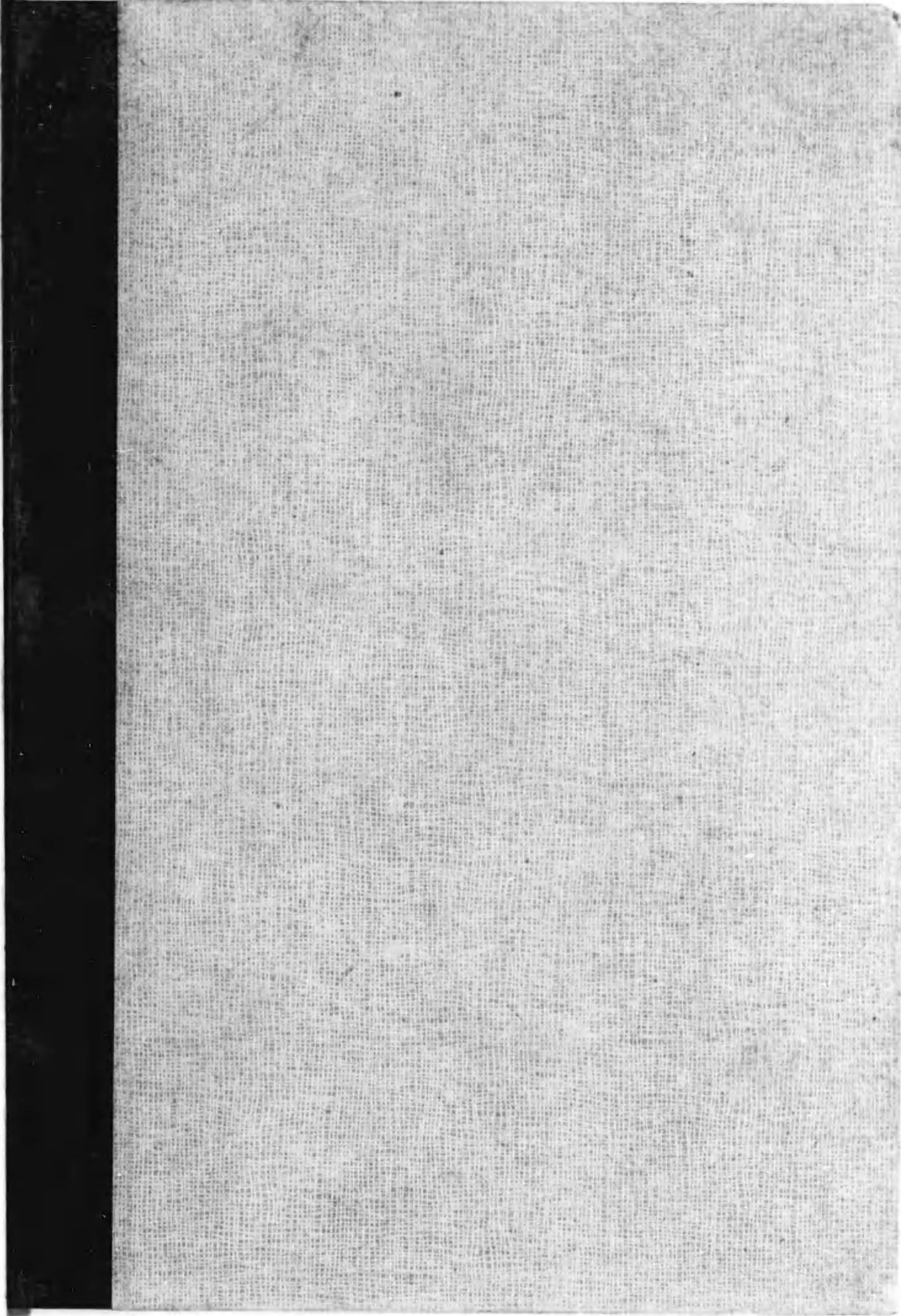
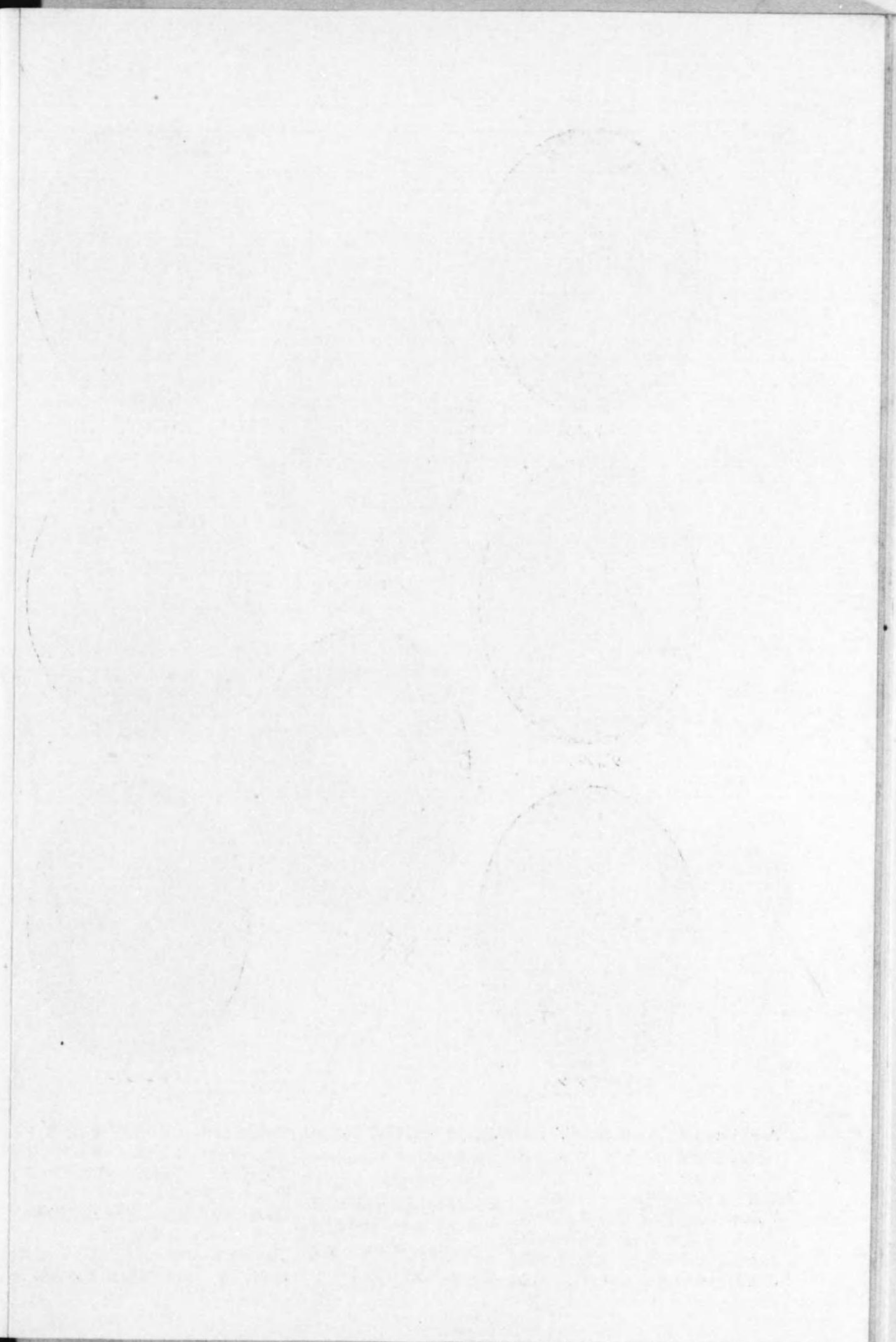
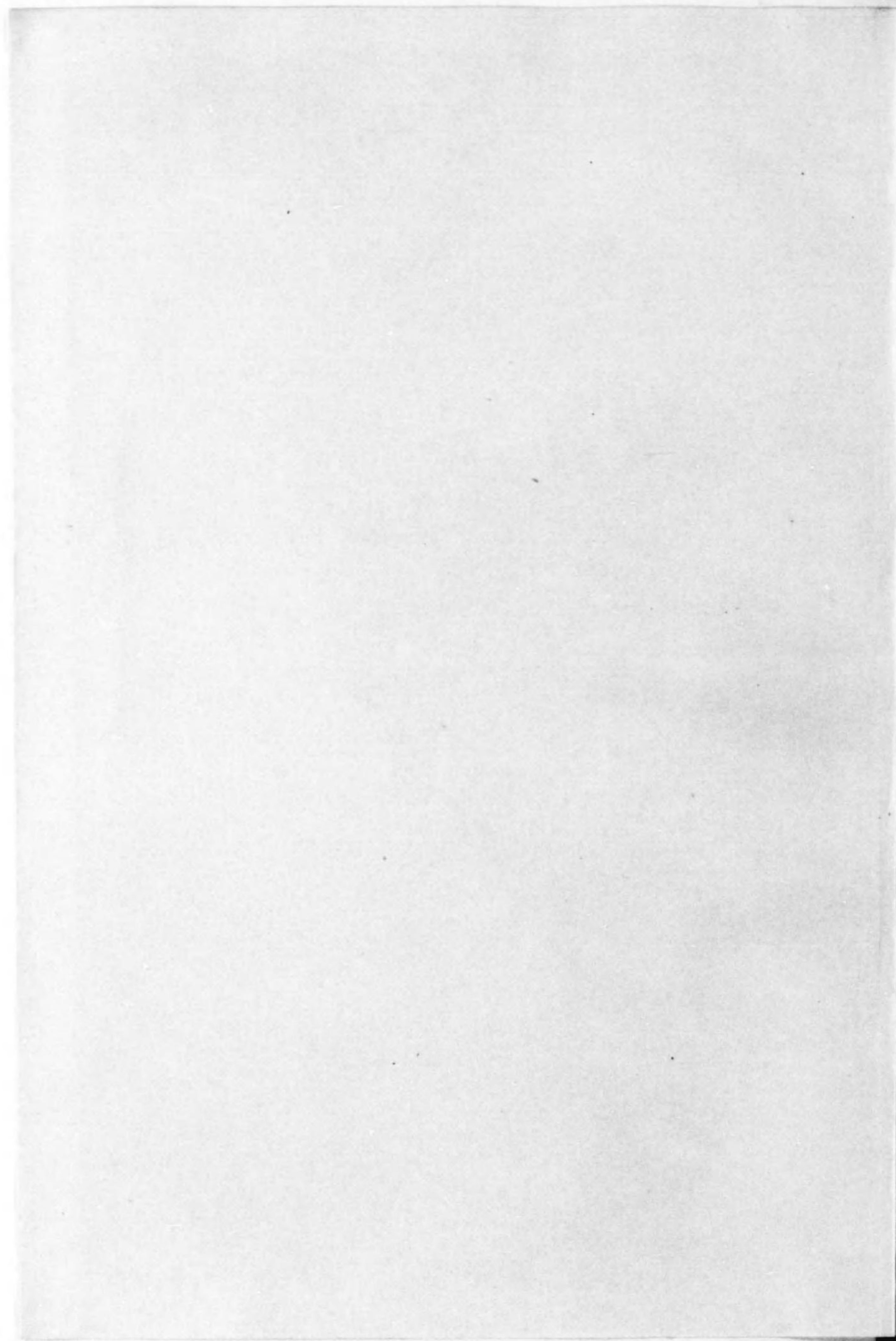




始





有名なる科學者



アルキメデス



ガリレイ



ニュートン



パスカル



アンペール



オーム



マックスウェル



ジュール



レントゲン



ヴォルタ



ファラデー



トムソン



マルコーニ



キュリー



ラザフォード



エヂソン

Archimedes (287-212 B. C.) (希) 有名な數學者物理學者。アルキメデスの原理・艇子の理などを發見した。
Volta (1745-1827) (伊) 電氣學者。電氣盆・驗電器・電池等を發見した。
Edison (1847-1931) (米) 蓄音機・活動寫眞その他數百の發明がある。

Ampere (1775-1836) (佛) 電氣學者。アンペールの規則を發見した。
Faraday (1791-1867) (英) 大電磁氣學者。感應電流・電氣分解の法則等多くの發見がある。

Galilei (1564-1642) (伊) 物理學の始神。落體の法則・振子の等時性などを發見し、實驗による研究の必要なることを世人に示した。
Ohm (1787-1854) (獨) 電氣學者。オームの法則を發見した。
Thomson (1856-) (英) 大物理學者。電子論・陰極線研究の大家。

Newton (1642-1727) (英) 大物理學者數學者。萬有引力の法則・運動の法則等を發見し學聖と呼ばれる。
Maxwell (1831-1879) (英) 大電磁氣學者物理學者。電磁波動論を唱へた。
Marconi (1874-) (伊) 22歳の時無線電信を發明した。

Joule 1818-1889 (英) 物理學者。熱の止事當量・電流熱の法則を定めた。
Curie (1867-1934) (佛) ポーランド生れのフランス婦人。ラヂウム發見者。ノーベル賞を二回貰つた。

Pascal 1623-1662 (佛) 物理學者數學者。パスカルの原理等を發見した。
Röntgen (1845-1923) (獨) 物理學者。X線を發見した。ノーベル賞第一回受領者。
Rutherford (1871-) (英) 放射能研究の大家。

時 234
77

實業新物理

東京工業大學助教授
理學博士

竹內時男

著



東京開成館

物理学学修の栞

1. 物理学は暗記の學問ではなくて、**實驗推理の學問**である。されば教科書にある事柄ばかりでなく、身邊に起る自然現象について、常に原因結果の關係を研究するやうに心掛けねばならぬ。
2. どんなに小さな現象でも、**精密に觀察し、正確な判断を下す習慣をつけよ**。特に將來實業に従事する諸君はそれが如何に人生に應用されるかを考へることが必要である。
3. 疑問は出来るだけ**實驗によつて解決するやうにせよ**。事實ほど雄辯はなく、理論は結局事實の解説に過ぎない。
4. 學んだ事柄は常に要點を纏めて、それを系統的に復習するやうにせよ。
例へば一つの**法則**を學んだなら、(1)どういふ事柄かを明かにし、(2)それはどんな實驗から知られたか、(3)實際にはどのやうに應用されるか等を、又或**器械**を學んだなら、(1)その構造、(2)そのはたらき、(3)どういふ原理によるか等を系統的に整頓して復習せよ。さうすれば記憶も容易である。
5. 教科書所載の問題や先生からの宿題は、**獨力で解くやうに努めよ**。問題はその事柄自身にも重要性はあるが、それを**自ら解決する習慣**を養ふことはより重要である。

圖版目次

有名なる科學者……………口繪	反射鏡の應用……………129
メートル原器……………2	寫眞の製作……………138
ガリレイの實驗……………3	錯視……………139
アルキメデスの原理發見 18	活動寫眞機とフィルム ……142
浮力の應用……………19	望遠鏡……………143
天氣圖……………24	數種のスペクトル……………146
天氣豫報及び暴風警報信 號標……………25	三色版……………148
壓縮空氣の應用……………32	等偏角線圖及び地磁氣の 南極……………154
水ポンプの應用……………33	ジャイロコンパス……………155
種々の煖房裝置……………49	燈火の發達……………174
眞空釜と壓力鍋……………54	屋内配線圖……………175
電氣冷蔵庫とその要部 ……55	自働印刷電信機……………184
液體空氣の實驗……………56	電動機の應用……………196
種々の雲……………60	三相誘導電動機とその分 解圖……………197
ケーブルカーと救助袋 ……66	眞空放電……………198
抵抗の比較と流線形……………94	X線の裝置—X線寫眞……………202
飛行機……………95	種々なX線寫眞……………203
蒸汽機關の發達……………108	寫眞電信の送受信機……………212
ガソリン發動機……………109	電送された寫眞……………213
ピアノ……………120	トーキー映寫發聲裝置……………214
母音の口形……………121	テレヴィジョン……………215
照明に関する事柄……………128	

目次

緒論

1. 自然科學と物理學……………1	5. 力の釣合……………4
2. 單位……………2	6. 重さ……………5
3. 力……………3	7. 密度・比重……………5
4. 力の圖示……………4	

第一篇 物性

第一章 物質の通性

1. 物質の三態……………7	4. 毛管現象……………10
2. 分子・分子力……………7	5. 固體の彈性……………10
3. 表面張力……………9	6. 流體の彈性……………12

第二章 液體

1. 液體の表面……………13	5. アルキメデスの原理……………18
2. 液體による壓力の傳達……………13	6. 物體の浮沈……………18
3. 重力による液體の壓力……………15	7. 比重の測定……………20
4. 連通管……………16	

第三章 氣體

- | | |
|-----------------|--------------------|
| 1. 大氣の壓力……………21 | 7. ボイルの法則……………28 |
| 2. 氣壓計……………22 | 8. 空氣ポンプ……………29 |
| 3. 風……………24 | 9. 壓縮ポンプ……………31 |
| 4. 天氣豫報……………24 | 10. 水ポンプ……………33 |
| 5. サイフォン……………25 | 11. 流體の吸入作用……………34 |
| 6. 空氣の浮力……………27 | |

第二篇 熱

第一章 溫度・熱量

- | | |
|------------------|--------------|
| 1. 溫度・寒暖計……………35 | 3. 比熱……………38 |
| 2. 熱量の單位……………37 | |

