る能率と釣合ふべし。故に今 d を以て横杆及び枠等を合したるもの丶重力の方向と摩擦軸との水平距離, w を其重量, F を A の周圍に働く全摩擦力の和, r を摩擦軸の半徑とすれば次の關係あり

$$F\cdot r = W\cdot l + w\cdot d$$

今 $w\cdot d = w'\cdot l$ と置けば

$$Fr = (W + w').l \quad\dots\dots\dots(a)$$

w' は器械に特有なる常數なり。

次に ω を以て圓柱體 A の角速度とすれば圓柱體即ち器械が一秒間に摩擦力に逆つて爲すべき仕事即ち工程は次の如し。

$$P = F\cdot\omega\cdot r \quad\dots\dots\dots(b)$$

式 (a), (b) より

$$P = \omega(W + w')\cdot l$$

器械の一分間の廻轉數を n とすれば $\omega = \frac{2\pi n}{60}$ なり。而して上式の W, w' を瓩にて表はし l を米にて表はせるものとすれば, 上式は工程をキログラメートルにて示したるものとなるが故に, H.P. を馬力にて示したる工程とすれば

$$H\cdot P\cdot = \frac{2\pi n(W + w')l}{60\times 75} \quad\dots\dots\dots(81)$$

第六編

液體

第一章

液體靜力學

§132. 流體。 液體は壓縮し難く氣體は容易に壓縮し得るが故に容積の彈性率に關しては二體は大に其價を異にするものなり。而して流體は一定の容積を保ち得るが故に通常空氣に接する所謂**自由表面**を有すれども, 氣體は與へられたる任意の容積內に擴がりて液體の如く自由表面を呈する事なし。斯の如く液體と氣體とは異なる性質を有すれども容積の變化を伴はざる形の變更に對しては殆んど抵抗を呈せずして, 之を構成する分子が容易に移動し得べき點に於ては二體は全く同一の性質を有するものなり。故に**流體**なる語を以て此二體を併せ示すことあり, 即ち氣體は壓縮し易き流體にして液體は壓縮し難き流體なりと云ひ得べきなり。

壓力の爲に毫も壓縮せらるゝことなく且つ運動の際內部の摩擦力を表はさゞる流體を**理想上の流體**或は**完全なる流體**と云ふ。水の如きは靜止の狀態にある場合には殆んど完全なる流體と看做し得べきも運動する際には多少の粘性を有するが爲に完全なる流體と看做し能はざるものなり。

§ **133.**　**壓力**。力が面の上に働く場合に於て其單位面積に働く力の大さを**壓力の强さ**と云ふ。

C. G. S. 系に於ける壓力の强さの單位は一平方糎の上に働く力が一ダインなる時の强さなり。壓力の强さのヂメンションは次の如し

$$[壓力]=[L^{-1}MT^{-2}].\qquad \frac{M}{LT^2}$$

力が表面上の各點に一樣に働く場合には面積を以て其上に働く壓力を除すれば表面上の各點に於ける壓力の强さを得べしと雖も，力が一樣ならざる時に於て面積を以て其上に働く壓力を除したるものは其面積上の平均の壓力を示し各點に於ける壓力の强さを與へざるなり。此場合に於て表面上の一點に働く壓力の强さを定めんには其點を中心として表面上に小なる圓を考へ其面積を以て其上に働く壓力を除したる商が圓の半徑が非常に小さくなるとき取るべき極限の價を求むれば可なり。

§ **134.**　**流體の壓力**。流體の分子が容易に移動し得る性質の結果として，靜止する流體が容器の內壁或は一般に流體內に沈める任意の表面上に及ぼす壓力の方向は表面に直角なる事を推理し得べし。

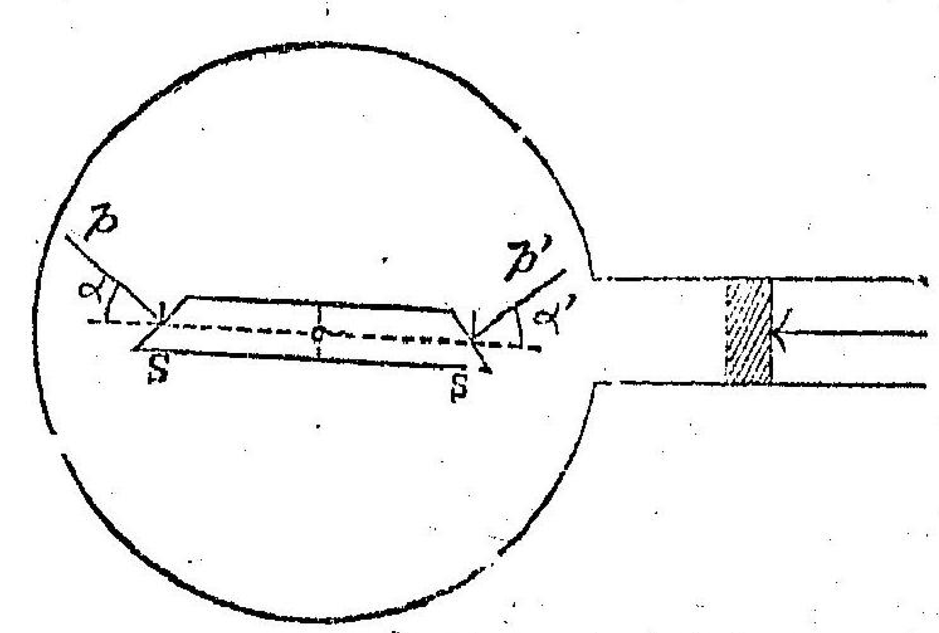
之を證明せんが爲に流體が之に接する表面に及ぼす壓力の方向が之に直角ならずして一定の傾角を爲すものと假定せん。今此壓力を表面に沿ふての分壓力と之に直角なる分壓力とに分解したるものとせば，表面に直角なる分壓力は表面が流體に及ぼす抵抗力と釣合ひ得べしと雖も，流體と表面との間には摩擦力なきが故に表面に沿ふての分壓力は之を支ふる力なく流體は此壓力の爲に流動すべき理

なり。故に靜止せる流體に在りては表面に沿ふての分壓力は零となり，從つて表面に及ぼす流體の壓力は之に直角とならざるべからず。

§ **135.**　**流體の壓力の傳播**。液體の壓力は單に之に接觸せる表面上に働くのみならず流體內の各點に於て存在するものなり。**流體內の一點に於ける壓力**とは其點を通過する平面を想像し其點に於て此平面に直角に働く壓力を指すものなり。而して一點を通過する平面の位置は任意に想像し得べきが故に其點に於て平面に直角なるべき壓力も亦從つて任意の方向を有し得べき理なり，即ち流體內の一點に於ける壓力は總ての方向に働くものなり。

流體の分子が容易に移動せられ從つて壓力は之を受くべき表面に直角に働くと云ふ事實より，流體內の各點に於ける壓力の强さは總ての方向に於て全一なることを推定し得べし，次に之を證明せん。

第九十圖



流體內に於て切口の非常に小なる圓柱狀の流體が固化したるものと想像す。此圓柱は初め靜止したる流體の固化したるものなるが故に流體內に於て靜止し從つて其表面に働く壓力の合力は零ならざるべからず。故に圓柱の表面に働く全壓力の軸の方向に沿へる分力の和は零なるべし。

今 s 及び s' を以て圓柱の兩端面の面積とし p, p' を以て夫々 s, s' の上に直角に働く平均の壓力とす而して α, α' を以て夫々 p, p' が圓柱軸と爲す角とすれば，圓柱の側面に直角に働く壓力は軸に沿ふて分力を有せざるが故に s, s' の上の壓力の其軸に沿へる分力は互に相等しからざる可らず，從つて次の式を得

$$p\,s\cos\alpha = p'\,s'\cos\alpha'$$

今 σ を以て圓柱の直角切口とすれば次の關係あり

$$s\cos\alpha=\sigma=s'\cos\alpha'$$

$$\therefore\quad p=p'$$

圓柱の切口が非常に小に成りたるものとせば p, p' は軸の兩端に於ける二點に働く壓力の強さと成るべし。而して軸に對する兩端面の傾角の價に關せず $p=p'$ ならざる可らざるが故に軸の兩端の二點に於ける壓力は凡ての方向に於て相等しき事を知り得べし。而して流體內に於ける圓柱の位置は任意に想像し得るが故に，流體內の壓力の強さは各點に於て總ての方向に向つて相等しき事を知る。

§136. パスカルの原理、前節の結果として直ちに次の原理を推知し得べし。

液體に適用せる壓力は其強さを變ぜずして液體內及び容器の內壁上の各點に傳播す。之を**パスカルの原理**と云ふ(液體に重力が働く場合は §139 に於て論ず)。

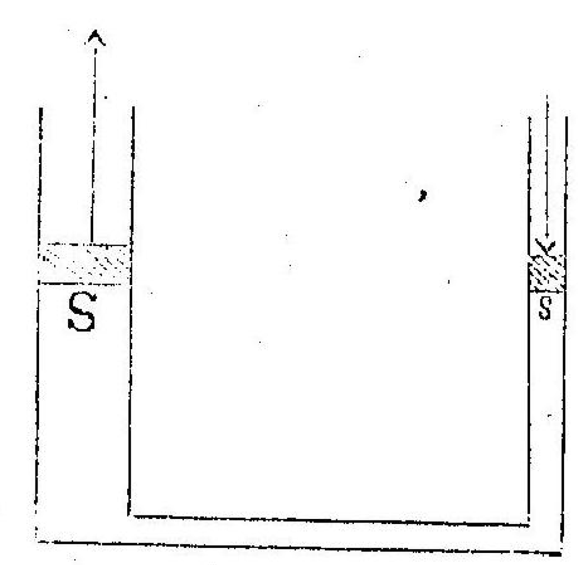
活栓を以て液體を圓筒內に密閉し活栓を押し下げて之に壓力を適用するに當り，液體が壓縮すべからざる理想上のものなる時には壓

力は直ちに同時に液體內の各點に傳播すべし。然れども液體が壓縮せらるゝ場合には壓力は一定の速度を以て傳播せらるるものなり，而して活栓に適用せる壓力と液體が歪に依りて生ずる彈力とが釣合ひ液體が靜止せる後に於て初めて各點に於ける壓力同一となるなり。

氣體に壓力を適用する場合に於ても氣體が壓縮せられて靜止の狀態に達したる後に於ては各點に於ける壓力は全一となるものなり。

§137. ブラマの水壓器。 圖に示すが如き連通管に於て，大小二個の活栓の面積を夫々 S 及び s とし小なる活栓の上に F なる力を適用したりとすれば液體の受くべき壓力は $\frac{F}{s}$ なるべし。今小なる活栓の上に力 F を適用したる結果として大なる活栓の押し上げらるべき力を W とすれば パスカルの原理に依り

第九十一圖



$$\frac{F}{s}=\frac{W}{S}$$

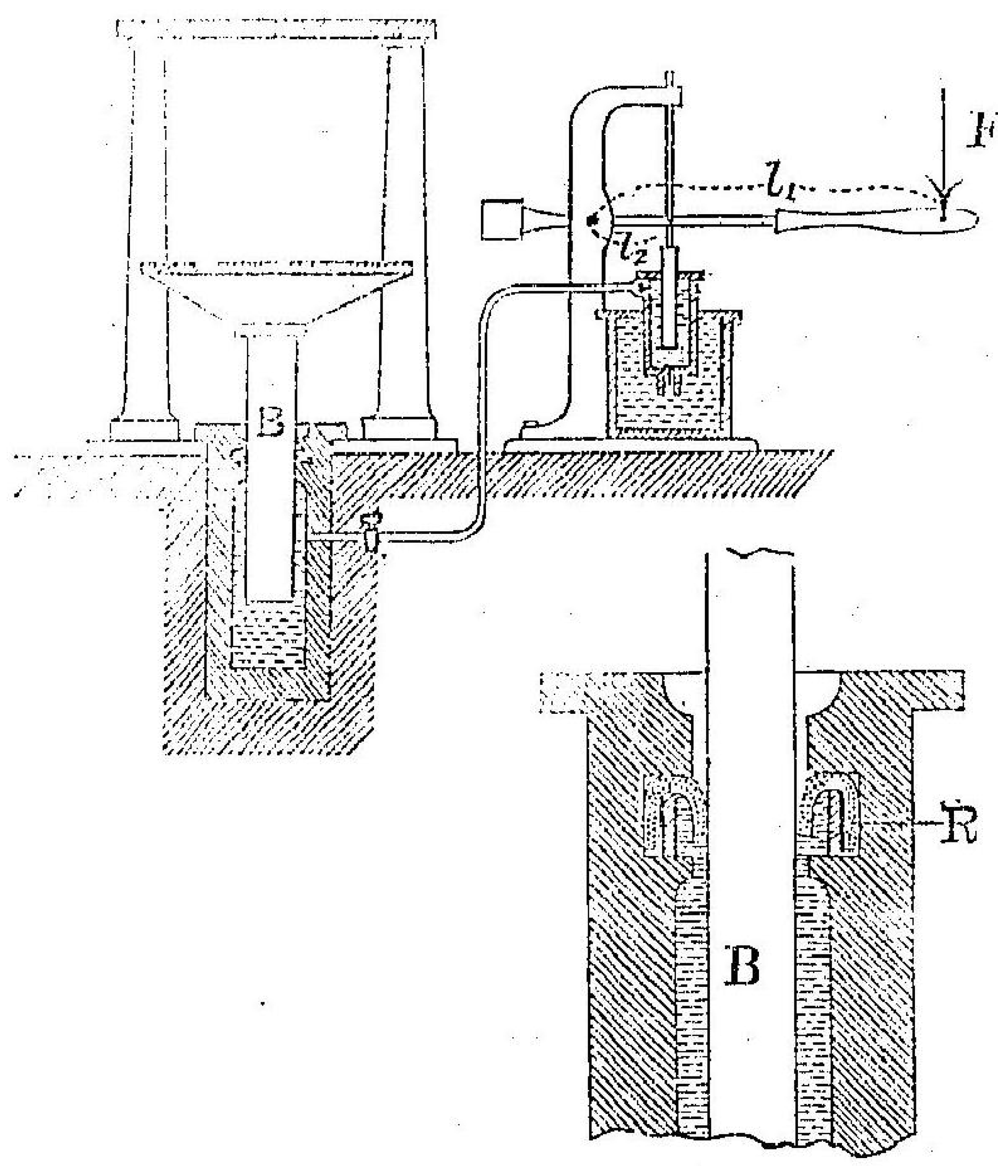
$$\therefore\quad W=F\cdot\frac{S}{s}$$

即ち活栓の面積の比 $\frac{S}{s}$ を大ならしむれば小なる力 F を以て大なる力 W を生ぜしめ得べきなり。故に此力 W を以て物體を壓縮するに利用すれば比較的小なる力を以て強大なる壓力を生ぜしめ

得べき理なり。

水壓器は此理に基きて作りたるものなり。其構造は圖に示すが如く一種の押上げポンプと,活栓 B を挿入したる圓筒とを堅固な

第九十二圖



る管を以て連結したるものなり。ポンプの活栓に連結せる槓杆に力を適用して之を働かしむれば其瓣は交番に開閉し水は瓣を押し開きて圓筒内に押し入れられ圓柱 B の下端面に上壓を及ぼすべし。圓筒内の壓力增加すると共に水は圓柱と圓筒との間を潜りて脱出するが故に圓柱と圓筒間に鞣皮製の輪 R を挾めり。壓力の增加と共に R 輪の内部に進入する水は輪を外方に壓迫し輪と圓柱とを密着せしめて水の脱出を防止するなり。此鞣皮輪の工夫は英國人ブ

ラマ氏に依りて按出せられたり,故に上記の水壓器を通常**ブラマの水壓器**と云ふ。

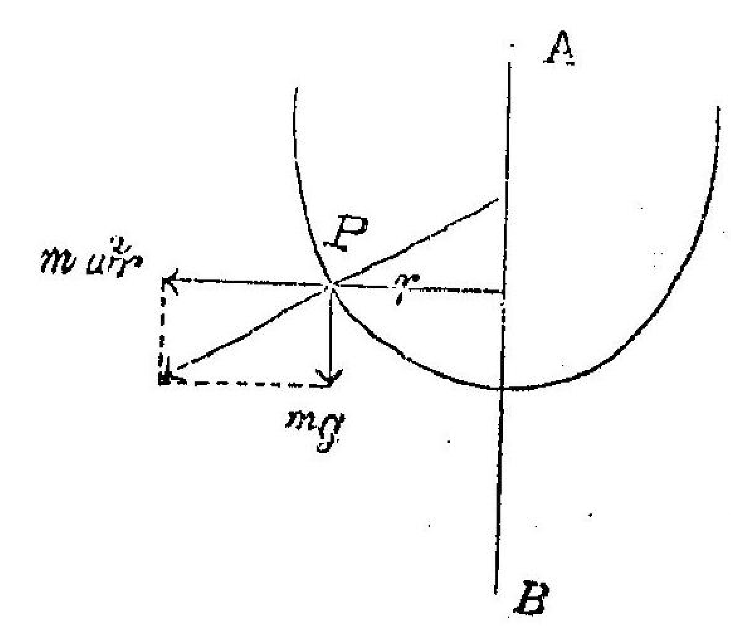
今 l_1 を以て槓杆に働く力 F と支點との距離とし, l_2 を以て槓杆とポンプの圓柱とを連結する點と支點との距離とすれば圓柱に働く力は $\frac{l_1}{l_2}\cdot F$ なり。故に今 W を以て大なる圓柱を押し上ぐる力とし S 及び s を以て夫々大小の圓柱の端面積とすれば次の關係あり

$$\frac{\frac{l_1}{l_2}\cdot F}{s}=\frac{W}{S}$$

$$\therefore \quad W=\frac{S}{s}\cdot\frac{l_1}{l_2}\cdot F \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(82)$$

§138. 液體の自由表面。 靜止せる液體の自由表面は常に之に働く外力の方向に直角となるものなり。何となれば若し表面が外力の方向に直角ならずとせば表面上の分子は外力の表面に沿へる分力の爲に移動せざるべからざるを以てなり。例令ば今水を盛りたる器を一定の角速度 ω を以て垂直軸 AB の周圍に廻轉せしむるものとすれば,水面の形は圖に示す如く表面上の各質點に働く重力 (mg) 及び遠心力 ($m\omega^2 r$) の合力が表面に直角なるが如き曲面となるべし。而して此曲面を軸を含める垂直平面にて切りし切斷面は拋物線なることを證明し得べ

第九十三圖

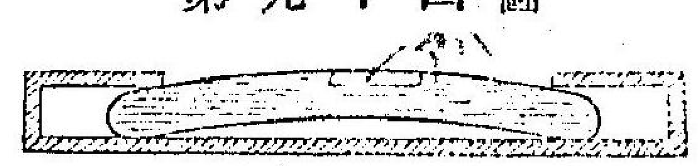


し。

地球表面上の一點を通過する重力の方向を**垂直線**と云ひ,之に直角なる平面を**水平面**と云ふ。重力のみに働かれて靜止する液體の表面は重力の方向に直角なる曲面＊なれども實際に於ては表面が餘り大ならざる範圍に於ては此曲面は水平面を示すものと看做し得べし。

水準器は此理を利用して臺の水平を正し又柱軸等の垂直なるや否やを檢するに用ふる器械なり。其構造は弧形に曲げられたる硝子管內に小なる氣泡を殘して酒精或はエーテルを密閉し之を臺の上に支へたるものなり(第九十四圖)。氣泡に接せる液の自由表面が水平となるが爲には氣泡は管の最上部を占めざるべからず。硝子管を支ふる臺の面は硝子管の最上點に於ける半徑に直角なる樣に作れるが故に水準器を水平面に載すれば氣泡の中心は管の中心に來るべし,故に管の中心より兩端に向つて目盛を施し置かば之を以て平面の水平を正し得るのみならず又面の水平面に對する傾角をも測定し得るなり。

第九十四圖



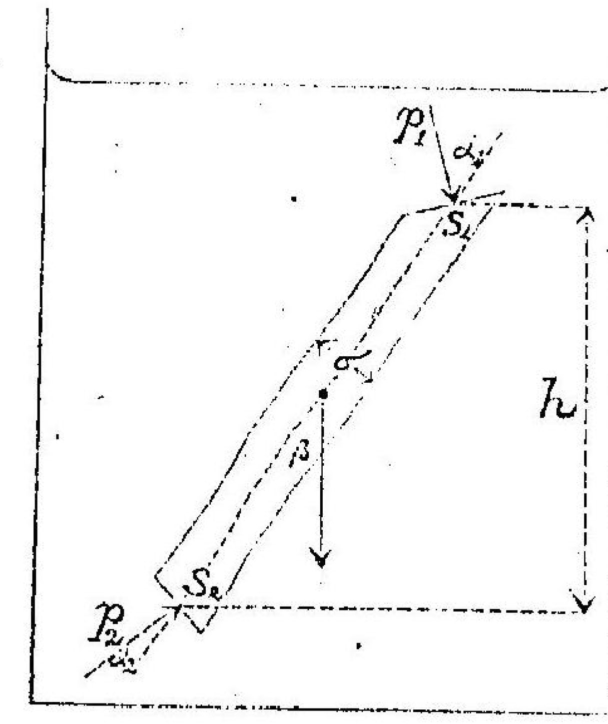
§ 139. 重力に働かるゝ流體內の壓力。

重力に働かるゝ流體內に於てはパスカルの原理に基きて傳播せらるゝ壓力の外に,流體の重量の爲めに起るべき一種の壓力を考へざるべからず。

＊ 若し地球が密度一樣なる球體にして自轉の運動なく且つ天體の引力なきものとせば此曲面は球面の一部となるべし。

今重力のみの爲に流體內に表はるべき壓力と流體の高さとの關係を見出さんがために,流體內に於て切口小なる圓柱狀の流體が突然固化したるものと考ふれば,此圓柱は靜止せざるべからざるを以て其表面に働く壓力と重量との軸に沿へる分力の和は零とならざるべからず。而して圓柱の側面に直角に働く壓力は圓柱の軸の方向に分力を有せざるが故に其兩端面に働く壓力と圓柱の重量との軸に沿へる分力の和は零ならざるべからず。

第九十五圖



故に今兩端面 s_1, s_2 に働ける平均壓力を夫々 p_1, p_2 とし此壓力が軸となす傾角を夫々 α_1, α_2 とす,而して圓柱の重心に働ける重力が軸となす角を β とすれば,次の關係あり

$$p_1 s_1 \cos\alpha_1 + l\sigma\rho g \cos\beta = p_2 s_2 \cos\alpha_2$$

玆に l 及び σ は夫々圓柱の長さ及び直角切口にして ρ は流體の密度なり。然るに

$$s_1 \cos\alpha_1 = \sigma = s_2 \cos\alpha_2,$$

$$l \cos\beta = h$$

玆に h は兩端面の垂直距離なり。

$$\therefore \quad p_1 + \rho g \cdot h = p_2$$

$$p_2 - p_1 = \rho g \cdot h \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (83)$$

即ち重力に働かるゝ流體内に於て任意の二點の壓力の強さの差は其二點の垂直距離を高さとして單位面積上に立てる流體柱の重量に等し。

上式に於て $h=0$ と置けば

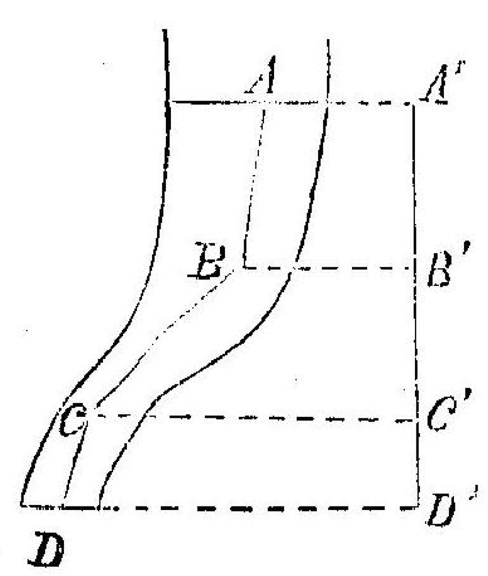
$$p_1=p_2$$

即ち流體内に於て仝一水平面内に於ける各點の壓力は互に相等し。

§ 140. 器底の壓力。

前節の結果より器底に働く壓力の強さは器底の液面よりの深さに依りて定まり器の形に關係せざることを證明し得べし。圖に於て大氣の壓力なきものとせば B 點の壓力 P_B は前節に依り $A'B'\cdot\rho g$ なり而して C 點に於ける壓力 P_C は $P_B+B'C'\cdot\rho g$ なり

第九十六圖



故に

$$p_C=p_B+B'C'\cdot\rho g$$
$$=(A'B'+B'C')\cdot\rho g$$

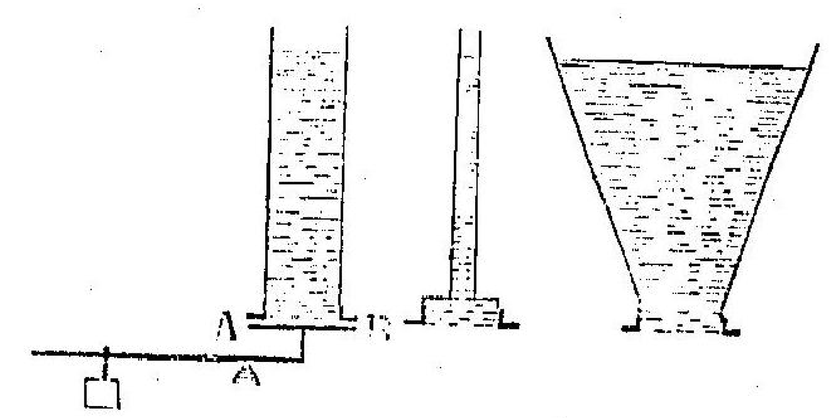
仝様にして器底に於ける壓力 P_D は次の如し

$$p_D=(A'B'+B'C'+C'D')\cdot\rho g$$
$$=h\rho g$$

玆に h は液面の器底よりの高さなり。上式は明かに器底に働く壓力の強さは器の形狀に關係せざることを示すものなり。

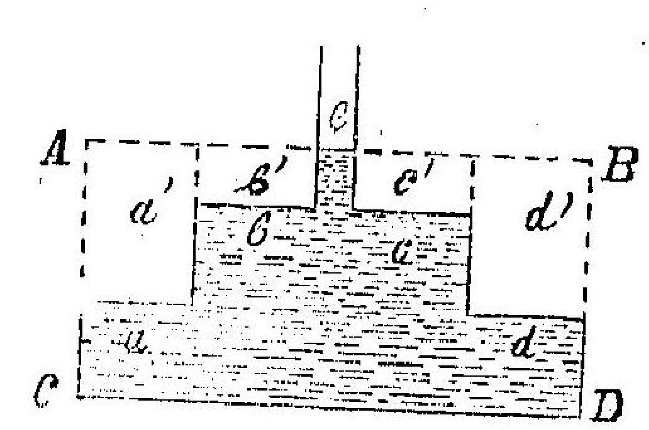
今 s を以て容器の底面の面積とし, h を以て液の表面の器底よりの高さとすれば器底に働く仝壓力は $sh\rho g$ なるべし, 即ち器底の受くる壓力は底面積及び液面の高さのみに依りて定まり器の形に關係せざることを知り得べし。今實驗に依りて之を證せんに, 圖に示すが如き種々の形の底なき硝子管 (下端に於ける管口の面積等し) を取り之を圓板臺 AB の上に載せ水の高さを等しくして底壓を測定すれば何れの場合にありても其仝一なることを示し得べし。

第九十七圖



器底の壓力は液の高さ及び底面積のみに依りて定まり器の形に關係を有せざれども, 容器仝體を天秤の皿上に置きたるとき皿の受くべき壓力は器と液體との重量の和にして底面の壓力仝體を受くるものにあらざるなり。今此理由を說明せんに, 圖に示すが如き形の容器に於て底面の受くる仝壓力は容積 ABDC の液重なれども a, b, c, d の面積は a', b', c', d' なる容積内に在る液重に等しき上壓を受くるが故に壓力の垂直に沿へる合力は結局器中に現存する液重に等しかるべき理なり。故に天秤の皿に感ずる壓力は容

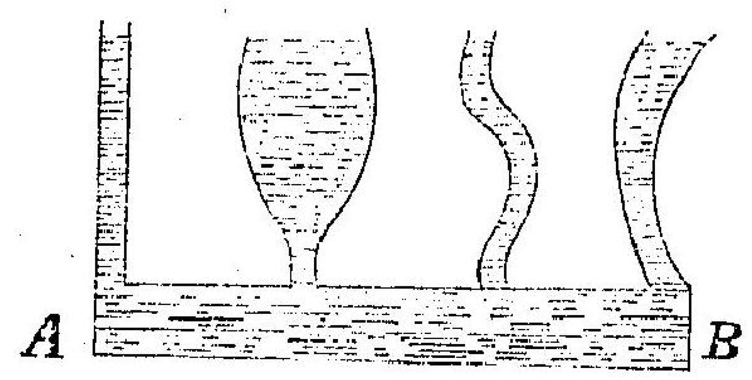
第九十八圖



器及び液の重量に等し。

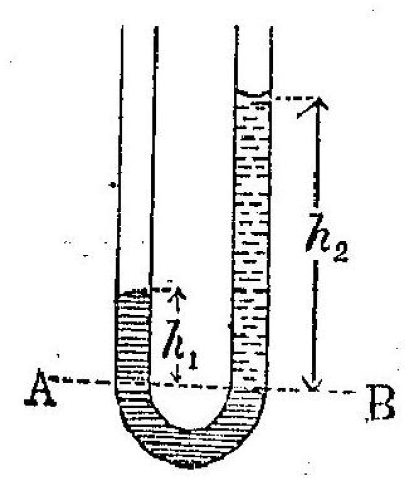
§141. 連通管。 圖に示すが如き底部互に連通せる種々の形の硝子管內に全一の液體を入るれば各管に於ける液面は共に同一水平面上にあるを見るべし。何となれば今器底に於て AB なる水平面を考ふるに，AB 上の各點に於ける壓力の强さは共に同一ならざるべからず而して各管の底面に呈する壓力は其液面の高さによりて定まり管の形に關係せざるが故に各管の液面は同一水平面上にあらざる可らざるなり。

第九十九圖



U 狀管の兩脚に密度 ρ_1, ρ_2 なる液を容るれば二液の接觸する處の水平面 AB より測りたる液柱の高さ h_1 及び h_2 は AB の上の壓力が同一なりと云ふ條件を滿足せざるべからず，故に

第百圖



$$h_1\rho_1 g = h_2\rho_2 g$$

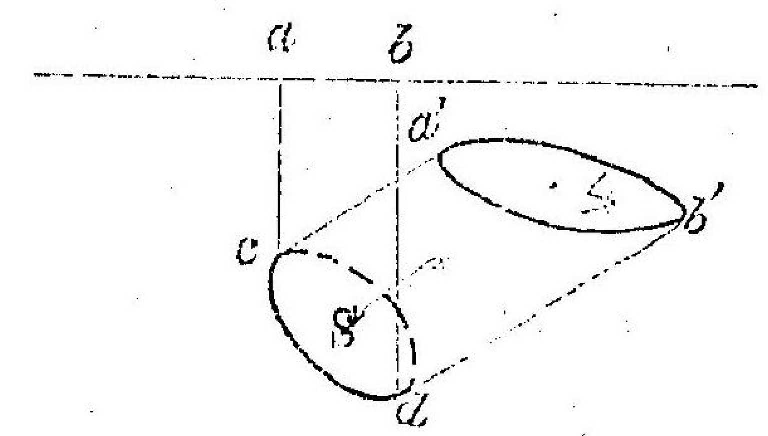
$$\therefore\ h_1 : h_2 = \rho_2 : \rho_1$$

即ち液注の高さは密度に逆比す

§142. 液體內に沈められたる平面上の壓力。 液體內に沈められたる平面上の各點には其點の液面よりの深さ h に依りて定まるべき壓力 $h\rho g$ 働くべし。今液體內に沈められたる面積 S なる表面上に働く全壓力を求めんに，表面上の各點より其點の深さに等しき長さを表面に直角に立つれば $(ca' = ca,\ db' = db)$ 其尖端は

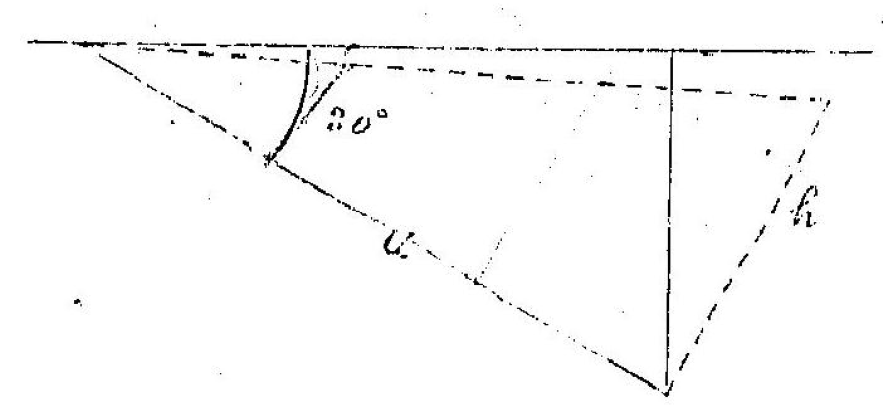
一つの平面を形成すべし。斯の如くにして作られたる底面 S なる柱狀の液の重量は即ち面積 S の上に働く全壓力なるべき理なり。而して面積 S が受くべき壓力の合力の着力點(之を**壓力の中心**と云ふ)は明かに圓柱狀の液體の重心より面積 S に下せる垂線と S との交點なるべし。

