

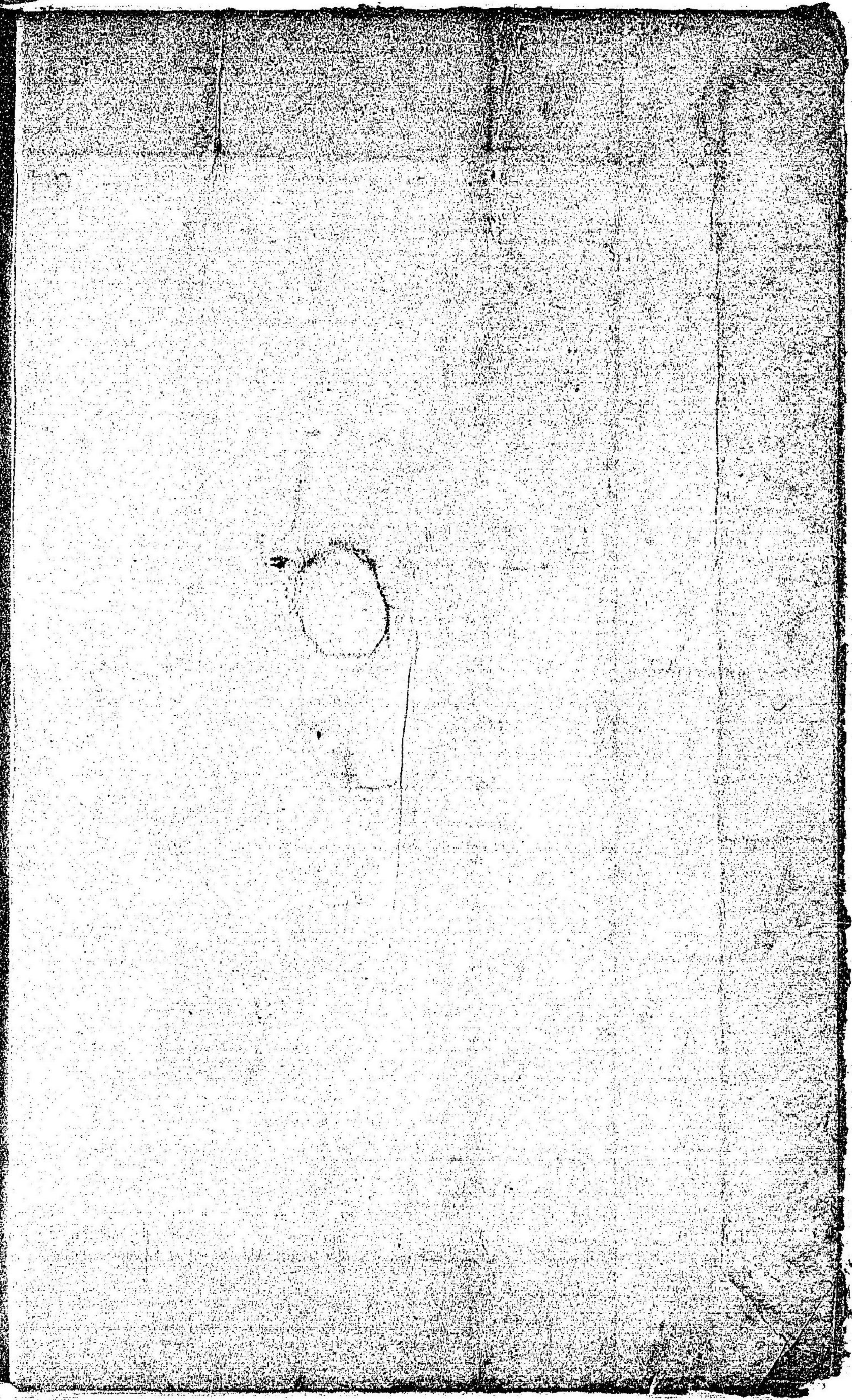


62-125

|                |   |  |
|----------------|---|--|
| 版權所有<br>大日本中學會 |  | 理學士 足立震太郎講述  |
|                | 物<br>理<br>學   |  |



物理學初歩講義

理學士 足立震太郎 述

物理學初歩

凡そ有形事物の理を研究せんと欲する者は事物に就て自ら實驗を行ひ親しく結果を観察するに非ざれば發明する所少なきものなるを以て余は學者の便宜を謀り日常耳目に觸るゝ所の例證を撰び簡易の器械を以て之を説明するとせり故に讀者若し此等の器械を得るに能はざれば自ら之を製作して必ず實驗に附せられんとを企望す

物理學は日新の學なれども本講義に於ては新奇の事に涉らず専ら天地間存する所の眞理原則を明かにし以て初學者理學的觀念の基礎を確實ならしめんとを期すべし

(一)

〔第一〕物理學。物理學は物體の組成に變化を及ぼさずして起る所の性質の變化即ち一種の自然現象に就ての法則を研究する學科なり。水は之を寒冷なる空氣に觸れしむれば其流動せる性質を失ひ凝固して堅硬脆質の氷となる氷を熱すれば再び水となり更に此水を熱すれば飛散して目視す可らざる水蒸氣に變ず而して氷も水蒸氣も其組成に於て普通の水と毫も異なる所なし即ち一斤の水は一斤の水となり又一斤の水蒸氣を生ず斯の如く物體の組成に變化を及ぼさずして起る所の性質の變化即ち一種の自然現象を物理學的變化と云ふ。

今一本の縫針を取り其上を強き磁石を以て唯一方に向ひ一二回摩擦せるものは能く鐵の細片を吸引する性質を得べし又水の如き少しく之を暖むれば其容積の著しく増大するを見るべし。

縫針は磁石にて摩擦すれば果して鐵の細片を吸引する性質を得るものなるや又水を熱すれば果して膨脹するものなるや否を試むる之を實驗と云ふ實驗にて得たる結果を観察して以て自然現象の法則を了知すべし故に實驗及び觀察は物理學研究に欠く可からざる手段なり。

〔第二〕物體の性質。物理學は外界の物體に就て研究する學なるが故に諸物體に通有の性質を考ふると極めて肝要なり左に二三の主要なる物體の性質を擧ぐ。

〔第三〕分性。各物體は適當の方法を以てすれば極めて細微なる部分に分つとを得るものなり之を分性と云ふ例之ば一片の黄金を分離して極めて薄き箔となし得べし金箔匠は能く四十五萬の金箔を重ねて僅に一寸の厚さに至らしむべき薄葉を製し得ると云ふ。

一撮の砂糖を多量の水中に投ずれば砂糖は溶解す依りて其一滴を嘗むれば甘味を感ずべし是れ砂糖は至微至細に分裂して水中に擴散せらるゝことを證明せるものなり斯の如く物體は皆至微至細に分裂する性を有すれども理學家は此性質に限界あることを發見せり

〔第四〕分子及原子 凡そ宇宙間に在りて一體をなす者千差萬別にして一様ならず諸天體の如き巨大なる者より降て我地球に至り算すれば種々なる物體あり化學者之を分拆して七十有餘の元素となせり例へば一塊の食鹽を取り人力の及ぶ限り之を破碎せんに其極唯原物に等しき小塊となるに過ぎず斯の如くして食鹽の性質を有する最微の物質を得たりと想像せよ此物質は即ち分子と稱するものなり今若し或る方法を用ゐて猶此分子を分割すれば食鹽の分子は「ソヂウム」と云ふ原素の一原子及び鹽素と稱する原素の一原子より成るを知る故に

食鹽は最微の物質即ち分子より成るものにして其若干量を食鹽の質量と名づく

〔第五〕填充性 分子は一個の物質にして一定の大きさを有す而して萬物は皆分子より成るものなるを以て空所を占領す可き性質を具ふる者なり此性質を填充性と云ふ

理學の大家サー、ウヰリアム、ヌムソン氏は水の分子の大きさに就て左の斷定を下せしとあり曰く一滴の水を増大して八千英里の直徑を有する地球の大きとなせる者と假想すれば分子も隨て其大きさを増大すべく而して其大きさは彈丸より僅に大なる者となるべし此斷定に據れば一個の分子の大きさを畧ぼ理解し得るのみならず如何に強度の顯微鏡を用ふるも分子の形態を目視すると能はざるを知る物

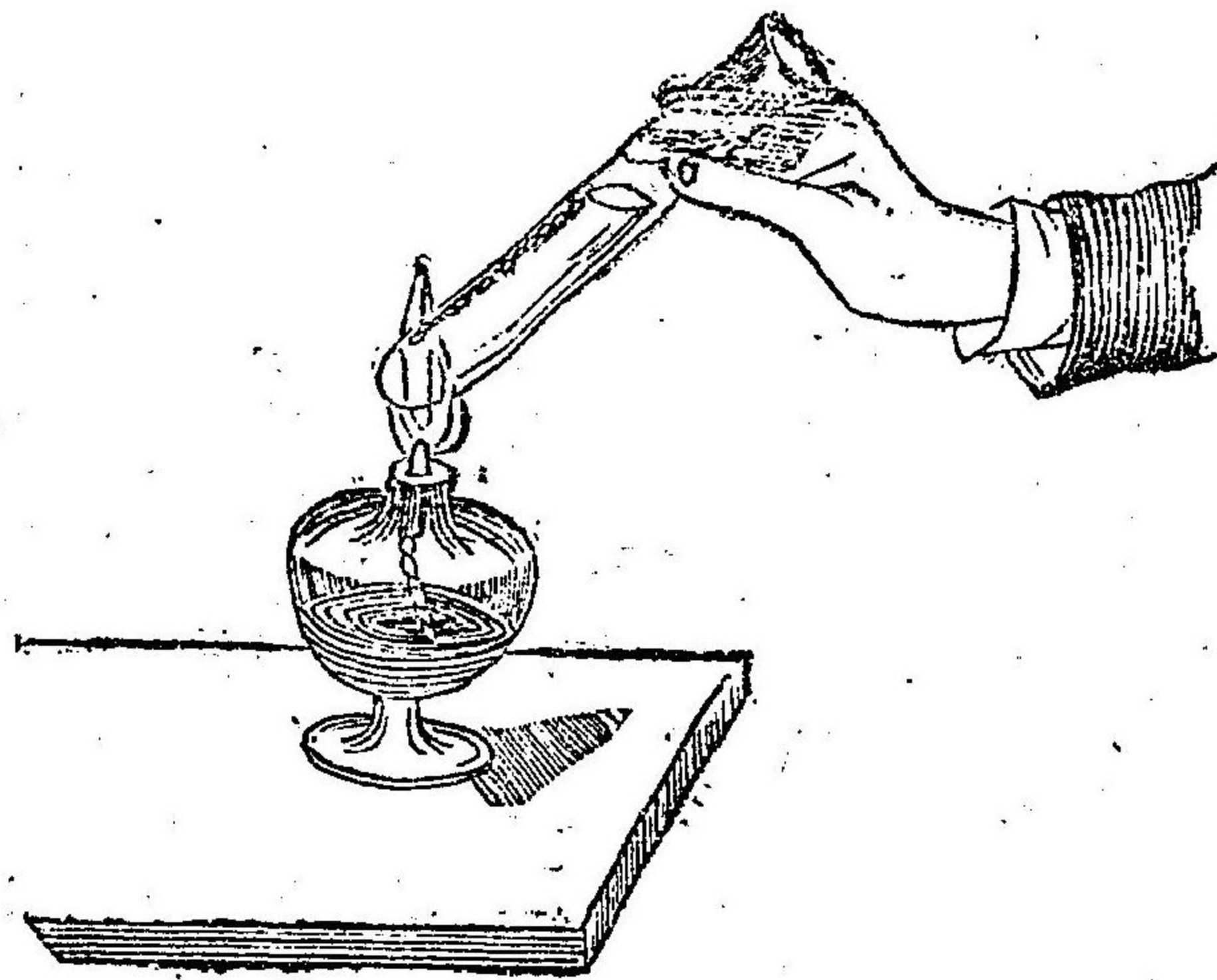
理學の所謂分子は斯の如く細微なる者なれども數學の點の如く大

さなく形なく廣袤なきものにあらす

〔第六〕不可入性 物體已に眞充性を有すれば又不可入性なかる可らず不可入性とは二物體同時に同一處を占有するに能はざる性質を謂ふ例へば硯滴に水を注入するに當り一方の孔より水の流入するに從ひ内部の空氣は水と同一處を占有すると能はずして他の孔より流出するが如き此性質あるが爲めなり

〔第七〕氣孔性 上に述べたるが如く物體は極めて細微なる分子より成るものなり而して分子の互に相接する其間に多少の空隙を存するものなり之を氣孔と云ふ氣孔には容易に認識するを得べきものと否らざるものとの二種あり海綿、木炭、麵包の心の如きものは其氣孔殊に著明なり然れども銀、黃金、鐵の如き又は水の如き者も氣孔を有するものなり曾て以太利國、フロレンス府に於て銀に厚く黃金を鍍したる

第一圖



ものを以て製せる内部の空虚なる球に水を充て強壓力を加へたるに球の表面に水滴の滲出するを見たりしと云ふ此れ銀及び黃金の如き緻密なる金屬と雖も亦氣孔を有する證なり

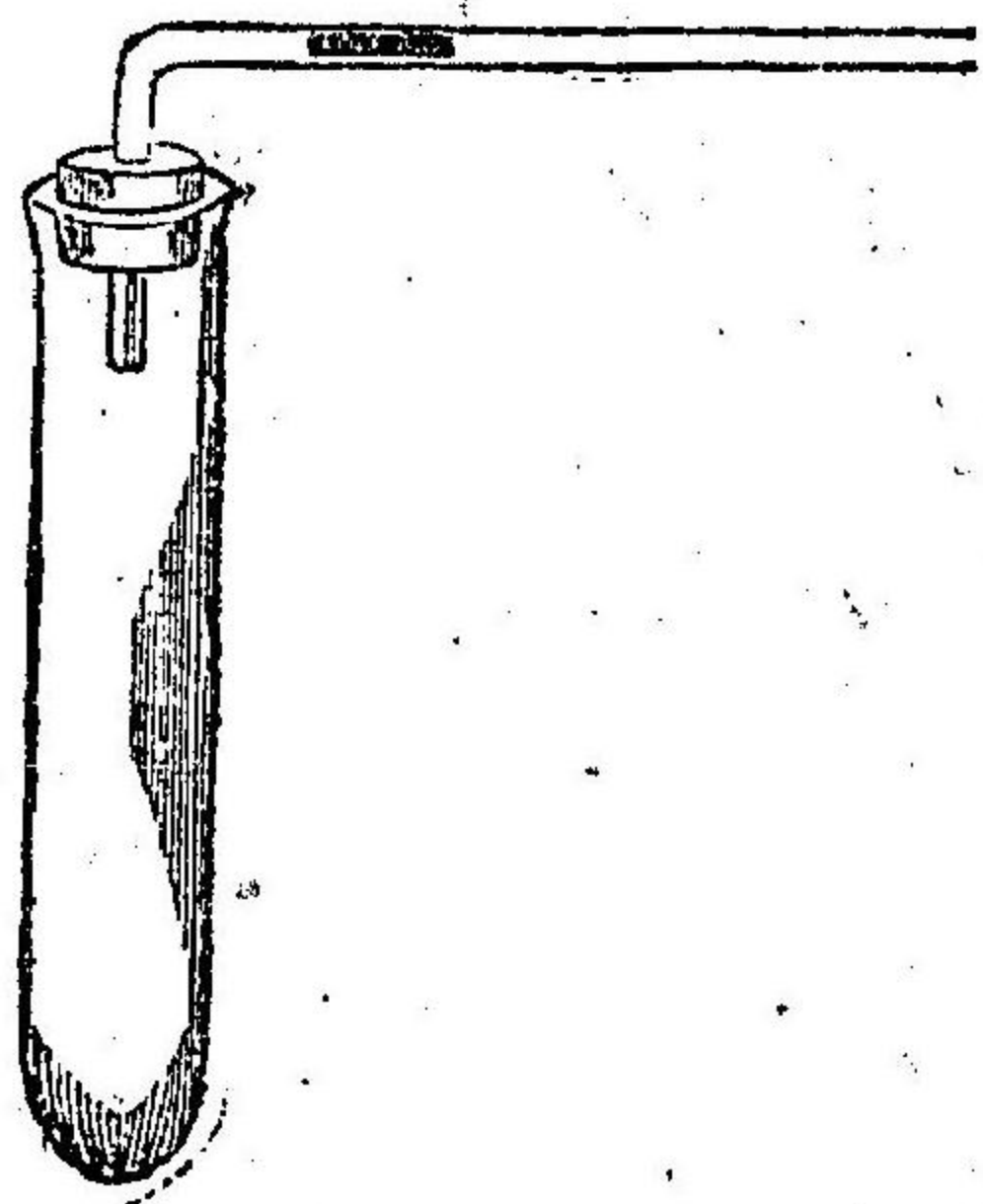
第一圖に示せるが如き長さ三四寸徑五分許にして一端の閉塞せる試験管と稱する玻璃管に凡そ三分の一程水を盛り之を酒精燈を以て徐々に暖むれば水の氣孔中に包藏せる空氣は熱を受けて膨脹し泡沫をなして發生し管の側壁に附着するを見るべし又砂糖若くば食鹽を水

中に投ずれば此等の物は溶解して恰かも消失するが如き觀を呈すれども已に前節に於て説明せるが如く萬物は皆不可入性を具ふる者なるが故に砂糖と水と同一の場所を占領す可き理なし之に依りて砂糖は水の分子間に入りたるに外ならず又釘を木材中に打込めば木材と釘とは恰かも同一の場處を占有するが如く見ゆれども釘は實に木材の氣孔を壓開して其中に入りたるなり

〔第八〕縮性及膨脹性 萬物には氣孔あるが故に外より力を加へて物を壓搾するか若くば之を寒冷ならしむれば氣孔縮少して物體の大さ即ち立積を減すべし之を縮性と云ふ又熱或は他の力を加へて分子間の空隙を大にすれば物體の立積増大す之を膨脹性と云ふ空氣は此兩性の最も著しきものなり

試に試験管或は徳利の如きものに「コルク」栓を嵌め其口を密閉し第

第 二 圖



二圖の如く玻璃の曲管を栓に挿入し水平をなせる管の中央に赤き「インキ」を以て染めたる一滴の水を置きて目標となし試験管を暖め若くば之を冷却すれば目標は移動して試験管の内部にある空氣の膨脹若くば収縮することを示すべし

〔第九〕運動及静止 一物體の他の物體に對して其位置を變更するを運動と云ふ之に反して一物體若し他の物體に對して其位置を變ぜざれば之を静止と云ふ

宇宙間の物體は皆運動をなし眞に静止するものなし然れども或る物體の運動するとは之を位置を變ぜざる他の物體と比較するに非

されば知ると能はざるが故に比較するものなき時は静止せりと言はざるを得ず抑も眞正の運動は物體に通有せる性質にして常に空間を運行する日月の如き天體にのみ限らず最強度の顯微鏡を用ふるも認識すると能はざる物體の分子と雖とも常に相撃ち相投じ眞に静止する者にあらず人其活動を目視す可らざれども其結果を考へ其原因を探れば之を了知するを得るなり

〔第十〕力。静止せる物體を運動せしめ或は運動せる物體を静止せしむる原因を力と云ふ故に力とは静止或は運動の有様を變更するものなり

〔第十一〕引力及斥力。二物體を聯結したる線の方角に近づかんとする力を引力と云ふ此方向より遠ざからんとする力を斥力と云ふ今一個の石を取り之を放てば地面に向て墜落す之れ重力と名づくる力の爲に起るものにして引力に屬す又一の磁石の北を指す端と他の磁石の同方を指す端は互に相遠ざからんとす之れ斥力の例證なり

〔第十二〕分子力。重力又は磁石力の如く頗る大距離を隔て、互に相動作するもの、外に測る可らざる小距離に於てのみ其作用を現はす力あり之を分子力と云ふ

〔第十三〕凝集力及附着力。凝集力及び附着力は分子力に屬するものなり

凝集力とは同種類の分子を結合する力を云ふ

金剛石其他寶玉の如き堅硬なる物體の分子は強き凝集力に依り結合せられたるものにして鉛蠟の如き柔軟なるものに於ては其凝集力微弱なり凝集力は一とたび破壊すれば再び回復する能はず如何

に堅き物體にても一度破碎すれば復た故の如く結合するものにあらず銀、黄金若くば銅の如きものは之を引き延ばして細き針金となすべし然れども強大なる力を加へて分子間の距離を大ならしめ或る限界を越ゆる時は凝集力の作用止みて針金は切斷すべし故に凝集力は一定の小距離間に於てのみ其作用を呈するものなり

附着力とは異種の分子を相附着せしむる力を云ふ

白墨の黑板に附着し膠糊、漆喰等の他物に粘着するは皆附着力に由る塵埃の器物に附着して離れざるが如き釘を木材に打込み引き抜くこと能はざるが如きも亦此力あるが爲めなり

植物の葉上にある水の球状をなすは水の凝集力の水と葉との間に起りたる附着力に勝るに由る

〔第十四〕物體の三態 物體の形態には種々あれども分子間に於ける

凝集力の強弱に由りて之を大別して三態となす曰く固體曰く液體曰く氣體是れなり

固體は分子間の凝集力強くして諸部密着し固有の形を保つものなり此形を變更し若くば之を破壊せんとするには多少の力を外より之に加へざる可からず

液體は分子間の凝集力固體に比すれば迥かに弱きものにして其分子は容易に動搖分離して一定の形を保有せざるものなり

氣體は分子間に殆んど凝集力なきのみならず却て互に相排斥せんとする性質を有す故に氣體は之を包容する器物を常に充滿するものなり

〔第十五〕時・間・距・離の符・號及單・位 時間及距離を計算するには符號及單位の必要あり時間の符號には $t$ を用ひ一秒時を以て單位とす距離



の符號には  $s$  若くば  $h$  を用ゆ其單位には「センチメートル」(我三分三厘)或は一尺若くば一寸を用ゆ

〔第十六〕速度 速度とは一定時間に物體の或る距離を經過する割合を云ふ即ち速度とは運動に費したる時間を以て經過せる距離を除したるものなり通常速度の符號には  $v$  を用ゆ速度の距離及び時間に對する關係を示す方程式は左の如し

$$v = \frac{s}{t}$$

〔第十七〕運動の種類 運動に二種あり等速運動及び不等速運動是れなり

等速運動とは毎時間に同等の速度を以て運動するものを云ふ  
不等速運動とは毎時間に不等の速度を以て運動するものにして速度の次第に増加すると減少するに依りて加速運動及び減速運動に區

別せらる

石を取りて之を地面より擲上すれば石の速度は手を離るゝに従ひ次第に減少して終に靜止す是れ減速運動の例なり然れども其再び落下するや石は次第に其速度を増加し加速運動をなすべし

〔第十八〕慣性 各物體は靜止或は運動の有様を持續せんとする傾向あり之を慣性と云ふ換言すれば萬物皆其靜止若くば運動の有様を變ぜんとする時は多少の抵抗を與ふるものなり

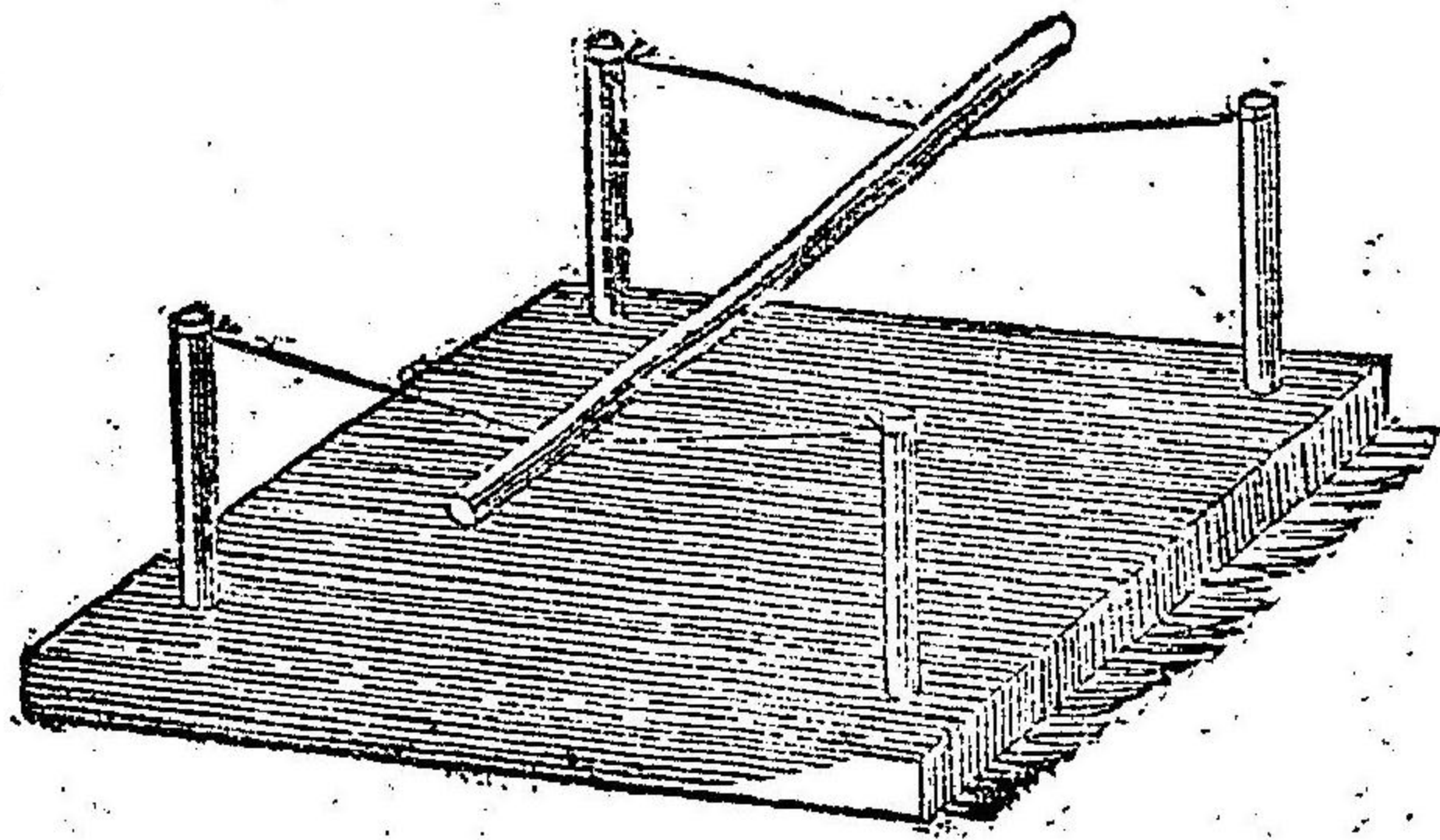
爰に慣性に就ての法則あり曰(甲)靜止せる物體は永く靜止の有様を繼續せんとす(乙)一旦運動せる物體は外力の作用を受けざれば等速運動をなして一直線に進行して止まざるものなり

此法則の(甲)は日常目撃する所なり例へば直立せる人を載せたる船若し遽に前進すれば其人は後方に倒れんとすべし又廣口玻璃瓶或

は「コップ」の如きものゝ上に厚紙若くは薄き板を置き其上に銅貨を載せ然る後急に指を以て厚紙を弾けば銅貨は紙と共に飛び去らずして真直に落下して瓶の中に入るべし之れ静止せる物體は永く其有様を持續せんとする證なり又窓「ガラス」の板に石を投げ付くれば「ガラス」板は忽ち粉碎すべし然れども小銃を發射して其彈丸を以て之を撃てば「ガラス」板に小孔を穿ち彈丸の通過せる跡を遺すべしと雖ども粉碎するとなかるべし是れ彈丸は非常の速度を以て飛び來り板に觸れたる部分を打破し去り其運動の他の部分に波及するに違あらずして止むに由る之に依りて考ふれば静止せる物體の運動せんとするには多少の時間を要するを知るべし

木箸或は「ガラス」の棒を第三圖の如く二條の細き糸を以て支へ棒の中央を急に鐵の棒を以て打撃すれば糸の上に在りたる棒は破碎す

圖三第



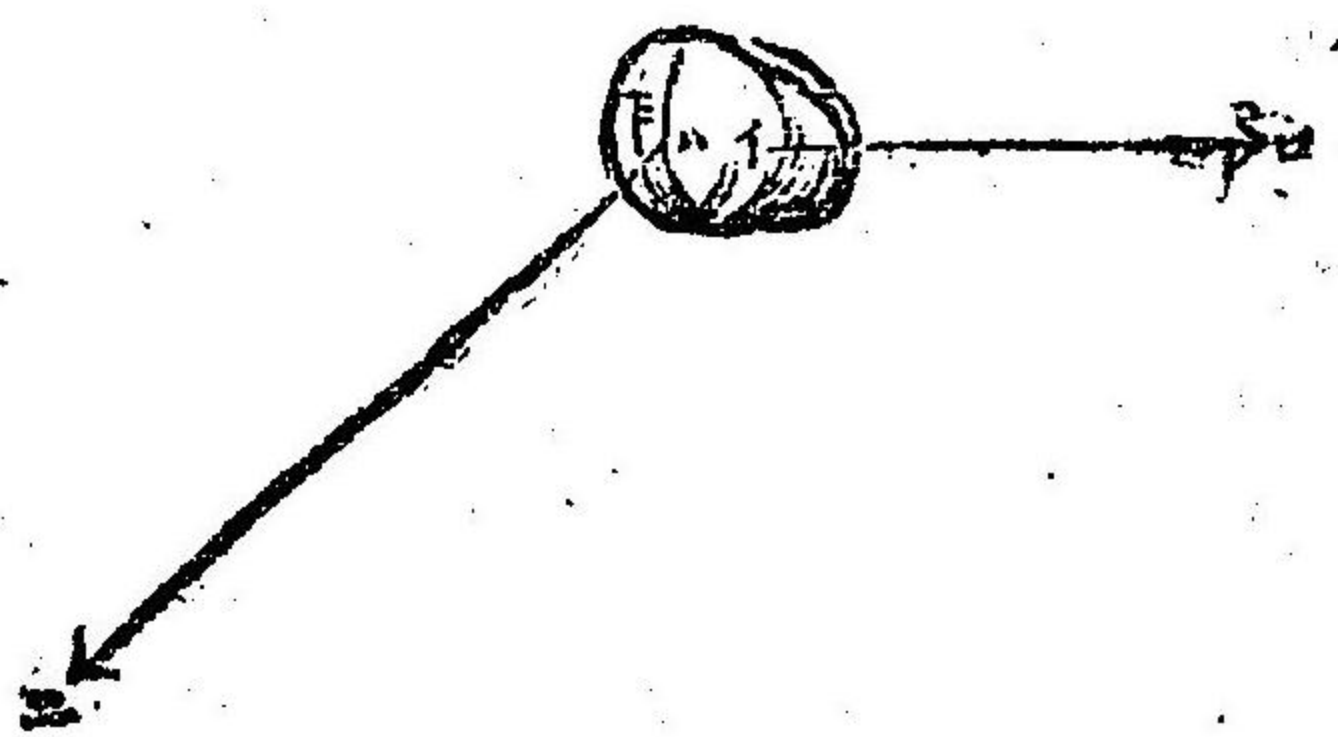
べしと雖ども糸は切斷するとなし是れ亦慣性に由るなり

此法則の(乙)を解説すべき適例は日常目撃するものに就て之を得ると難し蓋し地球上に於ては空氣等の抵抗を受くる者なるが故に運動體は多少の時間の後には遂に静止せざるを得ず然れども此抵抗少なき時は物體は永く其運動の有様を持續し得べし例へば石を地面に沿ふて投ずれば其石の運動は速かに止むものなれども之を氷の如き滑かなる物體の表面に沿ふて投ずれば地面に於けるより永く其運動を持續す是れ氷の表面には凹凸少なくして石

の運動を阻礙すべき抵抗少なればなり斯の如く物體の運動を阻礙する所の抵抗を名づけて摩擦と云ふ地面に於ては摩擦多きが爲めに石の運動速に止り氷の上に於ては摩擦少なきが故に永く運動し得るなり車の軸に油を塗れば車輪の能く回轉するは車輪と車軸との間にある摩擦を減少せるが爲めなり

人の溝を飛び越へんとする時溝の前に於て遽に飛べば其目的を果たすと頗る困難なれども遠方より走り來れば極めて容易なるは一且得たる運動を永く持續せんとする勢ありて飛行の作用を助くるに由る烟草の吹殻を除かんと欲する時に烟管を前方に動かして急に灰吹きの際に當て、其運動を遮れば吹殻は前運動を持續せんとして雁首より飛び出すべし又下駄の齒に雪の詰りたる時下駄を急に他物に打付けて之を除くも亦此理に由る

第四圖



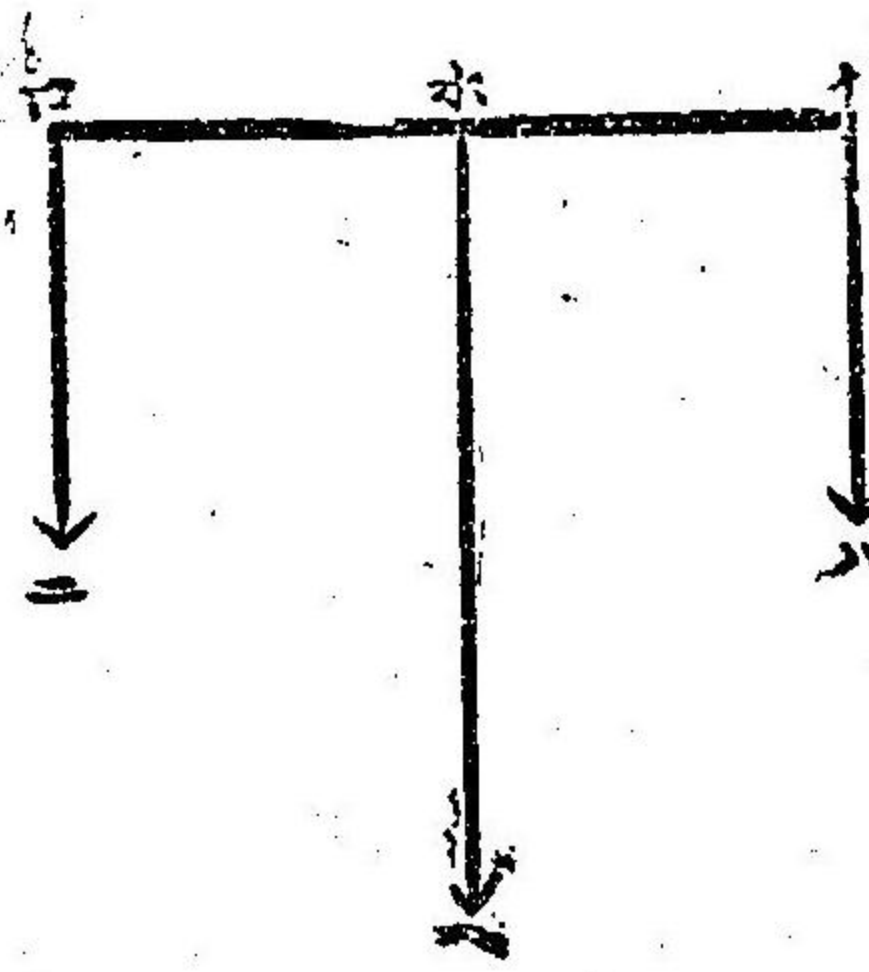
と知るべし

〔第十九〕力の作用點方向及び大きさ。總て力は物體の一小點即ち分子に就て働くものと想像す此點を力の作用點と云ひ此一小點の牽引らせる、方向を力の方向と云ふ又力の大きさは其強弱を云ふ而して力を現はすには直線を用ゆ即ち直線の方向と長短とに由りて力の方向と大きさを示すものとす

第四圖の「イ」は一個の石にして之に繩を結び「イ」の方向に牽引する力ありとすれば「イ」は力の作用點にして「イ」は力の方向を示すものなり又「ハ」は「ニ」なる力の作用點は「ハ」にして「ハ」の方向に作用す假りに「ハ」の長さを「イ」の二倍なりとすれば「ハ」は「イ」より二倍大なる力なることを示すもの

〔第二十七〕合力。二力あり同方向に於て一物體に働作する者あれば此二力の和に等しき一の合力なかる可らず合力とは二力或は二力以上の力を合併したる一力を云ふ例へば五人力の人二人あり「イ」なる棒

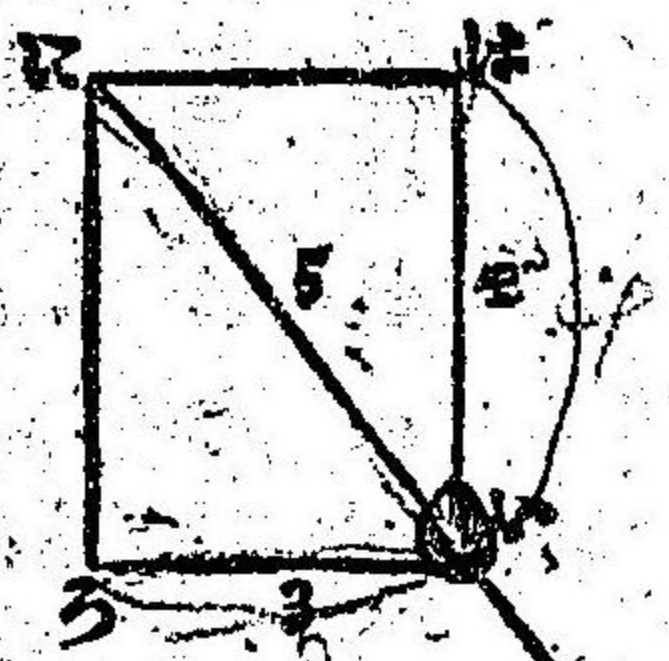
第五圖



を「イ」「ロ」の二點に於て「イ」「ロ」の方向に牽引するあれば其結果は十人力の人唯だ獨りにて「イ」の中央なる「ホ」點に於て「ホ」の方向に牽引すると異ならざる可し即ち「ホ」へは「イ」「ロ」二力の合力なり今若し二力あり反對なる方向に於て一物體に就て働く時は其合力は二力の差に等しかるべし例へば一個の石を取り之に二條の索を結び二人力の人ハ之を左方に引き五人力の人ハ之を右方に引かば其結果は三人力の人其石を右方に引くと同一なるべし

(一)

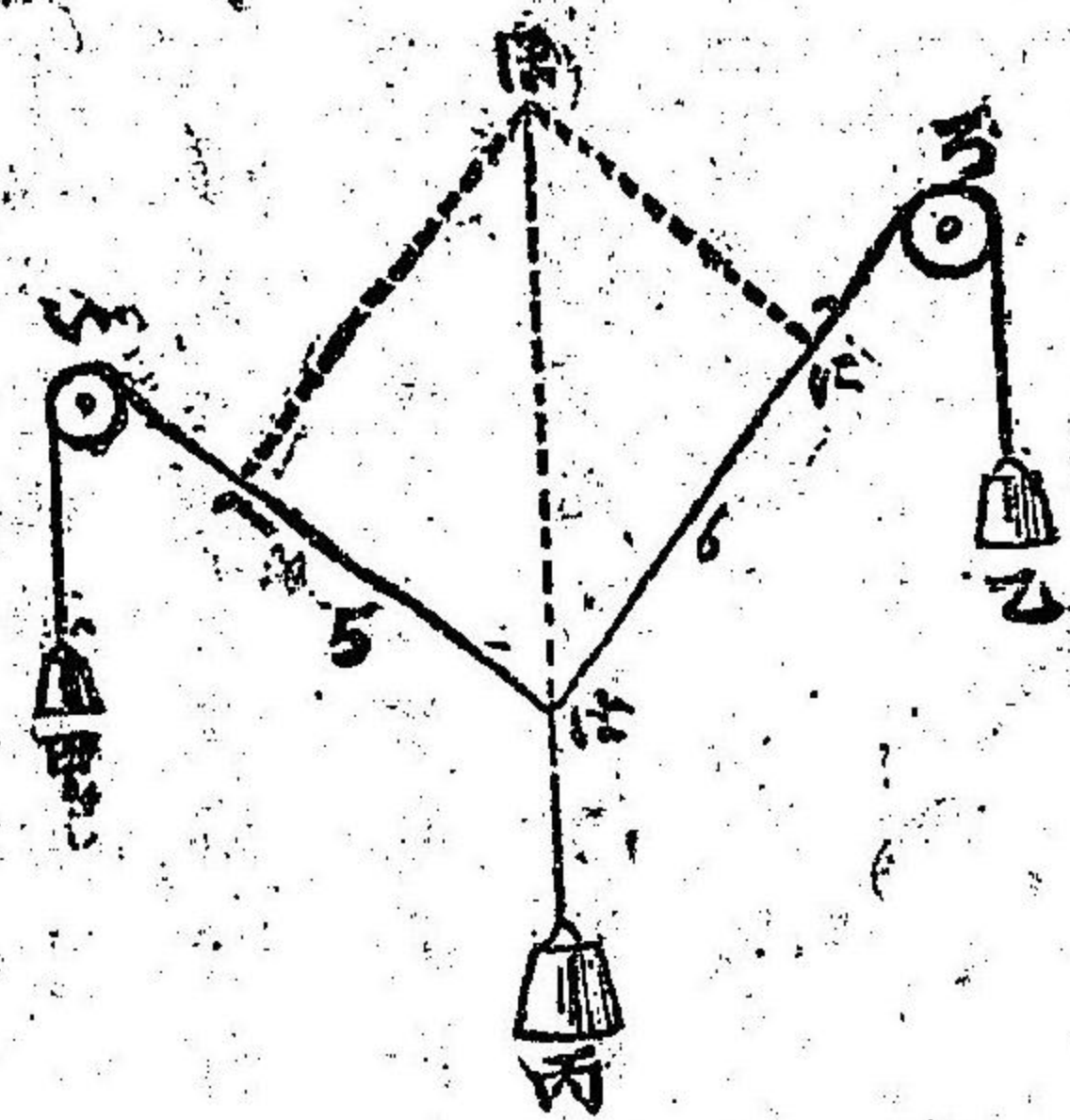
第六圖



〔第二十二〕力の平行方形。二線の長短並に其各自相作る角度に由て力の大きさと方向を現はせる二力あり同時に一物體に働く時は此二線と其角度とを用ゐて作りたる平行方形の對角線は則ち合力の大きさ及び方向を示すものなり例へば第六圖の「イ」なる石を三人力の人「イ」の方向に引き四人力の人「ロ」の方向に引くとせば其合力の如何を考ふるに「イ」を三寸とし「ロ」を四寸とし「イ」の角を九十度とし「平行方形」いろには「イ」を作り其對角線「ロ」を畫くべし「イ」は即ち「イ」は二力の合力にして其長さを測れば正に五寸なるべし之に由りて其結果は「イ」なる石を五人力の人あり「イ」の方向に牽引すると同一にして「イ」に均しき

いはなる力の人ありいは同時に石をいはの方向に引くものあり  
れば此三人の力は釣り合ひて石に運動を生ぜざるべし其果して然る  
や否は次の實驗を行へば自ら明らかなり  
第七圖のいろは二個の滑車にして直立せる板或は壁上に固着せる者  
とす此滑車を成る可く容易に其軸に依り廻轉するを得る様になし  
置き然る後三條の糸線をは點に於て結  
び其一線をいなる滑車の溝に周らし此  
糸の一端に甲なる重量を懸垂す而して  
他の一線は之をろなる滑車に繞らし其  
一端に乙なる重量を附着す又は點より  
丙なる重量を懸くれば三條の糸は自ら  
釣り合ひて静止すべし斯くするも滑車

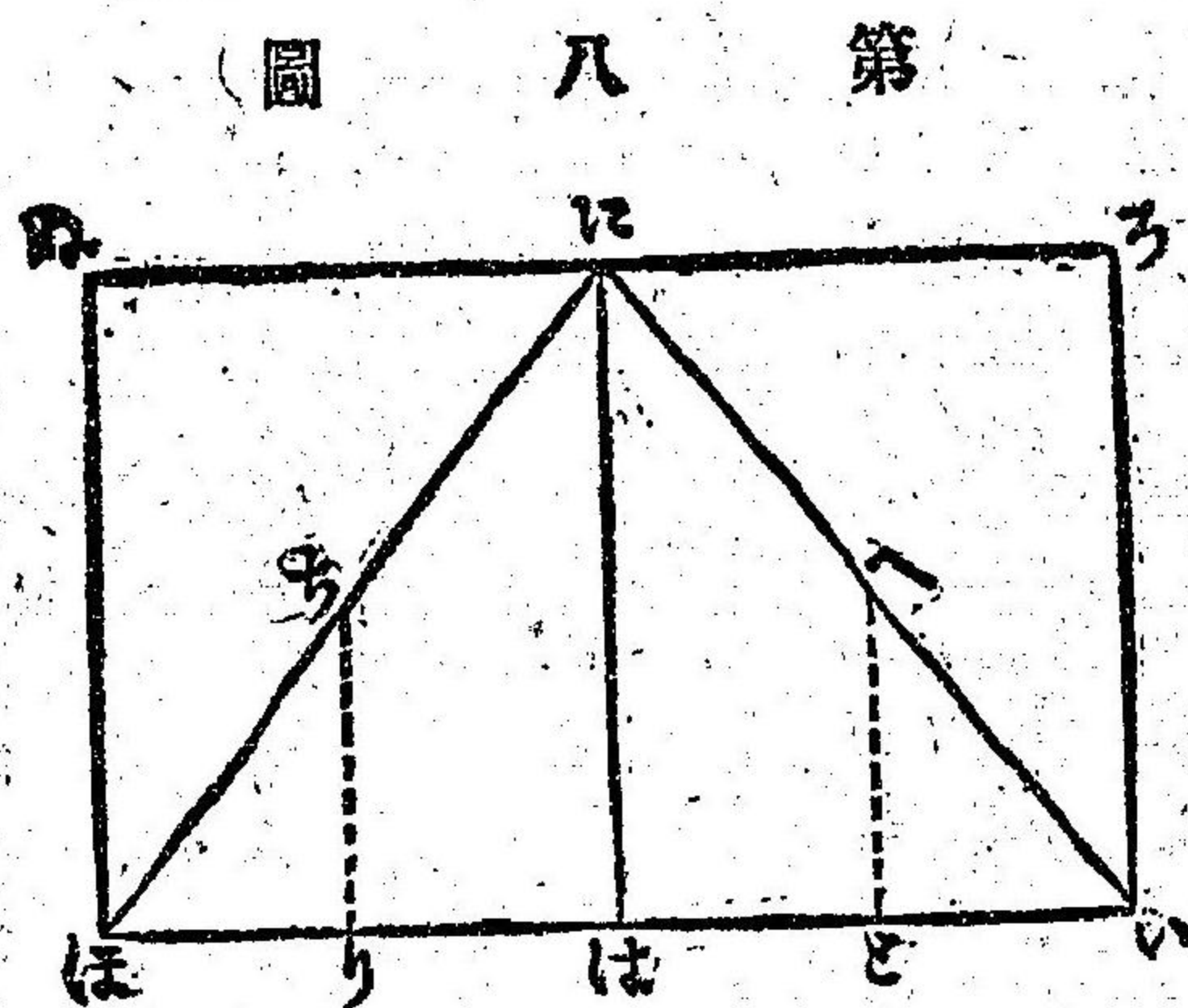
第七圖



釣ひ合ひて静止すべし斯くするも滑車

は平滑にして摩擦少なきを以て之に繞らしたる糸の爲めに甲乙なる  
重量の施す所の力には殆んど増減なき者と看做すことを得故に「點よ  
り」なる滑車に従ふて働く所の甲なる力と「點より」なる滑車に従  
ふて働く所の乙なる力とは正に「點より」直下に働く所の丙なる力と  
相平均す之に依りて此三力の中に就て其一は他の二力の合力なると  
を知る即ち甲乙二力の合力は「點より」直下に働く所の丙なる力なり  
今「いは」なる糸の背後に石板を置き石筆を以て「いは」の二線に沿  
ふて石板の上に甲及乙なる重量の數位に準じたる長さの數位を有せ  
る「は」の二線を書くべし例へば甲を五匁乙を六匁とすれば「は」  
を五寸とし「は」を六寸とするなり而して平行方形の「は」を作れ  
ば對角線は「は」丙なる重量の數位と同數なる長さの數位を有する線  
となる之に由りて平行方形の二邊及び對角線は確實に二力と其合力

を示すとを了知すべし  
右に述ぶるが如く二力の合して一力となるとは日常人の屢々目撃す  
る所なり例へば第七圖の「い」なる處に一の船あり風は一秒時の終に此



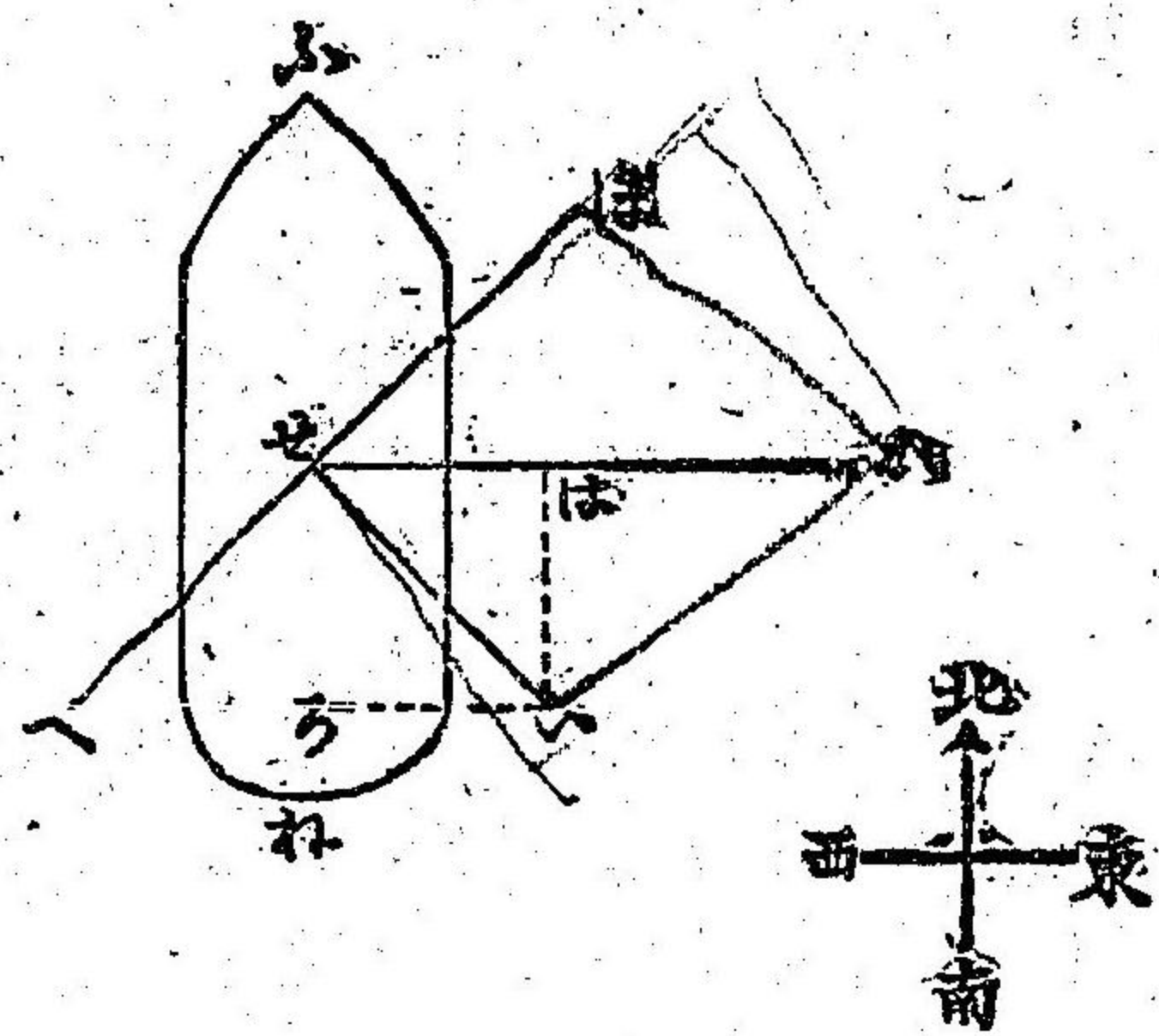
船を「い」より「ろ」に至らしめんとす此二力若し同  
に之を「い」より「は」に送らんとす此二力若し同  
時に其船に働かば船は一秒時の終に「い」は「に」  
なる平行方形の對角線「い」に「を」通過し「に」點  
に至るものなり此時速に風の方向變り一秒  
時間に「に」より「は」に達せしむる力となれば船  
は此力と「い」は「に」均しき「に」なる力の爲に「に」  
は「の」方向を取り第二秒時の終に「は」點に達す  
べし之も同理にて車に乗りたる人若し球を

取りて一直線に頭上に向て擲げ上ぐれば車の靜止若くば進行するに  
拘はらず球は均しく其人の掌中に落ち來るものなり即ち「い」を以て  
一秒時間に車の進行する速度とし「い」を同時間に球の上騰する速度  
とせば第一秒時の終に球は「に」點に達し上騰の速度を失へども尙慣性  
の爲に「い」は「に」均しき「に」なる速度を有し一秒時間に「に」より「に」に向て  
飛び去らんとす之と同時に「に」はなる地球引力の作用を受けて第二秒  
時の終に車の「は」點に達したる時球は「に」はなる道を経過して車中に落  
ち來るべし故に球は車の進行中「い」に「は」の道を通過せるものにして車  
の「と」にある時は球は「へ」に在り車の「り」に在る時は球は「ち」に在る者なれ  
ども車中の人に對しては球の上騰若くば降落する路は恰も頭上を一  
直線に往復する如く見ゆるなり之に由りて考ふれば瀛車の進行中に  
蠅又は蝶の如きものゝ容易に瀛車の窓より出入し得るの理を了解す

べし  
〔第二十二〕二カ以上の合力を看出す法 二カ以上同時に物體の一點に働く時は其合力は數回平行方形を書て之を求む例へば三カ同時に或る物體に働くや先づ二カを用ゐて平行方形を書き其對角線を此二カ力の代りに取て第三の力と共に平行方形を書けば得る所の對角線は則ち三力の合力なり同様に據り幾個の力にても容易に之が合力を看出し得べし

第二十三 力を分解して二カ或は數カとなす法 二カ以上を合して一カとなすを得れば此理を轉倒して一カを分解して二カ或は數カとなし得べし則ち一方の大きさ及び方向を示す所の一線を畫し之を對角線として平行方形を作れば其二邊は分解せられたる二カにして之を分力と云ふ例へば第八圖の「い」なる力は之を「い」は「いろ」の二分力に