第二章 膨脹

- | | |
|-----------------|-----------------|
| 1. 固體の膨脹……………40 | 3. 氣體の膨脹……………43 |
| 2. 液體の膨脹……………41 | |

第三章 熱の移動

- | | |
|--------------|--------------|
| 1. 傳導……………45 | 3. 輻射……………47 |
| 2. 對流……………46 | |

第四章 狀態の變化

- | | |
|-----------------|-----------------|
| 1. 融解・凝固……………50 | 4. 沸騰……………54 |
| 2. 寒劑……………52 | 5. 氣化熱……………55 |
| 3. 氣化・液化……………52 | 6. 空氣の液化……………56 |

第五章 大氣の乾濕

- | | |
|---------------|------------------|
| 1. 露・霜……………58 | 3. 雲と雨・雪……………60 |
| 2. 霧……………59 | 4. 濕度・濕度計……………61 |

第三篇 力・運動

第一章 力

- | | |
|--------------------|---------------------|
| 1. 力の合成……………63 | 8. 滑車……………70 |
| 2. 力の分解……………65 | 9. 輪軸……………71 |
| 3. 斜面……………65 | 10. 廻轉を傳へる装置……………72 |
| 4. 楔・ネヂ(螺旋)……………66 | 11. 平行力の合成……………73 |
| 5. 力の能率……………68 | 12. 重心……………74 |
| 6. 槌子……………68 | 13. 物體の坐り……………75 |
| 7. 天秤・桿秤……………69 | |

第二章 運動

- | | |
|------------------|---------------------|
| 1. 運動……………77 | 4. 慣性の法則(運動の第一法則)80 |
| 2. 速度・加速度……………77 | 5. 運動の法則(運動の第二法則)81 |
| 3. 速度の圖示……………79 | 6. 運動量・力積……………82 |

7. 打撃・衝突.....83	11. 圓運動.....83
8. 反作用の法則(運動の第三法則)84	12. 萬有引力.....90
9. 重力の加速度.....86	13. 廻轉運動.....90
10. 拋射體.....87	

第三章 運動に對する抵抗

1. 摩擦.....92	4. 飛行機.....96
2. 摩擦の利害.....93	5. 風車・水車.....97
3. 流體の抵抗.....94	

第四章 仕事・エネルギー

1. 仕事.....100	4. エネルギーの保存...102
2. 工率.....100	5. 仕事の原理.....102
3. エネルギー.....101	6. 熱の仕事當量.....103

第五章 熱 機 關

1. 熱機關.....104	3. 蒸汽タービン.....106
2. 蒸汽機關.....104	4. 内燃機關.....105

第六章 振動及び波動

1. 振子.....110	3. 波動.....111
2. 彈性振動・時計.....110	

第四篇 音

第一章 音 波

1. 音.....113	5. 音の強弱.....116
2. 音の傳播.....114	6. 音色.....117
3. 音波の反射.....115	7. 唸り.....117
4. 音の高低.....115	8. 共鳴.....118

第二章 樂 器

1. 絃樂器.....119	3. 板・膜などの振動による樂器 120
2. 風琴管.....120	4. 蓄音機.....121

第五篇 光

第一章 光 線

1. 光の直進.....123	4. 照度.....125
2. 影.....124	5. 光度.....125
3. 光の速さ.....124	

第二章 光の反射

1. 反射の法則.....126	4. 球面鏡.....128
2. 平面鏡.....126	5. 反射鏡.....129
3. 亂反射.....127	6. 球面鏡の作る像.....129

第三章 光の屈折

- | | |
|------------------|--------------------|
| 1. 屈折の法則……………132 | 4. レンズ……………135 |
| 2. 全反射……………133 | 5. レンズの作る像……………136 |
| 3. プリズム……………134 | |

第四章 光學機械

- | | |
|----------------|-----------------------|
| 1. 寫真機……………138 | 5. 蟲眼鏡(駱大レンズ)……………142 |
| 2. 眼……………139 | 6. 顯微鏡……………143 |
| 3. 眼鏡……………140 | 7. 望遠鏡……………143 |
| 4. 映寫機……………141 | |

第五章 光の反射

- | | |
|-----------------|------------------|
| 1. 光の分散……………145 | 4. 繪具の混合……………140 |
| 2. 虹……………146 | 5. 光波……………148 |
| 3. 物體の色……………147 | 6. 輻射線……………149 |

第六篇 磁氣・電氣

第一章 磁 氣

- | | |
|-----------------|----------------------|
| 1. 磁石……………151 | 4. 地磁氣……………154 |
| 2. 磁氣感應……………152 | 5. 羅針盤(コンパス)……………156 |
| 3. 磁場……………153 | |

第二章 靜電氣

- | | |
|------------------|--------------------|
| 1. 電氣……………157 | 6. 電氣盆・起電機……………162 |
| 2. 驗電器……………158 | 7. 蓄電器……………163 |
| 3. 電氣の傳導……………159 | 8. 電氣の分布……………164 |
| 4. 電氣の中和……………159 | 9. 雷電……………165 |
| 5. 靜電感應……………160 | |

第三章 電流及び電池

- | | |
|-------------------|-------------------------|
| 1. 電流……………166 | 4. 電氣の分極作用と局部電流……………168 |
| 2. 電流の強さ……………166 | 5. 實用電池……………169 |
| 3. 電池の電動力……………167 | 6. 電池の連結……………170 |

第四章 電流の熱作用

- | | |
|-------------------|------------------|
| 1. 電氣抵抗……………171 | 3. 電熱の應用……………173 |
| 2. 電流の熱作用……………172 | 4. 電力……………176 |

第五章 電流の化學作用

- | | |
|-----------------|----------------|
| 1. 電氣分解……………177 | 2. 蓄電池……………177 |
|-----------------|----------------|

第六章 電流の磁氣作用

- | | |
|--------------------|----------------|
| 1. 電流による磁場……………179 | 3. 電磁石……………181 |
| 2. コイル……………180 | 4. 電鈴……………182 |

5. 電信機182 6. 電流計184

第七章 感應電流

1. 感應電流186 6. 變壓器(トランスフォーマー)193
 2. 感應電流の方向187 7. 電力輸送194
 3. 自己感應・相互感應188 8. 電動機(モーター)196
 4. 電話機189 9. 感應コイル198
 5. 發電機(ダイナモ)190

第八章 真空放電・放射能

1. 真空放電199 3. X線201
 2. 陰極線200 4. 放射能203

第九章 電 波

1. 電氣振動204 6. 光電管211
 2. 電氣共振205 7. 寫真電信212
 3. 檢波器206 8. 發聲活動寫真(トーキー)213
 4. 無線電信208 9. テレヴィジョン(電視)215
 5. 無線電話209

補充問題〔1-12〕

實業新物理

緒 論

1. 自然科學と物理學

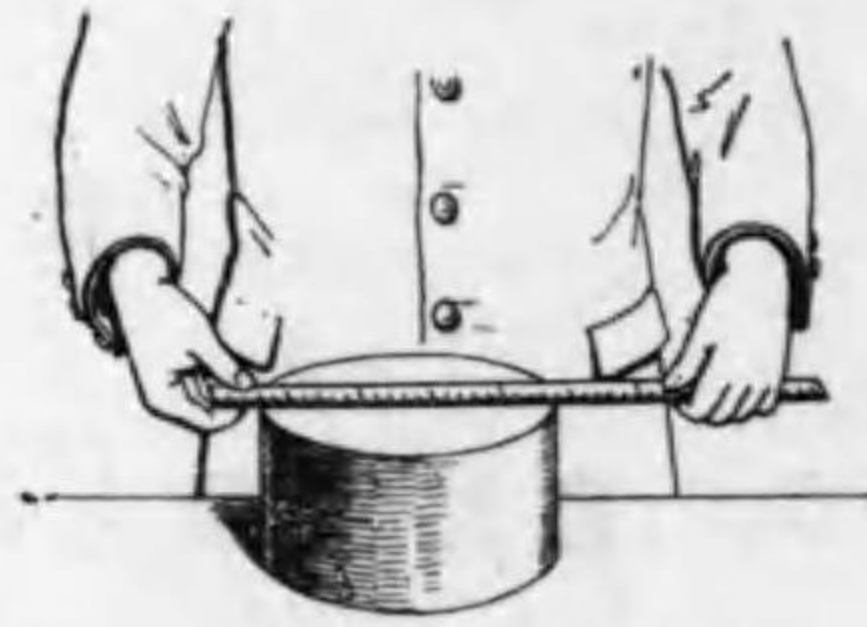
自然界には日月の運行、薪炭の燃焼、草木の生長など色々な變化が絶えず起つてゐる。



この變化を自然現象といひ、これに關する事柄を研究する學問を總括して自然科學といふ。物理學は自然科學の一部で、物質の性質、物體の運動、音、熱、光、電氣、磁氣などに關する諸現象を研究する學問である。

2. 単位

種々の現象を精密に研究するには各種の量を精測せねばならぬ。一つの量を測るには、これと同じ種類で大きさの一定してある量即ち単位を定め、この単位が測らうとする量に幾つ含まれてあるかを求めるのである。

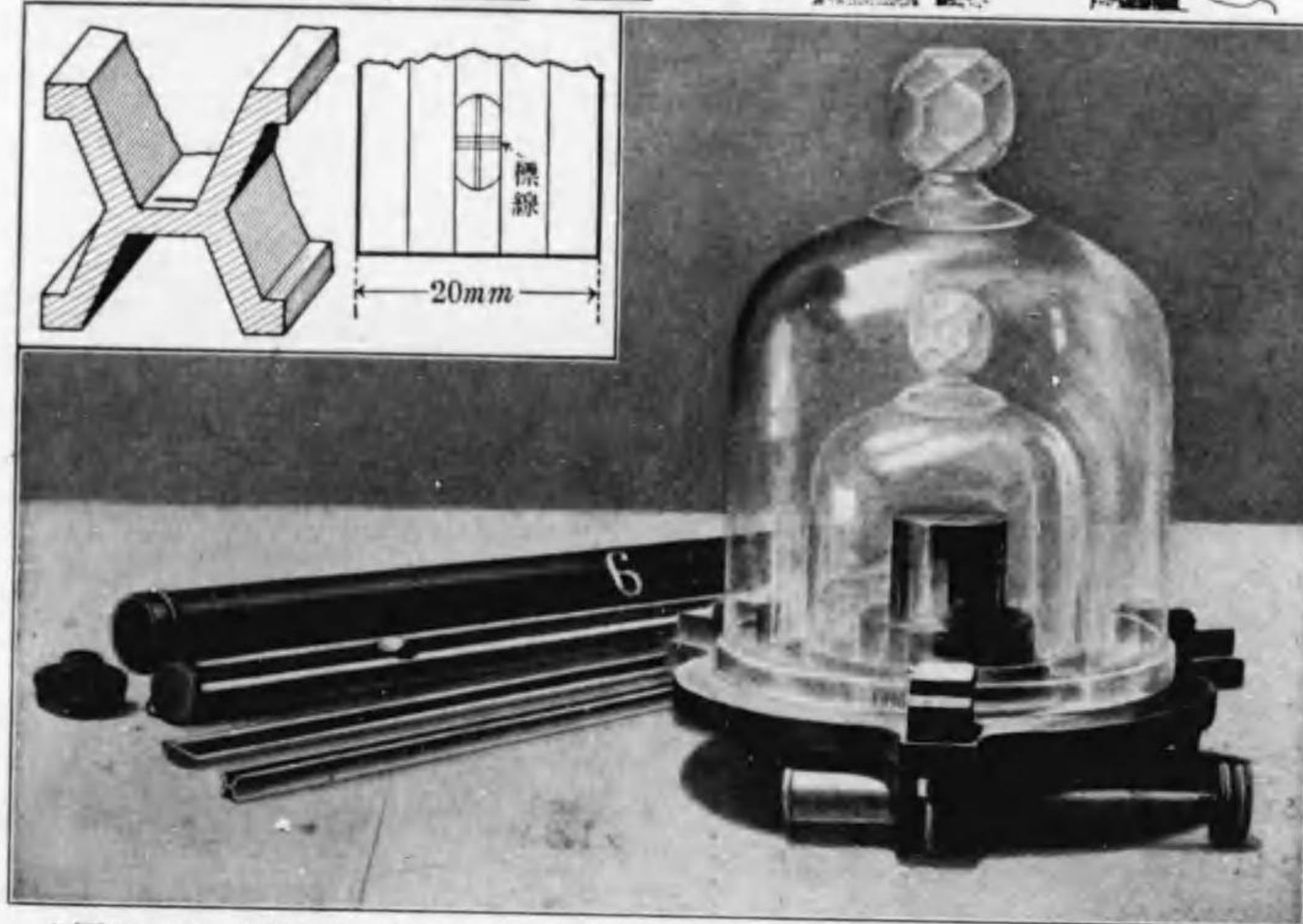


長さの測定

量には色々あるから、それに應じて様々の単位を要するのであるが長さ・質量・時間の三つの単位を定めれば、他はこれ等を組立てて誘導することが出来る。それでこの三つの単位を基本単位といひ、これから誘導された単位を誘導単位といふ。物理学では長さの単位に厘(Centimetre)、質量の単位に瓦(Gram)、時間の単位に秒(Second)を用ひることが多い。これをC.G.S.制といふ。

面積の単位である平方厘、体積の単位である立方厘などは、C.G.S.制による誘導単位である。

メートル原器



上圖はパリ郊外セーヴルにある国際度量衡局。下圖はメートル原器及びキログラム原器(この左上はメートル原器の質大の切口及び一端を示す)初め1米は地球子午線の1000萬分の1、1瓦は1立の水の質量を基準にして定めた。



↑ ガリレイが斜面を使つて落下運動を遅くし、落體の法則を定めてゐるところ。



← ピサの斜塔

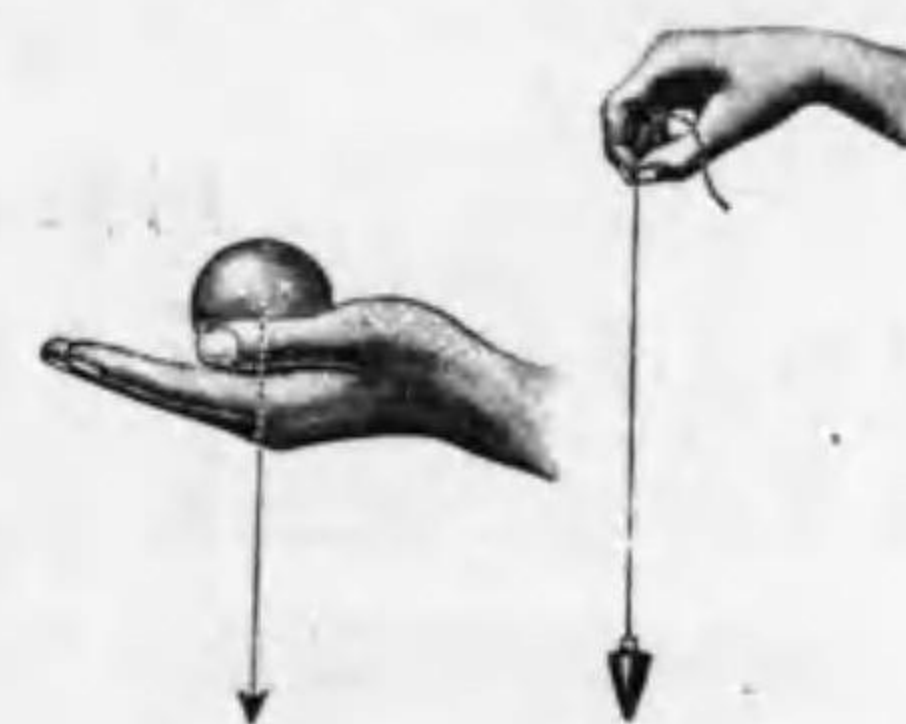


↑ ガリレイ19歳の時、ピサの寺院の吊ランプの運動を観測して振子の等時性を発見した（上圖及びこの圖はフィレンツェのガリレイ記念堂にある壁畫）

物理学と實驗 自然科学を研究するには、自然現象をありのままに觀察し、或は特別の装置で實驗するが、物理学では特に精密な觀察實驗を重んじ、これをその根柢とする。ガリレイがピサの斜塔に於て、物體落下の速さに関する實驗をなし、それまで物體落下の速さに關し誤信されてゐたことを示したのは有名な話である。ガリレイはこの外種々の實驗をなし、今日の物理学の基礎を造つた大理學者である。

3. 力

物體を押し又は引くはたらきを力といふ。錘を手で支へれば手は下方に押され、糸で吊下げれば糸は下方に引かれる。これは地球が物體を引くからである。かやうに地球が物體を引く力を重力といふ。



