

15923

46-107

EXPERIMENTS
FOR
PHYSICAL LECTURES

新 撰

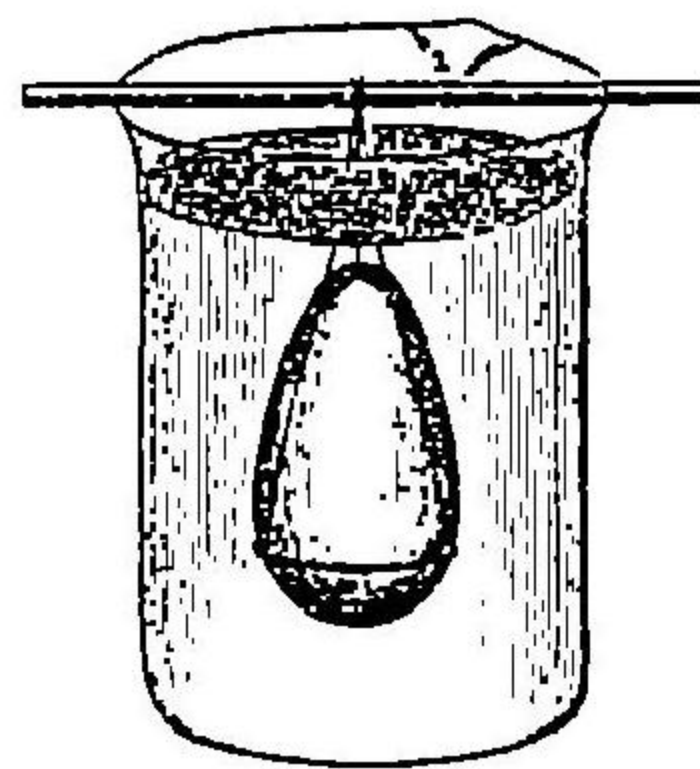
物理學實驗法

第一高等學校教授

理學士

友田鎮三

著



開成館藏版

東京

明治

43. 1. 29

内交

目次

第一編 力學

第一	慣性に関する實驗	一
第二	力の釣合合成及分解に関する實驗	五
第三	アトウッド氏の器械運動の第一及第二定律に関する實驗	九
第四	運動の第三定律に関する實驗	一五
第五	斜面上の釣合	一九
第六	重心に関する實驗	二二
第七	力の能率に関する實驗	二五
第八	弾性に関する實驗	二六
第九	遠心力に関する實驗	二九
第十	振子に関する實驗	三三
第十一	天秤使用法	三四

第二編 流體力學

第一 液體の性質に関する實驗…………… 四

第二 液體の壓力に関する實驗…………… 四

第三 器の底面に於ける壓力に関する實驗…………… 五

第四 液體の壓力の傳達を示す實驗(パスカル氏の定理説明)…………… 五

第五 側壓に基く反動を示す實驗…………… 五

第六 プラマ氏の水壓機…………… 五

第七 アルキメデスの原理を示す實驗…………… 六

第八 浮體に関する實驗…………… 六

第九 固體の比重の測定…………… 六

第十 液體の比重の測定…………… 六

第十一 瓦斯體の性質に関する實驗…………… 七

第十二 大氣の壓力に関する實驗…………… 七

第十三 ボイル氏定律に関する實驗…………… 七

第十四 空氣唧筒の使用法…………… 七

第十五 毛管現象に関する實驗…………… 七

第十六 表面張力に関する實驗…………… 八

第十七 擴散に関する實驗…………… 八

第十八 滲透に関する實驗…………… 八

第三編 熱學

第一 固體の膨脹に関する實驗…………… 九

第二 液體の膨脹に関する實驗…………… 九

第三 氣體の膨脹に関する實驗…………… 九

第四 寒暖計の水點及沸騰點を検する法…………… 九

第五 水の不規則なる膨脹を示す實驗…………… 九

第六 對流に関する實驗…………… 一〇

第七 比熱に関する實驗…………… 一〇

第八 比熱を測定する方法…………… 一〇

第九 融解及凝固に関する実験……………一〇六

第十 融解の潜熱を示す実験……………一〇七

第十一 起寒劑……………一〇八

第十二 復水の實驗……………一〇九

第十三 蒸氣の張力に関する實驗(其一)……………一一一

第十四 蒸氣の張力に関する實驗(其二)……………一一三

第十五 沸騰に関する實驗……………一一五

第十六 沸騰點は壓力に關係することの實驗……………一二六

第十七 氣化の潜熱の測定……………一二七

第十八 液體の蒸發に際して寒冷を生ずることの實驗……………一二九

第十九 ウォーランスト氏の結氷球……………一三〇

第二十 ダニエル氏湿度計の用法……………一三三

第二十一 乾濕球湿度計の用法……………一三四

第二十二 熱の傳導に関する實驗……………一三六

第二十三 輻射に関する實驗……………一三〇

第二十四 機械的の仕事に由て熱の發生することを示す實驗……………一三四

第二十五 瓦斯體が急激に膨脹すれば冷却することを示す實驗……………一三六

第二十六 錐形蒸氣機關の使用に関する注意……………一三七

第四編 波動及音響

第一 波動に関する根本的説明……………一三九

第二 振動に関する實驗……………一四〇

第三 波の進行及反射を示す實驗……………一四一

第四 定常波動に関する實驗……………一五一

第五 二つの波動が重疊して生じたる合成波動の形を示す實驗……………一五〇

第六 疎密波を示す實驗……………一五一

第七 音は空氣又は其他の媒體に依りて傳達せらるゝことの實驗……………一五五

第八 音は空氣の波動に依りて傳達し流動に依らざることを示す實驗……………一六一

第九 發音體は振動の狀況に在ることを示す實驗……………一六二

第十 音の干渉を示す実験……………二六二

第十一 音の高さに關する實驗及音の高さの測定……………二六五

第十二 絃の振動に關する實驗……………二七一

第十三 風琴管に關する實驗……………二七六

第十四 洞腔内の空氣の振動に關する實驗……………二七七

第十五 板の振動を示す實驗……………二七九

第十六 共鳴に關する實驗……………二八〇

第十七 人聲の發生に關する實驗……………二八三

第五編 光學

第一 日光反射鏡使用法……………二八六

第二 光の直進を示す實驗……………二九〇

第三 小孔によりて物體の映像が生ぜらるゝことを示す實驗……………二九二

第四 光度の測定……………二九三

第五 光の反射に關する實驗……………二九〇

第六 光の屈折に關する實驗……………二九三

第七 全反射に關する實驗……………二九七

第八 屈氣樓の理を示す實驗……………三〇〇

第九 プリズムに依りて光の屈折を示す實驗……………三〇三

第十 レンズに關する實驗……………三〇三

第十一 レンズの焦點距離の測定……………三〇七

第十二 遠視眼及近視眼の理を示す實驗……………三一一

第十三 幻燈及其他の撮影器械の使用法……………三一一

第十四 顯微鏡使用法……………三二五

第十五 光の分散を示す實驗……………三二七

第十六 分光鏡の使用法……………三三一

第十七 虹の理を説明する實驗……………三三三

第十八 光の平渉に關する實驗……………三三六

第十九 光の廻折に關する實驗……………三三八

第二十 光の偏りに關する實驗……………三四二

第二十一 天の色の青きことを説明する実験……………二四〇

第六編 磁氣及電氣

- 第一 磁力は極に近き程強大なることを示す実験……………二四八
- 第二 磁石の性質を示す実験……………二四八
- 第三 磁氣の感應を示す実験……………二四九
- 第四 磁氣指力線を示す実験……………二五〇
- 第五 人工磁石製造法……………二五二
- 第六 磁石の極は分つべからざることを示す実験……………二五三
- 第七 二種の發電を示す実験……………二五三
- 第八 金箔檢電器の製法及使用法……………二五八
- 第九 電氣の分布を示す実験……………二五八
- 第十 避雷針の理を示す実験……………二六二
- 第十一 電氣の感應を示す実験……………二六四
- 第十二 摩擦によりて生せる二種の電氣は等量なることを示す実験……………二六五

- 第十三 ウイムシャルスト起電機使用に關する注意……………二六六
- 第十四 起電機を用ひてなすべき諸種の實驗……………二六七
- 第十五 リヒテンベルヒ氏の圖形……………二七一
- 第十六 ライデン瓶使用法……………二七二
- 第十七 エピナス集電器……………二七四
- 第十八 電池の構造及使用法……………二七六
- 第十九 電流と磁針とに關するエールステッド氏の實驗……………二八一
- 第二十 電流計……………二八三
- 第二十一 電流の作る磁場……………二九二
- 第二十二 電磁石に關する實驗……………二九三
- 第二十三 電信機使用法……………二九五
- 第二十四 電流相互の關係を示す實驗……………二九七
- 第二十五 抵抗箱及抵抗器……………二九九
- 第二十六 簡單に抵抗を測定する法……………三〇四
- 第二十七 ホイートストン橋にて抵抗を測定する方法……………三〇六

第二十八 電流の熱効果を示す實驗……………三三
 第二十九 白熱電燈使用法……………三四

目次終

新撰 物理學實驗法

理學士 友田鎮三 著

第一編 力學

第一 慣性に關する實驗

實驗の目的。物體が慣性を有することは、日常遭遇する事實に依りて知ることを得べきも、尙之を實驗に徴して、明かに其性質を了知し得るを以て目的とす。凡そ一度靜止せる物體は、外力の働かざる限り、何時までも靜止するの性質を具ふるが故に、如何に大なる力の働くことあるも、俄に急激なる運動を起すことなく、必ず相當の時間を要するなり。本實驗に於ては、殊に此點に注意するを要す。又一度運動せる物體は、何時までも其運動を繼續せんとするの性ある事をも具に示すべし。

実験 第一

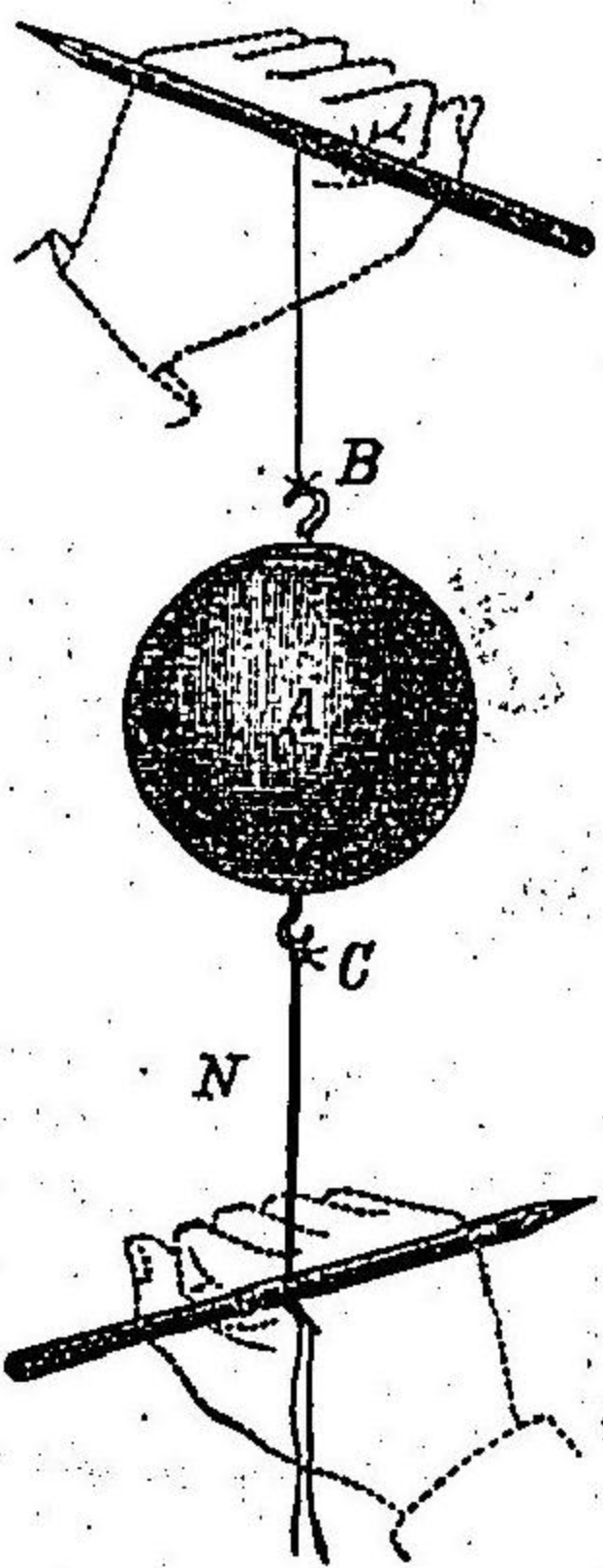
装置及実験の方法。第一圖に示すが如く、直径二寸許の金屬球Aに、上と下とに小さき鉤B・Cを付けたるものを取り、Bに一條、Cに二條の木綿糸を

結び付くべし。

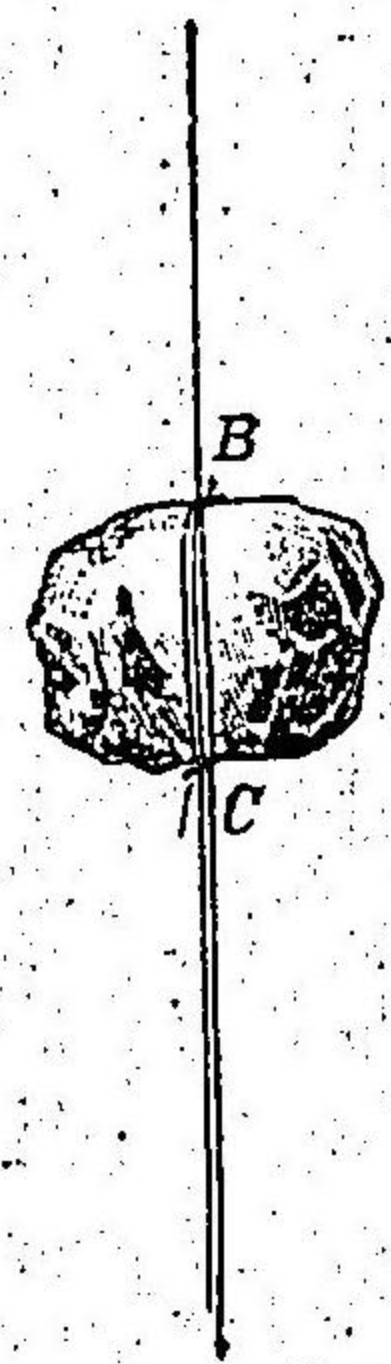
今一條の方を筆或は鉛筆などの小さき棒に結び付け之を左手に持ちて金屬球を懸垂し、二條の方をも同様なる棒に結び

付け之を右手に持ちて眞直に下の方に急激に引くべし。然るときは、二條の糸は、N點の附近より切斷し、一條の糸の方は切る、ことなく、金屬球は依然として其位置に止るを見るべし。此實驗に於て、金屬球の代りに、二三百匁の重さを有する金屬片或は石片を用ふるも可なり。

注意。糸を引くに當りて、成可く眞直に、且思ひ切りて急激に之を引き切るべし。又特別の金屬球なくして、有り合せの金屬片或は石片を以て實驗す



第一圖



るときは、第二圖に示すが如く、糸を結び付け、O點の結び目がB點の直下に來る様にすべし。

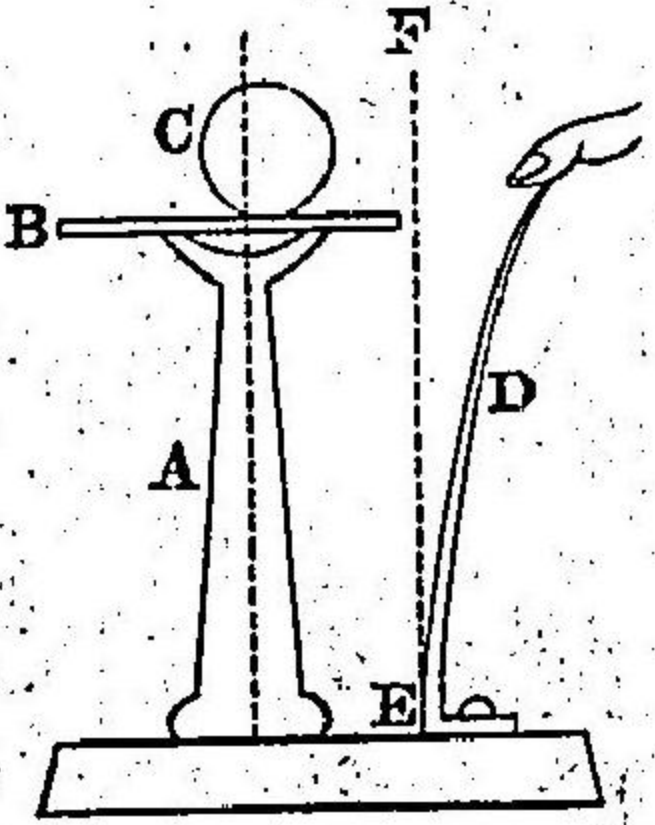
第二圖

實驗 第二

装置及實驗の方法。物體の慣性を示すに、第三圖の如き器械を用ふるこ

とあり、Aは木柱にして上部は盃の如く少しく窪み、其上に方二寸許の薄き木板Bを載す。更に其上に木球Oを載せ、Dなる發條に依りてBを急激に打ち飛ばす装置なり。然るときはOが未だ著しき運動を生ぜざるうちに、木板は飛び去るが故に、Oは之と共に飛び去ることなくしてAの上に止るべし。

注意。木板を木柱の上に置くに當りて、其一方が發條の自然の位置より、極めて少しく離れ居る様にすべし。又木球を木板の上に置くと、其中心を木柱の軸線よりも少しく發條の方に寄せて置くべし。又發條を引くこと



第三圖

多きに過ぎ或は少なきに過ぐるは共に不可なり、豫め數回之を試み其加減を了知すべし。

簡單なる装置。右の實驗は次の如くにして之を行ふも可なり、即ち口の狭からざる壘を以て木柱に代へ、厚紙を以て木板に代へ、銅貨を以て木球に代ふべし、而して厚紙を去るには、指を以て之を弾くか、或は水平の方向に極めて急激に之を引き去るべし。

實驗 第三

装置及實驗の方法。一度運動せる物體は、何時までも其運動を保持せんとするの性を有することは、次の如くにして簡單に之を示すことを得、コップ或は金屬の皿に豆粒或は白墨片を入れ、之を右手に持ち、下方より迅速に上方に向て動かし、豫め差出し置ける左手の爲めに、右手の運動が防遏せらるる様にすべし、然るときは皿中の豆粒若くは白墨片は運動を繼續せんとするが故に、皿を離れて上方に飛び上るを見るべし。

第二 力の釣合・合成及分解に関する實驗

實驗の目的。力の平行四邊形の定律は、理論上之を説明し得べきものにあらすして、たい經驗の結果によりて得たるものなれば、之を實驗に徴して其然る所以を明かにするは最も重要なことなりとす、而して此定律は殆ど公理とも云ひ得べき程、簡單にして且明白なるが故に、若し實驗の成績不十分なるときは、觀る者をして定律なるものは斷然たる言明をなすものなれども、餘り確なるものにあらずとの疑を起さしむべく、之に反して成績良好なるときは、觀る者をして定律の説く所と實驗とは、是程までに一致するかとの念を起さしめ、腦裡に深く印象を残すべし、故に此實驗は餘程の注意を以て行ふを要す。

本實驗に於て指示すべき要項左の如し、即ち三つの力が一つの物體に作用して、釣合ふときは、

- (一) 三力の作用線は一點に會合すること。
- (二) 何れか一つの力は、他の二力を代表する直線を二隣邊とする平行四

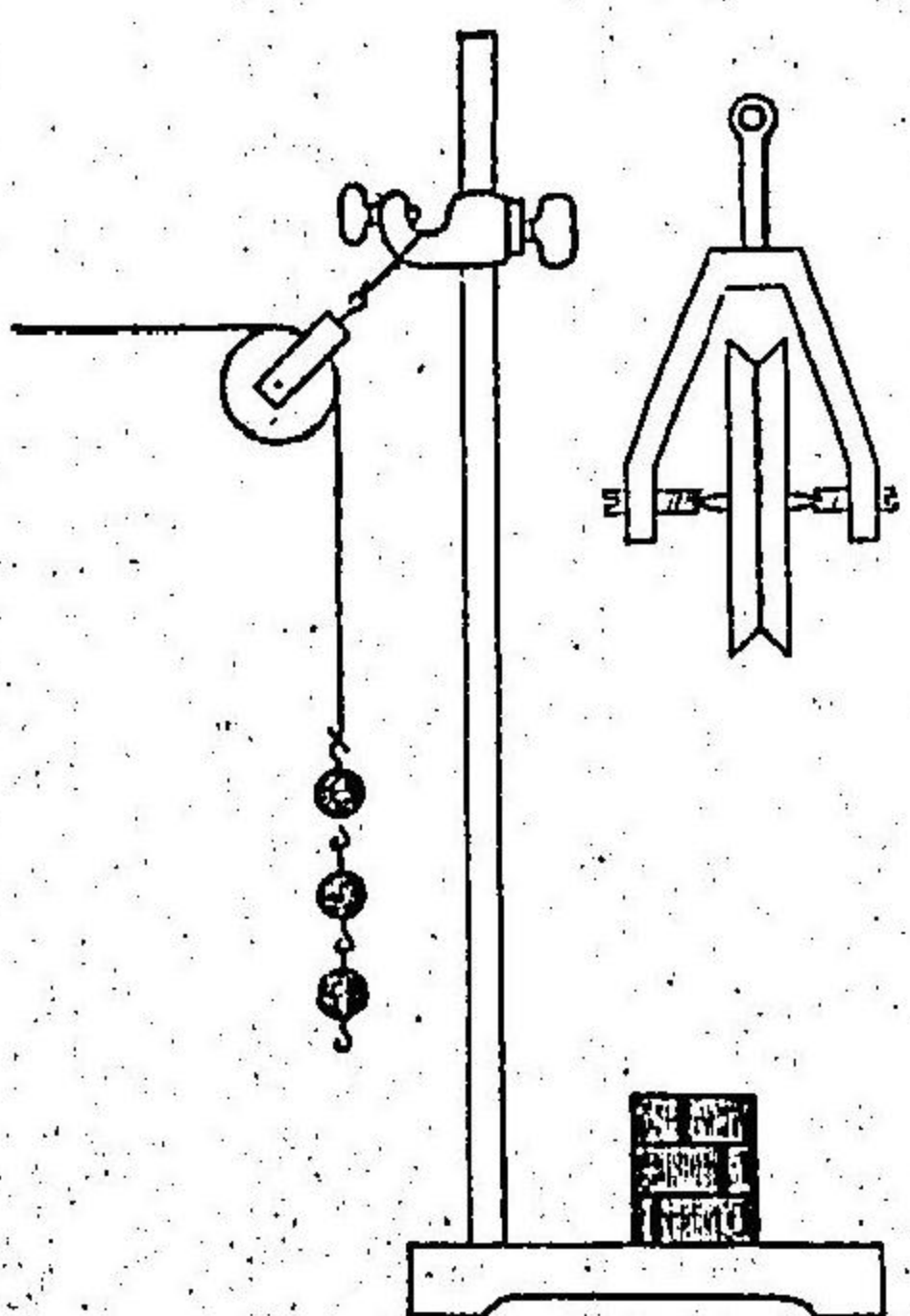
邊形の對角線を以て表さるゝ力に等しくして、其方向反對なること。

實驗 第一

裝置及準備。本實驗をなさんには長さ二尺五寸幅二尺位の平板と、軸に摩擦少なき滑車(第四圖の右方に示すが如)三個と、レトルト臺三個と、等しき重さの鉛球十五六個と、大さ一寸平方位の薄き木板及絹絲三條とを用意すべし。

先づ滑車を第四圖の如くレトルト臺に取り付け、其高さを互に等しからしむべし。之を第五圖に示すが如く鼎足に置き、木片Dの隨意の三點に極めて短き紙を打込み之に絹絲を結び付け、滑車を経て各の絲に適宜の鉛球を懸垂すべし。次に平板STを臺を設けて絲の直下に水平に裝置し、木片Dが漸く之

第四圖



に觸るゝ様になし、又薄き西洋紙を平板の上に敷き置くべし。

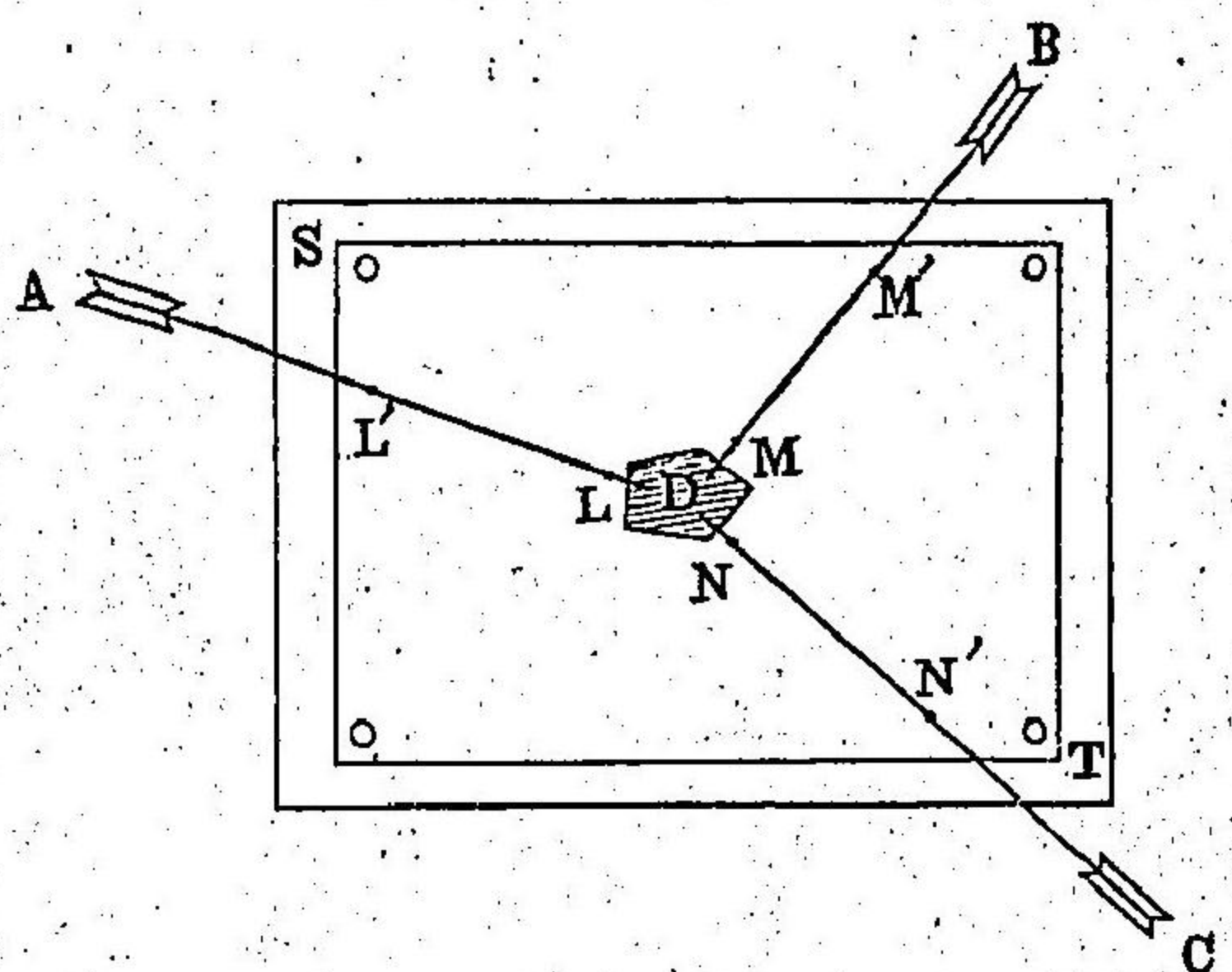
實驗の方法。先づ木片Dを少しく左右に動かし、之を放ちて其止る所に任せ、然る後三個の絲の上の二點例へばL'L'、M'M'、N'N'の位置を針或は鉛筆の鋭き尖にて紙に記し、第六圖に示すが如く次の検査を行ふべし。

(一) LL'、MM'、NN'を通じて直線を引くときは、それ等が一點Oに於て會合するや否やを見るべし。

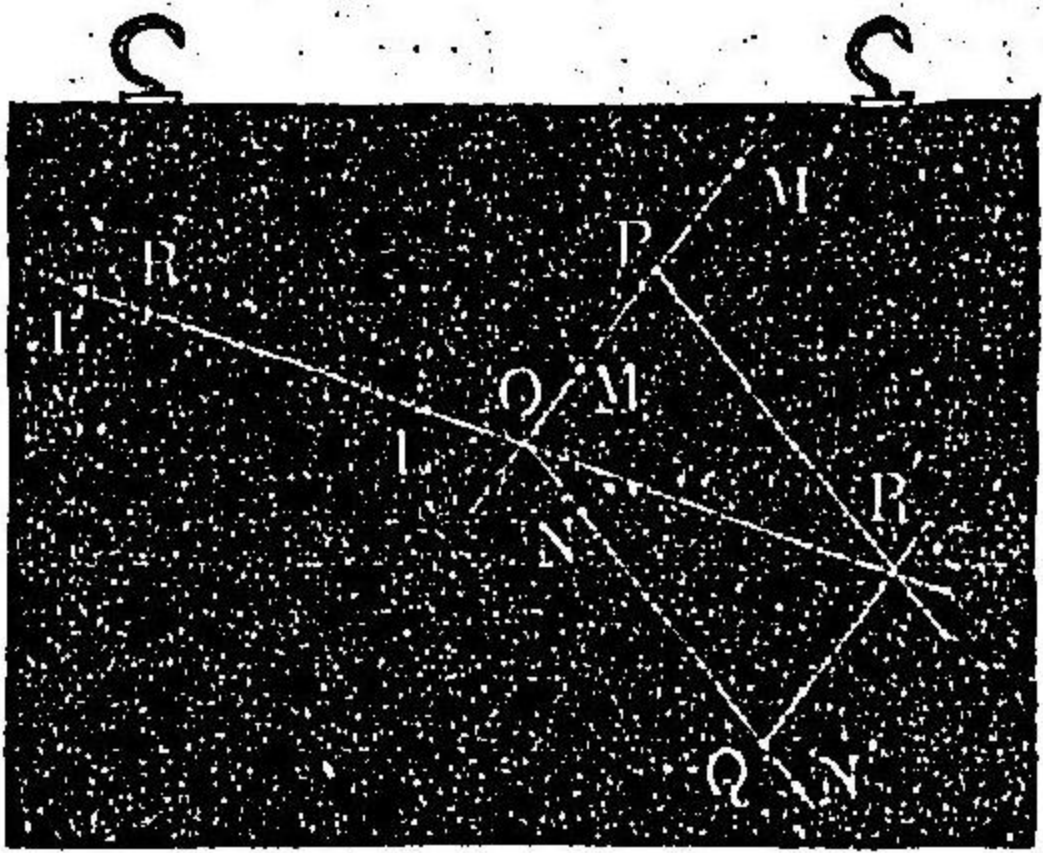
(二) OP、OQ、ORをそれゝの絲に懸けたる鉛球の重さの割合に切り、其何れか二つ例へばOP、OQを二隣邊として平行四邊形OPQRを作るときはROの延長線がR'を通するや否やを見るべし。

(三) OR'がORに等しきや否やを見るべし。之を見るにはコンパス或は尺度を用ふるを可とす。

第五圖



第六圖



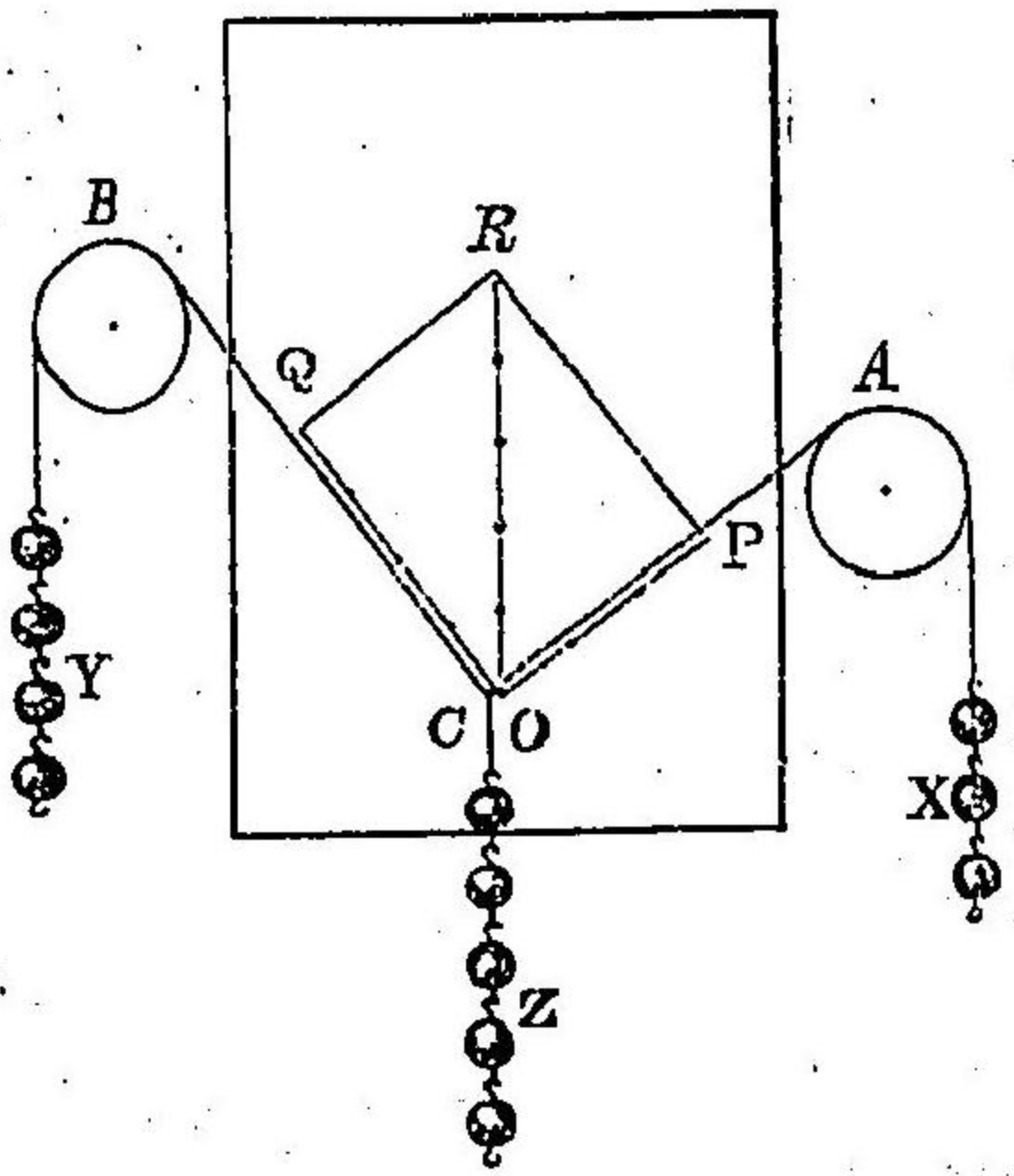
此實驗を多人數に示すには、平板の代りに小さき黒板を用ひ、其上に白墨を以てL M N等の諸點を記し、前記の手續を行ふべし。或は木片を指にて強く押へ置きて絲の上より絲の方向に白墨を擦り動かすも可なり。然らば絲の下に當る處は黒板に白墨附著せざるが故に鮮鋭なる絲の痕跡を得べし。

注意。木片が三つの絲にて殆ど釣り上る位になり、木片と平板との間に摩擦なき様にせよ、尙木片を自然の位置に就かしむる爲めに、指頭にて平板を軽く叩くをよしとす。又三つの絲が互に餘り鋭き角をなさぬ様にせよ。

實驗 第二

装置及實驗の方法。力の平行四邊形の定律を説明するに在來用ひらるる種々の装置あり。第七圖に示すは其一にして、之を以て實驗するには、Zなる分銅をX及Yなる分銅にて圖の如く釣り合はしむべし。今X及Yなる二

第七圖



力の合力がZに等しくして反對なることを證明するために、一枚の厚紙を取り、其上にOP OQの二線を劃し、POQ角をACB角に等しからしめ、且OP OQの比をX Yの比に等しからしめ、平行四邊形OPRQを作り、之を靜かにACBの後を持ち來りてPOQをACBに一致せしむべし。然るときはORは垂直となりて其方向Zと正反對なることを

示し、ORの長さはZに比例することを認むべし。

注意。右の装置を以て實驗するには、豫め二三組の適當なる分銅を選び、て實驗し、それに相當する平行四邊形を厚紙に畫き置くべし。又低き滑車の方には最も輕き分銅を懸け、中央に最も重きものを懸垂すべし。

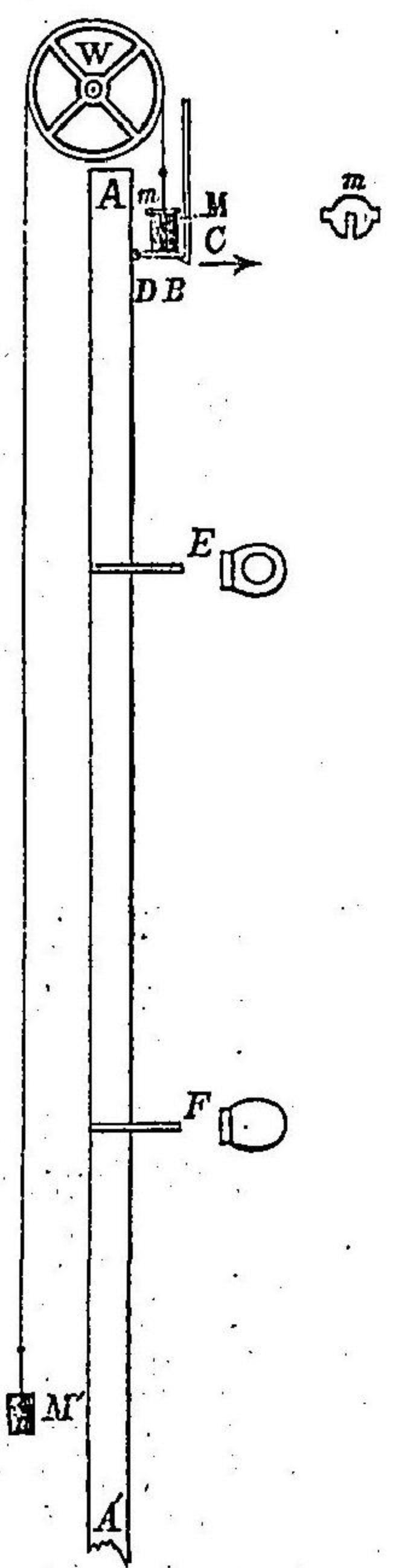
第三 アトウッド氏の器械

運動の第一及第二定律に関する實驗

実験の目的。 物體落下の定律を試験せんとするに當り、直接に物體の落下を觀測せんとするも、餘り速にして見定め難し、依りて適當なる方法を以て落下を緩慢ならしめて之を實驗す。是れ此器械の目的なり。又運動の第二定律即ち物體は力の働きつゝある間は加速運動をなし、力の働き止むときは等速運動をなすことをも、此器械に依りて試験することを得。彼の地球引力の強さ即ち g の値を測定せんと欲するが如きは、今日に於ては此器械を使用するの目的にあらず。

器械の構造及原理。 M, M' は百瓦許の相等しき分銅にして、絹絲に依りて滑車 W を経て懸垂す。滑車の軸は成可く摩擦を輕減するが爲めに、特別なる装置に依りて支へらるることあり。 M と M' とは相等しきが故に、如何なる位置にても相約合ふ。今 M に小さき分銅 m （重さ一瓦）を載する時は其爲めに M と m とは共に下り、 M' は上るべし。此時動かさるゝ質量は m, M, M' と滑車となれども、之を動かす力は m の重量に外ならざるが故に、其運動は甚だ緩漫なり。然れども漸々加速する有様は、直落の場合に異ならざるべし。 AA' は垂直の木柱にして其表に度盛を施し、分銅の落下する距離を示す。 B は小さき金屬の支板にして、 C なる發條の鈎に支へられて水平の位置を保ち、 M と m との落下を防ぐ。若し C を矢の方向に引けば、 B は自己の重さの爲めに D の蝶番を軸として下に開き、 M と m とは落下を始む。 E と F とは金屬の支板にして木柱の上に動かすべく、又之を隨意の處に固定するを得。是は之に支障せられて其所に殘留す。 F は單に M の落下を防ぐに用ひらる。此器械にては通常別に一個の振子ありて一振毎に鈴を鳴らし、以て時間を計るに便ならしむ。又艇子或は電磁石の裝置ありて、振子が振動を始め、鈴が第一回の響を發すると同時に、自動的に B を外つし、分銅の落下を始めしむるものあり。

第八圖



準備及実験の方法。先づ器械を垂直に据ゑ付くべし。之をなすにはEを成可く下方に置き、又Mを下して丁度Eの孔の處に在らしめ、然る後臺に附屬せる螺旋によりて器械の傾きを直し、MがEの孔の真中に在りて、而かも其縁に觸るゝことなきに至らしめ、次にMを靜かに動かし、下より上に至り又上より下に至る間に支障なく運動するや否やを驗すべし。若し運動圓滑ならざるときは、滑車の軸に油を注ぎ、或は螺旋を弛めなどして、之を治すべし。右の準備を終るときは、次の試験をなすべし。

(一) 物體の落下せる距離は、時間の平方に比例することを驗すること。

本實驗及次の實驗を行ふには、豫め第一秒間に落下する距離を成可く精密に測知するを要す。先づMをB板の上に置き、Mの上にmを載すべし。借て振子を振らして鈴を鳴らし置き、又指頭を軽くCに觸れしめ、何時にても之を引く用意をなし、鈴の響と一致したる瞬間にCを引き外づし、Mを落下せしめ、第二の鈴の響を聞くと、Mが何處に在るやを見定むべし。次にEを今見定めたる場所に固定し、上記の手續を反復し、mがEを打つ音と第二回の鈴の響とが精密に一致するに至るまでEの位置を變じて試験すべし。

右の如くして第一秒間に落下する距離 s_1 (詳しく論ずれば s_1 は $\frac{1}{2}gt^2$ に M なる可からず) を知り得たるときは、Eを移して $4s_1$ の處に固定し、前の手續を繰り返して m がEを打つ響が第三回の鈴の響と一致することを見るべし。即ち二秒間に落下する距離は、一秒間に落下する距離の四倍なることを知る。又Eを $9s_1$ の處に固定せば、第四回の鈴の響と一致して m がEを打つ響を聞くべし。以て三秒間に落下する距離は、一秒間に落下する距離の九倍なることを知るを得べし。

(二) 加速運動に於て外力の働き止むときは、物體は其時より等速運動をなすことを驗すること。

前の如くEを s_1 の處に定め m を其處に於て取り去るときは、Mは爾後其處に於て得たる速度を以て等速運動をなすべし。故に次の一秒間に經過する距離は、 $2s_1$ なり。何となれば m を取り去らざる前の運動に於ける加速度を a とし、 t 秒の終の速度を v 、 t 秒間に經過せる距離を s とすれば $s = \frac{1}{2}at^2$ 、 $v = at$ として t を1とすれば $s = \frac{1}{2}a$ 、 $v = a$ 従て $s = \frac{1}{2}v^2$ となるべし。是故にEをEの下 $2s_1$ の處に固定するときは、第一の鈴の響と共にMと m は落下を始め、第

二の響と一致して m は E を打ち、第三の響と一致して M は F を打つを見るべし。若し F を E の下 $4s_1$ の處に固定すれば、第四の響と一致して M は F に達すべく、かくて M の等速運動をなすを見るべし。

(三) 落下運動に於て或時間の終に得たる速度は、其時間に比例すること
を驗すること。

前の方法によりて落下體の第一秒間の終に得たる速度は毎秒 $2s_1$ なることを知り、今 E を下して $4s_1$ の處に固定し、第二秒間の終に m を取り除く様になすときは、 F を E の下 $4s_1$ の處に固定するとき始めて二様の響は一致して聞え、かくて第二秒間の終の速度は第一秒間の終の速度に二倍することを知るべし。

注意。本實驗に用ふる器械に於て振子の振動と共に自動的に分銅が落下を始むる様になり居らざるときは、振子の振動と一致して鋭く一・二・三・四と數へ例へば五と呼ぶとき精密に之と一致して 0 を引き外づし尙引續きて六・七・八と呼ぶべし。又器械に振子の備なきときは、音樂用のメトロノームを用ふるも可なり。此時にはメトロノームの分銅を 120 と記したる處に止む

るを可とす。但し二振り毎に一・二・三と數ふべし。

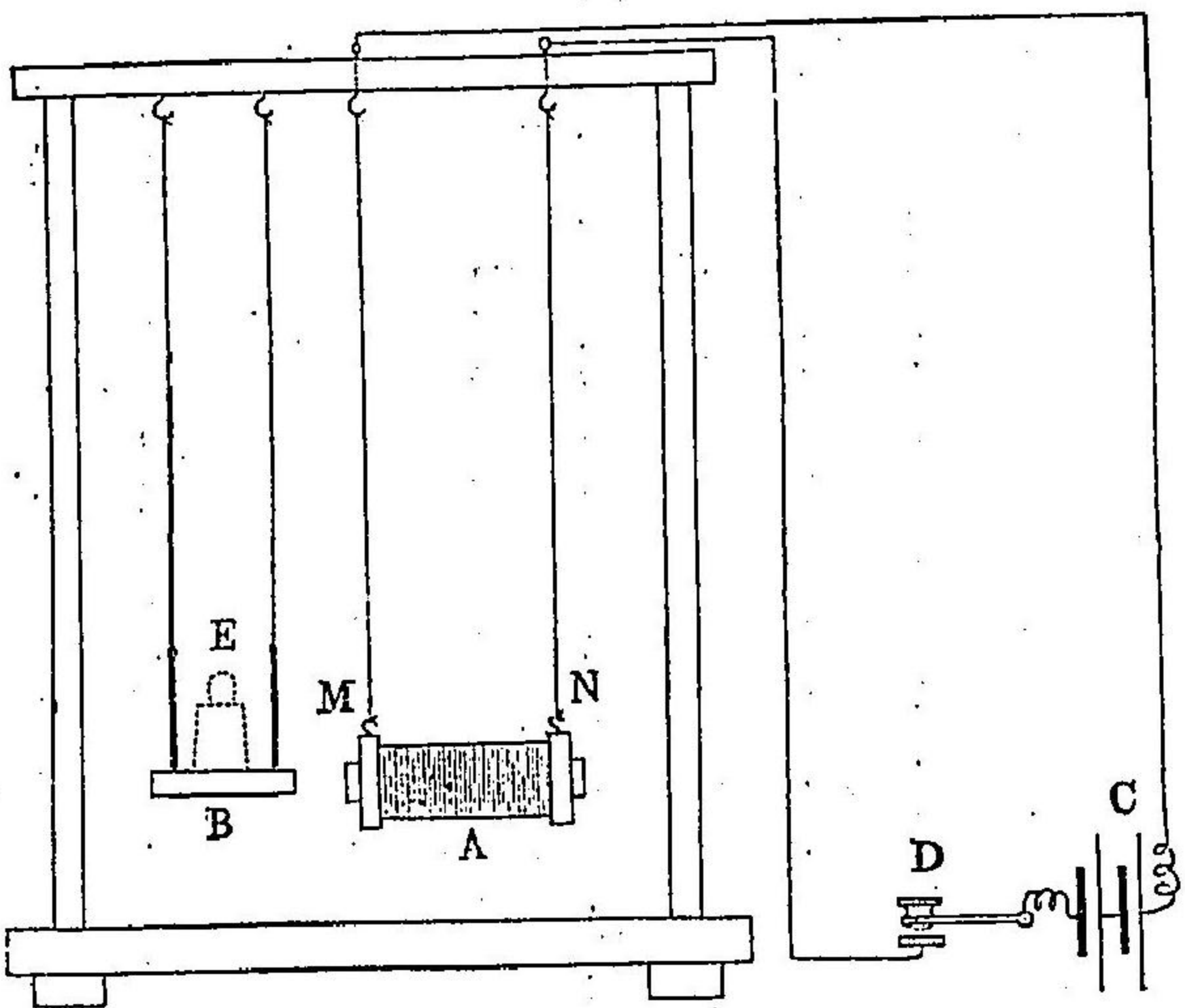
實際に於ては空氣の抵抗及軸の摩擦の爲に M が支板に到着する時刻は豫定よりも聊か後るゝものなり。

第四 運動の第三定律に関する實驗

實驗の目的。運動の第三定律は、力の働きは單獨のものにあらずして、必ず何處かに其相手の在ることを示し、且所謂作用と反作用とは等しくして反對なることを言明するものなり。即ち一物體甲が他物體乙に力を及すとあれば、甲獨り乙に力を加ふるにあらずして、乙も亦同時に甲に力を及ぼすなり。是故に若し甲が乙を引くときは、同時に又乙に引かれ、之に反して若し乙を押すときは、同時に又乙に押し戻され、且其作用は互に相等し。又甲が乙を右に振る時は、甲は乙の爲に左に振らるべし、其他之に準ず。本實驗に於ては特に是等の點に注意するを要す。

実験 第一

第九圖



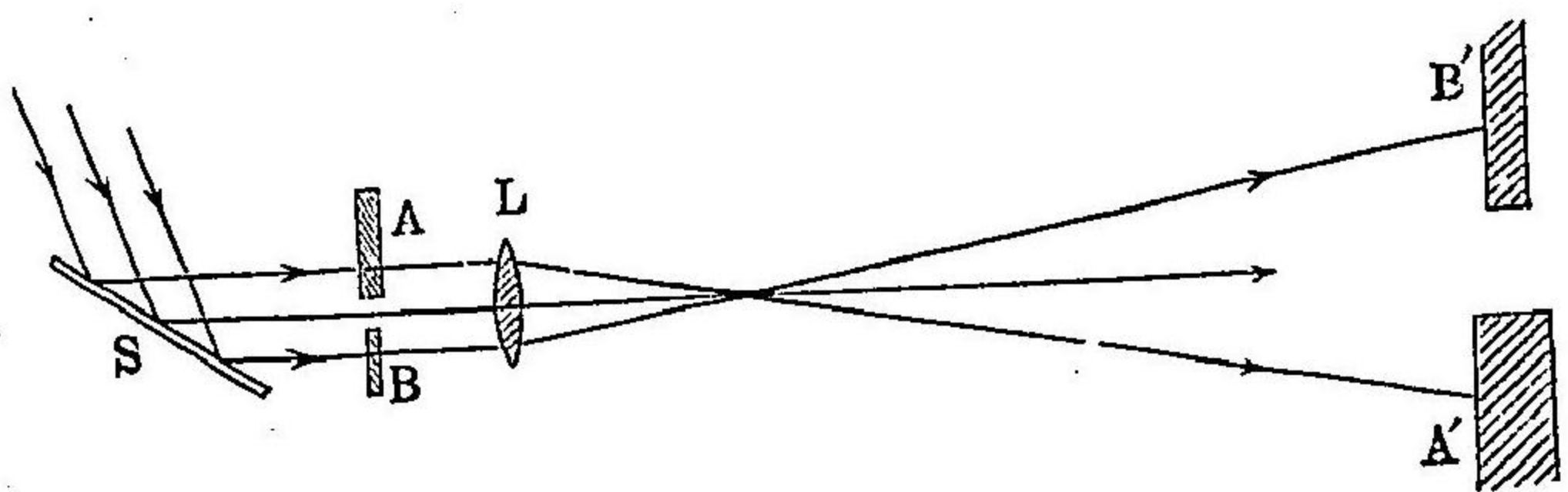
装置及準備。右の實驗は第九圖に示すが如き装置を以て最もよく之を行ふを得べし。Aは長さ六寸太さ五分許の軟鐵の棒に絶縁せる細き銅線を巻絡せるものにして、其線の兩端はM・Nなる鉤に終り、巻數凡そ二百回なり。之を成可く細き銅線にて懸垂し、銅線の他端は開閉器D及電池Cに連結せらる。Oにはルクランシ電池或は乾電池五六個を用ふるを適當とす。Bは長さ二寸五分許の軟鐵片にして、二條の絲にて懸垂せらる。A及Bの垂下は約二尺五寸、AとBとの間は七分乃至一

寸を隔つべし。

實驗の方法。 先づA及Bを成可く十分に靜止せしめ、然る後Dなる開閉器を押して瞬間電流を通せしむべし。然るときはAの鐵心に磁力を生ずるが故に、Bは之に吸引せられてAの方に移動し、同時にAも亦Bに吸引せられ之に向て移動するを見るべし。尙仔細に觀察するときはA及Bの移動の量は其質量に反比例するを知る。例へばAはBの四倍の質量を有すとせば、Aの移動はBの四分一なり。更に此關係を明かにせんと欲せば、Bなる分銅をBの上に乗せ其質量を増加するときは、Bの移動は前に比して小となり、之に反してAの移動は大となるを見るべし。

此實驗を多人數に示さんと欲せば、日光或は他の強き光によりてA・Bの運動を障壁上に投影するを可とす。即ち第十圖に示すが如くSなるヘリオスタットに依りて日光を室内に水平に

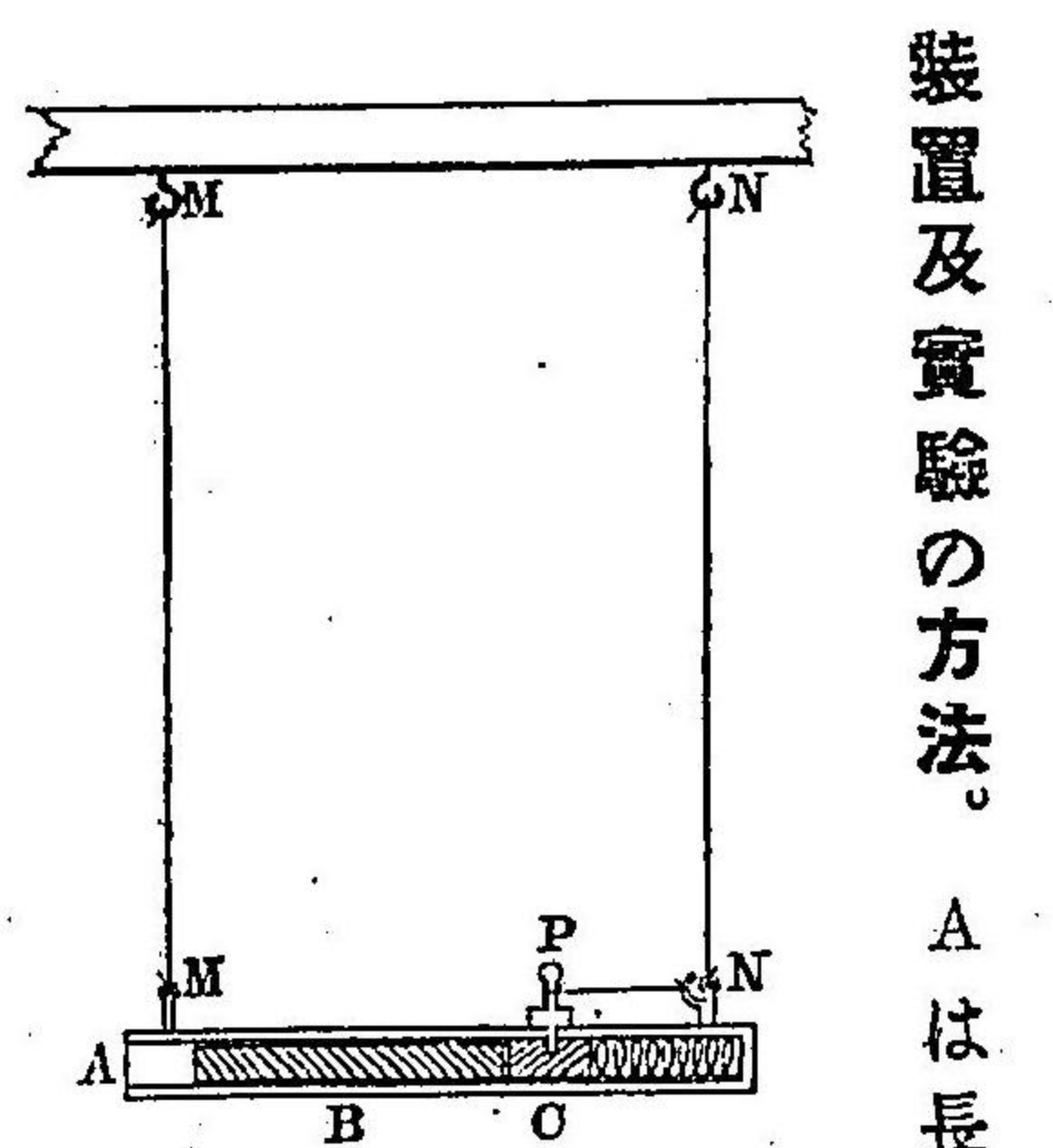
第十圖



導きA Bをして其行路の上に在らしめ、大なるレンズLを適宜の距離に置
くときは、障壁上にA Bの像A' B'を投ずるを得べし。若し其處に粗き度盛を
有する板を置くときはA' B'の移動を測定するを得、従てA Bの移動を知り
得べし。

