

46-114

緒言

一本書は新に發布せられたる文部省訓令に基づき、中學校、師範學校及び之と同程度の諸學校に於ける物理學科の教科用書として編纂せるものなり。

一成るべく多く日常須知の事項に接觸し、成るべく平易なる説き方を用ひて、一方には學生の負擔を軽減し、他方には、其の知識の活用が出来る様にとは、本書を一貫せる著者の希望なりしなり。實地教授者の批評那邊にあるかを聽くを得ば、著者の幸とするところなり。

一卷末に附録とせる術語集は、本書に使用したる、若しくは教授者が教授中に使用することあるべき術語に對し、その英語を知らんとする生徒の便に供せんがために編

纂せるものなり。其の配列の順序が、日本語を本位とせるは、この方が便利なるべしと信じたればなり。

明治四十四年十一月

東京小石川の寓居に於て

著者 識

目次

第一篇 物性

| | | |
|---|------------|---|
| 一 | 物質 | 一 |
| 二 | 物質の三態 | 一 |
| 三 | 慣性 | 二 |
| 四 | 力 | 三 |
| 五 | 宇宙引力及び重力 | 四 |
| 六 | 質量と目方 | 五 |
| 七 | 質量と密度 | 六 |
| 八 | 鉛直線 上下 水平面 | 六 |
| 九 | 第二章 流體の性質 | 六 |
| | 液體の傳ふる壓力 | 六 |

| | | |
|----|------------------|----|
| 一〇 | 器壁に及ぶ壓力の方向 | 九 |
| 二 | 水壓機 | 九 |
| 三 | 重力に依りて生ずる液體の壓力 | 二 |
| 三 | 同一水平面内の液體の壓力は相等し | 三 |
| 四 | 器底に及ぶ壓力 | 四 |
| 五 | 連通器 | 五 |
| 六 | アルキメデスの原理 | 六 |
| 七 | 物體の浮沈 | 七 |
| 八 | 不規則なる形の固體の容積 | 九 |
| 九 | 比重 | 一〇 |
| 一〇 | 比重と密度 | 一〇 |

| | | |
|------------------|-------------|----|
| 二 | 大氣の壓力 | 二四 |
| 三 | 氣壓計 | 二六 |
| 三 | ボイルの法則 | 二七 |
| 三 | 氣壓と高低 | 二九 |
| 三 | 大氣の浮力 | 三〇 |
| 三 | 空氣ポンプ | 三一 |
| 三 | 輔 濃氣機 | 三三 |
| 三 | 潜水器 | 三五 |
| 三 | 吸上ポンプ | 三六 |
| 三 | 押上ポンプ | 三七 |
| 三 | サイホン | 三七 |
| 第三章 分子現象 | | |
| 三 | 分子 | 三九 |
| 三 | 分子引力 | 四一 |
| 三 | 彈性 | 四一 |
| 三 | ゼンマイ秤 | 四三 |
| 三 | 表面張力 | 四三 |
| 三 | 毛管現象 | 四六 |
| 第二篇 熱 | | |
| 第一章 温度と熱量 | | |
| 三 | 寒暖計 | 四八 |
| 三 | 最高寒暖計 最低寒暖計 | 五〇 |
| 三 | 熱量 | 五二 |
| 三 | 比熱 | 五三 |
| 第二章 熱の移動 | | |
| 三 | 傳導 | 五五 |
| 三 | 對流 | 五八 |

| | | |
|--------------------|----------------|----|
| 四 | 輻射 | 六〇 |
| 第三章 熱の効果 | | |
| 四 | 固體の膨脹 | 六二 |
| 四 | 液體の膨脹 | 六五 |
| 四 | 氣體の膨脹 | 六七 |
| 四 | 氣體の體積、壓力、温度の關係 | 六七 |
| 四 | 融解と凝固 | 六九 |
| 五 | 融解凝固に伴なふ體積の變化 | 七一 |
| 五 | 壓力と融解點 | 七一 |
| 五 | 溶液の凝固點 | 七三 |
| 五 | 氣化 | 七三 |
| 五 | 沸騰 | 七五 |
| 五 | 氣化熱 | 七七 |
| 五 | 寒劑 | 七九 |
| 五 | 製氷器 | 八〇 |
| 五 | 永久瓦スの液化 | 八一 |
| 五 | 液體空氣 | 八三 |
| 六 | 蒸氣機關 | 八四 |
| 六 | 瓦斯發動機及び石油發動機 | 八七 |
| 第四章 大氣中の水蒸氣 | | |
| 六 | 濕度 | 八八 |
| 六 | 濕度計 | 八九 |
| 六 | 温度の變化と乾濕との關係 | 九〇 |
| 第三篇 運動及び力 | | |
| 第一章 力の釣合 | | |
| 六 | 力 | 九三 |

| | | |
|----|-----------|-----|
| 六 | 二力の釣合 | 九三 |
| 七 | 三力の釣合 | 九三 |
| 八 | 合力 | 九五 |
| 九 | 合力の應用 | 九六 |
| 一〇 | 楔 | 九六 |
| 一一 | 斜面 | 九八 |
| 一二 | 三力以上の合力 | 一〇〇 |
| 一三 | 平行なる二力の合力 | 一〇二 |
| 一四 | 挺子 | 一〇三 |
| 一五 | 重心 | 一〇七 |
| 一六 | 重心の位置 | 一〇八 |
| 一七 | 物體の坐り | 一〇九 |
| 一八 | 彌次郎兵衛 | 一一三 |
| 一九 | 天秤 | 一一三 |
| 二〇 | 桿秤 | 一一四 |

| | | |
|----|---------|-----|
| 二一 | 偶力 | 一一六 |
| 二二 | 浮體の坐り | 一一八 |
| 二三 | 滑車 | 一二〇 |
| 二四 | 器械の爲す仕事 | 一二三 |
| 二五 | 輪軸 | 一二三 |
| 二六 | 螺旋 | 一二四 |
| 二七 | 摩擦 | 一二五 |

第二章 物體の運動

| | | |
|----|---------|-----|
| 二八 | 速さ | 一二九 |
| 二九 | 加速度 | 一三〇 |
| 三〇 | 運動の第一法則 | 一三一 |
| 三一 | 運動の第三法則 | 一三一 |
| 三二 | 運動の第二法則 | 一三三 |
| 三三 | 運動の合成 | 一三六 |

| | | |
|----|---------------|-----|
| 三四 | 運動と静止 | 一三八 |
| 三五 | 力の絶対單位 | 一三八 |
| 三六 | 運動量 | 一四〇 |
| 三七 | 衝突 | 一四二 |
| 三八 | 落體の運動 | 一四三 |
| 三九 | 落體に及ぼす空氣の抵抗 | 一四五 |
| 四〇 | 直下に衝き落されたる物體 | 一四七 |
| 四一 | 眞上に衝き上げられたる物體 | 一四八 |
| 四二 | 抛射體の運動 | 一四九 |
| 四三 | 圓運動 | 一五一 |
| 四四 | 振子 | 一五四 |
| 四五 | 時計 | 一五五 |
| 四六 | 彈力に依る振動 | 一五六 |

第三章 仕事 エネルギー

| | | |
|----|-------------|-----|
| 四七 | 仕事 | 一五七 |
| 四八 | 工率 | 一五九 |
| 四九 | エネルギー | 一六〇 |
| 五〇 | 運動のエネルギー | 一六〇 |
| 五一 | 位置のエネルギー | 一六一 |
| 五二 | エネルギーの變遷 | 一六三 |
| 五三 | エネルギーの變遷と仕事 | 一六四 |
| 五四 | エネルギーの不滅 | 一六四 |
| 五五 | 熱の仕事當量 | 一六九 |
| 五六 | 熱機關の有効率 | 一七三 |

第四篇 音

| | | |
|----|------------|-----|
| 五七 | 第一章 波動及び音波 | 一七四 |
| 五八 | 波動 | 一七四 |

二六 音波……………二六
 二九 音波の反射……………二六
 三〇 音波の干渉……………二七
 三三 唸り……………二八

第二章 楽音

三三 楽音……………二八
 三三 楽音の三要素……………二八

第三章 發音體の振動

一四 弦の振動……………二八
 一五 管……………二八
 一六 板の振動……………二七
 一七 蓄音器……………二八

第五篇 光

第一章 光の直進及び反射

二六 透明體 不透明體……………二九
 二九 光の直進及び影……………二九
 三〇 光の速さ……………二九
 三三 小孔に依りて生ずる像……………二九
 三三 照度……………二九
 三三 光度……………二九
 一四 反射の法則……………二七
 一五 平面鏡……………二九
 一六 二枚以上の平面鏡……………二〇
 一七 球面鏡……………二〇
 一八 凹面鏡の性質……………二〇
 一九 公式の應用……………二〇
 二〇 凹面鏡に依りて生ずる像……………二〇

一四 凸面鏡……………二〇
 一四 彎曲せる平面鏡……………二二

第二章 光の屈折

一四 屈折……………二二
 一四 屈折に關する法則 屈折率……………二四
 一五 光の屈折に依りて見らるゝ二二の現象……………二七
 一六 屈折に伴なふ反射……………二〇
 一七 全反射……………二〇
 一八 レンズ……………二二
 一九 レンズの性質……………二二
 二〇 凹レンズに依りて生ずる像……………二六
 二一 凸レンズに依りて生ずる像……………二七
 二二 寫真機……………二九

第三章 色

二五 幻燈機械……………二〇
 二五 顯微鏡……………二二
 二五 望遠鏡……………二二
 二六 双眼鏡……………二三
 二七 眼……………二三
 二八 視覺の繼續……………二四
 二九 實體鏡……………二六
 三〇 光の分散……………二七
 三一 プリズムを通じて見たる物體の色……………二八
 三二 虹……………二九
 三三 レンズの色収差……………二九
 三四 分光器……………二九
 三五 スペクトル……………二九

一六 吸収スペクトル……………二四四

一七 熱線及び化學線……………二四六

一八 温度と輻射線の種類……………二四七

一九 燐光及び螢光……………二四八

二〇 物の色……………二四九

二一 光の混合……………二五〇

二二 顔料及び染料の混合……………二五三

第四章 光の波

二七 光の本性……………二五四

第六篇 磁氣及び電氣

第一章 磁石

二五 磁石……………二五九

二六 クーロンの法則……………二六〇

二七 磁場……………二六一

二八 磁氣の感應……………二六三

二九 磁石の各部……………二六四

三〇 磁石に關する假説……………二六五

第二章 地球の磁氣

三一 地球磁氣に基づく磁場……………二六七

三二 羅針盤……………二六九

第三章 靜電氣

三三 電氣……………二六九

三四 電氣の導體 不導體……………二七〇

三五 二種の電氣……………二七一

三六 電氣に關するクーロンの法則……………二七二

三七 電氣の感應……………二七三

一八 金箔驗電器……………二七四

一九 摩擦に依りて起る電氣は陰陽同量なり……………二七五

二〇 起電盆……………二七六

二一 電氣の中和……………二七七

二二 電氣に關する假説……………二七八

二三 電氣の配布……………二七九

二四 電氣は帶電體の尖端より逃げ易し……………二八〇

二五 ウィムシャルストの起電機……………二八二

二六 起電機に依る實驗の二三……………二八五

二七 蓄電瓶……………二八七

二八 電光 雷鳴……………二八九

二九 落雷 避雷針……………二八九

第四章 電流と電池

三〇 電池……………二九〇

三一 電池の分極……………二九三

三二 重クロム酸電池……………二九四

三三 ダニエル電池……………二九五

三四 プンゼン電池……………二九六

三五 レ克蘭シー電池……………二九六

三六 乾電池……………二九七

第五章 電流の強さに關する事情

三六 電流の強さ……………二九八

三七 電流の單位……………二九八

三八 電流計……………二九八

三九 抵抗……………三〇〇

四〇 電位……………三〇二

| | | | |
|--------------------|-----|---------------------|-----|
| 二一 オームの定律..... | 三〇四 | 二三 ジョールの法則..... | 三三四 |
| 二二 電池より得らるゝ電流..... | 三〇五 | 二四 電流の工率..... | 三三六 |
| 二三 電池の継ぎ方..... | 三〇七 | 二五 電燈..... | 三三六 |
| 二四 分れ路を通る電流..... | 三〇九 | 二六 熱電流..... | 三三八 |
| 第六章 電流と磁氣 | | 二七 熱電流の應用..... | 三三九 |
| 二五 コイル..... | 三一一 | 第八章 電流と化學變化 | |
| 二六 電磁石..... | 三一一 | 二六 電氣分解..... | 三三一 |
| 二七 電鈴..... | 三二三 | 二九 電鍍術..... | 三三一 |
| 二八 電信機..... | 三二四 | 三〇 電鍍術..... | 三三三 |
| 二九 電話機..... | 三二七 | 三一 フラデーの定律..... | 三三三 |
| 三〇 電動機..... | 三二九 | 三三 蓄電池..... | 三三四 |
| 三一 アンペア計..... | 三三三 | 第九章 感應電流 | |
| 三三 ボルト計..... | 三三三 | 三三 感應電流 レンツの法則..... | 三三六 |
| 第七章 電流と熱 | | 三四 發電機..... | 三三八 |

| | | | |
|---------------------|-----|--------------|-----|
| 三五 感應コイル..... | 三四〇 | 四〇 電氣振動..... | 三四六 |
| 第十章 眞空放電及び電波 | | 四一 電氣波..... | 三四七 |
| 三六 ガイヌレル管..... | 三四三 | 四二 無線電信..... | 三四七 |
| 三七 陰極線..... | 三四二 | | |
| 三八 X線..... | 三四三 | | |
| 三九 ラヂウム..... | 三四五 | | |

目次終

新編物理學教科書

近藤耕藏著

第一編 物性

第一章 物質 力 重力

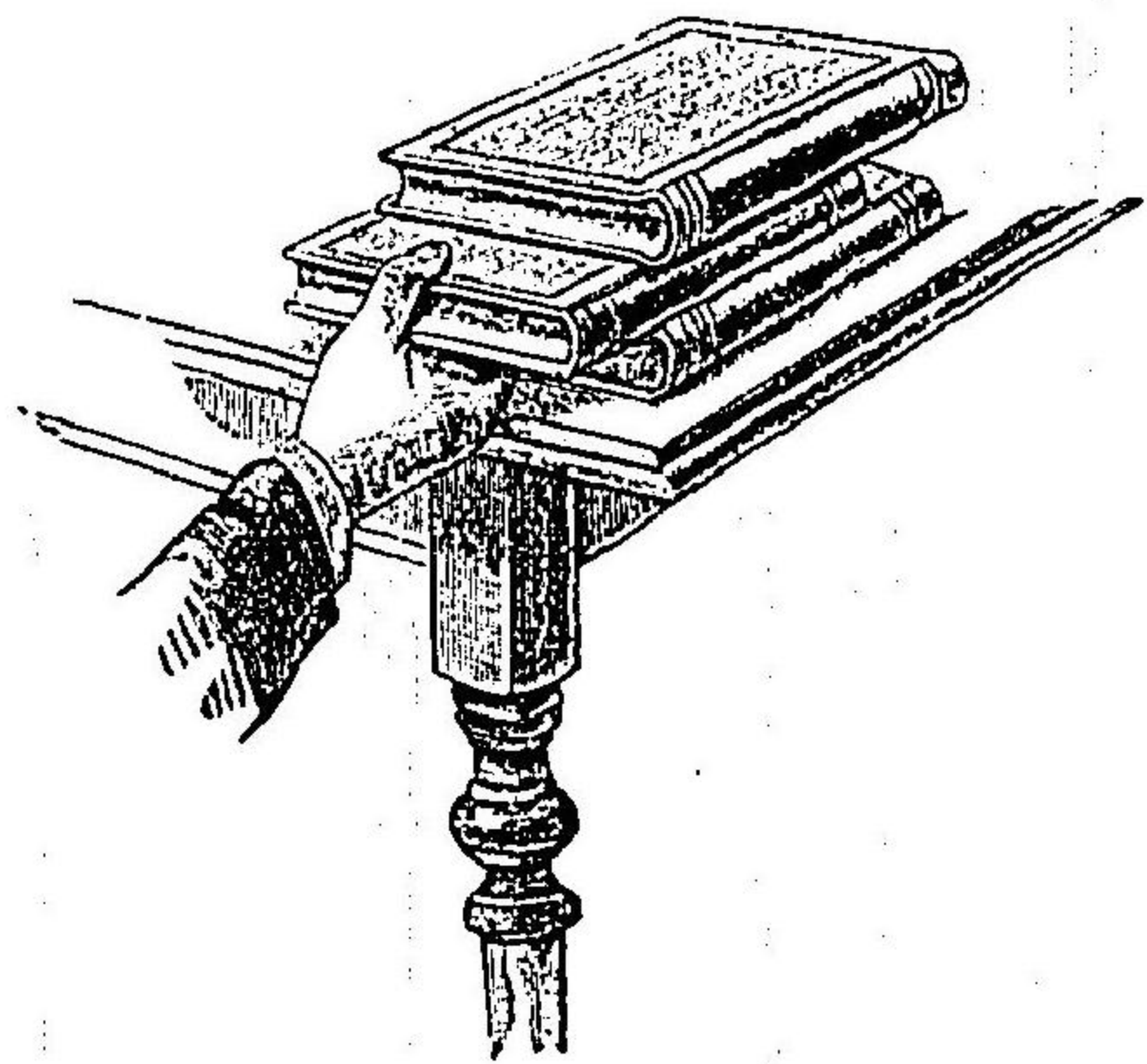
質量
物體

一 物質 總べて吾人が感覺に依りて其の存在を確むることを得るものを物質と稱し、物質の量を質量と呼び、物質が集りて一つの箇體を爲せる時に、其の全體を考へて之を物體といふ。

二 物質の三態 物質は其の状態よりして三種に大別す。即ち一定せる容積と、一定せる形とをもつものを固體と云ひ、

一定せる容積をもてども、一定せる形をもたぬものを液體と稱し、容積、形狀共に一定せざるものを氣體と呼ぶ。但し固體と液體との間には、其の何れに屬すべきかを決定し難きものありて、其の境目を不明瞭ならしむ。又液體と氣體とを併せ稱して流體と云ふことあり。

三

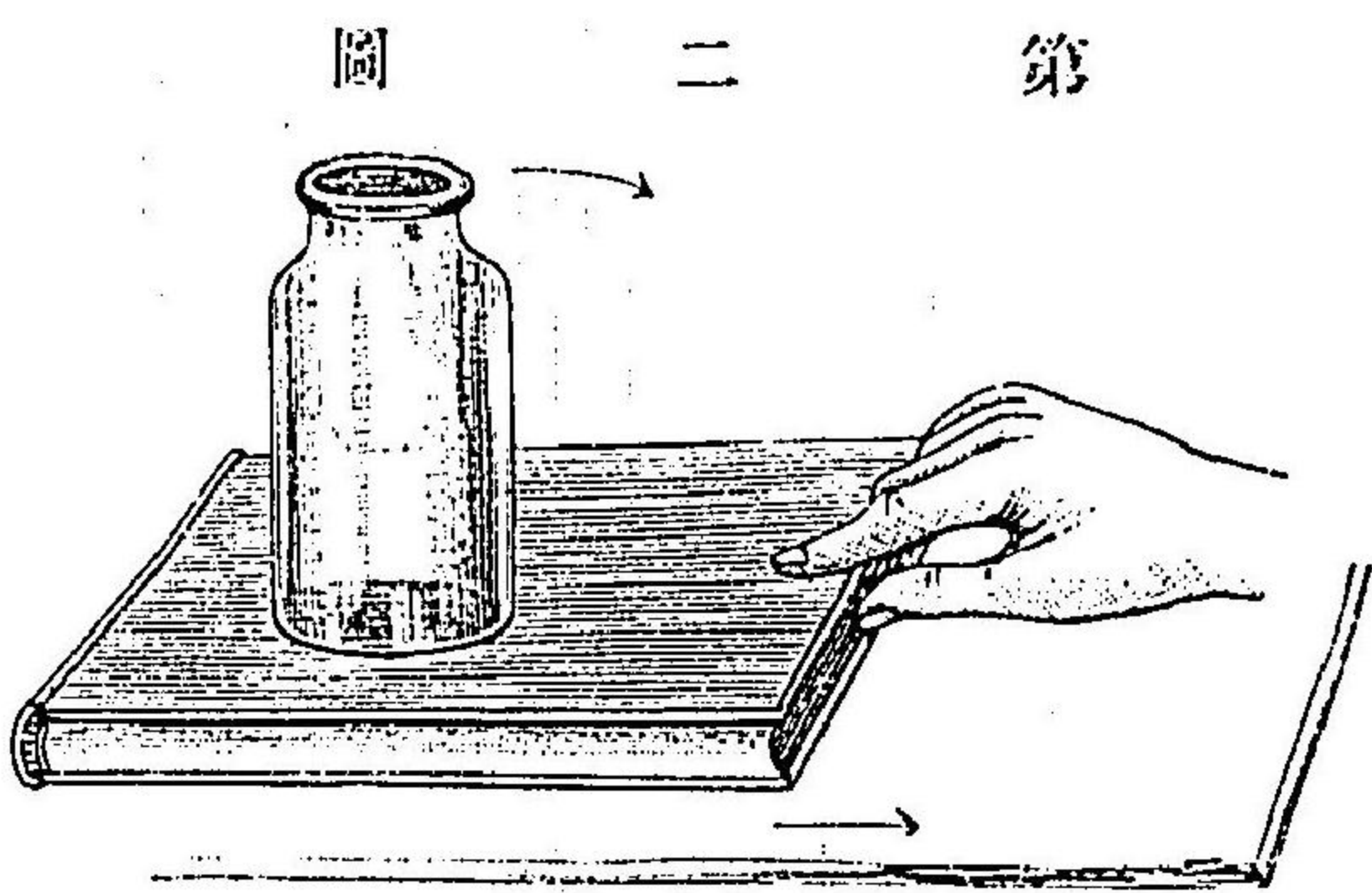


第一圖

慣性 重りたる書物の下なるを急に引き出せば、上なるは其の場に残る(第一圖)。又書物の上に瓶を載せ、徐々に之を引きて或速さになりしとき、急に書物の運動を止むれば、瓶は前方に轉倒す(第二圖)。斯の如く總べて靜止せる物體は永久に靜止せんとし、總べて

(1) 理學上の法則なるものは、廣く通ずる事實を右の儘に陳べたるものなり。

四



第二圖

運動せる物體は、永久に其の方向に其の速さにて運動を續けんとする性質あり。此の一般の事實を名づけて慣性の法則と云ふ。慣性の法則に基づいて、説明すべき事柄は甚だ多し。刃物を其の柄に差込む時、若しくは之を抜きとる時に、其の柄の一端を適當の方向に叩くこと、金鎚が釘を打込むの用を爲すこと、雨に濡れたる犬が身をブルブルと振はせて水を拂ひ去ること、汽車の軌道には、急な曲り目がなきこと、進行せる舟又は車に乗り降りするには、種々の注意の必要なること等は、其の數例なり。力 靜止せる物が動き始め、動きつゝあるものが其の速さ

を増減し、又は其の方向を變ずる等、總べて慣性の法則に反きたる事實の行はるゝことあるは、押すとか引くとかの働きが其の物に働く場合に限る。此の押す若しくは引くとか云ふは、たらしきを力と云ふ。

五

宇宙引力及び重力 天體の運動についての觀測及び地球上に於ける精密なる實驗に徴して知り得たるところに依れば、宇宙間の萬物は、其の質量の相乗積に正比例し、其の距離の自乗に反比例する力を以て互に引合ふものなり。此の引力を宇宙引力或は萬有引力といふ。地球上の二物體間に於て、之を認めざるは、其の引力が通例甚だ小なるが故なり。されど一方の物體が地球の如き大なるものなるときは、此の引力は明らかに認めらる。吾等が重力若しくは物の重さと呼ぶところのものは即ち之なり。

⁽¹⁾宇宙引力の法則が天才ニュートンに依りて發表せられたるは、西曆一六八四年にして、彼が四十三歳の時なり。

⁽²⁾一貫目の物に對して、赤道附近の海面と東京とに於ては、七呎位の差あり、東京と富士山頂とは、八呎位の差あり。

力の重力單位

六

重力の大きさを考ふるに當つて、地球上の物體と地球との距離とは、其の物より地球の中心迄の距離なるが故に、地面上多少の高低の如きは、物の重さに認め得べき程の差異を示さず。又、緯度の高低に基づく差異(第一〇三節)も甚だ小なるが故に、力の大きさを示すに、五瓦の力、一貫目の力と云ふ如く、物質が地球に引かるゝ力の強さを單位にとる事あり。斯の如きを力の重力單位と云ふ。

質量と目方 地面上の物の目方は、宇宙引力の法則によつて、地球と其の物との質量の相乗積に比例すべく、其の内、地球の質重は一定せるが故に、つまり物の目方は、其の物自身の質量に正比例するわけなり。されば物の質量の多少を示すに最も便利なる方法は、其の目方を示すことなり。吾人が日常秤りを使用する目的は、質量の多少を知らんが爲

に外ならず。

質量の單位

七

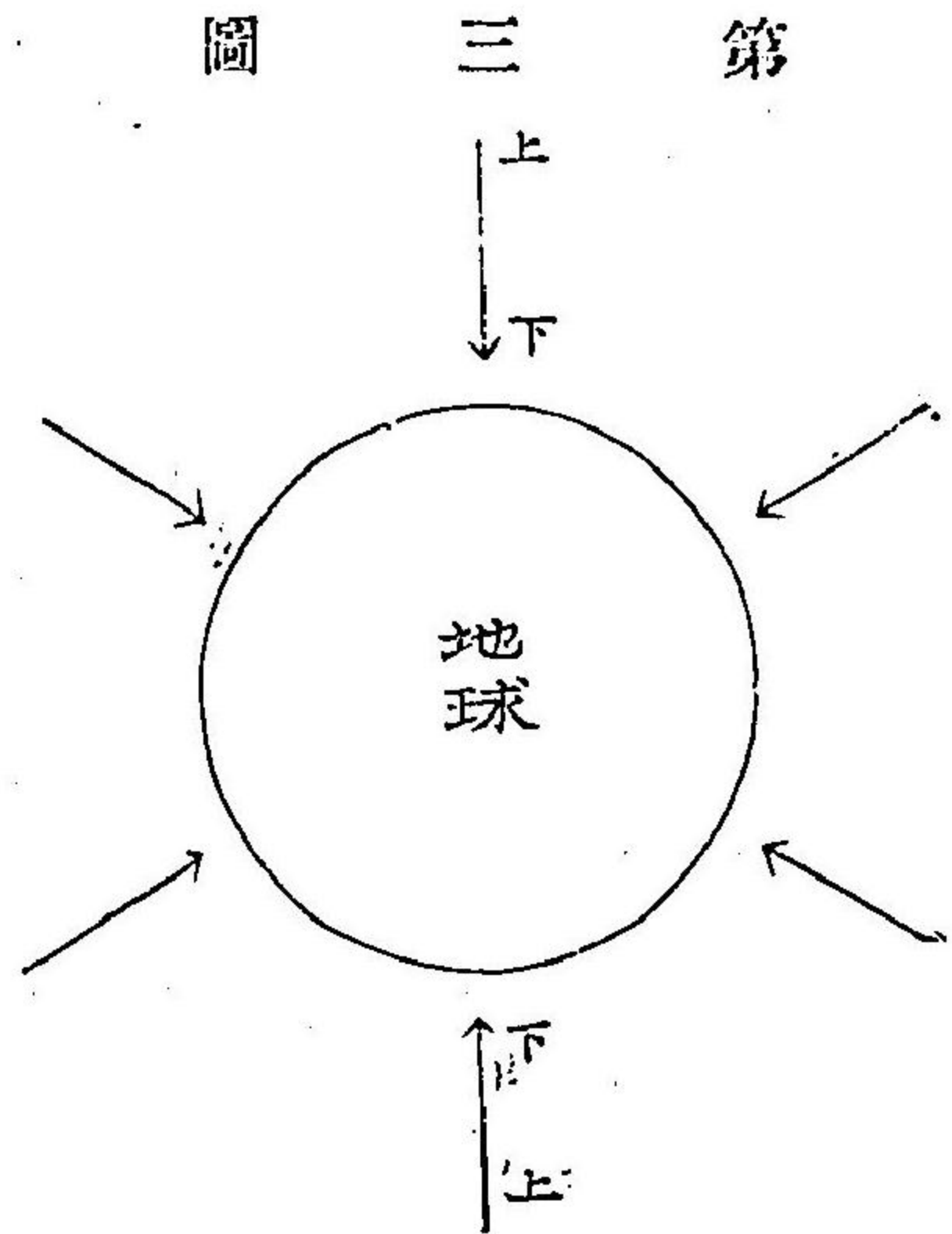
學術上一般に用ひらるゝ質量の單位を瓦といふ。質量と密度 諸物質の同容積をとりたる時、其の質量の多きものを密度大なりと云ふ。水銀の密度は一立方糎について一三、五九六瓦にして(溫度零度の時)、水の密度は一立方糎について一瓦なり(溫度四度の時)。

八

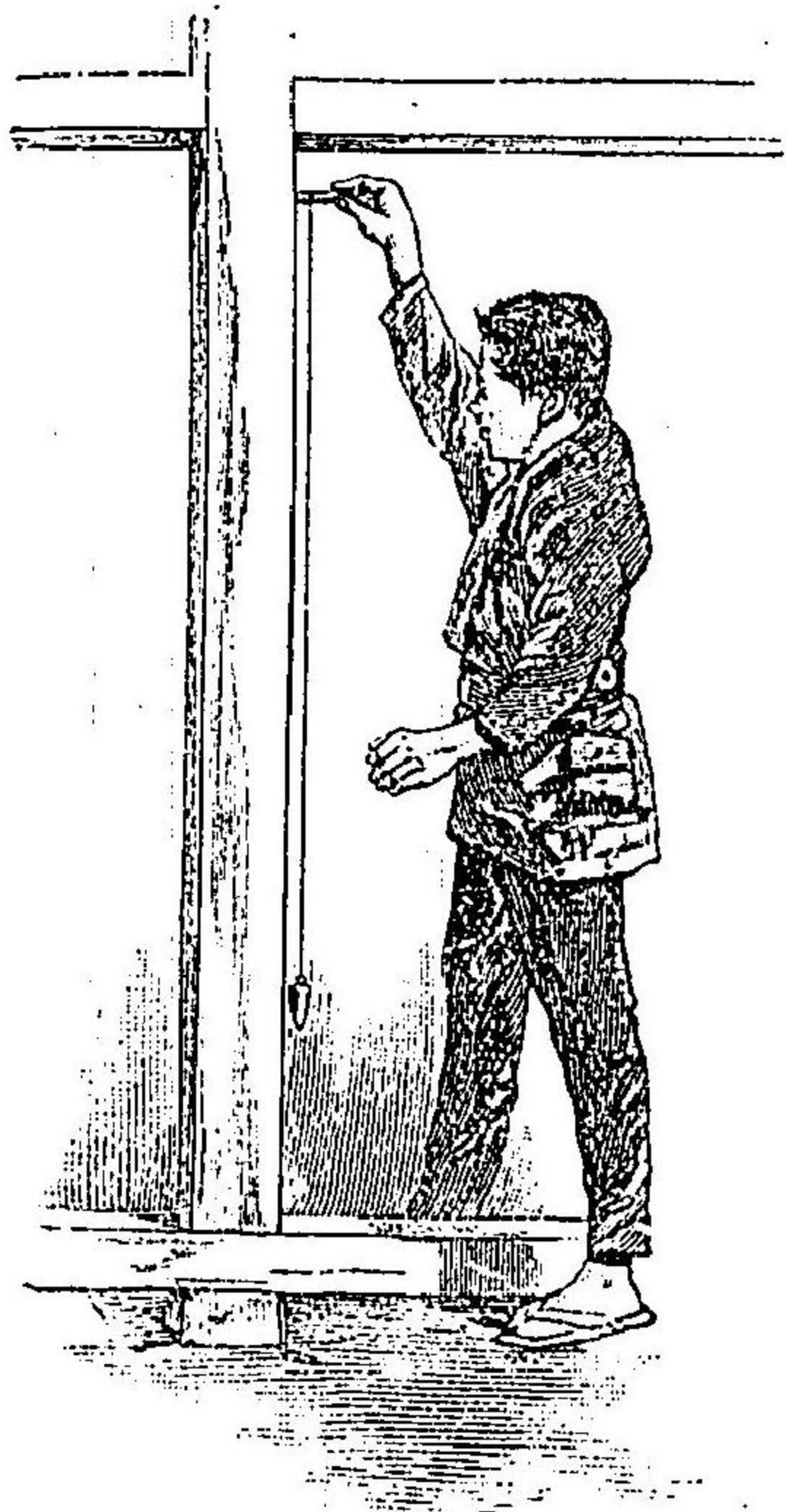
鉛直線 上下 水平面 重力

の方向を知らんとせば錘を吊したる糸の方向を見るが便なり。此の糸の方向は、地球上如

第三圖



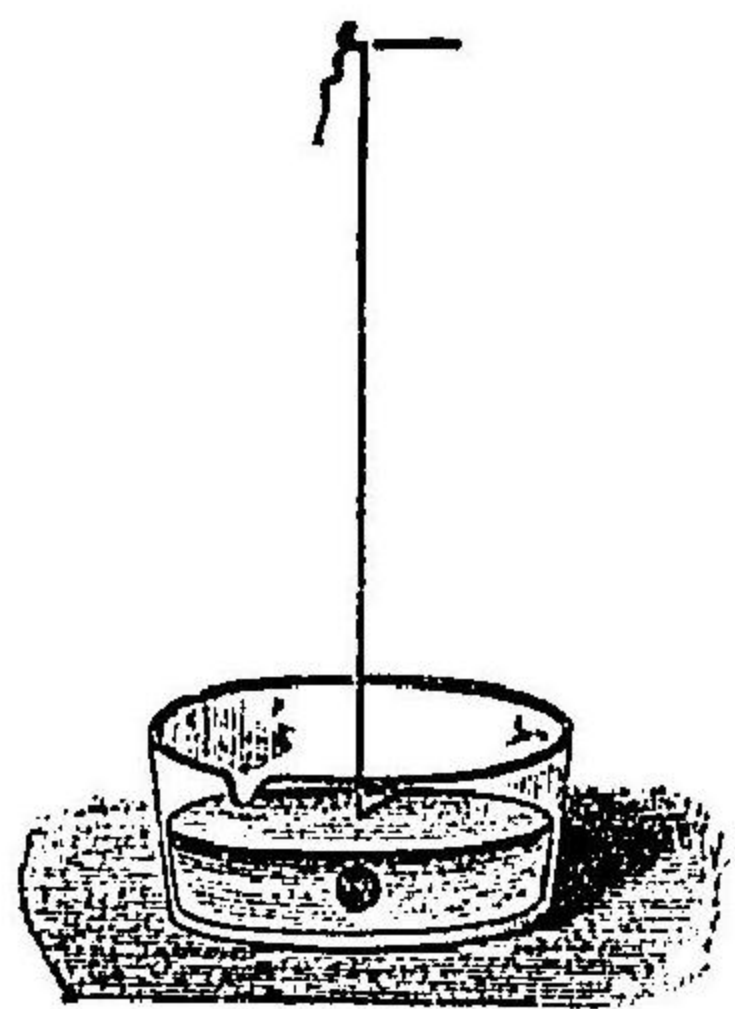
第四圖



對の方のとなり。

靜止したる液體の表面は、少しも傾かざる平面なり。言ひ換ふれば、鉛直線に直角なる平面なり(第五圖)。かゝる平面を稱して水・平・面と云ふ。一つの平面が水平面なるや否やを簡便に知らんが爲には、水準器を用ふ。之は次圖に示すが如く、稍彎曲したる硝

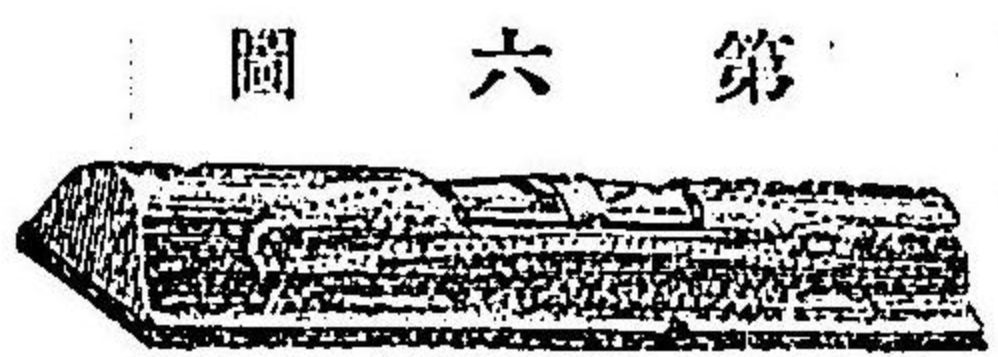
第五圖



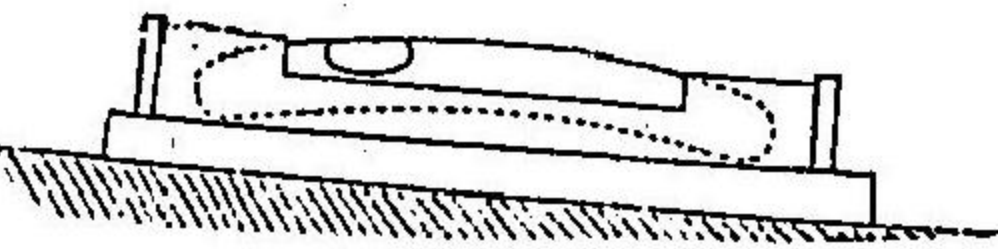
つと云ふことは、鉛直線の方に立つことにして(第四圖)、下とは鉛直線の地球に向へる方のこと、上とは其の正反

水準器

(1) 水準器を望遠鏡に付けて之を正しく水平の方向に向くるを得しめたるものは、能く遠く隔れる二地點の高低を知ることを得しむ。測量家に缺くべからざる器械なり。



第六圖



第七圖

子管に少許の氣泡を残して、アルコールを封入し、水平面に置きたる時、氣泡が管の中央部に來るやうに臺に付けたるものなり。氣泡は常に最も高きところに浮き上らんとするが故に、此の器を水平面にあらざる面上に置けば、氣泡の位置は直ちに移り、其の移り方の多少と方向とによりて、傾きの多少と方向とを知らしむ。

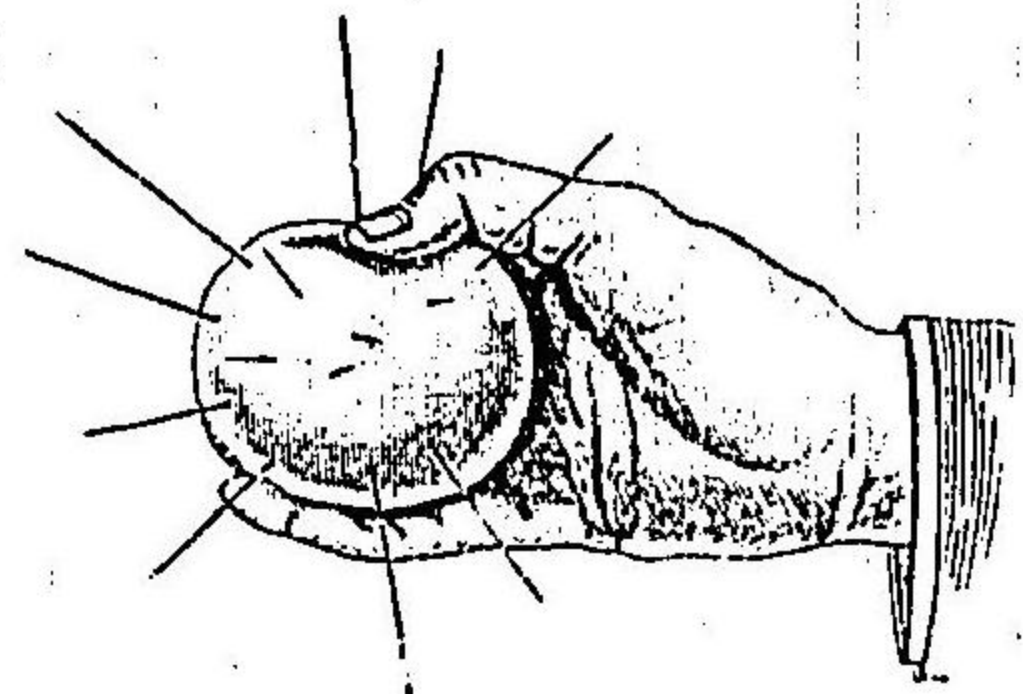
【問題】 水準器の硝子管が彎曲せずして眞直なるときは、使用上に如何なる不便あるか。

第二章 流體の性質

九 液體の傳ふる壓力 左圖の如く、幾多の小孔を有せるゴム

(1) パスカールは一六三三年佛國に生れ、四十歳にして死す、數學者にして又物理學者、哲學者なり。
(2) 液體の壓力を數量的に云ひ表はす必要あるときは、其の部分の單位面積に加はる壓力の大きさを示すが常なり。

第八圖



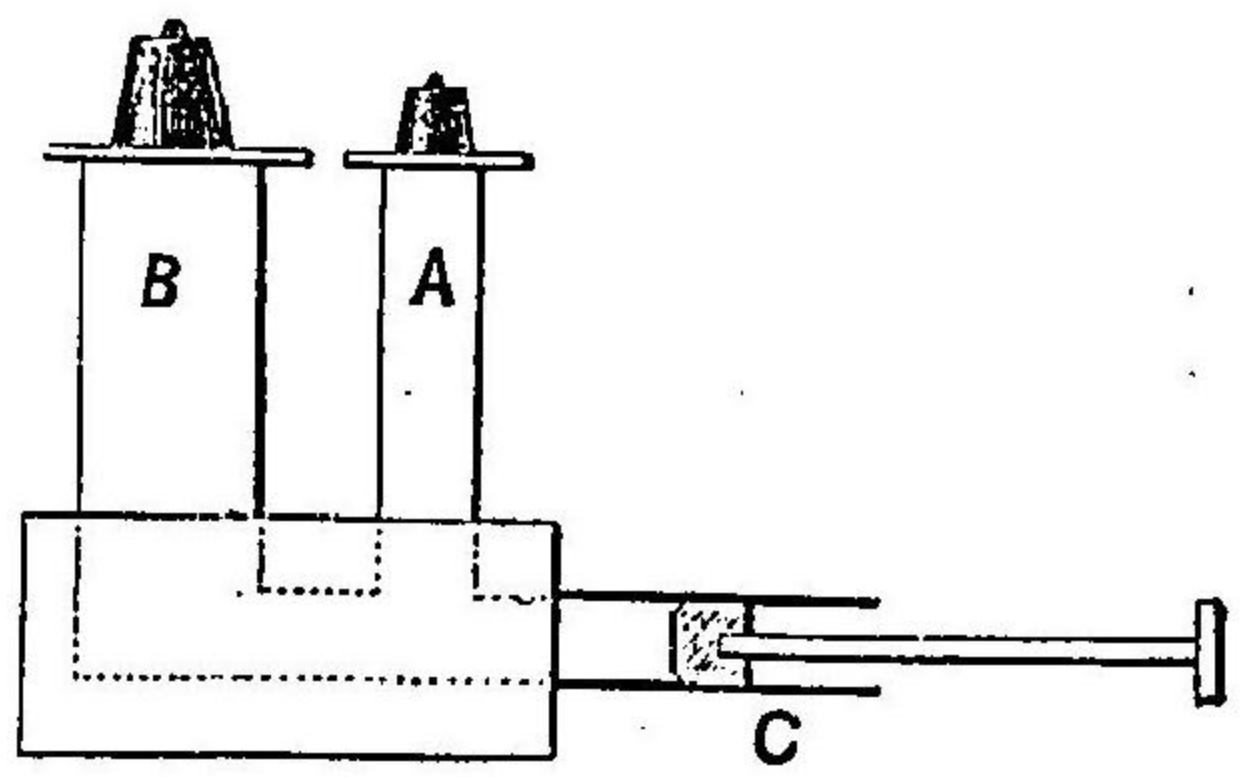
毬に水を充たし、其の一部分に壓力を加ふれば水は何れの孔よりも等しき勢を以て迸出す。これは密封せられたる液體の或部分に壓力を加ふれば、其の壓力は各方面に等しく傳はるものなりと云ふパスカールの原理をざつと證明したるものなり。

器壁に及ぶ壓力の方向 前の實驗に於て、ゴムの膜が甚だ薄く、従つて小孔の方向が、噴出水の方向を指導するに足らざる程の時にも、噴出水の方向は、常に其の部分の壁に對して垂直の方向にあることを觀察すれば、液が器壁を押す方向は、壁の位置如何に關せず、常に之に垂直なりと云ふ法則を會得すべし。

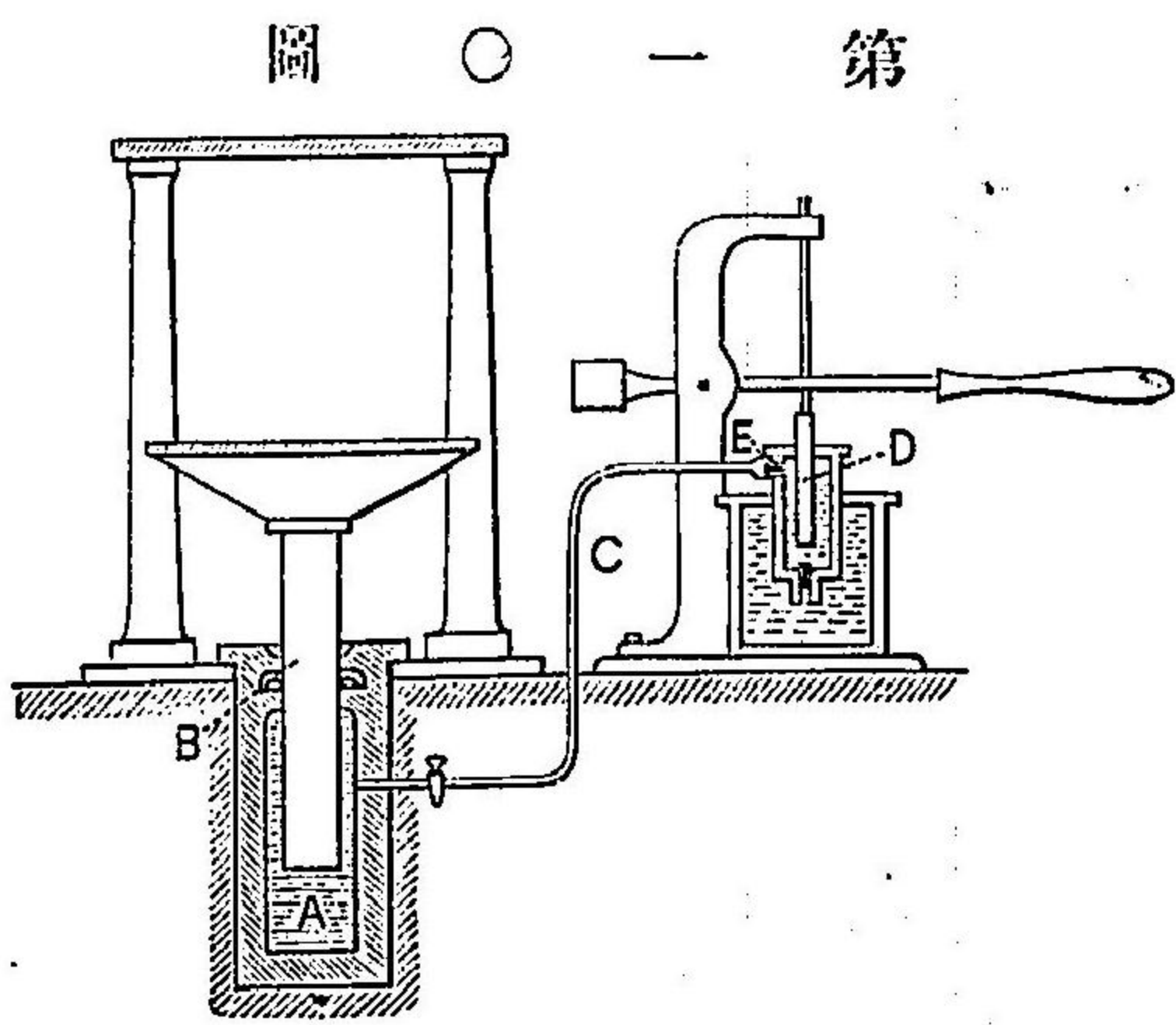
水壓機 水が傳ふる壓力は各部相等しきが故に、器の何れ

の部分に就いて云ふも、其のN平方寸の面積に就いての壓力の増加は、一平方寸の面積に就いての増加のN倍なるべし。されば第九圖の如き装置に於て、ひなる活栓を押入るゝ時、分銅(蓋の重さをも籠めて云ふ)の重さが双方等しきとき、太き筒Bの蓋が必ず先づ押上げられ、分銅の重さがAとBとの切口に比例する時のみ、双方同時に押上げらる。

第九圖



水・壓・機は水の此の性質を利用して作りたるものにて、其の要部は第一



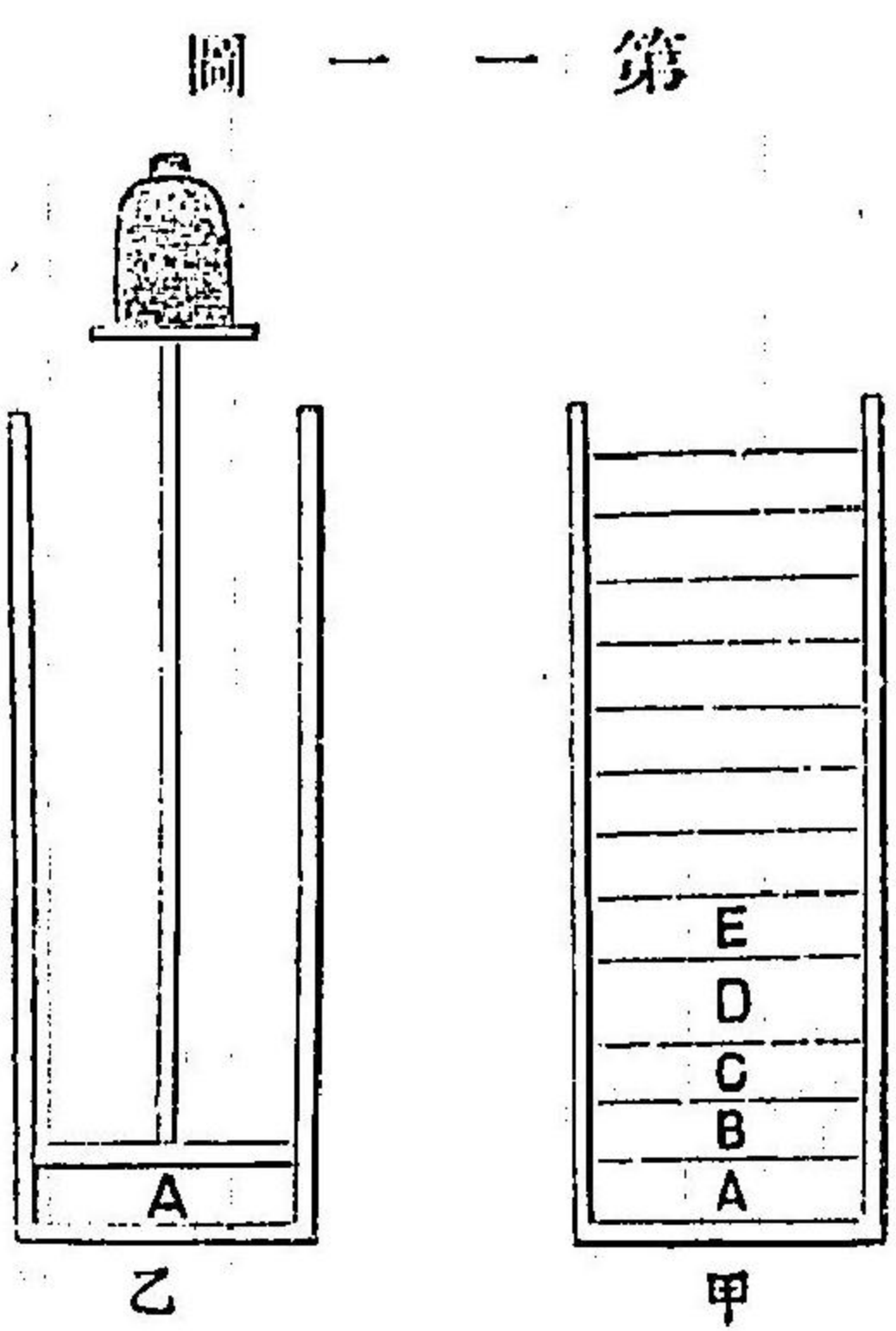
パラムは英國の人、多くの發明を爲せり。水壓機は其の中の最も有名なものなり。(1748-1814)。

○圖に示すが如し。じり、じりと強き力を出すを要する場合に使用せらる。

【問題】 第一○圖の水壓機に於て、圓柱Bの切口の面積が、圓柱Dの面積に千倍するとき、五百貫の力にて物を壓縮せんとするには、Dに何貫目の力を加ふべきか。

三 重力に依りて生ずる液體の壓力 圓筒に水を満たし、これを次圖甲の如く、薄き幾つかの層に分ち考ふるとき、其のA

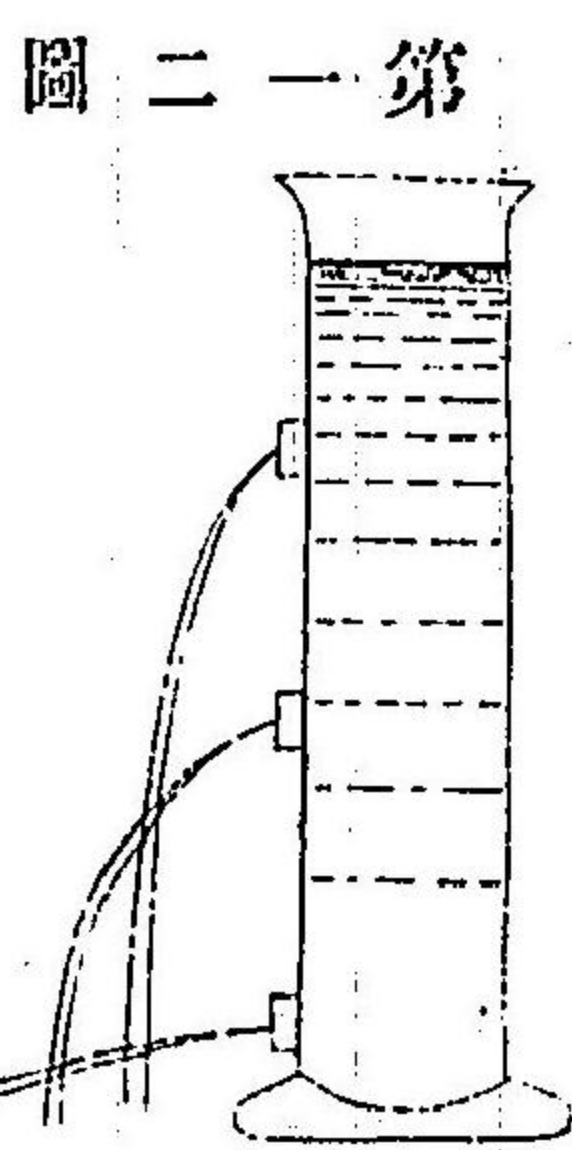
部の水は、それより上部に積重なれる水に依りて押さるゝこと、恰も乙圖の水Aが、活栓と分銅とに依りて押さるゝと同様なるを知る可し。故に此の壓力は、各方に等しく傳はり、Aの



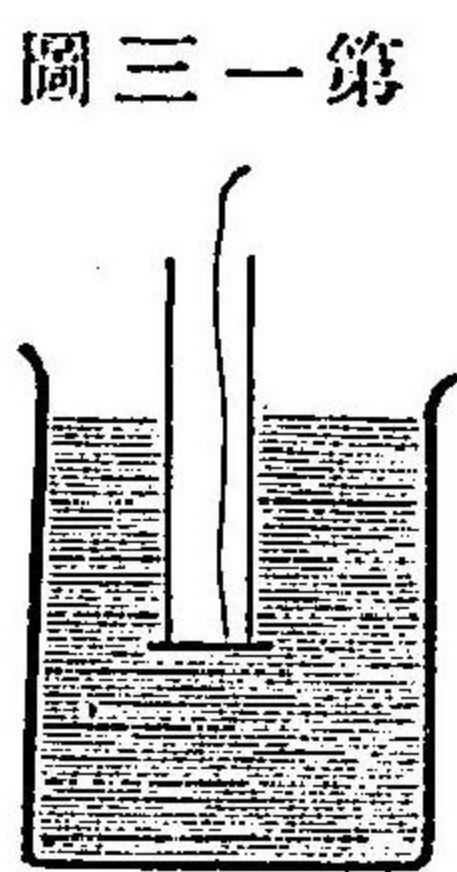
水は上下四方に向つて壓力を持つに至る。BCD等の各部の水に就いても同様なり。但し此の壓力は、元水の重さの爲に生じたるものなるが故に、深さ二倍なる時は壓力も亦二倍なる可し。これに依りて液體は其の深さに比例したる強さを以て各方を押すことを知る。

實例 上理に依つて説明せらるべき二三の事實を示せば、

(1) 圓筒に水を盛り、其の側面に孔を穿てば水は迸り出づ。而



して下の方より出づる水程勢がよし (第二圖)。(2) 第一三圖に示すが如くして試むる時は、硝子若しくは金屬製の底が落つることなし。圓筒内に水を注入して

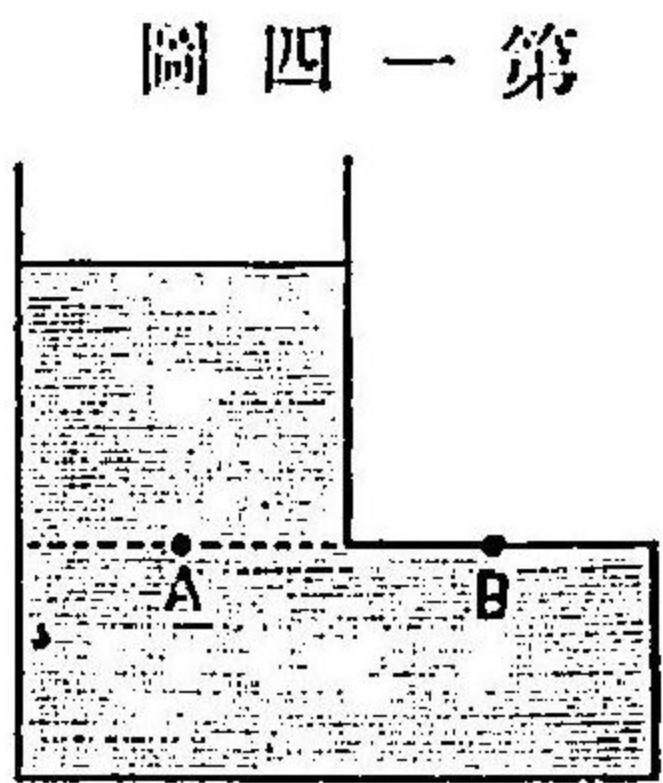


其の水面が、外部の水面と殆ど等しくなるに至つて始めて

三

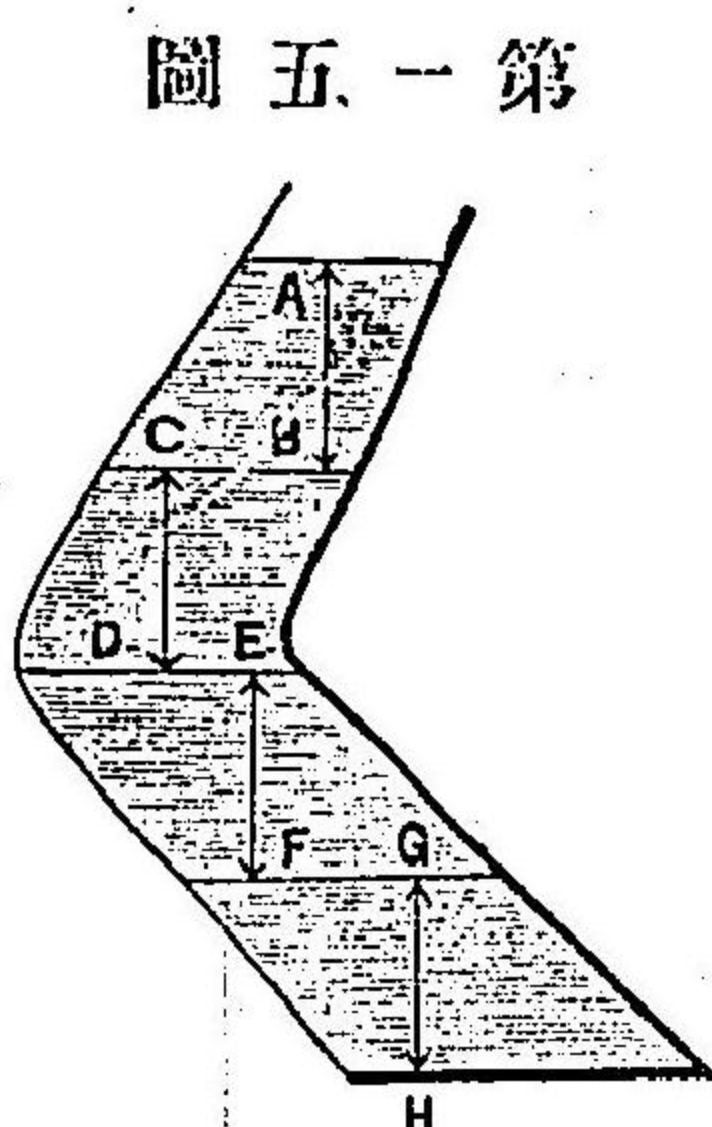
落つ。(3) 堤防は上の方を狭くしても差支なく、桶の箍は底部に近きほど丈夫にすべき必要あり。

同一水平面内の液體の壓力は相等し 液體は其の周圍の器壁に壓力を及ぼすとすれば、其の内の各部分に於ても互に押合ひつゝありと考へざる能はず。即ち液體の内部の或一點にある水は上下四方より壓力を受け、又上下四方に壓力を及ぼして居るものなり。而して之等の壓力は、もと其の上に積重なれる水の重さの爲に生じたるもの故、明らかに其の深さに關係し、深さの等しき各點、即ち同一水平面内の各點の壓力は、全く相等しきものなり。第一四圖に於けるB點の水の如き、其の上に積重なれる水はなくとも、之と同一水平面上の一點Aと同じ壓力を有すべきこと、パスカル



(1) AB 水平面下の水
の爲に押し
されて其の壓力
を各方に等しく
傳へると考へ見

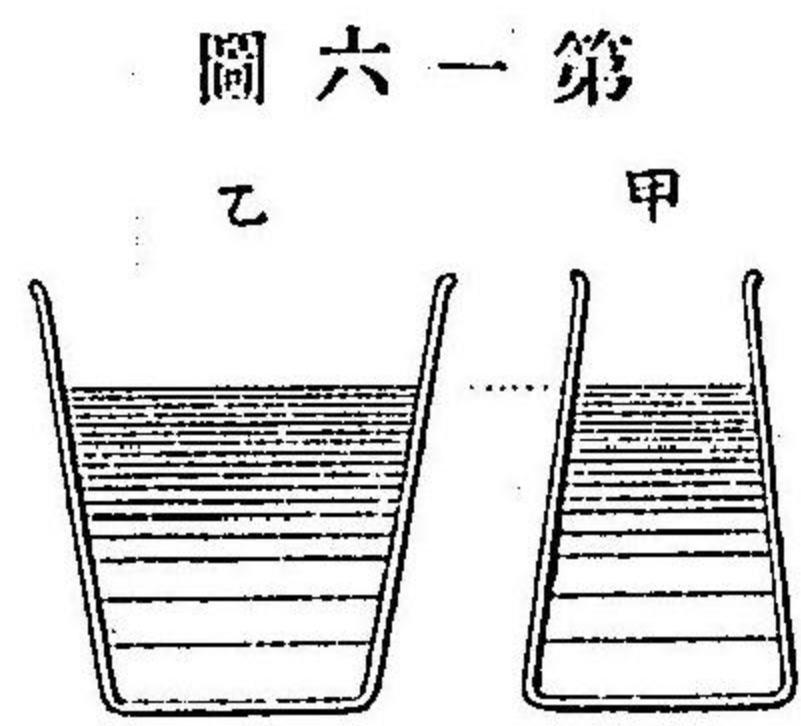
の原理によりて明らかなり。
器底に及ぶ壓力 右に述べたるところに依りて、第一五圖



の如き器に盛られたる水のFG 水平面
に於ける壓力は、各部相等しく、又DE 水
平面内に於ける各部の壓力も互に相
等し。但し前者の壓力は、後者の壓力
に比しては、明らかにEFの深さの水の

生ずる壓力丈け大なり。かゝる推論をどこ迄も推進むる
ときは、終に器底に及ぶ壓力は、之等の各部分の水の深さの
和に等しき深さの水が生ずる壓力に等しくして、器壁の傾
きには無關係なることを知るなり。又同様の推論法に依
りて、一定せる面積の器底に及ぶ水の壓力は、水の深さだに
等しければ、其の水の量には無關係なることを知るなり。第一

一五

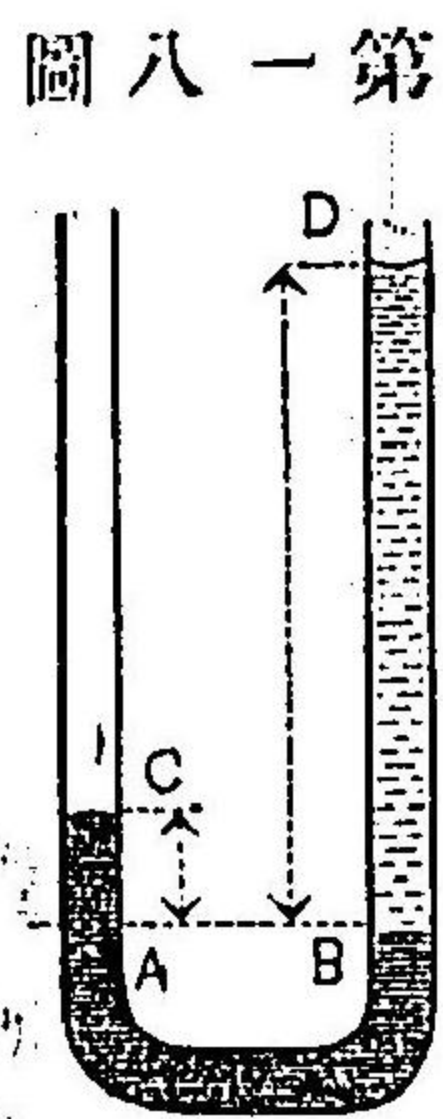
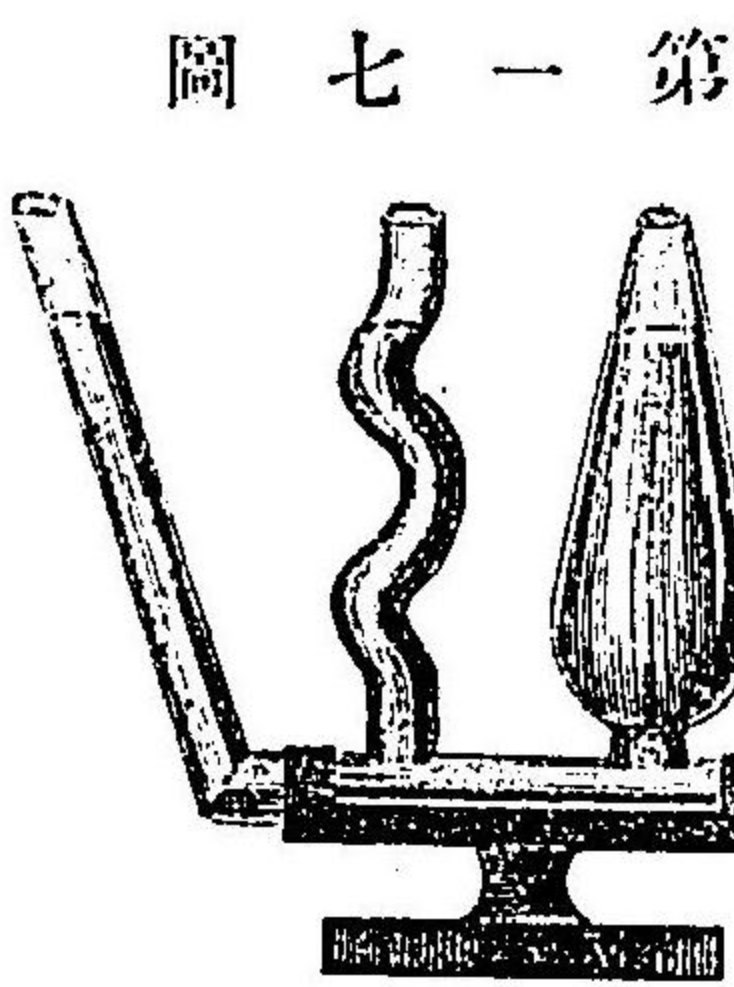


六圖

六圖 連通器

上に述べたところを推廣むれば、
如何なる形の器に盛られたる水にても、これ
を互に連通すれば、第一七圖、其の液の表面が同
一水平面に在る時に於てのみ液の移動のな

き事を悟るべく、従つて又、掘抜井戸の水
の噴出する理由、水道を設けて水を引く
理由等を理會するを得べし。
U字管に水銀を入れ、更に一方の管内に
水を注入すれば、上圖に示すが如き状態