風が船を走らせ、流れる水が水車を廻はすなどは、日常よく見る自然の力である。

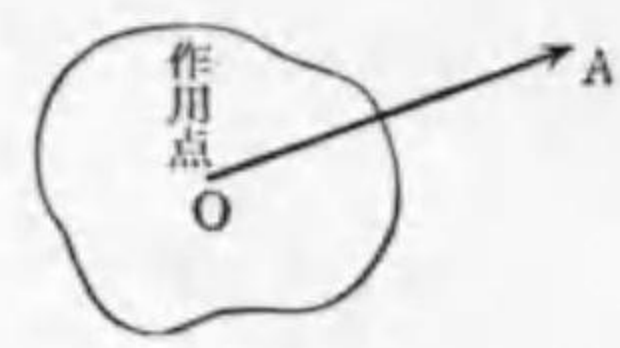


風力と水力

机上の物體は机に壓力を及ぼし、引張られた糸には張力がはたらく。壓力及び張力の強さは、單位面積にはたらく力の大きさで測る。

4. 力の圖示

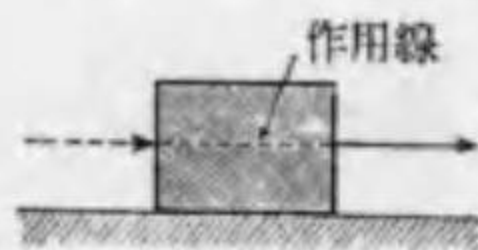
力の効果はその大いさ・方向及びはたらく点即ち作用點(着力點)によつて定まる。それ



でこの三つを力の三要素といふ。力を圖示するには、作用點より力の方向に一直線

を引き、その長さを力の大いさに正比例して取り、先端に矢を附けて向きを示す。

固體では作用點は、その點を通り力の方向に引いた直線即ち作用線上任意の點に移しても、その効果に變はりはない。



5. 力の釣合

一つの力が、靜止してゐる物體にはたらくと、その物體は動き出す。しかし二つ以上の力が同時にはたらくと、物體の動かぬこともある。



この場合にはこれ等の力は釣合ふ或はこの物體は釣合ふといふ。綱引の時綱がど

ちらにも動かぬ時は、二つの力が釣合つてゐるのである。このやうに、二つの力が釣合ふためには、それが同一直線上に、相等しい大いさで、反對の向きにはたらかねばならぬ。

6. 重さ

實驗によると、物體にはたらく重力の大いさ即ち物體の重さはその質量に正比例する。

それで物體の質量を測るには通常、秤を用ひ、分銅の重さと比較して定める。又重さの單位には質量と同名のものを用ひる。同



分銅と天秤

じ物體の重さは所によつて多少異なるが、大體は同じである。

7. 密度・比重

コルクはこれと等體積の鉄よりも軽い。これは單位體積の質量が小さいからである。一般に或物質の單位體積の質量をその物質

の密度といふ。體積 V 立方糎の質量が M 瓦である物質の密度を毎立方糎 d 瓦とすれば

$$d = \frac{M}{V}$$

である。

或物質の重さとこれと等體積の水の重さとの比をその物質の比重といふ。水 1 立方糎の重さは 1 瓦であるから、或物質の密度を C. G. S. 制で示す數はその比重に等しい。

純粋な物質の比重は夫々一定である。次に各種物質の比重を示す。

物 質	比 重	5	10	15	20
白金	21.4	[Bar extending past 20]			
金	19.3	[Bar extending past 20]			
鉛	11.34	[Bar extending past 10]			
銀	10.50	[Bar extending past 10]			
銅	8.90	[Bar extending past 10]			
錫	8.40	[Bar extending past 10]			
鐵	7.8	[Bar extending past 10]			
亞鉛	7.1	[Bar extending past 10]			
剛石	3.52	[Bar extending past 5]			
アルミニウム	2.70	[Bar extending past 5]			
硝子	2.6	[Bar extending past 5]			
氷	0.92	[Bar extending past 5]			
アルコール	0.24	[Bar extending past 5]			
水	13.6	[Bar extending past 10]			
グリセリン	1.26	[Bar extending past 5]			
牛乳	1.03	[Bar extending past 5]			
海水	1.03	[Bar extending past 5]			
水	1.00	[Bar extending past 5]			
石油	0.8	[Bar extending past 5]			
アルコール	0.79	[Bar extending past 5]			



第一章 物質の通性

1. 物質の三態

物質はその状態によつて固體・液體・氣體の三つに區別される。例へば木や鉄のやうに一定の體積と形狀とを有するものが固體で、水や油のやうに一定の體積は有するが形狀の定まらないものが液體で、空氣のやうに一定の體積も形狀もないものが氣體である。液體と氣體とを併せて流體ともいふ。

2. 分子・分子力

物質を細かく分けるには極限があつて、これを越えるとその物質の特性を失ふ。この極限をなす微粒を分子といふ。分子は極めて小さなもので、強度の顯微鏡でも見ること

は出来ない。分子の極めて小さいことは、一滴の香水が室全體に芳香を放ち、僅かの染料が多量の水を着色することからでもわかる。

物質は壓縮することが出来るから、それを構成する分子の間には隙間のあることがわかる。分子はこの隙間を隔てて互に引合ひ、且運動してゐる。この力を分子力といふ。

分子力は非常に小さな距離に於てのみ現はれ、距離が少し増すと強さは著しく減る。それは、われた器物を押附けても接合しないことでもわかる。

同一物質の分子間の分子力を凝集力といひ、異種の分子間の分子力を附着力といふ。ペンの一定の形を保つは凝集力により、ペンにインキの着くは、インキの凝集力よりもペンとインキの附着力が大なるによる。又水銀が硝子に附着しないのは、その凝集力が非常に大なるのによる。



問 附着力を利用する實例を挙げよ。

3. 表面張力

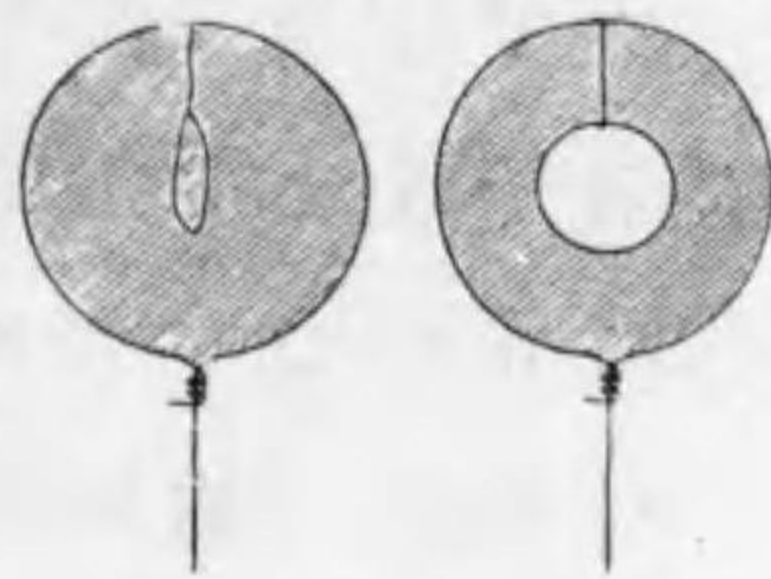
液體の表面には、引張られたゴム膜のやうに收縮して最小の面積を取らうとする力のはたらいてゐる。この力を表面張力といふ。



葉末にやどる露や管から吹出された石鹼玉が球形をな

し、水蟲が水面を歩き、靜かに水面に置かれた縫針が浮ぶことなどは、皆表面張力による。

實驗 1. 圖のやうに針金の枠に絲の輪を結び附け、これを石鹼液に浸して枠に石鹼膜を張り、糸の輪の中の膜を針先で突き破れ、糸はどんな形となるか。



實驗 2. 漏斗の開いた端に石鹼玉を吹いて後、口を去れば石鹼膜はどうなるか。



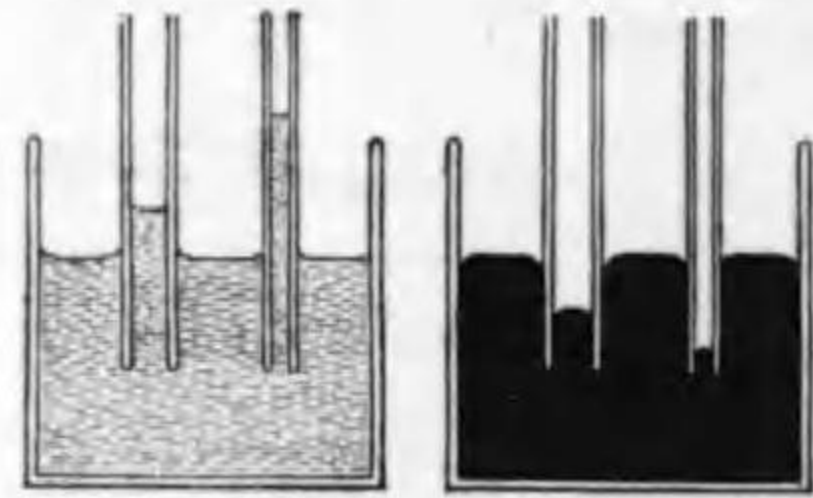
表面張力の強さは液體

の種類によつて異なり、水銀は水よりも強く、アルコールや石油などは水よりも弱い。

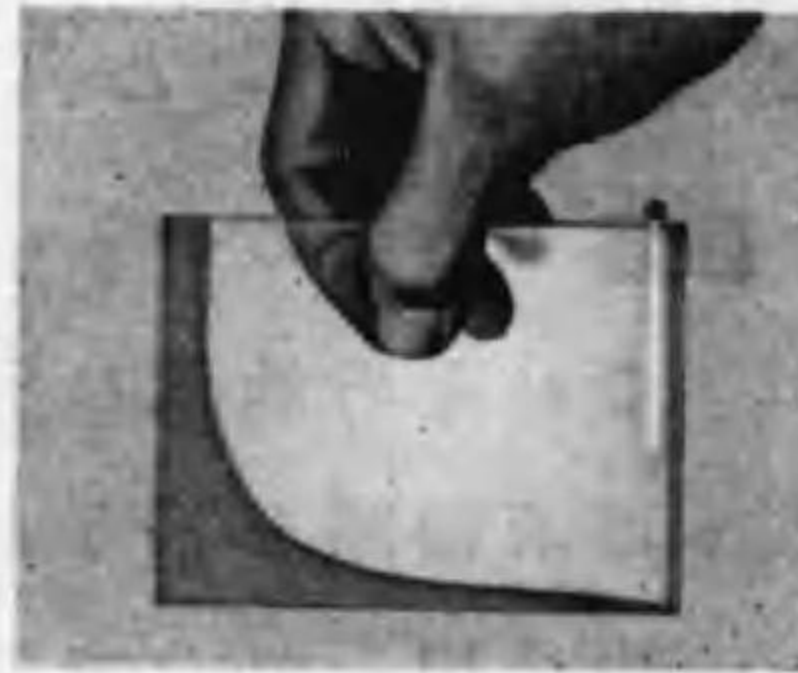
問 一滴の石油が水面に擴がるのは何故か。

4. 毛管現象

細い硝子管(毛管)を水中に立てると、管内の水面は或高さまで昇り、水銀中に立てれば管内の水銀面は降る。このやうな現象は管が細いほど著しいので、これを毛管現象といふ。毛管現象は



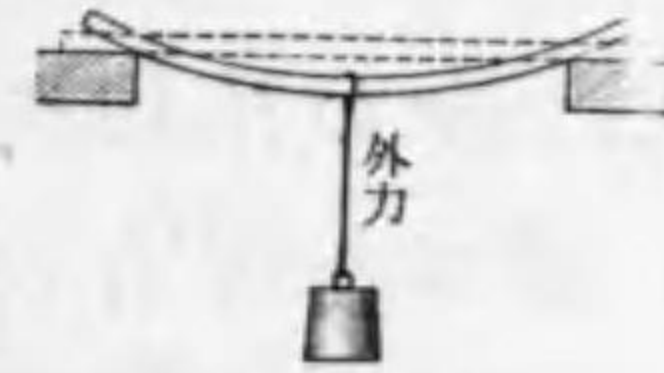
細い管のみに限らず、すべて物體の狭い隙間に起るものである。例へば二枚の硝子板を接近させて水中に立てても、この現象が見られる。吸取紙がインキを吸ひ、生花が水を吸上げるのも皆毛管現象による。