注意。電流を通ずるに先ちてA Bを成可く十分に静止せしめ、且爾後他
より振動を興へざる様、歩行等に注意するを要す。

実験 第二



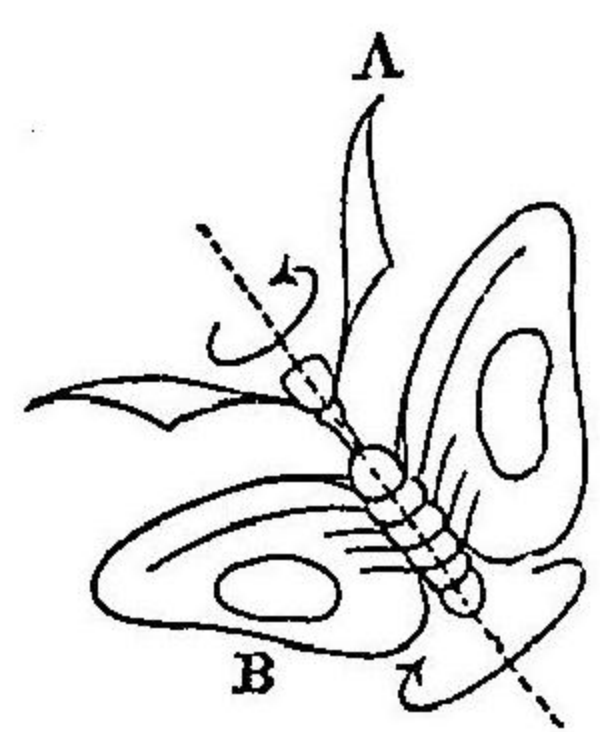
装置及実験の方法。Aは長さ八寸太さ五分許の金屬管にして、MM NNなる
糸にて懸垂し、水平の位置に保持せらる。C
は管内一定の範圍に滑動する金屬片にし
て、Pによりて管外より之を動かすを得べ
し。又管内に一個の撥條ありて常にCを前
方に押し出さんとす。今PをNに近づけ、P
N間に木綿糸を渡してPを其處に止まら

第十一圖

しむべし。次にBなる金屬棒を管内に挿入し且全體を静止せしめ、然る後マ
チの燭を以て木綿糸を焼き切るべし。然るときはBが前方に擲出せらるゝ
と同時にAも亦反作用によりて後方に動くを見るべし。

実験 第三

装置及実験の方法。作用と反作用と相伴ふことは第十二圖に示すが如
き玩具の紙蝶を飛揚して之を説明するを得べし。紙蝶
は其觸角Aの廻轉によりて上昇するものなるが、Aの
廻轉と共に蝶體Bも亦廻轉し、而かも方向相反するこ
とを見るべし。

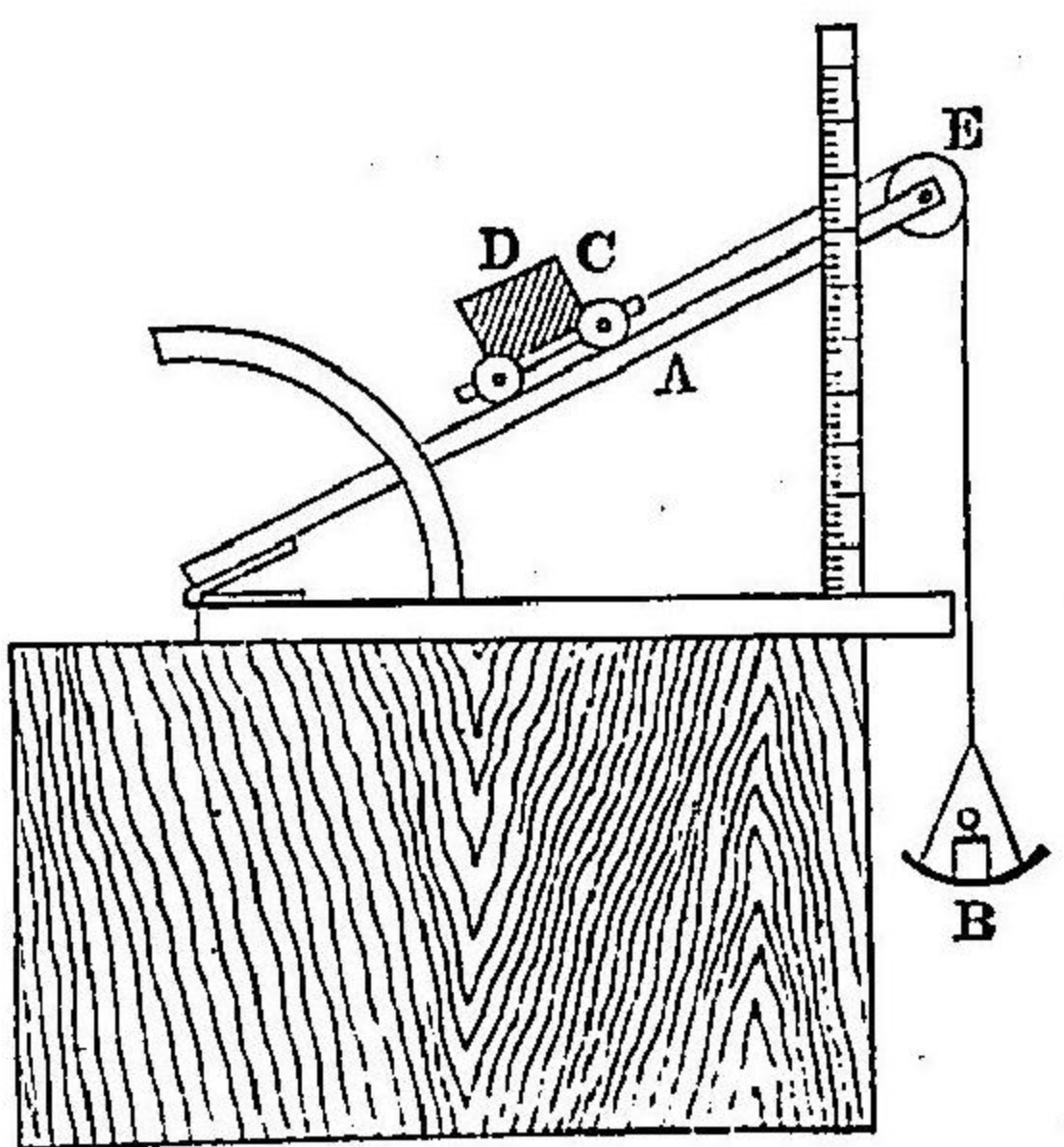


第十二圖

第五 斜面上の釣合

装置及実験の方法。斜面に沿ふて物體を引き揚ぐるときは、常に其重さ
よりも小なる力にて之を能くすることを得べし。今物體の重さをW、斜面の
長さをl、高さをh、斜面が水平となす角を α とせば、

第十三圖



$$P = \frac{W}{L} \quad \text{或は} \quad P = W \sin \alpha$$

を越えて他端に皿Bを懸垂す。Dを直接にA上に載すれば摩擦甚しき故にCを用ふるなり。先づAを所要の角度に開き、B上に分銅或は鉛丸を載せてCと釣合はしめ、然る後前式にて計算したる重さの分銅をBに加へて平均するや否やを見るべし。

○注意。本実験を行ふに當り、諸滑車の摩擦大なるときは結果宜からず。故に斯の如き場合には凡ての滑車に油を注ぎて摩擦を軽減せしむるを要す。

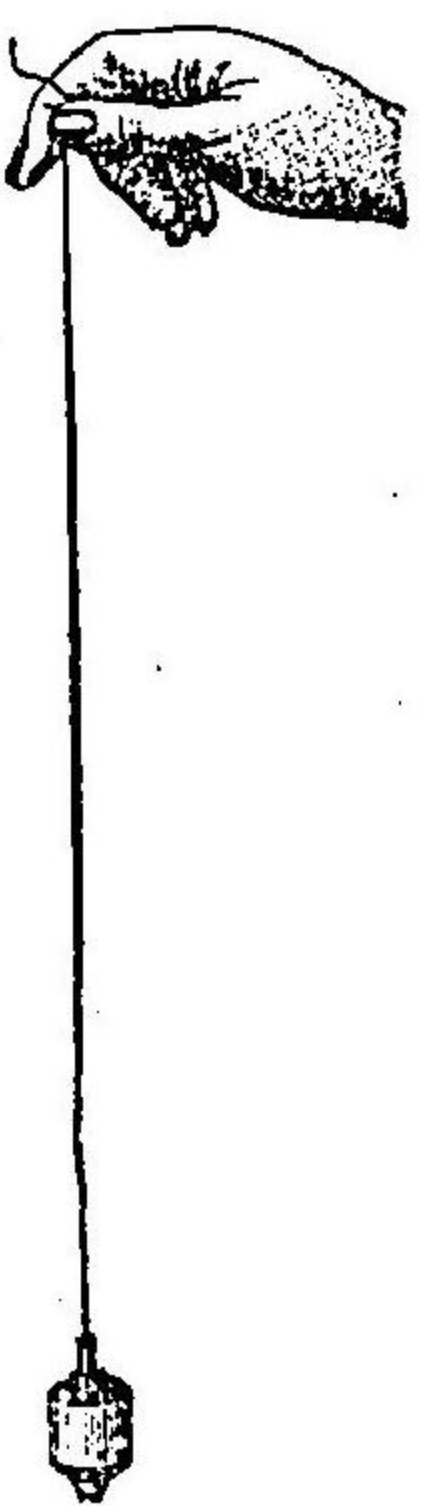
斜面ノ高さト長サトノ比	斜面ガ水平トナス角
$\frac{1}{2}$	30°
$\frac{1}{3}$	19°
$\frac{1}{4}$	15°

第六 重心に關する實驗

實驗の目的。本實驗に於て知らしむべき重要な事項は、(一)種々の形を爲せる物體の重心の位置、(二)凡て重心は成可く低き位置を取らんとすること、(三)物體の座りの安定又は不安定等なり。又物體は之を其重心にて支持し或は懸垂するときは、能く釣り合ひて轉倒せざるものなることをも知らしむべし。

實驗 第一

第十四圖



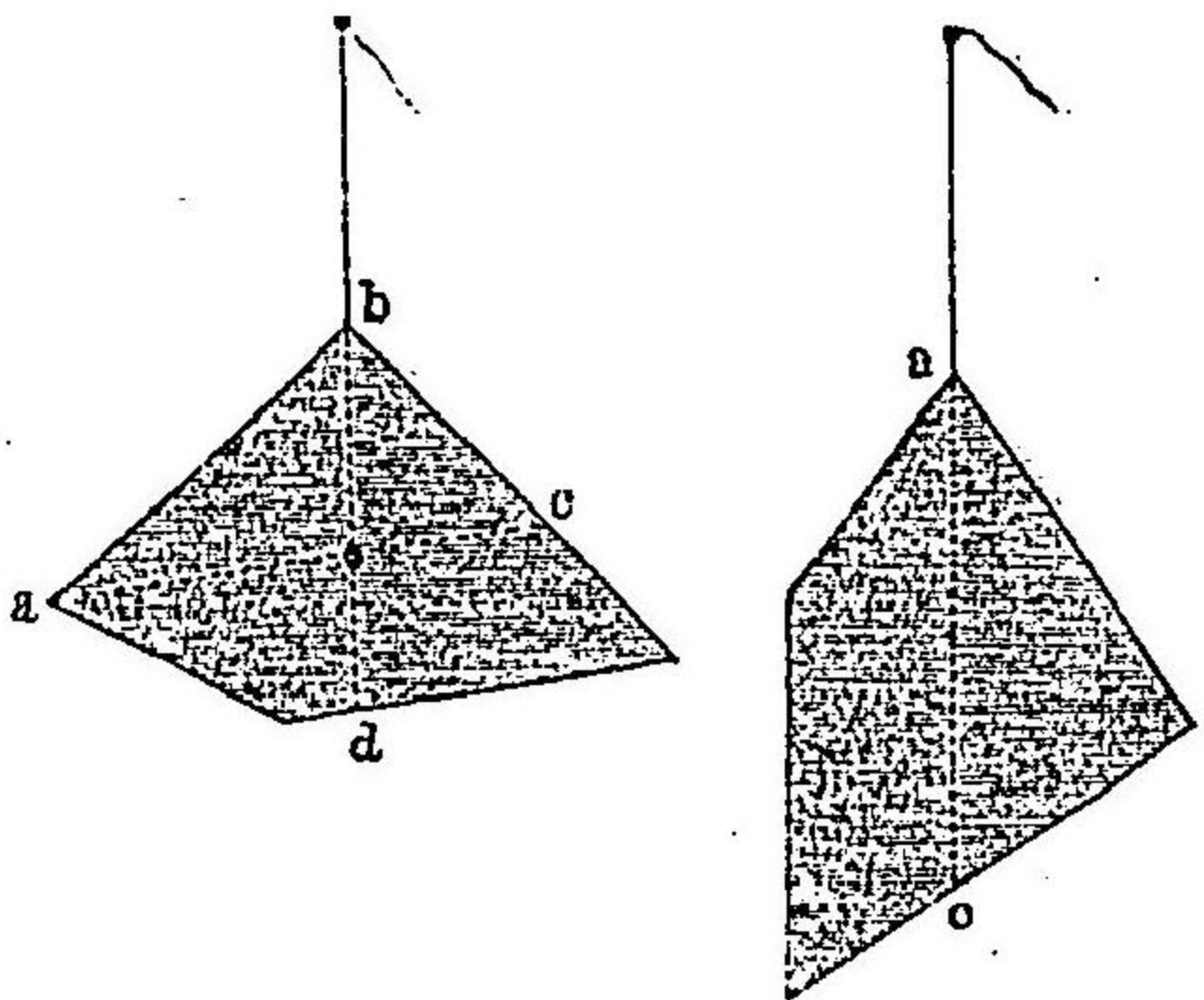
と同一垂直線中にあることを見るべし。

装置及實驗の方法。絲の一端に金屬球を結び付け、他端を持ちて懸垂するときは、絲は常に一直線をなし其方向は垂直にして球の中心即ち重心を通過す。而して懸垂する物體が如何なる形にても其重心は常に絲

実験 第二

装置及実験の方法。 第十五圖に示すが如く、不規則なる形をなせる薄き木板又はブリキ板を取り、其一隅 a に小孔を穿ち絲を結び付けて之を懸垂し、其静止したるとき絲の方向 ac を板面に記し、次に又他の一隅 b に小孔を穿ち絲を結び付けて前の如くし絲の方向 bd を板面に記すべし。然るときは二直線 ac 、 bd の交點は此板の重心なり。故に此交點に小孔を穿ち絲を通して懸垂すれば板は水平の位置に釣合ふことを見るべし。

注意。 板は成可く薄きものを用ひ、又孔は成可く小さく穿ち之に通したる絲が片寄らざる様にすべし。



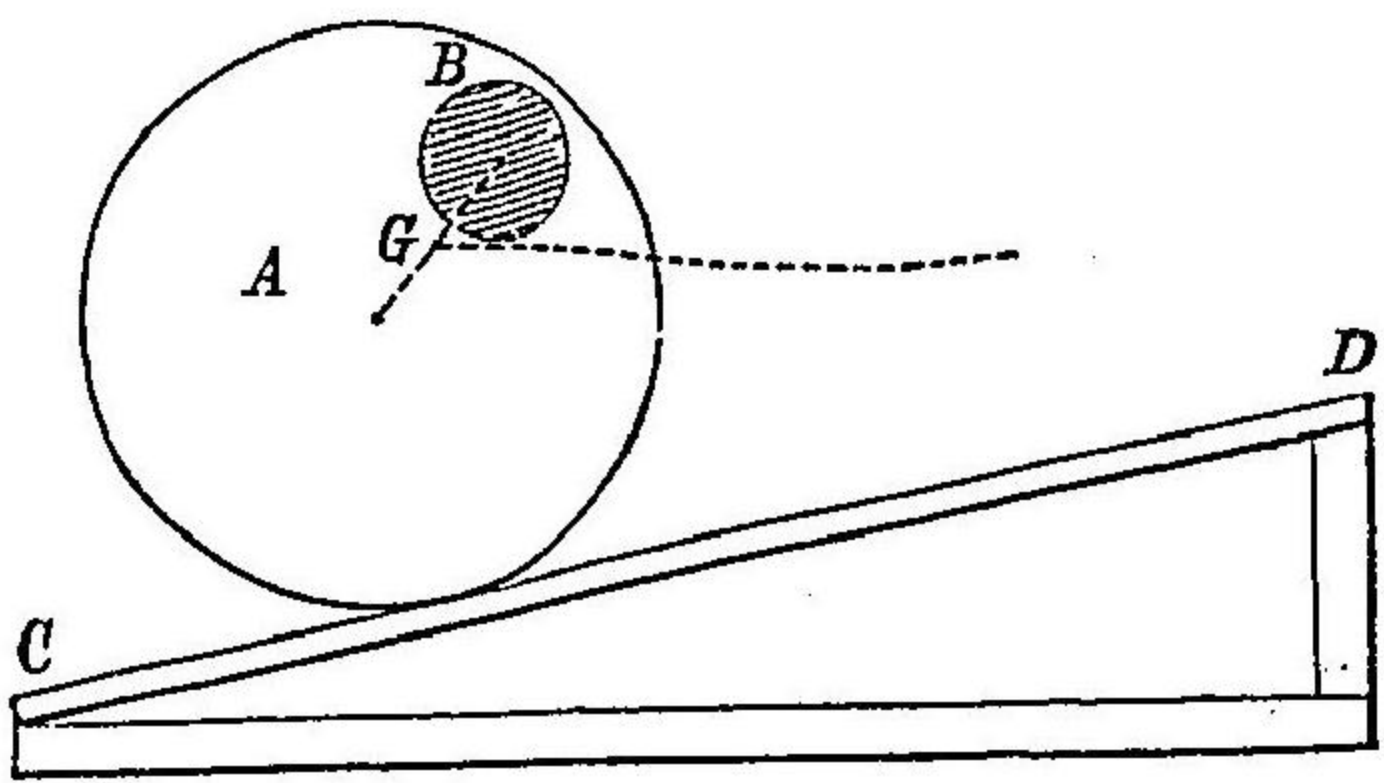
第十五圖

実験 第三

装置及実験の方法。 物體の重心は成可く低き位置を取らんとすることを示すには、第十六圖の如き轉上體を用ふ。Aは木製の圓堦にして中心より偏りたる所に鉛塊Bを填め、全體の重心が中心より外づれてGの如き所にある様にす。今此圓堦を適當に傾けたる斜面CD上に置き、重心Gを中心の直上より少しく斜面の高き方に偏らしむるときは圓堦は自ら轉々して斜面上に昇り行くを見るべし。是れ實は圓堦の重心は點線にて示すが如く却て降り行くなり。

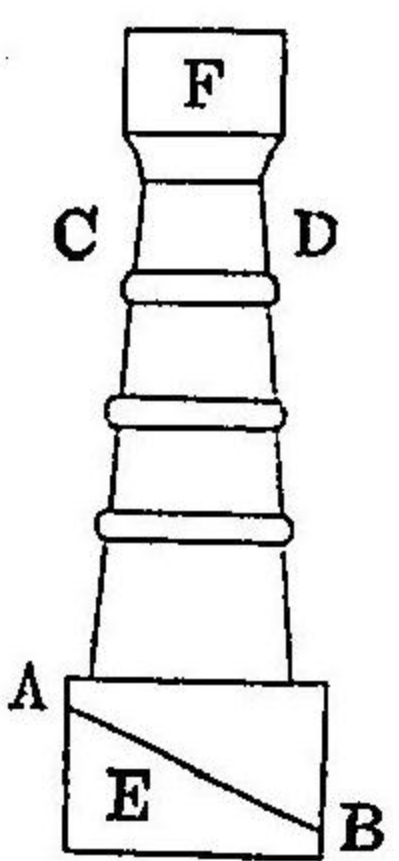
実験 第四

装置及実験の方法。 物體の坐りの安定不安定は重心の位置に關することを示すには、第十七圖の如き斜塔を用ふ。此器は木に



第十六圖

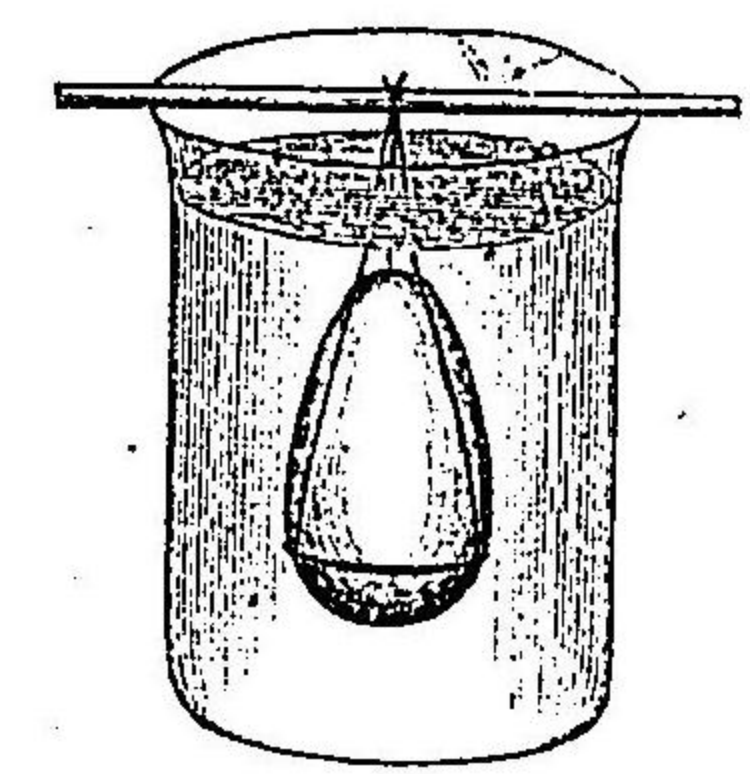
第十七圖



て塔の形を作りたるものにして、其底部はABより斜に取り外づし得べく、又頂部はCDの如き所より取り外づすことを得、今此塔を机上に置けば直立して倒れざれども、底部のEを取り去るときは、塔は斜になり、其重心より下せる垂直線が底の外に出づるを以て塔は倒る。然れども塔を斜に置きて頂部のFを取り去るときは、塔の重心下るが故に再び倒れざるに至るべし。

実験 第五

装置及実験の方法。



生卵子の尖りたる方に小孔を穿ち、硝子管の一端を細く引き延したるものをゴム管にて漏斗に継ぎ、之を用ひて卵子の孔より其中に水銀を凡そ全積の五分、一注入し、漏斗を除き、之を第十八圖の如くビーカーに入れ、傾かざる様にして煮るべし。然るときは水銀は變化せざれども卵子の身は固まるが故に、卵子を傾くるも

第十八圖

水銀は漏れ出づることなく、之を取り出して静かに机上に置けば卵子は恰も不倒翁の如く倒れざるべし。

第七 力の能率に関する実験

実験の目的。

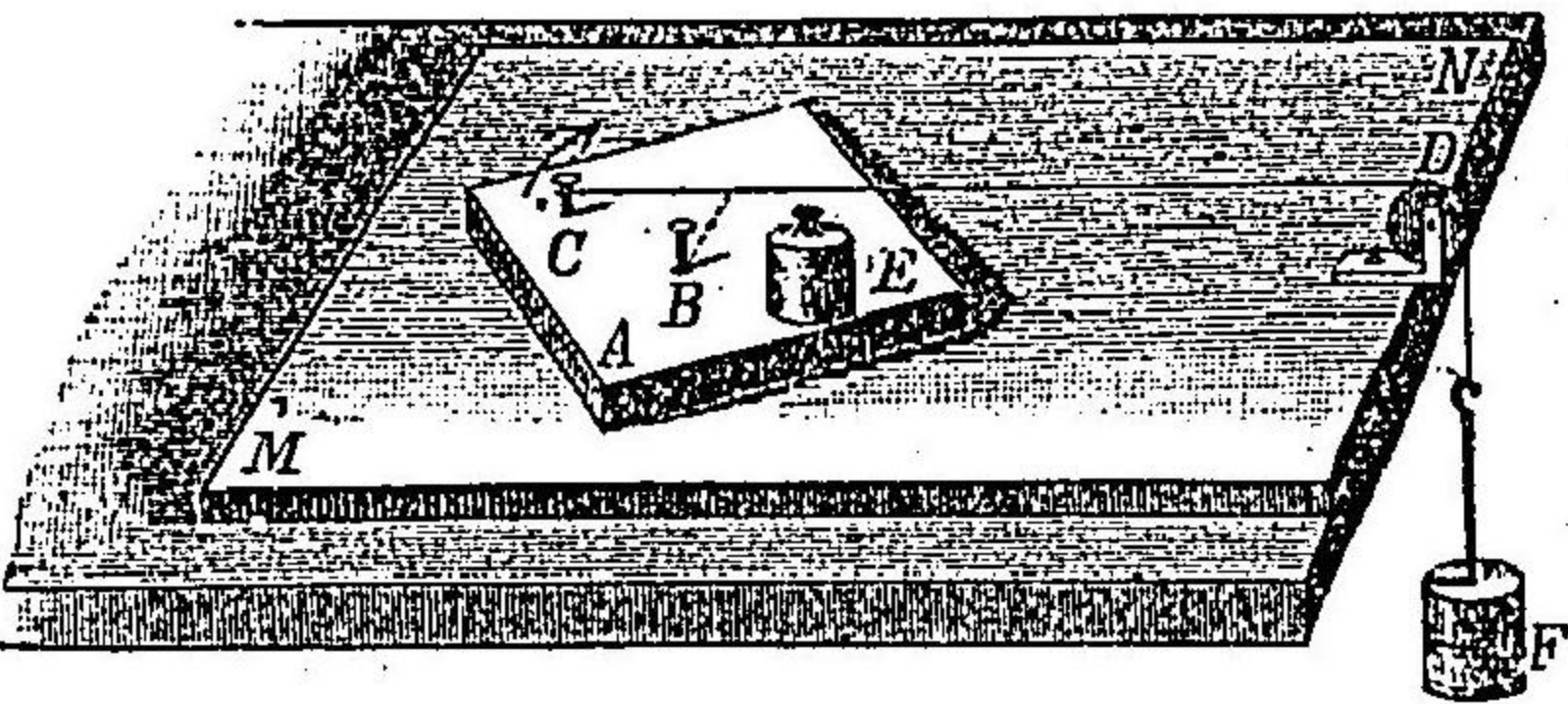
力が物體に働きて之を一點の周りに廻轉せしめんとする効果は、素より力の大小に關するものなれども、亦大に其力の働く有様に關す。本実験は之を知らしむるを目的とす。

実験 第一

装置及実験の方法。

第十九圖の如く一端に滑車Dを有する平板MNを机上に置き、適宜の大きさの板Aに孔Bを穿ちて釘を通し、此釘をMN上に樹立し、又MN上の或點Cに別の釘を打込み、之に絲を結び付け滑車Dを越えて垂れ、其端に錘Fを懸くべし。今A上に適宜の分銅Eを載せBCが殆どOD線に直角を爲す様にAを据ゑ、錘を加減してAが容易に廻轉する様にし、次にAを少しく偏らせて圖の如き位置に据うる時は、同一の力Fが働くに係らず、Bよ

第十九圖



りCDに到る距離小となり、從てF力のB點に對する能率亦小となるを以て、Aは前よりは遙に廻轉し易からざるに至るべし。

實驗 第二

裝置及實驗の方法。第二十圖に示すが如く長方形の木片Aの一面に三四箇の鈎M、N、P等を付けたるものを取り、之を机上に置き其前面の下部に密接して定規又は物指しBを横へ、其兩端に分銅を載せて動かざる様にすべし。今適宜の錘Eに絲を結び、机端に固定せる滑車Dを越えて、絲の端をAの各の鈎に懸け試むるに、下方の鈎に懸くればAは倒れざるも、上方の鈎に懸くればAは倒るゝを見るべし。

第八 彈性に関する實驗

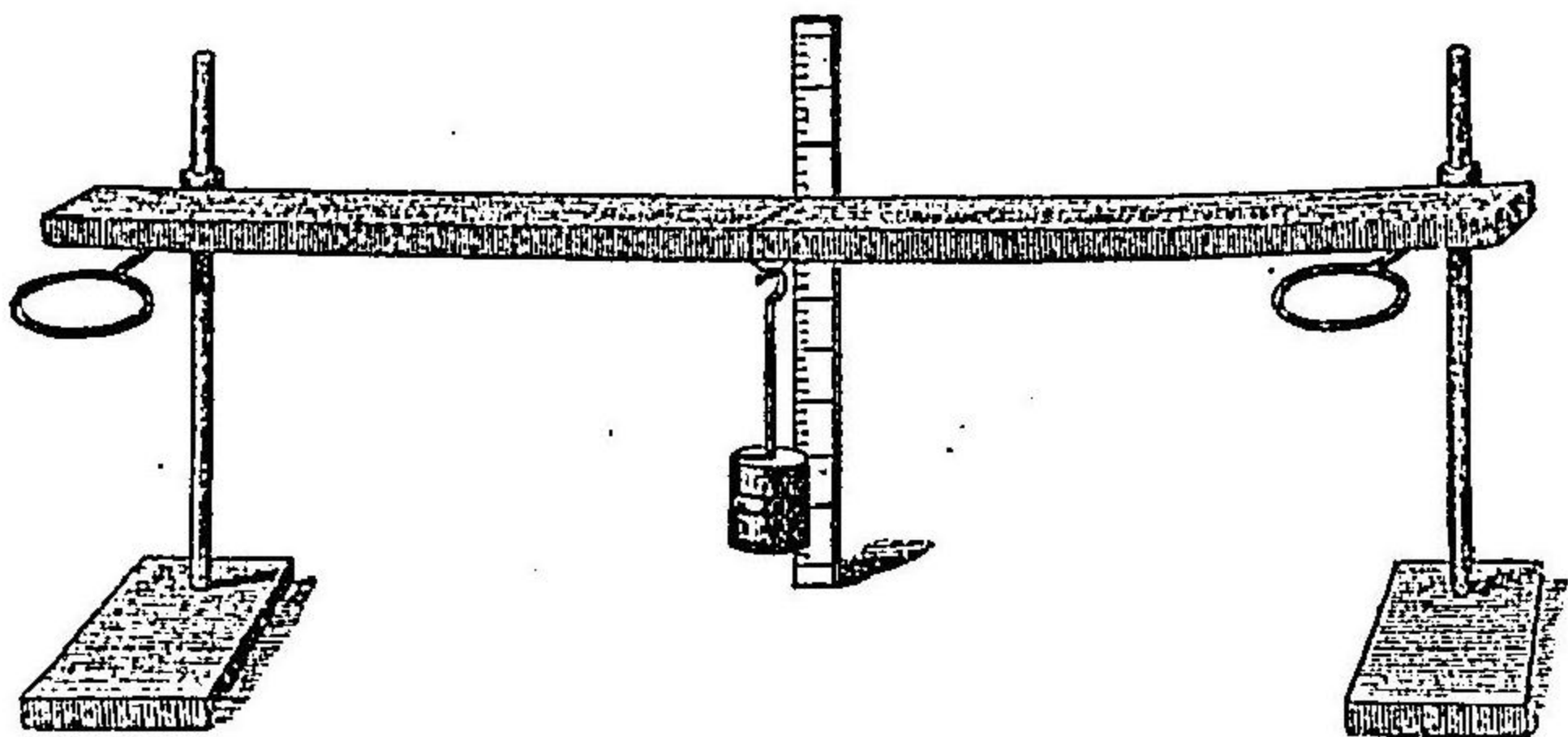
實驗 第一

裝置及實驗の方法。物質によりて彈性の同じからざることを示すには、大理石の平板を取り之に極めて薄く煤を塗り、此上に象牙球を種種の高さの所より落すべし。然るときは球は大理石板に當りて撥ね返り、其當りたる所の煤は圓形に剝脱す。而して球を高さ所より落せば圓形大にして低き所より落せば圓形小なり。是れ象牙球の大理石に衝突せる瞬間には接觸點に於て歪みて偏平となり、撥ね返りたる後は舊態に復せるものなり。象牙球の代りに鉛の球を落すときは殆ど撥ね返る事なく、彈性の極めて乏しきを見るべし。

實驗 第二

裝置及實驗の方法。物體に力を加へて變形せしむるとき、其變形の度は

第二十一圖

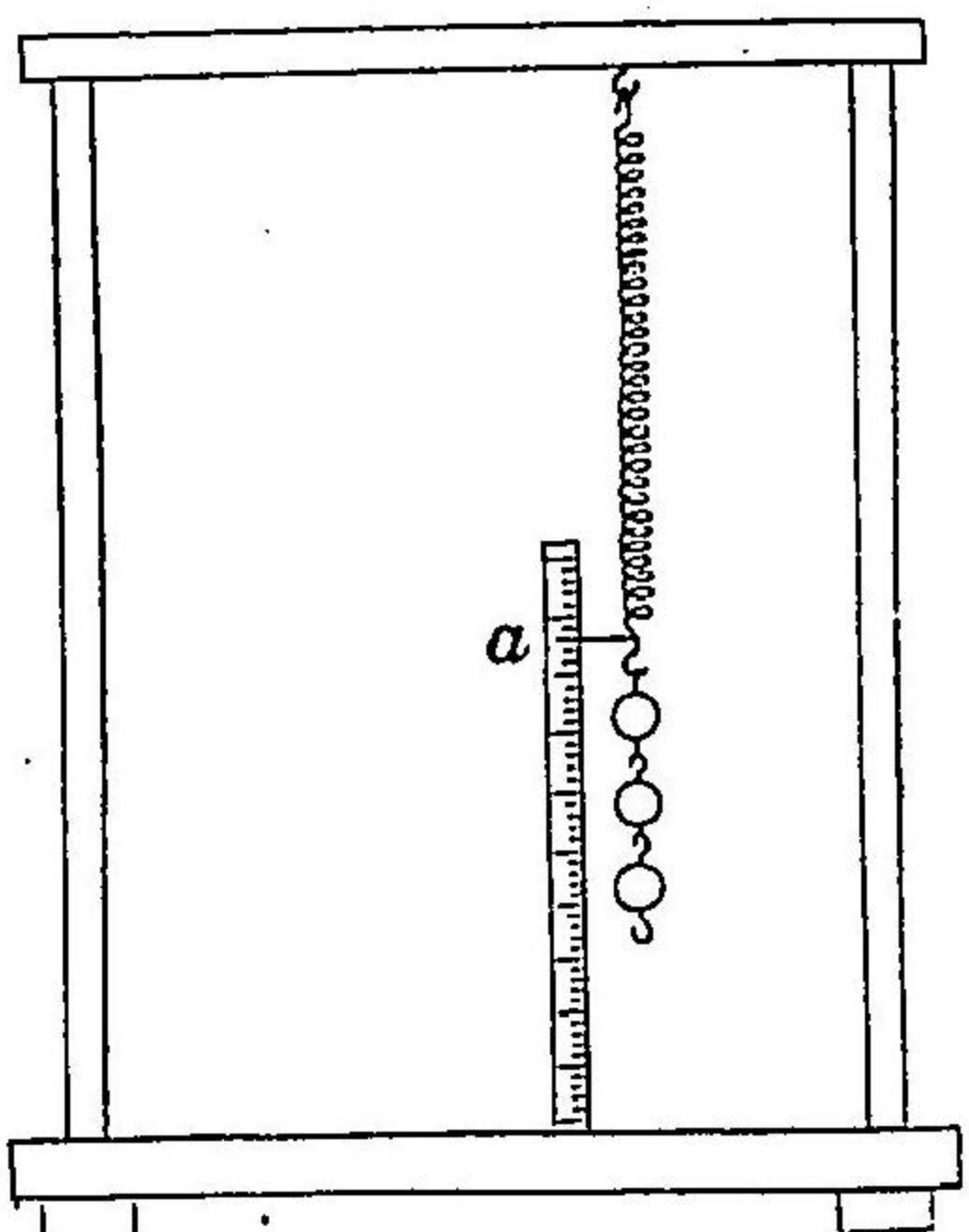


力の大きさに比例することを示すには、第二十一圖の如く、長さ三尺、幅七分、厚さ二分五厘許の木の棒を取り、其兩端を二個の木臺或はレトルト臺にて支へ、中央に紐を結び之に錘を懸け得る様にして、其後方に尺度を直立すべし。最初一つも錘なき時棒の上面が當る所の度盛を讀み置き、等しき重さの錘を順次に懸くるときは、棒は漸次に曲り、其上面の下降する距離が加へたる錘の重さに比例することをを見るべし。

注意。レトルト臺の螺旋は十分堅く緊め、且棒を成可く支柱に近き所にて支ふべし。然らざれば錘を増したるとき臺の顛覆する虞あり。又是等彈性の實驗にゴムを用ふるは却て宜からず。

實驗 第三

第二十二圖



きは螺旋の延びが懸けたる重さに比例するを見るべし。

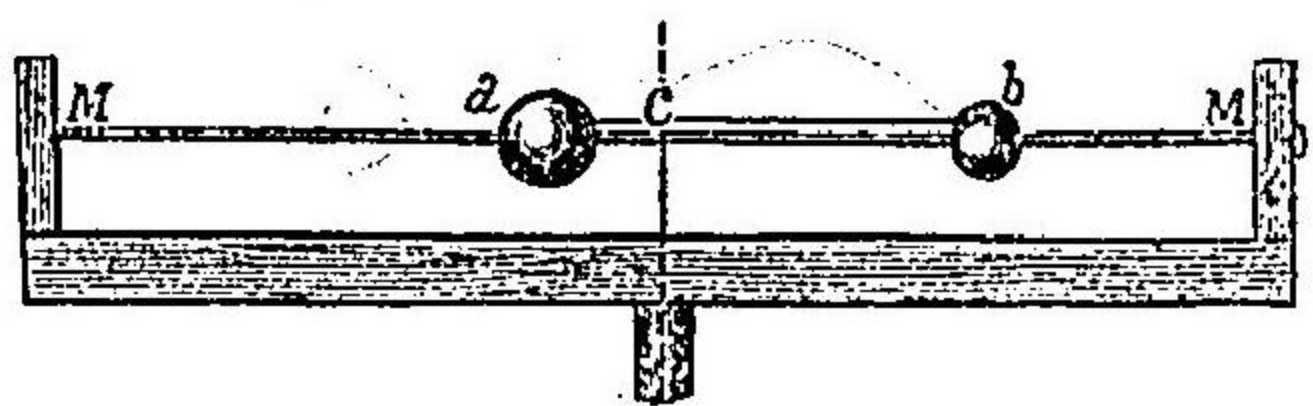
注意。此實驗にても螺旋の代りにゴムを用ふるは宜からず。

第九 遠心力に關する實驗

實驗 第一

裝置及實驗の方法。第二十三圖に示す裝置は質量相異なる二つの球a、bを糸にて連結し之を框に固定したる針金MMに緩く通したるものなり。今

第二十三圖



此装置を廻轉臺に取り付け、*a*、*b* 球を廻轉の軸より等距離に置いて廻轉するときは、*a* 球は *b* 球を引き連れて一方へ移動すべし、若し *b* 球を廻轉の軸より遠ざけ従て *a* 球を廻轉の軸に近づけ置いて廻轉するときは、*b* 球は *a* 球を引き連れて他方へ移動す。又 *a*、*b* を廻轉の軸より適當の距離に置いて廻轉するときは、*a*、*b* は何れへも移動せざる様に爲し得べし。

注意。 本實驗に於ては初めは徐々に廻し、次第に速に廻すべし。

實驗 第二

装置及實驗の方法。 球形の硝子瓶を廻轉臺に取り付け、瓶内にインキにて着色したる水を半ば入れ、又水銀を五分、一程入れて速に廻轉するときは、水は瓶壁に添ふて高く昇りて其中央は凹み、水銀は瓶の赤道に添ふて帯の形をなすを見るべし。是れ亦質量の大なる物が小さき物を排して廻轉軸よ

り最も遠き處に逸出せんとするによるなり。

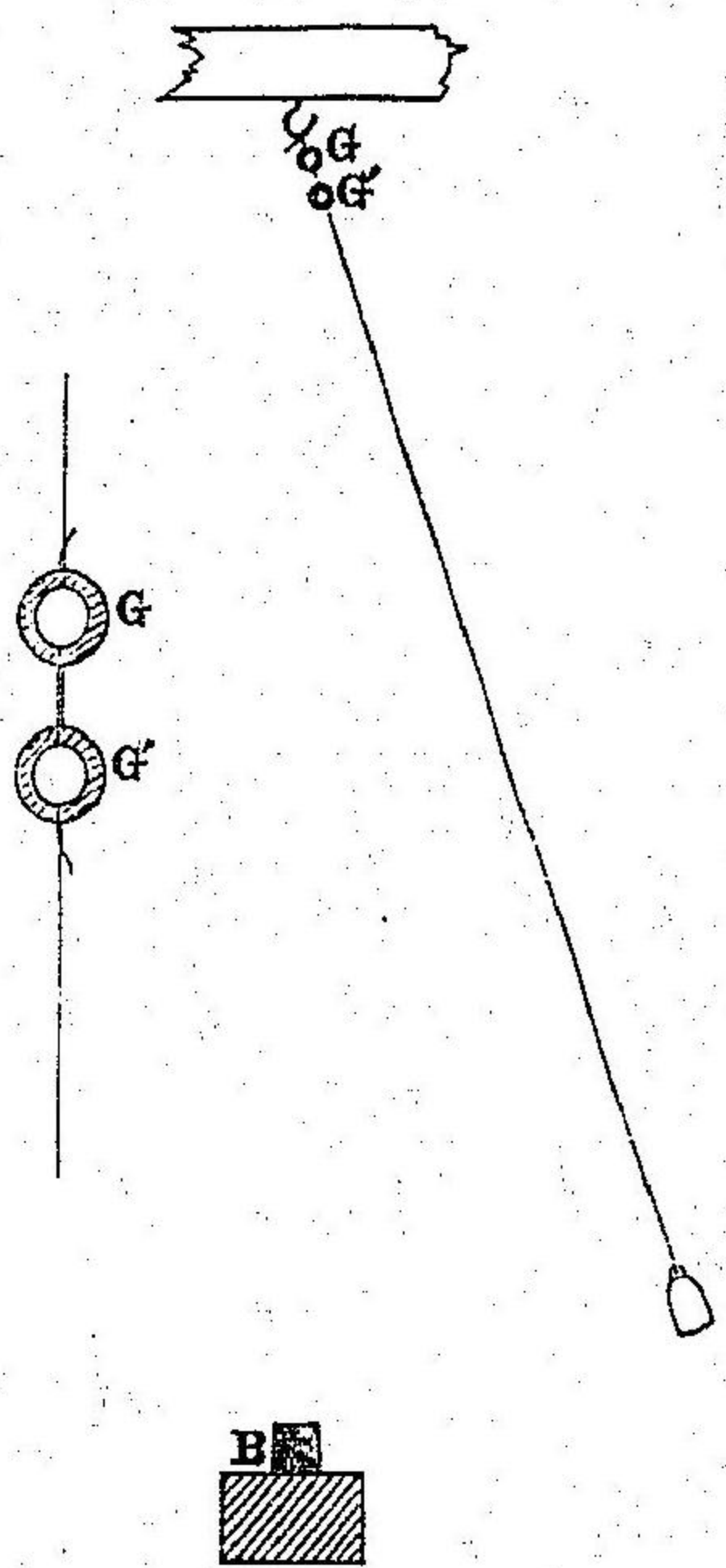
實驗 第三

装置及實驗の方法。 廻轉臺に取り付け得べき軸を有する臺の上に丈夫なる針金の框を固定し、別に直徑一寸五分位の金屬の環に絲を結び付け、之を框の上縁の中央に吊り、環が框の中央に懸垂する様に装置すべし。今之を廻轉臺に取り付け、急に廻轉し始めるときは、環は水平の位置を取りて廻轉すべし。

實驗 第四

装置及實驗の方法。 ゴム管を厚さ五厘位に切りたる環二つ（一つは）を作り之を絲にて連結し、其一つに短き絲を結び付けて之を第二十四圖に示すが如く、丈夫なる支柱 *A* の鉤に懸け、他の一つに長さ三尺許の絲を結び付け、其端に分銅を結びて振子を作り、之を静止せしめ其下に分銅より一分位隔りてコルク *B* を置くべし。但しコルクの位置は振子を少しく偏らせて放

第二十四圖



つとき、分銅に觸れざる限りに於て接近せしむべし、斯くて振子を少しく偏らせて放つとき、分銅はコルクに觸るゝことなけれども、振子を甚だ多く偏らせ

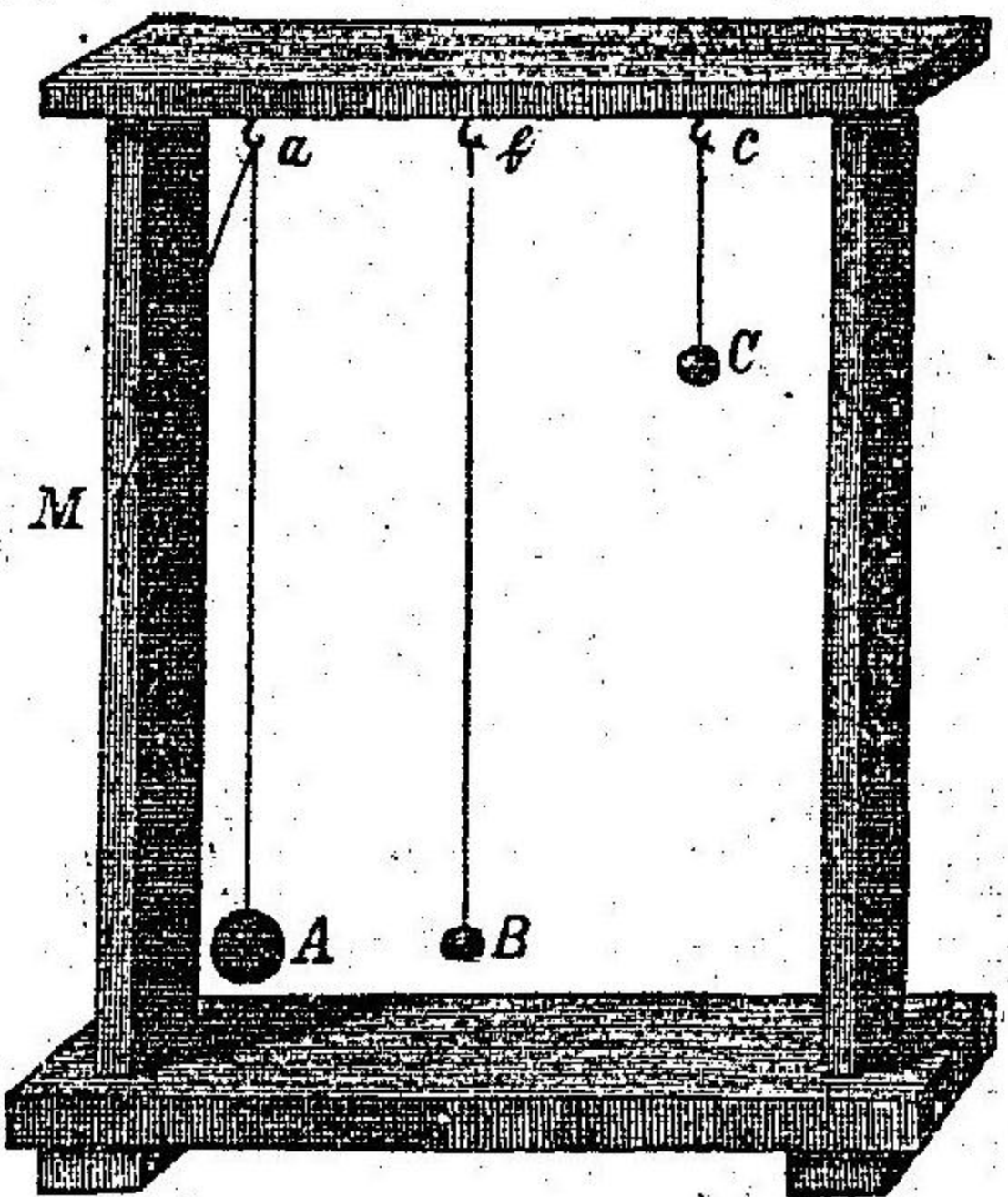
て放つときは、分銅はコルクに觸れて之を撥ね飛ばすを見ん。

注意。振子は成可く靜に放つ様注意すべし。

第十 振子に関する実験

實驗の目的。小さき重き球を軽くして伸縮せざる絲にて吊るしたるものを單振子と云ふ。本實驗は單振子の性質を示すものにして、(一)其週期は振幅の大小(振幅の小なる範圍内に於て)に關せざること、(二)其週期は絲の長さ程大にして絲の長さの平方根に比例すること、(三)一秒に一振動する(即ち週期二秒)振子の長さは約一米なることを示すべきなり。

第二十五圖



裝置及實驗の方法。第二十五圖に示すが如く、小なる木球Aを絲の一端に結び付け他端は鉤aを越えて臺の横の釘Mに巻き付け置き、又金屬の小

球Bを絲に結び付け絲の長さを三尺許にして他端を鉤bに吊るすべし、今絲をMより外づしてA球を適宜に上下し、其中心がB球の中心と同じ高さにある様に加減し置き、AとBとを別々に平行に持ち、異なる距離に偏らせて同時に放てば、此二球の振動は振幅同じからざれども週期に大差なきを見るべし、或は又Aを一定の振幅にて振らしめ置き、Bの振幅を種々に變じて實驗すべし。

次に他の球Cを絲に結び付け他端を鉤cに懸けて其長さをbBの長さの四分一ならしめ、BとCとを同時に振らしむべし。然るときはBが一回振動する間にCは二回振動すべく、其週期はBの週期の二分一なることを見るべし。

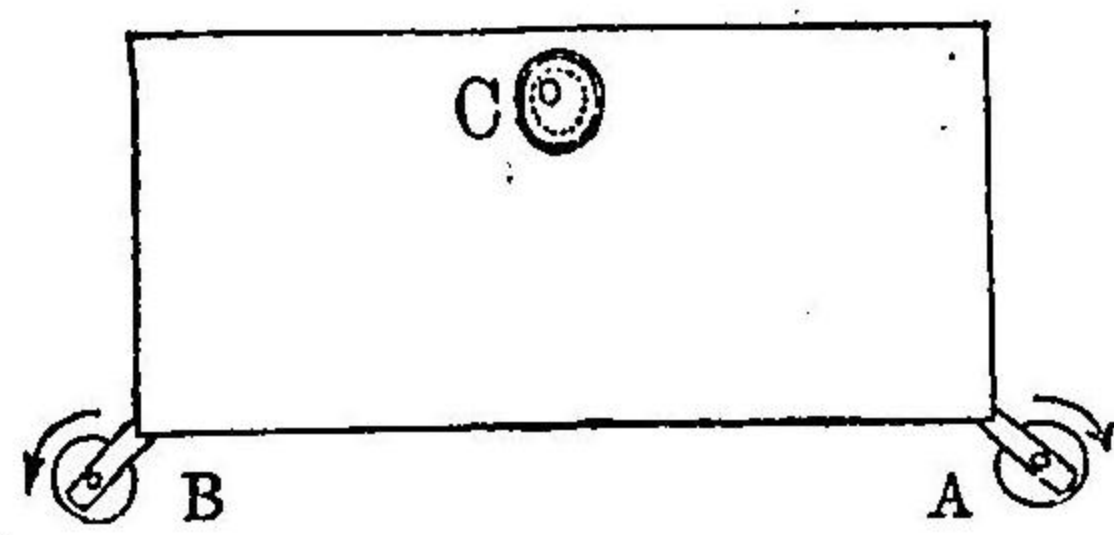
又Aの長さ(鎖より球)を一米となし、時計を以て其週期を計る時は約二秒なることを知るべし。

第十一 天秤使用法

天秤には精密なるものと粗雑なるものと色々の種類ありて、一般に重きものは粗雑なる天秤にて秤り、精密なる天秤にてはたゞ輕きもののみを秤るべきものとす。若し精密なる天秤にて重きものを秤るときは器械を毀損するの患あり。故に各天秤には其秤測し得べき最大量を記入しありて、それ以上の物體を秤らず。之を秤量と稱す。又器械の精粗に依りて感じ得べき目方同じからず。之も亦各天秤に記載しあるものなり。例へば秤量二百瓦感量一噸と記入せるものは二百瓦以上の物體を秤るに適せず。又其秤量し得たる値は一噸以下は正確を保證せずとの謂なり。今茲に普通の精密なる天秤に就て其使用法を述べ、先づ左の順序によりて天秤を調節すべし。但し粗雑なる天秤にありては適宜取扱法を省略するも可なり。

(第一) 天秤を水平に据うること。

第二十六圖



天秤を水平に据うるには、前の方の左右の外側にある螺旋を廻して、箱の内にある水準器の氣泡を中央に至らしむるにあり。氣泡が左の方にある時は之を右へ動く様にせんと欲せば、右の方の螺旋を右廻しに廻し、同時に左の方の螺旋を同じ分量づゝ左廻しに廻すべし。今第二十六圖を天秤を上より見たる平面圖とし、氣泡Cが左方に偏し居ると假定せば、螺旋Aを矢の如く右方に廻し、Bを矢の如く左方に廻すなり。若し氣泡を左の方へ移さんと欲せば、螺旋を反對に廻すべし。斯の如くして氣泡を左右に偏せざる様にすることを得れども、尙それが前後に偏することあり。若し氣泡が前方に偏し居るときはAとBとを同じ分量だけ共に右の方に廻し、氣泡が後方に偏せるときは同分量づゝ共に左へ廻すべし。

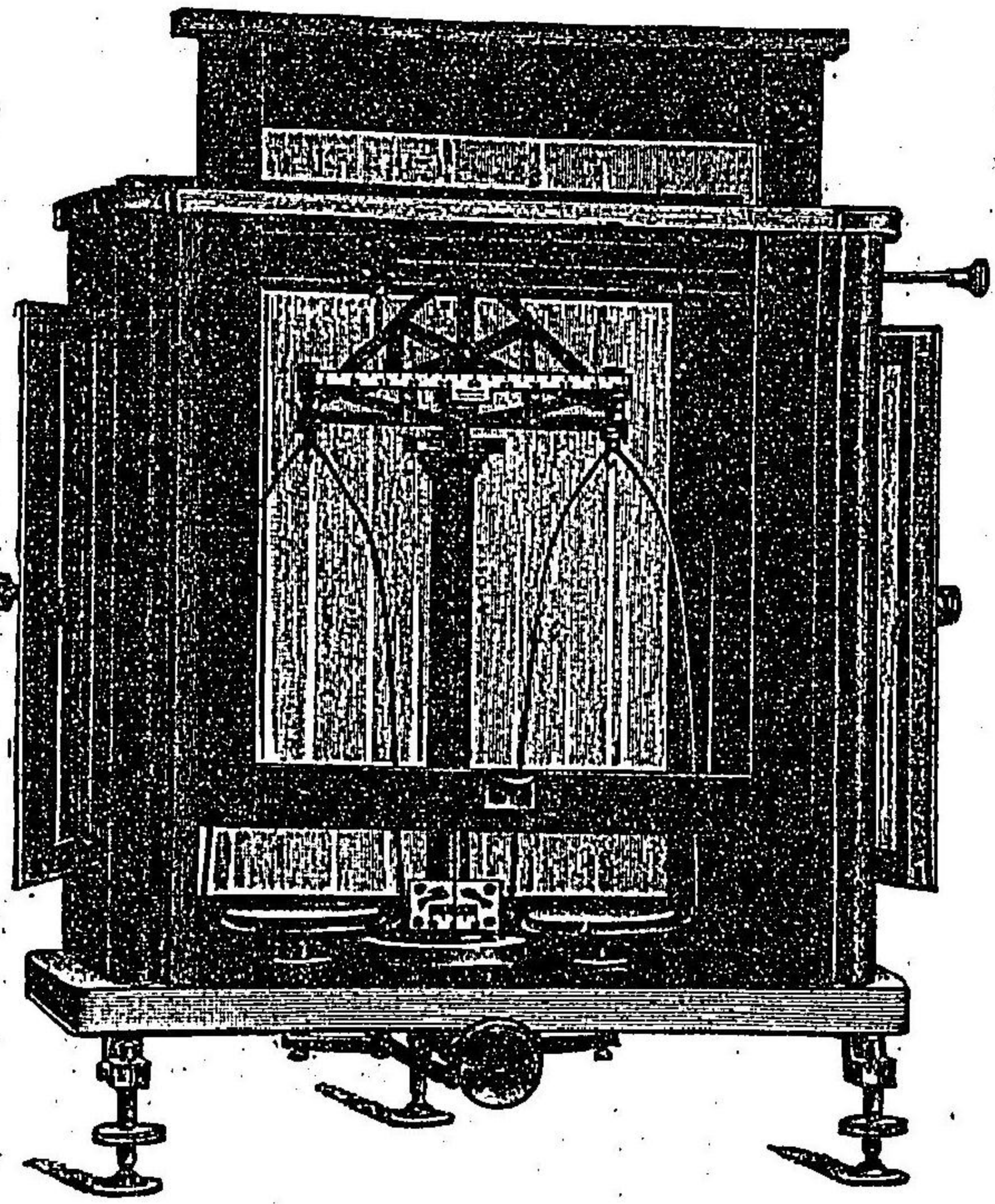
水準器の代りに下げ振りを具へたるものあり。然るときは其下げ振りが正しき位置に来るまで螺旋を色々に廻すべし。但し左右の更正を行ふ時には常に螺旋を同分量だけ同時に反對の方向に廻し、前後の加減を爲す時に

は同分量づゝ同時に同方向に廻すことを忘るべからず。
〔第二〕一と通り外見的検査を行ふこと。

天秤を水平に据ゑ付けたるときは、之に觸るゝ前に一と通り外見的の検査を行ふべきものと

す。即ち諸部分が各其正しき位置にあるや否や、毀損なきや否や、塵埃が附着し居らざるや否や、蜘蛛の絲が張られ居らざるや否や等を眼にて見得る限り調査すべきなり。若し故障の點が直に直すことを得べきものならば之を直すべ

第二十七圖



し又其故障が稍込み入りたるものなるときは、之を自己にて直し得る場合の外疑はしきときは決して冒險的に手を附く可からず。

〔第三〕制動機を弛めて秤桿を自由にすること。

秤臺の前部或は横に把手あり、之を左に廻すときは秤桿を支ふる棒が下りて、秤桿の中央に取り付けられたる及形の稜が、中央の柱の上にある瑪瑙の平板の上に来りて、始めて秤桿が瑪瑙板上に支へられ、軽く左右に傾き得るに至る。此際把手を極めて靜に廻すべし。然らざれば及形の稜が瑪瑙板に激しく衝突して忽ち毀損せらるゝの患あり。又雙方に吊り下げられたる皿も下方より支へられ居るものなれども、制動機を廻すと共に自由になるものなり。若し皿が自由になる際振動することあらば、把手を靜に元に戻し、又弛めて反復し振動を止め、然る後十分に弛め總ての部分を自由に動く様にするべし。把手を右へ廻して諸部分を止むるときも無論靜に之を行ふべきものとす。

