

始



小学教材を主としたる

理化学提要



株式会社
三省堂

特 231
714



小學教材と並ぶ

理化學提要

東京高等師範學校教授

倉林源四郎

武原熊吉

共著



株式會社

三省堂發兌

緒 言

本書は、小學校理科教授用並びに師範學校二部生の理化學參考用として編纂したもので、特に意を用ひた點は次の諸項である。

- 一. 小學校理科教材中物理及び化學に關係ある事項は、悉く之を採録して説明を加へたこと。
- 二. 小學校教材に直接關係なき事項といへども、之と密接なる關係を有し、教授上參考となるべき事項については、理論及び實驗に關し稍進んだ程度の事柄をも力めて解説を加へたこと。
- 三. 内容の記述については平易なる文章を用ひ、事實については勿論、理化學上の原理に關しても極めて容易に理解し得るやうに力めたこと。
- 四. 實驗は理化學教授の骨子であるが、之を有効に遂行することは一般に困難とせられてゐる。この故に本書に於ては、實驗の方法は勿論、其の手心、機械類の取り扱い、藥品の分量、實驗後の處理等各般に亘りて懇切に記述し、初歩のものといへども失敗を見ることなく、所期の結果を收め得るやう意を用ひたこと。

- 五. 同一原理を解説するための実験で、然も其の方法を異にするものが多々ある。かゝる場合には其の選擇は實驗者に任せ得るやう、數種の方法を併記した事。
- 六. 文意を補ひ理解を助くるために、鮮明なる挿畫を用ひ、出來得る限り其の數を多くした事。
- 七. 師範學校二部生用としては、聊か材料過多に失する感あれども、在學中に使用したものを、卒業後其の儘、教授參考用に資し得ることは甚だ望ましいことであるから、本書では稍多くの材料を採録したのである。けれども内容の研究は生徒の自學自習に任せ、同一目的の實驗は指導教師が適當に取捨せらるゝことに由つて、優に時間の餘裕を生ずるから、直接取り扱ふ事項については、教師が充分に指導し得ることを信ずる。
- 八. 研究上の便を慮り内容の連絡ある事項は之を一處にまとめて記述してあるが、教授參考に資する場合に、容易く所要の事項を見出し得るやう、文部省理科書中の題目に應じた索引を附した事。

物理之部

目次

第一章	空 氣.....	1
第二章	大氣の壓力.....	5
第三章	ポンプ.....	9
第四章	水.....	14
第五章	液體の壓力.....	16
第六章	物の重さ・比重・浮沈.....	21
第七章	熱.....	28
第八章	熱量・水蒸氣・氷.....	35
第九章	大氣の溫度及び濕度.....	46
第十章	天氣・風と雨.....	52
第十一章	熱の移り方.....	60
第十二章	槌子・秤.....	66
第十三章	輪軸と滑車.....	73
第十四章	斜面・螺旋・仕事.....	77
第十五章	摩 擦.....	81
第十六章	力の組合.....	85
第十七章	重力・物の座り.....	90
第十八章	慣性・働と反働.....	95
第十九章	力と運動.....	99
第二十章	振子と時計.....	105

第二十一章	光・光の反射・平面鏡.....	108
第二十二章	光の屈折.....	113
第二十三章	レンズ.....	118
第二十四章	顕微鏡・望遠鏡.....	125
第二十五章	色.....	132
第二十六章	音.....	135
第二十七章	磁 石.....	144
第二十八章	電 氣.....	147
第二十九章	電 流.....	152
第三十章	電信機・電鈴.....	161
第三十一章	電 燈.....	167
第三十二章	感應電流・電話機.....	175
第三十三章	發電機・電動機.....	182
第三十四章	熱と氣體の壓力・熱機關.....	192

— 物理之部終 —

小學教材を主としたる

理 化 學 提 要

物 理 之 部

第 一 章 空 氣

要旨 地上に普く空氣の存在することを知らしめ、氣體の例として空氣が形及び體積を變じ易きことを知らしむ。

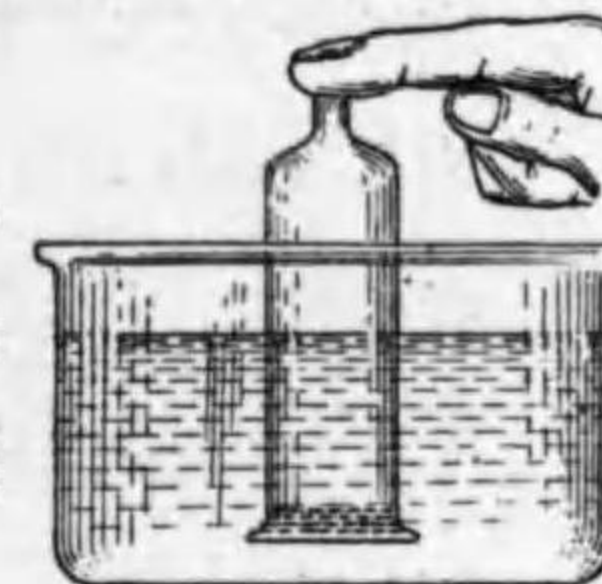
教授事項 1. 地上に普く存在すること。2. 形を變じ易きこと。3. 體積を變じ易きこと。4. 氣體。 (尋四・32課)

【1】 空氣 空氣は地球を包圍する氣體で、地表の隨所に存在し、如何なる間隙をも充填してゐる。雷鳴・電光・風雨・霜雪等所謂氣界に於ける諸現象は、皆この内に於て行はるゝことは勿論、その壓力を地上に及ぼし、或は飛行する物體の速度に影響し、或は音を傳播する媒介となり、或は太陽熱の貯藏所となり、或は飛來する隕石等に對する防禦物となり、或は腐敗・燃焼・呼吸等の諸作用に關與する等、自然界に於ける萬般の現象に關係し、水と共に生物の生活に片時も缺くべからざるものである。

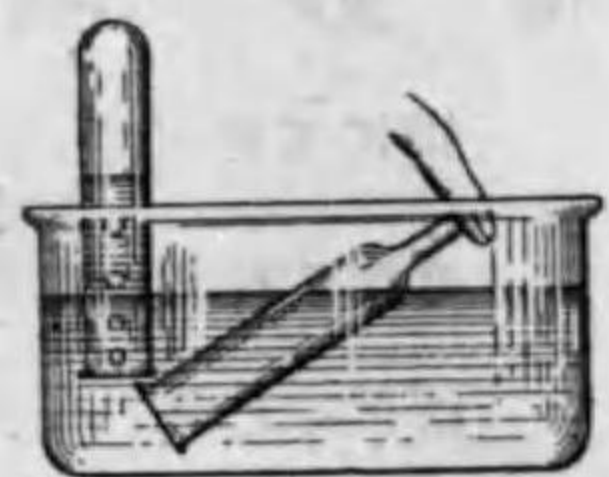
空氣の存在實驗

(1) スポイトの一端を指で押へ、圖の如く水中に倒立して水が管内に入るか否かを觀察したる後、その押へた指を弛め、水の管内に上る状態を觀察する。

(2) スポイトと略等容積の試験管に水を充たして水中に倒立し、圖の如くしてスポイト内の空氣全部と試験管内の水とを置換させ、泡の形狀に注意する。



この実験で空気存在、不可入性を有すること、
 空気も亦水の如く形を變じ易く、併も體積を變ず
 ることなしに一器より他器に移し得ることを知る。



又廣口罎にて圖の如き装置を作り、Aに注ぎたる
 水がB内に流下するも、曲管の端Cを押へれば、水の流入は止む。されどもB
 の空氣がAの水中に泡となりて出づるに従つて、Aの水がB中に流入して交
 互に水が空氣と入れ代る。これに由つても空氣が場處を占むることの實驗が
 出来る。

【2】 體積と壓力との關係 氣體の體積と壓力との關係

については、**ボイルの法則**がある。即ち

定溫度に於ては、定質量の氣體の體積と壓力とは反比例する。

今壓力 p^{cm} のとき體積 $v^{c.c.}$ の空氣が、その溫度に於て體積
 を $v_1^{c.c.}$ に變じたときの壓力を p_1^{cm} とすれば、ボイルの法則に
 より次の關係が成り立つ。

$$v_1 : v = p : p_1 \quad \therefore vp = v_1 p_1$$

故に壓力と體積との積は一定である。



體積と壓力との關係の實驗

- (1) スポイトの管内に略 $\frac{2}{3}$ 容の空氣を封入してその一端を指で押へ、活
 塞に由つてこの空氣を壓縮する時は、壓縮するに従つて管内の空氣は壓
 力を増加して、活塞を押し入れることに
 抵抗する。十分壓縮したる後、活塞を壓
 し込む力をゆるめれば、活塞は管内空氣の壓力のために、始めの位置まで
 押し戻される。



- (2) 更に(1)の如くしてスポイト内に略 $\frac{1}{3}$ 容積の空氣を封入し、その一端を
 指にて押へ、管内空氣の體積を膨脹せしむるやうに活塞を引き出せば、引
 き出す程これに對して強い抵抗を感じ、この引き出さんとする力を去れば
 活塞は舊の位置に押し戻される。

この實驗で、一定量の空氣は體積を減ずれば壓力を増し、壓力を減ずれば
 體積を増加すること。並に空氣は著しく弾性に富んでゐることがわかる。
 空氣銃の發射、空氣枕及び自轉車・自動車のタイヤの撃力を緩和し得ること
 等は、空氣の弾性によるのである。

ボイルの法則實驗

- (1) 圖の如き U 字狀管を取り、U 狀管のコックを開いて開端から水銀を入
 れ、兩管内の水銀面を一致せしめて活栓を閉ぢ、A 内の空氣の體積 $v^{c.c.}$
 を讀む。
 (2) B を 5^{cm} 位上げ、兩者の水銀面の差 h_1^{cm} と A 内空氣
 の體積 $v_1^{c.c.}$ とを讀む。更に B を 5^{cm} 位上げて又水銀面
 の差 h_2^{cm} と A 内の體積 $v_2^{c.c.}$ とを讀む。
 (3) B を (1) の位置より約 5^{cm} 位下げ、又兩者の水銀面の
 差 h'^{cm} 及び A 内の體積 $v'^{c.c.}$ を讀む。更に B を 5^{cm} 位
 下げて h''^{cm} 及び $v''^{c.c.}$ とを讀む。
 (4) その時の氣壓 p^{cm} を讀み、各實測の結果を下の表に
 記入し、各の場合に於ける $v.p$ の價を求めて比較する。



回数	體積(v) ^{c.c.}	水銀面の差(h) ^{cm}	壓力(p±h) ^{cm}	v.p
1	$v^{c.c.} =$	$h^{cm} = 0$	$p =$	$v.p =$
2	$v_1 =$	$h_1 =$	$p + h_1 =$	$v_1(p + h_1) =$

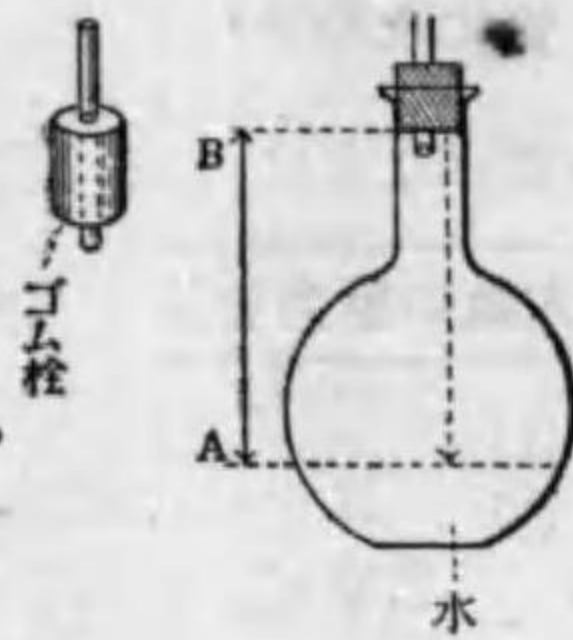
- (1) 管内の空氣が體積を増して壓力が小さくなり、ために外部の空氣の壓力との釣合
 を失ふから、内部の壓力の小となる程強い抵抗を生ずるのである。

3	$v_2 =$	$h_2 =$	$p + h_2 =$	$v_2(p + h_2) =$
4	$v' =$	$h' =$	$p - h' =$	$v'(p - h') =$
5	$v'' =$	$h'' =$	$p - h'' =$	$v''(p - h'') =$

【3】 **空気の重さ** 標準状況⁽¹⁾に於ける空気1立の重さは1.293^{gr}である。従つて密度は0.001293^{gr}である。

空気の密度測定

- フラスコに約10^{°C}の水を取りて加熱沸騰せしめ、由つて生ずる水蒸気によりて内部の空気を追ひ出し、火を去ると共に手早くゴム栓を嵌め、少時放冷してその重さ a^{gr} を測る。
- 栓のガラス棒を抜き、良くフラスコを放冷せしめたる後、硝子棒をはめて再びフラスコの目方 b^{gr} を測る。
- 目盛り圓筒を用ひてフラスコ内に水を充たし、その水の體積を測りこれを v^{cc} とする。
- 次に気温 t^C を読み、表によりて t^C に対する水蒸気の最大張力 p^{cm} を求め、更に氣壓 P^{cm} を読む。
- 次式から t^C に於て水蒸気で飽和した空気の密度 d' と、標準状況に於ける密度 d とを算出する。



$$d' = \frac{(b-a)^{gr}}{v} = \frac{(b-a)^{gr}}{v} \times 1000 =$$

$$d = \frac{(b-a) \times 760 \times (273+t)^{(2)}}{v \cdot (P-p) \times 273} =$$

- 標準状況……0^{°C}, 1氣壓のときをいふ。
- 標準状況に於けるフラスコに入りたる空気の體積を v_0^{cc} とすれば、その壓力は $(P-p)^{cm}$ であるから

$$v_0 = v \times \frac{P-p}{760} \times \frac{273}{273+t}$$

$$\therefore d = \frac{(-a)}{v_0} = \frac{(b-a)}{v} \times \frac{760 \times (273+t)}{(273) \times (P-p)}$$

第二章 大氣の壓力

要旨 大氣の存在及びその壓力並にその浮力について教ふ。

教授事項 1. 大氣。2. 大氣の壓力。3. 大氣の浮力。

(高二・14課)

【1】 **大氣の壓力** 大氣は地球を圍繞して、その高さは數萬メートルに及んでゐる。地面はこの深い大氣の海の底に相當するから、この空気の重さによつて生ずる壓力を受けてゐる。この壓力が所謂氣壓である。下層の空気は上層の空気から壓されてゐるから、地面に近い空気程強く壓縮され、従つてその密度も大に、その壓力も亦強い。

管に水の吸ひ上げられること。酒・醬油などが樽の呑口からドクドク流れ出ることなどは、大氣の壓力のために起る事柄である。

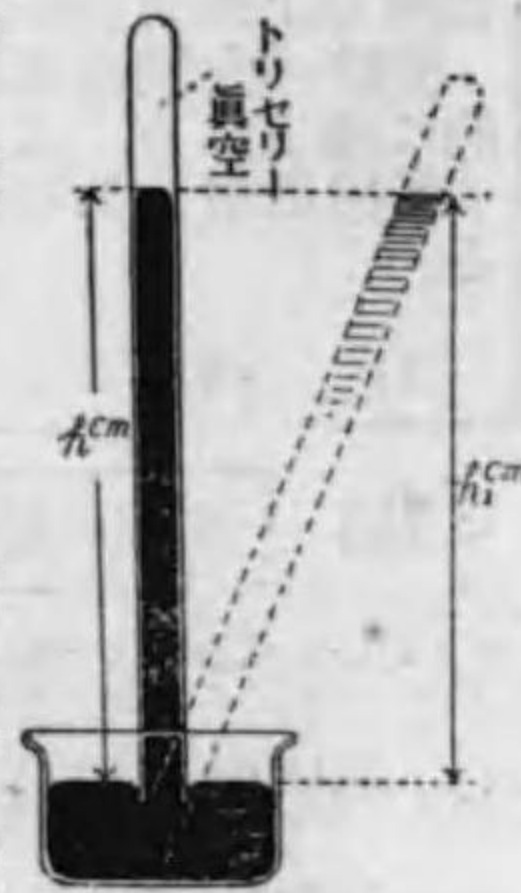
大氣の壓力實驗 (其の一)

- スポイトに凡そその半分の空気を封入して一端を指で押へ、圖の如く活塞を下にして吊すも、活塞は釣合ふて抜け出さぬが、上の押へた指を離せば活塞は忽ち抜け落ちる。最初活塞の抜け出さぬは、その重さと管内の空気の壓力との和が、大氣の上壓と釣合ふからである。又押へた指を離せば、空気はスポイト内に入りて管の内外の氣壓が等しくなるから、活塞はその重さで抜け出すのである。
- 管内に吸上げられた水が、管の上端を指にて押へれば管内に保たれ、指をゆるめると流れ出るが如きも、亦大氣に壓力のあることを示すものである。



大気の壓力實驗 (其の二)

- (1) 長さ1^m許りの硝子管を取りて水銀を充たし、これを水銀槽中に倒立すれば、管内の水銀は少しく降りて静止する。かく管内に水銀の保たるは、槽内水銀面に及ぶ大気の壓力が、この水銀柱の下壓力と釣合ふためである。
- (2) 管を鉛直にして、槽内水銀面上に於ける水銀柱の高さ h^{cm} を測定し、次で管を漸次傾けて又その高さ h_1^{cm} を測り、これと h^{cm} とを比較し、且つその時に於ける氣壓の強さ即ち1平方糎に及ぼす壓力の大きさ w^{gr} を算出する。



$$w^{\text{gr}} = h \cdot d = 13.6 \times h =$$

【2】 **大気の壓力の強さ** 大気の壓力を表はすには通常これと釣合ふ水銀柱の高さを用ひ、ミリメートル($m.m$)を單位としてこれを表はす。例へば氣壓754^{m.m}といふが如し。

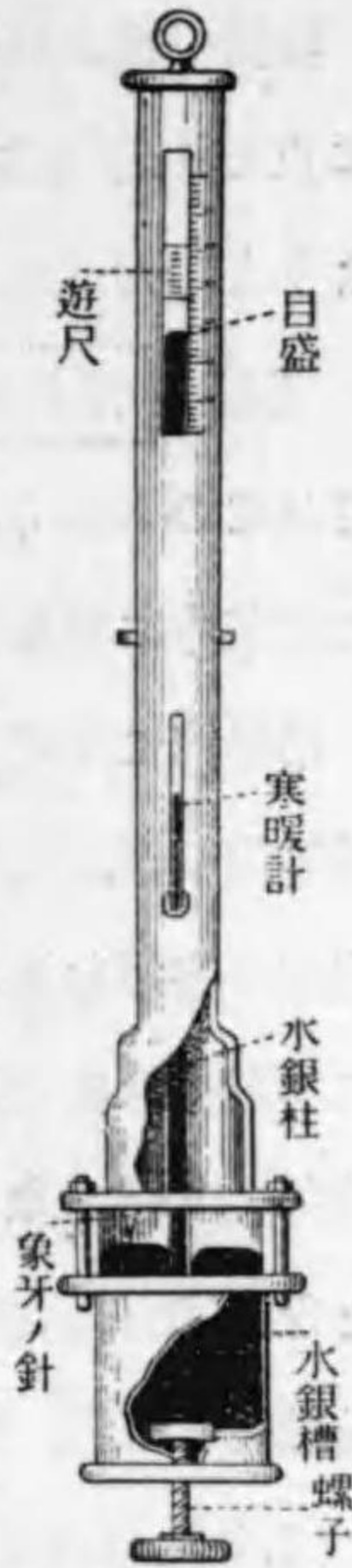
海面上又はこれと同じ高さの所では、凡760^{m.m}であるが、これより高所に至るに従て壓力を減ずるが故に、水銀柱の高さも亦760^{m.m}より低くなる。

この760^{m.m}に相當する壓力を1氣壓と稱し、氣體の壓力を測る單位とする。水銀の比重は13.6であるから、1平方糎に及ぶ大気の壓力即ち氣壓の強さは、 $76 \times 13.6 = 1033.6^{\text{gr}}$ である。従つて大気の壓力に釣合ふ水柱の高さは10.336^mとなる。吸上ポンプで水を吸ひ上げるとき、水面よりポンプの筒底迄の高さの限度が約10^mとせらるゝは、これがためである。

【3】 **晴雨計とその使用法** 大気の壓力を測定する器械を晴雨計といふ。蓋し天候は氣壓の變化と密接の關係を有し、天候の豫想には氣壓の變化の測定を第一の要件とするがためである。

圖は水銀晴雨計の大要を示したもので、水銀は槽内絨皮製の囊に入れられ、槽底の螺子によりて槽内の水銀面は自由に上下される。又目盛は槽の上部より水銀面に向ふ象牙の針の尖端を基準として管側に施される。これを用ひて氣壓を測定するには次の如くする。

- (1) 槽底の螺子に由つて水銀面を象牙の針の尖端に一致さす。
- (2) 管の一部の目盛と遊尺とに由つて水銀柱の高さを讀む。晴雨計の目盛は($m.m$)を單位とする。その目盛を讀むときに、水銀の頭が目盛と目盛との間にある場合には、その直ぐ下の目盛を讀み、それ以上の部分を遊尺(若し遊尺が附屬せぬときは目分量)で讀むのが通例である。遊尺の目盛は0.9^{cm}の間を10等分したもので、これが管側晴雨計の目盛と相對し、遊尺全體は螺子によつて自由に上下し得るやうに裝置されてある。従つて遊尺の基準即ち0が晴雨計の目盛の例へば753^{m.m}より0.1^{m.m}だけ上にあれば、遊尺の目盛1は晴雨計の目盛754^{m.m}と一致し、0.7^{m.m}だけ上にあれば、遊尺の目盛7は760^{m.m}と一致することになる。されば晴雨計の($m.m$)以下の讀みは、水銀柱の頭を遊尺の基準に一致せしめたる時、その基準の直ぐ下の讀みを取り、晴雨計の目盛と一致する遊尺の目盛を讀みて、これを小數第一位に加へ($m.m$)の $\frac{1}{10}$ 迄精密に讀むのである。



【4】 **大氣の浮力** 大氣には壓力がある。一點に於けるその壓力は各方向からの強さが等しいものであるから、液體中に於けると同様にアルキメデスの原理が行はれる。即ち

空氣中にある物體は總てそれと同體積の空氣の重さだけの浮力を受けてゐる。

る。

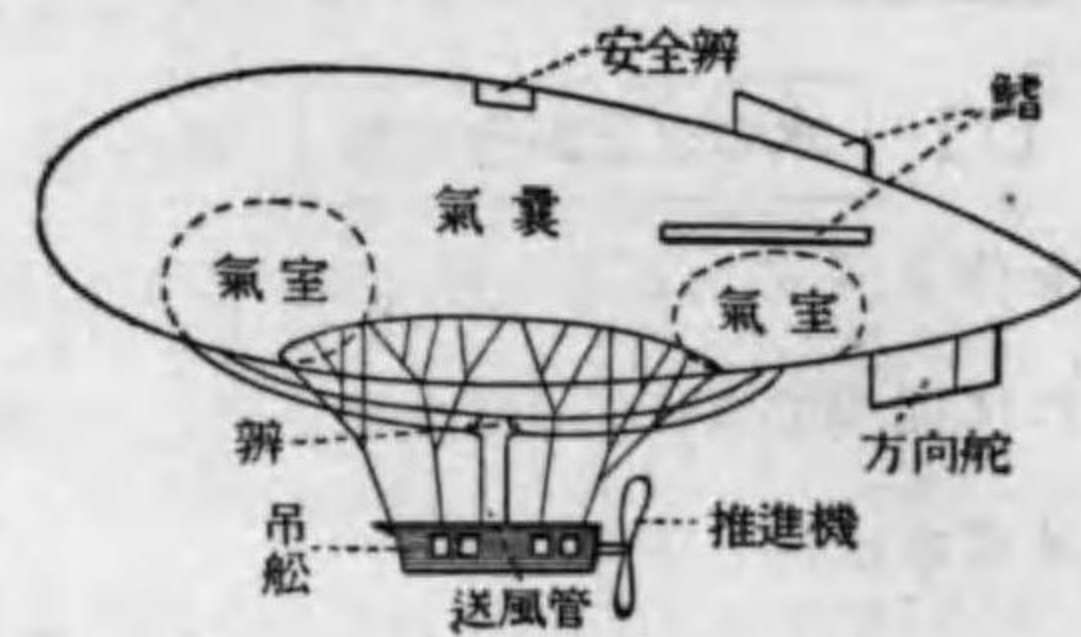
物体の重さがその受ける浮力よりも大なれば落下し、それと等しければ空中に止まり、浮力よりも小なれば上に昇る。風船球の飛揚するのは、風船球の重さよりも浮力が遙かに大きいためである。

【5】 **飛行船** 圖は飛行船の概要を示す。軽い水素が大なる氣囊に充たされてゐるから、大なる浮力を受けて空中に昇るのである。

吊船内に装置された送風機と送風管内の瓣により、氣囊内前方氣室中の空気を抜き、同時に後方氣室に空気を送れば、氣囊の前部はその後部より軽くなりて少しく上向き

となるから、推進機が働けば空気が氣囊の前方下部を押し、由りて船體を上昇前進せしめる。これと反對に氣囊の前方が重くなるやうに氣室内に空気を送れば、氣囊の前面上部が空気に壓されて、漸次下降するのである。方向舵は航空中に於ける方向變換をなすに役立ち、背部と兩側とに取りつけられる平板状の鰭は、氣囊の安定を保つためのものである。

かくて上昇飛揚するに従ひ、空気が次第に稀薄となるから、船體の受ける浮力と壓力とは共に減少し、ために氣囊内の水素は著しくその體積を増し、遂にはこれを爆發させることがある。その危険を防ぐために、安全瓣が設けられてある。又浮力減少の結果浮揚困難となれば、吊船内に豫め用意さるゝ砂囊を投棄して、浮力と船體の重さを釣合はしむるのである。



〔氣囊内には前後二つの空氣室が設けられてゐる〕

第三章 ポンプ

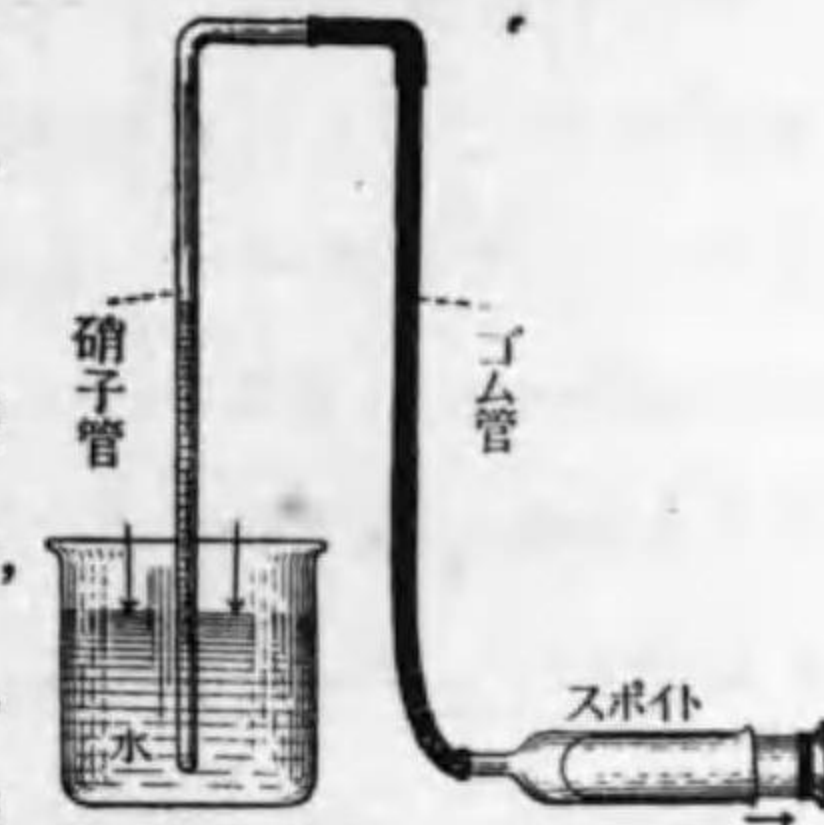
要旨 ポンプの構造及びその水を上げる理について知らしむ。

教授事項 1. 空気に壓力あること。2. 吸上ポンプ。3. 押上ポンプ。

(尋五・51課)

【1】 **水の吸上がる實驗** 長さ40cm許りの硝子管を用ひて圖の如き装置を作り、そのスポイトの活塞を僅かに抜けば、それに従つて水は硝子管内に上昇し、活塞を押し込めば水は押し下げられる。

最初水面は一樣に大氣の壓力を受くるも、活塞を引けばスポイト・硝子管及びゴム管内の空氣は、全體としてその體積を増して壓力を減ずるから、管内の水面の受くる壓力が、管外水面の受くる壓力よりも弱くなり、ために水が管内に押し上げられる。吸上ポンプはこの理を應用したものである。



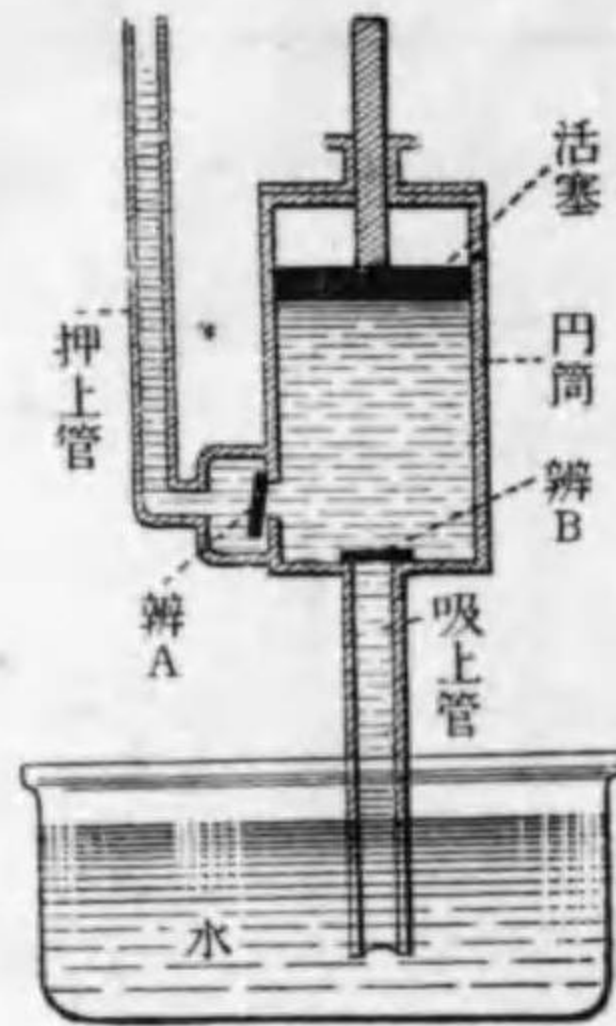
吸上ポンプの實驗

吸上ポンプを圖の如く装置してその活塞を引き上げれば、瓣Aは閉ち瓣Bは開き、同時に水は管内に上昇する。これ筒底と活塞との間が體積を増して壓力を減ずるが故に、瓣Aはその上の空氣の壓力のために閉ち、瓣Bは管内空氣の壓力によつて押し開かれ、ために前節の理に由りて水が管内に押し上げられる。次に活塞を押し下げる。このときは瓣Bが閉ちて管内の壓力が變らぬから、管内の水は下らない。一方筒内の空氣はAを開いて外に出る。次で活塞を上

下すればこの操作を反覆し、やがて水がポンプの口から流れ出るのである。

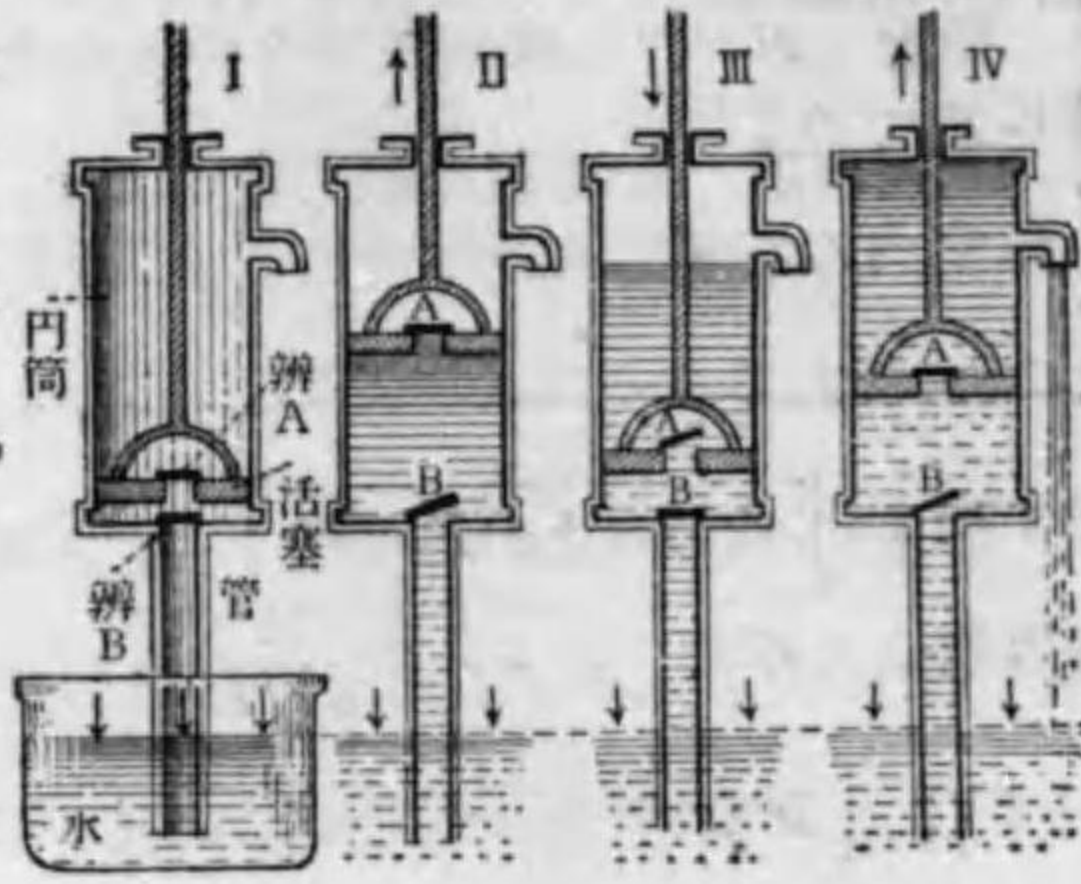
押しポンプの実験

押しポンプを圖の如く装置し、その活塞を上下すれば、吸上ポンプと同じ理由で、水は筒内に吸い上げられる。



筒内を上げられる。活塞を押し下げれば筒底の弁Bは閉ち、筒側の弁Aは開いて水は押し管に押し上げられる。

かくて活塞を上下するに随つて、水は押し管を通じて所定の場所に押し上げられる。



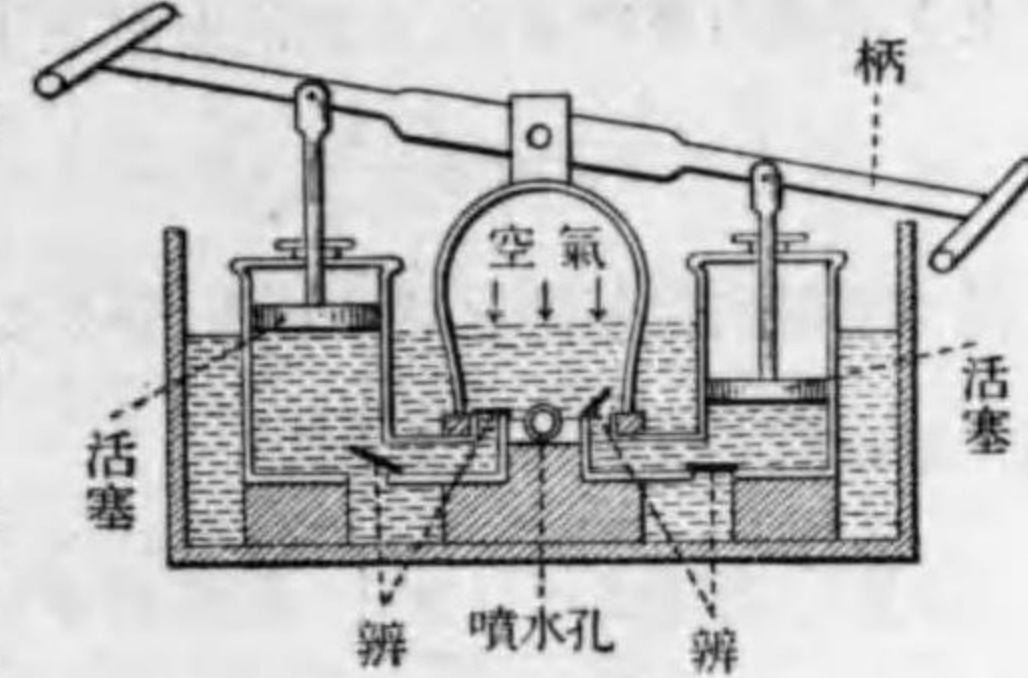
[2] 吸上ポンプと押しポンプとの比較 揚水ポンプは何れも大氣の壓力を利用して、水を高所に揚ぐるために使用する器械であるが、吸上ポンプと押しポンプとは次の表に見る如く稍その趣を異にしてゐる。

吸上ポンプ	押しポンプ
1. 筒底に上方にのみ開く弁あり。	1. 吸上ポンプに同じ。
2. 活塞を有し、これに上方にのみ開く弁を有す。	2. 活塞を有するも、これに弁を有せず。
3. 筒側に弁なし。	3. 筒側に外方にのみ開く弁あり。
4. 流出口ありて吸上げた水を流出さす。	4. 流出口なく押し管によつて水を更に高所に押し上ぐ。

[3] 消火ポンプ 普通使用される消火ポンプは、2箇の押しポンプを

組合せてその各の送水管を丈夫なる氣室の底に連ねたもので、活塞は梃子掛で交互に働くやうに出来てゐる。氣室内の水を噴出せしむるために、その底部にホースを連結する噴水孔がある。

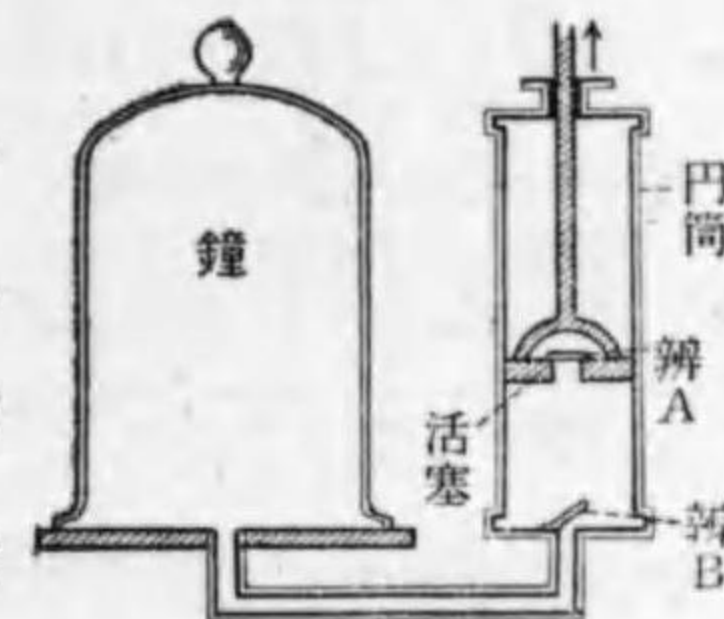
氣室内の空氣は兩方のポンプから押し入れられる水のために壓縮されて壓力を増し、その力で水は連続的にホースより勢よく噴出されるのである。



[4] 排氣機 一器内の空氣を抜くために使用する器械である。その構造・作用共に吸上ポンプのそれと同一である。

(1) 活塞を上げて圓筒内の空間を増せば弁Aは閉ち、鐘内の空氣は弁Bを開いて圓筒内に入る。

(2) 活塞を下げて筒内の空間を減ずれば、弁Bは閉ち、同時に筒内の空氣は弁Aを開いて筒内に出る。



かくして活塞を上下すれば、鐘内の空氣は漸次に抜かれて稀薄となる。次に活塞の上下によりて鐘内の氣壓が如何に變化するかを究めん。

鐘及び圓筒の體積を夫々U及びV、鐘内の氣壓をP、活塞を上げて鐘内の空氣を圓筒内に吸ひ入れた時の鐘内の氣壓をP₁とすれば

$$P \cdot U = P_1 \cdot (U + V) \quad \text{即ち} \quad P_1 = P \left(\frac{U}{U + V} \right)$$

更に活塞を引き上げたるとすれば、前と同様に鐘内の空氣は圓筒内にも擴がつて體積が(U+V)となり、その壓力は減じてP₂となれりとすれば、

$$P_1 \cdot U = P_2 \cdot (U + V) \quad \therefore P_2 = P_1 \left(\frac{U}{U + V} \right)$$

$$=P \cdot \left(\frac{U}{U+V}\right)^2$$

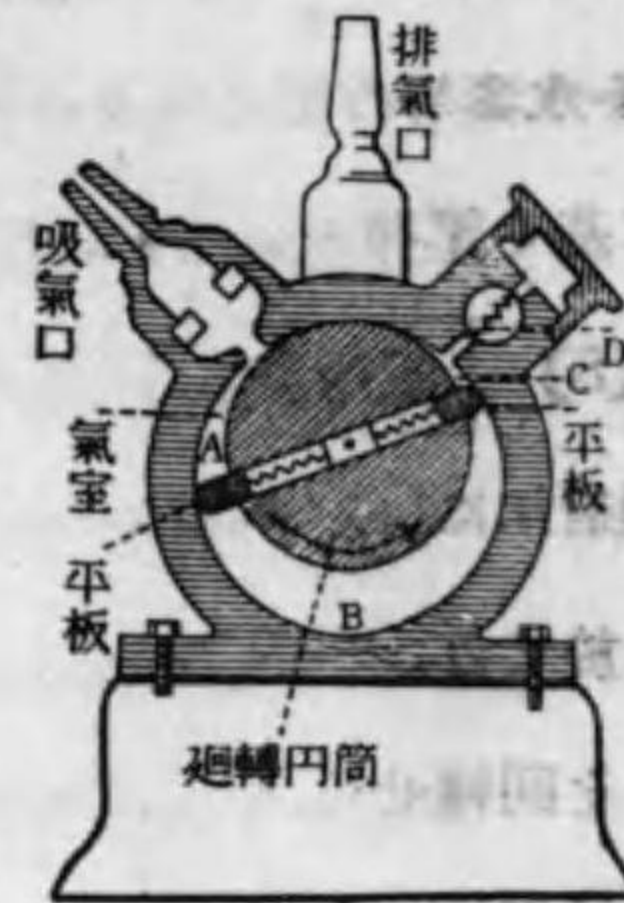
上と同様の理に基き、 n 回活塞を上下した時の鐘内の気圧を P_n とすれば

$$P_n = P \cdot \left(\frac{U}{U+V}\right)^n$$

従つて鐘内は気圧を減ずるも、全くこれを零とすることは出来ぬ。即ち排気機では絶対の真空は得られない。

【5】 **廻轉式ポンプ** 廻轉式ポンプは、現今排気用として工業的に使用

される排気ポンプの一種で、短かき圓筒形の氣室内に於て、偏心的に取付けられた圓筒を廻轉して、排気するやうな構造のものである。この廻轉圓筒には、その軸と直角の方向の溝に撥條によりて、兩端が氣密に氣室内側に接觸するやうに取りつけた平板を有し、この平板と廻轉圓筒とによりて、氣室はA、B、Cの3部に分れる。



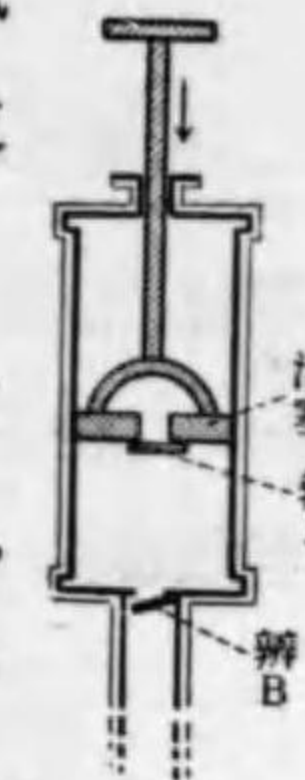
【廻轉式排気ポンプ】

今排気せんとする器を吸氣口に連ね、動力によりて廻轉圓筒を廻せば、A部の空間はその體積を増加して、器内の空氣を此所に吸ひ取る。廻轉圓筒が回轉すればA部はやがてBの位置及びCの位置を取り空氣は著しく壓縮され瓣Dを押し開いて排氣口より排出される。この種のポンプは、活塞を有するポンプに比較して、速に且つより高度の真空が得られるから、電球その他真空管の製作等に多く使用される。

【6】 **排気ポンプの利用** 排気ポンプは學術上及び工業上甚だ必要のもので、稀薄氣體内に於ける放電現象の研究より、液體空氣の容器・魔法燈・X線管・クルークス管並に電球・ラジオ用真空管の製作等その用途は甚だ廣い。

【7】 **壓縮ポンプとその利用** 壓縮ポンプは排気ポンプと反對に、一容

器内に氣體を壓縮するに使用される。その構造は圖の如く、排気ポンプのそれと同様であるが、唯その瓣の運動の向きはそれと反對である。



活塞を上ぐれば、氣體は瓣Aを開いて筒内に入り、活塞を下ぐれば瓣Aは閉ぢ、筒内の氣體は瓣Bを開いて容器内に壓縮される。

自動車・自轉車等のタイヤに空氣を押し込むに使用されるものは、この種のポンプである。この他諸種の工業に利用される空氣・

酸素・水素等の壓縮氣體の製造・氣體の液化並びに潜水用等には、何れもこの原理に基く壓搾ポンプが利用される。

【8】 **壓搾空氣** 壓搾空氣は自轉車・自動車等のタイヤ内に、或は空氣銃の發射用に、或は霧吹き・吹鼓等種々なる場合に利用せらるゝのみならず、工業上に於ては、エヤーブレーキを作用せしめて車輪の回轉を制御し、エヤーモーターを回轉せしめて工場の大動力となし、或は鑿岩機に或は水雷發射用に、或は潜航艇用に、或は又大砲發射の廢氣排除用等として頗る廣く利用される。

(1) 壓搾空氣を蒸氣の代用にする。

(2) 潜航艇では壓搾空氣を利用して排水ポンプを働かし又は水雷發射用とする。

(3) 大砲を發射するとき高温度の廢氣が砲内に残り、續いて發射するとき火薬が引火爆發の恐れがあるので、壓搾空氣によりてこれを排除する。

第四章 水

要旨 液体の例として水を取り、その形の變じ易きこと及びその體積を變じ難きことを教へ、且氣體・液体・固体の別を知らしむ。

教授事項 1. 形を變じ易きこと。2. 體積を變じ難きこと。3. 液体・固体。
(尋四・33課)

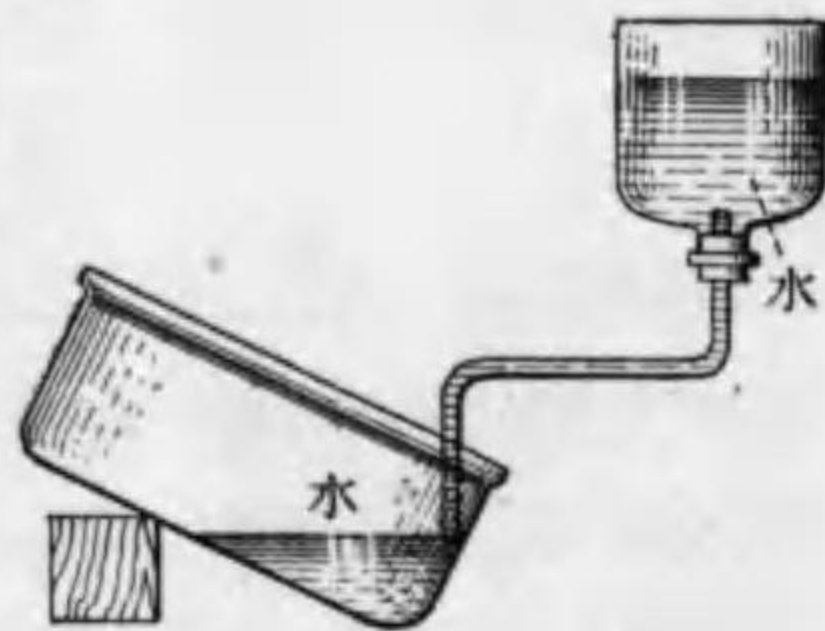
【1】 水 水は地球表面の約 $\frac{3}{4}$ を蔽ひ、或は海に或は河に到る處に存在し、空氣と共に生物の生活に密接な關係を有する。無色透明・無味無臭の液体で、容器に従て形を變じ、空氣に接する自由の表面は常に重力の方向と直角をなす。常溫では液狀をなすも、熱すれば蒸發して氣體となり、冷却すれば凝固して氷となる。

【2】 水の熱に関する特性

- (1) 4°Cに於て最大の密度を有し、その1°Cの質量は1^gである。
- (2) 融解點は0°C、沸騰點は100°Cで寒暖計の標準點をなす。
- (3) 比熱は1、融解熱は80^{cal}、氣化熱は536^{cal}で、これ等の値は何れも諸物質中最大である。

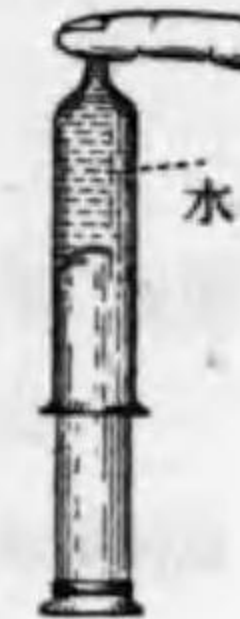
水の性質實驗

- (1) 圖の如く装置したる壺にコップの水を入るれば、水は壺の形を取り更に曲管を通りて水槽中に流下し、槽の形をなしてこれに溜る。この際壺及び水槽中に於ては何れもその表面が水平なることに注意せよ。

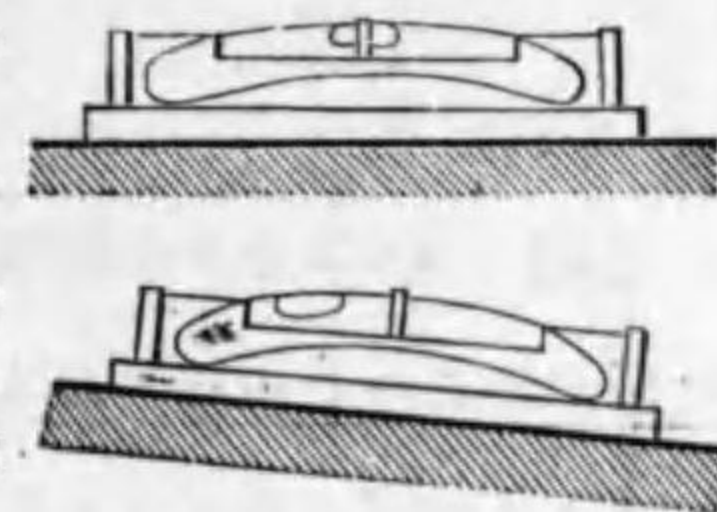


この種の實驗に由りて水の形を變じ易きこと、並に水は低き方に流れて低き所に落附かんとすることを知る。

- (2) スポイトに水を取り、圖の如くしてその一端を押へたるまま活塞によりてこれを壓縮するも、活塞は少しも動かぬ。これ水が空氣と異りて壓縮し難きによる。

**【3】 水準器** 水準器は面の水平を検すために使用する器械で、土木・建築等には必要缺くべからざるものである。

これに由りて面の水平を検すには、或る方向に水準器を置き、更にその位置に於て前と直角なる方向に置く。かくして何れの場合にも泡が器の中央部に來るか否を見るのである。



第五章 液体の壓力

要旨 液体が壓力をその各部に傳ふること。及び液体自身の重さの爲に生ずる壓力並びに液体の釣合について教ふ。

教授事項 1. 液体が壓力をその各部に傳ふること。2. 液体自身の重さの爲に生ずる壓力。3. 器底の受くる壓力。4. 液体の釣合。

(高二・12課)

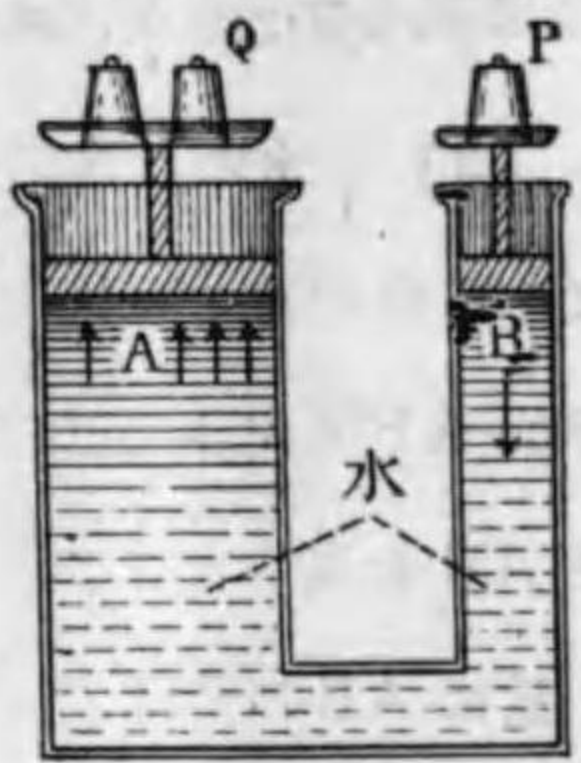
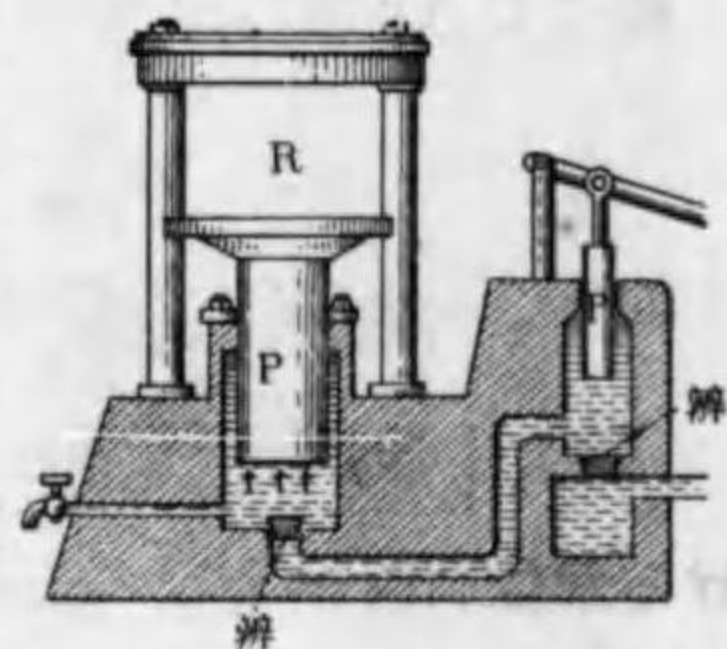
[1] パスカルの原理 密閉せる液体の一部に壓力を加ふれば、その強さを變ずることなしにこれを各方に傳達する。これをパスカルの原理といふ。

されば液体の傳達する壓力は、これを受くる面の面積に比例する。今圖の如き装置に於て A の面積を S, B の面積を s とし、B の活塞上に P なる錘を載せてこれを壓すれば、器中の水は直ちにこの壓力を各方に傳へ、A の活塞の下方よりは一定の壓力をこれに及ぼす。この時錘 Q を A の活塞に上げて両者が釣合ふたとすれば

$$Q : P = S : s \quad \therefore Q = P \cdot \frac{S}{s}$$

由つて S/s が 100 ならば、B に 10^{gr} の力を加へると、A には 1^{kg} の力を生ずる。

[2] 水压机 水压机は前節所説の理を應用して棉花・羊毛の如き嵩張る物體を壓搾し、又は重き物體を扛擧するために使用される器械で、圖はその大要を示す。梃子仕掛に由りて活塞 P を押し下ぐれば、P は矢の如き方向にこの壓力を受けて押し上げられ、以て R 部に置きたる荷物等を壓搾するやう



に造られたものである。

パスカルの原理實驗

(1) 無底罎とスポイトとに膀胱膜を張りて圖の如く装置し、兩者の水面を水平に保ちたる後一方の膜を指にて軽く壓せば、他の膜は下から押し上げられる。

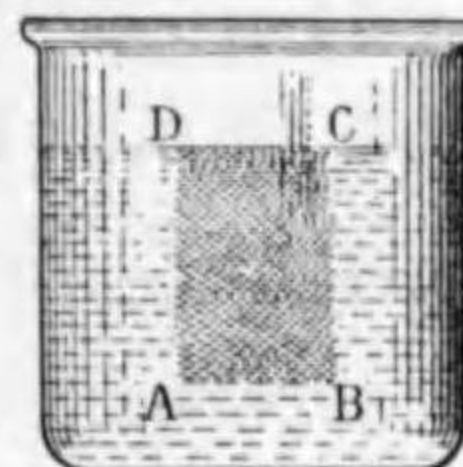
(2) 膀胱に水を入れてその口を握りしめ、強く水を押し、て殆んど球状を呈せしめたる時、針にて膀胱の各部分に小孔を穿てば、水は各その面に殆んど直角をなして噴出する。



この種の實驗でパスカルの原理、並に液の壓力は容器の面に直角に働くことがわかる。

[3] 水の重さに由る壓力 水には重さがあるから下層の水はその上層にある水の重さに等しい壓力を受ける。今容器内に於て水

平面 AB を考ふるに、これに及ぶ全壓力は、AB を底とし深さ AD を高さとする水柱 ABCD の重さに等しい。



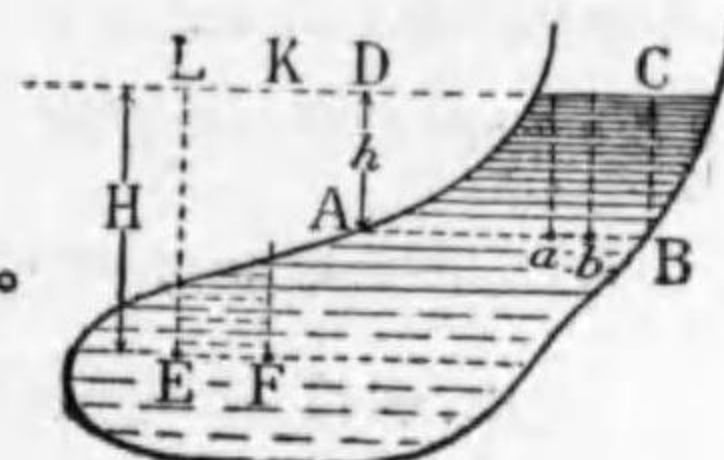
故に AB の面積を s 平方糎、深さを h^{cm}、水の密度を d^{gr}

AB 面の受くる全壓力を P^{gr} とすれば

$$P^{gr} = s \cdot h \cdot d^{gr}$$

従つて AB 面の壓力の強さ p^{gr} は次の通りになる。

$$p^{gr} = \frac{s \cdot h \cdot d}{s} = h \cdot d^{gr}$$



即ち 水の壓力の強さはその深さと密度との乗積に等しい。

[4] 器底の受くる壓力 水の内部に於て水平面 AB を考へ、この面に於ける單位面積 ab の受くる壓力を p^{gr}、水の密度を d^{gr}、深さを h^{cm} とすれば

$$p^{gr} = h \cdot d^{gr}$$

水が静止することからして、同一水平面 AB 上ではその何れの部分に於ても、
 圧力の強さは等しくなくてはならぬ。従て A 面の受くる全圧力 P'' は、AB を
 底とし h を高さとする水柱 ABCD の重さに等しく、同様にして水平面 EF の受
 くる圧力 P_1'' は、EF を底とし H を高さとする水柱 EFKL の重さに等しい。

されば容器の如何に係はらず、器底の受くる圧
 力は、底面積と深さとのみに関係し、容器内の水量
 の多少には無関係にして、底面を底とし深さを高
 さとする水柱の重さに等しいものである。

【5】 側圧と上壓 容器の側方に小孔を穿てば水はその孔より噴出し、
 樽・箱等を水中に押し込めんとすれば、著しき抵抗を感じる等の事實から、水に
 側圧及び上壓のあることを知る。

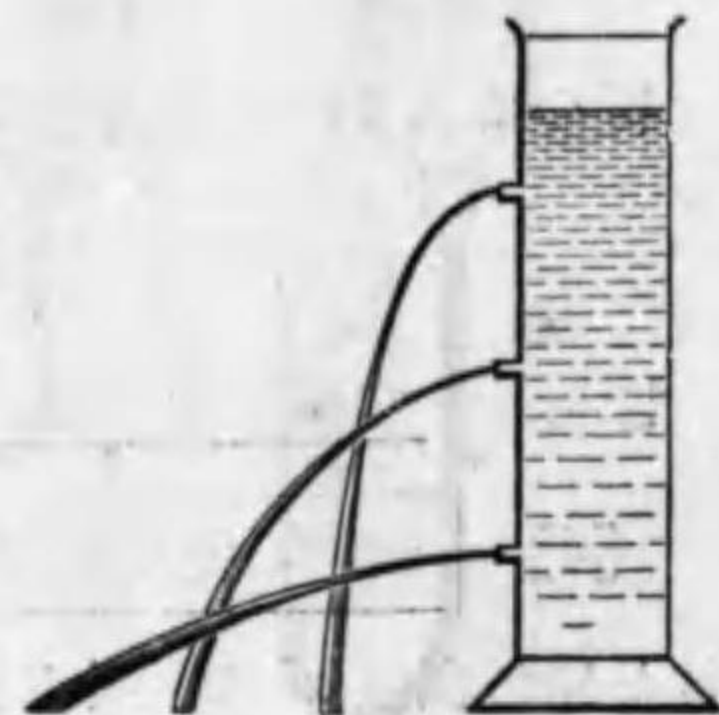
今水の内部に極て小さき水の立方體を想像し、それが上下左
 右より受くる圧力を考ふるに、若しその間に差あるときは、その
 圧力の異なる方に押し動かされねばならぬが、事實はこれに反
 して容器内の水は静止するが故に、これ等の諸圧力は皆相等し
 かならねばならぬ。然るに下圧力は深さに比例するが故に、上圧力・側圧力も亦深
 さに比例して増加する。



重さに由る圧力の實驗

(1) 側方に2-3の小孔を有する器に水を入れるれ
 ば、水は各の孔より噴出し而も下方の孔程水
 は勢よく噴出する。

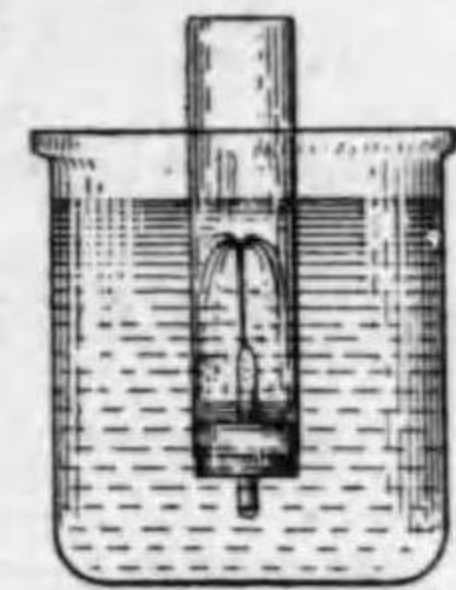
由りて側圧のあること、並にそれが深さの
 増す程強きことを知る。



(2) 圖の如く装置したる硝子圓筒を水中に押

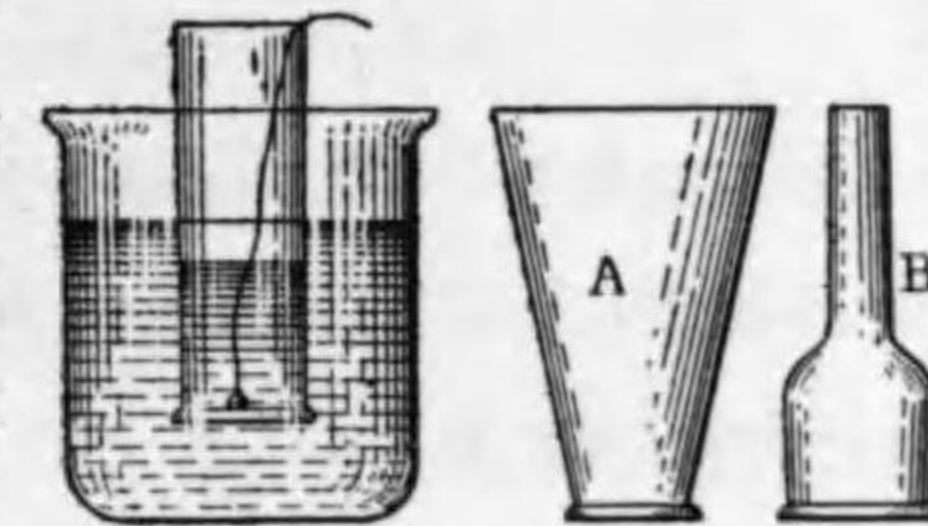
し込めば、水は硝子管の尖口より筒内に噴出し、筒を深
 く押し入るゝ程勢よく噴出する。

由りて上壓のあること、並に深き處程その壓力の大
 なることを知る。



(3) 圖の如く中央に糸をつけたる硝子圓板を圓筒の一
 端に當てゝ、水槽の水中に押し入れば、糸を放すも圓板は落ちぬ。静か
 に筒内に水を注ぐときは、筒の内外の水面が略一致するに至て圓板は離
 れて沈む。最初圓板は下面より上壓力

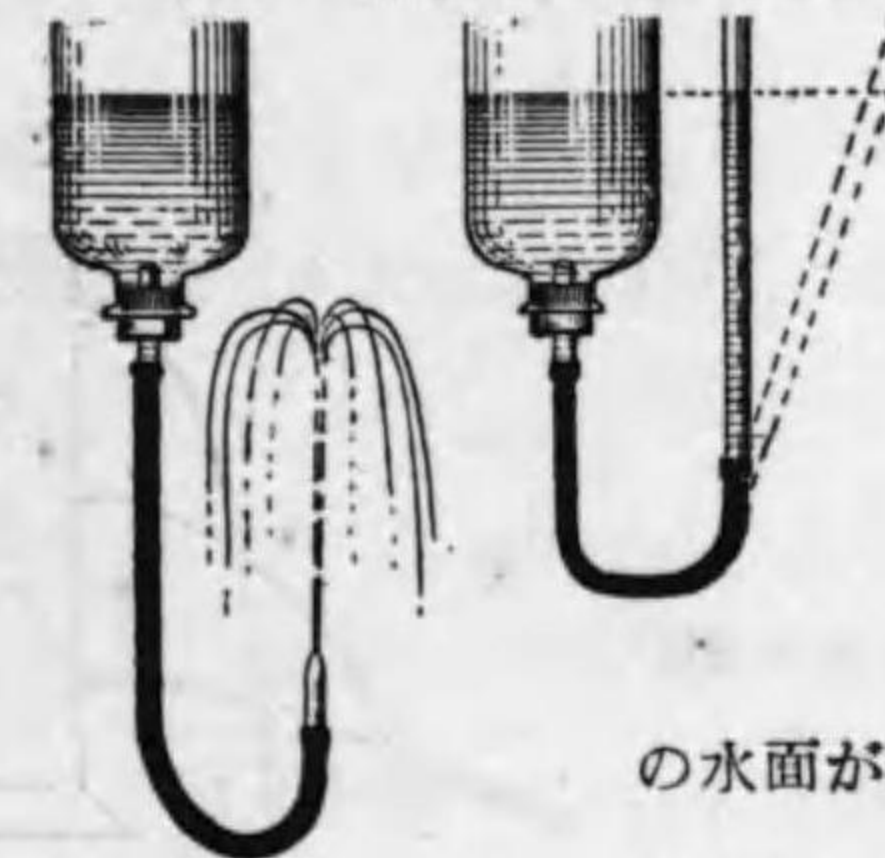
を受けてこれに支へられたるも、筒
 内に水を注ぐに至り、水の重さに由る
 下圧力を受け、この下圧力と圓板の重
 さとの和が、下面よりの上壓力と等し



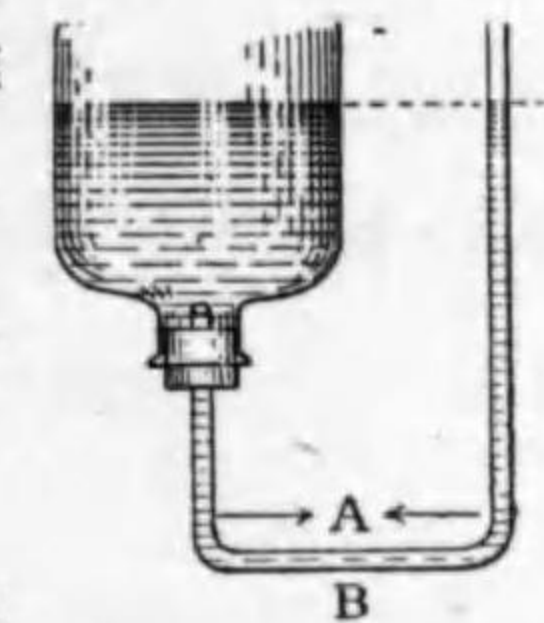
くなれば、離れ落ちるのである。由つて上壓と下壓とは同一の深さでは
 相等しいことを知る。

(4) 更に A, B 等の如き形の筒に由りて、(3) と同一の實驗を試みれば、又筒
 内外の水面が略一致するときに、一端に附けた圓板は離れ落ちる。

由つて器底の受ける壓力は器の形に關せず、唯



底と水の深さと
 のみに關係する
 ことを知る。



(5) 圖の如き装

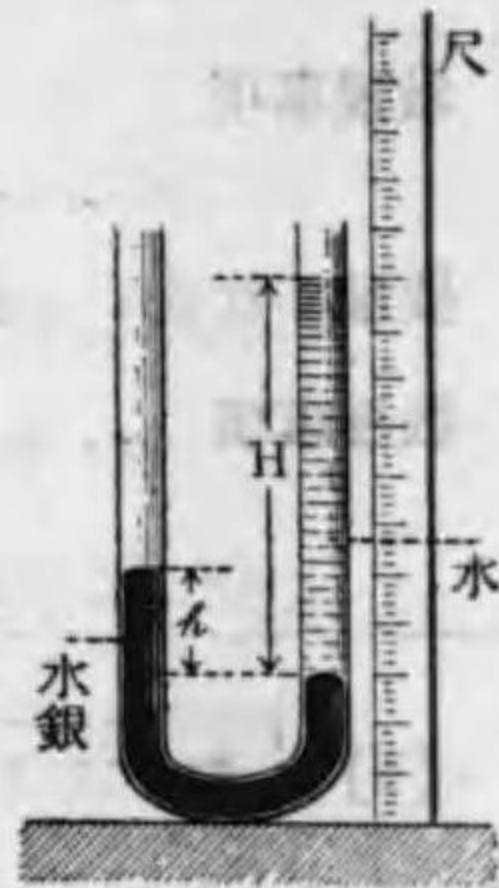
置を取りその一方に水を注げば、兩者
 の水面が同じ高さに至りて静止する。由りて底の通
 ずる器では、水面が同じ水平面になつたときに静止

することを知らず。

噴水・掘抜き井より水の噴出することなどは、何れもこれに通ずる水（タンク又は地下水等）の最も高い水面と、同一水平面迄上つて釣合ふとするために起る現象である。

水銀の密度測定

- (1) 曲管の一方に水銀を、他方に水を注いで圖の如く装置し、その兩枝を鉛直に保ち、水柱の高さ H^{cm} 及び水銀柱の高さ h^{cm} を測る。
- (2) 同様の操作を 3 回繰り返し、毎回の實測の結果を次表に記入して水銀の密度 d を計算し、これが平均値を求める。



回数	水柱の高さ (H^{cm})	水銀柱の高さ (h^{cm})	水銀の密度 (d^{gr})
1	$H_1^{cm} =$	$h_1^{cm} =$	$d_1 =$
2	$H_2^{cm} =$	$h_2^{cm} =$	$d_2 =$
3	$H_3^{cm} =$	$h_3^{cm} =$	$d_3 =$

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3} =$$

水銀の密度を d 、水の密度を p とすれば $d \cdot h = H \cdot p \therefore d = p \frac{H}{h}$ なる関係があるから、上と同様にして互に混ぜぬ液の密度を比較することが出来る。

第六章 物の重さ・比重・浮沈

要旨 物に重さあることを教へ、物の種類を異にするときは同じ體積にても輕重あることを知らしむ。

教授事項 1. 物に重さあること。2. 物の輕重。3. 物の浮沈。(尋四・88課)

要旨 比重の意義を教へ並に物の浮沈の理を知らしむ。

教授事項 1. 比重。2. 液體中に沈めたる物體が重さを減すること。

(高二・13課)

【1】物の重さ 總て物體を持ち上げ、又はこれを支へやうとするとき重さを感じるのは、地球の重力が物體に作用してゐるため、物體に働く重力の大きさが、その物體の重量又は重さである。

物體の重量 (W) はその質量 (m) と重力の加速度 (g) との相乗積に比例する。

即ち $W \propto m \cdot g$

重力の加速度 g は土地の高低、並に緯度の高低に由りて相異なるが故に、同じ物體でも、その重量は場處によりて異なる。しかし同一地點に於ては、重さは物體の質量のみに比例するものであるから、天秤又は桿秤等に由りてこれを測定することが出来る。

物の輕重とその比較の實驗

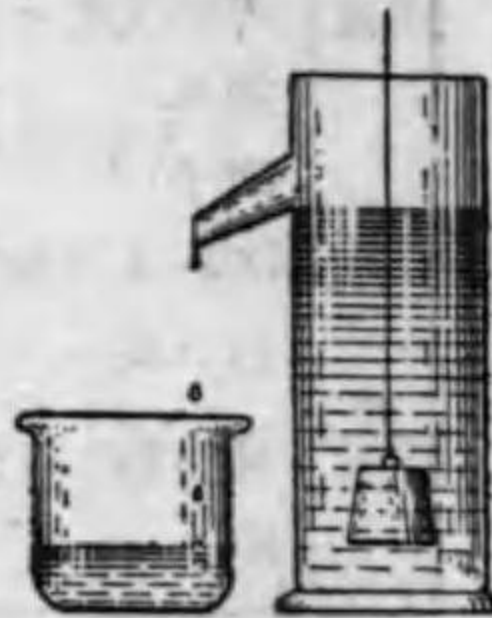
「鐵は重くコルクは軽い」などいふは、「同一體積についていへば」といふことを略して言ふのであるから、物の重さの比較は、同じ體積についてなすべきことである。同じ體積の物體の重さの比較は、次の如き方法に由りて行ふことが出

(1) $g = g_0(1 - 0.0026 \cos 2\lambda - 0.0000002H)$

g_0 ……緯度 45° の海面のもの、 λ ……緯度、 H ……海面よりの高さ(米で)、

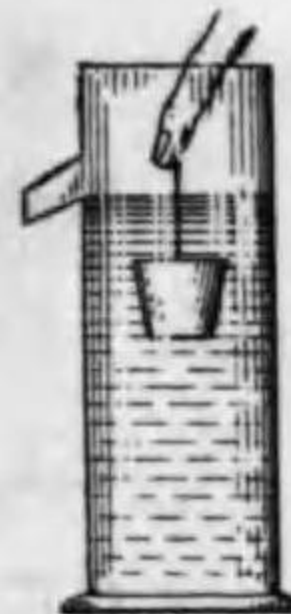
来る。

- (1) 流出口附圓筒に水を注ぎ、その口より流出する水を最後の一滴まで流し出す。
- (2) 鉛錘の重さ W^{gr} を測る。又ピーカーの重さ a^{gr} を測り、筒の水中にこの錘を吊して、再び流出する水を最後の一滴までこれに受け、その重さ b^{gr} を測る。
- (3) 錘の重さ W^{gr} と、流れ出した水即ち同體積の水の重さ $(b-a)^{gr}$ とを比較する。 $W \div (b-a) =$
- (4) このピーカー中の水 $(b-a)^{gr}$ の體積 V^{cc} を測る。再びそのピーカーに V^{cc} の石油を取りてその重さ c^{gr} を測る。かくて同體積の水と石油との重さを比較する。



$$(c-a) \div (b-a) =$$

- (5) 鉛の代りに鐵の錘・小石・コルク等を用ひて同一の實驗を行ひ、それ等の重さと同體積の水の重さとを比較する。尤もコルクは水に浮くから、針を挿して圖の如く全部を水中に沈めて、等體積の水を流出せしむるやうにする。



【2】 比重 物の重さが同體積の水の重さの何倍であるかを示す數をその物の比重といふ。通常種々なる物の同體積の重さの大小を表はすには、比重を用ひる。

比 重 の 表

物質	比重	物質	比重
液	ガソリン.....0.67	液	水.....1.00
	石油.....0.68—0.73		グリセリン.....1.26
	エーテル.....0.736		水銀.....13.60
	アルコール.....0.823		
體		體	

固	コルク.....0.24	固	錫.....7.29
	パラフィン.....0.91—0.87		鋼.....7.6—7.8
	水.....0.917		ニッケル.....8.3
	ナトリウム.....0.971		眞 鍮.....8.5
	煉瓦.....1.9—2.6		銅 .....8.85
	硝子.....2.4—2.8		銀 .....10.5
	アルミニウム.....2.7		鉛 .....11.3
	石 英.....2.65		金 .....19.3
	亞 鉛.....7.1		
	鐵.....7.2		

アルキメデスの原理とその實驗

物體を液體中に入れるときは、それが排除した液體の重さだけ軽くなる。これをアルキメデスの原理といふ。

- (1) 流出口附圓筒に水を注ぎ、その口より流出する水を最後の一滴まで流出せしめる。
- (2) 鉛錘の重さ W^{gr} を測る。又ピーカーの重さ a^{gr} を測り、(1)にて準備せる圓筒の水中にこの錘を吊して、再び流出する水を最後の一滴までこれに受け、その重さ b^{gr} を測る。
- (3) 錘の水中に於ける重さ W_1^{gr} を測り、 $(W-W_1)$ と $(b-a)$ とを比較する。

$$W - W_1 =$$

$$b - a =$$

- (4) 試験管に散弾を入れ、これを加減して管が水中に直立して浮くやうにしたものの重さ w^{gr} を測り、これを(1)の如く装置したる流出口附圓筒の水中に浮かし、流出する水を最後の一滴まで前に用ひたるピーカーに受け入れ、その重さ c^{gr} を測る。次でこの試験管の重さと流出したる水の重さとを比較する。

$$w^{gr} - (c - a) =$$

この種の實驗に由りてアルキメデスの原理を歸納することが出来る。

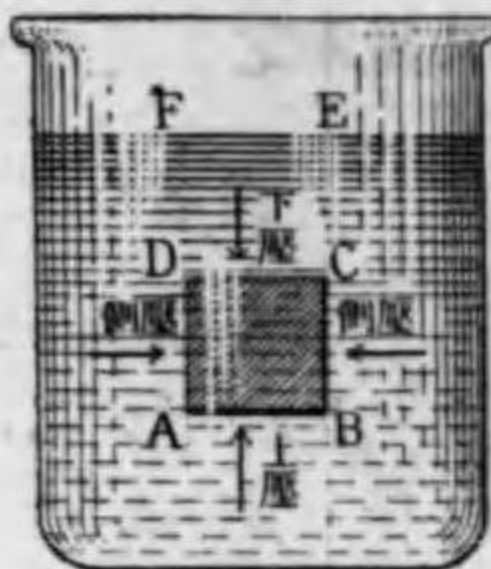
物体の浮沈とその實驗

液體中に直方體 ABCD 沈め、その面が液面と平行する場合に於ける面 DC の受くる壓力を考ふるに

下壓………DCEF 液柱の重さ

上壓………ABEF 液柱の重さ

兩側壓は釣合ふ



従つて上壓は下壓よりも ABCD と等體積の液柱の重さだけ大きい。この力を浮力といふ。液體中に物体を入るとき、それが排除する液の重さだけ軽くなるのは、この浮力のためである。