第百一圖



今一例として a なる邊を有する正方形が其一邊を液面に沿ふて接し水面と 30° の角度をなして液內に沈められたりとし此正方形の受くべき壓力及び壓力の中心を求めん。

第百二圖



此場合に於て正方形上の壓力を示すべき液柱の底面は a^2 にして其高さは $h = a\sin 30°$ なるが故に ρ を液の密度とすれば全壓力は次の如し

$$\frac{1}{3}a^2 h\rho g = \frac{1}{3}a^3\rho g \sin 30°$$

$$= \frac{1}{6}a^3\rho g$$

而して壓力の中心は明かに液面に沿へる一邊の中心を通して之に

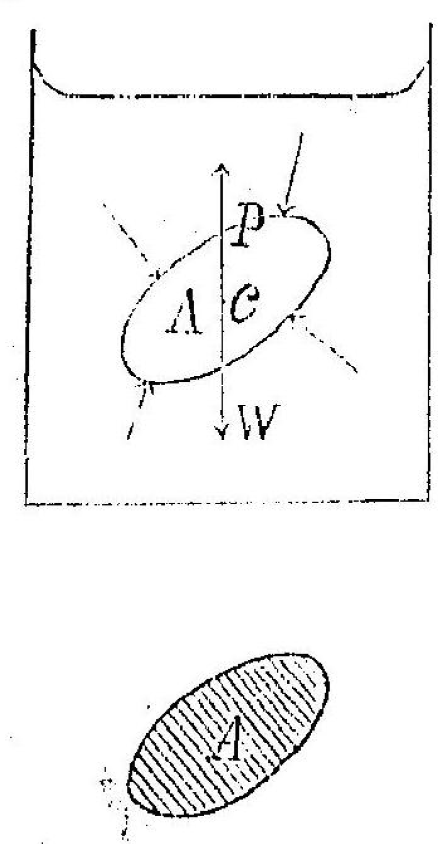
直角なる正方形上の直線上に於て其邊より $\frac{2}{3}a$ の距離に在り。

全く同一の方法に依りて容易に容器の側面の壓力及び壓力の中心を見出し得。

§143. アルキメデスの原理。 液體内に沈める物體の表面上の各點に働く壓力は表面に直角にして深さに比例するものなり。今此壓力の合力及び其着力點を求めんとす。

液體内に於て先づ物體と全形全大なる液の一部 A が固化せりと想像すれば，A は靜止するが故に其表面に働く壓力の合力 P と其重心 C に働ける重力 W とは方向反對にして大さ相等しからざるべからず。而して A の液體内に於ける位置を變更するも壓力の合力 P は常に A の重心 C を通過せざるべからざるが故に A に働く壓力の合力の大さは A の重量に等しくして其着力點は A の重心 C なるべし。

第百三圖



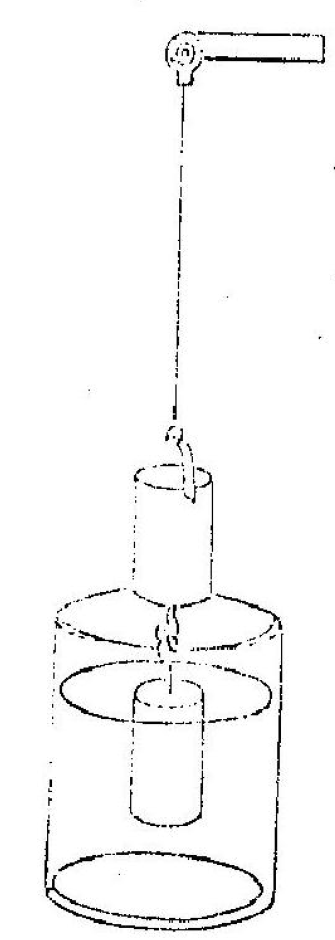
今固化したる液體 A を物體にて置き換へたりと考ふるも其表面に働く壓力は毫も變化を受けざるべき理なるが故に液體内に沈められたる物體の表面に働く壓力の大さは之と同容積の液體の重量に等しくして上方に働き其着力點は物體の幾何學上の中心（即ち物體を液體にて置き換へたる時の重心）なることを知る。從つて次の原理を推定し得べし。

液體内に一部分或は全部沈められたる物體は物體が排除したる液の重量に等しき上壓，或は見掛上の重量の減少，を受くるものなり。

之を**アルキメデスの原理**と云ふ。

此原理を實驗に徴して證明せんには，圖に示すが如き裝置を用ふるを便なりとす。眞鍮製の圓柱及び之と同容積の內容を有する空筒を天秤の一方の秤杆に懸け他方の秤皿に分銅を置きて釣合はしめし後圓柱を水中に沈ましむれば秤竿は傾くべし，次に空筒内に水を滿たせば秤竿は初めの位置に復歸するを認むべし。

第百四圖

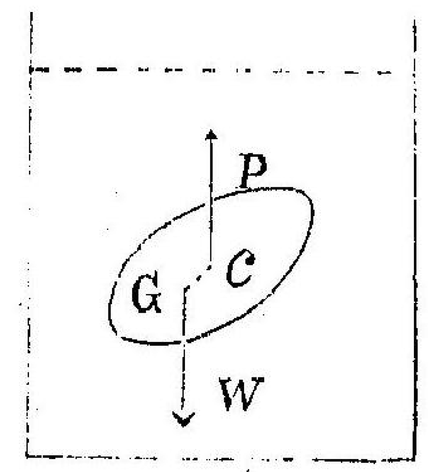


アルキメデスの原理に附隨して注意を要すべきことは物體を沈めたる際に物體が上壓を受くると共に容器は其反働として物體に働ける上壓に等しき下壓を受くることなり。是れニュートンの運動の第三定律に照して正に然るべき理なれども，液の表面が物體を沈めたるが爲に上昇すべき點より考ふるも亦明かなる所なりとす。

§144. 浮游體の釣合。 第百五圖に於て液體内に沈められたる物體には其重心 G に働ける重力 W 及び物體の幾何學上の中心 C に上方に働ける上壓力 P の二力が働くべし，從つて此二力の能率の爲に物體は CG 線が垂直の位置を取るまで液體内に於て廻轉すべき理なり。

物體の液體內に於ける見掛の重量は $W-P$ なるが故に $W>P$ なる時は物體は沈み, $W=P$ なる時は物體は液體內に漂ひ, $W<P$ なる時は物體は浮び物體の沈める部分と同容積の液體の重量が物體の重量に等しき處にて靜止すべし。

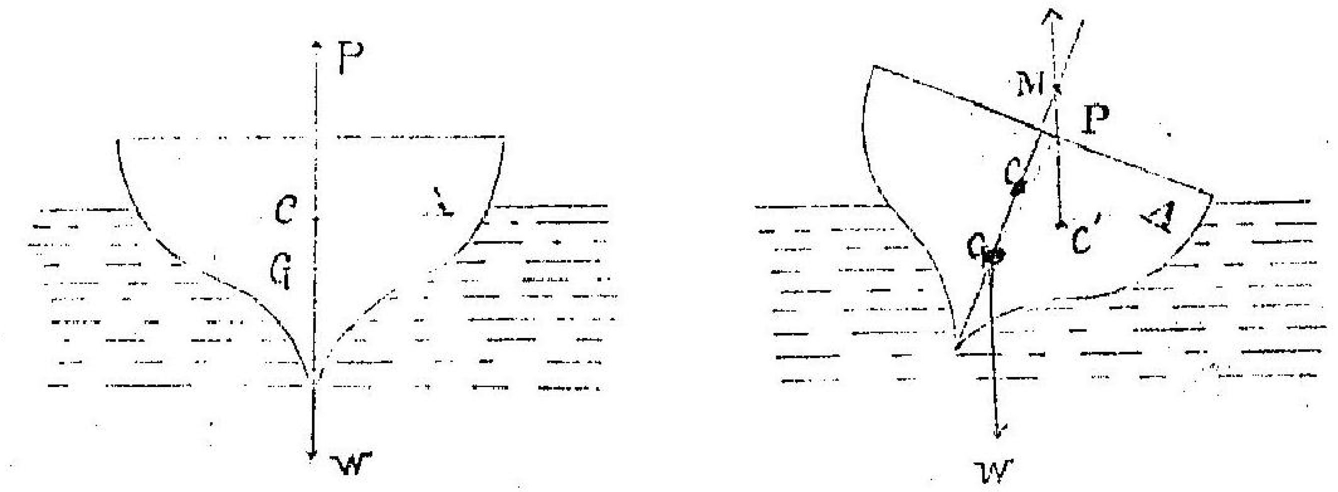
第百五圖



雞卵を淡水中に入るれば器底に沈むべし ($P<W$), 之に食鹽を加へて適當の濃度の鹽水となす時は卵は液體內にて靜止し ($W=P$), 尙ほ食鹽を加へて鹽水の密度を增す時は卵は遂に液面に浮ぶに至る ($P>W$)。

次に浮游體の一例として船 A の坐りを論ぜんに, A が水面に靜止する場合には直線 CG は垂直をなして上壓力 P 及び重量 W は

第　百　六　圖



釣合ふべし。今物體が少しく變位したりとせば上壓力の着力點 C は水中に沈める船の部分の幾何學上の中心なるが故に其位置を變ずべし。今假りに C 點が C′ 點に移りたりとし, C′ 點を通過する垂直線が直線 GC と交る點(之を**メタセントル**と云ふ)を M とすれば,

圖に示すが如く M が重心 G の上にある時は P, W の二力より成れる偶力は A を舊位置に復せんと勉むるが故に此場合の坐りは善き坐りなり。然れども若し A が益々傾きて M 點が G 點の下に來る時は物體は遂に顚覆するに至るべし。而して A を靜止の位置より少しく變位せしめたる時 M が直ちに G の下に來る如き場合には其坐りは惡しきなり。若し又物體の變位と共に C 點の位置が少しも變せざるが如き場合には其坐りは中立なり。

密度が一樣に分布せられたる球狀體が液面に浮べる場合には其坐りは中立なり。而して其密度の分布が一樣ならずして重心が球の中心より下にある時には其坐りは善く, 重心が中心の上にある場合には其坐りは惡しきなり。

§ 145. 密度及び比重。 物體の單位容積內の質量を其**絕對密度**(或は單に**密度**)と云ひ, 單位容積內の重量を其**絕對比重**といふ。

C. G. S. 系に於ける絕對密度及び絕對比重の單位は夫々 [瓦, 糎$^{-3}$] 及び [ダイン, 糎$^{-3}$] なり, 今絕對密度及び絕對比重を夫々 ρ 及び s にて示せば定義により次式を

$$s=\rho\cdot g \qquad (84)$$

從つて絕對比重 s は地球上の各地に於て g の價と共に變更すべきものなり。物體の容積を V とし重量を W とすれば定義により

$$s=\frac{W}{V} \qquad (84')$$

今 ρ' 及び s' を以て 4°, C. に於ける蒸餾水の絕對密度及び絕對

比重とし W′ を以て物體と同容積(V)の水の重量とすれば

$$s' = \rho' \cdot g$$

$$s' = \frac{W'}{V}$$

$$\therefore \quad \frac{s}{s'} = \frac{\rho}{\rho'} = \frac{W}{W'} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (84'')$$

物體の絕對比重と 4°, C. に於ける蒸餾水の絕對比重との比を物體の水に對する**關係比重**(或は單に**比重**)と云ひ，其絕對密度の比を物體の水に對する關係密度と云ふ。式(84″)に依り物體の水に對する比重と關係密度とは常に同一の値を有するとを知る。

質量の單位が 4°, C. の蒸餾水に依りて定義せられたる時代に在りては $\rho' = 1$ 瓦なるが故に關係比重即ち比重は直ちに物體の絕對密度を與ふべき理なり。現今の質量の單位に依る時は $\rho' = 0.99996$ 瓦にして殆んど 1 に等しきが故に實用上に於ては物體の比重と絕對密度とは全一なりと看做して差支なし。

物體の容積從つて其密度及び比重は溫度及び壓力の影響を蒙むるものなるが故に物體の比重及び密度は溫度 0°, C., 壓力 760 粍に於けるときの價を與ふるを通例とす。固體及び液體にありては通常壓力を考ふる必要なしと雖も氣體に在りては殊に之を考ふるの必要あり。

溫度 t°, C. に於ける物體の水に對する比重即ち關係密度を測定に依りて求めたるとき，此價より物體の 0°, C. に於ける密度を計算せん。今 ρ_t, ρ_t' を以て物體及び水の實驗室の溫度 t°, C. に於ける密度とすれば

$$\frac{\rho_t}{\rho_t'} = \text{實測の數} = K.$$

物體の 0°, C. に於ける密度を ρ_0 とし其膨脹係數を α とすれば(熱學を見よ)

$$\rho_0 = \rho_t (1 + \alpha . t)$$

$$\therefore \quad \rho_0 = K \rho_t' (1 + \alpha . t) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (85)$$

上式によりて t°, C. に於て測定したる比重 K の價より ρ_0 を求め得べし

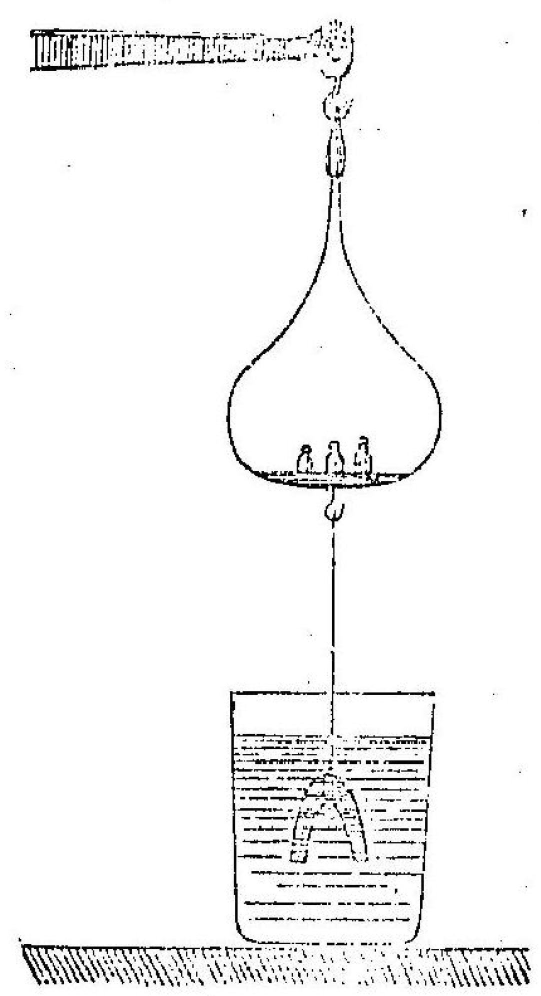
種々の溫度に於ける水の絕對密度(ρ_t')は屢々必要なるが故に次に其表を揭ぐ。

水の密度の表

溫度(°C)	ρ[瓦, 糎$^{-3}$]	溫度(°C)	ρ[瓦, 糎$^{-3}$]
0	0.99984	16	0.99894
1	89	17	77
2	93	18	59
3	95	19	40
4	96	20	19
5	95	21	0.99798
6	93	22	76
7	89	23	52
8	84	24	28
9	77	25	03
10	0.99969	26	0.99677
11	60	27	50
12	49	28	22
13	37	29	0.99593
14	24	30	63
15	09		

§146. **水秤**。**水秤**は通常の天秤の一方の皿の下端に鍵を付けたるものに外ならず。 通常の天秤も亦水秤として使用し得べき爲に皿の上方に鍵を付着せり。

第百七圖



アルキメデスの原理を用ふれば水秤りに依りて直ちに固體の比重を求め得べし。

今水より重くして水に溶解せざる固體の比重を測定するの方法を記せん。先づ與へられたる固體を細き白金線を以て水秤りの皿の下の鈎に吊し他方の皿の上に載せたる分銅を加減して秤の指針を目盛りの零に向はしむべし。次に白金線より固體を取り去り白金線を結びたる皿上に分銅を置きて指針を再び元の位置に復せしめたりとせば此分銅は空氣中に於ける物體の重量を與ふるものなり。 此重量より空氣の浮力に關する補正を施して得たる固體の眞の重量を W とす (§184)。 次に再び固體を白金線に結び之を蒸餾水中に沈ましむれば，指針は零を指さゞるべし。指針をして再び零を指さしむるが爲に更に W′ の分銅を白金線を結べる皿の上に載せたりとせば W′ は固體と同容積の水の重量なるべし。 從つて物體の比重 K は次の如し

$$K=\frac{W}{W'}$$

K を定むれば式 (85) に據り固體の 0°, C. に於ける密度 ρ_0 をすめ得可し。

上記の計算には白金線の水に沈みし部分の重量の減少及び白金線に働く水の表面張力 (§157) を棄却したり。 白金線に煤を塗れば此張力の影響を避け得べし。

物體が水より輕き場合に於ては之に重錘を付し前と同樣に取扱ふべし。 物體の重量を W とし，重錘及び物體の水中に於ける重量を W_1 とし重錘のみの水中に於ける重量を W_2 とすれば物體の比重は次の如し

$$K=\frac{W}{W+W_2-W_1}$$

固體が水に溶解する場合には固體が溶解せざる液體を撰み其液體に對する固體の比重 K_1 を求むべし。 液體の水に對する比重を K_2 なりとすれば固體の比重 K は明かに次の如し

$$K=K_1\cdot K_2$$

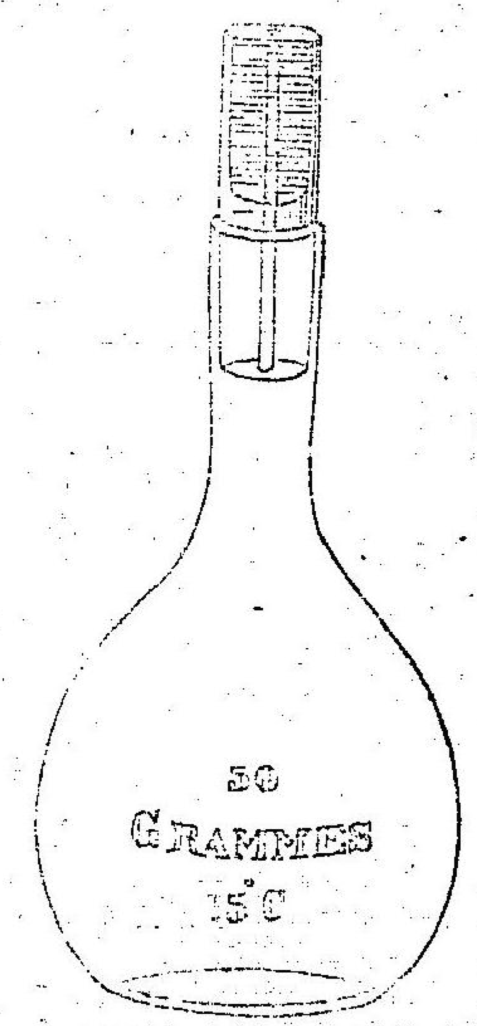
水秤を以て又液體の比重を測定し得べし。 水及び液體に溶解せざる固體 (通常硝子塊或は硝子管內に水銀を密閉したるものを用ふ) の水中及び液體內に於ける重量の減少を夫々 W′ 及び W″ とすれば液體の比重 K は次の如し

$$K=\frac{W}{W'}$$

§147. **比重罎**。**比重瓶**は圖に示すが如く細孔を有する硝子栓を具へたる硝子瓶にして主として液體の比重を測定し又粒狀なる固體の比重を測定するに用ひらるゝものなり。

今比重瓶の重量を w とし之に水を滿たしたるときの重量を W′ とし次に液體を滿たせしときの重量を W とすれば液體の比重は次の如し

第百八圖



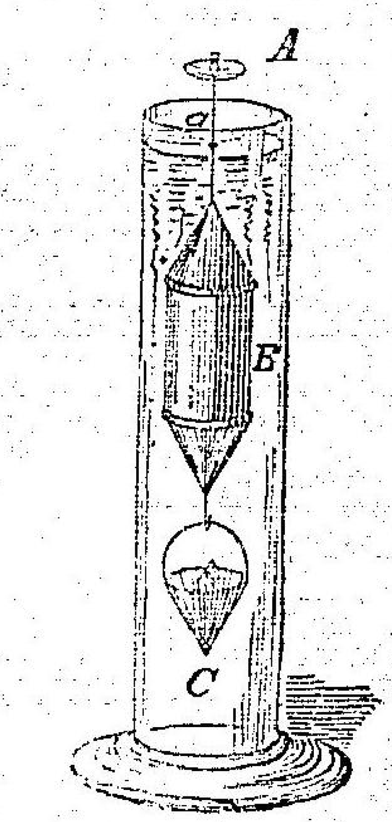
$$K=\frac{W-w}{W'-w}$$

次に比重瓶を以て粒狀なる固體の比重を測定する方法を示さんに，物體の重量を W とし水を滿たしたる時の比重瓶の重量を W′ とし次に粒狀の物體を瓶中に入れ流出する水を拭ひ去りたる時の比重瓶の重量を W″ とすれば求むる比重は次の如し

$$K=\frac{W}{W+W'-W''}$$

§148. ニコルソンの浮秤。 **ニコルソンの浮秤**は精密なる結果を與へずと雖も，頗る便利なるが故に屢々用ひらるゝ器械なり。其構造は中空の圓筒 B の上端に稍々長き細幹を付し其上端に分銅を載すべき圓板 A を付着せるものなり。圓筒の下端に器の水中に於ける安定を保たしめんが爲に錘を入れたる皿 C を懸く。

第百九圖



浮秤を使用するには先づ之を水中に沈め，A の上に一定の分銅を置き細管上に刻した

る標點 a をして水の表面と一致せしむべし。次に比重を測らんとする固體を A の上に載せ分銅を取り去りて標點を元の位置に復せしむべし。此際取り去られたる分銅 W は物體の重量を示すものなり。

次に固體を皿 C の中に移せば浮秤は浮び出づべし，而して再び分銅を皿の上に加へ標點をして元の位置に復せしむべし。此場合に加へたる分銅 W′ はアルキメデスの原理により物體と同容積の水の重量なり。故に物體の比重 K は次の如し

$$K=\frac{W}{W'}$$

ニコルソンの浮秤により又液體の比重を求め得可し。今固體と同容積の液體及び水の重量を夫々 W 及び W′ とすれば求むる液體の比重は $\frac{W}{W'}$ なり。

§149. ヂヨリーのゼンマイ秤。 ゼンマイに外力 F を適用して之に延長 l を與へたりとせばフックの定律に依り彈性の際限內に於て F 及び l が餘りに大ならざるときには l は F に比例するが故に

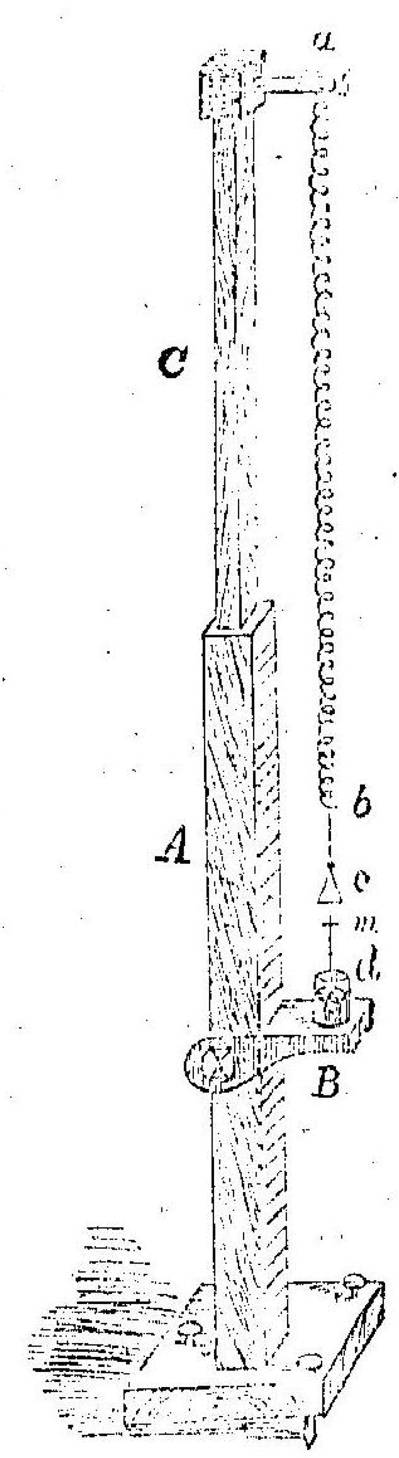
$$F=K'\cdot l$$

K′ は張金の質及びゼンマイの形に關する常數なり。今ゼンマイに一定の力 F を適用し之に對する延長 l を測りたりとせば上式より常數 K′ を定め得べし。既に K′ を測定せば未知の力に對するゼンマイの延長 l を測り上式にて其力を求め得べきなり。

ジヨリーのゼンマイ秤は上記の原理に基けるものにして其

構造はゼンマイの上端を固定し下端に c, d なる二個の皿を附着し d 皿を常に水中に沈ましめたるものなり。水を盛りたるビーカーは止めネヂを弛むれば自由に上下せしめ得べき受臺 B の上に載せたるが故に B を上下すれば d 皿をして常に水中に漂はしめ得べきなり。而してゼンマイの延長を測らんがために c, d 間の張金に目標 m を附し，臺柱 c に尺度を設け m の尺度に對する讀みを取る樣にせり。

第百十圖



今皿に重量を載せずして d 皿を水中に漂はしめたる時に m に對する尺度柱の上の點の讀みを n_0 となし，次にゼンマイの定數 K を定めんが爲めに c の皿に既知の重量例令ば一瓦を載せ B を上下して d 皿を水中に漂はしむる樣になしたる時の m に對する讀みを n' とせば m を一個の目丈け降下せしむるに必要なる重量は $\dfrac{1}{n'-n_0}$ 瓦なり。

次に比重を測らんとする物體を取り之を c 及び d の皿に載せて前と同樣の調整をなせし時の m の讀みを夫々 n_1 及び n_2 とすれば物體の重量及び之と同容積の水の重量は夫々 $(n_1-n_0)/(n'-n_0)$ 及び $(n_1-n_2)/(n'-n_0)$ 瓦なるべきが故

に比重 K は次の如し

$$K=\frac{(n_1-n_0)/(n'-n_0)}{(n_1-n_2)/(n'-n_0)}$$

$$=\frac{n_1-n_0}{n_1-n_2}\cdots\cdots\cdots\cdots(86)$$

上式は n' を含まざるが故にジョリーのゼンマイ秤を以て單に比重を測らんとする場合には常數 K′ を定むる必要なきなり。

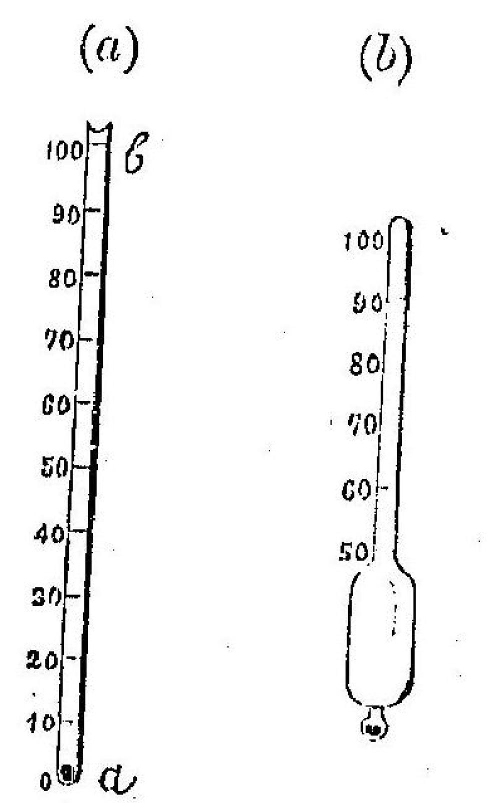
§ 150. 浮秤。 同一の物體が二種の液體中に沈みたる部分の容積を夫々 V_1, V_2 とし液體の比重を s_1, s_2 とすれば

$$物體の重量 = V_1 s_1 = V_2 s_2$$

$$\therefore \quad \frac{s_1}{s_2}=\frac{V_2}{V_1}\cdots\cdots\cdots\cdots(87)$$

液體の比重を測定するに便利なる**浮秤**は上式にて示せる原理に基きしものにして内空の硝子管の底に水銀を密閉したるものなり。

第百十一圖



(a) 圖に示すが如く管の切口が一樣なる場合には浮秤に附すべき目盛の方法は簡單なり，即ち之を水中に浮ぶる時に水面に接する點 b に 100 と目盛り，ab 間を百等分したる目盛を施せば可なり。之を某液體内に沈むる時に n なる讀みを得たりとせば其比重は (87) に依り次の如し

$$K=\frac{100}{n}$$

切口が一樣なる時には目盛の方法は上記の如く簡單なりと雖も，水に沈む部分の容積が大ならざる故に其 $\frac{1}{100}$ に相應する目の長さも亦大ならず，從つて精密に比重を測定し難し。故に通常 (b) 圖に示すが如く下部を太くしたる硝子管を用ふ。(b) 圖の如き場合に目盛を施すには之を水中に浮べ幹が水面に接する點に 100 なる目盛を附し次に之を既知の比重 K を有する液體中に浮べ，幹の液面に接する點に $K=\frac{100}{n}$ より得たる n なる目盛を施し此割合て幹の全部に目盛を施せば可なり。

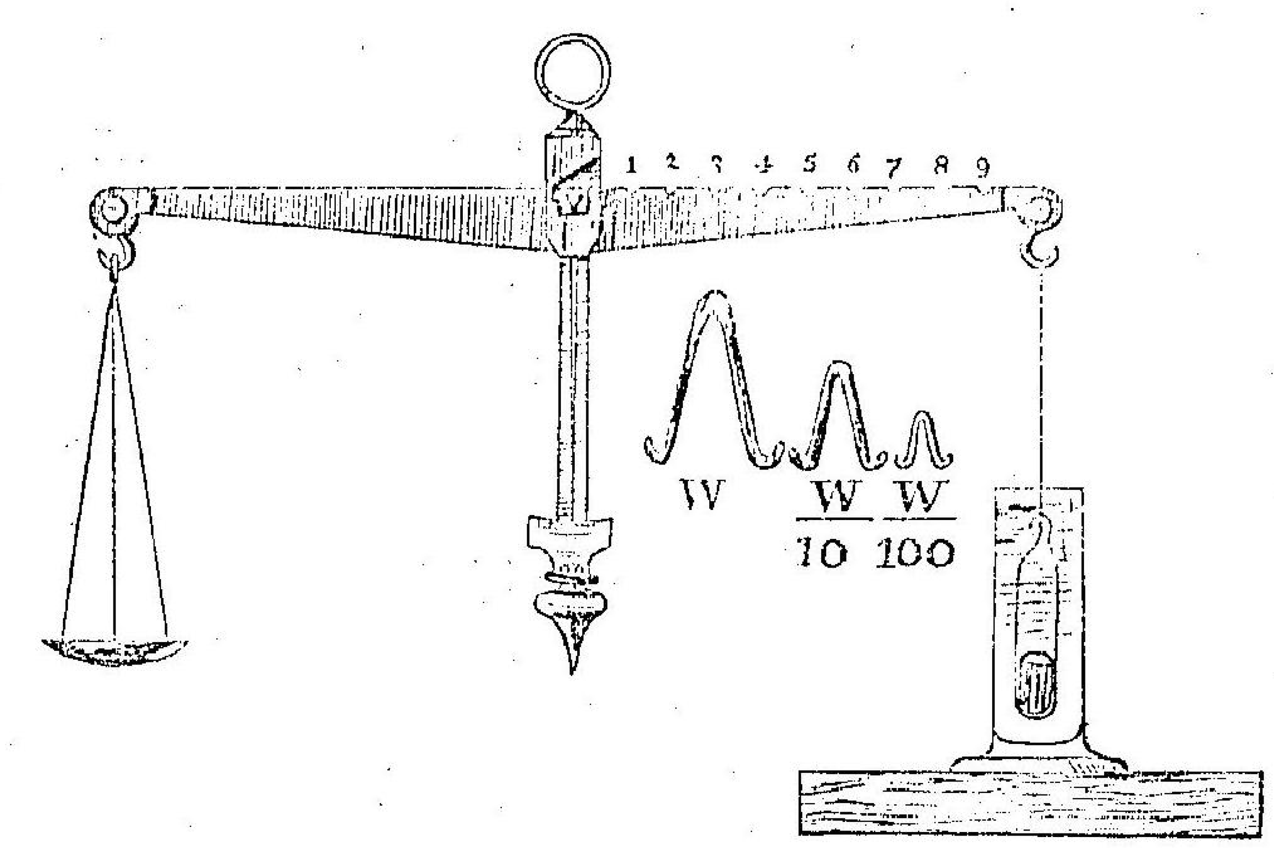
水より輕き液體の比重を測らんとする場合には浮秤に納めたる水銀の量を加減して浮秤を水中に浮ぶる時，幹の下端が水面に接する樣に爲せば可なり。水より重き液體の比重を測らんとする場合には水中に浮ぶるとき浮秤の上端が僅かに水面上に出づる樣に水銀を加減し置き其下部に目盛を施すべし。

直ちに液體の比重を與ふる數を目盛りたる浮秤りを**密度計**と云ふ。

§151. モールの秤。 **モールの秤**は液體の比重を速かに測定するに用ふるものにして使用法頗る便利なり。其構造は一種の水秤にして一方の秤竿に硝子塊(或は硝子管に水銀を入れて密閉したるもの)を細き白金線にて吊したるものなり。此硝子塊は空氣中に於て他方の皿と釣合ひを保てり。分銅は通常四個の馬乘りなり其内の二個は硝子塊と同容積の水の重量 W に等しく，他の二個の分銅は夫々 $\frac{1}{10}$ W, $\frac{1}{100}$ W に等しきなり。而して硝子塊を

吊せる秤竿には其懸點と白金線の懸點との間に於て十等分せる目盛を附せり。

第百十二圖



今一例を採りて其使用法を說明せんに，例令ば硫酸の比重を測定せんとする場合に於ては其中に秤に吊せる硝子塊を沈ましむべし。而して前記の馬乘りを秤竿上に乘せて秤の竿を舊位置に復せしむべし，此場合に於て分銅 W を秤竿の一端即ち 10 の目に置き他の W の分銅を 8 の目に置き分銅 $\frac{1}{10}$ W を 4 の目に，分銅 $\frac{1}{100}$ W を 8 の目に置きたりとすれば硫酸の比重 K は次の如し

$$K=\frac{1}{W}\left(\frac{10}{10}W+\frac{8}{10}W+\frac{4}{100}W+\frac{8}{1000}W\right)$$
$$=1.848$$

§ 152. 比重の表。 次に必要なる固體及び液體の比重を掲ぐ。

固體の比重 (0°, C.)