5. 固體の彈性

固體に他から力を加へてこれを曲げ、搦り又は引延ばし或は押縮めると、その形状又は

體積が變はる。これを歪むといふ。固體が外力のために歪む時は舊の狀態に復しようとする力を生ずる。こ

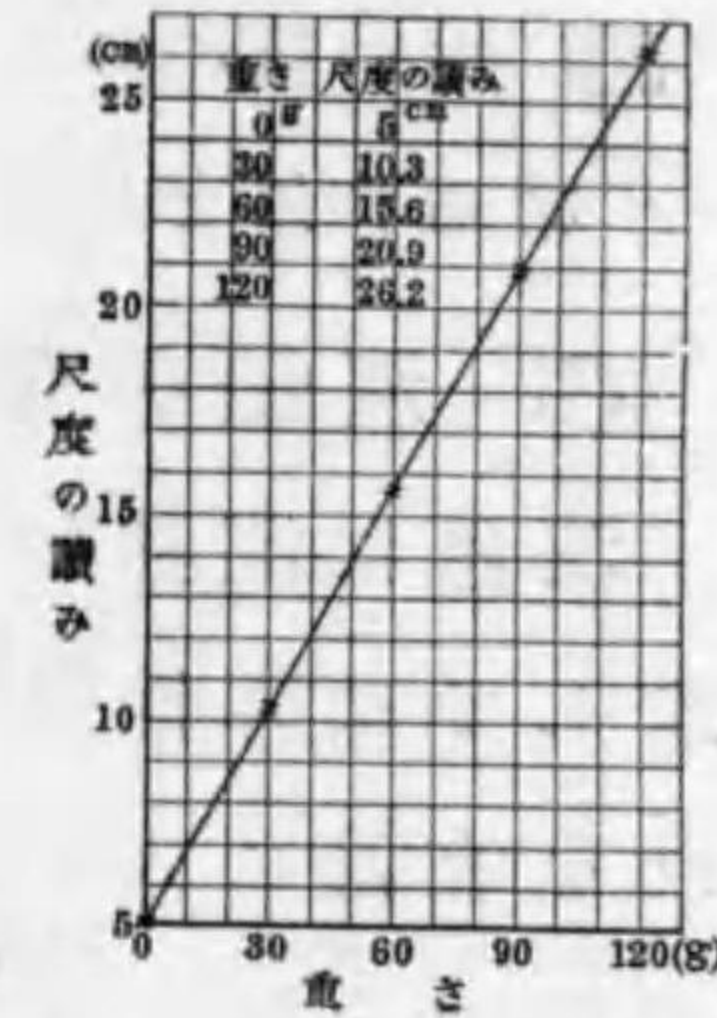


の力を弾力といひ、この性質を彈性といふ。すべて彈性を有する物質を彈性體といふ。

彈性體に加へる力の大きさが或限度を越えると、外力を取去つても原狀に復しない。この極限を彈性の限界(彈性の際限)といふ。

實驗 圖のやうな

装置を用ひ、ゼンマイの下端の錘を2倍、3倍と次第に増し、これに應ずるゼンマイの伸びを測り、錘の重さとゼンマ



イの伸びとの關係をグラフで示せ。

實驗の結果によれば

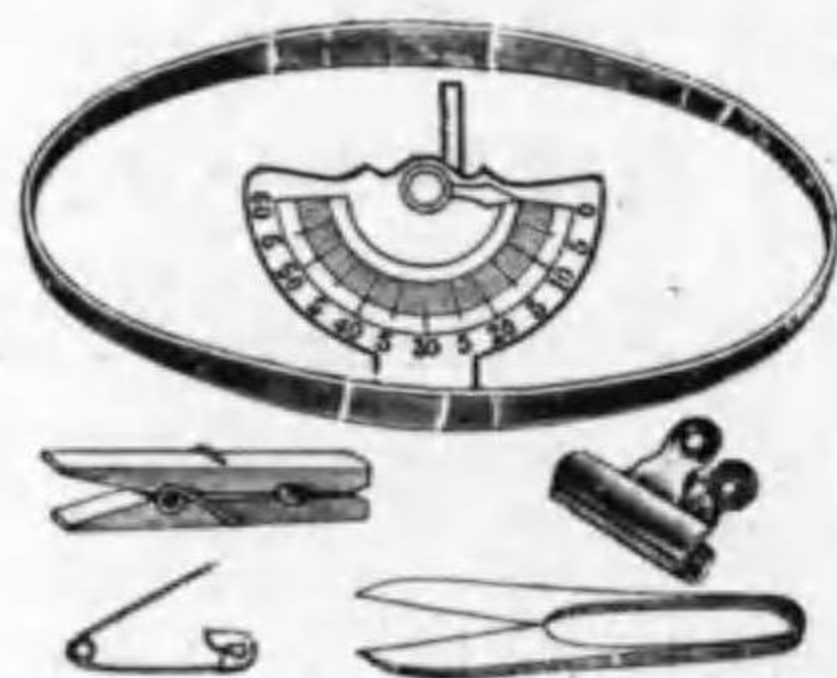
彈性の限界内に於ては歪は外力に正比例する。

これをフックの法則といふ。

ゼンマイ秤は弾性を利用し、フックの法則によつて物体の重さなど、力の大きさを測るに用ひられる。又紙挟み・

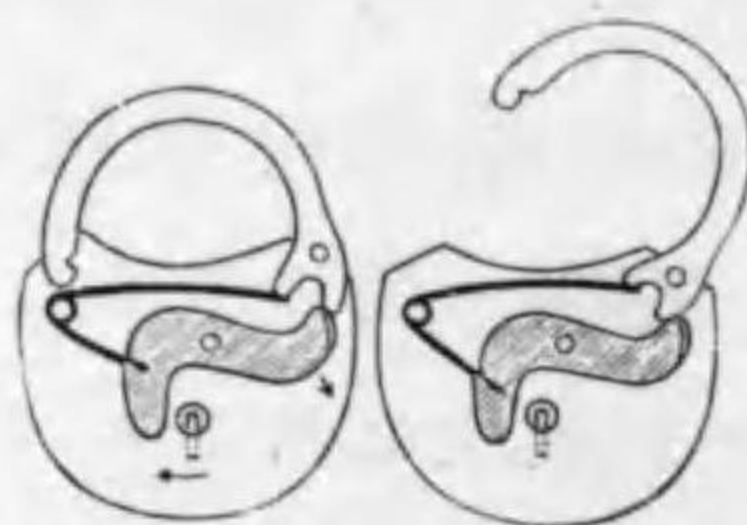


鉄握力



計錠前などはバネの弾性を利用したものである。

右の圖のやうな錠前の構造作用を研究せよ。



6. 流體の弾性

流體は流動し易くて、形状の變化に對しては弾性を有しない。しかしこれを容器に入れて壓すると收縮するが、壓力を除くと舊の體積に復する。即ち流體は體積の弾性を有する。



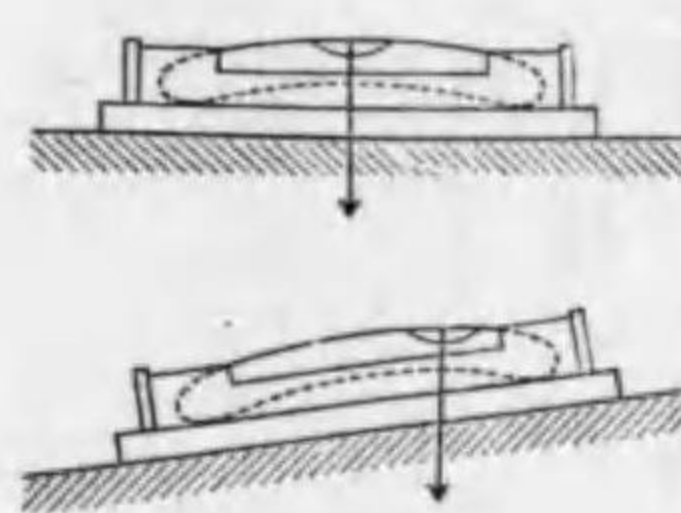
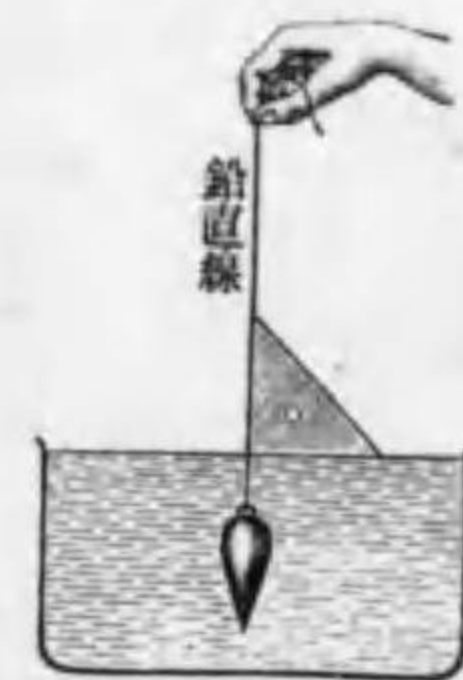
氣體は容易に壓縮し得るが、液體は大きな壓力を加へなければ收縮しない。それで、圖のやうな装置で、瓶内の水を強壓すると瓶がわれる。

第二章 液 體

1. 液體の表面

液體を器に入れば、その表面は常に鉛直線と直角をなして靜止する。

この表面を水平面といふ。これは液體が流動し易いのと自身の重さとで、なるべく低い所に流れようとする結果である。



水準器は液體のこの性質を利用したもので、面が水平であるか否かを檢する装置である。

2. 液體による壓力の傳達

數箇の小孔を有するゴ

ム毬に水を満たし、その一部分を壓せば、水は何れの孔からも等しい勢で迸り出る。



そしてこれを強く壓せば、何れの孔より出る水勢も同様に強くなるのを見る。

実験によれば

密閉した液体の一部に圧力を加へると、この圧力は強さが變はらないで液体内の各部に傳はる。

これをパスカルの原理といふ。

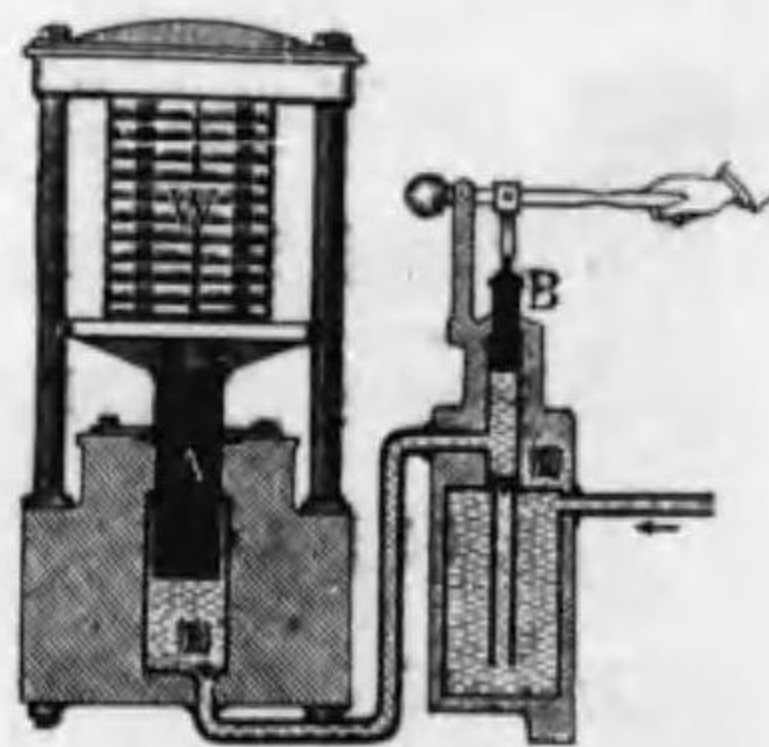


今、圖のやうに大小二箇の圓筒を連ねた器に水を入れ、圓筒に密合する二つのピストン(活塞)に重さ W, P の錘を載せて釣合はせると、各ピスト

ンを押す壓力の強さは相等しいから、ピストンの面積を夫々 A, B とすれば

$$\frac{W}{A} = \frac{P}{B} \quad \therefore W = \frac{A}{B} \times P$$

それで面積 A が B に比して大であれば、小さな力 P を大きな力 W と釣合はせることが出来る。水壓機はこの理を應用し、重いものを揚げ或は物體を壓搾するなどに用ひるものである。



水 壓 機

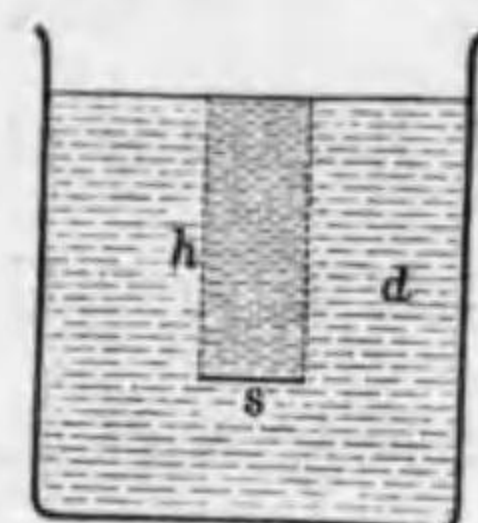
3. 重力による液体の壓力

机上に本を積重ねれば、下の本ほど上から強い壓力を受ける。これと同じやうに、液体も下層ほど上層からの壓力を受ける。



圖のやうな圓筒に液体を入れれば、その

器底の受ける全壓力は、明かにその液体の重さに等しい。それで器底の面積を s 平方糎、高さを h 糎、液の密度を毎立方糎 d 瓦とすれば、器底の受ける全壓力は shd 瓦である。

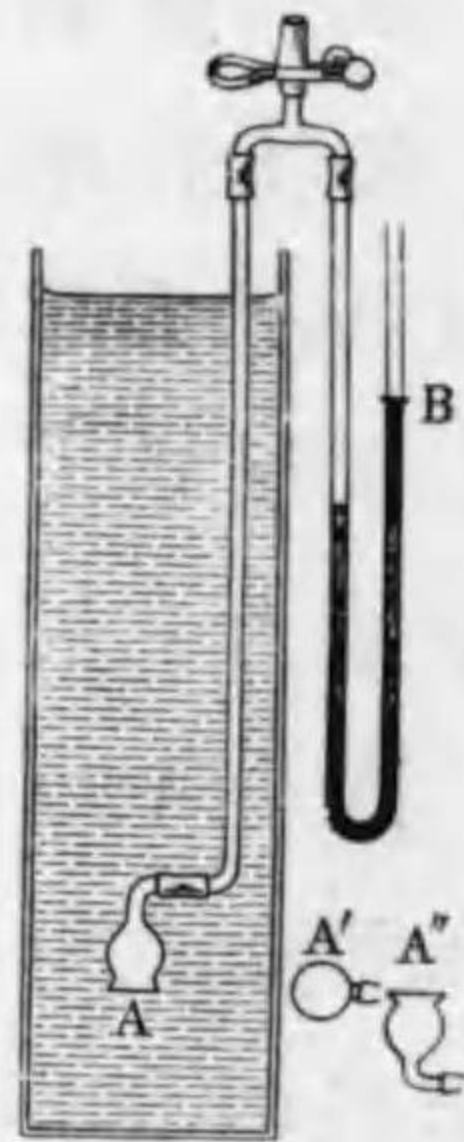


これは液面から h 糎の深さに於ける水平面 s 平方糎の受ける全壓力に等しい。よつて液面から深さ h 糎の水平面の受ける壓力の強さを毎平方糎 P 瓦とすれば

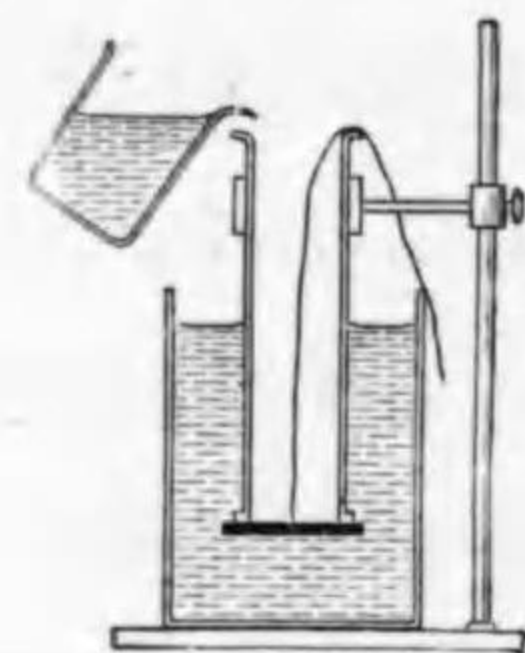
$$P = \frac{shd}{s} = hd$$

即ち液体の重さのために生ずる壓力の強さは、深さと密度との積に正比例する。

液體は壓力の強さを各方面に等しく傳へるから、等しい深さにある平面は如何なる方向に於ても、受ける壓力の強さに變はりなく、毎平方糎 hd 瓦である*。これは右圖のやうな装置で、A面の向きを色々に變へて實驗することが出来る。



實驗 兩端の開いてゐる太い硝子圓筒の下端に薄い金屬板をあてて水中に沈めてみよ。金屬板は



落ちるか。次に内外の水面がほぼ等しい高さになるまで圓筒中に靜かに水を注いでみよ。金屬板はどうなるか。理由を附して答へよ。

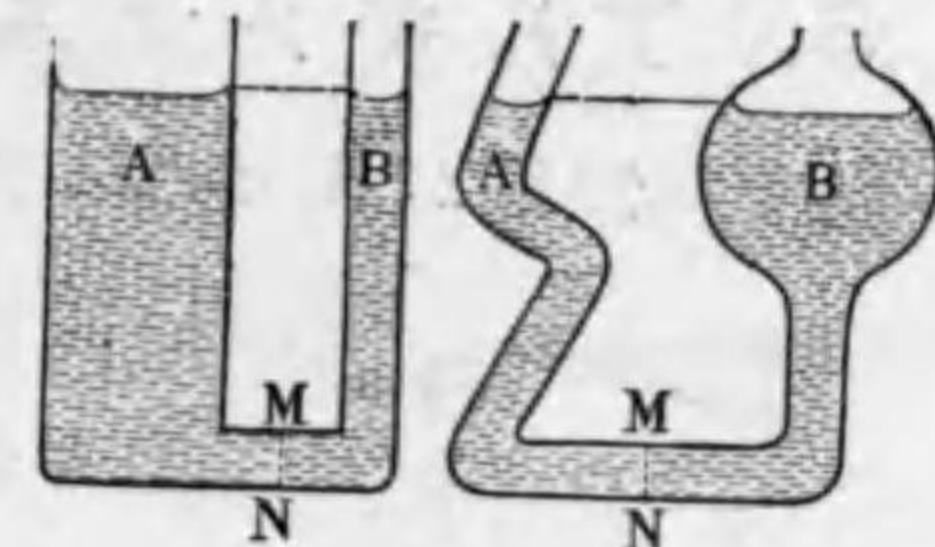
4. 連通管

底の相通ずる容器即ち連通管の一方から液體を入れると、管の形狀に關係なく水は各支管中に等しい高さまで昇つて、その連通部

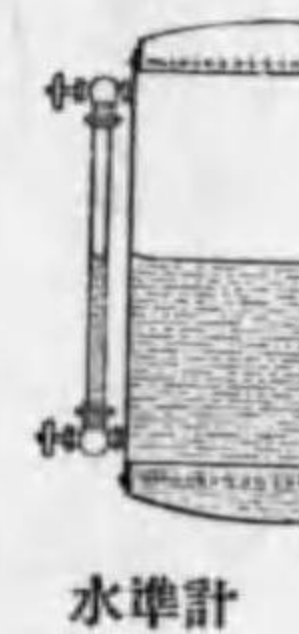
* 実際にはこの上に液面を壓す大氣の壓力が加はつてゐる。壓力の強さを單に壓力といふこともある。

の左右の壓力が等しくなつて止まる。

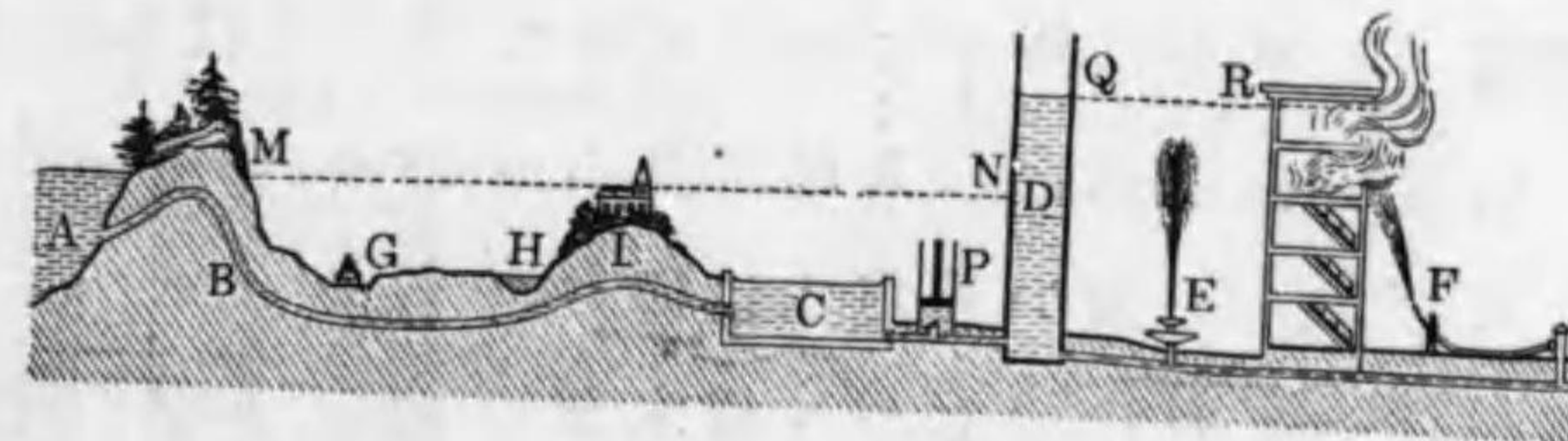
大工が地形工事などに用ひる水盛りは



この理を利用したものである。又汽罐や水タンクなどの水準計もこの理によつ



て、罐内の水位を知るものである。この他、噴水や掘抜井戸から清水の湧き出るのも、水道の水がカランから迸り出るのも、皆連通管の理による。



水道による水の供給

上圖は水道で給水する模様を示す。水面の高さMNなる池Aの水は管Bにより道路G、小川H、丘Iの下を通り、貯水池Cに貯へられ、ポンプPで塔Dに高さQRまで上げられ、噴水口E、消火栓Fから噴出する。

5. アルキメデスの原理

実験 体積がAである圓柱と内容積がこれに等しい圓筒Bとを天秤の一方にかけて釣合はせ、次に圖のやうにAを水中に入れると釣合は破れるが、B内に水を満たすと再び釣合ふやうになる。