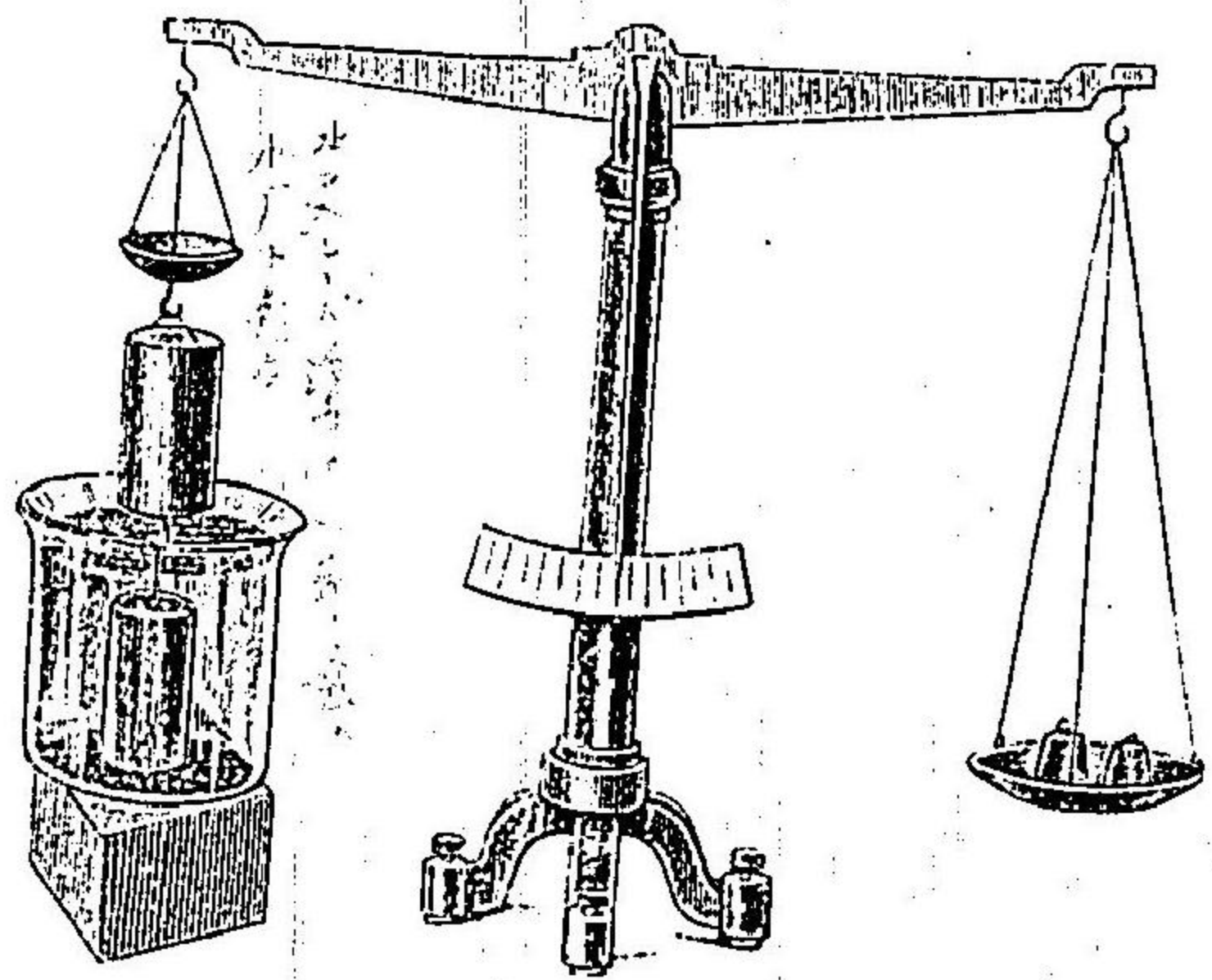


となる。此の時ACとBDとの高さを比
較すれば、同容積に就いての水と水銀
との重さの割合を知るべし。

【問題】 連通器に石油と水とを入れたるとき、二種の液の境界面より、各の液面迄の高さが、石油は一尺、水は七寸四分なりきと云ふ、水と石油との重さの割合如何。

一六 アルキメデスの原理

圆柱形の錘と、丁度これを容るゝに足る圓筒とあり、之等を上圖の如く天秤に懸け、分銅を用ひて平均を得しめたる後、錘を水中に浸せば、天秤は傾き、分銅の方が降るべし。是に於て圓筒に水を注入すれば、丁度満つるに至つて天秤は再び平均するに至る。これアルキメデスの原理と稱して、總べて、液體に浸したる物體は、其の物體が押しのけたる液の重さ、丈け重さを減ずる。



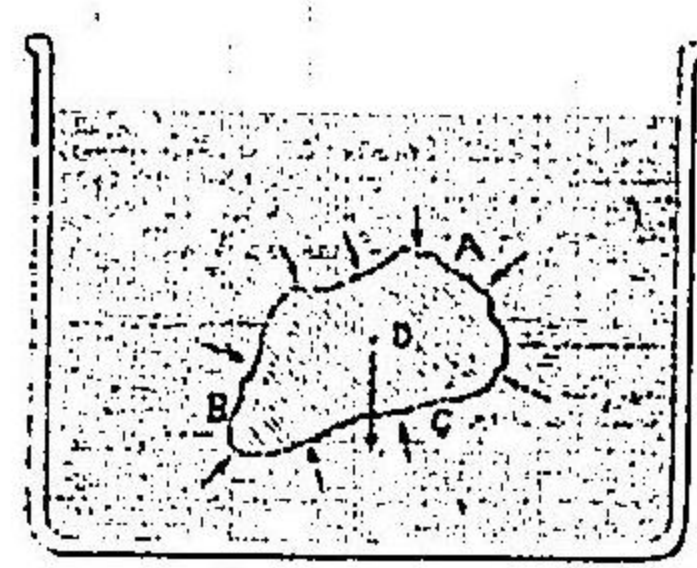
第一九圖

(1) アルキメデスは古代に於ける大數學者にして兼て諸學に通ず。シラクユースがローマに侵襲せられたる時、彼は、或問題に熱中して其の事に氣付かず、ローマの兵卒の爲に殺されたり。(287-212BC)

液體の浮力

ものなりと云ふ法則を例示するものなり。斯く重さの減少するより考ふれば、液中にある物體には、重力の正反對に力が働きつゝあることを知るべし。此の力を液體の浮力と云ふ。

浮力の大きさが、物體の形の如何に關せず、常に物體の押しのけたる液の目方に等しかるべきことは、次の如く考へて理解するを得べし。第二〇圖に於て、水の任意の一部分、例へばABCが、其の儘突然固體になりたりと假想せんに、其の物は浮びも沈みもせずして止まるべきは疑を容れず。依つて直ちに、此の物體に働く浮力が、之と同容積の水に働く重力に等しき大きなことを知る。

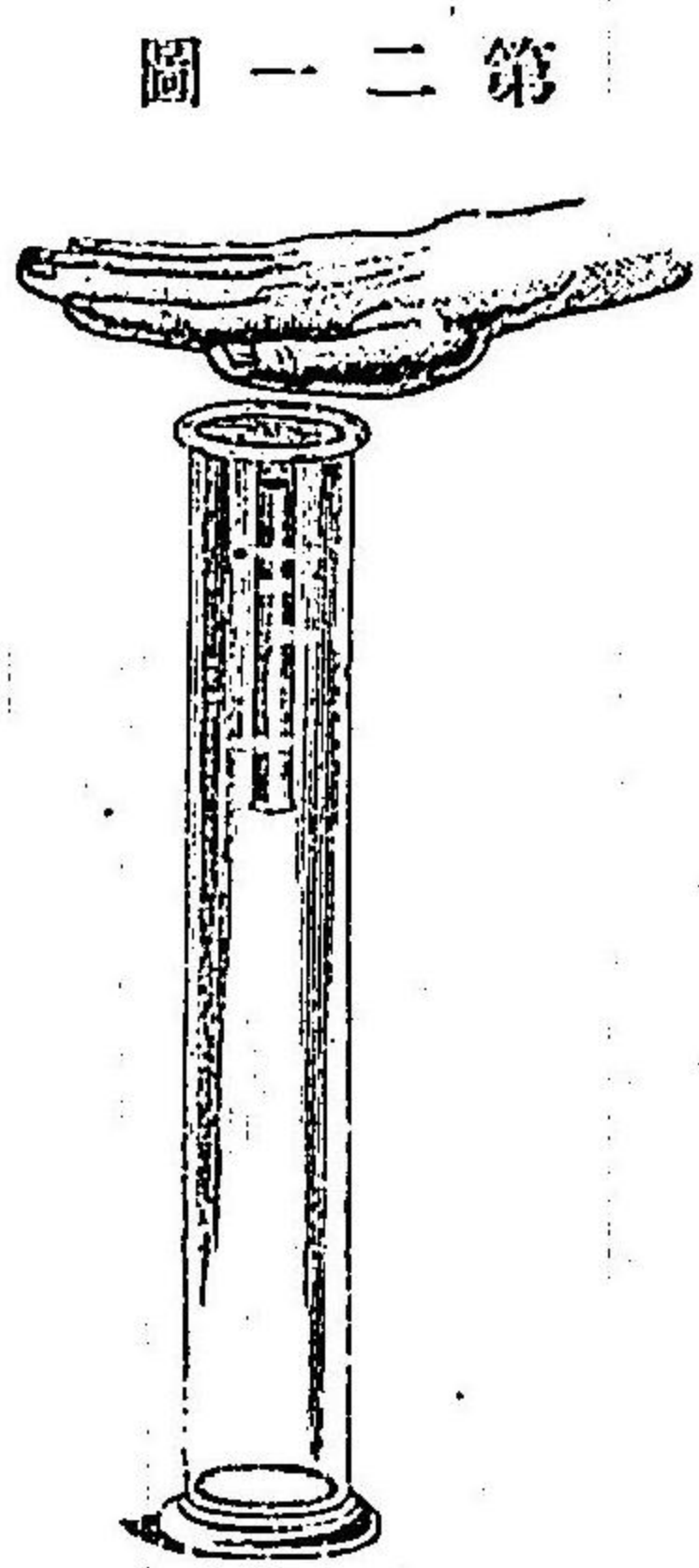


第二〇圖

二七 物體の浮沈 或液中に浸されたる物體の重力が、之と同容

(1) 軍艦の排水噸數とは、其の軍艦が水に浮べるとき、排水せる水の目方を噸な單位として示せるものなるが故に、即ち軍艦其の物の目方を示したるものなり。

積の液の目方より大なるときは、浮力は負けて物體は沈み、其の反對の時は、浮力が勝ちて物體は押上げられ、而して其の一部分を液面上に表はし、其の結果、浮力が其の物の重さと等しくなるに至つて釣合の状態に達す。物が浮ぶとは此の状態の謂なり。



細長き圓筒に水を満たし、少許の空氣を残したる試験管を倒に浮べ、圓筒内の水を溢るゝ許りになして上より押し付くる時は(第二圖)試験管は沈み行き、手を弛むれば再び浮ぶ。かゝる装置を浮沈子と云ふ。此の現象は(1)パスカルの原理と、(2)空氣は其の受くる壓力の變化によりて容積を變ずること(第二三節)、(3)アルキメデスの原理とに

基づいて説明せらる。

【問題】

- (1) 茶碗を横にして水に入れば沈めども、起して入れば浮ぶは何故。
- (2) 鶏卵は普通の水には沈めども、濃き鹽水に浮ぶは何故。
- (3) 游泳のとき、多量の空氣を吸入すれば浮び易きは何故。
- (4) 桶に水が一杯に盛られ、其の上に氷塊が浮ぶ。氷が融くれば水は溢れ出すべきか。

三

不規則なる形の固體の容積 水に遇うて變化せざる任意の固體の容積は、アルキメデスの原理と、水の一立方糎の重さが一瓦なりと云ふ事實とを應用して、容易に之を知ることがを得べし。即ち其の固體を水に沈めて、其の目方の減りが幾瓦なるかを知れば、其の數は直ちに立方糎を單位としての其の固體の容積を示す數と見らるべし。

【問題】 人體を水中に没するとき、僅かに一小部分を水面に表はして浮ぶものなり、目方十五貫六百目の人の身體の容積は大約幾升なるか。但し水一升の目方は約四百八十匁なり。

比重 種々の物質の重さを、それと同體積の水の重さと比べて、其の何倍若しくは何分何厘に當るかを示したる數を、其等の物の比重と云ふ。

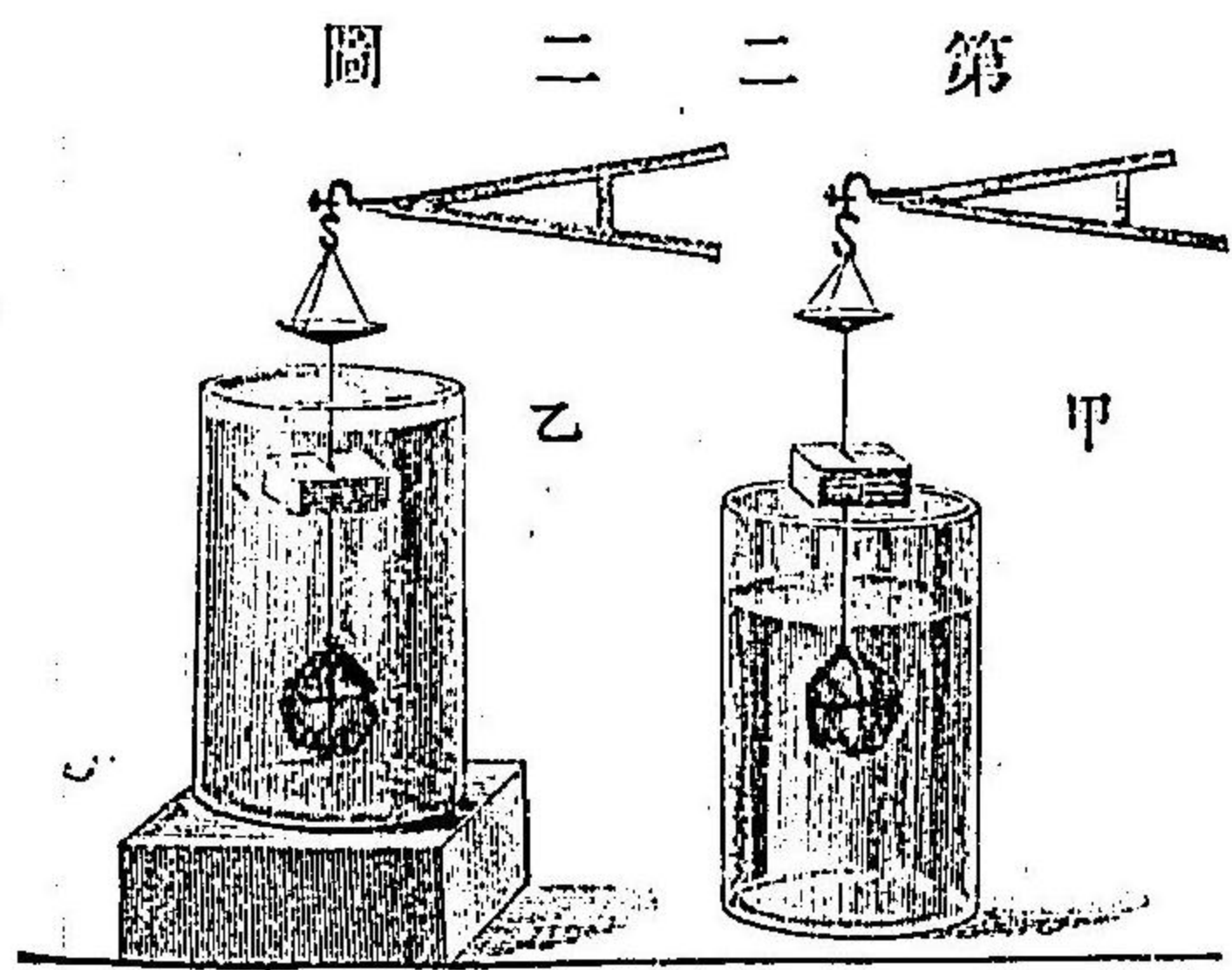
固體の比重 比重を測る方法 には種々あり。固體の比重を知る方法は次の如し。

(1) 先づ其の物の目方 W を知り、次に其の物の水中にての目方 W' を知る。 $\frac{W}{W'}$ は、此の物と同容積の水の目方なるが故に $\frac{W}{W'}$ は即ち此の物の比重なり。

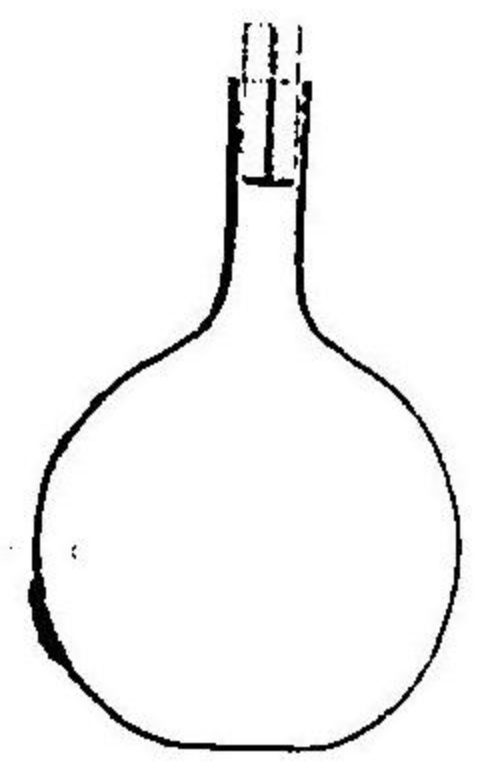
(2) 水に浮ぶやうなる物に於ては、其の物の下部に、他の重き物體を結びつけ、先づ此の重きもののみを水中に沈めて測

液體の比重

は、 $\frac{P-Q}{W}$ なるを知る。液體の比重 を測らんが爲に、普通に用ひらるゝ方法の一



第二三圖



二を云へば、(1) 比重瓶と稱する目方の知れたる瓶に(第二三圖) 先づ水を満たして其の水の目

りたる時の目方 P を知る(第二二圖甲)。此の際始めの物體の空氣中の目方を W とし、下に吊したる物體の、水中にての目方を X とすれば $P = W + X$ の關係あり。次に二つとも水中に沈めたる時の目方 Q を知る(第二二圖乙)。此の時には、 $Q = W + X - \text{水の浮力}$ と云ふ關係あり。従つて求むる比重

(1) 工業上に多く用ひらるる浮秤に、ホーメー及びトワドルあり。ホーメーの浮秤は水より重きものに用ふるものに於ては、 n を其の読み度とすれば、

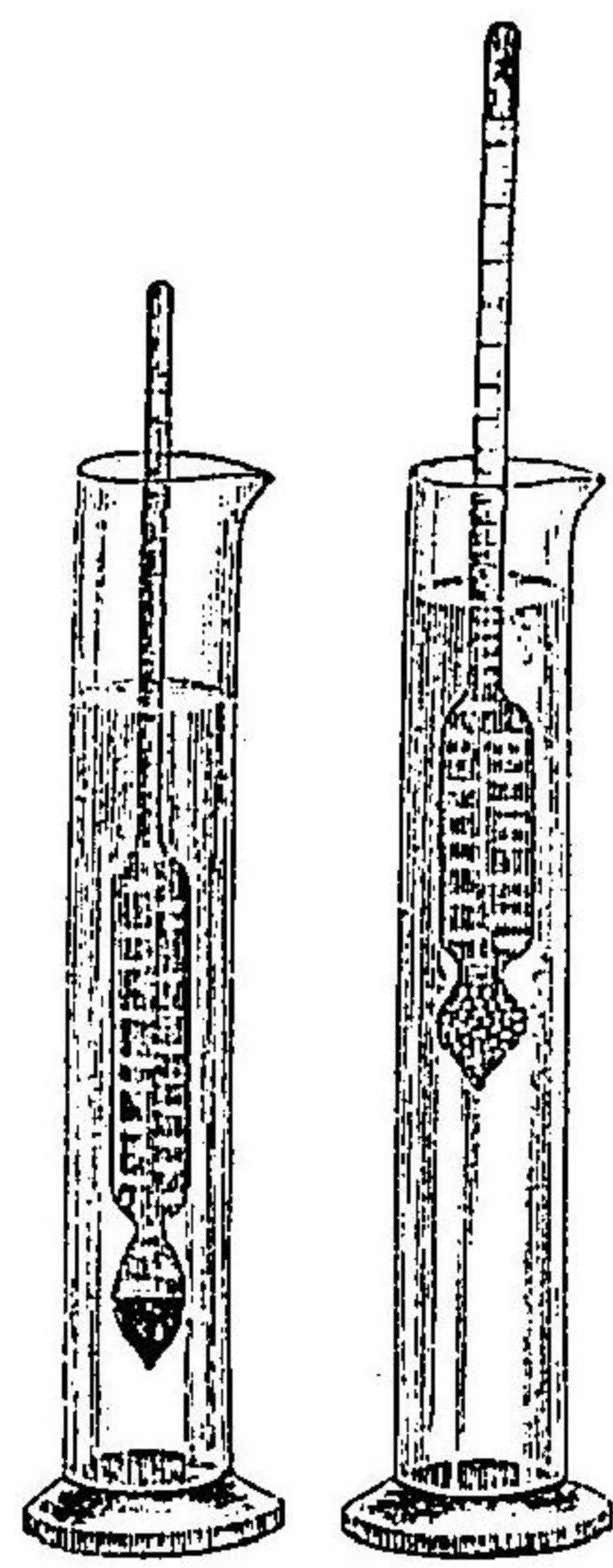
$$\frac{144}{144-n} = \text{比重}$$
 の公式によりて比重を知るべく、水より輕き物に於ては、

$$\frac{138}{138+n} = \text{比重}$$
 の公式によりて之を知るべし。トワドルの浮秤に於ては、

$$\frac{100}{100-n} = \text{比重}$$
 の公式を用ひて比重を算出すべし。

方を知り、次に比重を測らんとする液を満たして其の液の目方を知り、前者を以て後者を除す。
 (2) 大體に液體の比重を知らんとせば、左圖に示すが如く浮秤と名づくる器を其の液に浮べ、何處まで液中に入るかを見るべし。液の重さに差異あれば、浮秤の液の中に入る部分にも差異あるべし。故に適當に度盛を施す時は、其の何度迄沈むかを見て、液の比重を知ることを得るなり。
 各物質は、夫れ々特有の一定せる比重を有するが故に、ある物質の比重を測定することは、其の物の純否若しくは其の不純の程度を知るが爲に利用せらる。

圖 四 第二



比 重 の 表

| | |
|----------------------|---------|
| イリヂウム..... | 22.4 |
| 白金..... | 21.5 |
| 金..... | 19.3 |
| 鉛..... | 11.3 |
| 銀..... | 10.5 |
| 銅..... | 8.9 |
| 眞鍮..... | 8.1—8.6 |
| 鐵..... | 約7.8 |
| 亞鉛..... | 7.1 |
| 硝子..... | 約3. |
| アルミニウム..... | 2.7 |
| 蠟..... | 0.96 |
| 水..... | 0.9167 |
| アルコール.....(15度)..... | 0.7937 |
| エーテル.....(°)..... | 0.720 |
| 水銀.....(零度)..... | 13.596 |

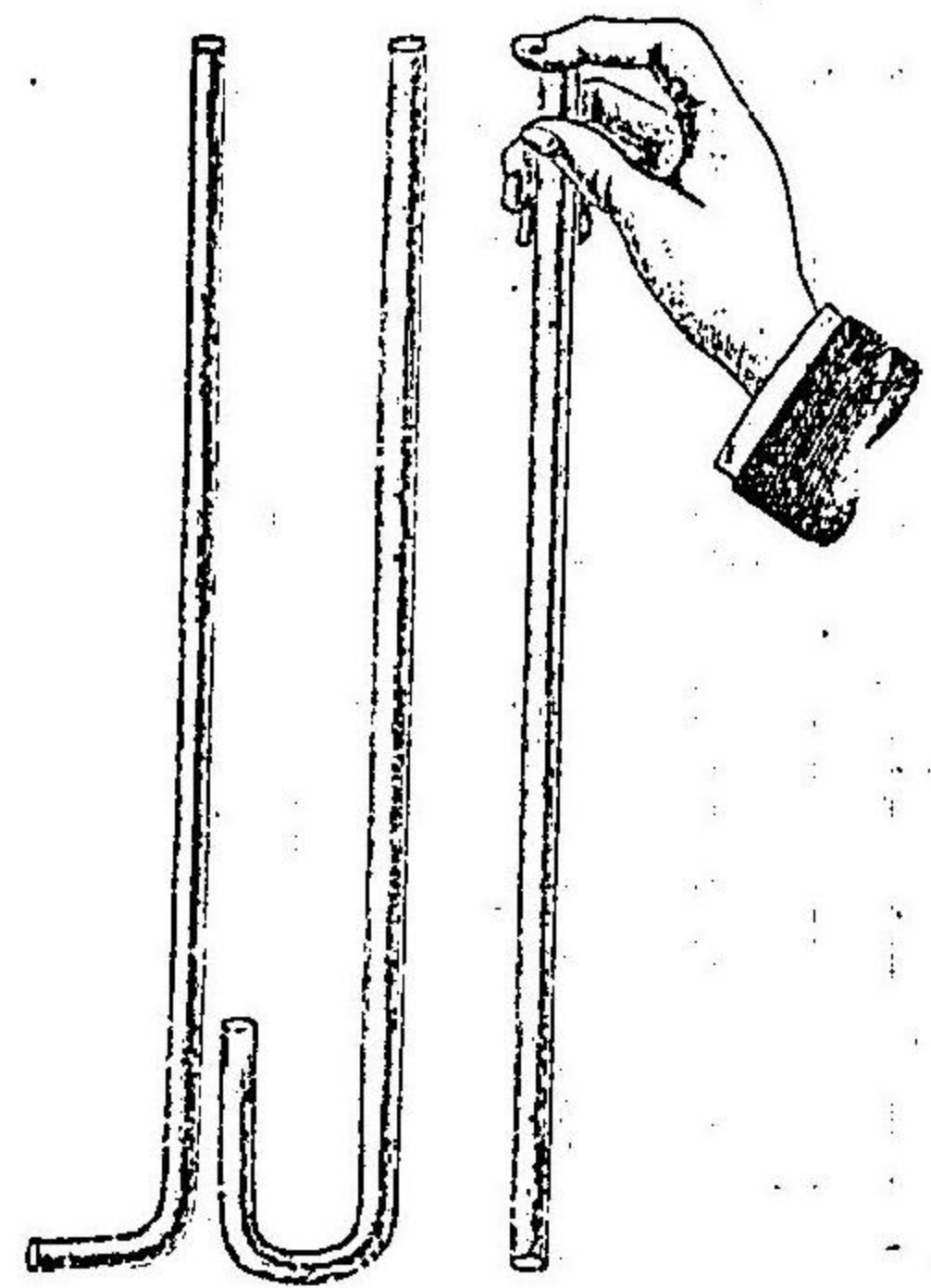
り、若し純金なりとせば、水中にての目方は幾多なるべきか。

比重と密度 既に或物體の比重を知り、其の上に、水の密度が一立方糎につきて一瓦なるを知れば、直ちに其の物體の密度を知り得べし。而して、容積の單位として立方糎をとり、質量の單位として瓦をとれば、比重と密度とは同じ數値をもつ。

【問題】

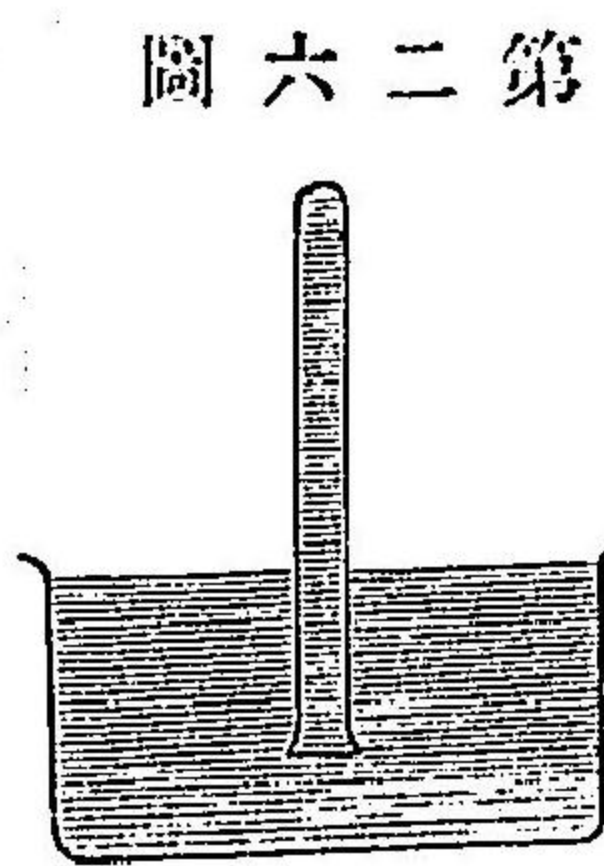
- (1) 或物體の空氣中に於ける目方が W_1 瓦にして、水中に於ける目方が W_2 瓦、或他の液體中に於ける目方が W_3 瓦なりとせば、其の液の比重幾何。
- (2) 目方 A 瓦の指環あり、若し純金なりとせば、水中にての目方は幾多なるべきか。

三 大氣の壓力 地球の表面には、何程の高さ迄かは精密に知られざれども、兎に角數十里の高さに達する迄空氣が重り居りて、吾等は恰も空氣の海の底にあるが如き有様にあり。されば吾等の周圍にある空氣は、上層の空氣に壓せられて、上下四方に壓力をもつ。今これが爲に起る現象の二三を擧ぐれば、



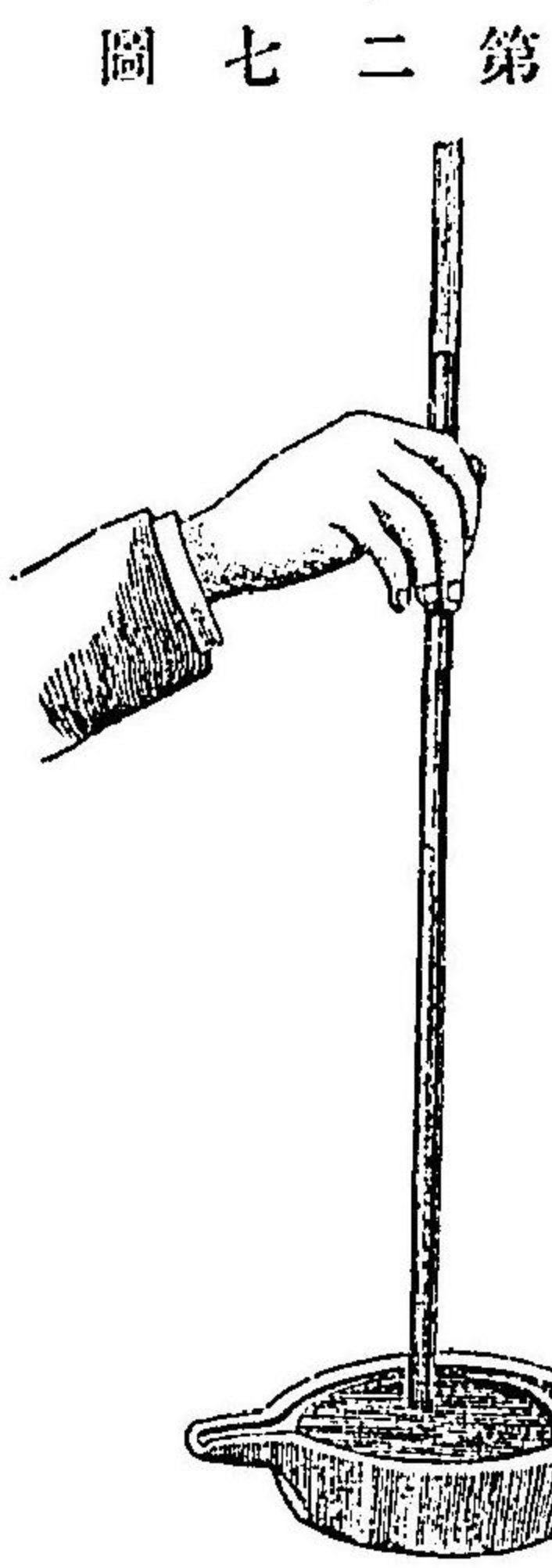
(1) 上圖の如き細き硝子管内に水を満たし、其上端を塞ぐときは、其の下端は如何なる方向に開き居るとも水の流出を見る事なし。指を離さば水は直ちに流出す。

(2) 試験管の水の満ちたるを水中に倒立すれば、管内の水は



降り來らず(第二六圖)。 (3) 前の實驗に於て、水の代りに水銀を用ひ、且つ管の長さが三尺位あるときは、水銀は大約七百六十耗(約二尺五寸)の高さ迄降り

來りて其處に止まる(第二七圖)。此の際、管の上端の空所は、空氣全くなきところにして、所謂トリ・セリ・の眞空なり。



この最後の實驗に依りて、大氣の壓力は、通例水銀を大約七百六十耗の高さに押上ぐる程の強さなることを知る。此の壓力を一氣壓と稱す。之を水銀の目方より計算すれば、一平方寸の面に對して約二貫五百匁に當る。

(1) トリ・セリは有名なる伊太利の物理學者にして、下文の實驗が始めて彼の手に依つて行れしは、一六四三年なり。(1608-1647)

一氣壓

【問題】 (1) 水入の一つの口を塞げば水の出でざるは何故。

(2) 壘一枚の上に加はる大氣の壓力は幾貫目あるか、計算せよ。

氣壓計 第二七圖の如くして大氣の壓力を測る装置を氣壓計又は晴雨計と名づく。蓋し大氣の壓力は、場合に依りて多少の變動あり、此の變動は、天候の變化に關係を有するものなるが故なり。若し各地の測候所に於ける晴雨計の高さを知れば、天候を豫知するに於て更に大なる便利あり。

氣壓計の一種にアネロイドと呼ぶものあり。其の構造上圖に示すが如く、淺き圓筒の一面に、波面狀に凹凸ある薄き金屬板を張り、其の内の空氣を稀

アネロイド

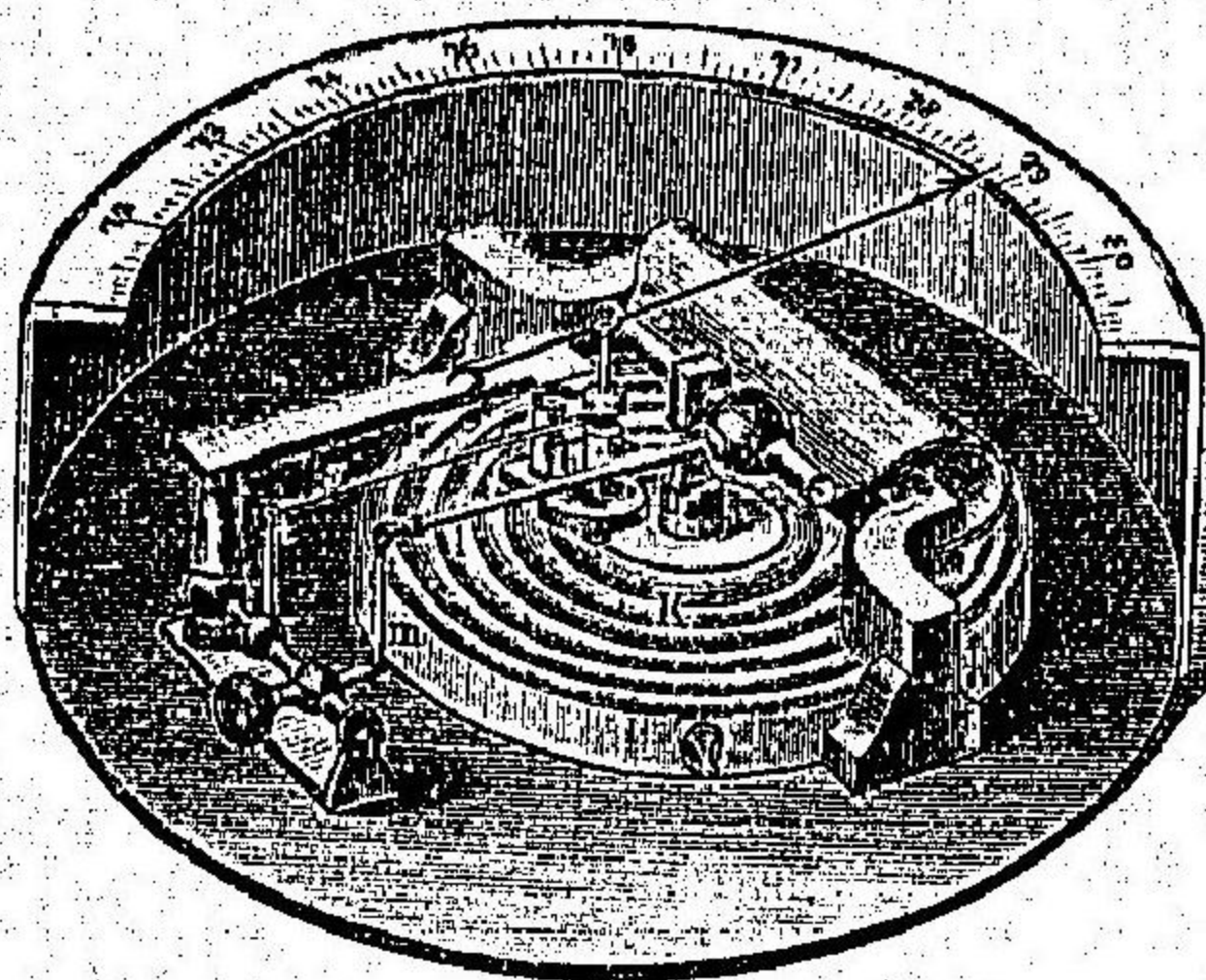


圖 八 二 第

薄にし、かくて外氣の壓力の變動にりて金屬板の中央部に起る運動を、梘子仕掛によりて、擴大して指針の軸に傳ふるやうにしたるものなり。携帶に便なるが故に、旅行家など多く之を用ふ。

ボイルの法則 總へての氣體は、溫度一定なれば、其の體積と壓力とは反比例に變化するものなり、之をボイルの法則と云ふ。

ボイルの法則を實證する方法の一つは次の如し。第二九圖の如き曲管に少許の水銀を入れ、先づ兩方の水面を同一水平面にあらしめて短管内の空氣の容積 V_1 を度



盛の上に讀み、其の壓力 P_1 を此の時の氣壓計の高さにて讀む。

(1) ボイルは英國の人、Boyleの此の法則を發見したるは、かれが三十五歳の時なり。其の後十四年を経て、佛人、マリヤット、獨立に又此の法則を發見す。依りて又マリヤットの法則と呼ぶことあり。

次に更に若干量の水銀を加へて、其の時の空氣の容積 V_2 と其の壓力 P_2 とを知る、但し P_2 は其の時の兩水銀面の高さの差を、 P_1 に加へて之を知るなり。續いてかゝる手續を繰返

第三〇圖

せば、各次に於ける容積と壓力との價 $V_3, P_3, V_4, P_4, \dots$ 等を知ることを得。然る上は、實際計算を施して、

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = P_3 V_3 = P_4 V_4 = \dots$$

の關係あることを發見すべし。従つて

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1} \quad \frac{V_2}{V_3} = \frac{P_3}{P_2} \quad \dots$$

の關係あることを知るなり。

【問題】

第三一圖

(1) 小兒の用ふる空氣銃を

説明せよ(第三〇圖)。

(2) 第三一圖の如き装置を



設け、管口より強く空氣を吹入れて噴水をつくる時、瓶内の水を少くすれば、噴水の上に如何なる影響あるか。

三四

氣壓と高低

ボイルの法則あるに依りて、大氣は上層に昇るに従つて次第に稀薄となる。實際富士山の絶頂は海拔三千七百三十二米にして、氣壓計の高さは略、四百九十耗なり。氣壓計が高さの測定に用ひらるゝことあるは之が爲なり。但し此の場合には、水中に於ける如く、一定の距離を昇れば、一定の壓力を減ずると云ふわけに行かぬが故に、氣壓と高さとの關係は割合に複雑なり。

【問題】

(1) 空氣が何處まで上りても海面上と同一の密度を有すせば、其の層は幾米位の厚さのあるべきものか(次節欄外参照)。

(2) 海面に近き二地點に於て氣壓計に一種の差を來すべき場所の高さの差大凡幾間なるか。

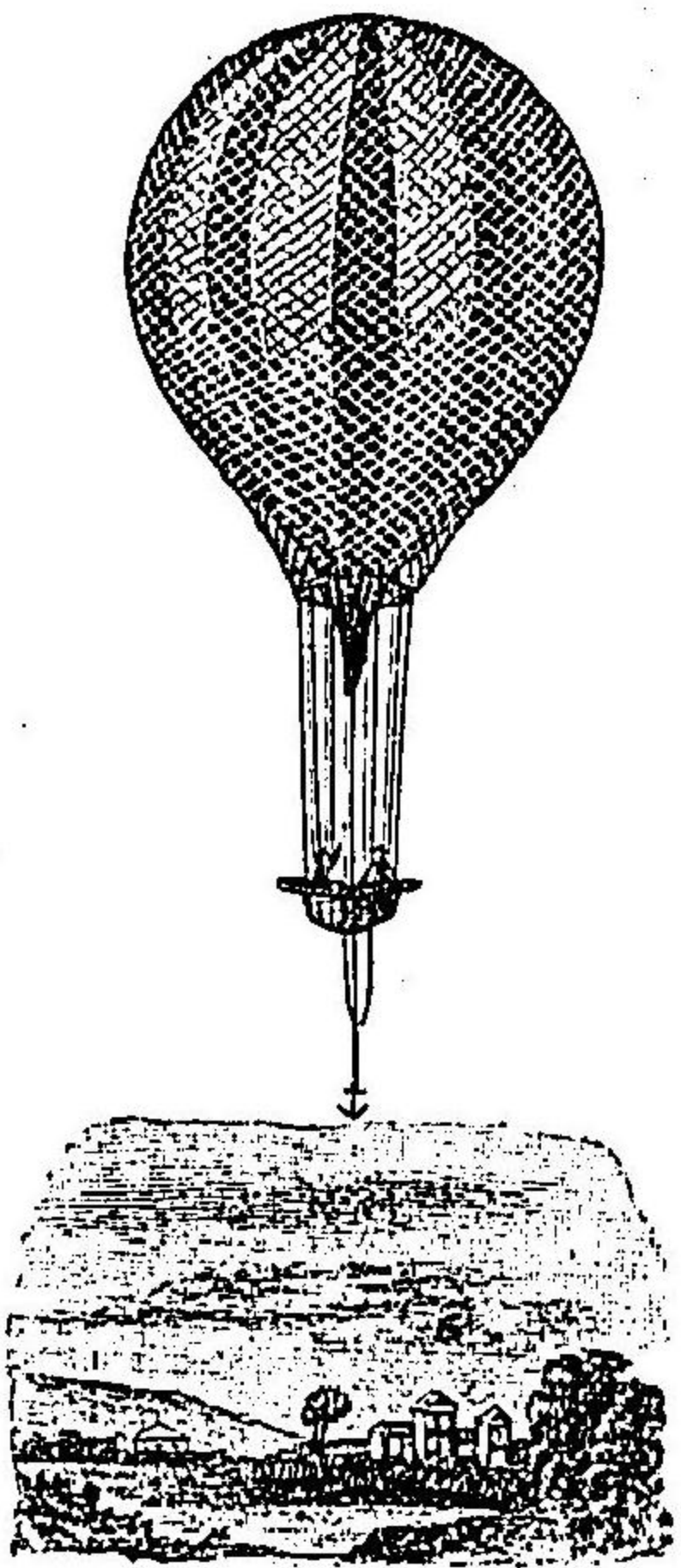
(1) 海面に近き部分の空氣の重さは、密度一氣壓の時、一立の目方が一、二、三瓦にして水に比べて約七、七十分の一なり。

三五

大氣の浮力 液體の場合に於ける如く、空氣の中にある物體も亦それと同體積の空氣の重さ丈け軽くなるものなり。されど空氣は、容積の割合に目方の少きもの故、其の浮力は物體の目方を測る時に顧みられざるが常なり。然れども、若し氣體の目方を測るときに如く、測らるゝものが空氣の重さと大差なき時は、空氣の浮力は著しく目に立つに至る。例へば酸素を測れば殆ど目方なく、空氣を測れば全く目方なく、水素は却つて上昇すべし。

風船

第三二圖

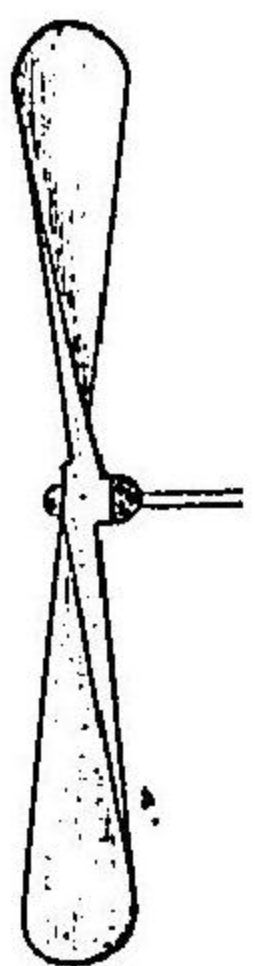


大氣の浮力を利用したるものに風船あり(第三二圖)。羽二重の如き目の密なる絹布に護謨を塗りたるものにて大なる

飛行船

囊を作り、これに水素若しくは石炭瓦斯を充たし、下に人の乗るべき籠を結び付けたるものなり。近時此の物に推進器(第三三圖)をつけ、任意の方向に進行するに至れり、名づけて飛行船と云ふ。

第三三圖

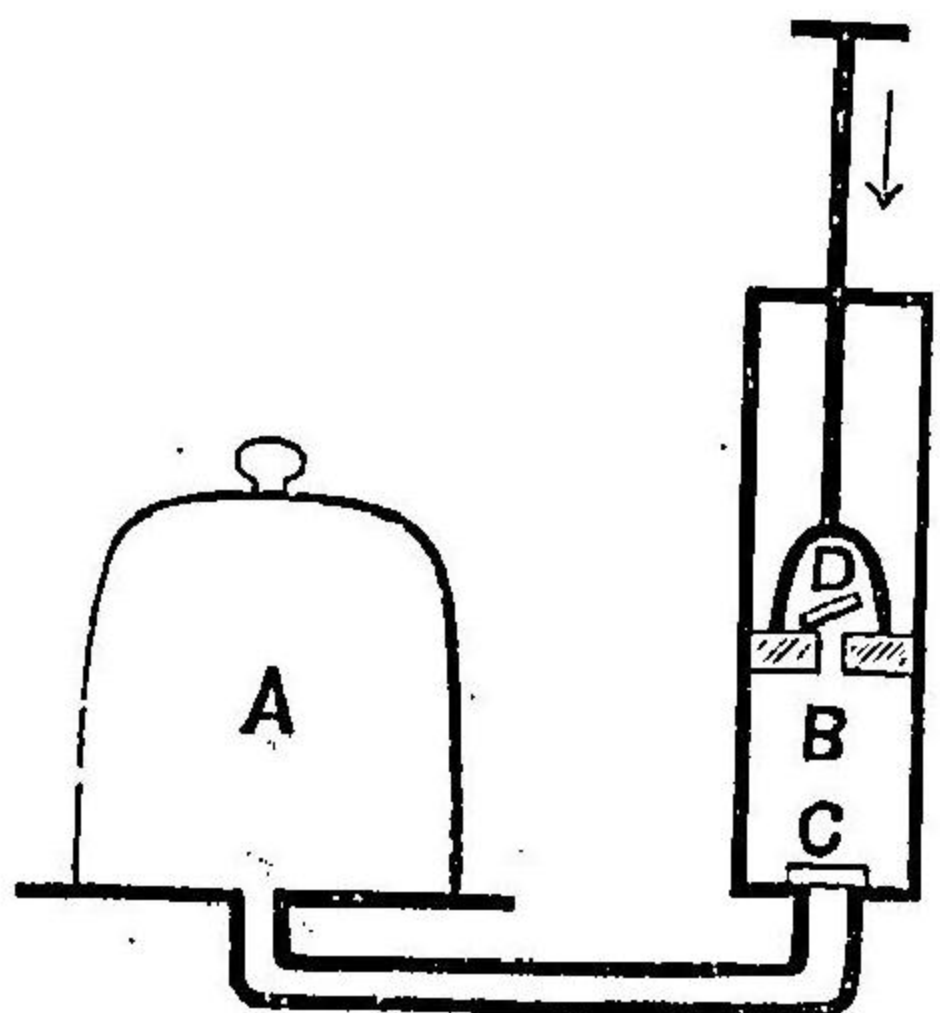


【問題】 風船の總べての材料と、之に乗る人との目方が合せて三十二貫ありたりと云ふ。之を引上げるに要する風船の體積は、少くとも幾立方尺あるを要するか。

三六

空氣ポンプ 普通に用ひらるゝ空氣ポンプの主要なる部分は下圖に示すが如し。CとDとは、上に向つてのみ開き得べき瓣なり。今活栓を最下端の位置より引上げたりとせば、鐘内の

第三四圖



空氣は圓筒内に入り來る。是に於て活栓を押下せば、Cは閉ぢ、圓筒内の空氣は活栓に附けてある瓣Dを押開きて外に出づべし。故にこの手續を繰返せば、鐘内の空氣は或度迄は漸々稀薄になるなり。

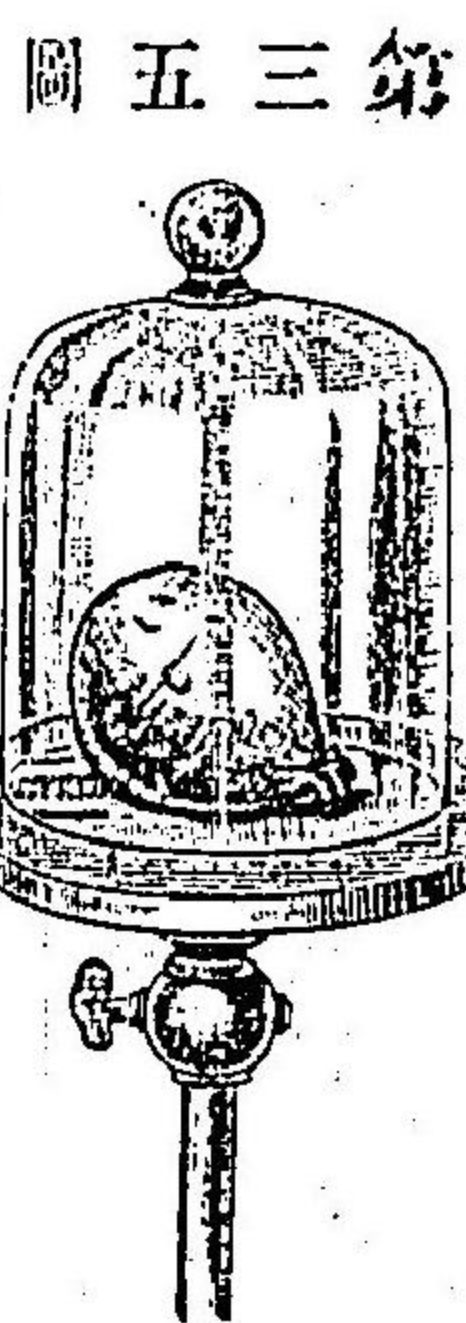
【問題】

(1) 圓筒の容積が、鐘の容積の十分の一なりとせば、一回活栓を上下したる後、鐘内に残る空氣の量は最初の空氣の量に比べて幾何。又二回上下したる後の残り幾何。

(2) 空氣ポンプを使用するには、圓筒の全部に亘りて活栓を動かさねば不利益なりと云ふは何故。

實驗

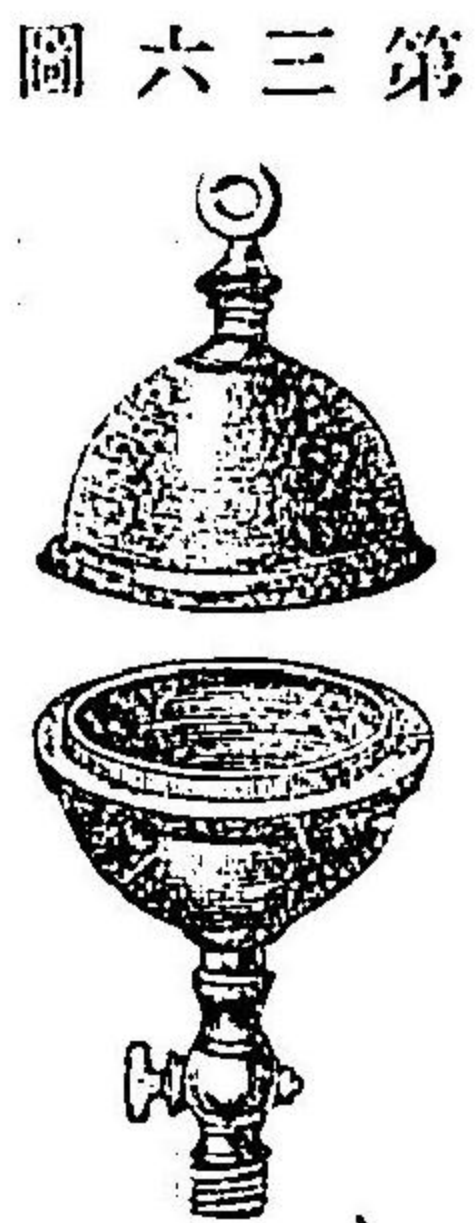
空氣ポンプを用ひて次の如き實驗を行ふことを得。



圖五三第

- (1) 薄きゴム球を排氣鐘内に入れ、鐘内の空氣を排除するときは、球は漸漸に大きくなる(第三五圖)。
- (2) 金屬製の兩半球を密合せしめ、そ

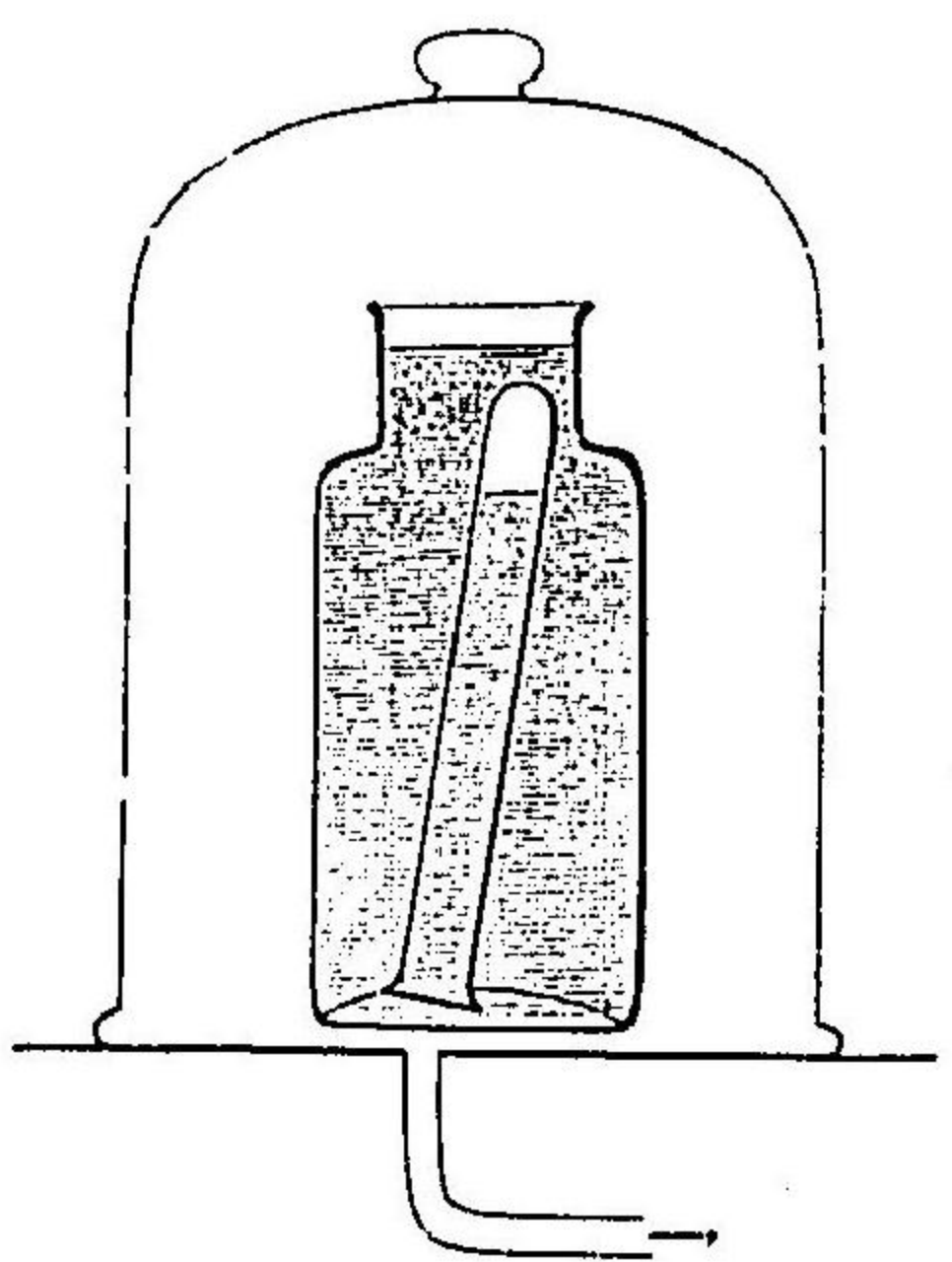
(1) 此の裝置をマクテブルグ半球と云ふ。



圖六三第

の内の空氣を拔去れば之を引離すこと甚だ難し(第三六圖)。(3) 兩端の開きたる圓筒の一端に濡れたる膀胱を張り、其の内の空氣を稀くすれば、膀胱は著しく内方に押され、遂に大音響を發して破裂す。

(4) 試験管の内に少量の空氣を残して水を充たしたるものを倒にして水中に沈め(第三七圖)、之を鐘内七に入れて空氣を抜くときは、試験管内の空氣が漸々其の容積を増し來りて、遂には試験管が自然に浮上るべし。



【問題】 タコ、イカ等の吸盤のはたらきを説明せよ。

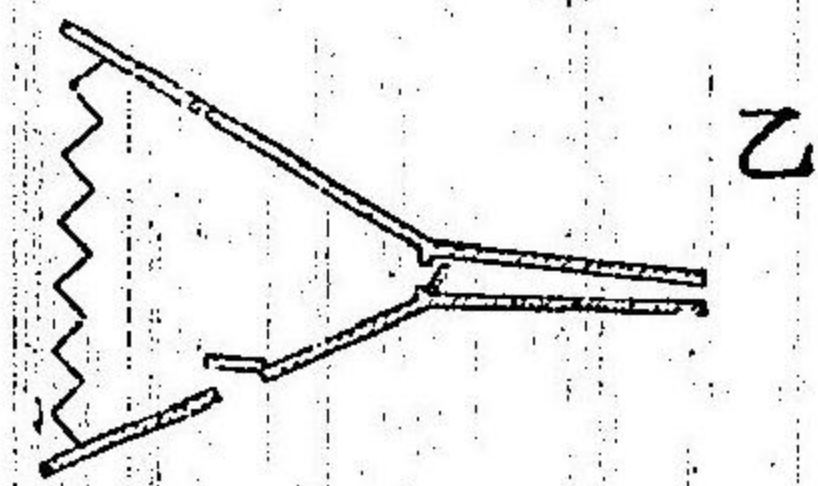
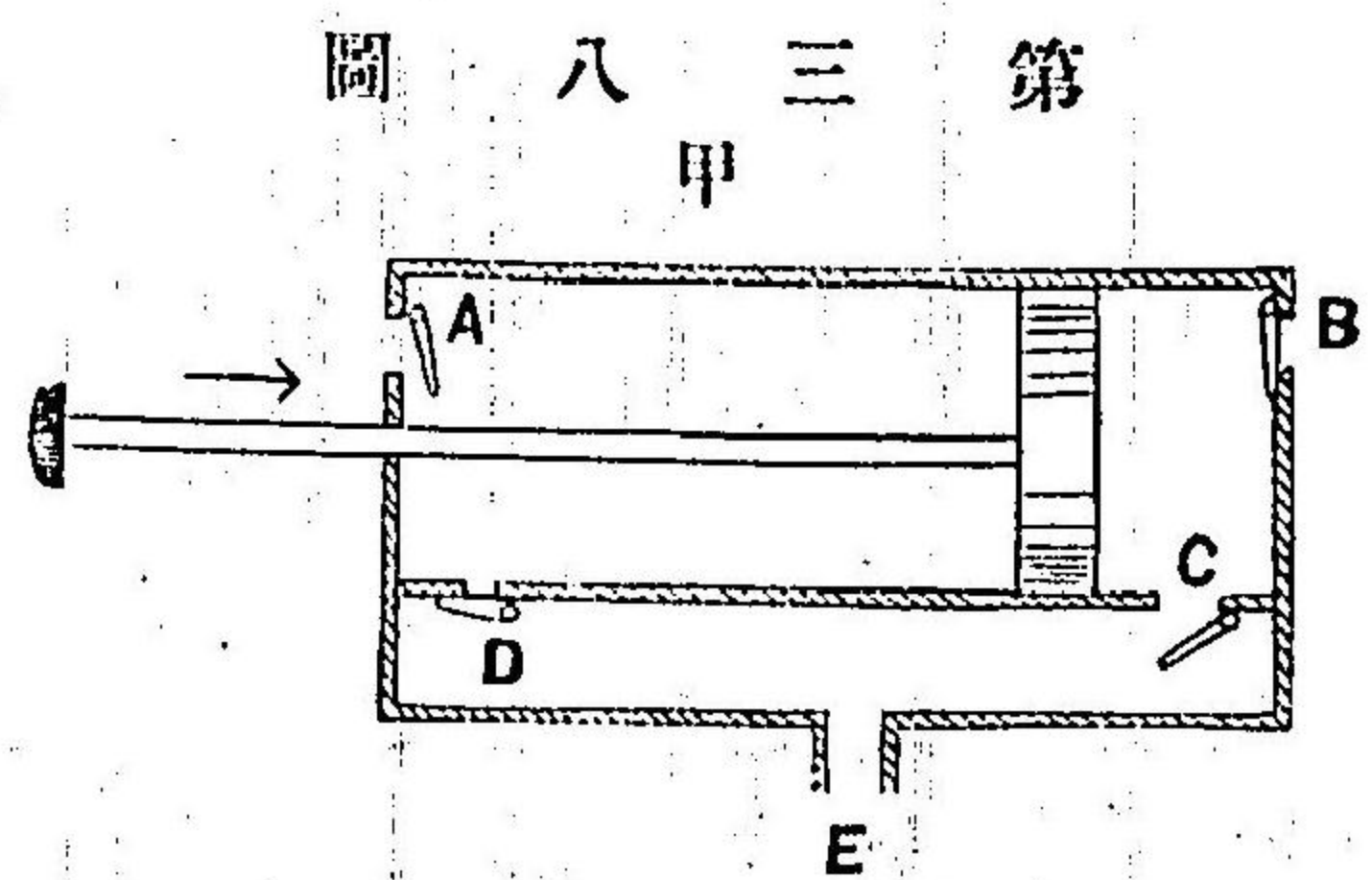
七

輔 濃氣機 排氣機の瓣の開き方を反對にする時は、前と

反對に空氣を他に押込むことを得べし。之を實際に行ひたる者に**鞴濃氣器**等あり。第三八圖は家庭に用ふる小さき

鞴と鍛冶屋等の用ふる鞴とを示したるものにして、其の瓣の開き方を見れば、容易に之等を理會することを得べし。第三九圖

は濃氣機
の一種にして、活栓を上下する事に依りて、D管より入り来る瓦斯體は漸々Kなる室内に押込めらる。若し此の室内に水を入れ置き、Dを炭酸瓦斯發生機に連ぬるときは、そこに**炭酸水**を得らるべし。濃氣機