第九圖



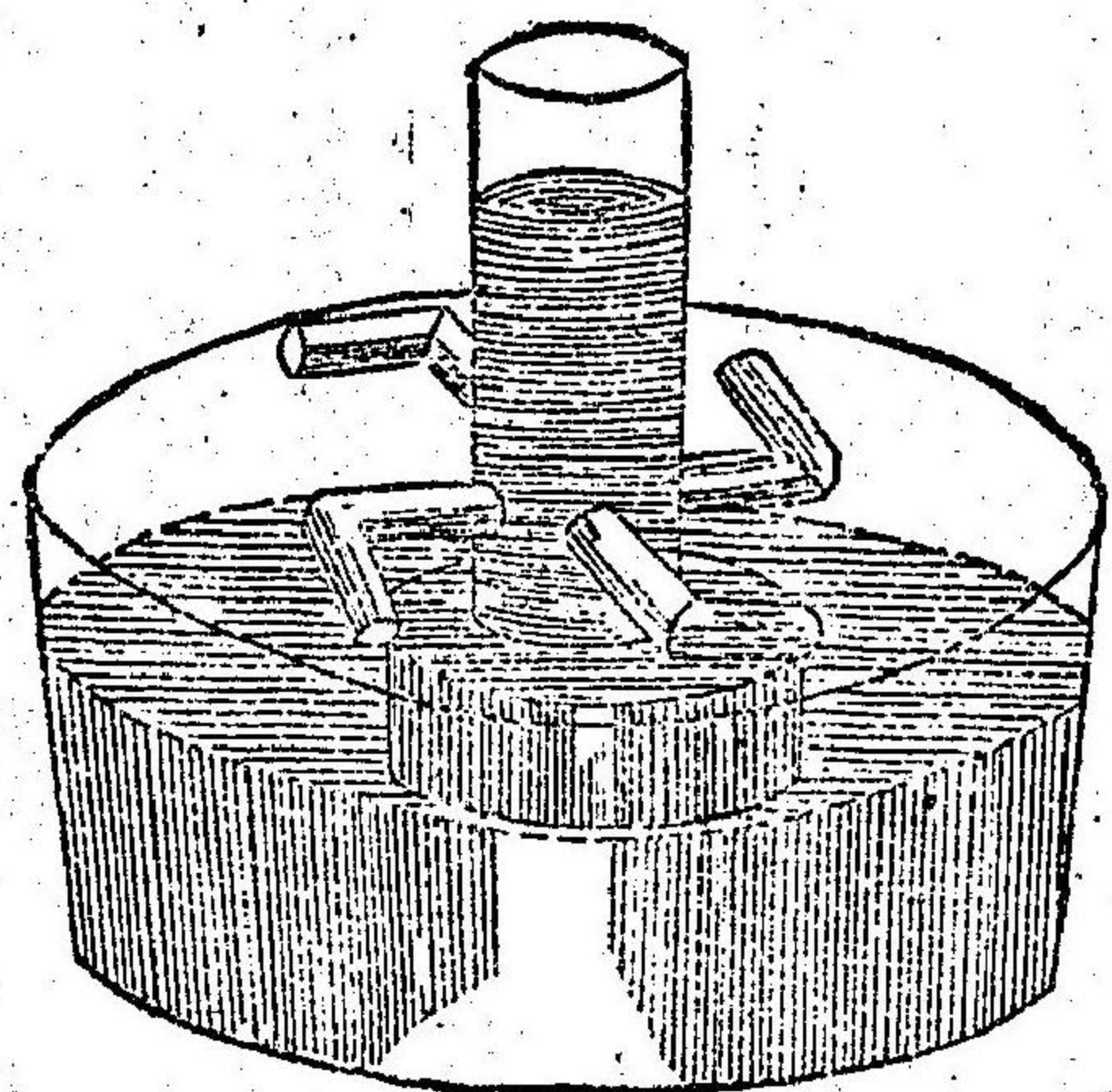
分解するを得べし力の分解も亦日常の事に於て其例少なからず爰に帆前船の其帆に東風を受けて北に向て進行する者に就て之を説明せん

第九圖の「ふ」は船は「は」は帆にして共に上方より見たるものと考ふべし「か」は風の方向と其力の大きを示すものとする此力は「い」と「せ」の二力に分解す然れども「せ」は帆の面と平行に働くが故に其力を帆に及ぼすと能はず唯だ「い」のみ其力を帆に及ぼすべしと雖も之も亦「いろ」と「い」の二力に分解す其「い」は船を縦に進ましめ其「いろ」は之を横に推すべし而して船を横に推

す力は水の抵抗多きを以て船を縦に推す力より弱し故に舵の作用に依りて「いろなる力を消滅せしめ風の一分力なるいは」を用ゐて船を北に向て進ましむを得るものなり

〔第二十四〕起動及び反動 人あり指を以つて石を押せば其人の指は石の爲に押し返さるゝものなり指を以て石を押す作用を起動と云ひ石の爲に押し返さるゝ作用を反動と云ふ如何なる起動にも必ず之に随しくして反對に働作する所の反動あり此事に就ては往々疑を抱くものなり例へば銃砲を發射するに當りて彈丸のみ唯だ一方に非常なる速度を以て飛行すれども銃砲の反撃は斯の如く著しからず然れども之が爲に起動は反動に均しからずと云ふと能はず假に銃砲の重量を百斤彈丸の重量を一斤とし彈丸の前方に飛行する速度を二秒時間に一十尺なりとすれば銃砲は十尺の速度を以て後方に投射せらるる即

第十圖



ち銃砲の重量に其反動の速度を乗したる者は正に彈丸の重量に其飛行の速度を乗じたる者に等し故に小銃を發射せんとする時は銃を肩に當て銃と人の身體と地球とを一體となし反動を少なからしむ然らざれば小銃の反動を受けて肩を傷くべし

右の理を簡易に證明せんには第十圖の如き「プリキ」或は竹の圓筒を取り其下底に近く同方に屈曲せる細管數本を挿入し此等曲管の外端には細き孔を設け圓筒を木片の上に固定して之に重物を附着し以て水中に浮ばしむる時は直立するを得る装置とすべし今圓筒に水を注入せば水は曲管の細孔より進出して

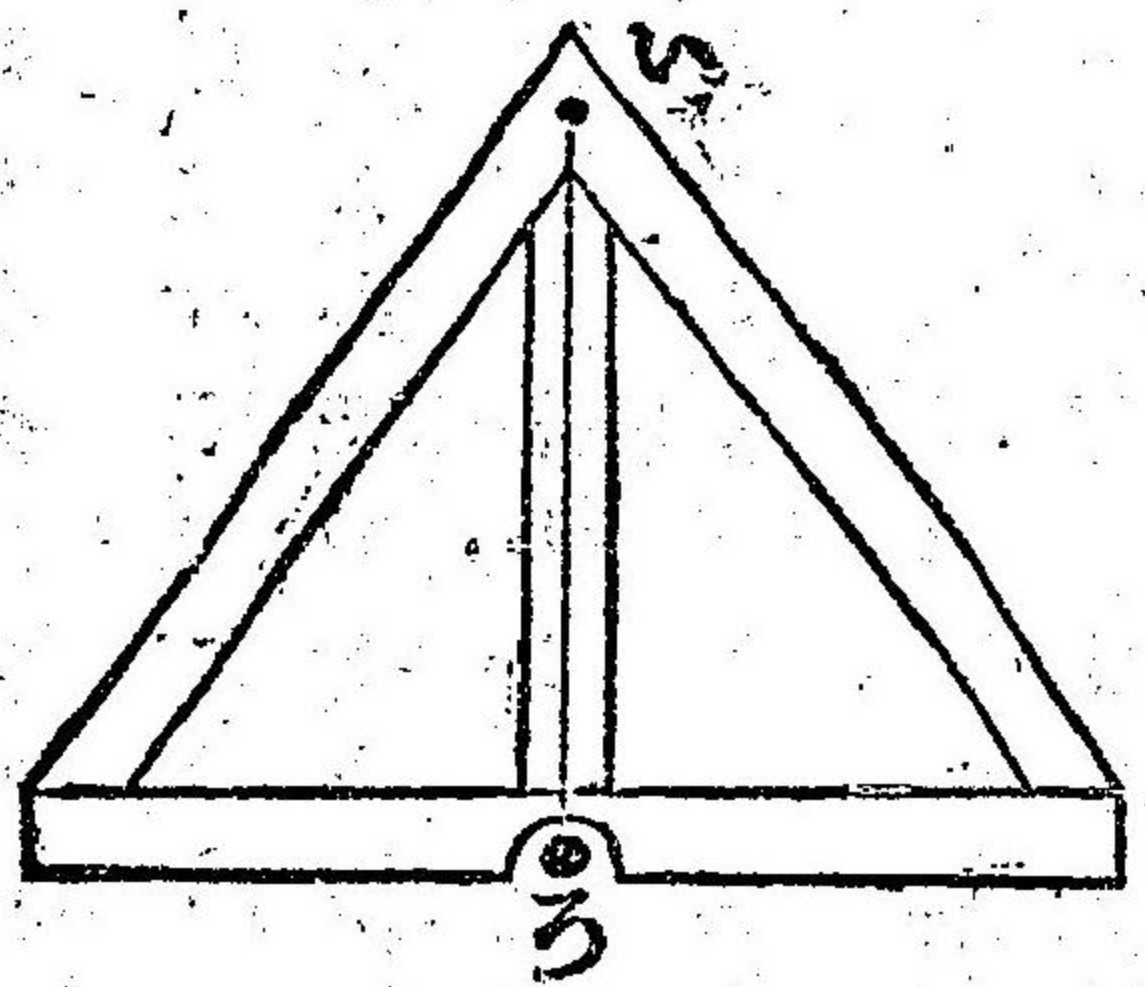


空氣を打ち同筒は反動を受けて水の流出する方向に反對して廻轉す。試に數多の金魚を入れたる玻璃球を車輪の上に懸せ之を卓上に置き僅かの刺撃を與ふるも忽ち運轉する如き装置となし置かんに金魚は固と快活の運動をなす者なれども玻璃球は依然として車輪上に靜止し運動せざるべし若し然らずして金魚の運動する爲に玻璃球は卓の一隅より他の一隅に運動せば吾人の驚愕知るべきなり假りに斯るもありとすれば數百人を乗せたる瀛車は蒸氣力を用ゐずして自ら進行を始むるならん是れ如何に力量勝れたる人にて己れの帶を取りて其身體を引き擧ぐると能はざると同一の理にして決してあり得べきとにあらず由是觀之物體の内部に強烈なる力ありて劇動をなすも其力の起動と反動とは互に相均しくして反對に働くを以て全體は決して運動せざるものとす

鳥の空中を飛行し得るは翼を以て空氣を打ち爲に起る所の反動に依る又舵を以て船を動かし得るは水の反動に依るものなり  
 [第二十五] 重力 地上の物體を空際に擧げ之を放つ時は地面に向て落下す此現象の起る原因を名けて重力と云ふ重力は地球上如何なる處にも存する者にして萬物中重力の作用を受けざる者なし烟或は兒童の玩具たる風船玉に詰めたる瓦斯の如き之を放てば落下せずして却て上昇するは重力の作用を受けざるにあらず蓋し是等の瓦斯體は自體より一層重き空氣の爲に支へられて落下せざると恰かも木片を空氣中にて放てば地面に落つれども水中に於てすれば水面に浮び出ると同一理なり故に空氣の排除せられたる空間に於ては地面に向て墜落せざるものなし  
 地上の物體は皆重力の爲めに地面に向て眞直に牽引せらる即ち此引

力の方向は水平線と九十度の角を作る者にして之を垂線と云ふ地球は元來球體なるを以て垂線は地球中心に會合する者なれども微々たる地上の物體より凡そ四千英里の距離にある地球中心に向て垂れたる二つの垂線は之を平行線と看做すとを得

第十圖



を應用して水平線を看出すべし試に細き糸の一端に金屬製の球を結び他の端を取りて之を高さ處より懸垂すれば球は眞直に地面に向て引かるゝが故に糸は懸點と地球中心を結びたる一直線内にあるべし之を鉛垂と云ふ今第十一圖の如く木片にて二等邊三角形を作り此三角形の頂點「イ」より「ロ」なる鉛垂

を垂れたる者は水平器と稱する者にして此器械を机の如き支臺の上に懸するに鉛垂若し三角形基底の中央にある刻み目の中にあれば其支臺は水平の位置を取るとを知る

〔第二十六〕重量 重力に抵抗して物體を支持すれば壓迫を感ず此れ則ち物體の重量なり故に人あり重き物體を手掌の上に載せ架臺の上に直立せる時此架臺遽かに陥没して其人と共に地球の内部に向て落下しつゝありとせんに此際其人は手に持ちたる物體の重量を感ぜざるべし要するに物體の重量とは之を組織する各分子の地球に牽引せらるゝ力を總合したるものに抵抗する力なるが故に物體の重量は質量即ち分子の多寡に比例する者なり

〔第二十七〕重力の強弱は地球中心よりの距離に關係す 諸物體の互に相牽引する性あるとは希臘の哲人「デモクリタス」の初めて主張せし

者にして「ペーコン」ガリレオ等も亦引力は萬物の通有性なることを知り而して「ニュートン」に至りて引力に關する法則を定めたり曰二物體間の引力は是等物體の質量を相乗せる積に比例し二物體間距離の自乗に反比例する者なりと今  $m$  を或る物體の質量とし  $m'$  を他の物體の質量とす又  $r$  を二物體間の距離とすれば此二物體の互に相引く力は左の數式を以て示すとを得

$$F = \frac{m \cdot m'}{r^2}$$

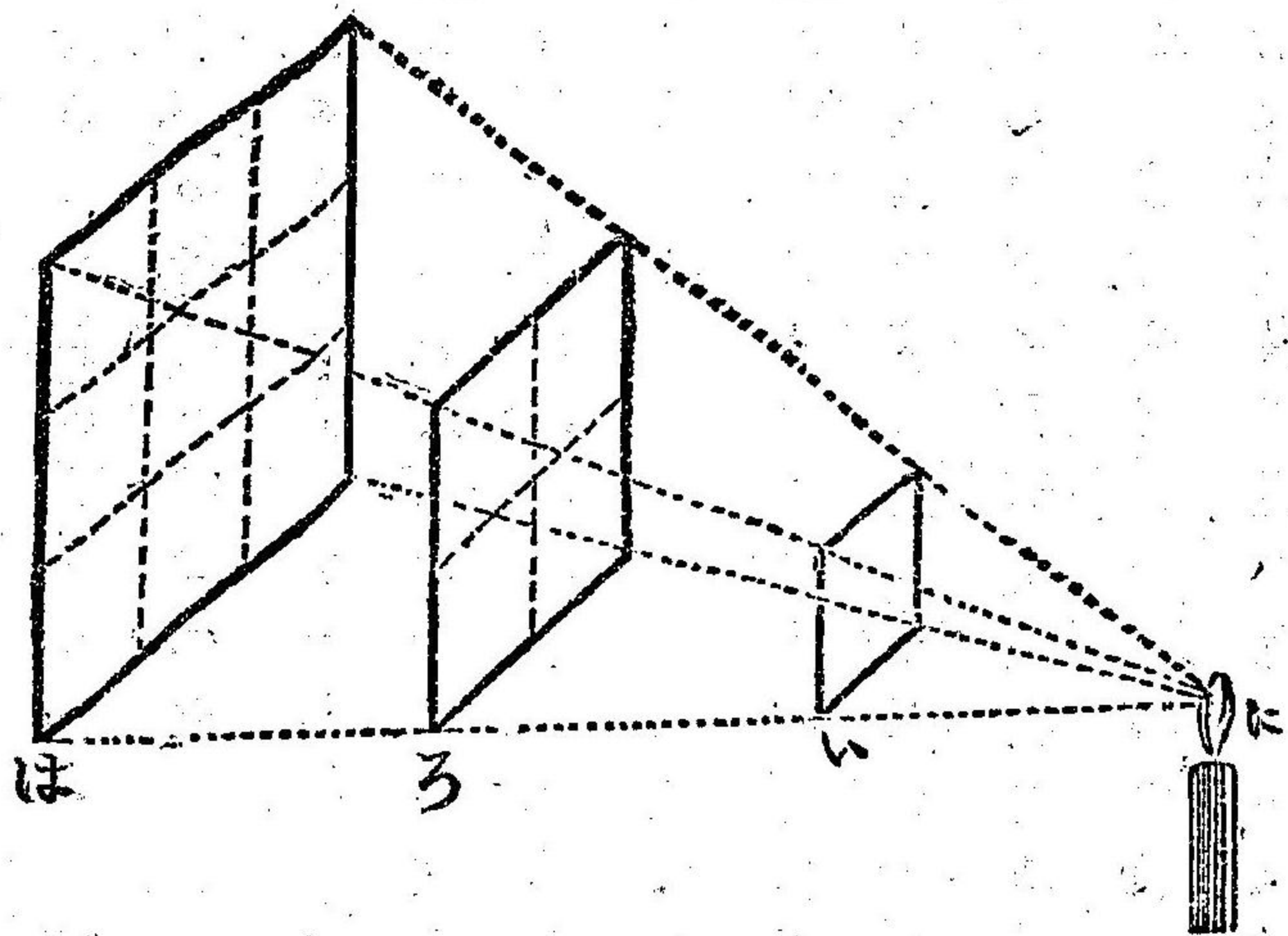
「ニュートン」は太陽の運行を推測して此事を證明せり然れども其説明は之を他日に譲るべし抑も地球は球體なるを以て第二十五節に於て已に述べたるが如く地球を構成する諸分子の引力を總合せる力即ち重力の働作する方向は地球の中心に向へり之を換言すれば地上の物體は皆地球中心に向て牽引せらる故に地球中心は恰も國民威力の集合

せる處たる中央政府に似たり政府若し不幸にして國民の幾分を失へば其力從て衰ふるが如く重力は地球の表面に於て最も強く是より深く地下に入れば上部に在る分子は反對に引くが故に漸く減少し遂に中心に達すれば地球表面の總ての點に向て牽引する力互に相平均して重力は皆無となる之に反し物體の地面を距ると愈遠ければ重力の減少すると地球中心より物體に至る迄の距離の自乗に反比例する者なり今地球の中心より四千英里の距離なる地面に於て一百斤の重量ある物體を取りて地面より四千英里の處に置けば二十五斤となり一萬二千英里の處に於ては十一斤餘となる即ち距離二倍すれば重量は四分の一となり距離三倍すれば重量は九分の一となり重力の減少を示すべし之に由りて地球中心を距ると遠き處例へば高山の頂に於ては平地に於けるより物體重量の稍輕きを見る又兩極地方は赤道地方

より地球中心を距る近きが故に物體の重量は兩極に於て赤道地方に於けるより稍増加する者なり然れども分銅の重量も亦物體の重量と共に増減するを以て普通の天秤にて之を測ると能はず斯の如く距離の自乘に反比例して力の減少するとは嘗に重力のみに限らず音熱光電氣等の如き者に於ても亦然りとす今光に就て之を説明すれば最も理解し易きが故に之を左に述べべし

試に第十二圖の如く「ニ」なる蠟燭より一尺の距離に厚紙製の障子「イ」を立て二尺の距離には「イ」より四倍大なる障子「ロ」を立て三尺の距離に「イ」より九倍大なる障子「ハ」を置くべし今蠟燭に點火すれば「イ」は燭光を遮り「ロ」と「ハ」は其光を受くると能はざるべし次に「イ」を除き去れば初め「イ」を照したる光は「ロ」の表面に擴散するが故に其光力大に減少す而して「ロ」なる障子中に於ける「イ」と同大の面に受くる所の光の分量は「イ」に受

第二十圖

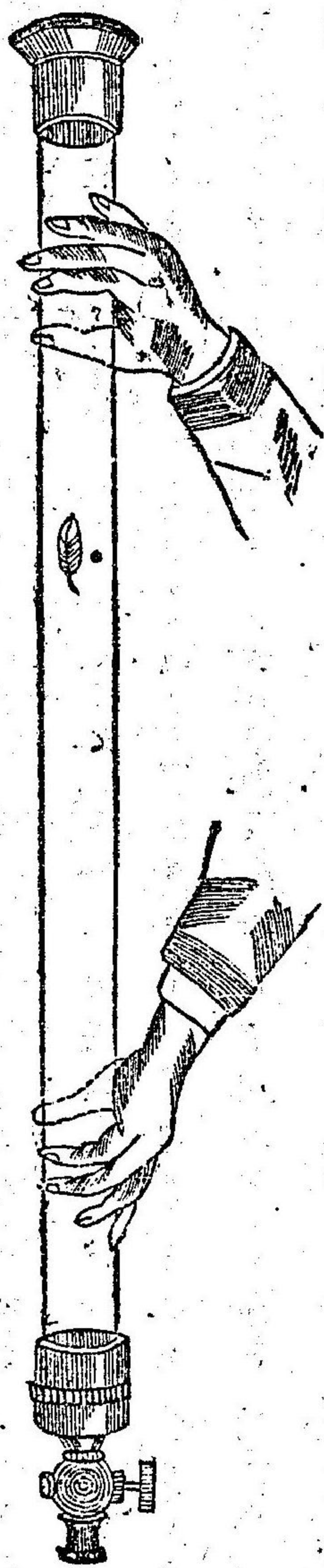


けたる者の四分の一たると固より明かなり又「ロ」を去り「ハ」を照らせば「ハ」の面に於ける「イ」と同大の面は「イ」に受ける者の九分の一となる之に由りて二倍三倍の距離に於ては光力も亦四分の一、九分の一に減少することを知ら

【第二十八】諸物體の墜落する速度は同一なり 在昔「アリストートル」の學徒は十斤の物は一斤の物體より十倍早く落下するとの説を唱へ世人皆之を信じたれども碩學「ガリレオ」は獨り

之を非なりとしてピサの塔に登り重量を異にせる二物體を取りて之を墜落したるに二物は殆んど同時に地面に達せりガリ、オは此小差異の起る原因を空氣の抵抗に歸したり實に此抵抗は萬物皆同一の速度を以て落下すると云ふ法則の發明を困難ならしめたる者なり何を以て空氣の抵抗なき處に於ては輕重共に同一の速度を以て落下するや蓋し十斤の物體を落下するは恰も一斤の物體十個を併べて落とす同一なるを以て墜落の速度に遲速を生ずるの理なし今石と羽毛とを取り空氣中に於て同時に之を落下せしむれば石は必ず羽毛より速に地面に達すべし是れ此二物に對する空氣の抵抗不同なるに由る故に空氣を排除せる空間に於ては同等の速度を以て落下すべし之を實驗せんと欲すれば第十三圖に示せる如き器械を用ふべし此器械は長さ六七尺にして直徑二三寸の玻璃管より成る管内には鉛若くば銅の薄

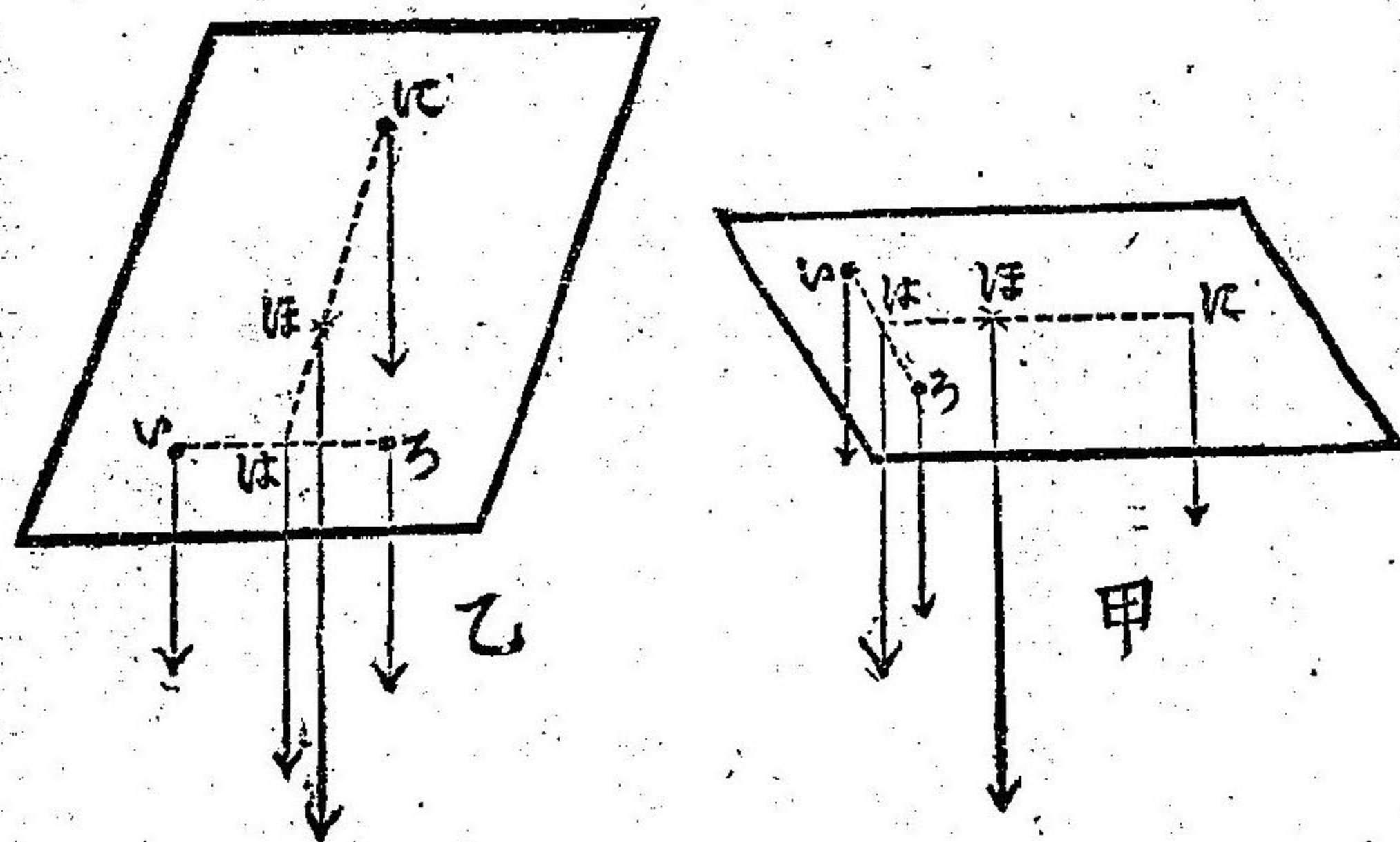
第十三圖



き板と羽毛を入れ置くなり其一端は閉塞せる者にして他の端には眞鍮製活栓の開閉自在なる者を附着す先づ活栓を開き螺旋の方便に依りて排氣鐘臺に固着して管内の空氣を抽出し活栓を閉ぢ急に管を轉倒すれば金屬の板も羽毛も殆んど同時に管の底に達するを見ん後空氣を管内に入れて管を轉倒すれば羽毛の落下すると金屬の板より速に遅かるべし

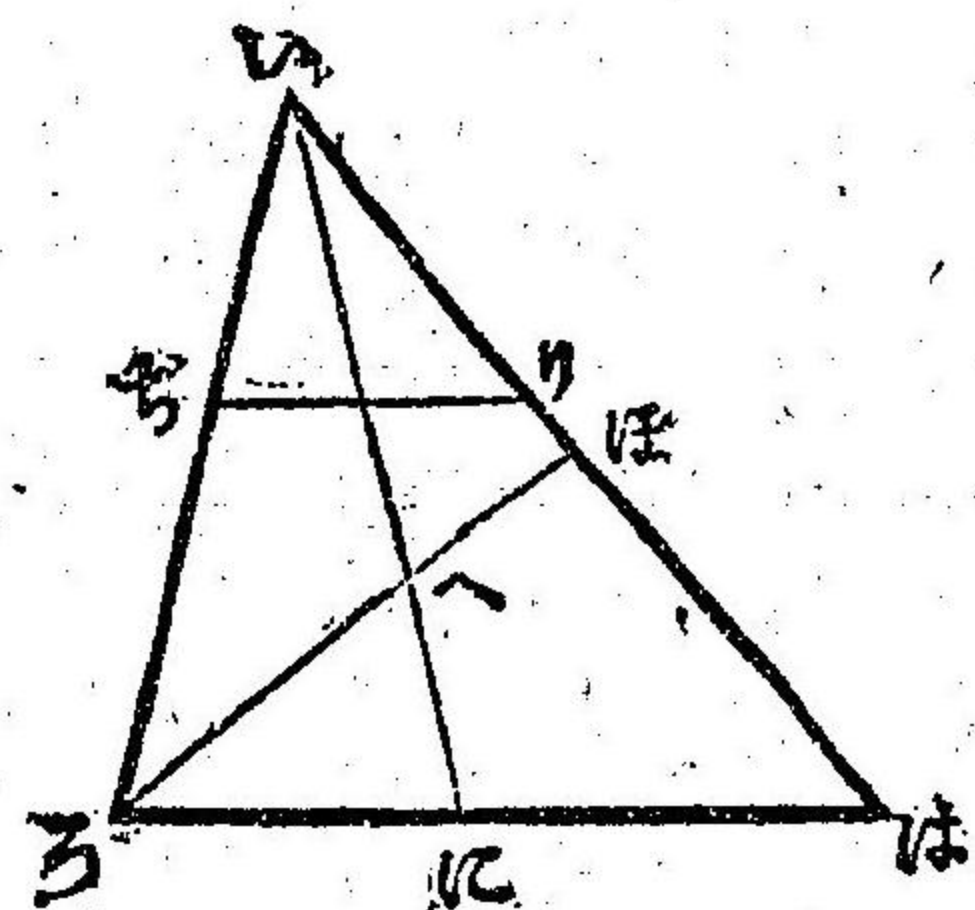
〔第二十九〕重<sup>心</sup> 萬物は皆細微なる物質即ち分子より組成せらる是

圖四十第



を以て各分子は悉く重力の作用を受け地球中心に向て牽引せらる而して此等の力は互に相平行して働作する者なるが故に是等平行力を總合せる力に均しき合力の作用點なかる可らず此點を重心と云ふ重心の位置は物體の位置を如何に變更するも決して移動するとなし例へば第十四圖の甲なる物體は「イロニ」なる三分子より成る者と假定せば是等の點より平行に引きたる三線は重力の爲に分子の牽引せらるゝ方向を示すべし先づ「イロ」の二點に作用する二つの平行力の合力を求め更に此合

圖五十第

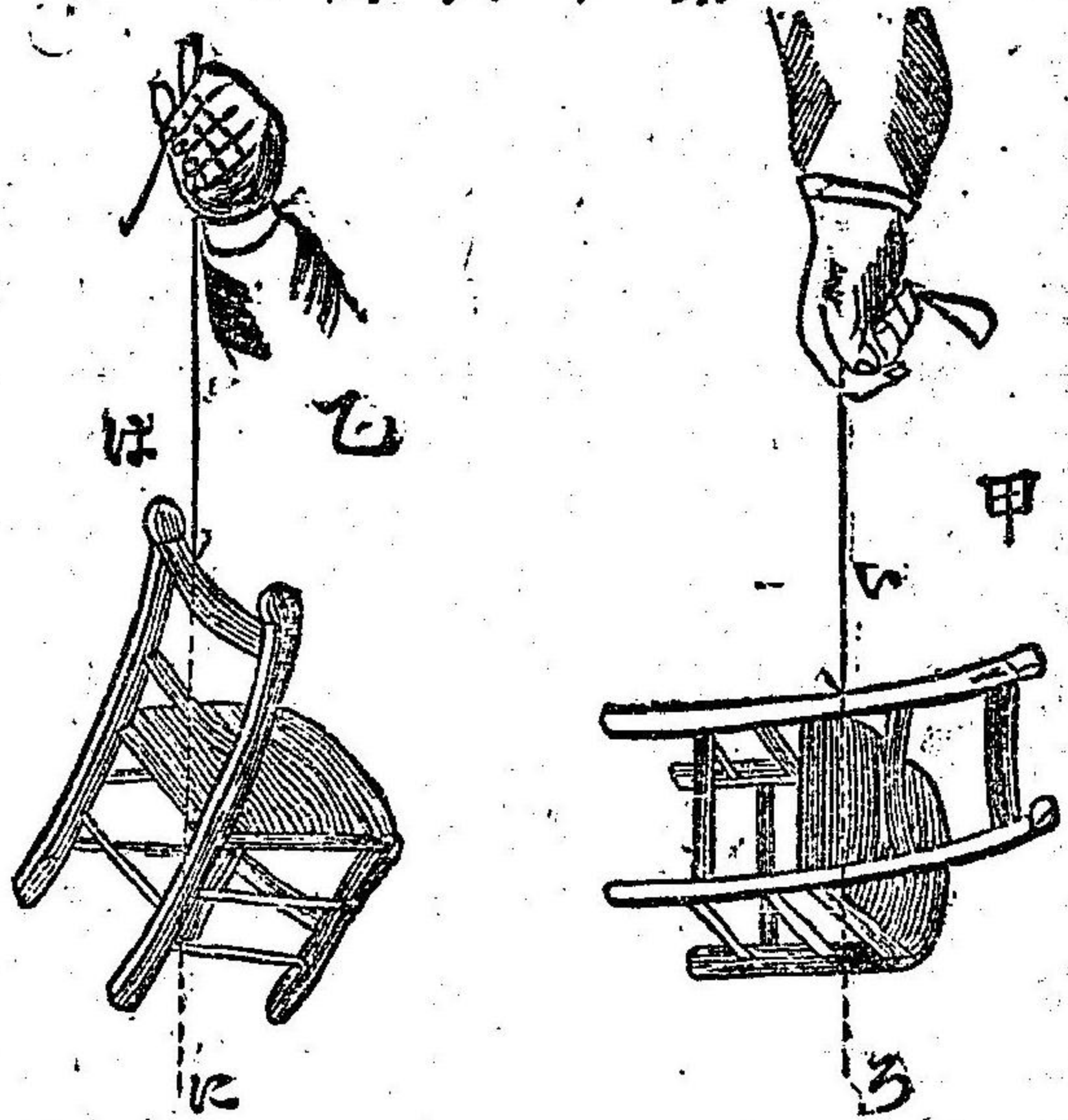


力即ち「ハ」點に働く所の力と「ニ」點に働く所の力とを組み合わせ得たる力は「イロニ」の三點に作用する平行力の合力にして此物體の重量を示す者とす假に最後の合力の作用する點を「ホ」とすれば「ホ」は即ち物體の重心なり此重心は物體の位置を乙の如くするも猶「ホ」點にあり決して移動することなし如何なる點も均一の物質より成る物體の重心は其位置を知ると甚だ容易なり例へば線の重心は其中央にあり圓の重心は圓心にあり三角の重心は其一邊の正中より相對する角に向て引きたる線の中にある何となれば第十四圖に示す如く「イロハ」なる三角は「ロハ」に平行する「チリ」の如き無數の細き線より成る者と考ふべし然るときは各線の重心

は其正中にある者なれば全體の重心は是等の平行線を二等分する「イ」なる線の中になかる可らず之と同理にて若し此三角を「イハ」に平行する無數の細き線より成る者と考ふれば全體の重心は是等の平行線を二等分する「ロホ」なる線の中にあるべし既に「イニ」「ロホ」の二線中にあるらば此二線の交叉する處即ち「へ」は重心の位する處なり然れども物體の諸部分粗密の物質より成り均一ならざるものに在りては重心は密なる部分に偏倚するものとす

「第三十」重心を求むる法 均一の物質より成らざる物體の重心を看出さんと欲すれば其物體中二つの異りたる點に糸を結び之を懸垂すべし二つの糸の交叉する點は即ち重心なり例へば第十五圖の如く「イ」點に糸を結び之を懸垂するに重心は必ず此糸を延長せる線の中にあるべし何となれば物體の分子は悉く地球の爲に平行に牽引せられ其

第 十 六 圖



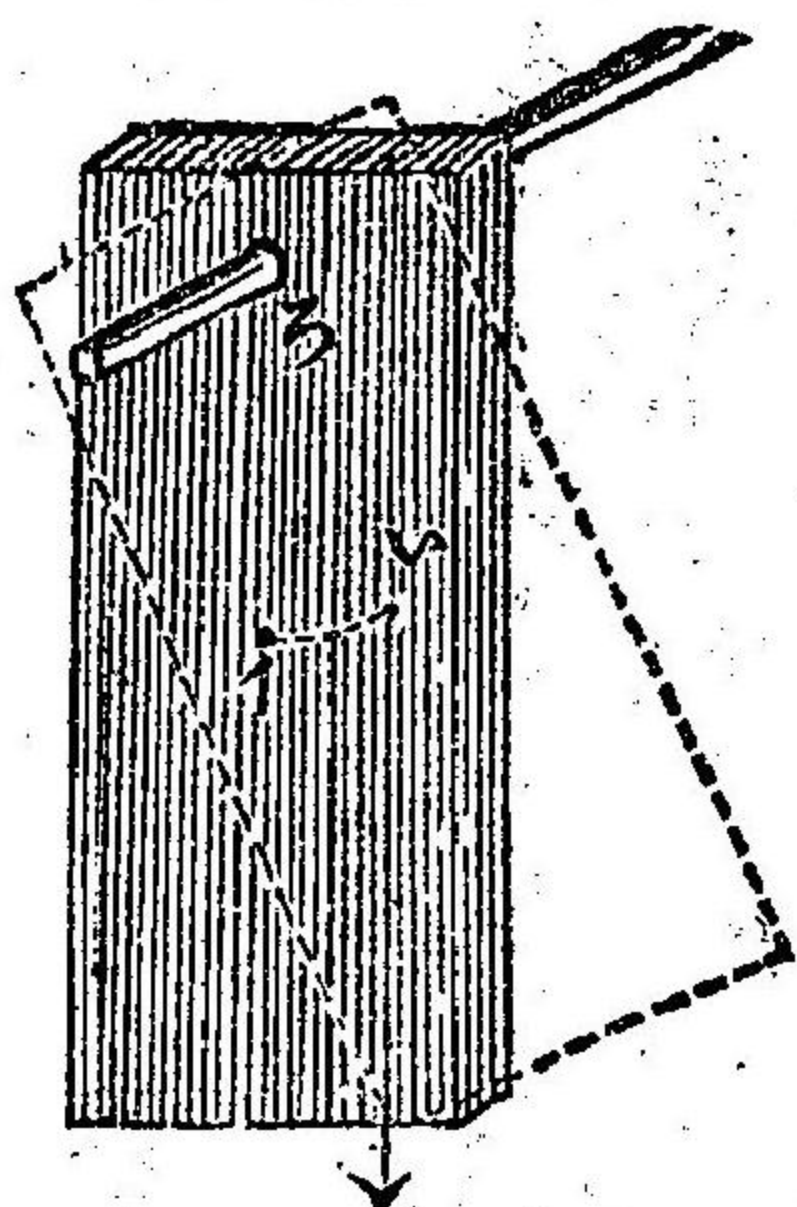
合力は重心より垂直に下方に向て作用するを以て此合力に相當する力を重心に於て垂直に上方に向て加ふれば物體は平均の状態を取らざるを得ず今糸を以て懸垂せる物體は平均の状態をなす者なれば重心は懸點の直下即ち糸を延長せる線の中にあるべし之に由りて甲圖の「イ」線中には必ず重心の位する處あり同様に據り物體を乙圖の如く懸垂すれば重心は「ハ」の線中になかる可らず故に此二線の交叉する所は即ち重心の存する處たると固より明ら

かなり

「第三十一」平均の状態 前節に於て述たる如く物體の地球に牽引せらるゝ力は重心より垂直に下方に向て作用する一力に均しきが故に此方に釣合ふべき他の力を重心より垂直に上方に向て加ふれば物體は平均の状態を取りて落下せざるべし之に據りて或る點に於て支へられたる物體の重心若し支點と共に垂直の一線内にあれば物體は平均の状態を取る可き理なれども重心は終始下方に向て降落せんとする傾向あるを以て平均の状態に三種あり安定平均不安定平均及び隨意平均是れなり

安定平均とは俗に座り善きと云ふとにして物體を少しく動揺すれば最初の位置に復せんとする傾きある者を云ふ物體を動揺せんとするに當り重心を扛擧するに非ざれば能はざる者は安定平均の状態を取

第 十 七 圖

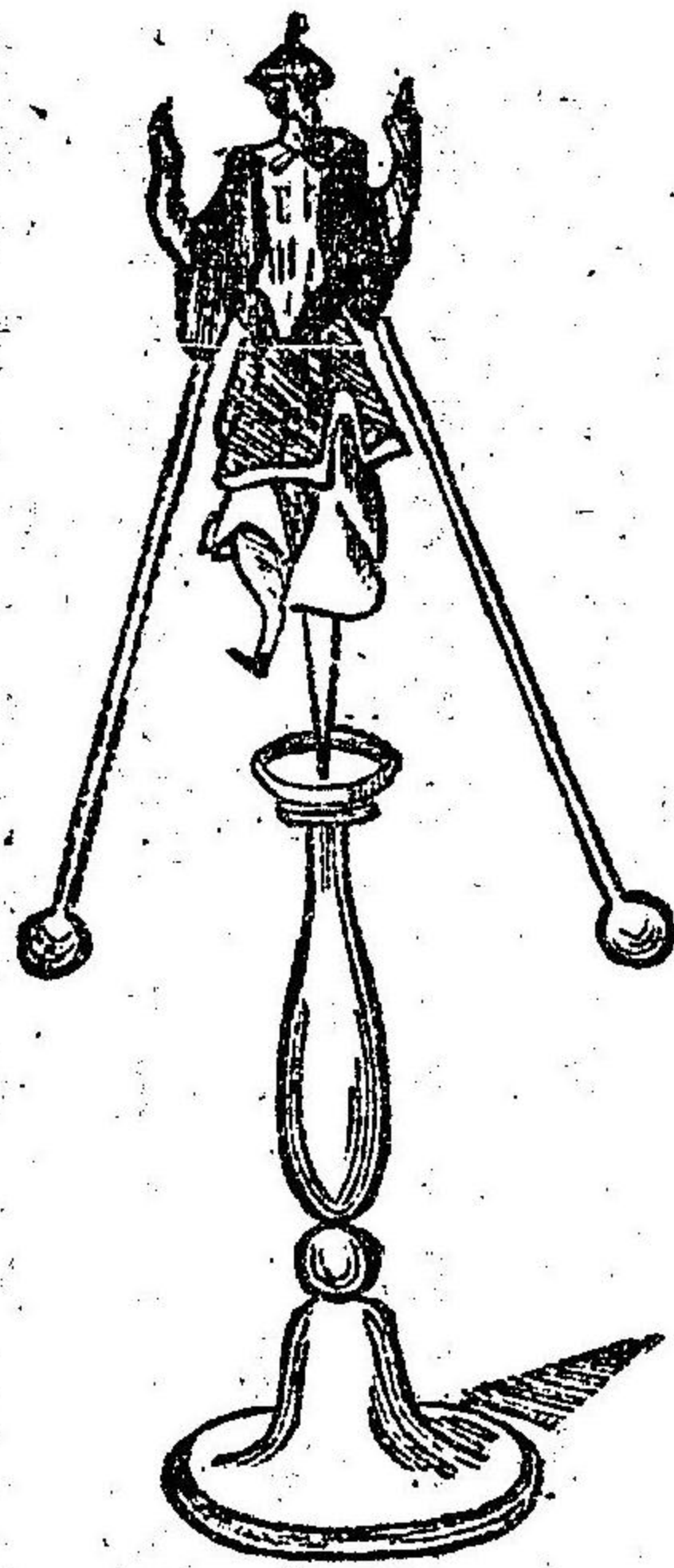


る者あり何となれば物體を動揺する力を除去すれば重心は忽ち降落ち物體は數回左右に振動せる後に最初の位置に復すればなり第十七圖の如く木札を支點「ロ」より懸垂せる者に於て重心「イ」は支點の直下にあり今此木札を少しく右方に動かさんとするには重心を「イ」の方に扛

擧することを要す而して斯の如く動揺せる力を除き去れば「イ」は最初の位置に歸らんとして木札は數回振動せる後に靜止すべし  
 柱時計の振子は安定平均の位置を得んとして左右に振動す又鶏卵の長軸を水平に横たへ平らなる處に置きたる者は安定平均の位置を取れる者なり彼の不倒翁オキヤウコアンと稱する玩具は其下部を膨大し其中に粘土若くば小石を入れ其上部は成るべく軽く作れる者なるを以て重心は全



第 十 八 圖

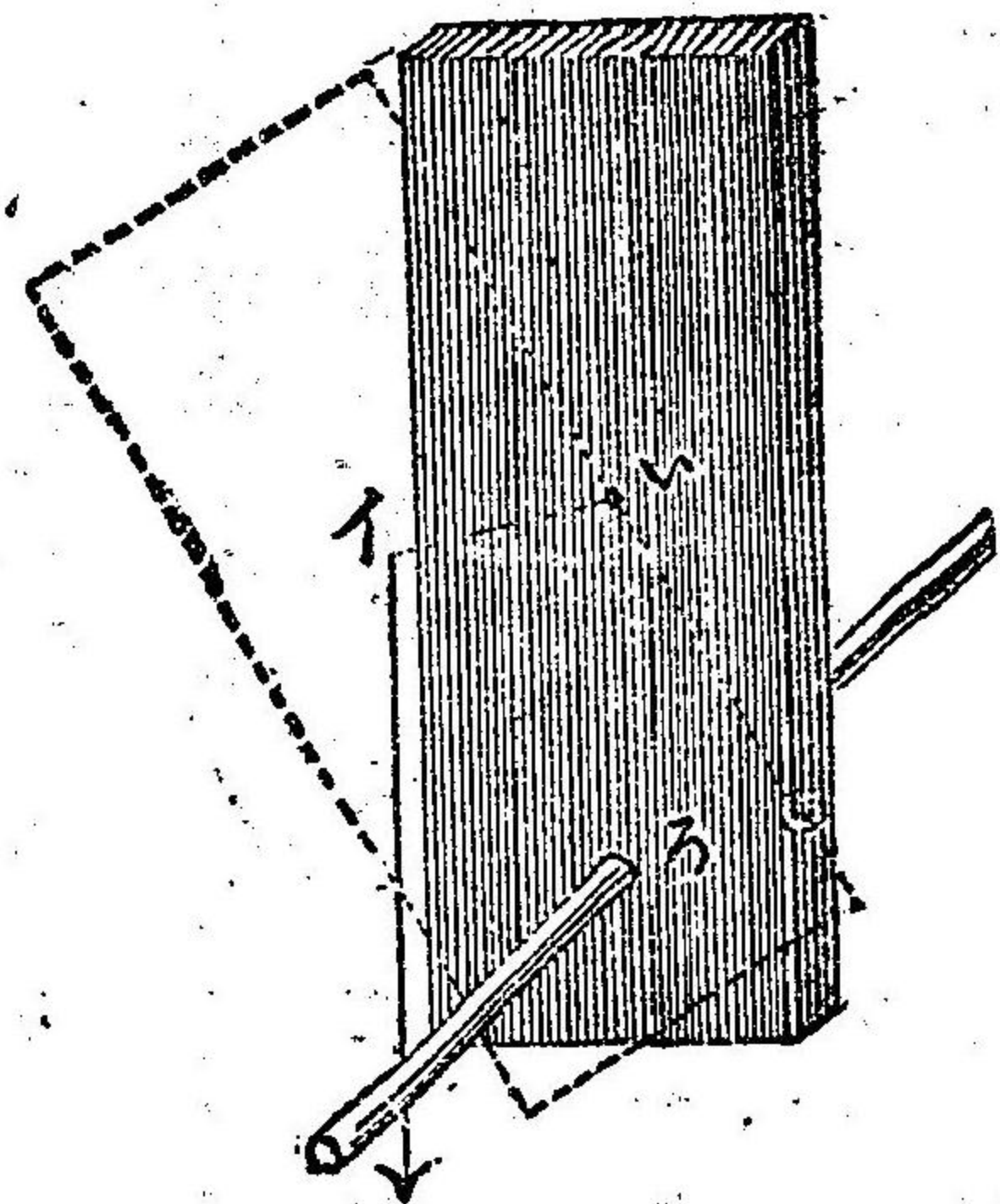


て容易に顛倒するなり爰に又注目す可きとあり物體の重心は必ずしも物體中に存する者にあらず故に或る物體の坐りを善からしめんとするには重心

體の下部に位し之を倒さんとするには必ず重心を扛擧するに非ざれば能はず故に容易に顛倒せざるなり

右に述ぶる所に據りて考ふるに重心の成る可く物體の下部に位するに從て其物體の平均は愈々安定なり例へば鶏卵の重心は殆んど其正中にあるが故に其長軸を垂直になして之を平らなる處に置けば之を水平に横たへたる時より重心の位置迥に高し故に其座り善からずし

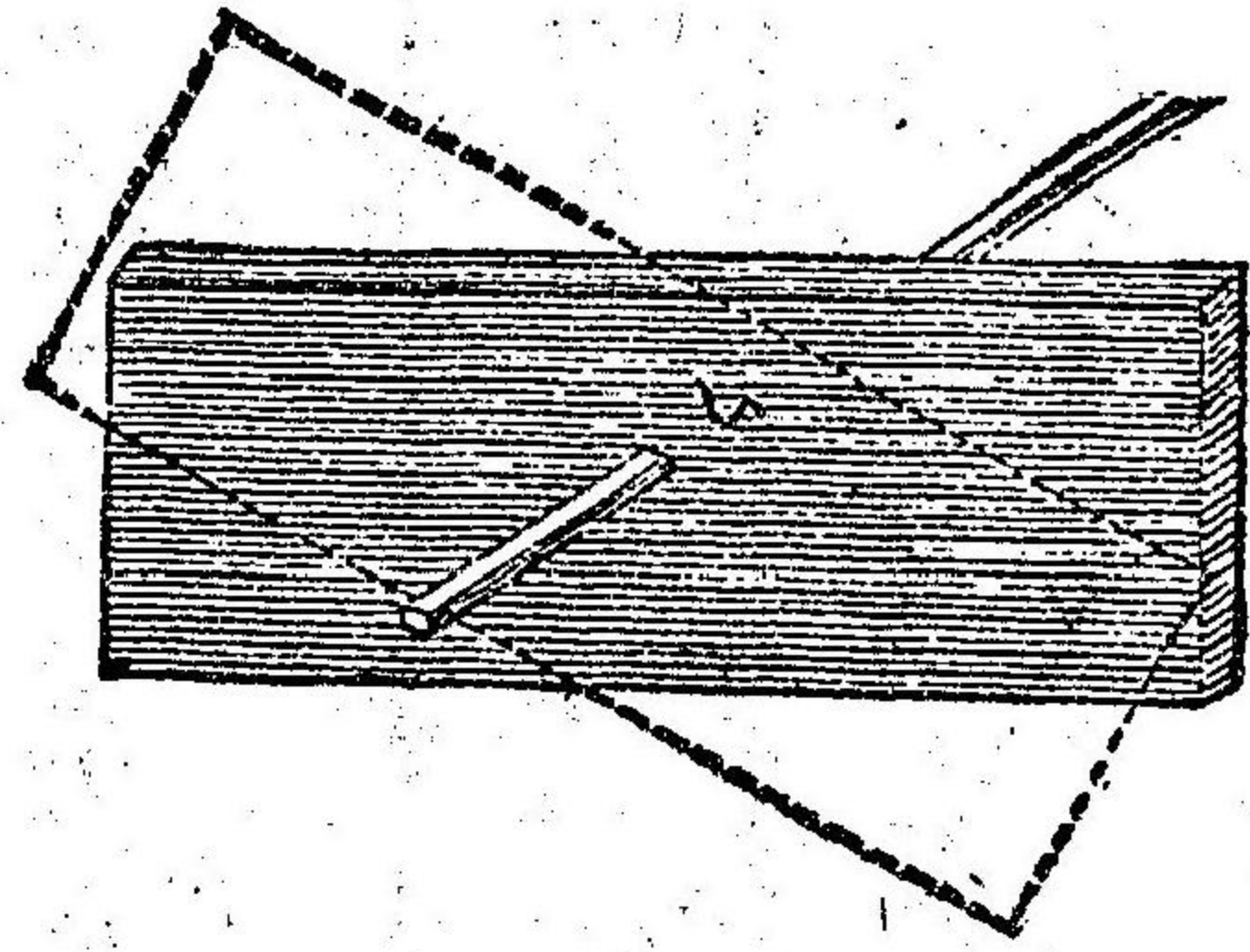
第 十 九 圖



は必ず重心を扛擧するに非ざれば能はず是れ其平均の安定なる所以なり」不安定平均とは坐りの宜しからざる物體の稱にして之を少しく動搖すれば其重心は忽ち落下するを以て物體は顛倒して安定平均の位置に歸するものとす此種の平均は重心の位置高

の位置を物體以外の極めて低き處に在らしむれば可なり第十八圖に示す玩具は此理を示す者にして人形は其一足を以て安全に架臺の上に立つとを得人形の體より二つの長き針金を出し針金の下端に二つの鉛の球を附着す故に全體の重心は二つの球の中心を貫きたる水平線の殆んど中央に位し支點の直下にあるを以て之を動かさんとする

圖十二第



き處にある時起る者なり例へば第十九圖の如く木札の重心「イ」若し支點「ロ」の上に位する時之を少しく左方に動搖すれば重心「イ」は「リ」の方に移り木札は第十九圖に示す如き位置となるべし長き杖を指の一端に直立するが如きは不安定平均の例なり指の上に長き杖を直立せしむるや動もすれば重心は落下せんとして一方に偏倚するが故に常に之を支點の直上にあらしむる爲に指を連に動かすに非ざれば杖は不安定平均の位置を永く保たざる者なり又獨樂の廻轉する時は不安定平均の位置を取るものなれども其廻轉する間は重心は大なる速度を以て其位置を變じ一方に偏倚するに違あらず是れ其軸を以て直立することを

得る所以なり然れども速度緩慢となれば軸は漸く傾斜して其端を以て圓形を畫き終に或る方向に倒れて靜止するに至る  
 隨意平均とは物體を動搖すれども其重心の位置終始同一の高さに止り上昇若くは降落せざる者を云ふ例へば第十九圖の如く木札を其重心に於て支へたる者は之を動搖して如何なる位置となすも木札は其位置に於て平均すべし完全なる球體の水平なる面に靜止せる者は此種の平均を保つ者なり  
 「第三十一」數多の點に於て水平面に支へられたる物體の平均 或る物體若し數多の點に於て水平なる面に靜止するや其平均を保つには重心より降したる垂直線の數多支點を連結して水平面上に畫きたる多邊形の内部に在ることを要す然らざれば其物體は顛倒すべし例へば第二十一圖に示したる如く重心「ニ」より降したる垂直線の「イ」「ロ」なる

三つの支點を連結せる三角形の内部に在る間は能く其平均を保つと

を得れども垂直線若し此範圍の外に出れば

此机は忽ち顛倒すべし背に重き荷物を擔ひ

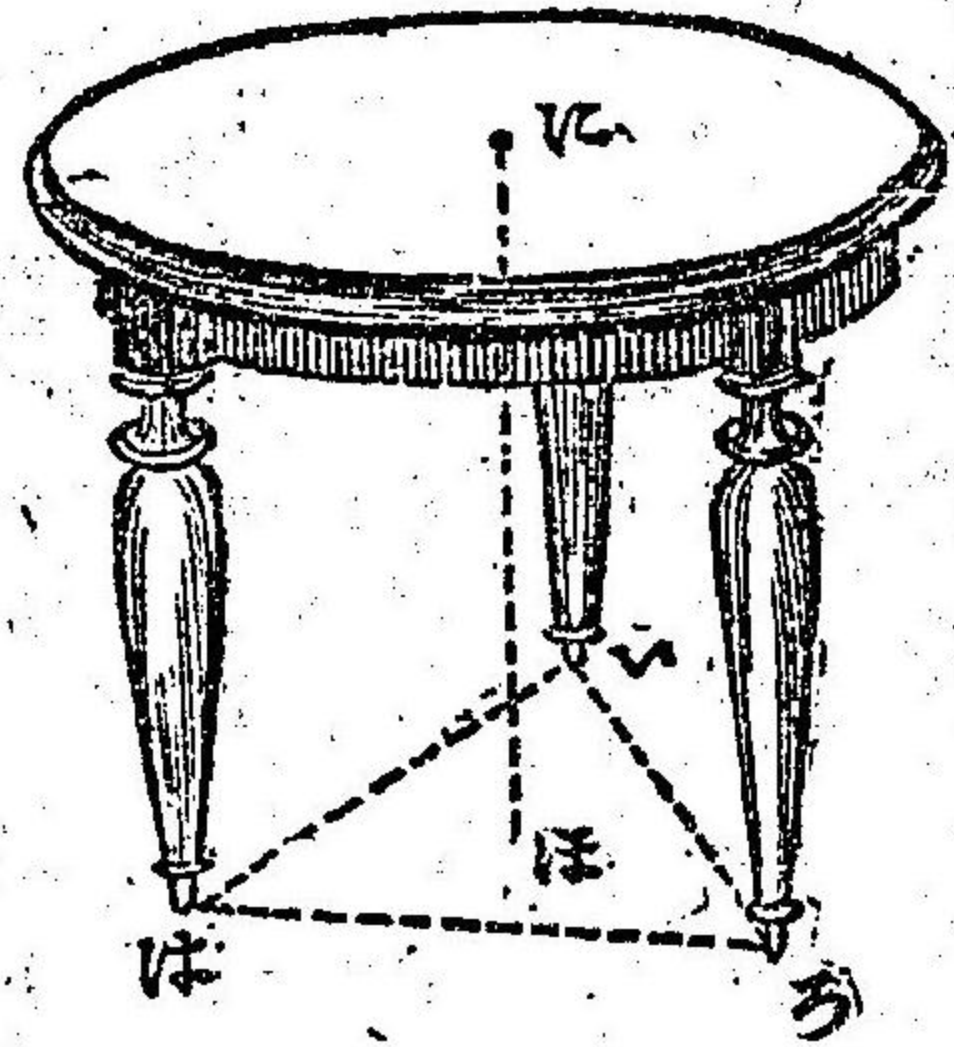
たる人の其體を前方に屈し右手に水桶を携

べたる人の身體を左方に曲ぐるが如き皆全

身の重心より降したる垂直線を身體の支點

たる兩足の間に在らしめんが爲めなり馬に

圖一十二第



乗る人は其膝を以て馬背を押へ足の尖端を鏡に觸れ脚を開て支點の距離を成る可く大ならしむ是れ身體の動搖に由りて重心の位置は常に變更すれども此點より下したる垂直線をして終始支點を連結せる線の範圍内に在らしめんが爲めなり彼の西京に名高き八坂の塔の如きは甚だしく傾斜すれども顛倒せざるは亦是れ其重心より下したる

