

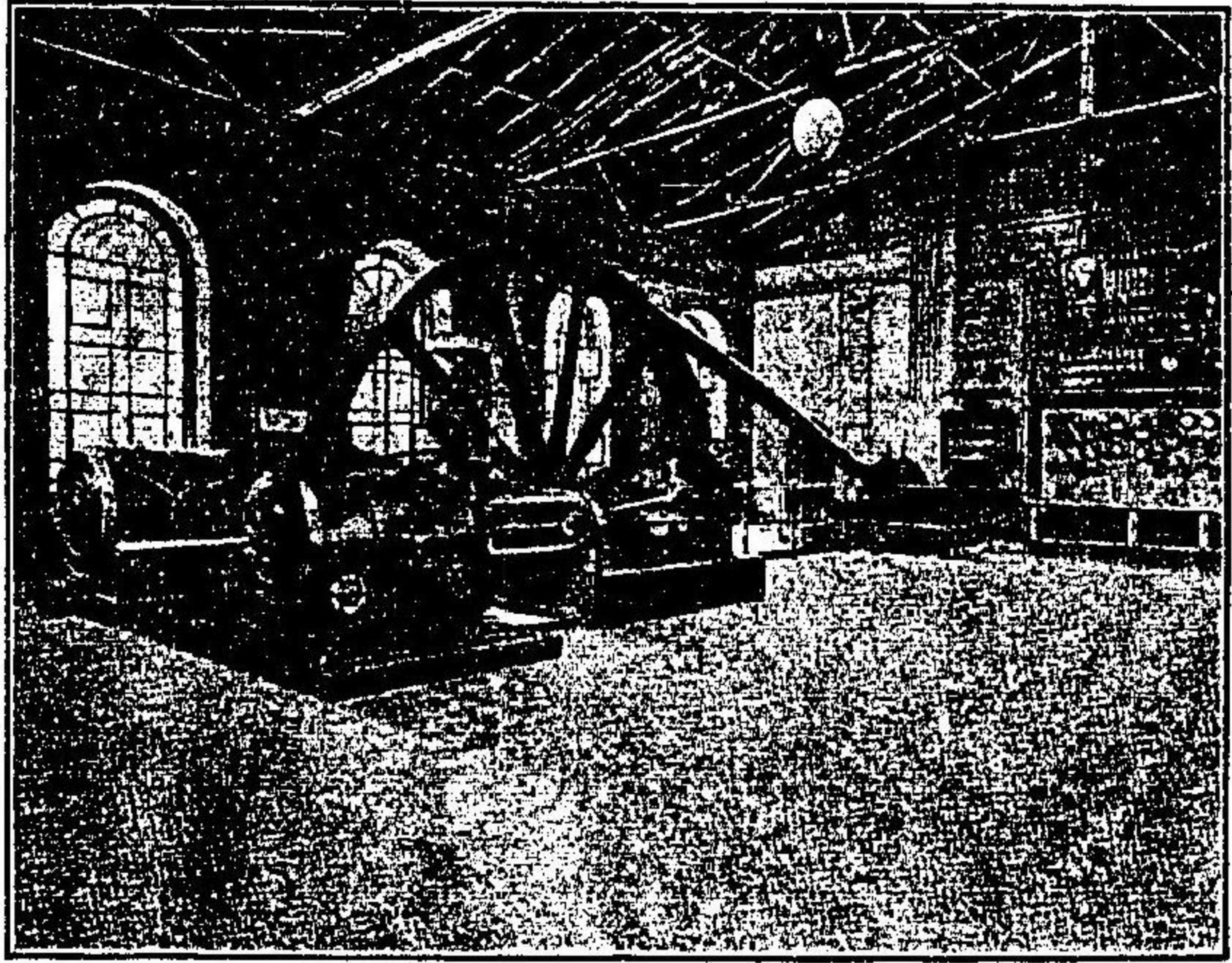
30-14

46-114

最新物理學教科書

理學博士

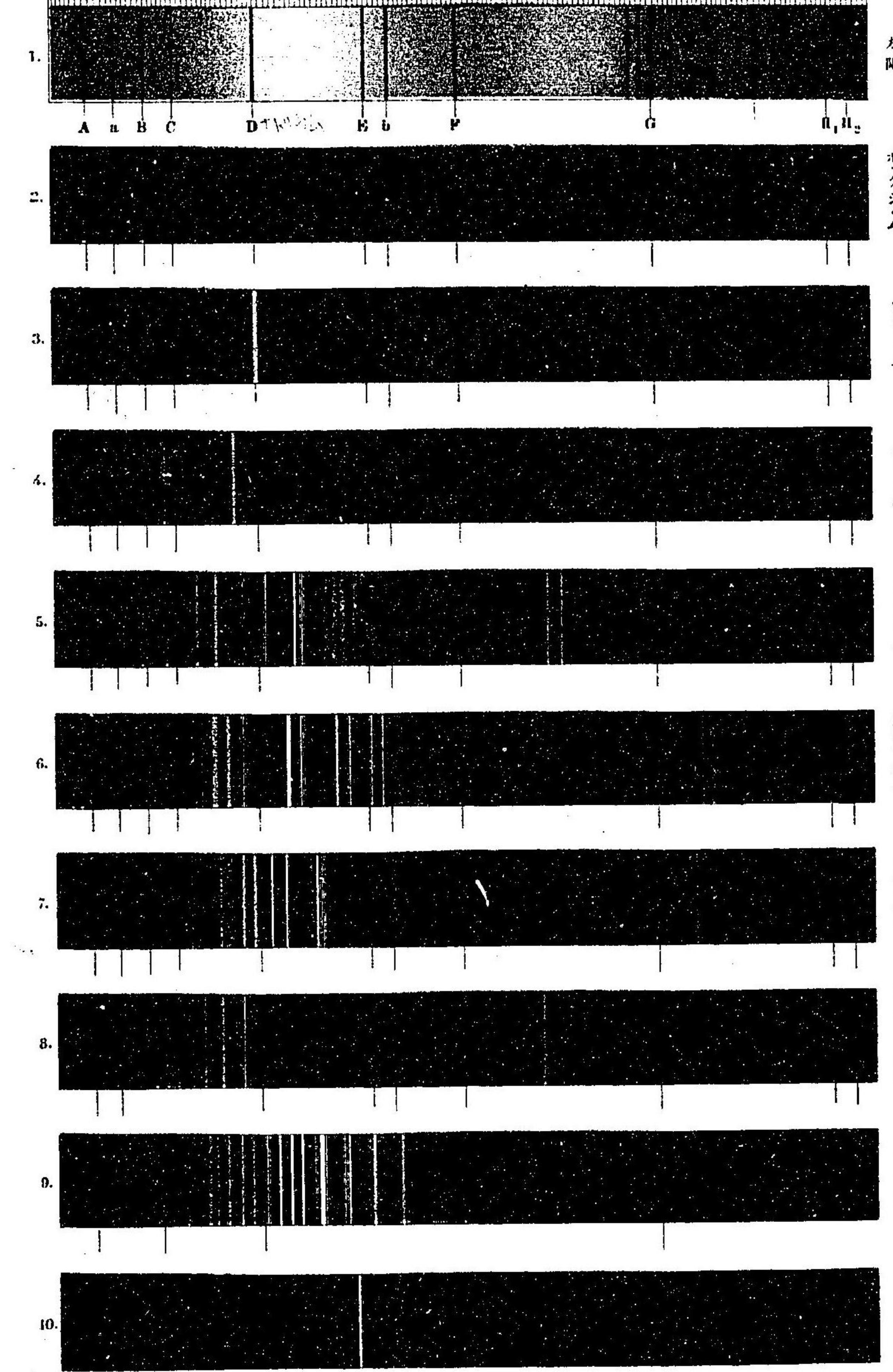
中村清二編



東京

富山房發行

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170



1. 太陽

2. ホウダシウム

3. ソヂウム

4. リシウム

5. シーシウム

6. ルビヂウム

7. カルシウム

8. ストロンチウム

9. バリウム

10. タリウム

A a B C D E b F G H, H₂

最近物理學教科書目次

第一編 總論

- 一 單位(二) 二 天秤(二) 三 溫度 寒暖計(三) 四 最高及び最低寒暖計(五) 五 運動 質點(六) 六 速度(七) 七 關係圖(九) 八 正比例 逆比例(一〇)

第二編 物性

- 九 物質(二) 一〇 物質の三態(一二) 一一 密度 比重(一三) 一二 力 運動の第三定律(一六) 一三 慣性 運動の第一定律(一七) 一四 力の釣合(一八) 一五 萬有引力 重力(一八) 一六 力の單位(二〇) 一七 分子 分子力(二一) 一八 溶解 吸收 凝着 擴散 滲透(二二) 一九 表面張力(二三) 二〇 毛管現象(二四) 二一 線膨脹(二五) 二二 體膨脹(二五) 二三 水の膨脹(二六) 二四 氣體の膨脹 シャールルの定律(二七) 二五 彈性(二八) 二六 固體の彈性(二八)

- 二七 液體の彈性(三〇) 二八 汽體の彈性 ボイルの定律(三〇) 二九 摩擦(三一) 三〇 液體の壓力(三二) 三一 パスカルの原理(三三) 三二 重力による壓力(三四) 三三 アルキメデスの原理(三七) 三四 浮體(三八) 三五 浮秤(三九) 三六 アルキメデスの原理による比重の測定(四〇) 三七 氣體の壓力(四〇) 三八 大氣の壓力(四一) 三九 トリチェリーの實驗(四二) 四〇 氣壓と山の高さ(四三) 四一 晴雨計(四三) 四二 壓力の單位(四五) 四三 壓力計 ボイルの定律(四五) 四四 氣體の立積(四七) 四五 空氣中に於ける物體の重さ(四八) 四六 流動する流體中の壓力(四八) 四七 サイフォン(四九) 四八 吸上げポンプ(五〇) 四九 押上げポンプ(五一) 五〇 空氣ポンプ(五二) 五一 水銀空氣ポンプ(五三)

第三編 熱

- 五二 熱量の單位(五五) 五三 熱容量 比熱(五五) 五四 比熱の測定(五六) 五五 融解 凝固(五六) 五六 融解熱(五七) 五七 融解點と

- 壓力との關係(五八) 五八 寒劑(五九) 五九 氣化 飽和壓力(五九) 六〇 蒸發 沸騰(六二) 六一 氣化熱(六三) 六二 液化(六三) 六三 空氣中の水蒸氣(六四) 六四 蒸餾(六五) 六五 熱の傳播(六六) 六六 對流(六七)

第四編 運動及び力

- 六七 速度の合成 分解(六九) 六八 力の合成 分解(七一) 六九 加速度(七二) 七〇 運動の第二定律(七四) 七一 力の絶對單位(七五) 七二 重力より起る加速度(七六) 七三 落下體(七七) 七四 拋射物體(八〇) 七五 運動量 運動のエネルギー(八二) 七六 運動の第三定律(八四) 七七 仕事(八五) 七八 等速圓運動(八七) 七九 剛體(九〇) 八〇 廻轉を起す力(九一) 八一 力の能率(九二) 八二 剛體に作用する力の合成(九三) 八三 平行力の合成(九五) 八四 偶力(九六) 八五 挺子(九七) 八六 滑車 輪軸(九八) 八七 機械的裝置に於ける仕事の理(一〇〇) 八八 斜面(一〇一) 八九 楔 螺旋(一〇二) 九

- 重心(一〇三) 九一 物體の座り(一〇五) 九二 單弦運動(一〇六)
- 九三 單振子(一〇八) 九四 複振子 g を測る方法(一〇八) 九五
- 時計(一一〇) 九六 彈性體の振動(一一三) 九七 波動(一一三) 九八
- 横波(一一五) 九九 縦波(一一六) 一〇〇 波の反射(一一八) 一〇一
- 波の屈折(一一九) 一〇二 波の干渉(一二〇)

第五編 音

- 一〇三 音(一二一) 一〇四 音の速度(一二二) 一〇五 音波(一二三)
- 一〇六 音の高さ 強さ 音色(一二四) 一〇七 人の音聲(一二五)
- 一〇八 音の調和(一二六) 一〇九 共鳴(一二七) 一一〇 心棒の振動(一二七) 一一一 音叉(一二九) 一二二 板の振動(一三〇) 一二三
- 空氣柱の振動(一三一) 一一四 簧(一三二) 一一五 振動を畫かしむる法(一三三) 一一六 著音器(一三四)

第六編 光

- 一一七 光の直行(一三六) 一一八 光度計(一三六) 一一九 光の反射(一三八) 一二〇 平面鏡(一三九) 一二一 球面及射鏡(一四〇) 一二二 光の屈折(一四一) 一二三 屈折の例(一四四) 一二四 全反射(一二六) 一二五 複屈折(一四七) 一二六 レンズ(一四八) 一二七 焦點距離(一四八) 一二八 共軛點(一五〇) 一二九 物體の像(一五二) 一三〇 光の分散(一五三) 一三一 虹(一五五) 一三二 レンズの色収差(一五六) 一三三 眼(一五八) 一三四 眼鏡(一五九) 一三五 望遠鏡(一六〇) 一三六 顯微鏡(一六二) 一三七 寫真機械(一六三) 一三八 幻燈機械(一六四) 一三九 光の本質(一六五) 一四〇 光の速度(一六八) 一四一 光の廻折(一六九) 一四二 光の干渉(一七〇) 一四三 光の偏り(一七一) 一四四 輻射(一七二) 一四五 赤外線(一七四) 一四六 莖外線(一七五) 一四七 發光體(一七五) 一四八 螢光(一七七) 一四九 輻射線の吸收(一七八) 一五〇 スペクトル分析術(一八二) 一五一 分光器(一八二) 一五二 物體の色(一八三)

第七編 磁氣

一五三 磁石(一八五) 一五四 兩極間の作用(一八六) 一五五 磁氣の感應(一八七) 一五六 指力線(一八八) 一五七 地磁氣(一九〇) 一五八 方位角 伏角(一九二) 一五九 水平分力(一九三) 一六〇 地磁氣の變化(一九三) 一六一 羅針盤(一九四)

第八編 電氣

一六二 發電(一九六) 一六三 二種の電氣(一九六) 一六四 傳導(一九八) 一六五 驗電器(二〇〇) 一六六 電氣の感應(二〇〇) 一六七 放電(二〇二) 一六八 電氣盆(二〇三) 一六九 起電機(二〇四) 一七〇の實驗(二〇五) 一七一 大氣中の實驗(二〇七) 一七二 電位 電流(二〇七) 一七三 電池(二一〇) 一七四 ダニエルの電池 プレンゼンの電池(二一一) 一七五 オームの定律(二一三) 一七六 エルステッドの實驗(二一五) 一七七 電流の作る磁場(二一六) 一七八 電流相互の作用(二一八) 一七九 電磁石(二一九) 一八〇 電鈴(二二〇) 一八一 電信機(二二二) 一八二 電流計(二二四) 一八三 ジュールの定

律(二二五) 一八四 白熱電氣燈(二二七) 一八五 弧燈(二二八) 一八六 熱電流(二二九) 一八七 電氣分解(二二九) 一八八 フラデーの定律(二三二) 一八九 電流の強さ ボルタ針(二三三) 一九〇 分極(二三四) 一九一 蓄電池(二三五) 一九二 電鍍術(二三六) 一九三 感應電流(二三七) 一九四 レンツの定律(二三九) 一九五 感應電流を起す方法(二三九) 一九六 感應電流の動電力(二四〇) 一九七 ダイナモ(二四一) 一九八 電話機(二四三) 一九九 感應コイル(二四五) 二〇〇 電氣火花(二四六) 二〇一 真空管(二四六) 二〇二 陰極線(二四八) 二〇三 エックス線(二四九) 二〇四 氣體の電離 放射體(二五一) 二〇五 電氣振動(二五二) 二〇六 無線電信(二五四)

第九編 エネルギー

二〇七 運動のエネルギー(二五六) 二〇八 位置のエネルギー(二五六) 二〇九 エネルギーの種類(二五七) 二一〇 動力機關 工率(二五九) 二一一 蒸氣機關(二六〇) 二一二 瓦斯機關(二六二) 二一三

電氣發動機(二六三) 二一四 熱の仕事當量(二六三) 二一五 ジョールの
 實驗(二六六) 二一六 振動體のエネルギー(二六七) 二一七 波動
 のエネルギー(二六八) 二一八 電氣のエネルギー(二七〇) 二一九
 エネルギーの不滅及び變衰(二七一)

問題集

最近物理學教科書目次終

最近物理學教科書

理學博士 中村清二著

第一編
總論

一 單位 諸種の量を計るには常に先づ其計らんと欲する者
 と同類の一定量を取り之を標準として此標準と計らんと
 欲する者との比を定む。此標準を單位と云ふ。例へば糸
 の長さ三尺なりと云ふは初めに一尺の長さを單位と定め
 て糸の長さが其三倍なるを示す。
 時、分、秒等は時間の單位にして尺、寸、呎(フット)時(インチ)又

は、**斤**(キログラム) **メートル**(米) **メートル**(厘) **センチメートル**(耗) **ミリメートル**(等) は長さの單位なり。質量の單位には **貫**、**匁**、**分**、**及**、**び** **毫**(キログラム) **瓦**(グラム) **厘**(センチグラム) **毫**(ミリグラム) 等あり。

物理學に於ける理論上の計算には諸種の量の單位を **厘**、**瓦**、**秒**(Centimetre, Gram, Second) に基かしむ。此法を **C. G. S. 單位** と名づく。

二

天秤 質量を測るには **天秤** を以てす。天秤の構造は概略第一圖に示すが如し。軽くして堅固なる **桿** の兩端より **秤皿** を吊し **桿** の中央に **鋼鐵** 又は **瑪瑙** 製の **三角** 錘を附す。此三角錘即ち刃の稜は下方に向ひて支柱の上に休む。此器によりて物の質量を測るには一方の皿に物體を載せ他方の皿に適當に **分銅** を載せ **桿** をして水平なるに至らしむれ

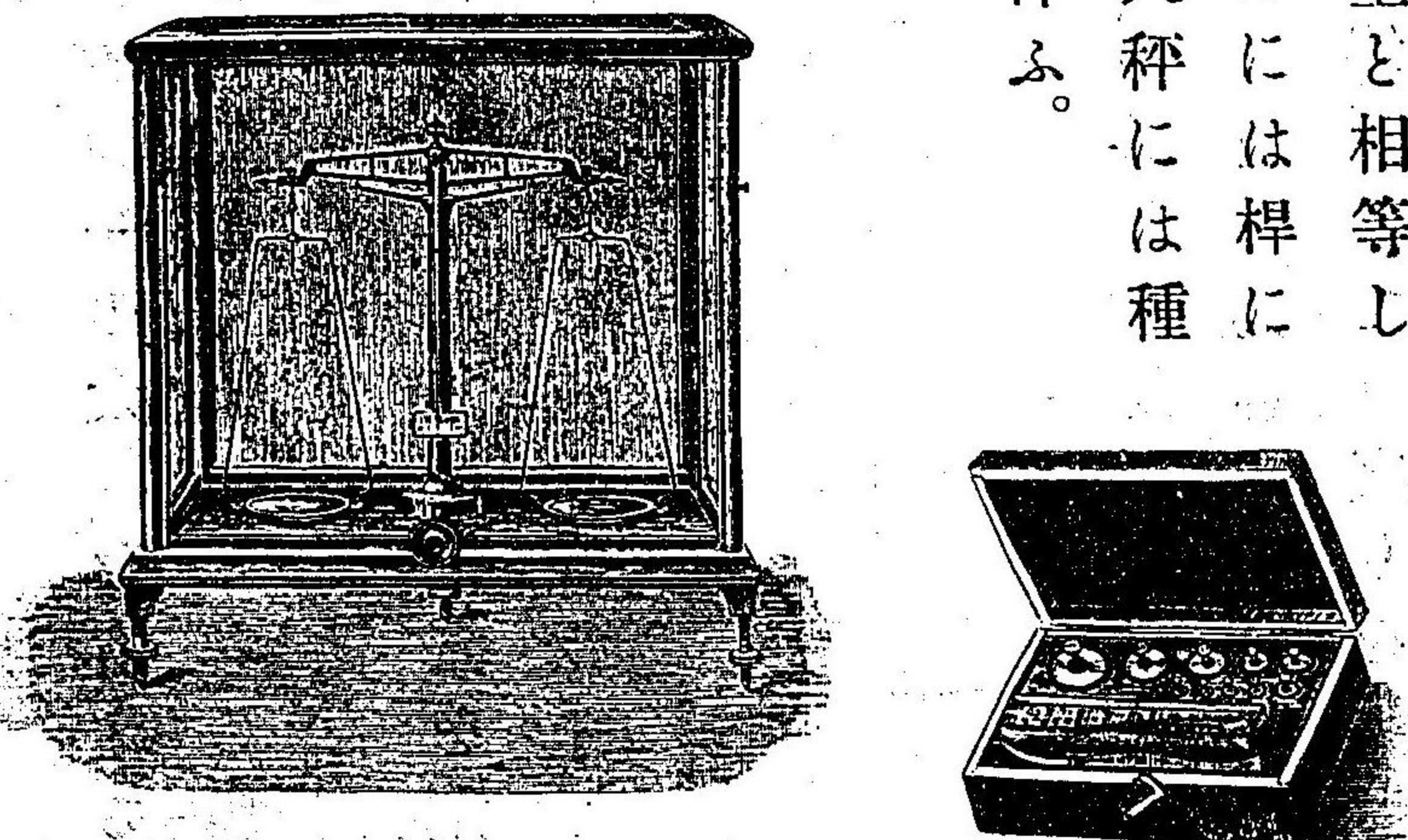
ば此時物體の質量と分銅の質量と相等しきなり。**桿** の水平となるを見るには **桿** に附したる **指針** によりてす。此天秤には種々の質量を有する一組の **分銅** 件ふ。

秤桿、秤臺、秤等も質量を測る器械なり。

三

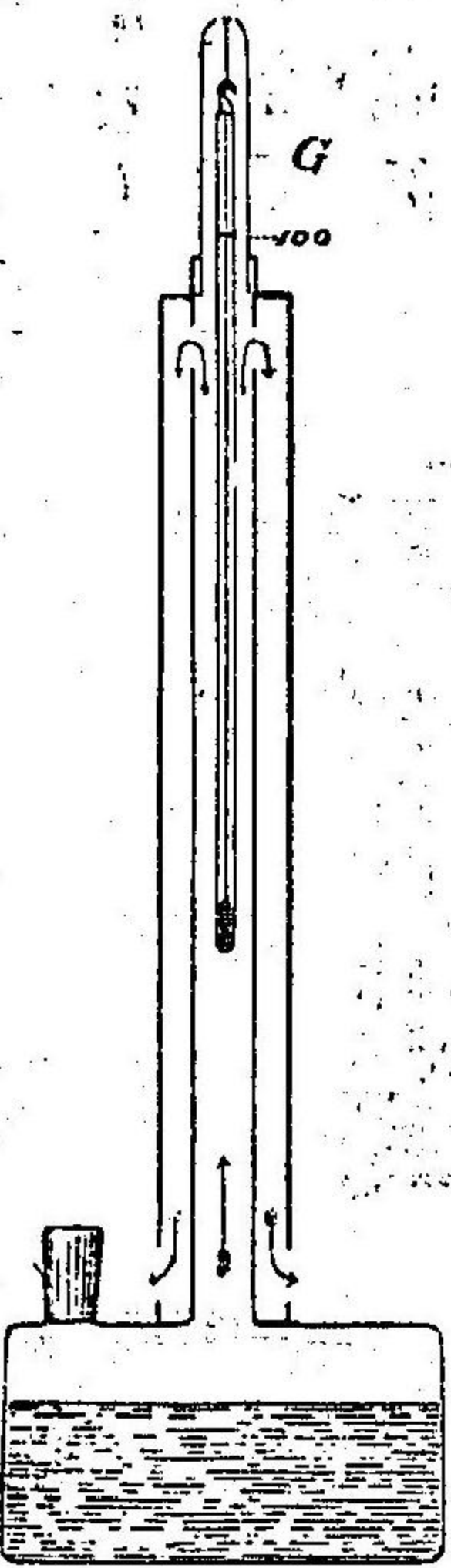
温度 **寒** **暖** **計** **物體** **冷** **温** の差別を表はすに、**温度** の高低を以てす。**温度** の高低は皮膚の感覺によりて之を認識することを得、然れ共此感覺は、甚不正確にして信憑すべからざること多し。故に微妙なる **温度** の差異をも發見

第一圖
天秤及び分銅



せんと欲する時は寒暖計を用ふ。

寒暖計は内部の徑一樣にして各所同一の太さを有する硝子毛細管の一端膨れて球形又は圓筒形を爲せる者の中に密閉せる水銀又は酒精の膨脹によりて温度の高低を定む。即ち管の外部に刻せる目盛りによりて水銀の位置を定め之によりて温度を知るなり。此目盛りの標準點は氷點及び沸騰點なり。寒暖計を解けかゝりの粉砕せる氷中に埋めたる



第二圖
寒暖計の沸騰點の決定

るとき水銀の止まる所は其氷點にして一氣壓の時に沸湯より發する蒸氣に挿入したるとき(第二圖)水銀の留まる所は其沸騰點なり。既に標準點を定むれば、其兩點間を等分して目盛りを爲し、之

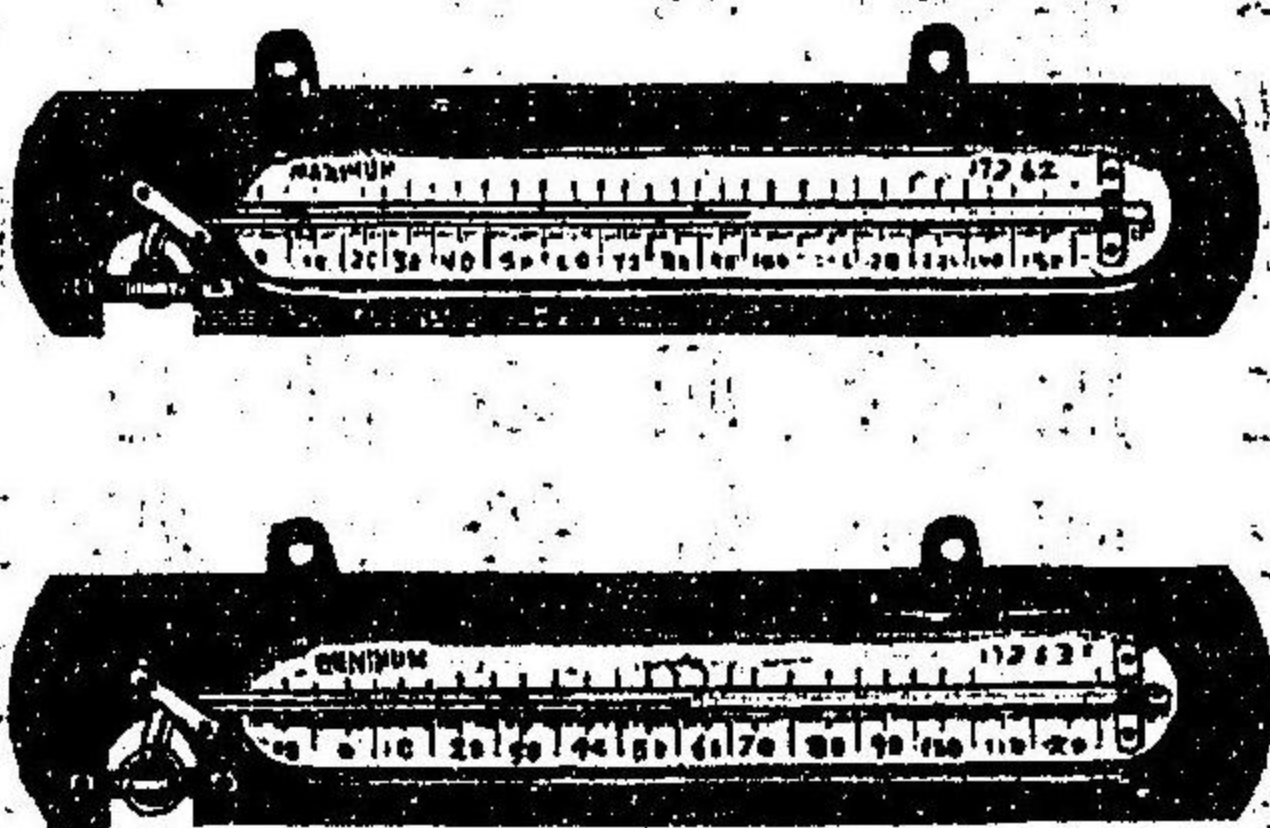
を氷點の下、沸騰點の上にも及ぼすなり。學術上の目的には萬國皆攝氏の目盛りを用ふ。之は氷點を零度、沸騰點を百度と爲すものなり。寒暖計の度を表はすには、度数の右肩に小圈を附す。例へば三十六度を36°と記すが如し。又零度以下には負號を冠す、即ち-17°とは氷點下十七度のことなり。

四

第三圖

甲、最高寒暖計
乙、最低寒暖計

最高及び最低寒暖計 氣象、養蠶、其他種々の場合に或る時間中の最高及び最低温度を知らんと欲すること多し。此場合には最高寒暖計、最低寒暖計と稱する者を用ふ。最高寒暖計は通常の水銀寒暖計の球部に細き硝子棒を收め之を以て殆ど球の入口を閉ぢたる者なり。温度上昇する時は、水



甲
乙

銀は此狭き所より壓出せらるれども温度降る時は球内の水銀のみ收縮して管中の水銀は球中に入ることを得ず。之を以て最高温度を知ることを得るなり。體温計は之に屬す。最低寒暖計の一種には通常の酒精寒暖計の管中に玻璃製の小指針を收めたる者あり。手を以て寒暖計を振り動かして、指針を液の内側より表面に觸れしめ、管を水平にいて之を放置すれば温度昇るとき酒精は針の周圍より進行して、指針を其所に残し、温度降るときは酒精之を引きて共に降る。此故に指針の位置によりて最低温度を知り得べし。

五

運動 質點 物體が其位置を變ずるを運動と云ひ之を變ぜざるを靜止と云ふ。獨樂の運動の如く物體は全體物體の運動には種々あり。

としては其位置を變ぜずして物體の諸點が一の固定したる回轉軸と稱する一直線の周圍を廻るものあり、之を回轉運動と云ふ。又汽車の車體の如く其諸點が相互の位置を變ぜずに皆同じ方向に同じ早さにて進むものあり、之を並進運動と稱す。

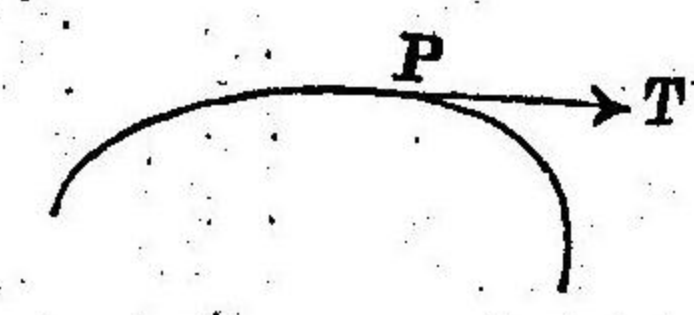
回轉運動及び並進運動は物體の運動中の單純なる者なり。一般の運動は著しく複雑にして進行する車の輪の如く廻轉しつつ、前進する者あり、或は又運動中其形を變ずる者もあり。

若し物體が非常に小にして一點と考へ得べき時は之を質點と云ふ。質點の運動に就ては單に其早さと進行の方向とを考ふれば足れり。

六 速度 一點が運動を爲すとき其早さが一定なることあり一定ならざることあり又其畫く徑路が直線なることあり

第四圖
曲線運動に於ける進行の方向

曲線なることあり。早さが一定なる場合には其動きたる距離を之に要したる時間にて除したる者によりて其早さを定め得べし。即ち動體の早さは單位時間中に經過したる距離にて測るなり。早さが一定ならざる時に或點 P に於ける早さを測定するには其前後に二點 A B を取り此二點間の徑路の長さ s を之に要したる時間 t にて除すべし。此商は明に AB 間の平均の早さなれば A B が P に近ければ近き程此平均の早さは P に於ける眞の早さに近し。徑路の曲れる場合には其運動の方向は時々刻々に變化するものなれば或點 P に於ける運動の方向は此點 P に於て徑路に引きたる切線 PT の方向によりて之を定む。

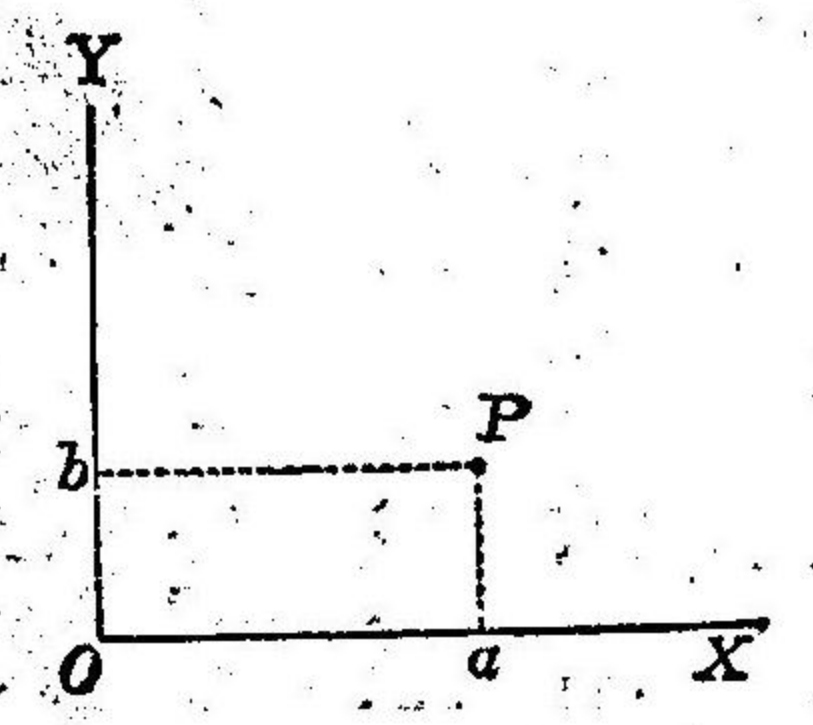


物體の早さと其方向とを併せ考へたるものを其

第五圖
二量の間の關係を示す圖、 OX を横軸 OY を縦軸と云ふ

七

速度と云ふ。故に假令早さ一定にても徑路曲れる時は其速度は一定なりと云はず。早さ一定なる直線運動を等速運動と云ふ。早さのみ一定なる運動を等速運動と云ふ。例へば等速圓運動と云へば一定の早さを以て圓周上を運動するものを指すが如し。單位時間中に單位距離を進むものを速度の單位となす。關係圖 物理學に於ては長さ、時間、質量、力其他諸種の量を測定し其諸量の間の關係を知るを重要な事とす。例へば高所より落下する物體の落下せし時間と其距離との間の關係、或は物體の溫度と其立積との間の關係の如し。二つの量 A B の間の關係を示すに至便なるは其關係圖を畫くにあり。其方法は第五圖に示すが如く OX OY な



る互に直角なる二直線を引き AB の互に相當する數を表はす長さを夫々 O より OX OY 上に切り取りて a b 點を得、 Oa Ob を兩邊とせる直方形を作りて P 點を得べし。 AB の互に相當する數値を變じて得る P 點の軌跡は即ち茲に云ふ關係圖なり。實際には縦横に等距離に格子形の罫を引きたる十字罫紙を使用するを便とす。

八

正比例、逆比例 A B 二つの量の間に存在する關係を云ひ表はす爲に A が B に正比例す、又は A が B に逆比例す等の語を用ふることあり。(一) 若し A を二倍すれば B も二倍し、 A を三倍すれば B も三倍する時即ち一般に A を n 倍すれば B も n 倍するときに A は B に正比例すと云ふ。此場合には互に相當する A と B との數の比は一定なり。(二) 若し A を n 倍すれば却て B が n 分の一となるとき即ち互に

相當する A B の數の相乗積が一定なるときに A は B に逆比例すと云ふ。

正比例の場合には關係圖は一直線を爲し逆比例の場合には雙曲線と名づくる一の曲線を爲す。

第二編

物性

九

物質 物質とは若干の空間を占有し直接又は間接に其實在を認知し得べきものなり。其最著しき性質は其不生不滅なることに於て某量の物質より成る物質の質量は如何にしても變化あることなし。物質不滅則は實に科學に於ける大発見の一にして化學の基礎を爲すものなり。

物質の三態 一の物體を取りて其組織を考ふるに之は小なる部分の集まりて成れるものと考ふることを得べし。然るに此小部分の團結の有様は場合によりて大差ありて化學的に全く同じ成分にても或は氷となり、水となり或は

一〇

水蒸氣となりて現はる。即ち物體には固體、液體、氣體の三態あり。液體氣體にして流體と云ふ。

二

密度 比重 或る物質の單位立積の有する質量を其密度と云ふ。世人が鐵は重く木は輕しと云ふは鐵の密度大にして木の密度小なるを意味するなり。密度は一般に溫度によりて變化し又氣體の如き壓縮し易き物體にては其蒙る壓力によりて著しく變化す。固體、液體に就ては普通の有様にては此變化は著しからざるを以て下の表には此變化なしと見て其密度を掲げ、氣體に

金	21.5	酒精	0.79
白金	19.4	エーテル	0.72
鉛	11.3	炭酸	0.001977
銀	10.5	硫化水素	0.001540
銅	8.8	酸素	0.001430
鐵	7.8	空氣	0.001293
アルミニウム	2.7	空室	0.001251
水	0.92	水蒸氣	0.000804
海水	13.6	沼氣	0.000727
	1.02	水素	0.000090

就ては溫度攝氏零度、壓力一氣壓の時の價を示せり。皆一立方糶の有する質量を瓦にて表はす。溫度攝氏四度の蒸餾水の密度と或物質の密度との比を其比重と云ふ。此の如き蒸餾水の密度は每立方糶一瓦なるによりCGS單位にては密度と比重とは其數を等くす。比重を測るには種々の方法あり。幾何學的形狀を有するものならば其立積と質量とを別々に測ればよし。不規則なる形のもの又は液體の比重を測るには比重糶を使用する方法と第三六節に述ぶる方法とあり。比重糶とは細頸を有する一の硝子糶なり。之を用ふるには先づ其中に蒸餾水を注ぎ入れて其重さを測り、次に測らんとする固體の重さを測つて、其者を瓶中に入れ、溢出する水を拭ひ取りて再び其重さを測るべし。然るときは求むる

所の比重は

$$\frac{W_2 - W_1}{V}$$

比重糶を用ひて液體の運動重を測るには、其瓶の重さをA、液を入れたる時の重さをB、液に代ふるに蒸餾水を以てしたるとききの重さをCとを秤量せざるべからず。然るときは液の比重は $\frac{B-A}{C-A}$ なること明なり、精確を要するときは寒暖計を供へたる比重糶を用ふ。

空氣の如き稀薄なる氣體にても尙質量あることは次の如き實驗にて知り得べし。即ち大なる中空の硝子球を取り、空氣ポンプを以て成るべく其中の空氣を排除し、鋭敏なる天秤を用ひて其重さを測るべし。然るときは排除せざる以前とは著しく其重さの減少するを見るべし。氣體の密度は此の如き方法によりて測りたるものにして空氣の密度は上表に記載せる如く溫度零度、壓力一氣壓の

三

時、一立方糎につき〇〇〇一二九三五あり。之を換算すれば一立方尺につき殆九匁六分なり。氣體の比重は之を水に比較せずして水素に比較して云ふこと多し。

力 運動の第三定律 吾人が物體を押し或は牽く時に感ずる筋肉の感覺によりて知る所の力は物理学上重要な者なり。力は種々の場合に起るものにて重力、彈力、磁力等其類多し。

力は單獨に現はるゝものに非ずして必ず二つ宛の組を爲す、而して其作用する状況によりて之を壓力、張力の二つに區別するを便とす。壓力とは互に押し合ふ力にして張力とは互に牽き合ふ力なり。掌上にある重物と掌との間には壓力作用し、重物と掌との間には張力作用せり。

此互に押し或は互に引く二力の中、一を作用とすれば他は

三

反作用なり。作用と反作用とは其大き相等しく方向相反す、之をニュートンの運動の第三定律と云ふ(第七六節)。

慣性 運動の第一定律 一の力を或物體に作用するときはその物體の速度に必ず變化ありて力の作用繼續する間は速度の變化も亦繼續する者なり。例へば(一)今迄靜止せる物體に力が作用し始むれば其物體は動き出し速さは漸々増大す、而して或時刻に於て此力の作用止めば物體は其時刻に於て有せし速度を保有して進行す(二)或は今迄運動せし物體に力を作用すれば力の方向によりて或は其速さを變じ或は其方向を變ず。即ち

凡ての物體は自ら速度を變ずるものに非ず。斯く物體が外力に作用せられて始めて速度を變ずるを物の慣性と云ふ。萬物通有の一性質にして又之をニュート

一四

力の運動の第一定律と云ふ。
 力の釣合 數多の力が一物體に作用するとき其効果が互に打消して恰も力の作用せざるが如くなることあり。此時此等の力は互に相釣合ふと云ふ。釣合ふ所の力は全く物體の靜止又は運動の有様を變ぜしむる效能なく(第一三節)常に靜止するか若しくは等速度運動を爲す。
 一、物體に作用する二力の相釣合ふは同一直線上にありて方向反對に作用し其強さ相等しき時なり。掌上に在りて靜止する重物には二つの力作用して相釣合へり即ち上方に向ふ掌の作用と下方に向ふ重力とが相等しき故なり。
 萬有引力 重力 凡そ宇宙間に在る物體は互に相牽引す此力を萬有引力と云ふ。物質に此引力あることを初めて唱へしはガリレオにしてニュートンに至りて其說大成せ

一五

り。此引力たるや一物體の各部が他物體の各部を牽引するものにして宇宙間の萬物皆此性を具へざるはなし。諸遊星が大陽の周圍を運行する、地上の物體が地球に牽かる皆此力の發現なり。
 萬有引力は兩體を連結する方向に於て作用し其強さは兩體の質量の相乗積に正比例し其間の距離の二乗に逆比例す。
 吾人が日常取扱ふ所の物體間の引力は微弱にして特殊の方法によらざれば之を認知すること能はず。然りと雖も地球と地球上の物體との間の引力は地球の質量が大略一六〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇貫の巨大なるものなれば吾人が容易に物體の重さとして認識し得る所の重力是なり。而して地球と物體との間の距



$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

離は普通の場合に於ては地球の半徑に等しと見て可なるを以て重力は一定質量の地球が一定距離に於て物體に作用するものなり。故に

重力は單に物體の質量に正比例す

るを知るべし。而して重力の作用する方向は所謂鉛直にして地球の中心に向ふ。絲端に鉛塊の如き重物を結びて之を吊すときは重物は絲の鉛直となるを俟ちて靜止す。

力の單位 各種の力は直接又は間接に之を重力に比較することを得。

力の單位は單位質量に作用する重力なり。例へば一瓦を質量の單位としたるとき五十五の石を手に保持したる時と同じ感覺を以て或ゼンマイを引延したりとせばゼンマイの彈力は五十五瓦の重さに等し。

二七

分子 分子力 物體を分割して之を小部分に分つに、一般

に信ぜらるゝ所によれば之を分割し得べき極度ありて此極度を超ゆれば其物質特有の性を失ふ者とす。此物質の最小部を分子と云ひ、物體が此の如き無數の分子の集合して其形を成す者とする考を分子説と云ふ。分子は其大き非常に小にして直接に之を測ること能はされども二酸化炭素の分子は其直徑大凡一耗の一千萬分の三なりと推測せらる。分子は又常に運動する者にして温度高き時程此運動盛なりと考へらる。

分子説に於ては分子間には多少の間隙あり、而して物體が其形を保つは近距離にある分子が互に相牽引するによるものとす。同質の分子が相牽引する力を凝集力と云ひ、異類の分子が相牽引する力を附着力と云ふ、例へば一の硝子

蠶の其形を保つは凝集力の作用にして墨汁にて書せし文字の紙面につくは附着力の作用なり。固體は分子間の距離小にして凝集力の強大なる者なれば一定の形狀を保ちて其分子の運動餘り自由ならず。液體は凝集力弱き故に容易に流動するものなり。氣體は分子間の距離大にして凝集力は殆ど絶無なり、故に分子の運動自在なるを以て密閉したる器に入れ置く必要あり。

一八

溶解 吸收 凝着 擴散 滲透 此等の現象は分子力の作用として説明し得べき者なり

溶解とは食鹽又は砂糖を水中に投ずる時の如き或固體が液體中に擴がりて見えざるに至る現象なり。生じたる液を溶液と云ひ能ふ文け多量の固體を溶解したる液を飽和溶液と云ふ。

麥酒、ソーダ水等が多量の炭酸を含むが如き、液體が氣體を吸收すること又木炭が種々の瓦斯を凝着することは溶解の現象の如く異種の分子間の引力による。互に相混合し得べき異種の液體接觸するときは別に攪拌することなく自然に放置しても互に混合す、之を液の擴散と云ふ。氣體にも此現象あり。

膀胱護謨の如き薄膜を以て二種の相混合し得べき液を隔つる時雙方の液が隔膜を通して混ずることを滲透と云ふ。

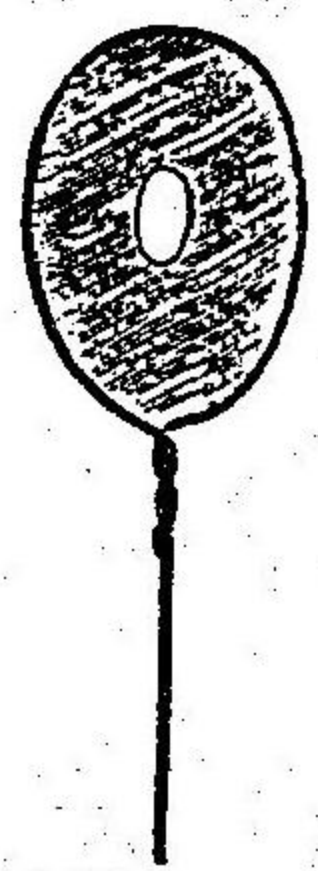
一九

表面張力 凡そ液體の表面は自ら收縮せんと勉むる者にして、液の表面は恰も引延したる護謨膜を以て包まれたるが如き有様に在り。雨滴の球狀をなすは此一例にして、球は立積同じき者の中にて表面積の最少なる者なればなり。此の如く液面の收縮せんとする力を表面張力と云ふ。

第六圖

石鹼液の表面張力

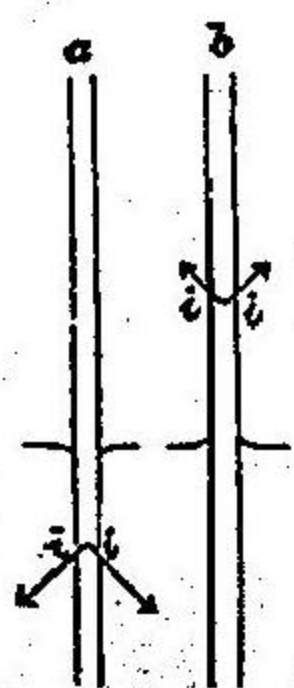
表面張力につきて一の面白き實驗は、針金を屈曲して輪を作り、之を石鹼溶液中に入れて引出すときは、石鹼液の薄膜を得。是に於て細き糸にて小輪を造り、豫め石鹼液を以て之を濕ほし、靜に之を膜上に置き、熱したる針金を以て、小輪内の薄膜を破るときは、糸は忽ち擴張して圓形をなす。之れ輪外に在る石鹼液の張力が四方より之を引延すによりてなり。



二

毛管現象

毛管現象とは、固體と液體と相接する處に起る一の現象なり。細き管を液中に立つるに、水と硝子との如く、液が管を濕す者なれば、液は管中に上昇し、液と管と相接する處に於て、液面著しく隆起す(第七圖)。之に反して水銀と硝子との如く、液が管を濕さざる者なるときは、液と管と相接する處は、液面陷没し、管中の液面は外部の液面より低し(第七圖)。管中に於ける液の上昇又は下降は、同一の液に於ては、管の



第七圖

毛細管の現象

徑に逆比例す。

二

線膨脹

物體は温度の上昇するに従ひ膨脹するを常とす。今の長を有する一の細き棒あり、之を熱して其温度を t 丈け高まらしめたるに、其長さ増大して l' となりたりとすれば、此棒の延びたるは、平均一度に付 $\frac{l'-l}{l}$ 宛なり。之を原來の長 l にて除したる者を、此棒の線膨脹の係數と云ふ。之を α とすれば左式を得

$$\frac{l'-l}{l} = \alpha \cdot t \quad (1)$$

下に諸物質の線膨脹の係數を掲ぐ

三

體膨脹 今立積の物體を熱して、其温度を t 丈け高まら

	線膨脹係數
黄金	0.0000147
白金	0.0000089
銀	0.0000194
銅	0.0000167
鉛	0.0000280
亞鉛	0.0000297
真鍮	0.0000188許
鐵	0.0000123
硝子	0.0000090乃至0.0000070

しめたるるとき、其立積 v となりたりとせば、此物體は平均一度に付 $\frac{v'-v}{v}$ 宛其立積を増したるなり。之を原來の立積 v にて除したる者を體膨脹の係數と云ふ。今此係數を β とすれば左式あり

$$\beta = \frac{v'-v}{v \cdot t} \quad v' = v(1 + \beta t) \dots \dots \dots (2)$$

物體の立積は其密度に逆比例するに より d, d' を膨脹前後の密度とせば

$$d = d'(1 + \beta t) \dots \dots \dots (3)$$

水の膨脹 物體は温度上昇する時は膨脹するを常とすれ共、二三特種の物質は温度上昇する時却つて收縮する者あり。其最顯著なるを水とす。

體膨脹係數	
酒 精	0.00111
エーテル	0.00171
水 銀	0.00018

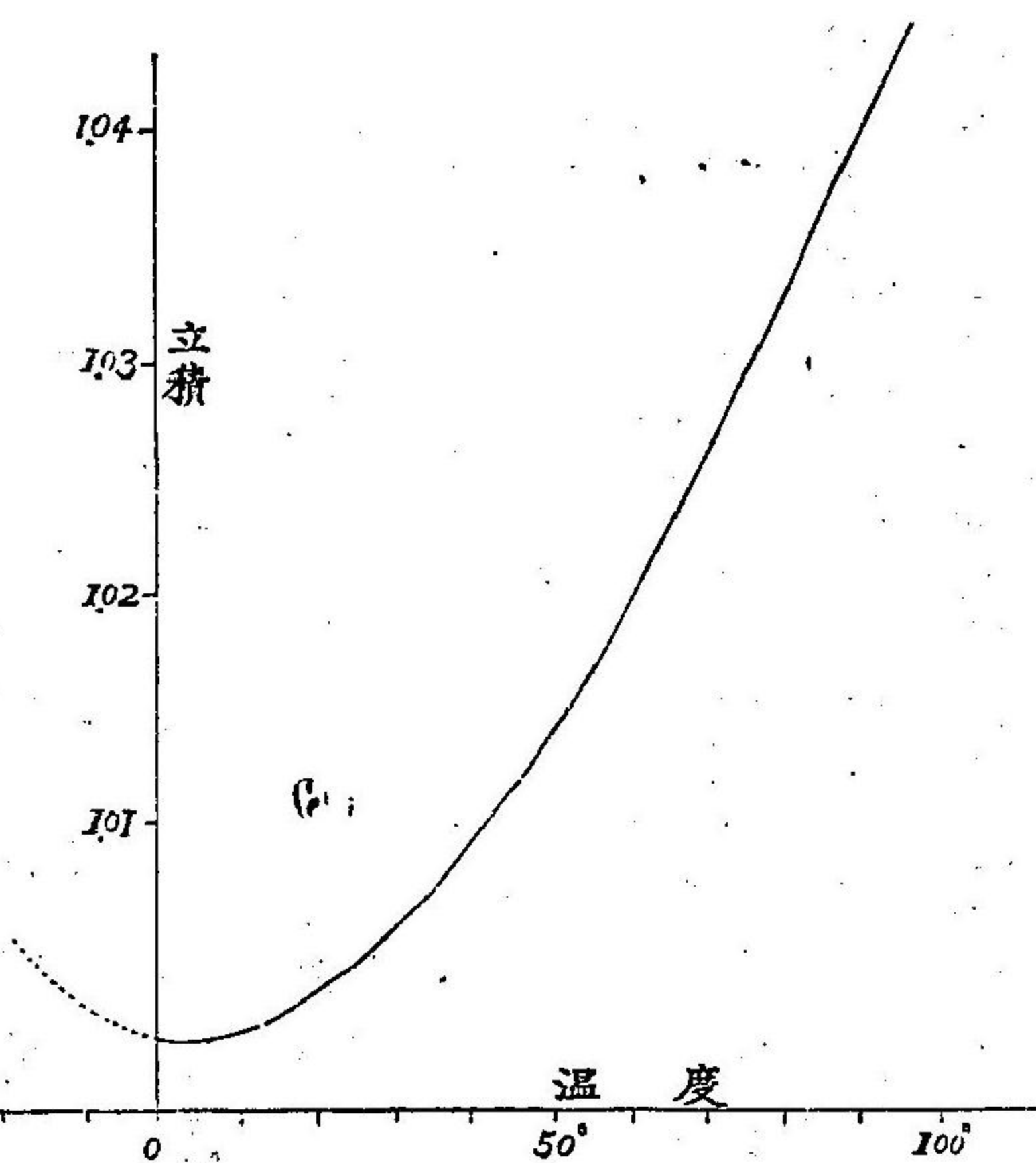
體膨脹係數	
黄金	0.0000441
白金	0.0000266
銀	0.0000583
銅	0.0000500
鉛	0.0000840
亞鉛	0.0000893
硝子	0.000027乃至0.000021

第八圖
4°に於て立積一に等しき水の立積と温度との關係圖

二四

水は4°以上に於ては普通の物質と同様に、温度の上昇につれ膨脹すれ共、4°以下に於ては温度上昇すれば却つて收縮す(第八圖)。語を換へて之を云へば、水は4°に於て最大の密度を有す。物の比重を測るに4°の蒸餾水を取りて標準とするは、此最大密度を有する時を選びたるなり。

氣體の膨脹 シャールの定律 氣體の膨脹に關して佛人シャルルが初めて發見せし定律によれば、總ての氣體の膨脹係數は殆ど皆同一にして、其價は0.00366即ち大略



1
273
なり。

但し炭酸瓦斯、水蒸氣の如き液體となし
易き者の係數は稍之より大なり。

二五

彈性 物體は之に外力を加へて其形狀
又は立積を變ずれば、之に反對する力を
起して假令外力の作用する間は其形狀、立積を變ずれども、
外力を除けば原形に復歸するを常とす。此性質を彈性と
云ひ、外力の爲めに蒙りたる形狀又は立積の變化を歪と云
ふ。

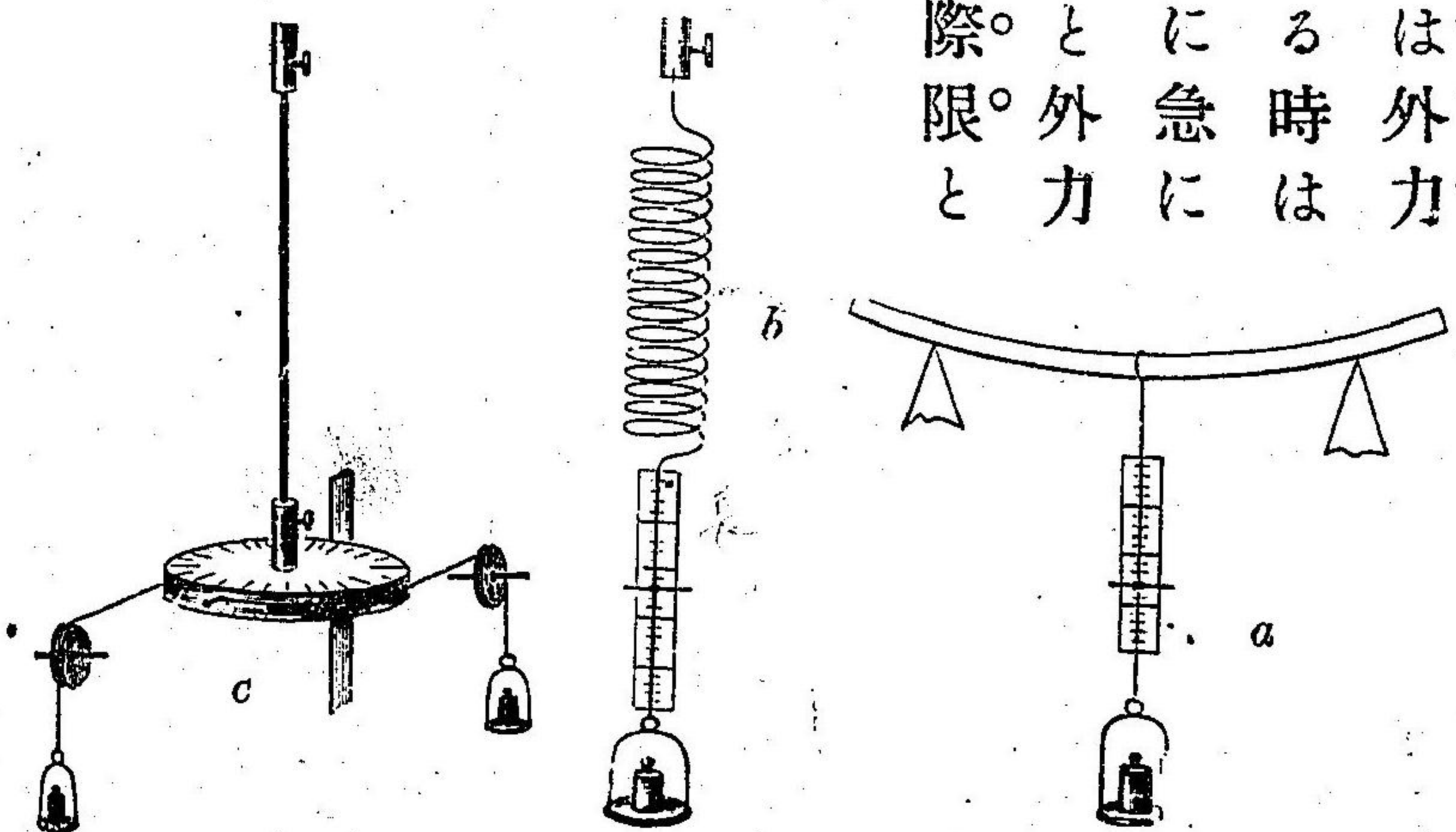
二六

固體の彈性 ゼンマイを引延ばし、竹條を撓め、針金を振り
或は護謨球を壓する等、力を加へて物體を歪ましむるとき
作用する力と歪との間の關係を實驗上研究するに其結果
は第十圖に示すが如し。即ち物體に作用する外力の小さな