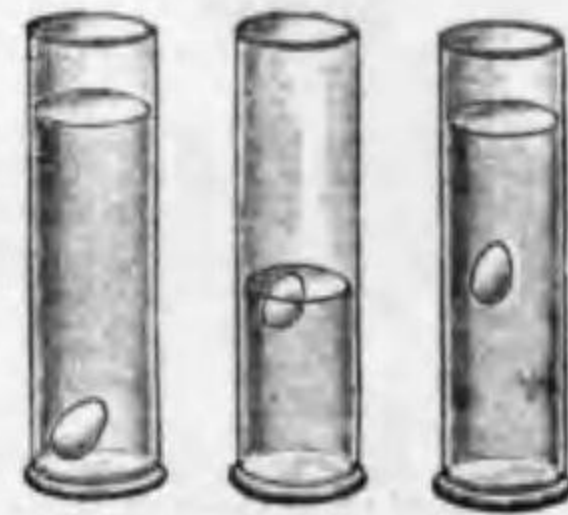
実験の結果によれば

液體中にある物體はその物體の排除した液體の重さだけ軽くなる。

これをアルキメデスの原理といふ。これは水の上壓力が物體にその重さと反對の作用を及ぼすからである。この上壓力を浮力といふ。

6. 物體の浮沈

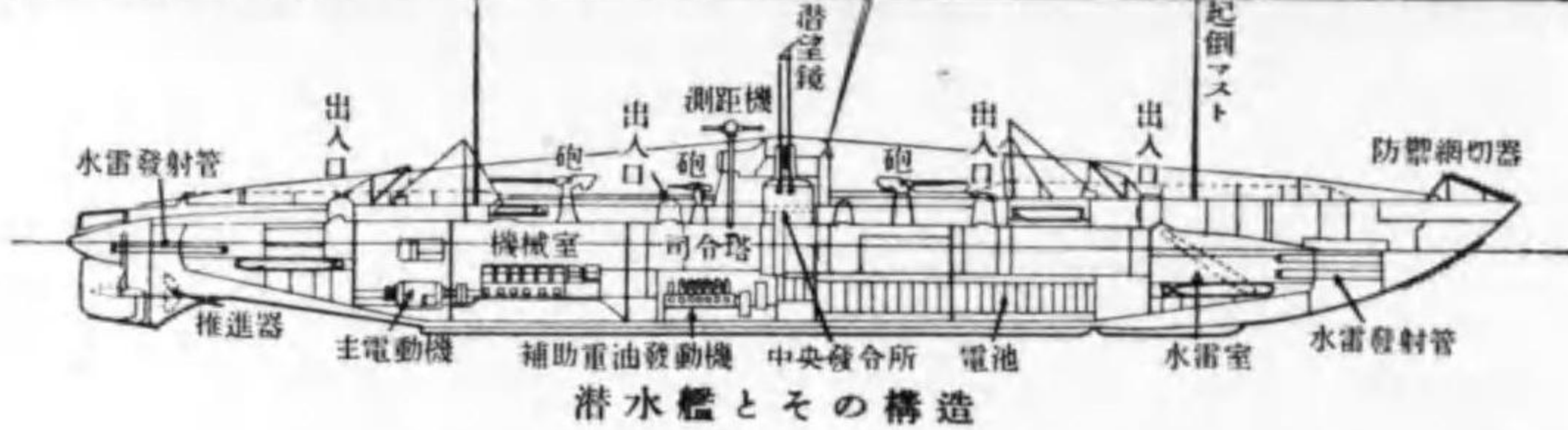
実験 清水中に静かに卵を入れて見るに沈む。次に濃い食塩水中に入れて見るに浮ぶ。又濃い食塩水に卵を浮かせ、これに少しづつ清水を加へると、やがて卵はどこにでも止まるやうになる。



アルキメデスの原理発見

アルキメデスはシチリア島のシラクサに生れた。アレキサンドリア大學に學び、數學及び自然科学に關する發見發明が頗る多い。中でも槌子の原理及び彼の名を負ふアルキメデスの原理の發見は最も有名である。

シラクサの王が或時工人に純金の王冠を作らせた。所が、それが出来上つた時、幾分の銀が混つてゐはしないかと疑はれた。そこでアルキメデスに王冠を毀さぬやうにしてそれを鑑定するやうに命じた。アルキメデスはこの難問を解くのに苦しんだが、或時風呂に入つてふと解決の方法を思ひ付き「遂に發見した」「遂に發見した」と呼びながら裸の儘で家に歸つたと傳へられてゐる。



潜水艦とその構造



浮囊



死海に於ける游泳



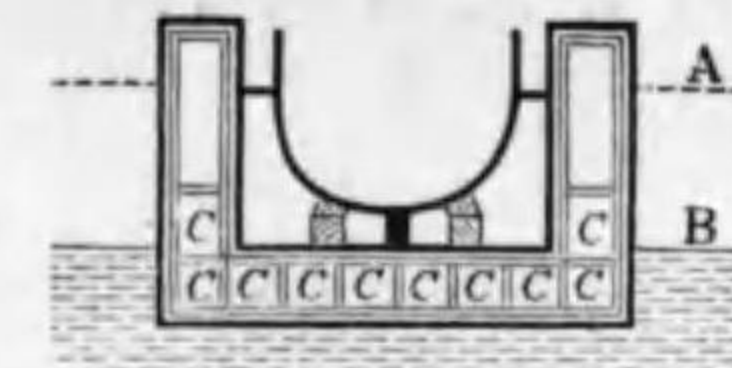
鐵舟門橋



浮囊舟

實驗の結果によれば、物體を液中に入れる時、(1)その重さが浮力よりも大なれば物體は沈み、(2)重さが浮力と等しければ液中どこにでも止まり、(3)重さが浮力よりも小なれば物體の一部分は液面に浮び出る。

一般に固體が液體に浮ぶ時は、その排除した液體の重さとその固體の重さとは相等しい。軍艦の重さ(噸數)をその排水量によつて表はすのは、この理による。



浮船渠の圖(上) 及びその断面圖(下)

潜水艦・浮船渠などには何れも耐水壁で仕切つた特殊の室が設けてある。これに海水を導いて沈ませ、排除して浮ばすやうにしてある。

室Cに水を満たすと、船渠はA線まで沈むから、中に船艦を入れ、後C内の水を汲み出して船渠を浮ばせる。

問 淡水よりも海水の方が浮び易いことを説明せよ。

7. 比重の測定

物體の比重は、アルキメデスの原理を應用して測ることが出来る。例へば水に溶けない、水よりも密度の大なる固體の比重 s は、その重さ W 及び水中での重さ W' を測れば、次の式から求められる。

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

又液體の比重 s は、この液體と水とに溶けない重い固體を用ひ、その重さ W 、水中での重さ W' 及び液體中での重さ W'' を測れば、次の式から求められる。

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

液體の比重を簡便に測るには、^{うきばかり}浮秤(比重計)を用ひる。即ちこれを液中に立てて、浮び出る管部の液面に於ける目盛で、その液體の比重が讀まれる。牛乳の比重を測る乳調計はこの一種である。



浮秤

第三章 氣 體

1. 大氣の壓力

地球を取圍む氣體は、高くなるに従つて稀薄になり、その成分も異なる。この氣體全體を大氣といふ。地表にある物體は大氣の底にあるから、その重さによる壓力を受けてゐる。この壓力を大氣の壓力又は氣壓といふ。

實驗 コップに水を満たし、その上に厚紙の蓋をして、圖のやうに倒さにしても水はこぼれない。又圓筒に水を満たし、これを水槽中に倒さに立てても、水は圓筒から流れ出ない。



上の實驗は大氣の壓力を示すものである。イタリア人トリチェリーは長さ約1米の硝子管に水銀を満たし、これを水銀槽の中に倒さに立てて、大氣の壓力が高さ約760 耗の水銀柱の壓力に等しいことを明かにした。

760 耗の水銀柱の壓力の強さを1氣壓と



トリチェリーの實驗

いひ、壓力を測る一つの單位に用ひる。水銀の密度は毎立方糎約 13.6 瓦であるから、1 氣壓は毎平方糎につき

$$13.6 \times 76 = 1033.6(\text{瓦})$$

約 1 庇の重さに当たる。

管で水を吸ひ、スポイトでインキを取出し得るは、何れ

も大氣の壓力によるのである。

問 1 氣壓の壓力では水を幾米の高さまで押上げ得るか。

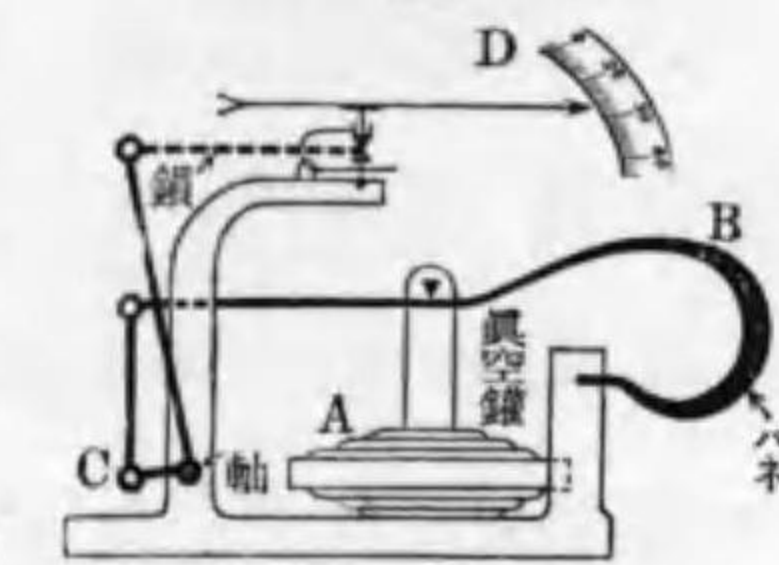


2. 氣壓計

氣壓を測るには氣壓計(晴雨計)を用ひる。水銀氣壓計は次頁の圖に示すやうに、トリチェリーの實驗裝置の水銀槽を革袋にしたもので、下部にあるネヂ S を廻はし、水銀槽の面を上下させて、その上にある象牙針 N に觸れるやうにし、この點を基準として施してある目

盛 T によつて、水銀柱の高さを讀み、その時の氣壓を知る。

アネロイド氣壓計の主要部は、内部の空氣を稀薄にした金屬製の函であつて、その函の表面が氣壓のために押し込められる程度を指針に傳へ、それを大きく見易いやうにして測る。この氣壓計は携帯用・自記用として甚だ便利である。



アネロイド氣壓計



水銀氣壓計

氣壓は高さによつて異なるから、山や飛行機上で氣壓を測り、その高さを知ることが出来る。このために造られた氣壓計を特に高度計といふ。



高度計

天氣豫報及び暴風警報信號標

天氣豫報信號標

風向の旗		天氣の旗		
北の風	北東の風	晴	曇	雨
東の風	北西の風	晴一時曇	曇一時晴	雪
西の風	南東の風	晴時々少雨	曇少雨	雨または雪
南の風	南西の風	晴時々少雪	曇少雪	
気温の旗				
気温劇昇	気温劇降			

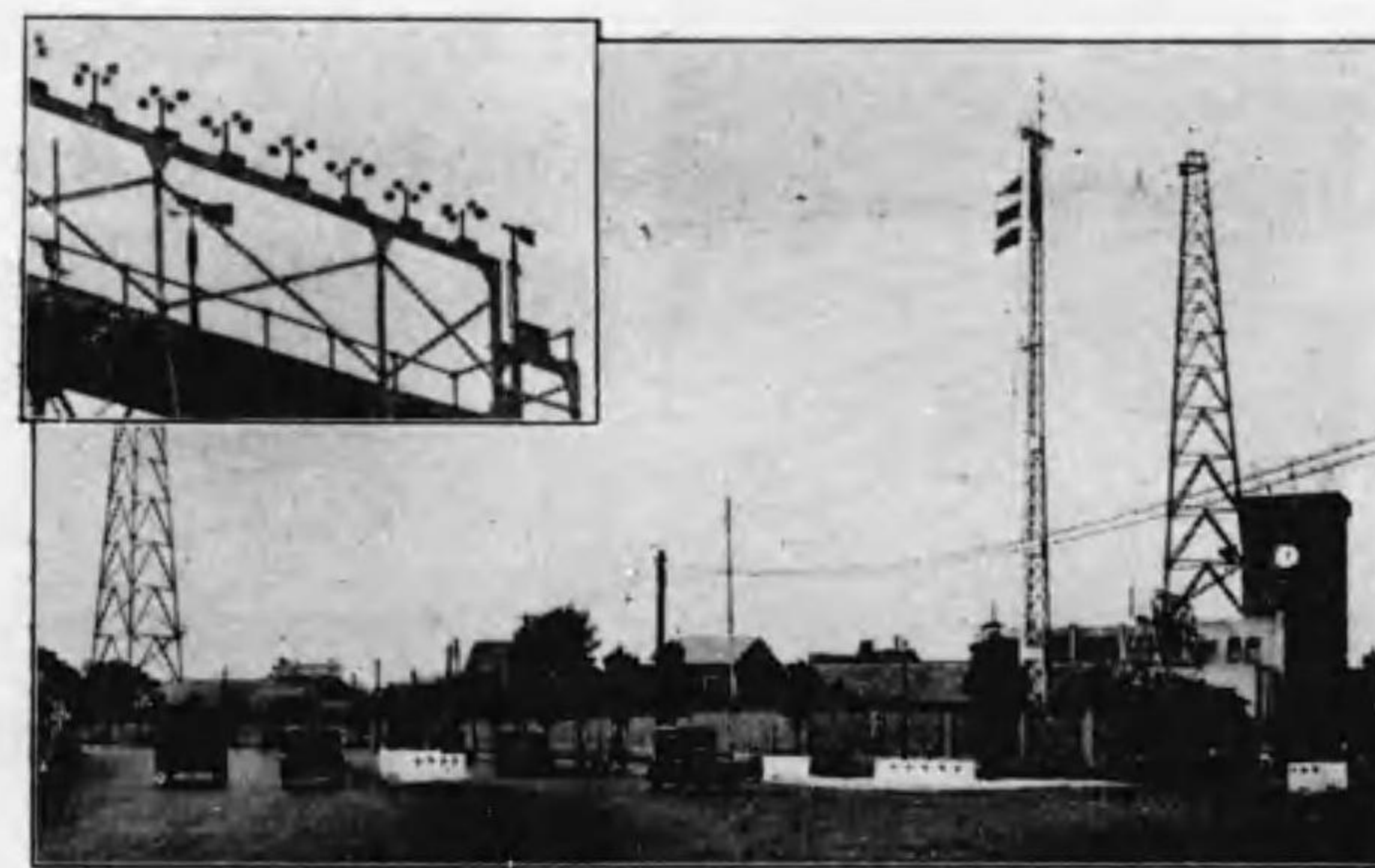
暴風警報信號標

日間信號	夜間信號	風強かるべし。	風雨強かるべし。	暴風雨の 處あり。

(例)

天氣豫報 初め南の風後西の風晴後曇少雨温度昇る。
暴風警報 風雨強かるべし。(夜間は紅色燈二個を掲ぐ)

氣壓の變化は天氣と密接の關係があるから、各地の測候所では毎日午前6時、正午、午後6時の三回氣壓を測定し、これをその地の氣温・風速・雲量・晴雨等とともに中央氣象臺に報告する。中央氣象臺ではこれ等の材料に基づき、地圖上に等壓線・等温線等を記入し、所謂天氣圖(別圖参照)を作り、これによつて天氣豫報を出し、必要な場所には暴風雨警報を發する。



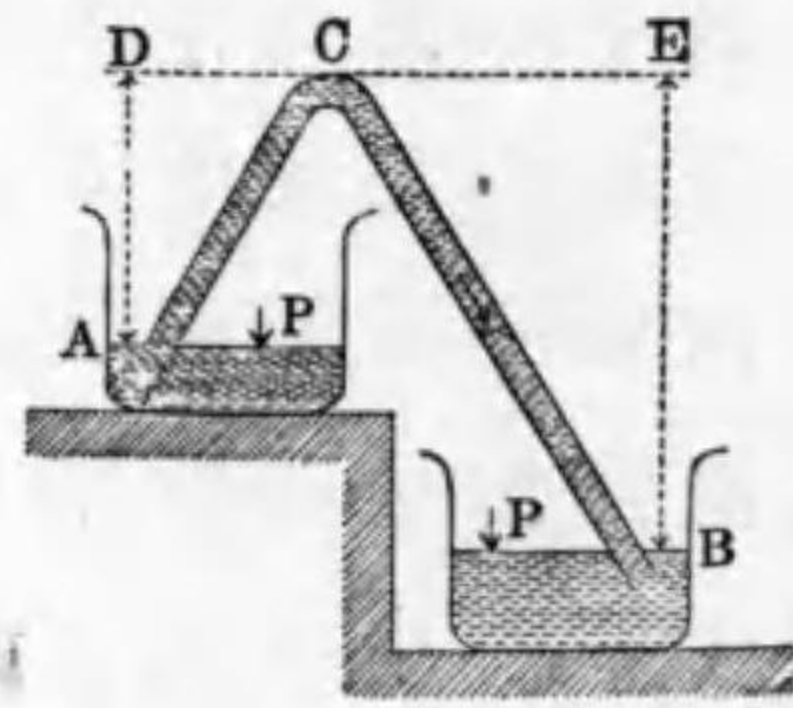
中央氣象臺(左上は風力計)