垂直線の數多支點を結びたる多邊形の内に在ればなり

〔第三十二〕 槓杆 槓杆とは屈曲す可らざる一條の棒にして支點と名づくる一定點に依りて支へられたる者なり第二十二圖の「イロ」は槓杆

の一種にして甲なる重量は其一端の

「ロ」點に於て作用するが故に此を重點

と名づく而して「イロ」は「ハ」點に於て支

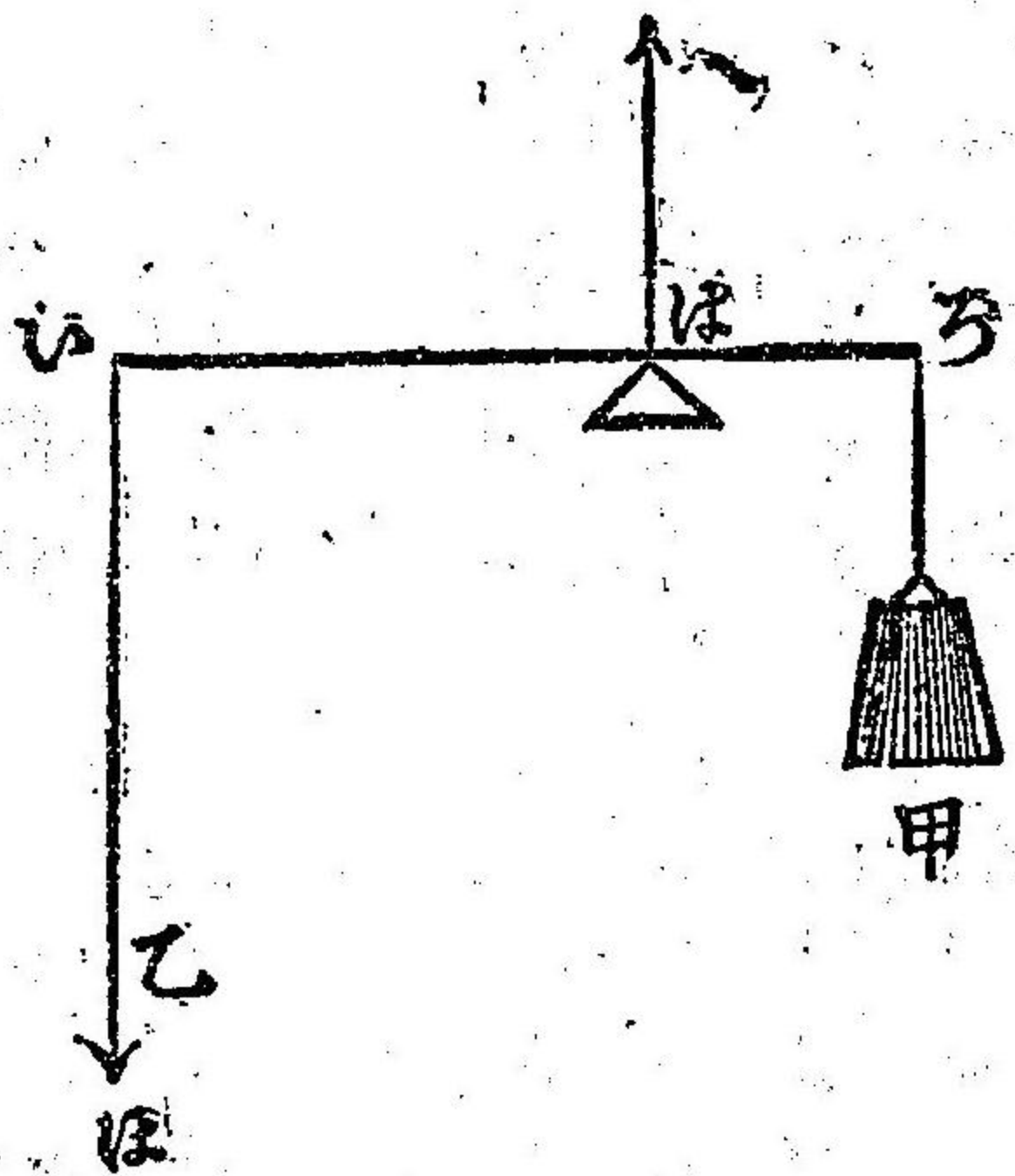
へらるゝを以て重量甲は「ハ」なる支點

を軸として槓杆を一方に廻轉せんと

す然るに槓杆の他端「イ」即ち力點と名

づくる點に於て適當の力乙を「ハ」の

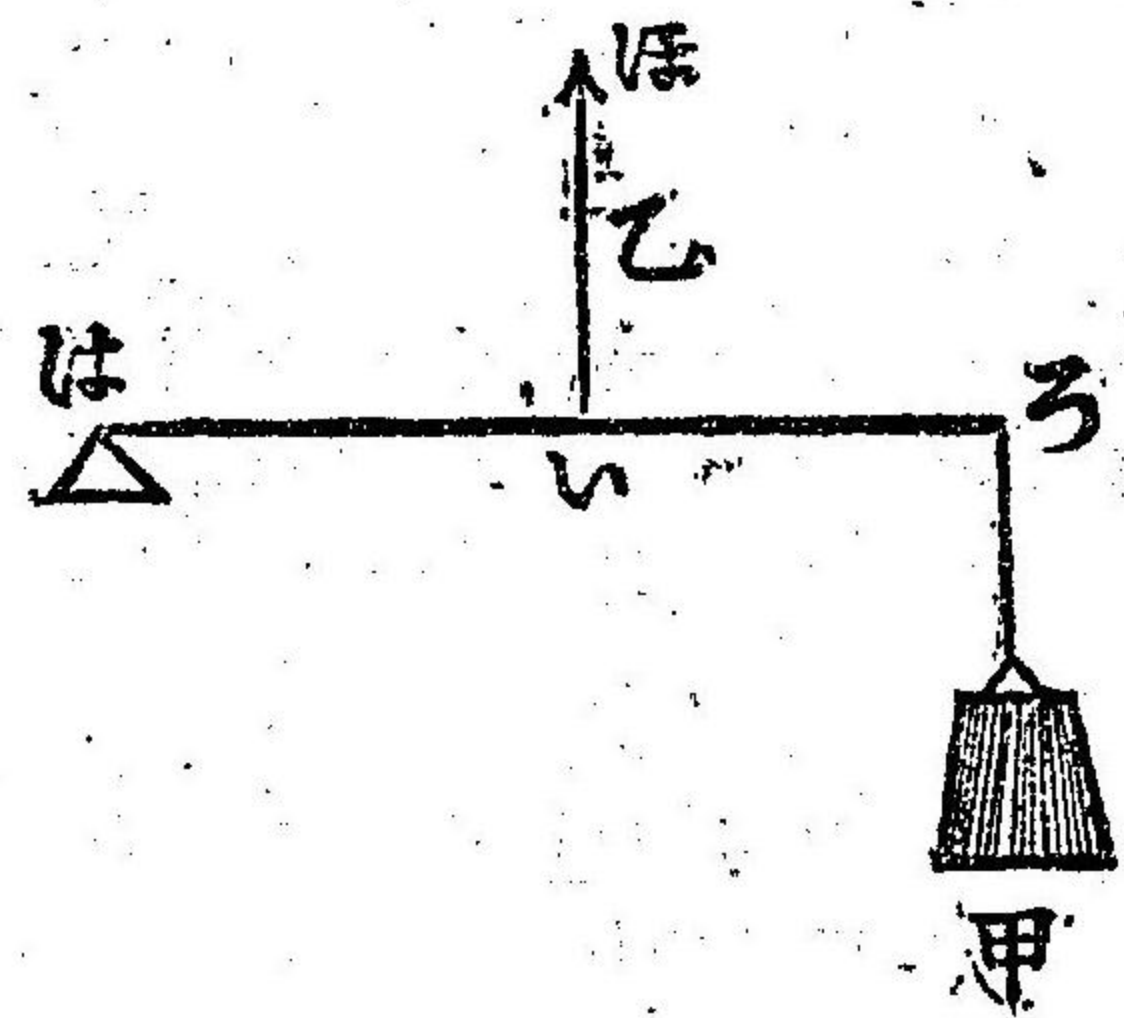
圖二十二第



方向に加へなば「イロ」は前と反對に廻轉せんとす之に由りて槓杆は何れの方にも動く能はずして平均の状態を取るならん斯る場合に



圖四十二第



の間在り以上三種の槓杆に於て互に相當する點を示すに同一の文字を用ゐたれば第二種と第三種の槓杆の平均を保つ場合に亦第一種槓杆の平均を示す比例を適用するを得

總ての槓杆に於て重點の支點に益々近くなれば僅少なる力を以て重大なる物體を動かすを得例へば第二十二圖の「ハ」を六寸「ロ」を三寸とし甲なる重量を四斤とすれば二斤余の力を乙に加へなば能く甲なる重量を動かすべし何んとなれば左の比例に依り三斤の力を用ゆれば甲なる物體と平均を保つが故に之れより稍大なる力を以てすれば「イ」の方向に物體を動かし得ると言を俟

たす即ち

甲 : 乙 :: ハ : ロ

四二 : 三 :: 六 : 三

三 : 六 :: 三 : 六

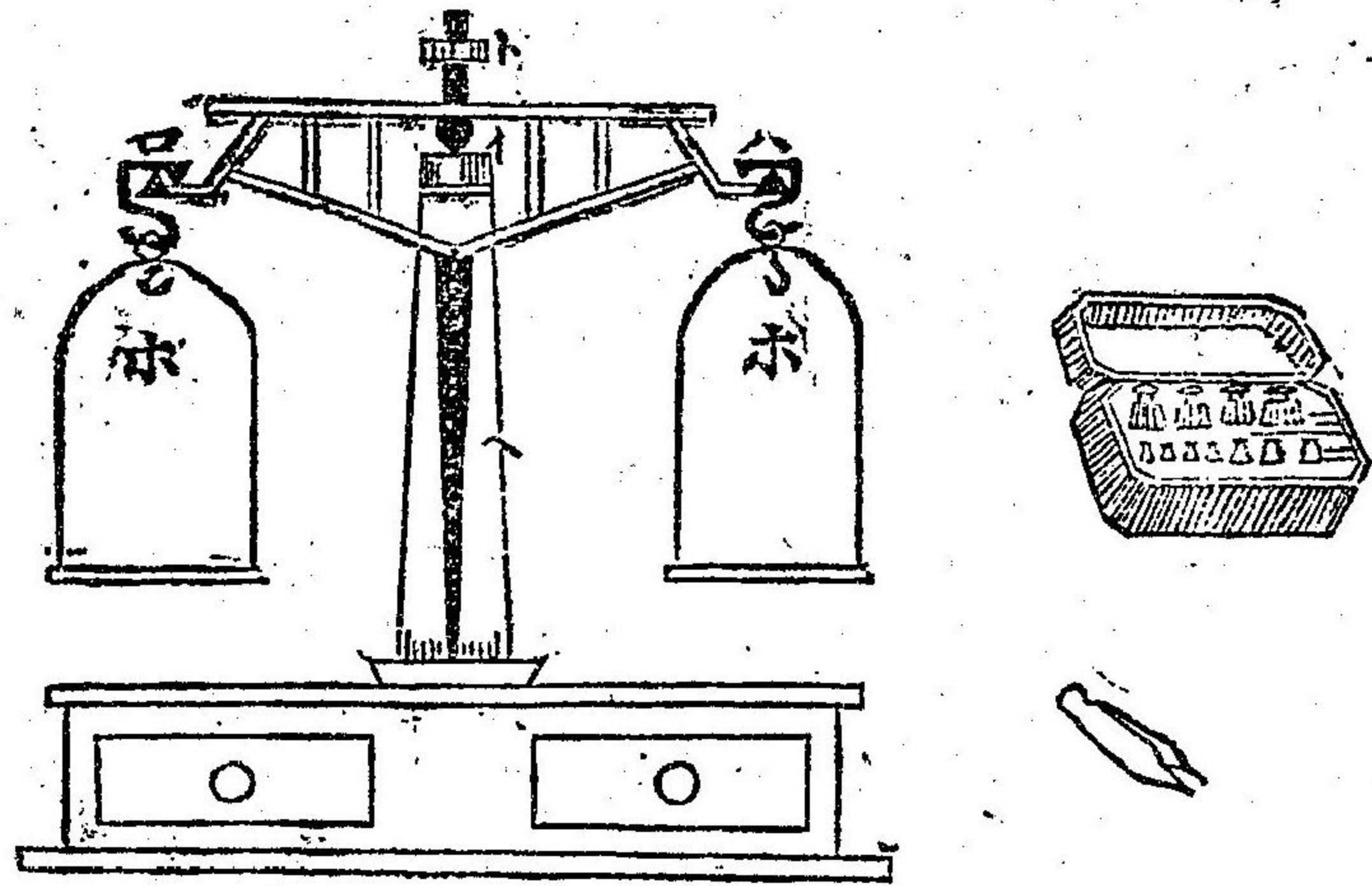
左れば槓杆の發明者たる希臘の理學家アルキメデイス氏は耶蘇紀元前數百年の昔に生れ我に一本の槓杆と此世界の外に立つ可き位置を與へよ我は此巨大なる世界を動し見んと絶叫せり然れども第三種の槓杆を以ては斯の如きとは爲し難し何となれば重點の支點を距るとは力點の支點を距るより遠きを以て力點には重點に於けるより迥に大なる力を加ふるに非ざれば物體を扛擧すると能はざればなり故に此槓杆は力に就ては利益なしと雖ども幾分の力を損する代りに時間省きて速に物體を動し得る利益ある者なり

槓杆は人の日常見る所の者にして之を種々なる器械に應用せる者枚

舉に違あらず例へば人力車の花棒は力點、車軸は支點、腰掛臺は重點の存する所なるを以て是れ第一種の槓杆に屬す故に人力車に乗りて坂を登らんとする時乗客若し其體を前方に屈すれば重點は支點に近づき幾分か車夫の力を助くる者なり之に反して坂を下らんとする時は成る可く車の重量を重くして車輪と地面との摩擦を大ならしむるとを要す故に乗客若し其身體を後方に投じて重點の位置を支點より遠ざくれば車夫に取りては頗る都合好きとならん又藥切窓扇、船の櫓櫓等は第二種の槓杆にして箒又は鋏の如きは第三種の槓杆とす人の身體に在りては頭を前後に動かすは第一種槓杆の理にして趾頭を以て立ち或は肘を曲げて手を舉ぐるは第三種槓杆の理なり

〔第三十三〕 天秤 天秤は物體の重量を測るべき器械にして其形には種々あり第二十五圖に示す者は通常物理學化學等に於て物體の重量

第 二 十 五 圖



を測定する時に使用する者なり其主なる部分は兩臂を有する槓杆より成る之を天秤の竿と云ふ竿は其中央に固着せる三角形鋼鐵の尖端「イ」即ち天秤の刃と稱する者を以て瑪瑙或は鋼鐵にて製したる平らたき板の上に安んず故に竿は「イ」を軸として左右に動搖するとを得而して板は堅固なる柱を以て支へらる又竿の中央に在る刃より左右同距離の處に他の二つの刃「ロ」及び「ハ」あり「ロ」字形に曲れる金を以て目方の同等なる二個の秤盤「ホ」を懸

垂す以上三つの及は殆んど一平面内に在りて互に平行す可きものとす而して竿の中央より上方若くば此圖に示す如く下方に向て指針を出す二つの秤盤に載せたる重量同等にして竿の水平なる位置を取る時指針の尖端は柱に附着したる目盛の中央即ち零度を指す如くす通常物體の目方を量る時は竿の平均して水平の位置を取るを待たずして指針の尖端零度の左右同等の距離を振動するを見て二つの重量は平均する者とす

天秤の兩臂は其長さ同一ならざる可からず然らざれば槓杆の理に由りて左右の盤に載せたる重量は同等ならざるも能く平均すべし故に兩臂の長さ均一なるや否を試むると極めて必要なり其法は兩盤に各重量を載せ指針の平均せることを示すを見て此二つの重量を交換し左に在りたる者を右に移し右に在りたる者を左に置くべし斯くする

も天秤は依然として平均の状態を取れば兩臂の長さは同一なる者と知るべし若し一方の臂稍々長ければ之より懸垂せる秤盤は降落して指針は偏重を示すべし斯の如く天秤を使用するに當り時々右の試験法を行ひ天秤に差違を生じたるや否を知らざる可からず而して天秤の不良なる者にては複權法と稱する方法を用ゆれば精密に物體の重量を測るとを得其法は先づ目方を量る可き物體を天秤の一盤に載せ他の盤には砂或は適宜の物體を載せて平均せしめ次に其物體を去りて他の盤に在る砂と釣り合ふべき分銅を以て置き換へるに在り此分銅は即ち物體の重量を示すと固より明らかなり

精巧なる天秤に於ては竿、秤盤、指針等より成る全體の重心は中央なる及の尖端を少しく離れて其直下に在ることを要す然らざれば重心と及の尖端即ち竿の支點と同一の點に在るを以て天秤は隨意平均の状態

を取り兩盤の重量平均すれば竿は如何なる位置に於ても靜止して天秤は甚だ感じ悪きものとなるべし  
 重心若し支點の上に在れば天秤は不安定平均となり少しく之に觸るれば竿は忽ち動揺して不便少なからず故に重心は支點の直下になかる可からず然れども支點を距ると遠き處に在れば其平均安定に過ぎ  
 て天秤は重量の差を示すと鋭敏ならず之に由りて竿の中央に於て三角鋼鐵に固着せる螺旋<sup>ト</sup>を回轉して支點の位置を上下し以て其感應の度を調整す

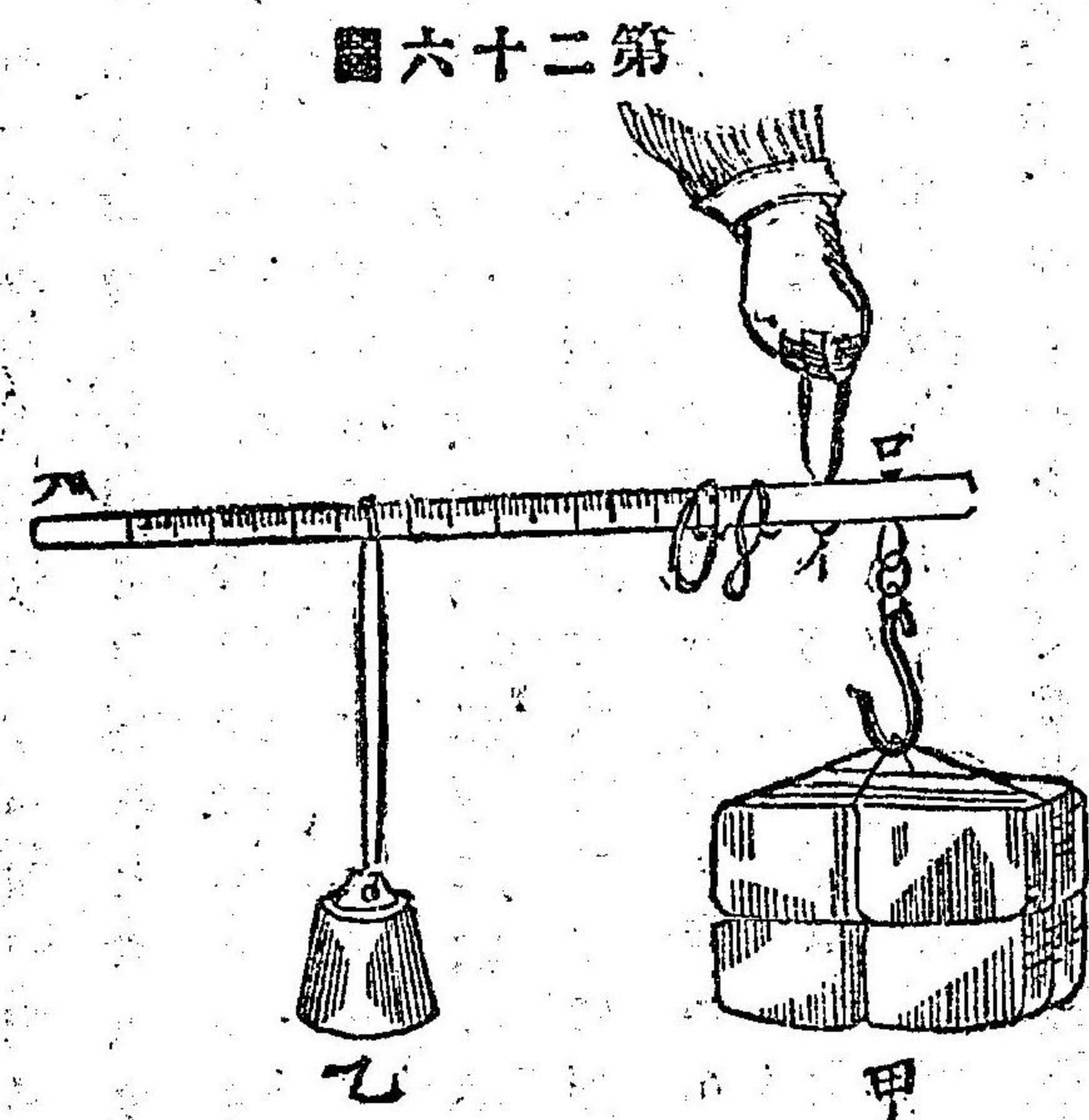
天秤の感じ易き者に於ては其竿は成る可く長くして輕きを要すれども之と同時に極めて堅固ならざる可からず是に於て一條の太き竿を用ひずして數本の細き棒を以て圖に示す如く菱形に組み立てたる者を用ゆ又鋭敏なる天秤は風濕氣若くば塵埃等に觸れざらしめんが

爲めに玻璃にて作りたる箱の中に納め之を使用する時は前面の戸を開き物體と分銅とを盤の上に載せて秤量するなり  
 天秤は物理學及び化學的實驗に於て欠く可からざる要具なるを以て之を使用するに當り一二の注意すべきことを爰に述べん先づ或る物體を量らんと欲する時は箱に納めたる分銅を鑷子<sup>ピンセット</sup>にて鉗み秤盤の上に載すべし決して指を直接に之に觸れしむ可からず又分銅を秤盤の上に載するには試に最も重き者より始め若し重きに過ぐれば其次の分銅を之に換へ平均する迄は順を追ふて盤の上に載せ或は之を取り去るべし斯くすれば大に時間を省くを得而して分銅を載せ了れば箱の中の空處を見て其重量を読み更に盤の上に在る分銅に就て之を檢すれば決して錯誤を來すとなし又物體と分銅とを載すべき盤は常に一定し置くを善しとす通常左方の盤に物體を置き右方の盤に分銅



を載する者なり

〔第三十四〕日本秤 日本秤或は羅馬秤と稱する者は本邦に於て普通



に使用する者にして其重點「ロ」と  
 支點「イ」とは一定せる處に在り而  
 して唯一個の分銅「乙」を「イ」なる  
 長き臂に従て動かして如何なる目  
 方の物體にても量ることを得るが  
 故に此秤は頗る簡便なる者なり  
 分銅若し支點「イ」に近き處にあれ  
 ば其能率少く之より遠ざかれ  
 ば其能率は増加するを以て隨意  
 に分銅の重量を増減することを得

第二十六圖

又二三の支點を有する者あり重き物を量る時は重點に最も近き支點  
 を以てし輕き物を量るには分銅に近き支點を用いて天秤を懸垂す

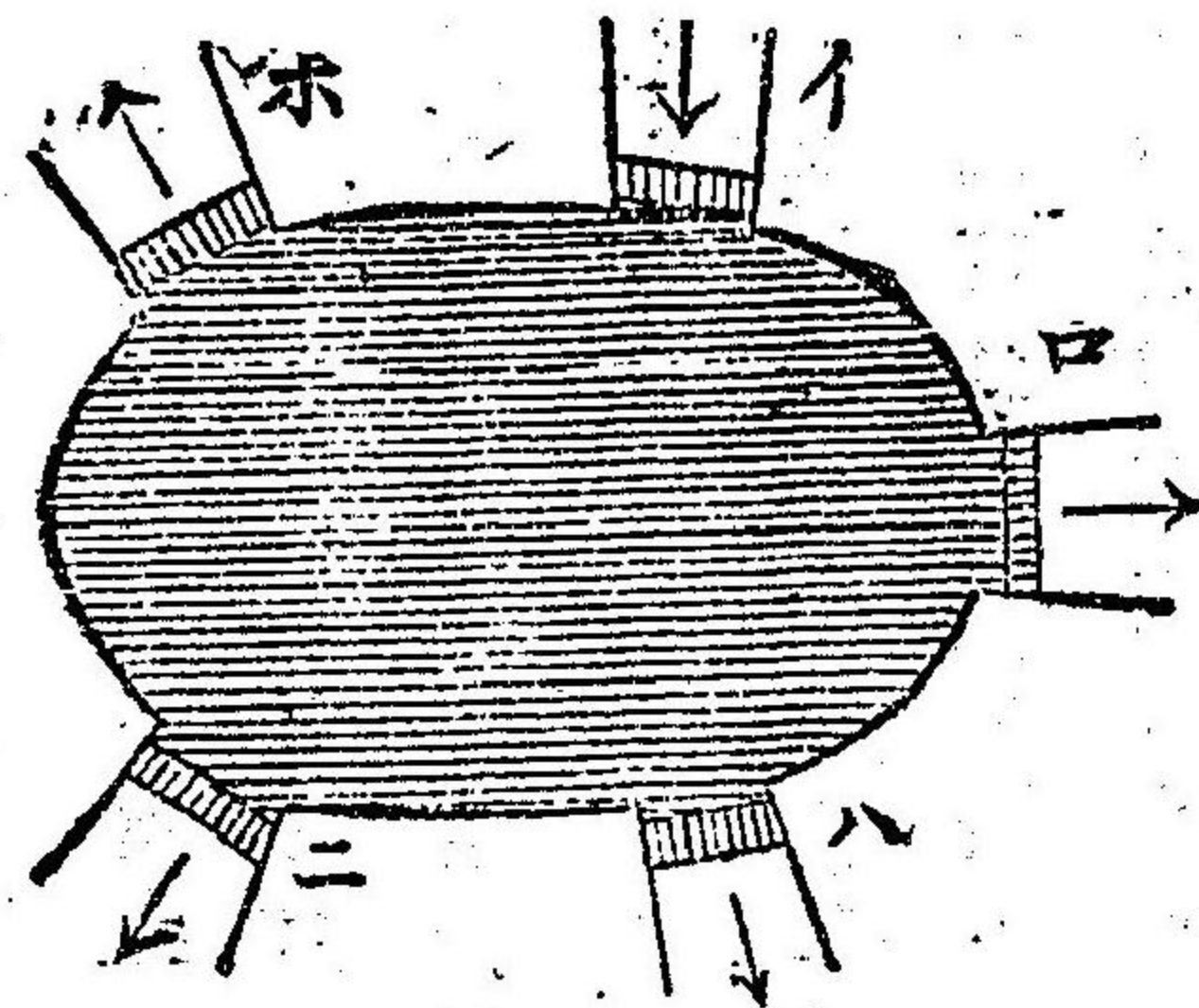
水學

〔第三十五〕液體は凝集力を有す 總て液體は其分子自在に動搖し又  
 少しく力を加ふれば容易に分子を分割し得べく其凝集力甚だ薄弱な  
 るとは已に第十四節に於て之を述べたり然れども凝集力絶て無き者  
 と云ふ可からず水滴の固形體の表面より懸垂する時或は少量の水銀  
 を或る物體の上に置く時に球形をなすは是れ液體の多小凝集力を有  
 することを證明する者なり

〔第三十六〕液體は壓力に抵抗す 液體は其分子を分割せんとする力  
 には殆んど抵抗せざれども之を壓迫する力には甚たしき抵抗を與ふ  
 る者なり今若し玻璃圓筒に水を充たし水銀砲の程の如く密に其口に

適合する所謂活塞を以て強く之を壓迫するも容積の減縮を殆んど見ると能はず故に古人は液體を以て到底壓迫す可からざる者とせり然れども現今は精密なる實驗に由りて液體も亦壓迫す可きとを知れり例へば水銀は一吋平方の面に凡そ十六斤の力を加ふれば厚容積の百

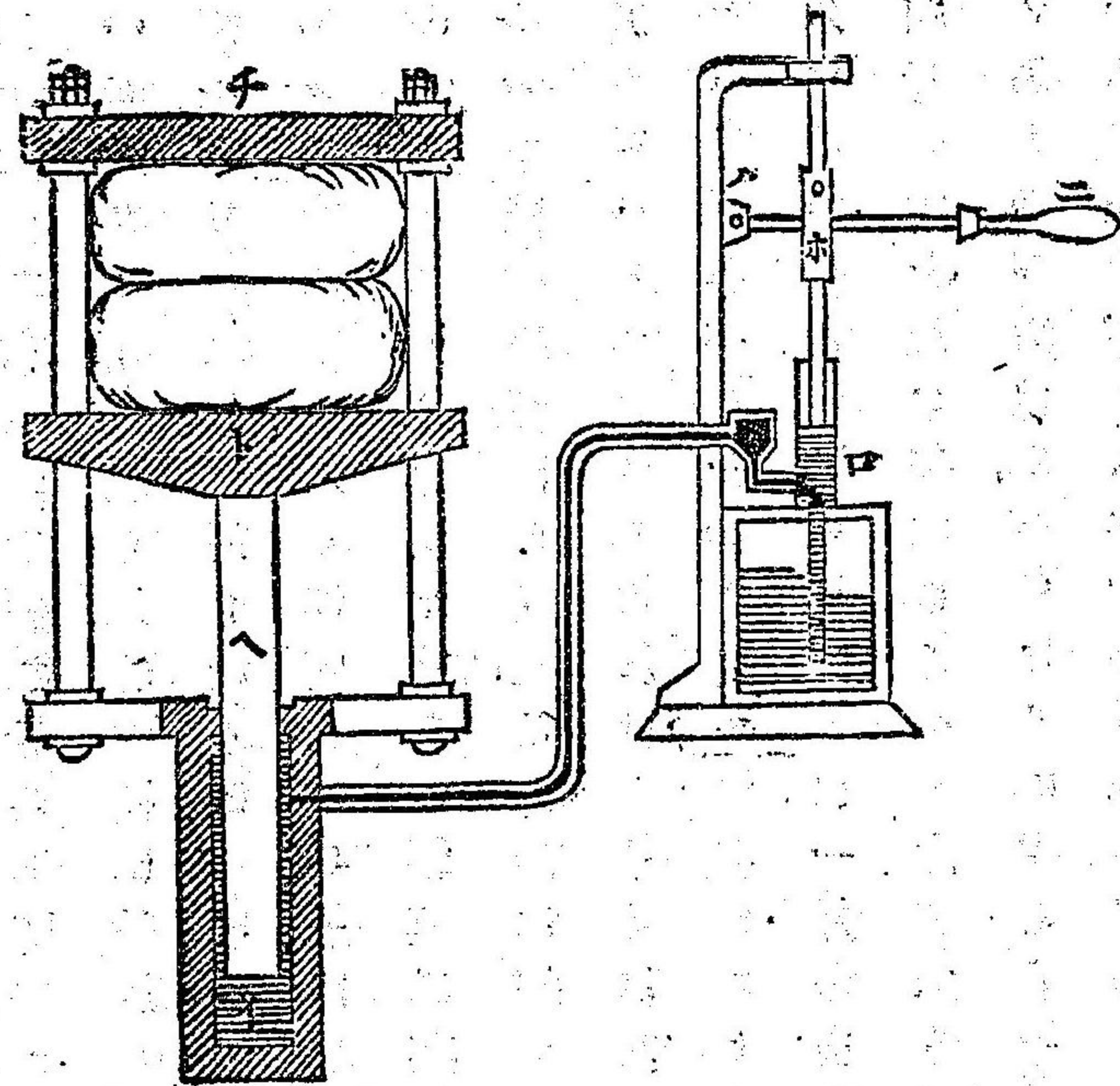
第二十六圖



萬分の三を水は十萬分の五を減縮す然れども其壓力を除けば直に原容積に復す故に液體は極めて彈性に富むものと云ふべし  
 [第三十七] 液體は壓力を四方を傳達す 液體は其一部分に受けたる壓力を減少するとなく之を總ての方向に傳達する者なり是れ「パスカル」氏の發明せし所にして「パスカル」の法則と云ふ

第二十六圖は右の理を説明せる器械にして其側壁には「コロハニニホ」等の同大なる孔を散く是等の孔は各能く適合せる活塞を以て密閉せられ今此器に水を充滿し假りに「イ」なる活塞に一斤の力を加へて之を器の内部に向て押入るれば水の分子は其壓力を諸方に傳播して他の活塞に及ぼすべし而して是等の活塞は其面積皆同大なるを以て各一斤の力を以て側壁に直角なる方向に押出さるゝと矢を以て示すが如し若し又活塞の大き異なれば大なる活塞の受くる壓力は如何例へば「コロハニニホ」の四孔を合して一大孔となし之に「イ」より四倍大なる活塞を以て閉塞せる者とすれば「イ」に一斤の力を加ふる時は此大なる活塞は四斤の力を以て押出さるべし之に由りて液體を盛れる器の側壁に受くる所の壓力は其面積に比例することを知る以上は水の重量並に活塞の運動を阻礙する摩擦等を省きて論じたる者なれば此事を證明す

圖七十二第



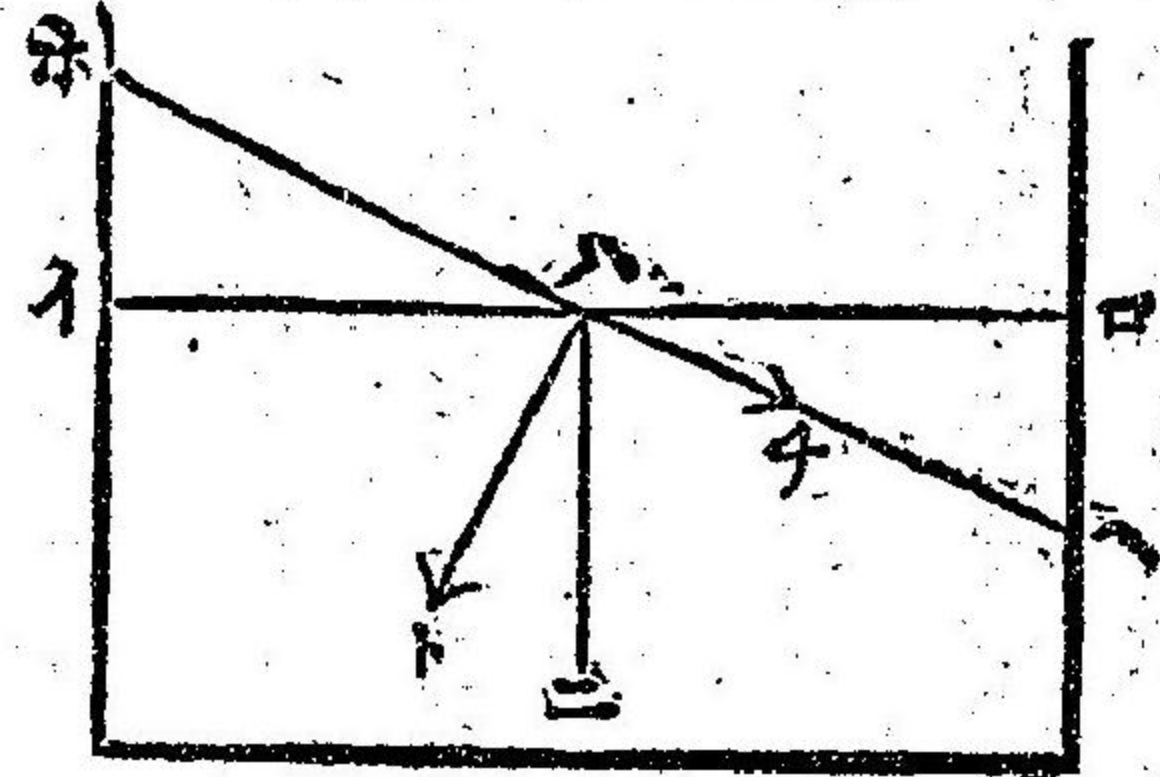
る種々なる形の器械あれども實地に於ては右に述べたる如き満足なる成績を得るとは難き者と知るべし然れども此理を應用して重き物を扛擧し若くは木綿毛布等の貨物を壓搾する器械あり水壓器と云ひ廣く使用せらる此器械は一千七百九十六年に「ブラマ」氏の初めて造りたる者にして「ブラマ」水壓器と

稱し強大なる壓力を生ずる者なり其主なる部分は「イ」及び「ロ」なる互に相連通せる二ツの水を盛れる圓筒より成る今圓筒「イ」の壓力を受くる面を圓筒「ロ」の壓力を受くる面より數十倍大ならしむれば「ロ」の面に若し一斤の力を加ふる時は「イ」を壓する力は數十斤となる試に「ハ」なる横杆の一端を取り「ホ」なる水鐵炮の活塞を動かし「ロ」より水を呼んで「イ」の中に流入せしむれば「イ」の口を密閉し且つ其中に挿入せる金屬製圓筒「ハ」は「ニ」に加へる力に數倍若くは數百倍の力を受け之に附着せる重き板「ト」は四本の堅固なる柱に從ふて押上らる而して此四本の柱の上端にも亦「ト」と平行せる他の金屬板「チ」を固着す是を以て綿布紙等の貨物を「ト」の上に載せ横杆「ハ」を上下すれば貨物は非常なる力を受けて壓迫せらる故に之を用ひて棉種より油を搾出するとを得べく或は造船所に於て船を修繕する際に巨大なる體を高く處に引揚ぐると

を得或は鐵道線路に甚だしき高低の差ある處に於て乗客と貨物とを  
 充滿せる列車を高き線路より低き線路に下し又は低き線路より高き  
 線路に引揚ぐることを得べし斯の如く僅かなる力を費して大なる働作  
 をなし得る者なれば讀者中或は奇異の念を抱く者あるべし又器械を  
 使用すれば巨大なる力を造り得る者なりとの妄想を起す者あるや知  
 る可からず然れども人は決して力を造り出すと能はず斯の如き巨大  
 なる力の發生せるは數十回槓杆の臂を運動せるが爲めにして水銀炮  
 の活塞は大なる距離を數回上下するも鋼鐵の板は僅かに數寸の處を  
 運動するに過ぎず是れ恰かも一人にて重き物を少しづゝ高き處に載  
 せ多くの時間を費したる後其自ら爲したる仕事の如何に大なりしか  
 を驚くと同一なり

〔第三十八〕液體の表面は水平なり 或る器物の内に在りて靜止する

圖 八 十 二 第

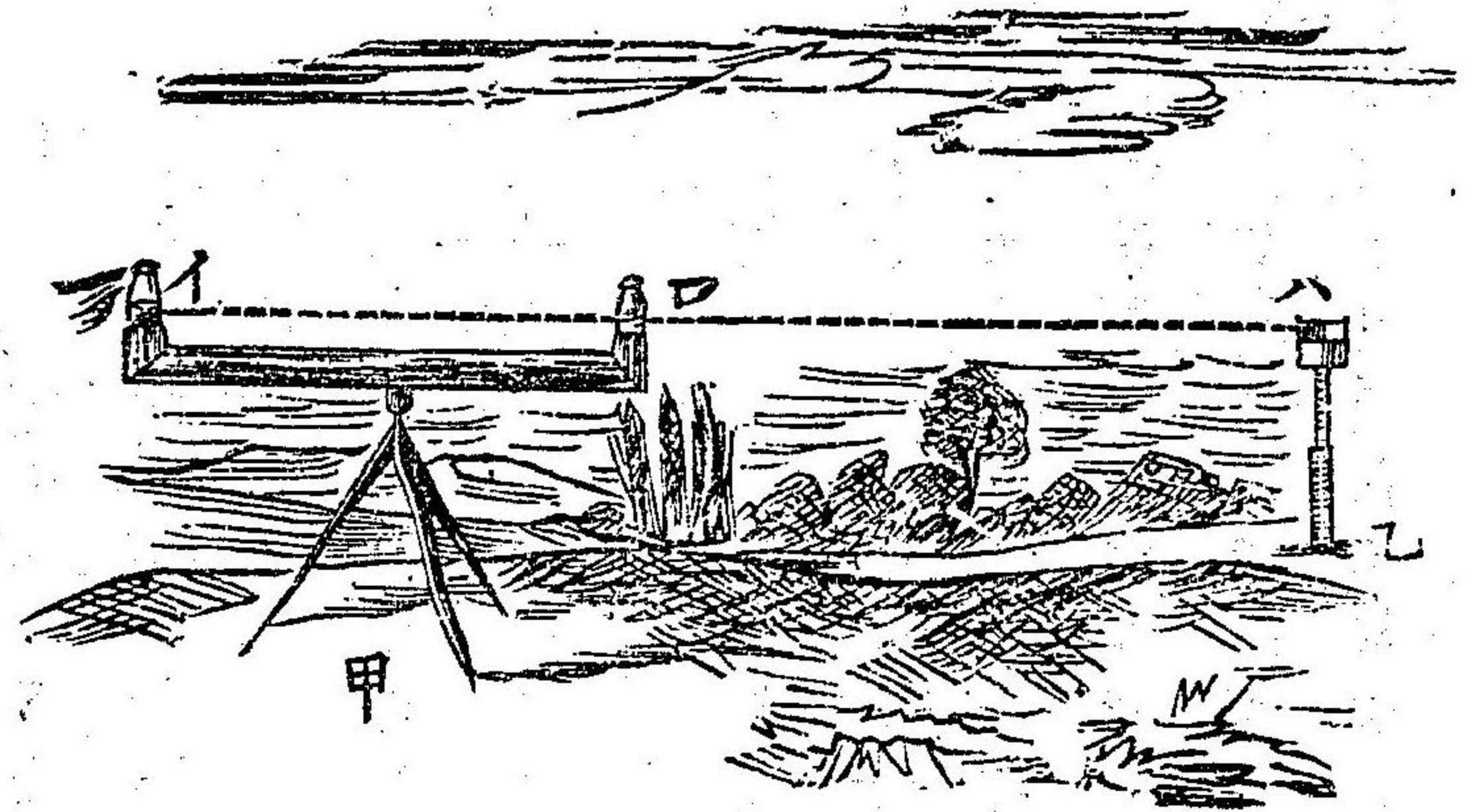


所の液體の表面は各分子の地球の爲めに牽引せら  
 るゝ力を總合せる合力の方向と九十度の角を爲す  
 者なり今第二十八圖の如く或る器物に水を盛りた  
 る者に於て「ハニ」を以て液面の或る分子「ハ」に作用す  
 る合力なりとすれば液面は之と直角をなし「イロ」の  
 如き水平の位置を取る者なり假りに液面は「ホへ」の  
 如く合力「ハニ」に對して稍々傾斜せる位置を取り得  
 る者とすれば「ハニ」なる力は「ホへ」に九十度の角をなす「ハト」なる力及び  
 「ホへ」に平行せる「ハチ」なる力とに分解すべし就中「ハト」なる力は液面の  
 抵抗を受けて其力を現はすと能はず爲めに「ハ」なる水分子は「ハチ」の方  
 向に牽引せらる之に依りて水の分子は液面の水平の位置を取る迄は  
 靜止すると能はず故に小器物の内に在る液體の面は常に水平なり然

れども大洋の如き廣大なる水の表面は殆んど球形をなす可し何となれば水の分子は悉く同大の力を以て地球中心に向て牽引せらるればなり」

〔第三十九〕水準器 液體の表面は水平の位置を取るを以て此理を應用して水準器なる者を作り此器械は金屬の管より成り其兩端は中央の部に向て直角をなして屈曲す之に「イ」及び「ロ」なる玻璃管を挿入し其中に水を盛り之を三脚臺の上に載せたる者なり第二十九圖は即ち水準器にして之を地上に立て、靜止せしむれば兩端の玻璃管に於ける水面の高さは互に均しき者となる故に「イ」の水面を結びたる一直線は水平線たるを固より明らかなり今此水準器を用ひて甲乙兩地間の高低の差を看出さんと欲すれば先づ目標とすべき竿を乙なる地に立つるなり此竿は伸縮自在にして或は長くし或は短くするを得竿

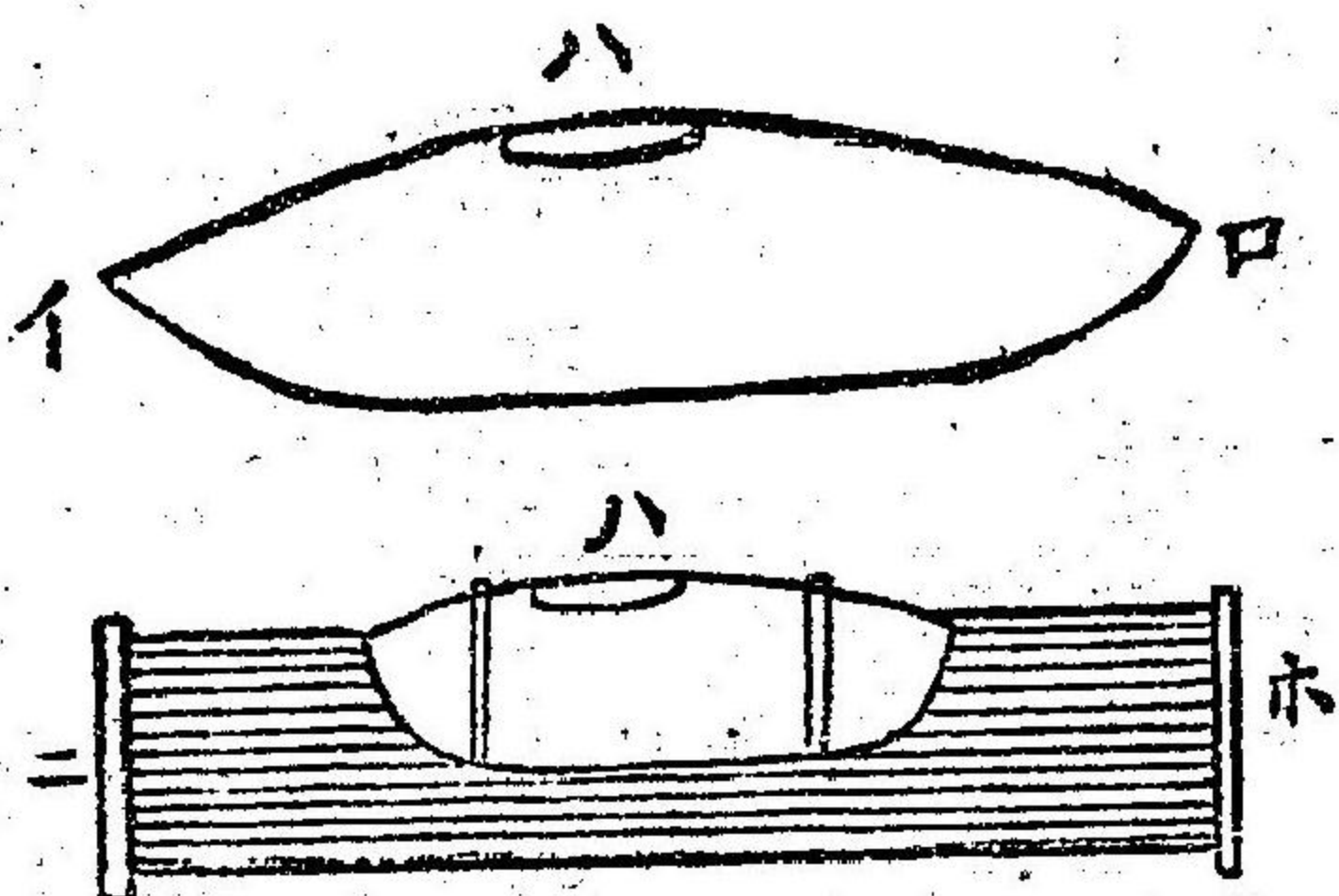
圖九十二第



の上端には方形の板「ハ」を固着す板の中央には一の印あり甲なる地に在る測量者は「イ」の水面を通じて目標を望見し人をして竿を伸縮せしめ「ロ」を通じて延長せる直線の板の中央に在る印に達するに至りて止む然る後乙なる地より印迄の高さを量り此高さを甲なる地より水準器の水面迄の高さより引き去り其差を看出せば甲なる地は乙なる地より高きと幾何なるやを知るとを得

〔第四十〕酒精準 酒精準は水準器より一層精緻なる者にして上方の少しく屈曲せ

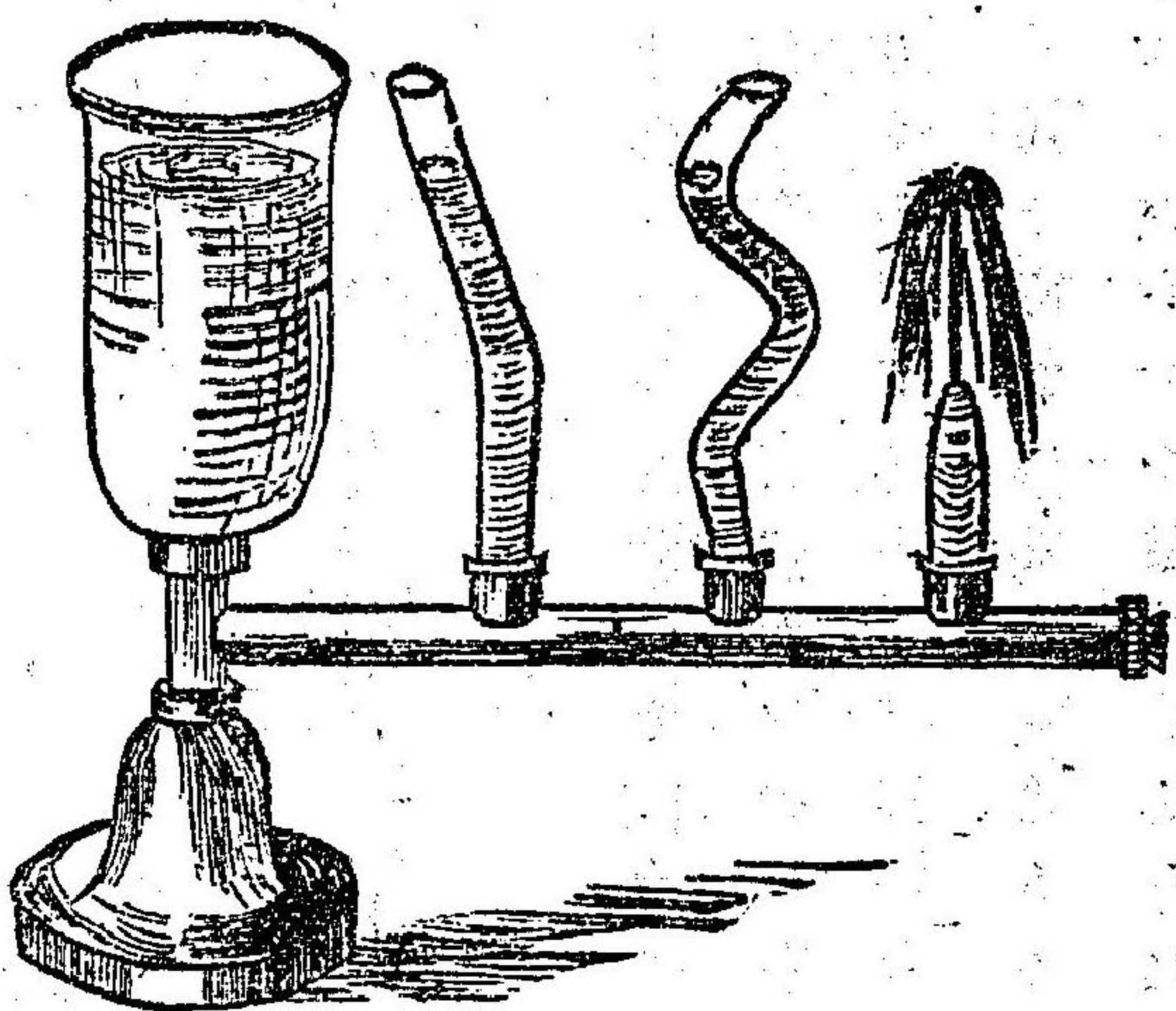
圖十三第



三十一圖に示す如き種々なる形を有する玻璃管を連通せる器に液體を盛れば各管に於ける液面は器底より同一の高さに至り始めて平均する者とす是れ液體の表面は水平の位置を取る性質あるが爲めなり此理に由りて高處に蓄積したる水を水管を以て遠隔の地に送り低き

る玻璃管「イ」(第三十圖)より成る之に酒精の如き運動し易き液體を盛り一個の氣泡を殘し置く時は此氣泡は勿論器械中最も高き處を求めて靜止すべし而して此管を「ホ」の如き眞鍮の管の中に入れて使用に便ならしむ今此器械を水平なる面の上に載すれば氣泡は管の中央の處に止まるものとす  
〔第四十一〕連通器内に於ける液體の平均 第

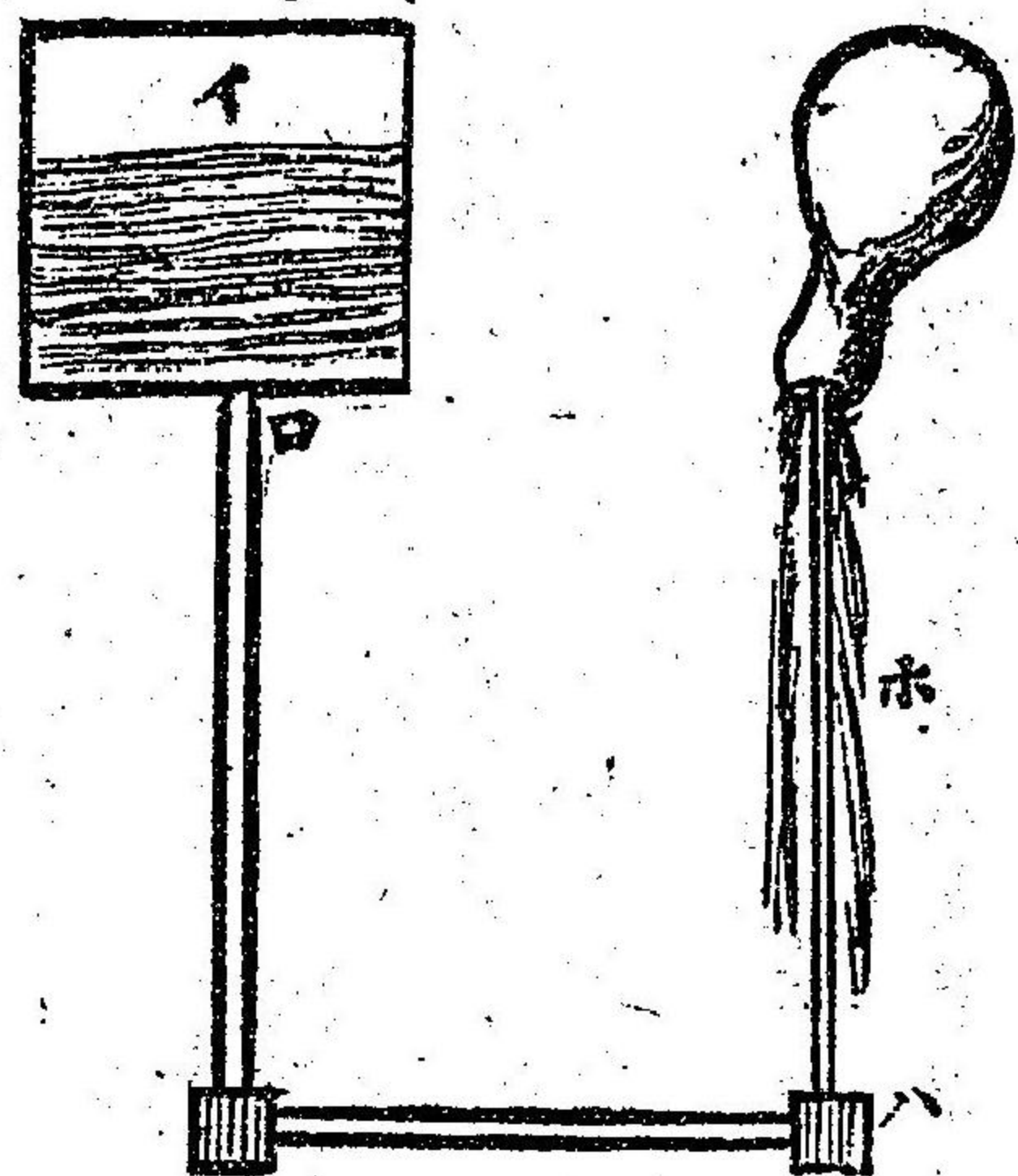
圖一十三第



なし上端を尖らしたる極めて細き玻璃管「ホ」の上に樹立せしめ且つ巧に瓢箪の轉倒せる者を以て之を蓋ひ水を流出せしむれば恰かも

處より噴出せしむれば水は殆んど水源と同一の高さに達すべし然れども空氣の抵抗及び水の摩擦等あるを以て水源と全く同一の高さに至ること能はず  
又右の理に由り路傍に於て左の如き装置をなして人目を驚かす者あり其法は第三十二圖の如く一大水桶「イ」を高き處に置き之より曲管「ホ」を出し「イ」は總て人の眼に觸れざる様に