水素	0.00366
窒素	0.00367
酸素	0.00367
空氣	0.00367
炭酸瓦斯	0.00371
水蒸氣	0.00419

第九圖
a 撓み、
b 引延し、
c 採りの圖

る間はOA直線にて示すが如く歪は外力
に正比例すれども、外力強大となる時は
外力の増す割合よりは歪の方遙に急に
増大して物體破るゝに至る。歪と外力
とが正比例する範圍之を彈性の○際限と
云ふ。内に於ては外力を除けば
物體は全く原形に復すれども
此外に出づれば物體は永久の
變化を蒙りて、假令外力を除く
とも全く原形に復せず。
力の強弱を測るに使用するゼ
ンマイ秤はゼンマイの彈性を
利用せるものにして第十一圖



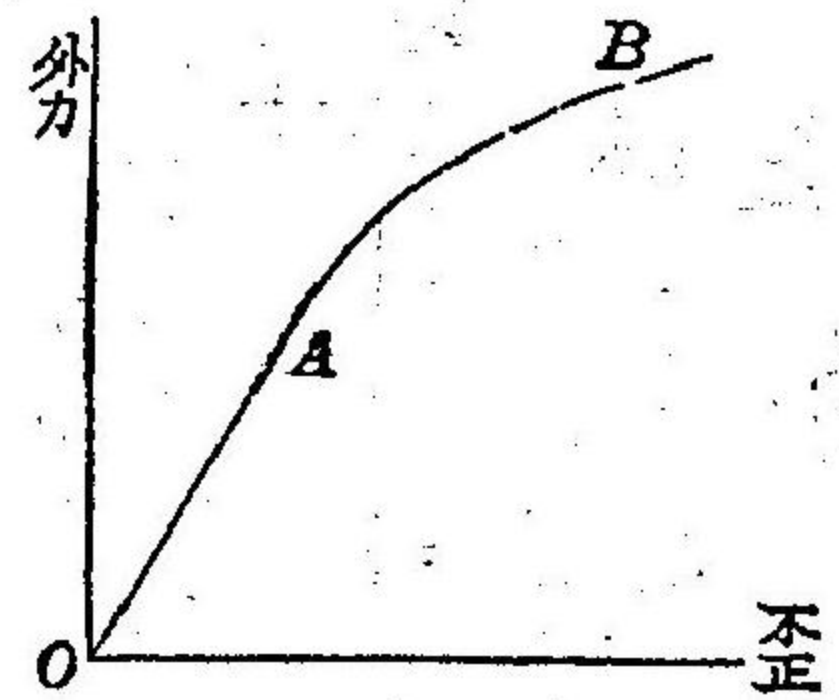
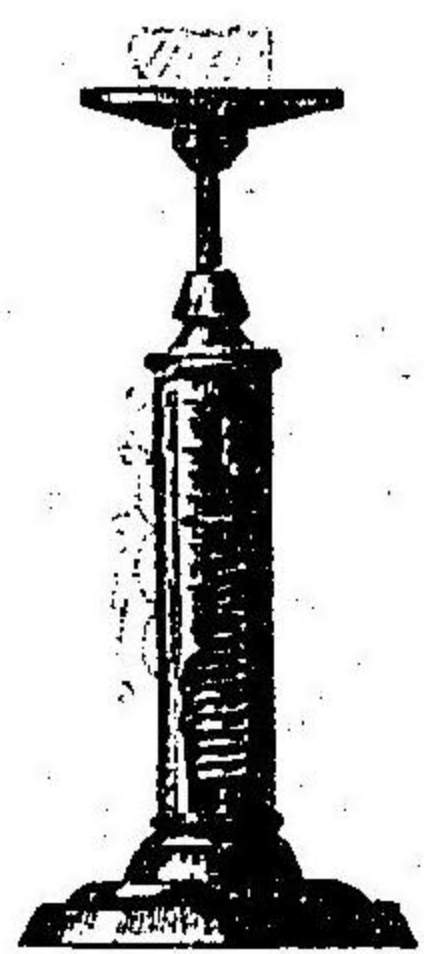
第十圖
歪と力との關係

二七

に示すものにては圓筒内に納めたる鋼鐵螺旋の壓縮によりて力を測るなり。

液體の彈性 液體及び氣體は其形狀を變ずること極めて容易にして何等の抵抗を爲さず。即ち流體には形狀に對する彈性なくして唯立積の彈性即ち可壓性あるのみ。

液體の可壓性は甚小にして非常に大なる壓力を作用するとも其立積の變化は甚少なり。故に液體は全く壓縮し得ざる者として論じて可なること多し。即ち液體の或分量を取れば之には一定の質量と一定の立積とあれど一定の形としてはなし。



第十一圖
セシマイ秤

二八

氣體の彈性 **ボイルの定律** 氣體に於ては液體と反對に

甚壓縮し易く又膨脹し易くして氣體の或分量を取れば之には一定の質量あれど一定の立積としてはなし。氣體の有する立積は其温度と壓力とに關す。

一定の質量を有し温度一定せる氣體の立積は、其壓力に逆比例す。

之をボイルの定律と云ふ(第四三節)

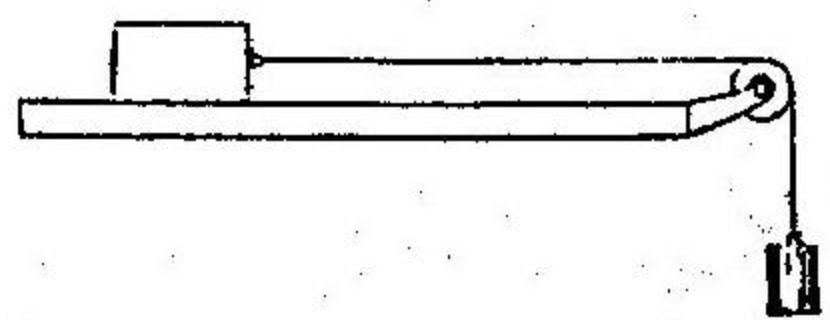
二九

摩擦 一の物體をして他の物體の表面上を這らせんとす。時は接觸する所の表面彼此相軋りて之に反抗する力あり。之を靜止摩擦と云ふ。又一物體が他物體の表面を這る時にも之に反抗する力あり之を運動摩擦と云ふ。

靜止摩擦力を研究するには圖に示すが如き装置を用ふるを便なりとす。例へば木と鐵との間の摩擦を驗せんと欲せば、木板上に鐵材を載せ分銅にて引き試むべし。若し兩

第十二圖
摩擦の實驗

體相接する所の面極めて平滑ならんには、如何に小なる分銅を以てするも、鐵材は迂り始むべき理なるに、實際は分銅の重さ或る度に達する迄は依然として運動を始むることなし。是れ摩擦力の反抗あるによる者にして其力は鐵材を動かさんとする力(即ち分銅の重さ)を強くすれば之に應じて増大することを知るべし。而して分銅の重さ或度に達すれば、物體迂り始むるは此時摩擦力は其最大極度に達したるなり。實驗によるに、此靜止摩擦力の最大極度(即ち迂り始むるとき)の分銅の重さは、兩體間の壓力(即ち鐵材の重さ)に正比例し、接觸面の廣狹に關することなし。



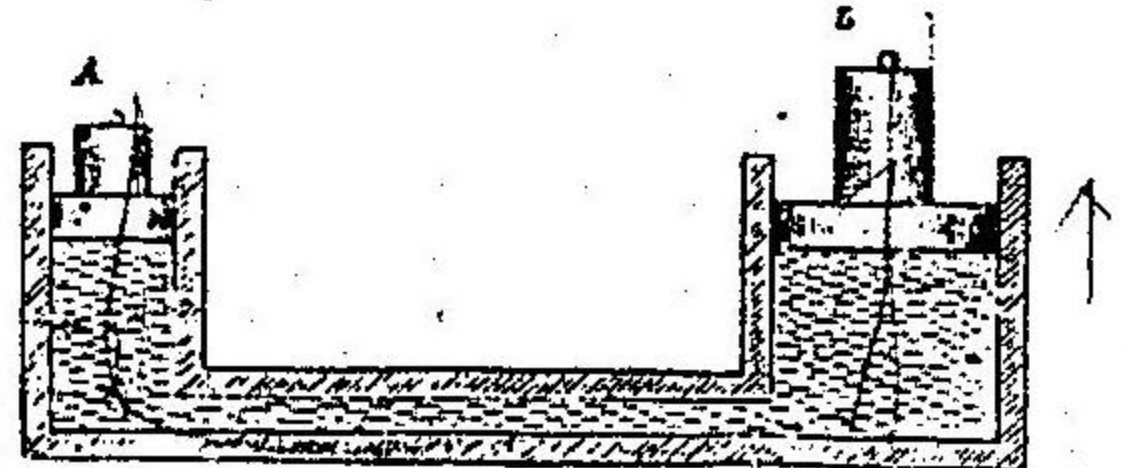
液體の壓力 今姑く重力の作用なきものとして液體を第十三圖の如き二個の活塞を供へたる密閉したる器中に充

三〇

たしたりとせよ。活塞Aを或力にて壓さんとせば壓縮し難き液は此活塞に反作用を呈して活塞を押し戻さんとするのみならず、容器の側壁の他部をも押し出さんとす。故に若しBの活塞に於ても外より壓力を加へざればBは押し出さるべし、即ち液の一部に壓力を加ふれば此壓力は液全體に及ぶものなり。

器中にある液の蒙る壓力を測るには器壁の單位面積上に蒙らしめたる壓力を以てす。例へば活塞Aの面積Aにして其上に加へたる外力Pなれば、 P/A を以て壓力の強さとなす。壓力の方向は器壁に直角なり。

パスカルの原理 液體の一部に加へたる壓力が他部にも作用することは上文説く所の如し。



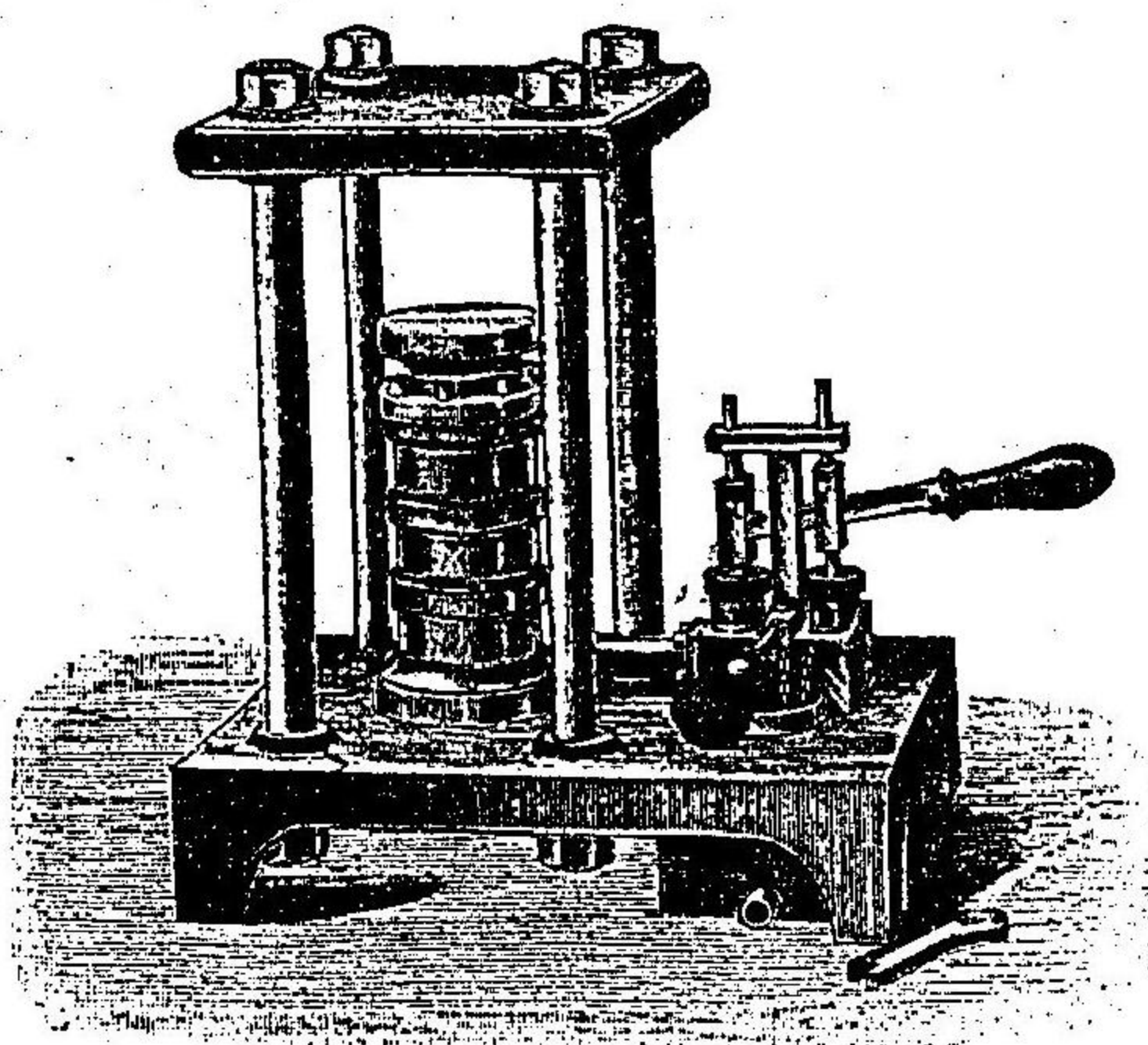
第十三圖

三一

パスカルの原理は此關係を示す者なり。
密閉せる器中にある液の一所に與へたる壓力の強さは
増減なく液體の各所に傳へらる。

例へば第十三圖に於て AB を活塞の面
積とし釣合を保つ爲に PQ を其上に加
ふべき力とすれば $P \parallel Q$ なり。

ブラマの水壓機は此理を應用したる者
なり。



重力による壓力 容器中に入れ
たる液體を多くの水平面に依て數層に別ちて考ふれば下

第十四圖

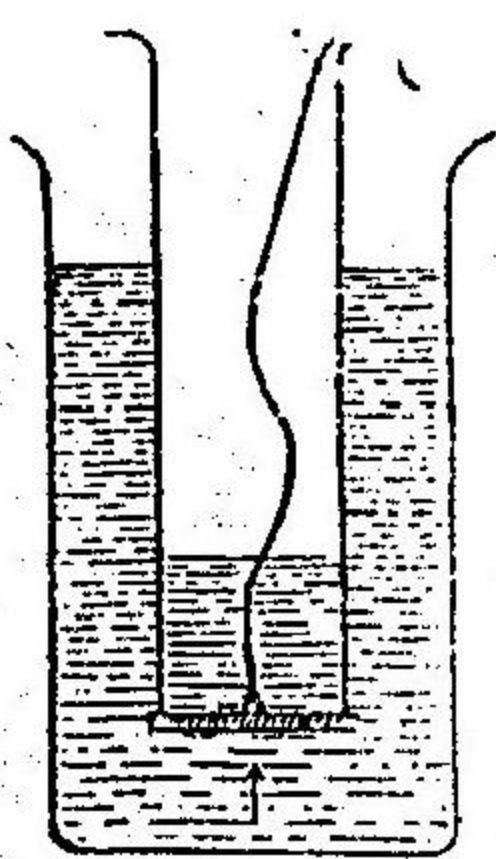
ブラマの水壓機

三三

第十五圖

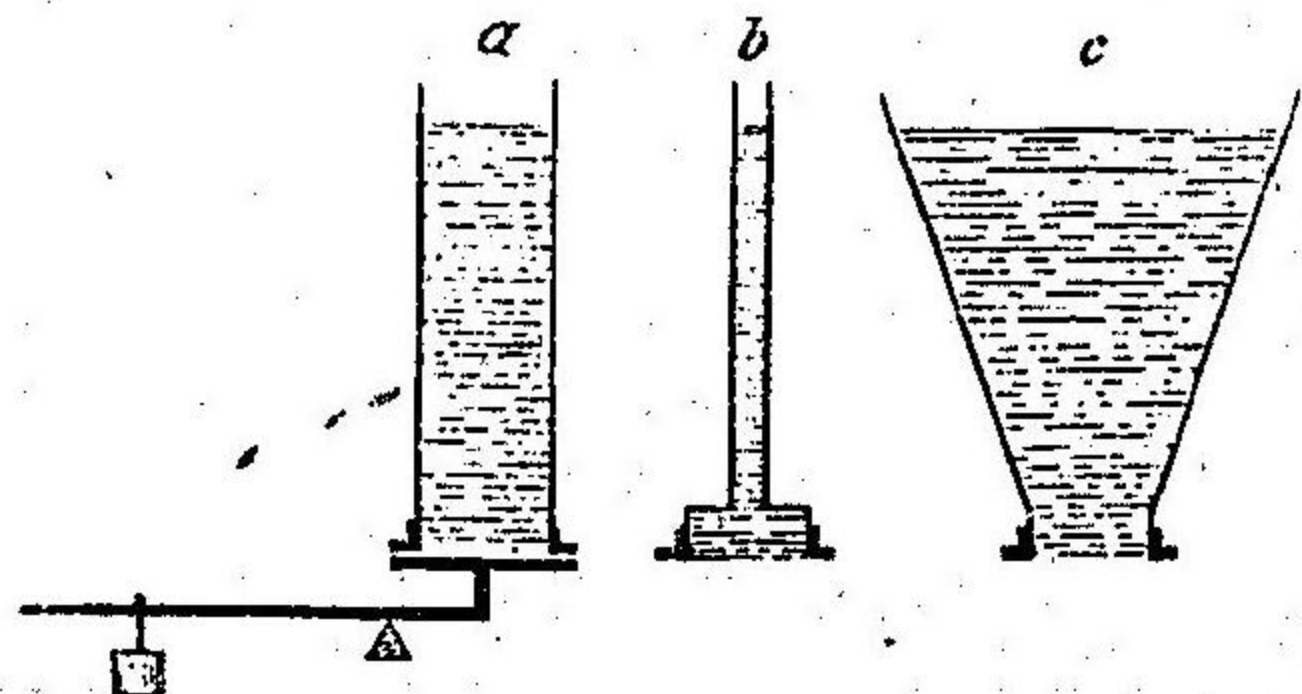
層の者程其上にある液の重さを蒙ること強し。故に重力に
よる液體内の壓力は深さに正比例す。堤防を築くに當り
て底部を堅固にし、大なる樽の下部に多くの箍を施せるは
理に協へりと謂ふべし。液體中の深さ h の所に於ける壓
力の強さは次の如くして算出し得べし。即ち此所に面積
 S の水平面を考ふれば此上にある液の立積は Sh なり。今
 d を此液單位立積の質量(即ち密度)とすれば此面積に作用
する全壓力は Shd なり。故に壓力の強さは $p = dh$ なり。
此壓力は管に水平面上に及ぼすのみに非ずして上下四方
を問はず凡て深さ h の所に在る平面にはこれ丈の壓力
作用するものなり。左に實驗一三三を掲ぐ。

第十五圖に示すが如く、甚輕き平板を以て内空なる
圓筒の一端を蓋ひ之を水中に入る、下に板を
押し上ぐる壓力あるによりて、板は落下することな



第十六圖

かるべし。然るに筒内に水を注入して内外の水面高低なきに至れば板落下す。これ板を押上ぐる水の全壓力が液柱の重さに等しき證なり。又第十六圖に示すが如き、 a 、 b 、 c 等の容器、各其形を異にし液を容るゝこと多少ありと雖も、底面積相等しくして、液の深さ同じければ、底面の蒙る全壓力に於て差異あることなし。實驗によりて之を證せんには、此等の器の底を取り去り、一の平板を以て底となし天秤の一端を此底板に當て他端に適當の分銅を加へて之を支持すべし。斯くして徐に水を注入すれば底に及ばず壓力は漸々増加して、終に分銅の支ふること能はざるに至りて、器中の水は底板を壓開して流出せん。而して、いつも一定の分銅を用ふれば、此流出を始むるは何れの器に於ても水の深さの同一なる時に於てするなり。互に相連通する器即ち所謂連通器に液を入るゝ時は液の表面は各器皆同じ高さにある。例へば鐵瓶の頸の中に於ける水面は胴の中の水面と同じ高さにあるが如し。此理は同じ深さの點にては壓力相等しかるべきこと



三三

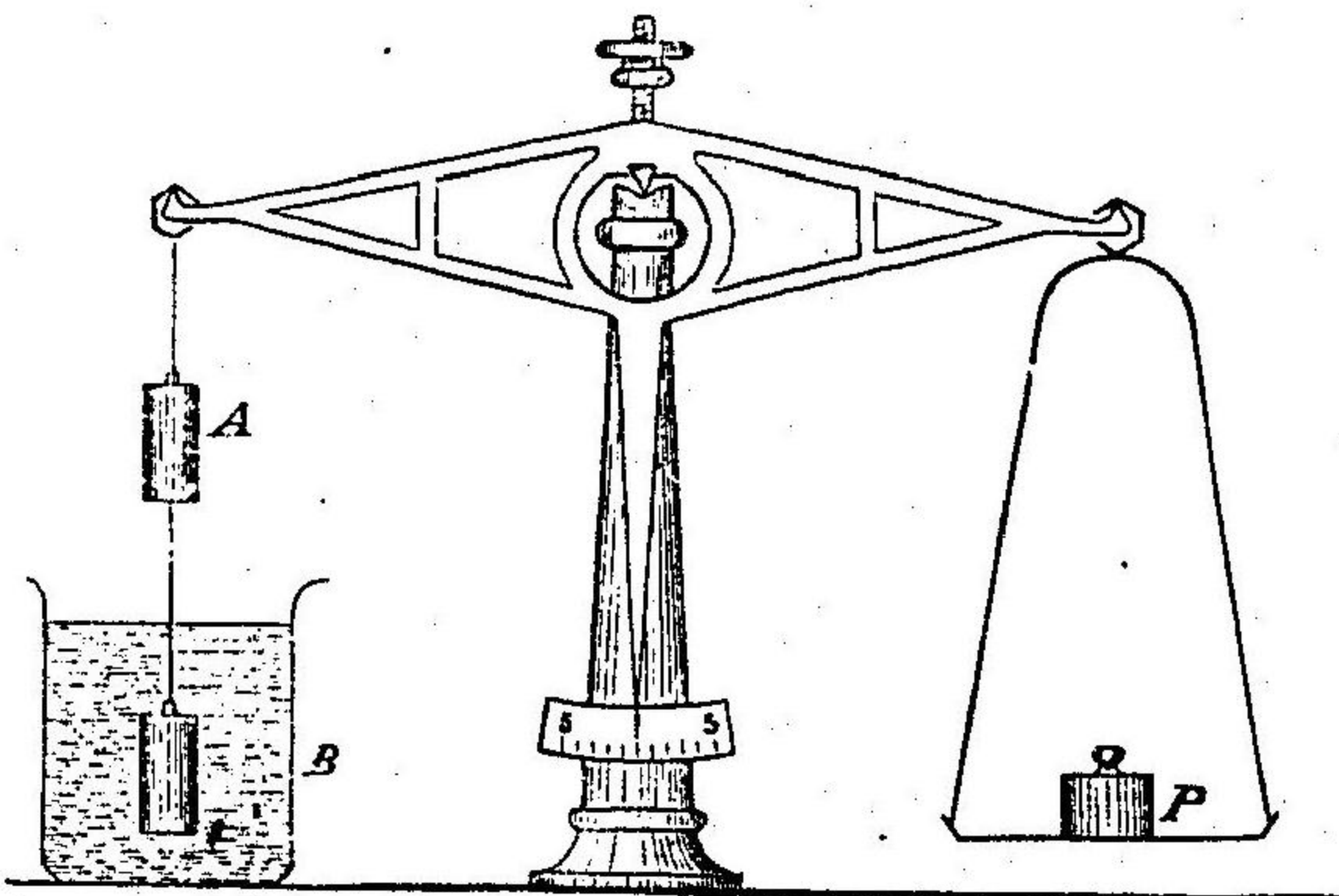
第十七圖

アルキメデスの原理を示す實驗

アルキメデスの原理 液體の中にある固體は其重さ軽く見ゆ。アルキメ

デスは之に關し左の原理を見出せり。流體中にある物體の重さは其眞正の重さより輕きこと其排斥する流體の重さに等し。

第十七圖のBは金屬製の圓壻にして、Aは丁度之を容るゝに足る中空の圓壻なり。之を天秤の一方に吊し他方に分銅を加へて之を釣合はしめ、次にBを水中に沈むれば、Bは其の重量を減ずるが故に、分銅を載せたる皿は降るべし。是に於て徐にA中に水を充すと



きは、天秤再び釣合ふ。是れBの水中に入りて失ひたる重さは、之と同立積の水の重さに等しき證なり。

液體中にある物體の軽く見ゆる理由は、液體の壓力の結果にして上圖の物體Bと同形同大の液の一部分を取りて其釣合ふ所以を考ふれば、周圍の液が作用する壓力と液の重量とが相等しくして方向反對なればなり。故に液の代りに他の物體Bが液中に存在するときにも之に作用する力は其物體の重量の外に下より之を支ふる壓力ありて、物體を軽く見せしむることを知るべし、而して此壓力は物體と同形同大の液の重量に等し。

三四

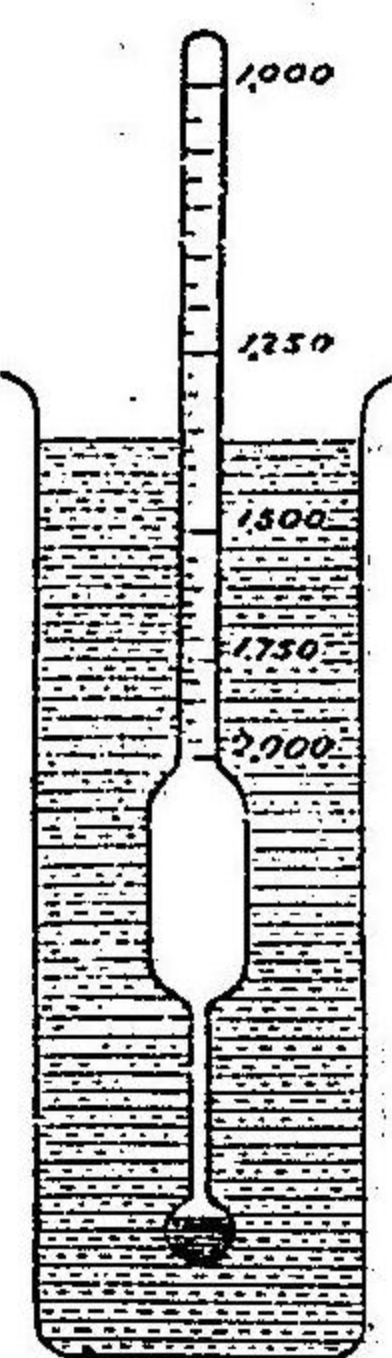
浮體 固體の密度、液の密度より小なるときは、固體は液體中に沈むことなく、一部分を液上に現はして浮游す、此時物體の重さと其排斥する液の重さと相等し。船舶の水面に

三五

浮ぶも此一例にして船舶の重さと其排斥する水の重さと相等しきに至るまで水中に入るなり。

浮秤 浮秤とは第十八圖に示すが如き密閉せる硝子管にして中部は膨れて空虛を存し、下部には水銀又は彈丸を入れて重りとなしたる者なり。之を液中に入るときは能く直立して浮游しアルキメデスの原理により其排斥する液の重さと浮秤の重さと相等しきに至るまで液中に沈むを以て其液濃厚なるときは入ること少なく、稀薄なれば入ること多し。故に豫め上部の頸に目盛りをなし置けば、之に因て液の濃さを定むることを得べし。

第十八圖 浮秤



浮秤には其制種々ありて、形狀用法多少相異なるなり。圖に示す者は其目盛りによりて直に液の比重を知り得べき者

三六

なり。
アルキメデスの原理による比重の測定 物体の比重を求むるには最普通にアルキメデスの原理を應用す。即ち其物体の空氣中にての重さ W 、蒸餾水中にての重さ w を測らば $\frac{W-w}{W}$ は物体と同立積の水の重さなり。故に求むる所の比重は $\frac{W-w}{W}$ なり。

三七

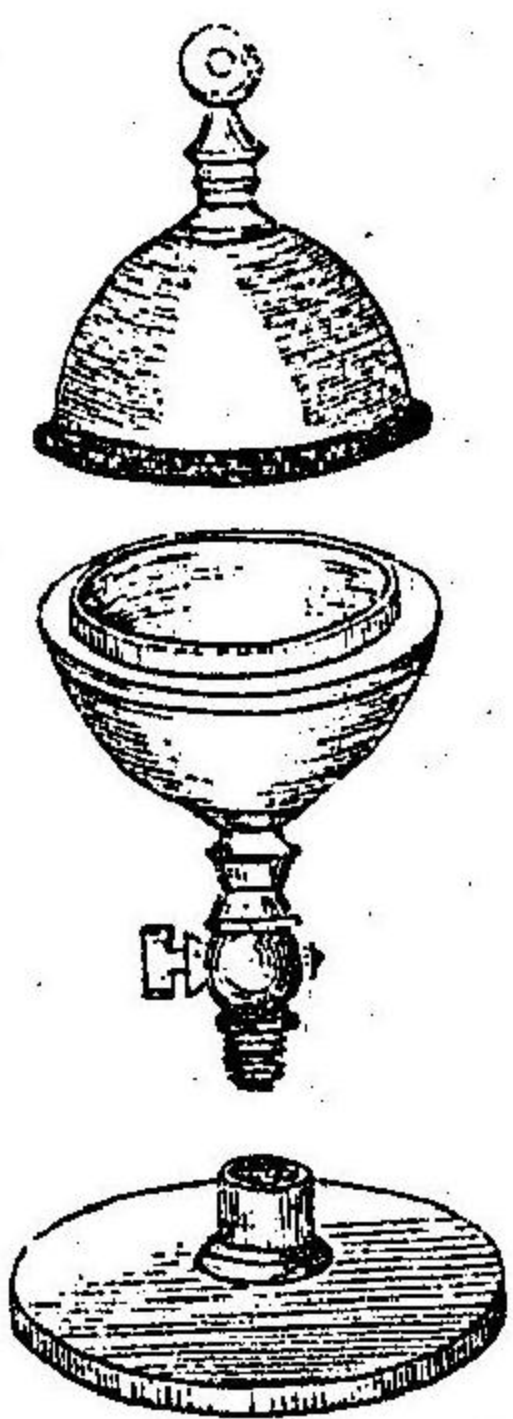
アルキメデスの原理を應用して、液體の比重を測るには任意の一物体(其液に溶解し又は化學作用を起さざる者)を取り其空氣中にての重さ A 、液中にての重さ B 、及び蒸餾水中にての重さ C とを測れば $\frac{A-B}{A-C}$ は求むる所の比重なり。
氣體の壓力 密閉したる器中にある氣體は器壁に壓力を作用し其反作用として器壁も亦氣體を壓す。此壓力の作用する方向は液體の場合と同じく器壁に直角なり。故に

三八

若し器壁が動き得る時(活塞の如き或は護謨袋の如き)に若し器壁を外より押す力を作用せざれば氣體の壓力の爲に器壁は押し出されて氣體は膨脹せんとす。
氣體にても重力による壓力あり、然れども其密度の小なるが爲に普通の容器中にある氣體に於ては之を考ふる必要なし、唯大氣の如き空氣の量非常に多き時に其作用現はるのみ。
大氣の壓力 空氣は上層に昇るに従て、漸々稀薄となりて判然たる表面を有するに非ず。若し假に空氣が上層に昇るとも、稀薄とならざる者として推算すれば、其高さは殆ど五哩に近し。吾人は此深さを有する空氣の大洋の底に棲息する者なれば凡ての物体は上層の空氣の爲めに壓せらる。此大氣の壓力を通常單に氣壓と云ふ。

第十九圖

ゲールケが千六百年代に獨國マクデブルヒ市にて初めて行ひし實驗



氣壓の強きことを證せん第十九圖に示す如き、二個の金屬製半球を取りて之を合はせ、其中の空氣を排除するときは容易に之を離すこと能はず。これは其外方より受くる壓力の強大なるを以てなり。然るに空氣を送入すれば、内外の壓力平均して之を離開すること甚易し。

三九

第二十圖

大氣の壓力を測る實驗
トリエリー
(千六百八十年)初めて之を行ふ

トリエリーの實驗 氣壓の強さを初めて測りしはトリエリーなり。其方法は第二十圖に示すが如き一端閉ぢたる長さ一米許の硝子管を取り、之に水銀を充たして水銀槽中に倒置すれば、管内の水銀の幾分は流出してBCの高さ殆ど七十六糎に至りて止む。此實驗に於て管の上部は空氣を含まざる所にして、之をトリエリーの真空と云ふ。今此管の横斷面積一平方糎ありとせば水銀柱の立積は七十六立方糎なり。然



四〇

るに水銀一立方糎は一三・五九六糎なり。故に其重さは殆ど千〇三十三瓦となり、氣壓の強さは一平方糎に付、千〇三十三瓦に當るを知る、氣壓の甚しき以て察すべし。
氣壓と山の高さ 氣壓は上層空氣の重さより起る者なれば高所に登るに従ひて氣壓減少す。故に山頂に於ては、山麓よりも水銀柱の高さは低かるべし。之によりて氣壓の強さによりて、略ぼ山の高さを測ることを得べし。

計算によるに、山頂に於ける水銀柱の高さaにして、山麓に於ては、兩所の平均溫度t度なれば山の高さH米は、次式によりて得らるべし。

$$H = 18432(\log b - \log a)(1 + 0.004t) \dots \dots \dots (4)$$

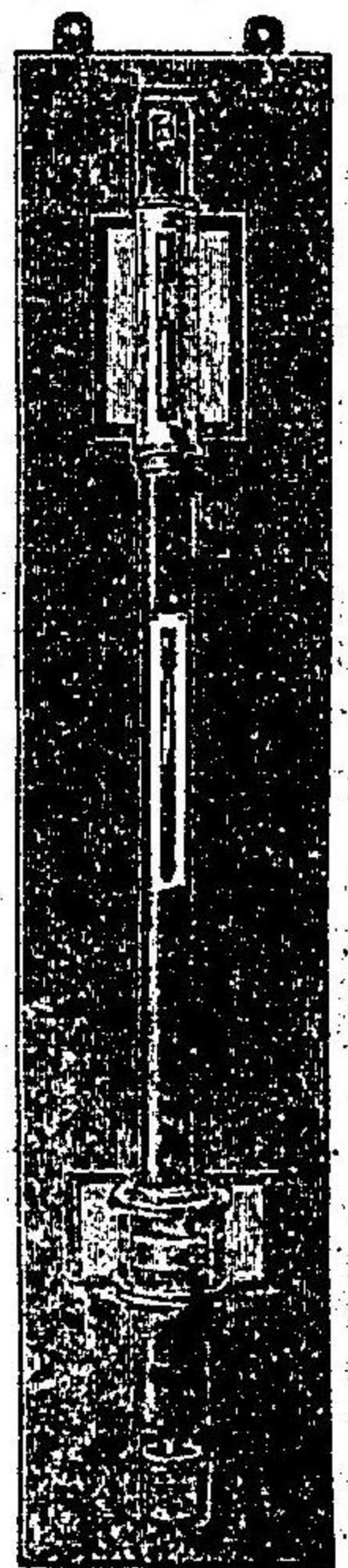
式中 $\log a$ $\log b$ は夫々 a b の普通對數なり。

四一

晴雨計 トリエリーの實驗の理に基づき、氣壓の強弱を測る器械あり、水銀晴雨計と云ふ。水銀晴雨計は學術用必

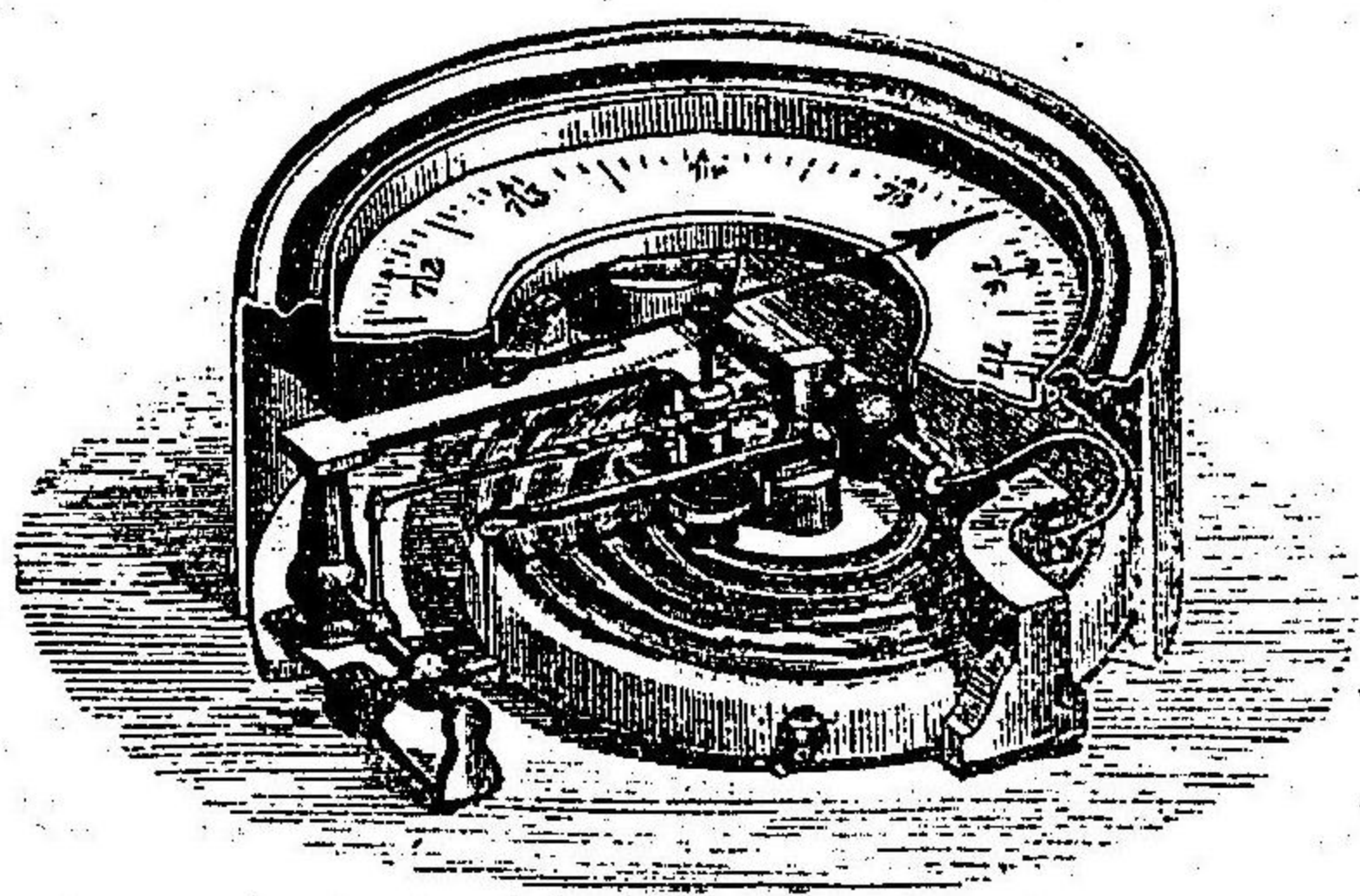
第二十一圖
水銀晴雨計

要なれども携帯に不便なるにより旅行者又は航海者等はアネロイドを用ふ。其要部は極めて薄き金屬板にて造りたる面に凹凸の溝ある箱にして、其中を眞空にし、之を密閉したる者なり。此凹凸ある表面は氣壓の變化に従ひて其形狀を變ずるにより、挺子によりて此變化を増大し、之を指針に傳へ、指針は目盛りしたる圓弧上を動きて氣壓を示すなり。風は空氣の流動にして、氣壓の高き所より低き所に向て吹くなり。殊に著しき低氣壓の場所あり。



四四

第二十二圖
アネロイド晴雨計



れば四方より此所に向て旋風吹くべし。中央氣象臺に於ては毎日數回全國の測候所より其觀測に係る氣壓、氣溫、風向等の電報を受け、之によりて天氣圖を作り、未來の天候を推測して暴風の警戒、天氣豫報等を發す。

四三

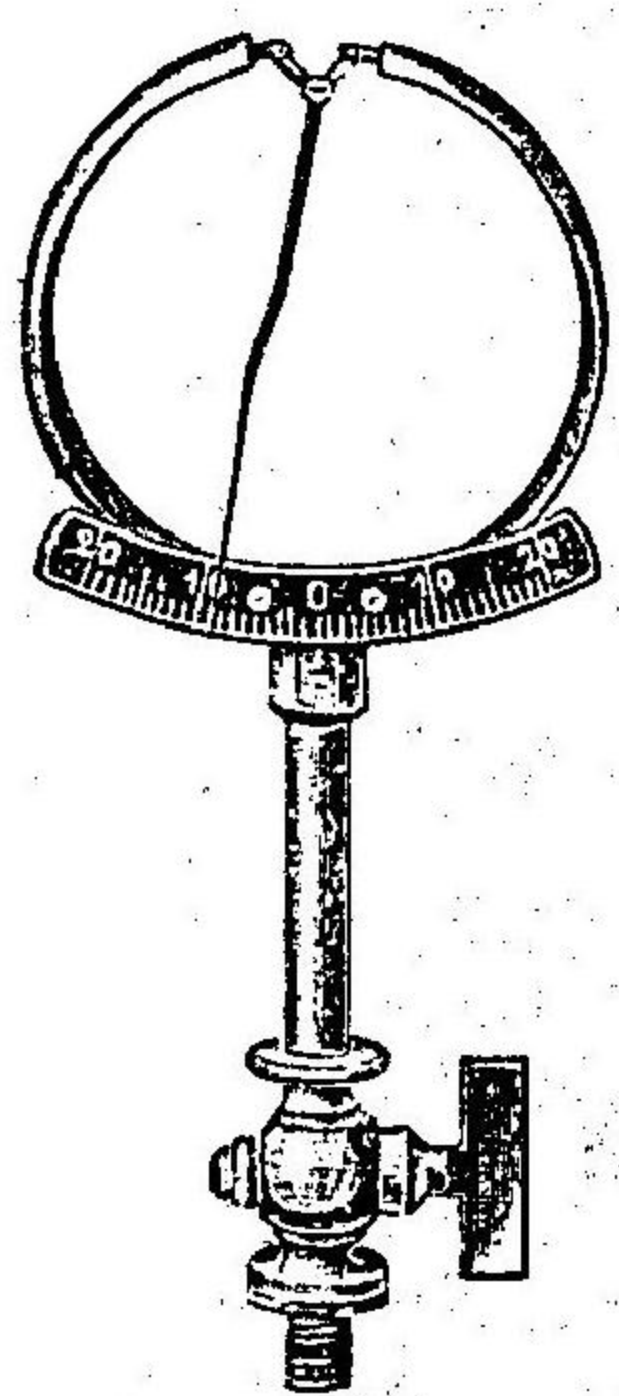
壓力の單位 壓力の單位としては一平方糎の上に一瓦の目方のかゝるものを使用して可なれど、常用のものは少しく之に異なれり。大なる壓力の場合には一氣壓を以て單位とす。之は水銀柱七十六糎の及ぼす壓力にして一平方糎につき一千〇三十三瓦の重さかゝれり。小なる壓力の場合には常に水銀柱の高さにて云ひ表はす、例へば單に壓力二耗なりと云へば水銀柱二耗の重さを意味するなり。

四二

壓力計 **ボイルの定律** 氣體の壓力を測る器械を壓力計と云ふ。之を大別すれば二種あり、其第一種はアネロイド

第二十三圖

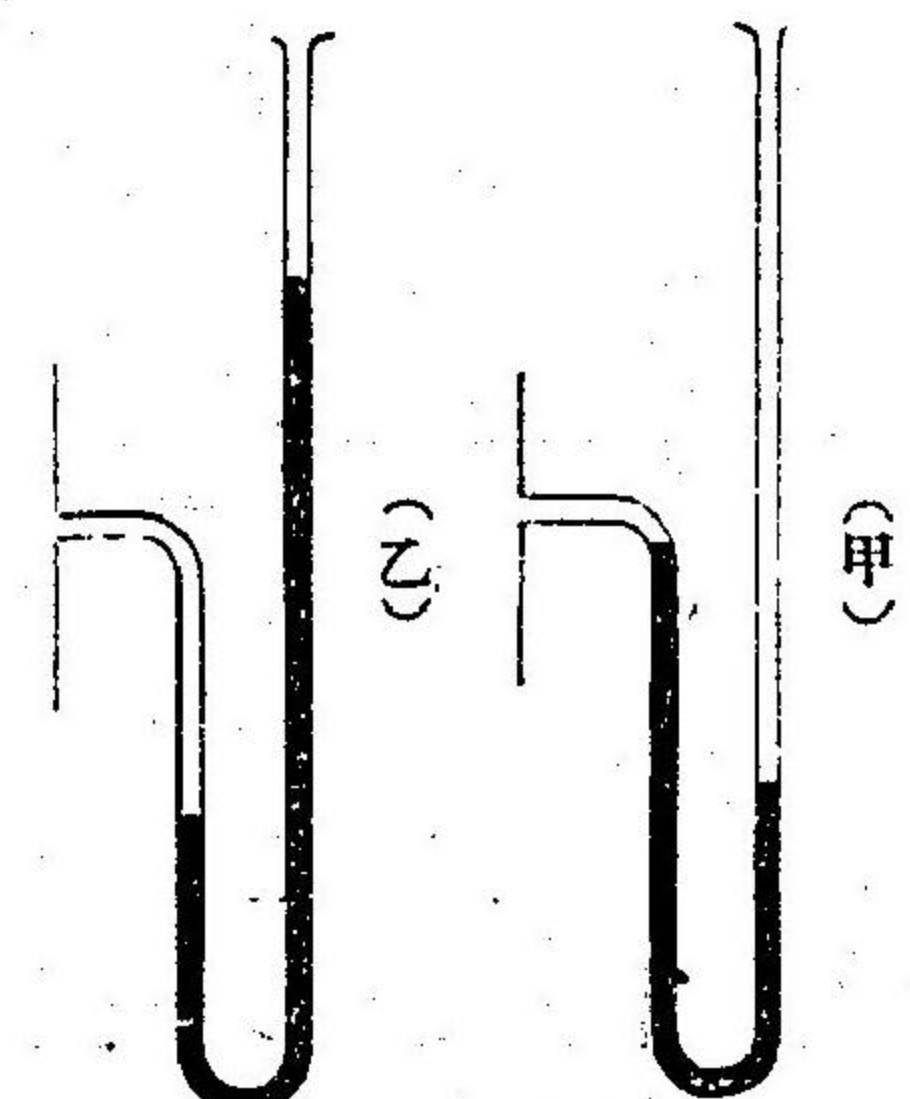
晴雨計と同様に基づく者にして薄き金屬にて作れる歪み易き曲管の内部を壓力を測らんと欲する場所と細管にて連絡せしむ。



第二十四圖

甲、大氣の壓力より小なる時
乙、大なる時

内部の壓力を見る時等に用ふ。第二種は一氣壓に近き壓力を測る時に用ゆる者にして、水銀を入れたるU字管を用ひ其一方の脚を壓力を測らんと欲する氣體と連絡せしめて水銀の表面に此壓力を作用せしむ。U字管の他脚は開きて其水銀面が大氣に接するものと閉されたる者とあり。此脚の水



第二十五圖

銀面には開管に於ては氣壓が作用し閉管に於ては其中にある氣體の壓力作用す、故にU字管の兩脚に於ける水銀面の高さを比較して器中の壓力を知るなり。ボイルの定律は斯の如き壓力計を使用して實驗せられたるなり。

四

氣體の立積 氣體の立積は其溫度及び其蒙る壓力によりて支配せらる。故に氣體の立積を云ふには其溫度と壓力とを告げざるべからず。溫度の壓力一氣壓の下にある氣體を標準状態にあるものとし、普通此状態に於て占むべき立積を以て氣體の立積と爲す。溫度 t 壓力 p の時の立積を v とすれば標準状態に於ける立積 v_0 は次式によりて算出し得べし。但 p_0 を一氣壓とす。

$$v = \frac{pv_0}{p_0} = \frac{273pv_0}{p(273+t)} \dots\dots\dots(5)$$

四五

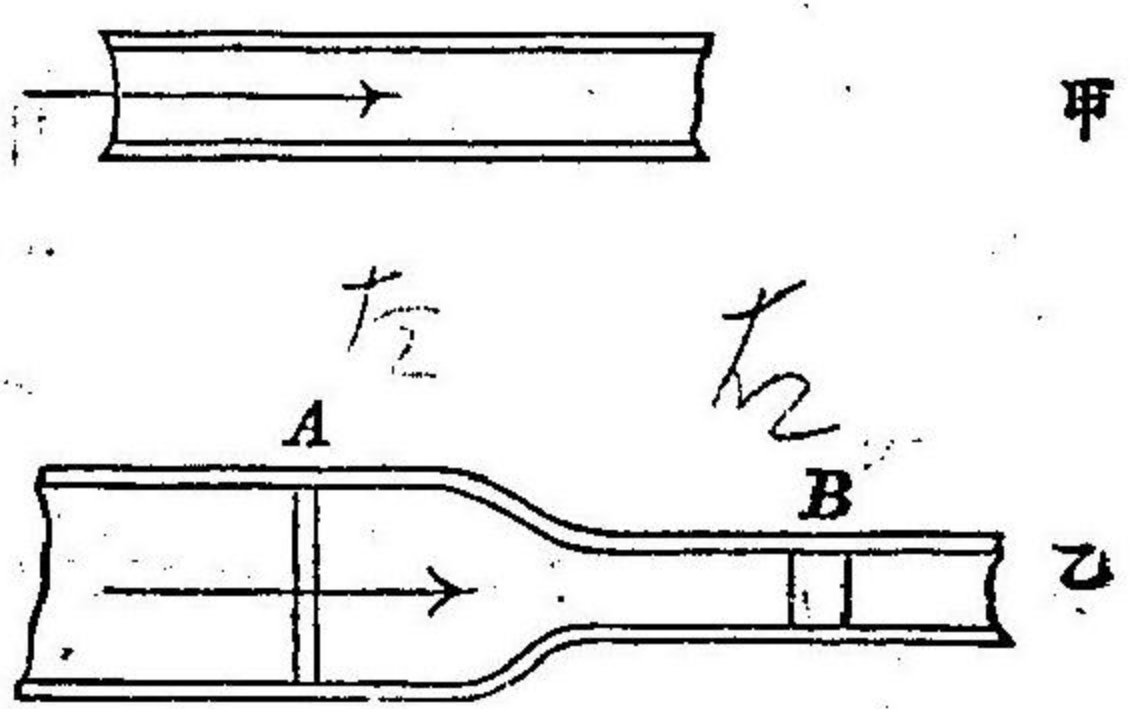
空氣中に於ける物體の重さ 空氣中に於て測りたる物體の重さはアルキメデスの原理に従へば其眞正の重さに非ずして其排斥する空氣の重さ丈け輕し。是を以て大なる物體は小なる物體よりも空氣中に於て重さを失ふこと多し。

之を證するには空氣中にて同重を有する大小二個の物體を天秤の兩端にかけ之を空氣ポンプの玻璃鐘内に入れ鐘中の空氣を抽出すれば立積の大なる方降るを見るべし。

四六

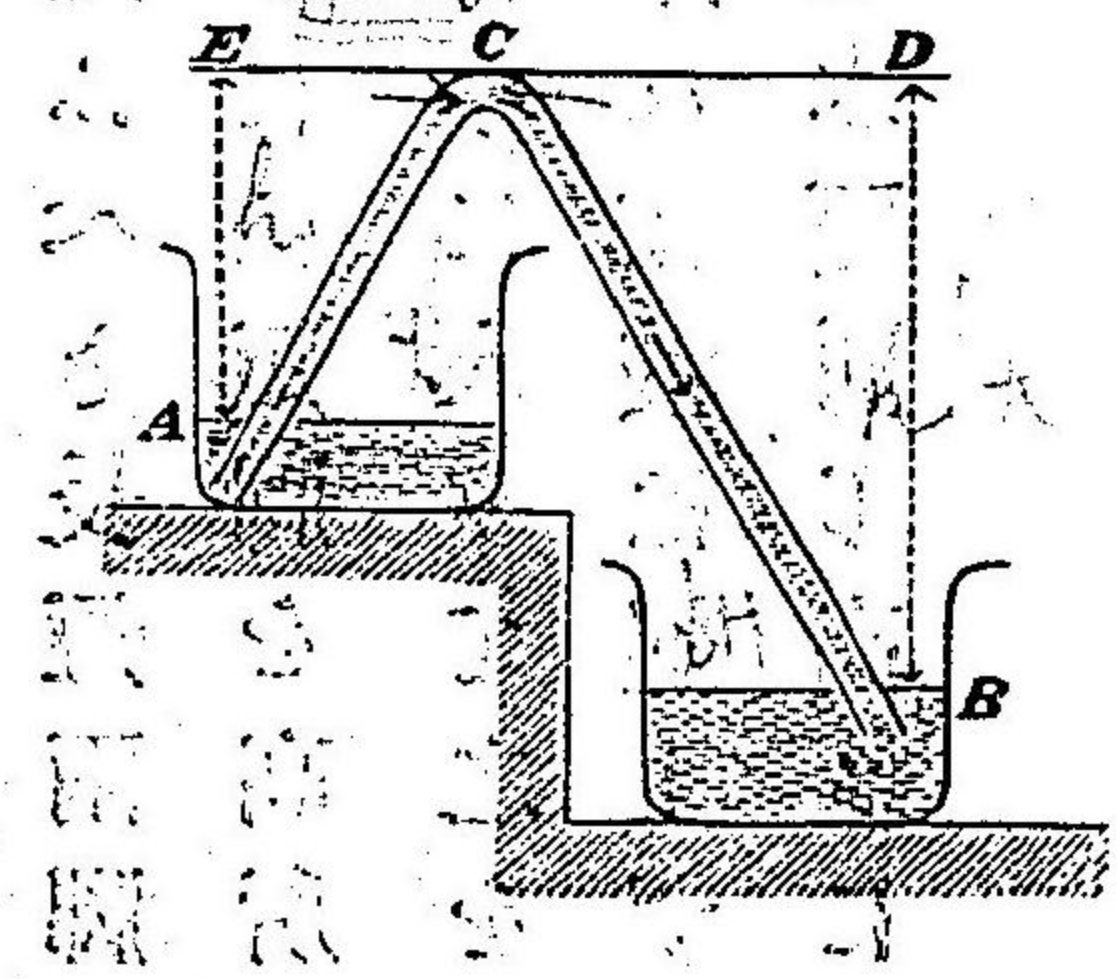
流動する流體中の壓力 前文説く所の流體の壓力に關することは常に其靜止せる時のみに就て論ぜり。流動する場合に於ては同じ水平面中にも壓力同一ならざることあり。例へば第二十六圖甲の如き太き太き一様なる水平の管を流るゝ液にありては壓力各所一様なれども乙の如き太