イリヂゥム	22.40	蒼鉛	9.8
白金	21.5	亞鉛	7.2
金	19.3	錫	7.3
鉛	11.4	鐵 (純)	7.9
銀	10.53	アルミニゥム	2.6
ニッケル	8.9	ソヂゥム	0.98
パラヂゥム	11.4	ポタシゥム	0.87

液體の比重 (0°, C.)

水銀	13.596	酒精	0.794
醋酸 (15°, C.)	1.053	ベンゾル	0.884
クロヽホルム	1.499	エーテル	0.720
二硫化炭素	1.270	橄欖油	0.915
グリセリン	1.260		

第二章

液體動力學

§ 153. 理想的の液體の流れ。 液體の分子は互に容易に移動し得るが故に,液體の動力學は固體の動力學に比すれば非常に複雑にして之を研究するには高等數學を要するものなり。吾人は玆に簡單なる場合のみを考察せんとす。

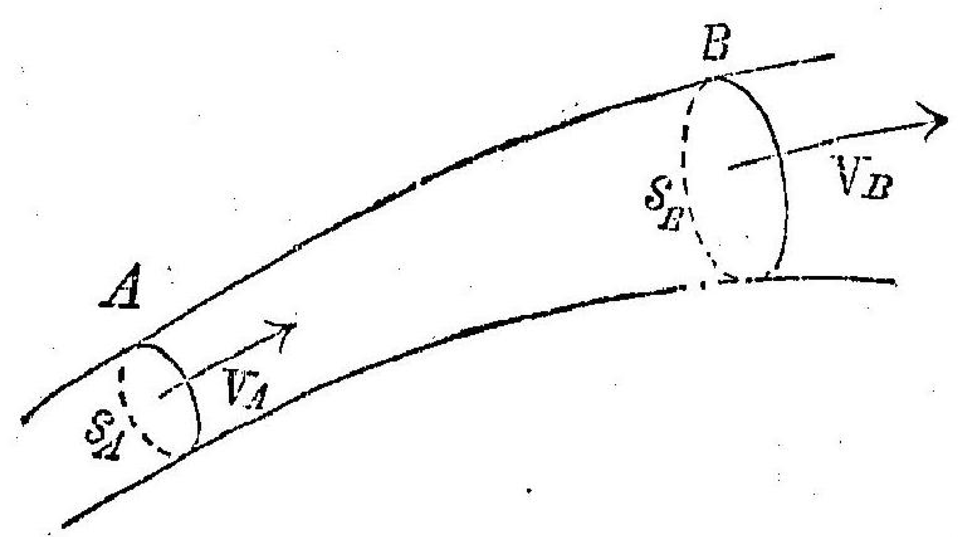
通常の液體に於ては分子間の摩擦即ち液の粘性の爲に其運動のエネルギーの一部は常に熱に變ずるものなり。吾人は今毫も粘性なく且つ壓力の爲に少しも壓縮を受けざる所謂理想上の液體の運動を考究せん。水の如きは殆んど此理想的液體に近きものなりと看做して差支へなき場合多し。

液體の流れに於て其一分子の動くべき道を**流線**と云ふ。而して液流内の一定點に流れ來る液分子が常に同一の流線に沿ひ同一の速度を以て其點に流れ來る場合には其流れを**常定**の流れと云ふ。常定なる流れの内に小なる表面を想像し其周圍の各點を通過する流線を引きたりとせば一個の管を得べし此管を**流管**と云ふ。流管内の液分子は何れも流管内を通過し決して管外に流出する事なきが故に管壁は恰も液が通過し能はざる物質を以て作られた事るかの觀あり。

流管内の總ての流線に直角なる表面を流管の直角切口と云ふ。直角切口が小なる時は之を平面と看做して可なるべし。今常定流

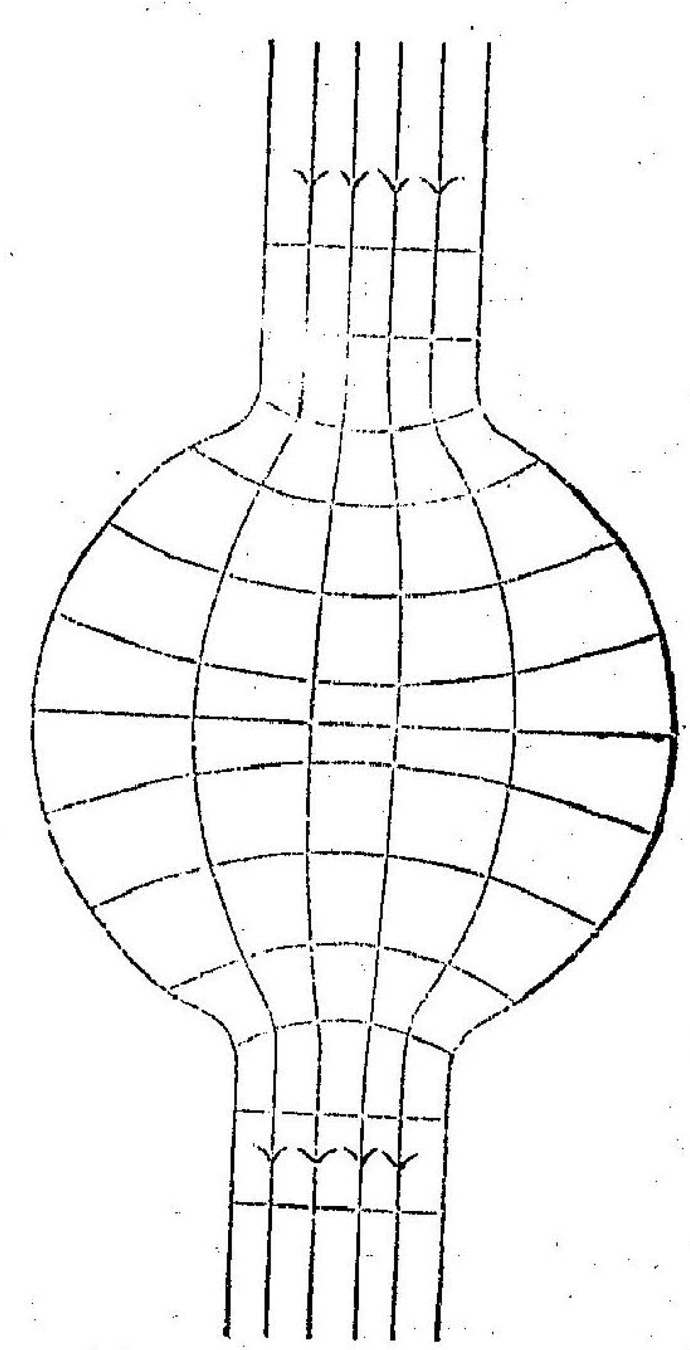
をなせる理想的液體内に於て直角切口の小なる流管 AB を考へ A,

第百十三圖



B の二點に於ける直角切口の面積を夫々 S_A, S_B, 切口の各點に於ける液分子の平均速度を夫々 V_A, V_B とし ρ を以て液の密度とすれば液は壓縮を受けざるが故に ρ は液體内の各點に於て同一の價を有せざるべからず, 從つて流れが常定なるときには單位時間に S_A より入り來る液量 $S_A V_A \rho$ は S_B より同時間に流れ出づる液の量 $S_B V_B \rho$ に等しからざるべからず, 即ち

第百十四圖



$$S_A V_A \rho = S_B V_B \rho$$

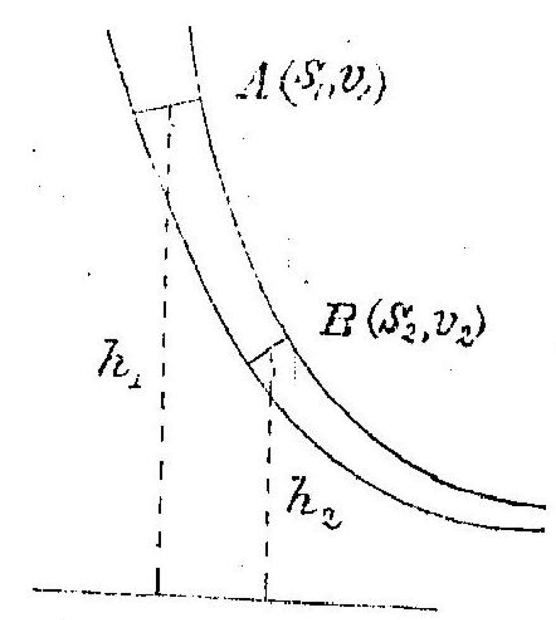
$$\therefore \quad S_A V_A = S_B V_B \text{..........................}(88)$$

即ち流管内の速度は管の直角切口の大さに逆比す。從つて流線平行にして流管の切口一様なる時には管に沿ふての速度は同一なり。第百十四圖は中央に於て膨大せる管内に液體の流るゝ場合に於ける流線及び流管の直角切口を示せるものなり。

§ 154. ベルヌーリの定理。

今理想的の液體が重力の作用を受けて常定の流れをなす場合を考察せん。常定の流れの内に於て直角切口の小なる流管 AB を考へ A, B 二點に於ける切口の面積, 速度及び壓力を夫々 (s_1, s_2), (v_1, v_2) 及び (p_1, p_2) とし, 任意の水平面より測りたる A, B 二點の高さを夫々 h_1, h_2 とす。

第百十五圖



流れが常定なるが爲には流管内のエネルギーは一定ならざるべからず。從つて切口 s_1 より流入し來るエネルギーと s_2 より同時間内に流れ出づるエネルギーとは相等しからざるべからず。ρ を密度とせば, 非常に小なる時間 Δt の間に s_1 より入り來る質量は $\rho s_1 v_1 \Delta t$ にして其運動のエネルギーと位置のエネルギーとの和は

$$\frac{1}{2}(\rho s_1 v_1 \Delta t) v_1^2 + (\rho s_1 v_1 \Delta t) gh$$

なり。而して s_1 より入り來る液は此處に於ける壓力 p_1 に依り AB 管内に押し入れらるゝが故に p_1 が Δt 間に入りたる液の上に爲し

たる仕事は $(p_1 s_1) v_1 \Delta t$ なり。 故に Δt 時間に s_1 より入り來るエネルギーの總量は

$$\frac{1}{2}(\rho s_1 v_1 \Delta t) v_1^2 + (\rho s_1 v_1 \Delta t) g h_1 + p_1 s_1 v_1 \Delta t$$

なり。全く同樣にして s_2 より Δt の間に流れ去るべきエネルギーの總量は次の如し

$$\frac{1}{2}(\rho s_2 v_2 \Delta t) v_2^2 + (\rho s_2 v_2 \Delta t) g h_2 + p_2 s_2 v_2 \Delta t$$

故に此兩式を等しくし, $s_1 v_1 = s_2 v_2$ なる關係を用ひて計算すれば次の式を得

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + p_1 g + h_1 \rho g = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + p_2 g + h_2 \rho g$$
$$= \text{常數} \ldots\ldots\ldots\ldots(89).$$

此式の價は流管內の位置に關せずして常に一定なるものなり。之を**ベルヌーリの定理**と云ふ。$s_1 v_1 = s_2 v_2$ なる關係に依り上式を變更して

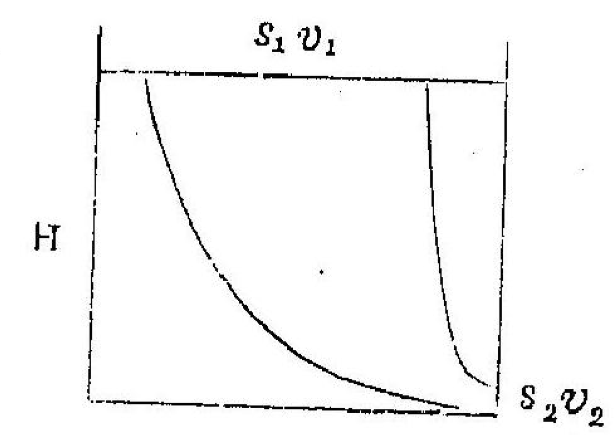
$$\left.\begin{aligned} &\frac{1}{2} v_2^2 \left[1 - \left(\frac{s_2}{s_1}\right)^2\right] = \frac{p_1 - p_2}{\rho} + (h_1 - h_2) g \\ &\text{或は}\quad p_2 = p_1 + (h_1 - h_2)\rho g - \frac{1}{2}\rho v_2^2 \left[1 - \left(\frac{s_2}{s_1}\right)^2\right] \end{aligned}\right\} \ldots\ldots(90)$$

§ 155. トリチエリの定理。 液を盛れる器の底面或は側面に設けたる小孔より液の流出する速度は (90) より直ちに見出し得べし。

此場合には流管の模樣は圖に示すが如き有樣となる。流れを常定に爲さしむるには液を絶へず供給して液面の高さを一定せしむれ

ば可なり，然れども孔の面積が小なる時の流れは液の供給なき時と雖も流れが始まりし時より暫時の後には常定の域に達したるものと見做し得べし。

第百十六圖



圖に示せる場合に於ては s_1 は s_2 に對して非常に大にして s_1, s_2 に於ける壓力 p_1, p_2 は共に大氣の壓力 p_a に等しきが故に次の關係あり。

$$\frac{s_2}{s_1} = 0 \;; \qquad p_1 = p_2 = p_a$$
$$h_1 - h_2 = \mathrm{H} \;; \qquad v_1 = 0$$

玆に H は液面の小孔よりの高さを示せり。上記の價を (90) に適用すれば小孔に於ける流出の速度 v は次の如し

$$v_2^2 = v^2 = 2g\mathrm{H}$$
$$v = \sqrt{2g\mathrm{H}} \ldots\ldots\ldots\ldots(91)$$

即ち流出の速度は物體が引力の作用に依りて液の高さに等しき高さより自由に降下したる時の速度に等し。之を**トリチエリーの定理**と云ふ。

此定理は直接にエネルギーの原理に依りて直ちに見出し得べきものなり。即ち液面に於て靜止せる液體の m 瓦が孔に達して v なる速度を得たりとせば，初めの位置のエネルギーは孔口に於ける運動のエネルギーに變更したるものなるべきが故に

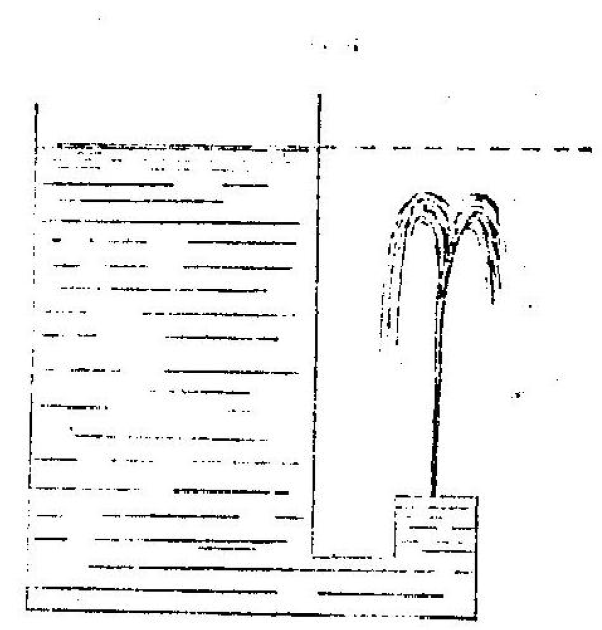
$$mg\mathrm{H} = \frac{1}{2} m v^2$$

∴ $v^2=2gH$

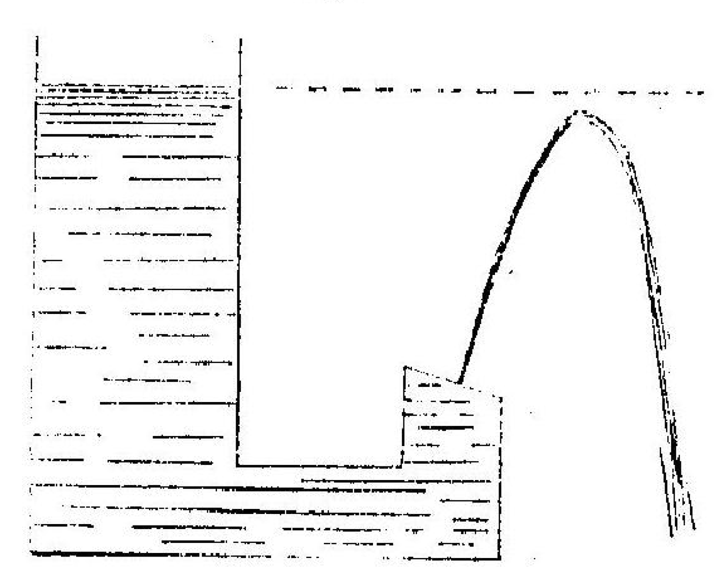
孔を(a)圖に示すが如く上方に向くる時はエネルギーの原理に基き液は器中の液面の高さに達し得べきが如しと雖も，實際は然らず。是れ上昇する液が降下する液滴に衝突するが爲なるべし。此衝突の影響を避けしめんがために，(b)圖に示すが如く孔口の方向を斜になすも流出液の最上點は猶ほ液面の高さに達する能はざるを認む。是れ空氣の抵抗，液の粘性及び液と管壁との摩擦の爲にエネルギーが熱に變更するに因るものなり。

第百十七圖

(a)



(b)



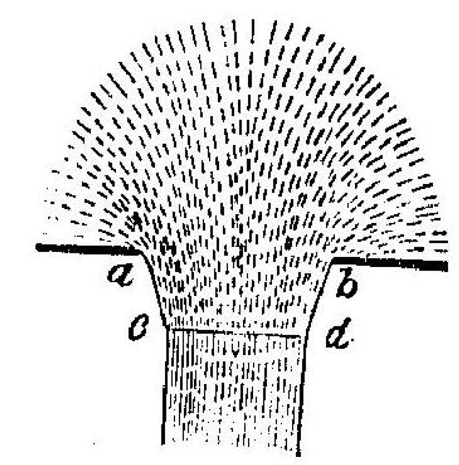
§ 156. 縮脈。 今 ρ を液の密度とすれば，器底に設けたる小孔（切口 s）より t 秒時間に流出する液量 Q は次の如し

$$Q=svt\rho=s\rho t\sqrt{2gH}$$

然るに實測に依るに流出する液量は僅かに上式にて計算せし液量の0.64倍なり。斯の如き大なる不一致は決して實測の誤差及び空氣の抵抗，摩擦等によりて說明せらるべきものにあらず必ず他に其原因なかるべからず。

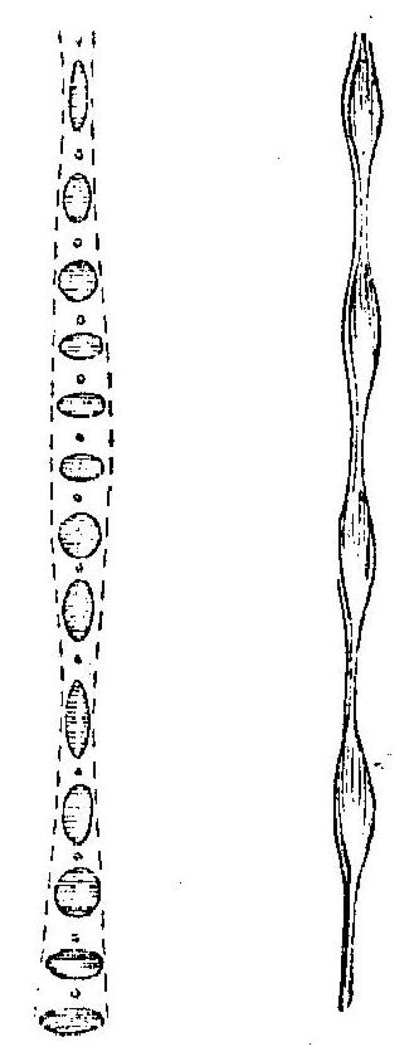
流出液柱の模樣を熟視するに液柱は孔口の少しく下部に於て圖に示すが如く漸次に縮少し從つて流線は圖に示すが如き有樣を呈するを認む。此縮少せる部を**縮脈**と云ふ。實測に依るに孔口の直徑 ab と縮脈の直徑 cd との關係は $cd=\frac{8}{10}\cdot ab$ なり。從つて縮脈の切口は孔の面積の $\frac{64}{100}$ ならざるべからず。液量を計算するには縮少せる縮脈に於ける切口を採らざるべからざるが故に上記の不一致の理由は茲に於て明瞭となれるなり。

第百十八圖



流出する液柱に於て縮脈より下方の部分は切口一樣にして透明なり，此透明部の下方に不透明にして所々一定の距離に於て膨脹及び縮少をなせる不透明なる液柱の存在するを認む。暗室に於て電氣の火花に依り此不透明なる部分を觀れば，此部は圖に示すが如く楕圓廻轉形及び球形の液滴の集合より成ることを發見すべし。膨脹せる部分は常に膨脹し縮少せる部分は常に縮少するが故に一個の液柱は降下と共に圖に示す種々の形を取らざるべからざるなり。

第百十九圖



サバーの研究に依れば液柱の變形は器孔及び空氣の振動に起因するものなり。故に適當なる裝置を用ひ孔口に及ぼすべき振動を遮斷し且つ空氣の振動を妨ぐる時は（硝子管内に於て流下せしむれば可なり）液は整一なる柱狀をなして降下し流れに沿ふて膨脹及び縮少を認めざるなり。

§ 157. スプレンゲルの水銀ポンプ。 今切口一樣なる硝子管の上端漏斗狀に終れるものに水銀を入れ下端を開放して水銀を自由に流出する場合を考察せん。

管内の水銀の流線は管壁に平行なるが故に管の内壁を以て流管と看做し得べし，從つて A, B 二點に向て公式 (90) を適用し得べきなり。

今 A, B 二點に於ける切口及び壓力を夫々 s 及び p_1, p_2 とすれば

$$h_1 - h_2 = \mathrm{H}$$

$$s_1 = s_2 = s$$

$$p_2 = p_a \text{（大氣の壓力）}$$

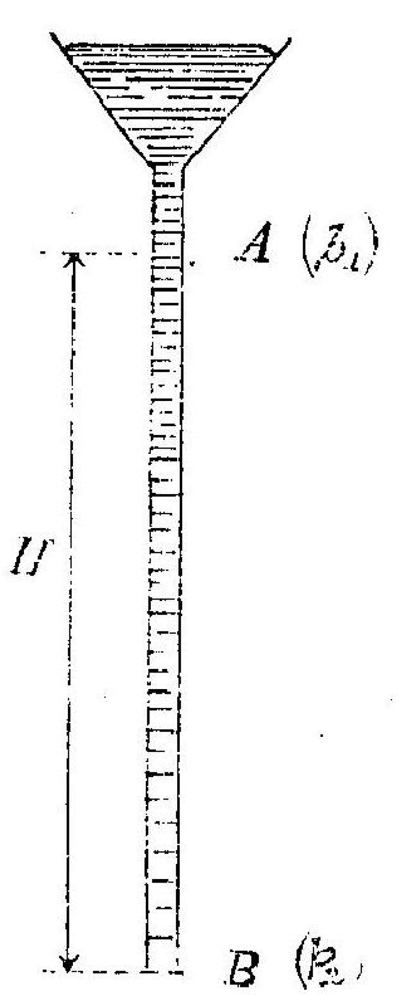
なるが故に

$$p_1 = p_a - \mathrm{H}\rho g$$

玆に H は A 點の管口 B よりの高さを示せるものにして ρ は水銀の密度なり。大氣の壓力を示す水銀柱の高さを 76 糎とすれば

$$p_a = 76\rho g$$

第百二十圖



$$\therefore \quad p_1 = (76 - \mathrm{H})\cdot\rho\, g \ldots\ldots\ldots\ldots(92)$$

上式に於て若し H>76 なる時は A 點に於ける壓力は負となるべし，故に管口 B を距ること 76 糎よりも高き一點に側管を付し之に空氣を排除せんとする器を連結すれば空氣は此所に於て吸入せられて水銀と共に流下すべし。此裝置を**スプレンゲルの水銀ポンプ**と云ふ。水銀ポンプを用ふれば普通のポンプにて得べからざる高度の眞空に達せしめ得るなり。

§ 158. 水流ポンプ及び水流鞴。 圖に示すが如く大なる水溜より水を流出せしむる場合に於て管の一點 A が縮少する時には此所に負號の壓力を生ぜしめ得べきなり。何となれば今 A, B 二點に向て公式 (90) を適用せんに

$$h_1 - h_2 = h$$

$$p_2 = p_a$$

$$v_2^2 = 2g\mathrm{H} \ (\S\,154)$$

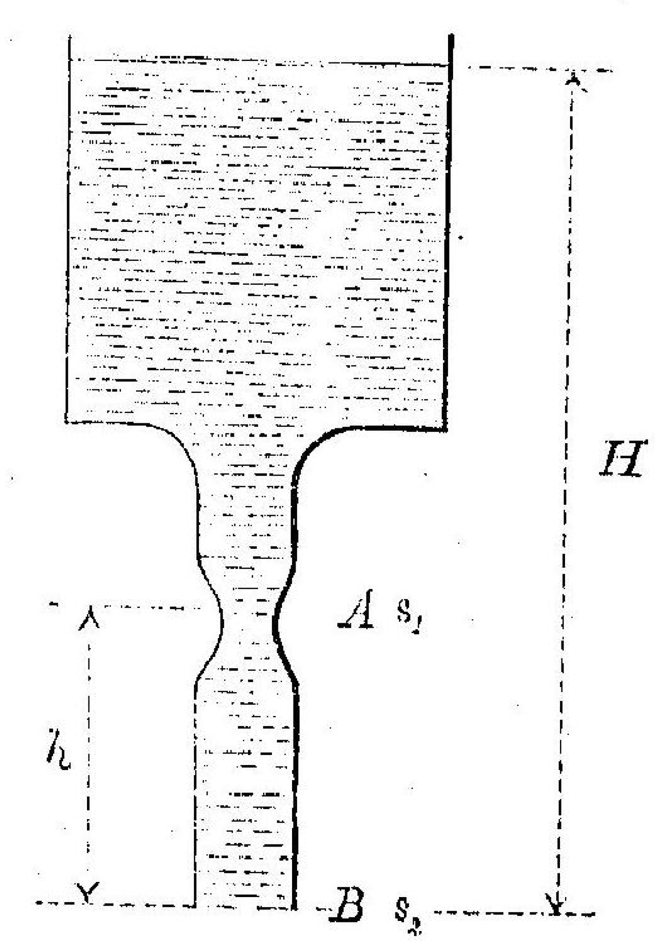
從つて次式を得べし

$$p_1 = p_a - \left\{h + \mathrm{H}\left[\left(\frac{s_2}{s_1}\right)^2 - 1\right]\right\}\rho\cdot g\ldots\ldots\ \ldots\ldots(93)$$

上式に於て s_2 を圖に示すが如く s_1 よりも大ならしむれば h, H, $\left(\frac{s_2}{s_1}\right)$ は大となり p_1 を負號となし得べきなり。

然れども玆に注意すべきは凡

第百二十一圖

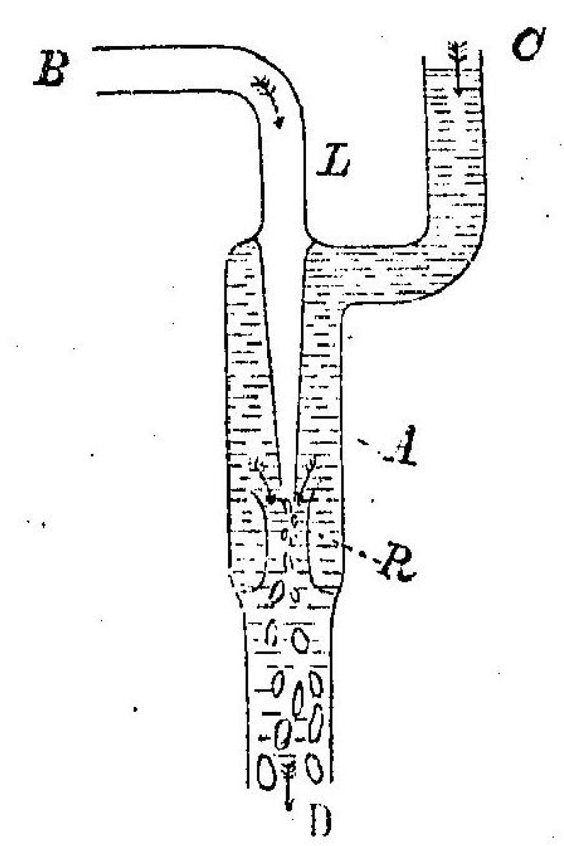


13.12.3o

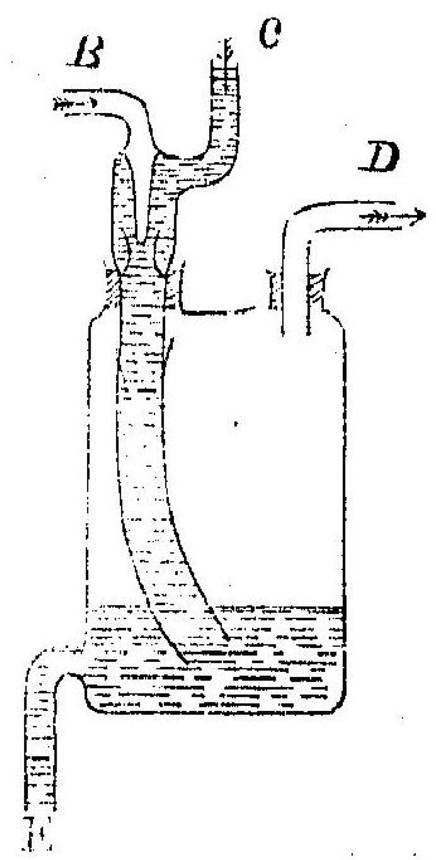
て液體の流れに於て管の內壁に凸凹なる角の存する場合なり。此場合には角の周圍に液の渦動を生じ流線は不規則となり上式は適用せられざるなり。

水流ポンプは管の縮少部に上記の如く負號の壓力を生ずることを利用したるものにして其構造は圖に示すが如し。水はCより流入しDより流出す。此場合に於ける縮少部の面積 s_1 はL管の下端とRとの間の環形の面積なり。此所に負壓力を生ずるが爲に氣體はL管より吸入せられて水と共に流出す。故に氣體を排除すべき器をBに連結すれば器中の氣體を排除し得べし。

