

46-132



1200701654696

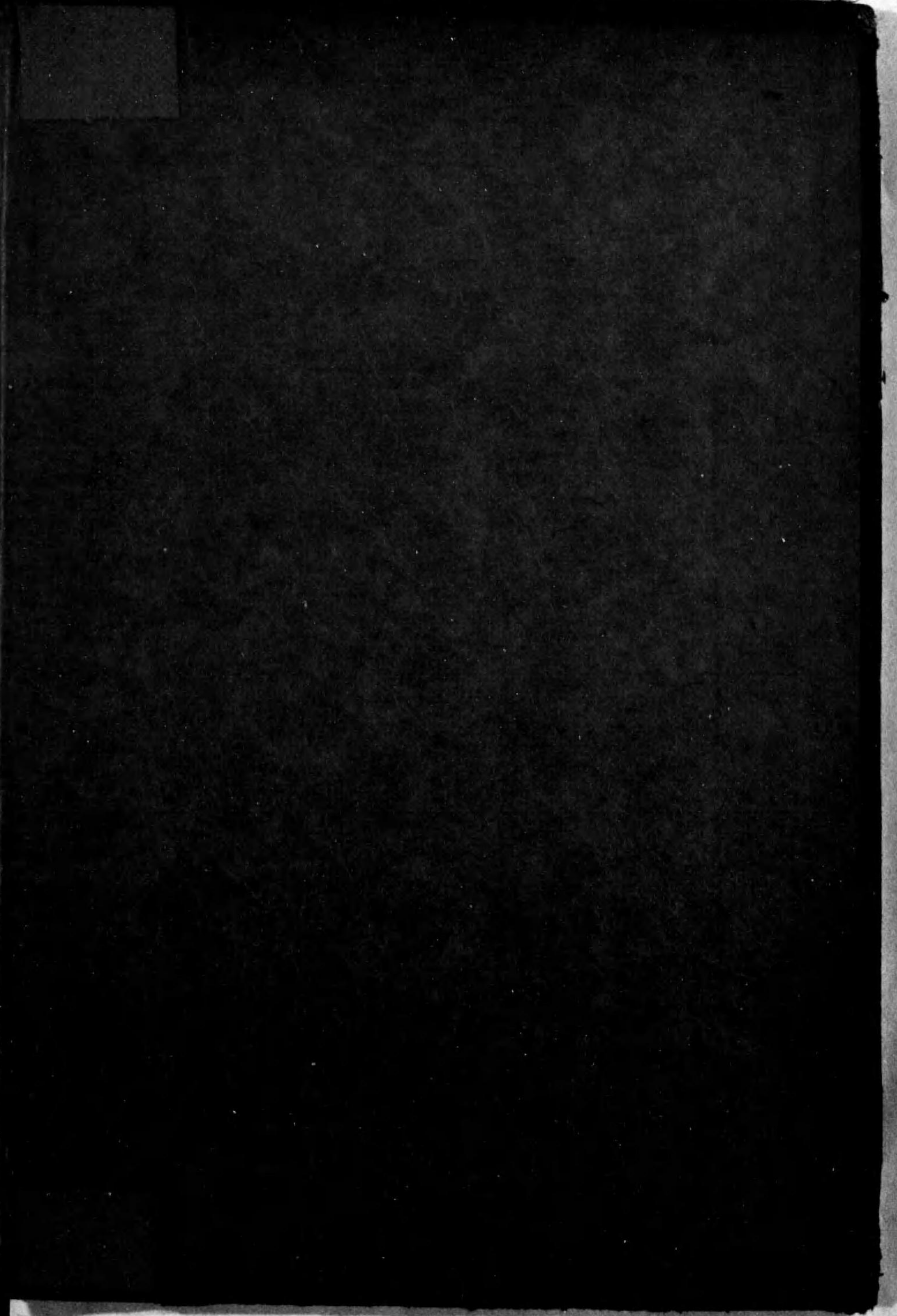
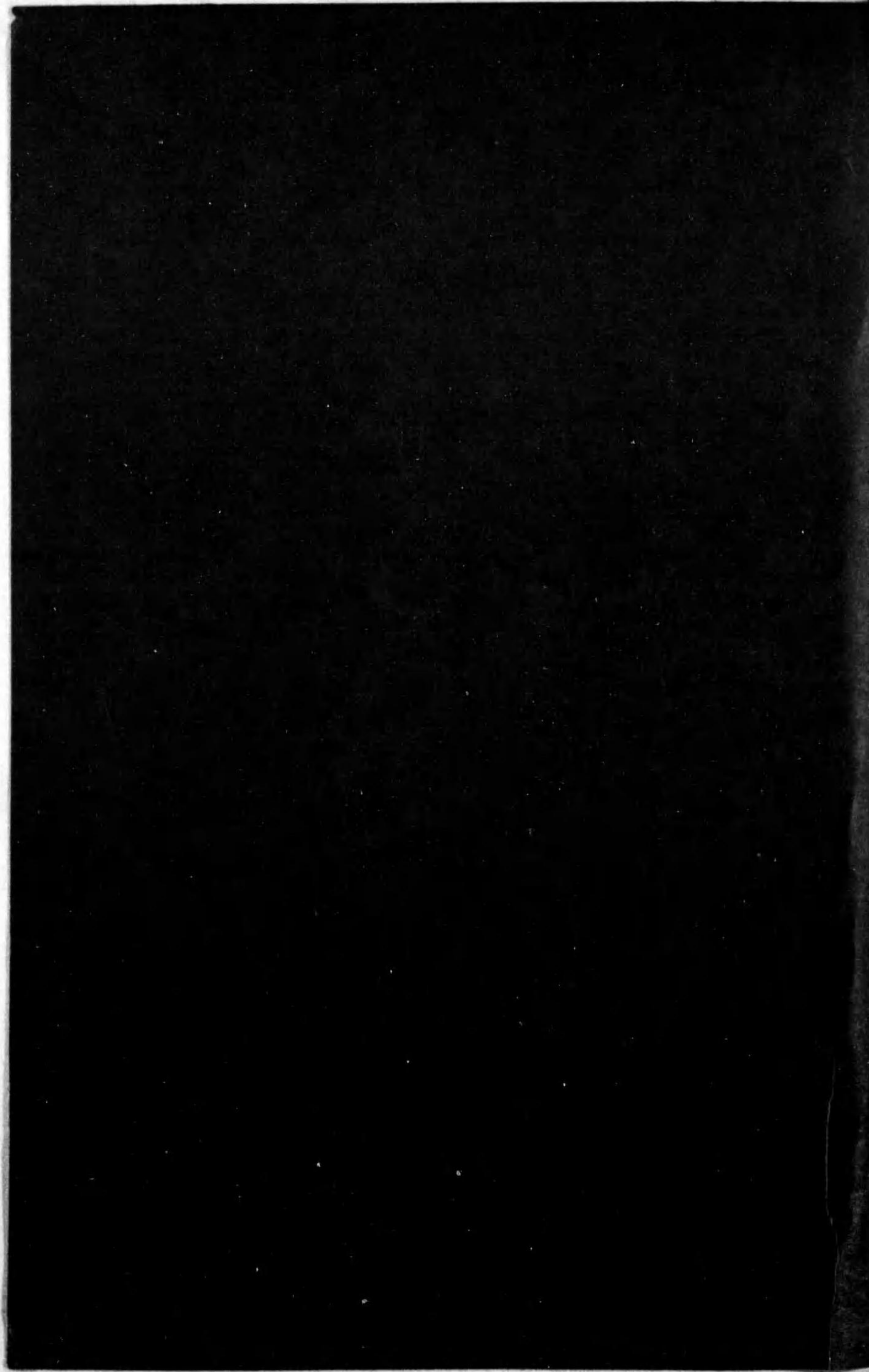
46
132

事故本
真止み
2782
2007.6



始





46-132

中等 物理教學科書

第三高等學校教授
理學士
森總之助
編



六五
2. 12. 15
株式會社
積善館發行

緒言

- 一、本書は文部省制定の教授要目に準據し、中學校及之と同程度の學校の教科書として編纂したるものなり。
- 二、本書は事項の大綱を可成簡單に且つ正確に記述し、詳細なる説明は之を省き、學生をして教師の説明を俟ちて了解せしむる様編纂したり。
- 三、編者の經驗と實地教授家の意見とに基き、質量、平行力の合力、空氣の抵抗、電位、電池、感應電流、電磁力等に關して在來の教科書に比して異なる試みを爲したり。
- 四、本文中に挿入せる問題は主として學生の練習の爲に設けたるも、中には本文所說の事項に連關し、通常教授す可きものを問題

とせる場合少からず。是れ、教授上に活氣を與へんが爲にして、教師諸君の活用せられん事を希望す。

五、編者の淺學なる勿論本書に多大の改良の餘地あるを信ず、編者は切に教師諸君の助言及批評を賜はらんことを希望す。

大正二年十二月

編者 識

中等物理學教科書目次

緒論

物理學、單位、運動、比例

第一編 物性

第一章 物性總説

物質の基本性質、慣性、力、重力、質量、密度、比重

第二章 分子的現象

物質の状態、物質の組織、彈性、フックの定律、溶解、凝着、吸藏、擴散、滲透、表面張力、毛管現象

第二編 力の釣合

第一章 剛體

作用及反作用、力の釣合、力の中斜法、剛體に作用する力、力の能率、平行力の合力、偶力、重心、物體の釣合、天秤

此の教科書は、中等物理學教科書目次を以て編られたるものである。其の編者、馬場貞吉、大正二年十二月。

目次

一

二

桿秤、臺秤

第二章 液體……………元

液體の壓力、壓力の傳達、液體の自由表面、液體內の壓力、
器底の受くる壓力、連通管、アルキメデスの原理、浮體の
釣合、比重の測定

第三章 氣體……………五

氣體、大氣の壓力、氣壓計、ボイルの定律、サイフォン、
ポンプ、空氣ポンプ

第三編 熱……………(六一—九〇)

第一章 温度及熱……………六

温度及熱、寒暖計、最高最低寒暖計、熱量の單位、熱容量
比熱

第二章 熱の移動……………七

熱の傳導、對流、輻射

第三章 膨脹……………七

固體の線膨脹、固體液體の體膨脹、氣體の膨脹

第四章 融解及凝固……………七

融解凝固、寒劑、壓力と融解點との關係

第五章 氣化及液化……………八

氣化、沸騰、氣化熱、液化、濕度

第四編 運動及力……………(九一—一四三)

第一章 運動の定律……………九

速度、速度の合成、加速度、運動の定律、運動量、力積、作
用及反作用の運動量

第二章 物體の運動……………一〇

重力の加速度、落體の運動、拋射體、圓運動、振子、振子

時計、萬有引力

第三章 運動に對する抵抗 一三
 摩擦、空氣の抵抗、水の抵抗、風壓、霧吹。

○ 第四章 仕事・エネルギー 一九
 仕事、仕事の種類、工率、エネルギー、仕事とエネルギー、
 エネルギー不滅律。

第五章 單一器械 二七
 仕事の原理、挺子、軸車、滑車、斜面、楔、子デ。

第六章 熱とエネルギー 三四
 熱の仕事當量、熱の本性、熱機關

第七章 波動 三六
 彈性體の振動、波動、横波縦波。

第五編 音 三四—三五

第一章 音響 三四
 音響、音波の反射屈折、音の種類、樂音の三要素、サイレ
 ン、音階、音波の干涉、唸り、共鳴。

第二章 發音體 三五
 絃、音色、空氣柱の振動、棒、板、蓄音器。

第六編 光 三五—三五

第一章 光の直進 三五
 光、光の直進、影、光の傳播、照度、光度。

第二章 光の反射 三六
 反射、散光、平面鏡、球面鏡、物體の像。

第三章 光の屈折 三六
 屈折、逆屈折、全反射、大氣中の屈折、プリズム、レンズ、
 凸レンズ、凹レンズ。

第四章 光學器械 一六

幻燈器械、寫真器械、眼、光感の持續、眼の調節、蟲眼鏡、顯微鏡、望遠鏡

第五章 光の分散 一七

光の分散、餘色原色、色收差、虹、分光器、スペクトルの種類、黒線の説明、スペクトル各部の作用、物體の色、繪具の混合、燐光、螢光

第六章 光波 三二

光の本性、偏光

第七編 磁氣電氣 (二六—三〇)

第一章 磁氣 三六

磁石、磁極の作用、クーロンの定律、磁氣の感應、磁場、分子磁石説、磁石の製法、地球の磁場、羅針盤

第二章 靜電氣 三六

電氣、電氣の傳導、二種の電氣、クーロンの定律、金箔驗電器、電氣の感應、陰陽の電氣量、電氣の配布、放電、電氣盆、感應起電機、空中電氣、電場、電位、導體の電位及電氣容量、蓄電器

第三章 電流及電池 三五

電流、電池、電池の分極及局部電流、ダニエル電池、ブンゼン電池、ルクランシエ電池、重クロム酸電池

第四章 オームの定律 三五

オームの定律、抵抗の連結、電池の抵抗、電池の連結

第五章 電流の熱作用 三六

ジュールの定律、電力の工率、白熱燈、弧燈、熱電池

第六章 電流の化學作用 三六

電解、ファラデーの定律、電鍍術、電氣冶金術、分極電流

中等物理學教科書

理學士 森 總之助 編

緒論

物理學 石塊・水滴の如く限られたる一定の空間を占め吾人が感覺に依りて其存在を認め得るものを物體と云ひ、物體を成す實質を總稱して物質と云ふ。吾人の經驗に徴するに物體の集合より成る物質界は時と共に絶えず變化を受く、例へば地球の廻轉、水の流れ、動植物の生長等の如し。是等の變化を現象と云ひ、物質界と之に伴ふ現象とを併せて自然と云ふ。

自然を研究する學問を總稱して自然科學と云ふ。物理

物體・物質

現象・自然

自然科學

緒論

物理學の目的

定律

學は其一分科にして、正確なる觀察と實驗とを基礎として、物性・運動・熱・音・光・磁氣・電氣等に關する事項を研究し、之を可成簡單にして少數の定律に依りて説明し、以て人智を啓發すると共に、又之を應用して人類の幸福を増進するを以て目的とす。

二

量の測定

單位・數値

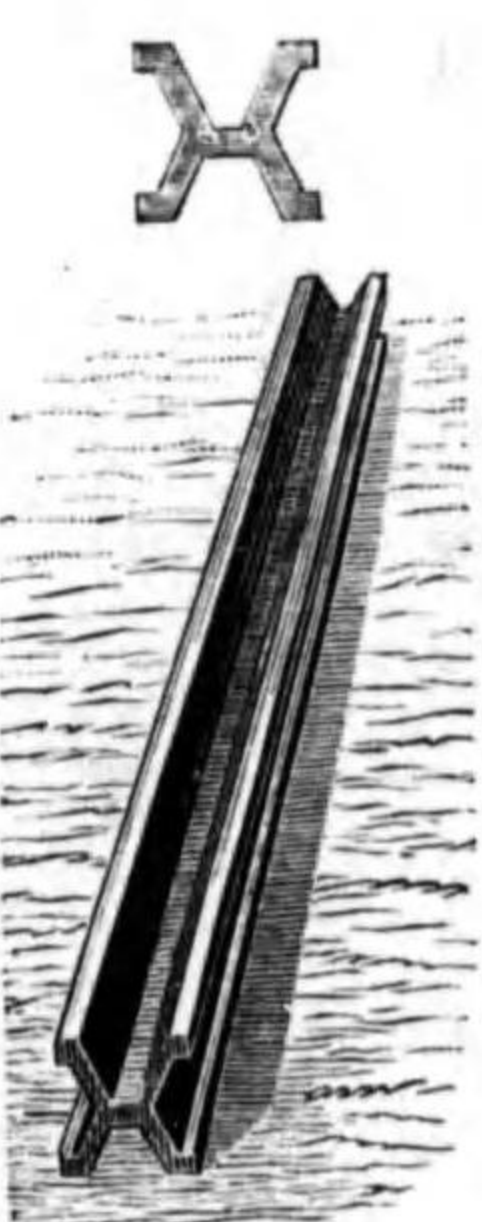
單位 現象を精確に研究するには單位を定め現象に伴ふ種々の量を測るを要す。量を測るとは之と同種の一定量を單位とし、其量が單位量を含む數値を求むるにあり。時、長さ及物質の量即ち質量の三單位を定むれば其他の單位は之より組立て得るなり、例へば面積及容積の單位は單位の長さを一邊とする正方形の面積及立方體の容積なるが如し。故に此三種の單位を基本單位と云ひ、之より組立つる單位を誘導單位と云ふ。

基本單位
誘導單位

時の單位

時の單位は各國同一にして平均太陽日を基本とし、之を細分せる時・分・秒等の諸單位を用ふるを常とす。平均太陽日とは太陽が一度南中し再び南中する迄の時間を一年間に平均せるものなり。

長さの單位



長さの單位は米を基本とす。米は政府に保管せる白金及イリヂウム合金棒に刻める二標線間の温度攝氏〇一五度に於ける距離なり。

米原器

補助單位として、**籽粉**・**糶**等を用ふ。又尺は米の三三分の一〇にして、之より**寸**・**間**・**町**等の單位を定む。

質量の單位

質量の基本單位は**鉈**なり。鉈は政府に保管せる白金及イリヂウムの合金製分銅の質量なり。補助單位として**瓦**・**觔**・**斤**等を用ふ。又貫は鉈の四分の一五にして、之より**匁**・**釐**等を用ふ。又貫は鉈の四分の一五にして、之より**匁**・**釐**等を用ふ。

この馬鹿なことがあつた、
緒論
プランナー

貫、觔、十五分、四、三

靜止

C・G・S單位

分厘等の單位を定む。
糲秒及瓦を三種の基本單位として組立てたる單位をC・G・S單位と云ふ。

問(一)面積及容積のC・G・S單位を問ふ。

三

運動及靜止

運動 物體の位置は標準とする他の物體に依りて確定す。物體が其位置を變ずるを運動と云ひ、然らざるを靜止と云ふ。故に物體の運動は標準とせる物體によりて異なり、例へば進行せる車中に坐せる人は地面に對しては運動すれども、車に對しては靜止せるが如し。

運動點の通過する道の形によりて運動を直線運動圓運動曲線運動等に區別す。直線運動に於ては運動の方向一定なるも曲線運動に在りては其方向時々刻々變化す、曲線上の一點に於ける運動の方向は其點に於て曲線に引ける



切線によりて與へらる。

運動體の位置を變化するに遲速あり、此遲速の度を速さと云ひ、單位時間に通過すべき距離を以て之を測る。例へば、五哩隔たれる停車場間を十二分間に走る汽車の速さは、毎時二五哩或は二五時哩なるが如し。斯の如く、速さを表はすには時及長さの單位を示すを要す。

運動體の速さと運動の方向とは運動の有様を示すに必要なる要素にして、速さ及方向を併せ考へたる量を速度と云ふ。

問(一)百分の一秒間に七耗の距離を通過する點の速さを秒糲にて表はせ。

(二)速度の一定なる運動を等速度運動と云ふ、之は如何なる運動なるか。

(三)速度の大きき一定にして方向が時と共に一樣に變化する運動は如何なる運動なるか。

速さ

速度

等速度運動

四

正比例・逆比例

比例 A・B 二量間に、B を n 倍するとき A が n 倍となる關係あれば A は B に **正比例** すと云ひ、又 B を n 倍するとき A が n 分の一となる關係あれば A は B に **逆比例** すと云ふ。

又 A が B・C 二量に關係し B が不變なるとき A が C に正比例し C が不變なるとき A が B に正比例すれば A は B・C の積に正比例すと云ふ、今 A・B・C の數値を夫々 $a \cdot b \cdot c$ とすれば此關係は次式にて示さる

$$a \propto bc \quad \text{或は} \quad a = kbc$$

を一定にして之を **比例の常數** と云ふ。

比例の常數

- 問(一) 速さの一定なる運動に於ては通過せし道程は時間に正比例す、此場合の比例の常數の意義を問ふ。
- (二) 三角形の面積は底邊と高さとの積に正比例す、此場合の比例の常數を一とするには面積の單位を如何に定むべきか。

第一編 物性

第一章 物性總說

填充性

不可入性

可入性
はめこむ性

質量不滅律

物質の基本性質 凡て物體は一定の空間を占め従つて一定の容積を有す、之を物質の **填充性** と云ふ。故に二個の物體は同時に同所を占有すること能はず、之を物質の **不可入性** と云ふ。例へば硝子罎を倒に水中に沈むるに罎内に存留する空氣の爲に水は全く罎内を充たすこと能はざるが如し、潜水器は此理を應用したるものなり。

物質は現象に伴ひ其状態性質等を變ずることあるも消滅することなく又創生すべからず、之を **物質不滅律** と云ふ。

問(一) 机の抽出しを挿し込むとき隣れる抽出しの押し出ださるゝことあるは何故ぞ。

二

(二) 形の不規則なる固體の容積を測る方法を問ふ

慣性 机上の書籍は動かさざれば永く静止し、又運動せる車は之を止めざれば前進を持續せんとするの性質を有す、又疾走中運動の方向を變ずるに地上を強く斜めに踏みて一種の努力を要するは吾人の經驗する所なり。斯の如く、凡て物體は外より一種の作用を受くるに非ざれば静止或は等速度運動の現状を保持す。

慣性の定律

之を慣性の定律と云ふ、慣性は物質の通性なり。

問 (一) 電車が急に動き始め又止まるとき、車中の人が後に又前に倒れんとするは何故ぞ。

(二) 大工が鉋の刃の位置を加減するに、鉋臺を前後より適宜に打つは何故ぞ。

(三) 進行中の汽車中にて物體を落すに、汽車が静止せるときと落下の模様

三

力の定義

同一なるは何故ぞ。

力 慣性に抗して、静止せる物體を動かし、又運動せる物體の速さ或は運動の方向を變ずる作用を力と云ふ、即ち力とは物體の速度を變ずる作用なり。例へば彈丸は火藥の爆發する壓力にて速度を得、時計の針はゼンマイの彈力にて廻轉し、又地上にて押し動かしたる物體の遂に静止するは物體と地面との間に働く摩擦力と空氣の抵抗とに由るが如し。大さを無視し得る小物體即ち質點に働く力は、大さ及方向にて定まり、物體に働く力は、大さ、方向及力の働く點即ち着力點の三要素にて定まる。力を圖上に示すには、着力點より力の方向に直線を引き、其長さにて力の大きさを表はすを常とす。又力の物體に與ふる速度の變化は、力の大なる程又働く時間の永き程大なり。

質點

力の三要素

四

重力・重さ
鉛直・水平面

問(一)銃身を短くする程弾丸の速度の小となるは何故ぞ。
重力 凡て物體を手にて支ふれば壓力を感じ之を放てば墜落す故に地上の物體には下方に向ふ力の作用するを知る。此力は地球が物體を牽引するに基くものにして、之を重力と云ひ、一物體に働く重力を其重さ或は重量と云ふ。錘を糸にて吊せば糸は重力の方向を示す、之を鉛直と云ひ、之に直角なる平面を水平面と云ふ。

力の重力單位

力の單位として通常單位質量に働く重力を用ふ、之を力の重力單位と云ふ、例へば一貫重一疋重等の如し。物體の重さは地上の場處によりて異なるも、其差は大ならざるが故に實用上無視するを常とす。

同種の物質の質量

五

質量 同種の物質は其の或性質に基きて量を比較し得るなり、例へば等容積の水の量は相等しく、又 n 容の水の量は

質量の大小

一容の水の n 倍なるが如し。又水の一定量を取り之を氷或は水蒸氣となし、或は之を分解して爆鳴氣となせば容積は變ずるも其量は不變なるが故に、是等の物質は容積を比較して其量を定め得るなり。次に水・水銀等の如き異種の物質の量は其通性なる慣性の大きさに基きて之を定む。例へば箱を押し動かせば手答へに依りて其内に存する物體の種類如何に關らず其量の大小を略定し得るが如し。

精確に云はば、同一の力を等しき時間甲乙二物體に働かしむるとき二物體の得る速度が同一なれば其質量相等しく、又甲の速度が乙の速度の n 倍なれば乙の質量は甲の質量の n 倍なりとなすなり。
馬車の中を走る人、コケテ、スリッパ!

質量と重さの關係

實測に依るに、地上の一定所に於ては種々の物體の重さは其質量に正比例す、故に重さを比較して質量を測り得るなり。天秤・稗秤等は此目的に使用する器械なり。

質量と重さとの區別

一 物體の重さは地上の場所に依りて異なるも其質量は不變なり。

六

密度

密度・比重 種々の物質の等容積を比較するに物質によりて其重さ従つて質量に大小あり、是れ其質量の緻密の度に差あるが爲なり。物質の質量の緻密の度を密度と云ひ、單位容積内の質量を以て之を測る。例へば水の密度は毎立方糎一瓦(精密には攝氏四度に於て)、水銀の密度は毎立方糎一三・六瓦なるが如し。

又種々の物質の重さを比較する爲に或物質の重さと之

比重

と等容積の攝氏四度の水の重さとの比を考へ、之を其物質の比重と云ふ。故にC.G.S單位を用ふれば物質の密

| 比 重 | |
|--------|------|
| 白金 | 21.5 |
| 金 | 19.3 |
| 水銀 | 13.6 |
| 鉛 | 11.3 |
| 銀 | 10.5 |
| 銅 | 8.9 |
| 鐵 | 7.8 |
| アルミニウム | 2.6 |
| 海水 | 1.02 |
| 水 | 1.0 |
| 氷 | 0.92 |
| 酒精 | 0.78 |
| コルク | 0.24 |

度と比重とは同値となる、例へば水銀の密度は毎立方糎一三・六瓦にして、比重は一三・六なるが如し。

問(一) 直徑二耗長さ五〇糎なる白金線の質量を計算せよ。

(二) 密度一立方糎一八瓦重さ七六八瓦なる金及銀の合金あり、合金の容積が成分の容積の和に等しとせば合金中に於ける金及銀の質量如何。

(三) 容積の單位として立方寸、質量の單位として匁を採り、水銀の密度及比重を計算せよ。

第二章 分子的現象

物質の三態

物質の狀態 通常物質の狀態を固體・液體及氣體の三態に區別す。金石等の如く一定の容積及形を有するものを固體と云ひ、水・油等の如く一定の容積を有するも其形は之を容るゝ器に従つて變ずるものを液體と云ひ、空氣の如く一

状態の變化

定の容積及形を有せず常に任意の容器内を充たすものを氣體と云ふ。氣體及液體は共に流動し易き通性を有するが故に、之を總稱して流體と云ふ。又同一の物質と雖も、温度或は壓力を變ずれば其状態を變ずるを常とす、例へば氷を熱するか又は壓縮すれば水となり、水を熱すれば水蒸氣となるが如し。

問(一) 不規則なる容器の内容量を測る方法を問ふ。

二

分子説

物質の組織 物質は其性質を失はずして無限に細分し得るや否やは直接の實驗に依りて定め難し。然れども種々の現象を説明するには、物質の細分に終極ありて物質は其性質を有する最小の微粒即ち分子より成ると假定するを便なりとす、之を分子説と云ふ。分子は更に原子と稱する全く性質の異なる一種又は數種の微粒より成るものと假

電子説

定す。近時電氣學上の研究に基き、原子は更に陽電氣を帶ぶる核と陰電氣を帶ぶる電子と稱する數多の微粒より成る事を推定するに至れり、之を電子説と云ふ。

分子引力

凡て物體は壓縮することを得、又水が金、銀、鉛等の實質内を透し、水と酒精との混合液の容積が成分の容積の和よりも小なること等の事實に徴すれば、物質を組織する分子間に間隙あるを知る。而も物體が其形及容積を保ち得るは分子が相引くに由る、之を分子引力と云ふ。分子引力は分子間の距離極めて小なるとき作用し、其距離少しく大となれば消失す、例へば器物の破片を押し合はすも合一せざるが如し。分子力を二種に分つ、一は同質の分子間の引力にして、之を凝集力と云ひ、一は異質の分子間の引力にして、之を附着力と云ふ。固體を引き延ばすに抵抗あるは凝集力

凝集力
附着力

分子の振動

の結果にして、白墨鉛筆にて文字を書き、金屬板に鍍金し得るは附着力のためなり。

物質を組織する分子が相引くに關らず互に密接せざるは分子が常に運動するが爲にして、温度高き程其運動劇しと考へらる。固體は分子間の距離小にして、凝集力大なるが故に各分子の振動は一定の區域を出るを得ず。液體は凝集力遙に弱くして其分子は容易に移動す。氣體は分子間の距離大にして凝集力頗る微弱なるが故に分子の運動自在なり、是れ氣體が容器内に充滿する所以なり。

實驗二個の鉛球を取り之を小刀にて削りたる面を互に捻合せば附着す。

問(一) ハンダ附を爲すに接合せんとする金屬面を酸にて清潔にするは何故ぞ。

(二) 糊にて二物を接合するとき、接合の丈夫さは如何なる分子力に由りて

彈性

歪・彈力

彈性の大小

三

定まるか。

(三) 實例を擧げて物體が液體に濕さるゝと否とを分子力にて説明せよ。

彈性 護謨管を引き延ばし、金屬片を撓め、針金を振り、又圓筒内に活塞にて空氣を壓縮する等、凡て外力を加へて物體の形或は容積を變ずれば、物體は之に抗する力を表はし、外力を去れば原形に復するを常とす。此性質を彈性と云ひ、彈性を有する物體を彈性體と云ふ。外力のために彈性體の受くる形又は容積の變化を歪と云ひ、歪みたる彈性體が原形に復せんとする力を彈力と云ふ。

種々の物質にて同形同大のものを作り、之に一定の歪を與ふるとき表はるゝ彈力の大なる程其物質の彈性は大なり。例へば鋼鐵の彈性は護謨よりも大なり。又彈性體は之に加ふる外力を漸次に大にすれば力を去るも原狀に復せ

弾性の際限

ざるに至る、是を物體が**弾性の際限**を超えたりと云ふ。鋼鐵護謨は弾性の際限大にして鉛の際限は小なり。弾性の際限小にして之を超えざるに破壊するものは脆しと云ふ。蒼鉛、砒素、硝子等其例なり。又弾性の際限小にして之を超ゆるも破壊せざるものを粘しと云ふ、白金、金、銀の如き其例にして線に引き箔に展ばし得るは是が爲なり。

問(一) 物質の三態につきて形及容積の弾性の有無を吟味せよ。

(二) 氣體及液體に就きて弾性及弾性の際限の大小を比較せよ。

四

フックの定律

フックの定律 實測によるに、**弾性の際限内に於ては、弾性體の受くる歪は之に作用する外力に正比例す。**之を**フックの定律**と云ふ。例へば護謨管又はゼンマイに分銅を吊すに、分銅大に過ぎざる



ゼンマイ秤

五

溶解

間は其延びは分銅の重さに正比例するが如し。ゼンマイ秤は鋼鐵製の螺旋の伸縮を利用して物體の重さ或は其他の力を測る装置なり。
溶解 硫黄塊を水に投ずるに硫黄は永く固形を保ち何等の變化を認めず。砂糖を水に投ずれば漸次形を失ひ水は甘味を帯びたる一様なる液となる。此現象を**溶解**と云ひ、其液を**溶液**、水を**溶媒**、砂糖を**溶質**と云ふ。溶質が或温度に於て能ふ限り溶解したる溶液を其温度に於ける**飽和溶液**と云ふ。水に油を注ぎて振盪すれば共に細滴となりて混ざれども放置すれば二層に分離し溶液とならず、細滴の大きさ十分小にして容易に分離せざる此種の混合物を**乳狀體**と云ふ。牛乳は其の適例なり。之に反して酒精は任意の割合にて水に溶解し、エーテルは一定の割合にて飽和溶液を作

乳狀體

凝着

六

る。氣體も亦液體に溶解す、天然水の空氣を溶解し水のア
ンモニヤ、鹽酸、炭酸瓦斯等を溶解するが如し。氣體の液體
に溶解する度は温度の低く、且つ壓力の大なる程大なり。

問(一) ラム子瓶の栓を抜きて氣泡の沸騰するは何故ぞ。

CO₂

凝着吸藏 一般に固體は其表面に氣體或は水蒸氣を凝集
するを常とす、此現象を凝着と云ふ。木炭は多孔質にて内
部表面に富み、従つて多量の氣體を凝着するの能あり。木
炭を熱すれば既に吸収せる氣體を放散し、之を冷却すれば
多量の氣體を吸収す。電燈真空管等の空氣を完全に排除
するには液體空氣にて冷却せる木炭を用ひポンプにて排
除し能はざる空氣を吸収せしむ。又白金は酸素、水素を凝
着す、白金黒は表面に富み其作用特に著し。パラヂウムは
其組織緻密なるも其實質内に多量の水素を吸収す、之を吸

吸藏

藏と云ふ。

問(一) 木炭の温度を高むるとき吸収せる氣體を放散する理由を分子運動に
よりて説明せよ。

七

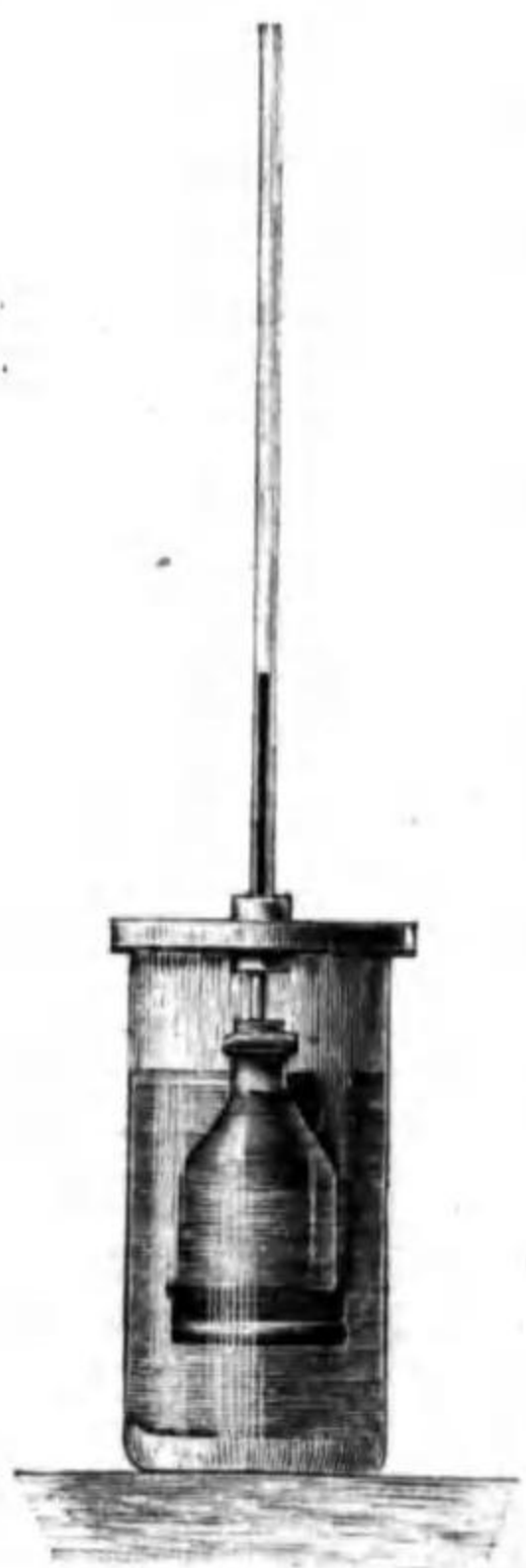
擴散

擴散滲透 水素を充てたる瓶を空氣の入れる瓶の上に重
ね置くとときは、輕き水素降り重き空氣昇りて互に混和し少
時の後一樣なる混合氣となる、之を氣體の**擴散**と云ふ。互
に混和し得る二種の液體間にも擴散の現象あり、例へば硝
子圓筒に水を入れ硝子管にて其下に靜に硫酸銅の溶液を
送れば、初めは二液の境界明瞭なるも時を経るに隨ひ漸次
に混和するが如し。

氣體及液體は一種の隔壁を透して擴散す、液體の場合に
は此現象を**滲透**と云ふ。無底瓶に膀胱膜の底を張り硫酸
銅の濃溶液を入れ其口に硝子細管を貫きたる栓を篋めて

液体
の
滲透

滲透分拆術

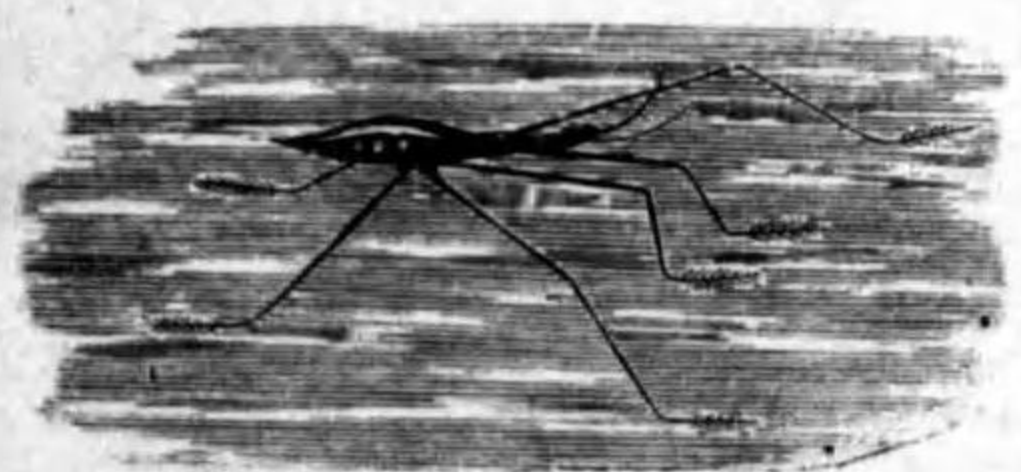


之を水中に沈むれば液柱細管内に上昇す、是れ膜を透して入る水量が出づる液量よりも大なるが爲なり。結晶體の溶液は滲透すれども、非結晶體の溶液には此現象なし、故に二種の混合液は滲透を利用して分離するを得、之を滲透分拆術と云ふ。

問 (一) 氣體の擴散は迅速にして液體の擴散は緩慢なる理由を説明せよ。

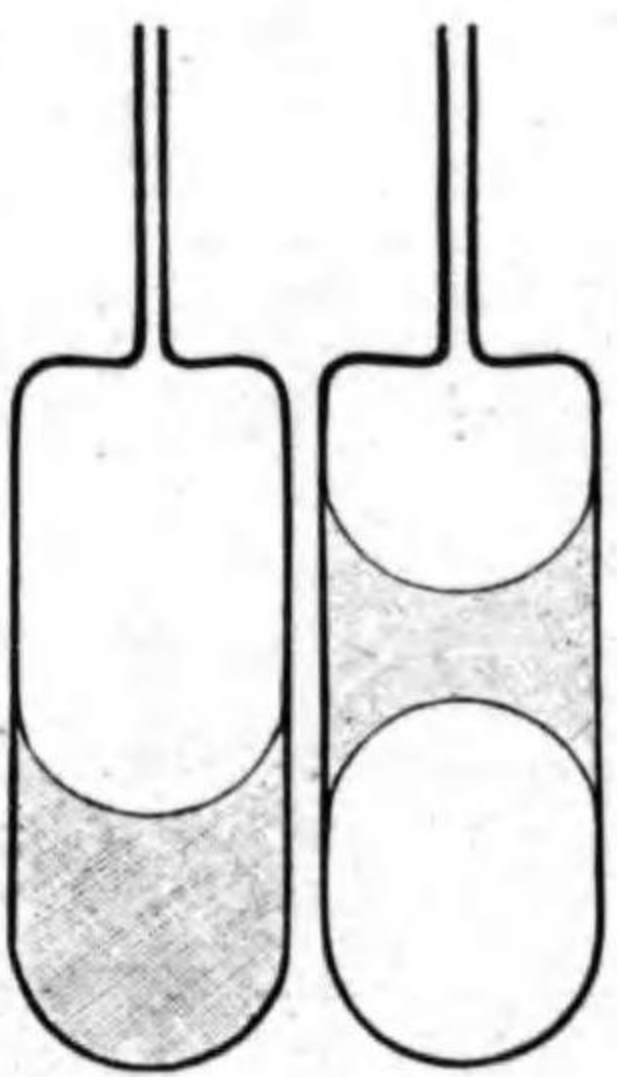
八

表面張力 一種の水蟲が水面を匍匐し、又針を吸取紙に載せて水面に置けば紙は沈むも針は残りて水面に浮ぶ、之に依りて液面は恰も護膜膜を引き張れるが如き有様に在るを



知る。針金製の棒に石鹼膜を引き張り膜上に横たへたる糸の一方の膜を突き破れば糸は忽ち引き張られて圓弧状となる。斯の如く液面の收縮せんとする力を**表面張力**と云ふ、其起因は表面の分子が凝集力に依りて液の内部に吸引せらるゝが爲なり。水銀滴、雨滴等の球形を爲し、又硝子棒の一端を赤熱すれば自ら球状となるは表面張力の爲に最小の表面となるに外ならず。表面張力は液體によりて差異あり、水銀は最も大にして水、油、酒精、エーテル等之に次ぎ、又水溶液の表面張力は濃き程小となるなり。

表面張力



問 (一) 水面に石油の一滴を落せば石油は水の全面に擴がるは何故ぞ。
 (二) 墨を摩るとき硯水の逆流することあるは何故ぞ。

九 毛管現象

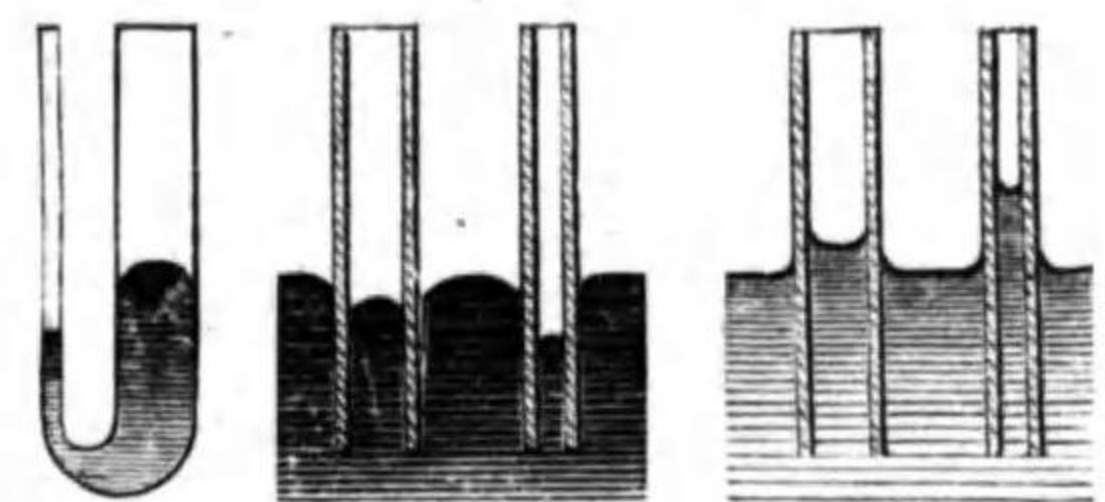
細き硝子管を水の如く管を濕す液體中に立つれば液體は表面張力の爲に管内に引き上げられ、之に反して水銀の如く管を濕さざる液體中に立つれば液體は管内に押し下げらる、此現象を毛管現象と云ふ。實測に依るに

管の内外に於ける液面の高さの差は管の半徑に逆比例す。

之をジューリンの定律と云ふ。燈心の油を吸

ひ上げ、毛筆の墨汁を含み、吸取紙のインキを吸ひ取る等は、何れも毛管現象の例なり。

ジューリンの定律



第二編 力の釣合

第一章 剛體

一 作用及反作用 手にて物體を押せば手も亦反對の方向に押され、馬が車を引けば馬も亦後方に引かる。斯の如く、一物體に力が働けば之に力を働かせる物體も亦力の働きを受く。即ち、力は必ず相互作用として二物體間に働くものにして、其一物體に働く力を作用と云ひ、他の物體に働く力を反作用と云ふ。實驗に依るに、作用と反作用とは、大きさ相等しく、方向反對なり、之を反作用の定律と云ふ。

注意 二物體が互に作用するとき各物體に働く力の方向を明かにするを要す、例へば馬が車を引きて受くる反作用は後方に向ひ地面を踏みて得る反作用は前方に向ふ、而して馬は此力を大にして前進するなり。

反作用

反作用の定律

二

力の釣合

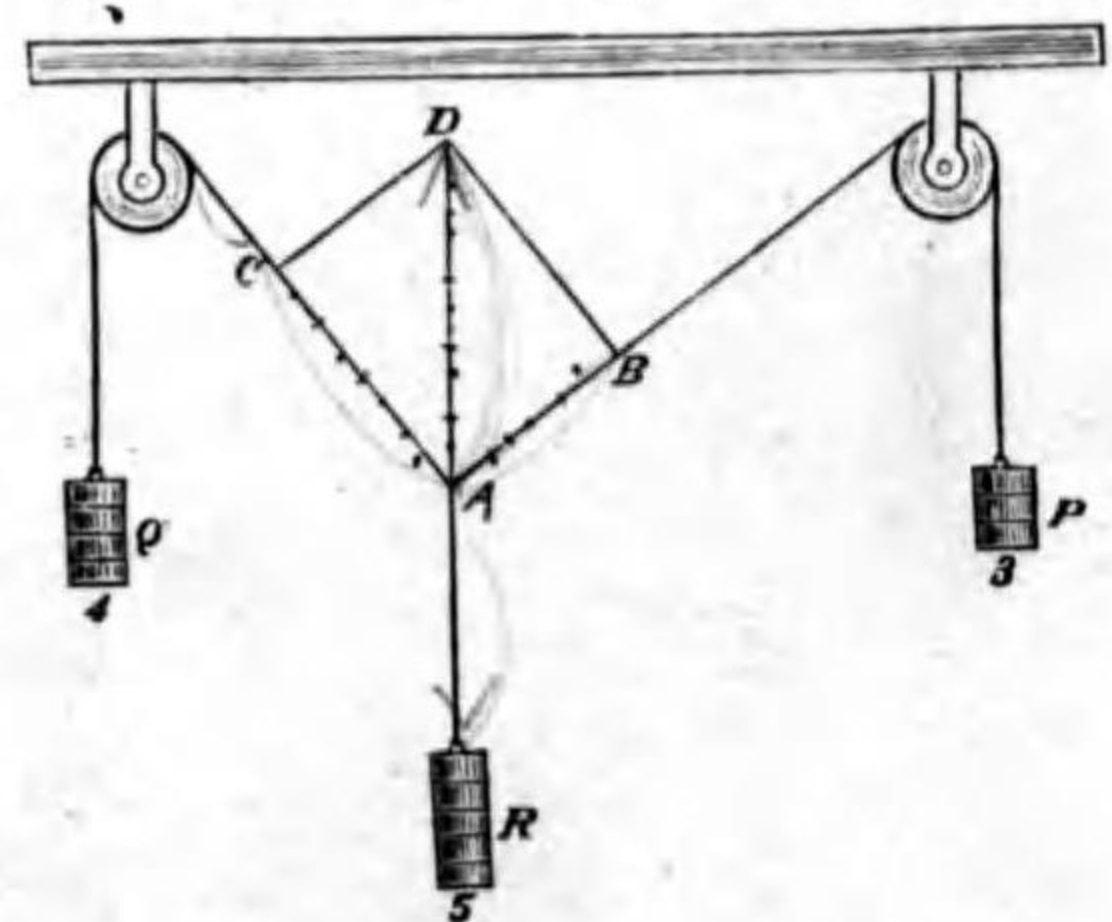
力の釣合 自由に動き得る物體に一力が作用するとき
物體は必ず運動す。然れども數力が同時に物體に働くと
き物體が運動せざることあり、此場合には是等の力或は物
體は釣合ふと云ふ。

ゼンマイにて物體を吊すに、物體の重さがゼンマイの收
縮せんとする彈力に等しからざるときはゼンマイは伸縮
し二力が相等しきとき物體は釣合ふ。又物體を机上に載
すれば、机が多少彎曲して生ずる彈力が物體の重さに等し
くなりて釣合ふなり。斯の如く、物體に働く方向反對にし
て、大さ相等しき二力は釣合を保つ。上例に於てゼンマイ
又は机の彈力は受働的にして物體の重さに應じて増減し
得るなり。

二方の釣合

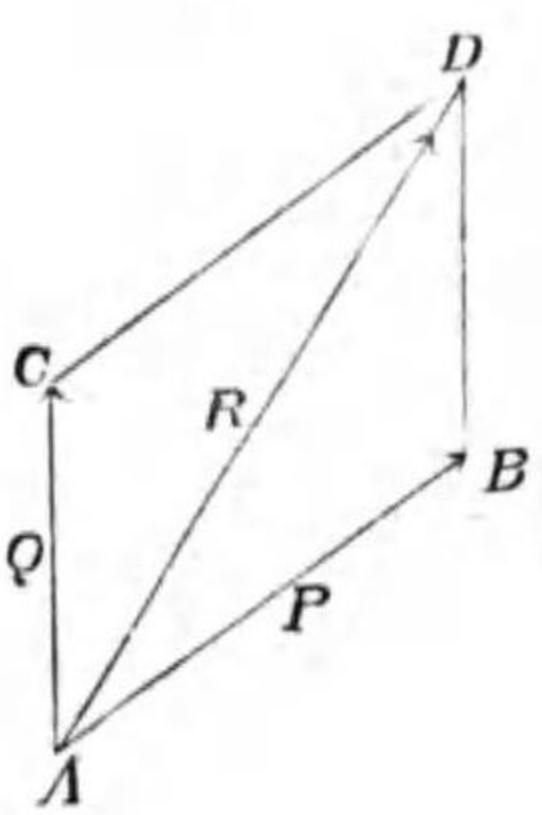
三

力の中斜法 三本の糸を點Aに結び、之を分銅の重さP・Q・



Rにて引き張れば、三力は糸の方向に於
て質點Aに働くべし。質點が圖の位置
に於て釣合へるとき、直線AB・ACにて二力
P・Qを表はし之を二邊とする平行四邊
形の對角線を作ればADは力Rに等しく
して方向反對なるを見るべし。斯の如
くA點に働く力Rは二力AB・ACと釣合ひ、
又之に等しくして方向反對なる一力AD
と釣合ひ得るが故

に、二力AB・ACは一力ADと同一の効果を有
するを知る。二力AB・ACを分力と云ひ、力
ADを合力と云ふ。従つて、二力の合力は
二力を示す直線AB・ACを二邊とする平行
四邊形の對角線ADにて表はさる、之を力