〔第四〕振動の模様を注意すること。

前に述べたる如くにして秤桿を自由にするとき、秤桿は振動するを常

とす。此際其振動の模様を仔細に注視すること肝要なり。秤桿に附著せる指針が刻度板上を往復する模様は極めて圓滑にして、靜に一方より動き始め、靜に他方に至りて止り、其間に毫も突激的運動のなきときは故障なき證據なり。若し圓滑ならざるときは振動の間に何處か突き當るか或は摩れ合ふ處あるものと知るべきなり。又振動の時間は一方より他方に至るに約七乃至八秒を費すべきものにして、それより早きときは使ひ悪く又鋭敏ならざるものなり。

〔第五〕 靜止點及敏度を直すこと。

前の如く指針の振動する模様を見るときは、大約指針の靜止すべき場所を知り得、指針が刻度板の中央に來らざるときは、秤桿の左右の端にある小さき螺旋を少しくねぢ込むか或はねぢ出して、之を直すべし。（此螺旋は秤桿の上部に設置せらるゝことあり、又螺旋を具へずして單に一本の桿を突出せしめ、それを右或は左へ向けて重心を少しく右或は左へ移す様にせるものあり）此螺旋を廻すときは必ず、把手を右轉して、秤桿を止めて、後に行ふべし。秤の敏度を變せん、と欲せば秤桿の中央に上方に突出せる雄螺旋に倏められたる螺旋を少しく廻して、秤の重心を上げ或は下ぐべし。重心を上げ過ぐるときは秤は

顛覆するに至る。前にも述べたる如く一方より他方に傾く時間を七八秒にすれば可なり。

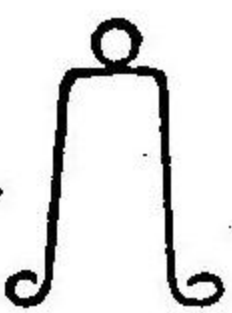
〔第六〕 物體の質量を秤ること。

質量を秤らんと欲する物體は、通常之を天秤の左の皿に載せ、分銅を右の皿に載せて之に平均せしめ、其分銅の値を以て物體の質量となすなり。凡て物體竝に分銅を皿に載せ、又は皿より卸すには、其都度必ず秤桿と皿とを止め、て行ふべし。決して秤桿の自由になり居る時に上げ卸しを爲すべからず。又物體及分銅を載する時には、秤の硝子箱の左右の戸を開きて之を爲すべし。前方の戸は容易に開閉すべきものにあらず。（左右の戸のなきも、先づ左の戸を開きて物體を左の皿に載せ、戸を閉ちて後右の戸を開き物體に相當すと想像する分銅を右の皿に載せ、戸を閉ちて後把手を靜に少しく廻して指針が何れの方に傾き始むるかを見るべし。此時はたゞ指針が何れの方に動くべきかを見れば十分なるが故に把手を十分に廻す必要なし。若し分銅が重きに過ぐるときは、其半分許の分銅を載せ換へて試むべし。分銅を載せ換ふるか或は増減するときには前に載せ或は増減せる分量の二倍或は半分を

以てすべし。是れ最も速に所要の値に達する法なり。例へば始めに20瓦を載せて重きに過ぎたるを見れば、次に10瓦と取り換へて試むるなり。若し軽きに過ぎたりと思はば、其次に1瓦乃至2瓦を加ふることなく、直に5瓦を加へて試むべし。其次には2瓦、1瓦を試み、尙次には0.5瓦、0.2瓦、0.1瓦等の順序にて進むなり。斯の如くして最小の分銅に達するを得ば、其分銅の値の總和を求むべし。

〔第七〕 ライダーを使用すること。

匙より以下の質量を秤る爲めにはライダーを使用することあり。ライダーは第二十八圖の如き形の分銅にして之を秤桿の上に載せ、秤桿を全く平均せしむるものなり。ライダートの質量は通常一厘なり。故に之を桿の度盛の100と記せる處に置くときは、一厘の物体を皿に載せたるに等しく、度盛の一つは十分、一厘に相當す。例へば度盛38の處に載せて秤桿平均するとせば3.8厘に相當す。即ちライダーを用ふるときは1/10 匙まで秤量するを得るなり。ライダーを動かすには必ず箱の外より之を動かす爲めに装置せる棒を抜き挿しして之を行ふべく、且其際



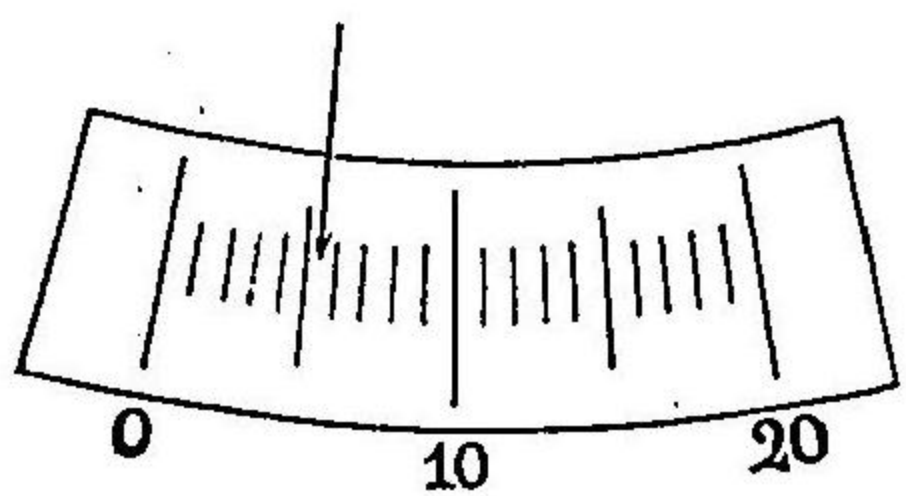
第二十八圖

必ず秤桿を止め置くべし。

〔第八〕 振動の法によりて質量を秤ること。

匙以下までも秤り得るが如き精密なる天秤にありては、指針が全く静止するまでには、大に時間を要するが故に、指針の静止せざるうちに其静止すべき位置を知ること肝要なり。且振動中に求めたる位置は數回繰り返すも著しき差異なければ、唯其まゝに放置して静止する位置は却て一定の値を與ふること少なきものなり。指針の振動中に其静止の點を發見するには、

先づ指針の左右に振動して往復する極點を讀み取るを要す。通常刻度板の度盛は最左端を0と讀み、中央を10、最右端を20と讀む(或は右端を0、左端を20と讀むも可)。若し指針が第二十九圖に示すが如き處に止らば、之を5.4と讀むべし。而して斯の如き讀み取りは指針が左に止りたる時を第一回として讀み始めたりとすれば、左に三回、右に二回、右より始めたりとすれば、右に三回、左に二回讀み取るべし。其書き方は次の如し。



第二十九圖

之を読み終らば直に把手を廻して秤桿を静止せしめ、然る後其読み取りたる数の平均を求むべし。即ち左に示すが如く、左の方は左だけ、右の方は右だけの平均を求め、更に之を加へて二分すべし。是れ静止點の位置なり。

5.4	5.7	5.9	
14.3	14.1		
5.4	5.7	5.9	5.67
14.3	14.1	14.20	9.94

借て以上の法を以て質量を秤するには、先づ前法により物體も分銅も載せずして指針の静止すべき點を求むべし。之を零點と稱す。例へば 9.94 なりとす。次に例へば 48.375 瓦の分銅を置きたるとき其静止點が 8.21 なりとす。更に最小分銅即ち 1 珎を置くとときは静止點は却て零點を越え、例へば 11.23 に移るとせよ。然るときは之を始めの静止點より零點まで持ち行くには 1 珎より少なき分銅にてよき譯なり。今一珎の差にて静止點を 8.21 より 11.23 まで動かすを得るが故に 8.21 より零點即ち 9.94 まで動かすには幾何の分

銅を要するか、左式の如く算出せらるべし。

$$\frac{9.94 - 8.21}{11.23 - 8.21} = \frac{1.73}{3.02} = 0.57$$

即ち 0.57 珎に等し、故に眞の質量は、

$$48.375 \text{ 瓦} + 0.57 \text{ 珎} = 48.37557 \text{ 瓦}$$

なりとす。

零點及他の静止點は、通常五回或は十回づゝ、觀測の結果を平均して、之を求むるときは頗る正確なる値を得べし。次に一例を掲ぐ。

第一回	5.4	5.7	5.9	5.67	
	14.3	14.1	14.1	14.20	9.94
第二回	5.9	6.0	6.3	6.07	
	13.9	13.5	13.70	13.70	9.88
第三回	14.1	13.8	13.6	13.83	
	5.8	6.2	6.00	6.00	9.92

第四回	13.5	6.7	13.2	7.0	13.0	13.23	10.04
						6.85	
第五回	6.0	13.5	6.4	13.7	6.2	6.20	9.90
						13.60	
							9.94

即ち五回の總平均 9.94 を得るなり。是れ即ち指針の靜止點と見做すを得べし。

〔第九〕 天秤の据ゑ付け方。

天秤を据ゑ付くるには、振動のなき場所を選び、石或は煉瓦を積み上げ、其上に石の厚き板を水平に取り付け、其上に安置すべし。其高さは觀測者が椅子に掛かるときに指針の指す刻度板が眼より少しく下に在りて見易き様になすを可とす。即ち秤桿が眼より少し高き處に在る様にすべし。

注意。天秤を取り扱ふには、先づ手を洗ひて之に向ひ、又能く氣を落著け姿勢を正して觀測すべし。殊に細き分銅をピンセットにて摘むとき往々飛び

て紛失することあるが故に非常に注意するを要す。

天秤の被ひ箱の内の空氣を乾燥する爲めに、入れ置く鹽化カルシウムが濕氣を吸収して溶解したる時は、之を取り換ふることを忘るべからず。久しく其まゝになし置く時は溶解したる液が溢れて箱内を汚することあり。

第二編 流體力學

第一 液體の性質に関する實驗

實驗の目的。液體が如何なるものなるかは、日常の經驗に由て畧之を知
るを得れども、尙實驗に徴して確實に其性質を知らしむるを目的とす。

實驗 第一

液體の部分は極めて容易に分離し又合一され得ること、從て液體は一定
の形狀を有せざることを示すには、次の如くして實驗す。

裝置及實驗の方法。先づ數本の試験管 a, b, c 等を取り、 a に水、 b に油、 c
に水銀等種々異りたる液體を入れ、然る後例へば a の試験管を取りて之
を振蕩するときは、水は動搖して數多の小部分に分離するを見るべし。然れ
ども之を放置するときは、暫時にして再び一體となりて靜止し元の形をな
す。又之をコップに移せば、水はコップの形となる。而して是等の性質は b, c 等に

取りたる何れの液體に就ても同一なることを知らしむべし。

實驗 第二

液體の表面は水平なることを示すには、次の如くして實驗す。

裝置及實驗の方法。コップに水を入れて徐かに之を傾くも水面は常に
机の面に平行す。今之を振蕩して放置するときは、水は動搖して一時其表面
一定せずと雖も、暫くにして又机の面に平行して靜止すべし。他の液體に就
ても全く同一なるものなり。

實驗 第三

液體は壓縮すべからざることを示すには、次の如くして實驗す。

裝置及實驗の方法。頸部の内徑が成可く一樣なるフラスコを取りて之
に餘り固からずしてよく内壁に密接するコルクを挿入すべし(此際瓶の頸部
コルクを挿入)。然るときはフラスコの内部が空氣のみなるときは、容易に之を押
し込むことを得れども、若し液體を以て充たさるゝときは、コルクを押し進

むること能はざるべし。斯の如き方法にて液體の壓縮すべからざることを示し得。

注意。 コルクを其まゝにて押し込むときは之を取り出すこと困難なるを以て、豫めコルクに針金を突き通して其端を曲ぐるか、或は絲を通して其端に結び目を作り、抜けざる様になし置くべし。

第二 液體の壓力に關する實驗

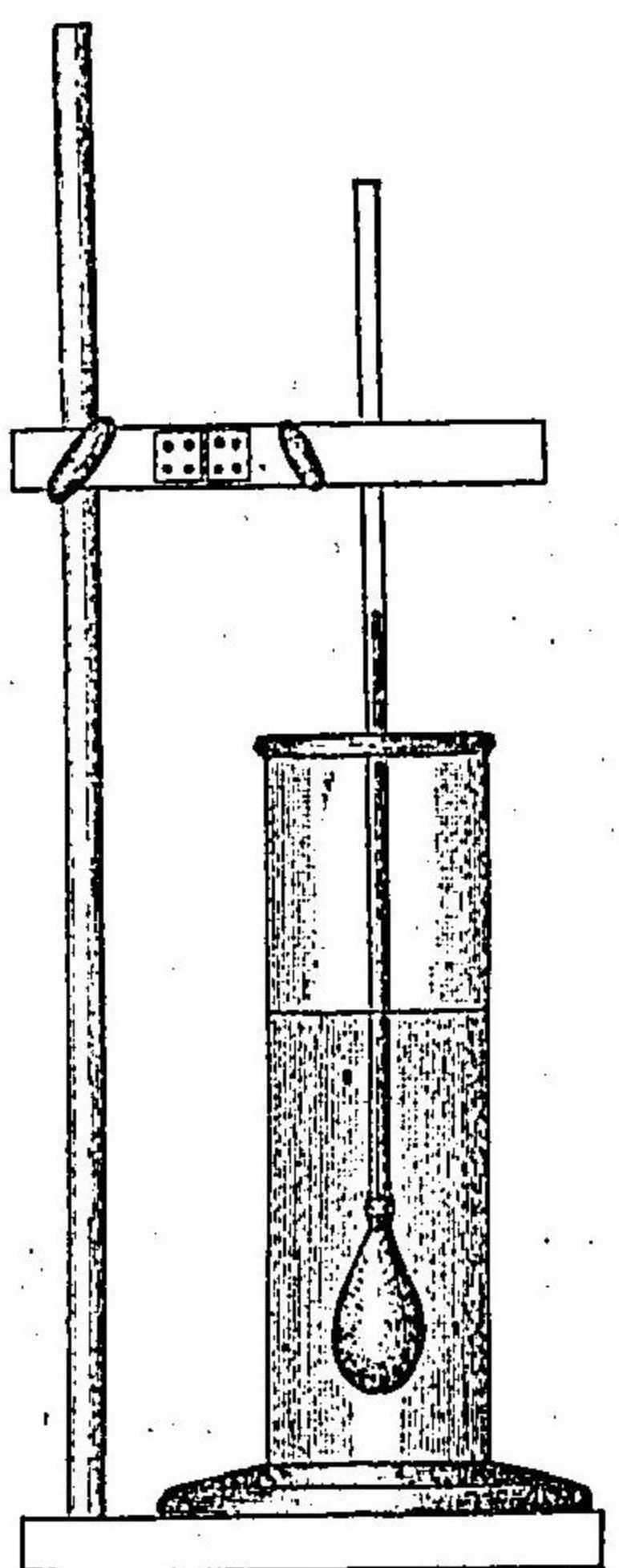
實驗 第一

液體の下壓力を示すには、次の如くして實驗す。

裝置及實驗の方法。 稍太き硝子管の下端に玩具の風船玉の如き小さきゴムの囊を結び付けて、管内或高さに至るまで液體を入るゝときは、液は下方に向て壓力を逞ふするが故に、ゴム囊の膨大するを認め得べし。

實驗 第二

液體内の壓力を示すには、次の如くして實驗す。



裝置及實驗の方法。

前の實驗に用ひたる硝子管に赤インキにて着色したる水を適當の高さに盛り、之を第三十圖に示すが如く、大なる硝子の圓筒の中に入れて水を圓筒に注ぐべし。然るときはゴム囊は周圍より壓せらるゝを以て、着色液は管中に上昇す。圓筒に水を注ぐこと愈多ければ、着色液の昇ること亦從て多きを見るべし。

實驗 第三

液體の側壓力を示すには、次の如くして實驗す。
裝置及實驗の方法。 試験管或は茶筒の側面に小孔を穿ち、パルス(松脂と)

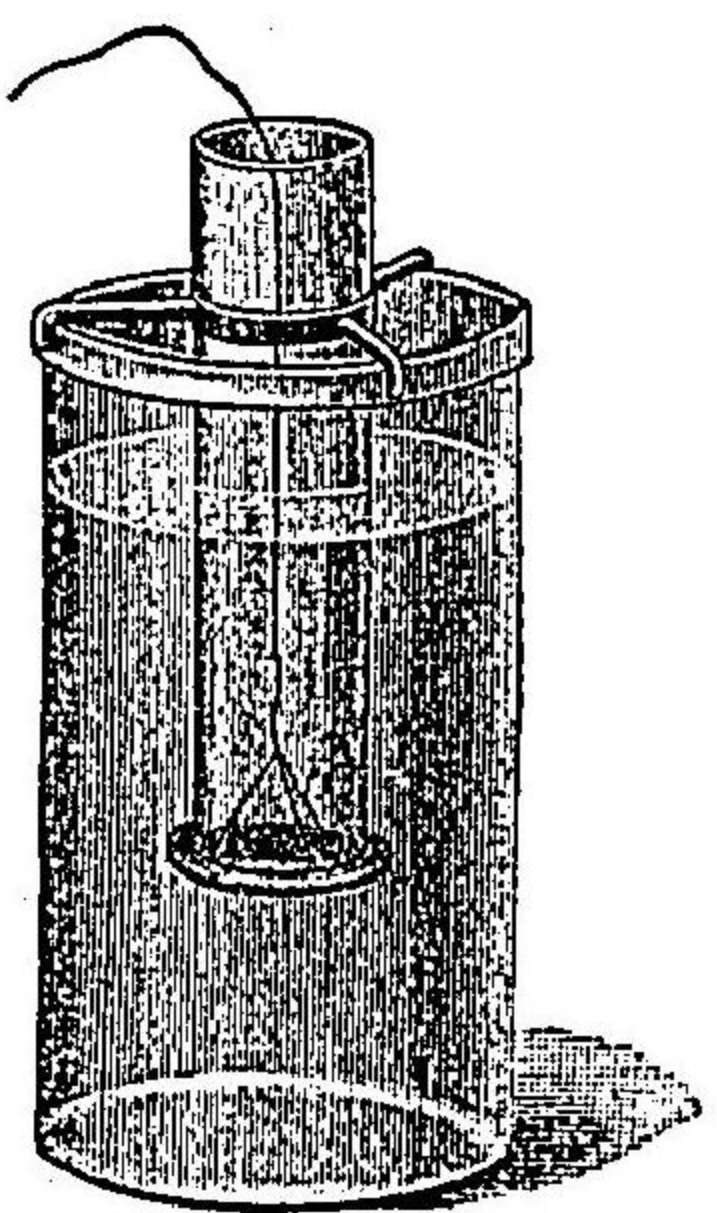
第三十圖

合したるもの(混)を以て此口を塞ぎ置くべし。今之に水を充たし、バルスを取り除くときは、液は側壓の爲めに小孔より噴出す。

注意。試験管に孔を穿つには、アルコールランプの燭を吹管にて吹き、管側を吹き破るべし。但し燭の尖端は極めて細からしめ、燭の觸るゝ面が直徑一分を越えざる位にすべし。

實驗 第四

液體の上壓力を示すには、次の如くして實驗す。



第三十一圖

装置及實驗の方法。第三十一圖の如く、底なき硝子の圓筒の下方を平によく磨きたるものを、之に密著すべき薄き金屬板或は硝子板にて塞ぎ、板の中心に絲を付けて之を支へながら、鉛直に圓筒を水中に挿入すべし。然るときは絲を手より放つも、板は離れ落つることなし。而して此圓筒に水を靜かに注ぐときは、圓筒の内外の壓力同一となるに至りて、始めて板

は落下するを見るべし。

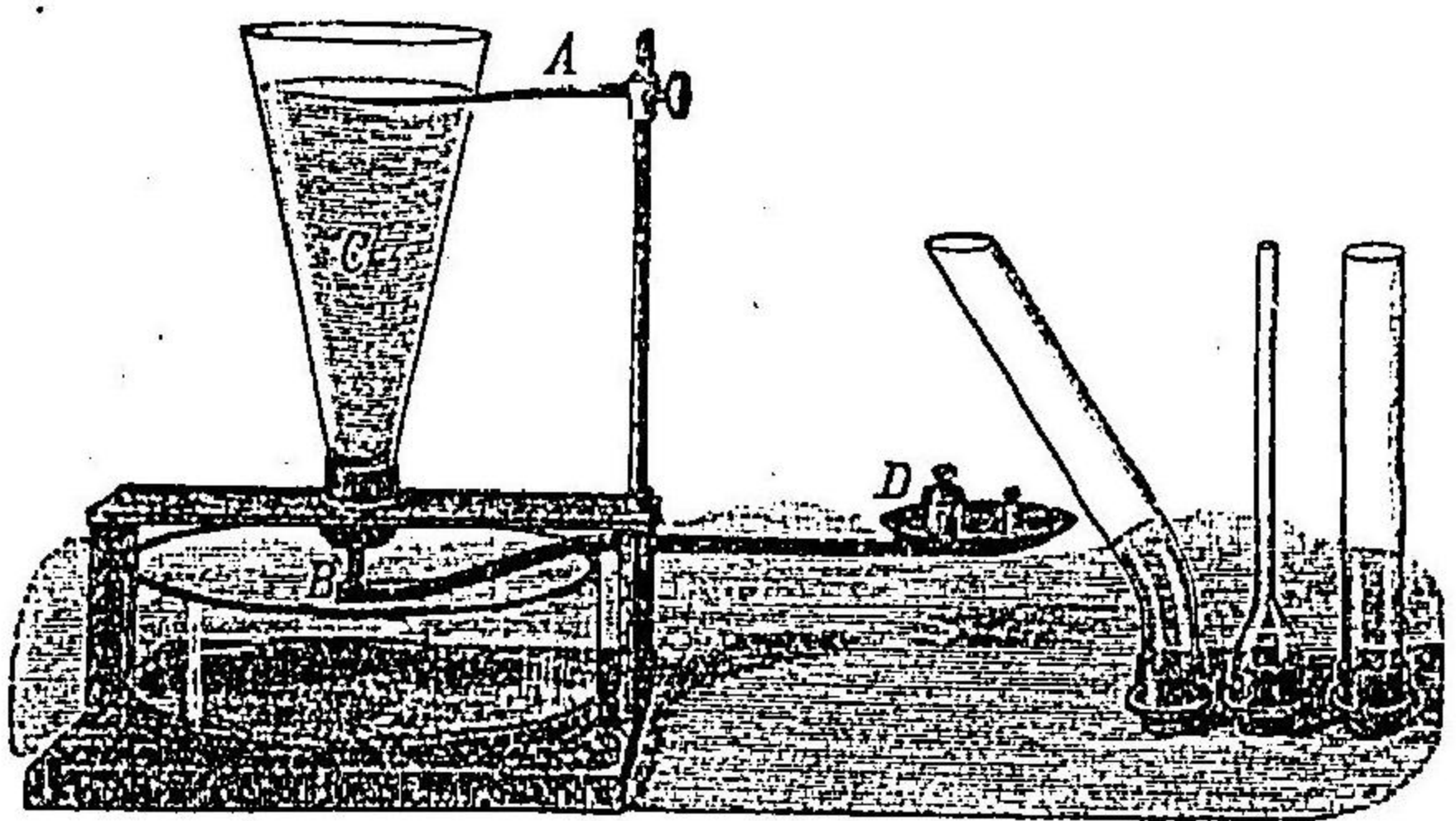
注意。此實驗は太き圓筒を用ふる程良好なる結果を得べし。是れ圓筒の太き程全壓力が大となり、板の重さが之に比して愈小となるが故に、筒内の水の高さが外の水の高さと殆ど相等しくなるまで、板は落下することなきなり。

第三 器の底面に於ける壓力に關する實驗

實驗の目的。始めて液體の壓力に關する理論を學ぶ者は、同じ廣さの底面に於ける壓力が、たゞ液の深さにのみ關して、器物の形狀に關せざること不可思議とするものなり。故に本實驗に於ては、成可く形狀同一ならずして液體の容量が甚だ異なる器物を取りて實驗すべし。

装置及實驗の方法。此實驗には第三十二圖に示すが如き装置を用ふ。先づ上下に動かし得べきAなる指針を稍高き位置に固定し、次に指を以てBなる底を支へながら、水をOなる管中に注ぎ、其高さが少しくAを超ゆるに至らしむべし。然る後Dなる皿に分銅或は鉛丸を載せ、靜かに指の壓力を弛

第三十二圖



めて、器底より水が漏れ出づる様ならば分銅を増し終に指を離すも水が丁度漏れ出づることなきに至らしめ、更に水をOに注ぎ底より漏れ始むるとききの水面の高さと一致してAを定め置くべし。次にDを載せたる分銅を其まゝになし置き、Oを去りて之と形状を異にする他の管を偲め込み水を注入すべし。然るときは水面が前と同じ高さ即ちAの指す處に至るまでは、水は底より漏れざれども、それより水の高さが増すときは漏れ始むるを見るべし。

注意。 此種の實驗は正確なる結果を與ふるものにあらず。水の高さが指針より少しく上に昇るも、水が底より漏れ出でざることあり。又之に反して水面が指針に及ばざるに既に水の漏れ始むることあり。然れども其差甚だ大ならざるを以て概要を示すことを得るなり。

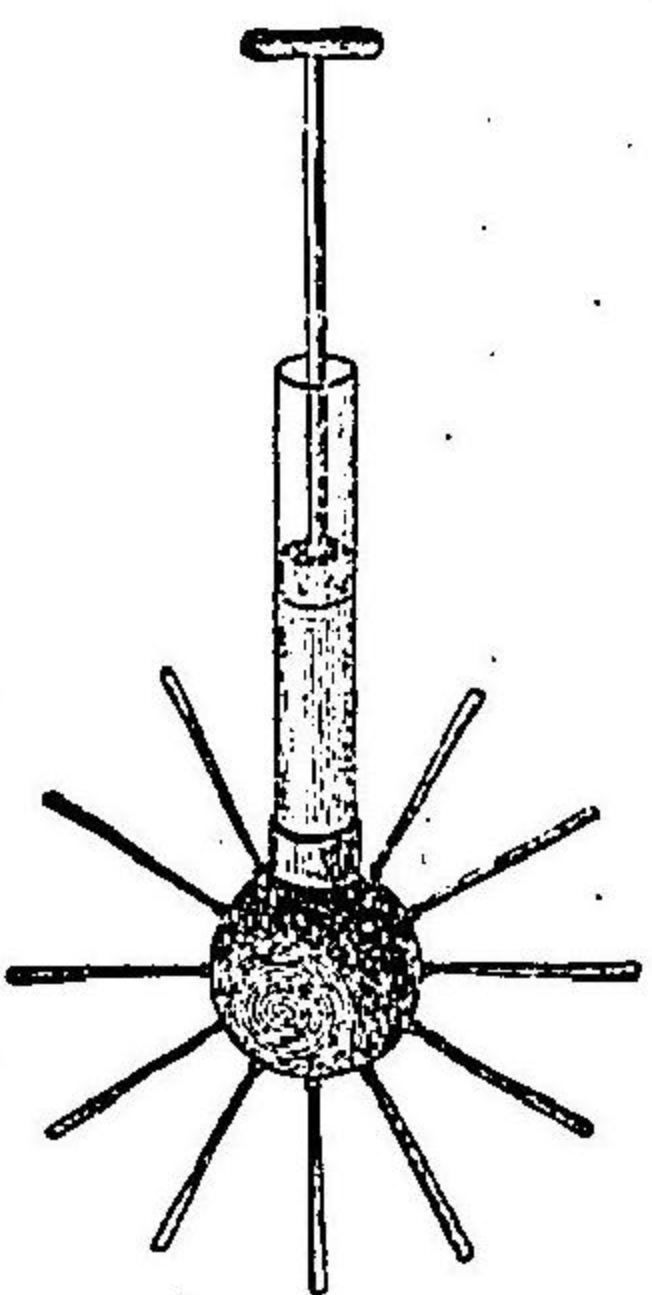
第四 液體の壓力の傳達を示す實驗

(パスカル氏定理の説明)

實驗の目的。 此實驗は液體が器の中に密閉せられたるとき、其一部に壓力を加ふれば液體の凡ての部分が同じ壓力を以て押し合ふことを示すを目的とす。是れ實に重要な事柄なりと雖も、たゞ正確に此原理を實驗する方法なきを憾む。

實驗 第一

第三十三圖

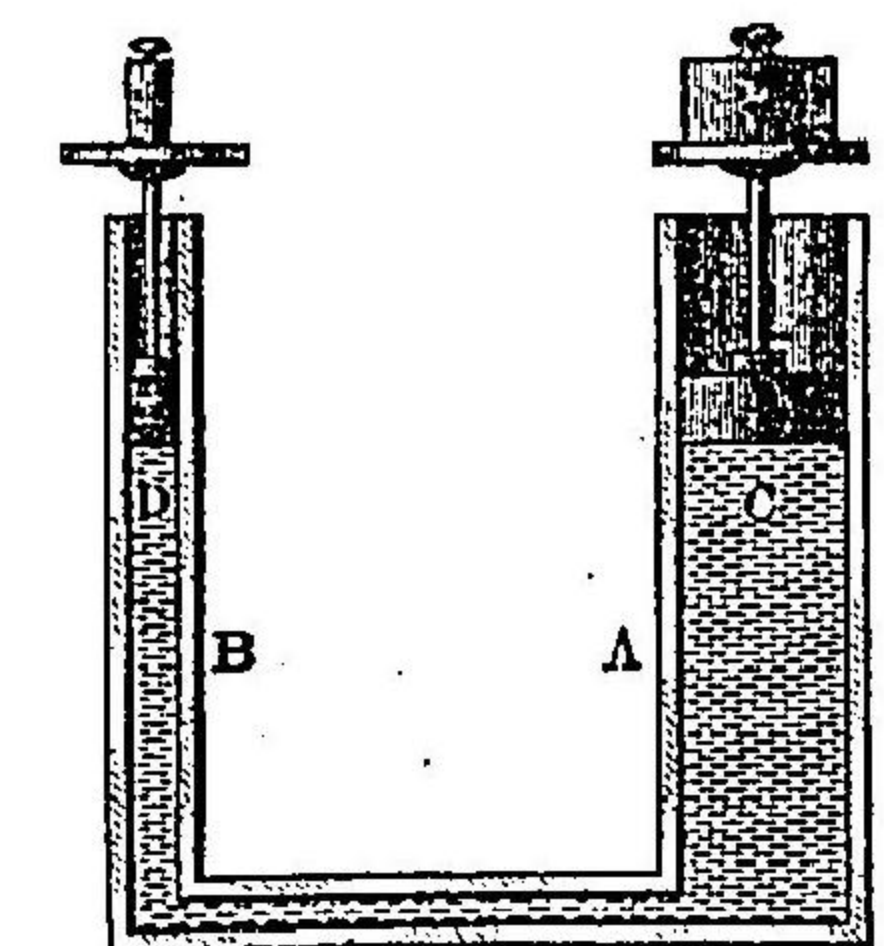


裝置及實驗の方法。 第三十三圖に示すが如き裝置に水を充たし、之に活塞を挿入して急に壓力を加ふるときは、水は球面にある總ての孔より噴出して何れの方角にも液體が壓せらる

ることを見るべし。

實驗 第二

裝置及實驗の方法。第三十四圖に示す裝置は兩底相通する二つの圓筒 A B より成り、之に滑かに上下する活塞 C D を備ふ。A 筒の直截面積は B 筒のその約九倍なりとす。今此兩圓筒に水を充たして之に活塞を挿入し、且



其上に面積の割合に等しき分銅を置くときは、活塞は互に平均して同じ高さの處に靜止すべし。例へば C に九百瓦、D に百瓦の分銅を載するなり。今 D に於ける重さを五十瓦許増し或は減するときは、活塞が平均すること能はざるを見るべし。

注意。此種の裝置に於ては、活塞と圓筒との間の粘りが頗る大なるが故に、各の分銅が割合に多少の差違あるも尙平均を保てるが如くに見ゆべし。時としては各分銅の四分、一乃至三分、一の重さを増減せざれば、平均を破る

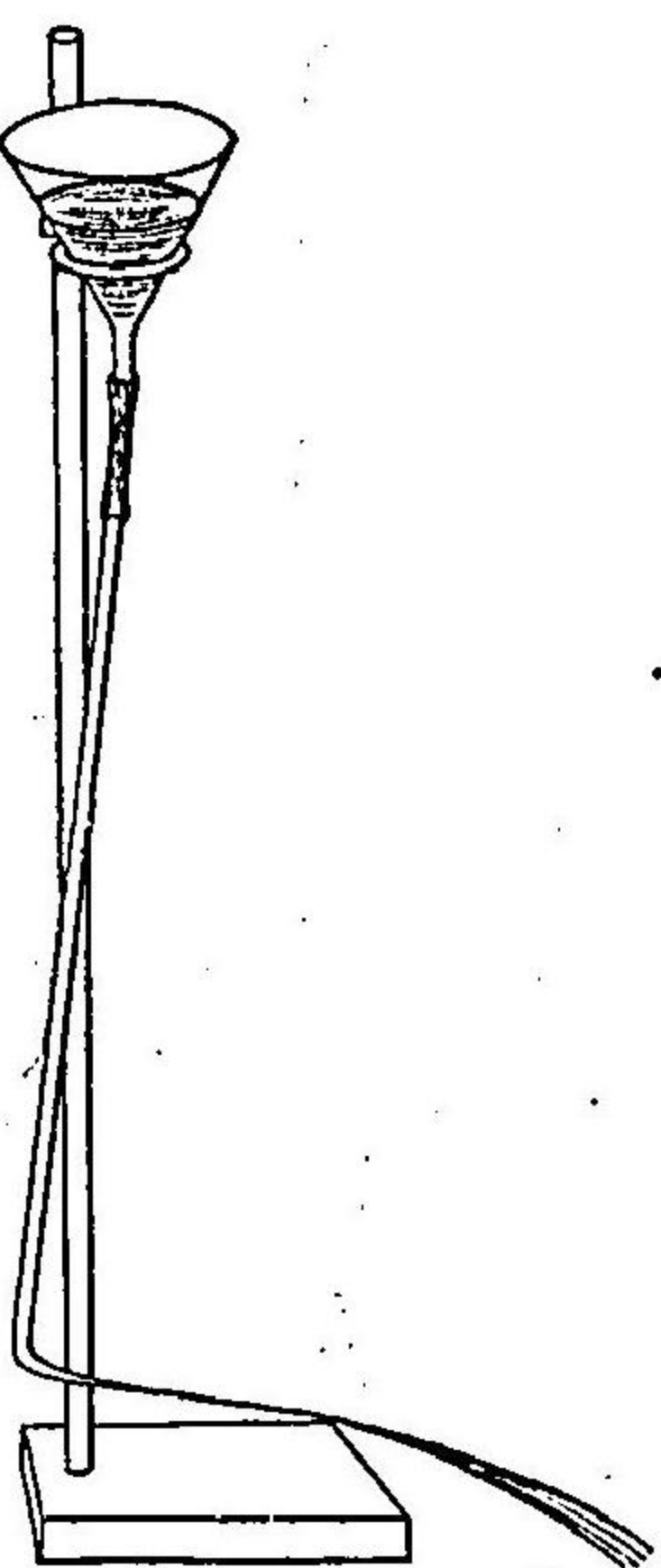
第三十四圖

こと能はざることあり。故に前例に於て D 上に五十瓦許増減すれば其影響著しく顯はるれども、同量の分銅を C 上に増減するも何たる影響を來さるべし。

第五 側壓に基く反動を示す實驗

實驗 第一

裝置及實驗の方法。長さ一尺位の硝子管の一端を第三十五圖の如く彎



曲して其端を細くし、他端をゴム管にて漏斗に連結すべし。今之に水を注ぐときは、水は硝子管の細き尖端より噴出し、同時に管は反動に依りて他方に押さるゝを見るべし。

實驗 第二

第三十五圖

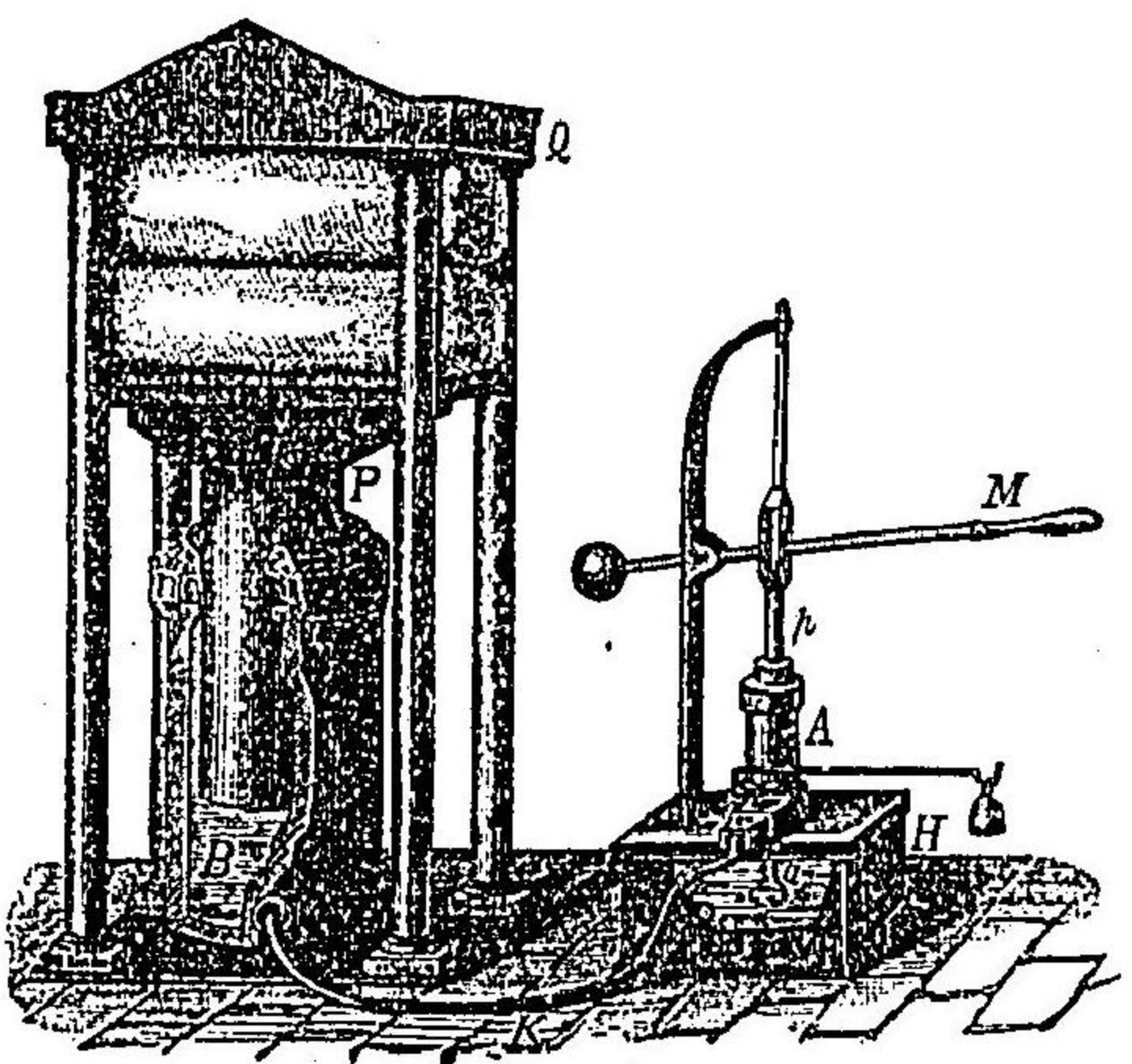
装置及實驗の方法。本實驗は又パーカー氏の水車を用ひて試むることを得べし。此装置は鉛直なる軸上に自由に旋轉することを得べき器の下方に水平の管を附したるものにして、管の兩端に近き側面には各反對の向きに小孔を穿てり。今此器に水を盛るときは水は管の孔より流出し、其反動によりて器は水の流出する方向と反對に旋轉するを見るべし。

第六 プラマ氏の水壓機

實驗の目的。實地に使用する水壓機は頗る大なるものなれども、教場に於て使用するものは其雛形に過ぎず。従て實用水壓機の如く偉大なる力を生ぜしむること能はず。故によく此點を會得して雛形を用ふる場合には、ただ其旋轉する工合を示すを主とすべし。

構造及原理。第三十六圖に於てBは厚き壁を有する金屬製の圓筒にしてPは之に密合して上下すべき活塞なり。活塞は圓筒の頸部に於ける柔なる輪に由て取り巻かれ、液體は爲めに漏洩することなし。Aは唧筒にして把手Mを動かして活塞Pを上下せしむるときは、水をaより吸ひ上げて之

第三十六圖



をKなる鉛或は銅の管に由てBに送る。又Mを連續して上下すれば水は漸漸Bに壓送せられ、Pなる活塞を大なる力にて押し上ぐべし。故に活塞の上部にある金屬板と其上の固定せる臺Qとの間に置かれたる物體は漸々壓搾せらるゝなり。

實驗の方法。實驗を始むるに當て、先づ把手Mを動かし、活塞が圓滑に上下するや否やを見よ。若し之に故障なきときは、其下の器に水を入れて復徐かに把手Mを動かし、大活塞Pが差支なく徐かに上るや否やを驗せよ。斯の如くして此部分にも缺點なきを認めたる後、始めて壓搾せんとする物品を活塞上の金屬板に載せて實驗すべし。然れども數箇月間使用せざる器械に於ては、油が粘り著き或は革が固くなりて、活塞の運動圓滑ならざることあり。斯の如き場合には、丁

寧に器械を分解して掃除すること必要なり。即ち活塞は極めて細かき鑪紙にて磨き、油が粘著せる處は揮發油或は石油を以て十分之を洗ふべし。又活塞の出入する頸部の革が固まりたるときは、新しきものと交換するを要す。其革は柔なる靴の上皮と同じものを數日間油に浸して十分に油の浸み込みたるものを用ふべし。

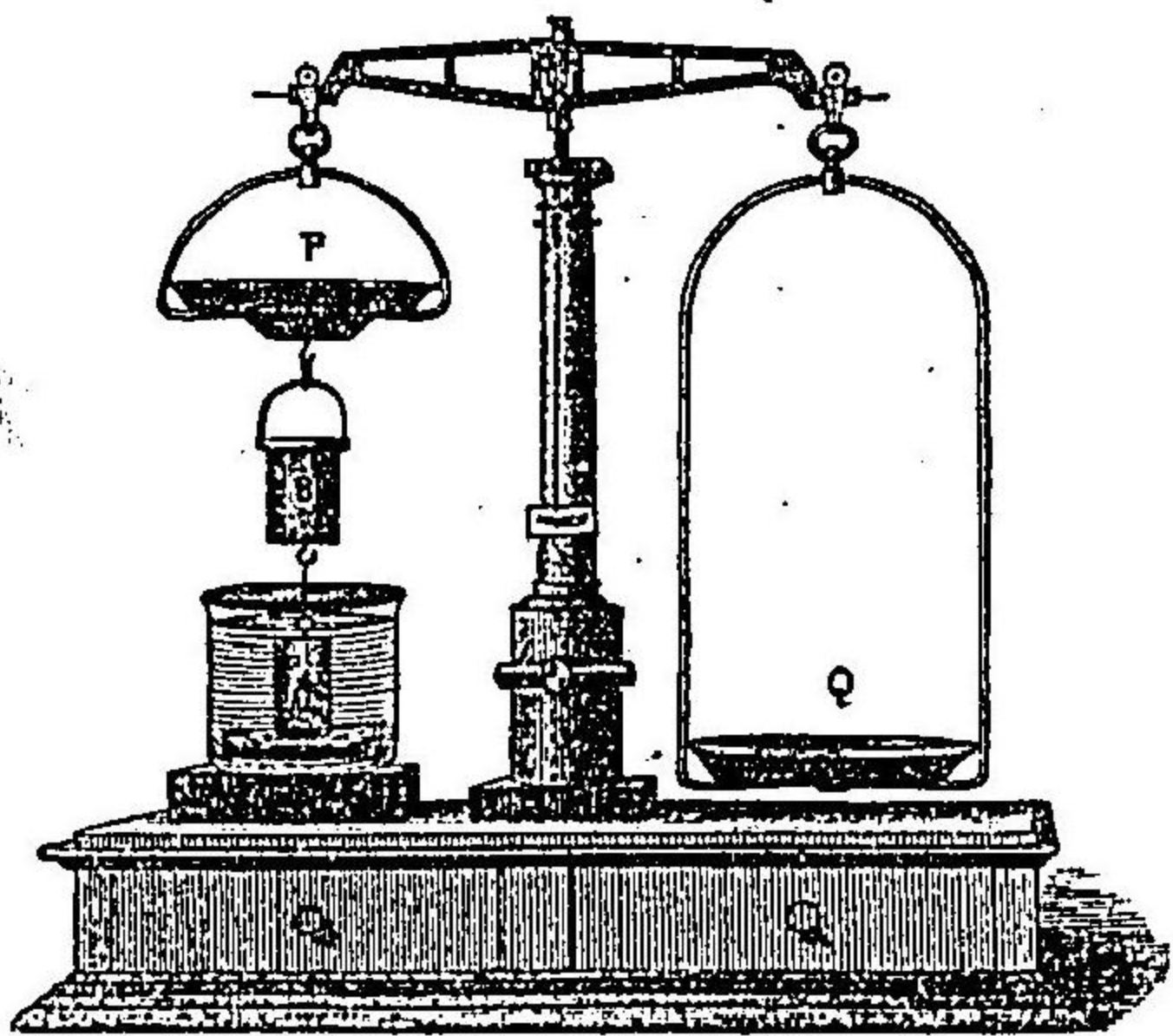
注意。水壓機にて試験するには、コルクの如きものを押し潰すか、或は硝子管、ランプのホヤ等を破碎せしむる位をよしとす。

第七 アルキメデスの原理を示す実験

實驗 第一

装置及實驗の方法。第三十七圖に於てBは底を有する金屬製の小さき圓筒にして、AはBに精密に嵌入する圓筒なり。Bは上端に弦、下端に鉤を有し、Aはたゞ上端に鉤を備ふ。實驗を行ふには、先づ絹絲を以てAをBの下に連結し、之を天秤のPなる皿の下に懸くべし。次に他の皿Qに分銅を載せて

第三十七圖



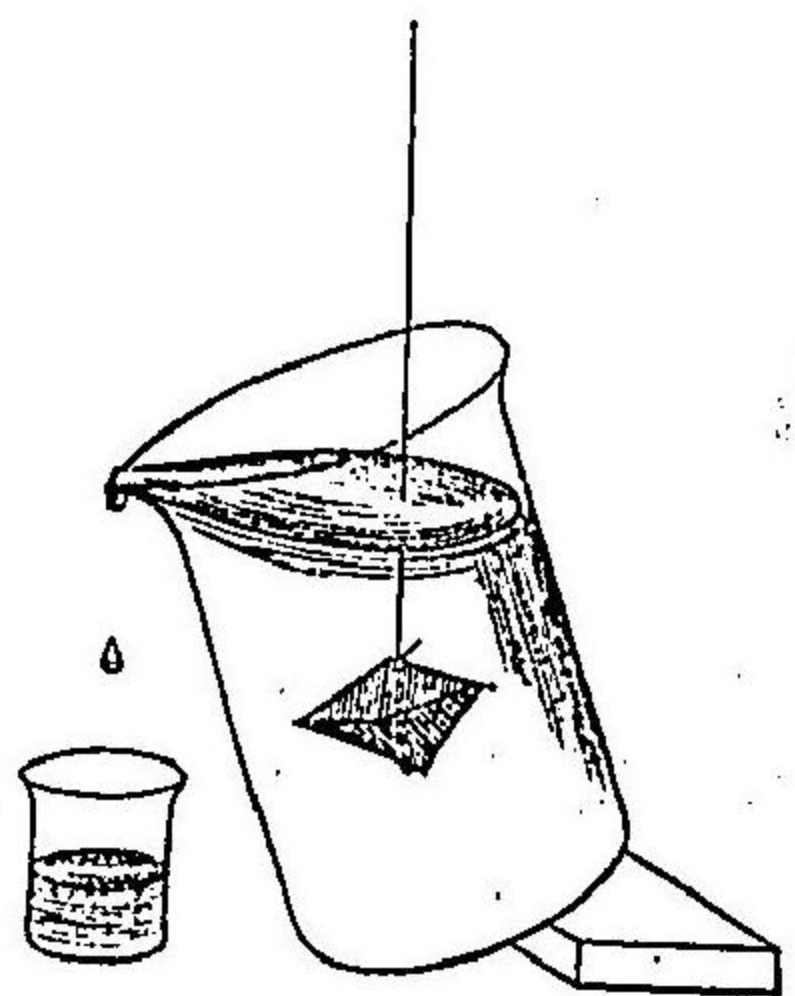
秤を平均せしむ。茲に於て水を入れたるピーカーを持ち來りてAを其中に没入すべし。然るときは秤は平均を失ひ、分銅を載せたる方は下りてAの重さの減じたることを示すべし。今徐かに水をB中に注ぐときは、秤は漸々舊位に復し、水がBに丁度充ちたるとき、始めて元の如く平均するを見るべし。依りてAが水中に没入して失ひたる重さは、それと同體積の水の重さに等しきことを知る。

注意。圓筒に水を入れるには、ピペットを用ふべし。然らば要する水量を正確に入るゝことを得。

實驗 第二

装置及實驗の方法。先づ適宜の金屬塊片(前の實驗にも用ひたる圓筒Aにても可なり)を取り、之を

第三十八圖



より溢れ出づるを以て之を他の器に受け、最早一滴も落ちざるに至りて其溢れたる水の量を秤るべし、後更に金属塊片を別の器中の水中に没入せしめて之を秤り、之を前の空气中の重量より減じて水中に於ける減量を求めれば溢れ出でたる水の量と等しきを見ん。

注意。 水を入れたるビーカーは注意して振動を與へざる様にすべし、又水がビーカーより溢るゝとき裏洩りすることあらば、豫め口の下部に髮附油を塗り置くべし。

第八 浮體に關する實驗

實驗の目的。 液中に没入せられたる物體は、物質の如何に係らず、それと同體積の液體の重さに等しき浮力を受く。故に物體の重さが同體積の液體の重さより大なるときは沈み、小なるときは浮び、之に等しきときは浮ぶことなく又沈むこともなかるべし。

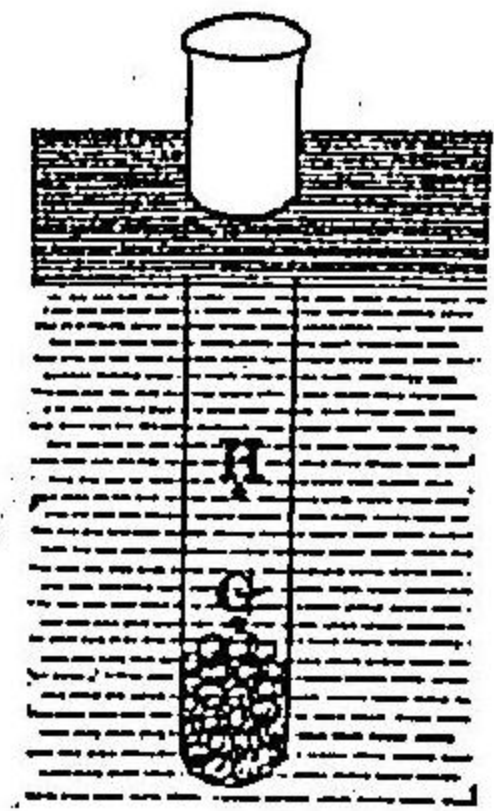
實驗 第一

實驗の方法。 今之を實驗するには三つのコップを取りて第一には水を入れ、第二には濃厚なる食鹽の溶液を入れ、第三には適當の濃さに作りたる食鹽水を入れて、其各に卵子を投入するときは、第一にては沈み、第二にては浮び、第三にては中央に懸りて沈みもせず又浮びもせざるべし。

注意。 第三のコップに於て食鹽水の全部が一様の濃さなるときは卵を中央に止め置くこと困難なり、故に先づ少しく濃厚に過ぐる程の溶液を作り、て其上に徐かに水を注ぐべし、然るときは液體の下層は重く、上層は輕きを以て卵子を中央に止め置くことを得。

實驗 第二

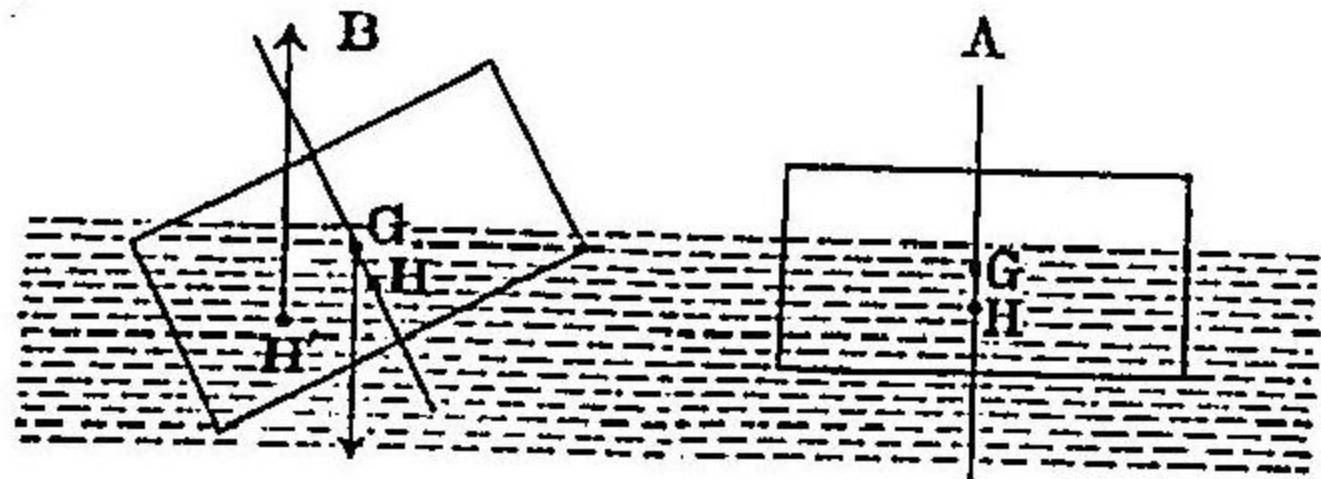
第三十九圖



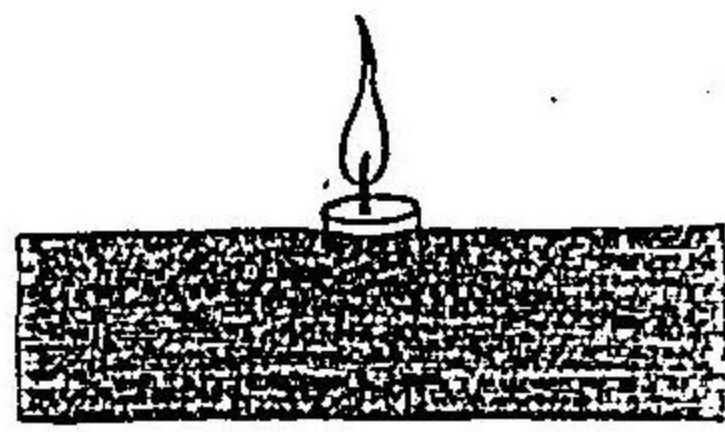
實驗の方法。液面に浮游する物體の釣合は其形状及重心の位置に大なる關係を有す。而して之を示すには、次の如くするをよしとす。

試験管の底に水銀或は鉛の丸を入れて之を水に浮ぶるときは、試験管は直立す。此時の釣合は甚だ安定にして、少しく之を傾くるも直ちに元位置に復すべし。今此場合に於ける浮體の重心及浮力の中心の概略の位置を示せば第三十九圖の如し。Gは重心にして、Hは浮力の中心なり。此場合に於ては、GはHの下にあり。然れども釣合が安定なる爲めには、必しもGがHの下にあるを要せず。之を示すには、高さが幅に比して大ならざる圓壘形或は長方形の木片を浮ばしむべし。然るときは第

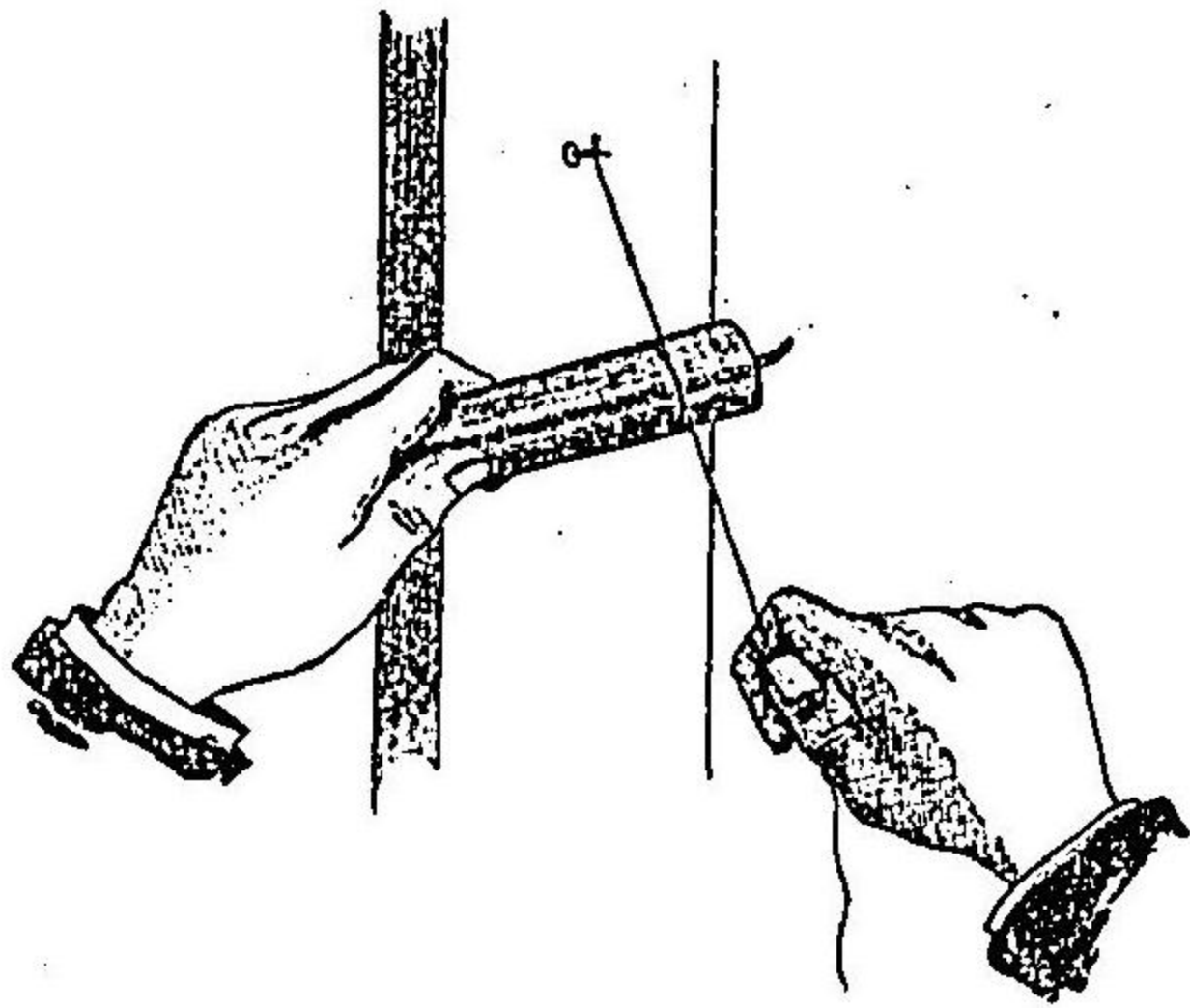
第四十圖



第四十一圖



第四十二圖



四十一圖Aの如く明かにGはHの上にあれども顛覆することなかるべし。何となれば少しく物體を傾くるときは、同圖Bの如くなりて浮力と重力とは物體を元位置に戻すべし。然れどもAの如く横にせずして、縦に置くときは、Gは高きに過ぐるを以て忽ち顛覆してAの如くなるべし。