【問題】(1) 潜水器が通例甚だ重く出来て居るは何のためか。
(2) 一氣壓のときに一〇〇立の容積を有する空氣は、

(1) 電車のブレイキを強く車輪に押しつけるため、水雷の推進機を回轉せしむるため等は其の例なり。

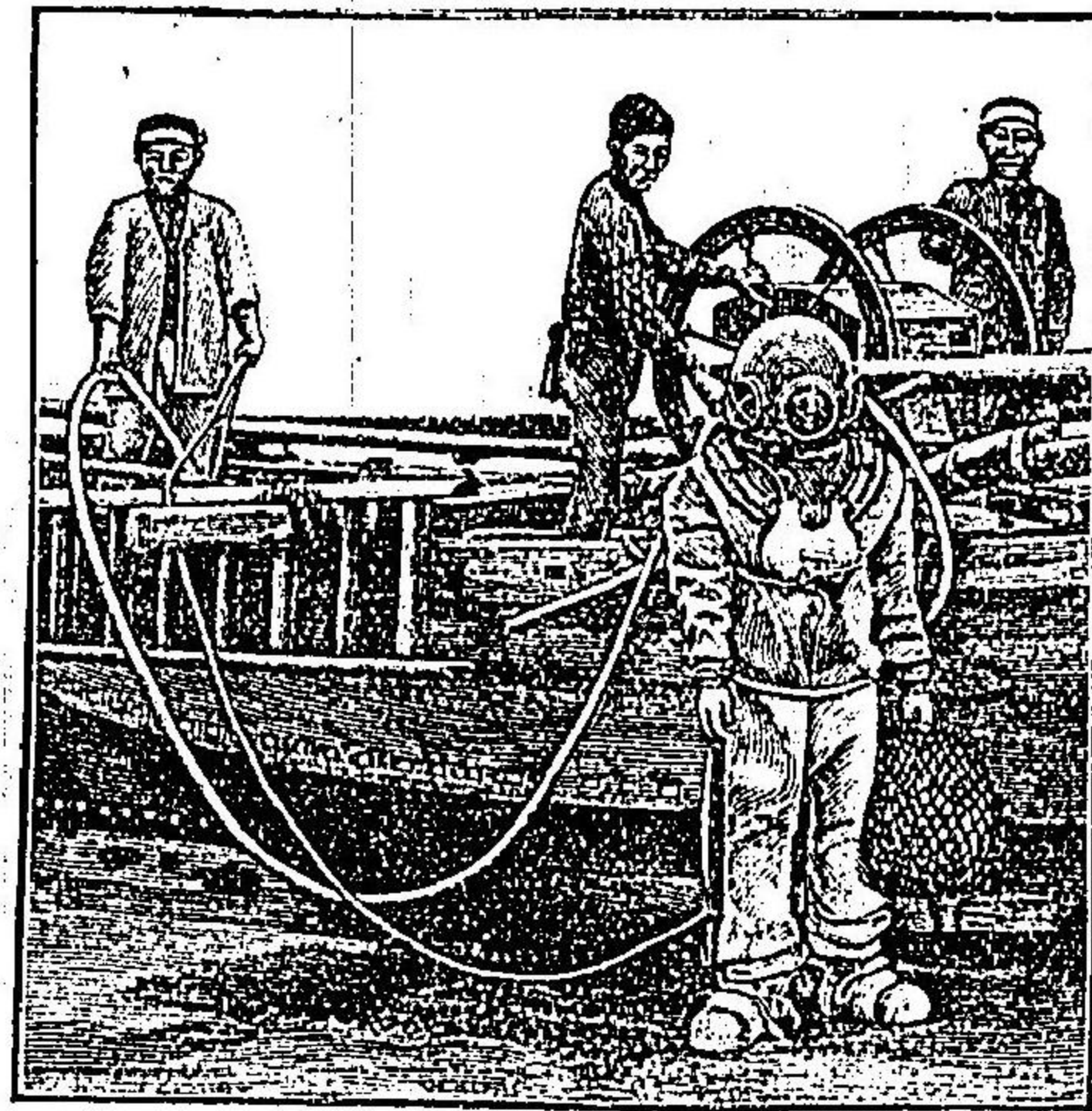
三

を用ひて強く壓縮したる空氣は、強き壓力を有するものなるが故に、**ボイルの法則**、其の力を種々の場合に利用するを得べし。

潜水器 重くして底のなき箱に空氣を送り込みつゝ之を水中に沈むるときは、人は其の箱内に在りて深き河海の底に降ることを得べし。所謂**潜水器**は之なり。

潜水器の一種に、水を通さぬゴム服と兜とより成れるものあり第四〇圖。

第四〇圖

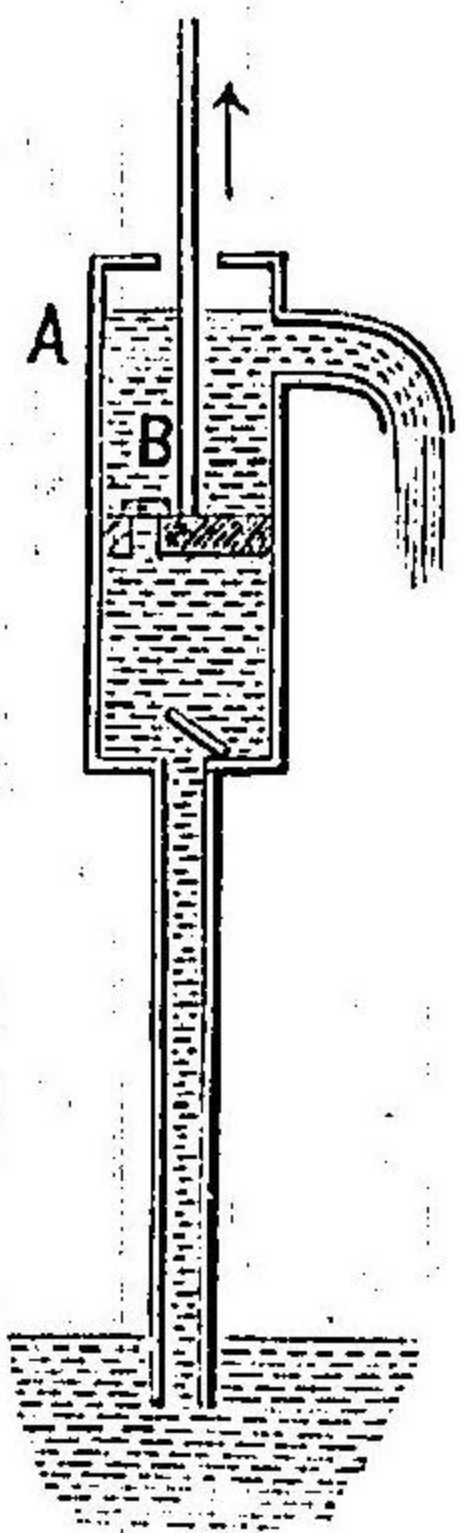


水面下一〇米の深きところに於て幾何の容積を有すべきか。

二元

吸上ポンプ

第四一圖



於て、水面の高さに差異あるを見ず。之を上端より吸へば管内の水は直ちに上昇す。これ管内

の空氣の壓力が管外の水面にはたらく大氣の壓力より小さくなりたるが爲なり。

第

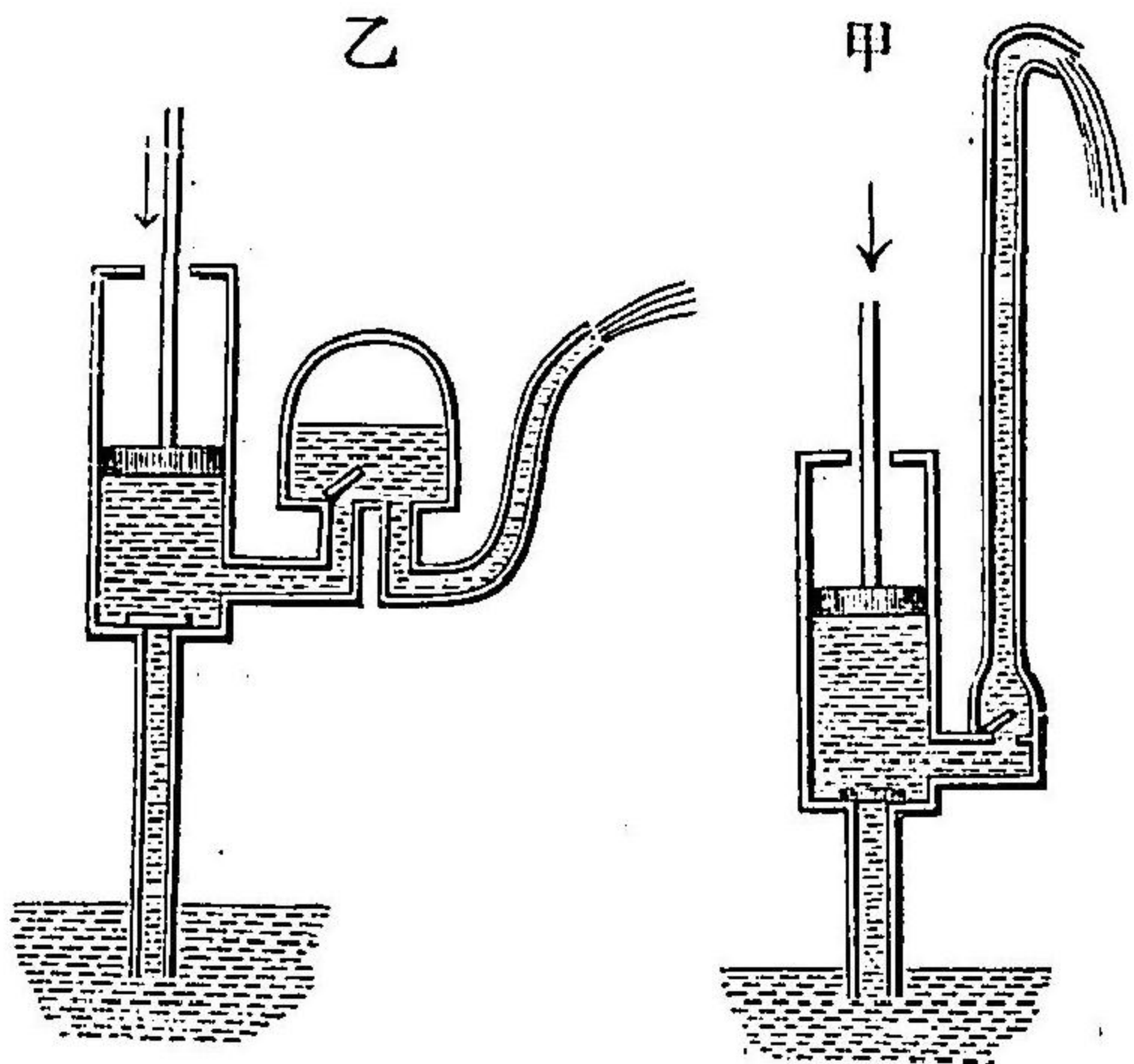
四

二

圖

乙

吸上ポンプの構造は第四一圖の如し。右に述べたることと、瓣の開く方向とを考ふれば、自らその理を知ることを得べし。



三元

押上ポンプ

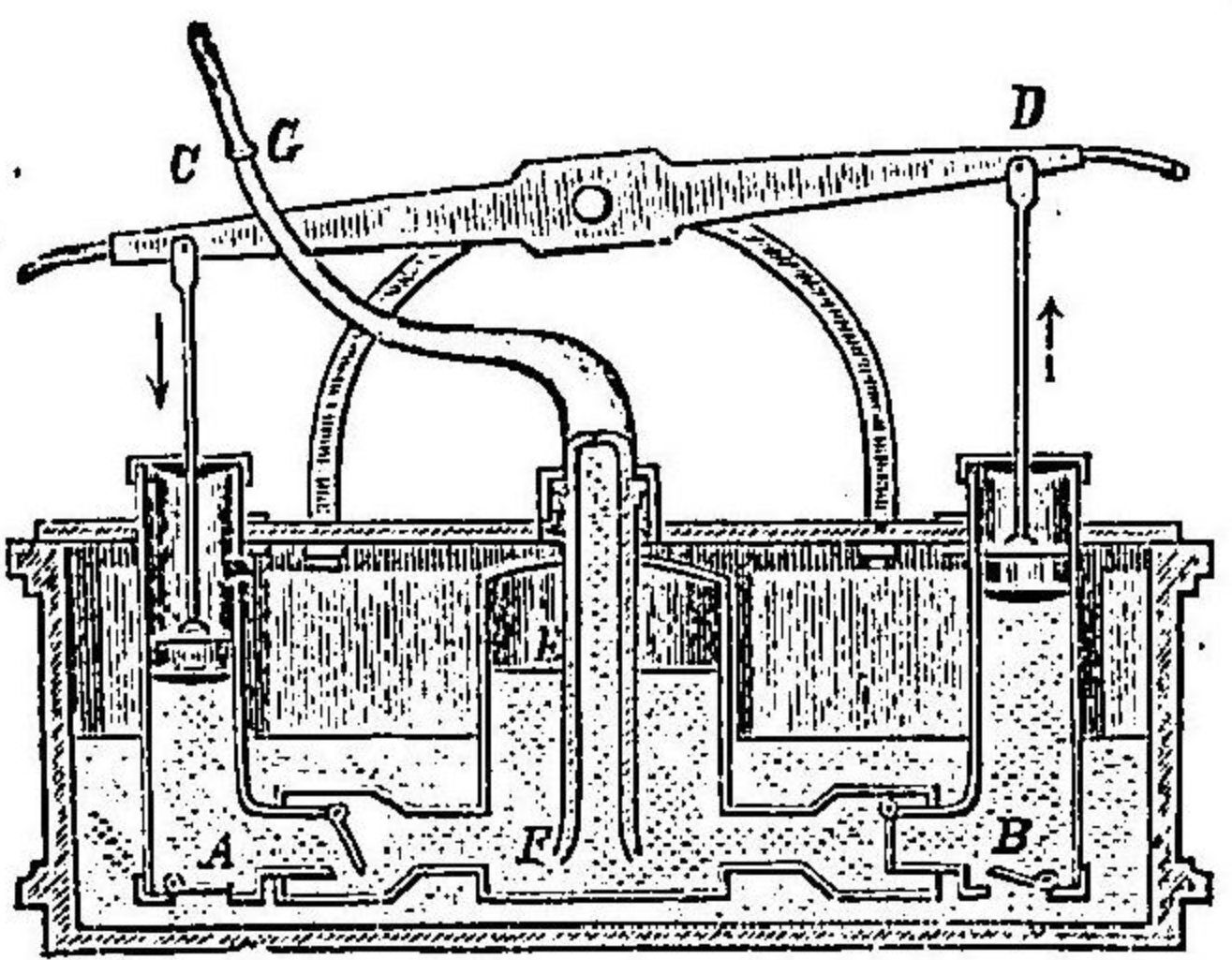
既に述べたる如く、吸上ぐるとは、その實大氣の壓力をして押上げしむることなる故、下の瓣より管外の水面までの距離は大體十米を超過すべからず。

消火用ポンプ

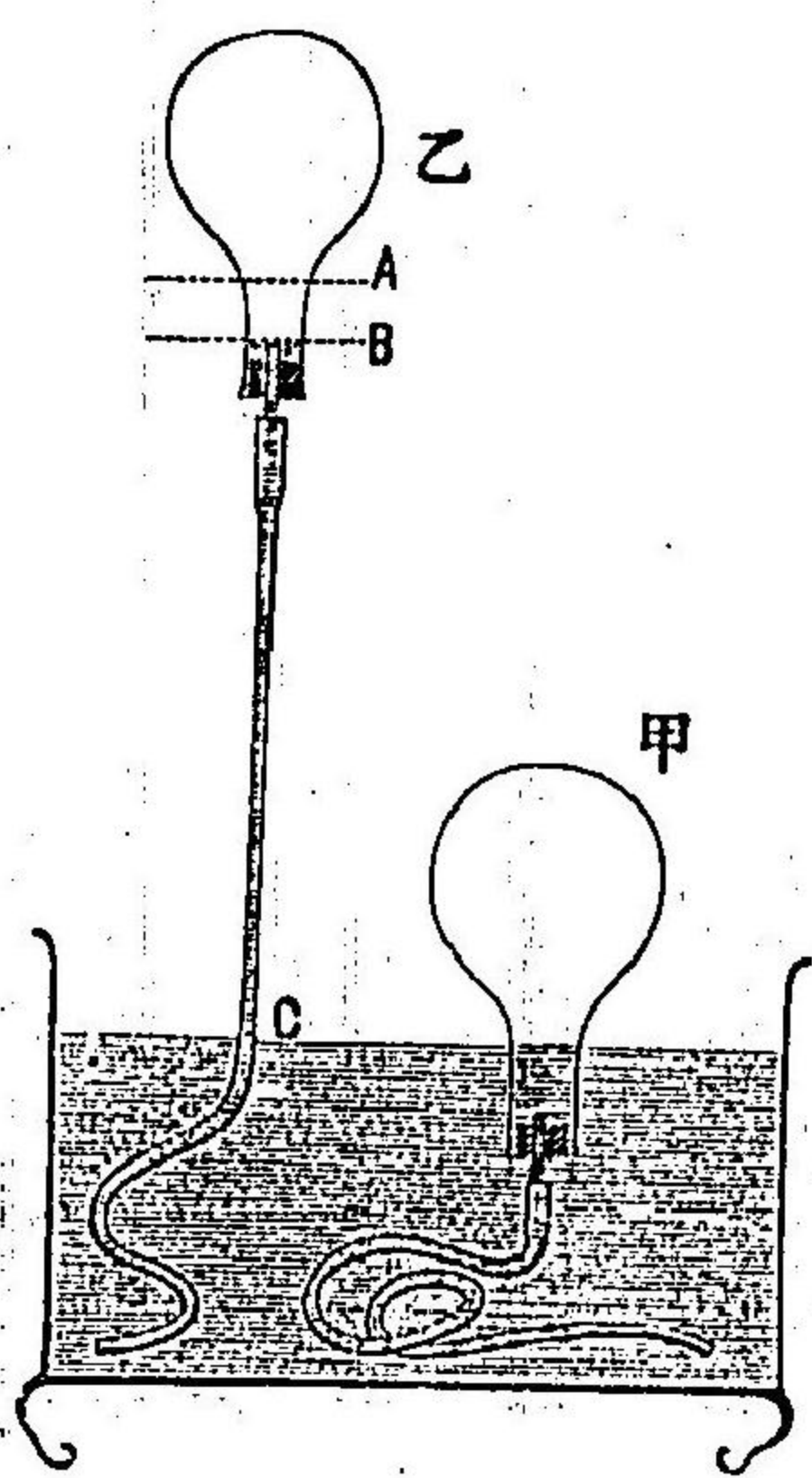
三

の如し。之には通常空氣室を有し、水は一旦その中に押込まれ、かくしてその處の空氣を壓縮し、之が爲に水が間斷なく噴出するの利益を生ず。従つて消火用ポンプとして使用するに適當なり。第四三圖は普通に用ひらるる消火用のポンプの断面圖なり。サイホン 第四四圖に示すが如き装置を設け、フラスコを甲の如き有様に置きて、フラスコ内の空氣の容積を注意し、

圖三四第



次に之を引上げて乙の如き有様に至らしむれば、空氣の容積は前よりも増大するを見る可し。これは乙の場合に於ては、ガラス管内の水が、其の上の空氣を押し出すことは、一氣壓よりBCの高さの水の壓力を減じたるものにして、甲の場合よりも其の壓力が小なればなり。乙を引上げてBCの距離を大ならしむる程、空氣の膨脹の著しきを見るは、水の壓力が愈減少する證據なり。

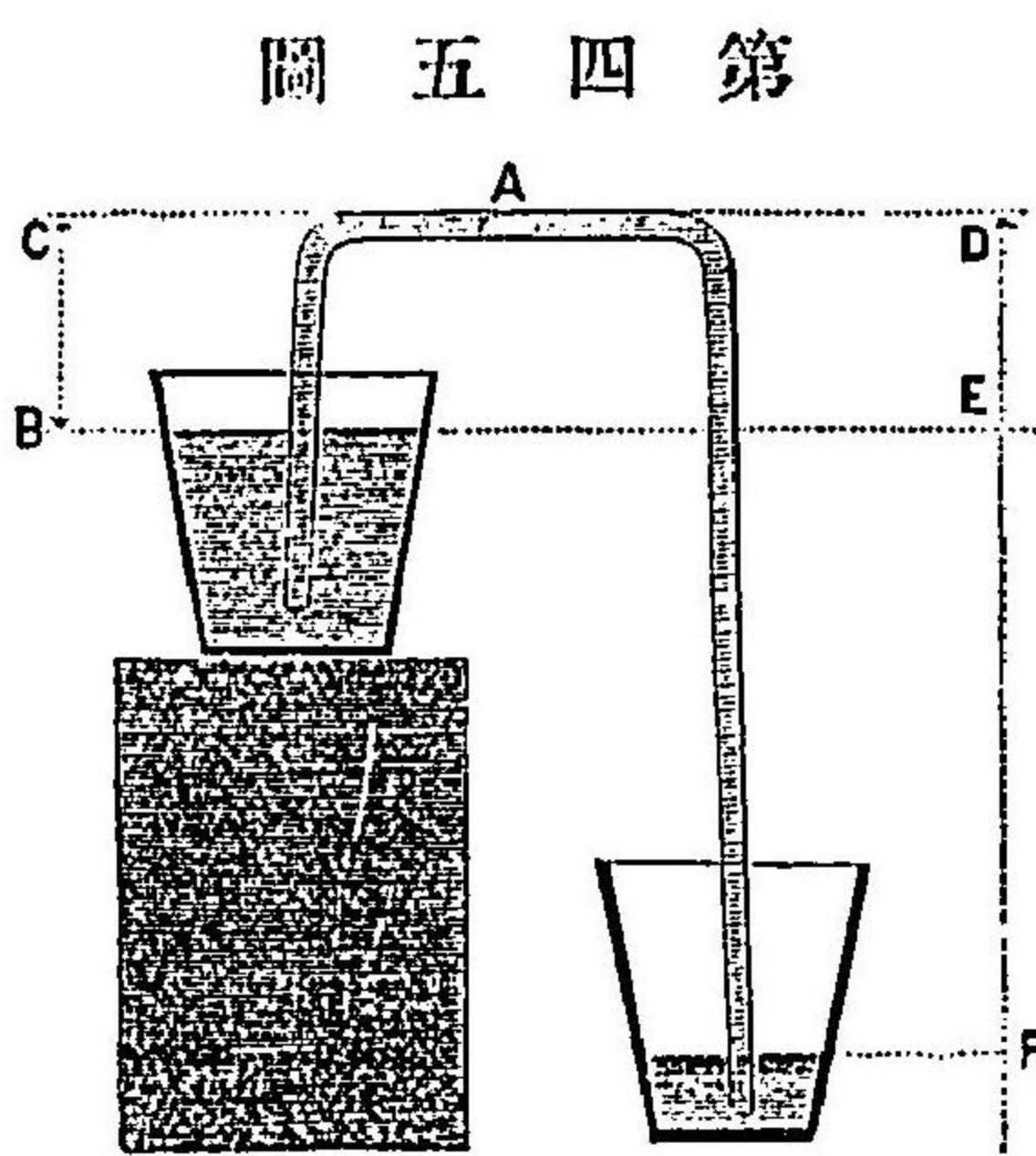


サイホンと呼ばれる長短二脚を有する曲管を以て液體を汲出し得らる所以は、右の理を以て説明することを得べし。今次圖Aの部に於て、小さき氣泡が有るとせば、之が右側より受くる壓力は、前述の理によりて、左側より受くる壓力より小なり。之に依つて氣泡は右方に押し流さる可し。Aに空氣なき場合にも同様の理あり。而して水の流出の速さは、兩水平面の高さの差の大なる程大なり。煙突の長くなる程空氣の流通の盛になるも其の理之に同じ。

(1) サイホンを利用して便利なる場合は、液を他の器に移すに當りて、器を傾くる能はざる時或は上澄のみを汲取らんとするときは、油の如きものが浮べる液の内部より清き液のみを汲取らんとする時等なり。

第三章 分子現象

分子 總べて物質は、其の本來の性質を失ふことなくして分割し得べき極限あり。其の極限に達したるときはの微粒を分子といふ。



圖五四第

種々の事實に基
づいて學者の推
考したるところ
によれば分子の
重さは一耗の百
萬分の一乃至千
萬分の一位のも
のなるべしと云
ふ。

右の學説は化學上の種々の現象を説明するに甚だ便利なるが如く、物理學上の諸現象を説明するにも極めて大切なり。
分子が物質を形成する状態は、砂を囊に入れたるときに如く、互に接觸するものにあらずして、其の間に多少の間隔あるものゝ如し。而して物質の分子は、絶えず運動しつゝあり。其の運動は、固體に於ては最も制限せられ、一定の配列を亂さざる範囲内に於て振動し、液體に於ては比較的自由に於て、徐々に其の配列を亂しつゝあり。化學に於て學びたる擴散・滲透の現象は即ち之なり。氣體に於ては、分子間の間隔最も大に、其の運動最も自由なるものと推考せらる。氣體の壓縮せられ易きこと、氣體の擴散・滲透の現象の甚だ著しきこと等は即ち其の證據と見らるべし。

三

分子引力 木の折れ難く、金の切り難き等の事實に徴して、分子は互に相引く力あることを知る。此の力を名づけて分子・引・力と云ふ。一旦割れたる茶碗は、如何に之を押しつけても舊の如く丈夫につげざるが如きは、分子引力が極めて近距離の間のみ働くものなるが故と解釋せらる。右の點と、物質の種類に依りて引力の強さを異にする點とは、分子引力が宇宙引力と異なるところなり。

分子引力の二種

三

分子引力に二種あり。同種類の分子間に働くものを凝集力と名づけ、異種の分子間に働くものを附着力と云ふ。鉛が一塊を爲すが如きは凝集力に依り、木が水に濡るゝが如きは附着力による。

彈性 ゴムを引延ばして其の手を放てば、直ちに舊形に復り、ゴム球を押しつぶして其の手を放てば、再び舊の大きさと

弾力

⁽¹⁾フックは英國の物理學者にして多くの發明あり (1633—1703)

フックの定律

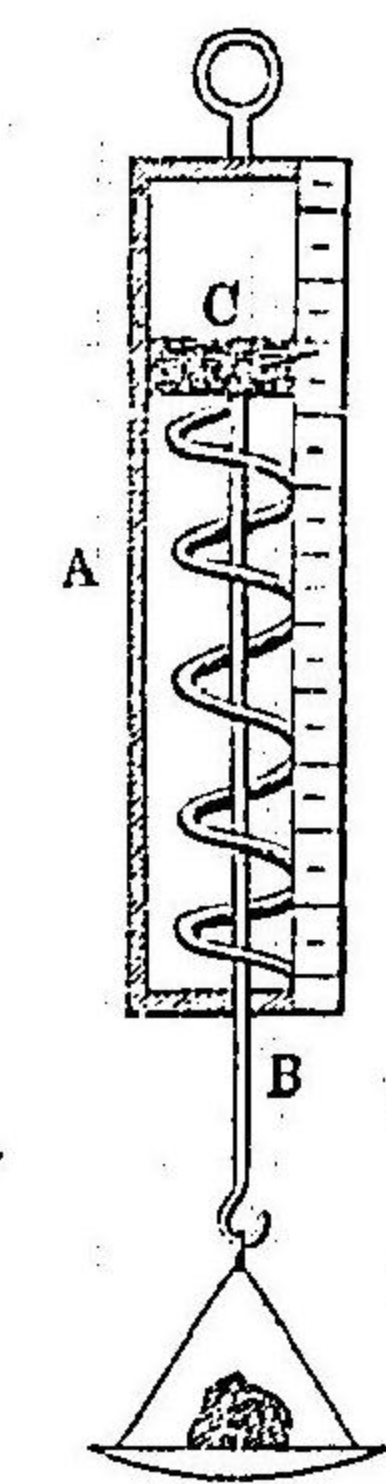
なる。斯の如く、外力の爲に形或は容積を變ずるとも、外力が去れば直ちに舊に復する性質に富むものを弾性に富みたる物質と云ひ、右の變化に反抗して、物を舊態に引戻さんとする力を弾力と云ふ。

フックが固體の弾性に關して實驗したる結果に依れば、變形の量と弾力の強さとは正比例するものなり、之をフックの定律と云ふ。フックの定律は、又、物の變形の量は之に加ふる力に正比例すとも謂ひ得べし。但し或程度を超えて、外力が去りても、彈性體が全く舊形に立歸る能はざる迄に至らしむれば、此の定律は成立せず。蓋し固體が有する彈力は、其の分子の配列を變ぜんとするに反抗する一種の分子力にして、外力が或度を超えたるがため、物體が永久に變形すと云ふは、其の分子力が負けて、分子の配列の永久に變

化したるによる。金屬は殊に此の種の性質に富む。これ其の諸種の細工に堪ふる所以なり。

ゼンマイ秤 フックの定律あるに依り、螺旋狀に卷かれたる針金が、外力によりて伸縮せらるゝ度は、これを引き若し

第四六圖



くは押す力の大きさに比例すべし。ゼンマイ秤(第四六圖)は此の理に依りて作られたるものなり。

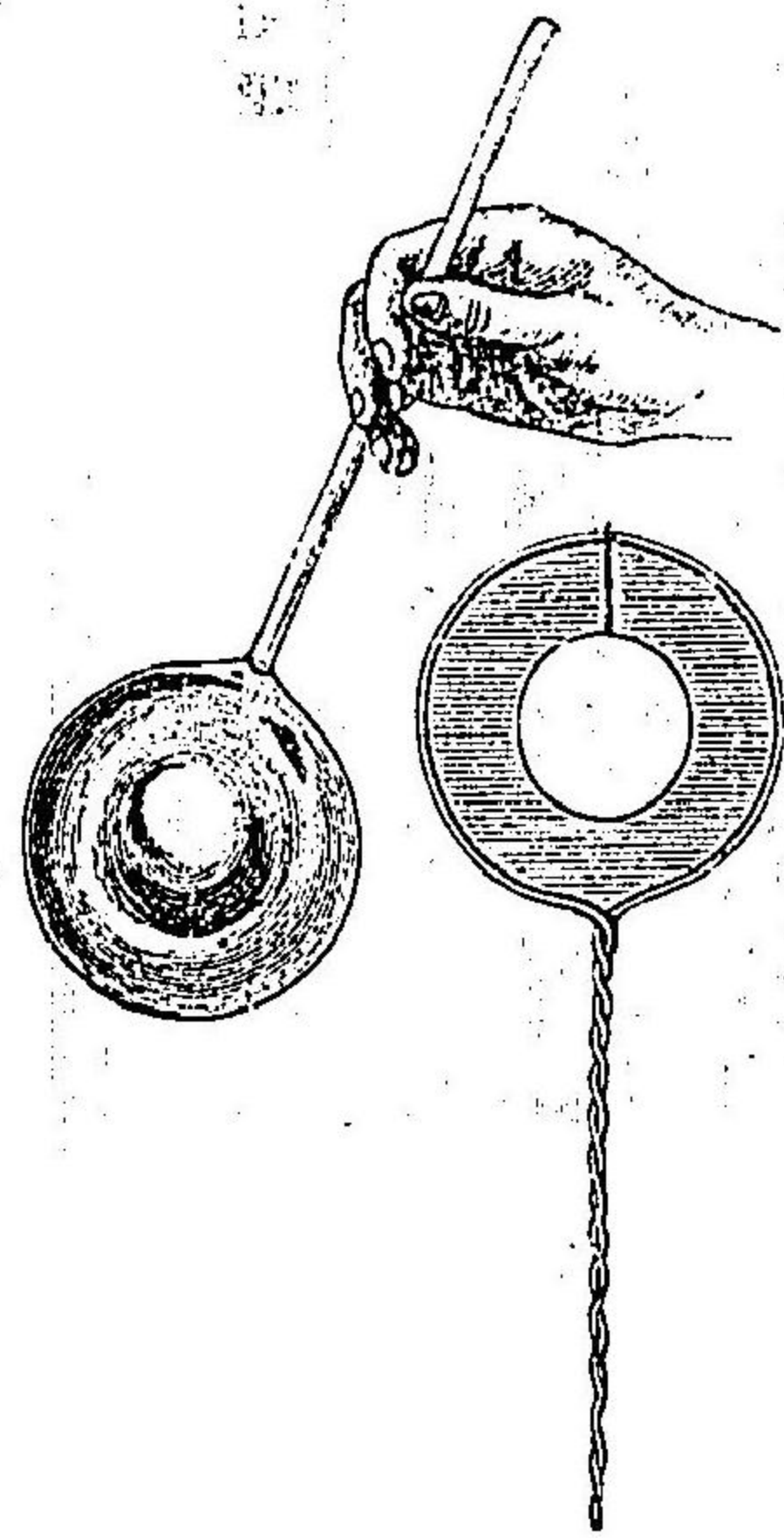
【問題】 或ゼンマイ秤に石を吊したるに、十八度丈け伸び、其の石を其の儘

水中に浸したるに、十一度丈けの伸びとなりたり。石の比重幾何

表面張力

硝子管の先に石鹼球を吹き、其の儘にして暫時保つときは、球が漸次に縮少するを見る。又針金の框に石鹼液の膜をかけ、小さき輪にしたる絲を之に載せ、其の輪の

(1) 熱したる針の先にて之を刺すが可なり。



内の膜を破れば、輪は正しき圓をつくるべし(第四七圖)。

此等の實驗によりて、石鹼液の膜は、恰も引張られたるゴム膜の如く、常に成るべく狭き表面を保たんとする力をもつ

ことを知る。此の力は石鹼液と空氣との相觸れたる内外の表面に起るものにして、名づけて石鹼液の表面張力と云ふ。水が空氣若しくは水に濡はざる他の表面に觸るゝところ

に於ても、亦斯の如き表面張力あり。

實例 今其の實例の二三を擧ぐれば、
(1) 里芋の葉の上の水は常に球状をなす。同一量の水に就いて云へば、球は最小の表面を有するものなればなり。

(1) 水銀を机上に置きたる時の現象も亦之なり。

(2) 雨滴、露等も常に球状をなす。

(3) 石油の一滴を水面に落せば、水の表面張力は石油の表面張力より強きが故に、石油は薄く引延ばさる。

(4) 或器に水を満たして少しく之を傾くる時、器の側面に水の膜を生ずる時は、水の通路が著しく曲るを見る(第四八圖)。水銀に於ては此の事なきが故に、水を扱ふに慣れたる吾等は、水銀を扱

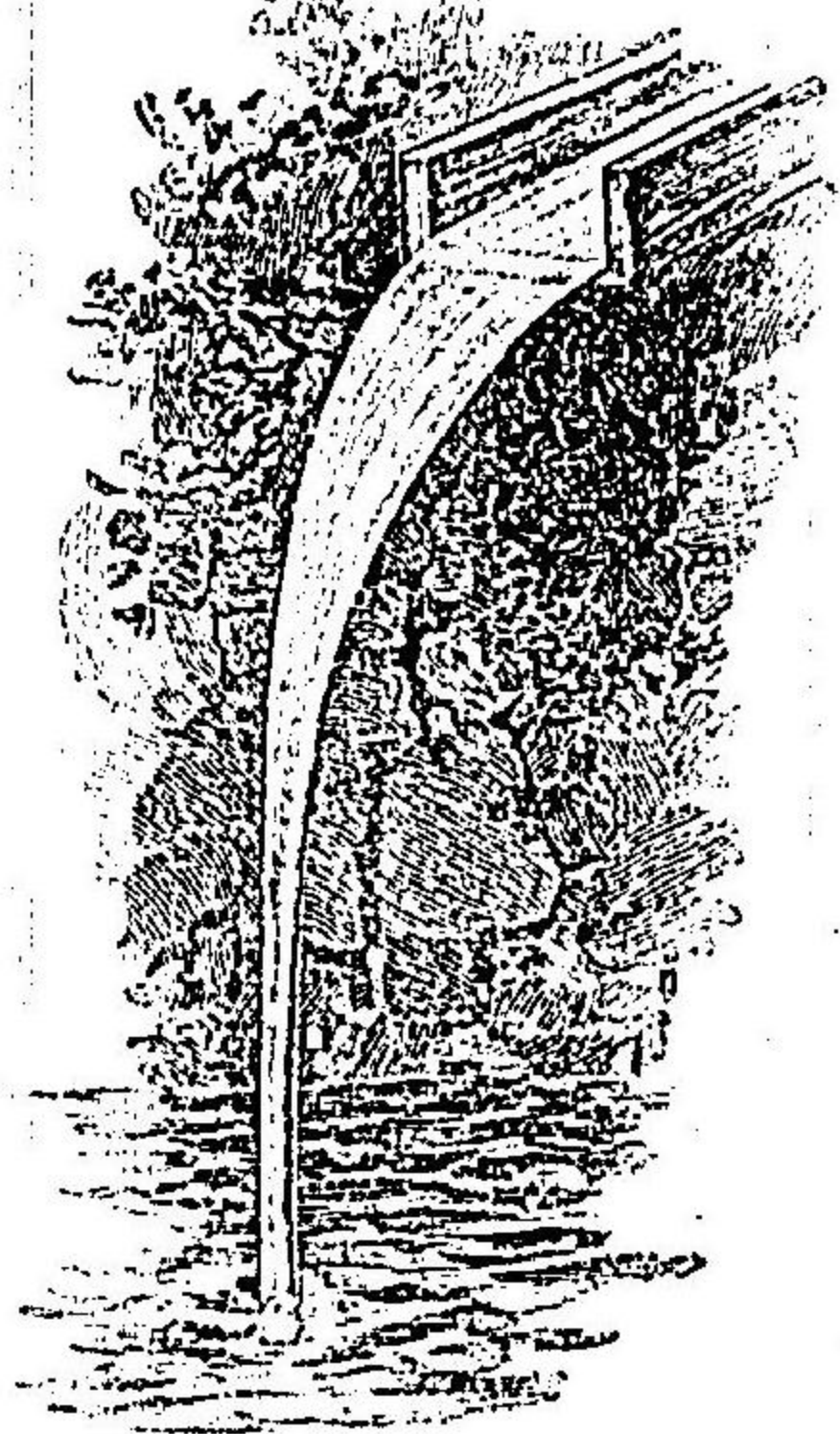
第四八圖



ふ時に動もすれば之をこぼす。

(5) 笥の口より薄き板の如くなりて落つる水は遂に棒状となる(第四九圖)。

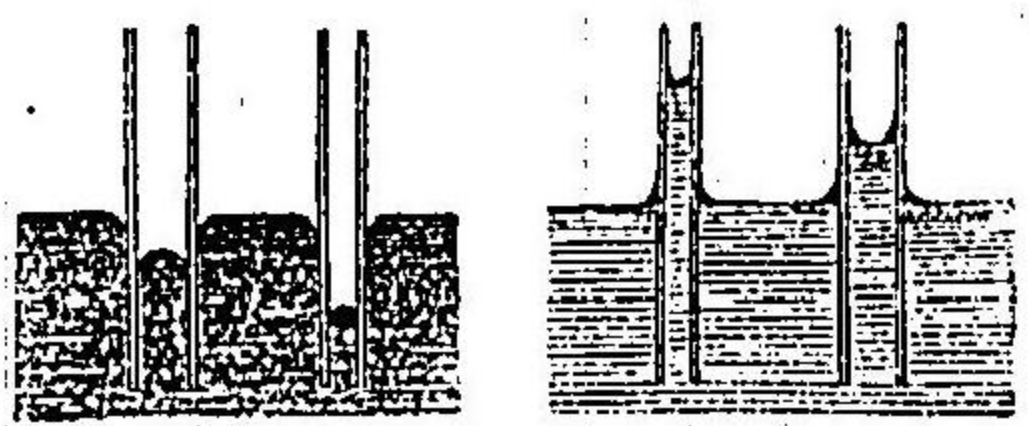
第四九圖



毛管現象

桶に水を入れて其の液面を窺へば、水面の桶に接する部分は上方に彎曲するを見る。斯く水が桶に沿うて上ると云ふは、木と水との間の分子引力が、水自身の間の分子引力より強きが爲にして、其の表面の彎曲すと云ふは、水の表面張力の結果なり。細き硝子管の如きを水中に立つる時は、管の壁に沿うて水が上昇し、かくして生じたる圓筒状の液面が成るべく收縮せんとする結果、液は上方に引上げらる(第五〇圖甲)。

第五〇圖 甲 乙



水と木又は硝子との間に限らず、總べて固體が、そこに用ひられたる液によりて濡るゝことを得る場合には常に斯の如し。水の代りに水銀を用ひて以上の實驗をなせば、前と正反對の事實を認め得べし(第五〇圖乙)。

水銀と硝子とに限らず、總べて固體が其處に用ひらるゝ液によりて濡れざる場合には常に此の如し。

上記二種の現象は、狭きところ、細きところに於て殊に著しく見らるゝが故に、共に毛管現象と名づけらる。理論と實驗との示すところによれば、他の事情が等しければ、液面の高さ、若しくは低さは、管の半徑に反比例す。

ランプの心が油を吸上げ、吸取紙がインキを吸取るが如き、水鳥の羽毛が容易に水の浸入を許さず、脱脂綿にあらざる綿に水の浸み込み難きが如き、共に毛管現象なり。

【問題】(1) 硝子の破片の一端を強熱して熔融せしむれば、次第に其の角が丸くなる、之を説明せよ。

(2) 衣服に著きたる蠟は其の上に吸取紙を置き、燒鏝にて撫でれば大體之を去ることを得べし、其の理如何。

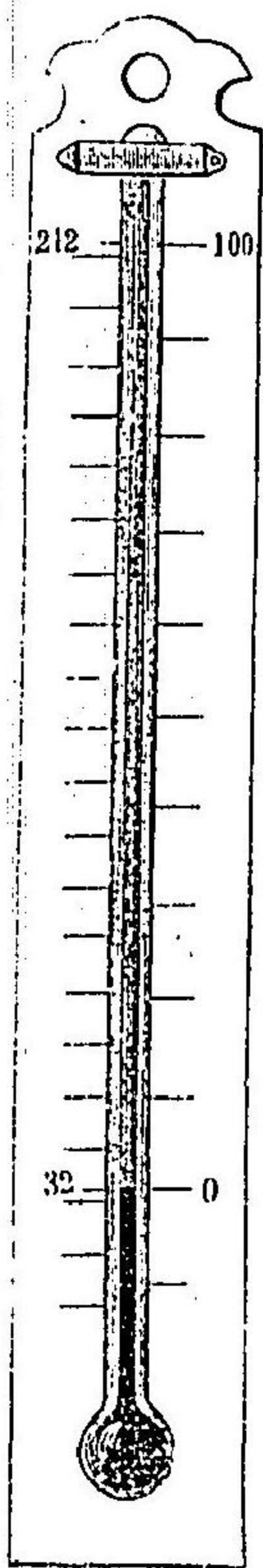
第二編 熱

22
48
34

第一章 温度と熱量

寒暖計 物の冷温の度合、即ち所謂温度を測る装置は種々あり。其の最も簡便なるものは、水銀寒暖計なり。其の構造は、室内の温度を測るに用ふるものと、理化學の

第五一圖



實驗に用ふるものとは多少異なれども、要するに細き硝子管の一端にある膨みに、適當量の水銀を入れ、空氣なきやうにして管口を閉ぢ、之に度盛を施したるものなり。其の度の盛り方は、水と碎きたる氷との混合物中に入れたる時と、一氣壓の時に沸騰せる水の蒸氣中に入れたる時と

温度の換算

の水銀の高さを檢知し、夫れく氷點と沸點とを定め、此の二點間を等分するなり。攝氏の寒暖計は、此の間を百等分し、氷點を零度と定めたるもの、華氏の寒暖計は、此の間を百八十等分し、氷點を三十二度と定めたるものなり。氷點の下、及び沸騰點の上にも、同じ長さに度を刻みて、沸點以上、氷點以下の温度をも測るに適せしむ。攝氏の度を華氏の度に直さんには、次の式に依るべきことは、度の定め方より推して知るべし。

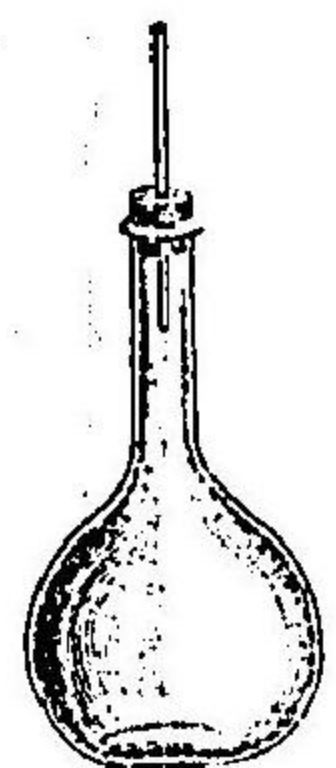
$$\text{攝氏の度} \times \frac{9}{5} \left(\text{即} \frac{180}{100} \right) + 32$$

反對に華氏の度を攝氏の度に換算するには、此の方法を逆にすれば可なり。

問題

(1) 人體の温度は、普通攝氏の三十七度にして、吾々の浴する湯の温度は四十二度邊なり、之は華氏の度にて夫れく何度に當る

第五二圖

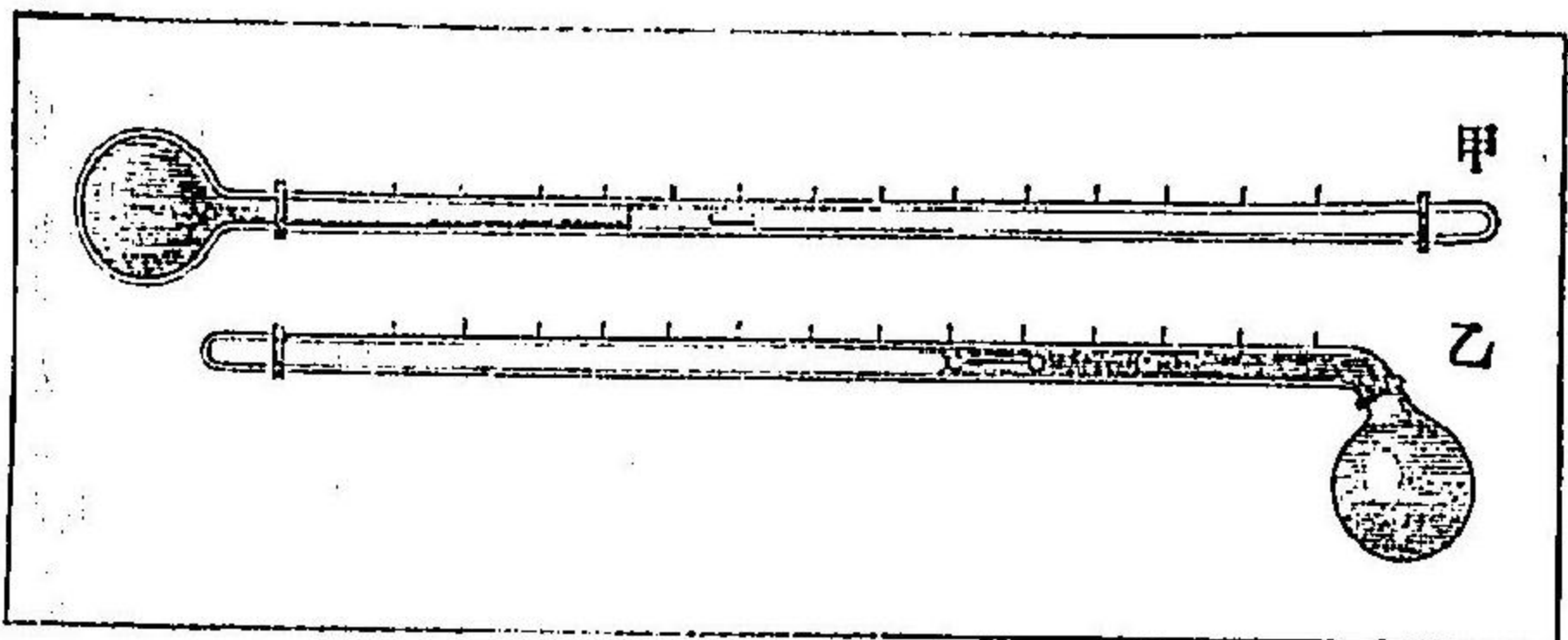


(2) 寒暖計の如き、若しくは第五二圖の如き細き一個の口を有する器に液體を入れんとするには如何にすればよきか。

三九

最高寒暖計 最低寒暖計 或一定の期限内に於ける最高若しくは最低の温度を便利に知り得るが爲に、特に作られたる寒暖計あり、之に最高寒暖計及び最低寒暖計の別あり。下圖の甲は、最高寒暖計の一種にして、其の管内には、水銀が膨脹する時、右方に押動かされ、收縮する時は其の儘其處に止まるべき目印(通常鐵製)を有す。故に其の目印の左端の位置を見て、ある期間内に於

第三五圖



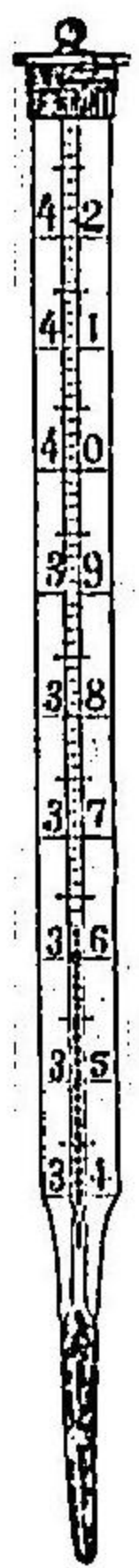
(1) 兩者共使用に先だちて、或は磁石を用ひ或は此の装置を傾けて目印を滑らしめ、それそれ水銀面及びアルコール面に觸るゝ様にし置くなり。

體溫器

計最高最低寒暖

ける最高の温度を知ることを得べし。第五三圖の乙は、最低寒暖計にして、管内には、アルコールが收縮するとき、それと共に右方に動き、アルコールが膨脹するとき、其の位置に留まるやうなる目印(通常硝子製)を有す。故に此の目印の左端の位置を見ることにより、或期間内に於ける最低の温度を知ることを得。

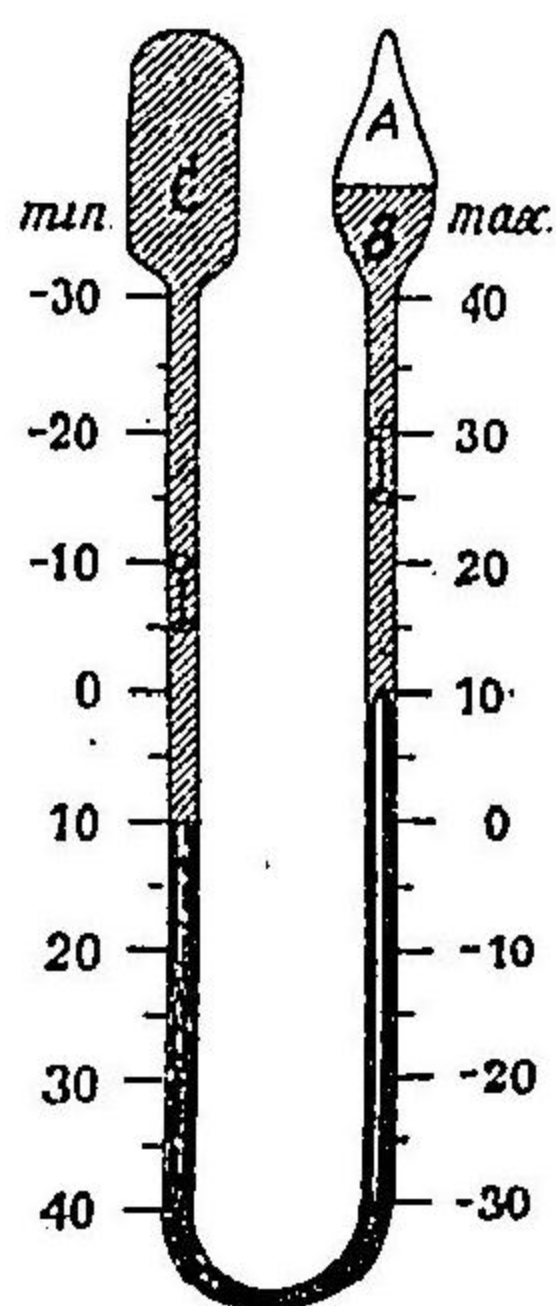
第五四圖



醫師の用ふる體溫器も第五四圖亦一種の最高寒暖計にして、之は球に接近せる部分に極めて管孔の細きところ

あり、水銀が收縮するとき、其處より切れて、水銀の一部が管内に残るやうにせしものなり。又シックス氏の最高最低寒暖計

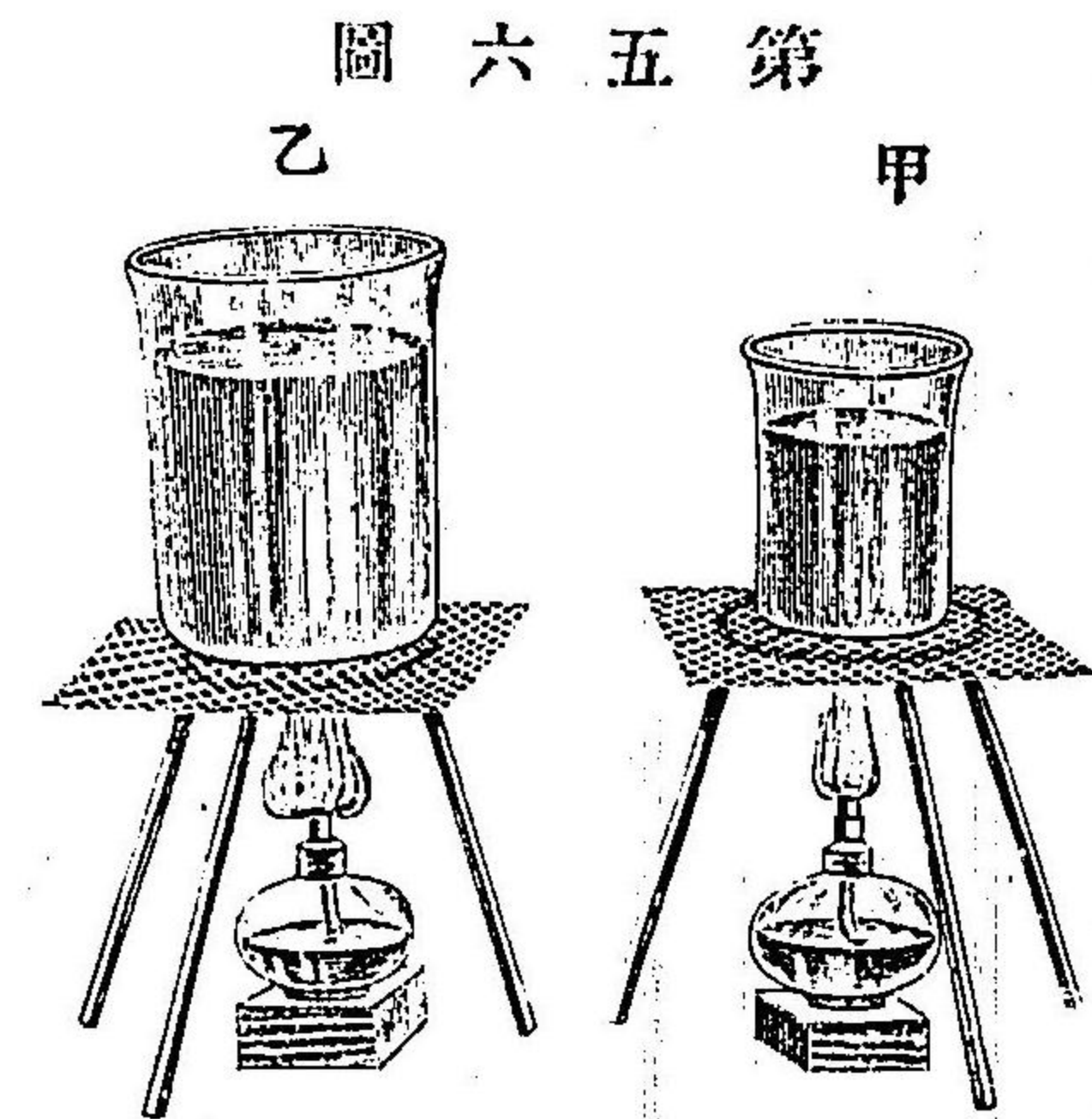
第五五圖



(1) 磁石を用ひて、外部より之を下すことは可能なり。

(1) 昔は熱を以て物質と見做したりしが、或物体の温度の差は、全く其の目方に關係なきこと、單に二物体を摩擦するのみにて、いくらでも、熱が發すること等

なるものあり(第五五圖)。B部とC部とは、共にアルコールを入れ、其の中間には水銀を入れ、A部には稀き空氣あり。又水銀の面に接して、之に押上げ得らるれども之と共に下降せざる様に出來たる鐵製の目印あり。温度の變化がアルコールの膨脹收縮を起し、其の結果、水銀が左右に移動するときは、右方の目印は最高の温度を示し、左方の目印は其の最低の温度を示す。



第五五圖

熱量 水を入れたるビーカーを火焰中に置けば、水の温度は次第に上昇す。これ熱と稱する一種の量が、水の中に増し來りたるに依る。同一の物体に就いて云へば、温度高きものは、多量の熱を有するは勿論

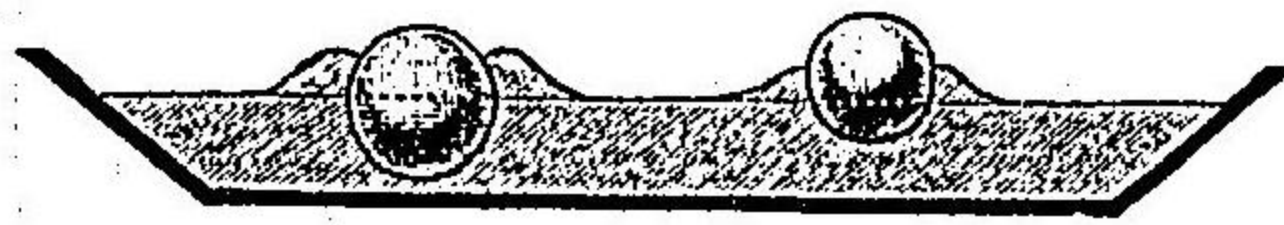
の事實より、其の説は否定せられたり。

カロリー

四一

なり。但し右圖に示すが如く、大なる火を以て多量の水を熱し、小なる火を以て少量の水を熱するとき、温度の昇り方前者の方却つて遅きことある事實に依りて考ふれば、熱量が多しと云ふこと、温度が高しと云ふこととは、同一の意味に解すべからざるを知る。恰も水量が多しと云ふことと、水が深しと云ふことと、同一義にあらざるが如し。熱量の多少を示すに用ふる單位は水の一度を温度一度上昇せしむるに要する熱量にして、之を「カロリー」と云ふ。m瓦の水をt度温むるにはmtカロリーの熱を要するなり。
比熱 同量の物質を同温度丈け高むるにも、質を異にすれば之に要する熱量も亦異なる。次の如き實驗は之を證明するものなり。
(1) 鐵の球と鉛の球との目方相等しきものをつくり、之を沸

第五七圖



騰水中に入れて同温度に熱し、之等を同時に蠟板上に載するに(第五七圖)鐵は鉛よりも蠟をとかすこと多し。

(2) 百瓦づつの水を、二つのフラスコ内に沸騰せしめ、別に百瓦の水と百瓦の石油との同温度……例へば室内の温度と同じき十八度……にあるものを取り、其の各を前の沸騰水の各の上に注ぎ、速に攪拌して直ちに其の温度を検すれば、水を加へし方は、理論上より豫期せらるゝが如く、略、二つの温度の平均温度を示せども、石油を加へし方の温度は、それよりも著しく高し。

或物質の一瓦を、一度丈け温度を昇すに必要な熱量を、其の物質の比熱と云ふ。

比熱の表

| | |
|--------|-------------|
| アルミニウム | 0.214(カロリー) |
| 鐵 | 0.114 |
| 銅 | 0.094 |
| 亜鉛 | 0.096 |
| 鉛 | 0.031 |
| 金 | 0.032 |
| 銀 | 0.057 |
| 硝子 | 0.19 許 |
| 水銀 | 0.033 |
| アルコール | 0.602 |
| 水 | 1.000 |
| 石油 | 0.497 |
| 空氣 | 0.24(定壓) |
| 水蒸氣 | 0.48(同上) |

比熱の大なるもの程、温まるに多量の熱を要し、冷ゆるに多量の熱を出す。湯・タン・ポの効力の大なるは、水の比熱の大なるに依る。

【問題】

- (1) 海岸地方の静かなる晴れたる日に、正午に近き頃より微風が海より吹來り、日没後數時間にして、風が海に向つて吹くこと多きは、海水と陸地との比熱の大小にも關係ありと云ふは何故。
- (2) 鐵の温度を百度上昇せしむるに要したる熱量を以て、之と同量の鉛と水とは、夫れ幾度上昇せしめ得べきか。
- (3) 前文に於ける石油と温水との混合後の温度七十三度なる時は石油の比熱大體何程。

(4) m_1 瓦の t_1 度の鐵屑を、 m_2 瓦の t_2 度の水に投入して兩者の溫度 T 度となれりとせば鐵の比熱幾何。

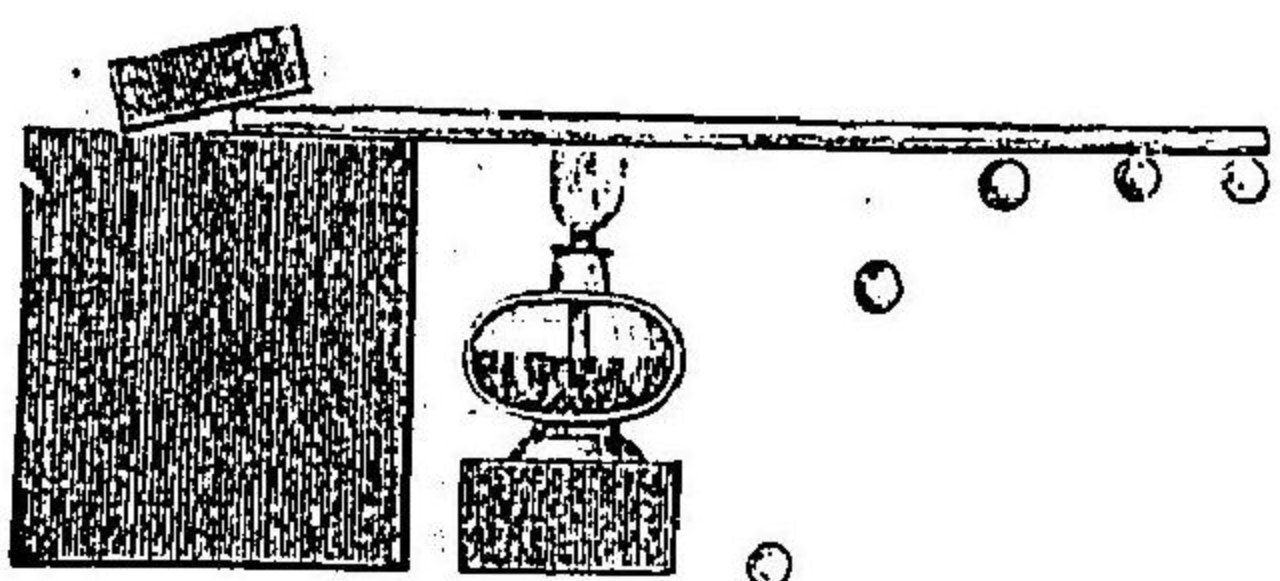
第二章 熱の移動

四

熱の傳導

熱は常に高溫度の物質より低溫度の物質に移るものなり。其の移り方に三様の別あり。傳導・對流・輻射之なり。傳導 同一物體中の溫度を異にする二部分の間、若しくは溫度を異にして互に接觸せる二物體の間に、熱が移ることを熱の傳導と云ふ。傳導の良否は、物質によりて大差あり。第五八圖に示すがごとく、金屬棒に沿うて幾つかの豆を蠟にて附け、金屬棒の一端を熱すれば、

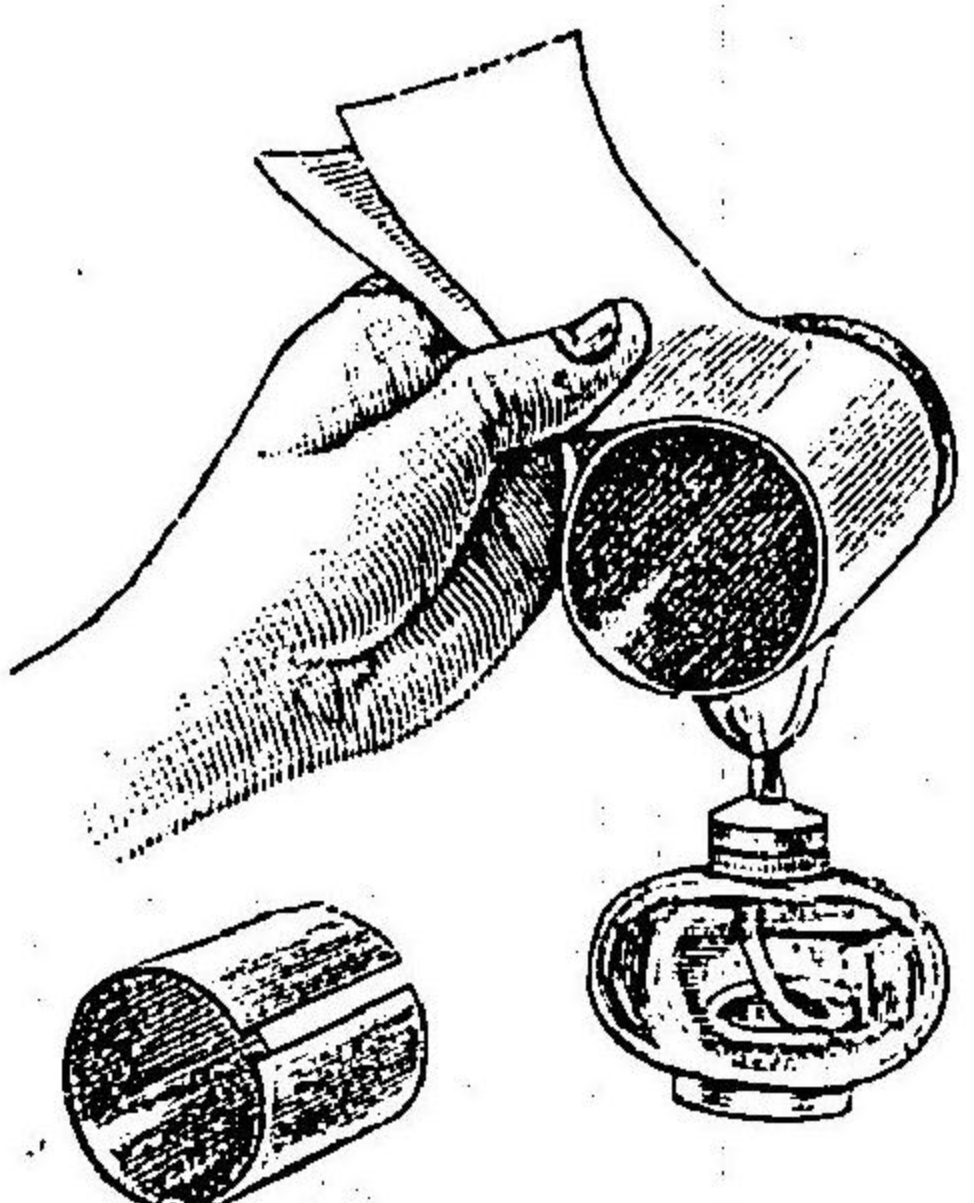
第五八圖



不良導體

豆は熱源に近きものより順次に落つ可し。硝子棒を用ひて前の如き實驗をなせば、豆の落つる事なきか、若しくは甚だ遅きかを見る。又第五九圖の如く行ふに、金屬圓筒に巻

第五九圖



付けたる紙は容易に焼けざれども、金屬圓筒に代へて竹筒を用ふれば忽ち焼く。又何れの場合に於ても、紙が密着せざる處ある時は、其の部分が最も先に焼けるを見るべし。良く熱を導くものを稱して熱の良

導體と云ひ、然らざるものを熱の不良導體と云ふ。金屬は一般に熱の良導體なれども、其の中にも優劣あり。木材綿毛・絹・コルク等、其の他總べての液體と總べての氣體とは、熱の不良導體なり。就中氣體は最も甚だし。

熱の傳導の良否の割合を數字にて示せば次表の如し。

熱の傳導度の割合

| | |
|-----|-------|
| 銀 | 100. |
| 銅 | 89.1 |
| 亞鉛 | 27.5 |
| 鐵 | 13.7 |
| 真鍮 | 17.4 |
| 洋銀 | 13.7 |
| 水 | 27.5 |
| 硝子 | 6.4 |
| 絹 | 9.2 |
| コルク | 0.13 |
| 空氣 | 0.046 |
| | 0.063 |
| | 0.018 |
| | 0.011 |
| | 0.005 |

(3) 汲置の水は、周圍の空氣と同溫度なるに拘らず、此の中に手を入れば特に冷たく感ずるは何故。

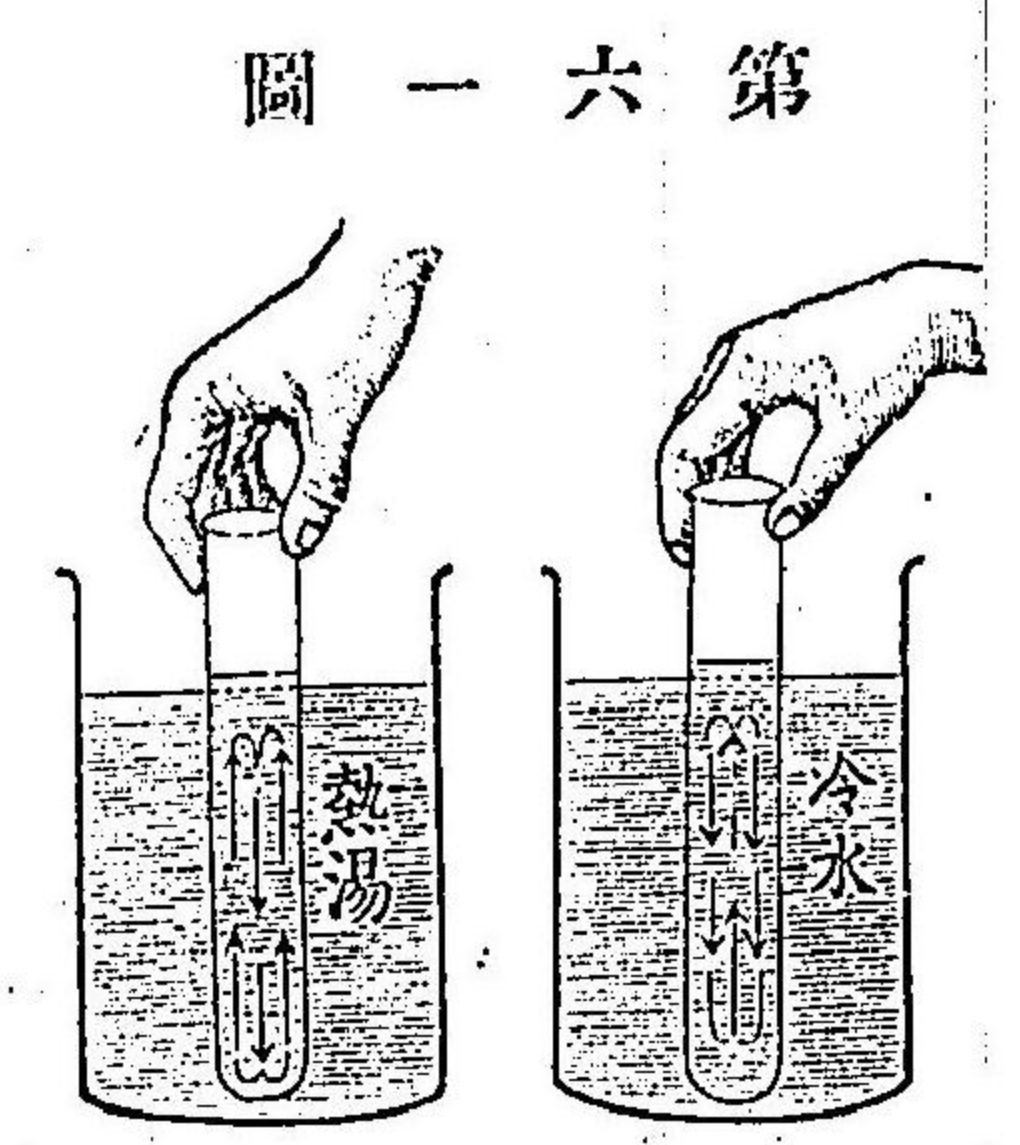
- 【問題】
- (1) 絹にても木綿にても布になしたるより、綿のまゝなる時、殊に温きは何故ぞ。
 - (2) 燒鑊の柄に木を用ふる理由を説明せよ。

四 對流 (1) 液體の對流 水を盛りたる試験管の上部を熱する時は上部が沸騰するに至りても下部の水は殆ど全く温まらず(第六〇圖)。然るに試験管の下部を熱すれば、上部の水



第六〇圖

(1) 此の試験管内の水には微量の明礬を溶かし更に微量のアムモニヤを加へ綿の如き沈澱物の少量を作り置けば一層好結果あり。



第六一圖

迄同時に熱くなるを見る。風呂の如きに於ては、上部が却つて下部よりも熱し。これ熱せられて軽くなりたる水が上昇し、冷かにして重き水が其の場所に入れ代るによりてなり。第六一圖に示すが如く、冷水を盛れる試験管を熱湯中に立て、若しくは熱湯を盛れる試験管を冷水中に立つる時、矢にて示すが如き運動を見るは其の實證なり。かくの如く、物質の熱き部分と、冷たき部分と交代して熱を移すことを對流と云ふ。

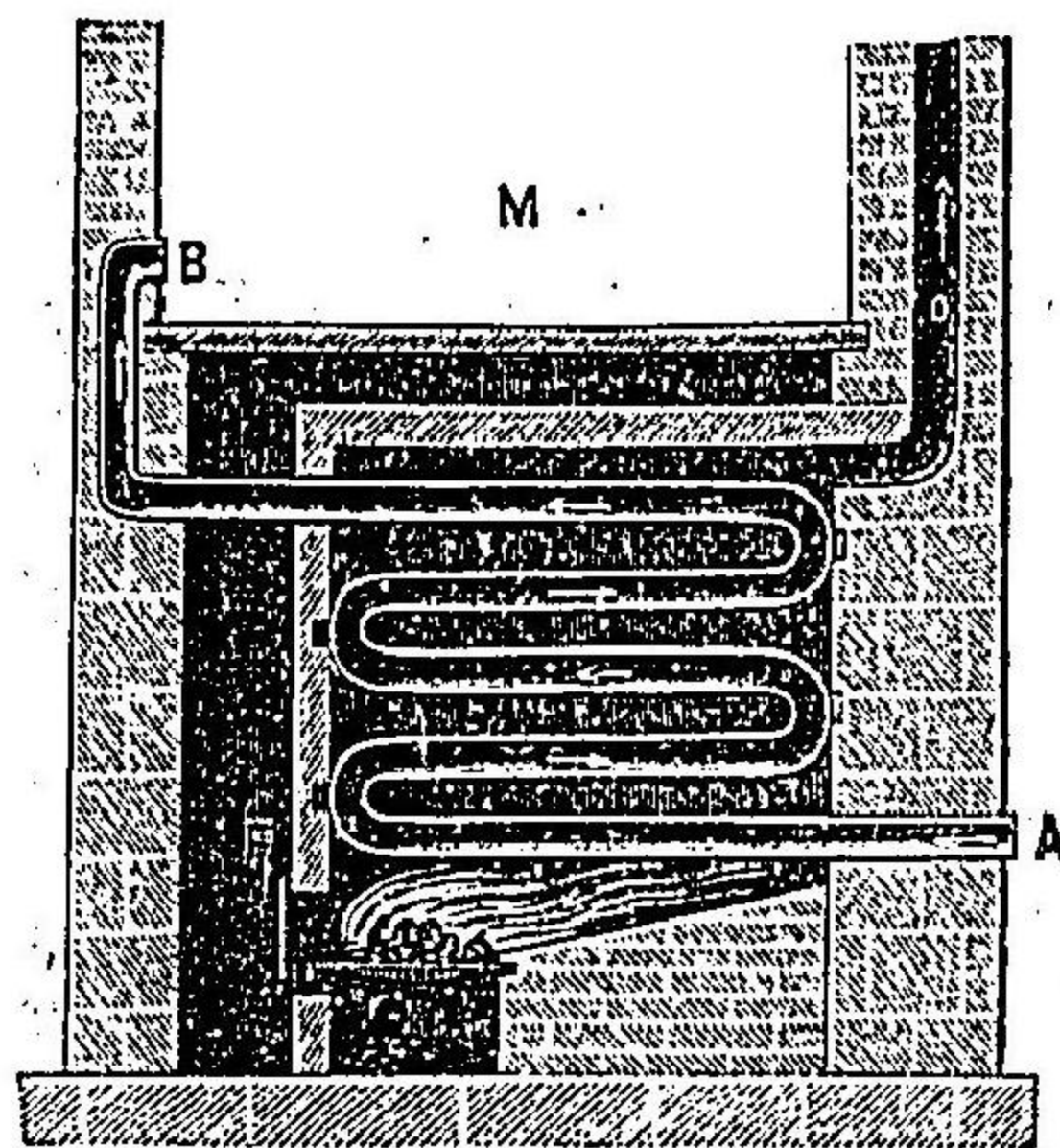
(2) 氣體の對流 對流は又氣體の内にも行はるゝものなり。火焰の近傍に於ける空氣の運動を注意すれば、容易に之を認むるを得べし。