力の中斜法

二方の合成

の中斜法と云ふ。

力の分解

合力と分力とは其効果同一なるが故に、一力Rの代りに分力P・Qを用ふることを得べし、之を力の分解と云ふ。

数の合成

三つ以上の力を合成するには、二力の合力と第三力との合力を求め、同様の方法を反覆して最後の合力を求むれば可なり。

数の釣合

質點に働く數力が釣合ふときは其合力は零にして、其中の任意の一方は他の力の合力に等しくして方向反對なり
問(一) 重量四〇瓦の物體を糸にて吊し、更に之に糸を結び三〇瓦重の力にて水平に引き張るときは、吊せる糸の張力如何。

(二) 一ツの力を其兩側に於て之と三〇度の角をなす二方向に分解せよ。

四

剛體に作用する力 外力の作用に依りて歪まざる物體を剛體と云ふ、固體は之に働く力の小なる間は剛體と看做し

力の作用線

得るなり。物體に働く力に着力點、大きさ及方向の三要素あることは前に述べたる所なり。着力點を通して力の方向に引きたる直線を力の作用線と云ふ。

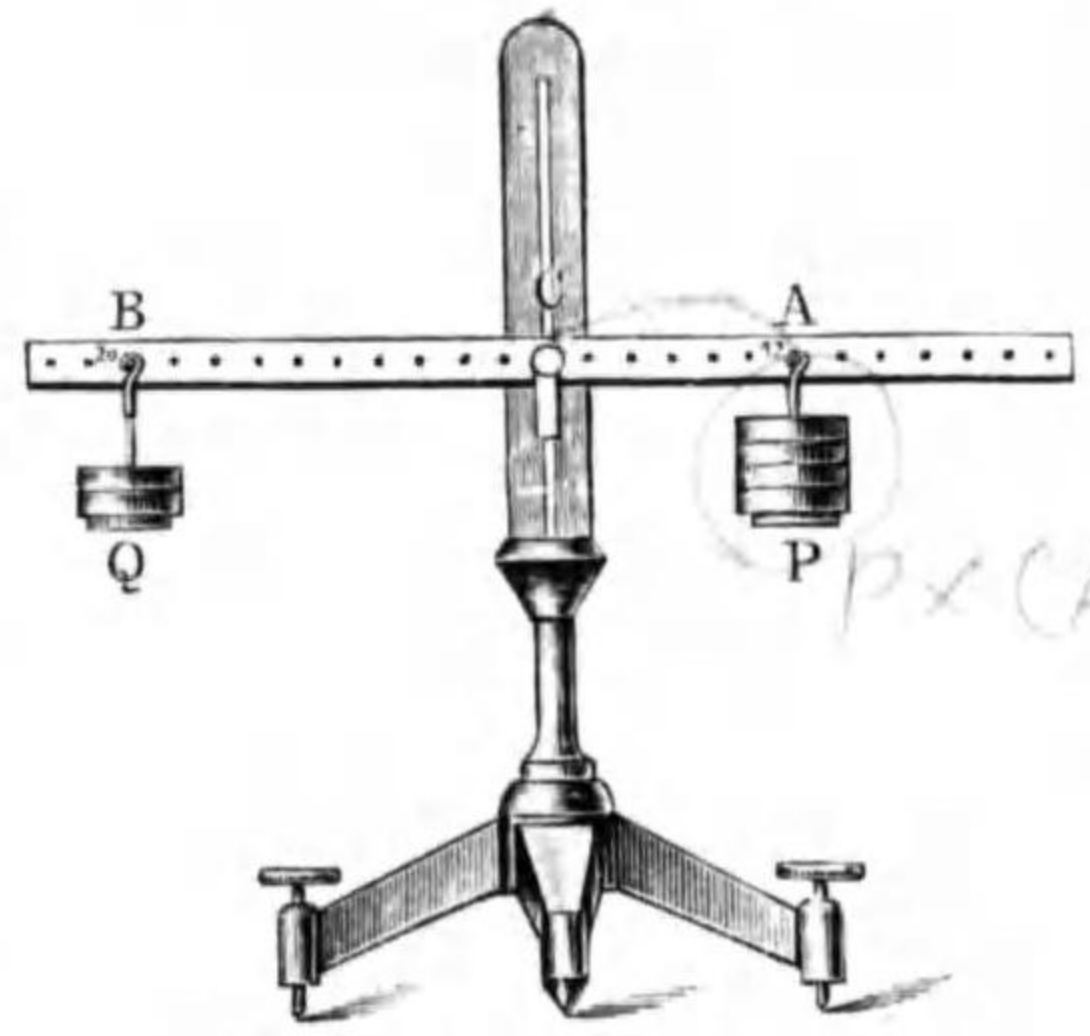
同一の作用線上に於て剛體に働く等大にして方向反對なる二力は釣合を保つ、是れ其着力點間の距離は剛體に於ては不變なるが爲なり。例へば軸の周りに廻轉し得る剛體に力を働かすとき力の作用線が軸を通過すれば、剛體が軸の爲に受くる反作用が此力と釣合ひ剛體は靜止し得るが如し。斯の如く、剛體に働く一方と釣合ふ爲には其作用線上の一點に反對の方向に等大の第二力を加ふるを要す、而して此力の着力點は作用線上何れの點に在るも第一力と釣合ひ同一の効果を生ず。故に、剛體に働く力の着力點は、其作用線上の任意の一點に移し得るを知るなり。

作用線

上

着力點の移動

五 力の能率



圖の如く一様な棒の中點Cを軸にて支へ、軸の一方にのみ錘を懸くれば棒は廻轉すれども軸の兩側の二點A・Bに錘P・Qを吊し距離CA・CB及P・Qを加減して

$$P \cdot CA = Q \cdot CB$$

を満足せしむれば棒は水平に釣合ふ而して若し上式の兩邊の何れか一方

が大なるときは棒は廻轉す。

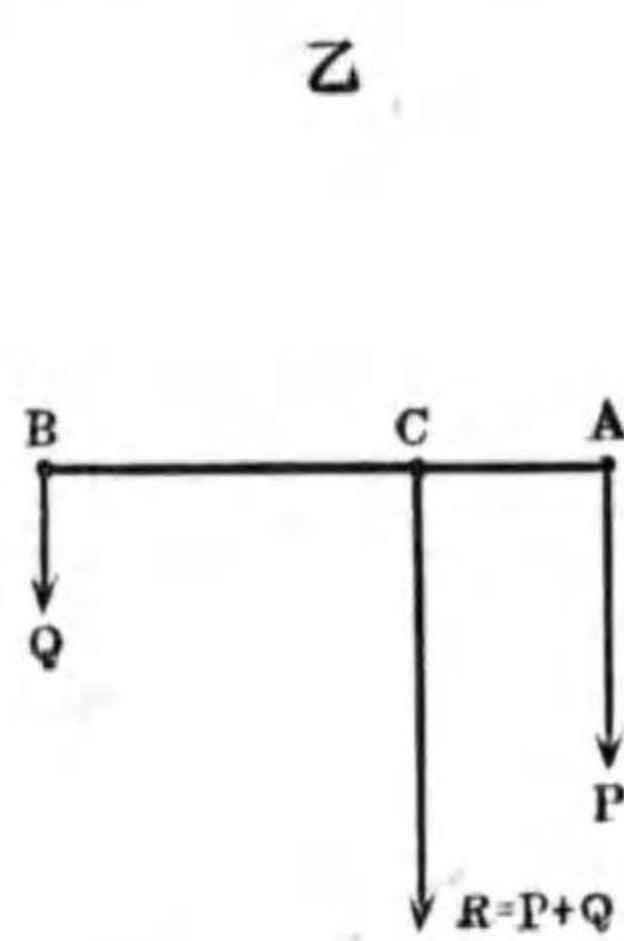
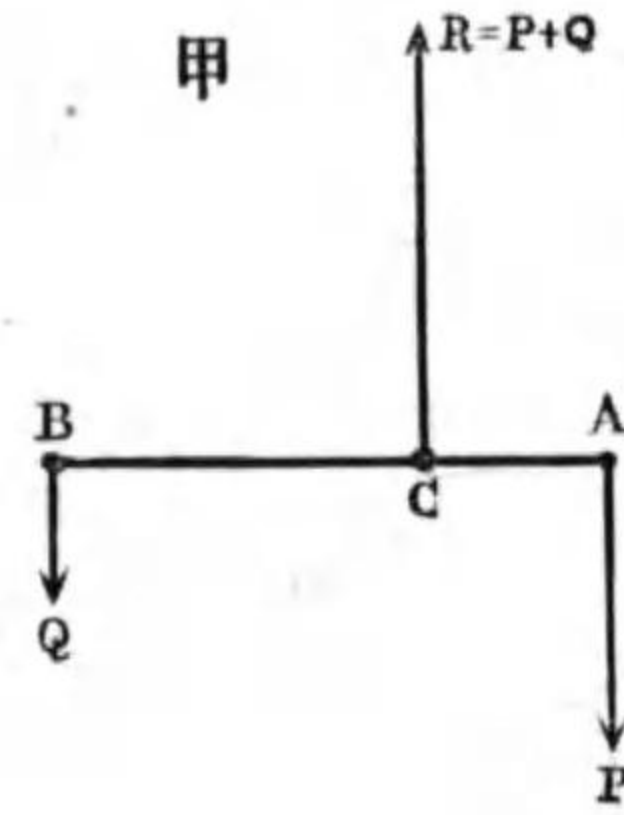
剛體に働く力の大きさと軸より其作用線に下せる垂線の長さとの積を力の能率と云ひ、其垂線の長さを能率の臂と云ふ。圖の如く軸の周りに廻轉し得る棒を一般に挺子と云ひ、固定軸Cを其支點と云ふ。挺子に働く二力が之を左

力の能率

挺子

六

右に廻轉せんとする能率等しきとき挺子は釣合ふが故に力が物體を廻轉せんとするの能は其能率にて測り得べし。平行力の合力 能率の實驗に於て棒に錘を吊さざる時は棒は支點に於て其重さに等しき反作用を受けて釣合ふ。



同方向の平行力の合力

次に錘P・Qを吊して棒が釣合ふとき支點の反作用の増加をRとせば、Rは二力P・Qに對する反作用なるが故に其大きさはP・Qの和に等し(甲圖)。然るに此三力P・Q・Rは釣合ふが故にP・Qの合力はC點に働き其大きさはRに等しくして方向は反對ならざる可からず(乙圖)。故に一般に剛體内の二點A・Bに働く平行

方向反對なる
平行力の合力

力 P ・ Q の合力 R は之と同方向の平行力にして AB を二力の逆比に分つ點 C に働き其大さは二力の和に等し。

甲圖に於て A ・ B ・ C 三點に働く力 P ・ Q ・ R は釣合ふが故に A ・ C 二點に働く二力 P ・ R の合力は B 點に働き Q に等しくして反對の方向を有するを知る。

平行力の中心

剛體の各點に働く數多の平行力を合成するには二力の合力と第三力との合力を求め逐次此の方法を反覆して最後の合力を求むれば可なり。此合力の着力點は剛體の一定點にして之を平行力の中心と云ふ。

七

偶力

時計を巻くとき龍頭に働く二力の如く平行にして大きき相等しく且つ方向反對なる二力を偶力と云ひ偶力をなす二力の垂直距離を偶力の臂と云ふ。偶力は物體を廻轉するの能を有す。

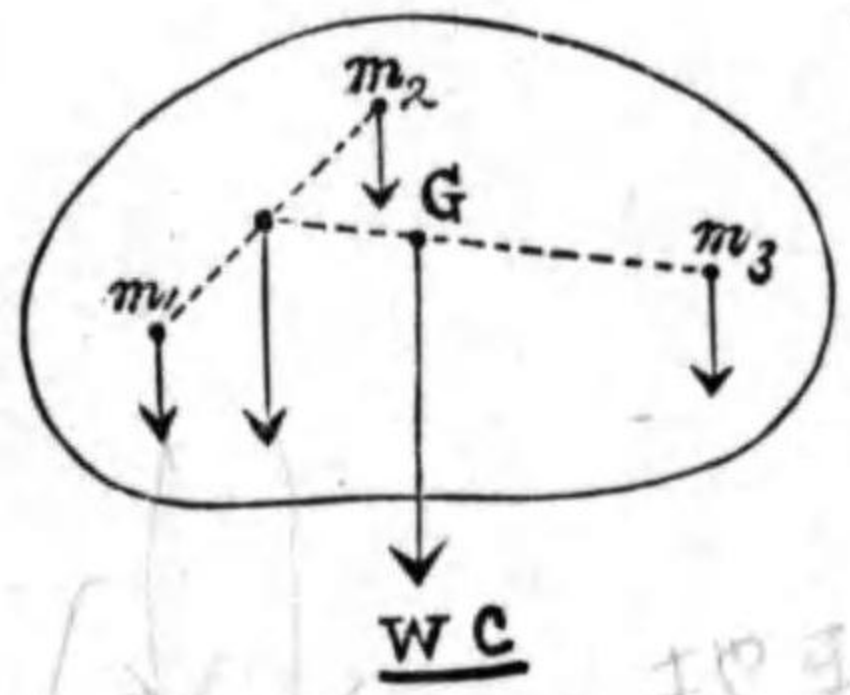
偶力の能率

問(一) 偶力の能率は一力の大ききと臂との積に等しく其値は軸の位置に關係なきことを證せよ。

八

重心

物體の各部 m_1 ・ m_2 等に働く重力は鉛直にして互に平行なるが故に其合力の着力點 G は物體に對して一定の位置を有し其大さは平行力の



の大ききの和即ち物體の重さ w に等し。此定點を物體の重心と云ひ其全重量が此點に働くものと看做し得るなり。故に物體を糸にて吊せば其重心は糸の延長線上に在り。此理に依り板狀の物體の重心を求むるには之を糸にて吊し其方向を板面に記し次に他の點にて吊して更に其方向を記せば二線の交點は即ち重心なり。組織一樣にして對稱の中心を有する物體の重心は其中心にして對稱

重心

軸を有する物體の重心は其軸上に在り。

問(一) 圓板圓柱球輪の重心を求めよ。

(二) 三角板の重心を求めよ。

(三) 樵夫が重き材木の重さを測るに、之を平地に横たへ其一端のみを少しく吊し上げて重さを測り更に他端に就きて同様に重さを測り、二ツの重さを加へて材木の重さを求むと云ふ。此方法は正しきや否や理由を述べて説明せよ。

九

物體の釣合 机上に靜止せる物體の重心を通過する鉛直線は必ず基底内に在り、然らざれば物體は其重心に働く重力の能率の爲に轉倒す。机上に正立せる圓錐體は之を少しく傾くれば重心の位置高まるにより自己の重さによりて舊位置に復せんとす、斯かる物體は**安定の釣合**に在りと云ふ。横へたる圓錐體は之を動かすも重心の高さ變らざ

三種の釣合



安定度

低くして重き程安定度大なり。

問(一) 半球を球面を下にして机上に置くときの釣合は安定なることを説明せよ。

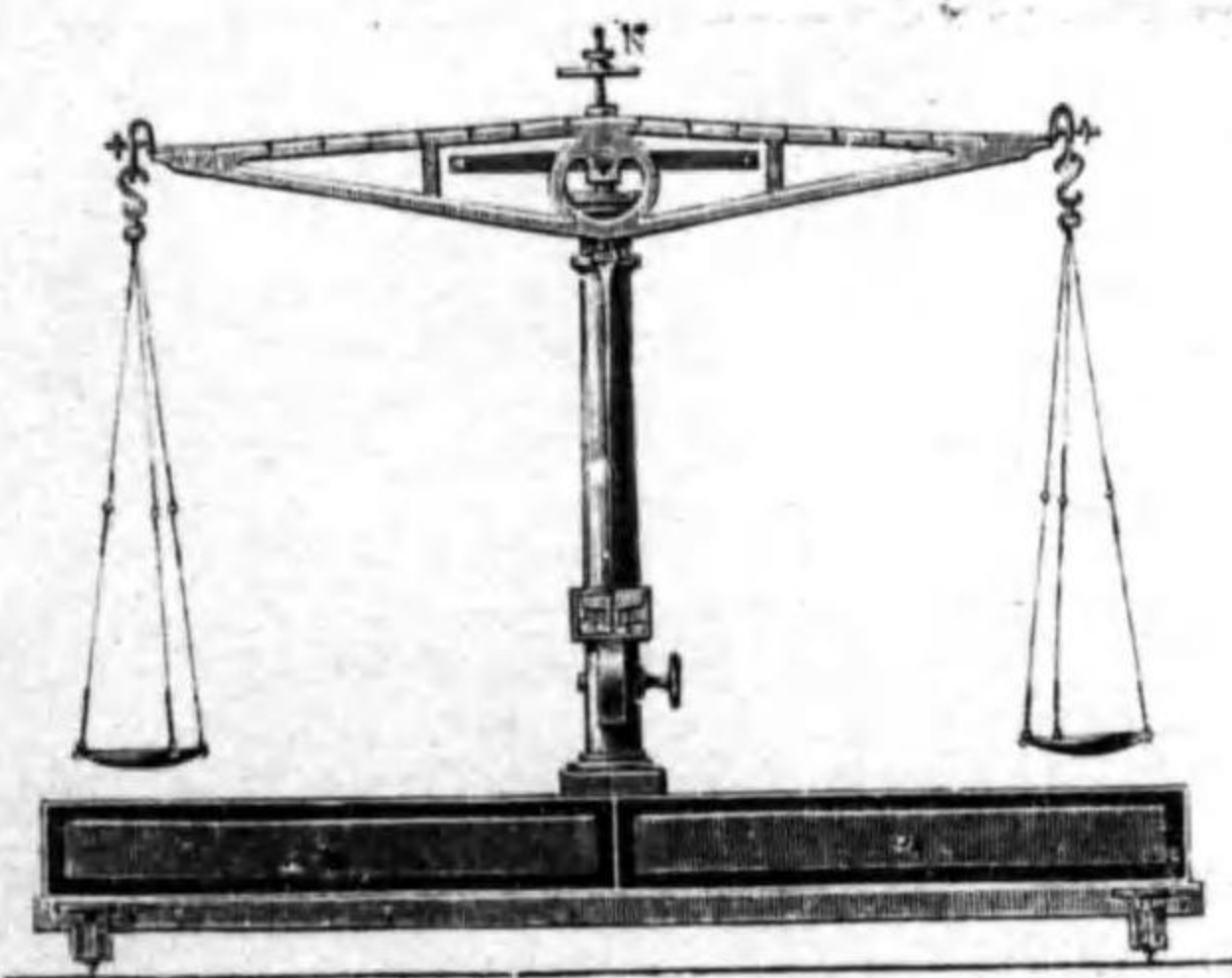
(二) 柱體を机上に置き之を水平に押し倒さんとするとき力の着力點が高

天秤



(三) 鉛筆に圖の如く小刀を挿し其尖端を指頭に支ふれば鉛筆は振動するも倒れざるは何故ぞ。

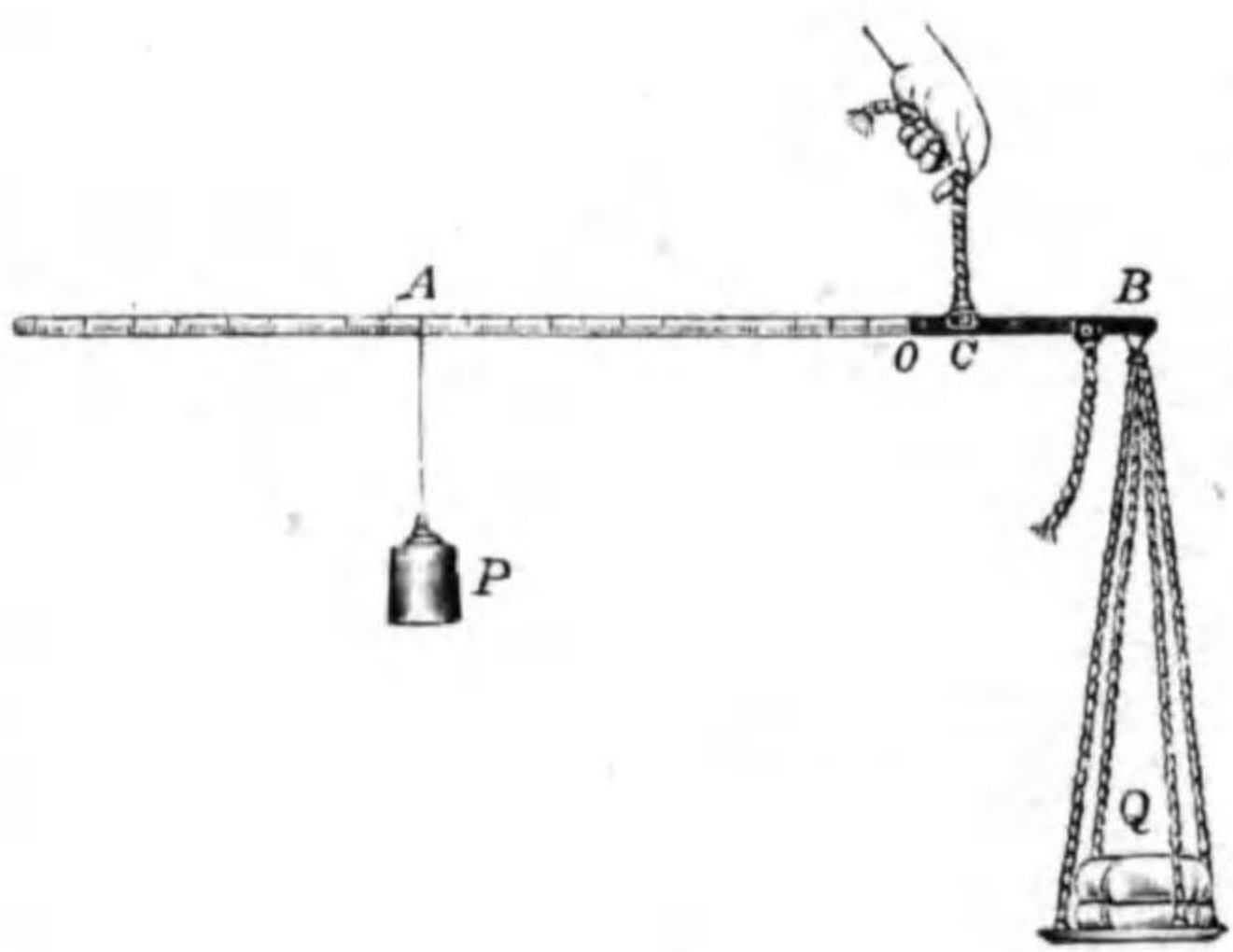
一〇 天秤 天秤は物體の重さを分銅の重さと比較して其質量を測る器械なり。其構造は丈夫なる



一 桿秤 桿秤は日常使用する輕便なる秤にして、一定の分銅

を測る器械なり。其構造は丈夫なる金属桿の中央に鋼鐵又は瑪瑙の刃を附し之を瑪瑙板の上に支へて支點となし、桿の兩端に等しき重さの皿を吊したるものなり。今左方の皿に物體を載せ右方の皿に分銅を載せて之を加減し桿を水平ならしむれば、兩者の重さ相等しく従つてその質量相等し。

桿秤



を桿上に動かし以て物體の質量を測るものなり。今皿に物體を載せざるとき分銅Pを桿のO點に置いて桿が水平となるものとすれば、O點は目盛の零位なり。次に重さQなる物體を皿の上に載せ分銅をOA丈け滑らして桿が再び水平となりたりとせば、桿を右方に廻轉せんとする能率の増加O・CBは之を反對に廻轉せんとする能率の増加P・OAに等しからざるべからず

$$\therefore Q \cdot CB = P \cdot OA$$

$$\therefore Q = \frac{OA}{CB} \cdot P$$

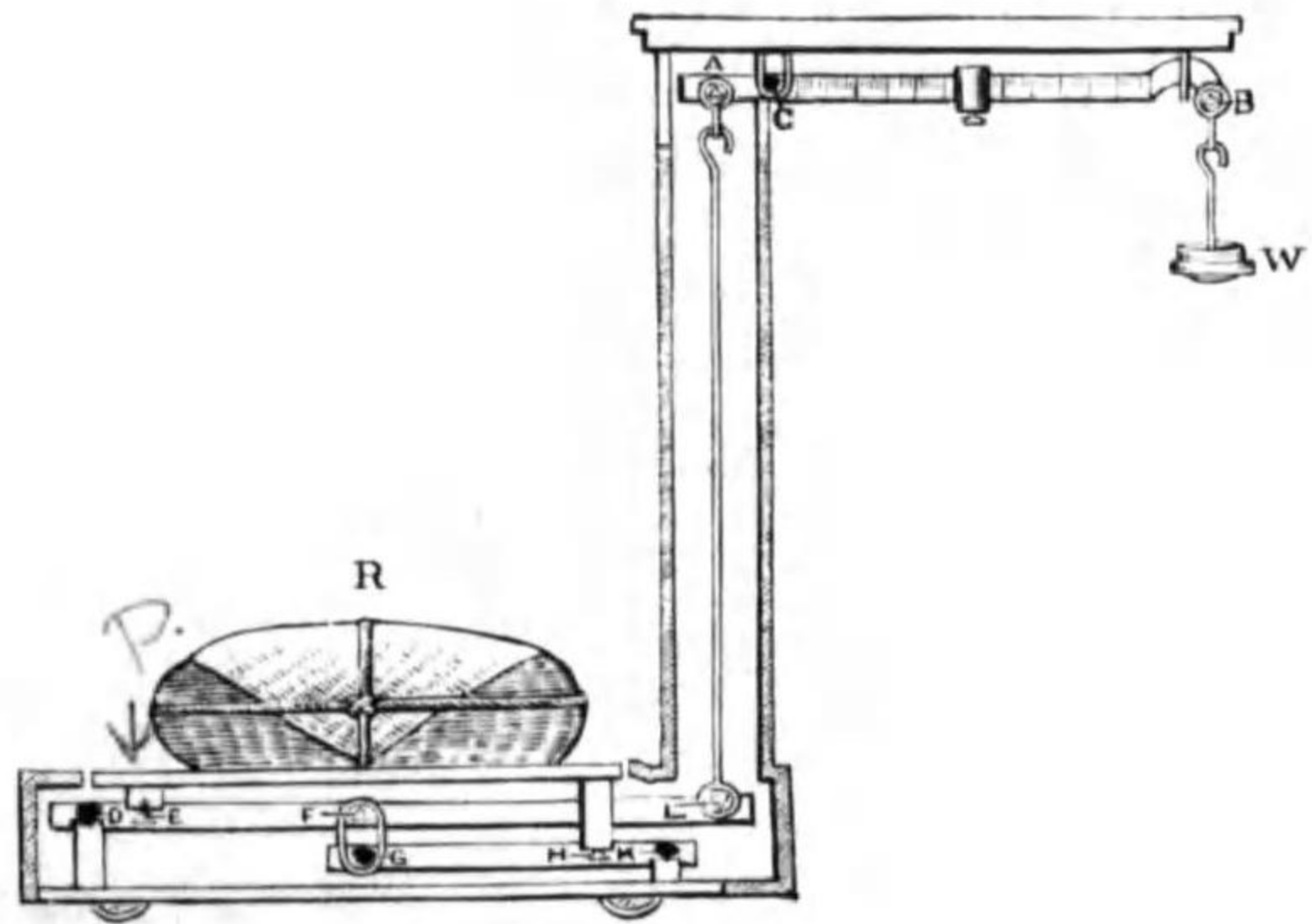
故に、物體の質量は長さOAに正比例する目盛に依りて讀み

三

取ることを得べし。

臺秤

臺秤は重き荷物等の質量を測るに用ふる秤にして、



臺上の任意の位置に荷物を置き且つ小分銅を用ひ得るを以て特徴とす。AB・DL・KGは支點夫々C・D・Kなる挺子にして圖に示す如く互に連絡す。今重さRなる荷物を臺に載せEにP、HにQなる力が働くものとせば $P + Q = R$ なり。Eに働く力PはFに $P \times \frac{DE}{DE}$ 、Hに働くQはFに $Q \times \frac{HK}{DE}$ なる力が作用するに等し。故に若し $\frac{DE}{DE} = \frac{HK}{DE}$ とせばFにRなる力

臺秤

が働き其値は荷物の臺上の位置に關係なし。又 $\frac{DE}{DE} = 1$ とせばFに作用するRはL即ちAにRが作用するに等し。 $m \cdot n$ の値は一定なるが故にB點に分銅を吊し又小分銅をBC上に動かし桿を水平ならしめ、以て質量を測り得るなり。

第二章 液體

一 液體の壓力 凡て二物體、或は一物體內の二つの部分が互に押し合ふ力を壓力と云ふ。單位面積上に働く壓力を壓力の強さ或は單位壓力と云ひ、全表面の壓力を全壓力と云ふ。今計らうとす。



液體は凝集力弱く容易に滑り動き得るが故に、容器に入れたる静止せる液が器壁或は液内の物體に及ぼ

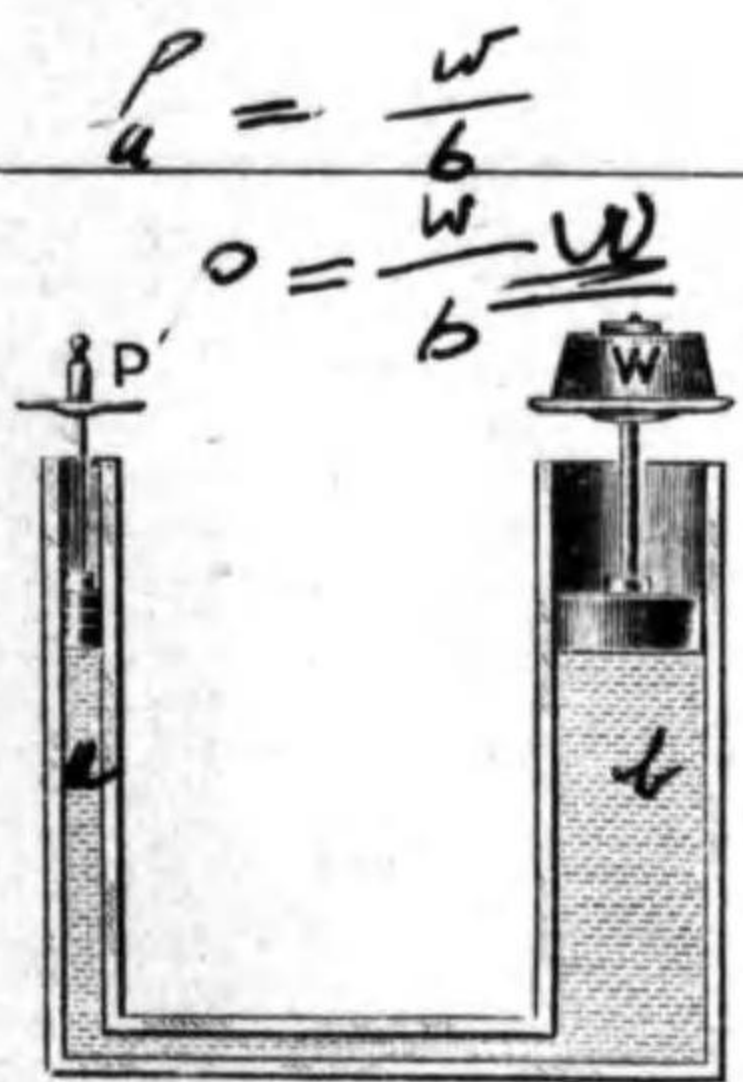
壓力の強さ

す壓力は其表面に直角なり。

問(一) 鉛筆の頭にて手を押すときと、尖端にて押すときと痛さの異なる理由如何。

(二) 底面積五平方糎重さ百瓦の分銅を机上に支ふれば壓力の強さ幾許。

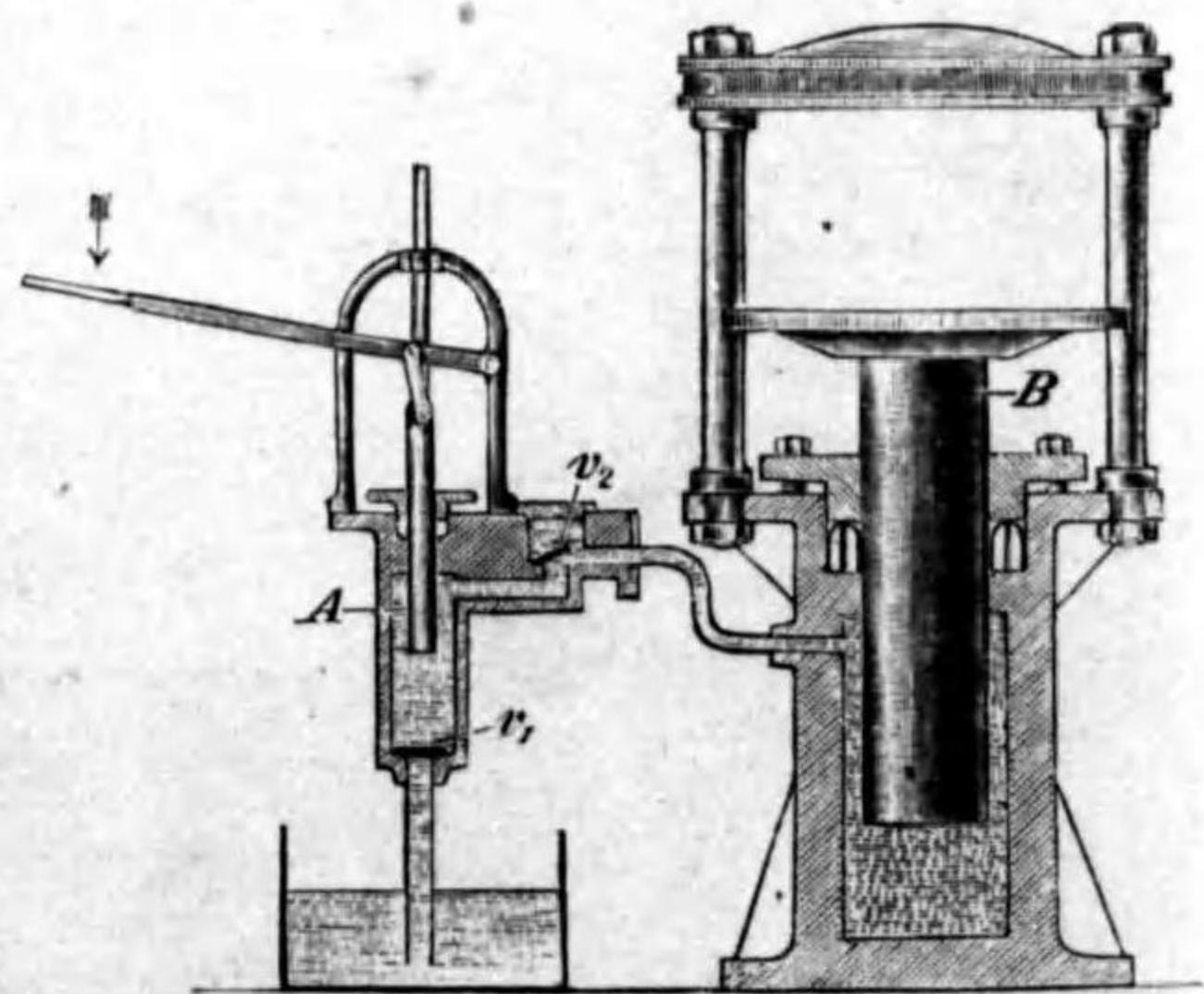
Barrow's Law



壓力の傳達 實驗に依るに、液體の一部に壓力を加ふれば、其壓力は強さを變ぜずして、液體内の各點に傳達す、之をパスカルの原理と云ふ。従つて容器の内壁、又は液内の一點に任意の方向に一定の小面積を考ふれば、其上の壓力は相等し。圖の如く大小の圓筒を連通して水を容れ、大なる活塞の上に重さ w を載するるとき、小なる活塞を P なる力にて壓して釣合ふものとし、活塞の面積を夫々 a, b とすれば

$$P = \frac{w}{b}, \quad P = \frac{a}{b} w$$

水壓機



故に、面積 b を a に比して大にすれば、小なる力にて大なる力と釣合はしむることを得。水壓機は此理を應用したるものにして、重きものを揚げ、或は物體を壓搾するに用ふ。

三

液體の自由表面 容器に接せざる液體の面を其自由表面と云ふ。重力の作用を受けて、靜止せる液體の自由表面は水平なり。何となれば、若し液面に高低ありとせば、高所の液は低所に流れ、液面は重力の方向に直角となるに至りて、靜止すべければなり。

水準器は面の水平を検する器にして、彎曲せる硝子管内

水準器

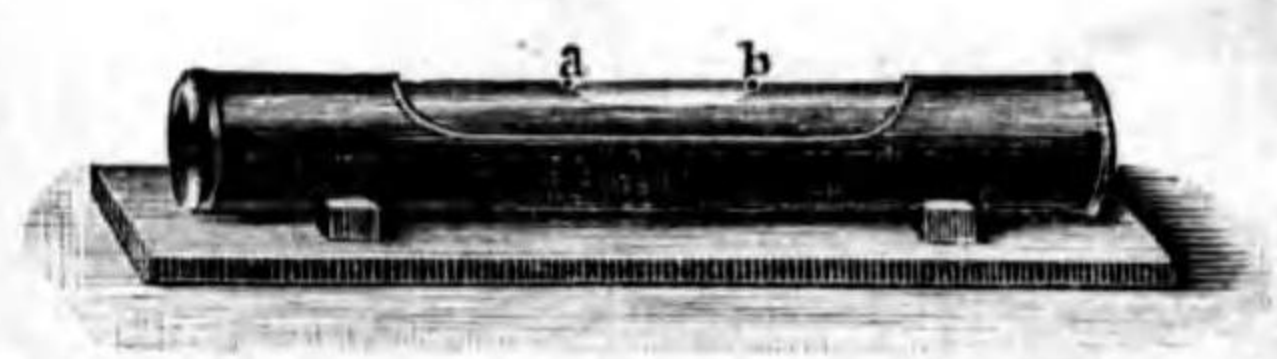
に小氣泡を残して酒精又はエーテルを密閉し
 臺に取り付けたるものなり。之を或面に置く
 に其面が水平ならば氣泡は押し上げられて管
 の中央に留れども、傾ける面上にては氣泡は一
 方に移るが故に其位置により面の傾斜の度を
 知るなり。

四

問(一) 海面の球状なるは何故ぞ。

液体内の壓力 容器内の液體は其表面に於て

大氣の壓力を受く、此壓力はパスカルの原理により一様に
 液内の各點に傳達す。此壓力の外に液は其重さによりて
 順次に下層を壓するが故に、壓力は深さと共に増加す。而
 して、同水平面上の各點の壓力は相等し、若し然らずとせば
 重力は水平面上の運動に關係し得ざるが故に、液は高壓の



所より低壓の所に滑り動くべければなり。

今A・B二點の壓力を夫々 p 、 q 、其深さの
 差を h とすれば、 p は q よりも單位面積
 を底面とし高さ h なる液柱の重さだけ
 大なるが故に、液の比重を d とすれば

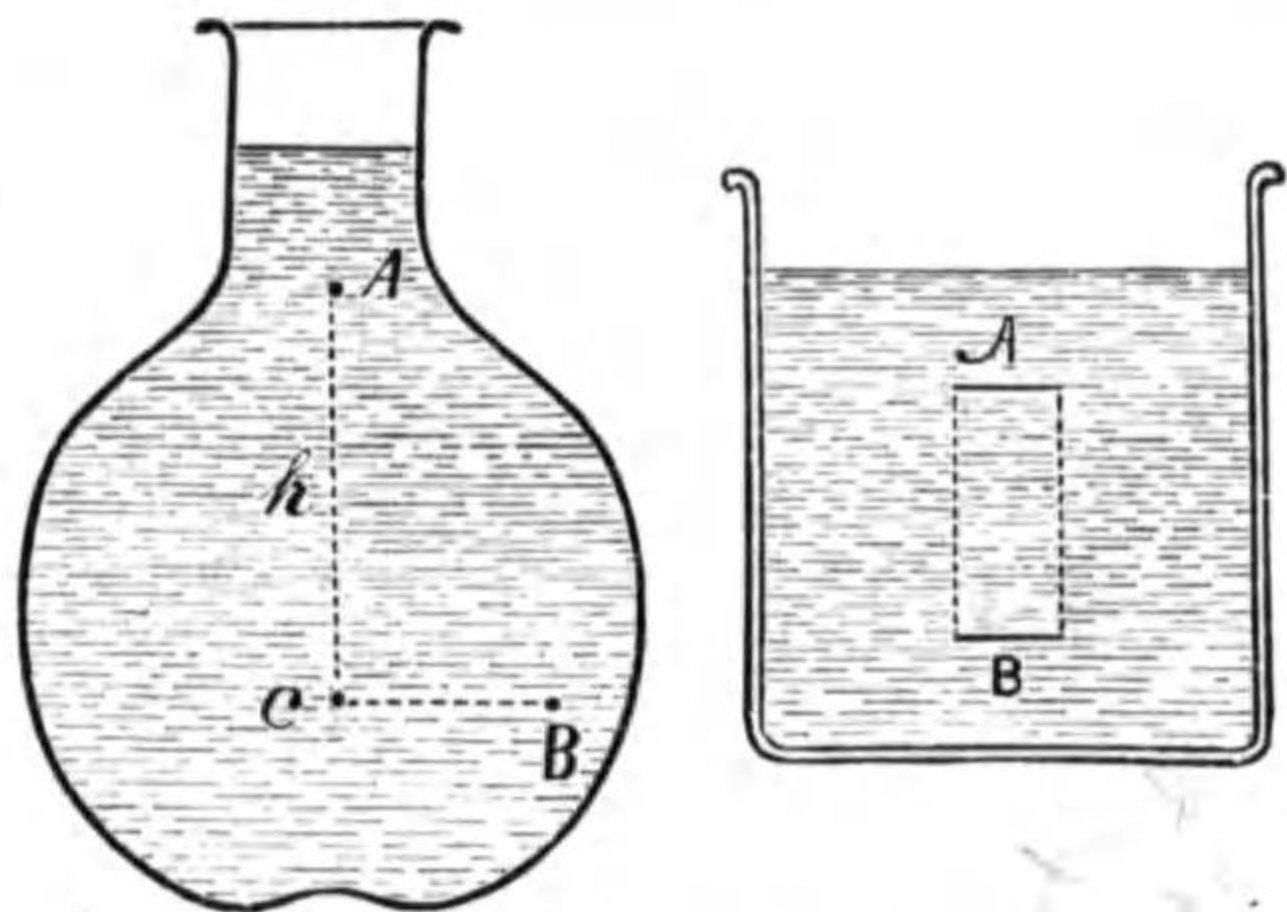
$$p = q + hd$$

上式はA・B二點が圖の如く鉛直線上に
 あらざる場合にも適合し、其關係は容器の形に關係せず。

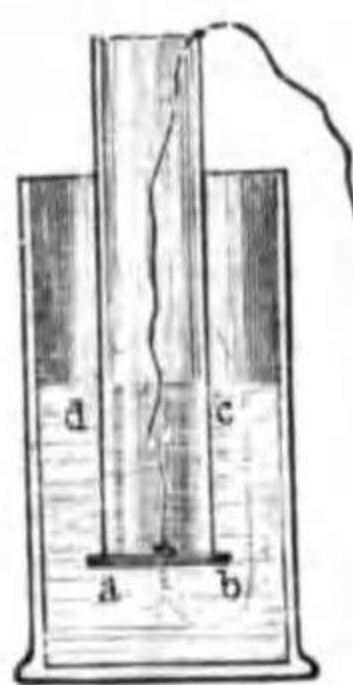
問(一) 圖の如く兩端開放せる硝子圓筒の下端に圓板を當て之を水中に沈む

るに、圓板は落ちざるも、圓筒内に水を注ぎ内外の水面
 略ぼ同一となれば圓板は落つ、此現象を説明せよ。
 (二) 水入れを水平に水中に沈むれば水の入らざるは何故

液内の二點の
 壓力の關係



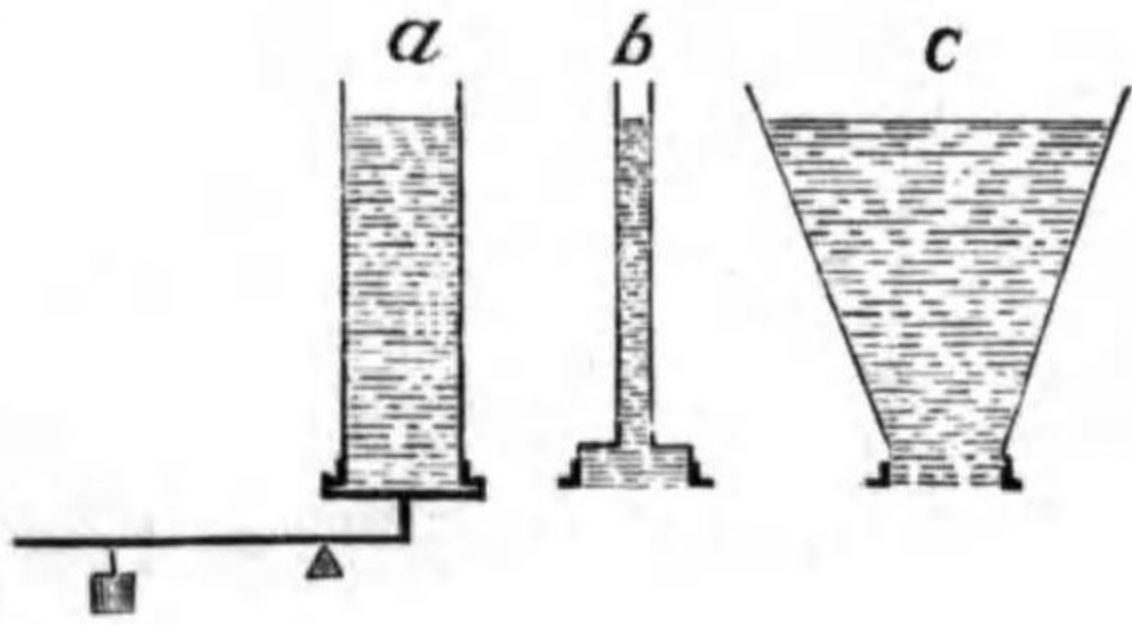
液の上壓を示
 す實驗



ぞ又尤も速に水を充たすには水入れを如何なる方向に水中に沈むべきか。

五 器底の受くる壓力

器底の受くる全壓力は底面積と壓力の強さとの積に等し。而して壓力の強さは液の深さによりて定まるが故に、底面積相等しき種々の形の容器に同じ高さまで水を入れるれば、底面の受くる全壓力は容器の形の如何に拘はらず常に相等し。