又第四十一圖の如く西洋蠟燭を浮べて之に點火するもよし。蠟燭の丈を其直徑に等しき程なるか、或はそれよりも短く切りて之を水上に浮ぶるときは顛覆することなく、之に點火することを得。

注意。蠟燭を短く切るに小刀を以てすれば、

第九 固體の比重の測定

実験の目的。物體の比重を測定することは、可なり時間を要するものなり。従て講義の際斯の如き実験を行ふは時間の上より云へば甚だ不經濟なりと雖も、然もまのあたり之を測定して示すときは、學ぶ者の腦裡に深厚なる印象を與ふべきなり。

実験の方法。長さ一寸許の硝子棒、水晶の結晶或は金屬片等を取りて之を絹絲(絹絲は成可く細きを可とす。故に出來得べく)にて結び、天秤の皿の下の鉤に吊りて其空氣中に於ける重量を秤り、又水中に於て之を秤るべし。今空氣中の重量をW、水中に於ける重量をW'とすれば、其比重Sは次の如し。

$$S = \frac{W}{W - W'}$$

水より輕き物體の比重を測るには、空氣中に於て其重量を秤り、又水中に於ては之に水より重き物體を結び付けて秤ればよし。但し結び付けたる重き物體は豫め水中にて其重量を秤り置くを要す。今Wを比重を測らんとす

る物體の空氣中に於ける重量wを水より重き物體の水中に於ける重量W'を比重を測らんとする物體と結び付けたる物體とを共に水中にて秤りて得たる重量とするときは、物體の比重Sは次の如し。

$$S = \frac{W}{W - (W' - w)}$$

第十 液體の比重の測定

實驗 第一

實驗の方法。硝子片或は金屬片等凡て比重を測らんと欲する液體の中に沈みて之に犯されざる固體を取り、之を順次に空氣中、水中及與へられたる液體中にて秤り、それ々の重量を求むべし。今是等の重量をW、W'、W''とするときは、液體の比重Sは次の如し。

$$S = \frac{W - W''}{W - W'}$$

注意。實驗の方法に就ては前節を参照せよ。

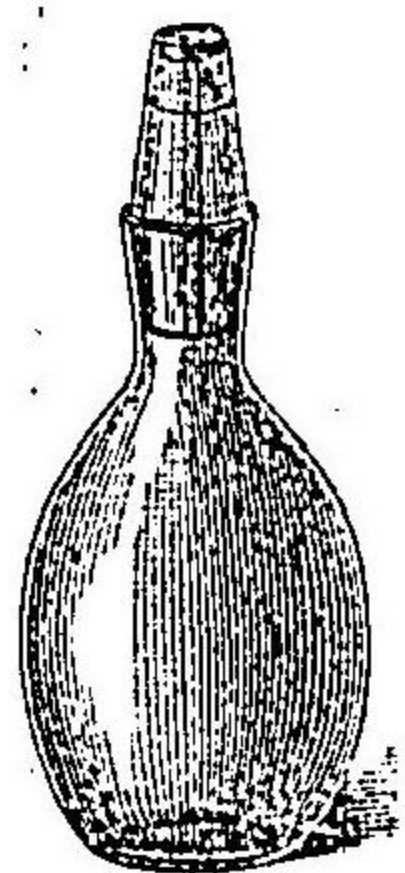
實驗 第二

實驗の方法。液體の比重は第四十三圖に示すが加き比重瓶を用ひて之を測定するを得べし。先づ空瓶の重量を秤り、次に比重を求めんとする液體を瓶に充たして之を秤り、最後に此液を出して其代りに水を入れて其重量を秤るべし。今Pを比重瓶の重さ、Qを比重を測らんとする液體を入れたる比重瓶の重さ、Rを水を入れたる比重瓶の重さとするれば、液體の比重Sは次の如し。

$$S = \frac{Q-P}{R-P}$$

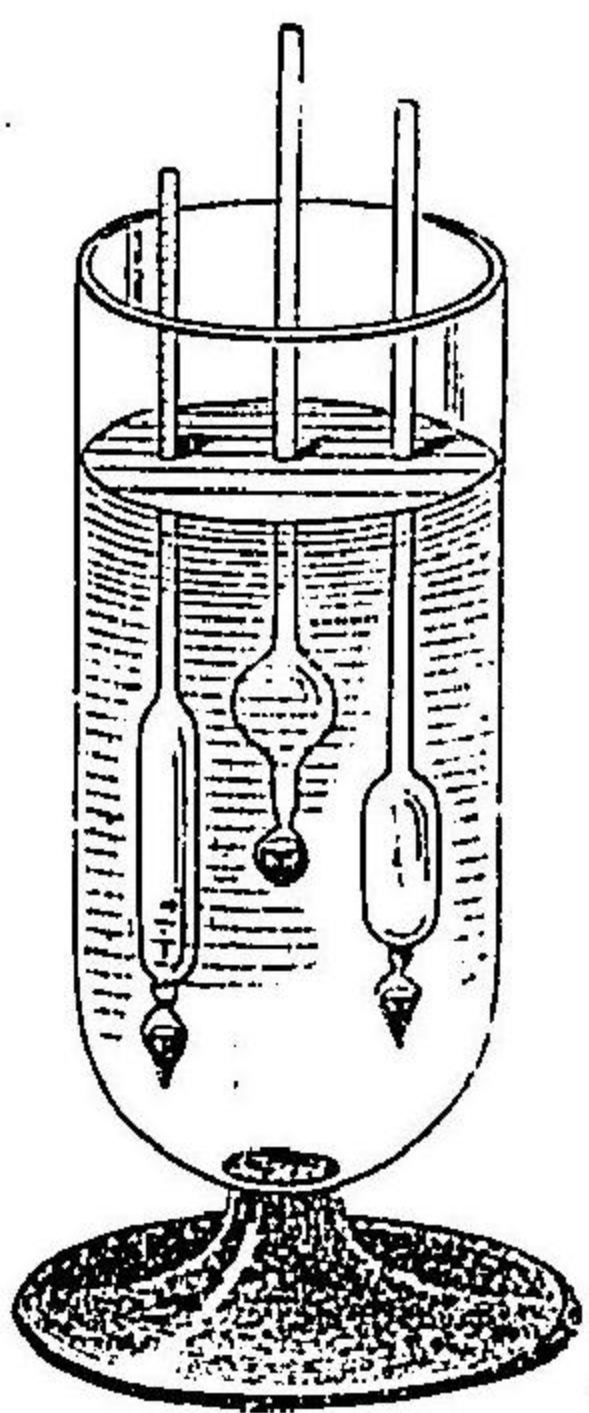
注意。比重瓶は普通の洗滌法によりて豫め能く清淨になすを要す。又液體は頸部にある印の處まで容るべきものとす。若し容れ過ぎたる時は、細き硝子棒或は差支なき場合は吸墨紙片に液體を附着せしめて取り去るべし。若し液が瓶の外面に溢れ出づることあらば丁寧に能く拭ひ取るべし。

第四十三圖



實驗 第三

實驗の方法。液體の比重は又浮秤を用ひて之を測定すべし。第四十四圖に示すが如く比重を測らんとする液體中に浮秤を入れるれば、浮秤は直立して浮ぶが故に、液面に接する浮秤の度を讀みて比重を求むるなり。但し其度は比重に相當して施したるものと、然らざるものとあり。後者の場合には其讀みたる度数を比重に改算するを要す。今左にポーム氏浮秤の度と比重との對照表を掲ぐ。



第四十四圖

ホーメ氏浮秤の度と比重との對照表 (其二)

輕液用 (溫度攝氏 12.5° の時)

度	比 重	度	比 重	度	比 重
10	1.000	27	.896	44	.811
11	.993	28	.890	45	.807
12	.987	29	.885	46	.802
13	.980	30	.880	47	.798
14	.973	31	.874	48	.794
15	.967	32	.869	49	.789
16	.961	33	.864	50	.785
17	.954	34	.859	51	.781
18	.948	35	.854	52	.777
19	.942	36	.849	53	.773
20	.936	37	.844	54	.768
21	.930	38	.839	55	.764
22	.924	39	.834	56	.760
23	.918	40	.830	57	.757
24	.913	41	.825	58	.753
25	.907	42	.820	59	.749
26	.901	43	.816	60	.745

ホーメ氏浮秤の度と比重との對照表 (其一)

重液用 (溫度攝氏 17.5° の時)

度	比 重	度	比 重	度	比 重
0	1.000	26	1.215	52	1.549
1	1.007	27	1.224	53	1.565
2	1.014	28	1.236	54	1.582
3	1.021	29	1.246	55	1.599
4	1.028	30	1.257	56	1.617
5	1.035	31	1.268	57	1.635
6	1.043	32	1.279	58	1.653
7	1.050	33	1.290	59	1.672
8	1.058	34	1.302	60	1.691
9	1.065	35	1.313	61	1.711
10	1.073	36	1.325	62	1.731
11	1.081	37	1.337	63	1.752
12	1.089	38	1.349	64	1.773
13	1.097	39	1.362	65	1.795
14	1.105	40	1.375	66	1.817
15	1.114	41	1.388	67	1.840
16	1.122	42	1.401	68	1.863
17	1.131	43	1.414	69	1.887
18	1.140	44	1.428	70	1.912
19	1.149	45	1.442	71	1.937
20	1.158	46	1.456	72	1.963
21	1.167	47	1.471	73	1.990
22	1.176	48	1.486	74	2.017
23	1.186	49	1.501	75	2.045
24	1.196	50	1.517		
25	1.205	51	1.533		

第十一 瓦斯體の性質に関する實驗

實驗 第一

瓦斯體は一定の形を有せざれども、一定の壓力の下には一定の體積を有することを示すには、次の如くして實驗す。

裝置及實驗の方法。 瓦斯體は容器の大小形狀に論なく常に其うちに充滿するを以て確然たる形を有せざることを知るを得べし。然れども今硝子管の先にゴム囊を結び付け、之に空氣を吹き込み指にて管の口を抑へながらゴム囊を押し潰さんとすれば、若干の抵抗を生じて容易に押し潰し難きを見る。従て一定の壓力の下には一定の體積を有し、其體積を變化するには若干の力を要することを知るべし。

實驗 第二

瓦斯體が重量を有することを示すには、次の如くして實驗す。

裝置及實驗の方法。 活栓付の口金を有する大なる硝子空球を取り、之を空氣唧筒(其使用法は第十四を見よ)の臺板に捻ぢ込みて其中の空氣を抽き去り、活栓を閉ぢて空氣の入らざる様になし、之を天秤の一方に懸け、他方の皿には分銅を載せて平均せしめよ。然る後活栓を開きて球内に空氣を充たしむるときは、天秤は平均を失ひて球が重くなれることを示すべし。

第十二 大氣の壓力に関する實驗

實驗の目的。 大氣の存在は眼を以て直に之を認むること能はずと雖も、其壓力は頗る大にして、一平方寸に付約二貫五百目なり、其影響する所少なからず、故に之に關係する實驗は最も重要なり。

實驗 第一

裝置及實驗の方法。 直徑一寸五分、長さ八寸許の黃銅製圓筒の底に活栓を備ふるものを取り、其中に圓滑に進退する活塞を嵌め、先づ活塞を圓筒の底まで押し込みて活栓を閉ぢ、而して圓筒を倒にし、之を丈夫なる臺に吊る

し、活塞の柄に重き分銅を懸垂すべし。然るときは活塞は下方に降らんとすれども、大氣の壓力によりて支へられ容易に降ること能はざるべし。今漸々分銅を増加し其重さをして大氣の壓力に超過せしむるときは活塞は終に下降するに至る。然れども其降り始むるまでには頗る大なる重量を要するが故に、大氣の壓力の偉大なることを知るを得べし。

實驗 第二

裝置及實驗の方法。 中空なる圓筒の一端の空氣唧筒の臺板に氣密に磨り合せられたるものを取り、其他端に膀胱を張り、之を空氣唧筒の臺に載せて内部の空氣を排除すべし。然るときは膀胱は大氣の壓力の爲めに押し込まれて遂に破裂するを見る。

注意。 膀胱を張るにはこれを水に浸して能く濕ほし圓筒の一端において糸にて巻き付け然る後之を乾燥すべし。

實驗 第三

裝置及實驗の方法。 大氣の壓力の強さを測る爲めには次の如き裝置を以てすべし。長さ三尺許にして一端の閉ぢたる硝子管を取り、之に水銀を充たし其口に指を當て、押へながら他の水銀槽中に倒立せよ。然る後指を水銀中にて離すとときは管内の水銀面は少しく低下すれども、全く降ることなく槽内の水銀面より約二尺五寸内外の處にて止まるべし。是れ管内の水銀は大氣の壓力に由て支へらるゝ爲めにして、畢竟大氣の壓力は此高さの水銀の壓力に等しきなり。依て尺度を其傍に持ち來りて槽内の水銀面より管内の水銀面までの高さを測り、大氣の壓力を知るべし。管の上部に於ける空處は所謂トリチェリ氏の真空なり。此管を傾くるときは水銀は漸々管の上部に昇るが如く見ゆれども、槽内の水銀面と管内の水銀面との垂直距離は變ずることなきを見るべし。

注意。 管に水銀を充たすに當り、管壁に空氣の小泡附着して全く除去せられざることあり。其時は初め水銀を以て管を充たすことなく、殊更に小豆粒大の空處を残し、指を以て其口を閉ぢ管を徐かに倒すべし。然るときは水銀は降りて氣泡は管壁に添ふて昇るを以て、其際他の小氣泡を浚ふ。依て四

五回之を反覆するときは終に全く氣泡を一つに集むることを得。斯の如くして後水銀を充たし指を以て其口を押へながら倒に水銀槽中に直立せしむべし。水銀槽は丈夫なるものならざるべからず。故に決してピーカーを用ふべからず。又餘り丈高き器は顛覆するの虞あるが故に宜からず。特殊の器物を有せざるときは繪具の刷毛を洗ふに用ふる水皿或は餘り底の凸起せざる肉厚き瓶を切りて用ふるも可なり。

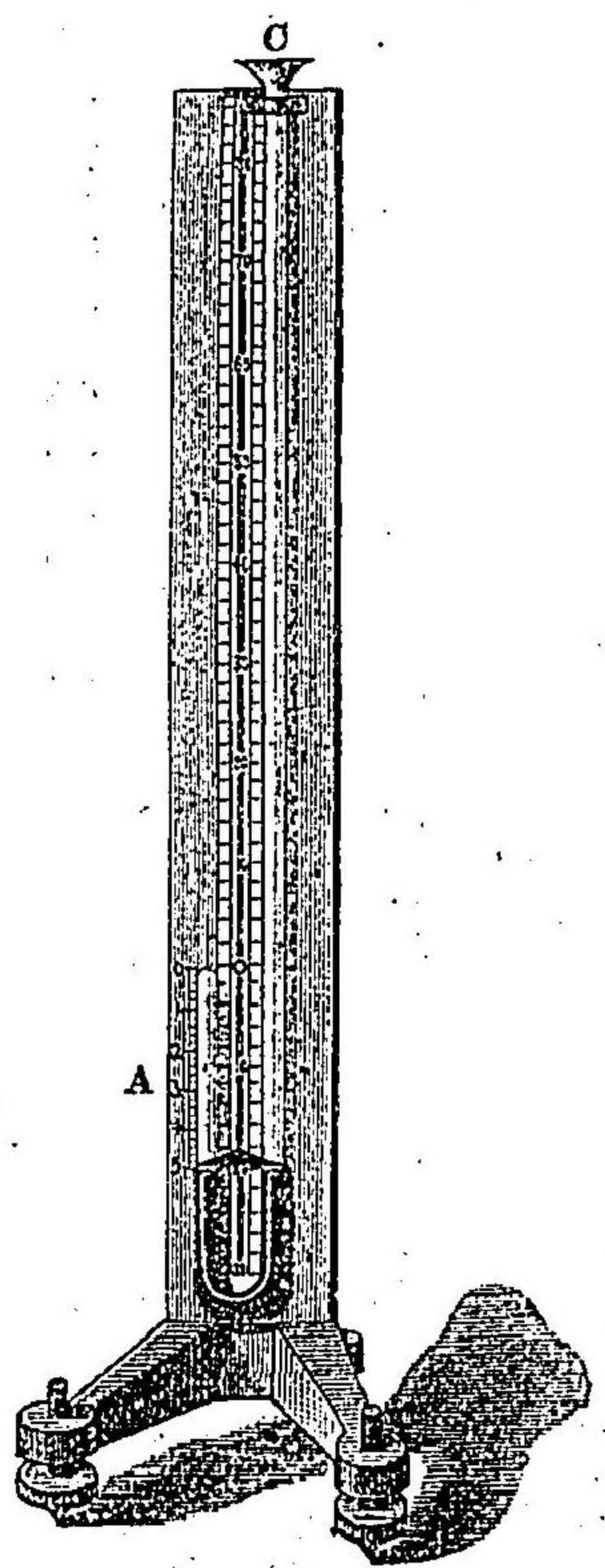
第十三 ボイル氏定律に關する實驗

實驗の目的。凡そ一定の質量を有する瓦斯體の體積は其壓力に反比例す。茲に反比例すと云ふは壓力増せば體積が從て減すると云ふのみならず、壓力の増す割合と體積の減する割合とが常に相等しと云ふことなり。本實驗に於ては殊に此點に注意するを要す。

實驗 第一

裝置及實驗の方法。一氣壓より大なる壓力に就て實驗するには、次の如

第四十五圖

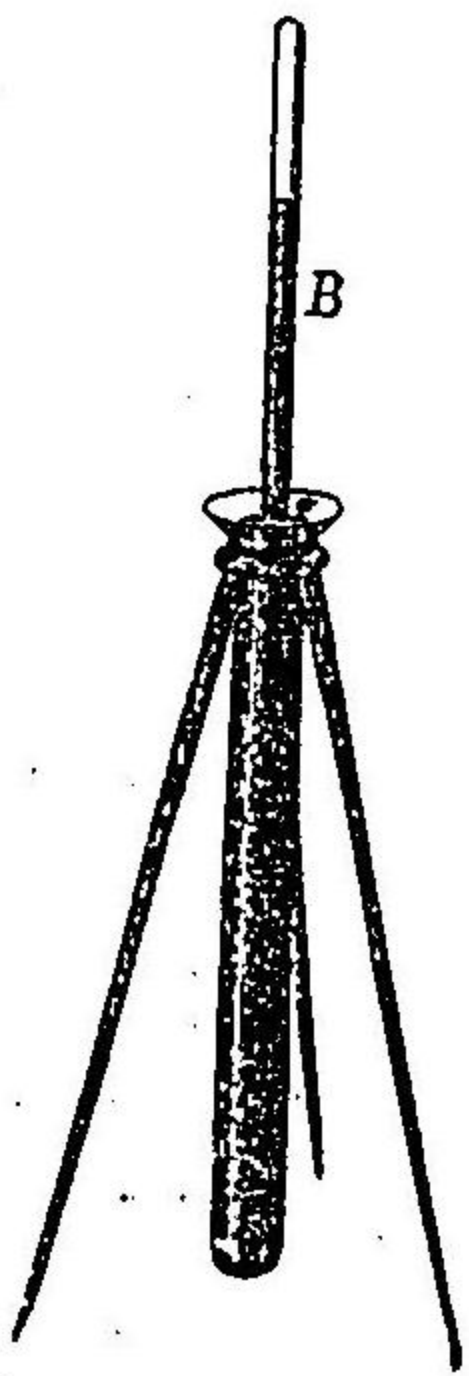


き裝置を以てすべし。第四十五圖に示せるは兩脚の長さ相等しからざる硝子の曲管にして、管側には尺度を有す。今Oより少許の水銀を注入し、兩脚の水銀面の高さを相等しからしむべし。若し短脚の水銀面が低き時は裝置全體を傾けて短脚の空氣を極めて少しく洩らし、更に注意して少しづつ水銀を長脚に注入して兩水銀面を等高ならしむべし。然るときはAの部分に閉ぢ込められたる空氣の壓力は一氣壓に等し。此時短脚の水銀面の位置を詳しく讀み取り置くとす。尚水銀をOより注入するときは、兩脚の水銀面の高さの差は漸々増加し閉ぢ込められたる空氣は其體積を減するが故に從て壓力を増す。今水銀面の高さの差を約二尺五寸ならしめば管内の空氣の壓力は略二倍なるを以て其體積が元の體

積の二分の一程となるを見るべし。

実験 第二

装置及実験の方法。一氣壓より小なる壓力に就て實驗するには次の如き方法による。先づ氣壓計(第十二實驗)を用ひて大氣の壓力を測定するを要す。更に又一端閉ぢたる硝子管Bに水銀を盛り、少量の空氣を残して之を第四十六圖の如き深き水銀槽中に倒立すべし。今Bを深く水銀槽中に挿入し、



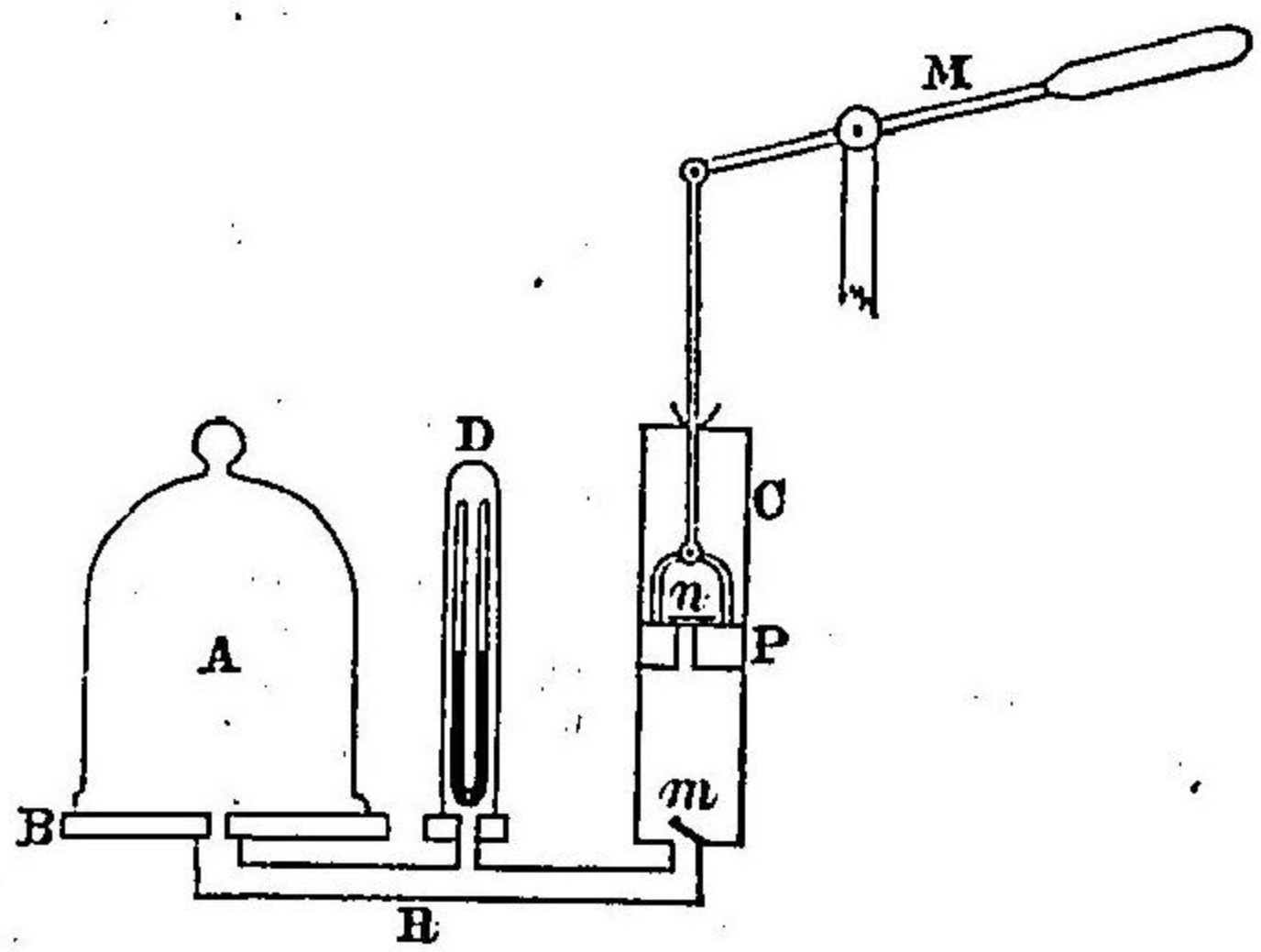
管の内外の水銀面を相等しからしむるときは、B管内の空氣の壓力は大氣の壓力に等し。此時管側に刻みたる度盛を讀みてB管内の空氣の體積を知り置き、次にB管を徐かに引き上げて管内の空氣の體積を前の二倍ならしむるときは、管内の水銀昇りて管の内外水銀面の高さの差が氣壓計の水銀柱の高さの半分となるを認むべし。尙管内の空氣の體積を三倍四倍等ならしめて實驗すべし。

第四十六圖

注意。氣壓計なきときは大氣の壓力を約七六〇耗として計算すべし。

第十四 空氣唧筒の使用法

構造及原理。第四十七圖に於てCは硝子或は金屬を以て造りたる圓筒にして、Pは之に密合して上下すべき活塞なり。活塞及圓筒の底部には各下



第四十七圖

より上に開くべきカ及mなる瓣を備ふ。Bは金屬製の極めて平坦なる圓板にして中央に孔を有し、此孔と圓筒の底とを連絡するにRなる金屬管を以てす。R管の途中には壓力計Dを附し、空氣の稀薄の度を知るに用ふ。空氣を抽かんと欲する器は之をBの上に載せ或は中央の孔に捻ぢ込む様にせり。Bに載するものは通常鐘形の硝子器Aにして、孔に捻ぢ込むには活栓を備ふる器を用ふ。今活塞Pが圓筒の底に密接せりとし、把手Mを動かして

Pを引き上げるときは、其下は眞空となるを以て鐘内の空氣は自己の張力によりて m なる瓣を開き圓筒内に入る。茲に於てPを押し下ぐれば、圓筒内の空氣の壓力は増して m を閉ぢ、其壓力が外界の氣壓よりも大なるに至りて空氣は n を開きて外に通るゝなり。

使用法。 空氣唧筒は使用に際して能く之を掃除すべし。次に把手Mを動かして活塞Pが圓滑に上下するや否やを見よ。若し之に故障なきときは十分に各部に油を注し、然る後Aの口の周圍に髮附油を塗りてBに密著せしむべし。(良好なる器械に於ては)活塞を上下するときは之を圓筒の底に押し付け。然る後引き上げべし。今鐘内に雀の如き小動物を入れ把手を動かして鐘内の空氣を漸々稀薄ならしむるときは、雀は次第に呼吸困難の度を増して終に倒るゝに至る。然れども直ちに活栓を開きて鐘内に空氣を送れば暫時にして再び蘇生するを見るべし。又膀胱に半ば空氣を入れて其口を緊縛し、鐘に入れて其内の空氣を抽くときは、膀胱は漸々膨大するを見る。而して鐘内に空氣を送れば膀胱は元の通りに萎縮すべし。

第十五 毛管現象に關する實驗

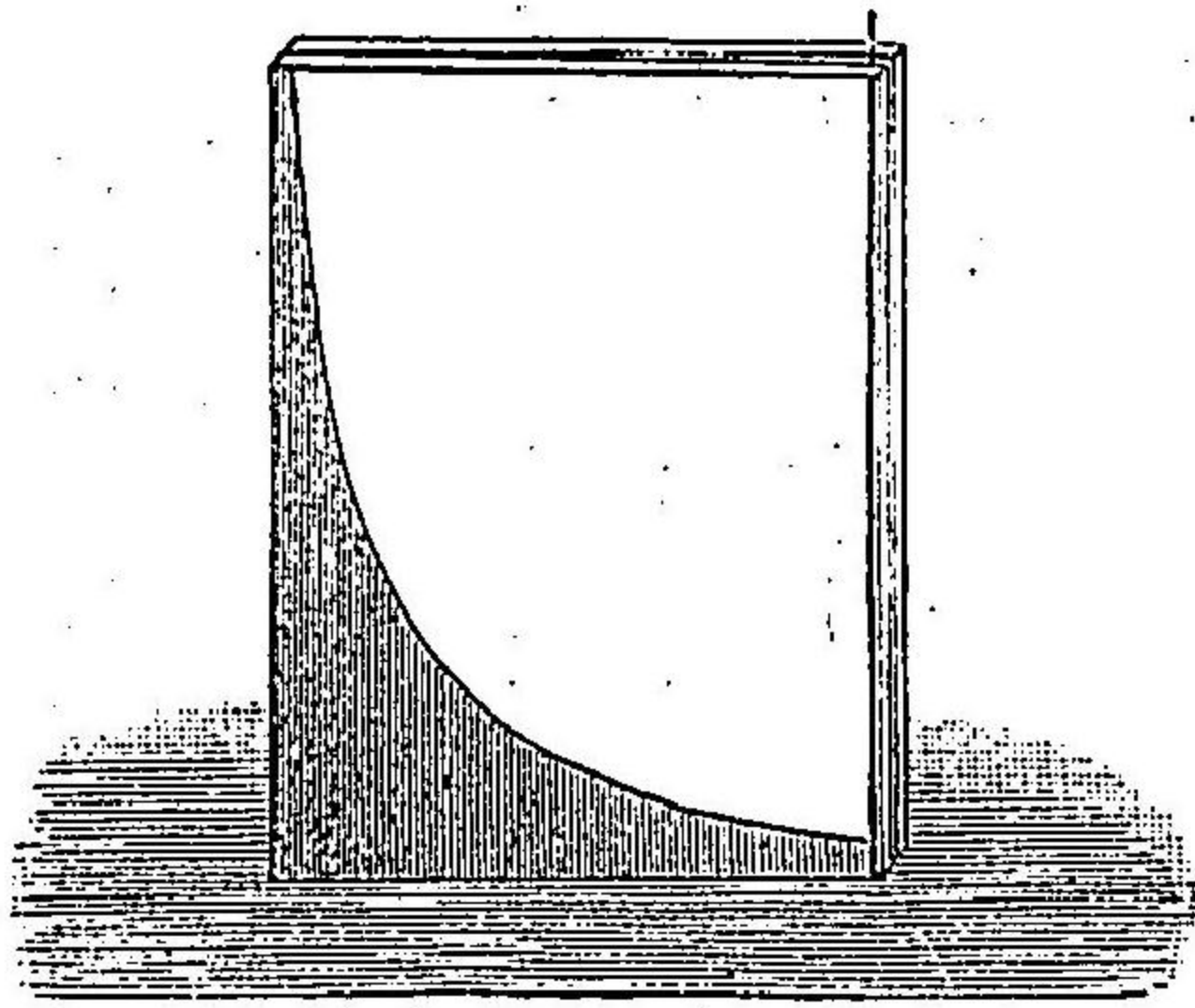
實驗 第一

装置及實驗の方法。 液體によりて濕潤せらるゝ細き管内に昇る液體の高さは管の太さに反比例す。今之を實驗するには種々の太さを有する硝子管を取り太さの(管の内徑鉛筆の心より少し太きも)順に列べて之を液體中に立つべし。然るときは細き管程液體は高く昇るを見る。更に著しく此現象を示さんと欲せば、硝子管をアルコールランプにて熱し、之を引き延すときは極めて細長き管を得るを以て之を液中に立つべし。然るときは液は頗る高き所まで上昇す。

注意。 極めて細き管に液が昇り居るや否やは遠方より見分け難きが故に、赤色インキ或は水に洋紅を溶したる液を用ひ、且管の背後に白紙を置きて見易からしむべし。

実験 第二

装置及実験の方法。 二枚の硝子板の間に液体の昇ることを実験するには、次の如くなすべし。平に磨きたる二枚の同大の硝子板を取りて並べ、其一端を密接せしめて、之を着色液を盛りたる平たき皿の上に立て、然る後他端を漸々接近せしめ、液の上り方が工合能ければ、其縁に細き針金或は厚紙の細片を挟み全體を糸にて緊縛すべし。然るときは液は二枚の間隙に昇り狭き處程高く昇るが故に硝子板の間隙の液面は第四十八圖



第四十八圖

の如く雙曲線をなすべし。
注意。 液体を能く昇らしむるには硝子板を豫め能く洗ひて脂氣を除き且実験に際して十分に濕潤せしむるを要す。然らざれば氣泡が板の間に入るの虞あり。

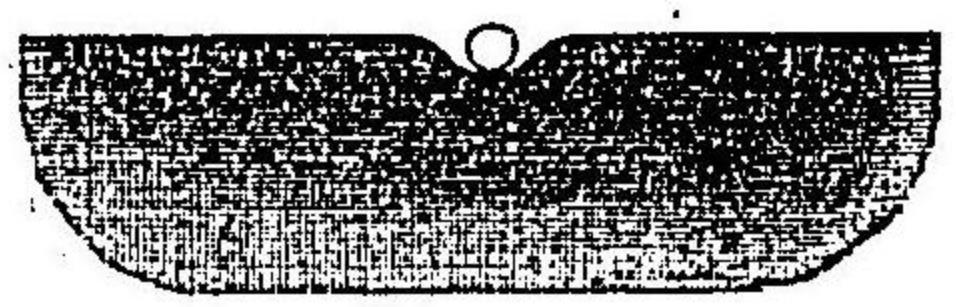
実験 第三

実験の方法。 極めて狭き間隙に液体の昇ることは、又次の実験に於ても認ることを得べし。例へば吸墨紙濾紙或は角砂糖等の一端を液中に浸すときは、液は忽ち上昇して全體を濕すに至るが如し。

第十六 表面張力に関する実験

実験 第一

装置及実験の方法。 液体の表面が常に緊張せられたるが如き觀を呈することは、次の実験に依りて之を知ることを得。大なるコップ或はビーカーを取りて之に水を充たし、其上に第四十九圖の如く縫針を浮ばしむべし。然るときは鐵の比重は七八なるにも係らず、水面に浮ぶものなり。
注意。 此実験に於ては針に脂氣を有せしむること必要な

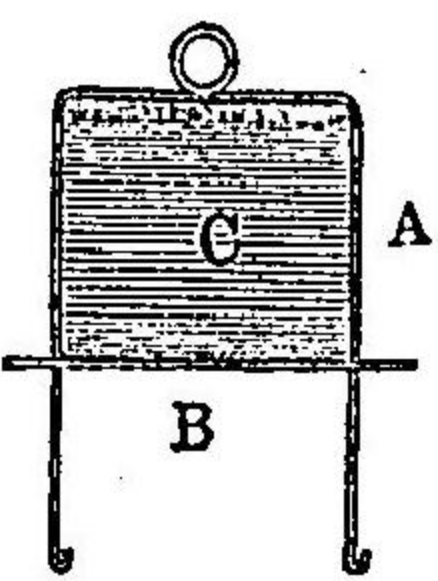


第四十九圖

り又之を浮ばしむるには、ピンセットを以て針の中央を狭み、徐かに水平に之を水上に置くべし。

実験 第二

装置及実験の方法。 石鹼の溶液(普通の實驗には洗濯石鹼の溶液にて十分なり)を用ひて表面張力に関する多くの實驗をなすことを得べし。先づ針金を以て第五十圖Aの如き框を作り、其上に短き針金Bを載す。今之を石鹼液中に入れ、徐かに垂直に引き揚ぐれば、Cの部分は石鹼膜を以て覆はるゝを見る。然るに此膜は緊張してBを引き上げんとするが故に、Aを垂直の位置より漸々水平の位置に傾くるときは、Bは漸々膜の爲めに引き上げらるべし。又針金を以て第五十一圖に示すが如き種々なる形を作り、之を石鹼液に浸して徐かに引き揚ぐるときは、各の場合に對して最小の面積を有する膜を生ずるを見るべし。



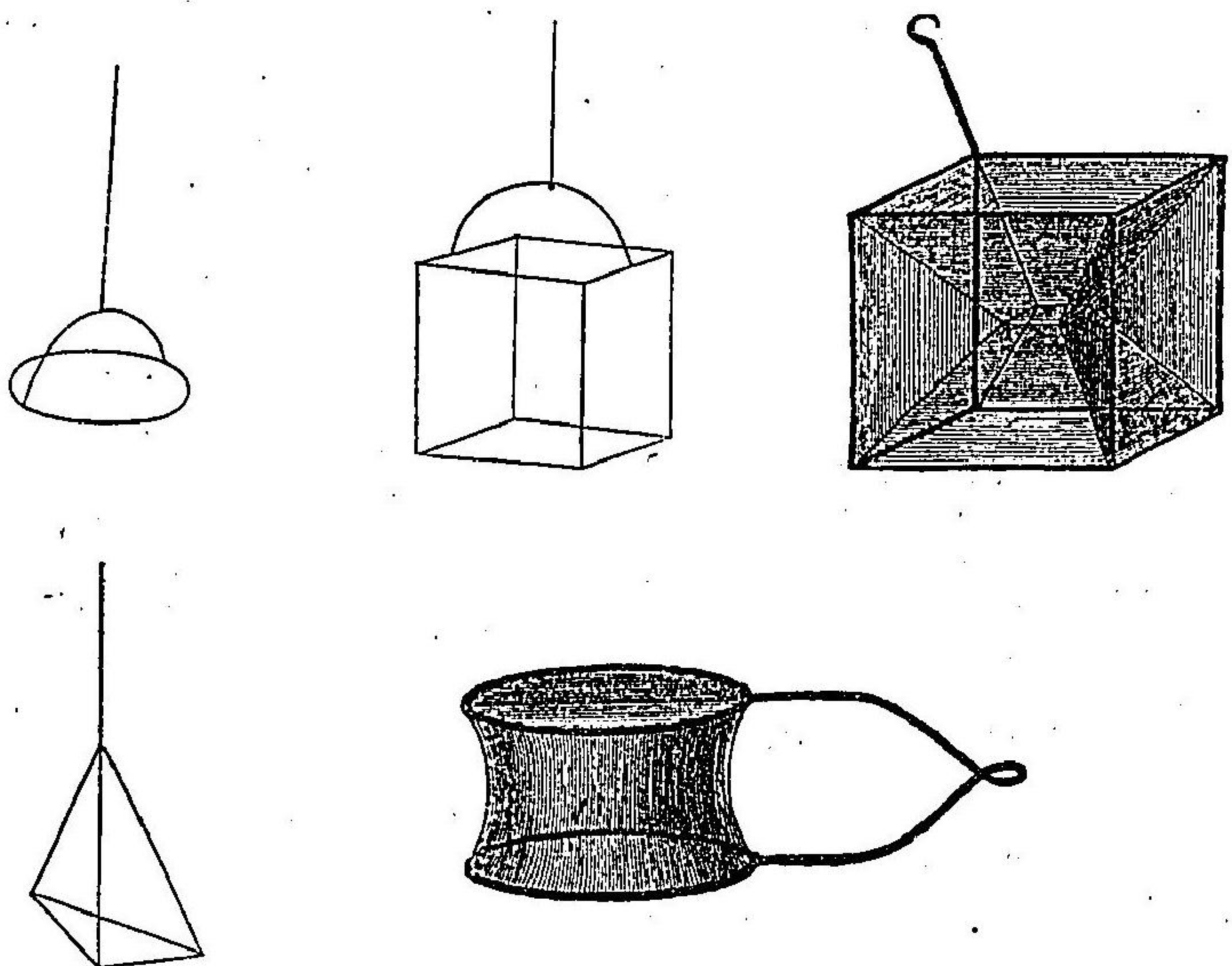
第五十圖

注意。 Bなる針金は眞直なることを要す。凡て針金を眞直にするには、之

を平なる堅き臺の上に載せ、其上に堅き板を載せて力を加へながら、之を前後に動かし、針金を其間に轉がすを最も良しとす。

実験 第三

装置及実験の方法。 液體が重力の作用を受けざる處に置かるゝときは、其表面は最小の面積を取らんとするを以て液體は球狀となるべし。今之を實驗せんと欲せば、アルコールと水とを混合して油と同一なる比重を有す



第五十一圖

る液を作り、ピペットを以て其中に油滴を没落すべし。然るときは油滴は浮き上ることもなく又沈むこともなきが故に、重力が作用せざると同一の結果を生じ、球状を呈するを見る。

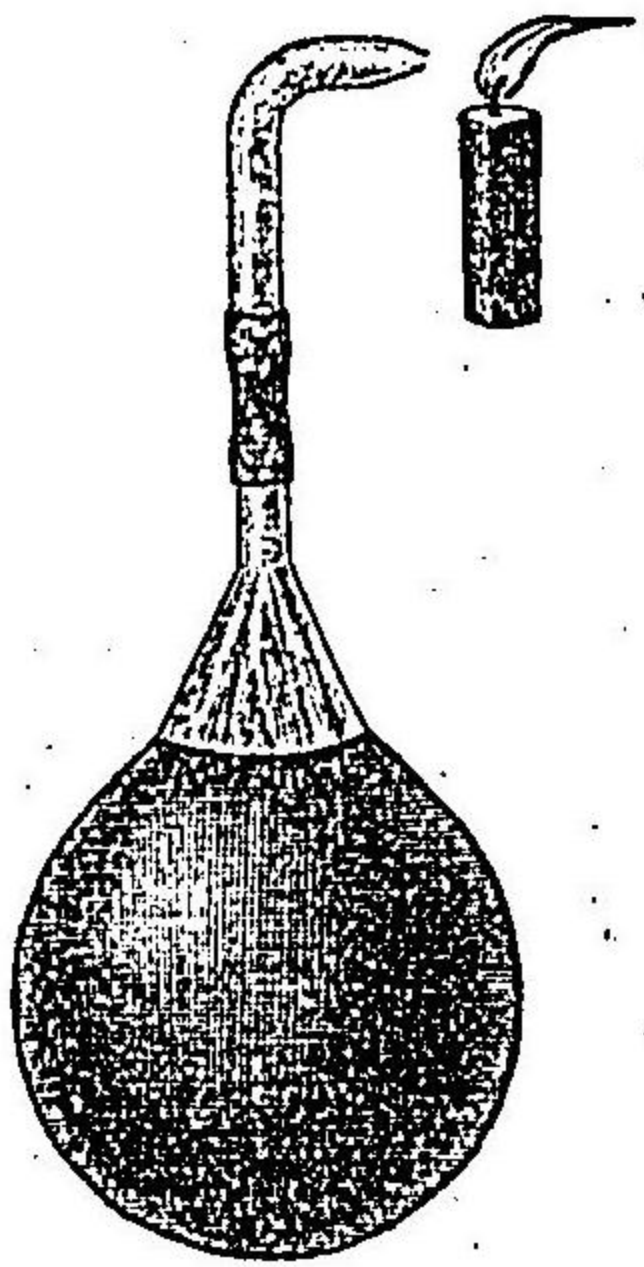
油と同じ比重を有する液を作るには、先づアルコール二分、水一分程の割合の混合液を作り、之に極めて少許の油を落してそれが浮き上るか或は沈むかを見るべし。若し油が沈むときは水を加へ、浮ぶときはアルコールを増して終に油滴が液の深さの中程に止まる様になすべし。

注意。混合液の全部が一樣なる比重を有するときは、其比重が油の比重と全く等しきも、油滴は表面に浮び或は、底に沈みて中央に止まることなるべし。故に液が殆ど油と同じ比重を得るに至らば、尙之に水或はアルコールを徐かに注ぎて之を攪拌することなく、殊更に下層と上層との密度を極めて僅に異ならしめ、其境界に油滴を保つ様になすべし。

実験 第四

装置及実験の方法。硝子管を用ひて石鹼球を吹き其口を閉づることな

第五十二圖



るべし。

注意。大なる石鹼球を吹くには、小さき漏斗を以てすればよし。

実験 第五

装置及実験の方法。針金を圓形に曲げて之に石鹼膜を張らしめ、紐絲或は絹絲を割きて結びたる輪を膜上に置き、燒きたる針金を以て輪の中の膜を破るときは絲の輪は圓形をなすを見るべし。

附言。石鹼液の製法(プラトー氏の方法)。

新しくして且濕りたるマルセイユ石鹼(尙オレイン酸)の細末を重量にて一分取り、之を蒸溜水四十分の内に平温にて溶解せしめ、薄き濾紙にて濾し、

容積にて此液の十五分とグリセリン十一分とを混和して七日間其まゝに貯へ置き、八日目には此液の温度を六時間攝氏三度に保たしめば、多分の沈澱物を生ず。之を目の粗き濾紙にて濾すべし。但し此際濾紙中の液には小瓶に水を入れて密閉したるものを入れ置き、以て沈澱物の再び溶解して濾出するを防ぐを要す。初め濾液は少しく溷濁すと雖も、再三之を濾過するときは遂に清澄液となすことを得べし。

斯の如き液にて作りたる球或は膜は、硝子鐘にて覆ひ置き鐘内に少しく濕りたる空氣あらしむれば、十八時間も破るゝことなかるべしと云ふ。

第十七 擴散に関する實驗

實驗 第一

裝置及實驗の方法。コップに半分許湯を盛り硫酸銅の濃溶液を少しく温めて、脚の長き漏斗にて徐かに之を水層の下に注入すべし。然るときは底部の濃厚なる液は漸々上層に擴散するを見るべし。此實驗は擴散の現象を

見るまでに長時間を要するものなれば以前より用意し置くを要す。

實驗 第二

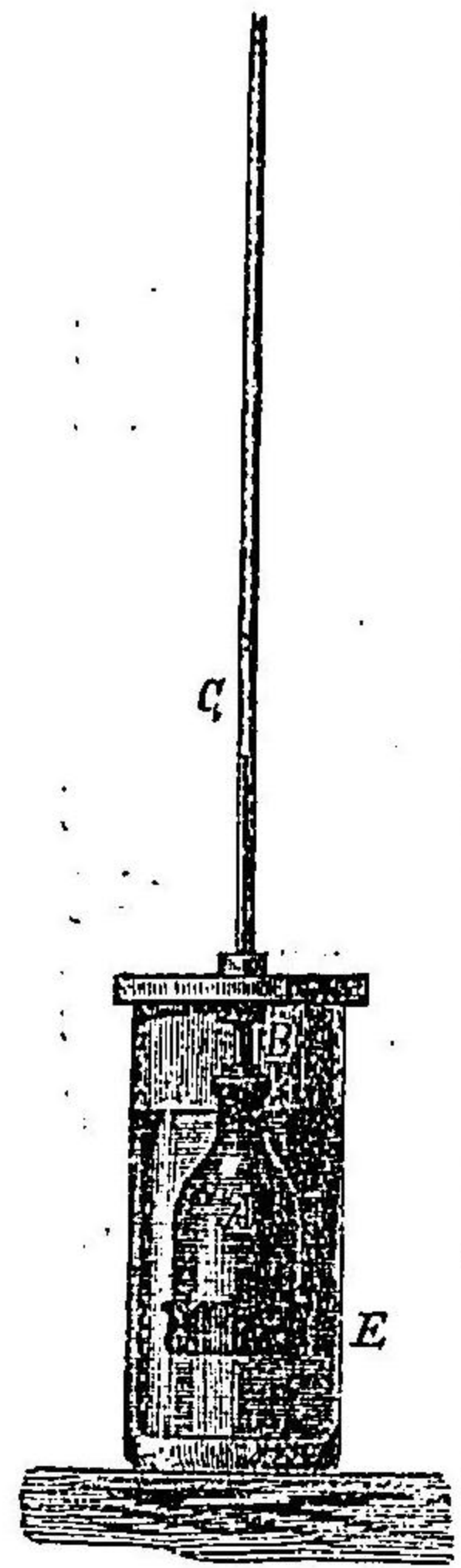
裝置及實驗の方法。リトマス液に炭酸曹達或は其他の鹽基を加へて青色となし、之を細長き硝子の圓筒に盛り、次に脚の長き漏斗を用ひて稀硫酸の水溶液を此リトマス液の底部より注入すべし。然るときは硫酸の擴散に由りて圓筒の底より漸々上層に向て赤變するを見るべし。此實驗は二三十分間にして十分に其現象を見ることを得るを以て講義の際之を示すに最も便利なり。

第十八 滲透に関する實驗

實驗 第一

裝置及實驗の方法。第五十三圖の如く、膀胱を以て底としたる瓶Aの口にコルクBを締め、之に硝子管Cを挿入すべし。先づコルク栓を抜きてAに

第五十三圖



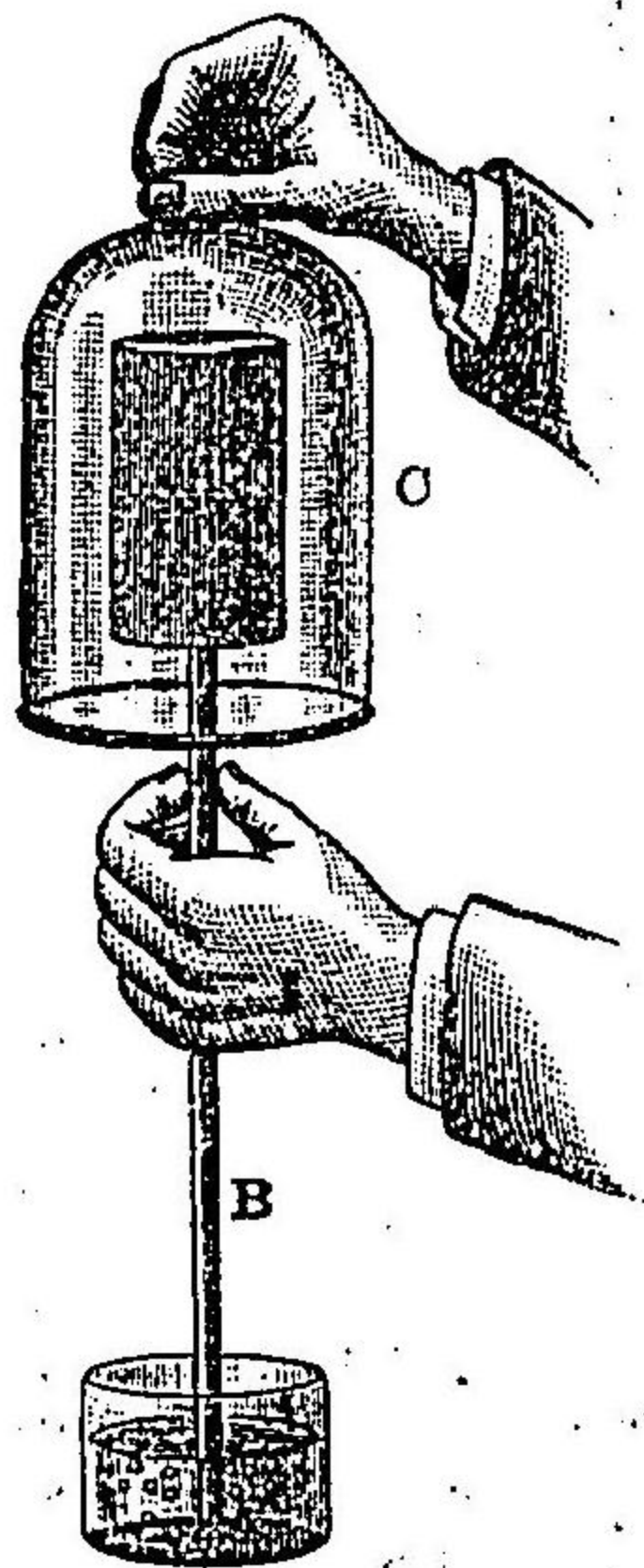
硫酸銅の濃溶液を盛り、之にBを嵌むるときは液は幾分かC管に昇るべし。
 今別に清水を盛りたる器Eの中にAを浸すときは、水は膀胱を透してA中に滲入するが故に數時間の後液が漸々C管中に昇るを見るべし。

注意。膀胱を硝子瓶に木綿糸を以て數十回強く巻き付け緊く張ることを要す。又Bの栓に間隙なきを要す。

實驗 第二

装置及實驗の方法。瓦斯體の滲透を實驗するには、次の如き装置を要す。第五十四圖Aは電池に用ふる素焼の圓筒にして、其口にコルクを嵌め、尚コルクにBなる硝子管を挿入す。圓筒とコルクとの間には間隙を塞ぐ爲めに少しく之を温めて封蠟或はパラフィンを塗るべし、今之を覆ふにCなる硝子

第五十四圖

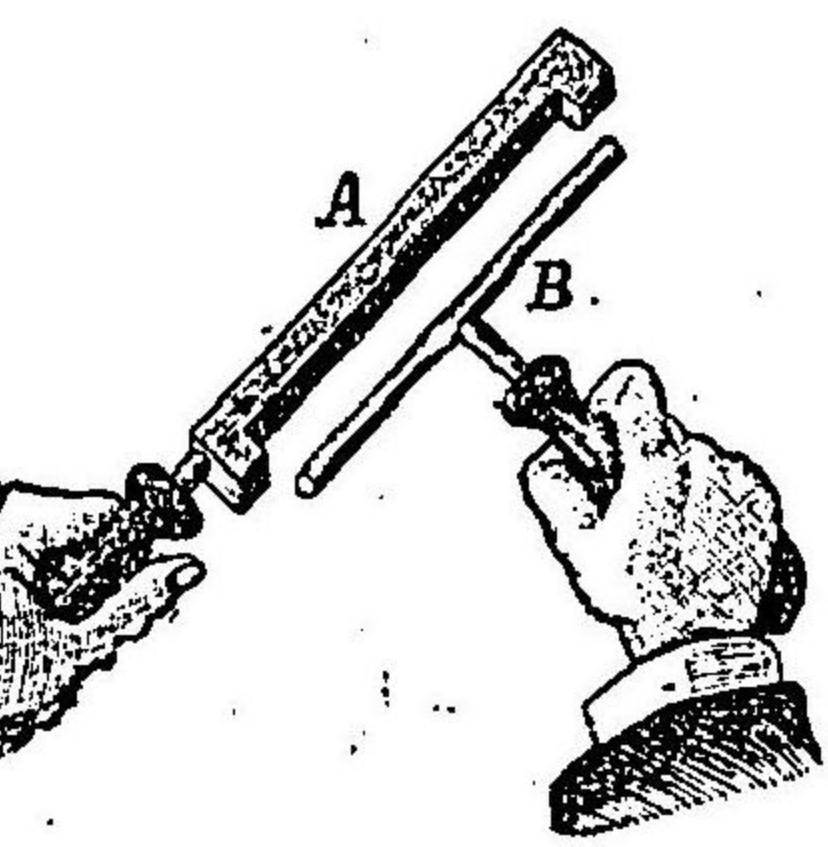


鐘を以てし水素或は石炭瓦斯をC中に送るときは、瓦斯は圓筒内に滲入するが故に圓筒内の空氣は追出さる。依てBの端を水を入れたるコップに入れ置けば、管口より氣泡の出づるを見るべし。次にCを除けばA中の瓦斯は又外部に滲出するを以て圓筒内の壓力は減少し、爲めに外氣の壓力に由て水はB管中に昇るべし。