第百二十二圖



第百二十三圖



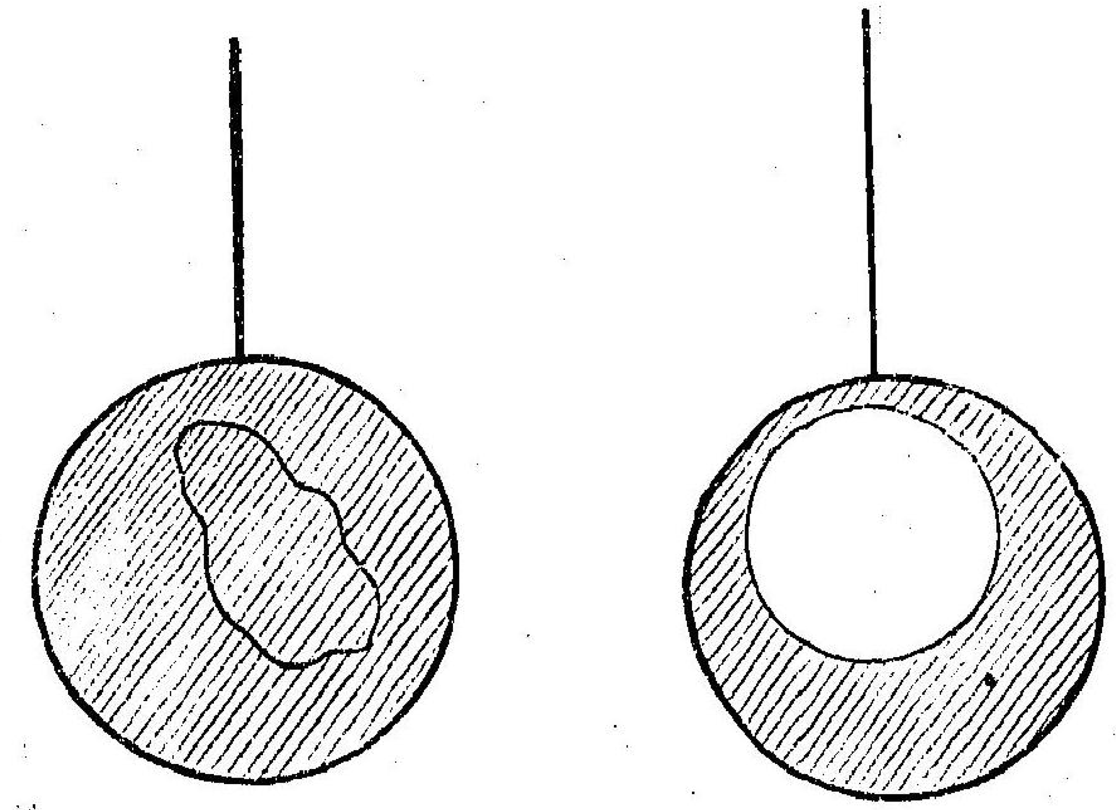
管口Bを大氣に開放すればBより吸入せらるゝ空氣はCより流入する水と共に流下しD管より出づるが故に圖に示すが如く裝置せば水はEより流出し空氣は盛んにDより噴出して鞴の用をなすなり。此裝置を**水流鞴**と云ふ

第三章

毛管現象

§159. 表面張力。 液體の表面には薄き彈性膜を以て蔽ひたるが如きの狀あり。針は水に比すれば其比重遙かに大なるに拘はらず靜かに之を水面に置くときは浮びて沈むことなく又一種の水蟲が自由に水面を匍匐するが如きは即ち水の表面が上記の狀態にあることを示すものなり。水面にリコポヂゥム粉（水面に浮ぶ粉末なれば何にても可なり）を撒布して水中に硝子棒を垂直に入れて上下すれば水面の表皮は硝子棒と共に動き明かに水皮の存することを示すべし。水銀面に砂を撒きて仝樣の實驗を爲し得べし。

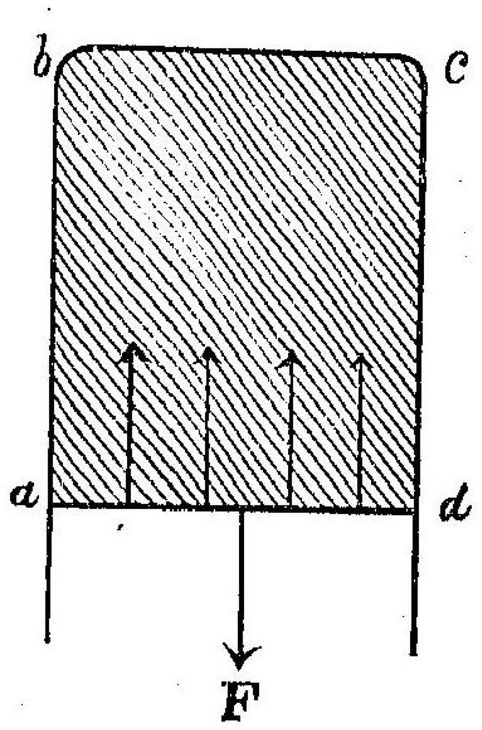
第百二十四圖



液の表面が恰も引き張られたる彈性膜の如く自ら收縮せんとするの傾向を有することを示さん。張金を以て圖の如き圓形の枠を作り之を石鹼液中に入れて引き上ぐれば石鹼液は枠を周圍として引張られたる膜となるべし。次に豫め石鹼液に浸したる絹糸輪を膜上に置けば輪は不定形をなして其上に浮ぶ。今針を以て糸輪內の膜を突き破る時は糸は忽ち擴張して圓形となるを認むべし。此實驗は石鹼液が自ら收縮せんとする傾向を有することを示すものなり。初め糸輪中の膜を破らざる前にありては內外の膜が收縮せんとするが爲めに絹糸に働く張力は互に釣合を保てども輪內の膜が破らるゝと共に糸は外部の膜の收縮せんとする結果として四方に引張られ圓形をなすなり。蓋し圓は周圍が與へられたる時の最大面積の形なるが故に糸と枠との間の膜は此際收縮せんとする傾向の爲に最小面積を取るなり。

次に $abcd$ なる張金製の枠を作り之に ad なる針金を添へて石鹼膜を引張る時は ad は石鹼液が收縮せんとするが爲に起る張力のために上方に引き上げらるべし。從つて ad を圖に示すが如き位置に保たしめんが爲めには之に一定の力 F を適用せざるべからず。

第百二十五圖



液の表面が自ら收縮せんとするが爲めに起る力を**表面張力**と云ふ，而して其強さは液の表面の單位

の長さの線（上記の實驗の張金の如き）に働く力を以て之を測るなり。今 T を以て表面張力の強さとすれば液面に於ける長さ l に働く張力は

$$l \cdot T$$

にして從つて上記の實驗の場合に於ては次の關係あり

$$F = 2 \cdot ad \cdot T$$

上式に於て $ad \cdot T$ を~~二倍したるは此場合には膜に表裏の二面あるがため~~なり。T のデメンションは次の如し

$$[T] = \frac{[F]}{[L]} = [MT^{-2}]$$

次に張力の單位を[瓦重量, 糎$^{-1}$]となせしときの張力の表を掲ぐ，之を求むる方法は後節に於て記すべし

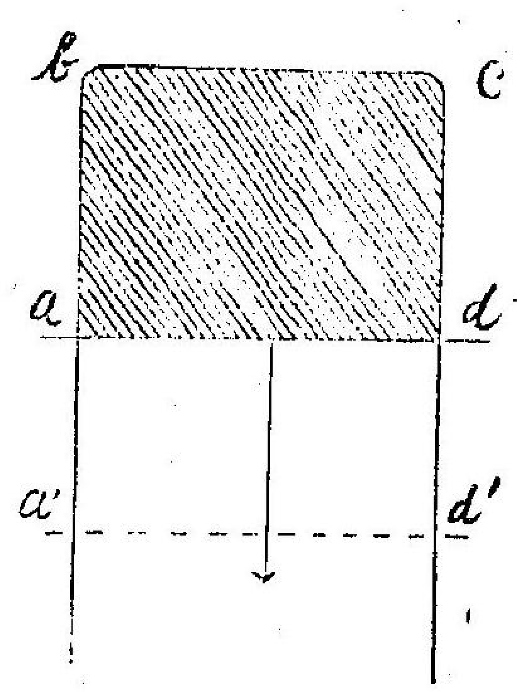
	T [瓦重量, 糎$^{-1}$]
水銀	0.550
水	0.075
橄欖油	0.035
クロヽホルム	0.031
テルピン油	0.030
アルコール	0.025
エーテル	0.018

二液が互に接觸する時に其境界面に働く張力は二液の性質に關するものなり。次に必要なる二液間の張力を掲ぐ

	T [瓦重量, 糎$^{-1}$]
水, 水銀	0.421
水銀, 橄欖油	0.342
水銀, クロヽホルム	0.403
橄欖油, 水	0.021
クロヽホルム, 水	0.029

§ 160. 液の表面のエネルギー。 液の表面には表面張力より起る一種の位置のエネルギーが存在す。石鹸液を突き破る際, 膜質が四方に飛散するは位置のエネルギーが運動のエネルギーに變化したるに外ならざるなり。圖に示すが如き裝置に於て ad を液の表面張力に逆つて平行に $a'd'$ なる位置まで動かしたるものとすれば表面張力に逆つて爲されたる仕事は次の如し

第百二十六圖



$$2 \cdot ad \cdot \mathrm{T} \cdot aa'$$

二倍となしたるは液に表裏の兩面あるが爲めなり。

而して今 E を以て單位液面に存する位置のエネルギーとすれば, ad を $a'd'$ の位置まで動かしたるが爲めに增加すべき表面のエネルギーは次の如し

$$2ad \cdot aa' \cdot \mathrm{E}$$

エネルギーの原理に依り物體の上に爲されたる仕事は物體が是が

爲めに增加したるエネルギーに相等しからざるべからざるが故に

$$2 \cdot ad \cdot \mathrm{T} \cdot aa' = 2 \cdot ad \cdot aa' \cdot \mathrm{E}$$

$$\therefore \qquad \mathrm{E} = \mathrm{T} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(94)$$

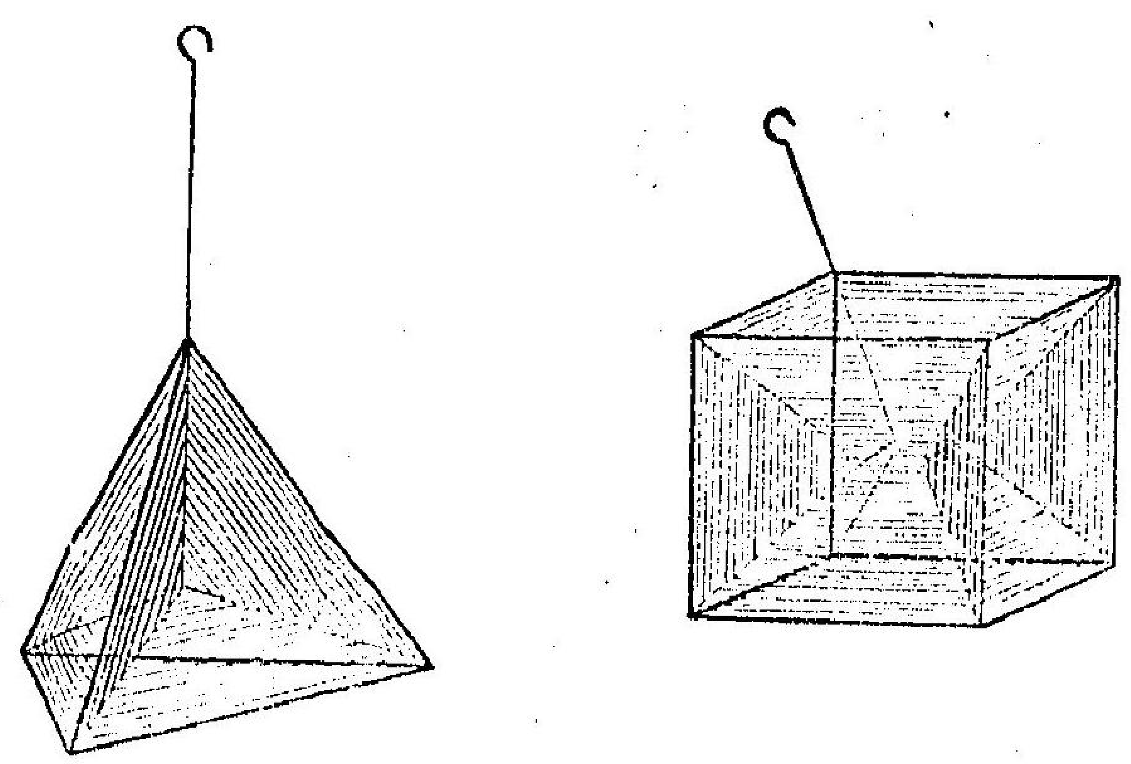
即ち單位液面上の位置のエネルギーの價は其表面張力の價に等し。

§ 161. 液の表面の形。 凡て質點系は位置のエネルギーが最小なる位置に向て進行し其位置に於て善き坐りを保たんとするの傾向を有するものなり (§ 63)。從つて液體の表面は與へられたる境遇の下に液體の有すべき位置のエネルギーが最小となる形狀を取るなり。液體に地球の引力の如き外力が働かざる時は液體は表面のエネルギーの最小なる位置即ち表面積が最小となる位置を取るものなり。球は容積が與へられたるときの最小表面の形なり。故に液體が外力の干涉を受けず全く自由なる狀態に在る場合には其形は球形なり。

アルコールを盛りたるビーカーの中に橄欖油を入るれば油は器底に沈む。即ちアルコール及び油より成れる質點系は位置のエネルギーが最小なる位置を取りたるものなり。次にアルコールに水を加へ混合液の密度を油の密度と同一ならしむれば油は一團となりて上騰し球形をなして液中に漂ふべし (プラトーの實驗)。蓋し油の密度が混合液の密度と同一なる時に於ては油の形が如何に變更するも器中の液全體の重力に對する位置のエネルギーは不變なるべき理なるが故に油滴の形は單に表面のエネルギーの最小なる球形となりて善き坐りを取るなり。

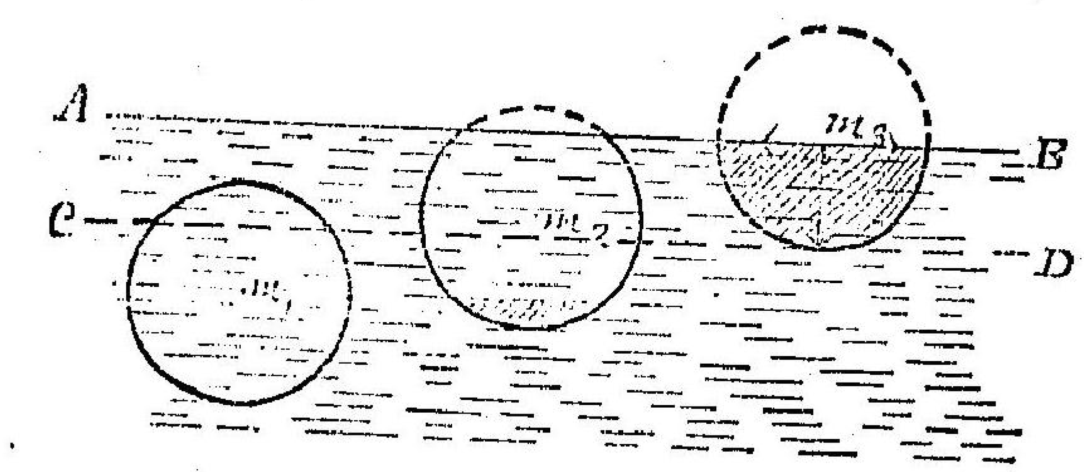
液滴が空氣中に於て支へらるゝ時には其形は重力に對する位置のエネルギーと表面張力に對する液のエネルギーとの和が其狀況の下に最小となる位置に於て靜止するものなり。硝子板上に載せたる水銀の一滴は其量大なるときは扁平にして其量小なるに從ひ球形に近づくものなり。蓋し水銀の量大なる時は地球の引力に對する位置のエネルギーが最小なる平面に近づくが爲に扁平狀をなすなり，之に反して水銀の量が小となるときは表面のエネルギーが引力のエネルギーに比して大となり水銀滴は表面のエネルギーが最小なるべき球形に近づくなり。雨滴，露等の球形をなし，硝子棒の一端を熱して熔解せしむる際此部の球狀を呈するは上記の理由に基けるものなり。又散彈を製するに當り熔解せる鉛を高き塔より降下せしむるは上記の理を應用したるものなり。圖に示すが如き種々の形の枠を作り之を石鹼液中より引き上ぐれば液膜は何れの場合にありても周圍を枠となせる最小表面をなして引張らるゝなり。

第百二十七圖



§ 162. 表面張力の說明。 表面張力の起因は凝集力に依りて說明し得べきものなり。今液體內の分子 m_1 を考ふるに，m_1

第百二十八圖

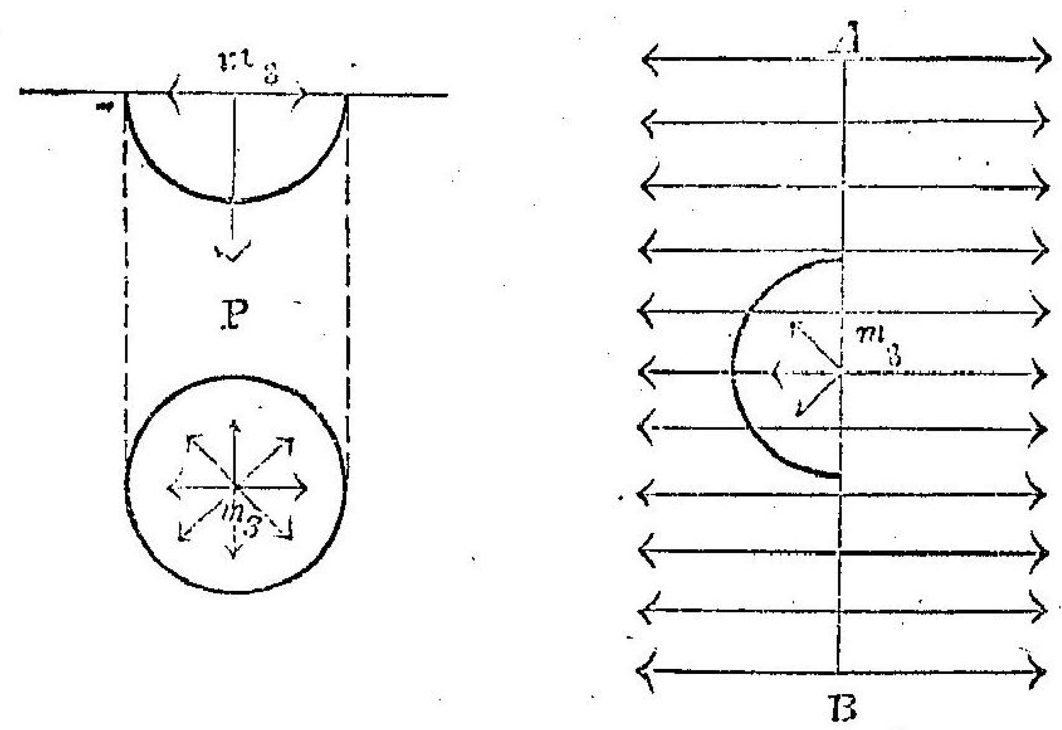


は作用球內の各分子に依り四方一樣に同一の强さを以て引かるゝが故に恰も外力之に働かざると同樣の狀態にあるものなり。然れども表面に近き分子は內部の分子とは大に其境遇を異にするなり，例令ば m_2 の如きは作用球の一部欠損するが爲めに影線を描きたる部分の液體により下方に表面に直角に引かるゝ理なり。斯の如き分子引力の不平均が表面 AB と之より作用球の半徑丈け隔たりたる平面 CD との間の各分子に就て起るべし，但し分子が下方に引かるゝ力の大さは分子が表面に近づくに從つて增大し表面に於て最大となるなり。而して AB, CD 間の液層の分子が下方に引かるゝ結果として一定の壓力を內部の液に呈すべし。此壓力を**凝集壓**といひ單位面積上の壓力 K を以て之を測定するなり。

次に表面張力が分子引力の結果なることを說明せんに，液の表面に於ける分子 m_3 に働く半球內の各分子の引力を悉く垂直と水平との方向に分解したりとせば垂直の方向に於ける分力 P は上記の凝

集壓を起すべき力となり，水平分力は圖に示すが如く液面に沿ふて四方一樣に働くべし。此水平分力は即ち液の表面張力を起すものなり。

第百二十九圖

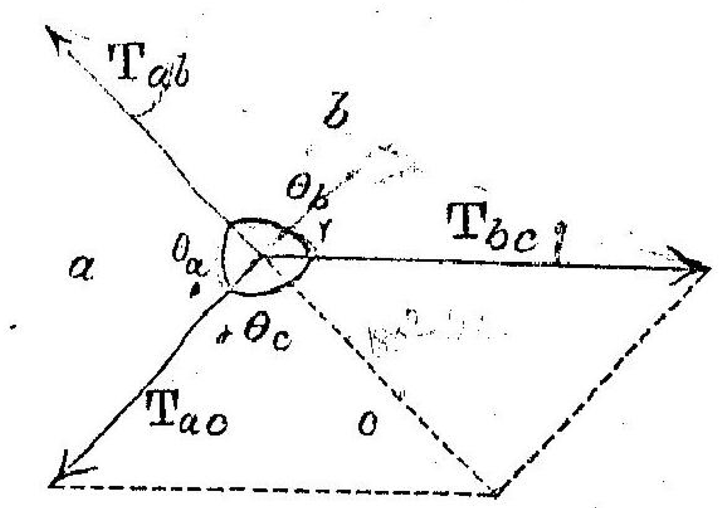


今液の表面上に AB なる細き直線狀の針を浮べたるものと考ふれば，針の兩側に粘着せる液の分子には上記の水平力（此場合には半圓に沿へるものなり）働くべし而して其合力は針金に直角なり。從つて針金の両[illegible]は之に直角にして水平なる平行力が働くべし。故に一方の[illegible]針は他方の平行力によりて運動すべき理なり。AB [illegible]て働く力は即ち表面張力に外ならざるなり。

§ 163. 液體延[illegible] [illegible]體（一種は氣體にても可なり）a, b, c が一直線に[illegible] Tab, Tbc 及び Tca を以て夫々流體 (a, b), (b, c), [illegible]れば流

體は此三張力が一定の角度を爲して釣合ふ時に靜止すべし。今 θa, θb, 及び θc を以て夫々 a, b, c なる流體を限界せる二平面間の平面角とすれば張力が釣り合ふ爲には三張力が三角形を完成すべきが故に θa, θb 及び θc は次の關係を滿足せざるべからず（§ 40）

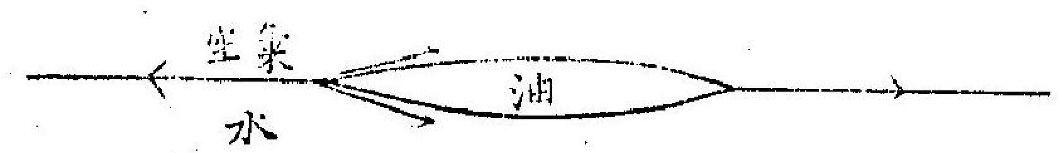
第百三十圖



$$\frac{Tab}{\sin\theta c}=\frac{Tbc}{\sin\theta a}=\frac{Tca}{\sin\theta b}\text{…… ….(95)}$$

而して若し三張力の內の一つが他の二張力の和よりも大なる時は三角形は成立せずして三液は一線に於て出會し釣合を保つこと能はざるべし。

第百三十一圖

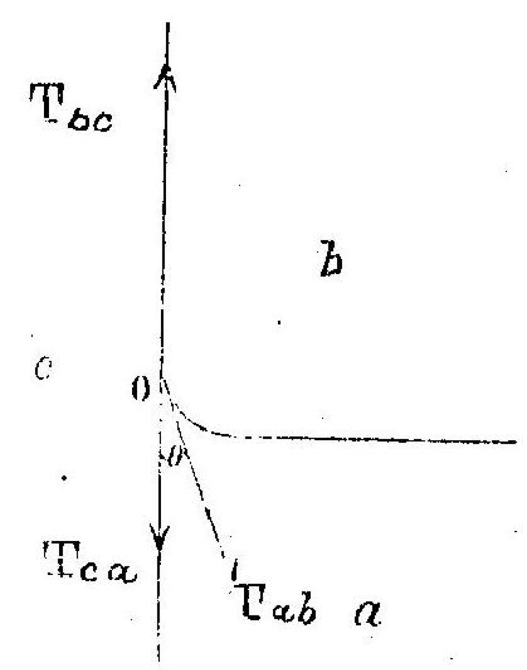


例令ば今橄欖油の一滴を水上に置く場合に於て水と空氣との表面張力 (0.075) は油と空氣及び水と油との表面張力の和 (0.035 + 0.021) よりも大なるが故に油は水の表面上に滴狀をなして靜止すること能はずして其表面に延布すべし。

§ 164. 接觸角。 今 a, b なる二個の液體（b は氣體にても

可なり）が c なる固體壁に接觸する場合に於て O 點を以て接觸線の切口とし O 點より a, b の接觸面に切線を引けば a, b 間の張力 T_{ab} は其方向に働くべし。今此切線が液體に接せる固體壁となす角を θ とすれば張力が釣合ふ爲には三張力の壁に沿ふての分力の和は零ならざるべからざるが故に次の關係あり。

第百三十二圖



$$T_{bc} = T_{ac} + T_{ab}\cos\theta$$

$$\therefore\quad \cos\theta = \frac{T_{bc} - T_{ac}}{T_{ab}} \quad\ldots\ldots(96)$$

θ は a, b 及び c に特有なる角にして之を液體 a が液體 b と接する時に於て c 壁に對する**接觸角**と云ふ。而して b は通常空氣なるが故に角 θ を單に液體 a の固體 c に對する接觸角と云ふ。

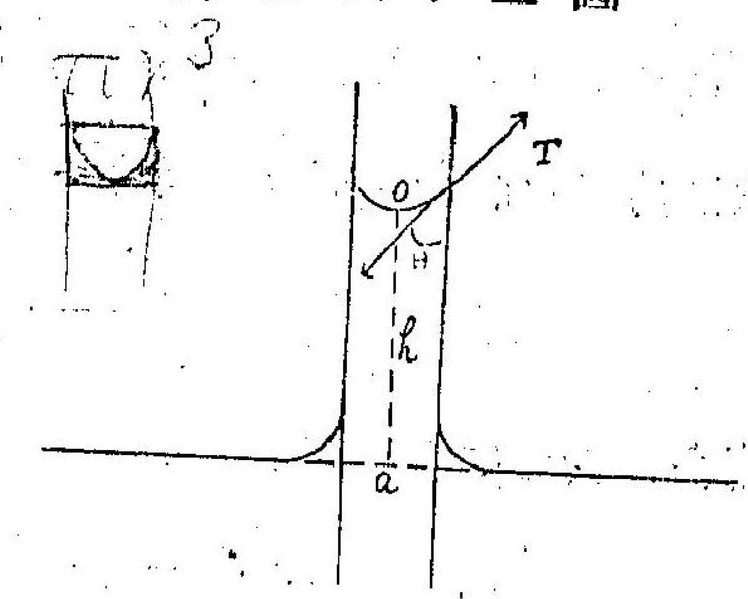
クインケ氏の測定に依れば接觸角は一般に固體及び液體の表面の純粹の度に依りて大に其値を異にするものなり，水銀と硝子との場合には接觸角は表面に於ける種々の附着物の爲めに影響を受くるものにして 129° より 143° の間に變化すと云ふ。水と硝子との場合の如く液が全く固體を濕ほす場合には $\theta = 0$ と看做し得べきなり。

§165. 毛管現象。 半徑小なる硝子管を水中に入るれば水は管內に沿ふて上昇し，之を水銀中に插入すれば水銀は管內に於て降下するを認む。凡て斯くの如き現象を**毛管現象**と云ふ，次に其原因を考察せん。

凡そ液體は與へられたる管壁に對しては常に一定の接觸角を保つものなり。液が一定の接觸角を採るためには管內の液面は勢ひ彎曲するが故に液柱の上端面の周圍に働く表面張力は液柱軸の方向に分力を生ず，此力に依りて液柱は上昇し或は降下するなり。

今液が管內に於て上昇する高さを算出せん。接觸角を θ とし液と空氣との間の表面張力を T とすれば，液柱の上端に於て單位の長さに等しき周圍に沿ふて之を引き上ぐる張力の分力は $T\cos\theta$ なり。故に r を管の半徑とすれば液柱の上端面の周圍全體に沿ふて上方に働く張力の全分力は $2\pi r \cdot T\cos\theta$ なり。勿論此張力の外に空氣と硝子及び水と硝子との間の張力存在すれども前者は小なるが故に棄却し得べく後者は液柱の上下の兩端の周圍に働くが故に之を考ふるを要せざるなり。

第百三十三圖



今 ρ を液の密度とし，$oa = h$ とすれば引き上げられたる液柱の重量は

$$\pi r^2 h\rho g + w$$

なり，w は O 點を通過する水平面の上部に存在する液の重量なり。此重量は勿論上記の上方に働く表面張力の分力に依りて支へらるゝが故に次式を得

$$2\pi r \cdot T\cos\theta = \pi r^2 h\rho g + w$$

$$\therefore \quad h = 2\cdot\frac{T\cos\theta}{r\rho g} - \frac{w}{\pi r^2 \rho g} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(97)$$

管の半徑が小なる場合には w は液柱の重量に比して棄却して可なり，從つて次式を得

$$h = 2\cdot\frac{T\cos\theta}{r\rho g} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(97')$$

接觸角 θ が $\frac{\pi}{2}$ より小なる場合には $\cos\theta$ は正號にして，從つて h も亦正號なり，故に液は管內に於て上昇す。水銀の場合に於けるが如く θ が $\frac{\pi}{2}$ より大なるときには $\cos\theta$，從つて h は負號となり，液は管內に於て降下するなり。

式 (97′) より管內に於て液柱の昇降する高さは管の半徑に逆比することを知り得べし。之を**ジュリンの定律**と云ふ。

水は硝子を潤ほすが故に $\theta=0$ なり，從つて (97) に依り

$$h = \frac{2T}{r\rho g} - \frac{w}{\pi r^2 \rho g}$$

此場合に於ては w の容積は

$$\pi r^2\cdot r - \frac{1}{2}\cdot\frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{1}{3}\pi r^3$$

なるが故に $\quad w = \frac{1}{3}\pi r^3 \rho g$

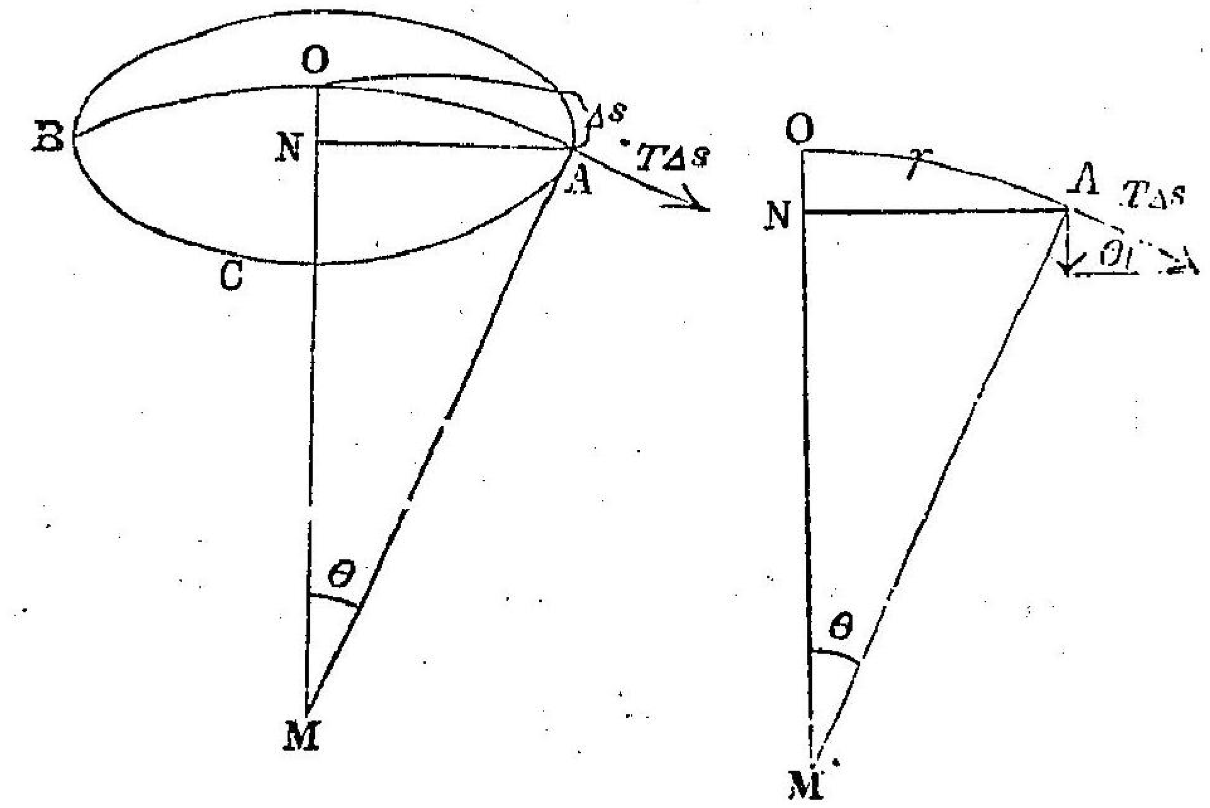
從つて $\quad h = \frac{2T}{r\rho g} - \frac{1}{3}\cdot r$