従て物体の重さを W 、それと同體積の液の重さを w とすれば

$W > w$ なるときは、物体は沈みて底に至る。

$W < w$ なるときは、物体は浮き上りてその一部分を液面に現し、浮力を減じて、物体の重さと浮力と釣り合ふに至りて静止する。

$W = w$ なるときは、物体の重さと浮力とが釣り合ふから、物体は液中何所にも静止する。

(1) 鶏卵の重さ a^{gr} を測る。次に前節所説の如くしてこれと等體積の水の重さ b^{gr} を測り、 a と b とを比較する。 $a^{gr} \sim b^{gr} =$

(2) この b^{gr} の水の體積 v^{cc} を測る。

(3) 更にコップの水中に鶏卵を沈め、この水中に食鹽を混ぜて良く攪拌し、鶏卵が液中隨所に静止する程度にし、この鹽食水 v^{cc} の重さ c^{gr} を測りこれと a^{gr} とを比較する。 $c^{gr} \sim a^{gr} =$

(4) 更に食鹽を加へて液を濃くし、雞卵の一部が浮き出る程度にして、再びその v^{cc} の重さ d^{gr} を測り、これと a^{gr} 又は b^{gr} とを比較して、重さ

の順序に並べる。

この種の實驗で物体浮沈の理を知ることが出来る。

比重測定 (其の一) 水より重き固体の比重。

鉛錘の重さ w^{gr} を測り、更にその水中の重さ w_1^{gr} を測る。然るときは錘と等體積の水の重さは $(w - w_1)$ であるから、この物の比重を d とすれば

$$d = \frac{w}{w - w_1} =$$

(其の二) 液體の比重。

(1) 鉛錘の重さ w^{gr} を測り、次でその錘の水中及びアルコール中に於ける重さ w_1^{gr} 及び w_2^{gr} を測る。

$w - w_1$ ……錘と等積の水の重さ

$w - w_2$ ……錘と等積のアルコールの重さ

(2) アルコールの比重を d とすれば

$$d = \frac{w - w_2}{w - w_1} =$$

(其の三) 細粒の比重。

(1) 比重蠟の重さ a^{gr} を測り、これに適量の散弾を入れて再びその重さ b^{gr} を測る。 $(b - a)^{gr}$ は散弾の重さ。

(2) 散弾の入りたるまゝの比重蠟に水を充たしてその重さ c^{gr} を測る。(蠟の外測についた水分はよく拭ひ去る)。

(3) 次に比重蠟に水のみを充たしてその重さ d^{gr} を測る。然る時は散弾と等體積の水の重さ $(w)^{gr}$ は次式から得られる。

$$w^{gr} - [d - \{c - (b - a)\}]^{gr} =$$

(4) 由つて散弾の比重 d は次式から得られる。

$$d = \frac{(b - a)}{d - \{c - (b - a)\}} =$$

(其の四) 水に浮く固体の比重。

- (1) コルクの重さ a^{gr} を測る。次にこれを沈むに十分なる錘をコルクに結びつけて、コルクと錘との水中に於ける重さ b^{gr} を測る。
- (2) 更に錘のみの水中の重さ c^{gr} を測る。

コルクの水中に沈める部分と等体積の水の重さは a^{gr} で、その水面上に浮き出せる部分と、等体積の水の重さは $(c-b)^{gr}$ である。

従つてコルクと同体積の水の重さを w^{gr} とすれば

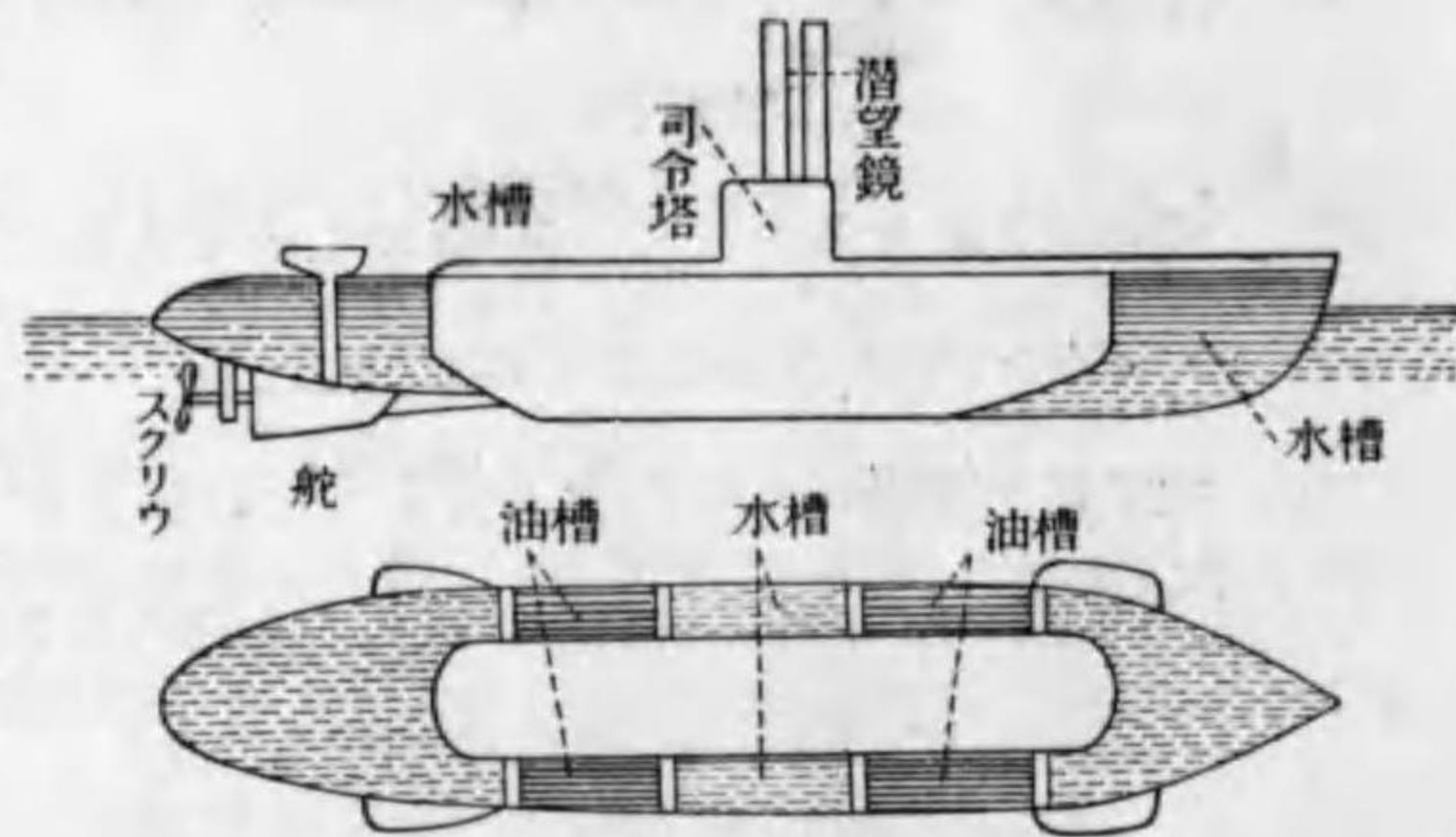
$$w^{gr} = a^{gr} + (c-b)^{gr}$$

由つてコルクの比重 d は次式から得られる。

$$d = \frac{a}{a + (c-b)}$$

[3] 潜航艇 潜航艇は大要圖の如く構造され、普通の船の如く一部分を海面に表はして航行し得るものである。その船首・船尾及び兩舷側にある水槽に海水を充たすときは、艇全部の平均の密度が海水の密度より僅かに大なるが如く装置されてゐる。

潜航の必要あるときは、各水槽の瓣を開いて海水を導き入れる。かくすれば艇は次第に沈みて、遂には全部を海水中に没して潜航する。水槽に入る海水の分量により、その沈下する深さを自由に加減することが出来る。



潜航の際は、艇内に用意さるゝ蓄電池よりの電流に由つてスクリュウを働かし、これと舵とに由りて自由に航行する。海面上に浮かんとするときは、壓搾

空気に由りてポンプを働かし、以て水槽中の水を排除するもので、かくすれば自然浮力を増して艇は浮き上がる。

海面上を航行する際は、オイル機關によつてスクリュウを廻轉せしめ、且つ同時に蓄電池に充電し得るやうに設計されて居る。

第七章 熱

要旨 熱の發生、熱と溫度との關係及び熱に由りて物がその體積を變ずることを教ふ。

教授事項 1. 熱の發生。2. 熱と物の溫度。3. 熱と物の體積。(尋四・34課)

【1】 熱の發生 熱は次の場合に發生する。

- | | | |
|----|---|---|
| 熱… | (1) 燃燒・腐敗・酸酵等の化學變化に伴ひて
(2) 打撃・摩擦等器械的の仕事に伴ひて
(3) 電流が抵抗線を通る時……〔電燈・電熱機等。 | 薪炭の燃えるとき。物の腐敗するとき。生石灰に水を注ぐとき。水に硫酸をとかすとき等。 |
| | | 釘を打つとき。錐をもみこむとき。マッチを摩擦するとき。鋸で木を引くとき等。 |
| | | |

【2】 熱と物の溫度 水を熱すればその溫度が昇り、湯を放冷すればその溫度の降ることは、日常吾人の親しく經驗する事實である。かく物體は熱を得ればその溫度が昇り、これを失へばその溫度が降る。而して同一の物體では、溫度の高いとき程多くの熱を保有してゐるものである。

同一の熱量の得失によりて起る溫度の變化は、その物體の質量と比熱とに關係し、質量の等しい物體では比熱の大なる程、又同一物質の物體ではその質量の大なる程溫度の變化は少ない。

【3】 溫度と物の性質 水の密度が溫度によりて相違し、鋼の硬さがこれを冷却するときの溫度に關係し、音の速さが溫度と共に増加し、電燈の照明がフィラメントの溫度高き程強きが如く、物の性質に溫度の變化が影響することは甚だ著しいものである。次にこれに關する二・三の事例を示す。

(1) 固體・液體・氣體を問はず、物體は溫度は昇降に伴つて膨脹及び收縮を

する。寒暖計はこの性質を利用したものである。

- (2) 容器に封入したる氣體の壓力及び液體の蒸氣張力は、何れも溫度と共に増加する。自転車のタイヤが直射日光に曝すと往々爆發すること、溫度の高き程良く水が蒸發すること等はこれがためである。
- (3) 金屬の電氣抵抗は溫度に比例して増加する。高溫度測定器として白金寒暖計が用ひらるるはこれがためである。
- (4) 異種の金屬導線の接合點に於ける溫度の變化は電流を誘起する。サーモパイルはこの性質を應用したのである。
- (5) 溫度の高低によりて物質より發する光の色を異にする。鐵等を熱するとき先づ暗赤色の光を發し、漸次高く熱せらるゝに従つて白熾するが如きはこの一例である。

【4】 物體膨脹の實例 物體は熱のためにその體積を變じて膨脹及び收縮をする。次に二・三の實例を上げる。

- | | |
|---------|--|
| 固體膨脹の例— | (1) 車輪の一部を強熱してこれを車に嵌めること。 |
| | (2) 補整振子及びテンプの輪に異種の金屬を併用して時計を正確に保つこと。 |
| | (3) 鐵橋の橋桁の下にロールを用ひること。 |
| | (4) 瀬戸物・厚い硝子器等が熱湯を注ぐとき往々にして破れること。 |
| 液體膨脹の例— | (1) 牛乳・酒等を沸かすとき、これを器に充たさざること。 |
| | (2) 鐵瓶・湯沸し等に満たされた水が沸騰する前にその口より溢ること。 |
| | (3) 寒暖計内のアルコール・水銀等が伸縮してよく溫度を示すこと。 |
| 氣體膨脹の例— | (1) 竹・麥稈その他禾本科植物の莖を燃すときにパチパチと爆音を發すること。 |
| | (2) 花火の玉が打ち上げられて爆裂すること。 |
| | (3) 軟くなつたゴム毬を温めるとかたくなること。 |

固體の膨脹とその實驗

溫度 1°C の上昇に對する長さの膨脹の割合を線膨脹係數といひ、體積の膨脹

の割合を體膨脹係數といふ。今 0°C の時の長さ l^{cm} のものを、 $t^{\circ}\text{C}$ に熱して l_1^{cm} に伸びたりとし、その線膨脹係を α とせば

$$\alpha = \frac{l_1 - l}{l \cdot t} \quad \therefore l_1 = l(1 + \alpha t)$$

又 0°C のとき v^{cc} の體積を有するものを、 $t^{\circ}\text{C}$ に熱して v_1^{cc} に膨脹したりとし、その體膨脹係數を β とせば

$$\beta = \frac{v_1 - v}{v \cdot t} \quad \therefore v_1 = v(1 + \beta t)$$

然るに $l^3 = v, \quad l_1^3 = v_1$

$$\begin{aligned} &= l^3(1 + \alpha t)^3 \\ &= v(1 + 3\alpha t + 3\alpha^2 t^2 + \alpha^3 t^3) \end{aligned}$$

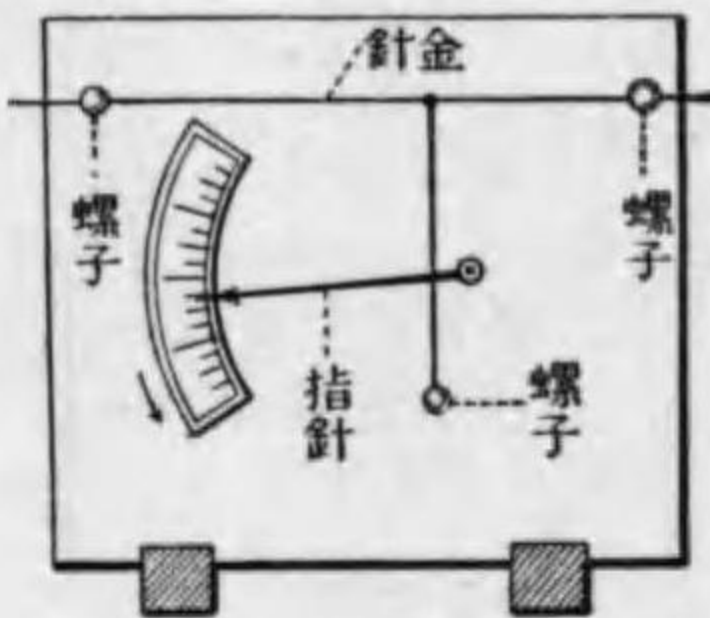
而して $\alpha^2 t^2, \alpha^3 t^3$ は、その値極めて小なるものなれば、大體次の如く考へることが出来る。

$$\therefore v_1 = v(1 + 3\alpha t) = v(1 + \beta t)$$

$$\therefore 3\alpha = \beta$$

即ち體膨脹係數は線膨脹係數の3倍である。

- (1) 圖の如き装置を取り、マッチ又は燭火に由りてその針金を加熱すれば、指針は矢の向きに動いて針金の伸びることを示し、加熱を止めて針金を放冷すれば、指針は前と反対の方に廻つて、針金の縮むことを示す。



- (2) 體膨脹實驗器の球をよく加熱すれば、それは膨脹して環を通過せぬやうに至るも、環と球とを同時に加熱すれば、環と球とが共に膨脹するから、球は矢張り環を通過する。
- (3) 環のみを水で冷せば球は通過せぬが、球も共に冷せば前と同じく通過

する。

この種の實驗で熱によりて長さ及び體積が變化することを知る。

液體の膨脹とその實驗

熱による液體の膨脹を考ふるに、容器の膨脹を度外視する場合と、容器の膨脹をも考ふる場合とがある。



前の場合の膨脹係數を見懸の膨脹係數といひ、後の場合のそれを眞の膨脹係數といふ。

見懸の膨脹係數、眞の膨脹係數及び容器の膨脹係數を夫々 β, α 及び γ とすれば

$$\alpha = \beta + \gamma$$

今容器に單位體積の液を取り、これを 1°C だけ温めたとき液面が CD 線まで高まつたとすれば、液は ABCD だけ膨脹したのであるから、これが見懸の膨脹係數である。實際には容器も亦膨脹するのであるから、器が全く膨脹せぬものとすれば液面は FF 線まで高まるべきである。従て ABEF は眞の膨脹係數で、CDEF は容器の膨脹係數である。



- (1) 容量約 200^{cc} のフラスコに水を取り、その水面に圖の如く標線 AB を付け、徐々に加熱して起る變化を観察する。
- (2) 少時加熱して水面が 1^{cm} 計り高まつ



たとき、その水面に標線 CD を付け、これをピーカーの水中に沈めて又起

- (1) 水の膨脹すること。水の對流。フラスコの内壁に小氣泡を生じそれが水中を上ること。
- (2) 水の收縮すること。フラスコの内外面に接する水が矢の如く對流すること。ピーカーの内面及びフラスコの外面に多くの小氣泡を生じそれが漸次に水中を上ること。

る変化を観察する。

- (3) 暫く放置すれば、水面は殆んど舊位置に復するから、この時静かにビーカーの外側に手を觸れて各部分の温度を比較する。

この種の實驗で、水が熱のために膨脹及び收縮すること、並びに水は液面の方から早く温まることを知る。

[5] 水の膨脹 水は4°Cに於て最も收縮して最大密度を有し、4°Cを限界としてそれより温度が降るも昇るも共に膨脹する。水が水面より凍るのはこれがためである。更に0°Cに於て放冷すれば氷となり、その體積は同温度の水の約 $\frac{1}{11}$ だけ膨脹する。冬期水道鉛管の破裂すること、屋外にある水袋等の破壊することあるは、水が氷結に際して膨脹するがためである。

氣體の膨脹とその實驗

温度の變化による氣體の膨脹及び收縮の割合は、總ての氣體について同一である。即ち

壓力一定なれば定質量の氣體の體積は、1°Cの變化によりて0°Cの時の體積の $\frac{1}{273}$ 宛増減する。これを**シャルルの法則**といふ。換言すれば、總て氣體の膨脹係数は同一で0.00367である。

0°Cのとき體積 $v^{0^{\circ}}$ の氣體を、同壓の下に於て t° Cに熱したるとき、その體積が $v_1^{t^{\circ}}$ に變じたりとすれば

$$v_1 = v \left(1 + \frac{t}{273} \right)$$

それ故に同壓の下に於て-273°C迄冷却すれば、總ての氣體の體積は零となるべき道理である。この-273°Cを絶対の0°とし、これを基點として讀まるゝ温度を**絶対温度**といふ。



ランプで加熱する代りに、両手でフラスコを握つて温めても變化が見られる。

従つて t° Cは絶対温度の $(273+t)^{\circ}$ となる。

- (1) 容量約200 $^{\circ}$ のフラスコに、曲管を貫いたコルクを氣密に嵌めて圖の如く装置し、これを加熱すれば、空氣の泡が烈しく水中に出る。
- (2) 少時の後ランプを去りて放冷すれば、水は曲管を通りてフラスコ内に逆流し、空氣の收縮することを示す。

この種の實驗で、熱による氣體の膨脹・收縮の割合がは固體及び液體に比して著しく大なることを知る。

[6] 氣體の體積と温度と壓力との關係 温度0°C、壓力 p^{cm} の氣體の體積を $v^{0^{\circ}}$ とし、同壓の下でこれを t° Cに熱したるときの體積を $v_1^{t^{\circ}}$ とせば

$$v_1 = v \left(1 + \frac{t}{273} \right) = v \left(\frac{273+t}{273} \right) \dots\dots\dots \text{シャルルの法則}$$

更にこの氣體の温度を t° Cに保ちつゝ、その壓力を P^{cm} に變化したときの體積を $V^{0^{\circ}}$ とすれば

$$v_1 \cdot p = V \cdot P \dots\dots\dots \text{ボイルの法則}$$

$$\therefore V = v_1 \frac{p}{P} = v \cdot \frac{p}{P} \cdot \frac{273+t}{273}$$

273°及び $(273+t)^{\circ}$ は、夫々0°C及び t° Cに相當する絶対温度である。由りて氣體の體積と温度と壓力の關係は、次の如く述ぶることが出来る。

氣體の體積は**絶対温度**に比例し、**壓力**に反比例する。これを**ボイル・シャルルの法則**といふ。

今絶対温度 T_1 、壓力 P_1 のとき V_1 の體積の氣體が、絶対温度 T_2 、壓力 P_2 のときに體積が V_2 に變じたとすれば

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{T_1}{T_2}$$

由りて定質量の氣體の體積を同一に保てば、壓力は絶対温度に比例することを知る。定積ガス寒暖計はこの理に基き、定壓ガス寒暖計はシャルルの法則に

基いて製作されるもので、何れも高温度又は低温度の測定に使用される。

【7】 **水の膨脹係数測定** 或る温度に於ける水の密度を d_1 、その體積を v_1 とし、温度を $T^\circ\text{C}$ だけ高めたる時の密度及び體積を、夫々 d_2 及び v_2 とし、水の膨脹係数を β とすれば、次の如くしてこれを求めることを得る。

$$v_2 = v_1(1 + \beta T) \quad \text{而して} \quad v_2 d_2 = v_1 d_1$$

$$\therefore (1 + \beta T) d_2 = d_1$$

$$\text{即ち} \quad d_2 = \frac{d_1}{1 + \beta T}$$

$$\text{従つて} \quad 1 + \beta T = \frac{d_1}{d_2}$$

$$\therefore \beta = \left(\frac{d_1}{d_2} - 1 \right) \frac{1}{T} \dots\dots\dots (A)$$

(1) 比重壺の重さ a^{gr} 及びその體積 v^{cc} を測り、壺に水 ($t^\circ\text{C}$) を充たし再びその重さ b^{gr} を測る。

$$\left(\frac{b-a}{v} \dots t^\circ\text{C} \text{のときの水の密度} \right)$$

(2) 壺をビーカーの水中に沈め、熱して 90°C 位になりたるとき加熱を止めて壺を取り出し、外側に附着する水をよく拭ひて再びその重さ c^{gr} を測る。尤も壺を取り出す時水の温度 $t_1^\circ\text{C}$ を読む。

$$\left(\frac{c-b}{v} \dots t_1^\circ\text{C} \text{のときの密度} \right)$$

(3) 公式 A によりて膨脹係数を求める。

$$d_1 = \frac{b-a}{v}, \quad d_2 = \frac{c-a}{v}, \quad T = (t_1 - t)$$

$$\therefore \beta = \left(\frac{b-a}{c-a} - 1 \right) \frac{1}{t_1 - t} =$$

第八章 熱量・水蒸気・氷

要旨 熱量の意義を知らしめ、比熱及び融解熱・蒸發熱について教ふ。

教授事項 1. 熱量。2. 比熱。3. 融點及融解熱。4. 沸點及蒸發熱。

(高二・15課)

要旨 物が熱の増減によりて固体・液体・氣體の一より他に變ずる例として、水が水蒸気となり氷となる有様を知らしめ並に寒暖計について教ふ。

教授事項 1. 水の水蒸気に變ずること。2. 水の煮立つときの温度。3. 水の氷に變ずること。4. 氷の融くときの温度。5. 寒暖計。

(第四・35課)

【1】 **熱量** 鐵瓶・湯沸しの水は容易にこれを沸騰せしむることを得るも、風呂の水は強い火力で熱しても、入浴の程度に暖むるに尙相當の時間を要し、同じ鐵瓶を用ひても水の量の多い程、これを沸騰せしむるに多くの時間を要する等の事實から、熱も亦一の量で一定の單位によりてこれを測定することの可能なるべきことが推考される。

1^{gr} の水の温度を 1°C 高むるに要する熱量を 1^{cal} ⁽¹⁾ といひ、これを單位として熱量を測る。従つて、 m^{gr} の水を $t^\circ\text{C}$ 温むるに要する熱量は、 mt^{cal} である。

又 1^{lb} の水の温度を 1°F 高むるに要する熱量を $1^{\text{B.T.U}}$ ⁽²⁾ といひ、これを單位として熱量を測ることもある。 1^{lb} は 453.6^{gr} 、 1°C は 1.8°F に相當するから

$$1^{\text{B.T.U}} = \frac{5}{9} \times 453.6 = 252^{\text{cal}}$$

$$1^{\text{cal}} = \frac{1}{252} \text{B.T.U} \quad \text{或は} \quad 1\text{B.T.U} = 252^{\text{cal}}$$

(1) 1 カロリを 1 cal. として表はす。

(2) 1 B.T.U は英熱量單位で、工業上では多くこの單位を用ひる。

熱量比較の實驗

- (1) 甲ビーカーに100^g、乙ビーカーに200^gの水を取りてその温度 $t^{\circ}\text{C}$ を読む。

次に各に50^gの沸騰水を加へ、良く攪拌して甲の温度 $t_1^{\circ}\text{C}$ 、乙の温度 $t_2^{\circ}\text{C}$ を読み、 (t_1-t) と (t_2-t) とを比較する。

- (2) 甲・乙・丙3箇のビーカーを取り、各に100^g宛の水を注ぎてその温度 $t^{\circ}\text{C}$ を測る。次に甲と乙とは夫々100^g及び50^gの沸騰水を加へ、丙には沸騰水中で加熱せる100^gの鉛錘を沈め、各の水を攪拌して上りつめた温度 $t_1^{\circ}\text{C}$ 、 $t_2^{\circ}\text{C}$ 及び $t_3^{\circ}\text{C}$ を読み、これ等の各温度と $t^{\circ}\text{C}$ との差を比較する。

$$(t_1-t), \quad (t_2-t), \quad (t_3-t).$$

この種の實驗で、水を或る定温度だけ高むるには、水の分量の大なる程多量の熱を要すること、並に同じだけ温度を昇すに、鉛は水よりも少量の熱にて足ることがわかる。

[2] 比熱 物体の温度を1^{°C}高むるに要する熱量を、その物体の熱容量といひ、甲物質の熱容量と、それと等質量の水の熱容量との比を、その物質の比熱といふ。

或る物質 m^{g} の熱容量を H^{cal} 、その比熱を s とすれば、水 m^{g} の熱容量は m^{cal} であるから

$$\frac{H^{\text{cal}}}{m^{\text{cal}}} = s \quad \therefore H^{\text{cal}} = s \cdot m^{\text{cal}}$$

即ち物体の熱容量は、その比熱と質量との相乗積に等しい。従つて物質1^gの熱容量はその比熱と数値が等しい。故に比熱を次の如く定義してもよいことになる。

物体1^gの温度を1^{°C}高むるに要する熱量をcalで表はせる数を、その物体

の比熱といふ。

金属類の温度の變化が水のそれに比して著しく速いこと、水が氣候を緩和することなどは、水の比熱の大なることに基因する。

比 熱 の 表		
水……………1.00	雲 母……………0.10	眞 鉛……………0.088
パラフィン……………0.69	硝 子……………0.16	銀……………0.056
エーテル……………0.53	アルミニウム……………0.21	錫……………0.055
水……………0.50	鐵……………0.119	水 銀……………0.033
コルク……………0.485	亞 鉛……………0.093	金……………0.032
エボナイト……………0.339	銅……………0.092	鉛……………0.030

表から 水は比熱が最大。液體は金屬より比熱が大。金屬は一般に比熱小。水銀が液狀をなすも著しく比熱が小等のことゝ分る。

比熱の測定

- (1) 試験管の質量 a^{g} を測り、これに約100^gの散弾を取りて再びその質量 b^{g} を測る。
- (2) 寒暖計を管内散弾の中央部に挿し、ビーカーの水中に立て、加熱する。
- (3) 熱量計の質量 c^{g} を測り、これに約150^gの水を取りて再びその質量 d^{g} を測る。前のと別の寒暖計を用ひて水の温度 $t^{\circ}\text{C}$ を読む。
- (4) ビーカーの水が沸騰して、管内の寒暖計が上りつめたとき、その温度 $T^{\circ}\text{C}$ を読み、手早く散弾を熱量計の水中に投じ、良く攪拌して上りつめた水の温度 $t_1^{\circ}\text{C}$ を読む。

$$\text{水の得たる熱量} \dots\dots (d-c)(t_1-t)^{\text{cal}} =$$

$$\text{熱量計の得たる熱量} \dots\dots (t_1-t) \cdot c \cdot s^{\text{cal}} =$$

$$\text{散弾の失へる熱量} \dots\dots x \cdot (b-a)(T-t_1)^{\text{cal}} =$$

$$\text{散弾の比熱} \dots\dots x$$

$$\text{熱量計の比熱} \dots\dots s$$

熱の得失は等しいから

$$x(b-a)(T-t_1) = (d-c+s.c)(t_1-t)$$

$$x = \frac{(d-c+s.c)(t_1-t)}{(b-a)(T-t_1)}$$

【3】 **融解と凝固** 氷が融けて水となる場合の如く、固体が熱のために融けて液体となる現象を融解といひ、融解を始むる温度を融解点⁽¹⁾といふ。融解点は物質に由つて一定である。

逆に液体を冷却して一定の温度に至れば、水が氷となるが如く液体は固体となる。かかる現象を凝固といひ、その時の温度を凝固点といふ。同じ物質の凝固点と融解点とは同一である。

鐵・硝子等の如く、それが融解する前に柔軟になるものゝ融解点は一定せぬものである。

【4】 **融解熱** 融解し始めた固体には、熱を加へても全く融け盡すまでは、その温度は昇らない。これ加へた熱は融解といふ状態の變化のために費され、潜熱となりて液体内に保有されるからである。

融解点に於ける物質 1^{gr} を全く融解するに要する熱量を、その物質の融解熱といふ。

液体が凝固する際には融解熱に等しい熱量を放出するから、全く凝固しきるまではその温度は凝固点に止まつてゐる。

氷の融解熱測定

(1) 熱量計の質量 a^{gr} を測り、これに 150^{gr} 許りの水を取りて再びその質

(1) 一般に凝固の際は収縮し、融解の際は膨脹する。水・鑄鐵・活字金等は例外で凝固の際膨脹する。この性質が鑄物に利用される。かゝる物質は壓力を加へると融解点⁽¹⁾が下る。

量 b^{gr} を測る。

(2) 水の温度 $t^{\circ}C$ を讀む。次で 10^{gr} 許りの氷片を取り、これに附着する水分を良く除去し、速かに熱量計の水中に入れ攪拌して氷の融けきる時の温度 $t_1^{\circ}C$ を讀む。

(3) 氷の融けたとき再び熱量計の質量 c^{gr} を測る。

$$\begin{aligned} \text{水の失へる熱} & \dots\dots\dots (b-a)(t-t_1)^{cal} = \\ \text{熱量計の失へる熱} & \dots\dots\dots (t-t_1)a.s^{cal} = \\ \text{氷の得たる熱} & \dots\dots\dots (c-b)(x+t_1)^{cal} = \\ \text{氷の融解熱} & \dots\dots\dots x \\ \text{熱量計の比熱} & \dots\dots\dots s \end{aligned}$$

熱の得失は等しいから

$$(t-t_1)(b-a+s.a) = (c-b)(x+t_1)$$

$$x = \frac{(t-t_1)(b-a+s.a) - (c-b)t_1}{c-b}$$

【5】 **寒劑** 氷に食鹽を混すれば著しくその温度が降る。これ氷が不純となるために融點は 0^{°C} 以下に降り、ために氷はその融點以上の温度にあると同一の結果になるから、急速に融ける。従つて氷の融解及び食鹽の溶解に要する多量の熱を、混合物自身及びその周囲の物體より吸収し、ために甚だしい寒冷を起すのである。

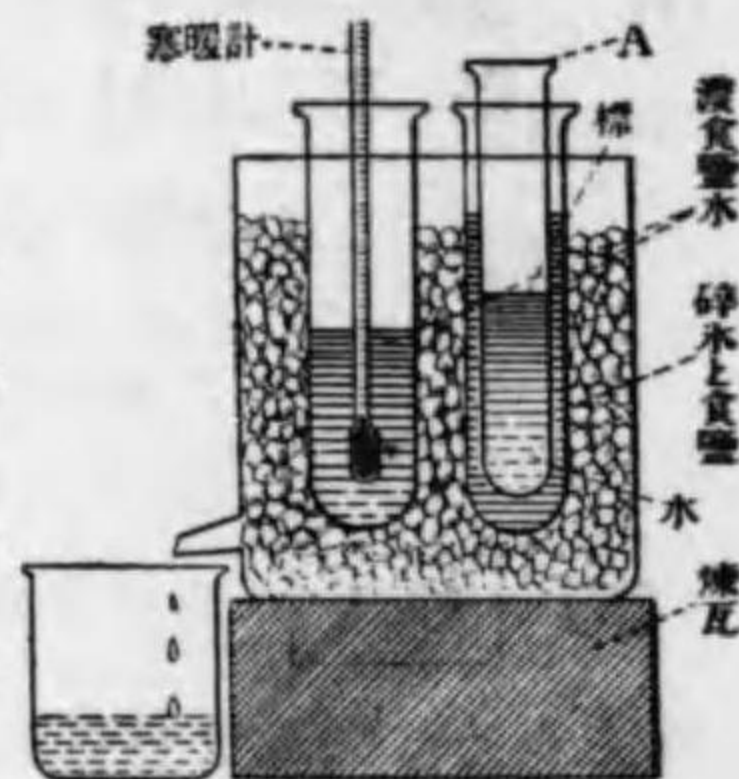
碎氷	.....10	}.....-20°C	碎氷	.....10	}.....-50°C
食鹽	.....3		鹽化カルシウム	.....14	
碎氷	.....10	}.....-16°C	硝酸アンモニウム	.....5	
硝酸アンモニウム	.....5				

(1) NaCl の溶解熱は 1^{gr} につき 18.22^{cal} である。

氷の融解・凝固と寒剤の實驗

- (1) 碎氷をコップに取り、その中程に寒暖計を挿入して、温度の變化を観察すれば、水銀は 0°C の點に至りて靜止する。由りて氷の融解點は 0°C なることを知る。
- (2) 稍大きい氷塊を取り、比較的滑かなる面を斜に傾けてその中央部に少許の食鹽を置き、起る變化を観察する。然る時はその部分が他の部分よりも早く融けて凹み、生じた食鹽水の流れ通る部分が著しく早く融けることを見る。
- (3) 碎氷を圖の如き装置(亞鉛引製又は銅板製)に取り、これに約 $\frac{1}{3}$ 量の食鹽を混じて攪きませ、寒暖計を入れてその温度を読む。

- (4) 濃食鹽水を作りて甲乙2本の試験管に分ける。その甲には寒暖計を、乙には $5-7^{\circ}\text{C}$ の水を入れて、水面に標を附したる試験管Aを挿入し、兩者を圖の如く寒剤中に並立して、これをよく漏した煉瓦の上に載せて數分間放置する。然るときは食鹽水は 0°C 以下に冷えて然も尚ほ氷結せざるに、A内の水は氷となりて、著しく體積の増加することが見られる。



由りて水が凝固に際して膨脹すること、並びに食鹽水は水よりも融點が著しく低いことを知る。

最後に寒剤の容器を取りて煉瓦の面を検すれば、一面に霜柱が見られる。

[6] 蒸發と蒸發の遲速 液體が氣體に變ずることを氣化といふ。液體は温度の如何に關せず、常にその表面より氣化するもので、これを蒸發といふ。次ぎに水の蒸發の遲速に至大の關係を有する二・三の要素を擧げる。(水以外の

液體でも亦同様である)

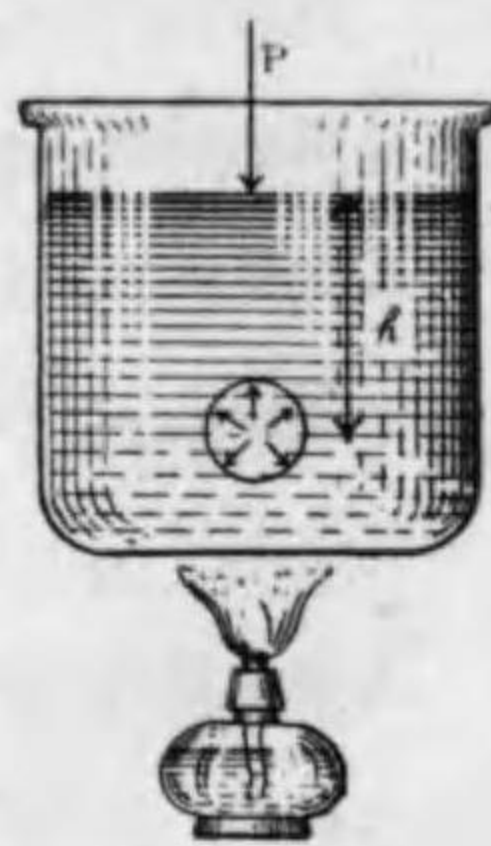
- (1) **温度の高低** 温度高ければ蒸發が速く、低ければ蒸發は遅い。洗濯物等が夏は冬よりも早く乾き、日向に曝す方が日蔭よりも早く、火に暖むれば更に速く乾く等の事實は、これを證する一例である。
- (2) **蒸發面の廣狹** 蒸發は液面から行はゝるが故に、蒸發面の廣い程蒸發が速い。濡れた手拭・タオル等をまとめて置けば容易に乾かぬが、擴げれば速に乾く等の事實はこれを證する一例である。
- (3) **液面に觸るゝ空氣の流動** 風のある日洗濯物の早く乾くこと、撒水等が風の吹く日に忽ち乾き去るが如きは、これを證する適例である。
- (4) **水面に觸るゝ空氣の含む水蒸氣の多少** 空氣の含む水蒸氣の絶對の量のみについては定め難いが、同一温度の下では液面に接する空氣が水蒸氣を含むこと少き時程蒸發は速い。
元來一定温度の時、一定の場所の含む得る水蒸氣の量には限りあるもので、その極限の量を含むときその空氣は蒸氣で飽和されたといひ、その蒸氣を飽和蒸氣といふ。而して一定の空間を飽和する蒸氣の量は、温度の高い程多い。これを要するに空氣の含む水蒸氣の量が、飽和量に遠い時程水の蒸發は速く、飽和量に近づくに従つて遲緩となり、遂に飽和に達すれば蒸發は全く止むものである。
- (5) **液面の受くる壓力の大小** 液面の受くる壓力の小なる程蒸發は速かである。皿に等量の液を取り、その一方を排氣鐘内に、他方を鐘外に置き、鐘内の空氣を排除すれば、鐘内の液は容易に乾涸するも、鐘外の液は殆ど減少することなし。砂糖の精製・コンデンスミルクの製造等に際して、その水分を速かに蒸發せしむるために所謂真空釜を用ふる等は、この事實に基くものである。

【7】 **沸騰と蒸發熱** ビーカーに水を入れて加熱すれば、温度の上昇するに従つて水面より盛に蒸發し、遂に一定の温度に達すれば、器底に接する水中よりも盛に水蒸氣の泡を發出するに至る。かく液體がその内部より水蒸氣の泡を發出する現象を沸騰といひ、沸騰する液面に接する蒸氣の温度を沸騰點といふ。この時更に續いて熱を加ふるも、水の蒸發を盛にするのみで、その温度は更に昇らぬ。これ熱が蒸發なる状態變化のために費され、潜熱となりて水蒸氣中に貯へらるゝに由る。従つて水蒸氣が冷却されて液化する時には、この潜熱を放出するものである。

1^{gr} の液體を同温度の蒸氣に變ずるために要する熱を、その液の蒸發熱といふ。通常壓力 76^{cm} の時、沸騰點に於ける液體 1^{gr} を同温度の蒸氣に變ずるために要する熱量を、その液の蒸發熱といふ。水の蒸發熱は 536^{cal} である。

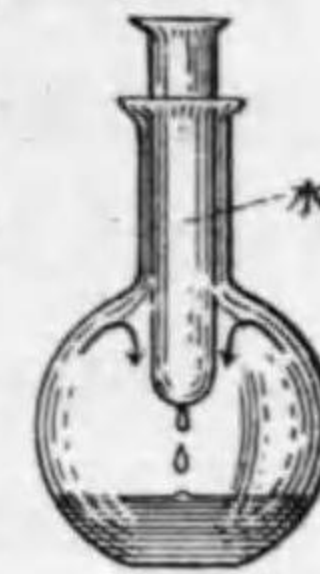
【8】 **沸騰點と壓力** 沸騰點は物質に由りて夫々一定して居るが、同一の液體でもその液面の受くる壓力に由りて變化し、壓力が大なる程沸騰點は高く、壓力が小なる程低い。水の沸騰點は水面の受くる氣壓が 76^{cm} の時に 100°C である。かく沸騰點が壓力によりて變化することは、次の事由に因る。

即ち液を熱してそれが沸騰する時、その内部に生ずる泡は飽和蒸氣で、その温度に對する最大張力を有する。而してこの張力は、液面の受くる壓力 P と、液の重さによりて生ずる壓力 h との和に等しい。故に液の沸騰點は、その温度に對する最大張力が、氣泡の受くる壓力と等しい時の温度でなければならぬ。然るにこの最大張力は温度と共に増すものであるから、液面の受くる壓力の大小によりて、沸騰點に高低を生ずるのである。



熱に由る水の三態變化の實驗

(1) フラスコに水を取りて加熱し、その口元に多數の水滴が附着するに至り、加熱を止めてフラスコ内に注意しつゝ、水を入れた試験管を圖の如く挿入して、起る變化を観察する。然る時は試験管の周圍に湯氣が起つて矢の如き氣流を生じ、且つ管の外側に水滴が出來、やがて管底から滴下する。これに由つて、水蒸氣が無色透明なること。冷却すれば液化すること。湯氣が小水滴の集りであること等がわかる。

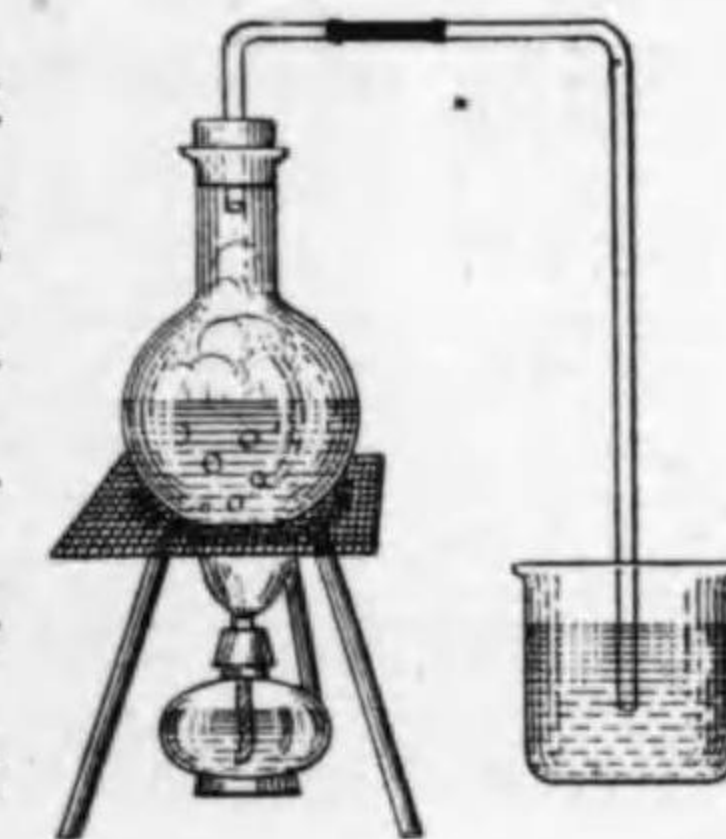


(2) このフラスコに曲管を貫いたコルクを嵌て加熱すれば、水が沸騰するに至りて管口より著しく湯氣を生じ、これが管口を離るるに従て、再び蒸發することを見る。これ水蒸氣が外氣に觸れて湯氣となるも、管口を離れて多量の空氣に混じり、その混合氣體の温度が露點⁽¹⁾以上なるがためである。



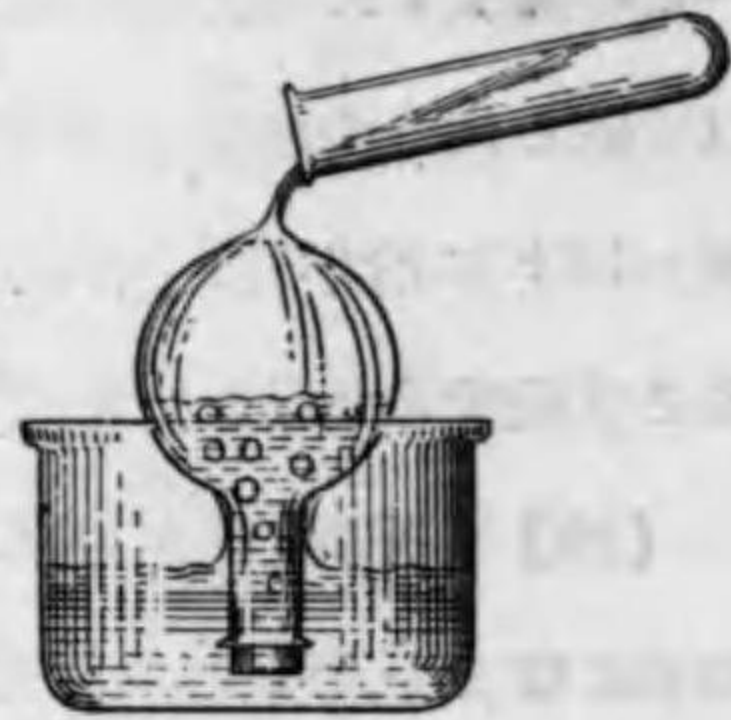
(3) この際ランプを管口に近づければ、同時に湯氣は殆んど見えなくなる。これ湯氣が加熱されて再び蒸發するからである。

(4) 次ぎに曲管の端に硝子管を連ねて、發生する水蒸氣をビーカーの水中に吹き込めば、水は次第に熱せられ、遂に管口より水蒸氣の泡を發出して沸騰する。この實驗に於て硝子管を水中に立てた試験管内に導けば、液化する水はこの内に溜り、同時に管側の水は熱せられる。由りて水蒸氣が液化する時は多量の熱を放出することを知る。



(1) 水蒸氣で大氣が飽和さるゝときの温度を露點といふ。

(5) フラスコの栓を去り、寒暖計を挿入してその球部を沸騰する水面に接し、その上りつめたる時の温度を読めば、約 100°C なることを見る。



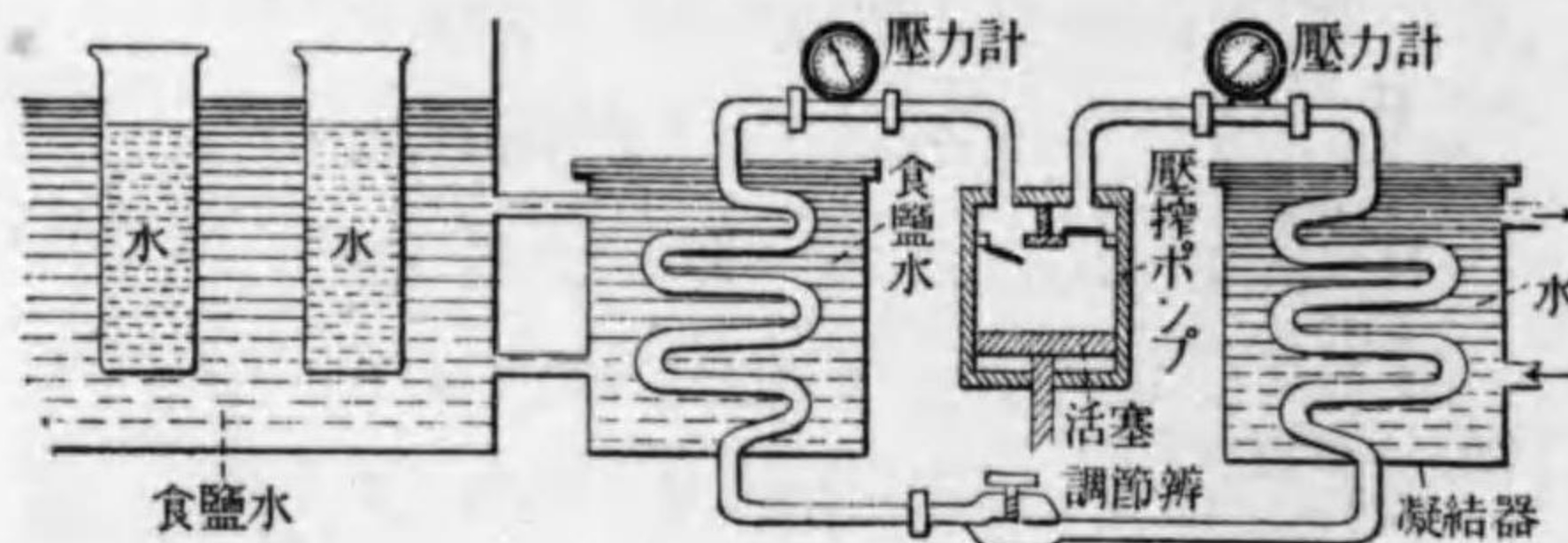
(6) 更に火を去り、手早くフラスコにコルクを気密に嵌めて、圖の如く水中に倒立し、その底部を冷せば、水中より気泡を發して水が盛に沸騰する。由りて液面の壓を減ずる時は、低温度でも沸騰することを知る。

この實驗と前節の實驗とから、熱に由る水の三態の變化・沸騰・沸點及び蒸發熱等について知ることが出来る。

【9】 **人造氷** 人造氷は液狀アンモニヤが氣化の際蒸發熱を吸収することを利用して造るもので、圖はその原理の概要を示す。

アンモニヤは 80°F のときは 1 平方吋につき、155 磅即ち約 10 氣壓の壓力を加ふれば液化するから、調節瓣を閉じ壓搾ポンプによりてアンモニヤガスを凝結器内の蛇管中に強く壓搾すれば、その一部分は遂に液化する。この際多量の熱を發する

から凝結器内に水を通してこの熱を除去する。



次に調節瓣を開き、この液狀アンモニヤを、徐々に蒸發器内の蛇管中に送る。この蛇管内はポンプに由りて常に排氣されて居るから、液狀アンモニヤは急速に氣化する。この氣化に要する熱を蛇管を圍む食鹽水より吸収するから、その温度は次第に降る。

この蒸發したるアンモニヤガスは、再びポンプに由りて凝結器内に壓縮され、以て前と同一の作用を反覆する。かくて蒸發蛇管の周圍の食鹽水は、 -15°F 乃至 -18°F に冷却される。この冷食鹽水を製氷罐の周圍に導いて罐内の水を凍結さすのである。

【10】 **寒暖計** 寒暖計は内徑一様なる細い硝子管の一端を球狀又は圓筒狀に膨大し、これに水銀又はアルコールを入れて、管内の空氣を全く除去したる後、管の他端を封じてこれに目盛を施したものである。

攝氏の目盛は、氷點と沸點との間を 100 に等分し、且又この二標線以外をも同一の割合に等分し、氷點を 0° とし沸點を 100° として、その他の目盛にも相當する數字を附けたものである。學術上では通常攝氏の目盛を用ひる。

又氷點を 32° 沸點を 212° として、その間を 180 に等分して目盛したる寒暖計もある。これが所謂華氏の寒暖計である。

従つて華氏の温度を F 、攝氏の温度を C にて表せば、

$$F = \frac{9}{5}C + 32 \quad C = \frac{5}{9}(F - 32)$$

(1) **高温度測定用寒暖計** アルコールはその沸點が 78.3°C で、水銀のそれは 357°C である。従て高温度用としては水銀寒暖計が用ひられる。しかし水銀の沸點以上の高温度は、水銀寒暖計では測定が出来ぬ。かゝる高温度の測定には白金寒暖計又はガス寒暖計が使用される。

(2) **低温度測定用寒暖計** アルコールの凝固點及び水銀のそれとは夫々 -114°C 及び -38.9°C である。従て低温度測定用としては、主にアルコール寒暖計が用ひられる。而し -114°C 以下の温度測定用には、ガス寒暖計等を使用する。

第九章 大氣の溫度及び濕度

要旨 輻射熱の吸収及び大氣の溫度に就て教へ、並に濕度について教ふ。

教授事項 1. 輻射熱の吸収。2. 大氣の溫度。3. 空氣の乾濕。4. 濕度計。

(高二・16課)

【1】 輻射熱の吸収 太陽からの熱は物質の無い處を進行するのであるから、傳導や對流に由るのではない。この場合には所謂輻射といふて、光と全く同じ性質(眼には見えぬが)のものとなつて進行するのである。即ち3億秒米の速度を以て直進し、不透明體によりて影を生じ、且つ反射及び屈折をなすものである。輻射に由る熱は、物體に吸収されて始めて物體の溫度を昇す働きをなすものである。かゝる熱を輻射熱といふ。日光に當ると物體の溫度が昇るのは、物體が皆この輻射熱を吸収するに由る。

太陽のみならず、總て溫度の高い物體は何れも輻射熱を發射する。炭火に手をかざすと直ちに熱を感じ、ストーブに接近する時暖を感じるは、何れもこれ等より發する輻射熱に由り、鐵瓶・湯沸し等の湯が自然に放冷するは、傳導や對流に由つても熱を失ふが、主に輻射によつて熱を發出するからである。

輻射熱を吸収する割合は物質によりて相違し、油煙の如き黒色の物體はこれに投射さるゝ輻射熱を殆ど全部吸収するも、白色のもの又は磨ける金屬面等の如く、表面が平滑にして光澤あるものは、吸収すること甚だ少くしてその大部分を反射するものである。

輻射熱の發射及び吸収について次の法則がある。即ち

輻射熱を良く吸収するものは又良くこれを輻射し、良くこれを反射するものはこれを吸収すること甚だ少し。

輻射熱吸収の實驗

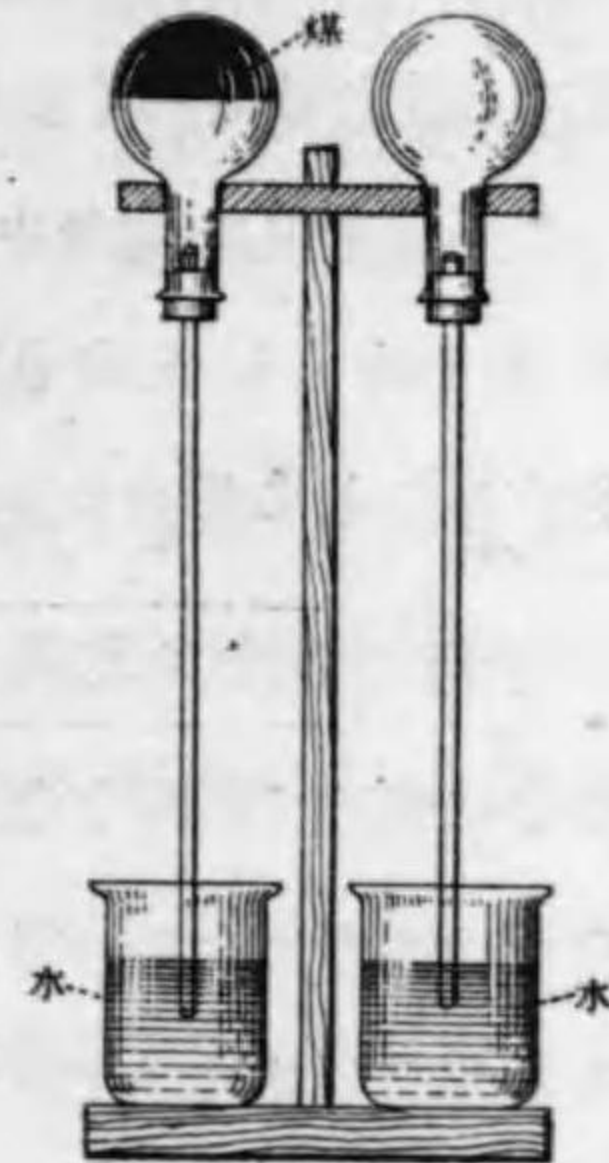
(1) 同大のフラスコ2箇を取りてその一方の底部に煤を塗り、兩者の口に

硝子管を貫けるコルクを氣密に嵌めて圖の如く並立し、直射日光に曝して起る變化を觀察する。

然る時は暫時にして煤を塗れるフラスコ内の空氣が、他方のものよりも著しく膨脹し、ために管口から盛に氣泡を出す。

(2) 次でこの装置を日蔭に移して、又起る變化を觀察する。

然る時は煤を塗れるフラスコの空氣が他のものよりも早く收縮することを見る。由りて煤の如きものが良く輻射熱を吸収し、又良く輻射することを知る。



【2】 大氣の溫度 太陽よりの輻射熱は、それが大氣中を通る間に、塵埃・水蒸氣等に多少吸収さるゝも、大部分は大氣中を通過し、地表に達して吸収される。かくして地面の溫度が昇る。地面に接する空氣は、この熱を受けて溫度が昇るのである。従て上層の大氣程この熱を受くること少くして氣溫も低い。

地面も亦絶えず輻射熱を輻射するものであるが、日中はそれが輻射する熱量よりも、太陽からの輻射熱を吸収する量が多いから溫度は昇るが、日の傾くに從て吸収する熱量よりも、輻射する熱量の方が次第に多くなり、夜間は輻射するのみであるから、地面の溫度は明け方が最も低くなる。氣溫も亦この地面の溫度に從つて昇降し、日中が最も高く夕刻より夜間明け方と次第に降下し、太陽が東天に昇らんとする頃が最もその溫度が低い。

【3】 大氣中の水蒸氣 地面の水は絶えず水蒸氣を發するから、大氣は

常に水蒸氣を含有する。その量は氣層の上下と氣溫の高低とによりて著しき差がある。又海上・湖邊の空氣は、平野・山地のそれに比して多量の水蒸氣を含有する。これ河海・湖川等よりの蒸發が、潤へる土地・濡れたる物體等よりの蒸發に比すれば著しく多く、下層の大氣はこの水蒸氣を混有すること多き由る。

この水蒸氣は、大氣中に種々なる氣象の變化を惹起する。彼の高空に雲を生じ、雨を降らし、又は中空に虹を現出せしむる等は、何れも皆大氣が水蒸氣を含有することに基因する。

【4】 大氣の乾濕 水の蒸發は、これに接する空氣の含む水蒸氣の量が増すに従つて緩漫となり、水蒸氣が或る量に達すれば、遂に飽和して水は全く蒸發せぬやうになる。言ひ換へれば、大氣中の水蒸氣の量はその飽和量に遠い程、水の蒸發は盛にして濡物等は早く乾き、飽和量に近ければ近い程蒸發は遅くなる。

一定の空間を飽和するに要する水蒸氣の量は、氣溫の高い程多い。次の表はその一例である。

氣溫(C)	瓦(gr)	氣溫(C)	瓦(gr)	氣溫(C)	瓦(gr)
0	4.83	11	9.93	22	19.22
1	5.16	12	10.57	24	21.55
2	5.54	13	11.25	26	24.11
3	5.92	14	11.96	28	26.93
4	6.33	15	12.71	30	30.04
5	6.76	16	13.50	32	33.45
6	7.22	17	14.34	34	37.19
7	7.70	18	15.22	36	41.28
8	8.21	19	16.14	38	45.75
9	8.76	20	17.12	40	50.62
10	9.33				

今100^{cc}中に含まるゝ水蒸氣の量を10^{gr}なりとすれば、氣溫10°Cの時は0.67^{gr}だけ飽和量を超過してゐるから、その空間は全く濕めつてゐるが、氣溫20°C及び30°Cに於ては飽和量に達するに尙7.12^{gr}及び20.04^{gr}不足するから、これ等の氣溫の時は水は蒸發を繼續し、而も30°Cの時の方が20°Cの時よりも一層速かに蒸發する。室内の氣溫を高むる時に、その室内が良く乾燥するのはこれがためである。

【6】 濕度及び濕度計 空氣の乾濕の度合即ち濕度を表はすに、1立方米中の水蒸氣の瓦數を以てすることもあるが、次式の如く、水蒸氣の現存量とその時の溫度に對する飽和量との比を100倍したもので表はすが普通で、これを關係濕度といふ。

$$\text{濕度} = \frac{\text{現在含まるゝ水蒸氣の量}}{\text{現在の溫度にての水蒸氣の飽和量}} \times 100$$

今氣溫18°Cのとき、1立方米中に現在含まれてゐる水蒸氣の量が7.5^{gr}であるとすれば、その時の濕度Hは約50である。

$$H = \frac{7.5}{15.22} \times 100 \div 50$$

或る空間を飽和する水蒸氣の量とその最大張力とは比例するものであるから、氣溫と露點とを測定し、その各に對する最大張力を求めて濕度を算出することが出来る。即ち

$$\text{濕度} = \frac{\text{露點に對する最大張力}}{\text{現在の溫度に對する最大張力}} \times 100$$

溫度(攝氏度)	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
最大張力(m.m)	4.58	6.54	9.20	12.78	17.51	23.69	31.71
飽和蒸氣の量gr/10 ^{cc}	4.84	6.76	9.33	12.71	17.12	22.80	30.04

(1) 表参照。

(2) 露點は現存する蒸氣でその空間が飽和するゝときの溫度。

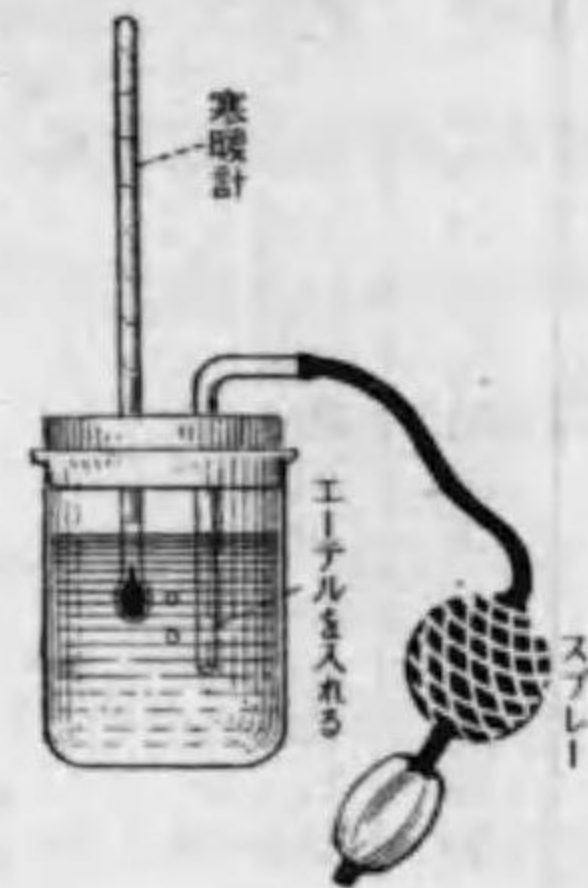
吾人の保健上最も適當なる温度は 40 乃至 50 である。

【7】 露點及び湿度の測定

(1) 氷水をコップに入れて暖かき室内に置く時は、暫時にしてその外壁に細かき水滴が附着する。これコップに觸るゝ空氣が冷却されてその温度が露點以下となり、ために飽和量を超過した水蒸氣が液化して露となるのである。

(2) 露點測定器にエーテルを注ぎ、その栓に挿入せる硝子管より空氣を吹き込みて、エーテルの蒸發を盛ならしむれば、その外壁が曇るから、その曇り始めの温度 $t^{\circ}\text{C}$ を讀む。

(3) 次でこれを放置すれば曇りが漸次消えるから、その消えた時の温度 $t_1^{\circ}\text{C}$ を讀む。數回同一の操作を施しその度毎に温度を讀み取り、これを平均する。



曇の出來始めた時の温度 $t =$
曇の消える時の温度 $t_1 =$
 $t' =$
 $t'_1 =$
 $t'' =$
 $t''_1 =$

(4) かくして得たる露點を $T^{\circ}\text{C}$ 、その時の氣温を $T_1^{\circ}\text{C}$ とし、この各に對する最大張力を表から求めて湿度 H を計算する。(水蒸氣最大張力表は附録参照)

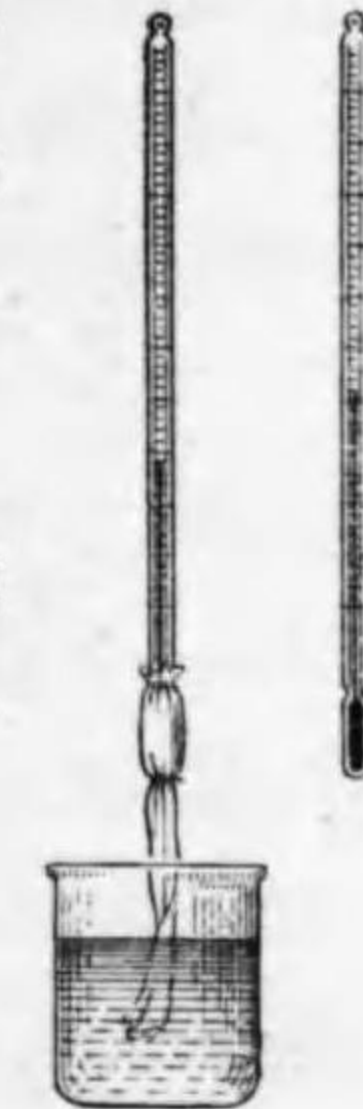
$T^{\circ}\text{C}$ に對する最大張力..... $p_1 =$
 $T_1^{\circ}\text{C}$ に..... $p_2 =$
湿度..... $H = \frac{p_1}{p_2} \times 100 =$

Table with 17 columns: 濕球度の, 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0. Rows for 0, 1, 2 degrees Celsius.

Large table with 17 columns and 30 rows of numerical data, likely a psychrometric table.

(5) 2本の寒暖計を並置し、その一方の球を薄い布片で包み、布の一端をコップの水中に浸す。暫く放置して兩寒暖計の示度の差と濕球寒暖計の示度とを讀み、表によりて又湿度を求め、これと前に得たる顯度とを比較する。

かく兩寒暖計の温度に差を生ずるは、水の蒸發熱を濕球の周圍より取るためであるから、兩者の温度の差の小さい程湿度が大きいのである。



第 十 章 天 氣・風 と 雨

要旨 大気中の水蒸気の変化及び大気の圧力の変化について教へ、これによりて天気の変化を知らしめ、並に天気豫報について教ふ。

教授事項 1. 大気中の水蒸気の変化。2. 低気圧と高気圧。3. 天気豫報。
(高二・17課)

要旨 風の起る所以及び雨・雪の生ずる所以を知らしむ。

教授事項 1. 風。2. 霧・雲。3. 雨・雪。
(尋四・36課)

【1】 大気中の水蒸気の変化

(1) **露・霜** 地面並に地表の物体が、夜間熱を輻射してその温度が降るときは、これ等に触るゝ空気も亦冷える。而してその温度が露点以下に降れば、水蒸気の一部は液化して地表又は地表上の物体の表面に附着する。これが即ち露である。露点 0°C 以下なれば水蒸気は直ちに氷結してこれ等の物体面に附着する。これが即ち霜である。

露・霜は (1)大気が日中多量の水蒸気を含む時。(2)晴れたる夜。(3)晝夜温度の差多き時。に多く生ずる。

(2) **霧** 暖くして濡れる空気が冷き空気に混じてその気温が露点以下に降れば、水蒸気の一部は小水滴となりて空中に表はれる。これが霧である。北海道の東岸、黄海、對島海峡等に生ずる濃霧は、暖流に伴ふ水分の多い暖き空気と、寒流に伴ふ温度の低い空気とが混合する結果である。

河川・池湖等の水面に近き多量の水蒸気を含んだ空気が、夜間放冷するときなどにも亦よく霧を生ずるものである。

(1) 晴夜は地熱の輻射が曇れる夜より多い。

(3) **雲** 水蒸気を含む空気が上昇すれば、⁽¹⁾断熱膨脹をするからその温度が降り、ために水蒸気の一部が小水滴又は小雪片となる。雲は多くはかくして生ずるものである。

又水蒸気を多量に含む空気が、地殻・山嶽等に觸れて冷却する時にも雲を生ずる。高山の上方又は中腹に生ずる雲は多くこの種のものである。

高所にある水蒸気を含む空気が、冷き空気に混じて気温降下する時にも亦雲を生ずる。

雲はその低きものは数百メートル、高きものは十キロメートル餘の高處に生ずる。その高きものは小雪片の集合で、低きものは多くは水滴の集合である。

かく雲が高處に生じて空中に浮遊するのは、空気の抵抗と上昇気流とに由るべきも、下層の気温が上層のそれよりも高く、此處に落下する雲が再び蒸発することも亦一因をなすのである。

(4) **雨・雲・霰** 雲をなす細き水滴が次第に成長し、且つ互に相合して益々その質量を増せば、遂に雨滴となりて落下する。これが即ち雨である。雲をなす小氷片が相集りて落ち來るものが雪である。この氷片と水滴とか相合したるものが落下の際寒冷なる気層を通り、氷結して落ち來るものが霰である。雨滴が落ち來る際氷結することがある。これが凍雨である。

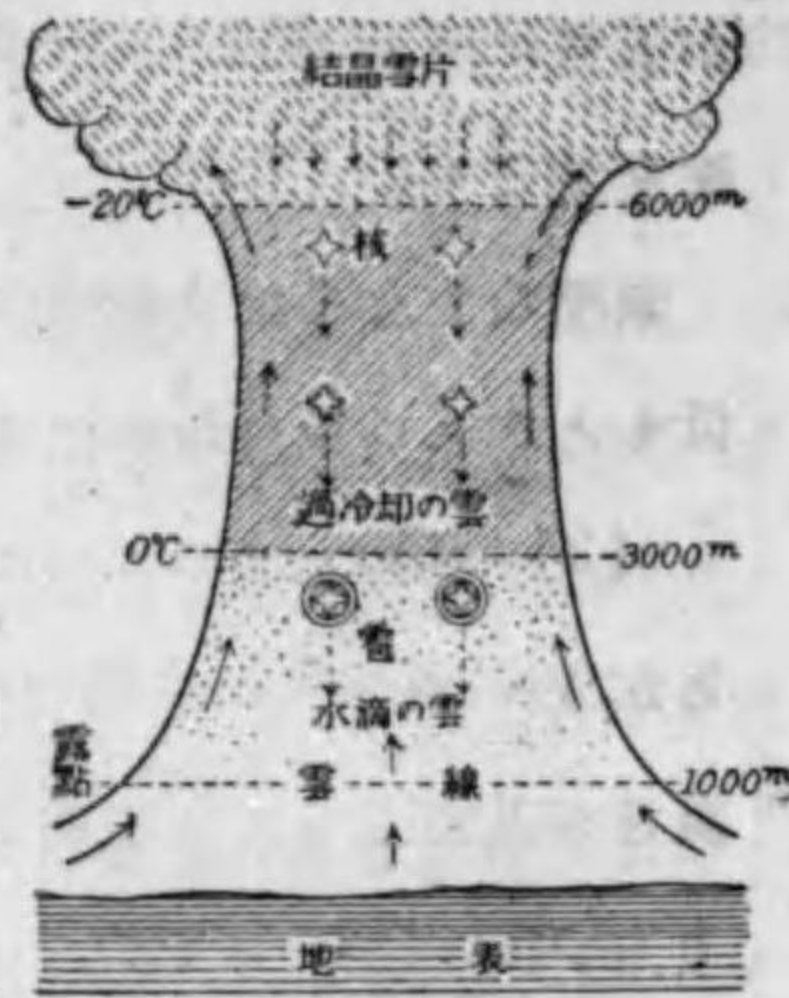
(5) **雹** 地表の或る一部が強い太陽熱を受ける時は、その空気は多量の水蒸気を含みて上昇し、ここに上昇気流を生ずる。この上昇気流は地表を離るゝに従つてその太さを變化するから、上昇の速度も亦これに従つて變化し、狭い部分程早く、時には $10^4\text{m}/\text{sec}$ の速度を有することもある。

かかる小旋風が 1000m 上りて気温が露点に下るとせば、此所に雲を生ずる。

(1) 氣體の外壓が減じたために外部より熱を得ることなくして膨脹すること、その場合には温度が下る。

尙上昇し 3000^m に至りて 0°C となり 6000^m に至り -20°C にも冷却され、更に尙上昇するものとせば、3000^m より 6000^m 迄の間の高空には、過冷却の状態にある雲を形成する。

それ以上に吹き上げられるものは、更に低温度となりて水滴は結氷し、この氷片が落下して過冷却の雲層内に入りて水滴に衝突すれば、この水分は氷片を核となし小気泡を含みてその表面に凍結し、以て雹の第一層をなす。更に落下して水滴の雲層内に入れば、雲の水分が又その上層に附着して透明に氷結し、かくて雹の第二層となる。このまゝ地表に落ち来る雹もあるが、再び上昇気流に巻き上げられ、益々発達して落下する雹もある。雹の大なるものは上層気界で、この上下運動を數回重ねて良く発達したものである。降雹の天候は多く雷を伴ふが、かかる天候の變動は雷と共に殆んど夏季に特有のものである。



霧の實驗

- (1) フラスコに水を取りて加熱し、水面より良く蒸發する様になりたる時加熱を止める。
- (2) 針金の先に少許の硫黄を付け、これに點火してこのフラスコ内に挿入する。然る時は水面に霧を生じ、それが次第に濃くなることを見る。



【2】 **大氣の壓力の變化** 大氣は海面上又はこれと同じ高さの處で約 76^{cm} の壓力を呈し、それより高處に至る程その壓力を減ずる。かく土地の高低

- (1) 水は狀況に由りて 0°C 以下にても結氷せずして液狀のまゝで冷却されることがある。この現象を過冷却といふ。
- (2) 小気泡を含む處は不透明にして白色となる。

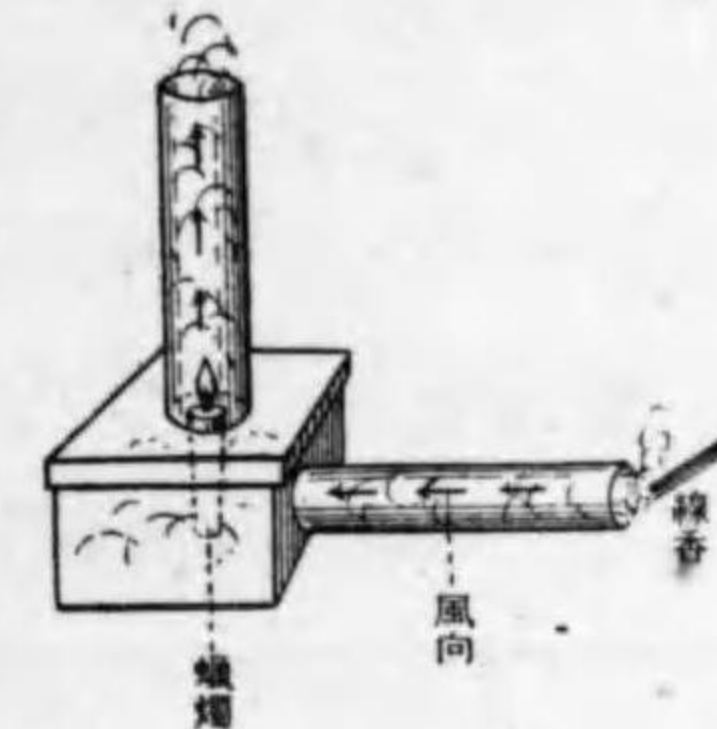
に由りて壓力を變ずるのみならず、同一の場處でも時々變化し、しかもこの變化が天候に至大の關係を有するから、各地の測候所では晴雨計に由りて精密に氣壓を測定する。

氣壓の大なる時は、氣壓高しとか又は高氣壓といひ、氣壓の小なる時は、氣壓低しとか又は低氣壓といふ。

【3】 **風** 大氣の流動する時これを風といふ。大氣は殆んど常に流動するが故に、地表上には風の絶ゆる時なく、只その速さに差異があるのみである。風速が甚だしく大ならぬときは、帆船を走らせ、風車を回轉せしめ、又は涼を取り、室内換氣をなさしむる等吾人がこれを利用することを得るも、風速が極めて大にして暴風となれば、激浪・怒濤を生じて船舶を顛覆せしめ、又は砂塵を捲き上げ、或は家屋を破壊する等恐るべき結果を見ることがある。

風とその實驗

- (1) 蓋と側面とに太硝子管を挿入せる箱を取り、その蓋の硝子管の眞下に當る底部に點火せる蠟燭を立てる。
- (2) 圖の如くして側方の管口に線香に點火して近附くれば、側管内には水平の氣流を、蓋の管内には垂直氣流の起ることを見る。

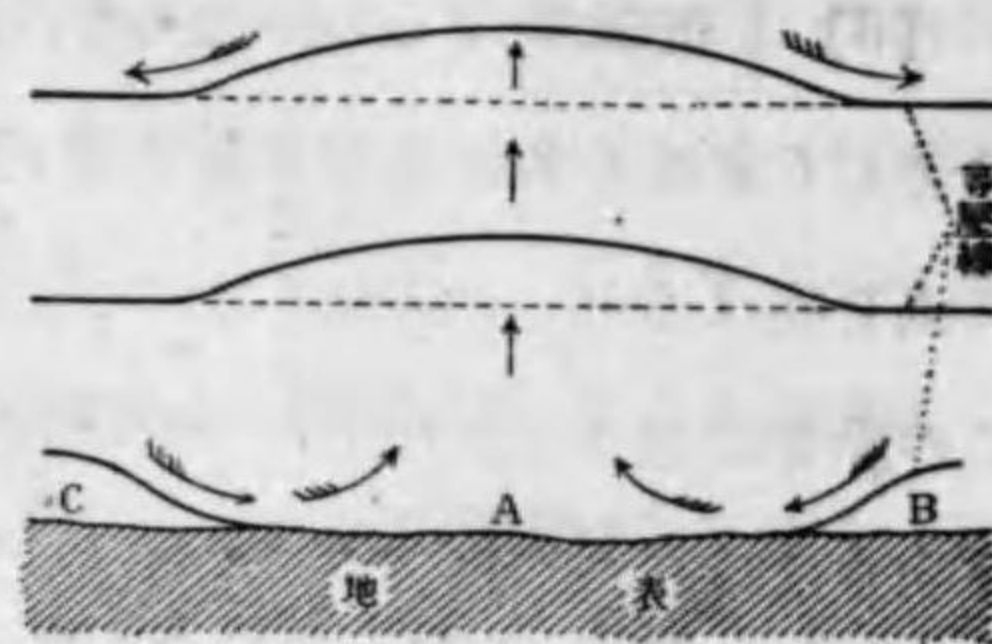


これ蓋の管内にある燭火上の空氣は熱せられて上昇するから、装置内の氣壓の釣合が破れて茲に氣流を生ずるのである。風はこれと同様に氣壓の平衡が破れる時に起るもので、その原因は地表に於ける氣温の配布が異なることによる。