第三編 熱學

第一 固體の膨脹に関する實驗

實驗 第一

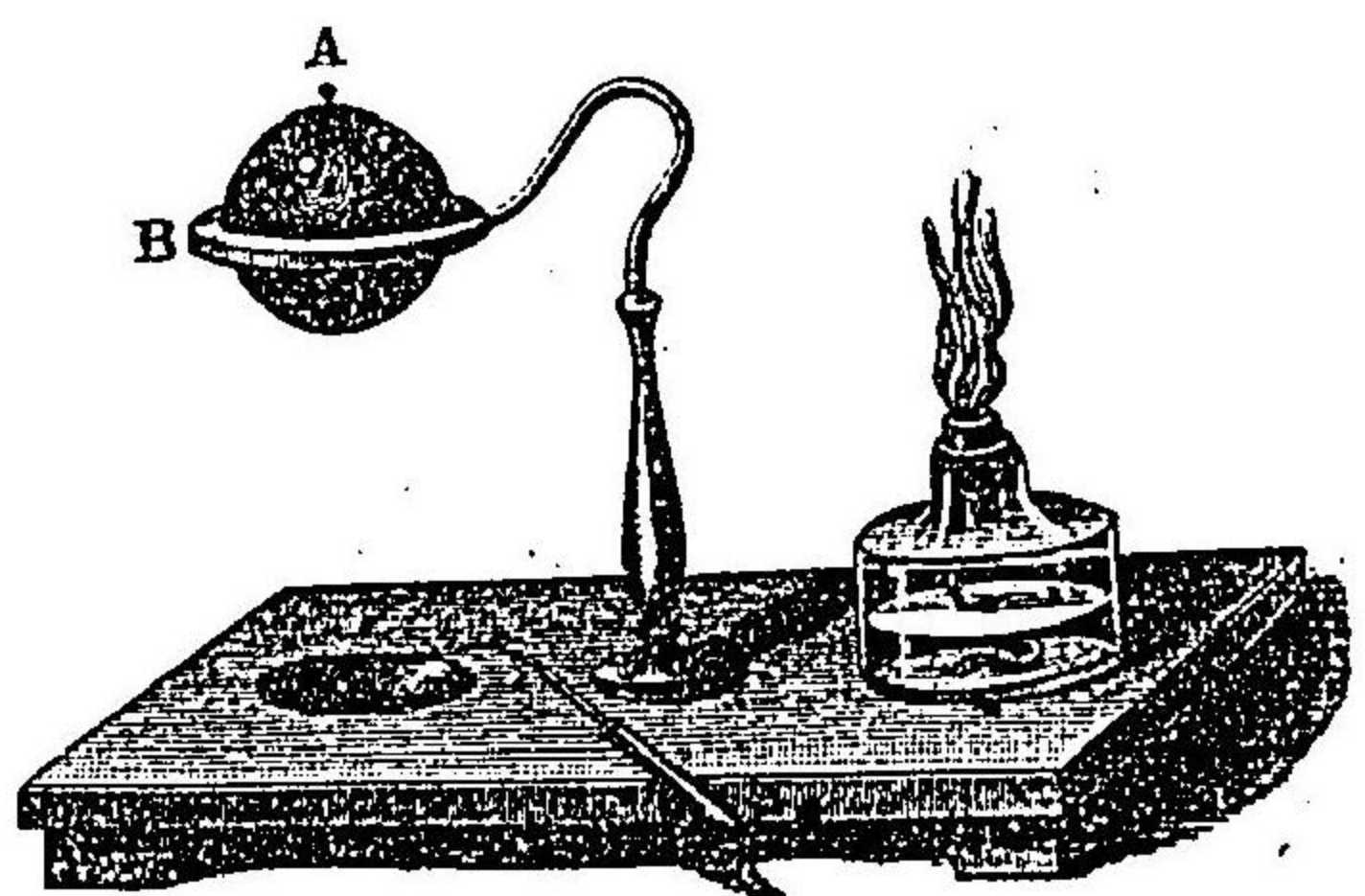


第五十五圖

裝置及實驗の方法。

第五十六圖に示す裝置はグラフエザンデ氏の環と稱

實驗 第二



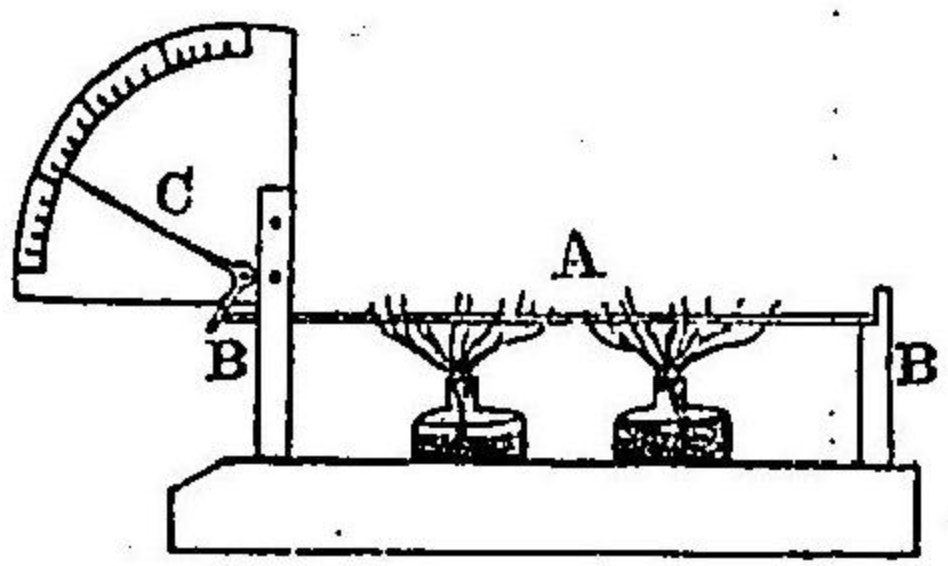
第五十六圖

注意。球が十分膨脹するまでには可なり長く熱することを要す。

實驗 第三

裝置及實驗の方法。第五十七圖の裝置は固體の長さの膨脹を示すに最も普通に用ひらるゝものなり。Aは細き金屬の棒にして、B、Bなる支柱の上

第五十七圖



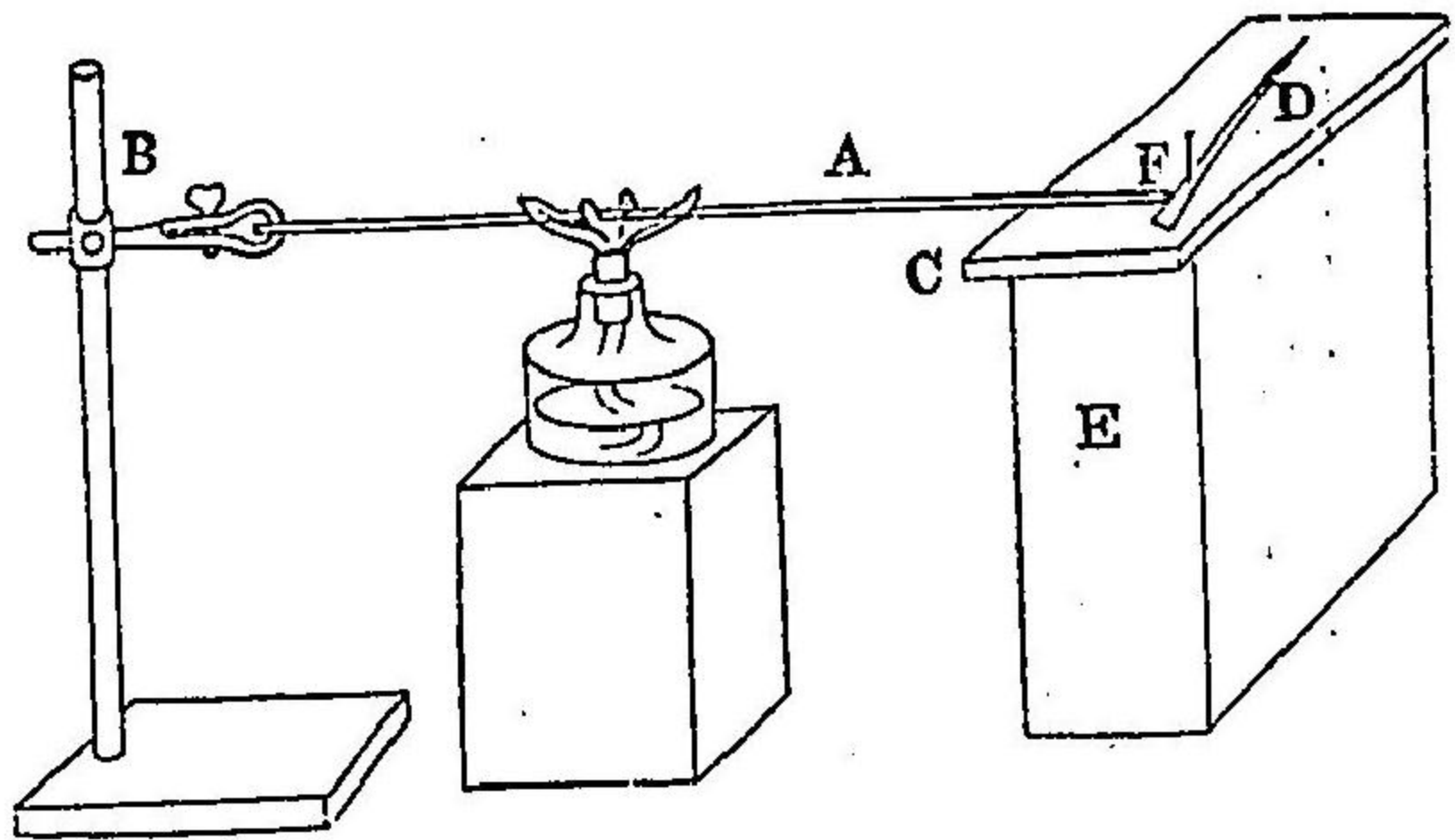
に置かれ、其一端は固定し、他端はCなる指針に接す。今アルコールランプを以てAを熱するときは、其膨脹の爲めに指針を著しく動かすに至るべし。
注意。Aなる棒は種類の異りたる金屬にて作りたるもの數箇を具へ置き、種々交換して實驗すべし。

實驗 第四

裝置及實驗の方法。前實驗は又第五十八圖の如くにして、簡易に之を行ふことを得べし。Aは長さ一尺許の太き針金にして、一端はBなるレトルト臺に由て固定せられ、他端はEなる臺の上に置かれたる板Cの上に支へられ、Dなる指針に接す。但しDは細長き厚紙の片にして、FはDを貫きてCに立てられたる縫針又は留針なり。今アルコールランプを以てAを熱するときは、其膨脹の爲めに指針の動くを見るべし。

第二 液體の膨脹に関する實驗

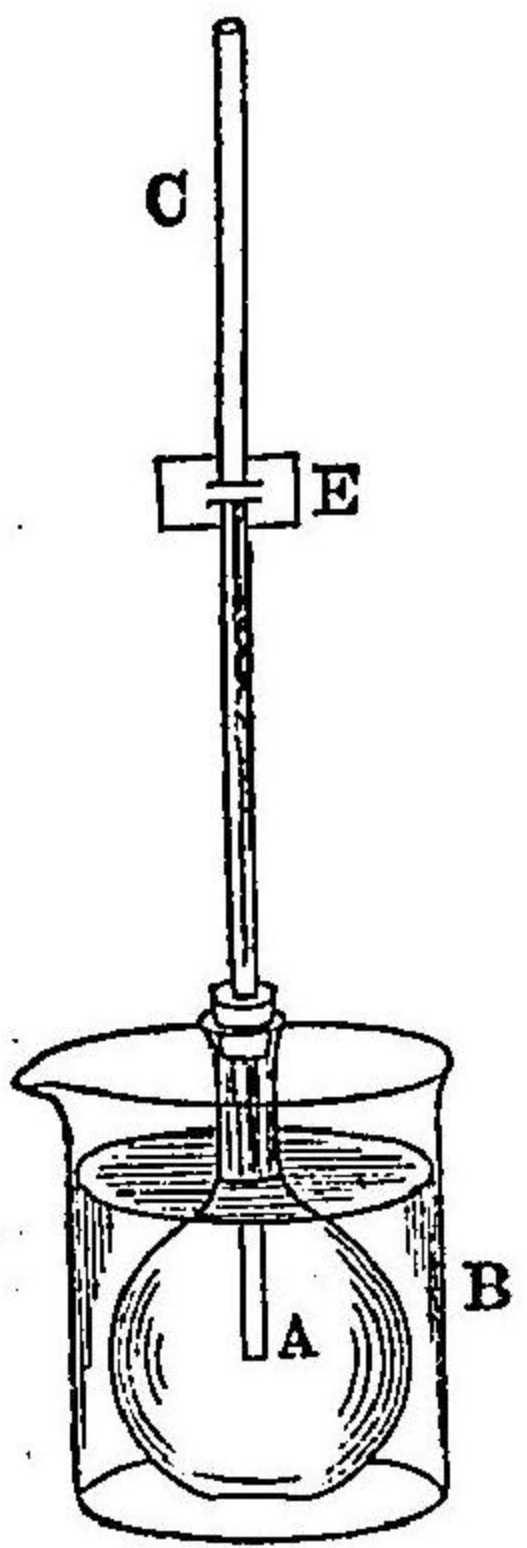
第五十八圖



裝置及實驗の方法。第五十九圖に示すが如く、直徑二寸餘の小さきガラスコAを取り、内に着色せる水を充たし、Cなる硝子管を貫きたる木栓にて其口を塞ぎ、以て着色液を管中少しく昇らしめ、紙片Eにより其高さを記し置くべし。今Bなるピッカーに半分程湯を入れ、之にAを没入するときは、着色液は膨脹してC管中に上昇するを見るべし。

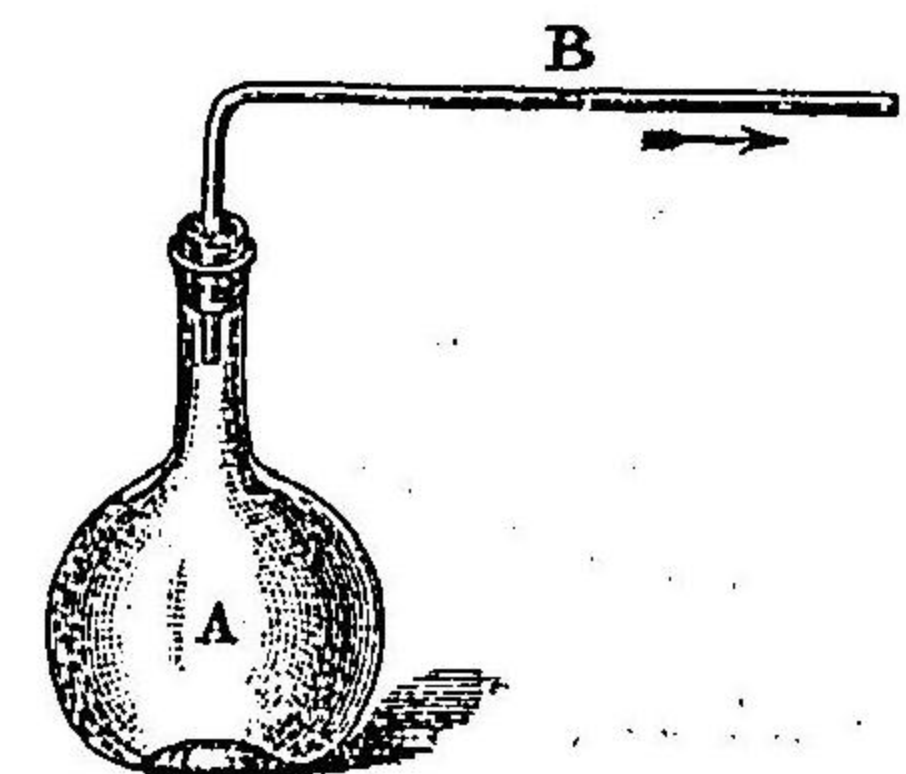
注意。AをBに没入したる瞬間に於て液は一時管中を降下し、然る後漸々上昇すべし。是れ液體が膨脹するに先立ちて、ガラスコの容積が増すを以て斯の如き現象を呈するなり。

第五十九圖



第三 氣體の膨脹に関する實驗

實驗 第一



裝置及實驗の方法。第六十圖の如く、先づ一個の空瓶 A を取りて之に直角に曲げたる硝子管を貫通したる木栓を箝め、管中 B の位置に一滴の著色液を留むべし。今瓶に手を觸れて之を温むれば、B なる液滴は矢の方向に移動して氣體が膨脹することを示すべく、且此膨脹は液體又は固體と異なりて甚だ大なることを認むべし。

實驗 第二

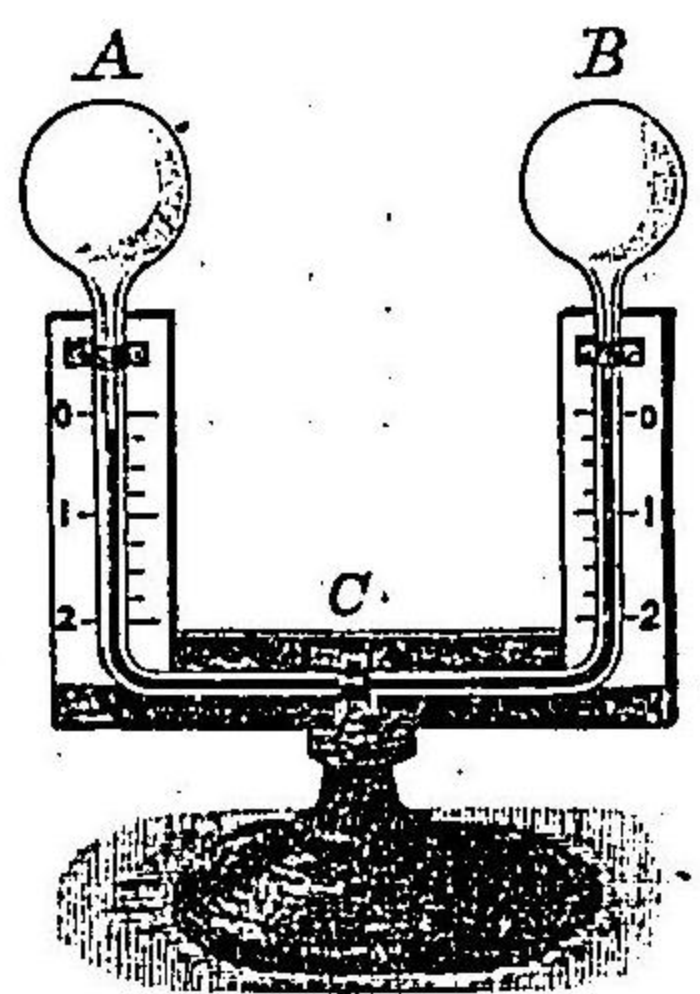
裝置及實驗の方法。硝子管を貫通したる木栓を以て著色液を少しく入れたる瓶の口を密閉すべし。但し硝子管は殆ど瓶の底に達する位になすべし。

第六十圖

要す。今湯に浸したる布片を以て瓶を被ふときは、瓶内の空氣は膨脹して液面を壓するが故に液は管中に押上げられ、爲めに著色液の上昇するを見るべし。

實驗 第三

裝置及實驗の方法。第六十一圖に示すは示差寒暖計と稱するものなり。A・B は二つの相等しき空球にして、著色液を入れたる細管 C にて連結せらる。今一方の球に手を觸れて少しく之を熱するときは、其中の空氣は膨脹して C 管内の液體は他方に押され、左右の液面の高さに差を生ずべし。故に此高さの差を讀みて温度の差を知ることを得。



第六十一圖

第四 寒暖計の氷點及沸騰點を検する法

實驗の目的。普通の硝子にて作れる寒暖計は製作の後時日を経るに従

ひ硝子の實質に變化を來し其球部の内容を收縮するを以て、水點及沸騰點の上昇を來すものなり。其他製作の粗雜に基く刻度の誤差も亦少なからず。故に時々之を檢定することを要す。

實驗 第一

水點を檢定するには次の如くすべし。

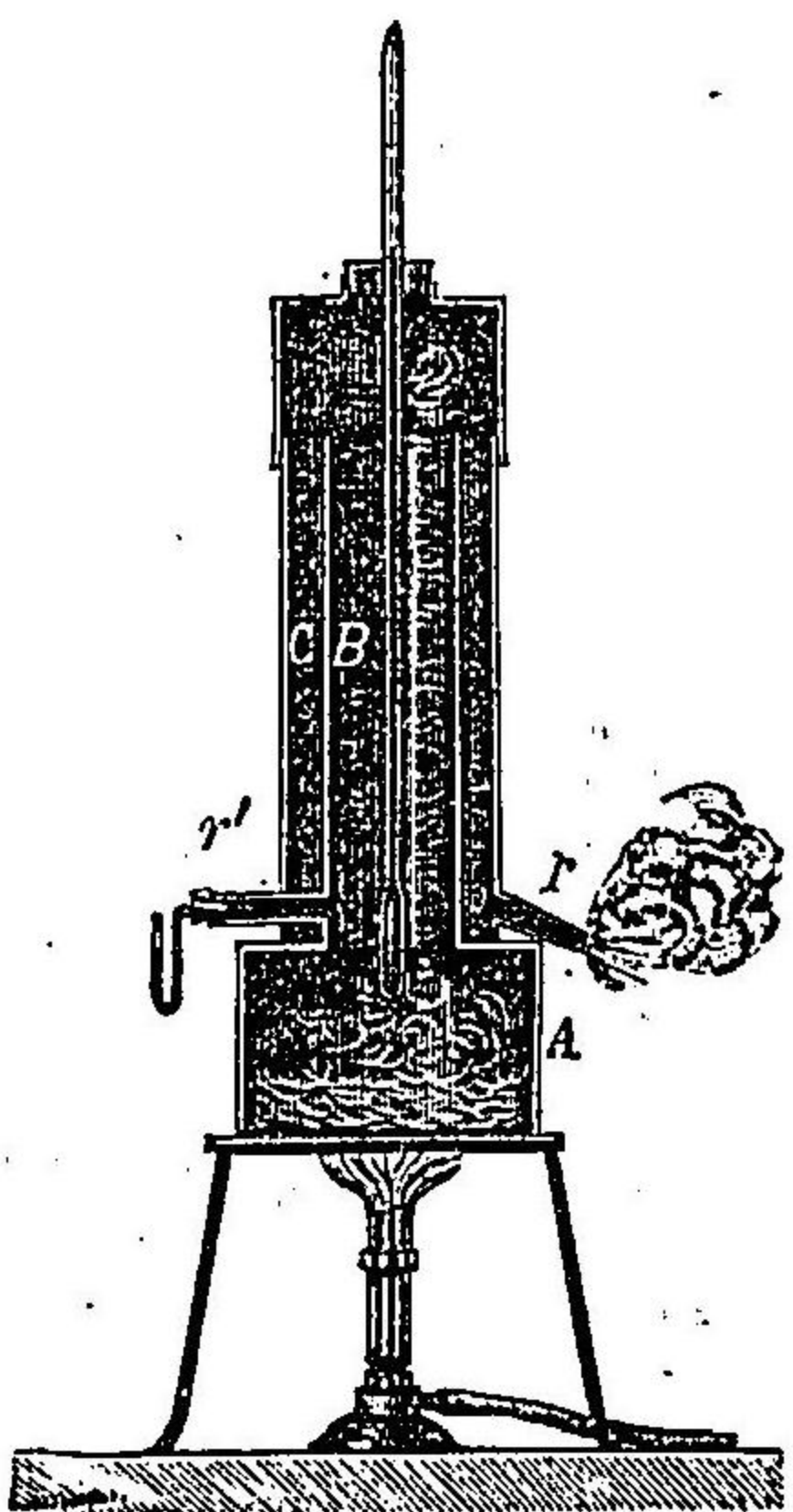
裝置及實驗の方法。圓筒形の器に碎きたる氷を盛り、之に寒暖計を挿入して其零點が氷の上に表るゝ様にし、暫時の間放置すべし。然るときは寒暖計の液面は下りて一定の處に停止す。故に其處の度盛を讀み取りて之を記すべし。

實驗 第二

沸騰點を檢定するには次の如くすべし。

裝置及實驗の方法。第六十二圖に示す如き二重の圓筒より成る器を作り、之に水を入れて下より熱し其沸騰に由て生ずる蒸氣内に寒暖計を挿入

第六十二圖



し置くべし。Aより昇る蒸氣はBを経てCに入りB筒を廻りて其温度の降下を防ぎ、遂にCなる口より外に逃る。又B筒の下方には水を入れたる小さき壓力計ありて、水蒸氣の壓力と大氣の壓力との差を示す。此差成可く小なるを要す。

今寒暖計を少しづつ引き上

げて寒暖計内の液面が木栓の上面と一致する様にし、液面が此位置に停止するを認め、其度盛を讀み取りて之を記すべし。

注意。水の沸騰する温度は外氣の壓力によりて差違あるものなり。故に其壓力が氣壓計の七六〇耗に等しき時の外は蒸氣の温度は一〇〇度(攝氏に換して)に準ず。觀測の結果に據れば氣壓が凡そ二七耗増減する毎に水の沸騰點が一度づつ増減する割合なり。故に外氣の壓力がp耗なれば蒸氣の温度は $100 + \frac{p-760}{27}$ なり。若しB筒内の壓力が大氣の壓力よりも水壓力

氣壓と水の沸騰點との對照表

氣 壓	沸 騰 點	氣 壓	沸 騰 點	氣 壓	沸 騰 點
720	98.49	741	99.29	762	100.07
721	98.53	742	99.33	763	100.11
722	98.57	743	99.37	764	100.15
723	98.61	744	99.41	765	100.18
724	98.65	745	99.44	766	100.22
725	98.69	746	99.48	767	100.26
726	98.72	747	99.52	768	100.29
727	98.76	748	99.55	769	100.33
728	98.80	749	99.59	770	100.37
729	98.84	750	99.63	771	100.40
730	98.88	751	99.67	772	100.44
731	98.92	752	99.70	773	100.48
732	98.95	753	99.74	774	100.51
733	98.99	754	99.78	775	100.55
734	99.03	755	99.82	776	100.58
735	99.07	756	99.85	777	100.62
736	99.10	757	99.89	778	100.66
737	99.14	758	99.93	779	100.69
738	99.18	759	99.96	780	100.73
739	99.22	760	100.00		
740	99.26	761	100.04		

計にて q 耗大なれば之を水銀に換算して p に加ふべし。即ち蒸氣の溫度は左の如し。

$$100 + \frac{1}{27}(p + \frac{q}{13.6} - 760)$$

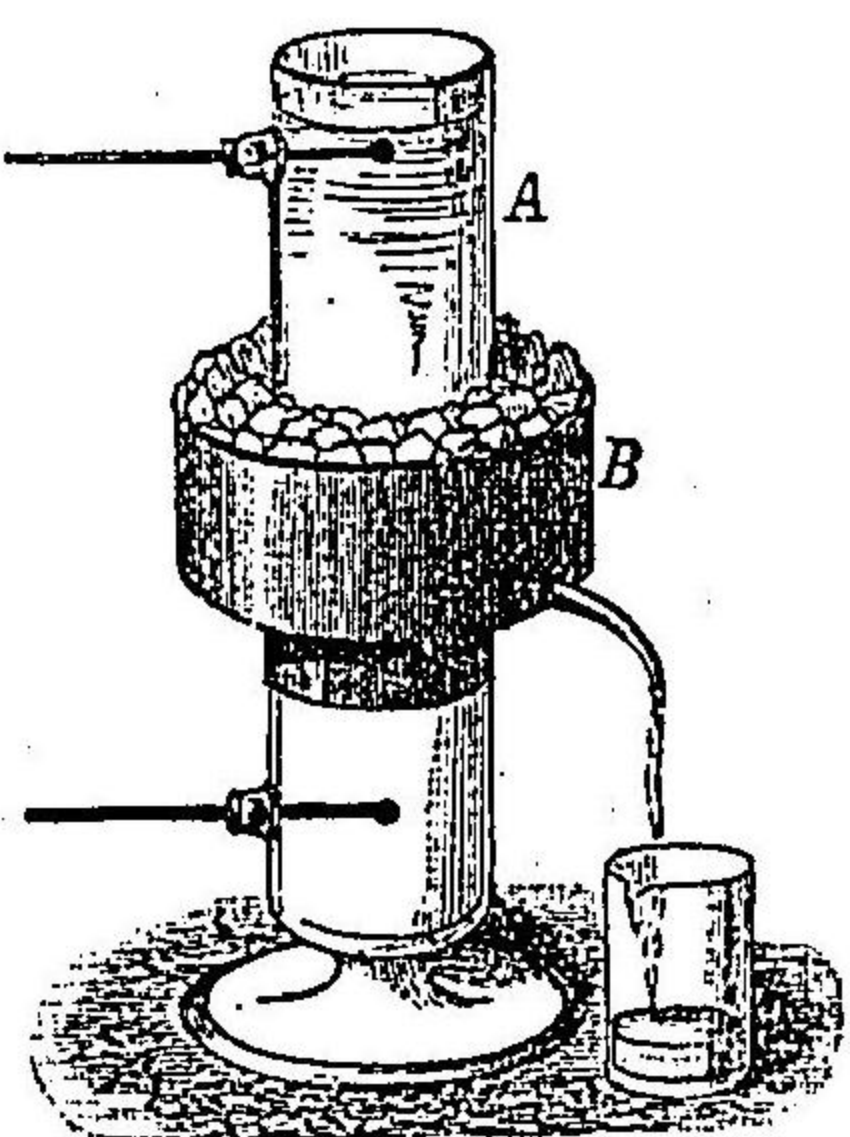
今實驗第一及第二により、觀測の結果水點が零度と記したる處より a 度高く、沸騰點は一〇〇度と記したる處より b 度高しとし、且寒暖計の内徑の太さが一樣なりと假定すれば、寒暖計の示度 t に對する溫度 T は次の如し。

$$T = t - a - \frac{b - a}{100} t$$

但し氷點或は沸騰點が零度或は一〇〇度と記したる處より低き時は其値を負とすべし。

第五 水の不規則なる膨脹を示す実験

実験の目的。 多くの液體は温度の上昇に比例して膨脹し、温度の降下に比例して收縮すれども、水は獨り之に異なりて不規則なる變化をなすものなり。今常温にある水を取り之を冷却する時は、初めは漸次其體積を減ずれども、攝氏四度附近に至れば最早收縮することなく、それより温度下降する時は却て膨脹するを見るべし。是れ水が他の液體と大に異なる處にして、殊に注意すべき點なりとす。



れて密度大となりたる水は底部に下り、温度高くして密度小なるものは之

装置及実験の方法。第六十三圖に示す

ものは、ホープ氏の装置にして、Aは底を有する圓筒、Bは其周圍を廻れる容器なり。而してAにはBの上及下に於て寒暖計を水平に挿入せり。今Aに水を充たし、Bに氷を盛りてAの水を冷却するときは、冷却せら

第六十三圖

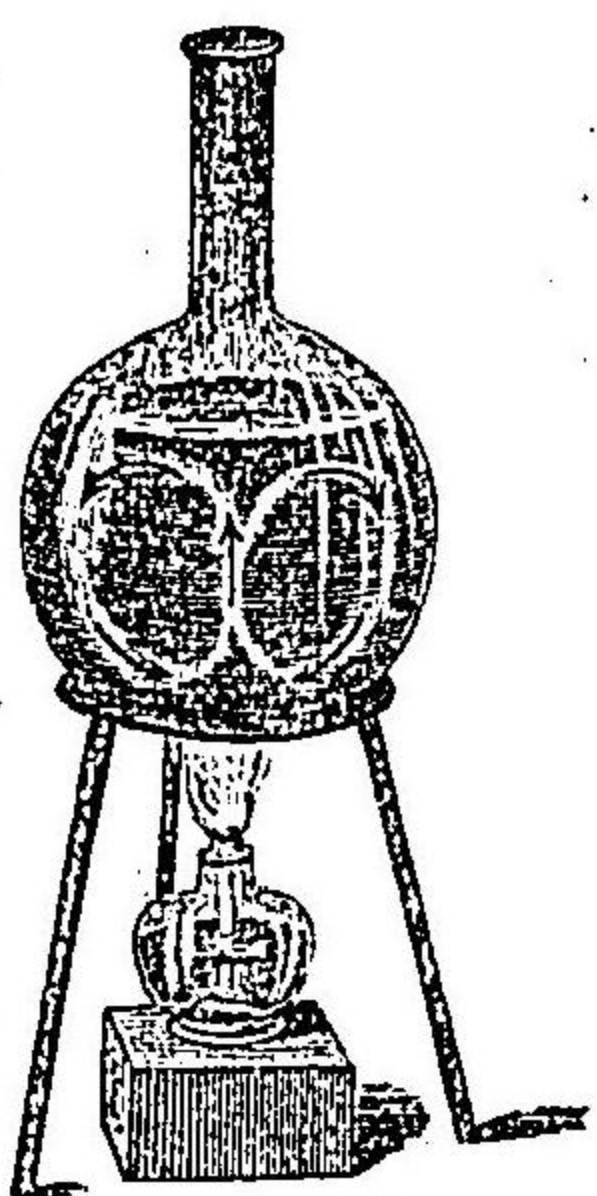
に代りて上方に浮ぶべし。然れども水の温度漸々下りて遂に四度以下となるときは、却て其密度を減ずるが故に再び上方に浮び、四度の水は最下部に停止す。故に下の寒暖計は四度より低き温度を示すことなけれども、上の寒暖計は尙低き温度を示すを見るべし。

第六 對流に關する實驗

實驗 第一

装置及実験の方法。 フラスコ又は大なるビーカーに水を四分三許入れ、

第六十四圖の如くアルコールランプを以て下より之を熱するときは、熱せられて軽くなりたる液は中央より上昇し、冷かにして重き部分は器壁に沿ひて下り、之と交代するを見るべし。



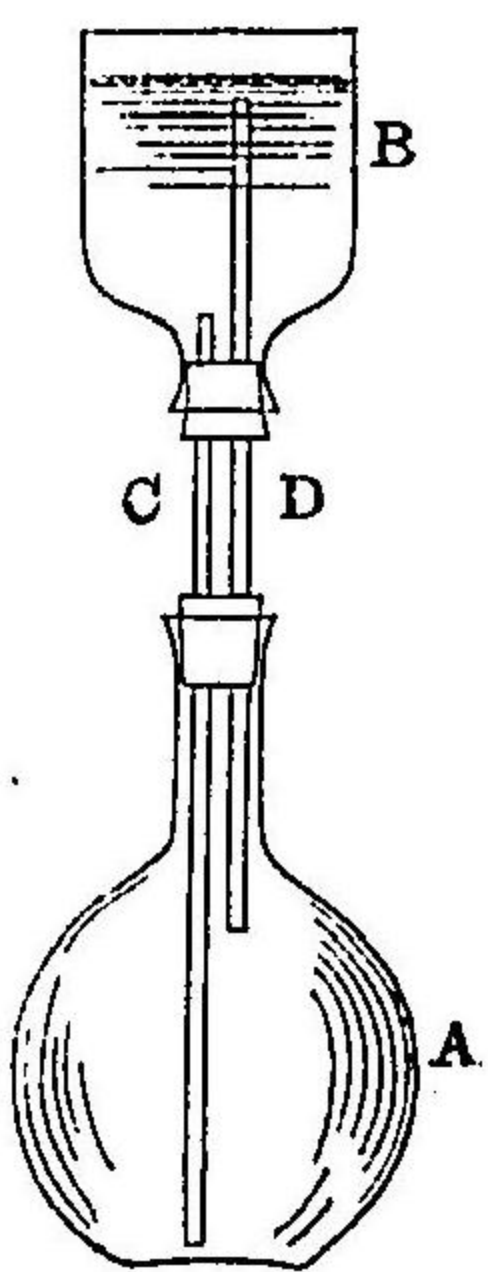
第六十四圖

注意。 液體の昇降を更に明かに示す爲めには、水中に重き木の鋸屑を投

し置くを可とす。或は硫酸銅の溶液とアンモニアとを注加し置くも可なり。然るときは、注加の際生じたる白色の沈澱が水中に浮游するが故に、容易に其運動を見るを得べし。

實驗 第二

裝置及實驗の方法。 第六十五圖に於てAはフラスコにして、Bは廣口瓶の底を截りたるものなり。是等の瓶の口に適合する木栓を選びて之にC、Dなる二本の硝子管を貫通して、圖の如くOはB瓶の頸部よりA瓶の底邊に達し、Dは瓶の上部よりA瓶の上部に達する様に組立て、Bより水を注入してA及Bを充たすに至らしむべし。今アルコールランプを以てAを熱するとき、熱せられたる水の部分はD管より昇り、冷かなる部分はC管より下り、茲に對流を生ずるを見るべし。



第六十五圖

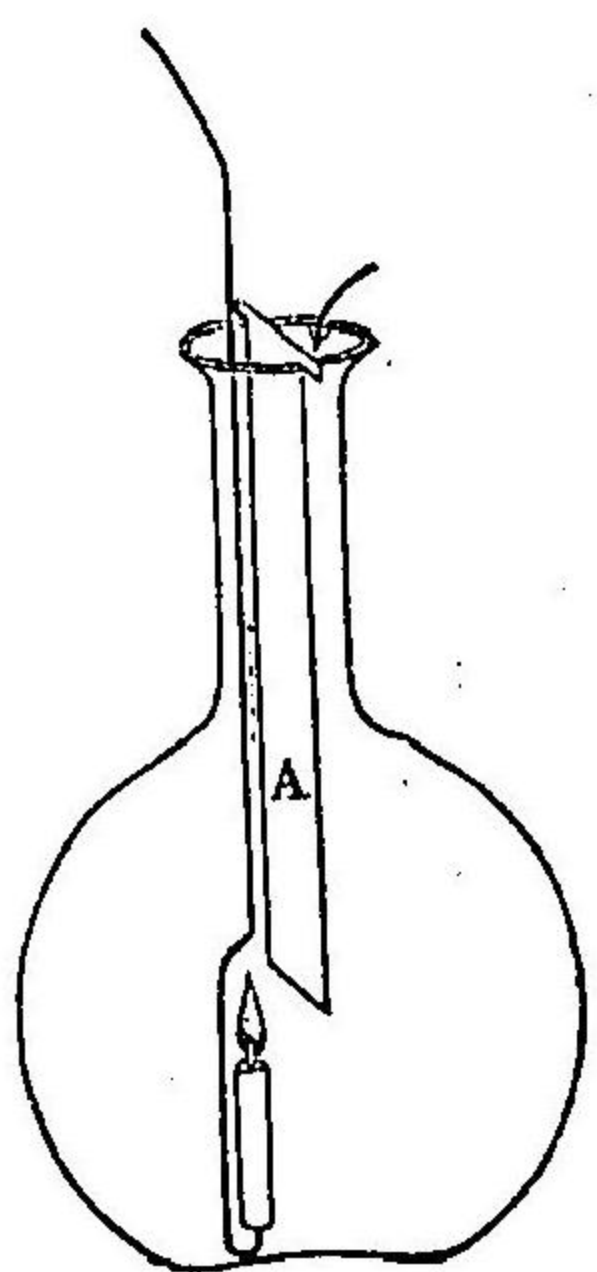
注意。 鋸屑等を用ひて水の運動を見易くせしむること前實驗の如くす

るを可とす。

實驗 第三

裝置及實驗の方法。 氣體の對流を見んと欲せば、次の如き方法に由るべし。第六十六圖の如く太くして長き頸を有する大なるフラスコを取り、曲げたる針金に點火せる蠟燭を立て、フラスコの中に入れて、ときは、空氣の變換なきが故に燭火は暫くにして滅するに至る。然れどもAなる板金をフラスコの頸部に挿入し、之を左右に區劃するときは、熱せられたる空氣は一方より昇りて外方に出で、新らしき空氣は他方より入り下りて、茲に對流の現象を生じ、燈火の滅することなきを見るべし。

注意。 空氣の出入を見易からしむるには、フラスコの口邊にて線香を焚くべし。然らば煙の靡くにて容易に知らる。



第六十六圖

第七 比熱に関する実験

実験の目的。或物質の比熱を求むることは、測定法に屬するを以て茲に述べず。たゞ同量の相異なりたる物體を同じ温度だけ昇すに要する熱量が相等しからざることを示すを目的とす。

実験 第一

実験の方法。同じ質量を有する鐵銅及鉛の三つの球を取り、之を熱したる水又は油の中に投じて十分に熱すべし。然る後之を取出して手早く同時に蠟の板の上に置くときは、鐵は最も深く陥没し、銅は之に次ぎ、鉛は最も淺きことを見るべし。即ち三種の球は同質量にして且同温度に熱せられたれども、鐵は最も多量の熱を有し、銅之に次ぎ、鉛は最も少量の熱を有したるを知る。

実験 第二

装置及実験の方法。同じ質量の銅及鉛の球(直徑七分乃至一寸位)を絹絲にて釣り、之を鍋の中に沸騰する水中に投じて熱すべし。別に小形の湯呑位の大きさの銅製の容器を取り、水を半分餘入れ、天秤にて其全重量を畧測し、又寒暖計を以て其温度を測るべし。次ぎに鍋の中の銅球を取出して速に之を銅器の中に投じ、寒暖計を以て水を攪拌しながら其温度の最も高く昇りたる處を讀み取るべし。然る後球を取出し、銅器の水を捨て更に前と同量の水を入れて、温度を測り、之に鉛の球を投じ復前の如く水の温度の上昇を測れば、此場合にては銅球に於けるときの上昇に比し、約三分一なるを見るべし。

第八 比熱を測定する方法

測定の方法。前実験に於て用ひるが如き凡て熱量を測定するに用ふる銅製の圓形容器を熱量計と稱す。比熱を測定するには、先づ前実験に示したる如く寒暖計を以て熱量計に入れたる水の温度を測り、次に熱したる金屬球を之に投じて水の温度の上昇を速に測るべし。今 M を比熱を測らんとする金屬球の質量、 m を其比熱、 t を熱量計中の水の質量、 T を金屬球を熱した

る鍋の中の液體の溫度、 t を熱量計中の水の最初の溫度、 t_0 を金屬球を投じたる後の熱量計中の水の最高溫度とすれば、 s は次式によりて求められる。

$$s = \frac{(t - t_0)M}{m(t - t_0)}$$

此式に於ては熱量計の質量を省略したれども、若し之を算入せんとするには熱量計の質量 m に銅の比熱 0.095 を乗じたるものを水の質量に加へて計算すべし。是れ水の溫度の上昇と共に熱量計も亦熱を吸収して水と同様に溫度上昇するを以てなり、故に此場合には測定の式は次の如し。

$$s = \frac{(t - t_0)(m' + 0.095m)}{m(t - t_0)}$$

第九 融解及凝固に関する実験

装置及實驗の方法。 氷を碎きてビーカーに入れ之を砂皿の上に載せ瓦ス又はアルコールランプを以て熱すべし。然る時ビーカーに寒暖計を挿入して其溫度を注目すれば、氷の融け始まりてより全く融け終るに至るまで

寒暖計は零度を示し、悉く融け終るに及んで溫度漸々上昇し始むるを見るべし。

第十 融解の潜熱を示す實驗

装置及實驗の方法。 先づ容積三百立方厘米許の熱量計を取り、之に水百立方厘米を入れ其深さを凡そ見定めて其水を捨つべし。又別に鐵瓶に湯を沸し置きて何時にても使用し得らるゝ様準備すべし。次にビーカー又は蒸發皿を天秤の左の皿に載せ右の皿に鉛丸或は適宜の分銅を置きて之を平均せしめ、然る後約百瓦の水を取りて手早くビーカーの中に入れ其重量を秤るべし。但し之を爲すには豫め右の皿に百瓦の分銅を加へ置き、細かく碎きたる水を濾紙或は吸墨紙の上に取りて其水分を吸収せしめ之を少しづつビーカーに投じて右の皿の分銅と平均せしむるなり。

右の準備を終りたる時は鐵瓶を持ち來りて其湯を熱量計に注ぎ、前に見定め置きたる深さに至らしめ、左手に氷を盛りたるビーカーを取り、右手に寒暖計を持ち、熱量計内の湯を攪拌して其溫度を読み取り、左手のビーカー

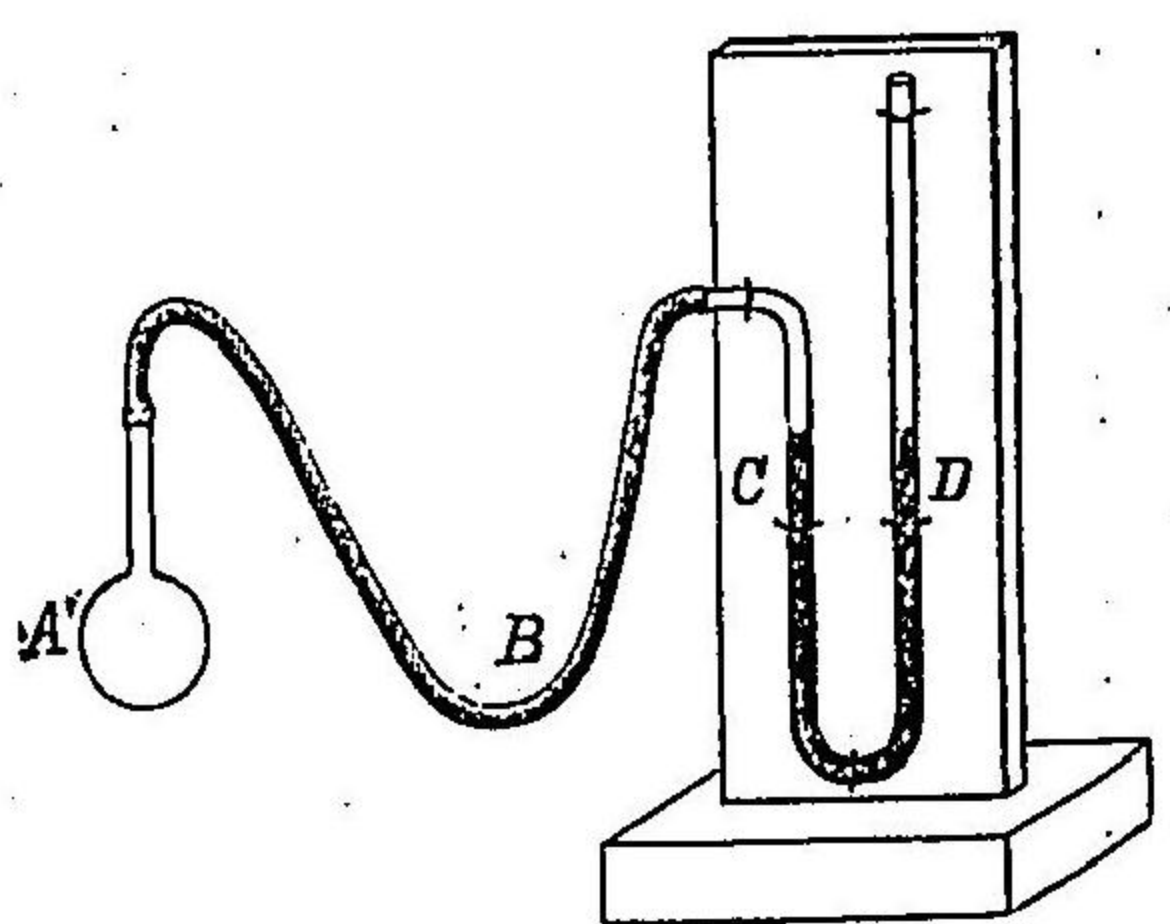
1を傾け、迅速に熱量計内に氷を投入して再び寒暖計にて攪拌しながら氷の融けたるとき温度を読み取るべし。然るときは氷と湯とは其量殆ど相等しきが故に若し融解の潜熱なければ混合物の温度は湯の温度の半分となるべきも、氷の融解の潜熱は頗る大なるを以て混合物の温度は著しく低きを見るべし。例へば氷と湯とが同量なるときは湯の温度八十度のとき混合物の温度は零度まで下るべし。又質量百二十瓦温度九十五度の湯に質量百瓦の氷を投じたるときの混合物の温度は十五度程なり。

注意。 本実験は凡て手早く取扱ふを必要とするが故に、能く上に述べたる方法に随ひて十分なる準備をなし置くべし。

第十一 起寒劑

装置及實驗の方法。 (A) 硝酸アンモニウム三〇瓦をコップに取り、之に水三五C.C.を注ぎ、寒暖計を以て手早く攪拌しながら其温度に注目すべし。然るときは其降下頗る急速にして、寒暖計は氷點以下に降り、初めの温度より約二〇度を降るを見るべし。

第六十七圖



(B) 氷二〇〇瓦と食鹽一〇〇瓦との割合にて、之を急速に混合するとき温度の降下は零下二二度に至るべし。

(C) 氷八瓦と結晶鹽化カルシウムの粉末一〇〇瓦との割合にて、之を急速に混合するとき、零下四〇度位の温度を得べし。

温度の降下の著しきことを多人數に示さんと欲せば第六十七圖の如き装置を用ふべし。Aは直径一寸許の硝子空球にして、之に連絡せる細管は、コップ管Bに由てU字管CDに連続す。CD管には其半ばに至るまで著色液を盛り、A球が外氣と同じ温度にある時C・Dの液面を同じ高さにあらしむべし。今先づA球を氷を盛りたるコップの中に浸すときは、其温度下がが故にDの液面降下す。依て豫めDの背後に挟み置きたる紙上に其時の液面の高さを記し置くべし。茲に於てAを起寒劑の中に浸すときは、其温度前よりも更に下るが故にA球の空氣の收縮亦著しくして、Dの液面が愈降下するを見

るべし。

注意。 起寒劑として用ふる氷は必ず鉋にて削り、或は碎きて細末となし置くを要す。前の實驗に述べたる溫度の降下の量は藥品を甚だ多量に用ひたる時の數にして、普通使用する場合の如く一〇〇乃至二〇〇瓦位を用ふるときは前述の如き數に至らざるものと知るべし。

第十二 復水の實驗

裝置及實驗の方法。 長さ一尺五寸、幅六七寸許の木板を取り、其中央に互に三寸許の距離を隔つる二箇の孔を穿ち、此板の兩端を二箇の椅子又は其他の臺にて水平に支ふべし。次に幅三寸以内高さ四五寸の水塊を取り、之を二つの孔の間に置き、其上に麻絲を渡し、絲の兩端を孔を通じて板の下に出し、之に各數軒の分銅を懸垂すべし。然るときは氷の絲に壓せらるゝ部分は壓力の爲めに融解して水となるが故に、絲は漸次水塊中に沈入し、又絲の經過したる跡は再び凍りて固著するを見るべし。若し麻絲に換ふるに金屬線を以てするとき、外氣の熱其線によりて傳導せられ、氷の内に入り來るが

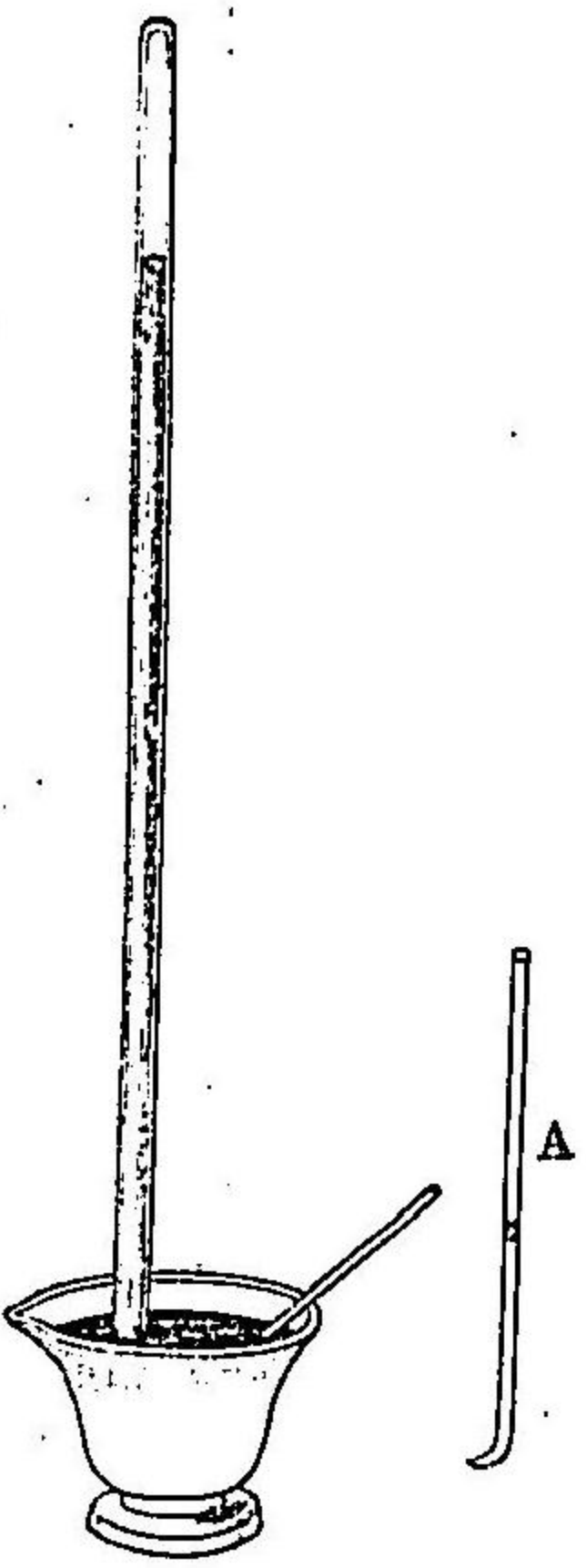
故に線の沈入更に速かなるべし。

第十三 蒸氣の張力に關する實驗

實驗の目的。 蒸氣の張力に關する事項は初學者の了解に苦む所なるを以て講義の際極めて明瞭に之を説明するのみならず、之に伴ふに實驗を以て、次の性質を確知せしむるを要す。(一) 蒸氣は瓦斯體と同じく壓力即ち張力を逞ふすること、(二) 同一の空所内に存在する蒸氣の分量大なる程其張力も亦大なること、(三) 然れども或る一種の物質の蒸氣は同一空所内に限りなく多量に充滿することなくして、一定の限界ありてそれ以上に蒸氣を充たさんとするも最早蒸氣の状態として存在することなく、直ちに液體の状態に戻り所謂飽和の有様に達すること、(四) 張力は蒸氣の分量と共に増せども飽和の情況に達したるときはそれ以上に増加せず、從て最大の張力を呈すること是れなり。

實驗の方法。 先づ大氣の壓力を測定する爲めに用ひたる裝置を取り、トリチエリ氏の眞空を作るべし。次に第六十八圖 A に示すが如き其一端急に曲

折し尖端極めて細くなりたる硝子管を取り、其半ばに至るまでエーテルを吸込み、之を圖の如く其先きを水銀面の下にてトリチエリ氏管の下口に當て、少しく管を吹きてエーテルを流出せしむべし。然るときはエーテルは管中



を昇りて水銀面に浮び、直ちに真空内に蒸發して蒸氣となり、壓力を逞ふす。故に水銀の高さは著しく下るを見るべし。

今又更に少許のエーテルを吹き込む時は管内の水銀更に降下し、愈張力の増加せることを示すべし。然れどもエーテルの量多きときは、其蒸氣は飽和の情況に達し、残りの液體は蒸發することなく水銀上に浮ぶを見るべし。若し外氣の溫度が二〇度内外なれば其時の水銀の降下せる量は四三〇耗内外なるべし。

注意。エーテルを吹込む管の先きは極めて細きを要し、且第一回に注入するに當りては過多の量を吹込まざる様殊に注意すべし。

第六十八圖

蒸氣の張力は溫度の異なるに従ひて著しき相違あり、左に種々の溫度に對するアルコール及エーテルの蒸氣の最大張力を掲ぐ。

アルコール及エーテルの蒸氣の最大張力

溫度	アルコール	エーテル
0°	12.8 ^{mm}	183.3 ^{mm}
10	24.3	286.4
20	44.5	433.3
30	78.5	636.3
40	133.6	909.6
50	219.9	1271.1
60	350.3	1728.5
70	541.2	2307.8
80	812.8	3024.4
90	1188.4	3898.1
100	1694.9	4945.8
110	2361.6	6208.4
120	3219.7	7702.2

第十四 蒸氣の張力に関する實驗 (其二)

實驗の目的。同一空所内に蒸氣と他の瓦斯體とが同時に存在するとき、はドルトン氏定律に示すが如く、蒸氣も瓦斯體も共に其壓力を逞ふし、全

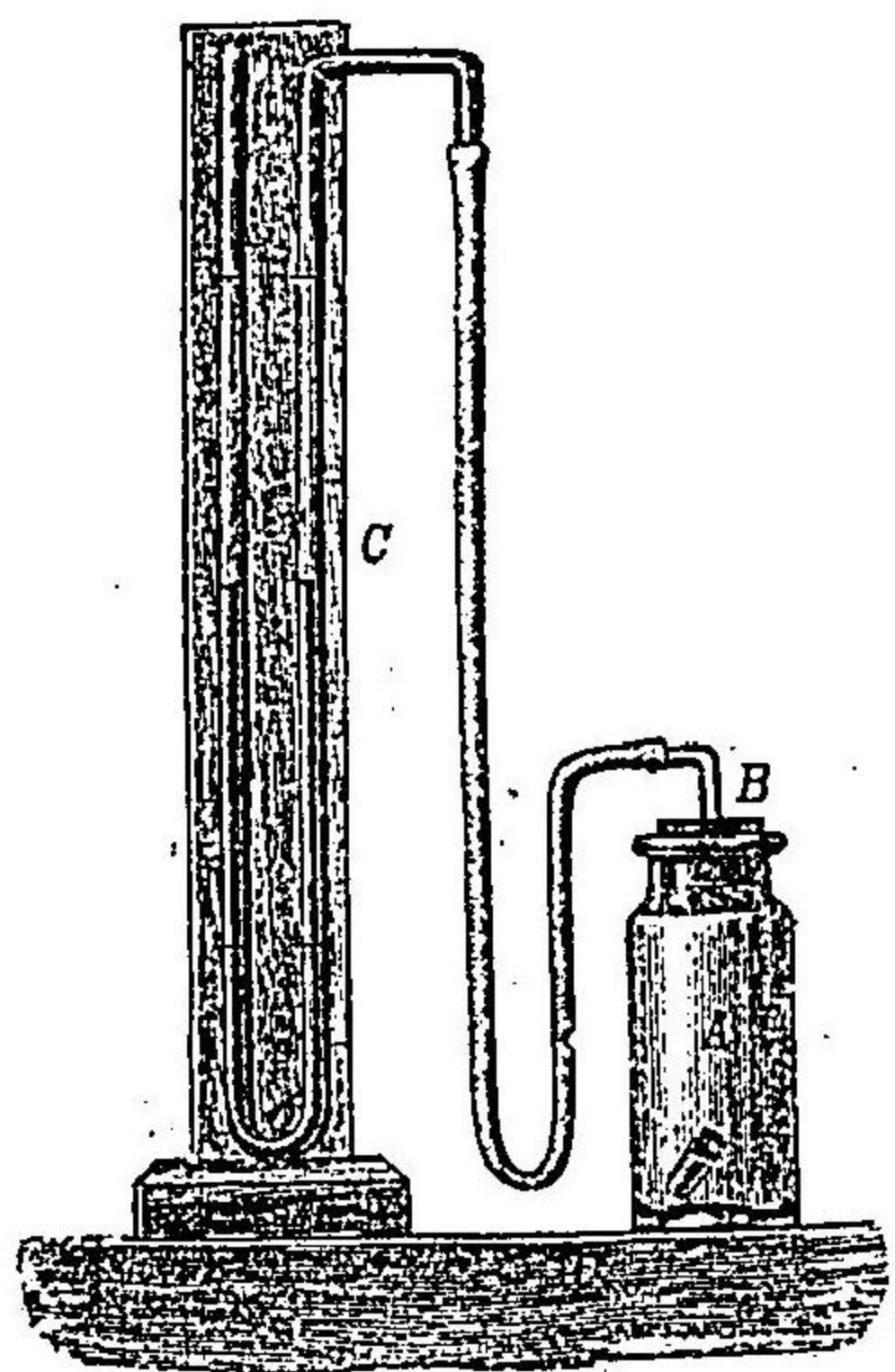
壓力は蒸氣の張力と瓦斯體の壓力との和に等し、例へば室内の氣壓が七六〇耗にして同室内の水蒸氣の張力が一五耗なりとすれば空氣のみの壓力は七四五耗なるべく、又密閉したる瓶内の空氣の壓力が一氣壓なりとし、更に其内にてアルコールの蒸氣が発生したりとすれば、瓶内の壓力は一氣壓にアルコール蒸氣の張力を加へたるものとなるべし。本實驗に於ては殊に此種の現象を示さんとす。