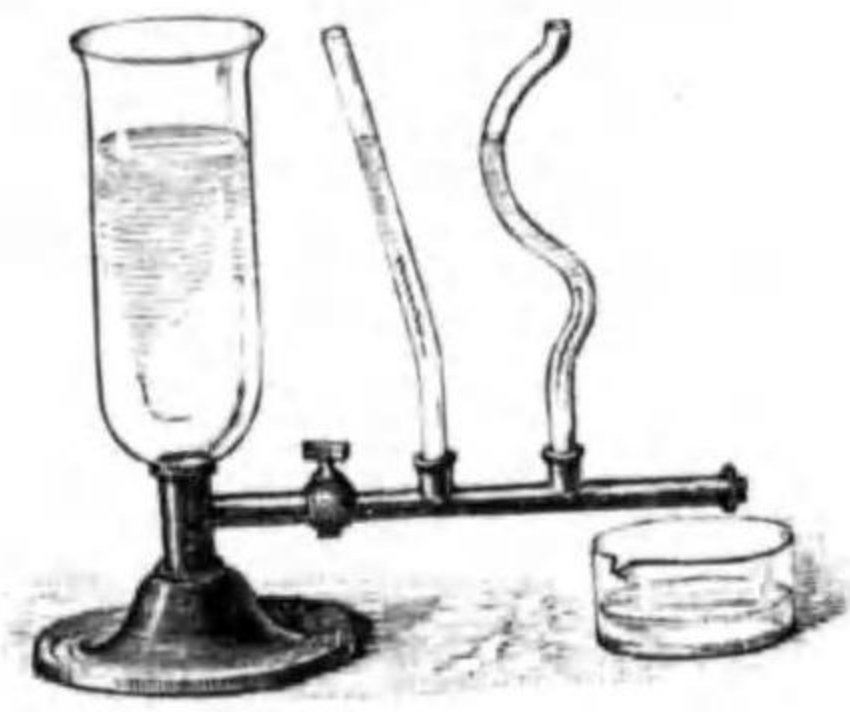
問(一)底面積及び重さ等しく形の異なる二つの器に等高

に水を入れ天秤の兩皿に載するとき天秤は釣合ふか。

六 連通管

圖の如く互に連通する器に液を入れるれば、各枝管に於ける液面は同水平面となるを見るべし。何となれば

連通管



液は靜止するが故に底管内の或一點の壓力は一定の値を有す、而して此壓力は前節に依り枝管の液面までの高さにて定まるが故に各枝管の高さは互に相等しかる可ければなり。

問(一)互に混和せざる二種の液體をU字管に入れたる

に、其境界面より液面までの高さが夫々如何なりとせば二液の比重の比如何

答、 $\frac{h_1}{h_2}$

(二)圖の如く細管を附せる皮製の袋に

水を充て、二五糎平方の板を載せ其上に立つ人あり、水の細管中に昇る

高さ一米なりとすれば、此人の體重

何程

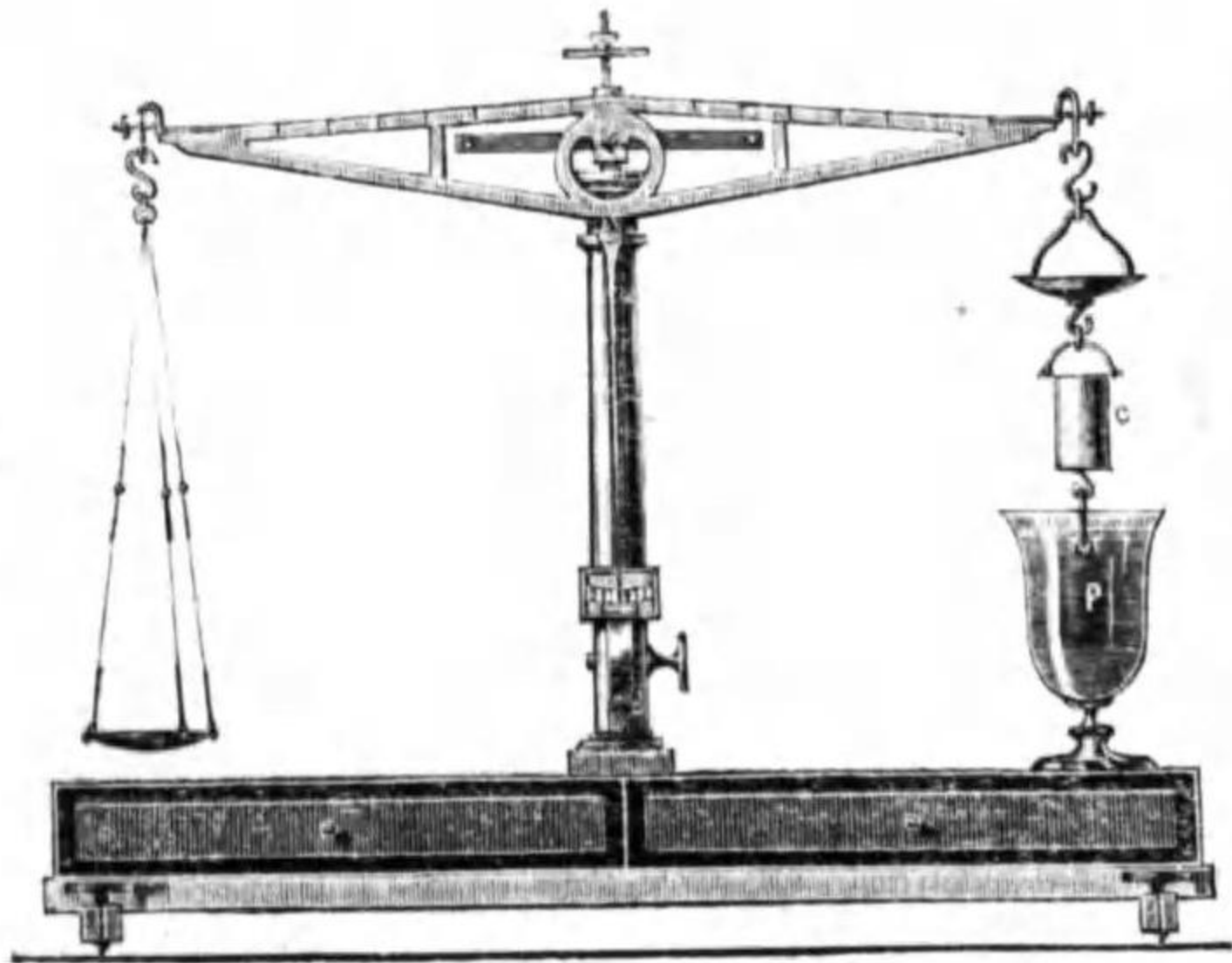
七 アルキメデスの原理

物體を

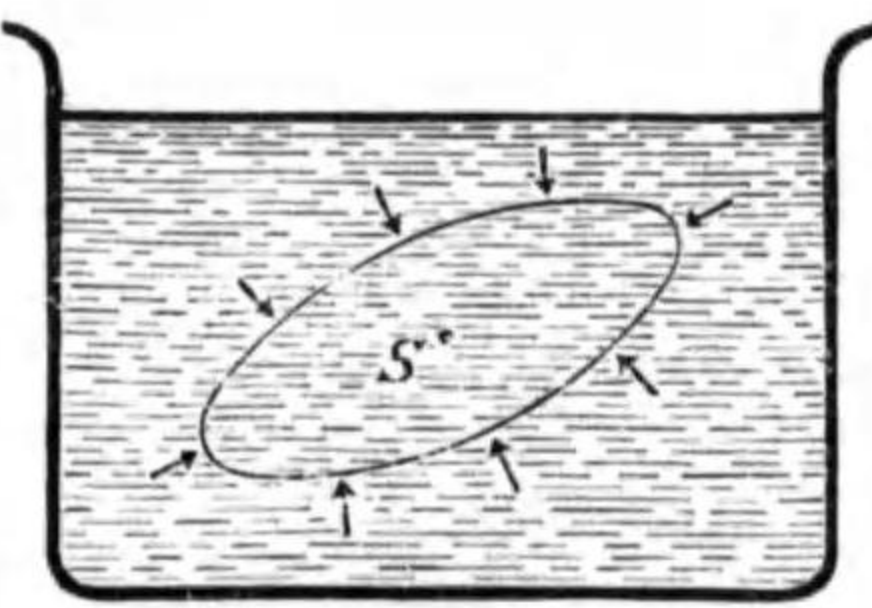




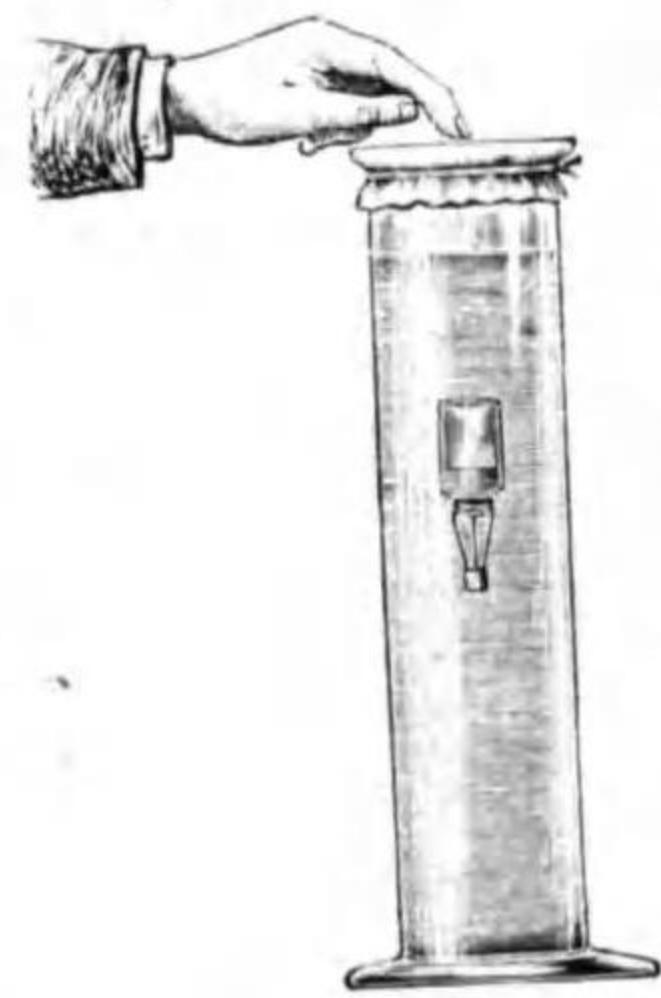
アルキメデスの原理を示す装置
圓錐Pと丁度之を容る、圓筒Cとを天秤の一方に釣合はしめPを水中に沈め圓筒に水を充たせば天秤は再び釣合ふ。



液内に沈むれば、液内の壓力は深き程大なるが故に之を上方に押す壓力は下方に押す壓力に打勝ち物體は液内にては幾分か輕し、水中にて太き石を揚げ又入浴中指頭にて體重を支へ得るは是が爲なり。圖の装置にて實驗するに液体内に沈めたる物體は排除せる液の重さに等しき上壓を受く。之をアルキメデスの原理と云ふ。物體が液内にて受くる此上壓を浮力と云ふ、従つて物體は液内にては其眞重よりも浮力だけ輕し。今此理由を考ふるに、液内に於て物體の占むべき部分の



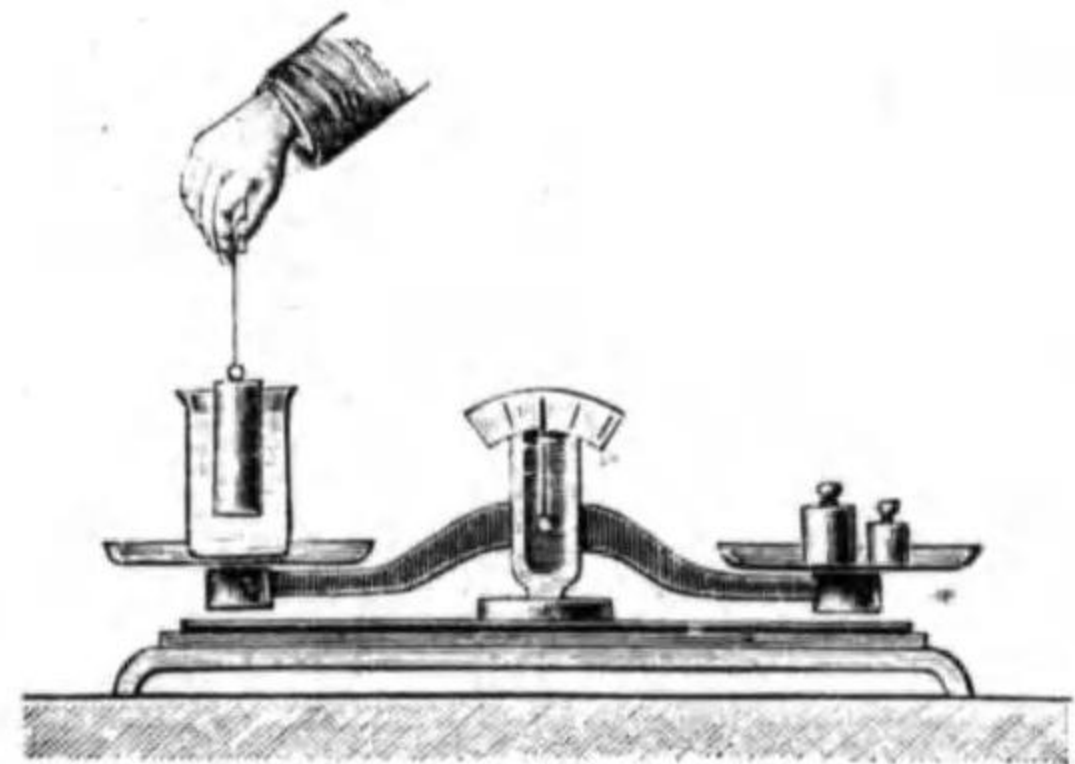
液が其儘固化せりと見做すに、此液體は釣合ふが故に、其表面の受くる壓力の合力は其重さに等しくして上方に向ふ、而して此液體を液内にて如何なる位置に置くも常に釣合ふが故に其合力の着力點は液體の重心と一致す。次に此部分の液體を物體にて置き換ふるも液體の壓力は前と同様なるが故に其合力は排除液の重さに等しきを知る。



浮沈子

物體が液体内に在るとき、其重さが浮力よりも大なれば沈み、重さと浮力とが等しきときは物體は液内にて靜止す。而して物體の重さが浮力よりも小なれば物體は一部分液面に浮び出で、浮力と重さと

が等しき位置にて釣合ふ。



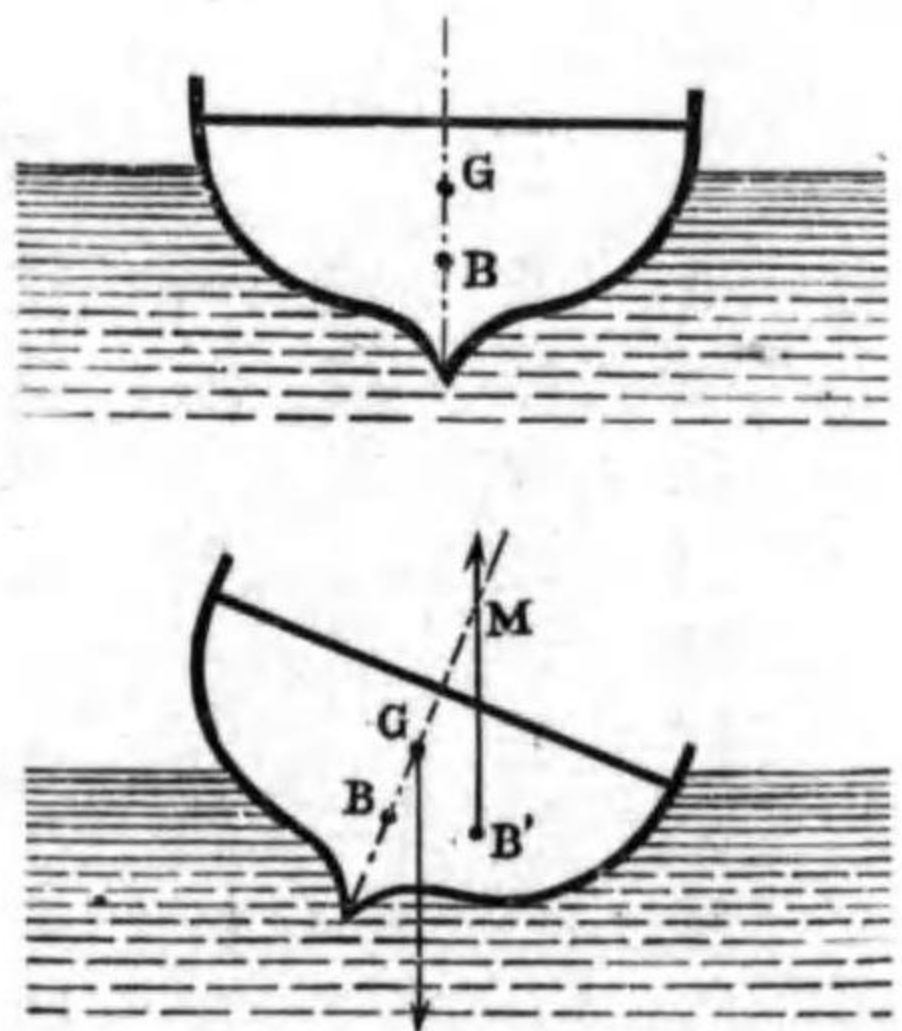
問 (一) 浮沈子の理を説明せよ。

- (二) 容器内の水面に浮べたる氷塊が融解すれば水面の高度は變ずるか。
- (三) ビーカーに水を入れ之を秤皿に載せて釣合はしめ物體を水中に吊し入るれば秤の釣合の破るゝは何故ぞ。又秤を釣合はしむる爲には他方の分銅を何程増加すべきか。

(四) 氷山は其全容の幾部分を海面上に現はすか。

八

浮體の釣合 物體が液面に浮びて靜止するときには浮力は其物體の重さに等しく且つ其重心 G を通過する鉛直線に沿ふて排除液の重心 B に働くべし浮力の着力點を浮心と云ふ。浮體を傾くれば其重さと浮力とは偶力をなす而し

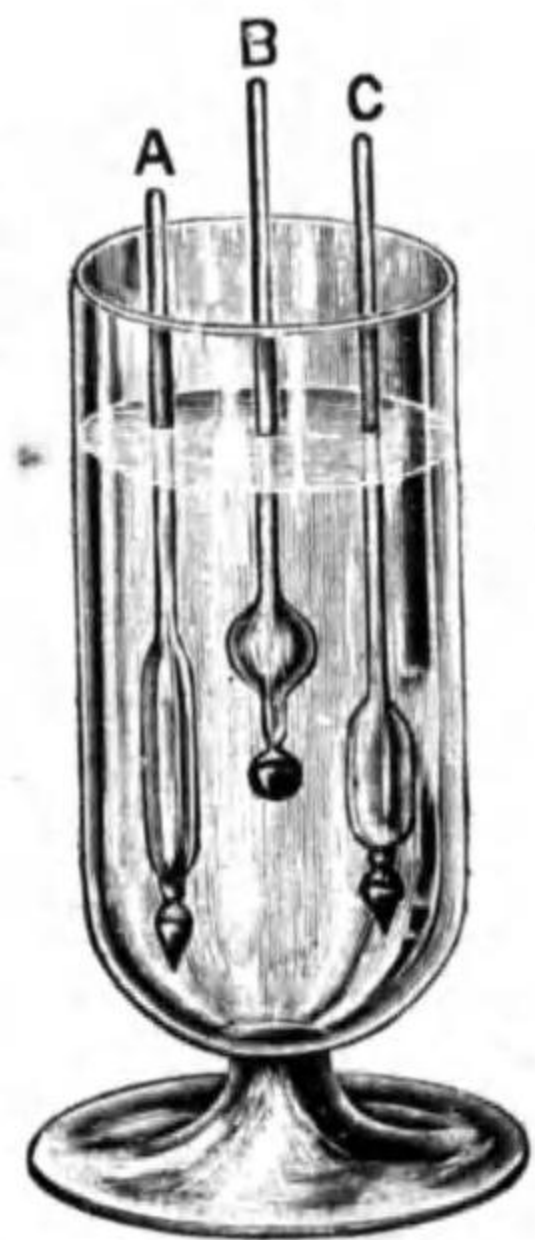


て此偶力が浮體を舊位に復せんとする場合には其釣合は安定にして、舊位より遠ざからしむる場合には釣合は不安定なり。船の底に成るべく重き荷物を積むは其重心を低くして安定度を増すが爲なり。

九

比重の測定 固體の比重はアルキメデスの原理を應用して測定することを得例へば固體の空氣中の重さを w 、水中の重さを w_1 とすれば其比重は $\frac{w-w_1}{w}$ なり。

液體の比重を測るには通常比重瓶を用ふ、比重瓶は細頸を有する硝子瓶にして、其中に水を充したる重さ w 、液體を充したる重さ w_1 及び瓶の重さ w_0 を測れば液體の比重は $\frac{w_1-w_0}{w-w_0}$ なり。



浮秤は液體の比重を測るに便利なる器にして、圖の如き硝子管の下部に水銀又は銃丸の錘を密封したるものなり。

之を液の中に入れば其比重大なるほど液面に浮ぶ部分長きが故に、管頸の目盛によりて其比重を測り得べし。

問(一) 人體の比重は約一なりと云ふ、體重一六貫の人の體積は幾立なるか。

(二) 重さ w 瓦のコルクに鉛塊を附し、鉛塊のみ水中に沈めたるときの重さ w_1 瓦、コルクも共に沈めたるときの重さ w_2 瓦なりとすれば、コルクの比重幾許。

(三) 重さ w 瓦の固體の、水中にての重さ w_1 瓦、或液體中にての重さ w_2 瓦なりとせば、其液體の比重幾許。

(四) 水を充たせるときの重さ w_1 瓦の比重瓶に、重さ w 瓦の砂粒を入れ、溢出

する水を拭ひ去りて秤量したるに w_2 瓦ありしと云ふ、砂粒の比重幾許、
 (五) 直圓柱を水中に入れたるに其全長の五分の一、酒精中に入れたるに其全長の四分の一だけ沈みたりとせば、酒精の比重幾許。

第三章 氣體

氣體 氣體は凝集力頗る弱く分子の運動自由にして常に擴散せんとす、故に之を容器内に密閉すれば器壁に直角の方向に壓力を及ぼし、又パスカルの原理は氣體にも行はる。



氣體も亦重さを有す、地球を圍繞する空氣の飛散し去らざるは是が爲なり。

金屬球に空氣を充たして其重さを測るに一立方米につき約一二珣なり。斯の如く空氣は重さを有し、壓力は上層に

進むに従ひ小なるが故にアルキメデスの原理に依り、空気中の物體は之と同容積の空氣の重さに等しき浮力の作用を受く。輕氣球は此浮力を利用し、輕き大なる袋に水素を充たしたるものにして、航空船は之に推進機を附したるものなり。

問(一) 空氣中に於て重さ相等しく、比重の異なる二物體は眞空中にても其重さ相等しきか。

(二) 五〇〇立方メートルの輕氣球に水素を充せば重さ何斤の物體を揚げ得るか。但し袋及附屬物の重さを一〇〇斤、空氣及水素一立の重さは夫々一・二瓦及〇・二瓦とす。

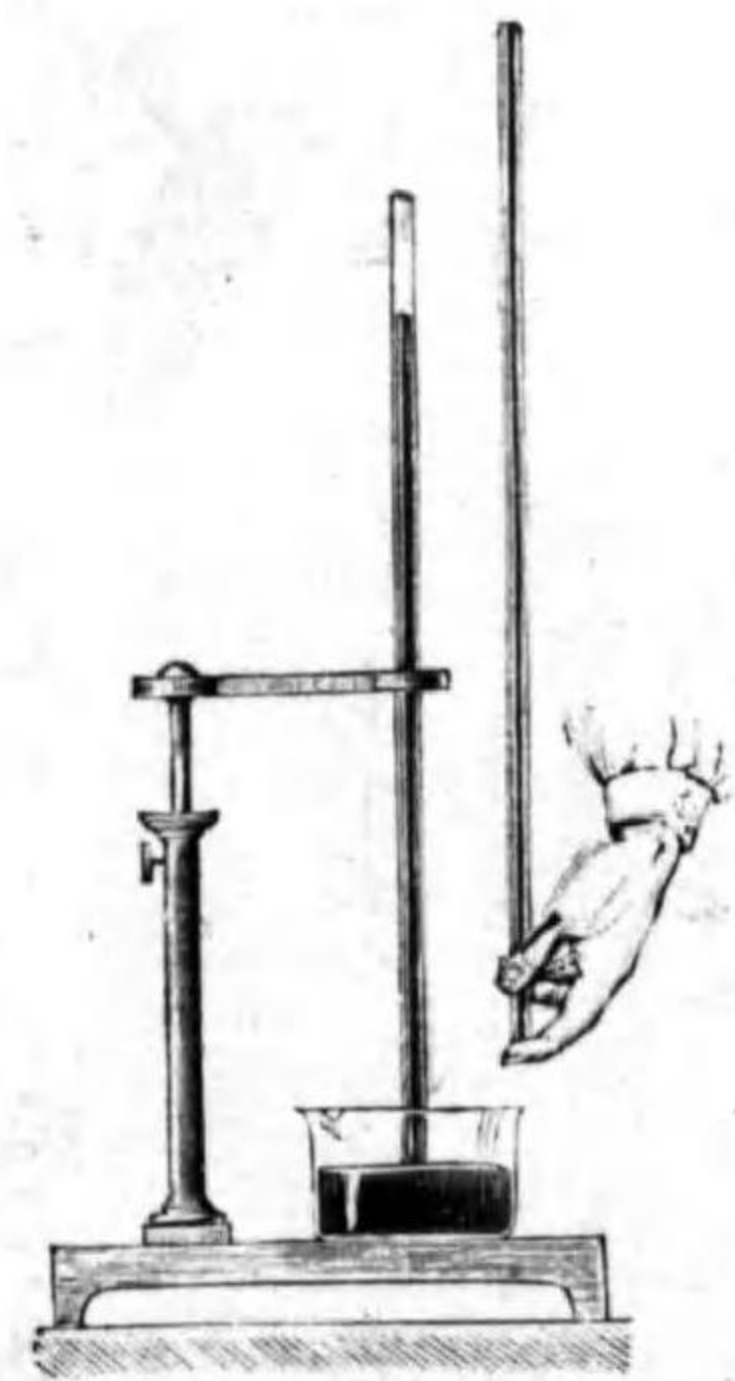
二 大氣の壓力 地球を圍繞する大氣の高度は二〇里以上に達し、之を地上と同一の密度に壓縮するも二里を下らず。地上の物體は此氣洋の底に在



マグデブルグの半球

二

るが故に其表面は重疊せる空氣の重さによりて壓せらる、之を氣壓と云ふ。氣壓の強大なることはマグデブルグの半球にて實驗することを得。吾人が氣壓を感じざるは壓力が身體の組織内に傳播し内外相平均するが爲なり。長さ一米許の一端閉ぢたる硝子管に水銀を充たし之を



水銀槽中に倒立すれば管内の水銀は降下して槽の水銀面より約七六糎の高さに止まり、其上部に眞空を残す、之をトリセリーの眞空と云ふ。

トリセリーの實驗

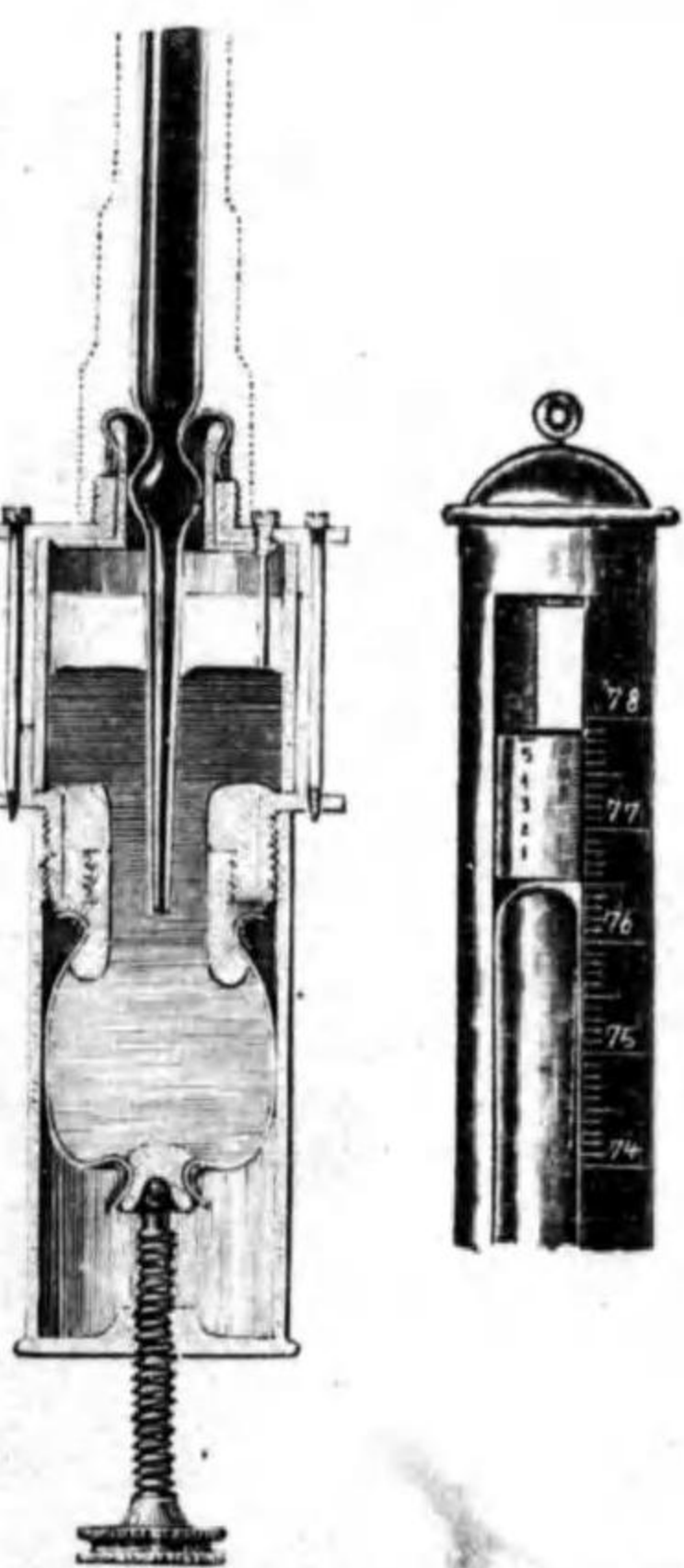
槽の水銀面にて定まる水平面上の各點の壓力の強さは相等しきが故に、氣壓は管内の水銀柱の重さに等しく、従つて水銀柱の高さにて氣壓を表はし得べし。氣壓は場所及時

と共に變化するも平均七六糶の水銀柱に相當す、此壓力を
 一氣壓と云ふ。一氣壓は一平方糶につき約一〇三三五、一
 平方寸につき約二貫五三〇匁なり。

(一) トリセリーの實驗に水を用ふれば、水柱の高さ何程なるか。
 (二) 同實驗に硝子管を傾け又は太き管を用ふれば水銀の高さは變ずるか。

三

氣壓計 氣壓を測る器械を氣壓計又は晴雨計と云ふ、通常



用ふるは圖の如く水銀面に觸るゝ象牙の針を設け上部に其尖端より測りたる高さを目盛りたるものなり。

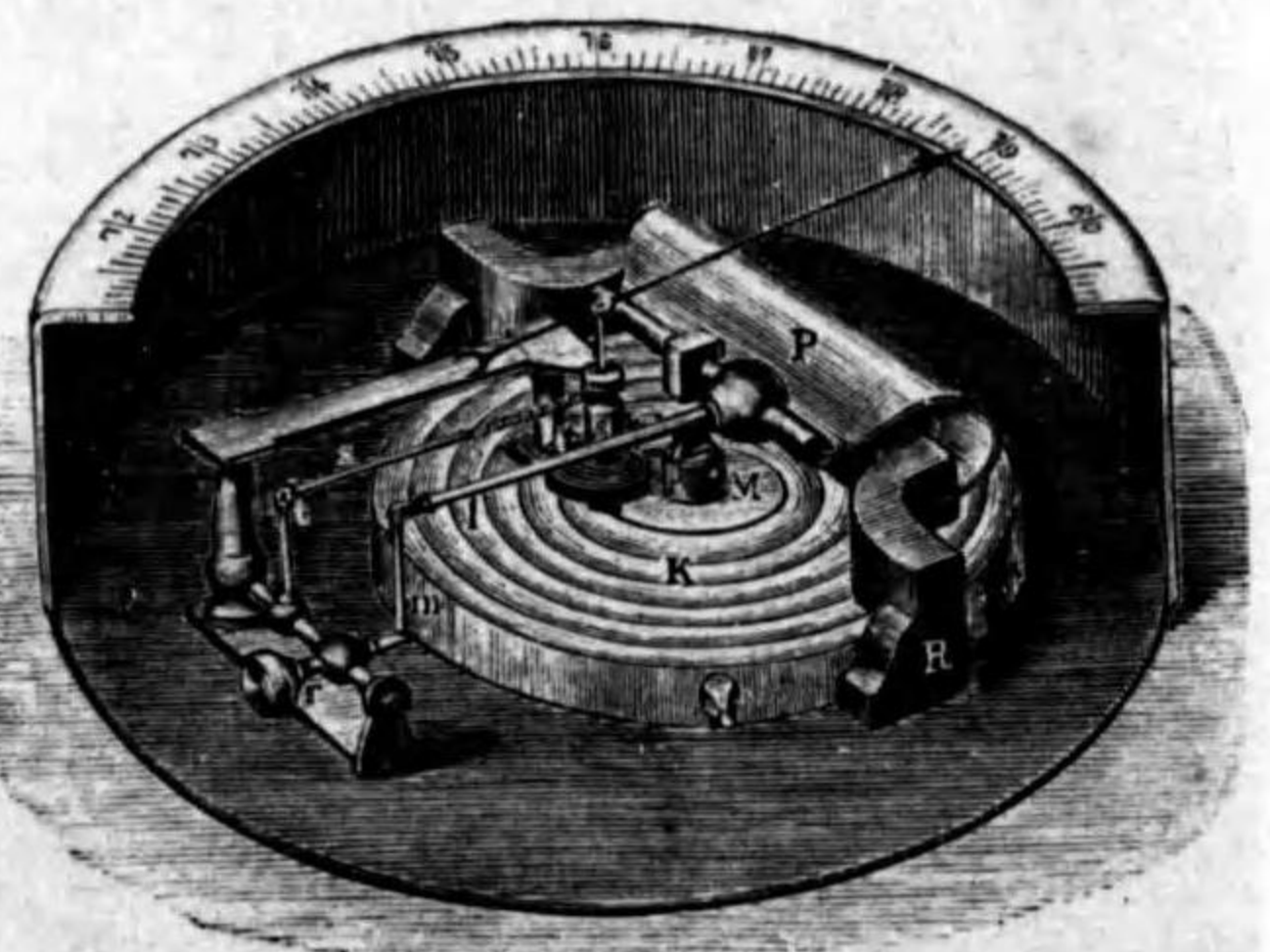
アネロイドの要部は空氣を排除したる薄き金属板製の函Kにして、其板面は氣壓の變化に伴ひ歪むが故に挺子を組

氣壓計

四

アネロイド

合せて其運動を擴大し指針にて圓板上に氣壓を表はさしむるものなり。
 ボイルの定律 試験管を倒さに水中に沈むるに、管を深く沈むる程水は漸次に押し昇りて管内の空氣の壓縮せらるゝを見る。斯の如く氣體を壓縮すれば其壓力増加す、空氣銃は此壓力を利用せるものなり。圖の如き裝置にて一定量の氣體に加ふる壓力と其容積とを實測するに、



ボイルの定律を示す裝置のbc管内の氣體の壓力は $P \propto 1/V$ なり、Bは氣壓計の高さ、hはa・b間の垂直距離

定温度に於ける一定量の氣體の容積と其壓力とは互に逆比例す、之をボイルの定律と云ふ。今壓力P、容積Vなる氣體の壓力をP'に變じ其容積がV'となり

たりとせば

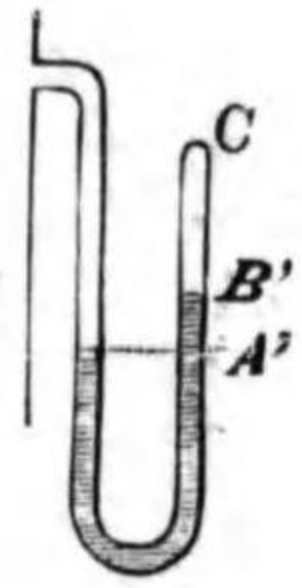
$$V_1 P_1 = P_2 V_2$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

即ち氣體の容積と壓力との積は一定なり。又一定量の氣體の密度は其容積に逆比例するが故に、定温度に於ける氣體の壓力と密度とは互に正比例するを知る。

斯の如く、氣體の密度は壓力と共に増加するが故に、地球を圍繞する大氣の密度は上層に昇るに従ひ漸次に減少し、壓力と高さとの關係は液體の場合の如く簡單ならざれども山麓と山頂との氣壓を測れば山の高さを求め得るなり。

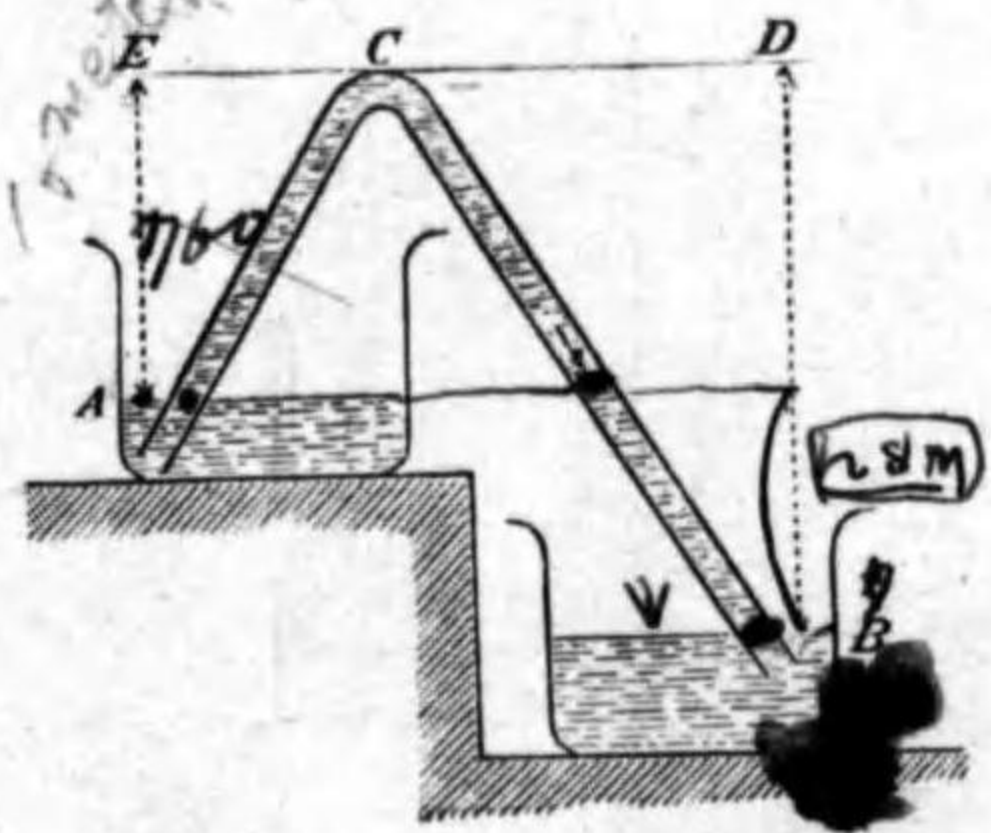
問(一) 長さ二〇呎の試験管を水中に沈めしに水が一〇呎だけ管内に入りたりとせば、水の深さ幾許。



(二) 圖の如き壓力計に水銀にて空氣を密閉し之を壓力を測らんとする器に連結したるに器中の壓力が一氣壓

のとき水銀柱端は水平となるものとせば水銀柱端の高さの差A'B'が一〇呎なるときは器中の壓力如何、但しBCの長さは二〇呎なりとす。

五 サイフォン



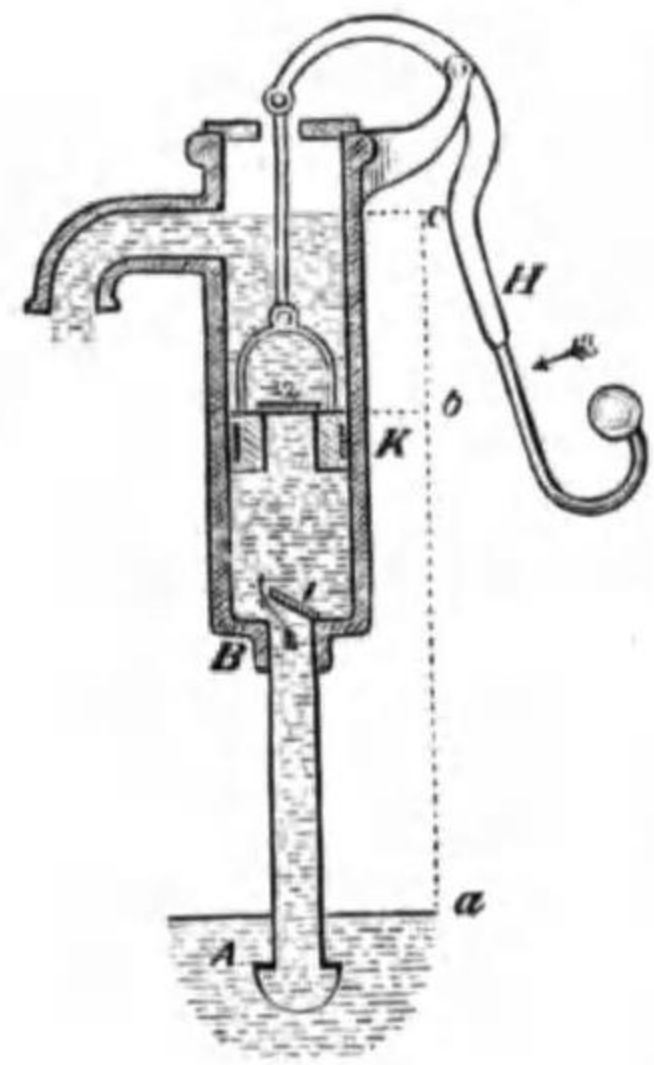
サイフォンは長短二脚を有する曲管にして、氣壓を利用し高所の液を低所に移すに用ふ。短脚を液中に沈め長脚の管口を吸ひ管内に液を充せば液は受器に流下す。管内の液は器中の液に連絡せるが故に、管内のB水平面の壓力はA面に働く氣壓よりも高さBD、AEの差の液柱の壓力だけ大にして、此點に於て反對の方向に働く壓力はB面に働く氣壓なるが故に液は流下するなり。

問(ア) サイフォンの短脚の高さAE餘りに大なるときはサイフォンは用をなさざるは何故ぞ。又其高さは何程なるか。

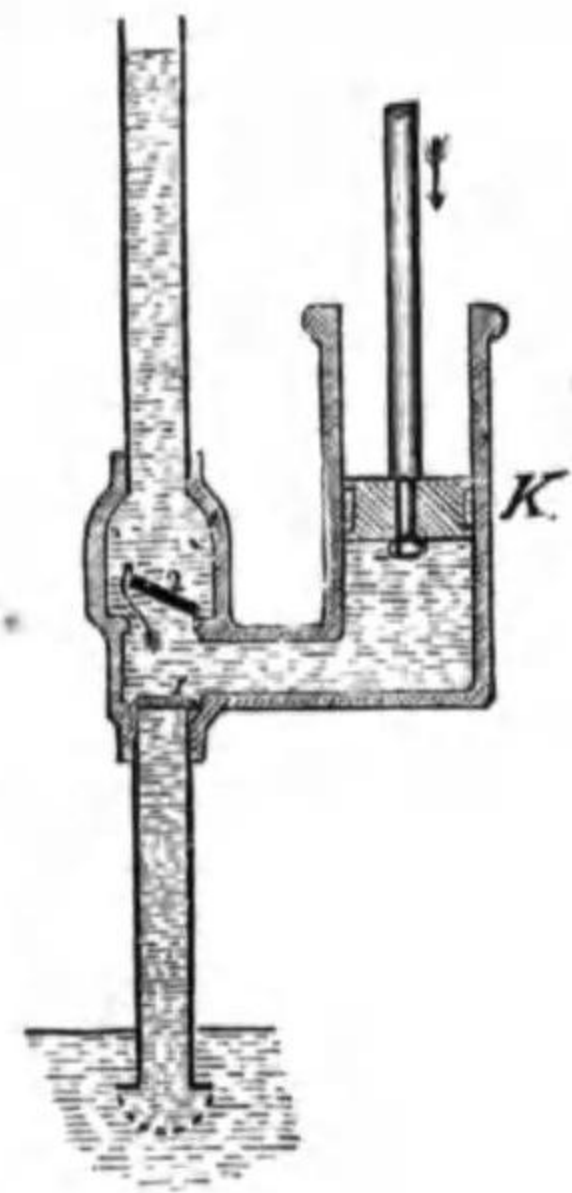
六 ポンプ

ポンプは氣壓を利用して水を高處に揚ぐるに用

吸上ポンプ



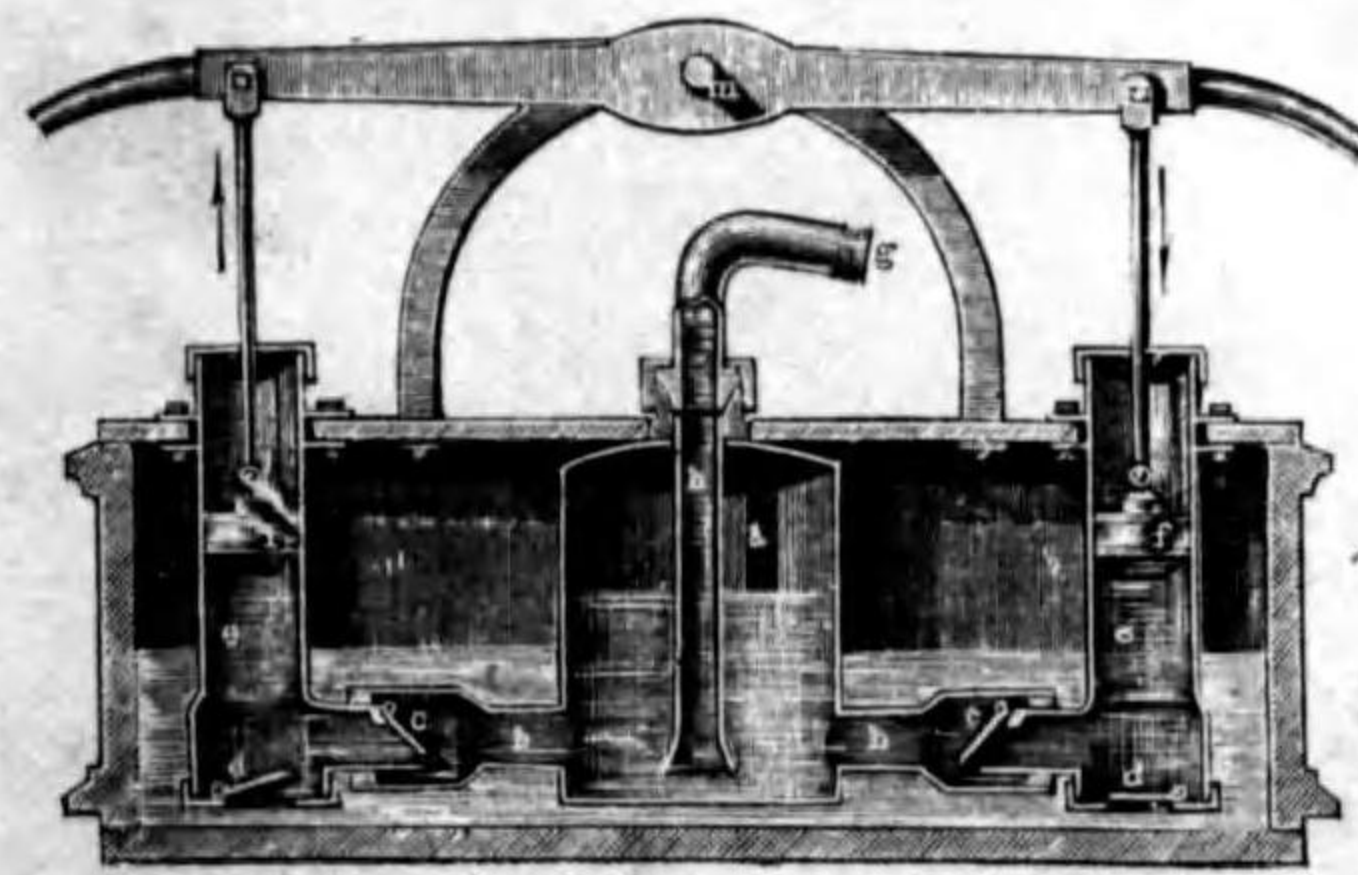
押上ポンプ



消火ポンプ

に附着す。 活塞を引揚ぐれば水は氣壓の爲に瓣1を開きて圓筒内に進入し、之を押下ぐれば瓣1は閉ぢ水は瓣2を開きて外部に流出するなり。 押揚ポンプ

ポンプは氣壓を利用して水を高處に揚ぐるに用ふる器械にして、其構造の要部は圓筒と之に密合する活塞及上方にのみ開き得る二個の瓣とより成る。 吸揚ポンプにありては瓣は圖の如く圓筒の底部及活塞の底部



空氣ポンプ

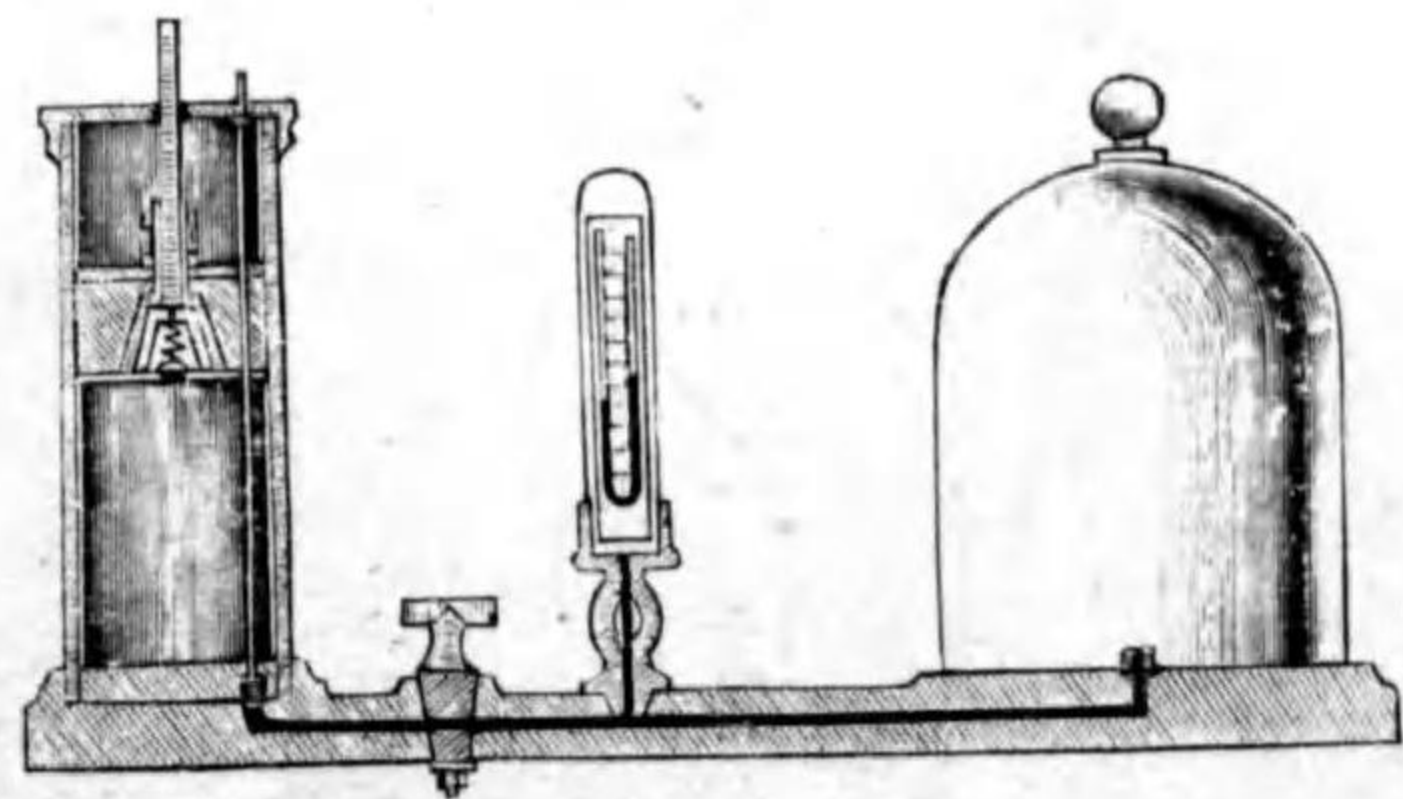
七

空氣ポンプ 空氣ポンプは密閉せる

器中の空氣を排除する器械にして其作用は吸揚ポンプと同一なり。 即ち

に於ては瓣の一は側管に附着せり、水は前と同様の順序にて側管内に押上げらる。 消火ポンプは二個の押上ポンプを連結せるものにして、挺子を上下に動かせば左右のポンプは交互に働きて水を中央の空氣室 a に送り室内の空氣は壓縮せられて水面を押し水を間斷なく管外に流出せしむるなり。

問(一) 吸揚ポンプの管ABの長さが一〇米以上なるときはポンプは用をなさずと云ふ、何故ぞ。 *シキル。多ク。ニシテ。*



活塞を圓筒の底面に接したる後引き上ぐれば、圓筒内に眞空を生ずるが爲に玻璃鐘内の空氣は圓筒の瓣を排して其内に進入す。次に活塞を押下ぐれば圓筒内の空氣は壓縮せられ活塞の瓣を押開きて脱出す。故に活塞を上下に動かせば鐘内の空氣は漸次抽出せらる。