管の半徑が小なる場合には $\frac{1}{3}r$ は棄却して可なり。

§166. 液の曲表面の凝集壓。 液の表面が平面なるときの凝集壓は一定なれども曲表面の凝集壓は曲面の形と共に其大さを

變ずるものなり。曲面の場合にありては平面の場合に於ける凝集壓の外に屈曲の爲めに新に生ずる張力が表面に直角なる凝集壓の方

第百三十四圖



向に分力を有するなり。今液面が凸球狀をなせる特別なる場合に於て球面上の一點に於ける凝集壓を計算せん。

球面上（中心 M，半徑 R）の一點 O を中心として球面上に非常に小なる半徑 $OA=r$ を以て圓 ABC を畫くべし。圓周 ABC の上に於て任意の一點 A を取り A 點より圓周に沿ふて Δs なる小なる弧を取りたりとせば Δs に外方に働く張力は $T\cdot\Delta s$ にして此張力の OM に沿ふての分力は $T\cdot\Delta s\cdot\sin\theta$ なり而して OA は非常に小なるが故に

$$\sin\theta = \theta = \frac{r}{R}$$

從つて張力の分力は

$$T \cdot \Delta s \cdot \frac{r}{R}$$

となるべし。

今 ABC の全圓周を細分したりとせば細分せられたる各々の小弧 Δs は何れも OM の方向に沿ふて $T \cdot \Delta s \cdot \frac{r}{R}$ の分壓力を呈するが故に全體の壓力は次の如くなるべし

$$\sum T \cdot \Delta s \cdot \frac{r}{R} = T \cdot \frac{r}{R} \sum \Delta s$$

$$= T \frac{r}{R} \cdot 2\pi r$$

故に壓力の強さは上式を ABC の面積 πr^2 にて除したるもの，即ち

$$\frac{2T}{R}$$

となるべし而して K を液の表面が平面なりし時の凝集壓とすれば全體の壓力 P は次の如し

$$P = K + \frac{2T}{R} \quad \dots\dots\dots\dots\dots (97)$$

表面が半徑 R なる凹球面なるときは上式の R を負號となすべし。表面が任意の曲表面なるときは液の表面上の一點を通過する法線を含みて切りたる平面内に於ける**曲率半徑** * は同一ならざるべし。此場合には最大曲率 $\frac{1}{R_1}$ 及び最小曲率 $\frac{1}{R_2}$ の算術上の平均の價を以て上式の $\frac{1}{R}$ に入るれば可なるべきことを證明し得べし

* (曲率半徑とは曲線上の一點に於て其點に非常に近き曲線の部分と一致すべき圓の半徑にして其逆數を**曲率**と云ふ)

(斯の如き最大，最小の曲率は必ず存在するものなり)。故に一般に任意の表面上の一點に於ける凝集壓の強さ P は次の如し

$$P = K + T\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \dots\dots\dots\dots (98)$$

R_1 及び R_2 は液面が液外より見て凸なるときは正とし，凹なるときは負となすべし。

§ 167. 石鹼球。 硝子管の一端に石鹼球を吹き之を放擲すれば球は自から收縮して球内の空氣を管口より押し出すべし。今石鹼球が收縮せんとするが爲に内部の空氣に及ぼす壓力を計算せん。球の外面上の一點に於て球の中心に向て働く壓力 P は大氣の壓力 p_a と凝集壓との和にして球の半徑を R とすれば凸球面なるが故に

$$P = p_a + K + 2T \cdot \frac{1}{R}$$

にして球の内面に於て外方に働く壓力 P′ は球膜の厚さ小なるが故に半徑は前と同一なりと看做し得べく且つ凹球面なるが故に

$$P' = p_a + K - 2T \cdot \frac{1}{R}$$

故に球内の空氣が外方より壓せらるゝ壓力 (p) は次の如し

$$p = P - P' = 4T \cdot \frac{1}{R} \quad \dots\dots\dots\dots\dots (99)$$

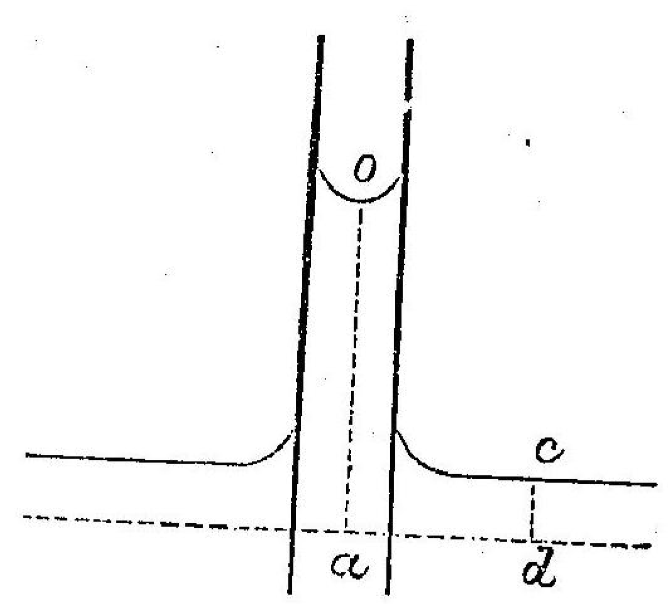
§ 168. 垂直なる兩板間に於ける毛管現象。 水に潤ほさるべき二個の板を水中に平行に立て其間の距離を小ならしむれば液は著しく兩板間に上昇するを認むべし。兩板間に於ける水の表面は圓柱狀にして板に直角なる平面内に於ける液面の曲率半徑

は, d を兩板間の距離とすれば, $-\frac{d}{2}$ にして板に平行なる平面内の曲率半徑は ∞ なり, 而して此二個の半徑 $-\frac{d}{2}$ 及び ∞ は夫々最小, 最大なるが故に此場合に於ける凝集壓は次の如し

$$P = K - T\left(\frac{2}{d}+\frac{1}{\infty}\right)$$
$$= K - 2\cdot\frac{T}{d}$$

今液體内に於て ad なる水平面を採りたりとせば a, d 二點に於ける壓力は互に相等しからざるべからざるなり。a 點に於ける壓力の强さは次の如し

第百三十五圖



$$K - 2\cdot\frac{T}{d} + oa\cdot\rho g$$

而して d 點に於ける壓力の强さは次の如し

$$K + cd\cdot\rho g$$

然るに液體内の同一水平面上の壓力は同一ならざるべからざるが故に

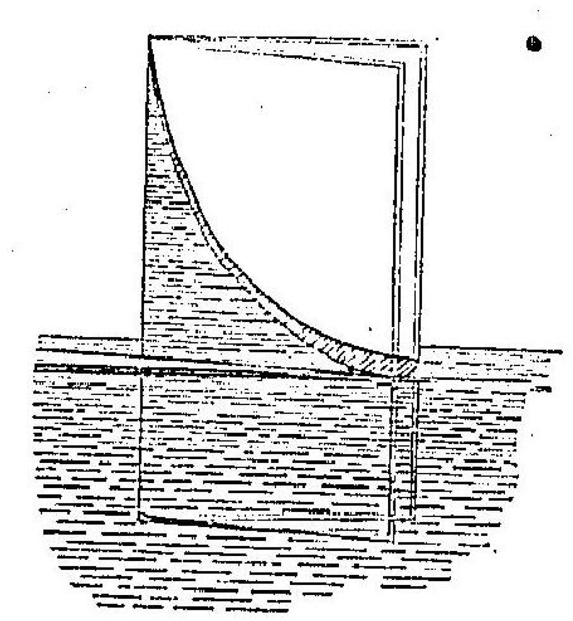
$$K + cd\cdot\rho g = K - \frac{2T}{d} + oa\cdot\rho g$$

今 $oa - cd = h$ と置けば上式より次式を得

$$h = \frac{2T}{d\rho g} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(99)$$

兩面が平行ならずして互に角 α を成す場合には上昇する液の表面は圖に示すが如き曲線を爲すべし。

第百三十六圖

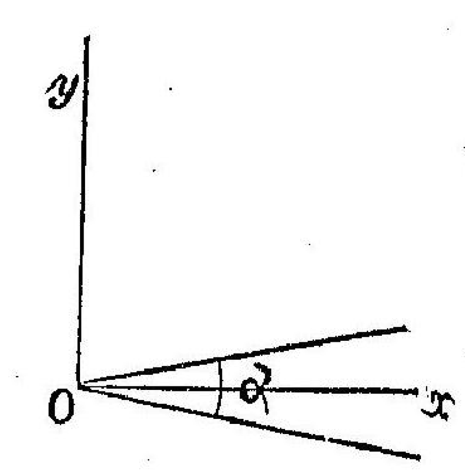


此場合には各點に於ける液の高さは (99) に依りて夫々與へらるゝものなり。今兩板の出會せる交線を y 軸と採り之に直角に交線が水平面に接する點を通じて角 α を二等分する方向に x 軸を採りたりとせば原點 O より x の距離に在る點に於ては兩板間の距離 d は次の如し

$$d = 2x\cdot\tan\frac{\alpha}{2}$$

而して其點に於ける液の高さ y は (99) に依り

第百三十七圖



$$y = \frac{T}{x\rho g\tan\alpha}$$

$$\therefore\ xy = \frac{T}{\rho g\tan\alpha}.$$

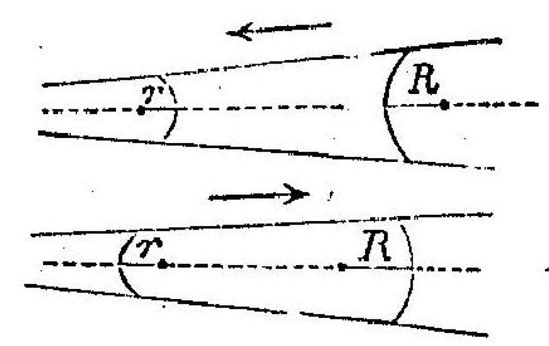
上式は即ち曲線の方程式にして此曲線は正雙曲線なり。

§169. 圓錐狀の管内に於ける液滴の運動。 圓錐狀の硝子管内に液滴を入るれば液滴は管内に於て移動するを認む。水銀の如く接觸角が $\frac{\pi}{2}$ より大なる場合には液滴は矢の方向に管徑

の大なる方に向て進み，水の如く接觸角が $\frac{\pi}{2}$ より小なる場合には運動の方向反對なり。

此現象は凝集壓によりて容易に説明し得。今管徑小にして液面を球と看做し得るものとせば水銀の場合に於て液の内部に向て水銀柱の兩端に働く凝集壓は夫々 $K+2T\cdot\frac{1}{R}$ 及び $K+2T\cdot\frac{1}{r}$ なり。

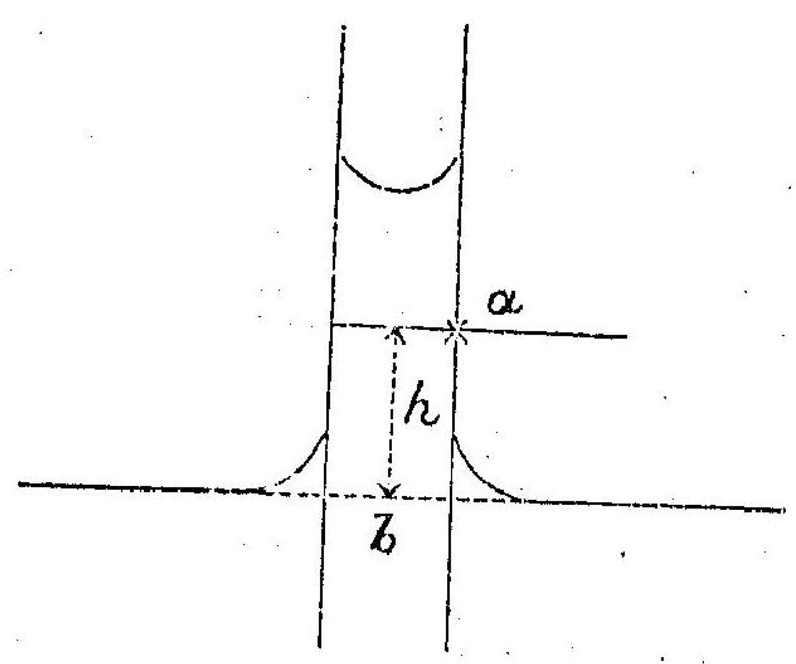
第百三十八圖



而して $R>r$ なるが故に液は凝集壓の小なる方向に向て進行すべき理なり。水の場合も同樣に説明することを得。

§170. 液中に沈めたる二個の平行板の運動。 水に潤ほさるべき二個の板を平行に水中に沈め其間の距離を小ならしむれば液は兩板間に上昇すると共に兩板は互に相牽引して遂に密着するに至るべし。板が液に濕ほされざる場合に於ても兩板は互に密着するに至るものなり。

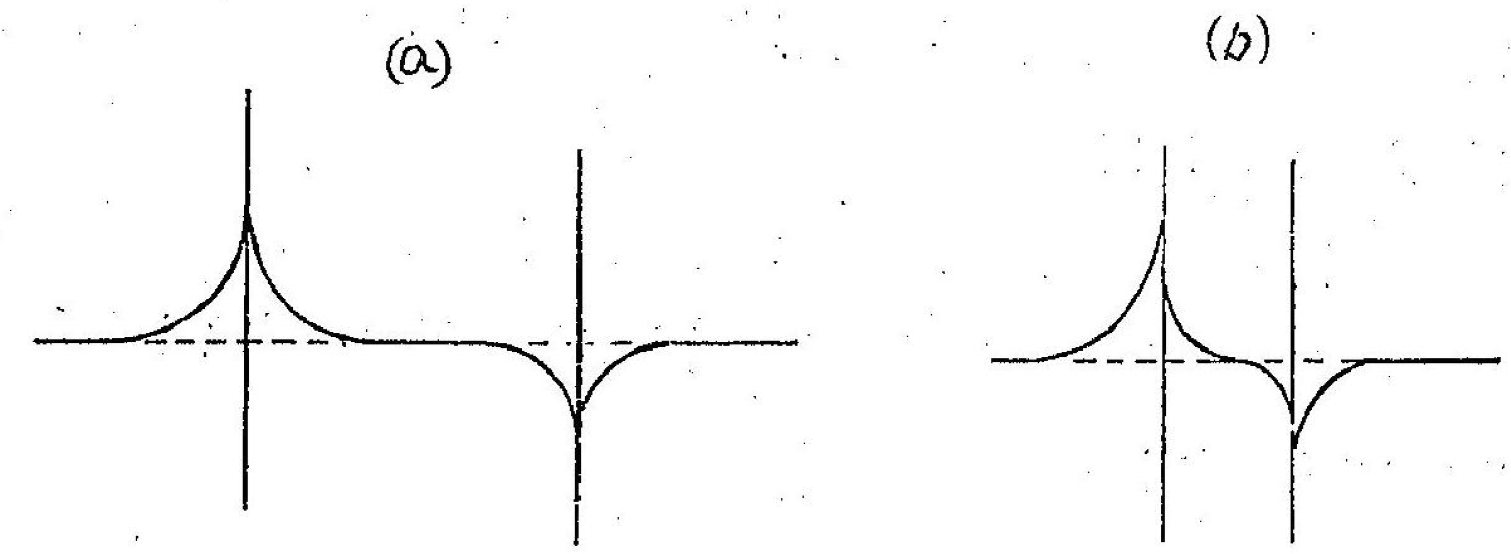
第百三十九圖



此現象を説明せんに板が液に濕ほさるゝ場合に於ては管壁上の一點 a に於て外方より働く壓力は大氣の壓力にし

て内方より板に直角に働く壓力は b 點の壓力即ち大氣の壓力よりも高さ h なる液柱の重量丈け小なるべし。故に板壁に外方より働く壓力は内方より働く壓力よりも $h\rho g$ 丈け大なるを以て上記の現象を生ずべき理なり。水面に於て塵埃が互に接近して叢集するは此理に依るものなり。板が液に濕ほされざる場合も全く同樣に説明し得べし。

第百四十圖



次に二個の板の中一個は液に濕ほされ他の一個は液に濕ほされざる場合には兩板は互に相反撥す。此場合に於ける液面の形は其距離小ならざる時は (a) 圖に示すが如きも兩板相近づけば (b) 圖に示すが如き有樣となるが故に前と全樣に壓力の不釣合を考ふれば兩板の反撥することは容易に説明し得べきなり。ラプラースは此場合に於ける兩板間の液の曲面の形を研究せし結果，兩板が非常に近く接近する場合には兩板は互に牽引するに至るべしとの結論に達したり。實驗によるに此結論は正當なるものなり。

§171. 表面張力の差に依りて起る運動。 純粹なる水

の表面に樟腦の小塊を浮ぶれば塊は盛んに活動するを認む，是れ樟腦の溶液の表面張力は其濃度と共に減少し而して樟腦塊の周圍に生ずる溶液は濃度一樣ならざるが故に塊は最大張力の方に引き去らるゝが爲めなり。

水の表面が通常の場合に於けるが如く脂を以て延布せらるゝ時は樟腦は運動せざるなり。蓋し脂を以て蔽はれたる水の表面の張力は非常に小なるを以て樟腦が溶解するが爲に起る表面張力の差が大ならざるを以てなり。

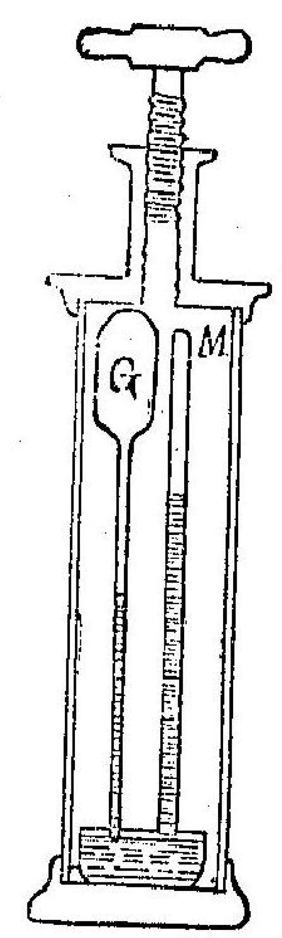
通常の陶器皿に淺く水を入れ之に石鹼の小塊を投すれば水は直ちに小塊の周圍より退去す，是れ水の張力が石鹼液の張力よりも大なるに因るものなり。

第四章

液體の彈性及び擴散の現象

§ 172. 液體の彈性。 液は形に對する彈性を有せずして容積に對する彈性のみを有するものなり。而して液の容積の變化は非常に小なるが故に之を壓縮せんと試むるに當り適用したる壓力の爲めに容器が歪を受け其內容を增大し爲めに液の縮少を測定し難からしむ。エルステッド氏は**ピエゾメートル**なる器械を用ひて容器の內容の變化を避け液の壓縮率を測定したり。

第百四十一圖

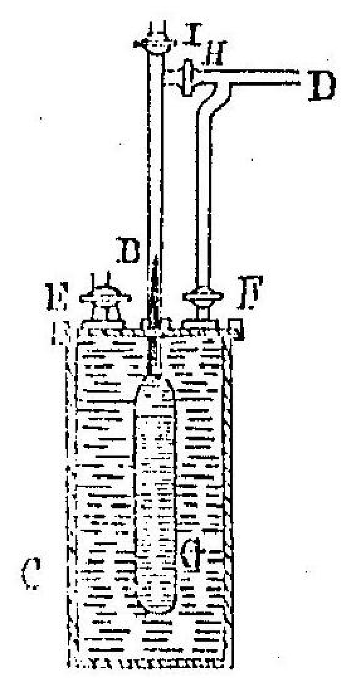


ピエゾメートルは壓縮率を測定せんとする液を細管を具へたる G なる硝子器に入れ之を水銀槽中に倒立し一方に於て液の壓力を測定せんが爲に壓力計 M を水銀槽中に立て，全體を堅固なる硝子器中に入れ器中の全部に水を充滿したるものなり。器の上部よりねぢの作用によりて水に强壓を加ふれば G 器中の液は壓縮せられ水銀は細管を上昇すべし。細管には豫め目盛りを施せるが故に水銀の上昇に依りて縮少の大さ及び液の最初の容積を測定し得。

斯の如くにして液の最初の容積 (V)，縮少 (v) 及び壓力 (p) を測定すれば彈性率 c は § 109 (63) によりて計算し得べし。

然れども上記の測定に於て硝子器 G の器壁は其内外の兩面より殆んど全一の壓力を受け幾分か壓縮せらるべき理なり。從つて細管の目盛りを讀みて測定したる液の容積の縮少は液のみの眞の縮少に非ずして硝子壁の壓縮の爲に影響を受けたる見掛けの縮少に外ならざるなり。

第百四十二圖



レニオー氏は此硝子壁の壓縮の影響を避けんが爲に圖に示すが如き裝置を用ひたり。其構造は液を入るべき硝子器 と釜 器 C の中に入れたるものなり。C の内部の水は活栓 E によりて外氣と通し得，又活栓 F によりて D 管に連結せる壓縮空氣を密閉せる器と連絡し得るなり。G 器も亦活栓 I によりて外氣と通じ活塞 H によりて壓縮空氣と連結せられ得るなり。

今活塞 F, I を開き E, H を閉ぢて G 器の外部より壓力を呈せしめ細管內に於ける液柱の上昇によりて G 器の外部の壓力のみに對する容積の減少 v_1 を測定すべし。次に活栓 I, F を閉ぢ E, H を開きて壓力を G 器の內部及び液に適用して液柱の降下を讀み容積の縮少 v_2 を測るべし，最後に活栓 E, I を閉ぢ F, H を開きて G 器の內外に壓力を働かしめて液の示す容積の縮少 v_3 を測れば v_1, v_2, v_3 の價より液の眞の縮少を計算し得るなり。

次に壓力の單位を［瓩重量, 耗$^{-2}$］とせる時の容積に對する彈性率 (c) (§ 108 (63)) を掲ぐ

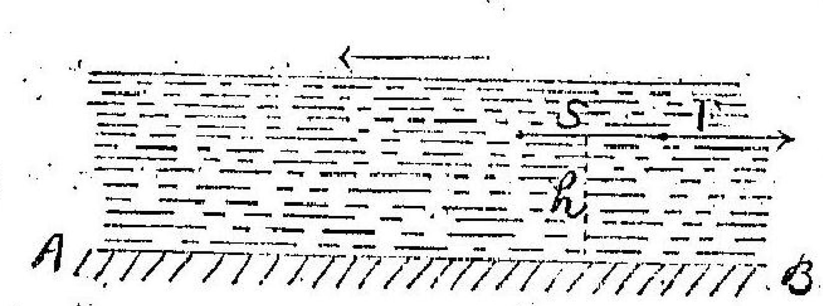
	溫度（攝氏）	c
水銀	0°	3503
水	0°	205
エチルアルコール	7°	124
メチルアルコール	13°	113

§ 173. 液體の粘性。 液體內の一部が他の部に對して運動する場合には其の運動を妨ぐる一種の力が之に働くものなり。此力を液の內部の摩擦力と云ひ，液が內部の摩擦力を現はす性質を其**粘性**と云ふ。

液を攪拌したる後之を放擲すれば其運動は暫時にして止む，是れ液の粘性に因るものにして液が攪拌せられたる後再び靜止する迄の時間の長短に依りて略ぼ其粘性の大小を知り得るなり。液體は凡て多少の粘性を有するが故に之を絕へず運動せしむるには絕へず內部の摩擦力に打勝つ爲に外力を適用せざるべからず。

水が重力の作用によりて鐵管內に常定の流れをなす場合に於ては管の內壁に接する液層は粘着力の爲に之に固着し管壁より其中心に進むに從つて其速度は增加し中心に於て最大となる。河流に於ても兩岸及び河床より中心に進むに從つて其速度は增加するものなり。

第百四十三圖



今液體が AB なる水平面上に沿ふて流るゝ場合を考察せんに，表

面の液層は一定の速度を有し底層は靜止するが故に液體內の相隣れる水平層の速度は異なるべき理なり。從つて此二個の相隣れる水平層間に粘性に基く摩擦力が働くべし。此摩擦力はストレツスを形成し一方の摩擦力は速度の大なる上層の運動を止め他方の摩擦力は速度の小なる下層の運動を助けんとするものなり。而して此摩擦力 F は液層の面積 (A) に比例し又液層の速度が水平面よりの高さと共に變更する割合に比例するものなり。今 V を以て AB より h の高さに於ける液層の速度とすれば液の速度が高さに比例して增加する場合には，$\dfrac{V}{h}$ は速度が高さと共に增加する割合を示すものなり。從つて此の如き場合には摩擦力は次の如し。

$$F \propto A \cdot \frac{V}{h}$$

$$F = \eta \cdot A \cdot \frac{V}{h} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(10)$$

η は液に特有なる常數にして之を液の**內部の摩擦の係數**と云ふ。其デメンションは次の如し　粘性摩擦

$$[\eta] = [L^{-1} \cdot M \cdot T^{-1}]$$

而して $A = 1$, $\dfrac{V}{h} = 1$ なるときは $F = \eta$ なるが故に液の內部摩擦の係數は高さと共に速度の增加する割合が 1 なるとき液層の單位面積上に働く摩擦力に等しきものなり。

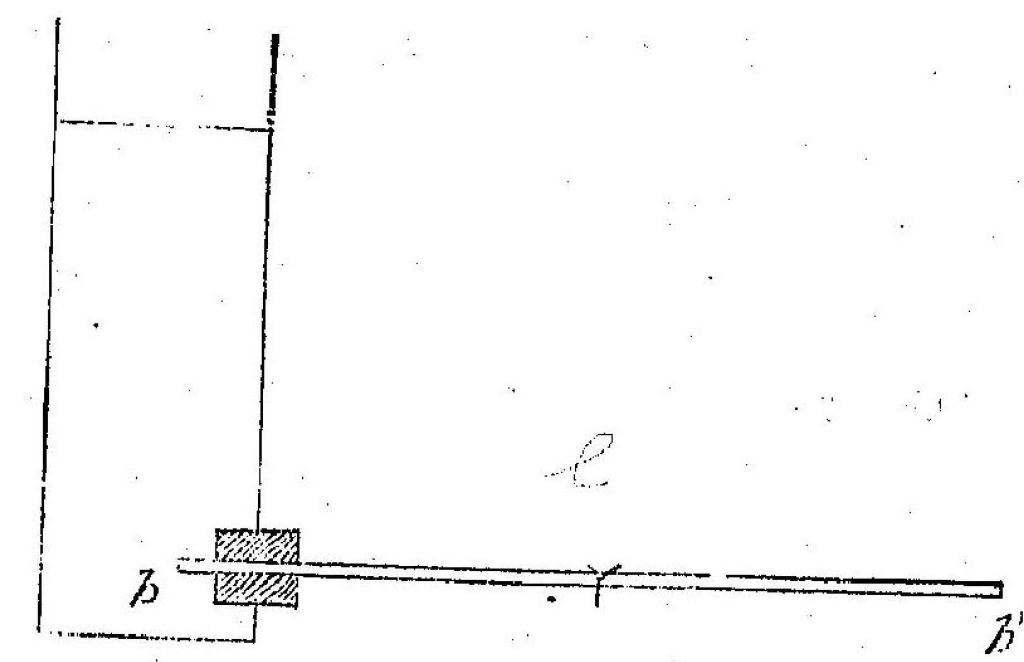
液體が長き水平なる毛細管に沿ふて流るゝ場合には內部摩擦の影響は著しきものにして，圖に示すが如き裝置に於て水平毛細管の長さ及び半徑を l, r となし其兩端に働く壓力を p, p' とすれば t 秒

間に出する液の容積は次式に依りて與へらるゝものなり。

$$V = \frac{\pi}{\eta} \cdot \frac{p - p'}{8l} r^4 \cdot t \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(101)$$

從つて V, p, p', l, r 及び t を測定すれば摩擦係數 η を定め得るなり。上式は η を定義せる式より數學的に證明し得べしと雖

第百四十四圖



も，初めポアジュイユ氏に依りて實驗的に證明せられたるものなるが故に上式にて示せる事實を**ポアジュイユの定律**と云ふ。

次に C. G. S. 系に於ける η の價を揭ぐ。

	溫度 (攝氏)	η (C. G. S.)
グリセリン	2.8	42.20
〃	20.0	8.30
水	0.0	0.0178
〃	10.0	0.0131
〃	30.0	0.0081
水銀	17.2	0.0160
エチルアルコール	10.0	0.0153

§174. 溶解。 二物體の等方なる混合體にして器械的の方法に依りて分離し得べからざるものを**溶體**と云ふ。

氣體と氣體とは任意の割合にて溶體を作り得。固體狀の金屬と雖も之を融解して混ずれば溶體と爲し得，之を合金と云ふ。

溶體中にて特に重要なるは液狀の溶體即ち**溶液**なり。氣體或は固體が液體に溶解して溶液を作る場合に於ては溶解する物體を**溶質**と云ひ，溶質を溶解する液體を**溶媒**と云ふ。而して單位容積內に含まるゝ溶質の質量を溶液の**濃度**と云ふ。

一定の狀況に於て一定容の液體中に溶解し得る氣體或は固體の最大量は一定のものなり，從つて一定の溶液が一定の狀況に於て有し得る濃度には一定の最大價あり。之を其狀況に於ける**溶解度**と云ふ，溶解度は溶質と溶媒とに依りて差等あるは勿論なり。而して溶媒が事情の許す限り多量の溶質を溶解したる場合の溶液を**飽和溶液**といふ。

固體の溶解度は一般に溫度の上昇と共に增加するが故に一定の溫度に於ける飽和溶液を冷却すれば固體の一部は通常結晶體と成るなり。然れども時としては飽和溶液が冷却するも溶質の析出せざる場合あり，之を**過飽和**の現象と云ふ。

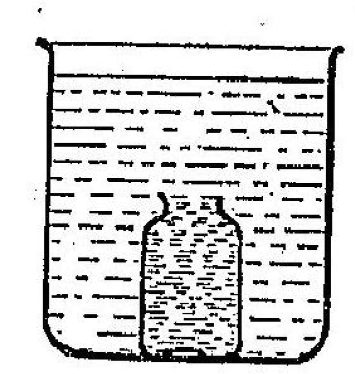
液體は又液體と共に溶液を作り得るなり。此場合に於ては溶液を作るべき二液間に一定の割合ある場合と然らざる場合との二種あり。水とエーテルとは一定の割合を保ちて飽和溶液を作り水とアルコールとは任意の割合を以て混合し得るものなり。

§175. 液の擴散。 互に混和して溶液を作り得べき二種の液體を接觸せしむれば二液は時を經るに從ひ互に浸入して終に全く混和するに至るものなり。此現象を**擴散**と云ふ。

深き硝子器に硫酸銅の溶液を入れ之にコルク板を浮べ此上に靜かに水を流下すれば水は硫酸銅の上に劃然たる境界面を成して橫はるべしと雖ども時を經るに從ひ硫酸銅は水より重きにも拘はらず上方に擴散して二液の界面は漸次不明瞭となり遂に濃度一樣となるに至るなり。而して液の擴散の速度は非常に小なるものにして長さ一米の硝子筒に半ば硫酸銅を滿たし其上に水を入れたる場合に於て擴散が完結するには十年以上の年月を要すべき割合なり。

擴散の現象は初めてグラハム氏に依りて研究せられたり。グラハム氏は圖に示すが如く廣口瓶に溶液を容れ其上に靜かに水を滿たし之を水を盛りたる器水に入れ數日間の後瓶中より外方に擴散したる液量を測定せり。此方法に依りて實驗したる結果，氏は異種の物質の溶液は其濃度全一なるも擴散の速度全一ならずして全一の物質にありては擴散速度は其濃度に比例し溫度と共に增加するものなることを發見したり。

第百四十五圖



フイック氏は擴散の現象を熱の傳導の現象と類似なるものと看做して擴散の定律を與へたり。其定律は次の如し。

今溶液が下方より上方に向て擴散する場合に於て等しき濃度の層が常に水平なるものとせば液の濃度は上層に進むに從ひ漸次減少す

べし。

而して今 C を以て或る一點に於て濃度が高さと共に減ずる割合とせば其點を通過する水平面積 (A) を單位時間に通過する溶質の量 Q は次式により與へらるゝなり。

$$Q = K \cdot C \cdot A \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(102)$$

K は溶媒及び溶質に特有なる常數にして之を**擴散の係數**と云ふ。其ジメンションは次の如し

$$[K] = [L^2 \cdot T^{-1}]$$

而して A 及び C が 1 なるときは，Q＝K なるが故に擴散係數は濃度の減少する割合 1 なる時擴散の方向に直角なる單位面積を單位時間に通過する溶質の量なりと云ひ得べし。

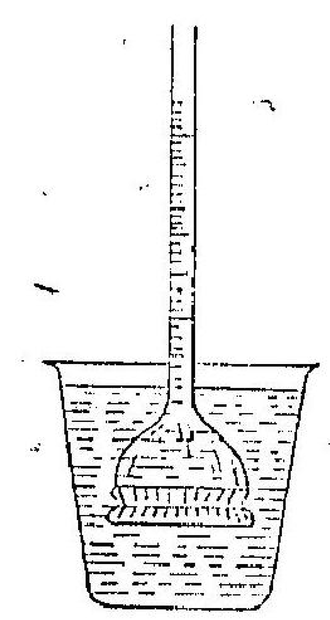
次に時の單位を一日とせるときの擴散係數の價を掲ぐ。

鹽酸	2.3	[糎^2, 日$^{-1}$]
食鹽	0.75	〃
尿	0.81	〃
蔗糖	0.31	〃
卵白	0.05	〃

§176. 滲透。 互に混和し從つて互に擴散し得る二種の液體を羊皮紙或は膀胱膜等の如き膜壁を以て隔つるときは二液は互に膜を通して擴散し遂に膜の兩側に於ける二液の配分一樣となるに至るべし。斯の如く液が膜壁を通じて擴散する現象を**滲透**と云ふ。今一端漏斗狀に開口せる硝子管を取り膀胱膜を引き張りて底となし之に着色せる酒精を入れて水中に立つれば漸次に酒精柱の上昇すると

共に外方の水の幾分か着色せらるゝを認むべし。是れ水が膜を通じて浸入すると共に酒精の浸出するを示せるものにして浸入する水の分量が浸出する酒精の量よりも多きが故に上記の現象を呈せしものなり。膀胱或は護謨球内に酒精を滿たし之を水中に沈め置かば球は漸次膨大して遂に破裂せんとするに至るべし。又之に水を滿たして，酒精中に沈むれば漸次球の縮少するを認むべし。