第二十六圖
管中を流るゝ液



第二十七圖
サイフォン

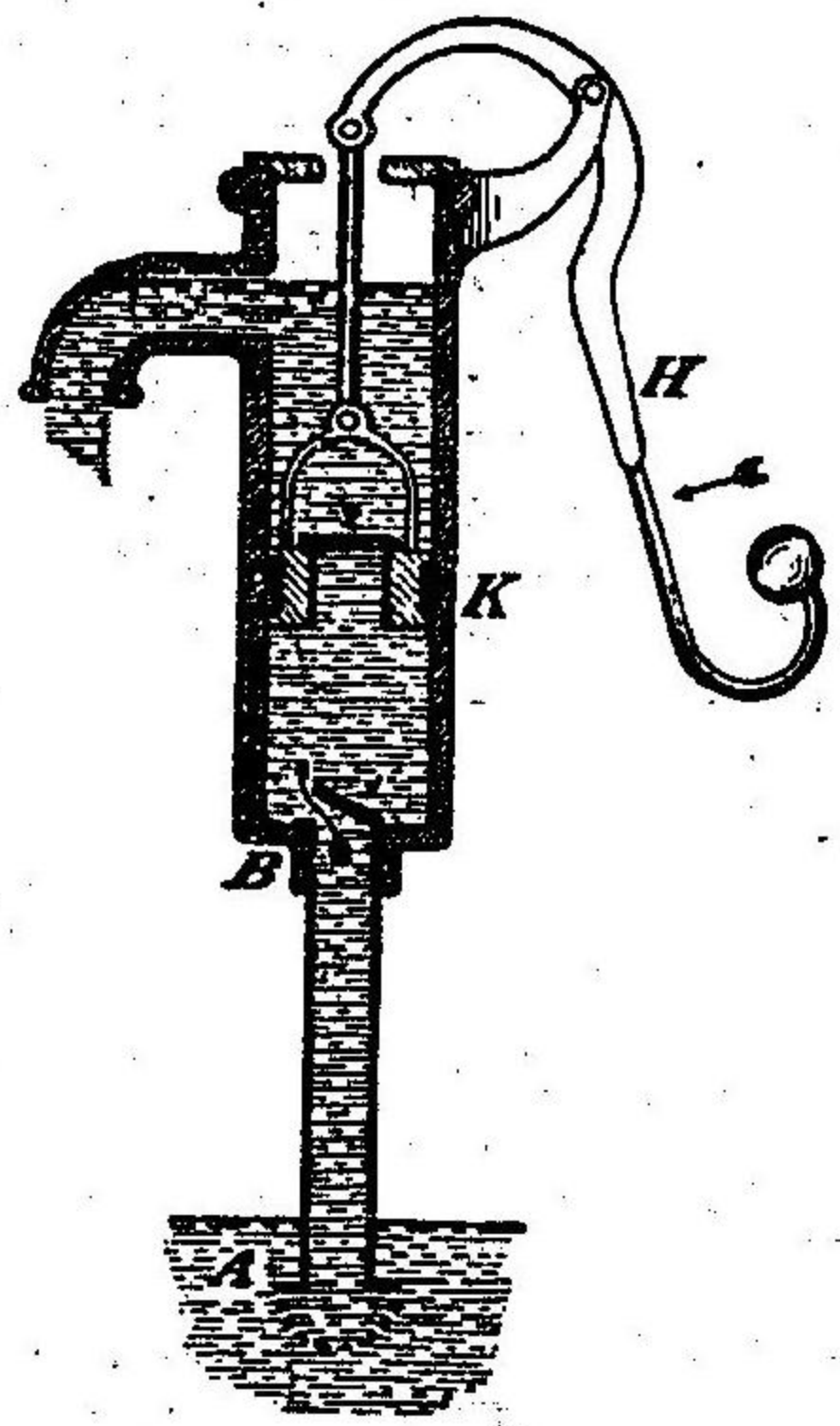
さ不同なる者に於ては壓力異なりて太き所にては壓力大に細き所にては壓力小なり。其理如何と云ふに乙に於ては管の太き所Aにては流體の速度小にして細き所Bに於ては速度大なり。然るときは一定量の物質がAよりBに流るゝに従ひて漸々早さを増す、即ち加速度を有するを以て考ふれば右方より作用して運動に抗する壓力は左方より運動を催す壓力より小ならざるべからず。甲に於ては左右よりの壓力相等しく相釣合ひて之が爲に流體は等速運動を爲すなり。



ある器中の液を低所にある器に移すに用ふべき長短兩脚を有する彎曲せる管なり。之を使用するには短脚を高所にある器に掛け、長脚より之を吸へば液管中に入りて之を充たす。此時長脚を低所に在る液に入るれば液は絶えず管中を流れて高所より低所に移り兩器の水面同じ高さに達すれば止む。

四八

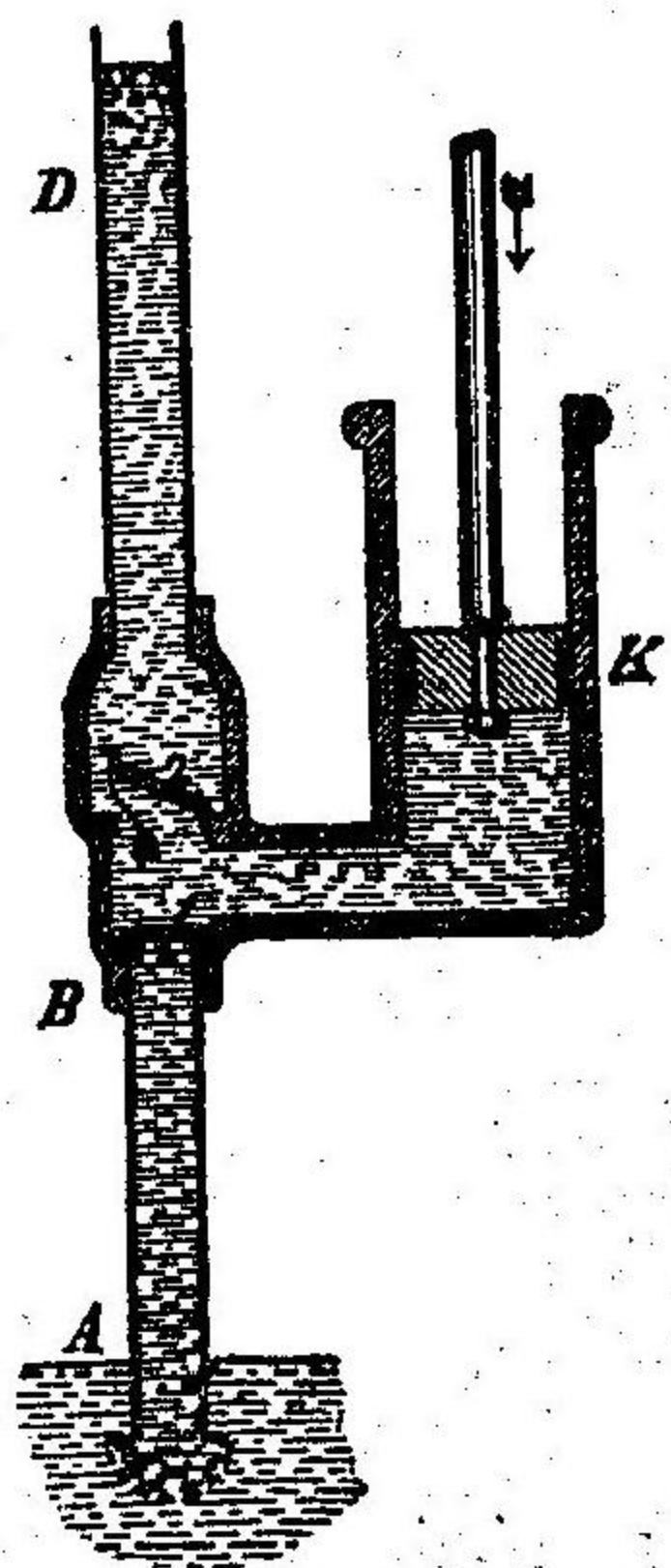
吸上げポンプ 井水を汲揚ぐる等の目的に使用する吸上げポンプは第二十八圖に示すが如き者にして圓筒Kの底に1なる瓣あり。圓筒内を上下する活塞には2なる瓣あり共に上方にのみ開くものなり。今把手Hを押下げて活塞を引



第二十八圖 吸上げポンプ

四九

揚ぐるときは、瓣2は閉ぢ、井水は瓣1を壓開し、圓筒中に入す。次に活塞を下ぐるときは2は開かれ1は閉ぢて、水は活塞の上に出で、吐口より流出するなり。 押上げポンプ 此ポンプの活塞は瓣を有せず、活塞を引揚げたるるとき井より吸上げられたる水は、活塞を押下ぐるとき壓せられて、圓筒の側面につけたる管Dにある、瓣2を壓開して水を高所に送るなり。

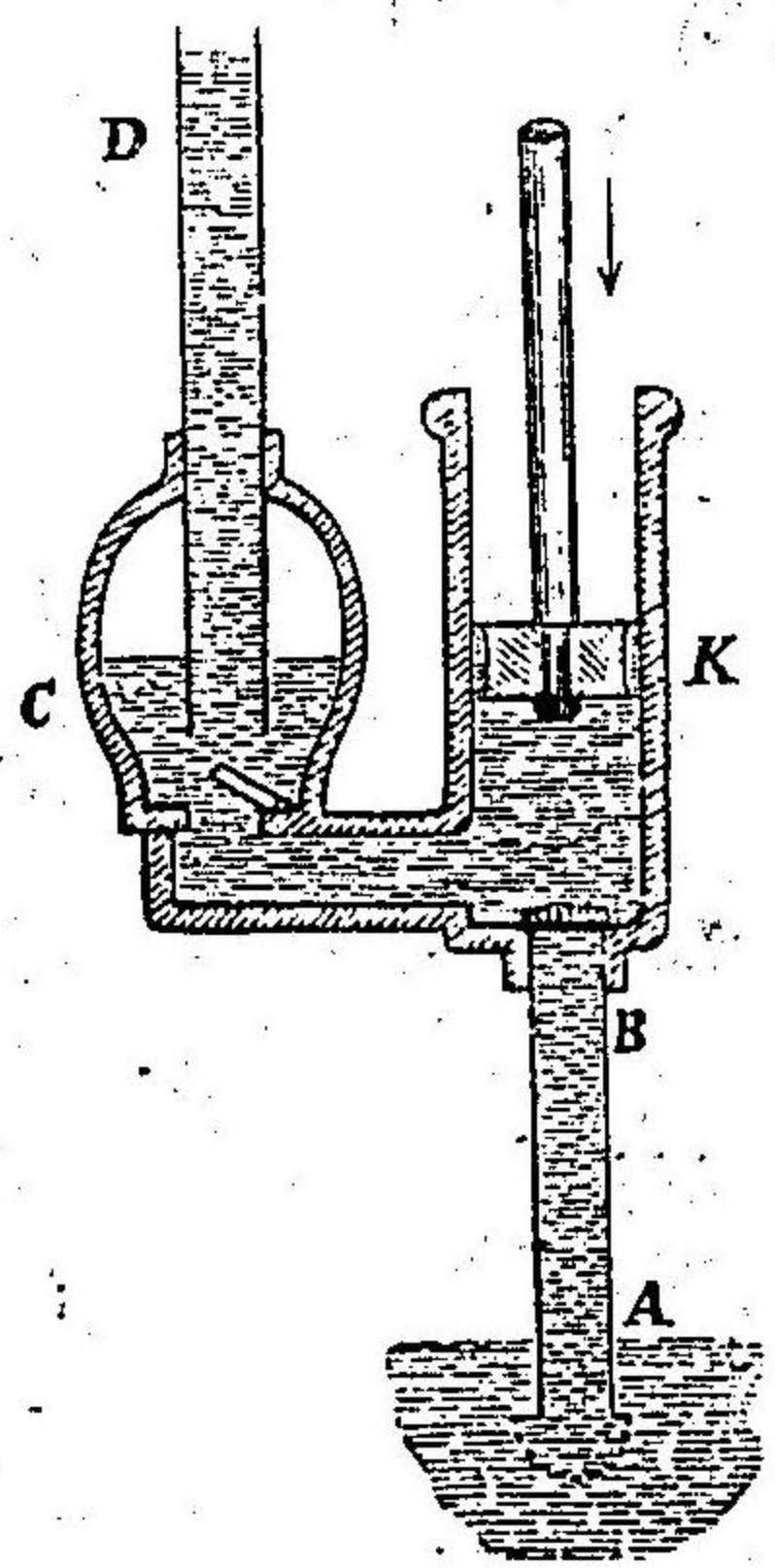


第二十九圖 押上げポンプ

水の高所に昇るは活塞を押下ぐる時のみなればD管の上端より水の流出するに間斷あり、之を避くるには空氣室を供へたる者を用ふべし。空氣室とは第三十圖の密閉した

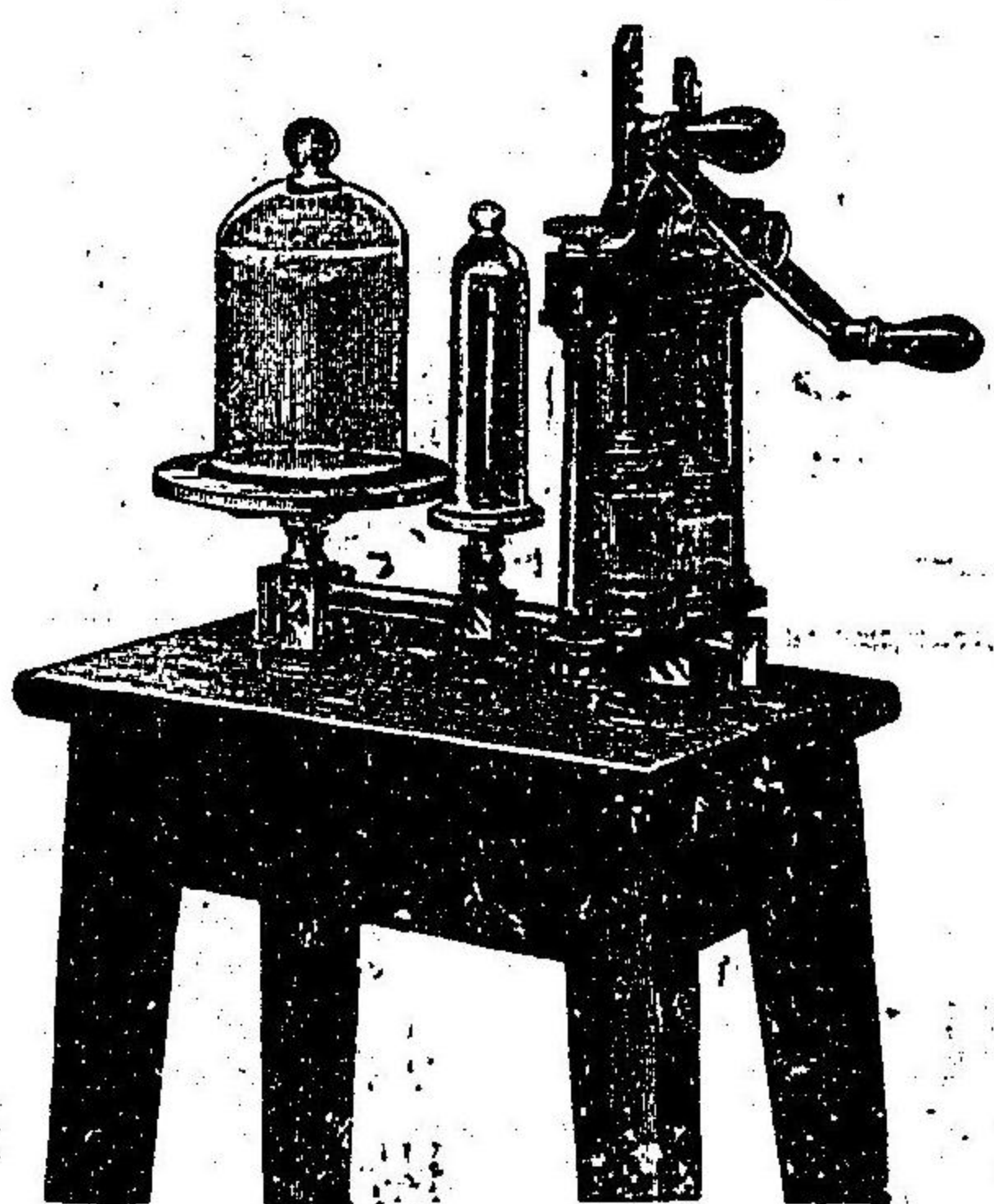
第三十圖
空氣室を有する
押しポンプ

る小室Cなり。活塞を押し下げたるとき、瓣を壓開する水をして、先づ此中に入らしむれば水は室内の空氣を壓縮して此中に進入して水の室内に入り來らざる間にても此壓縮せられたる空氣の爲にD管より噴出する水には殆ど間斷あることなし。消火用ポンプは二つの押しポンプと一の空氣室とより成る。空氣ポンプ 空氣ポンプとは密閉せる器中の空氣を排除する爲に用ふる器械にして、其種



第三十一圖
空氣ポンプ

五〇

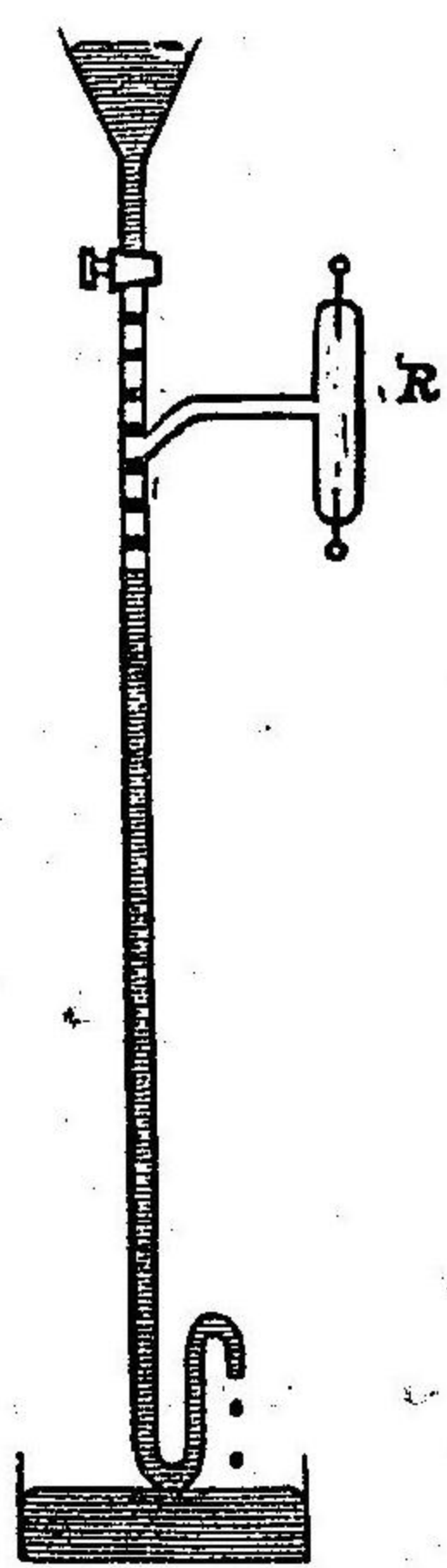


類多し、通常用ふる者は、吸上げポンプと其理相似たり。然れども此種の者に於ては鐘内の空氣稀薄となるに従ひ壓力減少し、終には瓣を押し開くこと能はざるに至るが故に、完全なる眞空を得ること能はず。

五一

第三十二圖
 Sprengel
の水銀空氣ポンプにて眞空
管の空氣を抜く圖

水銀空氣ポンプ Sprengelの空氣ポンプは、長さ四尺許の、堅牢なる細き硝子管の上端に漏斗を附し、枝管によりて空氣を抽出せんと欲する器Bに通ず。今漏斗に水銀を入れ、滴々、管中を流下せしむれば、B中の空氣膨脹して、水銀の滴粒間に挟まれ水銀と共に下方に送り出さるゝなり。此ポンプは前記の者よりは良き眞空を得べき者にして、眞空管を眞空にする等に用ふ。此他にトリチーリ真空の理を用ひたる水銀空



氣ポンプあり。

第三編

熱

五二

熱量の單位 冷體に熱を與ふれば溫度上昇し、又暖體より熱を奪ひ去る時は溫度下降す。熱量の單位をカロリ^oと云ふ。カロリは一瓦の水を溫度1^o丈け温むるに要する熱量なり。故に1^oの水 m 瓦を t に温むるには mt のカロリの熱を要す

五三

熱容量 比熱 物體の溫度を上昇せしむるに要する熱量は物質によりて一様ならず。或物體を溫度1^oだけ熱するに要する熱量を其物の熱容量と云ふ。或物體の熱容量と同質量の水の熱容量との比を其物質の比熱と云ふ。氣體にありては其熱し方によりて比熱を異にす。例へば

五五

密閉したる器に入れ立積を一定に保ちたる時を自由膨脹し得べき器に入れ、壓力を一定に保ちたる時の如し。比熱の物体の瓦の熱容量は cm にして之を Q の如し。あるには $Q = mc$ カロリーの熱を要す。比熱の測定物質の比熱を測定するに種々の方法あれども、最簡單なるは混合法なり。其法は比熱を測らんと欲する物体を或る温度に温め置き、之を一定の質量、一定の温度を有する水中若しくは比熱の知れたる液中に投じて、其結果の温度より算出するなり。

五五

融解 凝固 固体に充分なる熱を與ふれば、變じて液體となる。

比	熱	
黄金、白金、鉛、水銀	0.03	
鐵、白銅	0.11	
銀	0.06	
銅、亞鉛	0.09	
水	0.51	
酒精	0.55	
空氣	定立積	0.17
	定壓力(一氣壓)	0.24
水蒸氣	定立積	0.37
	定壓力(一氣壓)	0.48

五六

なる。此現象を融解と云ひ、其時の温度を融解點と稱す。普通の場合に於ては固体の融解點は各物質に付き夫々一定し、且つ物体融解を始め、之を終る迄は温度の變化あることなし。例へば氷を融解して水となすに、氷塊の存在する間は其温度始終 0° に止まるが如し。寒暖計の氷點は之を利用したるなり。又液體を冷却すれば固体となる。此現象を凝固と云ふ。凝固の温度即ち凝固點は其物質の融解點と全く同じく、其物体の凝固しつつある間は温度は變化せず。融解熱 物体融解するときには外より供給したる熱を吸収し、凝固するときには外界に熱を與ふ。一瓦の固体を融解するに必要なる熱量を其固体の融解の潜熱或は單に融解熱と云ふ。例へば 0° の氷一瓦を 0° の水に變ずるには八十力

ロリーの熱量を要するにより、氷の融解熱は八十カロリとなりと云ふが如し。

五七

融解點と壓力との關係 多數の物質は、融解する時膨脹し、凝固する時收縮するを常とすれ共、水、鐵、蒼鉛、アンチモニーの如き者は、融解すれば收縮し、凝固すれば膨脹す。彼の岩石の罅隙に竄入したる水の、冬季に當りて氷結し、其膨脹によりて岩石を破壊し、或は水道鐵管の冬時破裂することあるは、吾人の往々聞く所なり。融解の際膨脹する性を有する固體に、強大なる壓力を加へて、其膨脹を妨ぐる時は、平常の融解點よりは高き溫度にあ

	融 解 點	融 解 熱
酒精	-112°	
水銀	-39°	2.8 ^{カリ}
氷	0	80.0
鉛	327°	6.
銀	961°	21.
硝子	800°乃至1400°	
黃金	1064°	
銅	1084°	42.
白金	1790°	27.

錫 232°

五八

らざれば融解すること能はず。之に反して融解の際收縮する物體に、外壓を加ふれば、其融解點に達せざる以前に融解する者なり。即ち石蠟の融解點は46°³なれ共、之に百氣壓の壓力を加ふれば49°⁹に至りて始めて融解し、又氷の融解點は百三十五氣壓に於て⁹なるが如し。

寒劑 氷と食鹽とを混すれば溫度著しく降下す、之れ食鹽が溶解するに當り多量の熱を吸収する

種々の寒劑及び其降下する溫度を示す。

五九

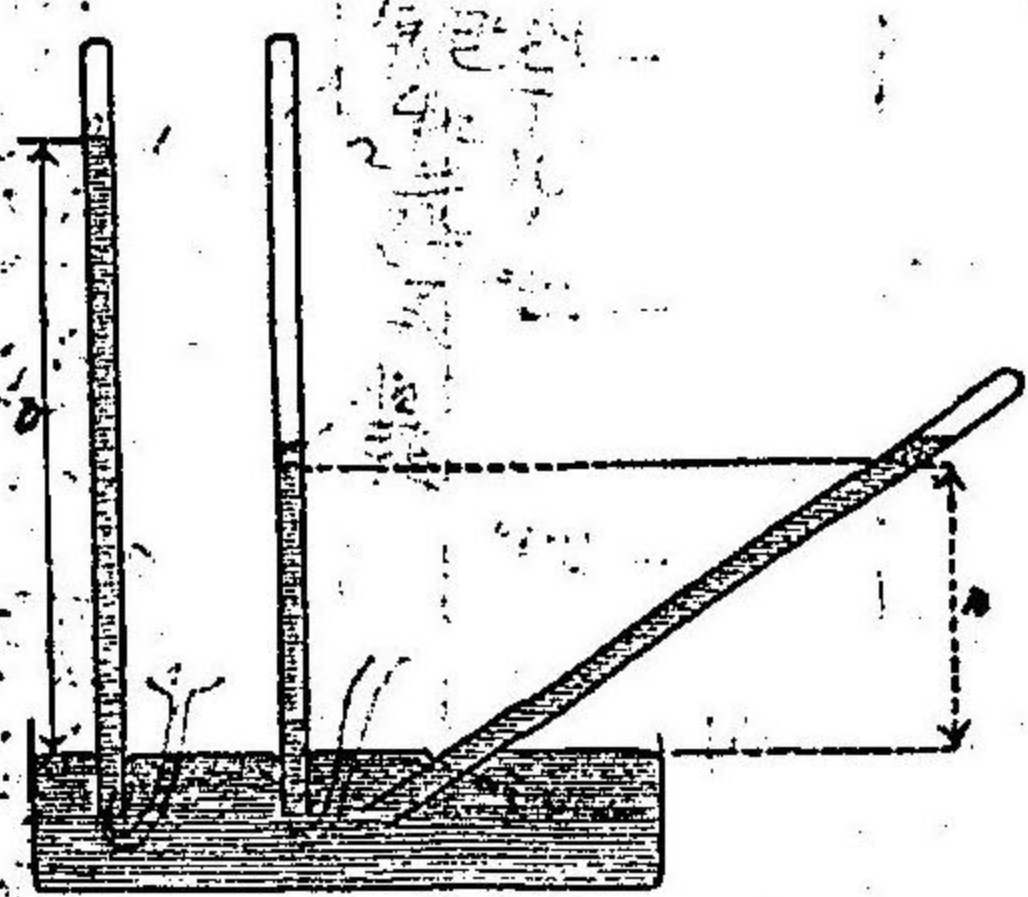
氣化 飽和壓力 液體の變じて氣體となる現象を氣化と云ひ、此氣體を蒸氣と云ふ。瓦斯とは通常の溫度にては氣體として存在することなき氣體を云ふ。

硫酸ソーダ	八	-18°
鹽 酸	五	
氷(粉末)	二	-22°
食 鹽	一	
磷酸ソーダ	九	-29°
稀硝酸	四	
鹽化カルシウム(粉末)	四	-51°
氷(粉末)	三	

エーテル -177°

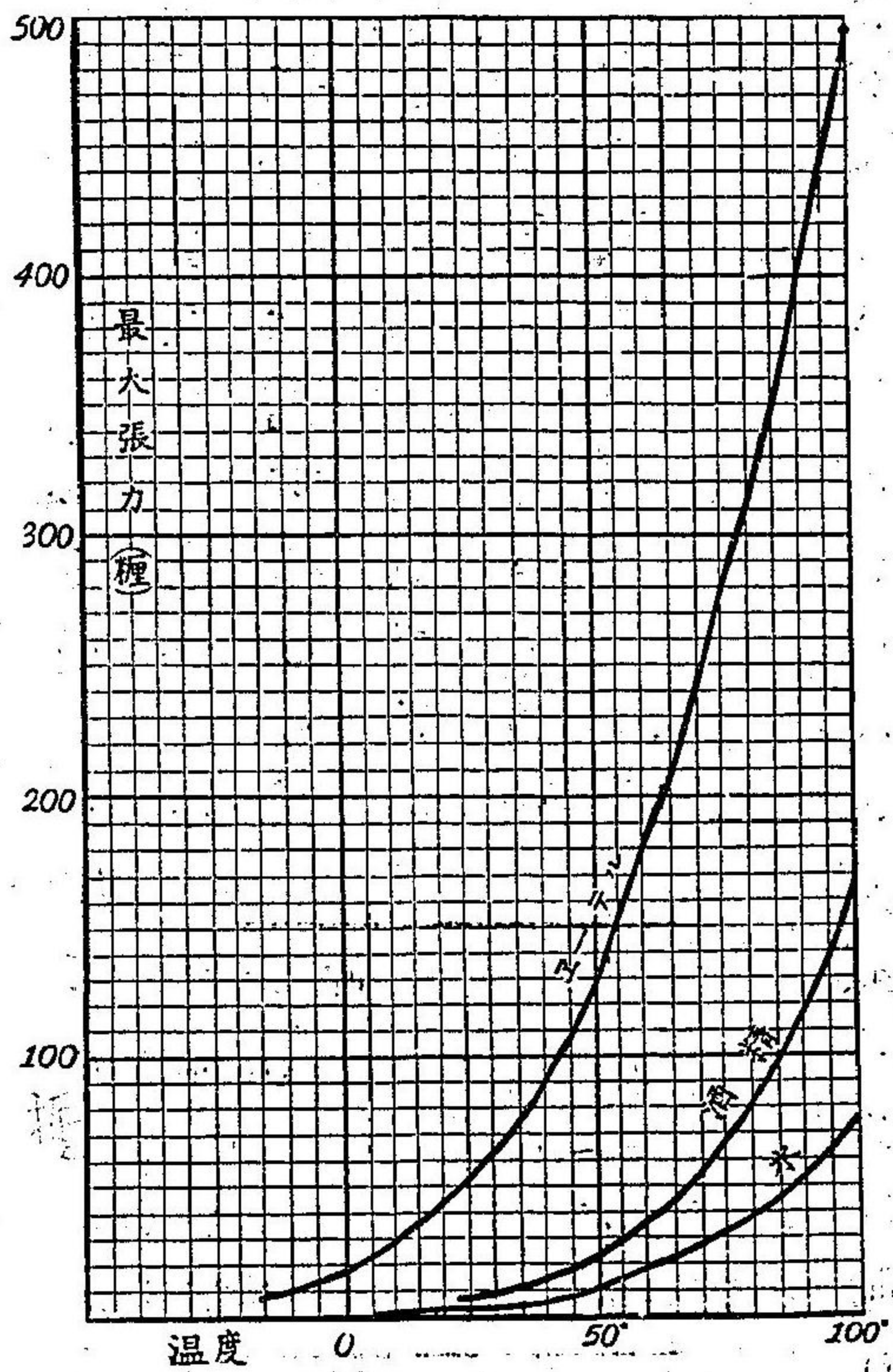
第三十三圖
飽和壓力

トリチーリーの實驗の如く、水銀を充てたる長き玻璃管を水銀槽中に立て、管の上部にトリチーリーの眞空を作り、次に管の下端より數滴の液體を送入すれば、液は水銀中を通して管を上昇せ、トリチーリーの眞空に達すれば、忽ち氣化して見るべからず。而して此際水銀柱の高さは上部眞空なりし時よりは著しく低し、是に於て益、管中に液を送入すれば、液は漸々氣化して水銀面を壓下すること愈甚しがるべし。然るに水銀柱の高さ或る一定所に至れば氣化全く止み、以後送入する液は液體の儘にて水銀面上に浮ぶのみ。例へば20の時、水を送入すれば、水銀柱の下ること即ちトリチーの高さ十七、四耗に至りて止み、酒精なれば四十四、五耗に至りて止む



第三十四
溫度と飽和壓力との關係圖

が如し。此の如く液體と蒸氣と相觸るゝに至りたる時は管の上部にある蒸氣の量は其立積中に含有し得べき最多量に達せし時にして此場所は蒸氣を以て飽和せられたりと云ひ、此有様に於ける蒸氣を飽和蒸氣と云ふ。而して此飽和蒸氣の示す壓力を其最大壓力又は飽和壓力と云ふ。第三十四圖は種々の溫度に相等する最大壓力を示す者なり。



六〇

蒸發 沸騰 液體の表面より靜に蒸氣を發するを蒸發と云ひ、液體の内部よりも蒸氣が氣泡となりて出づるを沸騰と云ふ。

氣體の沸騰するは液面に作用する所の外壓によりて決定せらるゝ、特別の溫度に於てす。例へば水は一氣壓の時は100°に於て沸騰すれども五氣壓の時は152°、十氣壓の時は180°に於て始めて沸騰するが如し。液面に作用する外壓一氣壓の時に沸騰する溫度を其液の沸騰點と名づく。

	沸騰點
水	100°0
エーテル	34°9
酒精	78°4
水銀	35°7

液の蒸發は其表面の觸るゝ場所が己れの蒸氣を以て飽和せらるゝに至るまで繼續する者にして其所に他の氣體ありても之によりて妨げられず。

六一

氣化熱 液體の沸騰する間は溫度一定して變化なく其間は外界より熱を吸收すること猶固體の融解するときの如し。液體一瓦を氣化するに要する熱量を氣化の潜熱或は單に氣化熱と云ふ。

	氣化熱
水	536 ^{カリ}
アンモニア	294
酒精	202
エーテル	91
水銀	62

六二

液化 氣體の變して液體となるを液化と云ふ。氣體を液化せしむるには通常(一)之を壓するか或は(二)之を冷却すれば可なり。

空氣酸素、水素の如きは唯壓するのみにては液化せず、各物質に特異なる或溫度臨界溫度以下に冷却せざるべからず。故に此等の氣體は之を壓

	臨界溫度
水	+ 365°
炭酸素	+ 31°
酸素	- 118°
空氣	- 140°
窒素	- 146°
水素	- 243°

すると同時に之を冷却して始めて液體となし、更に之を冷却して固體となし得べし。

六三

空氣中の水蒸氣 空氣は常に河、海、沼、湖等より蒸發する水蒸氣を含む。此水蒸氣の量と同溫度にて飽和せられたる時の水蒸氣の量との比を空氣の濕度と云ふ。然るに水蒸氣の量は、其壓力に比例する者なるによりて水蒸氣の現在の壓力 f と其溫度に於ける飽和壓力 F との比 $\frac{f}{F}$ によりて濕度を測り得べし。

濕度計に種々の形あり。第三十五圖に示すは f を飽和壓力とする溫度即ち所謂露點を測定する装置なり。空氣の溫度と露點とよりして特に作られたる表によりて濕度を定むることを得。凡そ露點 t を定むるには或物體を漸々冷却して此溫度に至らしむれば空氣中の水蒸氣は其表面に凝結すべきにより露の現はれ始むる溫度を



第三十五圖
濕度計の一種
露點を定むるもの

六四

見れば可なり。此器械の要部は金屬製の圓筒形の器にして其の一方の壁は他より大なる圓板にして其表面は鏡の如く磨かれたり。又此圓板には圓筒と同じ半徑の半圓形の切り目あり。此圓筒内にエーテルを入れ小なる護謨輪にて此中に空氣を送入すればエーテルの急激なる蒸發によりて圓筒の溫度漸々降り(第六一節)終に露點に達すれば其上に凝結する水蒸氣の爲に鏡面曇り始むべし。而して鏡の切り目の下にある部分は直接に圓筒に觸れざるによりて曇らず故に吾人は甚容易に露點を決定し得べし。

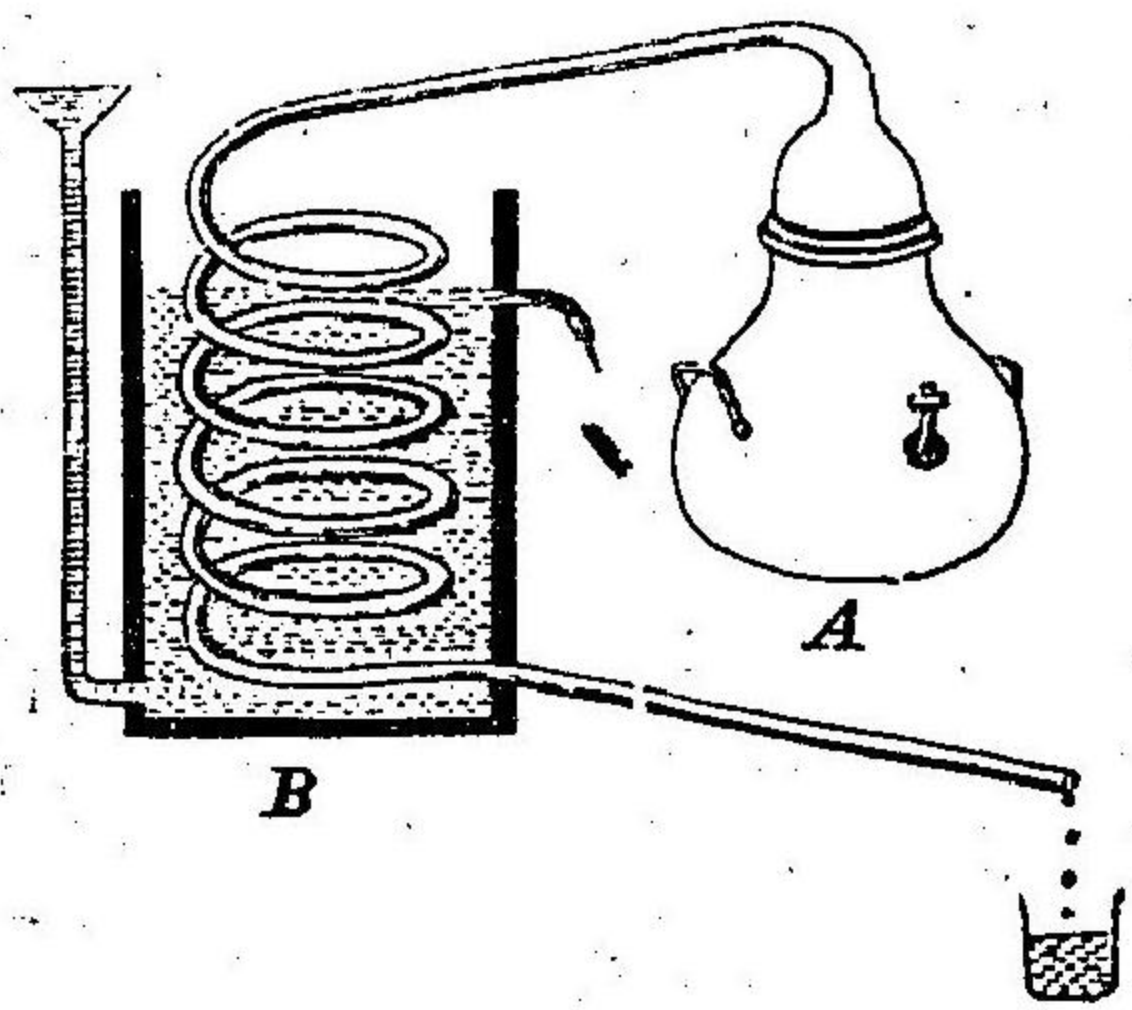
蒸餾

種々の液の混合物に加熱すれば其沸騰點最低者他液に先ちて氣化すべし。故に他液の盛に蒸發せざる迄に之を温め其發生したる蒸氣を冷せば其凝結したる液は沸騰點の最低者を多量に含有す。此理によりて混合液を分離する方法を蒸餾と云ふ。石油の精製等工業上有用の方法

なり。蒸餾器は、混合液を熱すべき釜Aと蒸氣を冷すべき蛇管Bとより成る。

六五

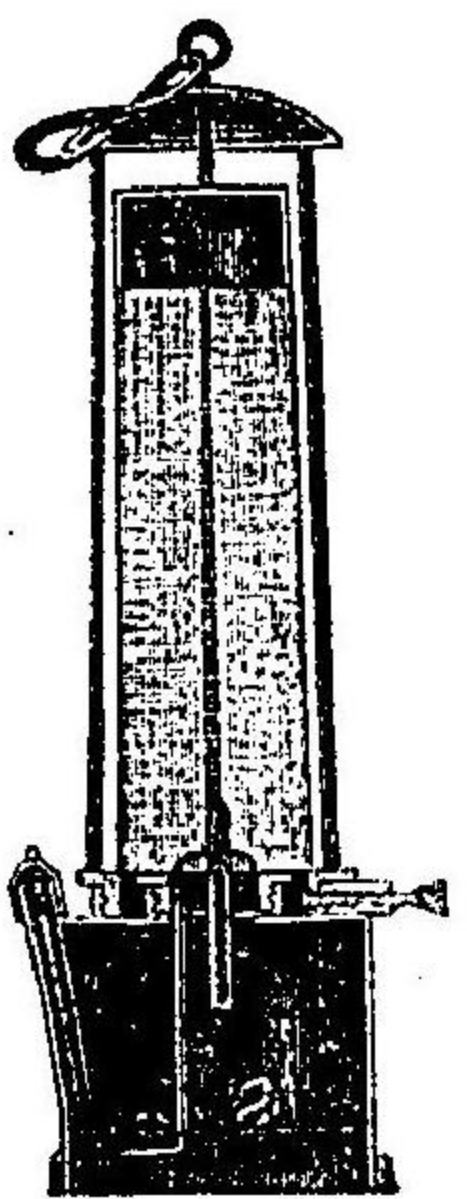
熱の傳導 金屬棒の一端を持ち他端を熱するに熱は次第に傳播し來りて終に把持すべからざるに至る。斯の如く熱が物體の温度高き一部より低温度の部に移動する現象を熱の傳導と云ふ。傳導の遲速は物質によりて一樣ならず。金屬の如く良く傳導する者を傳導體と云ひ、木、竹、毛布の如く、良く傳へざる者を不導體と云ふ。上記の試験に於て金屬棒に木柄を附するか、若くは布片を纏は、他端は紅熱せらるゝとも手に甚しく熱を感じざるべし、之れ不導體によりて熱の移動を妨げたればなり。一室内にある物品は、殆皆同温



第三十六圖 蒸餾器

度にありと雖も、試に手を以て之に觸るゝに金屬は冷かに、鶯絨、布帛は暖かに感ず。之れ傳導度の相異なるに基く。即ち金屬は速かに體温を奪ひて之を他部に傳導し布帛は之を奪ふこと遅ければなり。金屬中に於て銀は最良の傳導體にして、銅之に次ぐ。

炭坑内に於て使用する安全燈は、火炎の周圍を細かき金網にて包みたる者にて、金網が熱の良導體なることを利用せるなり。



第三十七圖 安全燈

六六

對流 液體は水銀及び金屬の融解したる者を除くの外、概して熱を傳導すること極めて遅し。一の試験管に水を充たし、其中に錘を付したる氷塊を沈下せしめ、酒精燈を以て管の上部を熱するとき、表面の水盛に沸騰するに至ると雖も氷塊融解することなし。普通に湯を沸かす時の如く、

器底より加熱すれば、熱せられたる液は密度小なるが故に上層に浮出して上部の冷液に熱を與ふ。此間に他部の冷液交代して器底に沈み、更に熱を受けて上昇す。斯の如く上下の液循環して速に熱を全部に分配する現象を對流と云ふ。對流は重力傳導の兩作用相待て起る者なり。

第四編

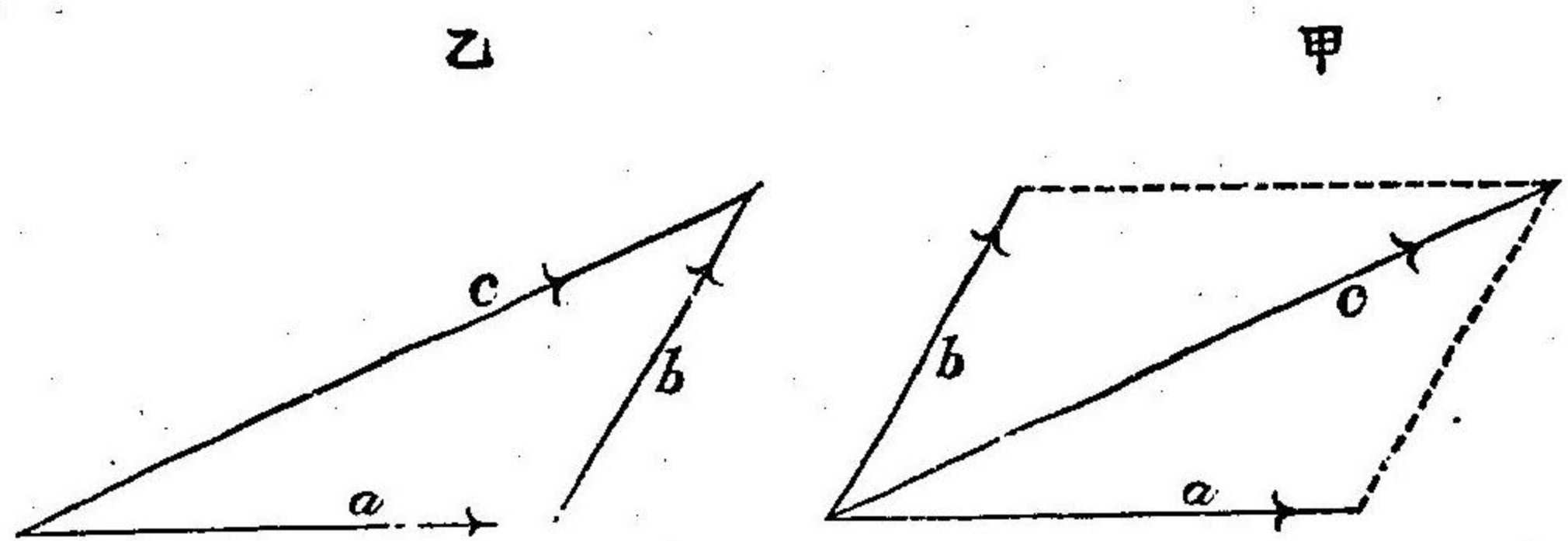
運動及び力

六七

速度の合成 分解 一の物體が同時に二つの異なりたる速度を有すと考へらるゝ場合あり。例へば北に向て走る汽車の中にある旅客が客室内を西側より東側に向て歩行するときの如く旅客の汽車に對して有する速度と、汽車の地面に對して有する速度とあり。此旅客の地面に對して爲す運動の速度を求むる方法を速度の合成と云ふ。凡そ力又は速度の如き方向と大きさを有する量は常に之を一の直線にて表はし得べし。即ち此量の有する方向に一直線を引き其長さを量の大きさに正比例して取るなり。二つの速度の合成速度を求むるには與へられたる二つの

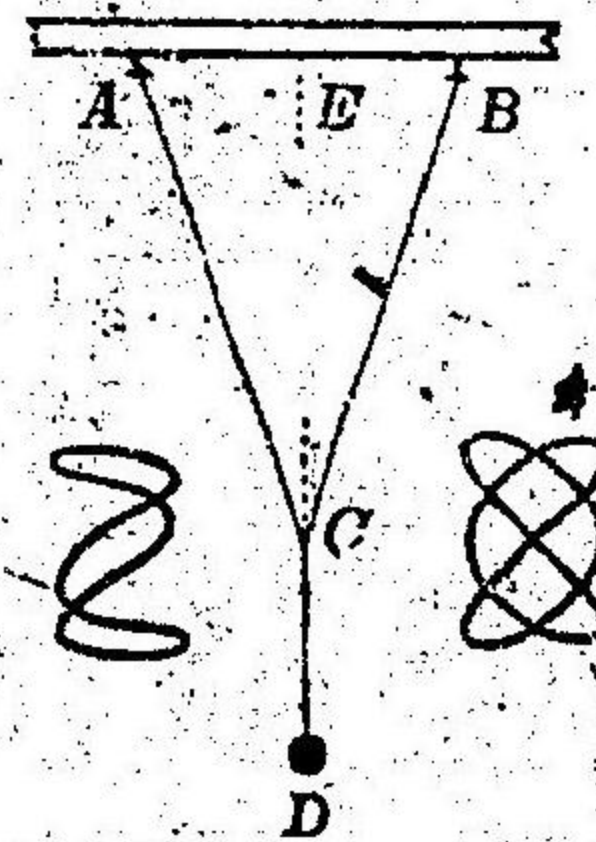
第三十八圖
甲 中斜法による速度の合成
乙 幾何學的
和による速度
の合成

速度を表はす直線 a b を兩邊とせる平行四邊形を作り此二直線の間にある對角線を引くべし此對角線は合成速度を表はすべし。此法を中斜法と云ふ。或は又一の速度を表はす線 a を引き其末端より第二の速度を表はす線 b を引き之を兩邊とする三角形を作るべし。第三邊 c は合成速度を表はすべし。後の如くするを吾人は二つの速度 a b を幾何學的に加へて合成速度 c を得たりと云ふ。速度の合成と反對に一つの速度を分解して二つ又は二つ以上の速度より成ると考へ得べし。



第三十九圖
二つの振動の
合成

旅客の汽車に對する運動と汽車の地面に對する運動との如き二つの運動が共に等速度運動なれば合成運動も亦一の等速度運動となれども然らざる場合には合成運動は一般に一定ならざる早さを以て曲線上を動くものとなる。斜めに抛ちたる石の運動の如き(第四十四圖)手を上下に振りつゝ前進する人の手先の運動の如き是なり。第三十九圖に示すは一の重物 D を A B 二點より吊し其糸を C にて合せたる者なり。重物を動かすときは傍にある如き種々の美麗なる曲線を描くを及ん。之れ重物は紙面に直角には ED の長さにて遅く振動し紙面の中にては CD の長さにて早く振動すればなり。

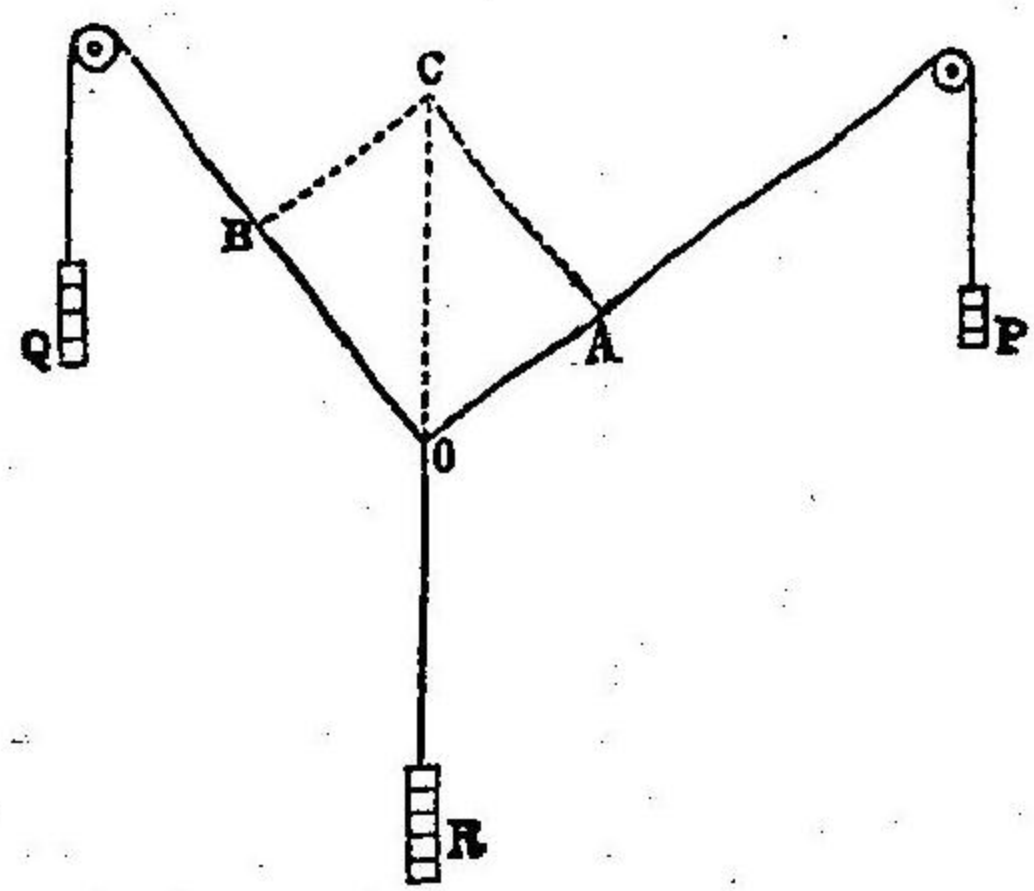


六

力の合成 分解 同一点に二つの力 P Q が作用するとき此二力と同じ効果ある一力 R を求むる方法を力の合成と云ひ R を P Q の合力と稱す。其方法は運動の合成と全く同じく P Q 二力を幾何學的に加ふるか或は中斜法による

第四十圖
力の合成を示す

第四十圖に示すが如く三本の絲の端にPQRの分銅をつけ其中二本の絲を滑車にかけて絲の分岐點Oに三つの力を作用せしむるとき一定の分銅PQRにては如何に滑車の位置絲の方向等を變ずるも之を放置すれば絲は必ず一定の方向をとりて靜止すべし。之れ此時PQR二力の合力Rが垂直に上方に向ひてRの力と釣合ふ爲めなり。



六九

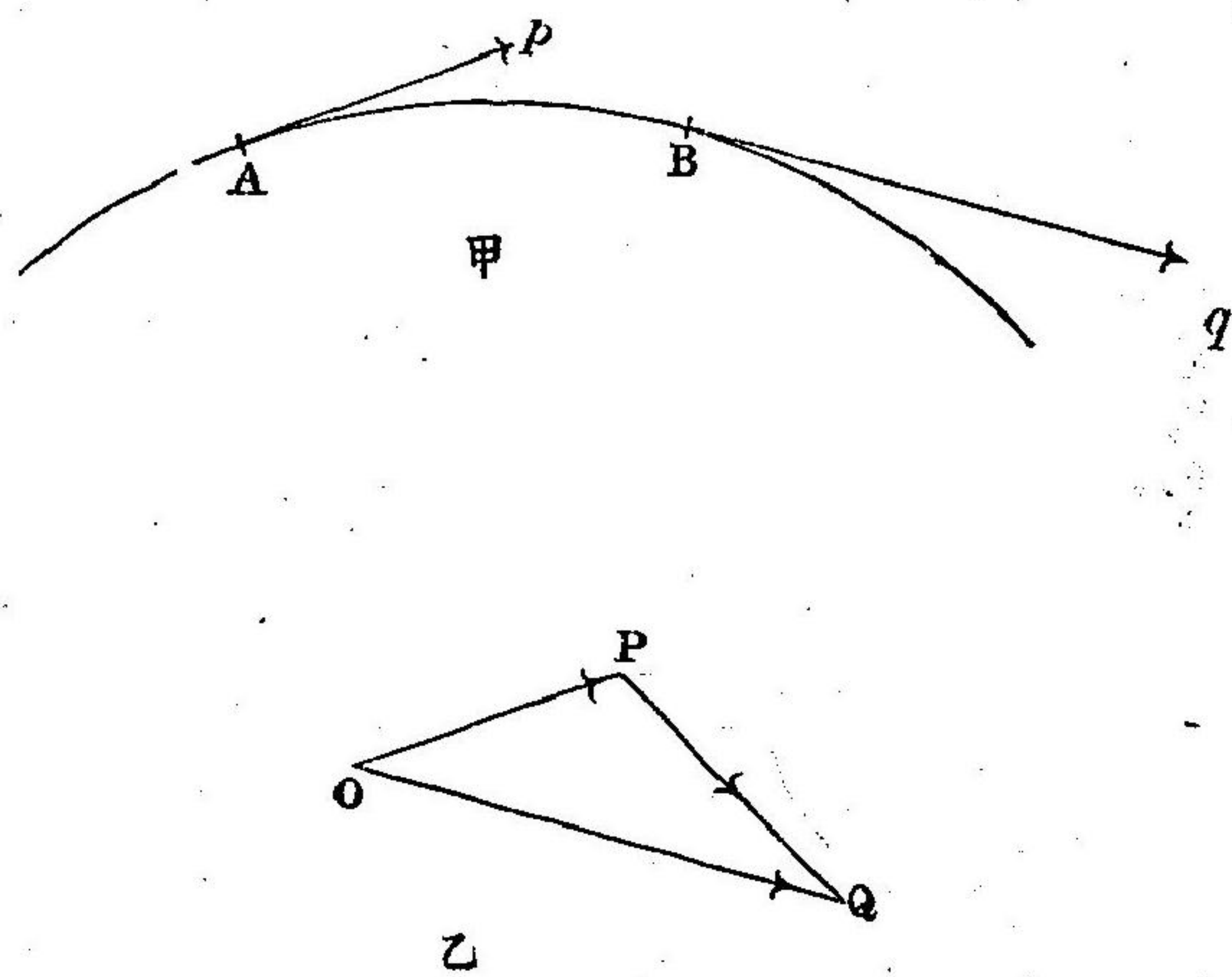
力の合成と反對に一の力を分解して之と同價なる數多の力となすことを得べし。後者を與へられたる力の分力と稱す。

