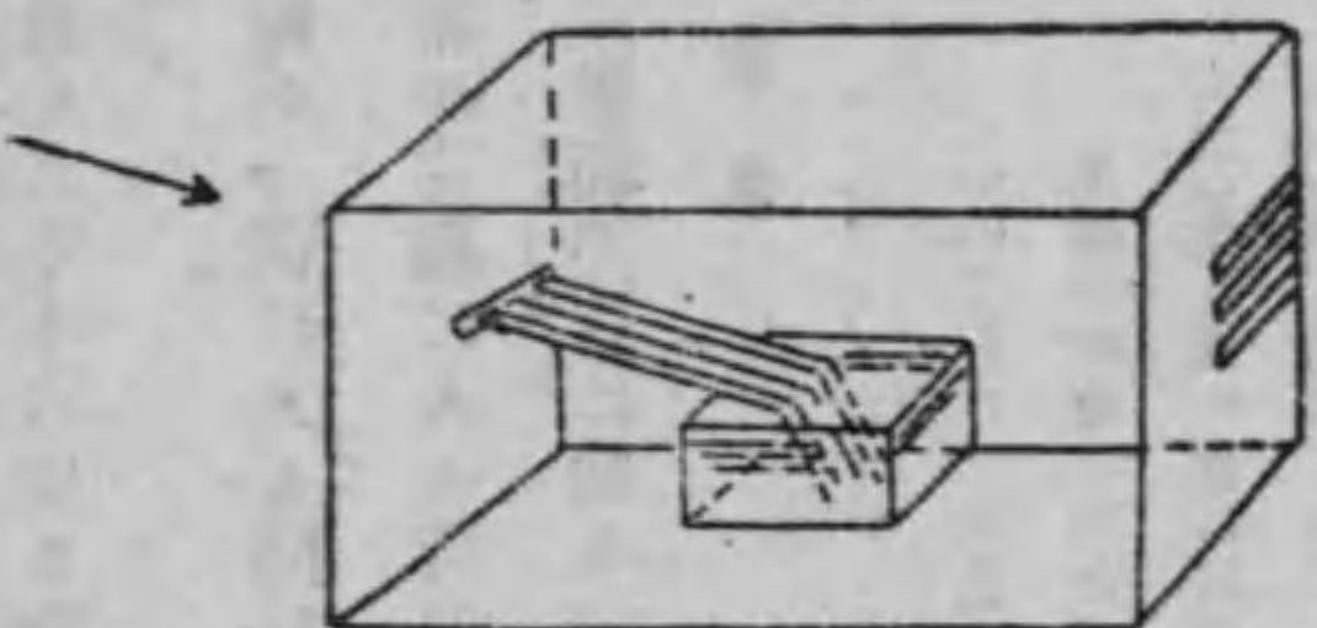
- (一) フルオレツシンは薄いアルカリによくとける。その濃さは極めて薄いのがよい。瓶にいった場合に茶褐色に見えるのは濃いのである。黄色に見ゆる位で最も宜しいがあまり濃い時には吸収が中々大きいから瓶の途中で薄くなつたり、又は瓶を出た光線が明瞭でない。
- (二) 光を瓶の面にはやゝ斜にあてる様にする。
- (三) 瓶は四角であつたならば何でもよろしい。香水入の瓶によいものがある。
- (四) 直射光線は是非必要とする。蠟燭の光では不充分である。
- (五) 光線の進路を示すためにフルオレツシンの蛍光作用を利用したのであるが、石油を入れて石油作用を利用するのもよい。又うすい石鹼水を入れてもよい。

四、本實驗の特徴

- (1) 光の徑路を明瞭にすることが出来る。
- (2) 水が流れ出る憂がない。

- (3) 暗室がいらぬ。
- (4) 瓶の位置をかへて種々の角度についてはかられる。
- (5) 空中↓水中、水中↓空中の屈折を一緒にして實驗することが出来る。
- (6) 平行な透明體を通過した光線は元の方向で出ること、たゞ少しずれてくることを會得することが出来る。薄い場合にはこの「ずれ」が少ぬいから窓硝子を通して見た外の景色は何もかはりがぬいことを知らせることが出来る。