第百四十六圖



砂糖，食鹽等の如き**結晶質**の溶液は上記の如き膠質膜を通して自由に滲透し得べしと雖も，蛋白，澱粉等の如き**膠質**の溶液は殆んど之を通過すること能はざるものなり。**滲透分析術**は此性質を利用して結晶質及び膠質の二物體の混合物を互に分離せしむる方法なり。斯の如き混合物を上記の瓶中に入るれば結晶質は外方の水に浸出し膠質は瓶中に殘留すべし，故に膜外の水を取り換ゆれば結晶質は遂に全く膜外に擴散し去り從つて二物體を分離し得るなり。

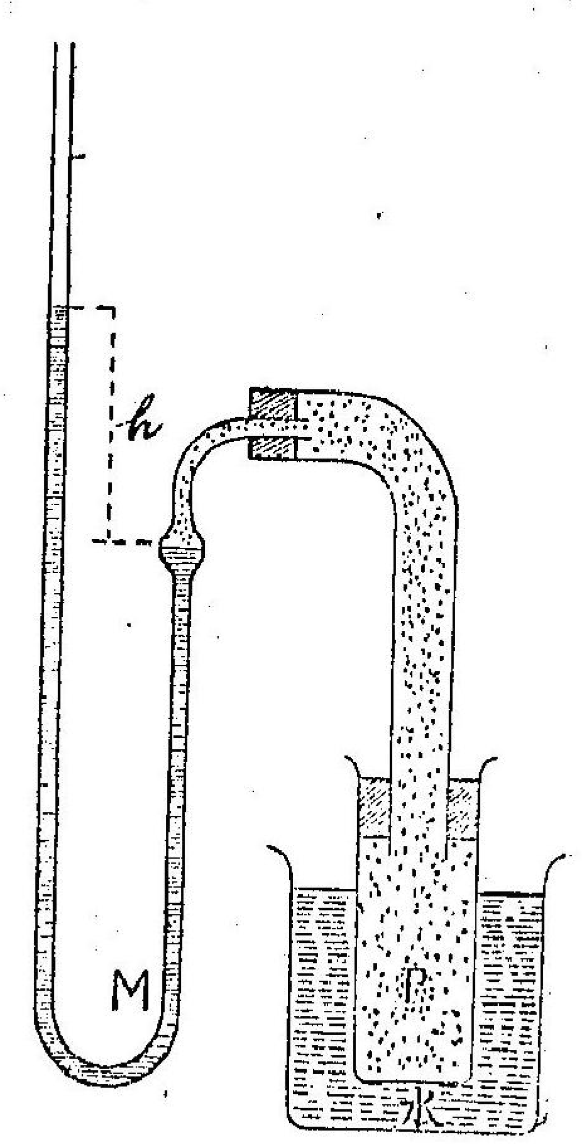
§177. 滲透壓。 上節の實驗に於て管内に於ける酒精柱が一定の高さに達し底膜に一定の壓力を呈するに至れば水は復滲入し能はざるものなり。

是れ水が酒精に向て滲入する力には一定の强さあることを示せるものにして此强さは底膜の内面の壓力によりて測定し得べきものと看做して可なり。一般に膜を通じて溶媒が溶液内に滲入するを防

止する爲に溶液の側膜に適用すべき壓力を稱して其溶質の溶媒に對する**滲透壓**と云ふ。

滲透壓を測定するには自由に溶媒を通過し溶質を通過せざる所謂**半透膜**を使用するを要するものにして，完全なる半透膜は未だ一般に作られざれども水及び蔗糖に對しては殆んど完全なる半透壁を作り得たり。其製法は素燒の圓筒を先づ硫酸銅の溶液中に浸し之を取り出して充分に清洗したる後フェロチアン加里の溶液中に入れて圓筒の細隙間にフェロチアン銅の沈澱を付着せしむれば可なり。ペッフェル氏は斯の如き素燒を以て蔗糖の滲透壓を測定したり。其裝置は圖に示すが如く上記の素燒圓筒 (P) に蔗糖液を滿たして之を水中に沈め滲透壓を測定せんがために蔗糖液を水銀壓力計 (M) に連結せるものなり。水の圓筒を通して滲入するを防止するが爲に壓力計の水銀の高さ h を增大して一定の濃度の溶液に對する滲透壓を測定し得るなり。次にペッフェル氏が蔗糖に就て爲したる實測の結果を擧げん。

第百四十七圖



砂糖のプロセント	1	2	2,74	4	6
滲透壓 (水銀柱の高さ)	535	1016	1513	2082	3075 (粍)
壓/プロセント	535	508	554	521	513

上表に於て滲透壓とプロセントとの比は殆んど全一なるを看るべし。ファントッフ氏は此結果より溶液の滲透壓は溫度一定なるときに於ては其濃度に比例するものなりと結論せり。而して又溶液の濃度は其容積に逆比するが故に上記の關係は又溶液内の溶質の滲透壓は其容積に逆比すと云ひ得べし。是れ即ち氣體に關せるボイルマリオットの定律 (§ 181) に相當するものなり。

滲透壓は又溫度と共に上昇するものなり。ペッフェルの實測の結果に依れば滲透壓は濃度一定なるときは絶對溫度に比例するものなり。

今 P を以て滲透壓となし，C を以て溶液の濃度，T を以て絶對溫度とし，R を比例常數とすれば上記の二個の事實は次式に依りて示し得べし。

$$P \propto C \text{..........(溫度一定ナルトキ)}$$

$$P \propto T \text{..........(濃度一定ナルトキ)}$$

$$\therefore \quad P = RCT$$

溶液中に於ける溶質の一瓦が占有する容積を V とすれば

$$PV = R \cdot T \text{......................} (141)$$

§ 178. 等滲透壓液。 今二種の水溶液に對して完全に半透なる膜を以て之を隔てたるときに當り，水が何れの方向にも滲透せざるときは二液の滲透壓力は全一なる理なり。斯くの如く滲透壓

の互に相等しき二液を**等滲透壓液**と云ふ。

ブリー氏は一種の植物の葉を組織する細胞を以て等滲透壓を呈する種々の溶液の濃度を測定したり。細胞膜は單に其内部の溶液に向て半透なるのみならず其他の鹽類の溶液に對して半透なり。從つて細胞を一定の溶液内に入れ顯微鏡に依りて其大さの增減を驗し,液の濃度を加減して細胞が少しも大さを變せざる樣に調整し得たりとせば其溶液は細胞内の溶液と等滲透壓を有するなり。斯の如くにしてブリー氏は諸種の溶液に就きて實測せし結果溫度が一定なる時は電解質ならざる等滲透壓液の濃度は溶質の分子重に比例すと云ふ事實を發見せり。而して種々の溶質に就き其濃度が分子量に比例するものを作る時は其等容積中には各々同數の分子を含むが故に上記の事實は氣體に關するアボガドローの定律(同溫同壓に於ける二種の氣體の等容積内には同數の分子を含む)と一致するものなり。

上記の事實より(141)の常數Rは溶質の分子重に逆比例するものなる事を知り得べし。

氣體の壓力 P, 容積 V 及び絕對溫度 T の關係は $PV=R \cdot T$ を滿足するものなり,玆に R は氣體に特有にして種々の氣體に於ては其分子重に逆比例する常數なり。

斯の如く氣體の壓力と滲透壓とは甚だ類似するものなり。溶液内の溶質が氣體として溶液内に存在するものと看做せば其壓力は全く其滲透壓に等しき事を知り得べし。即ち溶液の滲透壓は溶質の分子が氣體として溶液中に存する時の壓力に等し。

滲透壓に關する測定は未だ充分ならざるが故に上記の如き結論は

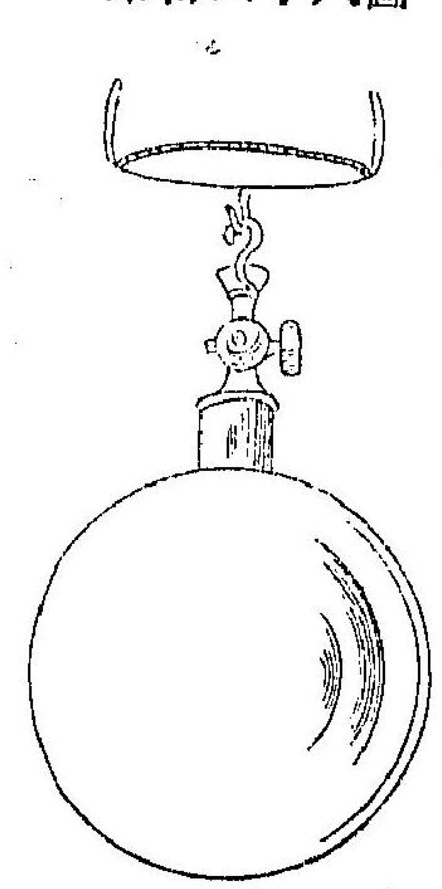
一般に確定せられたるものと看做し難きも,水の蒸氣張力,沸騰點及び氷點等に及ぼす溶質の影響を此滲透壓の觀念に依りて計算せし結果が實測の結果と一致するを觀れば滲透壓の觀念は正確なるものゝ如し。

第七編
氣體
第一章
氣體の力學

§179. 氣體。 氣體の分子は容易に移動し得るが故に流體として液體と全一の性質を有す。從つてパスカルの原理或はアルキメデスの原理の如きは又氣體にも適用し得べきものなり。

氣體は容易に壓縮せられ得る點に於て液體と異なる性質を有するのみならず又自ら擴散膨脹せんとする傾向を有する點に於て液體と異なるものなり。即ち氣體は之を容器中に密閉するに非らざれば自ら擴散し去るものなり。故に若し地球の引力微りせば地球を圍繞する空氣は宇宙に擴散し去るべきなり。

第百四十八圖



空氣が重量を有することは初めてガリレオ氏に依りて實驗せられたり。

圖に示すが如き硝子球に空氣を滿たしたる時の重量を測り，次にポンプを以て球内の空氣を排除して再び其重量

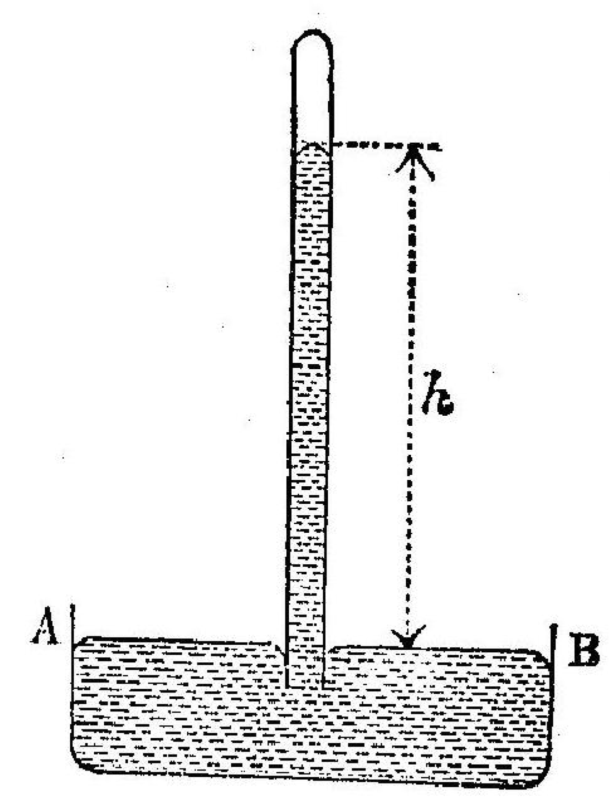
を測定するに著しき重量の減少を認むるなり。此重量の差は即ち球内の空氣の重量に外ならず。

次に溫度 0° C., 壓力 760 粍に於ける氣體の密度 ρ の表を揭ぐ

	ρ[瓦, 糎$^{-3}$]		ρ[瓦, 糎$^{-3}$]
水素	0.0000896	空氣	0.001293
窒素	0.001257	炭酸瓦斯	0.001974
酸素	0.001430	鹽素	0.003131

§180. トリチェリの實驗。 地球を圍繞する空氣は自己の重量の爲めに一定の壓力を其表面に及ぼすものなり。地球の表面に於ける大氣の全壓力は始めてトリチェリ氏に依りて測定せられたり。其裝置は一端密閉せる一米許りの硝子管に水銀を充たし之を水銀槽中に倒立したるものなり。管内の水銀柱は通常降下して管外の水銀面より76糎前後の高さを保ち水銀柱の上部に眞空を生ずるなり。之をトリチェリ氏の眞空と云ふ。

第百四十九圖



同水平面 (AB) 上の壓力の強さは相等しきが故に管外の水銀面に働く大氣の壓力の強さは管内に於ける高さ h なる水銀柱の壓力の強さに等しからざるべからず。故に此裝置に依りて水銀柱の高さ h を測定すれば大氣の壓力を知り得るなり。

大氣の壓力即ち之と釣合を保つ水銀柱の高さは場所及び時と共に變化すれども,通常 76 糎前後の値を有す。大氣の壓力の標準として緯度 45° の海面上に於て溫度 0°, C., 高さ 76 糎,切口 1 糎^2 なる水銀柱の重力に相當する强さを用ふ之を**一氣壓**と云ふ。

一氣壓の壓力と C. G. S. 系に於ける壓力の單位[ダイン, 糎$^{-2}$]との關係は次の如し

一氣壓＝$h\rho g$

＝$76 \cdot 13.596 \cdot 980.6$

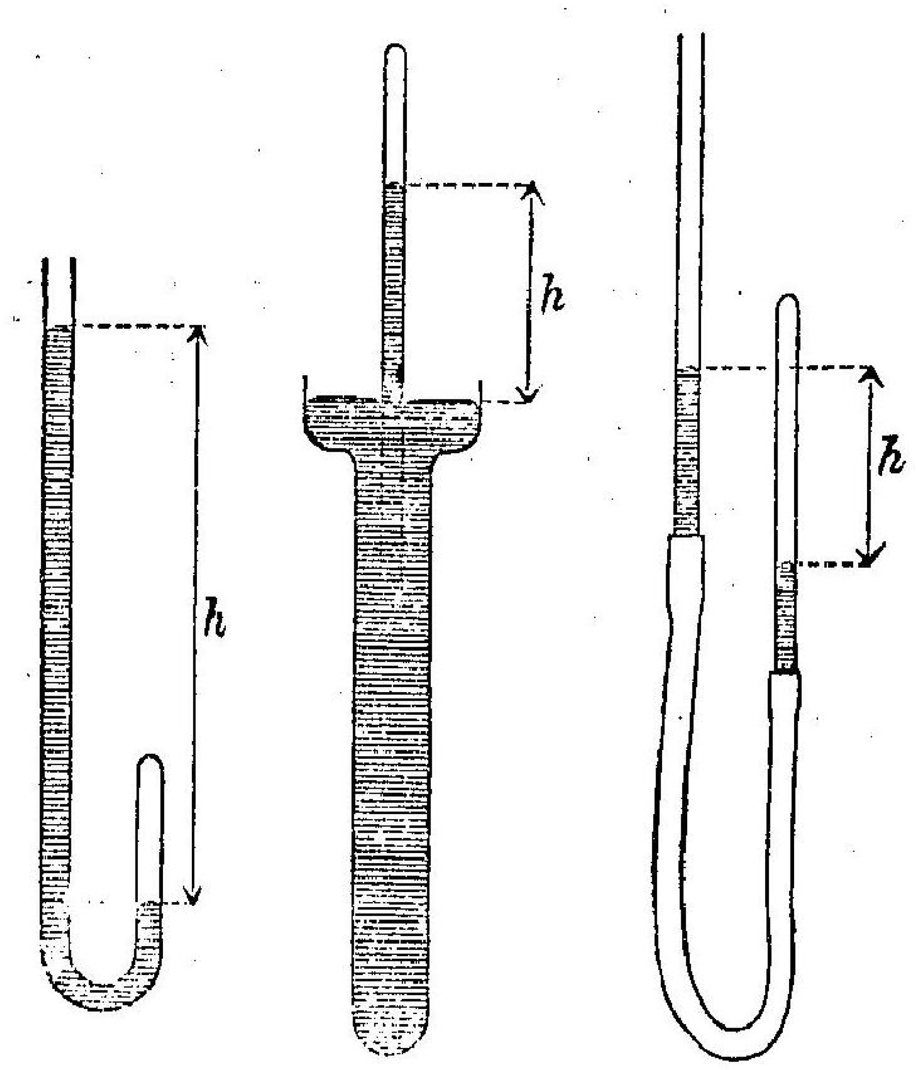
＝1013250 [ダイン, 體$^{-2}$]

§181. ボイル,マリヲットの定律。

氣體の容積と壓力と

第百五十圖

(a)　(b)　(c)



の關係は始めて英人ボイル氏に依りて發見せられ其後復た佛人マリ

ヲット氏に依りて發見せられたり。今 (a) 圖に示すが如き一端密閉せる U 狀管に水銀を入れて氣體を密閉すれば管內の氣體は管內の水銀の壓力 h 及び大氣の壓力 h', 即ち $(h+h')$ を受くべし, 但し h' は大氣の壓力を水銀柱の高さに依て現はしたるものなり。

故に水銀柱の高さ h を變更し之に相當すべき氣體の容積を測定せば密閉せる氣體の壓力と容積との關係を知り得べし。大氣の壓力よりも小なる壓力を氣體に適用せんには (b) 圖に示すが如き裝置を用ふべし。水銀槽中に倒立せる管を上下して h を變更すれば管內の氣體の受くべき壓力 $(h'-h)$ を變更し得べし。又 (c) 圖に示すが如き裝置を用ひ一方の管を上下すれば h を任意に變更し得るが故に之を以て (a), (b) の二裝置にて與へ得べき壓力を呈せしめ得べし。上記の如き裝置を用ひ氣體の容積と壓力との關係を測定すれば次の定律を得。

溫度一定なる間は氣體の壓力は容積に逆比す,換言すれば容積と壓力との積は常數なり。

此定律を**ボイルマリヲットの定律**と云ふ。今 P, V を以て氣體の壓力及び容積とすれば上記の定律は次の式にて示し得べし

$$P \propto \frac{1}{V}$$

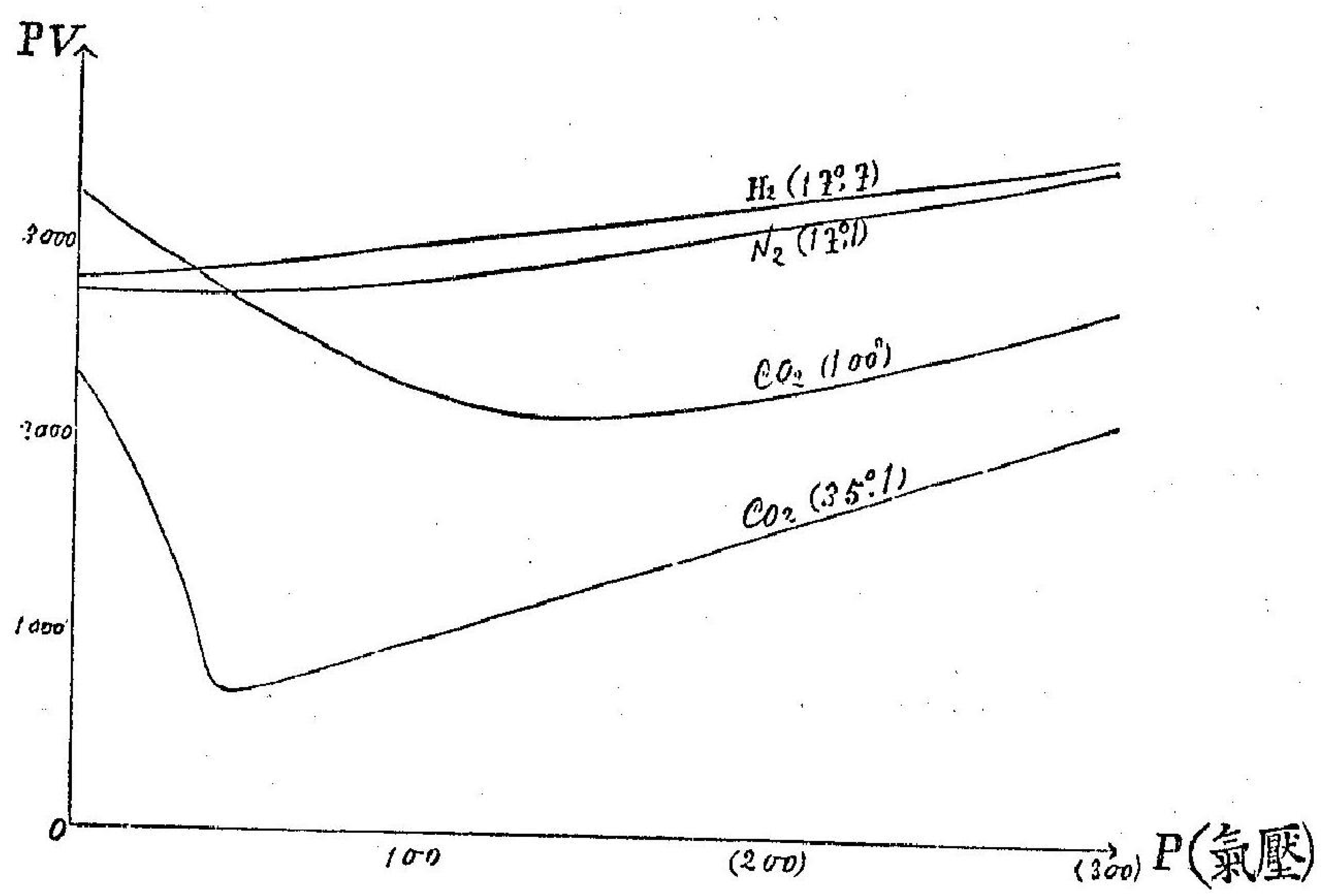
即ち　$P \cdot V =$ 常數…………(103)

一定量の氣體の密度は溫度不變なる間は容積に逆比するが故に上

記の定律は又溫度一定なる間は氣體の密度は壓力に正比例すと云ひ得べし。

ボイル及びマリヲットの爲したる實驗に於ては氣體に適用したる壓力は一氣壓前後の價に止まりたり。其後レニヲー氏は壓力を增加して 27 氣壓に達せしめたり。又アマガー氏は 300 氣壓の强壓を氣體に適用して其容積及び壓力の關係を研究したり。氏の研究の結果を圖を以て示せば次の如し。

第百五十一圖



若し氣體が全然ボイルマリヲットの定律に從ふものならば，上圖に於て P の任意の價に向て P V は常數なるべきが故に P V を示す曲線は P 軸に並行なる直線となるべき理なり。然るに上圖を

觀るに壓力の範圍大なるときは氣體は決してボイルマリヲットの定律に從はざることを知り得べし。而して水素及び窒素の如き容易に液化し難き氣體は此定律より隔離すること小にして炭酸瓦斯の如く比較的容易に液化し得べき氣體は此定律より隔離すること大なることを看るべし。而して斯の如き氣體と雖も其溫度を高むれば漸次ボイルマリヲットの定律に接近すること圖に示すが如し。

壓力大なるときに於ける氣體の壓力及び容積の關係はファンデルラアール氏が氣體論より誘導せし次式によりて善く表はし得るなり

$$\left(P+\frac{a}{V^2}\right)(V-b)=\text{常數}$$

上式に於て a, b は氣體に殊有なる常數なり。尙ほ此式に就ての詳細は熱學に於て論ずる處あるべし。

§182. 氣體の彈性率。 氣體は容積のみに關して彈性を有するものにして其彈性率はボイル，マリヲットの定律より容易に求め得べし。

今氣體の壓力 (p) が Δp 丈け增加せし爲め其容積 (v) が Δv 丈け減少したりとせば次の式あり

$$pv=\text{常數}=(p+\Delta p)(v-\Delta v)$$

$$\therefore \quad 0=v\Delta p-p\Delta v-\Delta p\Delta v$$

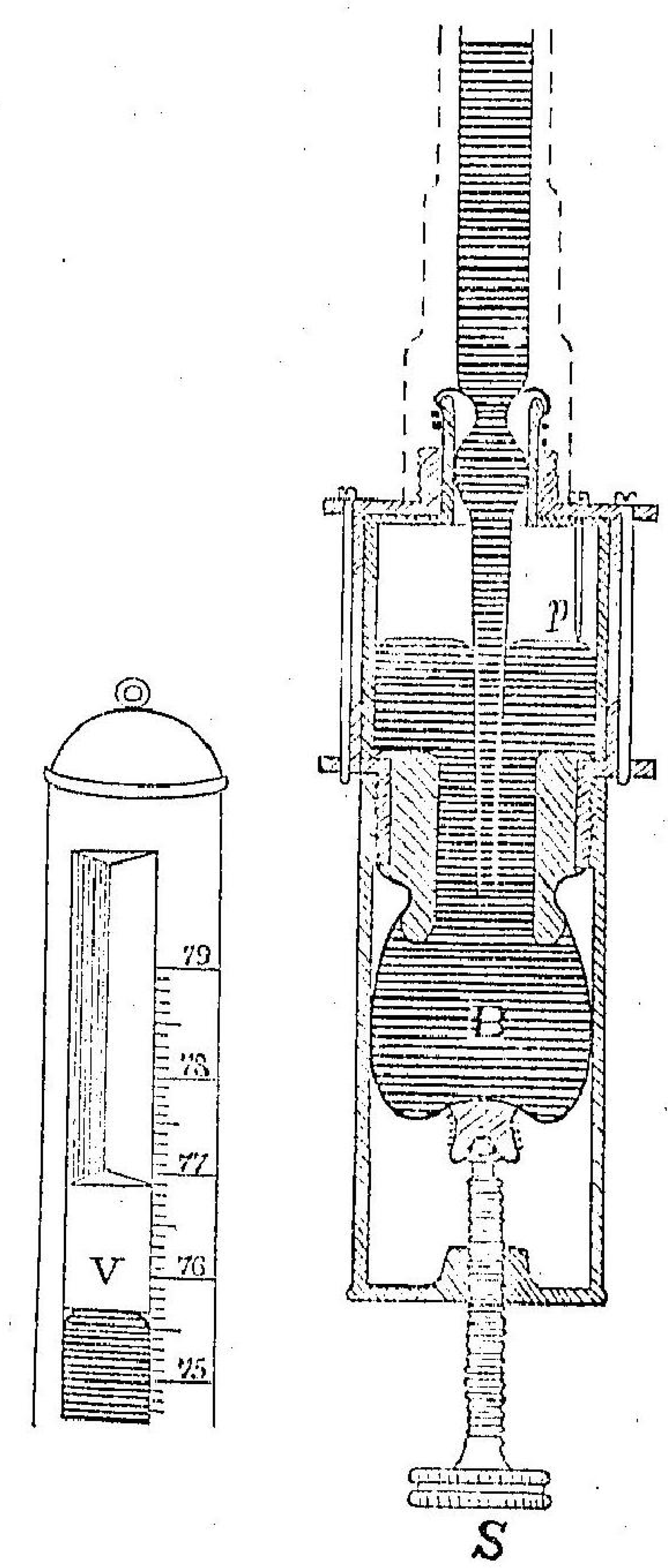
今 Δp を非常に小なるものとせば Δv も亦從つて小なるが故に上式に於て $\Delta p\times\Delta v$ は省略して可なり

$$\therefore \quad 容積ノ彈性率\ e = \frac{\Delta p}{\frac{\Delta v}{v}} = p \ldots\ldots\ldots\ldots(104)$$

即ち溫度一定なるときの氣體の彈性率は其壓力に依りて與へらるゝものなり。

§183. 晴雨計。 大氣の壓力を測定する器械を**晴雨計**と云ふ。トリチェリー氏の裝置(§180)は一種の晴雨計にして，通常用ひらるゝ水銀晴雨計は只之を便利なる形に變形せるものに過ぎざるなり。現今廣く用ひらるゝはフヲルテン氏の水銀晴雨計なりとす。其構造は圖に示すが如く底部に鞣皮製の袋 B を備へたる水銀槽中に水銀を滿たしたる硝子管を倒立したるものなり。大氣の壓力の變更に伴ひて硝子管內を水銀柱が昇降すると共に槽中の水銀面は上下すべく而して水銀柱の高さは常に槽中の水銀面より測らざるべからざる

第百五十二圖



が故に水銀槽に P なる針を固定し置きて其尖端を水銀の標準とす。高さを測定せんとするに當りては先づネヂ S に依りて袋 B を上下し水銀面をして針の尖端に觸れしむ。水銀柱の高さを計るべき尺度は針の尖端を標點として之より上方に目盛りを施せり，故に上記の調整をなせし後に上端に具へある副尺 V に依りて水銀柱の高さを測定すれば大氣の壓力を知り得るなり。

§184. 晴雨計の讀みの補正。 前節の方法に依りて測定し得たる晴雨計の讀みは重力の加速度及び溫度等の影響を蒙むれるものなるが故に之を以て直ちに各地に於ける壓力の强さを比較し能はざるなり。從つて晴雨計の讀みは一般に溫度 0°. C., 緯度 45° の海上面に於ける讀みに直ほすものにして，之が爲めに必要なる補正は次の如し

第一。溫度に對する補正。水銀柱の高さを測定すべき尺度は溫度と共に伸縮するものなり。尺度は 0°, C. に於て正しく目盛りせられたるものなるが故に高さを測定せし時の溫度 $t°$, C. に於ては目の長さは $1+\alpha t$ となるべし(α は尺度を作れる物質の膨脹係數なり)，故に，h_t を溫度 $t°$, C. に於て測測定したる水銀柱の高さとすれば，其眞の高さ h'_t は次の如し

$$h'_t = h_t(1+\alpha t)$$

次に ρ_0, h_0 を夫々溫度 0°, C. に於ける水銀の密度，高さとし，ρ_t を $t°$, C. に於ける密度とせば，h_0 は次の式に依りて求め得べし。

1平方糎ニツキH(水銀柱)×13.596×980.6ダイン

壓力$=h'_t\rho_t g=h_0\rho_0 g\times 1$　$h_0=\frac{h'\times\rho_t}{\rho_0}$

然るに　$\rho_0=\rho_t(1+\beta\cdot t)$　(熱學参照).