加速度 速度の時間に對して變化する割合を**加速度**と云ふ。例へば一直線上を動く物體の早さが最初六尺秒なりしが漸々増大して五秒時間の後二十一尺秒となりしとせば

此物體の早さは五秒時間に十五尺秒の増加あり即ち一秒毎に三尺秒づゝ増したる割合なり之を此物體の**加速度**は三尺秒秒なりと云ふ。早さが一定にても若し其の徑路が曲線なるときは運動の方向が漸々變じ速度の變化あるを以て其運動には**加速度**ありとす。例へば一點が曲線上を進行してA點に於ける速度PにしてB點に於ける速度Qなりとせば乙圖に於けるが如くOP OQを以てPQを表はさしむれば此時間中にPQなる速度の變化あり。

第四十一圖
甲 一點が曲線上を進行するときA B二點に於ける速度P Qなりとす
乙 速度の變化を示す

ば此物體の早さは五秒時間に十五尺秒の増加あり即ち一秒毎に三尺秒づゝ増したる割合なり之を此物體の**加速度**は三尺秒秒なりと云ふ。早さが一定にても若し其の徑路が曲線なるときは運動の方向が漸々變じ速度の變化あるを以て其運動には**加速度**ありとす。例へば一點が曲線上を進行してA點に於ける速度PにしてB點に於ける速度Qなりとせば乙圖に於けるが如くOP OQを以てPQを表はさしむれば此時間中にPQなる速度の變化あり。



に單位速度に等しき速度の變化あるものなり。
一直線上を動く物體の速度が時間 t の間に v より v' に變りたりとせば其加速度 a は

$$a = \frac{v' - v}{t} \dots\dots\dots (6)$$

なり。

運動の第二定律 前既に説く如く物體は自ら速度を變ずること能はず(運動の第一定律)故に加速度のあるは即ち或力が作用し居ることを示すなり。ニュートンの研究せる所によれば力と物體の質量と其得る加速度との間の關係は左の如し。

物體の質量と加速度との相乗積は力に正比例す。
之を運動の第二定律と云ふ。此定律によれば若し(一)一定

七〇

の質量を有する物體に種々の力が作用すれば物體の得る加速度は力の強さに正比例し(二)若し一定の力が種々の物體に作用すれば此等の物體の得る加速度は其質量に逆比例す。而して加速度の方向は常に力の方向と一致す。力學は物理學の基礎にして運動の第二定律は力學の主腦なり。學者宜しく此點に留意すべし。

七一

力の絶對單位 既に第一六節に於て重力に基づきて力の單位を定むる一法を述べたるが理論上の目的には運動の第二定律に基きて定めたる方法を用ふると多し。即ち單位質量の物體に作用して單位加速度を起す如き力を以て力の單位とす之を力の絶對單位と云ひ第一六節のを力の重力單位と云ふ。CGS法に於ける力の絶對單位は質量一瓦の物體に作用して其速度をして一秒毎に一(糖、秒)づゝ

増加せしむる力なり。之を一ダイン(Dyne)と名づく。絶對單位を用ふれば運動の第二定律は左式によりて表はし得べし。

$$f = ma \dots \dots \dots (7)$$

式中 f は力 m は物體の質量 a は加速度なり。重力より起る加速度 前節説くが如く重力の強さは物體の質量に正比例し又運動の第二定律によれば凡ての力は質量と加速度との相乗積に正比例するを以て吾人は左の結果を得。

重力の爲に起る加速度は一定にして物體の質量に關せず。

實驗によりて此加速度を測るに(第九四節)場所によりて多少の差異あれども其價は約九百八十(糶、秒、秒)なり。即ち鉛

七三

直に落下する物體に於ては其落下を始めてより第一秒時の終りには其速度九百八十(糶、秒)にして第二秒時の終りには千九百六十(糶、秒)となり第三秒時の終りには二千九百四十(糶、秒)となる。此加速度を表はすに通常 g 字を以てす。質量一瓦の物體に作用する重力は重力單位法にては之を以て一と取りたれども絶對單位にて計れば g ダインなり。一般に m 瓦の物に作用する重力は mg ダインなり。

通常物體の落下するときは或者は疾く或者は遅く其加速度一様ならざるの觀あるは之れ物體の表面の廣狹によりて空氣の抵抗を異にするによる。上文に云ふ所は斯の如き抵抗なしとして云ふなり。今活栓を有する長さの玻璃筒を取り其中に彈丸と羽毛とを入れ空氣ポンプにて其中の空氣を排除し再三此筒を轉倒するに彈丸と羽毛とは其輕重に係はらず殆同時に落下するを見ん。

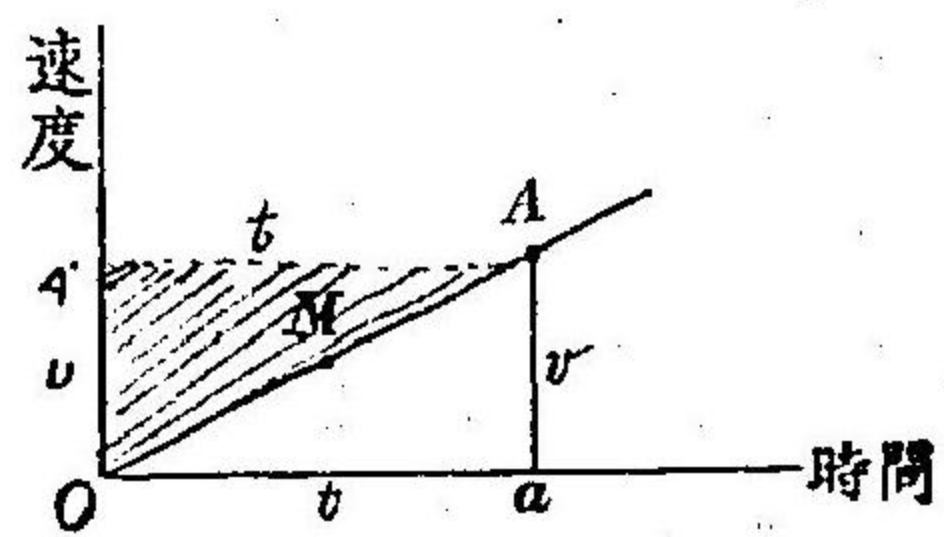
七三

落下體 重力の作用を受けて自由に落下する物體の運動

第四十二圖

を考へん。此場合には一定の力が作用して一定の加速度を生ずるを以て若し物體が靜止の位置より動き始むる時は速度は時間に正比例して増大する。第四十二圖に示すが如し。式を以て此關係を表せば運動を始めてより時間 t を経たる時の速度 v は

$$v = gt \dots \dots \dots (8)$$



なり。次に此物體が運動の始めより t 時間に何程の距離を進行せしかを求むるに、若し速度が變化せず運動の始めより一定にして v なりしならば求むる距離は vt なるべけれども速度が變化するときは計算稍困難となる。然れども今の問題に於ては速度が一定の割合にて漸々増大するを以て

吾人は時間の中央即ち $t/2$ に於ける速度 $v/2$ にて終始運動せりと見て可なり。即ち求むる所の距離 s は

$$s = \frac{v}{2} \times t = \frac{1}{2} vt \dots \dots \dots (9)$$

にして此結果は恰も s は v 及び t を兩邊とせる直角三角形 OaA (第四十二圖) の面積に等しと置きたるものと同じ。學者自ら其理由を考ふべし。(8) 式と (9) 式とを結合すれば次式を得。

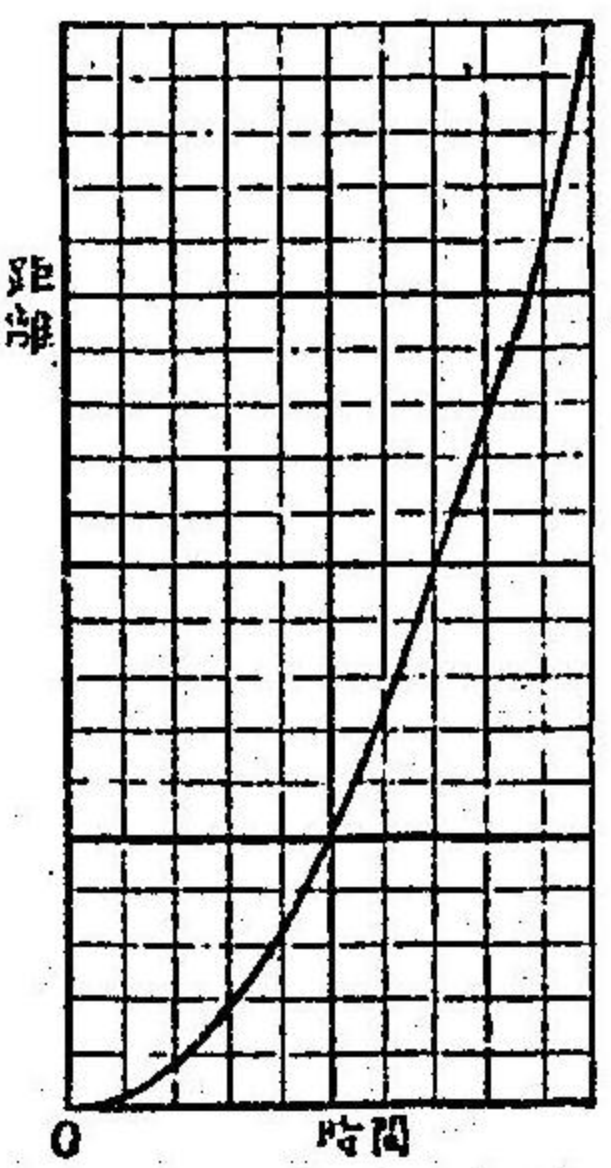
$$s = \frac{1}{2} gt^2 \dots \dots \dots (10)$$

即ち靜止の有様より始めて自由に落下する物體に於ては速度は時間に正比例して増大し距離は時間の二乗に正比例して増大す。

第四十三圖
加速度一定なる運動に於ける距離と時間との關係

次に(9)(10)兩式の間にてを消去すれば

$$v^2 = 2gs \dots \dots \dots (11)$$



を得。之も亦有用の式なり。

本節説く所の事項は之を一定の力に作用せられて動き出す物體の運動に應用し得べし唯 g の代りに其物體の有する加速度 a を使用すべきのみ。 a の價は運動の第二定律を使用して(7)式より算出したる者を用ひよ。

七四
拋射物體 物體を v_0 の初速を以て鉛直に投げ上げる時には時間 t の後に幾何の速度 v を得幾何の距離 s に達するかと云ふに之は運動の合成法によりて知り得べし。即ち人の與へたる速度は上方に向ふ v_0 にして重力の爲めには下方に向ふ gt の速度なり故に其合成速度は

$$v = v_0 - gt \dots \dots \dots (31)$$

なり。此式に於て v は上方に向ふを正とする者にして時間 t が餘り大となれば v は負となり物體が後には落下し始むるをを示す。

同様に距離 s に就て考ふれば時間 t の間には人の與へたる速度の爲に $v_0 t$ だけ上方に昇り重力の爲には $\frac{1}{2}gt^2$ だけ下に落つ。故に

$$s = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2 \dots \dots \dots (32)$$

なり。此式に於て物體が出發點より上に在れば s の符號は正なり。

同様にして物體が v_0 の初速を以て眞下に突き落されたる時は其速度 v 及び距離 s は次式によりて與へらるべし。

$$v = v_0 + gt \dots\dots\dots (12')$$

$$s = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2 \dots\dots\dots (13')$$

第四十四圖

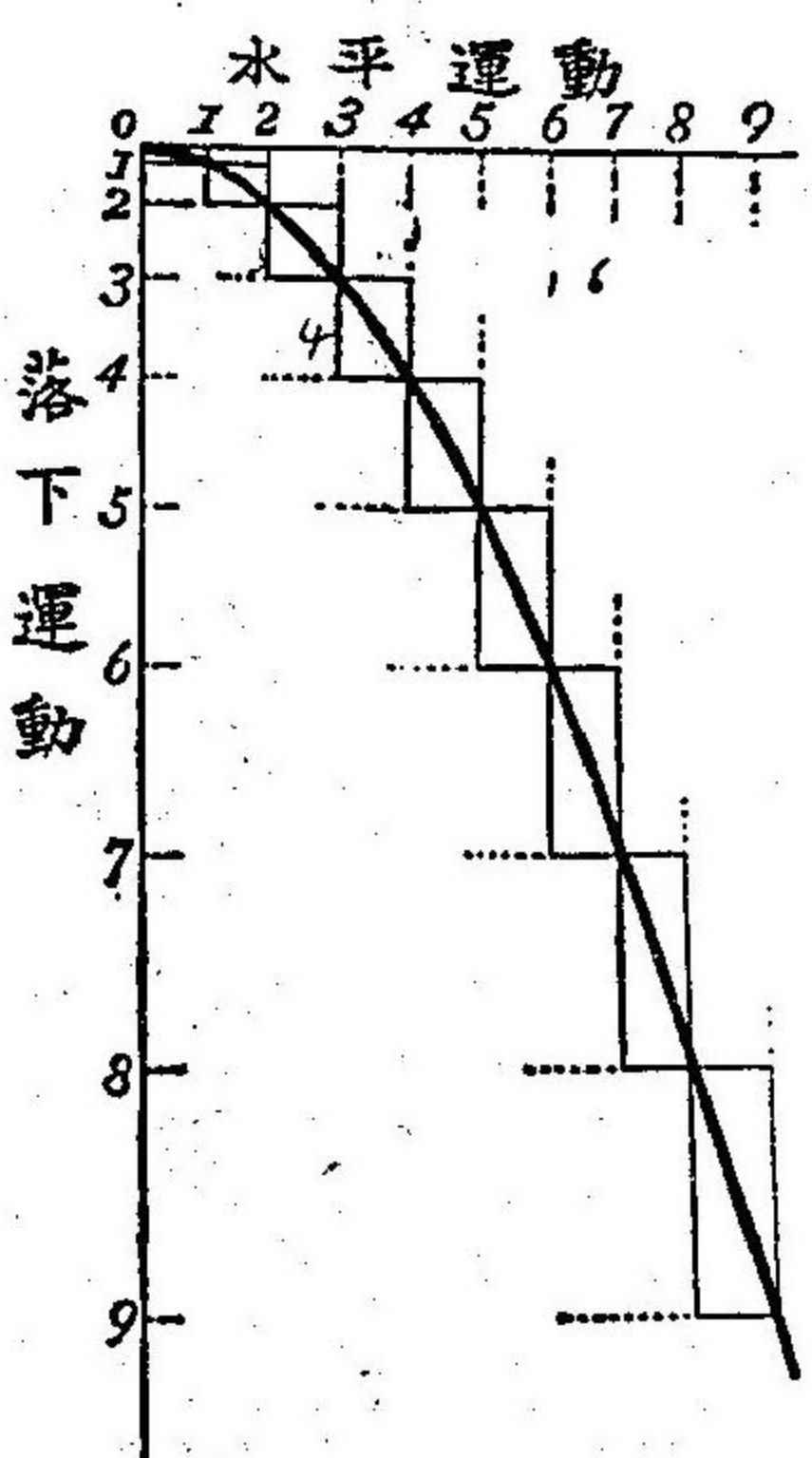
水平には距離が時間に正比例し鉛直には距離が時間の二乗に正比例する二つの運動を合成した

七五

此場合には v 及び s は共に下方に向ふを正とす。若し物体を斜めに抛つときは其径路は一の曲線を爲す。此曲線の形も亦運動の合成法によりて得らるべし。

第四十四圖は水平に抛ちたる物体の畫く径路を示す者にして抛物線と名づくる者なり。

運動量 運動のエネルギー 質量 m なる静止せる物体に f なる力が作用して時間 t の後に速度が v となれりとせん。然る時は以前の (7) (8) 式に示すが如く



$$f = mv \dots\dots\dots (7)$$

$$v = at \dots\dots\dots (8)$$

なり此兩式より a を消去すれば

$$f = mv \dots\dots\dots (14)$$

となる。質量 m の物体が v の速度を有するとき質量と速度との相乗積 mv を其運動量と名づくれは

動體の運動量は此運動を起したるかど此かの作用せし時間との相乗積に等し。

次に時間 t の間に動きし距離 s なれば (9) 式により

$$s = \frac{1}{2}at^2 \dots\dots\dots (9)$$

故に

$$fs = \frac{1}{2} ma^2 t^2 = \frac{1}{2} mv^2 \dots\dots\dots (15)$$

物體の質量と其速度の二乗との相乗積の半を其物體の運動のエネルギー(勢力)と名づければ

物體の運動のエネルギーは此運動を起したる力と此力の作用せし距離との相乗積に等し。

六

運動の第三定律 前既に述べたる如く甲體が乙體に及ぼす作用と乙體が甲體に及ぼす反作用とは其大きき相等しくして其方向互に相反せり。互に相作用する二物體には斯く相等しき力が同時作用するが故に兩物體が若し此力の爲めに運動するときは兩物體共に相等しき運動量を有すべし。

例へば小舟にある人が大船に繋げる綱を取り之を引くときは小舟も大船も共に運動して兩方より接近す。此際大船は動かす獨り小舟のみ動くが如くに見ゆべけれども此は全く質量の懸隔甚しきによるものにして兩者の運動量は相等しきなり。大船と小舟との質量を夫々 M m とし或時刻に

$$f = MV = mv$$

於て有する速度を夫々 V v とせば此兩體に同じ力 f が同じ時間だけ作用するにより(14)式を使用して

なり。 M が m の一千倍なれば V は v の一千分の一なり。而して V と v とは其方向反對なること明なり。

小舟と大船との動きたる距離は兩者相等しからざるによりて兩者の速度を比較する爲には(15)式を使用すること能はざるは勿論なり。

七

仕事 或力 f が物體に作用するとき物體が動きて其着力點が f の方向に動くをなれば此力は f の仕事を爲せりと云ふ。此語は日常吾人の使用する語に特別の意味を與へたるものにして若し人ありて f の力にて車を挽きて動きたる距離 s 之に要せし時間 t なれば俗語にては此人の爲したる仕事は s なりとも或は ft なりとも云ひ得べし。

物理学にては特に f_s を仕事と名づく。第七五節に於て吾人は元來静止せる物體に力 f が作用して v の早さを得るときは其得たる運動のエネルギー $\frac{1}{2}mv^2$ は f_s に等しきことを云へり。故に仕事の語を用ふれば

物體の得たる運動のエネルギーは外力の爲せし仕事に等し。

と云ふを得べし。尙一般の場合にて物體が元來運動せるものならば

物體の運動のエネルギーの變化は外力の爲せし仕事に等し。

若し外力の方向が運動の方向と一致すれば動體の速度は漸々増大して運動のエネルギーも増加す。故に此場合には外力が仕事を爲して物體に運動のエネルギーを附與し

七

たりと云ひ得べし。若し之に反して外力の方向が運動の方向に正反對なれば動體の速度は減少し運動のエネルギーも亦減少す。此時は外力の爲せし仕事は負なりと見るべし、或は又動體が其有せる運動のエネルギーの幾分を費して外力に抗して仕事を爲したりと云ひ得べし。

仕事の重力単位には一(呎米)一(呎磅)等あり、C.G.S 法の仕事の絶対単位は一(ダイン・糎)にして之を一エルグ (Erg) と云ふ。

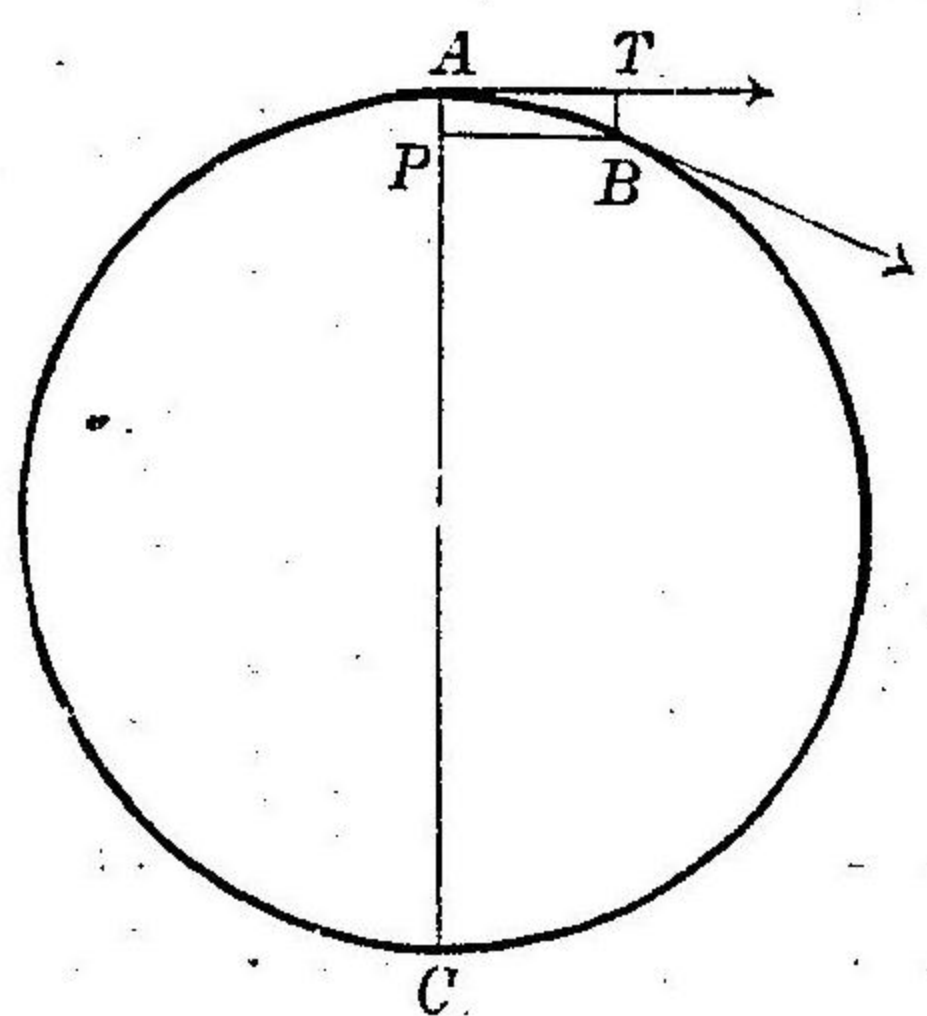
等速圓運動 一定の早さを以て半徑 r の圓周上を循行する質量 m なる一點の運動を考へん。運動の第一定律によれば外力の作用を蒙らざる物體は一定の早さを以て一直線上を進む者なれば物體が圓周上を動くは直に外力の作用あることを意味す。例へば絲端に小石を結付け一定の早さにて之を振り回はし石をして圓形を畫かしめんと

第四十五圖

圓運動

欲せば斷えず絲を媒として石を中心の方に引かざるべからず。(此力を求心力と云ひ又第三定律によりて絲端を支ふる手は等しき力にて石に引かるべし之を遠心力と云ふ) 若し絲が切斷して石を引く力なきときは石は圓の切線の方に飛び去るべし。

質量 m の物體をして一定の早さ v にて半徑 r の圓周上を動かしめんとせば圓の中心に向て $\frac{mv^2}{r}$ の力を作用すべし。



第四十五圖に於て A を或時刻に於ける物體の位置とし B を極めて小なる時間 t の後の位置とせん。物體を圓の中心に向て引く力ある爲に物體が A より T に行くと同時に A より P に至り運動の合成によりて B に至れるなり。然るに PA は此力の爲に時間 t の間に動きし距離なれば a を加速度とすれば (10) 式によりて a にして AT は

勿論なり。幾何學の一定理によりて

$$PB^2 = PC \times AP, \quad v^2 r = 2r \times \frac{1}{2} at^2$$

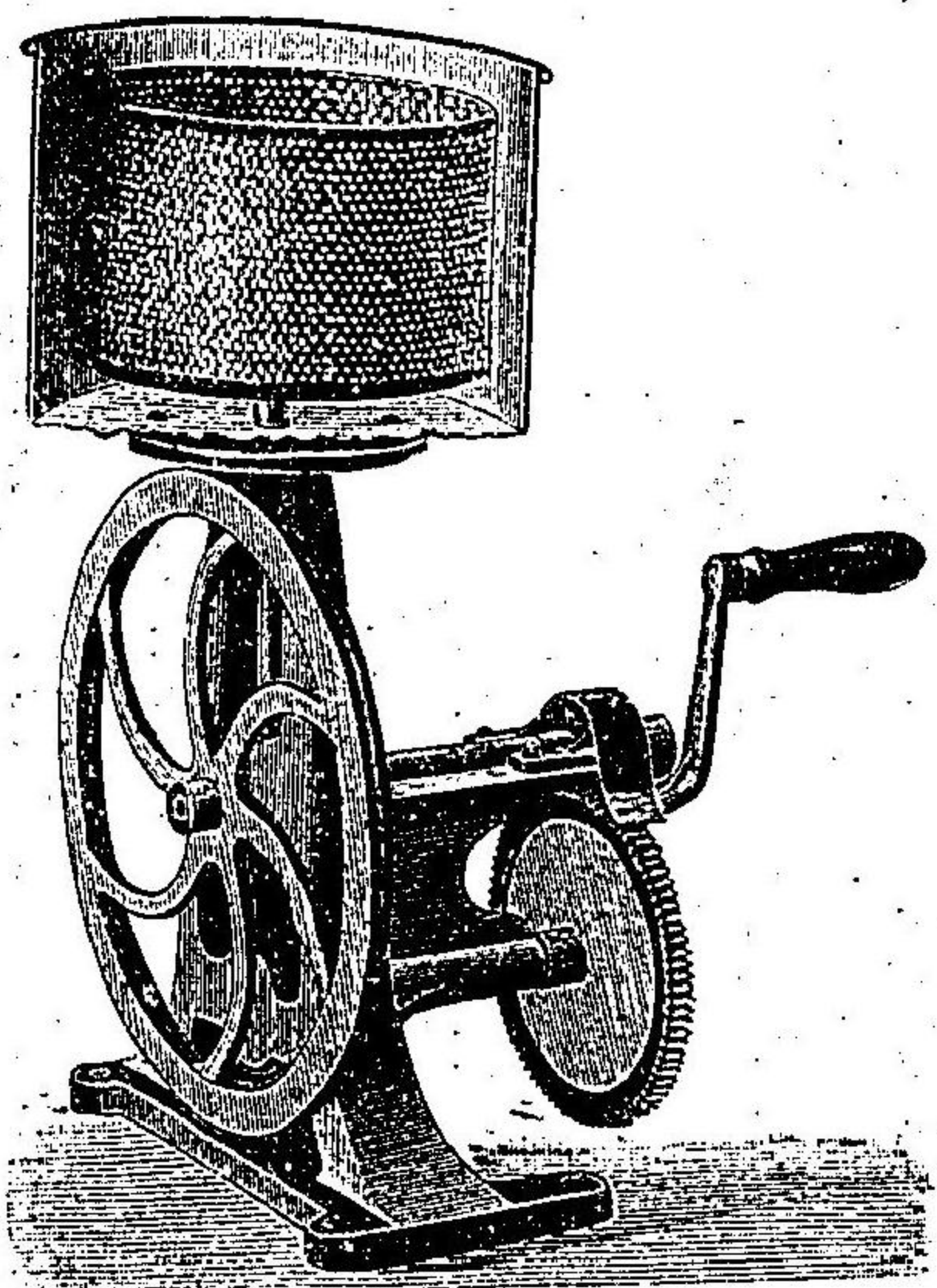
$$\therefore a = \frac{v^2}{r} \dots \dots \dots (16)$$

にして求むる所の中心に向て物體を引くべき力 f は (7) 式に従ひて

$$f = ma = \frac{mv^2}{r} \dots \dots \dots (17)$$

なり。

雨水に濡へる蝙蝠傘を急速に廻轉すれば雨水は傘骨の端より圓の切線の方に飛び去るべし。之れ廻轉速度の小なる間は水の凝集力にて能く水滴の飛び去るを防ぐ丈の力を作用し得たれど速度大となれば凝集力にては此時の $\frac{mv^2}{r}$ に抗する



第四十六圖

遠心機

第四編 運動及び力

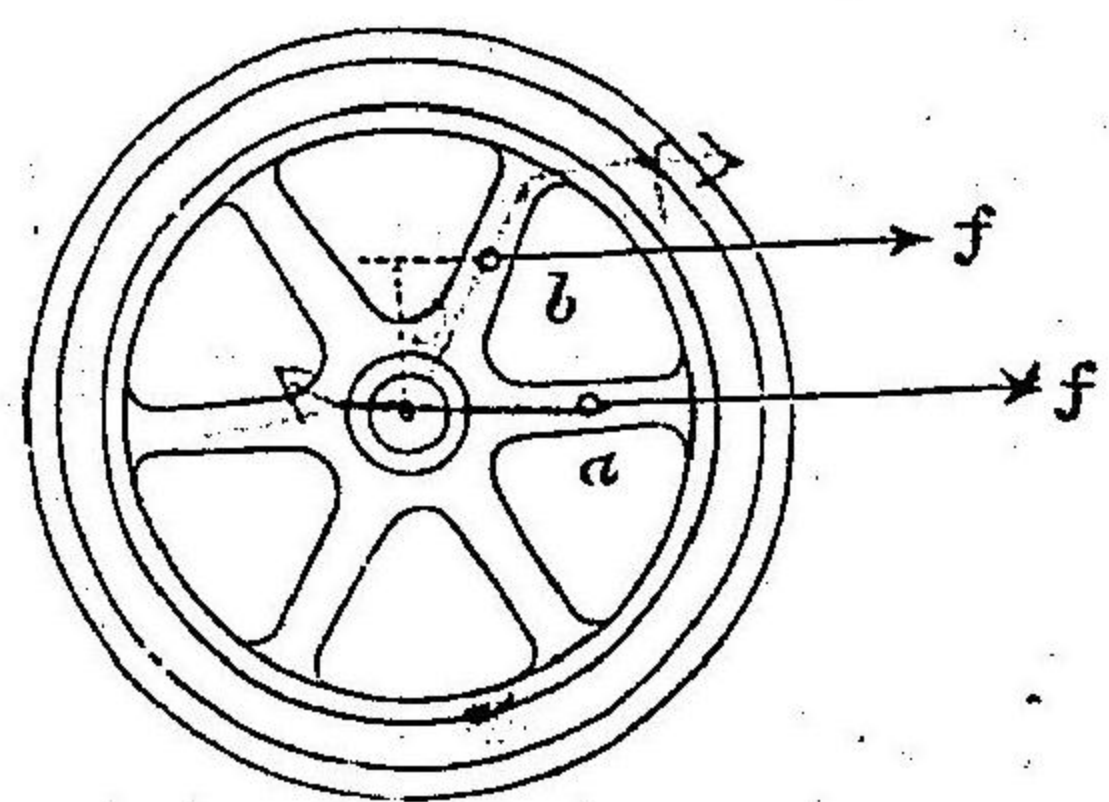
丈けの力を出し能はざるによる。第四十六圖に示すは遠心機と稱する器械にして側壁に多くの孔を穿ちたる圓筒形の容器を急速に廻轉して容器中に入れたる水に濕へる物體の水を切る装置なり。其理前と同じ。

七九

剛體 上文に於ては主として一質點に及ぼす力の作用を論ぜり。故に其所説は之を大さある物體の並進運動に適用し得れども其廻轉運動には應用すべからず。大さある物體の一般の研究は甚複雑なるにより茲には簡單の爲めに物體は如何なる力を作用しても其形狀立積を變ぜざるものとせん。此の如き毫も歪まざる物體を剛體と云ふ。剛體に於ては其一點A(第四十九圖甲)にpなる力の作用するとき其効果は着力點が必しもAにありとすることを要せずpの作用する方向を延長して作れる直線内の任意の點Oにありと見ることを得べし。之れ其歪まざるが故に

八〇

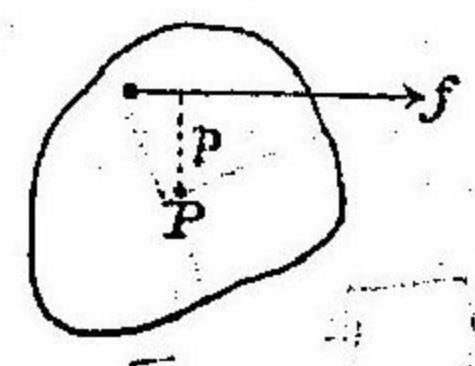
して若し此物體が護謨の如き彈性體なれば同じ力にてもA點に於て作用するときとの點に於て作用するときとは其效果勿論異なれり。廻轉を起す力 今剛體が一の心軸を有し此軸の回りに廻轉し得るのみなりとして如何なる力が之をして廻轉せしむる作用を有するかを攻究せん。第四十七圖に示す如き車輪は即ち此の如き物體なり。此車輪を廻轉せんとして力Fを作用する時力の方向がaに於けるが如く心軸を通過すれば力は如何に大なりとも車輪は廻轉せず。之れ心軸と車輪との接觸點に於て作用する心軸の反作用とFとが互に釣合へばなり。若し力の方向がbに



第四十七圖
廻轉を起す力

八二 第四十八圖 力の能率

於けるが如く心軸より若干の距離にあれば車輪は廻轉す。一般に心軸を通過せざる力は物體を廻轉する作用あり。力の能率 一點 P に對する或力 F の能率とは P 點より F に下したる垂線の長さ p と此力の大きさとの相乗積 fp なり、 p を能率の臂と云ふ。能率 fp は明に P を頂點とし f を底邊とせる三角形の面積の二倍にて表はし得べし。

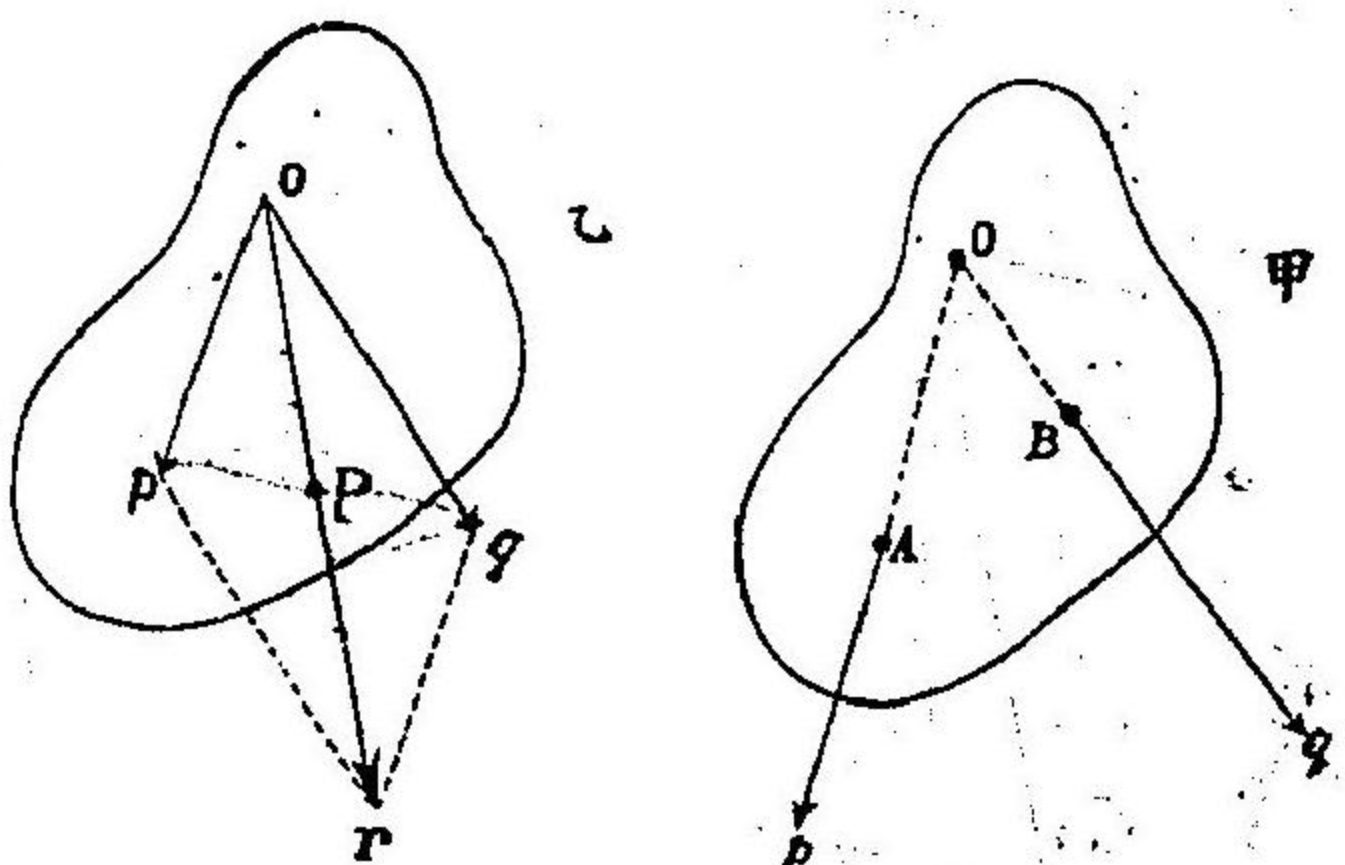


前節の如き一の廻轉軸によりて支へられたる剛體に於ては之に作用する力の廻轉作用は全く其力の心軸に對する能率のみによりて決定せられ力の大きさ f 臂の長さ p 又は其方向が如何に變ずるとも相乗積 fp に一定なれば同じ結果を生ず(第八五節)。例へば2の距離に作用する力 10 と4の距離に作用する5の力とは其效果相等し。

八三

第四十九圖 剛體に作用する力の合成

剛體に作用する力の合成 剛體の二點 A B に於て二力 p q 作用するとき其合力を求むるには先づ p q 二力を延長して O 點に於て會せしめ(甲圖) p q 二力は此點 O に於て作用すと考ふべし(若し二力が此の如く交叉せざれば本節の方法によること能はず)。然るときは O 點に於ける p q 二力の幾何學的和 r を求むれば(乙圖)明に之れ求むる所の合力なり。而して此合力の着力點は更に O 線上の任意の一點 P なりと考へ得べし。同様の方法を逆に使用すれば一の力を多くの力に分解し得べし。



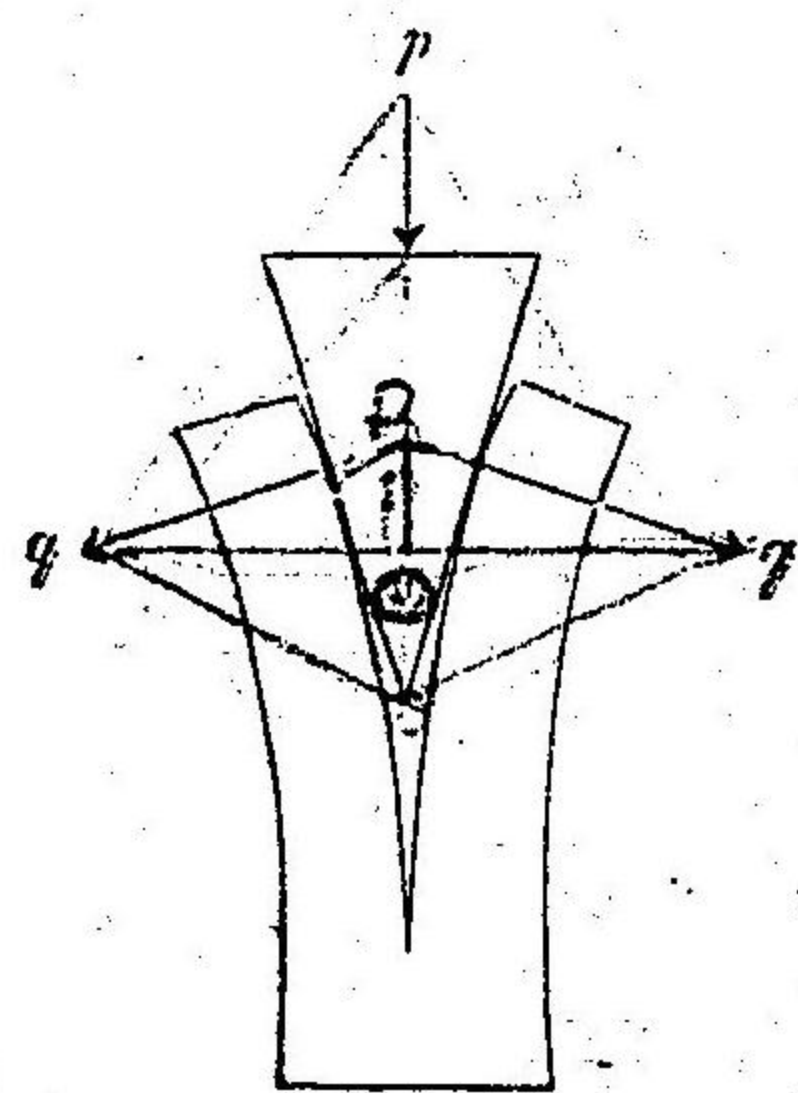
例へば楔を用ひて材木を割るときに之れを打ち込む力 P の效果は木を兩方に押開く二つの力 Q

第五十圖
楔の作用

力軸の作用

に分解して考ふれば其理明なるべし。
今 P 點に對する p, q 二力の能率を
考ふるに幾何學によりて兩三角形
 OpP
 OqP が其面積相等しきを證明し
得べきにより二力の能率は相等し。

而して P 點に對しては力 p は物體を左旋せんとし力 q は
之を右旋せんとするものなれば此二力の廻轉作用は相釣
合ひて物體は P を軸としては廻轉することなし。換言す
れば p, q の合力は P 點に對して能率零なるべきにより其
方向は P 點を通過すべし。而して此事は O_r 直線上の凡て
の點に就て皆然るを以て p, q の合力は O_r の方向に作用す
るを知るべし。故に二つの力が剛體に作用するとき一點
 P に對する能率相等しくして廻轉の方向相反すれば此等



八三

第五十一圖
平行力の合成

の二力の合力は此點 P を通過す。

平行力の合成 剛體に作用する二力平行するときは之に
直角に一直線を引き其交點を A, B とし二力の着力點は此
點にありと考ふることを得べし(第七九節) (一)若し二力 p

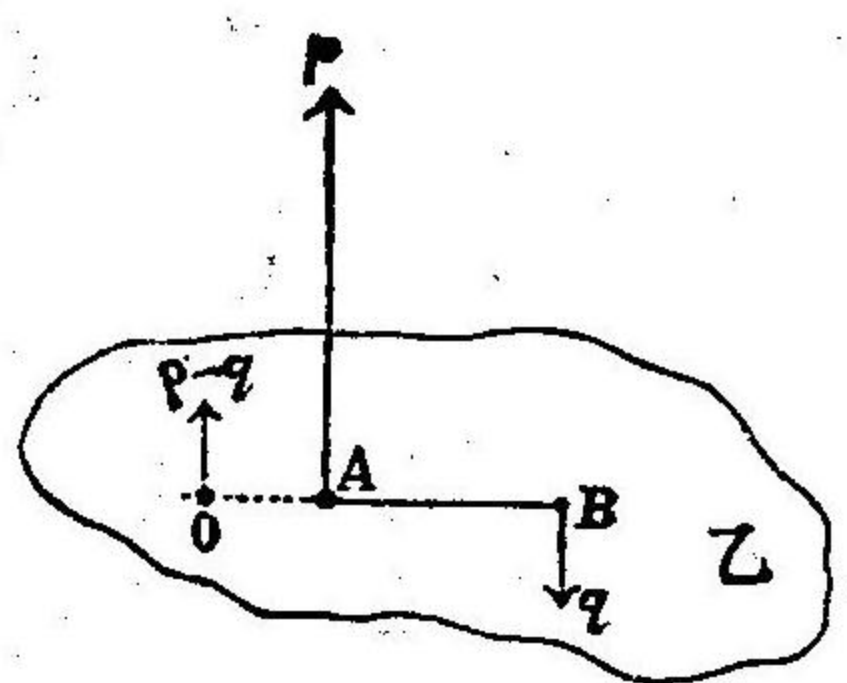
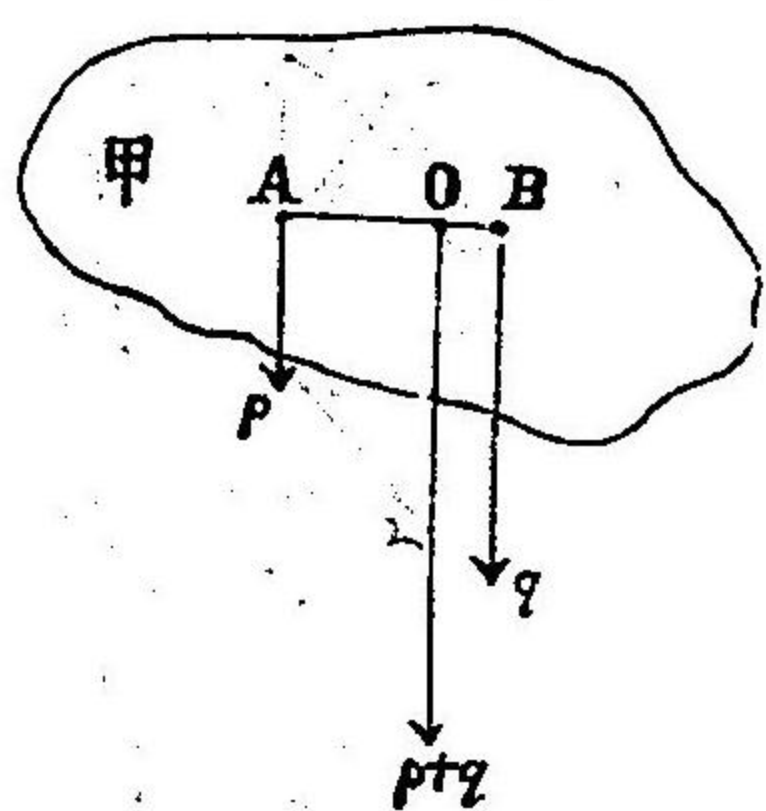
q 同一の方向に向ふ時は(第五十一圖甲)其
合力は二力と同じ方向に向ひ其強さは二
力の和に等しく着力點 O は A, B 二點間を

$$p:q = OB:OA \dots\dots\dots (18)$$

の比に分つ。(二)若し二力の方向反對なる

ときは(第五十一圖乙)其合力の方向は大なる
力の同じく其強さは二力の差に等しく、着力點は A, B の外にありて同じく

$$p:q = OB:OA$$



なるべき點のなり。

此結果は前節の終に記せし能率の定理によりて容易に證明し得べし。試に第一の場合を證するに p, q の合力が O を通過すとせば此點に對する能率相等しかるべきにより

$$p \times OA = q \times OB$$

$$p : q = OB : OA$$

なるべし。又 p, q の合力を r とし其大きさが二力の和に等しきことを證する爲には A 點に對する廻轉作用を考ふべし。合力 r の廻轉作用は其の能率 $r \times AO$ によりて定まり p のは其能率零なるによりて廻轉作用なく q のは其能率 $q \times AB$ によりて定まる。故に

$$r \times AO = q \times AB \dots\dots\dots(19)$$

にして r の方向は p, q のに平行ならざるべからず。(18) 兩式より $r = p + q$ を得るは容易のことなり。第二の場合に就ても同様なり。

八四

偶力 平行力の特別の場合に相等しき二力反對の方向に作用する者あり之を偶力と云ふ。此時には是等の力と同

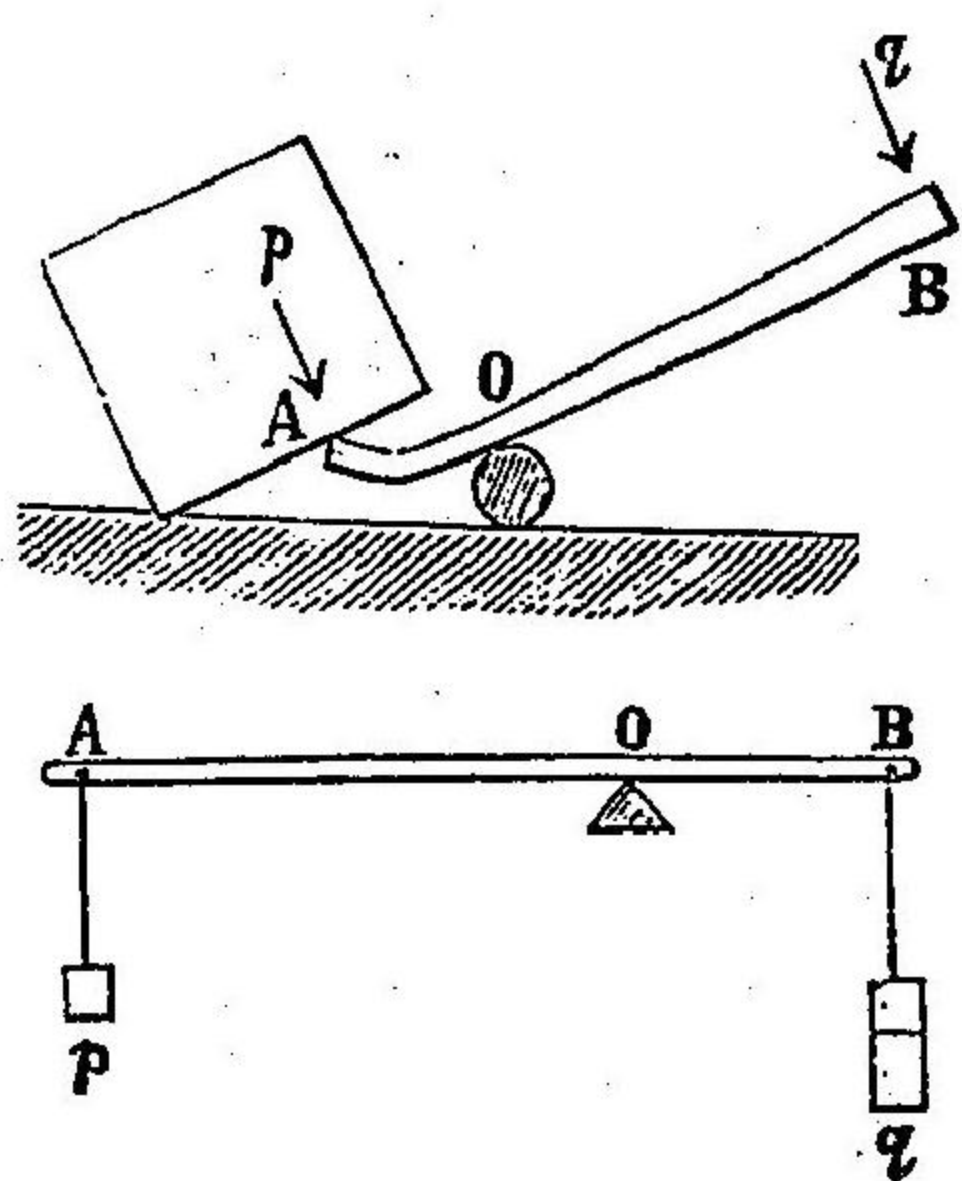
じ結果を及ぼすべき單一の力なし。偶力に作用されたる物體は廻轉す。例へば(一)時計の鍵にてゼンマイを巻く時兩指の力は偶力をなし(二)或は滑車に巻付けたる絲の端を手にて引けば手の力と支點に於て滑車を支ふる力とは偶力を爲す。

八五

挺子 日常使用する機械的裝置にて能率の理によりて説明し得べきもの多し挺子滑車輪軸等之なり。此等は皆支點と稱する一點の周りに廻轉し得べき剛體なり。

第五十二圖 挺子

第五十二圖甲乙の如き挺子の支點を O とし A, B 二點に於て p, q 二力作用するとき力が釣合へば p, q の合力は支點 O を通過すべ



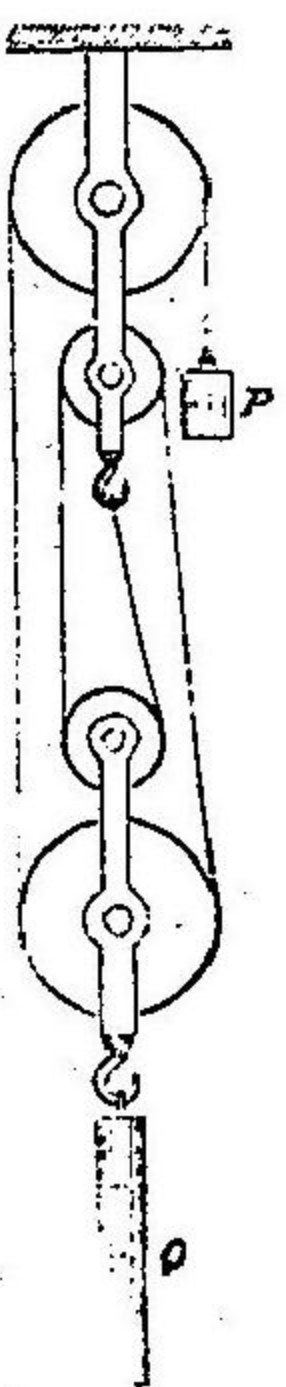
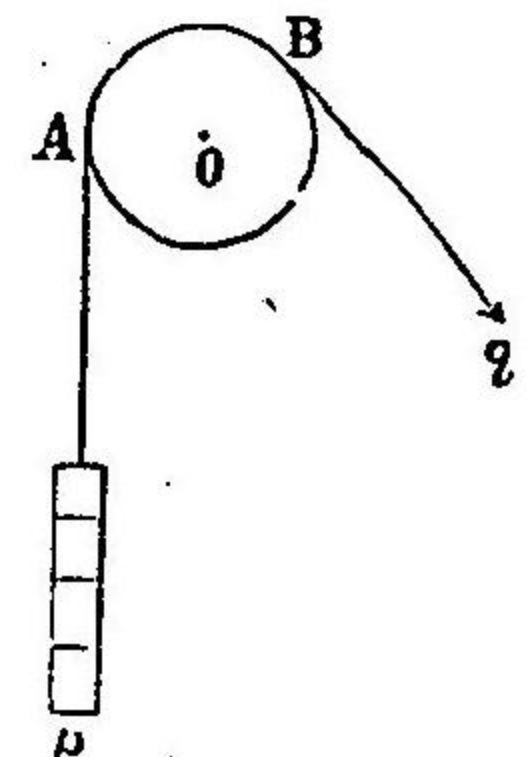
き筈なるにより此點に就て取りたる能率相等し。故に支點より遠き所に於て作用する力は近き所に於てするものよりは小にして可なり、鉄、天秤棒等も同理による。

質量を測る天秤第二節に於ては中央の支點即ち及より兩端の秤皿を吊せる點までの距離相等しき故に秤皿の上にある物體と分銅とが鈎合へばその作用する力相等しく従て其質量相等しきなり。

八六

滑車 輪軸 滑車に於ては其心軸の在る所Oが支點なり。一の重物Pをqなる手の力にて保持したりとせんにO點

よりPqに下す垂線の長さ相等し、故にPqも亦相等しからざるべからず。單滑車は力を利する装置に非ずして力の方向を變ずるものなり。多數の滑車を用ふれば力を利す



第五十四圖

複滑車にて力を利す

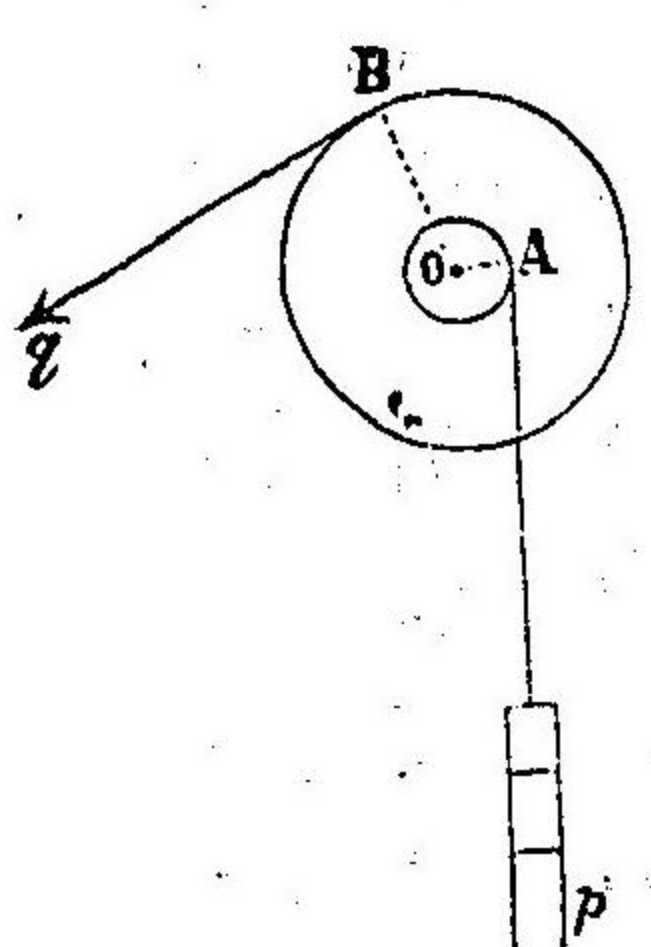
第五十三圖

單滑車

第五十五圖

輪軸にて力を利す

る装置を作るとを得。例へば第五十四圖に示す者の如し。此場合には各滑車の鈎合を別々に考ふれば繩の引く力は皆一様にPの重さに等しきを知り下の動滑車を全體に一剛體として考ふれば之に作用する重さQと四本の繩の引く力4P(繩は互に平行なりとす)とは相等しきを知る。故に結局Qを支ふるには $P = \frac{Q}{4}$ にて充分にしてQを引揚ぐるには $\frac{Q}{4}$ より少しく大なる力を用ふれば可なり。輪軸も亦力を利する装置にして其理は能率によりて説明し得べし。即ちA點に於て作用する重物PをB點に於て作用するqなる力にて支へたりとせんに軸O點に就てPq二力の能率を取ればPの臂OAは短かくqの臂OB長きにより小なる力Pにて能く大なる