圖二十三第



顛倒せる瓢箪より連りに水を湧出す  
るが如き奇觀を呈すべし

〔第四十一〕液體の壓力 今側壁の眞  
直なる器に液體を盛れば液體は重力  
の作用を受けて落下せんとすれども  
器底の爲に遮られ運動を生ずると能  
はず爲に其重量に均しき力を以て器

底を壓す之を液體の下壓力と云ふ

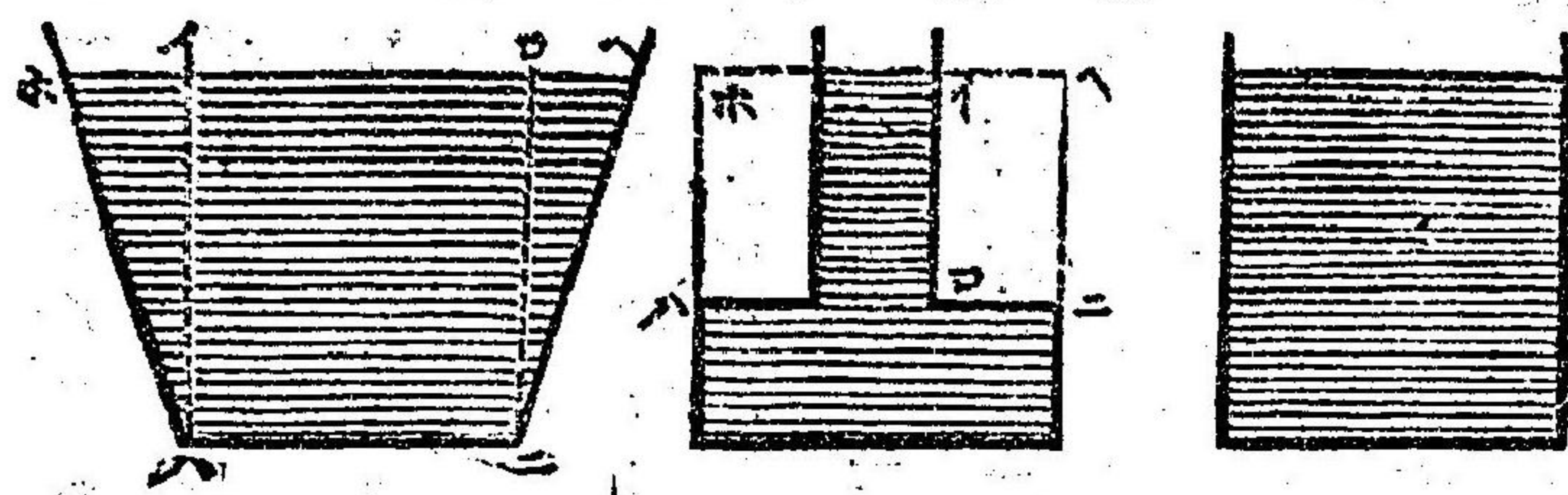
液體の下壓力は器底にのみ及ぼすものにあらず液の内部に於ける或  
る水平の層は其上層液柱の重量を以て壓せらる故に内部の或る點に  
受くる下壓力は其表面よりの深さに比例するものなり

今水一立方寸の重量は凡そ七匁四分なれば水面より深さ一寸の處に

於て一平方寸の面を有する水層の受くべき下壓力は七匁四分なり即  
ち液體を盛れる器の底或は液の内部なる或る層に於ける下壓力を求  
むるには其面積に上層液柱の高さと一立方寸の液重とを乗するに在  
り例へば水を盛れる器の底面は五平方寸にして器底より水面迄の高  
さ八寸とすれば五と八とを相乗せる四十なる數に更に一立方寸の水  
重を乗じたる者即ち二百九十六匁は器底を壓する下壓力なり

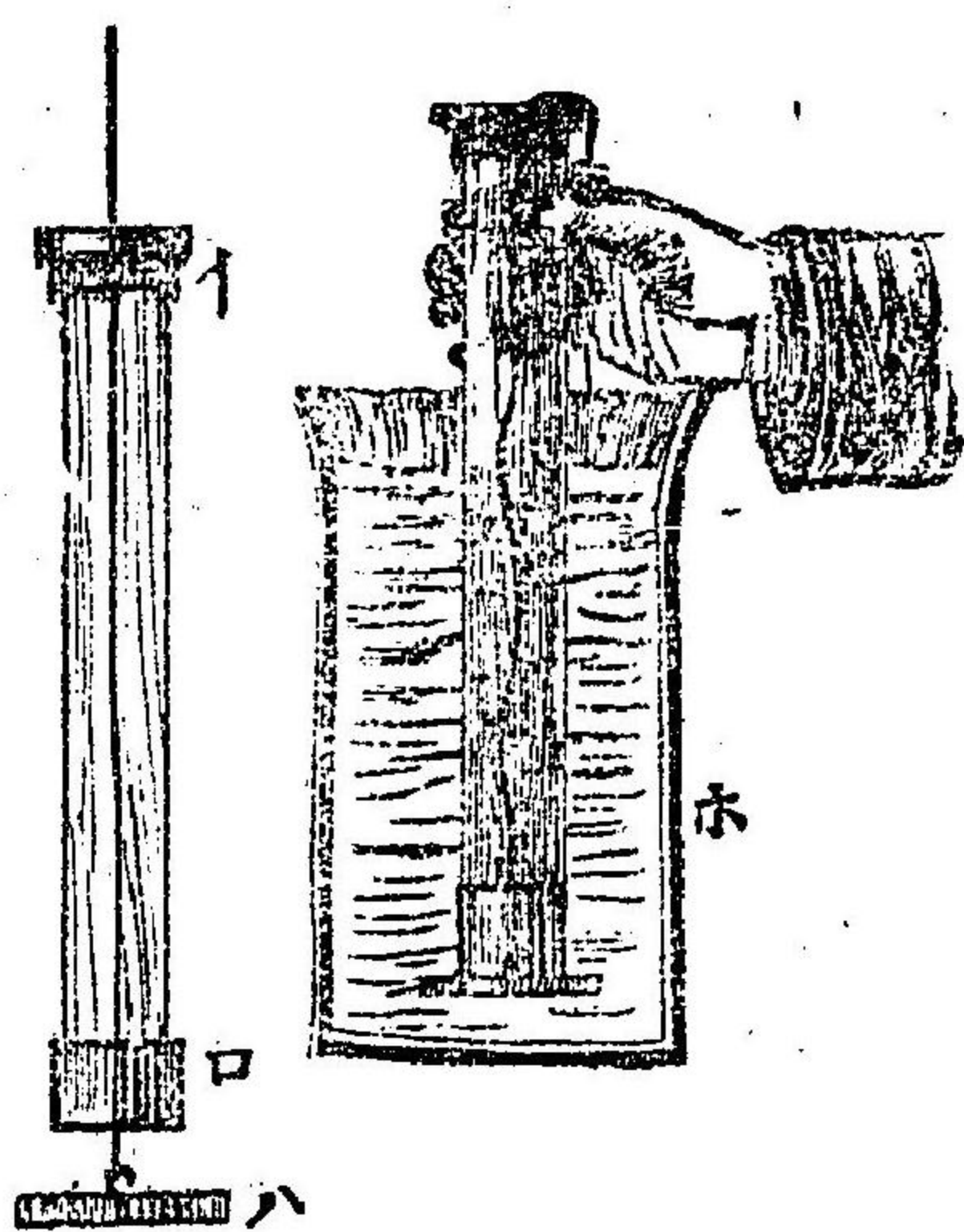
斯の如く水の下壓力は其深さに關係するを以て少量の水にても之を  
長き管に入れて其深さを増加すれば強大なる力を現はし堅牢なる箱  
の如き者を容易に破壊する等のとをなし得べし又分量の異りたる水  
にても同様の壓力を生ずるとあり一見奇異の念を起す者なれども少  
しく之を考ふれば毫も怪むに足らず例へば第三十三圖の甲乙丙なる  
三つの器は皆其形異なる者にして其器底の面積は同一なる者とす今

圖四十三第



此等の器に同じ高さ迄水を注入すれば水重不同なりと雖ども器底を壓する力は均一なり是れ水は壓力を總ての方向に傳ふるものなれば乙に於ては「イロ」なる水柱の重量は「ハニ」の總ての部分を壓し「ホハニ」に悉く水を充滿せる者と同一の作用を呈するなり又丙に於ては「ホハイ」と「ロニハ」なる水は各々器の側壁「ホハニ」を以て支へられ其壓力を器底に及ぼさず故に恰かも「イロハニ」の水を以て器底を壓すると同一なり之に由りて水桶の如きは成る可く其底の面積を小ならしめ桶の中央を膨大して之を卵形に造れば器底に受くる所の壓力を減少するとを得

圖四十三第



液體は管に下方を壓する力あるのみならず上方に向ても亦壓力を現はす者なり之を液體の上壓力と云ふ而して上壓力も亦液の深さに比例して増加する者とす第三十四圖は此事を示す器にして「イロ」は兩端の開放せる太き玻璃管なり其下端を平に磨り之に薄き金屬の圓板「ハ」を密着せしむ圓板の中央には細き糸を結び此糸を玻璃管中に通じ其上端を引き圓板を密に管底に接せしめ管を取り水を盛れる玻璃圓筒「ホ」中に挿入すると凡そ一二寸にして糸を放つ時は管底に附着せる圓板は忽ち水中に沈むべし然れども管を深く圓筒内に沈めて糸を放てば板は沈むとなし試に玻璃管中に

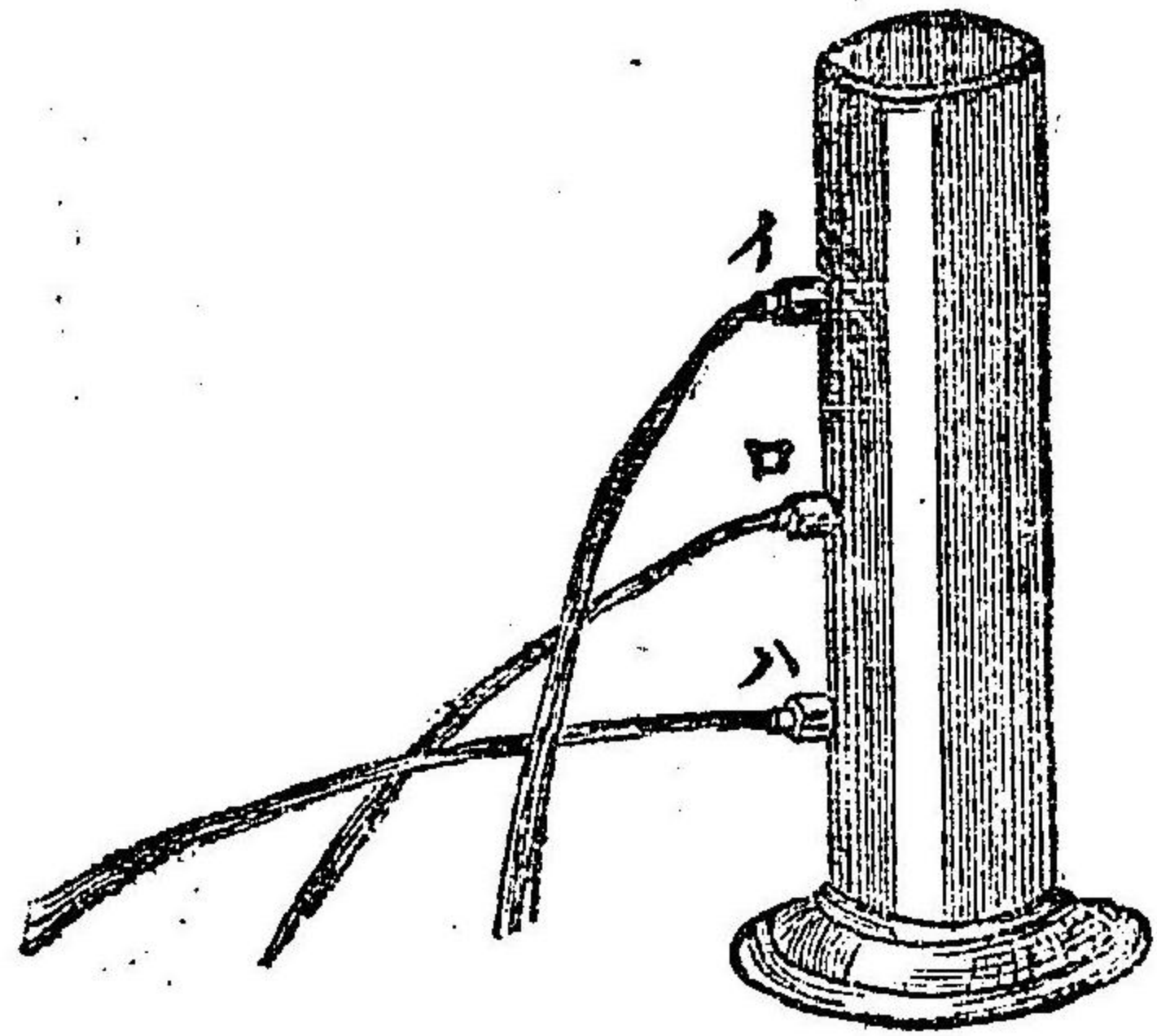


水を注入するに其水の表面圓筒内の水面と殆んど同一なるに及んで初めて板は沈む者なり

水の上壓力は斯の如く其深さに比例して増加する者なれば潜水衣を着して水中に入る人或は魚類の如き極めて深き處に至ると能はず又水に上壓力あるが爲に船の底は容易に脱落する者にあらず

液體には又之を容れたる器の側壁を壓する力あり例へば或る器に水を盛り其側壁に孔を穿てば水は其孔より流出するを以て此事あるを知る而して斯の如く器物の側壁を壓する力を名づけて液體の側壓力と云ふ已に之を上述べたるが如く液體は其壓力を諸方に傳達するを以て液體の側壓力も亦液面よりの深さに比例するものなり今之を試験せんと欲すれば第三十五圖に示す如く上端の開きたる長き圓筒を「プリキ」にて造り其側壁の諸處に内部と連通し且つ細き孔を有する

第 三 十 五 圖



玻璃管「イ」ロ「ハ」等々を挿入すべし試に此器に水を充し之を側壁の孔より噴出せしむるに器の底に近き孔より出る水は最も遠き距離に達し孔の水面に近づくと從ひ水の達する處の距離は減少す即ち水の達したる處より孔の直下に至る迄の距離は孔に接したる水の水面に至る迄の距離に比例す是れ水の側壓力は水面よりの深さに比例して増加することを示す者なり之に由りて水桶の如き者を造るに當りて其底に近き處に在る繩は桶の上部にある者より一層堅固になし置かざれば桶は水の側壓力の爲に破壊する憂あるべし又堤水門等を築造する時も之と同理にて下方に至るに從ひ之を

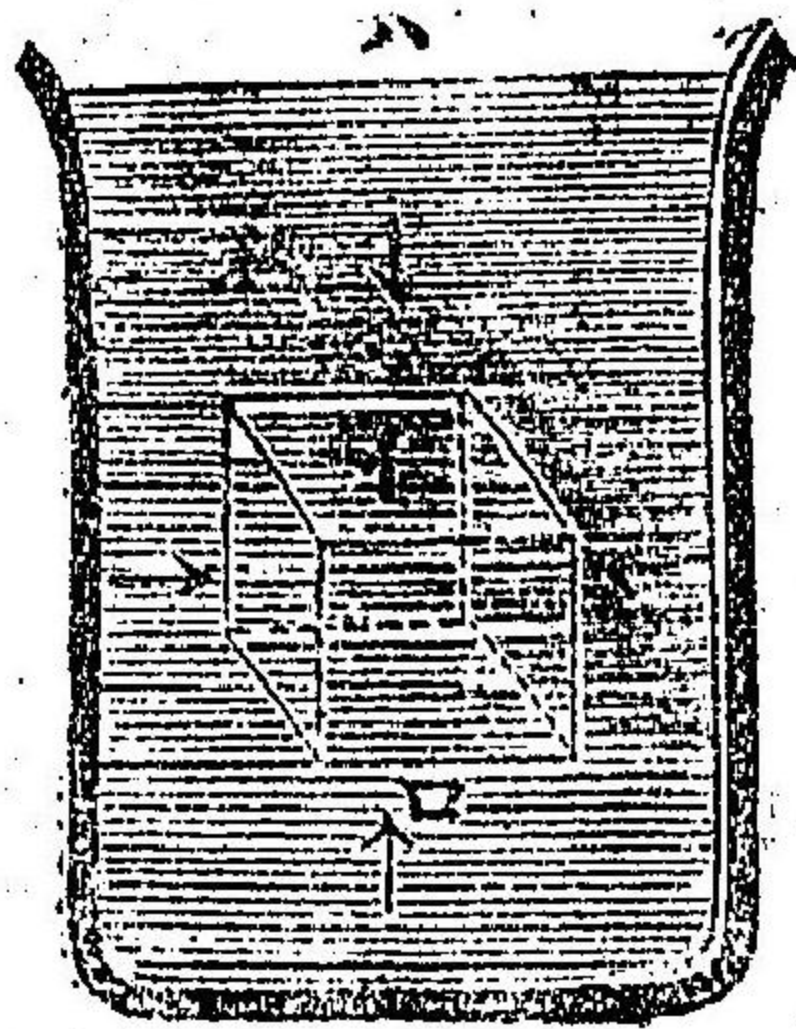
堅牢になす可きものとす

〔第四十二〕 水中に沈みたる物体の受くる壓力 水中に浮みたる物体は空氣中に於けるより其重量過かに輕きものにして水中に於ては重き物体をも容易に動かし得るとあり是れ如何なる理に由るや之を左に解説すべし

今第三十六圖の「イロ」の如き立方體を取り之を水を充したる器の中に

沈めて圖に示せる位置に止まりたりと仮想すべし此立方體の垂直なる四面に受くる水壓は互に相均しきとは明瞭なれば之を指て論ぜず唯た上下の水平面「イ」と「ロ」に加はる壓力の多少を研究せんとす立方體の上面「イ」の受くる所の下壓力は「イ」な

第三十六圖



る底面を有し「ハ」の高さある水柱の重量なると言を俟たず而して其下面「ロ」を壓する水の上壓力は「ロ」なる底面に有し「ハ」の高さある水柱の重量なり何となれば水の上壓力は水面よりの深さに比例する者なればなり故に此立方體は是等の二力即ち上壓力と下壓力との差に由りて上方に向て壓上せらる此壓力は立方體と同一の底面と同一の高さを有する水柱の重量に均しきと自ら明らかなり即ち水に沈みたる物体の受くる上壓力は其物体と同容積なる水の重量に均しきものとす猶平易に之を言はんに或物体を液體中に沈むる時は其物体と同容積の液體は其以前の位置を占むると能はずして必ず排除せらるべし而して物体は此排除せられたる液體の重量に均しき力を以て下方より上方に向て壓上せらる故に物体の重量若し此壓力より大なれば物体は液體中に沈み排除せる液體の重量に均しき目方を失ふものと

す之に反して物體の重量は排除せる液體の重量より小なれば液面に浮びて沈むとなし又物體の重量と排除せる液體の重量と正に相均しければ其物體は液體中如何なる處に沈むるも其位置に止まりて動くとなし而して一部分は液體中に沈み他の部分は液面の上に浮び出でたる物體の重量は沈みたる部分と同容積の水重に均しき者なり

右の理は希臘の理學家アルキメデイス氏の發明せる所なるを以て之を「アルキメデイス」の原理と云ふ嘗て「シラクユース」の王「ヒロ」は一塊の黄金を金匠に與へて冠を作らんとを命じたりしが其製作の成りたる後に王は金匠の其冠に多量の銀を混じて少からざる黄金を竊取せるとを信ずると雖ども前に與へたる黄金と其重量異ならざるが故に之を詰ると能はず因て冠を破壊するとなく銀の幾分を含有するやを試験する法を「アルキメデイス」をして考へしめたり「アルキメデイス」は

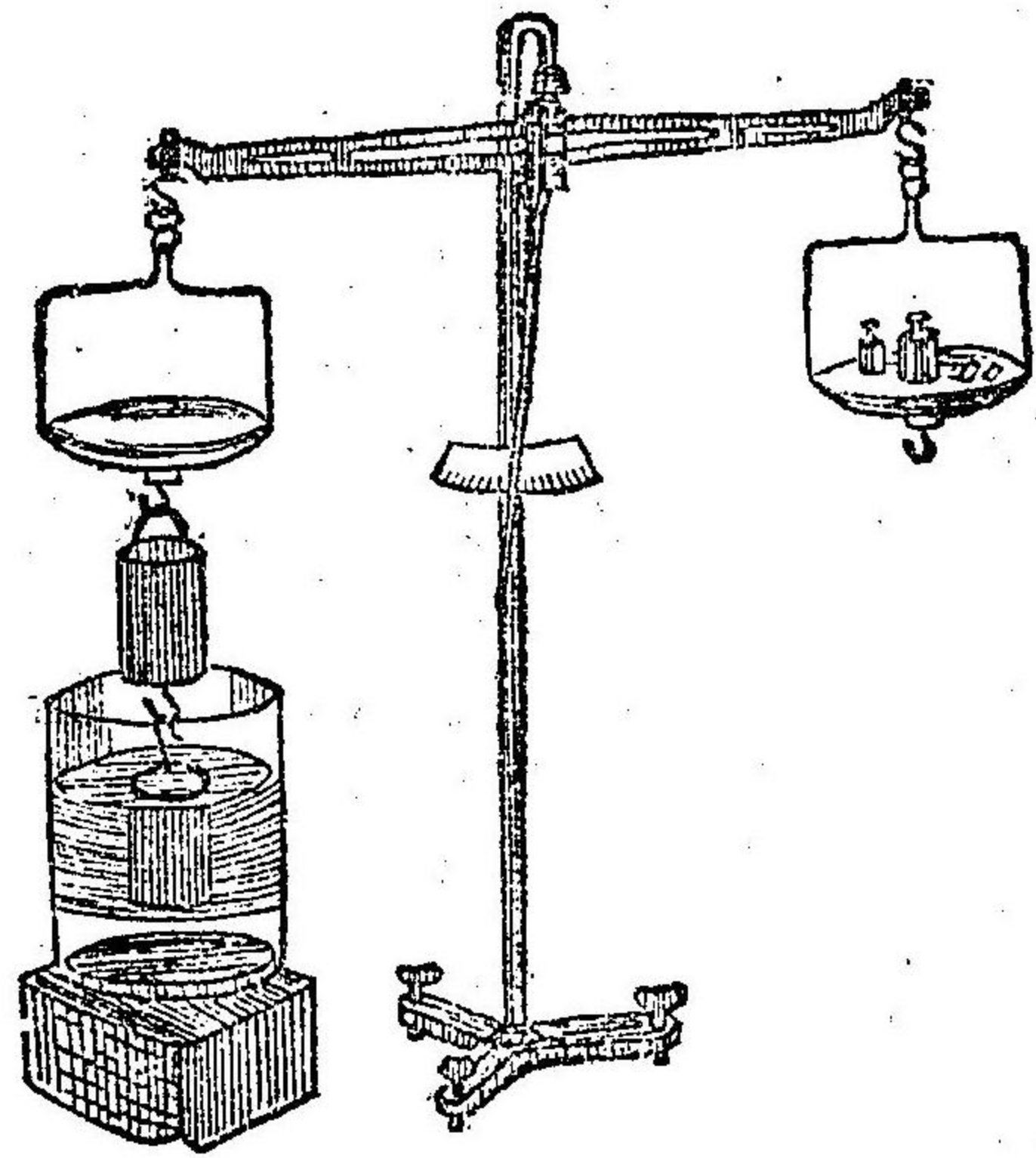
百方工夫を凝らせども良法を得ず一日入浴せんとして己れの身體を水中に沈めたるに水は爲に排除せられ浴槽内の水面は稍高まりたるを見て大に喜び殆んど裸體の儘屋外に走り出で我見出せり我見出せりと連叫しつゝ家に歸り直に冠に均しき重量の純粹なる黄金と銀の塊とを求め之を別々に水を盛れる同一の器に入れ水面の昇ると幾何なるやを測定せり勿論銀は黄金より輕き者なれば二者の重量均一なれども銀の容積は黄金に比すれば逾に大なるを以て銀と黄金との排除せる水の容量に甚だしき差異あるべき理なり「アルキメデイス」は更に冠を水中に沈め排除せる水の容量を知り終に黄金中に幾何の銀を混せしやを計算するとを得たり

左に擧ぐる者は「アルキメデイス」氏の原理を證明する實驗なり

第三十七圖に示す如く精巧なる天秤の一盤より具餘製にして内部の

空虚なる圓筒を懸垂す此圓筒の底より出でたる鈎に他の圓筒の實體

圖七十三第



をなす者を吊し他の秤盤に分銅を載せて平均せしむ而して實體をなせる圓筒は空虚なる圓筒の内部と其容積互に相均しく造れる者なり今或器に水を盛れる者を持ち來り下方の圓筒のみを水中に没すれば天秤は勿論平均を失ひ分銅を載せたる秤盤は水の上壓力の爲に下方に降るべし是に於て水を徐々に上方にある圓筒の内部に注げば天秤は漸く其平均の状態を回復し水の筒内に充滿するに及び天秤の竿は全く水平の位置を取る之に由りて水中に沈みたる

圓筒の受くる水の上壓力は排除せる水の重量に均しきことを知るなり

〔第四十三〕 比重 同容積の種々なる物體を取りて之を秤るに其重量は各々異なる者なり故に標準とす可き或物體を定め此物體の一定量と之と同積の他の重量とを比較せる者を比重と云ふ其標準と此と同様の他の物體して普通に用ゆる所の者は攝氏四度の蒸餾水なり例へば水の一定量を之と同容積なる黄金の重量と比較するに黄金は水より凡そ十九倍重きを以て黄金の比重を十九なりと云ふ

〔第四十三〕 固體の比重を看出す法 固體の比重を看出さんとするには先づ其物體を空氣中にて秤量し次に之を水中にて量るべし空氣中にて得たる重量は必ず水中にて量りたる者より大なり而して此二つの重量の差は即ち物體と同容積の水重なり故に此差を以て物體の空

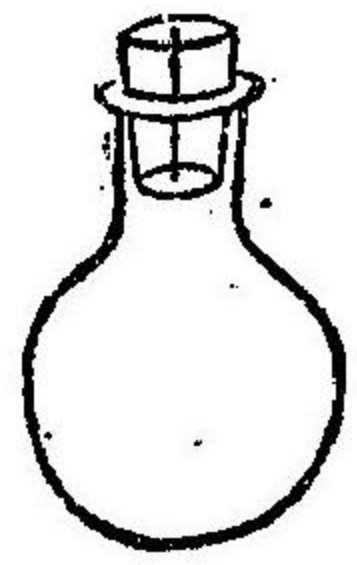
氣中に於ける重量を除すれば其商は是れ其物體の比重なり例へば爰に一塊の純銀あり之を空氣中にて量りたるに十八匁五分あり之を四度の蒸餾水に没して秤量せしに十六匁七分四厘となれり故に水中に於て一匁七分六厘を失へり是れ即ち銀塊と同容積の水重なり此水重を以て空氣中の重量を除し得る所の一〇四は銀の比重にして銀は水より重きと凡そ十倍半なることを示す者なり

今Pを以て物體の空氣中に於ける重量を示しP'を水中の重量としDを其物體の比重とすれば固體の比重を看出す可き公式は左の如し

$$D = \frac{P}{P - P'}$$

〔第四十四〕 液體の比重を看出す法 液體の比重を看出す法は種々あれども爰には或固體を用ひて之を測ると並に比重瓶を以てするこの二法を説明すべし

第三十八圖



比重瓶は三匁許の水を容るべき玻璃製の瓶にして其口には第三十八圖に示す如く極めて細き孔を穿ちたる玻璃製の栓あり之を用ひて液體の比重を測るには先づ此瓶の内部を蒸餾水を以て清潔に洗ひ之を充分に乾燥せる後其

或固體例へば一塊の石の如き者を極めて細き糸を以て天秤の一盤より吊し空氣中に於て其重量を秤り更に之を水に沈めて其目方を量り此二つの重量の差を看出すべし次に比重を測らんとする液體の中に右の固體を入れて其重量を秤り之を空氣中の重量より引去り其差を求むべし最初に固體の水中にて失ひたる目方は固體と同容積の水重にして後に液體中にて秤りたる失量は固體と同容積なる液體の重量なり故に初めの失量を以て後の失量を除し得る所の商は即ち液體の比重なり

重量を秤り然る後之に蒸餾水を充滿し栓をなすべし斯くすれば水の幾分は栓の小孔より溢れ出るが故に乾きたる布を以て瓶の外部に附着せる水分を悉く拭ひ去り水を充滿せる瓶を秤量し之れより瓶のみの重量を引き去れば水の重量を知るとを得是に於て水を漏出し再び瓶を乾燥し更に比重を測らんとする液體を瓶に充たし液體の重量を求め水の重量を以て液體の重量を除すれば液體の比重を得

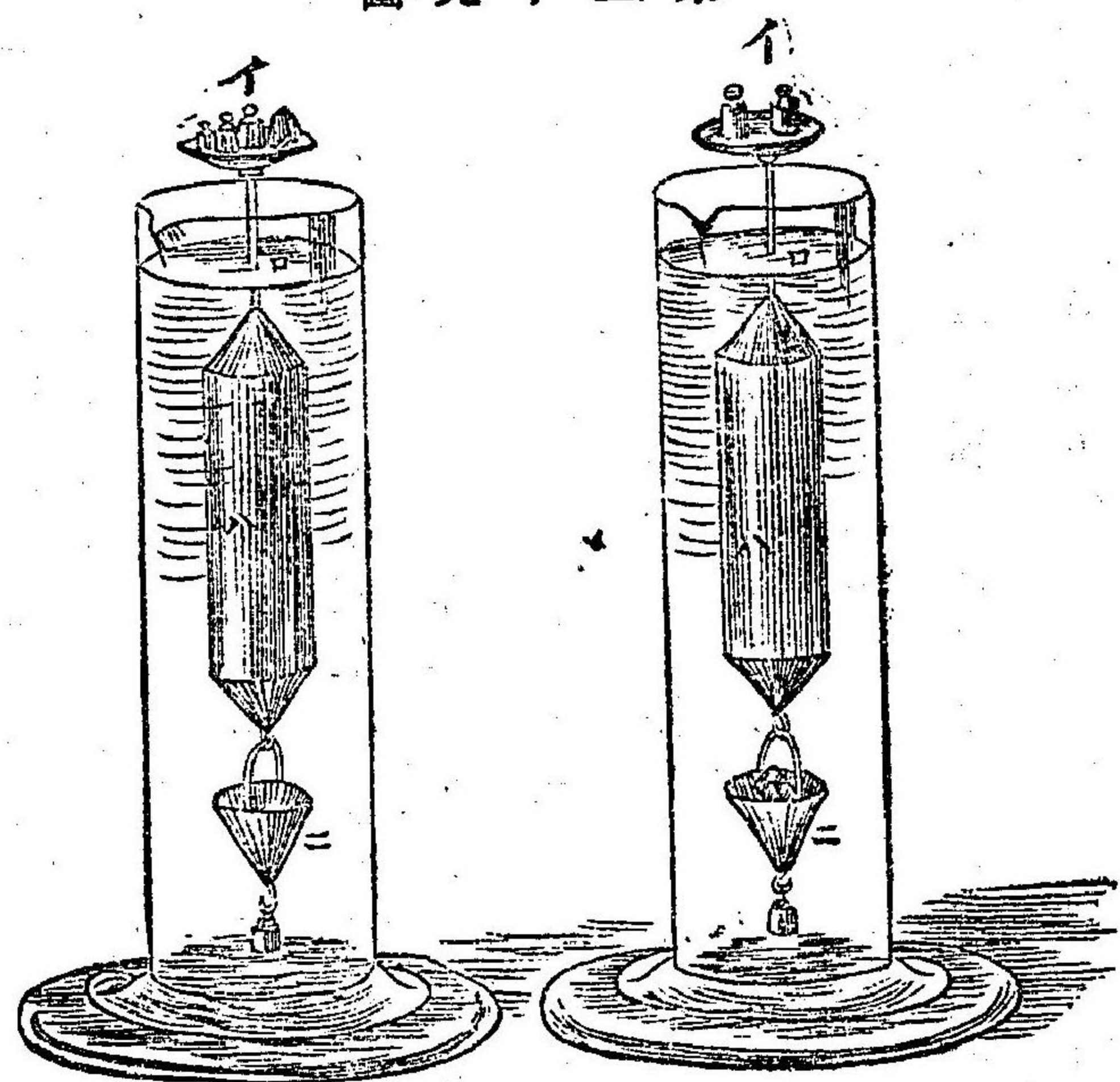
比重瓶は管に液體の比重を測る爲に用ゆるのみならず之を以て細微なる固體或は粉末状をなせる物體の比重を求むるとを得其法は比重を測らんと欲する固體と水を充滿せる比重瓶の重量とを精密に秤り置き然る後に物體を取りて之を悉く瓶の中に投ずれば此物體と同容積の水は溢れ出づべし依て瓶の外部に附着せる水分を拭ひて其重量を秤れば必ず固體と水を充滿せる比重瓶との重量を併せたる者より

少なかるべし故に此等二つの重量の差を以て固體のみの重量を除し以て其比重を看出すを得

〔第四十五〕 ニッ・コル・ソンの氏浮秤 ニッ・コル・ソンの浮秤は主に固體の比

重を測る者なれども又之を用ひて液體の比重を求むるとを得第三十九圖は此器械を示す者にしてハは金屬にて製したる内部の空虚なる圓筒なり其兩端は圓錐形をなす而して其下端には釣を有し金屬にて製したる小籃ニを吊し其下部を重くする爲にニの下に重き分銅を懸垂す筒の上端には一條の杆あり杆の頂に平らなる小皿イを固着し比重を秤るべき物體及び分銅を載する用に供す今此器を水中に投ずるも能く直立し筒の上部は猶ほ水面に浮ぶべし故に比重を量らんとする物體例へば一塊の鐵物をイなる皿の上に置けば筒の上部は多少水中に沈むべきなり爰に於て分銅を鐵物の傍に置き以て皿を支へたる

圖九十三第



上に在りし時と同量なる分銅を「イ」の上に載するとも決して目標迄沈  
 杆に記せる「ロ」なる目標に達す  
 る迄器を沈ましむ然る後礦物  
 を除き去れば浮秤は少しく浮  
 上るべし因て更に分銅を皿の  
 上に載せ再び「ロ」點に到らしむ  
 初め礦物を除きたる後に皿の  
 上に載せたる分銅の量は即ち  
 礦物の空氣中に於ける重量を  
 示すと固より明らかなり次に  
 礦物を「ニ」なる小籃中に入れて  
 水中に沈め前に此礦物の皿の

むとなし是れ礦物の水中に入りて若干の重量を失ふに由る故に浮秤  
 を沈めて又もどの目標に達せしむるには尙ほ若干の分銅を皿の上に  
 加へざる可からず而して斯の如く最後に加へたる分銅の量は礦物の  
 水中に於ける失量即ち礦物と同容積の水重なり此水重を以て礦物の  
 空氣中に於ける重量を除し以て其比重を得るなり例へば礦物と五分  
 の分銅とを皿の上に載せたるに浮秤は目標迄沈めり次に礦物を去り  
 たるが爲めに浮秤は少しく浮き上りたるを以て皿の上に一匁八分五  
 厘の分銅を加へて再び目標迄沈めたり然る後唯だ五分の分銅のみを  
 皿の上に残り他の分銅を除き去り礦物を籃の中に入れ水中に沈めた  
 るに浮秤は又目標を越へて浮び出たるを以て二分四厘の分銅を皿の  
 上加へて再び目標迄沈めたりとせんに一匁八分五厘は空氣中に於  
 ける礦物の重量にして二分四厘は其水中の失量なるを以て此礦物の

比重は左に示すが如く七、七〇八なり

$$\frac{1.85}{.24} = 7.708$$

ニュールソンの浮秤を以て液體の比重を測らんとするには先づ浮秤の重量を測り置くことを要す次に之を水中に浮べ若干の分銅を皿の上に載せて目標迄浮ましむべし然るときは浮秤の重量に分銅の重量を加へたる者は目標迄沈みたる浮秤の排除せる水重に均しきとは上に述べたる「アルキメデース」の理に依りて自ら明かなり同様に依り或液體中に於て浮秤を目標迄浮めたる分銅の重量に浮秤の重量を加へたる者は浮秤の排除せる其液體の重量なり之に依りて此器械を用ゆれば容易に同容積の水と他の液體との重量を比較するを得例へばMを以て秤浮の重量を現はしmを以て浮秤を水に沈めたる時皿の上に乗せたる分銅の量としyを液體中に沈めたる時の分銅の量とすれば

其液體の比重Dは左の公式を以て示すを得

$$D = \frac{W+Y}{W+X}$$

〔第四十六〕 主なる固体及液体の比重 左に擧ぐる表は最も普通なる固体及び液体の比重を示す者なり

| 固体 | 比重   | 液体   | 比重   |
|----|------|------|------|
| 白金 | 二一、五 | 水銀   | 一三、六 |
| 黄金 | 一九、三 | 硫酸   | 一、八  |
| 鉛  | 一一、四 | 硝酸   | 一、四  |
| 銀  | 一〇、五 | 醬油   | 一、二九 |
| 銅  | 八、八  | 牛乳   | 一、〇三 |
| 真鍮 | 八、四  | 海水   | 一、〇二 |
| 鐵  | 七、八  | 赤葡萄酒 | 〇、九九 |



|     |     |       |     |
|-----|-----|-------|-----|
| 玻璃  | 三三三 | 日本酒   | 〇九八 |
| 水晶  | 二六六 | オレーフ油 | 〇九二 |
| コルク | 〇二四 |       |     |

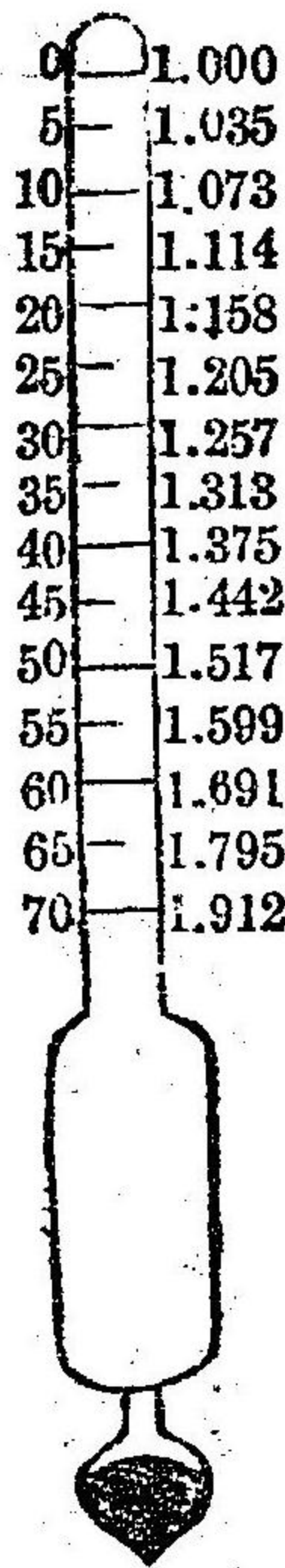
(第四十七) ポーメ氏の

浮秤「ポーメ」氏の浮秤は液体の中に混和せる水の多少を比較し濃淡の度を知る爲に用ゆる者なり此器械は第四十

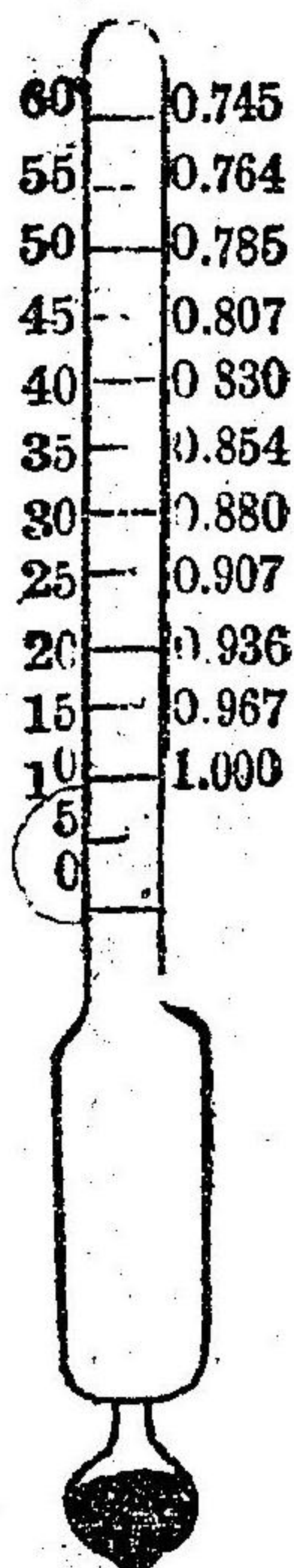
圖の如く内部の空虚にして密閉せる玻璃製の

管より成る其下部は之を膨大して圓筒状となし下端を球状に造り此

第四十圖 (甲)



(乙)



部分に水銀或は鉛の散彈を盛れる者なり故に之を液体中に投ずれば能く直立するを得

「ポーメ」氏の浮秤に二種あり試験す可き液体の水より重きと輕きとに依り其管に度を盛る法を異にす

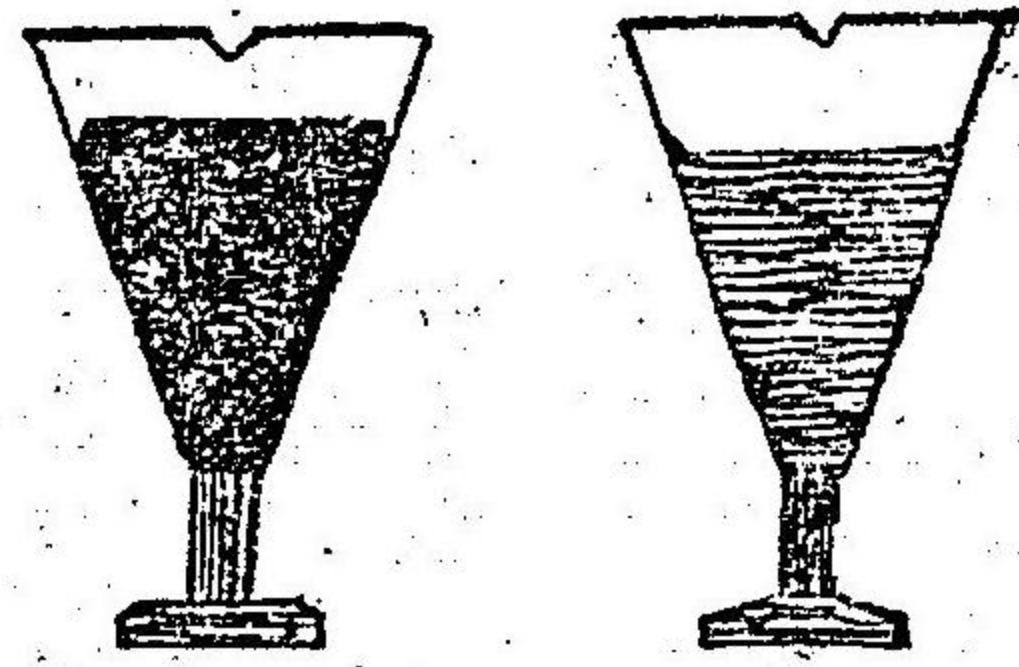
水より重き液体を試檢す可き「ポーメ」氏の浮秤ハ之を攝氏四度の蒸餾水中に投ずる時は殆んど管の上部に近き處迄沈むものにして管の水面に接する處に一線を刻み之を零度とす更に蒸餾水八十五分に食鹽十五分の割合にて溶液を作り其中に此器械を投じ又管の水面に接したる處に度を盛り之を十五度とす此兩点間を十五に等分し其一區分を一度と名づく斯の如く管の圓筒に接したる處迄等しき度を盛るなり通常此目盛は紙に記えて管の内部に入れ置くものとす  
水より輕き液体を試檢す可き浮秤は之を清水中に投ずれば管の圓筒

に近き處迄沈むべし此点に度を盛り之を十度とす又食鹽十分を水九十分にて溶解せる者の中に入れて沈みたる点を零度とす零度と十度との間を十等分して一度となす而して十度以上管の頂迄等しく度を盛るなり

「ボーム」氏の浮秤は實業に於て屢之を使用する者なれば第四十圖を以て其度数と比重との關係を示せり(甲)は水より重き液体を測る浮秤の度盛にして(乙)は水より輕き液体を試檢すべき浮秤の度数なり例へば甲の浮秤を用ひて濃厚なる硫酸を試檢すれば其六十六度を示すべし又乙の浮秤を殆んど純粹なるアルコール中に投ずれば四十五六度なるを現はすべし之に由りて濃厚なる硫酸の比重は凡そ一・七九にして水分を含有すると少なきアルコールは〇・七九なるを知る

〔第四十八〕毛管現象 吾人は第三十八節に於て液体の表面は水平の

第 四 十 一 圖



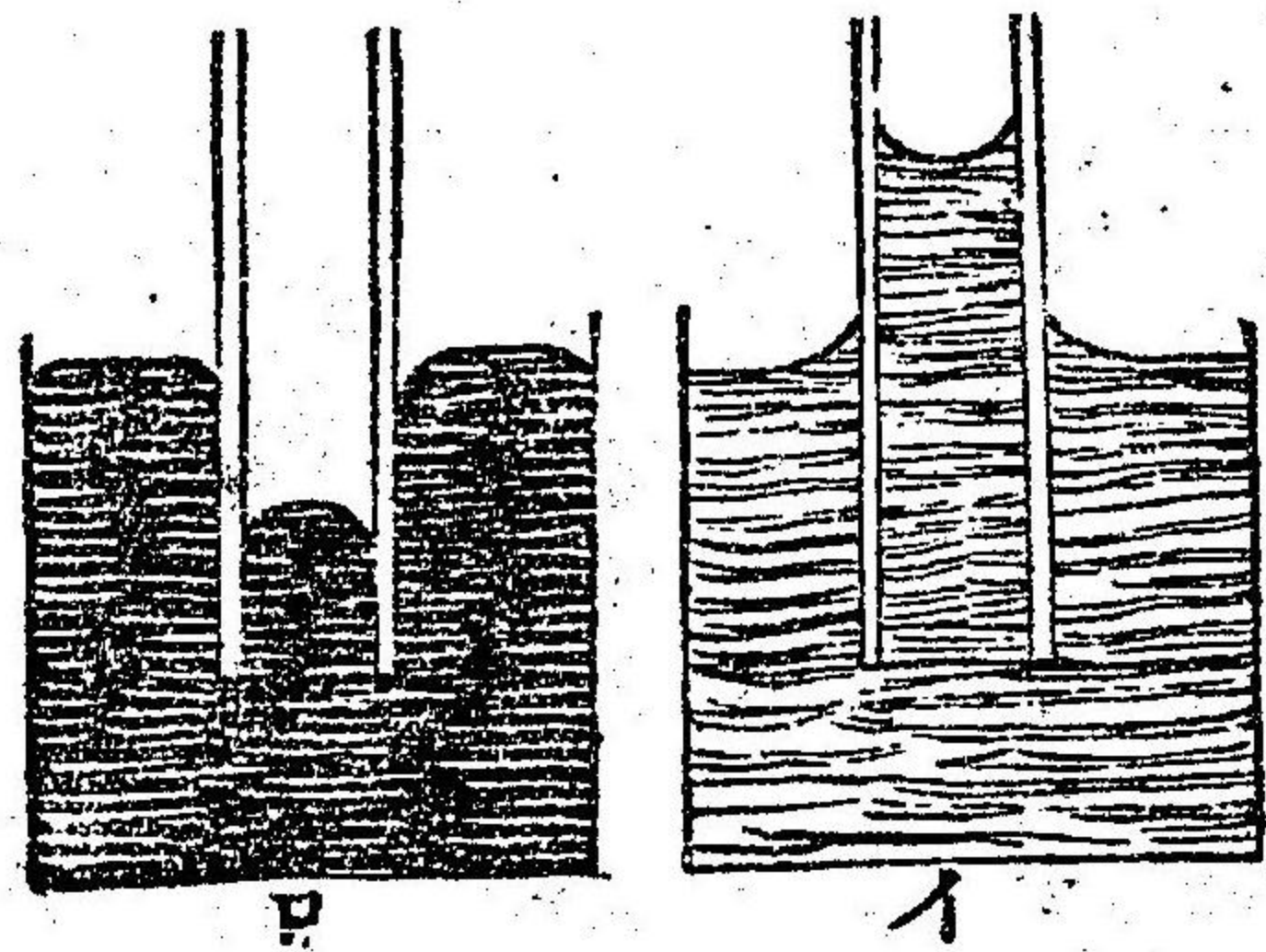
イ  
ロ

位置を取るとを述べたり然れども器の側壁に接近せる處に於ては液体の表面は凹形若くは凸形をなす者なり此現象は毛髮の如き細管中にある液体に於て殊に著し故に之を毛管現象と云ふ

今「コップ」に水の如き其側壁を潤す所の液体を盛れば側壁に近き處に於て稍隆起し液の表面は第四十一圖「イ」の如く凹形をなす可し然るに水銀の如き器を潤さざる液体を以てすれば水銀は側壁に近き處に於て陥没して凸形をなすと同圖「ロ」に示すが如し又兩端の開放せる細き玻璃管を水中に入れば水は著しく管内に上昇し其表面は凹形をなし側壁に近き處は管の内外共に水の少しく隆起すると第四十二圖「イ」

の如し又圖「ロ」に示す如く同様なる管を水銀中に沈むれば水銀は管内

圖二十四第



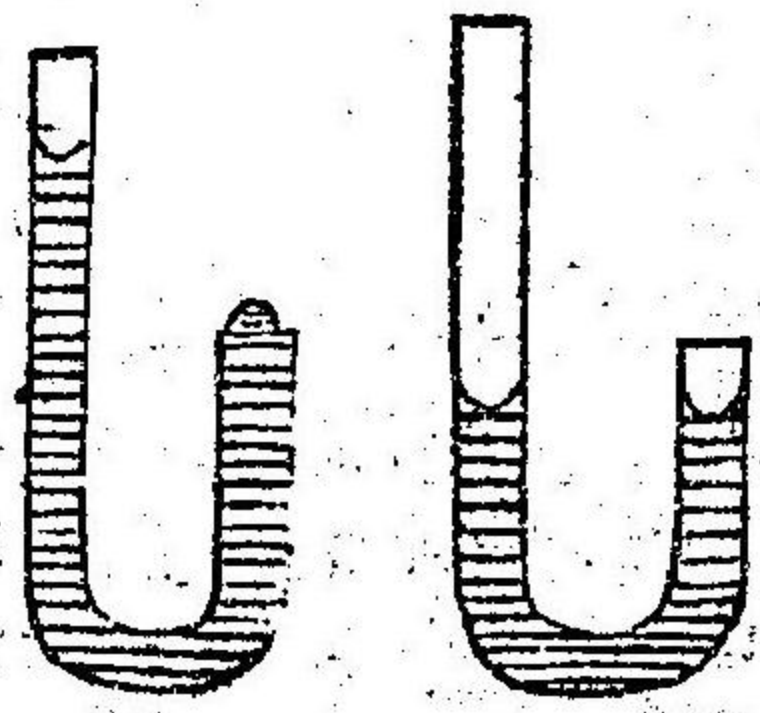
しく厭下せらる

毛管現象は空氣の有無に關せずして起る者なり故に之を空氣の作用に歸す可らず蓋し此現象は液体の分子間に起る分子力及び液体と固

に於て著しく陥没し其表面は凸形をなす而して側壁の内外に於ても少しく壓下せらる斯の如く液体の管内に於て上昇若くは壓下するとは管孔直径の大小に關係す即ち精密なる實驗に依れば液の上昇若くは壓下せらるゝ度は管孔の直径に反比例する者なりと云又液の性質及び温度の如何にも依る者なり即ち管の細き程水は高く昇り水銀は甚だ

体との間に現はるゝ引力等に因りて起るものにして此等の力の作用を呈する範圍は固体と液体との表面にある極めて薄き層に限るもの如し何となれば毛管現象は管の厚さに關係せざる者なればなり〔第四十九〕液体の表面張力 今酒杯或は茶碗の如き者に水を滿滿と

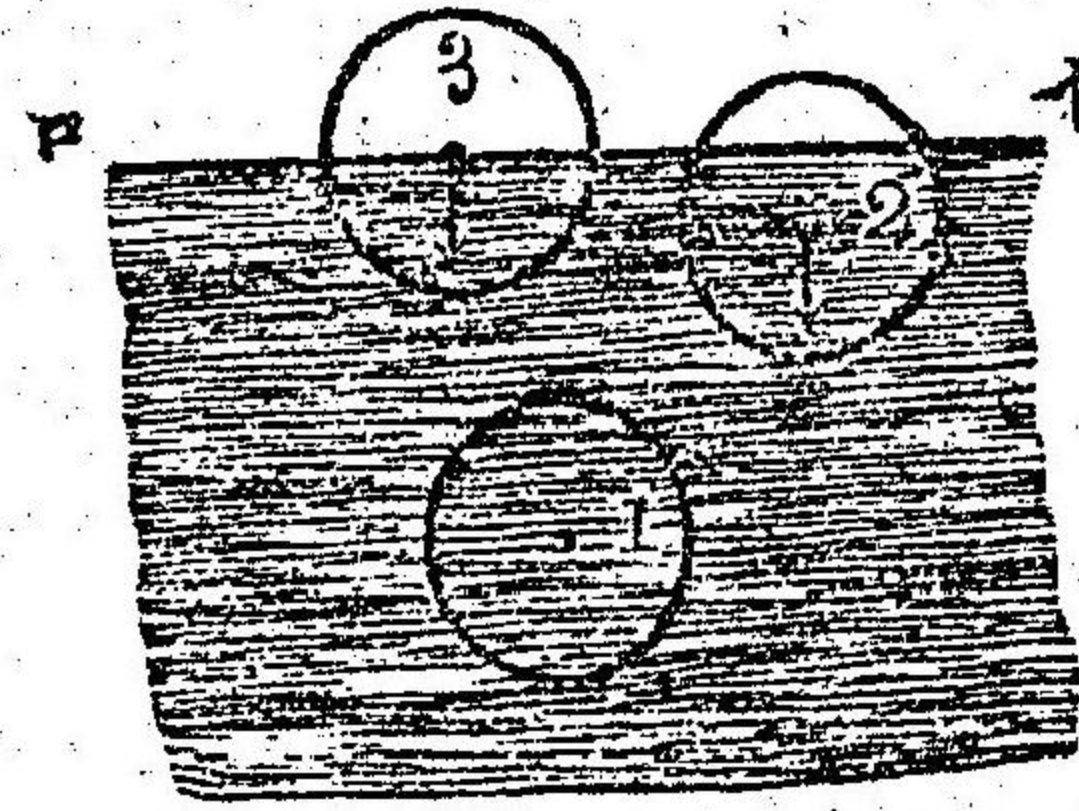
圖三十四第



盛るときは水の表面は器より稍隆起して凸面をなすも水は器より流出せざるものなり又第四十三圖に示す如き兩幹の連通する曲管にして一方の幹の稍長きものを取り長き幹より徐に水を注入するに初めは兩幹共に其直径均

しきものなれば水は同一の高さに達し其表面は凹形をなすと「イ」に示すが如し然れども水の充滿するに及べば同圖「ロ」に示す如く水面は凸隆すれども水は流出するとなく之れより稍高き處迄長き幹に水を注

第 四 十 四 圖



入するも能く平均を保つとを得而して短き幹の水面益、凸隆すれば長き幹に水の昇ると愈高し。斯の如き現象の起る所以は水の表面に一種の分子力の現出するに由る。今水中に123の如き分子ありと假定せよ。此等分子は元來互に相牽引する性ある者なり而して其力の作用する範圍は固より極微の間に限る者なれども假に圓圈を以て示せる區域内に働くとを得ると假想すべし。然る時は1の如く水面より深き處にある水の分子は其周圍にある他の分子より諸方に向て同大の力を以て引かるが故に此等の力は互に平均して或る一方に向て引かるゝとなし。然るに2の如き水の分子は水面を距ると分子力の作用を呈する範圍たる圓の