裝置及準備。第六十九圖に於て、Aは容量一磅乃至二磅位の丈夫なる瓶にして、其口は餘り細からざるものとし、Bは之に適合するコルク栓なり。Cは高さ二尺許のU字管にして其高さの半に至るまで着色したる水を入れA瓶内の壓力を測るに用ひられ、B及Cはゴム管に由て連結せらる。

次に細き試験管を取り之を口元より一寸位の長さに縮めて融著し、其中に蒸發せしめんとする液體例へばアルコール或はエーテルを充たし、コルク栓を以て密封したるもの二箇許を作るべし。

實驗の方法。液體を封入したる管を細き絲を以て之を釣り下げ徐かにA瓶中に入れ瓶底に横はらしむべし。次にB栓を堅く嵌め、後、ゴム管を以て

第六十九圖



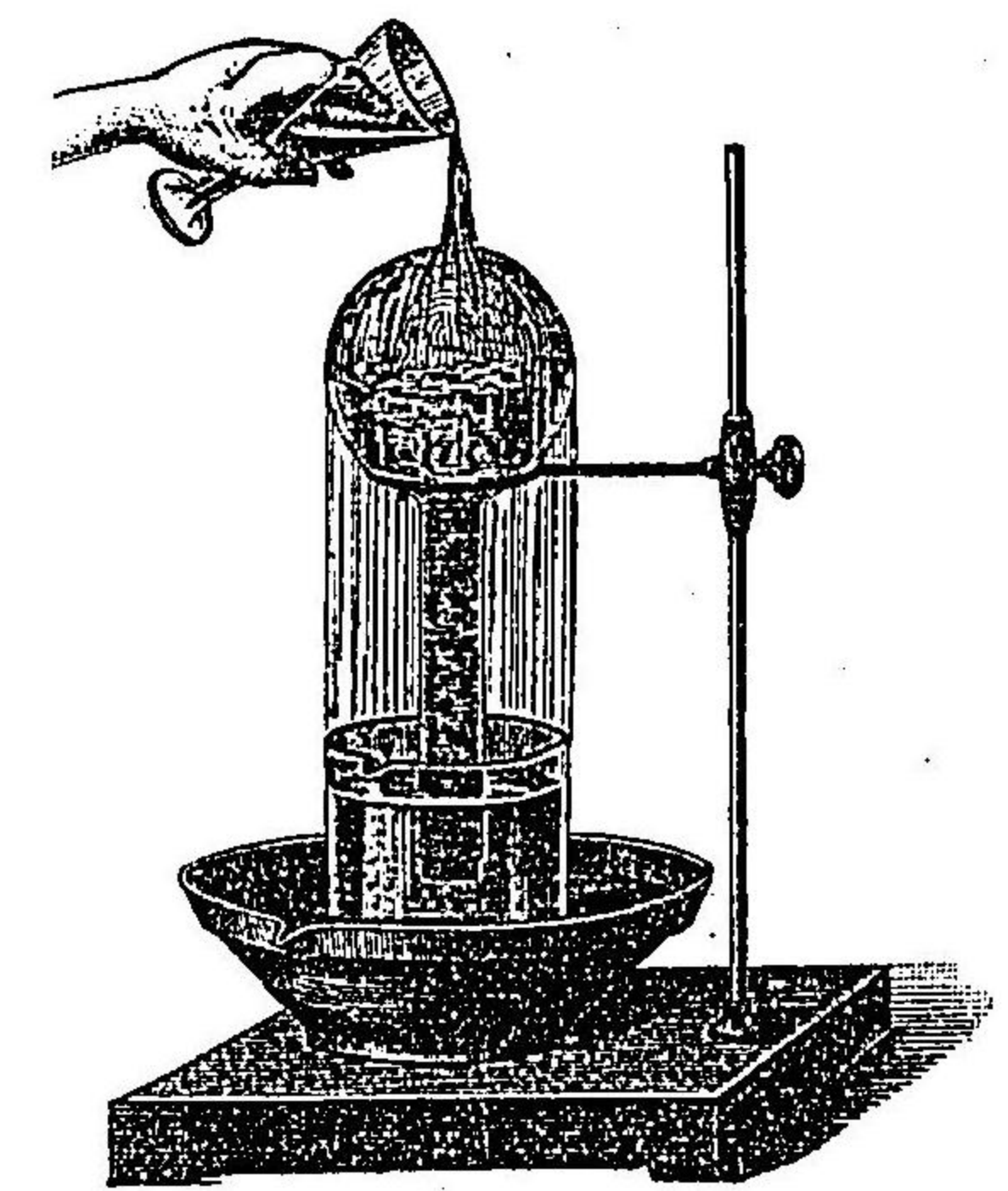
Cに連結す。然るときは瓶内の空氣は外氣と同一の壓力を有するが故に、壓力計Cの水面は左右同じ高さになり、今A瓶を急激に振盪して液體を封入せる管を破壊するときは、液は直ちに瓶内にて蒸發して壓力を逞ふし、壓力計の上昇するを見るべし。A瓶内にアルコールを蒸發せしむるときは、壓力計の水面の差は數十厘に上り、エーテルを蒸發せしむるときは、壓力計の水は天井までも吹き飛ばさるゝに至る。故に着色液は成可く薄く、着色し汚點を生ぜざることとを期すべし。

第十五 沸騰に関する實驗

實驗の方法。液體に熱を加ふる時は其溫度次第に上昇すれども、液體が沸騰を始むる時は其溫度最早昇ることなく終始不變なるものなり。此事を

實驗するには、先づ一つのピーカーを取りて之に水三分、二許を盛りて之を砂皿の上に載せ、又寒暖計を挿入しアルコールランプを以て下より熱しながら其温度に注目すべし、然るときは寒暖計は漸々上昇し液が沸騰するに至て最高温度に達し、一度び此温度に達すれば液が沸騰する間は常に同一温度を示すを見るべし。

第十六 沸騰點は壓力に關係することの實驗



裝置及實驗の方法。液體の沸騰點は外壓の減するに従ひ降下すること、は次の如くにして之を實驗することを得。第七十圖に示すが如き長き頸部を有するフラスコを取りて之に三分、二程の水を充たし、砂皿の上に載せて下よりアルコールランプにて熱すべし、斯くして劇しく

第七十圖

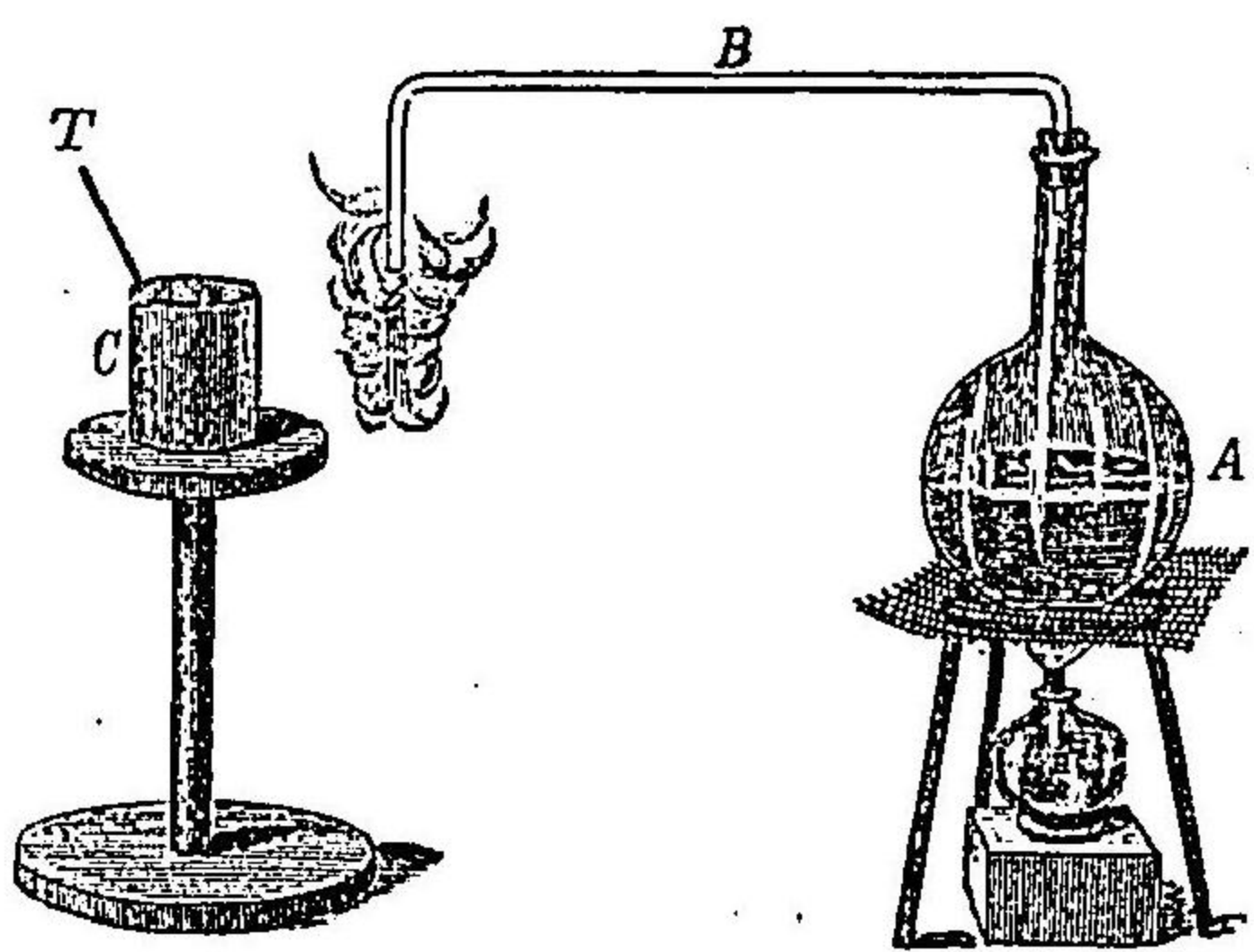
水を沸騰せしむれば蒸氣の逸出と共に内部の空氣驅逐せらる、今之を火より遠ざけて手早く其口を木栓にて塞ぎ、尙空氣の侵入を防ぐ爲めフラスコを倒にして其口を水を盛りたるコップの中に入る、こと圖に示す如くすべし、然るときは熱の供給杜絶せらるゝが故に、水の温度は百度より少しく下り最早沸騰することなるべし、今冷水を注意して少しづゝ底部に注ぎて冷却すれば、内部の蒸氣は其温度下るが爲め水に復し、従て壓力減するが故に水は再び沸騰するを見るべし。

注意。此實驗に用ふるフラスコは球形底のものを可とす。又瓶底に一枚の木綿を被ひ置きて其上より水を注ぐを宜しとす。

第十七 氣化の潜熱の測定

裝置及實驗の方法。第七十一圖に示すが如く、Aなるフラスコに半ば湯を充たし、其口に硝子の曲管Bを貫けるコルクを嵌め、之をレトルト臺に載せ、下よりアルコールランプにて熱して水を盛に沸騰せしめ、蒸氣が硝子管の口より噴出するに至らしむべし。Cは湯呑茶碗程の大きさの銅製の熱量計

にして、豫め其質量を秤り、又之に半分以上水を充たし、其全質量をも秤り置くべし。次にCを臺の上に載せ、且臺の支柱を左の手に持ち、右の手に寒暖計



Tを持ちてC中の水を攪きませて其温度を読み、手早く全體をBの下に持ち行き、蒸氣をしてC内の水中に噴出せしむべし。然るときはAより來りたる水蒸氣はC中に凝縮して水となり、潜熱を放出するが故に、Cの温度は急速に上昇す。依て寒暖計を以て絶えず攪きませながら温度の上昇を注視し、一分乃至二分間の後、熱量計全部をB管より遠ざけ、其時の水の温度を手早く読み取るべし。次に熱量計全部の質量を秤り、

それより前の質量を減じ、蒸氣の凝縮せる

水の量を算出すべし。今m瓦を熱量計の質量、M瓦を熱量計と水との全質量、M'瓦を最後の全質量、tを前の温度、t'を最後の温度、Lを水の氣化の潜熱と

第七十一圖

するときは、Lは次の式より求むることを得。

$$(M' - M)L + (M' - M)(100 - t') = (M - m)(t - t')$$

若し熱量計の吸収する熱量を計算に入れんと欲せば、 $M - m$ の代りに $M - m + 0.95m$ を用ふべし。然るときは、

$$L = \frac{(M - m + 0.95m)(t - t') - (M' - M)(100 - t')}{M' - M}$$

是れ氣化の潜熱のカロリーの値なり。

第十八 液體の蒸發に際して寒冷を生ずることの實驗

實驗の目的。 液體が蒸發するに當りて外部より熱が供給せられざるときは、蒸發する液體は殘餘の液體より氣化の潜熱を吸収して蒸發するが故に、液體の温度は著るしく降下するものなり。是れ大に注目すべき現象にして、應用亦極めて廣し。故に本實驗に於ては温度の降下成可く顯著ならんことを期すべし。

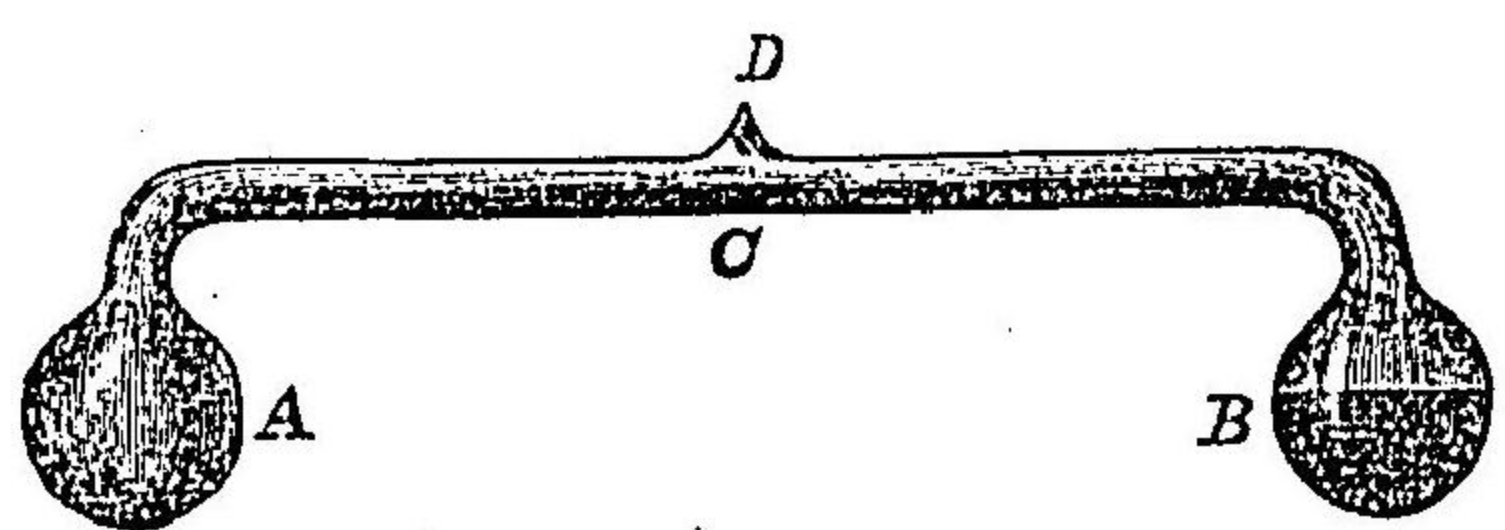
装置及實驗の方法。 寒暖計を挟み臺にて垂直に支持し、其球部に白木綿を巻き付け、絲にて其上を縛すべし。今ビペットを以て之にエーテルを點滴しながら、輪を以て盛に空氣を吹き付くるときは、エーテルは急激に蒸發し、潛熱を吸收するが故に、寒暖計は著しく降下し、暫くして零度以下に降るを見るべし。若し之を多人數に知らしめんと欲せば、六乃至七秒毎に溫度を讀み唱ふべし。

第十九 ウォルラストン氏の結氷球

實驗の目的及原理。 液體が蒸發するとき寒冷を生ずることは、前實驗に述べたる所なれど、其蒸發急激なるときは、液體自身は終に氷結するに至るものなり。ウォルラストン氏の結氷球は此現象を示す装置にして、其構造第七十二圖の如し。A、Bは同じ大きさの硝子球にして、硝子管Cにて連結し、各球の半ばに至るまで水を充たし、尙球及管内の空氣をDなる口より排除して、之を融閉したるものなり。

今孰れか一つの球例へばAを冷却するとき、其球内に於ける水蒸氣は

第七十二圖



凝縮するが故に、B球内の水蒸氣はA球に移動すべし。斯くしてB球内水面上の空所は蒸氣の減少と共に不飽和の状況に陥るが故に、其水面より蒸氣を發生す。然るにA球に移動せる蒸氣は續いて凝縮せらるゝを以て、B球よりは絶えず蒸氣を供給し、其蒸發盛なるが爲めにB球内の水は終に氷結するに至るなり。

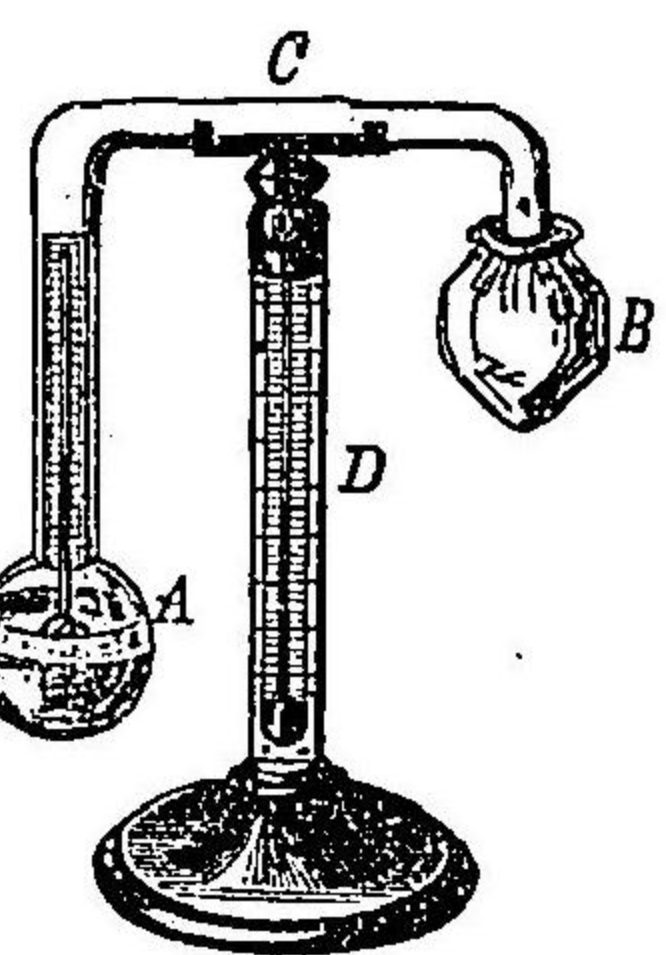
實驗の方法。 A球を冷却するには之を蒸發皿或は他の器に入れ、起寒劑(食鹽、氷の細末との割合に)を以て之を埋むべし。又B球は綿を以て包み、外部より熱の侵入するを防ぐべし。

注意。 B球内の水の分量多きに過ぐるときは、其全部氷結するまでに多くの時間を要するが故に、球の四分、一許の水を残し、他は之をA球に移し置くべし。又夏時に於て實驗困難を感ずるときは、豫めB球の方を起寒劑を以て冷却して、其中の水をして僅に凍るに至らしめ、然る後起寒劑を去りてB球内の氷が水に復するに至りたる時、講義室に持來り、B球を綿

にて包み、A球を冷却し始めべし。

第二十 ダニエル氏湿度計の用法

器械の構造。ダニエル氏の湿度計は第七十三圖の如く、硝子球A及Bを硝子管Cにて連結し其内の空気を排除せるものにして、之を臺Dに取り付けたるものなり。A球には豫め其半ば以上にエーテルを充たしあり、又小寒暖計を封入せり、以てA球の温度を知るに供せらる。Dにも亦一箇の寒暖計



ありて大氣中の温度を知るを得べし。A球の外部には其赤道部に沿ひて幅一糎許の金鍍金を施しありて其上に露の生成するを見易からしむ。B球は木綿麻或は其他の布片を以て包まる。

實驗の方法。先づB球内にエーテルが存留したらんには、装置を倒まにして之をA球内に移らしむべし。然る後ビベットを以てエーテルをB球上に点滴すべし(ビベットを用ひずして瓶より直にエーテルを点滴せんと欲せば右の手に瓶を持

第七十三圖

ち左の手に栓を持ちて之を弛め、其まいにして瓶を傾け向漸々栓を弛めて將にエーテルが流出せんとするに至り俄かに栓を挿込む様になすべし。然るときはよく一二滴の液を滴下するなり。然るときは其蒸發によりてB球冷却せられ、其中のエーテル蒸氣

凝縮するを以てA球内のエーテルは盛に蒸發し、從てA球も亦冷却せらる。故に之を包圍する大氣の温度降下して遂に露點に達し、A球面に露を生ずるに至る。其露を生ずるときは、球面の温度はA球内の寒暖計によりて之を知るべし。但し露の生じたるときは、球面の金箔曇るが故に容易く之を知るを得るなり。嚴密に云へば露が附き始めたりと思ふときの温度と、消え失せたりと認めたるときの温度との平均數を以て之を露點とすべきなり。又露の生成を一層容易に知らんと欲せば、羽毛を以て折々金箔面を拂ふべし。斯の如くして露點を知り得るときは、直ちに寒暖計Dによりて大氣の温度を讀み取るべし。

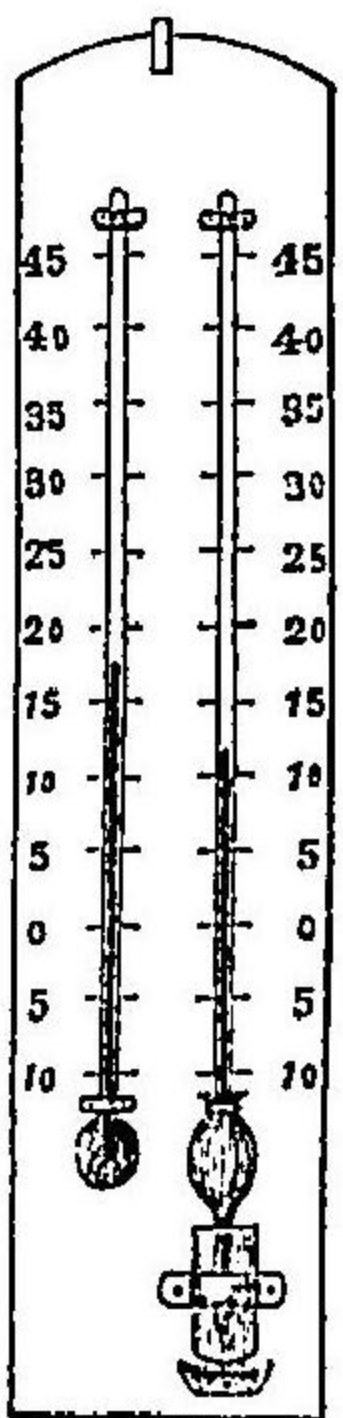
今Fを大氣の温度に對する水蒸氣の最大張力とし、F'を露點に對する最大張力とするときは、大氣の湿度は次の如し。

$$\text{湿度} = \frac{F'}{F} \times 100$$

注意。B球にエーテルを注ぐに當りて始めの内は稍多量に之を注ぐも可なれども、Aの溫度稍降下するに及びては二三滴づゝ注ぎてBに露の生ずるやを注視し、暫くして尙足らざるときは、更に二三滴を注ぐ様にすべし。連續的に點滴してはエーテルを徒費する恐あり、又金箔面を羽を以て拂ふことは可なれども、指を以て撫づるは宜しからず。金箔を剝脱し脂氣を殘すの患あればなり。

第二十一 乾濕球濕度計の用法

裝置及實驗の方法。第七十四圖の如く、相等しき二箇の寒暖計を取り、其



第七十四圖

一つの球を脂氣のなき白色の寒冷紗を以て包み、それより脂氣なき絲六七條乃至十條を長く垂れて之をコップの水の中に浸し置くべし。然るときは水は毛管引力にて吸上げられ、寒暖計の球部に達して之を濕潤せしむ。故に之を濕球といひ、他の寒暖計の球部を乾球といふ。濕球の表面よりは

一つの球を脂氣のなき白色の寒冷紗を以て包み、それより脂氣なき絲六七條乃至十條を長く垂れて之をコップの水の中に浸し置くべし。然るときは水は毛管引力にて吸上げられ、寒暖計の球部に達して之を濕潤せしむ。故に之を濕球といひ、他の寒暖計の球部を乾球といふ。濕球の表面よりは

盛に蒸發するが故に、濕球寒暖計は乾球寒暖計の溫度よりも常に低きを見る。今乾球寒暖計の溫度を t 、濕球寒暖計の溫度を t' 、大氣中に現存する水蒸氣の張力を f 、 f' に對する水蒸氣の最大張力を F 、 F' 、大氣の壓力を h 、 h' とすれば、 f が零度以上のときは、

$$f = f' - 0.00079h(t' - t)$$

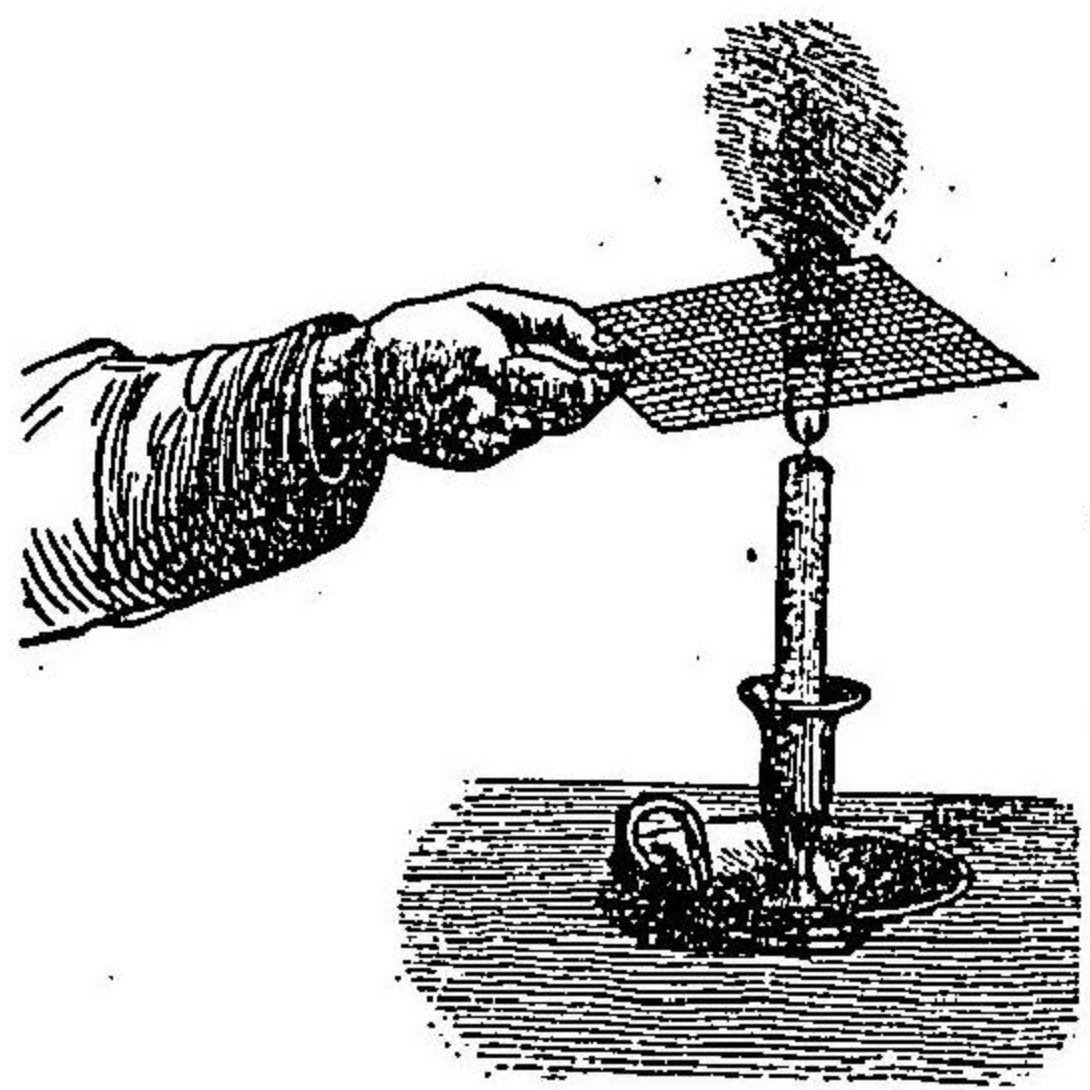
又 f が零度以下のときは、

$$f = f' - 0.00069h(t' - t)$$

以上はアンゴー氏の實驗式にして最も廣く用ひらる。

注意 球を包む寒冷紗は折重ならざる様にす可し。又垂絲は各條互に摺ることなく、集束するを可とす。水は成可く軟水を用ふ可く、若し軟水を得ざれば雨水を用ふ可し。

水の凍結する場合には絲を除き、觀測の際一時間前に水を入れたるコップを持來りて濕球を浸し、後コップを取り去る可し。然るときは濕球は冷却して表面に薄氷を生じ、水面より蒸發するに至る。由て一定の溫度に達したるとき之を読み取るべし。



第七十五圖

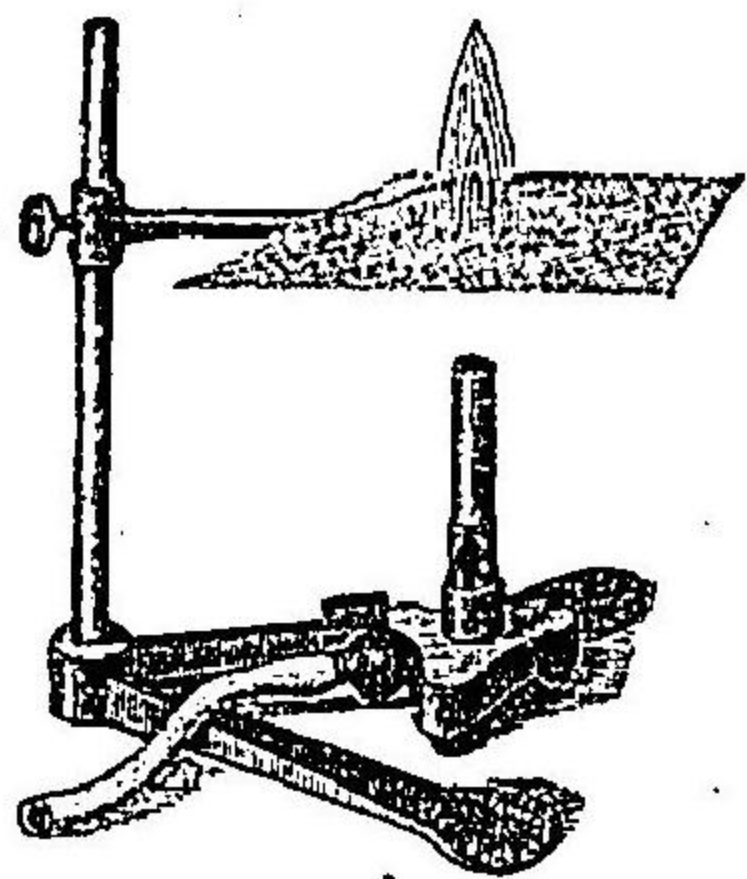
第二十二 熱の傳導に関する實驗

實驗 第一

裝置及實驗の方法。金屬が良く熱を導くことは、第七十五圖の如くにして之を示すを得。金網を以てアルコールランプ或は蠟燭の焰を蓋ふときは、熱は金網に導かれて逸し去るが故に、焰は網を透して上に出づることなし。又石炭瓦斯或は水素瓦斯を管より噴出せしめ、管口より少しく隔りたる所に金網を置き、網の上にて瓦斯に点火するときは、焰は網の上止まりて下に出づることなし。

實驗 第二

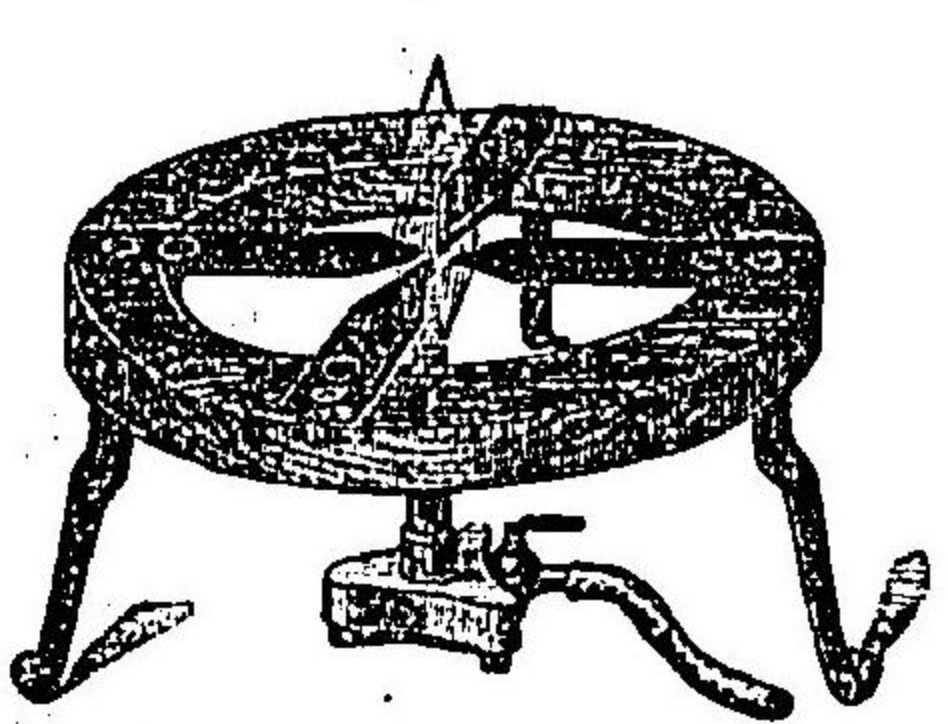
裝置及實驗の方法。種々の物質が熱を導くこと相同じからざることとは、



第七十六圖

次の如くにして之を示すを得。同じ大きさを有する銅と鐵との細長き棒を取り(太き針金に)、之を二分或は三分許重ねて接ぎ合せ、細き針金を以て強く縛すべし。次に此接ぎ合せたる針金の兩端をレトルト臺にて支へて水平となし、其下側に蠟を以て豆粒を五六分毎に附著すべし。今アルコールランプを以て接ぎ目を熱するときは、熱の傳はるに従ひ豆粒は漸次墜落し、銅に附著せるものは鐵のものに比して著しく速かに落下するを見るべし。

實驗 第三



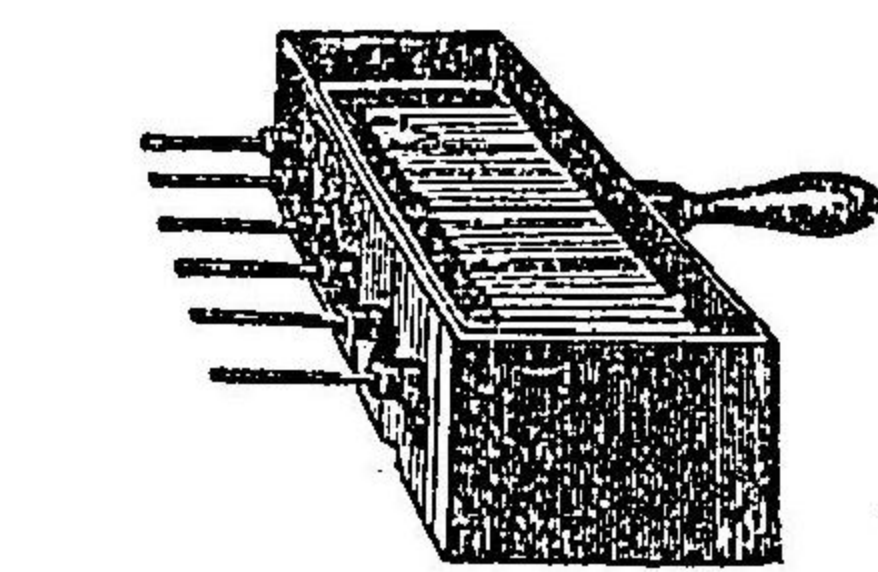
裝置及實驗の方法。第七十六圖に示せる裝置は四種の相異なる物質(例

ば銅鐵真鍮鉛石板等)の平たき棒を大なる木環の周圍に固定し、環の中心に於て相會せんとするが如くに取り付けたるものなり。今是等の棒の外端に近き所に燐の薄片を載せ、中央を熱するときは、熱は棒を傳はりて四方に擴がり、其温度四十四度に達するとき燐は燃燒すべし。銅の上にある燐は第一に發火し、真鍮の上

あるもの之に次ぎ、稍時を経て鐵の上にあるもの燃燒し、石板の上にあるものは容易に發火せざるを見るべし。

注意。燐を取扱ふには丈夫なるピンセットを以て貯藏瓶中より取り出し、水を盛りたる小皿の中にてピンセットにて押へながら、小刀にて小片を切り取り、大片は直に原瓶中に返し、小片は之をピンセットにて撮み吸墨紙或は濾紙上にて水分を去り棒の上に置くべし。燐は決して手にて撮むべからず。

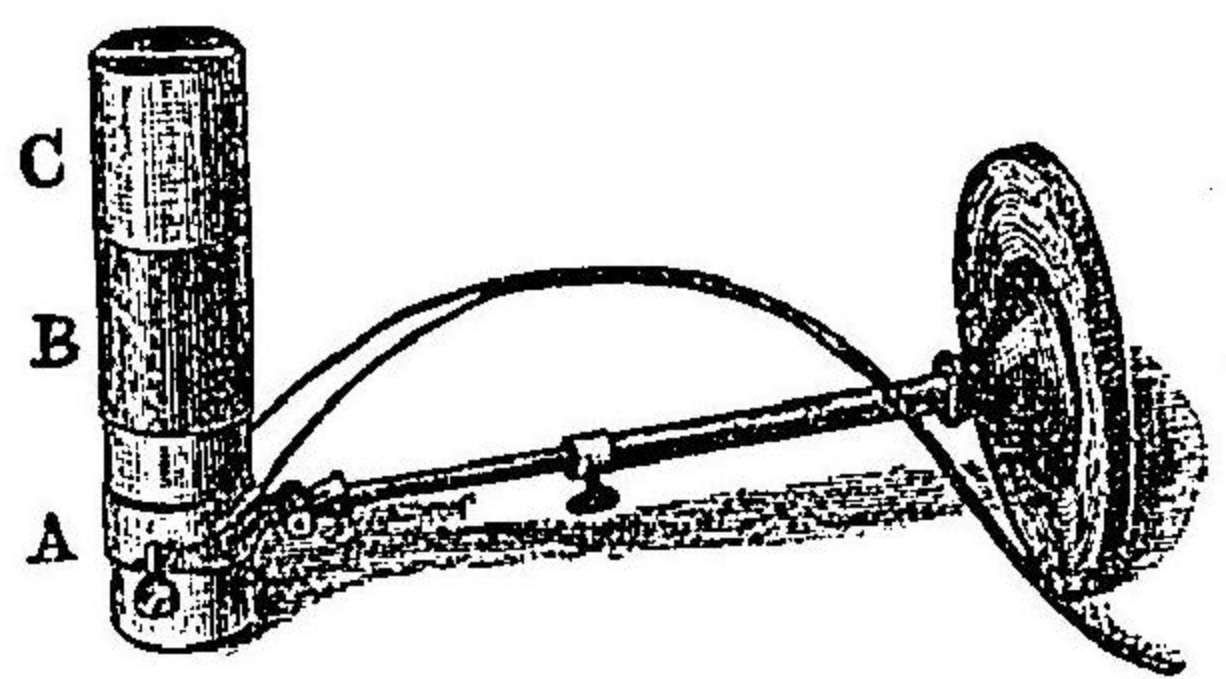
實驗 第四



第七十七圖

裝置及實驗の方法。同様の實驗はインゲンハウス氏の裝置を以て之を行ふを得、第七十七圖の如く長方形の金屬製の箱の側面より同じ太さ、同じ長さの種々の金屬竝に硝子、象牙などの棒を突出せるものなり。今各の棒の下面適宜の處に豆粒大の蠟片を附著し箱の内に熱湯を注ぐときは、棒の種類により蠟片の融け落つるに遲速あるを見るべし。

實驗 第五



第七十八圖

裝置及實驗の方法。第七十八圖の如く熱電堆Aを横に倒し、蒼鉛とアンチモンとの連接面を水平となし、其上に傳導を試驗せんと欲する物體Bを載せ、更に其上に豫め沸湯中にて熱したる鐵片Cを置くべし。然る時、熱がCよりBを傳はりてAに達すれば、Aに熱電流を發生するが故に之に連結せる鏡電流計の光點移動するを見るべし。B若し銅なれば之にCを載せてより暫くにして光點は移動を始むれども、眞鍮なれば稍多くの時間を要し、鐵なれば更に多くの時間を要するを見るべし。

實驗 第六

裝置及實驗の方法。水の傳導率の小なることを示さんと欲せば、試験管

に其十分、八位まで水を充たし、試験管挟みにて斜めに之を支持し、アルコールランプを以て水の上部を熱すべし。然るときは水の上層は沸騰するに至るも下層は依然として冷なるを見るべし。若し豫め管底に氷片を投じ置くときは更に一層の感を深からしむるを得。

注意。水を管底に沈め置くには其上に鉛の塊片を投入すべし。

第二十三 輻射に関する實驗

實驗 第一 (輻射熱の吸収に関する實驗(其二))

装置及實驗の方法。表面の黒くして粗き物體は平滑なる物體よりも輻射熱を吸収すること著しきものなり。之を示すには、次の如くすべし。成可く同じ大きさの二個の寒暖計を取り、其一つの球部を煤にて燻ふし、之を並べて日光に曝すか、又は普通の燈火用ランプの傍に置くべし。然るときは煤を塗りたる寒暖計は塗らざるものよりも速に上昇す。又既に上昇したる後熱の供給を絶つときは煤を塗りたる方は早く降下す。

注意。寒暖計に煤を塗るには、普通燈火用の石油ランプに火を點じ、ホヤを挿すことなく且心を稍多く出して油煙の立つ様になすべし。此際丸心ランプなれば其まゝにて宜しけれども、平心ランプなれば口金の帽子を取り除くことを要す。次に煤を塗らんと欲する寒暖計を取り、其球部を迅速に煤の内を通過せしめ、之を數回反復して球部に一樣に煤の附著するに至らしむべし。決して焰の内に止め置くべからず。又絶えず寒暖計の温度に注目して餘り昇り過ぐるが如きことあらば、暫く塗煤を中止し其冷ゆるを待ちて之を繼續すべし。

煤を塗るに當り、物體を焰の上部の尙赤色の見ゆる所に挿入するとき、温度高きに過ぐる恐あり。其處よりも稍高き處に挿入すべし。然れども焰を去ること遠きに過ぐれば煤の著くこと粗雜なり。又急速に煤を塗らんとし、て、煤を多く立たしむるは却て宜しからず。煤の立つことを少なくして數回反復して塗るべし。

實驗 第二 (輻射熱の吸収に関する實驗(其三))

装置及実験の方法。 前の実験は示差寒暖計を以て之を行ふことを得、即ち前実験の注意に記せる方法を以て示差寒暖計の一つの球に煤を塗り、二つの球が同時に日光に曝さるゝ様になすべし。然るときは煤を塗りたる球は他の球よりも其温度速に昇るを見るべし。

此実験をなすにはヘリオスタットを以て日光を室内に導き其通路に示差寒暖計を置くを可とす。但し寒暖計を置くには少しく之を斜めにして一つの球が他の球の蔭にならざる様になすべし。

実験 第三(輻射熱の反射に関する実験)

装置及実験の方法。 二個の大なる凹面鏡を取り、四尺乃至五尺の距離を隔て、正しく相對峙せしめ、其一つの鏡の焦點に炭火を置き他の焦點に火口を置きて、鞆を以て炭火を吹き、熾に之を燃焼せしむるときは、輻射熱の反射及集合によりて火口の點火するを見るべし。

炭火の代りに灼熱せる鐵丸を置くも可なり。但し之を以て火口に點火せしむる場合には直徑一寸五分許の大なる鐵丸を白熾の程度に熱して用ひ

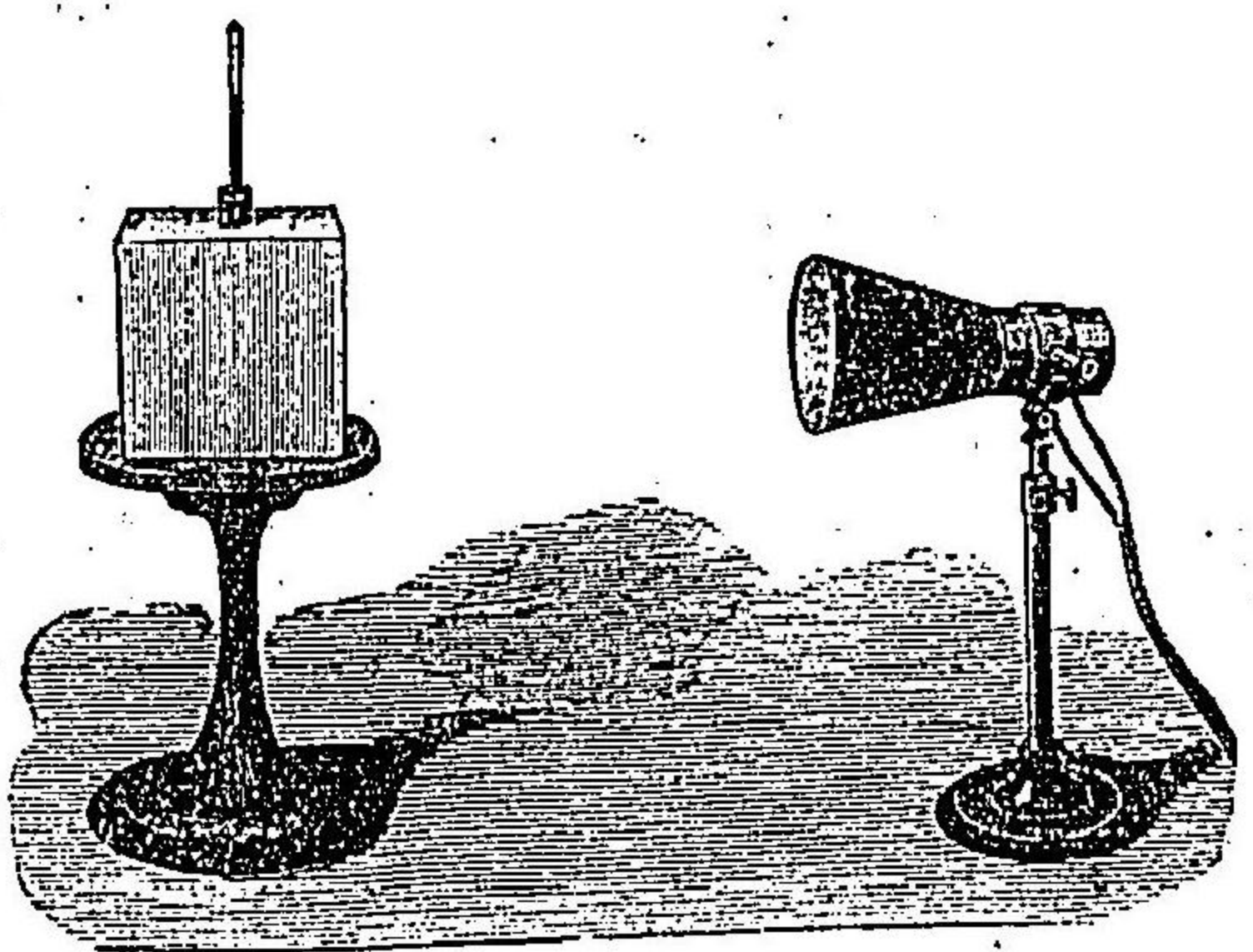
ざるべからず。然れども火口に代ふるに沃化銀水銀の感熱劑を塗りたる小紙片或は示差寒暖計の球に煤を塗りたるものを以てするときは、鐵丸の温度稍低きものを用ふるも可なるべし。

実験 第四(輻射熱の放散に関する実験)

器械の構造。 黑色或は粗雜なる表面は熱を放散すること大なれども、白色或は平滑なる表面は之を放散すること小なり。之を示すには通常レスリー氏の方匣を用ふ。レスリー氏の方匣は大き一粉立方許の銅製の箱にして、其側面の一は銀或はニッケルを以て平滑に鍍金せられ、其次の面には煤を塗り、第三は粗雜に磨かれ、第四には白紙を貼りたるものなり。箱の中には熱湯を充たし、中央に立てたる寒暖計によりて其温度を知るものとす。

準備及実験の方法。 先づレスリー氏の方匣を取り、之を臺に載せ、且中央のコルク栓を貫き寒暖計を立つべし。次に熱電堆を方匣より一尺程隔て、同じ高さに装置し、箱に面する方には集熱圓錐筒を嵌め、反對の面には蓋を嵌めて外熱の侵入を防ぐべし(第七十九圖)。次に電流計を鋭敏に調整し、導線

第七十九圖



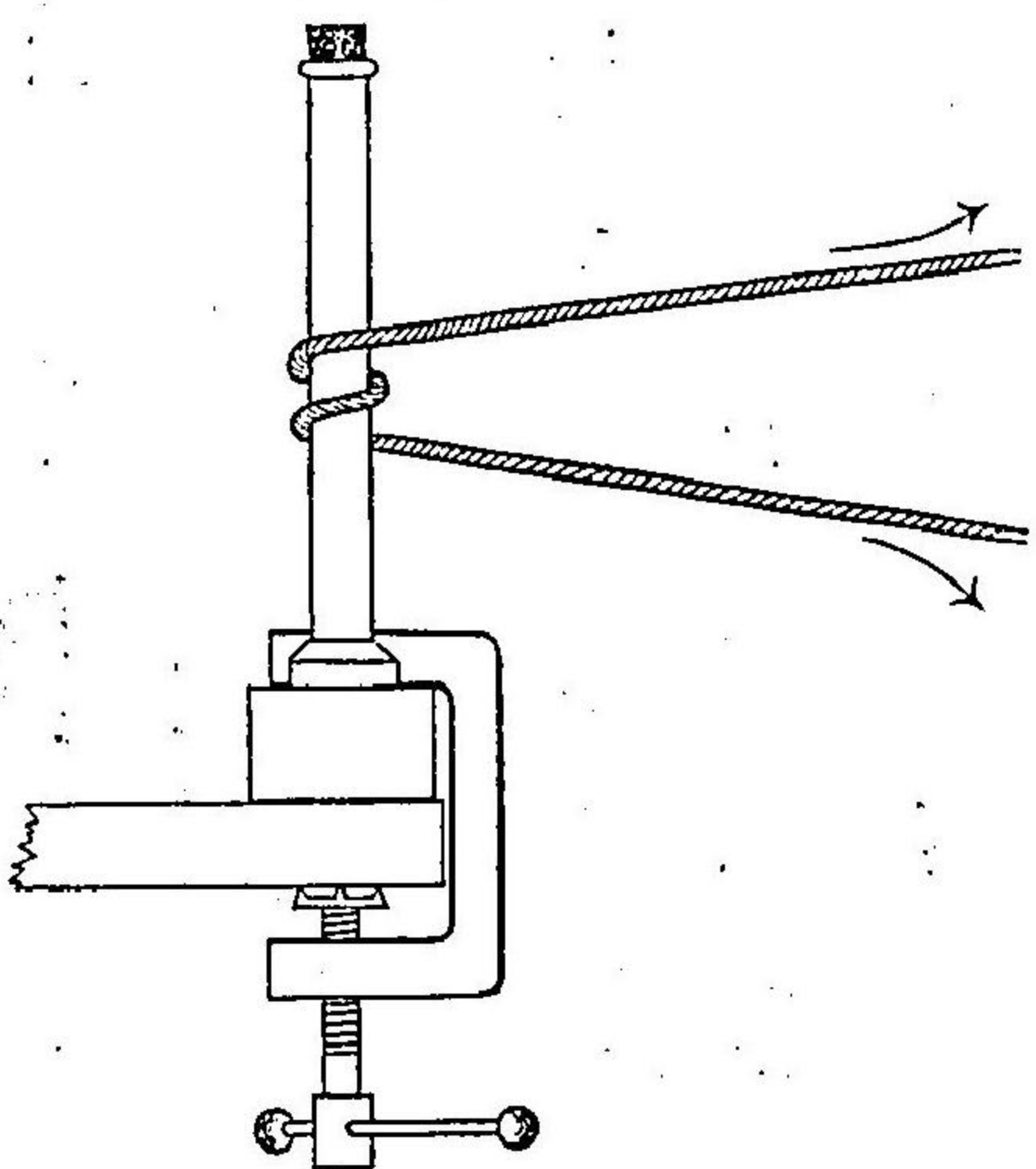
を以て熱電堆に連結すべし。右の準備整つば、方匣を臺より下し、之に熱湯を注ぎて寒暖計を挿し、再び臺に載せ、先づ鍍銀せる面を熱電堆に向はしめ、暫くして電流計の指針が一定の所に止まるに至らば、方匣を廻して煤を塗りたる面を熱電堆に向はしむべし。然るときは電流計の指針は著しく傾斜するを見る。次に其他の面を順次に熱電堆に向はしめて実験すべし。但し熱湯の溫度が著しく變化せざらんことを要す。

第二十四 機械的の仕事に由て熱の発生することを

示す実験

實驗 第一

第八十圖



装置及實驗の方法。熱電堆を横に倒し、其アンチモンと蒼鉛との接合面が水平になる様になし、又電流計を鋭敏に調整して熱電堆に連結すべし。然る後鉛の一片を取り先づ之を熱電堆に載するときは電流計は左程の傾斜を呈せざれども、鉛片を鐵鎚を以て數回強く打ち直に之を熱電堆に載するときは、電流計は著しく傾斜し、以て打撃によりて鉛片の熱せられたることを示すべし。

實驗 第二

装置及實驗の方法。第八十圖に示すが如き眞鍮製の管を取り、萬力にて之を機の端に取り付け、管内に三分一程湯を充たし、コルクを以て口を塞ぎ麻繩を一回巻き、之を兩手にて交互に引きて管を摩擦するときは、管の熱せらる

ると共に水は遂に沸騰してコルク栓を高く飛ばすに至るべし。

注意。 麻繩を引くときは繩が時々重なりて動かぬ様になることあり之を豫防する爲めには、上の繩を引くときは少しく上の方に引き上げる様に引き、下の繩を引くときは少しく下の方に引き下ぐる様に引くべし。又繩の引き方は餘り強くして遅きよりも緩くして稍早きを良とす。

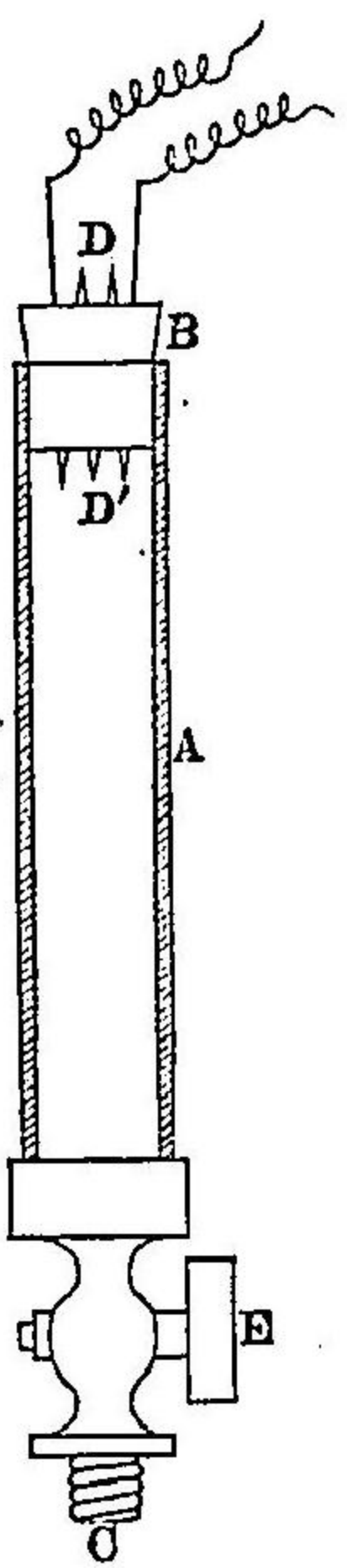
水の代りにエーテルを用ふるときは甚だ容易に此實驗を行ふを得。

第二十五 瓦斯體が急激に膨脹すれば冷却することを

示す實驗

装置及實驗の方法。 空氣が斷熱的に膨脹するとき、冷却することは、第八十一圖に示すが如き装置を以て之を示すを得べし。Aは直徑一寸、長さ五寸許の硝子管にして、上端はBなるゴム栓に由て塞がれ、下端はCなる螺旋に由て空氣唧筒の臺板に取り付けらるゝものなり。D、D'は鐵及洋銀の針金にて作れる熱電堆にして、其兩極は細き導線を以て鋭敏なる電流計に連結せらる。先づDの部分に軽く指を觸るゝときは電流計の指針は一方に傾斜

第八十一圖



す。是れDの部分にD'の部分よりも温度昇るが故なり。今電流計の針が元の位置に復するを待ちて、急激

に空氣唧筒を一二回運轉するとき、A内の空氣急速に膨脹するが故に其温度降下しD'はDよりも冷になるを以て、電流計の指針は前と同方向に動くを見るべし。次に數回唧筒を運轉してA内の空氣を稀薄にし、栓を閉じて外氣の浸入を防ぎ電流計の指針が靜止するを待ち、Eを開きて急に空氣をA管内に進ませしむるときは、電流計の指針は前と反對の方向に動きてD'の温度の上昇せることを示すべし。