前圖の如きポンプにては十分に空氣を排除し能はず、故に電燈製作等の如く高度の眞空を要する場合には、瓣を有せざる種々のポンプを用ふるを常とす。

第三編 熱

第一章 溫度及熱

溫度

熱

熱の效果

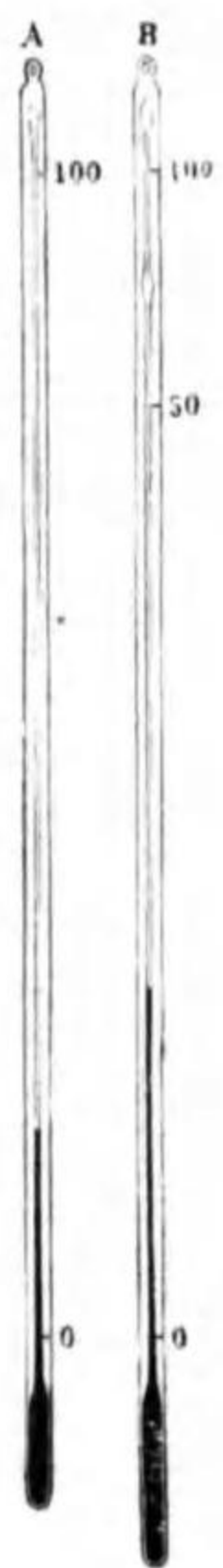
一 溫度及熱 物體を温め或は冷して之に觸るゝとき手の感ずる寒暖の度を溫度と云ふ。溫度の高き物體甲と溫度の低き物體乙とを接觸すれば甲の溫度は降り乙の溫度は昇りて其溫度均一となる、此際熱が甲より乙に移りたりと云ふ。されば熱は其多少によりて物體の溫度の高低を起す一種の量にして、高溫度の物體より低溫度の物體に移りて其溫度を高むること恰も水の高所より低所に流れて其水位を高むるが如し。

熱は物體に入りて其溫度を高め、又容積或は状態を變ずる等の効果を有す。

二

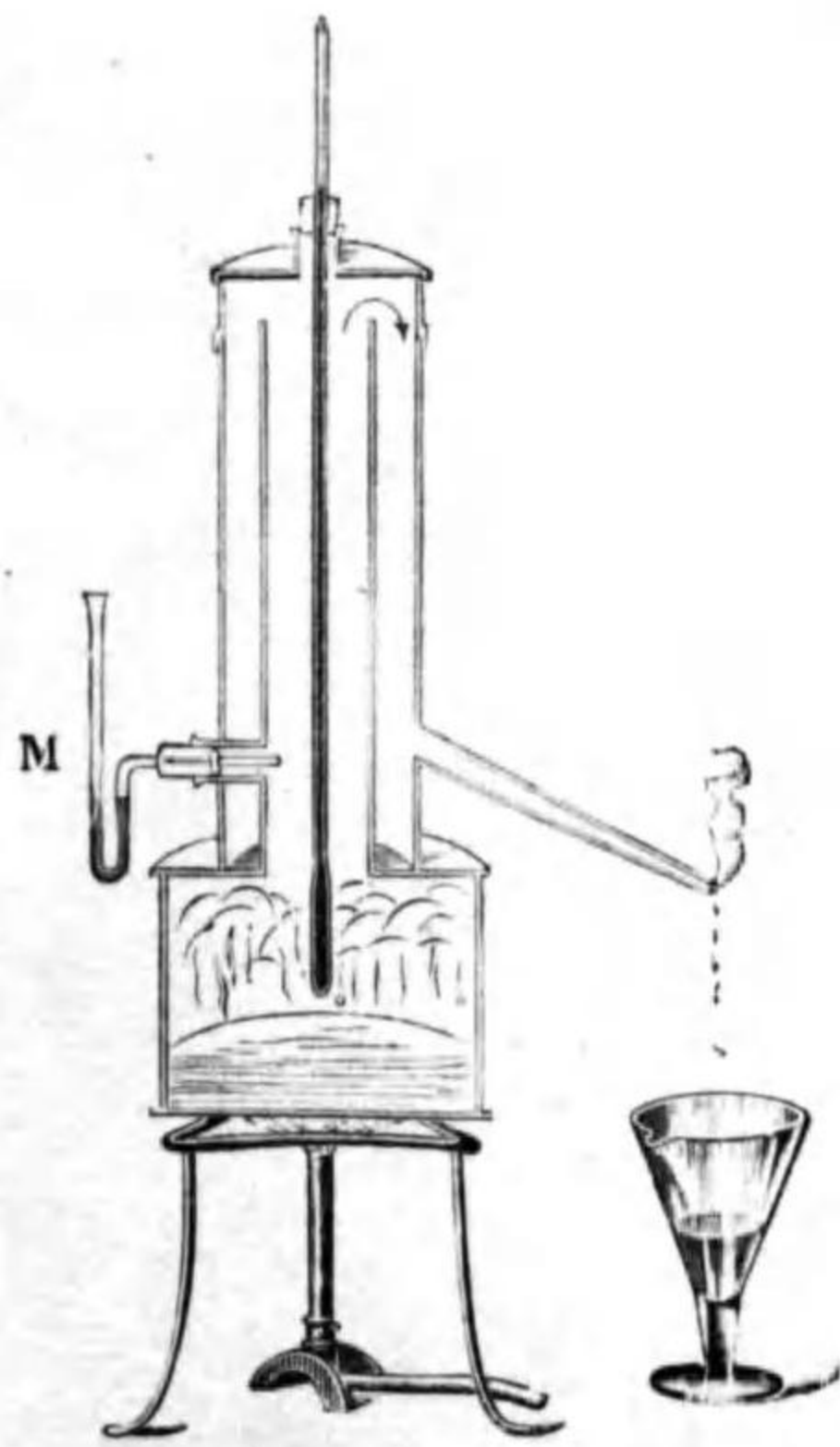
寒暖計 吾人は感覺によりて正確に温度を判定するを得ず例へば井水は四季殆ど同温度なるも夏は冷く冬は温く感ずるが如し。物體は温度の昇降に伴ひ其容積を増減するが故に之によりて温度を測定することを得。普通に用

水銀寒暖計



ふるは水銀寒暖計にして細き硝子管の膨大せる所に水銀を入れ空氣を除きて密閉せるものなり。之を融けつゝある氷の細片中に沈め水銀面の降りたる所を氷點と云ひ、又之を一氣壓にて沸騰せる水に接せ

氷點



沸騰點

る水蒸氣中に入れ水銀面の止まる所を沸騰點と云ふ。此二定點の位置定まれば其間を等分し且つ其目盛を定點の上下に及ぼすなり。攝氏寒暖計は氷點を零度、沸騰點を百度とし、華氏寒暖計は氷點を三二度、沸騰點を二一二度とす。學術上にては専ら攝氏寒暖計を用ふ。今同一の温度を攝氏及華氏にて示したる度數を夫々c、fとすれば

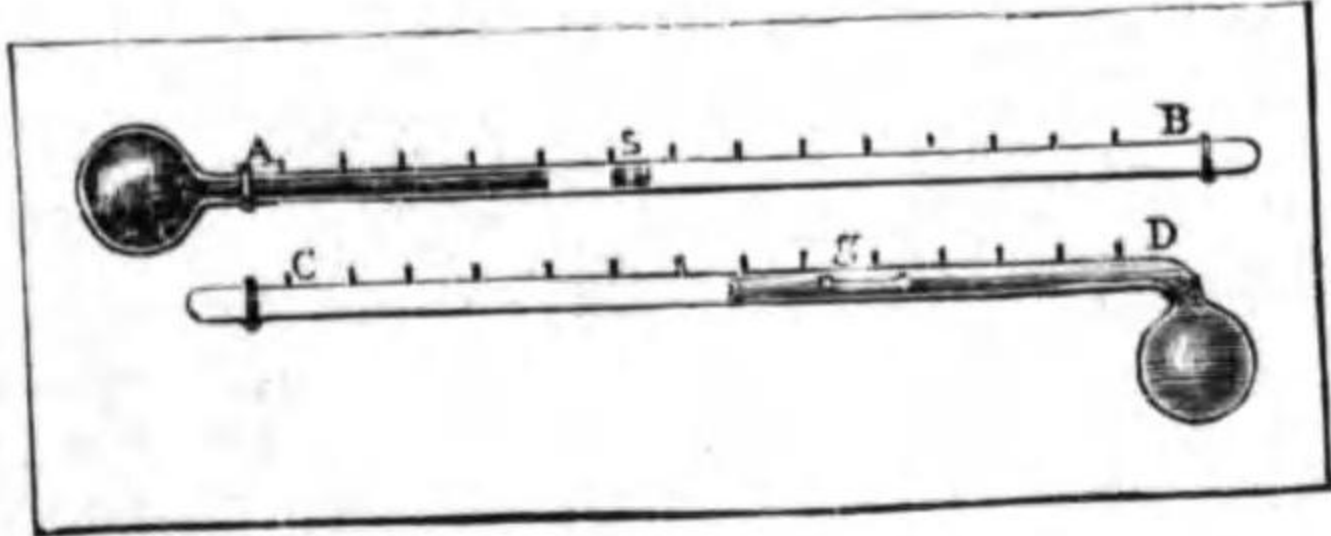
$$c = \frac{5}{9}(f - 32) ; f = \frac{9}{5}c + 32$$

問(一)人體の温度は通常攝氏三七度なり、此温度は華氏の何度なるか。 98.6

三

最高最低寒暖計 最高寒暖計は或時間内の最高温度を測るものにして水銀寒暖計の管内に鐵製の指標を入れ之を水平に置きたるものなり。水銀は鐵を濕さざるが故に温度昇りて膨脹するときには指標を押し進め、温度降りて退くときは指標を其位置に残し以て最高温度を示すなり。

最高最低寒
暖計



或時間内の最低温度を測る最低寒暖計は、酒精寒暖計の酒精内に硝子の指標を入れ之を水平に置きたるものなり。酒精は硝子を濕すが故に温度降りて酒精が退くときは指標は共に退き、温度昇るときは指標は其位置に止まりて最低温度を示す。

體温器は一種の最高寒暖計にして膨大部の上部に狹隙を設けたるものなり。温度昇るときは水銀は狹隙を通過して膨脹するも、温度降るときは此所にて切れ水銀柱は管内に残りて最高温度を示すなり。



管内に残りて最高温度を示すなり。

四

熱量の單位 熱量を測るには水一瓦の温度を攝氏一度だ

驗温器

カロリー

け高むるに要する熱量を單位とし之をカロリーと云ひ、其一千倍を珥カロリーと云ふ。

故に、水の m 瓦を t 度だけ温め或は冷すに要する熱量は mt カロリーなり。

五

物體の熱容量



熱容量比熱 或物體の温度を一度だけ昇すに要する熱量を其物體の熱容量と云ふ。質量等しき銅、亞鉛及鉛の小球を同温度に温め之を石蠟板の上に載するに、石蠟を融解するの度異なるを見る、是に依りて質量一定なる物體の熱容量は其種類によりて異なるを知る。或物質一瓦の温度を一度だけ昇すに要する熱量をカロリーにて表はしたる數値を其物質の比熱と云ふ。比熱 c 、質量 m 瓦なる物體の熱容量は mc に

比熱

混合法

して、其温度を t 度昇すに要する熱量は $mc(T-t)$ カロリーなり。
 比熱を測るに簡單なるは混合法なり。比熱 c 、質量 m 、瓦
 の物體を t 度に熱し、之を比熱 c' 、質量 m' 、瓦、温度 T 度の液中
 に投じ共通の温度 T となりたりとせば

$$mc(T-t) = m'c'(T-t)$$

$$\therefore c = \frac{m'c'(T-t)}{m(T-t)}$$

用ひたる液が水なるときは上式の c' は一なり。

比熱の表

| 固 體 | | |
|------|-----------|-------|
| 硝子 | ..... | 0.19 |
| 鐵 | ..... | 0.113 |
| 亞鉛 | ..... | 0.094 |
| 銀 | ..... | 0.056 |
| 銅 | ..... | 0.093 |
| 眞鍮 | ..... | 0.092 |
| 鉛 | ..... | 0.032 |
| 白金 | ..... | 0.032 |
| 液 體 | | |
| 水 | ..... | 1.00 |
| 酒精 | ..... | 0.58 |
| エーテル | ..... | 0.54 |
| 水銀 | ..... | 0.033 |
| 氣 體 | | |
| | 定 壓 | 定 積 |
| 水素 |3.41 | 2.41 |
| 水蒸氣 |0.48 | 0.37 |
| 窒素 |0.20 | 0.17 |
| 酸素 |0.22 | 0.16 |
| 空氣 |0.24 | 0.17 |

定積比熱
 定壓比熱

氣體を熱すれば其容積は著しく増加するが故に其比熱を二種に區別す。
 氣體を器中に密閉し其容積を一定に保つときの比熱を**定積比熱**と云ひ、
 其膨脹を許し壓力を一定に保つときの比熱を**定壓比熱**と云ふ。後者は
 前者よりも大にして其比は水素酸素窒素等の如く容易に液化せざるも
 のにありては約1.5なり。

問 (一) 水と水銀との等容積を同温度だけ温むるに要する熱量を比較せよ。

(二) 海岸地方又は森林に富める地方に氣候の變化少きは何故ぞ。

(三) 質量一二〇瓦の鐵を六四度に熱し、之れを温度一六度、質量二一〇瓦の
 水中に投じたるに混合後の温度一九度となりたりと云ふ、鐵の比熱を
 求めよ。

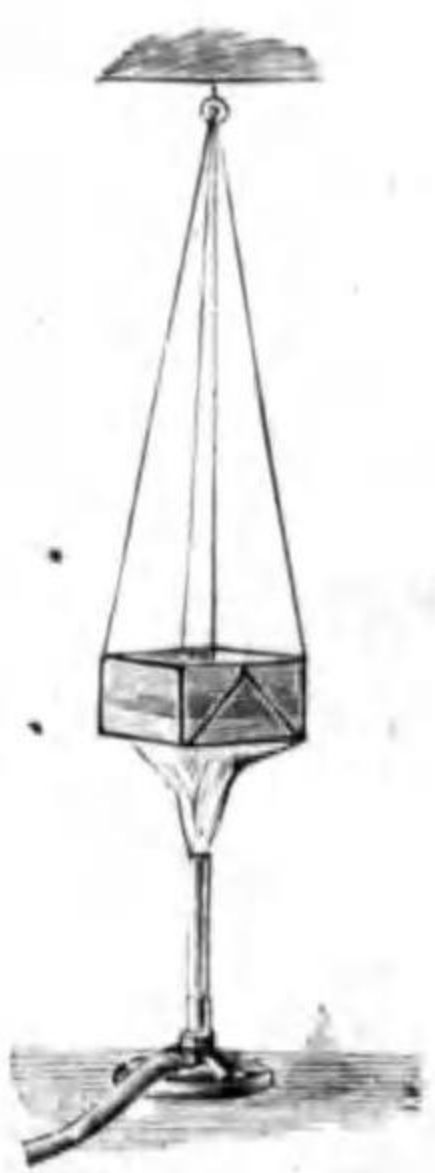
第二章 熱の移動

一 熱の傳導 熱が高温度の所より低温度の所に移動するに

良導體
不良導體

三様の別あり、傳導・輻射及對流是なり。
火箸を取り其一端を火中に入れば暫時にして他端は熱く感ずるに至る。斯の如く熱が物體に沿ふて移り行くを熱の傳導と云ふ。燐寸の軸木に點火するも他端は容易に熱せられず、是に依りて物質の熱傳導に良否の差あるを知る。良く熱を傳導するものを良導體と云ひ、然らざるものを不良導體と云ふ。凡て金屬は良導體にして、液體・氣體及木材・綿・石綿・絹・羽毛等は不良導體なり。

間 (一) 一室内に在りて同温度を有する金屬片及木片に觸るゝに前者は後者よりも冷に感ずるは何故ぞ。

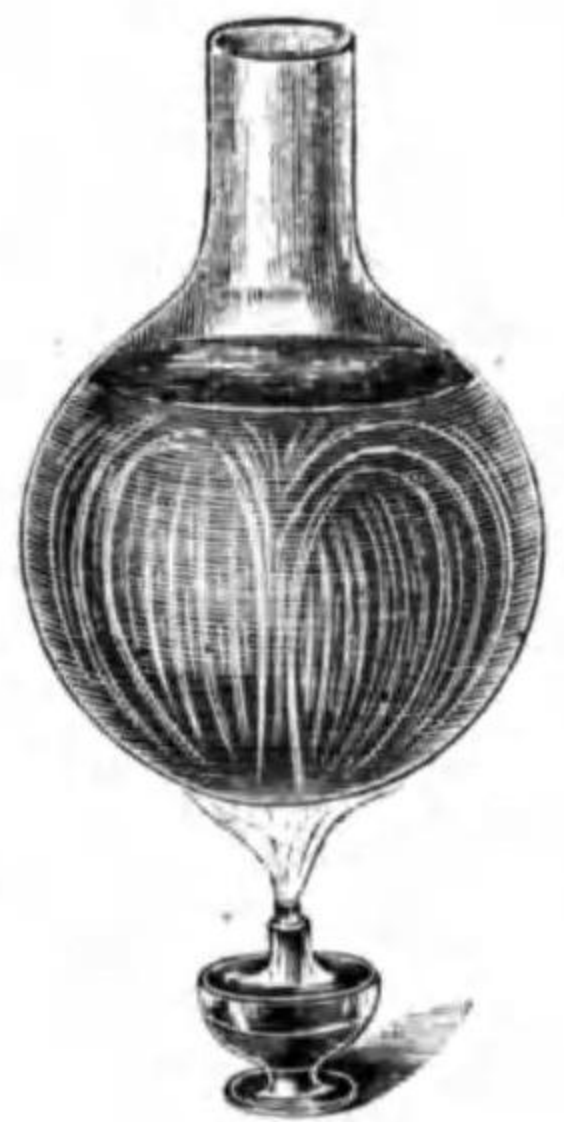


(二) 瓦斯の火口の上に銅網を懸し、網を出づる瓦斯に點火すれば火は網の上のみに燃えて網の下に移らざるは何故ぞ。

(三) 圖の如く洋紙の箱を作り、水を入れて之を沸騰せしむるも紙の焼けざるは何故ぞ。

二

對流 液體は不良導體なるが故に熱を傳導すること極めて遅し、例へば試験管内の水に錘にて氷片を沈め管の上部を熱すれば、水は沸騰するに至るも氷片は融解せざるが如し。之に反して、器底を熱すれば



全體の水は漸次に暖めらる、是れ熱して比重小となれる水は上り上部の冷にして重き水は下りて互に循環するが爲なり。斯の如く、熱が物質の運動に伴はれて移り行くを熱の對流と云ふ。煙突・ランプのホヤ等は、何れも空氣の對流に依りて燃燒部に新鮮なる空氣を送るの用をなす。

問 (一) 液體或は氣體を其上層より熱するも下層は容易に熱せられざるは何故ぞ。

(二) 室内を温むるに蒸氣を通せる管を床に横たへ、冷蔵庫にては冷却せる溶液を通せる管を天井に横たふるは何故ぞ。

三

輻射 火鉢に手を翳せば温暖を感じるも、一葉の紙にて其間を隔つれば其感忽ち止む故に手は周囲の空氣より熱を受くるに非ざるを知る。斯の如く、熱が中間の物質に依らずして移り行くを輻射と云ふ、太陽・電燈線等の熱が眞空を隔て、四方に傳播するは其例なり。輻射熱は光線の如く反射し、又黒き表面にて能く吸収せらる。

問 (一) 一面に積れる雪は日光を受くるも容易に融けざるに、汚れたる雪は速かに消ゆるは何故ぞ。

(二) 戸外の空氣の温度を測るに、寒暖計を空氣の流通良き箱の内に收むる

は何の爲なるか。

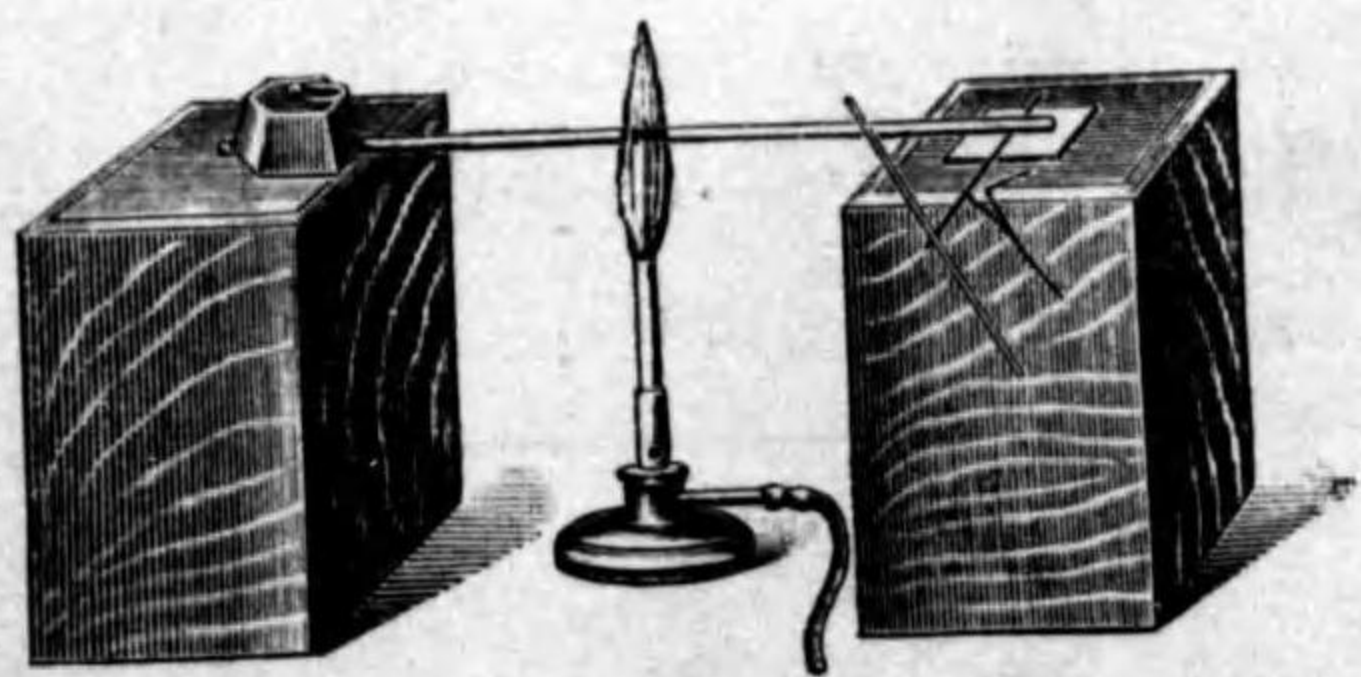
第三章 膨 脹

線膨脹係數

一 固體の線膨脹 一般に物體を熱すれば温度の昇ると共に其長さ又は容積を増加するを常とす、圖は金屬棒の膨脹を示す装置なり。固體の長さの増加するを線膨脹と云ひ、温度一度昇る毎に零度に於ける單位の長さの受くる延長を其物質の線膨脹係數と云ふ。今或固體棒の l_0 に於ける長さを夫々 l_1 とし、線膨脹係數を α とすれば

$$\frac{l_1 - l_0}{l_0} = \alpha \Delta t \therefore l_1 = l_0(1 + \alpha \Delta t)$$

金屬硝子の如く各方向に於ける組織一樣なる物質の膨



脹係數は方向に關せず一定なるも、結晶體木材等にありては方向に依り其値異なり、又護謨管の如きは熱して收縮する除外例にして其膨脹係數は負なり。

線膨脹係數の表
(0° - 100°)

| | |
|---------------|---|
| 亞鉛 |+0.000029 |
| 鉛 |0.000029 |
| 錫 |0.000023 |
| アルミニウム |0.000023 |
| 眞鍮 |0.000019 |
| 銅 |0.000017 |
| 鐵 |0.000012 |
| 白金 |0.0000089 |
| 硝子 | $\left\{ \begin{array}{l} 0.0000070 \\ 0.0000090 \end{array} \right.$ |
| 水晶 (一旦融解せるもの) |0.0000007 |
| 方解石 | $\left\{ \begin{array}{l} \text{主軸の方向} +0.000026 \\ \text{主軸に直角} -0.000034 \end{array} \right.$ |
| 椶 | $\left\{ \begin{array}{l} \text{縦} \dots\dots\dots 0.0000049 \\ \text{横} \dots\dots\dots 0.0000034 \end{array} \right.$ |
| 護謨管 |約-0.0003 |

問 (一) ヲツプに熱湯を注げば破るゝことあるも試験管フラスコ等にては其

憂なきは何故ぞ。

(二) 水晶管を赤熱して之を水中に入るゝも破れざるは何故ぞ。

(三) 硝子に鐵線を封入すれば硝子は破るゝも、白金線にては然らざるは何故ぞ。

(四) 20度にて長さ二米の白金線を100度にて熱すれば其長さ幾何となるか。

(五) 零度の時正しき眞鍮の尺度にて二五度の時鐵線を測りしに其長さ四二一五米なりしと云ふ。鐵線の眞の長さ及零度の長さを求む。

二

體膨脹係數

固體・液體の體膨脹 或物體が溫度一度の上昇の爲に受くる容積の變化と、零度のときの容積との比を其物質の體膨脹係數と云ふ。今の及 ρ に於ける物體の容積を夫々 V_0 、 V とし體膨脹係數を β とすれば

$$\beta = \frac{V - V_0}{V_0 \Delta t} \quad \therefore V = V_0 (1 + \beta t)$$

固體に於ては其線膨脹係數は極めて小なるが故に、線膨脹係數の三倍は體膨脹係數に等し、即ち $\alpha = 3\beta$ なる關係あり。

線膨脹係數と體膨脹係數との關係

従つて固體の體膨脹係數は其線膨脹係數より計算することを得るなり。

液體の膨脹係數 (10° - 30°)

| | |
|------|---------|
| エーテル | 0.00163 |
| 酒精 | 0.00103 |
| 水銀 | 0.00018 |

水の比重

| c° | |
|----|---------|
| 0 | 0.99987 |
| 1 | 0.99993 |
| 2 | 0.99997 |
| 3 | 0.99999 |
| 4 | 1.00000 |
| 5 | 0.99999 |
| 6 | 0.99996 |
| 7 | 0.99993 |
| 8 | 0.99987 |
| 10 | 0.99973 |
| 20 | 0.99827 |
| 30 | 0.99567 |

斯の如く、液體は固體に比して其膨脹大なるが故に寒暖計の如く容器に液を入れて熱すれば液柱は管内に昇るなり。上昇せる此液柱の容積は液の膨脹と容器の膨脹との差にして、之を見掛の膨脹と云ふ。

前表に示す如く水は四度に於て最大比重を有し、温度が四度より上るも、又下るも軽くなるなり。

問 (一) 池水の表面より凍り始むる理由及び池底の水の温度の容易に零度とならざる理由を説明せよ。

三

シャルルの定律

$$\frac{V}{V_0} = \frac{p_0}{p}$$

$$\therefore V = \frac{p_0 V_0}{p}$$

$$V = V' \left(1 + \frac{1}{273} t\right)$$

$$= \frac{p_0 V_0}{p} \left(1 + \frac{1}{273} t\right)$$

氣體の膨脹 氣體は温度及壓力によりて著しく其容積を變ずるが故に、氣體の膨脹を考ふるに當りては其壓力を一定に保つを常とす。實測に依るに

一、一定の壓力に於ては、凡て氣體は温度一度昇る毎に零度の容積の $\frac{1}{273}$ づゝ膨脹す。

換言すれば、定壓力に於ては氣體の體膨脹係數は同一にして其値は $\frac{1}{273}$ なり、之をシャルルの定律と云ふ。従つて定壓力に於ての及 p に於ける氣體の容積間には次式の關係あり。

$$V = V' \left(1 + \frac{1}{273} t\right)$$

今標準状態(温度零度、壓力一氣壓)の氣體の容積を V_0 とし、其

ボイル、シャールの定律

温度及壓力を變じて、 P とせるとき、の容積を V とすれば
シャルル及ボイルの定律に依りて次式を得

$$V = \frac{76V_0}{P} \left(1 + \frac{T}{273} \alpha\right)$$

攝氏零度以下二七三度を基點として表はせる温度を絶對温度と云ふ、攝氏 t の絶對温度は $273 + t$ なり。攝氏 t 及 t_0 の絶對温度を夫々 T 及 T_0 とすれば前式は次の如くなる

$$\frac{PV}{T} = \frac{76V_0}{T_0}$$

問 (一) 温度七七度、壓力七五糎の時容積一立の氣體は温度一二七度、壓力八〇糎の時幾立の容積を占むるや。

(二) 壓力一氣壓、温度一五度の空氣一立方米の質量を求む、但し標準狀態の空氣一立方糎は〇〇〇一二九三瓦なり。

(三) 氣體を圓筒内に密閉し其膨脹を禁じて之を熱せしに九〇度るとき壓力五八三糎なり、き三五四度に熱すれば壓力は幾糎となるか。

第四章 融解及凝固

融解點
融解熱

融解凝固 一般に固體を十分に熱し之に特有なる或温度に達せしむれば遂に液體に變ず、之を融解と云ふ。固體が融解し始むれば急に熱するも單に融解を速ならしむるに止まり温度は不變なり。此温度を其物質の融解點と云ひ、物質の一瓦を融解するに要する熱量を其融解熱と云ふ。氷金屬の如き結晶體は明確なる融解點を有すれども、封蠟硝子の如き非結晶體を熱すれば漸次に粘くなりて遂に全く液化す、硝子細工にては此粘性を利用するなり。

一般に液體を冷却すれば固體に變ず、之を凝固と云ふ。液體が融解し始むれば急に冷却するも温度は變せず、之を其物質の凝固點と云ひ、其一瓦を凝固せしむるとき發生す

る熱量を凝固熱と云ふ。一般に、一物質の融解點は凝固點に等しく、融解熱は凝固熱に等し。固體と其融解液との混合物は之を熱し或は冷却するも、全部融解し或は凝固し終るまでは其温度は不變なり。

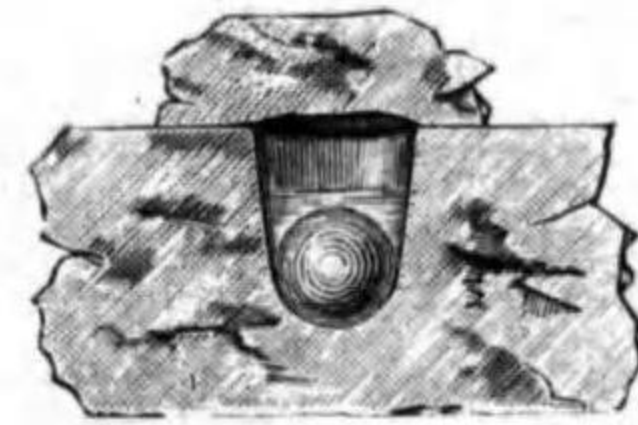
融 解 點

| | |
|--------|-----------|
| タングステン | 3000° |
| ヲスミウム | 2500 |
| タンタラム | 2250 |
| 白金 | 1800 |
| ニッケル | 1470 |
| 鐵 | 1200—1600 |
| 硝子 | 1000—1400 |
| 銅 | 1080 |
| 金 | 1060 |
| 銀 | 960 |
| 亞鉛 | 420 |
| 鉛 | 325 |
| 錫 | 230 |
| 氷 | 0 |
| 水銀 | -39 |
| 鹽素 | -102 |

融 解 熱

| | |
|----|----------|
| 氷 | 80. カロリー |
| 亞鉛 | 28.1 |
| 白金 | 27.2 |
| 鉛 | 5.4 |
| 水銀 | 2.8 |

前表は一氣壓の下に於ける純粹なる物質の融解點にして、若し他の物質を混すれば融解點は降下す。例へば水に食鹽を溶解すれば濃度大なる程氷點は降下し、又白鐵の融解點は其成分なる錫亞鉛の融解點より低きが如し。



問 (一) 零度の氷一〇〇瓦を六七度の水三〇〇瓦中に投入せしに最終の温度

三〇度となれりと云ふ氷の融解熱何程。

(二) 九五度に熱したる銀塊一〇〇瓦を零度の氷塊中に穿てる孔の中に入れたるに七二瓦の氷を融解し得たりと云ふ、銀の比熱を求む。

二

寒劑 固體が液體に溶解するときには熱を吸収し溶液の温度降下することあり、之を利用して低温度を生ぜしめ得るなり。氷と食鹽とを混合すれば食鹽の溶解と氷の融解と相助けて著しく温度降下す。此種の混合物を寒劑と云ひ、物體を冷すに用ふ。

寒劑の表

| 混合物 | 重さの割合 | 最低温度 |
|----------|-------|------|
| 硝酸アムモニウム | 1) | -15° |
| 水 | 1) | |
| 硫酸ソーダ | 8) | -18° |
| 鹽酸 | 5) | |
| 雪 | 2) | -22° |
| 食鹽 | 1) | |
| 雪 | 3) | -51° |
| 鹽化カルシウム | 4) | |

三

壓力と融解點との關係 多くの物質は凝固の際收縮するも、水・鐵・蒼鉛及アンチモニー等は其際膨脹す。水が氷結する際膨脹せんとする壓力は強大なり、岩石の間隙に浸入せる水が冬期氷結して之を破壊し、又水道鐵管の冬期に破裂することあるは是が爲なり。金・銀・銅等は凝固の際收縮し鑄造に適せざるが故に貨幣の紋章は鋼鐵の型にて打出すなり、又活字金は鉛・アンチモニーの合金にして凝固の際膨脹するを以て鑄造に適す。

融解點と壓力との關係

物質の融解點は通常の壓力にては一定なるも、之に強き壓力を加ふれば多少の變化を受く。融解の際膨脹する物質に強壓を加へて其膨脹を妨ぐれば融解點は昇り、之に反して融解の際收縮する物質に強壓を加ふれば融解點は降下す。例へば石蠟の融解點は 46° なるも之に85氣壓の壓力

を加ふれば 49° となり、又氷は一千氣壓にては 7.5° にて融解するが如し。故に氷に強壓を加ふれば融解點降下して融解するも壓力を取去れば再び氷結す、此現象を復氷と云ふ。

問(一) 二個の氷片を押し合せば結合するは何故ぞ。
(二) 冬期雪丸を作るに固まらざることあるは何故ぞ。

第五章 氣化及液化

蒸發

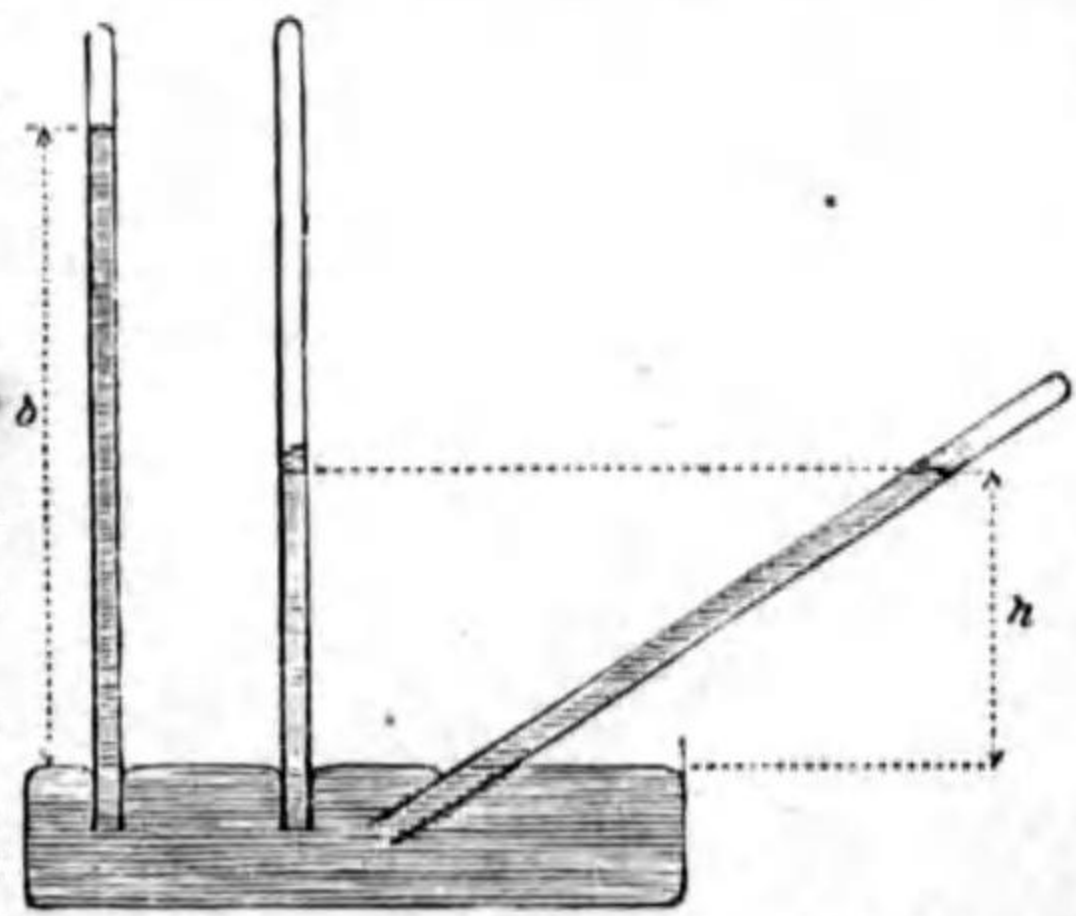
一

氣化 液體の氣體に變ずるを氣化と云ひ、氣體の液體に變ずるを凝結又は液化と云ふ。液體を空氣中に開放すれば其温度の如何に關はず其表面に於て氣化するを常とす、之を蒸發と云ひ、發生する氣體を蒸氣と云ふ。

液體をトリセリーの眞空内に送れば液體は忽ち蒸發し液面の蒸氣の壓力が或値に達すれば蒸發止む、而して管を

最大壓力

傾くれば蒸氣は一部分凝結し管を直立すれば液體は更に蒸發して、液體に接せる蒸氣の壓力は一定の温度に於ては常に一定なるを見るべし。此壓力を其温度に於ける蒸氣の最大壓力と云ひ、最大壓力に達したる蒸氣を飽和蒸氣と云ふ。蒸氣の占むべき場所を増し液體が全部蒸發し去りたる後尙ほ其場所を増せば蒸氣の壓力は最大壓力よりも小となる。此蒸氣を不飽和蒸氣と云ふ。不飽和蒸氣は略、ボイル、シャルルの定律に従ふ。蒸氣の最大壓力は次表に示す如く温度と共に増加す。液に接せる場所が他の氣體又は蒸氣にて充たさるゝときは其蒸發は眞空内に於ける如く迅速ならざるも、蒸氣が



昇華

沸騰點

二

最大壓力に達する迄は液體の蒸發は止まざるなり。

固體が直接に氣體に變ずるを昇華と云ふ、樟腦、沃素、零度以下の氷等は昇華を爲す適例なり。

問 (一) 前圖の實驗に於て水銀管を温むれば水銀柱降り、之を冷せば水銀柱昇るは何故ぞ。

(二) 揮發油の瓶、酒精燈等に於て緊く栓をなす必要あるは何故ぞ。
(三) 風通し良き處にて濕りたる物の早く乾くは何故ぞ。

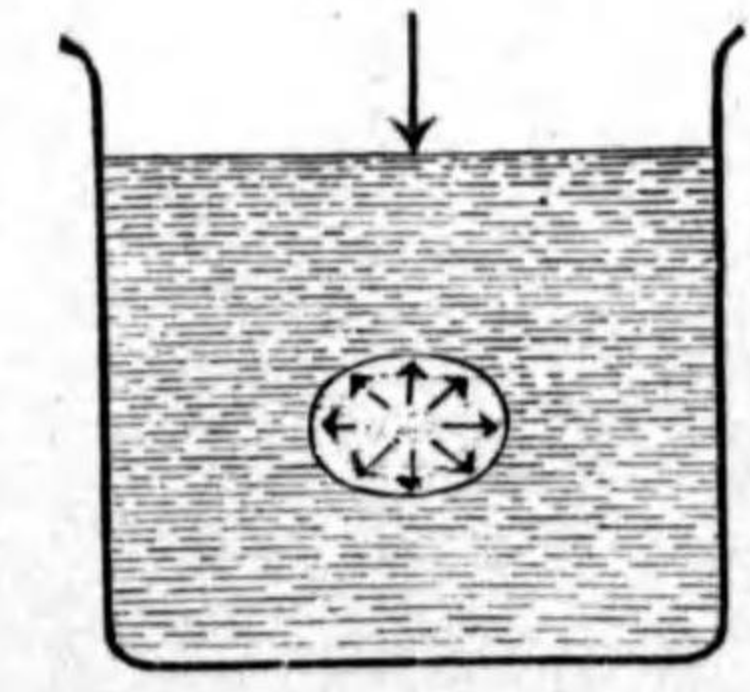
沸騰 液體を熱すれば表面の蒸發盛となり、其温度が或値に達すれば液體の内部より蒸氣泡上騰するに至る、此現象を沸騰と云ひ、此時の蒸氣の温度を沸騰點と云ふ。液體内

最大壓力の表

| 温度 | 水 | 酒精 | エーテル |
|------|-------|-------|------|
| -20° | 0.1 糎 | 0.3 糎 | 7 糎 |
| 0 | 0.4 | 1.2 | 18 |
| +20 | 1.7 | 4.4 | 44 |
| 40 | 5.5 | 13.4 | 91 |
| 60 | 14.9 | 35.1 | 173 |
| 80 | 35.5 | 81.2 | 300 |
| 100 | 76.0 | 169.0 | 490 |
| 120 | 149.0 | 322.0 | 760 |

沸騰點と壓力との關係

に於て蒸氣泡が膨大する爲には、其最大壓力が液面に働く氣壓と液體の重さに依りて生ずる壓力との和より大なるを要す、故に液體を熱して其面より出づる蒸氣の最大壓力が氣壓に等しき溫度に達せしむるか或は液面の壓力を減じて液體より發する蒸氣の最大壓力に等しくすれば液體は沸騰し始むるなり。



問 (一) 高山の頂にて食物のよく煮えざることあるは何故ぞ。



(三) 空氣ポンプを用ひ水面の壓力を四耗とするときの沸騰點は何度なるか。

(二) フラスコに半ば水を入れ十分沸騰するを待ちて密閉し之を倒さにして底部に冷水を注げば水の盛に沸騰するは何故ぞ。

三

氣化熱 液體が氣化するときには熱を吸收す、液體が沸騰するとき其溫度の一定にして昇らざるは是が爲なり。一般に、或溫度に於ける液體の一瓦を同溫度の蒸氣に變ずるに要する熱量を其溫度に於ける氣化熱と云ふ。液體に接せる場所が其蒸氣にて飽和せられざる間は液體は蒸發を繼續するが故に、氣化熱の爲に自己及周圍の熱を吸收して寒冷を生ず。

沸騰點の表 (一氣壓)

| | |
|-------|--------|
| 銅 | 2100° |
| 水銀 | 357 |
| 水 | 100 |
| 酒精 | 78.4 |
| エーテル | 34.9 |
| アムモニヤ | -33.5 |
| 酸素 | -182.4 |
| 窒素 | -195.6 |
| 水素 | -252.6 |

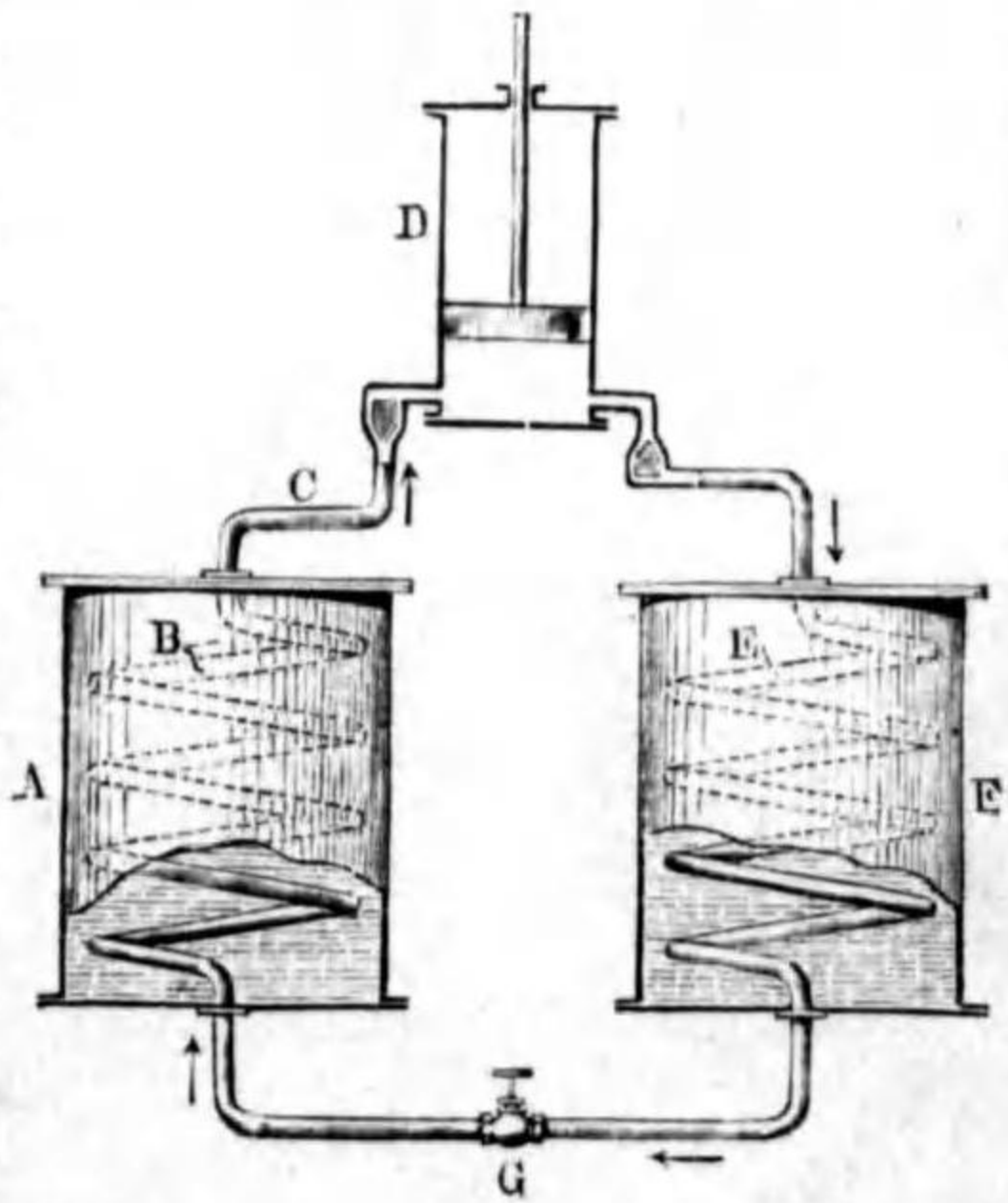
氣化熱の表 (沸騰點)

| | |
|-------|------|
| | カロリー |
| 水 | 536 |
| アムモニヤ | 341 |
| 酒精 | 205 |
| エーテル | 91 |

製氷機はアムモニヤの氣化熱を利用せるものにして、ボ

製氷機

ン・P・DにてアンモニヤをE管内に壓縮して液化せしめ、之を水にて冷却したる後B管内に送りて蒸發せしめ、A器中の鹽水を冷却し以て其内に沈めたる罐内の水を氷結せしむ。



問(一) 空氣中に開放せる瓶内の水の温度は室内の温度よりも低く、之に栓を施せば室内の温度と同一となるは何故ぞ。

(二) 二〇度の水五〇〇瓦に一〇〇度の水蒸氣を通じたるに四〇度の水五

二〇瓦を得たりと云ふ、水の氣化熱を求めよ。

四

液化 凡て氣體は強壓を加ふるか或は冷却すれば飽和して遂に液化するに至る、然れども或温度以上にては如何に壓縮するも液化せず。此温度を其氣體の臨界温度と云ひ、

臨界温度

臨界壓力

此温度に對する最大壓力を臨界壓力と云ふ。故に氣體を液化するには之を其臨界温度以下の温度に於て壓縮するか或は冷却すれば可なり。水・酒精等の蒸氣は其臨界温度高きが故に常温に於て單に之を壓縮するのみにて液化し得るも、水素・空氣等の臨界温度は甚だ低きが故に、液化の條件明らかならずして單に壓力のみを加へて液化を試みし時代には永久瓦斯の名ありしも現時は何れも液化し得るに至れり。強壓にて壓縮せる氣體を小孔より低壓の場所に噴出せしむれば、其温度降下す而して此温度の降下は氣體の温度低き程大なり、例へば温度一五度の空氣を二〇〇氣壓より一氣壓の處に噴出せしむれば温度は -34° となり更に之を