半徑より小なるを以て此分子は上方に向て之を引くべき他の分子少なく下方に向て之を引く者。迥へたに多し隨て水の内部に向て引き込るゝ力を生ず。斯の如き力は水面に近づくに從て益々強大となり。終に3の如く表面に在る者は圓の上半には之を上方に引く可き水の分子無きが故に此分子に作用する諸引力の合力は矢を以て示す如く水面より垂直に下方に向て働くべし。之に由りて水に限らず總て液体の表面には其分子を内部に引き入れんとする力の常に存する者なり。之を液体の表面張力と云ふ。液体の表面には右に述ぶる如き力あるが爲めに酒杯に充滿せる水は重力の作用に打勝ち器の表面に引留られ外部に流出すると能はざるなり。元來液体は之を包有する器物の形に従ふ者なれども其表面張力尙し重力若くは或る固体の表面引力に打勝つとを得る場合には表面の分

子は内部に向て引き込れんとして表面は成る可く收縮せんとするの傾向を生じ爲に液体は球形を作るべし何となれば表面張力の作用は恰も或物体の外面に於ける總ての部分より均しき力を以て内部に向て厭推すると同一なればなり之を日常目撃する所の者に就て言へば丸藥或は團子を製する時に指頭を以て柔軟なる粉末を旋轉して外面の總ての點より均しき力を加へて厭着すれば球形となるが如し彼の固体の表面より懸垂せる水滴の球形をなすも亦此理に外ならず今夫れ液体の表面は常に收縮して球形とならんとする傾向あり故に液体の表面は恰かも空氣を充滿せる護謨玉ゴムの如く其分子は互に相牽引しつゝあり之に由て或る部分に弱點の生ずる時は護謨玉の破烈すると同理にて液体の表面は忽ち平均を失ひ弱點即ち表面張力の弱き處にある水の分子は張力の強き處にある分子の爲に引寄せられべし

而して表面張力の最も強き液体は水銀にして水は其次に位し「アルコール」油等は迥に其力弱きものなり試に淺き皿に其底を僅に被ふに足る程の水を注ぎ水面にコキリクズ鋸屑或は白墨の粉末を撒布し然る後其上に一滴の「アルコール」或は油を落せば水は忽ち此點を中心として其周圍に向て牽引せられ時としては皿の底を全く露出するとあり此事は粉末の運動に依りて明に之を見らんとを得べし是れ如何なる理に由るや蓋し「アルコール」又は油の搖れたる處は表面張力減少し恰も護謨玉の破烈する如く此處にある分子は周圍にある分子の爲めに牽引せらるゝなり之と同理にて樟腦の細粉を水中に投ずれば粉末は劇しく水面を彼此に旋轉すべし是れも亦水面に表面張力の強弱を起すに由る何となれば樟腦の粉末には凸凹あり其凸起せる處は容易に水に溶解し易しと雖ども凹陥せる處は否らず今

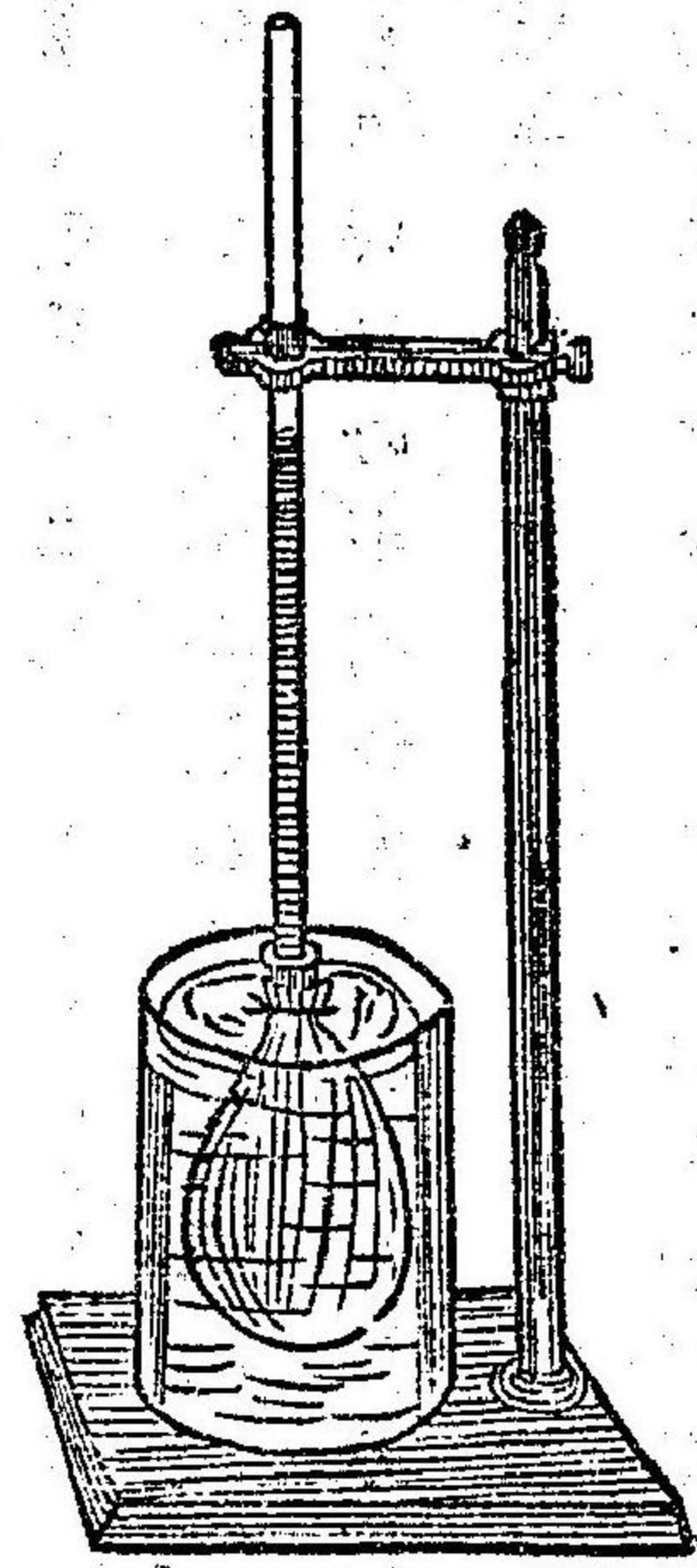
不純なる水は純粹なる水より表面張力弱きものなるを以て樟腦の能く水に溶解せる處に張力の弱點を生じ水面の破裂を來すなり  
 水面は右に述ぶる如く恰かも護謨玉の表面に似て互に緊張せるものなれば水面には薄き膜を張れるものと考ふるも不可なかるべし此膜を破るには多少の力を要するものなり故に縫針に少しく油を塗り水の爲に潤されざる様になし切に之を水面に載すれば縫針の重量は水面の膜を破ると能はずして其上に浮ぶべし又水邊に於て屢一種の虫の自由に水上を歩行するものあるを見ることあり是れ亦縫針の水面に浮ぶと其理同一なり  
 (第五十) 液体の滲透作用 今石油と水とを玻璃器に入れて之を永く放置するも石油は水よりも其比重少なるを以て水面の上にあり二物は混合するとなく上下兩液の境界判然たるべし然るに青色固体なる

丹礬の溶液を玻璃器に注入し其上に靜に水を盛れば暫時の間は上下兩液の境界を判然區別するを得べしと雖も次第に二液は混合して終には全体淡青色の液となるを見る斯の如く比重を異にせる異種の液体中或るものは混合し或るものは混合せざる所以は如何蓋し石油と水とに在りては同種類の分子の互に相引く力は異種の分子の互に相引く力に勝るを以て混合すると能はず而して丹礬の溶液と水とに在りては異種の分子の相引く力は同種の分子の相引く力に勝るを以て善く混合するなり

丹礬の溶液と水の如きものは單に接觸する時のみ混合するのみならずして兩液の中間に或隔障を有する場合にも若し液体の分子にして此隔障を通過するを得れば互に相混合するものなり

試に第四十五圖の如く長さ二三尺なる玻璃管の下端に膀胱バウクラウを縛り勝

圖五十四第



膀胱の中に丹礬の濃厚液を入れ之を圖の如く多量の水を盛れる玻璃圓筒中に入れ置けば水は徐々に膀胱の氣孔を通じて其中に入り内部の溶液は漸く

其量を増し遂には玻璃管の中に液の上昇するを見る而して圓筒内の水は次第に減少すべし今膀胱内にある丹礬の液に代ゆるに水を以てし圓筒には丹礬の液を盛れば其結果は全く相反し膀胱内の水は其量を減じ圓筒内の液は増加すべし但し外部にある丹礬も液の膀胱内に入らざるとはならずと雖ども二液の移動に遲速の差あるを以て一方は増加し一方は減少するなり丹礬液の膀胱を通過する證は水の淡青色を帯ぶるを見て之を知る丹礬の溶液に限らず砂糖、食鹽、硫酸、亞鉛、ア

ルコール等も亦膀胱を透過して互に相混合す斯の如き作用を呼んで「オスモース」即ち滲透作用と云ふ又膀胱の内部より外部に向て流出するを「エクソモース」即ち滲出作用と云ふ又外部より内部に向て流入するを「エンドモース」即ち滲入作用と云ふ要するに隔障を通過して異種の液体の互に相混合する際には稀薄なる液の濃厚なる液に混する分量は濃厚なる液の稀薄なる液に混する分量よりも多きものとす之を日常目撃する現象に就て説明せんに乾きたる豆の類を水中に浸し置けば豆は著しく膨脹す是れ外部にある水の滲入作用に由て豆の皮膜を通じて其内部に入るに由る又大根に一つの大きな孔を穿ち其中に食鹽を充満し置けば若干時の後に此孔の中に濃厚なる食鹽の溶液を生ずべし元來食鹽は好んで水を吸収する性あるを以て大根の内部より水分を抽出して液化す故に是れ則ち滲出作用に由るなり又食

鹽類の体に撒布すれば其体の恰かも溶解する如く見ゆるは体内にある液汁悉く滲出し食鹽を液化し唯だ少量の皮膜のみを残せばなり草木の肥料を吸収するも亦滲入作用に外ならず

氣學

「第五十一」空氣の重量總て空氣の如き氣體は液体と共通の性質を有す例へば氣體も亦液体の如く壓力を四方に傳達する性あり然れども氣體の液体と大に異なる所は分子間に斥力行はれて氣體の容積は膨脹せんとする傾向あると是なり  
空氣は一の物質にして重量を有するとは「ガリッリオ」以前の學者の夢にだも知らざりし所なりき而して此事は日常の現象に關係すると多く甚だ必要なるとなり左れば空氣に重量あるとの發明は實に近世學理興隆の元始なりと云ふべし「アリストートル」の如きは空氣に重量ある

べしとの疑を抱きしが之を實驗せんと欲し膀胱の如きものを取り之に空氣を充滿して其重量を秤り次に膀胱を疊みて内部の空氣を除去し然る後膀胱のみの重量を秤りしに何等の差異もなかりしを以て空氣に重量ありとの念を放棄せり然れども是れ實驗の宜しきを得ざるに由る何となれば膀胱の内部に空氣充滿するときは外部空氣の上壓力も從て増加すべく又内部の空氣を去りたる時は外部空氣の上壓力減少すべければなり故に空氣重量の有無を知らんとせば一定の容積を有する器の中に先づ空氣を充滿して其重量を秤り次に器内の空氣を悉く除去して此器を秤量するにあり「ガリ、オ」は玻璃球を用ひて始めて此法を施し空氣に重量あるとを知れり而して空氣は水より軽きと七百七十三倍なりと云ふ

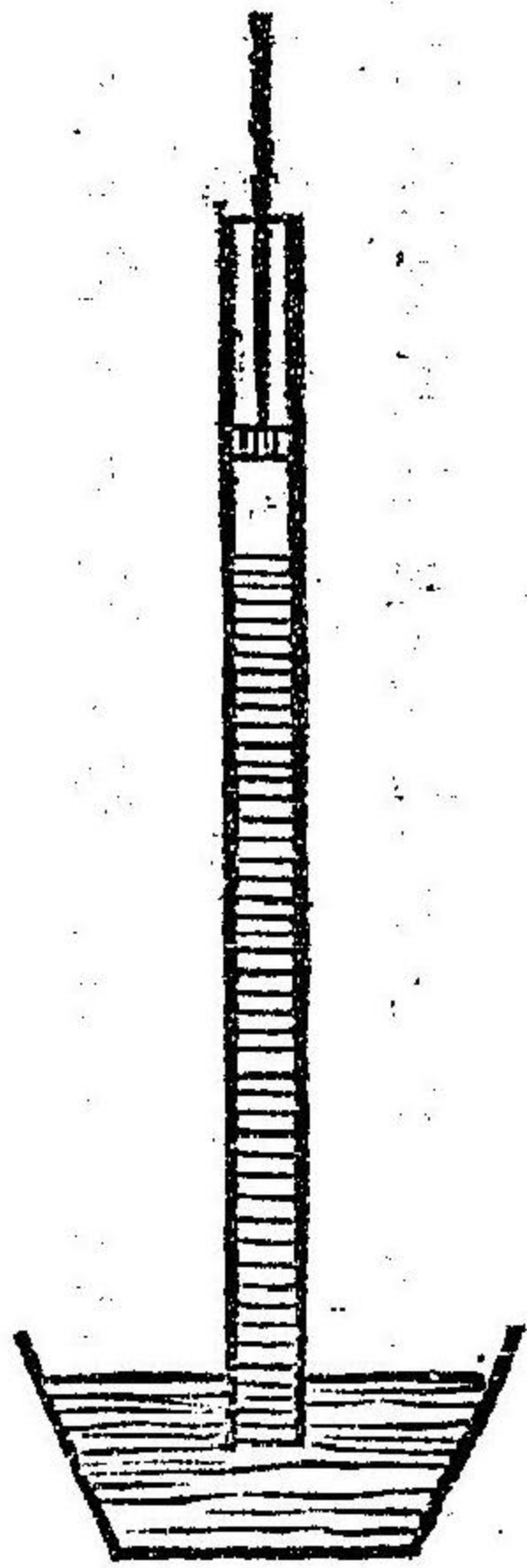
第五十二 空氣の張力 總て氣體は四方に擴散せんとする性あると



は之を上にて述べたり而して空氣にも亦此性あるとを試験せんと欲すれば一の護謨球を取り其内に少量の空氣を入れて密に其口を閉し之を排氣鐘内に置き鐘内の空氣を排除せば其空氣の稀薄となるに従ひ護謨玉は次第に膨脹して終に破裂すべし是れ球内に在りたる空氣初めは鐘内空氣の壓力の爲に擴散すると能はざりしが球外空氣の壓力減するに従ひ其力を逞ふすることを得るに由るなり故に空氣を或器に入れて密閉すれば常に其器の側壁を壓して擴張せんとす此力を空氣の張力と云ふ今地球を包圍する所の空氣は其張力に由りて空際に向て飛散し去らざるは如何なる理なるや蓋し地球に重力ありて之を抑留するに由る而して空氣は地球上如何なる處迄擴散するや其際限は未だ詳ならずと雖も凡そ十八里乃至二十里なるべし

〔第五十三〕空氣の壓力 今水鉄砲の一端を水中に入れ其柄を引き擧

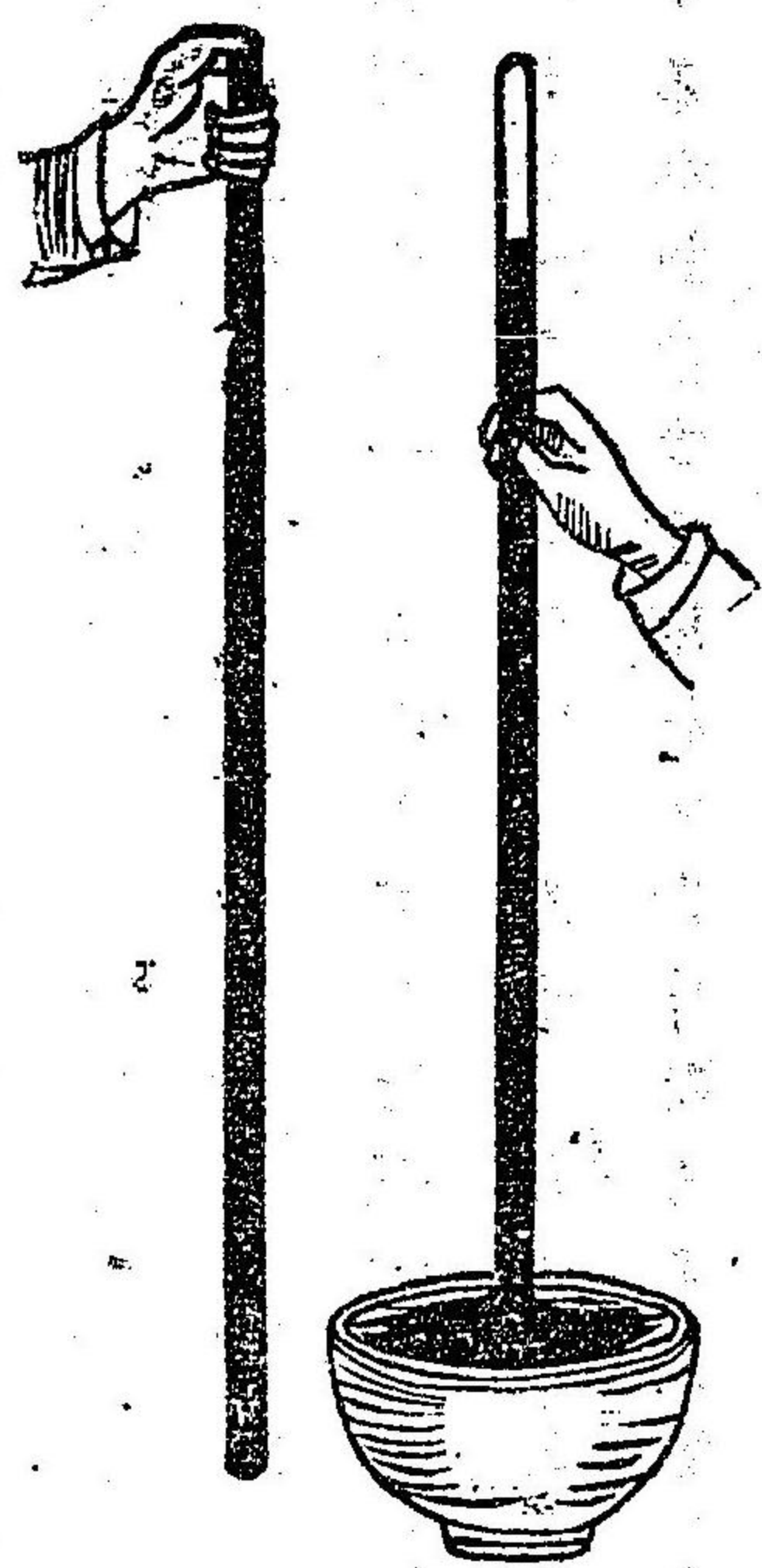
第 四 十 六 圖



げ内部の空氣を除きて空虛を生せしむれば水鉄砲の内部に水の侵入するは火の能く知る所なり又第四十六圖の如き長き管を取り其開放端を水中に入れ置き管に適合せる栓即ち活塞と稱するものに附着せる柄を取りて之を引き擧ぐれば水は活塞の後を追ふて管内に上昇すべし古人は之を見て毫も奇異の念を起すものなく思へらく天は眞空を嫌惡するが故に活塞を引き擧げて空氣を除去するに従て水は其後を填塞するものなりとの解釋をなして満足せり然るに以太利國フロレンス府に於て右に述べたる如き長き吸水管を用ひて水を高所に吸上んとせしが水は水面より三十四尺の高さ迄は昇りたれども之より

以上は管内に何程空虚を生ずるも水は其後を填充せず目的の位置迄之を吸上ぐると能はざりき是に於て天は真空を嫌惡すると云ふ漠然たる臆説を以て之を説明し難き者となれり碩學「ガリ、オ」の如きも如何なる理に由りて斯の如き現象の起るやを解せざりしが其門人「トリセリ」氏は吸水管に水の上昇するは空氣の水面を壓するに由るならんとの疑を起せり空氣の壓力果して之が原因たれば水よりも十三、六倍重き水銀を用ひなば水銀の管内に上昇する高さは水の上昇する高さ三十四尺の十三、六分の一即ち二尺五寸に過ぎざるべしと乃ち長さ凡そ三尺許にして其一端は閉塞し他端の開放せる玻璃管を取り之に水銀を充満し指頭を以て其口を塞ぎ之を倒にして水銀を盛れる皿の中に眞立せしめ水銀中に於て指を除きたるに第四十七圖に示す如く管内の水銀は降落して皿中の水銀面より凡そ二尺五寸の高さに止り其

第 四 十 七 圖



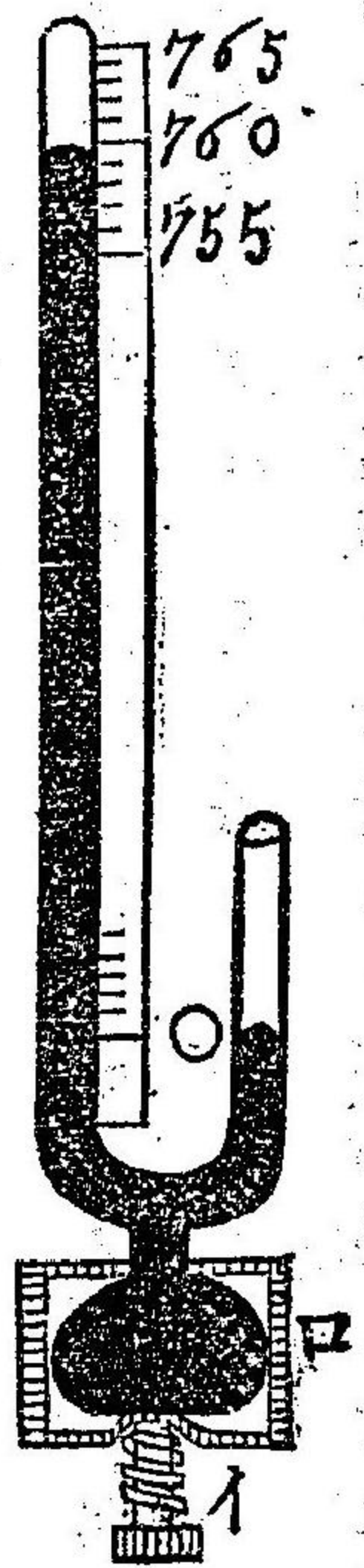
上に空虚の生ずるを見たり此實驗は空氣の液面を壓することを証明するものにして平地に於ける空氣の壓力は凡そ二尺五寸の水銀柱と正に相平均するを知れり故に今若し水銀の代りに水を用ゆれば二尺五寸の十三、六倍即ち三十四尺の高さは上昇すべしと雖も之れより以上は空氣の力を以て壓上すると能はざるなり讀者中或は此實驗に用ふる管の直径の大小に由りて水銀の上昇する高さに差異を生ずべしと考ふる人もあらん然れども斯の如きとのあ

る可き理なし何となれば空氣も亦液体の如く其壓力を四方に傳達する性質あるのみならず其壓力は之を受くる所の面積の大小に比例して増減するものなればなり即ち管の太さ二倍となれば水銀の重量も從て増加し二倍となれば之を管内に上昇せしめんとする空氣の壓力も亦二倍となり互に相平均すべし故に水銀の上昇する高さは管の太さに關係するとなく空氣の壓力に變化なければ常に一定せるものなり之に由て之を觀れば平地に於て吾人の身體に受くる空氣の壓力は恰かも二尺五寸の深さを有し全地球を包む所の水銀の海底に於て受くる壓力と全一なり而して二尺五寸の高さある水銀柱にして其底面の一寸平方なるものは凡そ十六斤の重量あり故に一寸平方の面積を壓する空氣の力は凡そ十六斤なりと云ふ

〔第五十四〕 晴雨計 「トリセリ」氏は其發明せる實驗と殆ん全一の装

置を用ひて空氣の壓力を測定す可き器械を造れり是れ即ち晴雨計なり晴雨計には水銀を盛れる皿を使用するは頗る不便なるを以て之を

第 四 十 八 圖



省き第四十八圖の如く 玻璃管を屈曲し一方を長くし他方を短くせるものを用ふ而して其短

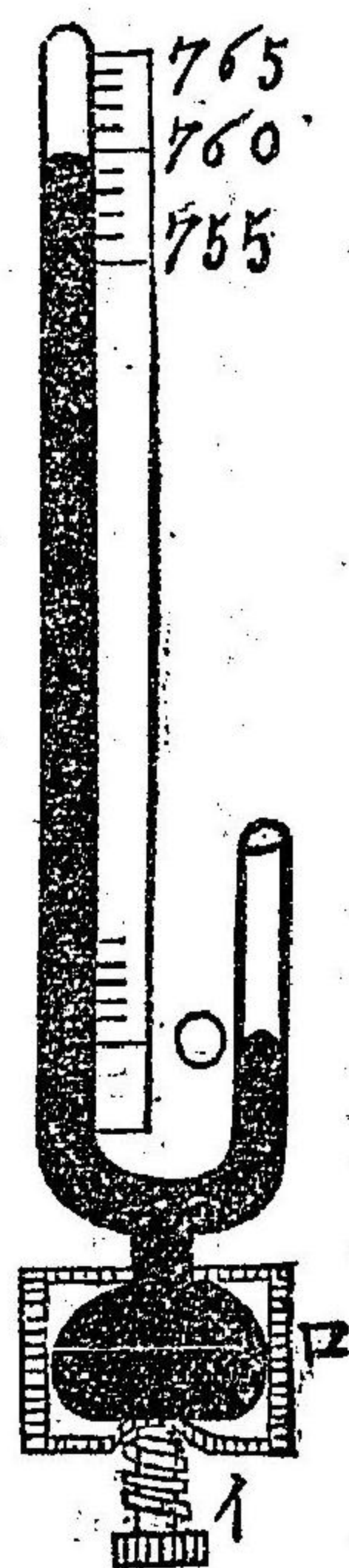
き方は皿の代用をなすものにして上端に一つの孔あり之より水銀を管内に充滿せしむ但し水銀は純粹なるものを用ひ之を熱して沸騰せしめ其中に混在せる空氣を悉く除去するのみならず管の側壁に附着せる空氣をも全く拂ひ去らざる可らず  
斯の如く曲管に水銀を充たせるものを直立せしむれば管の長さ方は水銀柱の上部に所謂「トリセリ」の真空と稱する空虛を生じ管の短き方

る可き理なし何となれば空氣も亦液体の如く其壓力を四方に傳達する性質あるのみならず其壓力は之を受くる所の面積の大小に比例して増減するものなればなり即ち管の太さ二倍となれば水銀の重量も從て増加し二倍となれども之を管内に上昇せしめんとする空氣の壓力も亦二倍となり互に相平均すべし故に水銀の上昇する高さは管の太さに關係するとなき空氣の壓力に變化なければ常に一定せるものなり之に由て之を觀れば平地に於て吾人の身體に受くる空氣の壓力は恰かも二尺五寸の深さを有し全地球を包む所の水銀の海底に於て受くる壓力と全一なり而して二尺五寸の高さある水銀柱にして其底面の一寸平方なるものは凡そ十六斤の重量あり故に一寸平方の面積を壓する空氣の力は凡そ十六斤なりと云ふ

〔第五十四〕晴雨計 「トリセリ」氏は其發明せる實驗と殆んど全一の裝

置を用ひて空氣の壓力を測定す可き器械を造れり是れ即ち晴雨計なり晴雨計には水銀を盛れる皿を使用するは頗る不便なるを以て之を

第 四 十 八 圖



省き第四十八圖の如く  
玻璃管を屈曲し一方を  
長くし他方を短くせる  
ものを用ふ而して其短

き方は皿の代用をなすものにして上端に一つの孔あり之より水銀を管内に充滿せしむ但し水銀は純粹なるものを用ひ之を熱して沸騰せしめ其中に混在せる空氣を悉く除去するのみならず管の側壁に附着せる空氣をも全く拂ひ去らざる可らず  
斯の如く曲管に水銀を充たせるものを直立せしむれば管の長き方は水銀柱の上部に所謂「トリセリ」の真空と稱する空虛を生じ管の短き方

にある少量の水銀柱と正に相平均すべし而して此曲管の両方にある水銀柱の高さの差は空氣の壓力を示すものとす  
 空氣の壓力は常に一定せるものにあらずして其濕潤若くは乾燥せると氣候の冷熱なるに由りて異なるものなり氣候温暖にして空氣中に濕氣多き時は晴雨計の水銀柱は降落す之に反して氣候寒冷にして空氣乾燥せるときは水銀柱は上昇するものなり故に晴雨計水銀柱の上昇するは晴天の証にして其遽に降落するは風雨の來るべき徴なり此變化を視察する爲に度目を示せる板を曲管の傍に置き之に就て壓力の多少を知ることを得

右の如き曲管晴雨計に於ては管の長さ方にある水銀柱の降落する時は短き方の水銀柱は上昇す而して空氣の壓力は兩方にある水銀柱の差に由りて定むるものなれば其零位常に變化して之を視察するに當

りて不便少からず故に第四十八圖に示す如く管の屈曲部に之と連通する柔皮製の囊回を附着し管の短き方の水銀柱頭若し度目の零位より上にあれば「イ」なる螺釘ネジを緩めて過剰の水銀を柔皮囊の中に入るべし之に反して水銀柱頭若し零位の下にあれば「イ」を振込チンコて水銀柱頭を零位と一致せしめ此点より管の長さ方にある水銀柱頭の高さを讀むべし又「フォルデン」氏の晴雨計と稱し其装置は「トリセリ」氏の實驗に供するものと殆んど同一にして一本の長さ管より成るものあり其異なる所は水銀を盛れる皿の代りに密閉せる壺を用ひ其底に柔皮製の囊を附着し螺釘ネジを以て壺中にある水銀の量を増減すると上に述べたる曲管晴雨計に於けるが如し此晴雨計は旅行等をなす時携帯に頗る便利なるものなり

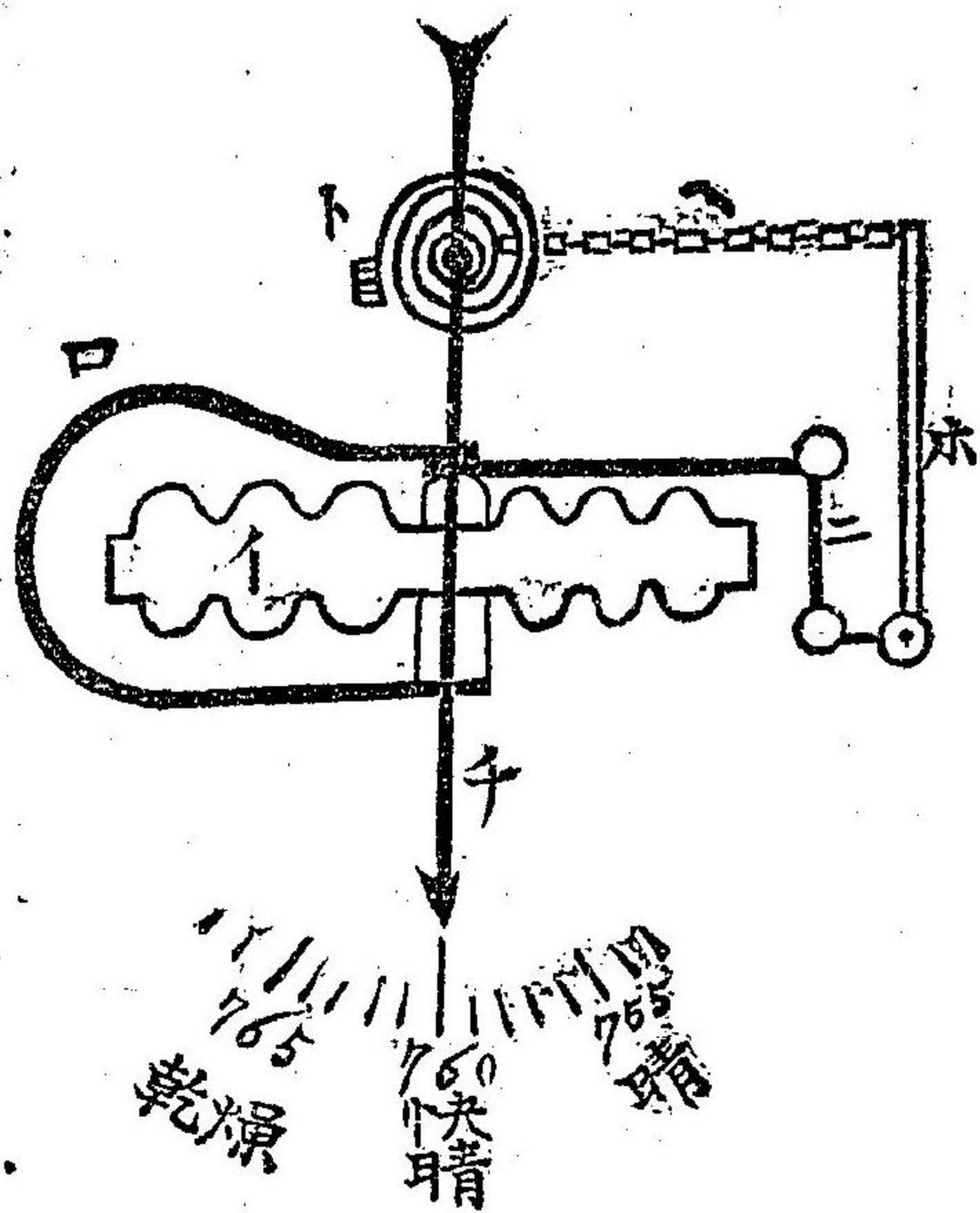
晴雨計は空氣の壓力即ち其重量の輕重を示すものなれば高山の頂上

に於けるが如く上層空氣の量少くして其下壓力弱きのみならず其質の稀薄なる所に於ては晴雨計の水銀柱は降落す之に反して深坑等の如き上層空氣の量多くして其質濃厚なる所に於ては水銀柱は上昇するものなり故に水銀柱の高さを見て地面の高低を測るを得

平地に於て空氣の濃厚なるときは水銀柱の高さ七百六十「ミリメートル」(我三厘三毛餘に當る) 即ち凡そ二尺五寸なり之を標準氣壓と云ふ又之に均しき壓力を名づけて一氣壓と云ふ故に二氣壓とは七百六十「ミリメートル」の水銀柱壓力に二倍せる力なり

〔第五十五〕 アネロイド晴雨計 此晴雨計は水銀を用ひずして固体のみを以て造れるものなるが故に之を遠方に携帯するには最も便利なるものとす其形は恰かも柱時計の如し今第四十九圖に示す如き畧圖を用ひて之を説明せん此器械の中央に指針「チ」アツ此針は晴雨計表面

圖九十四第



の周圍に記したる水銀柱の高さを表はす度目若くは乾燥、快晴、晴、變化、雨、大雨、暴風等の文字を空氣々壓の變化に由りて指定する如く造れるものなり

「イ」は鋼鉄製の箱にして其内部の空氣は成るべく精密に除去せるものなり此箱の表面には其中心の周圍に數多の圓形をなす凹凸を造り以て箱の表面を大ならしめ且つ氣壓の増減に應じて彈力に富める鋼鉄の面を凸隆若くは陥没し易からしめ「イ」の中央には金屬の柱ありて箱を固着す又「ロ」なる鋼鉄製の彈簧あり強大なる力を

以て中央の柱を其上下より壓迫す「ハ」は横杆にして其一端は金屬柱の頂點にありて彈機の上端と連接す而して「ハ」の他端は蝶番チャックを用ひて「ニ」なる棒に連る「ニ」は又屈曲せる横杆「ホ」と連結す「ヘ」は一條の鏈チェーンにして其一端は「ホ」の上端と結合し他端は「チ」なる指針を動す所の軸に附着す「ト」は螺旋狀をなす發條スプリングなり此發條は常に指針の軸に巻き付き針を左方に動かさんとする力を有す今空氣の壓力増加すれば鋼鉄箱の面は其壓力を受けて壓搾せらる隨て中央の柱は陥落し「ハ」の右端も亦下方に沈み「ニ」と「ホ」を動し「ヘ」なる鏈を右方に向て牽引す故に「チ」なる指針は矢を以て指す如く右方に移り壓力の大なることを示すべし之に反して氣壓減少すれば鋼鉄箱の面は隆起し「ハ」の右端は少しく上に向ひ此運動「ニ」「ホ」に傳り「ハ」なる鏈は爲に弛みて發條「ト」は指針の軸に巻き付き針を左方に動し以て壓力の減少を示すべし

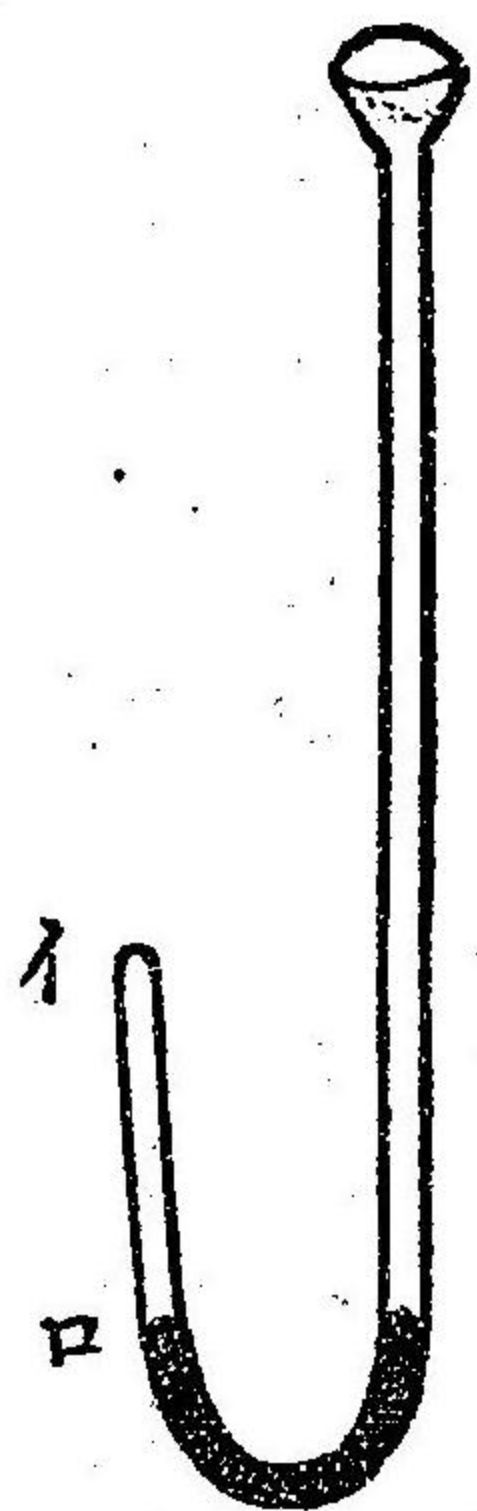
〔第五十六〕(ボイル氏の法則) 總て空氣の如き瓦斯体の分子は互に相排斥して擴散せんとする力を有するとは之を上ニに述べたり故に瓦斯体は之を或る器に充たすや其占有せる容積の大小に依りて側壁を壓迫する力に強弱あるものにして其容積收縮すれば側壁を壓する力は勿論減加すべし

一千六百六十一年に英國の理學家ボイル氏は同一の溫度に於ける瓦斯体の容積は其受くる所の壓力に反比例することを發明せしが其後數年を経て佛國の「マリオート」氏も亦獨立して同一の發見をなせり故に之を「ボイル」或は「マリオート」の法則と云ふ  
今Pなる壓力に於てVなる容積を有する瓦斯あり其壓力Pとなれば容積Vに變ずるものとすればボイル氏の法則は左の方程式を以て示すことを得

此法則を証明するには第五十圖の如き屈曲せる玻璃管を取り其短き支管の上端を閉塞し其長さ支管の開放せる端より水銀を注入して左の支管に於ける水銀の高さを均一ならしめ「イ」の間に空氣を封入すべし而して斯くの如く封入せる空氣と水銀を以て離隔せられたる外部空氣とは正に相平均するものなれば両方にある空氣壓力の同等なると固より明かなり今長さ管に水銀を徐々に注入して短き管に於ける空氣を壓搾して最初の容積の二分の一に至らしむれば兩支管中にある水銀柱の差は正に此實驗を施せし時に觀測せる晴雨計水銀柱の高さに均しかるべし故に短管中に於て壓搾せられ其容積二分の一に減せる空氣は二氣壓の力を以て壓せらるゝものと云ふべし而して

$$\frac{V}{V'} = \frac{P'}{P}$$

第五十圖



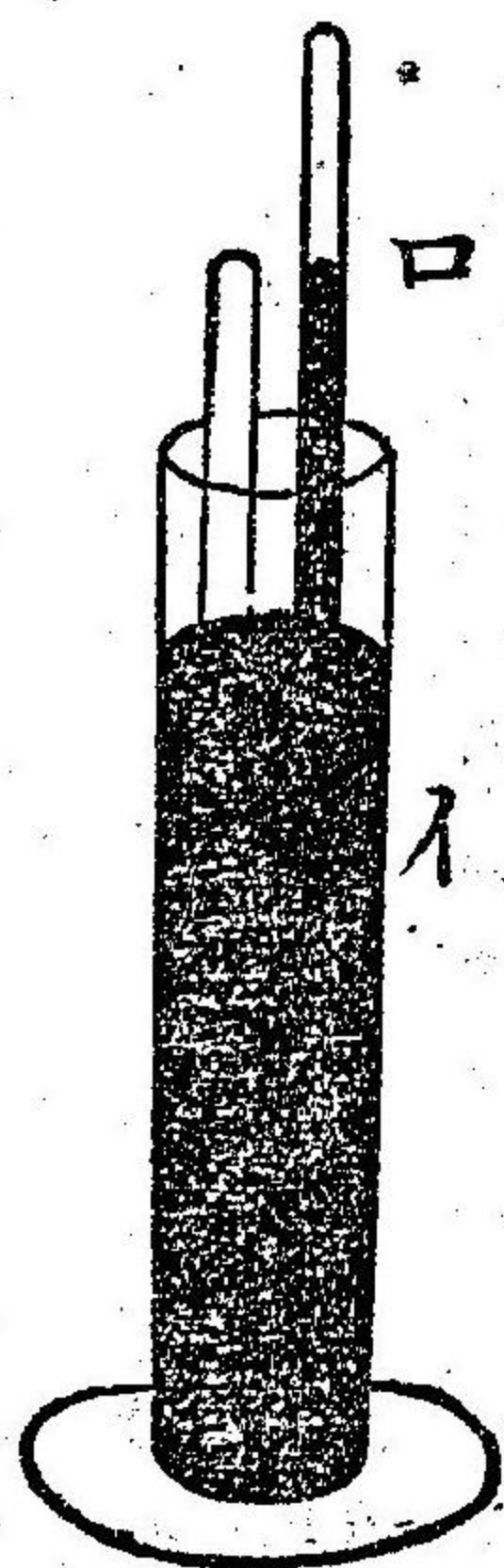
長管より猶ほ水銀を注入して短管中に封入せる空氣の容積を最初の三分の一若くは四分のとなせば左右兩支管中に於ける水銀

柱の差は晴雨計水銀壓の高さの二倍若くは三倍となる即ち短管中の空氣は三乃至四氣壓の力を以て壓せらるゝなり之に由りて瓦斯は容積収縮して二分の一又は三分の一となれば其壓力は二倍若くは三倍となり容積と壓力とは常に反比例をなすことを知る然れども瓦斯の容積膨脹して最初の容積の二倍若くは三倍となれば壓力は減少して二分の一若くは三分の一となるへし之を証明せんには左の法に由るべし

第五十一圖の如く少量の空氣と水銀とを充たせる玻璃管にして「トリ

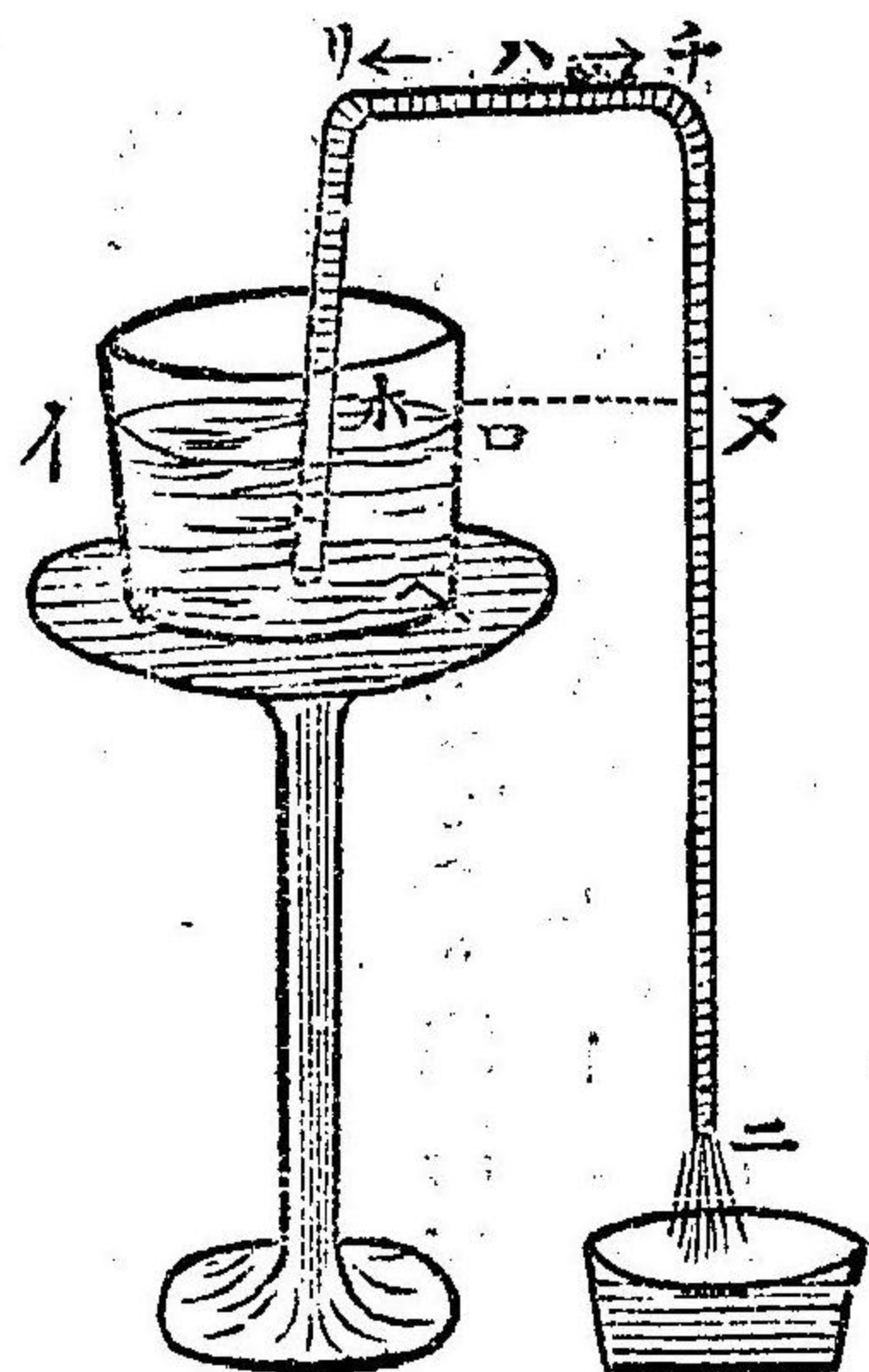


圖一十五第



セリ氏の實驗に供せる如きものを取り其閉塞せる端を上方に置き之を水銀を盛れる圓筒中に挿入れ且つ管と同筒との中にある水銀の高さを同一ならしめ先づ管内に封入せられたる空氣の容積を測定すべし此空氣の壓力は勿論外部空氣の壓力即ち晴雨計水銀柱の重量に等しきものなり今管を同筒の水銀より少しく提擧すれば管内の空氣は膨脹して其壓力減少するを以て外部にある空氣の壓力により「イロ」なる水銀柱は管内に上昇すへし即ち此水銀柱の重量に管内に於て膨脹せる空氣の壓力を加へたるものは正に外部空氣の壓力に等しきと言を俟たず而して管を提擧し其中にある空氣の容積を最初の二倍となさば管内に上昇する水銀の高さは晴雨計水銀柱の高さの二分の一となり膨脹せる空氣は其壓力を半減せるを示すべし又管内空氣の容積を最初の三倍となせば管に上昇せる水銀柱の高さは晴雨計水銀柱の高さの三分の二となる之に由りて膨脹せる空氣の壓力は三分の一に減せしとを知る

圖二十五第



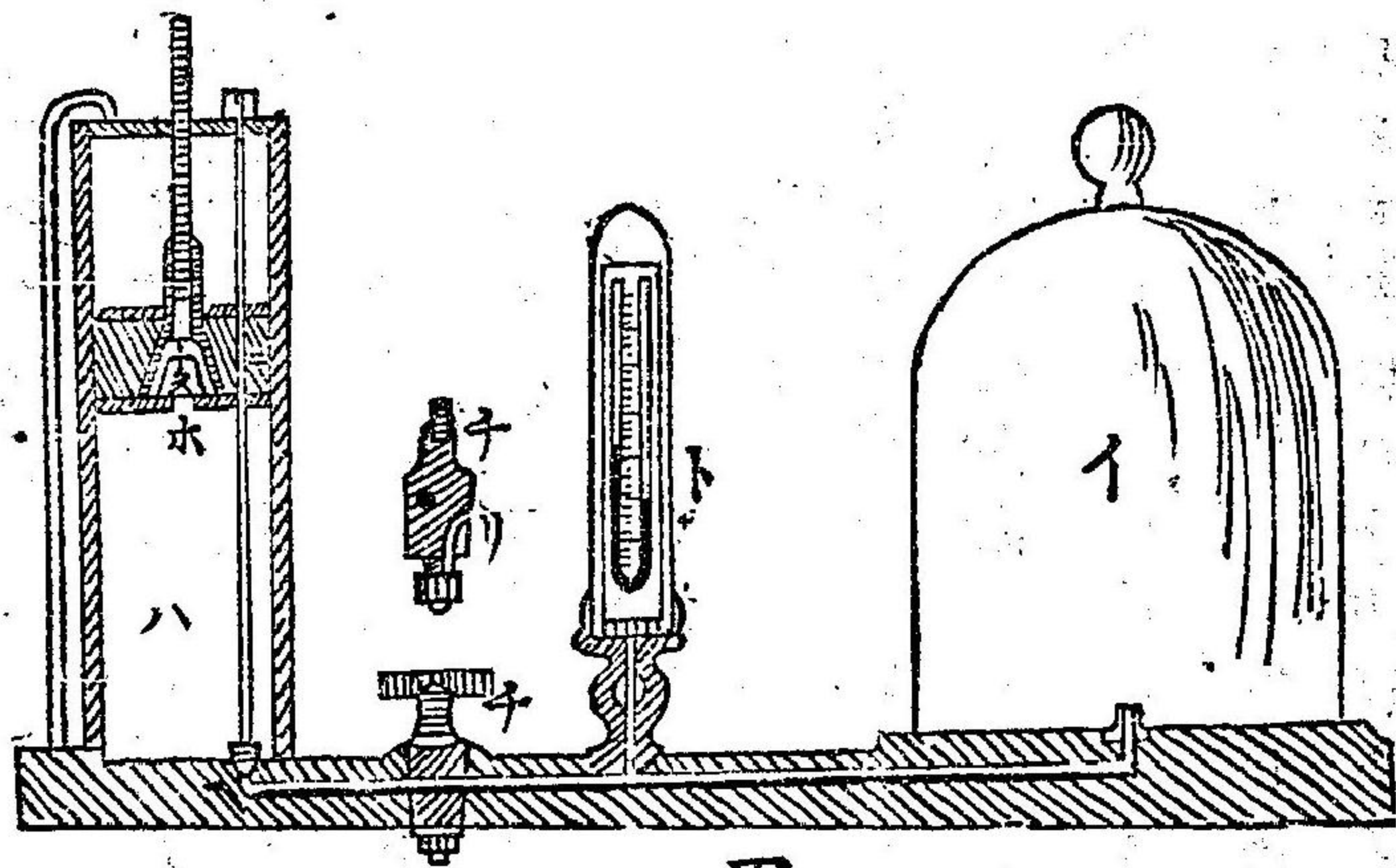
「第五十七」サイフラン「サイフラン」は空氣の壓力を利用して高さ處にある器物より液体を導ひて低き處にある器物に之を移す所の用をなすものなり「サイフラン」は第五十二圖に示すが如く一方を長くし他方を短く屈曲せる管より成るものなり今此曲管に水を充滿し其一端を

指頭にて固く閉ち水を漏出せしめずして其短き方の端を高さ處にある器の液体中に挿入して指を放つべし今、ホなる器に水を、イ、ロの高さ迄盛り、サイフツンの端、へを之に沈むると圖の如くすれば水は、へより管内に入り、ハを経て、ニより流出すべし而して、ホ中の水は一度流出を始むれば其水面の降りて、へ點に達する迄は續々流出し止むものにあらず蓋し空氣は管に、イ、ロの水面を厭するのみならずして、サイフツン内の水にも此力を及ぼすものなり是れ液体は其受くる所の厭力を四方に傳達する性あるに由る假に、日なる文字を以て空氣の厭力を示さんに空氣は、日なる力を以て、サイフツンの下端、へより其最高點、リに向て水を壓上せんとす之と同理にて、サイフツンの他端、ニに於ても空氣は、日なる力を以て水を、ニより、チに向て壓上せんとすべし故に、リなる點に於て受くる所の壓力は、リと、イ、ロなる水平面との間にある、サイフ

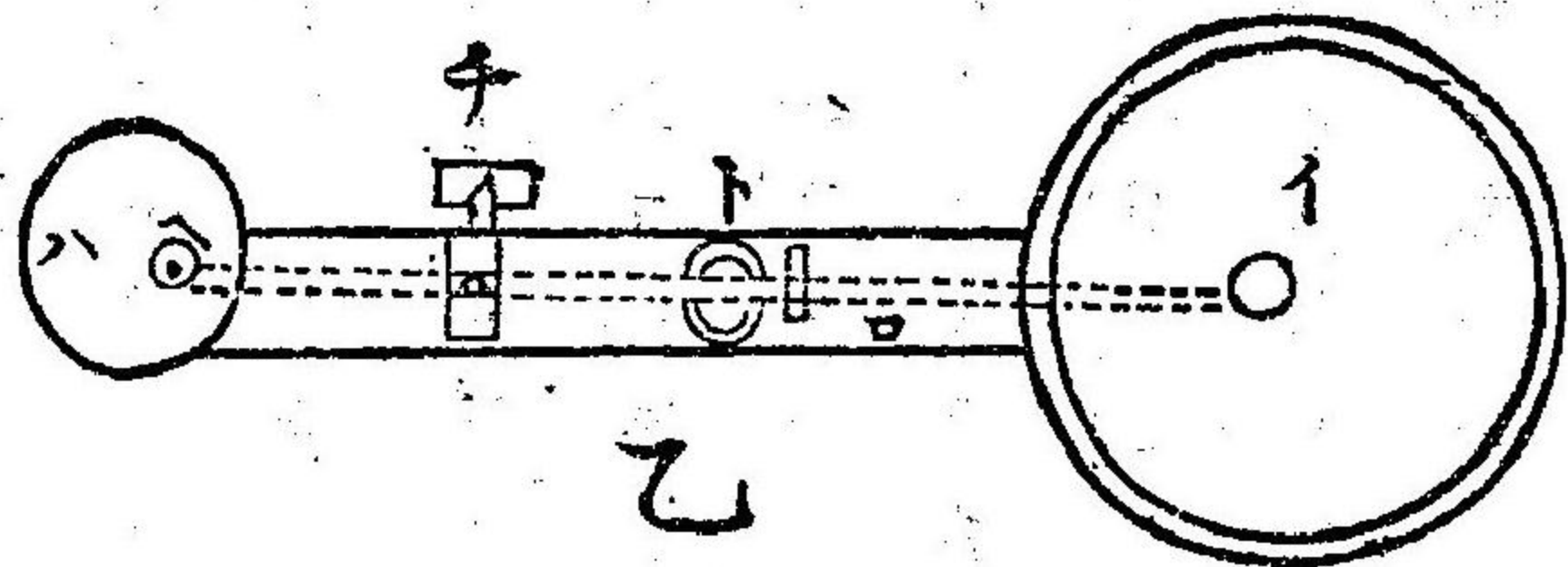
ツン内に充満せる水の重量を空氣の壓力、日より減せしもの即ち、ロ、ニ、チなり又、チなる點に於て受くる所の壓力は、チと、ニとの間にある水の重量を、日より減せしもの即ち、ロ、イ、リなりとす斯の如く、リ及び、チに於て受くる所の厭力は此二點間の水を通じて其中央の點、ハに傳達す之に由りて、ハ點に於ては互に相反する二様の壓力を受くべし即ち、ハ、チなる方向には、ロ、イ、ニの壓力を受け、ハ、リの方角には、ロ、イ、リなる壓力を受なるものとす而して前者の壓力は後者の壓力より大にして其差は正に、ヌ、ニなる水柱の重量に均し故に一方の壓力偏大となり爲に水は、へ、ハ、ニの方向に流出するなり