玆に β は水銀の容積の膨脹係數なり。　$=h_t\frac{1+\alpha t}{1+\beta t}$

$$\therefore\quad h_t'=h_0(1+\beta\cdot t)$$　$=h_t(1+(\alpha-\beta)t)$

$$h_0=h_t'(1+\beta\cdot t)^{-1}$$

$$=h_t(1+\alpha\cdot t)(1+\beta\cdot t)^{-1}$$

而して $\beta=0.000182$ にして小なる數なるが故に其二乘以下の項は棄却して可なり從つて次式を得

$$h_0=h_t\{1+(\alpha-\beta)\cdot t\}$$

尺度は通常眞鍮にて作らるるが故に $\alpha=0.000020$ なり

$$\therefore\quad h_0=h_t(1-0.000162\cdot t)$$

第二。g に對する補正。吾人が晴雨計を使用せし場所が緯度 λ° にして海面上 h 米の高さに在りしものとせば其場所に於ける加速度 $g_{\lambda,h}$ と緯度 45° の海面上の加速度 $g_{45^\circ,0}$ との間の關係は § 90 (55) に依り次の如し

$$g_{\lambda,h}=g_{45^\circ,0}(1-0.0026\cos2\lambda-0.0000002h)$$

加速度 $g_{\lambda,h}$ なる場所に於て高さ h_0 の水銀柱の壓力を加速度 $g_{45^\circ,0}$ なる場所の水銀柱にて表はしたる高さを H とすれば H は次式を滿足せざるべからず　$H=h_t\{1+(\alpha-\beta)t\}\{1+0.0026\cos2\lambda+0.0000002h\}$

$$壓力=h_0\rho_0 g_{\lambda,h}=\mathrm{H}\rho_0 g_{45^\circ,0}$$

$$\therefore\quad \mathrm{H}=h_0(1-0.0026\cos2\lambda-0.0000002h).$$

$$\therefore\quad \mathrm{H}=h_t(1-0.000162t)(1-0.0026\cos2\lambda-0.0000002h)\quad\ldots\ldots\ldots\ldots(105)$$

上式に依り觀測上の高さ h_t より補正せられたる高さ H を算出し得べし。

第三。毛管作用及び張力に對する補正。管内の水銀は毛管作用のために幾分か降下するものなり。毛管作用の影響は管の直徑 2.5 粍より大なるときは棄却して可なれども管の直徑小なるときは之に對する補正を爲さゞるべからず。次表は管の直徑と毛管作用に基ける水銀柱の降下とを示すものなり。

直徑	0.4 粍	0.8 粍	1.2 粍
降下	0.14 粍	0.05 粍	0.02 粍

此水銀柱の降下は觀測上の高さ h_t に加ふべきものなり。

水銀柱の上部のトリチェリ眞空は決して眞の眞空に非ずして之に接する水銀の蒸氣を以て滿たさるゝものなり。故に此水銀の壓力のために水銀柱頭は壓下せらるべし，從つて水銀の蒸氣の張力に對する補正をなさゞるべからず。種々の溫度に於ける水銀の張力の表は熱學に於て與ふべし，然れども此補正は極めて小なるものなり。

§ 185. 重量に對する補正。空氣中にて測定したる物體の重量は空氣の上壓（アルキメデスの原理より起る）の影響を受くるが故に此空氣の上壓に對する補正を爲さゞるべからず。今物體の眞の重量を x とし，空氣中に於て之に釣合へる分銅の重量を P とし，s, s' を以て夫々物體及び分銅の比重とすれば，天秤に於て物體と分銅とが釣合へるときには次の關係あり。

$$x-\frac{x}{s}\cdot a=\mathrm{P}-\frac{\mathrm{P}}{s'}\cdot a$$

故に a は空氣の比重なり。

$$\therefore \qquad x = \frac{1 - \frac{a}{s'}}{1 - \frac{a}{s}} \cdot \mathrm{P}$$

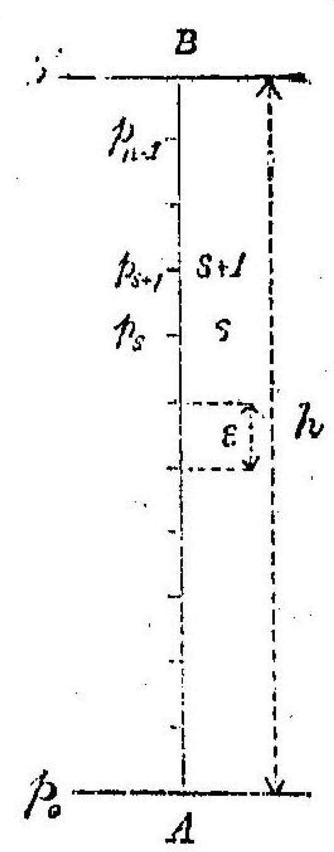
$\frac{a}{s}$ 及び $\frac{a}{s'}$ は通常小なるが故に其積及び $\frac{a}{s}$ の二乘以下の項を棄却すれば

$$x = \left\{1 + a\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{s'}\right)\right\} \cdot \mathrm{P} \text{..............} (106)$$

即ち補正として分銅の重量 P に $a\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{s'}\right) \cdot \mathrm{P}$ なる重量を加へざるべからず。

§ 186. 晴雨計に依りて高さを測定すること。 氣體は壓力のために其密度を變ずるが故に地球を圍繞せる空氣層の高さと共に密度及び壓力の變更する模樣は液體の場合に於けるが如く簡單なるものに非ざるなり。

第百五十三圖



今 A, B 二點に於ける壓力を夫々 p_0, p', 其垂直距離を h として h, p_0, p' の間の關係を求めんとす。 高さ h を n 等分し ϵ を以て相隣れる二點間の距離とすれば

$$n\epsilon = h$$

今點 s 及び $s+1$ に於ける壓力を夫々 p_s 及び p_{s+1} とし s 點に於ける空氣の密度

を ρ_s とすれば ϵ は小なるが故に ρ_s を以て二點 s, $s+1$ 間の平均密度と看做し得べし, 從つて次の式あり

$$p_{s+1} = p_s - \epsilon \cdot \rho_s \cdot g$$

二點間の溫度は一樣にして t°, C. なりとし, ρ を以て溫度 t°, C, 壓力 76 糎なるときの密度とすれば密度は壓力に比例するが故に

$$\frac{\rho_s}{\rho} = \frac{p_s}{76\,\text{糎ノ壓力}} = \frac{p_s}{p_a}$$

$$\therefore \qquad p_{s+1} = p_s - \epsilon \cdot g \cdot \frac{p_s}{p_a} \cdot \rho$$

$$= \left(1 - \epsilon \cdot g \cdot \frac{\rho}{p_a}\right) \cdot p_s$$

括弧内の數は何れも h を細分したる區分上の點に關係なき常數なり (g は高さと共に變化せざるものと看做す)。 今之を k にて示せば

$$p_{s+1} = k \cdot p_s \quad (s = 0, 1, 2, \ldots\ldots\ldots, n-1)$$

上式の關係より直ちに次式を得べし。

$$p' = k^n \cdot p_0 \qquad \text{即ち}$$

$$\log \frac{p'}{p_0} = n \log k$$

p_0 及び p' を連結する上式は ϵ が非常に小なるとき即ち n が非常に大なるときに於て初めて正確となるべし (ρ_s を以て ϵ 間の密度となしたるが故なり)。 從つて p_0 及び p' の眞の關係は次の如し。

$$\log \frac{p'}{p_0} = \mathop{Lt}_{n=\infty} n \log k$$

$$= \underset{n=\infty}{Lt}\ n\log\left(1 - \frac{h\rho g}{np_a}\right)$$

$$= \underset{n=\infty}{Lt}\ n\left[-\left(\frac{h\rho g}{np_a}\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{h\rho g}{np_a}\right)^2 - \cdots\cdots\right]$$

$$= -\frac{h\rho g}{p_a}$$

$$\therefore \qquad h = -\frac{p_a}{\rho g}\log\frac{p'}{p_o}$$

而して觀測を爲す場所の緯度を λ なりとせば § 90 (54′) に依り

$$g_\lambda = g_{45}\,(1 + 0.0026\cos 2\lambda).\ *$$

$$p_a = 76 \times 13.596 \times 980.6\ [\text{ダイン},\ \text{糎}^{-2}]$$

$$\rho = \rho_o \Big/ \left(1 + \frac{1}{273}\cdot t\right),\quad \rho_o = 0{,}001293.\ [\text{瓦},\ \text{糎}^{-3}]$$

是等の數を上式に入れて計算し而して $\frac{1}{273} = 0.004$ と置き，t の代りに A, B 二點に於ける溫度 t_o, t' の平均 $\frac{1}{2}(t_o + t')$ を入るれば次式を得べし

$$h\,[\text{米}] = 18401\,[1 + 0.002\,(t_o + t')](1 + 0.0026\cos 2\lambda)\log_{10}\frac{p_o}{p'} \qquad \cdots\cdots(107)$$

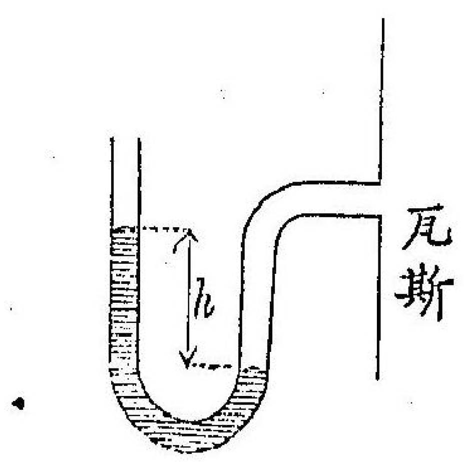
晴雨計を以て山麓及び山頂の壓力及び溫度を測定して上式に據り山の高さを算出し得べし。

§ 187. 壓力計。 測定せらるべき氣體の壓力が一氣壓內外なる場合には**開き壓力計**を用ふ，其構造は U 狀硝子管の一端を壓

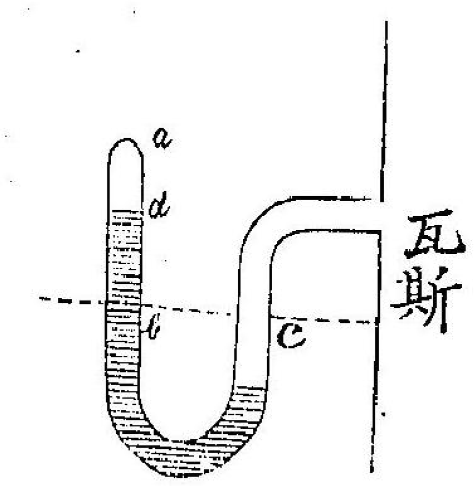
* 上記の計算に於て g は高さと共に變更せざるものと看做したるが故に茲には高さの補正を省畧す。

力を測定す可き氣體に連結し他端を大氣中に開放し管內に水銀を入れたるものなり。

第百五十四圖



圖に示すが如き場合には氣體の壓力は $h' + h$ 糎なり，但し h' は大氣の壓力を示す晴雨計の讀みなり。開き壓力計の水銀の代りに水を用ふれば壓力計は鋭敏となるべし。



壓力が氣壓を單位として計らるべき程に大なる場合には**閉ぢ壓力計**を用ふ，其構造は圖に依りて明かなる可し。今閉ぢ壓力計に施すべき目盛法を與へんに，氣體の壓力が一氣壓なるときは水銀柱の兩端は bc なる水平面上に在りて從つて管內に密閉せられたる空氣の壓力も亦一氣壓なるものとす。次に氣體の壓力增加して P 氣壓となれるとき空氣が ad の容積に壓縮せられたりとす。

$bd = x$ とすれば此際空氣の受くべき壓力は $\left(\mathrm{P} - \frac{2x}{76}\right)$ 氣壓なり。今 $ab = l$ と置けばボイルマリヲットの定律に依り次の關係あり

$$1 \times ab = \left(\mathrm{P} - \frac{2x}{76}\right)\cdot ad$$

卽ち

$$l = \left(\mathrm{P} - \frac{2x}{76}\right)(l - x)$$

上式を x に對して解けば

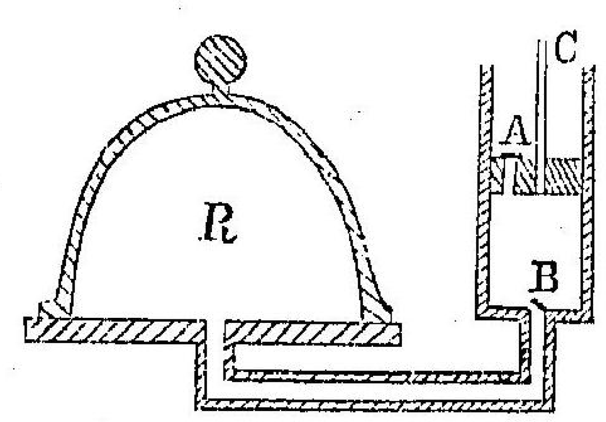
$$x=\frac{76P+2l\pm\sqrt{(76P+2l)^2-8(P-1)76l}}{4}$$

P＝1 なるとき $x=0$ とならざるべからざるが故に上式の複號に於て負號を採らざるべからず。

上式に於て P＝1, 2, 3, 等と置き之に相當する x_1, x_2, x_3 等の x の價を b 點より上方に目盛りを施し置かば之を以て氣體の壓力を氣壓にて測定し得べし。

§188. 空氣ポンプ。 **空氣ポンプ**は密閉せる器中より空氣或は其他の氣體を排除する器械にして其構造は空氣を排除すべき場處例へば玻璃鐘 R を導管を以て圓筒 C に連結したるものなり。圓筒內には通常槓杆を以て上下に動かし得べき活栓あり，而して此活栓の周圍は鞣皮を以て覆ひ圓筒壁と活栓との接觸を氣密ならしむるなり。今活栓を底面に密着したる位置より引き揚げたりとせば圓筒內に眞空を生ぜんとするが故に鐘內の空氣は自己の壓力に依り圓筒の底に設けたる瓣 B を開きて圓筒內に進入すべし。次に活栓を下せば圓筒內の空氣は壓縮せらるゝが故に瓣 A を押上げて脱出すべし斯の如く引續き活栓を上下すれば空氣は上記の作用によりて漸次排除せらるべし。而して鐘內の空氣の稀薄の度を測るために**眞空計**なるものを玻璃鐘と圓筒との導管に連結せり。眞空計は硝子管內に短かき U 狀の小晴雨計を收めたるものにして兩脚の水銀柱の差によりて鐘內の空氣の壓力を示すも

第百五十五圖



のなり。今 V を以て玻璃鐘及び導管の容積となし v を以て圓筒內に於て活栓の動き得べき容積となし而して P_0 を以て鐘內の最初の空氣の壓力とし P_1 を以て活栓を一回動かしたる後の壓力とすれば活栓を引き上げし後 V の容積を占め居りし壓力 P_0 の空氣が $V+v$ の容積に擴がるが故に P_1 は次の關係を滿足すべし

$$P_0V=P_1(V+v)$$

$$\therefore\quad P_1=P_0\frac{V}{V+v}$$

活栓を二回目に引上げし後の鐘內の空氣の壓力を P_2 とすれば同理に依り

$$P_2=P_1\frac{V}{V+v}=P_0\left(\frac{V}{V+v}\right)^2.$$

而して活栓を n 回目に引上げし後の鐘內の壓力を p_n とすれば

$$P_n=P_0\left(\frac{V}{V+v}\right)^n\text{..................(108)}$$

ρ_n, ρ_0 を P_n, P_0 に相應する密度とすれば

$$\rho_n=\rho_0\left(\frac{V}{V+v}\right)^n\text{.................(108')}$$

此式より觀れば活栓を上下する回數 n を增加すると共に鐘內の空氣の密度は際限なく減少せしめ得るが如しと雖も實際に於ては然らず，其理由は次の如し。

第一。瓣 B は多少の重量を有するが故に鐘內の空氣の壓力の減少と共に空氣は遂に之を押上げ能はざるに至る。

第二。活栓の底面と圓筒の底面と密着し能はざるが爲めに此間に多少の空隙即ち所謂**屆かぬ場所**を存すべし，故に活栓を押し上

げしときに圓筒内に眞空を生せずして鐘内の空氣が圓筒中に進入し能はざるに至るべし。

今瓣 A 及び B を重量なきものと看做し屆かぬ場所の容積を v' とすれば，活栓を押し下げたるとき v' に壓縮せられたる空氣の壓力が外氣の壓力 P_a に等しくなりたる後には空氣は瓣 A より脱出し能はざるに至るべし。而して瓣 B に重量なきものとすれば鐘内の空氣の壓力は v' に壓縮せられたるとき大氣の壓力 P_a となるべき空氣が圓筒内 (v) に擴がるときの壓力 p に等しからざるべからず。故に鐘内の極限の壓力 p はボヒルマリヲットの定律に依り次式によりて與へらるべし

$$P_a \cdot v' = p \cdot v$$

$$\therefore \qquad p = P_a \frac{v'}{v} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (109)$$

即ち屆かぬ場所の存在するがために鐘内の空氣は上式を滿足すべき p 以下の壓力に達せしめ能はざるなり。

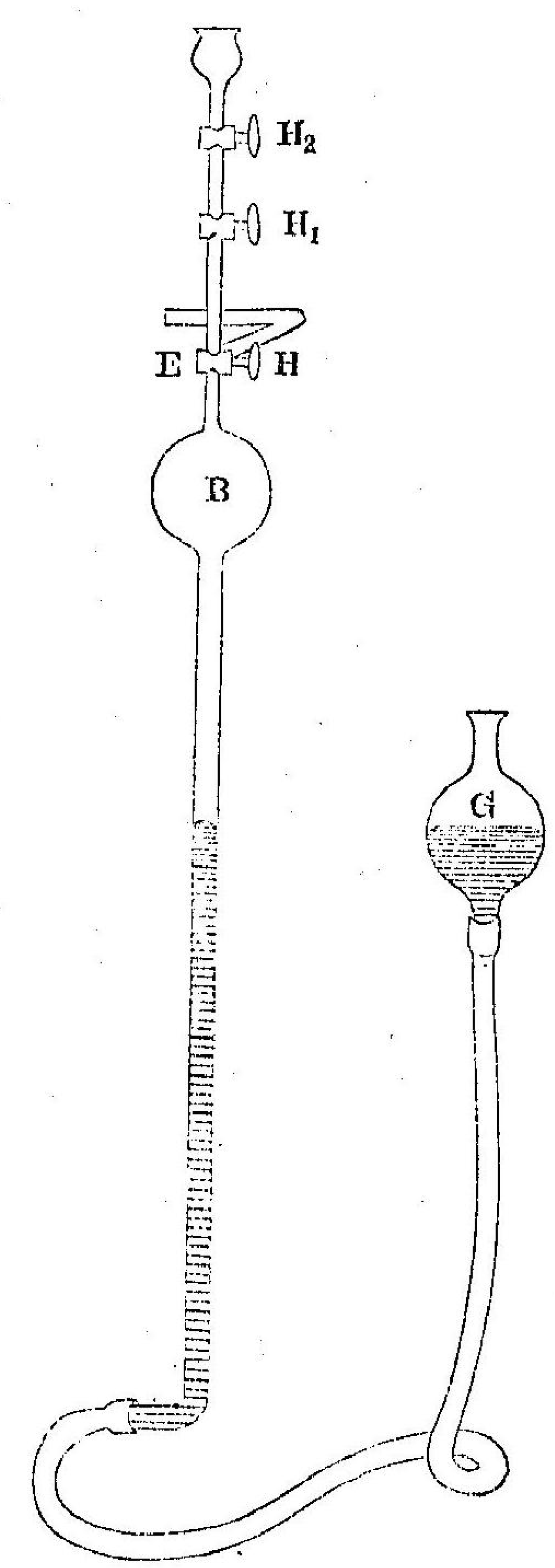
圓筒内の眞空の度が進むと共に活栓を引き上ぐる際に大氣の壓力の爲めに大なる抵抗を感ずるに至るべし。故に**雙頭ポンプ**なるものを案出するに至れり。之は二個の圓筒を用ひ一方の活栓を引き上ぐると共に他方の活栓を押し下ぐる樣に裝置したるものにして，外氣の壓力の爲に受くべき抵抗を打消さしむるものなり。又上記第一の欠點に對しては相當の工夫を施し巧に其不都合を逃れ得べしと雖ども屆かぬ場所に對する欠點は未だ全く除去せられざるものなり。精巧なる此種類のポンプにて得らるべき鐘内の壓力は一

耗内外なり。

§189. 水銀ポンプ。(一)。ガイスレルの水銀ポンプ。

此水銀ポンプはトリチェリーの眞空を利用したるものにして其構造は容積約 1.5 立の硝子球 (B) と之より稍々大なる硝子球 (G) とを厚肉の護謨管を以て連結したるものなり。B 球の上部 E に水平管を付して空氣を排除すべき器中に連結せしむ。又 E の上部には H_1, H_2 の硝子栓を設けあり。硝子栓をして氣密ならしむるには之に純粹なるワセリン及び蠟の混合物を塗抹するを宜しとす。

第百五十六圖

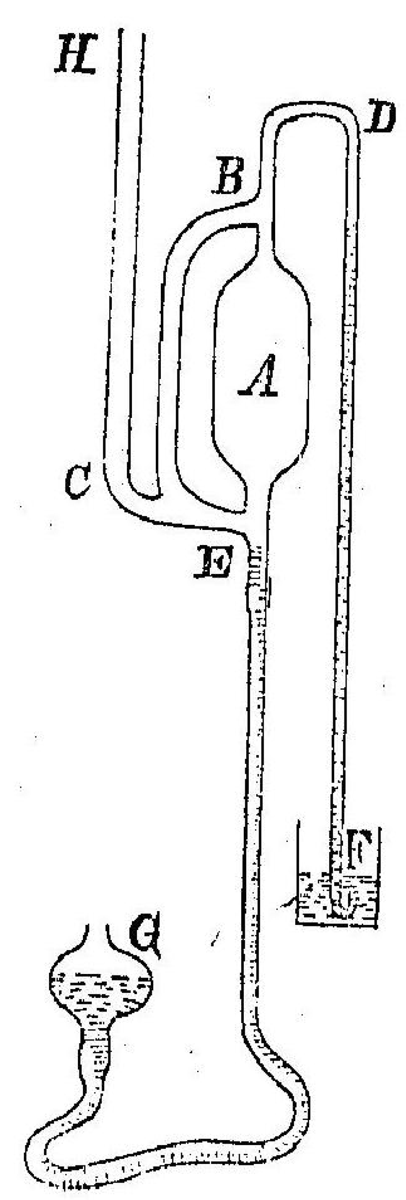


此ポンプを使用せんには先づ栓 H を捻ぢて B 球と空氣を排除すべき器との連絡を絕ち，栓 H_1, H_2 を開きたる後水銀が栓 H の上に達する迄球 G を引き上ぐべし。次に栓 H_1 を閉ぢ H を開きて球 G を降下

せしむれば B 球内の水銀は從つて降下し玆に眞空を生ずるが故に E に連結せる器中の空氣は B 球内に進入すべし。此手續を反覆して漸次器中の空氣を排除し得るなり。

眞空の度進みし際に於て栓 H_1 の下端に水銀によりて壓縮せられたる空氣泡の壓力が大氣の壓力に大差なきこととなるが故に栓 H_1 を開くも氣泡は玆に附着して上方に逃れ去らざるに至るべし。此際栓 H_2 の必要を生ずるものにして水銀を栓 H_2 以上に上らしめ然る後 H_2 を閉ぢて水銀を下し水銀が栓 H_1 を通過したる後ち H_1 を閉づれば H_2 と H_1 との間に眞空を生ずるが故に次に G を上昇せしめたるとき H_1 の下端に壓縮せられたる空氣は H_1 を開きし際眞空内に吸收せられ玆に氣泡の附着する憂を避け得るなり。

第百五十七圖



(二)。テプレルの水銀ポンプ。

テプレルの水銀ポンプの原理はガイスレル水銀ポンプと同一なるも圖に示すが如く硝子栓を用ひざる點に於て異なれり。硝子球 A に側管 B を付し而して其下端に CH 管を付して空氣を排除すべき器に連結せるものにして A 球の上部に約 80 糎の管 D を附せり而して A 球の下端は厚肉の護謨管に依りて硝子球 G に連結せり。

今 G 球を引き上ぐれば(水銀の表面が C に達すれば A 球と CH 管との連通遮斷せらる)水銀は A 球内に滿ちたる後 D を通過して F に流下するに至るべし。次に G 球を降下すれば A 球内に眞空を生ず，而して水銀の面が C 點以下に達すれば管 HC は A 内の眞空に連絡せらるゝが故に器中の空氣は玆に進入すべし，此手續を反復して器中の空氣を排除し得るなり。

水銀ポンプを用ふれば其壓力僅かに 0.000012 粍なる高度の眞空を得べし，從つて眞空管或は電燈球内の排氣には水銀ポンプは缺ぐべからざるものなり。

§190. 氣體の噴出。 器中に密閉せられたる氣體の壓力が外氣の壓力よりも大なる場合に於て器壁に小孔を穿てば氣體は過剩壓力に依りて噴出すべし。今此噴出速度を算出せん。

ω を以て小孔の切口とし p を過剩壓力とす。而して小孔より流出する長さ ϵ なる氣柱を想像すれば此氣柱が過剩壓力の爲に ϵ 丈け押し出ださるる爲に壓力の爲したる仕事は $p\omega\cdot\epsilon$ なるべし。而して器中に於て著しき氣流なきものとせば氣柱の上に壓力のなしたる仕事は氣柱の得たる噴出の運動のエネルギーに等しからざるべからず。故に今 v を以て噴出の速度とし ρ を氣體の密度とすれば

$$p\omega\cdot\epsilon=\frac{1}{2}mv^2$$

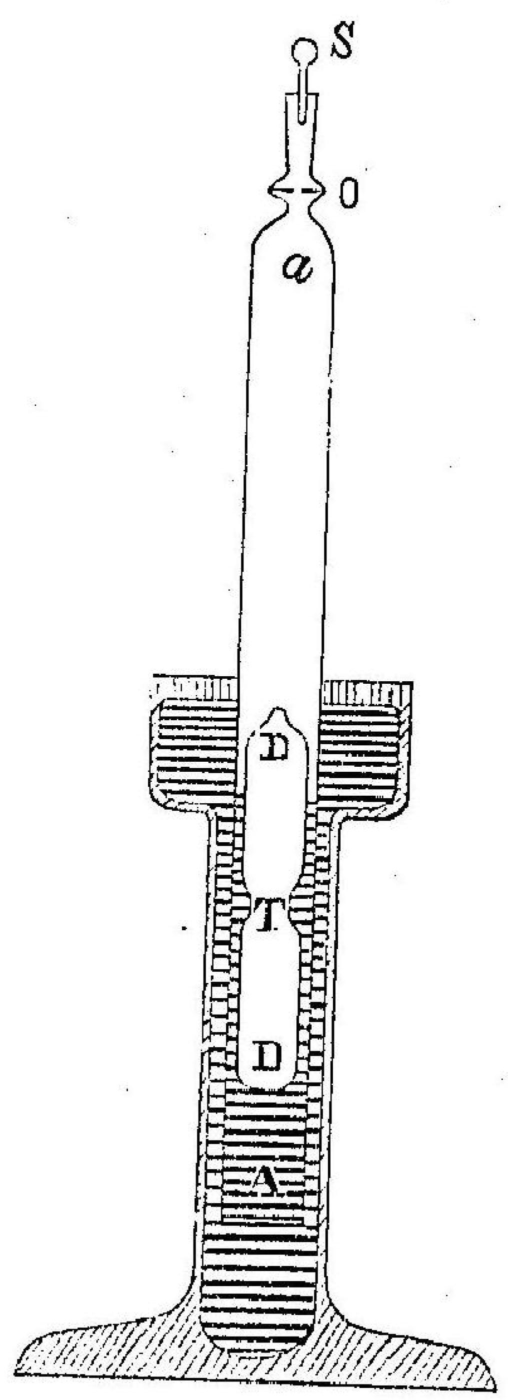
$$=\frac{1}{2}(\omega\epsilon\cdot\rho)v^2$$

$$\therefore\qquad v=\sqrt{\frac{2p}{\rho}}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(110)$$

即ち噴出の速度は過剩壓力の平方根に正比し密度の平方根に逆比するものなり。

而して又上式より等しき過剩壓力を蒙れる種々の氣體の噴出速度は密度の平方根に逆比するとを知り得べし。從つて種々の氣體の同容積を等しき過剩壓力にて噴出せしむるために必要なる時間は密度の平方根に正比するものなり。ブンゼン氏は此結果に基きて氣體の密度を比較するに便利なる裝置を作りたり。圖に於て Aa は氣體を入るべき硝子管にして其上端に S なる活栓を付し O 點に中央に噴出孔を穿ちたる白金板を設置せり。今此管内に與へられたる氣體を滿たし之を水銀を盛りたる硝子管内に沈め豫め氣體管内に入れられたる浮標 DD の頂點を外部の水銀面と同水平面にあらしめ然る後に栓 S を開けば氣體は噴出し去るべし。而して此際浮標の標點 T が外方の水銀面に達する迄に必要なる時間を測定すべし，同樣の測定を他の氣體に向て行ひ時間の自乘の比を求むれば密度の比を得べし

第百五十八圖

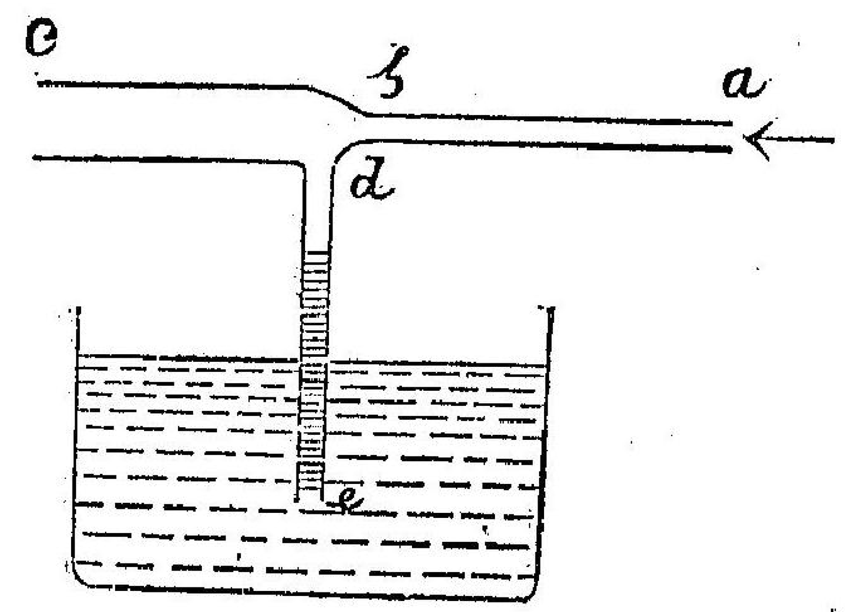


勿論上記の測定に於て噴出氣體に働く過剩壓力は同一ならざれど

も其變更の模樣各々の氣體に向て同一なるが故に上記の如き計算法を施すも差支なきなり。

§191. 氣流中に於ける壓力の減少。 液體の流れに沿ふて負號の壓力を生じたると同樣に氣體の流れに於ても亦負號の壓力を呈せしめ得るなり。

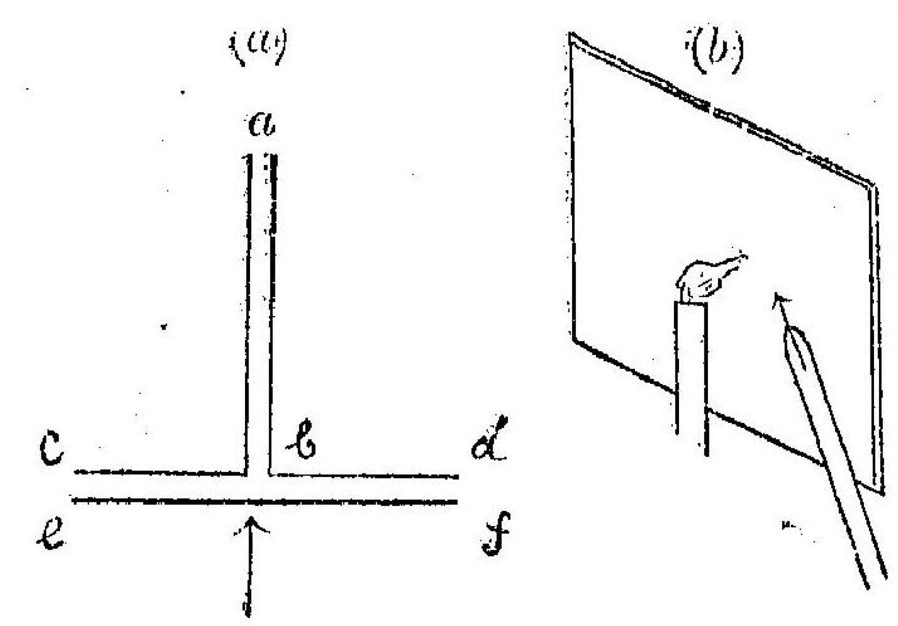
第百五十九圖



氣流の切口が突然增大する樣に裝置して氣體を氣中に噴出する場合には切口の增大する部に於て大氣の壓力よりも小なる壓力を生ずるのもなり。

吸入器は此理を利用せるものにして側管 de を付したる部の管の切口は管口 c の切口よりも小なるが故に a より氣體を送りて c より噴出せしむれば d に大氣の壓力よりも小なる壓力を生じ，液體は側管に依りて吸ひ上げられ氣流に混して噴出すべし。

第百六十圖



霧吹き，ブンゼン燈等は何れも同理に基けるものなり。

氣流中に於ける側壓の減少を示すに愉快なる實驗あり。第百六十圖 (a) に於て cd は圓板にして ab は其中心を貫きたる管なり。今 cd の下に之に對して ef なる輕き板を置き管口 a より激しく息を吹き込めば cd 及び ef の間に於て切口の增大する氣流を生ずるが故に其壓力減少す, 從つて ef は外壓の爲めに自己の重量に逆つて cd に向て押上げらるべし。

又平面鏡の前面に點火したる蠟燭を置き管を以て鏡面を吹けば焰は著しく鏡面に向て傾くを見るべし ((b) 圖)。

第二章

粘性, 溶解及び擴散の現象

§ 192. 氣體の粘性。 氣體も亦液體の如く粘性を有するものにして其內部の摩擦係數 η は液體の場合と全く同樣に定義せらるゝものなり。而して氣體が長き毛細管を流るゝ場合にはポアジユイユの法則に從ふものなるが故に液體に於けると同樣に其摩擦係數 η を測定し得べし。次に溫度 15°, C. に於ける η の價を揭ぐ。

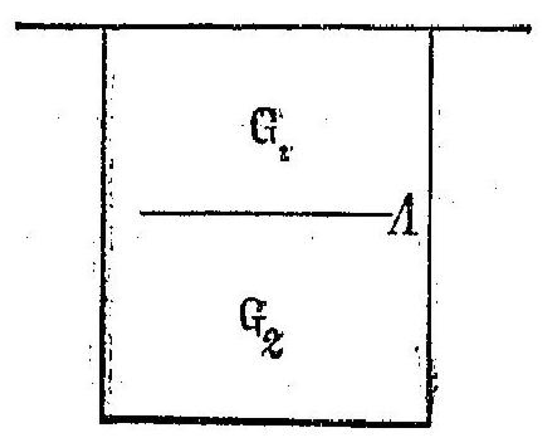
	$\eta \times 10^4$ [C. G. S.]		$\eta \times 10^4$ [C. G. S.]
酸素	2.12	鹽素	1.41
空氣	1.9	沼氣	1.2
炭酸瓦斯	1.84	アンモニヤ	1.08
窒素	1.84	水素	1.93

§ 193. 擴散。 二種の氣體が互に接觸するときは其分子は互に擴散して組織一樣なる混合氣と爲るべし。氣體の擴散の速度は液體の場合に比すれば非常に大なるものなり。

今二個の硝子圓筒を取り其一に水素を滿たし之を他の空氣を滿たしたる圓筒中に倒立し (筒口の接觸面より氣體の漏るゝとを防ぐために豫め此所に蠟を塗り置くべし) 置くときは空氣の比重は水素に比して大なるに拘はらず二氣體は互に擴散す。少時の後圓筒を引き離して之に點火すれば兩圓筒共に一樣なる强さを以て爆發するを認むべし。地球表面上に於て空氣の組成の同一なるは全く擴散の