圖二百七十二第



B、兒童參考實驗一

一、準備

材料—前實驗のボール箱、角形の水入、フルオレツシンの溶液。
 製作—角形の水入は角形の水入の中央を木綿糸で十數回巻きこれにアルコールを含ませて後、點火して絶えず回轉して壘の周圍を平等に熱し、アルコールが燃え終つたならば直ちに水を含ませた水筆の先端を當てると壘は其處から二分せられる。尤も簡單なのは切らうとする部分に鏝板をつけて其部分を細燭で強熱して後、水滴を落して切るのである。切り口は普通平滑に

ないから鐵板の上に金剛砂をのせて少量の水を加へて磨つて平にする。

二、方法

(1) 第二百七十二圖の如くボール箱を置き、入射光線をフルオレツシンの溶液面上に直接に射入させて屈折光線をみる。

三、本實驗の特徴

- (1) 前實驗では屈折させるものが硝子と水との二つであるが、これではたゞ水だからわかりよい。
- (2) 暗室實驗の様に明瞭で又綺麗である。

C、兒童參考實驗二

入射角と屈折角の作圖。

一、準備

水を入れたる角形瓶、紙、針三本、定規、鉛筆、

二、方法

- (1) 紙上に水を入れた角形の瓶を置き、その輪廓をとる。
- (2) Aの如き位置に瓶に密着して針をたて瓶を透して反對側より針をみる。

(3) Bの如き點に針をたてABの方向の線が如何なる方向となつて空中に出るかを見る。

これには瓶を通して見えるAの針の像とB針とを一直線にみる方向に眼を置きその線上に針Cを立てる。

(4) 瓶をとつてABCを連結する。

(5) C點に垂線をたて、入射角、屈折角をはかる。

三、本實驗の特徴