「タンタラス」の酒杯と稱するものは、サイフツンの理に基きて製するものなり第五十三圖甲は、タンタラスの酒杯にして、イ、ロ、ハなる曲管の下端、ハは酒杯の底を通じて外部に向て開口す今水を杯中に注入するも

圖四十五第



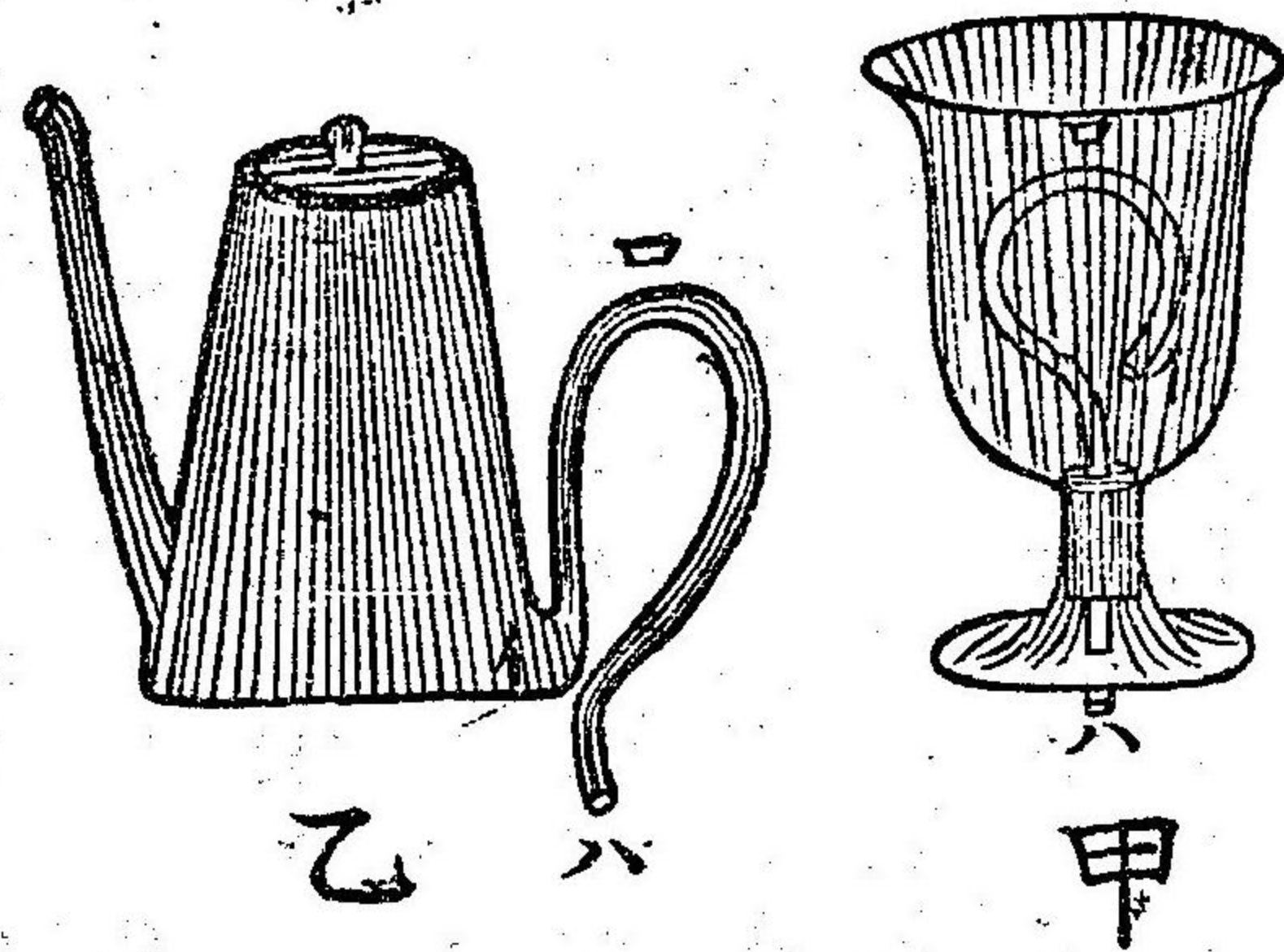
甲



乙

〔第五十八〕 排氣鐘  
 排氣鐘は一千六百五十年に普魯士國「マクデバルク」の市長「オトゲリツ」ケの發明せる器械にして現今多少の改良を加へたるものあれども其緊要なる部分の構造は殆んど舊來の形を存し著しき變更を

圖三十五第



乙

甲

を注入し其充滿せるを俟て急に管を彎曲し以て胃中を洗滌する用に供するものなり

其水面「ロ」點より以下にあれば水は少しも流出せざれども一旦之を越ゆれば忽ち「イ」點以上に在る水は悉く流出すべし此酒杯の形を變じて圖の乙に示すが如く水瓶となし曲管「イロハ」を以て其柄を作り之に水を充滿する時は其水は流出して瓶の中に止らざるべし胃「ポンプ」も亦「サイフロン」の理に依るものにして一の長き護膜管より成る之を口より食道を経て胃中に挿入し管の上端より薬水

なせしものを見ず

第五十四圖甲は排氣鐘の構造を示すものなり、イは一大玻璃鐘にして之を鐘臺と名る平滑に磨きたる眞鍮板の上に載す鐘臺の中央には一小孔を設く此孔は曲管「ロ」に依て圓筒「ハ」と連通す圓筒の内部には之に適合する活塞「ニ」あり上下に滑動するを得而して活塞にも亦一つの孔あり上に向てのみ開く所の蓋「ホ」を以て閉塞せらる此蓋を瓣と稱す又活塞を買きたる一條の金屬棒あり其下端は圓錐形をなして圓筒の底に於て「ロ」管と通する孔「ヘ」を閉すべき栓となる金屬の棒は活塞と共に少しく上下に運動するを得れども其上端に此運動を遮るものあるを以て圓錐形の栓は少しく「ヘ」なる孔を離れて上昇するのみなり今圓筒中に空氣充滿し活塞は圓筒の最下部にありと假定すべし此時活塞を提擧すれば其上方にある空氣は圓筒の上部に開通せる曲管を傳

はりて外方に逃れ出づべし之と同時に活塞の下方に於て空虚を生ずれども外部の空氣は之を充たすと能はず如何となれば活塞に附着せる瓣は唯だ上方に向てのみ開くものなればなり然れども玻璃鐘内の空氣は「ヘ」なる孔より圓筒中に入り來るべし故に活塞若し圓筒の上部に達すれば初めに玻璃鐘内にありたる空氣は膨脹して玻璃鐘と圓筒とを充滿す之れに由りて再び活塞を壓下すれば圓錐形の栓は閉ぢて活塞の瓣を開き空氣は之れを通過して外部に出るなり斯の如く活塞を連りに上下すれば空氣は漸次外部に向て逃れ出づべしと雖ども之を悉く除去するは到底なし得べきとにあらず蓋し排氣鐘内の空氣甚だしく稀薄となれば終に活塞の瓣を押して之を開く力を失へばなり「ト」は厭力計と稱するものにして内部空氣の排除せらるゝに従ひ其氣壓減少の度を示し以て外部空氣の器内に侵入するや否やを明にする

ものなり而して壓力計は長さ凡そ一尺許の屈曲せる玻璃管と之を被ふ所の玻璃圓筒とより成る曲管の左端は閉塞し右端は開放す又管の閉塞せる方に水銀を充滿せしむ玻璃圓筒は螺旋の装置に依りて密に「ロ」なる曲管と連通す今鐘内の空氣排除せられて稍稀薄となれば曲管の左方にある水銀は漸く右方に移り兩方に於ける水銀柱の差は内部空氣の壓力を表はすものなれば其傍に記せる度盛りにて之を讀むべし例へば排氣鐘の作用其極度に達し内部の空氣を一層稀薄ならしむると能はざるものとなれば活塞を何程動かすも左方の水銀柱は依然として同一處に止りて氣壓に變化なきことを示すべし又器械の成る部分より空氣の内部に侵入するとあれば水銀柱は連りに上下に動揺して氣壓の定りなきことを表はすべし理論上より言へば活塞を動かす毎に空氣は外部に逃れ出で、内部の氣壓は減少すべき理なれども實

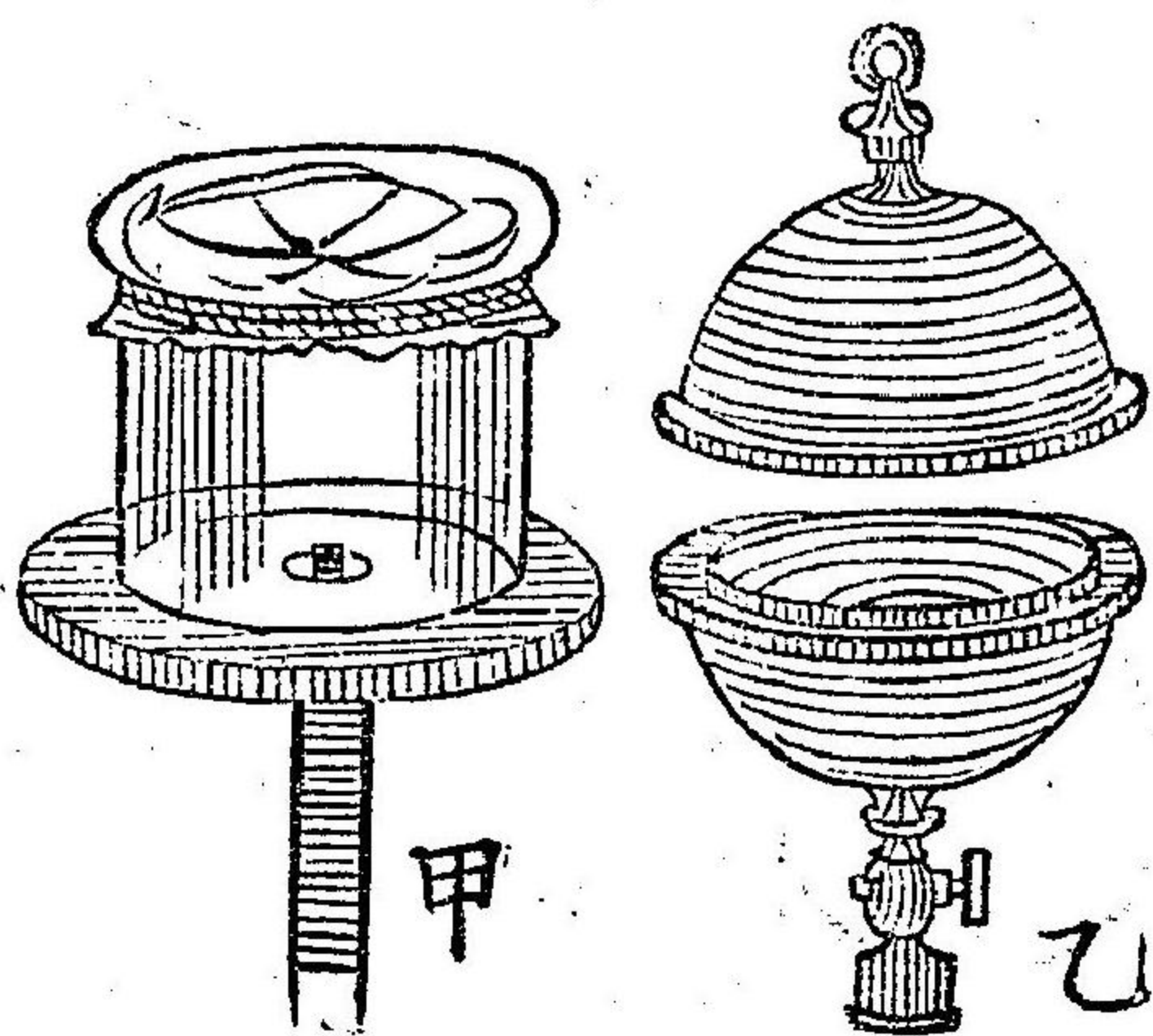
際にては然らず是れ最良の排氣鐘と雖ども其構造に多少の欠点あるは免る可らざるものなれば其空氣を排除するに當り一定の際限は必ず之れあるものとす  
 玻璃鐘内の空氣を排除せる後に之を鐘臺より引き離さんとするには強大なる力を加ふるにあらざれば能はざるものなり是れ外部空氣は一吋平方の面に凡そ十六斤の力を以て玻璃鐘を四方より内部に向て壓するに由る而して玻璃鐘の面積は通常甚だ大なるを以て内部の空氣を除きたる後には到底之を引き離すと能はざるべし故に此不便なからしめんが爲に「チ」なる活栓を設く此活栓には細き溝あり空氣を排除せんとするときは右の溝を「ロ」なる管と一致せしむ而して溝の兩端にある孔を距る九十度の處に他の孔「リ」あり曲管によりて外部の空氣と連通す今栓を回轉して「リ」なる孔を玻璃鐘に向はしむれば外部の空

氣は曲管の下方より「リ」なる孔を通じ「ロ」管を経て「イ」の中に入るべし又「リ」なる孔を圓筒の方に向はしむれば玻璃鐘と圓筒との交通を絶ち空氣は鐘内に入ると能はずして永く「イ」を空虚となし置くことを得

〔第五十九〕 排氣鐘内に於ける實驗 蠟燭に点火し之を玻璃鐘内に置き活塞を數回上下して空氣を排除すれば燭火は熄滅すべし又雀若くは鼠の如き小動物を鐘内に入れ活塞を動かせば此等の動物は漸く飛走するの力を失ひ遂には斃死すべし

鐘臺の上に両端の開放せる玻璃圓筒を載せ鬚附を以て圓筒と鐘臺との間を密封して空氣の侵入を防ぎ且つ圓筒の上端を緊張せる膀胱を以て被ふと第五十五圖甲の如くし活塞を進退すれば空氣の漸く稀薄となるに従ひ膀胱は上方にある空氣壓力の爲に圓筒内に陥没し終に高き音を發して破裂すべし時としては膀胱は外部より強大なる壓力

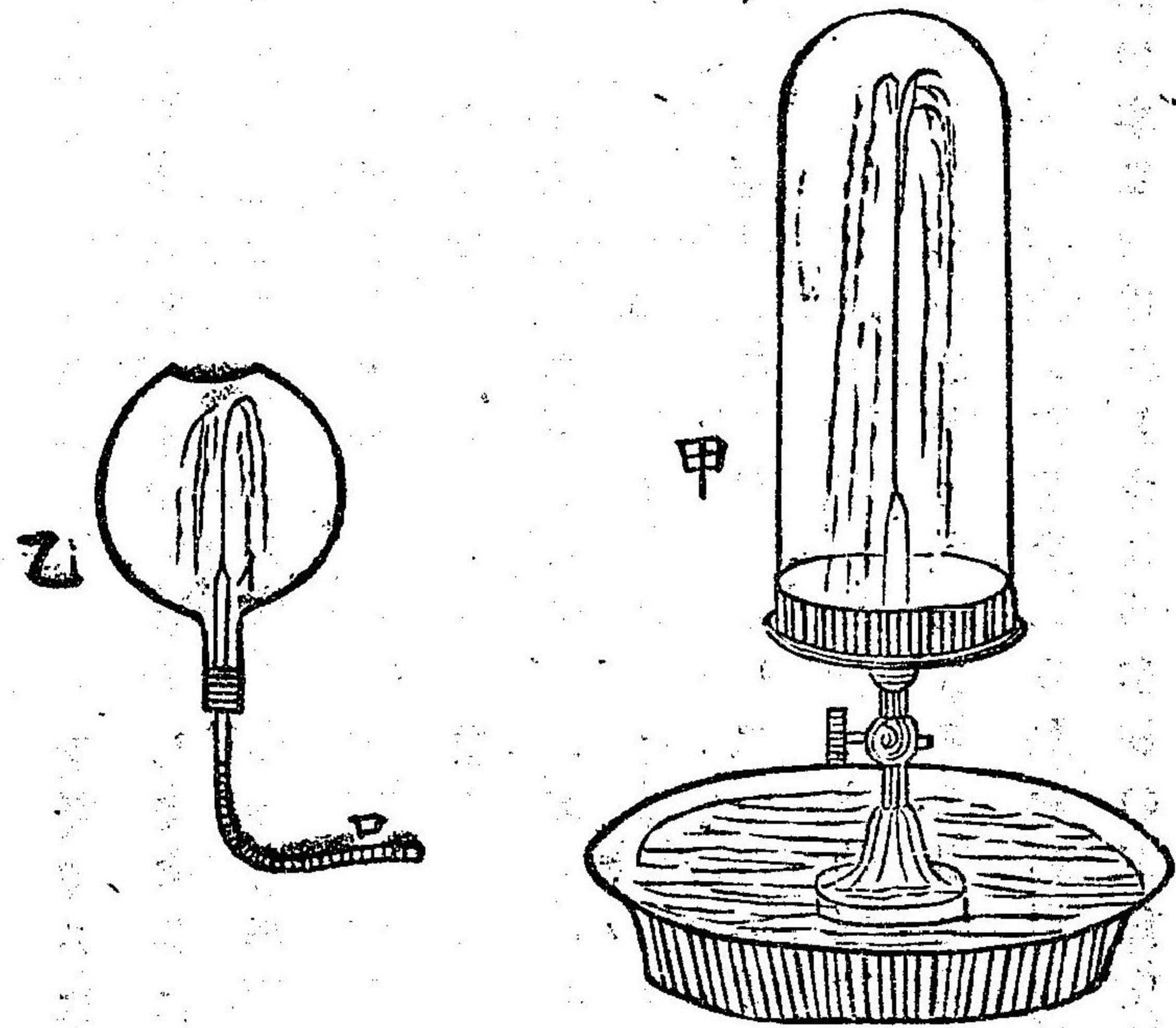
第 五 十 五 圖



を受くるに拘はらず其分子互に相平均して容易に破れざるとあり然れども斯の如き平均は所謂不安定平均なるを以て軽く膀胱を打てば忽ち破壊するものなり

「マグテブルグ」の半球と稱するものは鐵を以て製せる内部の空虚なる球にして二つの半球より成る其下方にある半球には凸出せる縁あり上方半球の内部に能く適合せしむる様に造れると乙圖に示すが如し今此凸縁に鬚附を塗り上下兩半球を密着せしめ之を螺旋の装置に由りて鐘臺に固着し内部の空氣を排除したる後半球の下部に附着せる活栓を閉ぢて外部

第五十六圖

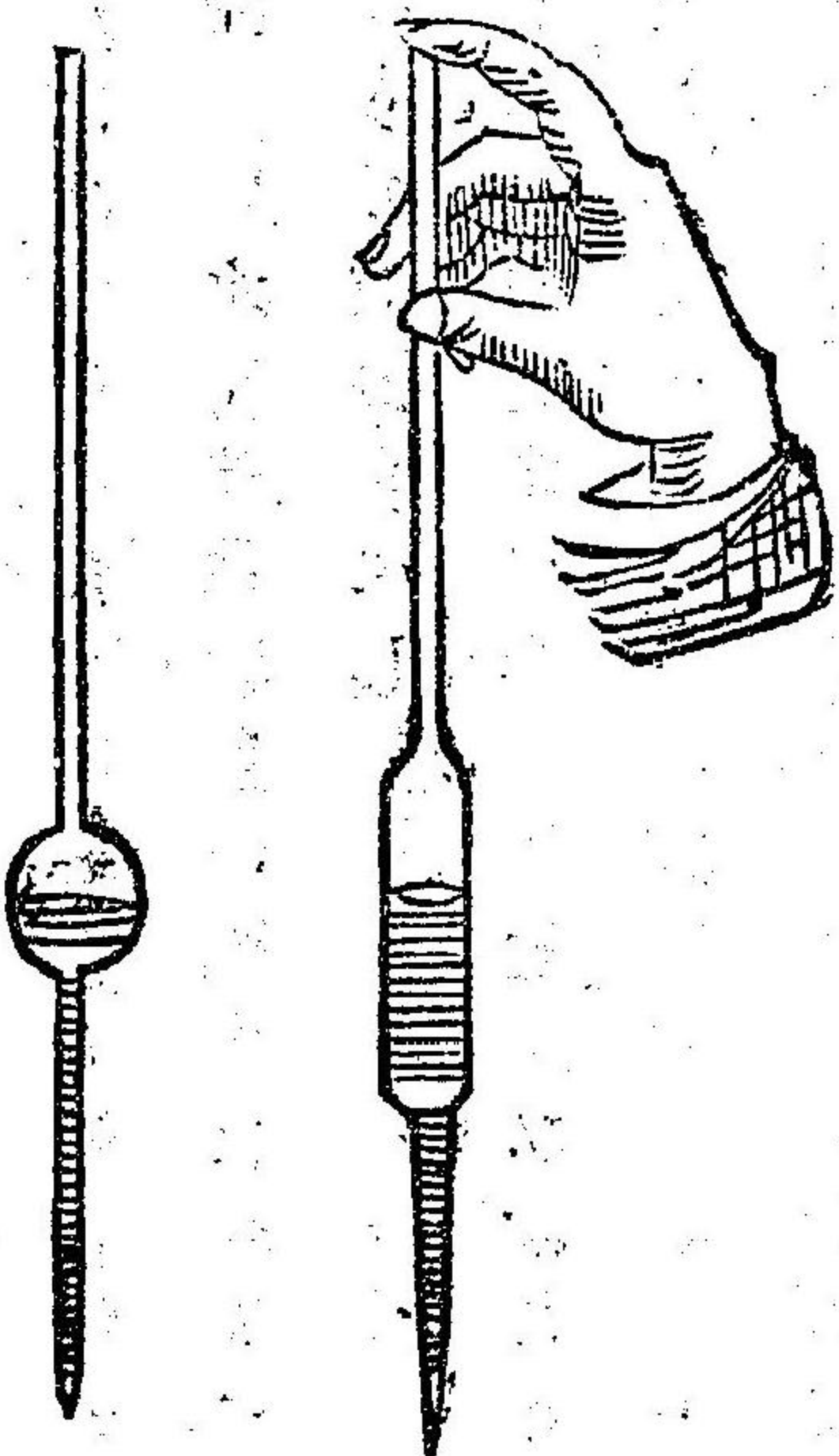


空氣との交通を絶ち兩半球を鐘臺より離し上下の半球に附着せる把柄を取りて之を引き離さんとするも強大なる力を以てするに非れば容易に其目的を達すると能はざるべし  
 第五十六圖甲は一の細長き玻璃鐘にして其底は眞鍮の蓋を以て密閉し之上端の尖れる管を貫きたるものなり又管の下方に

開閉自在なる活栓あり先づ之を開き排氣鐘を以て内部の空氣を除去し急に活栓を閉ぢて鐘臺より離し管の下端を水中に没し然る後活栓を開けば水は外部空氣の壓力に由りて管を昇り其尖端より細き水流となりて噴出すべし  
 右と同一の實驗は排氣鐘を用ひざるも左の如き簡易なる法に依りて之をなし得べし即ち乙圖に示す如き一小玻璃鐘を取り密に適合せる「コルク」栓を以て其口を塞ぎ「コルク」栓に孔を穿ち之に上端の尖れる玻璃管を貫き更に玻璃管の下端に長さ四五寸許りの護謨管を附着すべし而して護謨管の一端を口に含み玻璃鐘内の空氣を吸ひ出すべし若し一度に充分の空氣を吸ひ出すと能はざれば兩指を以て固く護謨管の孔を塞ぎ外部空氣の侵入を防ぎ數回口を以て内部の空氣を排除し急に護謨管を水中に投すれば水は玻璃管の尖端より噴出すると前實

験に於けるが如し又此實驗と反對に水を玻璃罎の内部より噴出せしめんと欲せば罎に半分許水を盛り玻璃管の尖端を「コルク」栓の上に出し其下端を水中に沈め此玻璃罎を排氣鐘臺の上に載せ玻璃鐘を以て之を被ひ空気を排除せば罎内の空気は水面を押し水をして管の尖端より噴出せしむることを得

圖 七 十 五 第



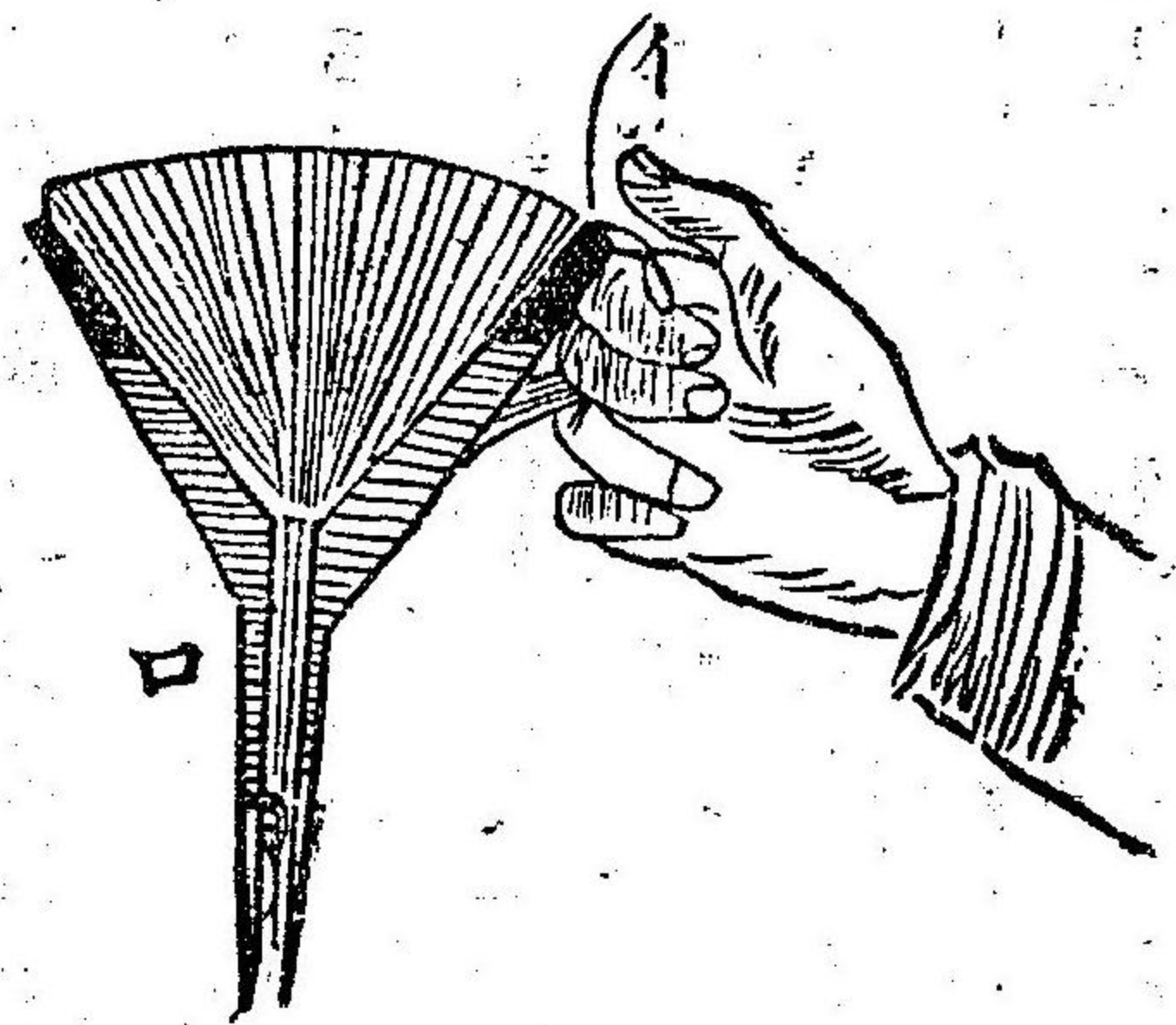
(第六十) 「ピペット」  
 兩端の開放せる玻璃管にして第五十七圖に示すが如く中部を膨大して球狀若くは圓筒狀となせるものなり今此管の上端を口に含み液体を吸ひ或は單に管を液体中

に沈めて之を管内に入れ急に指を以て上端を閉塞して液体中より取出せば其中にある液体は空気の上方の爲に流出せざるべし然れども少しく指を緩め空気を以て管内に入らしむれば液体は忽ち流出す斯の如く指を以て隨意に液体の噴出を制限す可く其便利少なからざるものなり故に化學的實驗を施すに當り往々一定容量を有する「ピペット」に液体を充し之を徐々に他の器に移し以て使用せる液の容量を測定するとあり

(第六十一) 魔術漏斗 魔術漏斗は第五十八圖に示すが如く通常「ブツ」にて二重に製せる漏斗なり此漏斗の内外中間にある空隙は其柄に近き處に穿てる「イ」なる小孔に由りて外部の空気を交通す又二つの漏斗は「ロ」なる孔を以て互に相通す今漏斗の中間にある空隙に或る液体を充し「イ」なる孔を開閉すれば或は液体をして流出せしめ或は之を杜



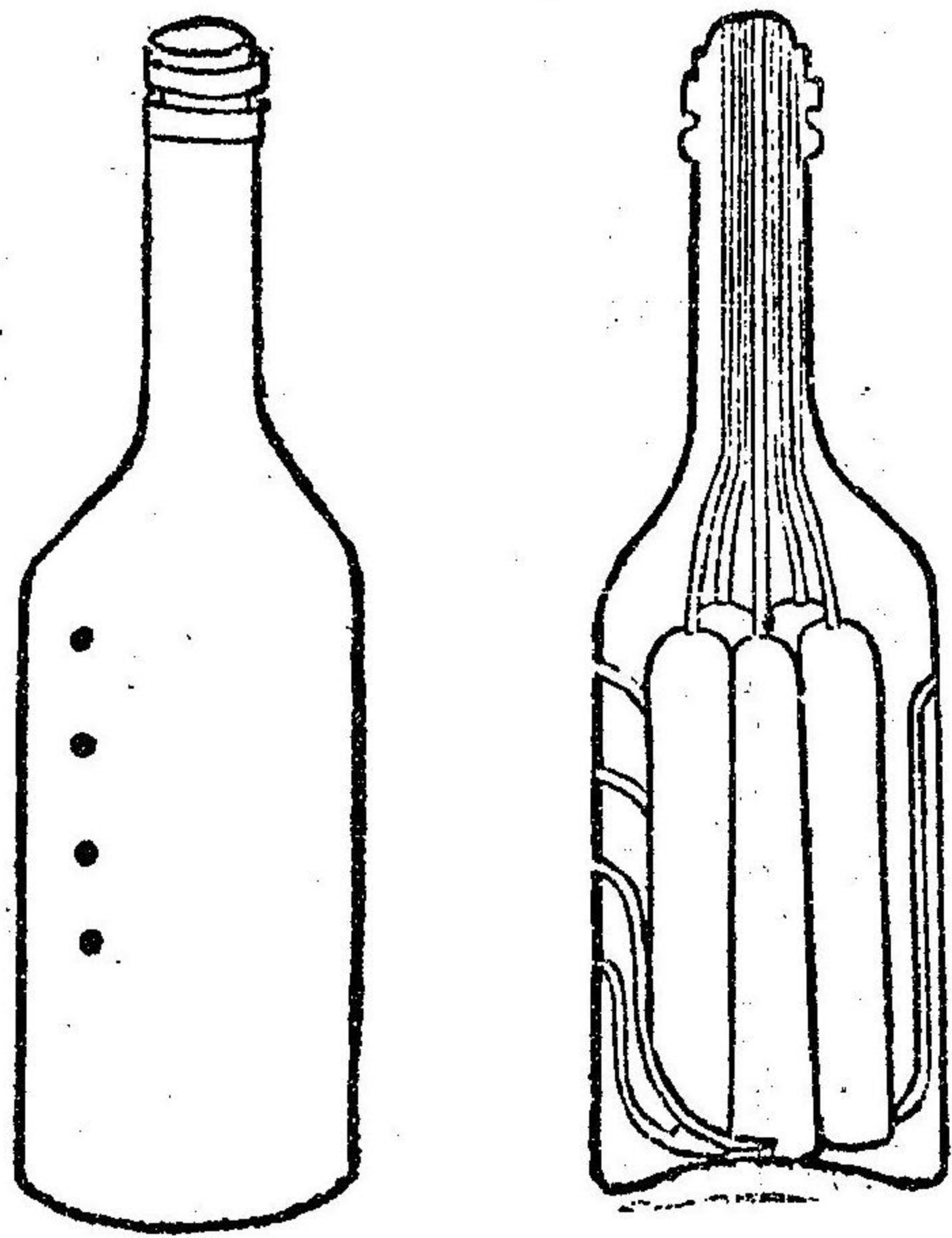
圖八十五第



絶せしむるを得べし而して孔の開閉は拇指を用ひ傍看者に知らしめず竊に之を行ふとを得べし弄玉師は此漏斗の空隙に赤く着色せる葡萄酒を盛り内部の漏斗に清水を注入し拇指を用ひて、孔を開閉し或は水のみを出し或は水に酒を混じたるものを出し以て人目を驚かすとあり

第六十二 無盡瓶 無盡瓶は魔術漏斗と同一の理に由りて造れるものにして不透明の一大瓶より成る此瓶の内部に五個の細長き壺あり其底より五本の管を出す此等の管は瓶の側面に於て開口す故に五本の指を用ひて容易に之を開閉するとを得又壺の上部は各細き管をな

圖九十五第

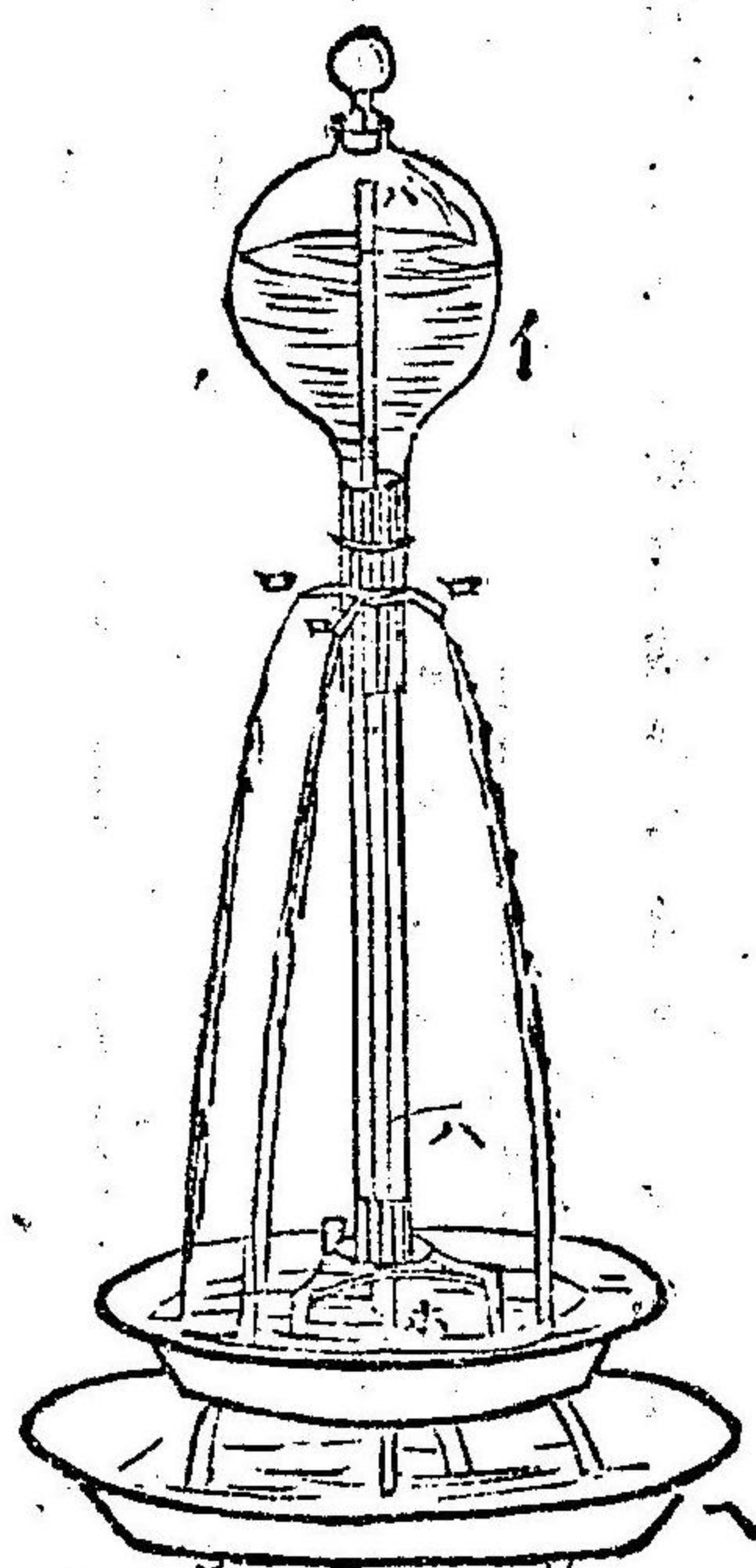


其理同一なれども實驗者を煩はさず液体をして自ら器械の作用に依り或は流出せしめ或は液流の杜絶する如く造れるものなり此器械第

し瓶の頸部に於て其口を開く今五個の壺に五種の異なる液を盛り然る後其一を充たせる壺と連通せる孔を開けば此液を流出せしむるを得斯の如く五種の液中如何なるものにても随意に之を斟出すとを得べし

〔第六十三〕 間歇噴水器 置は前節に示せるものと

圖 十 六 第

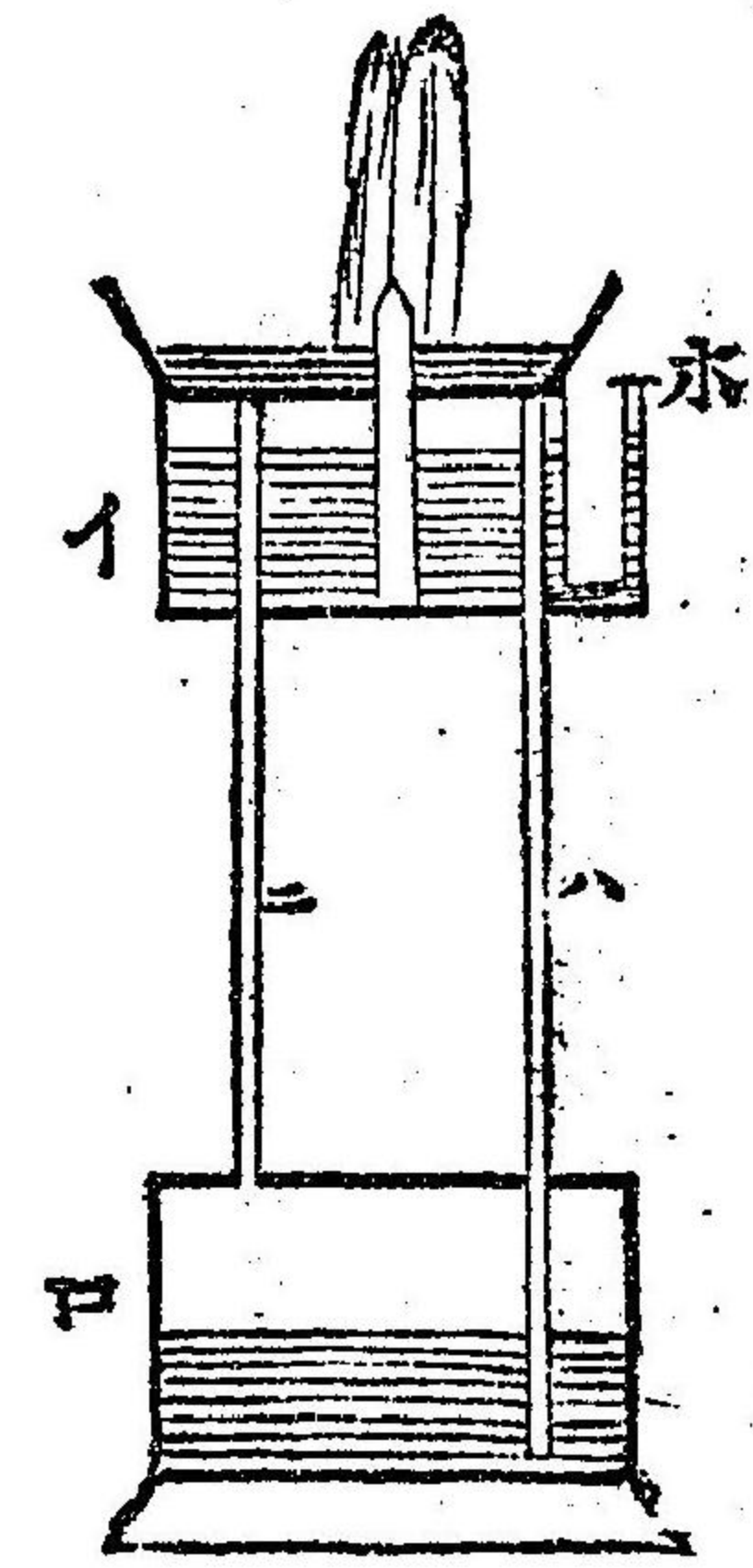


に示す如く其上部に「イ」なる玻璃球あり其口は栓を以て密に之を閉塞す球より稍「下」りて之と連通せる「ロ」なる水の流出管あり又器械の中央に兩端の開放せる長さ管「ハ」あり其上端は殆んどの球口に接し其下端は一方を尖らし「ニ」なる皿の底より少しく離れたる處に達す「ニ」なる皿の中央には一小孔「ホ」を穿ち之れより皿中の水をして其下にある「ヘ」に流入せしむ今球に水を七八分位充たし「ハ」なる管の上端を水面以上にあらしめ球に栓をなせば水は「ロ」より流出し先づ其下にある皿「ニ」に入り後終

に「ヘ」なる皿に移るべし然れ共上方にある皿の中央に設けたる「ホ」なる孔は甚だ小にして之れより流出する水の量は「ロ」より流入する水の量より少なきを以て水は次第に此皿の中に集積す而して「ハ」の下端は終に水中に没し爲に外部空氣と球の上部との交通を絶ち従て球の内部にある水は「ロ」の外部より内部に向て空氣の壓力を受くるのみなれば流出せざるべし然れども數分時の後には「ニ」なる皿にある水は「ヘ」に移り「ハ」の下端は水面上に出で、外部空氣と球の上部との交通を開き水は再び「ロ」より流出す斯の如く水の流出に間斷あるを以て之を間歇噴水器と云ふ此器械は水桶、烟管及び盥等を用ひて容易に之を造ることを得

〔第六十四〕 ヒーロン氏の噴水器 此噴水器は少量の水を注入して其壓力に由りて水を噴出せしむるものなり其装置は第六十一圖に示す

圖一十六第



如く「イ」及び「ロ」なる圓筒狀の器より成る「イ」の上には一大皿を備ふ其中央に上端の尖れる細管あり管の下端は殆んど「イ」の底に達す又「ハ」は皿の底より始り「ロ」の底に終る管にして「ニ」は

「イ」と「ロ」との上部を連通する管なり此器械を使用せんとするには先づ「イ」なる器は水を七八分位盛り然る後皿の上に少量の水を注入し「ハ」を通じて「ロ」に入らしむ斯の如くすれば「ロ」の上部にありたる空氣は水の爲に押出され「ニ」を通過し「イ」の上部に移り其中にある水を壓して皿の中央にある管より噴出せしむ此水は再び皿の上に落ち「ハ」より「ロ」に入り更に空氣を「イ」に送りて水を噴出せしむると上に述ぶるが如し而し

圖二十六第

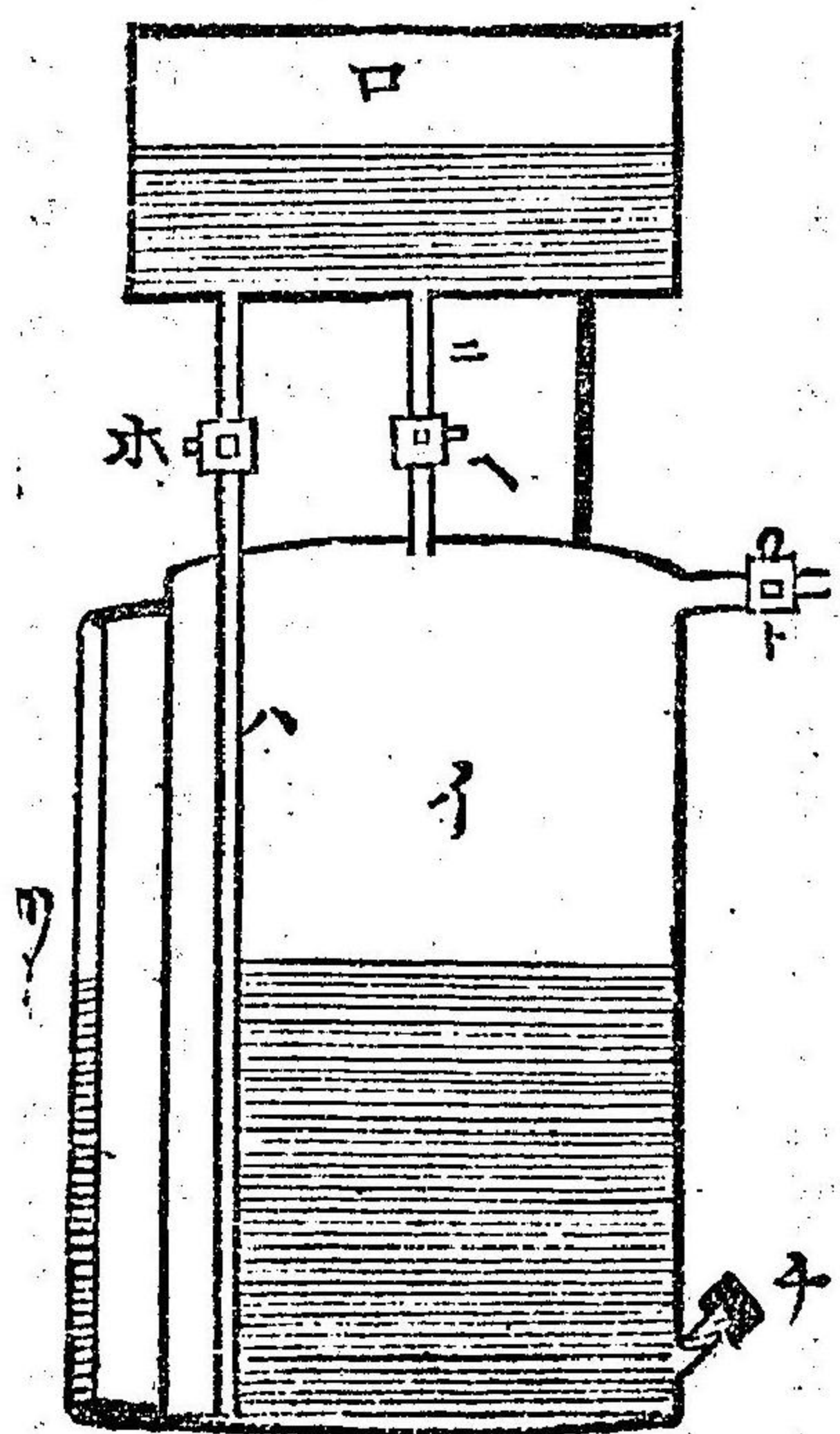


「第六十五」マリオート氏の體「マリオート」氏の體は液体をして常に均一なる勢を以て流出せしむるを得る器械にして第六十二圖に示す如き一つの「フラスコ」より成り其口は兩端の開放せる管「イ」を挿入したる「コルク」栓を以て閉塞す又體の底に近き處に液体を流出せしむ可き管「ロ」あり今此體及び「イ」なる管に水を充滿し然る後「ロ」の口を開けば之に接近せる水の分子は外部空氣の壓力を受けて體の内部

て「イ」に水を盛るには通常之と連通する玻璃管あるを以て此管の上端にある栓「ホ」を開き適量の水を注入し固く其口を閉塞すべし又「ロ」に集れる水は其底に設けたる栓を開いて之を流出せしむるものとす

に向て壓せらるべしと雖ども此分子は又「ロ」より以上「イ」の上端迄を充満する水柱の下壓力と外部空氣の壓力とを受けて體の内部より其外部に向て押出されんとす斯の如く反對の方向に作用を呈する二力中後者は前者より大なると固より明かなり之に由りて水は「ロ」より流出す而して此水を補はんが爲に「イ」管内の水は忽ち落下して體中に入るを以て「ロ」より噴出する水の勢は漸く衰ふべし然れども「イ」管中にある水の悉く體に移りたる後は「ロ」より水の流出するに従ひ之と同容積の空氣は徐々に水泡をなして「イ」の下端より體の上部に昇るが故に「イ」の下端と全一の水平面以上にある水の下壓力は「イ」管を通じて壓する外部空氣の力と互に相平均して其水重を下層の水に及ぼさず爲に體内水面の降りて「イ」の下端を露出せざる間は「ロ」より噴出する水の受くる壓力は常に「イ」の深さを有する水柱の壓力に均しきものにして増減

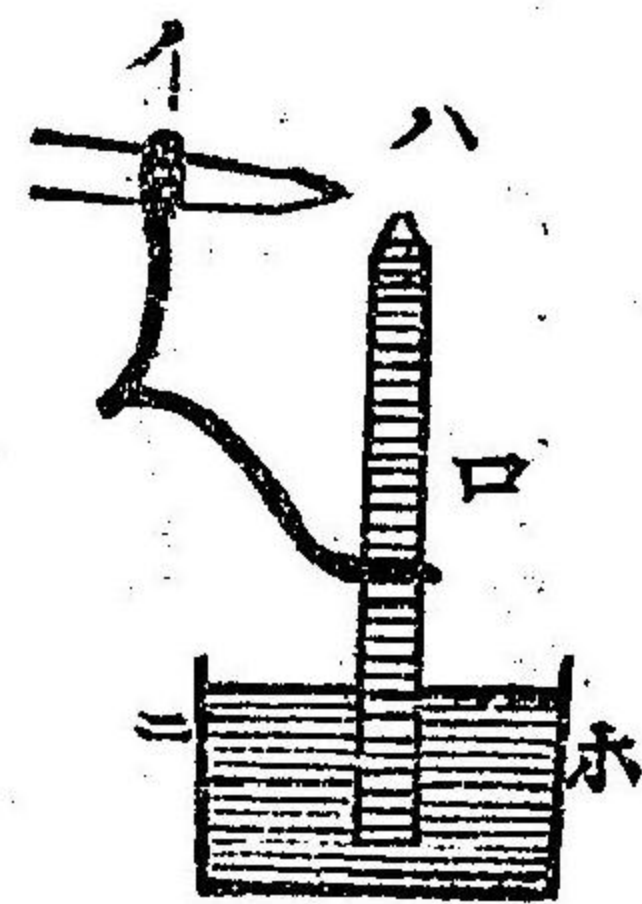
圖三十六第



あるとなし是れ水勢の均一なる所以なり  
 [第六十六] 瓦斯溜 瓦斯溜は諸種の瓦斯を貯藏し置くべき器械にして化學驗實室に於ては欠く可らざるものとす第六十三圖は瓦斯溜の略圖にして通常「ブリキ」にて造れる二つの圓筒「イ」「ロ」より成る此等は圖に示す如く「ニ」及び「ハ」なる二本の管によりて連通す「ホ」は開閉自在なる活栓なり「イ」の右方に於て其上部より細管を出し之にも亦活栓「ト」あり而して「イ」の底に近く「チ」なる管を備ふ其口には捻栓ありて隨意に開閉する

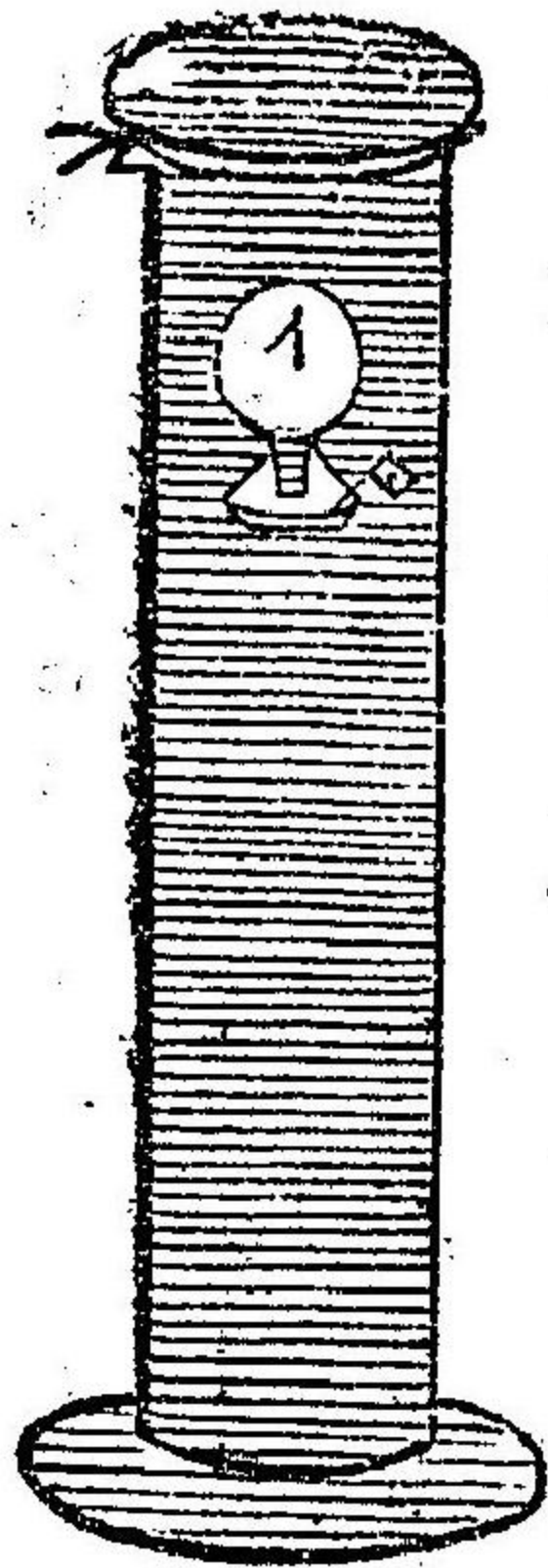
こゝを得此器に瓦斯を貯へんには先づ「チ」なる捻栓を閉ぢ「ホ」への活  
 栓を開き「ロ」の上部より水を注入して器に充滿せしめ然る後活栓を悉  
 く閉塞して「チ」の口を開くべし斯の如くするも水は此口より流出せざ  
 るものなり何となれば器内の水は唯だ一方より外部空氣の壓力を受  
 くるのみにて恰かも茶碗に水を充滿し其口に厚紙の蓋をなして急に  
 之を轉倒せる場合と全一なればなり是に於て瓦斯發生器の誘導管を  
 「チ」の口より瓦斯溜の中に挿入して瓦斯を之に輸送すれば瓦斯は水泡  
 をなして「イ」の上部に昇り水は爲に排斥せられて「チ」より流出すべし而  
 して「ハ」の下端の未だ水面上に露出せざる前に「チ」を閉づれば瓦斯は器  
 より出ると能はずして永く之を貯ふるとを得「リ」は玻璃管にして「イ」と  
 連通す故に「リ」の中にある水面の高さを見て器の如何なる部分迄瓦斯  
 の充滿せるやを知るべし

圖四十六第



〔第六十七〕霧吹き 霧吹きは「イ」「ロ」なる二本の管より成る「ロ」の上端は  
 其口を細くす今此管を第六十四圖に示す如く「ニ」「ホ」なる水を盛れる器  
 の中に挿入し「イ」より「ハ」に向て空氣を強く吹けば此空氣は「ハ」に來りて  
 急に擴散し爲に此處の氣壓減少するを以て  
 外部空氣は「ニ」「ホ」の水面を押し水を「ロ」に押し上  
 げ其上部より霧の如く飛散せしむべし之に  
 由りて細管を急に流通する空氣の稍廣き處  
 に出る時は吸引作用を起すものなるを知る