今地表上の A 點が他の部分より温度高まりたりとせんか。其處に接する空氣は膨脹するから、等壓面は實線にて示すが如く隆起する。然る時は上層に於

- (1) 等壓面とは氣壓の等しい處を連れて得られる面である。

ては等圧面の傾斜に従つて矢の向きの氣流を生じ、ために地表上B,C等の部分は壓力を増して等圧面は内方に傾き、B,C等よりAに向ふ氣流を生ずる。この結果として氣層の各部には矢の向きの氣流を生じて一大對流を起す。この對流はA部の氣



温がその周圍より高い間は反覆せられて風は繼續する。されば風は氣壓の向き方より低き方に向つて吹くのである。

【4】 **氣壓の傾度と風速** 等圧面と地表との交りを⁽¹⁾等壓線といふ。或る等壓線上の地點と他の等壓線上の地點との間には氣壓の差がある。この差が風を起す力である。等壓線に直交する方向に、單位の距離の氣壓の變化をその⁽²⁾傾度といふ。されば風を起す力は氣壓の傾度の方向即ち等壓線に直角の方向に作用するもので、その傾度の大きなる程風速は増加すること、恰も流水の速度が河床の傾斜急なる程大なることと同一である。しかし地表には樹木・家屋等の如き抵抗物が多いから、風速は従つてこれ等の物體のために減殺される。

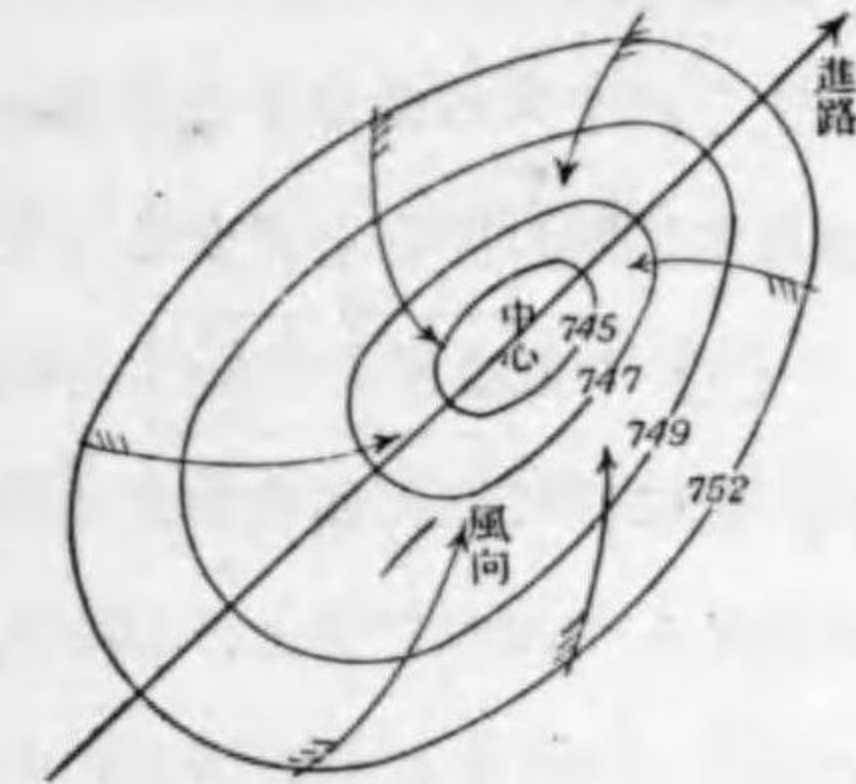
【5】 **風速と風の種類**

風速 m/sec	名稱	氣象學上の符號	作用
0-1.4	靜 穉	○	煙直上す
1.5-3.4	軟 風	○—|	風のあるとを感ずる
3.5-5.9	和 風	○—||	樹の葉を動かす
6.0-9.9	疾 風	○—|||	樹の枝を動かす
10.0-14.9	強 風	○—||||	樹の大枝を動かす
15.0-28.9	烈 風	○—|||||	樹の大幹を動かす
29.0-	颶 風	○—|||||	木を抜き家を倒す

(1) 等壓線上の各地の氣壓は等しい。
 (2) 傾度に於ける單位の距離は赤道に於ける緯度1°の長さである。

【6】 **低氣壓** 各地の氣象觀測の結果を綜合して天氣圖を作れば、時には著しく氣壓の低き地方ありて、風は四方より此處に向ひ、恰もその場處の周圍に渦を卷けるが如き氣流をなすことがある。

この際等壓線は天氣圖上に大約楕圓形をなし、風向きは時計の針と反對である。この渦動氣流の区域内はその周圍よりも氣壓が低いから、これを**低氣壓**といふ。低氣壓内の最も氣壓の低い所を低氣壓の中心といひ、中心の氣壓を以てその程度を表はす。



低氣壓の中心に向ふ氣流は地球自轉の影響を受け、等壓線に直交せずして北半球では常に少しく左に傾く左巻きの渦動である。而してその區域は小なるものでも、直徑20^{k.m}—25^{k.m}で、大なるものになると實に500^{k.m}—1000^{k.m}ともなるが、その高さは大約8^{k.m}—15^{k.m}で、廣さに較べて薄いものである。かゝる低氣壓は概ね一定の方向を取り、急行列車より以上の速さで進むのが通例である。その中心の氣壓が次第に上る時は低氣壓が「填る」とか又は「衰弱する」とかいひ、中心の氣壓が次第に減ずるときは低氣壓が「發達する」といふ。

【7】 **二種の低氣壓** 低氣壓はその成因に従つて**熱帯低氣壓**と**温帯低氣壓**との二つに分ける。熱帯低氣壓は低緯度の地方に發生し、多くは猛烈にして等壓線は圓形をなす。夏季八・九月の頃本邦に襲來する颱風は即ちこれである。温帯低氣壓は冬季高緯度の地方に發生し、等壓線は楕圓形をなすことが多い。冬季シベリヤ又は北清地方より襲來するものは即ちこれである。

【8】 **バイスパロツトの法則** 低氣壓の通過する地方では、その風向は次第に變化し、低氣壓が近附くに従つて氣壓は降り、遠ざかるに従つて氣壓が高まる。この風向と氣壓の變化とによりて低氣壓の移動する有様を知ることが

出来る。而して風向と氣壓の低い方との間には、次の關係がある。即ち

北半球に於ては風は常にその進路を右に變ずる。人が風を背に受けて立つとき、低氣壓の中心はその左前方にある。

之を**バイスバロツトの法則**といふ。航海業者はこれに基き、低氣壓の中心をさけて暴風の災害を免かるゝことがある。

【9】 **低氣壓と天候** 低氣壓は多く風雨を伴つて進行する。殊にその前面左側に於ては天候は險惡に陥り、氣温はその周圍の他の部分よりも高く、東南風強くして雨雪を伴ふ。後面左側に於ては北西の風吹き荒みて氣温低く、氣壓の上昇すると共に雲は次第に消散して天候は回復する。されば颱風襲來の際風向が東南なる間は天候益々惡く、低氣壓の近附くことを示し、風向が西より北に廻れば、低氣壓の中心が漸次遠ざかりて天候もやがて回復することを示す。

【10】 **高氣壓** 天候圖を作る時は、氣壓の高い部分があつて風は其處より吹き出してその周りを渦を卷くことを示す地方がある。かゝる渦流を高氣壓といひ、その中心は周圍よりも氣壓が高い。高氣壓は低氣壓と異り、氣壓の傾度は緩で、風速も亦弱い。

高氣壓は移動することもあるが、多くは久しく一箇處に止り、雲なくして概ね天氣は良好である。

【11】 **天氣の變化** 氣壓・風・氣温・濕度・雨・雪・雲量等を**氣象要素**といひ、これ等の集合によりて現出する氣界の状態を**天氣**といふ。これ等の要素は互に關連して時々刻々變化するから、天氣も亦それに従つて變化する。さればこれ等の氣象要素を觀測することに由つて、次の天候を豫知することが出来る。これが即ち**天氣豫報**である。

【12】 **天氣豫報** 天候を豫知することは日常生活に頗る必要のことであるが、天候に直接關係ある生業を營むものに対しては、特に重要である。又漁

獵・航海業者等海上生活を營むものは、暴風等も豫知してその災害より免かれることが出来る。かくの如くなるが故に文明諸國では何れも大仕懸の操作によりて天候を測り、以つて天氣豫報を發して居る。

(1) **氣象電報** 全國各地に設置せらるゝ多數の測候所に於ては、毎日3回宛時を定めて氣象要素を觀測し、これを中央氣象臺に電信にて報告する。これを**氣象電報**といふ。嘗に陸地の測候所よりのみならず、航海中の船舶等よりも無線電信に由りて氣象觀測の結果と船の位置とを報告する。これ出来得る限り廣い地域の氣象を觀測することが、豫報をより確實ならしむるからである。

(2) **天氣圖** 中央氣象臺では、各地測候所よりの氣象電報に基き、その氣象要素を各觀測地に相當する地圖上に記入して、同一時刻に於ける全國各地の天氣模様を一目で分るやうに圖を作製する。これが所謂**天氣圖**である。この天氣圖には實線で等壓線を、赤の點線で等温線を、矢とその羽根の數によりて風向・風速・晴・曇等が示される。

かくして作製された天氣圖に由りて現在の天候を知り、將に來らんとする天候を豫察判定してその結果を各測候所に電報する。これが全國の**天氣豫報**である。各地測候所に於ては更にその地方に於ける氣象要素を加へ、以つてその地方の**天氣豫報**を發する。これが**地方天氣豫報**である。

第十一章 熱の移り方

要旨 熱が一の物より他の物に移る時、その移り方に種々あることを知らしむ。

教授事項 1. 傳導。2. 對流。3. 輻射。 (尋六・24課)

【1】 熱の傳導 火箸の一端を持ち、その先端を炭火の中に挿入すれば、暫にして手に溫熱を感じる。これ炭火の熱が火箸に傳はり、それが手に達するからである。

熱が物體を経て溫度の高い方から低い方に移り行くことを傳導をいふ。

熱傳導の割合 (銀を100とす)			
物質	傳導の割合	物質	傳導の割合
銀	100	鉛	8.5
銅	74	洋銀	6.3
金	53	水銀	1.35
真鍮	27	氷	0.21
錫	15	硝子	0.046
鐵	12	ゴム	0.024

表から見る通り、物質によりて熱の傳導に遲速がある。銀・銅その他の金屬は一般に良導體で良く熱を傳導するが、硝子・ゴム等は熱を傳導することが遅く、木材・毛羽・布片等は何れも不良導體で熱をよく傳導せぬものである。

液體は一般に不良導體であるが、氣體はより以上の不良導體である。精密な實驗の結果によれば、水の傳導度は銀のその約 $\frac{1}{1200}$ で、空氣の傳導度は更にその $\frac{1}{25}$ よりも小である。

【2】 不良導體利用の實例 火箸・十能の柄に木材を用ひ、又は籐を巻く

が如き、或は熱い器物を持つに布片又は紙片を使用するが如き、何れもこれ等の物が熱の不良導體なることを利用するのである。

衣服材料に木綿・絹又は毛織類を用ひ、綿入れを着し、又は重ね着をなすが如き、或は冬季飯櫃を藁の容器に入るゝか又は毛布等にて包むが如き、或は水道鉛管又は植木等を藁にて包むが如き、或は氷を鋸屑中に貯へるが如き、或は冬期庭に落葉を撒布するが如き、或は居室の周圍を二重障子にするが如きは、何れも皆それ等の物質が不良導體なる上に、その間に多くの空氣を包含するがために、熱の放散を防ぎ、或は體温・飯等の溫度を保持し、或は外部の熱を遮斷して氷等を長く貯ふることが出来るためである。

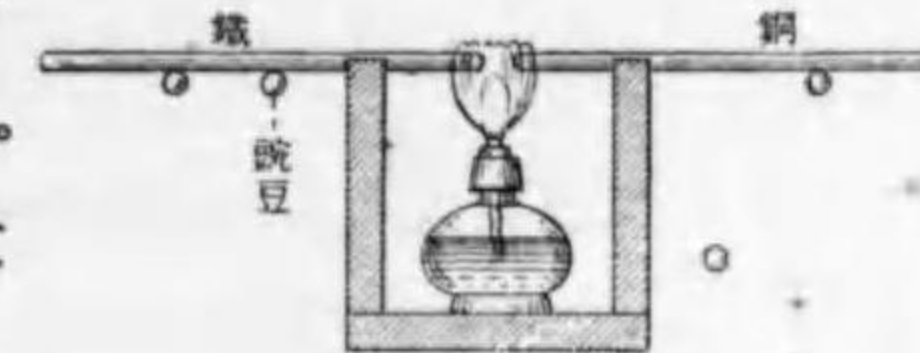
熱傳導の實驗

(1) 同じ太さ、同じ長さの銅と鐵とを取り、その各一端より等距離の點に蠟を用ひて豌豆を付け、圖の如く裝置し

これを加熱して起る變化を観察する。

然る時は熱は兩方の棒に傳導して蠟をとかすから豌豆は順次に落ちる。

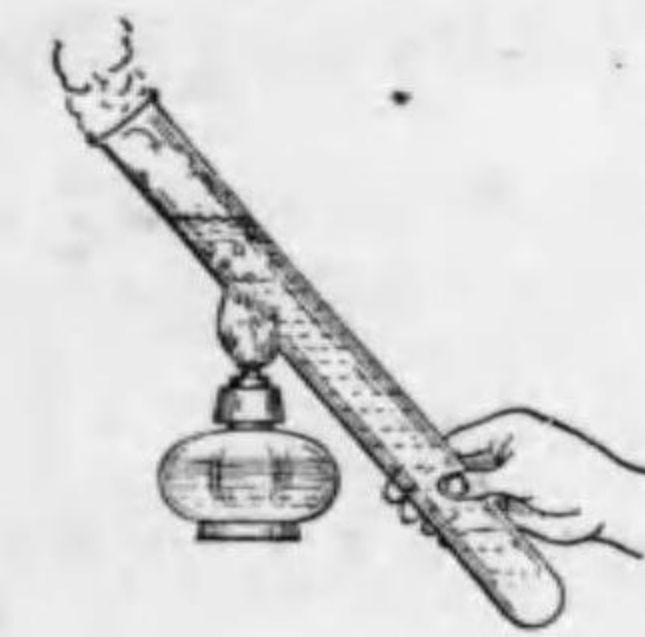
而して加熱さるゝ端より等しい距離の豌豆では銅の方が早く落ちる。由りて熱の傳導が物によりて遲速あることを知る。



(2) 一端を螺旋狀に捲いた銅線にて燭火を覆へば、焰はなくなる。しかし螺旋の上方に點火すれば、焰は再び螺旋の上

のみに上る。これ銅が燭の燃焼に必要な熱を奪ふからである。

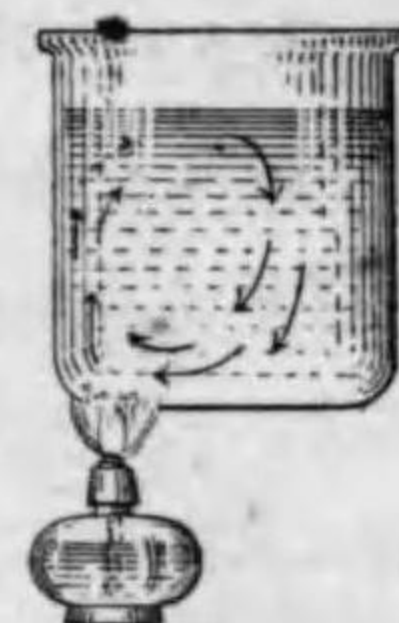
デビーの安全燈等はこの理を應用したものである。



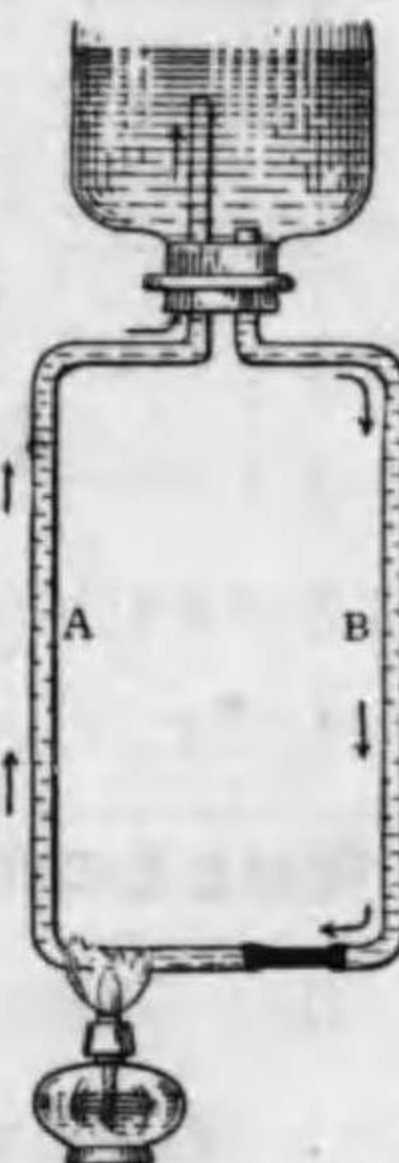
- (3) 試験管に水を入れてその下部を持ち、管を少しく傾けて水の上部を加熱する時は、上部の水は沸騰しても、下部の水の温度は殆んど変化せぬ。由りて水は熱の不良導體なることを知る。

水の対流とその実験

- (1) ビーカーに水を入れ、これに少許の鋸屑を混じて圖の如く底の一部を加熱する。然る時は鋸屑は矢の様に水中を運動して水が対流することを示す。



- (2) 又無底罎の口に嵌めたるコルクに、圖の如き曲管を挿入せる装置を取り、これに水を入れて圖の如き部分を加熱する。然る時は管内の水は矢の向きに循環することを見る。



これ水は不良導體なるを以つて、これを熱すれば熱源に接する水のみが熱せられて膨脹し密度を減じて上昇するから、周囲の冷かにして密度大なる水が此處に向つて流れ込み、更に熱を受けて上昇し、漸次この操作を續行してその温度が次第に昇るのである。この例に見る如く流體が熱のために密度の大なる部分と小なる部分とを生じ、ためにその内部に循環運動を起し、かくして熱の播がることを対流といふ。

風呂の湯が上部より沸くこと、熱き風呂に入りて身體を動かすとき益々熱く感ずる等の事實は、水が不良導體にして対流に由りて熱の播ることを示す一例である。

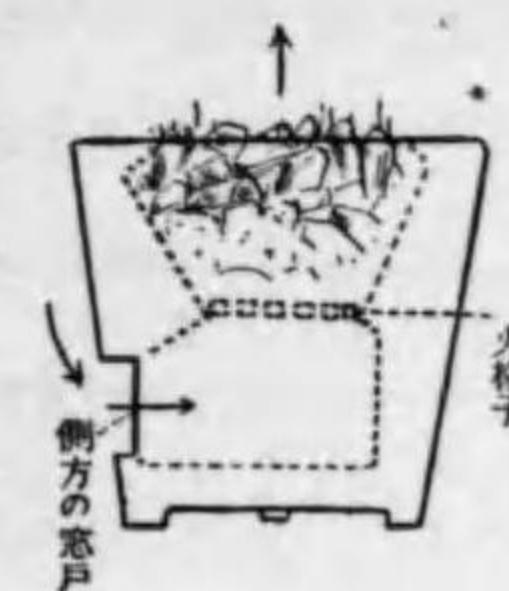
水と同じく氣體も亦對流を生じ、これに由りて熱がその各部分に播かるものである。(第十章参照)

- 【3】 **對流の利用** 火鉢・ランプ等ではその側方よりも上方に手を置く

方温熱を強く感ずること。火を燃す時その焰及び煙は上昇し、同時に側方下部より空氣の流れ來ること等の事實は、氣體内の對流を示す一例である。

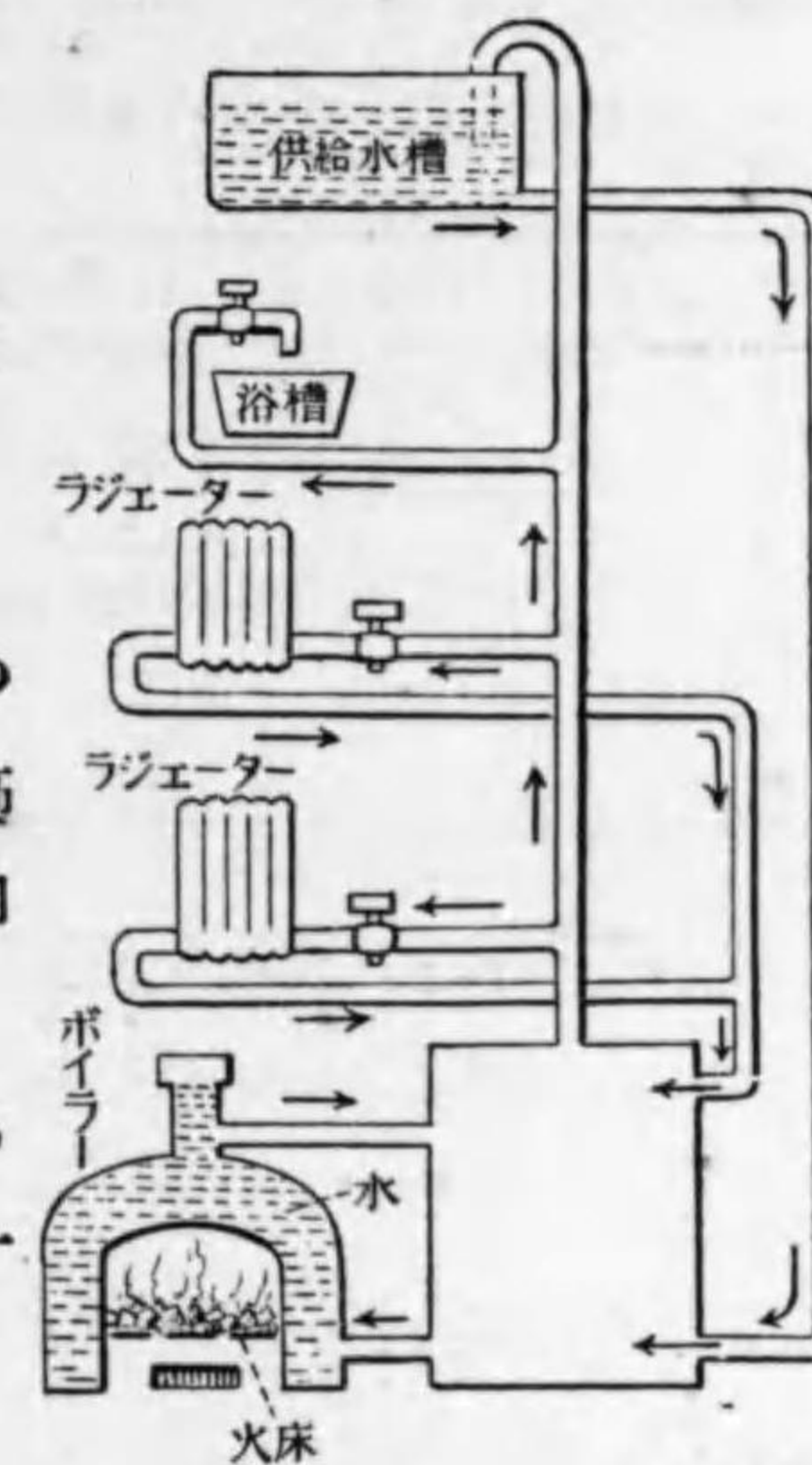
その他室の境に立てた戸障子の隙間等に著しき氣流の起ること。火事場に風の起ること等は、何れも氣温の不平等によりて生ずる空氣の對流である。

又ランプにホヤを用ひ、竈・ストーブに煙突を附けること。炭火を起すによく積み上ぐること。コンロ・七輪の火床に火格子を設け且つ



その側方に戸窓を設くること。室内換氣のために窓の上下を開くこと。工場等にて高い煙突を立つること等は何れも對流を利用せるものである。

温水暖房・蒸氣暖房・熱空氣暖房装置等も亦對流を利用せるものである。圖はその一例を示す。



輻射とその実験

- (1) 湯沸しに熱湯を入れてこれを吊し、その底部に近く手を置けば、直ちに熱を感ずる。
 (2) 次で湯沸しと手との間に厚紙を挿入する。然る時はこれと同時に熱を感ぜぬやうになる。



空氣は熱の不良導體であるから、この場合に手に受けた熱は空氣によつて傳導したのでもなければ、又對流に由つたのでもなく、全く空氣には關係なしに湯沸しから直接に手に來たもの



である。かく熱が中間の物体に由らずして熱源より發射して他方に播ることを輻射といひ、かくして播る熱を輻射熱といふ。太陽よりの熱は輻射熱であること。輻射熱は物体に吸収されて始めてその温度を昇すものであること等は第九章に記した處である。又ストーブ等によりて暖房せらるゝのは、一には空氣の對流に由るのであるが、又その表面から發射する輻射熱にも由るのである。(第九章輻射熱の項参照)

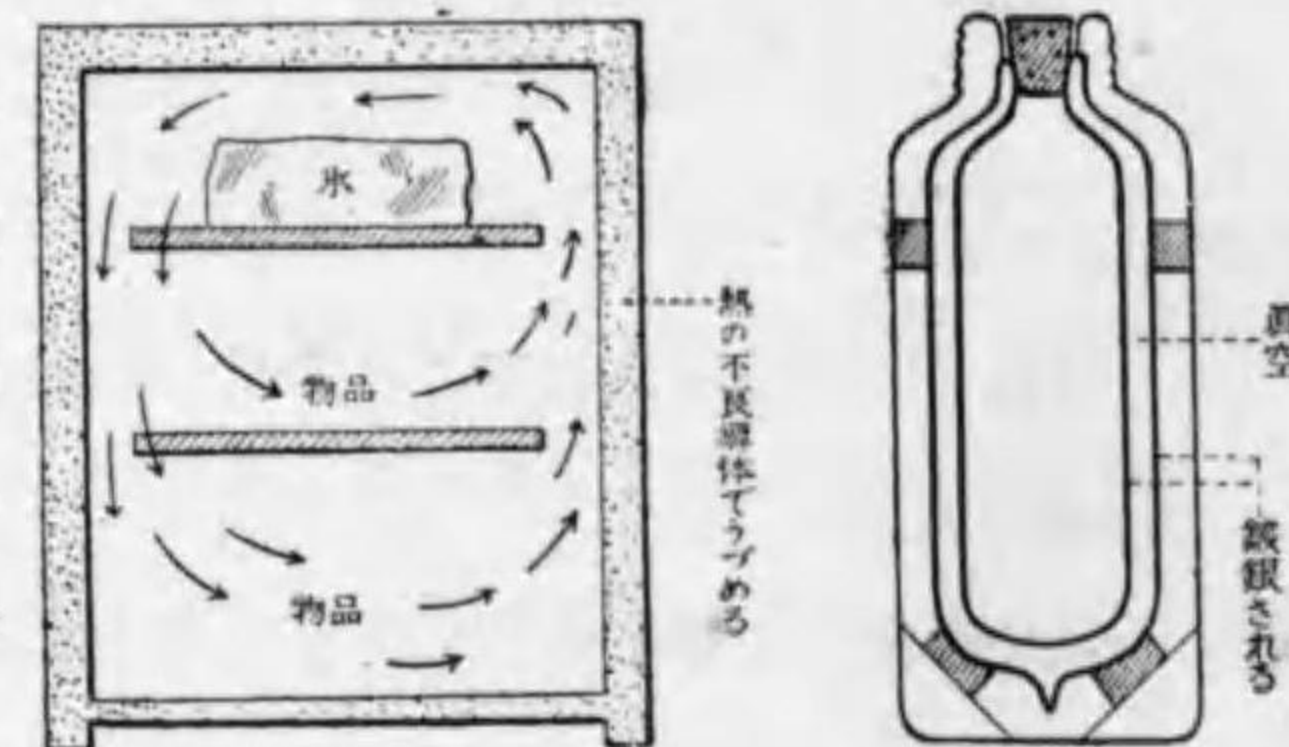
熱の播り方	温度の差	媒質の有無	速さ	播り方
傳導	高温度より低温度の方へ	媒質を要す	徐々に進行	媒質各部を順次に加熱しつゝ低温度の方へ
對流	同上	流體の媒質を要す	同上	對流を起した熱が媒質と共に移動する
輻射	同上	媒質を要せず	光と同一の速さ	中間の物に關係なしに直進し影を作る

【4】 **冷蔵箱** 冷蔵箱は圖の如き構造のもので、箱の周壁は二重になりその間に石綿・鋸屑等の不導體をうづめ、かくして外部との熱を絶縁するやうにしてある。

氷に由りて冷された空氣は矢の向きに對流を起して品物を冷却し、同時に自身は温められて上昇する。かくて箱内のものが全部氷と同温度に達するまでは、箱内に對流が行はれ

る。熱の絶縁が理想的に完全なる場合には、氷は箱内のものが全部 0°C となる迄はとけるも、箱を開かざる限り氷はそれ以上融けぬものである。

【5】 **魔法罎** 魔法罎は二重の壁を有し、その間は眞空で、且つ兩壁の面



は鍍銀して傳導・對流及び輻射による熱の移動を防ぐやうに造られてあるから、熱の絶縁が稍完全である。従つて罎内に湯の如きものを容るれば、長くその熱を保持して冷ゆることなく、又アイスクリーム等を容るれば、融けずに長く保存することが出来る。

第十二章 槌子・秤

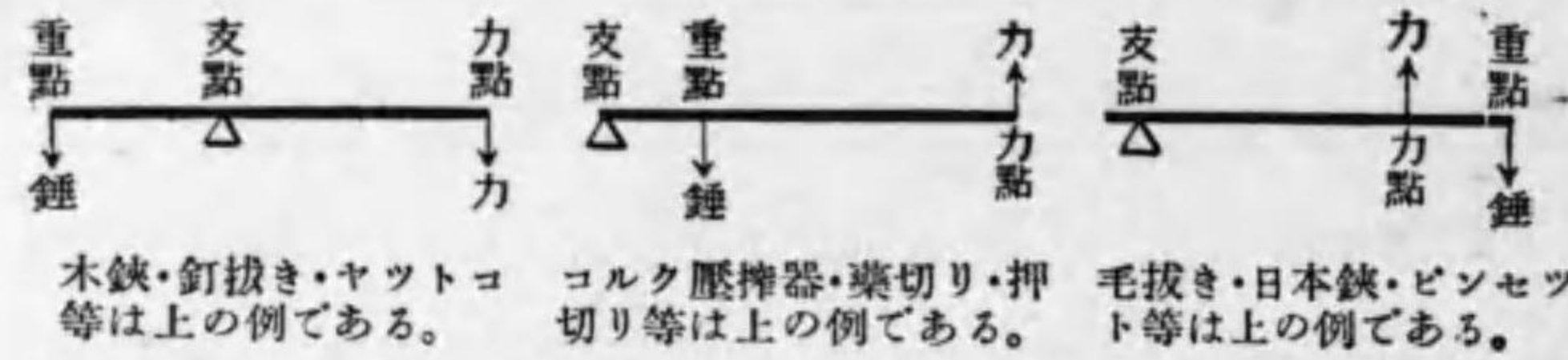
要旨 槌子の釣合及びその應用に就て教ふ。

教授事項 1. 二力が支點の兩側に働く槌子。2. 二力が支點の同じ側に働く槌子。3. 應用。 (尋五・46課)

要旨 槌子の應用なる天秤及び桿秤の構造用途を教ふ。

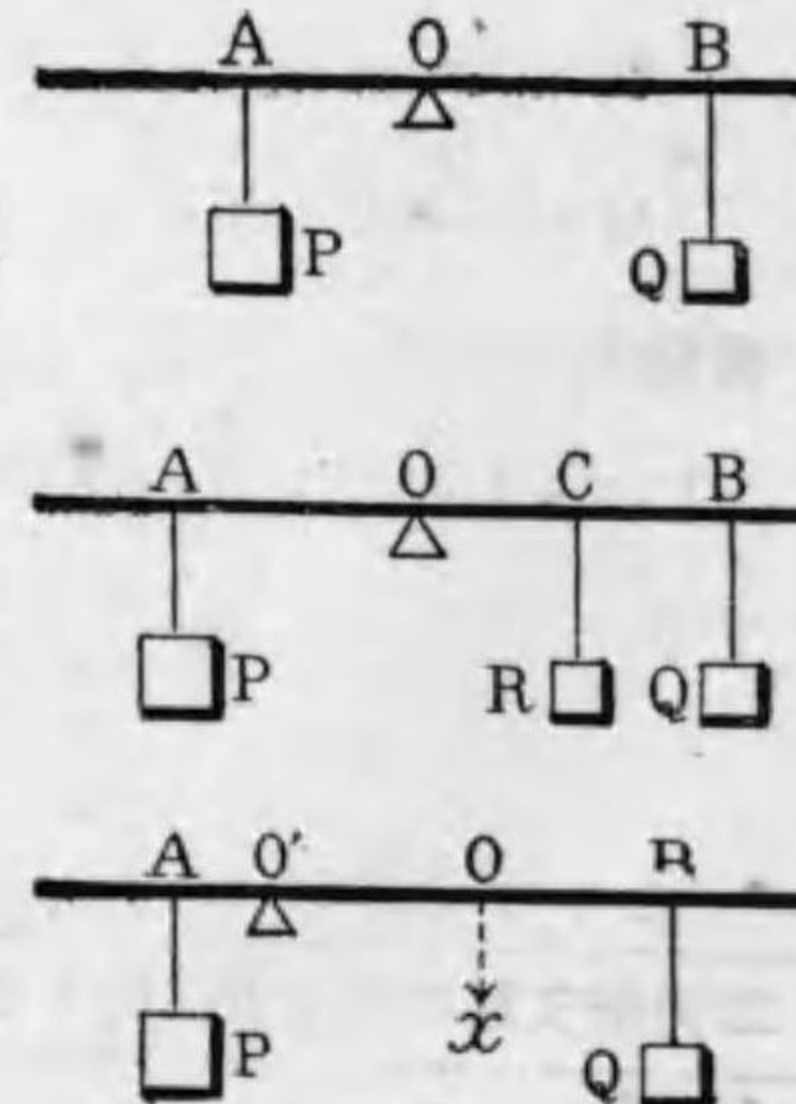
教授事項 1. 天秤の構造。2. 天秤の用途。3. 桿秤。 (尋五・47課)

[1] **槌子とその三種** 槌子は一點の周りに自由に廻轉し得る棒で、力の作用點の位置によりて圖の如く三通りに區別することが出来る。



支點の兩側に力の働く槌子の實驗

- (1) 槌子の一點Oを支へて釣り合はしめ、そのO點に標を附ける。
- (2) O點の右側に錘Qを、左側に錘Pを吊して槌子を釣り合はしめ、OB, OAの長さ l^m 及び l'^m を読み、次でQ及びPを秤量する。
- (3) P, Qを加減して同様の實驗を2回繰り返し、その度毎に錘を秤量し、且つ支點Oと力の作用點との長さを読む。



- (4) 次に支點の右側に錘Q及びRを吊し、左側にPを吊して釣合はせ、Rを秤量し、且つOA, OB, OCの長さを読む。
- (5) 支點をO'に変更し、圖の如くして釣合せ、O'A, OO'及びOB'の長さを読む。
- (6) これ等實測の結果を表に記入し、各の力の支點に関する能率を比較し、且つ槌子の質量 M^{gr} と x とを比較する。

左側		右側	
$P^{gr} =$	OA =	$P \times OA =$	
$P_1^{gr} =$	OA ₁ =	$P_1 \times OA_1 =$	
$P_2^{gr} =$	OA ₂ =	$P_2 \times OA_2 =$	
右側		左側	
$Q^{gr} =$	OB =	$Q \times OB =$	
$Q_1^{gr} =$	OB ₁ =	$Q_1 \times OB_1 =$	
$Q_2^{gr} =$	OB ₂ =	$Q_2 \times OB_2 =$	

實驗(4)の結果

$$P \times OA =$$

$$Q \times OB + R \times OC =$$

實驗(5)の結果

$P \times O'A = Q \times O'B + x \times OO'$ なる關係から x を求め、これと M^{gr} とを比較する。

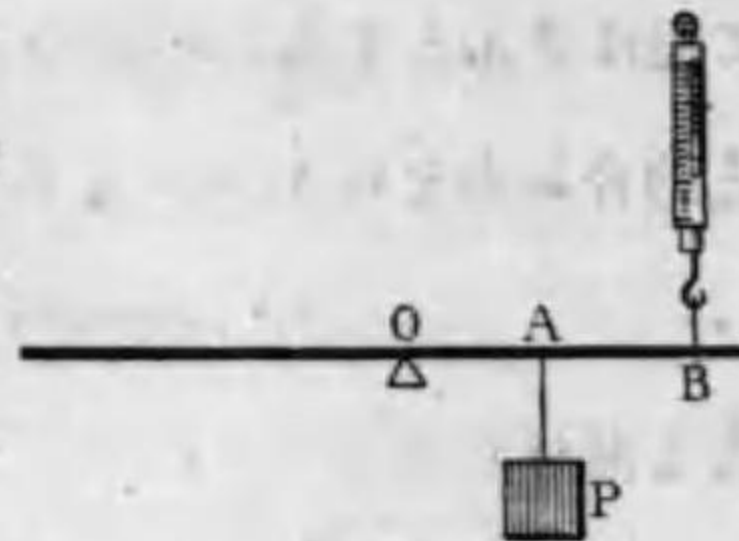
$$x =$$

$$M =$$

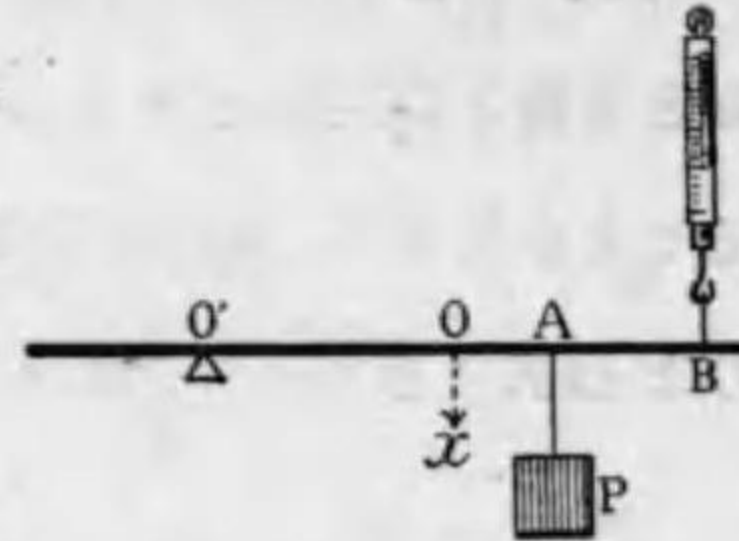
二力が支點の同じ側に働く槌子の實驗

- (1) 槌子を一點Oで支へて釣合せ、前の如くOに標を附ける。

(2) A 點に錘 P を吊し、これと B 點に於けるゼンマイ秤とを釣合せ、その伸び Q^{gr} 及び OA, OB の長さを讀む。P の位置をかへて同様の實驗を更に 2 回繰り返し、その度毎に OA, OB の長さ及び秤の伸びを讀む。



(3) 支點を O' に更へ、圖の如くして再び槌子を釣合せて又 OO', O'B, O'A 及び秤の伸びを讀む。



(4) 實測の結果を表に記入し、各の力の支點に關する能率を比較し、且つ槌子の質量 M^{gr} と x とを比較する。

第一回	$P^{gr} =$	OA =	$P \times OA =$
	$Q^{gr} =$	OB =	$Q \times OB =$
第二回	$P_1^{gr} =$	OA ₁ =	$P_1 \times OA_1 =$
	$Q_1^{gr} =$	OB ₁ =	$Q_1 \times OB_1 =$
第三回	$P_2^{gr} =$	OA ₂ =	$P_2 \times OA_2 =$
	$Q_2^{gr} =$	OB ₂ =	$Q_2 \times OB_2 =$

實驗 (3) の結果

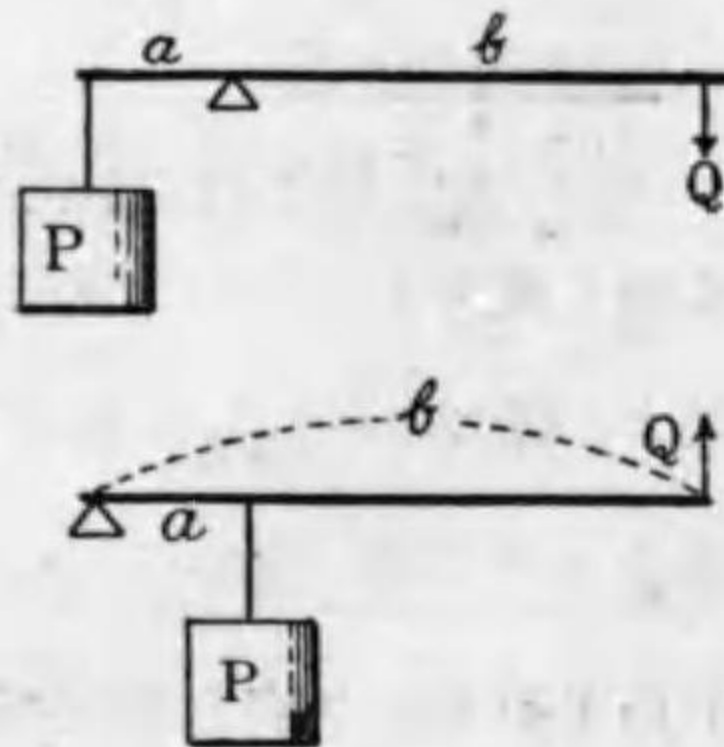
$$P \times O'A = Q \times O'B = M \times OO' =$$

$$P \times O'A + M \times OO' \text{ と } Q \times O'B \text{ と}$$

を比較する。

更に $P \times O'A + x \times OO' = Q \times O'B$ より x を求め、これと M とを比較する。

これ等の實驗から、槌子では力が支點の兩側に働いても亦同じ側に働いても、それ等が槌子を反對の向き



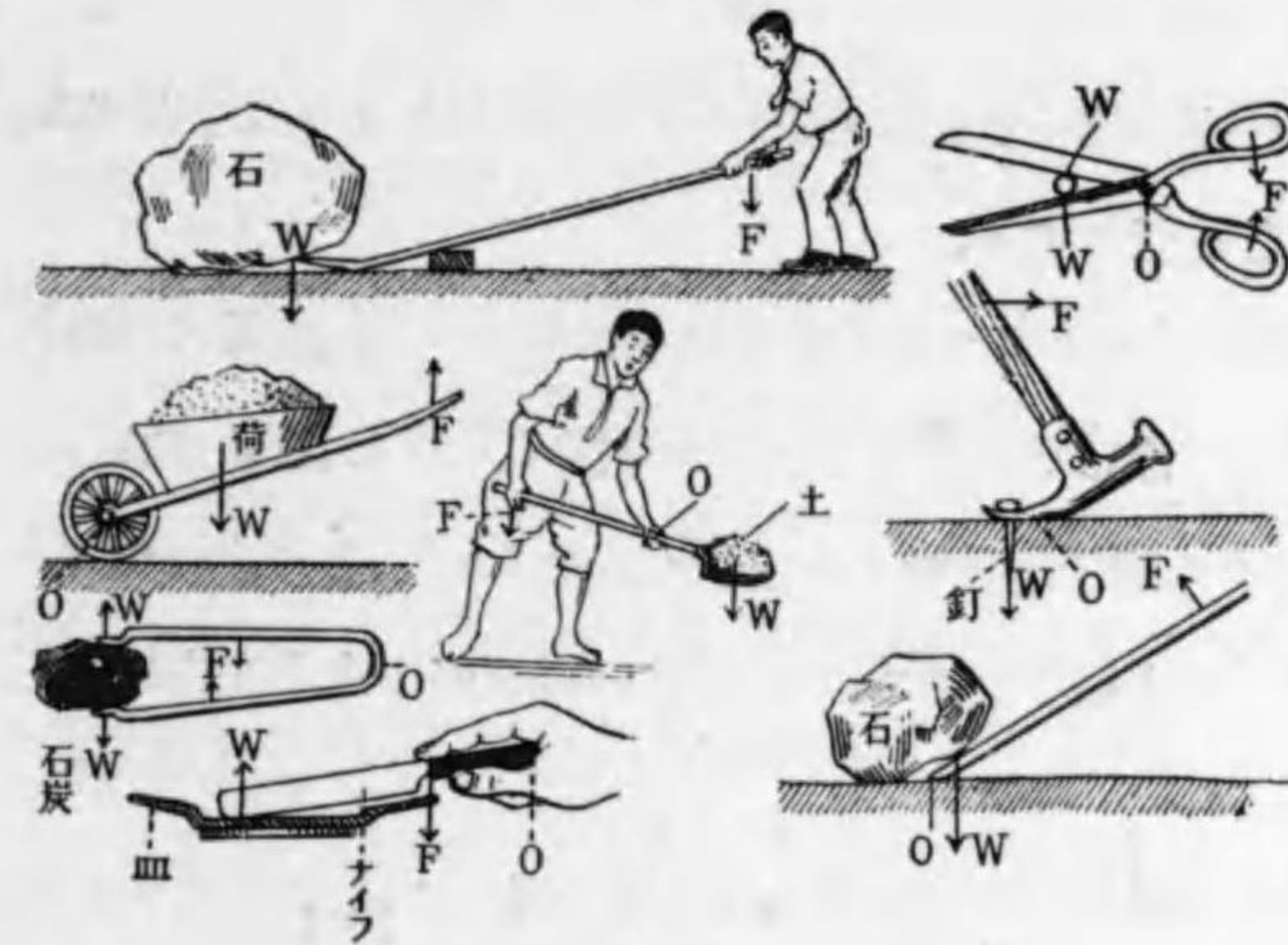
に廻はさんとする能率が等しい時に、常に釣合ふことを知る。即ち錘を P, それと釣合ふ力を Q, P 及び Q の作用點の支點よりの距離を夫々 a, b とすれば、

$$P \cdot a = Q \cdot b \quad \therefore Q = P \times \frac{a}{b}$$

なる關係が成立つ。由て槌子を用ふれば力を利することを知る。

【2】 槌子の應用

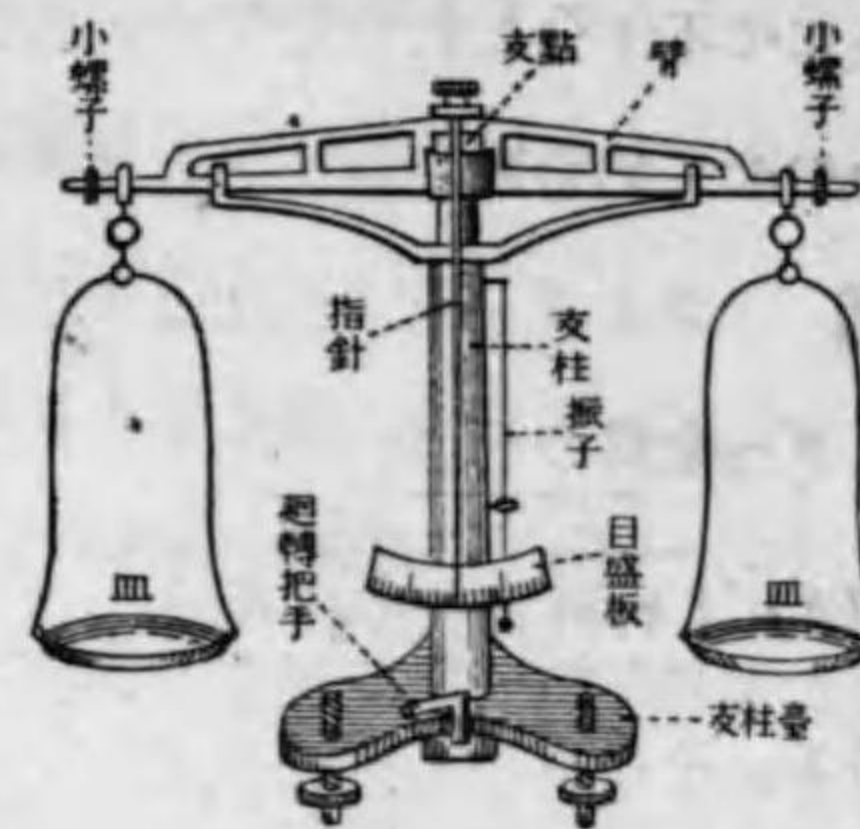
槌子は力を利するために廣く利用される。而して力點と支點との距離を長くし、支點と重點との距離を短かくする程多く力を利することが出来る。尙圖によりて槌子利用の實例二・三を示す。その O は支點、W 及び F は夫々重點及び力點を示すものである。



【3】 天秤とその使用法

天秤は槌子を應用せる器械で、物體と分銅とに働く重力を比較して物體の質量を測定するに使用される。圖はその大要を示す。臂の中央にはこれを横に貫く鋼製の双先あり、これによりて直立せる支柱の上面に臂が支へられる。この支點より等距離なる臂の兩端に質量の等しい皿を吊す。又臂の中央に指針を取りつけ、これと目盛板とによりて臂の僅かの傾きをも容易に見得るやうにしてある。

支點の双先は天秤の感じを良くするためであるから、これが磨滅を防ぐために、天秤を使用する時の外は、支點を支柱上に接觸せしめぬやう臂を支へるための特別の装置がある。



支柱の直立せることを検すために、通常支柱に振子をつけるか、又は支柱臺に泡準器が備へてある。

天秤の使用法

- (1) 支柱臺の螺子を廻はし、振子又は泡準器によりて支柱臺を水平にし、同時に支柱を鉛直にする。
- (2) 廻轉把手によりて双先を支柱上に來らしめ、指針が目盛板の中央を中心として左右に等しく振動するか否かを検す。若し指針が右に多く偏るやうなれば、右臂の小螺子を支點より遠ざくるやうにし、左に多く偏るやうなれば、左臂の小螺子を支點より遠ざけて、針が目盛板の中央を左右に等しく振る様に加減する。
- (3) 皿に物體及び分銅を載せ又は除く場合には、必ず把手を廻して、臂が動かぬやうにする。
- (4) 質量を測らんとする物體を左の皿に分銅を右の皿にのせ、把手を廻して指針の振動を見る。次で分銅を加減して指針が目盛板の中央を左右に等しく振動する様にし、その分銅の質量を読み取り、これを加算して物體の質量とする。
- (4) 分銅は常にピンセットにて取扱ふべきである。最初には物體よりも稍重いと思ふものをのせ、若しそれが重きに過ぐれば次の軽い分銅をのせ、それ

のみにて不十分なれば更に次の軽い分銅をのせる。かくして次第に小さい分銅をのせて釣合點を求めらるのである。

(5) ライダーを使用する天秤にありては最小の分銅を使用した後、順次ライダーを臂の目盛に添ふて左端より右端の方に進める。

【4】 桿秤とその使用法

桿秤も亦天秤と同じく物の質量を測る計量器である。その桿の取り緒は支點で、桿の一端にある皿(又は鈎)に物體をのせ、桿にかけた分銅を動かして物體と釣合せるのである。

桿秤の使用法

- (1) 上緒を取り分銅を0匁の點に置いて桿が釣合ふか否かを検する。
- (2) 皿に物體をのせて右手に取り緒を持ち、左手に桿と分銅の糸とを支持して秤と物體とを吊し、桿に添ふて分銅を動かし、以て桿を水平に釣合はす。
- (3) 桿が水平とならば、右手にて分銅の糸を緊く桿につけたまゝ秤を下げ、その糸の點にあたる目盛を讀めば、これが物體の質量を示す目盛である。

桿秤の目盛法 桿秤の鈎に物體Pを吊し、緒を取りてそれが釣合へる時の分銅の位置をB、分銅をQ、桿秤の重さをW、桿の重心をGとすれば

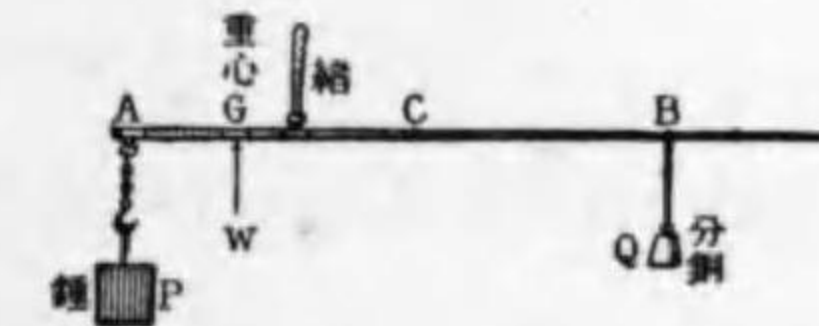
$$P \times AO + W \times GO = Q \times OB \dots\dots (0 \text{は緒の位置})$$

次にPを吊さずして分銅をCにかけて桿が釣合へるとすれば

$$W \times OG = Q \times OC$$

$$\therefore P \times AO = Q \times (OB - OC)$$

$$\therefore P = Q \times \frac{BC}{AO}$$



されば、 $Q=50$ 匁 Pを夫々100匁、200匁、300匁とすれば、BCの長さは夫々2AO、4AO、6AO、となりて、その比は1:2:3となる。従てC點を0匁とし、Pに10匁の物體を吊してB點を決定し、C點よりCBの長さに桿を等分すれば、

その各分点は夫々10匁, 20匁, 30匁……等の目盛となり, 更にその間を10等分すれば, 各分点は夫々1匁宛の目盛となる。

第十三章 輪軸と滑車

要旨 滑車及び輪軸に於ける力の釣合ひを教ふ。

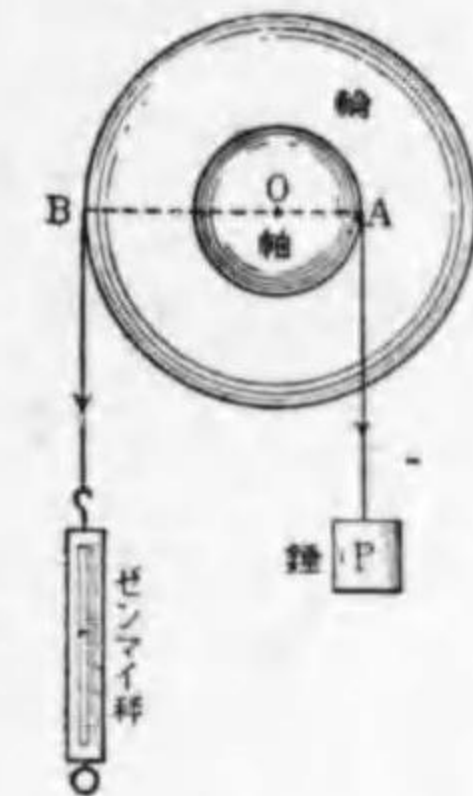
教授事項 1. 輪軸に於ける力の釣合。2. 應用。3. 定滑車。4. 動滑車。

5. 組合せたる滑車。 (高一・34・35課)

【1】 輪軸 自由に回轉し得る棒に圓板を固定したものを輪軸といふ。輪軸では棒と圓板とが逆に廻るやうに夫々に糸を巻く。小さい力で重いものを動かすには棒に巻ける糸に錘を懸け, 圓板に巻ける糸に力を働かしむればよい。輪軸によりて力を利する關係は, 槌子の理から容易に知ることが出来る。即ち軸の中心 O が支點に, 軸の一端 A と輪の一端 B とが夫々重點及び力點に相當する。従て $OA : OB$ を小ならしむる程, 多く力を利することが出来る。

輪軸の實驗

- (1) 軸及輪の糸に夫々錘及びゼンマイ秤を結びて圖の如く装置し, 兩者を釣合せたる後, ゼンマイ秤の伸びを讀みて力 Q^{cm} を測り, 次で錘 P を測定する。
- (2) 次に輪及び軸の半径 OB, OA , を測り, $P \times OA$ と $Q \times OB$ とを比較する。
- (3) 更に輪に結べる糸を l_1^{cm} だけ引き下げたとき, 錘 P が引き上げらるゝ l_2^{cm} を測定し, $OA : OB$ と $l_1 : l_2$ とを比較する。



$$OA = \quad \quad \quad l_1^{cm} =$$

$$OB = \quad \quad \quad l_2^{cm} =$$

(4) 力の輪軸にする仕事 $Q \times l_1$ と、輪軸の錘になす仕事 $P \times l$ とを比較する。

$$Q \times l_1 = P \times l =$$

$$Q_1 \times l_2 = P_2 \times l' =$$

これ等の実験から $P \times OA = Q \times OB$

$$\therefore Q = P \times \frac{OA}{OB}$$

又力が輪軸にする仕事は、輪軸が錘になす仕事に等しいことを知る。

彼の車地等は輪軸の應用で、重き物を捲き上げ又は重き物體を引き動かす時に使用される。

【2】 滑車 自由に回轉し得る車に糸をまとへるものを滑車といふ。定

滑車は力の方向を變ずるために、動滑車は力を利益するために使用される。

定滑車も動滑車も共に槌子の應用で、O はその支點、A 及び B は夫々重點及び力點と見做すことが出来る。従て錘 P と釣合ふ力を Q とすれば、定滑車では $P \times OA = Q \times OB$

即ち $P=Q$ 。かく定滑車では力の方向を變ずるのみで、少しも力を利益することは出来ぬ。然るに動滑車では

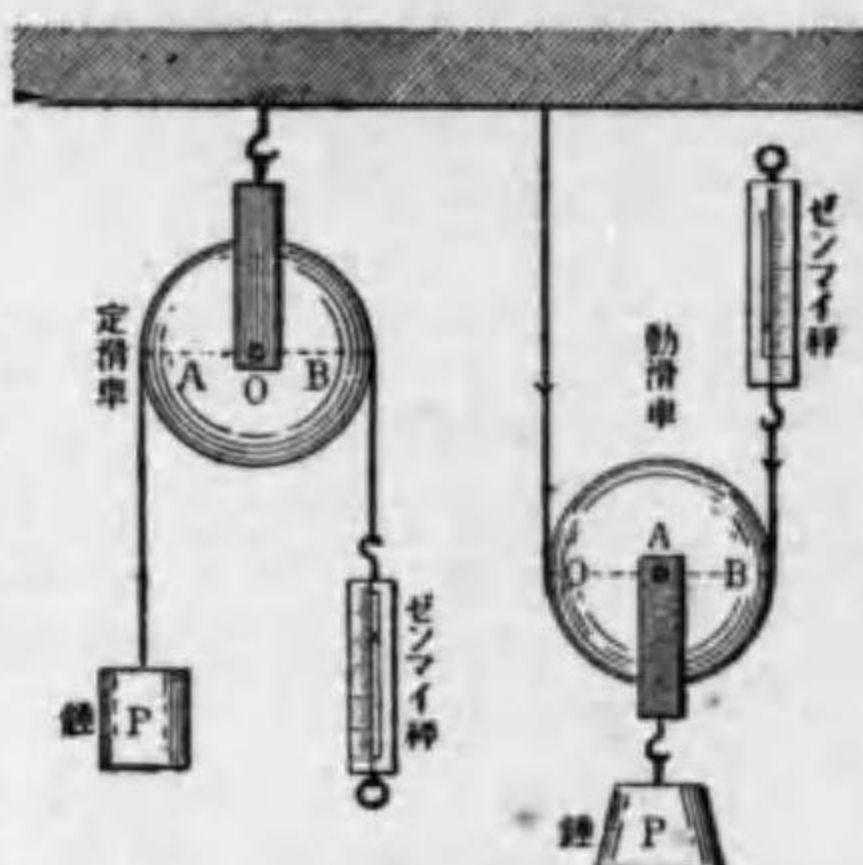
$$P \times OA = Q \times OB$$

而して $BO = 2OA$

$$\therefore Q = \frac{1}{2}P$$

かく動滑車では力を利益することが出来る。

滑車の實驗



(1) 定滑車にまとへる糸に錘 P^{gr} とゼンマイ秤とを結びて釣合せ、その伸びを讀みて P と釣合ふ力を求め、兩者を比較する。

(2) 動滑車の重さ M^{gr} を測り、これを圖の如く装置して錘 P^{gr} とゼンマイ秤とを釣合せ、その伸びを讀みて力 Q^{gr} を見出し、 $(P+M) \div Q$ の商を求める。

$$P^{gr} = Q^{gr} =$$

$$M^{gr} = (P+M) \div Q =$$

然る時は $Q \div \frac{1}{2}(P+M)$ なることを知る。

(3) 更にゼンマイ秤を結べる方の糸を引いて錘 P を引き上げる。この時糸を引く長さ l^{cm} と P の上る距離 l_1^{cm} とを測りて次の結果を求める。

$$P^{gr} = Q^{gr} =$$

$$M^{gr} = l^{cm} =$$

$$(P+M) \times l_1 = Q \times l =$$

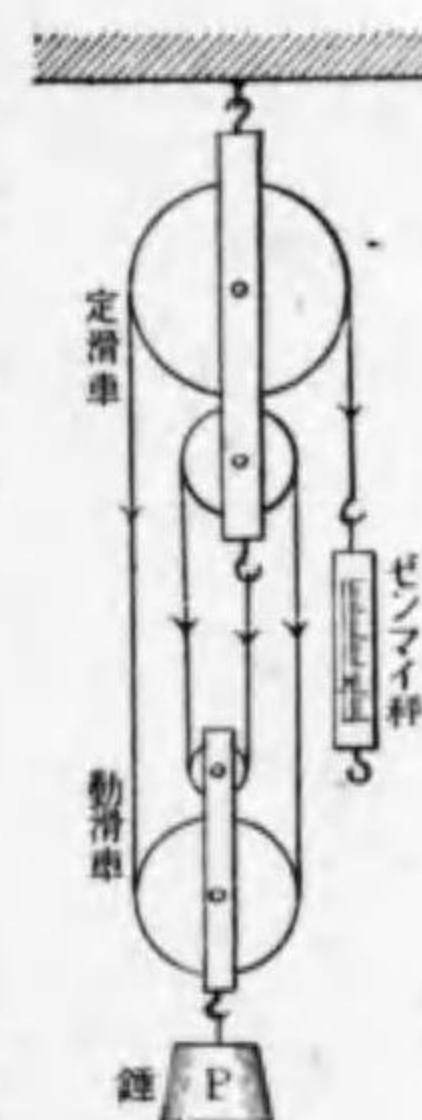
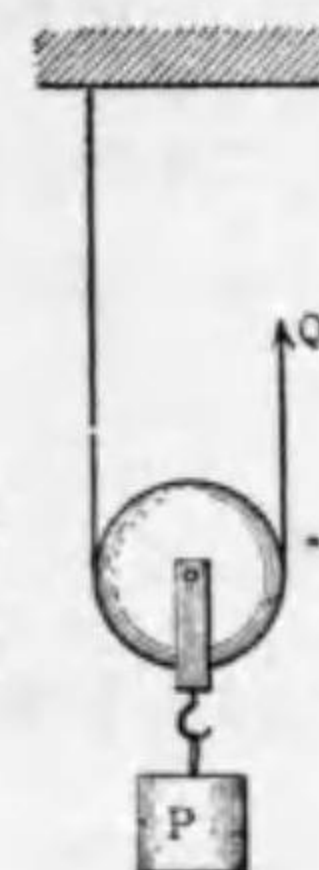
由つて滑車を用ふれば力を利するも、仕事は増減せぬことを知る。

(4) 更に圖の如く装置して錘と力とを釣合せ、ゼンマイの伸びより力 Q を讀み、且つ動滑車の重さ W^{gr} 及び錘 P^{gr} を測る。

$$P^{gr} = Q^{gr} =$$

$$W^{gr} = (P+W) \div Q =$$

かゝる滑車に由れば、錘に釣合ふ力はその $\frac{1}{4}$ 許りであることを知る。尙この装置でも仕事の原理は實驗される。



【3】 滑車の應用 滑車を使用すれば、力を利することを得るを以て、重き物体を高所に引き上げ又は引き下す時等に使用される。圖は多くこの目的に使用される微分滑車の一例である。今 P と釣合ふ Q にて鎖を $2\pi R$ だけ捲いて滑車を1回轉せしめたりとすれば、錘 P は $\pi(R-r)$ だけ引き上げられる。

従て力の滑車になす仕事は $Q \times 2\pi R$ 、滑車の錘になす仕事は $P \times \pi(R-r)$ で、この両者は等しいから

$$P \times \pi(R-r) = Q \times 2\pi R$$

$$\therefore Q = P \times \frac{(R-r)}{2R} = P \times \frac{R-r}{2R}$$

即ち $R-r$ を小さくすれば、非常に力を利することが出来る。



第十四章 斜面・螺旋・仕事

要旨 斜面に於ける力の釣合に就て教へ、その應用について知らしむ。

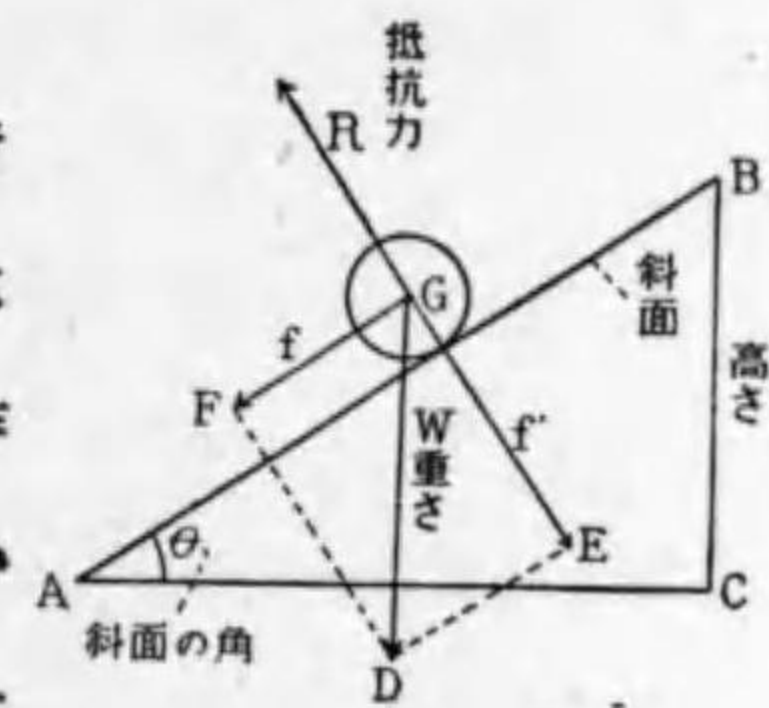
教授事項 1. 斜面に於ける力の釣合。2. 斜面の應用。3. 螺旋。(高一・36課)

要旨 仕事に就て教へ器械を用ひて仕事をなすとき器械のなす仕事の量は器械になせる仕事の量に等しきことを知らしむ。

教授事項 1. 仕事。2. 輪軸・滑車を用ひてなす仕事。3. 器械を用ふるも仕事の量を増さること。(高一・37課)

【1】 斜面 水平面と成る傾きをなす平面が斜面で、斜面も亦力を利するため用ひらるゝ一種の器械である。

今斜面上に物體を置き、その重さ W を斜面に平行なる力 f とこれに直交する f' とに分解すれば、 f は斜面よりの抵抗 R と釣合ふから、物體に f だけが作用することゝその結果が等しい。従て f に等しい力をこれと反方向に働かせば、物體を斜面上に支へ



ることが出来る。換言すれば斜面上で物體を釣合はすには、 F なる力を作用せしむればよい。然るに

$$\triangle ABC \sim \triangle DGF$$

$$\therefore f : W = BC : AB$$

$$\therefore f = W \times \frac{BC}{AB} = W \cdot \sin\theta$$

即ち物體を斜面上に支ふる力 = 物體の重さ \times $\frac{\text{高さ}}{\text{長さ}}$

従て斜面の長さに比してその高さの低い程、重い物體を小なる力にて上方に

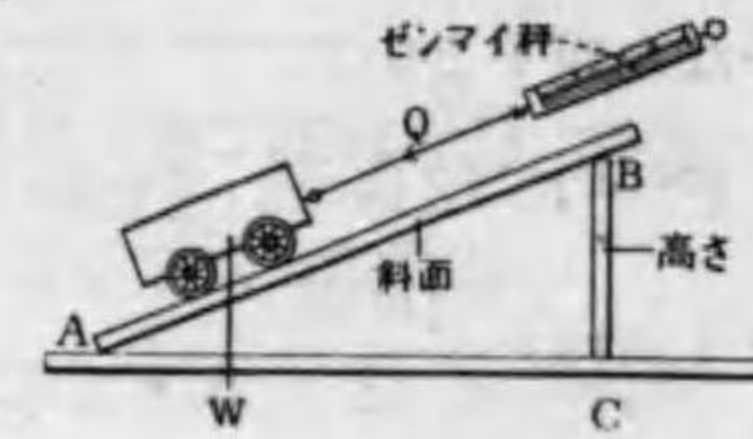
動かすことが出来る。

斜面の実験

(1) 圖の如く装置して斜面上に錘とゼンマイ秤とを釣合せ、そのゼンマイの伸びを讀みて錘に釣合ふ力 Q^{gr} を求める。

(2) 錘の重さ W^{gr} 及び斜面の長さ AB, 高さ BC を測定する。

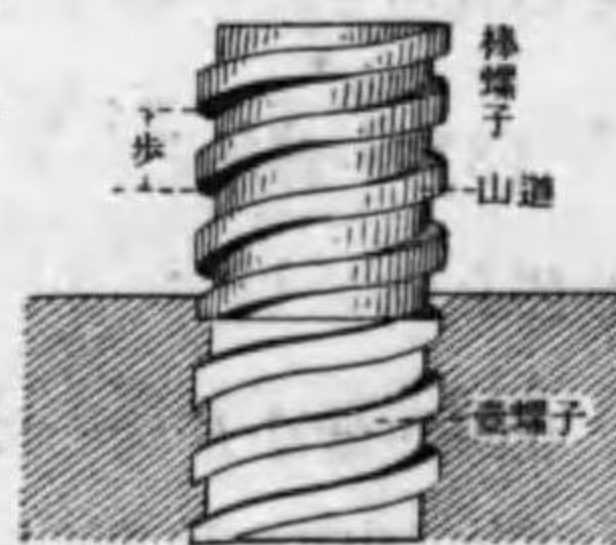
(3) BC を動かして斜面の傾きを變化せしめ、前と同様の實驗を繰り返す。



第一回	$W^{gr} =$	BC =	$W \times BC =$
	$Q^{gr} =$	AB =	$Q \times AB =$
第二回	$W^{gr} =$	BC =	$W \times BC =$
	$Q_1^{gr} =$	$A_1B_1 =$	$Q_1 \times A_1B_1 =$
第三回	$W^{gr} =$	BC =	$W \times BC =$
	$Q_2^{gr} =$	$A_2B_2 =$	$Q_2 \times A_2B_2 =$

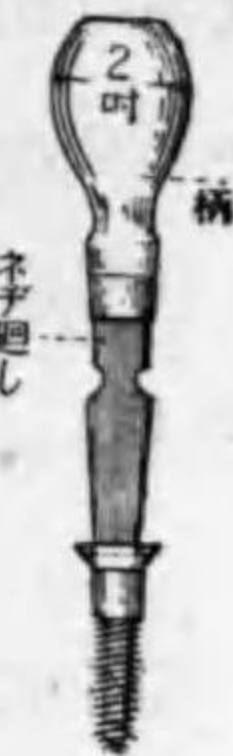
かゝる實驗の結果から傾の緩かなる程力を利すること、並びに斜面を用ひざるときの仕事 $W \times BC$ と、斜面を用ひたるときの仕事 $Q \times BA$ とは略一致すること、即ち斜面によりて力を利するも、仕事には増減のないことを知る。

坂路に車を引き上ぐる時、ジクザク状に上ること。高山に登る路がジクザク状をなすこと。穴庫等に物を入れ又はこれより物を運び出す時に斜面を用ひること等は何れも斜面の長さを増して力を利するためである。



【2】 螺子とその應用 螺子は棒螺子とこれに適合する壺螺子とより成り、力を利するために用ひらるゝ

器械である。その山道は斜面を棒に巻きたるものと同一で、一の山道と次の山道との距離をその歩みといふ。普通のは、棒螺子を時計の針と同じ方向に廻せばそれが壺螺子に嵌り込み、反對の方向に廻せば抜け出す。しかしこれと反對に進退する螺子もある。かゝる螺子は左螺子といふ。



1^{inch} に 12 線の山道を持つ螺子の歩みは $\frac{1^{inch}}{12}$ で、かゝる螺子では 1 回轉に $\frac{1^{inch}}{12}$ 宛進退する。この螺子を直徑 2^{inch} の柄をもつ螺子廻しを使用し、 3^{lb} の力を加へて W^{lb} の抵抗に抗してネヂ込むものとせば

螺子のなさるゝ仕事..... $3 \times 2\pi \div 18.84$ (呎・封度)

螺子がなす仕事..... $W \times \frac{1}{12} = \frac{W}{12}$ (呎・封度)

$\therefore \frac{W}{12} = 18.84$

$W = 226^{lb}$

即ち螺子は約 75 倍の力を生ずる。

かく大なる力を生ずるから、ヂヤクとして重い物を扛擧するために、或は螺子壓搾器とし、

或は螺子釘又はボルト及ナットとして、各種の建築に又は器械器具の製造等に、その利用される範圍は頗る廣い。



【3】 器械と仕事 重い物體を扛擧する時の如く力が働いてその方向に物體を動かす時は、力が仕事をなすといひ、物體は仕事をなされたりといふ。

仕事の量は力の大きさと、その働く點が力の方向に動いた距離との乗積で測り、これを表はすには長さの單位と力の單位とを附記する。例へば 3^{kg} の力が働い

てその方向に物体が 5^m 動いたりとせば、その仕事は $3 \times 5 = 15$ で、これを15キログラムメートルといふが如きである。

一般に M^{kg} の力が働いて物体がその方向に S^m 動けりとせば、その時の仕事 W は

$$W = M \cdot S^{(kg \cdot m)}$$

滑車・輪軸等のなす仕事については前章に述べた處である、これ等並びに斜面の場合に見る如く、凡て器械を使用すれば力を利益することは出来るが、仕事は増減せぬものである。これを仕事の原理といふ。

第十五章 摩擦

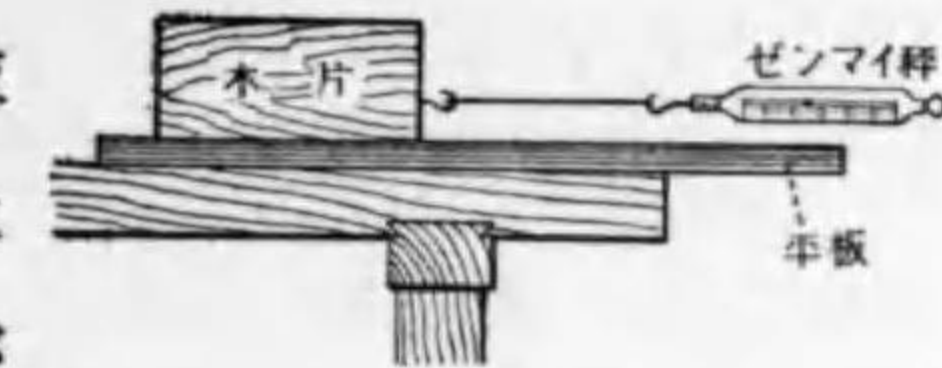
要旨 摩擦によりて物の運動を妨げらるゝこと及び摩擦を避くる方法について教ふ。

教授事項 1. 摩擦の生ずること。2. 摩擦を避くる方法。(尋五・49課)

摩擦とその実験

- (1) その面を滑かに削れる直方形の木片を取り、これにゼンマイ秤を結び附ける。
- (2) 机上に水平に置いた滑かなる平板上にこの木片を置き、静かに引いて水平の力を與へると、ゼンマイの伸びが或る値に達したとき、この木片は動き出す。この時のゼンマイの伸び l^m を読む。
- (3) 次に木片の狭い面を下にして同様の実験を行ひ、又ゼンマイの伸び l_1^m を読む。
- (4) 木片と平板との間に畫用紙を入れて同様の実験を行ひ、又ゼンマイの伸び l_2^m を読む。
- (5) 畫用紙を取り去り、木片上に錘をのせて同様の実験を行ひ、ゼンマイの伸び l_3^m を読む。
- (6) 木片の下に2本の鉛筆を入れ、圖の如くして木片が動き始むる時のゼンマイの伸び l_4^m を読む。
- (7) l^m, l_1^m, l_2^m, \dots を比較する。

接觸面が廣い時のゼンマイの伸び..... $l^m =$



- 接觸面が狭い時のゼンマイの伸び..... $l_1^{cm} =$
- 畫用紙を挟める時の " $l_2^{cm} =$
- 錘を加へたる時の " $l_3^{cm} =$
- 鉛筆を入れた時の " $l_4^{cm} =$

これ等の實驗から次の事を知る。即ち

- (一) 物體が他の物體の面に添ふて滑らんとする時又は滑る時は、その接觸面に運動を妨げんとする力即ち摩擦を生ずること。
- (二) 摩擦力は物體を動かさんとする力を増せば従て増すも、一定の極限があつて、外からの力がこれを超ゆる時に物體が始めて動き出すこと。換言すれば外力が**最大摩擦力**を超過するに至りて動き始めること。
- (三) 摩擦力は接觸面の粗なる程大なること。
- (四) 摩擦力は接觸面の大小には無關係で、接觸面に於ける壓力と共に増加すること。
- (五) 滑り摩擦力よりも回轉摩擦力が小なること。
- (六) 物體が運動を始むれば摩擦力は減すること。換言すれば**静止摩擦力**よりも、**運動摩擦力**が小なること。

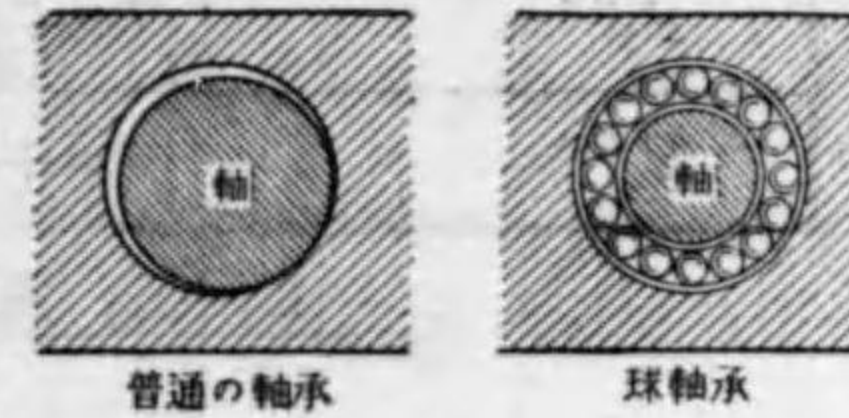
【1】 器械の効率 器械を用ひて仕事をなす時は、常に摩擦に抗して物體を動かさねばならぬから、外部より器械に加へる仕事の一部分はこれがために消費される。従て器械のなす仕事の量は外部よりこれに加へた仕事の量よりも小さい。この兩者の比を100倍して表はせるものを**器械の効率**といふ。

$$\text{効率} = \frac{\text{器械のなす仕事の量}}{\text{器械の受けたる仕事の量}} \times 100$$

梃子・斜面等は通例摩擦が小さいから、その効率も大きくして90%—100%で、滑車のそれは40%—60%である。螺子は摩擦が大きくその効率は25%内外である。

【2】 摩擦と減摩法 重い物體を動かす

にはころを用ひ、器械その他の物體の接觸面に⁽¹⁾油・石墨・蠟等を塗るは、何れも摩擦を減ずるためである。自動車・自轉車等はその車軸に球軸



承を用ひ、これに由りて軸と軸承との間に起る滑り摩擦を廻轉摩擦に變ずるから、甚だしく摩擦を減ずることが出来る。

かくの如く摩擦を減ずるために種々の方法を取るが、或る程度の摩擦は又甚だ必要のもので、これなくしては歩行も不可能なるべく、各種の器械も空ら廻りをなし、汽車も電車もこれを進行さすことは出来ぬ。螺子・釘も亦摩擦なしにはその用を辨ぜぬ。その他絶対に摩擦なきものとして種々の場合を想像せば、極めて突飛な現象が見られることにならう。