八七

重物 P を支へ得べきなり。

機械的装置に於ける仕事の理 挺子、滑車、輪軸等を用ひて力を利するときには常に距離に於て損あり。例へば第五十五圖の輪軸に於て OB が OA の三倍なれば力 q は力 p の三分の一にて可なれども p を一尺引揚ぐるには q の力を作

用する手は三尺動かさざるべからず。第七七節に於て定義せる仕事の語を用ゆれば此の如き場合に吾人は常に次の關係あるを見る。

如何なる機械的装置にても仕事を利するを能はず。即ち力と距離との相乗積は一定にして仕事の量に於ては毫も利益あることなく却て實際には機械の諸部にある摩擦等の爲に仕事の量に損失あるを一般とす。次に摩擦等なきものとして斜面、楔、螺旋等に於て、重ねて此理を説明せん。

八八

第五十六圖

斜面は力を利する装置なり。斜面の長さ、高さ

斜面 地上にある重物 m を高所に揚ぐる

に當りて鉛直に引き上ぐるには其重さ mg に抗するに足る丈の力を用ひざるべからず。然るに圖の如く斜に板を架し此板面に沿ふて引き上ぐれば小なる力にて足れ

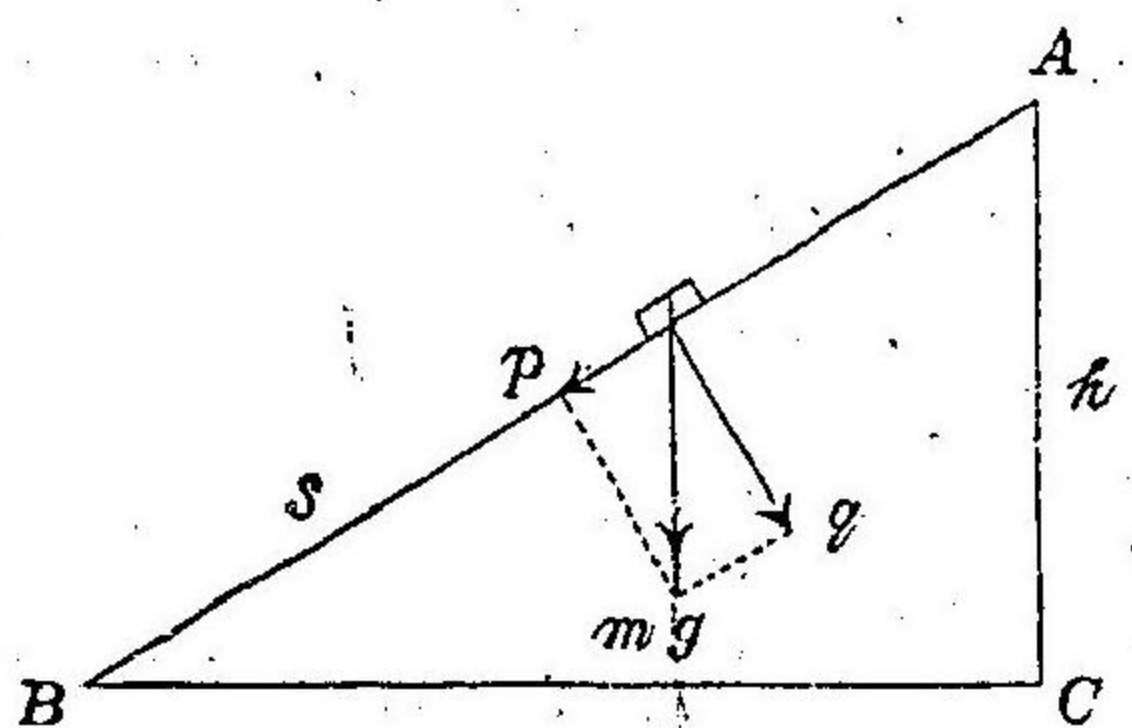
り。斜面上にある物體には重力 mg の外に斜面と物體との間に働く或力あり。若し

斜面平滑にして摩擦なければ後者は斜面に直角ならざるべからず。故に重力 mg を斜面に直角なる分力 q と之に平

行なる分力 $\frac{mg \times h}{s}$ とに分解すれば q は前記の力にて支

ふるにより此物體を引き上ぐるには唯斜面に沿ふて送り落さんとする分力 p に抗すれば可なり。而して此力 p は

明かに物體の重さより小なり。



此物體を地面より A の高さまで鉛直に引き揚ぐるときは吾人は $mg \times h$ の仕事を爲す。又地面より斜面に沿ふて A まで引き揚ぐるには $mg \times s$ の仕事を爲す。而して前記 p の値を用ふれば此兩者は相等しきにより吾人は斜面に於ても力を利すれども距離を損し仕事には損益なきことを知る。

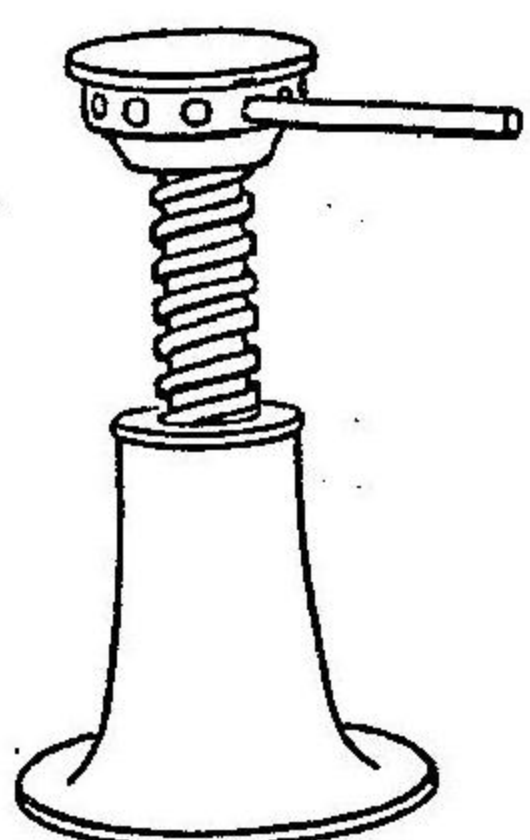
八九

楔 螺旋 木材を割る爲に楔を打込めば直接に力を加ふるよりは小なる力にて足る(第八二節)。此力の關係は仕事 W の理によりても容易に求め得べし。即ち p なる力にて楔を打ちたりとし之が爲に楔が木材中に入りて爲したる仕事と楔と材木との間に作用する抵抗力 Q が木材を開く爲に爲す仕事と相等しきなり。楔の角が小なる程 p は小にて可なり。

第五十七圖
ジャック

九〇

螺旋は圓壙の周圍に斜面を巻きつけたるが如き溝ありて雄螺旋と雌螺旋とより成る。圓壙の周圍に偶力を加へて之を廻轉すれば螺旋は其軸に沿ふて小距離だけ進退す。此距離を螺旋の歩みと稱す。仕事の理を應用すれば螺旋を振る偶力のなす仕事と螺旋の前進に抗する力の仕事とは相等し。故に偶力の着力點を成るべく遠くし螺旋の走みを小にすれば小なる力にて大なる力に抗し得べし。大なる家屋の根繼工事等に使用するジャックは此一例なり。

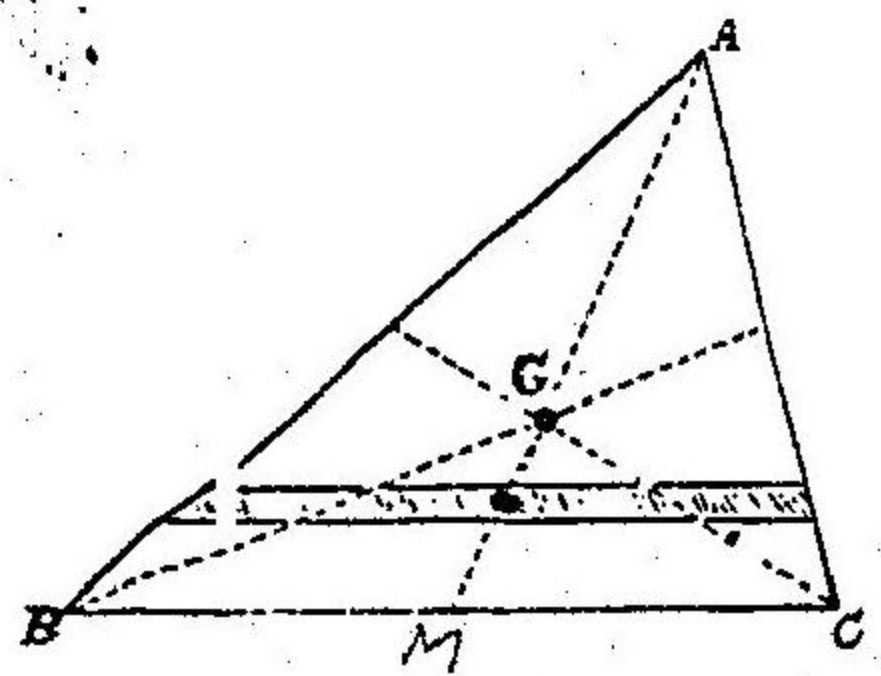


重心 重力は地球が物體の各部分を引く力にして其方向は皆鉛直なり。此無數の平行力の合力は如何に物體を置くとも常に一定點を通過す此點を其物體の重心と云ふ。

第五十八圖
三角形の板の
重心

物體の重心の所在を索むる最簡便の方法は、絲を以て之を吊すに在り。絲にて吊りたる物體の靜止するは、重力と絲の力と相釣合ふに在るを以て、絲の方向は重心を通過するを明なり。故に更に他の一點を取り、再び絲にて吊らば、重心は又此絲の方向の中に在るを以て、此二線の交點は即ち求むる所の重心なり。

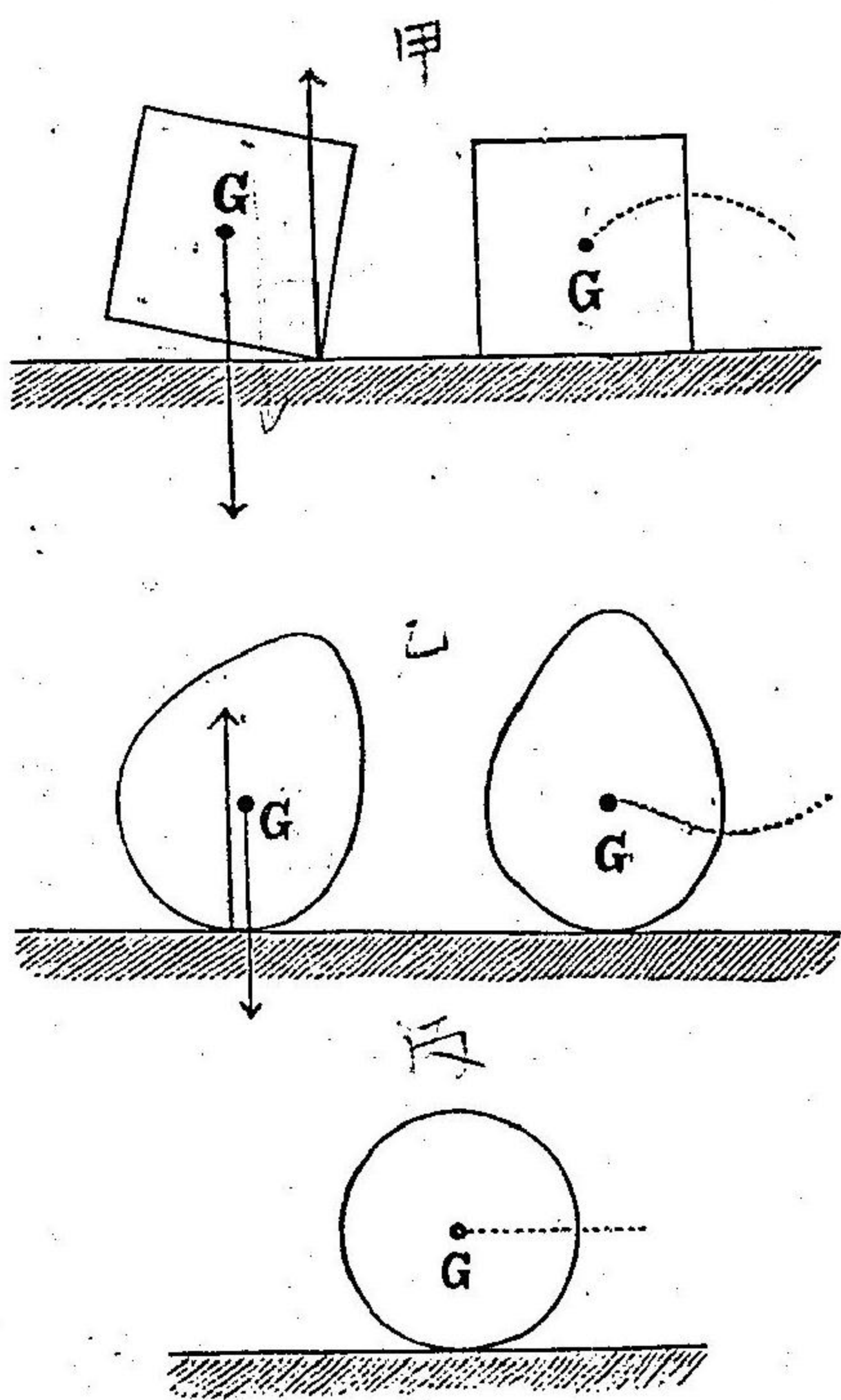
組織の一樣にして幾何學的形狀を有する物體の重心を求むるは、幾何學の問題なり。例へば(一)其物體線對稱を有するときは、重心は對稱の軸上に在るべく(二)點對稱を有するときは、重心は對稱の中心と符合するが如し。三角形の平板 ABC に於ては此板を其一邊 AB に平行して極めて狭き部分に分てば各片の重心は其中點なり。故に至三角形の重心は中線 AM の上 に在り。之を以て平板の重心は三中線の交點 G なるを知るべし。



九一

第五十九圖
三種の座り

物體の座り 机の上に載せたる物體の座りて靜止するは、重力と、机の物體を支ふる力と釣合ふによる者なれば、物體の顛倒せざる爲には、重心を通過する鉛直線は、物體の底基の外に出づべからず。而して其座りに三様の別あり。(一)甲圖に示すが如き物體に於ては、假令手を以て強て之を倒さんとし、少しく物體を傾くるとも、手を放てば忽ち舊位に復す。之れ重力と机の力とが一の偶力を形成し、舊位に引き戻すによるなり。此の如き有様を其座り安定なりと云ふ。(二)乙圖の如く

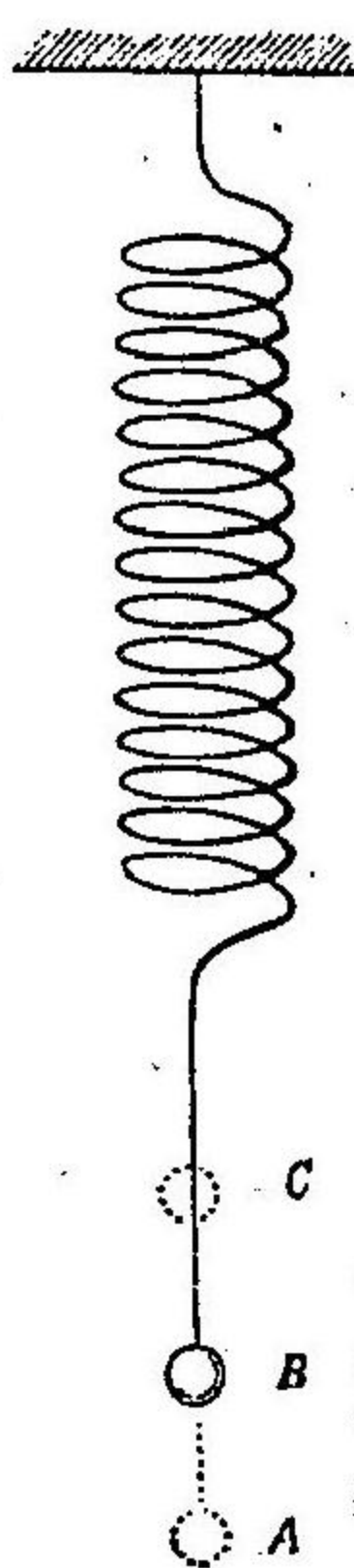


九二

鶏卵を直立せしめたるときは其座り不安定なり。何となれば少しく之を傾くれば、益之を倒さんとする偶力の現はるればなり。故に此種の座りは殆ど實際に見ることなし。(三)丙圖の如き球又は横臥する圓壘に於ては之を動かすとも其の状況毫も舊位と異なる所なし。之を中立の座りと云ふ。物體を動かすとき重心の畫かくべき軌跡を作り見れば(圖中の點線容易に物體の重心最低位に在る時安定に在りて高位に在る時不安定なるを知るべし。

單弦運動 ゼンマイの下端に小球を吊し之を引延して放つ時は球は原來靜止せし所Bを中心として上下に振動す。球に作用する力は彈性體の法則に従ひ(第二六節)球の凡ての位置に於て常に中點Bに向ひ(二)其強さは中點よりの距離に正比例す。凡て一點が此の如き力に作用せられ

第六十圖
ゼンマイにて
吊したる物の
振動

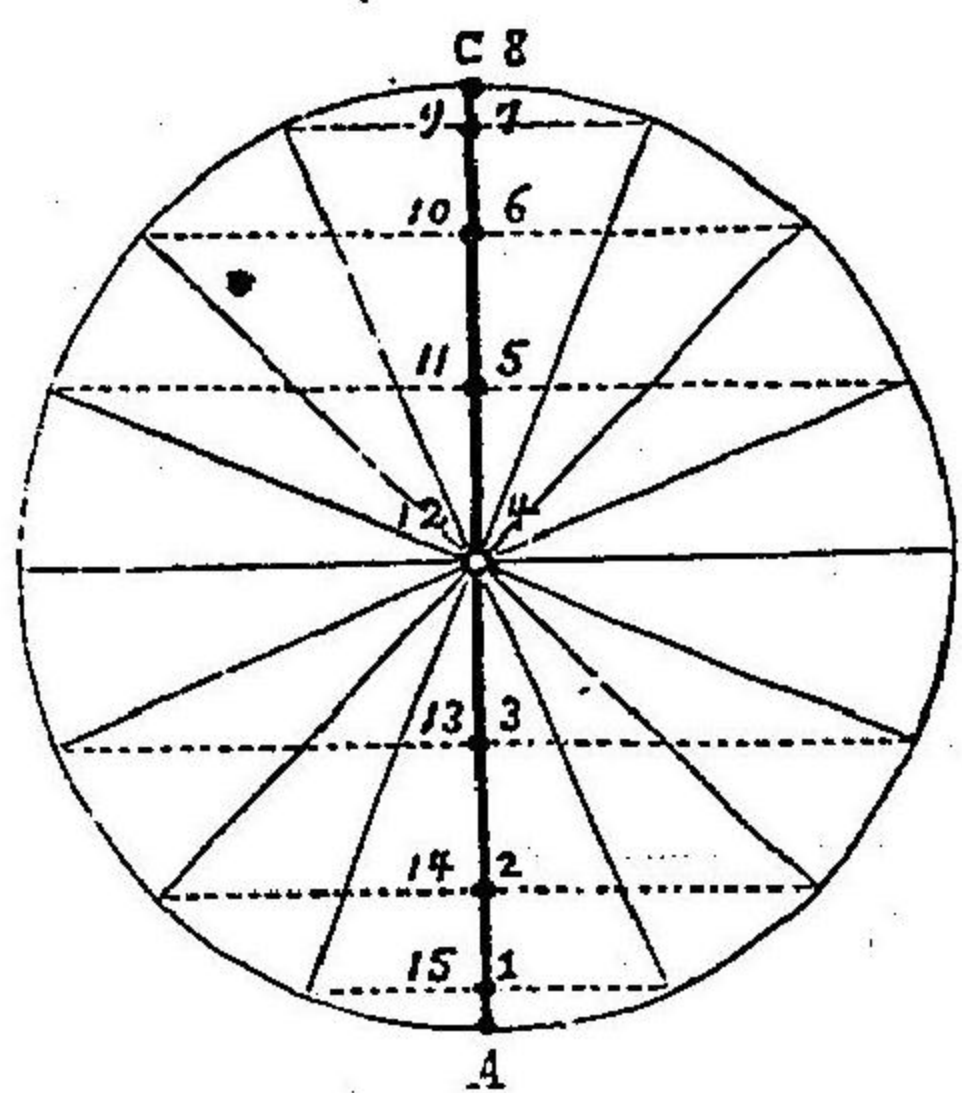


て振動するとき此點は單弦運動を爲すと云ふ。中點Bより速度の零なる點A又はCの距離を振幅と云ひAを發して再びAに歸るまでの時間を週期と名づく。振幅餘り大ならざる間は週期は振幅の大きさに關せず一定なり之を等時性と云ふ。

第六十一圖

單弦運動を圖に表はすには第六十一圖の如くすれば可なり。即ち振幅五寸にして週期十六秒なりとせば半徑五寸の圓を畫き圓周を十六等分し其各分點より一の直径の上に垂線を下すべし垂線の足は各秒に於ける物體の位置なり。

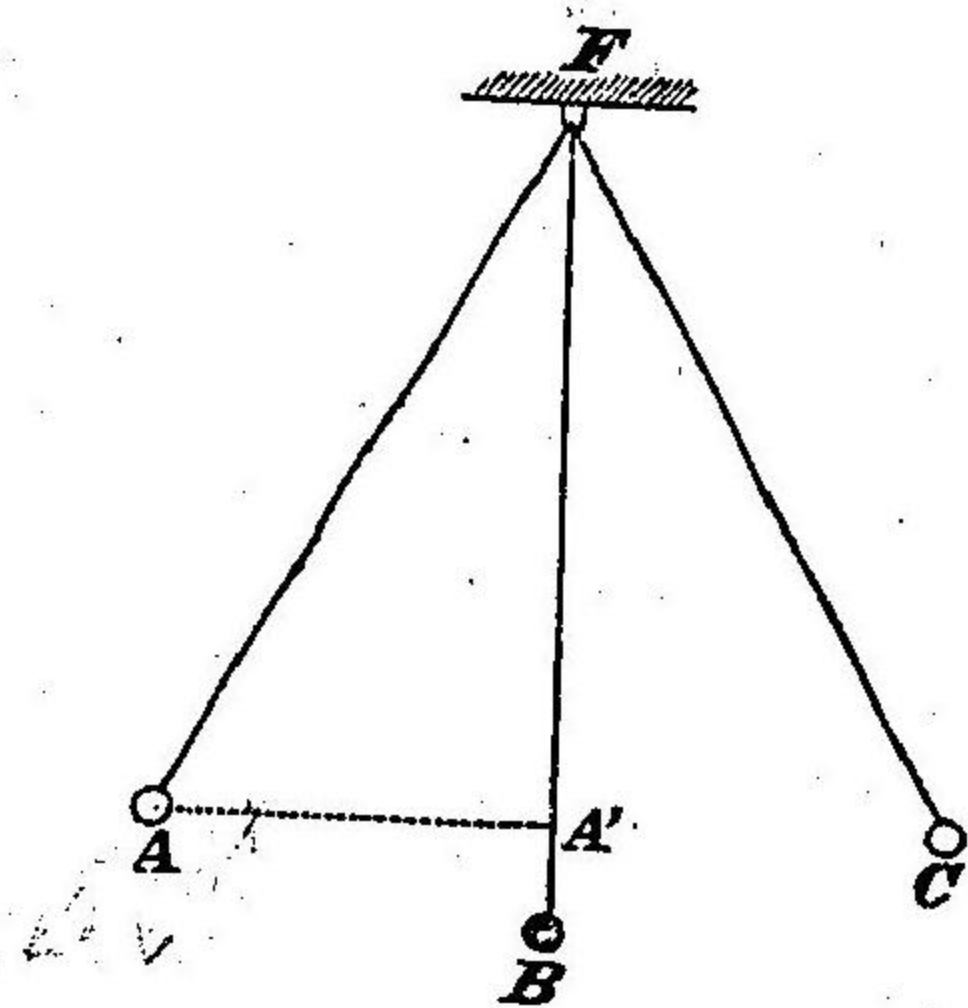
第六十七圖にある如き波形の曲線は手を上下に振りつゝ前進する時の如き(第六七節)單弦運動と等速運動とを合成して得べく第六



九三

第六十二圖
單振子

七節の終に記せし装置は二つの單弦運動を合成せる者なり。
單振子 細き絲の一端より重錘を吊し少しく一方に偏してAに至らしめ、靜に之を放てば、重錘は重力の爲めに作用せられて圓弧ABC上を振動す。若し此弧小にして直線と見認し得るときは錘の運動は單弦運動なり。



伸縮するゝなく重さなき絲の一端に、質點を吊したる者を**單振子**と云ふ。理論上の算定によれば、單振子の週期Tは

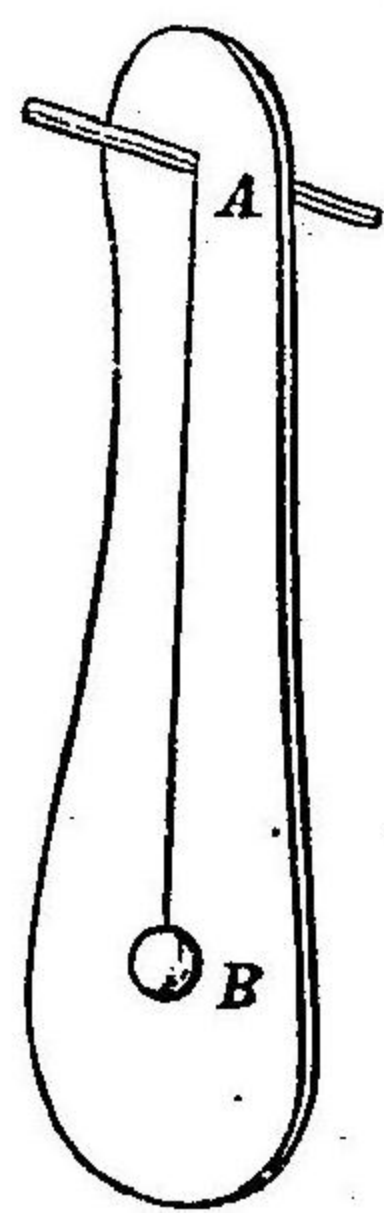
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \dots\dots\dots (20)$$

九四

なり式中心は圓周率πは絲の長、gは重力の加速度なり。
複振子、gを測る方法 第六十三圖の如く、物體の一點に

軸を設け、之を振動し得る様に装置したる者を**複振子**と云ふ。複振子にも亦等時性あり。複振子と同じ週期を有する單振子を**相當單振子**と云ふ。

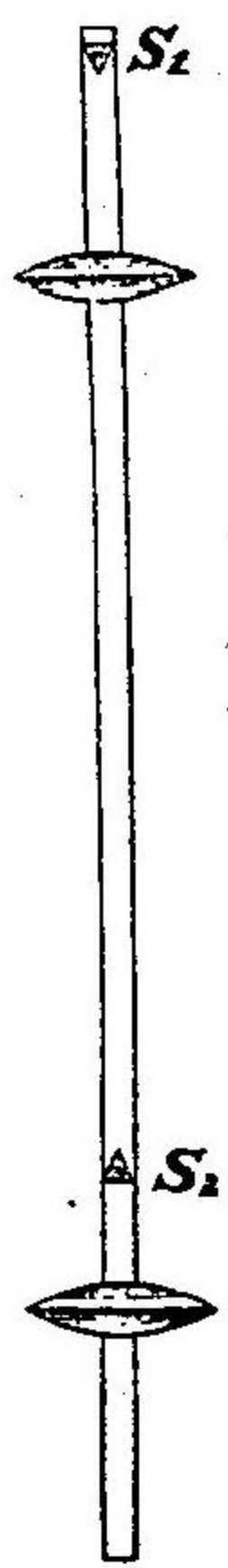
第六十三圖
複振子



重錘をつけたる絲の一端を複振子の軸Aに結び付け、適當に絲の長さを加減すれば、重錘が複振子と共に動きて、始終離れざる所あるを見るべし。此時重錘の在る點Bを此複振子の振動の中心Aを懸りの點といふ。次にB點に軸を設けて、之を懸りの點となし、之に絲端を結べば、重錘Aに於て物體と接するとき、共に振動して離るゝとなし。即ち此時Aは振動の中心となるなり。之を以て複振子に於ては懸りの點と振動の中心とは相轉換し得べく、此兩點間の距離が相當複振子の長さなるを知るべし。相當單振子の長さをlとすれば、複振子の週期Tは前の如く

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

此式を變形すれば $g = \frac{4\pi^2 I}{T^2}$ となる、故に複振子の週期Tと



第六十四圖

相當單振子の長さ l とを實測すれば、 g の價を定め得べし、之れ g を測る普通の方法なり。此測定に用ふる複振子は、圖に示すが如き、二個の相對する鋼鐵製の刃 S_1, S_2 と、二個の重錘とを具ふる者なり。重錘の一は固定しあれども、他は螺旋によりて少しく之を動かす得べし。此振子を使用するには、 S_1 を支へて之を振動せしめたるるときと、 S_2 を支へて振動せしめたるるときと、週期の全く同じきに至るまで、重錘を動かすべし。此時 S_1, S_2 は振動の中心及び懸りの點にして、 S_1, S_2 の距離は相當單振子の長さなり。下に本邦に於ける實測の結果を擧ぐ。

時計 時計は一定の早さにて廻轉する指針によりて時を知る装置なり。指針の運動を繼續せしむる爲には分銅の落下又は強きゼンマイの彈力を利用し其早さを一定に調整する爲には振動體の等時性を利

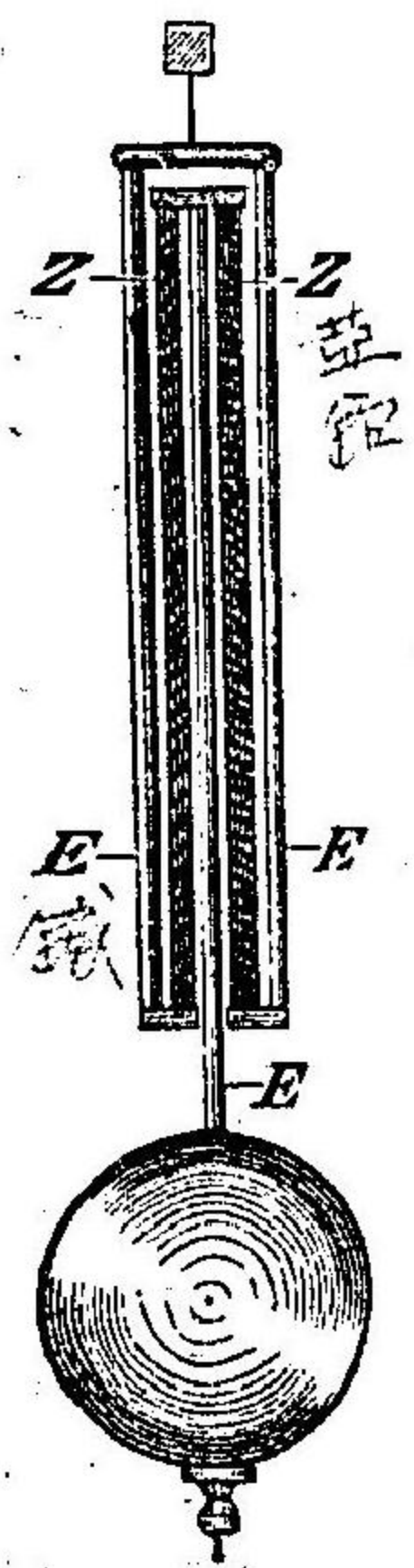
那 霸	979.20(GS單位)
小笠原島	979.5
鹿兒島	979.6
富士山頂 (海面上12370尺)	9.979
東京	979.5
札幌	980.5

九五

第六十五圖 複整振子

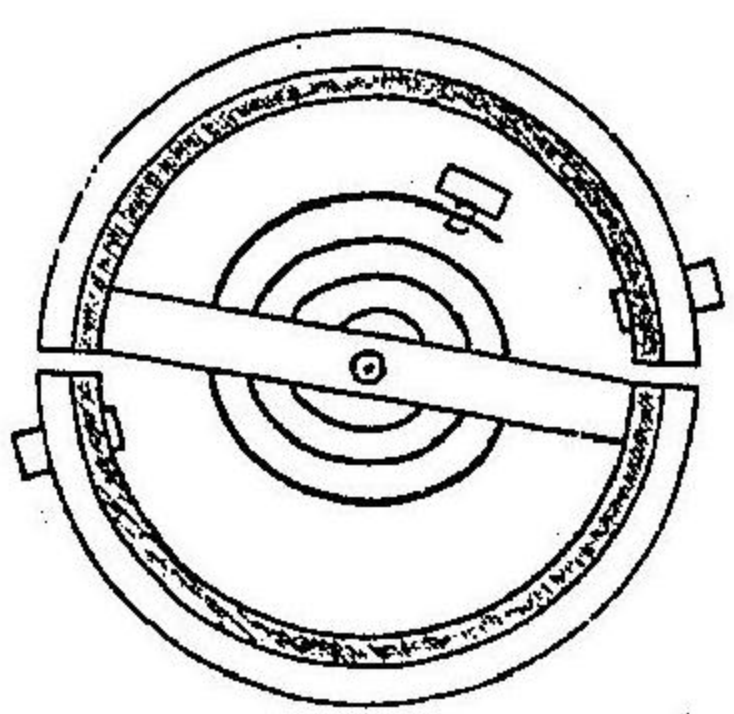
用せり。振り時計に於ては後者の爲に振子を用ひ懷中時計の如き振子を使用し得ざるものにては弱きゼンマイと輪とより成る天府と稱する装置を用ひて齒車にかけたる齒止を動かし其一振一動毎に齒車をして一齒づゝ前進せしむ。

溫度上昇する時は金屬は膨脹し溫度降る時は收縮するを以て夏期に於て振子は其長さを増し天府は其輪大となりて爲に振動緩慢となり冬期に於ては反對に振動急速となる。此の如く時季によりて時計に遲速を生ずるを防ぐ爲には補整振子又は切天府を用ふ。巴里の補整振子の一の形は第六十五圖に示すが如く二種の金屬例へば鐵 E と鉛 Z との棒を組合せて振子の錘球を吊したるものなり。溫度上昇すれば鐵も亞鉛も共に延長すれども鐵の延長は錘球を下げ亞鉛のは之を上ぐるにより此二種の棒の長



第六十六圖
切天府

さを適當に取れば溫度に關せず振子をして一定の長さを保たしむることを得。切天府にては其輪を二重にし外側を眞鍮にし内側を鐵にして且つ之を切りたり。溫度昇るときは眞鍮は鐵よりは多く膨脹するによりて輪は歪みて其切られたる先端は中心の方に近づき溫度降る時は反對に眞鍮の方多く收縮して輪の切られたる先端は中心を遠かり之によりて振動の週期の變化なからしめたり。



九六

彈性體の振動 第九二節に於て吾人は一のゼンマイの下端より吊せる球の振動は單弦運動なるを説けり。此際若しゼンマイの一點に目標を附し其運動を注視すれば之も亦單弦運動を爲すことを發見せん。緊張したる絃又は膜其他一端を固定したる棒等凡て彈性體を一旦歪ましめて後急に歪力を除けば此物體は直に元來の形に復せず暫

九七

時の間振動するものなり、此振動に於て物體の一點をとりて考ふれば其運動は單弦運動を合成せしものなり。而して此振動は甚緩かにして眼にて明かに之を見得ると甚急速にして眼に見えざることあり。後の場合には振動體は通常音を發す。

振動急速なるものに於ては振動の週期 T 甚小なり。此の如き場合には $\frac{1}{T} = n$ は一秒時間中に於ける振動數なれば n の價を以て振動の早さを表はすを便なりとす。振動體が音を發するを感ずるは人々によりて多少の差異あれども n は通常十六と三萬六千との範圍内にあり。

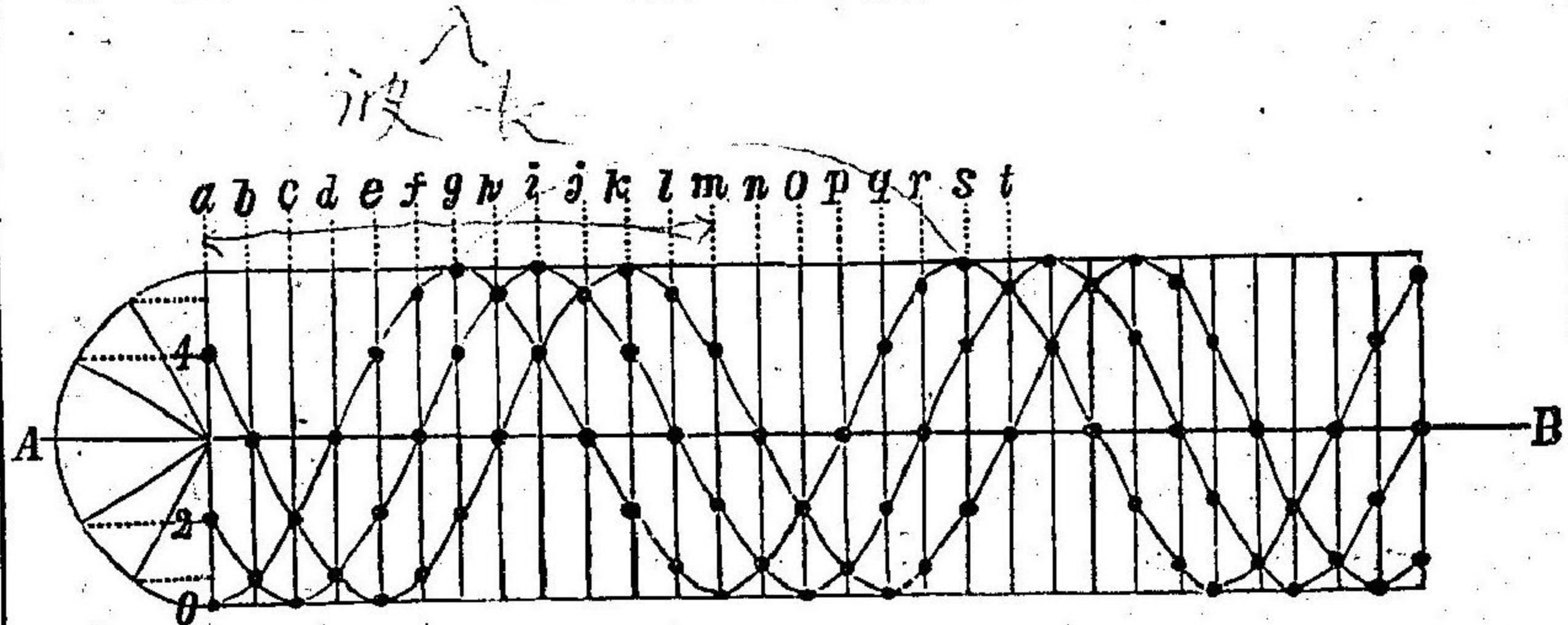
波動 振動體の周圍に之を包圍する彈性物質あるときは振動は此物質中に擴がりて波動を起すものにして尙池水の一點を動かせば圓形の波紋が池面全體に擴がるが如し。此の如き波動を傳ふる物質を波の媒質と云ふ。水面の波

第六十七圖
横波の圖

九

が四方に擴がる時水面に浮遊する小物體に注目すれば此等の物體は夫々靜止の位置を中心として振動するのみにして物體が四方に擴がり行くものに非ざるを發見せん。實に擴がり行くは振動のみにて媒質中の一質點は單弦運動か或は多くの單弦運動を合成したる振動を爲すのみ。此振動の有様によりて吾人は波動を大別して二とす。横波及び縦波之れなり。

横波 横波とは媒質の一點に於ける振動の方向が波動の傳播する方向に直角なるものなり。時としては之を

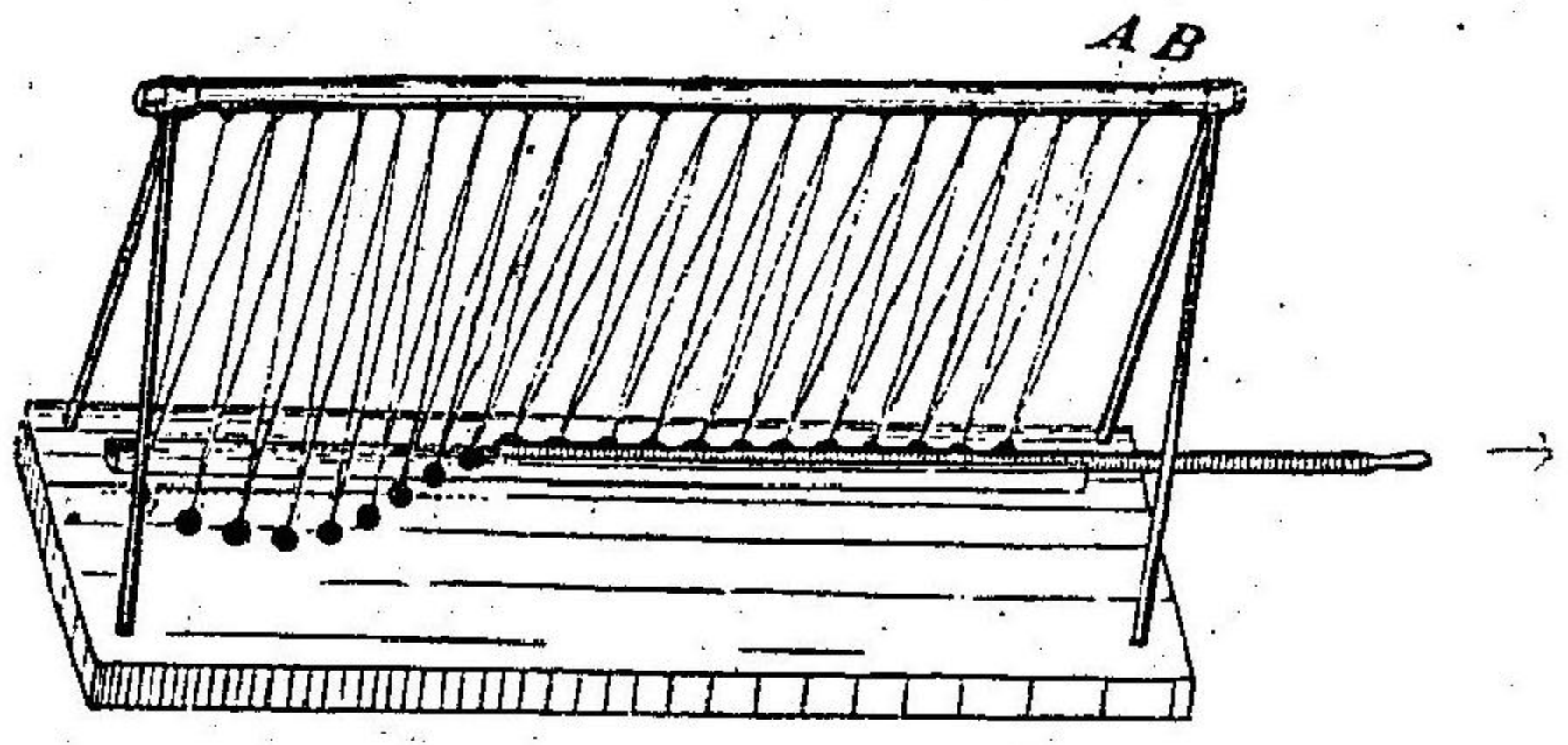


高低波と稱す。第六十七圖は横波の傳播を示すものにして a, b, c, d 等の相連續せる諸點が皆相等しき週期十二秒とせり。相等しき振幅を以て上下に振動し波動は左より右に向て進行す、或時刻に於ける各質點の振動の有様は其隣の者よりは少しづつ規則正しく後れたり。即ち第0秒に於ては a は最低位即ち波の谷にありて b, c 等は漸々高き所に d は其靜止すべき位置に g は最高位即ち波の山にあり。然るに時を経れば波の谷は漸々 a より c, d 等に移り行きて同時に a は漸々上昇して波の山となり再び下降して又波の谷に復す。他の質點も皆同様の事を反復するなり。今 a より m までの距離を波長と名づけ之を入にて表はせば波動は質點の一振動する間即ち週期 T の間にただけ前進するによりて波動進行の速度を V とすれば

$$V = \frac{V}{T} \dots \dots \dots (21)$$

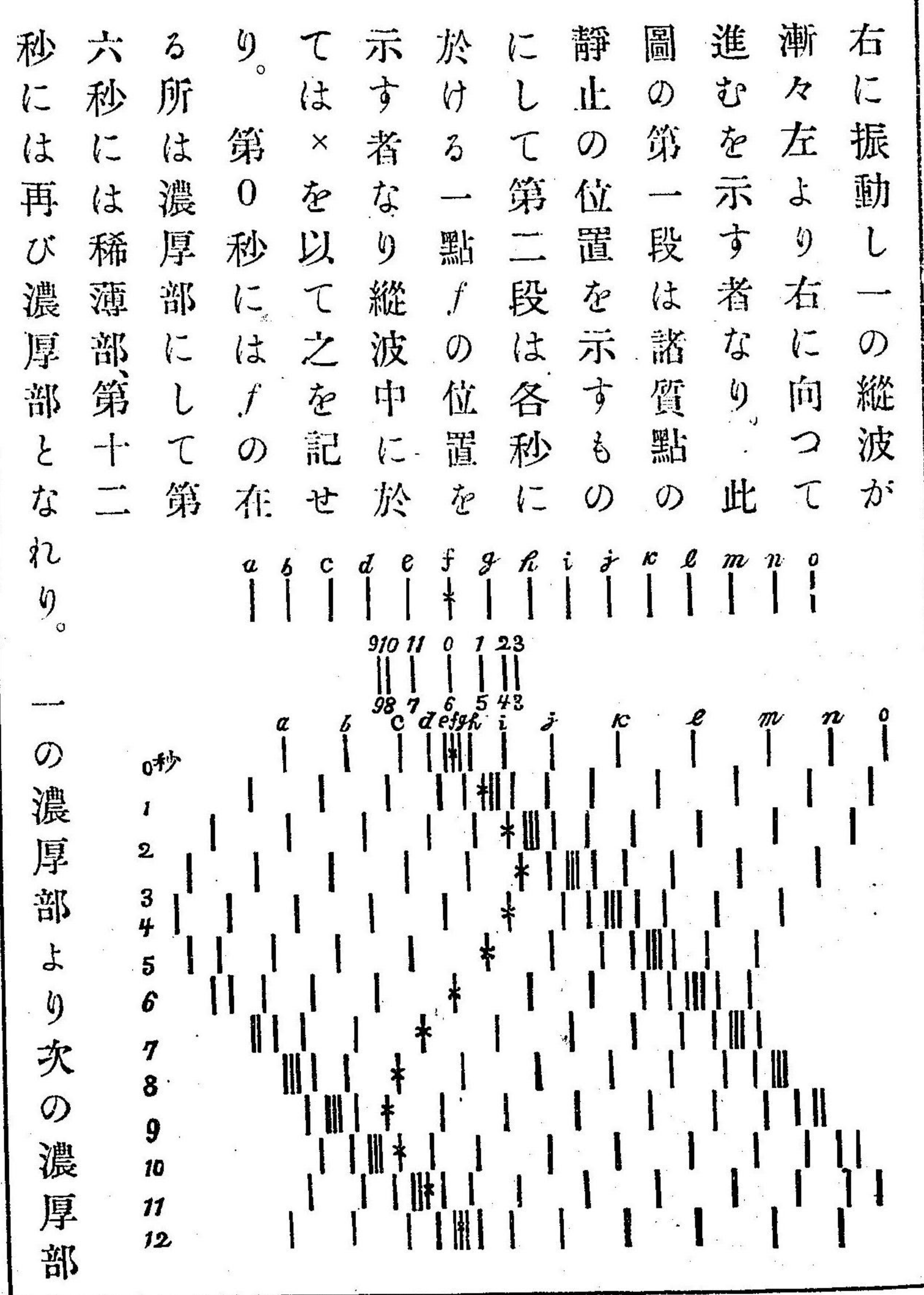
九九

第六十八圖
横波を示す装置



なり。
第六十八圖は横波を示す一の模型なり。
縦波 縦波に於ては媒質中の各質點の
振動の方向が波動傳播の方向に同じき
によりて諸點は或所に於ては密集し他
の所にては互に離隔せり。而して其濃
厚部又は稀薄部は時を経るに従て漸々
前進するなり。故に此種の波を又疎密
波と名づく。百足の爬行する時の足の
運動を見れば略此波動を想像し得べし。
第六十九圖は a b c d 等の質點が十二秒の週期を以て左

第六十九圖
縦波



第四編 運動及び力

までの距離を波長とす。縦波に於ても波動の進行する速度を V 、振動の週期を T 、波長を λ とすれば以前の如く次の關係あり。

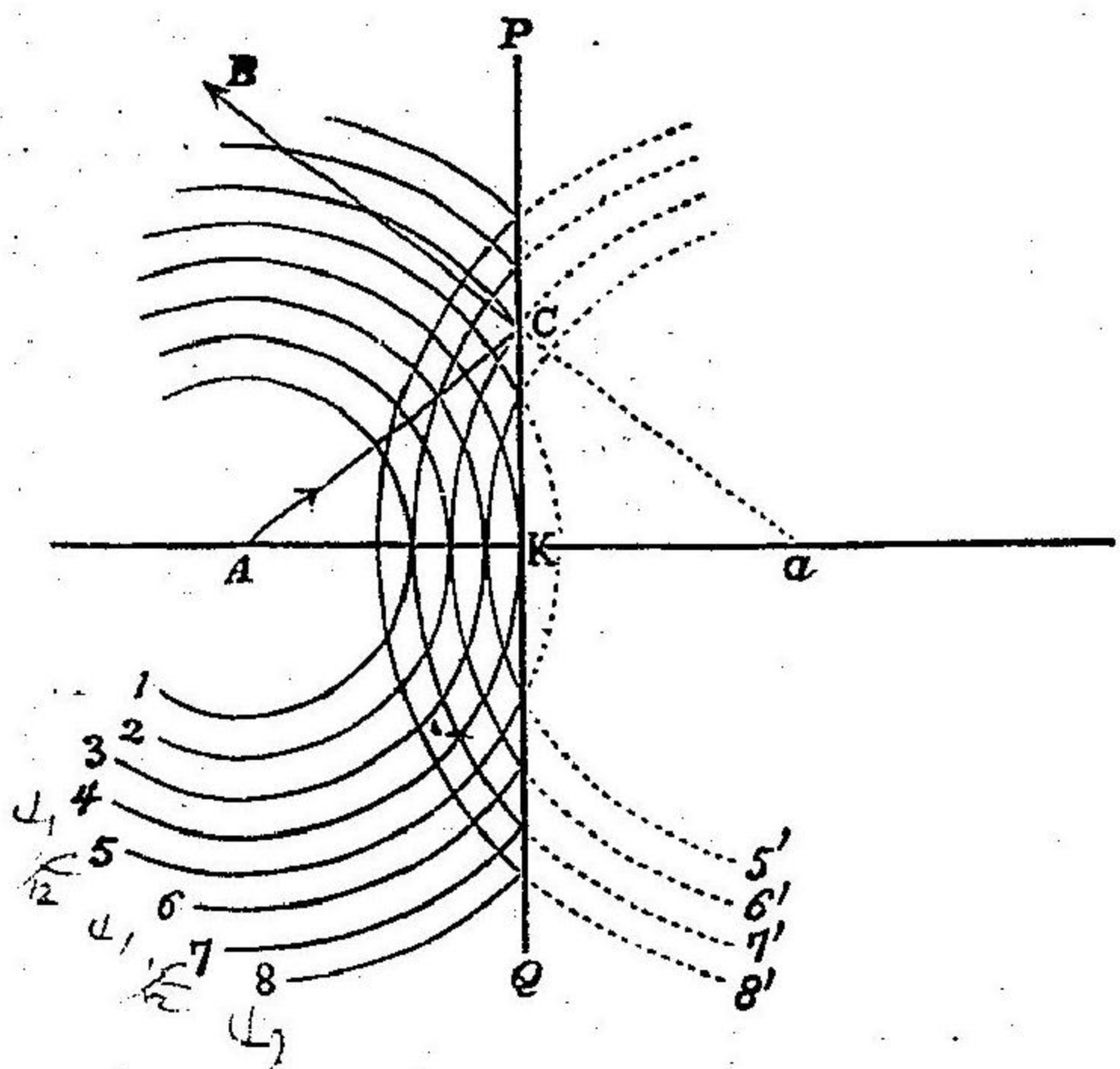
$$V = \frac{\lambda}{T}$$

100

第七十圖

一點 A より出づる球形の波が眞直なる壁に當りて反射する圖

波の反射 波動が一の媒質中を進行するに當り之を妨ぐる障碍物に逢ふときは、頓に其方向を變じて、新なる方向を取りて直進す、之を波の反射と云ふ。第七十圖に於て A を波源とせば波は此點を中心として四方に進行するに、若し PQ の如き障壁に逢へば、此處に於て反射



第七十一圖

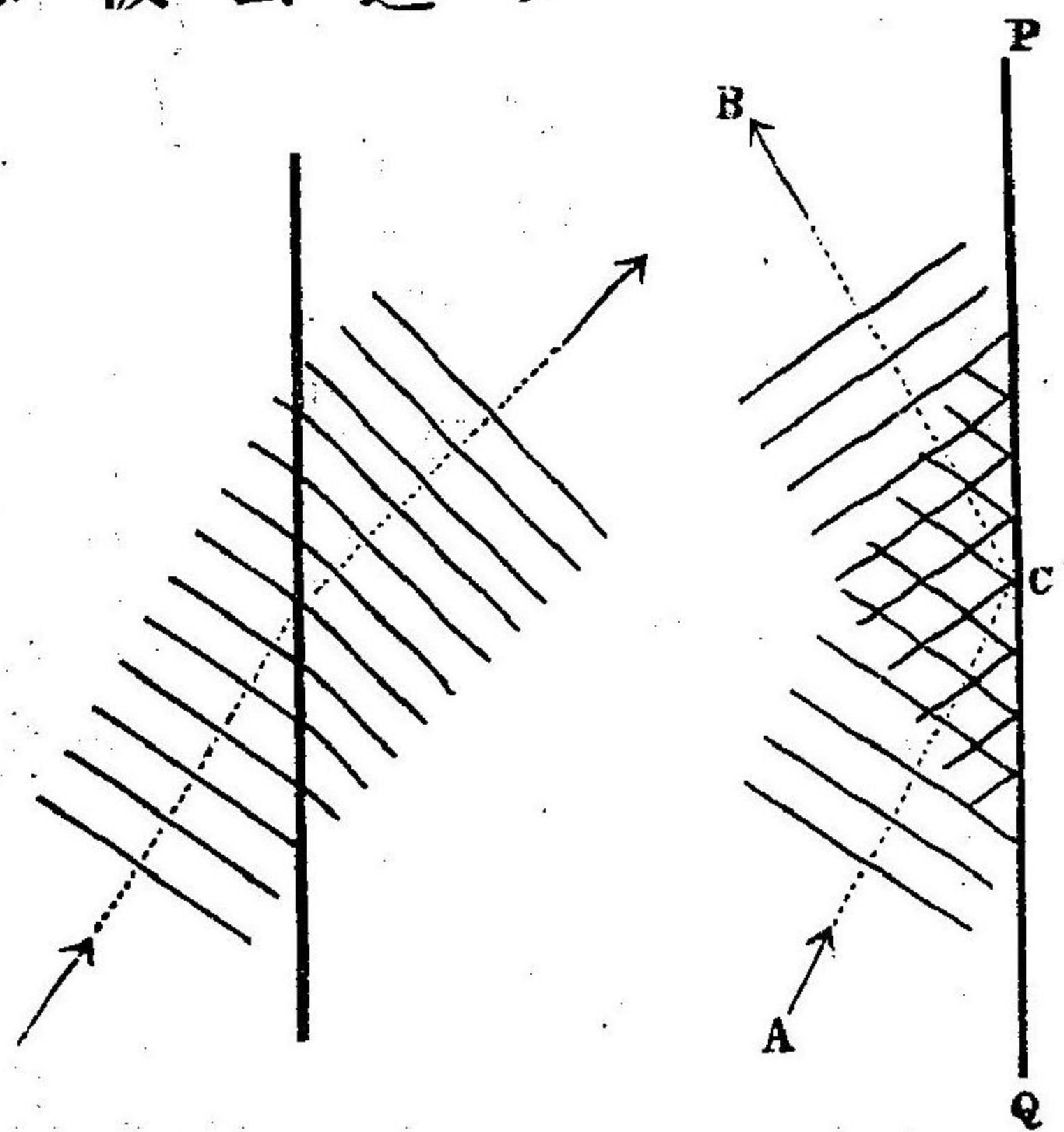
平面波の反射

101

第七十二圖

平面波の屈折

す。今 AK を PQ に垂直ならしめ、 AK に等しく Ka を取れば反射の波は、 a を中心として畫きたる球狀を成すこと、水面に於ける高低波に於て、吾人の目撃すると同様なり。故に AC の方向に進行したる者は反射の後 CB の方向に向て進行し、 B にある人は、恰も a 點即ち A の像より來れる者の如くに感ずべし。第七十一圖は波源の非常に遠き場合なり。波の屈折 波が一の媒質より他の媒質に進入するとき其進行の方向を變ずるを屈折と云ふ。之れ兩媒質中に於ける波の速度の相異なるに基く