第二十六 錐形蒸氣機關の使用に關する注意

蒸氣機關の錐形は簡單なるものと複雑なるものと種々あるが故に、凡ての器械に通ずる注意を掲ぐることは難けれども、主として次に列記する數項に注意するを要す。先づ機關を運轉するに先立ちて凡ての可動部分が滑

かに動くや否やを検査すべし。即ち滑り瓣安全瓣等が粘著し居らざるや否やを見るべし。若し飛輪に廻轉を與へてそれが永く續かざるときは何處かに故障あるもの故、能く之を調査し、又軸受けピストン滑り瓣等の各部に油を注ぐべし。次に水又は湯を汽罐の三分二位まで充たし、アルコールランプに点火して蒸氣を發生せしむべし。蒸氣發生するときは車は概して自ら廻轉を始むるものなれども、時としては其初に當り手を以て廻轉を助くるを要することあり。ランプの熱強きに過ぐるときは危険なることあり。絶えず廻轉の調子に注意して廻轉が俄に急進することあらば、何時にてもランプを取り出すか或は滅せしむるを得る様用意すべし。又ランプに過量のアルコールを注ぎ置くときは、溢れ出でて火を引くことあるが故に注意を怠らざるを要す。

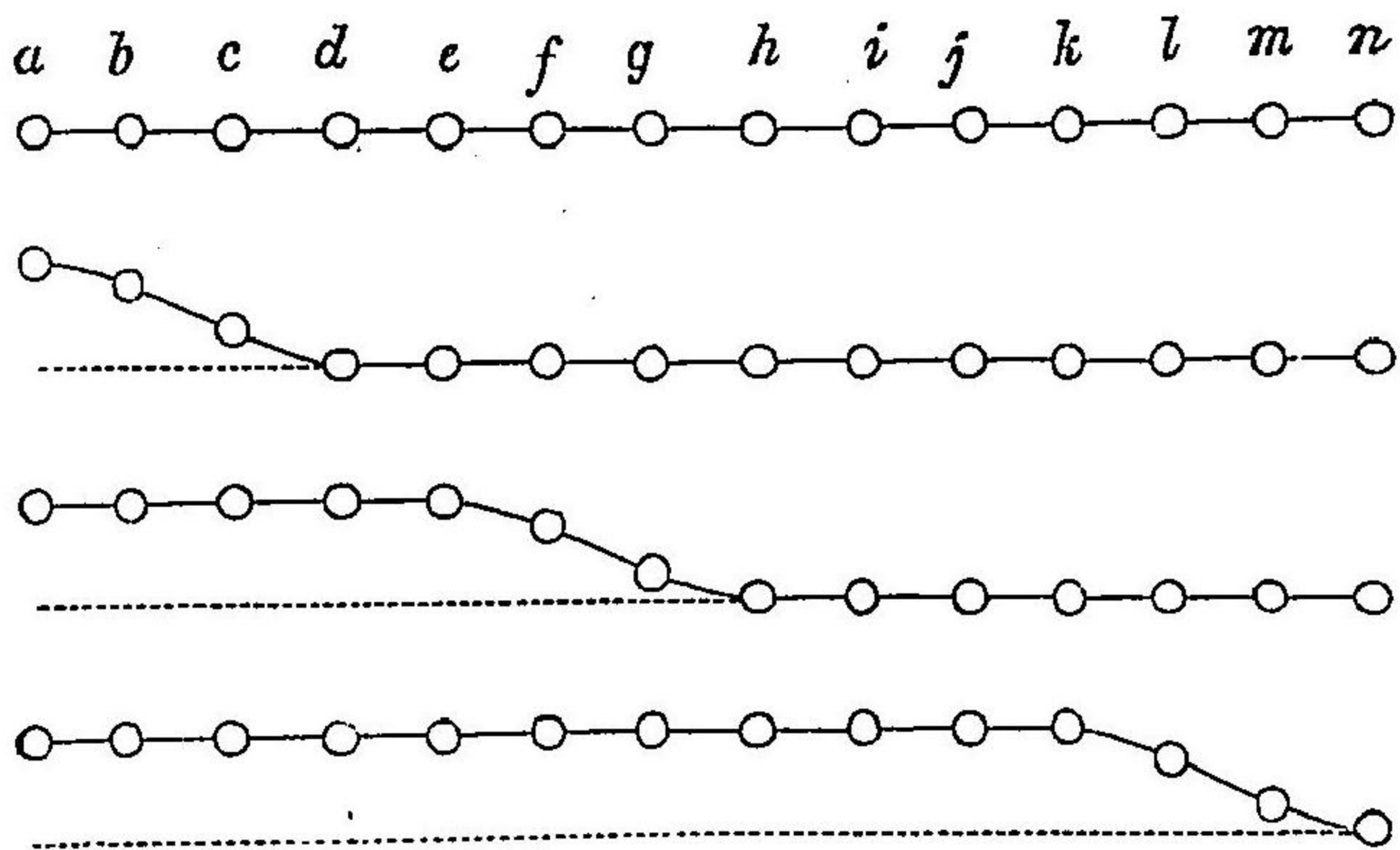
第四編 波動及音響

第一 波動に関する根本的説明

波動に関する現象を説述し、初學者をして能く之を了解せしむることは容易にあらず。然れども良好なる模型を用ひて説明するときは存外容易く了解せしむることを得るものなり。通常波動を説明するには運動學的に論ずる様なれども、著者は之を力學的に論ずる方途に了解を容易ならしむべしと信ず。今試に後の方法により波動に関する主なる現象を説明すべし。

第八十二圖に於て a, b, c, d, \dots, n は波動を傳達する媒介物の分子 (Particle) を代表し、互に彈力を以て相關聯せらるゝものとす。今假りに是等の分子は an に直角なる方向にのみ動くを得るものとし、所謂横波の生成を論ずべし。通常第一の分子は何の意味もなかつた上下の方向に引き續き何時までも往復運動を爲すものとして論出せらるれども、是れ必要なることに非ず。却て第一の分子にたゞ一つの打撃を與へ其爲めに起る攪亂が如何に傳

第八十二圖



達せらるゝかを研究するときは、波の生成を根本的に知ることを得べきなり。故に先づ第一の分子 a に上方に向ひてただ一つの打撃を與へたるものと想定す。然るときは a は或速度を以て上昇を始むべし。若し a が獨立の分子にして他に何等の關係なければ何所までも同じ速度を以て進行すべき筈なれども、a は彈力を以て b と連絡するが故に、a が上昇するに従ひ、b に力を及ぼし之を引き上ぐるに至るべし。

茲に最も注意すべきは、a と b との間の彈力は、a が幾何か動きたるとき始めて起るものなることなり。而して b に對して a の移動すること大なる程其力も

亦強大なり、畢竟 b に働く力は突然に加はることなく、却て漸かに加はるものなり。又物體は凡て力の働きを受くるも、突然大なる速度を得ることなく、漸々に其速度を増すものなるが故に、b は常に a よりも或時間を後れて運動を起す可きなり。

斯の如く a の昇るに従ひ b は之に伴ひて上昇すべく、b の昇るに従ひ c も亦之に従ひて上昇を始むべし。たゞ c の運動が b に後れて起ることは尙 b が a に後るゝが如くなるべし。

然れども a は b を引き上げると同時に b に由りて引き下げらるゝが故に、漸々其速度を減じ遂に或高さに至りて靜止すべし。b も亦獨立の分子なれば無限に進行すべき筈なれども、c 以下を引き連れて昇ること恰も a が b 以下を引き連れて昇りたると同なるが故に、a の止まりたると同じ高さに至りて靜止すべく、c 以下の分子も同理に由り同じ高さに昇りて靜止すべし。たゞ順次の分子は若干の時間を後れて運動を起し又靜止するなり。斯の如くして分子の移動すると云ふことが一定の速さを以て前進するを知るべし。之を波の進行と稱するなり。

茲に更に注意す可きは、凡ての分子は波の進行したる後は其元の位置より幾何か隔りたる所に到りて止まれども決して運動を繼續することなく、正しく静止することなり。

斯の如く凡ての分子は第一の分子と同一の移動を爲し、たゞそれが或時間を経て起るのみなるが故に、第一の分子が大に移動するときは、他の分子も亦同じく大なる移動を爲し、少しく移動するときは、他の分子も亦少しく移動し、一方に移動すれば他の分子も亦同じ方向に移動し、反対の方向に移動すれば他の分子も亦反対の方向に動き、凡て第一の分子に與ふる移動と同一の移動を爲すべし。是故に或原因ありて第一の分子を引續きて振動せしむるときは、他の分子も亦引續きて振動し、之を規則正しく振動せしむるときは、他の分子も亦規則正しく振動し、茲に規則正しく波動の進行を見る可きなり。不規則なる波動の傳達せらるゝ有様も亦同じ。

孤波

前に述べたるが如きたゞ一つの刺撃に由りて生じたる波を孤波[Ⓔ]と稱す。今孤波の反射を研究すべし。然るときは連続波の反射する有様も亦自ら明かなるべし。

固定端よりの
反射

前に述べたるが如く第一の分子に與へたる移動が孤波をなして進行し、媒體の終端に到達して今將に m 分子が n 分子を引き上げんとするに至りたりと想像せよ。若し n 分子が他の分子と同一の有様に在りて固定せらるることなければ、 m は n を引き上げて自ら静止すべき筈なれども、 n 若し固定せられて動くことなければ、 m は却て反働によりて引き下ろされ、それに伴ひて n も亦引き下ろされ、各分子は元の位置に下りて静止す。故に反射の波動に就て之を云へば下方に向へる移動が na 線上に起りたるに同じ、即ち上方に向ひたる移動が固定端より反射するときは下方に向ふことを知るべし。斯の如く論ずるときは、山となりて進みたる波動が谷となりて反射せるが如くに見ゆれども、其實然らず。山は山となりて反射せるなり、何となれば進行の方向に對して左方に生せる移動を山と稱するときは、進行の方向に對して右方の移動を谷と云ふべければなり。今の場合に於ては入射波も反射波も共に進行の方向に對して左方に移動せるものなり。

遊離端よりの
反射

終端の分子系が固定せられずして遊離せるときは、波動が進行して m 分子に至りたる時、 m は n を引き上げるが爲めに自ら他の分子と同じ高さ

の所に至りて止まれども、 n は上昇するに従ひ其次ぎに引き上げべき分子なきが故に、自ら其速度を以て他の分子の静止せる位置を越えて更に上方に突上し、却て m を引き上げて或高さに至りて止まり、 m は又 n を引き上げて静止し、茲に反對の方向に移動する波の反射を見るべし、之に由りて固定端よりは同じ位相の波が反射し、遊離端よりは反對の位相の波が反射することを知り得べし。

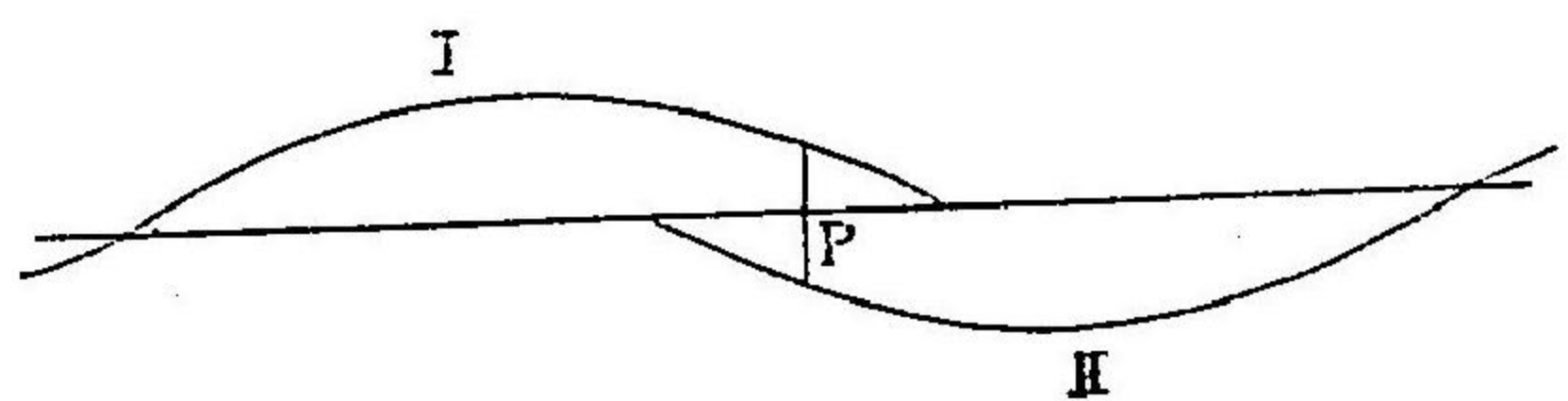
疎密波

前に述べたる所は横振動より起る波動即ち所謂横波に関する説明なれども、波の進行の方向に分子が振動して起る所の縦波即ち疎密波に就ても同様に考究するを得べきなり。

定常波の生成

規則正しき波動が連続して進行するとき、其反射せるものと相重なりて定常波の生ずることは次の如くにして説明することを得、第八十三圖に示すが如く、I 及 II なる相等しくして規則正しき波動が反對の方向に進み來りて相重疊するときは、媒體の分子は各波動に基づく移動の代数和に等しき移動を爲して振動すべし、今此分子を通観するに或點例へば P の如き所に於ては或時刻に於ての各波動に基づく移動は等しくして反對なり、故に

第八十三圖



其時刻に於て P 分子は静止の状況に在るべし、今少しく時刻移りて I 波動の移動が増加したりとせば II 波動の移動も亦反對の方向に増加して其値正に等しきが故に P 分子は尙静止の状況を保ち如何に時刻が移るとも動くことなし、是れ即ち所謂節點ノードと稱せらるゝ處なり、斯の如き點は P より半波長隔りたる所にも成立つべし、何となれば其所に於ては I 波動の移動は P に於ける者に等しくして反對なれども、II 波動の移動も亦等しくして反對なればなり、又斯の如き點は是等の點より全波長の整数倍だけ隔りたる所に存在すること明かなるが故に、全體に於て半波長毎に少しも振動せざる點即ち節點を生ずることを知るべし。

第二 振動に関する実験

實驗の目的。振動とは如何なる運動なるかは、未だ之を知らざる者の想像し能はざる所なるが故に、種々の振動體を羅列し振動に関する一般の現

象を示し、振幅週期の何物たるかを明かにし、且振動體の週期は概して其振幅に關せざることを示すべきなり。

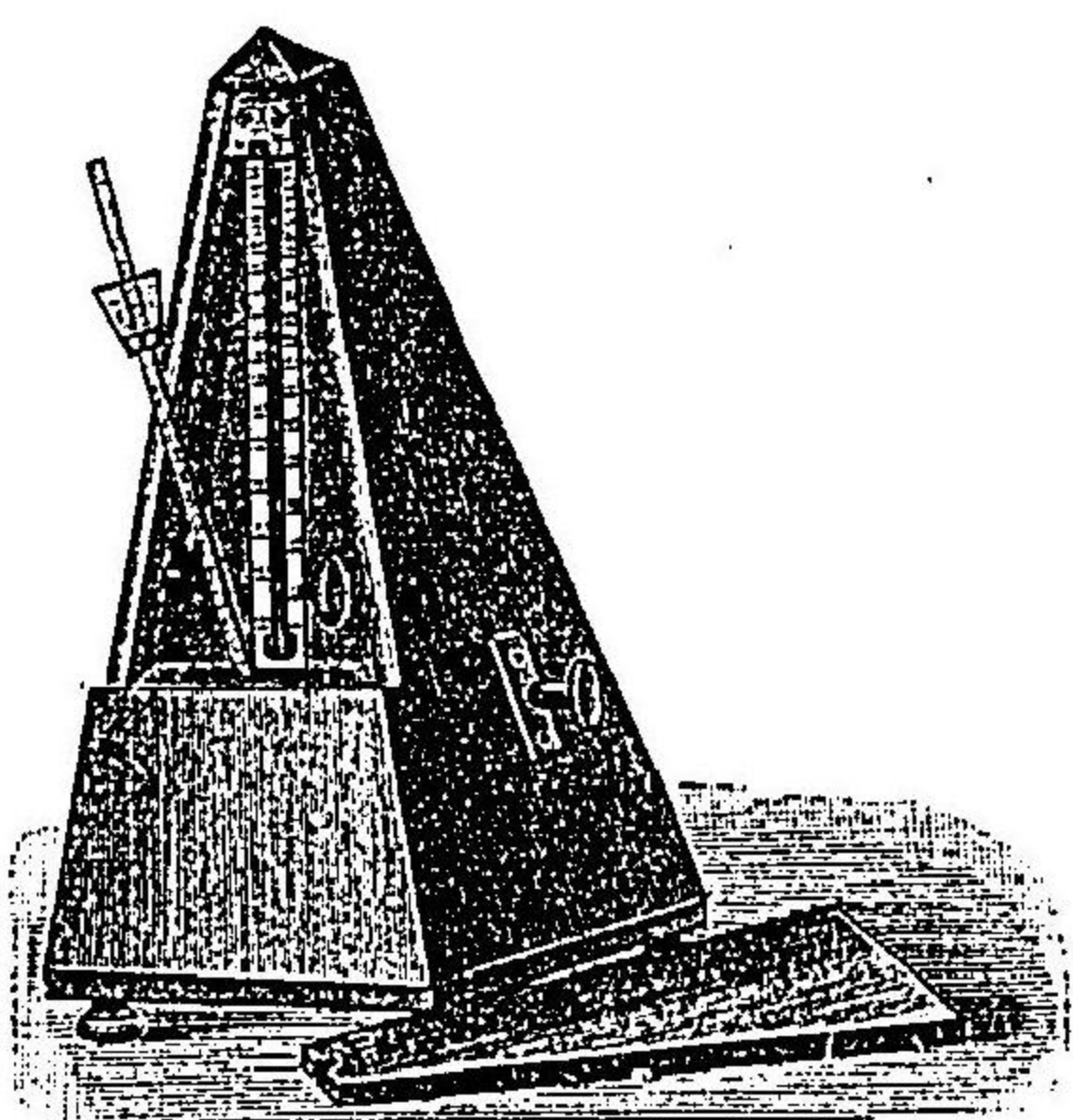
(一) 單振子

緩慢なる振動
裝置及實驗の方法。單振子は振動の週期及振幅を説明するに便利なる裝置なり。第一編第十實驗第二十五圖に示すが如く、絲の一端に金屬球を吊るし、他端は鉤を越えて之を手につか、或は臺の横の釘に巻き付け置きて球を振動せしめ、振幅を變ずるも週期の目立ちて變らぬことを示すべし。又絲の長さを増減して週期の變化することをも示すべし。

(二) メトロノーム

同上
構造及實驗の方法。音樂に於て拍子を取るに用ひらるゝ器械にして、第八十四圖に示すが如く、時計仕掛によりて直立せる細き棒が左右に振動するものなり、棒には上下し得べき小さき分銅ありて之を高き所に止め置く程振動遅く、之を低き所に下るす程振動速し、一振動毎に憂々の音を生ずる

第八十四圖



が故に、多くの人に聞かしむるに適す。振幅を説明するには不適當なれども、色々の週期を示すには都合よき器械なり。度盛は一分間の振動數を示すなり。
注意。茲に一振動と稱せしは右より左に、或は左より右に動くだけの運動のことにして、學術上に謂ふ所の半振動に相當す。

(三) 發條と分銅

稍早き振動
裝置及實驗の方法。丈夫なる框の鉤に發條を吊るし、其下端に分銅を吊るし、之を少しく下に引きて放つときは、心地よき振動を得べし。之に用ふる良好なる發條を得んと欲せば、直徑一耗程の鋼鐵の針金を太さ八分乃至九分の鐵棒に百五十回程密接して巻き付け、棒と共に熱して焼きを入るべし。又同じ太さの眞鍮の針金を以て製するも可なり。但し眞鍮線は引きたるま

まのものをを用ひ、熱して軟かにしたるものを用ふべからず、又焼きを入れる、様のことなすべからず。

(四) 鋼鐵振動線

迅速なる振動

装置及実験の方法。 前に示せる振動は凡て緩漫なるものにして、振動の性質を説明するには適すれども、發音體等の如き急激なる振動を説明するには、餘りに其速さに懸隔ありて實際に遠ざかるの感起すべし。故に稍急激なる振動を示し、其間の連絡を保つを要す。之が爲めには直徑二耗許、長さ一尺餘の鋼鐵線の一端に金屬球を吊るしたるものを取り、萬力にて支持して、之を振動せしむべし。萬力にて挟む所を色々變へ振動する部分を長短して實驗すべし。

第三 波の進行及反射を示す実験

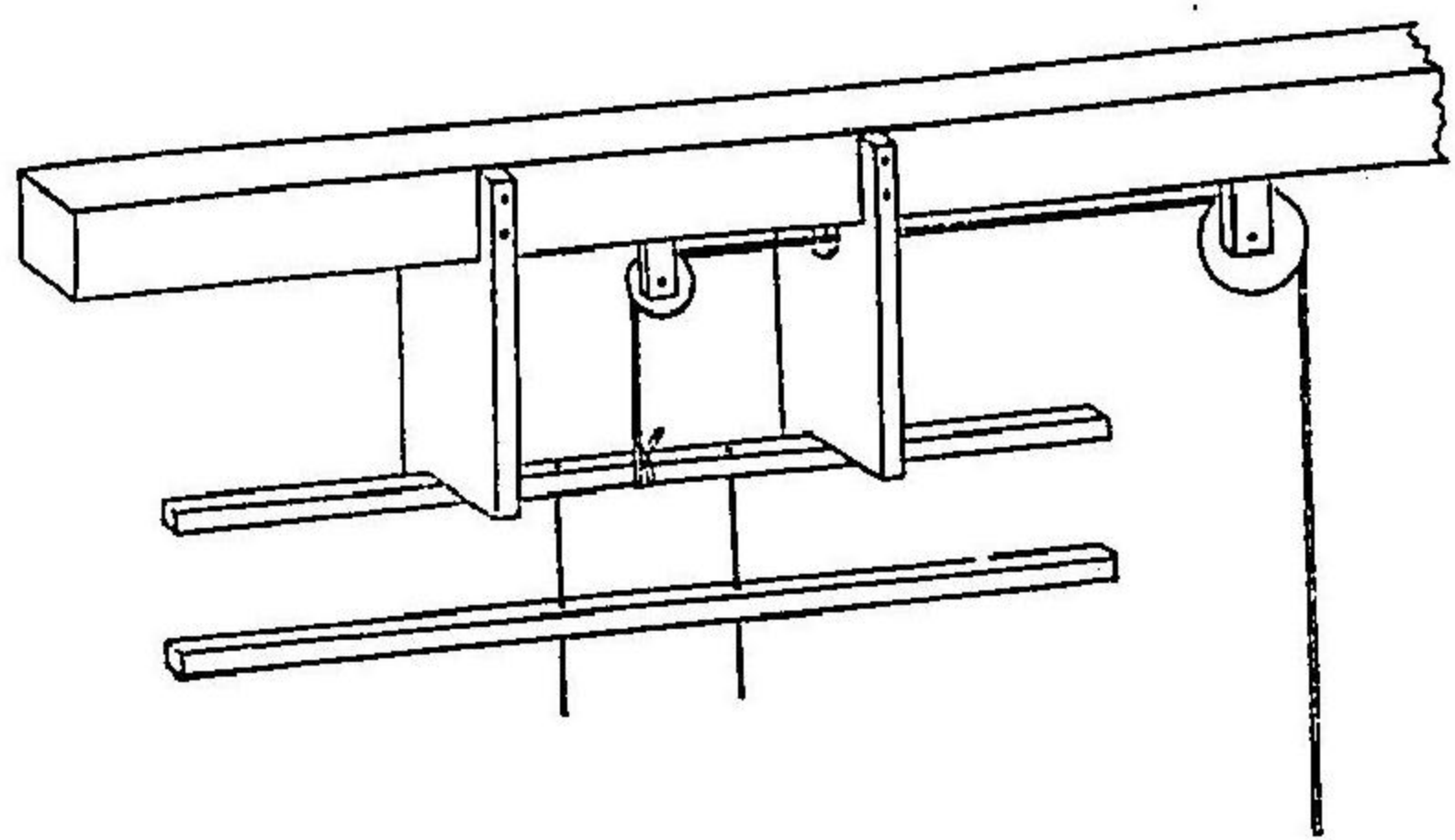
模型の選擇。 規則正しき波の進行する有様を觀んと欲せば、マッハ氏の模型或は本多光太郎氏の模型を用ふるを宜しとす。然れども孤波連續波及不

規則なる波の成生進行反射及干涉等を實驗せんと欲せば、ロード、レーリーの模型を用ふるを可とす。たゞ同氏の模型は横波動に適して音響の波動の如き疎密波に關する現象を示すこと能はざるを遺憾とす。卷首に寫眞圖を掲げたる著者の小案にかゝる模型は、よく横波竝に縦波を成生することを得、波の進行、反射、定常波、共鳴及陰り等波動に關する一と通りの現象を悉く實驗することを得るが故に甚だ便利なりと信ず。然れども或度まではロード、レーリーの模型を以て實驗を行ふを得。且構造簡單にして價廉なるは捨て難き長所なるが故に、本書に於ては同氏の模型を以て實驗する方法を述べべし。

器械の構造。 ロード、レーリーの模型は長さ二尺、厚さ四分、幅三分許の木

の棒約三十本を二條の絲にて連結したる一個の籠にして、絲と絲との距離は二寸許、棒と棒との距離も二寸許なり。絲は丈夫にして細く且撚りの少なきものを用ふべし。籠の上方を天井或は他の堅固なる水平の腕木に取り付け、下方に分銅を懸けて之を緊張すべし。此分銅の重さを増減して籠の張力を變ずるときは、それを沿ふて進行する波動の速度を増減するを得べし。其

第八十五圖



固定端よりの
反射

せる後は棒は悉く見事に静止すべし。

此波が天井に達するときは、それより反射し總ての棒は反対の方向即ち左の方に移動せらるゝが故に、畢竟悉く原位置に復して又静止するを見るべし、而して此波動が最下端に達するときは、此端は遊離し居るが故に、棒は

他上部と下部との取り付け方は第八十五圖に示すが如し（此取り付方は著者の小案にして、敢てロッド、レリーの方法と云ふ譯すに非。）

装置及実験の方法。 此簾を装置するには、棒の小口を觀衆の方に向けて之を取り付くべし。実験するに當りては、先づ簾に一盞許の分銅を懸け、其静止するを待ちて最下端の棒の端を一方例へば右の方に動かす、手を放ちて其與へたる攪亂が上方に進行するに任すべし。然るときは順次の棒は總て最下端のものと同一邊まで移動して止り、前節に詳述せるが如く、波の通過

遊離端よりの
反射

原位置に戻りても尙其處に止まることなく、慣性によりて却て左方に移動し、其移動は復上方に反射し、反対の位相の波の上進するを見るべし。最下端の棒を規則正しく連続して動かすときは、規則正しき波の上進するを見るべし、而して之を動かすこと緩なるときは、波長の大なる波動進行し、之を動かすこと急なるときは、短き波長の波動進行するを見るべし、即ち同一媒體中に種々の大きさの波を起し得ることを示すを得るなり。

第四 定常波動に関する実験

實驗 第一

實驗の方法。 ロッド、レリーの模型を以て最も能く之を實驗するを得べし。即ち簾の最下端の棒を規則正しく、引續き振動せしむるときは、上進する波と、反射して降下する波と相重疊して定常波をなし、等しき距離を隔てて動かざる處即ち節點を生ずるを見るべし。手を以て規則正しく動かすことは、少しく熟練を経ざれば困難なり、故に

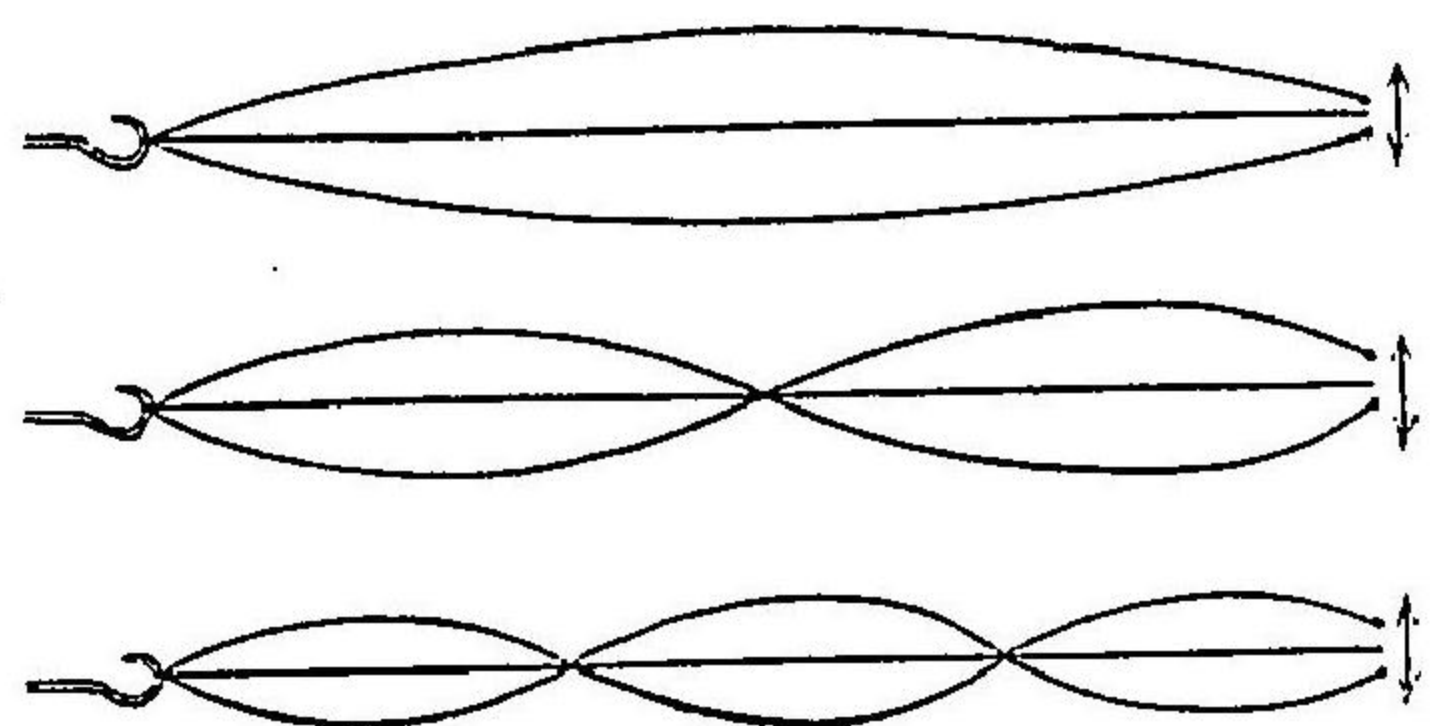
別に大なる複振子を作り、其振子の棒の稍上方と籐の下端の棒の端とを針金又は細き木或は竹の棒にて連結して振動せしむるときは、良好なる結果を得べし。

注意。 定常波に於て節點は完全に静止すべき理なるに、模型を以て實驗する際には反射點に近き節點は完全に静止すれども、之を遠ざかるに従ひ節點に當る分子も少しづゝ動き居るを見るべし。是れ波の振幅は進行するに従ひ少しづゝ減殺せらるゝを以て、反射點より遠き程入射波と反射波との振幅に著しき差を生ずるが故なり。

實驗 第二

裝置及實驗の方法。 長さ八尺乃至一丈許のゴム管或は紐を取り、其一端を固定して、他端を初めは緩く次第に其速さを増して振動せしめ適當の速さに達するときは、全部たゞ一つの區劃となりて振動するに至るべし。尙次に速さを増すときは中間に節を生じて全部二つに分れて振動するに至り、更に速さを増し適當の速さに達するときは二つの節を生じ、全部は三つ

第八十六圖



に分れて振動し、定常振動の現象を見ること第八十六圖に示すが如し。

注意。 ゴム管又は紐を振動せしむるには、之を垂直に振動せしむるより水平に振動せしむること幾分か容易なり。

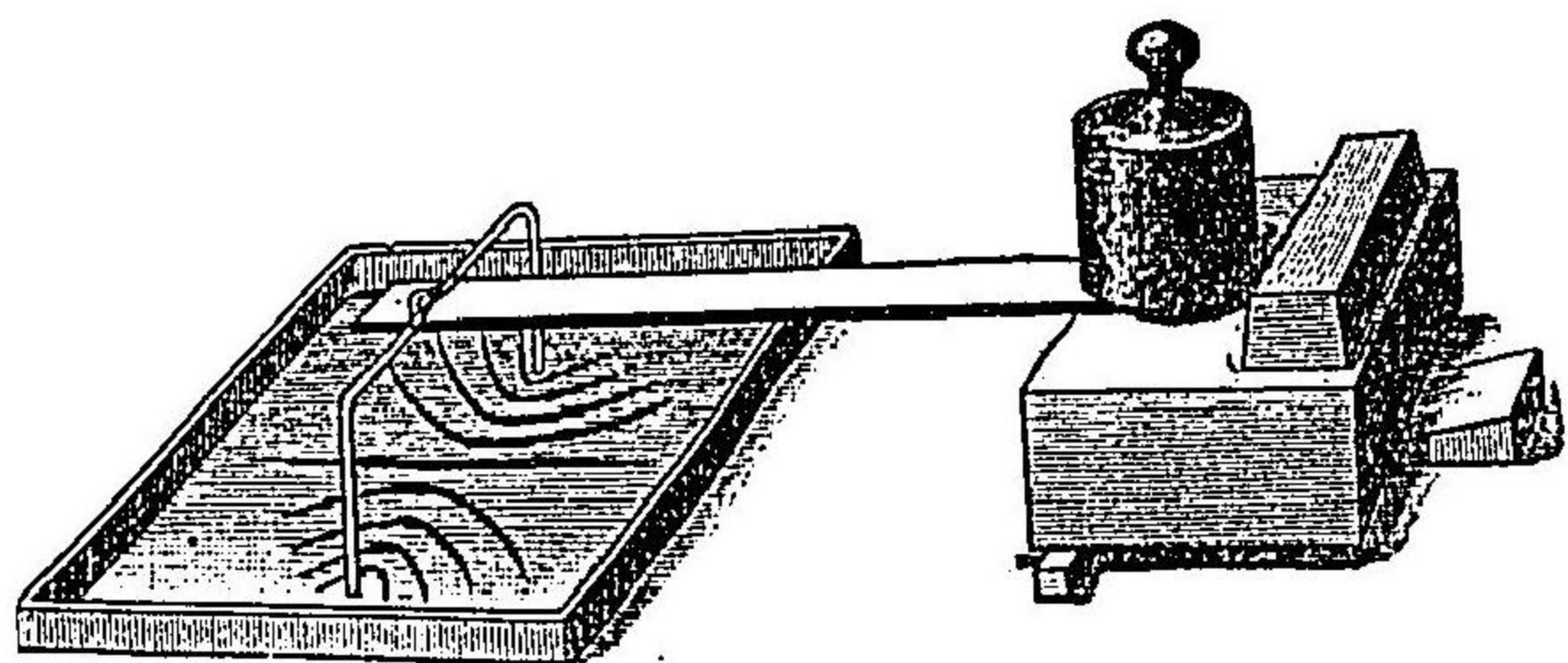
實驗 第三

裝置及實驗の方法。 細長き硝子の箱に水を其半分の深さに充たし、水面の一端を太き棒にて週期的に突くときは、其速さ適度に達する毎に數多の節を有する定常波動を生ずべし。

注意。 節に當る分子が静止することを示すには、水面に沿ふて硝子の表面に墨にて基線を記し置くを可とす。或は太き糸を張り置くも可なり。

實驗 第四

第八十七圖

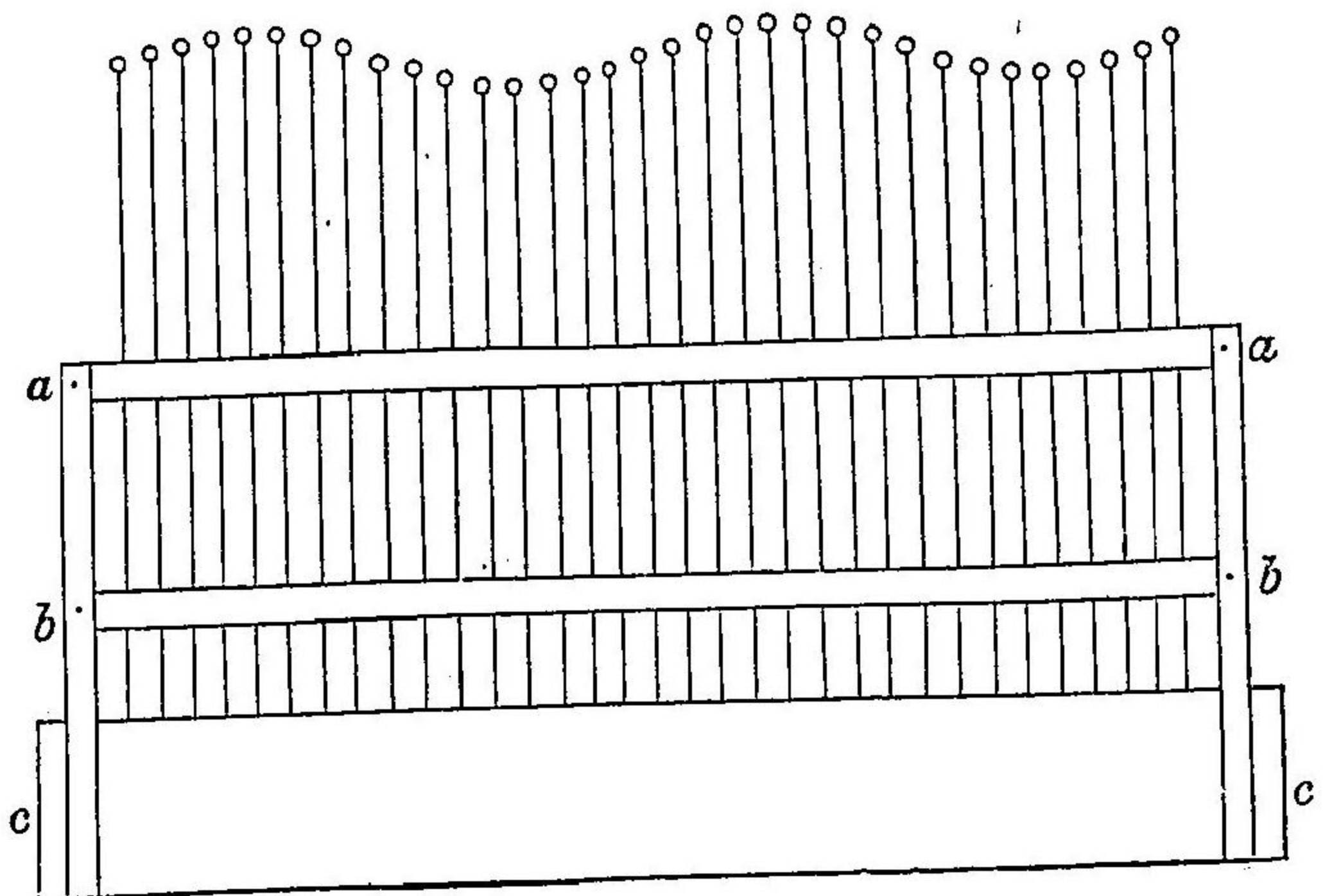


装置及實驗の方法。第八十七圖に示すが如く、薄くして細長き金屬板を取り、其一端を固定して水平に支へ、他端に□形の細き針金を糸にて縛り付け、板を振動せしむべし、又淺き皿に水銀を盛り針金の下に置くべし、然る後、板を振動せしむれば針金の兩脚が水銀面を突くを以て、其刺戟點を中心として起れる二波相干涉して、茲に美麗なる定常波の縞を生じ、其形は總て雙曲線をなすを見るべし。

注意。振動を餘り盛ならしむることは却て宜しからず、皿の壁より反射し來る波の爲に定常波が攪亂せらるゝ恐あり、又針金の先が丁度水銀面に觸るる様にする爲めには、臺の後方に小さき楔を箝め之を加減して調整するを便とす。

本實驗は大なる音叉を用ひて之を行ふときは最も良好なる結果を呈す、又普通家庭に用ふる尺度を以て振動板に換ふるも可なり。

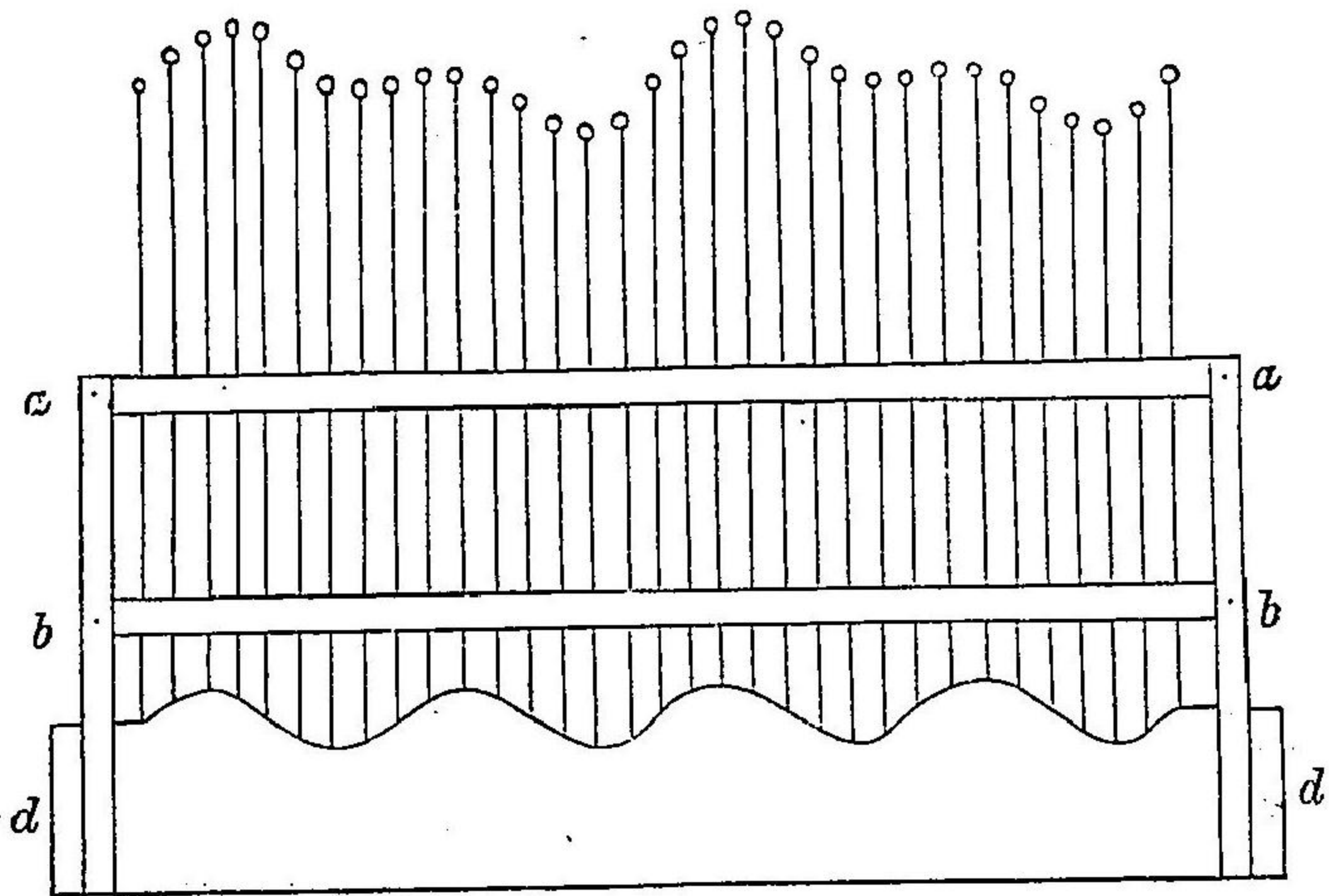
第八十八圖



第五 二つの波動が重疊して生じたる合成波動の形を示す實驗

装置及實驗の方法。第八十八圖に示すはアイゼンロール氏の合成波動の形を示す器械にして、四本の細き柱を以て水平なる二本の棒aa、bbを支へ、其棒には等距離を隔つる多くの孔あり、其孔を通して高さを異にする鋼鐵の細き棒數多を立てたるものなり、是等の棒は孔の中を滑かに上下し得るものにして、若し其下にccなる平なる木板を置くときは棒の頭は正しき波

第八十九圖



形を爲すものなり。今cc板を除きて、其代りに第八十九圖の如くddなる波形の木板を置くときは、鋼鐵棒の頭は前の波形とddなる波形と合して作れる新らしき波形をなすべし。依てdd板の波形を換へ、種々異なる合成波の形を求むることを得。

實驗に際してはdd板の位置を左右に少しづつ變じて、位相を異にして合成さるゝ模様をも示すべし。

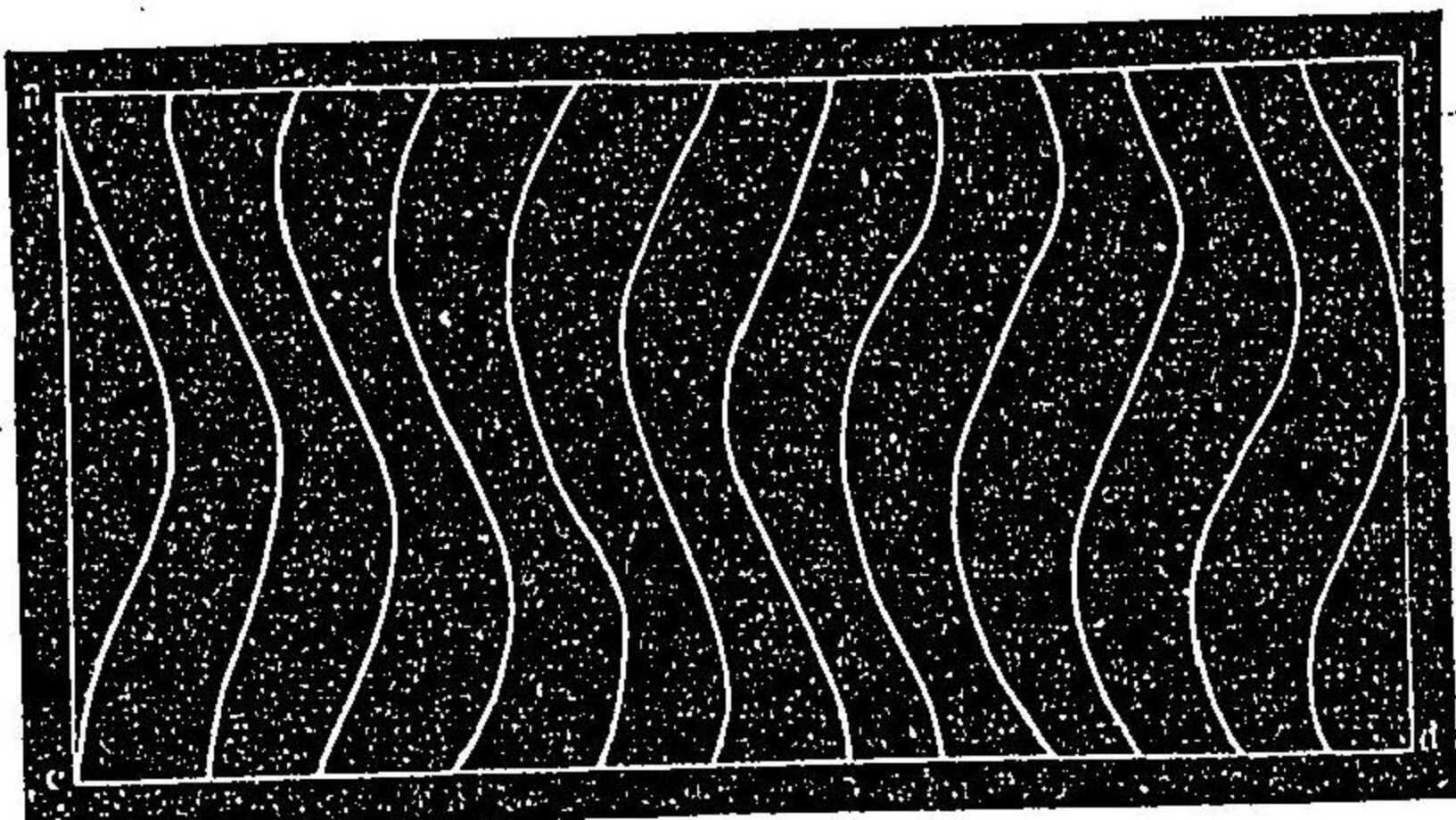
第六 疎密波を示す實驗

實驗 第一

裝置及實驗の方法。疎密波の進行

第九十圖(上)

第九十一圖(下)



する有様のみを見るには、マッハ氏或は本多氏の模型を以てするを得べし、又ホイートストン氏の模型を用ふるも可なり。此裝置は第九十圖に示せるが如き曲線を描ける紙のab端をcd端に貼り合せて紙の空圓筒を作り、其内に木製の圓筒を挿入し、之を第九十一圖に示すが如き框に入れ、手にて廻轉

しながら側面の狹隙より觀る仕掛なり。前述の曲線は進行する波を示すものなれども、其他孤波定常波に適する曲線を描ける紙の圓筒を用ひて實驗するを得べし。

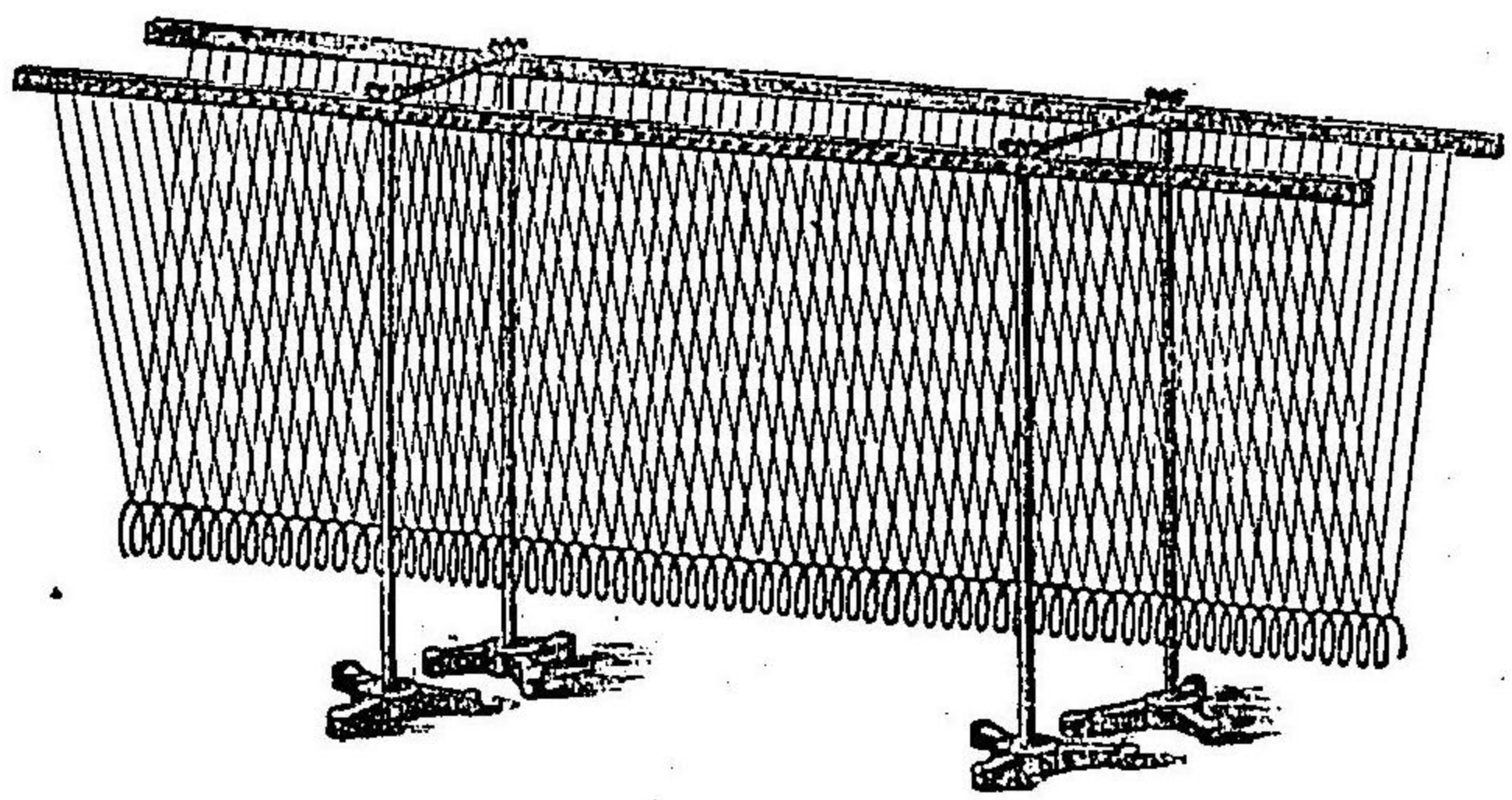
注意。通常此裝置には前記二種或は三種の紙の圓筒を相重ねて木の圓筒に著せ、框に嵌めあるが故に、一つづつ抜き取りて實驗することを得るなり。

實驗 第二

裝置及實驗の方法。太き縫針程の眞鍮の針金を太き八分許の棒に螺線狀に巻き付けて長き發條を作るべし。其長さは適宜に伸長したる時約九尺許あれば可なり。今此發條の一端を固定し他端を左の手に持ちて適宜に引き伸ばし、左の手より一尺許の處を右手の指にて摘み、急に前方に手繰り出す様にすべし。然るときは濃密の波が前進し固定端より反射し數回往復するを見るべし。又反對に手繰りて引く様にすれば稀薄の波が進行するを見るべし。

此實驗はワインホルド氏の模型を用ひて行ふ時は大に便利なり。其構造は第九十二圖

第九十二圖



に示すが如く、銅又は眞鍮の太き針金を螺線狀に作り、之を絲にて左右より吊りて水平に懸垂せるものなり。

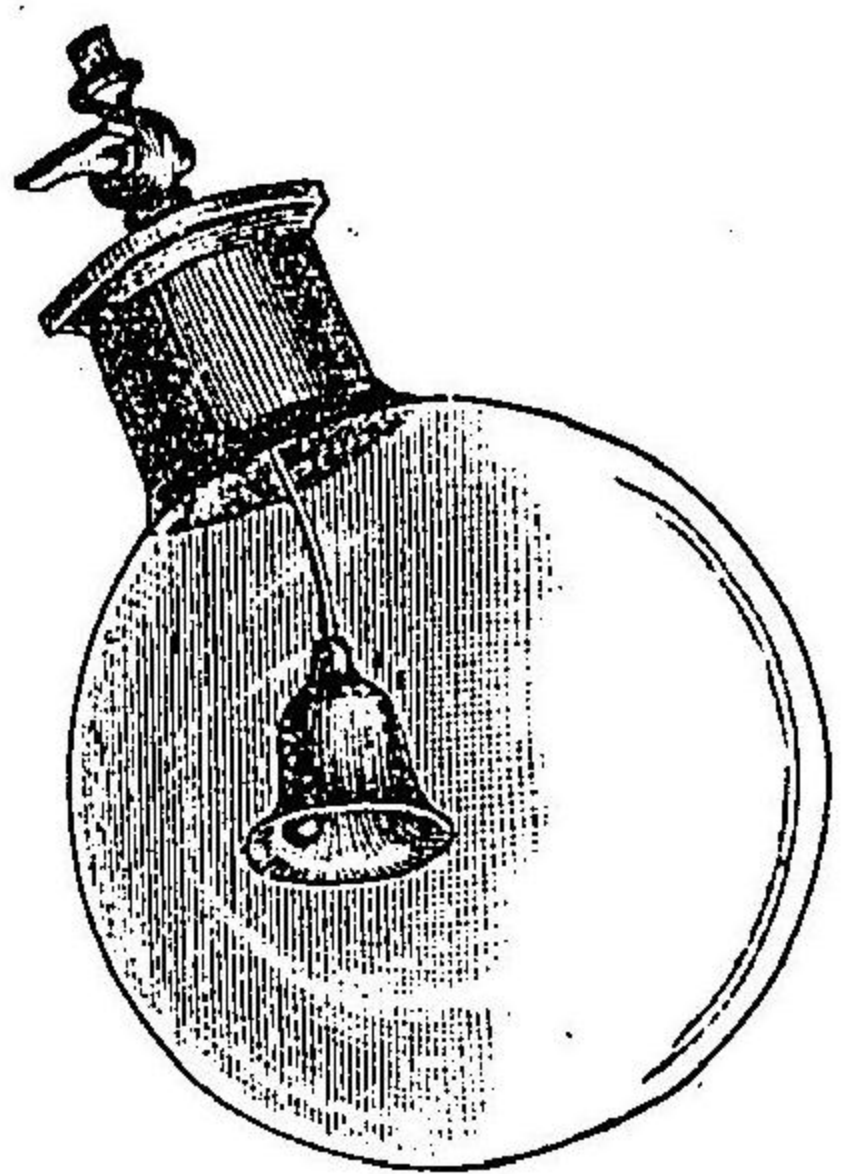
第七 音は空氣又は其他の媒體に依りて傳達せらるゝ

ことの實驗

實驗 第一

裝置及實驗の方法。第九十三圖に示すは空氣ポンプに取り付くることを得べき口金を具へたる硝子球にして、小さき鈴をゴムの絲或は木綿の絲數條を軽く然り合せたるものにて釣り下げたるものなり。先づ之を振りて能く鈴の音のよく聞ゆることを示し、次に之を空氣ポンプに取り付け、其中の空氣を抜き復之を振るときは、著しく音の強さの

第九十三圖



減せるを示すべし。空氣を排除すること十分なるときは音は殆ど聞えざるに至るべし。

注意。本實驗は空氣の代りに豫め水素瓦斯を充たし置くときは、良好なる結果を得べし。水素を充たすには先づ空氣ポンプにて球内の空氣を抜き、次に其口をゴム管にて水素を入れたる瓦斯溜或は袋に連結し、少しく活栓の口を開きて靜に水素を球内に入らしむべし。此手續を繰り返せば更に可なり。