摩擦の係數測定

- (1) 第十五章第一節の實驗に用ひたる木片の重さ m^{gr} を測る。これを前の如くしてその際に最大摩擦力 P^{gr} をゼンマイ秤の伸びによりて測る。
- (2) 更に A^{gr} の錘をこの木片上におせ、前と同様にして最大摩擦力 P_1^{gr} を測る。
- (3) 錘をかへて同様の實驗を繰り返し、これ等の結果より摩擦の係數 K を算出する。

最大摩擦力	直 壓 力	摩 擦 の 係 數 (K)
$P^{gr} =$	$m^{gr} =$	$K_1 = P/m =$

- (1) 大きい機械では重油、グリース。時計その他小器械では輕油。木の面には油を用ひぬがよい。乾ける石鹼、又は黒鉛の粉末が頗る効果が多い。摩擦を減ずるために使用するものを減摩劑といふ。

$P_1^{gr} =$	$(m+a)^{gr} =$	$K_2 = P_1 / (m+a) =$
$P_2^{gr} =$	$(m+b)^{gr} =$	$K_3 = P_2 / (m+b) =$

$$K = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3} =$$

第十六章 力の組合

要旨 静止せる物体の一点に二力が同時に働く時物体の起す運動に就て教ふ。

教授事項 1. 二力が同一の方向に働く場合。2. 二力が反対の方向に働く場合。3. 二力が同一にも反対にもあらざる方向に働く場合。

(高一・32課)

二力が同一直線上に働く場合の実験

(1) 同様のゴム線2本を取り、その各の端をゼンマイ秤の鉤に結び、その1

本 A の端をピンにて机上の一点に止

め、ゼンマイ秤を適当に引き伸ばし、そ

の位置を定めてゼンマイの伸び l^{cm}

を読み、且つピンを抜いてその點に標をつける。



(2) ゴム線 A を伸ばしたる線上に、それより短かきゴム線 B の一端をピン

にて止め、ゼンマイ秤の鉤が前と同位置

に来るまで引いてその伸び l_1^{cm} を読む。



(3) 次にゴム線 A の端を前に止めたる位置にピンにて止め、ゼンマイ秤の

鉤が前と同位置に来るまで引いて A・B 兩線を同時に引き伸ばしゼンマ

イの伸び L^{cm} を読み、これと $(l+l_1)^{\text{cm}}$ とを比較する。然る時は L と

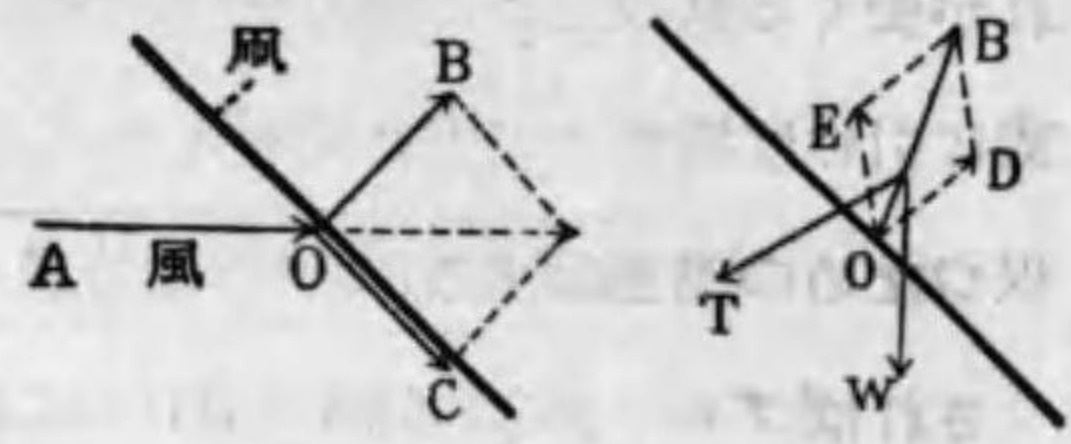
$(l+l_1)^{\text{cm}}$ とは殆んど等しい。

由つて物体の一点に二力が同方向に同時に働く時は、その點に二力の和に等しい一の力即ち合力が働くのと同じであること、従て物体にこの合力が働けば、二力が同時に働く時と同一の運動を起すことを知る。

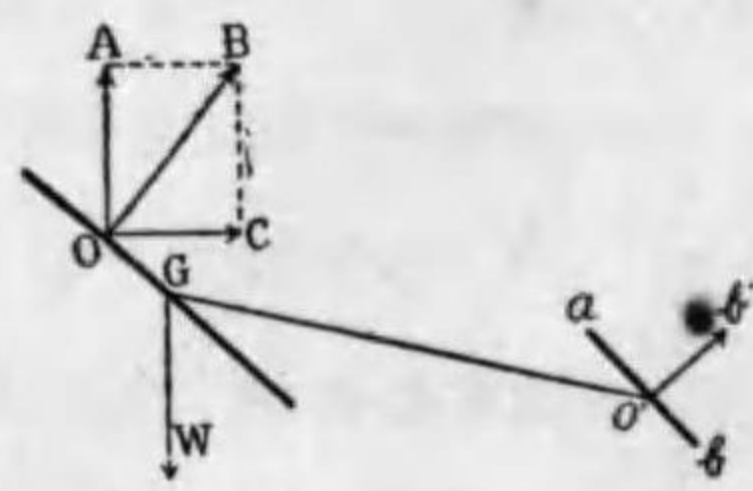
柄に直交する OA とこれに平行なる OB とに分解すれば、OA のために車は前進して OB は全く何の役にも立たぬ。従て曲柄に直交してペダルを踏む方が最も有効である。

テニスコートにローラーを廻轉せしむる時、これを OR の方向に押せば、分力 OB はローラーの重さと共にコートに強く壓するも、ローラーを引けば、分力 O'B' はローラーを軽くしてその壓力を減殺する。

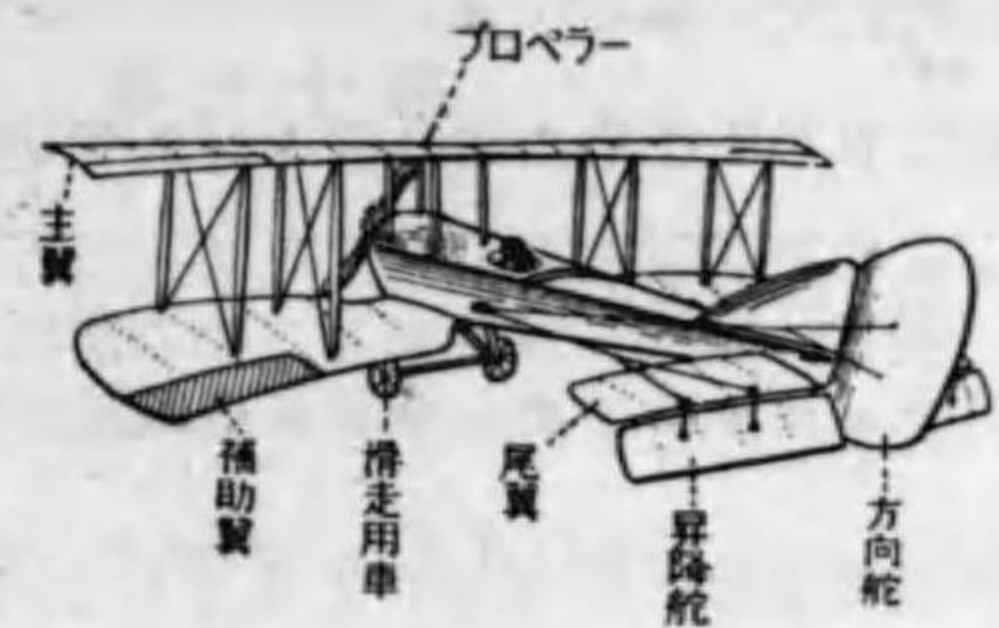
(三) 風 風に AO の向きに風が當れば、その有効の風壓は OB である。OB の分力 OD は糸の張力 T と釣合ひ、OE は上昇力であるが、これは風の重さ W と釣合ふから、風は空中に長く飛揚することが出来る。船の帆、飛行機の上昇等も亦これと同理である。彼の風を揚げ始める時、又は風が弱くなりて風が地面に近づく時に、これを飛す人が糸を持てるまゝ走つて風を揚げ得るのは、これに AO なる風を與へるためである。飛行機が地上滑走をするのも亦この理に基く。



【2】 飛行機 飛行機はその發動機によりてプロペラを廻轉して空氣を後方に吹きとばし、その反働を受けて滑走前進する。滑走を始むれば、風のそれと同様に、主翼は風壓 OB を受ける。而してその垂直の分力 OA が機體の重さよりも大きくなれば離陸し、水平の分力 OC はプロペラの推進力に抗する。かくて前進の速度を増すに従て、風壓 OB と機體の重さ W とは互に作用して機體を直立せしむる様に働くから、昇降舵を上げてこれを調節する。即ち昇降舵を上ぐれば、機の尾方を壓する風壓 O'b' を受け、以てこの危険を防ぐこ



とが出来ゝ。この結果として機首は適當に上向となりて上昇前進する。これに反して昇降舵を下ぐるやうに操縦すれば、風はこれに包まりて機尾が上るやうになるから、機體は従て地面に近づき、かくして着陸することも出来る。



飛行中の方向變換は方向舵を操りてこれを行ふ。即ちこれを右に引けば、これが受くる風のために機の後方が左に廻りて機首は右に向きを變へ、これと反對に引けば機首は左方に向きをかへる。又補助翼は主翼と共に機體の安定を保つための働きをする。

さればプロペラを廻轉せしめつゝ、各種の舵を操縦すれば、如何なる方向にでも隨意に飛行することが出来る。

第十七章 重力・物の坐り

要旨 重力及び物に重さある所以に就いて教へ、且重心に就いて知らしむ。

教授事項 1. 重力。2. 上下の方向及び水平面。3. 重心。(尋五・45課)

要旨 物の坐り及び顛倒の難易に就いて教ふ。

教授事項 1. 物の坐りと顛倒。2. 物の顛倒の難易。3. 球・圓柱の坐り。(高一・33課)

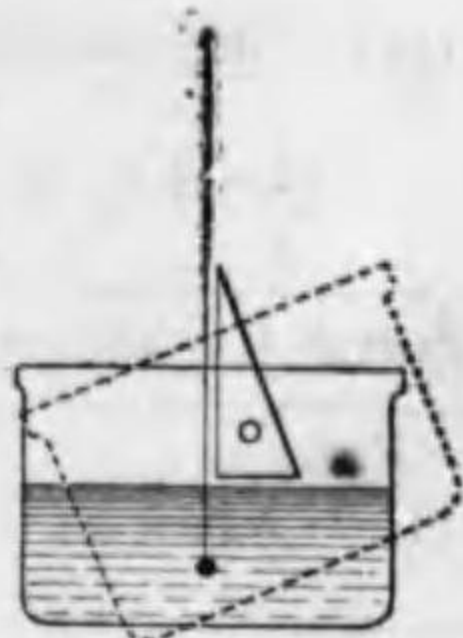
重力と水平面並びにその実験

物体は總て地球の中心に向つて引かれ、これがために重さを生ずる。この力を**重力**といふ。物体の輕重はこれに働く重力の大小による。

今質量 m^{gr} の物体の重さを w 、重力の加速度を $g^{\text{cm/sec}^2}$ とすれば、 $w=m \cdot g$ 而して $g^{\text{cm/sec}^2}$ は地球上場處によりて異なり、同一の場處でも地表よりの高さによりて異なる。従て同一の物体の重さも亦地球上場處によりて相違するものである。

(1) 2箇又は3箇の振子を垂下し、各の糸の方向を比較する。然る時は糸は重力の方向に向ひ何れも皆並行することを見る。

(2) 水槽の水が靜止する時、振子を垂下してその錘を水面下にあるやうに装置し、定規の直角を挟む一邊を糸に添へて靜かに下げて水面と定規の他の邊との關係を觀察し、更に水槽だけを傾けて再び重力の方向と水面との關係を調べる。



然る時は靜止せる水面即ち水平面は常に重力の方向と直交することを知る。建築用に使用する水準器は、この性質を利用せるもので、これに由りて柱は重力の向きに立て、床板は水平面の向きに張るのである。

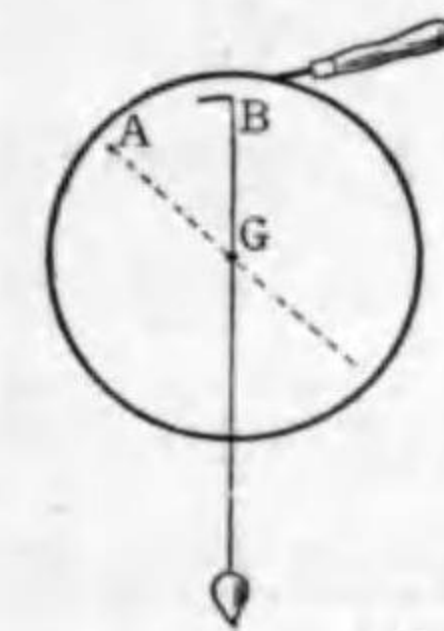
【1】 重心とその決定法 凡て物体にはその各部分に働く重力が一點に集りて働くと思ふことの出来る點がある。即ちその點は物体各部に働く重力の合力の着力點で、これをその物体の**重心**といふ。

重心を支へれば物体の重さと、支點に於ける抵抗力とが釣合ふから、物体は任意の位置に於て靜止するも、その他の點で支へれば、重さと抵抗力とで**偶力**を生じて物体を廻轉し、支點が重心と同一鉛直線上に來たときに靜止する。

(1) 一様の厚紙より圓板を切り取り、その縁の一點Aに針金をさして小孔を穿ち、これに針を通して吊せ。

(2) その針より振子を吊し、それが靜止する時に糸の方向に直線を引け。

(3) 更にB點に穿てる小孔についても同様の實驗を行ひ、兩直線の交點Gを決定する。Gが即ちこの圓板の重心である。



(4) G點に針を立て、圓板を支へ、任意の向きに傾けてそのまま釣合ふか否かを試みる。

(5) 更に三角形を切り取り、上と同様にして、その重心を決定し、これと三つの中線の交點とを比較する。

物の坐りと顛倒の實驗

(1) 方柱を取りその一の面の中央に短かき釘を打ちてこれに振子を吊す。

(1) 方柱の重心は大體その兩側面の中央を連結する直線上にあり。

(2) これを机の上に置いて指にて軽く押せば、方柱はその稜を軸として圖の如く廻り、振子の糸は次第にこの軸に近づく。

(3) 糸がこの軸邊に達する前に指を放せば、方柱は元の位置に戻る。この際重心の高さがどう変化するかを注意する。これ重心に

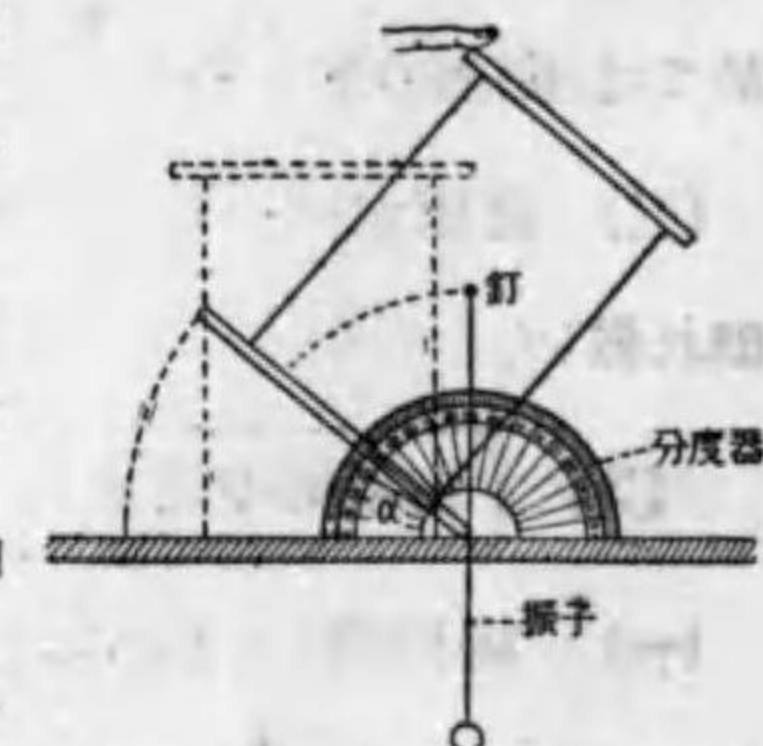
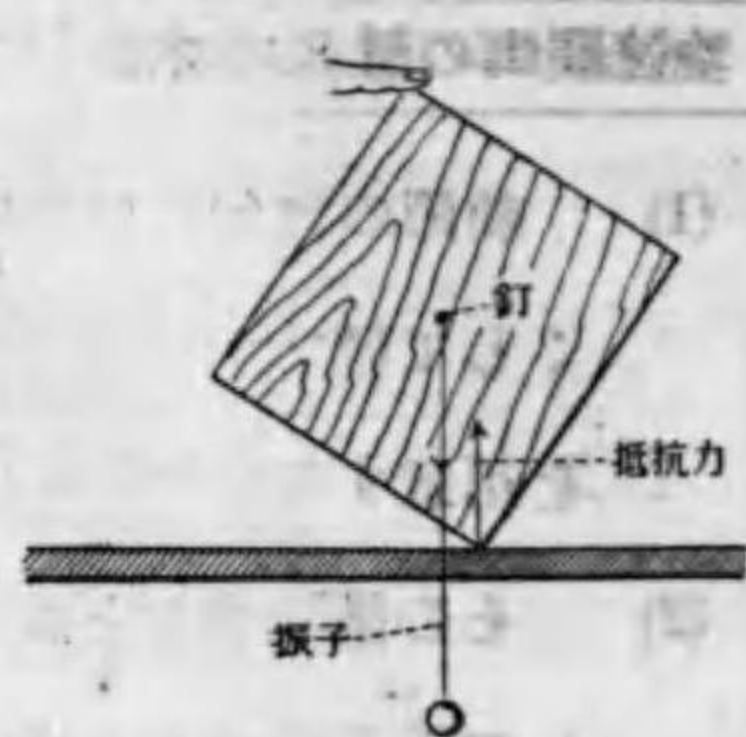
働く重さと軸に於ける抵抗力とが偶力をなして、木片を元の位置に戻すやうに廻すからである。

(4) 更に振子の糸が僅かに軸邊を越して底面外に出づるまで傾ければ、方柱は益々傾いて自然に倒れる。この際重心の高さの変化に注意する。これ方柱の重さと抵抗力とが偶力をなして前と反対の向きに木片を廻すからである。

この実験から次の事項を知る。即ち

(一) 物体を傾ける時重心が高くなり、重心よりの鉛直線が底面内に落ちる間は、物は倒れずして元の位置に戻る。

(二) 重心が低くなり、重心よりの鉛直線が底面外に出づるに至れば、物体は倒れる。荷物を手に提げ又は小供・荷物等を負ふ人が、何れも少しく上體を側方又は前方に傾けるが如き、上體を前方に曲げる人が少しくその腰部を後方に引くが如きは、皆重心よりの鉛直線とその底面内にあらしめて顛倒することを避けるためである。



物体顛倒の難易の実験

(1) 前節の実験に使用せる方柱の兩底面に薄くして軽い大いさの異なる板を張れるものを用意する。

(2) その広い板を下底とし、上底の一隅を押して振子の糸が廻轉軸の邊と一致するまでこれを傾け、底面と机面とのなす角 α° 並

に重心の高さ h^{cm} を測る。

$$\left(\begin{array}{l} \text{底面と机面} \\ \text{とのなす角} \end{array} \right) \alpha^\circ = \quad \quad \quad (\text{重心の高さ}) h^{cm} =$$

(3) 方柱を倒立し、狭い板を下底として又同様の実験を行ひ、又底面と机面とのなす角及び重心の高さを測る。

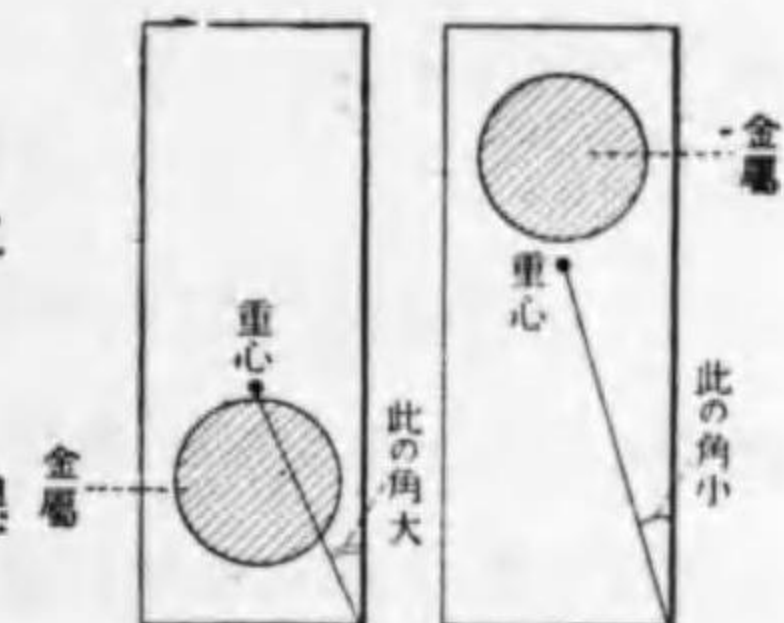
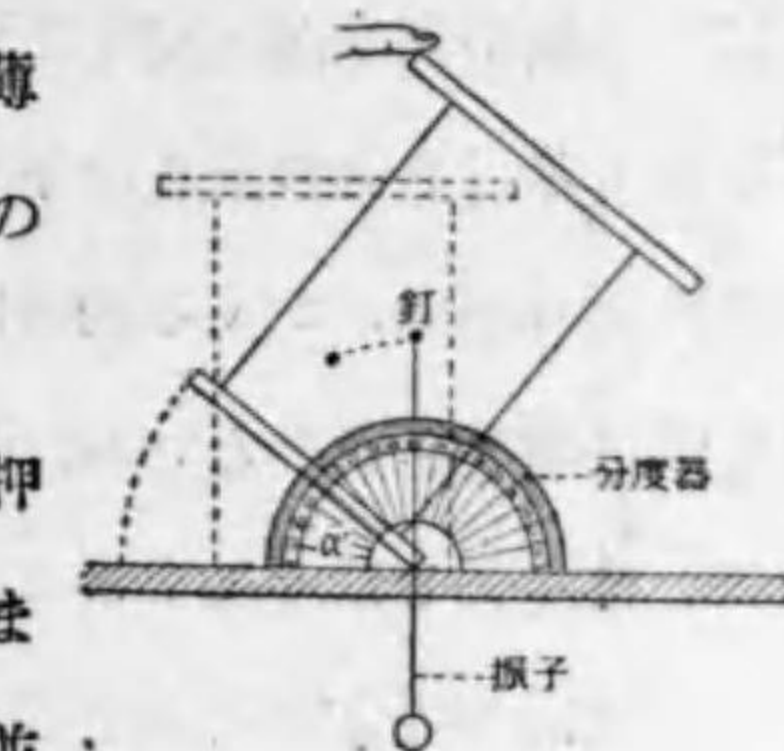
$$\left(\begin{array}{l} \text{底面と机面} \\ \text{とのなす角} \end{array} \right) \alpha_1^\circ = \quad \quad \quad (\text{重心の高さ}) h_1^{cm} =$$

(4) 次に重い金属を一部に嵌め込んだ方柱を取り、これを押し倒さんとするに、金属を嵌めたる方を下にする時が、それを上にする時よりも一層倒れ難い。

この実験から次の事項を知る。即ち

(一) 重さ相等しく重心の高さ相等しき物体に於ては、底面の広い程倒れ難い。

(二) 底面が同一なる物体はその重心が低い程倒れ難い。

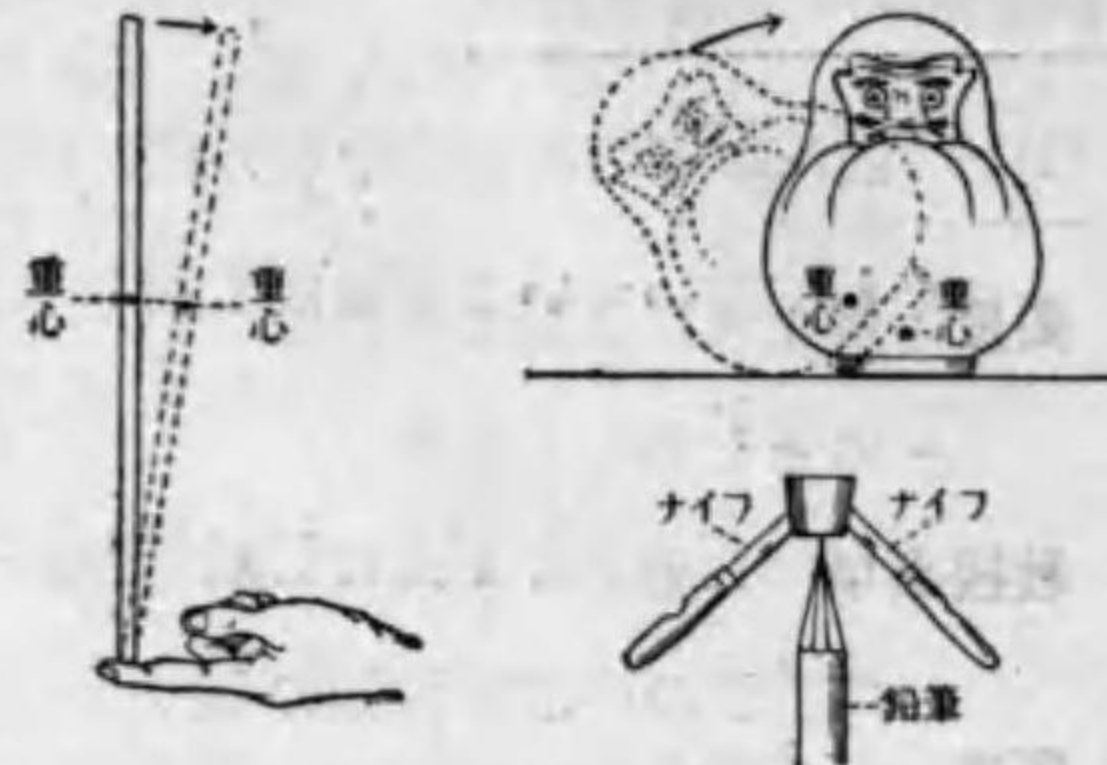


[2] 三種の坐り

(一) 底面廣く、重心低くしてこれを傾くときその重心の上るものは倒れ難い。かかる物体は安定の坐りにありといふ。彼の起上り小法師、彌次郎兵衛

等の倒れ難きはこれがためである。

(二) 底が狭く、重心高くしてこれを傾くときその重心の下るものは甚だ倒れ易い。かゝる物体は安定度の低い坐りにありといふ。直立した細い棒の如きはそれである。



(三) 前の場合に底面を益々小にして遂に点となつた場合の如きを不安定の坐りにありといふ。

(四) 球又は横にした圓柱の如く、その支點と重心との距離が一定せるものは中性の坐りにありといふ。

第十八章 慣性・働と反働

要旨 静止又は運動せる物体は自らその静止又は運動の有様を變ぜざることを知らしむ。

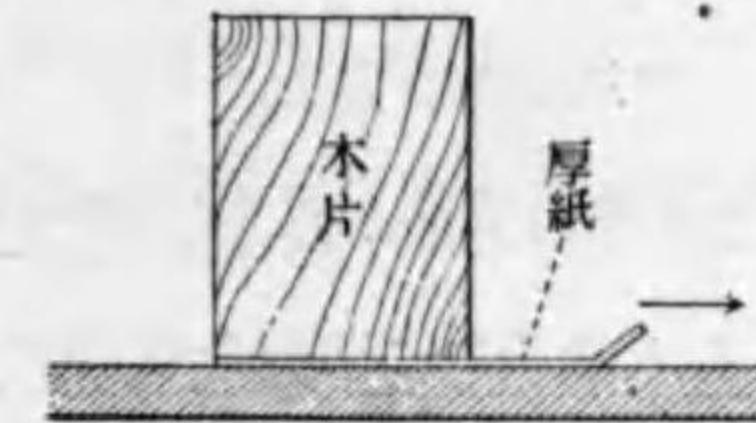
教授事項 1. 静止せる物体。2. 運動せる物体。3. 慣性。 (尋五・48課)

要旨 二つの物体の間に力の働く時、一つの物体に働く力と他の物体に働く力とは方向反對にして大いさ相等しきことを知らしむ。

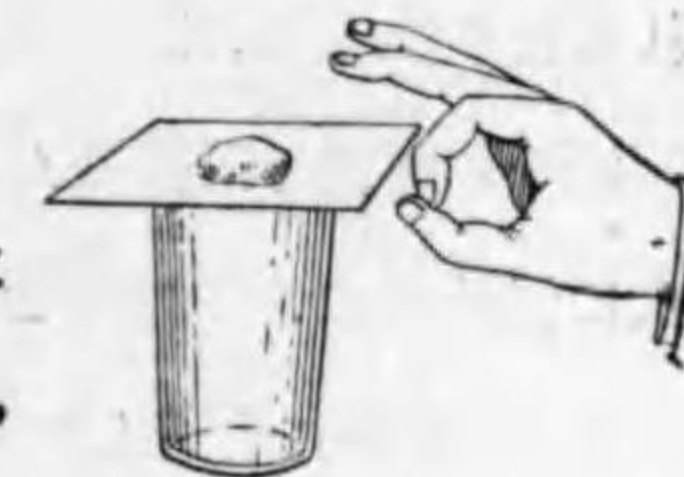
教授事項 1. 働あれば反働あること。2. 實例。 (高一・31課)

静止せる物体の慣性實驗

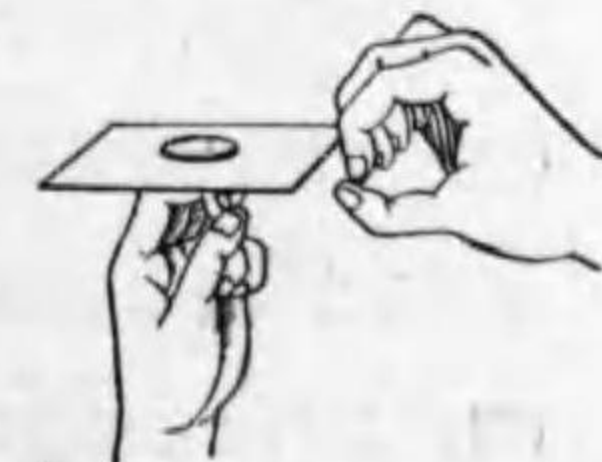
(1) 机上に滑かなる厚紙を置いてその上に木片をのせる。



(2) その紙の一端を持ち、机面に添ふてこれを急に引き動かすとき、木片がどうなるかを観察する。



(3) コップの上へのせた名刺に小石を置き、急に名刺を弾けば小石は原位置に残り、ためにコップの中に落ちる。



(4) 銅貨を載せた名刺を圖の如く左手の3本指にて支持し、右手の食指によりて名刺を急に弾けば、名刺は飛び去るも銅貨は左手の掌中に落ちる。

これ等の實驗から、静止する物体は、他より力を加へて動かさざれば、永久にその状態を續けて自ら動かぬも

のであることを知る。この性質を慣性といふ。

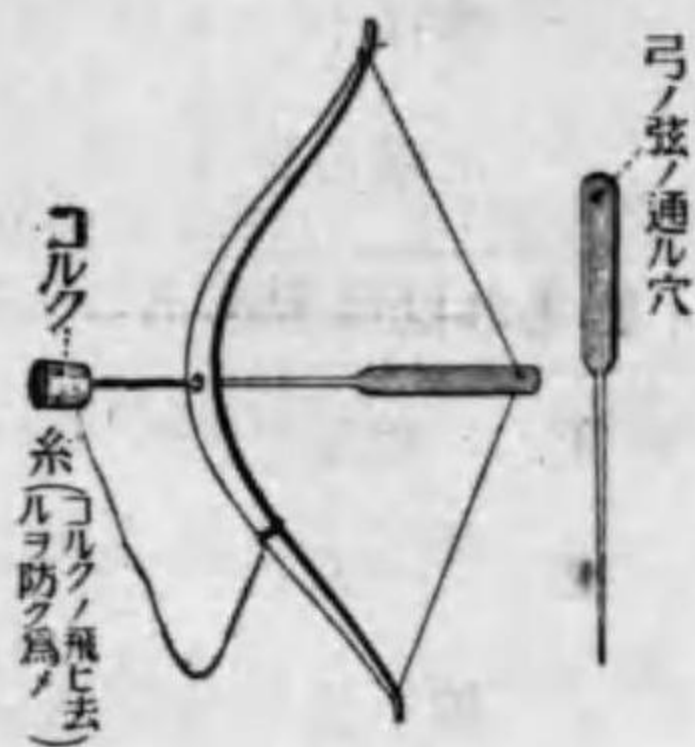
運動せる物体の慣性実験

(1) 前節実験(1)の如く装置し、机面に添ふて厚紙を静かに前方に押し、木

片が厚紙と共に動くに至りたる時、急に厚紙の運動を止める。然る時は厚紙は止めらるゝも木片は前進せんとし、ために前方に倒れることを見る。

(2) 圖の如き竹製の弓を用意し、これを張りてその矢を放てば、矢は弓のためにその運動を

中止せらるゝも、矢の先端に挿したコルクはその運動を続けんとして前方に飛び去る。



これ等の実験から、運動せる物体は、他よりその運動を妨げらるゝにあらざれば、もとの通りの運動を繼續せんとするものであることを知る。

【1】 慣性と日常生活 一般に静止する物体は他より動かさるゝにあらざれば自ら動くことなく、運動する物体は他よりその運動を妨げられざれば、もとの通りの運動を繼續せんとするもので、この性質が慣性である。

次に慣性に由りて説明せらるゝ二・三の事例を挙げる。

- (一) 衣服等に附着した塵埃を除去するに、これを振るか又はたゞくこと。
- (二) 庖丁、小刀等の柄を嵌む時に、金物の一部分を軽く柄にさし、柄の反対の側を強く打てば、それに従て柄が嵌ること。
- (三) 下駄の齒の間に挟まつた泥等を落すに、下駄をたゞくか又は足にしたるまゝそれを前方に蹴ること。
- (四) 進行せる船内に立てる人が、その船の岸に當る時に前方に倒れんとすること。

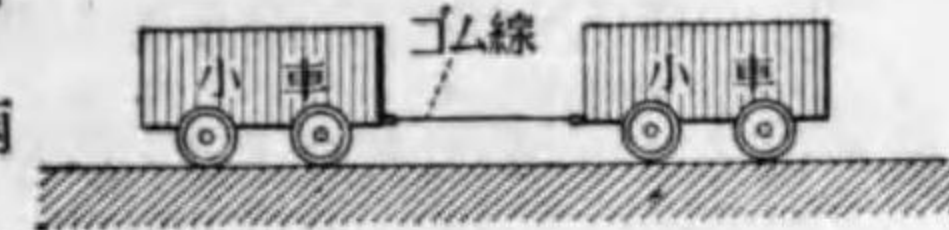
(五) 汽車・電車等に乗つたとき、車臺が急に動き出し又は止まれば、人は後方又は前方に倒れんとすること。

(六) 數冊重ねたる書籍中の一冊を抜き取るとき、急にそれを引き出すこと等は、何れも慣性のために静止又は運動の状態を繼續せんとするがために起る事實である。

働あれば反働あることの實驗

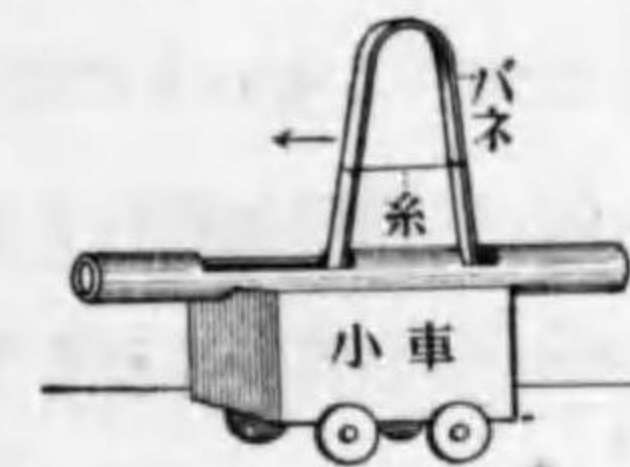
(1) 殆んど同大の小車をゴム線に連繋して机上に置く。

(2) 一方を手で押へ、他方を引いてゴム線を張りたる後、同時に手を離して兩方の車の運動を觀測する。然る時は



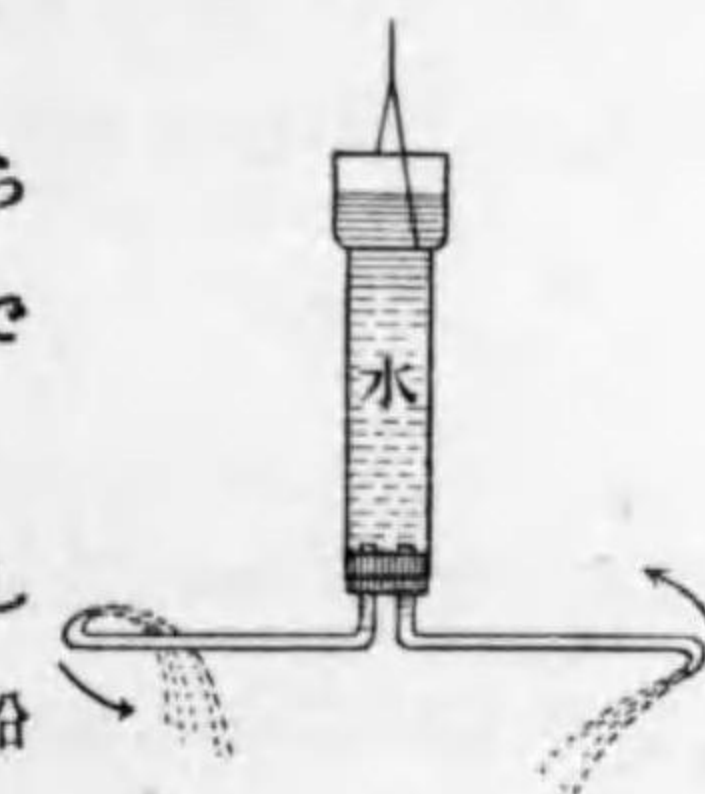
押へたる車も他の車の方に引かれて、兩者が殆んど一樣に近寄ることを見る。小車の代りに面を滑かにしたる二箇の木片を用ひても亦同様の結果が見られる。

(3) 小車に弾き鐵砲を取り付け、そのバネを糸に結びて圖の如く装置する。



(4) これを机上に置き、バネを結んだ糸を焼き切る。然る時はバネは矢の如く進みて鐵砲の溝の左端を強く弾くも、車は決して進まぬ。

これバネが溝の左端を押す時、その點から反方向の力が作用して兩者が釣合ふからである。



(5) 更にこの鐵砲に鉛筆又は白墨等を挿入して(4)と同様に實驗すれば、バネのために鉛筆等が弾き出さるゝと同時に車は後方に動

き出す。

これ弾き出されるものゝ反働で車が後方に動くのである。

- (6) 圖の如き装置をして兩管端より水を噴出せしむれば、装置が矢の方向に回轉を始める。これも(5)と同理である。

これ等の實驗から、二つの物體の間に力が働くときは、一の物に働く力と他の物に働く力とは方向相反し大きき相等しいもので、これを反作用の法則といふ。

【2】 反作用の法則の實例

- (1) 吾人が歩行し得ること、馬が荷車を引き得ること、舟に竿さしてそれを進め得ること等は、何れも人・馬・竿等が地球に作用を及ぼすので、それ等のものが地球より反作用を受ける結果である。

(2) ボールを壁に打附けたとき跳返るは、ボールに及ぼす壁の反作用によるのである。

- (3) 舟に乗り又はブランコに乗れる人が、綱にて他の舟又はブランコを引けば、自らもその方に引かるゝこと。

(4) 鐵砲を發射する時反働のあること。

(5) 汽船等はスクリウにて水を後方に押し、その反働で前進する。

第十九章 力と運動

要旨 物體に働く力とその運動との關係に就いて教ふ。

教授事項 1. 静止せる物體に力の働く場合。2. 運動せる物體に力の働く場合。3. 物體にたえず力の働く場合。4. 量の異なる物體に同じ大いさの力の働く場合。5. 力の大きき異なる場合。6. 力の働く時間の異なる場合。7. 衝突。
(高一・30課)

【1】 運動の第二法則 物體に力が働けばその方向に加速度を生じ、その

大ききは力に比例して質量に反比例する。これが運動の第二法則である。

m^{gr} の物體に f^{dyne} の力が働くとき、その方向に a^{cm/sec^2} の加速度を生ずるとせば、第二法則から

$$a^{cm/sec^2} = \frac{f}{m}$$

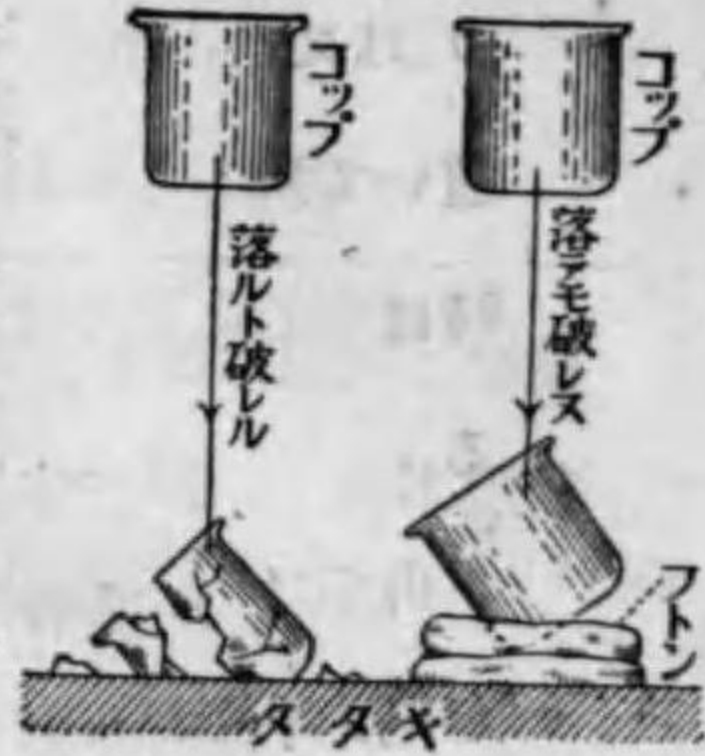
$$\text{又 } v^{cm/sec} = a \cdot t = \frac{f \cdot t}{m}$$

かく速度は質量に反比例し、力とそれが作用する時間との相乗積に比例する。従て (一) 質量の異なる物體に同一の力が働けば、由て生ずる速度は質量の大なるもの程小さい。(二) 質量の等しい物體に大なる力の働く時は、小なる力が働く時よりもその得る速度は大きい。(三) 又力の作用時間が長ければ、長い程物體は大なる速度を得る。

$$\text{又前式から } mv = f \cdot t \quad \therefore f = \frac{mv}{t}$$

従て $v^{cm/sec}$ の速度で運動してゐる物體に、それと反方向の力を作用させて、急に (t の値極めて小) その運動を止めやうとするには、極めて大なる力 (f) が必要である。打撃・衝突などの場合に大なる力のあらはれるはこれがためであ

る。鐵鎚にて釘を打込むとき鎚の重き程、又釘に當る瞬間の速度の大なる程釘がよく打込まれるは、鐵鎚の運動を急に止めるために釘の處にあらはれる力が極めて大きいからである。又コップ・瀬戸物等を落しても軟かい物の上へなれば破壊せぬが、堅い處であれば破れるのは、前の場合には落ちたものゝ運動は徐々に止む（即ち t の値が大きい）が、後の場合には極めて短時間に運動が止められて、強い反作用を受けるからである。

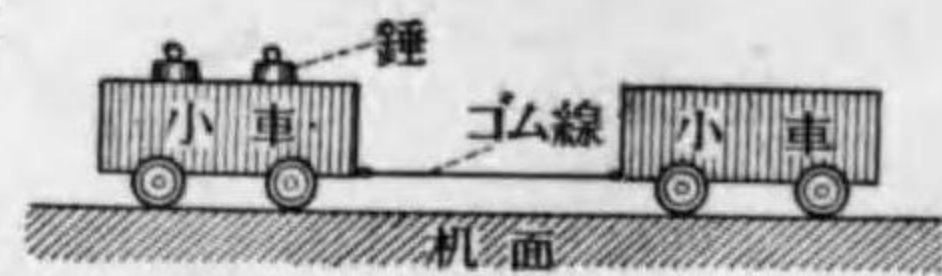


力と運動との実験

(1) 反作用の実験に使用した小車を机の上に置き、細いゴム紐でこれを引けば、車はその方に進行する、このとき強く引く（ゴム紐の伸びで強さを見る）ほど車の速度は大きくなる。由つて物體に力を加へればその方向に運動を起すこと、並にその力が大なる程大なる速度を得て運動することを知る。

(2) 反作用の実験の如く2箇の小車をゴム線で連結し、その小車的一方を押へて他の方を引き張り、兩小車の位置を記して同時に手を離せば、小車が互に引かれて殆んど同じ距離だけ接近する。

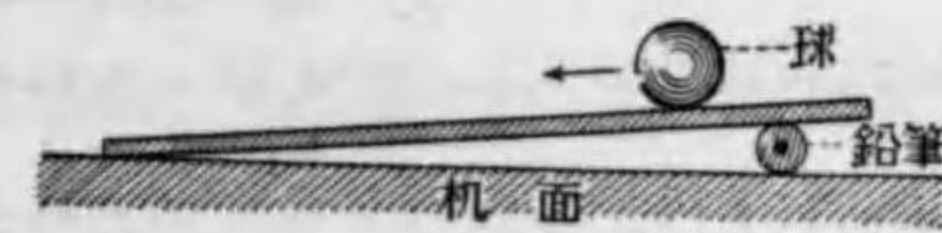
(3) 更に一方の車に錘をのせて再び同一の実験を試み、兩者の接近する距離を比較する。然る時は重い車が軽い車よりも僅かしか接近せぬ。



この実験で重さの異なる物體に同じ大きさの力が働く時は、動く距離は重い物體程小さいことを知る。

(4) 長さ3-4尺の狭い板を机の上に置き、その一端に鉛筆を挟みて斜面を作

り、球又は小車を圖の如く斜面上に置いて落ちる状態を観察する。然る時は下るに従つてその速度は増大する。



由つて力の働く時間が長い程大なる速度を得て運動すること、並に力が絶えず働けば、益々その速度が増加することを知る。斜面上の球には（球の重さ× $\frac{\text{高さ}}{\text{長さ}}$ ）なる力が續て働いてゐるのであるから、轉落するに従つてその速度が増加するのである。⁽¹⁾

(5) 球又はボール等を真上に投げ上げてその運動の状態を観察する。球が手を離れた時が最も速く、次第に速さを減じて、遂に上りつめたる點に於て靜止し、それより下に向い次第に速度を増して落下する。これ球が投げられて手を離ると同時に絶えず重力が作用し、上りつめる迄は運動と反方向に働いて速度を減じ、下る時には重力のために次第に速度が増すのである。

[2] 直上に投げられたる物體の到達する最高點

投げられて手を離るゝときの速度..... u cm/sec

手を離れてから t sec後の速度..... v cm/sec

上りつめるまでの時間..... T sec

上りつめた高さ..... h cm

地面に落下したときの速度..... u_1 cm/sec

$v = u - gt$ 上りつめた時は $v = 0$ この時 $t = T$ となるから

$$u = gT \quad \therefore h = uT - \frac{1}{2}gT^2 = \frac{u^2}{g} - \frac{u^2}{2g} = \frac{u^2}{2g}$$

(1) $v = a.t \quad \therefore t$ が繼續すれば v は増大する。

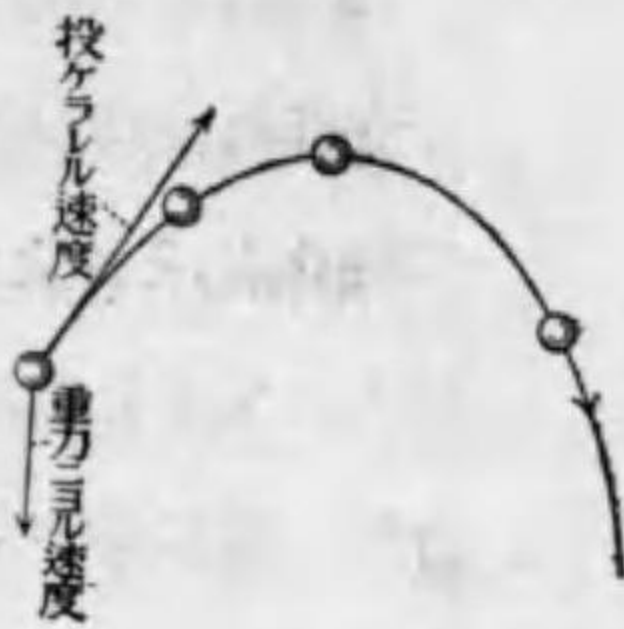
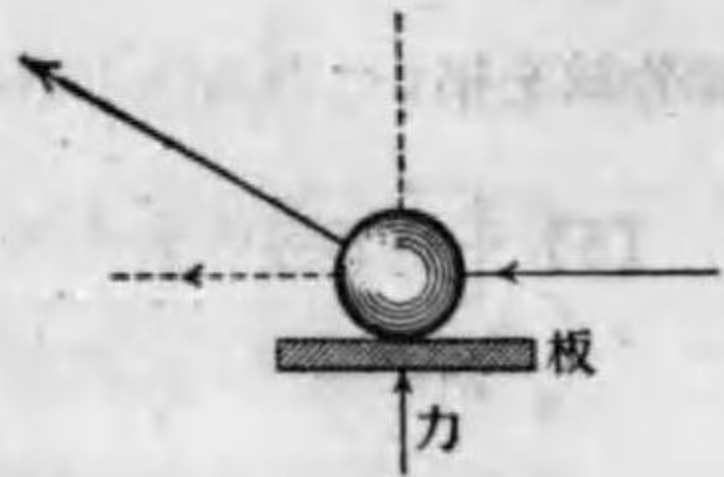
$$\text{又 } u_1^2 = 2gh = 2g \frac{u^2}{2g}$$

$$\therefore u_1 = u$$

即ち落下して地面に達したときの速度は投げ上げらるゝ時の速度に等しい。

【3】 運動の合成

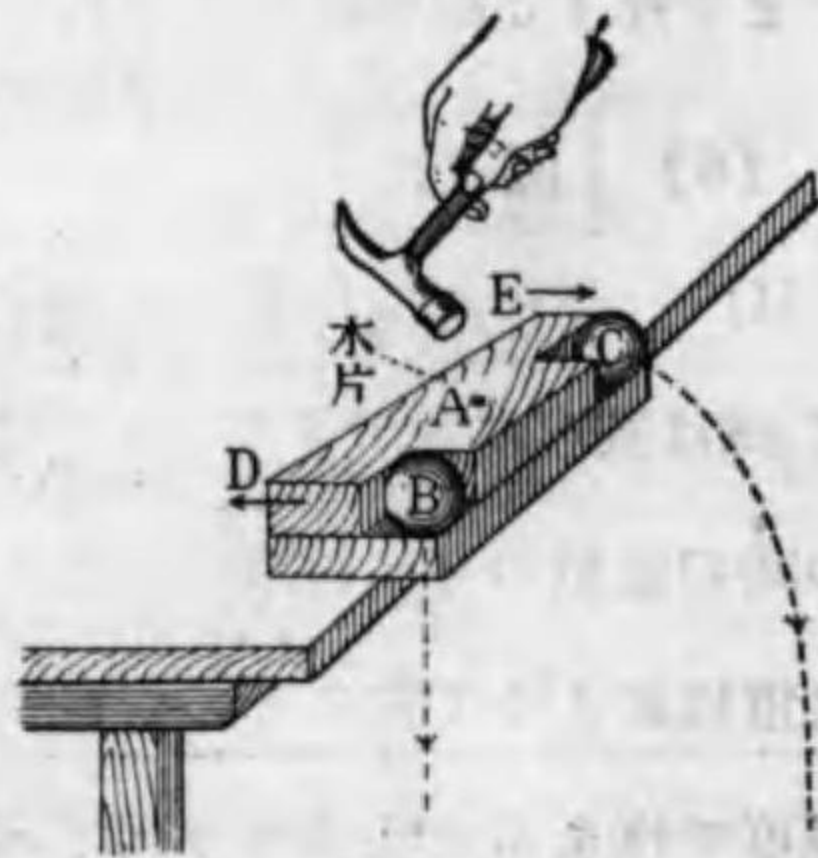
(1) 机の上に球を置き、これに運動を起さしめたる後、板にて軽く側方よりこれを押すときは、球は運動の方向を變じ、圖の如く初の運動の方向と、働きたる力の方向との間の方向に一定の速度で進行する。これ球は側方より壓さるゝ力のために、その方向にも速度を得るから、茲に二つの運動を受けて初の運動と加へられたる運動との合運動をなし、兩者を二邊とする平行四邊形の對角線上を、合速度で進行するのである。かくて進むに従ひ、摩擦力のためにその速度を漸減して遂に静止する。



【4】 拋物體の運動

(1) ボールを斜に抛げてその運動の状況を見れば、ボールは次第に運動の方向及び速度を變じ、圖の如き拋物線の路を描く。

これボールは投げられて斜の方向に一定の速度を與へられ、慣性によりてその方向に運動を繼續せんとするも、それが手を離るゝと同時に絶えず重力に引かれて眞下に向ふ速度をも得る結果、この二つの速度の合速度

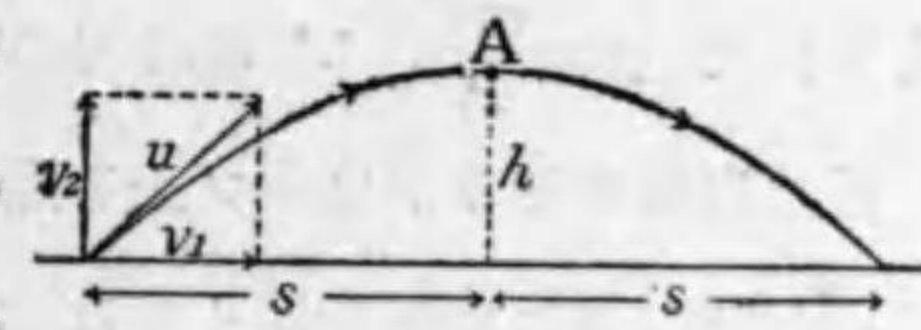


を以て、拋物線を描くのである。

(2) 迴轉軸を A とする木片を圖の如く装置して、E 點を打てば木片は矢の向きに迴轉し、ために球 B は眞下に、球 C は拋物線を描いて落ち、兩者は同時に床に達する。由つて同一の高さから落下する物體は、それが眞下に落下しても、拋物線を描いて落下しても、所要時間は等しいことを知る。

【5】 拋物體の最大射距離

斜に投げられる速度..... $u \text{ cm/sec}$
 水平の分速度..... $v_1 \text{ cm/sec}$
 垂直の分速度..... $v_2 \text{ cm/sec}$
 投げられる角度..... a
 拋物線の最高點 A に達するまでの時間..... $t \text{ sec}$



$$v_1 = u \cos a \qquad v_2 = u \sin a$$

$$v_2 = gt \qquad \therefore t = \frac{v_2}{g} = \frac{u \sin a}{g}$$

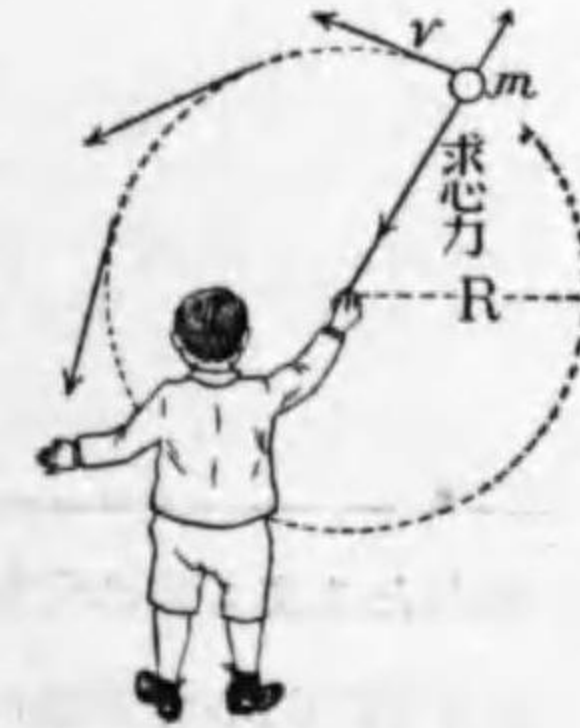
$$s = v_1 t = u^2 \frac{\sin a \cos a}{g}$$

$$\therefore 2s = \frac{u^2}{g} \sin 2a$$

而して $\sin 2a$ は $2a = 90^\circ$ 即ち $a = 45^\circ$ の時が最大である。従て水平に最も遠くまで達する距離は 45° に投げられるときである。

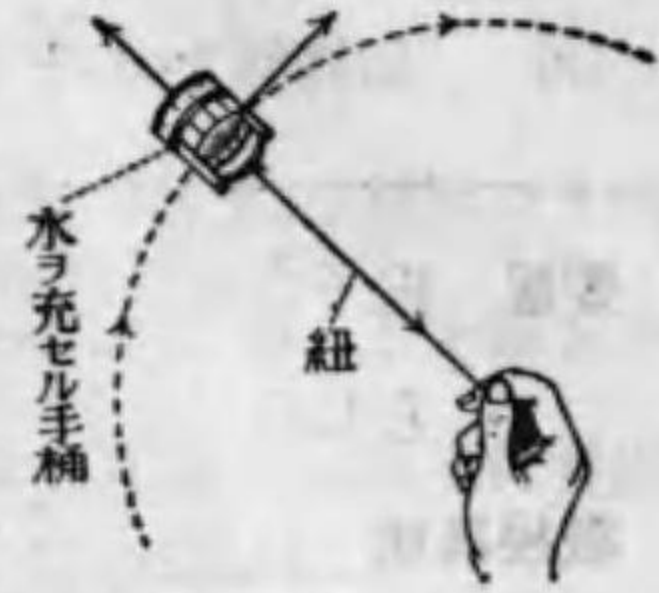
【6】 圓運動

(1) 球に附けた糸の一端を手を持ちて振廻せば、球は圓形に運動する。この時糸を放せば、球はその時の運動の方向に飛び去るものである。これ球は慣性によりて常にその運動の方向に眞直に v の速度で進まんとするも、糸にて絶えず手の方に求心



力を働かすから、圓運動が出来るのである。かく物體が圓運動をなすには、求心力の作用が必要なもので、その反作用が即ち遠心力である。

(2) 水を入れた小桶に紐を結び、その一端を持ってこれを垂直面内に振廻すも水は溢れぬ。

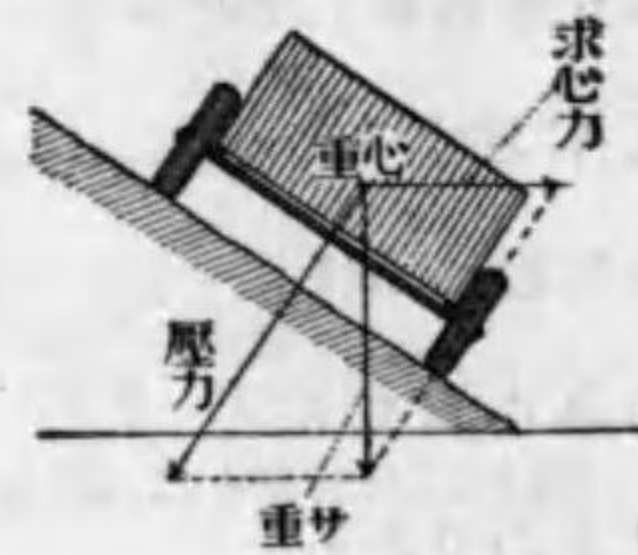


物體が圓運動をなす時、これに働く求心力を $f^{d'vne}$ とすれば $f = \frac{mv^2}{R}$ ∴ 求心力のために生ずる加速度を a とすれば $a = \frac{v^2}{R}$

彼の自轉車乗りがカーブ上を進む時は、その速さを減じ且つ内側の方に身體を傾くるは、これによりて求心力を小ならしめ、且つこれと車輪の生ずる壓力との合力をして、重心に働く重さと釣り合はしめて、自己の倒れることを防ぐためである。レールのカーブに於てその外側を高く敷くのも亦これと同理で、車體の顛覆を防ぐためである。



その他遠心力は種々なる工業に利用される。即ちこれを利用して洗濯物・染物等の水分を除去して乾燥せしむるために、或は蜂蜜を採取するために、或は牛乳よりバターを分離するため等に廣く利用される。



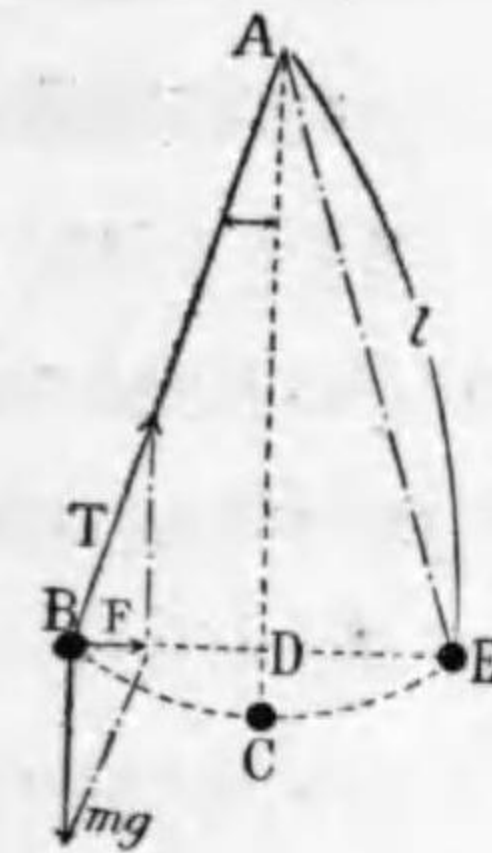
- (1) 濡れたるまゝ遠心分離機にかけて廻轉し、その水分を除去する。
- (2) 蜂の巣を遠心分離機にかけて、蜂蜜を分離せしめる。

第二十章 振子と時計

要旨 振子の運動について教へ、振子を應用せる時計の構造について知らしむ。

教授事項 1. 振子。2. 時計。 (尋五・50課)

【1】 振子 鉛錘を糸にて垂下したる振子の錘を、その静止の位置より少し左方 B 點まで引いて放てば、錘は C 點を中心として左右に振動する。錘を B 點に引くときは、その重さ $mg^{d'vne}$ と糸の張力 $T^{d'vne}$ とが夫々働くから、錘はこの二力の合力のために右の方に圓運動をなし、進んで C 點に至りたる時は、その速度と運動量とが最大になる。ために錘は C に止まらずして更にその右方に圓運動を続ける。かくして C 點より右の方に進めば、それが C 點の左方にある時と同様に、運動と反方向の力が働くためにその速度は漸減し、遂に B 點と同一の高さ E 點に達して静止し、再び又 C より B に向ひ、かくしてその振動を反覆するのである。



而して $F : mg = BD : AD$ ∴ $F = mg \frac{BD}{AD}$

又 $\angle a$ が小なれば $AD \div AC$ ∴ $F = mg \frac{BD}{AC} = mg \frac{BD}{l}$

即ち錘は常に静止點 C よりの距離に比例する力の作用を受けて振動する。従て單一弦運動である。

故に C 點より單位の距離の變化に要する力を M とすれば $M = \frac{mg}{l}$ 而

(1) $T = \frac{2\pi R}{\omega R} = \frac{2\pi}{\omega}$, $M = m\omega^2$ 但し ω は角速度である。 ∴ $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{M}}$

して週期を $T^{\circ\circ}$ とすれば、

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{M}} = 2\pi\sqrt{\frac{ml}{mg}}$$

$$\therefore T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

振子の実験

- (1) 錘の異なる長さの等しい振子を並べて装置する。
- (2) 両者を同時に振動せしめてその週期を比較する。然る時は両振子は同一週期で振動を継続することを見る。

由つて週期は錘の質量には無関係にして、長さが等しければ同一であることを知る。これが振子の等時性である。

- (3) 一方の振子の長さを短かくして又同時に振動せしめる。然る時は短い振子程週期の小なることを知る。
- (4) 長さ 15^{cm} , 60^{cm} , 135^{cm} の振子を作り、それ等各の 50 振動の時間 t_1 , t_2 , t_3 を測定し、これより各振子の週期 T_1 , T_2 , T_3 を求める。
- (5) 次式の如くして長さと週期との関係を求める。

$$T_1 = \frac{t_1}{50} \quad T_2 = \frac{t_2}{50} \quad T_3 = \frac{t_3}{50}$$

振子の長さの平方根は夫々 $\sqrt{15}$, $\sqrt{60} = 2\sqrt{15}$, $\sqrt{135} = 3\sqrt{15}$.

$$T_1 : T_2 : T_3 =$$

この実験から週期は長さの平方根に比例することを知る。

- (6) 長さ l^{cm} の振子の週期 T を (5) の如くして測定し、次式により重力の加速度 g を算出せよ。

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} =$$

【2】 **時計** 時計は振子の等時性を利用して時間を測る器械で、その主

要部はぜんまい・歯車・歯止め・振子・指針及び文字板である。

今これ等主要部の関係を次に述べる。

歯車は数箇あつて互に噛み合ひ、その一つに強いぜんまいがつけてある。その力に由つて歯車は回轉するのであるが、最後の歯車は両端に爪を有する歯止によつて支へられてゐるので、歯止が外れなければ歯車は回轉しない。この歯止の軸は振子に連絡してゐて、振子の一振動毎に歯止の爪が交互に歯車に噛み合ひ、一齒づゝ外れて歯車が回轉する。故にこれに噛み合ふ他の歯車も亦振子の振動に應じ一定の速さで回轉する。

指針はこの歯車の一つの軸についてゐて、目盛した文字板の面を進行するのである。

振子は金属製の棒の下端に錘をつけたもので、ねぢに由つて錘の位置を上下することが出来る、錘を下げて振子の長さを増せば時計は遅れ、錘を上げて振子の長さを減すれば時計は進む。

懐中時計では振子の代りに、鬚ぜんまいを軸につけたる金属製圓輪を用ひ、その振動を利用して、歯車の回轉の速さを均一に保たしめるやうに装置してある。

第二十一章 光・光の反射・平面鏡

要旨 発光体及び光の直進に就いて教へ、並に透明体・不透明体及び陰影に就いて知らしむ。

教授事項 1. 発光体。2. 光の直進すること。3. 透明体・不透明体及び陰影。
(尋四・39課)

要旨 光の反射する有様に就いて教ふ。

教授事項 1. 平面鏡に當れる光の反射。2. 普通の物に當れる光の反射。
(尋六・26課)

要旨 平面鏡によつて生ずる像について教ふ。

教授事項 1. 一點より發する光の平面鏡にての反射。2. 平面鏡によりて生ずる物の像。
(尋六・27課)

[1] 発光体 太陽・恒星・電燈・ガス燈・蠟燭の火・炭火等の如く、自ら光を發するものを**發光体**といひ、然らざるものを**暗体**といふ。暗体は發光体からの光を受ければこれを各方に反射して、恰も自ら光を發するが如くなるに由り、これを見ることが出来る。

光の直進の實驗

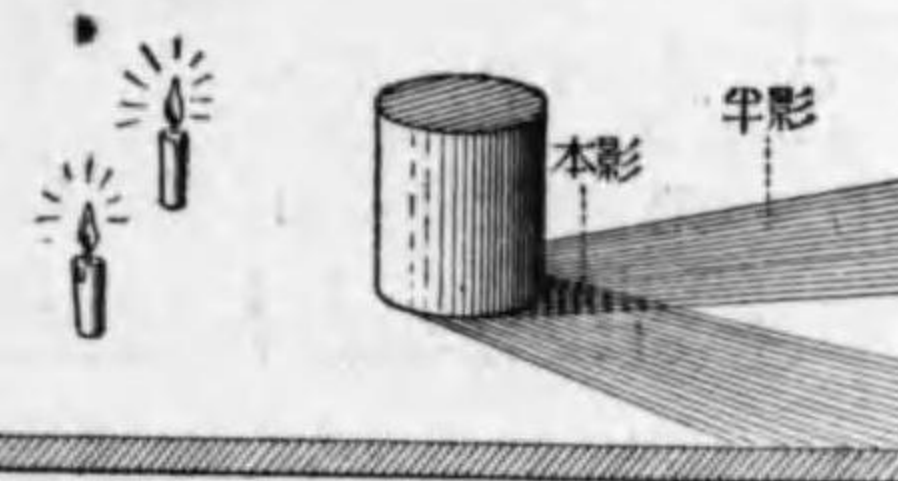
- (1) 長さ 40^{cm} 許りのゴム管の兩端に 3^{cm} 許りの硝子管を挿せるものを取り、その左手に持てる管端を眼に近寄せ、右手に持てる管端によりてゴム管を前方に引き伸し、管内を透して線香の火を眺める。
- (2) ゴム管を弛め少しく彎曲せしめて又線香の火を眺める。
- (3) 小孔を通じて暗室内に日光を導き入れてその通路を觀察する。

これ等の實驗によりて光は直線に沿ふて進行することを知る。

[2] 透明体と不透明体 空氣・水・ガラス等の如く、その物を透して光が進み得るものを**透明体**といひ、石・瓦・木材等の如く光の進行を遮斷するものを**不透明体**といふ。

陰影の實驗

- (1) 暗室内の机の上に直径 8^{cm}—9^{cm} 位の圓錐を立て、圓錐より 20^{cm} 許り離れて燭火 A を立てる。然る時は圓錐の後方に光の全く來らぬ影を生ずる。



- (2) 更に燭火 B を圖の如き位置に立てる。然る時は影の範圍は擴大せられて薄くなるも、圓錐の背後に三角形の著しく濃い陰影を認める。これ一の燭火に由りて生ずる影を他の燭火が照すため、圓錐背後の三角形をなす濃き影は、何れの燭火よりも光の達せざる部分である。この濃き部分を**本影**、周囲の淡き部分を**半影**といふ。

[3] 照明度及光度の測定 或る面の照明度は、その面の光源よりの距離の自乗に反比例する。従て同一の光源を使用する場合には、出来るだけそれに近接する方が照明が強い。

光源の光の強さを**光度**といひ、光源より單位の距離にある面の照度を以て、これを表はす。光源 s より l^m の距離にある面 A の照度と、他の光源 s_1 より l_1^m の距離にある面 B の照度とが相等しく、 s の光度を I 、 s_1 の光度を I_1 とすれば

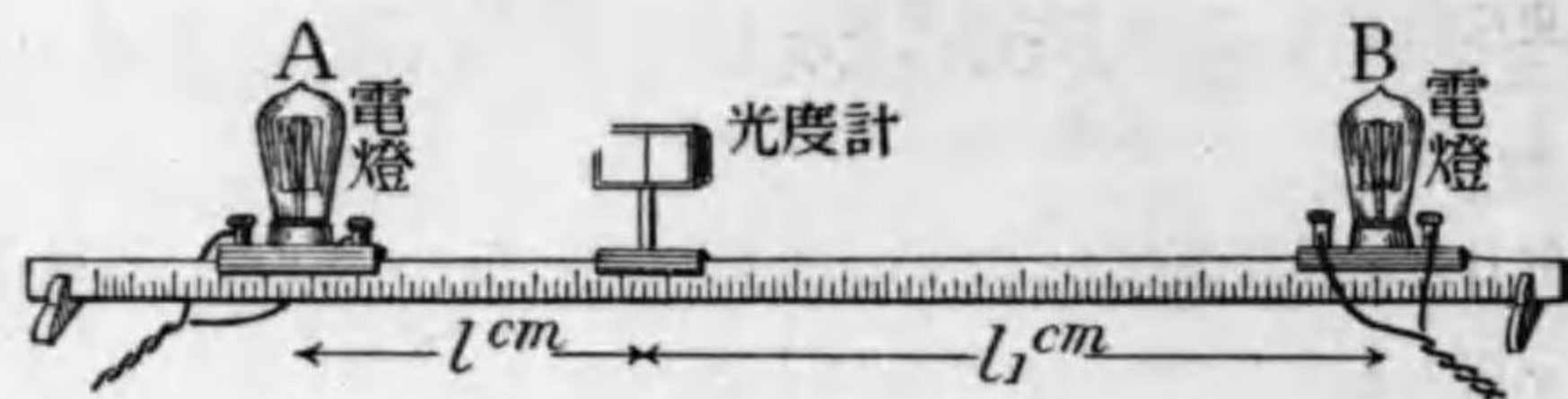
$$I : I_1 = l^2 : l_1^2$$

何となれば、 s 及び s_1 の A 及び B に於ける照度を a とすれば

$$I : a = l^2 : 1^2$$

$$I_1 : a = l_1^2 : 1^2$$

$$\therefore I : I_1 = l^2 : l_1^2$$



従て光度を測定するには、光源より照度の等しい面迄の距離を測定し、上の式を用ひて計算すればよい。

- (1) 光度計を圖の如く装置し、照度比較用の衝立を左右に動かしてその兩側面に於ける兩電燈の照度を等しくする。
- (2) 各電燈と衝立との距離 l^{cm} 及び l_1^{cm} を測る。
- (3) 電燈を動かし、且つ衝立をも加減して同様の實驗を更に2回行ひ、Aを標準としてのBの燭光を決定する。

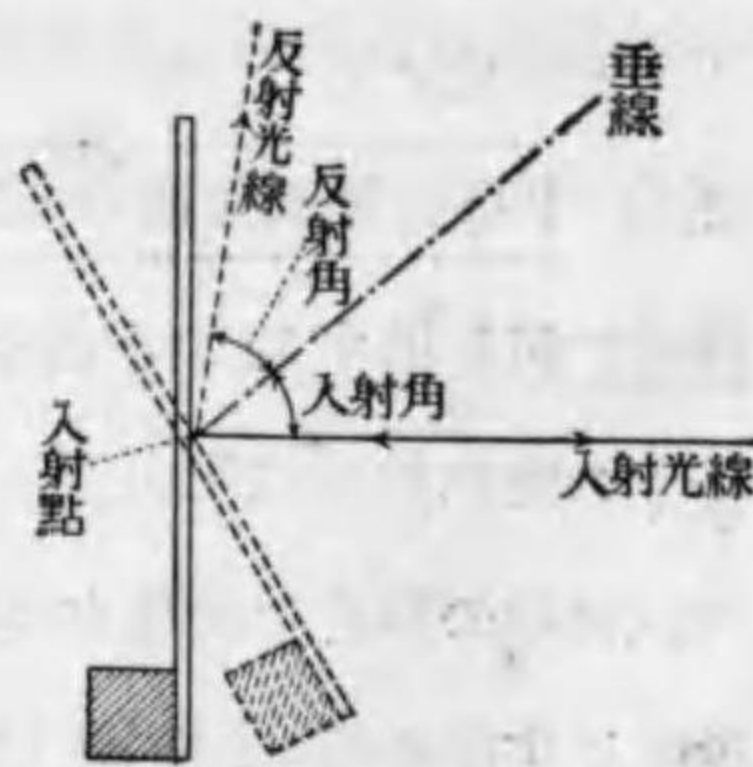
$$\frac{l_1^2}{l^2} =$$

$$\frac{l_1'^2}{l'^2} =$$

$$\frac{l_1''^2}{l''^2} =$$

光の反射實驗

- (1) 暗室に日光を導き、光の進路に平面鏡を直交して置く。然る時は光は逆行し、反射光が入射光の路を逆に進むことを知る。
- (2) 鏡を少しく傾けて入射光と反射光との關係を觀察する。入射光線と反射光線と



- (1) 1 燭光は氣壓 760^{mm} , $(1^{\text{m}})^3$ につき 8 リットルの水蒸氣を含有する空氣中に於て燃焼するハーコート氏 10 燭光ベーン燈の光力 (光度) の $\frac{1}{10}$ とす。

(電氣事業法施行規則第五十二條, 明治四十四年)

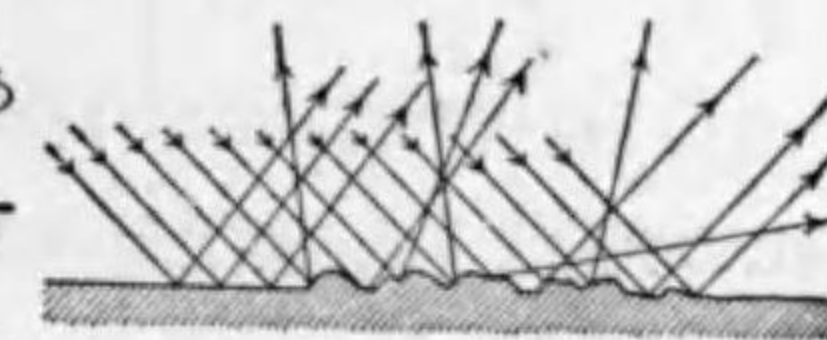
は入射點に立てた垂線の反對側にあること、並に入射角と反射角とは相等しいことを知る。

- (3) 更に鏡の傾く角度を種々に變化して觀察するも、亦常に (2) と同様の結果が得られる。又直射日光を鏡に受けても同様の事實を知ることが出来る。



[4] 普通の物に當れる光の反射 光は平滑な

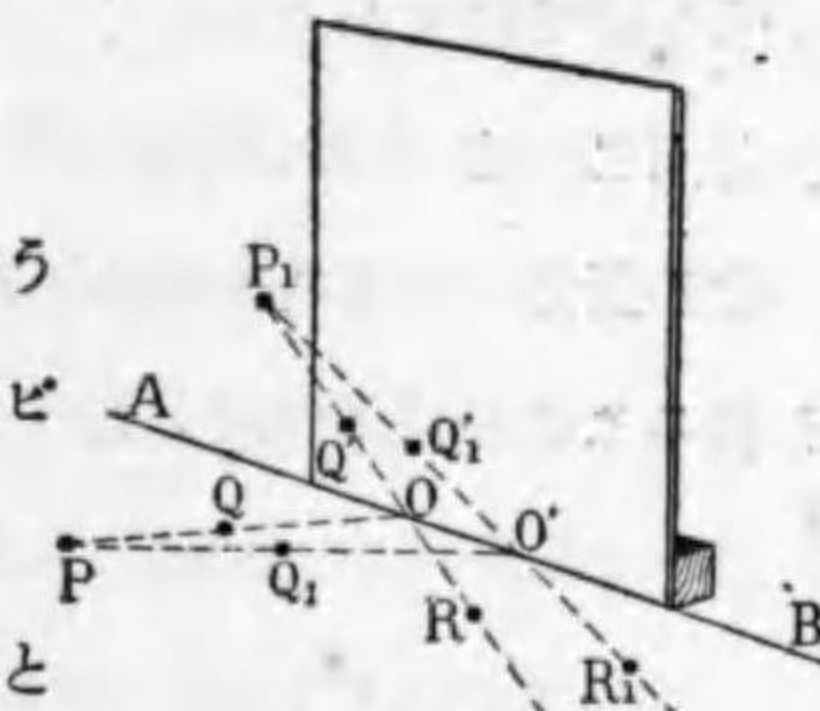
面に當れば前節所説の如く規則正しく反射するも、普通の物體の如く粗にしてしかも小凹凸ある面に當れば、各部分に於ては規則正しく反射するも、全體としては種々なる方向に反射する。こ