(1) 風なき場合に於て、室内の空氣が外氣と交代する事は主に對流に依るものなるが故に、室内の外の溫度の差大なる程、換氣法は容易に實行せらる可し。春秋二季に於て、特に室内換氣法に留意する必要ありと云ふはこれが爲なり。

四

(2) 沃度銀水銀を塗りたる紙にて容易に之を檢するを得、沃度銀水銀を對するには硝酸銀に沃度加里を加へ一旦生じたる沈澱が再度再び溶くる迄に至らしめ、更に

第六二圖は對流を利用したる一種の暖室裝置にして、Aより入りたる第外氣は、窯内の曲管を通過しつゝあ六る間に温められ、Bより出で、Mなる室内に入るなり。



風は自然に行はるゝ大仕掛の對流なり。

輻射 太陽の熱が地球に達する場合の如く、其の中間の物質の働きをかることなしに、熱が他に移る作用を輻射と云ふ。盛なる炭火に面して、顔の熱きを覺ゆるも、夜間殊に晴れたる夜間に於て寒くなるも、全く熱の輻射による。輻射熱は直線に進行するが故に、之を通さぬ物の後方には目に見えずとも、きわだちたる影を投ず。

輻射熱が一つの物體に當れば、

- (1) 之を通過するか、
- (2) 其の面より反射するか、
- (3) 其の物體に吸収せられて之を温むるか、

するものなり。而して物質によりて、(1)の性質に富むものと(例へば空氣、岩鹽等)、(2)の性質に富むものと(例へばよく磨きたる金屬)、(3)の性質に富むものと(例へば煤あり)。(3)の性質に富むものは、同時に、輻射熱を放つ性質にも富むものなり。一般に粗くして、黒き表面をもつものは此の類に屬す。

【問題】 (1) 土砂を雪の上に撒けば、其の部分のみ窪くなると云ふは何故。 (2) 庭に澤山の木を植うる時は、室内迄も涼しくなると云ふは何故。

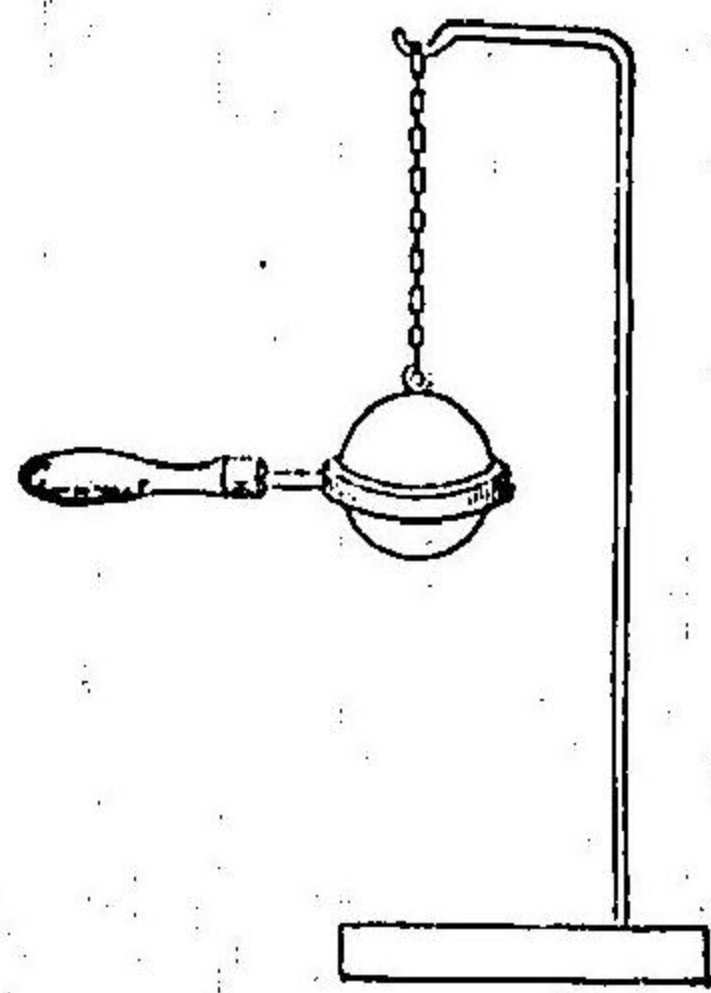
に昇承水を加へ生じたる黄色沈澱物をよく水洗すればよし。

第三章 熱の效果

四五

固體の膨脹 固體が温度の變化によりて膨脹收縮する事は種々の實驗によりて確かむるを得べし。次圖の如くするも其の一例なり。温度一度の變化によりて、或固體の長さ

圖三六第



を増減する量を、元の長さにて除したる比を、其の固體の線膨脹係數と云ひ、同様の事を容積について行ひて得たる比を、其の固體の體膨脹係數と呼ぶ。

線膨脹係數

或固體の線膨脹係數を α とすれば、其の零度の時の長さ L_0 と、 t_1 度及び t_2 度の時の長さ L_1 、 L_2 との關係は次の如し。

$$L_1 = L_0(1 + \alpha t_1) \dots\dots\dots(1)$$

$$L_2 = L_0(1 + \alpha(t_2 - t_1)) \dots\dots\dots(2)$$

α

α は一般に甚だ小さきものにして、略次表の如し。

線膨脹係數

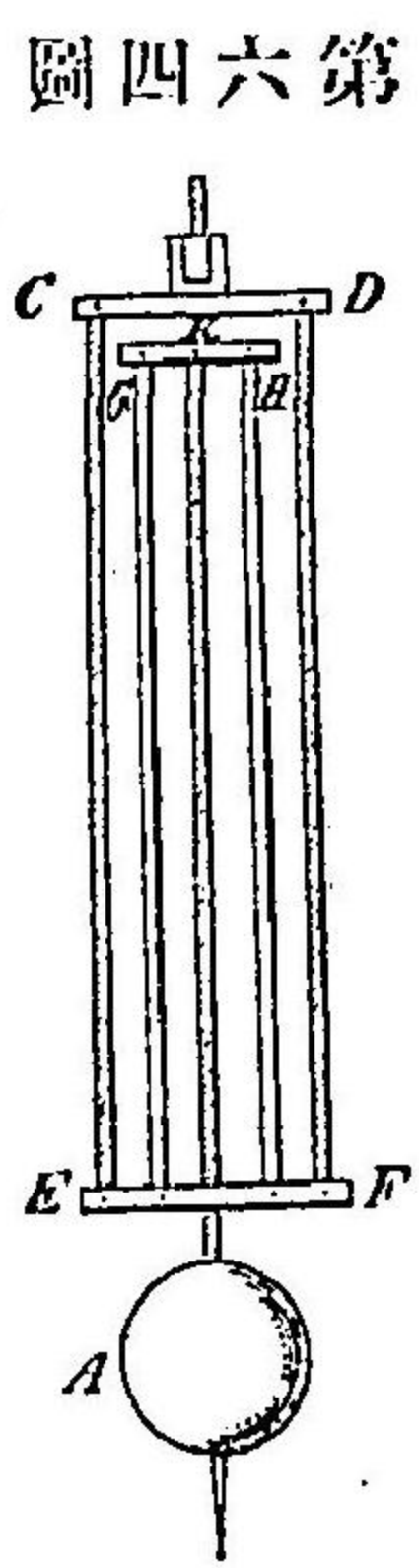
| | |
|--------|------------|
| アルミニウム | 0.0000242 |
| 亜鉛 | 0.0000297 |
| 真鍮 | 0.0000091 |
| 銀 | 0.0000194 |
| 銅 | 0.0000171 |
| 金 | 0.0000147 |
| 鐵 | 0.0000012 |
| 白金 | 0.0000088 |
| ガラス | 凡0.0000009 |
| 陶器 | 0.0000003 |

此の表によりて見る如く、温度の變化に基づく膨脹收縮の度は、頗る小さき値のものなれども、吾人の日常生活の上に、重大なる關係を有する

照第一〇六節參

第二編 熱

場合些しとせず。今其の例を擧ぐれば、振子を有する時計は、夏に於て其の長さを増すが故に、自然に遅くなるに至る、故に上等の時計には之に對する用意あり(第六四圖)。又テンプを用ふる時計に於ても、温度が高まれば銚ゼンマイの彈力が減少すると、テンプの半徑を



六三

(1) これ振子の長さを増したると同一なり。

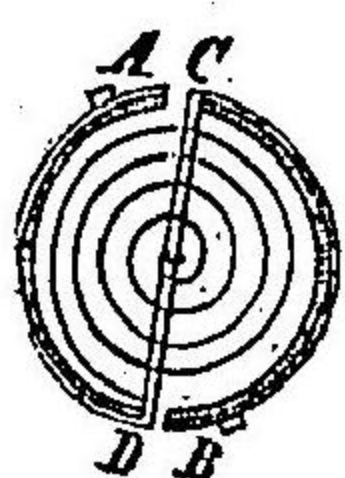
切テンブ

體膨脹係數

増加するとの爲に、時計は自然に後るゝに至る。されば上等の懐中時計に於ては「切テンブ」と稱して、第六五圖に示すが如く、外側には膨脹係數の大なる眞鍮、内側には其の小さな鋼鐵を用ひて、温度高まれば、テンブの一部分が軸に近づくやうにせられたる装置を用ふ。

其の他長き鐵橋、汽車の軌道等に於ては、多少の膨脹收縮に對する用意を要し、硝子内に封じ込む金屬線は、白金にあらずば保ち難く、鐵鍋に引くエナメルは、其の質に注意せざれば龜裂剝落の憂あり。ランプのホヤ、手厚き硝子器等は其の一部分に、急激なる温度の變化を與ふれば忽ち破る。

體膨脹係數は線膨脹係數の三倍に當る。立方體について之をしらぶるに、零度に於て一邊の長さL.なりしものが、t



第六五圖

度に於て $L_0(1 + \alpha t)$ となりしとすれば、其の立積は、

$$L_0^3(1 + \alpha t)^3 = L_0^3(1 + 3\alpha t + 3\alpha^2 t^2 + \alpha^3 t^3)$$

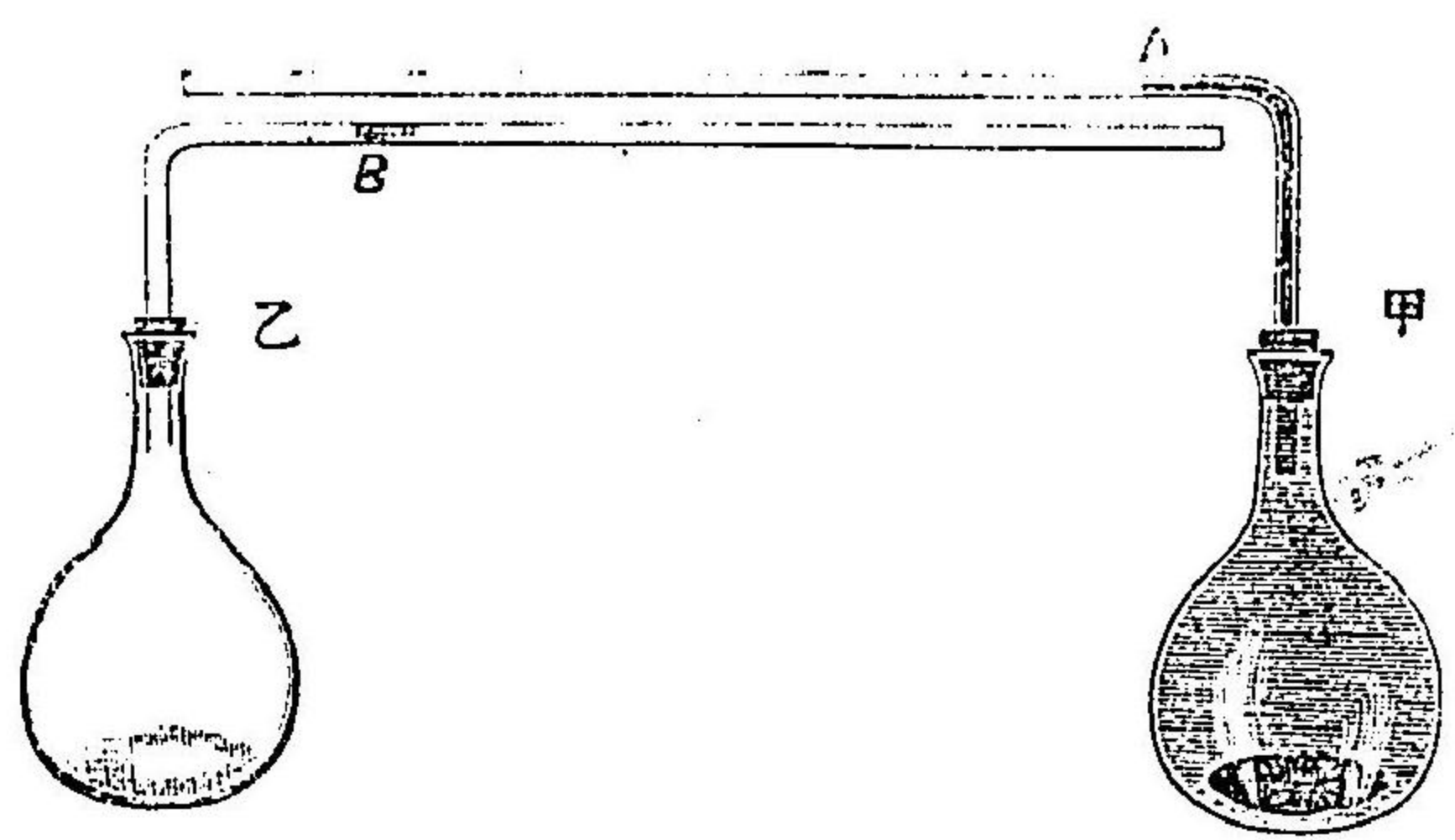
なり。αの二乗以上を含める項を度外視すれば、求むる立積は $L_0^3(1 + 3\alpha t)$ となる。即ち體膨脹係數をβにて示せば $\beta = 3\alpha$ なり。

【問題】夏と冬とに於て、温度の差三十五度あるとき、三百五十間の鐵橋に略、幾何の伸縮あるか。

四

液體の膨脹 液體の膨脹係數は、固體のそれに比しては一般に著しく大なり。第六六圖甲の如き装置を設けて容易に之を實證することを得。これ水銀寒暖計などの作らるゝ所以なり。

第六六圖



水の容積は甚だ不規則なる變化を爲すものにして、例へば零度以下の膨脹係數は負にして、其の以上は正なり。其の正なる場合に於ても、九度より十度になる時の膨脹係數は、九十九度より百度になる時の膨脹係數の約十分の一なり。されば前節の例に於けるが如く、或範圍内に共通する膨脹係數を示すこと能はず。實驗の結果は大體次表の如し。

種々の温度に於ける
水の容積

| | |
|------|---------|
| 0度 | 1.00012 |
| 4度 | 1.00000 |
| 10度 | 1.00025 |
| 20度 | 1.00169 |
| 30度 | 1.00419 |
| 50度 | 1.01189 |
| 100度 | 1.04311 |

液體の膨脹

(下に示せる丈の
温度の上昇に就いて)

| | | |
|-------|-------|--------|
| 水 | 0.043 | 0—100度 |
| オリーブ油 | 0.080 | 0—100度 |
| 石油 | 0.100 | 0—100度 |
| アルコール | 0.097 | 0—80度 |
| エーテル | 0.054 | 0—33度 |
| 水銀 | 0.018 | 0—100度 |

四七

氣體の膨脹 氣體の膨脹係數の著大なることは、第六六圖乙の如き裝置を設け、之を手にて温むることに依りても見らるべし。

容易に液化せざる氣體を除けば、總べての瓦斯體の膨脹係數は、其の氣體の零度の時の容積を一として、略

$$0.003665 = \frac{1}{273} = \frac{11}{3000}$$

に當る。されば零度の時の容積が V_0 、 t 度の時の容積が V_t とすれば、其の間に次の如き關係あり。

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

四八

氣體の體積、壓力、温度の關係 壓力不變の時、容積と温度との關係は前節に示すが如し。又温度不變の時、容積と壓力との關係は既に第二三節に述べたり。然らば壓力も温度も共に變るときは、容積は如何に變るべきかと云ふに、温度

零度、壓力一氣壓之を P_0 にて示すの時、容積 V の氣體は、壓力が不變にして、溫度が t 度となりしとせば、其の容積 V_1 は前節により、

$$V_1 = V_0 \left(1 + \frac{t}{273} \right)$$

なり。次に溫度が t 度の儘にして、其の壓力が變じて例へば P_1 となり、従つて其の容積が V_1 となりしとせば、ボイルの法則によりて、

$$P_1 V_1 = P_0 V_1 \quad \text{従つて、}$$

$$P_1 V_1 = P_0 V_0 \left(1 + \frac{t}{273} \right) \dots \dots \dots (2)$$

なり。

此の式によりて、任意の溫度、任意の壓力の許に於ける或瓦斯體の容積を知らば、其の瓦斯體の零度、一氣壓の時の容積を算出することを得べし。

【問題】 (1) 溫度二十七度、壓力七〇糎の時、一五立の空氣が零度一氣壓の時の容積幾何。

(2) 第二七圖の如き装置に於て、水銀の上に六〇立方糎の空氣あり、水銀の高さが二六糎なりと云ふ。此の空氣は一氣壓の下にて幾何の容積あるか。

【究】

融解と凝固 固體が熱せられて液體となることを融解と云ふ。融解には、氷の如く或溫度に達すれば急に液狀になるものと、硝子の如く或溫度より以上に於て、溫度の高まるに従ひて次第に軟くなるものとあり。前の種類のものに就いて云へば、融解を始むる溫度、即ち融解點は、其の物質に就いて一定せるものにして、且つ融解に依りて得たる液體の溫度は、融解しつゝある固體の溫度と全く同一なるものなり。この際、固體の一瓦を、液體に化するが爲に費されたる熱を、其の物の融解熱と云ふ。

融解點

融解熱

融解熱の量は物質の異なるに従ひて異なる。例へば次表の如し。氷の融解熱は頗る多量なるものにして約八十カリナリなり。

融解せる物質より漸々に熱をとるときには、先に熱を與へ

融解點及び融解熱

| | 融解點 | 融解熱 |
|-------|-------|--------|
| イリジウム | 2330度 | — |
| 白金 | 1775度 | 27(カリ) |
| 白銅 | 1083度 | — |
| 金銀 | 1062度 | — |
| 鉛 | 961度 | 21. |
| 錫 | 415度 | 28. |
| 水 | 328度 | 6. |
| | 230度 | 13. |
| | 0度 | 80. |
| | 零下39度 | 2.8 |

かくて或物質の凝固點は、全く其の物の融解點に同じ。は、更に溫度の下降を見るべし。

凝固點

【問題】

- (1) 雪又は氷が物を冷すに適當なる理由如何。
- (2) 百度の水八〇瓦に零度の氷を入れて、悉くが零度の水となるやうにするには、幾瓦の氷が必要か。
- (3) 零度の氷四〇瓦を、六〇度の水五二〇瓦中に投入せしに、五〇度の水を得たりと云ふ。氷の融解熱を求む。

【五】

融解凝固に伴なふ體積の變化 融解凝固の際には、普通に體積の變化を伴ふものなり。多くのものは、融解の際に容積を増す。但し例外として、鐵、活字金、水等あり。

水は凝固の際に例外なるのみならず、四度以下に於ても既に例外にして、溫度の下るに従つて其の容積を増す。これ等の例外は、吾等にとりて甚だ大切な事にして、若し然らざる時は、種々の方面に於て大なる不都合を來すべし。

【問題】

本文中の不都合の例を示せ。

【五】

壓力と融解點 壓力に大なる變化あれば、物の融解點(凝固

Handwritten notes at the top of the page, including numbers like 570, 3120, and 500.

點もに多少の變動あり。而して凝固の際容積を増すものにありては、壓力が増せば融解點が下り、然らざるものは之に反す。二片の氷を堅く押しつける時に一塊となること、又は寒國に於て、屋上に積もりたる雪が漸々滑り下りて檐端に垂れ下るなど、之に基づいて説明せらる。

五

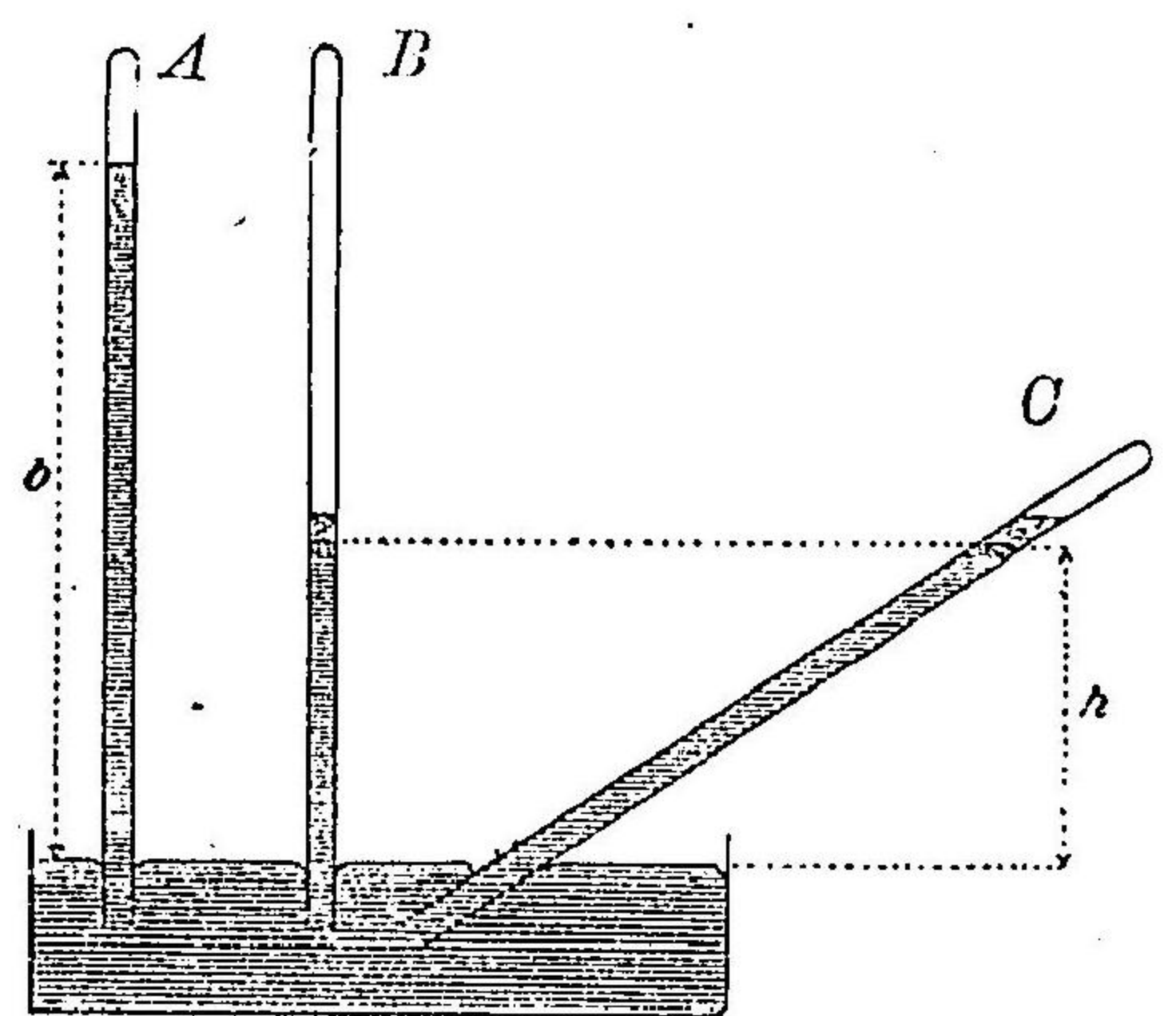
溶液の凝固點、溶液の凝固點は、純粹なる溶媒の凝固點より低し。其の下降の程度は、其の溶液の濃度に關す。而して稀薄なる溶液を冷し行くときは、先づ凝固し來るものは純粹の溶媒にして、溫度愈下降し、溶媒愈分離し、其の結果濃度愈増して、遂に其の物質によりて一定せる或溫度と或濃さとに達したる時、始めて溶液其の物が固體となる。反對に、十分濃き溶液を冷し行くときは、先づ固體となりて表はるるものは、其の溶質にして、或一定の溫度と濃さとに達して、

(1) 便宜上溶液其の物が凝固すると云ふも、實は溶質と溶媒とが顯微鏡的に細かく相混じたるものなり。

始めて溶液其の物が固體となる。而して此の一定の溫度と濃さとは、稀薄溶液より出發するも、濃溶液より出發するも全く同一なり。食鹽水に就いて云へば、此の溫度は零下二二度にして、其の時の濃さは水七六・二に對する食鹽二三・八なり。

氣化 液體が氣體になることを氣化と云ふ。

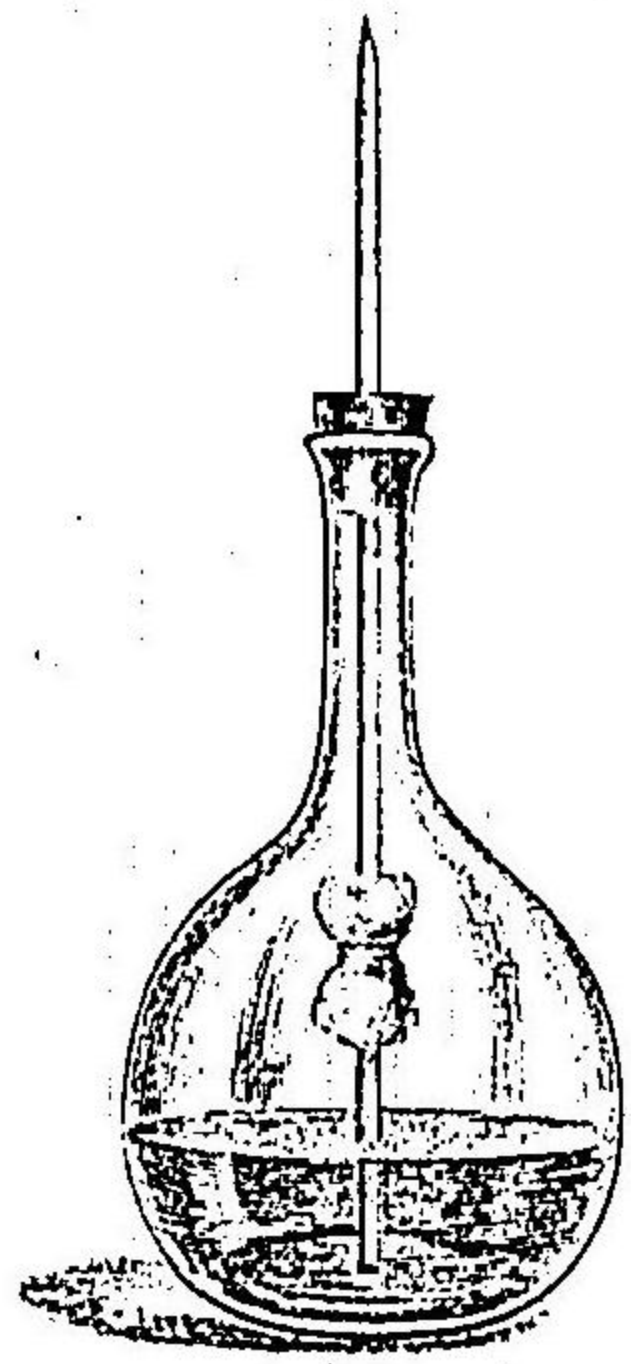
第六七圖 A の如き装置を設けて、トリセリーの眞空内に少許のエーテルを送入するときは、エーテルは浮き上るや否や忽ちに氣化し、其の蒸氣の張力によりて水銀面を押下ぐべし(第六七圖 B)。此の際エーテルの量



第六七圖

が、水銀面に液體のまゝにて存する程なるときは、水銀面の下降の程度は、エーテルの量に關係せずして、其の時の溫度に關す。例へば溫度二〇度に於ては、水銀面の下降するこゝと、四三・三厘にして、三五度に於ては、七六厘なり。水を用ひて右と同様に行へば、二〇度に於て、一七厘、一〇〇度に於て七六厘に達す。又第六八圖の如く、半ば水を満たしたるフラスコに、其の栓を貫きたる硝子管の中途に、前以てエーテルにて濡したる綿の一塊を縛りつけたるものを急に差込みて密栓するときは、忽ちにして水は硝子管口より高く噴出するを見る。

總へて液體は之に接せる場所が他の氣體によりて満たさ



第六八圖

飽和蒸氣

五

最大張力の表

| 溫度 (度) | アルコール (耗) | エーテル (耗) | 水 (耗) |
|-----------|--------------|-------------|----------|
| 10 | 23.77 | 286.83 | 9.18 |
| 20 | 44.00 | 432.78 | 17.41 |
| 30 | 78.06 | 634.80 | 31.56 |
| 40 | 133.42 | | 54.97 |
| 50 | 219.82 | | 92.17 |
| 60 | 350.2 | | 149.21 |
| 70 | 540.9 | | 233.79 |
| 80 | | | 355.47 |
| 90 | | | 525.60 |
| 100 | | | 760.00 |

り蒸氣を發する現象なれば、其の蒸氣の張力は一氣壓より

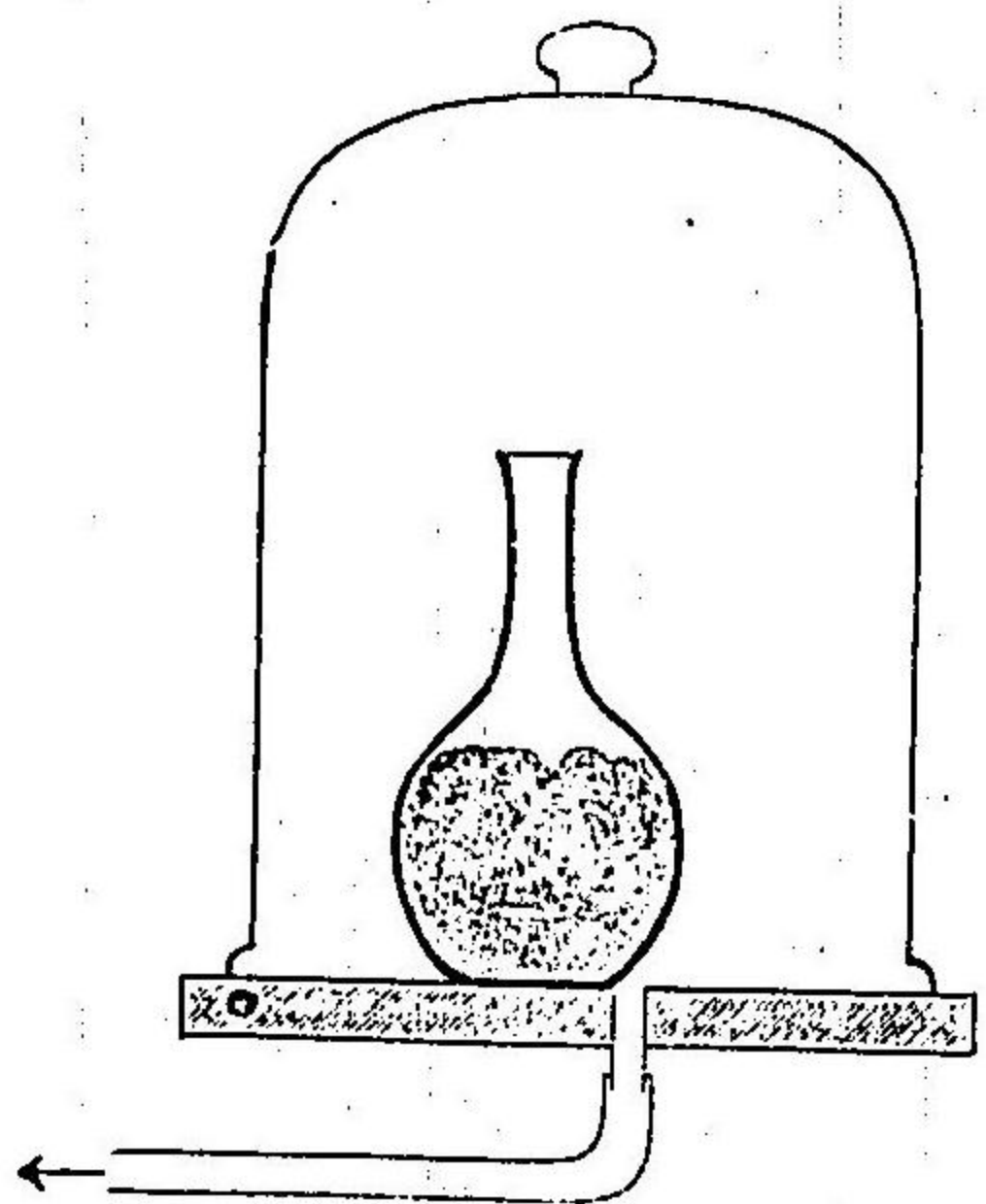
る。否とに拘はらず、自己の蒸氣の壓力が其の溫度に於て一定せる或最大の極限に達する迄は蒸發するものなり。此の壓力を其の物の最大張力と云ひ、かゝる状態の蒸氣を飽和蒸氣と云ふ。

最大張力を有する蒸氣は、之を壓縮するとも、ボイルの法則に従つて更に張力を増すこと能はず、容積の減少したる丈けが液化するのみなり。第六七圖Cの如くして見らるゝ現象は此の證據なり。

沸騰 沸騰は液體の内部よ

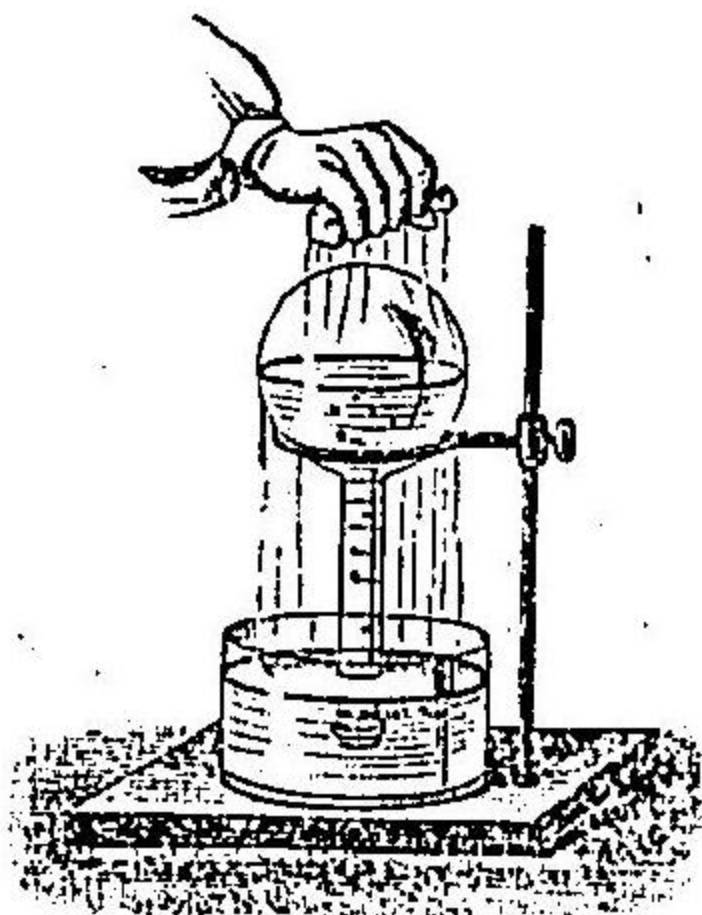
小なるべからず。而して水蒸氣は、一〇〇度に於て丁度七六
 厘の最大張力あり、これ水が一〇〇度に於て沸騰する所以
 なり。されば外氣の壓力を減ずれば、其の沸騰點の下降す
 べきは又明らかなり。富士山頂

第六九圖



にては八七
 度邊にて水
 が沸騰し、第
 六九圖の如
 く熱湯を空氣ポンプの鐘内に入

第七〇圖



れて排氣するか、又は第七〇圖の如くすれば、一〇〇度以下
 の水の沸騰するを見るは此の故なり。斯くの如く、外壓が
 一定して、始めて或液體の沸騰點は一定す。
 二三の物質の一氣壓の下に於ての沸騰點は次表の如し。

液體の沸騰點

| | |
|-------|-------|
| 無水炭酸 | -78度 |
| アンモニヤ | -38" |
| エーテル | 35" |
| アルコール | 78" |
| 水 | 100" |
| 水銀 | 357" |
| 硫黃 | 447" |
| 亞鉛 | 1040" |

【問題】

第六九圖の如き装置によれば、一度盛
 なる沸騰を見て、鐘内に水蒸氣が満つ
 るときは、後空氣ポンプを動かしても、
 水の沸騰を見ず。これ水蒸氣は排氣し
 難きが故なりと云ふ。其の故如何。又
 一般に、濡れたる空氣ポンプは効力少
 きものなりと云ふ。其の理由如何。

五五

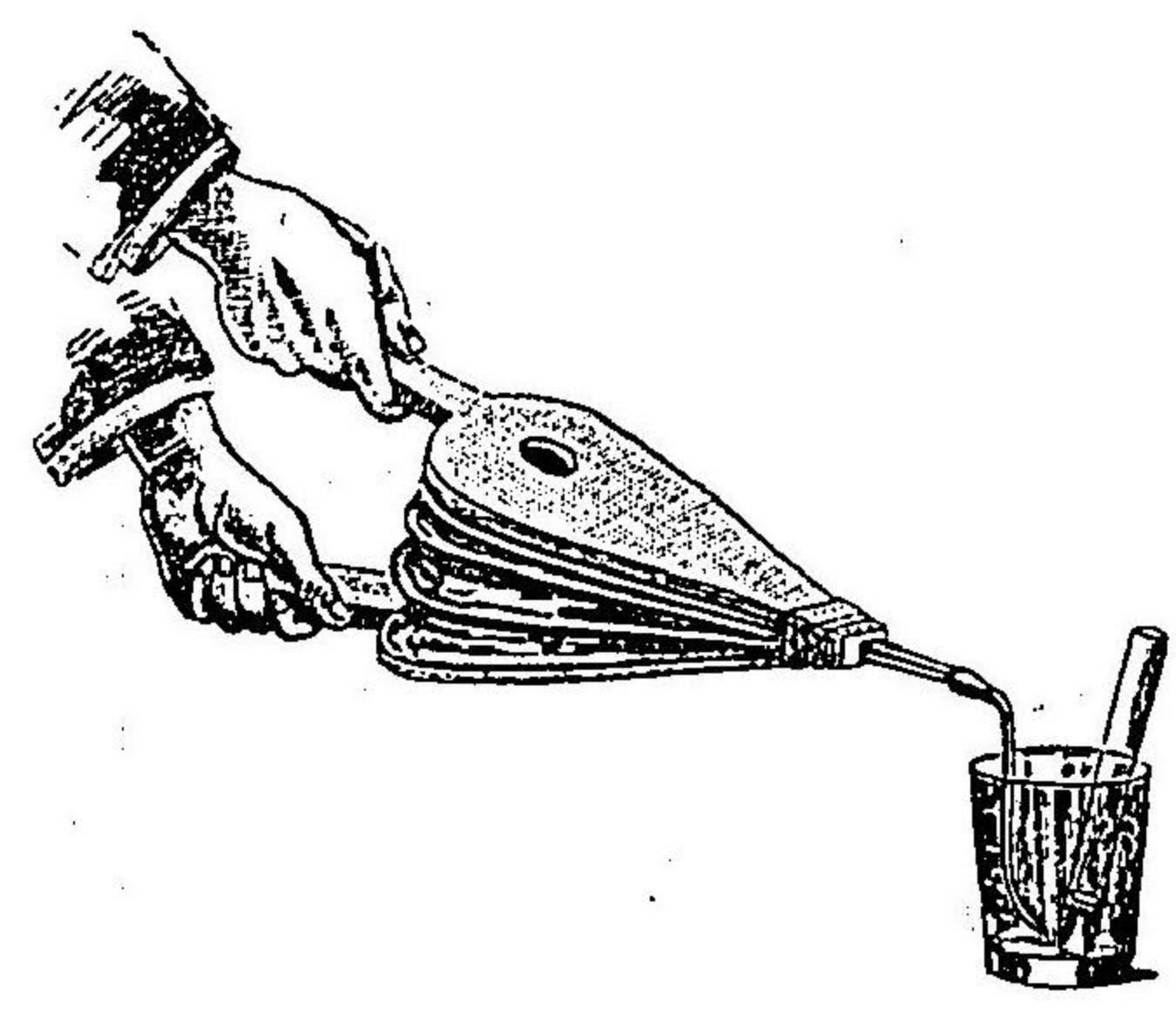
氣化熱 液體が沸騰を始めてより後は、如何に火勢を盛な
 らしむるとも、その溫度は少しも昇らざるものなり。され
 ば一度沸騰を始めてより後に與へたる熱は、液體を瓦斯體
 に化するが爲に費されて、液の溫度を昇す用をなさざる事
 を知る。或液體の一瓦を瓦斯體になすが爲に必要なる熱
 を其の液體の氣化熱と云ふ。氣化熱は物質に依つて一様
 ならず。例へば次表の如し。

表の熱の氣化 (沸騰點に於て)

| | (カロリー) |
|---------|--------|
| 水 | 536. |
| アルコール | 202. |
| エーテル | 91. |
| 液狀アンモニヤ | 297. |

蒸發も亦液體が氣體になることに外ならざるが故に、沸騰の時と同じく氣化熱を要するものなり。されば次圖の如くしてエーテル内に空氣を吹き込みて、蒸發を盛ならしむるときは、其の内にある試

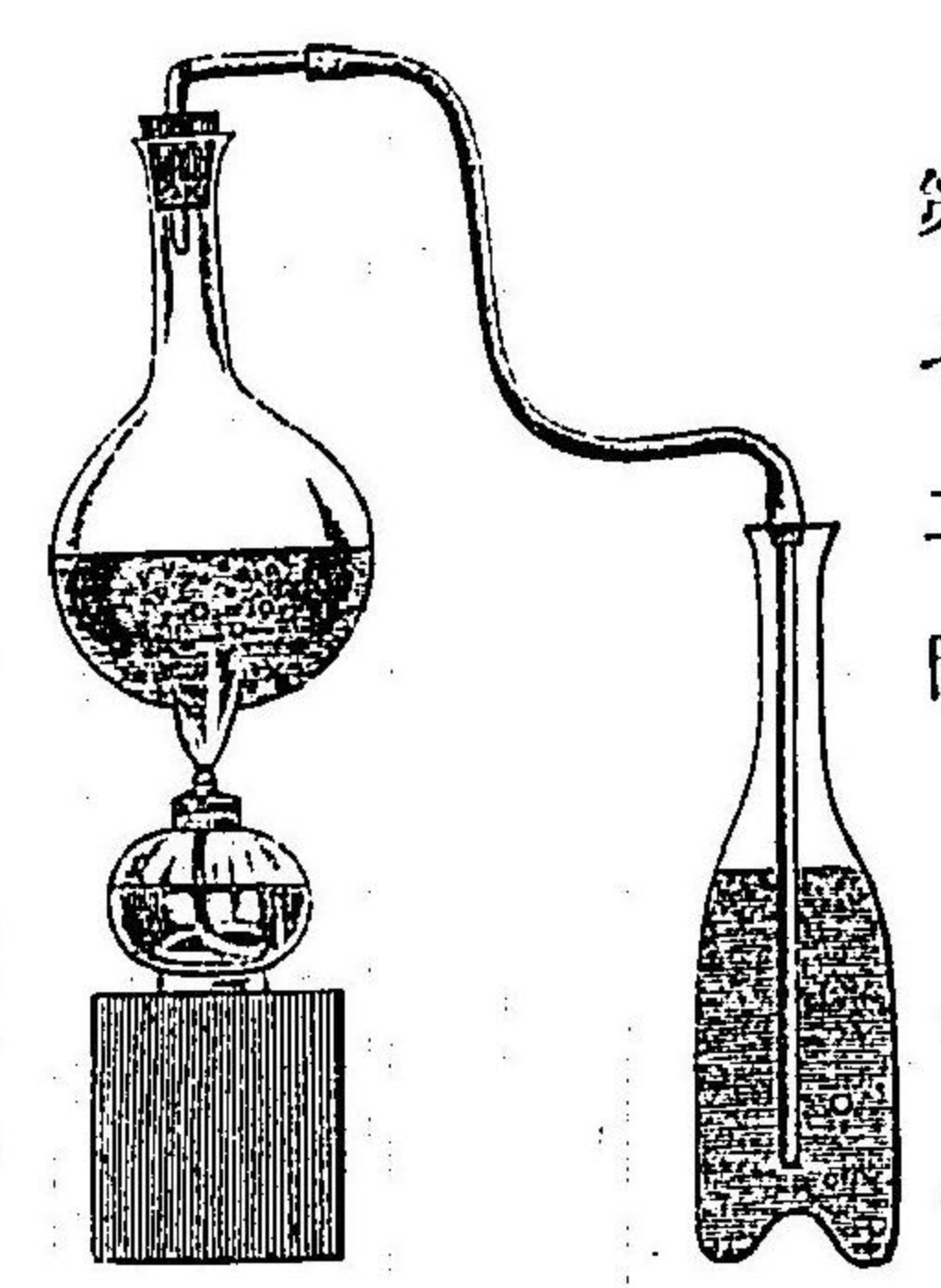
第七一圖



驗管内の水を氷結せしむるを得。
水の氣化熱は甚だ多量なるが故に、水蒸氣の液化するときに出す熱量も從ひて多し。故に次圖に示すが如くして蒸氣を水中に導くときは、水の増量は著しからずして、温度の上昇は著しく見らるべし。此の方法は、直接に火を用ふるに不便なる器中のものを熱

(1) エーテル若しくはアルコールにて手の甲を拭ふて寒冷を覺ゆるも、汗をかきて後冷氣を感ずるも、夏の庭に水をまきて清涼を覺ゆるも、暑きものを吹いて冷すも皆同理に基づく。

第七二圖



て一〇〇度の湯にせんとす、液の量は幾何増加すべきか。

するに屢利用せらる。水蒸氣を以て物を蒸すときも、其の温度の上昇は、液化の際に戻り來る氣化熱によること多し。

【問題】 二〇度の一升の水約一八〇〇瓦に一〇〇度の水蒸氣を通じ

五

寒劑 砕きたる氷と食鹽とを混ざるときは、食鹽は先づ氷を濡せる水に溶けて、濃き食鹽水をつくる。濃き食鹽水に觸れたる氷は、零下二二度より高き温度に在りては、溶けずしては

第三七圖



(1) 此の中に水を盛りたる試験管を挿入すれば数分して氷となり、鶏卵を入れ置けば数十分後に石の如くなる。

寒劑の表

| 混合すべき物質 | 目方の割合 | 得らるべき低温度 |
|-------------|-------|----------|
| 食鹽 | 33 | -22 |
| 雪 | 100 | |
| 硝酸アンモニウム | 100 | -17.5 |
| 雪 | 131 | |
| 鹽化カルシウム(結晶) | 100 | -54.9 |
| 雪 | 70 | |

居られぬもの故(第五節)氷は速に食鹽水中に溶け込むなり。

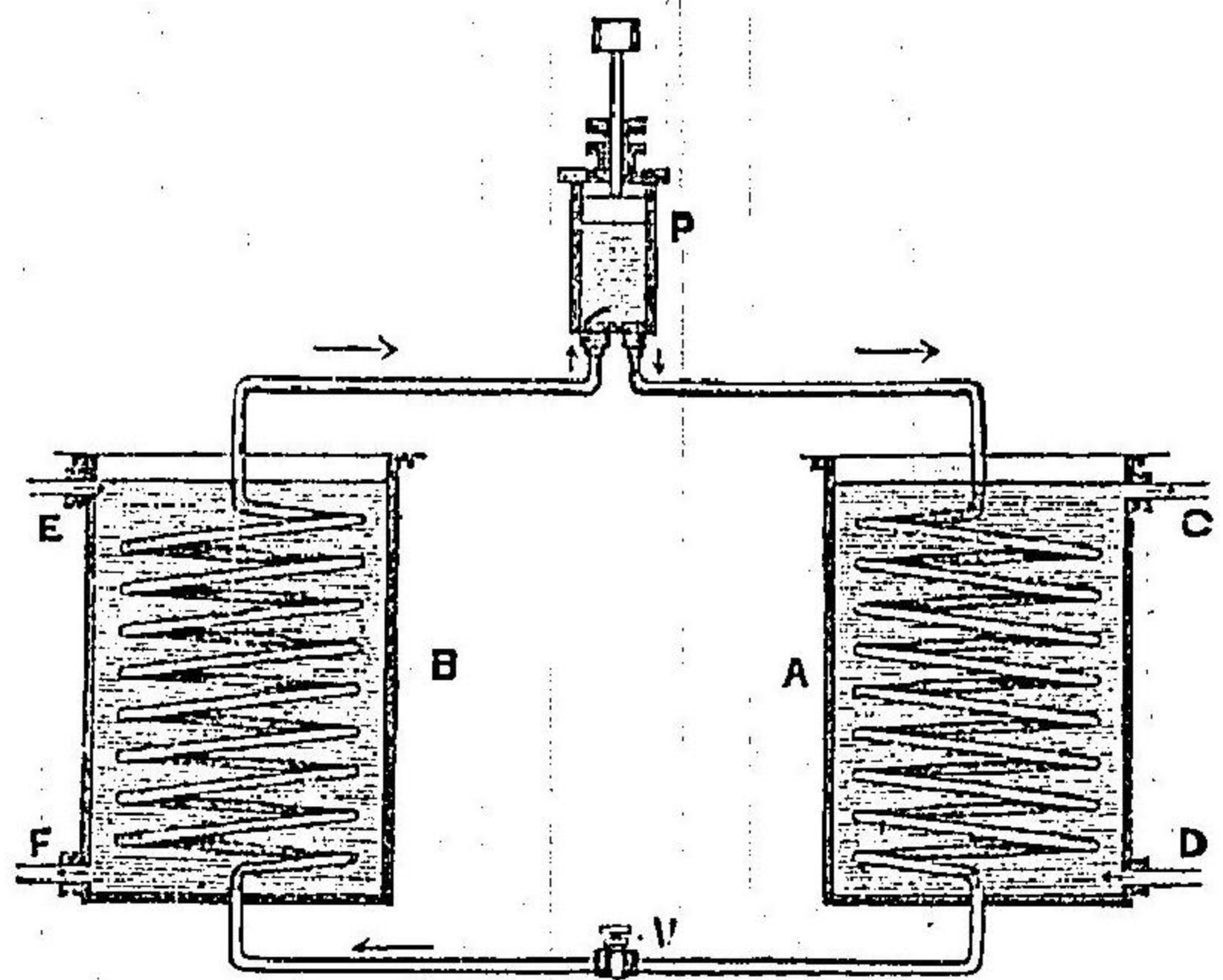
この際他より熱を與ふることなきが故に、必要なる融解熱を主に自身より取り、この混合物は零下二二度迄は冷却するなり。

右の例の如く數種のもの混ざるに依りて低温度を得らるゝものは他にもあり。總稱して寒劑と云ふ。

製氷器

人工によりて大仕掛に氷を製造せんには、液化したるアンモニヤの蒸發の際に、氣化熱を要する事實を利用して、アンモニヤをAなる蛇管内に押詰め、且つ外部より水を以て冷すときは、此處にアンモニヤは液化するなり。

第七四圖



永久瓦斯の液化

蛇管を取圍める食鹽水は甚だしく冷却す。依りて淡水を金屬器に容れて、此の食鹽水の循環せる器中に沈め置きて氷となす。

る手段の外に、之を強く壓縮することに依りても目的を達すべし。例へば一〇〇度の水蒸氣は之を一氣壓以上の壓力に遇はしむれば液化するなり。但し水蒸氣は之を熱して三六五度以上に在らしむる時は、如何に強く壓縮するとも到底液化せしむること能はず。かゝる場合に於て、三六五度は水蒸氣の限界溫度なりと云ふ。二三の瓦斯體の限界溫度は次表の如し。

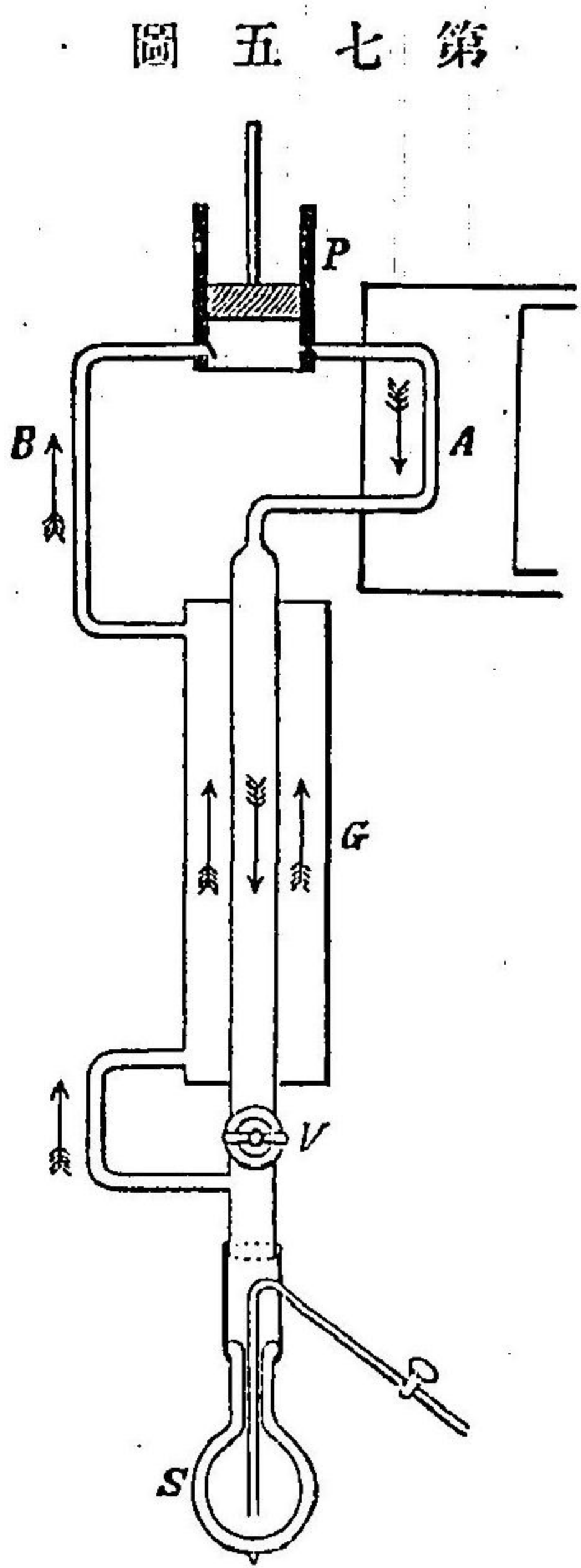
限界溫度表

| | |
|-------|--------|
| 無水炭酸 | 三一度 |
| 無水亞硫酸 | 一五六度 |
| 水蒸氣 | 三六五度 |
| アンモニア | 一三〇度 |
| 酸素 | 零下二一八度 |
| 窒素 | 零下二四六度 |
| 水素 | 零下二三四度 |

上表に依りて見れば、水素、窒素、酸素等の瓦斯は、甚だしく冷却せざれば、如何に壓力を加ふるも液化せざるものなることを知るべし。永久瓦斯と云ふは、此の理を解せざる當時、此等の瓦斯體を液化せ

五

しめんとする計畫が、總べて失敗に終りたる時に與へられたる名稱なり。
液體空氣 永久瓦斯の液化に關する理論が明らかになりたる後、空氣を液化することは、リンデ氏の考案一八九六年によりて容易に實行せらるゝに至れり。
 第七五圖は其の模型を略示したるものにして、Pなる活栓の運動により、空氣は矢の方向に押出され、二百氣壓位の空氣となる。此の空氣はVなるカランに設けられたる細孔を通して噴出し、高壓の空氣の周圍を流れて歸り行くなり。總べて瓦斯體は壓縮せら



(1) 此の事實は、第一四節エネルギ―不滅則を學びての上の説明せらるべし。

(1) 魔法瓶と稱して市上に賣るところのものは此の瓶なり

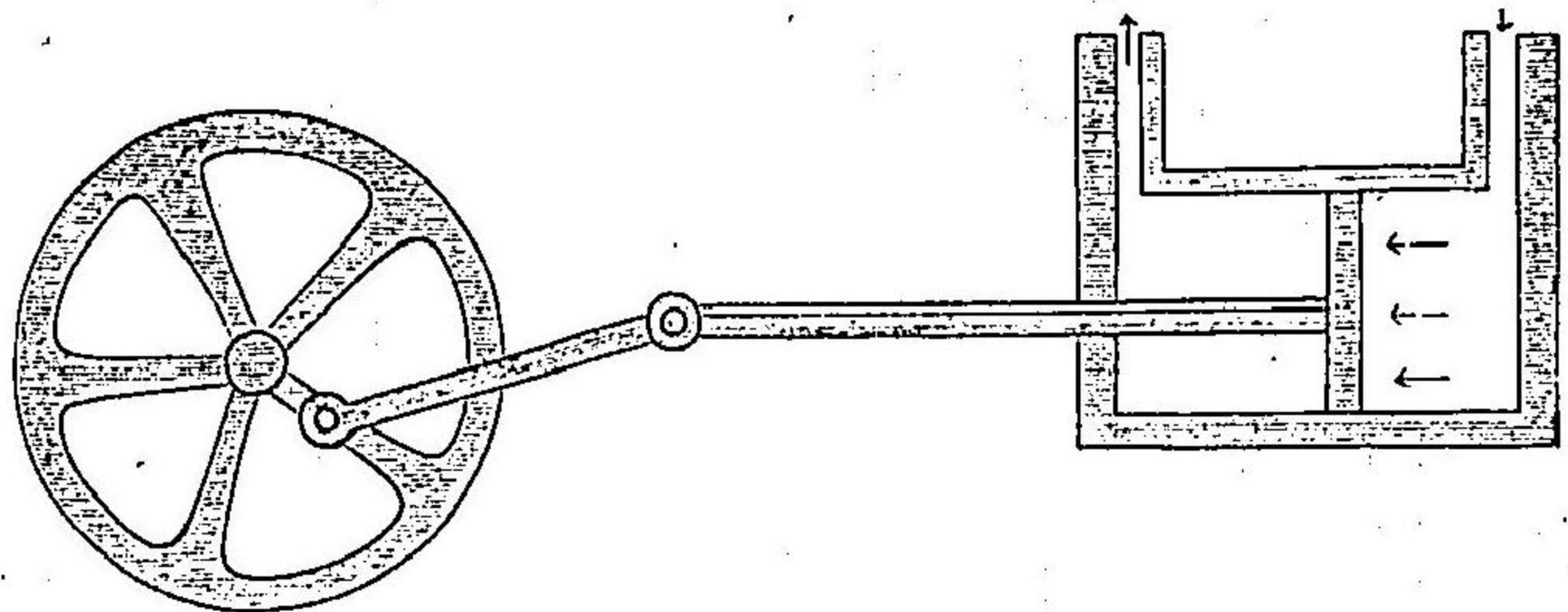
六〇

るれば高温度となり、膨脹すれば低温度となるものなるが故に、右の装置に於て、高壓の空氣は温度高く、低壓の空氣は温度低し。而して其の高壓の空氣は、Aにある冷水を用ひたる冷却器によりて、絶えず熱を他に取りらるゝが故に、空氣が上述の如く此の装置内を循環するときは、漸々低温度になり行くべきは明らかなり。かくて空氣が十分に冷却したる上は、Vの細孔より噴出する際の冷却の爲に、一部分は液状となりて受器に集る。液體空氣を蓄ふる瓶は、前圖の下部に示せる如く、二重になれる硝子瓶にして、其の二つの壁の間には空氣なく、且つ兩壁とも内面は銀鏡となれり。空氣なきが故に、熱の對流と傳導とを防ぎ、銀鏡によりて熱の輻射を成るべく少くするを得べし。

蒸氣機關

水蒸氣の張力は温度の上昇につれて著しく増

第七六圖

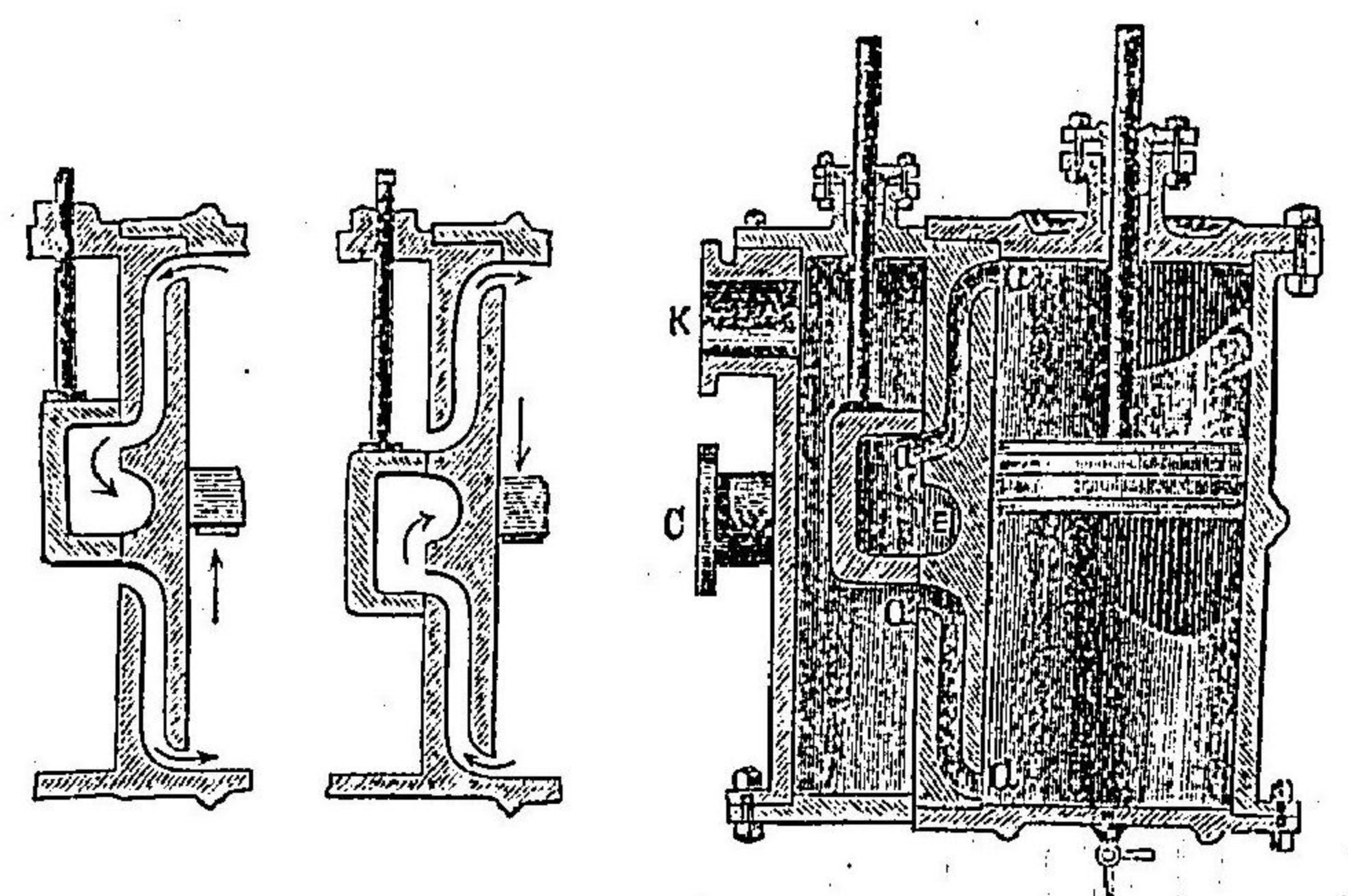


すものにして、例へば温度一七〇度に達するときは、壓力は略八氣壓となる、即ち一平方寸を押す力は凡そ二〇貫目に達するものなり。故にかゝる蒸氣を上圖に示せる如き圓筒内に導き來るときは、活栓を押し出す力は活栓の面積の大なるが爲に愈、大なるべし。現時の蒸氣機關の主要部は、第七七圖に示すが如く、蒸氣は一旦分配室に導かれ、滑り瓣と稱する特殊の瓣の移動によりて、蒸氣は活栓の兩側より交互に圓筒内に入り來り、一旦その用をなしたる蒸氣は、先に入り來りたる路を通りて去り行く様になり居るが故に、活栓は強大な

る力を以て前後に動くなり。此の力は即ち諸種の運動の原動力となる。滑り瓣を自動的に動かすには、之と連絡せる棒を側心盤と稱する装置に連結す。側心盤は、中心をはずして、或回轉軸に取り付けたる圓盤と、此の圓盤を取り圍みて、互に滑り得るやうに設けられたる輪とより成る。

六

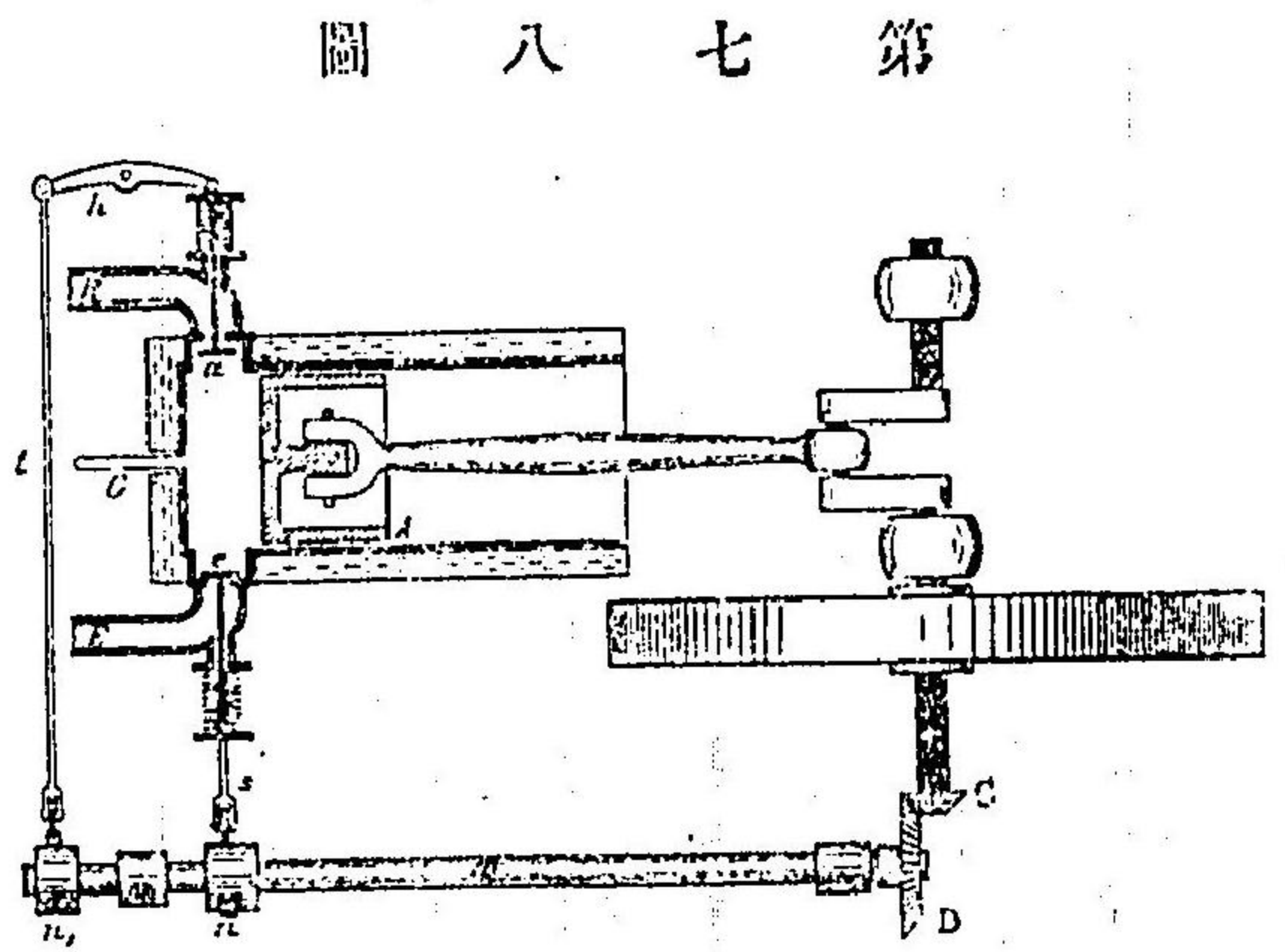
瓦斯發動機及び石油發動機 石炭瓦斯若しくは揮發性の鑛油より得たる瓦斯に、適當量の空氣を混じ、之に點火して其の爆發力を利用したるものを、夫れく、**瓦斯發動機**、**石油發動機**