- (1) 光線の徑路がみえない缺點があるが精確に作圖することが出来る。
- (2) 兒童にはやゝ困難な實驗である。

D、教師參考實驗一

種々な反射と屈折

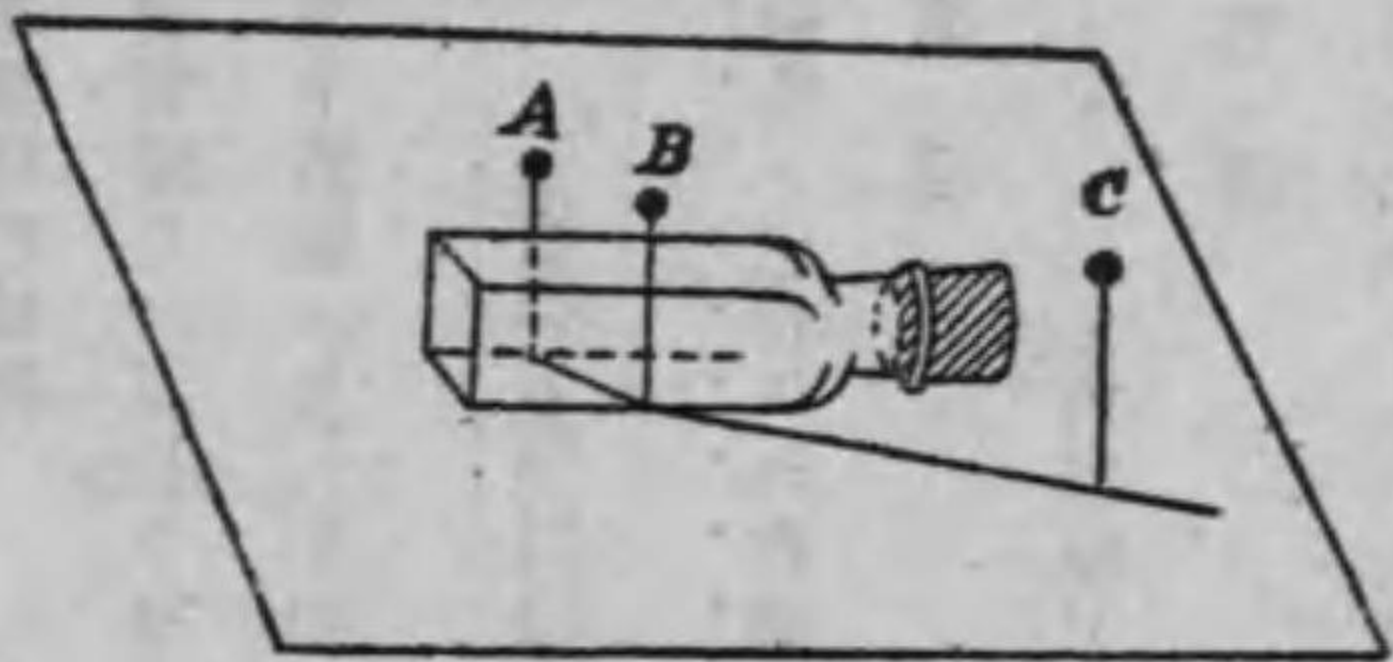
一、準備

簡易光學器、

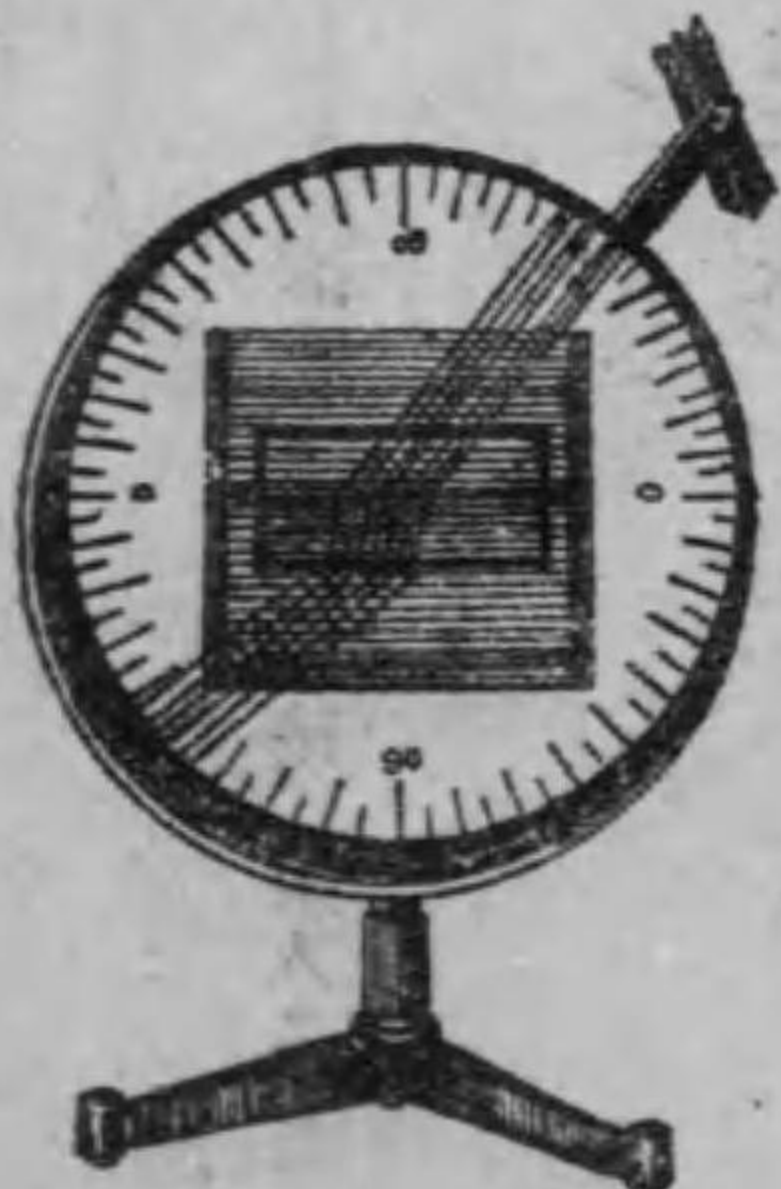
二、方法

(一)は光線射入窓に一本、次に三本の細隙板を挿入して、空氣から水に入る場合の屈折をみる。

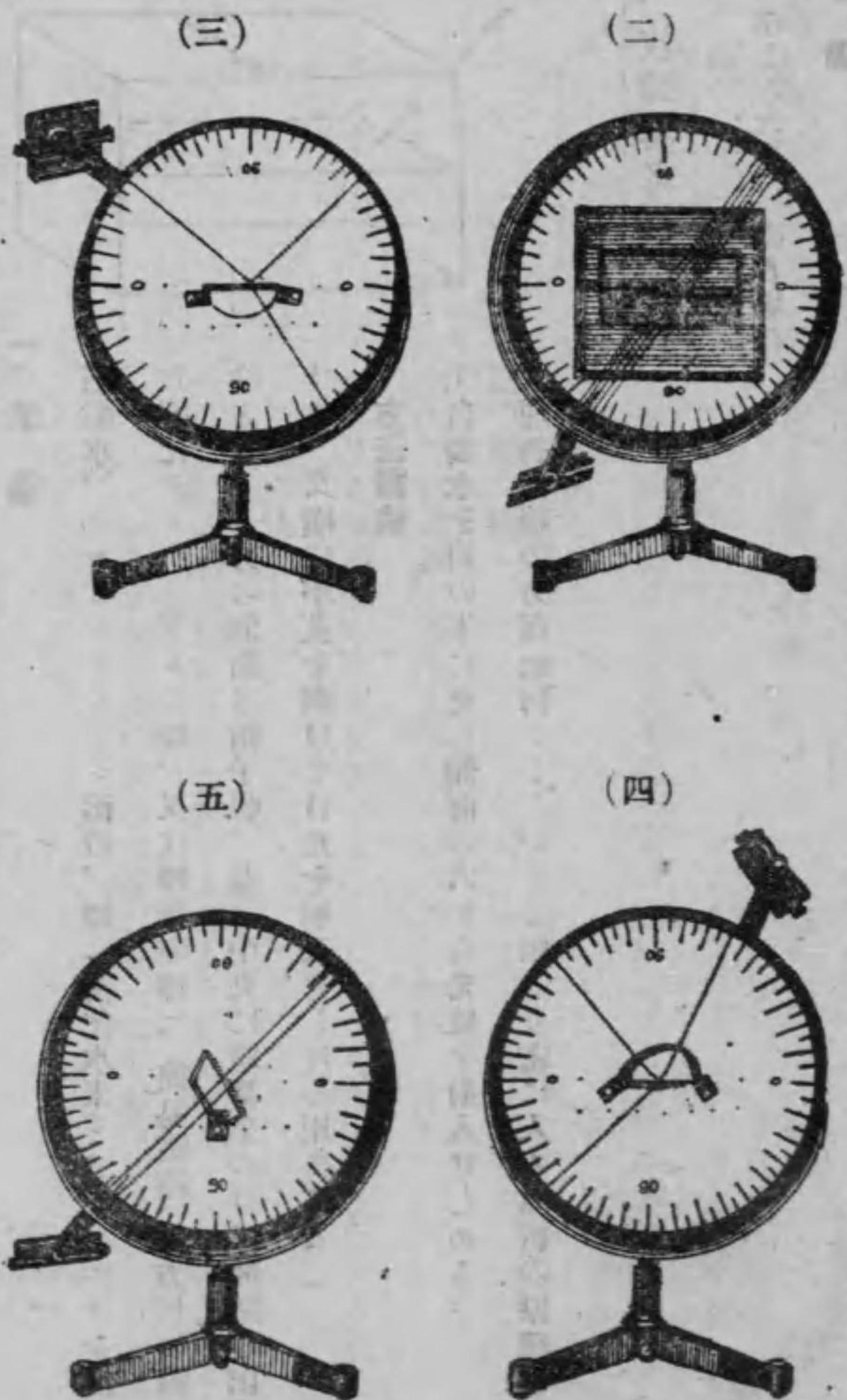
圖三十七百二第



圖四十七百二第



(一)



- (二)は水より空中に屈折する時に反射光線のあることを見せしめる。
- (三)(四)は三四硝子に於ける反射と屈折。
- (五)は平行硝子板の屈折。