圖五十六第

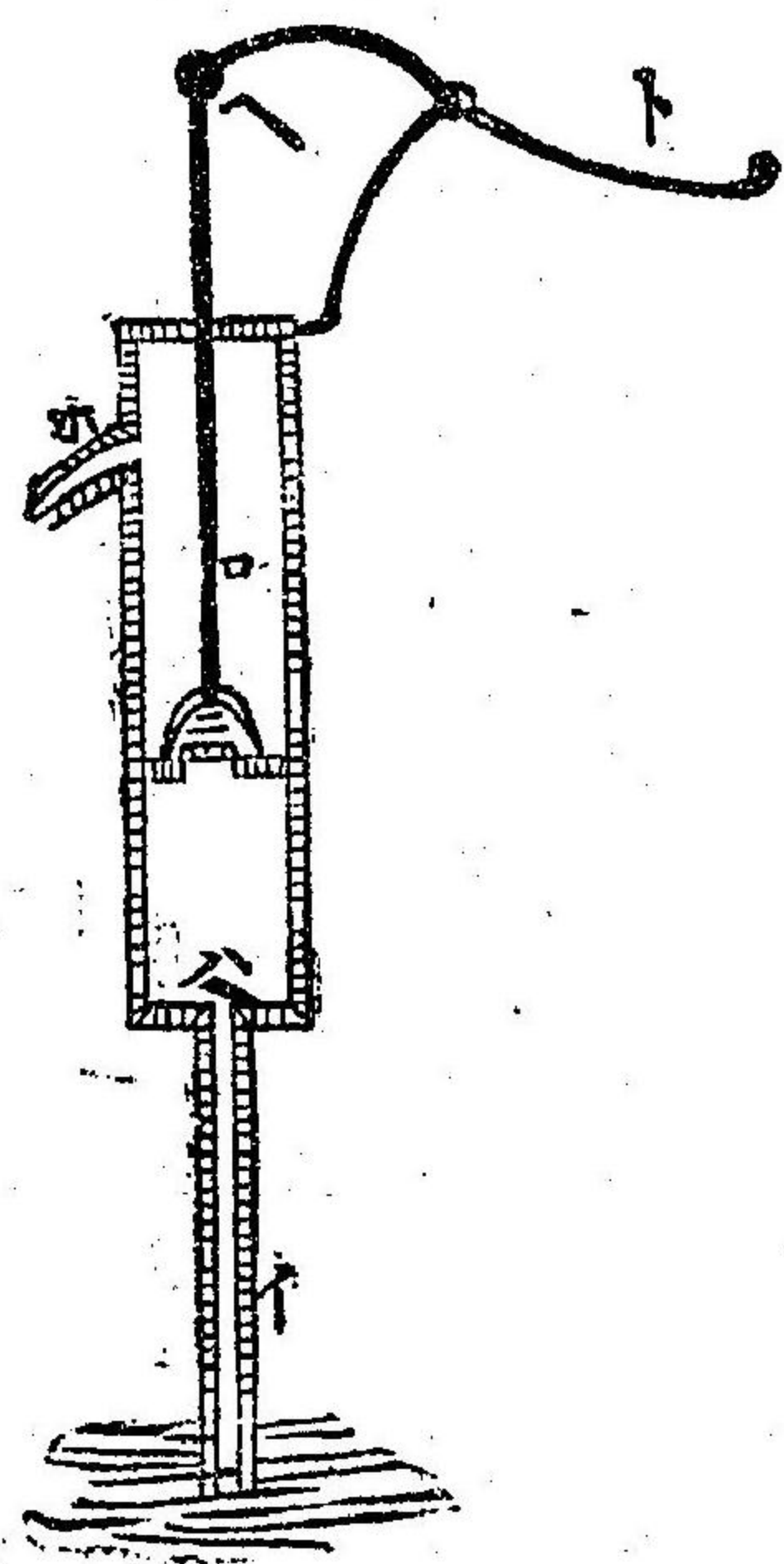


〔第六十八〕浮沈子 浮沈子は  
 空氣の彈性に富み且つ壓力を  
 受けて收縮し易き性あるとを  
 証明する玩具なり第六十五圖

に示すものは沈浮子にして、イは直徑五分許の小玻璃球なり之を圖に示す如く其口を下に向て球の下方に船の如きものを附着し風船の形となし之を水を盛れる圓筒の中に浮べ然る後護謨の膜又は膀胱を圓筒の口に張りて之を密閉し指を以て膜を壓すれば其壓力に由りて球内の空氣を壓搾して水は少しく其中に入り重量増加するを以て球は水中に沈むべし是に於て指を放てば壓力忽ち減じ球内空氣は彈性に依り膨脹し水を外部に排斥して其重量を減ずるが故に球は再び水面に浮び出づべし斯の如く指を以て隨意に球を浮沈せしむるを得魚の鰾ウキヅノロも亦此理に由る魚は筋肉を緊張若くは弛緩して鰾の中にある空氣を或は膨脹せしめ或は壓搾し以て水中を浮沈するなり

〔第六十九〕 唧筒ポンプ 唧筒は低處の水を高處に吸引する器械なり或は同高の處に於て水を遠方に移す用をなすものにして排氣鐘と同一の理

第 六 十 六 圖

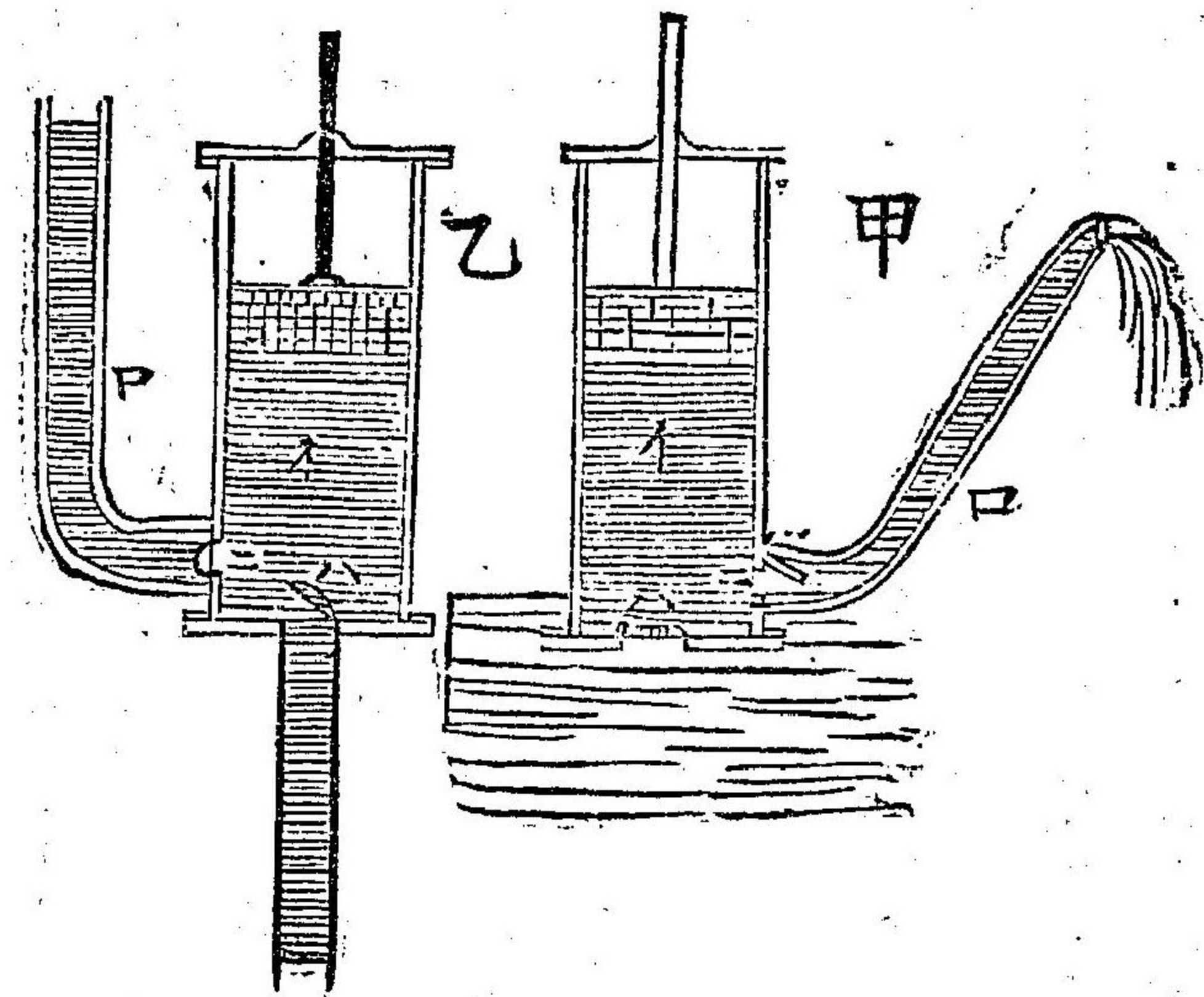


に基て製造せるものなり唧筒に二種あり吸上唧筒及び壓搾唧筒是なり

第一吸上唧筒 吸上唧筒は第六十六圖に示す如く吸水管、イ及び圓筒「ロ」より成る吸水管と圓筒との互に相接する所には上方にのみ開く所の瓣「ハ」あり圓筒中には能く之に適合する活塞あり活塞の中央にも上方に向てのみ開く所の瓣「ニ」あり活塞は一條の棒に依りて上下に運動するを得而して圓筒の側面には水の流出すべき口「ホ」を備ふ今吸水管「イ」を水中に挿入し「ヘ」なる槓杆の一端を以て圓筒の底に近き處に置きたる活塞

を引上ぐれば、ハなる瓣と活塞との間には空虚を生じ、ニは其上部にある空氣張力の爲に閉鎖すべし故に吸水管中にある空氣の幾分は其張力に依りて、ハを開ひて圓筒中に侵入し、イ管内の氣壓減少す之に由りて外部空氣の壓力偏大となり若干の水を管内に押上げ始めて内外氣壓は互に相平均するに至る是に於て活塞を壓下すれば、ニハの間にある空氣は壓迫せられ、ハを閉塞し吸水管の方に逃るゝと能はずして、ニを開き活塞の上に出づ此時再び活塞を引擧ぐれば、ニハの間に空虚を生じ吸水管中にある一部分の空氣は圓筒内に入り管内壓力の減少すると最初に述べたるが如きものとなり之を補はんが爲め水の管内に昇ると前よりは高かるべし斯の如く活塞を數回上下に動かせば空氣は終に悉く圓筒より排出し水は之に代りて其中に入り活塞の一上一下に由りて、ニの瓣を開ひて其上に出で、ホより流出す

第 六 十 七 圖



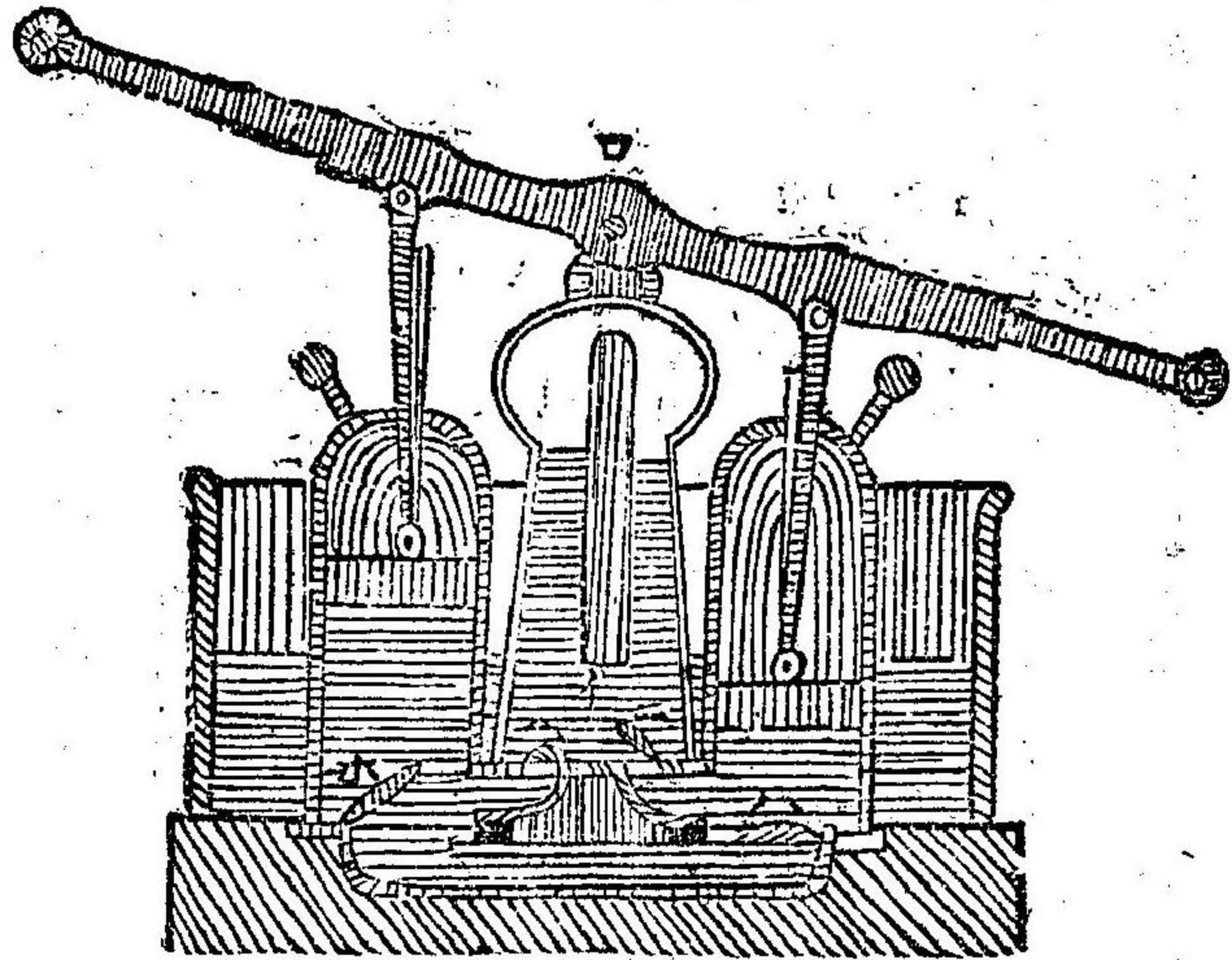
此唧筒を用ひて水を高所に吸上んと欲するも一定の高さを越ゆると

能はず即ち吸水管の長さ凡そ三丈四尺以上となれば外部空氣の壓力を以て水を圓筒に昇らしむると能はずして唧筒は其用をなさざるべし但し是れは摩擦なき時のごとにして實際は吸水管の長さ之れより遙に短きものに非れば水は上昇せず  
第二壓搾唧筒 壓搾唧筒は隨意の高さに水を壓上するを得るものなり此唧筒は第六十七圖(甲)

に示す如く圓筒「イ」及び壓上管「ロ」より成る圓筒の底には上にのみ開く所の瓣「ハ」あり又圓筒と壓上管と相接する所にも外部に向てのみ開く瓣「ニ」あり而して圓筒内を上下に滑動する活塞には瓣を具へず今圓筒の底を水中に沈め活塞を引揚ぐれば水は「ハ」なる瓣を開いて筒中に入り活塞の下る時は此水は其壓力に因りて「ハ」を閉ぢ「ニ」を開いて壓上管に流入し終に其口より噴出し三十四尺以上の處にも能く之を上昇せしむるを得べし通常此唧筒の圓筒の下には乙圖に示すが如く吸水管を附着す

〔第七十〕消防用唧筒 消防用唧筒は中央に空氣を包有する一個の氣槽「イ」〔第六十八圖〕を具へ其左右に二個の壓搾唧筒を有するものなり此等唧筒の活塞に附着する棒は「ロ」を支点として上下に動く所の槓杆の兩臂に連接す故に槓杆の兩端を更る々々上下すれば活塞も亦之と共

圖八十六第



に唧筒の内部を昇降す而して二の唧筒は共に一大水槽中にあるを以て此水槽の口を護謨管に由りて井戸或は川の如き水源と連通せしめて活塞を上下せしむ今圖に示す如く右方の活塞下れば「ハ」なる瓣は閉ぢ水は「ホ」を開き右方の唧筒に入る是に於て左方の活塞を壓下すれば唧筒内の水は「ホ」を閉ざし「ヘ」を開いて氣槽中に進入す此間に水は又右方の唧筒に入り其活塞の下る時は「ニ」を開いて「イ」の中に入る「ハ」の



開く際には「ホ」は閉ぢ「ホ」の開く時は「ハ」は閉じ氣槽の底にある「ニ」及び「ヘ」なる瓣を更る々々壓開して氣槽内に侵入し其中にある空氣を壓し其彈力に依りて反撃せられ唧筒に戻らんとすれども「ニ」「ハ」の瓣は外に向て開かざるを以て止を得ず氣槽の中央にある管を昇りて外部に流出す

音 學

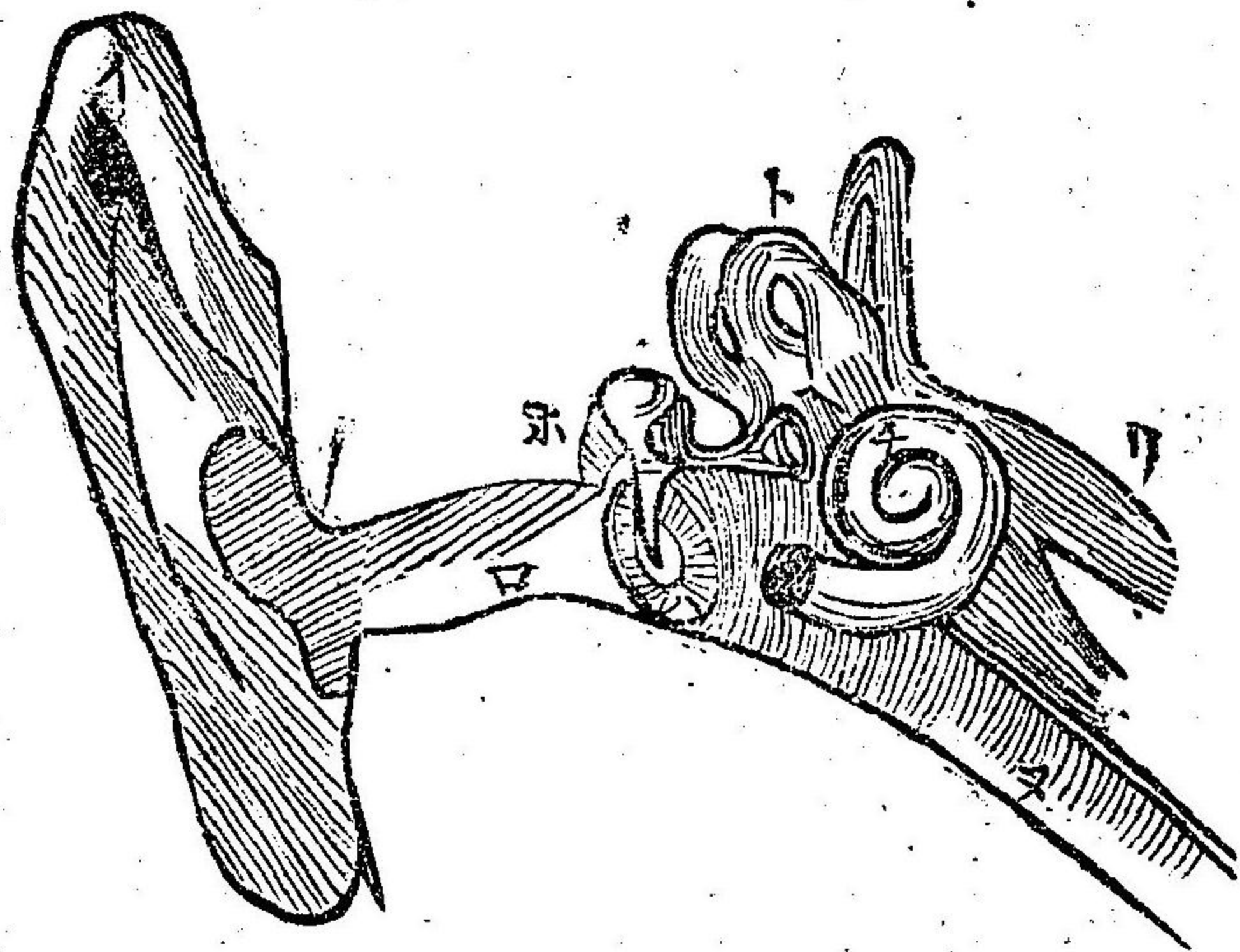
〔第七十一〕音の性質。時計の振子の如く重き物体を糸にて或る点より懸垂せるものは左右に運動すると得此種の運動を名づけて振動カタチと云ふ振動には三種あり其一を横振動カタチと名づく右に述べたる時計振子の如く左右に運動するものなり其二を堅振動カタチと云ひ護謨糸を一点より懸垂れ其下端に重き物体を附着し此物体を下方に牽ひき然る後手を放ちたる時の如く上下に運動するものなり其三を回旋運動カタチと云ふ

糸の一端に懸垂せる重き物体を取り糸を數回振りて手を放ちたる時の如く環狀に回轉し一順一逆交々回旋するが如き運動を云ふ此三種の振動は音と稱する現象には頗る親密なる關係を有するものなり此等の振動は其運動を始むるや漸く速度を増し嘗て靜止せる時に占めたる位置に復するに及びて最も疾く之を超ゆれば漸く速度を減するものとす

試に三弦を取り之を彈すれば其弦は振動して「コマ」に觸る「コマ」は其振動を直下の空洞に傳へ此空洞の振動は四方の空氣に波及して始めて耳内に達するなり此際空氣は一種の波動を起すと恰かも石を水中に投ずる時は水面波紋を生じ其運動漸く周圍に布及するが如し唯だ其異なる所は水面の波動は互に凹凸をなし一平面に擴布するのみなれども音響の波動は之に反して空氣に濃淡の部分交々起り四方に擴散す

るなり  
 凡て物体の波動をなすや其物体は一處に止まりて振動するものにして進行するものにあらず今海岸に出で、渺茫たる大洋を望めば波濤漸く岸に向て進み來るが如く覺ゆれども實に然るにあらず唯だ水分子の上下に動き其振動漸く四方の分子に波及するなり猶麥圃の風に動くや麥浪は恰かも進行し來る如く見ゆれども實は麥の左右に振動するのみにして進み來るにあらざるが如し音響の波動も亦此の如く唯だ空氣より空氣に傳はり漸次四方に傳播するなり人の音響を聽くは前に述べし如く音波の耳内に達し始めて之を辨知するなり  
 耳の外部に木葉の如き形をなせるものあり之を外耳と云ふ外耳より耳内に連れる官管あり之を聽道と名づく其最終に鼓膜と稱する膜あり之を限界す例へば鼓膜は猶ほ太鼓の如し之に接して槌に似たる骨

第 六 十 九 圖



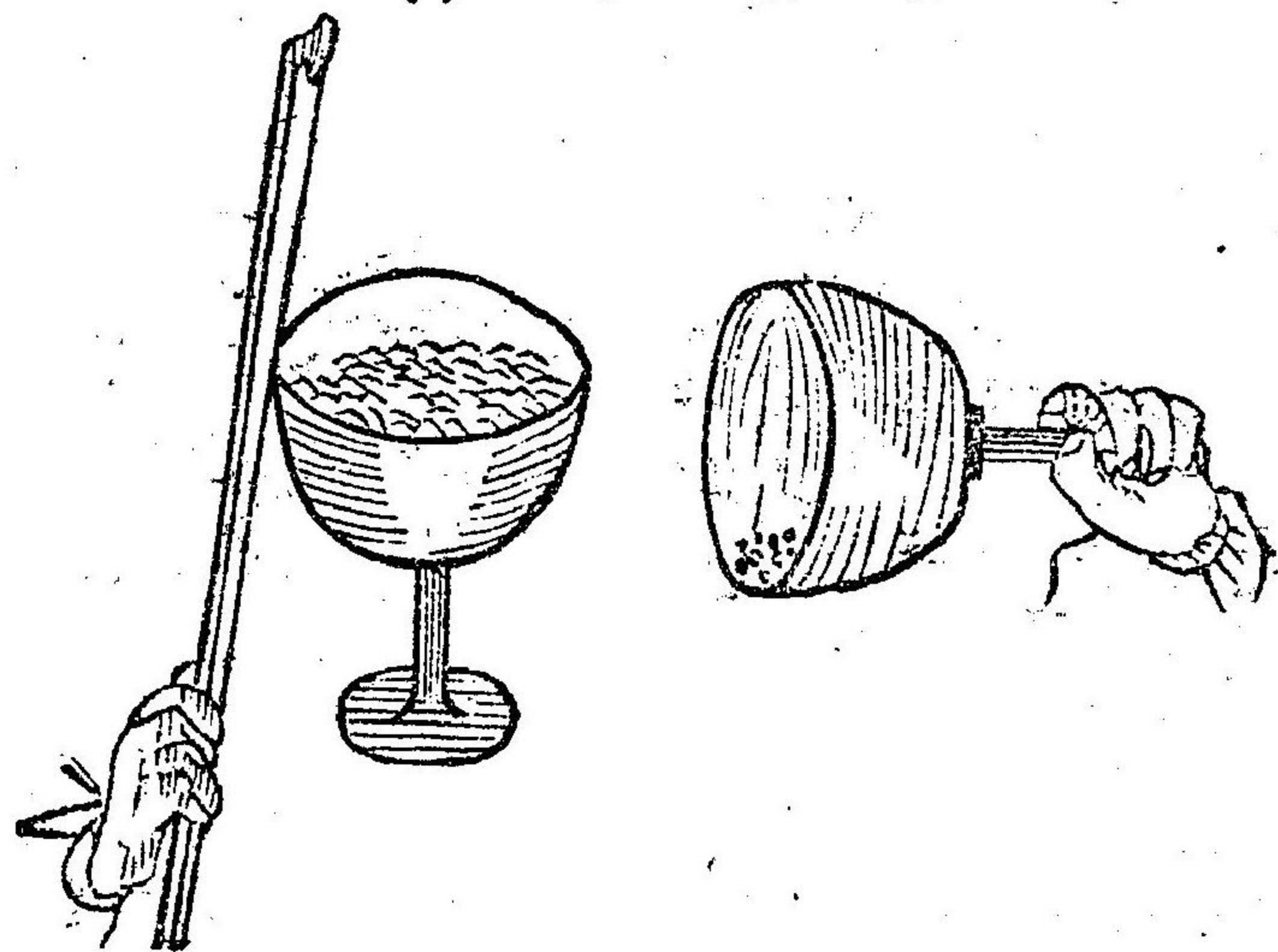
イ 外 耳  
 ロ 聽 道  
 ハ 鼓 膜  
 ニ 槌 骨  
 ホ 砧 骨  
 ヘ 馬 鎧 骨  
 ト 三 半 規 管  
 チ 蝸 牛 殼  
 リ 聽 神 經  
 ヌ 歐 斯 答 機 管

を以て名づく其内部は複雑にして回旋するを以て之を迷路と稱す其

あり之を槌骨と云ふ此槌骨の側に一骨あり之を砧骨と云ふ其形恰かも鞍に似たり已に鞍あり亦鎧なかるべからず故に其後に一骨あり之を馬鎧骨と云ふ以上三小骨の側に三個の圓環狀をなすものあり之を三半規管と云ふ其後に蝸牛殼あり形の似たる

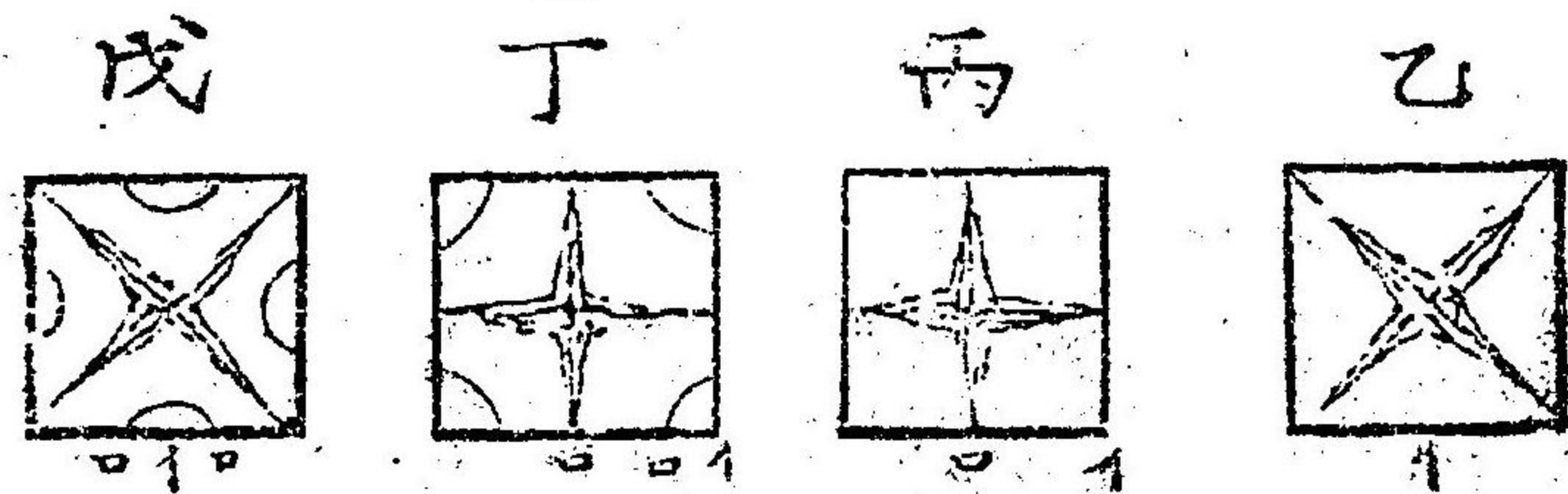
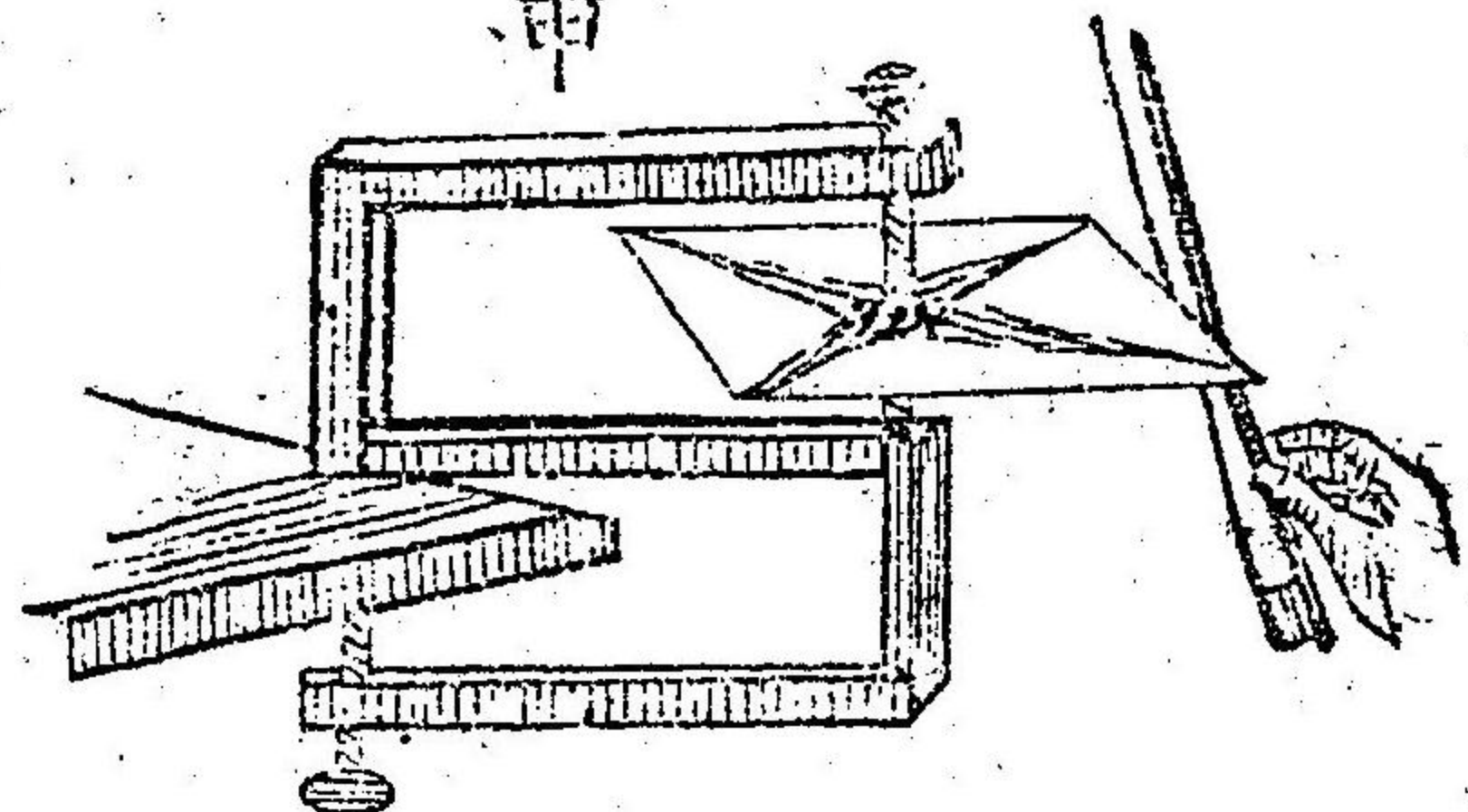
後より聽神經來りて耳内に入る又其下より口内に通ずる管あり之を  
 歐斯管オース管幾管と云ふ此管の主用は耳内の空氣と外部空氣の壓力とを互  
 に平均せしめ外氣壓力の強弱に關せず常に鼓膜兩側面の氣壓を調整  
 せしむるにあり蓋し音響は物体の振動に由りて起り其振動は空氣に  
 傳はり耳内に達し鼓膜に觸れて之を顫動シンドルす其振動は槌骨砧骨馬鐙骨  
 に傳はり聽神經に達し遂に腦に感じて之を辨識するを得るなり  
 今音は物体の振動に依りて起ることを証明せんと欲すれば左の如き實  
 驗を行ふべし  
 試に第七十圖甲の如き鈴を取り之を横に支へ燈心の細片或は南京玉  
 の如きものを其内部に入れ棒を以て鈴を敲き音を發せしむれば鈴の  
 振動に由りて燈心若くは南京玉の彼此に跳躍するを見るべし  
 又此鈴に水を注入し然る後乙圖に示す如く胡弓を以て鈴の縁を摩擦

第 七 十 圖



すれば鈴の振動は水に傳はり其面  
 に美麗なる波紋の起るを見るべし  
 正方形の眞鍮板真鍮板（眞鍮板を得るに能  
 る用ゆべし又螺旋螺旋をなすと能はざ  
 れば兩指間にて板の中央を固く支ゆる  
 可なり）を第七十一圖甲の如く螺旋の  
 裝置を以て机の一端に固着し細末  
 の砂を平に其面に撒布し然る後其  
 一邊の正中正中を胡弓にて擦すれば  
 音を發して振動し砂は乙圖に示す  
 如く兩對角線の處に堆積すべし又  
 丙圖の如く「口」点に指を置き軽く之  
 を抑へ一角一角を擦すれば砂は兩邊

圖一十七第  
甲



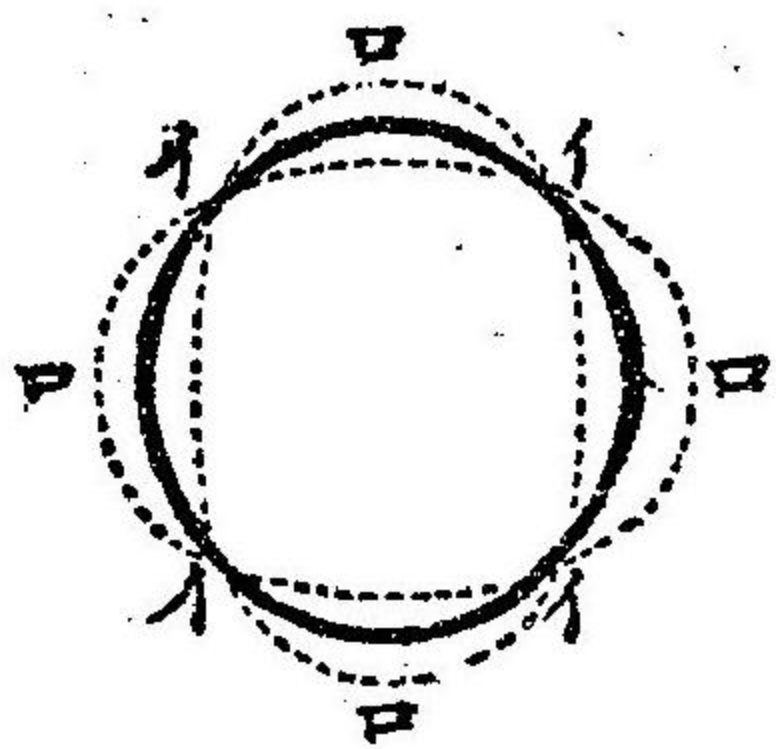
の正中を連結し十字形に堆積す  
又圖ノ如く「ロ」の二点に指を  
置き「イ」を擦すれば前と同様に十  
字形を画くのみならず真鍮板の  
稜角リョウカクに於て曲線を作るべし而し  
て戊圖の如く「ロ」の二点に指を  
觸れ其中央「イ」を擦すれば砂は全  
圖の如く集積するものなり正方  
形板の代りに圓板を用ひ其内周  
の一点を擦するも亦砂をして其  
面に二線を画かしむるを得此  
等の線は九十度の角をなして互

に圓の中心に於て交はるべし若し内周の一点に指を觸れ此点より全  
周の十二分の一即ち三十度の處を胡弓にて擦すれば圓の中心に於て  
六十度の角をなして互に交はり三本の線を作る斯の如く指の位置に  
由りて種々フシフシ複雑なる線を書かしむるを得是れ西曆一千七百八十三年  
の頃「サクソニー」の音楽家「クラドニ」氏の發明せし所にして「クラドニ」  
の圖と云ふ斯の如き奇異なる形象を生ずる所以は總て振動体には運  
動の劇烈なる部分と否らざる部分との二点あり時計の振子に就て既  
に之を上ウに述べたる如く其静止の位置に復する際には運動最も迅速  
にして之れより左右同距離に運動の殆んど止まんとする處あり今胡  
弓を以て真鍮板の一点を擦すれば此部分は振動最も甚だしく或は上  
に動き或は下に向ふべし此際板の他の部分は其振動を傳へて反對の  
運動を起さざるを得ず是れ恰かも水の振動して波浪を生ずる場合に

一部分の水は凸隆<sup>トツリニウ</sup>して山となり他の部分は陥没<sup>カンボツ</sup>して谷となるが如し板の上に向て動きたる部分と下に向て運動せる部分との間に上下孰れへも動かざる處あるべし此点は即ち砂の集合する所なり

〔第七十二〕 腹部及び結節 前に述べたるが如く音は物体の振動に依りて起るものにして物体の振動をなすや恰も水の波浪を起す如く必ず最も劇烈に運動せる部分と否らざる部分との二点を交々生ずるものなり而して運動の劇烈なる部分を名づけて腹部<sup>ヘイブ</sup>と云ひ其割合に静かなる處を結節<sup>ケツノブ</sup>と稱す第七十一圖の「イ」は腹部「ロ」は結節のある處なり今眞鍮圓板の一点に指を觸れ之れより三十度を距る處を胡弓にて擦すれば指を以て抑へたる部分は運動すると能はずして結節となり之れより三十度の處に腹部を起し此運動眞鍮板の全面に波及して腹部の左右三十度毎に結節を生ず結節は運動の最も静かなる處なるを以て砂は此部分に集まり三條の線となり互に六十度の角をなして板の中心に於て相交はるなり

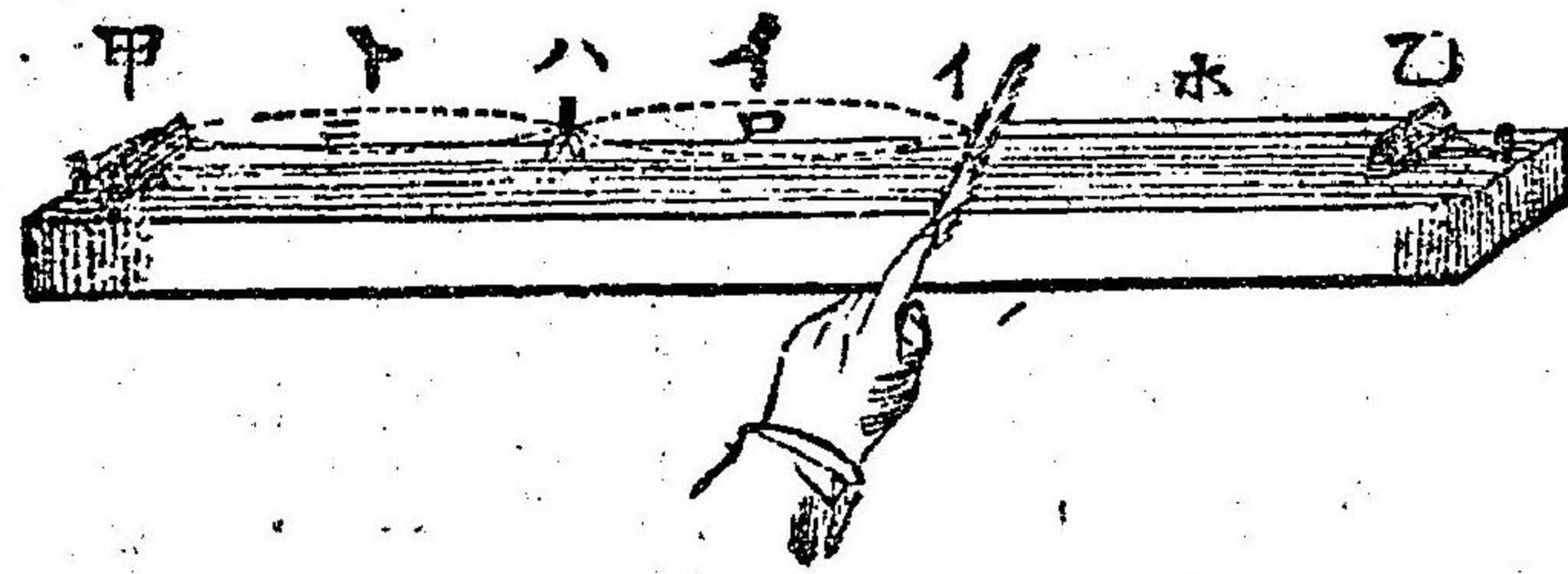
第 七 十 七 圖



第七十一圖乙の場合には對角線の處を指にて抑へたると同一の結果を生ず而して釣鐘<sup>ツリゼネ</sup>若くは半鐘の如きものは同圖の装置と全一にして中央に於て固着せるものなり第七十二圖は釣鐘を鳴らしたる時其振動する狀を示すものとす此圖の連續せる線は音を發せざる鐘の横断面<sup>ワタシヤメシ</sup>を現はすものにして之を敲けば鐘は點線を以て示す如く橢圓形<sup>テツク</sup>をなして彼此に振動す而して「ロ」は腹部にして「イ」は結節のある所なり第七十圖乙の實驗に於ても水面を熟視すれば明に腹部と結節との所在を認むるを得べし

總て發音体の振動するや腹部及び結節の交も起るものにして管に眞鍮板或は鐘の振動する時にのみ限れるものにあらず第七十三圖は一弦琴或は三弦等に於て弦の振動して音を發する際に腹部と結節の起る狀を示すものなり試に甲乙の間にある弦を三分し甲より三分の一の處を「コマ」或は「鶴」の羽にて軽く抑へ「イ」と乙

圖三十七第



の中央なる「ホ」を撥にて弾けば弦は三分して振動し「ニ」及び「ロ」にありたる紙片は落下すれども「ハ」は依然として墜落せざるべし何となれば「ホ」「ロ」「ニ」は腹部にして運動劇しく「イ」「ハ」は結節にして静止せる所なるを以てなり今甲乙間五分の一の處を抑へて之を弾けば弦は五分して振動す而して弦の細に分れて振動するに從て其發する所の音は益々鋭きものとなる第七十一圖の實驗に於てもこの發する音よりは戊の發する音は遙に鋭きことを知るべし又笛の鳴る時も其内部にある空氣振動して結節と腹部と交も起るものなり之を目撃せんと欲すれば第七十四圖に示す如き兩端の開放せる長さ一二尺の玻璃管を取り其一端は厚紙を圓く切りたるものを以て閉塞し其他端

圖四十七第

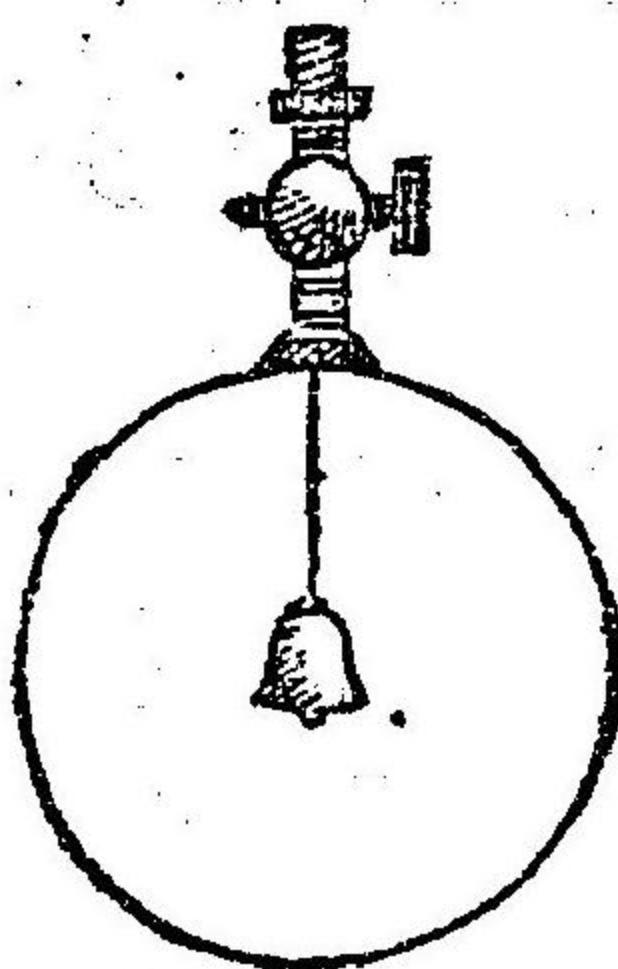


は「コルク」栓にて塞ぎ此栓に小笛を附着す玻璃管内には「コルク」を鋸にて摩擦して得たる細粉を撒布し然る後笛の一端を口に含みて之を吹き音を發せしむれば管内の空氣は此音に應じて振動し腹部と結節とを生ずべし而して腹部に於ては動搖甚しきを以て「コルク」の粉末は高く跳躍し結節に於ては粉末は動かざるべし故に圖に示す如き美麗なる波の管内に生ずるを見る而して笛の調子鋭き時は此波短くして音の鈍き時は其長さ大なり  
笛若くは玻璃管等の音を發するは内部にある空氣の振動に基因し其物質の振動に因て起るものにあらず笛を固く握り物質の振動を妨げ之を吹くも其音に變化なきは一証として見るべし而して笛に於て處々に小孔を穿てる所以は何ぞや蓋し指を以て閉塞せる孔の下に結節の生じたる場合に遽に其孔を開放すれば空氣は管外に流出し孔の直下に其運動劇然な

る處即ち腹部を生じ波の形を變せしめ種々の音調を發せしめんが爲めなり

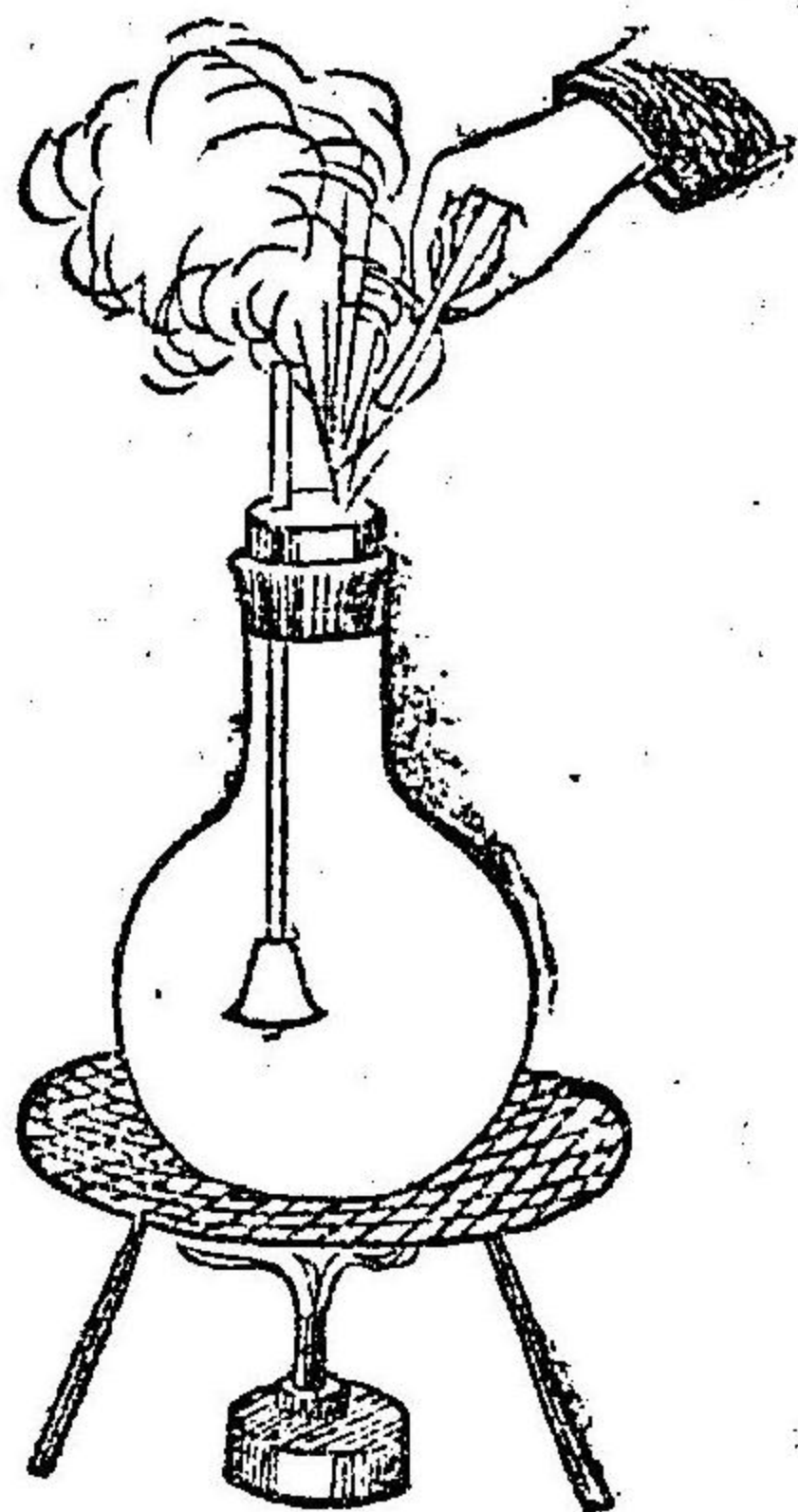
〔第七十二〕 音の媒介音の原因は上節に於て説明せる如く物体の振動にあれども此振動を耳に傳ふべき媒介なき時は音として感ぜざるものなり此媒介となるものは固体液体若くは氣體の孰れにても可なれども要するに彈性に富むものならざる可らず空氣は第六十八節に示せる如く甚だ彈性に富めるものなるを以て音の媒介となりて能く之を遠方に傳達す此事を示す爲には活栓を有する玻璃球の内部に小さき鈴を糸にて懸垂せる器械(第七十五圖)あり先づ空氣の充滿せる時に此器械を振盪すれば明に鈴の發する

圖五十七第



音を聽き得べし然れども排氣鐘を以て球の内部にある空氣を排除して之を動かせば鈴の音は殆んど聽くと能はざるものとなる是れ音を傳ふべき空氣の存在せざるに由る試に此球に水素若くは酸素の如き瓦斯体を充たして鈴を鳴らし其音を空氣を充

圖六十七第



たせる時に發する音と比較すべし球の内部にある瓦斯若し水素の如き輕き性質のものなれば鈴の音は弱くして炭酸瓦斯の如く空氣より重きものなれば其音は強きものなり之に由りて考ふれば音の強弱は發音体を包圍する氣體の密度に關係するもの、如し氣體濃厚なれば音は強く稀薄なれば弱し故に高山の頂上に於けるが如き空氣稀薄の處にて銃炮を放てば其音弱くして空氣の濃厚なる谷底にて發炮すれば其響甚だ強きものなり今左の如き簡易なる装置を用ゆれば發音体の周圍にある空氣の稀薄なるときは其音の微弱なることを容易に示し得べし其法は  
一大「フラスコ」(第六十七圖)を取り之に二孔を有する「コルク」栓を挿入し密に「フラスコ」の口を閉塞し栓の一孔に玻璃棒を貫き其下端に一の鈴を附着し先づ「フラスコ」を動搖して鈴を鳴らし其音を

聞き置き然る後「フラスコ」に少許の水を盛り五徳の上に載せ酒精燈を以て之を熱して水を沸騰し其水蒸氣の「フラスコ」内にある空氣を殆んど排除したるを待つて急に玻璃棒の小片にて堅く栓の他孔を塞ぎ「フラスコ」を冷却すべし斯の如くすれば水蒸氣は凝結して水面上に空虛を生ず故に「フラスコ」を振りて鈴を鳴らすも其音の甚だ微弱なるを覺ゆべし

液体も亦能く音を傳達す水中に棲息する魚には音を感じるとの頗る鋭敏なるもの少なからず固体も亦能く音を傳ふるは人の熟知する所なり長さ木材の一端を軽く敲けば他端に耳を附せる人は其音を明に聴くとを得れども同距離にて空氣を傳はりて來る音は斯の如く明瞭ならず兒童の玩具に傳話機と稱し厚紙或は竹にて作れる筒の一端に白紙を張り紙の中央には小孔を穿ち此孔に長さ糸を通じ糸の他端を遠き所にある同様なる筒に張れる白紙の孔に固着せるものあり今一方の筒に向て低聲にて談話する時は他の筒に耳を傾けたる人のみ之を聴くとを得れども傍にある者は其音を感じざるべし是れ

も亦固体の能く音を傳達するの一証なり又野蠻人の地面に耳を接して敵の襲來を知り醫師の聴診器と稱する喇叭狀の管を用ひ患者心臟の鼓動肺臟の健否等を察するは皆な固体の善く音を傳達する理を利用せるなり

〔第七十四〕 類の速度 音の速度は光線の速度に比すれば遙に遅きものなり電火を見て後數秒時にして雷鳴を聞き遠方に於て斧斤の動くを見て後伐木の丁々たる音を聞くが如し如し又音の速度は彈丸の速度よりも遅きものなるが故に怯夫の戰場に於て砲聲を聞き其頭を畏縮する時は彈丸の已に頭上を經過せる後なり

空氣中に於ける音の速度は一千八百二十三年に和蘭國に於て始めて之を精密に測定せり其法は凡そ六万尺を距る二つの高山の頂上に甲乙二ヶ所の觀測所を設け交る々々大砲を發射し其音の聞ゆる時間を測りたり而して其速度は温度の高低に依りて異なれども攝氏の零度にては一秒時間に一千百尺(凡そ三町に當る)の速度なることを知れり而して温度の攝氏一度を上昇する毎に一秒時に殆んど二尺を増すと云故に雷雲の所在を知



らんと欲せば電光を見しより雷鳴に至る迄の時間を算し又其時の温度を檢し秒數に一千百尺を乗じたるものに加ふるに温度を現はす數に二尺を乗せるものを以てせば大概其距離を得べし

音は其調子の高低に關せず皆な全一の速度を以て傳達す若し否らざれば遠方に於て奏する音樂は互に錯亂して耳に入らざる理なり而して其五聲能く相調ふて亂れざる所以は音は高低に關せず一齊に來るの証なり