第七圖

機と云ふ。瓦斯發動機の要部は次圖に示すが如し。

圓筒内に於ける活栓Aの往復運動は、之に連続せる棒に依りて大なるハヅミ車を有する軸の回轉運動となる。此の軸の端にある齒車Cは、齒の數の二倍なる齒車Dに嚙合ふて、mなる軸を回轉せしめ、之に附屬せる側心盤n₁n₁によりて、瓣eとaとを開閉せしむ。其の開閉は齒車の齒數が右の如くなるを以て、活栓が二度往復する間に只一度行はる



第七圖

るのみ。

此の機關の運轉には四つの階段あり。即ち(1)適當量に空

(1) 此の爆發は電氣裝置に依りて爲さるゝこと多し。圖に示すところのものは、Gなる管を外部より強熱することによりて目的を達す。

氣を混じたる瓦斯が、Bなる通路によりて圓筒内に吸ひ込まるゝこと。(2) 此の混合瓦斯が活栓によりて強く壓縮せらるゝこと。(3) 混合瓦斯が爆發して強く活栓を押し出すこと。(4) 不用の瓦斯がEなる通路より押出さるゝことなり。右の中(1)(2)(4)はハヅミ車の慣性によりて行はる。

第四章 大氣中の水蒸氣

湿度 空氣は常に多少の水蒸氣を含む。空氣中に含まれたる水蒸氣の張力が其の最大張力に在るときは、其の時の空氣を稱して、水蒸氣を以て飽和せられたりと云ふ。空氣が一旦蒸氣を以て飽和せらるゝに至れば、蒸發は全く止むものにして、飽和に遠き有様にある程、乾くことは愈、速なり。されば飽和状態に遠き有様にある空氣を稱して、乾ける空

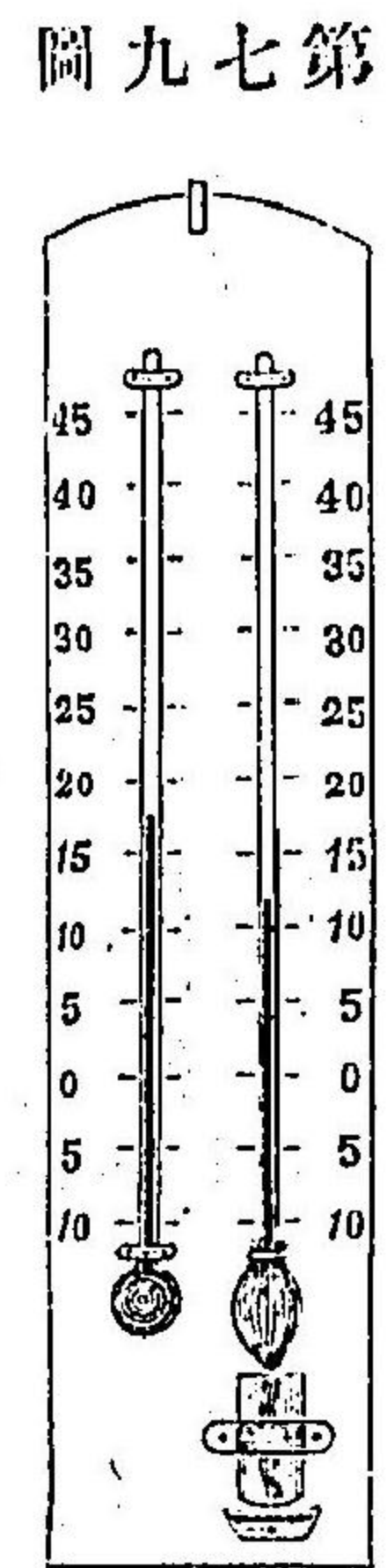
三

(1) 第五三節参照

三

氣若しくは湿度小なる空氣と云ひ、飽和に近き有様にある空氣を、濕れる空氣若しくは湿度大なる空氣と云ふ。學術上に於ては、現に空氣中にある水蒸氣の張力を、今の溫度に於ける水蒸氣の最大張力にて除したるものに、一〇〇を乗じたる結果を以て湿度を示す。例へば二〇度の空氣ありて、現在其の中に含める水蒸氣の張力が、一三耗なる時は、其の湿度は $\frac{13 \times 100}{17.41} \parallel 74.6$ なり。

湿度計 湿度の大小を簡便に計るものに乾濕球湿度計あり。



これは上圖に示すが如く、二本の寒暖計を並べ、其の一つの球を常に水に

濕ふ様になしたるものなり。空氣の湿度愈、小なれば、球面よりの蒸發は愈、活潑となるが故に、氣化熱を要すること愈

甚だしく、從つてこの寒暖計の温度の下ること亦愈著し。されば兩寒暖計の示す温度の差の多少を見て、略湿度の多少を知ることを得べし。

〔六〕

温度の變化と乾濕との關係 同じく水蒸氣を以て飽和せられたる空氣と云ふも、温度異なれば其の蒸氣の張力も異なる。例へば四度に於て飽和せる水蒸氣の張力は、二度に於て飽和せる水蒸氣の張力の約三分の一なり。故に或湿度の空氣の温度を上昇せしむれば、其の湿度は減少す。露點 前と反對に、水蒸氣を含める空氣を冷せば、漸々その湿度を増し、或温度に達して遂に飽和の有様となる。其の時の温度を其の空氣の露點と稱す。此の温度以下に冷す時は、水蒸氣の餘分は、水滴となりて出て來るなり。雲と霧とは、空氣が其の露點以下に冷えたる時に出來たる水滴に

して、其の水滴の大きくなりしものは雨なり。雨が氷結すれば霰となり、水蒸氣が直ちに凝固すれば雪となる。露は寒冷なる地面又は草木等に觸れたる空氣が、露點以下に冷却したるが爲に生じ、其の露點が零度以下なるときは霜を生ず。

空氣中の水蒸氣は、雨雪を降らすと云ふ點に於て貴きのみならず、輻射熱を吸収する性質に富めるが故に、晝は地面の温度の甚だしく高くなるを妨げ、夜はその甚だしく低温度となるを防ぐ。砂漠地方に於て、晝夜の温度の差が、四十度以上にも達することありと云ふは、全く、水蒸氣の缺乏の結果なり。

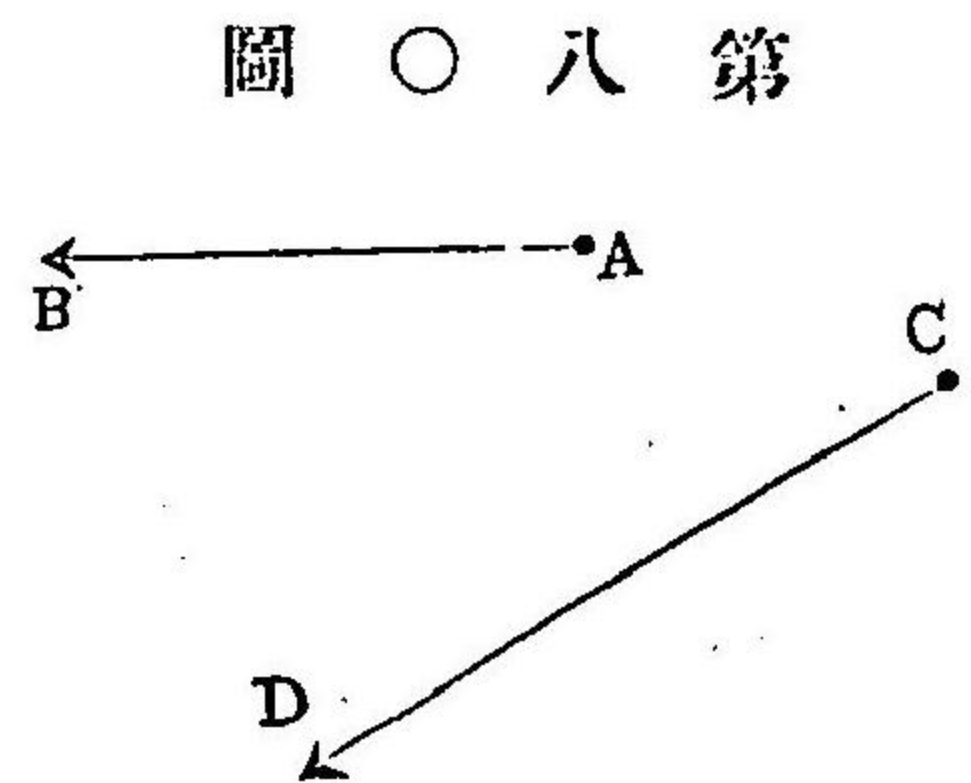
【問題】 閉ぢ籠めたる室内に於て、ストーブをたけば、其の室内の空氣は餘りに乾燥する憂ありと云ふ。其の所以を説明せよ。

第三編 運動及び力

第一章 力の釣合

【五】

力 押す若しくは引くと云ふは、たゞ、力を云ふ(第四節)。力に就いては、(1)如何なる向きに、(2)如何なる大きさに、(3)如何なる點に働くかと問ふことを得。力に關する此の三點を示す爲には、通例第八〇圖の如き直線を用ふ。



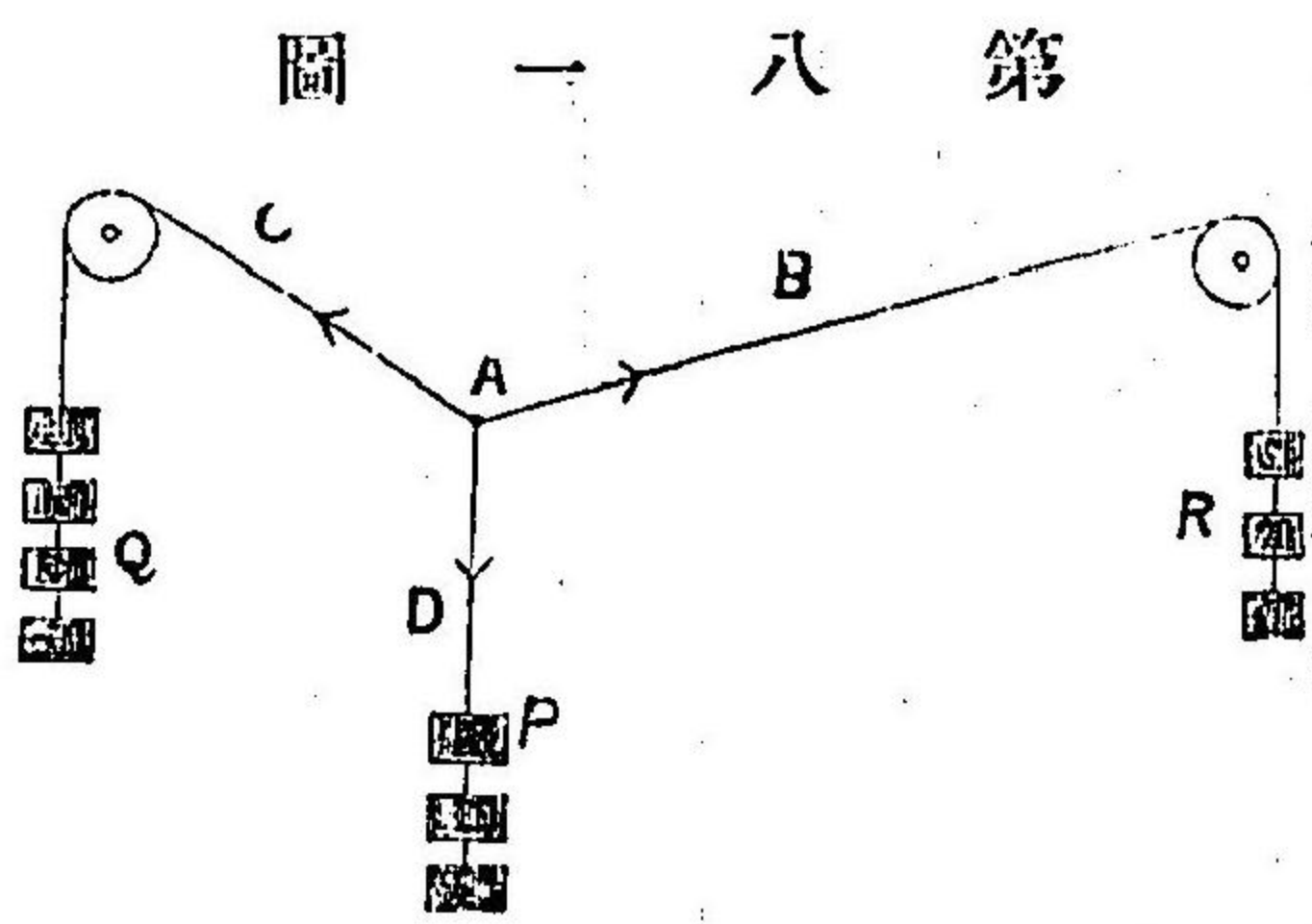
【六】

二力の釣合 力が物體に働いても、慣性の法則の破られぬことあり。かゝる場合には、必ず二つ以上の力が、同時に此の物體に働いて居るなり。斯の如きを力の釣合と云ふ。二力が釣合を保つことは、其の二力が大きき相等しく、且つ其

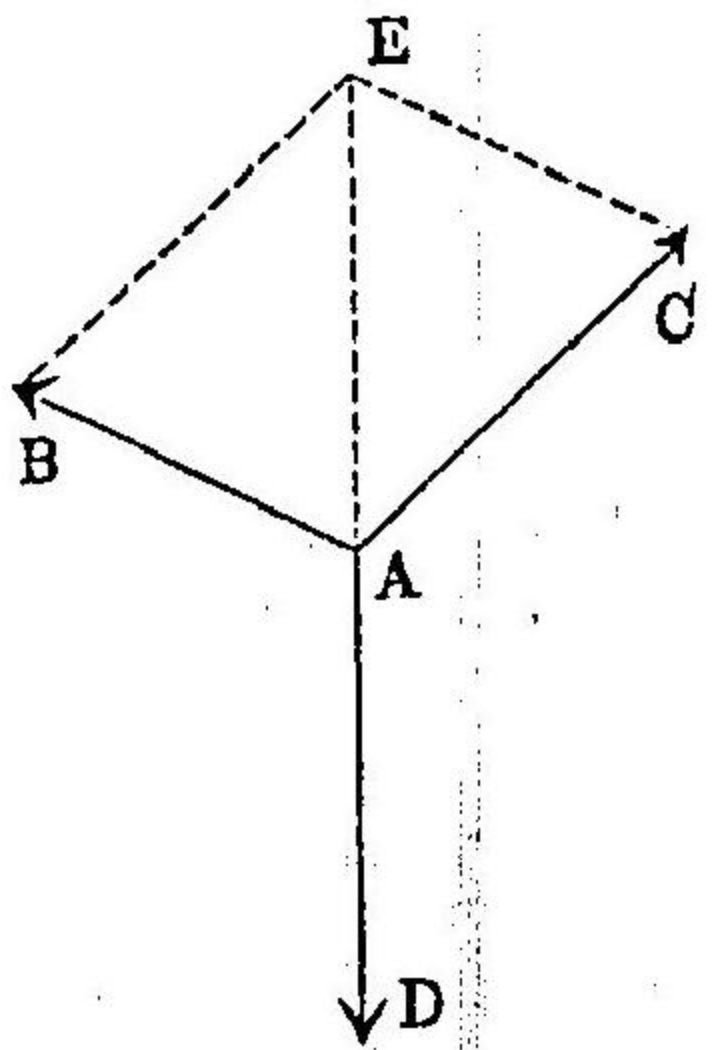
力の釣合

【七】

の方向が、同一直線上にありて正しく相反して居る場合に限ることは、吾等の日常の經驗に徴しても確かなり。机上にある書物の如き、地球の引力が下に之を引けば、机がそれ等に等しき力にて上に之を押して、茲に二力の釣合が成り立つ。三力の釣合 三つの力が一の物體に働きて、力の釣合が成り立つ場合あり、第八一圖に示す場合の如きは此の一例なり。かゝる場合を精査するときは、常に次の如き事實のあることを發見すべし。一つの點より、三力の方向に於て、三力の大きさに比例したる長さの直線を引き、其の任意の二つを相隣れる二邊として畫きたる平行四邊形の對角線を求むれば、其の對角線は、残りの



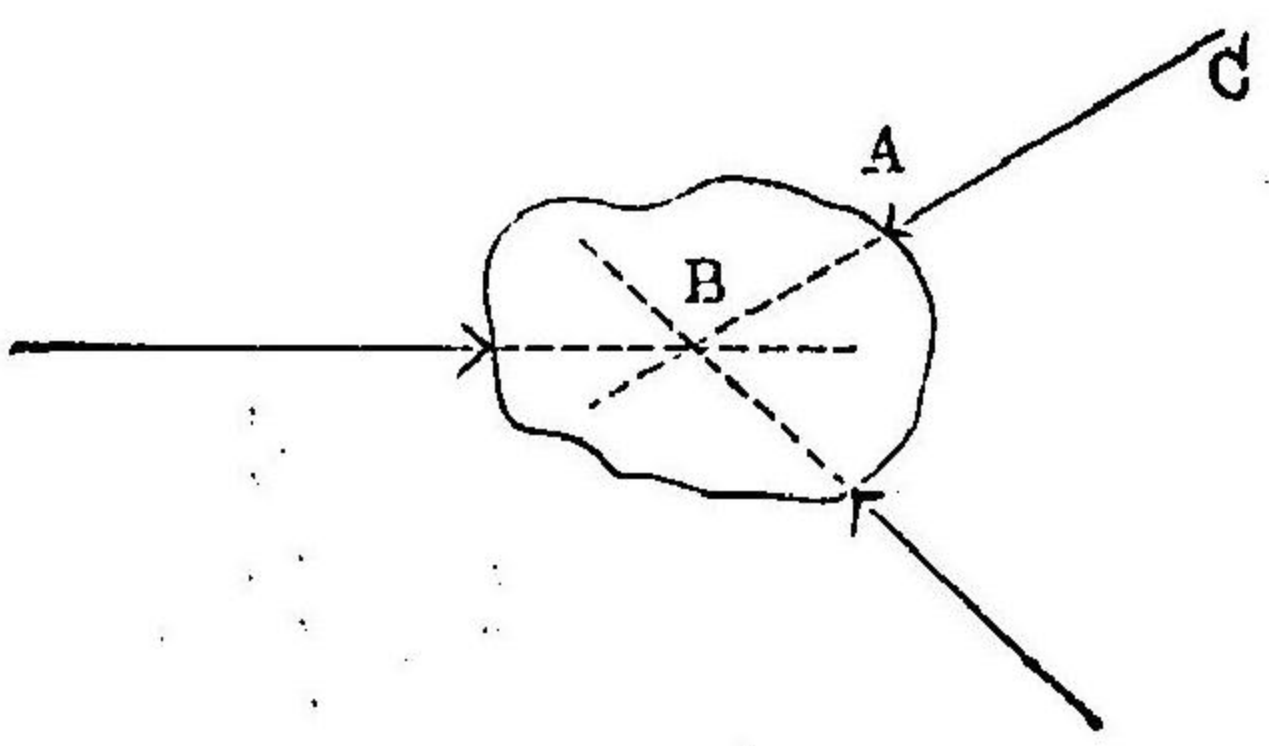
第八圖



直線と同一直線上に在りて其の長さ相等し。例へば上述の如くして、三力を示す直線 AB AC AD を得たりとせば(第八圖) AC AB を二邊とせる平行四邊形の對角線 AE は AD と同一直線上にありて長さ之に等し。

下圖の如くして釣合を得たる場合は、力が同一の點に働かざる點に於て、前例と異なるれども、やはり同じ法則の中に含まるゝものなり。これ物體が力の働きを受けても、容積、形狀を變化せざる限り、例へば、力 AC の着力點 A は、 AC 線上任意の他の點例へば B に移りたりと考へても結

第八圖



剛體

丙

果は全く同一なるが故に、つまり三力が同一の點 B に働くと見らるゝことになればなり。力の働きを受けても毫も容積、形狀を變ぜざる假想上の物體を剛體と名づく。普通の固體も之に働く力が餘りに大ならざれば、剛體と見做して論ずることを得。

合力 第八二圖の場合に於て、 AD の力に釣合ふには、 AB AC の二力にてよろしきは事實なるが、二力の釣合の條件より考ふれば、 AE の示す力一つにても亦 AD に釣合はるゝわけなり。されば、 AB AC の二力は其のきゝめが、 AE の一力に等しきを知る。かゝる場合には AE は AB AC の二力の合力なりと云ひ、 AB AC は AE の分力なりと云ふ。一般に二つ以上の力の合力とは、其のきゝめが、それ等の總べての力を合せたるものに等し。或一力のことなり。

分力

力の中斜法

第八二圖のAEが如何にして得られしかを考へて見れば、一般に二力の合力を求むるには、其の二力を代表する二直線を相隣れる二邊として平行四邊形を畫き、其の着力點を貫ける對角線を求むればよきことを知るべし。斯の如くして合力を求むる方法を力の中斜法と云ふ。

或一力の分力を求むるには、前の方法を反對にして、その力を示せる直線を對角線とせる平行四邊形の二邊を求むればよし。

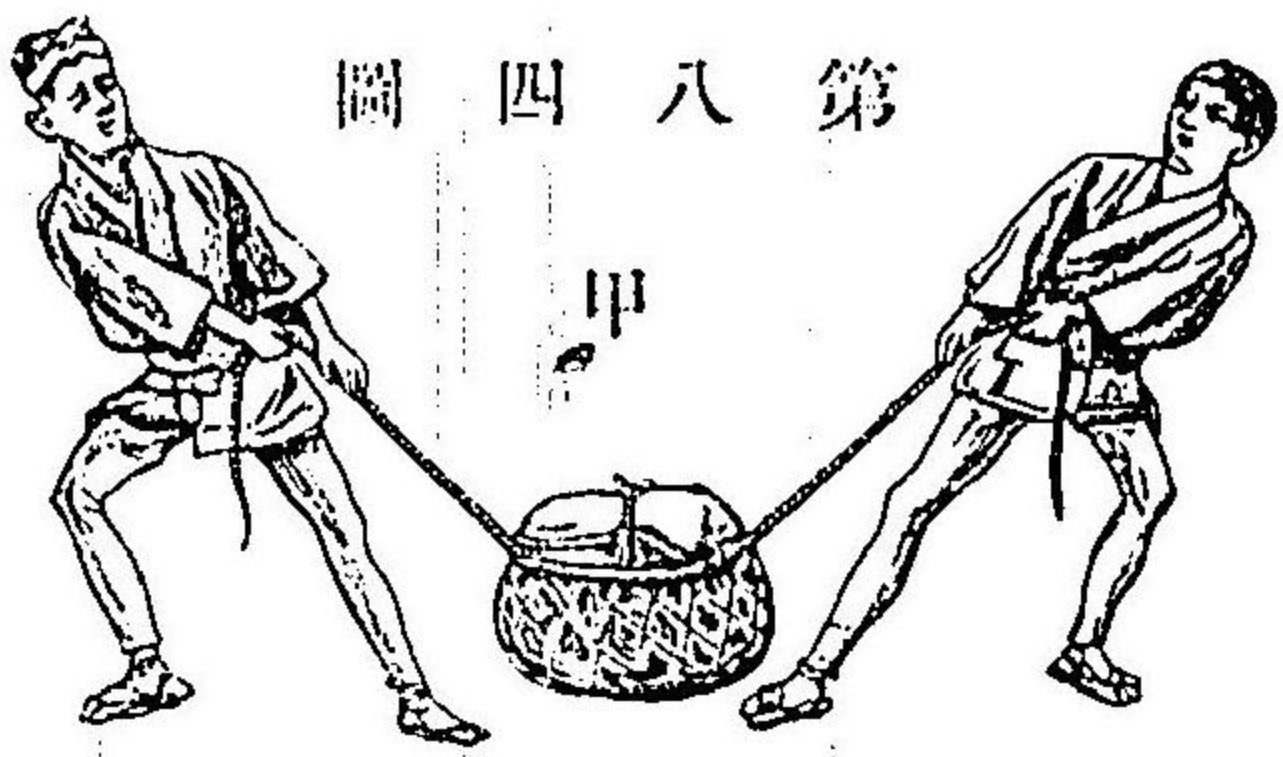
充

合力の應用 二力の合力は、前述の如き作圖法にて求めらるべきものなるにより、直ちに次ぎの事項を知ることを得べし。

(1) 同じ強さの二力について云へば、其の二力の方向が大なる角を爲す程、合力は小さく、小なる角を爲す程、合力は大

二直角をなせる場合を最大と見
ての言葉なり

第八四圖



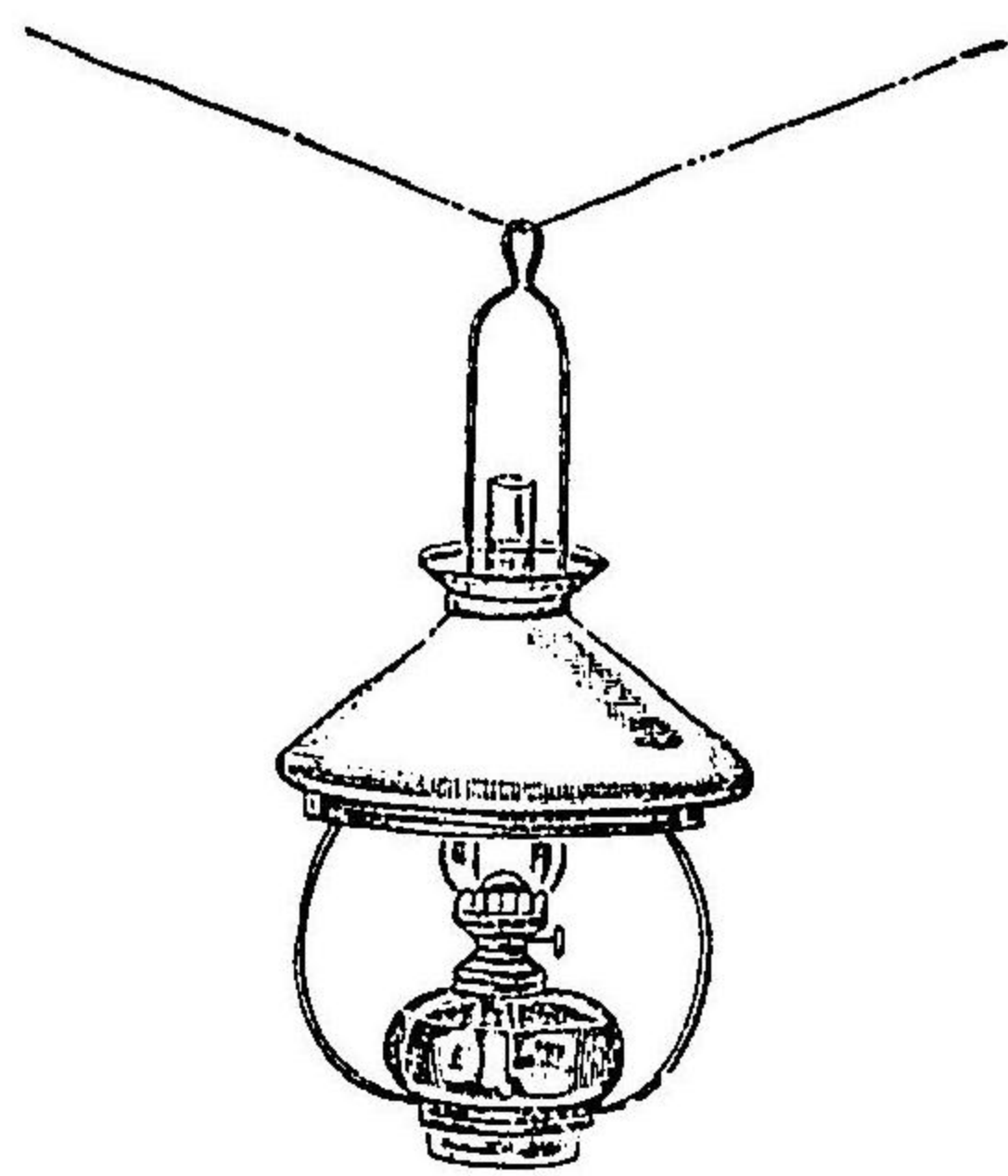
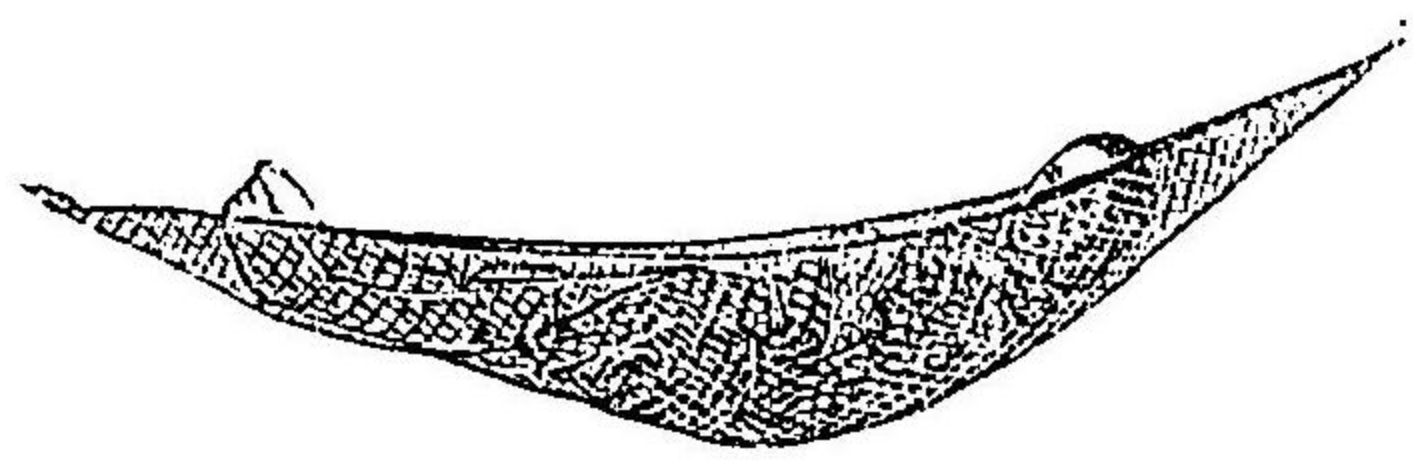
乙



なり。

(2) 其の極限の場合として、二力の方向が二直角を爲すときは、其の合力は二力の差にして、二力の方向が相合したるとき

は、其の合力は二力の和なり。
(1)の理由に基づき、第八四圖甲の如くする時は、乙の如くするよりも勞多く、横にピンと張りたる繩に物をかくる場合には、第八五圖、存外其の



第八五圖

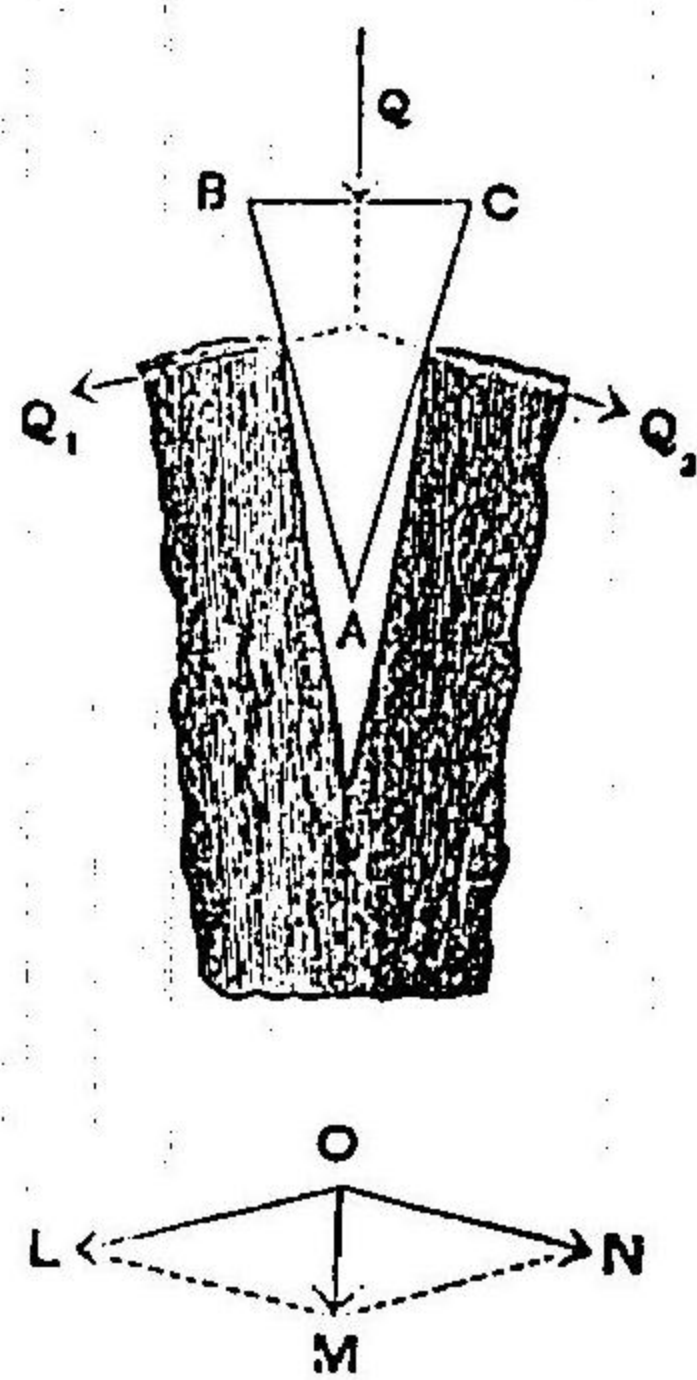
繩の切れ易きものなり。

【問題】 第八二圖の $\triangle ABC$ の如き平行四邊形が次第に平たくつぶれて、遂に一直線に合したるときは、其の場合の對角線 AE は、二邊 AB AC の差なることを證せよ。

七〇

楔 第八六圖に於て、 Q の方向に楔を打込むときは、其の力は Q_1 と Q_2 との方向に働く二分力となる。其の二分力と始めの力との大きさの割合は、別に下に示せる平行四邊形 $OLMN$ に於て、 OM と OL (若しくは

第八六圖



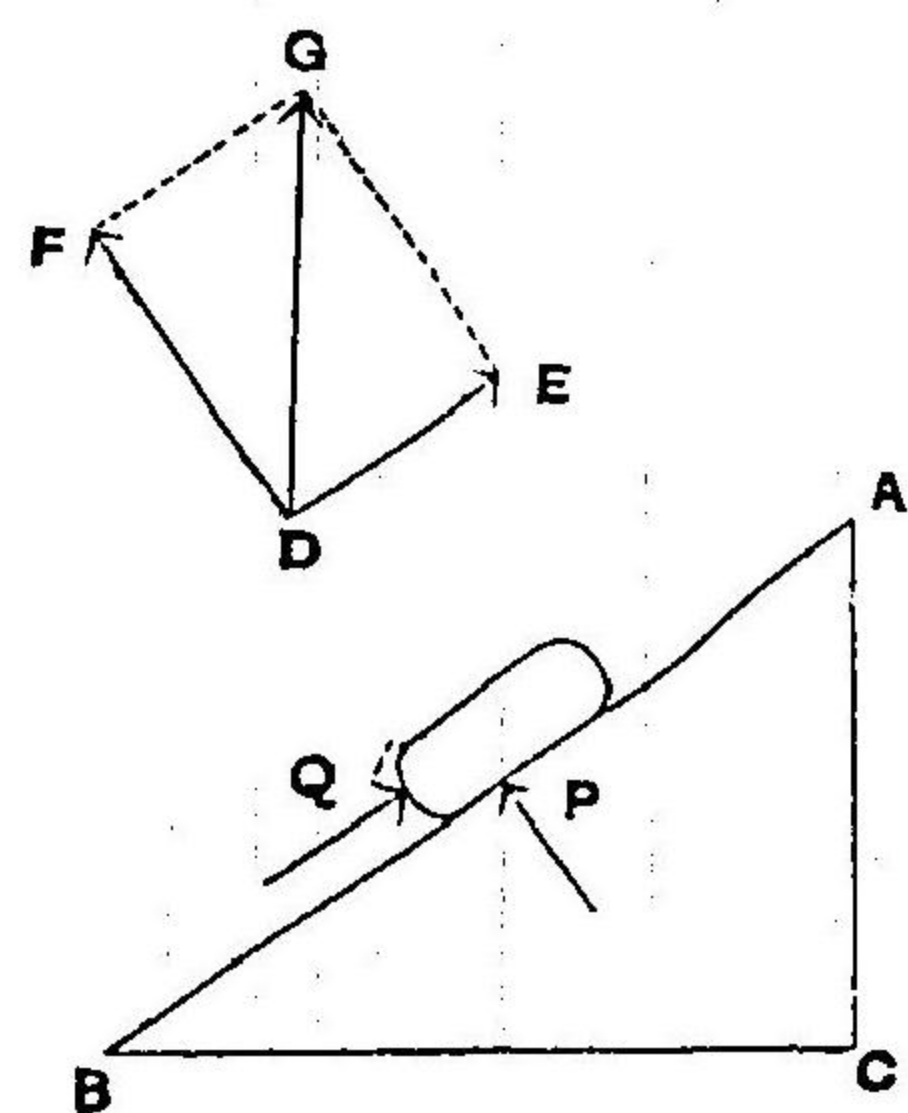
ON) との割合を知ることによりて知らるべし。而して幾何學の示すところに依れば、三角形 OLM は、楔の形 ABC に相似形なるが故に、つまり楔に加ふる力と、其の楔が物を押し開く力

(1) 第八七節参照

七一

この割合は、楔の斜面の長さ AC と、其の厚さ BC との割合なることを知る。實際は楔の斜面が完全に滑かならざる故に、此の計算の示すところよりは利するところ少し。

第八七圖



斜面 斜面上に置かれたる物體が、斜面に沿うて働く力によりて支へらるゝ場合は、其の力 Q 第八七圖と、斜面が此の物體を押し力 P との合力が、丁度此の物に働く重力に釣合ひ得る場合に外ならず。故に別圖に於ける DG が、物體の重力に釣合ひ得る力を示すとせば、此の合力を生ずる爲の P と Q との二力の大きさは、それぞれ DF DE の長さに依りて示さるべし。従つて物體の重さと、之を支ふる爲の力 Q との比は、 DG の DE に對する

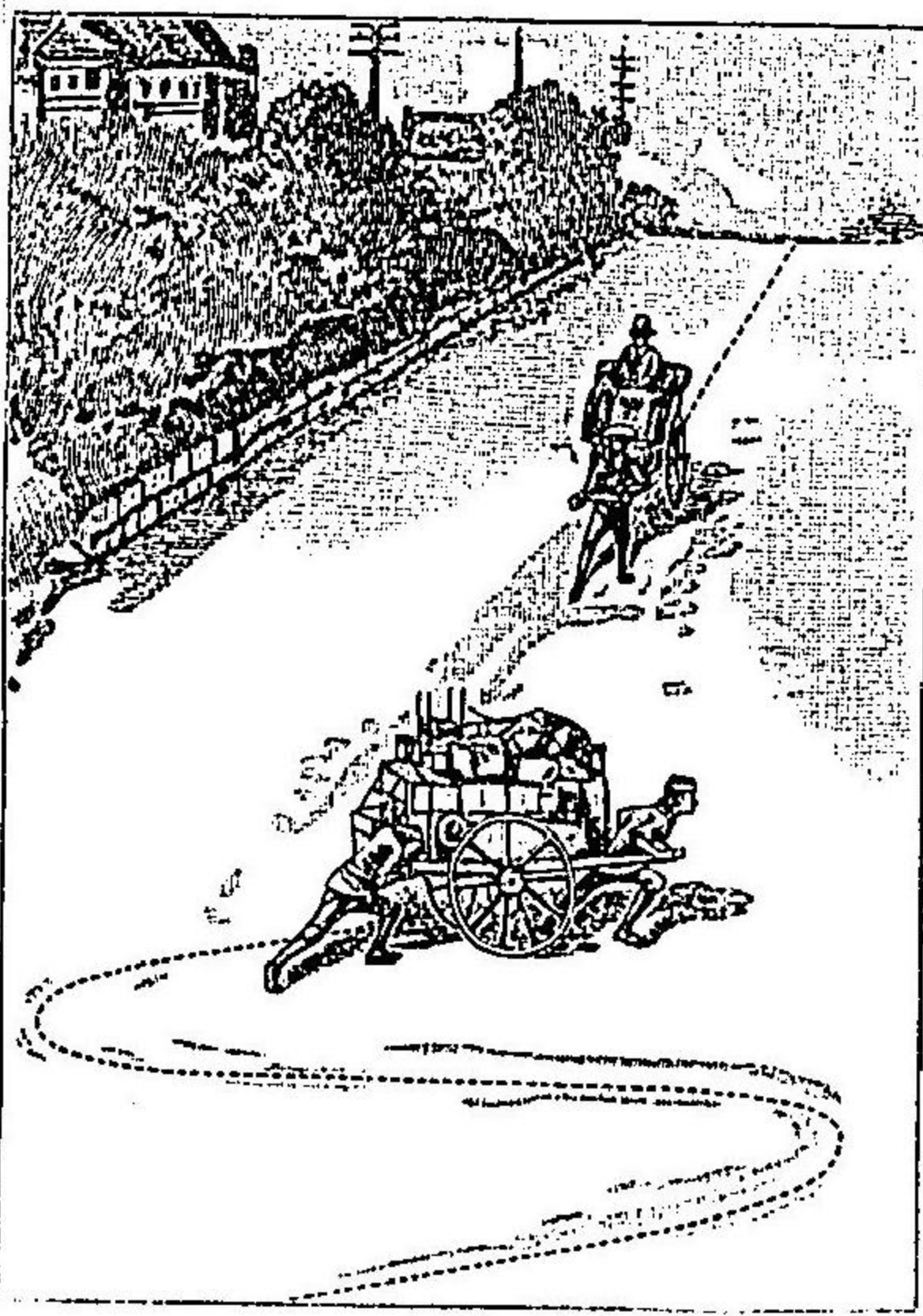
比に等し。而して幾何學の示す所に依れば、三角形 DEG は三角
 角形 ABC に相似なるが故に、 DG の DE に對する比は、即ち斜面の
 長さ AB の其の高さ AC に對する比に等し。

坂路に車を引上ぐるに、ウ
 ネくと長き路をとりて第
 八圖の長さを増して、其の高
 さとの比を小ならしめんと
 する手段なり。

七

三力以上の合力 三力以
 上の合力を求むるには、二力の合力を求むる方法を幾回に
 ても重ねて行へばよし。これ此の方法の一步一步が合理
 なる故、最後の結果も亦合理ならざるべからざればなり。

第八圖

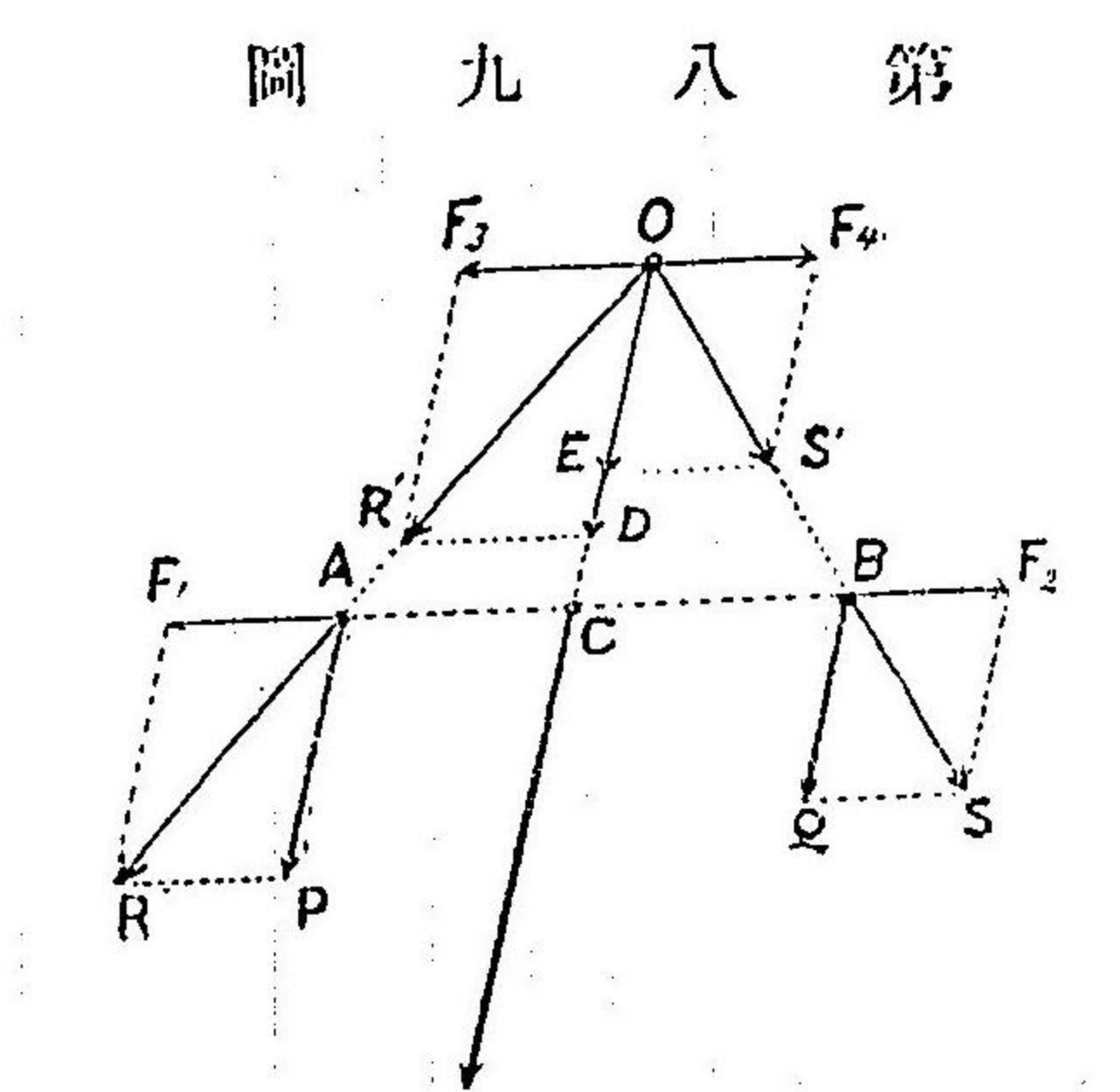


(1) 平行力が反對の
 方向に向ふ場合
 は第八一節に論
 ずべし。
 (2) 前節に述べたる
 ところに從つて
 合力を求むるは
 其の順序に無關
 係なるが故に、此
 の四力の合力を
 求むるに、先づ
 AF の合力を求
 め次に他に及ぼ
 して見れば、直
 ちに下文の眞な
 るを知るべし。

七

而して與へられたる力の合力は、只一つより外になき事は
 事實上より慥なるが故に、右の方法を行ふについて、取合は
 すべき力の順序を如何に變ずるとも、終に同一の結果に達
 すべきは必然の理なり。

平行なる二力の合力



或剛體の二點例へば上圖の AB に、
 二つの平行力 AP BQ が働く場合の合
 力を求めんに、先づ注意すべき事は、
 求むる合力は、此の二平行力の外、更
 に AF BF の二力共に AB 線上にありて、
 強さ等しく方向相反する二力が夫
 夫 A B に働き居る場合の合力に等
 しきことなり。而してこの四力の
 合力は、圖の AR BS 二力の合力に等しく、此の二力の合力は、着

(1) 此の四力は、OR、OS、OS'、OR'を對角線となし、各邊がABとAPとに平行なる二つの平行四邊形の邊なり。

力點を、共にO點に移したるOR、OSの二力の合力に等し。此のOR、OSの合力は、圖に示せる四力、OF、OD、OF、OEの合力に等し。さて此の四力の合力は、OF、OFが相等しくして方向正反對なる二力なるが故に、つまりOE、ODの二力の合力、即ちこの二力の和に等し。而して此のOE、ODは、それぞれBQ、APに等しきが故に、結局最初の二平行力、BQ、APの合力は、其の大きさ此の二力の和に等しく、其の方向此の二力に平行なるを知る。次に此の合力の着力點を圖のO點に移し、其のO點の性質をしらべんに、

$$AO : CO = RD : DO = RP : AP$$

$$BC : CO = S'E : EO = QS : QB$$

$$\therefore \frac{AO}{CO} \times \frac{CO}{BC} = \frac{RP}{AP} \times \frac{QB}{QS}$$

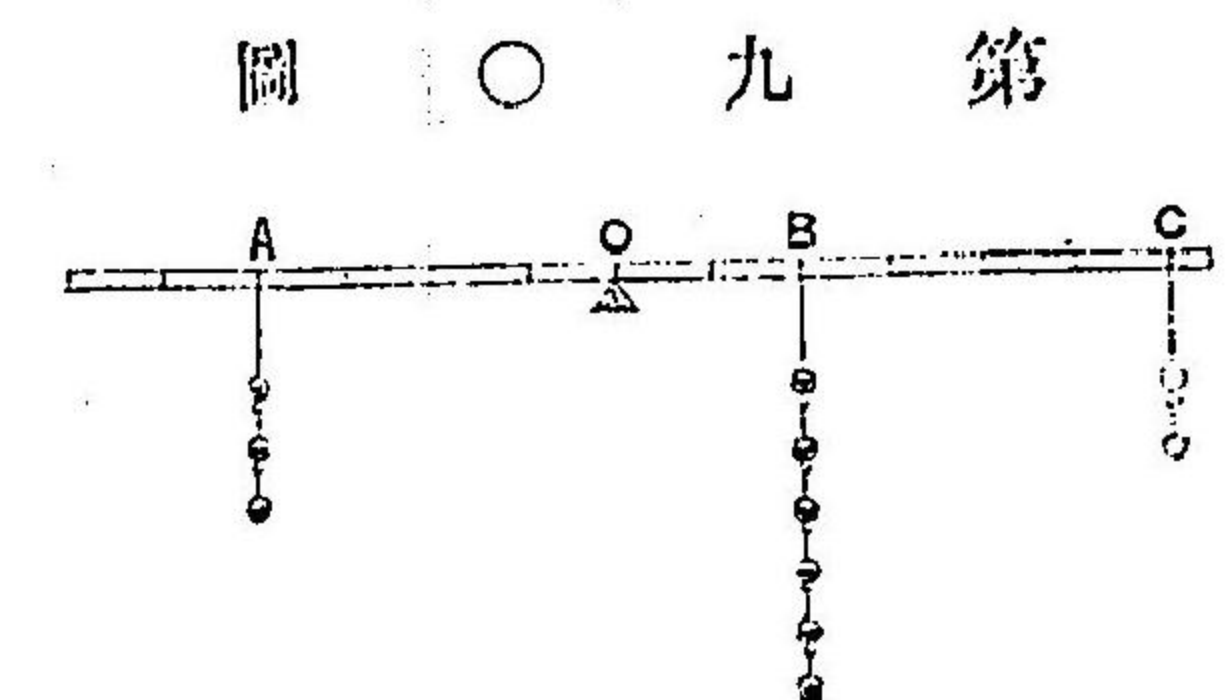
$$\text{然るに } RP = QS \text{ なるが故に } \frac{AO}{BC} = \frac{BQ}{AP}$$

なり。

此の結果によりてO點はAB線を、APとACとの積がBQとBCとの積に等しくなるやうに内分したる點なることを知るべし。

七 挺子

上圖に示すが如くして、一點に於て支へられたる棒



のある一點に、棒に直角に働く二力を加へて試むるに、力の大きさと支點より其の力の働く點までの距離との積が、兩方に於て相等しき時は常に釣合を得ることを見る。これ前節平行なる二力の合力の着力點に關する推論の結果を、事實の上に證明したるものなり。支點より力の方向線に下したる垂線の長さ、と、其の力との積を、其の支點の周りの其の力の能率と云ひ、其の垂線の長さを其の能率の臂と云ふ。此等の語を用ひ

能率 臂

挺子の法則

挺子の法則の擴張

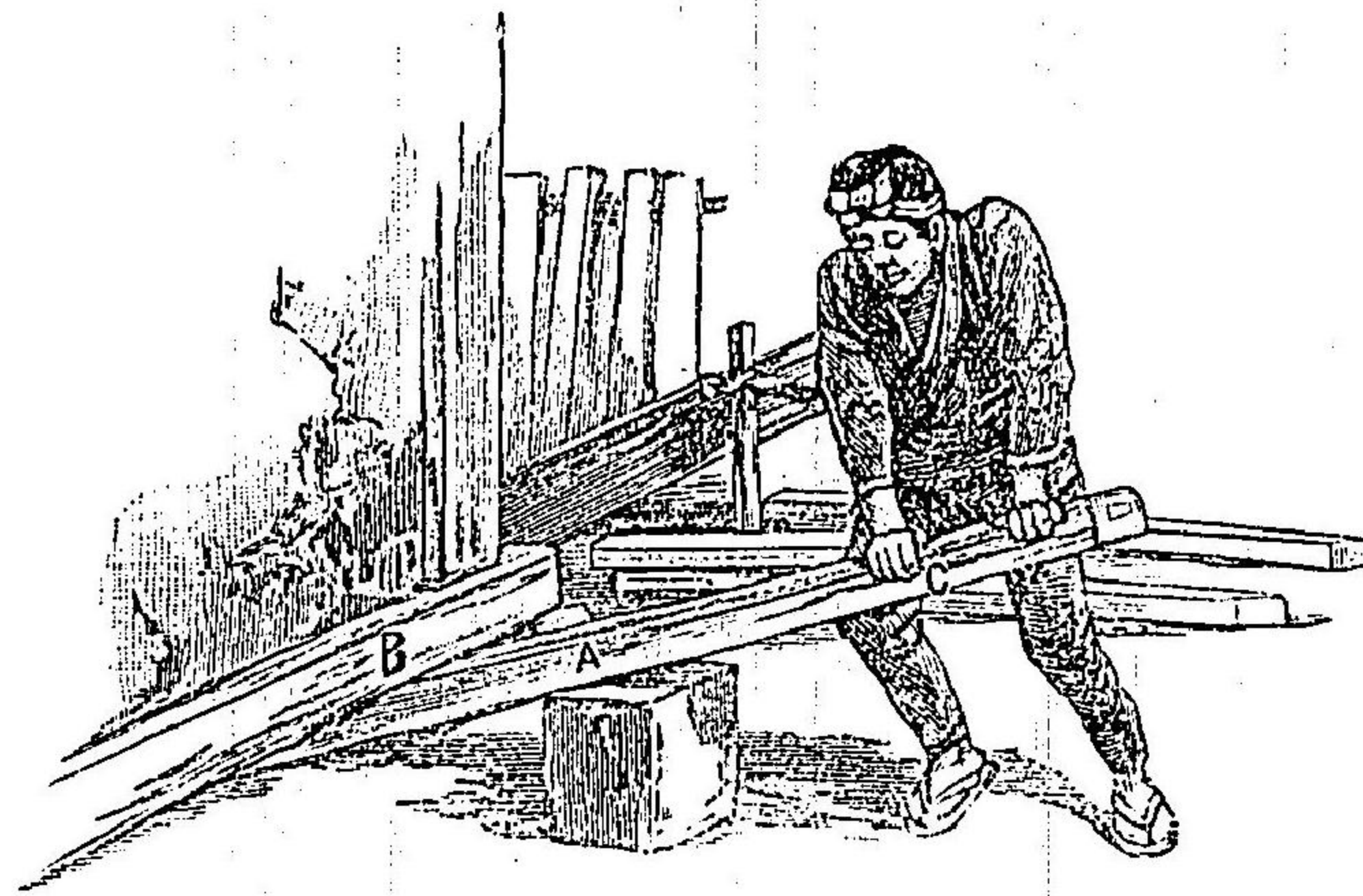
て、前の事實を言ひ表はせば、挺子は其の支點の周りに、之を

反。對。の。方。向。に。廻。さ。ん。と。す。る。二。力。の。能。率。が。等。し。き。時。に。釣。合。を。得。と。云。ふ。を。得。べ。し。之。を。挺。子。の。法。則。と。云。ふ。

而して能率の價は、臂を長くすれば其の割合に力を減少しても、變りなきものなるに徴して、挺子が簡單にして便利なる器械なる所以を理解すべし(第九一圖)。

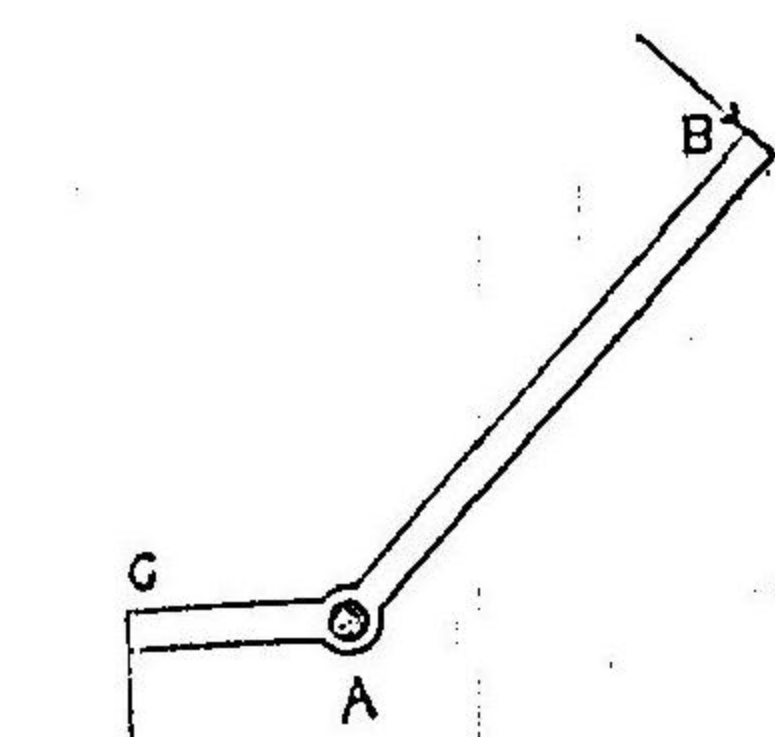
廻さんとする強さは、前述の如く、全く其の點に關する能率

圖一九第



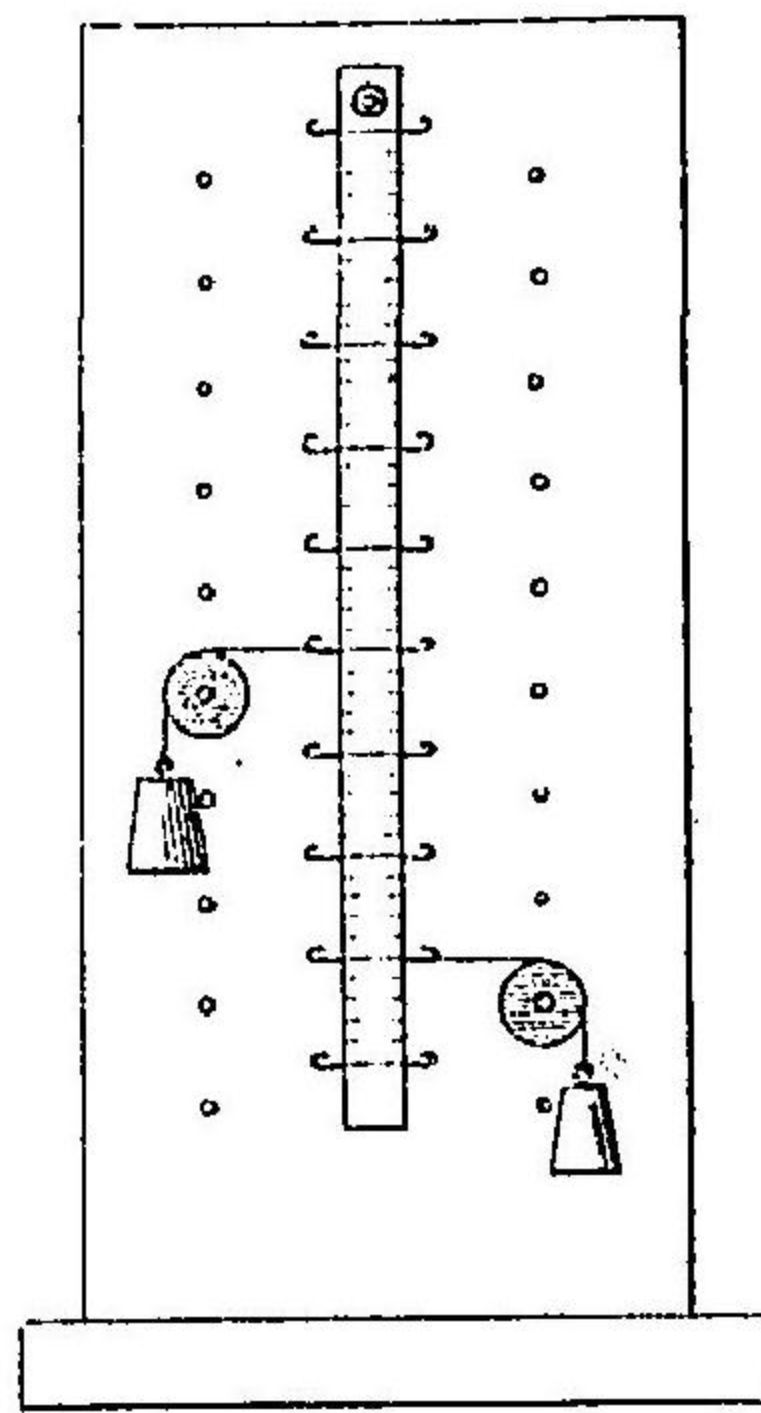
の大きさに依つて決定するものなるが故に、第九二圖の如く、

圖二九第



棒が曲り居る場合、又は第九三圖の如く、支點が棒の一端に

圖三九第

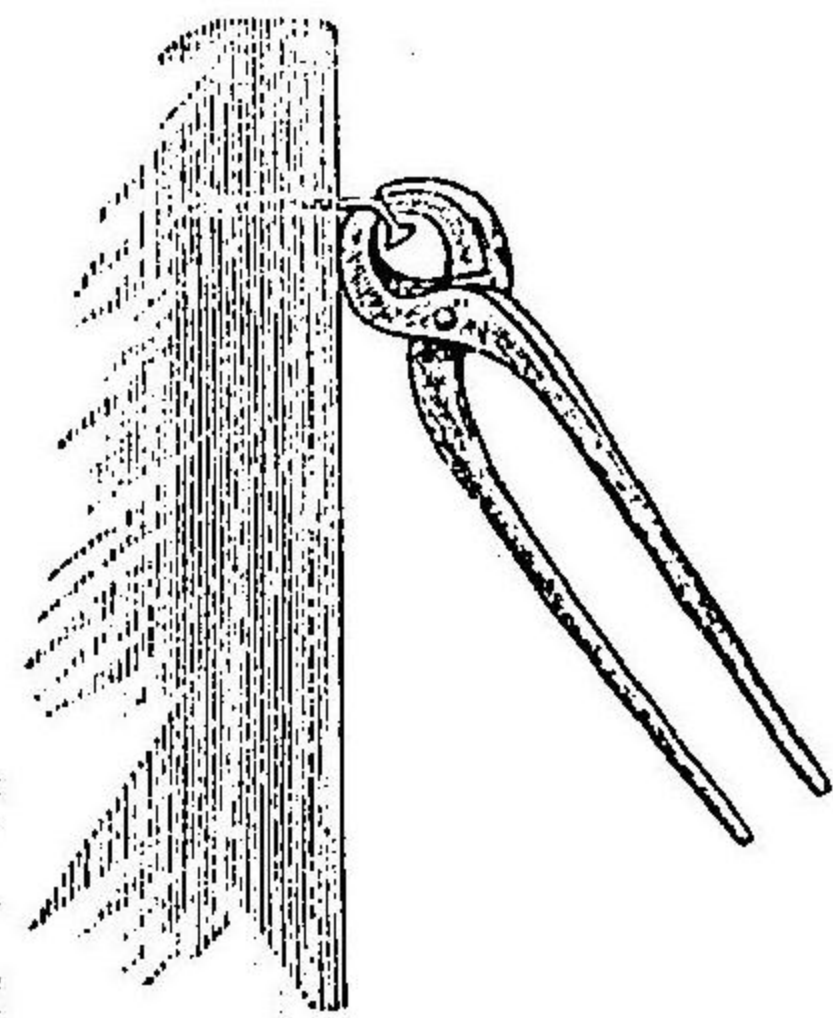


在る場合等も、釣合を得る條件には變りなし。

剪刀等を使用する場合、釘抜にて釘を挟む場合、又之を抜く

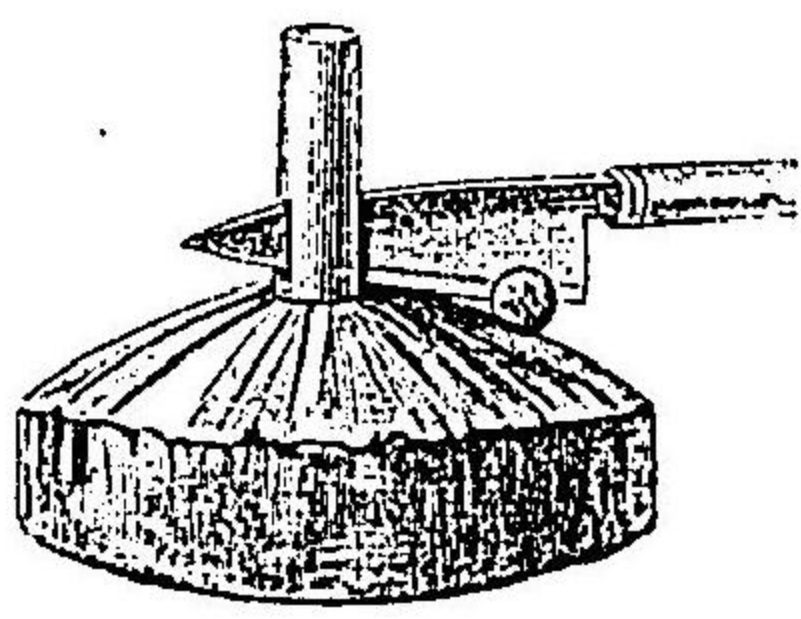
挺子の法則の應用

圖四九第



場合(第九四圖、第九五圖)の如き仕方にて物を切る場合等に、如何にせば力に利あるべきかは、皆上述の理に

圖五九第



よりにて解くことを得べし。

【問題】(1) 真直なる挺子を用ふるに、力を棒に直角に働かしめねば不利なりと云ふは何故。挺子が曲り居らば如何なる方向に力を加ふるが最も有利なるか。

圖六九第



(2) 第九六圖の如くして物を運ぶ場合に、荷物の目方二十貫にして、肩と肩との距離五尺、荷物は前の肩より三尺後に懸れりとせば各人の肩にかゝる目方各幾何。

(3) 前問に於て棒の長さ六尺あるときは、荷物の重さを一と二との割合に分擔せんとするには、如何なるところに肩を當つべきか。

圖七九第

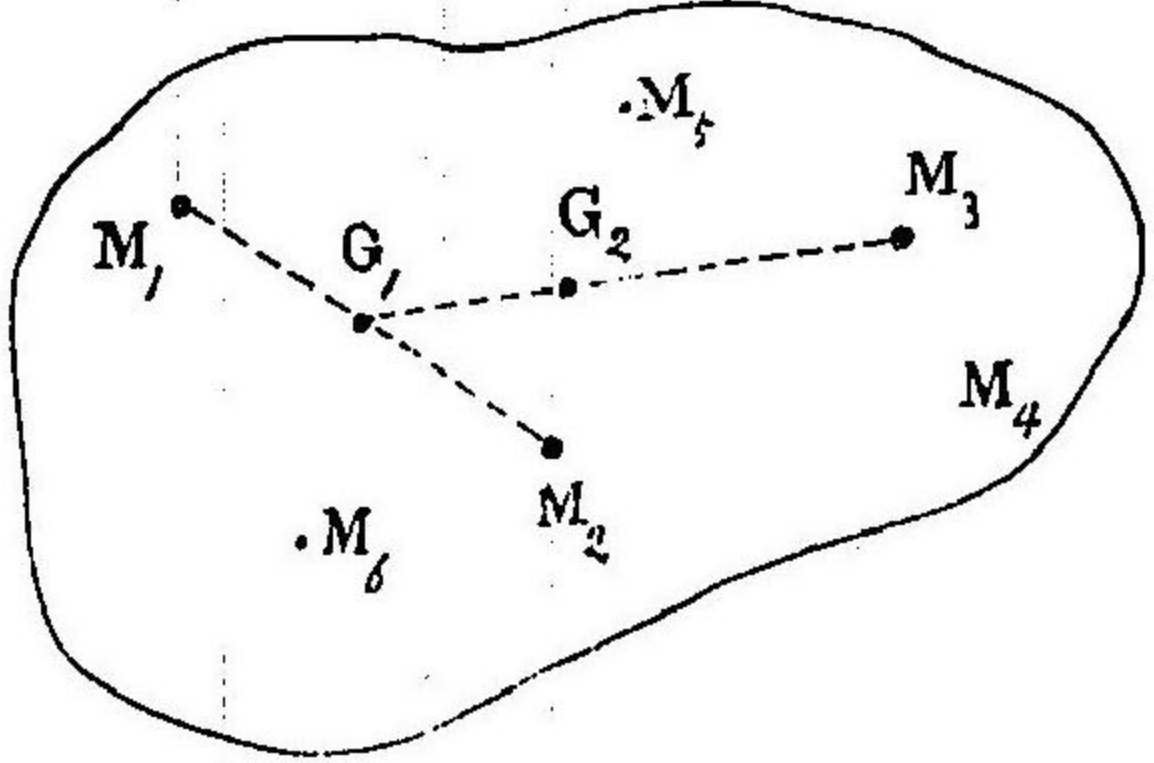


(4) 上圖の如くして物を荷ふ場合に、後方の荷物と釣合ふためには、前方の棒を短くして荷物を大ならしめても可なるわけなり。かくすれば肩にかかる目方に如何なる變化あるか。

七五

重心 ある物體に働く地球の引力は、實際其の物體の各部に働く平行力なれども、それ等の力の合力が、物體の位置如何に係はらず、常に働くところの一定點あり。此の一定點を其の物體の重心といふ。物體に重心なかるべからざる理由は、次の如く考ふれば明らかなり。第九八圖に示す物體が、 M_1, M_2, M_3, \dots 等の無数の質點の集りより成れるものとすると、 M_1, M_2, M_3, \dots の質點に作用する重力の合力は、 M_1, M_2, M_3, \dots を連ねたる直線上の一定點 G_1 を通る。而して G_1 點の M_1, M_2, M_3, \dots 直線上の位置は、物體の位置如何によりて變ることなし(第七三節)。次に G_1 に働く合力と、 M_1, M_2, M_3, \dots とを連