5. サイフォン

長短二脚を有する曲管に水を満たし短脚を高所の水槽中に入れれば、長脚から水は引

續いて流れ出る。これをサイフォンといふ。

今、管の最高點 C に於てその左右兩側の壓力を考へるに、短脚の方では氣壓 P より水柱 DA に相當する壓力を減じたものに等しく、長脚の方では氣壓 P より水柱 EB に相當する壓力を減じたものに等しい。それで前者が後者よりも大である間は絶えず水は A から B に流れ移るのである。サイフォンは器



大きなサイフォン(ロスアンゼルスの上水道)を傾けずに液體を他に移す時に用ひられる。

問 1. 上の圖のやうなサイフォンに於て、DA の高さに制限がないか。

問 2. 日常生活でサイフォンを利用する例を挙げよ。

6. 空氣の浮力

液體に浮力があるやうに、氣體にも亦浮力があつて、大氣中の物體はその排除する空氣の重さだけ軽くなる。空氣の密度は水に比して甚だ小さく、水の約 $\frac{1}{800}$ であるから浮力も極めて小さいが、空氣中の物體の浮沈は水中の場合と全く同じ關係で、物體の重さが大氣の浮力よりも小さい



繫留氣球



航空船(ツェッペリン伯號)

い時は物體は大氣中に浮ぶ。

輕氣球は大氣の浮力を利用したもので、その要部は、水素のやう

な輕い氣體をつめた薄い氣囊である。又航空船は氣囊によつて空中に浮び、ガソリン發動機によつて推進機をはたらかせ、空中を航行し得るやうになつてゐる。

7. ボイルの法則

実験 灌腸器の内部にワセリンを塗り、空気のもれないやうにし、栓を目盛2まで引出して灌腸器の先端を指で塞ぎ、栓を目盛1まで押込んで栓の手を離して見よ。栓はどこまで復るか。



次に栓を目盛1まで引出し、先端を塞ぎ、更に栓を目盛2まで引出して栓の手を離して見よ。

密閉器中に氣體を入れ、これを壓縮すれば壓力を増す。空氣銃はこの壓力を利用したものである。實驗の結果によれば



溫度一定の時、一定質量の氣體の體積はその壓力に反比例する。

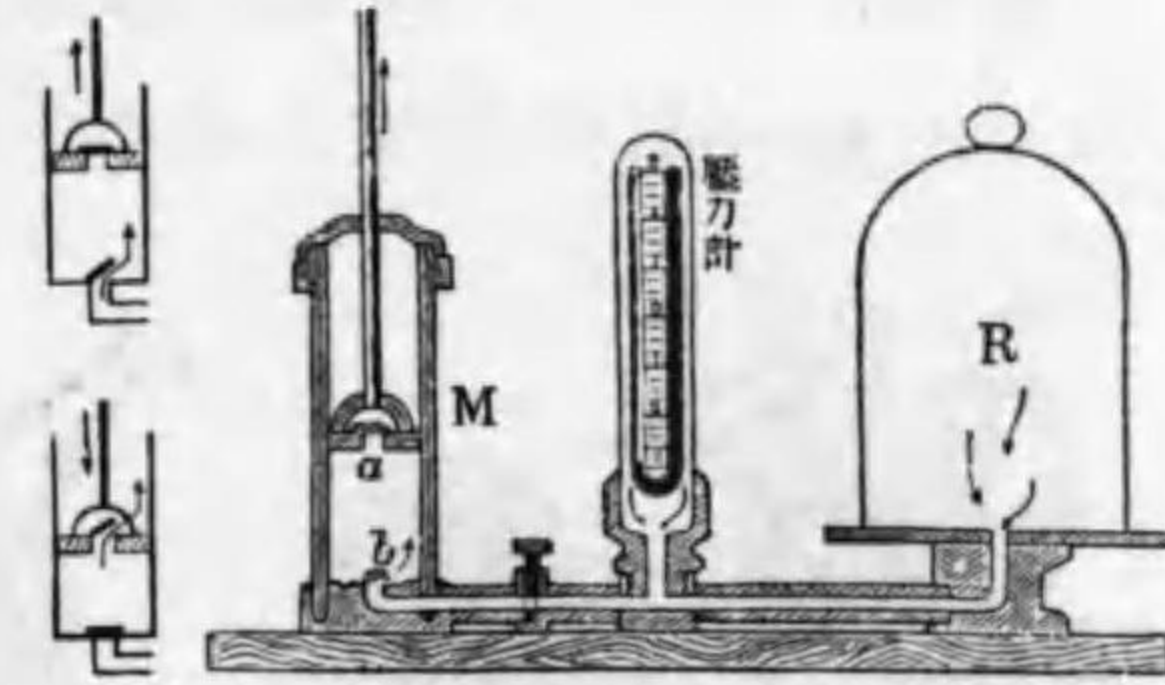
これをボイルの法則といふ。今壓力 P の時體積 V の氣體を壓力を P' とした時に、體積が V' となつたとすれば

$$\frac{V}{V'} = \frac{P'}{P} \quad \therefore PV = P'V'$$

即ち氣體の體積と壓力との積は一定である。

8. 空氣ポンプ

空氣ポンプはピストンを上下して、密閉した容器内の空氣を抜取る装置である。通常用ひるものは圖のやうに圓筒Mの中に、上にのみ開く瓣 a の附いたピストンがあり、底にも同じや



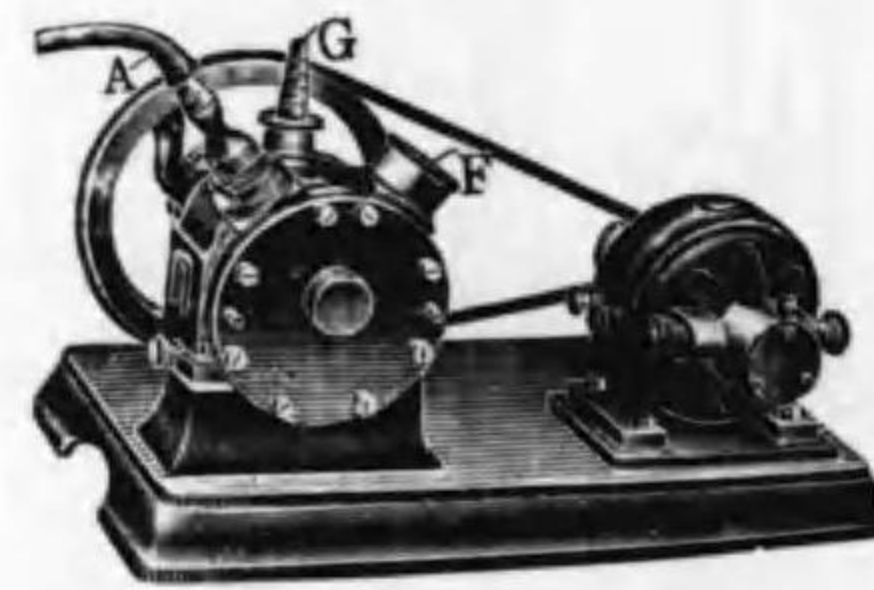
空氣ポンプ

うに開く瓣 b がある。そこから硝子鐘Rに細い管がつながつてゐる。今、ピストンを上げると、その下の空氣は體積が増すから壓力は減り、瓣 a は塞がりRからの空氣は瓣 b を押開いて入り来る。次にピストンを下げると、その下の空氣は體積が減るから壓力を増し、瓣 b は塞がり、中の空氣は瓣 a を押開いて外に出る。それでピストンを上下させると、鐘内の空氣は次第に抜取られる。

このポンプでは、鐘内の空氣が稀薄になるにつれて壓力が減り、遂には瓣を押開く作用

が弱るので、高度の真空は得られない。高度の真空を得るために種々のポンプが工夫された。廻轉式ポンプはその一つである。

廻轉式ポンプの要部は、圓筒氣室内に偏心的に取付けられた廻轉圓柱 R があり、この直徑に沿うて溝

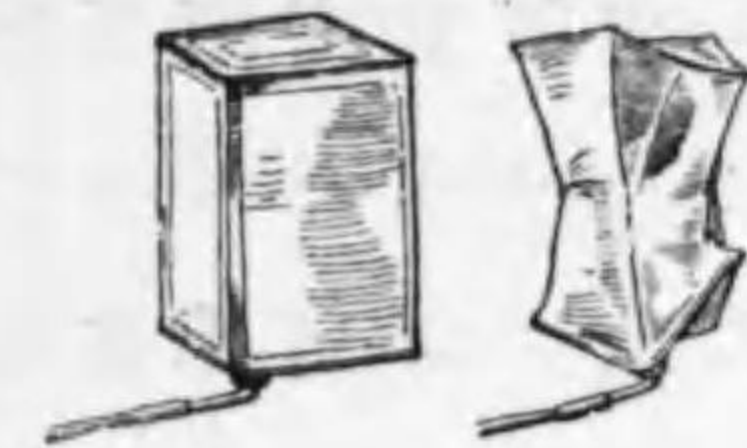


を作り、この中にパネで絶えず外方

に押されてゐる板 pp' をおく。 pp' の兩端は圓筒氣室の内壁に氣密に觸れ、この室を B, C, D の三部に分ける。今、圓柱 R が矢のやうに廻轉すれば、B 部が次第に擴がり、空氣は A から B に吸取られ、これがやがて C の位置を取り、更に D の位置に來り、遂に瓣 E を排して G から吐出される。かくして R の廻轉に伴ひ、空氣は次第に A から吸取られる。

空氣ポンプは工業上では、電球・ラヂオ用眞空管等の排氣に用ひられる。又これを用ひて次の實驗をすれば、大氣の壓力の意外に強大であることがわかる。

實驗 1. プリキ罐内の空氣をポンプで抜取れば、罐はつぶれる。



實驗 2. 丈夫な鉄で作つた空の半球二つを密着させ、内部の空氣を抜取つてから兩半球を引離して見よ。



次に空氣を入れて引離して見よ。

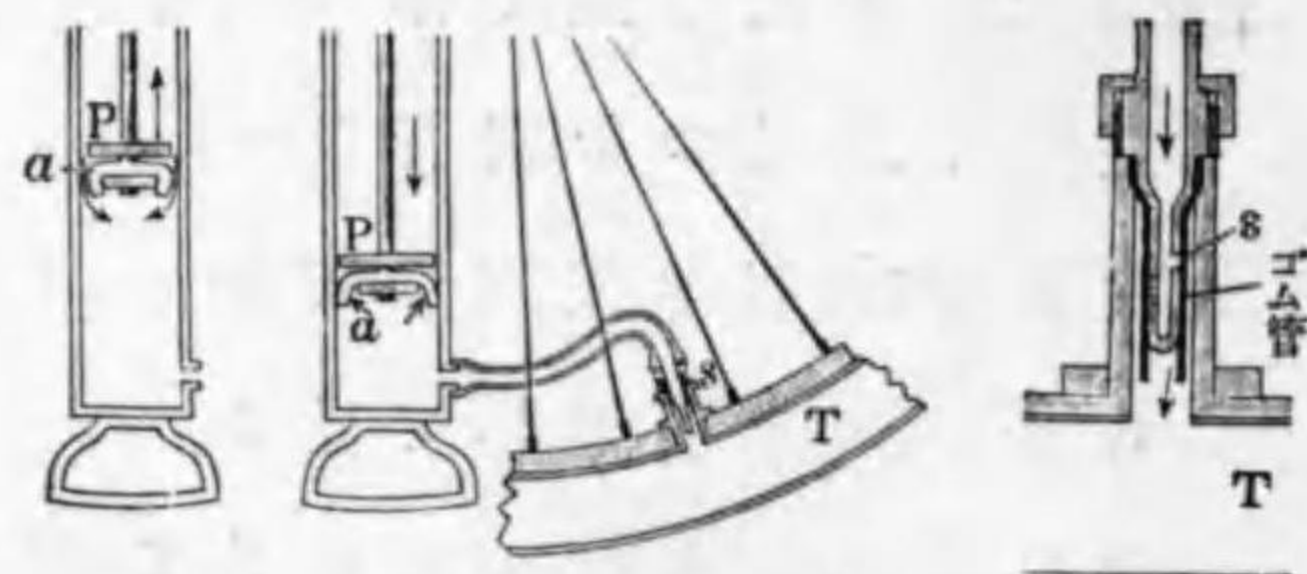
昔ドイツのマグデブルグで、實驗 2. に示すやうな實驗を直徑 50 種餘の半球で行ひ、これを引離すに馬 16 頭を要したといふ。これから、この實驗に供したやうな金屬製半球を **マグデブルグの半球** といふ。次の圖は當時の光景を示す。



9. 壓縮ポンプ

空氣ポンプの瓣を二つとも今と反對の向きに開くやうに取付けて、これをはたらかす

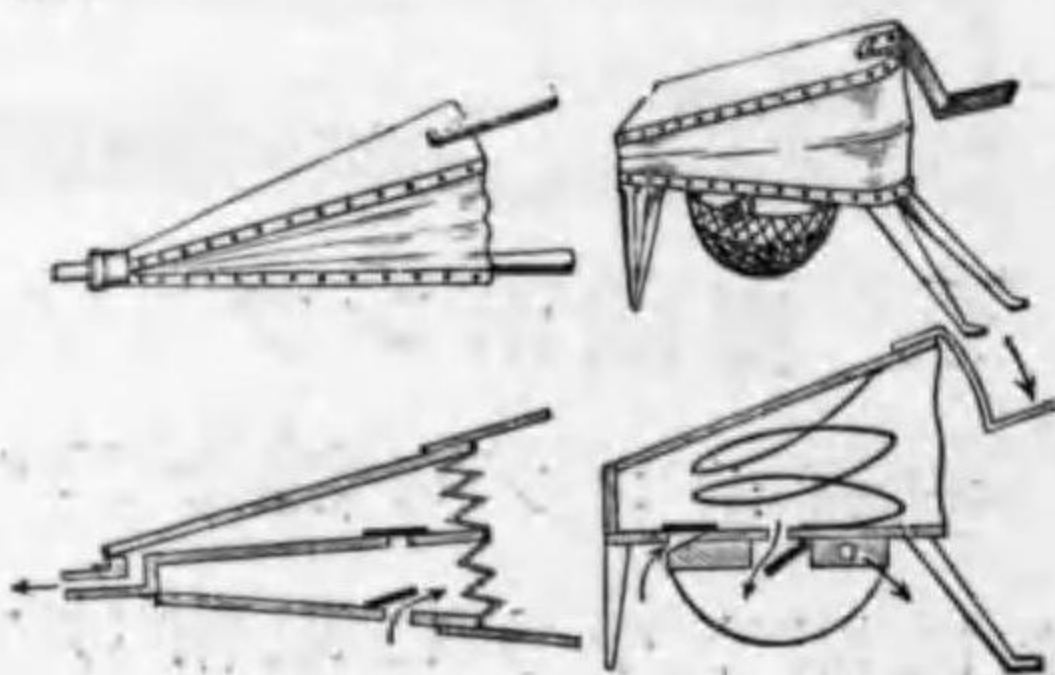
と、空気を密閉器中に圧入することが出来る。このやうなポンプを**壓縮ポンプ**といふ。次に示すは、自轉車のタイヤやフットボールなどに空気を圧入するに用ひる**壓縮ポンプ**である。



a は革で、ピストンを上げる時は圓筒との隙間から空気が入るが、下げる時は内部の壓力で隙間が塞つて、空気が小孔 s からタイヤに送り込まれる。又小孔 s はゴム膜で覆はれてゐて、空気がタイヤには入るが、逆にポンプには復らぬやうになつてゐる。

壓縮ポンプによつて得られる**壓縮空氣**は、汽車・電車のブレーキ、電報の氣送及び**鋸締機**、**鑿岩機**、**魚形水雷**などの動力として、近來甚だ廣く用ひられてゐる。