結果に外ならず。氣體の擴散の定律は液體の場合と同樣なり。關筒内に於て G_1 及び G_2 なる二氣體が互に擴散する場合に等密度の面が常に水平なりと看做し，擴散の途中に於て擴散の方向に直角なる水平面積 A を想像す。今氣體 G_1 の密度が A に於て降下する割合を C_1 とすれば t 秒時間に A を通して下方に擴散する G_1 の質量 m_1 は次式に依りて與へらるべし。

第六百十一



$$m_1 = K \cdot C_1 \cdot A \cdot t \quad\ldots\ldots\ldots(111)$$

而てし上方に擴散する氣體 G_2 に向ても同樣の式が成立するなり

$$m_2 = K \cdot C_2 \cdot A \cdot t \quad\ldots\ldots\ldots(111')$$

K は二個の氣體に特有なる常數にして之を**氣體の擴散係數**と云ふ，K は氣體の全壓力に逆比し温度と共に增加するものなり。其デメンションは液體に於けると同樣にて次の如し

$$[K] = [L^2 T^{-1}]$$

次に C. G. S. 法に於け擴散係數を揭ぐ

	K [糎^2, 秒$^{-1}$]		K [糎^2, 秒$^{-1}$]
水素，酸素	0.722	空氣，炭酸瓦斯	0.151
水素，炭酸瓦斯	0.556	酸素，炭酸瓦斯	0.141

§194. ダルトンの定律。數多の氣體が擴散に依りて混和し一樣なる混合氣體と成りたる時の壓力に關して次の定律あり。

混合氣體の全壓力は各々の氣體が單獨に混合氣體の容積を占むるときの壓力（之を**分壓力**と云ふ）の和に等し。

之を**ダルトンの定律**と云ふ，今壓力及び容積夫々 (p, v) (p', v') (p'', v'') ………なる多數の氣體が混合して容積 V，壓力 P の混合氣體を成したりとせば，其の分壓力はボイルマリヲットの定律により夫々 $\left(p\dfrac{v}{V}\right)$，$\left(p'\dfrac{v'}{V}\right)$，$\left(p''\dfrac{v''}{V}\right)$，…………なるが故にダルトンの定律は次の式にて示し得べし。

$$P = \frac{pv}{V} + \frac{p'v'}{V} + \frac{p''v''}{V} + \ldots\ldots\ldots$$

即ち

$$PV = \sum p \cdot v \quad\ldots\ldots\ldots(112)$$

アンドリユース及びカイユテの實驗に依ればダルトンの定律は壓力の大なる場合には適合せざるものなり。

§195. 氣體の溶解。氣體が液體の中に溶解するとき其溶解の量は氣體及び液體の性質に關するのみならず，又温度及び壓力の影響を蒙むるものなり。ヘンリー氏は氣體の液體に溶解する時の壓力を變して次の定律を發見せり。

一定の温度に於て液體の單位容積内に溶解する氣體の容積（氣體が溶解する時の壓力即ち所謂**吸收壓**にて測る）は一定なり。此容積をブンゼンの**吸收係數**と云ふ。

氣體の密度は壓力に比例するが故に上記の定律は又次の如く表はし得べし

氣體溶液の濃度は吸收壓に正比す。

次にブンゼン氏の測定に係る氣體の水に對する吸收係數の表を揭ぐ。

溫度(攝氏)	水素	窒素	酸素	炭酸瓦斯	アンモニヤ
0	0.01930	0.02035	0.04114	1.7967	1050
15	0.01930	0.01478	0.02989	1.0020	727
20	0.01930	0.01403	0.02838	0.9014	654

吸收係數は上表の示す如く溫度と共に減少するものなり。故に氣體の溶液を熱すれば溶解せる氣體は氣泡となりて逃れ去るべし，從つて水を沸騰すれば溶解せる氣體は悉く除き去らるゝなり。

今一例として溫度零度なる 1 立の水中に壓力二氣壓の下に溶解し得べき炭酸瓦斯の質量を計算せん。零度の水の 1 立の中に含まるべき炭酸瓦斯の容積は $10^3 \cdot 1.7967$ にして 0°, C., 二氣壓のときの炭酸瓦斯の密度は $2 \cdot 0.001974$ [瓦，糎$^{-3}$] なるが故に求むる質量は次の如し

$$10^3 \times 1.7967 \times 2 \times 0.001974 = 7.1 \text{瓦(約)}$$

§ 196. 氣體の溶解に關するダルトンの定律。

ダルトン氏は氣體の溶解に關し次の定律を發見したり。

數多の氣體が同時に液體に接する場合には各々の氣體は自己の分壓力に從ふて溶解す。

今一例として溫度 15°, C. に於て水中に溶解する酸素及び窒素の割合を計算せん。

空氣は壓力 p に於ける 21 容積の酸素と 79 容積の窒素とにて壓力 p に於ける 100 容の空氣を作る割合なるが故に酸素及び窒素の分壓力は夫々 $p \cdot \frac{21}{100}$ 及び $p \frac{79}{100}$ なり。而して其吸收係數は夫々 0.02989 及び 0.01478 なるを以て水の 1 立方糎內に溶解する二氣體の容積をボイルマリヲットの定律に依りて改算すれば次の如し。

$$\text{酸素の容積} = \frac{21}{100} \times 0.02989 \,[\text{糎}^3]$$

$$\text{窒素の容積} = \frac{79}{100} \times 0.01478 \,[\text{糎}^3]$$

$$\therefore \quad \frac{\text{酸素の容積}}{\text{窒素の容積}} = \frac{1}{2} \,(\text{約})$$

空氣中に於ける酸素の容積は窒素の容積の約 $\frac{1}{4}$ なれども 15°, C. の水中にては約 $\frac{1}{2}$ なり。即ち水中の空氣は比較的多量の酸素を含めるものにして水中に棲息する動物は實に此酸素を吸收して生活するものなり。

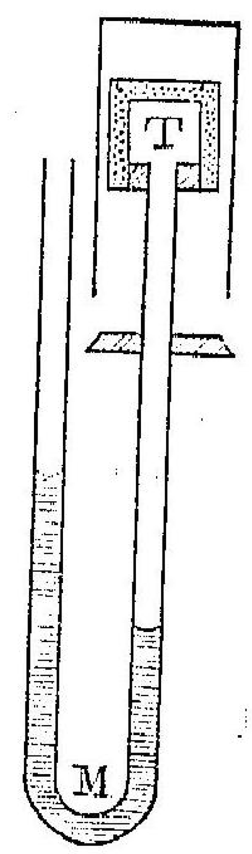
§ 197. 疎鬆なる隔壁を通過する氣體の擴散。

隔壁の孔の大さ非常に小ならざる時には氣體が此小孔を通過する現象は噴出の現象にして擴散の現象ならずと雖も孔口が非常に小なる場合には氣體は擴散に依りて之を通過するものなり。疎鬆なる隔壁を通過する擴散の現象はグラハムによりて研究せられたり。氏は研究の結果次の定律を發見したり。

疎鬆なる隔壁を通過する氣體の容積は壁の兩側に於ける氣體の分壓力の差に正比し密度の平方根に逆比するものなり。

二氣體の擴散の速度の差を示すには圖に示すが如き裝置を用ふるを便なりとす。

第百六十二圖

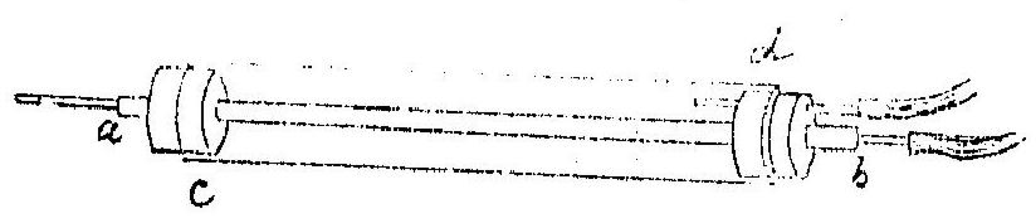


T は素燒の圓筒, M は硝子管を曲げたるものにして之に着色したる水を入れ一種の壓力計として使用するものなり。今大なる玻璃鐘内に水素を滿たし之を以て T を覆へば壓力計の水は直ちに動き圓筒内の壓力の增加せしことを示すべし。是れ素燒を通して擴散せし空氣の量よりも素燒内に侵入せし水素の量が大なるに因るなり。

次に硝子鐘を取去れば壓力計の水は再び動きて素燒圓筒内の壓力の減少するを認むべし。此現象は前と全樣に說明し得。

素燒管 ab を cd なる硝子管の内に收め, cd 管内を眞空となし ab 管内に混合氣體例令ば空氣を通過せば酸素よりも密度の小なる窒素は酸素よりも速に擴散して cd 管内に出づるが故に ab 管より出づる空氣は 24.5 % の酸素を含むなり。

第百六十三圖



凡て斯の如く擴散速度の差を利用し, 氣體を分離することを**透壁分氣法**と云ふ。

§ 198. 氣體の護謨膜を通過すること。 玩具用の護謨球に炭酸瓦斯を滿たせば空氣を滿たせし時よりも速に收縮す, 又之を炭酸瓦斯或は水素を滿たしたる器中に入るれば漸次膨脹し遂に破裂するに至るべし。グラハム氏は護謨膜を同時間に通過する氣體の容積を測定したり, 今窒素を標準として其結果を表はせば次の如し。

窒素	1	水素	5.5
空氣	1.149	炭酸瓦斯	13.585
酸素	2.556		

氣體が護謨膜を通過する速度は溫度と共に急激に增加するものなり。而して此速度と氣體の密度との間には粗鬆なる膜壁を通して擴散する場合の如き簡單なる關係なし。

氣體が護謨膜を通過するは擴散の現象に非ずして護謨膜は之に接する氣體を吸收し, 吸收せられたる氣體は他方の護謨の表面に達して擴散するに因るなり。

液體膜も亦氣體を通過す, 其模樣は護謨の場合の如く全く收吸に基くなり。空氣中にて石鹼球を吹き之を炭酸瓦斯を滿たせる器中に入るれば球は初め器の上方に漂ふと雖も漸次降下し之と共に膨大して遂に破裂するに至る。

水素瓦斯は容易に赤熱せられたる白金板或は鐵板を通過するものなり此現象も亦是等の金屬板が水素瓦斯を吸收するに因るものなり。

§199. **氣體が固體の表面に凝着すること。** 固體は其表面に氣體を凝着せしむるの性を有するものにして多孔質なる木炭の如きは殊に此性に富む。今一端閉塞せる硝子管内に炭酸瓦斯或はアンモニヤを充たし之を水銀槽中に倒立し赤熾したる(既に吸收せる氣體を除く爲に)木炭塊を水銀中に潜らして管中に浮ばす時は木炭は氣體を吸收し水銀柱は直ちに上昇すべし。

モースール氏の測定に依れば黄楊樹の炭は自己の容積の 90 倍のアンモニヤ, 65 倍の二酸化硫黄, 35 倍の炭酸瓦斯を吸收す。

表面平滑なる物體と雖も其表面に氣體が凝着するなり。硝子の如きは殊に其表面に空氣中の水蒸氣を凝着せしむるが故に常に水層を以て覆はるゝものなり。是れ硝子には其成分としてアルカリを含むに因るなり。

白金は殊に水素を其表面に凝着せしむるの性質を有す。大なる表面を與ふる爲に粉末狀になしたる海綿狀の白金は水素を吸收すること特に急激なり。一般に氣體が固體の表面に凝集する場合には熱を發するなり, 海綿狀白金を水素瓦斯の噴出口に入るれば此熱の爲に水素瓦斯は遂に點火するに至る。

硝子板に指頭を觸れ之に息を吹掛くれば指の皮の跡が顯はるべし。是れ硝子板が指の皮に觸れたる部分には脂が附着する爲に水蒸氣を凝集せしむるの度が他の部よりも小なる爲めなり。

新に磨きたる金屬板或は硝子板の上に貨幣を置き數時間の後之を取り去りて息を吹掛くれば貨幣の印章を現出すべし, 之をモーゼル氏の形象と云ふ。此現象の原因は貨幣に凝着せる瓦斯層が板の表

面に移り, 紋章に當たる部分と他の部分との凝着瓦斯の密度が異なるに因るものにして若し之に息を吹掛くれば水蒸氣の此兩部に凝着する程度が一樣ならずして紋章を顯はすに至るなり。

§200. **吸藏。** 金屬は單に自己の表面に氣體を凝着するのみならず又其内部に之を吸收するものなり之を**吸藏**と云ふ。パラヂゥムは特に水素を吸藏するものにして通常の溫度に於て自己の容積の 376 倍の水素を吸藏す。之を陰極として水を分解すれば水素瓦斯の 982 倍を吸藏すと云ふ。

水素は又白金, ニッケル, 金, 銀, 鐵等にも多少吸藏せらるゝなり, 其他の氣體にも亦此現象あり。

日英獨術語對譯

第壹編

總論

(日)	(英)	(獨)
物理學	Physics	Physik, f
經驗	Experience	Erfahrung, f
物體	Body	Körper, m
物質界	Material world	Materielle Welt, f
現象	Phenomenon	Erscheinung, f
自然	Nature	Natur, f
假說	Hypothesis	Hypothese, f
理論	Theory	Theorie, f
模形	Image or Symbol	Scheinbild, n oder Symbol, n
實驗	Experiment	Versuch, m
放射說	Emission theory	Emissionstheorie, f
波動說	Wave theory	Wellentheorie, f
直達作用	Action at distance	Fernwirkung, f
媒達說	Medium theory	Medium-Theorie, f
定律	Law	Gesetz, n
基礎單位	Fundamental unit	Fundamentale Einheit, f
組立單位	Derived unit	Abgeleitete Einheit, f
長さ	Length	Länge, f
時	Time	Zeit, f
質量	Mass	Masse, f
中層	Neutral layer	Neutrale Schicht, f
面積	Area	Flächeninhalt, m
容積	Volume	Volumen, n

(日)	(英)	(獨)
副指	Vernier	Nonius, m
主尺	Main scale	Hauptmassstab, m
ネヂミクロメートル	Micrometer screw	Micrometerschraube, f
雄ネヂ	Male screw	Schraubenspindel, f
雌ネヂ	Female screw	Schraubenmutter, f
歩み	Pitch	Schraubengang, m
球指	Spherometer	Sphärometer, n
カテトメートル	Cathetometer	Kathetometer, n
望遠鏡	Telescope	Fernrohr, n
止めネヂ	Clamp screw	Klemmschraube, f
呼びネヂ	Tangent screw	Feinschraube, f
水平ネヂ	Levelling screw	Nivelirschraube, f
水準器	Level	Libelle, f
恒星日	Sidereal day	Sterntag, m
太陽日	Solar day	Sonnentag, m
天球	Celestial sphere	Himmelskugel, f
平均太陽日	Mean solar day	Mittlerer Sonnentag, m
絶對單位系	Absolute syetem of units	Absolutes System der Einheiten, n
ヂメンシヨン	Dimension	Dimension, f
弧度法	Circular measure	Bogenmass, n
ラヂアン	Radian	Radiant, m
立體角	Solid angle	Raumwinkel, m
重學	Mechanics	Mechanik, f
運動學	Kinematics	Kinematik, f
力學	Dynamics	Dynamik, f
靜力學	Statics	Statik, f
動力學	Kinetics	Kinetik, f

第貳編

運動學

(日)	(英)	(獨)
質點	Material point	Materieller Punkt, m
氣體論	Kinetic theory of gas	Kinetische Theorie der Gase, f
相對的	Relative	Relativ
質點系	Material system	Materielles System, n
位置	Position	Lage, f
原點	Origin	Anfangspunkt, m
坐標	Coordinate	Coordinate, f
形勢	Configuration	Configuration, f
變位	Displacement	Verschiebung, f
ベクトル	Vector	Vektor, m
スケラー	Scalar	Skalare Grösse, f
組立	Composition	Zusammensetzung, f
分解	Resolution	Zerlegung, f
道	Path	Bahn, f
速度	Velocity	Geschwindigkeit, f
速サ	Speed	Schnelligkeit, f
加速度	Acceleration	Beschleunigung, f
ホドグラフ	Hodograph	Hodograph, m
圓運動	Circular motion	Kreisförmige Bewegung, f
角速度	Angular velocity	Winkelgeschwindigkeit, f
角加速度	Angular acceleration	Winkelbeschleunigung, f
單一弦運動	Simple harmonic motion	Einfache Sinusbewegung, f
振幅	Amplitude	Amplitude, f
位相	Phase	Phase, f

(日)	(英)	(獨)
振動數	Number of vibration	Schwingungsanzahl, f
參考圓	Circle of reference	Referenzkreis, m
週期	Period	Periode, f
初角	Angle of epoch	Anfangswinkel, m

第三編
力學

第一章
運動の定律

(日)	(英)	(獨)
慣性	Inertia	Trägheit, f
力	Force	Kraft, f
運動量	Momentum	Bewegungsgrösse, f
力積	Impulse	Impulse, f
合力	Resultant force	Resultante, f
分力	Component force	Componente, f
釣合	Equilibrium	Gleichgewicht, n
ダイン	Dyne	Dyne, f
重力	Gravity	Schwerkraft, f
重量	Weight	Gewicht, n
抵抗	Resistance	Widerstand, m
拋射體	Projectile	Projectil, n
ストレッス	Stress	——
引力	Attraction	Anziehung, f
斥力	Repulsion	Abstossung, f

(日)	(英)	(獨)
壓力	Pressure	Druck, m
張力	Tension	Spannung, f
働力	Action	Wirkung, f
反働力	Reaction	Gegenwirkung, f
向心力	Central force	Centralkraft, f
求心力	Centripetal force	Centripetalkraft, f
遠心力	Centrifugal force	Centrifugalkraft, f

第二章
仕事及びエネルギー

(日)	(英)	(獨)
仕事	Work	Arbeit, f
エネルギー	Energy	Energie, f
撥條	Spring	Feder, m
ジユール	Joule	Joule, n
エルグ	Erg	Erg, n
工程	Power	Leistung, f
ワット	Watt	Watt, n
馬力	Horse power	Pferdestärke, f
位置のエネルギー	Potential energy	Potentielle Energie, f
運動のエネルギー	Kinetic energy	Kinetische Energie, f
エネルギー不滅の原理	Principle of the conservation of energy	Princip der Erhaltung der Energie, n
永久運動	Perpetual motion	Perpetuum mobile, n
慣性抵抗	——	Trägheitswiderstand, m

第三章

剛體の力學

(日)	(英)	(獨)
剛體	Rigid body	Starrer Körper, m
着力點	Point of application	Angriffspunkt, m
平行力	Parallel forces	Parallele Kräfte, f
重心	Centre of gravity	Schwerpunkt, m
坐リ	Stability	Stabilität, f
善き坐り	Stable equilibrium	Stabiles Gleichgewicht, n
悪き坐り	Unstable equilibrium	Labiles Gleichgewicht, n
中立の坐り	Neutral equilibrium	Indifferentes Gleichgewicht, n
慣性能率	Moment of inertia	Trägheitsmoment, n
廻轉半徑	Radius of gyration	Gryrationsradius, m
能率	Moment	Moment, m
偶力	Couple	Kräftepaar, n
腕	Arm	Arm, m.

第四章

單一器械

(日)	(英)	(獨)
單一器械	Simple machine	Einfache Maschine, f
槓杆	Lever	Hebel, m
滑車	Pulley	Rolle, f

(日)	(英)	(獨)
軸車	Wheel and axle	Wellrad, n
斜面	Inclined plane	Schiefe Ebene, f
楔	Wedge	Keil, m
ネヂ	Screw	Schraube, f
支點	Fulcrum	Unterstützungspunkt, m
臺秤	———	Brückenwage, f
十分の一秤	Decimal balance	Decimalwage, f
ネヂ壓縮器	Screwpress	Schraubenpresse, m
天秤	Balance	Wage, f
秤竿	Beam of balance	Wagebalken, m
分銅	Weight	Gewicht, n oder Gewichtssatz, m
秤皿	Scale pan	Wagschaale, f
馬乘り	Rider	Reiter, m
フレの角	Angle of deflection	Ablenkungswinkel, m
感じ	Sensibility	Empfindlichkeit, f
刄	Knife edge	Schneide, f

第五章

万有引力

(日)	(英)	(獨)
導徑	Radius vector	Leitstrahl, m
面積速度	Areal velocity	Flächengeschwindigkeit, f
万有引力	Universal gravitation	Allgemeine Gravitation, f
万有引力の常數	Gravitation constant	Gravitationskonstante, f
球殼	Spherical shell	Kugelschaale, f

(日)	(英)	(獨)
雙曲線	Hyperbola	Hyperbel, f
楕圓	Ellipse	Ellipse, f
振リ秤リ	Torsion balance	Torsionswage, f
單一振子	Simple pendulum	Einfaches Pendel, n
等時性	Isochronism	Isochronismus, m
合成振子	Compound pendulum	Zusammengesetztes Pendel, n
相當單一振子の長さ	Length of the equivalent simple pendulum	Reducirte Pendellänge, f
振りの中心	Centre of oscillation	Schwingungsmittelpunkt, m
可逆振子	Reversible pendulum	Reversionspendel, n
滿潮及び干潮	Ebb and flood	Ebbe und Flut, f

第四編

物質の通性

(日)	(英)	(獨)
廣がり	Extension	Ausdehnung, f
不可入性	Impenetrability	Undurchdringlichkeit, f
有孔性	Porosity	Porosität, f
被壓性	Compressibility	Kompressibilität, f
彈力	Elastic force	Elastische Kraft, f
彈性	Elasticity	Elasticität, f
可分性	Divisibility	Theilbarkeit, f
分子	Molecule	Molekül, n
元素	Element	Element, n

(日)	(英)	(獨)
原子	Atom	Atom, n
分子引力	Molecular Attraction	Malekulare Anziehung, f
作用球	Sphere of action	Wirkungssphäre, f
凝集力	Cohesion	Cohäsion, f
粘着力	Adhesion	Adhäsion, f
渦動	Vortex motion	Wirbelbewegung, f
渦動説	Vortex theory	Wirbeltheorie, f
放射躰	Radiant matter	Strahlende Materie, f
第四態の物體	Matter of fourth state	Vierter Aggregatzustand, m
電子	Electron	Elektron, n

第五編

固體

第一章

彈性

(日)	(英)	(獨)
不等質の	Heterogeneous	Heterogen
等質の	Homogeneous	Homogen
等方の	Isotropic	Isotropisch
彈性の際限	Limit of elasticity	Elasticitätsgrenze, f
歪	Strain	Deformation, f
彈性率	Modulus of elasticity	Elasticitätsmodulus, m
ヤング率	Young's modulus	Young's Modulus, m
ポアソン比	Poisson's ratio	———

(日)	(英)	(獨)
容積の彈性率	Modulus of volume elasticity	Modulus der Volumenelasticität, m
壓縮率	Compressibility	Zusammendrückbarkeit, f
下り	Depression	Depression, f
屈撓	Bending	Biegung, f
捩りの彈性率	Modulus of torsional elasticity	Modulus der Torsionselasticität, m
捩振り子	Torsion pendulum	Torsionspendel, n
彈性餘效	Elastic after effect	Elastische Nachwirkung, f
彈性疲勞	Elastic fatigue	———
粘性	Viscosity	Viscosität, f oder Zähigkeit, f
延長に對する剛度	Rigidity for elongation	Zugfestigkeit, f
剛度	Rigidity	Festigkeit, f
屈撓に對する剛度	Rigidity for bending	Biegungsfestigkeit, f
硬性	Hardness	Härte, f
硬度表	Scale of hardness	Härteskala, f
脆さ	Brittleness	Sprödigkeit, f
燒を入れる	Temper	Härten
生ます或は燒を戻す	Anneal	Anlassen
展性	Malleability	Geschmeidigkeit, f
延性	Ductility	Dehnbarkeit, f

第二章
衝突

(日)	(英)	(獨)
衝突	Collision	Stoss, m
向心衝突	Central collision	Centraler Stoss, m
戻りの係數	Coefficient of restitution	———

第三章
摩擦

(日)	(英)	(獨)
摩擦	Friction	Reibung, f
辷りの摩擦	Sliding friction	Gleitende Reibung, f
運動の摩擦	Kinetic friction	Kinetische Reibung, f
靜止の摩擦	Static friction	Statische Reibung, f
運動の摩擦係數	Coefficient of kinetic friction	Coeffizient der kinetischen Reibung, m
靜止の摩擦係數	Coefficiené of statical friction	Coefficient der statischen Reibung, m
極限角	Limiting angle	Grenzwinkel, m
靜止角	Angle of repose	Ruhewinkel, m
轉がりの摩擦係數	Coefficient of rolling friction	Coefficient der rollenden Reibung, m
摩擦輪	———	Frictionsräder, m
工程計	Dynamometer	Dynamometer, n

第六編
液體

第一章
液體動力學

(日)	(英)	(獨)
液體靜力學	Hydrostatics	Hydrostatik, f
流體	Fluid	Fluidum, n
自由表面	Free surface	Freie Oberfläche, f
理想上の流體	Ideal fluid	Ideales Fluidum, n
完全なる流體	Perfect fluid	Vorkommenes Fluidum, n
壓力の傳播	Propagation of pressure	Fortpflanzung des Druckes, f
パスカルの原理	Pascal's principle	Princip von Pascal, n
水壓器	Hydraulic press	Hydraulische Presse, f
水平面	Horizontal plane	Horizontale Ebene, f
垂直線	Vertical line	Lothrechte Linie, f
連通管	Communication tubes	Kemmunicirende Röhren, f
壓力の中心	Center of pressure	Druckmittelpunkt, m
メタセントル	Meta centre	Metacentrum, n
密度	Density	Dichtigkeit, f
比重	Specific gravity	Specifisches Gewicht, n
絕對密度	Absolute density	Absolute Dichtigkeit, f
關係密度	Relative density	Relative Dichtigkeit, f
水秤	Hydrostatic balance	Hydrostatische Wage, f
比重瓶	Pyknometer	Pyknometer, n
撥條秤	Spring balance	Federwage, f

(日)	(英)	(獨)
浮秤	Areometer	Aräometer, n
密度計	Densimeter	Densimeter, n

第二章
液體動力學

(日)	(英)	(獨)
常定の流れ	Stationary stream	Stationäre Strömung, f
流管	Tube of flow	Stromfaden, m
流線	Stream line	Strömungslinie, f
縮脈	Vena contracta	Contractio venae, f
水流ポンプ	——	Wasserstrahlpumpe, f
水流鞴		Wasserstrahlgebläse, n

第三章
毛管現象

(日)	(英)	(獨)
毛管現象	Capillarity	Kapillarität, f
表面張力	Surface tension	Oberflächenspannung, f
凝集壓	Cohesion pressure	Cohäsionsdruck, m
接觸角	Angle of contact	Randwinkel, m
曲率半徑	Radius of curvature	Krümmungsradius, m

第四章
彈性粘性及び擴散の現象

(日)	(英)	(獨)
ピエゾメートル	Piezometer	Piezometer, n
擴散	Diffusion	Diffusion, f
内部摩擦の係數	Coefficient of internal friction	Coeffizient der inneren Reibung, m
溶解	Dissolve	Lösen
溶體	Solution	Lösung, f
溶液	Solution	Lösung, f
溶質	Solute	Gelöster Stoff, m
溶媒	Solvent	Lösungsmittel, n
濃度	Concetration	Concentration, f
溶解度	Solubility	Löslichkeit, f
飽和溶液	Saturated solution	Gesättigte Lösung, f
過飽和	Super-saturation	Uebersättigung, f
擴散の係數	Coefficient of diffusion	Diffusionscoefficient, m
滲透	Osmose	Osmose, f
結晶質	Crystalloid	Krystalloid, n
膠質	Colloid	Kolloid, n
滲透分拆術	Dialysis	Dialyse, f
滲透壓	Osmotic pressure	Osmotischer Druck, m
半透膜	Semi-permeable membrane	Halbdurchlässige Membran, f
等滲透壓液	Isotonic solution	Isotonische Lösuug, f

第七編
氣體

第一章
氣體の力學

(日)	(英)	(獨)
晴雨計	Barometer	Barometer, n
壓力計	Manometer	Manometer, n
開き壓力計	Open manometer	Offenes Manometer, n
閉ぢ壓力計	Closed manometer	Geschlossenes Manometer, n
空氣ポンプ	Air pump	Luftpumpe, f
屆かぬ場所	Untraversed space	Schädlicher Raum, m
水銀ポンプ	Mercury pump	Quecksilberpumpe, f
氣體の噴出	Effusion of gas	Ausströmung des Gases, f

第二章
氣體の粘性溶解及び擴散の現象

(日)	(英)	(獨)
氣體の擴散係數	Coefficient of diffusion of gas	Diffusionscoefficient der Gase, m
分壓力	Partial pressure	Partieller Druck, m
吸收壓	Absorption pressure	Absorptionsdruck, m
吸收係數	Absorption coefficient	Absorptionscoefficient, m
透壓分氣法	Atomolysis	Atomolyse, f
吸藏	Occlusion	Okklusion, f

實驗及ビ理論 物理學

第一卷

重學及ビ物性論

（定價金壹圓）

明治三十八年六月一日印刷

明治三十八年六月五日發行

校閲者　理學博士　村岡範爲馳

編纂者　理學士　森總之助

發行者　大阪市東區安土町四丁目卅八番邸 特電話東一一三〇番　花井藤三郎

印刷者　東京市牛込區市ヶ谷加賀町一丁目十二番地　青木弘

印刷所　東京市牛込區市ヶ谷加賀町一丁目十二番地　秀英舍第一工場

發賣元　大阪市東區安土町四丁目卅八番邸 特電話東一一三〇番　積善館本店

發賣所　福岡市博多中島町 特電話四三番　積善館第一支店

發賣所　廣島市鍛屋町 特電話三五〇番　積善館第二支店

關東特約發賣所　東京市神田區表神保町　辻本修學堂

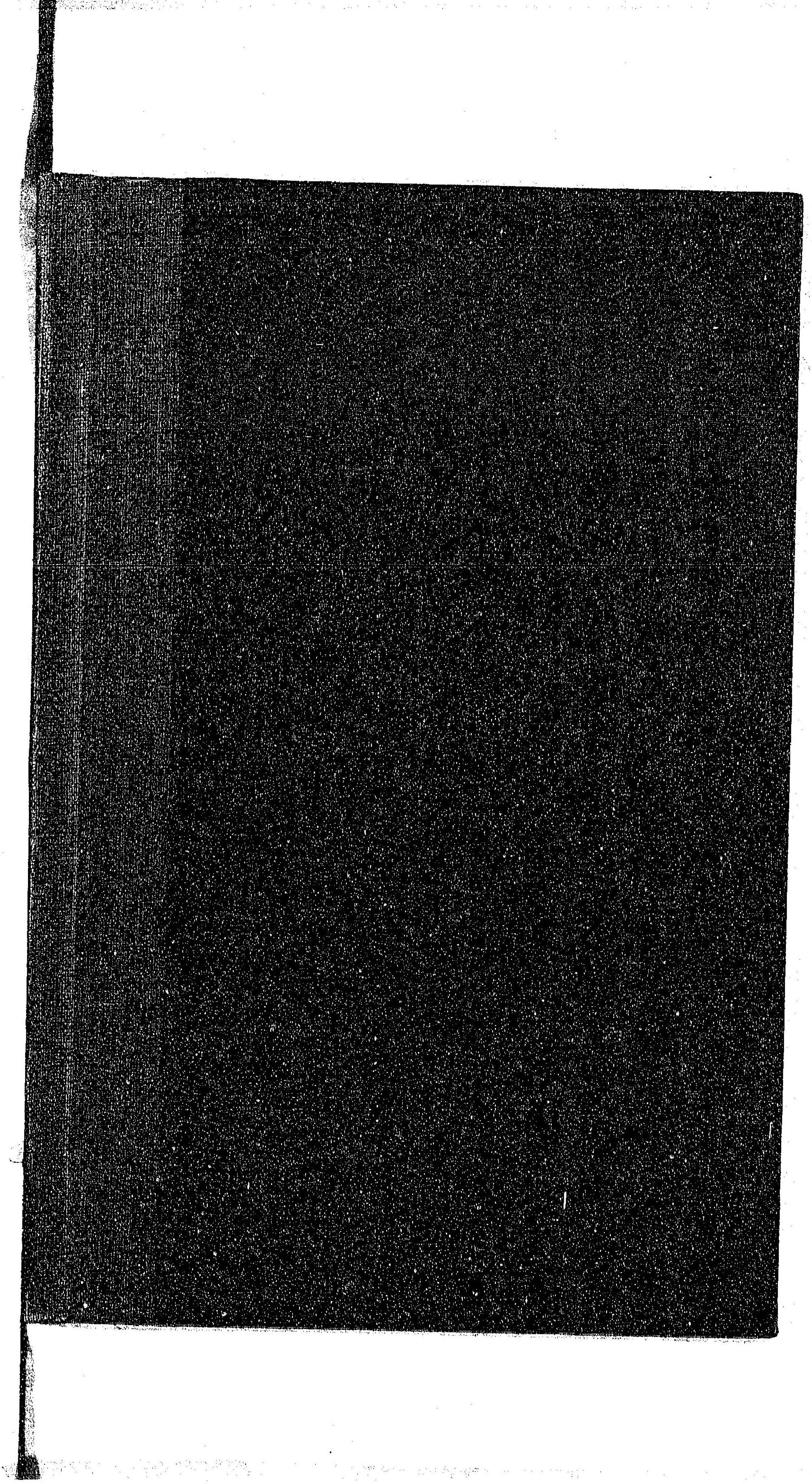
12478

19.6. 4

13

物理学（実験及ビ理論）

森　総之助／編



46
60