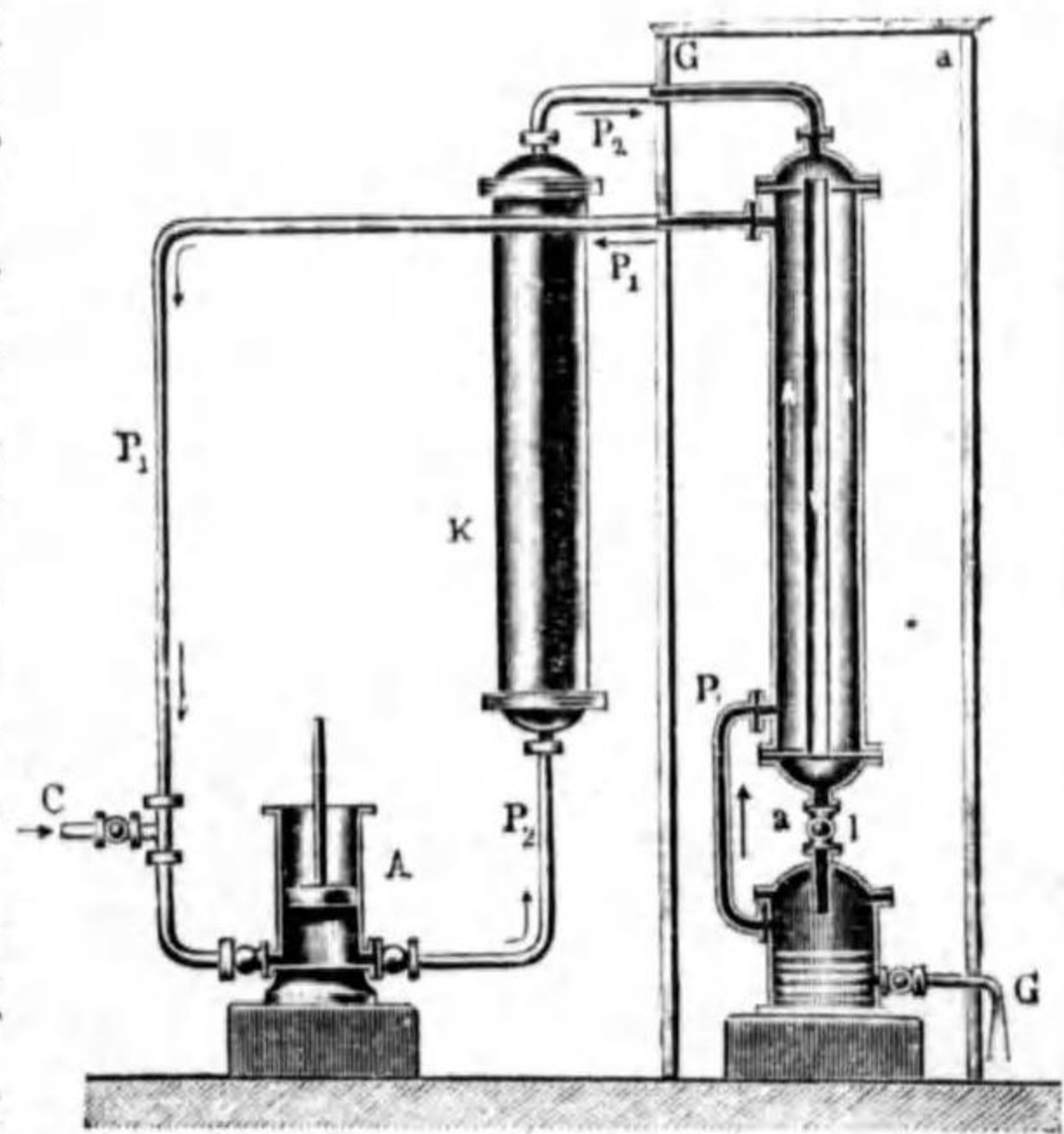
| | 臨界温度 | 臨界壓力 |
|-------|----------------|-------------------|
| ヘリウム | -267° | 2 ^{mmHg} |
| 水素 | -241 | 15 |
| 窒素 | -146 | 35 |
| 空氣 | -140 | 39 |
| 酸素 | -119 | 51 |
| アルゴン | -117 | 53 |
| 炭酸瓦斯 | $+32$ | 77 |
| アムモニヤ | $+132$ | 109 |
| 酒精蒸氣 | $+243$ | 63 |
| 水蒸氣 | $+365$ | 197 |

リンデの空氣
液化機

五

同一の壓力の差にて噴出せしむれば
となるが如し。空氣液化機は此原理を
利用せるものにしてポンプAに依りC
口より空氣を吸入し之を壓縮して寒劑
を入れたる冷却器Kにて冷却したる後
凝結器G内の二重管の内管に導き其下
端の細孔より噴出せしむ。斯くて冷却
したる空氣は二重管の外管を経て内管の空氣を冷やしつツツポンプに還り逐
次同様の作用にて冷却し終に細孔より噴出するとき液化するに至るなり。

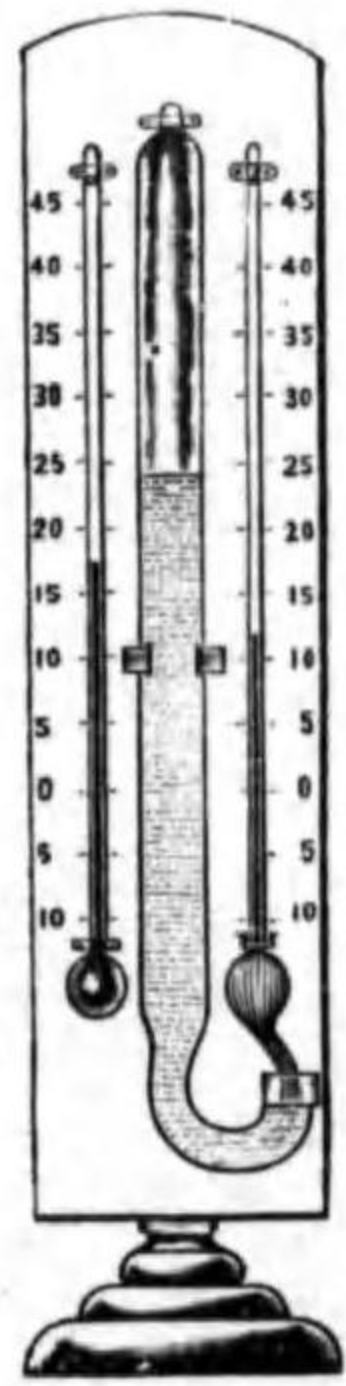
湿度 海河湖沼等は斷えず水を蒸發するが故に大氣は常
に多少の水蒸氣を含有す。濡れたる物體が速かに乾くと
きは其周圍の空氣は乾燥せりと云ひ、然らざる場合には濕
潤せりと云ふ。故に空氣の乾濕の度は空氣が現に含有す



る水蒸氣の量以上に尙ほ水蒸氣を含み得る餘裕の大小に
依りて定まるを知る。空氣中に現存する水蒸氣の壓力と
其温度に對する最大壓力との比を湿度と云ひ、之を以て空
氣の乾濕の度を測る。通常此比を百倍して濕度を表はす、
されば濕度一〇〇なる空氣中には水は蒸發することな
し。

乾濕球濕度計

通常濕度を測るに用ふる乾濕球濕度計は二個の寒暖計



を併べ一方の球を濕へる布
にて包みたるものなり。濕
度大なれば水の蒸發少く濕
度小なれば其蒸發盛なるが故に、濕度の大小によりて二個
の寒暖計の示度に差を生ずべし、故に其温度を測りて濕度
を求め得るなり。

露點

雲・霧・霞

雨・霰

雪

露・霜

大氣の一部が次第に冷却すれば其濕度増加し水蒸氣は遂に飽和の状態に達すべし、其時の溫度を露點と云ふ。若し氣温が露點以下に降れば水蒸氣の一部は凝結して細微なる水滴となる、雲・霧・霞是なり。雲を構成する細滴相集まりて落下するは雨にして、寒冷なる氣層を通過して雨滴の氷結せるものは霰なり。露點が零度以下なれば水蒸氣は直ちに氷結して細微なる氷片となる雪雲是なり、氷片増大して降下するものは雪なり。

地上の物體が輻射の爲に冷却し之に接する空氣の溫度降りて露點以下となれば其表面に露を結び、露點が零度以下なれば霜を結ぶ。

間 (一) 室内を温むれば空氣の乾燥するは何故ぞ。

(二) 夏日曇天の夜は露少く、晴天の夜は露多きは何故ぞ。

第四編 運動及力

十

第一章 運動の定律

一

速度 運動體の速度とは運動體の位置を變化する遲速の

度即ち速さと運動の方向とを併せ考へたるものなるが故に、速度の方向に直線を引き速度の大きさに比例して其長さを取れば之を以て速度を表はすことを得べし。

運動體が t 時間に長さ s なる道程を通過したりとし、其速度の大きさを v とすれば

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

速さの一定なる等速運動にありては上式は運動體の實際の速さを示し、停車場の前後に於ける汽車の運動、落體の運動の如き不等速運動にありては上式は平均速度を與ふ。

此場合に於て、或時刻の速度は物體が其時刻に有する速度にて其儘運動するものと考ふるとき、單位時間に通過すべき距離を以て測るなり。

二

速度の合成 客車が一定の速度OAにて地面に對し位置PよりP'に進むと共に車中の人が車に對し速度OBにてOよりBに進みたりとすれば、人は單位時間の後



には地面に對してOA・OBを二邊とする平行四邊形の對角線OCを畫きC點に達すべし。斯の如く、一般に物體が同時に二つの速度を受くるとき物體の運動する速度を合速度と云ふ。故に、二つの速度の合速度は之を表はす二直線を二邊とする平行四邊形の對角線にて與へらる。之を速度の中斜法と云ふ。又逆

速度の中斜法

に一つの速度を中斜法によりて二つの分速度に分解し得べし。

運動の合成・分解

上記速度の合成及分解は各速度に對する運動の合成及分解と見做し得るなり。

問 (一) 静水にて三秒米の速度にて漕ぎ得る舟子が速度四秒米の流水に直角に漕ぐときは舟の速度如何。

(二) 前問に於て河幅を一八〇米とすれば渡るに要する時間及舟の押流さるゝ距離何程。

(三) 風なき日、雨を防ぐに疾走する人は傘を前方に傾くるを要する理由を説明せよ。

三

加速度 速度の變化する運動に於て、時を経るに従ひ速度の變化する割合を加速度と云ひ、單位時間に變化する速度を以て之を測る。例へば初速度二秒糶の運動體が一樣に

速度を増加して三秒時後の速度八秒糶となりたりとせば
加速度は毎秒二秒糶或は二秒秒糶なり。斯の如く、加速度
を示すには時及速度の單位を併記するを要す。

一般に運動體が一直線に沿ふて常加速度 a にて t 時間
運動し速度が v_0 より v に増加したりとせば

$$v = v_0 + at$$

此時間に通過せし道程 s は平均速度と時間との積に等し
きが故に

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

初速度なきときは上式の v_0 を零と置き、又加速度が初速度
と反對の方向に向ふときは上式の a を負とすべし。

問(一) 運動體の速度が八秒間に四〇秒糶より一二〇秒糶に増したりとせば
加速度如何。

v_0 $t(v_0 + \frac{1}{2}at)$

四

運動の定律

物體に力が働かざる場合には慣性により其

速度の一定なること已に述べたるが如し、實驗に依るに物
體に力が働くときは物體は其方向に加速度を得、而して一
物體に種々の力が働く場合には加速度は力の大なるほど
大にして、一力を種々の物體に働かしむるときは其加速度
は物體の質量の大なるほど小なり。種々の實驗併びに觀
測によるに

力・が・物體・に・働く・間・は・物體・は・力・の・方向・に・一定・の・加速・度・を
受・く・而・して・此・加速・度・は・力・の・大・さ・に・正・比・例・し・物體・の・質・量

に逆比例す。

之を運動の定律と云ふ。此定律は力の物體に與ふる効果を示すものにして、此効果は物體の運動の状態及他力の有無に關係せず。

力の此効果に基きて力の單位を定め得べし。力のC.G.S.單位は一瓦の物體に働きて一秒秒繩の加速度を生ずる力にして、之を一ダインと云ふ。此單位を重力單位に對して力の絕對單位と云ふ。質量 m 瓦の物體に働きて a 秒秒繩の加速度を生ずる力 f は ma ダインなり、即ち

$$f = ma$$

運動の三定律

慣性の定律、運動の定律及反作用の定律は力學の基礎にして之をニュートンの運動の三定律と云ふ。

問(一)質量五瓦の靜止せる物體に千ダインの力が働くとき三秒後の速度及

ダイン

力の絕對單位

其間に經過せし距離何程。

(二)一ダインの力は約一鼈重に等しきことを示せ。

(三)河流を渡るに對岸に直角の方向に舟を漕ぐときは之に要する時間は水の靜止せるとき渡るに要する時間に等しき理由を説明せよ。

五

運動量力積 力の運動體に及ぼす効果は力大にして時間の長き程大なり。今質量 m 、速度 v なる運動體に一定の力 f が t 時間作用して其速度を v に増したりとせば加速度 a は

$$a = \frac{v-v'}{t} \therefore at = v-v'$$

なるが故に

$$ft = mat = mv - mv'$$

運動體の質量と其速度との積を運動量と云ひ、之に働く力と力の働く時間との積を力積と云ふ。故に力の作用に依

運動量力積

りて物體の得る運動量の變化は其力積に等し。

力の効果は物體の運動の狀態に關せざるが故に、運動體を止むるには其運動量に等しき力積を反對の方向に作用せしめて運動量を零とすれば可なり。此際力積の値は一定なるが故に、力の大きさは時間に逆比例す。打撃衝突等の際大なる力の表はるゝは其作用する時間の小なるが爲にして、車體をバネにて支ふるは其時間を長くして激動を緩和するが爲なり。

問(一) 質量一〇瓦の物體に三〇ゲインの力が五秒時間働くとき物體の得る運動量を求めよ。

(二) 質量二〇瓦の彈丸が銃口に於て四〇〇秒米の初速度を得たりとし銃身を通過する時間を二〇分の一秒とすれば火藥の力は幾許なるか。

(三) 大人が釘を木に押し入れ能はざるに、小供が鎚を用ふれば容易に打ち

込み得る理由如何。

(四) 野球を受け止むるに手袋を用ひ、又手を後に引くは何の爲なるかを説明せよ。

(五) コップを疊の上に落すときは破碎せざるも石の上に落せば破碎するは何故ぞ。

六

作用及反作用の運動量 二物體が互に作用するときは之に働く作用及反作用は互に相等しく方向反對なり。此際に物體の受くる加速度は其質量に逆比例して相等しからざるも、運動量の變化は互に相等し。何となれば、今二物體の得たる速度を v 、 v' とし其質量を m 、 m' とすれば二物體に働く力積は相等しきが故に

$$mv = m'v'$$

即ち相互作用によりて、二物體の得る運動量は相等しく、其

速度は質量に逆比例す。銃を發射するとき肩に激動を感ずるは銃の運動量を肩にて打ち消すが爲にして銃丸の異なる速度を得るは其質量銃に比して遙に小なるに由る。

問(一)質量二〇瓦の銃丸を四〇〇秒米の速度にて發射するとき銃の受くる

運動量は幾許なるか、又之を十分の一秒間に止むるときは肩の受くる

反作用は幾許なるか。

(二)質量の比が一と百なる二つの舟が水上にて一定の力にて互に引き合ふとき動くべき距離の比は幾許なるか。

第二章 物體の運動

一 重力の加速度 地上の物體は絶えず重力の作用を受くるが故に、落體は下方に向ふ一定の加速度を有す。物體に働く重力は一定地に於ては其質量に正比例し其種類に關係

重力の加速度

せざるが故に、運動の第二定律に依り落體の加速度は鉛直に下方に向ひ一定地に於ては其値は物體の質量及種類に關係せず。



此加速度を重力の加速度と云ひ g にて表はす、其値は場所によりて異なるも約九八〇によりて異なるも約九八〇秒秒糎なり。鉛球、羽毛等の落下するに遅速の差あるは

空氣の抵抗に基く、之を真空中にて落下せしむれば同時に降下し加速度の一定なるを見るべし。

質量一瓦なる物體の重さは重力單位にて表はせば一瓦重なるも絶對單位にて表はせば g ダインなり、之を重力の強さと云ふ。従つて一ダインは $\frac{1}{g}$ 瓦重即ち約一珥重に當る。一般に質量 m 瓦なる物體の重さを w とすれば

重力の強さ

$$w = mg \text{ ダイン}$$

二 落體の運動

地上の落體は下方に向ふ一定の加速度 g 秒
秒糎を有す。故に物體が靜止の有様より落下するとき t
秒後の速度を v 秒糎とし、其間に降下せし距離を s 糎とす
れば(本編第一章三)

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

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

上式より t を消去し、距離と速度との關係を求むれば

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

若し物體を v_0 秒糎の初速度にて鉛直に突き落すとき、 t 秒
後の速度を v 秒糎、其間の降下の距離を s 糎とすれば

$$v = v_0 + gt \dots\dots\dots (4)$$

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} gt^2 \dots\dots\dots (5)$$

上式より t を消去すれば

$$v^2 = v_0^2 + 2gs \dots\dots\dots (6)$$

又物體を v_0 秒糎の初速度にて上方に抛げ上ぐるときは
加速度は運動の方向と反對の方向に向ふが故に前式の加
速度を負と置きて次式を得

$$v^2 = v_0^2 - 2gs \dots\dots\dots (7)$$

$$s = v_0 t - \frac{1}{2} gt^2 \dots\dots\dots (8)$$

$$v^2 = v_0^2 - 2gs \dots\dots\dots (9)$$

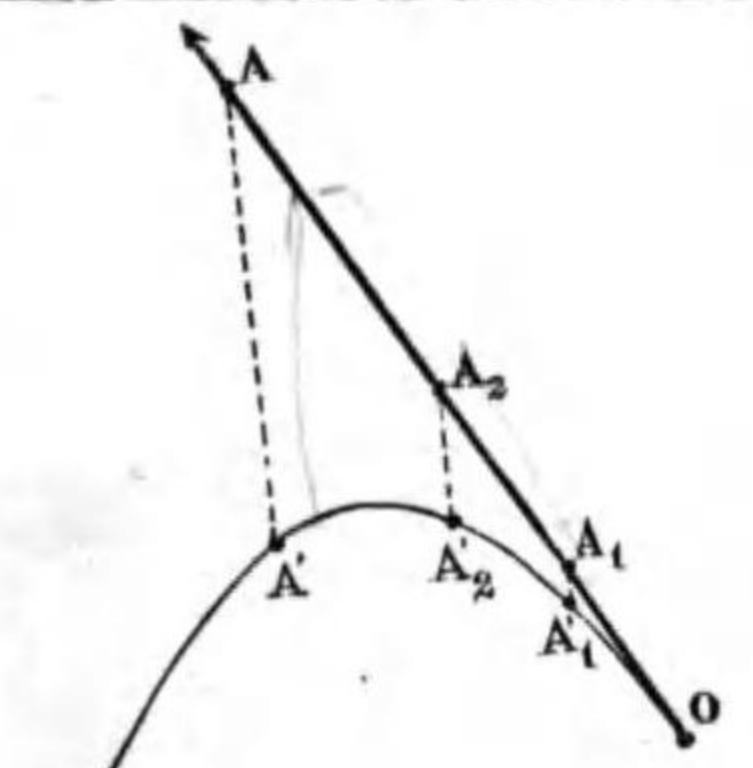
前式中(4)(5)(7)(8)等を見るに物體の速度及道程は重力の
働かざるべきの値に重力の作用に基く速度 gt 及距離 $\frac{1}{2}gt^2$
を其儘加減したるものにして、重力の効果が物體の運動の
状態に關係なきを見るべし。

問(一) 橋上より石を落せしに一、五秒時の後水面に達せしと云ふ橋の高さ幾何。

(二) 上方に秒繩の速度にて投げ上げたる物體の昇降時間及上昇距離を求めよ。

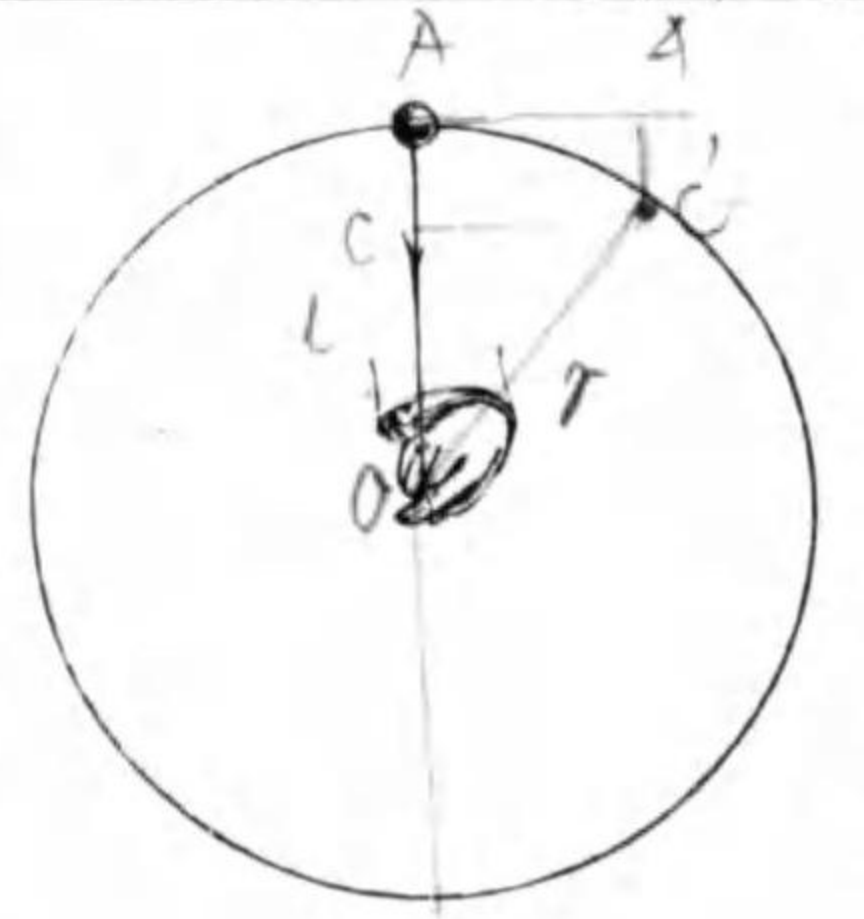
(三) 花火を打上げたる時刻より四秒時を経て爆發を見たりと云ふ其上昇せし高さ及初速度を求めよ、但し花火は最高點にて爆發したるものとす。

三 抛射體



點OよりOAなる任意の方向に初速度 v にて物體を投射するとき、若し重力の作用なしとせば物體は等速度運動を爲し、 t 時の後には $OA = vt$ 丈け進みてA點に達すべし。然るに物體は重力の作用を受け其効果は運動の状態に關せざるが故に、 t 時の後には重力の爲に $\Delta A_1 = \frac{1}{2}gt^2$ 丈け落下してA'點を占む。斯の如くにして物體が各時刻に占むる位置を求めれば、抛射體は拋物線と稱する圖の如き曲線を書くを見る。

四 圓運動



問(一) 高さ一二二、五米の塔の上より二〇秒米の速度にて物體を水平に投射すれば、物體は幾秒時の後塔の麓より幾米の前方に落つるか。

物體の慣性に打勝ち、其速度の方向のみを變ずるにも力を要す、而して此力の方向は常に速度に直角なり、何となれば若し力が速度の方向に分力を有すれば速度の大きさも亦増加せざる可からざればなり。例へば、絲の一端に石を結び他端を持ちて圓運動を爲さしむるには、手は一定の力にて半徑の方向に石を引くを要す、此力を向心力と云ふ。向心力の反作用として手は外方に引かる、此力を遠心力と云ふ。質量 m 、速度 v の秒繩の物體に半徑 r の圓運動を爲さしむるに必要なる向心力の大きさ F を運動の定律によりて計算すれば

向心力、遠心力

半径 r
角速度 ω
速度 $v = r\omega$

$$f = m \frac{v^2}{r} \text{ ダイン}$$

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

前圖の場合に、石の速さを漸次に増加して向心力を大ならしめ、糸が張力に堪へ得ずして遂に切斷するときは、石は自己の慣性により、圓に切線の方向に飛び去るなり。

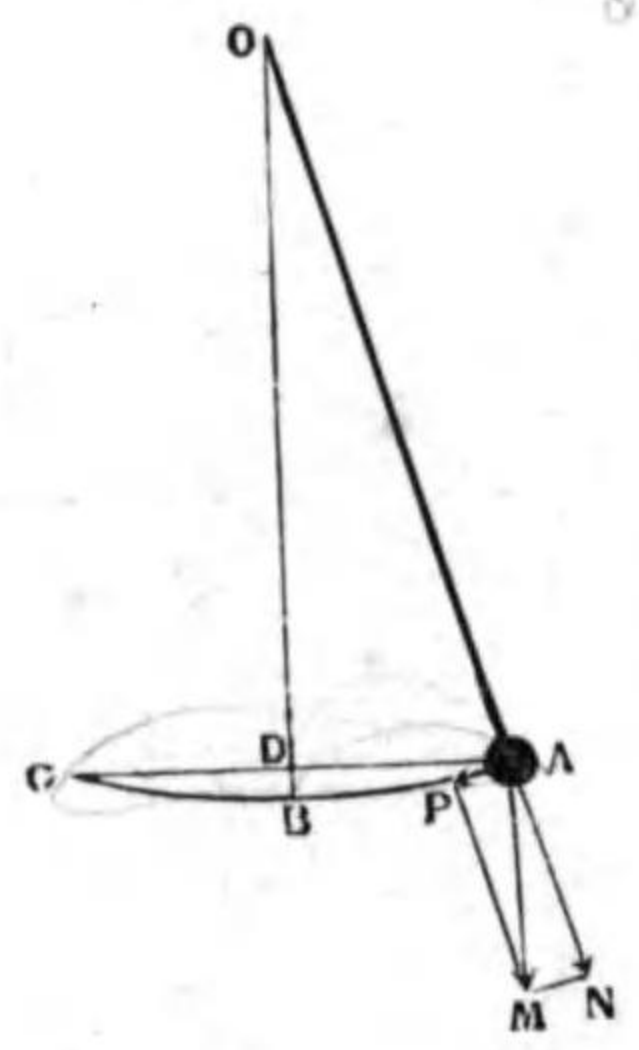


騎馬にて圓形の馬場を疾走するには、馬及人は斜に内方に傾くを要す、何となれば重心に働く重さ w を傾きたる方向の力 GA と水平力 AB とに分解して考ふるに、 AB は向心力の作用を爲し、 GA は地面の反作用と釣合へばなり。

問 (一) 汽車の線路にて彎曲せる所は、其外側を高くせるは何の爲なるか。
(二) 地球の自轉が現在の速さの約一七倍となれば、赤道の物體の重さは消

五

振子 細き糸にて錘を吊したる装置を振子と云ふ。錘を其靜止點 B より A に移して放てば、錘は圓弧 AC を畫きて左



右に振動す可し。圓弧 BA を振幅、一回の往復に要する時間 T を週期と云ふ。糸の長さ l を振子の長さとして云ふ。計算併に實驗に依るに、振幅が餘り大ならざるときは、週期は次式にて與へらる

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

故に、振幅が餘り大ならざる間は、振子の週期は錘の質量及振幅の大小に關係せず、之を振子の等時性と云ふ。此式に

振子の等時性

表の

| 場所 | 秒秒 |
|--------|-------|
| 赤道 | 978.0 |
| 東京 | 979.8 |
| 京都 | 979.7 |
| 富士山頂 | 978.8 |
| 緯度 45° | 980.6 |
| 極 | 983.2 |

依り振子の長さとして週期とを測定すれば重力の加速度を求むることを得るなり。

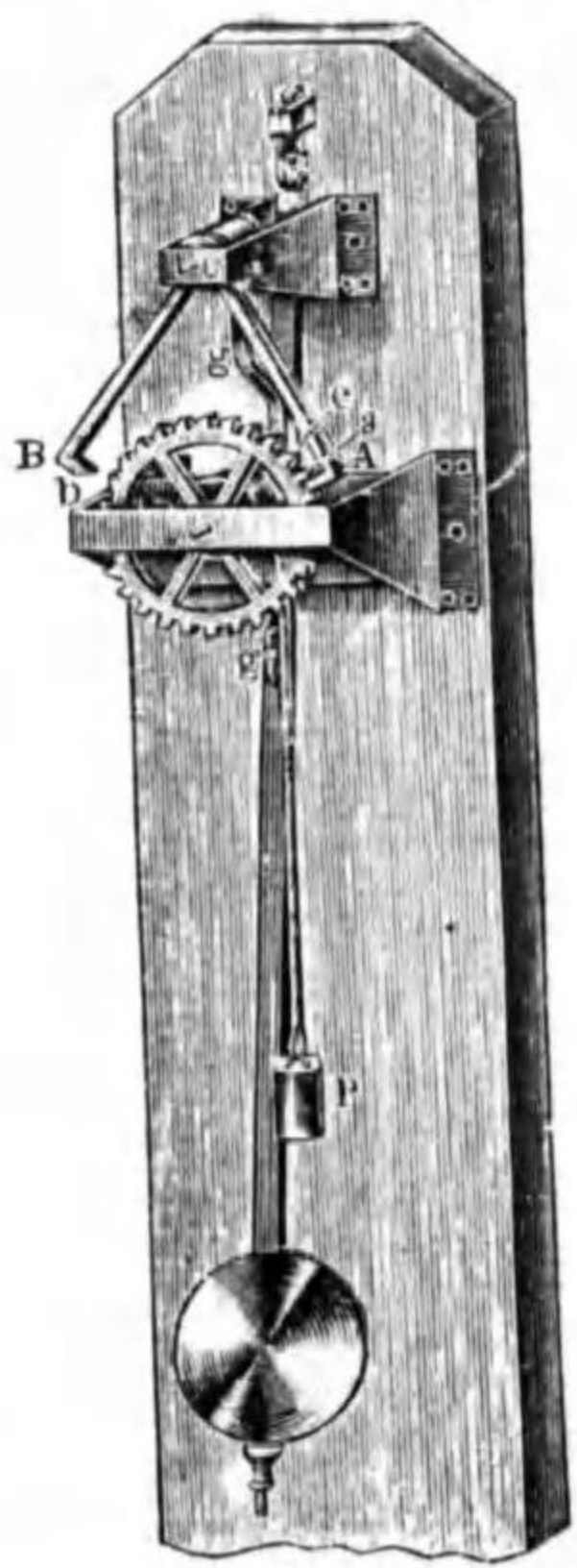
問 (一) 同一の單振子を東京と富士山頂とにて振動せしむれば其週期の比幾何なるか。

(二) ゼンマイ秤にて物體を秤るに赤道にて一〇〇瓦なりとせば之を極地に持ち行かば秤の示度は幾瓦となるべきか。

六

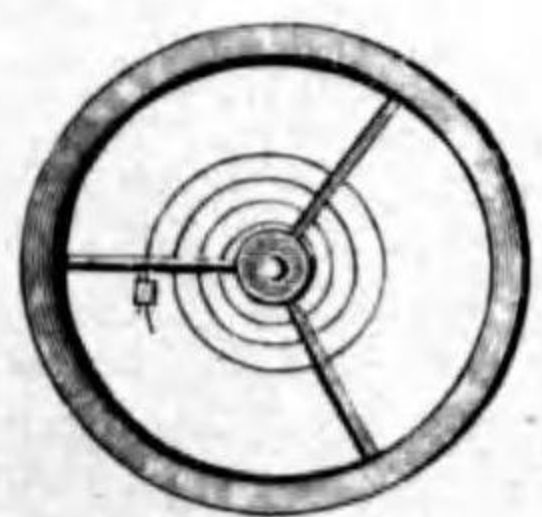
振子時計 振子時計は振子の等時性を利用したるものにして其要部はアングルと稱する金屬片AB之を動かす振子及齒車abより成る。齒車の軸に綱を巻き其下端に錘Pを吊して車を廻轉せしむ。圖の位置にては齒車の齒aはア

ンクルの一端Aにて抑へらるれども振子が左方に動き鉛直の位置を通過すればA端は齒aを放ち齒bはB端にて抑へらる。此際齒aは



A端を押して振子の振動を助け其振動を繼續せしむ。順次同様にし

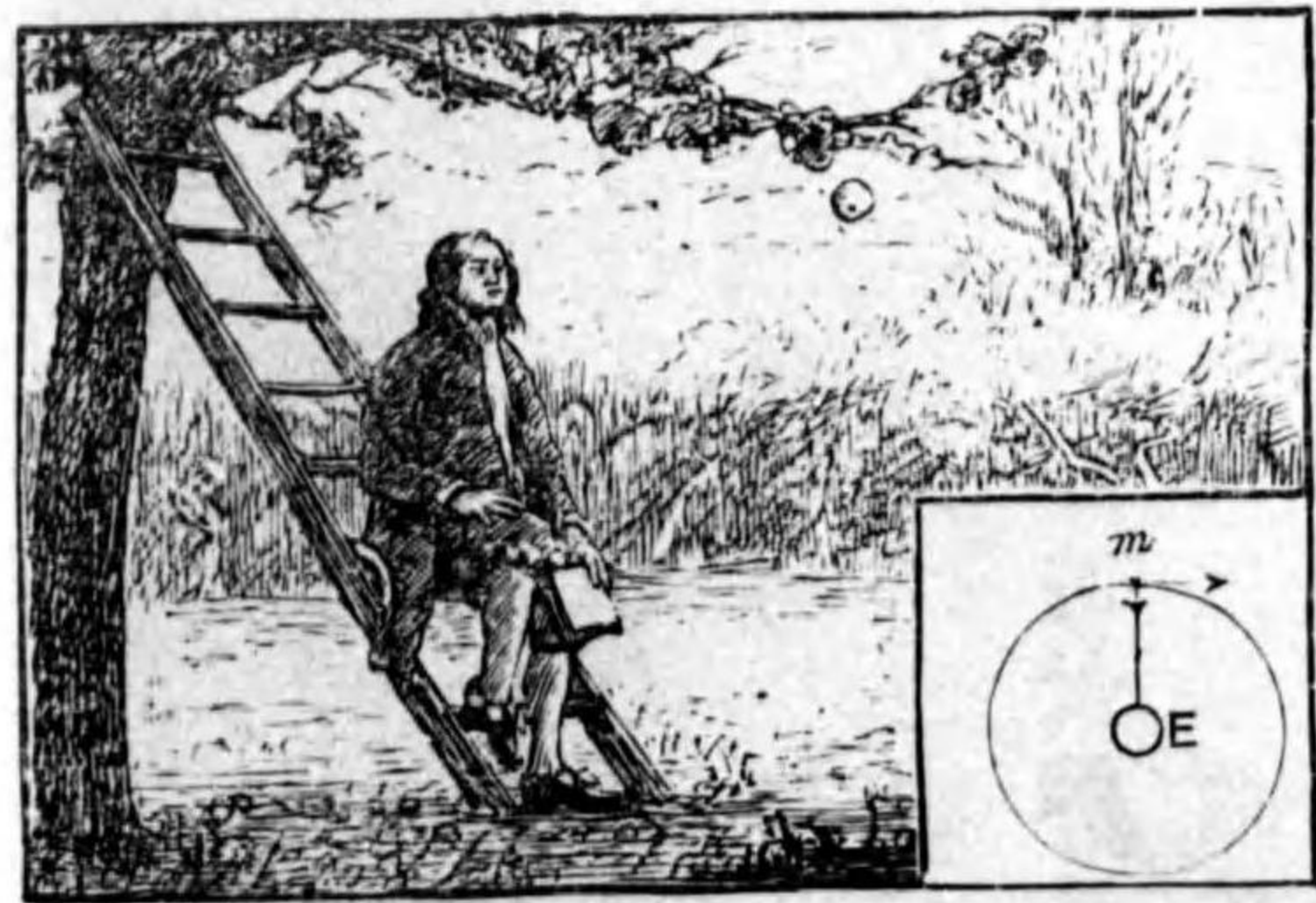
て振子は其振動を續け一振動毎に齒車を一齒だけ廻轉せしむ。此齒車の運動を他の齒車に傳へ以て秒分時計等を廻轉せしむるなり。現時使用する柱時計に於ては錘の代りに齒車の軸に強き鋼製の渦狀螺旋を巻き其彈力によりて車を廻轉せしむるを常とす。又懷中時計に於ては振子の代りに金屬輪の廻轉軸に鬚ゼンマイと稱する細き渦狀螺



旋の一端を固定したるものを用ふ。此螺旋は其弾力により等時性の廻轉振動をなし、以て齒車の廻轉を制御するなり。

七
萬有引力 月が地球を周り遊星が太陽を周りに飛び去らざる爲には是等の天體に向心力の作用するを要す。ニュートンは物體の重さと同種の力が遠く月と地球、遊星と太陽等一般に各天體間に働くものと推定し、研究の結果次の定律を發見せり。

凡て宇宙間の二物體は其質量の積に正比例し、距離の二乗に逆比例する力を以て互に相引く。



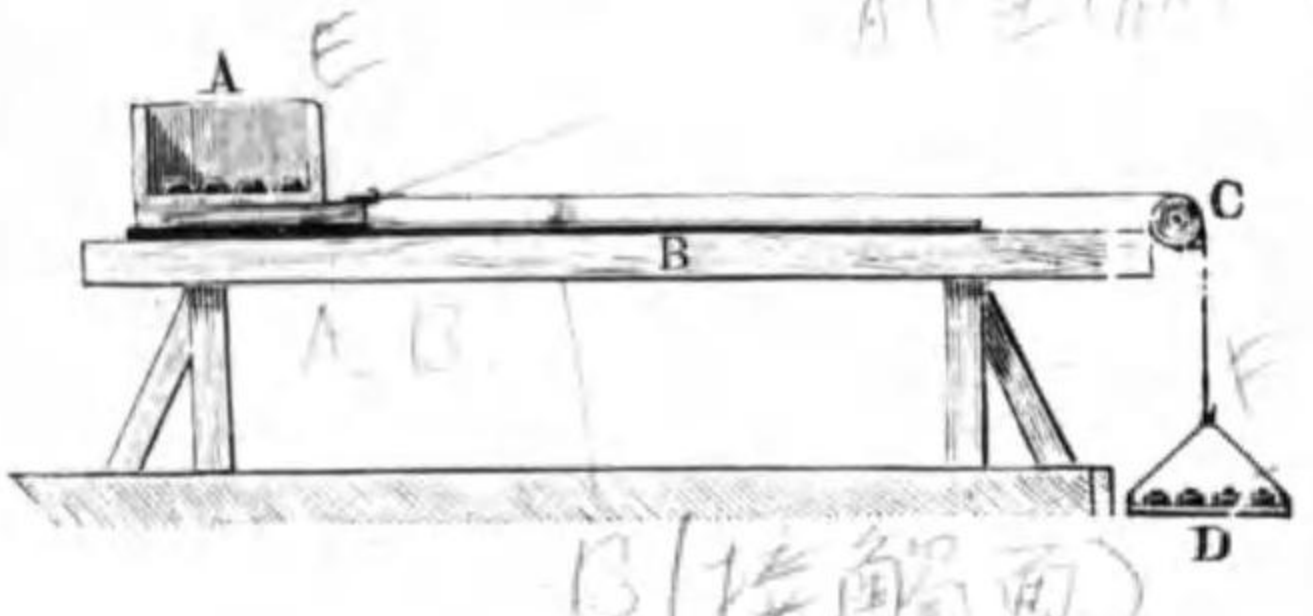
之を萬有引力の定律と云ふ。地上の物體間の引力は微小にして容易に之を認め難きも、質量大なれば其影響表はる、例へば山の近傍に於て鉛直線の幾分か山の方に傾くが如し。物體の重さは物體と地球との萬有引力に外ならず、此力の著しきは地球の質量地上の物體に比して遙に大なるが爲なり。

重力の強さが場所によりて異なるは二つの理由に基く、一は地球の自轉に由りて起る遠心力が場所に依りて異なるが爲にして、一は地球の中心に到る距離に差あるが爲なり。赤道と極地とに於ける重力の強さの差は約五ダインにして、其内三ダインは地球の自轉に對する遠心力の有無に因り、二ダインは距離の差に因る。

第三章 運動に對する抵抗

一 摩擦 釣したる鐘を押せば動けども之を地上に立つれば容易に滑り動かず、是れ鐘と地面との接觸面に其運動を妨ぐる一種の抵抗表はるるが爲なり、此力を**摩擦力**と云ふ。

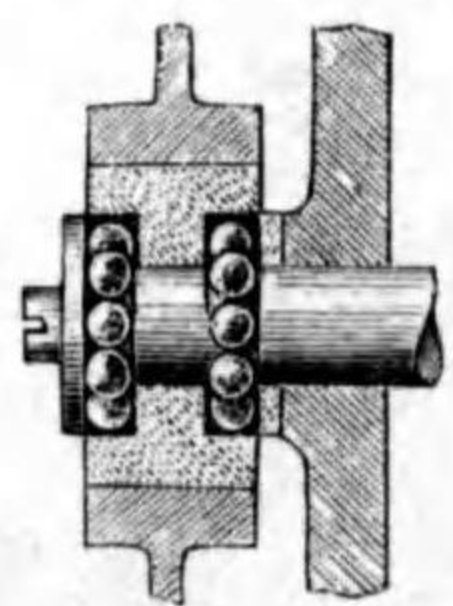
摩擦力は他の抵抗の如く受働的にして、物體が動かざる間は之を動かさんとする力と釣合ひ得るも漸次に此力を大にすれば物體は遂に動き始む。故に摩擦力には一定の最大限あるを知る、此極限の摩擦力を**最大摩擦力**と云ふ。圖の如き装置にて實驗するに
二。物體間の最大摩擦力は押し合ふ全壓力に正比例し、接觸面の大小に關係せず。



最大摩擦力

摩擦の定律

之をモレンの定律と云ふ。物體が滑り動きつゝあるときも其接觸面に摩擦力働く、地上に押し動かしたる物體の遂に靜止するは主として是が爲なり。此運動中の摩擦力も上記の定律に従ひ、其値は最大摩擦力よりも幾分か小なり。油・蠟・石墨等を接觸面に塗れば著しく摩擦を減ず、是等を滑劑と云ふ。器械・車等の軸には滑劑を塗りて摩擦を減ず。圓柱を地上に於て轉がすときも多少の抵抗を感ず、之を**廻轉摩擦**と云ひ、之に對して前記の摩擦を滑り摩擦と云ふ。廻轉摩擦は滑り摩擦に比して著しく小なり、鐘を地上に横たふれば之を轉がし得るにて知るべし。自轉車の軸と軸受けとの間に鋼の小球を入るるは滑り摩擦を廻轉摩擦に變ずるが爲なり。



廻轉摩擦
滑り摩擦

問 (一) 綱にて物を曳くに、強く曳く程、綱を握るは何故ぞ。

(二) 重き物を運搬するに、其下に丸木を敷くは何の爲ぞ。

(三) 鐵板を水平に置き、其上に二貫目の鐵板を載せ、之を四

〇〇の力にて曳き動かし得るとせば、更に鐵板の上
に三貫目の重さを載すれば、之を曳き動すに幾何の力
を要するか。



二

空氣の抵抗 空氣中の運動體は空氣に衝突して之を伴ひ
動かすが故に、運動に反對の方向に反作用を受く、此力を空
氣の抵抗と云ふ。研究の結果に依るに
空氣の抵抗は、運動の方向に直角なる物體の最大切斷面
の面積に正比例し、同一の物體にありては、其速度の二乗
に正比例す。

故に、物體の表面大にして其速度大なる程、空氣の抵抗大と

なる。風船球の上騰、雪片、雨滴等の降下が等速運動となる
は、之に働く空氣の抵抗、其速さと共に増加して、浮力或は重
力と釣合ふが爲なり。又羽毛、鉛丸等の落下に、遲速の差あ
るは、重くして質量の大なるもの程、空氣の抵抗に對する加
速度小なるが爲なり。

物體を細分する程、容積は表面積に比して割合に小とな
る。例へば球の半徑を十分の一に減ずれば、面積は百分の一、
容積は千分の一となるが如し。従つて物體の小なる程、表
面積に關する空氣の抵抗は、容積に關する重力に比して大
となる。塵埃、煤煙等の微粒が空氣の動搖に伴はれて、空氣中
に浮游するは、是が爲なり。

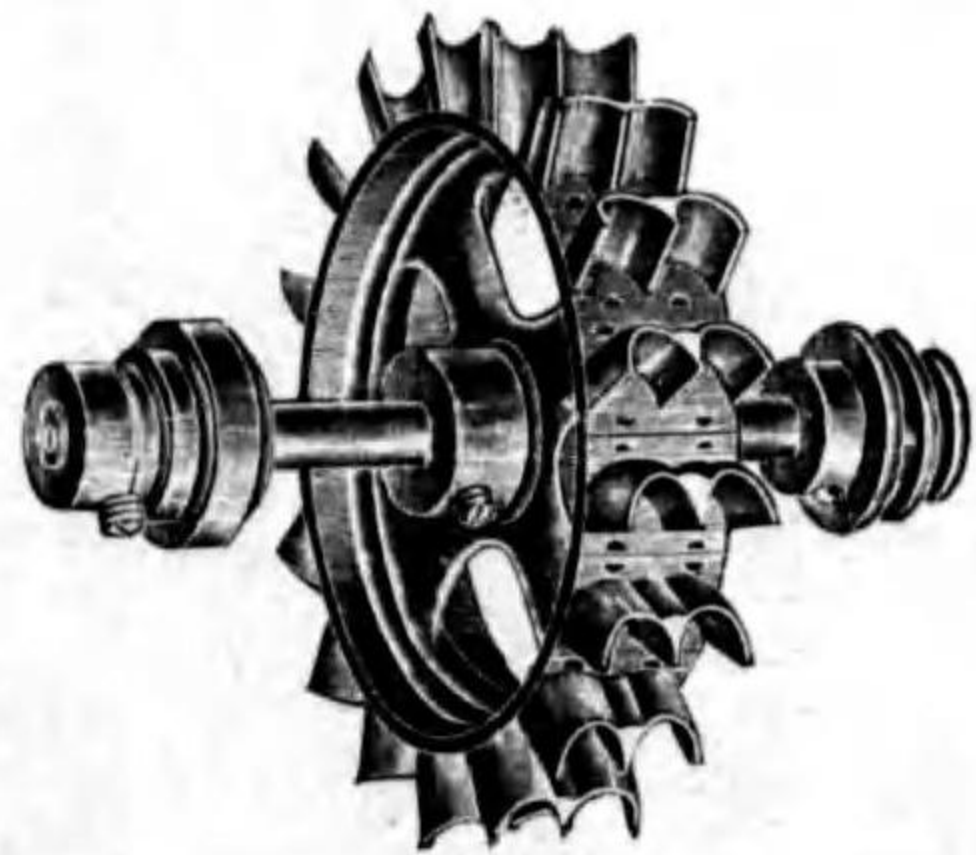
三 水の抵抗 水中にて物體を動かすとき、之に働く水の抵抗
は、空氣の抵抗と同一の定律に従ふ。唯異なるは、密度大なる

推進機



がため其抵抗は空氣の抵抗に比し遙に大なるのみ。船を
進航するには水の抵抗を利用す。船尾に附したる**推進機**
は螺旋狀をなせる數個の金屬製の
翼より成る。蒸氣機關にて之を廻
轉し水を後方に

ペルトンの水車

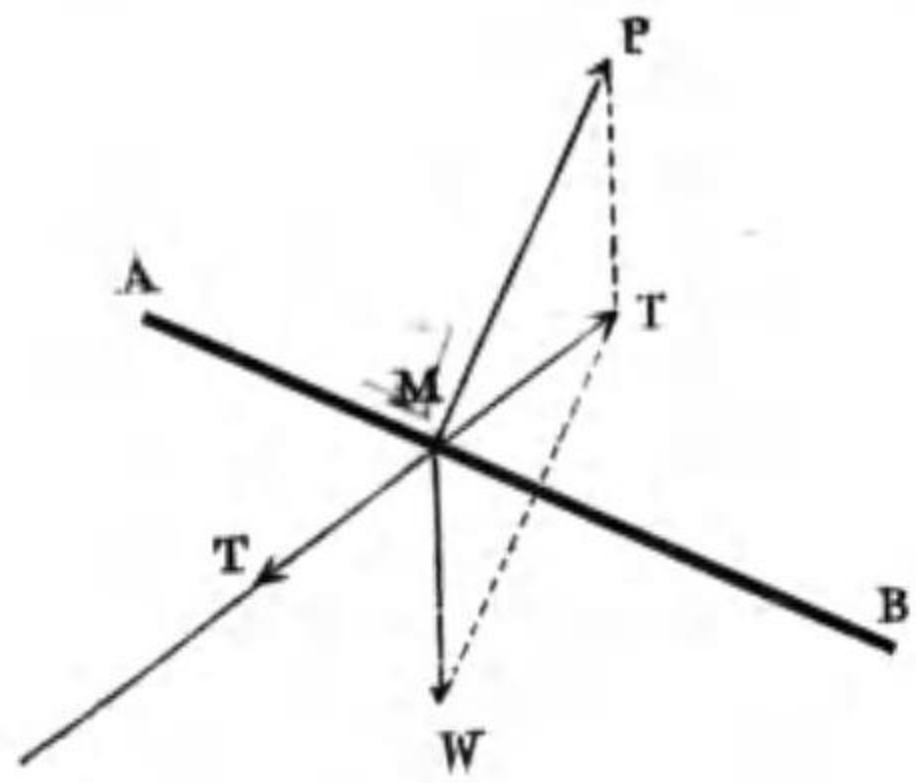


押し動かせば翼は其反作用なる水の抵
抗を受けて船を前進せしむ。推進機の
後方に舵を設け之を左方に曲ぐれば水
流は舵の面に當り、其壓力にて之を右方
に押し船首を左方に廻轉す。
又逆に靜止せる物體に流水を當つれ
ば之に壓力を及ぼす、現時水力を利用す
るに用ふるペルトンの水車は其車の外

風壓

風

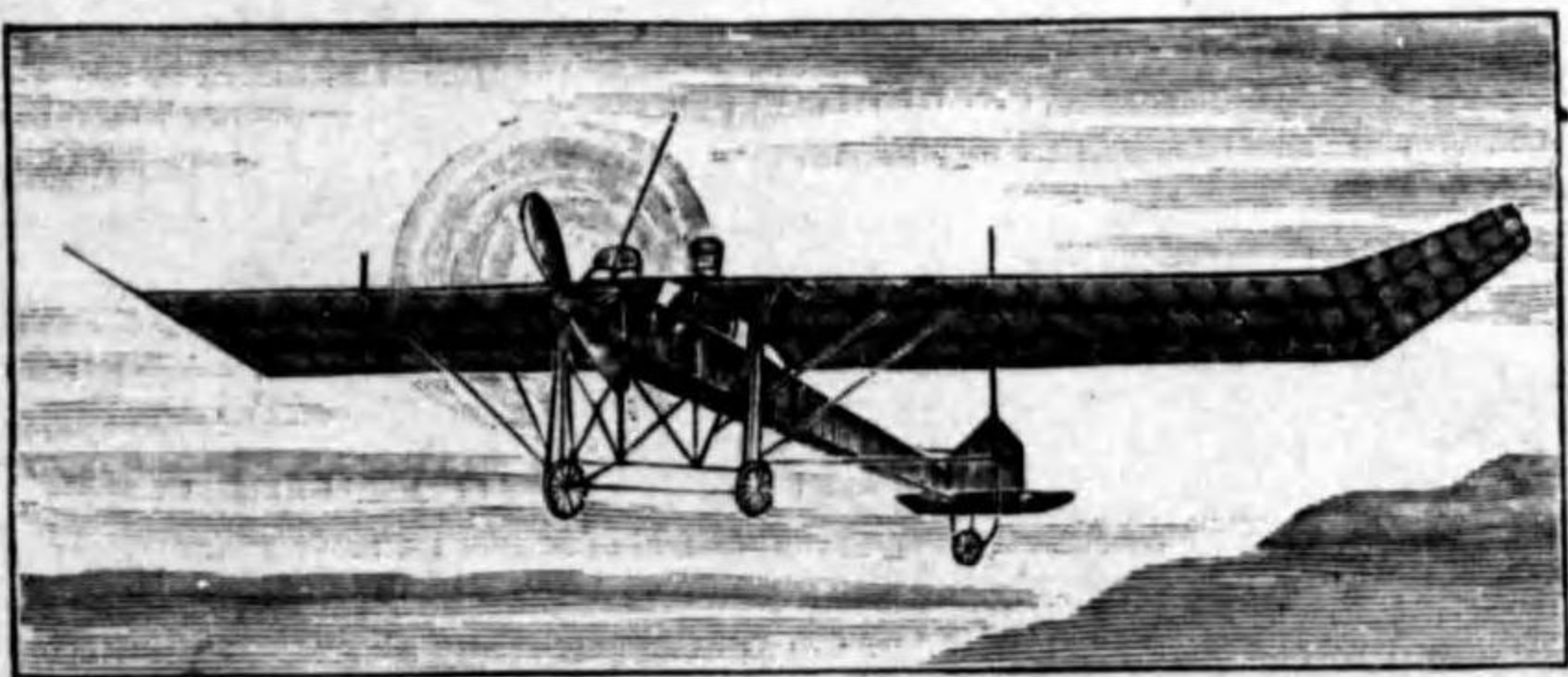
四



側の周圍に圖の如く二個の彎曲せる金屬製の翼を同一の
向きに並置したるものにして、之に管口より噴出する流水
を當つれば車は活潑に廻轉す。
風壓 物體が靜止せる空氣中にて運動する際受くる抵抗
は逆に空氣が靜止せる物體に當りて之に及ぼす壓力と同
一なるが故に、**風壓**は空氣の抵抗と同一の定律に従ふ、暴風
の樹木家屋等を倒すは其速度大にして
風壓強大なるが爲なり。風の上騰する
は其面に働く風壓に由る、風が空中にて
靜止するときは之に働く重力MW 風壓MP
及絲の張力MTの三力は互に釣合ふこと
圖に示すが如し。飛行機は空氣の浮力
に依らず其抵抗を利用して空中を飛行