問 圖に示す「手ふいこ」及び「足踏ふいこ」の構造及び作用を説明せよ。



壓縮空氣の應用



← 通信筒の氣送



↓ 魚形水雷の發射



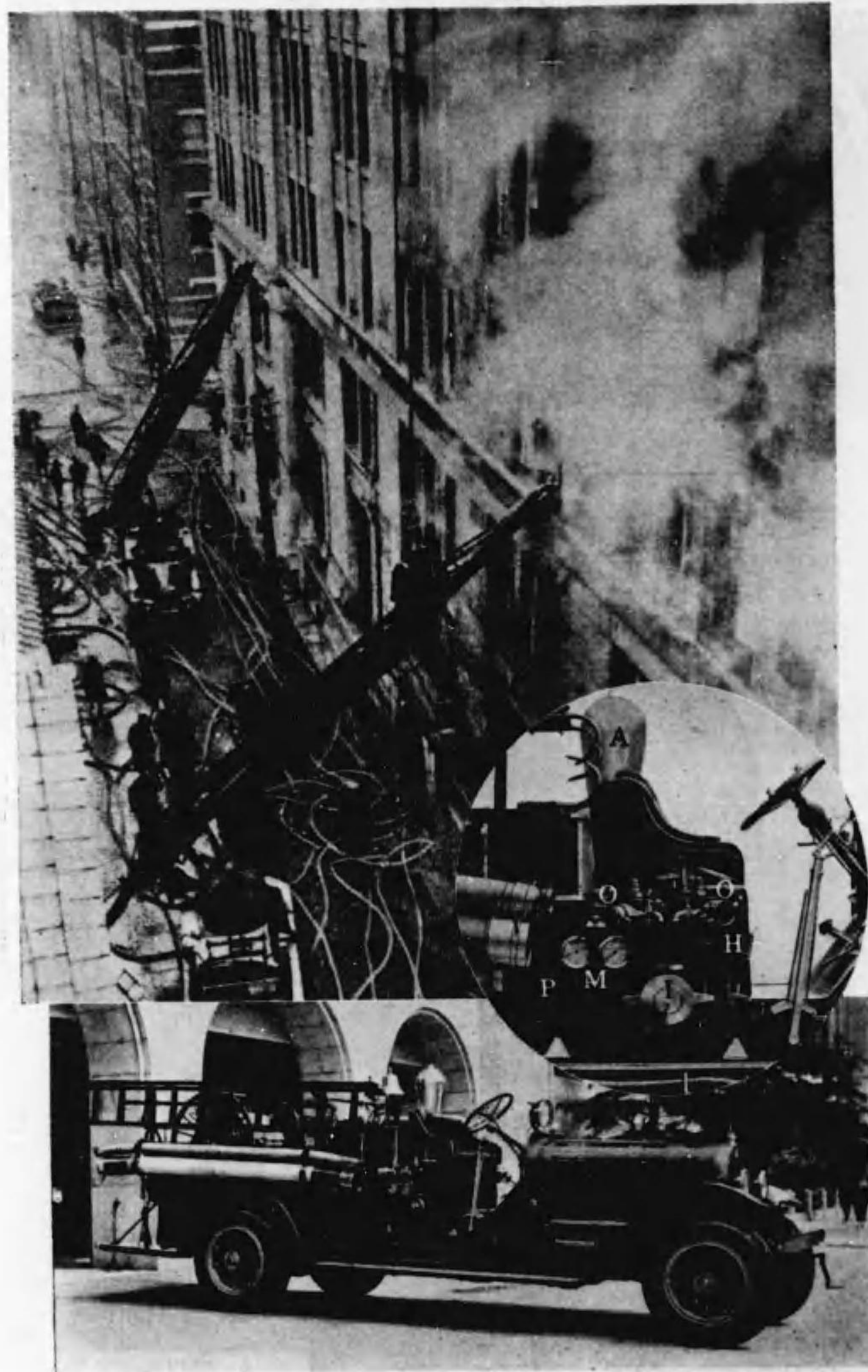
塗料の吹附塗裝 ↓



↓ 鉄板の鋸打



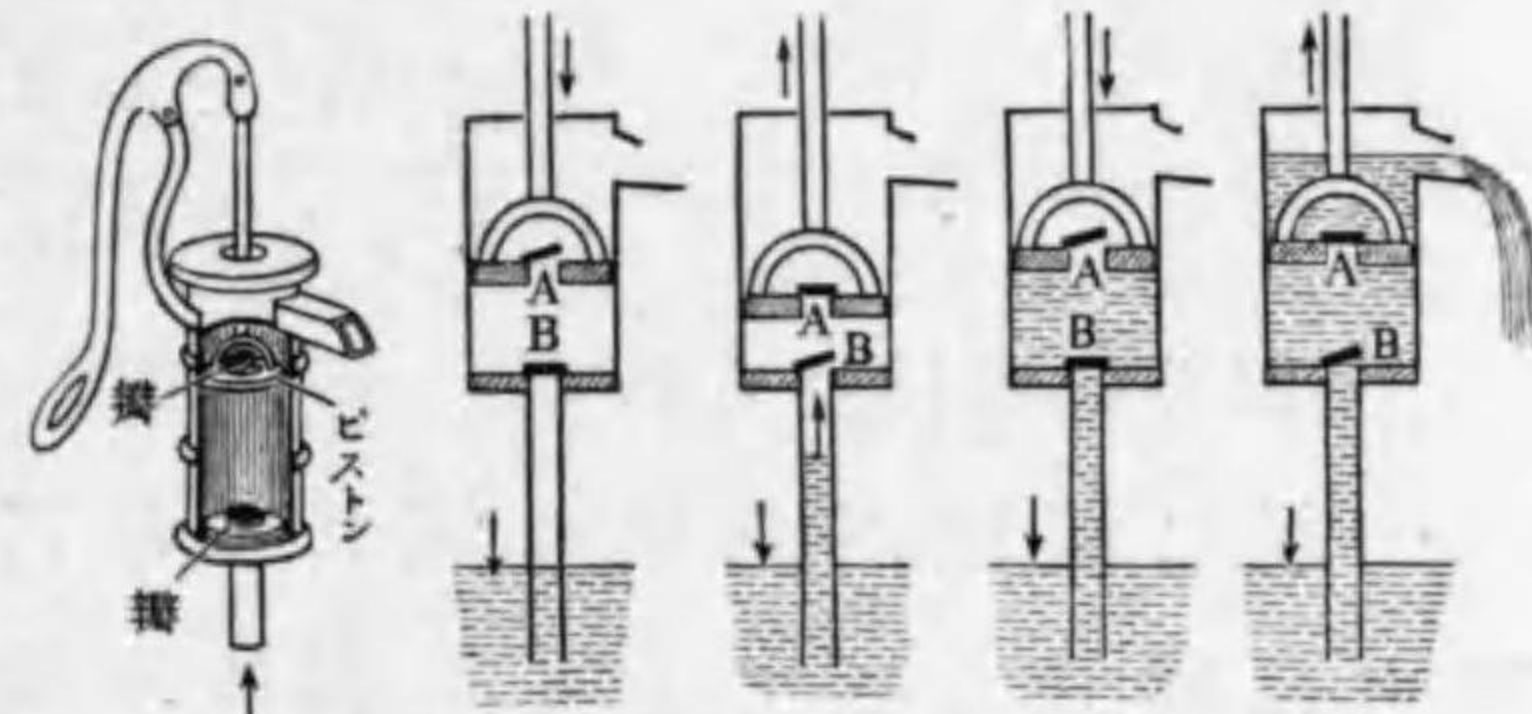
↑ 道路の破壊



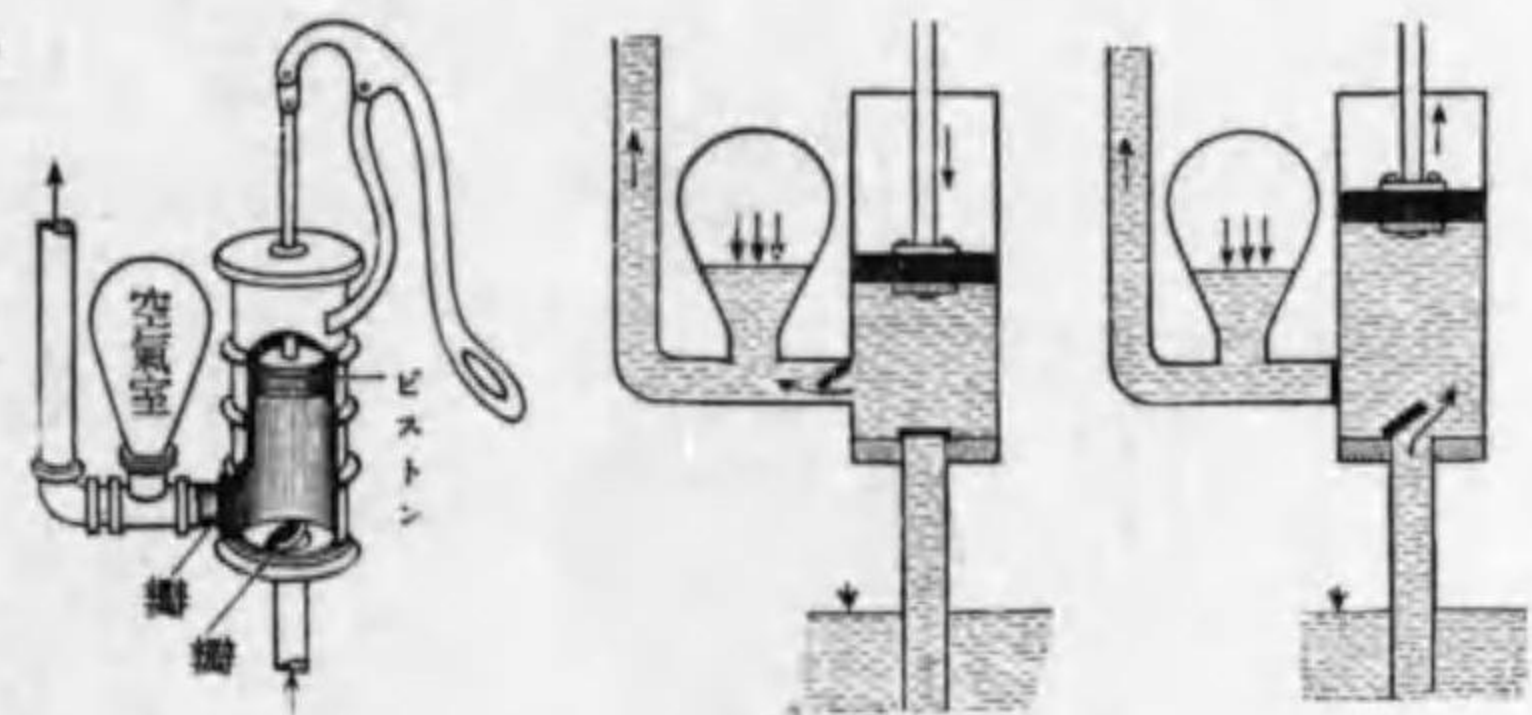
下圖は消防用ポンプ自動車で中圖はその主要部を示す。Aは空氣室、Iは吸水孔、Oは放水孔、Hは把手、Pはポンプのある所、Mは壓力計である。

10. 水ポンプ

水ポンプは大氣の壓力を利用して水を汲上げる装置で、これに吸上ポンプと押し上ポンプとがある。



圖についてその構造及び作用を研究せよ。



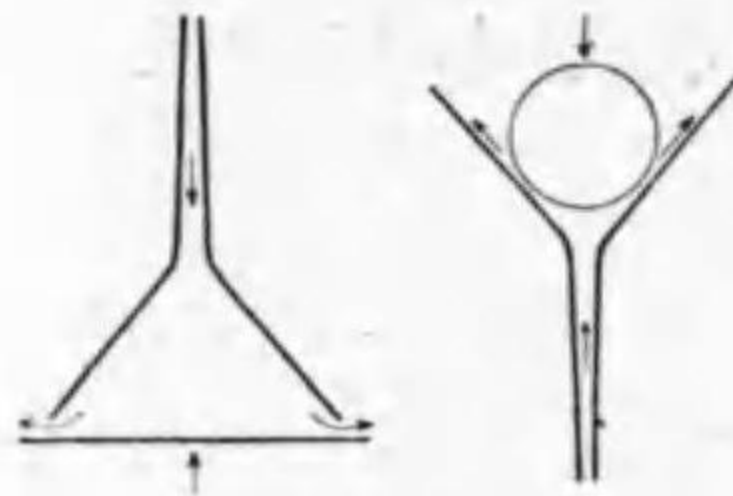
吸上ポンプ(上)と押し上ポンプ(下)の理

押し上ポンプには通常、空氣室を備へる。その作用を考へよ。



家庭用のウイングポンプは二つの吸上ポンプを組合はせたもので、その要部は左の圖に示すやうになつてゐる。

11. 流體の吸入作用



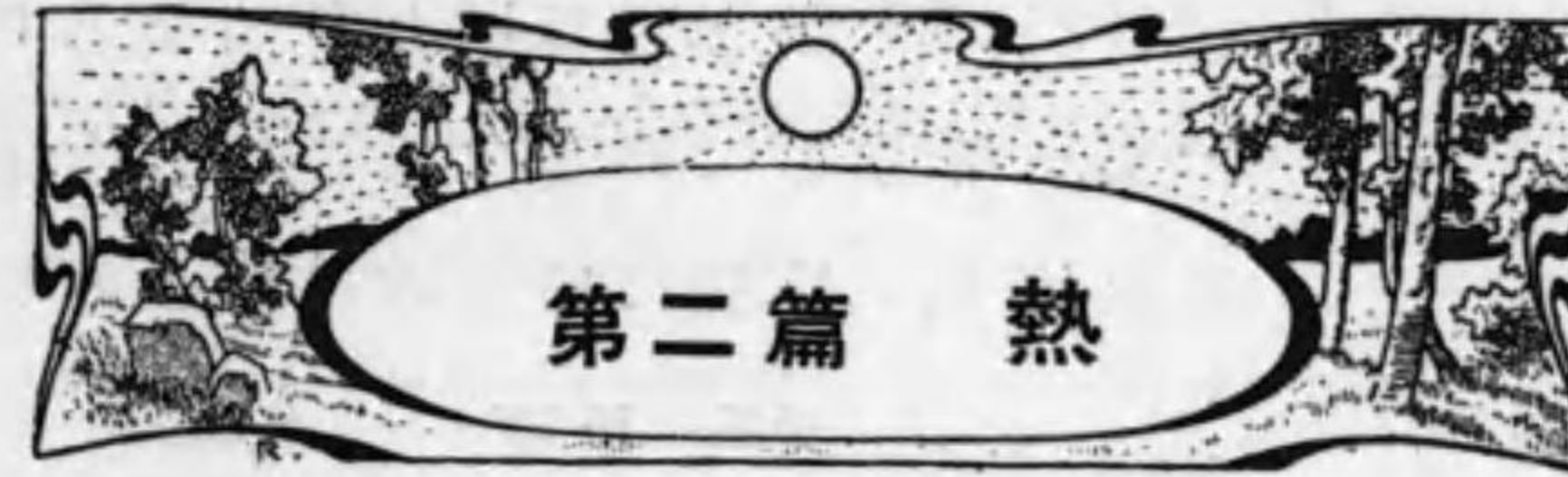
實驗 圖のやうに漏斗の管口から強く空気を吹き送つて、半紙、又はピンポンの球を飛ばさうとすれば、それが却つて漏斗に吸附けられる。

一般に流體が急速に流れる時にはその壓力は減るものである。霧吹や吸入器はこの理を應用したもので、二本の管をその口を接して直角に取附け、一方の管はこれを水中に浸



してある。横の管から空氣又は水蒸氣を噴出させると、水に浸した管口の壓力が減り、水は管中に昇り、吹き飛ばされて霧となるものである。

問 圖の換氣筒は a, b, c, ... に細隙を有するものである。これに風があたると換氣の行はれる理を考へよ。

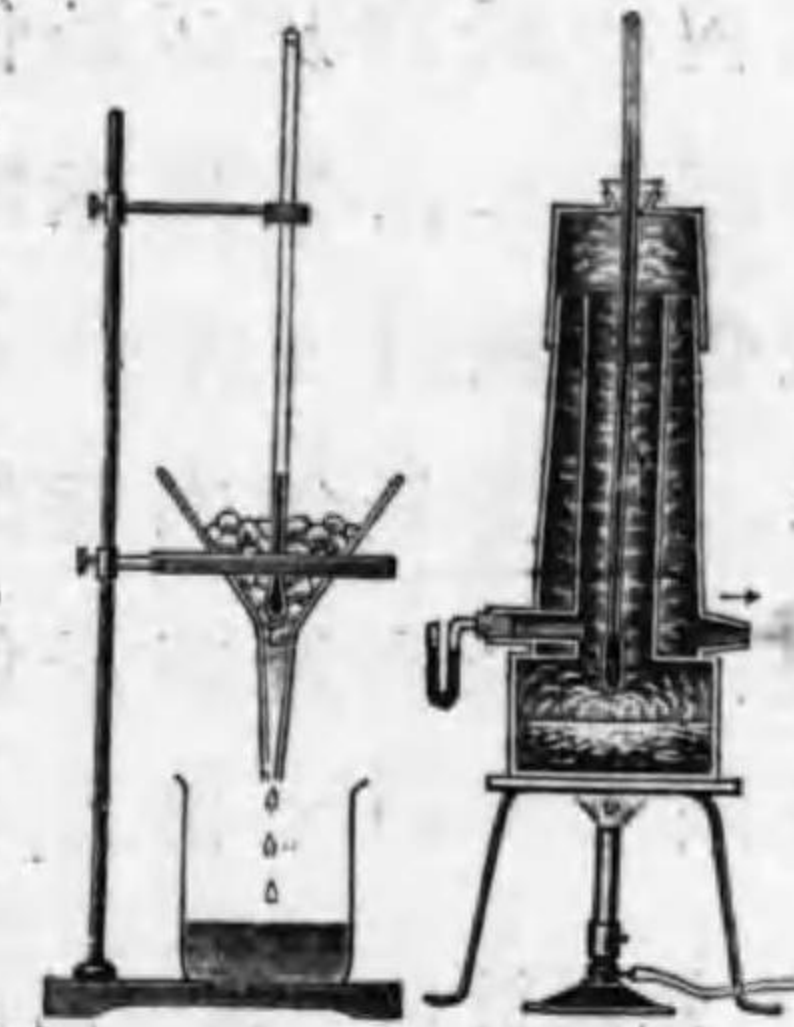


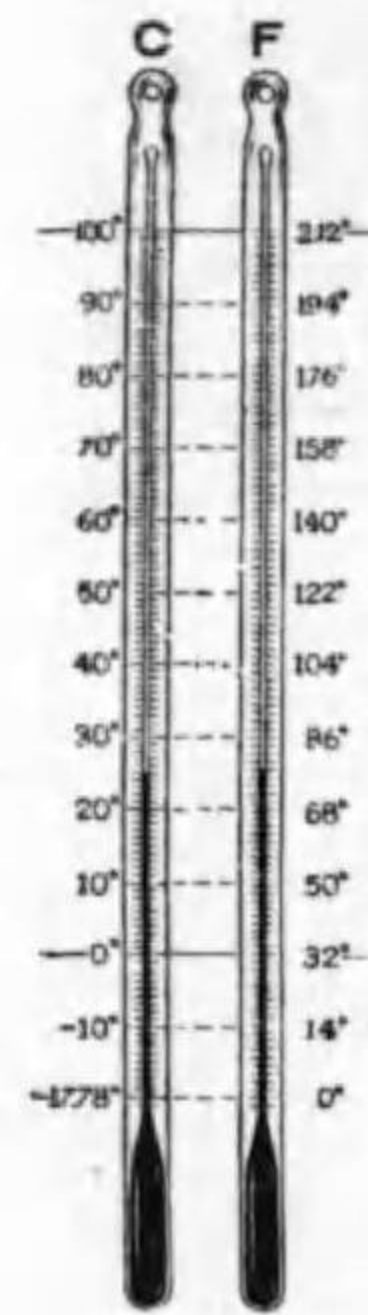
第一章 溫度・熱量

1. 溫度・寒暖計

物體の冷温の程度を溫度といひ、これを測るに寒暖計(溫度計)を用ひる。普通に用ひる水銀寒暖計は、溫度の昇降によつて水銀の膨脹・收縮する性質を利用したものである。

水銀寒暖計は、内徑の一樣な硝子細管の一端を圓筒形(球部といふ)にし、こゝに水銀を満たし、管内の空氣を抜取り他端を封じたものである。その球部を、融けつゝある氷の細片中に入れた時に、水銀頭の止まる所を氷點といひ、又1氣壓の下で沸騰してゐる水より生ずる水蒸氣中に入れた時、水銀頭の止まる所を沸騰點といふ。