れを散光又は亂反射といふ。普通の物體が光を受くる時、それが各方より見えるのはこれがためである。

平面鏡の實驗

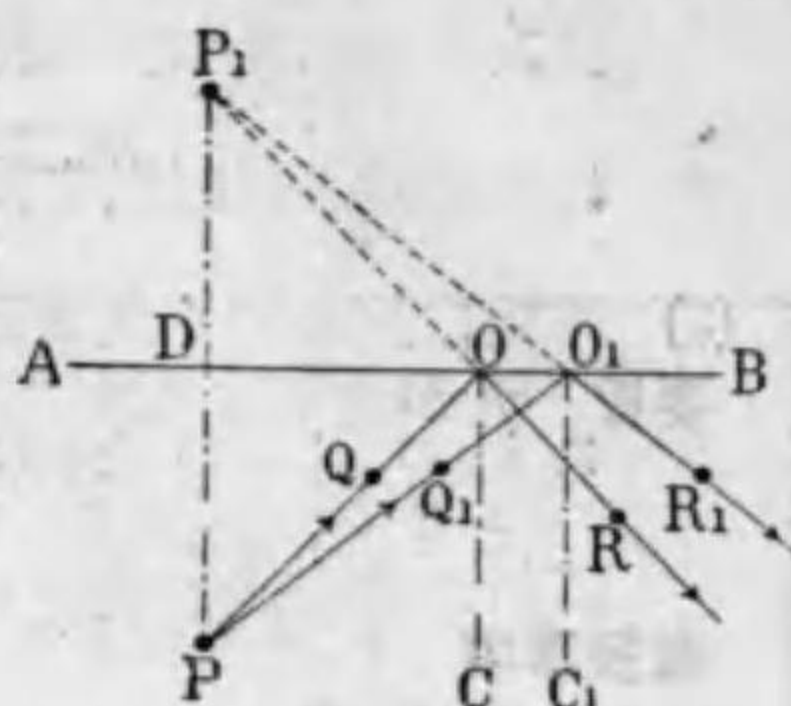
- (1) 畫板上に白紙を敷きて、その中央に直線 AB を引き、鏡の反射面をこれと一致せしめてその上に立てる。
- (2) P・Q の如き位置にピンを立てる。
- (3) 鏡を眺め、P・Q の像と一直線上にあるやうに他のピン R を立てる。(かゝる場合にはピン下部にのみ着目して實驗を行へ。)
- (4) 更にピン Q を Q_1 の如き位置に立て、前と同様にして R_1 にピンを立てる。
- (5) 平面鏡を去り PQ, PQ_1 を連結し、これと AB との交點を O 及び O_1 とし OR, O_1R_1 を結び、これを逆に延長してその交點 P_1 を求める。



(6) O 及び O₁ に垂線 OC 及び O₁C₁ を引き、
入射角と反射角とを分度器で測定する。

(7) PP₁ を結び、それと AB との交点を D とし、PD と P₁D との長さを測り、且つ PP₁ と AB とのなす角を測定する。

$$\begin{cases} \angle POC = & \angle PO_1C_1 = \\ \angle COR = & \angle C_1O_1R_1 = \\ PD = & \angle PDO = \\ P_1D = & \angle P_1DO = \end{cases}$$



この実験より次の事実を知る。即ち

- (一) 入射角と反射角とは相等しい。
- (二) 入射光線、反射光線及び入射點に立てた垂線は同一平面内にありて、入射光線と反射光線とは垂線の反対の側にあること。
- (三) 像は反射面に對して對稱の位置にあること。



平面鏡では光が上の如く反射するから、平面鏡に映する物體の像は實物のそれと同じ大さで、且つ左右相反し、右手を映すと左手の如く見えるのである。

彼の對岸の樹木等が水面に倒立して見えること、鏡の前に立ちてその姿を映し得ること等は皆光の反射に由るのである。

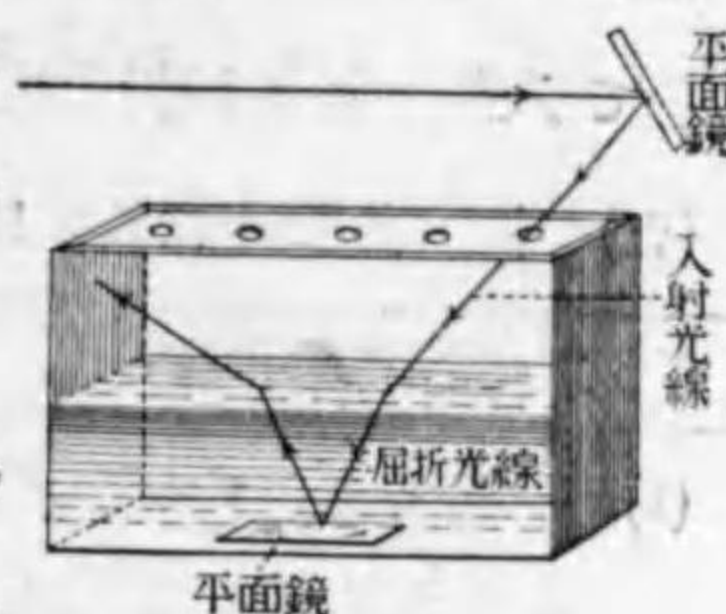
第二十二章 光の屈折

要旨 光が空気より水又はガラスに入るとき及びこれより空気に出るときその屈折する有様について教ふ。

教授事項 1. 光が空気より水に入るとき屈折。2. 光が水より空気に出るとき屈折。3. ガラスに於ける光の屈折。 (尋六・28課)

光の屈折実験

(1) 暗室内に水槽を置き、その底に平面鏡を入れたる後これに半分許りの水を入れ、少許の石鹼液を加へて僅かに水を濁らせ、水面上の空間を NH₄Cl⁽¹⁾ の白煙に由りて曇らせる。



(2) 圖の如く平面鏡を装置して、ヘリオスタットよりの日光を蓋の小孔を通じて水槽内に送り、その進路を観察する。然る時は光は水面に於て屈折して水中に直進し、底の平面鏡に當りて反射し、再び水面より屈折して空気中に出づることを見る。

(3) 鏡を加減して、入射光線と水面とのなす角を漸次大きくする時の光の進路を観察し、更に入射光線が水面に直交する場合をも實驗する。

然る時は水より空気中に屈折して出づる光の進路は、次第に平面鏡より槽内に入射する光の進路に近づき、遂に入射光線が水面に直交する時は、屈折することなくして水中に直進し、底の鏡より反射して逆行するこ

(1) HCl と NH₃ とつけた別々の布片を水槽の水面上で接近させると忽ち NH₄Cl の白煙を生ぜしむることが出来る。

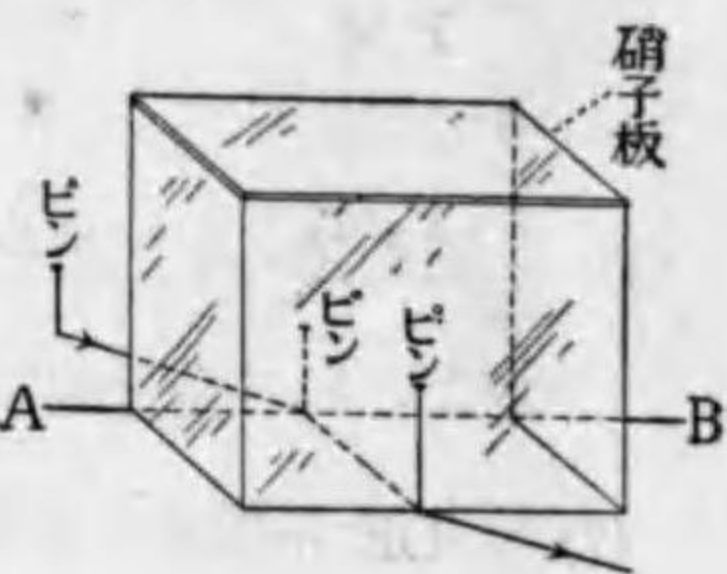
とを見る。

この実験から次の事実を知る。即ち

- (一) 光が空気より斜に水に入る時は、その境界面に於て、元の進路よりも水面に遠ざかる様に屈折して直進すること。(入射角より屈折角が小)
- (二) 光が水より斜に空気に入る時は、又その境界面に於て屈折し、元の進路よりも水面に近づきて直進すること。(入射角より屈折角が大)
- (三) 光が空気より垂直に水に入る時、及び水より垂直に空気に入る時には、共にその境界面で屈折せぬこと。
- (四) 入射光線と入射面に於ける垂線並に屈折光線とは同一平面内にあり、入射光線と屈折光線とは垂線の反対側にあること。
- (五) 同一媒質中に於ては光は直進すること。

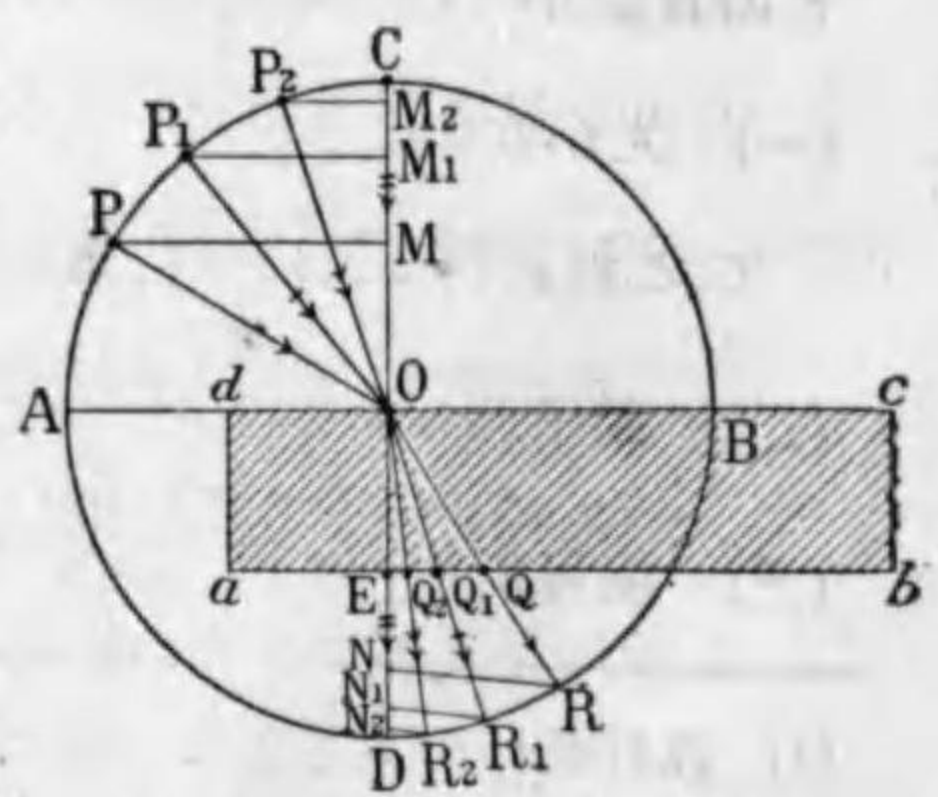
ガラスの屈折率測定

- (1) 畫板上に白紙を敷き、その上に直徑 10cm 許りの圓を描き、これに直交する直徑 AB, A CD を引く。



- (2) 厚硝子板を取り、その一稜を AB と一致せしめてこの上に立て、紙面上に輪廓 abcd を引く。

- (3) 中心 O 及び圓周上 P の如き位置にピンを立て、硝子を透してこれ等のピンと同一直線上に見える点を硝子の cd 面に接する紙面上に求め、この點に



(1) $n = \frac{\sin i}{\sin r} \therefore \sin i = n \cdot \sin r$ $\angle i = 0^\circ$ ならば $\sin i = 0$ 而して $n \neq 0$
 $\therefore \sin r = 0$ 従て $\angle r = 0^\circ$ 即ち垂直に入射する時は屈折角は 0° 、由つて屈折せず。

ピン Q を立てる。(かかる実験はピンの下部にのみ着目して行へ)

- (4) 更にピンを P₁, P₂ 及び C 點に立て、これ等と O 點のピンとを同一直線上に認める點を cd 面に接して求め、此處にピン Q₁, Q₂ 及び E を立てる。
- (5) 硝子板を去り、PO, P₁O, P₂O を結び、且つ OQ, OQ₁, OQ₂ を結び、それ等の延長が周と交はる點を R, R₁ 及び R₂ とし、P, P₁ 及び P₂ 並に Q, Q₁ 及び Q₂ より CD に垂線 PM, P₁M₁, P₂M₂ 及び RN, R₁N₁, R₂N₂ を引き、その垂線の長さを測定する。
- (6) 次表に記入して屈折率を求め。

PM =	cm	RN =	cm	$n' = \frac{PM}{RN} =$
P ₁ M ₁ =	cm	R ₁ N ₁ =	cm	$n'' = \frac{P_1M_1}{R_1N_1} =$
P ₂ M ₂ =	cm	R ₂ N ₂ =	cm	$n''' = \frac{P_2M_2}{R_2N_2} =$
$n = \frac{n' + n'' + n'''}{3} =$				

- (7) OE を連結しこれと OD とを比較する。

この実験から次の事実を知る。

- (一) 光が空気より硝子に入る時は、その屈折角は常に入射角よりも小にして、これに反すれば屈折角は入射角よりも大なること。
- (二) 硝子の屈折率は約 $\frac{3}{2}$ なること。
- (三) 境界面に垂直に入射する光は屈折せぬこと。

- (1) 屈折率を n, 入射角及び屈折角を夫々 $\angle i$ 及び $\angle r$ とすれば

$n = \frac{\sin i}{\sin r}$ 然るに $\sin i = \frac{PM}{PO}$, $\sin r = \frac{NR}{OR}$
 $\therefore n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{PM}{RN} \therefore PO = OR$

【1】 光の屈折の法則

入射光線と屈折光線と入射点の垂線とは同一平面内にありて、入射光線と屈折光線とは垂線の反対側にある。

入射角の正弦の屈折角の正弦に対する比は、入射角の大小に關せず、媒質によりて一定である。

この比の値を屈折率といふ。 n を屈折率、入射角及び屈折角を夫々 $\angle i$ 及び $\angle r$ とすれば $n = \frac{\sin i}{\sin r}$

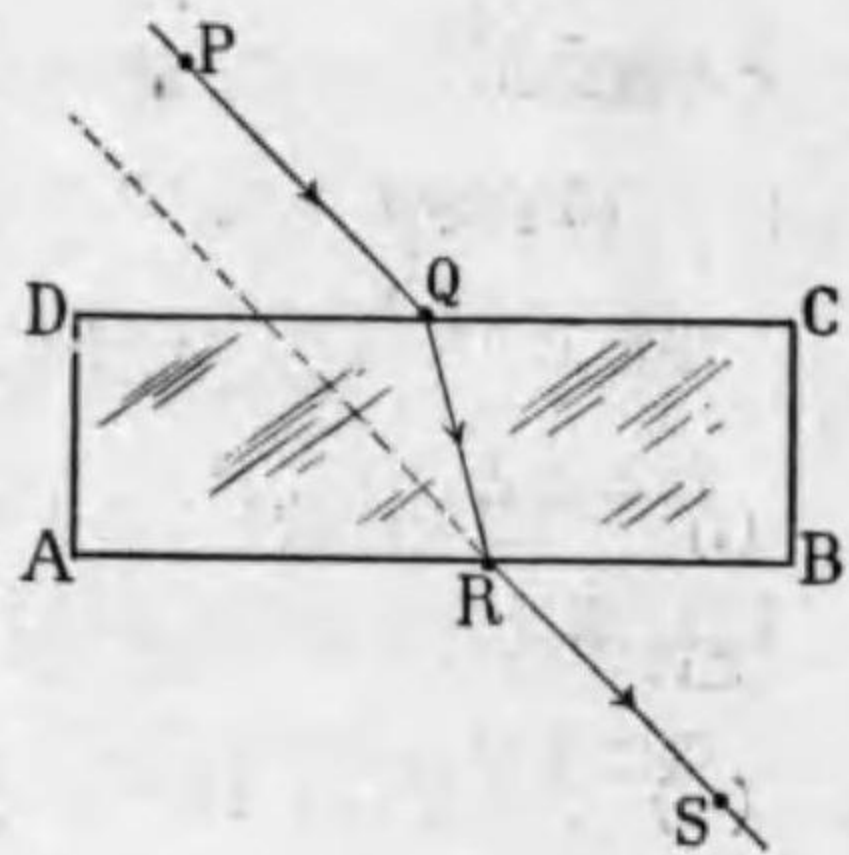
屈折率 (空気より入射するとき)

物質	屈折率	物質	屈折率
水	1.31	硝子	1.51-1.65
水	1.333	ダイヤモンド	2.42

硝子板による光の屈折

(1) 畫板上に白紙を敷き、厚硝子板を立て、その輪廓 ABCD を引く。

(2) P, Q の如き位置にピンを立て、硝子を通してこれ等のピンと同一直線上に見える点を、AB が紙面に接する處に求め、この點にピン R を立て、更に P, Q, R と同一直線上に見える點にピン S を立てる。



(3) 硝子を去り、PQ, QR, RS を連結して光の進路を定め、RS の延長と PQ との關係を調べる。然る時は $PQ \parallel RS$ なることを知る。

由つて兩面が平行なる硝子板を通る光は、屈折して硝子を出づる時入射する光と平行に進むことを知る。

(4) 更に紙面の別の部分に硝子板を立て、その輪廓 ABCD を引き、その DC 面に接してピン P を立てる。

(5) 次で AB 面に接し Q, Q₁, Q₂, ...

...等の位置にピンを立て、硝子を透

して P を眺め、これと Q, Q₁, Q₂ ...

...等と一直線上に見える點に夫々

ピン R, R₁, R₂, ... を立てる。

(6) 硝子を去りて、PQ, QR, PQ₁, Q₁R₁,

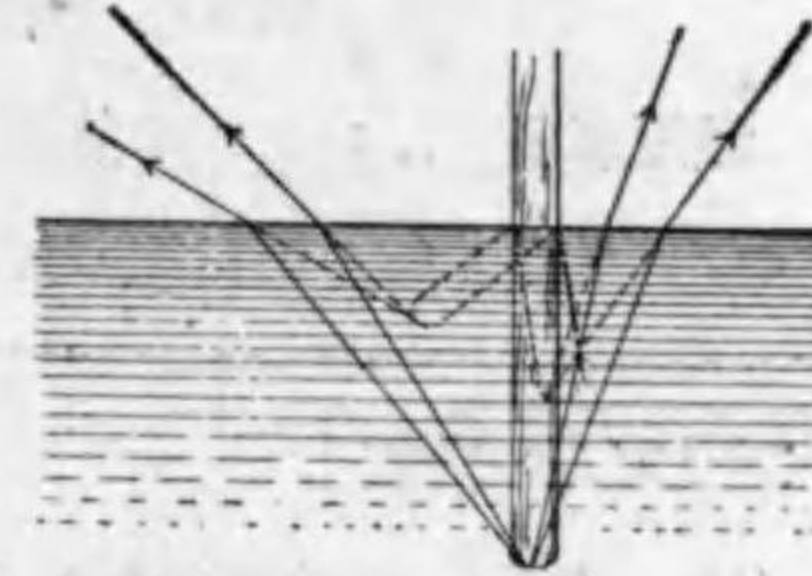
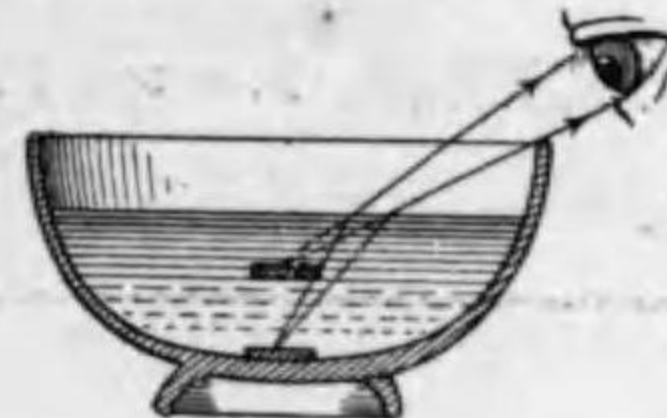
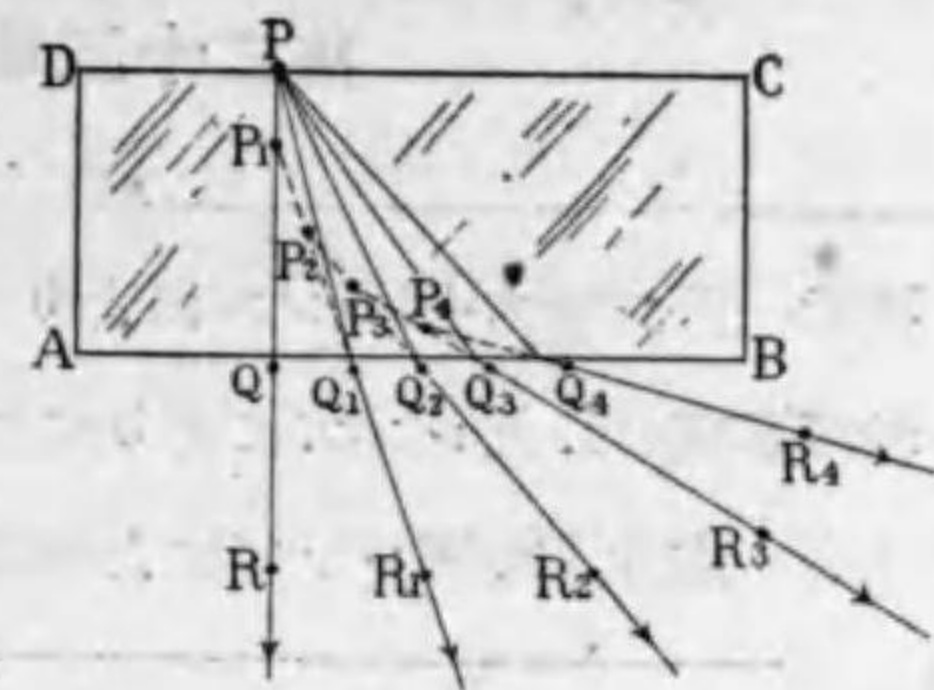
...等を連結し、且つ Q₁R₁, Q₂R₂, ...

...等を延長し

てそれ等の交

點 P₁, P₂, P₃, P₄

を決定する。

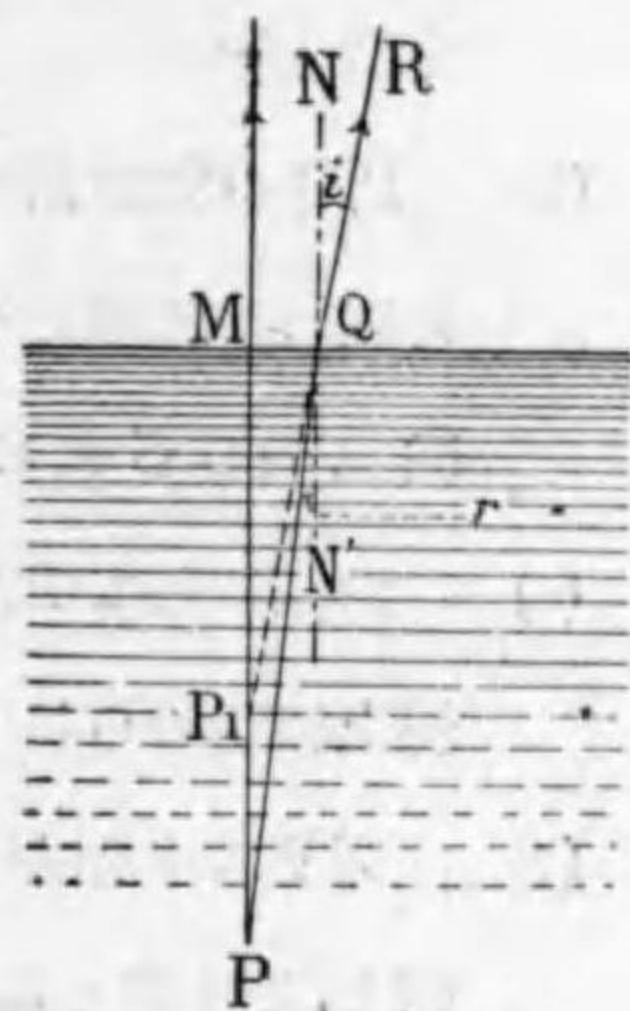


この實驗から次の事實を知る。

(一) 硝子・水等を透してその下にある物體を見れば浮き上りて見え、その程度が眼の位置に由りて異なること。

(二) 眞上から見ても見懸上の水の深さ、硝子の厚さ等はその眞の深さ及び厚さよりも小さく見えること。

(三) 水中に立てる物體が水面で折れて見えること。



(1) $n = \frac{\sin i}{\sin r}$

$\therefore \frac{1}{n} = \frac{\sin r}{\sin i}$

$\frac{3}{4} = \frac{\sin r}{\sin i} = \frac{P_1Q}{PQ}$

$\therefore P_1Q = \frac{3}{4} \times PQ$

$PQ \div PM$

$P_1Q \div P_1M$

$\therefore P_1M = PM \frac{3}{4}$

第二十三章 レンズ

要旨 凸レンズ・凹レンズによりて生ずる像に就いて教ふ。

教授事項 1. 凸レンズによりて生ずる実像。2. 凸レンズによりて生ずる虚像。3. 凹レンズによりて生ずる像。 (尋六・29課)

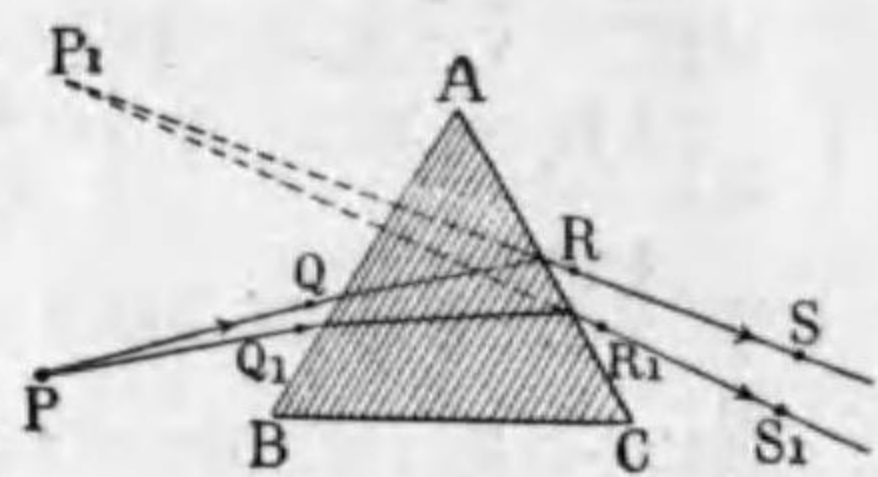
要旨 レンズの焦点及び焦点距離に就いて教へ、レンズに由りて生ずる物の像と物との位置及び大いさの関係に就いて教ふ。

教授事項 1. レンズの焦点及び焦点距離。2. レンズに由りて生ずる物の像と物との位置・大いさ。 (高二・18課)

プリズムの実験

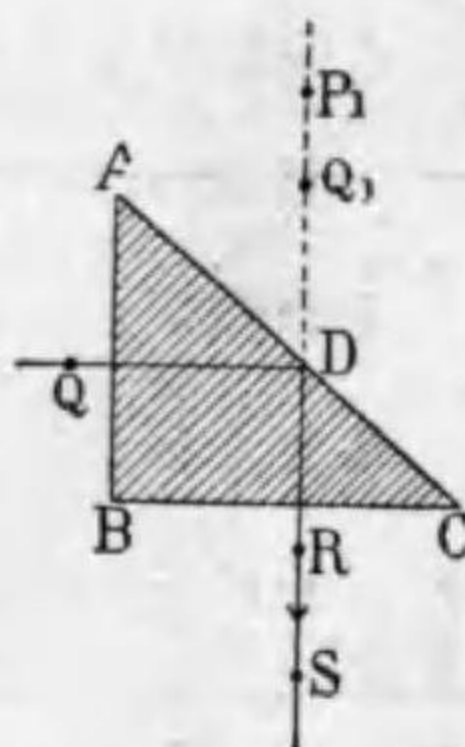
(1) 畫板上に白紙を敷き、その上にプリズムを立て、その輪廓 ABC を引く。

(2) P, Q の如き點にピンを立て、プリズムを透過しこれ等と一直線上に認めらるゝ點 R 及び S にピンを立てる。



(3) 同様にして P, Q₁ 及び R₁, S₁ が一直線上に認めらるゝやうにピンを立てる。

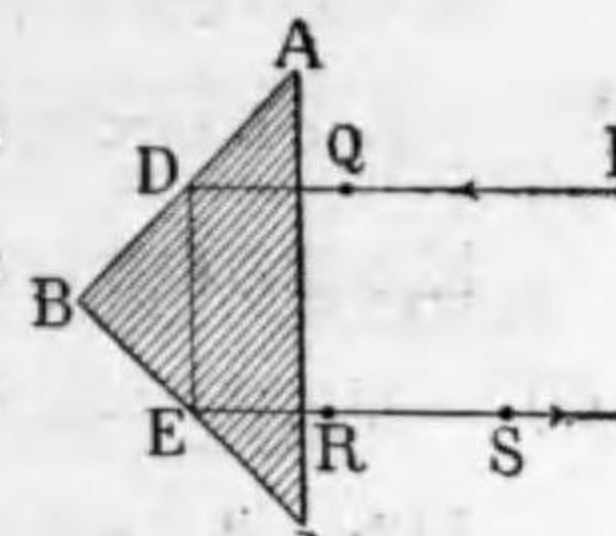
(4) プリズムを去り、PQ, PQ₁ 及び RS, R₁S₁ を連結し、これ等と AB 及び AC の交點を求めて圖の如く連ね、且つ RS, R₁S₁ の交點 P₁ を決定する。



この實驗でプリズムに由りて光の屈折すること、並にプリズム内を通る光の進路を知ることが出来る。

(5) 直角プリズムを用ひ、前の如くしてその一の面に直交する直線上にピン P 及び Q を立てる。

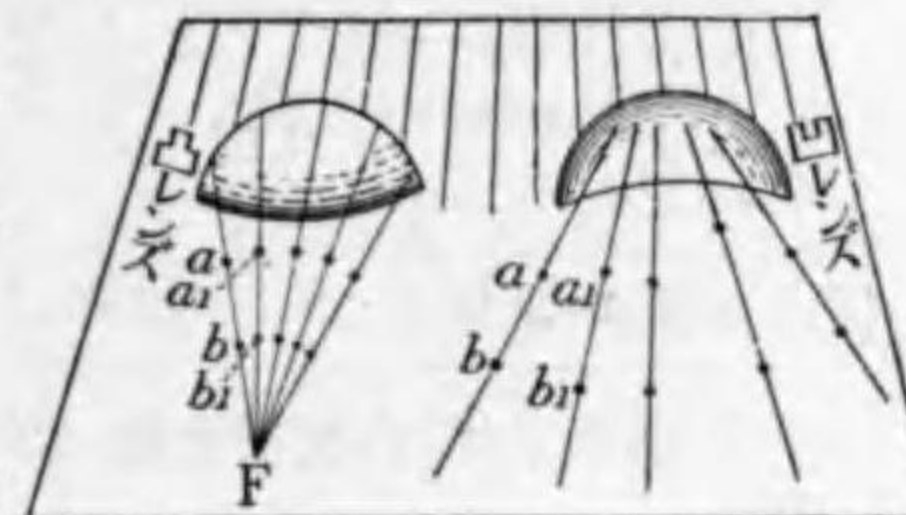
(6) 面 BC 或は AC を透して P, Q の像と同一直線上にある様に、ピン R, S を立て、光の進路を決定し、屈折光線 RS と面 BC 或は AC とのなす角を測る。



この實驗で直角プリズムに由る全反射を實驗することが出来る。

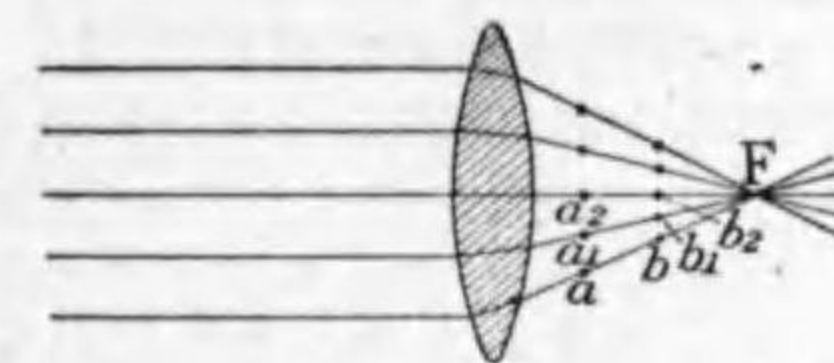
レンズの焦点及び焦点距離の實驗

(1) 半圓形をなすレンズを用意し、これを机上の厚紙の中央部に置いてその輪廓を引く。

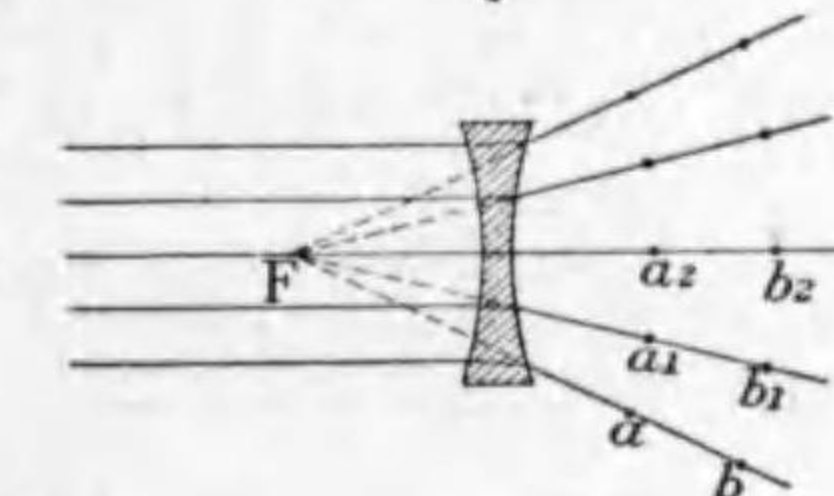


(2) レンズの背後に數條の並行線を引き、レンズを透してこれ等平行線の像と同一直線上にあるやうに、ピン ab, a₁b₁..... を立て、屈折光線の進路を決定する。

(3) レンズを去り、これ等の屈折光線を作圖してその交點 F を決定し、F とレンズとの距離を測定する。



然る時はこの交點がレンズの焦點で、その測定せる長さ f^{cm} が焦點距離であることを知る。



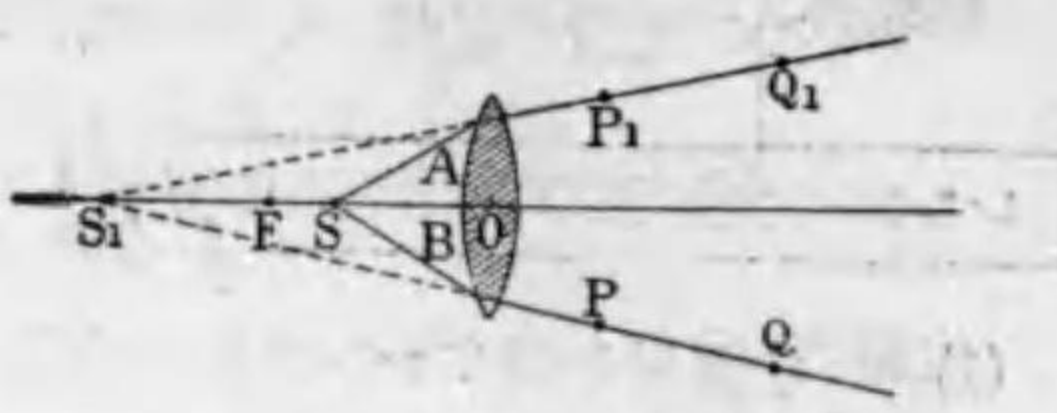
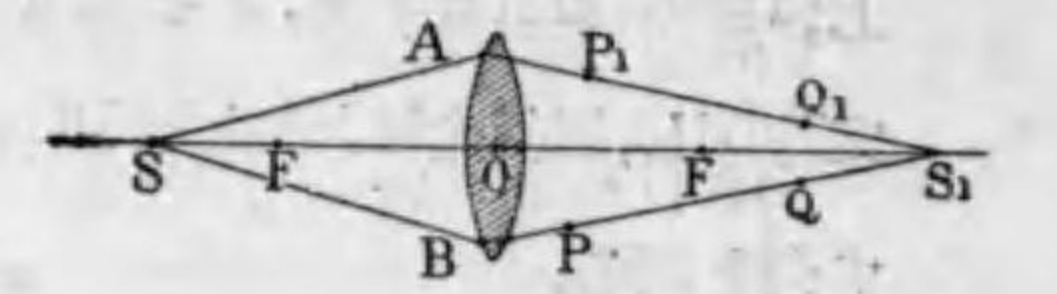
(4) 更にレンズの反對側にも平行線を引

(1) 厚紙は長さ 1m 幅 25cm 位のものを可とする。

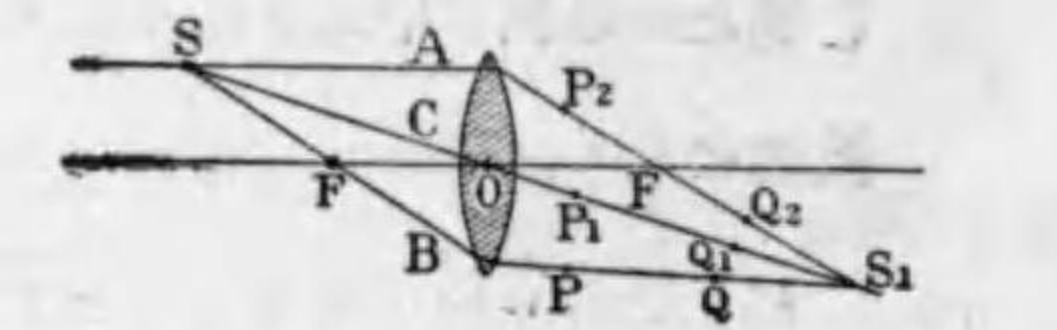
き前と同様にすれば、又焦点及焦点距離が得られるが、この際の焦点距離は(3)のそれと殆んど同一である。

由てレンズの両側に焦点あること、並に同じレンズでは両側に於て焦点距離の相等しいことを知る。

- (5) 更にレンズを元の位置に置き、これに直射日光を送りてその焦点を決定し、これと(3)の焦点とを比較すれば、両者は略、一致することを見る。



- (6) 凹レンズについて同様の実験をすれば、屈折光線 ab , a_1b_1 等は発散し、こ



れを逆に延長すれば又一點に集交する。これが凹レンズの焦点で、これとレンズとの距離がその焦点距離である。

レンズによる光の屈折実験

- (1) 前節の如くしてレンズの輪廓を引く、その軸上焦点 F 外に一點 S を取り、 S より SA, SB を引く。
 (2) ピン P, Q 及び P_1, Q_1 を立て、屈折光線 SA, SB を決定作圖し、その交点 S_1 を求める。
 (3) SO, S_1O を測りこれを a^{cm}, b^{cm} とし $\frac{ab}{a+b}$ を計算する。 S 點の位置を變更して更に同様の結果を求めてこれを平均し、その平均値と前節に得

$$(1) \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \therefore \frac{1}{f} = \frac{a+b}{ab} \therefore f = \frac{ab}{a+b}$$

たる焦点距離 f^{cm} とを比較する。

- (4) S 點を焦点内に取り、又同様の實驗を施せば、屈折光線は發散して S_1 の如き位置に於て交はる。又 SO 及び S_1O を測りこれを a^{cm} 及び b^{cm} とし、 $\frac{ab}{b-a}$ を計算して(3)の焦点距離 f^{cm} と比較する。

$$\begin{aligned} \text{焦点外} \left\{ \begin{aligned} SO = a^{cm} = & S_1O = b^{cm} = & \frac{ab}{a+b} = \\ S'O = a_1^{cm} = & S_1'O = b_1^{cm} = & \frac{a_1b_1}{a_1+b_1} = \\ S''O = a_2^{cm} = & S_1''O = b_2^{cm} = & \frac{a_2b_2}{a_2+b_2} = \end{aligned} \right. \\ \text{(焦点内)} \left\{ \begin{aligned} SO = a^{cm} = & S_1O = b^{cm} = & \frac{ab}{b-a} = \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

- (5) 更に軸に平行なる SA 上に S を取り、これより SA, SC, SB を引き、それ等の屈折光線を決定作圖すれば、これ等は S_1 にて交はる。
 (6) 凹レンズを用いて上記の操作を繰り返せば、その焦点距離は $\frac{ab}{a-b}$ と一致し、且つ S 點の位置に關せず常にその像が S 點と同側に生ずることを知る。

この實驗から次の事項を知る。

- (一) 光點が軸上焦点外にあれば、その像は反対側の軸上焦点外に生じ、實像である。
 (二) 光點が軸上焦点内にあれば、像は同じ側で焦点よりレンズを離れて軸上に生じ、虚像である。
 (三) レンズに由る物體の像の作圖法。即ち平行光線は焦点を通る。光心に

$$(1) \frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \therefore \frac{1}{f} = \frac{b-a}{ab} \therefore f = \frac{ab}{b-a}$$

(2) SC は S とレンズの中心 O とを連結するやうに引け。

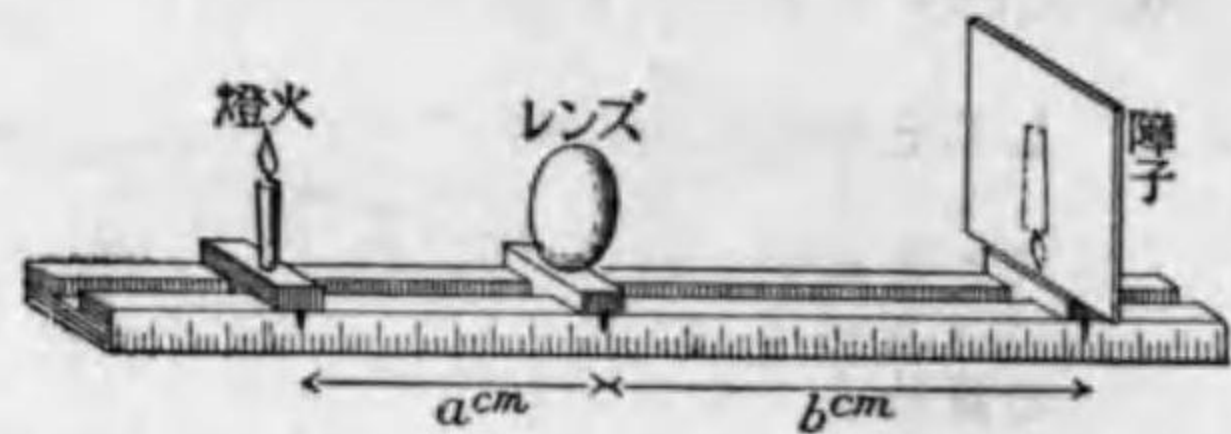
$$(3) \frac{1}{b} - \frac{1}{a} = \frac{1}{f} \therefore f = \frac{ba}{a-b}$$

向ふ光は屈折せず。この二光線の交点が物体のそれに対応する点の像である。

(四) 凹レンズでは屈折光線は常に屈折して発散し、像は虚像で、レンズと同側に生ずる。

レンズによる像の実験

(1) 光學臺上にレンズと衝立と對立せしめ、レンズを太陽に向けて衝立上にその明瞭なる實像を生ぜしめ、レンズと衝立との距離 f^{cm} を測る。



(2) 光學臺上の兩側に燭火と衝立とを立て、その間にレンズを立て、レンズと燭火との距離を f^{cm} と $2f^{cm}$ の間、丁度 $2f^{cm}$ の點及び $2f^{cm}$ より大となし、その都度衝立を前後に動かして、これに倒立せる明瞭の實像を生ぜしめ、その各の場合に於てレンズより燭火及び衝立迄の距離を測定し、且つ像と燭火との大きさを比較する。

(3) $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ なる公式によりて f を求め、これと (1) の結果とを比較する。

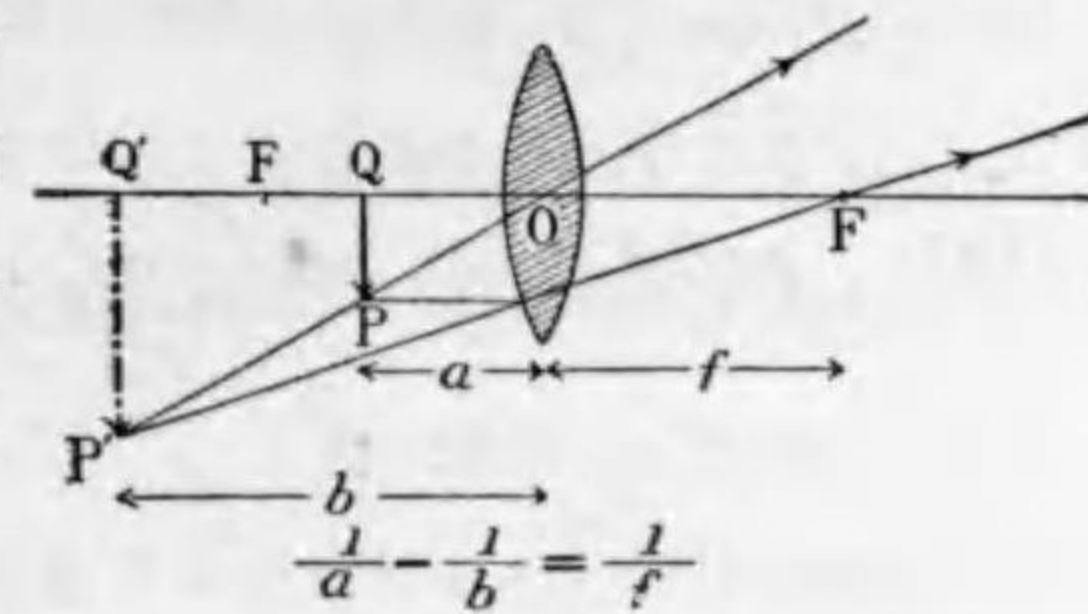
(4) 更に燭火を焦點内に置き、レンズを通してその直立せる虚像を眺め、これと燭火との大きさを比較する。

燭火の位置	2f 外るとき	2f のとき	f と 2f の間るとき	f 以内るとき
測定量				
燭火とレンズとの距離(a)	$a^{cm} =$	$a_1^{cm} =$	$a_2^{cm} =$	

(1) 虚像の實際の長さは尺度にて測ること難ければ、約何倍といふやうに目分量で推定した値を記せ。

像とレンズとの距離(b)	$b^{cm} =$	$b_1^{cm} =$	$b_2^{cm} =$	
焦點距離(f)	$\frac{ab}{a+b} =$	$\frac{a_1 b_1}{a_1 + b_1} =$	$\frac{a_2 b_2}{a_2 + b_2} =$	
燭火に比較せる像の大きさ				
虚, 實, 正, 倒				

(5) 凹レンズに由り (4) と同様にしてその虚像を眺め、これと燭火とを比較すれば、像は直立せる實物より小さい虚像であることを知る。



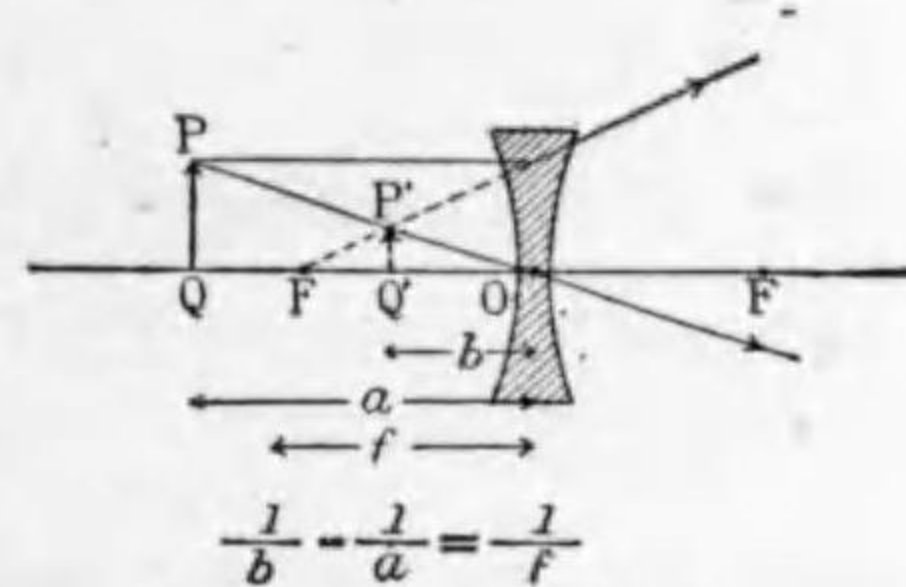
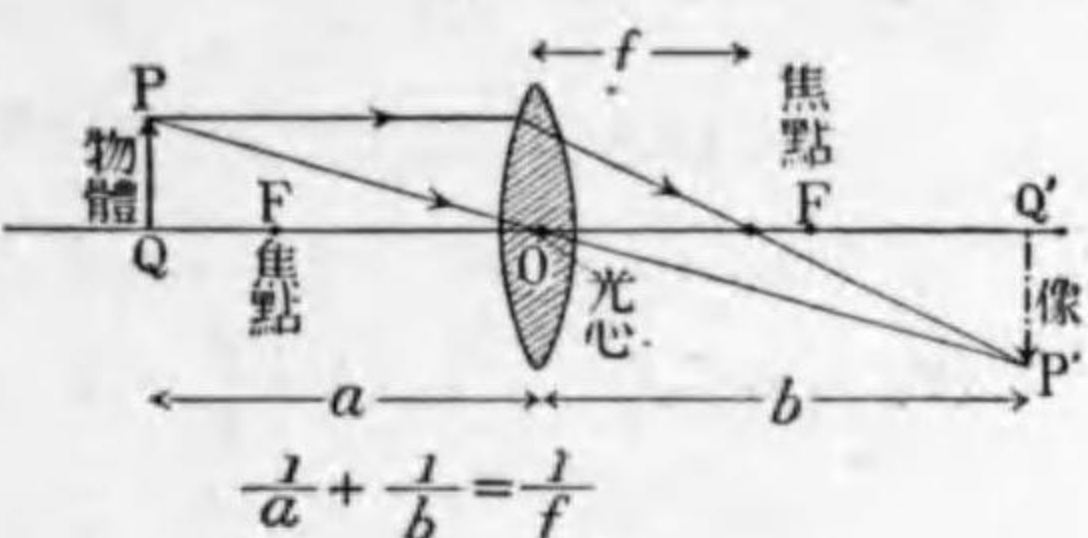
[1] レンズの公式 レンズより實物及び像までの距離を夫々 a, b としその焦點距離を f とすれば、レンズの公式は次の通りである。

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

然るに虚像を生ずる際には $b < 0$ となり、且つ凹レンズでは焦點距離も負となるから

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \dots\dots\dots \text{凸レンズで虚像を生ずるとき。}$$

$$\frac{1}{b} - \frac{1}{a} = \frac{1}{f} \dots\dots\dots \text{凹レンズの公式。}$$



而して $\triangle POQ$ の $\triangle P'OQ'$

$$\therefore PQ : P'Q' = a : b \quad \therefore P'Q' = PQ \times \frac{b}{a}$$

即ち 像=實物 $\times\frac{b}{a}$

又公式から $\frac{1}{f} = \frac{a+b}{ab}$ $b = \frac{af}{a-f} = \frac{f}{1-\frac{f}{a}}$

- (I) $a = \infty$ $1 - \frac{f}{a} = 1$ $b = f$ { 物體が甚だ遠ければ像は焦點上に生じ、その大きさは甚だ小。
- (II) $\infty > a > 2f$ $1 > 1 - \frac{f}{a} > \frac{1}{2}$ $f < b < 2f$ { 物體が $2f$ 外にあれば、像は f と $2f$ との間に生じ、常に實物より小。
- (III) $a = 2f$ $1 - \frac{f}{a} = \frac{1}{2}$ $b = 2f$ { 物體が $2f$ の點にあれば、像は又 $2f$ の點に生じその大きさは實物と等しい。
- (IV) $2f > a > f$ $\frac{1}{2} > 1 - \frac{f}{a} > 0$ $\infty > b > 2f$ { 物體が $2f$ より焦點に近寄れば、像は $2f$ 外に生じ、物體が焦點に接近する程レンズを遠ざかりその大きさは次第に大きくなる。
- (V) $a < f$ $1 - \frac{f}{a} < 0$ $b < 0$ { 物體が焦點内にあれば像は物體と同側に生じ、常に實物より大なる直立せる虚像である。
 $|b| > |a|$ (1)}

(1) 負数の絶対値を表すに $|b|$ の如くする。

第二十四章 顯微鏡・望遠鏡

要旨 顯微鏡・望遠鏡・双眼鏡の構造及びその働に就いて教ふ。

教授事項 1. 虫メガネ。2. 顯微鏡。3. 望遠鏡。4. 双眼鏡。(高二・19課)

【1】 **虫メガネとその倍率** 虫メガネは物體を廓大して見るために用ひる凸レンズで、これを使用するにはレンズを眼に近き處に置き、物體をその向側よりこれに近寄せる。かくて物體をレンズの焦點内に接近せしめて、その虚像が明視の距離に生ずるに至れば、廓大されたる物體の像を、明瞭に認むることが出来る。

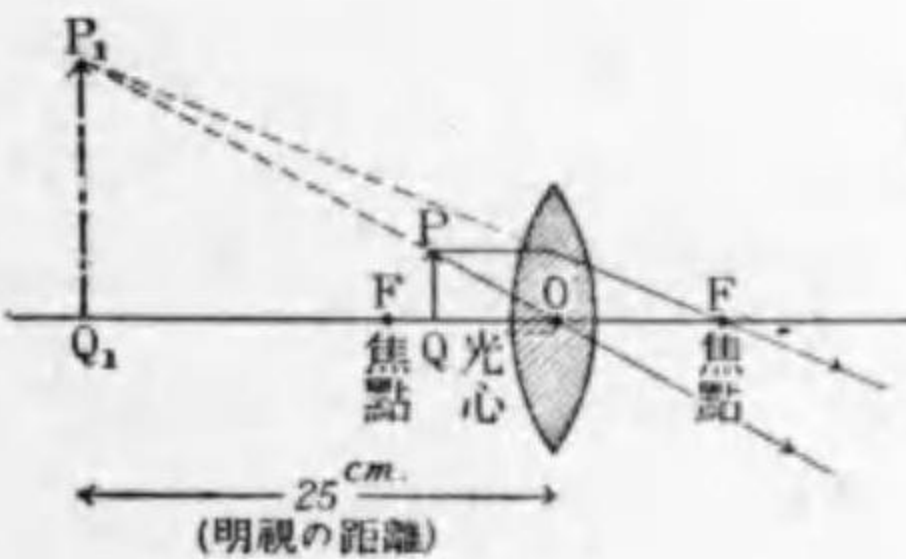
今レンズより物體及び像までの距離を a 及び b とし、そのレンズの焦點距離を f とすれば

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad \therefore \frac{b}{a} = 1 + \frac{b}{f}$$

$\triangle OP_1Q_1$ の $\triangle OPQ$

$$\therefore P_1Q_1 = PQ \times \frac{Q_1O}{QO} = PQ \times \frac{b}{a}$$

$$= PQ \times \left(1 + \frac{b}{f}\right)$$



b は明視の距離であるから

$$P_1Q_1 = PQ \times \left(1 + \frac{25}{f}\right)$$

故に虫メガネの廓大率は $\left(1 + \frac{25}{f}\right)$ である。

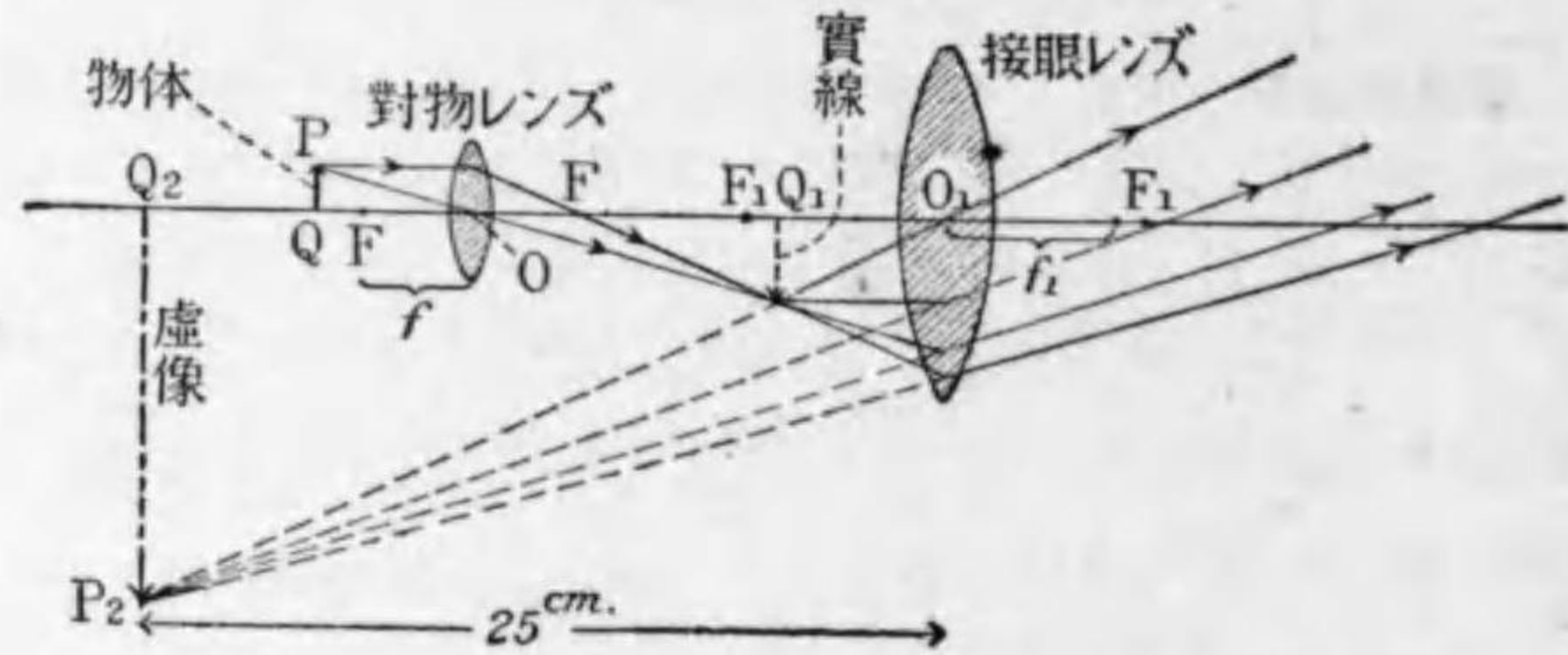
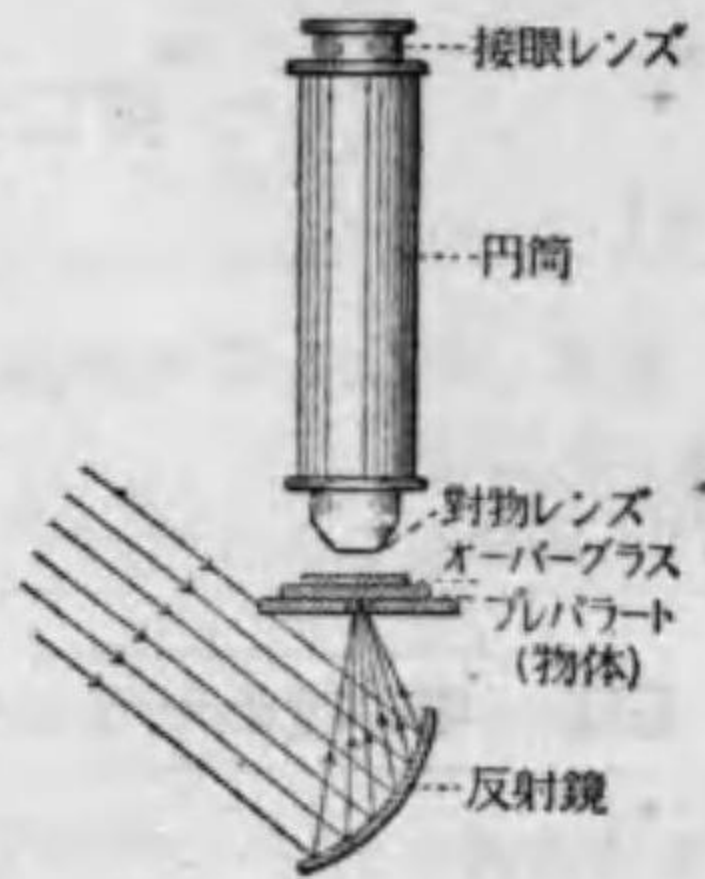
【2】 **顯微鏡とその倍率** 顯微鏡は微細なる物體を廓大して見る光學器械で、その主要部は對物レンズと接眼レンズとである。この兩レンズは共に數個のレンズを組合せて一の凸レンズの働きをする様に仕組まれてゐる。その對

(1) 常人の明視の距離は 25cm である。

物レンズの焦点距離は極めて短い。

物体を対物レンズの焦点外でこれに近く置き、由つて生ずる廓大せる實像を、虫メガネと同じ働きをする接眼レンズにより、更に二重に廓大したる虚像として認むるものであるから、微細のものも数十倍・数百倍と廓大されて精細に認むることが出来る。物体から反射して顕微鏡内に入る光の量は一定し

てゐる。従て像が廓大されれば廓大される程その明るさを減じて像が不明瞭になる。反射鏡を用ひて物体を強く照らしむるのはこの缺を補ふためである。



されば顕微鏡を使用するには、この反射鏡⁽¹⁾の焦点を物体と一致せしむる様に調節して、鏡面に入射する光の總てをして物体を照らしむる様にし、且つ対物レンズに由りて生ずる實像が接眼レンズの焦点内にありて、その虚像を明視の距離に生ぜしめるやう、筒を上下に加減するものである。

今接眼レンズ及び対物レンズの焦点距離を夫々 f_1 及び f 、対物レンズより物体及びその實像迄の距離を a 及び b とすれば

$$P_2Q_2 = P_1Q_1 \left(1 + \frac{25}{f_1}\right) \quad P_1Q_1 = PQ \times \frac{b}{a}$$

(1) 反射鏡は凹面鏡である。

$$\therefore P_2Q_2 = PQ \times \frac{b}{a} \times \left(1 + \frac{25}{f_1}\right)$$

而して $a \div f$ 、 $b \div L$ であるから

$$P_2Q_2 = PQ \times \frac{L}{f} \times \frac{(f_1 + 25)}{f_1}$$

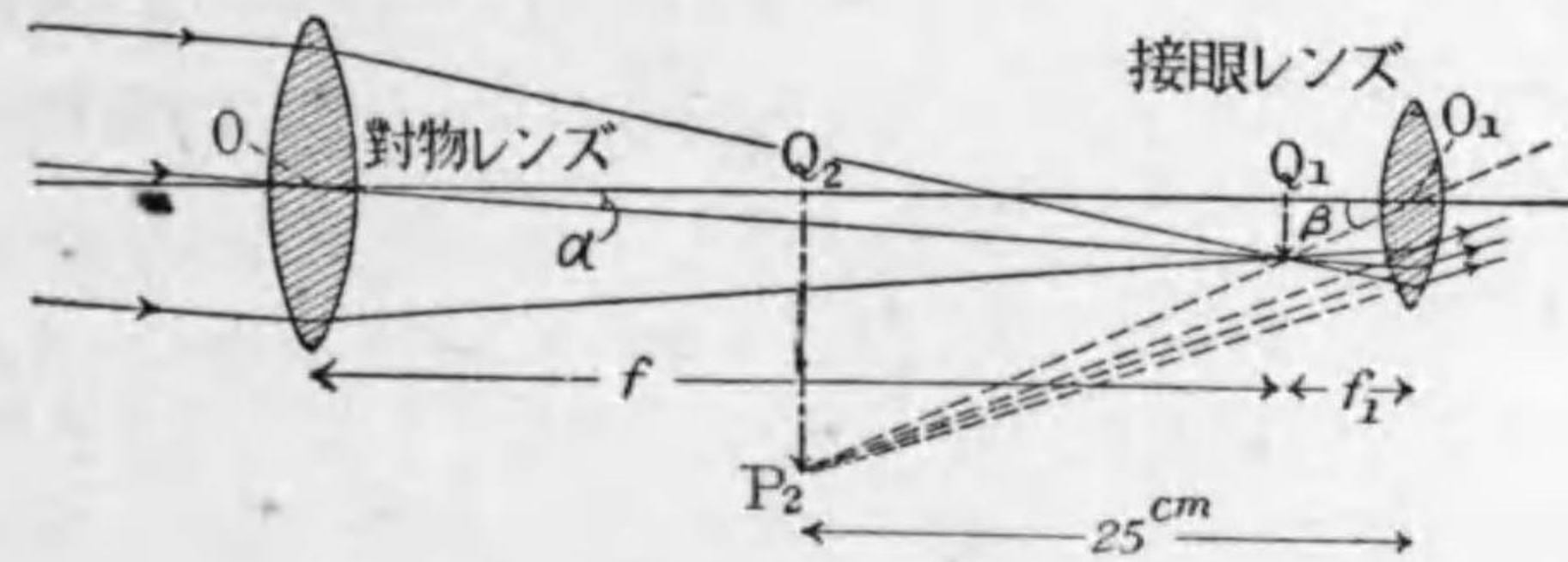
即ち顕微鏡では物体が $\frac{L}{f} \times \frac{(f_1 + 25)}{f_1}$ 倍に廓大される。

【3】 顕微鏡の利用

微細なる物の検索に使用されるから、生理・解剖・細菌學等の研究には勿論、動物學・植物學並に理化學の研究には必要缺くべからざるもので、今日科學が長足の進歩をなせるも、その一因は正に顕微鏡の賜である。

【4】 望遠鏡とその倍率

天體の觀測等に使用する望遠鏡は、筒の兩端に凸レンズを嵌めたるもので、その對物レンズに由りて生ずる實像 P_1Q_1 を、接眼レンズに由り廓大せる虚像となして、明視の距離に生ぜしめるもので、その構造・作用共に顕微鏡のそれによく似てゐる。而し物体が遠方にある關係上、望遠鏡に入射する光の量は減少して像の明るさを減ずるから、對物レンズを大きくして物体から出た光を多く受け入れる様にしてある。望遠鏡の對物レンズがその接眼レンズよりも大きく、且つその焦点距離が長いのはこれがためである。



(1) 對物レンズの實像は筒の接眼レンズに近い端に接して出来るから、筒の長さを L とすれば $b \div L$ 。

望遠鏡で眺める物体は甚だ遠方であるから、入射する光は殆んど平行すると見做せる。従て對物レンズに由る實像は、その焦點に極めて接近して出来る。これを接眼レンズの焦點内にあらしめて、その廓大せる虚像が明視の距離に生ずる様に接眼レンズを前後に調節する。

物体の見懸の大きさは視角によりて定まるから、今望遠鏡を使用せざる時の物体の視角を $\angle\alpha$ 、これを用ひたときの視角を $\angle\beta$ 、望遠鏡の倍率を M とすれば

$$M = \frac{\angle\beta}{\angle\alpha} = \frac{\angle Q_1 O_1 P_1}{\angle Q_1 O P_1} = \frac{P_1 Q_1^{(1)}}{O_1 Q_1} = \frac{O Q_1}{O_1 Q_1}$$

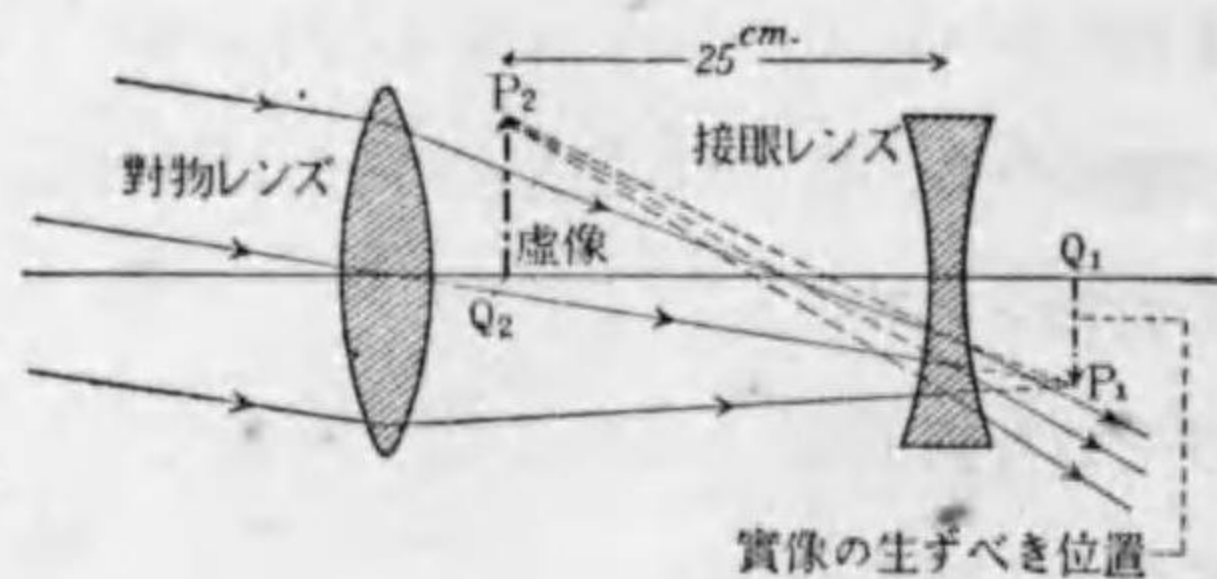
然るに OQ_1 は對物レンズの焦點距離に、 O_1Q_1 は接眼レンズの焦點距離に等しいから、これ等を f 及び f_1 とすれば

$$M = \frac{f}{f_1} = \frac{\text{對物レンズの焦點距離}}{\text{接眼レンズの焦點距離}}$$

従て對物レンズの焦點距離の大なるもの程、廓大率が大い。

【5】 双眼鏡

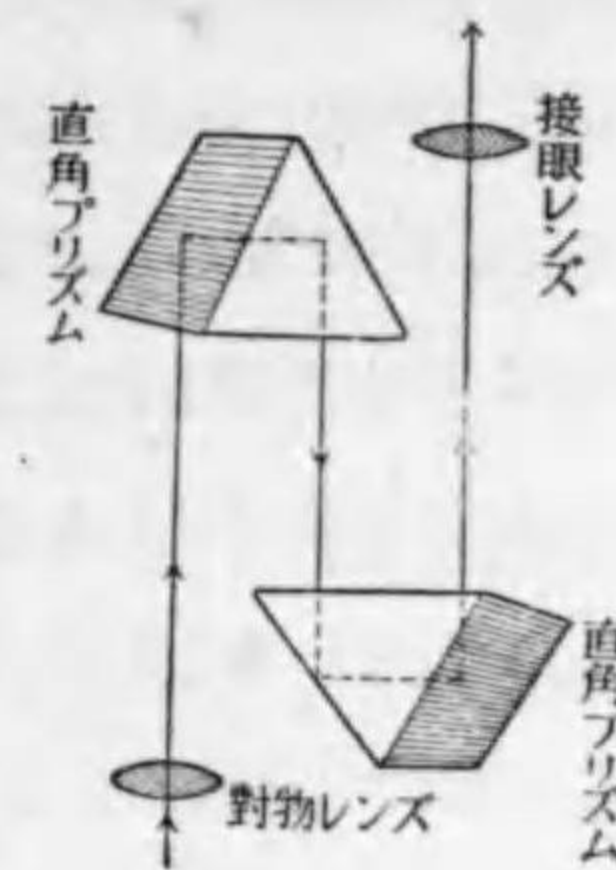
普通の望遠鏡では物が倒立して見えるから、地上の物を見るには不便である。地上の物体が直立して見られる様に造られた望遠鏡を二つ並べ、兩眼にて見得る様に装置されたものが所謂双眼鏡である。その構造は對物レンズに凸レンズを用ひ、接



眼レンズに凹レンズを用ひたもので、對物レンズによりて生ずべき立像の前方に、接眼レンズを置いて光を受けるやうにしてある。従て立像を生ずべき光

(1) $\frac{P_1 Q_1}{O_1 Q_1} = \tan \angle Q_1 O_1 P_1 = \angle Q_1 O_1 P_1 \dots\dots\dots$ 角の小なるときはその正切と角との値は略相等しい。

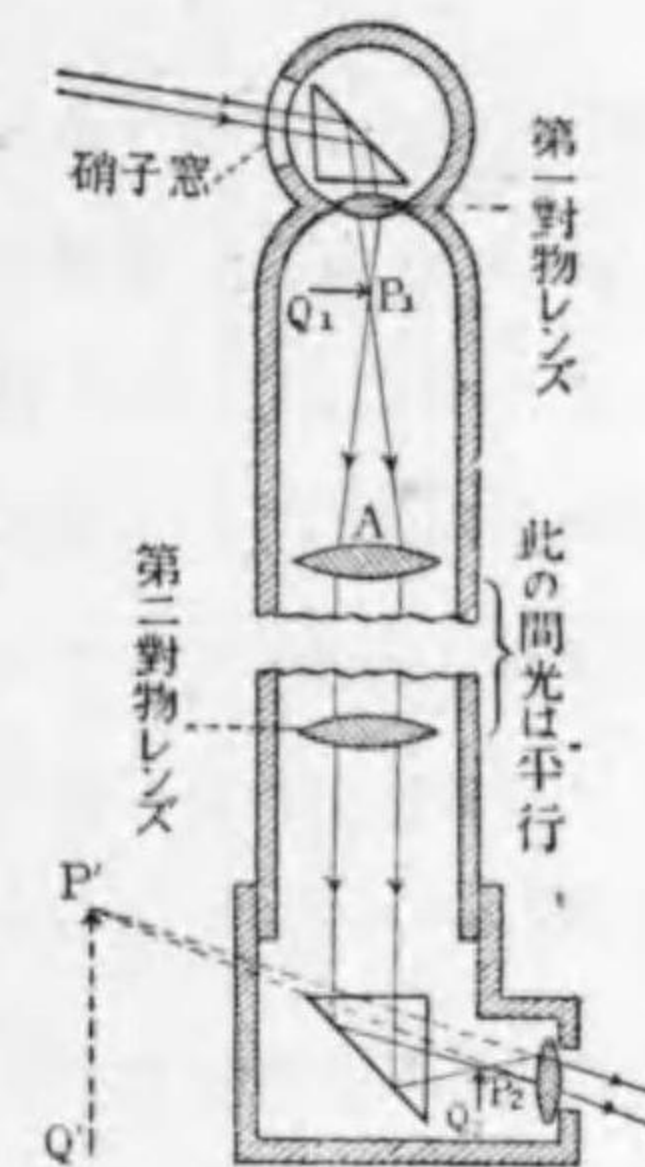
は、接眼レンズのために屈折發散せられて、直立せる虚像を生ずるのである。かく双眼鏡では、その對物レンズに由りて生ずる實像の前方に、接眼レンズを装置するから、兩レンズの距離が短縮され、従て筒の長さも短かく、携帯等にも便利である。彼のオペラグラスと稱するものは、この双眼鏡に外ならぬ。



又倍率を増す爲に對物レンズに焦點距離の長いものを使用し、筒の長さを短くするために、對物レンズと接眼レンズとの間に2箇の直角プリズムを挿したる双眼鏡がある。これをプリズム入の双眼鏡といふ。

【6】 潜望鏡 潜望鏡は2箇の直角プリズムと數箇の凸レンズとを組合せたるものである。

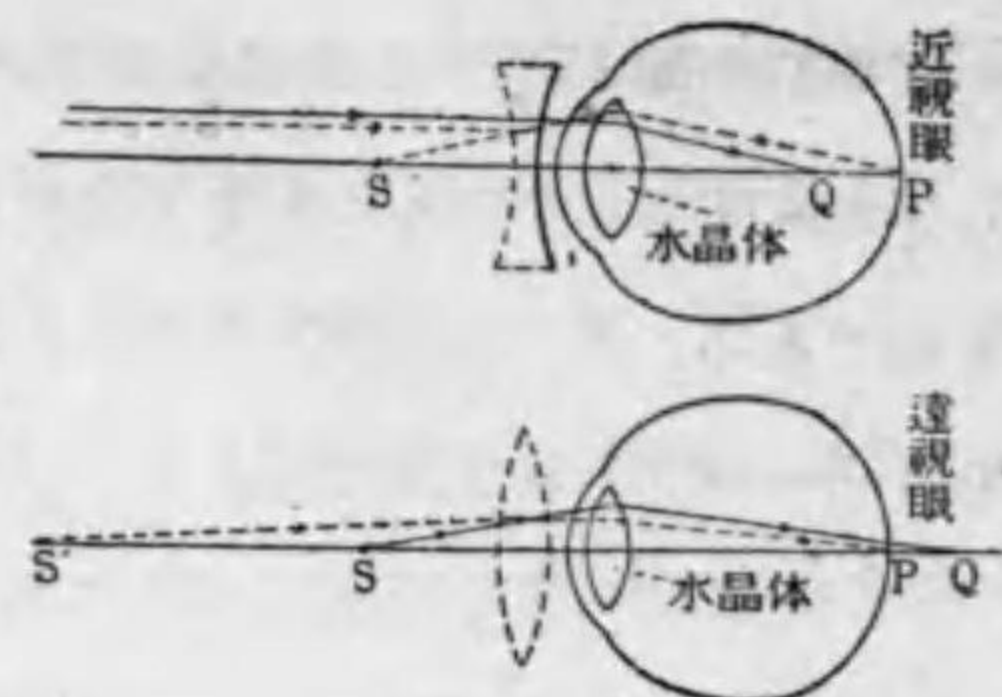
海面上の物体よりの光は頭部の硝子窓より潜望鏡内に入り、直角プリズムによりて方向を變へ、第一の對物レンズに由りて、その實像 P_1Q_1 をレンズ A の焦點に作る。従て A を通過する光は平行して第二の對物レンズに入射し、更に直角プリズムを経て再びその實像 P_2Q_2 を結ぶ。この P_2Q_2 を接眼レンズに由りて廓大せる虚像 $P'Q'$ として明視の距離に生ぜしめるものである。