飛行機

する装置にして其原理は汽船の推進機と
帆を上騰せしむる風壓とを併用したるも
のなり。初め地上に於て機關に依り推進
機を廻轉すれば、機の前進すると共に兩翼
の下面に加はる風壓増加し其上方に向ふ
分力に依りて機は空中に飛揚するに至る。
機の後尾に二葉の舵あり、一は水平にして
機の昇降を司り一は鉛直にして其廻轉を
司る。

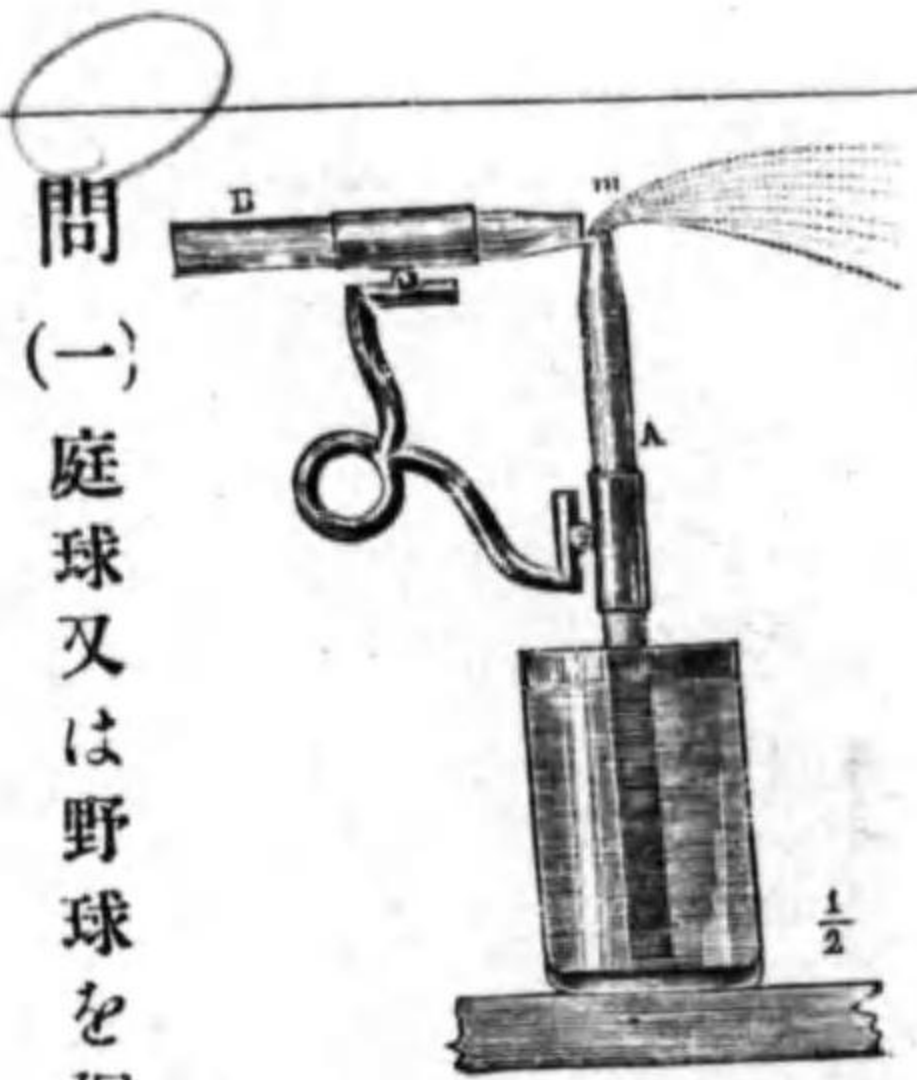


靜壓力
動壓力

五

霧吹 流動せる流体内の壓力は流體が靜
止せるときの壓力と其趣を異にす前者を動壓力と云ひ後
者を靜壓力と云ふ。研究の結果に依るに、流體の動壓力は
其速度の大なる程小なり。霧吹は此理を應用したるもの

霧吹



にして水平管より強き氣流を送れば其
管口の動壓力は氣壓よりも小となり水
は鉛直管Aに吸ひ上げられて其管口に
達すれば霧となり氣流に混じて飛散す。
問 (一)庭球又は野球を廻轉しつゝ進ましむるとき其進路の曲るは何故ぞ。

第四章 仕事・エネルギー

仕事の定義

一 仕事 荷物を揚げ車を曳く等の如く、一般に力が物體に働
き之を其方向に動かすときは、力或は此力を働かすものが
仕事を爲すと云ふ。仕事の大さは力の大さと物體を其方
向に動かしたる距離との積を以て測る。仕事の單位とし
て單位の力が物體を其方向に單位距離だけ動かしたる仕
事を用ふ、一貫尺、一呎米、一呎磅等の如し。又一ダイン・
厘の

仕事を一エルグと云ひ、其一千萬倍を一ジュールと云ふ。

問 (一) 四二九呎米は幾ジュールに當るか。

二

仕事の種類

物體に働く力の爲す仕事に二種の別あり、一

は物體を地上の摩擦力に逆つて水平に曳き或は重力に抗して之を揚ぐる等の如く、凡て外部より物體に働く抵抗に抗して之を動かす場合の仕事にして、一は自由に動き得る物體に働き其慣性に打勝ちて速度を増加する仕事なり。

(一) 抵抗に抗する仕事 力が物體に働きて之を動かすとき其速さ一定なれば力は物體に働く抵抗と釣合ふが故に、此力の仕事は抵抗の大きさと距離との積に等し。故に m 瓦の物體を靜に或は等速度にて h 糶の高さに揚ぐる仕事は mgh エルグなり。

(二) 慣性に抗する仕事 自由に動き得る質量 m 瓦の物體に

$f = ma$

糶の速度

一定の力 f がインが働きて之を距離 s 糶だけ動かす之に v 糶の速度を與へたりとせば

$v^2 = 2as ; f = ma$

なるが故に力の爲したる仕事を W とすれば

$W = fs = \frac{1}{2} mv^2$ エルグ

即ち力が靜止せる物體に働きて之に速度を與ふるときの仕事は $\frac{1}{2} mv^2$ エルグなり。

物體に之に働く抵抗よりも大なる力を加へて之を動かすときの仕事は上記二種の仕事の和に等し、例へば m 瓦の物體を急に h 糶の高さに押し揚ぐるとき物體が v 糶の速度を得たりとせば、全體の仕事は $mgh + \frac{1}{2} mv^2$ エルグなるが如し。自轉車を強く踏みて大なる速度を得れば暫時之を踏まざるも前進し得るは初め慣性に抗する仕事を爲

したるに由る。

問 (一) m 瓦の物體が其重さによりて自由に纏だけ降下するときの仕事
求めよ。

三

馬力
ワット
工率 器械によりて仕事をなすに遅速の差あり、此遅速の
度を工率と云ひ、單位時間に爲す仕事を以て之を測る。通
常用ふる工率の單位は馬力にして、一馬力は毎秒五五〇呎
磅の工率なり。又電力の工率を測るには毎秒一ジュールの
工率を用ふ、之を一ワットと云ひ、其一千倍をキロワットと云ふ。
一馬力は七四六ワットに當る。

問 (一) 一時間に深さ四五呎の坑内より三〇〇噸の水を汲み揚ぐる機械は幾
馬力の工率を有するか、但し一噸は二二四〇磅なり。
(二) 水車の上下に三四〇呎の落差ありて、一秒間に流下する水量六〇〇立
方呎なりとすれば水力の工率幾馬力なるか、但し高所の水の速度を零

四

エチルギー及
其量
運動のエチル
ギー

とし且つ水一立方呎の重さは六二五磅とす。

エチルギー 物體が仕事を爲し得る状態にあるときは其
物體はエチルギーを有すと云ふ故にエチルギーとは仕事
を爲し得る能にして其量は物體が其状態を失ふまでに爲
し得る仕事にて測る。例へば飛行する彈丸は砲臺を破り
鐵艦を貫く等の仕事を爲すが故にエチルギーを有す、斯の
如く物體が運動する爲に有するエチルギーを運動のエチ
ルギーと云ふ。物體が靜止する迄に爲し得る仕事を計算
して其エチルギーを求むるに
質量 m 瓦速度 v 秒 粒の運動體の運動のエチルギーは
 $\frac{1}{2}mv^2$ エルグなり。

又張りたる弓、卷きたる時計のゼンマイ等は矢に速度を
與へ時針を動かす等の仕事を爲し得るが故にエチルギー

位置のエネルギー

を有す、此エネルギーは物體の形狀に關するものにして之を位置のエネルギーと云ふ。高所の水を流下せしむれば水車を動かす等の仕事を爲す、故に高所の水はエネルギーを有す。此エネルギーは水と地球との位置に關するが故に位置のエネルギーに屬す。高所にある物體は滑車を利用して之を降下せしむれば等しき重さの物體を等しき高さだけ揚ぐることを得。故に

地上の種の高處に在る瓦の物體は地面を標準とすれば、 mgh エルグの位置のエネルギーを有す。

問(三) 質量五〇瓦の石が二秒時間自由に落下したときの運動のエネルギーを求めよ。

(二) 質量一〇〇瓦、速度四〇〇秒米の彈丸が壁に衝突して五〇種だけ陥入したりと云ふ壁の平均抵抗何程なるか。

$400 = at$
 $s = \frac{1}{2}at^2$
 a

五

仕事とエネルギー 静止せる質量 m 瓦の物體に力が働きて之に速度 v を與へたるとき力の爲したる仕事は $\frac{1}{2}mv^2$ なり、然るに此値は物體の得たる運動のエネルギーに外ならず。故に物體に力が働きて其上に爲したる仕事は物體の得たる運動のエネルギーに等し。又逆に運動體が仕事を爲せば其仕事に等しき運動のエネルギーを失ふ。

質量 m 瓦の物體を高所に揚ぐれば物體は其仕事に等しき位置のエネルギーを増加し、又逆に滑車を利用して此物體を降下せしむると共に之と等質量の他の物體を揚げしむれば物體は其仕事に等しき位置のエネルギーを減ず。斯の如く、物體に仕事を爲せば物體は其仕事だけエネルギーを増し、又物體が仕事を爲せば物體は其仕事に等しきエネルギーを減ずるを知る。

六 エネルギー不滅律

力は必ず二物體間の相互作用として表はるゝが故に、一物體に力が働きて其上に仕事を爲し其エネルギーを増すとき其反作用を受くる第二の物體のエネルギーの消長を考察せん。例へば質量相等しき二物體甲乙を滑車に懸けたる綱の両端に結び、乙を降下して甲を揚ぐれば、甲は其仕事に等しき位置のエネルギーを増し、乙は其反作用に對する仕事により之と等量のエネルギーを減ず。即ち、甲乙が互に作用して乙が甲に仕事を爲せば其仕事に等しきエネルギーが乙より甲に移りたるを知る。故に、仕事は二物體間に授受したるエネルギーの量を表はすものなり。今若し、前例の甲乙を一の物體系と見做せば系内の作用によりてエネルギーは乙より甲に移るも其総和は不變なり。エネルギーには上記の外熱・音・光・電氣・磁氣

等種々の態あり、實驗に依るに、各種のエネルギーは現象に伴ひ物體系内に於て一物體より他物體に移り或は其態を變ずるも其總量は一定なり、即ちエネルギーは物質の如く不滅不生なり。之を**エネルギー不滅律**と云ふ。

(一) 昔時、一度捲けば永久に働く時計又は高所の水を低所に移すときの力にて仕事を爲すと共に更に更にポンプを働かして水を高所に移し、永久に仕事を爲さしむる装置を考按したることあり、之を永久運動の問題と云ふ。之は可能のことなるか。

第五章 單一器械

一 仕事の原理

エネルギーは不生不滅なるが故に器械は之に與ふるエネルギー以上の仕事を爲すを得ず。然れども器械を用ふれば小なる力にて大なる抵抗に打勝ちて仕事

仕事の原理

を爲し、所謂力を利し得るの便あり。今若し器械に摩擦なく且つ其重さを無視すれば、器械に與ふる仕事は器械の爲す仕事に等し、之を**仕事の原理**と云ふ。

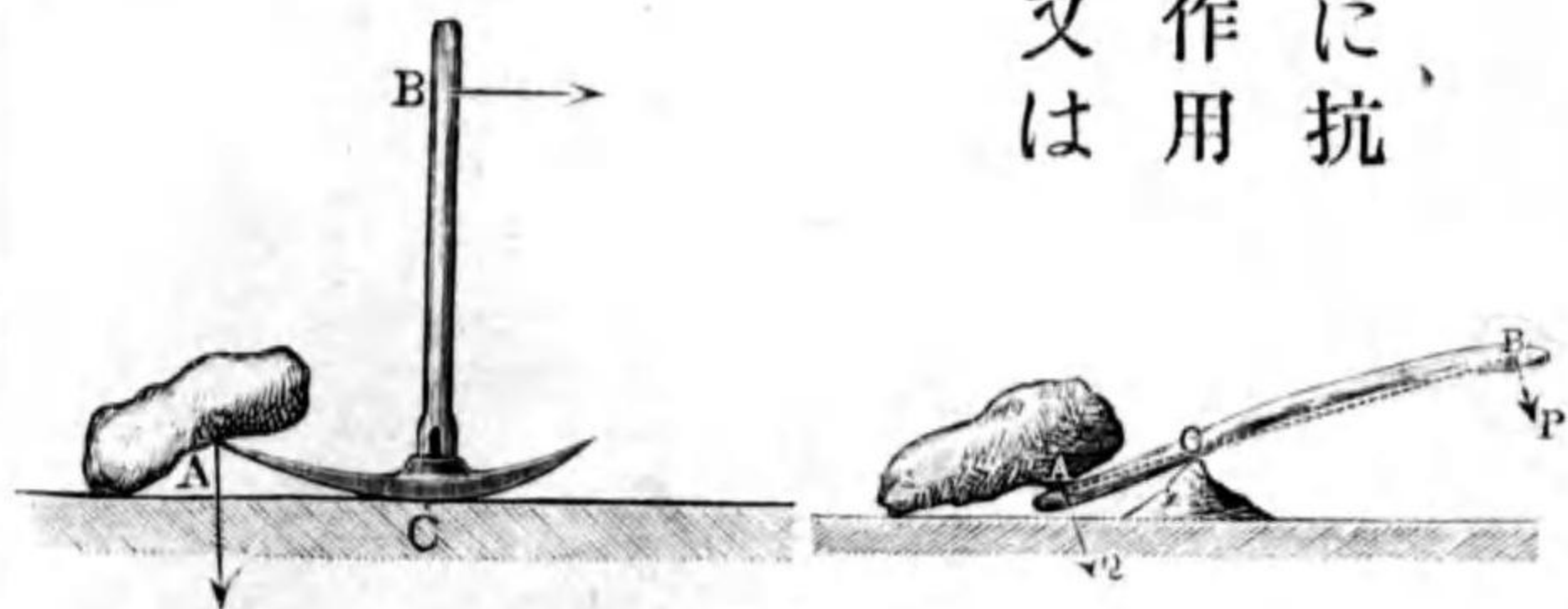
二

挺子 圖の如く挺子に力Pを加へ抵抗Qに抗して物體を揚ぐるとき、支點Cより二力の作用線に下せる垂線をCB、CAとすれば挺子の理又は仕事の原理に依り

$$P \cdot CB = Q \cdot CA$$

故にCBをCAに比し大にすれば小なる力にて大なる抵抗に打勝ち得るなり。

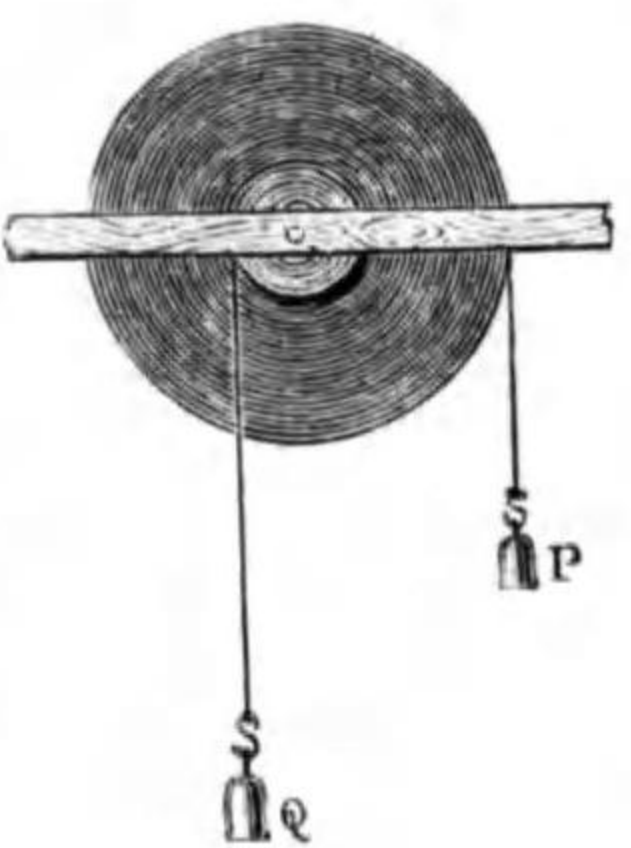
- 問 (一) 鐵挺にて石を揚ぐるときCBがCAの二倍なりとせば二貫目の力にて幾何の抵抗に打勝ち得るか。
- 問 (二) 日本鍬は力を利せず、道程を利するものなることを示せ。



を示せ。

- (三) 端艇の櫂に於て力と抵抗との關係を求めよ。

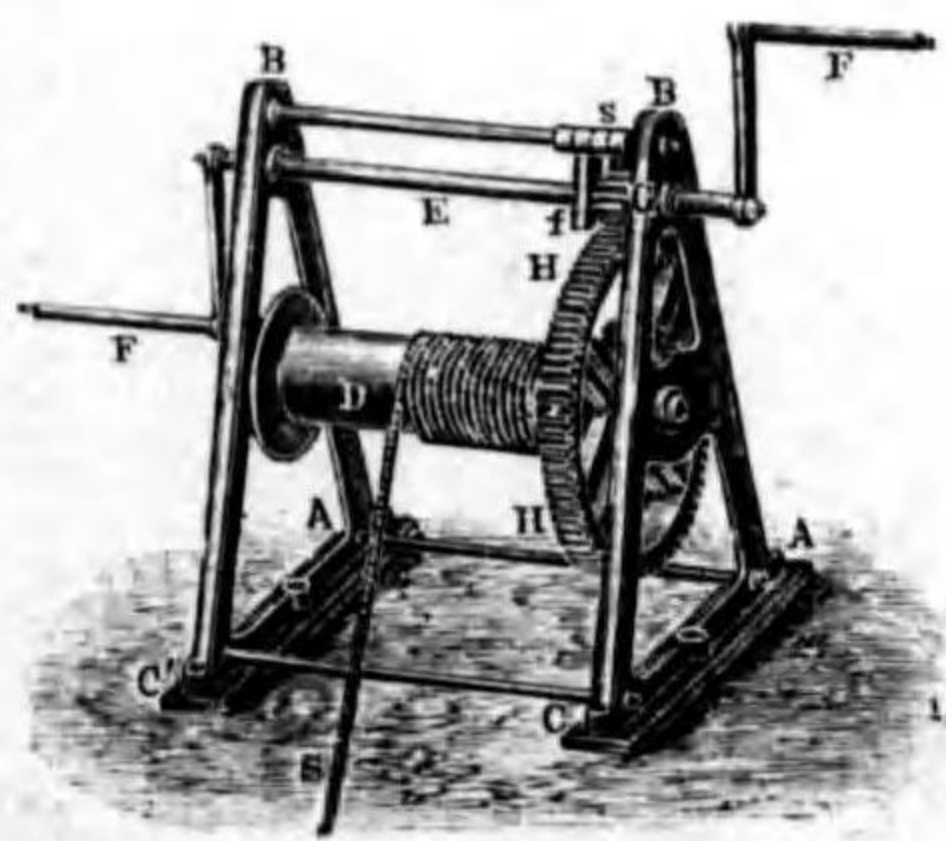
三 軸車 軸車は共通の軸を有する大小二個の圓柱にして、大圓柱に巻ける綱を曳きて小圓柱に巻ける綱の一端に結べる荷物を揚ぐるに用ふ。其原理は共通軸を支點とせる一個の挺子に外ならず、大小の圓柱の半徑をR、rとすれば



$$PR = Qr$$

故に、rを小にしてRを大にする程力を利するなり。

- 問 (一) 圖の如き軸車齒車及挺子を組合せたる装置に於て軸車の大小の半徑をR、rとし、小



定滑車

四 滑車

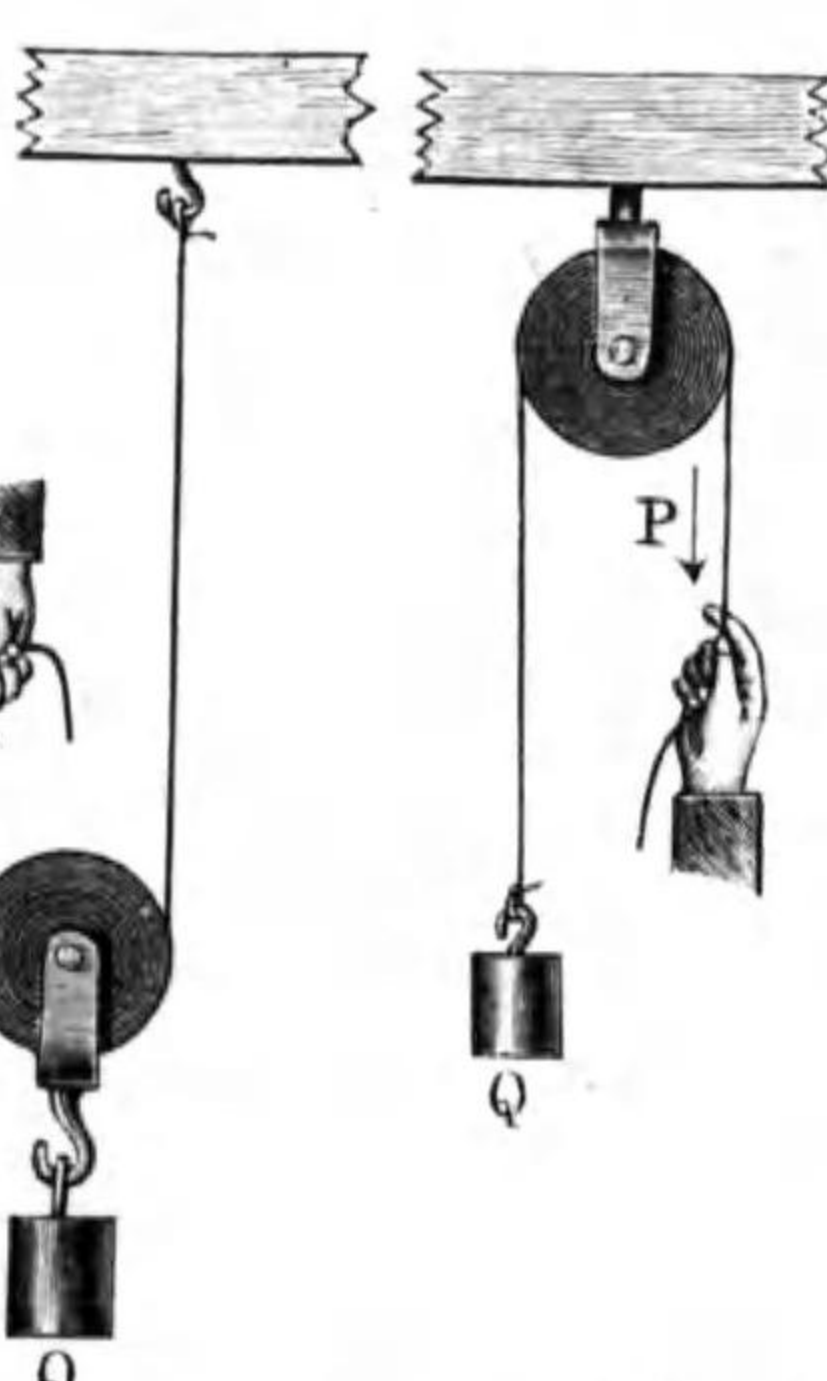
齒車の半徑を r 、挺子の長さを l とすれば F に加ふる力 P と S に働く抵抗 Q との間に

$$\frac{P}{Q} = \frac{r}{R} \frac{l}{r} \text{ なる關係あることを證せよ。}$$

(二) 軸車に於ける $P \cdot Q$ の關係を仕事の原理にて證明せよ。

動滑車

四 滑車



汲むときの如く力の方向を變ずるに用ひ動滑車は力を利するに用ふ。圖の如く一個の動滑車を用ふれば力 P は抵抗 Q の二分の一なり。

問 (一) 圖の如く三個の定滑車と三個の動滑車とを組合すれば P は Q の

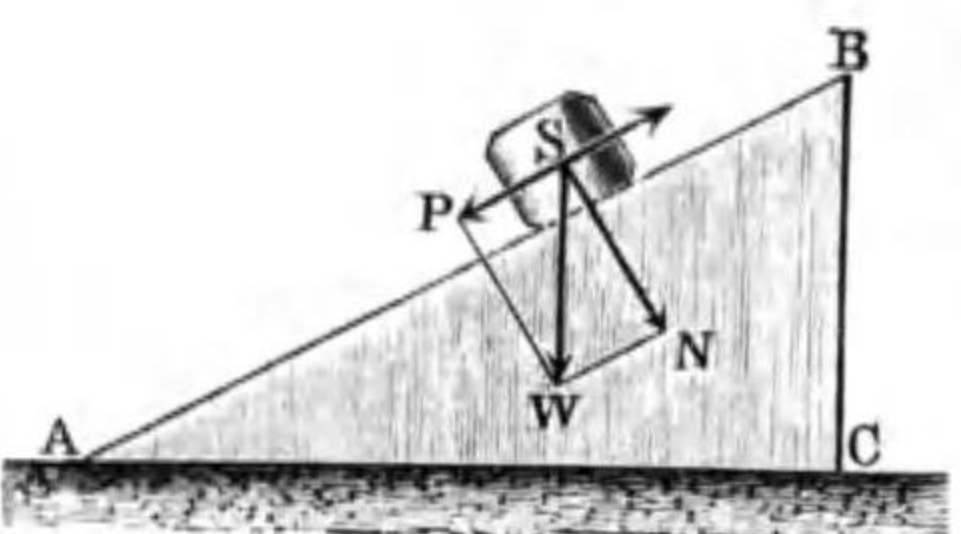


$$P = \frac{W}{2^3} \quad P = \frac{W}{8}$$

斜面

五 斜面

六分の一なり之を仕事の原理及力の分解によりて證せよ。



重き物を揚ぐるに斜面を用ふれば力を利することを得。圖の如く斜面 AB に重さ Q なる物體を置き之を面に沿ふて揚ぐるに要する力を P とすれば仕事の原理により

$$P \cdot AB = Q \cdot BC \\ \therefore P = Q \cdot \frac{BC}{AB} = Q \cdot \sin A$$

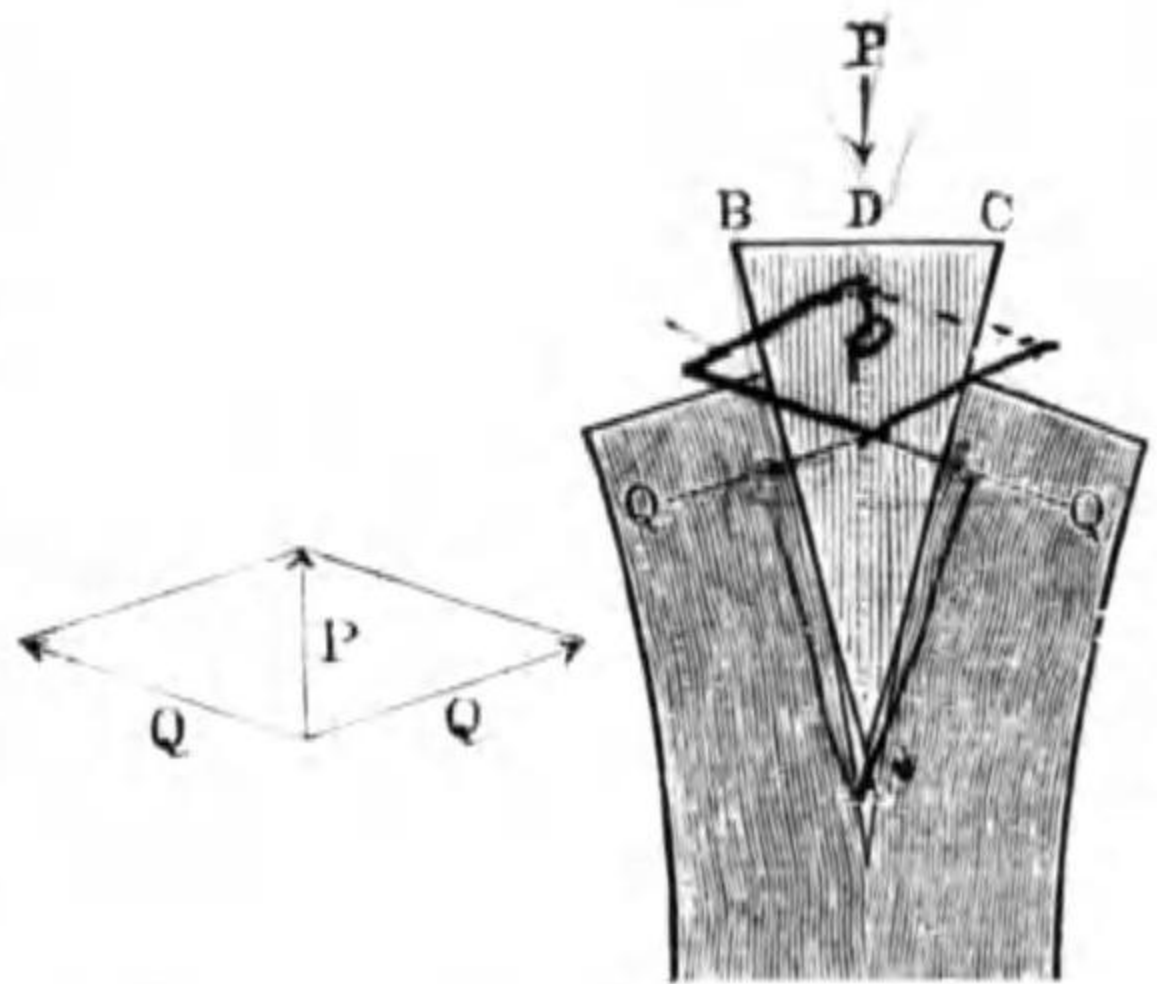
問 (一) 此關係を力の分解によりて證せよ。

(二) 荷車を曳きて坂を上るに蛇行すれば上り易きは何故ぞ。

六 楔

楔は通常二等邊三角形の木片にして一種の斜面と見做すことを得。今楔の頭に力 P を加へ其両面に働く抵抗を Q とすれば二力 Q の合力は P と等大にして方向反對なり。而して $P \cdot Q \cdot Q$ の三力は夫々楔の面 $BC \cdot CA \cdot AB$ に直角なる

楔



が故に別圖に示せる三力の包む三角
形は三角形ABCに相似なり。従つて

$$\frac{P}{Q} = \frac{BC}{AB} \therefore P = 2Q \sin \frac{A}{2}$$

故にA角を小にする程楔の作用大と
なる、刀物にてよく物を切り得るは此
角の小なるが爲なり。

六

問 (一) 上記P・Qの關係を仕事の原理にて證せよ。
ネチ ネチは雄ネチと雌ネチとより成る、

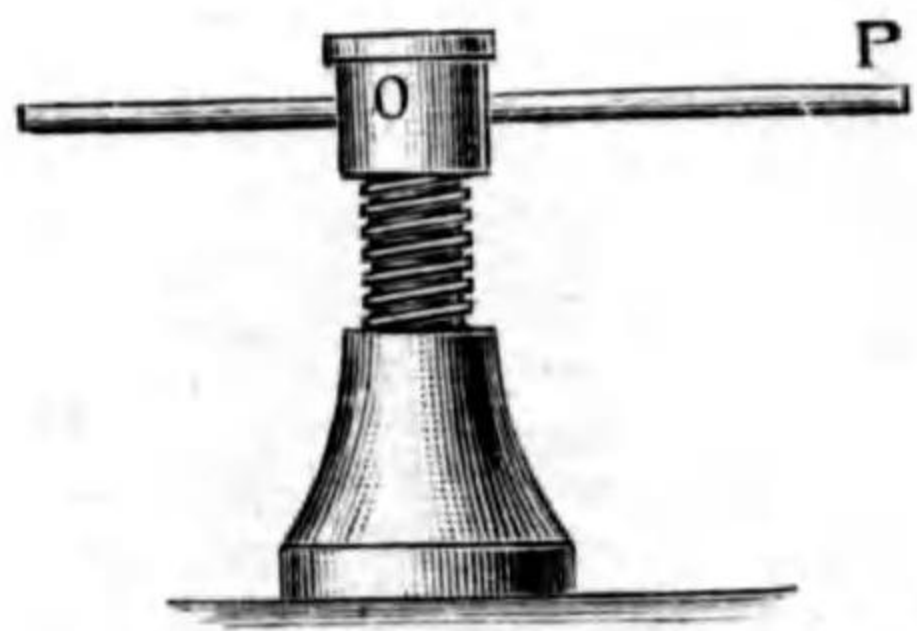
雄ネチは圓柱の外側に螺旋狀の凸起を作
りたるもの雌ネチは圓筒の内側に雄ネチ
に適合する様に溝を作りたるものなり。
雄ネチの凸起せる處を山と云ひ、山の一點



ジャック

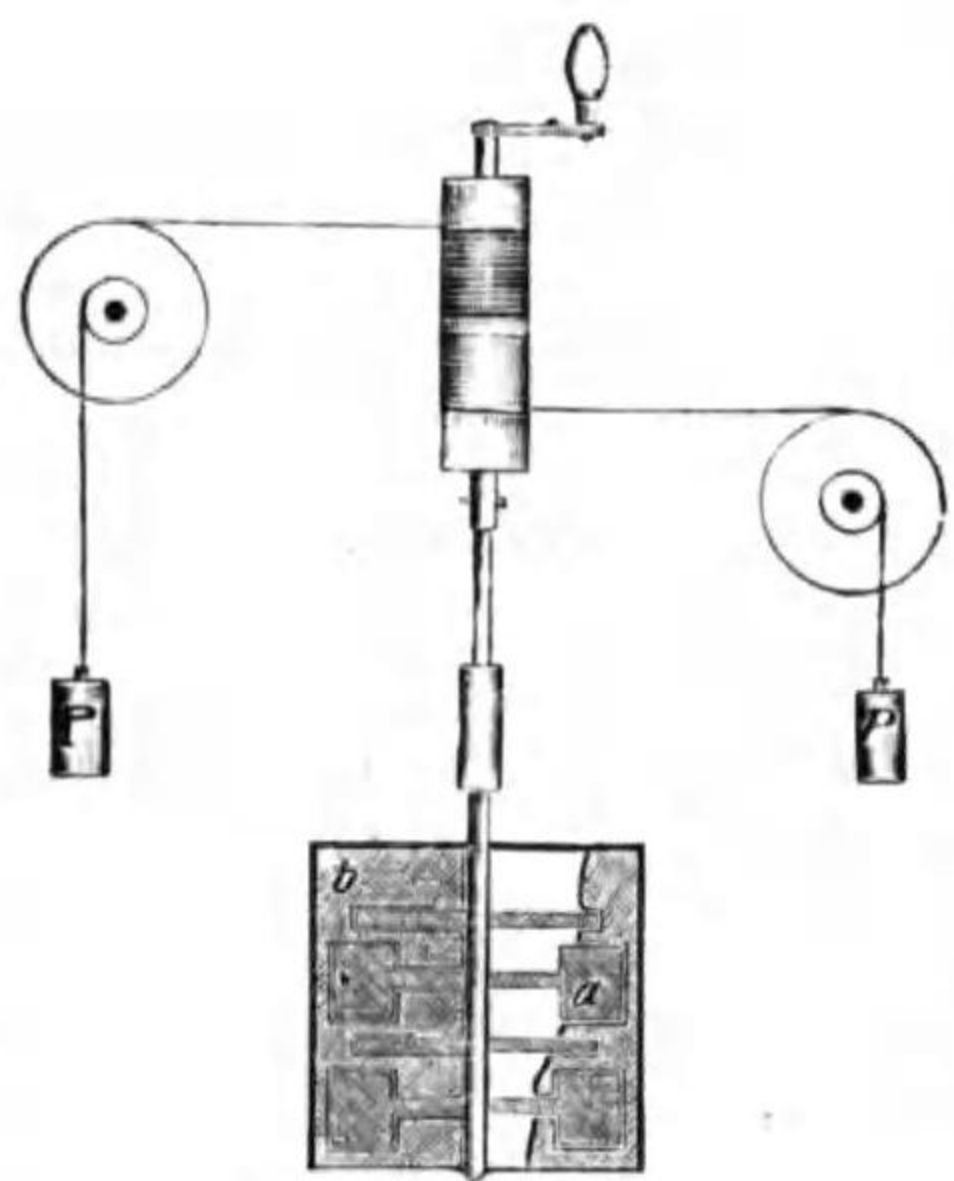
より軸に平行に測れる次の山までの距離をネチの歩みと
云ふ。雄ネチを雌ネチに對して一廻轉すれば雄ネチは歩
みだけ進む。ネチを振る偶力の仕事はネチの爲す仕事に
等しきが故に偶力の臂を長くし歩み
を小にすれば小なる力にて大なる力
に抗し得べし。重き物を揚ぐるに用
ふるジャックは此理を應用したるもの
なり。今ジャックのネチの歩みをh
挺子の長さを2a、其端に直角に働く偶
力の大きさをPとし、抵抗をQとすれば

$$4\pi a \cdot P = Qh \therefore P = Q \cdot \frac{h}{4\pi a}$$



第六章 熱とエネルギー

一 熱の仕事當量 物體を摩擦し或は衝突せしむれば熱を生ず、又逆に蒸汽機關に於けるが如く物體を熱して仕事を爲さしむることを得。故に熱はエネルギーの一態なるを知る。



英人ジュール初めて熱量と機械的エネルギーとの數量的關係の一定なることを測定せり。圖の如く錘Pの落下によりて器中の水中に沈めたる翼aを廻轉すれば水は攪亂せられて摩擦熱を生ず。ジュールは錘の重さと落下距離との積にて仕事を測り水の温度の上昇と其質量との積にて熱量

ジュールの實驗

熱の仕事當量

を測りて其比は常に一定なることを證明したり。單位熱量に相當する仕事を熱の仕事當量と云ひ、通常之をJにて表はす。氏の測定によれば

$$J = 4.2 \times 10^7 \text{ エルグ}$$

即ち、四千二百萬エルグの仕事は一カロリーに當る。

問 (一) 熱の仕事當量を厘米及珎カロリーに表はせ。

(二) 氣體を壓縮すれば温まり氣體が外壓に抗して膨脹すれば冷ゆるは何故ぞ。

(三) 水銀が五米の高さを自由に降下して受器に衝突して發する熱を悉く吸収すとせば、其温度の上昇何程なるか。

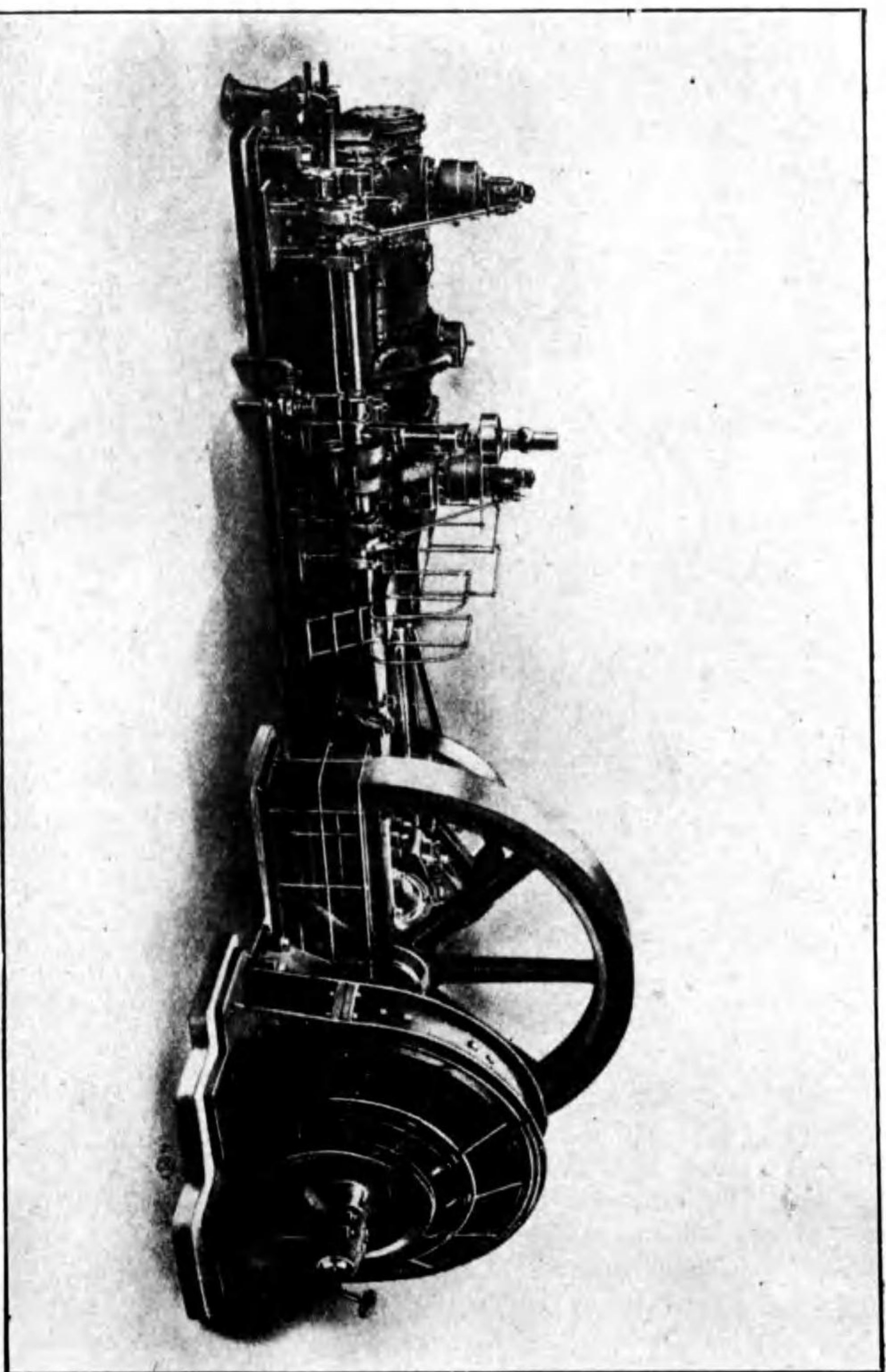
二

熱の本性 分子説にては熱は物質の分子の運動のエネルギーなりと考ふ、故に物體の分子の振動激しき程其温度高し、物體が衝突して熱を生ずるは運動のエネルギーの一

部が眼に見えざる分子運動のエネルギーに變ずるに外ならず。又物質の氣化熱は液體を其分子引力に抗して引き離し氣體に變ずる仕事に費されたるものにして、其エネルギーは分子間の位置のエネルギーとして氣體內に貯へられ、液化のとき再び熱エネルギーに變ず。

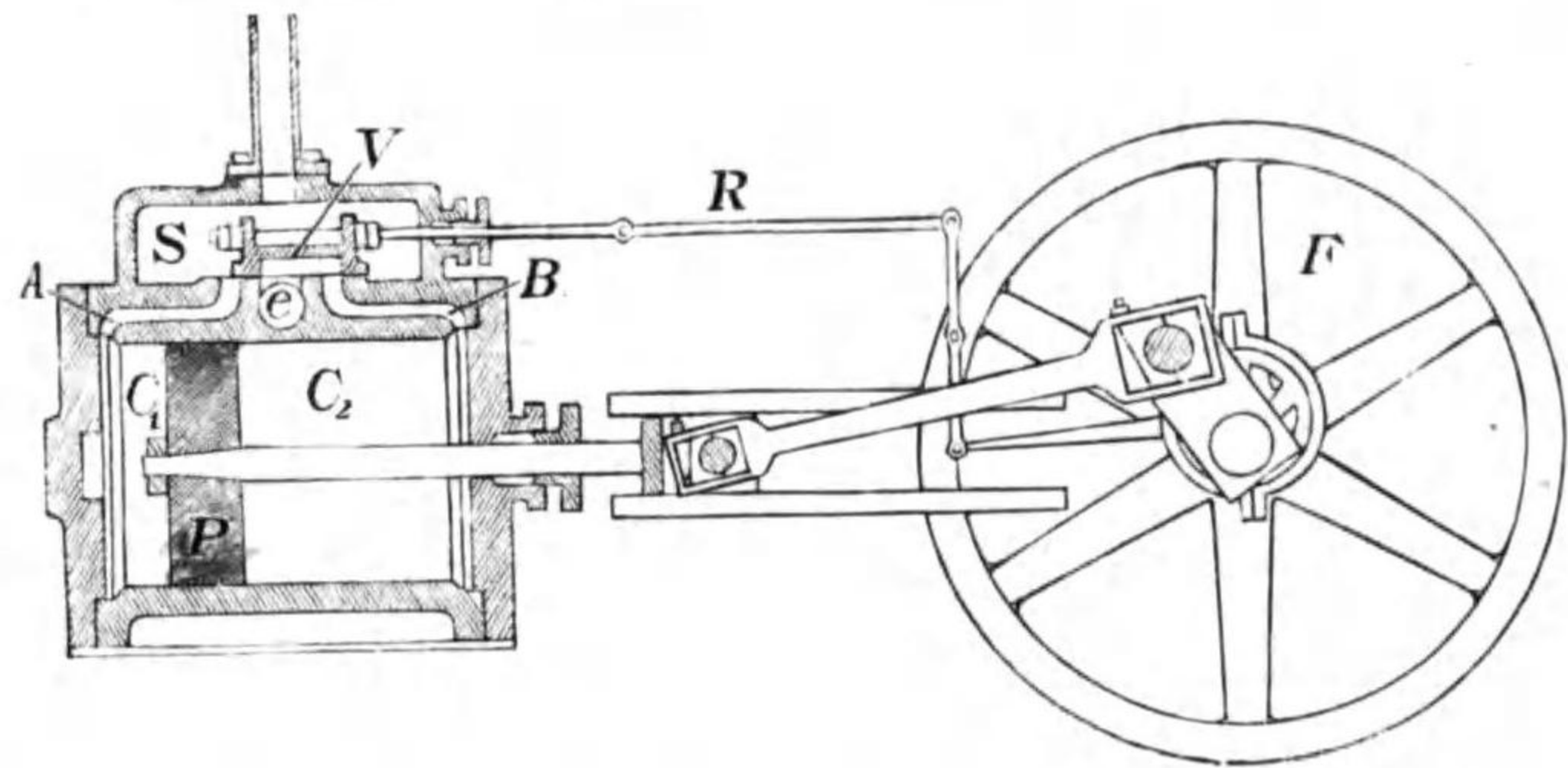
三

熱機關 一般に熱を仕事に變ずる機械を**熱機關**と云ふ、**蒸氣機關**は高温の水蒸氣を膨脹せしめて仕事を得る装置なり。其構造の主要部は圖の如く、**活塞P**を有する圓筒C、圓筒の兩端に通せる蒸氣室S及凝結器に通せる排泄口eより成る。U字形の滑り辨Vは棒Rにてハヅミ車Fに連絡し其運動によりて適當に圓筒内と蒸氣室及排泄口とを連通せしむ。圖の位置にては汽罐より來る高壓の水蒸氣はAを通して活塞の左側C₁に入り活塞を右方に動かし之