液体の音を傳ふるは空氣よりは速かにして水中に於ては音の速度は凡そ四千七百尺なりと云而して固体の音を傳播するは液体よりは更に速かなり遠方にある火藥庫の破烈する時先づ地響を聞き然る後空氣を傳はり來りたる音の耳に入るは其一例なり嘗て長き鐵管を以て音の速度を測りたるに一秒時に凡そ一萬七千尺なりしと云ふ又銅の音を傳ふる速度は一秒時に凡そ一萬一千尺なり

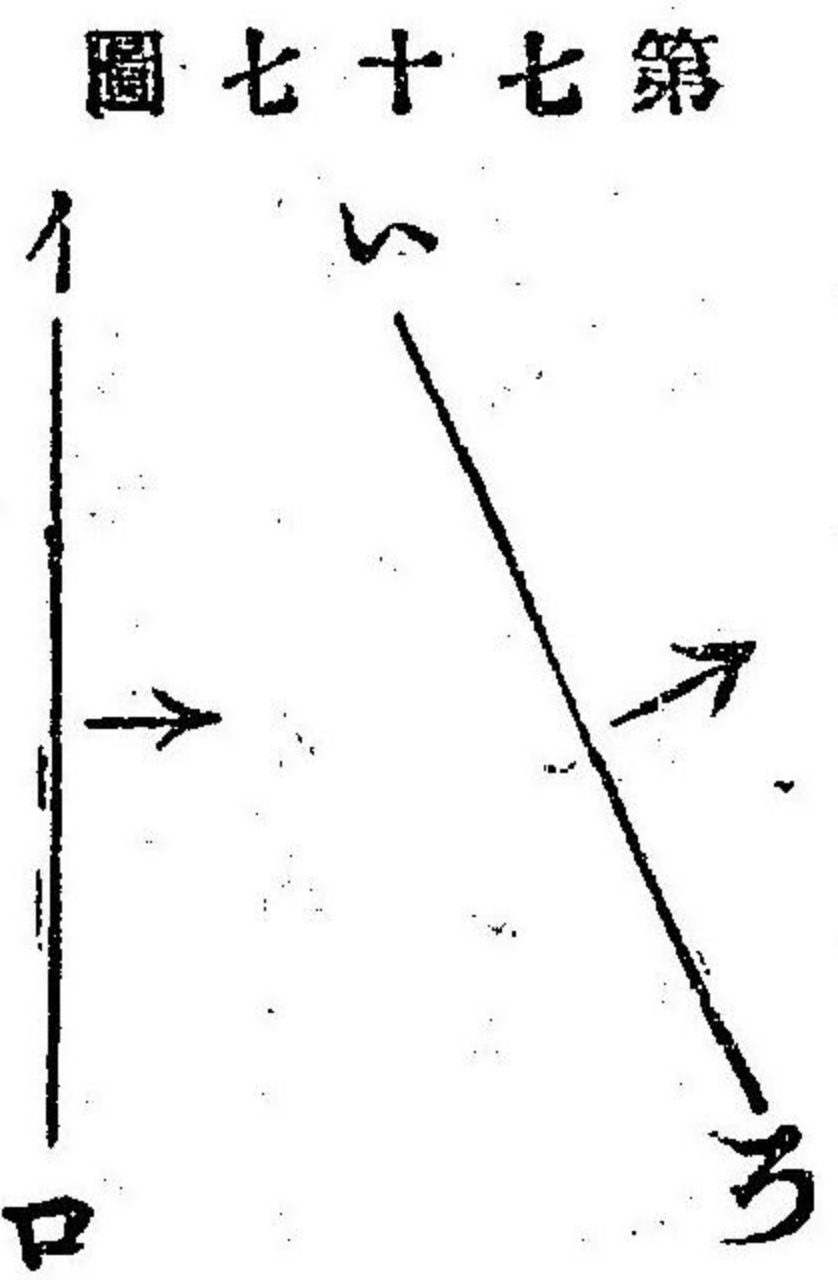
要するに音の速度は之を傳ふる物体の彈性に富むに從て益々迅速なり而して熱せられ

たる氣空は寒冷なるものに比すれば彈性の強きものとす兒女の護謨鞠弄ぶや之を火に觸して内部の空氣を暖むれば鞠の能く跳躍するは空氣の彈性を増加せる一証なり故に温度の高き時は音の空氣を傳播する速度は其寒冷なる時よりは一層速かなり今音の媒介となる物体の彈性強ければ能く音を傳へ且つ其速度の迅速なる所以を左の譬諭を設けて説明すべし

爰に數多の兒童あり一列をなして併立すと假定せんに其一端にある一兒若し第二兒を推倒せば第二兒は忽ち怒りて第一兒を反衝し其餘忿を第三兒に漏して之を推倒すべし第三兒は亦此くの如く第四兒を推倒すと雖ども其次にある者は已に罪ありしにわらず只だ前方より受けたる怒りを他に移すのみなれば其衝倒の力は次第に減衰せざる可らず且つ其小兒中の温和なるもの即ち彈性に乏しきものは他の衝倒を受くるも怒りを忍びて之を隣兒に移さざるべし木材の如きはは空氣よりは其彈性更に強きものにして恰かも兇暴なる惡童の如し故に衝倒を受くれば忽ち之に反衝し其餘忿を隣兒に移すべし

是れ木材の能く音を傳達し且つ其速度の快迅なる所以なり

音は一定の速度を以て四方に擴散するものなれども空氣の冷熱に由て速度に増減あるとは已に之を述たり而して地面を距る高さ處にある空氣の温度は地面に近き處にあるものよりは其温度低きものなり是に由りて上層の空氣は音を傳ふると下層の空氣よりは稍々遅緩なりとす例へば音の波動をなして前進するや其第一列は第七十七圖の「イ



第七十七圖

如し是を以て高山の頂に於ては能く遠寺の鐘聲を聞くことを得れども低地に於ては頭上

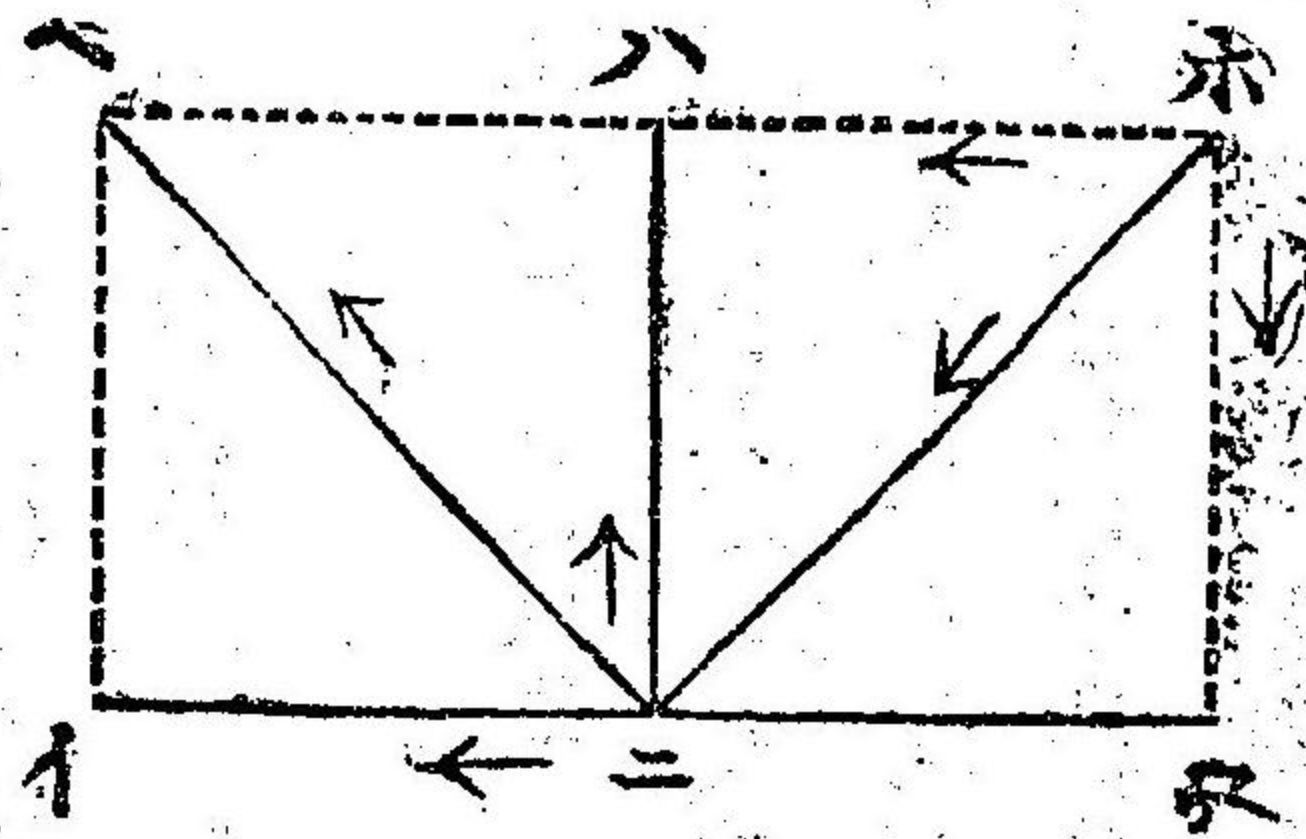
「イ」の進むは下方「ロ」の進むよりは稍々遅きを以て「イロ」なる前列は漸く「いろ」の如くなりて音は上方に向て進行すべし猶一隊の兵卒「イロ」の如く整列して其傍に示せる矢の方向に前進するとき右列の進むと左列より速かなれば其隊列漸く斜に左方に向ふが

を經過して之を耳にする能はざるあり

又音は風に逆へば遠きに達せず之に順へば遠隔の地に達するは風の爲に吹き反へざるにあらざる蓋し地面より高く空際に昇れば風力劇しくして地面に近き處は否らず故に音の風に逆ふ時は音波は其上部に於て進行を阻礙せらるること其下方に於けるよりは一層甚しくして漸々上に向て擴散し去るを以て遠隔の地に達せざるなり之に反して風に順ふ時は音波の上部は其下部よりも進行速かにして波は地面に沿ふて遠方に到るなり

〔第七十五〕 音の反射 音は山若くは壁の如きものに觸るゝ時は反射することあり之を反響或は山彦と云ふ而して音の反射する状態は如何なるものなるやを説明するに先だち象牙の球の如き彈性に富めるものを或る障礙物に向て抛てば如何に反射するやを畧說せん例へば第七十九圖の「イロ」を机或は壁の如き平らなる面とし此面に向ひ「ハ」より球を眞直に抛てば起動力は反動力に均しき理に由りて球は故の位置「ハ」に向て飛び

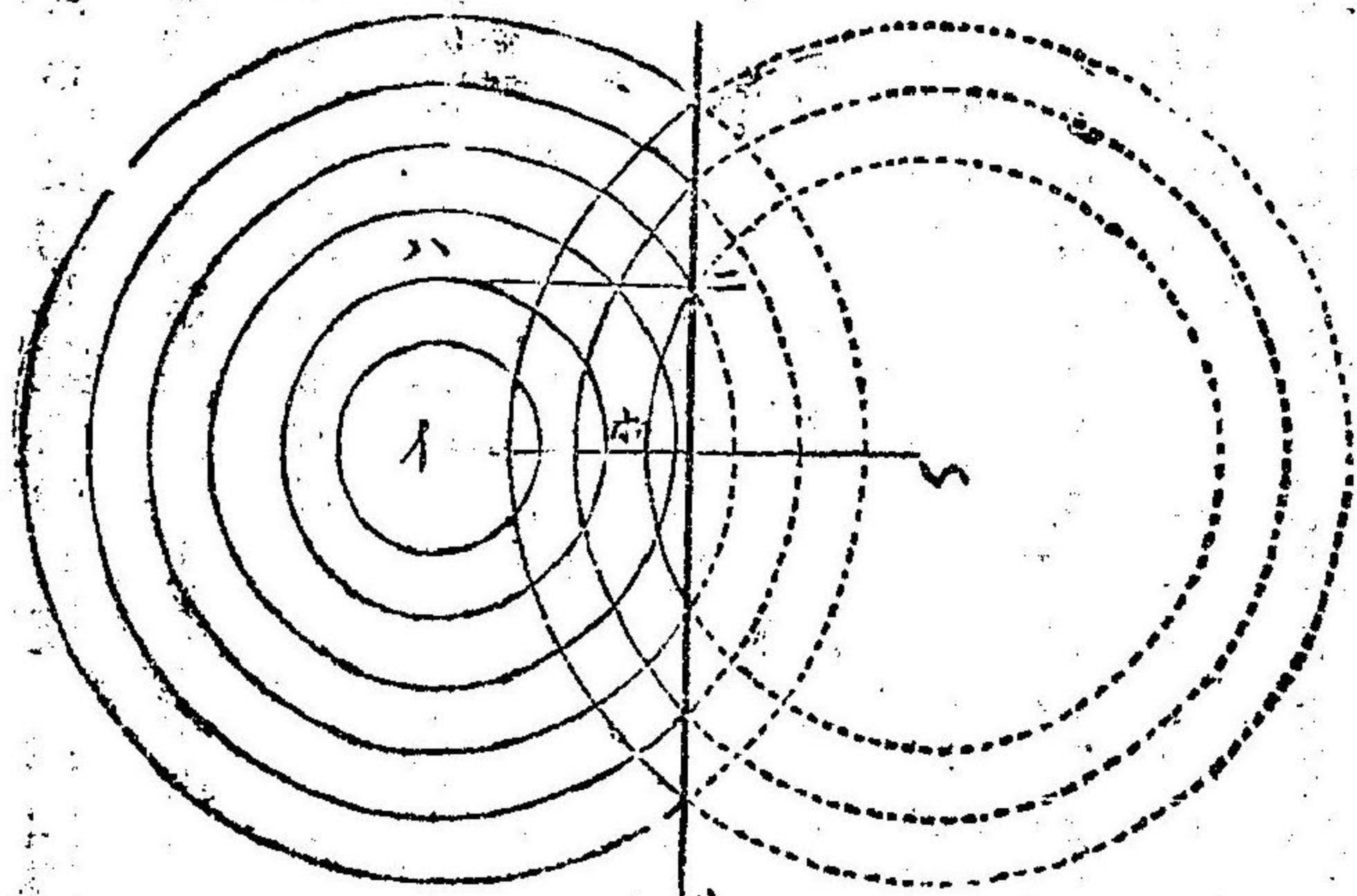
圖八十七第



返るべし然れども「ホ」より斜に「ニ」に向て抛てば其球は「ホ」に戻らずして反對の側面「ハ」に向て飛び去るものなり而して「ホニハ」の角は常に「ハニハ」の角に均しきものとす此種の運動を反射運動と云ひ「ホニハ」の角を入射角「ハニハ」の角を反射角と稱す

物体の反射運動をなすや其入射角は常に反射角に均しきものなり蓋し「ホニ」なる力を二力に分解すれば其一は「ハ」に向て水平に去らんとする力となり其二は「ロ」に向て眞直に進まんとする力となる故に「ホニ」は「ホハ」及び「ホロ」なる二分力の合力なり而して球は此力を有して「ニ」に觸るゝ時は其一分力の「ホロ」のみは之に均しき反動を受くれども他の分力「ホハ」は反動を受くる理なきを以て「ホハ」に均しき「ニイ」なる力を以て猶ほ水平に飛び去らんとす是に於て「ニハ」及び「ニイ」なる二分力は合して「ニハ」なる合

圖九十七第



力となり球は此力に由りて「ニハ」の方向に飛び去るなり而して「ホニハ」なる角と「ハニハ」なる角の相均しきとは圖を見れば自ら明かなるべし此事は第二十一節に於て已に説明せるものなれども頗る必要なるを以て爰に其足らざる所を補へり

音の反射する時も亦彈性に富める物体の反射運動をなすものと毫も異ならず例へば音波若し第八十圖の「イ」なる点より起り圖に於て圓を以て示す如く次第に四方に傳播するに當り「チリ」の如き壁面に衝突すれば之れより反射せざるを得ず今第四波の突衝点「ニ」に「ハニ」なる垂直線を作る時は入射角「ロニハ」は反射

角「ハニホ」に均し其他の音波も亦同理にて類推すべし而して「ホ」なる處に耳を置けば恰かも壁後の或る点「イ」より傳播せし如く感じ「イ」と「イ」は壁面より全距離の處にあるもの、如く思ふものなり

夫れ人の一秒時間に於て明に發聲し得べき聲音の數は平均五音に過ぎず例へば「ヤ、カ、マ、シ、イ」と叫ぶ時は一秒時を費すならん若し之れより多く發聲せんとすれば其音は分明ならざるものとなる試に「ヤ、カ、マ、シ、イ、オ、ト」なる七音を一秒時間間に發聲せんに他人は明に之を聽き取ることを得ざるべし故に一字音を發聲するには凡そ五分の一秒時を要するものなり而して音響は一秒時には一千一百尺の速度を以て傳播するものなるを以て五分の一秒時には二百二十尺を經過する理なり之に由りて音響を反射すべき障碍物若し發音者を距る百十尺の處にあれば「ヤ」と叫ぶや否や此音は忽ち反響し往復にて二百二十尺を經過し第二音「カ」を發せざる前に耳に入るべし而して障碍物の距離之れより益々近ければ反響と原音と殆んど同時に耳に達し之を聞く

と能はざるなり之に反して障碍物百十尺以外の距離にあれば第一音の反響は第二若くは第三等の音と混雜して異様の感と耳に起すべし是れ廣大なる議事堂、演戲場等に於て往々發音者の言語を不明ならしむる原因なり故に巨大なる室を建築する者は此等の事に就て注意せざる可らず

一字音の反響は右に述ふる如く障碍物百十尺より少しく遠き處にあらざれば之を聞くこと能はざるを以て人若し牆壁若くは丘岡の前に立ちて高聲を發し二字音の反響を聞けば其距離は凡る百十尺の二倍なることを知り三字音の反響を聞けば凡る三百三十尺を隔つることを悟り畧は障碍物の遠近を測定することを得べし

越後地方等に於て波浪の音、海の方向に聞へずして却て山中に方て聞ゆる處あり是れ即ち音の反射に由りて起るなり又音は數回の反射をなすことあり以太利の「シモテツタ」に於ては凡る二三十回の反響を聞くことありと云ふ

〔第七十六〕 操音及樂音 今空氣に激動を與へ之を動搖すれば波動を起し此波動は漸

く前進して耳に達す可しと雖ども此等は悉く皆音となりて耳に感ずるものにあらず其耳に聞ゆるものは空氣動搖區域の廣狹と其振動の速度とに一定の制限あるものなり而して大砲を發射し若くは爆裂彈を破裂せしめて遽に空氣に一大激動を起せば耳に一種の不愉快なる音を感ずるものにして之を操音と云ふ之に反して一定時間内に於ける空氣の激動整然亂れず連續して起る時は愉快なる音を耳に感ず之を樂音と云ふ

〔第七十七〕 音の強度高低及び音色 音の強度とは其強弱の度を云ふ例へば一定の力を以て張りたる同一の弦を強く弾けば強音を發し軽く弾ば弱音を發するが如し故に音の強弱は振動の大小に關係するものなり

音の高低とは其調子の銳鈍を云ふ如何なる人にも調子の高低を多少辨知するものなれども其感覺の銳敏なるものと否らざるものとあり而して耳を練習する時は聽覺は驚く可き發達をなすものなり

音の高低は一定時間内に於ける振動數の多少に關係す其時間の單位には通常一秒時を

用ゆ故に一秒時間に振動する數の多きものは高き音となり少きものは低き音となるなり

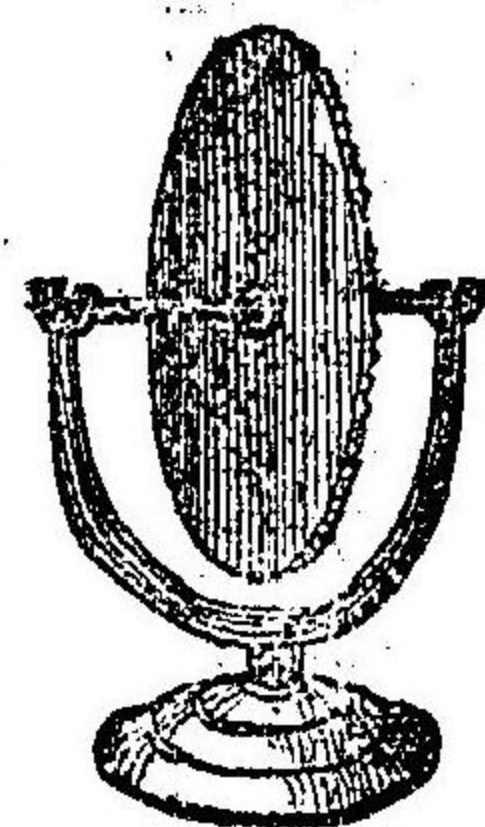
耳に感ずる音の振動數には定限あるものにして人に由りて異なるものなれども一秒時の振動數凡そ二十より二万三千の間にあり之れより少きか若くは多ければ音となりて耳に聞へざるなり蚊の聲は其羽を一秒時に凡そ一万五千回振動して之を發するものなりと云ふ

音には又強度と高低との外に音色と稱する性質あり之に由りて或る音は如何なる根源より發せしものなるやを識別することを得例へば笛の聲と三弦の音とは強度及び高低の同一なる時に於ても其音色異なるを以て自ら別あるを覺ゆべし而して音色に差異あるは音波の形に異なる所あるに由る

〔第七十八〕 音の振動數を測定する法 音の振動數益々多ければ其調子の愈々高きことば之を前節に述べたり而して一定時間内に於ける音の振動數を測定すべき器械あり

「サイレン」と稱す「サイレン」には種々なる形あれども其最も簡單なるものはU字形をなせる堅牢なる鉄臺の中央に若干の齒を刻みたる輪を固着せるものなり(第八十圖)今齒輪の軸に巻き附たる糸を引て齒輪を回轉せしめ厚紙を之に觸れしむれば紙は齒に

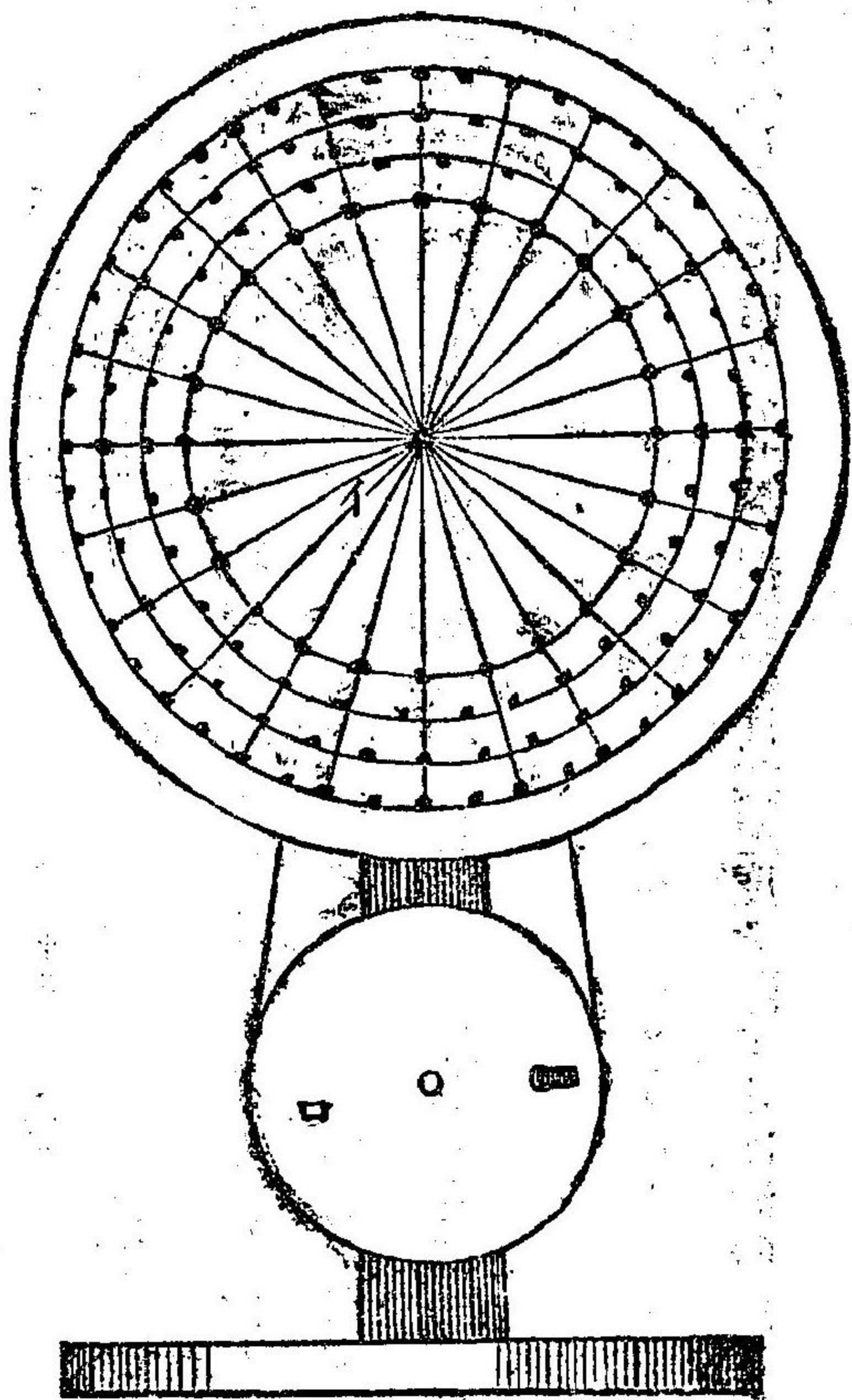
第十八圖



觸れて一種の音を發すべし由りて齒輪の回轉速度を増減して其發する音として振動數を測定せんと欲する音と其調子を全一ならしめ暫時輪の速度を維持し一秒時に何回紙の齒に觸るゝやを檢し以て其振動數を知るなり而して稍々複雑フツクザツに觸るゝやを檢し以て其振動數を知るなり而して稍々複雑フツクザツ

なる器械に於ては輪の側面に其回轉數を表はす示針あるを以て齒の數に回轉數を乗すれば振動數を求むることを得るなり又厚紙にて左の如き簡易なる「サイレン」を造ることを得べし「コンパス」を以て直径凡そ七寸の圓を書き之を切抜きて第八十一圖の「イ」に示す如きものとなし之に四つの圓を書き此等の圓に徑一分五厘許ウツクの孔を四行は穿つべし又第一行の孔は四十八第二行は

第十八圖



空氣は或は孔を通過し或は板の面に衝突するを以て一種の音を生ずべし由りて此音をして檢せんと欲する音の調子と全一ならしむ假に最も内部の孔を通じて空氣を吹込み

三十六第三行は三十四第四行は二十四とするを便なりとす今此厚紙の圓板を圖に示す如く回轉器に固着し細管を以て「イ」の前面より或る一孔を通じて空氣を吹込み「ロ」なる滑車の把手トツクを取り廻轉する時は

「ロ」の滑車を一分時に百回廻轉したりとせん又「ロ」の一回轉する間に「イ」は六回廻するものとせば最も内部の孔は其數二十四なるを以て求むる所の振動數は左の如く一万四千四百回なり故に一秒時間の振動數は其六十分の一則ち二百四十回なりとす

$$24 \times 100 \times 6 = 14400$$

$$14400 \div 60 = 240$$

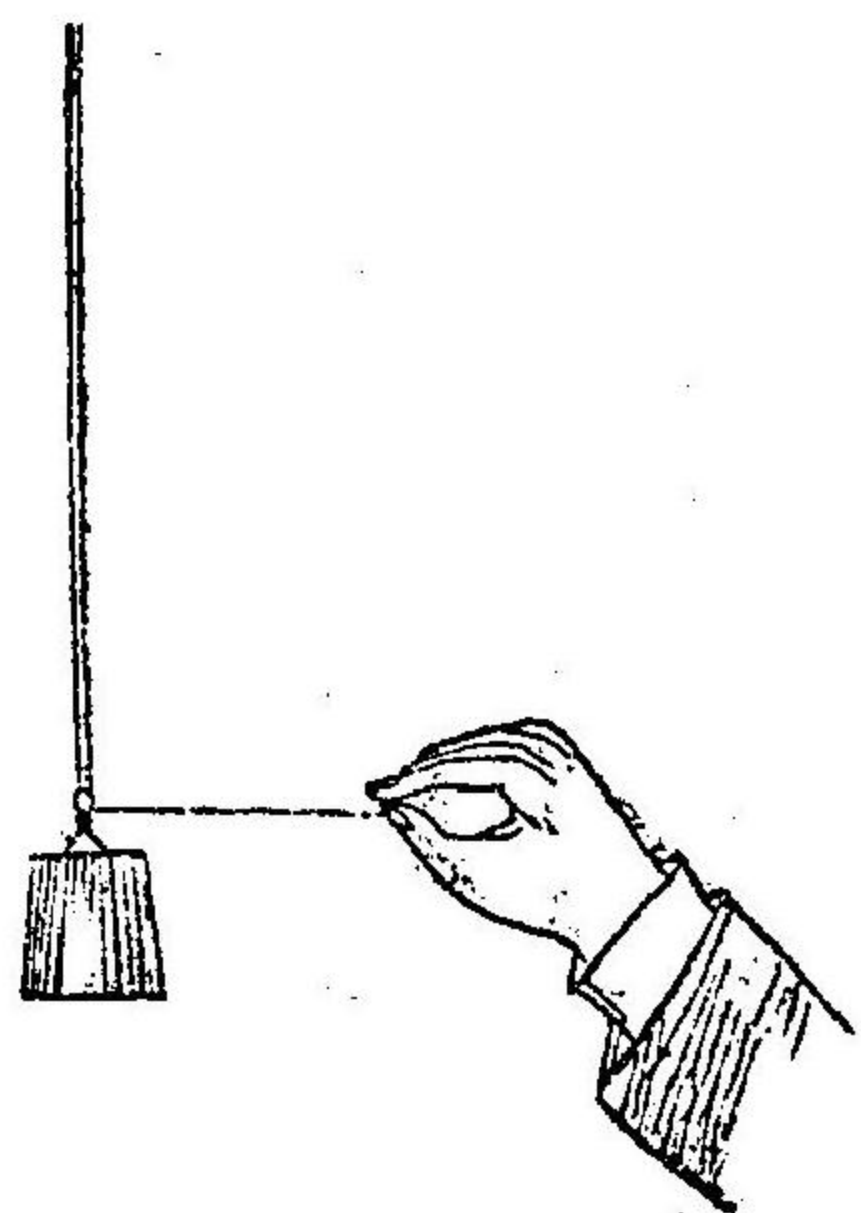
又音の速度は既に述べたる如く一秒時に一千一百尺なるを以て若し一秒時に唯だ一振動をなす音波あれば其波の長さは一千一百ならざる可らず而して一秒時に二振動をなす波の長さは  $\frac{1100}{2} = 550$  即ち五百五十尺にして三振動をなすものは  $\frac{1100}{3} = 366 +$  即ち三百六十六尺強なりとす故に  $v$  を音の速度とし  $n$  を振動數とし  $\lambda$  を波の長さとすれば

$$v = n \lambda$$

$$n = \frac{v}{\lambda}$$

となるべし之に由りて音の振動數は其速度を除するに波の長さを以てするも亦之を得べし

第 八 十 二 圖

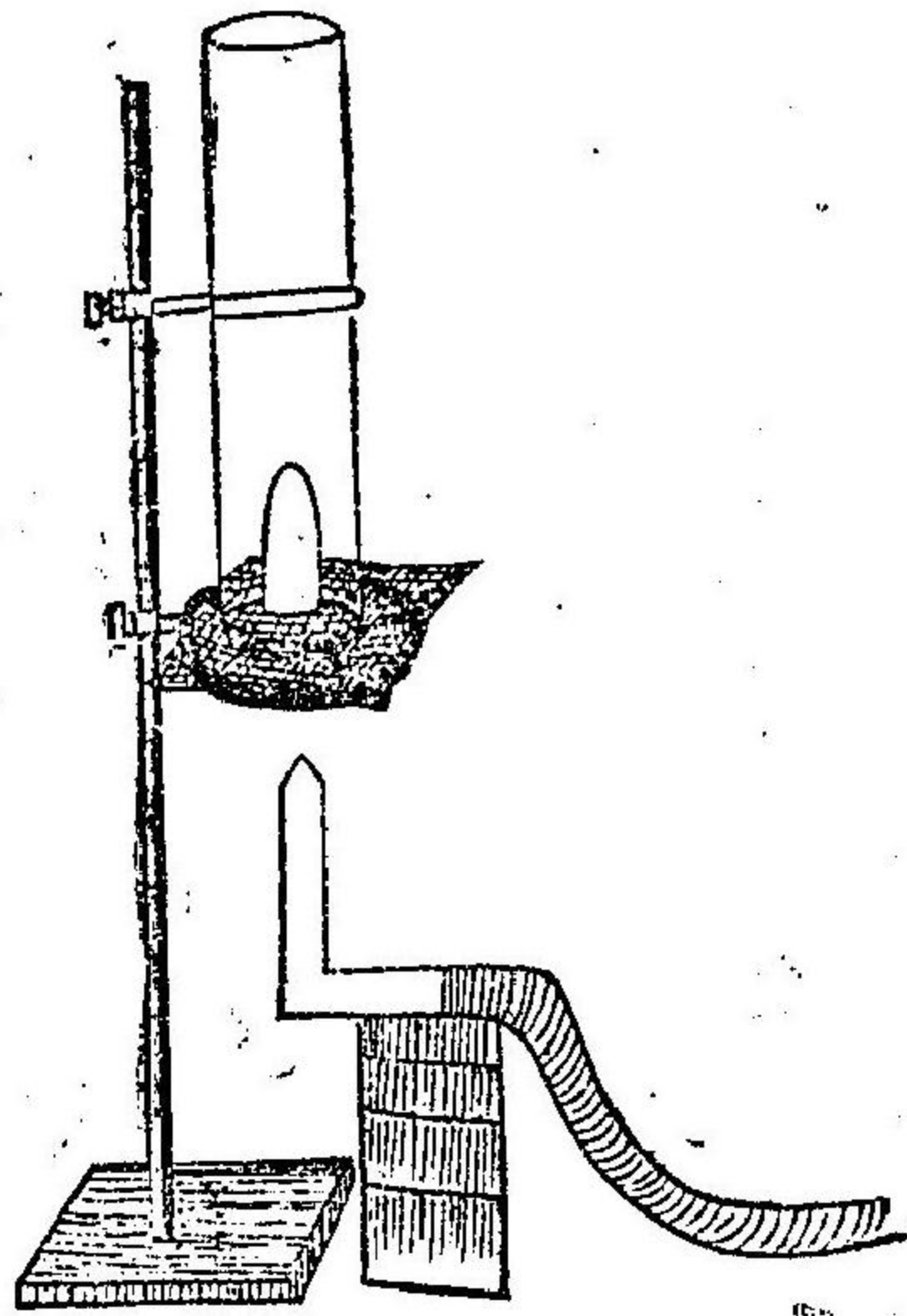


〔第七十九〕 共鳴 試に重き鐵錘アイアンを強き索ケーブルにて或る點より懸垂し且つ索の下端に細き糸を結び附くること第八十二圖の如くし鐵錘の靜止するを俟て糸の一端を取り之を切斷せざる様軽く一方に引けば錘は少しく彼此に動搖すべし而して實驗者の方に向て錘の進み來る毎に糸を索引することを反復すれば初めに一二寸の間を運動せる錘は暫時の後に一二尺の間を振動するに至るものなり然れども糸を引くこと其時を得ずして錘の振動時間と一致せざれば之を大に動搖せしむること能はず鞞アランゴの遊戯をなすも亦鐵錘を動搖すると同一にして初は僅かに力を加へて運動を起し忽ち其反動に由りて少しく上り而して其將に下らんとする時又微かに力を加へ始めに比すれば稍々高く上り一昂一低其力益々加はり遂に大に運動することを得之に由りて靜止せる振子に微弱なる刺撃ツンギキを連に加ふれば振子は大に振動するもの

なり但し刺撃を與ふる時間は必ず振子の振動時間と一致せざる可らず稗史に云ふ補公の幼時京都智恩院に遊びたりしに或る人戯に公に向ひ該寺院内にある巨大なる吊鐘を動かし得るやと言ひたるに公は一二時の後に之を數尺の距離に動搖せしめ以て其容易なるふとを示せりと果して然らば本邦の人は數百年前に於て早く已に上の理を了せりなり

右の理は振子にのみ應用するものにあらず如何なる振動体にも適當の時間毎に刺撃を受くるや縦令ひ其刺撃は唯一二回にては其力薄弱にして物体を動すに足らずと雖も連續して起る時は大に之を振動せしむることを得るなり琴三弦等に使用する弦若くは或る物体の内部に包容せらるゝ空氣の如きものは其振動するや各々一定の振動時間を有するものなり蓋し此等の振動体は強き刺撃を受くれば其振動の距離即ち所謂振幅を増加し刺撃小なれば振幅も亦從て減少するものなれども其振動時間には長短あることなし

第 八 十 三 圖



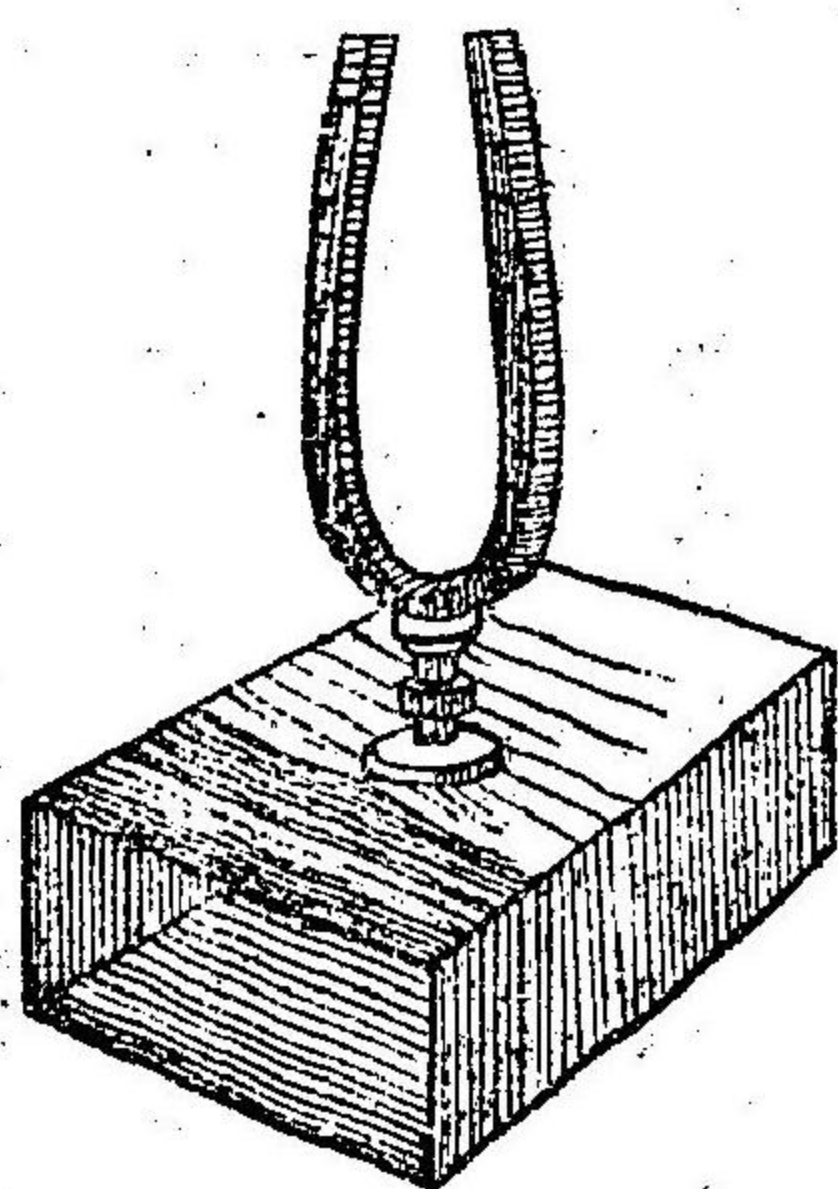
今同調子の音を發する甲乙の二弦は振動時間の全一なるものなれば此二弦を互に相接近して平行に置き甲に一小紙片を載せ乙を振動して音を發せしむれば甲も亦振動して音を發し紙片の落下するを見る斯の如く發音体の近傍にある他の物体若し前者の振動を受けて之に應じ共に振動して音を發する時は之を名づけて共鳴と云ふ

通常石炭瓦斯の發生管に護謨管の助に依りて第八十三圖に示す如く上端の口を細くし且つ九十度の角を以て屈曲せる玻璃管を連結し玻璃管の上を鐵網にて覆ひ其上に火を点じ漸く網を上げて管の口を距る一二寸の處に至れば炎は漸く細小となり振動するを見る之を感應炎と云ふ其傍にある人若し「ス」なる音を發し若くは口笛を吹き或は拍手すれば炎は之に應じて音を發す然れども



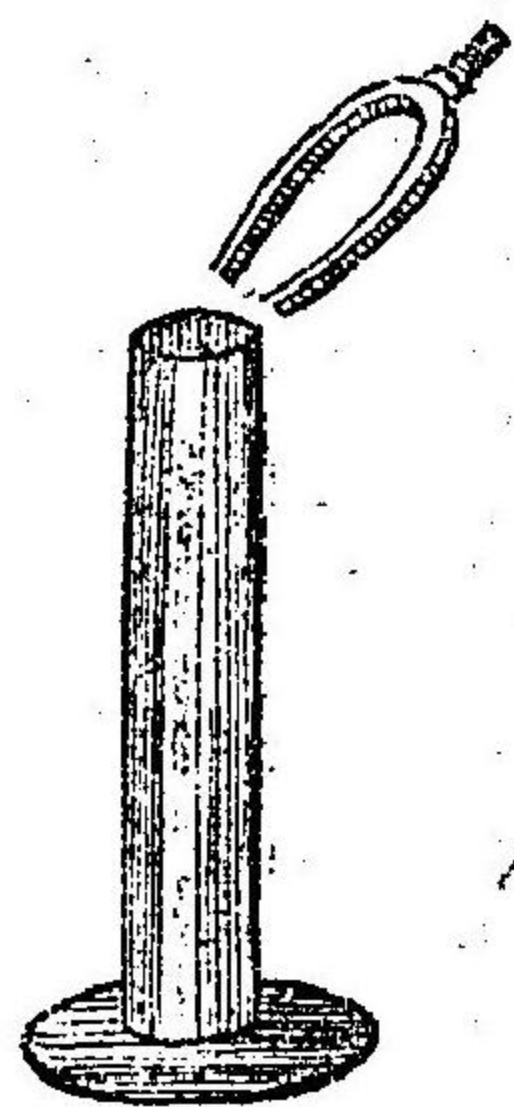
之を誘導するものなければ音を發せず蓋し此炎の振動時間は口笛の音或は之に類する音の振動と全一なるを以て此等の音の振動に應じて炎も亦動搖して音を發するなり  
 音叉(第八十四圖)と稱する器械は一定の振動數を有する音を發するものにして樂器の調子を合せ或は音學上種々の實驗を施すに當りて使用せらるゝものなり此器械は圖に示す如く鋼鉄の棒をU字形に曲げ其中央に同じ金屬にて製せる柄を附し螺旋の装置に依りて空函クワカンの上に樹立せるものなり今胡弓を以て鋼鉄の上端を摩擦するか或は太き棒

第 八 十 四 圖



を音叉の間に入れて急に上方に引き上げれば一種の音を發すべし音叉には稀に振動數の全一なるものあり斯の如き二つの音叉を併列して其一を鳴らせば他は其振動を受けて共鳴すべし又音叉を函より離れ之を軽く撃て音を發し其柄を取りて支持すれば音叉の久く振動するを見れば其音は微弱にして耳に近く

第 八 十 五 圖



るに非れば明に聞くと能はざるものなり然れども音叉を函の上に載すれば其音著しく増大す是れ函の中にある空氣音叉の振動を受けて鳴し原音を補助すればなり又函より離したる音叉を鳴らし之を圓筒の口に近く支持するおと第八十五圖に示す如くするも音叉は著しく其音を増大する事なかるべし然るに圓筒に水を注入して其中にある空氣の容積を加減する時は音の強大となる處あるを發見すべし是れ圓筒内にある空氣音叉の振動時間と一致して共鳴をなすに由る  
 三弦、琴等の樂器に一定の容積を有する空函を具ふるは共鳴の理に依りて音を強大ならしめんが爲めなり又水壺ミンカマの如きものゝ口に耳を近ければ其内部に於て恰かも風の音に似たる響を聞くとあるは壺の内部にある空氣其外部に於ける數多の音に就て己れと同じ振動數なる音を撰び之に應じて共鳴するなり昔時上州館林某寺の茶釜故なくして自ら鳴動せしと云ふ怪談あれども斯の如き事は他の微弱なる振動を受けて漸く強大な

る音を發する振動体あることを考ふれば毫も不可思議とするに足らず  
 抑も人の聲を發するは咽喉の内部に於て俗に喉笛ノドフエと稱する部分に附着する聲帶の振動  
 に基因す聲帶は護謨の如き彈性に富めるものにして左右二條の細き帶より成る聲を發  
 せざる時は其前端少して離れてV字形をなせども筋肉の作用に依りて其兩端を互に相  
 近づけ肺臟より空氣を吹き出せば聲帶は振動して聲音を發す而して聲帶を強く緊張キンチャクす  
 れば銳音となり之を少しく緩むれば鈍音なると猶ほ三弦の糸を緊張弛緩して種々なる  
 調子の音を發するが如し又女子は男子に比すれば聲の銳なるは主として聲帶柔軟ウエルナンにし  
 て其振動數の多きに由る

右に述ぶる如く人の聲音は聲帶の振動に依りて起るものなれども口及び鼻の形を種々  
 に變化し其内部にある空氣の量を増減し聲帶の發する高低の音に應じて適宜に其鳴せ  
 しめ且つ唇、舌、齒、等の助を藉り以て各人固有の聲音を發するなり

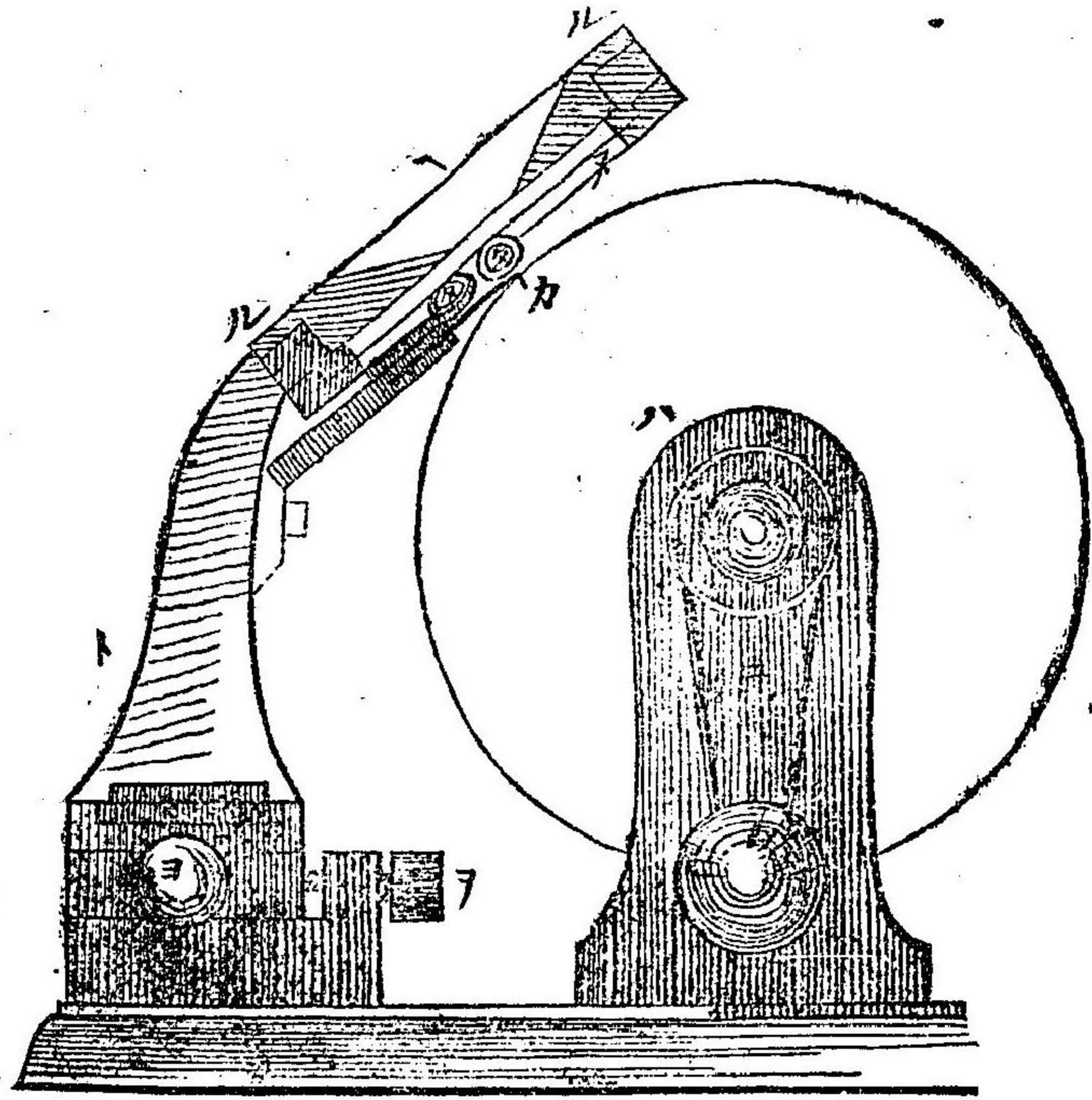
故に他人の聲に髣髴ハツフツたる音を巧に發せんと欲すれば我鼻口を動すこと其人の如くする  
ニモにムリ

に非れば能はばるなり而して人の發聲器は其構造甚だ複雑なるものに非れば器械を以  
 て之を模造モゾウし言語を發せんあとを工夫せるもの其人少なからず「ヴヰンナ」の「ファベ  
 ル」氏の如き驚くべき精巧なる器械を造りたれども廣く世に行はれず蓋し器械にては  
 鼻口等の作用を完全に模擬モネイすること能はざるに由るならん然るに晩今に至り能く人語  
 を發せしむるあとを得る器械を發明せり之を蓄音機と云ふ

〔第八十〕蓄音機 「ファベル」氏は人の聲音を發する根原を生理的に研究し器械を造  
 りて之を模擬したれども米國の「エディソン」氏は全く異なりたる點より之を討究し發  
 音の結果たる振動を隨意に再現せしむる方法を考へ終に蓄音機を發明せり爾來其構造  
 には幾多の改良を加へたるものあれども茲には最も簡單なるものを記し如何なる理に  
 基て造れるものなるやを畧述せん

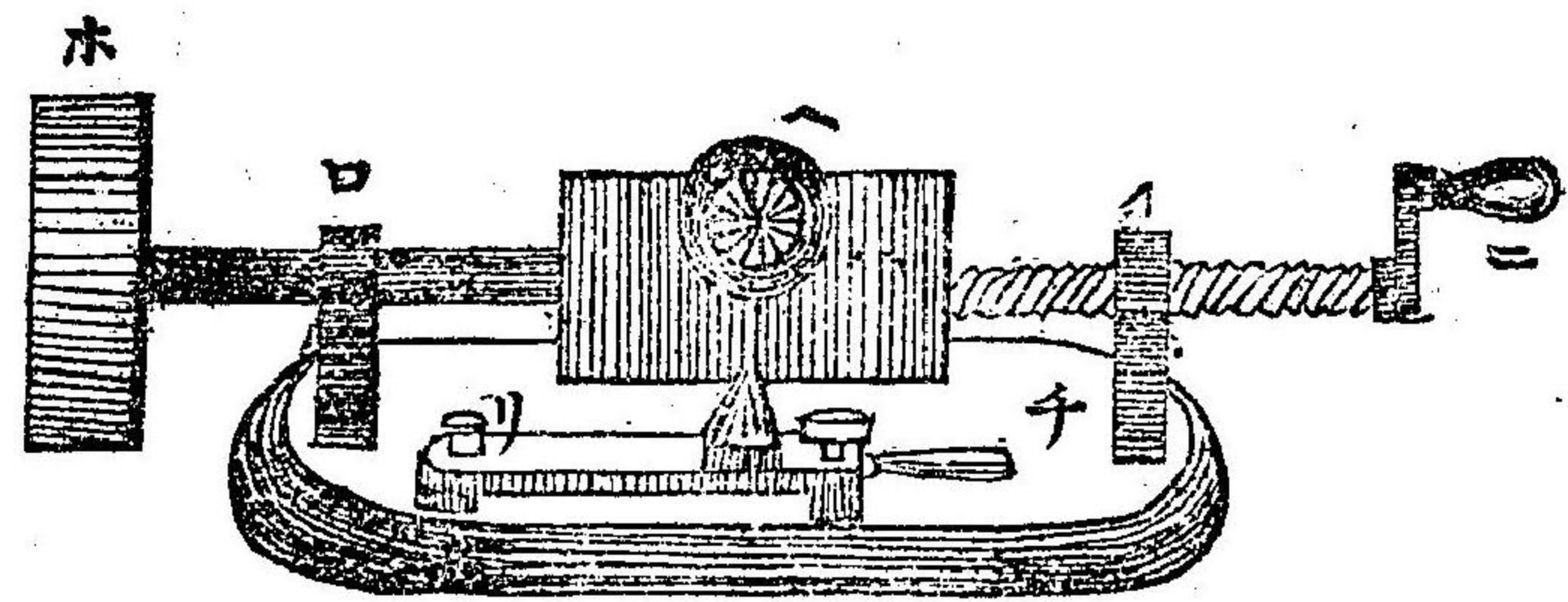
第八十六圖及び第八十七圖は「エディソン」氏の蓄音機を示すものなり第八十六圖の  
 「ハ」は圓筒にして「イ」「ロ」なる支柱を通過する軸に由りて回轉することを得此軸は一

第 八 十 七 圖



故に「オ」なる螺旋に山りて其  
 圓筒よりの距離を適宜に増減す  
 「ル」「ル」は鉄板の表面を被ふ處  
 の護謨板にして中央に孔を穿ち  
 漏斗形をなすものなり  
 今此器械を使用せんとするには  
 圓筒の凹處に錫箔を被ひ針の尖  
 端を之に觸れしめ「へ」なる漏斗  
 に向て發音しつゝ均一なる速度  
 を以て圓筒を一方に回轉す此際  
 「ヌ」なる鉄板は聲音に應じて振  
 動し爲に「か」を動すを以て其尖

第 八 十 六 圖



端には「ニ」なる把手あり又其他端には圓筒の回轉速度を均一な  
 らしめんが爲め極めて重き車輪「ホ」を固着す軸の一部分中圓筒  
 の右方に當る處には陽螺旋を具へ「イ」の陰螺旋に挿入す圓筒の  
 表面にも亦軸と其歩を同ふする螺旋あり「へ」は漏斗状をなすも  
 のにして之に向て音聲を發する處とす此圖の「へ」は即ち次の圖  
 に於て同文字を以て表せる部分なり而して「へ」は「チリ」なる槓  
 杆の上に固着す又此槓杆は「リ」なる點に就て前後に回轉するを  
 以て「へ」の底に附着せる厚さ凡ら一寸の百分の一許なる鉄板  
 「ヌ」(第八十七圖)は之を圓筒の面に近づけ若くは之れより遠ざ  
 くる事を得鉄板の下面には二つの護謨管「タ」「タ」あり之に依り  
 て「フ」に固定せる撥條に接觸す此撥條の端には「カ」なる針あり  
 其尖端は圓筒の面に刻みたる螺旋の凹處に殆んを接觸せんとす

端は錫箔の上に小孔若くは凹線を印し以て振動の強弱と其多少を精密に寫出す是に於て斯の如く印刻せる振動を再び音として現出するなり其法は「チリ」なる横杆を前方に轉し針の尖端を圓筒より遠け把手「ニ」を取り逆旋して圓筒を故の位置に復し然る後針の尖端を錫箔に觸れしむる事初めの如くし且つ最初の方に同一の速度を以て圓筒を廻轉すれば針は以前に印したる淺深の針痕シンコンに抵觸テイシヨクして事を發す故に耳を「へ」に當てて之を聽き又は「ブリキ」若くは厚紙にて造れる圓錐形の共鳴器を用ひて之を聽けば其音は最初に「へ」に向て話したる聲音に異ならざるべし

物理學第二學級終