【7】 眼鏡とその度

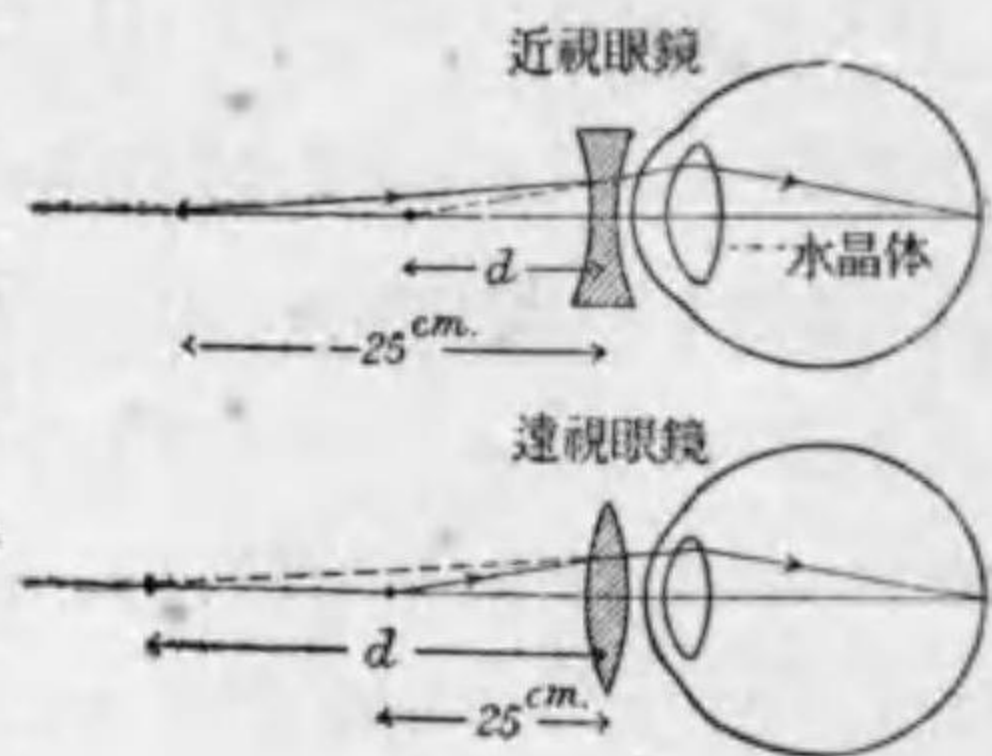
近視眼鏡は一種の凹レンズで、物体より發する光をこれに受けて屈折發散させ、以てその物体を眼に接近せしめた時と同一の關係にして、像を網膜上に生ぜしめる働きをするものである。

右圖はその原理を示したもので、遠方より来る實線で示す光はその像をQに生ずるも、眼鏡を用ひれば光は屈折せられて、恰もSより發したるが如き方向を取り、光點が眼に接近したのと同一の關係を生じて、その像を網膜上のPに生ずる。



されば眼球水晶體の凸出の度又は眼底の深さの度合によりて、これに適合する眼鏡を用ひる必要がある。人によりてその用ひる眼鏡の度を異にするのはこれがためである。

遠視眼鏡は凸レンズで右圖はその作用の主要を示す。遠視眼にては眼に近きものを明に見ることが出来ぬ。今Sからの光は實線で示すやうにその像を網膜の後方Qに生ずるも、眼鏡を用ひれば光は屈折せられて點線の如き路を通り、以てその像を網膜の上に生ずる。而してその使用すべき眼鏡も亦眼の程度に應ずべきことは近視眼鏡のそれと同一である。



眼に適合する眼鏡は、常人の明視距離にある光點より發する光を受けて、これをその人の明視距離の點から發するが如き方向を取らしめるものである。従てその焦點距離は次式の如くして決定される。

$$\text{近視眼鏡} \quad \frac{1}{d} - \frac{1}{25} = \frac{1}{f} \quad \therefore f = \frac{25 \cdot d}{25 - d}$$

$$\text{遠視眼鏡} \quad \frac{1}{25} - \frac{1}{d} = \frac{1}{f} \quad \therefore f = \frac{25 \cdot d}{d - 25}$$

但し d は近視又は遠視者の明視の距離を (cm) で測れるもの。

眼鏡の焦點距離を、吋を單位として表はせるものがその眼鏡の度である。例へば焦點距離 $15^{\text{吋}}$ の眼鏡は 15° である。又眼鏡の度をディオプターを單位として表はすことがある。ディオプターは焦點距離(メートル單位)にて1を除したものである。例へば 0.5 ディオプター及 2 ディオプターとは、焦點距離が夫々 2^{m} 即ち $(\frac{1}{2} = 0.5)$ 及び 50^{cm} 即ち $(\frac{1}{0.5} = 2)$ のものである。

第二十五章 色

要旨 日光が種々の色の光の集れるものなることを教へ物の色の現はるる所以を知らしむ。

教授事項 1. 日光が種々の色の光の集れるものなること。2. 不透明體の色。3. 透明體の色。 (尋六・30課)

【1】 光の分散

(1) 暗室に日光を導きて机の上に立てたプリズムに受けると、屈折して分散され、ために美しい色帯を生ずる。この色帯が**スペクトル**である。

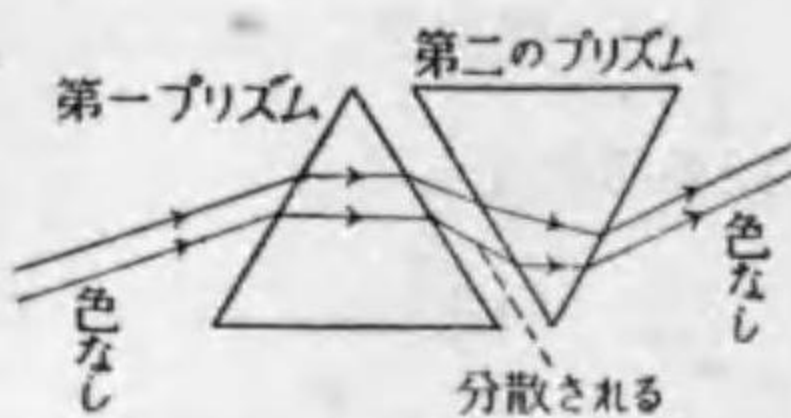
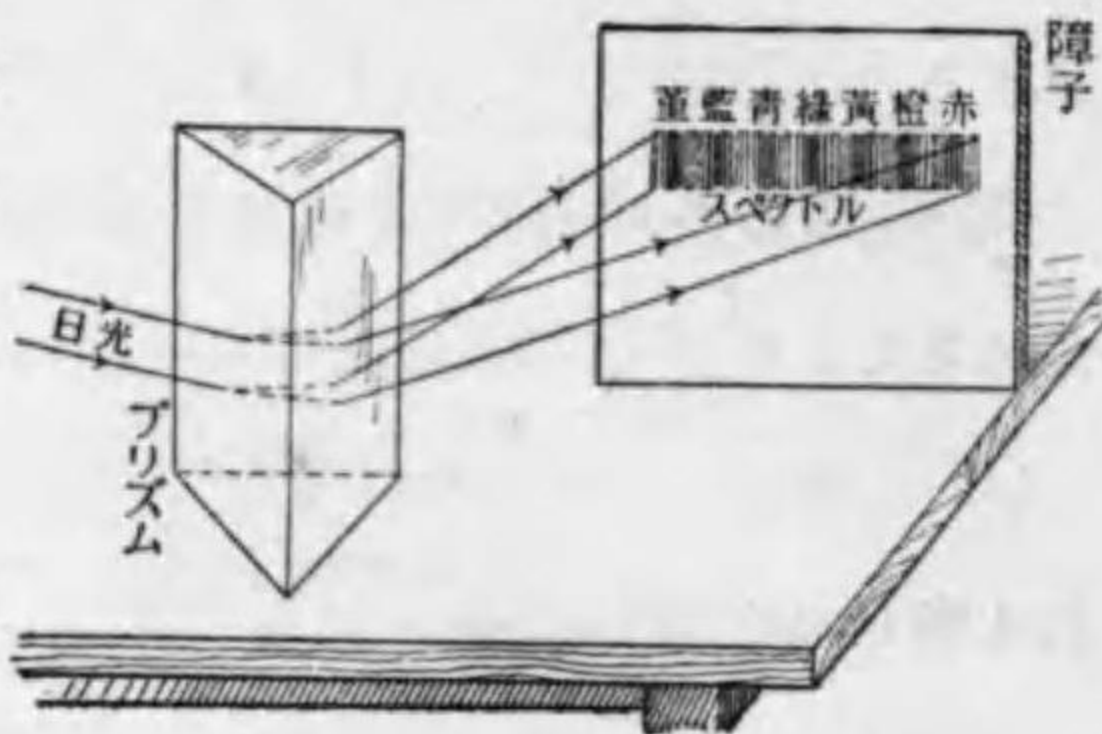
(2) スペクトルは無数の色の光の

排列から成つてゐるが、大體に於て赤・橙・黄・緑・青・藍・堇の七色に區別してゐる。かく七色に分れるのは色に由つて屈折の度合を異にするためである。即ち赤色光は屈折が最も少く、次に橙・黄等順次に屈折の度を増し、堇が最も多く屈折するのである。

(3) 第二のプリズムを圖の如き關係に並立し、これによりて第一のプリズムで屈折したものを反對に屈折せしむれば、第二のプリズムを出る屈折光は全く色がなくなる。

(4) 七色回轉板を回轉機によりて回轉すれば、その板面上に彩れる何れの色も見えないで、薄い灰色を呈する。

これ等の事實から、日光は屈折の度を異にする無数の色光の集合で、それが集



りて白色に見えることを知る。

彼の草葉の上に生ずる露が、朝日を受けて美しい種々の色光を呈するのは、日光が露のために分散されるからである。虹は空氣中に浮遊する無数の水滴が、日光を屈折分散する結果生ずるものである。

【2】 物體の色 (其一) 透明體の色

(1) 墨を塗つた紙の上に色硝子、例へば赤硝子を置いて見れば黒く見えるが、白紙の上に置いて見れば赤く見える。

(2) 色硝子を透して日光を見ればその色に見える、例へば赤硝子では赤く見える。

(3) この赤ガラス板を透した光を、赤い紙と白い紙とに受ければ、兩者共赤色に見えるが、青色の紙に受ければそれは黒く見える。

(4) 青色のガラス板について同様の實驗をすれば、白い紙と青い紙とは何れも青く、赤色の紙は黒く見える。

[注意] これ等の實驗に用ひる色紙は艶のないものが良い、艶のあるものでは反射光のために、多少色硝子の色が認められる。又これ等の實驗は暗室内に導いた日光について行へば結果が良い。

この實驗から次の事項を知る。即ち

(一) 透明體の色は透過せる色光に由りて生ずること、並に透明體はその色以外の色光を吸収すること。

(二) 白色を呈するものは何れの色光も反射し、黑色を呈するものは何れの色光も吸収して反射せぬこと。

(其二) 不透明體の色

上記の實驗(3)(4)に於て見たる如く、赤い紙又は青い紙はそれ等に入射する光の中で、赤又は青の光のみを反射し、その他の光を吸収するのである。總べて

不透明體は、これに投射する光の一部分を吸収して、その物體の色を呈する色光だけを反射するもので、不透明體の色はこの反射光によるものである。

従てその吸収さるべき光が良く吸収され、反射さるべき色光がよく反射されるもの程色は鮮明になる。

(其三) 艶

物體の表面が滑で、入射する光が一樣に規則正しく反射されると、その表面反射の光に由りて艶を生ずる。艶消しにその面を粗雑ならしむるのは、これがためである。

(其四) 粉末の色

硝子は透明でもこれを粉末にすれば白くなり、氷は透明なるも削り氷及び雪は白い。これ粉末になせば不規則なる方向の表面が著しく多くなり、これに投射する光は物體を通過し難く、表面より亂反射する光を増すためである。彼の硫酸銅等の如き結晶體を乳鉢で粉末にすれば、従て色は淡くなりて白色に近づくも、これに數滴の水を滴下すれば、その部分だけが再び結晶體の色を呈するが如き、又泡立つた水の白く見えることなども上記のことと同理である。

第二十六章 音

要旨 音の源・傳播・速さ・反射及び強弱・高低について教ふ。

教授事項 1. 音の源。2. 音の傳播とその速さ。3. 音の反射。4. 音の強弱。
5. 音の高低。 (尋六・31課)

【1】 音の源

(1) 音叉を鳴らしてその一端を振子の球に觸れると、球は跳ね飛ばされる。

(2) 二絃琴の絃に小さい紙片のライダーをかけて絃を軽く鳴らすと、ライダーは振り落される。

(3) 鳴らせる音叉又は絃を手で抑へると、その振動は止みて音はなくなる。



これ等の事實に由りて發音體が音を發するときには、速かに振動することを知る。

音の傳播とその實驗 (其一) 空氣を傳はる

(1) 長さ 50^{cm} 許りのゴム管を取りてその一端を耳に挿入し、他端を懐中時計又は振動せる音叉に接近せしめる。然る時はそれ等の音が明瞭に聞える。

(2) この時ゴム管の中程を強く抑へてその穴を塞げば、音は聞えなくなる。由つて音は空氣中を傳はることを知る。

(其二) 水を傳はる

(1) 共鳴箱の上に水を充たせる集氣筒を立てる。

(2) 音叉を振動せしめ、これを圖の如く筒内の水面に觸るれば、音が著しく大きくなる。これ音叉の振動が水を傳はりて共鳴箱に共鳴するためである。

(其三) 棒を傳はる

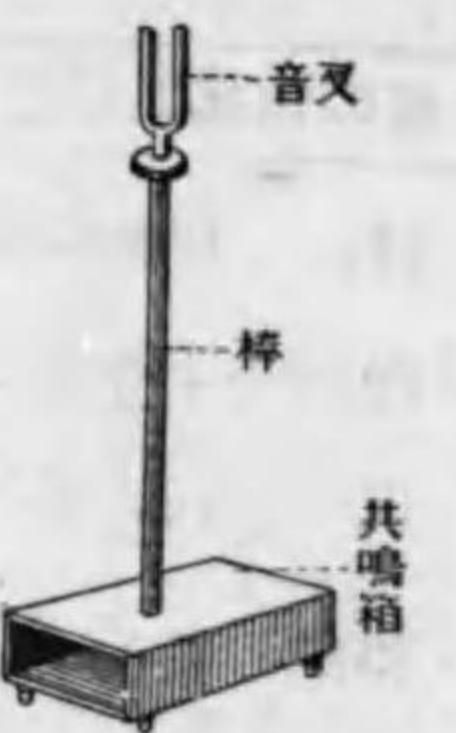
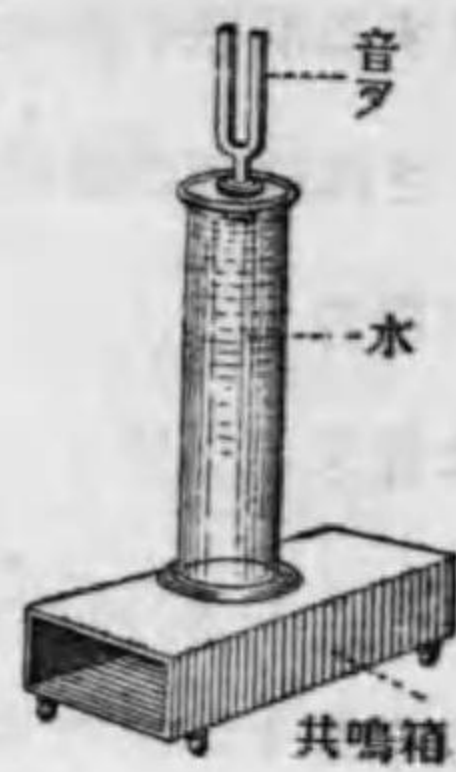
音叉の共鳴箱に長さ 1^m 許りの棒の一端を軽く當て、その他端に振動せる音叉を觸れる。然る時は音は著しく大きくなり、音叉を棒から離すと音は元の如く微かになる。これ音が棒を傳はりて共鳴箱に共鳴するためである。

これ等の事實から固体・液体・氣體共に、皆音を傳達する媒體となることを知る。一般に弾性體は皆良く音を傳達する媒體となるものである。

【2】 音波 音叉を振動せしむれば、その周圍に音波を生じ、それが一定の速さで傳播して耳に達し、以て音の感じを起すのである。

今音叉が A・B・C・D の如く振動するとせば、A の場合に於ては、その左右兩側のこれに接する空氣は壓縮されて壓力を増し、その結果これに近接する次の層の空氣を壓縮して自らは常態に復するから、この壓縮の状態が續いて次ぎ次ぎに進行する。次の瞬間に於て音叉が B の如く動けば、その兩側の空氣は著しく稀薄になつて壓力を減ずるから、これに近接する次の層の空氣は、この壓力の弱い部分を填めんとしてその方向に進むから、そこが稀薄になる。かくして稀薄の状態も亦續いて進行する。

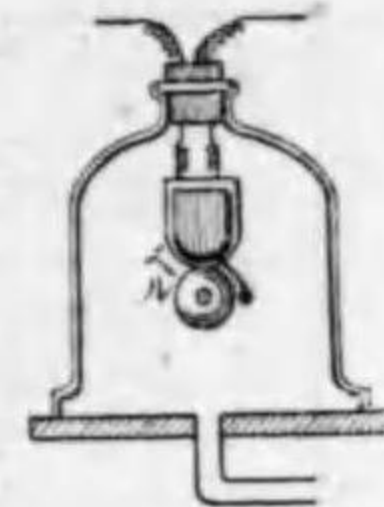
音叉が更に C・D の如くに振動を繼續すれば、從てこの濃厚及び稀薄の全く相



反する状態が連續して進行する。この相反する状態の一組を波といふ。

されば波の進路に當る空氣分子は、音叉のそれとその振動数が相等しく、一振動の間に一波長だけ進行する。而してその振幅は音叉の振幅に從て増減する。

かくしてこの縦波が耳に達すれば、鼓膜はこれに共鳴して振動を起し、この結果音の感を起すもので、かくる縦波を音波といふ。



音の傳播に空氣を要することの實驗

- (1) 排氣鐘内に電鈴を吊して電流を送り、その音に注意しつつ排氣する。
- (2) 十分排氣したる後更に音に注意し、これと最初の音とを比較する。然る時は音の強さが著しく減ずることを知る。
- (3) 鐘内に空氣を送入すれば次第に音が強さを増し、鐘内の空氣が外氣と同一状態になれば、音も亦舊に復する。由りて音の傳播に空氣を要することを知る。

【3】 音の速度 音波は一定の速度を以て各媒質中を進行するもので、その速度は溫度と媒質とに由りて異なる。空氣中に於ける速度は、0°C に於て 332^{m/sec} で、溫度 1°C の變化について 0.6^{m/sec} 宛増減する。されば t°C に於ける速度を v^{m/sec} とすれば、

$$v^{m/sec} = 332 \pm 0.6t$$

彼の電光を見てより暫くして雷鳴を聞き、遠方の花火を見るに、その光を見てより暫くして玉の爆聲をきき、杭を打つを見る時、槌が杭を離れたときにその音

- (1) 一振動の時間を週期といふ。
- (2) 波の相隣れる同一状態にある二點間の距離を波長といふ。
- (3) 媒質の振動と波の進む方向と平行なる波を縦波といふ。

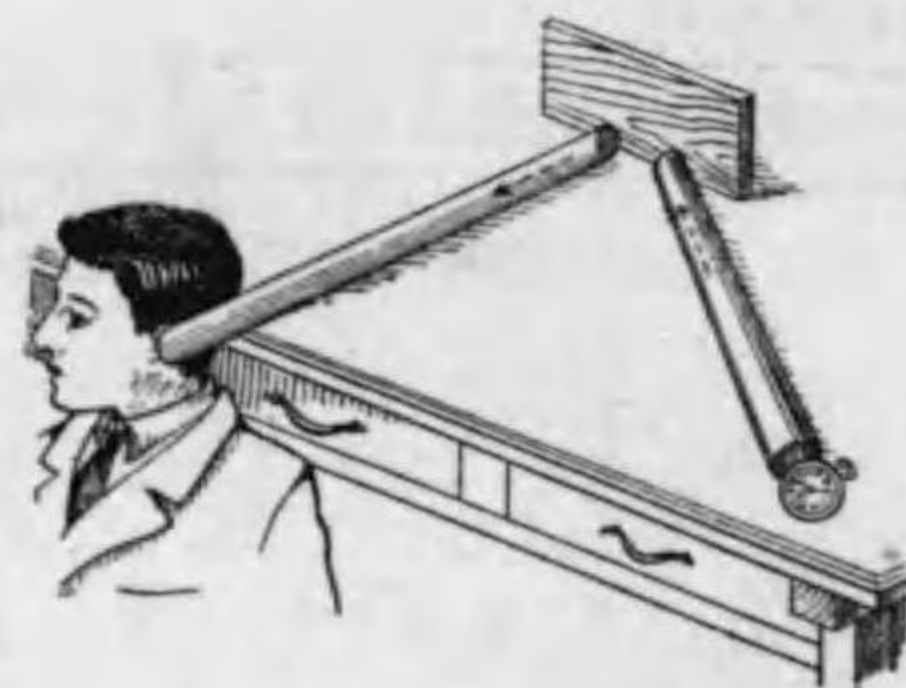
をきくが如きは、音が空中を傳はるに一定の時を要することを示すものである。

媒 體	速 度	媒 體	速 度
空 氣 (0°C)	332m/sec	柏 材	3850m/sec
水 (10°C)	1435m/sec	硝 子 (17°C)	5000m/sec
銅 (17°C)	5700m/sec	銅 (17°C)	5100m/sec

音の反射とその実験

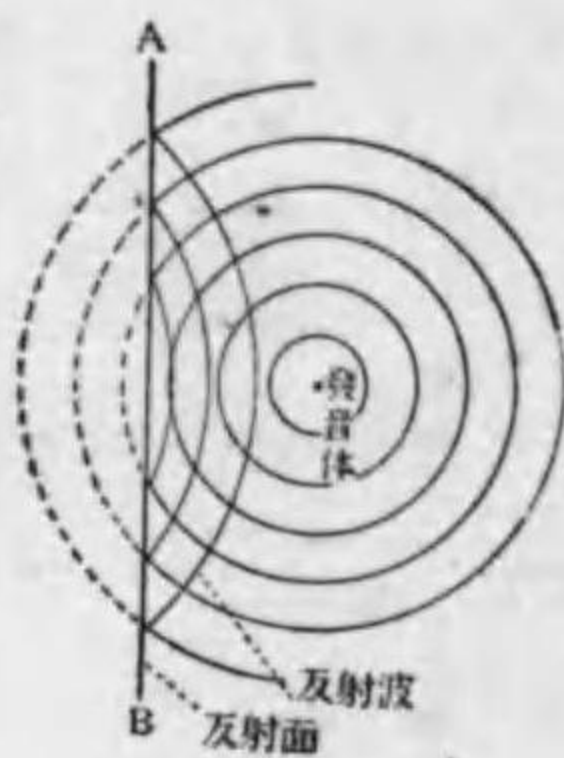
- (1) 長さ 150^{cm} 直径 3^{cm} 許りの圓筒 2

本を取り、これを或る角度に開いて机
上に横たへ、木の板を反射面として筒
の接近せる端に近く直立せしめる。



- (2) 一方の筒口に耳を當て、他の筒口に

懐中時計を近寄せてその音を聞く。このとき木
の板の面に對する筒の角度を様々に變へて、音の
明瞭に聞えるときの、木の板の面に對する兩方の
筒の角度の關係を見る。



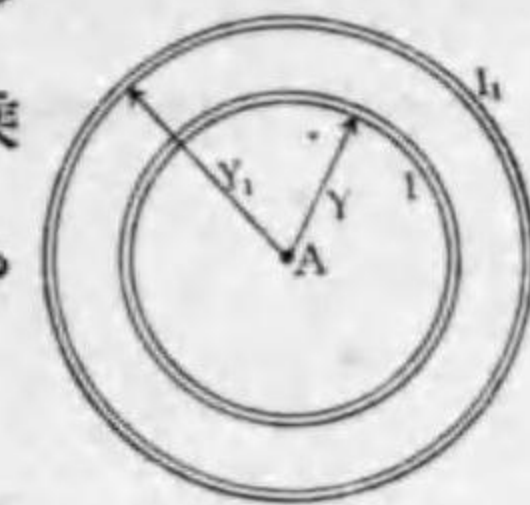
- (3) 反射面に直交して兩筒の間に板を立て、反射音
の他の筒内に入ることを妨げるやうにして(2)の
實驗をすれば、音は聞えぬ。

由りて音波も亦、密度の異なる媒質の境界面に於て反射することを知らる。

彼の反響・山彦等は音波の反射に基くもので、音源より發したる音波が空気を
傳はりて直接に耳に達する外に、壁・扉その他の反射面に達し、この所からも反
射して耳に達するに由る。

- 【4】 **音の強弱** 音波は音源より球形をなして播がるが故に、音源を遠ざ

かるに従て振動せしめらるゝ空氣の量を増し、ためにその
振幅を減じて音が弱くなる。而して球の面積は半径の自乗
に比例するから、同一の音源ではその音の強さは、音源から
の距離の自乗に反比例する。



今 A を發音體とし、それが毎秒發するエネルギーを Q, A
より r 及び r₁ なる距離にある球面に於ける單位面積のエネルギー、換言すれ
ばその各面に於ける音の強さを I 及び I₁ とすれば、

$$Q = 4\pi r^2 \times I = 4\pi r_1^2 \times I_1$$

$$\therefore I : I_1 = r_1^2 : r^2$$

即ち $\frac{r_1 \text{ の距離に於ける音の強さ}}{r \text{ の距離に於ける音の強さ}} = \frac{r^2}{r_1^2}$

されば音波を傳播する空氣の分量が、發音體からの距離に無關係に一定であ
れば、音の強さは減衰することなくして、微弱なる音もよく遠方に於て明瞭に聞
くことが出来る。彼の送話管及醫師の使用する聽診器等はこの原理を應用せる
ものである。

- (1) 小漏斗に長さ 50^{cm} 許りのゴム管を連結したるものを用意し、漏斗で
懐中時計を覆ひ、ゴム管の他端を耳に挿せば音が聽える。
(2) 弦又は音叉を振動せしむるに、その振幅を大ならしむる様に強く振動
せしめた時の方が、著しく音が強い。

由つて音の強さに關して次の事を知る

- (一) 音源からの距離の自乗に反比例する。
(二) 同じ距離にありては、振幅の大なる程音は強い。

【5】 音の高低

- (1) サバーの齒車を回轉し、名刺をその齒に觸れて振動せしむる時は、始め

は調子の高い音を發し、回轉が遅くなるに従て調子が低くなる。これ車の回轉が遅い程、名刺の振動数が減ずるからで、かく音の高低は發音體の振動数の多少に由る。

(2) 絃を張りてこれを弾くに、その張り方を強くする程高い音を發する。同じ強さの張り方では、絃を短かくする程音の調子は高くなる。これ絃の振動数はその長さに反比例し、張力の平方根に比例するからである。

尙絃の振動数を N 、その張力を T 、單位の長さの質量を m とすれば

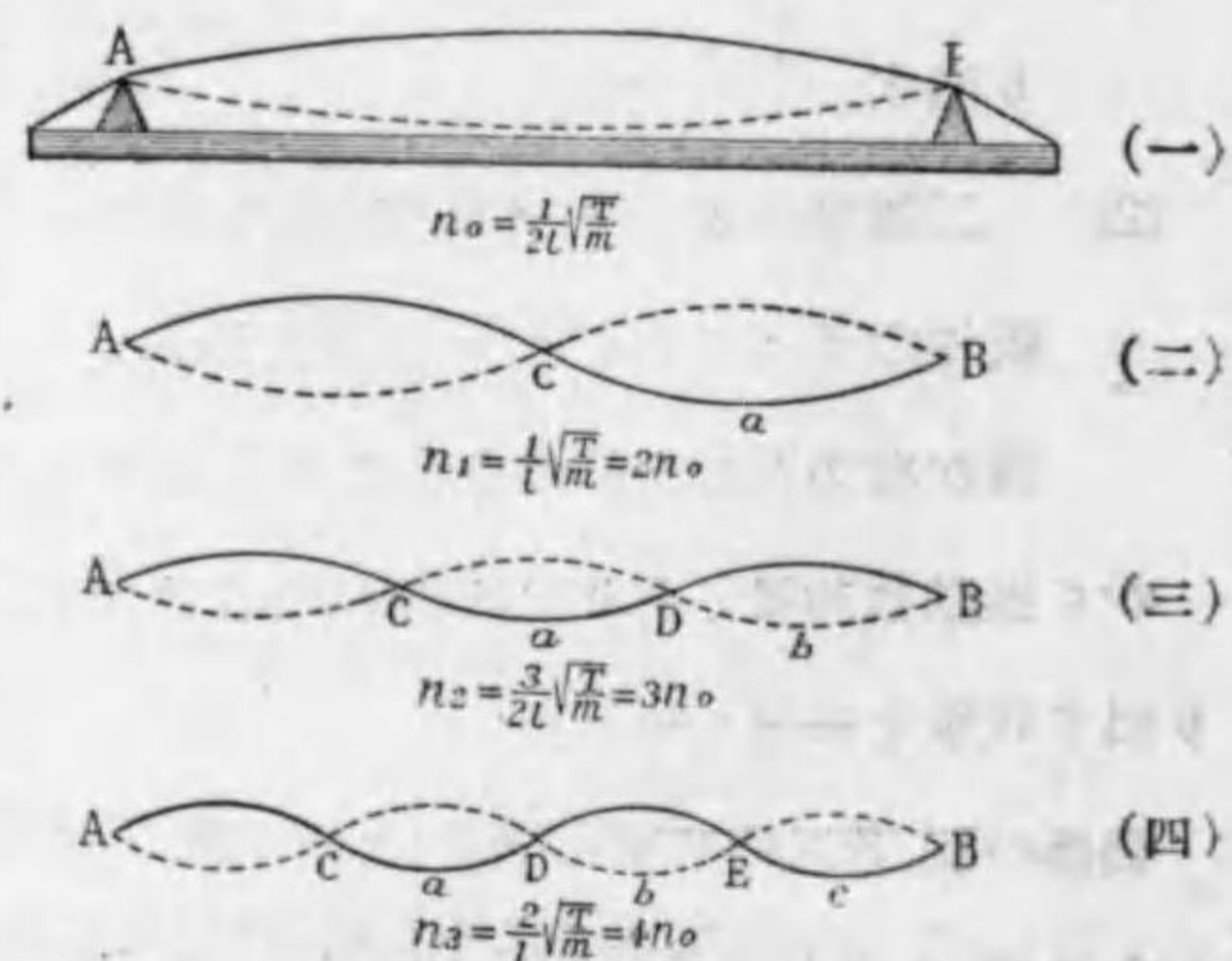
$$N = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

従て絃の長い程音は低い。同一の長さでは張力が 4, 9, 16..... 倍となれば、振動数は 2, 3, 4..... 倍となりて、夫々 1 オクターブ、2 オクターブ..... 高い音を發し、單位の長さの質量が 4, 9, 16..... 倍となれば、振動数は $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ と減じて音が低くなる。

棒・板等では長い程音は低い。同じ長さでは厚い程高い音を發するものである。

[6] 音色

(1) 絃を一定の強さに張り、全體を一區として振動せしめた後、CB の中間 a に小紙片のライダーをかけ、中央 C に駒を立て、その上を他の駒にて強く押へて AC の中央部を弾くと、 a のライダーは振り落されて CB 部も振動することを示し、且つ



前よりも高い音を出す。これ長さが最初の $\frac{1}{2}$ になりたるため、振動数が 2 倍の倍音を發するからである。

(2) 絃を 3 等分し、分點 D 及び CD, DB の中央部 a, b にライダーをかけ、C に駒を立て、前の如く弾けば a, b のライダーは振り落されるも、D のそれは殆ど動かない。由つて絃が圖 (三) の如く振動することを知る。

(3) 更に絃を 4 等分して實驗すれば、音は益、高くなり、分點 D, E のライダーは動かぬも、 a, b, c のそれは振り落されて圖 (四) の如くに振動することを知る。

かく、絃が圖の (二)・(三)・(四) 等の場合の如く振動する時は、常に (一) の場合のそれに比すると振動数が 2・3・4 倍となりて倍音を發する。

物體が振動する時は多くは倍音を伴ひ、原音と倍音との合成波は各物體特有のもので、これがために音色の差を生ずる。而して音の高低・強弱等は原音によりて定まるものである。彼の笛・太鼓・三味線等より發する音が同じ調子でも、夫々樂器に由りて區別出来るのは倍音を異にするためである。

共鳴とその實驗

(1) 同調音叉を並立し、その一方を振動せしむる時は、他の音叉は自然に鳴り出す。

(2) 二弦琴の絃を加減して兩者が同一の調子の音を發する様にし、一方に紙片のライダーをかけ、他方を振動せしむれば、ライダーは振り落されて弾かぬ方の絃も亦振動し出すことを見る。

かく振動数相等しき發音體の一方を振動せしむる時、他方のものが自然に鳴り出す現象を共鳴といふ。

樂器の胴、音叉の共鳴箱等は、それが絃又は音叉の振動に共鳴して音を強くするため、メガホン・蓄音機の喇叭等も亦、共鳴によりて音を強くするために用

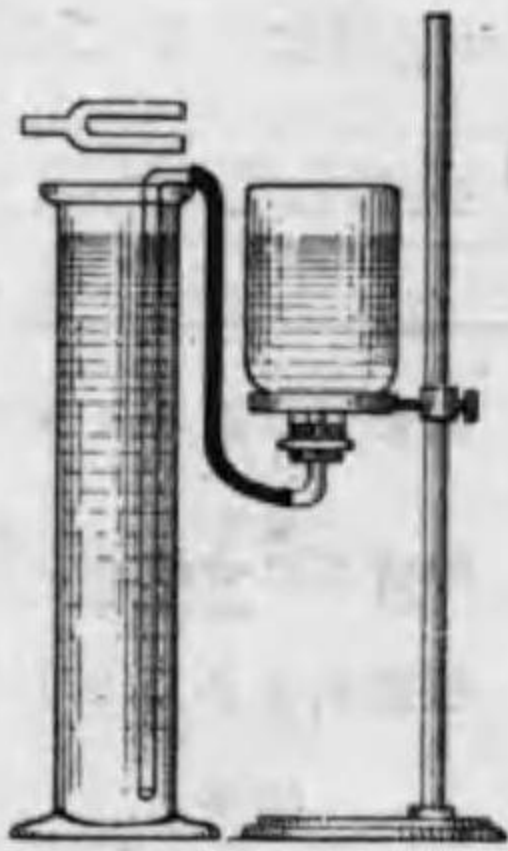
ひられるものである。

振子に由る共鳴の実験

- (1) 糸を張りてこれに夫々長さの等しい振子 A・B 及び C・D を吊す。
- (2) その A を振動せしむれば、漸次 B が振動を始め、遂には A と同一振幅で振動するやうになるが、C・D 等は決して振動することはない。
- (3) 更に C を振動せしむれば、D はそれに共鳴するも、A・B 等は振動せぬ。これ A と B、C と D とは夫々週期が同一であるから、その一方が振動すれば他はその作用を受けて振動を始めるのである。同一振動数を有する発音体が互に共鳴するのも亦これと同様である。

氣柱の共鳴と音叉の振動数測定

- (1) 長い硝子圓筒に水を入れ、これに硝子管を挿入しその管口をゴム管に由りて、無底罎に連結して圖の如き装置を作る。
- (2) 無底罎を加減し、筒内の水面を下げながら、振動する音叉を筒口に接近せしめる。
- (3) かくして筒内の水面が一定の深さに達すれば、筒内の空氣は音叉の振動に共鳴して音が著しく大きくなる。この時水面に目標を附ける。
- (4) 更に水面を深くすると音叉に共鳴せぬ様になるから、再び水面を上げて又良く共鳴する時の水面に目標を附ける。
- (5) 二・三回同一の方法を繰り返し、筒口より各目標までの距離を測りてこれを平均する。
- (6) この平均値を l^m 、その時の氣温に應ずる音の速度を $v^{cm/sec}$ とし、音



叉の振動数を n とすれば、 $n = \frac{v}{4l}$ であるから、この式より n を計算する。

閉管では管の長さが音叉の波長の $(\frac{1}{4}, \frac{3}{4}, \frac{5}{4}, \frac{7}{4}$ 等の如く) $\frac{1}{4}$ の奇数倍の時に共鳴し、開管では $\frac{1}{2}$ 波長の倍数の時に共鳴する。されば音の速度を v 、管の長さを L 、波長を λ 、振動数を N とすれば

$$\text{閉管} \dots \dots L = \frac{1}{4} \lambda (2n+1)$$

$$N = \frac{(2n+1)v}{4L}$$

$$\text{開管} \dots \dots L = \frac{1}{2} \lambda n$$

$$N = \frac{2nv}{2L}$$

従て開管の方が同じ長さでは音が低い。

第二十七章 磁石

要旨 磁石の鐵を引くこと及び南北を指すことに就いて教ふ。

教授事項 1. 磁石の鐵を引くこと。2. 磁石の南北を指すこと。3. 磁石の兩極はその性質を異にすること。 (尋六・32課)

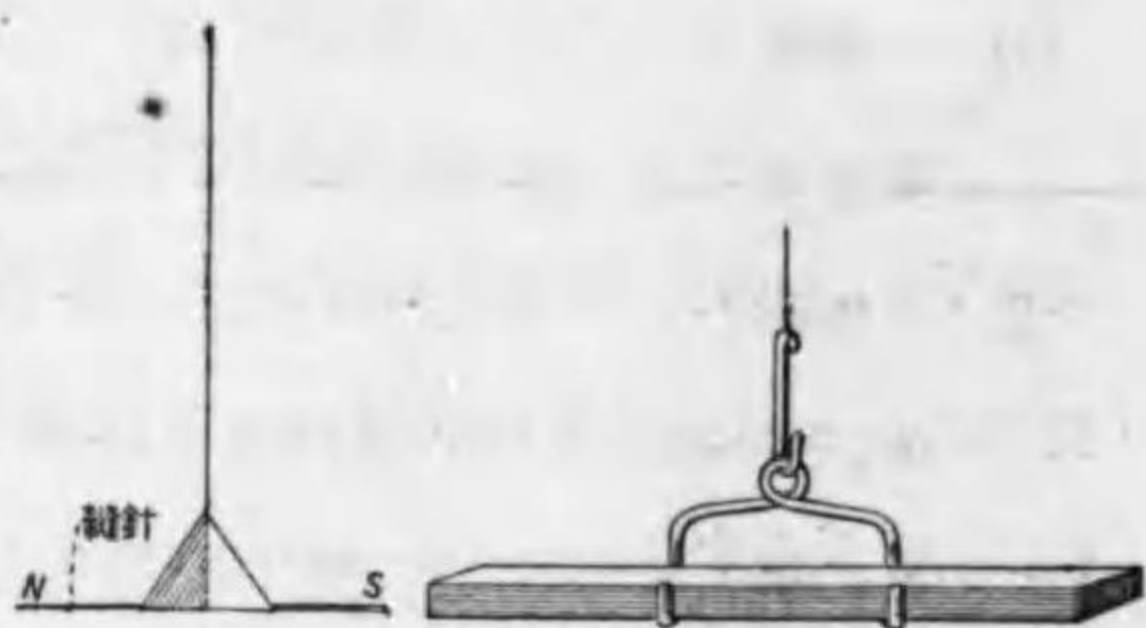
磁石とその兩極

(1) 鐵片・銅屑・亞鉛粒等の混合物中に磁石の一極を挿入するときは、鐵片のみ吸引されて、他の金屬は決して吸引されぬ。由て磁石が鐵のみを引くことを知る。



(2) 棒磁石・馬蹄狀磁石等を机上に置き、その各部分に一樣に長さ 5^m 又は 6^m 位の鐵釘を振りかけ、磁石の中央を持ちてこれを引き上げて見る。然る時はその兩端に著しく多く釘が吸着せられる。由つて磁石の兩極が最も良く鐵を吸着することを知る。

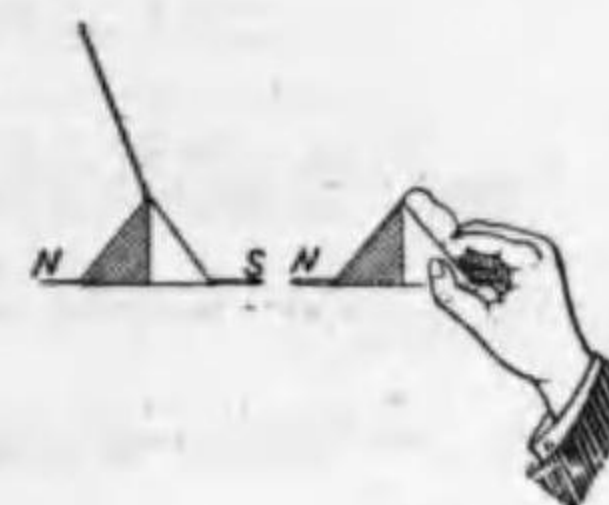
(3) 棒磁石又は圖の如く磁石としたる縫針を吊して水平面内に自由に回轉し得る様に裝置すれば、それ等は磁針と同じく南北を指して靜止する。由つて磁石は指南極 (S) を南、指北極 (N) を北とし、一定の方向を指して靜止することを知る。



磁極相互の作用とその實驗

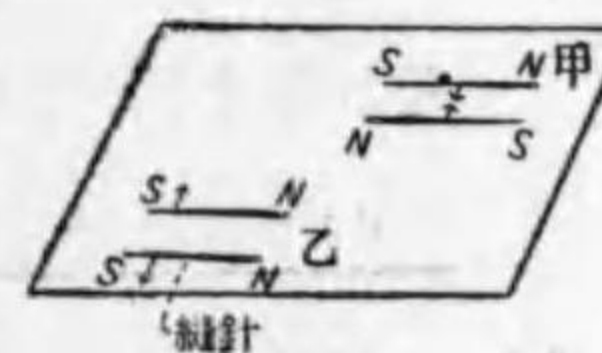
(1) 釘の代りに鐵粉を用ひる時は磁石を紙に包んで實驗するがよい。かくすれば鐵粉は直接磁石に吸ひ着かぬから、取扱上便利である。

(1) 縫針の磁針を垂下する。
 (2) 圖の如く他の磁針を持ちて、同種の極同志又は異種の極同志を互に近づけて見る。同種の極は拒反し、異種の極は互に吸引する。



(3) 磁石にしたる縫針 2 本を取り、甲圖の如く異種の極を互に向き合はせ、その一方を他方に接近させると、兩者の距離が或る一定の度に達すれば、針自身が互に吸引して全く密着する。

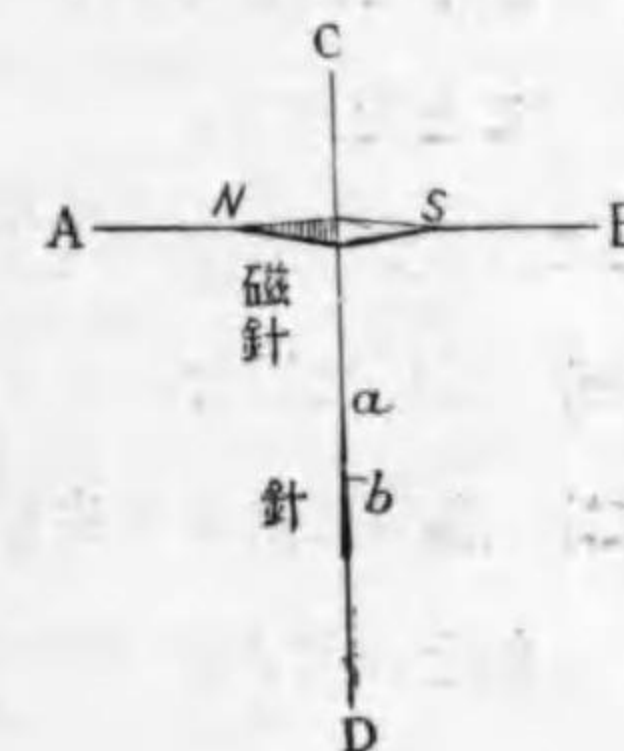
(4) 乙圖の如く同種の極を向き合せて、その一方を他方に接近させると、その距離が一定の度に達すれば、兩者は互に遠ざからんとし一方の針が逃げる。



この種の實驗から磁極相互の作用を知ることが出来る。

磁氣の飽和と減衰の實驗

(1) 畫板上の白紙に直交する線 AB, CD を引き、その交點上に磁針を置き、紙をずらして磁針を AB と一致せしめる。
 (2) 棒磁石の一極に接近せしめたる縫針を CD に沿うて磁針に接近せしめ、その磁針を見易き角度だけ偏らせたときの縫針の尖端の位置に目標 a を附ける。
 (3) 更に縫針を前の棒磁極にて一度摩擦し、又 CD 線に沿うて磁針に近接せしめ、前と同一角度だけ磁針が偏れる時の縫針の先端に目標 b を附ける。
 (4) 2—4 回同様の操作を繰返すと、縫針が磁



針に作用する距離は全く同一になる。

由て鋼を磁石にする時、或る程度迄しか強くならぬことを知る。この時鋼は磁気で飽和されたといふ。

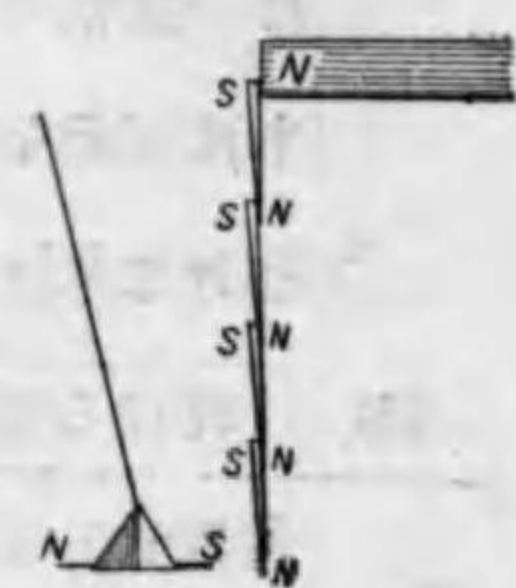
- (5) 次にこの縫針を赤熱し夫が冷却する時に CD 線上に動かして上と同様に試みれば、縫針には殆んど磁気のないことが見られる。



磁気感応とその実験

- (1) 強い磁石の極に軟鐵片を近づけ、これに釘又は針等を觸るれば、軟鐵はそれ等を吸引して磁石になつたことを示す。かく磁場に鐵を置くとときそれが磁石になる現象を磁気感応といふ。

- (2) 鐵片 A の一端を磁石の N 極に近づけ、その他端を磁針によりて検すれば、それが n 極なることを知る。若し A が軟鐵ならば、磁極を遠ざくるに従て磁力を失ふも、鋼ならば永久磁石となる。



- (3) 釘を一の磁極に吸着させ、更に他の釘をこれに近づければ又吸引され、その先に他の針を近づければ又吸ひ着けられる。かくて最後の釘の先端を検すれば、感應せしめたる磁極と同種の極なることを知る。

この実験から次の事を知る。

- (一) 磁場に鐵を置けば感應に由りて磁石となること。
- (二) 感應に由りて生じたる磁石の極は、感應を起した磁極の近くに異種の極を生じ、遠くに同種の極を生ずること。

第二十八章 電 氣

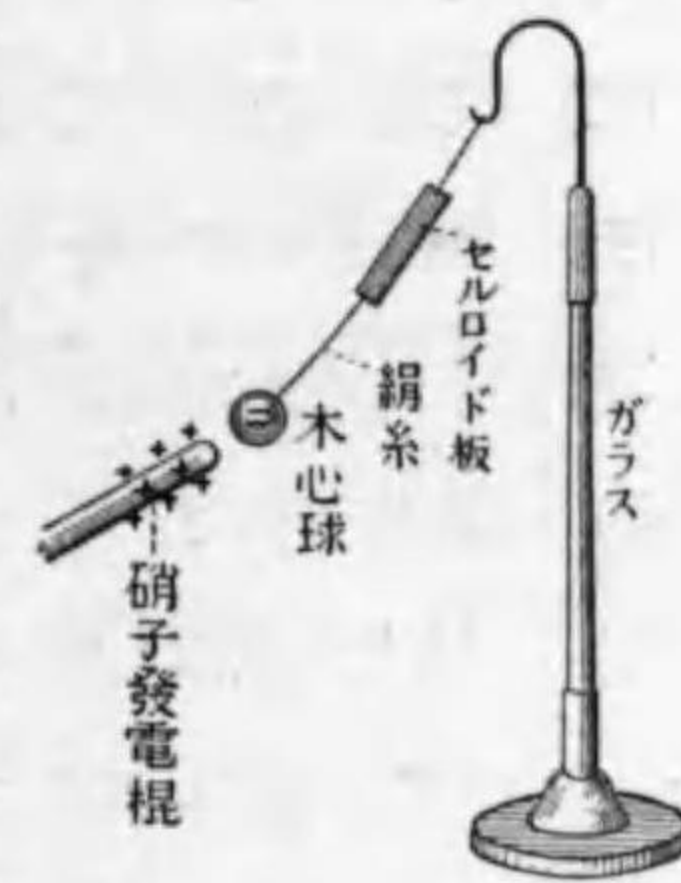
要旨 摩擦によりて電氣の起ることを教へ、電氣の導體・不導體及び電氣に二種あることに就いて教ふ。

教授事項 1. 電氣の起ること。2. 導體・不導體。3. 電氣に二種あること。

(尋六・33課)

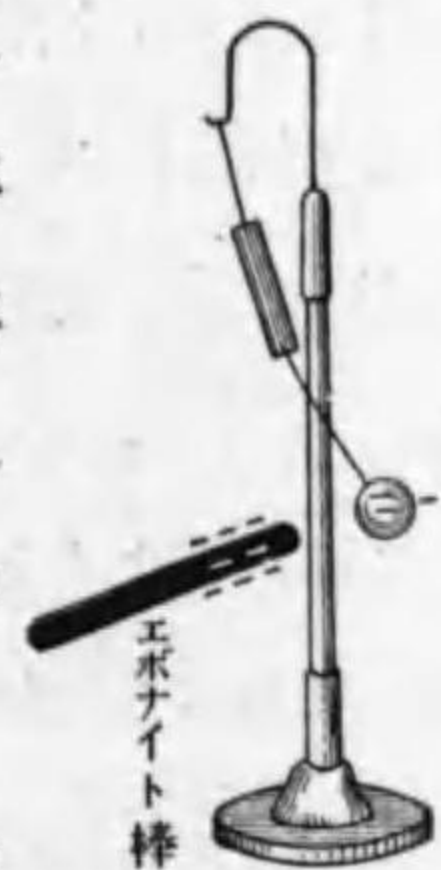
二種の發電とその相互の作用実験

- (1) 乾けるエポナイト棒を毛布でこすりてこれに發電せしめ、電氣振子に近づける。この時、球は一度吸着けられてその發電を帯びると、直ちに反撥せられ、再度このエポナイト棒を近づけても、反撥して吸引されぬ。



- (2) 乾ける硝子發電棍を絹布でこすりてこれに發電せしめ、この電氣振子の球に接近せしむれば直ちに吸引される。

- (3) 電氣振子の球に手を觸れてその帯電を逃がし、これに(2)の如くして發電せる硝子棒を接近せしむれば、再びこれに引かれ、その電氣の一部を得て反撥され、再度この硝子發電棍を近寄するも決して吸引されぬ。しかしこの球に(1)の如くして發電せるエポナイト棒を接近せしむれば、強く吸引される。



- (4) この球に硝子發電棍をこすりたる絹布のその部分を接近せしむれば、エポナイト棒を近寄せた時と同様に吸着けられ、エポナ

イト棒をこすりたる毛布のその部分を接近せしむれば、
発電せる硝子棒を近寄せたる時と同様に反撥される。

- (5) 圖の如く2箇の木心球を絹糸に由りてセルロイド板に吊し、これ等に発電せるエポナイト棒又は硝子發電棍を接觸せしむると、兩球は互に反撥して決して近寄らぬ。

上の實驗から次の事項を知る。

- (一) 絹布で硝子棒をこすりたる時の硝子棒の發電と、毛布でエポナイト棒をこすりたる時のエポナイト棒の發電とは全然その性質を異にすること。即ち發電に陰陽二種あること。
- (二) 同種の發電は互に反撥し、異種の發電は互に吸引すること。
- (三) 物體をこすり合ふ時はその双方が異種に發電すること。

【1】 導體と不導體

- (1) 驗電器に30cm許りの銅線を連結して圖の如く装置する。
- (2) 毛布で摩擦したエポナイト棒の一部分を、この銅線の端點に觸れると箔は直ちに開く。
- (3) 銅線に手を觸れ、箔の電氣を逃がして再びエポナイト棒のこすらぬ部分を觸れて試みれば箔は開かぬ。

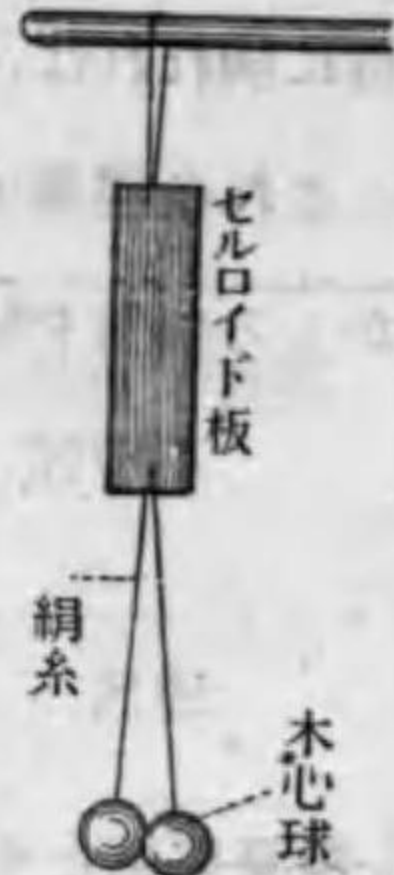


- (4) 硝子發電棍について同様の操作を繰り返せば、又同一の結果が得られる。

これエポナイト及び硝子では、その發電が擦つた部分にのみ限られて、他の部分へは擴がらぬからである。かゝる物質を不導體又は絶縁體といふ。

- (5) 金屬發電棍の一部分を猫皮⁽¹⁾でこすり、これに發電せしめて驗電器の銅

(1) 猫皮は良く乾けるものを使用する。



線に觸れば、その何れの部分を觸れても箔は開く。

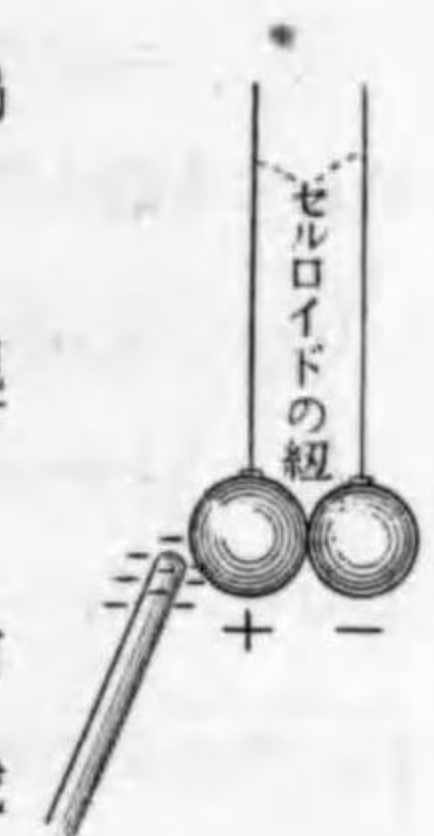
これ金屬等では、こすりたる部分の電氣が、直ちにその全面に擴がるからで、かゝる物質を導體といふ。

不導體.....エポナイト、硝子、毛布、絹布、蠟、ゴム、瀬戸物、硫黄、空氣、セルロイド等。

導體.....金屬、酸・鹽類・鹽基の水溶液、炭、人體等。

電氣感應とその實驗

- (1) セルロイドの紐を附けた2箇の金屬球を圖の如く接觸せしめて、發電せるエポナイト棒に近づける。
- (2) 暫くして兩者を速に引き放ちて、別々に驗電器に接觸せしめる。然る時は兩者が共に發電せることを知る。
かく電場に導體を置くとき、それが自然に發電する現象を電氣感應といふ。
- (3) 次に驗電器の箔を(-)に感應授電せしめ、これに前の如く感應せしめたる球Aを近づければ、箔の開きは減じて、球Aは(+)に發電することを知る。
- (4) 更に球Bを近づければ箔は益、開いて、その發電が(-)なることを示す。
- (5) 再び(1)の如く兩球を接觸せしめてエポナイト棒に接近せしめ、その一方の球に指を觸れて自由の電氣を地に逃がし、兩球を引き離してその各の電氣を検すれば、何れも(+)に帶電することを知る。



この實驗から次の事項を知る。即ち

- (一) 電場に導體を置けば電氣感應に由りてそれが發電すること。
- (二) この際感應を起した電氣の近くに異種の電氣を、遠くに同種の電氣を

誘発する。

- (三) 感應に由りて發電したる物體を地球に繋げば、感應せしめたる電氣と同種の電氣が地球に逃がれて、その導體は異種の電氣を帯ぶること。

[2] 驗電器の用法 驗電器に感應授電せしめるには、次の如くする。

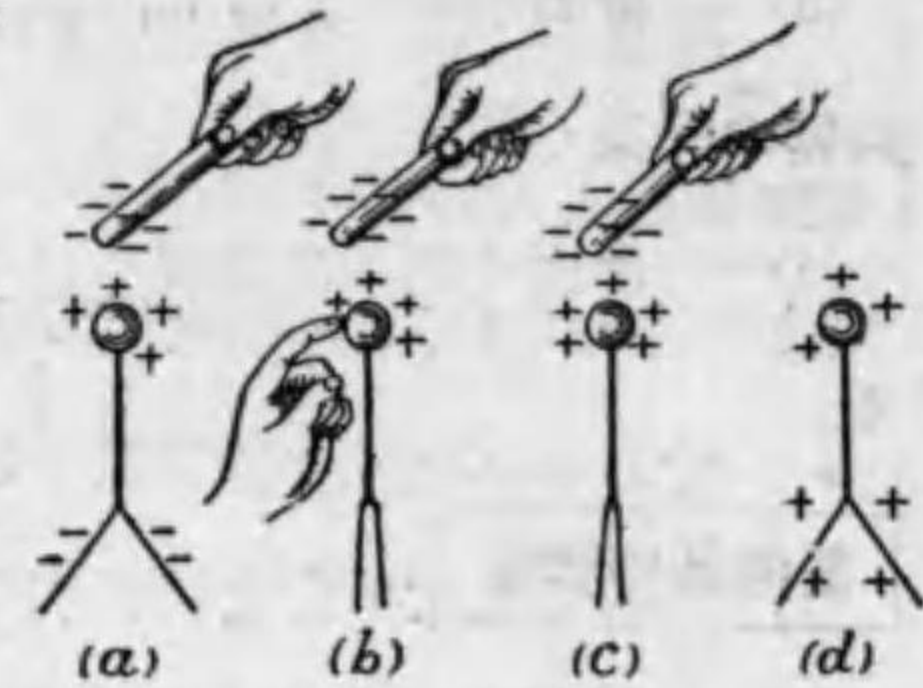
- (1) 陰に發電せるエポナイト棒を驗電器に近寄せれば、その箔は開く。

- (2) そのまゝ指を驗電器の金屬部に觸れれば、箔は閉ぢる。

- (3) エポナイト棒を近づけたるまゝ指を放しても箔は開かぬ。

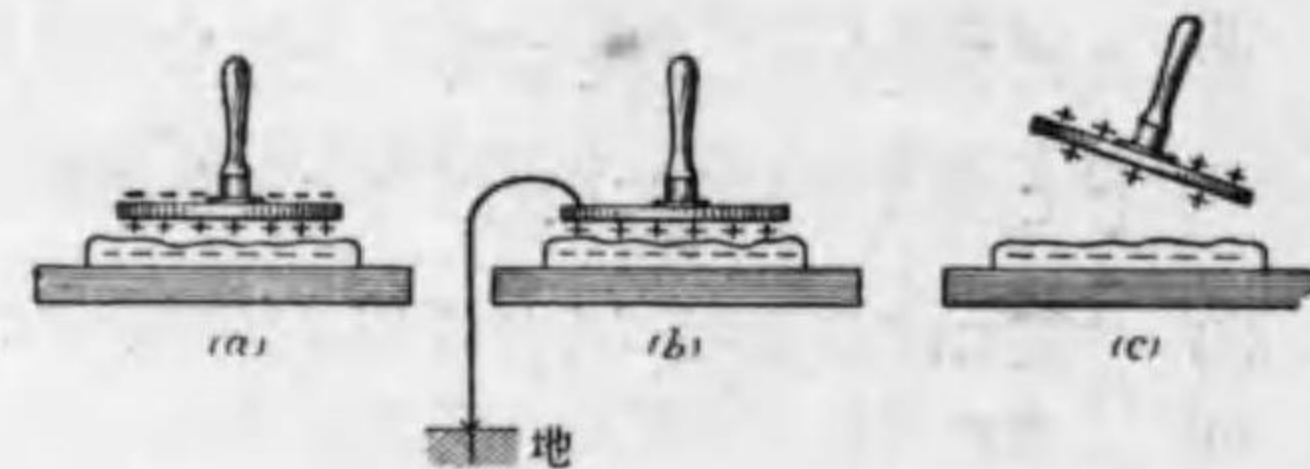
- (4) 手を離したる後エポナイト棒を遠ざければ、箔は開く。

かくすれば箔に(+)を感應授電せしむることを得。箔に(-)を感應授電せしむるには、エポナイト棒の代りに(+)に發電せる硝子棒を使用すればよい。



電氣盆の實驗

- (1) 電氣盆を猫皮でたゞいてその面を(-)に發電せしめる。



- (2) 絶縁柄を有する金屬板をその上に載せると、その板の下面は(+)上面は(-)に發電する。

- (3) 板に指を觸れてその(-)を地球に逃がす。

- (4) 柄に由りて金屬板を引き上げれば、板は(+)に感應授電する。

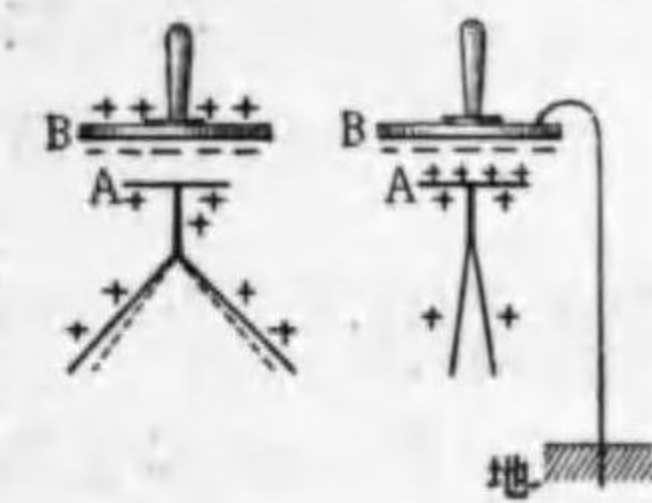
- (5) 更に同様の操作を何回繰り返しても、金屬板は常に(+)に發電するから、この方法に由りて多量の(+)を取り出すことが出来る。

[3] 起電機の用法

- (1) 各部分を乾いた布片で良く拭つて、附着する塵埃等を除去する。
 (2) 尖端作用を呈する櫛の齒が、圓板の軸と同一水平面にあつて、しかもその尖端が圓板に觸れぬやうにする。
 (3) 金屬の刷毛が互に直交し、しかも水平と45°位に傾く様に加減し、且つ回轉の際良く圓板の金屬に接觸する様にする。
 (4) 圓板に貼つた金屬の箔が、刷毛に遠い櫛の齒に向ふ様に圓板を回轉する。

蓄電器の實驗

- (1) 驗電器の箔に(+)を感應授電せしめる。
 (2) 圖の如く絶縁柄を持つて金屬板Bを驗電器のA板に近づけると、箔は僅かに閉ぢる。B板を地球に繋げば、箔は著しく閉ぢてその電位が下ることを示す。
 (3) 金屬板を地に連結したるまゝ、その箔の開きを元の通りにするために更に驗電器に(+)を與へる。
 (4) 次にB板を遠ざければ、箔は著しく開いて、多量の電氣が蓄へられたことを示す。



この實驗で見ると通り、帶電體のそばへ地球に繋げる導體を接近せしめれば、その電位は下りて著しく電氣容量を増すもので、蓄電器及びレーデン罐等は此の理に基けるものである。

第二十九章 電 流

要旨 電流の磁石に及す作用を知らしめ、且つ電池に就いて教ふ。

教授事項 1. 電流の磁石に及す作用。2. 電流の強さ。3. 電池。

(尋六・34課)

【1】 **電流とその利用** 電気が導体を傳はりて、高電位の方から低電位の方に流動するとき、これを電流といふ。電流は種々の方法に由りて得られ、各方面に廣く利用される。

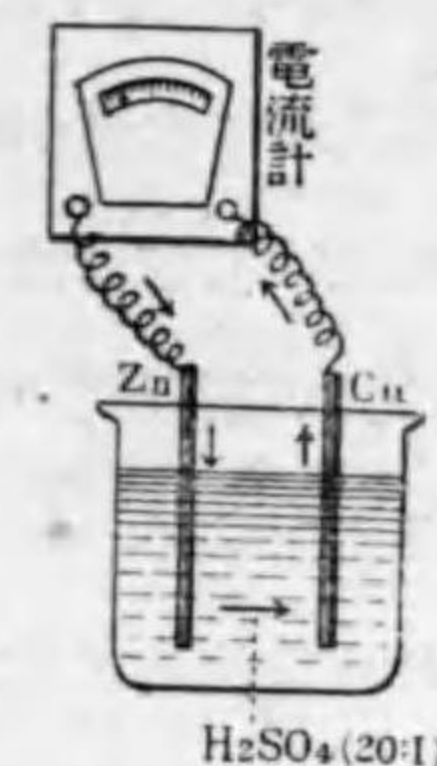
- 電流を得る方法
- (一) 化學變化を利用して.....電池、蓄電池。
 - (二) 電磁氣感應を利用して.....ダイナモ。
 - (三) 熱電流を利用してサーモパイル。
- 電流の利用
- (一) 照明用として.....電燈。
 - (二) 熱用として.....電氣爐、電氣コンロ、電氣アイロン、電氣ゴタツ、電氣應。
 - (三) 通信用として.....電信、電鈴、電話、ラヂオ、無線電信。
 - (四) 交通用として.....電車、電氣機關車。
 - (五) 動力として.....モーター。
 - (六) 化學用として.....諸種の化學製品、電鍍、金屬の精鍊。

單液電池とその實驗

- (1) 導線を白鐵附けしたる亜鉛板と銅板とをコップ内に並立し、その導線を電流計に繋ぐ。
- (2) コップに稀硫酸を注げば、電流計の針は偏りて、電流の起りたることを示す。

(1) 電池用の稀硫酸は水 20 に對して濃硫酸 1 の割合でよい。

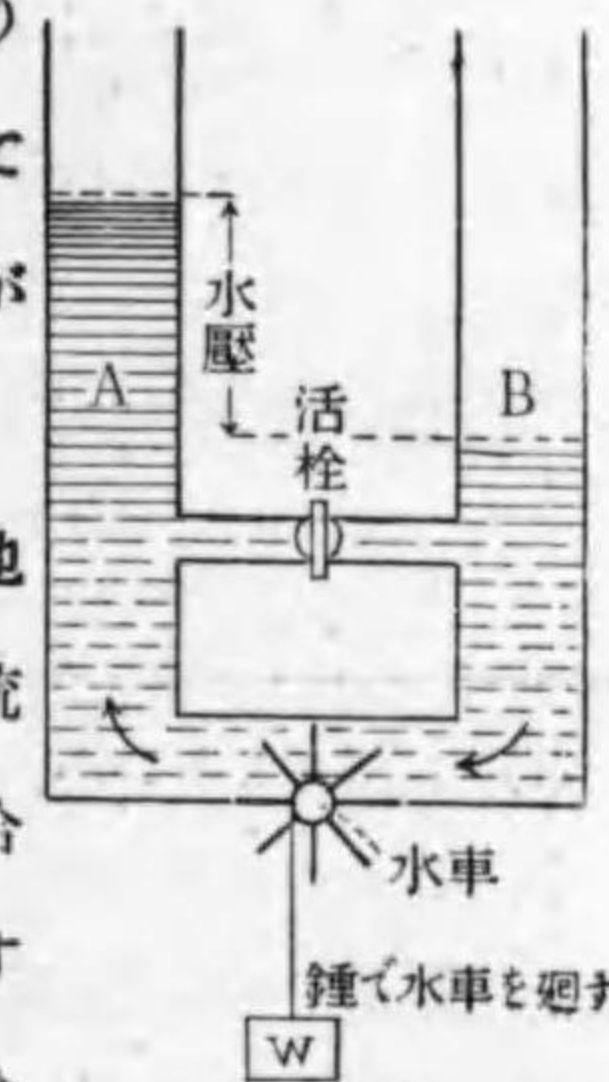
- (3) 暫にして液は泡立ち、銅板面の液内にある部分に多數の氣泡が附着するに従つて、電流計の針の偏りは減じて、電流が弱くなることを示す。これ陽極板面に水素ガスが附着して分極作用を起すに由る。



- (4) 銅板を振るか、又は木片等でその泡を除去すれば再び電流は強くなるも、暫時にして又弱くなる。
- (5) 重クロム酸加里の溶液を注ぐと電流はその強さを回復し、容易に弱くならぬ。これ銅板面に附着すべき水素が重クロム酸のために酸化されて水となり、ために分極作用を防ぐからである。

【2】 **電池内の化學變化** 電池内の稀硫酸は電離して次の如く平衡してゐる。 $H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{2-}$ この液中に亜鉛を挿入すれば、その一部は陽電氣を荷ふ亜鉛イオン Zn^{2+} となりて液中に溶け込む。ために亜鉛板は陽電氣の量を減じて陰電氣を帶び、その電位が下がる。而して水素は亜鉛よりもイオン化傾向が小さいから液中の水素イオン H^+ は亜鉛イオン Zn^{2+} に追はれて銅板面に移り、自己の荷電をこれに與へ、水素ガス H_2 となりてその表面に現はれる。この結果銅板は陽電氣を帶びてその電位が高まる。かくて銅板と亜鉛板との電位の差が一定の値に達するまで、この變化が行はれる。

この電位差が電流を生ずる源となるので、これを電池の電動力といふ。兩極を結べば上の變化が行はれて電流が通するのである。電池内の化學變化による電動力は、恰も圖の如き装置の重さ W による水車の回轉力に相當するもので、活栓の閉ちて居る間は水壓と重さ W とが釣合



つてゐるが、活栓 V を開けば水は水面の高い A より低い B の方に流れて、A の水車に及ぼす水圧が減るから、水車は W によりて再び回轉して B の水を A に押し上げて茲に水の流れが起ると同様に、導線で兩極板を連結すれば、電流は電位の高い銅板より電位の低い亜鉛板の方に向て流れ、同時に化學變化も又行はれるのである。

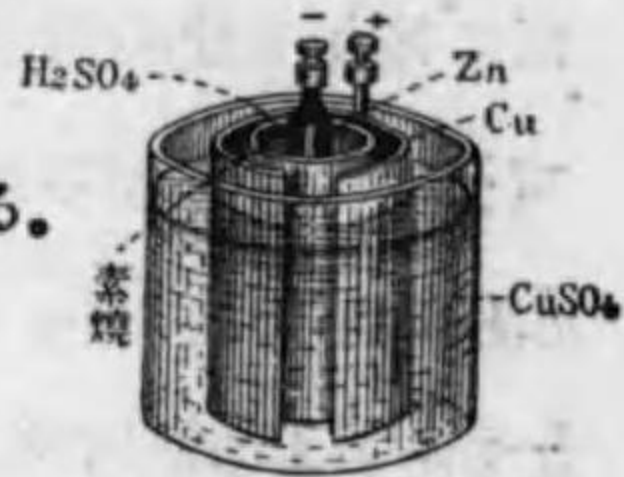
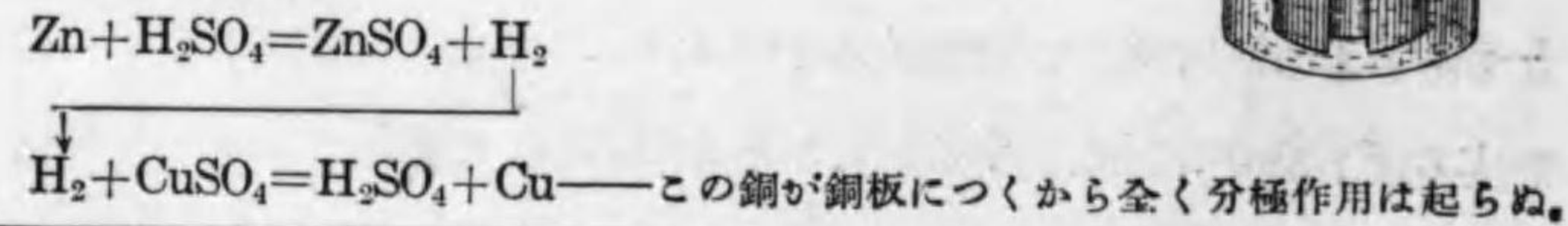
されば電池内に化學變化が行はれて電流が通ずる間は、水素ガスは漸次銅板面に附着してこれを覆ふやうになる。加之銅板面の水素ガスは再び水素イオンとなりて液中に入り、反方向の電流を生ぜんとする傾向を呈し、ために電流はその強さを減するものである。この現象を分極作用といふ。工業上に使用する各種の電池では、酸化剤を使用してこれを防ぐやうに裝置される。

【3】 各種の電池

(一) **ダニエル電池**

- (1) 容器に硫酸銅の濃溶液を取り、その中に銅板を立てる。
- (2) 素焼の筒に稀硫酸を入れ、これに水銀を塗つた
⁽²⁾ 亜鉛棒を立てる。
- (3) この素焼の筒を硫酸銅液中に沈める。
- (4) ボルト計で兩極の電壓を測れば、約 1.08 volt になる。

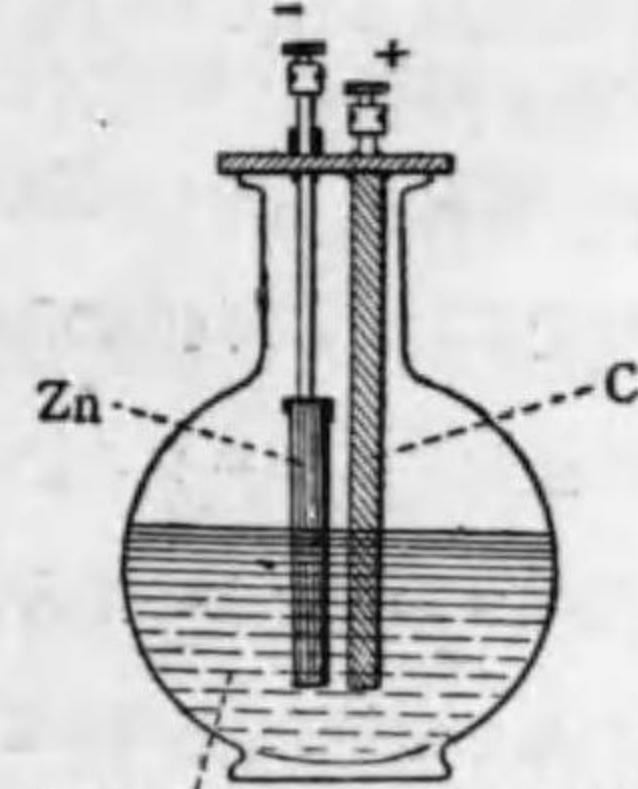
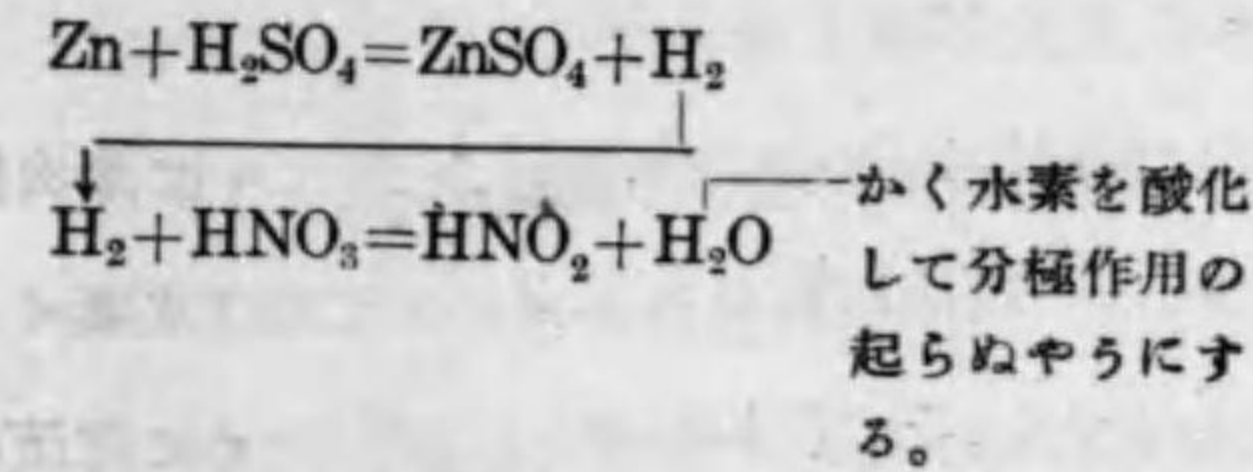
電池内の化學變化



- (1) 消極剤ともいふ。HNO₃, MnO₂, K₂Cr₂O₇ 等が用ひられる。
- (2) 亜鉛の表面を磨いて HgCl₂ 水中に入れれば、自然に亜鉛板の表面に水銀を鍍し所謂水銀漬が出来る。何れの電池でも Zn を浸す液中には少許の HgCl₂ を加へるがよい。

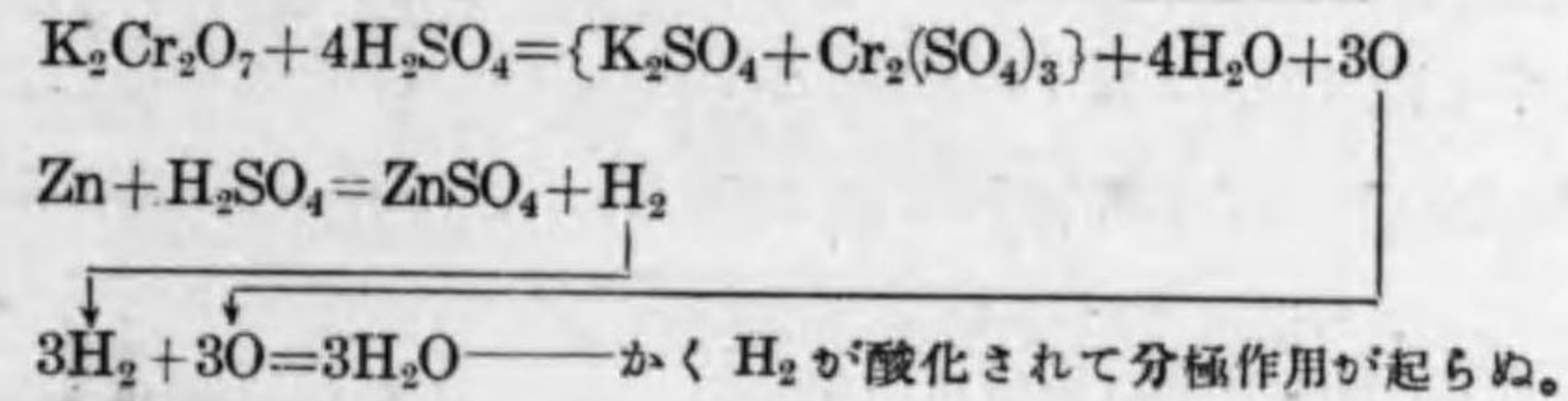
(二) **ブンゼン電池** 容器に稀硫酸を取つて亜鉛板を立て、その中に濃硝酸を入れたる素焼の筒を立てる。この濃硝酸中に炭素棒を浸せばブンゼン電池が出来る。兩極の電位差は 1.9 volt である。