圖るせ結直に關機斯瓦を機電發

蒸氣機關



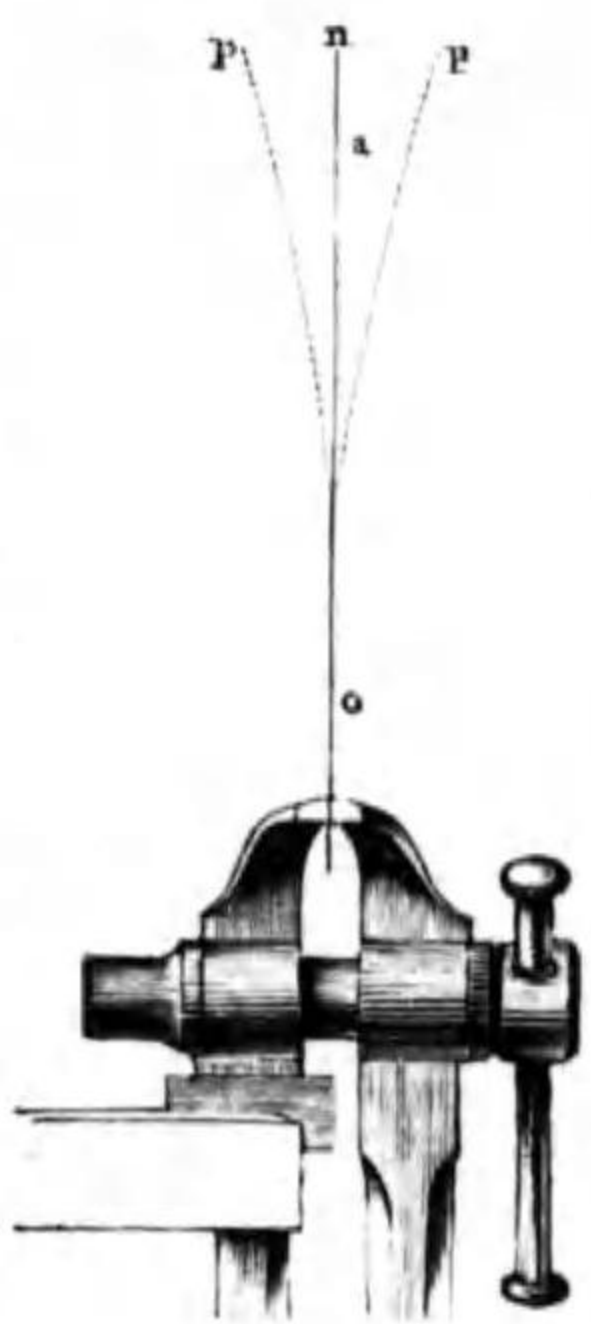
と同時に其右側C₂の水蒸氣はBを通して排泄口より凝結器に逃れ去る。活塞が右方に動くと共に滑り辨は左方に動き活塞が圓筒の右端に達するに先だち前と反對にC₂が氣室にC₁が排泄口に連絡するが故に活塞は左方に動くに至る。順次同様にして活塞は左右に運動し車を廻轉せしむ。蒸氣のエネルギーを利用するに別種の方法あり、蒸氣を小孔より噴出せしむれば之をペルトン水車の如く翼に衝突せしめて車を廻轉せしむることを得、此機關を蒸氣タービンと云ふ。

石油機關

瓦斯及石油機關は瓦斯と空氣或は石油蒸氣と空氣との混合氣を直接に圓筒内に導きて爆發せしめ活塞を動かす機關にして、其効率は蒸氣機關に比し著しく大なり。石油機關にありては單に一個の油筒を備ふれば足るが故に廣く自動車・飛行機等に用ひらるゝに至れり。

第七章 波動

一 彈性體の振動 細長き鋼鐵片の一端を固定し他端を撓めて放てば、鐵片は振子の如く



靜止の位置の左右に等時性の振動を爲し漸次に振幅を減じて其振動止むを見る。

此振動は鐵片を靜止の位置に復せんとする彈力に基く、一

彈性振動

般に此種の運動を彈性振動と云ふ。

問(一) 彈性振動に於て位置及運動のエネルギーの互に變態する有様を説明せよ。

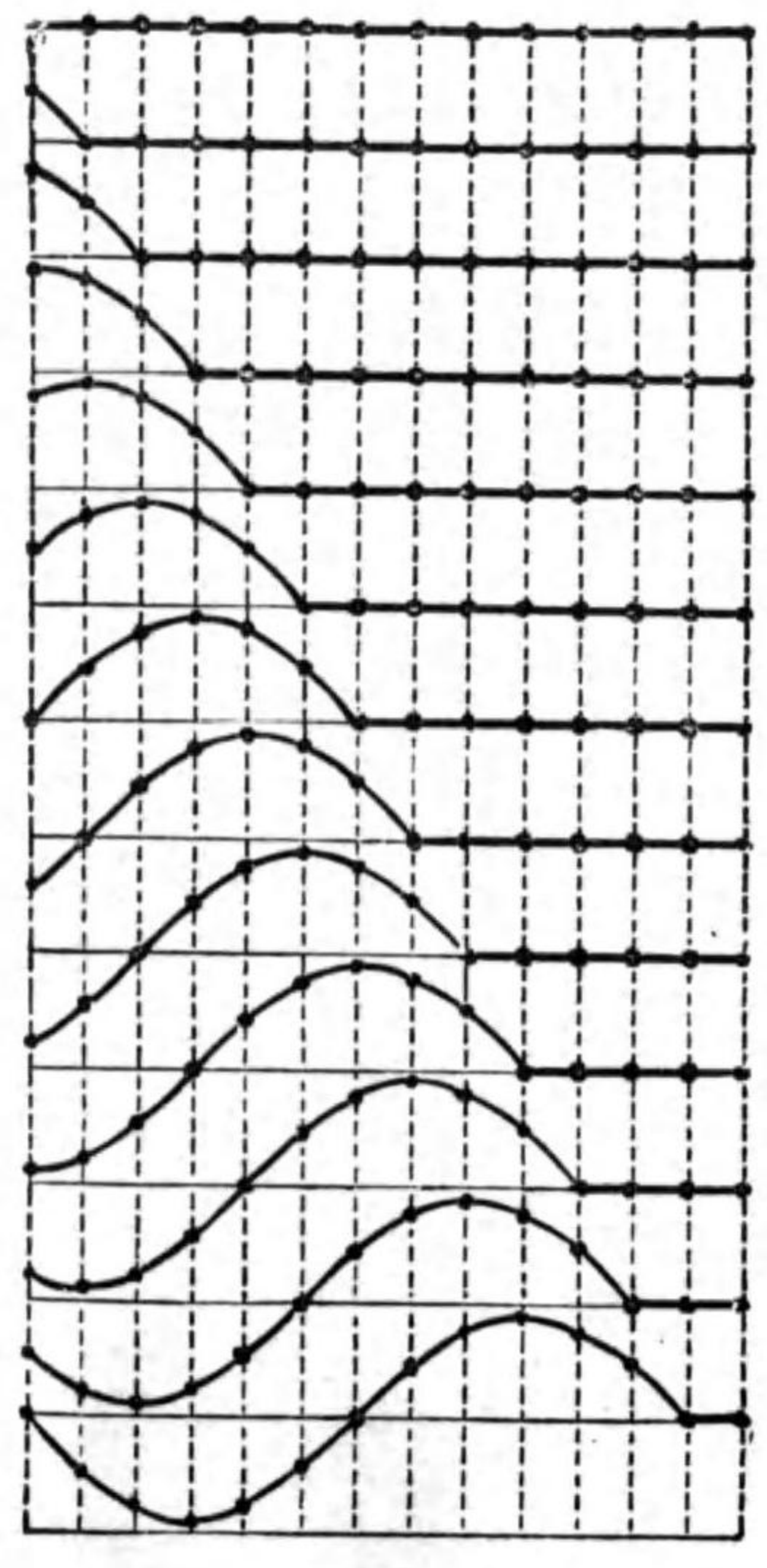
(二) 前圖の實驗に於て鐵片の振幅の漸次に減ずるは何故ぞ。

二 波動 靜かなる水面に石を投ずれば其處に水の振動起り

て輪狀の波紋四方に傳播す、而して波は前進するも水面に浮べる木葉は少しく動搖するに止り波と共に前進せず。斯の如く、一般に彈性物質の一部に振動起り之に隣接する各部が逐次彈力を受けて振動を傳播すれば波動を生ず。波動を傳ふる物質を波の媒質と云ひ、波動を起す振動部を波源と云ふ。波動は波源のエネルギーを媒質によりて四方に傳播する現象なり、吾人が太陽のエネルギーを受くるは此方法による。

三

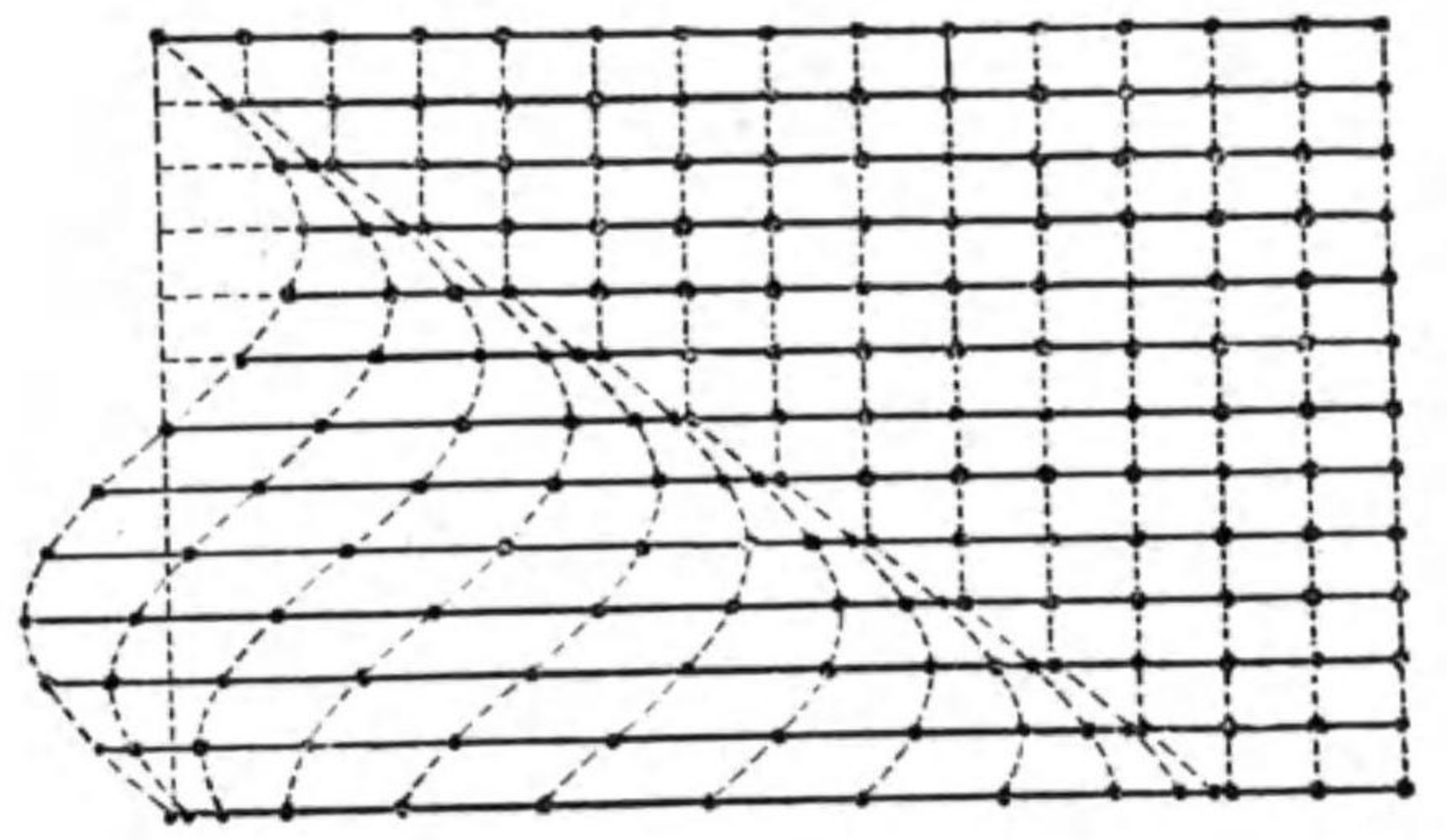
横波・縦波 媒質の各部が波の進む方向に直角に振動する波動を**横波**又は**高低波**と云ひ、媒質の各部が波の進む方向に振動する波動を**縦波**又は**粗密波**と云ふ。圖の黒點は媒質内に於て波の進む方向に等距離に取りたる質點列にして、是等の質點が一定の遅れを以て首位の質點と同様に振動して横波の傳播する模様を示し、次頁の圖は縦波の傳播する模様を示す。水波に於ては水の各點が少しづつ順次に遅れて圓運動を爲す結果生ずるもの



横波

する模様を示す。水波に於ては水の各點が少しづつ順次に遅れて圓運動を爲す結果生ずるもの

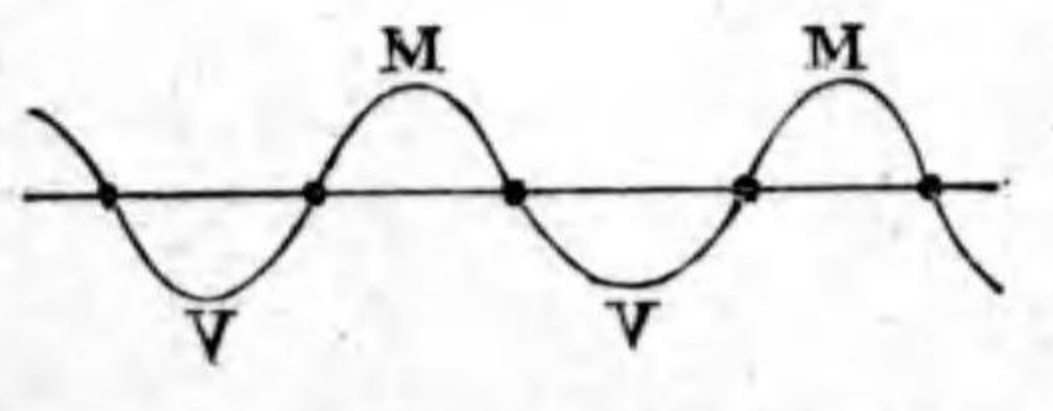
縦波



横波の山谷
縦波の粗密

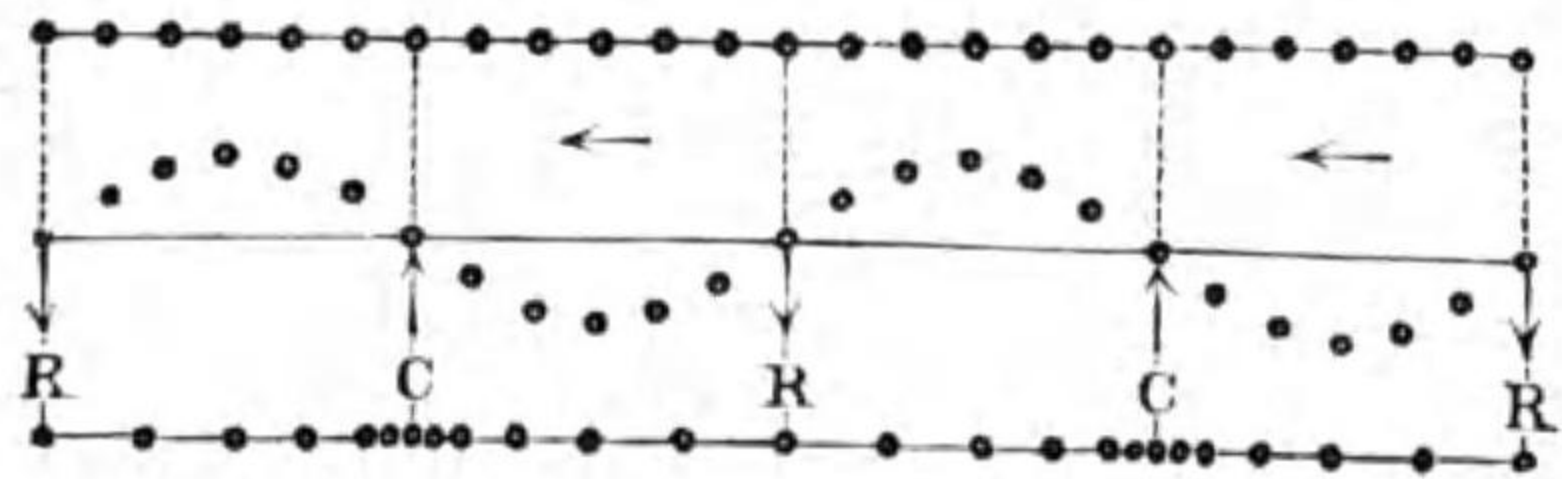
所Mを波の山、最も低き所Vを谷と云ひ、縦波に於て密度の最も大なる所を波の密、密度の最も小なるなり。

高低波に於て最も高き



波動を生ずる爲には波源の振動に伴ひ之に隣接する部分に弾力に働くを要す。故に容積の弾性を有し形の弾性を有せざる氣體及液体内にては縦波を生ずるも横波は生ぜず、固體の形及容積の弾性を有するが故に固體內には横波及縦波を生じ得るなり。

波長 位相



る所を粗と云ふ。横波に於て各質點の上
 方に向ふ振動を質點列に沿ふて右方に、下
 方に向ふ振動を左方に表はせば縦波とな
 る。故に、横波の進む方向に於て山と谷と
 の中間の點Cが縦波の密に相當し谷と山
 との中間の點Rが粗に相當するを知る。
 波動を爲す諸點の内同じ運動の有様に
 ある點は同一の**位相**を有すと云ひ、相隣れ
 る位相同一なる二點間の距離を**波長**と云
 ふ。例へば山と山、密と密との距離は一波
 長なり。波動の圖に就きて考ふるに波源
 が一振動する間に波形は一波長だけ前進す。故に波の傳播
 の速度をV、波長をλ、週期をT、一秒間の振動數をnとすれ

ば次式の關係あり。

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

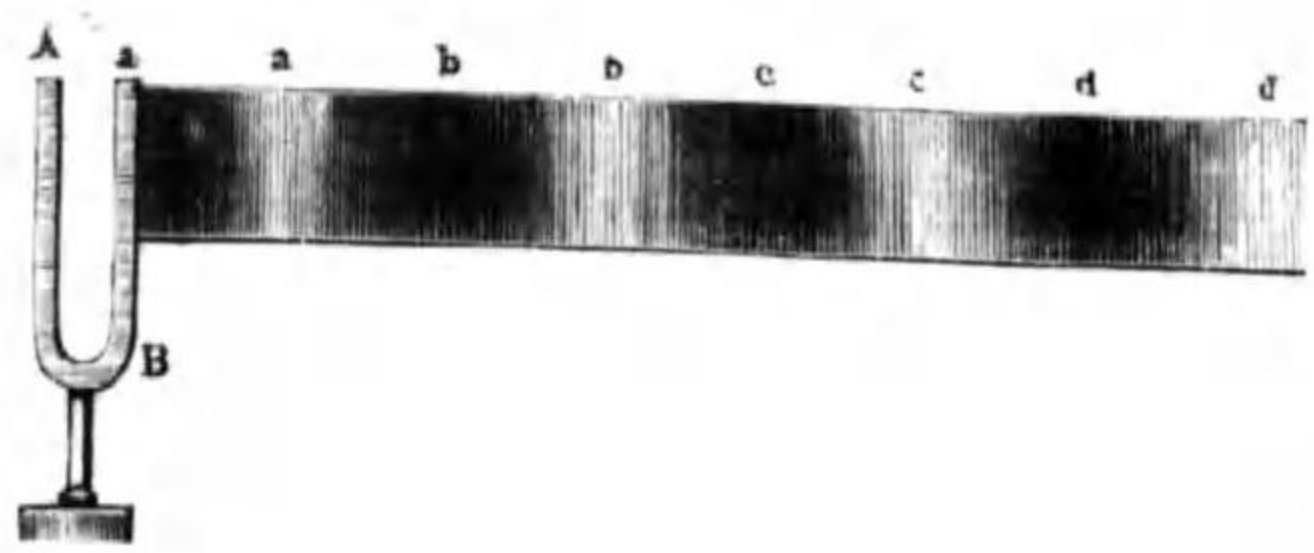
波の速度は媒質の彈性密度及溫度等に特有なる常數なり
 故に波動の波長は振動數に逆比例す。

第五編 音

第一章 音響

一

音響 音は急速に振動する物體より發す、振動體を真空内に置けば其發音止むが故に音の傳達には通常空氣を要するを知る。實驗に依るに、音は發音體の振動が空氣中に傳はりて生ずる縱波にして、其粗密部が耳の鼓膜に達し聽神經を刺戟して吾人に音の感覺を與ふるなり。圖は音叉の振動にて生ずる音波を示す、其脚端が左右に振動すれば之に接する空氣層は交互に壓縮せられ又膨脹し其壓力の變化の傳播に由りて粗密の状態は逐次に圖の



音波の傳播

音波の速度

音波の速度 (0°; 秒米)

| | | |
|------|-------|------------|
| 硝子 | ..... | 5600 |
| 鐵 | ..... | 4900 |
| 水 | ..... | 1450 |
| 鉛 | ..... | 1300 |
| 水素 | ..... | 1280 |
| 空氣 | ..... | 331 |
| 炭酸瓦斯 | ..... | 259 |
| 護膜 | ..... | { 80 70 |

如く波及するなり。

音波の空氣中に於ける傳播の速度は温度一五度のとき一秒につき三四〇

米(約三町)にして、温度一度の昇降につき約〇・六秒米を増減す。一般に音波の速度は上表の如く、固體に於て最大に液體及氣體之に次ぐ。

問(一)人の音聲の振動数は略々二百と一千との間にありと云ふ、空氣中に於ける波長は幾何なるか。

(二)音叉の發する音波の波長が空氣中にて二米なりとせば其振動數幾何なるか。

(三)水中に於ける音の速度を空氣中の速度の四倍とすれば空氣中に於て波長一米の音波が水中に傳播したるとき波長は何程なるか。

二

音波の反射屈折 水波が河岸に達して反射する如く、音波にも亦**反射**の現象あり。少しく隔たれる壁或は深き井に向ふて發聲すれば再び其聲を聞く、此現象を**反響**と云ふ、山彦は其適例なり。水中に沈みて陸上にて發する音を聞き得るは水面に達したる音波の一部が水中に傳播するが爲なり、此現象を音波の**屈折**と云ふ。

問 (一) 雷鳴の轟々と比較的長く連續するは何故ぞ。

(二) 井の中に向つて發聲し二秒時の後に反響を聞きたりとせば其深さ幾何。

(三) 井の中に向ひ一秒二言の割合にて發聲し反響を明瞭に聞く爲には其深さは幾米以上なるを要するか。

三

音の種類 音聲樂器の音の如く愉快なる感を與ふる音を**樂音**と云ひ、砲聲擊音車の軋る音の如く不快の感を與ふる

樂音

噪音

樂音の三要素

四

音を**噪音**と云ふ。樂音は規則正しく振動する物體より發する音波にして其波形は一定の形を反覆す、噪音は不規則に振動する物體より發する音波にして其波形は不規則なり。故に一時的の噪音も之を規則正しく連續すれば樂音となる、急速に廻轉する齒車に名刺を當つれば個々の噪音連續して一の樂音となるが如し。又數多の樂音を不規則に合すれば噪音となる、例へば運動場の喧噪の如し。

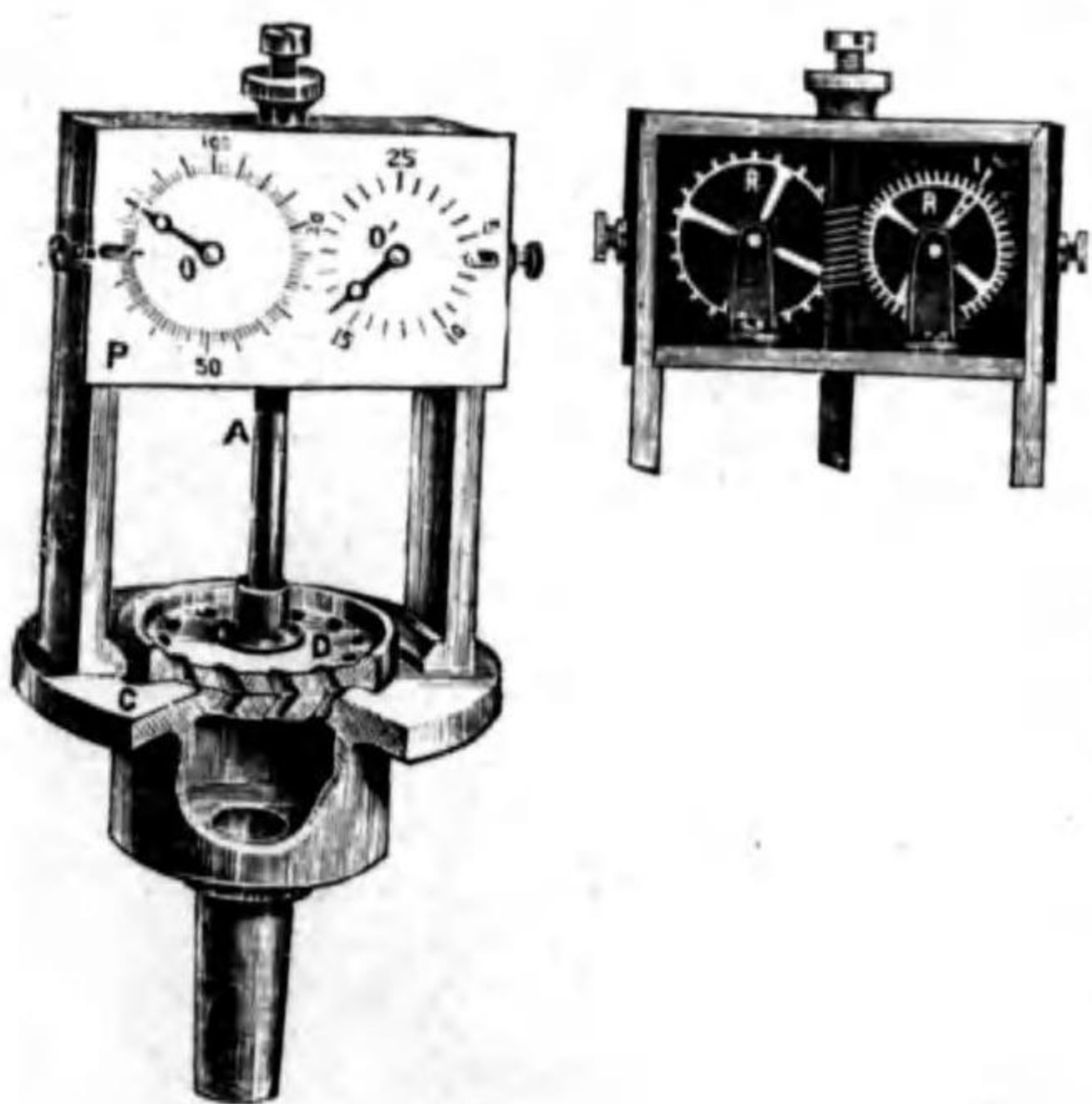
樂音の三要素 樂音に**強さ**、**調子**及**音色**の差あり之を**樂音の三要素**と云ふ。(一) 太鼓を強く或は弱く打つときに聞く二音を強さ異なりと云ふ。音の強さは發音體の振幅從つて音波の振幅の大小に依る。(二) 一定の弦を緊め或は弛むるとき聞く二音を**調子**異なりと云ふ。音の調子の高低は發音體の振動數の大小に依りて定まる。吾人が音として

聞き得る波の振動数は毎秒十六乃至四萬にして音聲の振動数は一百乃至一千なり。(三)笛と風琴との音は強さと調子とを等しくするも自ら異なる所あり、かく強さ調子以外に各發音體に特有なる特徴を其**音色**と云ふ、音聲を聞きて人を區別し得るは音色の差に依る。音色は發音體の振動の模様従つて音波の波形に依りて定まる。

サイレン

五

サイレン 音の振動数を測るには通常サイレンを用ふ、其構造は圓筒形の箱の蓋に軸Aに固定し自由に廻轉し得る圓板を載せ、蓋と圓板とに軸を中心とする圓周上に



調和・不調和

六

等距離に反對に傾ける同數の孔を穿てるものなり。風櫃にて箱に氣流を送れば圓板の孔は斜に壓されて圓板は廻轉すると共に音を發す、是れ兩板の孔重なれば氣流噴出して密を生じ、喰ひ違へば粗を生ずるが爲なり。今氣流を加減して圓板の廻轉速度を調節しサイレンの發する音と測らんとする音とを同調にすれば、其振動数は圓板の孔の數 m と指針にて讀み得る一秒間の廻轉數 n との積 mn に等し。**音階** 二個の樂音を同時に發するとき愉快に感ずる場合と然らざる場合とあり、前の場合には二音は互に**調和**すと云ひ、後の場合には**不調和**なりと云ふ。振動數の比が1:2 2:3 3:4等の如く簡單なる二音は良く調和し其比が複雑となれば不調和となる。

音樂に於ては或る振動數の音に對して一定の比を有し

長音階

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | ヒ | フ | ミ | ヨ | イ | ム | ナ | ヒ |
| | 9 | 8 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 |
| | 5 | 4 | 3 | 3 | 2 | 5 | 3 | 15 |
| | | | | | | | | 8 |
| | | | | | | | | 2 |

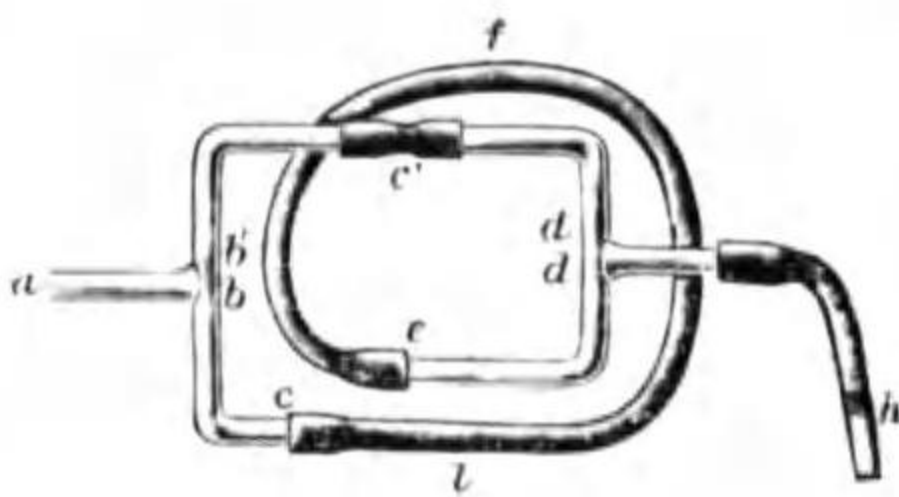
漸次調子の高き諸音より成る階段を定め之を音階と云ふ。次に洋樂自然長音階に於ける振動數の比を掲ぐ。

七 音波の干渉

音波の干渉

若し或所に於て兩波の密と密又は粗と粗とが重なれば合波の振幅大となりて其音強く、又若し一方の密他方の粗と合すれば合波の振幅小となり其音弱くなる、此現象を音波の干渉と云ふ。

圖に示す干渉管は之を實驗する装置にして、*a*口にて音を發するときより*h*口に至る道程の差が其音波の半波長の偶數倍に等しきときは*h*口の音の強さ最大となり、若し其差半波長の奇



干渉管

數倍なるときは音の強さ最小となる。

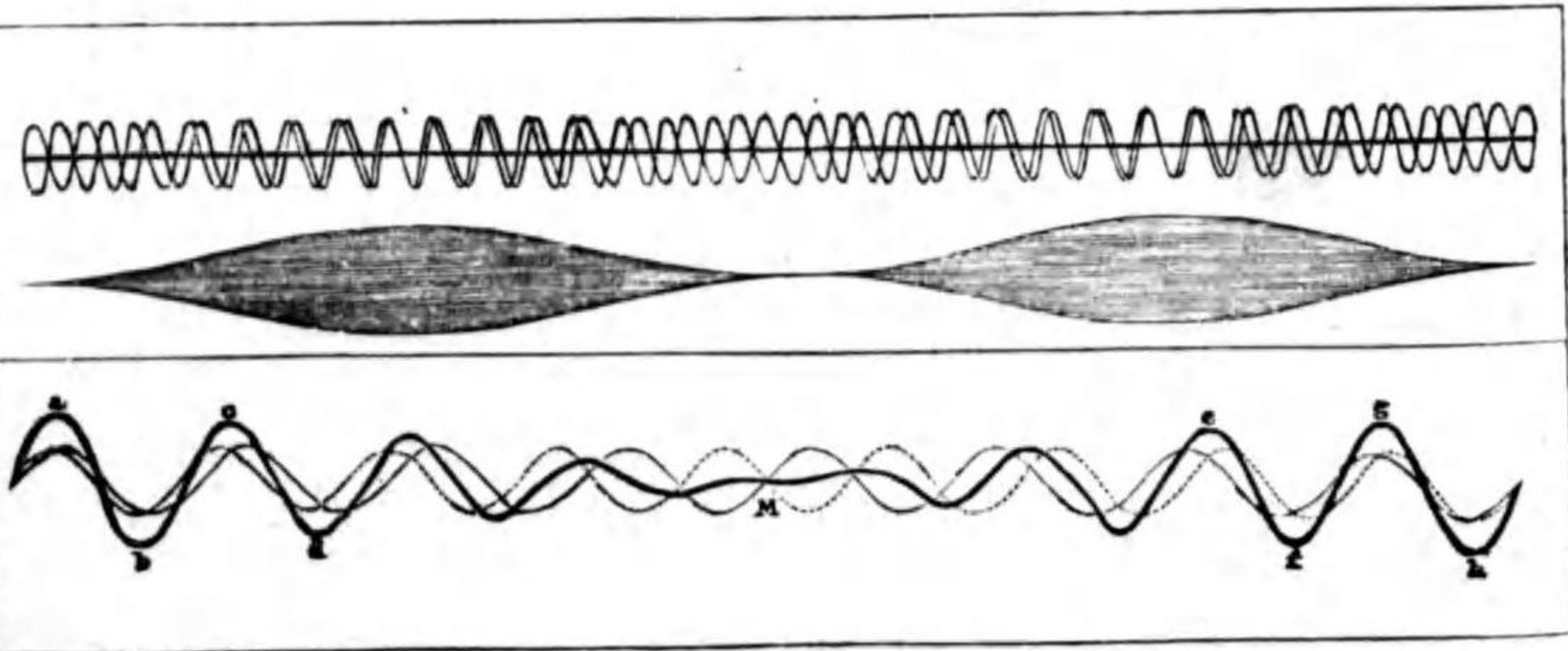
問(一) 耳の傍にて鳴らしたる音又を廻せば音に強弱を感ずるは何故ぞ。

- (二) 振動數毎秒二五〇の音又にて干渉管の實驗を爲し、道程の長さの差を漸次に増して六五種とするとき初めて音の強さ最小となりたりと云ふ、音の速度何程なるか。

八 唸り

唸り

振動數の少しく異なる二個の發音體を同時に鳴らせば強さの交互に消長する合音を聞くべし、此現象を唸りと云ふ。唸りの生ずるは二波の波長異なるが爲に合波の振幅下圖に示す如く交互に増減するに由る、一



九

秒間の唸りの数は二音の振動数の差に等し。

共鳴 振動数相等しき二個の發音體例へば音又甲乙を並べ、甲を鳴らせば乙も亦暫時にして音を發するに至る、此現象を**共鳴**と云ふ。此理由を考ふるに、甲より發する粗密部が乙の脚端に達し之を動かす力が其運動の方向と一致するが故に漸次其振幅を増加せしむるが爲なり。音又に臺箱を附して其音の強くなるは箱内の空氣の共鳴するに依る、又吾人が空氣中の縦波を音として聞き得るに極限あるは聽神經索の數に制限ありて其共鳴範圍自ら定まれるが爲なり。

問(一) 同調の音又の一方の脚端に針金を結へば共鳴止むは何故ぞ。

(二) 能樂堂の舞臺の下に瓶を伏するは何の爲なるか。

(三) 地震のとき往々高き煙突倒れざるに短き煙突の倒るゝは何故ぞ。

第二章 發音體

絃の振動數

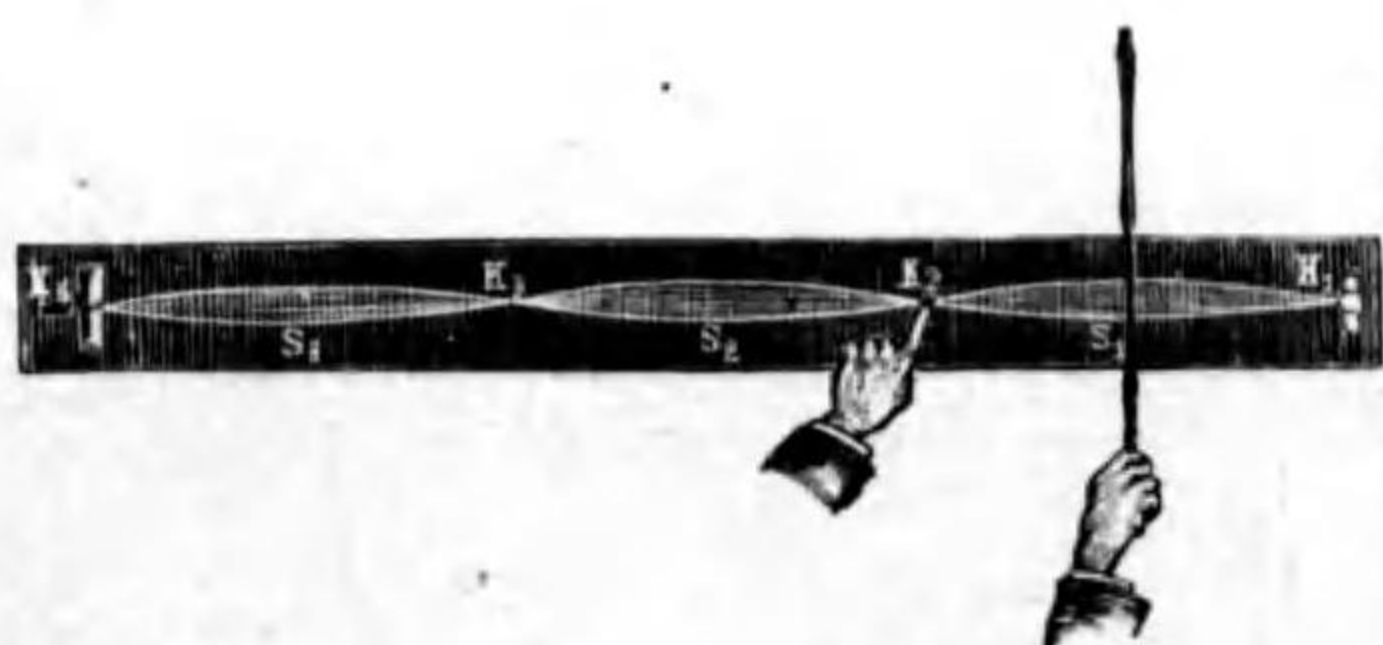
一

倍音



絃の長さに逆比例し、(二)張力の平方根に正比例し、(三)絃の單位の長さの質量の平方根に逆比例す。

絃の中央を弾ずれば絃の全長一區となりて振動す、其音を**原音**と云ふ。次に下圖に示す如く絃の $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{1}{3}$ 等の點を支へ、短き部分の中央を弾ずれば絃は二區・三區等に分れて振動す、此音を**倍音**と云ふ、其振



節・腹

動數は原音の振動數の二倍・三倍等なり。絃の振動すると
き常に靜止する點を節と云ひ、其中間に於て振幅の最大な
る點を腹と云ふ。

問(一) 絃の1/3の點を支へ短き部分を彈ずるとき、長き部分が之に共鳴し得
るには幾區に分るれば可なるか。

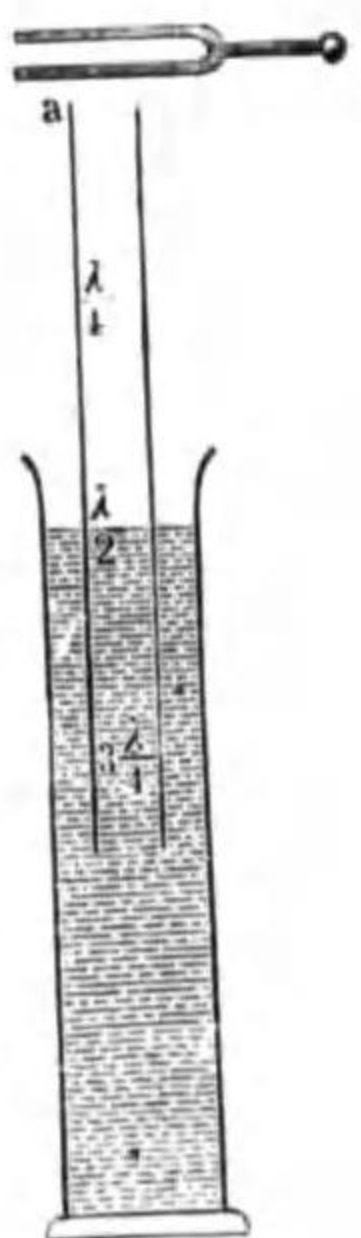
二

音色 絃を支へざる場合にも倍音は原音に伴ふものにし
て、其倍音の伴ひ方によりて、合波の波形變化し従つて音色
の差を生ず、例へば絃を彈ずる點を其中央より漸次に固定
端に移せば、次第に調子の高き倍音伴ひて音色の豊富とな
るが如し。一般に、發音體の音色に差あるは原音の外に特
有の倍音を伴ひ一定の波形を生ずるが爲にして、吾人が各
種の母音を發し得るは口腔の形を變じて聲帶の原音に混
ずべき倍音を變ずるに由る。

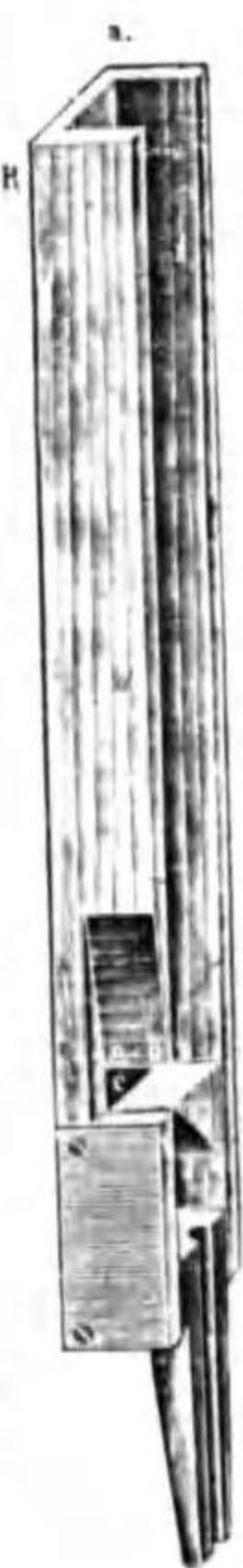
三

空氣柱の振動 兩端開放せる硝子管を水中に沈め、管口に
鳴らしたる音叉を翳し、管を上下に加減すれば、音の強さ最
大となるを見るべし、是れ管

内の**氣柱**が音叉に共鳴する
が爲なり。一般に任
意の長さの氣柱を振

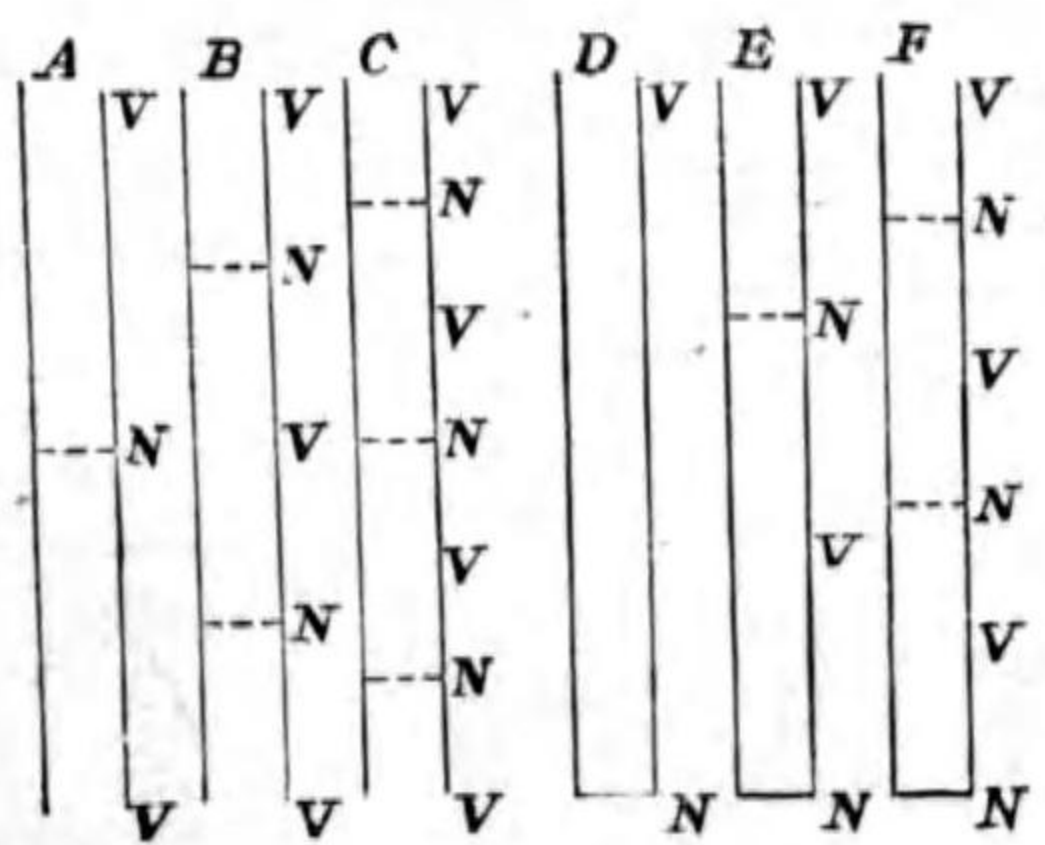


風琴管



閉管

動せしむるには風琴管を用ふ、管口より
送入する氣流は楔形の唇abに激し、複雑
なる振動を爲し、以て氣柱を振動せしむ、
其振動數は管の長さに逆比例す。上端
閉ぢたる管を閉管と云ひ、開きたるを開



開管

四

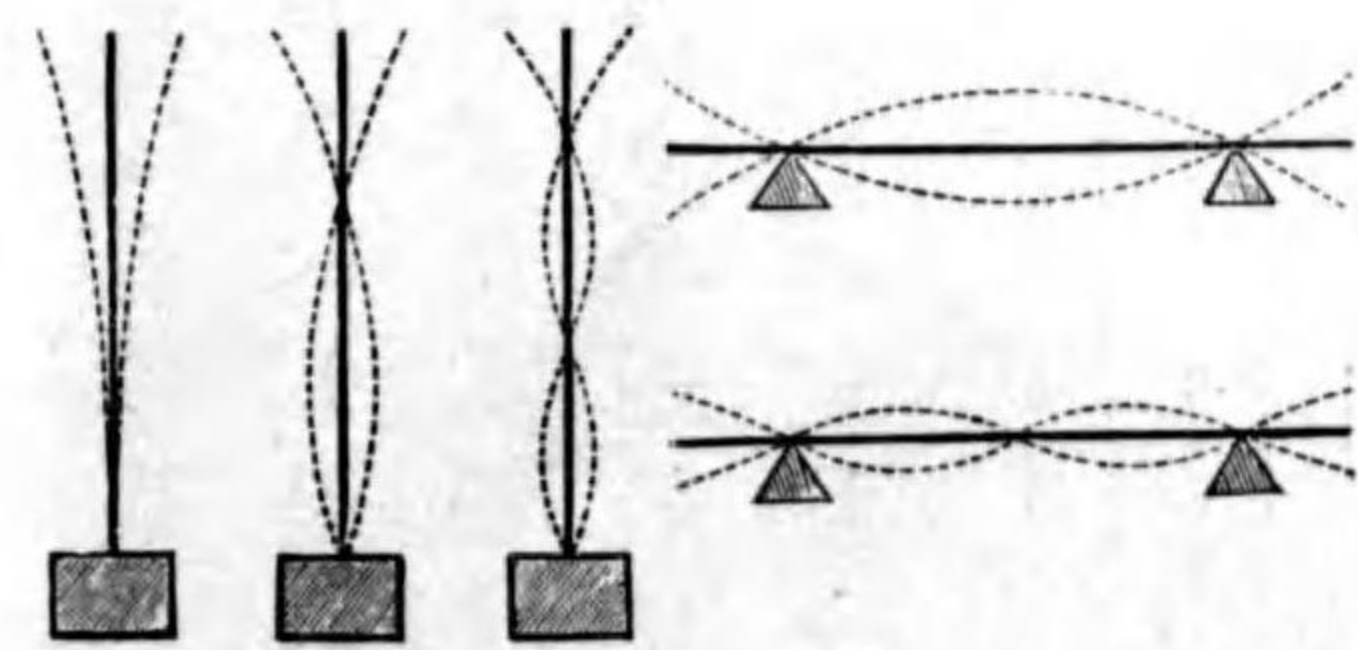
管と云ふ。管を緩に吹けば原音・倍音共に發すれども之を強く吹けば倍音のみを發す。下圖は閉管及開管が原音及倍音を發するときの節N及腹Vの位置を示す。

棒 棒の一端を固定し、或は兩端自由なる棒の適當の點を支へ、之を横に打てば棒は一區又は二區以上に分れて原音又は倍音を發す、切口長方形なる棒にありては、其・振・動・數・は・長・さ・の・二・乗・に・逆・比・例・し、其・厚・さ・に・正・比・例・す。



脚は同時に内外に振動し柄は上下に振

音又は兩端自由なる棒をU字形に曲げ其中點に柄を附したるものと見做し得るが故に、其兩



音又

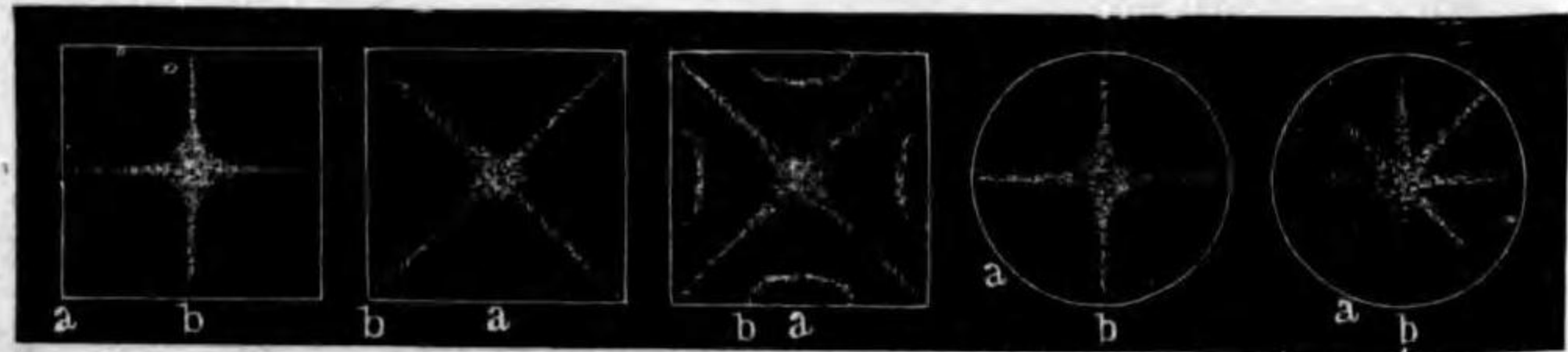
五

動するを知る。音又の兩脚は振子の運動の如く規則正しく、其音波の波形は正弦曲線を爲す、是れ其音の清朗なる所以なり。

板 方形又は圓形の板の中點を固定し、點をを抑へ點aを胡弓にて摩すれば板は振動して音を發す、豫め板上に細砂を撒布し置けば砂は圖の如く板上の靜止せる部分に集まり、靜止點の軌跡を示す、之を節線と云ふ。