圖八九第



に働く重力との合力を考ふるに、其の合力は G_1 と M とを連

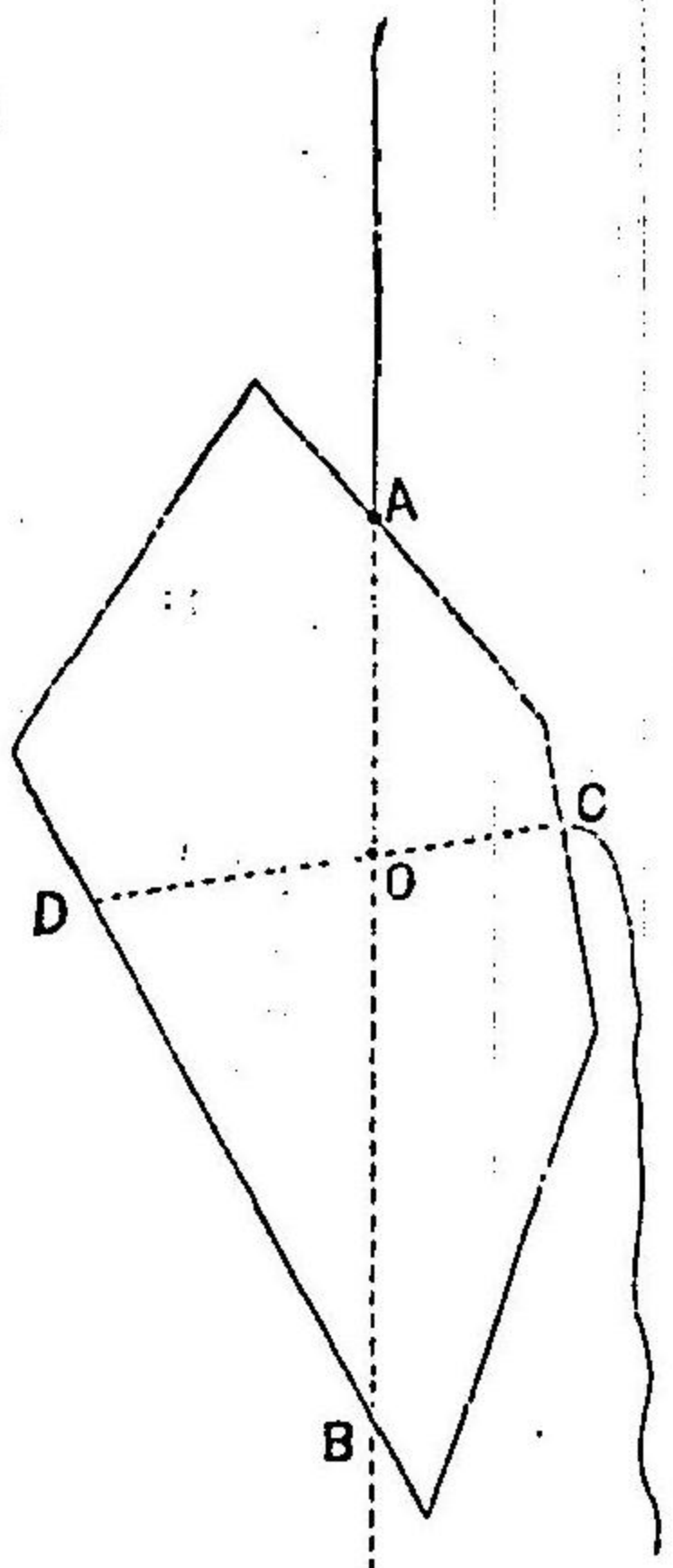
ねたる直線上の一定点 G_2 を通過し、 G_1 の G_1M_1 線上に於ける位置は、物体の位置如何によりて變ることなし。かくの如き推論をどこまでも繰り返すときは、最後に、此の物体全體に働く引力の合力が、或一定點を通過して、其の一定點の位置は、物体の位置如何によりて變ぜざるものなりと云ふ結論に達すべし。

【七】

重心の位置

物体の重心を求むるには、先づ其の物体の一

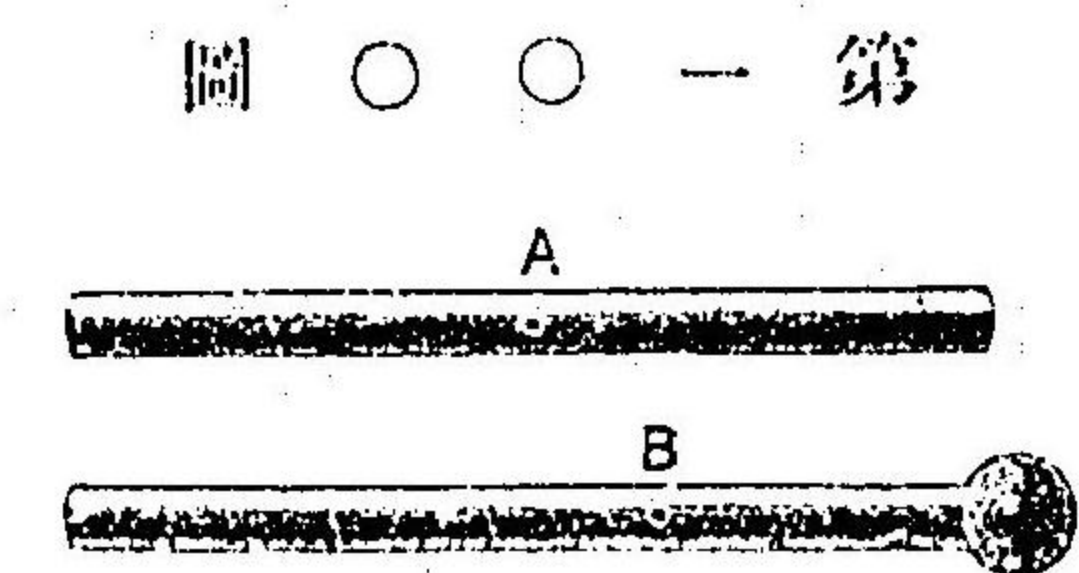
第九圖



點例へば A (第九圖) に絲をつけて之を吊し、その絲の方向線 AB を記し、兎に角重心は AB 直線上に

あるべきことを知る。重心が若し此の直線上にあらざれば、絲の引く力と重力とが、釣合を得る筈なければなり(第六六節)。

次に他の任意の一點 C に絲をつけて同様の事をなし、重心は又 CD 線上にあるべきを知る。既に此の二直線を得れば、其の交點が即ち重心ならざるべからずと知り得べし。



太さ一様なる棒の重心は、其の中央部の一點にあれども、若し其の棒の一端に重き球を附くれば、重心は、其の方に移るべし(第一〇〇圖)。斯の如く重心は總べて物体の重き方に偏在するものなり。又「く」の字形の針金に於て見る如く、重心は物質のなきところに在ることあり

【七】

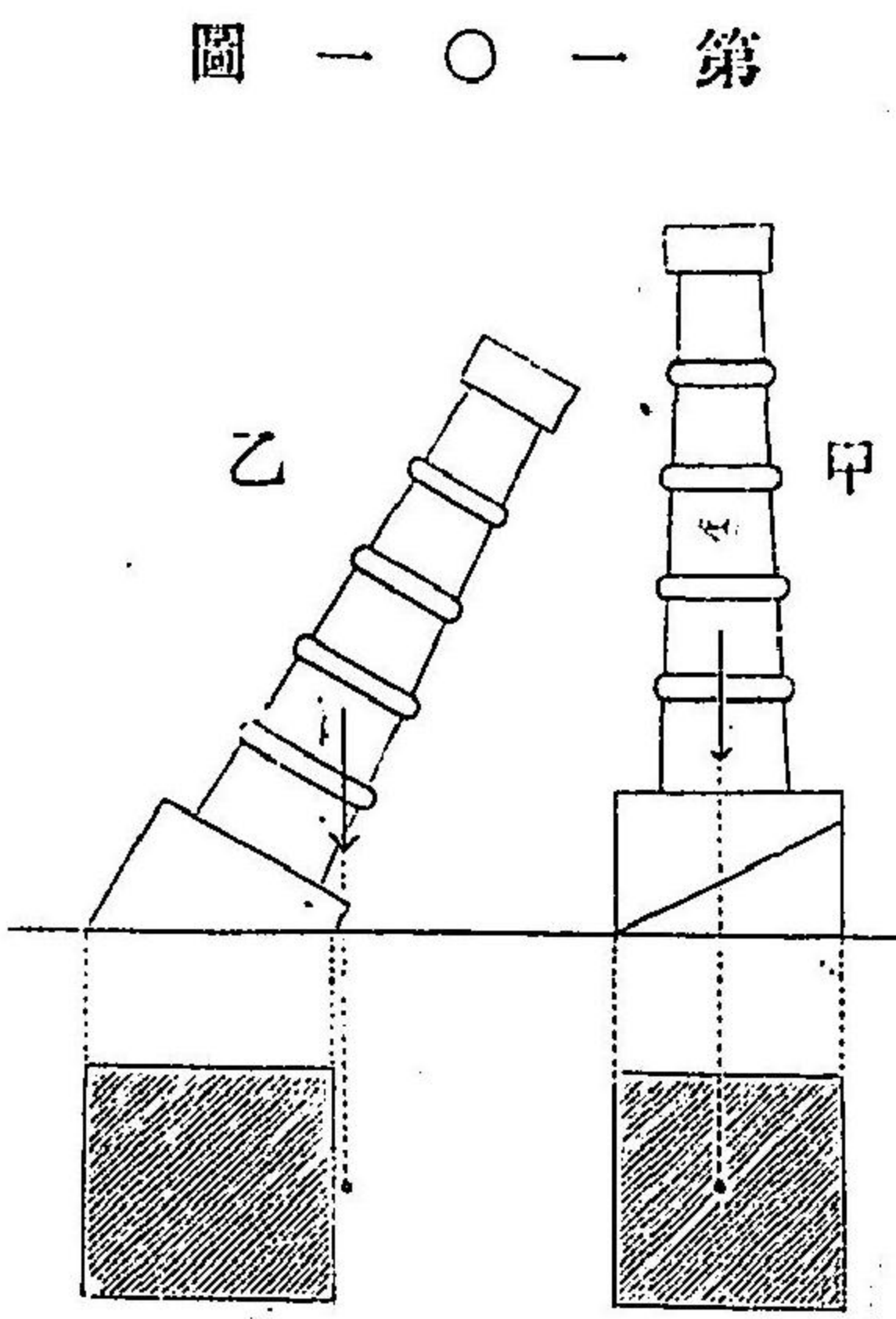
物体の坐り

物体の重心は、各部に働く重力の合力の働く點なるが故に、地球は其の物の重さに等しき力を以て、此の點をのみ引き居るものと見做し得べし。故に第一〇一圖の乙の如く、其の重心を貫きたる鉛直線が基底の外に落つ

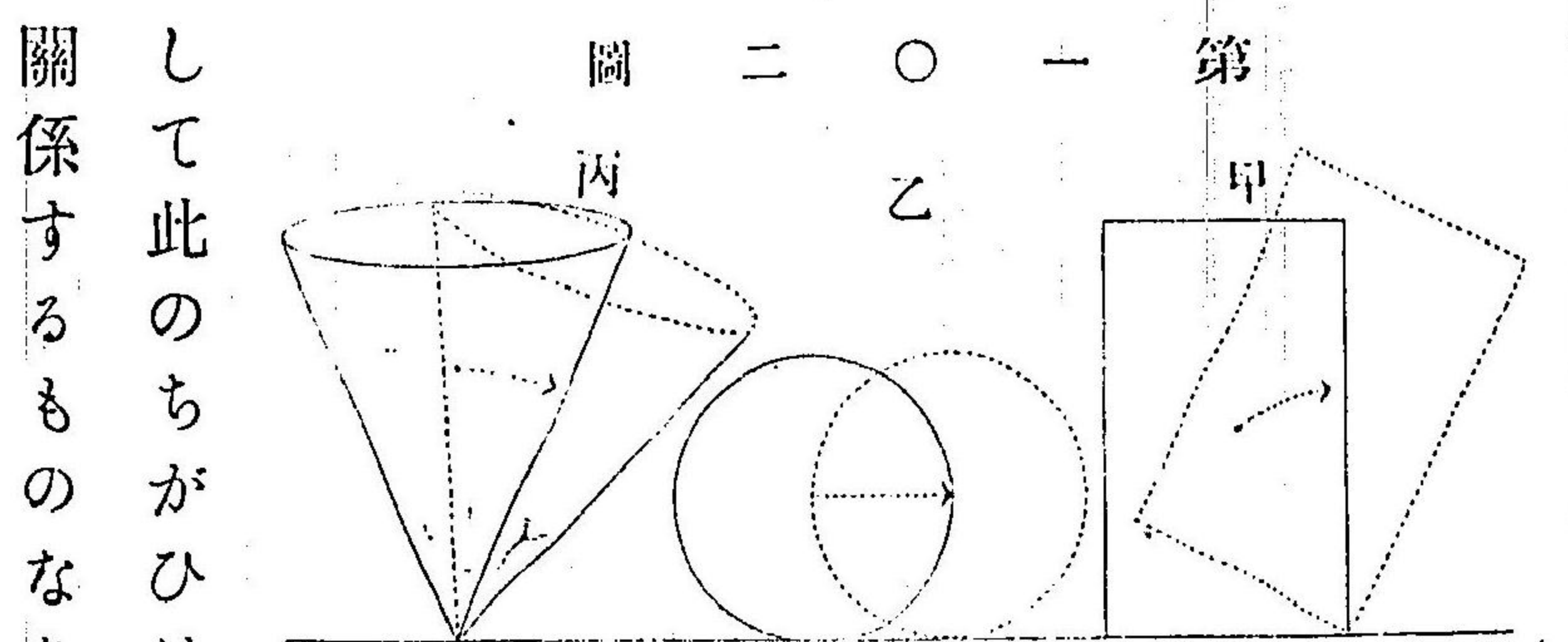
坐りの三種

る場合には、此の物體を倒さんとする重力の能率に對し、之に反對する能率が他になきを以て、此の物體は倒るべく、之に反して甲圖に示す如く、かゝる鉛直線が基底の内に落つるときは、其の物體は倒るゝことなし。されば或物體が坐るか倒るかかは、其の重心を貫きたる鉛直線が、其の基底内に落つるか否かを見て知ることを得べし。

物體の坐りには三種の別あり。(1)は第一〇二圖甲に示すが如く、物體を傾くる時は、重心が一層高くなるものにして、之を**安定の坐り**と云ひ、(2)は同圖乙に示すが如く、物體を



第一〇二圖



第一〇一圖

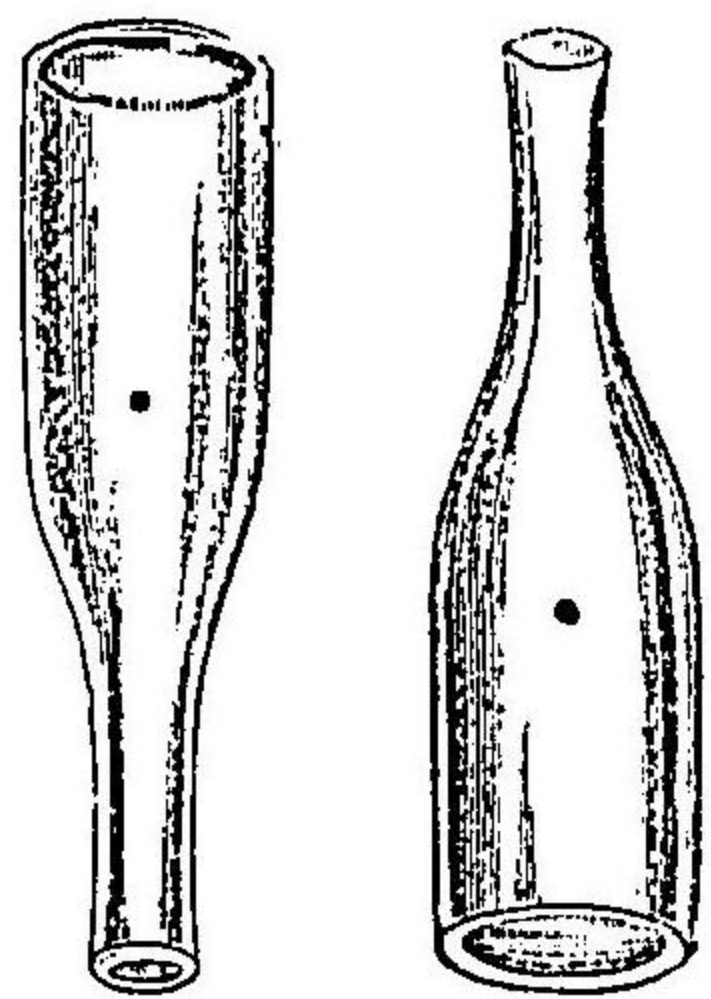
關係するものなり。

して此のちがひは、基底の廣さ、重心の高さ、物體の重さ等に

動かす時、重心の位置は、高くも低くもならぬものにして、之を**中性の坐り**と云ひ、(3)は同圖丙に示すが如く、物體を少しく動かせば、重心は愈々低くなるものにして、名づけて**不安定の坐り**と云ふ。

安定の坐りにも亦程度の差あり。例へば倒に立てる壺は倒れ易く、普通に立ちたるはそれよりも倒れ難し、第一〇三圖。而して此のちがひは、基底の廣さ、重心の高さ、物體の重さ等に

第一〇三圖



【問題】(1) 倒れたる不倒翁の起き上るは何故なるか(第一〇四圖)。

(2) 重き物を抱へたる人が體を後方へそらすは何故(第一〇五圖)。

第一〇四圖

(3) 壁を背にして立ちたる人が

膝を屈せずして足許のものを

拾ふこと能はざるは何故。

(4) 車に荷物を積むときは重き

ものを下にするは河故。

第一〇五圖



【六】

彌次郎兵衛

小兒の玩具に彌次郎兵衛と稱する上圖の如

きものあり。其の重心は圖のA點にあ

るが故に、如何に之を傾けても、Aが支點

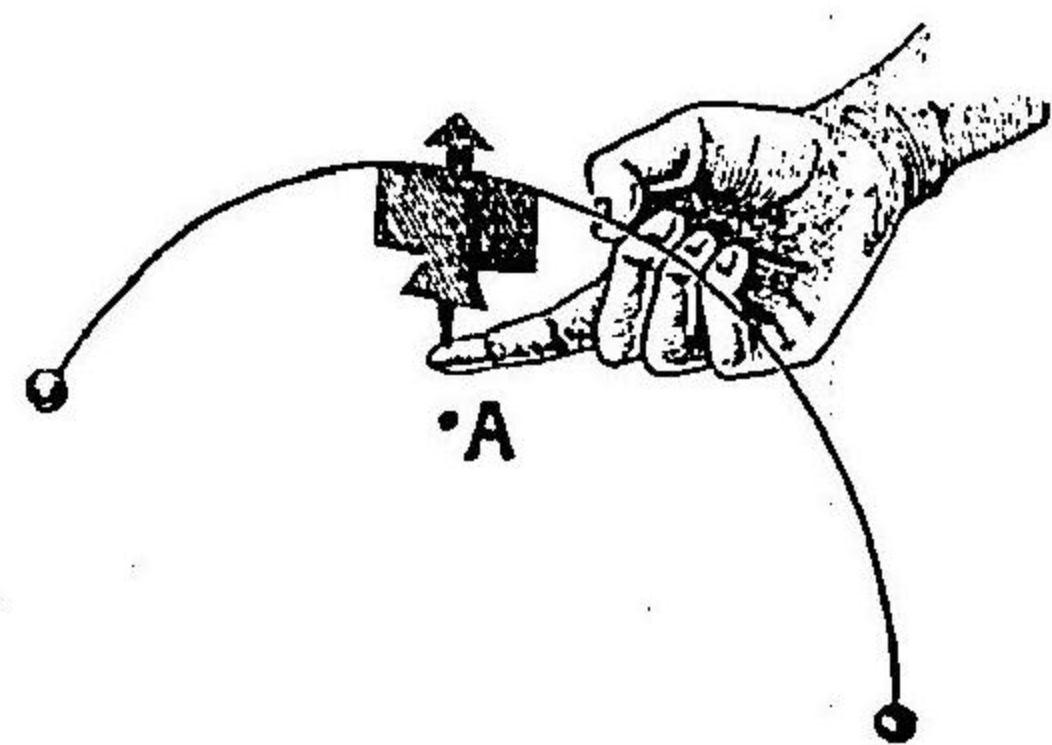
の直下に來て、始めて靜止す。若し其の

一方の球に重さを増し加ふるふときは、彌

次郎兵衛は或位置まで傾きて再び靜止

す。これ彌次郎兵衛が傾き始むるとき

第一〇六圖



す。これ彌次郎兵衛が傾き始むるとき

【七】

天秤

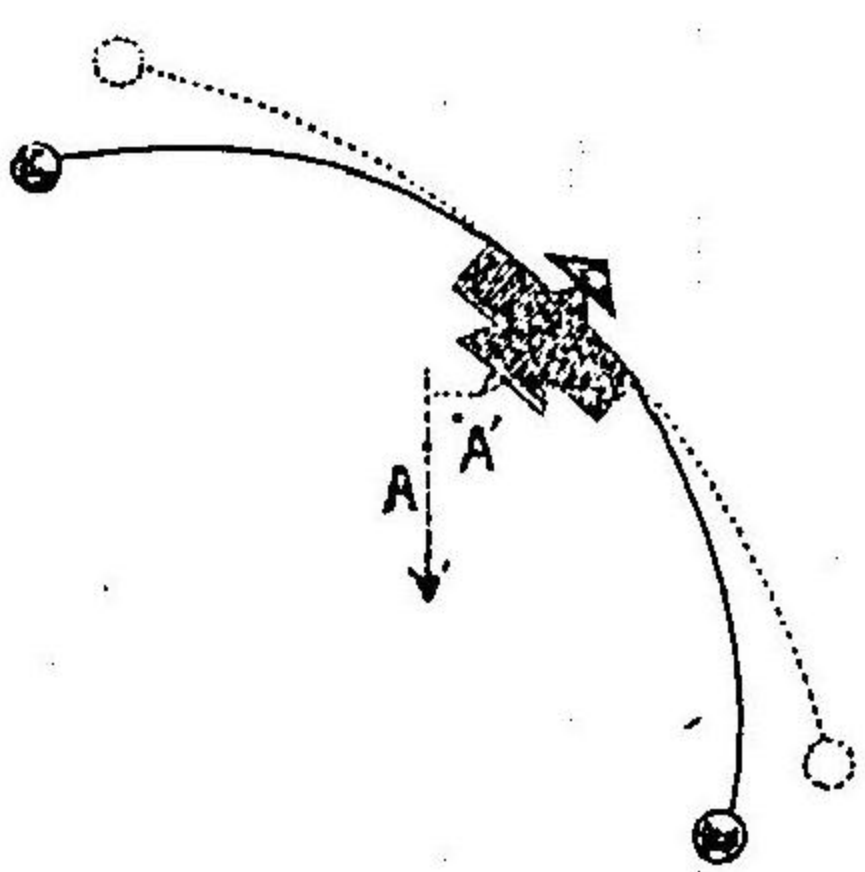
右の彌次郎兵衛に關して述べたる事項は、直ちに移

して天秤の性質を學ぶに利用するを得べし。天秤は輕く

丈夫なる棒の中央に支點を有し、其の兩端の各に、分銅と物

體とを載すべき皿をかけたるものにして、棒の重心は、棒が

第一〇七圖



は、重心Aに働く重力が、之を舊位置に引き返さんとする能

率を生じ、其の能率の價は、傾きの大なる丈け益、大なるもの

なるが故に、遂に釣合を得るに至るな

り(第一〇七圖)。彌次郎兵衛の球を上

あげて、其の重心Aを一層支點に近き

Aに移せば、傾ける彌次郎兵衛を舊に

引戻さん爲の能率の價が減少するが

故に、其の彌次郎兵衛は、球の重さの少しの不公平に對して

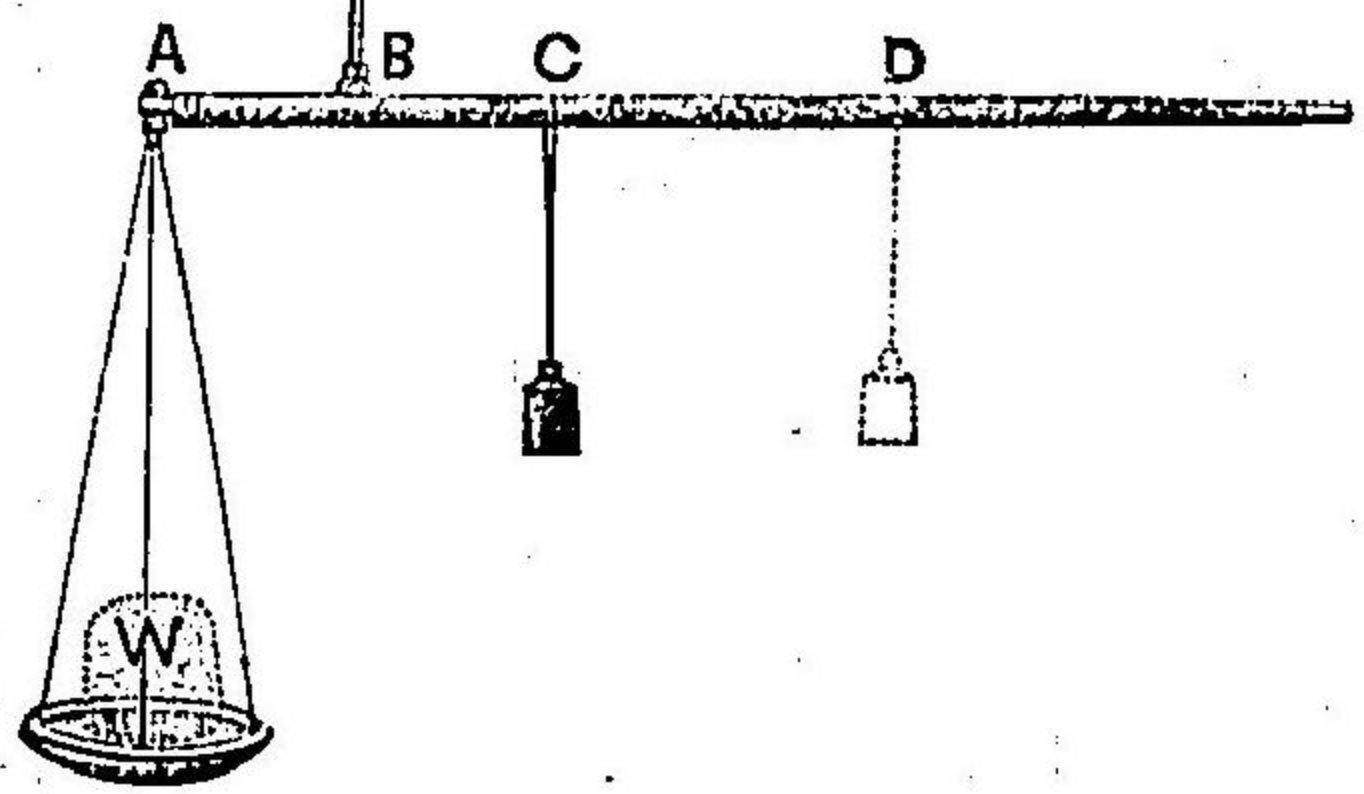
多く傾く。

水。平。の。位。置。に。あ。る。と。き。支。點。の。直。下。に。あ。り。又。支。點。と。棒。の。兩。端。の。皿。の。か。ゝ。れ。る。二。の。點。と。は。同。一。直。線。上。に。あ。る。も。の。な。り。今。一。方。の。目。方。に。少。許。の。過。不。足。あ。れ。ば。天。秤。は。傾。き。て。再。び。釣。合。の。有。様。に。な。る。其。の。傾。き。の。程。度。は。棒。の。重。心。に。働。く。力。の。支。點。に。關。し。て。の。能。率。の。大。さ。に。よ。り。て。決。定。せ。ら。る。さ。れ。ば。棒。

の。重。心。が。愈。支。點。に。近。く。棒。の。重。さ。が。愈。輕。け。れ。ば。天。秤。は。愈。銳。敏。な。り。此。の。外。臂。の。長。き。こ。と。も。亦。天。秤。を。銳。敏。に。す。る。一。條。件。な。り。

桿秤 上圖に示す桿秤に於て、皿の空
なるとき、分銅をCに吊して平均を得
たりとせば、左を下げんとする能率と、
右を下げんとする能率とは、大き相等

第一〇八圖



桿秤の度盛

しく(後者は分銅の爲に生ずるものと、棒の目方の爲に生ずるものとの和なり)C點の位置は明らかに度盛りの零なり。今皿の上に質量Wを置きて、分銅をDに移して再び平均を得たりとせば、兩方の能率の増加は相等しかるべきが故に、次の關係あり。

$$W \times AB = \text{分銅の目方} \times CD$$

従つて $CD = W \times \frac{AB}{\text{分銅の目方}}$ なり。

右の式中、右邊の分數は、桿秤が既に出來上りて居る以上、一定の價を有するが故に、CDはWに正比例す。即ちWが十匁なるとき、CDの距離が一寸なりしと假定すれば、Wが二十匁なる時は、CDの距離は二寸となるべし。かくて桿秤の度盛りは、一度の長さが各部一様なる所以を知るべし。又前式に於ける分數の價は、分子の大なる丈、及び分母の

精密なる桿秤

小なる丈け大なるべきが故に、Wが同一の價を有すとしても、ABの大なる丈け及び分銅の輕き丈け、CDの距離は増大すべし。即ち各一匁の距離は長くなるべし。かくて分厘等の細かき度盛りをも施し得るに至る。精密を要する桿秤に於て、分銅は輕く、ABの距離は割合に大なるは之が爲なり。又取緒の二つある場合に於て、ABの距離の短きもの程、一定の目方に對する度盛りの間隔の小なる所以を理會すべし。

【問題】 重力の大きさは、場所によりて多少の差ありと云ふ。此の差は天秤と桿秤とに感すべきか。ゼンマイ秤に於ては如何。

六

偶力 第七三節に述べしことにより、第一〇九圖に於て平行なる三力P、Q及びP+Qは、 $AO:OB::Q:P$ なる條件の下にて釣合を得べし。此の場合に於て、Qなる一力はPとQとの二力と釣合を保ち居るとも見らるゝが故に、PとQとの合

QはQと等しくして正反對に向ふ力なりとす。

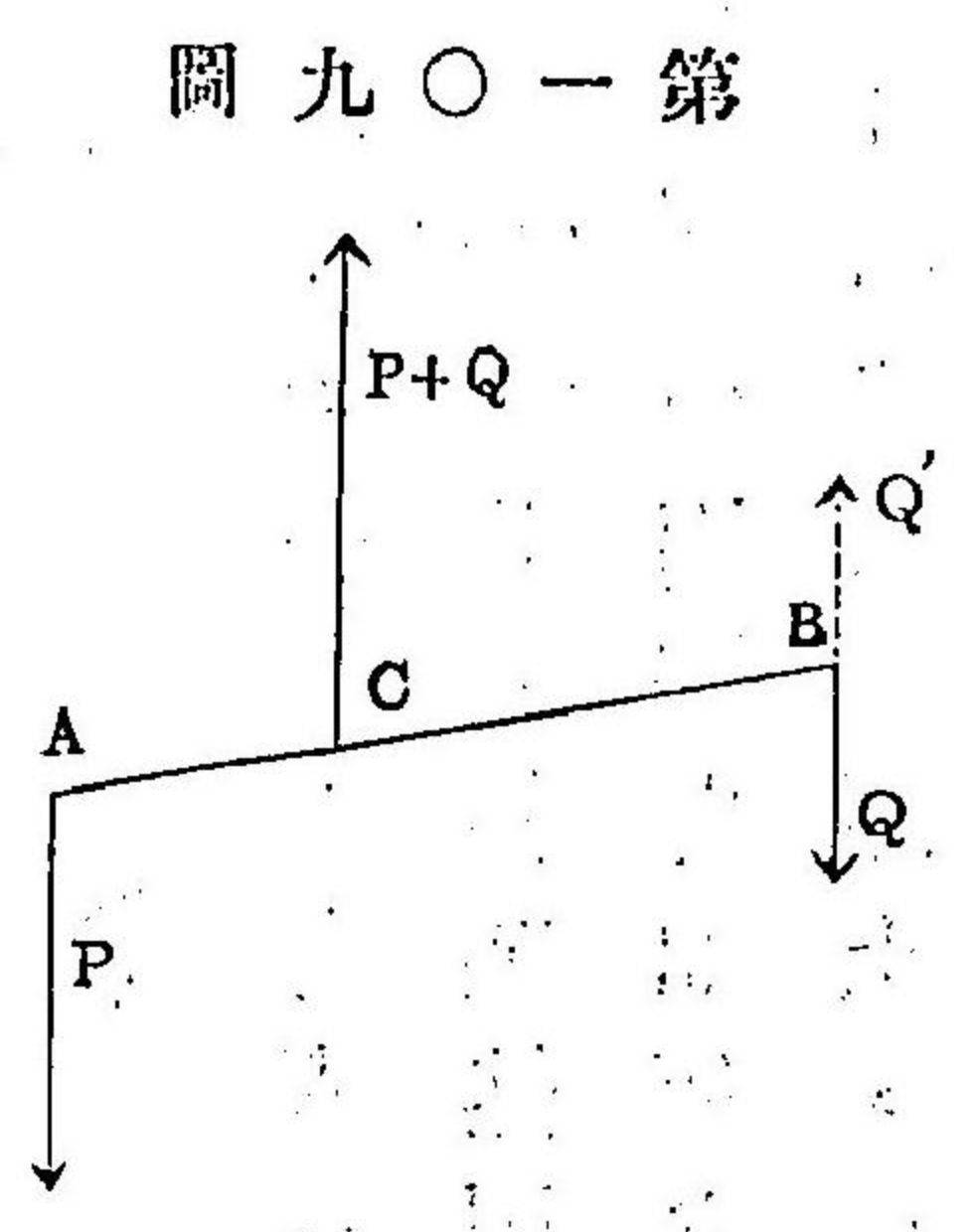
方向反對なる二平行力の合力の大き及び着力點

力は、圖に示すQなることを推知すべし。即ち反對の方向に向へる二力の合力は、其の大き二力の差に等しくして、大なる力の方に向へる力なることを知る。而して

$$AO:OB = Q:P \quad \text{なる關係より、}$$

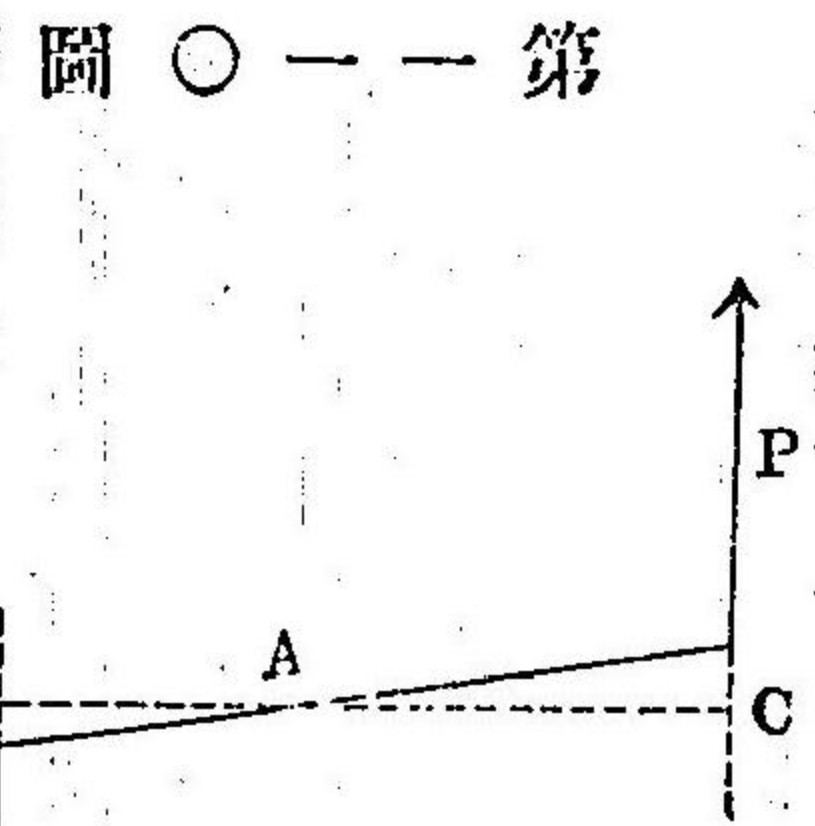
$$\frac{AO+OB}{OB} = \frac{P+Q}{P} \quad \text{即ち}$$

$$\frac{AB}{OB} = \frac{P+Q}{P}$$



なるが故に、合力の着力點Bは、二力の着力點を連ねたる直線(AC)を、大なる力の側の延長線上に於て、二力の比に等しく外分したる點なることを知る。反對の方向に向へる二平行力が、相等しき大きさの時には、これと釣合を保つべき一方は何處にもなし。斯の如き二力を偶力と云ふ。時計を巻くとき、錐をもみ込む時等に其の

偶力の能率



實例あり。
 偶力が其の着力點を連ねたる直線上の任意の一點例へば上圖のA點に關して有する能率は、

$$AB \times P + AC \times P = (AB + AC) \times P$$

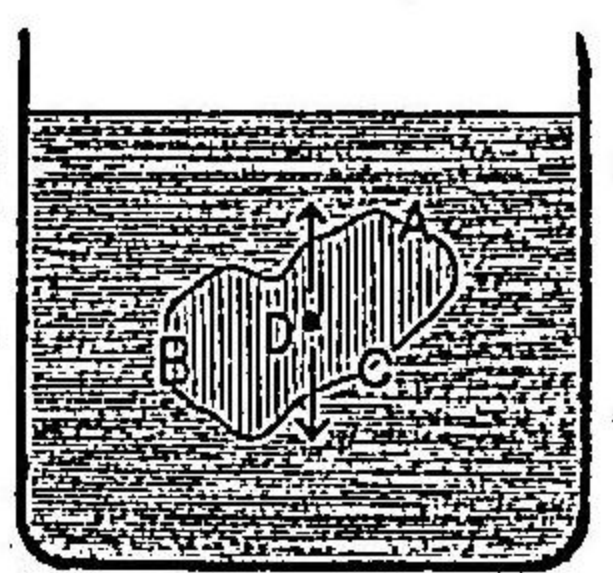
$$= BC \times P$$

にして、二つの偶力の距離と、偶力のひとつとの積なり。AがBCの延長の上にある釣合も同一なり。

【問題】二人にて棒を振り合ふとき、太き端を持つ方利なるは何故か。

三

圖一—第

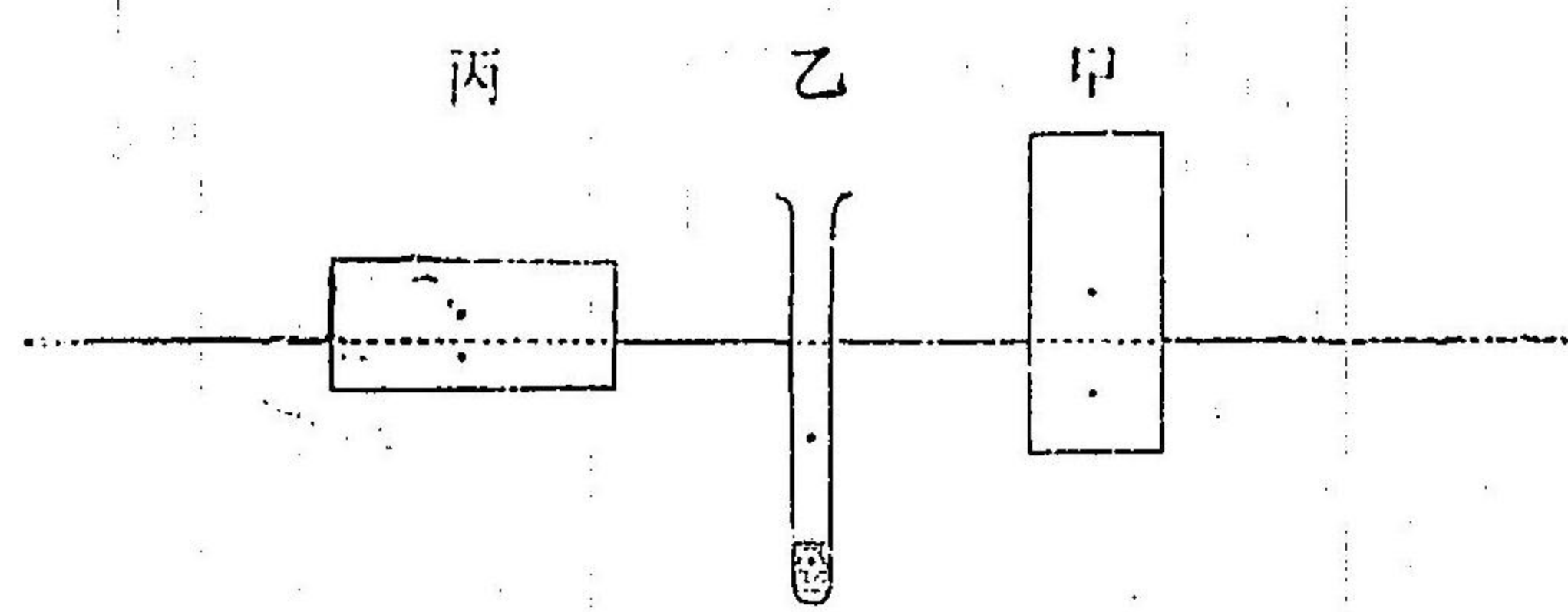


浮體の坐り 第一七節に浮力の大きさを考へし時と同様に、水の一部ABCが其の儘突然固體となりしと假想せんに、其の固體を如何なる位置に置くと、常に其の儘にて靜止すべ

浮力の着力點

力 浮體に働く偶

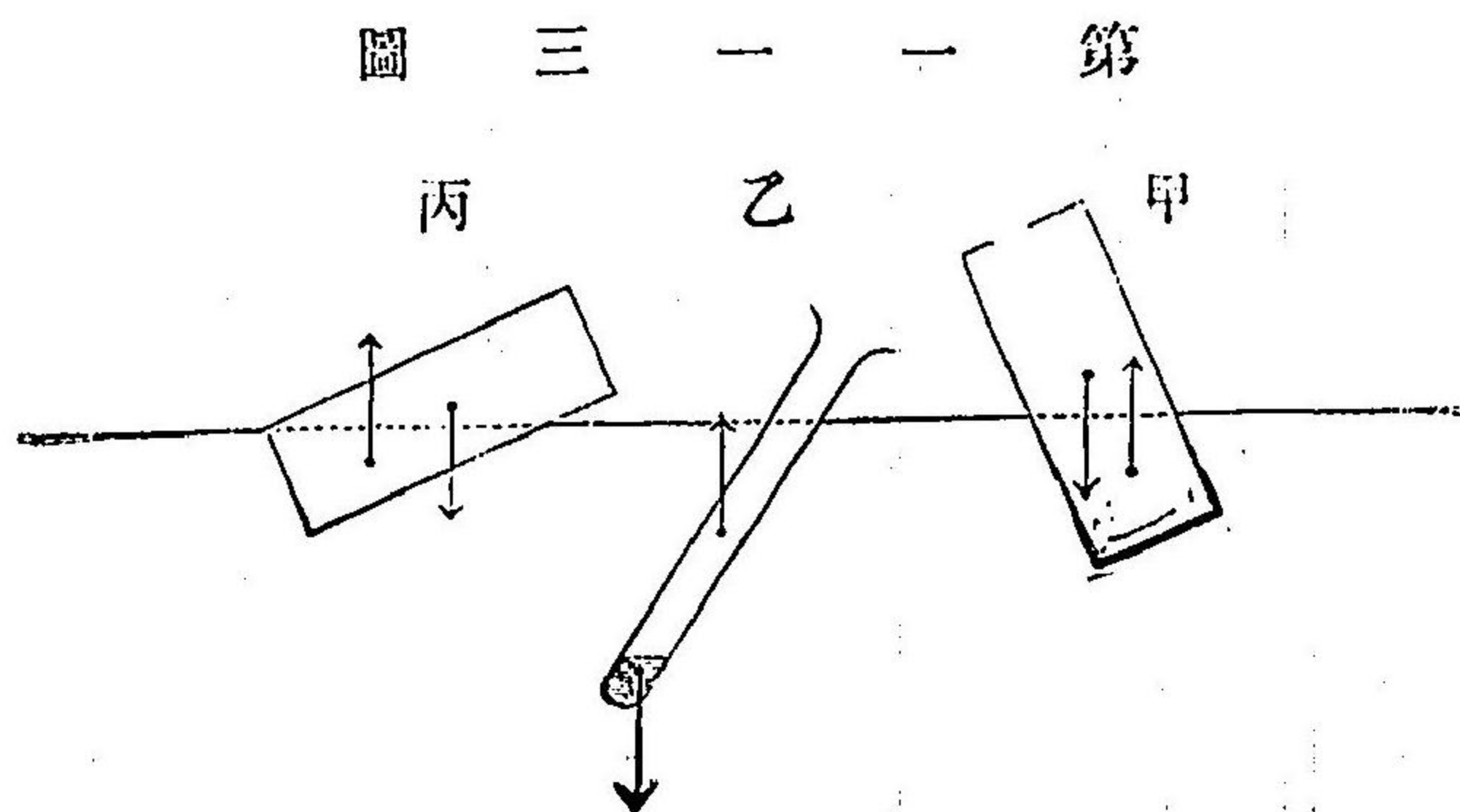
圖 二 — 第



きは明瞭なり。されば浮力は、其の大きさが重力に等しくあるのみならず、此の二力の着力點も常に同一點ならざるべからず。此の理を推して考ふるときは、總へて液體が其の中にある固體に及ぼす。浮力の着力點は、その物體によりて押し。のけられたる水の重心のありしところの點なるべきを知る。

第一一二圖に示すが如く、浮體が釣合ふて居るときには、此の浮體に對し、重力の働く點と、浮力の働く點とは、常に同一の鉛直線上にあらざるべからず(第六六節)。

然るに之を傾くる場合には、重力と浮力とは偶力と爲るに至る。此の偶力には



第一一三圖乙丙に見る如く、物體を舊位置に引き戻さんとする様に働く場合あり、又甲に示すが如く愈その傾きを増大せんとする場合あり。かゝる差異は

(1) 重心の高さ、

(2) 浮體が傾くときに、其の方に、浮力の働く點が著しく移るやうなる形をもつや否や、

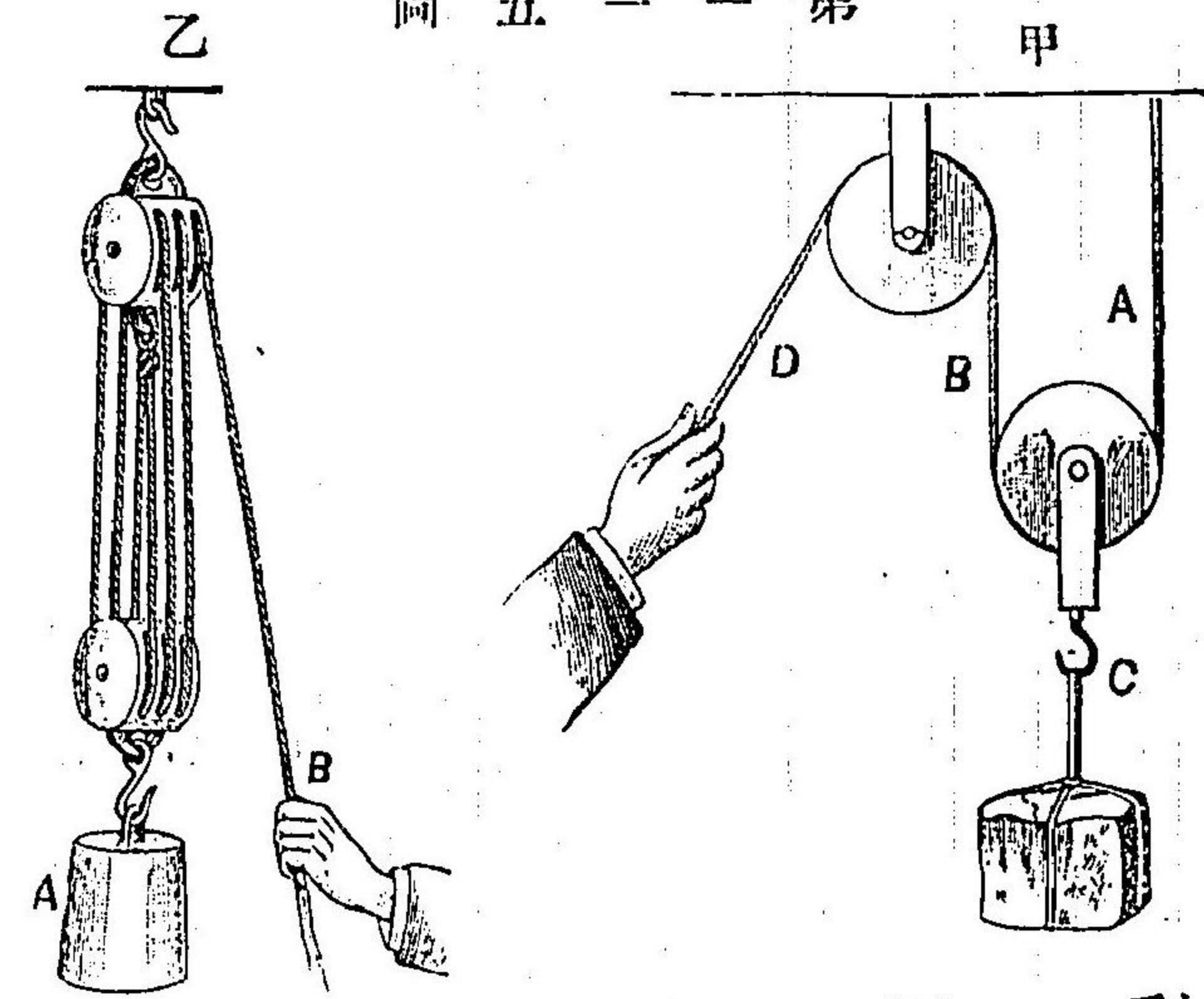
に依りて生ずるなり。船を造る場合に、船に荷物を積む場合等に此の知識は

滑車

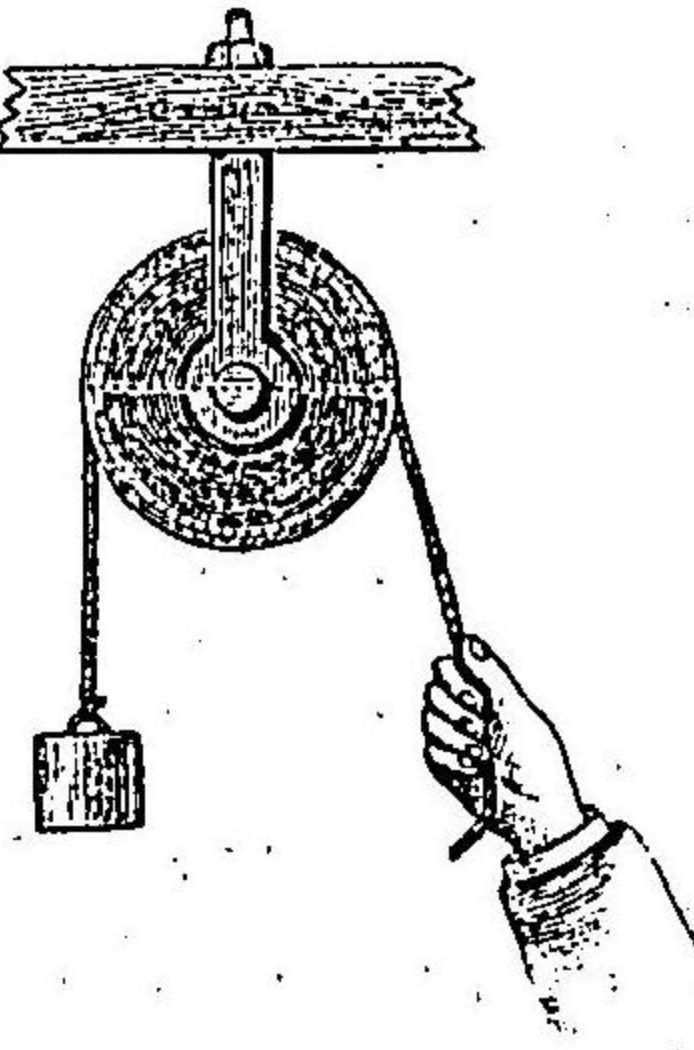
滑車を用ふれば、例へば下に引きて上に物を舉ぐる

ことを得べし(第一一四圖)。斯の如く、力の方向を換ふることは、滑車の與ふる便利の一なり。滑車は又力に利益する爲にも使用せらる。第一一五圖の如きは其の例なり。甲圖に於て、Cに懸る重さがPなりとせば、A及びBの繩は各 $\frac{P}{2}$ づつの重さにて引かるべし。故にDの繩も亦 $\frac{P}{2}$ にて引けば釣合を得べく、それよりも少しく大なる力を出せば物體は引上げらる。乙圖に於

第一一五圖



第一一四圖



ては、物體Aを支ふる繩は六筋あるが故に、各が $\frac{A}{6}$ の力にて引かるべし。従つて繩Bの端を $\frac{A}{6}$ の力にて引けば釣合を得。

〔六〕

仕事

第一〇七節参照

器械の爲す仕事 一つの物體甲が他の物體乙に力を働かせて、其の方向に若干の距離を進むときは、甲體は乙體に仕事を爲したりと云ひ、其の仕事の大きさは、其の力の大きさと力の方向に動きたる距離との積を以て之を測る。
上の滑車の例について見るに、手が滑車になしたる仕事と、滑車が荷物になしたる仕事とは相等し。斯の如きは總べての器械に通ずる原則にして、如何なる器械も力には利しても仕事には利すること決してなく、其の各部が完全に摩擦なき理想上の場合に於て、器械に爲されたる仕事と器械が他に向ひて爲す仕事とは相等し。かく二つの仕事

第八七節参照

等しきが故に、多く力に利益する器械は、其の割合に距離に損し、距離に損する器械は、其の割合に力に利する所以を知るべし。

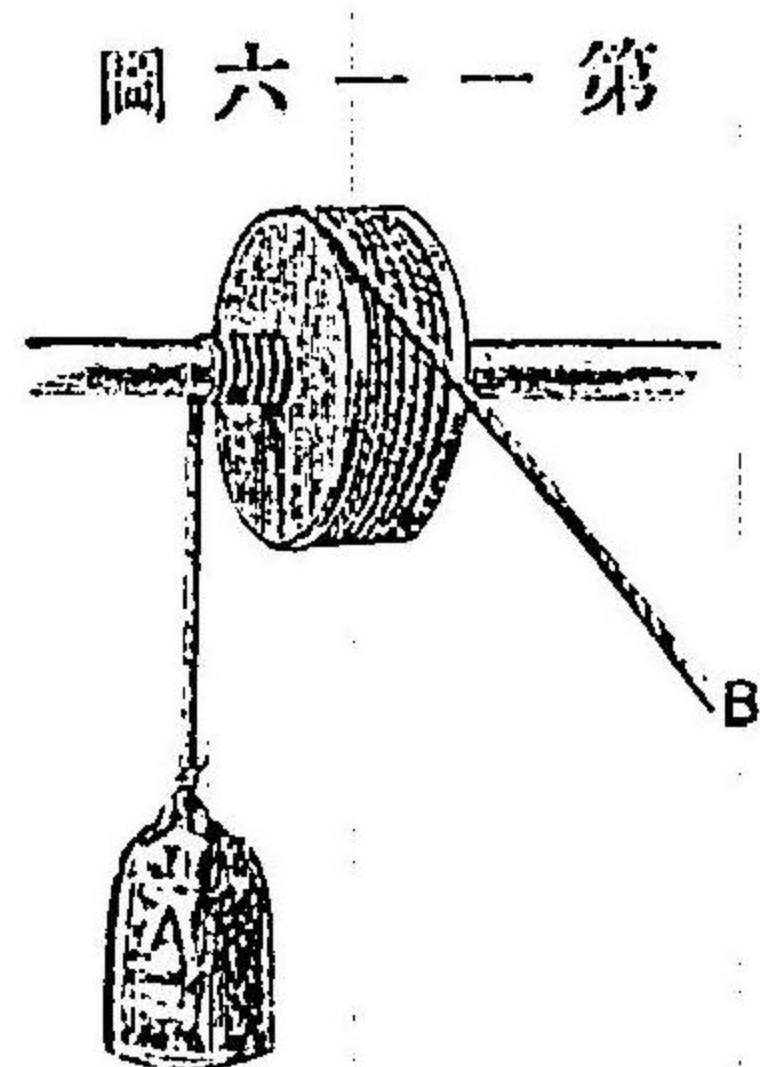
【問題】

- (1) 摩擦なき斜面に就いて、斜面が仕事に利益を與へざる所以を説明せよ。
- (2) 挺子について此の問題を吟味せよ。
- (3) 水壓機について此の問題を吟味せよ。

〔六五〕

輪軸

左圖の如き装置を輪軸と云ふ。今大輪を一廻りせしむる丈けB端を引く時は、物體Aはその軸に一巻き丈け巻き擧げらる可し。斯く距離に於て損するだけ力に於て利あるが故に、輪軸は力を益する爲に屢利用せらる。



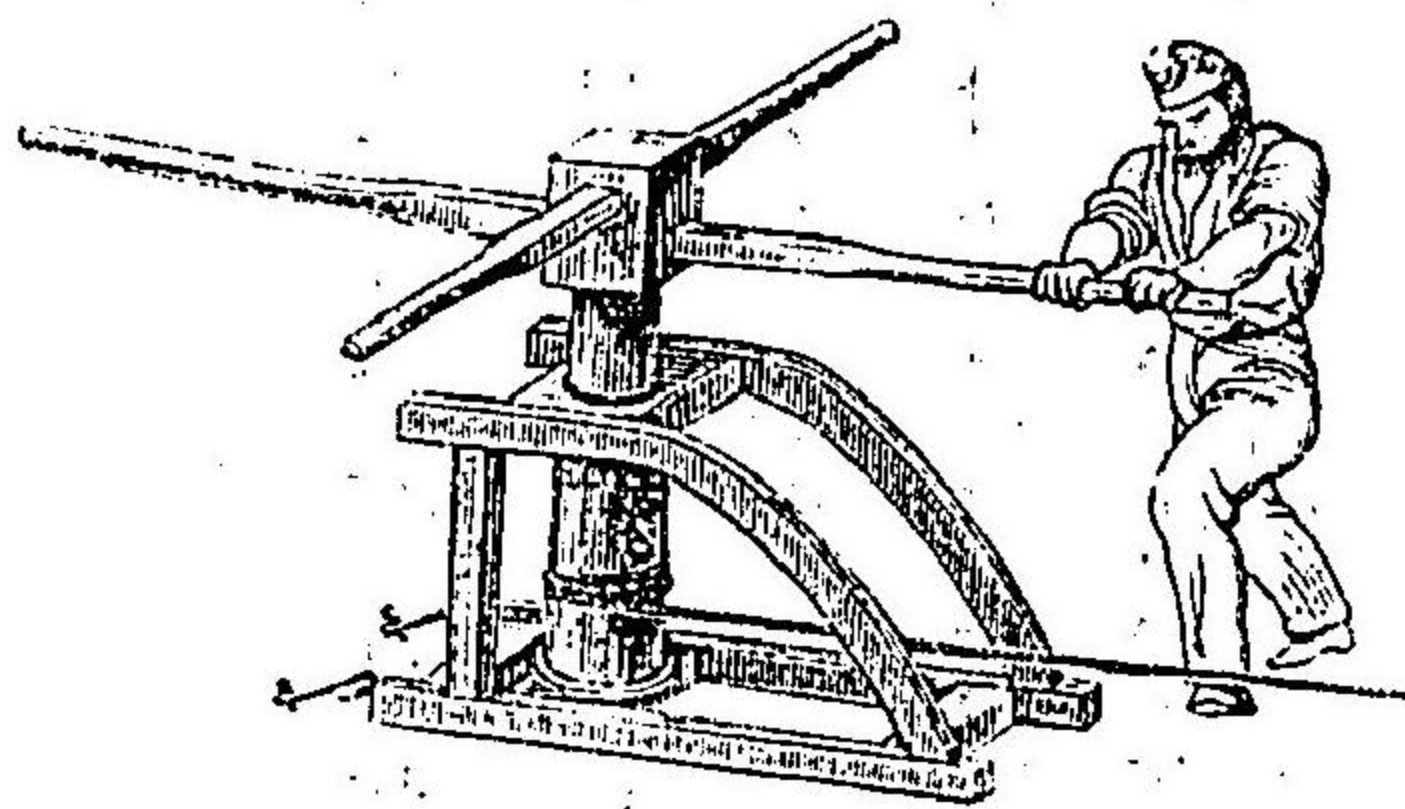
第一一七圖の如きも亦一種の輪軸なり。力の働く點が、重き物の引き寄せらるより、より多く動く丈け力に益を得るなり。家を引き移す場合等に多く用ひらる。

六



第一一八圖 AB の距離を螺旋の歩みと云ふ。螺旋を一廻り振じる時は、その歩み丈け進退するものなり。

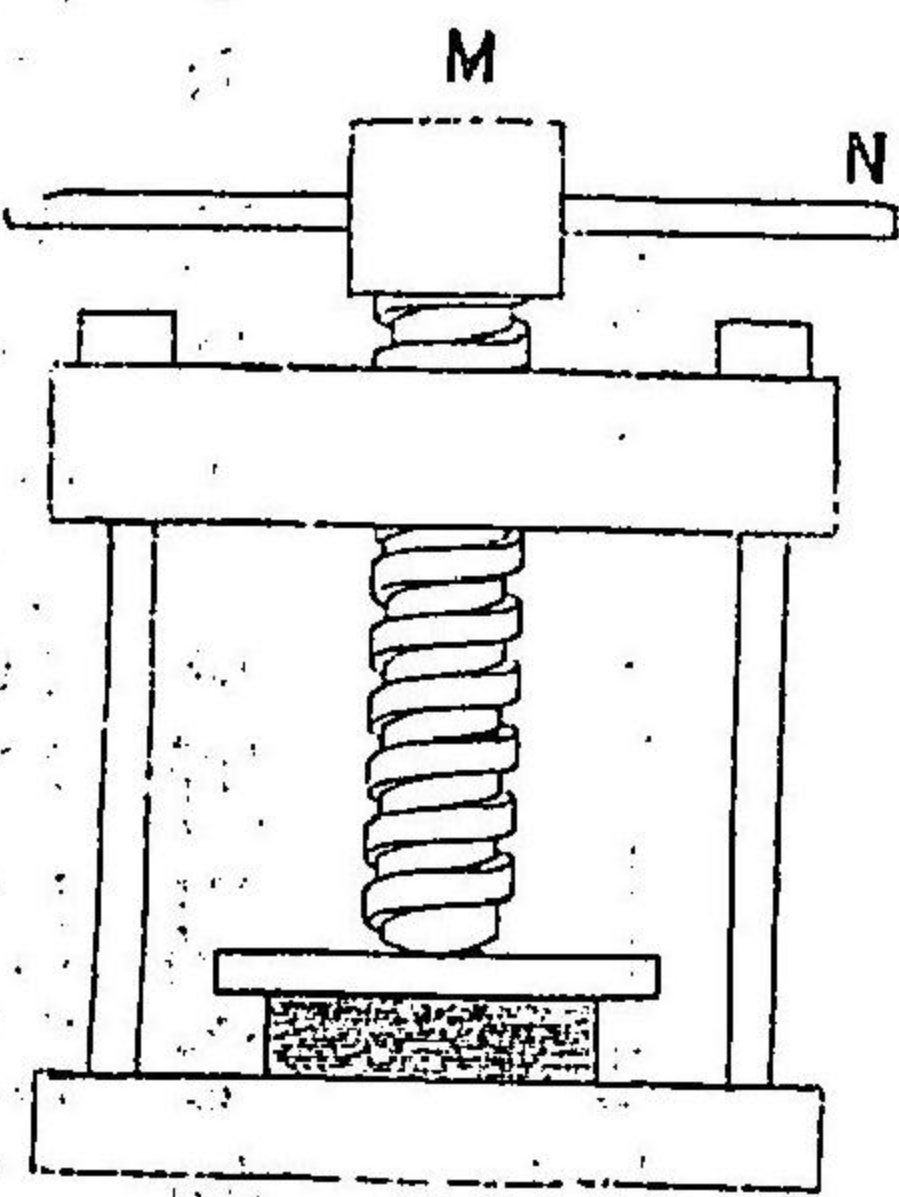
第一一七圖



(1) 特別の目的につくられたるもの外、總べて螺旋は右に廻せば進み入り、左に廻せば退き出づるものなり。

故に第一一九圖の如き場合に於て、力を加ふる點は NM を半徑とせる圓周だけ動く時に、物體は僅にこの螺旋の歩みだけ壓縮せらる。これに依りて螺旋が力に益する

第一一九圖



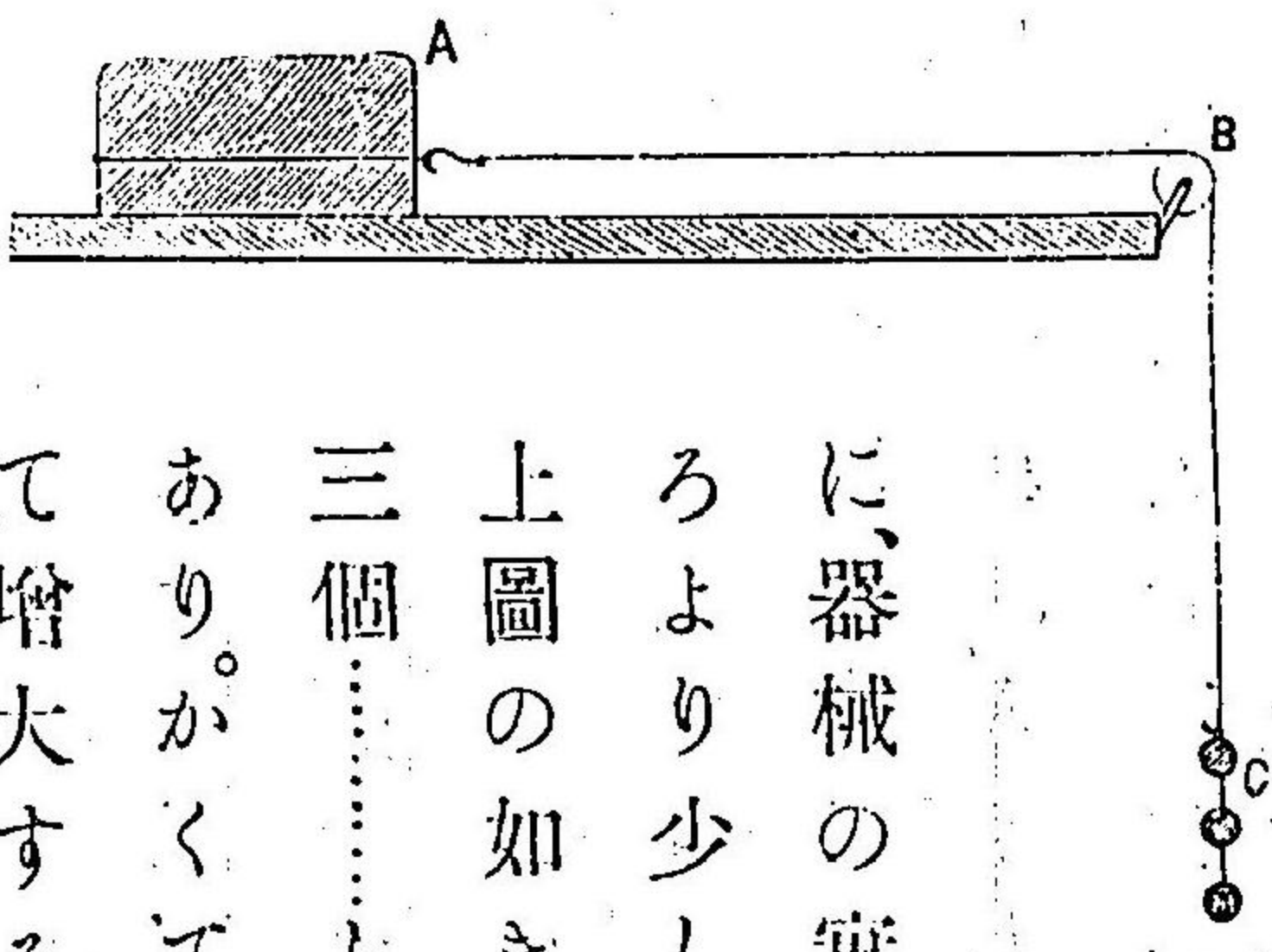
所以を理解すべし。

摩擦 机上に書物を滑らせんとするとき、ある強さ以上に引かざれば、書物は動かさず。又一旦これを突き動かすとも、其の運動は永く續かず。斯の如く物が滑らんとする時は、若しくは滑りつゝある時には、それに反對する力が接觸

せる二面間に生ずるものなり。此の力を摩擦と云ふ。摩擦あるがために、器械の實際の効力は、上に述べ來りたるより少し。

上圖の如き装置に依り、分銅 C の數を一個二個三個……と増加しても、物體 A の滑らざることあり。かくて摩擦は分銅を引く力の増すに従つて増大するものなる事を知る。されど引續きて

第一二〇圖



最大摩擦

分銅の數を増し行けば、遂には其の物は滑り出すに至る。されば與へられたる二面間の摩擦には、一定せる最大の極限あり。之を其の二面間の最大摩擦と云ふ。最大摩擦の大小は、接觸せる二面の性質に關係する外、又二面が互に押し合へる強さにも關するものなり。されば前圖の如き裝置に於て、十分Aを滑らすに足る丈の重さを懸けたる後、Aの上に物を載すれば、Aは再び滑らざるに至る。