り。かゝる現象は水の深き所より來れる波が急に淺き所に進入する時にも起る者にて海濱等にて屢目撃する所なり(第七十二圖)。

但し屈折と反射とは常に相伴ふものなれども此圖には反射波を省けり。

波の干涉

第七〇圖に於て偶數を附したる圓は或瞬間に於ける水面上の

波の山を表はし奇數を附したるは波の谷を表はすとせよ。今元の波の4と反射波の7とが交叉する所にある質點をとりて考へんに此點は一の波の山、他の波の谷にあるを以て兩波互に相妨げ其位置は波動なき時の水面の高さにあり。其後は如何と云ふに一方よりは波の山、他方よりは波の谷が近づき來りて常に互に相打消して此質點は常に靜止す。

此の如く二つの波の爲に或質點が常に靜止するを波の干涉と云ふ。

二つの波は波源よりの距離の差が波長の $\frac{1}{2}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{5}{2}$ 等の諸點に於て相干涉す。

第五編

音

一〇三

音 第九六節に於て吾人は彈性體の振動するとき其振動數が充分大なれば吾人の耳は音を感じるを述べたり。之れ通常の場合に於ては彈性體の振動が之を包圍する空氣中に疎密波を生じ此波動が發音體より擴がりて吾人の耳に達して鼓膜を振動し聽神經を刺激するによる。故に一の硝子鐘内に電鈴を入れ空氣ポンプを以て鐘内の空氣を排除すれば鈴の打たるを見れども殆其音を聞くを得ず。然れども音響を傳達するは實は音に空氣のみに非ず凡て彈性ある物體は皆之が媒介となる者にして耳を水

中に置くも尙能く音を聞き得べく、又長き木材の一端に耳を當て軽く他端を摩すれば能く木材中を傳達し來れる音を聞くを得べし。

104

音の速度 甲所に於て發したる音の乙所に達するに多少の時間を要するは吾人の能く知る所なり。凡て波動傳播の速度は其媒質の彈性と密度とに關する者なり。

音波の場合に於ては其速度は固體に於て最大に液體之に次ぎ氣體に於て最小なり

音波 一の太鼓を取り強く之を撃ちて膜を振動せしめたりとし空氣中に音波の生ずる有様を考ふるに膜が外方に向て動く時は膜に接する空氣は急に壓迫せられて濃厚となり膜が内方に向て動く時は稀薄となりて膜の爲に空氣

炭酸瓦斯	259米
空氣	330.7米
水素	1266米
水	1453米
銅	4967米
鐵	5016米

105

中に一定の周期を隔て、規則正しく濃厚稀薄の状態を生ず。而して膜に接せる空氣が濃厚となれる時は其彈性の爲に常態に復せんとして四圍の空氣を壓して之を外方に押し、之が稀薄となれる時も亦常態に復せんが爲に四圍の空氣を内方に引く。之が爲に膜の振動は空氣の振動を喚起し濃厚稀薄部は規則正しく膜を中心として空氣中に擴がり行く之れ即ち音波なり。

今若し膜の振動數を每秒三百回なりとすれば其振動の周期 T は $\frac{1}{300}$ 秒なり。故に若し音波の速度を每秒三百三十米なりとすれば第九八、九九節の(21)式によりて其波長 λ は約一、二米なるを知るべし。

音波の反射は山彦又は反響と名づくる現象が其適例なり。然れども音波の屈折は之を経験する場合殆なし。音波の干渉は次の如き装置によりて

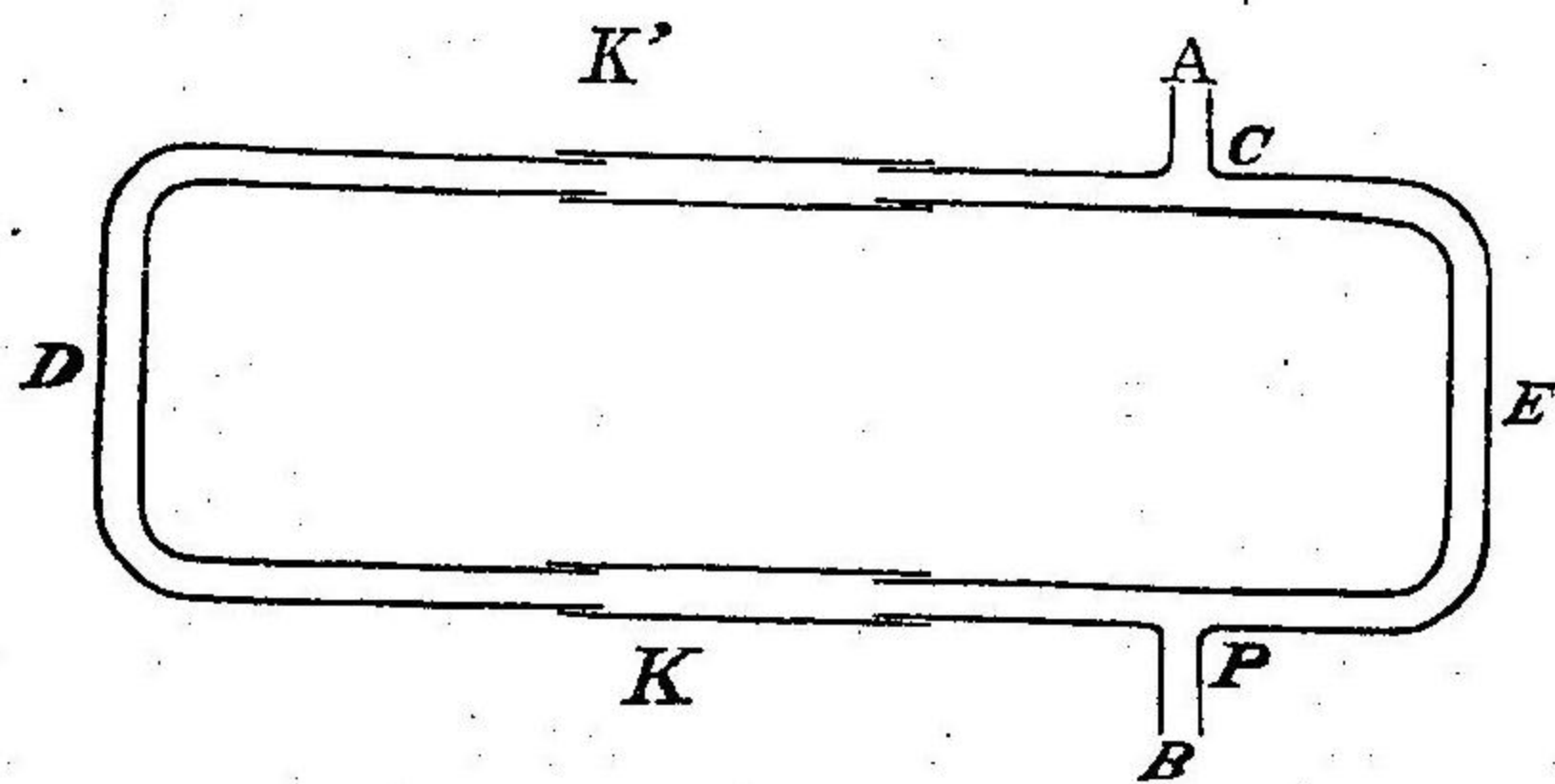
$$V = N \lambda$$

$$V = \frac{\lambda}{T}$$

$$T = \frac{\lambda}{V}$$

第七十三圖
音波の干渉を示す装置

實驗し得べし。即ち圖に示すが如き形の金屬製の曲管 $D E$ を、護謨管 $K K'$ にて連絡し、 A の開口の前に、一の發音體を置き、 B に耳を當て、 D 管を或は護謨管中に挿入し、或は之を拔出して試むるに甚強く音響を感ずることあり又全く無聲となることあり之れ音波の C に於て分枝し $D E$ 兩管を通じたる者再び P に於て合して耳 B に達するが爲に起る現象なり。圖によりて考ふれば、發音體の送り出す音波の波長を λ とせば $C D P$ と $C E P$ との差、 $\lambda/2$ $3\lambda/2$ 等のときは濃厚部と濃厚部稀薄部と稀薄部とが同時に耳 B に到着する故に強音を聞き、 $\lambda/2$ $3\lambda/2$ $5\lambda/2$ 等のときは一方より來る濃厚部と他方より來る稀薄部とが互に相干渉して無聲となるべきや明なり。



音の高さ 強さ 音色 發音體の振動は一般に甚急速なるによりて眼にて見ることを得ざれど其振動數の多少は

一〇六

音の高さとして、振幅の大小は其強さとして、振り工合は其音色として耳に感ぜらるゝなり。即ち(一)振動數多ければ其音鋭くして高く、少なければ其音鈍くして低し。(二)振幅大なれば其音強く小なれば弱し。例へば太鼓の音は虫の聲より低けれども強きが如し。(三)振り工合につきては笛の音と絃の音と高さ同じにても音色を異にするが如し(第八十七圖甲乙)

一〇七

人の音聲 人の音聲は、喉頭にある聲帶と稱する二枚の膜の振動による者なり。而して其の高低は此膜の緊張の度によりて加減せらる。女子小兒の音聲の成年男子のに比して高きは、此膜薄くして且短かく、振動數の多きによるなり。通常男子の談話の際に發する音聲は一秒間に九十乃至百四十回振動する者なれども、女子のは二百七十回より

一〇八

五百五十回に至る。
音の調和 全く同じき二個の音を同時に發するときは一個の時よりは通例其強さを増すのみなれども、二個の異りたる音を同時に發する時は、愉快なる感を起すことと然らざることとあり。愉快なる感を生ずる時は其二音相調和すと云ふ。凡そ二音の能く調和するは其振動数の比極めて簡單なる時に在り例へば二音の振動数の比1:2或は2:3なる時は甚よく調和するなり。

第七十四圖
ツルガン、ピ
アノの鍵盤



下に掲ぐるは洋樂に用ふる音の振動數なり尤も時代により音名同じにて其實多少の變化あり。茲に掲ぐるはイ音を毎秒四百三十五回と定めたる者なり。

洋樂十二音名	振動數(一秒時間)
ハ	258.7
ハ#	274.0
ニ	290.3
ニ#	307.6
ホ	325.9
ホ#	345.3
ヘ	365.8
ヘ#	387.5
ト	410.6
ト#	435.0
イ	460.9
イ#	488.3

一〇九

此表によりて「ハ音」と「ト音」と能く調和し又「ハ音」と「ホ」と調和するを知るべし。
共鳴 全く同一の振動數を有する二個の彈性體を多少連絡ある様に並置し其一方を振動せしむるときは他は自然に振り始む。之を共振と云ふ。同様に同一の音を發すべき二個の發音體を並置し一方を鳴らせば他は自然に鳴り出す。此現象を共鳴と稱す。

共鳴の理如何と云ふに一方の振動體の振動する毎に他は其影響を受けて動かんとす。而して其一度一度に作用せらるゝ力は小なれども自己本來の振動に一致して週期的に繰り返して誘はるゝを以て後には盛に振動するに至るなり。

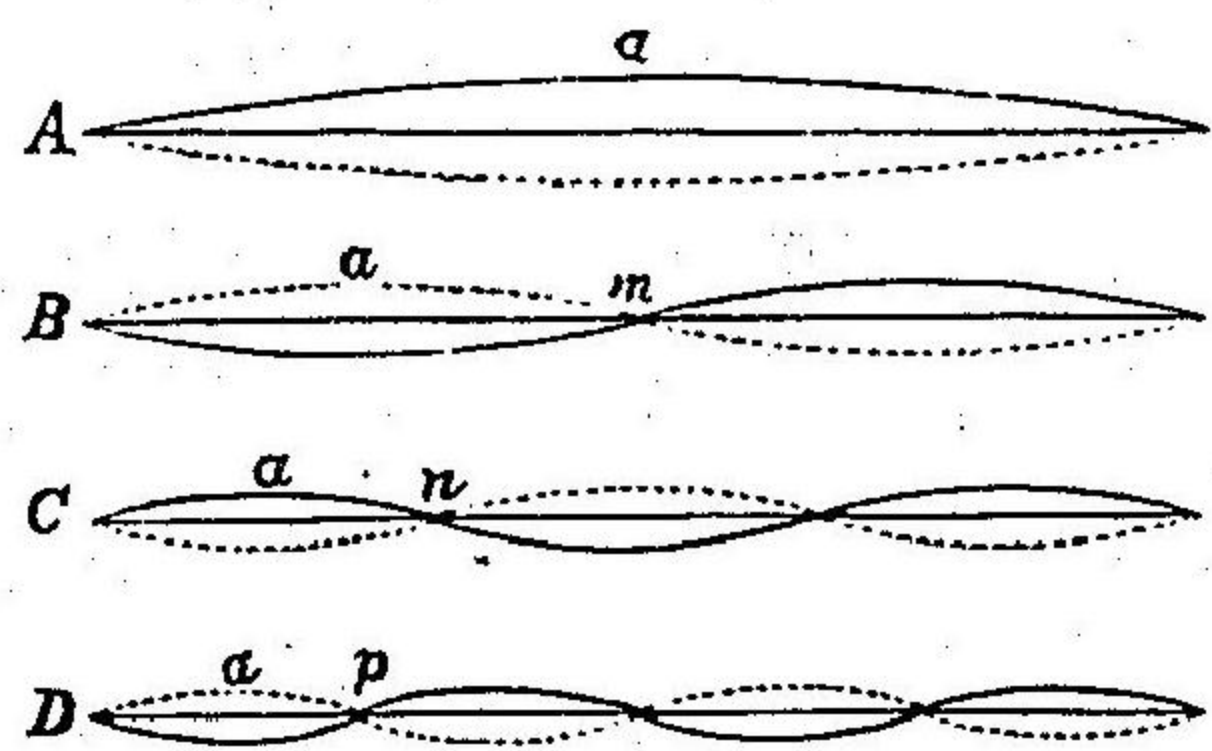
一一〇

絃棒の振動 彈性體の振動する方法は一に限らず。緊張せる絃を彈ずれば第七十五圖に示すが如き種々の振動

第七十五圖
絃の振動、 a
は腹、 m
 n
 p
は節、

を爲しAの如く絃の全部が一體に振動することあり又はBCDに於けるが如く多くの區域に分れて振動することあり。數區域に分れて振動する時は各區域の境にある點は常に靜止す。之を節と云ふ。節の兩側は運動相反して一側にて上方に動くときは他側にては下方に向て動く振幅の最大なる點 u を腹と云ふ。

絃の全長一體に振動する時は其音最低し之を其絃の原音と云ふ。絃が n 區に分れて振動するときは其振動數は原音の n 倍なり此等の音を倍音と云ふ。絃に限らず普通の發音體の音は原音と數多の倍音と合成したる複雑なる者なり而して此倍音の



第七十六圖
絃の横振動を
實驗する琴

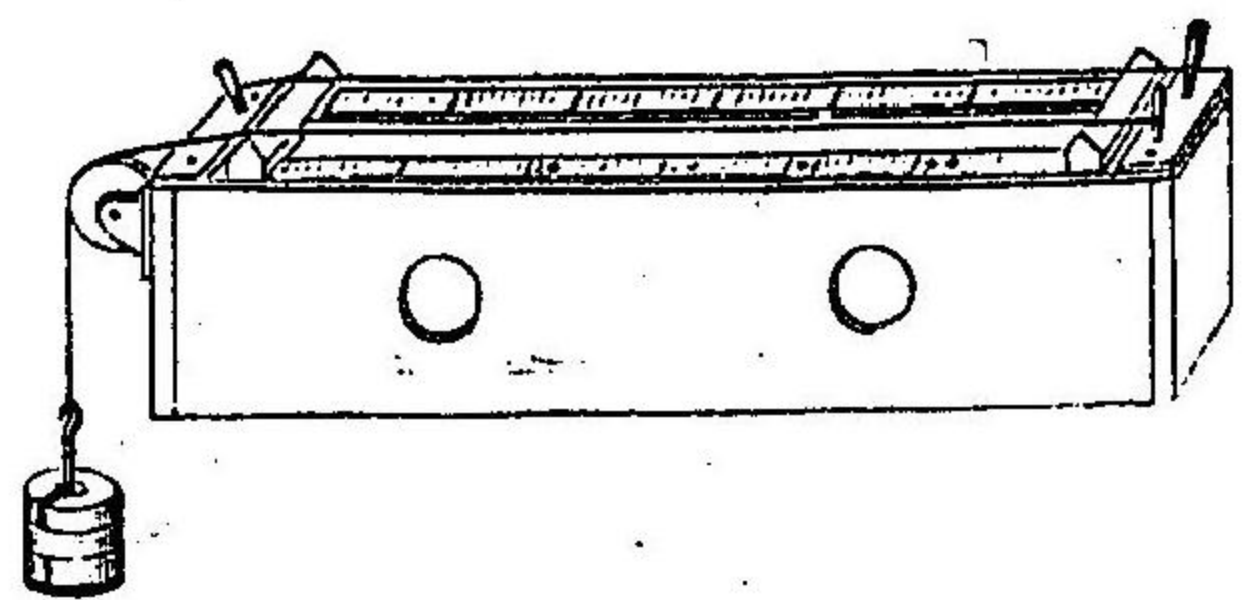
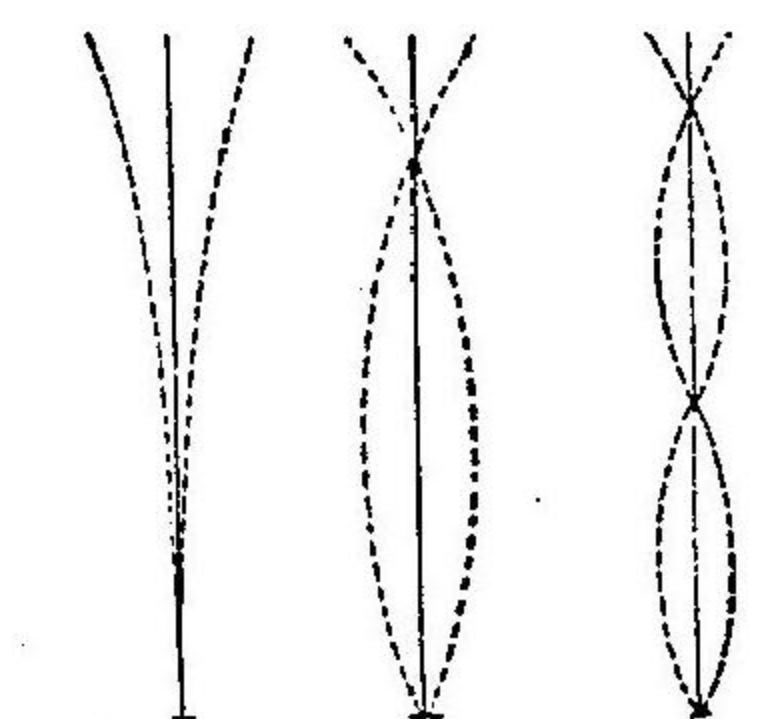
伴ひ方によりて音色の差を生ずるなり。絃の横振動に於ける原音の一秒時間の振動數 n は次式によりて得らるべし。

$$n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{980 \cdot P}{m}} \dots\dots\dots (22)$$

式中 l は絃の長さを厘にて表はしたるもの P は絃を張る力を瓦にて、 m は絃の長さ一厘の質量を瓦にて表はしたるものなり。

棒の振動は略絃のに相似たり。第七十七圖は下端を固定したる棒の振動を示すものなり。

音叉 音叉は其振動規則正しくして極めて清朗なる音を發するにより音樂家、物理學者が音の標準として使用する者なり。

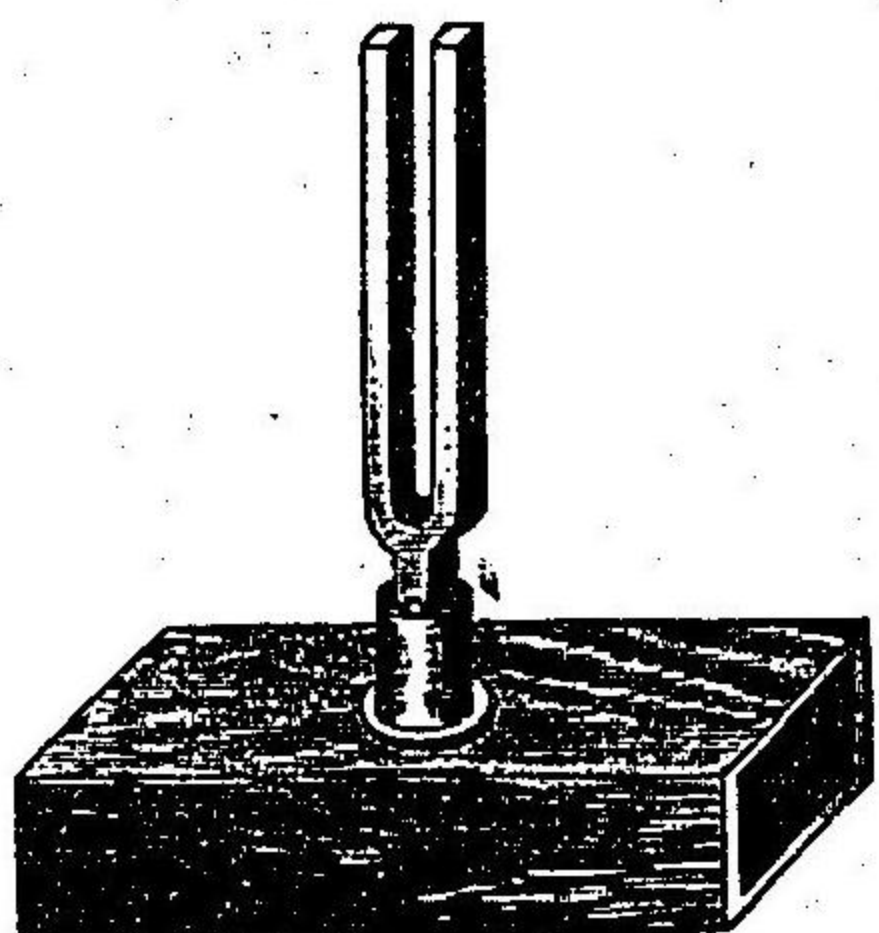


第七十七圖
棒の振動

第七十八圖
音叉

第七十九圖
音叉の振動の
工合を示す

其構造は鋼鐵製のU字形に脚を附したるものにて通常之を木製の箱の上に立つ。其振動は第七十九圖に示すが如くU字の下部に近く節を生じ脚は上下に動きて其振動を臺箱に傳へ箱内の空氣をして之に共鳴せしむ。其音の清朗なる所以は、倍音早く消滅して原音のみ残るが故なり。

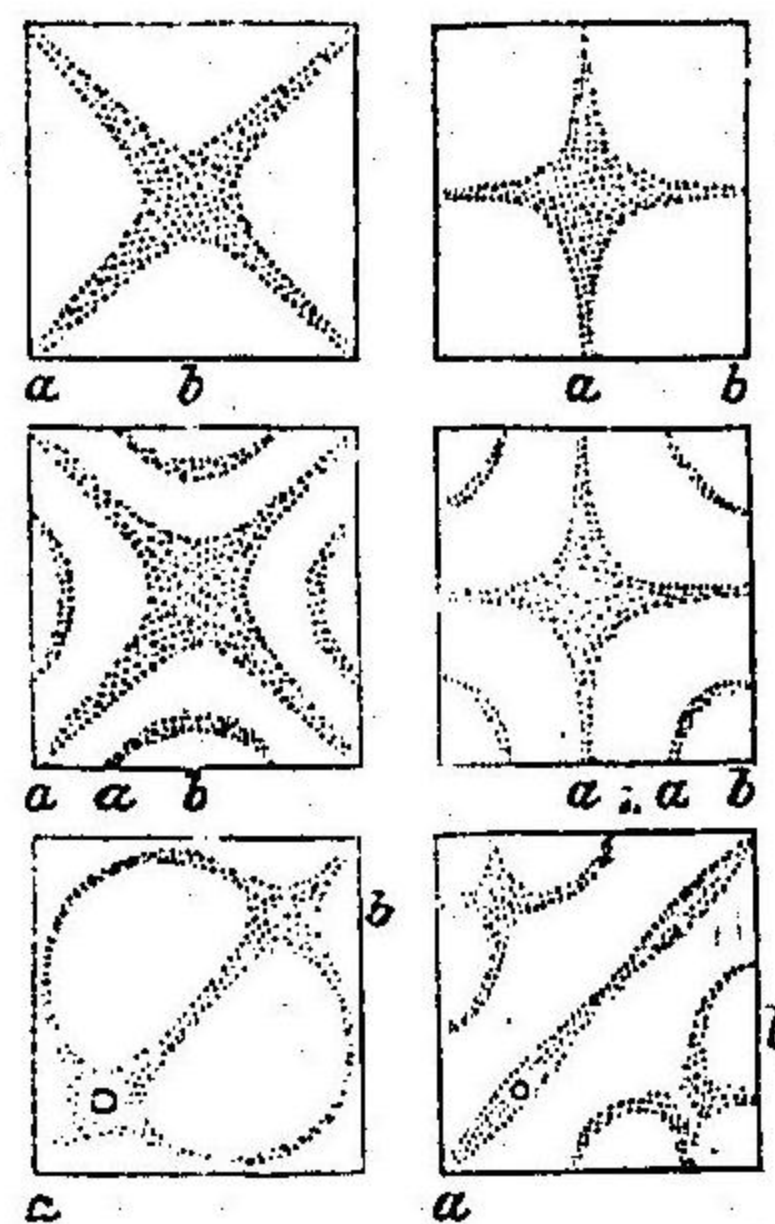


一三三

第八十圖

クラドニの圖上の四つは板の中央を固定し下の二つは○印の所にて板を固定せり。aを指に

板の振動 硝子板又は金屬板の一點を固定し胡弓の絃を以て之を摩すれば其板振動す。此の時振動せざる質點多くありて、其軌跡を節線と云ふ。豫め板上に細砂を撒布す



て抑へるに胡弓をあつ。

一三三

第八十一圖
風琴の笛

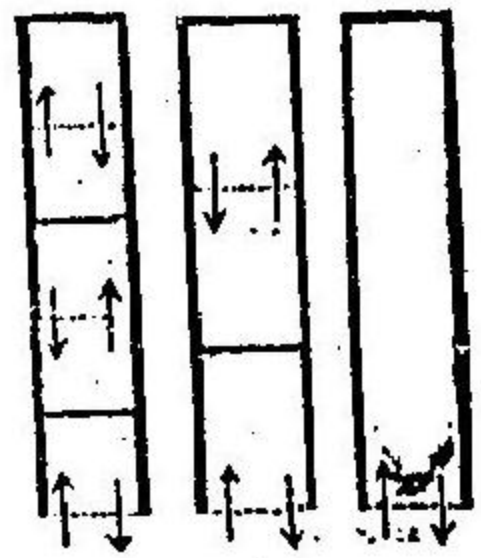
れば、砂は節線の上に集合して曲線をなす、之をクラドニの圖形と云ふ。鐘の振動は板の振動と大差なし。空氣性の振動 笛、尺八等を吹きて音を出すは、管中の空氣の振動によるなり。今之を風琴の笛につきて説明すべし。風琴の笛は第八十一圖に示すが如き構造にして、管の一端Pより氣流を送入すれば、氣流は狭孔Kより出て、楔形の唇Lに激して管中の空氣を振動せしむ。而して緩かに之を吹けば原音、倍音共に發し激しく吹けば、倍音のみを發するなり。風琴管に二種あり、上端密閉したるを閉管と云ひ、開放したるを開管と云ふ。先づ閉管に就きて云はば、其原音を發する時は管の上端節となり、下



第八十二圖

閉管中に於ける空氣の種々の振動

種あり、上端密閉したるを閉管と云ひ、開放したるを開管と云ふ。先づ閉管に就きて云はば、其原音を發する時は管の上端節となり、下

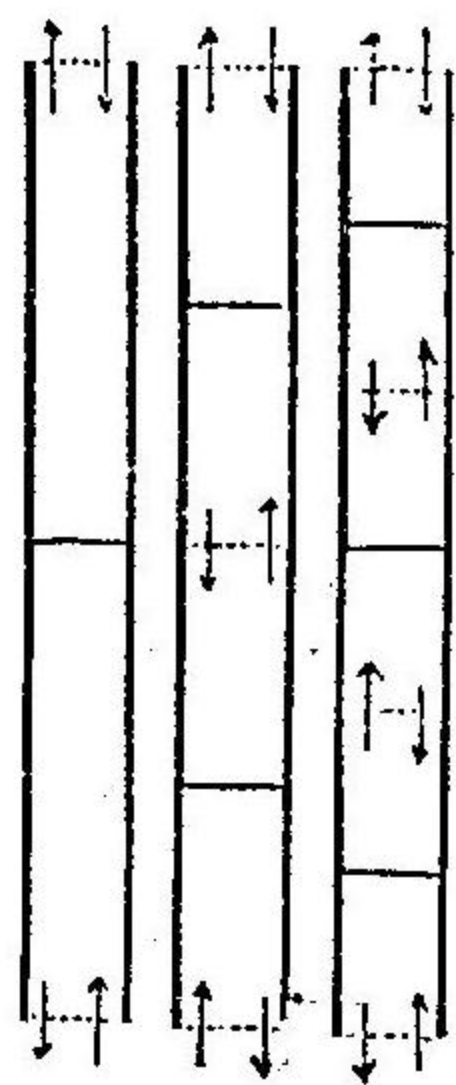


第八十三圖
同上を實驗する装置

端腹となる、其發する倍音は、

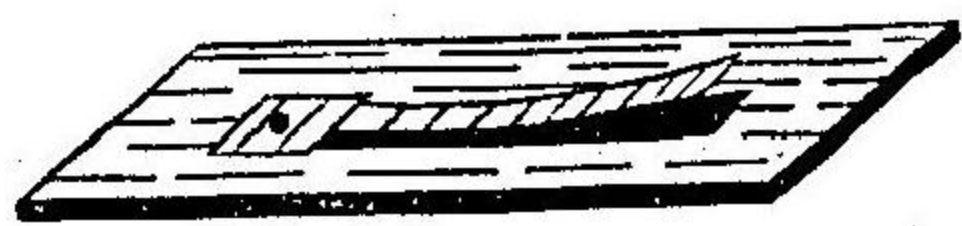


第八十四圖
開管中に於ける空氣の種々の振動



原音の三、五、七倍等にして、其腹、節の所在及び空氣の振動は第八十二圖に示すが如し。之を實驗するには管部に硝子を用ひ、其中にコルクの細粉を撒布して、之を吹き試むべし。細粉は節に集まりて、其位置を示すことクラドニの圖に於けるが如し。開管に於ては管の兩端に腹あり、又閉管と異なりて凡ての倍音を出し得るなり。

簧 我邦に於て普通風琴オルガンと稱する者は上記の者に非ずして金屬の小片振動して音を發するなり、之を簧簧と云ふ。童子の玩弄する喇叭等は、皆簧を

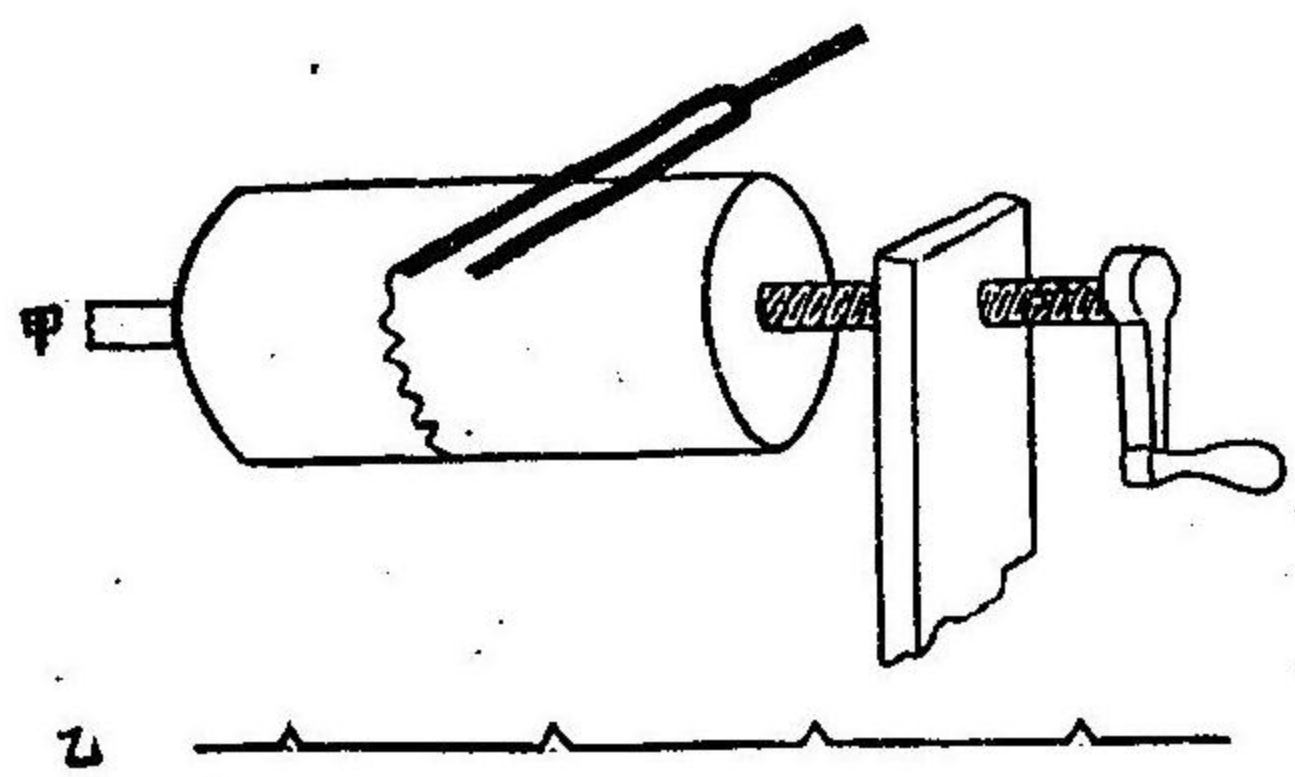


第八十五圖
簧

一一五

有す。

振動を畫かしむる法 音又、又は鐘の如き物體の振動は、之を畫かしむるを得べし。其法は物體に小なる針を附着して、煙煤を以て黒く燻したる紙にて掩ひたる圓筒の表面に其尖端を接せしめ、圓筒を廻轉すれば物體振動せざる時は針の尖端は直線を畫けども、若し振動するときは波線を畫くべし。此針と列して、尙一個の針を出し時計仕掛にて一秒に一回宛之を微動せしむれば、乙圖の如く毎秒一個の突起を畫くべし。故に其相隣れる二個の突起間にある波の數を數ふれば、之によりて其音の振動數を定め得べし。上記の圓筒の軸を螺旋にし



第八十六圖
振動を畫かしむる装置

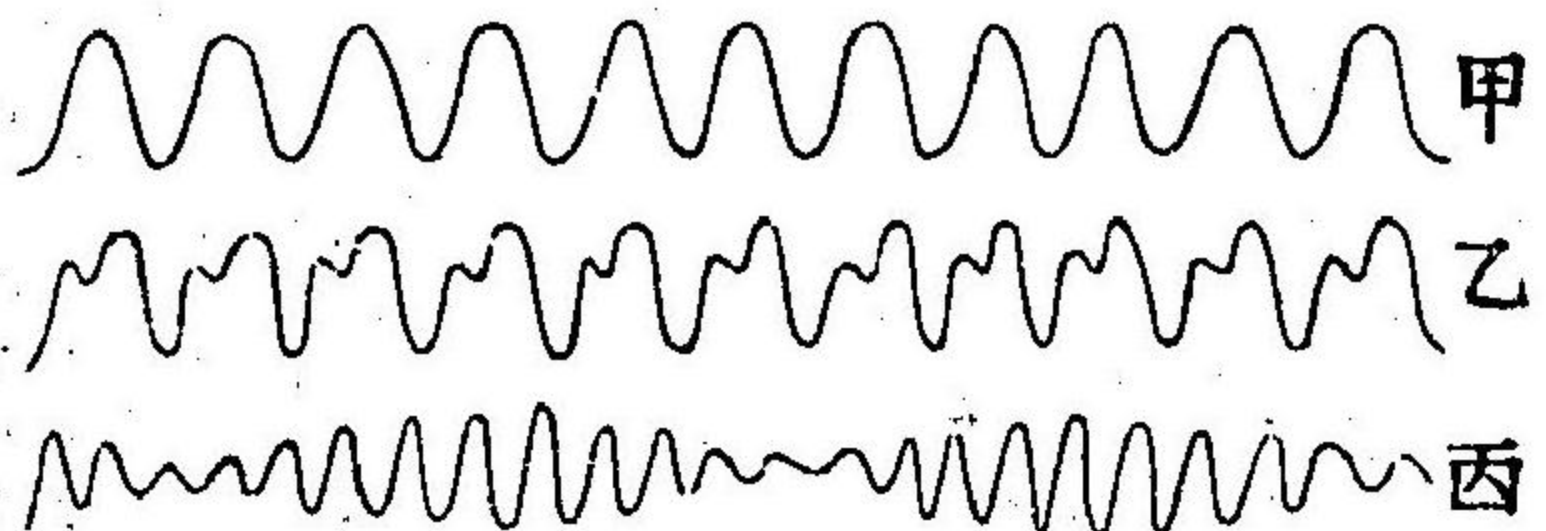
圓筒をして廻轉すると同時に少し宛横に動かすときは逐次畫く所の圖形重り合ふ事なく混雜の憂なし。

第八十七圖
甲乙は音色の異なる同音
丙は陰る音

第八十七圖甲乙に示すは一の音又と之と同音を發する他の物體の記せし波線なり。音又の方は原音のみなれど他の方には一の倍音伴へり以て音色の異なるを理解し得べし。又丙は陰りつゝある一の發音體の記せしものなり。

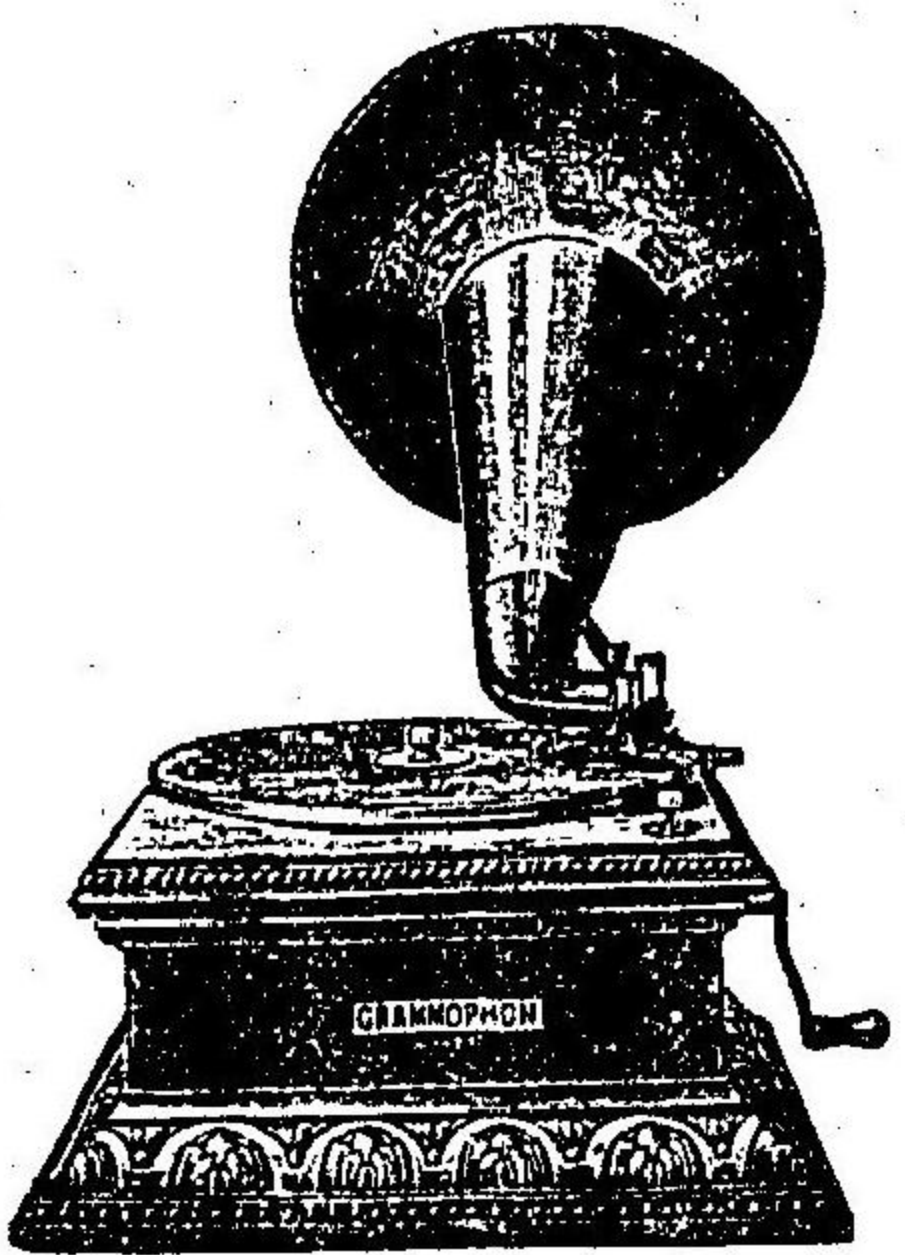
一一六

蓄音器 蓄音器は米人エヂソンの發明にして前節の法と同理に基づく者なり。一の喇叭口の底に膜を張り、膜の中心に針をつけ、針の尖頭は蠟製の圓筒又は圓板の表面に觸る。此器械を以て言語を蓄ふるには喇叭口に向て發聲し同時に圓筒又は圓板を廻轉すべし。然る時は膜は音聲に應じて振動するため、針は蠟を突き、或は深く



第八十八圖
蓄音器

或は淺く、種々の痕跡を其上に印すべし。斯の如くに蓄へたる言語を再び發せしむるには、別の針を蠟面の痕跡に觸れしめ、以前の如く圓筒を廻轉すべし。針頭痕跡の上を動くに従ひて膜の振動を起し、以前と同一の言語を發するなり。



第六編

光

二七

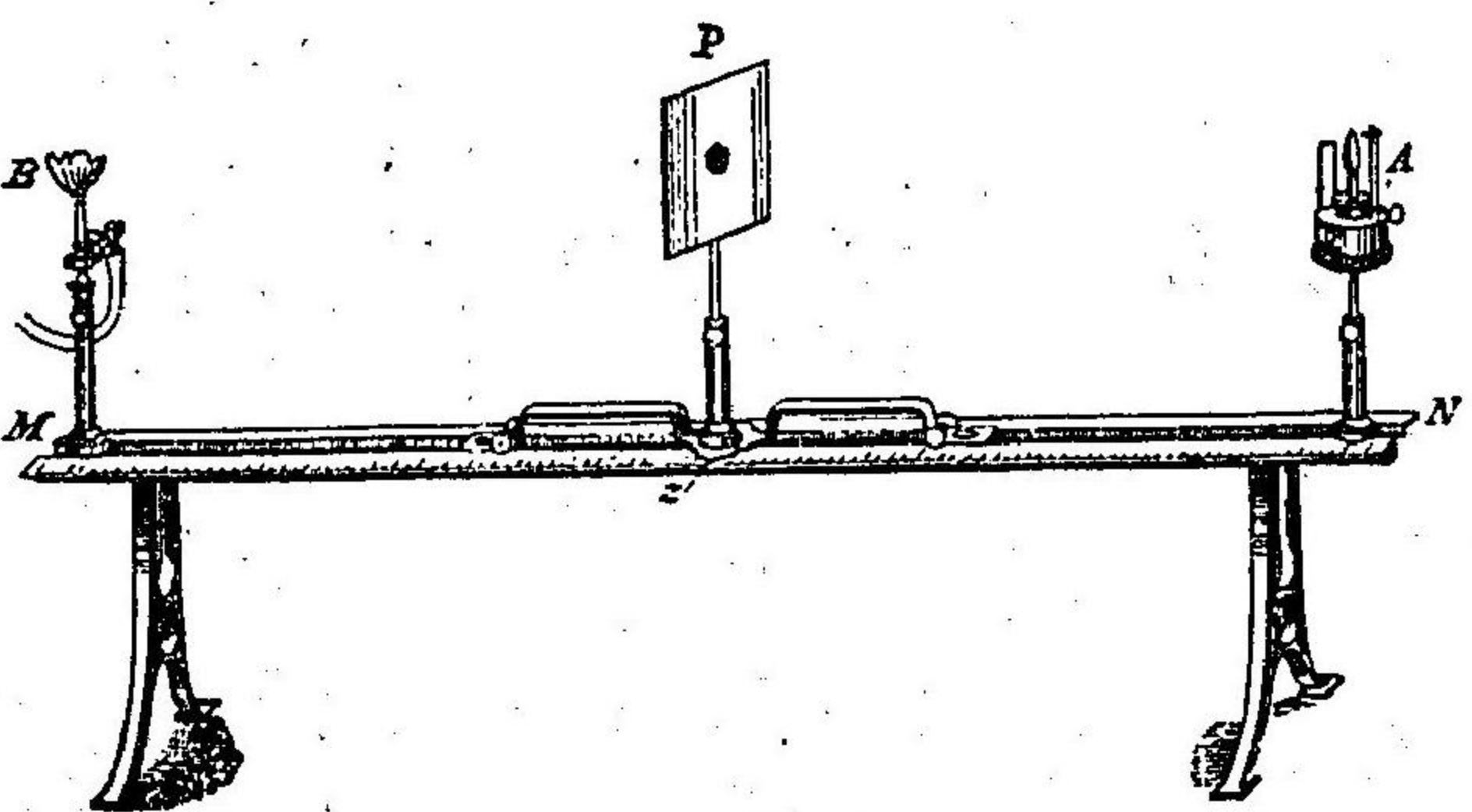
光の直行 光を能く通過せしむる者を透明體と云ひ、之を遮る者を不透明體と云ふ。組織の一樣なる透明體中に於て光源より發する光は一直線に進行する者なり。故に光源と眼との間に不透明體を挟むときは光源を見ることを得ず。光の進行する直線を名づけて光線と云ふ。

光は斯く直線に進行するを以て一光點より出づる光は漸々廣き面積を照すにより受光面の明るさは光源よりの距離の二乗に逆比例す。光度計は此理によりて光源の光の強弱を測る器械なり。

二八

光度計 光度計の最簡單なるはブンゼンの光度計なり。

中央に一滴の油を塗りたる紙を取り燈火にて之を照すに油のある所は前面よりは黒く見え、背面よりは明るく見ゆべし。ブンゼンの法は此事實に基つきたる者にして比較せんと欲する兩光源 A B の間に上記の紙 P を置き之を左右に迂らして何れの側より見るも同じ明るさにして油點の存在を判別し得ざる位置を求むるに在り。此時兩光源は紙面を照すこと全く同一にして同量の光を與ふるが故に兩光源の強さ即ち光度を L_A L_B とせば



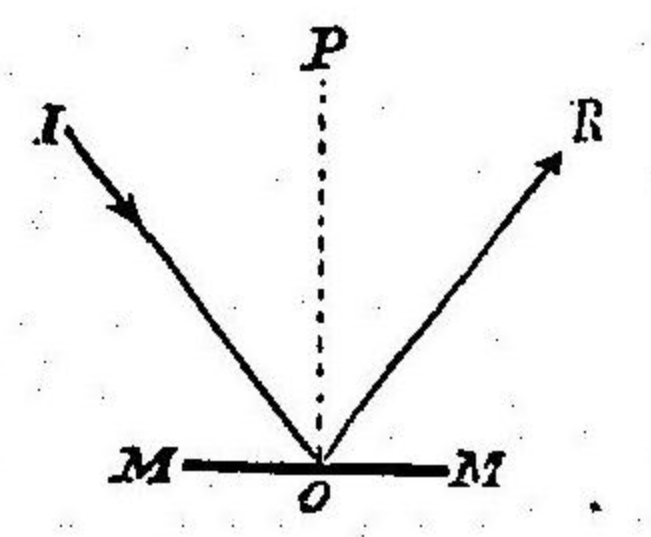
第八十九圖
光度計

$$\frac{I_A}{N^2} = \frac{I_B}{M^2} \dots\dots\dots (23)$$

二九

なり。光度の單位は一燭光にしてヘフネル燈の光を以て一燭光とす。ヘフネル燈とは醋酸アミルを燃すランプにして其心の太さ八耗にして炎の高さ四糶の者なり。

光の反射 光が物體に當りて之を照すときは其表面に於て反射せられて、急に其方向を變ず。物體の表面粗糙なるときは其方向は一定ならずして四方に擴散す之を散光と云ふ。吾人の物體を認識するは此散光眼に入りて視覺を起すによるなり。物體の表面が若し鏡の如き能く研磨したる平面なるときは散光甚弱くして光の多くは一定の法則に従ひて反射す。光線の反射面に會する點Oに於て垂線OPを立



第九十圖 光の反射

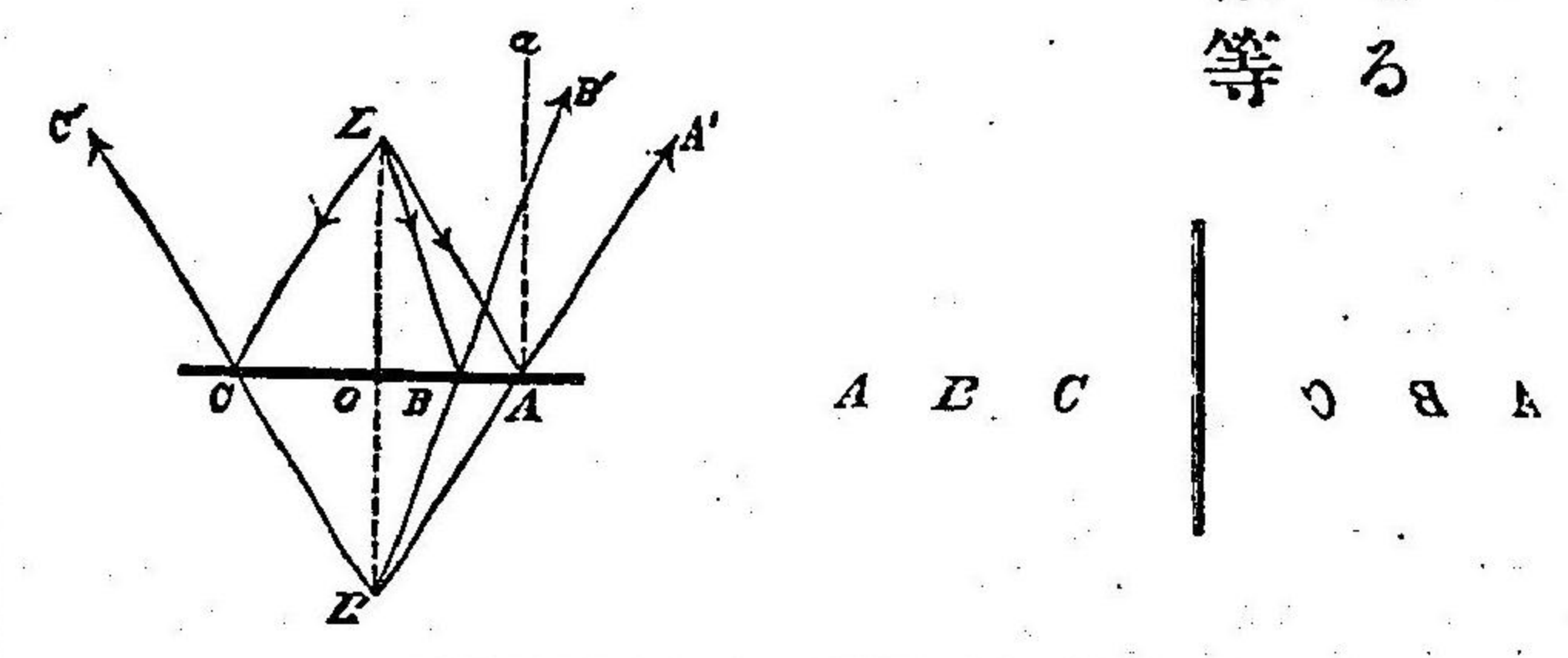
第九十一圖 平面鏡の前にある物體と其像との圖

つるときは此垂線OPと入射線OIとの間の角IOPを入射角と云ひ垂線と反射線OBとの間の角PORを反射角と云ふ。光の反射は次の定律に従ふ。

垂線、入射線及び反射線は反射面に直角なる一平面内にありて入射角と反射角とは相等し。

二〇

平面鏡 一の物體を平面鏡の前に置くときは物體之に映じて鏡の背後に又同一の物體あるが如くに見ゆ之を其物の像と云ふ。像は原物體と形狀及び大きさを同ふして鏡面に對して對稱の位置にあり。此理は第九十二圖によれば直に之を證明し得べし。即ち物體の一點Lより發散する光



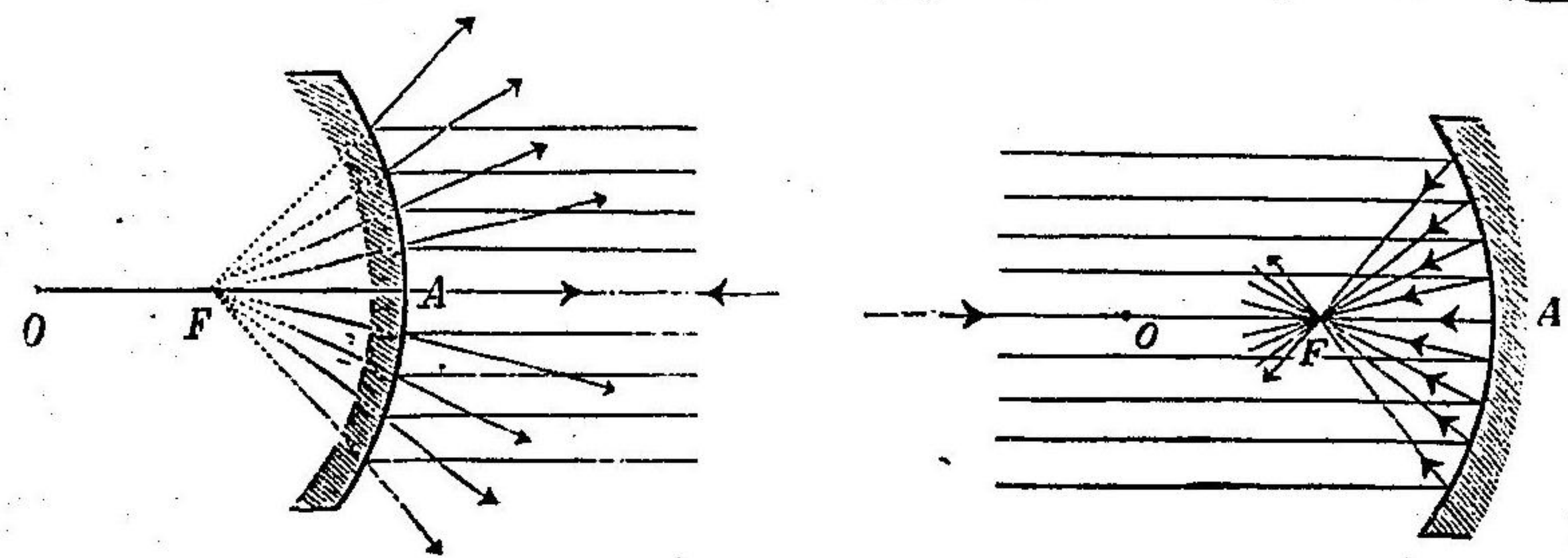
第九十二圖 平面鏡の像を生ずる理

第九十三圖
球面凹鏡に日
光を投じたる

三

LA LB LC 等は反射後夫々 AA' BB' CC' の方向に進みて恰も鏡の背後にある I' より發散する者の如くなるべし而しては I' は鏡に對して L と對稱の位置にあり。