電池内の化學變化



(三) **重クロム酸電池** 容器に重クロム酸加里と硫酸と水との混合液を取り、この中に炭素板と亜鉛板とを相接せぬ様に並立する。兩極の電位差は通例 2.1 volt で、内抵抗が 0.2—0.5 ohm であるから、ブンゼン電池と同様に強い電流が得られる。

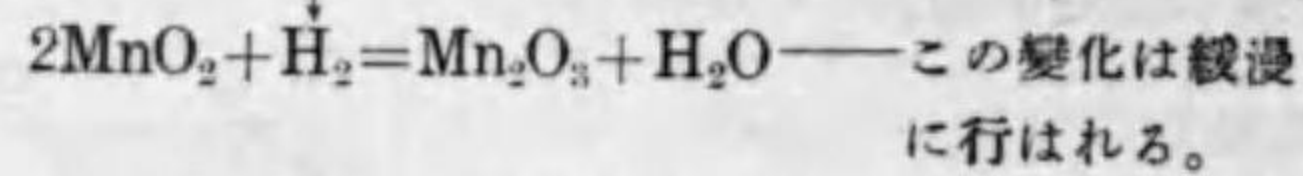
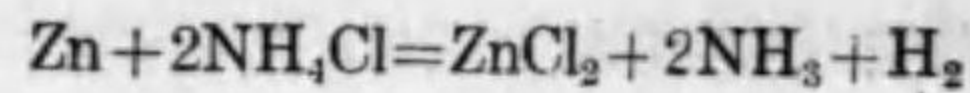
電池内の化學變化



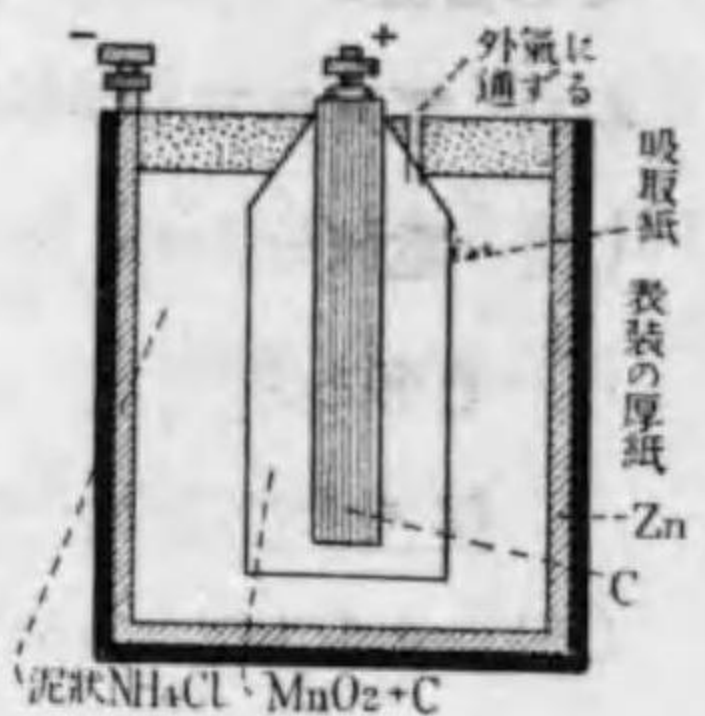
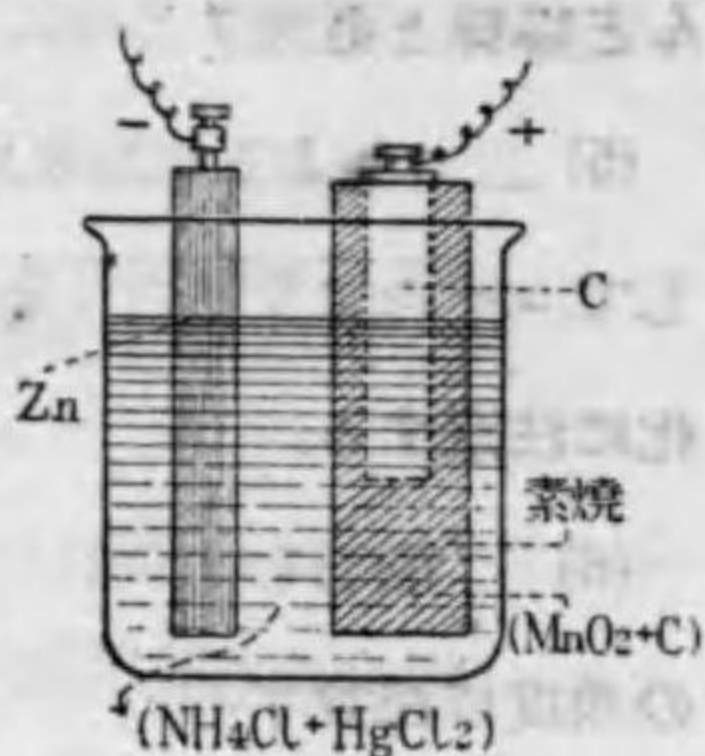
(四) **レクランシエ電池** 鹽化アムモニウムの濃溶液中に亜鉛棒を浸し、更に素焼筒中に二酸化マンガと炭の粉末との混合物を入れ、この中に炭素板を立てたるものを用意して、容器の鹽化アムモニウム液中に沈める。この兩極の電位差は 1.5 volt で、消極剤は徐々に水素を酸化して水とするが故に、連続して使用すると分極作用のために電圧が下るも、使用せざる間に再びその電圧を復活し、且つ製法も簡単であるから頗る便利のものである。

- (1) K₂Cr₂O₇.....6, H₂SO₄.....10, H₂O.....100 の割合にしたものが長く使用に堪える。

電池内の化学変化



(五) 乾電池 種々の種類があるが、何れも亜鉛板の容器を用ひ、器の内側の周圍に鋸屑等に吸収させたる泥状鹽化アモモニウムをつめ、その内側に炭の粉末と二酸化マンガンの混合物を充たし、その境に吸取紙様のものを置き、上面にピッチを塗附して内容物の溢れぬ様に装置したもので、レクランシェ電池と全く同様のものである。従て兩極の電位差は 1.5 volt である。



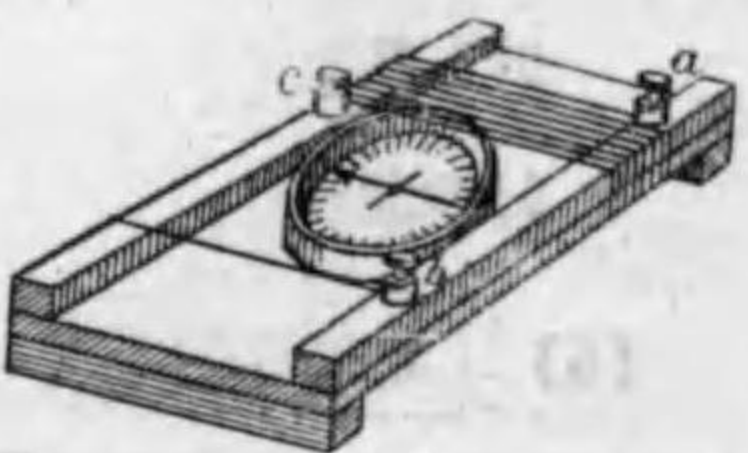
【4】電流の磁石に及す作用

(1) 静止する磁針の上又は下に、これと平行して電流を荷ふ導線を近づければ磁針は偏るから、その時の電流の方向と磁針の偏る方向とに注意し、電流の方向を變じて又試みる。然る時は常に圖の如き關係のあることを知る。



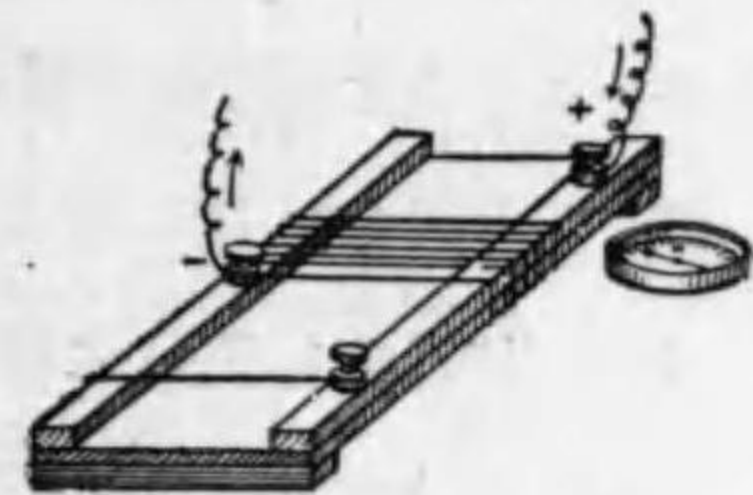
(2) 電流計を机上に置き、靜かに廻してそのコイルを静止する磁針の方向と一致せしめる。

(3) その螺子 b, c を導線に連結して一卷のコイルに電流を送り、電流の方向と磁針の北極の偏る方向とに注意し、その偏位の角度を測る。



實驗 (3). (4) を行ふ場合には磁針はコイルの直下にあるやうにする。

(4) 螺子 a, c を導線に連結して數卷のコイルに電流を送り、又その方向と北極の偏る方向との關係を見、且つ偏位の角度を測りて (3) の角度と比較する(この時には磁針は殆んど導線と直交する様になる)。



(5) a, c より電流を通じたるまゝ、磁石をずらしてコイルより遠ざける時、磁針の偏る角度の變化に注意する。

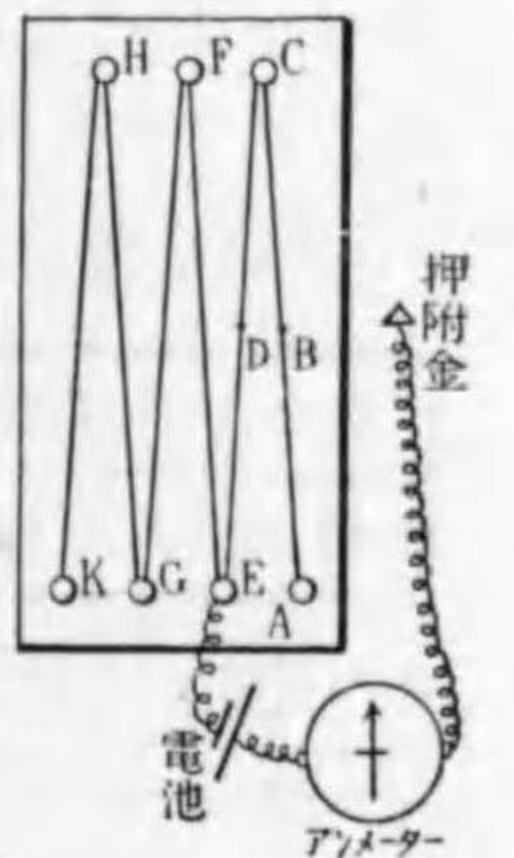
(6) 磁石を圖の如くコイルの外側に置いて、その北極の偏る方向及び偏位の角度に注意する。

この實驗から次の事項を知る。

- (一) 電流を荷ふ導線の周圍には磁場を生ずること。
(二) 電流の方向と磁場の方向とは一定の關係を有し、電流がネチを廻す方向なれば、磁場はネチの進む向きを取る。
(三) コイル内ではコイル外よりも磁場が強く、コイルの内外に於ける磁場の向きは反對であること。



(四) 電流の方向と、磁石の北極の傾く方向とは次の關係をなす。即ち右手を廣げ、その掌を下にして指を磁針と並行せしむれば、電流が指先の方に通ずれば、磁針の北極は常にその拇指の方に偏る。



【5】電流の強さ

(1) 圖の如き抵抗板を用意する。その ACE は稍太い洋銀線、EFG は細い洋銀線、GHK は EFG の洋銀と同じ太

さの銅線とする。

- (2) 圖の如く電池の一極を螺子 E に他極を電流計に連結し、更に電流計のターミナルを押附金に繋ぐ。
- (3) 押附金を D.C.B.A に接触せしめたる時の電流の強さを讀む。
- (4) 押附金を F,G に接触せしめて又電流の強さを讀む。
- (5) 電池の極を G に繋ぎ、押附金を H,K に接触せしめたる時の電流の強さを讀む。

押附金の接觸點	C	A	F	G	H	K
電流(アンペア)	$c' =$	$a' =$	$f' =$	$g' =$	$h' =$	$k' =$

この實驗から次の事項を知る。

(一) 導線が長い程電流は弱い。即ち抵抗は長さに比例すること。電流の強さと抵抗の大きさは反比例すること。

(二) 同一品質の導線では細い程抵抗が大きくて、電流は弱い。即ち抵抗は切口の半径の自乗に反比例する。

(6) 更に抵抗板に圖の如くアンペア計とボルト計とを繋ぎ、その電流の強さを讀む。

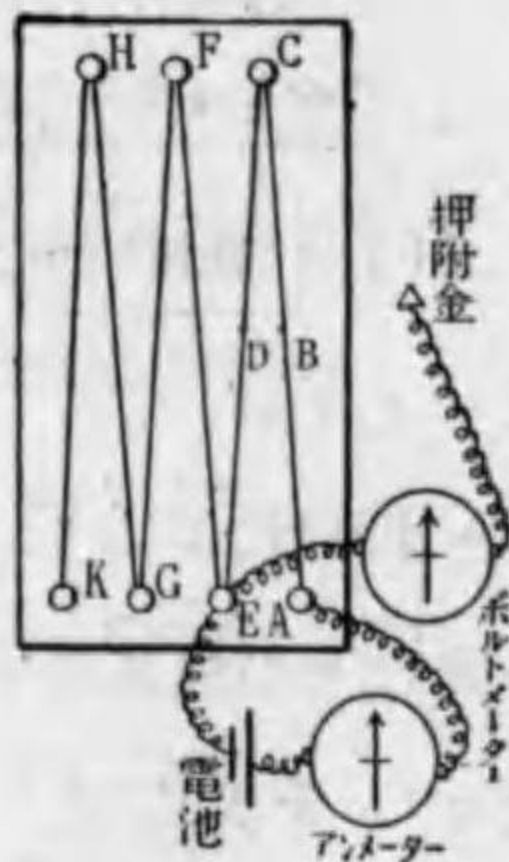
(7) 押附金を D.C.B.A に接触せしむる時の電壓を讀み、これを夫々 d, c, b, a とする。

この際は抵抗が一定してゐるから電流は變化せぬ。

押附金の接觸點	D	C	B	A
電壓(ボルト)	$d =$	$c =$	$b =$	$a =$

この實驗から電壓と抵抗とは比例することを知る。

(1) アンペア計を用ひる。



由つて電氣抵抗 R は電流の強さ C に反比例し、電壓 E に正比例することを
知る。即ち $R \propto \frac{E}{C}$

$$\therefore R \cdot C \propto E \quad \text{又} \quad C \propto \frac{E}{R}$$

この關係をオームの法則といふ。工業上に使用さるゝ抵抗の單位は 1^{ohm} で、長さ 106.3^{cm} 切口 $1^{(m \cdot m)^2}$ なる水銀柱の $0^\circ C$ に於ける抵抗である。電流の單位は 1^{ampere} で銀鹽の溶液に 1^{sec} 間電流を通じたる時、その陰極に 0.001118^{gr} の銀を析出するだけの強さである。 1^{ohm} の導線に 1^{ampere} の電流が通る時、その兩端の電壓を 1^{volt} といふ。抵抗を ohm , 電流を $ampere$, 電壓を $volt$ で表せばオームの法則は次の通りになる。

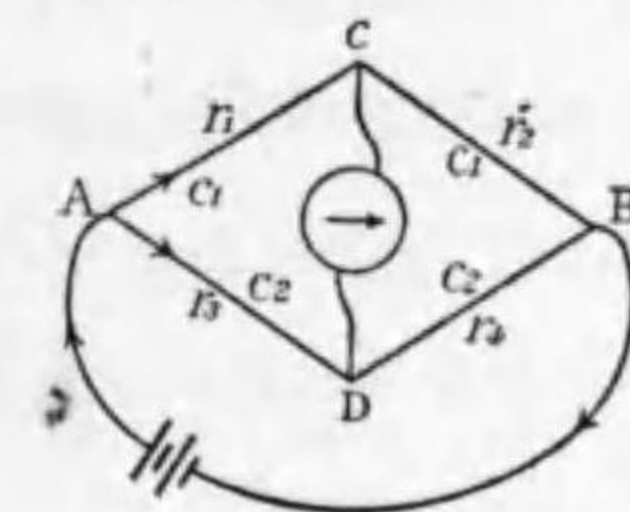
$$C = \frac{E}{R} \quad \text{又は} \quad C \cdot R = E$$

金屬の抵抗 (銀を1とす)

銀	1.00	ニッケル	4.67	銅	13.5
銅	1.11	軟鐵	6.00	洋銀	14-20
アルミニウム	1.87	白金	7.20	水銀	63.1

[6] 抵抗の測定 圖の如き輪道内に於て、AC, CB, AD, DB 間の抵抗を

夫々 r_1, r_2, r_3, r_4 とし、且つ C, D 二點間の電壓が等しいとすれば、A よりの電流は ACB, ADB の兩導線に分流し、その強さは抵抗に反比例する。今この電流を夫々 C_1 及び C_2 とすれば



$$AC \text{ 間の電壓} \dots r_1 C_1 \quad CB \text{ 間の電壓} \dots r_3 C_1$$

$$AD \text{ 間の電壓} \dots r_3 C_2 \quad DB \text{ 間の電壓} \dots r_4 C_2$$

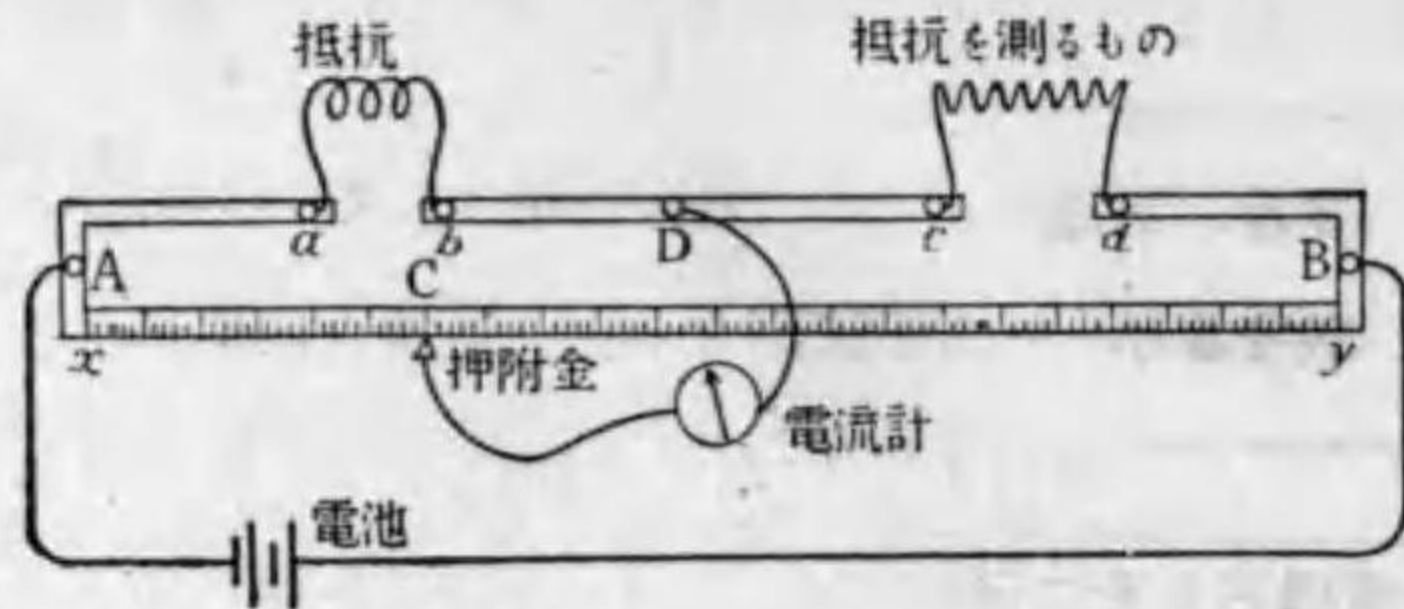
而して C, D 間の電壓が等しければ

$$r_1 C_1 = r_3 C_2$$

$$r_2 C_1 = r_4 C_2$$

$$\therefore \frac{r_1}{r_2} = \frac{r_3}{r_4} \quad \text{即ち} \quad r_4 = r_3 \times \frac{r_2}{r_1}$$

(1) 圖の如き抵抗測定器の螺子A,Bを電池の兩極にDを電流計の一方の螺子に繋ぎ、更に電流計の他の螺子に押附金を連結する。



- (2) 螺子 a,b を抵抗箱に、螺子 c,d を抵抗を測定せんとするものに連結する。抵抗箱の栓を抜いてその抵抗 r_3 を定める。
- (3) スケール上に押附金を動かして電流計の働かぬ點 C を見出し、cx, cy を読む。cx, cy の抵抗はその長さに比例するから、長さを測ればその抵抗の比が求められる。
- (4) $r_4 = r_3 \times \frac{r_2}{r_1}$ によりて抵抗を算出する。

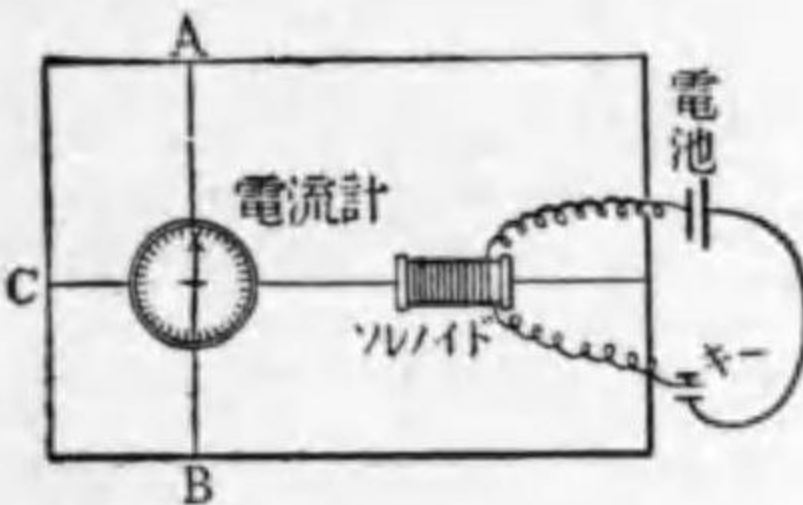
第三十章 電信機・電鈴

要旨 電磁石に就いて教へ、電信機・電鈴の作用を知らしむ。

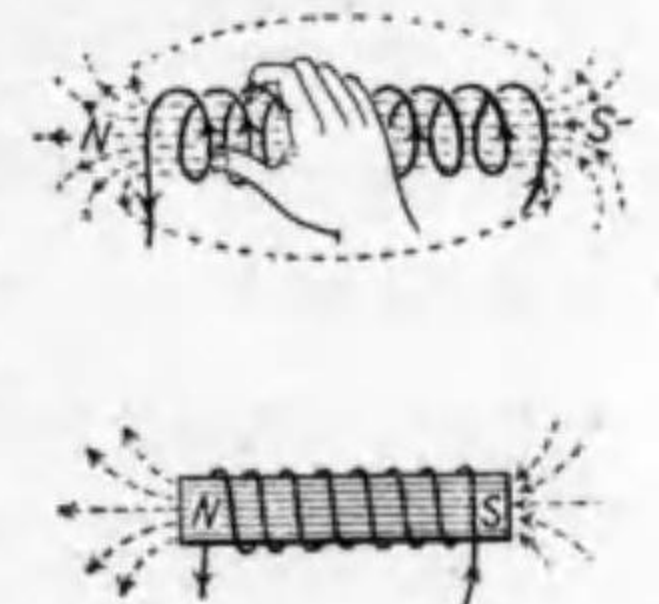
教授事項 1. 電磁石。2. 電信機。3. 電鈴。 (尋六・36課)

電磁石とその実験

- (1) 机上に白紙を敷き、その上に直交する二直線 AB, CD を引き、その交點上に磁針の支點を置き、紙をずらして磁針を CD 線と一致させる。
- (2) 電流の通るソレノイドを AB 線上に置いて静かに磁針に近づけると、磁針は偏り、ソレノイドを近づける程磁針は多く偏る。
- (3) 磁針が一定の角度だけ偏つたとき、ソレノイド内に軟鐵線を差し込めば、磁針は更に偏る。
- (4) 電流の方向と磁針の偏りとに注意し、ソレノイドに通る電流の方向を變へると磁針の偏りも亦全く變る。又電流を断てば同時に磁針の偏りも止む。

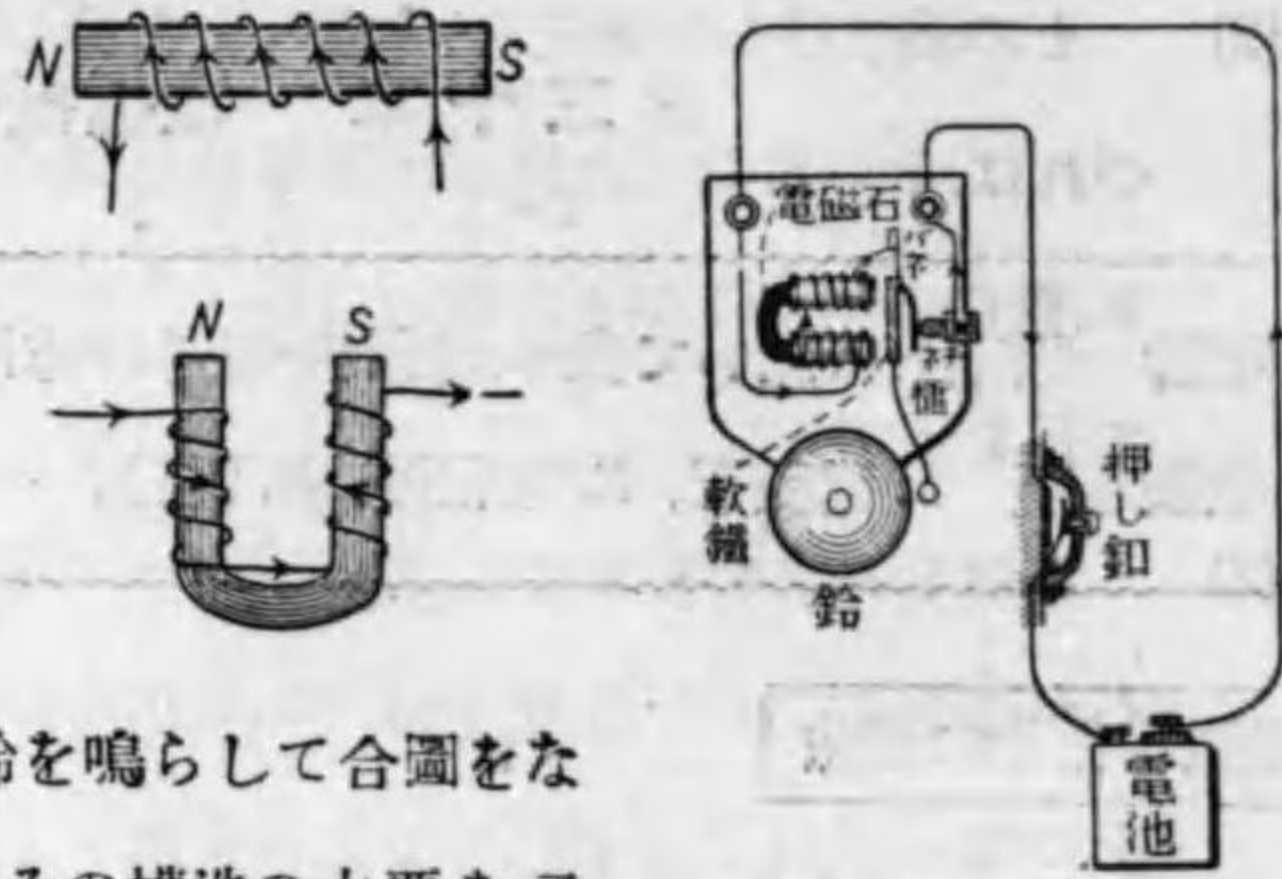


これ電流の向きと磁針の偏る向きとの間には、既に述べたる通り一定の関係ありて、其處に磁場を生じ、ために磁針に作用するのである。尙この磁場に鐵心を置けば、それが磁場の方向に磁石となつて作用するから、一層磁針の偏りが増すのである。



- [1] **電磁石** 軟鐵に絶縁線を巻き、そのコイルに電流を通する時にの

み鐵心が磁石となり、電流を断てば同時に鐵心が磁性を失ふ様に装置したるものを電磁石といふ。

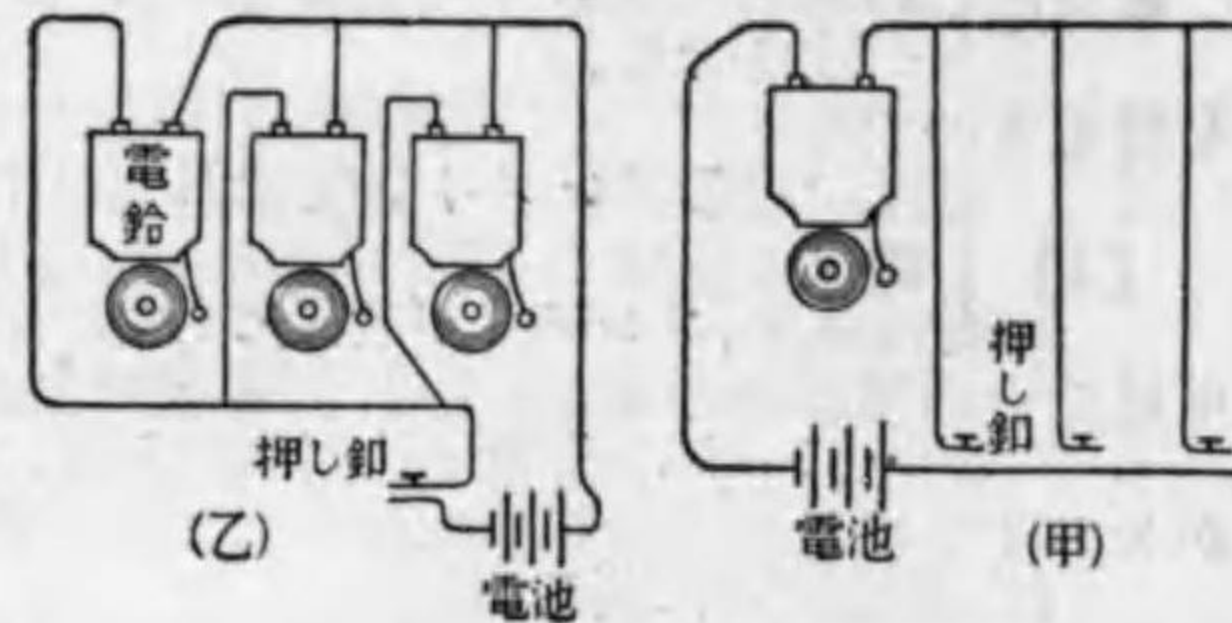


【2】電鈴 電鈴は電

磁石を應用し、隔りたる處の鈴を鳴らして合圖をなすに用ひる機械である。圖はその構造の主要を示

したもので、押し釘・電池及び電鈴を圖の如くに連結して、押し釘を押せば、電路はバネとネチとの間に於て断續されるから、釘を押して居る間は、電磁石が電路の断續に應じて働き、その槌を引

いて鈴を鳴らすものである。この時槌は鈴を打つと同時にはねかへるもので、これがために鈴はよく鳴るのである。



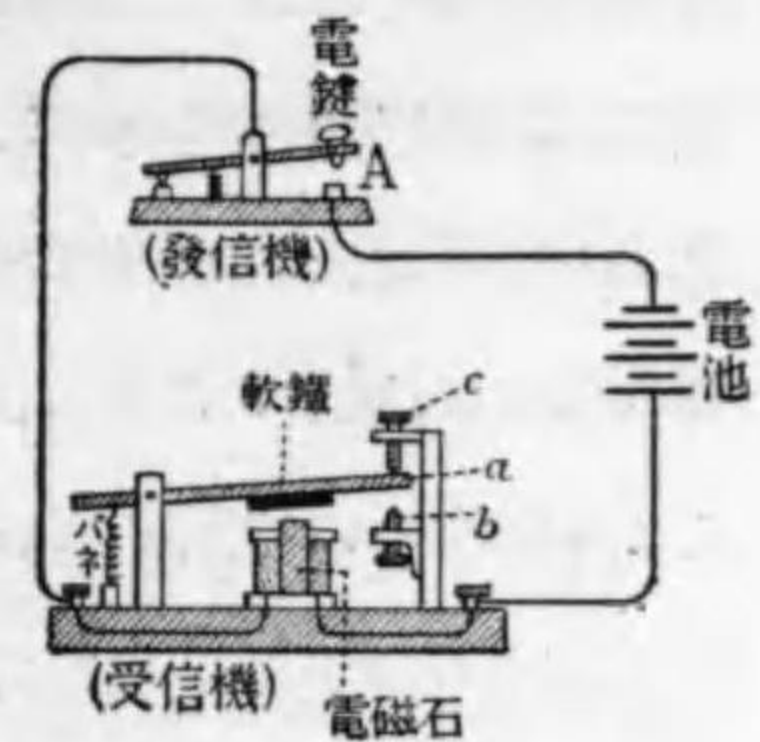
又1箇の電鈴を數箇處にて別々に働かせるには甲圖の如く連結し、1箇處にて數多の電鈴を同時に働かすには乙圖のく連結すれば良い。

【3】電信機 電磁石に送る電流を適當に断續すれば、それに應じて電磁石は働くもので、この事實を應用して遠隔せる土地に速かに通信を送る機械が電信機である。

電信機の主要部は通信を發する電鍵と、通信を受ける受信機と、電池及び導線とである。電池には多くダニエル電池が使用され、導線として亞鉛引きの鐵線が使用される。

(1) 發信機・受信機・電池とを圖の様に連絡する。

- (2) その發信機の電鍵を押してAで電路を閉づれば、その電磁石は働いて軟鐵片を引くから、軟鐵の附ける挺子の端aは螺子bを打つて音を出す。
- (3) 電鍵を押す手を放せば、電路は開いて電磁石が磁性を失ふから、挺子はバネに引かれて、その端aは螺子cを打つて又音を出す。

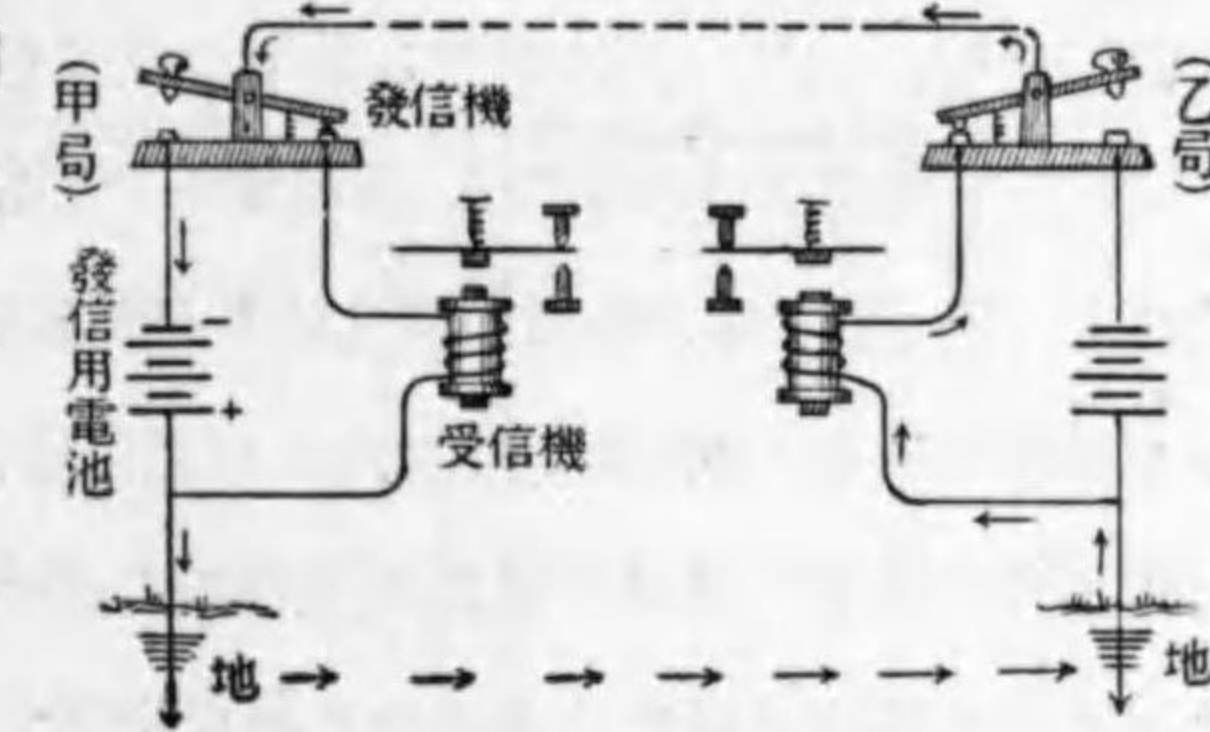


されば電鍵を長く押せばaがbとcを打つ音の間が長く、押す時間が短かければ、二つの音の間も亦短い。

電信はこの事實に基き、一定の符號に従つて電鍵を押し、以て遠隔の地に通信を送るものである。

【4】電信の原理 圖は甲乙兩局間を連結する電信回線を示したもので、甲局でその發信機の電鍵を押してA點で電路を閉づれば、發信用電池より電流が矢のやうに乙局の受信機に流れてこれを働かすから、その鐵片は電磁石に引かれて音を出す。甲局でその電鍵を放ちて電路を開けば、同時に乙局の受信機の鐵片は舊位置に復して又音を出す。

かく甲局の發信機で電路を開閉すれば、乙局の受信機はそれに應じて働くから、電鍵の押し方によりて乙局に音信を通ずることが出来る。これが所謂送信である。

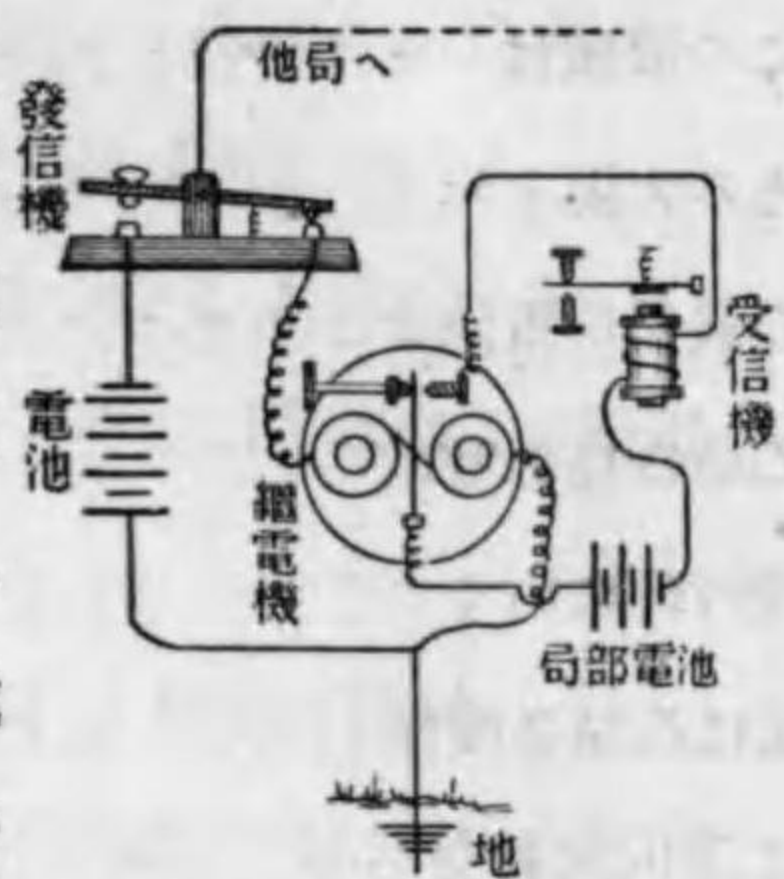
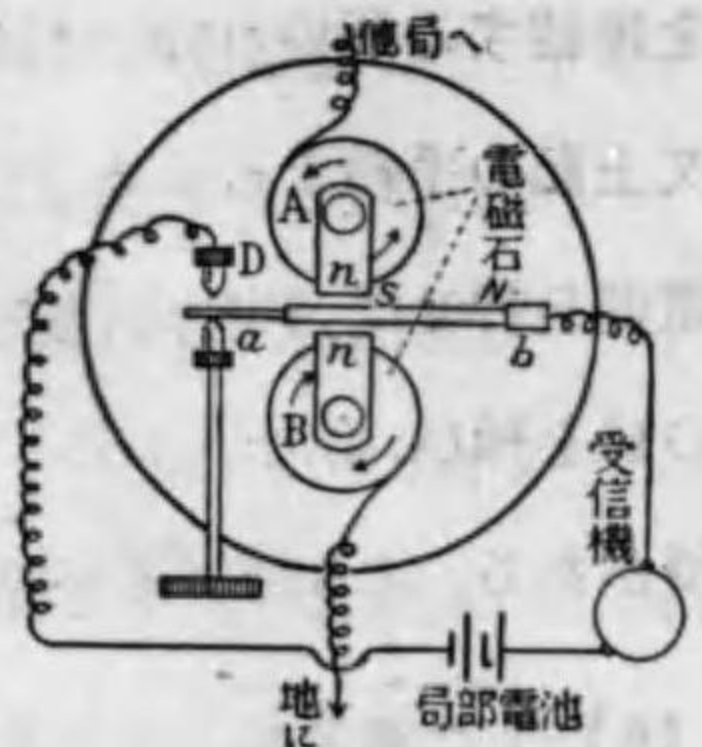


然し兩局間の距離が遠くなれば、回線内の抵抗が増して電流が弱くなり、ために受信機の電磁石を働かすことが不可能になる。かかる場合には繼電器と

稱する装置を用ひてこの缺を補ふ。

圖は繼電器の大要を示したもので、その電磁石の軟鐵心は共に永久磁石の同一極例へば N の上に立てるが故に、感應によりて上端は共に N 極をなす。又この兩鐵心の中にある鐵片 ab の一端 b は、その永久磁石の他極即ち S に接するが故に b は n 極をなし、その他端は s 極となり、而もこの s 極が電磁石の兩鐵心の中間に位するやう装置さるゝが故に、 ab は強さ等しき同種磁極間にあつて一様に引かれ、頗る不安定の状態に置かれる。されば今他局より矢の向きの電流を繼電器の電磁石に送れば、A の上端の n 極は益、強く、B のそれはその強さを減ずる。従て ab の s 極は A に引かれて先端を螺子 D に接し、茲に局部電池の回線を閉ぢるから、受信機は働くやうになるから、甲局よりの電流が弱くとも乙局の受信機は働いて受信が出来る。この故に遠隔せる兩極間の電信回線内には、皆この装置が使用される。圖は繼電器を使用する電信回線の或る一局に於ける装置の大要を示したものである。

【5】 通信交換の順序 甲局でその發信機の電鍵を押せば、その回線内に連絡 乙・丙・丁等の各局の受信機は同時に働くから、何れの局で受信すべきか不明である。この缺を補ふために電信通信上各局には夫々一定の局符號が定められてある。従て甲局より丙局に通信せんとする時は、先づ發信機によりて丙局の局符號を送る。甲局でこの操作をすれば、回線内各局の受信機は、何れも丙局の局符號に相當する音を出す。これに應じて丙局では直ちに甲局に應答し、次で通信を受信する。しかし音信の輻輳する電信局の間には、それ等兩局の

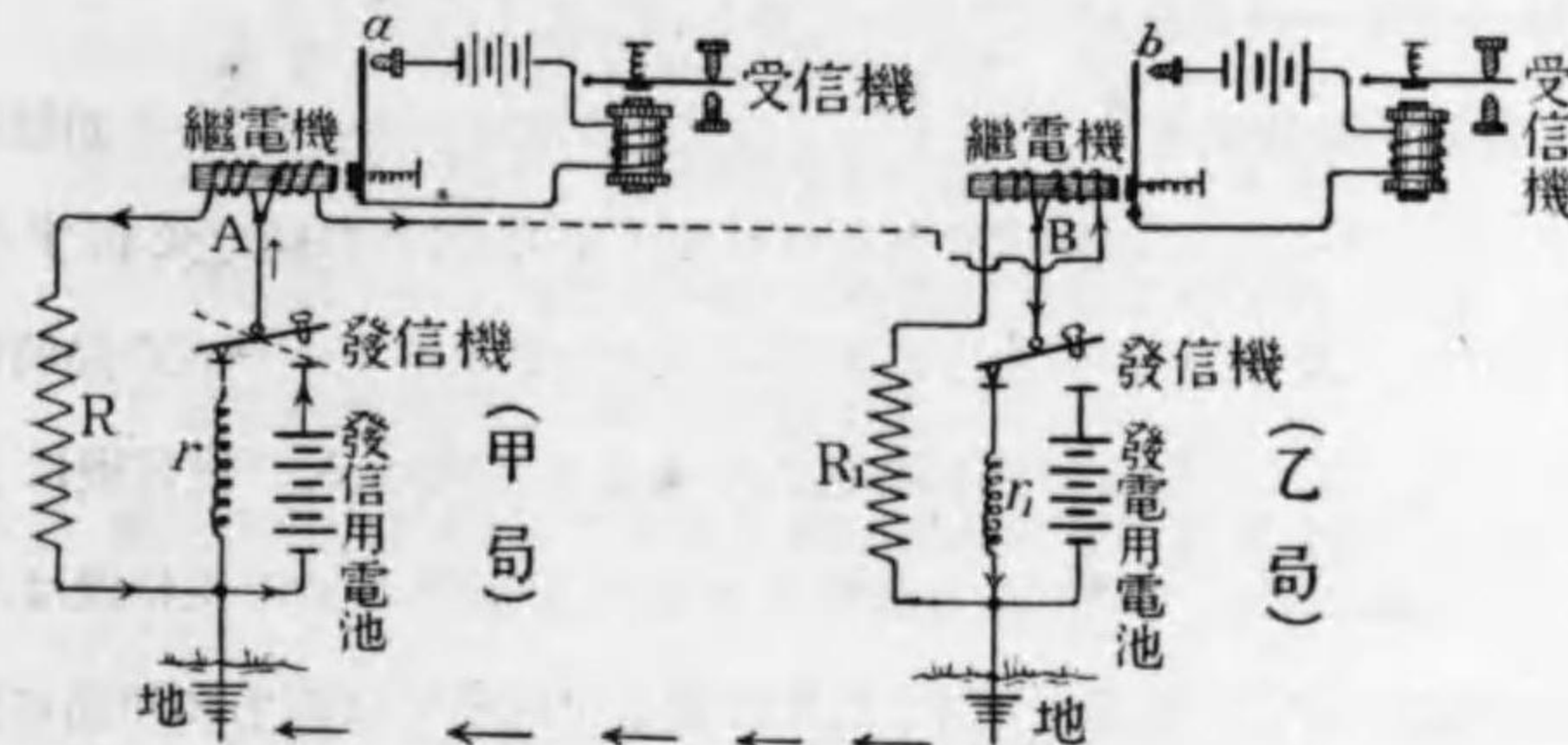


みを連結する所謂直通回線ありて、相互に電文を交換する。

又上記の手續を取るとするも、甲局で電鍵を押すと同時に相手局にても亦その電鍵を押せば、電路は各發信機に於て開かれ、ために通信することが出来ぬ。この缺を補ひ、兩局間に於て同時に發信し、又は同時に受信する様に装置した電信機がある。これが所謂多重式電信である。

【6】 二重電信 多重式電信の最も簡單なるものが二重式電信である。

この機械は一本の電路に由りて、受信も發信も同時にすることが出来る。圖はその大要を示す。今甲局でその發信機の電鍵を働かして電路を開閉すれば、その發信用電池よりの電流は矢の如く流れて乙局の繼電機を働かし、 b 點に於て乙局の局部電池の電路を閉ぢるから、乙局でその發信機を働かさぬ間は、前節所説の理に由りて受信することが出来る。この際甲局の抵抗 R は、兩極間の電路並に乙局各機械の抵抗の和に等しい様に調節してあるから、甲局繼電機の鐵心は、方向反對強さ等しき電流に作用されて全く働かぬ。しかし甲乙兩局の發信用電池は同型のもの同一箇數を使用する故に、兩局に於て同時に電鍵を押せば、 A ・ B 二點に於ける電壓が全く等しくなり、ために架空線には電流が通ぜずして、兩局の發信用電池からの電流は夫々抵抗線 R 及び R_1 に流れる。この結果夫々



の繼電機は、恰も他局よりの電流を受けたると同様に働いて受信の用を辨するから、かゝる装置を使用すれば、發信しつゝ同時に受信することが出来るのである。

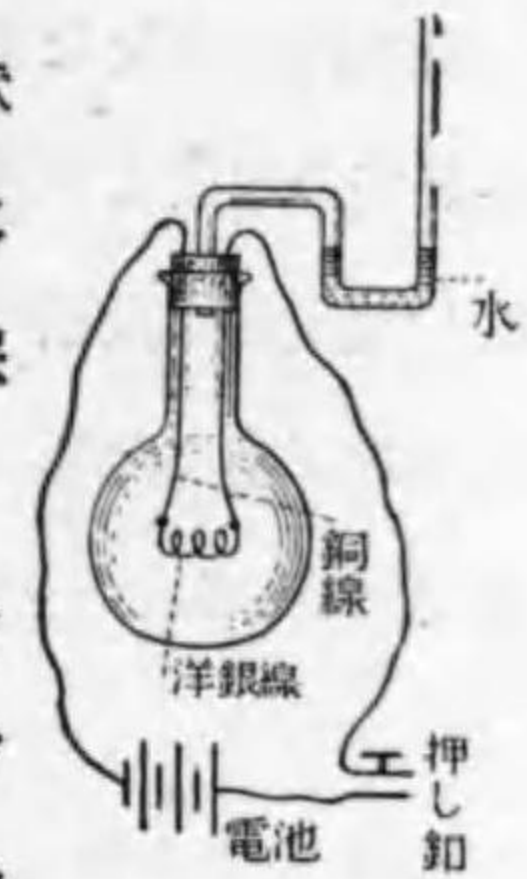
第三十一章 電燈

要旨 電流が熱を發することを教へ、電燈に就いて知らしむ。

教授事項 1. 電流が熱を發すること。2. 電燈。 (尋六・35課)

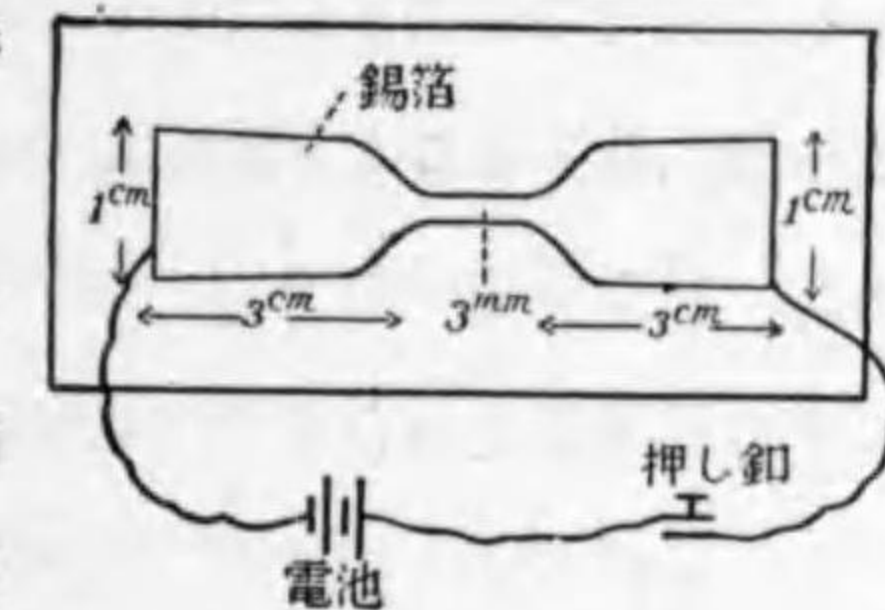
電熱の實驗

- (1) コルクに2本の銅線を貫き、その各の端を螺旋状に卷いた細い洋銀線に白鐵附けし、コルクの中央に曲硝子管をさし、このコルクをフラスコに氣密に嵌めて圖の如く装置する。



- (2) この銅線を電池に連結し、押し釘を押して電路を閉ぢる。然る時は曲管内の水が右方の管に押し上げられる。これ電流が抵抗大なる洋銀線の處に於て熱に變じ、ためにフラスコ内の空氣が膨脹するからである。

- (3) 少し厚い錫箔を圖の如く切り取つて板の上に敷き、導線によりて電池の兩極を箔の兩端に繋ぐ。然る時はその狭い部分が融ける。これ狭い部分は他の部分より抵抗が大きき、ためにそこで電流が熱に變ずるからである。



- (4) 錫箔の代りに約3^{mm}許りの細い鐵線⁽¹⁾を用ひれば、鐵線は赤熱せられやがて熔融する。

(1) 50番線位のもの、即ち酸素の實驗等に使用するものでよい。

以上の諸実験から電流は抵抗の大なる部分に於ては熱に變ずることを知る。

[1] 電流の生ずる熱量 電路の抵抗部に於て電流は熱に變ずる。而してその發熱量は電流の自乗と抵抗及び電流の通ずる時間との乗積に比例する。これをジュールの法則といふ。

今電流を C, 抵抗を R, 電流の通ずる時間を t, 發熱量を H とすれば

$$H = C^2 R t$$

流水の仕事をなす割合即ち工率を工業上では水力と呼び、落差と單位時間に落下する水量との乗積でこれを測る。これと同様に、電流の工率即ち電力は、電圧と電流との乗積で測り、その單位を Watt⁽¹⁾ といふ。電壓 1 volt で、電流 1 amp の電流の工率は即ち 1 watt である。従て E volt, C amp の電流の工率即ち電力を W とすれば、

$$W = E \cdot C \text{ watt}$$

1000 ワットを 1 キロワット (1 k-watt) といひ、工業上では 1 キロワット時を以て電力賣買の單位としてゐる。1 キロワット時といふは 1 キロワットの電力を 1 時間供給することを意味してゐる。

$$\text{又 } 1 \text{ watt} = 10^7 \text{ erg/sec} \quad 746 \text{ watt} = 1 \text{ h.p.}^{(2)}$$

熱の仕事當量から 1 cal の熱は 41870000 erg に相當するから、

$$41870000 : 10^7 = 1 \text{ cal} : x \text{ cal} \quad x \text{ cal} = 0.2388 \text{ cal}$$

即ち 1 watt の電力が全く熱に變ずれば、毎秒約 0.24 cal の熱を發生する。従て E volt, C amp の電流が t sec に發生する熱量 H cal は次の如くなる。

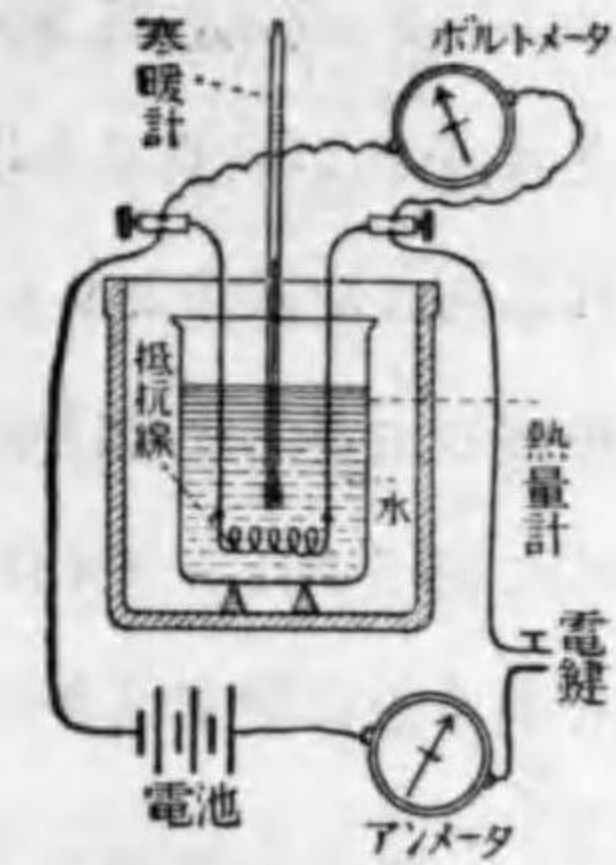
$$\begin{aligned} H \text{ cal} &= 0.24 \times E \times C \times t \\ &= 0.24 \times C^2 \times R \times t \quad \because E = C \cdot R \end{aligned}$$

(1) 1 watt は 1 秒について仕事の量 1 ジュールであることをいふ。

(2) 1 horse power を 1 h.p. と表はす。

ジュールの実験

- (1) 熱量計の質量 a^{gr} を測り、これに約 100°C の水を取りて再びその質量 b^{gr} を測る。
- (2) 圖の如く抵抗線・電池・アンメーターを直列に繋ぎ、抵抗線を熱量計の水中に入れ、寒暖計で水の温度 t°C を讀む。
- (3) ボルトメーターを抵抗線の兩端に並列に繋ぐ。次ぎに電鍵を押して電流を通じ、この電流の通ずる時間 t を時計にて測る(約 180°C—300°C 間電流を通じ)そのときの電流 C^{amp} と電壓 E^{volt} を讀む。
- (4) この電流を送る間は常に水を攪拌しつゝその温度の上昇に注意し、電流を斷つ時に於て、上りつめたる水の温度 T°C を讀む。
- (5) 測定の結果を表に記入して、1 watt の電力が 1 sec に生ずる熱量を計算する。



熱量計内の水の質量 ⁽¹⁾	(b-a) ^{gr} =
電圧.....	E ^{volt} =
電流.....	C ^{amp} =
電流を通ぜし時間.....	t ^{sec} =
水の熱せられた温度.....	(T-t)° =
1 watt が 1 sec 間に發する熱量.....	H ^{cal} = $\frac{(b-a)(T-t)}{E \cdot C \cdot t_1}$ =

[2] 電熱の利用 電流に由つて生ずる熱を、日常生活並に各種工業上に

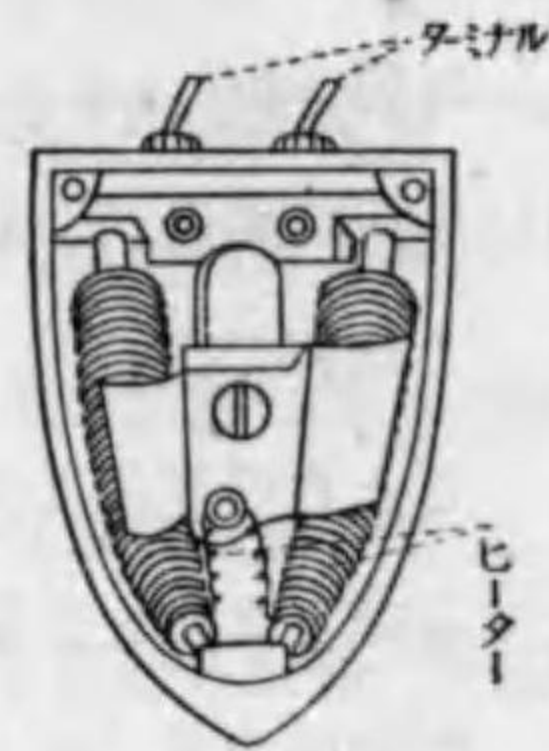
(1) 正しくいへば熱量計の水當量(熱量計の質量×これを造る物質の比熱)をも計算に加へる必要がある。

利用することは、最近著しく發達した。その一二を例示すれば、電氣アイロン、電氣ストーブ、電氣布團、電氣爐等である。かく電熱が廣く應用せらるゝに至りしことは、それが經濟であるよりも寧ろ電熱を得ることが、熱を得るために現在行はれる何れの操作よりも簡便で、しかも時を費すことが少いためである。

電熱機の主要部は、熱を發生せしむる電熱コイル又は炭素の電極である。この目的に使用されるコイルの具有すべき性質は、融點高きこと、變化し難きこと、電流を多く熱に變ずべきこと、價格の低廉なるべきこと等である。

【3】 二・三の電熱器

(一) 電氣アイロン 電熱を利用する装置の一つで圖はその内部構造の概要を示す。ヒーターは素焼き製の碍管に細いニクロム線を捲いたもので、これにターミナルより電流を送れば、こゝで熱を發し、これが輻射と傳導とによりて底並に周圍の鐵板を熱しアイロンとして役立つのである。



(二) 電氣コンロ ヒーターは磁製板に放射狀の溝をつけ、その溝にニクロム線のコイルを取りつけたものである。これに由りて炭又はガス用のコンロの如く湯沸し、炊事・料理等の目的に使用される。

(三) 電氣布團 細くて長いヒーターを使用して適度の熱を發生せしむる様に装置される。又電流より起る危險を防ぐためにヒーター全部は石棉で包み、布團の表面はフランネル等にて包裝されてある。

電燈の實驗

(1) 抵抗線としてはニッケルとクロムとの合金でニクロム線と稱せらるゝものが使用される。

(1) 圖の如く電球・アンメータ

一・ボルトメータを繋ぐ。

(2) 甲又は乙だけに電流を通

じ、その時の電流 C^{amp} と電

壓 E^{volt} とを読む。

(3) 各電球の抵抗と、1燭光に要する watt を計算する。

$$R = \frac{E}{C} = \frac{1 \text{ 燭光に要するワット数}}{\text{球面に記せる燭光の数}} = \frac{EC}{\text{球面に記せる燭光の数}}$$

(4) 甲乙兩球に電流を通じ、その所要 watt と (3) にて測定せる電球 1 箇の所要 watt とを比較する。

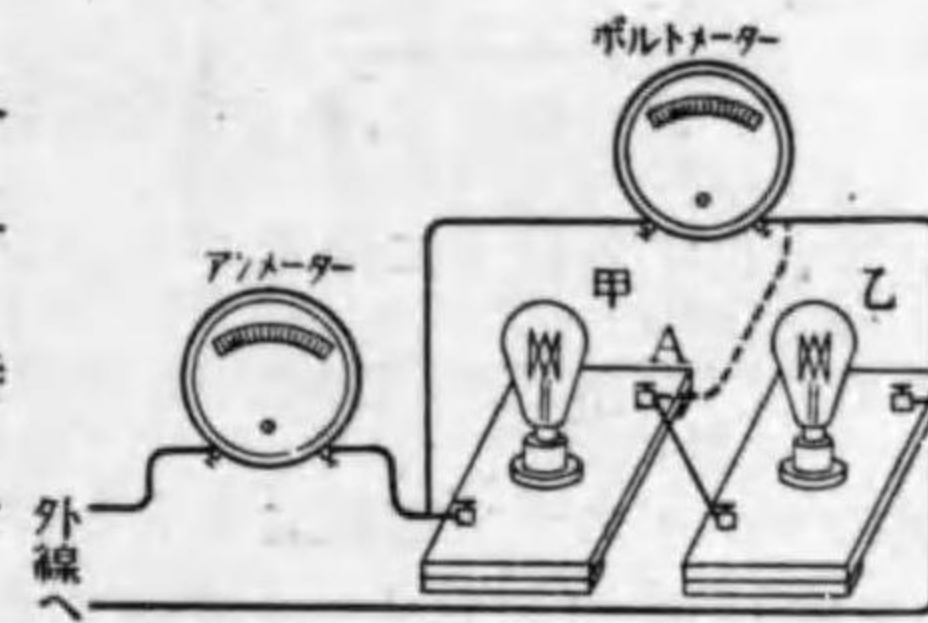
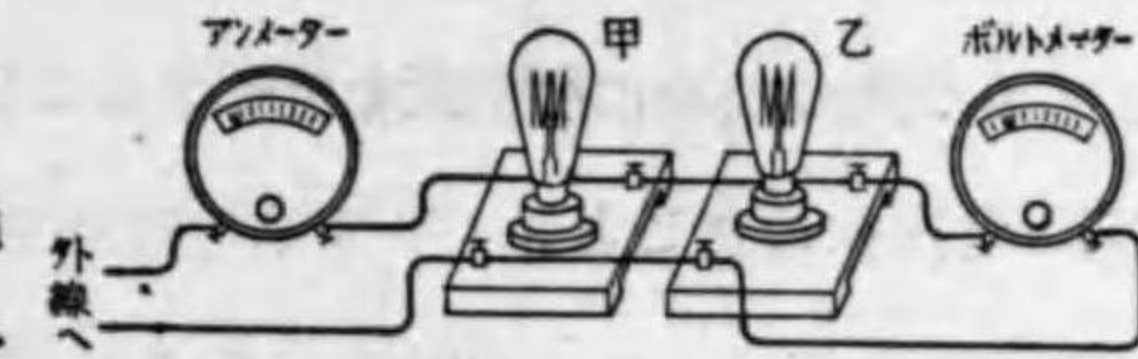
(5) 更に圖の如く電球を直列に繋ぎ、各 1 球宛の電壓と、2 球を同時に使用するときの電壓とを比較する。尙この時 1 球と 2 球とを點する際の電流及びその照明度を比較する。

(6) 發光線の斷れた電球を取り、その硝子球の一部を吹管の細焰で強熱すれば、融けてその部分が凹狀を呈する。又電球を水中に挿入しその尖端部を切りとれば水は勢よく球内に噴入する。由つて球内は眞空であることを知る。

(7) 更に發光線の一部をピンセットに挟みて強熱するとき、それが容易に燃えることを知る。

【4】 電燈の効率と壽命 電燈が石油ランプ・ガス等を驅逐して、如何なる僻地に於ても燈用として賞用せらるゝ所以は、次の事實に由る。

- (一) 照明度一定して、晝間の明るさに類似する光を出すこと。
- (二) マツチ等にて點火する要なく、従て使用簡便なること。



(三) 焰を上げざるが故に室内の空気を汚すことなく、且つ風のために照明度を變ぜざること。

(四) 危険少なきこと。

等である。

現時一般に使用されるタングステン電球は、使用電力の約 10% だけが光に變ずるもので、1 燭光につき 1.25^{watt} を要するから、32 燭光の電球は 1

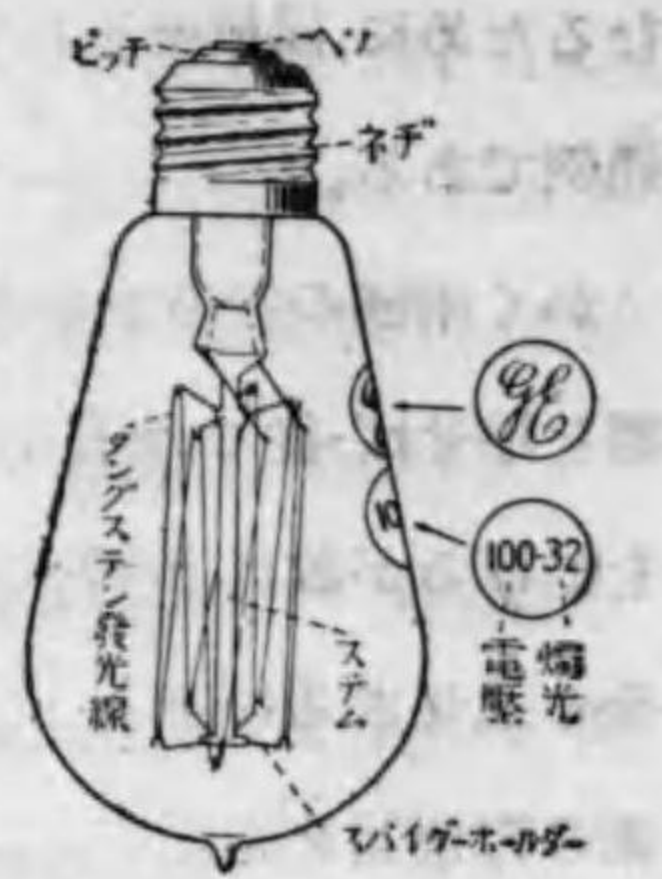
時間に $1.25 \times 32 = 40^{w \cdot h}$ を要する。(1) 而してその有効壽命は約 1000 時間である。(2)

又ガス入ランプと稱せらるゝ電球がある。この發光線はタングステンの細線で、多く螺旋状に巻いたものを使用し、球内を真空にする代りに窒素・アルゴン等のガスにて充たせるもので、1 燭光に要する電力は $(0.5-0.8)^{watt}$ である。従て普通のタングステン電球よりもその効率が大きい。

尙電球各部の名稱は圖に示す通りで、多くはその表面に使用すべき電壓と、由つて生ずる燭光とが記される。

【5】 弧燈 弧燈は甚だ強い光輝を發するから、公園又は街頭等を照らす爲に用ひ、又活動寫眞等の光源としても使用する。而してその光輝を發する部分に於ては、多量の熱を出し $3800^{\circ}C-4500^{\circ}C$ の高温度に達するから、工業上高温度を要する電氣爐として多く使用される。

直流に由る弧燈では、その陽極の炭素棒が陰極のものより一層強熱せられるから、強い光輝を發し、且つ多く消耗する。この發する光を十分下方に輻射せし



(1) watt hour を $w \cdot h$ と記す。通例電力販賣の單位はキロワット時で、1000watt の電力を 1 時間使用するものである。

(2) 有効壽命はその燭光が規定燭光の 0.8 までに減する時間。

むるために、陽極を上にするやうに裝置するのが通例である。

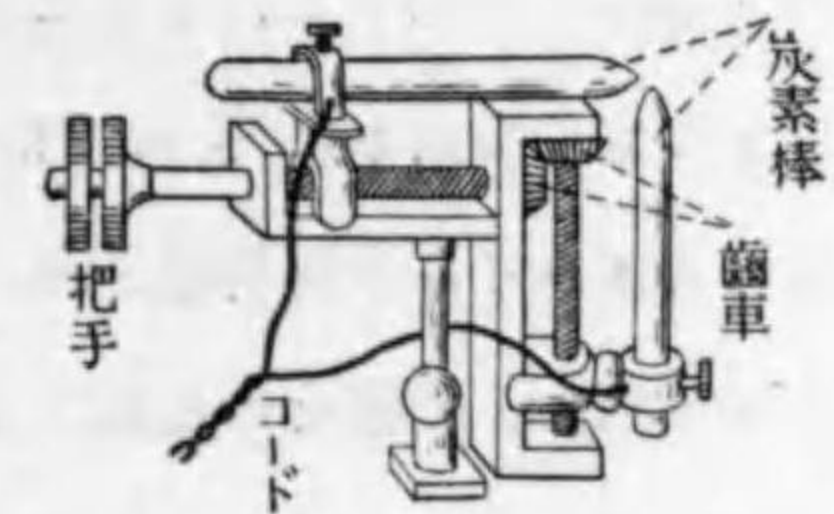
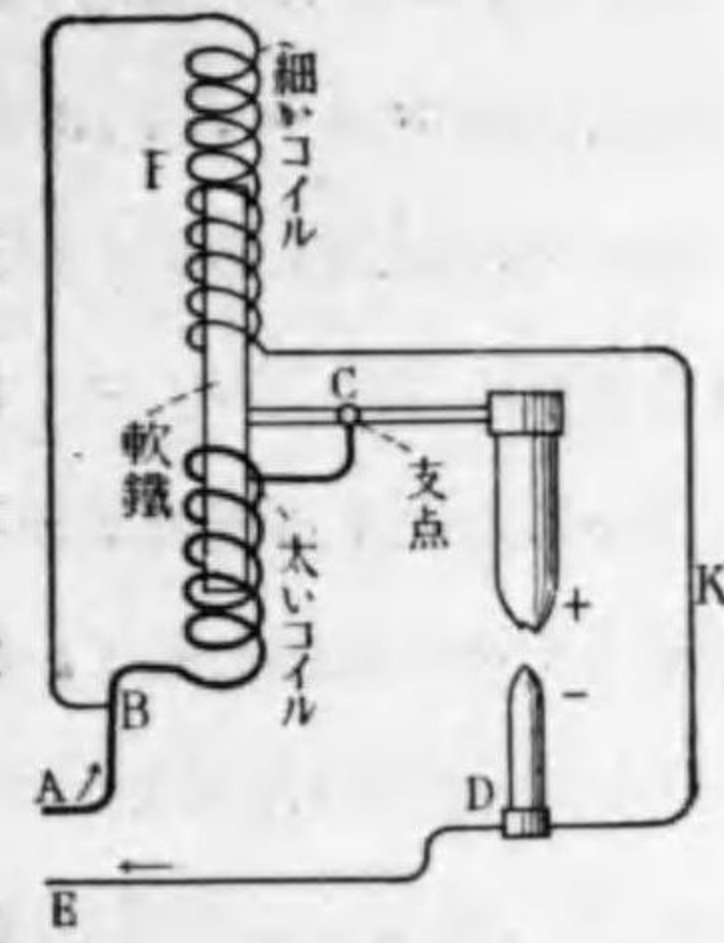
かく兩極の炭素棒は次第に消耗してその間の距離を増せば、従て抵抗も大きくなりて電流の通過を妨げるが故に、光輝は漸次減少して、遂に電流が全く通ぜざるに至る。故に適當の方法を用ひて炭素の電極間を調節する。

圖は電磁石を利用した調節器の大意を示すもの

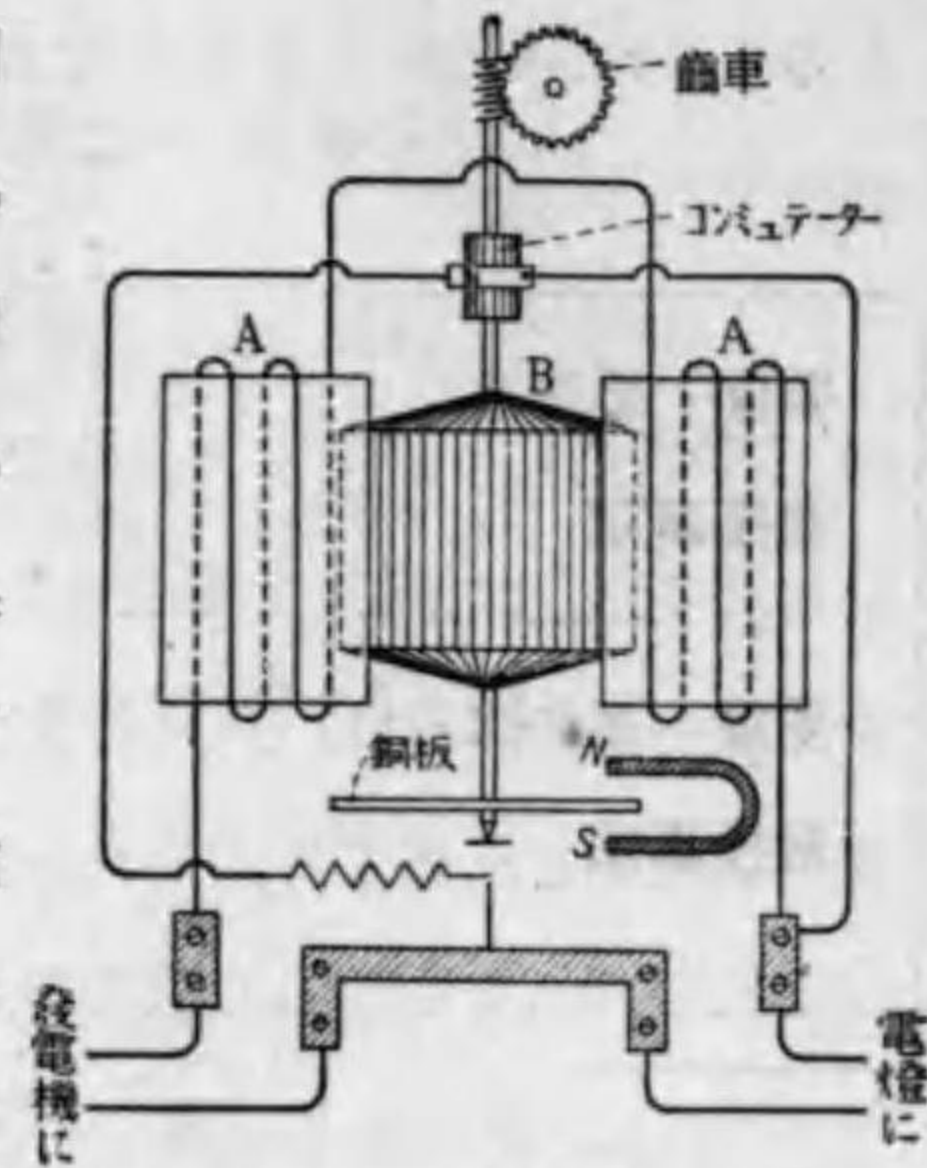
で、電流は A.B.C より兩電極 D.E を通じて流れ、茲に弧光を生ずるも、兩極間の間隙が増して抵抗を増すときは、電流の一部分は B.F.K. D.E を流れ、コイル F は鐵心を上に引き上げ、陽極は下りて陰極との間隙が適當に調節され、茲に再び電流の大部分が太いコイルを経て兩電極間を流れてその明さを増すのである。

燈用の弧燈はかくの如く電磁石によつて器械的に調節さるゝも、活動寫眞の光源又は電氣爐等に於ては、手にて兩極間の距離を調節するやうな構造のものもある。

【6】 電氣メートル 定時間内に於ける使用電力を測定する器械が積算電力計である。圖はこの種のメートルの一例を示す。A は固定せる太い導線のコイル、B は軽い木の枠に細い導線を巻ける可動コイルで、A の間に垂直の軸に由りて自由に廻轉し得る様に裝置されてある。この軸の上端には電流を可動コイルに導くべきコンミュテーターがある。又軸の下端には銅の圓板を取りつけ、これが蹄形磁石の兩極 N.S の間に置かれてある。



今ダイナモ等より送電すれば、電路に直列に連結するコイル A 内には、電流の強さ即ちアンペアに比例する磁力線を生じ、これと同時に並列に連結されるコイル B には、電圧即ちボルトに比例する電流が通るから、この結果可動コイルは廻轉を起す。軸の下端に附屬する銅板は、磁石の作用を受けてファークの電流を生じ、依て軸の廻轉を電力即ちワットに比例する様に調節する。さればこの軸の廻轉を螺子に由つて齒車に傳へ、以てその針を廻轉させるが如く装置すれば、これに由りて可動コイルの廻轉數を知り、從てその時間内に於ける電力消費量を読むことが出来る。家庭その他電力を使用する處に備付けらるゝメーターは、この種のものである。



第三十二章 感應電流・電話機

要旨 感應電流の生ずること及びその方向に就いて教ふ。

教授事項 1. コイル。2. 感應電流。3. 感應電流の方向。 (高二・27課)