凡そ同種の表面に就いて云へば、最大摩擦は、

(1) 接觸せる二面間の壓力に正比例し。

(2) 全壓力が等しければ、接觸面の廣狹には無關係のものなり。

摩擦係數

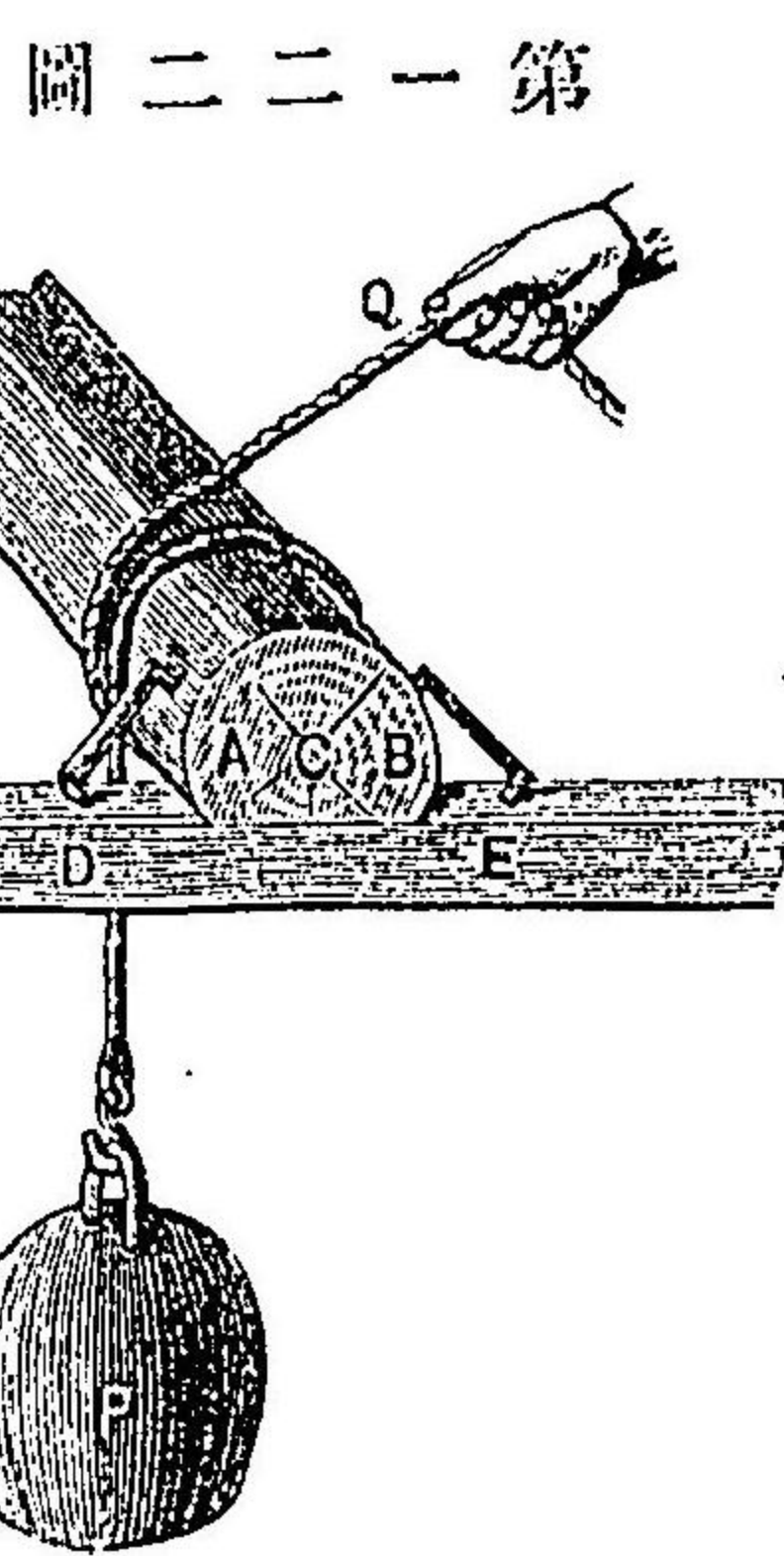
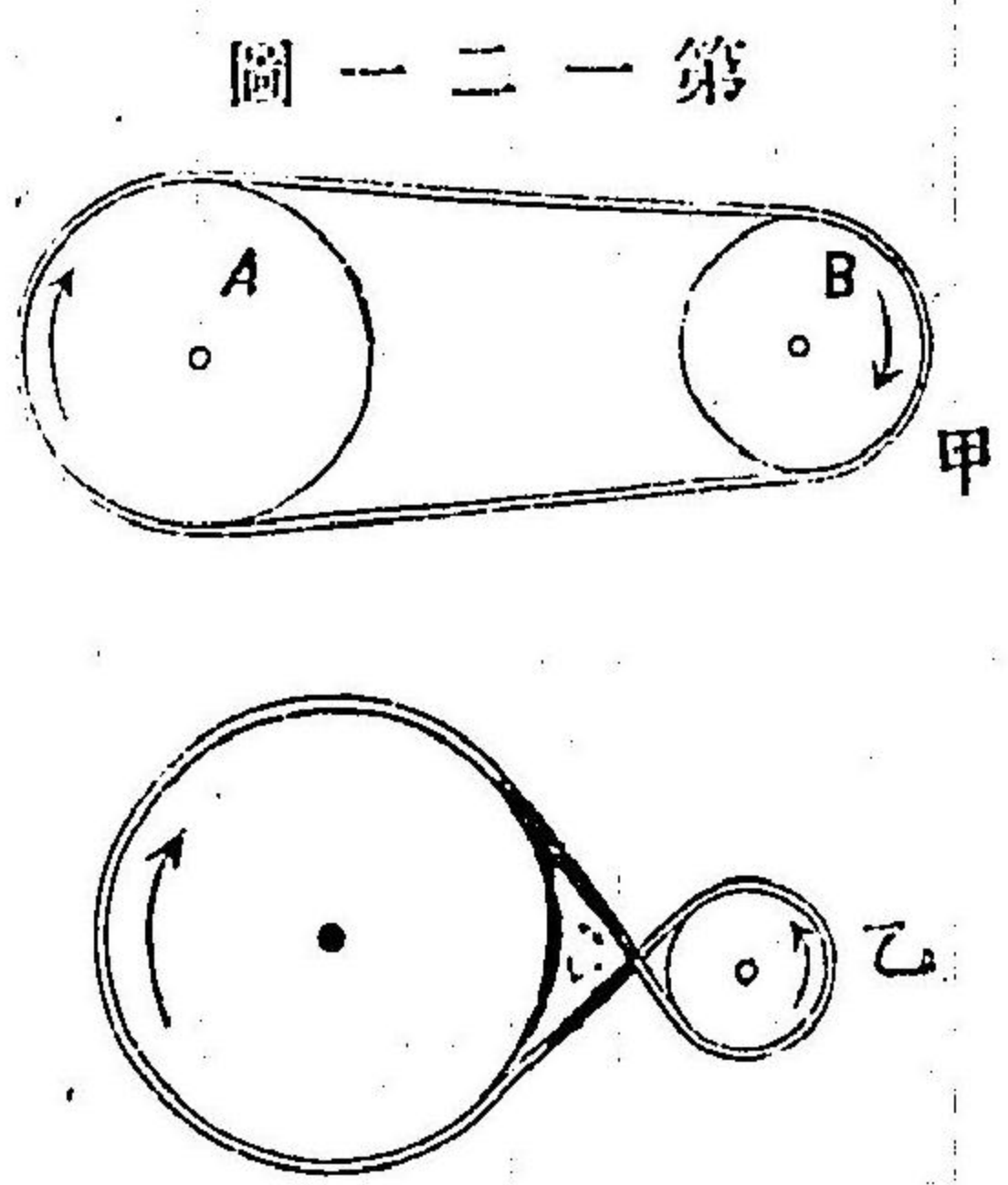
ある二面間の最大摩擦と全壓力との比を、其の二面間の摩擦係數と云ふ。

滑劑

摩擦を減少する目的を以て、二面間に塗るものを滑劑と稱す。滑劑の中、普通に用ひらるゝは種々の油にして、二面間の壓力大なる程、粘性多き油を用ふるを常則とす。吾等は摩擦のために困めらるゝことも多けれども、之を利用する場合も亦些しとせず、今其の一二の例を示せば、

(1) 第一二一圖の裝置は回轉運動の速さ若しくは方向を變ずるに用ひて便利多し。

(2) 第一二二圖に示す



如くすれば、よく小なる力を以て重き物體を支ふるを得べし。

廻轉摩擦と滑り摩擦

(3) 摩擦なければ人は歩行すること能はず。紐は縵の如くありて又結ぶべからず。

廻轉摩擦 圓き物を平面上に轉がさんとするときにも、亦多少の抵抗あり。之を廻轉摩擦と云ひ、之に對しては前の摩擦を滑り摩擦と云ふ。廻轉摩擦は滑り摩擦より甚だ小なるが故に、摩擦のために起る損失を免れんために、後者を前者に變ずる手段を採ることあり。重きものを押し動かすにコロを用ひ、自轉車の軸の周圍に鋼鐵製の小球、數個を入るゝが如きは此の例なり。

【問題】(1) 水平の位置に置かれたる板の上に、十五貫の箱が載せられてあり。今摩擦係数が三分の一なりとせば、箱を滑らすに要する力は何程。

(2) ある物體を板の上に載せ、漸々板を傾けて、四十五度の角を爲さしめたる時、其の物體は滑り始めたりと云ふ、此の場合の摩擦係数を求む。

係数を求む。

六

第二章 物體の運動

速度 凡そ物體の運動には必ず方向と速度とあり。其の速度を言ひ表はすには、單位時間内に通過したる距離を示して、一秒間に何米、又は一時間に何哩などと云ひ、若しくは略して、何々秒米、又は何々時哩等と云ふ。

斷えず其の速度を變ずる運動に就いて、其の或瞬時の速度を示すには、此の瞬間にもてる速度をつゞけて單位時間内進みたる時に通過すべき距離を以てし、又何々秒米、何々時哩等と云ふ。

方向も速度も變らざる運動は、速度が不變なる運動、或は略して等速運動と云ひ、其の何れか一方、若しくは兩方共に變

速度

る運動は、速度が變る運動又は略して**不等速運動**と云ふ。故に速度とは、方向を併せ考へたる速さなり。されば直線を用ひて速度を書き表はすことを得。此の際、直線の方向は速度の方向を示し、其の長さは其の速さ、即ち單位時間内に通過する距離を示すものとす。

加速度 不等速運動に於て、單位時間内に於ける速さの變化を**加速度**と云ふ。

例へば汽車が停車場を出發してより、五十秒時の後に、其の速さが毎秒二米となりしとすれば、平均一秒時間内に就いての速さの増加は $\frac{2-0}{50}$ 即ち $\frac{2}{50}$ 四秒米なり。されば此の際の加速度を一秒につき、 $\frac{2}{50}$ 四秒米なりと云ふ。又停車場に近づきつゝある汽車が、或瞬間に於て、毎時 m 哩の速さを有し、 n 分時の後、毎時 n 哩の速さとなりしとすれば、其の加

速度は、一分につき $\frac{n-m}{60}$ 時哩にして、其の値は負なり。

運動の第一法則 總べて物體は、外より力を加ふるにあらざれば、靜止せるものは、永久に靜止し、運動せるものは、永久に其の速度を變ぜず。これ慣性の法則として既に述べたるものなるが、以下述ぶる二つの法則と併へ擧ぐるときは**運動の第一法則**と呼ぶ。

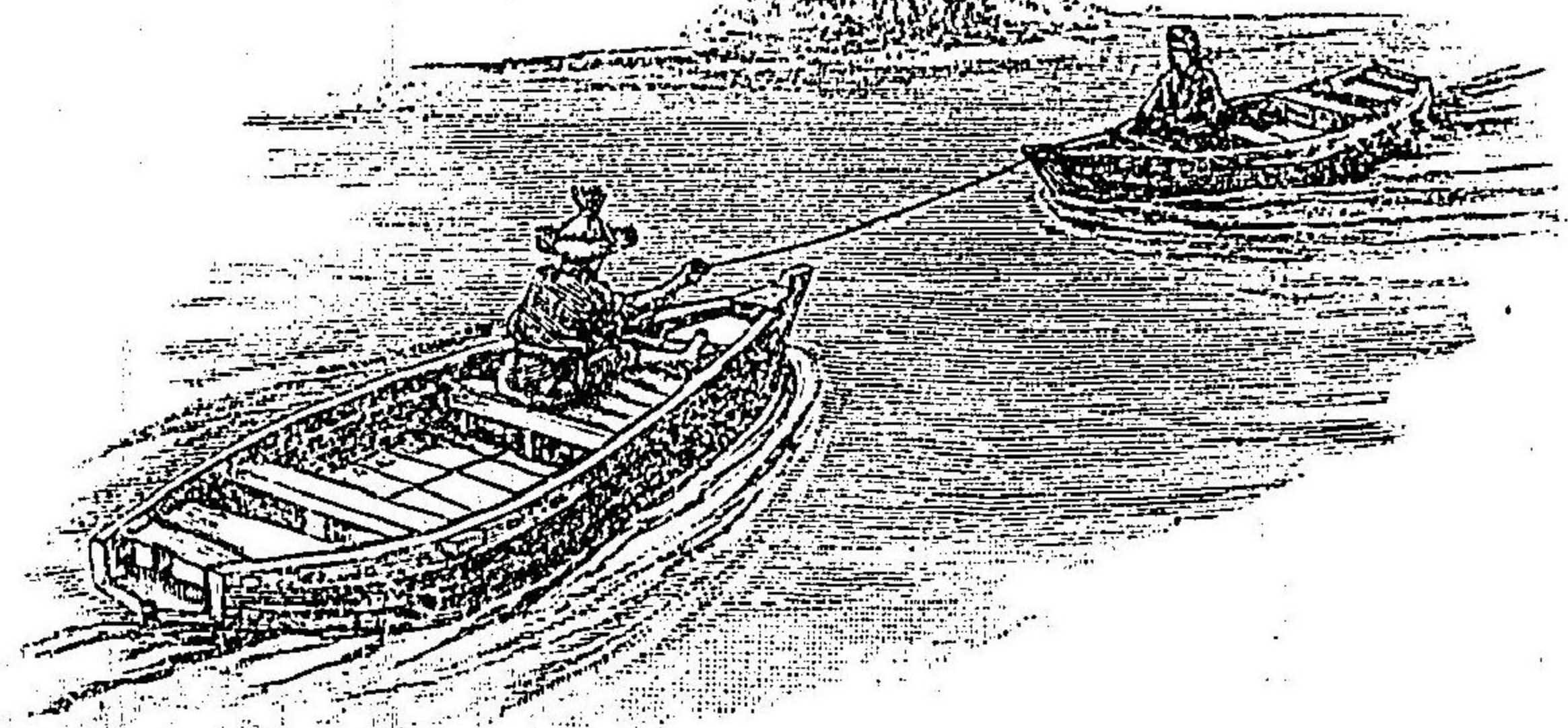
運動の第三法則 舟に乗れる人が、棒もて他の舟を押さば、己の舟も押し返され、繩を以て他の舟を

(1) 第三法則を第二法則の前に擧げたるは、説明上

九二

九〇

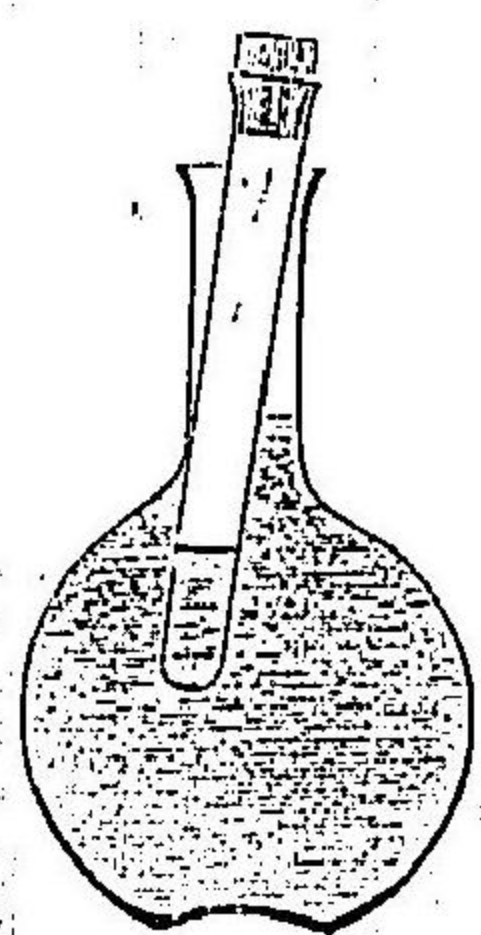
第一二三圖



の傾を圖りてな

引かば、己の舟も引き寄せらる(第一二三圖)。又熱湯を盛れるフ

第一二四圖



ラスコにエーテルを入れて密栓せる
試験管を浮ぶるとき、暫時にして栓が
發射せらるゝと同時に、試験管が深く

水中に沈み入るを見る(第一二四圖)。斯の如く、如何なる場合
にても押せば必ず押され、引けば必ず引かるゝものなり。
此の事實を概括して、作用あれば必ず反作用ありと云ふ。
魚が泳ぐこと、鳥が飛ぶこと、推進器が舟を進むること、銃丸
が飛び出すとき銃身が肩を押す事等、皆之に依りて説明せ
らる。

重き荷物を引く繩は丈夫なるを要するが如く、強く引くと
きは強く引返さる。又障子紙を押し破るに全力を擧ぐる能
ざる如く、強く押し返すことなきものは、強く押すこと能は

ず。要するに作用と反作用とは常に必ず伴ふのみならず、
其の強さ常に必ず相等しきものなり。之を運動の第三
法則と云ふ。

作用が反作用に等しきに拘はらず、何故に銃身の退く速さ
は銃丸の進む速さより小なるか、引かれて進む車と、引いて
進む人との間にも、亦此の法則は行はるゝかなどの問題は、
次に述ぶる法則を理會すれば、自ら明瞭となる。

三

運動の第二法則 種々の事實に依りて見るに、總べて物體

は、
(1) 力の作用を受くるときは、現在の速度如何に拘はらず、力
の方向に一定の加速度を生ず。
(2) 其の加速度は力に正比
例し。
(3) 質量に反比例す。
之を運動の第二法則と云ふ。

(2)の實例の一二を舉ぐれば、

軌道の上に靜止せる貨車を動かさんとする時、多人数にて押す程、其の速くなること著しく、掉して舟の運動を止めんとするとき、一人にてするよりも二人にてすれば速かに目的を達せらる。

(3)の實例の一二を舉ぐれば、

前例の場合に於て、同一の人数を以てしても、貨車若しくは船の重き程、加速度は小なり。又質量大なる銃身は、其の發射する銃丸よりも小なる加速度を得。

(1)の實例の二三を舉ぐれば、

(A)机上の書物を横に押せば、押されたる方向に加速度を得て、書物は運動體となる。

(B)運動體となりたる書物は、之と机との間の摩擦のために、

摩擦力の向ふ方向に加速度を得て、其の速さは次第に減じ、終に靜止す。

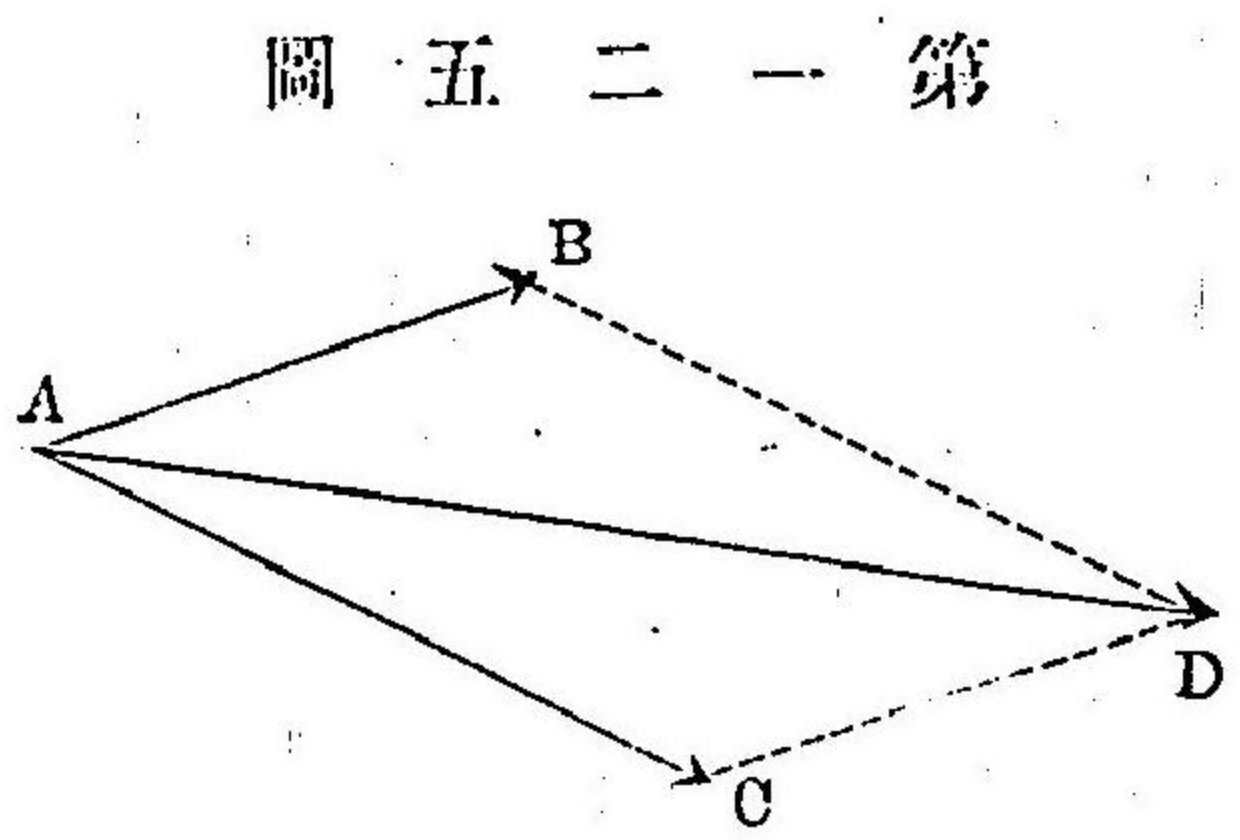
(C)机上に置かれたる書物は、地球の引力のために、其の方向に一定の加速度を得れども、机が之と等しき力を以て書物を上に押すがため、其の加速度と相殺して靜止の状態にあり。

(D)落下する物體は、一秒毎に略九八〇秒[△]の速さを増加す。

(E)靜止せる舟の中において、例へば西方に球を押し、西に向つて或一定の加速度を與へ得たりとせば、其の舟が南に流れ居るときも、前と同様に試むれば、同じく西方にそれ丈の加速度を與へ得べし。舟の中のみを見て居る人には、兩者に於て全く運動の現象に差異を認むることなきは、其の證據なり。

(F) 進行せる汽車中に於て、毬を投げ合ふとき、地上に於てこれを爲すと何等の差異を認めず。
運動の合成 二つ以上の運動が同時に一物體の上に行はるゝことを運動の合成と云ふ。

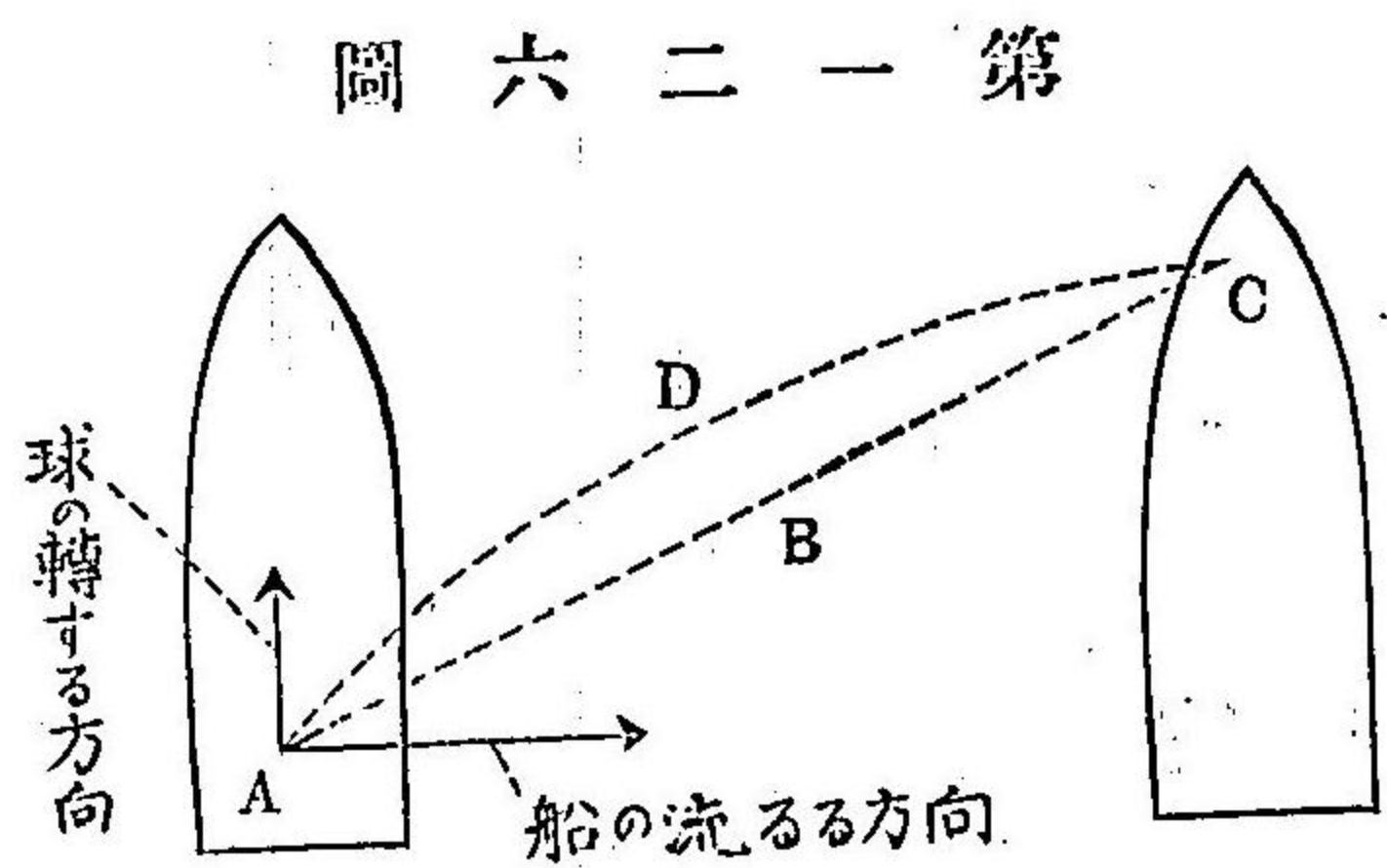
合成運動の諸性質は、分運動の諸性質だに明かならば、次に例示する主義に基づきて、簡単に之を知ることを得べきものなり。今上圖に於て單位時間にAよりBに進む等速運動と、AよりCに進む等速運動とが、一物體に於て合成せらるゝとせば、其の物體は、其の時間内にAD線を進みて、單位時間間の終りにはDに在るなり。即ち一見二つの運動の何れもが行はれざるが如くに思はれて、實は何れの運動も、全く



第一二五圖

他に運動がなき場合と同様に行はれて居るものなり(運動の第二法則)。

此の種の推論の結果として前節(F)の場合に於て、舟も球も等速運動を爲すとせば、球は上圖のABCの通路を進むべく、若し舟は等速運動をなし、球の運動が次第に遅くなるにせば、球はADCの如き曲線の上を進むことを知るべし。

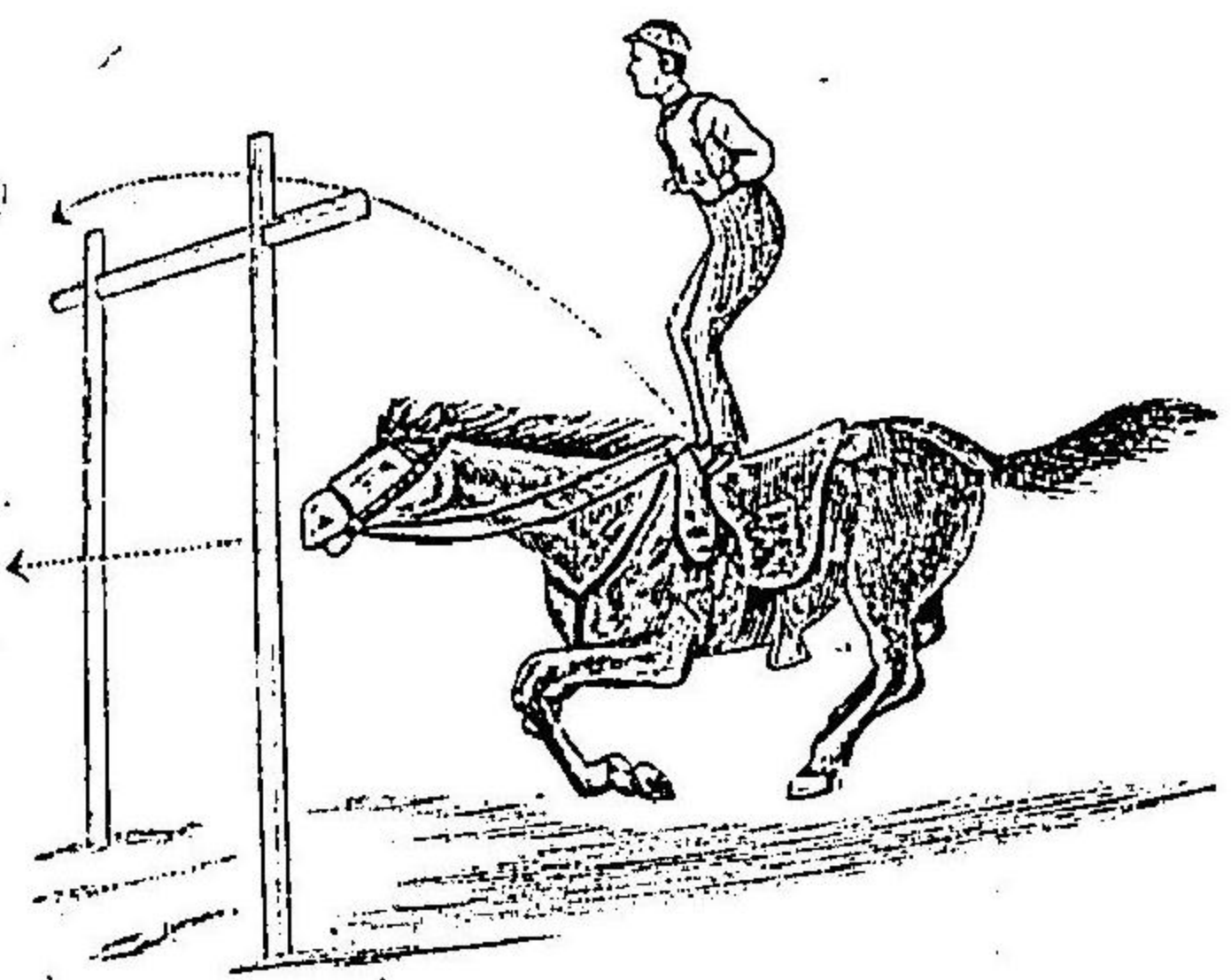


第一二六圖

【問題】 第一二七圖の馬上の人は、棒を飛び

超えて再び馬背に立たんとするに、如何なる方向に跳躍すればよきか。

第一二七圖



四

運動と静止

第九二節の(E)の例に於て、舟の内のみを見て

居る人は、球が西方に進むと見られるけれども、舟外の人よりは、

西南方に進むと見られ、又前者が球は静止せりと見る時に、

後者は球が南方に進むと見る。斯の如く静止と運動及び

其の運動の諸性質は、見方次第にて如何様にも思はるゝも

のにして、絶対的に定まりたるものにはあらざるなり。然れ

ども運動の第二法則によりて、物体は其の現在の速度如何

に關せず、一定の力に一定の加速度を伴ふものなるが故

に、地球上の運動を論ずる上には、地球を動かぬものと見做

せば、何等の支障なく、進行せる汽車中に於て仕事する人は、

汽車を動かぬものと見做して何等の損失なし。

力の絶対單位 運動の第二法則あるによりて、重力單位に

依らずして力の單位を規約することを得、即ち質量一瓦の

五

ダイン

物体に働きて、一秒間に一秒程の加速度(以下之を略して一單位の加速度と云ふ)を生ずる力を力の單位として、之を一

ダインと名づく。然るときは、 m 瓦の物質に働きて、一單位の

加速度を生ずる力は、 m ダインなるべく、一瓦の物体に働き

て、 a 單位の加速度を生ずる力は、 a ダインなるべく、 m 瓦の

物体に働きて、 a 單位の加速度を生ずる力は、 ma ダインなる

べし。即ち

$$F = ma$$

なる公式あり。

實驗の結果に依れば、地球の引力が其の上の物体に生ずる

加速度は、略九八〇單位なるが故に、一瓦の物が地に引かる

る力は、略九八〇ダインなり。されば一ダインの強さは大

約一毛の物の重さに等し。

【問題】

- (1) m 瓦の物體が地に引かるゝ強さは幾ダインなるか。
- (2) 三瓦の物體に、二秒間働きて、速度が八秒米増加するやうなる力は幾ダインなるか。
- (3) 二五秒糶の速さを以て机上に滑る書物が、一秒時の後に静止したり。書物の目方四九〇瓦なりとせば此の際の摩擦は幾ダインなるか。
- (4) 五瓦の物體に一〇〇ダインの力が加はるときの加速度幾何。

【例】

運動量 ある運動體の質量 m にして、速さ v なるときは、其の物體は、其の進行の方向に、 mv だけの運動量をもつと云ふ。今 F ダインの力が速度 v 秒糶、質量 m 瓦の物體に働き、 t 秒時の後 v' 秒糶の速度になりたりとせば、其の際の加速度は、

$$a = \frac{v' - v}{t}$$
 にて示さるべし。
 之を $F = ma$ の a に代用すれば、次の關係あり。

$$F = \frac{mv' - mv}{t}$$

即ち單位時間内に變化する運動量は、其の變化を起す力の大きさを示す數に等し。

運動量に關する上の式によりて、銃身と銃丸との速さの關係を容易に説明するを得べし。今銃身と銃丸とが互に押し合ひたる短き時間を t とし、銃丸と銃身との質量及び速度を、それ m_1, m_2, v_1, v_2 とすれば、銃丸の運動量の變化は $m_2 v_2$ 、故に銃丸の受けたる力は $\frac{m_2 v_2}{t}$ なり。同様にして銃身の受けたる力は $\frac{m_1 v_1}{t}$ なり。運動の第三法則によれば、

$$\frac{m_1 v_1}{t} = \frac{m_2 v_2}{t}$$

従つて $m_1 v_1 = m_2 v_2$

されば質量大なる銃身は、其の割合に速度小なるべし。一般に二の物體が押し合ふ時は、運動量の變化は、双方同一なり、但し其の方向は相反す。

[七]

衝突 茶碗は兩手にて極力押ししても割れざれども、石の上に落せば容易に割る。衝突の際には、存外大なる力が之に加はるものと見ゆ。其の然るべき理由は次の如し。

物が衝突するときは、勿論速さの變化あり、従つて勿論運動量の變化あり。然るに運動量の變化と力との關係は、前の公式

$$F = \frac{mv' - mv}{t}$$

より

に依りて示さるべきものなり。此の式は一定量の運動量の變化を起すに、 t が小なれば其の割合に F が増大すべきを示す。而して衝突の際には、力の働く時間 t は極めて小なり。

釘を材木に押し入るゝ事は難けれども、鎚を用ふれば至つて易し、銃丸は質量小なれども、速度大なるが爲に衝突の

結果は恐るべく、全速度の機關車の衝突は、何物も破壊せざれば止まざるが如き、皆上の如き推論によりて解せらるべし。

バネ

バネは衝突の際に力の働く時間を長くせしむるが故に、大いに衝突の結果を緩和するに利あり。人力車の車體の下にバネをもつこと、汽車中に在りて空氣枕の心地よきこと、人が高所より飛び下るときに膝を屈すること、大切なる物の荷作りに、藁又は綿を詰めること等皆此の理による。

【問題】

(1) 机上に置きたる紙の上に銅貨をのせ、急に紙を引けば銅貨は殆ど動かす。徐々に引けば紙と共に動く。此の理如何。

(2) 野球の球を手を受くるに手袋を用ふるは何故。

[六]

落體の運動

總べての物體は空氣の抵抗なき場合に於て

は、皆同一の速さにて落下す。其のわけは茲に甲乙の二物體ありて、甲は乙の n 倍の質量を有すとせば、之に加はる重力も亦 n 倍なるが故に、加速度を減すべき原因と、増すべき原因とが相殺して、運動の第二法則つまり同一の加速度を得なければなり。此の加速度の値は、場所によりて多少の差あれども、大約一秒につき九八〇秒^二にして、通例之を g にて示す。落體が靜止の有様より落下して、 t 秒時の後に

もつ速度 v は

$$v = gt \dots \dots \dots (1)$$

なり。

其の間に通過したる距離は幾何なるかと云ふに、速度は時間^二に比例して増すが故に、平均の速さは、最初と最後の速度の和の二分の一、即ち $\frac{1}{2}gt$ にして、求むる距離は之に秒數 t を

(1) g の價
赤道九七八、一
東京九七九、八
富士山
九七八、八
グリニッチ
九八一、三

かけたるものなり。今其の距離を示す數を S とすれば、

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

なり。されば物の落下したる距離は、時間の自乗に正比例するものなり。

(1)と(2)との間より、 t を消去すれば、

$$v^2 = 2gs \dots \dots \dots (3)$$

の關係あり。

【問題】(1) 物體が一秒間、二秒間、三秒間、四秒間に落下する距離を算出せよ。

(2) 靜止の有様より落ち始めたる物體が、各一秒毎に通過する距離は一、三、五、……と云ふ割合を爲すことを示せ。

(3) 十米の高さより落ち來りたる石が地に衝突する時の速さは幾何。

九九 落體に及ぼす空氣の抵抗 空氣中に於ける運動體は、空氣

空氣の抵抗

を押し動かさねばならぬを以て、又空氣の反作用を受けざる能はず。此の反作用を空氣の抵抗と云ふ。空氣の抵抗は、物體の面積、形等に關する外、又大いに其の速さに關す。實驗の結果の一例は次の如し。米

| | | | | | | | |
|-----------------------|---------|------|------|------|------|------|-------|
| 運動體の速さ | 1(秒) | 5 | 10 | 15 | 20 | 15 | 30 |
| 一平方米の平面に及ぼす空氣の(溫度十二度) | 0.13(瓦) | 3.36 | 13.4 | 30.2 | 53.8 | 84.0 | 121.0 |
| 壓力七五厘の抵抗 | | | | | | | |

即ち略其の速さの自乗に正比例するを見るべし。故に落體が漸々其の速さを増し行くときは、抵抗は迅速に其の大きさを増し來りて、遂には物體に働く重力と等しき値をもつに至る。此に至れば物は等速運動を爲す。羽毛、綿等の如き、若しくは雲、霧、塵埃等の如き、質量の割合に面積大なるもの

(1) 雨の速さは通例一〇秒米位を超えず。

水の抵抗

が、少しく速さを増せば、忽ちに等速運動の有様に達するは此の故なり。水が其の中の運動體に及ぼす抵抗は、空氣の時と同様なり。只水は質量大にして、分子間の摩擦も比較的大なるを以て、抵抗が著しく大なるの差あり。軍艦、水雷艇等の全速度何節と云ふは、速さの増したる最後に於ての等速運動の速さを意味す。

(2) 前頁の表を用ひよ。

100

(3) 運動の第二法則に依りて。

直下に衝き落されたる物體 空氣の抵抗を度外視して論ずれば、最初の速度が v_1 なる時は、 t 秒後の速度は、

$$V_t = V_1 + gt \dots \dots \dots (4)$$

【問題】 明治四十四年九月迄の觀測によれば、九月中東京に於ける最大風

速度は三四・二秒米にして、筑波山にて一〇三・〇秒米なりき。此等の

風が普通の兩戸程の面積に及ぼす壓力は略幾貫目なるか。

(1) 此の公式も亦運動の第二法則より導くことを得べし。

其の間に通過したる距離は

$$S = V_1 t + \frac{1}{2} g t^2 \dots \dots (5)$$

$$\frac{V_1 + V_2}{2} \times t \quad \text{即ち}$$

(4)と(5)との式より t を消去すれば、

$$V_2 - V_1 = 2gS \dots \dots (6)$$

なり。

【問題】

(1) 六九〇米の高所にある氣球より、下方に向つて二〇秒米の速さにて石を投ずる時は幾秒にして地に達するか。

(2) 前問に於て地上に衝突する時の速さ何程。

真上に衝き上げられたる物體 此の場合に於ては、重力の爲の加速度は、物體の運動と方向を反對にするがために、 t 秒時の後の速度は、

$$V_2 = V_1 - gt \dots \dots (7)$$

其の時間内に通過する距離は、前節の例と同様に考へて、

$$S = V_1 t - \frac{1}{2} g t^2 \dots \dots (8)$$

101

従つて

$$V_2 - V_1 = 2gS \dots \dots (9)$$

【問題】

(1) 毎秒 μ 米の速さにて真上に投げ上げられたる物體は、何秒の後に静止するに至るか。又何程の高さに達するか。

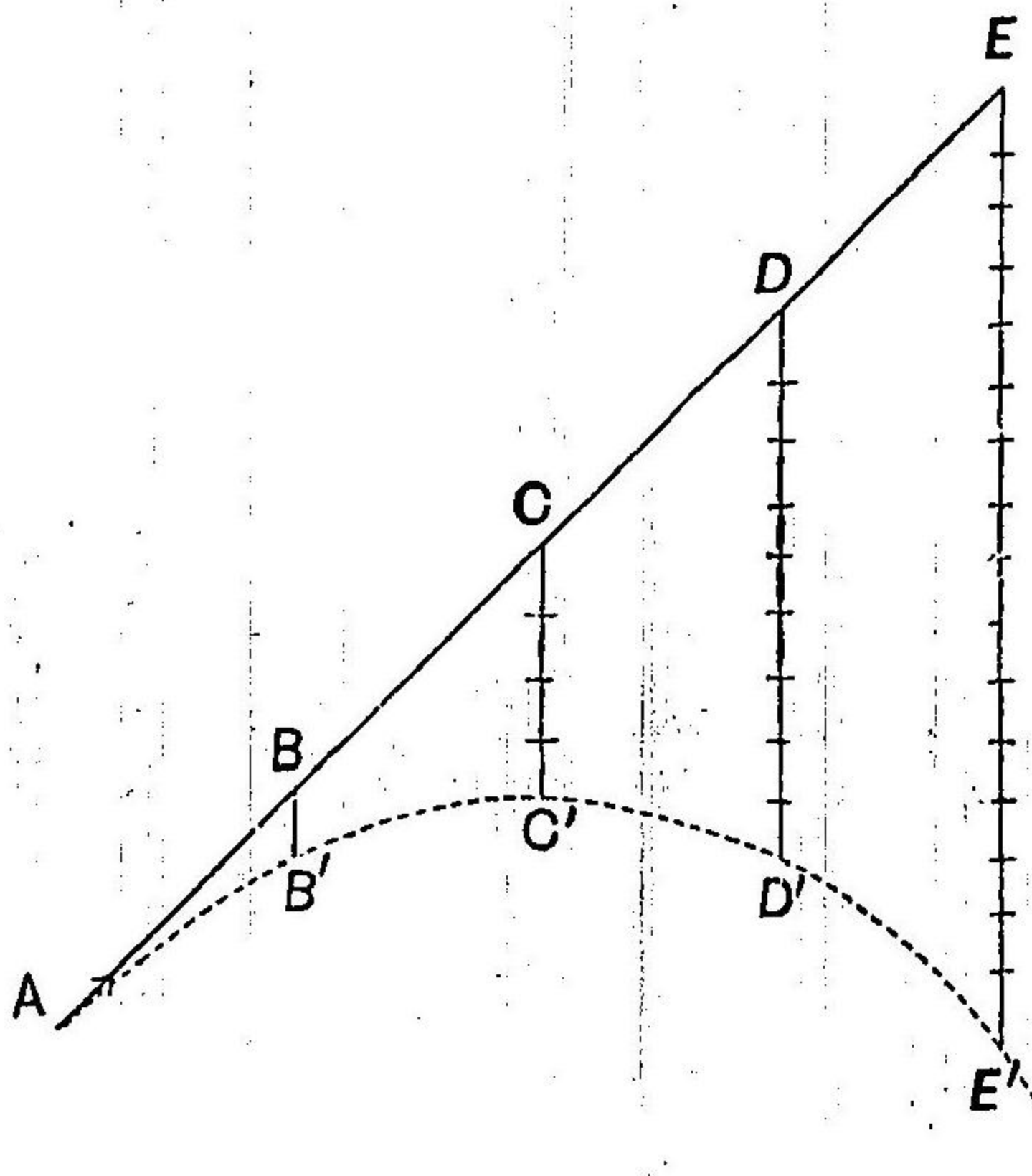
(2) μ 秒米の速さにて真上に投げられたる物體は、幾秒の後に舊位置まで落ち来るか。又此の時の速さ幾何。

(3) 花火を打ち上げたる瞬時に、烟を見てより、四秒時の後に爆發の烟を見たり、爆發の場所の高さ何程、但し花火は最高所に達して爆發したるものと見る。

102

拋射體の運動 鉛直線の方角にあらざる任意の方角に投げられたる物體は、拋物線と稱する一種の曲線を書いて運動するものなり。其の拋物線の形は、與へられたる運動の方角と、其の速さとを知らば、容易に之を知ることを得べきなり。即ち左圖のAEを以て、物體の最初の方向となし、BCD

圖八二一第



等は、地球の引力のなき場合
 合に於て、每一秒時の終りに
 物体の占むべき位置なり
 とせば、實際に物体の位
 置は、第一秒時の終りには
 B 點の直下の點 B' にあ
 り、第二秒時の終りに於て
 は、C の直下の點 C' に
 あり、以下追うて斯の如
 く、物体の位置は、最初に與へられたる運動の結果と、引力が
 静止せる物体の上に生ずべき結果とを、其の儘合せたるも
 のなり。かくて B' C' D' 等の諸點を連ねれば、茲に求むる拋物
 線を得べし。實驗上、拋物線の形を大體に見んとせば、細き

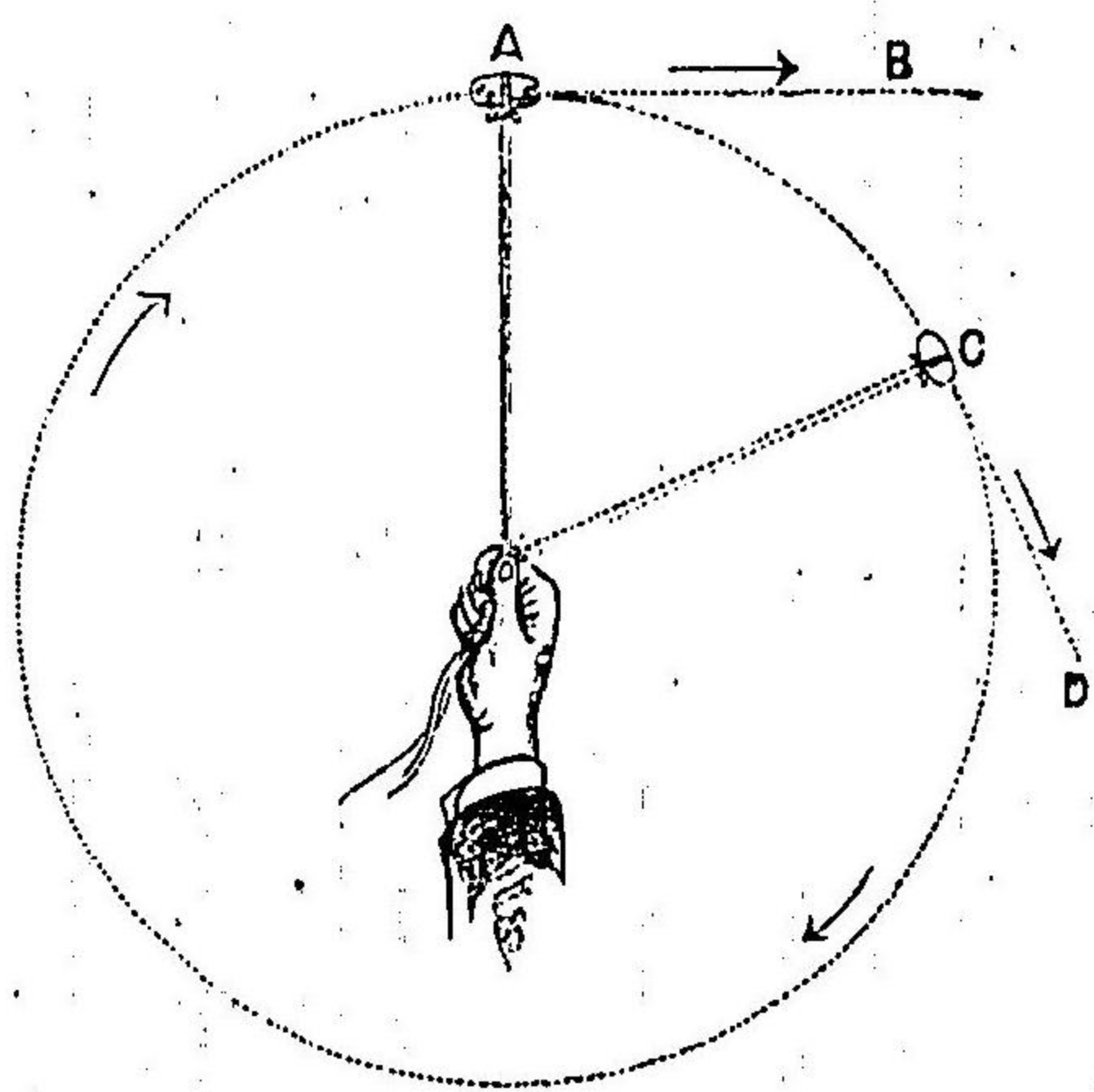
(1) 此れ運動の第二法則より豫期せらるゝところなり。

口より水を噴出せしめ、其の形を見るが便なり。

【問題】

- (1) 海に臨みたる絶壁の上より水平に投げられし石が、二秒間にして水面に落ちたりと云ふ、絶壁の高さ何程。
- (2) 海面よりの高さ四四・一米の絶壁の上より水平の方向に、八〇〇秒米の速さにて射出せられたる砲弾は、海面に落つる迄に幾何の距離を進むか。

圖九二一第



圓運動 圓周上を走る物體の運動を圓運動と云ふ。
 圓運動に於ては、其の速さの不變なる場合に於ても、其の方向は斷えず變じつゝあるが故に、之に常に力が作用しつゝあることは明瞭なり。其の力の方

求心力
遠心力

向は、右圖の如き實驗を爲せば、其の絲の引き張らるゝにて分る如く、常に其の圓の中心に向ふ。此の力を求心力と名づけ、求心力の反作用を遠心力と云ふ。運動の法則に基づきての計算の結果によれば、物體の質量 m 、瓦、其の速さ v 秒糎、半徑 r 糎の時の、求心力の強さを F ダイーンとすれば

$$F = \frac{mv^2}{r} \text{ なり。}$$

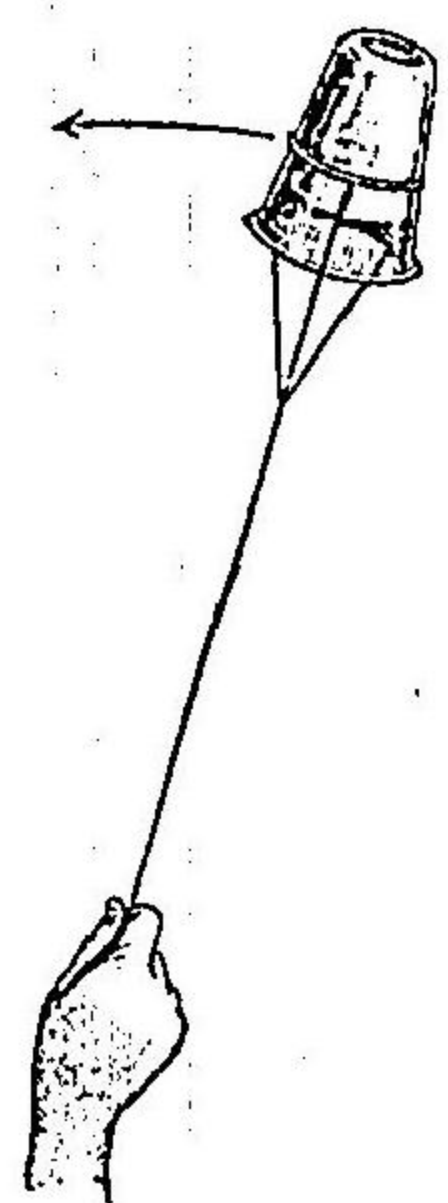
m 瓦の物質が地球に引かるゝ力の強さは mg ダイーンなるが故に、此の二つの力の比は、

$$\frac{mv^2}{r} \div mg = \frac{v^2}{rg}$$

なり。されば r が八〇、 v が二八〇の價をもつときは、此の比が一となる。而して速さが二八〇秒糎なる時は、一回轉に要する時間は $\frac{2\pi r \times 80}{280} \parallel 1.79$ 秒なり。之に依りて、ある物體が、半徑八〇糎の圓を畫きて、大凡二秒間に一回轉すると

(1)
りを九八〇とし
て、

第一三〇圖



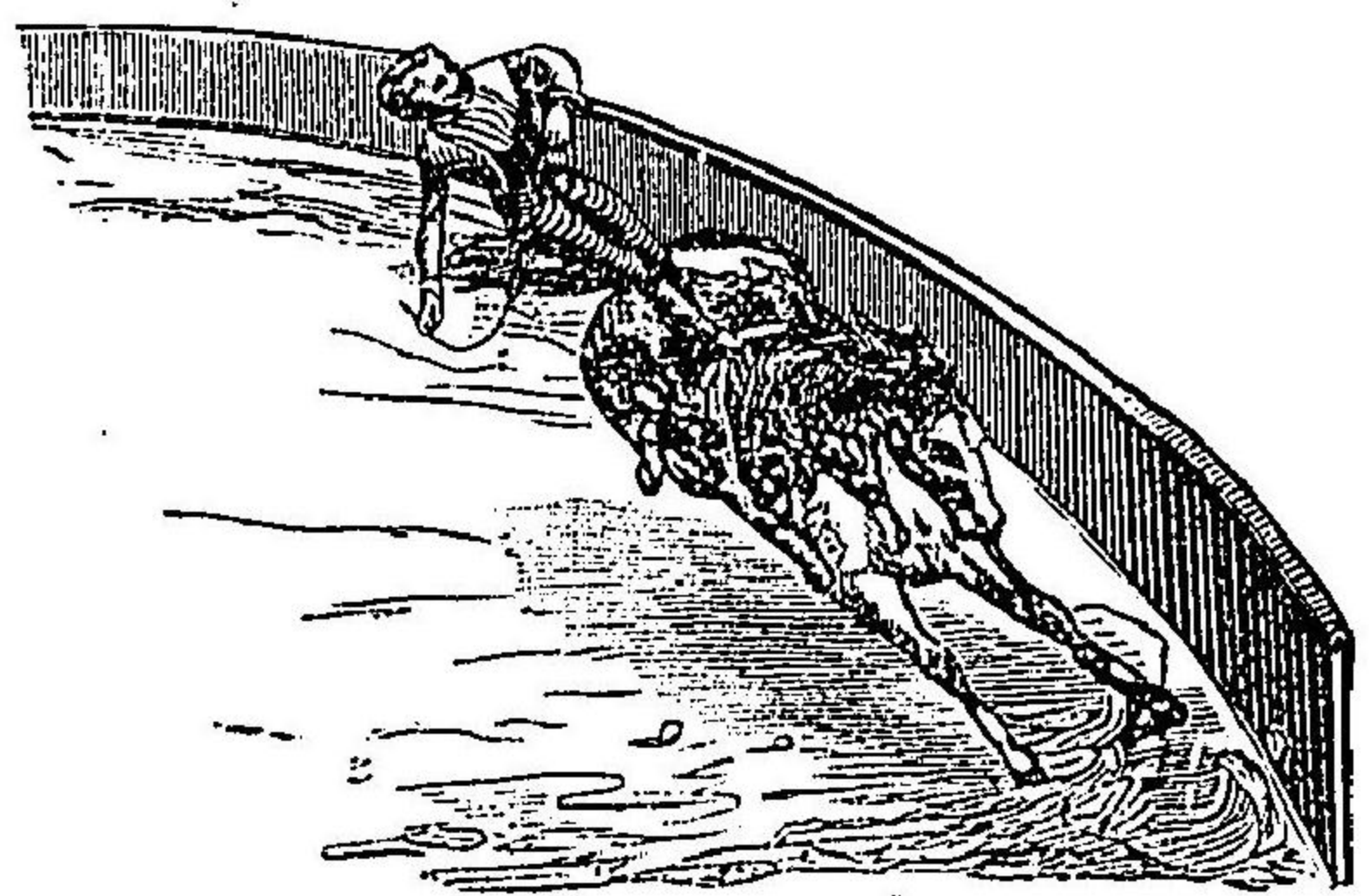
きは、其の求心力は其の物の重力に等しと見らるべし。されば第一三〇圖の如くして水を盛りしコップを回轉する時に、此の速さに達して、始めて水はこぼれざるを得べし。

求心力を示す公式 $\frac{mv^2}{r}$ によりて、求心力の大きさは (1) 半徑に反比例し、(2) 質量に正比例し、(3) 速さの自乗に正比例することを知る。

【問題】

(1) 第一三〇圖の如き事を行ふとき、半徑八〇糎にして、コップと水との重さが一〇〇匁ある時には、一秒間一〇回の圓運動を爲せば、求心力の大きさは重力單位にて幾何。

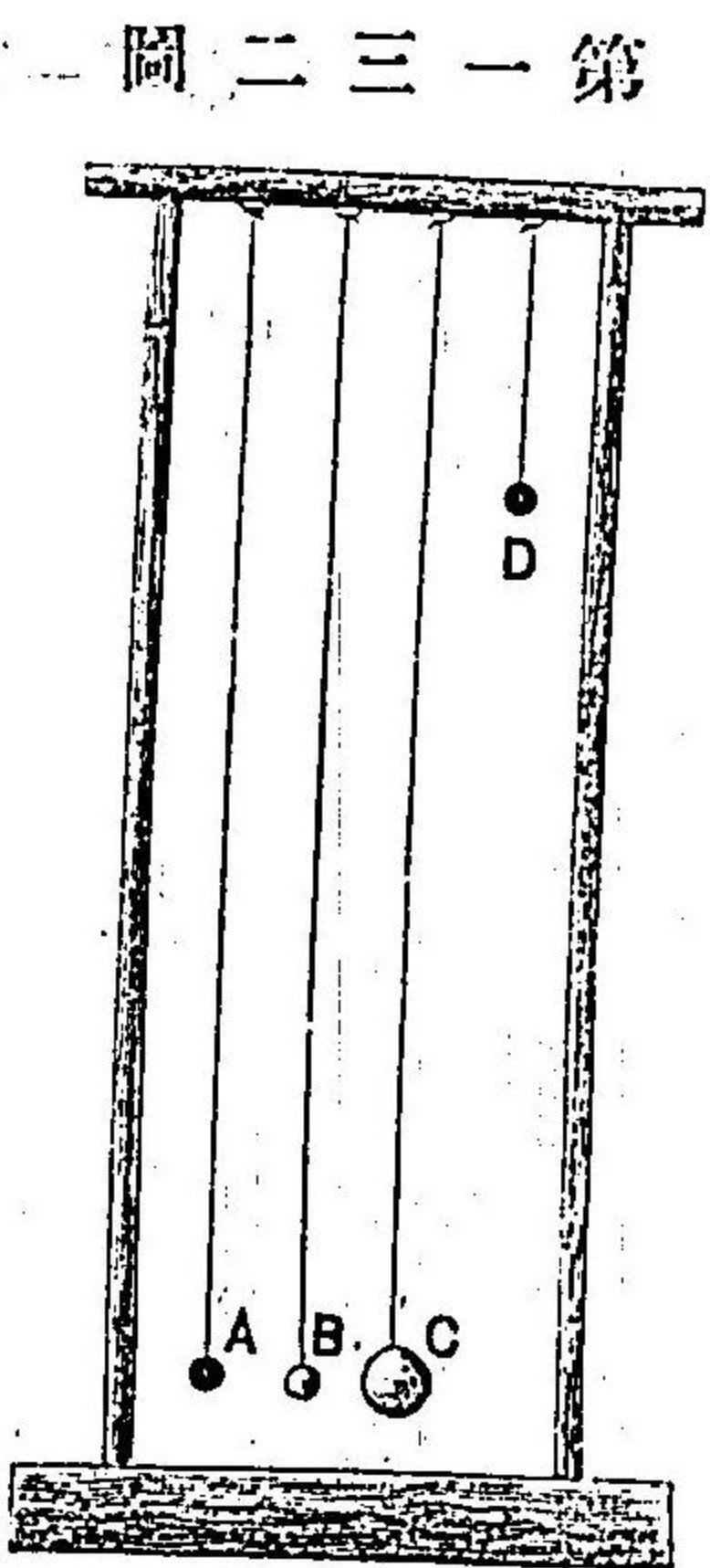
第一三一圖



(2) 第一三一圖の人と馬とは何故に著しく體を傾けても倒れざるか。

104

振子 細き絲の一端に小さく重き物を吊したる装置を振子と云ふ。振子を一方に引きて其の手を放てば、同じ場所を往復運動して暫くは静止せざる可し。其の一端より他端に至る距離を振幅と云ひ、一回往復するに要する時間を週期と云ふ。



第一三二圖の如く數個の振子を以て試むるに、其の長さ一樣にして、且つ振幅が振子の長さに比べて、甚だ小なる時は、其の振動時間は、球の品質、大小、輕重並に振幅に關係なきことを見るべし。但し振子の長さを愈減少すれば、振動時間は

愈短し。

理論と實驗との示すところによれば、振子の週期Tは、次式によりて示さる。

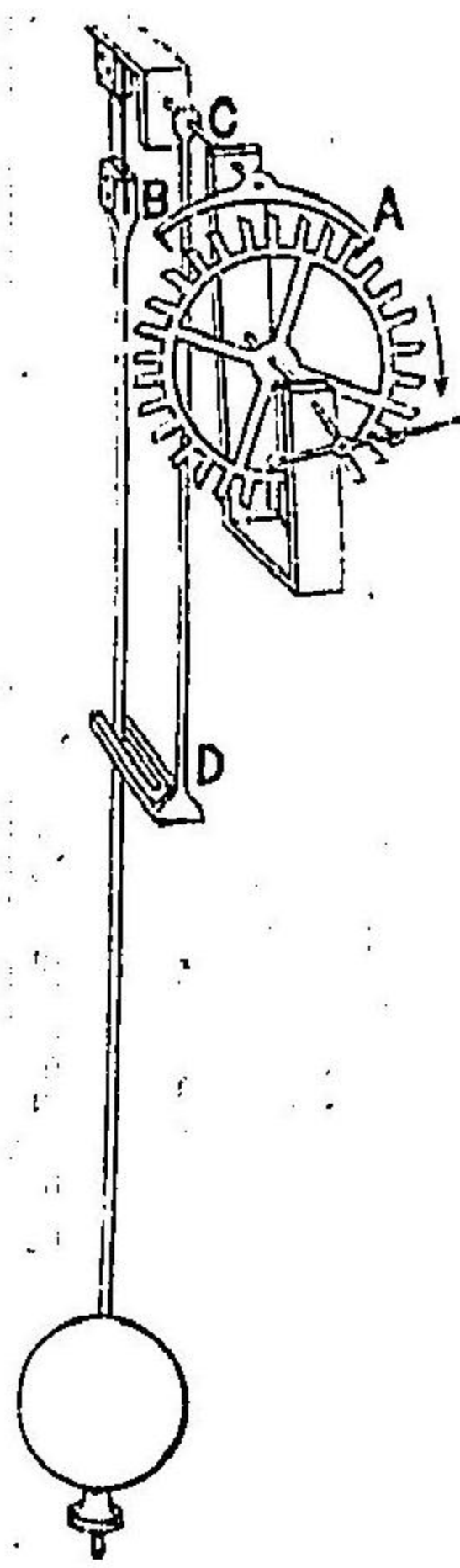
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

【問題】 gを九八〇として一秒間に片振りする振子の大凡の長さを算出せよ。又一秒間に一往復する振子の大凡の長さを算出せよ。

(1) 此の式中にある振子の長さは、實際の振子に於ける絲の長さ、又は支點より球の中心迄の距離と云ふ意味に非ず、目方なき物を吊したる假想的の場合に於てのみかく云ふを得べし。一〇五

時計 振子の振動時間は、長さ變らざれば變らざるものなるが故に、時計の進みを調節するに屢、振子を用ふるなり。今其の理を説かんに、時計のぜんまいは、其の彈力に依りて巻きほこれんとし、其の力を數個の齒車の依りて次ぎ次ぎ

第一三三圖



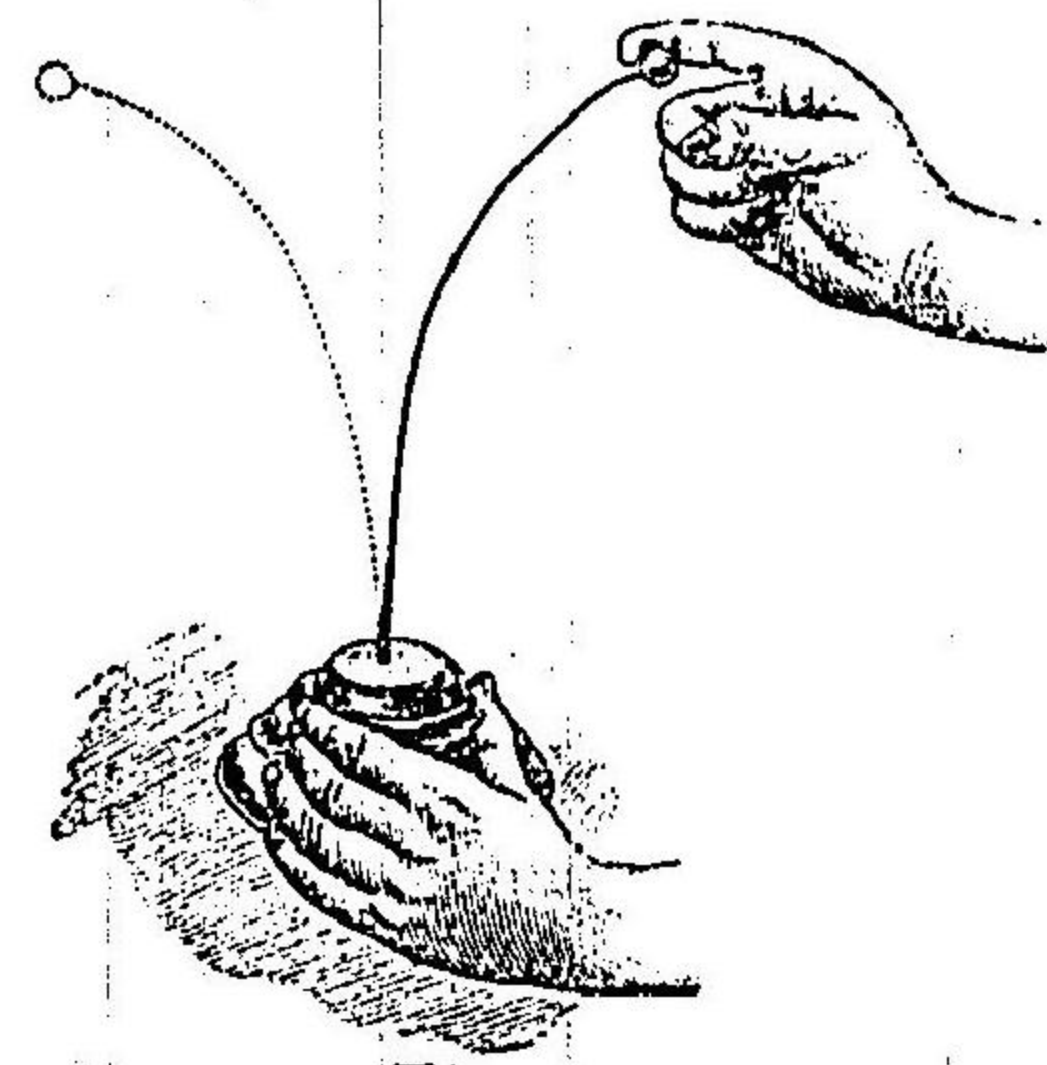
に傳ふ。其の最後の齒車は即ち上圖に示すところにして、別に之を抑

ふるものなくば、ガラクと矢の方向に回轉せんとするものとす。然るに圖に依つて見らるゝ如く、此の齒車の傍に、アンコルと稱して「ワ」の字形をなしたる金屬あり。振子が右に移りし時にはB端にて齒車を抑へ、左に移りし時にはA端にて之を抑へ、振子が一回往復する間に、齒の只一つ丈け前進するを得しむ。故に此の齒車の回轉の速さは、振子の振動の速さに依つて支配せられて變ることなし。時計が進み過ぐる時、又後れ過ぐるときは、振子の長さを程よく變ずれば可なり。

彈力に依る振動 次圖に示すが如く、先端に球を有する棒を振動せしむる時、若しくは、螺旋狀に卷きたる針金の端に錘を吊して、其の錘を上下に振動せしむる時の如く、總べて固體の彈力に基づく振動は、其の週期が振動體の重さの増