球面反射鏡 球面反射鏡とは球面を一平面にて切り取り其内面凹なる所又は外面凸なる所を反射面としたる者なり。球の半徑を其曲率半徑と云ひ、切り取りたる平面に球の中心より下したる垂線 OA を鏡の軸と云ふ。暗室内に日光を導き球面凹鏡にて之を受くれば反射光は一點に集合す。日光の入射する方向が鏡軸と一致する時に於ける日光の集合



第九十四圖
球面凸鏡に日
光を投じたる

三

點 F を此鏡の焦點と云ふ。此所は光甚強く又熱し。故に此所に火絮の如き燃え易き物體を置けば忽ち燃燒す。球面凸鏡に於ては之に投じたる日光は反射して發散す。其發散するや光線を逆に延長すれば鏡の背後にある一點 F に於て交叉し恰も F より發散する者の如し。之を球面凹鏡の焦點は實にして球面凸鏡のは虚なりと云ふ。

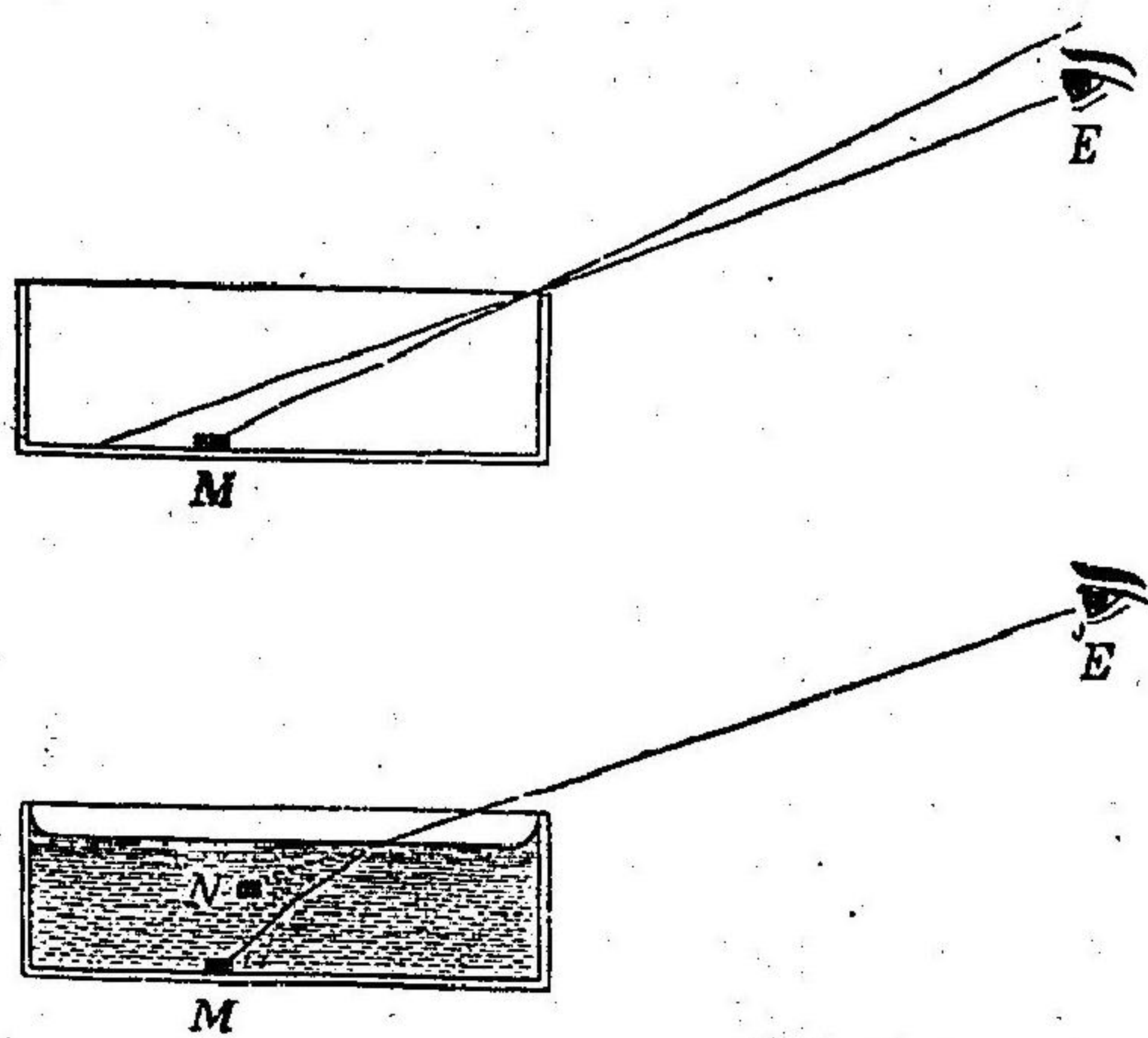
光の屈折 一の容器の底に一枚の銅貨 M を置き容器の縁に遮られて恰度之を見得ざる位置 B に眼を据へ是に於て器中に水を注入すれば以前に見えざりし銅貨及び器底を見得るに至り且つ其深さも著しく淺く見ゆべし。之れ光が水中及び空氣中に於ては直行すれども水と空氣との境界面に於て急に方向を變ずる爲に起りし現象なり。斯く光が二つの異なりたる透明體の境界に於て急に方向を變

第九十五圖
光の屈折を示す装置

ずる現象を光の屈折と云ふ。

入射線が境界面に會する所に於て此面に垂線を立つるとき此垂線と入射線との間の角を入射角と云ひ垂線と屈折線との間の角を屈折角と稱す。實驗によるに光の屈折は次の定律に従ふ。

- 一、入射線及び屈折線は共に境界面に垂直なる同一平面内にありて入射點に於て立てたる垂線の兩側にあり。
- 二、與へたる二つの物質に於ては入射角の正弦と屈折角の正弦とは其比一定なり。此比を兩物質間の屈折率



と云ふ。

即ち i を入射角とし r を屈折角とせば

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n \dots \dots \dots (24)$$

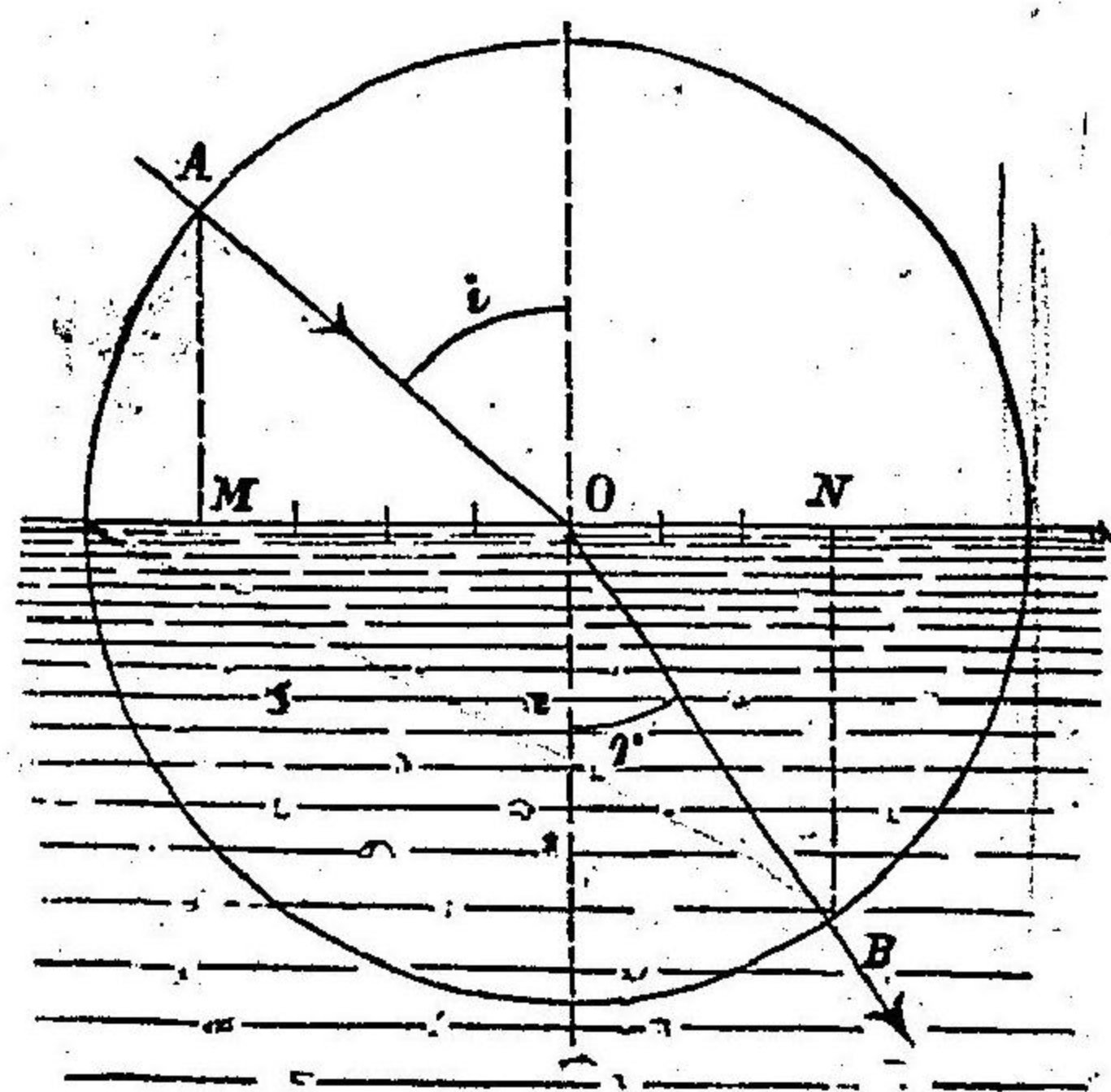
にして n は屈折率なり。光が空氣中より水中に入るときは屈折率 $\frac{4}{3}$ にして空氣中より硝子中に入るときは殆ど $\frac{3}{2}$ なり。下に屈折率の表を掲ぐ。

金剛石	2.5	許許
ふりんと硝子	1.9	許許
くらうん硝子	1.5	許許
二硫化炭素	1.68	
水	1.34	
氷	1.31	
酒精	1.36	

入射線を與へたるとき屈折線の方
向を知るには次の作圖法を用ふるを便とす。即ち AO を入射線とせば O を中心として任意の圓を畫き、 A に於て入射線と交らしめ A より境界面に垂線 AM を下し、次に AM を入射線

第九十六圖
屈折線を求む
る方法

示すは空氣中より水中に入る場
合にして $(\frac{CN}{NM} = \frac{3}{4})$ なる一點 N を
 O の他側に取り N より垂線 NB を
引きて B に於て圓周と交らしむ
れば OB は求むる所の屈折線の方
向なり。學者自ら三角術により
て之を證すべし。



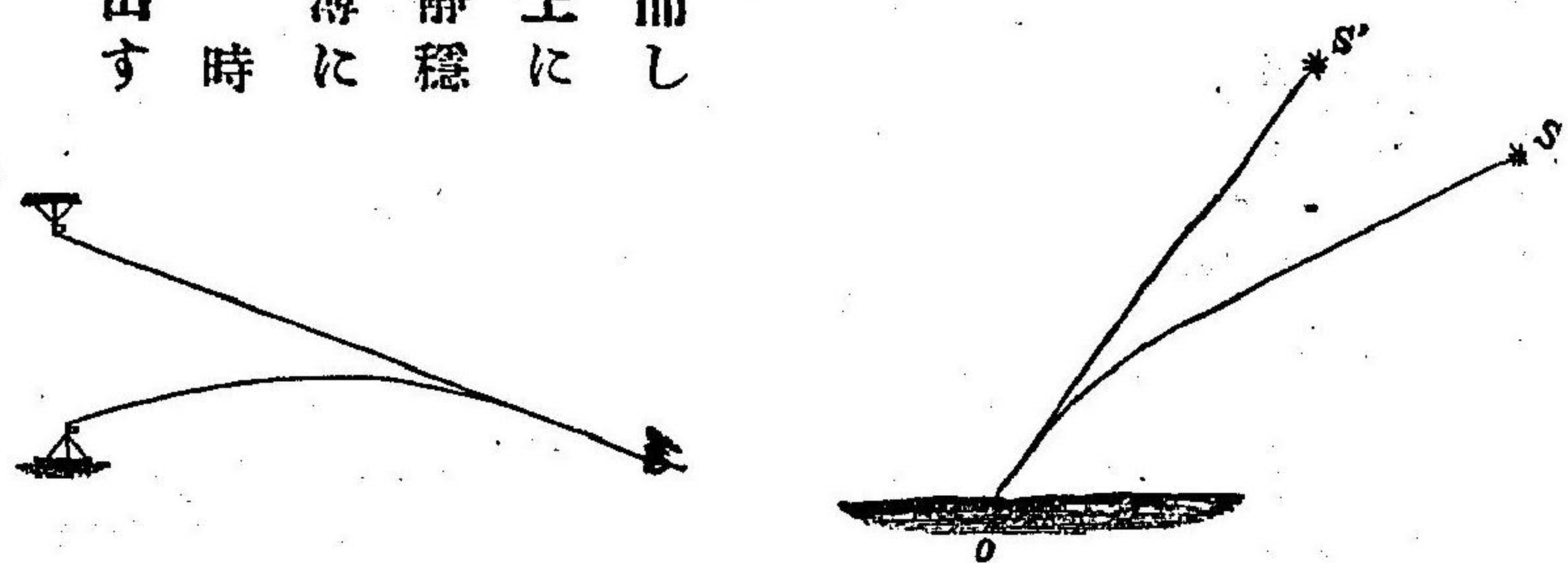
第九十六圖に於て r は r' より大なり此
の如き場合には光は光學的に疎なる物
質より光學的に密なる物質に進み入りと云ふ。酒精は水よりは密度小な
れども光學的には水よりも密なり。

二三

屈折の例 空氣は上層に昇るに従て次第に稀薄となるを以て天體より來
る光線は漸々疎より密に入るにより絶えず屈折して垂線に近づかんとし
て曲線を描く。之を以て天體實は S に在れども S' に於て之を望めは恰も

第九十七圖
太氣中の屈折

S に在るが如くなるべし。換言すれば天體は其眞
の位置よりは高く見ゆるなり。同理により吾人は
太陽が地平線上に昇らざる以前及び地平線下に没
したる以後に於ても猶日光を受くるものなり。
海上静穩なるとき遠山船舶等の逆に空中に映出す
ることあり之を蜃氣樓と云ふ。之れ船舶より發す
る光線が太氣の上部稀薄の層に入るに従ひ漸々屈
折して圖の如く曲線を描きて人の眼中に入るを以
て人は船舶が高く空中に在るが如くに覺ゆるなり。而し
て物體の下部より來る光線が却て上部よりする者の上に
なりて物體が上下顛倒して見ゆ。但し此現象は空氣静穩
にして下層の空氣最密に上層に昇るに従ひ次第に稀薄に
して整然として層をなすに非ざれば見ること能はず。時
として空中にある倒像の上に尙一の直立せる像を現出す
ることあり。



第九十八圖
蜃氣樓の圖

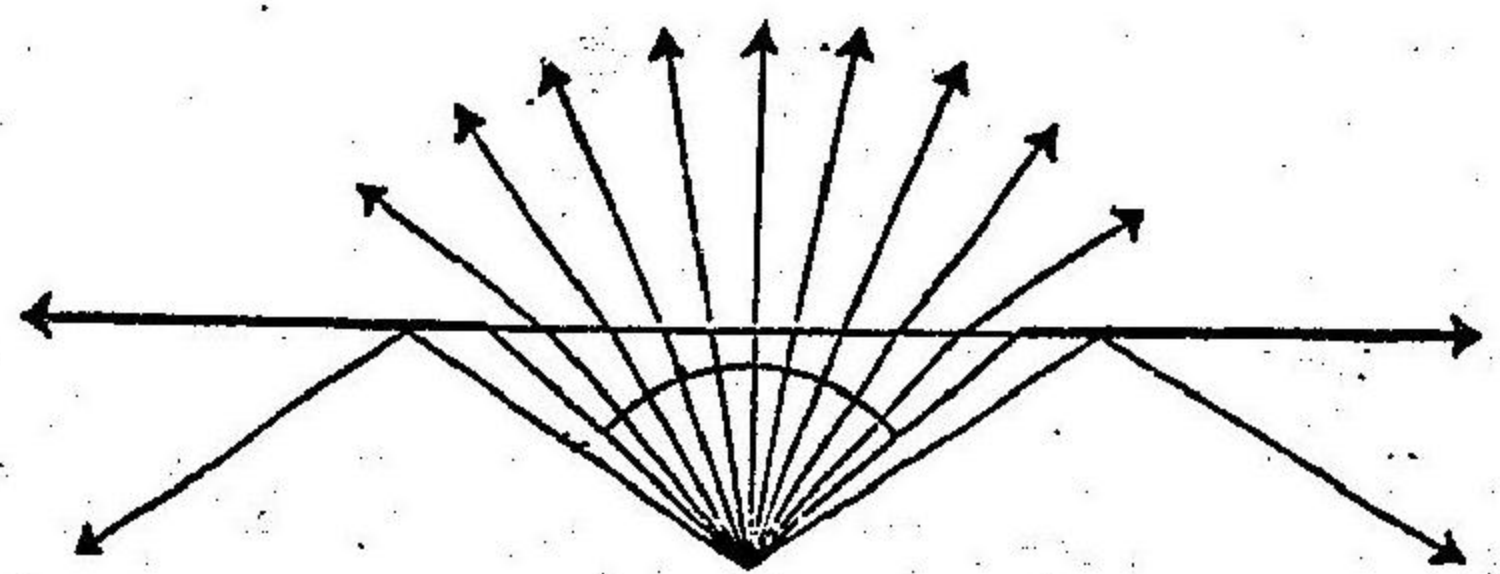
一三四

第九十九圖

水中の一點より出づる光線、圓弧にて示したる角は97にして臨界角の二倍。此角の中にある光線につきては圖の混雜を避くる爲に反射線を省く。

全反射 光が疎なる透明體より密なる透明體に入るときは、常に反射と屈折と相伴へども、反對に密より疎に出でんとするときには、其入射角によりては反射のみにて屈折なきことあり例へば光が水中より空氣中に出でんとする時第九十六圖の作圖法によるに、角餘り大にしてON長きに過ぐるときはON // OMなるM點は、圓外に出で、屈折線なし。即ち光が密の物質より疎の物質に出づるとき其入射角に或る限界ありて其限界より大なるときは屈折することなく全部反射するなり。此現象を全反射と云ひ此限界の角を臨界角と云ふ。

水と空氣との場合に於ては臨界角は殆ど四十八度半、クラウン硝子と空氣



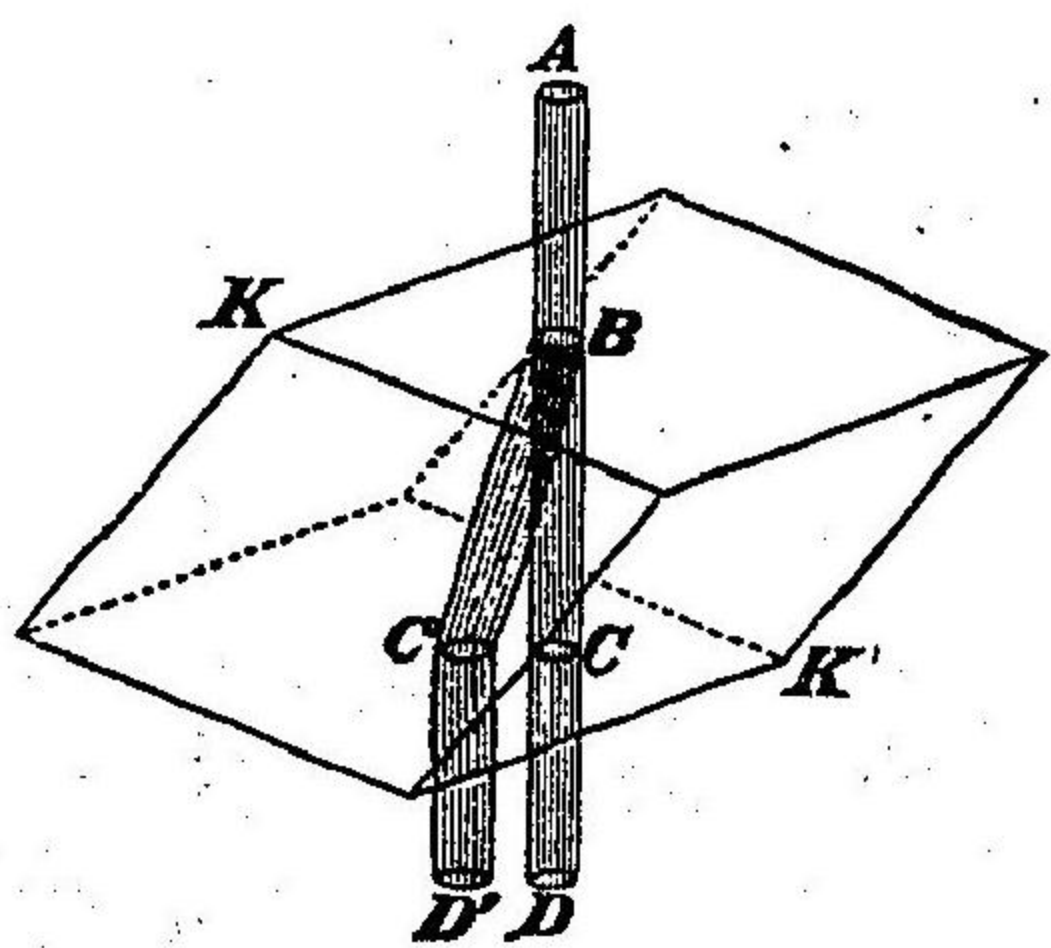
との場合に於ては約四十一度なり。

通常の反射に於ては反射と屈折と相伴ふを以て、反射光餘り強からず。然るに全反射に於ては入射線の全部反射する者なれば其光強し。故に普通の平面鏡に於けるよりは強く反射せしめるときには全反射を利用するなり。最多く使用せらるる装置は硝子製の二等邊直角形の柱にして之を全反射プリズムと云ふ。其一面に直角に光を送りて直角三角形の弦を爲す面に於て四十五度の入射角を以て硝子の内面に於て反射せしむれば此入射角は臨界角より大なるを以て全反射を爲し他の面に直角になりてプリズム外に出づ。

一三五

複屈折

方解石、水晶其他の結晶體に光を送るときは、一の入射線に對して一般に二つの屈折線あり之を複屈折と稱す。第百圖は方解石の一面に直角に光線ABがあたれるときBに於て屈折線BC、BC'を得、方解石を出でたる後CD、C'D'の二つに分るゝを示す者なり。之によりて方解石を隔て、物を見るときは物



第百圖

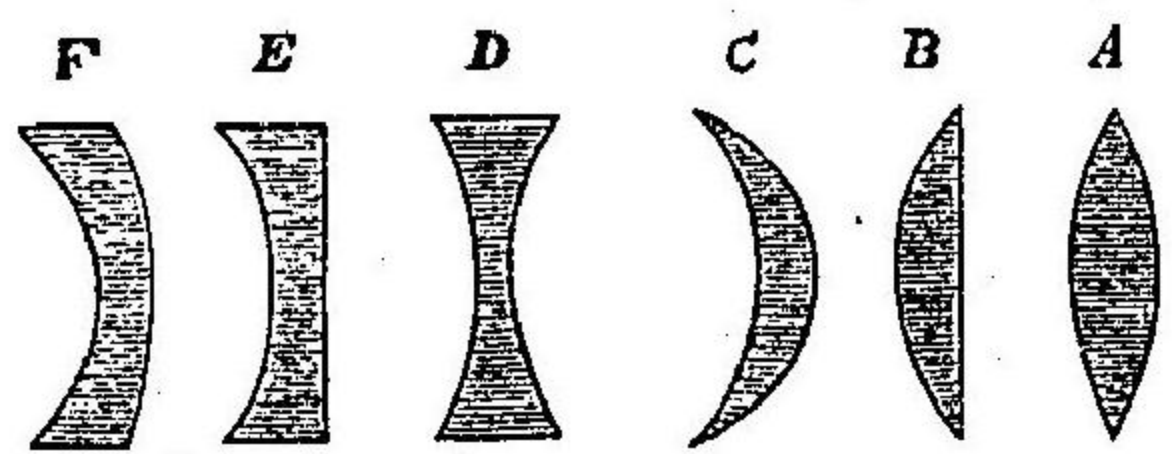
方解石に於ける複屈折

二二六

體の形二つを見るなり。

レンズ レンズは普通硝子にて作りたる前後兩面を球面又は平面に研磨したる者なり。レンズの幾何學的對稱軸を其軸と云ふ。凡そ光線來りてレンズに當れば其一面に於て屈折してレンズの外に出づ。其狀は第百〇二圖に示すが如くレンズの肉厚き所に向て屈折するなり。レンズの作用は大に球面鏡に類似し之に日光を投ずれば焦點を結ぶこと彼と同様なり。即ち凸レンズは球面凹鏡の如く實焦點を有し凹レンズは球面凸鏡の如く虚焦點を有す。

焦點距離 焦點とレンズ又は球面鏡との間の距離をレンズ又は球面鏡の焦點距離と云ふ。

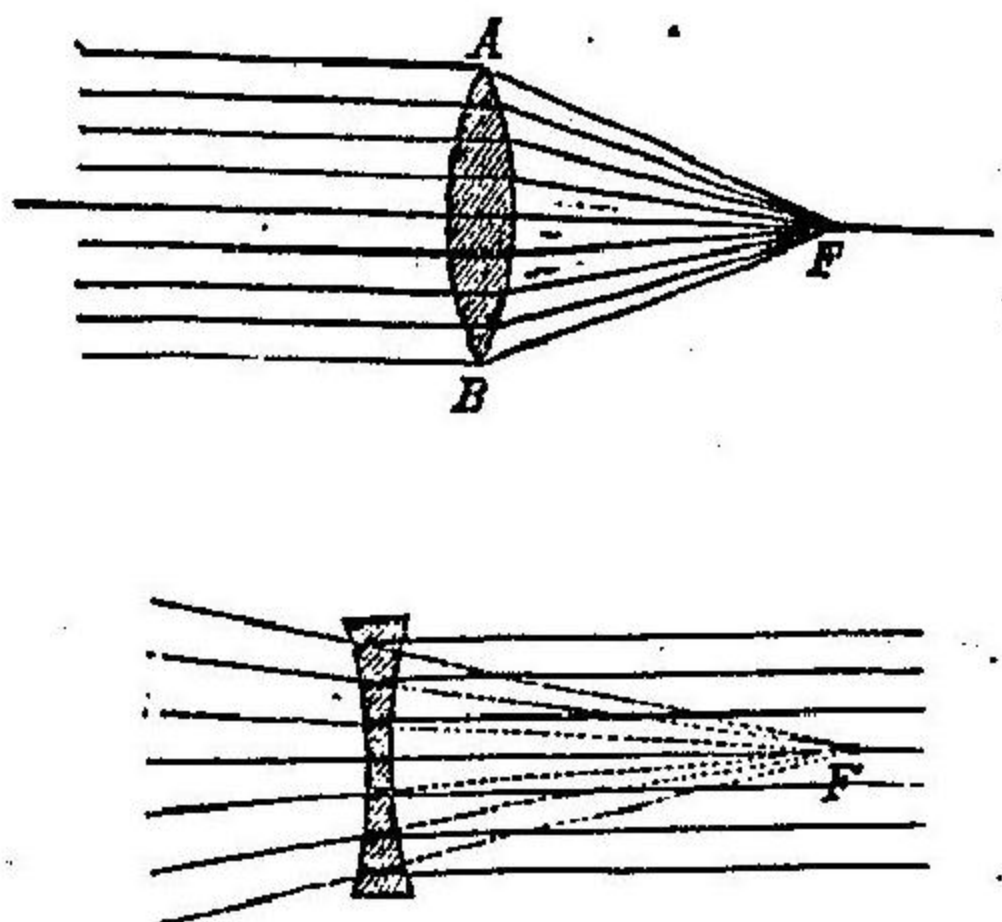


第百〇二圖
レンズの種類
A B C 凸レン
ズ D E F 凹レ
ンズ

二二七

第百〇二圖
凸レンズ及び
凹レンズの作
用

球面反射鏡に於ては光の反射によりて焦點を作るにより其位置は鏡面の彎曲のみに關すれどもレンズに在りては光の屈折によりて焦點を作るにより其位置はレンズの表面の彎曲と其物質の屈折率とに關す。曲率半徑 r なる球面鏡に於ては焦點距離は $\frac{r}{2}$ に等し。即ち F は $O A$ 二點を折半す(第九十三、九十四圖)。レンズに於ては其兩球面の半徑を r 及び s とし物質の屈折率を n とすれば焦點距離 F は次式によりて定まる。



$$\frac{1}{F} = (n-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{s} \right) \dots\dots\dots (25)$$

但し式中 r s は球面凸なる時正とし、凹なる時負とす。又

F は焦點實なるとき(即ち凸レンズに於て)正とし虚なるとき(凹レンズに於て)負とす。

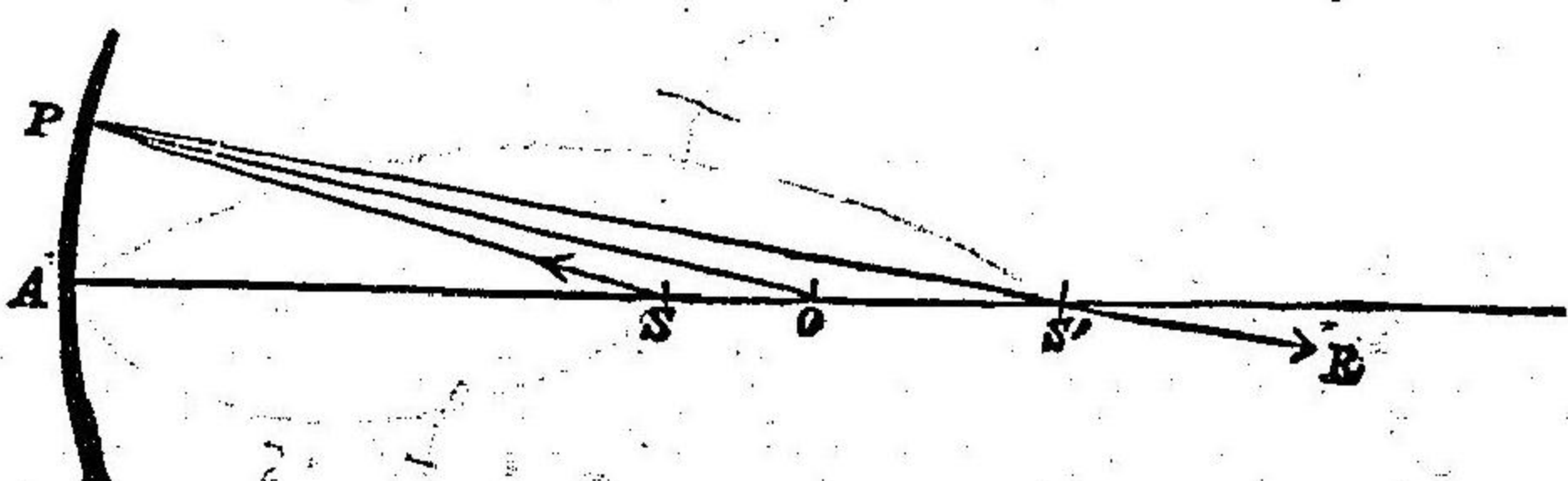
近視眼の人の用ゆる眼鏡は凹レンズにして遠視眼の人の用ふるは凸レンズなり。其焦點距離を云ひ表はすに普通幾度なりと云ふ。即ち焦點距離十吋の者を十度の眼鏡と云ふが如し。

一三八

第百〇三圖
球面鏡に於ける共軛點

共軛點 球面鏡の軸上の一點 S に光點を置くとときは之より發散する光線 SP は鏡面に當りて反射し PR の方向に向ひて進行す。 PR と鏡軸との交點を S' とし $AS = f$ $AS' = f'$ と命ずれば反射の定律によりて

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{R} \quad (26)$$

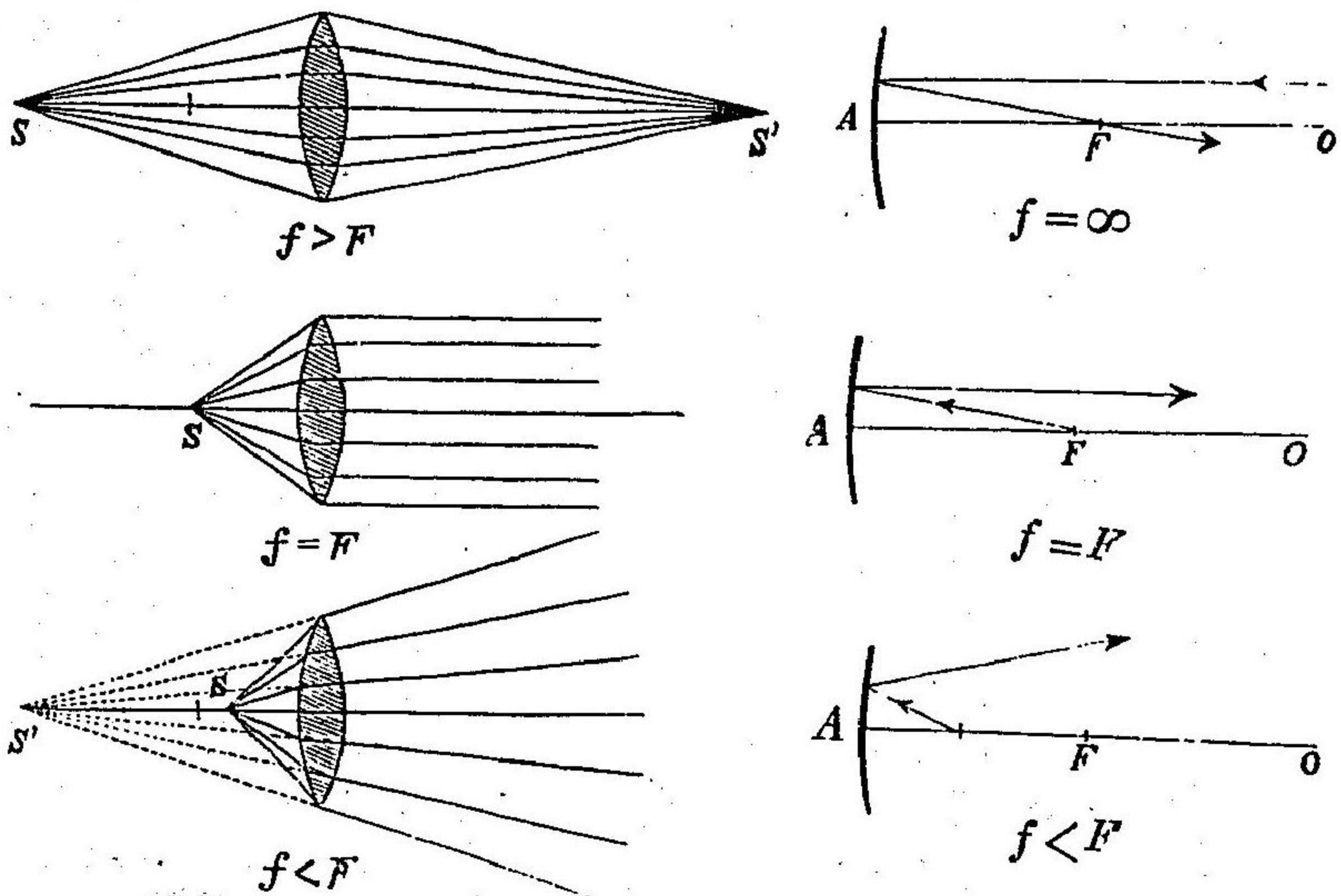


なることを證明し得べし。式中 F は鏡の焦點距離にして $r/2$ に等しきものなり。即ち S より發散する光線は反射して皆一點 S' に集合するものにして S' は即ち S の像なり。又前式は f/f' に就て對稱式なるにより S' に光點を置かば S は其像となるべし。此の如き S S' を互に共軛なりと云ふ。
レンズに於ても同様にして軸上の一點 S より出たる光線はレンズを通過して一點 S' に集合することを證し得べし、而して其位置は同じく (26) 式によりて與へらるゝ者にして F は (25) 式によりて定まる。但し此式を用ゆるには常に f を正とし f' は焦點實なるとき正とし虚なる時負とすべし。然るときは共軛點實なるとき f' は正となり虚なるとき負となるべし。

第百〇四圖
球面鏡に於ける
共軛點

共軛點の位置に就て二三の特別の場合を擧ぐれば(一)太陽の光線を球面鏡又はレンズに投じたるときは、 $f \parallel \infty$ なるにより、 $f \parallel F$ となり光が焦點 F に集合し(二)焦點 F に光源を置く時は、 $f \parallel F$ なるにより、 $f \parallel \infty$ となりて反射光又は屈折光は軸に平行の者となり(三)光源が焦點よりも一層鏡又はレンズに近きときは、 $f \wedge F$ にして、 f は負となる即ち共軛點は虚にして反射光又は屈折光は此點より發散する者の觀を呈す。

物体の像 球面鏡又はレンズの前に物体を置けば物体



第百〇五圖
レンズに於ける
共軛點

一三九

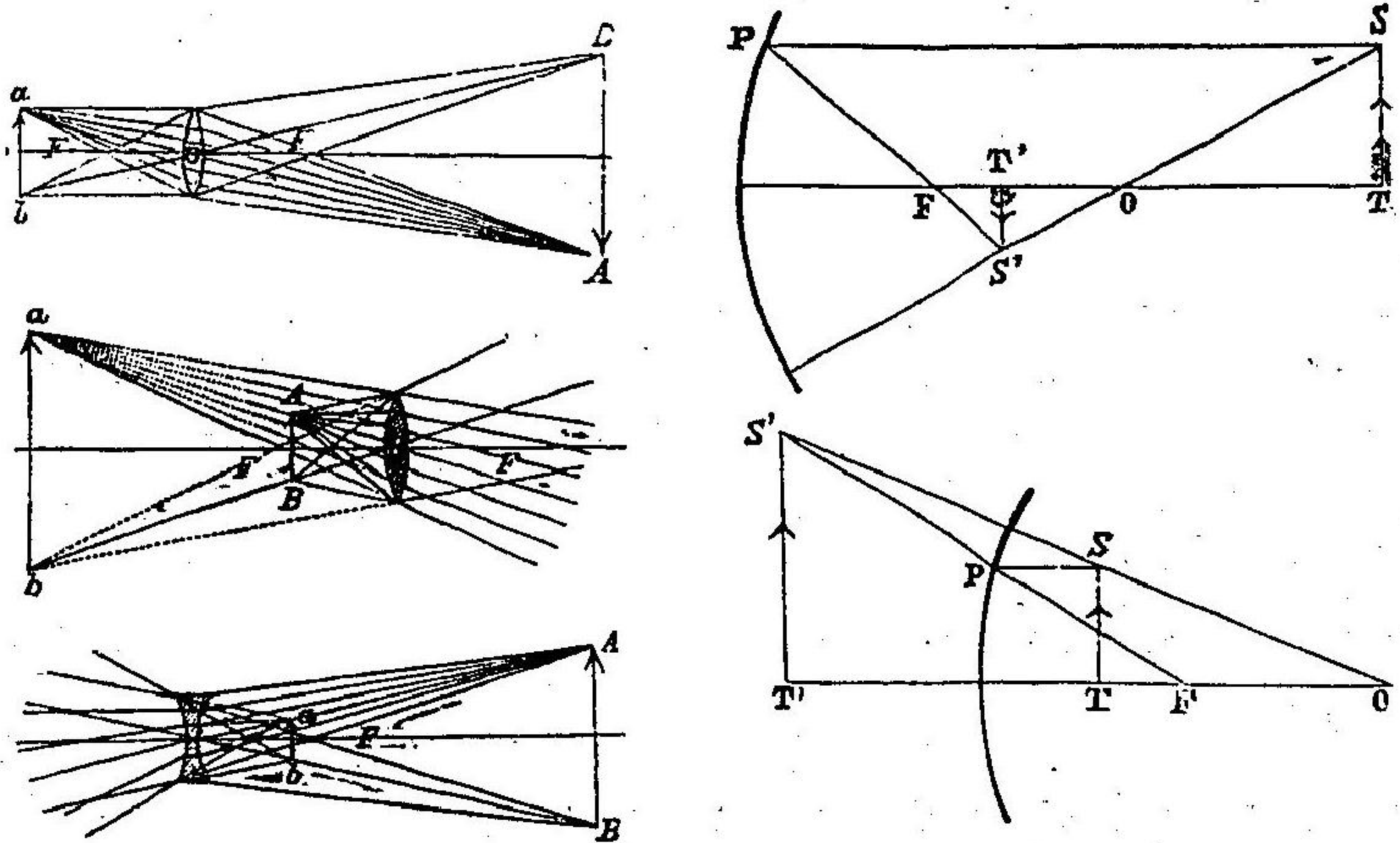
第百〇六圖
球面に於ける
像

之に映じて像を生ず。像は物体の諸點の共軛點によりて作らるる者なり。

球面凹鏡及び凸レンズに於ては(一) $f > F$ のとき像は實像にして上下顛倒し其大さは實物より小なり(二) $2F > f > F$ なれば像は實像にして上下顛倒し其大さは實物より大なり(三)若し $f \wedge F$ なれば像は虚像にして直立し其大さは實物より大なり(虫眼鏡) 球面凸鏡及び凹レンズにては像は常に虚にして直立し其大さは實物より小なり。

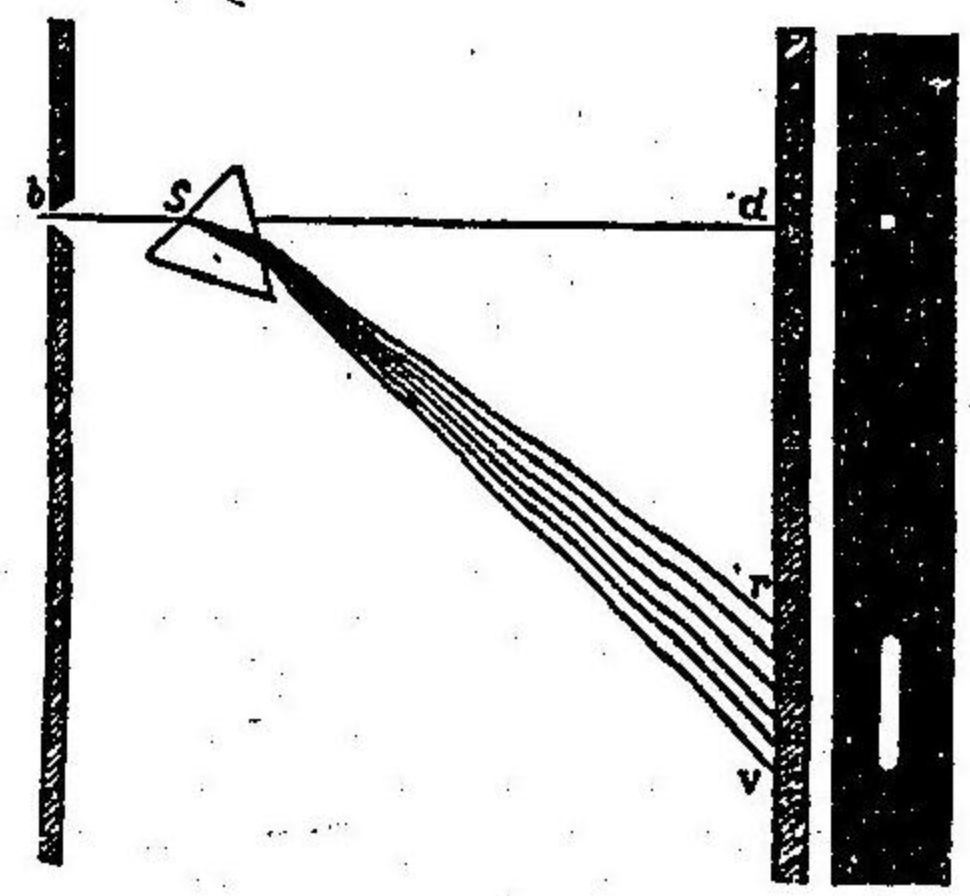
第百〇七圖
レンズに於ける
像

光の分散 暗室の側壁に一の孔を穿ち日光を室内に導入すれ



第百〇八圖
光の分散の實驗、千六百七十五年ニユートン始めて之を行ふ。

ば日光は反對の壁上に孔と同じ形のもの
 のを現はすべし。是に於て此孔の前に
 硝子又は其他の透明體にて作りたる三
 角嚮即ちプリズムSを置き其稜を水平
 にして光線をして此嚮中を通過せしむ
 るときは其壁上に現出する者は全然前
 と異りて恰も虹の如き美麗なる光彩を放
 てる長き帯の如き者縦に擴がるを見るべし。其色は實に無
 數なりと雖も其排列の順序を言はゞ三角嚮の稜に
 近き一端は赤色にして橙黄色之に次ぎ漸々黄
 となり緑となり青藍を経て他端の堇色に終
 る。此の如く光が多くの色に分るゝを光の
 分散と云ひ此色帯をスペクトルと云ふ。
 光の分散によりて考ふれば(一)日光は其實無
 數の異なる

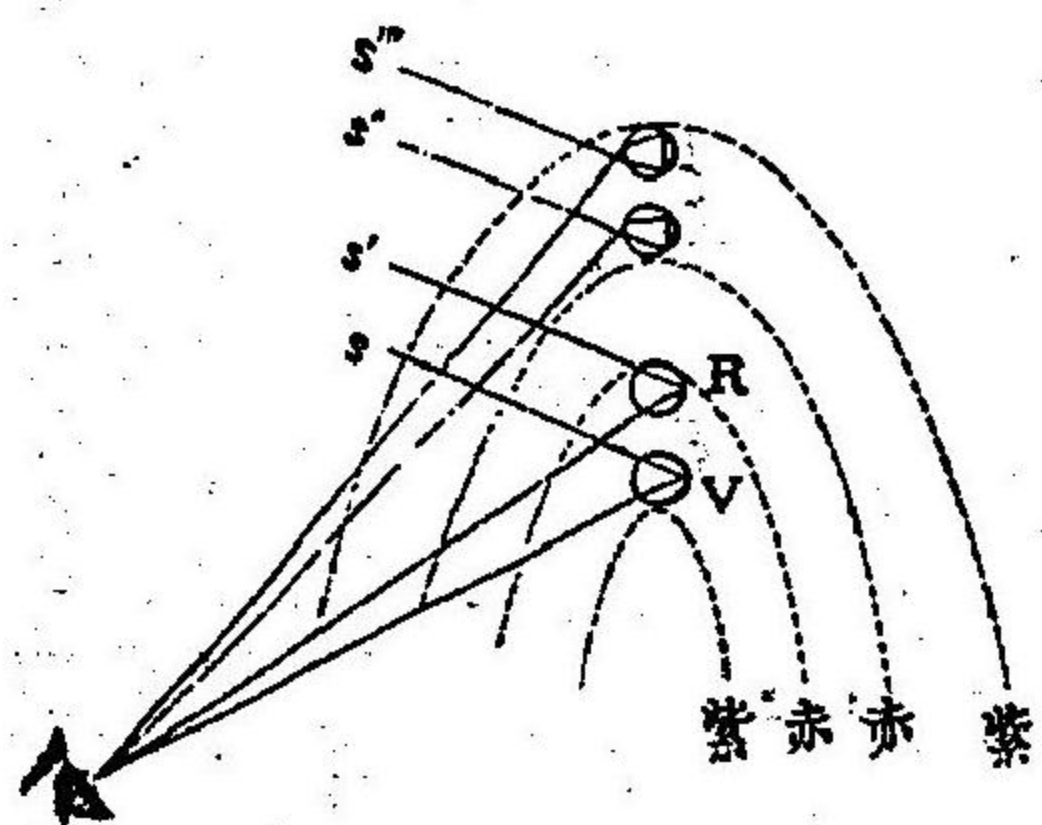


色の光の集合して成れる者なり。(二)又此等の光はプリ
 ズムを通過するに當り各色異りたる方向に屈折せらる。換
 言すれば屈折率は光の色によりて差異ある者なり。(三)屈
 折率の最小なるは赤色にして、橙黄色之に次ぎ堇色の屈
 折率最大なり。水中にある物體の輪廓が着色して見ゆる
 も亦分散の一例なり。

一三三

第百〇九圖
虹

虹 虹は日光が空氣中に浮游する無數の水滴を照すとき之が爲に分散せ
 られて起る一現象なり。第百〇九圖は其概況を示す
 者にして太陽より來れる光線が水滴を射り屈折し
 て滴中に入り其内面に於て反射をなし更に屈折し
 て滴外に出て眼に達するなり。此際日光は水滴の
 爲に分散せらるゝにより吾人の眼中に入り來る光
 の色は各滴皆異なり即ちR滴は赤色の光を送りV
 滴は堇色の光、其中間に在る者は中間の色光を送る。

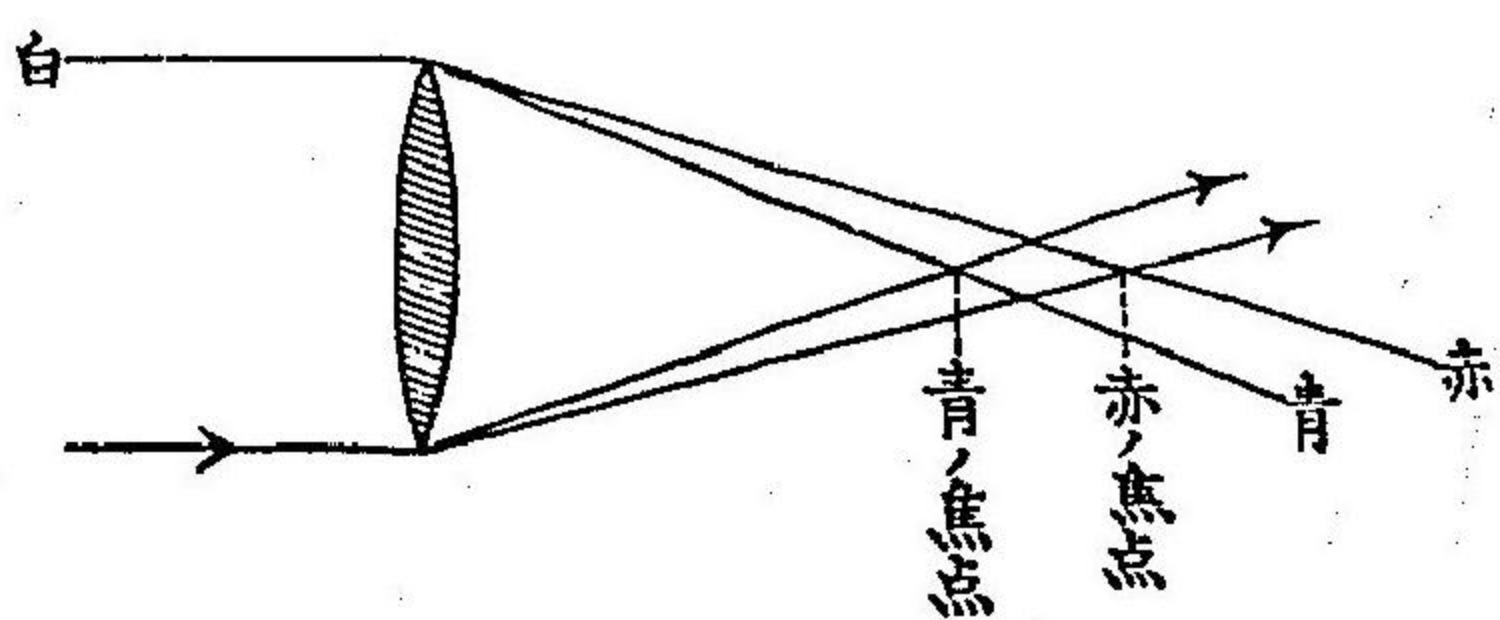


而して太陽より水滴に進入する光線と屈折及び反射を重ねて吾人の眼中に入り来る光線との間の角に、一定の値ありて其赤色を現はす者は、此角四十二度二分にして、堇色を現はす者は四十度十七分なり。之を以て虹は太陽と吾人の眼とを連ぬる直線を軸としたる圈状を爲し其外側は赤色にして内側は堇色なり。時としては二つの虹相重なりて現はるゝ事あり。此第二の虹は其光弱くして色の順序第一のものと反対なり。之れS' S''の如く水滴内に於て二回反射をなせる者による。

三三

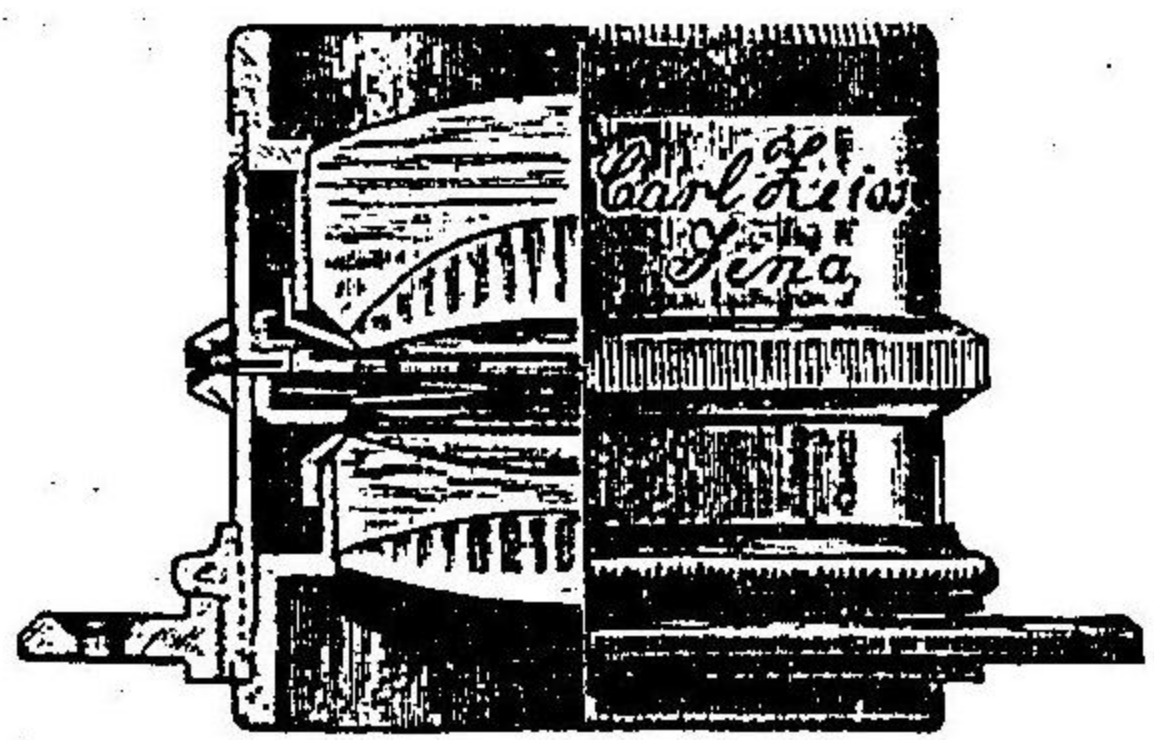
第百十圖
レンズの色収差

レンズの色収差 凸レンズの光を焦點に集むるは屈折に基く者にして屈折率は色によりて異なるが故に、レンズの焦點の位置も色によりて異なるらざるべからず。即ち凸レンズに向て白光を送る時は屈折率の大なる堇色はレンズに近き點に集合し屈折率の小なる赤色はレンズに遠き點に於て焦點を結ぶ。