要旨 電話機の作用に就いて知らしむ。

教授事項 1. 炭素粒の集れるものを通ずる電流の強さ。2. 電話機。

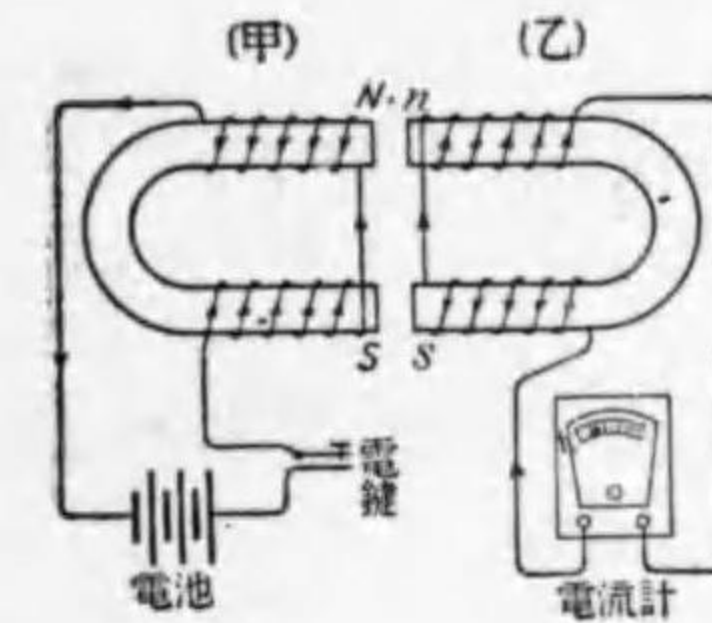
(尋六・37課)

【1】 コイル 絶縁線を巻ける導線を、同じ方向に巻いて圓筒状にしたものが**コイル**で、これに電流を通すればコイル内に磁場を生じて一つの磁石と同一の作用を呈するものである。

感應電流とその實驗

(1) 甲電磁石に電池及電鍵を、乙電磁石に電流計を繋いで、兩者を圖の如く向き合はせる。

(2) 電流計の指針に注意し、電鍵を押して電路を閉ぢ矢の向きの電流を通すれば、その瞬間だけ乙には矢の向きの電流が誘起されて電流計の針は著しく偏る。しかし連続して甲に電流を通する



も、乙の電流は止みて電流計の指針は舊に復する。

(3) 電鍵を放して電路を開けば、又その瞬間だけ乙には電流が誘起されて、電流計の指針は一時的に著しく偏る。而してその偏る方向は(2)の場合と反対である。

- (4) 更に甲に電流を通じ、乙の電流が止みたる後に、甲を乙に接近させる。然る時は又甲の電路を閉ざるときと同方向の電流が瞬間的に乙に誘起され、甲を乙より遠ざくれば、又その瞬間乙には甲の電路を開く時と同方向の電流が誘起されて、電流計の針は偏る。
- (5) 甲に通ずる電流の方向を反対にして上記の實驗を施せば、乙に誘起される電流も亦その方向が前と反対である。

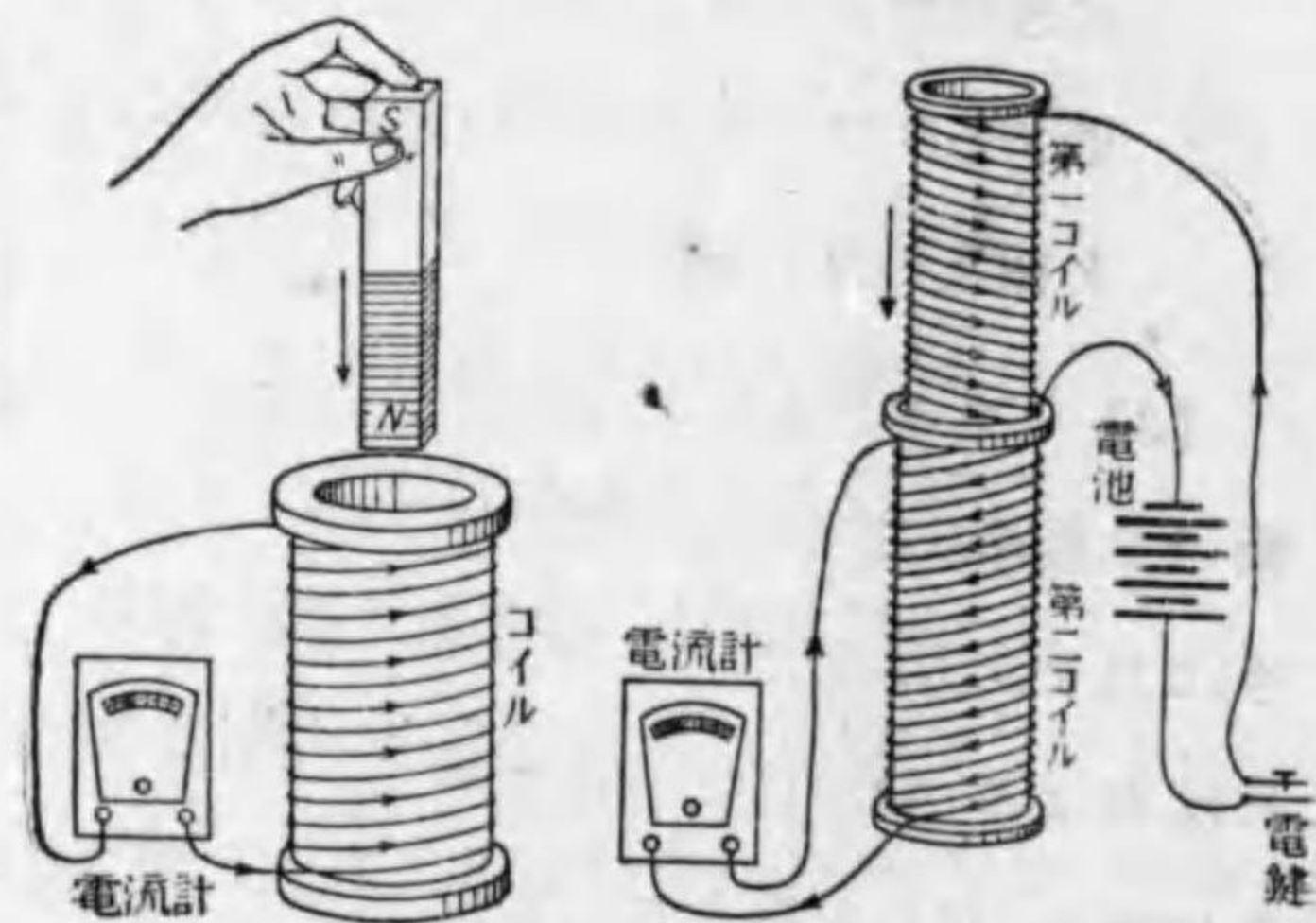
甲は電磁石で、そのコイルの電流を断続するか或は電流を通じたるまゝ、乙に向けてこれを前後すれば、それに従つて乙電磁石の軟鐵心に磁力の變化を起す。上の實驗に於てはこの變化が乙のコイルに電流を誘起したのである。かくの如くコイル内に於ける磁場の變化のために、そのコイル内に起る電流を感應電流といふ。

【2】 感應電流の方向と感應電動力

(1) コイルを電流計に繋ぎ、そのコイル内に圖の如く磁石の極を挿入すれば、コイルの導線には矢の如き感應電流を生じ、しかも磁石を早く挿入する程強い感應電流を生ずる。

(2) 又コイルに挿入せるN極を引き出せばコイルには前と反方向の感應電流を生じ、その強さは早く引き出す程強い。

(3) 同様にしてコイルに磁石のS極を挿入すれば、N極を引き出すときと同方向の感應電流を生じ、S極を引き出ばN極を挿入するときと同方向の感應電流



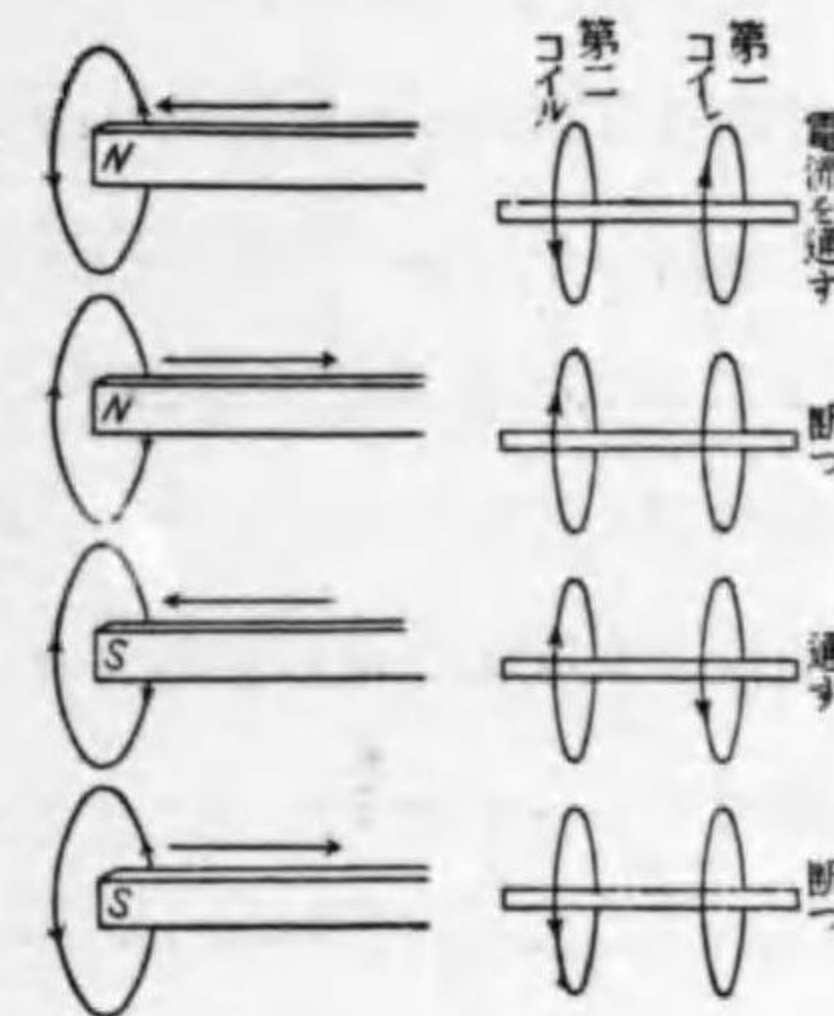
の感應電流を生じ、S極を引き出ばN極を挿入するときと同方向の感應電流

を生ずる。而してその強さは磁石の運動が早い程強い。

- (4) 磁石を挿入又は引き出す代りに、第二コイル内に第一コイルを挿し、圖の向きに第一コイルに電流を通ずれば、第二コイルには矢の如き感應電流を生じ、電流を絶てば、その反対の向きの感應電流を生ずる。
- (5) 第一コイルに鐵心を挿し、その磁場を強くして同一の實驗を施せば、由て生ずる感應電流の強さは一層増すことを見る。

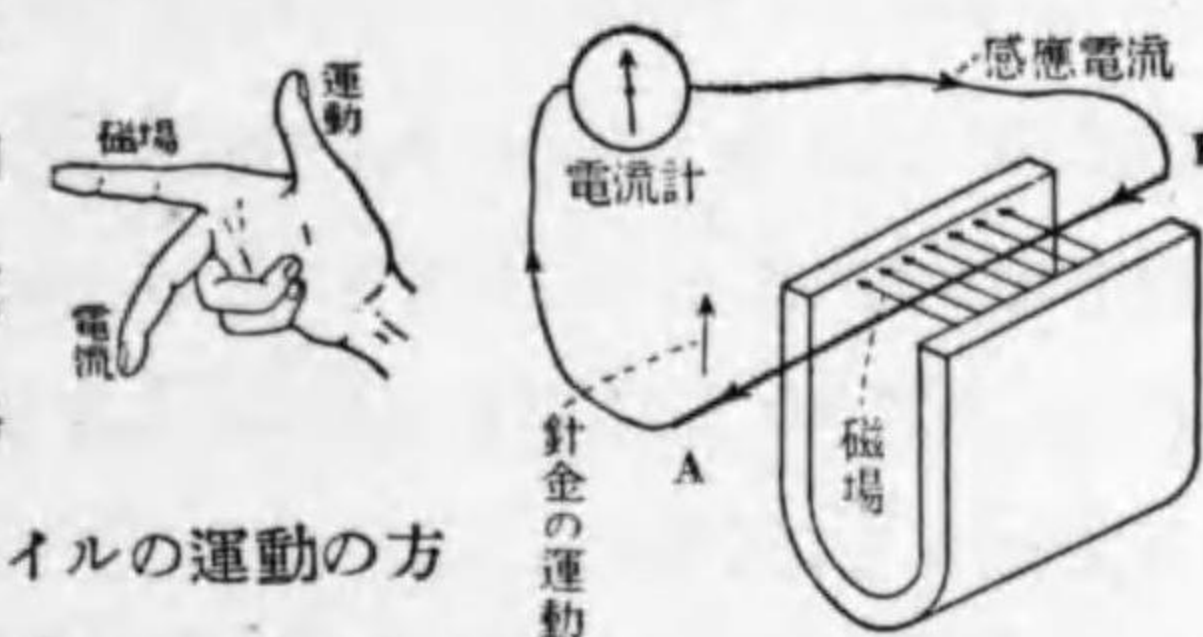
この實驗から次の事實を知る。

- (一) コイル内に於ける磁場の變化の急激なる程感應電流の電動力は大きい。
- (二) 感應電流は圖の如くコイル内に於ける磁石の運動を妨ぐるが如き方向に起る。
- (三) 2個のコイルを並立し、その一方のコイルの電流を断続すれば、他のコイルに感應電流を生じ、その方向は電流を通ずる時はそれと反対に、電流を断つときはそれと同方向である。これを相互感應といふ。



【3】 右手の法則 前節所説の事實から、導線 AB を圖の如く電流計に

繋いで馬蹄狀磁石の兩極間に置き、これを上方に動かせば AB 内には B より A に向ふ感應電流を生ずる。何れの場合でも、磁場の方向及び感應電流の方向と、コイルの運動の方向との間には常にこの關係があるもので、圖の如



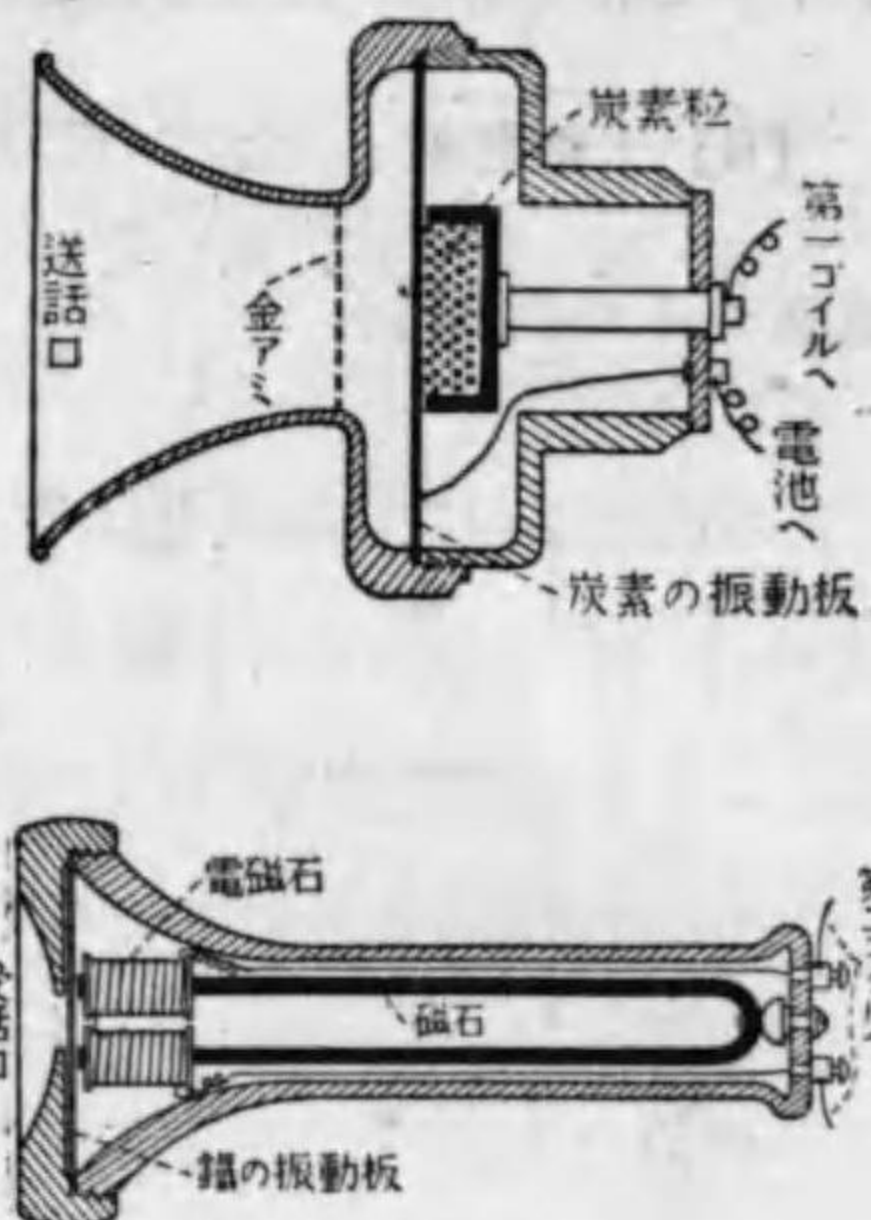
く右手の拇指・食指・中指を互に直交する様に保てば、食指は磁場の方向、拇指はコイルの運動の方向、中指は感應電流の方向を示す。これを**右手の法則**といふ。

【4】 **電話機とその主要部** 電話機は

感應電流と電磁石とを利用して、遠方の人と通話をするに用ひる機械で、その主要部は送話機と受話機とである。

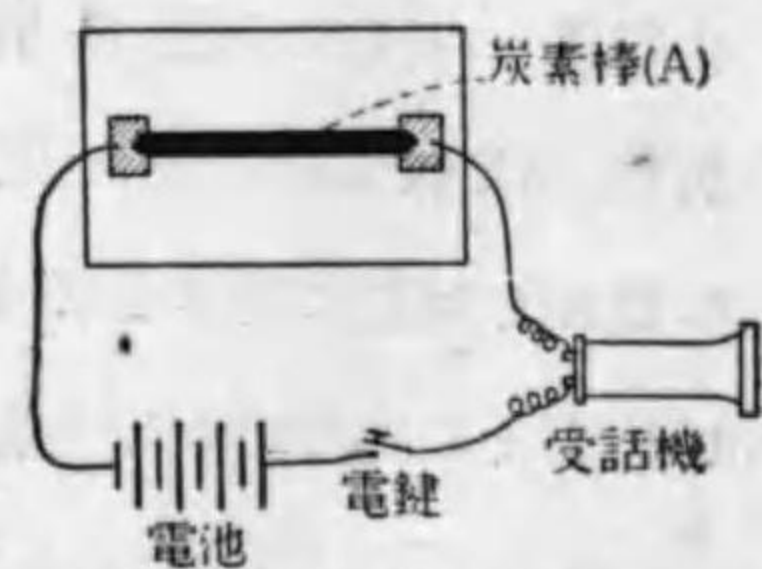
送話機は圖の如く構成され、炭素の振動板は炭素製の小箱につめられた炭素粒に接触し、これが音波を受けて振動する時、兩者の接触がそれに應じて變化する様に装置され、振動板と炭素粒とは共に第一コイルを含む電路の一部をなす。

受話機は磁石の極に近く軟鐵の振動板を置いたもので、その磁極に附着せる電磁石のコイルに通ずる電流に應じて、鐵板の吸引力を變化する様に装置されたもので、電磁石のコイルは第二コイルを含む電路の一部をなす。



【5】 **電話の原理**

(1) 圖の如く2箇の凹字形炭素板の間に他の炭素棒(A)を附せるものを取り、これと受話機及び電池を直列に繋ぐ。

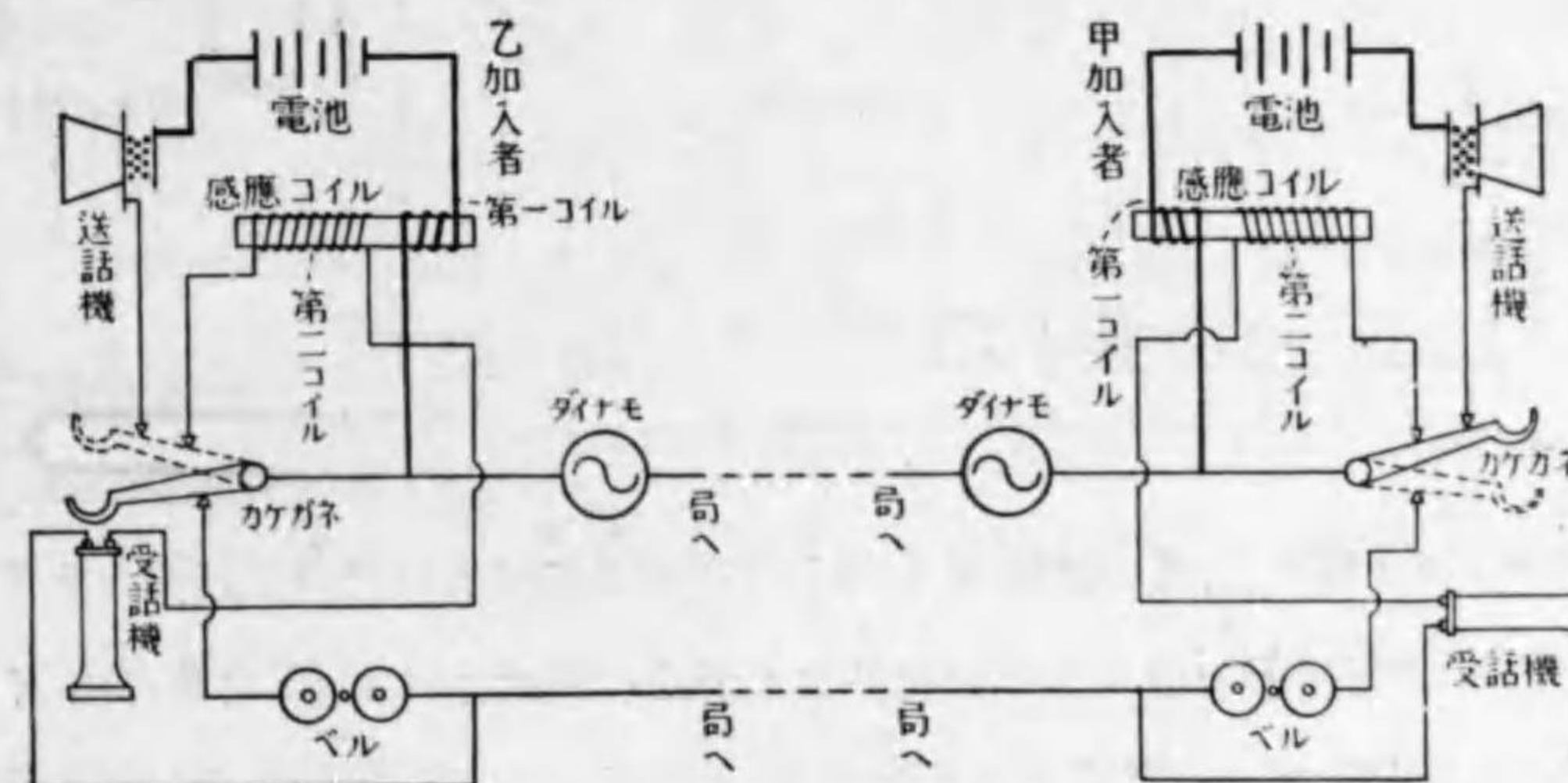


(2) 受話機を耳に當てたる後電鍵を押して電路を閉ち、Aを軽く動かしてそれと他の炭素板との接觸する度を變化せしめる。然る時は受話機より一種の雜音をきく。

是れ炭素棒がよく接觸する時は抵抗を減じ、然らざる時はその抵抗を増すから、受話機のコイルにはその接觸に應じて強さの異なる電流が流れ、ために雜音を生ずるのである。電話機はこの事實を應用したものである。

【6】 **電話機と通話** 電話機は圖の如き構造をなし、各加入者の受話機は

感應コイルの第二コイルを通り、局を経て相互に連絡されてゐる。今甲加入者



がその受話機を掛金より外せば、送話用電池の電路が閉ちる。次で甲がその送話機に向つて談話をすれば、その音波のために振動板が振動し、これに従つて炭素粒の接觸を變ずるから、この音波に應じて送話用電池の電路にある感應コイルの第一コイルの電流に強弱を生ずる。ためにその第二コイル内に感應電流を生じ、局を経て相手加入者(乙)の受話機に流れる。しかもこの電流は第一コイルの電流に應じて強さを變ずるが故に、乙受話機の鐵板はこれがために振動し、茲に甲がその送話機に送りたると同様の音波を再生して通話することが出来る。

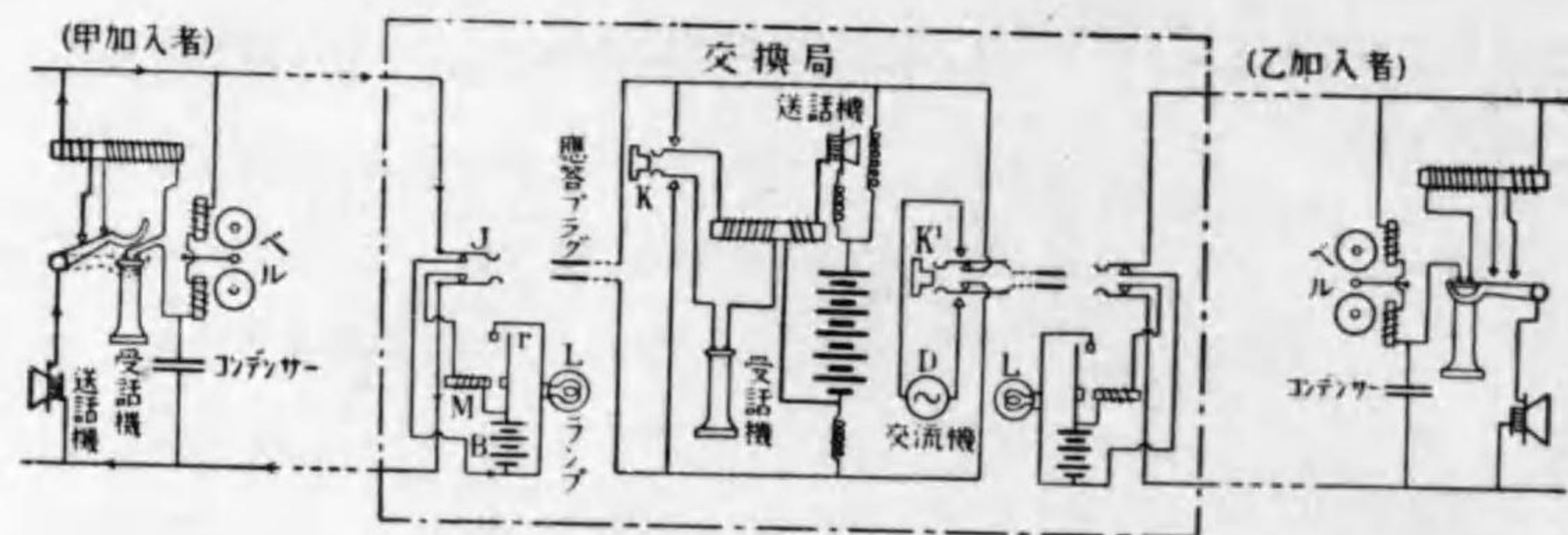
【7】 **電話交換** 圖は共電式電話交換の一例を示すもので、點線内は交

(1) 炭素粒がよく接觸すれば抵抗を減じ、接觸不十分の時は抵抗大となる。

換局に於ける各種の装置を示す。

今甲加入者がその受話機を掛金から外せば、電池 B の電流は矢の如く流れて電磁石 M を作用せしめ、 α に於てランプ L の電路を閉じてこれを點燈す。

L の點燈を見て、交換手は直ぐ應答プラグを甲の電話機に連絡する交換臺上



のチャックに挿入し、且つ電鍵 K を押して甲の受話機と自己の受話機とを連絡せしめ、その送話機に由りて甲に相手加入者乙の番號を聞き、K を舊にもどして甲との連絡を絶つ。應答プラグをチャックに挿入すると同時に、ランプの電路は開いてそれが消える。

次で交換手は、乙の電話機に連絡する交換臺上のチャックに呼出プラグを挿入し、且つ電鍵 K' を押して交流機 D と乙のベルとのみを連絡し、以てそれに交流を送りて乙を呼び出す。

かくて乙がその受話機を掛金から外せば、前の如くしてそのランプ L' が點ぜらるゝが故に、それと同時に K' を舊に戻し、兩プラグによりて甲乙兩者の受話機を連絡して通話をなさしめる。

兩者の通話が完了して乙が受話機を掛金にかければ、同時に L' は消えるから、兩プラグを引き抜いて甲乙兩加入者の連絡を斷つ。

電話の交換は大體上記の如き手續を要するものであるが、自動式交換器に由

れば、交換手の諸操作が電磁石の働きで自動的に行はれて、頗る便利のものである。

第三十三章 發電機・電動機

要旨 直流と交流とに就いて教へ、發電機及び電動機の理を知らしむ。

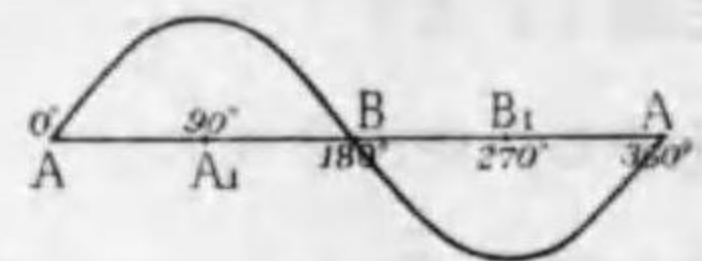
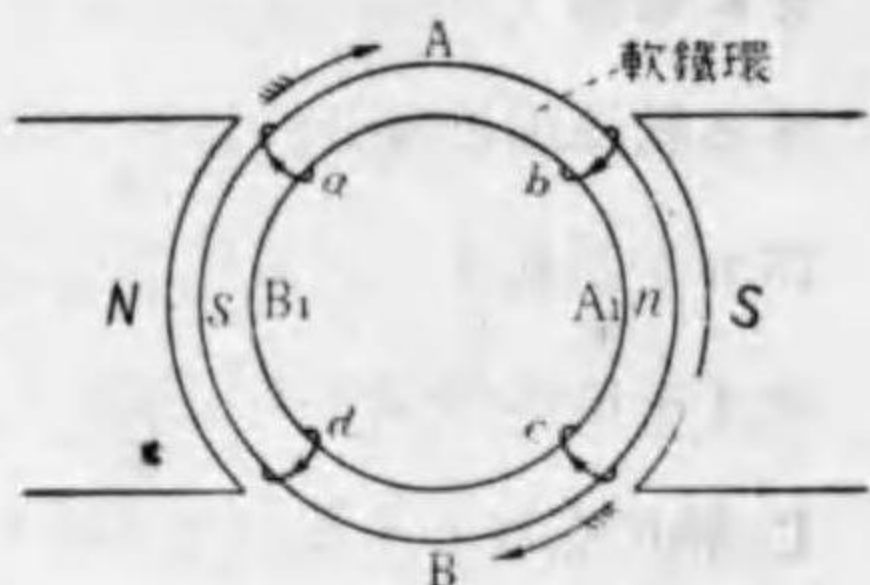
教授事項 1. 交流と直流。2. 交流發電機。3. 直流發電機。4. 電動機。

(高二・28課)

[1] 交流と直流 圖の如く強い磁石の兩極の間に軟鐵の環を置けば、その兩極に接近する部分は磁氣感應に由りて s.n の極を誘起して、環は一の磁石となる。この環にコイルを巻いて矢の向きに環をすべらせば、その a 及び c の位置に於ては、夫々コイルより s 極及び n 極を抽出するのと同じの関係となり、b 及び d の位置に於ては夫々 n 極及び s 極を挿入するのと同じの関係となるから、已に述べたる感應電流の方向より、a. b. c. d 等の位置に於ては、コイル内に夫々矢の向きの感應電流を生ずる。而して

コイルが A 及び B の位置にある時は、それが n.s 兩極より全く相反する等しい作用を受けるが故に、何れの方向の電流も起らぬ。

さればコイルを軟鐵環の A 點より始めて順次 b, A₁, c, B の方向に滑べらせば、コイルに起る電流は次第にその強さを増し、A₁ に於て最も強くなり、それより漸減して B に於て零となり、B 點を過ぐれば再び前と反方向の電流を生じ、又漸次強くなり、B₁ に至りて最も強く、それより弱くなりて再び A 點にもどれば又零となる。故にコイルが



環を一廻りする間にコイル内の感應電流は、圖の波線で示す様に消長し、環を半

(1) 正弦曲線をなす。

廻轉する毎に、その方向が反對になる。

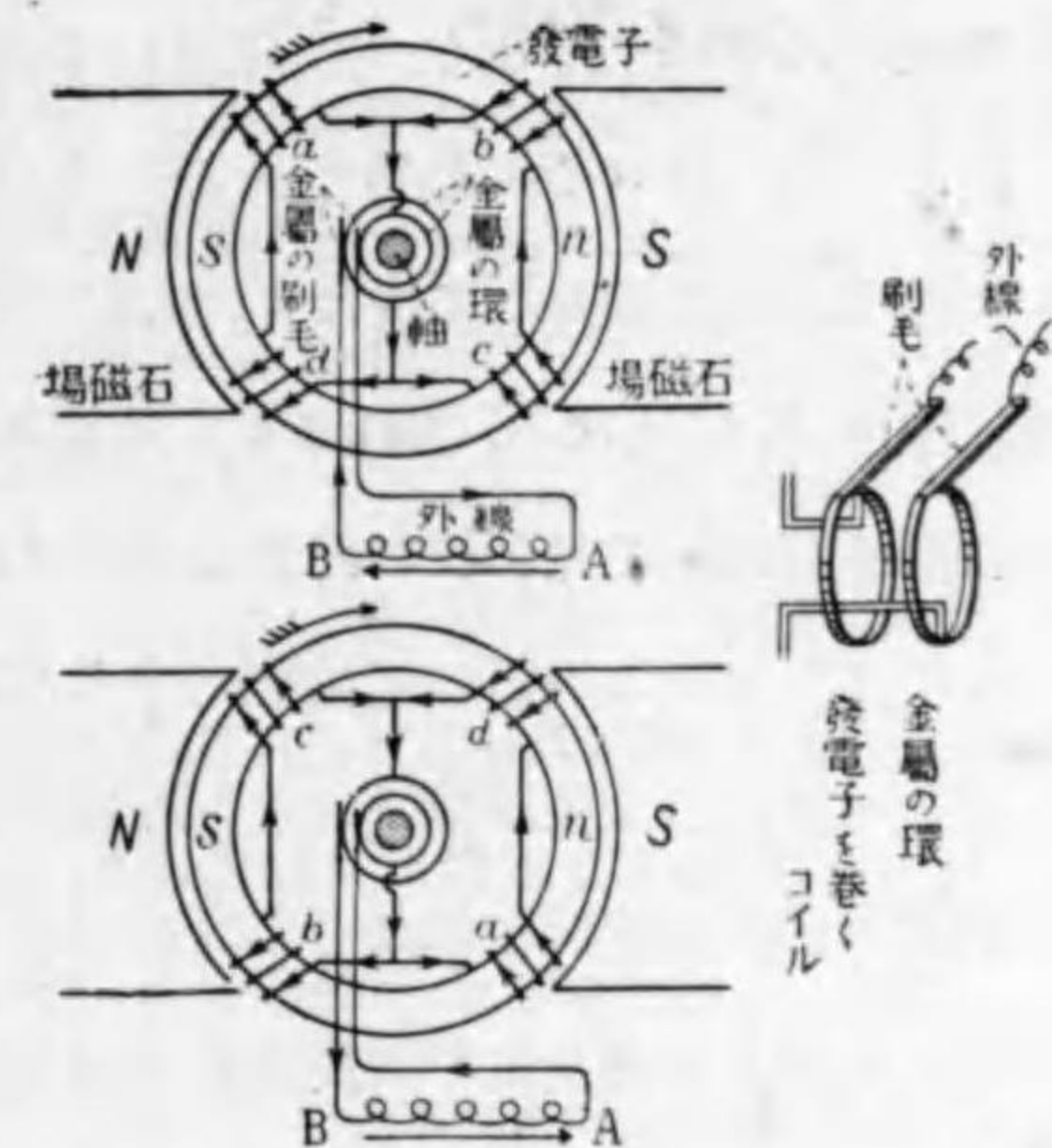
隨てかゝる電流を外線に通ずれば、その導線には週期的に反方向の電流が流れる。かく方向が週期的に交互に反對となる電流を交流といひ、交流に對して電池より生ずる電流の如く一定の方向をもつ電流を直流といふ。

[2] 交流發電機 前節解説の理に基づき、軟鐵にコイルを巻ける發電子を

強い場磁石の兩極間で廻轉して、電流を得る機械を發電機といふ。

圖は交流發電機の一例を示せるもので、場磁石の兩極間に於て發電子を軸に由りて矢羽子の向きに廻轉すれば、N 及び S に相對する軟鐵環の部分には、常に s 及び n を誘起するが故に、發電子のコイルには矢の向きの電流を生じ、軸に巻ける金屬の環に接觸する

刷毛を通りて外線に流れ、上圖の如き位置に於ては A より B に向ふ電流を生ずる。更に發電子が半回轉して下圖の如き位置を取れば、電流は矢の如く方向を變じ、B より A に向つて外線を流れるから、外線には發電子の半廻轉毎に方向の相反する交流が流れる。かゝる交流で電燈を點するとすれば、發電子の一回轉毎に正弦曲線の通りに明滅するから、單位時間に交番する數が或る程度以上でなければ、實用には適せぬ。

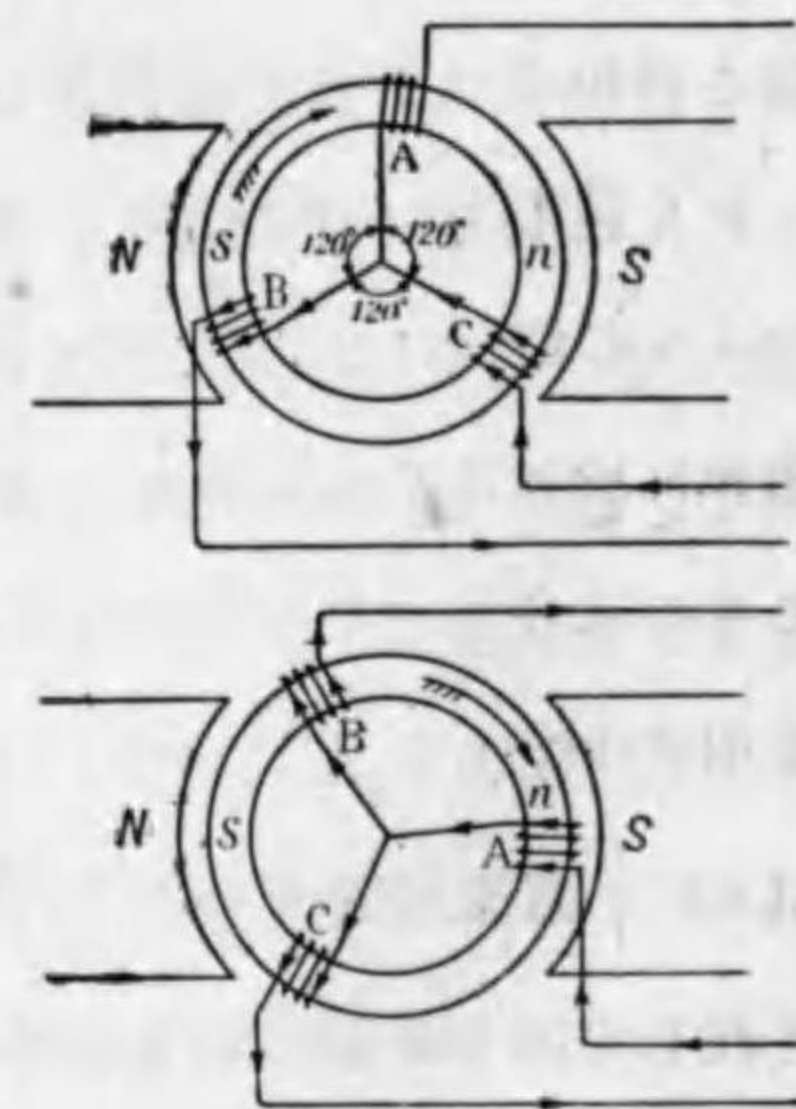
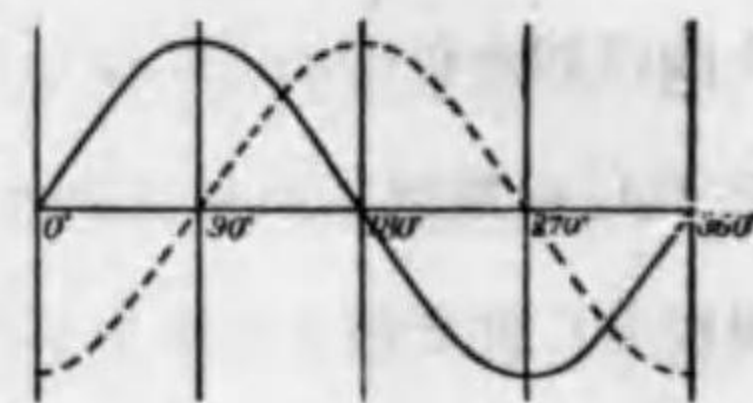
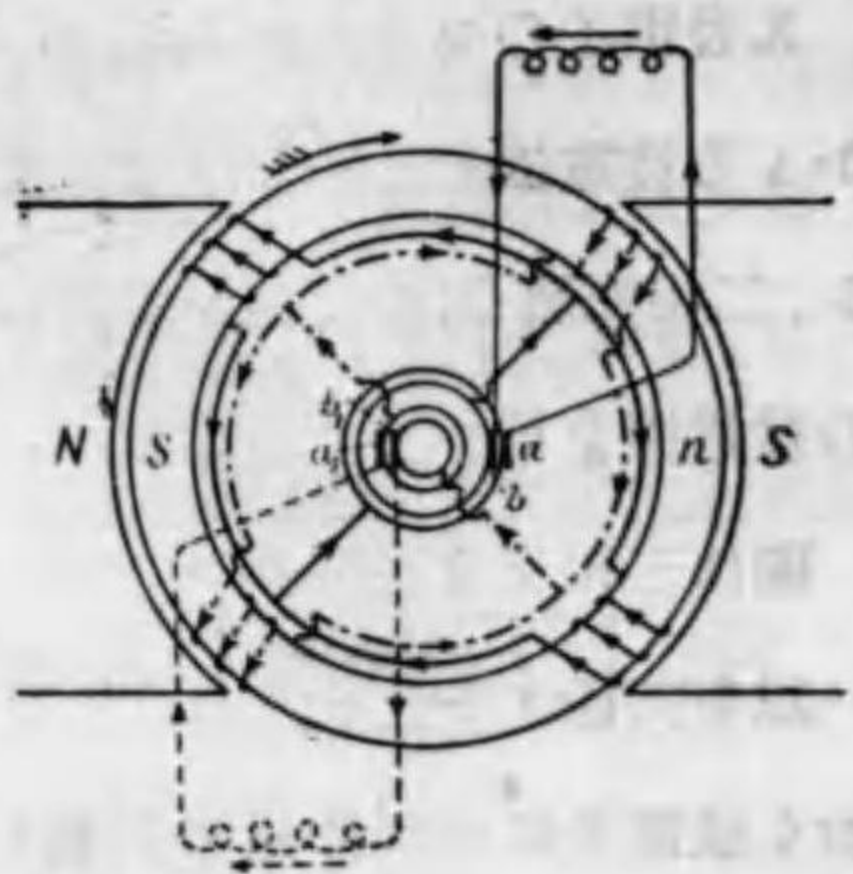


(1) 發電機は dynamo といふ。

(1) 交流の単位時間に於ける交番数をその周波
 といひ、工業上に用ひる交流の週波は 25-125
 である。而して最も多く使用さるゝ週波は 50
 -60 である。

【3】 **多相交流発電機** 圖は二相交流發

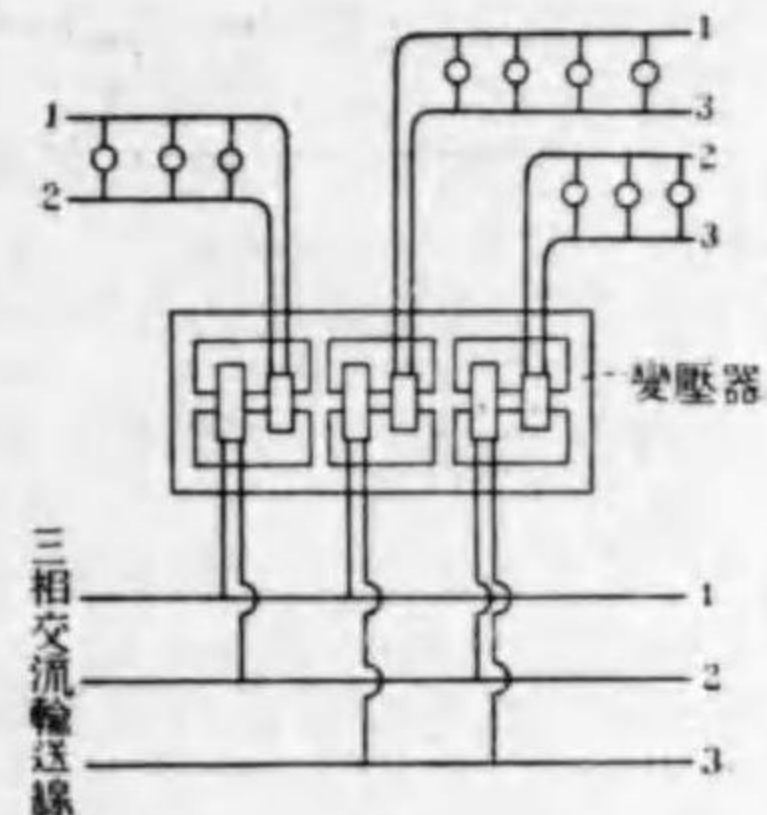
電機の大要を示せるもので、その發電子には點
 線と實線とにて示すが如く 90° 宛遅れて廻轉
 する様に二通りのコイルを巻き、その一方のコ
 イルの兩端は軸の環 a, b に連なり、他方のコイルの
 兩端は環 a₁, b₁ に連なる。さればかかる發電子を場
 磁石の兩極間に於て矢羽根の向きに廻轉すれば、各
 コイルには夫々矢の方向の電流を生ずるが故に、實
 線の如きコイルの交流は環 a, b より外線に導き、點
 線の如きコイルの交流はこれを環 a₁, b₁ より外
 線に導く。而して各交流の消長の狀況は正弦
 曲線をなし、その各を A, B とすれば、A が零の
 時に B は最も強く、A が強くなるに従て B は
 反方向に弱くなり、遂に A が最も強くなる時
 に B は零となり、それより A が漸減するに従
 て B は A と同方向に漸次強くなるもので、そ
 の況状は圖の實線及び點線に示すが如くに消
 長する。かかる交流を**二相交流**といふ。



(1) 週波は cycle 又は frequency といふ。

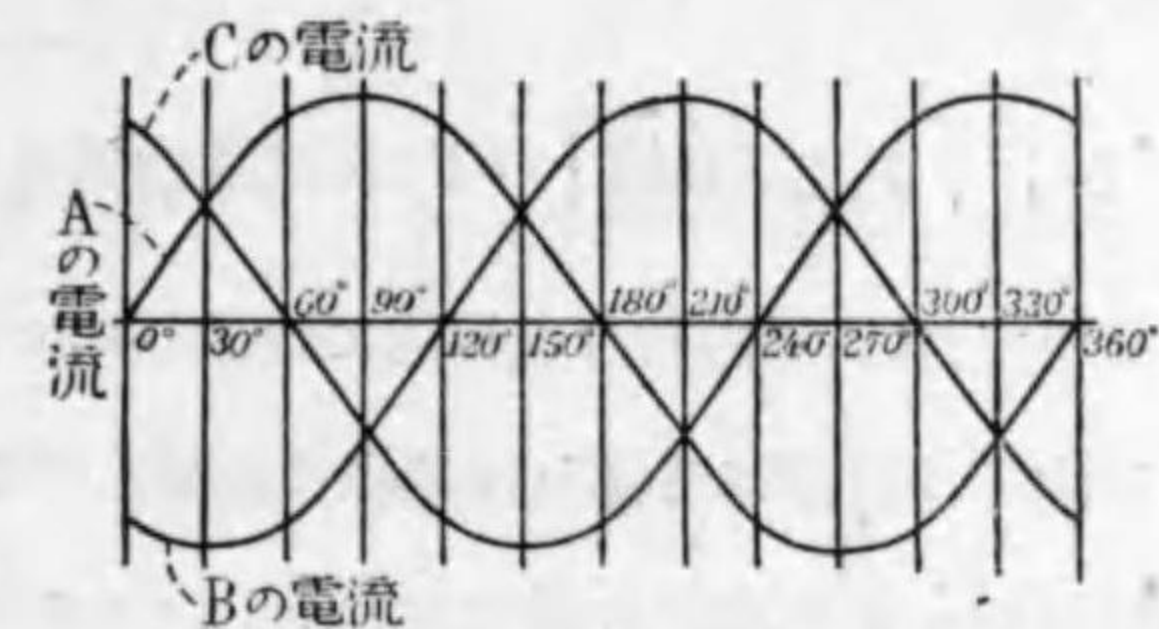
又發電子のコイルが 120° 宛遅れて廻轉する様に構成される發電機もある。
 かかる發電機を三相交流發電機と稱し、これより得らるゝ交流を三相交流とい
 ふ。二相交流・三相交流等に對して、前節所説の如き交流をば**単相交流**といひ、そ
 の發電機を**單相交流發電機**といふ。

圖は三相交流發電機の一例を示せるもので、
 一點を共通する三通りのコイル A, B, C は圖の
 如く發電子に巻かれ、その軟鐵心と共に矢羽子
 の向きに廻轉するものである。従て各コイルに
 は圖の如き電流を生じて外線に流れる。されば
 上圖の如き位置に於ては、コイル A の電流は零
 で B, C の電流は反方向でその強さは相等しい。



更に 90° 度廻轉すればコイル A

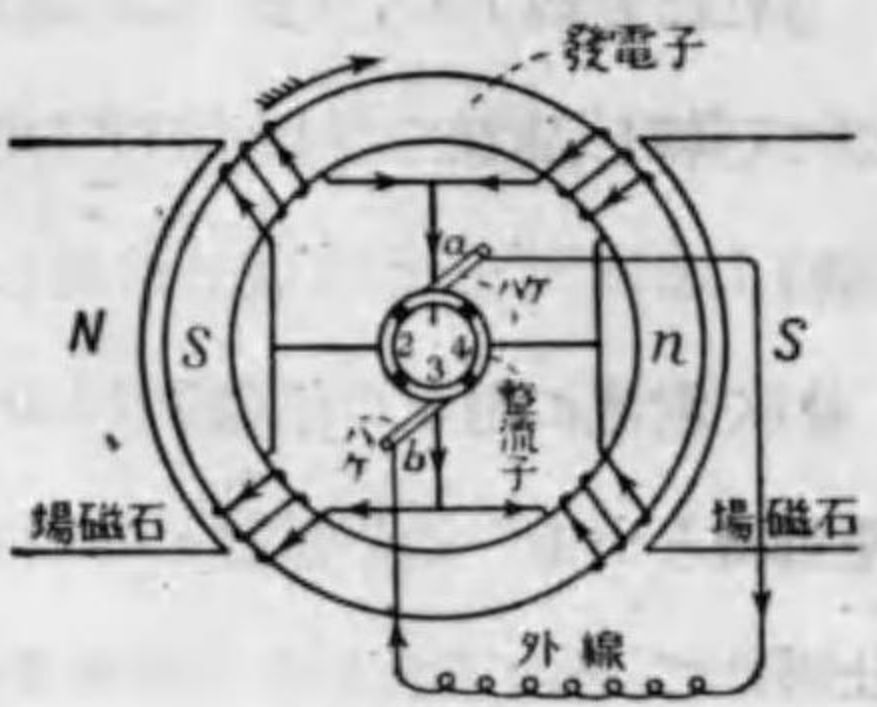
の電流は最も強く、B 及び C のそ
 れは A の電流と方向は反對でそ
 の強さの和は A のそれと相等し
 い。かく發電子の廻轉に隨つて
 各コイルの電流は消長するが、そ
 の總和に於ては常に零である。かかる交流が**三相交流**で、現時工業上に使用さ
 れるものは多くはこの種の交流で、これを變壓器に由りその電壓を適宜に變じ
 て實用に供する。



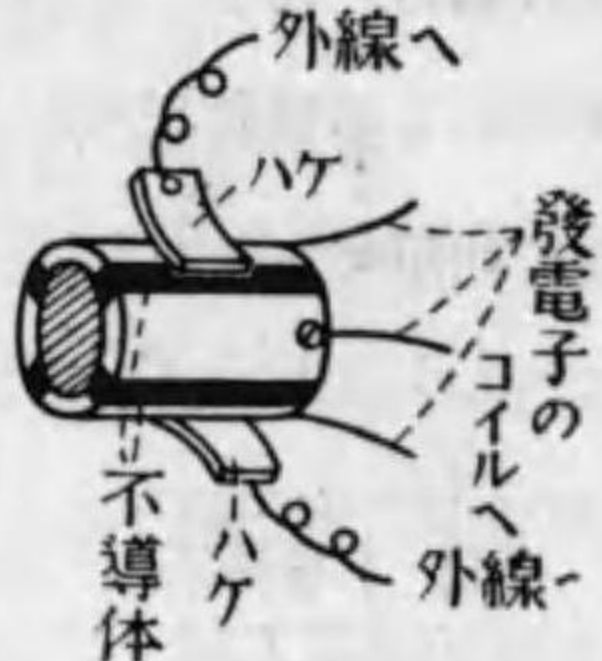
【4】 **直流發電機** 直流發電機も交流發電機の如く、軟鐵心にコイルを巻

きこれを場磁石の兩極間で廻轉し、由て生ずる交流を直流として外線に流すも
 のであるから、發電子が矢羽子の向きに廻轉すれば、そのコイルには矢の向き
 の電流を生ずる。隨て圖の如き位置に於ては、電流は刷毛 a より外線に通じて矢

の方向に流れる。更に 90° 廻轉すれば、刷毛 *a* には環の 2 が、刷毛 *b* には環の 4 が接觸するから、電流は又 *a* より外線に流れ、従て外線の電流は前と同方向である。さればかかる装置によつて外線には常に方向の一定せる直流が得られる。發電子の交流を、直流に變じて外線に送り出す装置を整流子⁽¹⁾といふ。



直流發電機よりの電流も亦交流のそのの如く消長するが、コイルの數とこれに應ずる整流子の環を多くの部分に分てば、その消長の度を減ずることが出来るから、工業上に使用される直流發電機の整流子は、何れも數多の部分に分たれてゐる。



[5] 直流電動機 圖は直流電動機の一例を示し

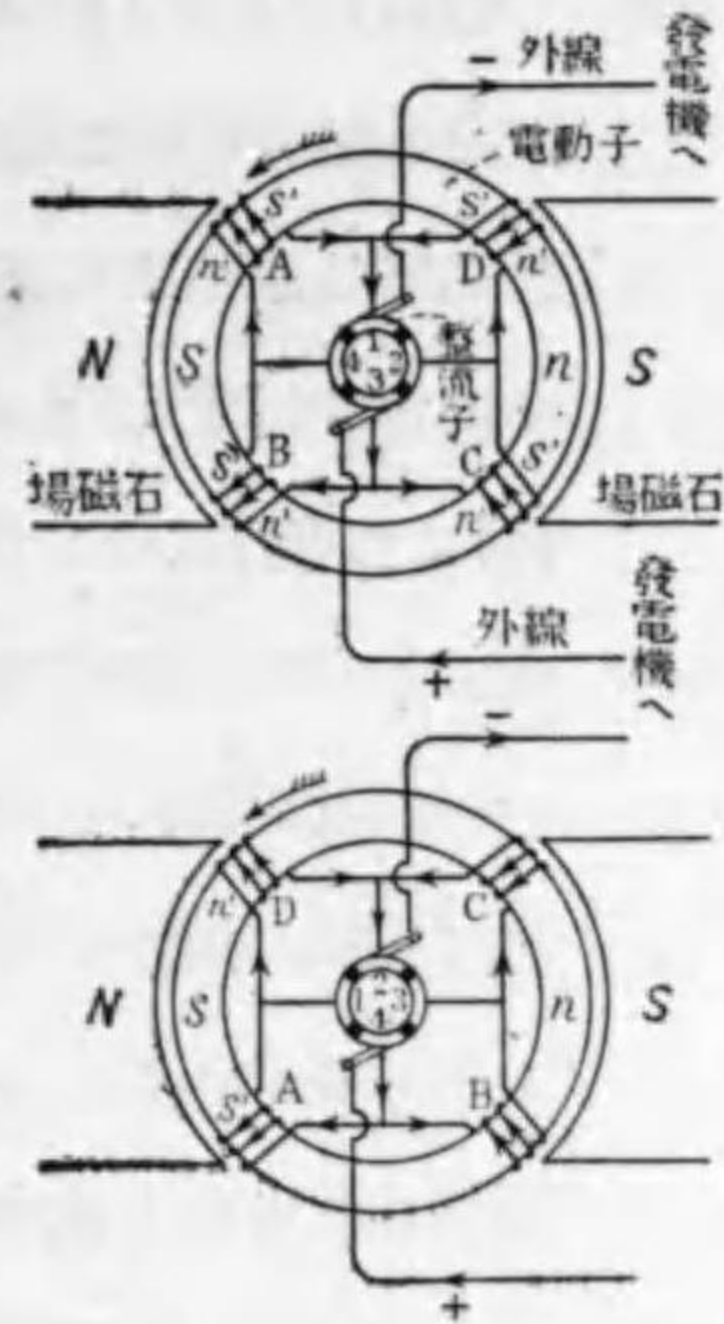
たもので、強い場磁石の兩極間に軟鐵心にコイルを巻ける電動子を置き、これを軸に由りて自由に廻轉し得る様に装置してある。

今外線から整流子を経て電動子のコイルに矢の向きの電流を通ずれば、その A. B. C. D 等の位置に於けるコイルは電流のために夫々 *n'. s'* の如き磁石と同一作用を呈し、軟鐵心の *s. n* 兩極に作用されてコイル A 及び C は夫々 *s. n* 兩極に引かれ、コイル B 及び D は夫々 *s. n* 兩極に反撥せらるゝが故に、電動子は時計の針と反對の方向に廻轉を始める。かくて 90° 廻轉すれば、整流子の 2 と 4 とが刷毛に接觸して下の圖の如き狀況となるから、又前と同一方向に廻轉を續ける。

(1) 整流子は *Commutator* といふ。

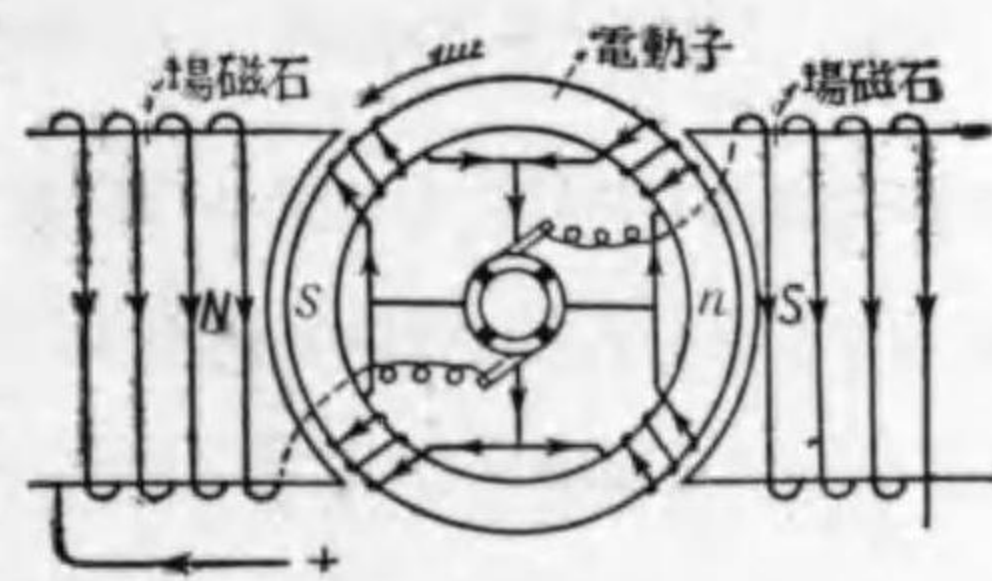
されば外線より連續して直流を送れば、電動子は従て廻轉し、電流を反對にすれば電動子も亦反對に廻轉する。

かく電流に由りて電動子を廻轉せしむる装置を電動機といふ。この電動子の軸に調帶又は齒車を仕懸けて、その運動を他の器械に傳へれば、これに由りて或は電車・電氣機關車を運轉し、或は各種工場の動力となる。又その軸に羽根を附ければ、スクリウにも扇風機にもなるもので、現時電流が各種工業に利用せらるゝは、この電動機に由るものである。



[6] 場磁石 發電機及び電動機に用ひられる場磁石は何れも電磁石

で、發電機に於てはその發電子に生ずる電流によりて場磁石を強くし、電動機に於ては外線よりの電流に由りてこれを強くする。併し交流發電機に於ては、直接その發電子の電流を場磁石のコイルに通ずること

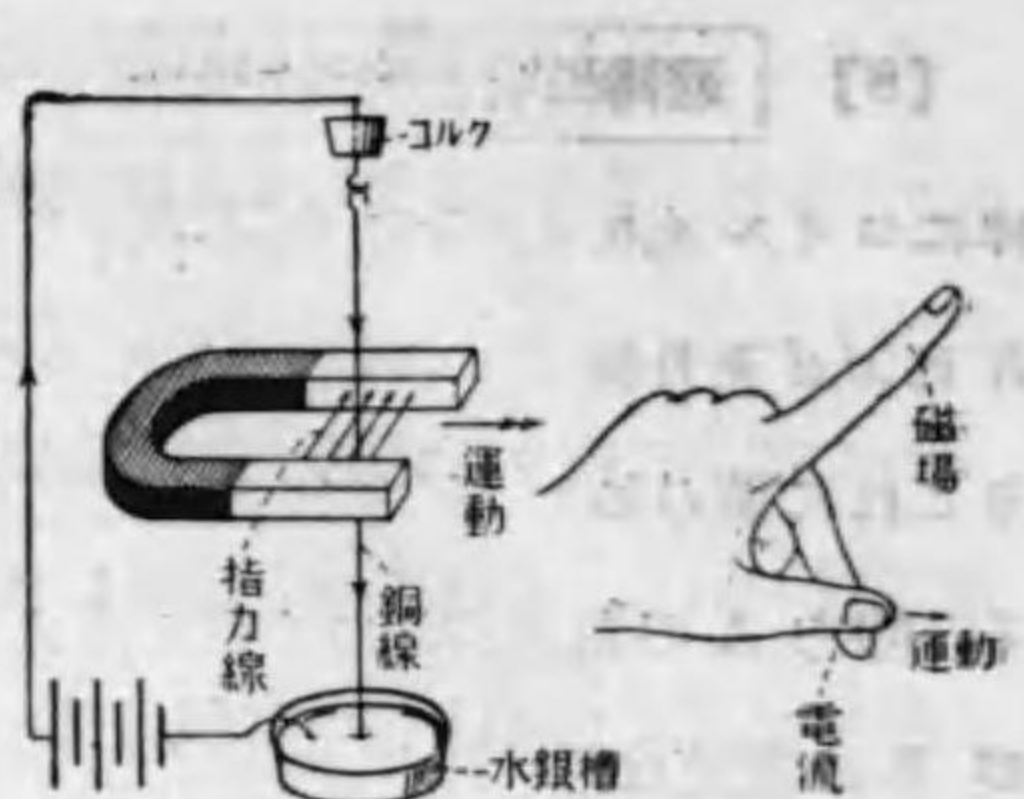


とは出来ぬから、他の直流發電機よりの電流を通ずるもので、この目的に使用される電流をエキサイターといふ。圖は直流電動機に於ける場磁石と電動子とのコイルの連絡關係を示せるものである。

左手の法則とその實驗

- (1) 長さ 40^{cm} 許りの銅線を圖の如く装置して A 點より吊し、その他端を水銀槽の水銀中に淺く浸す。

(2) 銅線に矢の向きの電流を通じ、これを磁石の兩極間にある様に置く。然る時は銅線は右方に振動を始め、かく電流を荷ふ導線を磁場に置けば、導線はその作用を受けて一定の方向に運動する。

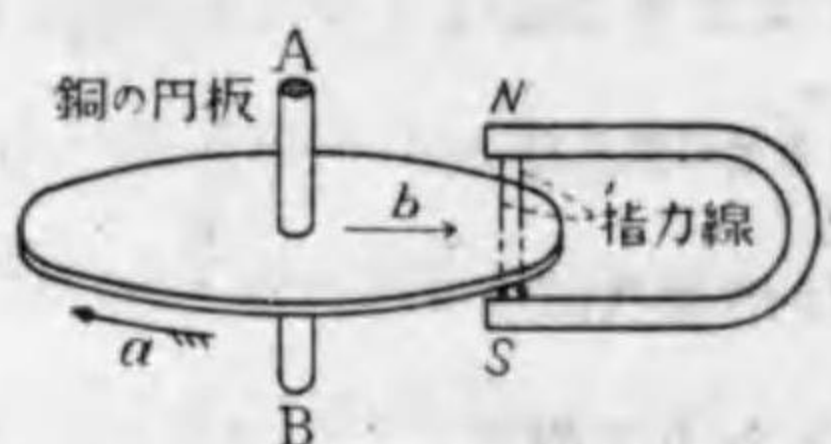


(3) 磁石を反対にし、磁力の方向を變じて導線の振動する方向が變化するかを検する。電動機はこの理を利用したものである。

この関係は次の如く規定することが出来る。即ち左手の拇指・食指・中指を互に直交する様に立つれば、その拇指・食指・中指は圖の如く夫々運動・磁場及び電流の方向を示す。これを左手の法則といふ。

【7】 アラゴの圓板 銅板を軸 AB に由りて支へ、その一部分を磁石

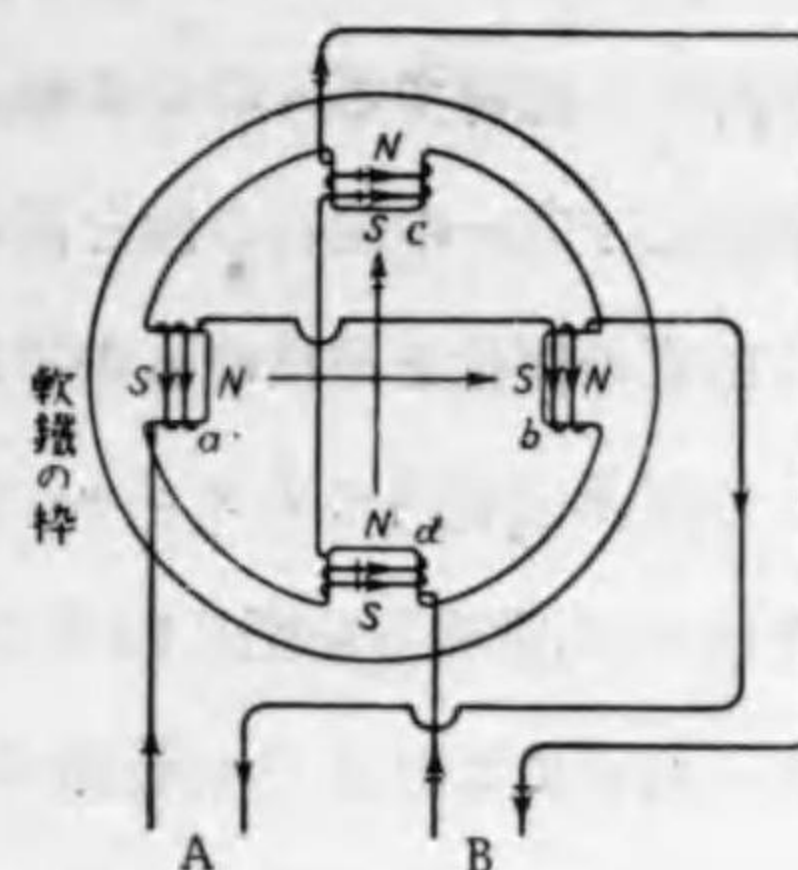
の兩極間にある様にして矢 a の向きにこれを廻轉せしむれば、右手の法則により矢 b の方向の感應電流を生ずる。されば圓板を廻轉せしめる代りに、その縁に沿ふて



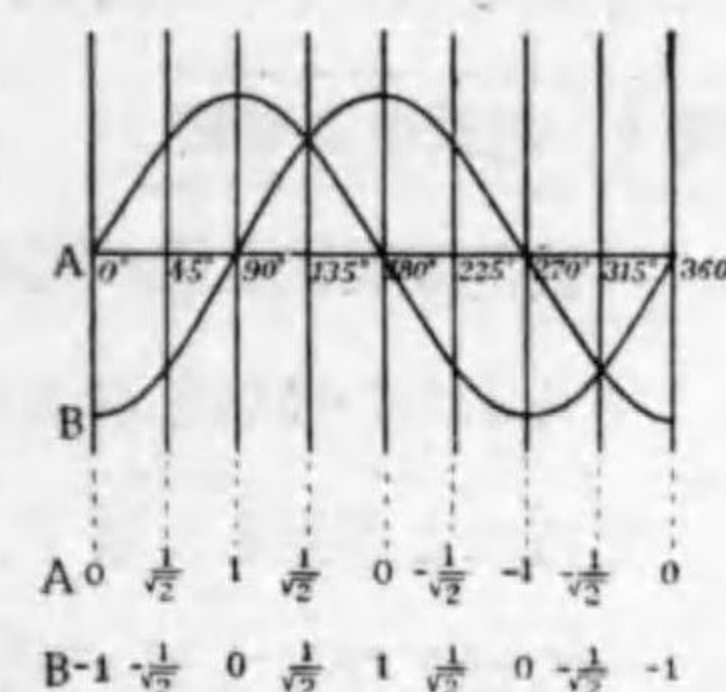
磁石を矢 a の反方面に動かせば、又前と同様にして圓板内にはその縁より中心に向ふ電流を生ずる。この感應電流と磁場の方向との關係を考へれば、圓板は a と反方向の力を受けて廻轉運動を起すべきである。即ち磁石の兩極を圓板の縁に添ふて動かせば、電磁氣相互の感應作用に由り、圓板は磁石の跡を追ふて同方向に廻轉する。この實驗をアラゴの實驗といひ、この圓板をアラゴの圓板といふ。

【8】 迴轉磁場と誘導電動機 軟鐵の

枠にコイル a, b, c, d を巻き、その a, b を外線 A に、c, d を外線 B に連結して、A 及び B よりこれに圖の如く 90° 遅れる交流を送通する。即ち A の電流が正の方向に最大となる時、B の電流は零となり、A の電流が零となる時 B のそれは正の方向に最大となる。

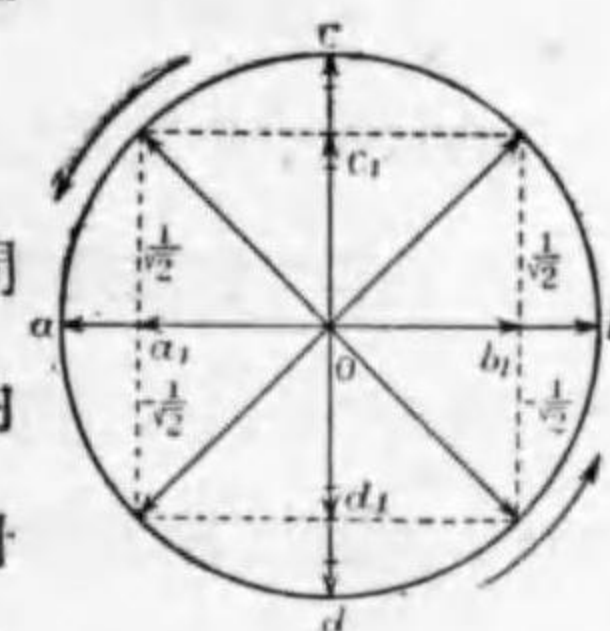


又 A の電流が負の方向に最大となる時、B の電流が零に、A の電流が零となる時 B の電流が負の方向に最大となる。かくの如き關係をなすが故に、コイル a, b に由つて生ずる磁場が a b に最大となる時に、コイル c, d に由る磁場は零となり、a b の磁場が減少するに従ひ、コイル c, d に由りて生ずる磁場は d c に次第に強さを増し、磁場 a b が零となる時に磁場 d c が最大となる。磁



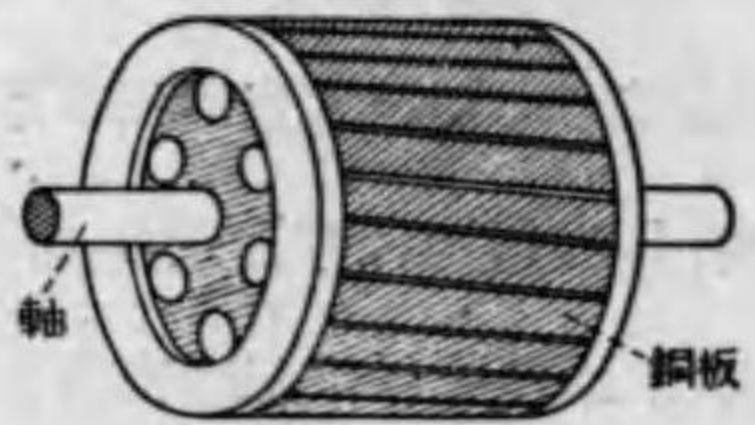
場 d c が漸次減少するに従つて、コイル a, b に由りて生ずる磁場は前と反方向の b a となりて漸次その強さを増し、d c が零となる時に b a は最大となる。b a が減じて零となる時はコイル c, d に由りて生ずる磁場はその方向を變じ、c d の方向を取りて最大となる。

されば a b の磁場が最大の時より零まで減少する間に、d c の磁場は零より最大となるが故に、この時間内に於ける合成磁力は常に同一の強さを以て、時計の針と反方向に 90° だけ廻りしものと考へられる。全く同



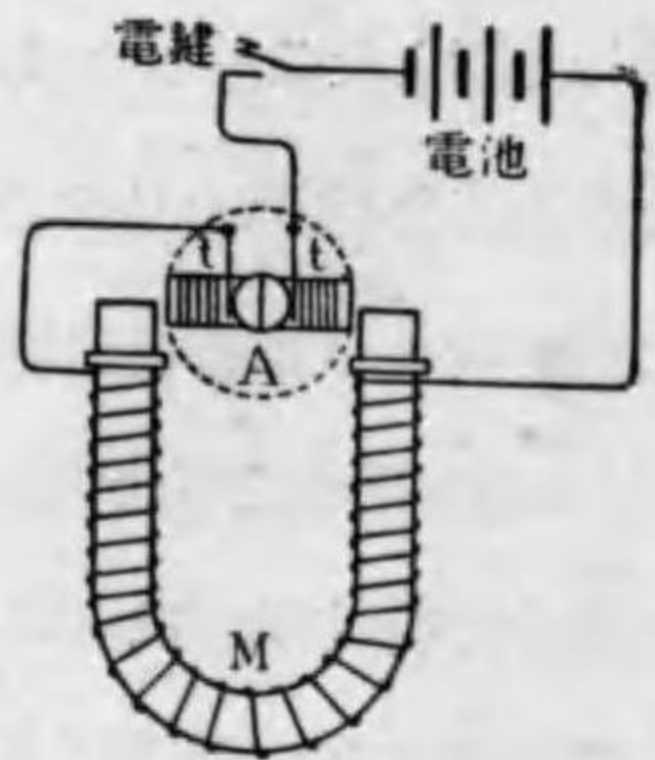
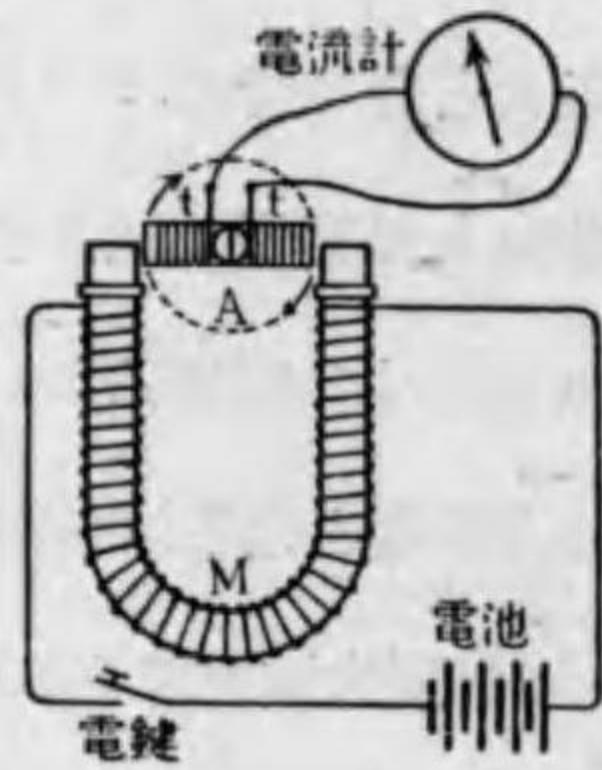
様にして、A 及び B の交流が一交番する毎に、コイルに由りて生ずる全磁場は前の方向に一廻轉するものである。かくの如き磁場を廻轉磁場といふ。されば廻轉磁場は丁度一の磁石の極を圓の中心に向いてその周を引廻すとき、圓内に生ずる磁場の變化と同様のものである。

かゝる廻轉磁場内にアラゴの圓板に相當するものを置けば、電磁氣感應に由りてそのものは磁場の廻轉の向きにこれと共に廻轉する。誘導電動機は全くこの理を應用せるもので、この廻轉體をロートルといひ、圖の如く圓筒面に細長い銅板を張れるものを用ふ。ロートルに對して廻轉磁場を生ずる装置をステートルといふ。



發電機と電動機の実験

- (1) 發電機實驗装置の電磁石 A の整流子に接觸する刷毛の兩端を電流計に繋ぎ、且つ電磁石 M を電池と電鍵とに繋ぐ。
- (2) 電鍵を押して M に電流を通じて強い磁石とし、A をその軸に由りて定方向に廻轉する。然る時は A のコイルに電流を生じ、ために電流計の針は偏る。
- (3) A の廻轉の方向を反對にして試みる。然る時は生ずる電流も亦方向を變ずる。
由つて發電機の原理を實驗することが出来る。
- (4) 電磁石 A 及び M と電池とを直列に繋ぎ、電鍵を押して電流を通ずれば、A は M の兩極間



で廻轉する。この時電流の方向に注意し、M の兩極を發電機の実験の時と同じにし、その A にも亦同一方向の電流を通す様に連結して實驗すれば、A の廻轉は發電機の時と反對になる。

この種の實驗で電動機及び發電機の関係を実験することが出来る。