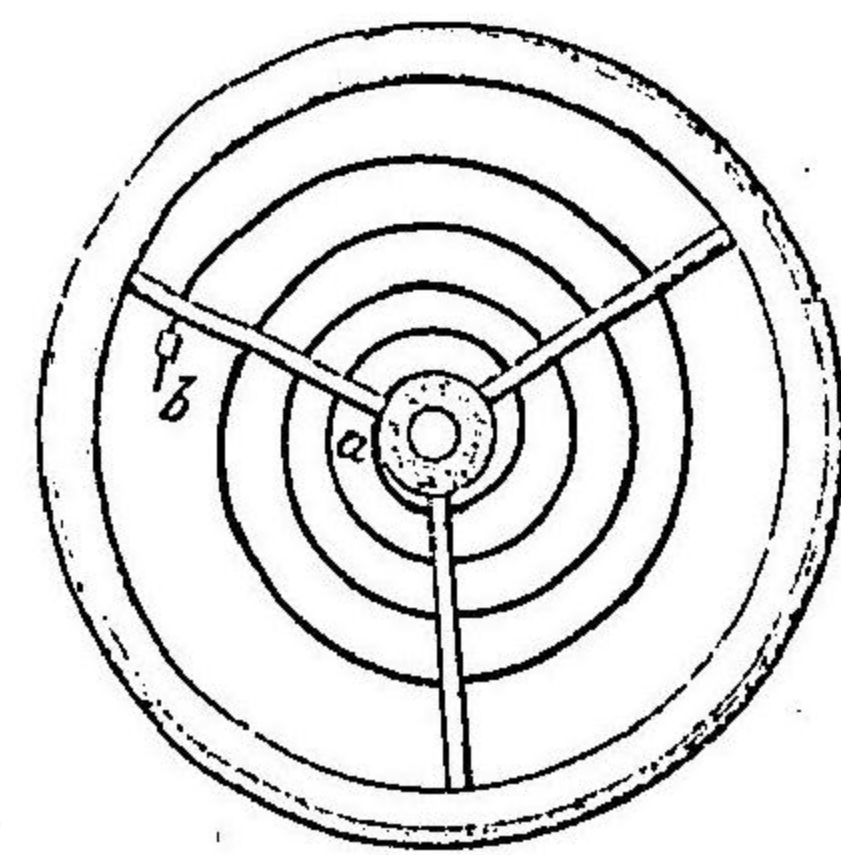
二〇

第一三四圖



加に従つて増加し、又温度の上昇等によりて、バネの彈力の減少に従つて増加するものなれども、此等の事情が不變なる時は、振幅に關せずして一定せる週

第一三五圖



期を有す。懷中時計等に於て其の進みを調節するに用ふるテンブ(第一三五圖)は、右の彈力による振動體の等時性を利用したるものなり。

第三章 仕事 エネルギー

二〇

仕事 力がある物體に働いて、力の方向に若干の距離を進むる時、或は物體が抵抗力に打ち勝ちて、其の反對方向に若

エルグ

千の距離を進む時は、此の物體若しくは力は、仕事を爲したりと云ひ、其の仕事の量は、力と距離との積に、力と距離との単位を併へ附して之を示す。例へば、五瓦の重力が物を二〇糶丈引落すときは、重力は其の物に一〇〇瓦糶の仕事をなし、手にて二貫目の石を三尺の高さに擧ぐるときは、手が石に六貫尺の仕事爲し、眞上に投げ上げられたる物體が、三疋の重力に打ち勝ちつゝ、八米を進むるときは、其の物體は重力に對して二四疋米の仕事をなす。

仕事の量を示すに、力の単位として、ダインをとり、距離の単位として糶をとりたるものは、特にエルグと云ふ。されば、 $W = \text{erg}$ 瓦の物體を糶の高さに擧ぐる時の仕事 W は、エルグを単位とすれば、

$$W = \text{erg}$$

二〇八

馬力
ワット

(1) 千ワットは
略、〇・七二
封度に當り、
三キロワットが
大凡四馬力に當
る。

なり。

工率 器械のきりめを論ずるときに、力に何倍の利益あるか、距離に何倍の利益あるかと云ふ事の外に、其の器械の仕事の速さ、即ち単位時間内に爲し得る仕事の量を考ふることは甚だ大切な問題なり。仕事の速さを工率と云ひ、之を表はす単位は、水車、瓦斯機關等に於ては、馬力を用ひ、電氣機關に於てはワットを用ふ。一馬力とは毎秒五五〇呎封度(即ち毎分約四〇〇〇貫尺)の工率にして、一ワットとは、毎秒千ワットエルグの工率を云ふ。

【問題】

- (1) ある蒸氣機關が重量二〇〇噸の水を十五呎の高さに汲み上げたりと云ふ。此の仕事は幾呎封度なるか、又此を爲すに二時間を要したりとせば、此の機關の馬力幾何。
- (2) 體重十八貫の人、高さ五十尺の頂上まで、三分間にして達した

りと云ふ此の仕事何程又此の馬力何程。

二〇九

エネルギー 生きて居る動物、飛んで居る弾丸、引張られたる弓等、總べて現在若しくは將來に於て仕事を爲し得る能を有するものはエネルギーを有すと云ふ。さればエネルギーとは仕事を爲し得るもとの如きものなり。エネルギーの量を測るには、其の爲し得べき仕事の量を以てす。

二一〇

運動のエネルギー 總べて運動せる物體は、抵抗力に出遇ふても、必ず尙若干の距離を進行し得るが故に、明かにエネルギーを有する體なり。運動體に含まるゝエネルギーを運動のエネルギーと名づく。運動のエネルギーの量は、其の運動體の質量と速さとに如何様に關係するものなるかを知らんとせば、此の物が、如何程の抵抗力に打ち勝ちつゝ、如何程の距離を進行し得るかを見るが便なり。之が爲には眞上

(1) 第一〇一節公式

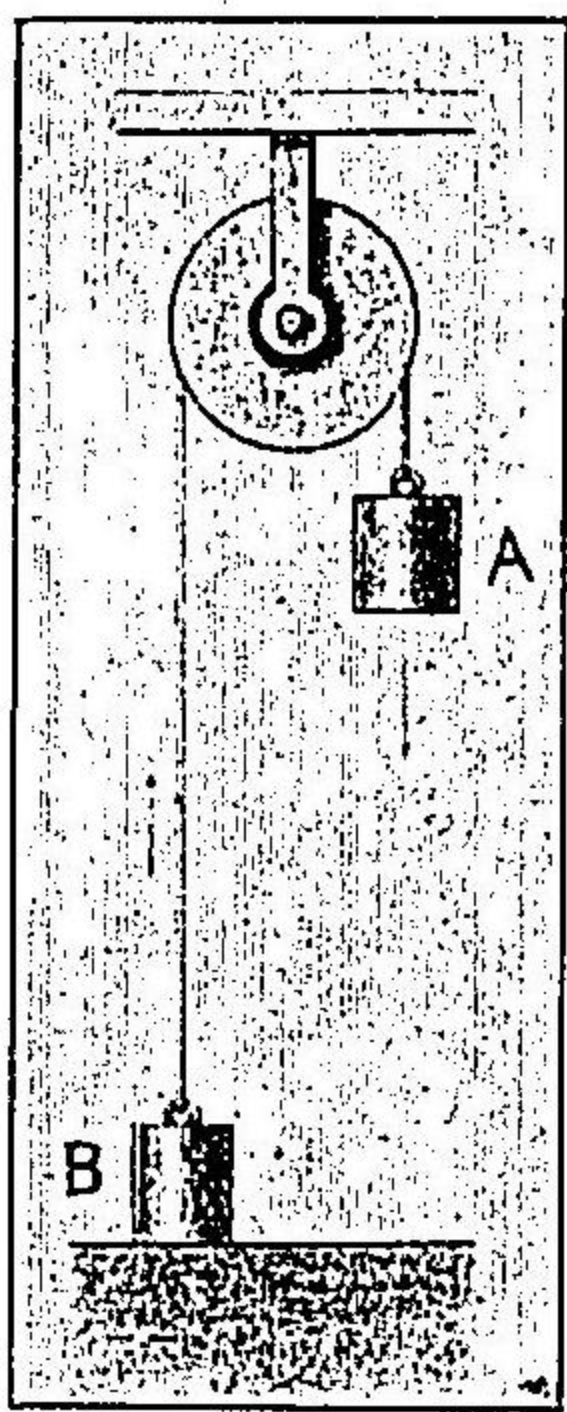
に向ふ運動體に就いて考究すれば甚だ分りよし。速度 v 秒纏の物體が、重力に打勝ちつゝ眞上に向つて進むとき、速度が零となるまでには $\frac{v}{g}$ 纏を進行す。今物體の質量が m 瓦なりとせば、重力は mg ダインなるが故に、此の際に物體の爲したる仕事を W とせば、

$$W = \frac{v}{g} \times mg = \frac{1}{2} m v^2 \text{ エルグ}$$

なり。或は $\frac{mv^2}{2g}$ 瓦纏なり。即ち運動のエネルギーは、質量に比例し、又速度の自乗に比例す。

二一一

第一三六圖



位置のエネルギー 上圖の如き装置に依りて B を引上げんとする時、 A の目方を増すに従

つて、之に要する力は少く、遂に A が B と同じ目方になるときは、滑車の摩擦と糸の抵抗とに打勝つだけの力を加ふれ

ば、能くジリくとBを引上げて以前のAの高さに來らしむることを得。之に依りて、總べて高所にある物體は、エネルギーを有することを知る。而して其のエネルギーの量Wは、其の質量m瓦高さを纏るときは、明らかに

$$W = mgh \quad \text{ワット}$$

なり。

機械的エネルギー

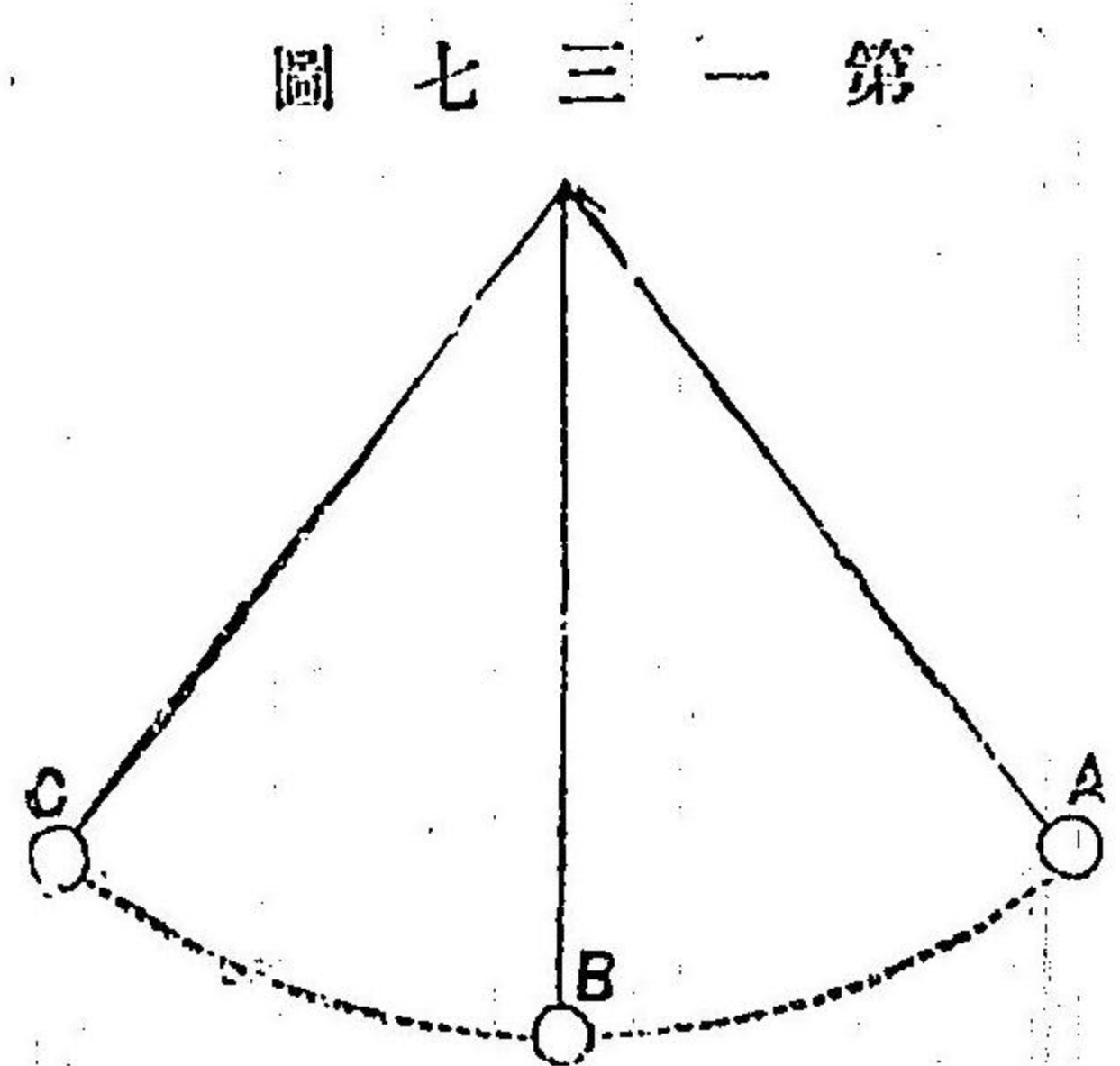
物體が高所に在るが爲に有するエネルギーを位置のエネルギーと云ふ。位置と云ふ意味を廣めて、引伸ばされたるゴム、壓縮せられたる空氣、巻き込まれたるゼンマイ等の有するエネルギーをも亦位置のエネルギーと云ふ。又運動のエネルギーと位置のエネルギーとを併せ稱して、機械的エネルギーと云ふことあり。

以上に述べたる機械的エネルギーの外、又他の種類のエネ

ルギーあり。他の種類のと云ふ意味は、異なる事情のもとに存在せると云ふ意味なり。化學的エネルギー、熱のエネルギー、光のエネルギー、電流のエネルギー等と呼ぶもの即ち之なり。

一三

エネルギーの變遷 エネルギーは、甲の種類より乙の種類に變じ、又甲物體より乙物體に移ることを得るものなり。



例へば一つの振子に於て、位置のエネルギーと運動のエネルギーとが交互に變遷するが如く、引き張られたる弓が、其の位置のエネルギーを失へば、矢は運動のエネルギーを得るが如く、金槌を以て石を打てば、其處に熱を生ずるが如し。

二三

エネルギーの變遷と仕事

仕事をなす、なさるゝと云ふ事

のあるところには、常にエネルギーの變遷あり。而し仕事を爲したるもの甲は、仕事の量だけエネルギーを失ひ、仕事を爲されたるもの乙は、仕事の量だけエネルギーを得るものなり。例へば人が弓を張ると云ふ仕事をなせば、人がエネルギーを失ひ、弓は新に位置のエネルギーを得。次に弓が矢に對して仕事をなすときは、矢は運動のエネルギーを得て、弓は位置のエネルギーを失ふ。而して人が最初に弓に向つて爲したる仕事の大きな丈、弓も矢も大きなエネルギーを受授するなり。挺子に向つて仕事をすれば、挺子は荷物に向つて仕事を爲す、其の荷物は、或は位置のエネルギーを得、或は運動のエネルギーを得べし。

エネルギーの不減 エネルギーはかく變遷するものなれ

二四

ども、エネルギーの量には決して新生、消失等のことなきものなり。これ物質不滅の法則と共に、近世理學界の大法則なり。

今其の一二例を見んに、

(1) 高所に向つて進行する物體は、其の運動のエネルギーを失ふにつれて、漸々位置のエネルギーを得て居るは明らかなるが、次の考察によれば、其の兩方の和は常に一定なるを知る。第一〇一節に依りて、速さ v_1 を以て上昇する物體がS丈け上昇して、速さ v_2 となりしとせば、次の關係あり。

$$v_1^2 - v_2^2 = 2gs$$

此の式の兩邊に $\frac{1}{2}m$ を乗ずれば、

$$\frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2 = mgs$$

なり。而して此の式は、最初に有したりし運動のエネルギー

より、現在に有せる運動のエネルギーを引きたるものが、丁度其の物の位置のエネルギーに等しきを示す。

【問題】

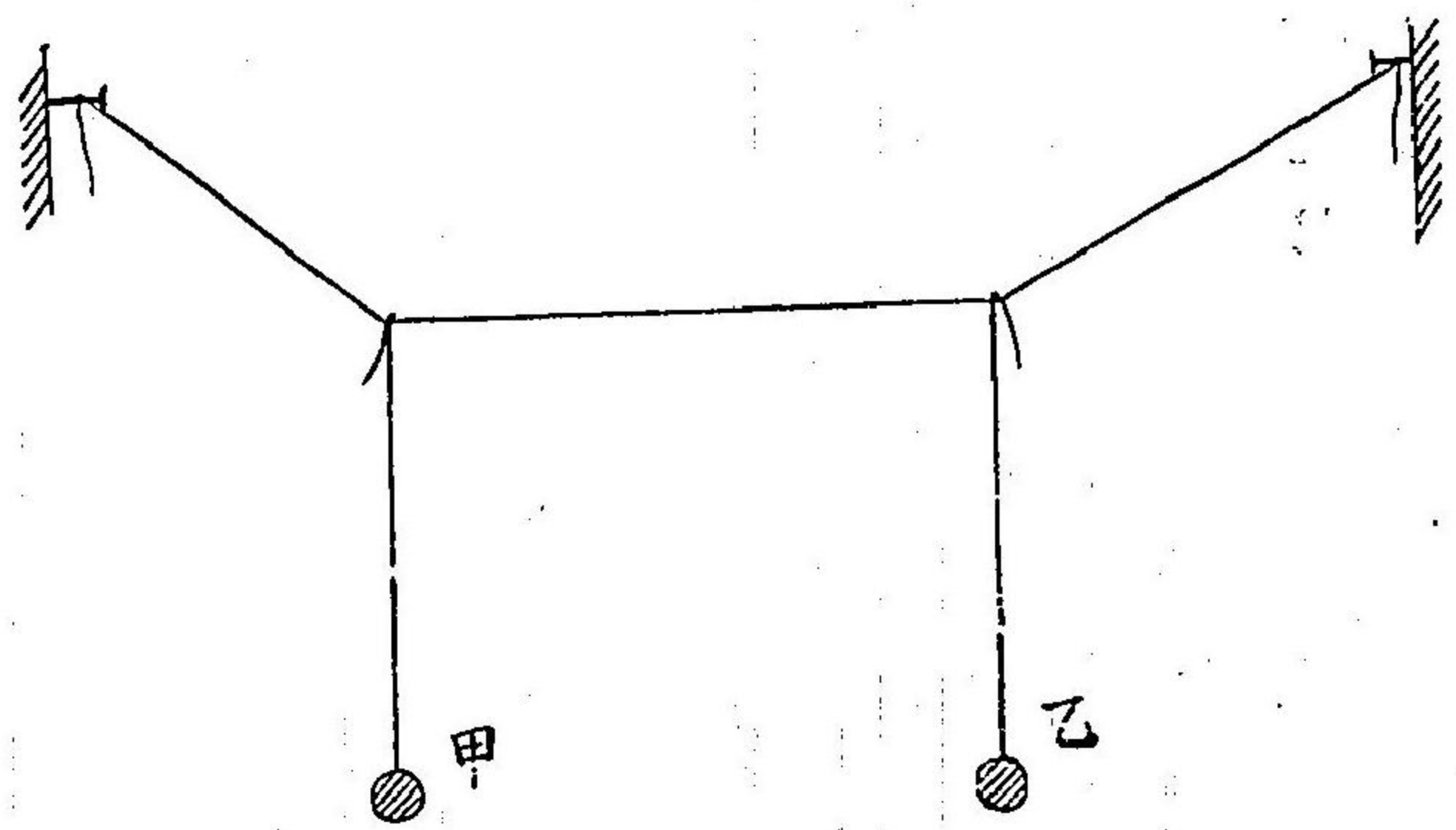
物体が最高の位置に達したる瞬間に於て、やはりエネルギーの量に増減なきか。又最初の位置まで落ち來りし時には如何。

(2) 器械は在事に利益を與へずと云ふ法則は、エネルギー不減則が、特に器械と云ふものに適用せられたるに過ぎず。何となれば仕事に利益する器械は、エネルギーの製造者と云ふことにならばなり。

一々數量的の計算によらずとも、次の如き事實と考察とは、吾人をして已むなくエネルギーの不減則を承認せしむ。

(3) 振子の振動は、絲が柔かく、又空氣が稀薄なる時は非常に永く續く。これ一たび得たるエネルギーが、熱のエネルギー―又空氣の運動のエネルギーとなりて散ずること少きが

第一三八圖

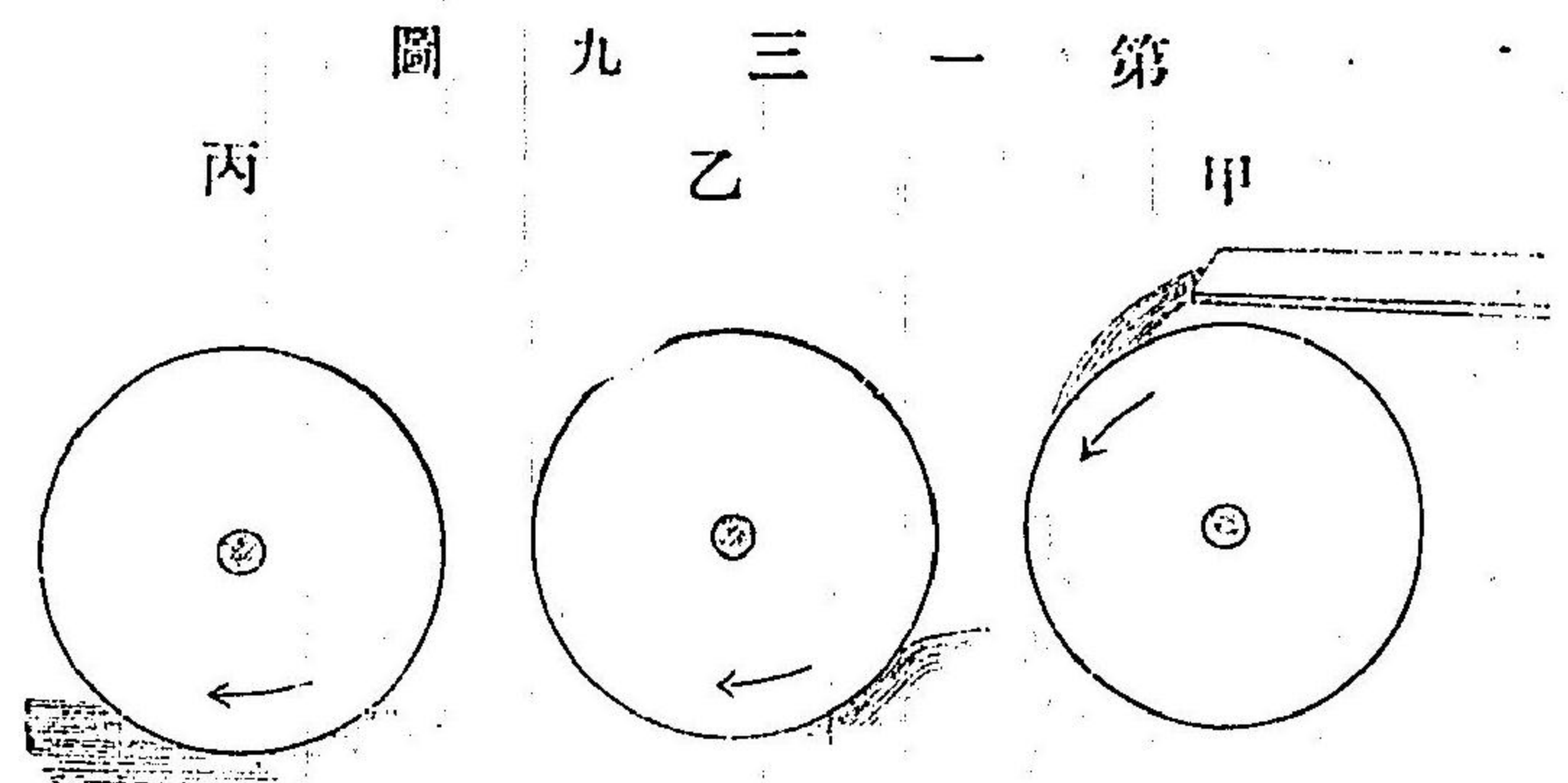


故なり。又重き振子は永く振動す。自己の有するエネルギーの量が多量なればなり。

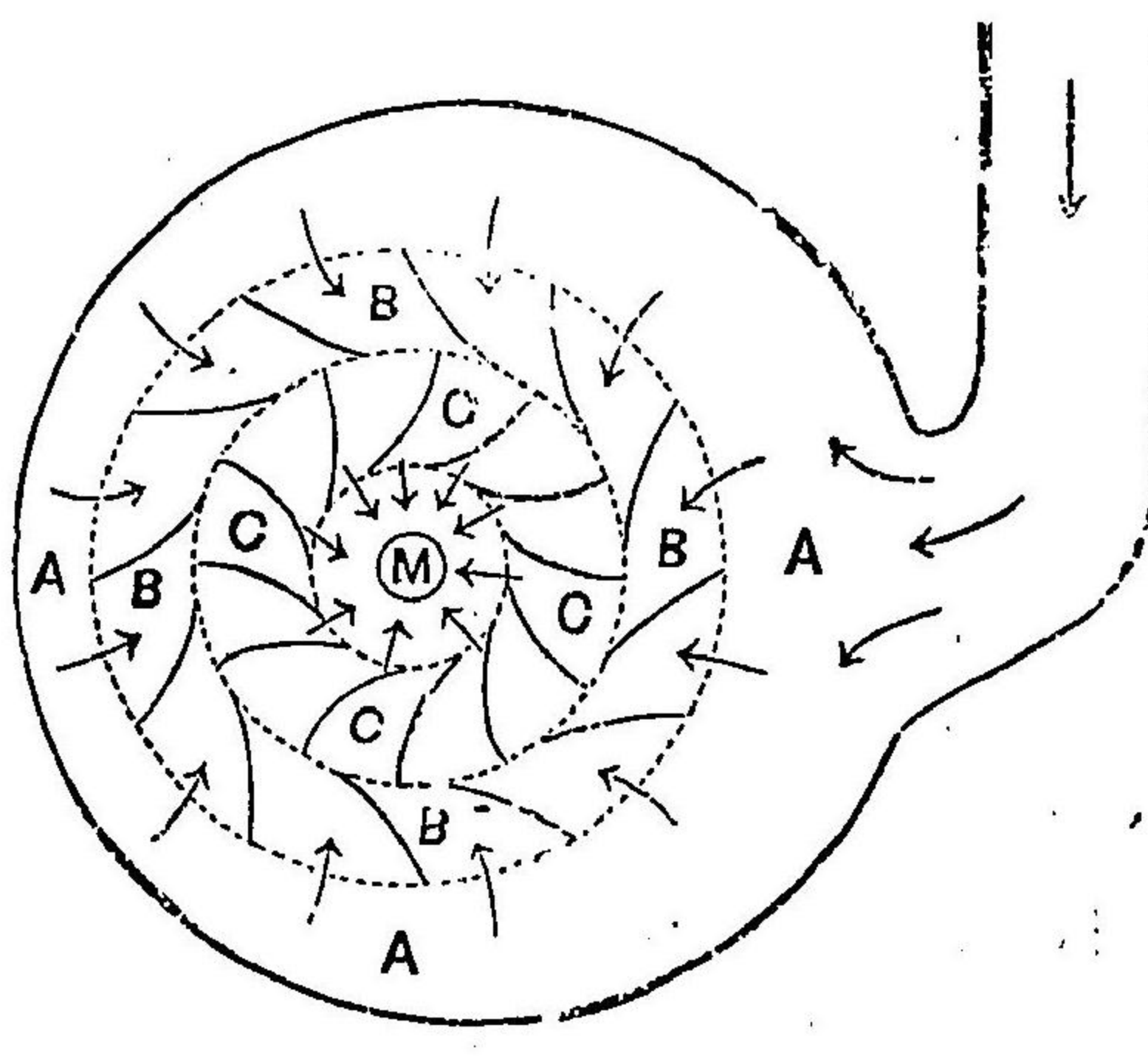
(4) 上圖の如き装置を設け、其の一方の振子に向つて、絲の定むる平面に直角なる方向に振動を與ふれば、他の振子も振動し始む。而して甲の振子の最も盛に振動する時は、乙の振子が最も靜かなる時にして、乙が最も盛に振動する時は、甲は、最も靜かなる時なり。

(5) 水車を設くるときは(第一三九圖)、水の落ち行く速さ、若しくは流れ行く速さが、水車の設けなき時よりも小なり。か

タービン



くても水車の有するエネルギーは、もと水の有せしエネルギーなりしを推知すべし。タービンは最も進歩せる水車の一種にして、高き處より導かれたる水は、先づ第一四〇圖Aなる室に入る



り、次にB室に入り、此の内に設けられたる隔壁に導かれて、C室内の隔壁に突き當りて、C室をMなる軸に依りて廻轉

せしむ。數十尺の高所より導かれたる水にてありながら、タービンを辭し去る時の勢の甚だ弱きを見れば、タービンがエネルギーを吸収することの著大なることを知るべきなり。

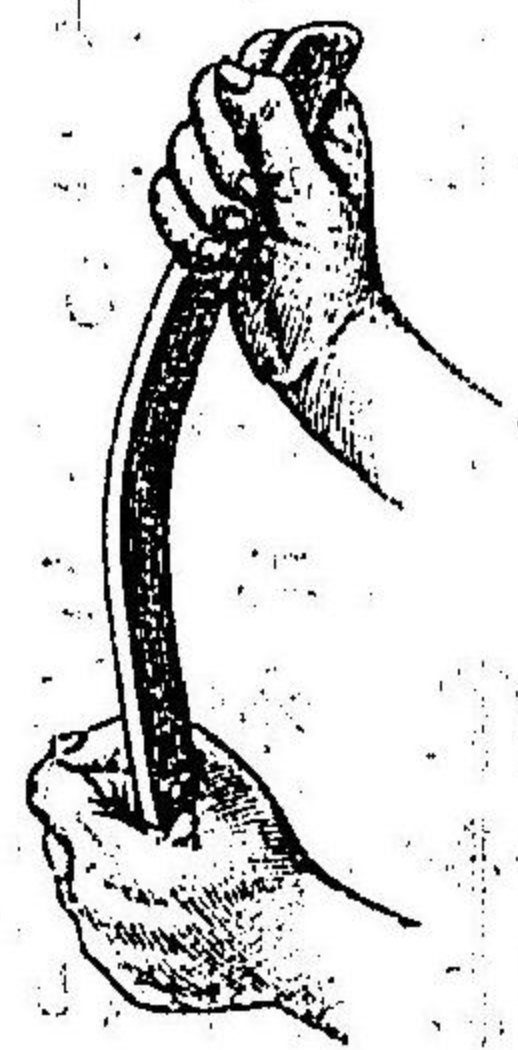
【問題】

高さ六尺の差あるところに、一分間に千五百立方尺の水が落つる場所あり、此處に失はるゝ位置のエネルギーを、悉く水車又はタービンに移し得たりとせば、大凡幾馬力の水車又はタービンが得らるゝか。
但し、一立方尺の重さは七貫四百匁なりとす。

二五

熱の仕事當量 第一三四圖に示したることくして、弾性に富みたる棒を曲ぐれば、即ちこれにエネルギーを與ふれば、棒は位置のエネルギーを得、其の手を放てば又他のエネルギーに變ず。然るに次圖に示すが如く鉛の棒を曲げたる

第一四一圖

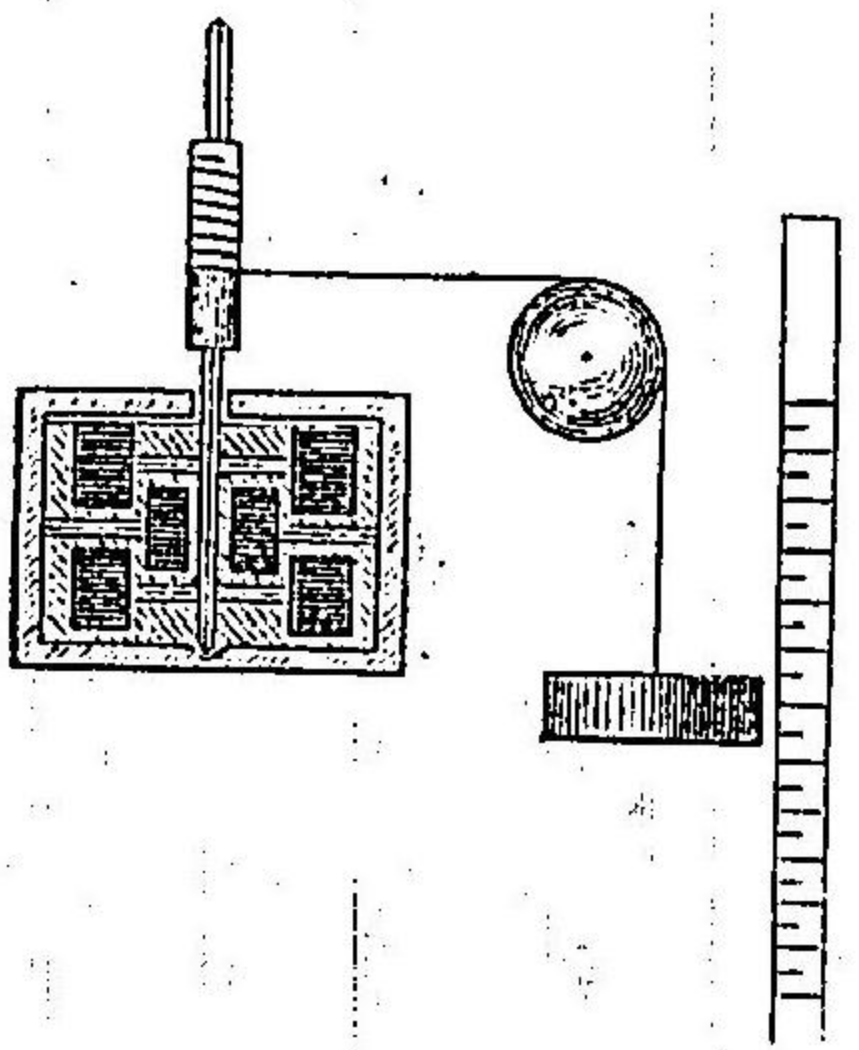


時は、全く位置のエネルギーの表はるゝを見ず、其の代り、曲りたる部分が熱くなり、數回之を曲ぐれば、容易に觸覺を以て之を知ることを得る程になるなり。此の外運動せる金槌が、急に釘頭を打ちて靜止するとき、其の運動のエネルギーは、熱と變じて其の部を温め、摩擦に打勝ちて器械が運轉すれば、器械は運轉を遅くすると同時に其の部分は熱し來る。これ等は機械的エネルギーが熱のエネルギーに變遷したる例なり。上の反對に熱のエネルギーが器械的エネルギーに變遷する例は、蒸氣機關、瓦斯機關等所謂熱機關なるものに於て其の例を見る。是に於て、幾何量の機械的エネルギーが、幾何量の熱に相當すべきかの問題を生ず。ヒルンが直接に蒸氣機關に就いて、實驗したると

(1) ジュールは一八一八年英國に生まる。造酒業の主人にてありながら、汲々として物理学の研究を爲し、熱の仕事當量の如きは、彼が二十五歳の時、四六〇呎米と云ふ結果を公表してより前後殆ど四十年に亘りて、之を研究せり。

ころによれば蒸氣が活栓を押し動かさぬ前に於て有する熱量と、之を動かしたる後に於て有する熱量とを比ぶれば、輻射、其の他の原因に依りて中途に失はるべき熱量を計算に入れても、前者は常に後者より大なり。而して其の差異は蒸氣が活栓に向つて爲す仕事の大なる程大にして、四百二十六呎米の仕事が、丁度此の差の一大カロリーに當ることを見たり。ジュールは右の反對に、仕事に熱に變ずる場合に就いて種々注意深き實驗を行ひたるに、四百三十呎米の仕事が、丁度一大カロリーの熱に相當することを發見せり。ジュールの行ひたる方法の一つは、分銅の降下する際に、水を攪拌せしめ、其の水の温度の上昇を測定するものにして、其の装置は大體第一四二圖の如く、分銅の重さと、其の降下したる距離とよりして、分銅の位置のエネルギーの減少を

第一四二圖



算出し、水の量と其の上昇したる温度とより、其の発生したる熱量を算出したるなり。

ジュールの得たる右の結果は、熱の仕事當量と呼ばれるものにて物理

學上甚だ大切なるものなり。

【問題】

- (1) 百瓦の石が四三秒米の速さにて地面に衝突したるときは幾何カロリーの熱を生ずべきか。
- (2) 四百三十米の高さある瀑を落下したる水は、大約幾度温度が高くなるか。
- (3) 一八〇瓦の水容積にて一合を一度温むるに要する熱を、悉く機械の仕事に用ひ得たりとせば、十五貫の人體を幾尺の高さに揚ぐることを得るか。

二六

熱機關の有効率

僅に一カロリーの熱は、約四百三十五米

欠

MISSING

第五編 光

第一章 光の直進及び反射

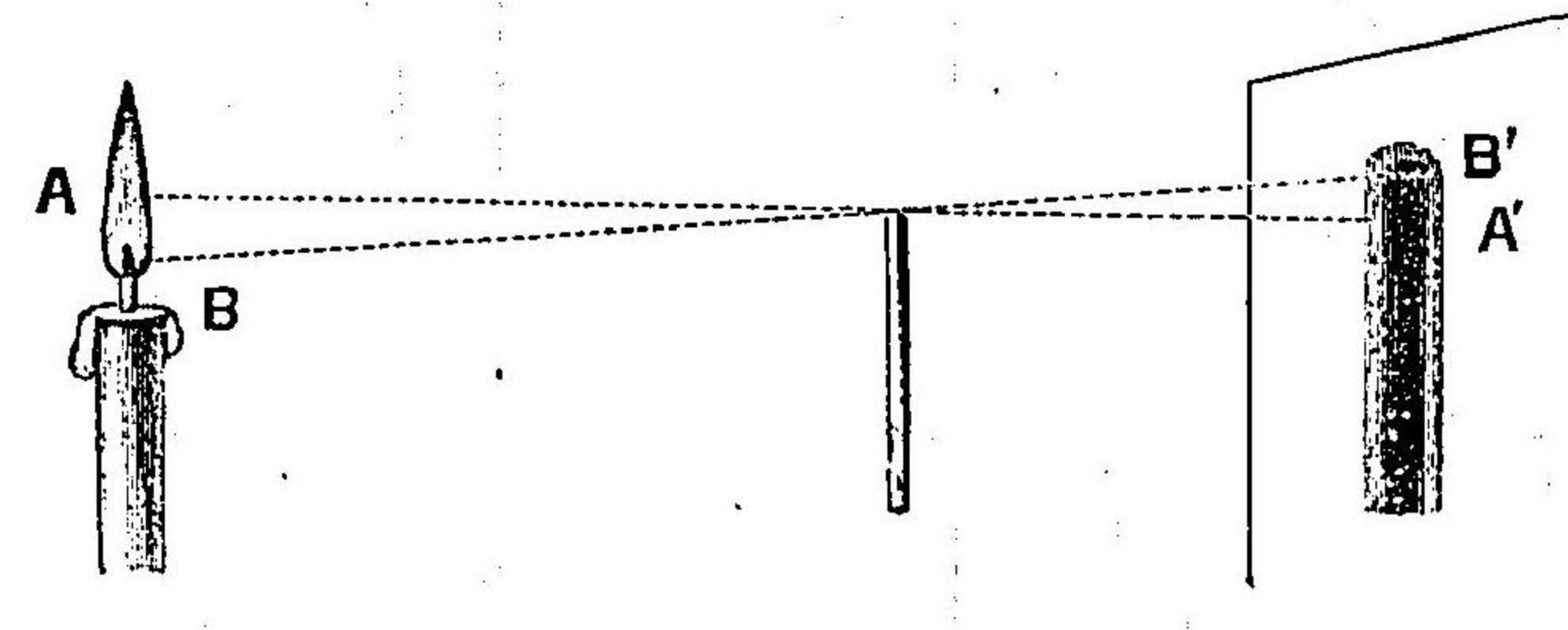
透明體 不透明體 ランプのホヤに硝子を用ひずして竹筒を用ひたりとせば、光は全く遮らるべし。硝子の如く光を通すものを透明體と云ひ、竹の如く光を通さぬものを不透明體と云ふ。而して油紙、乳色硝子等の如きを半透明體と云ふ。

光の直進及び影 不透明體の前に光を受くれば、其の後ろに光の行かざる場處を生ず、之を影と云ふ。影を或表面によりて斷れば、所謂影法師を見る。影法師のことを單に影と云ふことあり、前後の關係によりて、其の何れを指すかは判別せらるべし。

影法師

光線

第一五七圖

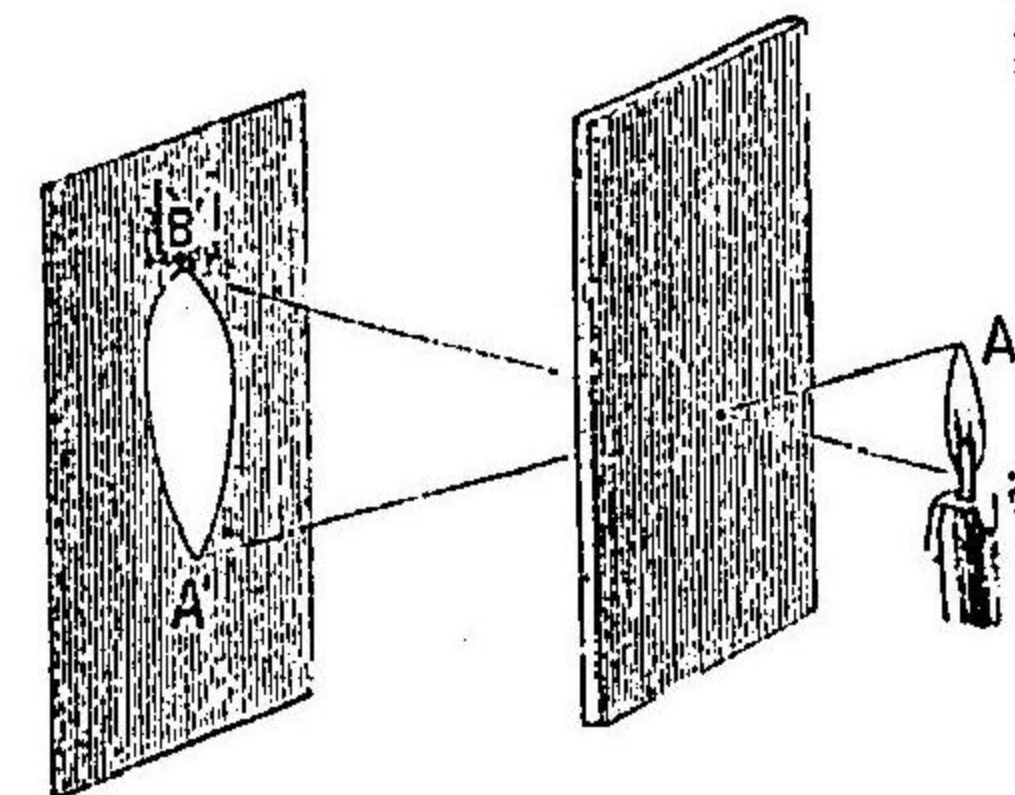


影法師の形が、實物の形に似ること、又は暗室の側壁に穿たれたる小孔より漏れ来る日光が、塵の爲に眞直の棒の様なる通路を示すこと等に依つて、光は眞直に進むものなることを知る。されば光のことを又光線とも云ふ。仔細に影をしらぶれば、其の周邊は、發光體の一部分より来る光を受けて、所謂ボカシの有様にあり。これ發光體が若干の大きさを有すると、光が直進するに基づく現象なり(第一五七圖)。されば一部分の光を受け居る影を半影と云ひ、全く光を受けざる影を本影と云ふて影を區別す。光が一點より出る時に限りて半影なし。

三〇

三一

第一五八圖



光の速さ 學者の測定したる所によれば、空氣中を進む光の速さは、一秒間に大凡三億米(七萬六千里)にして、太陽より地球に達するには約八分を要し、北極星よりは、約四四年を要す。輻射熱の速さは全く光と同一なり。

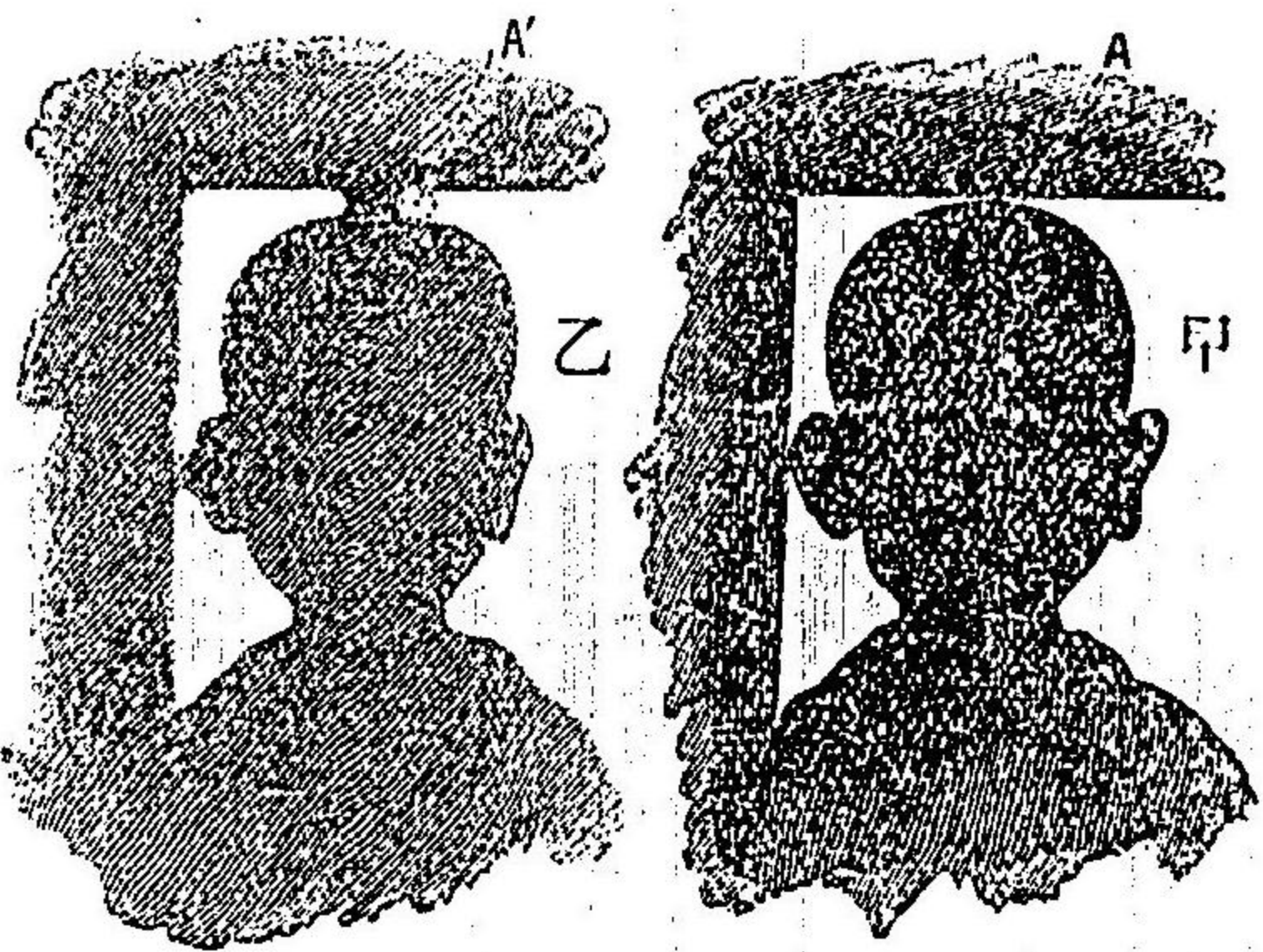
小孔に依りて生ずる像 暗き室内に於て、一小孔より漏れ入りたる光を、障子若しくは壁の上に受くれば、其の孔の形如何に關せず、其の光を放つ物體の倒像を見るべし、此の現象は、光が直進することに基づいて説明するを得。例へば上圖に於て、小孔の形が假りに三角形をなせりとせんに、光源の一點Aより出でたる光は、直進してA'に三角形の明るき部分を生ずべし。他の諸點より發したる光も同様なり。但し

各三角形の相互の位置の關係は、光源中之に對する各點の相互の位置の關係と反對なり。かゝる三角形の無數に集りたる結果は、即ち光源全體の形の上下左右を反對にしたるものなるべきは明かなり。暗室の側壁より漏れ入る光に

依つて、室外の草木等の倒像を見るも亦同理なり。蓋し草木等は、自ら光を放つ體にはあらざれども、太陽の光を受けて之を亂反射(第一三四節)するに依り、發光體と同様なる結果を生ずるを得るなり。

吾等が窓際に立ちたる時、實物は上圖甲の如き位置にありても、影は乙の如く奇妙に見ゆると云ふも、亦此

第一五九圖



の種の現象にして、實物の細隙、例へばAより進みし光は、影法師に於てはAを中心とせる太陽の像を現出するが故に、細隙は細隙として現はれずして、角の丸き明るき部分となりて見ゆるなり。

【問題】 密なる木の葉を漏れたる日光が、地面上に圓形の明るき部分を生ずるは何故。

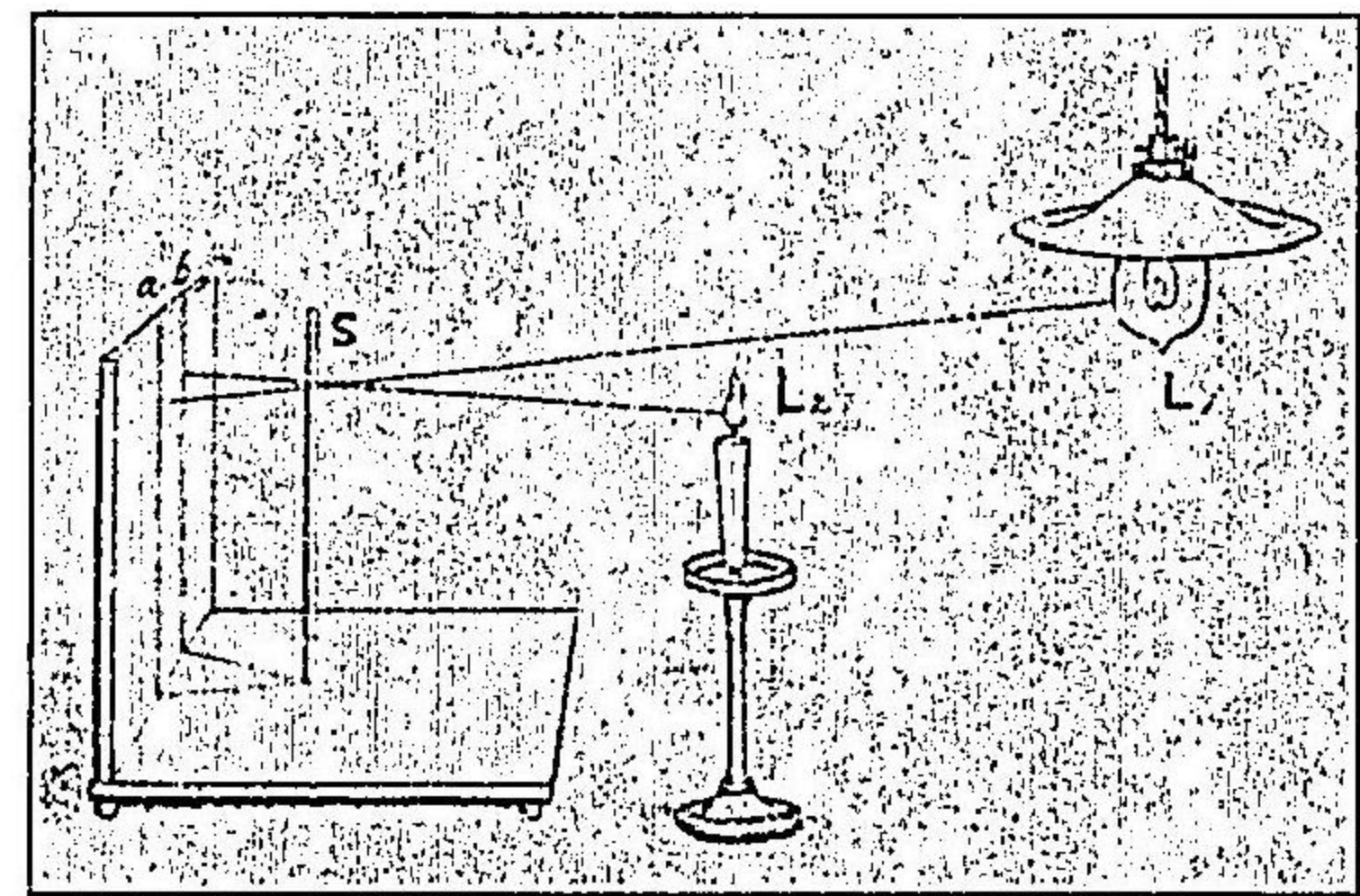
照度 ある表面の明るさは、其の表面の性質と、此の面に投射する光の量とによりて異なる。後者を其の表面の照度と云ふ。照度は

- (1) 物體の表面が、光線の方向と直角を爲す時に最も大なり。これ比較的最も多量の光を受くればなり。
- (2) 又發光體に遠ざかるに従つて、其の距離の自乘に逆比例して弱まる。之は或不透明體の後方、種々の位置に出来る

影法師の大きさを考へて見れば分る事なり。即ち發光體 S と、不透明體 A との距離が L なるるとき $2L$ $3L$ …… の距離に在る影の大きさは、A の大きさの四倍九倍 …… なり(第一六〇圖)。されば

現在 A の表面に投射せる光は、其の二倍三倍 …… の遠方に行くときには、四倍九倍 …… の廣さの表面を照すこととなる。即ち其の照度は四分の一、九分の一 …… と減ずべきを知るなり。

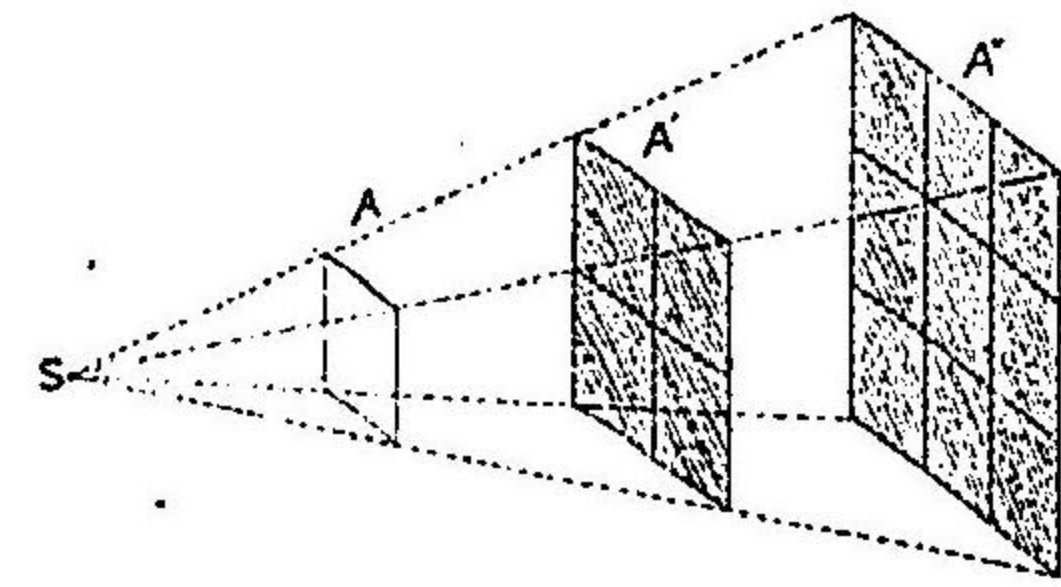
光度 發光體の放つ光の強さを其の光度と云ふ。光度の單位に燭光を用ふ。一燭光とは、一時間に一二〇グレー



一三三

第一六一圖

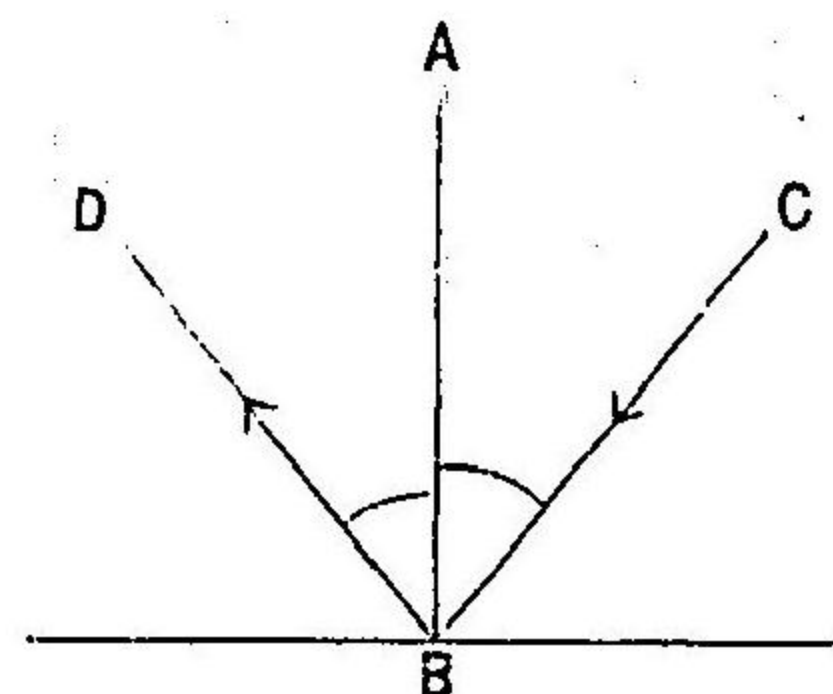
第一六〇圖



(1) 獨逸國の燭光の單位は、ヘフネルランプと稱する特別のランプに於て、純アミルアセテートが四四粒の長さの燭を以て燃ゆる時の光度なり。下文の單位は、一・二六二ヘフネル燭光に當る。

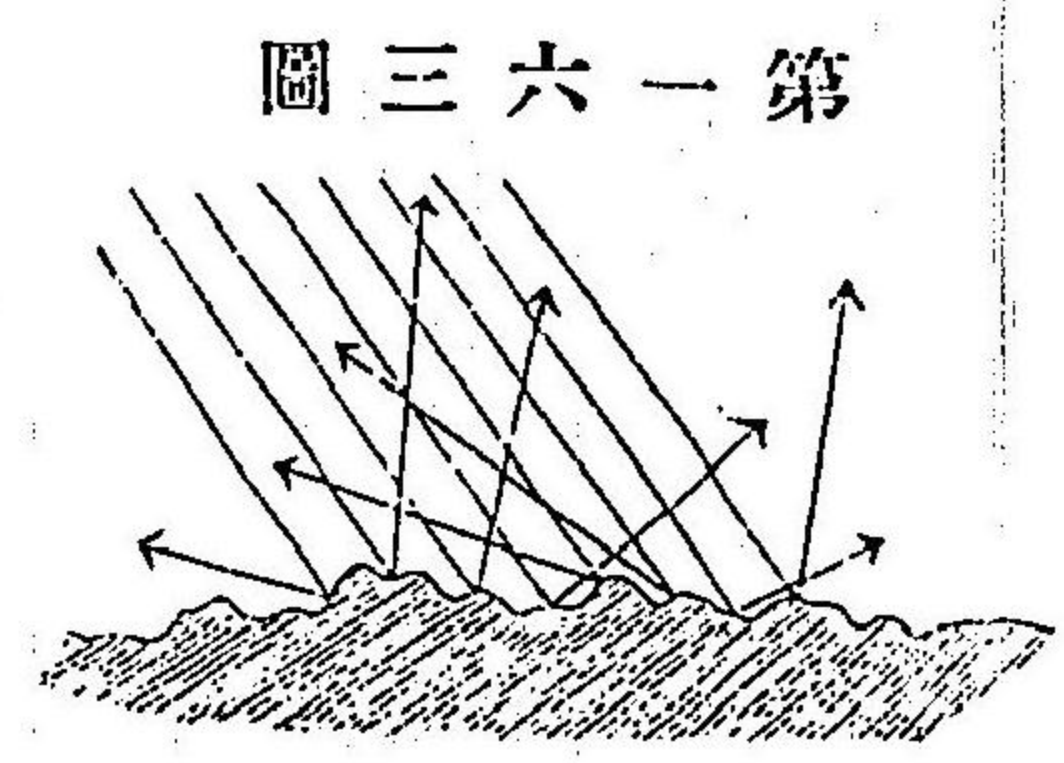
ン(七七七六瓦)宛燃ゆる鯨蠟製の蠟燭の放つ光の強さを云ふ。光度を測る方法には種々あり。其の一つは、第一六一圖に示すが如く、先づ二つの光源より得らるゝ影法師を一つの衝立の上につくり、光源と衝立との距離を適當に變じて、二つの影法師の濃さを等しくす。かくて二つの光源が相等しき強さを以て此の衝立を照すに至らしむ。然るに、ある物體の照度は、光源よりの距離の自乗に反比例すべきものなるが故に、 n 倍の距離に於て等しき照度を與ふる光源は、 n^2 倍の光度を有すべきわけなり。されば影の濃さの等しくなりたる時、各光源より其の影までの距離を測れば、其の自乗の比は即ち光度の比なり。

反射の法則 光がある物體の表面に當る



一三四

第一六二圖



第一六一三圖

ときは、通例反射の現象を見る。光の反射には次の法則あり。

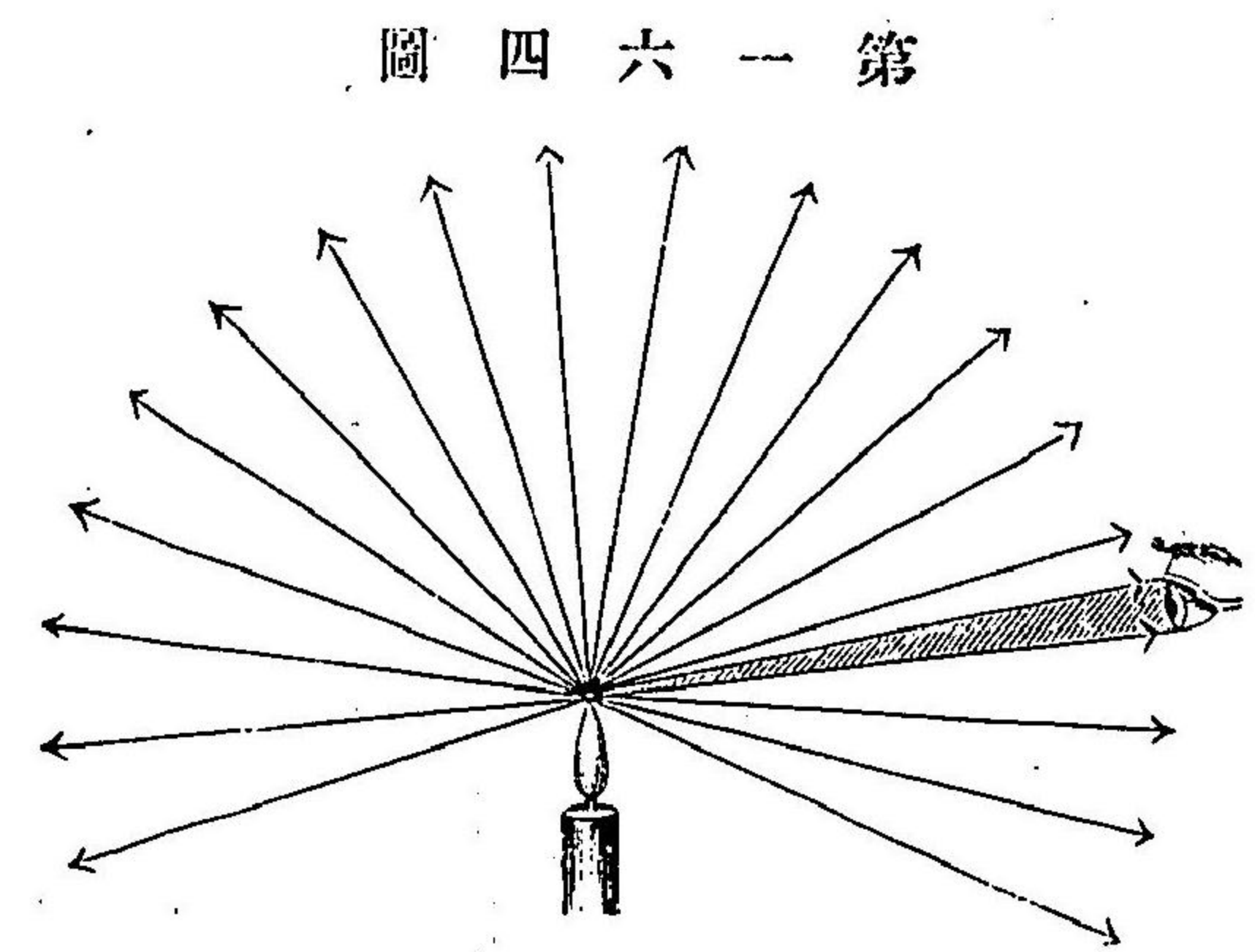
(1) 投射光線と反射光線と投射點に於ける表面への垂線とは、同一平面内に在り。

(2) 投射角と反射角とは相等し(第一六二圖)。

亂反射

されば平かなる鏡の如きものを以て、平行光線と見做し得べき直射の日光を受くれば、其の反射光線も亦平行なる光線なり。

若し机、紙等の表面に日光が當るときは、其の表面の各部に細かき凹凸あるが故に、上の法則に従つて反射



第一六四圖

する結果、反射光線の方法は甚だ亂雜なり(第一六三圖)。此の現象を亂反射と云ふ。

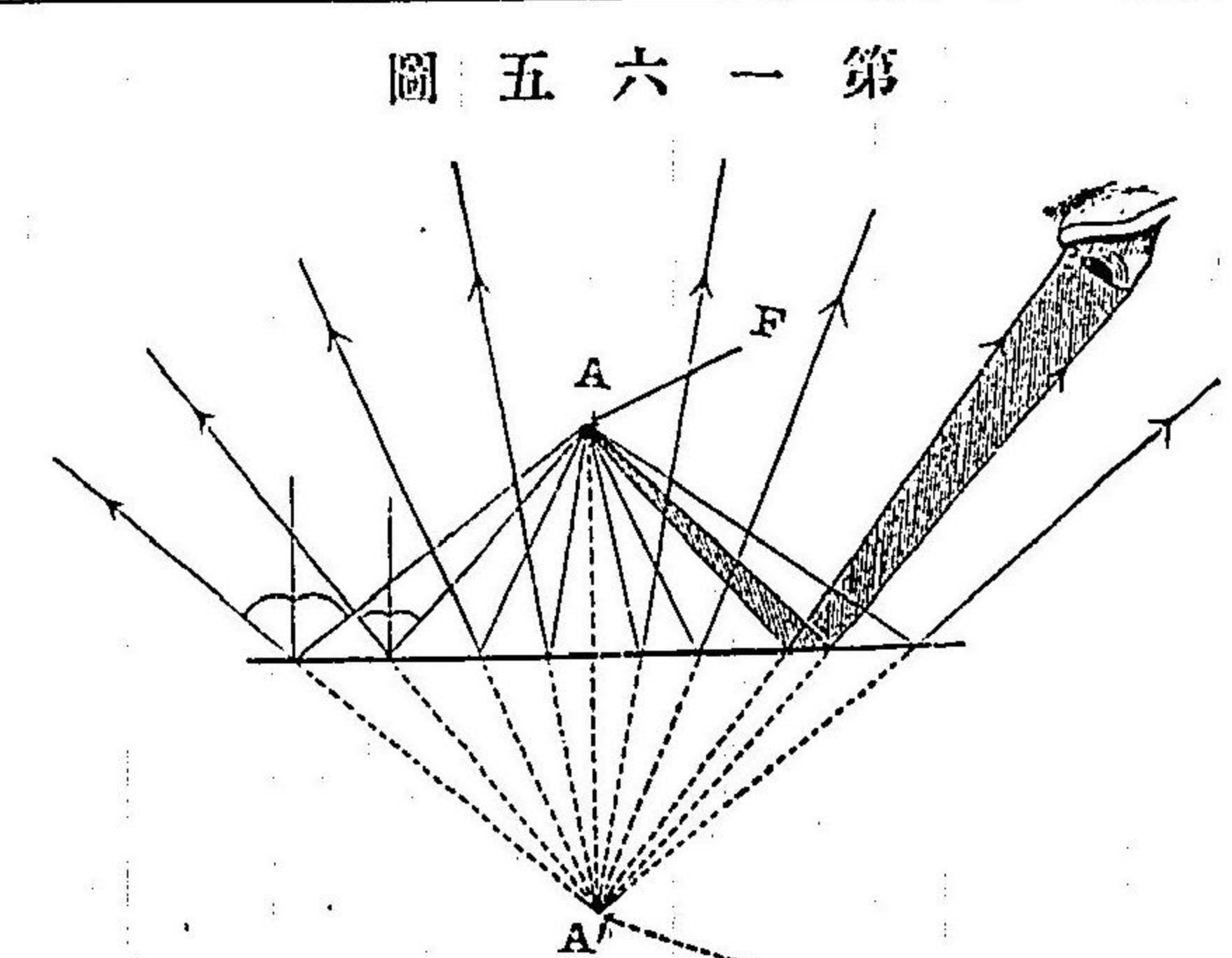
三完

平面鏡

總べて吾等が物を見るを得るは、その物より來りたる光が眼に入るに依るなり(第一六四圖)。

自ら光を放たざる物體も、他に發光體がある時は、其の光を受けて之を亂反射するが故に、又之を見ることを得。

平面鏡に於て、其の前に置かれたる物が、如何にして其の後に見ゆるかと云ふに、これ實物より出でたる光が鏡面より反射して、恰も鏡の後の實物より來りたるかの如き方向を



第一六五圖