實驗 第二

装置及實驗の方法。 前實驗は特別の装置なきときは、左の如くして之を行ふを得べし。厚さの餘り薄からざる球形の大なるフラスコを取り、其口に適合せるゴム栓或はコルク栓を貫きて金屬棒を挿し、其棒の先に短きゴムにて小さき鈴を吊り下げ鈴を球の中央に在らしむべし。又栓には別に一個の孔を穿ち、硝子棒を以て之を塞ぎ得る様にす。今球内に少許の水を入れ之を熱して沸騰せしめ、水蒸氣と共に空氣を驅除し、硝子棒にて栓の孔を塞ぎ

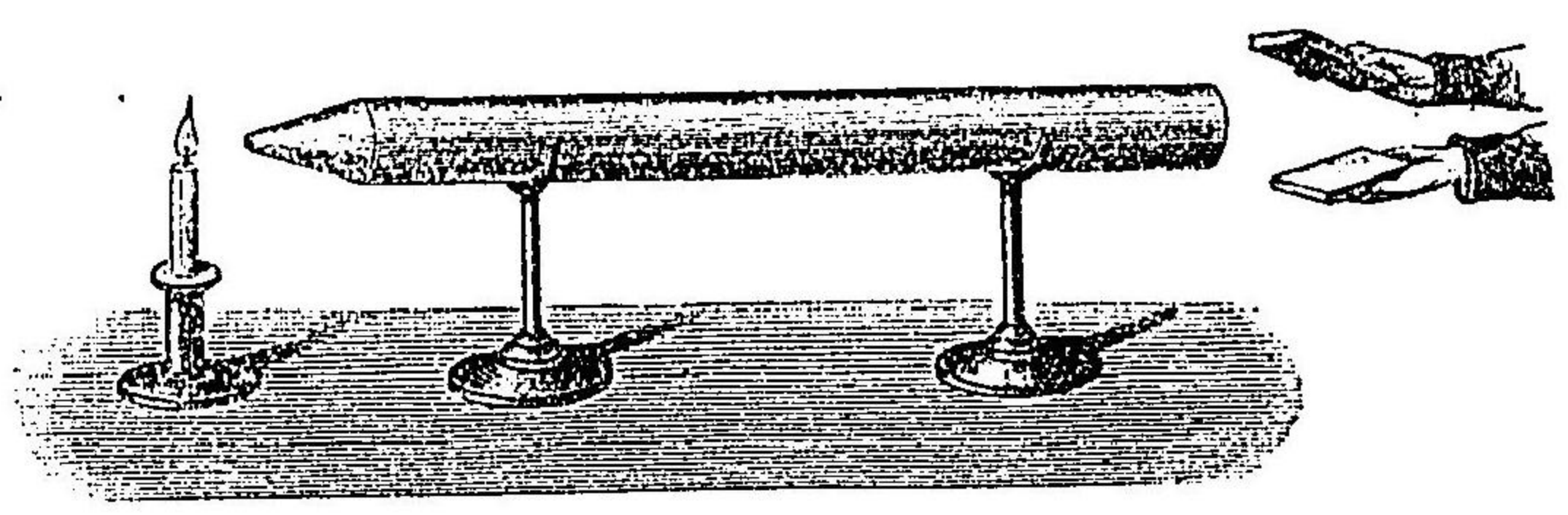
手早く火を去りフラスコに少しづつ水を注ぎて冷却すべし。然るときは、水蒸氣凝結して眞空を生ずるを以て前の實驗をなすことを得べし。

實驗 第三

装置及實驗の方法。 長き木の棒或は竹の一端に懷中時計を軽く押し付け置き、他端に耳を觸れて聽くときは時計の憂々の音は棒を傳りて進むことを知るべし。

第八 音は空氣の波動に依りて傳達し流動に依らざることを示す實驗

装置及實驗の方法。 第九十四圖に示すが如く、長さ三尺以上、直徑一寸五分乃至二寸許の硝子管を取り、之を水平に横へ其一端に厚紙の漏斗をつけて管



第九十四圖

の口徑を狭小ならしめ、又其前に蠟燭の燭を置くべし。今他端に煙草の煙を入れ置き、其前にて手を拍つか或は拍子木を打つときは、空氣の動搖は管中を沿ふて進行し、燭を動かせども、煙は流動して靡き倒るゝことなきを見るべし。

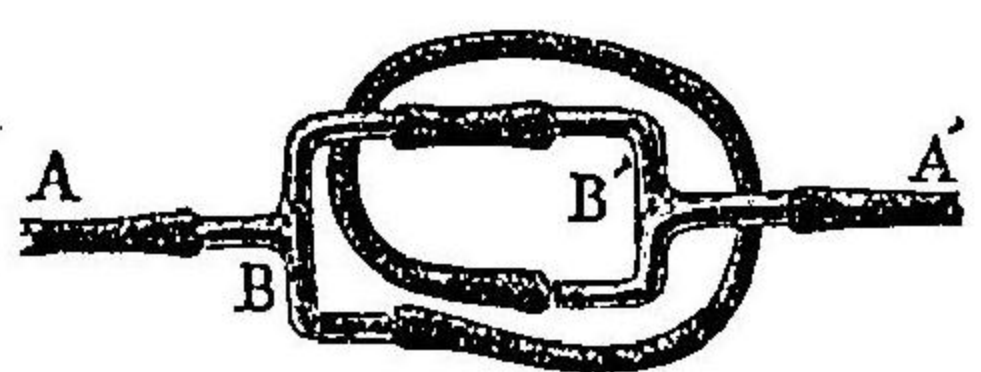
第九 發音體は振動の狀況に在ることを示す實驗

裝置及實驗の方法。音叉鐘或は板を發音せしめ、直徑二分許の小さき金屬球を糸にて吊るし、球より二寸許の所を手を持ちて球を發音體に觸れしむるときは、球は跳ね返されて發音體の振動し居ることを示すべし。又絃を強く弾き鳴らすときは、絃は振動するが故に中央が膨らみて見ゆべし。

注意。金屬球は真鍮或は鐵なれば可なれども、鉛は不可なり。若し適當のものなければ、豆に糸を通して用ふるも可なり。

第十 音の干渉を示す實驗

第九十五圖



實驗 第一

裝置及實驗の方法。第九十五圖に示すはクインケ氏の裝置にして、音叉形の二個の硝子管B、B'を相對して其一脚は互に短きゴム管にて管端が相接觸する様にして連絡せられ、他脚は互に長きゴム管にて連絡せらるゝものなり。Aに漏斗を箆め其前に音叉の臺箱の口を向はしめ、A'のゴム管を延して耳に挿むなり。又硝子管を連絡する長き方のゴム管は其長さ(硝子管に觸れて居る部分の長さ)を音叉より生ずる波の長さの半分にするを要す。通常能く用ひらるゝものは、 $25\frac{1}{2}$ 、即ち五二の振動數を有する音叉なれば、 $\frac{3400}{512}$ 纏の二分一即ち三三二纏なり。今音叉を鳴らし、前の如くにして之を聞くと、干渉の爲め少しも音を聞かざるか或は甚だ弱き音聞ゆ。若し長きゴム管を指にて押ふる時は却て強き音を聞くべし。

注意。ゴム管を少しく挿し込み或は抜き出して再三試みて其最も音の

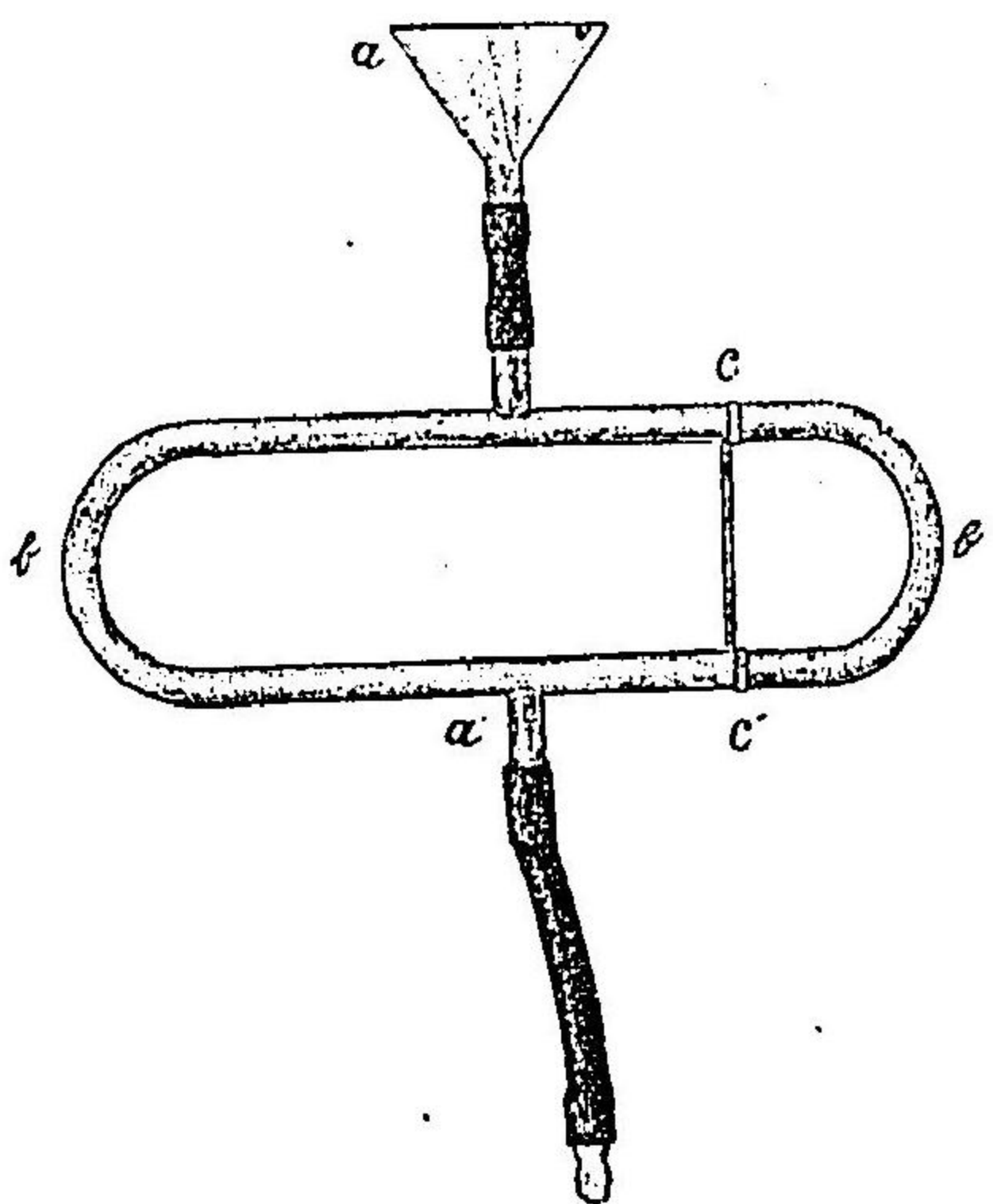
弱くなる處を求むべし。尙實驗第二の注意を見よ。

實驗 第二

装置及實驗の方法。第九十六圖に示すはクインケ氏の干渉管の良好なるものなり。曲管は cc' の處に於て之を抜き出すことを得るものにして、音波が a より入りて二つに別れ、 a'

a' 、 b' 、 a' の二つの途を取るに當りて其途の長さの差を隨意に變ずるを得るものなり。故に前實驗に於けるが如く、 a の前に音叉を置き、 a' に繋げるゴム管の端を耳に插みて音を聞きながらりを靜かに抜き出すときは、其抜き出したる分量が波長の四分、一に等しくなれば、音は少しも聞えざるに

第九十六圖



至るべし。

クインケ氏の干渉管とクント氏の定常波の装置とを連結して作りたるクインケ、クント氏の干渉装置と稱するものあり。音叉の代りに棒の縦振動を用ひ、耳の代りに硝子管内にコルクの粉末を散布し、管の底となるべき栓を抜き挿して定常波を生せしむ。而して分岐管を伸縮して干渉完全なるに至れば波動消ゆるが故に、コルク粉の動かざるに至るを見るべし。

注意。クインケ氏の装置を用ひて實驗するに當りても、實驗第一に述べたる方法によりて兩徑路の差を豫め計算し、其附近にて管を少しづつ伸縮して試験すべし。干渉の起る點は、きざしは、どきものなれば、管を伸縮する際之を通過して氣の付かぬことあり。

第十一 音の高さに關する實驗及音の高さの測定

實驗の目的。吾々が耳に感じて高き音と稱するものは、波動の振動数の多きものにして、低き音は其振動数の少なきものなりとは、實驗によりて始めて知られたることなり。故に發音體の振動数を色々に變じてそれより出

の口徑を狭小ならしめ、又其前に蠟燭の燭を置くべし。今他端に煙草の煙を入れ置き、其前にて手を拍つか或は拍子木を打つときは、空氣の動搖は管中を沿ふて進行し燭を動かせども、煙は流動して靡き倒るゝことなきを見るべし。

第九 發音體は振動の狀況に在ることを示す實驗

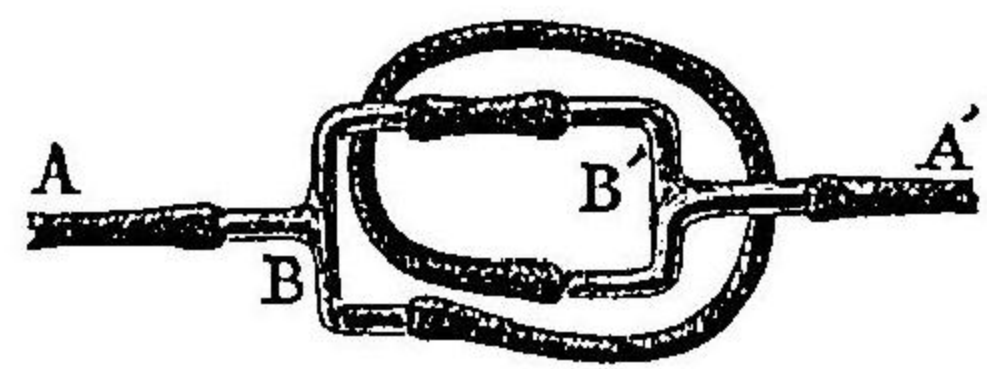
裝置及實驗の方法。 音叉鐘或は板を發音せしめ、直徑二分許の小さき金屬球を絲にて吊るし、球より二寸許の所を手を持ちて球を發音體に觸れしむるときは、球は跳ね返されて發音體の振動し居ることを示すべし。又絃を強く弾き鳴らすときは、絃は振動するが故に中央が膨らみて見ゆべし。

注意。 金屬球は真鍮或は鐵なれば可なれども、鉛は不可なり。若し適當のものなければ、豆に絲を通して用ふるも可なり。

第十 音の干渉を示す實驗

實驗 第一

第九十五圖



裝置及實驗の方法。 第九十五圖に示すはクインケ氏の裝置にして、音叉形の二個の硝子管 B' B'' を相對して其一脚は互に短きゴム管にて管端が相接觸する様にして連絡せられ、他脚は互に長きゴム管にて連絡せらるゝものなり。A に漏斗を偱め其前に音叉の臺箱の口を向はしめ、A' のゴム管を延して耳に挿むなり。又硝子管を連絡する長き方のゴム管は其長さ(硝子管に觸れて居る部分の長さ)を音叉より生ずる波の長さの半分にするを要す。通常能く用ひらるゝ D_{12} 即ち五二の振動數を有する音叉なれば $\frac{34000}{512}$ 纏の二分一即ち三三・二纏なり。今音叉を鳴らし、前の如くにして之を聞くとときは、干渉の爲め少しも音を聞かざるか或は甚だ弱き音聞ゆ。若し長きゴム管を指にて押ふる時は却て強き音を聞くべし。

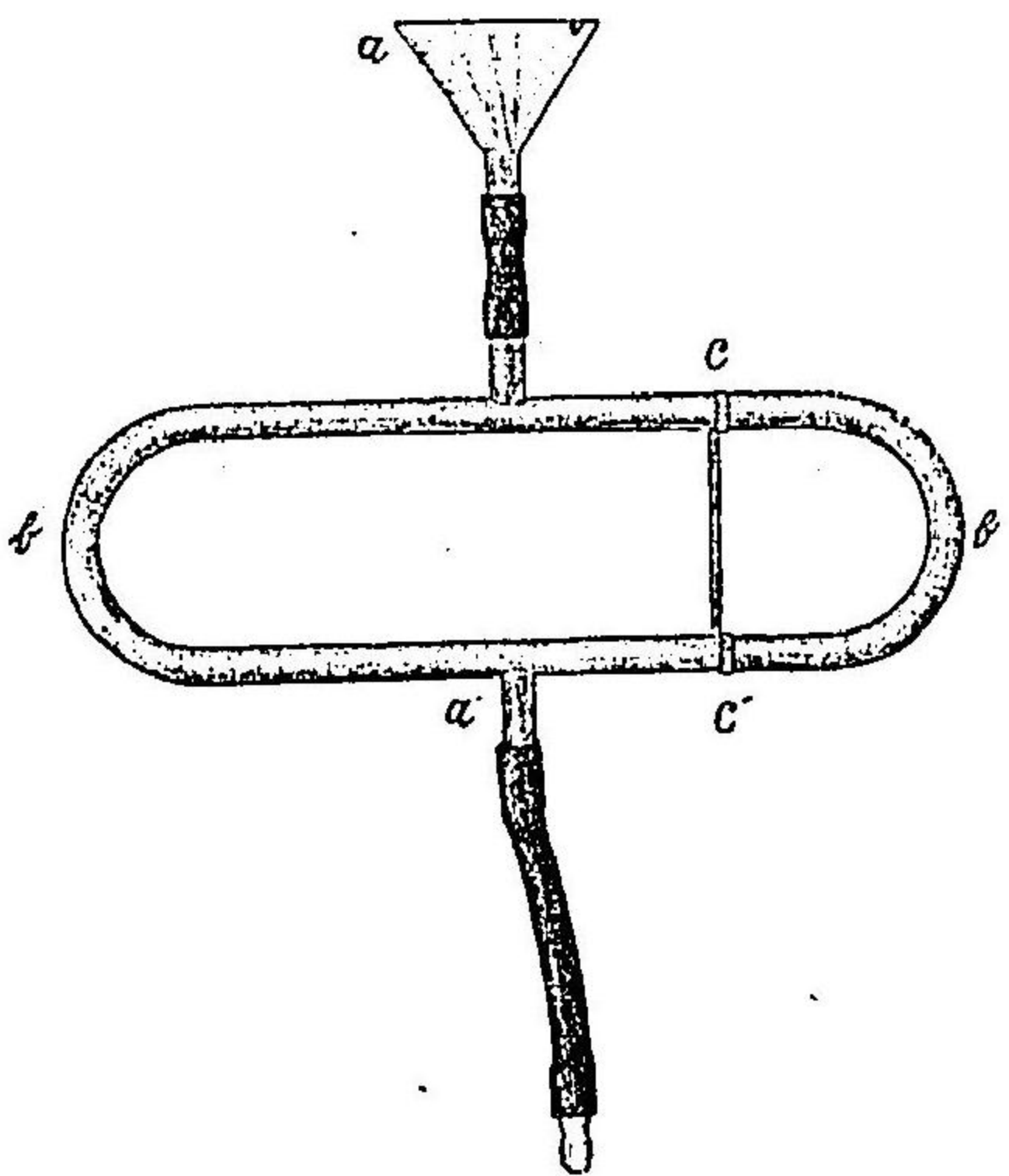
注意。 ゴム管を少しく挿し込み或は抜き出して再三試みて其最も音の

弱くなる處を求むべし。尙實驗第二の注意を見よ。

實驗 第二

装置及實驗の方法。第九十六圖に示すはクインケ氏の干渉管の良好なるものなり。曲管はcc'の處に於て之を抜き出すことを得るものにして、音波

がaより入りて二つに別れ、a、b、a'、b'の二つの途を取るに當りて其途の長さの差を随意に變ずるを得るものなり。故に前實驗に於けるが如く、aの前に音叉を置き、a'に繋げるゴム管の端を耳に插みて音を聞きながら、bを靜かに抜き出すときは、其抜き出したる分量が波長の四分、一に等しくなれば、音は少しも聞えざるに



第九十六圖

至るべし。

クインケ氏の干渉管とクント氏の定常波の装置とを連結して作りたるクインケ、クント氏の干渉装置と稱するものあり。音叉の代りに棒の縦振動を用ひ、耳の代りに硝子管内にコルクの粉末を散布し、管の底となるべき栓を抜き挿して定常波を生せしむ。而して分岐管を伸縮して干渉完全なるに至れば波動消ゆるが故に、コルク粉の動かざるに至るを見るべし。

注意。クインケ氏の装置を用ひて實驗するに當りても、實驗第一に述べたる方法によりて兩徑路の差を豫め計算し、其附近にて管を少しづつ伸縮して試験すべし。干渉の起る點は、きはどきものなれば、管を伸縮する際之を通過して氣の付かぬことあり。

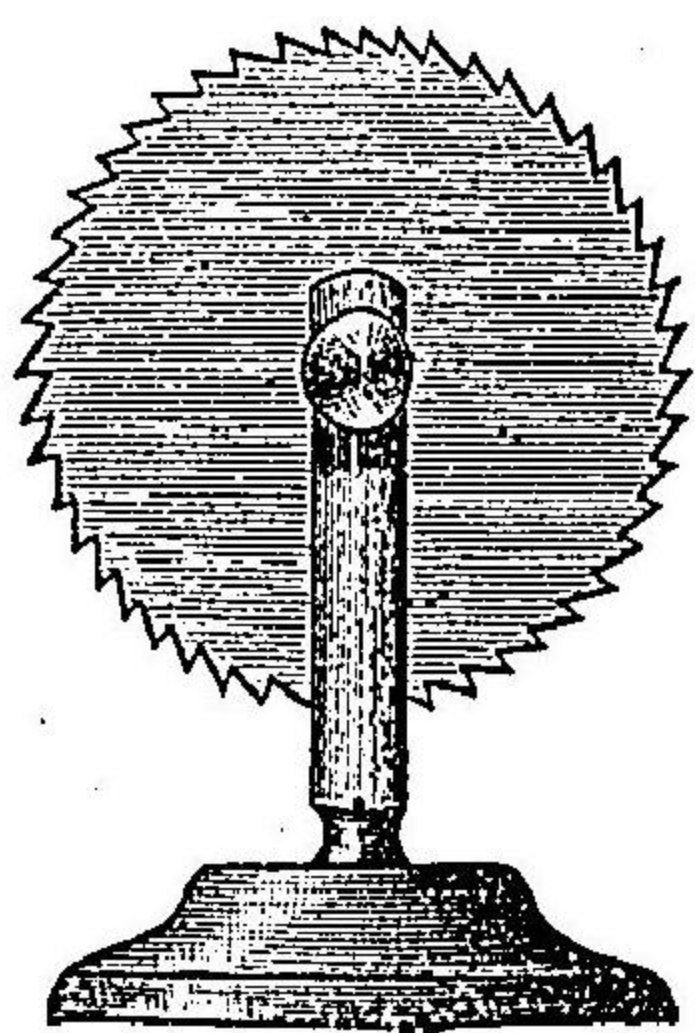
第十一 音の高さに關する實驗及音の高さの測定

實驗の目的。吾々が耳に感じて高き音と稱するものは、波動の振動數の多きものにして、低き音は其振動數の少なきものなりとは、實驗によりて始めて知られたることなり。故に發音體の振動數を色々に變じてそれより出

づる音の高低を比較して聞かしむるを要す。

實驗 第一

装置及實驗の方法。説明簡單にして最も了解し易きものは齒輪サイレンなり。第九十七圖に示すは最も簡單にして、重き車の周圍に齒を刻みたるものなり。心棒に細くして、丈夫なる麻絲を巻き付けて之を引き、車を廻轉せしめ、厚紙の小片を齒輪に觸れしむべし。然るときは、紙は齒に觸るゝ毎に振動するが故に、輪の廻轉速なるときは高き音を發し、廻轉衰ふるに従ひ音の低くなるを聞くべし。



第九十七圖

稍完全なる器械にありては把柄によりて大なる車を廻し、之と小き車とを帶革にて連絡し、小き車の軸に齒輪を取り付け急速なる廻轉を遂げしむ。又齒輪の廻轉數を計る指針を具ふるものあり。指針が三十秒乃至一分

間に動きたる度盛の數を読み又齒の數を知るときは、一秒間の振動數を知ることを得べし。

實驗 第二

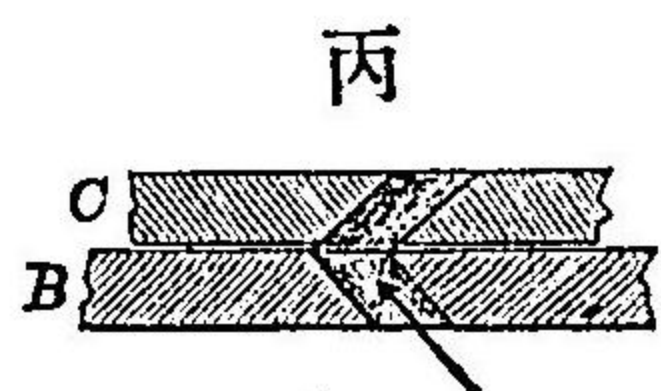
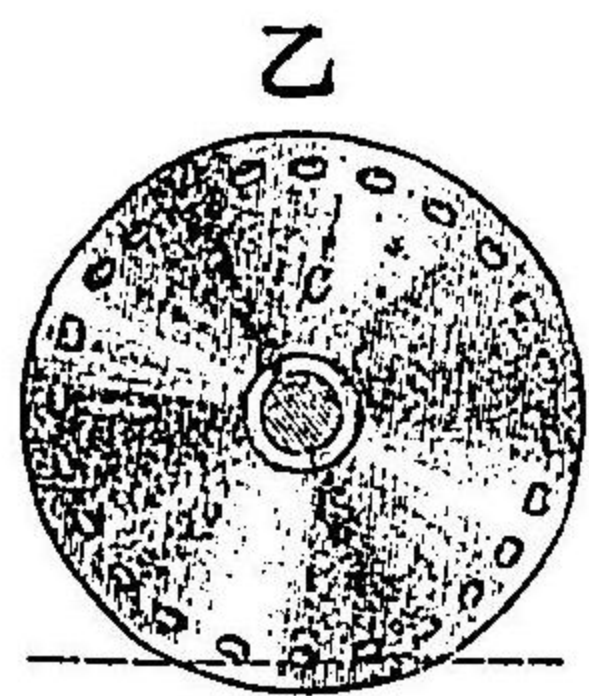
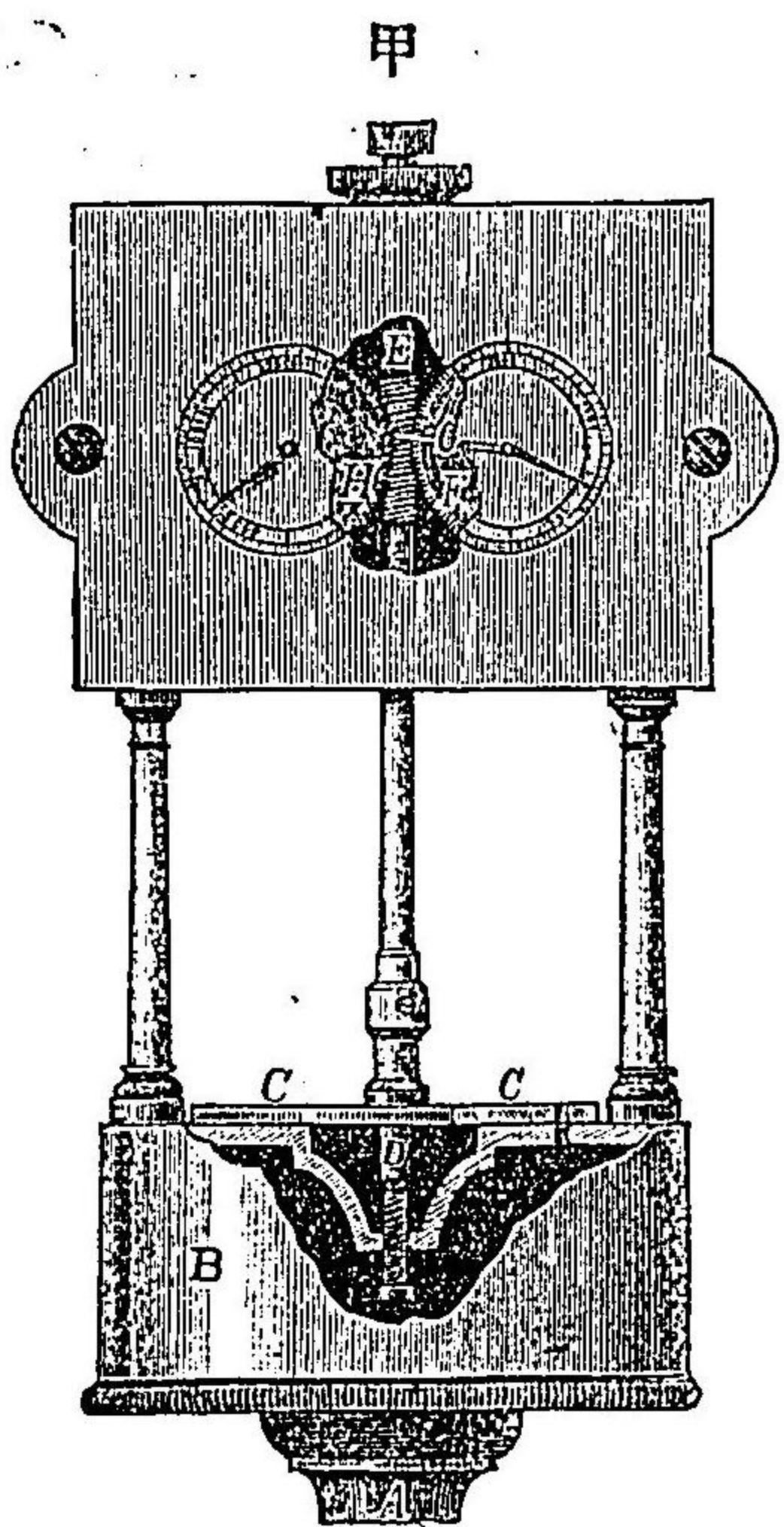
装置及實驗の方法。圓形の厚紙の周圍に沿ふて等距離に多くの穴を穿ち、之を遠心力試驗器或は七色板を廻轉する装置に取り付け、且厚紙に密接して孔に向き合ふ様に細き管の口を定め、管にて管に空氣を送るときは、板が廻轉して孔が管口に向ふ毎に空氣が噴出せらるゝにより、其噴出せらるる度數に等しき振動數を有する音を發すべし。此装置をゼーベック氏のサイレンと云ふ。

實驗 第三

器械の構造。第九十八圖甲に示すはカニールド、ラツール氏のサイレンなり。足踏輪或は音樂用輪より送り來れる空氣はA管を経てBなる圓筒形の函に入り、Bの天井板に圓形をなして等距離に穿たれたる多數の孔より

流出す。又Bの孔と丁度一致して穿たれたる孔を有するCなる板(乙の如し)あり、Dなる軸に取り付けられBに甚だ接近すれども之に觸るゝことなく廻轉す。軸は兩端尖りて二つの鋼鐵の螺旋の間に支へらるゝが故に、板は甚

だ軽く廻轉す。軸の廻轉するに従ひ、それに刻まれたる細き螺旋に送られてFなる車廻轉し、Fが廻るに従ひ、それに附著して共に廻轉する棒GによりてHなる車は一齒づゝ送られて廻轉す。即ち軸が一廻轉する毎にFは一齒進み、Fが一廻轉する毎にHは一齒だけ進む。而してそれ



第九十八圖

等の齒の進みは表面に顯れたる指針と度盛とに由りて知らる。又B及Cに穿てる孔の向は凡て板に直角にあらずして斜に開かれ、且Cの孔とBの孔とは反對に傾くこと丙圖の如し(此圖は乙圖の點線に沿ふ)。故に空氣がBの孔より噴出するときはCの孔に突き當りて之を自動的に廻轉せしめ、孔と孔とが向き合ふ毎に外部に空氣を噴出して波動を生ずるが故に清麗なる音を聞くことを得るなり。

實驗の方法。先づサイレンを鞆に連絡せる臺箱に立て、靜に空氣を送るべし。然るときはサイレンは極めて低き調子の音を發して廻轉す。次第に鞆を急激に踏みて送風を強くするときは漸々高き音を發すべし。

サイレンを以て或發音體より發する音の高さを測定するには、先づ其發音體を鳴らし置きて之を聞きながらサイレンを鳴らし、漸々其調子を高くし遂に同じ高さに至らしむべし。此際實驗者が絶えずサイレンの音と一致する様に調子を合はして口にて軽くヒュー……と唱へ居るときは、發音體と一致するや否やを識別し易し。サイレンが丁度同じ高さに發音するに至らば、それよりは其調子を失はぬ様に鞆を踏みて、暫くの間音の高さが一定

になる様にすべし。若しサイレンが早く廻りて其音が高くなると思はゞ、直に指或は鳥の羽根を極めて軽くサイレンの廻轉軸に觸れて之に僅少な抵抗を與ふべし。斯の如くして長く一定の音を發せしむることを得るに至らば、他人に時間の合圖を頼みて三十秒或は一分間毎に指針の進む度盛を讀み取るべし。今孔の數が二十四、Fの全度盛の數は百なりとし、三十秒間にFの指針は四廻轉と度盛八十四を進みたりとせば、音の高さは

$$n = \frac{484 \times 24}{30} = 387.2$$

なるべし。斯の如きことは少なくとも四回乃至五回行ひて其平均を取るべし。今Fの指針の進みたる度盛の數を m とし、第一回より第五回までに得たる數を m_1, \dots, m_5 にて表はし、それぐの n の値を n_1, \dots, n_5 とすれば、其結果左の例の如し。

m_1	484.	n_1	387.2
m_2	480.	n_2	384.0
m_3	481.	n_3	384.8
m_4	482.	n_4	385.6
m_5	481.	n_5	384.8
平均			385.3

此場合には m を平均して其價より n を計算するも可なり。

注意。 板の廻轉滑ならざるときは、軸を支ふる處に油を注ぐを要す。又指針の取り付けらるゝ前面の板は、其表にある螺旋を弛むるときは、左右に少しづゝ之を動かし得るものにして、以てF輪と軸の螺旋との噛み合せの深淺を加減することを得べし。又全く其連絡を斷つことをも得るなり。時として其噛み合せが不十分なるか或は深きに過ぎて廻轉に不規則を來すことあり、注意すべし。

實驗 第四

裝置及實驗の方法。 サイレンの簡單なる者にて狩獵用の呼子の笛に用ひられ、口にて吹きて鳴らす者あり、色々の強さにて吹く時は高低種々の音を發す。

第十二 絃の振動に關する實驗

實驗の目的。 絃の發する音の高さと、其長さ、太さ及之を張る力との間の

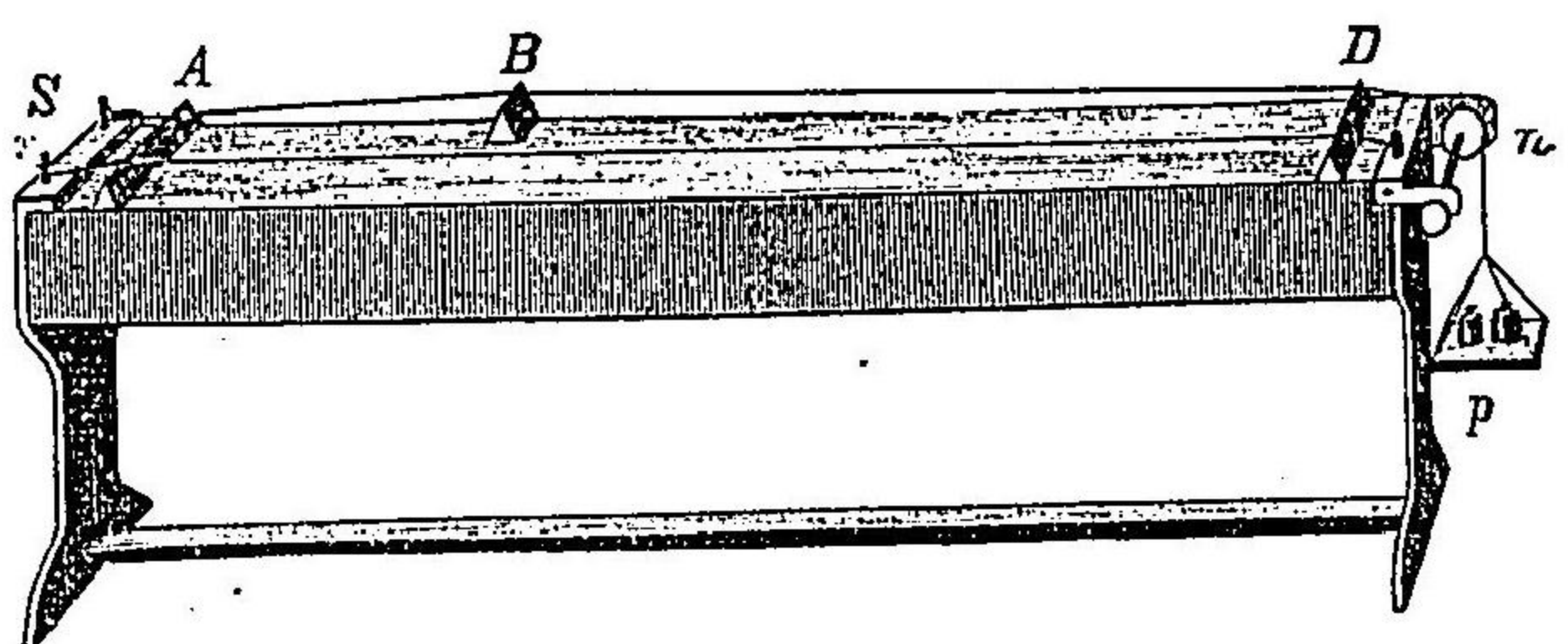
關係は大に注目すべきことなり。

絃の振動數は、長さ及絃の直徑に反比例することは平常の考と一致する處なれども、張力の平方根に正比例することは初學者の思ひ付かぬことなり。即ち絃の振動數を二倍にせんと欲せば張力を四倍にし、更に之を二倍にせんと欲せば、張力を更に四倍すべきなり。故に絃の樂器に於て少しく調子を上げ過ぎたりと思ふときは、屢々絃の切るゝことあり。又高き聲を發せんと欲するときは、餘程強く聲帶を張らざるべからざる等、關連する處少ならず。故に殊に張力に関する實驗を行ふを要す。

又絃は必ずしも規則正しき正弦曲線を描きて振動するものに非ず。時としては數多の小區劃に分れ、數多の節點を作りて定常振動を爲し得ることをも示すことを要す。

器械の構造及取り付け法。 絃の振動を示すには第九十九圖に示すが如く二條の絃を具へたる一種の琴即ちソノメートルと稱するものを用ふるを可とす。長さ四尺許、幅厚さ各六寸許の臺箱の上一米を隔て、二個の三角形の堅き木片A・Dあり、二條の絃を載す。二條の内一條は一端は釘にて固

第九十九圖

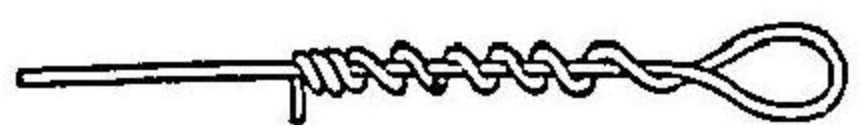


定し、他端はSなる釘に巻き付けらる。Sの頭の四角になりたる處に曲柄を有する鍵を徹めて巻けば、絃を引き締むるを得。他の一條は一端は釘にて固

定し、他端はnなる滑車を経て分銅Pを懸垂す。又別に動かすことを得べき駒Bありて絃の振動部の長さを加減するに用ふ。

絃として用ひらるゝ線は鐵或は眞鍮の針金を可とす。其太さは目的に由りて同じからざれども縫針位の太さにて宜し。之を固定端に止むるには第百圖に示すが如く針金の先に輪を作りて之を釘に掛くべし。又滑車を経て分銅を懸くる代りに第百一圖に示すが如く挺子に分銅を懸くる装置のものあり。此時には絃の他端を鍵にて巻きて絃を引き締め、挺子に懸けたる分銅と平均せしむべし。又張力を増さんには分銅を挺子の端に懸くべし。但し常に鍵にて加減し、挺子が水平の位置を保

第百圖



つことを要す。

實驗の方法(其二)。先づ琴を机の一方の端に据ゑて分銅が下へ長く垂れ得る様にすべし。分銅の垂るゝ方は右にありても宜しけれども、左の方にあれば更に可ならん。

偕て一條の絃に一疋許の分銅を懸け置き之を弾きて其音を好く聞き取らしめたる後、駒を適當の所に置きて振動部を短くして再び之を弾き音の高くなることを示し、漸々駒を動かして甚だ高き音を發するまでに至らしむべし。

次に駒を取り除きて之を弾き、又次に分銅一疋を加へて張力の増すとき音の高くなることを示し、尙漸々分銅を加ふるに従て益々音の高くなることを示すべし。

音の高さが張力の平方根に比例することを示すには、先づ一條の絃に一疋の分銅を懸け置き、他の絃の鍵を廻はして漸々之を締め、絶えず他の絃と交るゝ弾くか或は同時に弾きて、遂に二つの絃が同じ高さの音を發するに至らしめ、茲に於て分銅を増して全重量を始めの四倍となし、又他の絃に

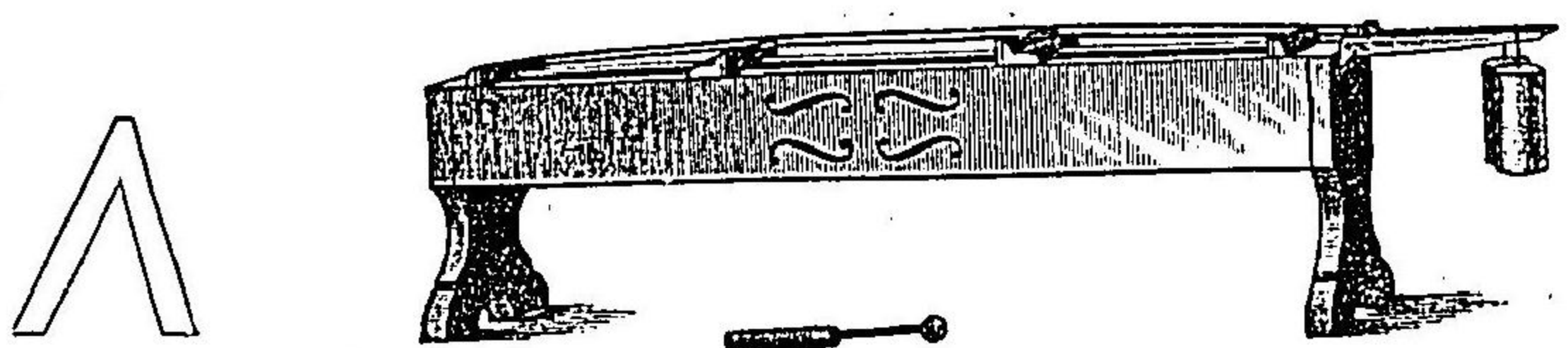
は其中央の部分に駒を置きて其長さを半減し、二つの絃を弾くべし。然らば互に同じ高さの音を發して能く調和するを見るべし。即ち張力を四倍にするときは振動數二倍となるを知る。

注意。針金は存外切れ易きものなれば、餘り強く引き締めざる様注意すべし。又針金を巻き縮むる釘が少しく抜け出で、針金の弛むことあるときは、之を締めむる際に下の方へ押し込む様にして廻すべし。

實驗の方法(其三)。絃が數多の區劃に別れて振動することを示さむには、其長さの三分一或は四分一乃至整數分、一の處に駒を置き、其短き方を弾くべし。然るときは其長き方は其短き部分と同じ區劃に分れて振動し、節と腹とを作る。故に豫め細き紙片を折りて懸け置けば、腹にあたる處にては飛び去り、節にあたる處にては残るべし。第百二圖に示せるは此實驗に用ふる紙片の實物大なり。

第百二圖

第百一圖



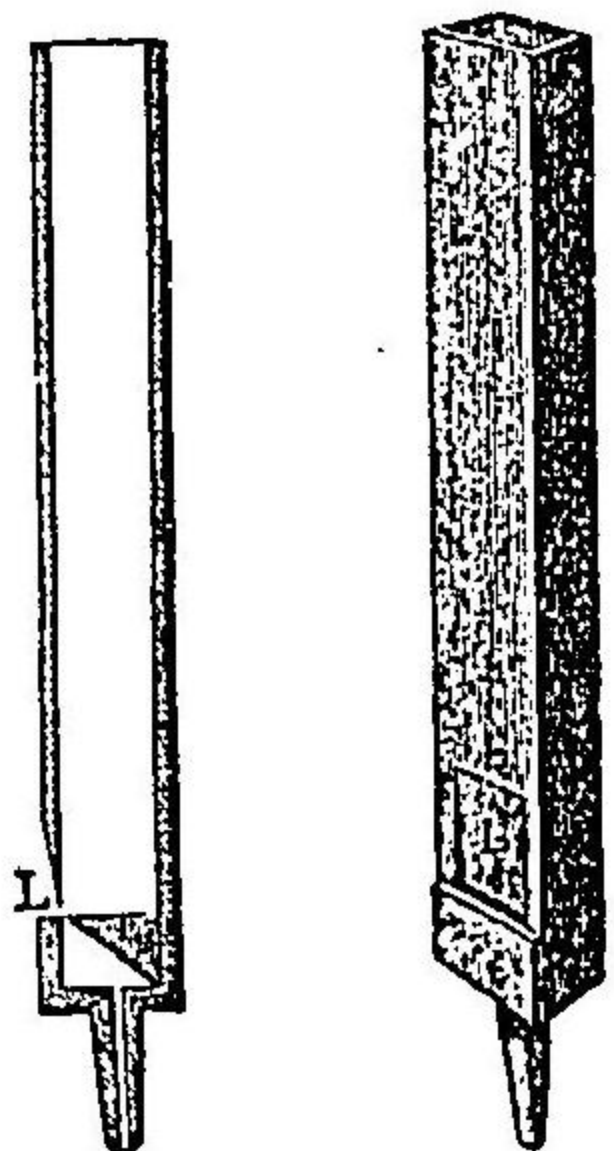
胡弓を以て摩る時は、駒を置く代りに羽根にて押ふるも可なり。
注意。 此実験に於ては絃を静に軽く弾くべし。然らざれば節の處にある紙片までも跳ね飛ばされて幾度繰り返すも成功せざることあり。

第十三 風琴管に関する実験

装置及實驗の方法。 風琴管は氣柱の振動を説明する器械にして、それより出づる音の波長は、一端閉ぢたるものにおいて管の長さの四倍、兩端開きたるものにおいてはその二倍なるが故に、長さ同じなれば開管は閉管よりも二倍の高さの音を生ず。又風琴管は其内の空氣數部分に區劃せられて節と腹とを生じて振動することあり。かゝる時には原音の整數倍の倍音を發

す。開管にありては原音の二倍・三倍・四倍・五倍等のものを發し、閉管にありてはたゞ奇數倍の音のみを發す。今之を實驗せんと欲せば、**第百三圖**に示すが如き上端開放せる風琴管(餘り長きものは不便なり)

第百三圖



を取り之を鞆の臺箱に立つるか或は口にて吹きて靜に空氣を送り一定の音を發せしむべし。今手を以て上端を塞ぐときは忽ち其音低くなり、約半分の高さとなるべし。又管を靜に吹くときは其管より出づる最も低き音を發すれども、之を強く吹く時は開管にありては約二倍の高さの音を發し、上端を塞ぎて閉管となして之を強く吹くときは靜に吹くときの三倍の高さの音を發すべし。開管にては非常に強く吹くときは其原音の三倍の高さの音をも發することを得べし。
注意。 風琴管を風櫃の上に立て、鳴らす時に、時としては鳴り方の悪きことあり。其時には、**圖中I**と記したる處の邊に指を横に當て、多少氣流を妨ぐる時は能く鳴ることあり。

第十四 洞腔内の空氣の振動に関する實驗

装置及實驗の方法。 普通の約一磅入りの細口瓶を取り(ビール瓶に)其口を唇に當て、之を吹くときは低き音を發す。今之に少しく水を注ぎて吹くときは其音高くなり、更に水を注ぐときは尙高くなり、腔内の空氣の容積小

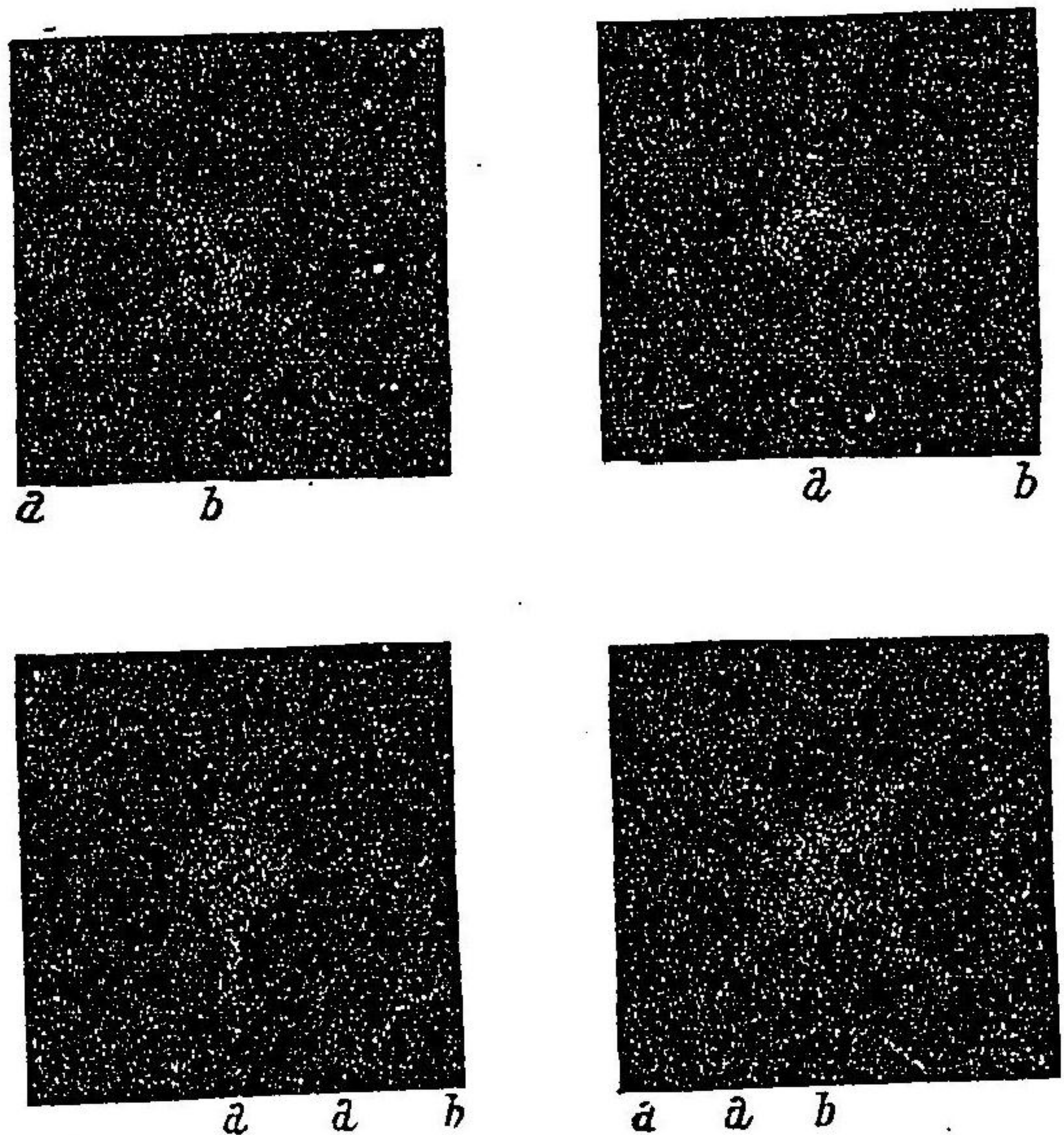
さくなる程高き音を發するを見るべし、又同じ位の大きにて口の廣きものは高き音を發することを示し得べし。

次に洞腔内の空氣の振動は口の廣さと其容積に關すれども、其形に關せざることを示さんと欲せば、瓶に半分許の水を入れ瓶を鉛直にして之を吹くも或は瓶を斜にして吹くも音の高さに左程の差異を生ぜざるを見るべし、然れども瓶を鉛直にしたるときと斜にしたるときとは其内の空所の形は大なる差異あり。

第十五 板の振動を示す實驗

實驗の目的。 板が振動するとき、或部分が上れば他の部分は下り、其部分が上るときは他の部分が上り、其間に動かざる境界線即ち節線を作りて振動するものなり。本實驗に於ては之を示すことを要す。斯くて板は節線に由りて數多の區劃に分れて振動することを知れば、鈴鐘等の振動をも説明し得るなり。本實驗は非常に必要なるものに非ざれども、節線を現示する方法が巧なると、又其節線の成生が鮮麗なるにより、之を観るものをして物

第四百四圖



理現象の規則正しきことを感せしむるに於ては其効少なからざるべし。

實驗の方法。 平にして一樣の厚さを有する金屬板の真中を特種の萬力にて水平に固定し、板の縁を胡弓にて摩擦するとき、板は振動して音を發す。此時成生する節線の位置を知る爲めに、板の上に豫め細かき砂を撒布し置くべし。然るときは砂は節線の處に集りて鮮明なる曲線を作る。之をクラドニ氏の圖形と稱す。第四百四圖に示せるものは板の中央を固定し、 ρ 點を擦りたるるとき生ずる圖形にして、 a 點は指或は針を以て押ふべき位置なり。

注意。 多くの人に此實驗を見せんと欲せば、板の後に鏡を立て、之に映して示す

べし。又砂或はコルクの粉末を餘り多く撒布するときは、鮮明なる節線を成生せず。其量は僅少にて十分なれども、たゞ板面一樣に行き渡る様にすべし。又胡弓は軽く觸れて終始一樣の壓力にて摩擦するを要す。低き音を發せしむるときは殊に然り。又針にて板を押ふるときに餘り強くするときは欲する振動を生ぜざることあり。

第十六 共鳴に関する実験

実験の目的。 一つの發音體が發音すれば、それと調子を同ふする他の發音體が勵發せられて發音することは甚だ興味あることにして、大に注目すべき現象なり。音に音學上に於けるのみならず、凡て波動學上に於て週期を同ふする振動體が互に他の振動を誘起することは極めて重要な事柄なるが故に共鳴に関する現象は十分に實驗することを要す。

實驗 第一

装置及實驗の方法。 前の實驗に用ひたる二絃琴を取り、其二つの絃を全

く同一の調子に合せ、其一つを弾きて直に之を押へて振動を止むるときは他の絃共鳴の爲めに發音し居るを聞くべし。

實驗 第二

装置及實驗の方法。 音叉を其臺箱より取り外づし、堅き棒の先きに綿又は皮を巻きたるものにて打ち鳴らして、之を硝子或は其他の物質にて作りたる圓筒の口の邊に近づかしむれば、圓筒内の空氣は之に連れて自ら鳴るべし。而して此筒内の空氣が自ら振動するときの振動數が音叉の振動數に近似する程共鳴は強大にして、振動數全く相同じきときは共鳴最も強盛なり。今圓筒に水を少しづつ注入して筒内の空氣の部分が其音叉に適する一定の長さ(音叉より生ずる波長の四分一)に達するときには筒は著しく發音すべし。然れども更に水を注入するときは却て其音を弱からしむ。音に圓筒のみならず、瓶の内に水を入れ、其中の空所の容積が適當になるときは音叉に共鳴すべし。此際瓶を傾るも共鳴の程度に影響なきを見る。長き圓筒と高き音を發する音叉(例へばU₁)即ち振動數五一二のとを以て實驗するときには更に面白し。即ち筒

に水を入れて空気の部分の長さ(詳しく云へば管の長さの半分)が音叉より生ずる波長の四分、五四分、三四分、一なる毎に共鳴の著しきを見るべし。

実験 第三

装置及実験の方法。 二箇の同じ高さの音を發する音叉を取り、之を共鳴臺箱に立てたるまゝにて互に二尺程を隔て、相對して向はしむべし。今胡弓を以て其一つを擦りて發音せしめ、直に之を押へて其振動を止むるときは、他の音叉の著しく共鳴して發音せるを聞くべし。此實驗は音叉を互に二間許、隔て置くも十分に共鳴するを認むべし。

注意。 音叉の臺箱の下には通常ゴム管を貼り付けあるが故に、箱を堅きものゝ上に置くも其振動止めらるゝことなし。然れども此ゴム管は、往々硬くなりて其用をなさざることあり。然るときは實驗に際して臺箱の下に新らしき柔なるゴム管を敷きて音叉を發音せしむべし。ゴム管の代りに木綿の切れを數枚重ねて用ふるも可なり。又音叉を遠く離して實驗する際には、雙方共一尺許の臺の上に置けば更に良好なる結果を得べし。

第十七 人聲の發生に関する實驗

説明。 人聲の發生に關してはヘルムホルツ、ウイリス其他の諸大家多少其説を異にしたるも、近年平圓板蓄音機の發明以來スクリプチュア氏の大研究ありて、一定の解説に歸着することを得たり。人の音聲は氣管の上部にある聲帯と稱する膜の振動に由りて生じ、口腔の形狀の變化によりて種々の母音發せらるゝものなり。

聲帯の振動は實に音聲の源にして、聲帯振動せざれば決して音聲を聞くことなし。聲帯の構造を見るに左右二枚の膜より成り、平常は弛みて二枚の間が廣く開き居るが故に、空氣は自由に出入すれども、聲を發せんとするときは強く張りて二枚の縁が相接近し、週期的に相密着し又相離隔するが故に、其一開閉毎に空氣を急激に逸出せしむること、機關車のパッフ(蒸氣がパッフを云ふこと)の如くなるべし。此パッフの頻繁の度が即ち人聲の調子を定むるものにして、聲帯を緊張すること強きに従ひて其開閉愈頻繁となりて、聲は益益高くなるなり。人が如何なる音を發するにもせよ、單に其音の高さは、此聲