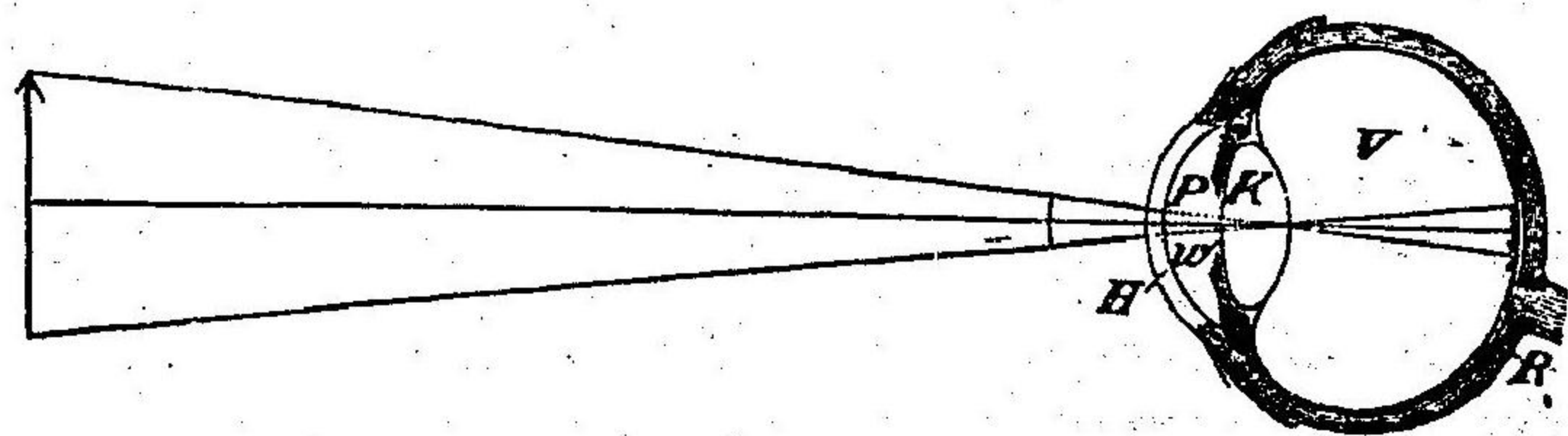
第百十一圖
寫眞用色消レンズ

之を以て試に紙片を以て其實像の近傍を探るに紙面レンズに近き時は、像の輪廓は赤色を帯び遠き時は青色を帯ぶるを見るべし。此の如く色によりて其焦點を異にするをレンズの色収差と云ふ。色収差は物體の像をして不鮮明ならしむるを以て寫眞用レンズ又は望遠鏡等の如き者に於ては色消レンズと稱するレンズを用ひて其患を除くなり。色消レンズとは異質のレンズ二枚以上を重ねたる者にして通常はクラウン硝子にて作りたる凸レンズとフリント硝子にて作りたる凹レンズとを合せたる者なり。其作用は凸レンズの爲に分散せられたる光が種々の點に焦點を結ぶに先ち凹レンズを通過せしめて屈折率の大なる堇



色を多く發散して其焦點を遠ざからしめ、屈折率の小なる赤光を少しく屈曲して以て同一点に集合せしむ。

眼 眼窠は其形球の如し。眼の前方に突出したる部分Hを角膜と云ふ、瞳孔Pは眼中に入る光の量を加減する作用を爲す者にして光強き時は其孔小となり光弱き時は大となる、瞳孔の後には水晶體と稱する凸レンズの形を爲したる者Kありて其作用によりて物體の像を眼球の奥にある網膜Rの上に結ぶ。而して網膜の上には視神經ありて此者光の爲に刺激せられて視覺を起すなり。水晶體の前は水の如き透明なる液Wを以て充たさ



第一百十二圖
眼、H角膜、
W水様液、P
瞳孔、K水晶
體、V硝子液、
R網膜

一三三

れ其後の球形の部は、寒天の如き透明體Vにて充さるゝなり。健全なる眼に於ける水晶體の彎曲の度は遠距離に在る物體の像が恰も網膜上に投ぜらるゝ者にして近き所に在る物體を見るときは特別の筋肉の作用によりて其彎曲を増して之を調節するなり。眼にて判然と見ることを得る最遠き點を遠點と云ひ最近き點を近點と云ふ。健全の眼に於ては遠點は無窮の遠距離に在りて近點は眼を距る大凡十一糎の所にあり。又印刷物の如きものを見るに最適當なるは眼を距る大凡二十五糎に於てす之を明視の距離と稱す。

眼鏡 老年の人は水晶體の調節作用衰へ近點眼を遠ざかる之を老眼と云ふ。壯年の人にして眼の奥行淺く即ち網膜が餘り水晶體に近き爲に普通の人よりは近點遠く、近き

一三四

物體を見ること能はざる者あり之を遠眼と云ふ。又眼の奥行深きに過ぎて近點遠點共に眼に近く遠距離にある物體を見ること能はざる者あり之を近眼と云ふ。老眼及び遠眼の人は凸レンズを用ひ近眼の人は凹レンズを用ひて其患を救ひ得べし。

近眼の人は引張りたる糸の一端を眼にあて、見るに兩端不明にして中部のみ鮮明なるべし、此判然と見ゆる部分の兩端が此人の近點遠點なり。

望遠鏡 望遠鏡は天體を觀察し其他遠距離にある物體を見るに用ふる器械なり。普通の形の者にては太き圓筒の

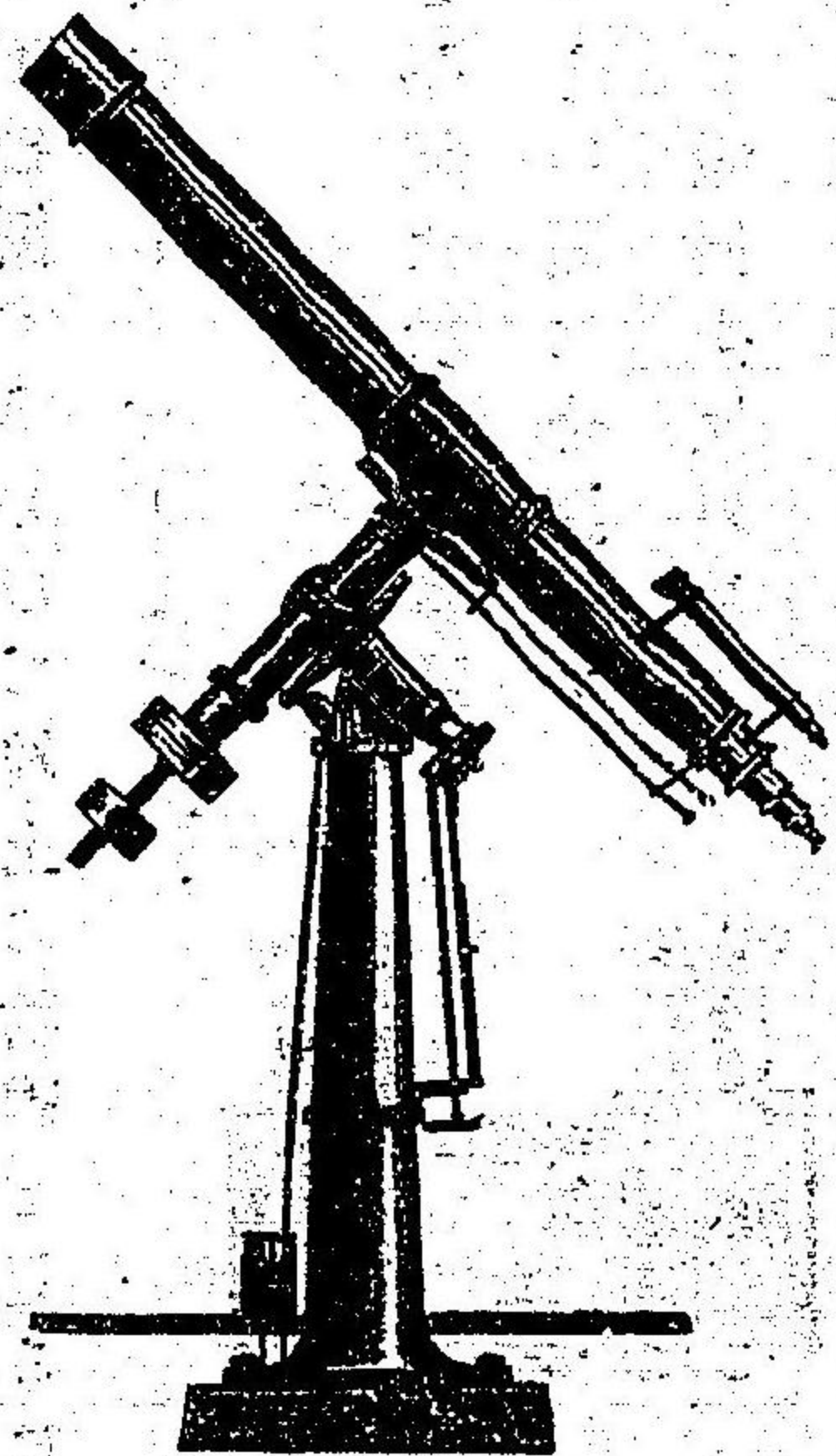
三五

第百十三圖 望遠鏡に於ける光の行路



第百十四圖 天體望遠鏡、時計仕掛にて之を動かして星を追ひ行きて長く望遠鏡中に在らしむ。

一端に、對物レンズと稱する、甚長き焦點距離を有する凸レンズ OO を嵌入し、他端には稍小なる圓筒を挿入し、之には對眼レンズと稱する焦點距離の短かき凸レンズ PP を嵌む。望遠鏡を遠距離にある物體 AB に向はしむれば對物レンズは其實像 ab を圓筒内に作る。是に於て適當に對眼レンズを進退せしむれば、對眼レンズは、恰も蟲眼鏡の如き作用をなして此實像 ab の廓大したる虚像 $a'b'$ を作るなり。



對物レンズの焦點距離と對眼レンズの焦點距離との比を望遠鏡の倍率と云ふ。例へば對物レンズの焦點距離五十

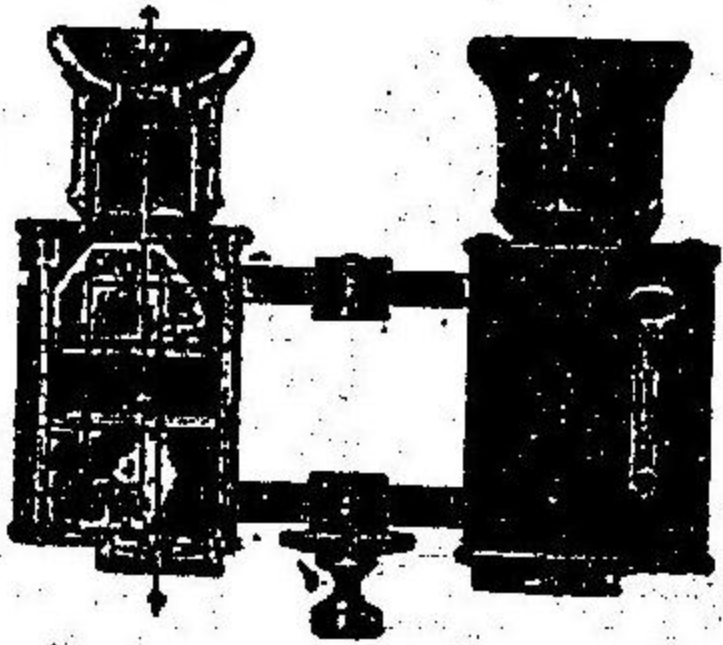
○望遠鏡

第六編 光學 望遠鏡の構造と作用 一六一

種にして、對眼レンズの焦點距離一糎なれば、其倍率は五十なり。此の如き望遠鏡を用ひて五百尺の遠きにある物體を望めば恰も十尺の所にあるが如く見ゆるなり。

上記の望遠鏡に於ては、物體の像上下轉倒するを以て地上の物體を見るに適せず。故に普通の雙眼鏡にては對眼レンズとして凹レンズを使用す。

近時盛に使用せらるゝプリズム雙眼鏡に於ては普通望遠鏡の對物レンズと對眼レンズとの間に全反射プリズム(第一二四節)を挿入し光をして數回全反射せしめ之によりて像を直立せしむ。此装置の便とする所は像の直立する外に望遠鏡の筒が大に短かめらるゝことなり。



第百十五圖
プリズム雙眼鏡

一三六

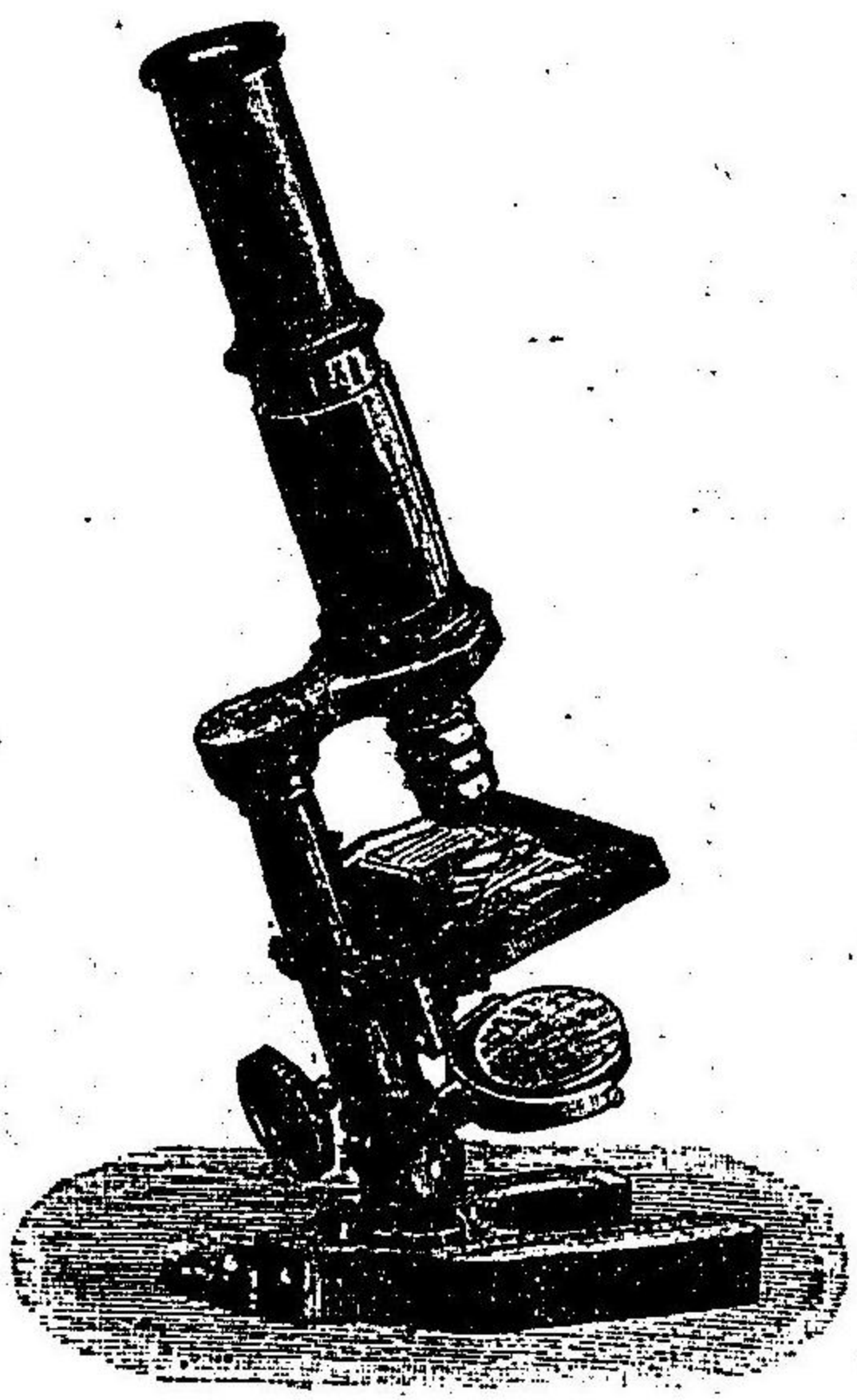
顯微鏡 顯微鏡は望遠鏡と其理同じくして對物レンズの作る實像を對眼レンズにて見るなり。

顯微鏡の對物レンズは焦點距離非常に短かくして之を物

第百十六圖
顯微鏡

一三七

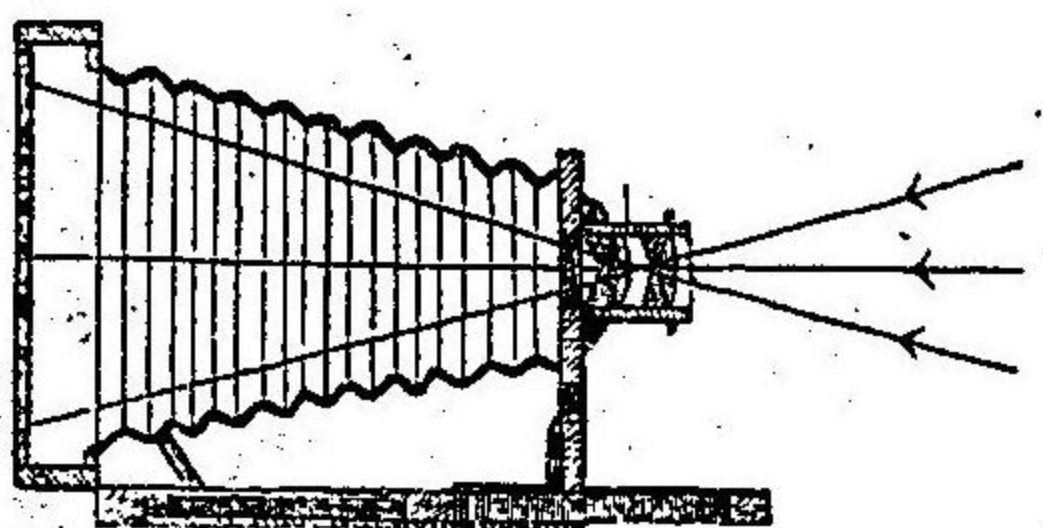
體 AB に接近して置く時は其作る實像 ab は實物より大なり、之を更に對眼レンズにて廓大するによりて能く微細の物體を觀察し得るなり。



寫眞機械 寫眞機械の要部は暗箱なり。此箱の中
部は革を折りて作りたる蛇腹にして、自在に伸縮し得べく箱の前面にはレンズ(第百十一圖)を具へ、後面には艶消し硝子板を挿入したる枠あり。之を使用するには撮影せんと欲する物體に、レンズを向はしめ、蛇腹を伸縮して、背後の硝子板上に物體の倒像を映出せしむべし。次に此硝子板を取り去り之に代ふるに乾板

第一百十七圖
寫眞機械

を以てす。乾板とは光に感じ易き藥劑を塗りたる硝子板なり此乾板の上に、物體の像を作るときは其光の強弱に應じて變化を起す。是に於て適當なる藥品を以て此板を處理し物體の像を發現定着するなり。但し此の如くして顯るゝ像は實物と反對にして實物の黒き所は白く白き所は却て黒なるにより之を實物の如き者とせんに、は更に此板を藥劑を塗りたる感光紙の上に載せ、暫時之を日光に露出し適當なる藥品を以て此紙を處理し、始めて通常の寫眞畫を得るなり。

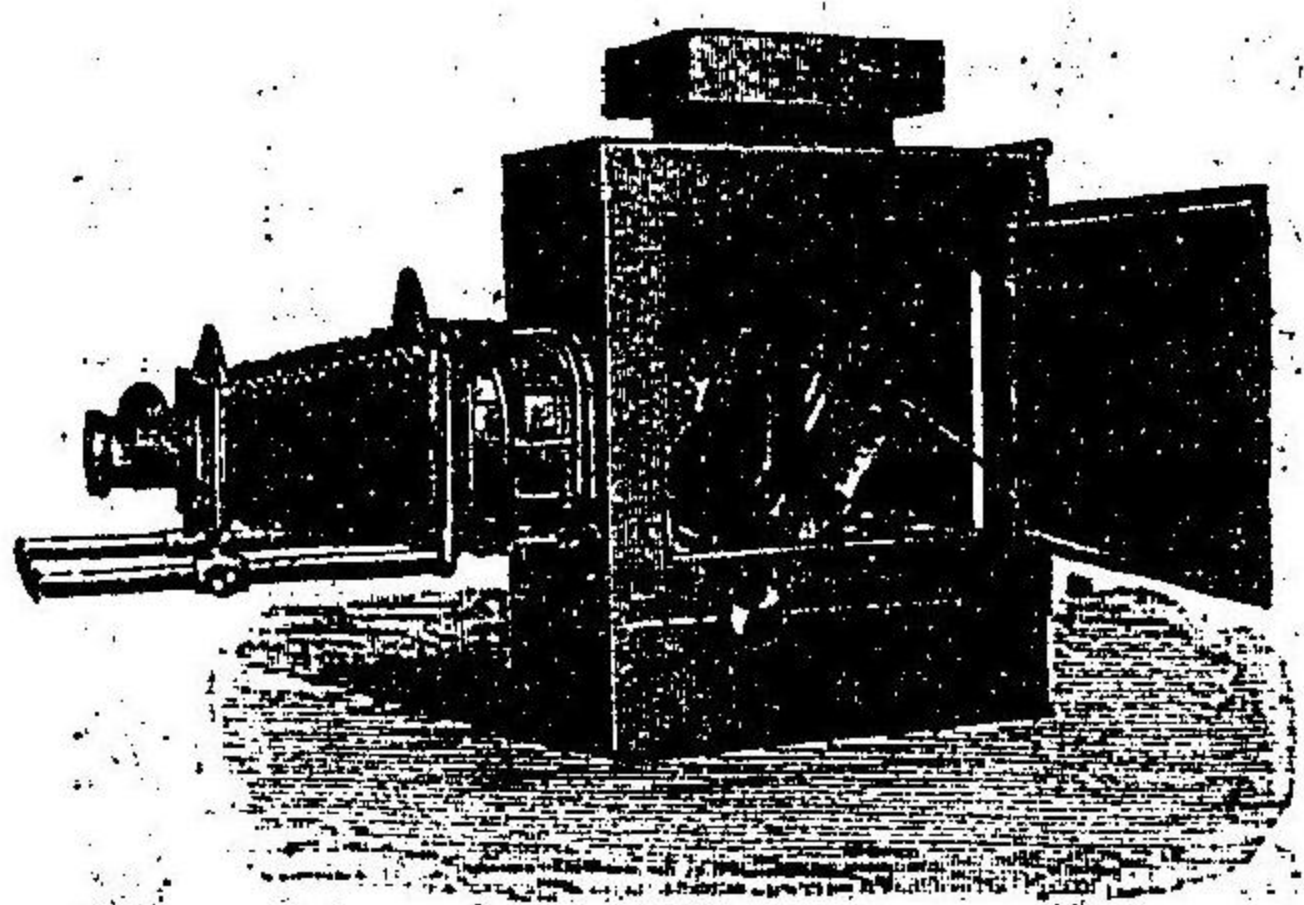


幻燈機械 幻燈機械も亦凸レンズを應用したる者にして其装置は金屬製の箱中に、電氣燈又は強き光を發するランプあり。其前にレンズを置きて、圖畫を畫きたる硝子板上

一三八

第一百十八圖
幻燈器械

に光を集めしめ、硝子板の前に又一の凸レンズを置けば此レンズは圖畫の像を豫め室内に吊したる白布上に現出すべし。凸レンズの現出する實像は常に上下轉倒する者なるを以て像を直立せしめんには圖畫を倒に置かさるべからず。



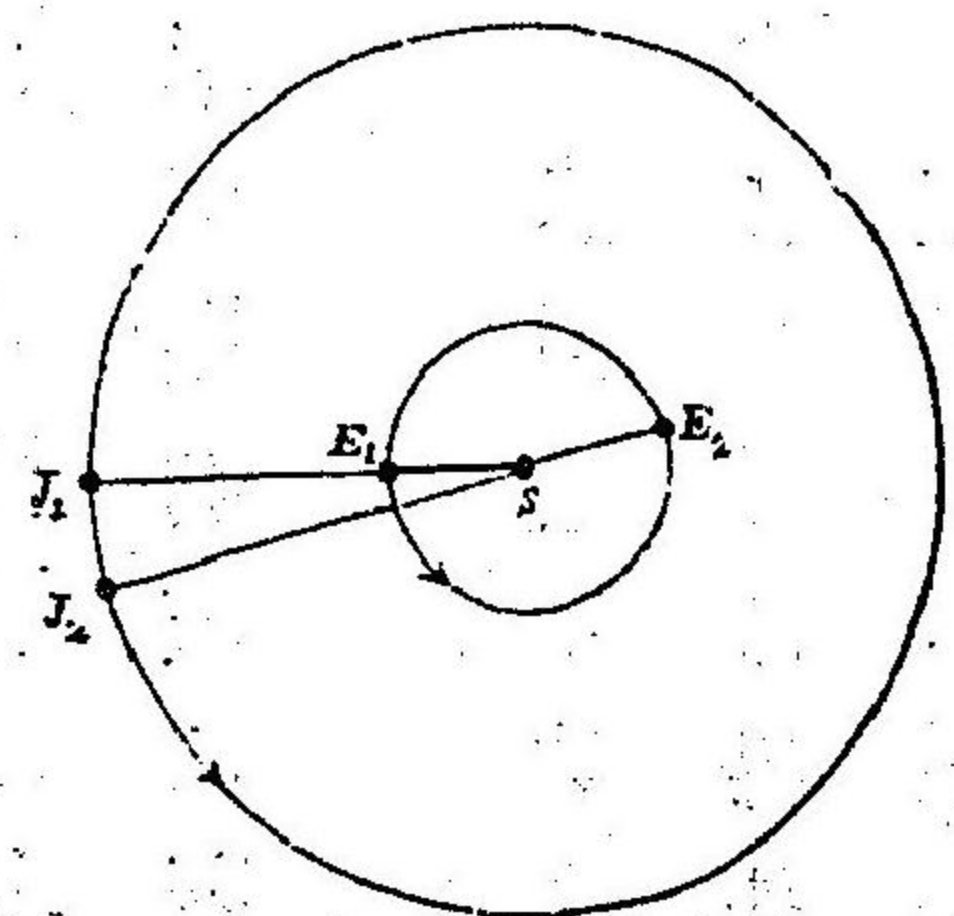
活動寫眞と稱する幻燈に於ては先づ寫眞器械の暗箱内に長さ帯の如き薄膜の上に感光劑を塗りたる者を收め特殊の装置によりて之を動かし活動する物體を撮影すると毎秒數回の割合にて短き時間を隔てたる物體の狀を表はす者數十百枚を作り次に之を幻燈器械にて投影するなり。之を現出するにも特殊の装置を用ひ嘗て撮影したる時と同じ速さに映出する像を交換するなり。然るときは觀者は此像の活動するが如くに覺ゆるなり。

一三九

光の本質 昔時ニールトン等の學者は光は光素と稱する一

一四〇

光の速度 初めて光の速度を測定せしは、丁抹人レーメルにして其法は星學上の觀測に基く。第百十九圖に於てSを太陽Eを地球Jを木星となす。木星には五個の衛星ありて、其周圍を廻ること猶月の我地球を廻るが如し、其第一の衛星は四十二時二十八分三十六秒毎に木星を一周し其一周毎に一度宛木星の陰の中に入りて蝕をなす。今地球が木星に最も近き位置Eに在る時、此衛星の蝕するを觀測し前記の一回轉の期日より推算するに地球の木星に最も遠き位置E₂に在るは第百十三回の蝕なり。然るに其時刻を實際と比較するに其時刻は豫期する所よりは十六分三十六秒(即ち一千秒)の後にあり。レーメルは此時間は光が地球



第百十九圖
木星J地球E
及び太陽S

の軌道の直徑を通過するに要する時間なることに心付き此時間を以て軌道の直徑を除して光の速度を得たり。此方法によれば真空中に於ける光の速度は毎秒二、九八〇、〇〇〇米なり。他の方法によりて近世マイケルソンの測定せし所によれば空氣中に於ける速度は毎秒二、九九八五、〇〇〇米なり。

一四一

光の廻折

光素説の信者が波動説を難ぜし一理由は音波にても水面の波にても波の來る所に物體を置く時其影の所にては尙能く音を聞き又水の動搖を見る。即ち波は障害物の影に折れ廻りて來るものなり。然るに光は直進して決して影の中に廻折し來ることなきを以て其波動にあらざること知り得べしと論じたりき。然れども實は光にも他の波と同じく廻折の現象あり唯普通の場合には餘り人の注意を惹く程著しからざるのみ。之を實驗するには圖の如き装置によることを得べし。即ちHは甚小さくして強き光源にしてBは數尺を距てたる處に立てたる一の衝立なり。H

第二百十圖

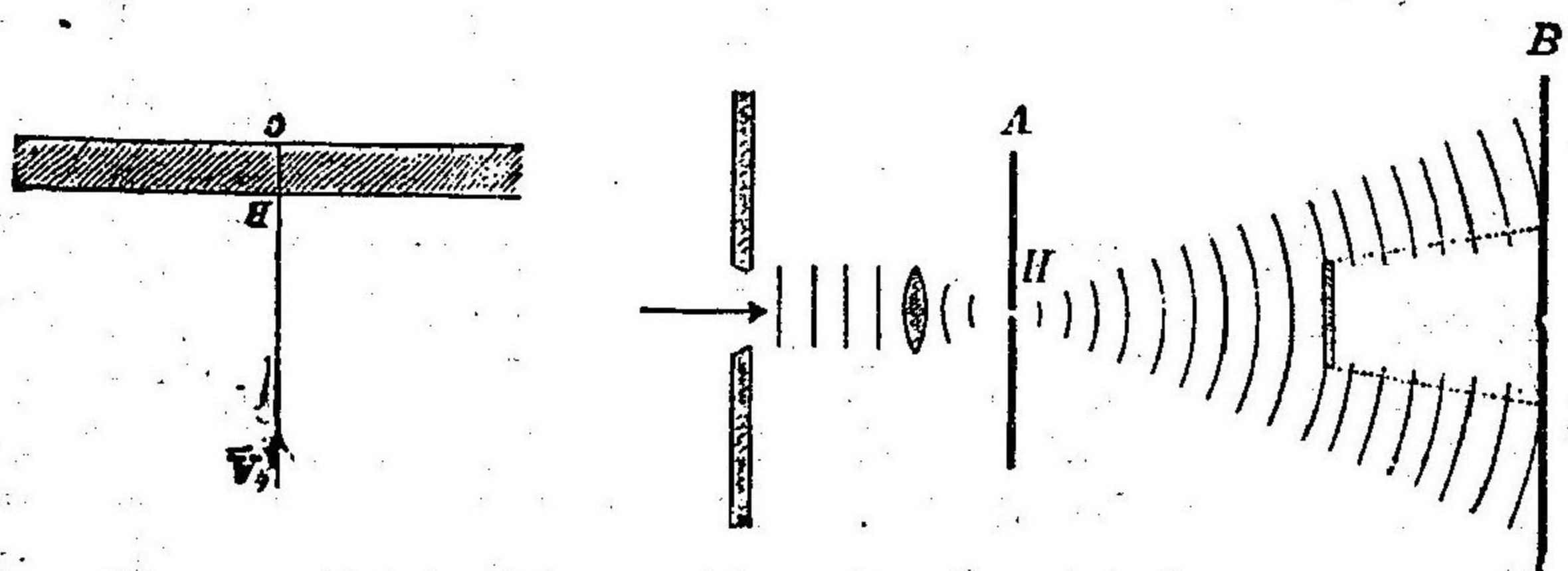
とBとの間に任意の物體を置けば其影の輪廓は光源が一點なるにより極めて判然たるべき筈なるに事實は却て反對にして物體の影の周圍に其輪廓に平行せる着色せる縞ありて之を圍繞す。之れ即ち廻折によりて起れる現象にして光源Hが小なれば小なる程一層著し。此の如き強き光點を得るには暗室中に日光を導き之を一のレンズにて一點に集め其所に金屬板Aに穿ちたる針孔Hを置くべし。

種々の光波の波長は廻折の現象を利用して測定せられたり。

一四三

第二百十一圖

光の干涉 他の波動と同様に光波にも亦干涉の現象あり。水面に散じたる油又は石鹼球の美麗なる色彩を放つは光波の干涉に歸因す。即ち此の如き薄膜に投射する光ABが單純にして唯一種



一四二

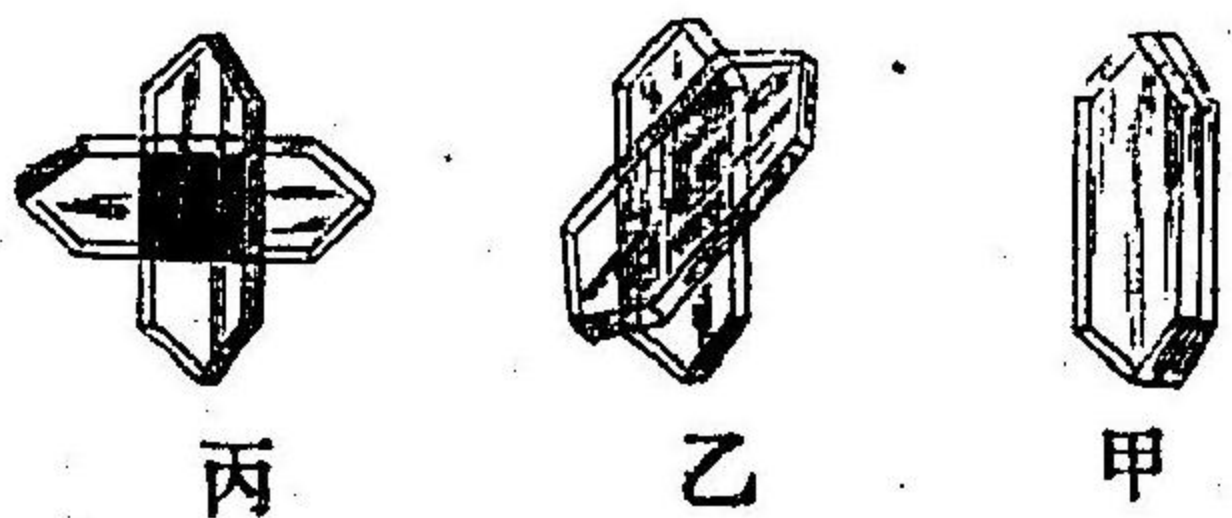
第二百十二圖
電氣石に於ける偏光

の波長を有する赤色光なりとせんに薄膜の前面Bに於て反射するものと一旦膜中に進入して其後面Cに於て反射するものとが共にBAの方向に復歸するとき若し恰も干涉する如きものならば此膜は暗黒と見ゆべし。若し膜を照すに日光を以てせし時上記の如くして赤色の光が干涉によりて消失すとせば吾人の眼中に入り来る光は日光中より赤色光を除きたる残りの色即ち綠色なり。石鹼球の所によりて種々の色を現はすは相干涉消失する色が場所によりて異なればなり。

上記の赤と緑との如き二つの色にして之を合すれば白色となるものを互に餘色なりと云ふ。

光の偏り 光波は一種の横波にして媒質の振動は波動の進行する方向に直角なる平面内に於てする者なり。

之れ光の偏りと稱する現象によりて知ることを得べし。電氣石と稱する鑛物の結晶軸に平行して薄く切斷したる者二片を取り第二百十二圖の甲の如く之を重ねて透視するに、光線能く之を通過すれども若し之を乙の如く



重ねれば半透明となり、丙の如く互に直角に置く時は、全く不透明となる。之れ電氣石を通過せる光は光の進行する方向に直角なる或一定の方向に振動する者なれば丙圖の如く二枚の板を互に直角に置けば第二の板が第一の板を通過せし光を遮りて通過せしめざるによるなり。此の如き一定の方向に振動する光を偏光と云ふ。普通の光の振動は光線に直角なる平面内に於てするのみにて方向は一定ならず。複屈折によりて生せる二つの屈折光線は共に偏れり。而して其振動の方向は互に直角なり。電氣石片にて之を驗せよ。

一四四

輻射 音波の場合に於て發音體の振動數が餘り小なるか或は餘り大なる時換言すれば音波の波長が餘り長きか或は餘り短かき時は吾人の耳は音として之を感ずること能はざるが如く光波の場合に於ても波長に一定の範圍ありて其範圍外にあるものは吾人の眼は光として之を感受すること能はざるなり。即ち一般に發光體は光と同時に吾

人の眼に見えざるエーテルの波動を出しつゝあるなり。凡そ光と同一の性質を有する者を總稱して輻射線と稱す。輻射線は便宜上之を三種に分つことを得べし、之を赤外線、光線、紫外線と爲す。

赤外線は其波長が長きに過ぐる爲に眼に見えざる者にし、て紫外線は其波長が短かに失する爲に見えざる者なり。プリズムを用ゐて發光體の光のスペクトルを作り之を合成する種々の色即ち種々の波長の光に分散せしむるとき赤外線は其スペクトルの赤色端の外の暗黒部を占

	波長
短かきエーテル波	0.0001 耗
紫外線	0.0002
紫	0.0004
緑	0.0005
赤	0.0006
スペクトルの赤端	0.00075
赤外線	0.001
最長き赤外線	0.06

一四五

め、莖外線は莖色端の外に現はるゝなり。普通の發光體は此三種の輻射線を同時に發射しつゝあるを常とす。
赤外線 赤外線は其投射する物體を熱することによりて認知せらる。故に之を熱線とも名づく。スベクトルの赤外部に微熱計と稱する一種の極めて鋭敏なる寒暖計を置けば其存在を知り得べし。赤外線は其波長が長きに過ぐる爲めに眼に感ぜざれど其性質に於て光と異なることなし。即ち光の如く反射し屈折し分散し干涉す。球面凹鏡又は凸レンズを太陽に向はしむれば赤外線は其焦點に集合するを以て此點に火絮の如き燃焼し易き物體を置けば直ちに燃焼す。赤き炭火の前に手を近づければ溫暖を感じずるは是れ皮膚が傳導によりて熱を得たるに非ず、炭火と手との間が眞空にても暖を感じる者にして皮膚が炭火よ

一四六

り發せる赤外線に感じたるなり。
莖外線 此輻射線は或る特殊の物質に逢へば化學的變化を誘起し其質を變ぜしむ。寫眞術は即之を應用したる者にして凸レンズを以て此輻射線を銀鹽を塗りたる乾板上に投射して化學的變化を起さしむるなり。今スベクトルの各所に寫眞用の乾板を置きて如何なる部分に、化學的作用の存在するかを驗するに之は熱作用と反對にしてスベクトルの赤色の近傍にあることなくして莖色部に偏在し其最強く寫眞板に感ずるは莖色以外の暗黒部に在り。之れ其莖外線と名づくる所以にして又之を化學線と名づく。莖外線も亦其性質に於ては全く光波にして唯其波長が甚短かきを異にするのみ。

一四七

發光體 普通の發光體は高溫度に熱せられたる爲めに光

を發するものにして温度低きときは赤外線を輻射し温度が約 500° に達すれば赤色の光を出し始め漸々温度が高まるに従ひて黄色青色とスペクトルの順序に種々の光を加へ終には莖外線をも併發するに至る。故に其スペクトルを驗すれば之によりて略發光體の温度を知り得べし、例へば太陽の温度は此の如くして約 5200° なるを知るが如し。發光體が固體又は液體なる時は上記の如く其スペクトルは一の連続したる色帯を爲せども高温度にある氣體が發光する時は其スペクトルは全く異なれり。例へば酒精燈の火炎中に食鹽を投ずれば、ソーヂウムは蒸氣となりて黄色の焰を出す。此光のスペクトルは黄色の線一條より成る。又酒精燈中にストロンシウムの鹽類を投入すれば赤色の光を發し、其スペクトルは赤色の線數條と、一二の黄色線及

一四八

び青色線より成るが如し。發光する氣體のスペクトルが斯く單純なるは之れ蓋し氣體は其質稀薄なるを以て分子若くは原子の運動自由なるにより其物質特有の周期を有する振動を爲し一定の波長の波を輻射するによるならん。發光する固體及び液體のスペクトルを連續スペクトルと云ひ發光する氣體の輝線スペクトルと云ふ。

螢光 燐光 上文説く如く普通の發光體は高温度にある温度低くして發光する場合あり。螢光及び燐光の現象は即之なり。螢光とは或特殊の物質に光を投ずれば放射せる光とは異なりたる色の光を發する現象にして螢石に於て始めて之を發見せり。クロ、フル、フルのエステル溶液、硫酸キニーネの水溶液、少しく硫酸を加へたる者又は石油等に日光を當つればクロ、フルは赤褐色、硫酸キニーネは蒼

空色石油は帶紫青色の微光を放つ之を螢光と稱す。最よく螢光を放つ者は青化白金バリウムなり。

燐光とは或物質に光を當て置き次に之を暗所に持ち行き
て驗するに長時間各自特有の微弱なる光を發することを
云ふ。カルシウム、ストロンチウム、バリウム等の硫化物、金
剛石、方解石等は燐光體なり。

一四九

輻射線の吸收 輻射線が或媒質中を通過する時通常多少
之によりて吸收せらる。而して此際或特種の波長の者を
多く吸收して他を自由に通過せしむる者あり。例へば普
通の硝子は光線に對しては透明なれど赤外線及び莖外線
に對しては殆ど透明なり。透明體の色も亦之と同理にし
て例へば赤硝子は唯赤色光のみを通過せしめて他を吸收
するによる。赤硝子に日光を送り之を通過し來れる光を

プリズムにて驗すれば容易に之を知り得べし。即ち其ス
ペクトルは唯赤色部の狭き部分のみに限られて他は暗黒
なり。同様にして種々の色硝子又は着色液を通過せる光
のスペクトルを驗すれば光源の連続スペクトル中より所
々吸收の爲に失ひし色を缺きたる不連続の色帯となるを
見るべし。之を吸收スペクトルと云ふ。

氣體が高溫度にありて輻射する光の色は其氣體特有の者
なることを述べしが氣體が低溫度にある時は他の光源よ
り來る光の中より此自己特有の色の者を吸收す。例へば
ソヂウムの蒸氣は自ら發光するときは黄色の光を放ち其
スペクトルは黄線一條よりなる。然るに電氣燈の如き連
續したるスペクトルを作る光源とプリズムとの間に、ソヂ
ウムの蒸氣を置くときはソヂウム蒸氣は黄色の光を吸收

してスペクトルの黄色部に一の黒線の現出するを實驗し得べし。

太陽其他の恒星より來る光を分光器にて驗するに其スペクトルは一見連續スペクトルの如けれども子細に之を驗すれば無数の黒線ありて之を縦斷する一種の吸収スペクトルなり。日光の場合に於て始めて之を發見せしはフラウンホーヘルにして氏は其顯著なる者にA B C等の名を與へたり、故に此黒線をフラウンホーヘル線と名づく。フラウンホーヘル線は太陽の實質より發する光が太陽の霧圍氣を通過せる時吸収せられて起る者なり。而してスペクトルに於ける此線の位置は霧圍氣を爲す氣體の自ら出す光の輝線スペクトルの輝線の位置と一致すべきによりてフラウンホーヘル線によりて太陽の霧圍氣には如何な

一五〇

る物質の存在するかを推定し得べし。例へば日光スペクトルのD線によりて太陽にソーヂウムの存在を知るが如し。スペクトル分析術 各種の氣體の作る輝線スペクトルを研究し置く時は他の未知物質のスペクトルを見たる時此物質には如何なる元素を含有するかを判定し得べし。又日光スペクトルの如き吸収スペクトルにても之によりて吸収する物質が何者なるかを知り得べし。此方法をスペクトル分析術と稱す。此目的に使用するスペクトルを研究する器械を分光器と云ふ。

一五一

分光器 第二百二十三圖は分光器を上方より見下したる所を示す者にして直立せる臺上に目盛りを刻したる圓盤を固定

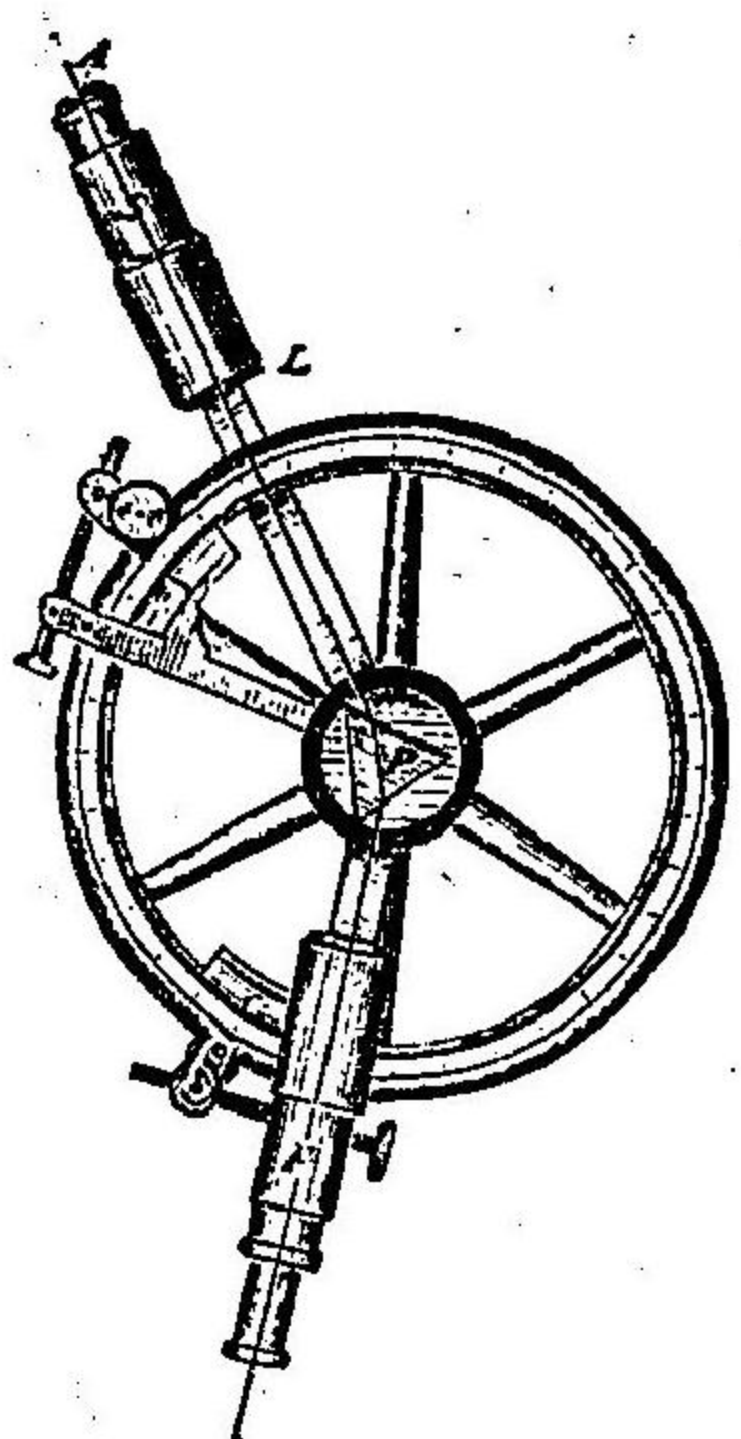
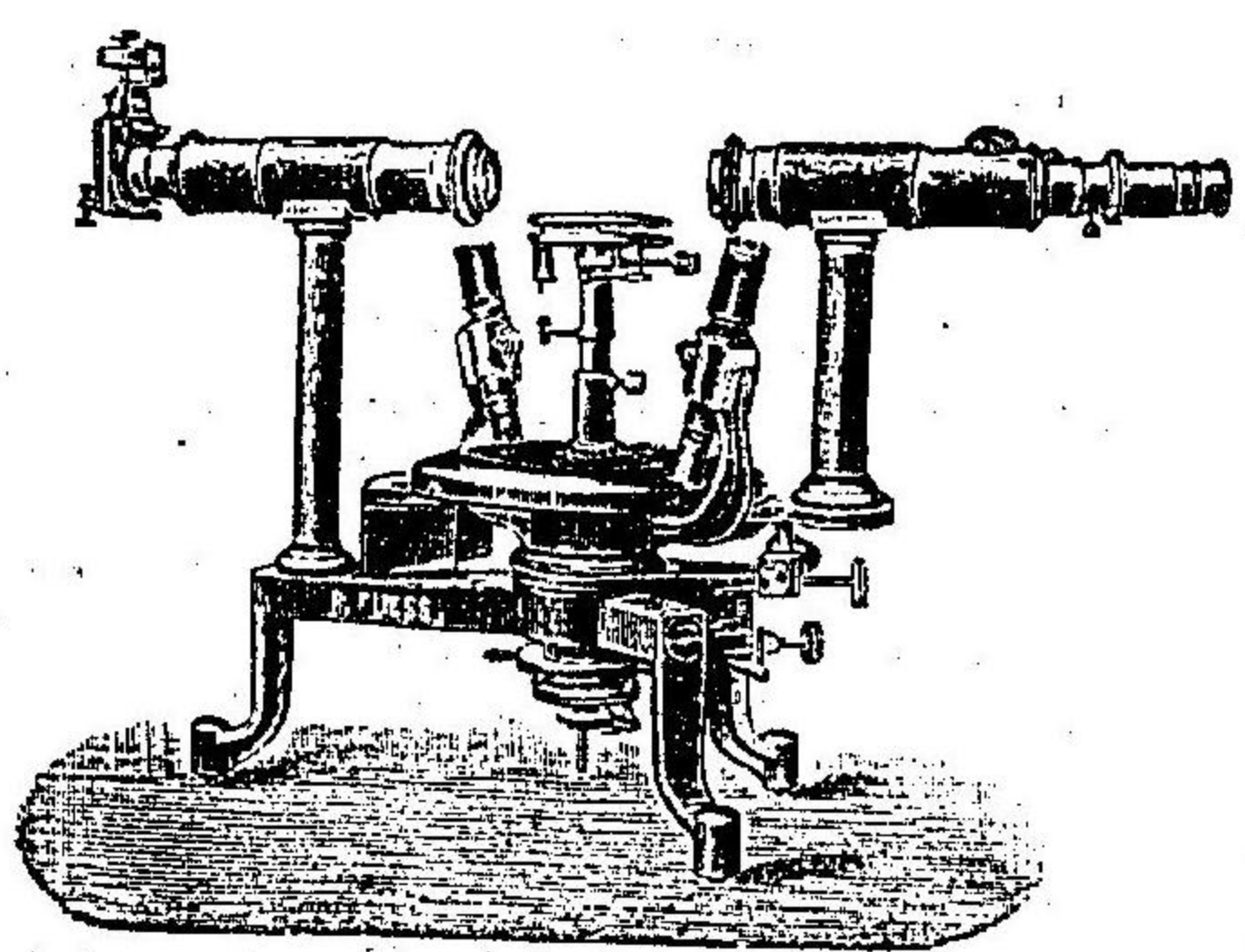


圖 第二百二十三

し其一方に S なるコリメートルと稱する圓筒を具ふ。此圓筒の一端 A には細隙ありて他端 L には色消しレンズを嵌入し細隙をして恰此レンズの焦點にあらしむ。 P はプリズムにして F は望遠鏡なり。共に長き臂を具へ螺旋によりて其位置を任意に變ぜしむることを得べし。今細隙 A の前に、驗せんと欲する光源を置くときは、之より發散する光線の細隙を通じて圓筒内に進入する者はレンズの爲に屈折して皆平行となりプリズムを通じて分散せられスペクトルを作る而して吾人は望遠鏡によりて此スペクトルを観察し圓盤の目盛りによりて望遠鏡の



第二百二十四
分光器

位置を知り得べし。

一五二

物體の色 物體の色を現はすは之を照す光に原因する者にして同一の物體にても晝間と夜間燭火を照して之を見る時と其色を異にす。不透明體が特異の色を現はすは之に當れる光の中、或る特別の色を吸収して其餘を反射するによる者にして黒色の物體は凡ての光を悉く吸収して毫も反射せざるにより黒く見え、白紙の如きは之に當れる光の凡てを反射するにより之を照すに日光を以てすれば白く見え赤色の光を以てすれば赤く見ゆべし。又朱の如きは之を照すに日光を以てすれば日光の中赤色を残すの外、他を悉く吸収するにより吾人の眼中に反射し來る者は赤色のみ之れ其赤く見ゆる所以なり。然れ共酒精燈の炎中に食鹽を投じ其光を以て朱を照すときは朱は殆ど暗黒色に

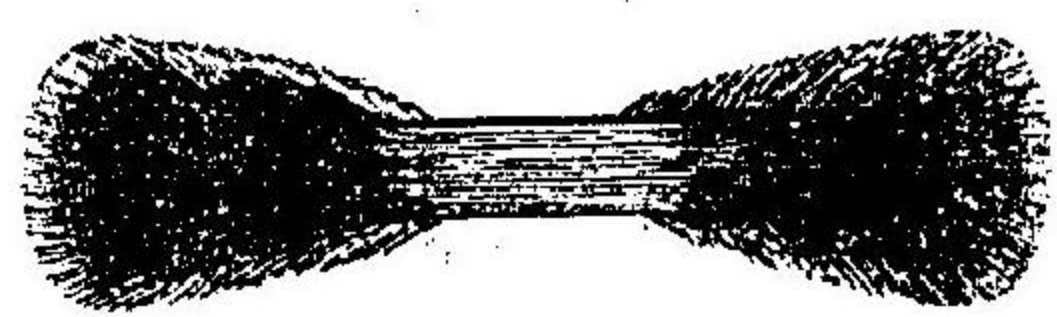
見ゆ是れソヂュームの光は、朱の反射し得べき赤色の光を缺くを以て、全く吸收せられ、朱は暗黒に見ゆるなり。

第七編

磁氣

一五三

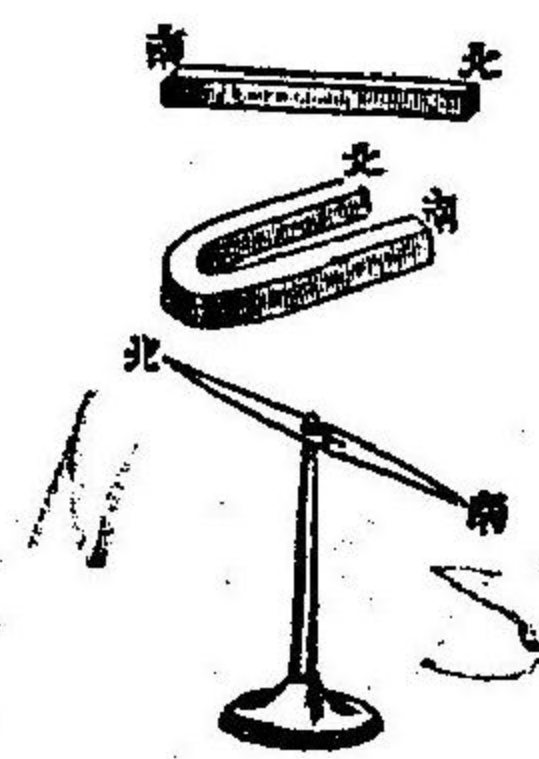
磁石 細長き鋼鐵の棒を取り、特殊の方法によりて、之を磁石となすときは、著しき性質を得。即ち(一)之を絲にて吊るか又は針頭に安んじて水平面内に於て自由に運動し得べき様に装置すれば、其靜止するとき、一端は北に向ひ他の一端は南を指す。而して北に向へる一端は、常に北に向ひて南を指すことなし。羅針盤は此性質を利用してたるなり。(二)磁石は、鐵片を吸引する性あり、而して其吸引するは磁石の兩端に近き處に於て最強く、中央



第二百二十五圖 鐵粉が磁石の兩端に附着する圖

第二百二十六
圖
種々の形の磁石

部には全く此力なし。故に試に磁石を鐵粉中に投じ、之を取揚ぐるに、鐵粉は其兩端に蝟集す。かく吸引力の最盛き處を磁石の極と云ひ、北に向ふ一端に在るを北極と云ひ、他端に在るを南極と云ふ。通常北極はN字にて表し、南極はS字にて表す。



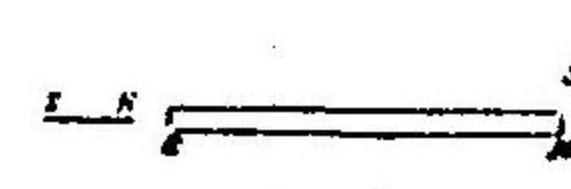
一五四

磁石に三種の形あり、棒磁石、蹄鐵磁石及び磁針是なり。蹄鐵磁石は其兩極接近するを以て吸引力を驗するに適し、磁針は羅針盤の如く方位を知るに用ゆる者なり。兩極間の作用 今靜止せる磁針の北極に他の磁石の北極を近づけんとするに、互に反撥して近づくことなし。然るに南極を近づければ相牽引して益接近す。即ち同名の極は相斥け、異名の極は相引く。之によりて磁石の極は通常

第二百二十七
圖
磁氣の感應

一五五

の鐵片に對すれば其南極たり北極たるの別なく常に之を吸引すれども、磁石相互間の作用に於ては上文の如き差異あるを知るべし。兩極間に作用する力の強さは、兩極の強さの相乗積に正比例し、兩極間の距離の二乗に逆比例す。磁氣の感應 磁石の周圍にありて磁力の作用し得る場所を其の磁石の磁場と云ふ。強き棒磁石に近く、一の鐵片を置き鐵粉若くは磁針を以て之れを驗するに、此鐵片は一の磁石となり、其の棒磁石の一極に對する端には、之れと異名の極あるを見るべし、斯の如く鐵片を磁場内に置く時、其鐵片が磁石の性を得る現象を磁氣の感應と云ふ。



鐵片が磁石によりて吸引せらるゝことは感應の現象によりて了解し得べし。即ち一の磁石の北極に鐵片を近づけ