六

蓄音器 蓄音器は米人エチソンの發明に係る、其原理は音の振動を記録し之に依りて再び其振動を爲さしめて元の音を復活せしむるにあり。現時使用する平板蓄音器は、大なる喇叭口の底部の側面に薄き雲母板を取附け、其中央に



節線



横杆の一端を固定し他端に針を附したるものなり。針を鉛直軸の周りに廻轉する蠟製の圓板上に載せ喇叭口に向つて發聲すると同時に圓板を廻轉し、之と共に針を漸次内方に進ましむれば面上に其振動の痕跡を刻む。次に此記録をエボナイト製の圓板上に寫したるものを臺の上に載せ、痕跡の上に針端を置きて之を廻轉すれば、針は痕跡に導かれて前と同様に振動し音を發するなり。

第六編 光

第一章 光の直進

一
發光體・光源
暗體

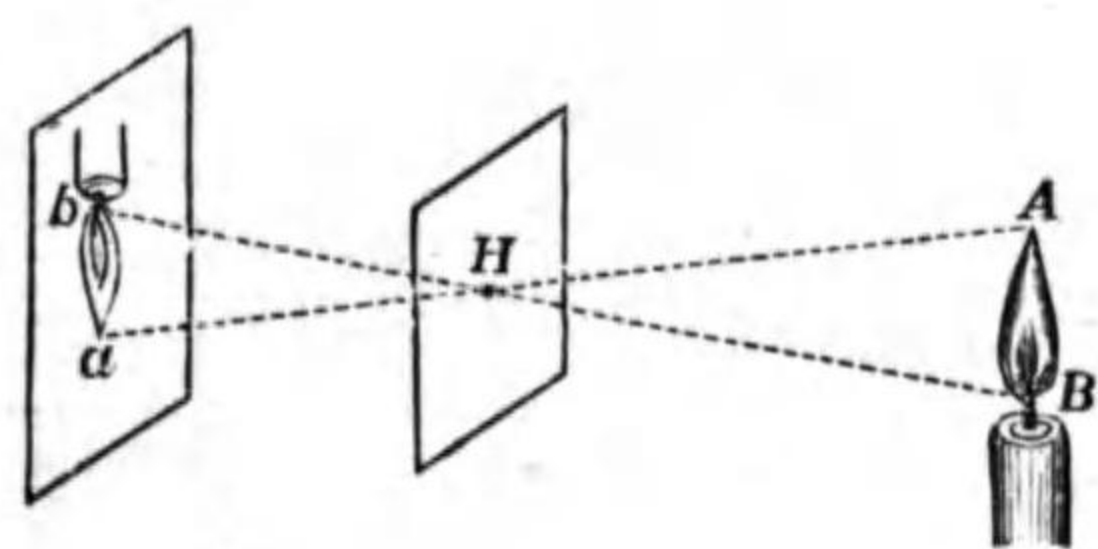
透明體
不透明體

一 光 吾人が物體を視得るは物體より發する光が眼に入りて視神經を刺戟するに由る。太陽・恒星・電燈等の如く光を發するものを發光體又は光源と云ひ、遊星・月地上の諸物體等の如く發光體に照らされて視ゆるものを暗體と云ふ。空氣・硝子・水等の如く光を透す物質を透明體又は光の媒質と云ひ、金屬・木・石等の如く光を透さざるものを不透明體と云ふ。此區別は判然たらず、例へば水深ければ水底を透見するを得ず又金箔を透して物體を視得るが如し。

二 光の直進 組織一樣なる媒質内に在りては光は直線に沿ふて進む、之を光の直進と云ふ、暗室の小孔より室内に進む

光線

小孔にて生ずる像



日光に就きて之を目撃し得べし。光の進み行く線を光線と云ふ、故に組織一様なる媒質内に在りては光は光点より各方向に引ききたる直線に沿ふて進むを知る。

燭火と衝立との間に小孔を有する不透明板を置けば衝立の上に燭火の倒像を生ず、是れ燭火の各点より直進する光が小孔に相似なる斑点を衝立の面に投ずるが爲なり。

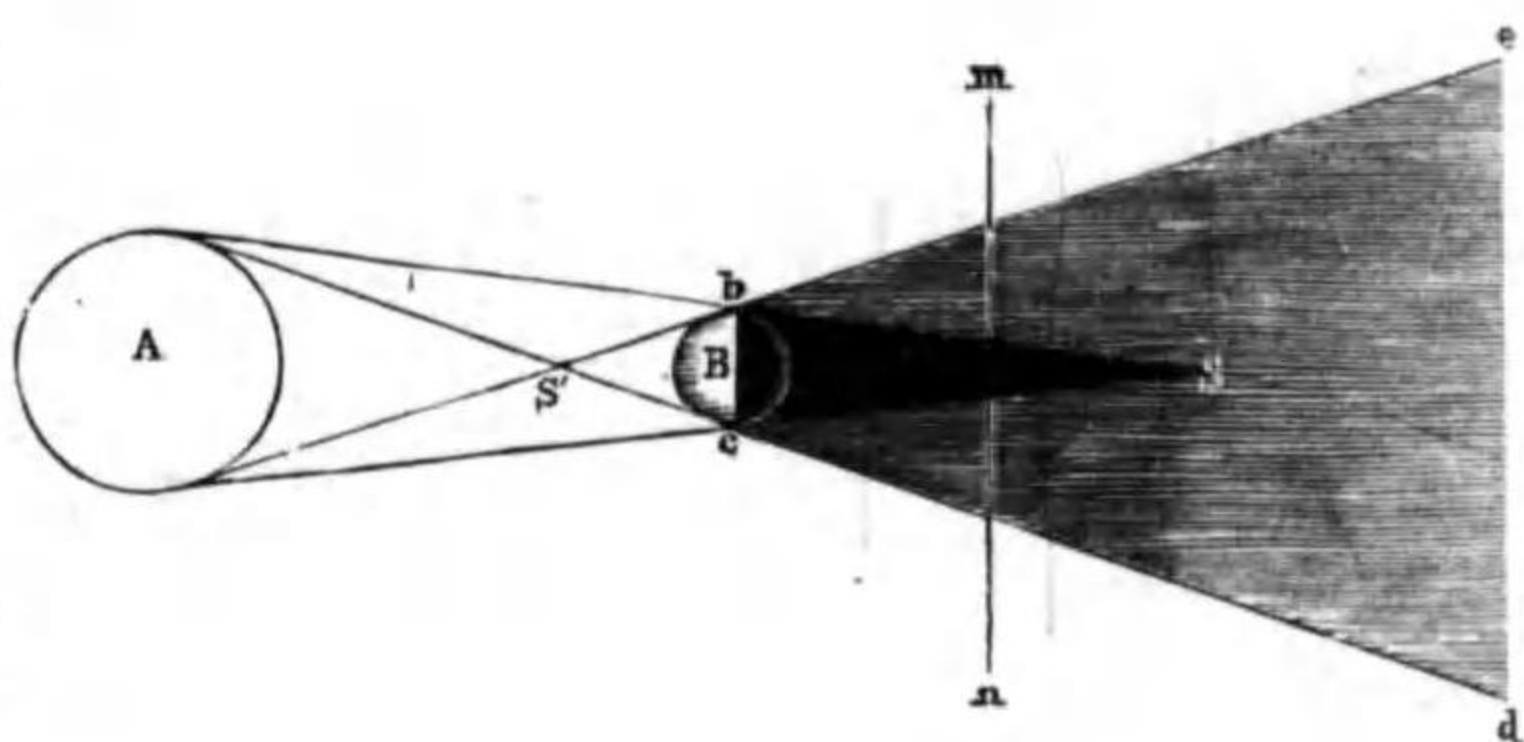
問 (一) 弓銃等の狙を定むるは如何なる意味なるか。

(二) 日中茂れる樹蔭に斑点を見ることあるは何故ぞ。

三

影 光は直進するが故に其通路に暗體を置けば背後に影を生ず。光源が光点と見做し得る場合には影は全く暗黒にして其境界判然すれども、光源が大さを有する場合には

本影 半影



四

光の傳播

光は眞空内にも通過し得るが故に其傳播には音の如く普通の物質を要せざるを知る、後章に述ぶる如く光は眞空中及物質の分子間に瀰漫せるエーテルと稱する媒質内の波動にして、媒質内に光源を置けば其エネルギ

暗體の背後に全く暗黒なる本影と光源の一部分の光を受くる半影とを生ず。

日蝕は月が地球に達する太陽の光を遮りて起る現象にして、本影に在る地點は皆既蝕を望み半影に在る地點は部分蝕又は金環蝕を望む。又月蝕は地球が其影を月面に投ずる現象に外ならず。

問 (一) 日中地上に横たへたる棒を上ぐれば漸次其影の薄くなるは何故ぞ。

光の速度

星年

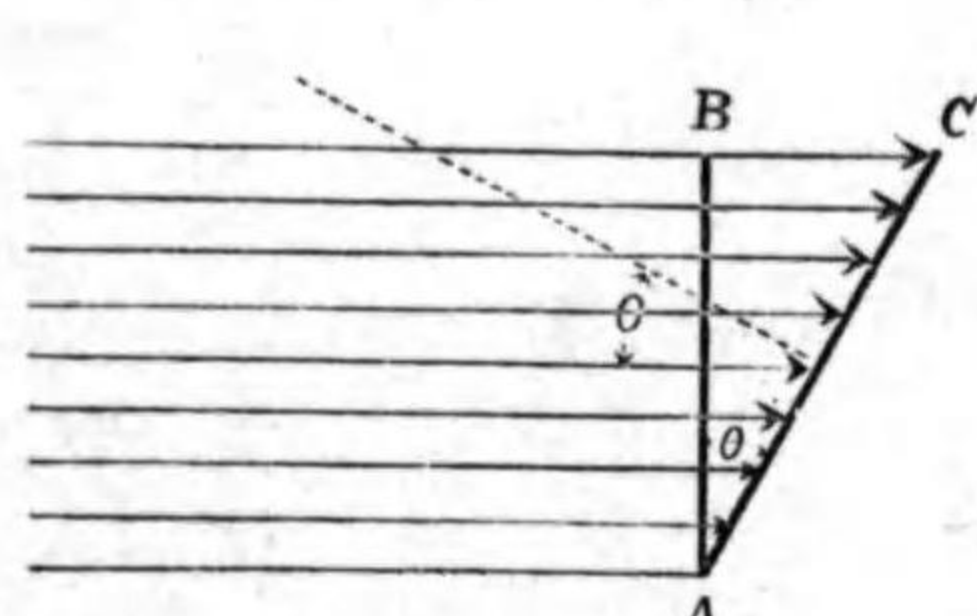
—の一部は光波の波動のエネルギーとなりて四方に傳播す。光が地上の距離を進むに要する時間は極めて小にして通常之を無視し得るも、其速度は無限に大なるものにあらず。實測に依るに、真空又は空氣中に於ける光の速度は毎秒約三十萬軒にして、一秒間に地球を七周半する割合なり。斯の如く、光の速度は大なるも光が天體より地球に達するには大なる時間を要す、例へば太陽の光が地球に達するには八分二十秒を要し、北極星よりは四十二年を要するが如し。斯の如く天體間の距離は大なるが故に星學に於ては、光が一年間に通過する距離 9.5×10^{12} 軒を距離の單位とし之を一星年と云ふ。

問(一)地球に最も近き恒星は 33×10^{12} 軒の距離に在り、光が此星より地球に達するには幾年を要するか。

五

照度 照らさるゝ表面の明るさを測るに、其單位表面が單位時間に受くる光の量を用ひ、之を其照度と云ふ。表面の照度は之と光源との距離及表面の光線に對する傾斜に關係す。

今光源を中心とし半徑 r の球面を畫き其單位面積の受くる光量即ち其照度を I とすれば、 I は光源が單位時間に發する光量にして距離 r に關係なき常數なるが故に、光線に直角なる面の照度は光源よりの距離の二乗に逆比例するを知る。又表面を光線に傾くる程其照度は減少す。光線に直角なる平面上の正射影相等しき二つの表面 AB 、 AC の受くる光量は相等しきが故に、其照度は面積に逆比例す、従つて表面を光線に直角に置けば其



照度と距離との關係
照度と傾きとの關係

照度最大となる。

六 光度

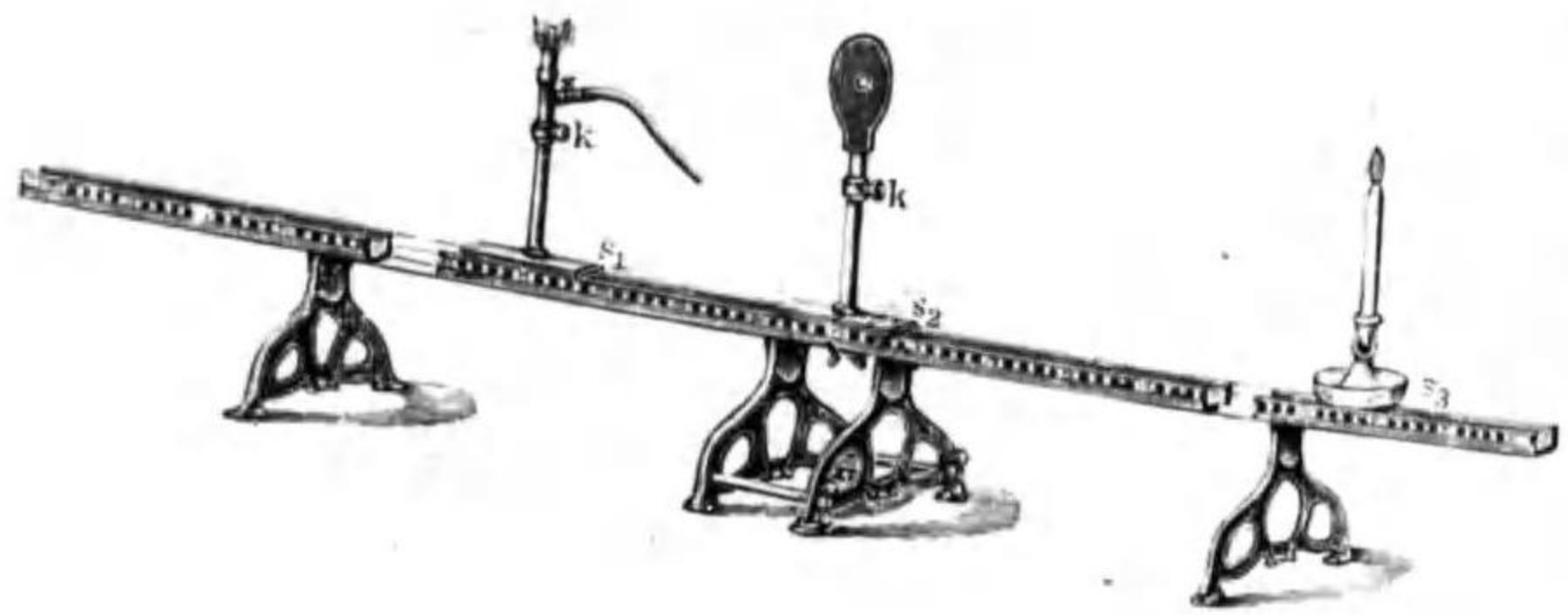
光源の強弱を比較する爲に光源より單位の距離に

於て光線に直角なる表面の照度を用ふ、
 之を光源の**光度**と云ふ。通常光度を測
 るに用ふるはブンゼンの**光度計**にして、
 比較せんとする兩光源間に蠟を塗りた
 る紙製の衝立を立てたるものなり。衝
 立を動かし蠟の部分に兩側より見て同
 様の明るさに見ふる位置を求め兩光源
 より距離を r_1, r_2 とし、其光度を夫々 I_1, I_2
 とすれば其照度相等しきが故に

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}$$

故に、 I_1, I_2 を測りて、 r_1, r_2 を比較

光度
ブンゼンの光
度計



燭光

米燭光

することを得。光度の單位は各國其制を異にす、我國の光
 度の單位は英制に従ひ、直徑一時なる鯨蠟製の標準蠟燭が
 一時間に百二十グレインプ、燃ゆるときの光度にして、之
 を一**燭光**と云ふ。

照度の單位として一燭光の光源が一米の距離に於て光
 線に直角なる表面を照らす照度を用ひ、之を**米燭光**と云ふ。
 衛生上読み書きに有害ならざる照度は十米燭光なり。

問 (一) 瓦斯燈が三米の距離に於て、標準蠟燭が五十燭の距離に於て與ふる照
 度と同一の照度を有すとせば、其光度幾何。

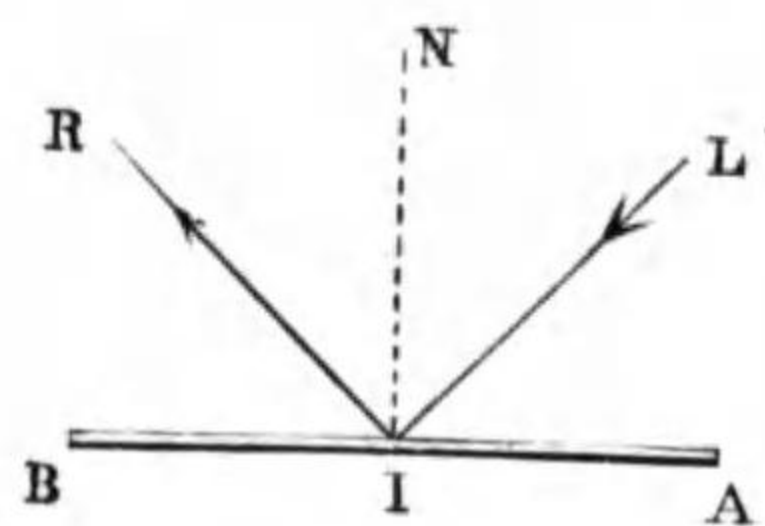
(二) 十六燭光の電燈に對して読み書きを爲すに有害ならざる最大距離を
 問ふ。

第二章 光の反射

一

反射

光は一樣なる媒質内にては其方向を變せざるも、二つの媒質の境界面に達すれば一部の光線は一般に初めの媒質内に向て進む之を光の反射と云ふ。凡て、物體は其透



明なると不透明なるとに關せず其表面に達する光を反射するを常とす。今光線LIを物體の表面上の一點Iに達する投射光線とし、IRを之に對する反射光線とす。I點を投射點と云ひ、此點に於て境界面に垂線INを引き、角 $\angle INI$ 及 $\angle RIN$ を夫々投射角及反射角と云ふ。實驗に依るに

- (一) 反射光線と投射光線とは、投射點に引ける垂線を含む平面内に於て其兩側に在り。
- (二) 反射角は投射角に等し。

反射の定律

反射光線の逆行

之を反射の定律と云ふ。光線が逆にRIに沿ふて投射するときは反射光線はILに沿ふて進む之を反射光線の逆行と云ふ。

反射光の量

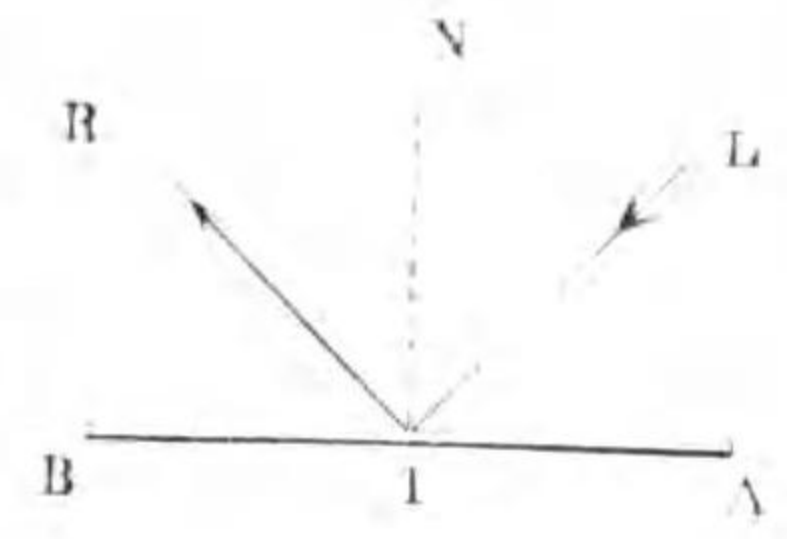
水硝子等の如き透明體の表面にては反射する光の量少きも磨きたる金屬の表面は能く光を反射す、硝子鏡に於て硝子の裏面に鍍せる銀の反射面を用ふるは之が爲なり。又同一の表面より反射する光の強さは投射角の大なる程大なり。

二

散光

平行光線が平滑なる物體の表面に投射するときは、各光線は反射の定律に従ひ一定の方向に反射するが故に其物體は何れの方角よりも見るを得ず、例へば暗室内にて鏡の前に燭火を置き鏡面を見るに若し鏡面十分に清潔なるときは之を認め難きが如し。然れども鏡面に塵埃附着

一 反射 光は一樣なる媒質内にては其方向を變せざるも、二つの媒質の境界面に達すれば一部の光線は一般に初めの媒質内に向て進む之を光の反射と云ふ。凡て物體は其透



明なると不透明なるとに關せず其表面に達する光を反射するを常とす。今光線 IR を物體の表面上の一點 I に達する**投射光線**とし、 IR を之に對する**反射光線**とす。 I 點を**投射點**と云ひ、此點に於て境界面に垂線 IN を引き、 IR と IL とを夫々**投射角**及**反射角**と云ふ。實驗に依るに

- (一) 反射光線と投射光線とは、投射點に引ける垂線を含む平面内に於て、其兩側に在り。
- (二) 反射角は投射角に等し。

反射の定律

反射光線の逆行

之を反射の定律と云ふ。光線が逆 RI に沿ふて投射するときは、反射光線は IL に沿ふて進む之を**反射光線の逆行**と云ふ。

反射光の量

水硝子等の如き透明體の表面にては、反射する光の量少きも磨きたる金屬の表面は能く光を反射す、硝子鏡に於て硝子の裏面に鍍せる銀の反射面を用ふるは之が爲なり。又同一の表面より反射する光の強さは、投射角の大なる程大なり。

二

散光 平行光線が平滑なる物體の表面に投射するときは、各光線は反射の定律に従ひ一定の方向に反射するが故に、其物體は何れも見るを得ず、例へば暗室内にて鏡の前に燭火を置き、鏡面を見るに若し鏡面十分に清潔なるときは之を認め難きが如し。然れども鏡面に塵埃附着

亂反射・散光

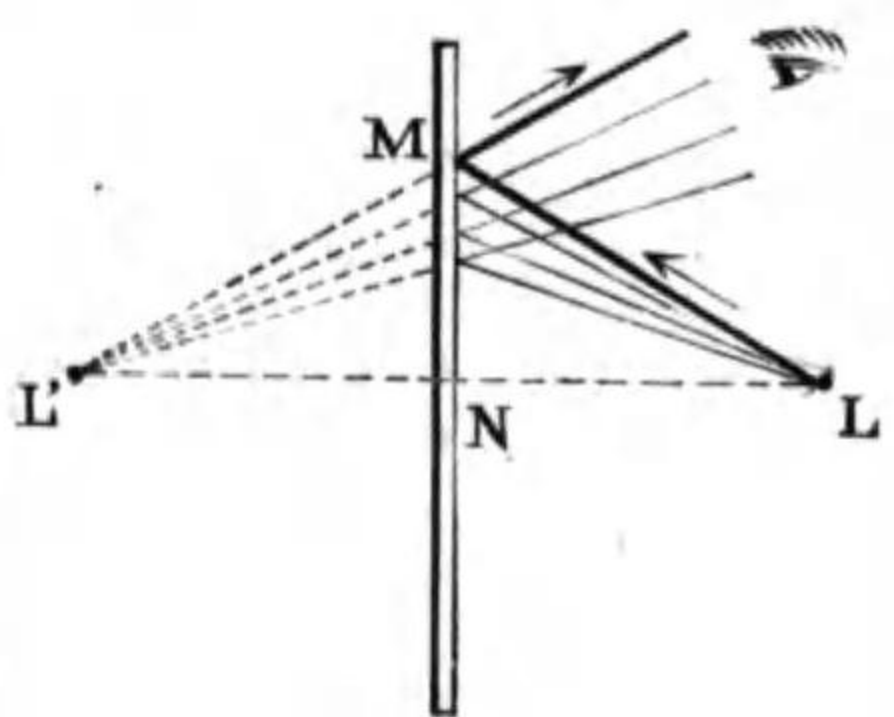
せるときは鏡面を認むることを得、是れ塵埃の表面は不規則にして種々の方向に光線を散亂するが爲なり。物體を總ての方向より見得るは其表面が微小なる無數の凹凸を有し光線を種々の方向に反射するに由る、此現象を亂反射と云ひ、亂反射を爲したる光を散光と云ふ。

問(一) 日出前又日没後少時間明かるきは何故ぞ。

(二) 氷は透明なるに雪の白色不透明なるは何故ぞ。

三

平面鏡 平面鏡の前面に光點Lを置くときLより鏡に投射する光線中、任意の光線LMを考へ之に對する反射光線を逆に延長し、之と光點Lより鏡面に引きたる垂線LNとの交點をL'とす。反射の定律に依り $\angle LMN = \angle L'MN$ なるが故に邊MNを共通とする直角三角形 $\triangle LMN$ 及 $\triangle L'MN$ は相等し、故に $LN = L'N$ にしてL'は鏡に對してLに對稱なる一定點なり。



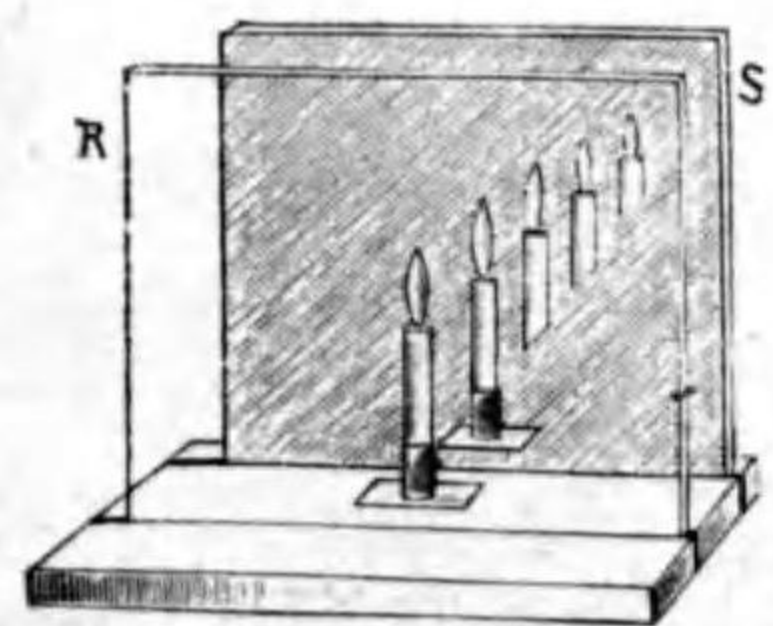
他の總ての光線を逆に延長するも皆L'點を通過するがに、故眼が反射光線を受くれば光點がL'に在るが如く感すべし、點L'を光點Lの像と云ふ。

物體を平面鏡の前面に置くときは其各點は鏡に對して對稱の位置に像を作るが故に、物體の像は之と等大にして鏡面に對し對稱の位置に現はるゝなり。

問(一) 二枚の平面鏡を互に直角に向け合せ其間に物體を

置けば如何なる像を生ずるか。

(二) 下圖に示す如く平面鏡の前に硝子板を對立し其間に燭火を置き硝子板の側より之を望めば數多の像を見るは何故ぞ。



(三) 直立せる平面鏡の前に立ちて自己の全身を見るに足る鏡の最小の大きさを問ふ。

四

球面鏡 球形の反射面を有する鏡を球面鏡と云ふ。球面鏡に凹面鏡及凸面鏡の二種あり。鏡面の中點と球心とを結ぶ直線を鏡軸と云ふ。

今切口AMなる凹面鏡の鏡軸上に在る

光點Lより發して鏡面に投射する任意

の光線LMが反射して鏡軸と交る點をL'

とすれば、半徑MOは投射點Mに於ける垂

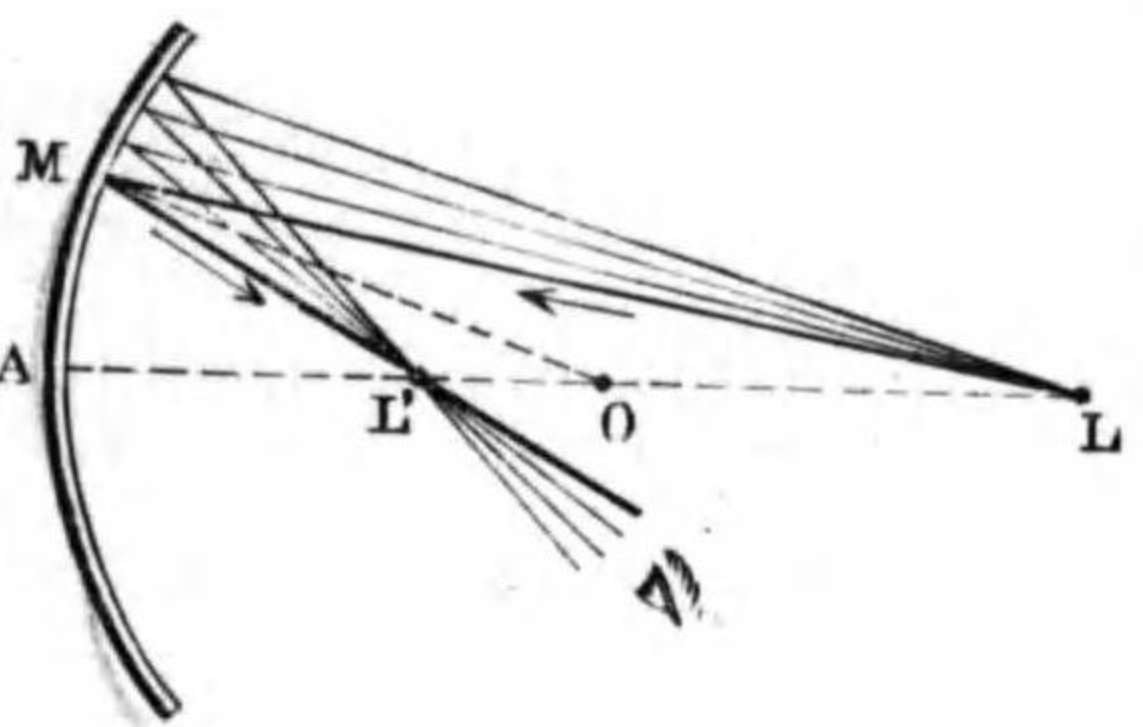
線なるが故に、反射の定律に依り、 $\angle IMO$

$= \angle I'MO$ なり、従つて

$$MI:MI' = LO:I'O$$

$$MI:MI' = LO:I'O$$

今鏡面が餘り大ならずして投射點Mが鏡心Aに近きもの



凹面鏡

と假定すれば、上式のMの代りにAを書き得べし。故に上式を鏡心Aより光點L及點L'に到る距離a、b及球の半徑rの項にて表はせば次式を得

$$a:b = a-r:r-b$$
$$\therefore \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{r}$$

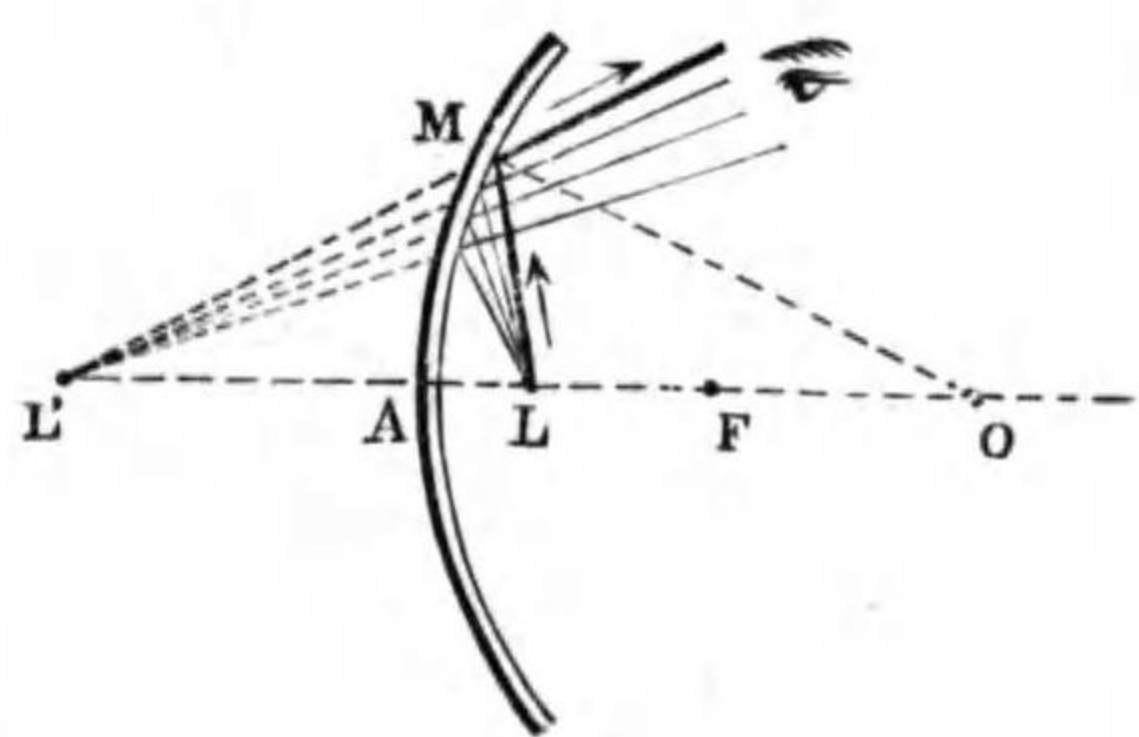
共軛點

此式は投射點の位置に關せざるが故に、光點Lより鏡面に投射する總ての光線は反射の後一定點L'を通過するを知る。故に反射光を眼に受くれば光が恰もL'より發するが如く見ふ、即ちL'はLの像なり。又反射光線は逆行するが故にL'を光點とすればLは其像となる。故にL及L'の二點を共軛焦點又は共軛點と云ふ。

光點が鏡軸上無限の遠距離に在るときはaは無量大にしてbはr/2となる、即ち鏡軸に平行なる光線は反射の後

焦點・焦點距離

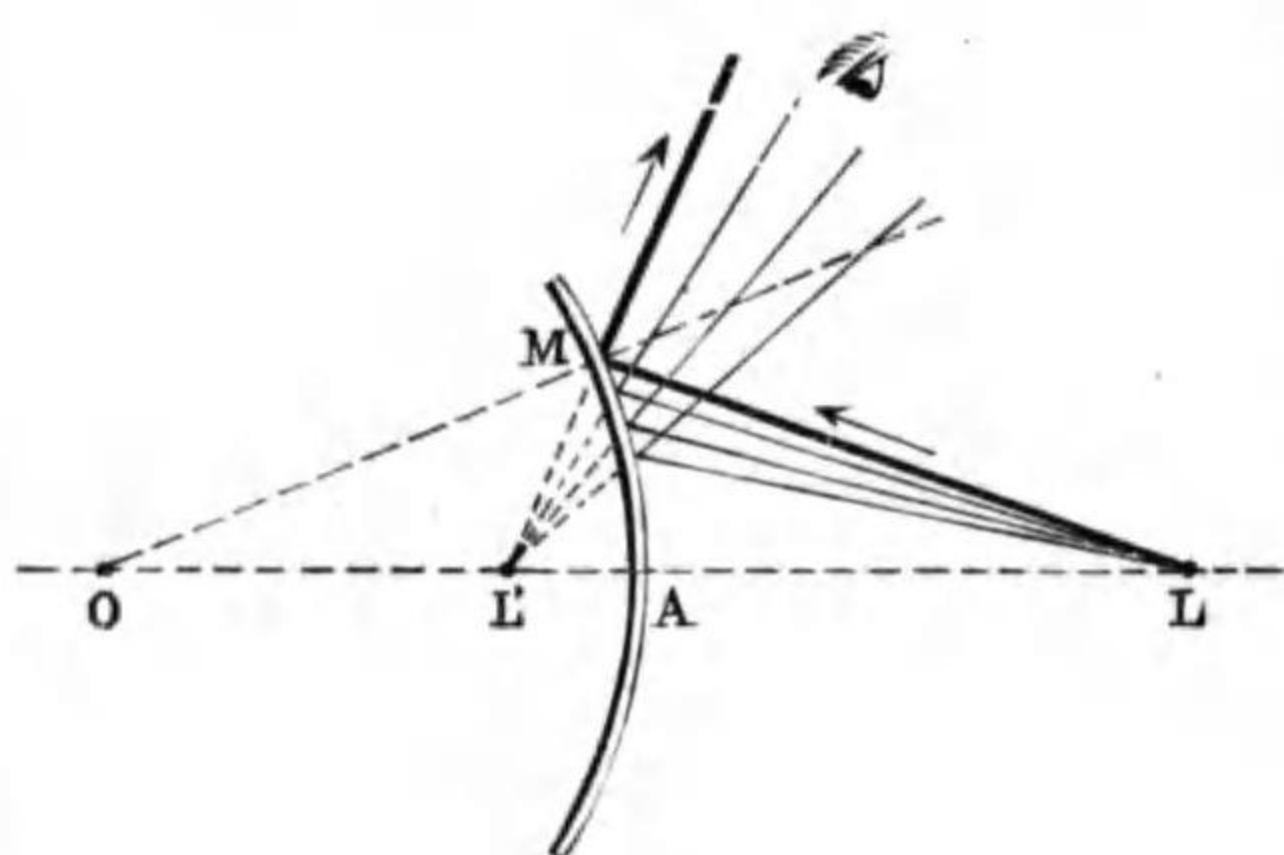
共軛點の位置



鏡軸上に於て鏡心より r だけ距りたる一點に集中す、此點を**焦點**と云ひ焦點と鏡心との距離を**焦點距離**と云ふ。今共軛點の位置を吟味せんに、前圖に於て投射光線及反射光線は垂線MOの兩側に在るが故に、(一)光點が無限の遠距離より球心Oに進むときは像は焦點よりO點に進み、此點に於てL・L'の二點一致す、(二)次に光點が球心Oより焦點に近づくに従ひ像はOより遠ざかり光點が焦點に達すれば像は無限の遠距離に去り、反射光線は平行となる、(三)光點が上圖の如く焦點と鏡との間に進入すれば、反射光線は發散し之を眼に受くれば鏡の背後に像L'を見るべし、而して光點が焦點より鏡に近づくに従ひ像は鏡の背

實像・虚像

凸面鏡



後に於て無限大の遠距離より鏡に近づくなり。此場合に於ける像の距離 v を公式より求むれば v は負となり、像L'が鏡の背後に生ずることを示すなり。通常、像を二種に區別す、一は凹面鏡の前方に生ずる像の如く光線が實際其所に集中するときの像にして之を**實像**と云ひ、一は鏡の背後に生ずる像の如く光線が其所より出でざるに眼が光線の發散の模様によりて認むる像にして之を**虚像**と云ふ。實像は衝立の上には現はし得るも虚像は斯くするを得ず。凸面鏡の軸上に光點Lを置けば、反射光は圖の如く發散して虚像L'を生

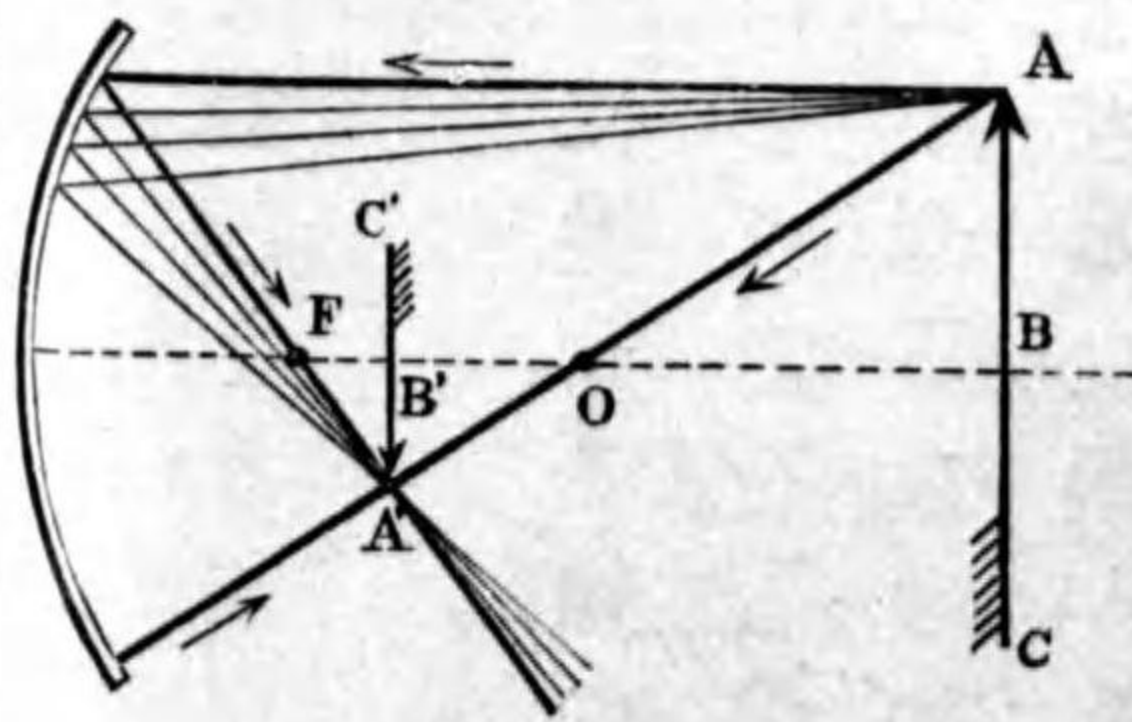
ず、此場合に於て鏡心Aより光點L及像L'に到る距離a、b及半徑rの關係を求むるには凹面鏡の公式のrを負と置けば可なり、即ち

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{r}$$

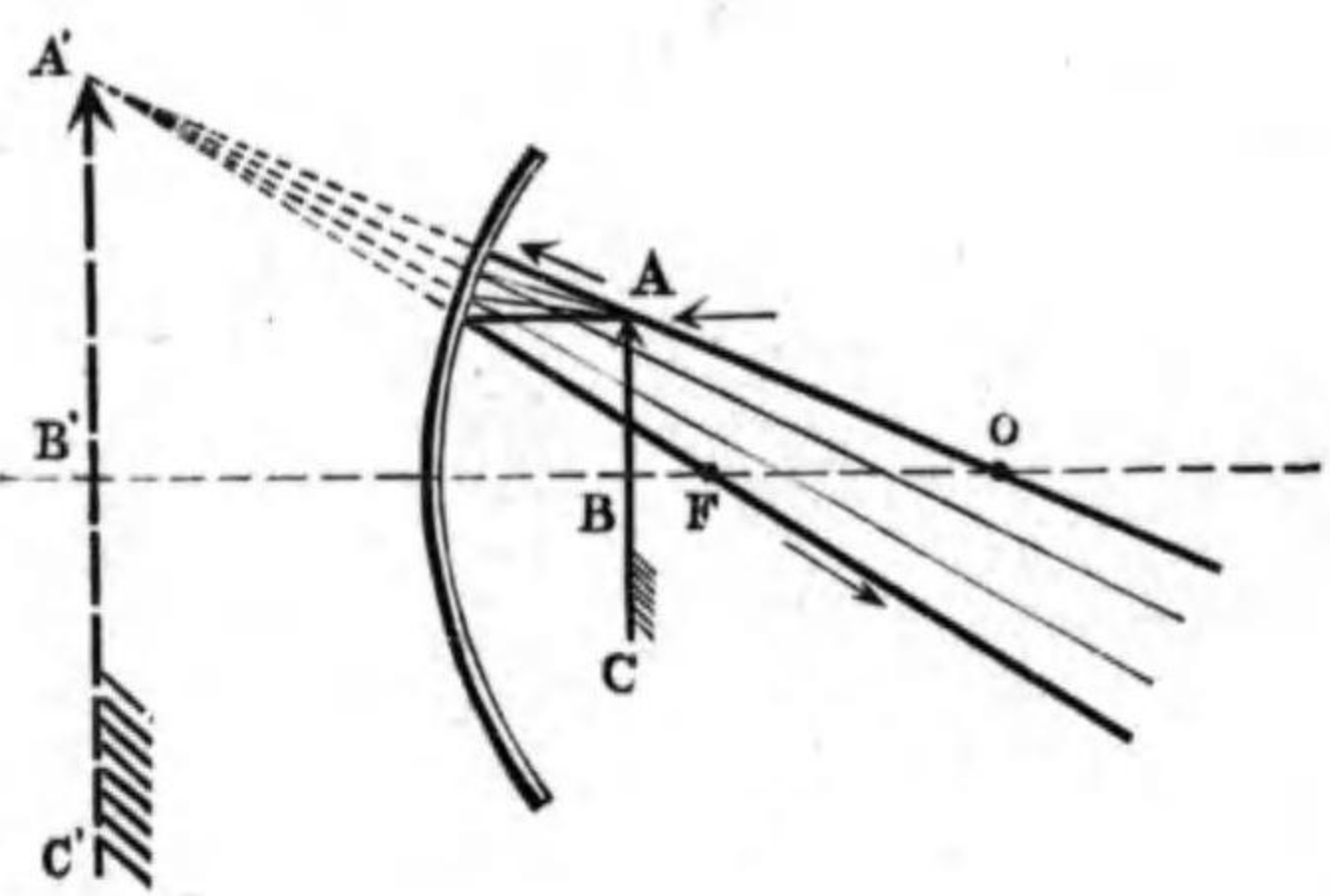
上式よりrを求むればrは常に負となり、像が鏡の背後に生じ、像の虚なることを示す。

五

物体の像 軸上の光點が軸上に像を結ぶ如く、軸外の光點は此點と球心を結ぶ直線上に像を結ぶこと明なり。故に、物体を鏡の前に置けば其各點の像は相集りて物体の像を生ず。今凹面鏡の軸に直角に物体ACを置けば其一點Aより發する光線中軸に平行なるものは反射の後焦點Fを通過



し球心Oを通過するものは反射の後同一の線を逆行す、故に其交點A'はAの像なり。同様にして他の諸點の像を求



むれば倒立せる實像A'C'を得。故に(一)物体が球心外に在れば球心と焦點の間に物体より小なる倒立の實像を生じ、(二)物体が球心と焦點との間に在れば物体より大なる倒立の實像を生ず、前圖のA'C'を物体とせばACが其像となるを以て之を知るべし、(三)次に物体が焦點内に在るときは上圖の如く鏡の背後に物体よりも大なる正立せる虚像を生ず。

同様の作圖に依りて凹面鏡の作る物体の像を求むれば其像は鏡の背後に於て物体よりも小なる正立せる虚像と

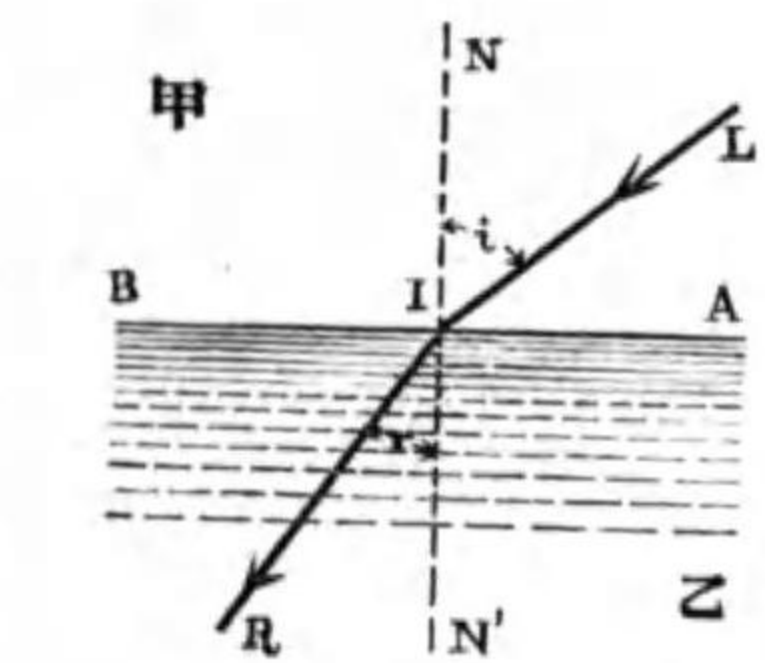
なるを見るべし。

問 (一) 球面鏡に於て軸に垂直に立つ物體の長さとその像の長さとの比は、鏡心よりの距離に正比例することを證せよ。

(二) 半径一米の凹面鏡の前方四〇厘の所に、軸に直角に長さ一〇厘の物體を置くと、生ずる像の位置及大きさを求めよ。

第三章 光の屈折

一 屈折



光が二つの媒質の境界面に達すれば、一部の光は反射し、残部の光は一般に方向を變じて第二の媒質内に進入す。此現象を屈折と云ふ。透明體は屈折する光の大部分を通過するも、不透明體は直ちに之を吸収するを常とす。圖の如く光線LIが媒質甲

乙の境界面に投射するとき、屈折光線IRが投射點Iに於て表面に引きたる垂線NN'と爲す角を屈折角と云ふ。實驗に依るに

- (一) 屈折光線と投射光線とは、投射點に引ける垂線を含む平面内に在りて、垂線の兩側に在り。
- (二) 投射角の正弦と屈折角の正弦との比は、兩媒質に特有にして、投射角の大きさに關係なき、常數なり。

屈折の定律

之を屈折の定律と云ふ。投射角 i に對する屈折角を r とすれば

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n$$

常數 n を乙媒質の甲媒質に對する屈折率と云ふ。下表は種々の物質の空氣に對する屈折率を示す。

屈折率の表 (常溫; D線)

| | |
|--------|-------|
| 金剛石 | 2.487 |
| フロント硝子 | 1.635 |
| 二酸化炭素 | 1.631 |
| クラウン硝子 | 1.530 |
| 酒精 | 1.365 |
| 水 | 1.333 |

屈折率が一より大なる