目盛は氷點と沸騰點とを標準とし、その間を等分して施し、なほこれを上下にも及ぼす。目盛には次の二種がある。

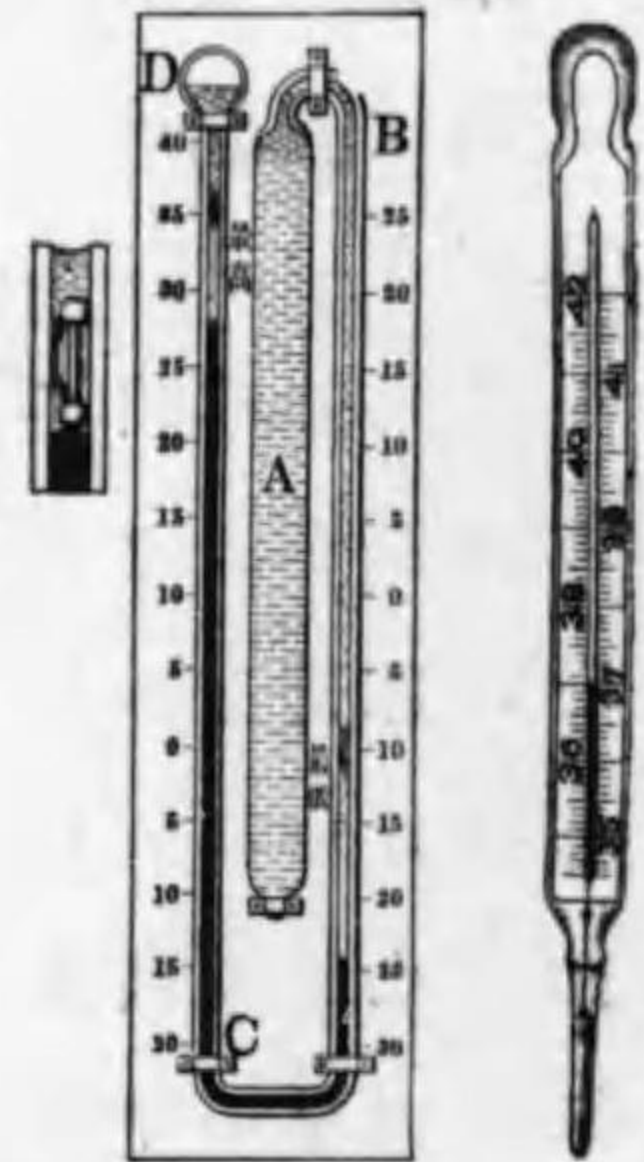
	氷點	沸騰點	換算公式
攝氏(C)	0°	100°	$F = \frac{9}{5}C + 32$

華氏(F)	32°	212°	$C = \frac{5}{9}(F - 32)$
-------	-----	------	---------------------------

攝氏4度を4°C、華氏32度を32°Fと書く。本書では専ら攝氏の温度を用ひる。

問 100°F は攝氏の何度に当たるか。

水銀の代りに着色したアルコールを用ひたものをアルコール寒暖計といふ。又或時間内の最高及び最低の温度を測るには、最高寒暖計及び最低寒暖計を用ひる。シックスの最高最低寒暖計は或時間内の最高及び最低の温度を示すものである。



シックスの最高最低寒暖計 体温計

体温計は一種の最高寒暖計で、水銀寒暖計の球部に近い部分の内径を特に狭くしたもの

である。温度が昇る時は、水銀は膨脹して狭隙を通過するが、温度が降る時は、水銀柱はこゝで切れ管内に残つて、最高の温度を示す。

日常生活に必要な温度表

体温(大人脇下) 35.8—36.8	煎茶・コーヒー等の飲み加減 68
同(小兒同) 36.5—37.0	葛湯 70
入浴の温度 41—45	煮物 100
乳兒入浴の温度 40—41	揚物 170—180
幼兒に與へる乳 40	半熟卵 70(20分間)

2. 熱量の單位

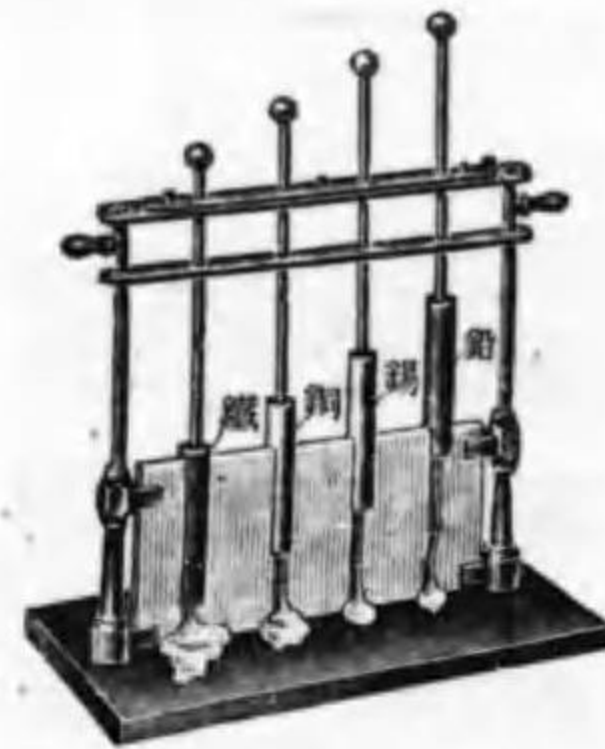
高温度の物體 A と低温度の物體 B とを接觸させると、A の温度は降り B の温度は昇つて遂に兩者の温度は同一となる。この時、熱が A から B に移つたといふ。

熱量を測るには、水 1 瓦の温度を 1° だけ高めるに要する熱量を單位に用ひ、これを 1 カロリーといひ、1000 カロリーを 1 疋カロリーといふ。一般に、m 瓦の水の温度を t° から t'° まで高めるに要する熱量は、m(t' - t) カロリーである。

食物の栄養價を示すカロリー(通常胚カロリーで表はす)は、食物が空氣中で燃焼する時に發生する熱量を示すものに外ならぬ。これは、食物の體内に於ける主なる化學變化は酸化作用で、しかもその際發生する熱が活動の根源をなすものと考へられてゐるからである。

3. 比熱

實驗 質量相等しい鉄・銅・錫及び鉛を同溫度に温めてこれをパラフィン上に載せると、パラフィンの融解する程度が異なるのを見る。この際何れが多量の熱をパラフィンに與へたか。



上の實驗から、質量の相等しい物質が同溫度に於て有する熱量は、物質の種類により夫々異なることがわかる。

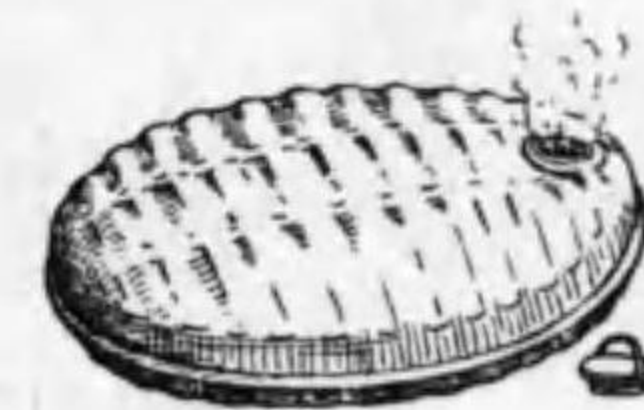
或物質 1 瓦の溫度を 1° だけ高めるに要する

比熱の表

鉛・金・水銀	.....0.03
錫	.....0.05
銀	.....0.06
銅・亞鉛	.....0.09
鉄	.....0.11
硝子(クラウン)	.....0.16
アルミニウム	.....0.21
水	.....0.50
アルコール	.....0.55
氷	.....1.00

カロリーの數をその物質の比熱といふ。従つて水の比熱は 1 である。一般に比熱 c の物質 m 瓦を溫度 t から t' に高めるに要する熱量は、 $cm(t'-t)$ カロリーである。

水の比熱は物質中最大であるから、同溫度・等質量の色々な物質中では最大の熱量をもつ。それで物を冷やすにも温めるにも水を用ひるのが有効である。



湯タンポ

問 1. 海岸地

方で氣溫の變化が少いのは何故か。又海濱で海



風・陸風の起る理由を説明せよ。

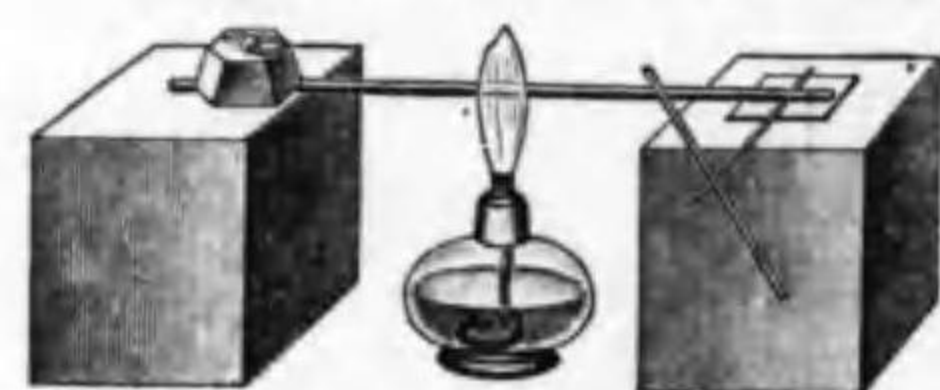
問 2. 鑊附に用ひる銅の鑊は、少し熱しても高溫度に達するのは何故か。

問 3. 溫度 100° の鉄 200 瓦を、15° の水 100 瓦の中に入れたら、この水の溫度が 32° になつた。この鉄の比熱を計算せよ。

第二章 膨脹

1. 固体の膨脹

物体は大抵温度が昇れば膨脹し、温度が降れば収縮する。固体の長さが、温度の昇るに伴ひ膨脹することを



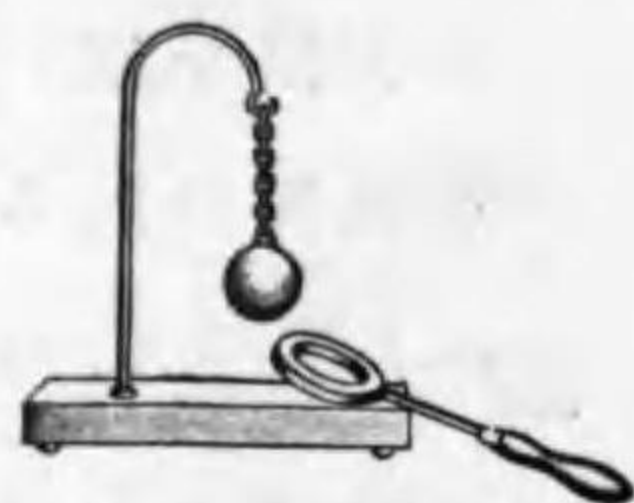
固体の線膨脹

線膨脹といひ、單位の長さが温度 1° 昇る毎に何程延びたかを示す

数をその固体の線膨脹係數といふ。又物体の體積が温度の昇るに伴ひ増加することを體膨脹といひ、單位の體積が温度 1° 昇る毎に何程増加したかを示す

線膨脹係數の表	
眞鍮	0.000019
銅	0.000017
鉄	0.000012
セメント	0.00001
白金	0.000009
硝子	0.000009
白金イリゲウム(9:1)	0.0000086
磁器	0.000003
石英硝子	0.0000004

数をその

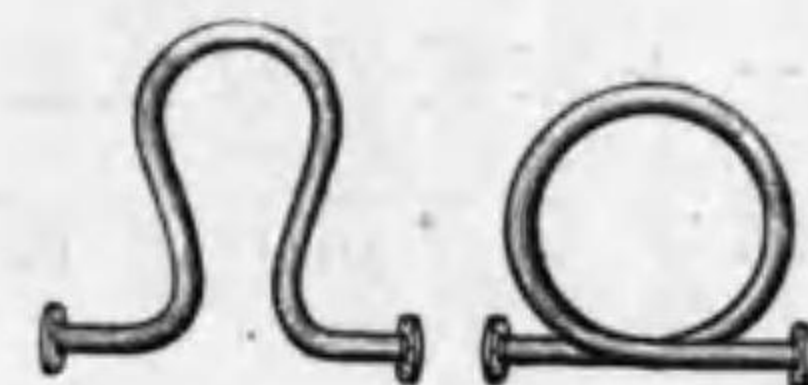
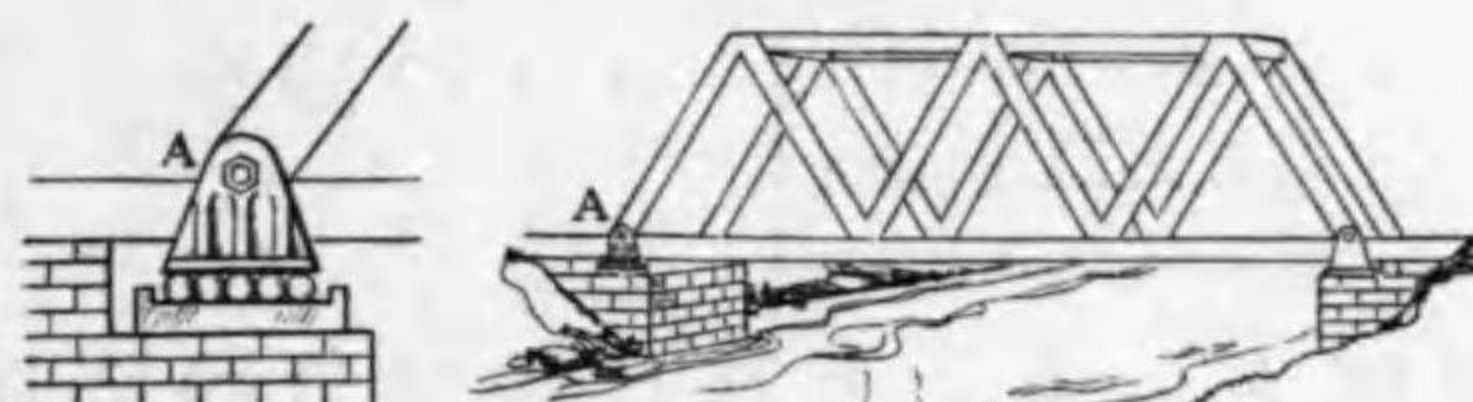


固体の體膨脹

* 温度 0°, 長さ l の物体が、温度 t° に昇つた時の長さを l' とし、その線膨脹係數を a とすれば $a = \frac{l' - l}{lt}$ 従つて $l' = l(1 + at)$ である。

物体の體膨脹係數といふ。固体の體膨脹係數は線膨脹係數の 3 倍に等しい。

温度の昇降による固体の伸縮は甚だ小であるが、これを妨げる時は極めて強大な抵抗力を生ずる。軌道の接目、鉄橋の端、水蒸氣の誘導管などには通常伸縮による破壊作用を防ぐ装置がしてある。

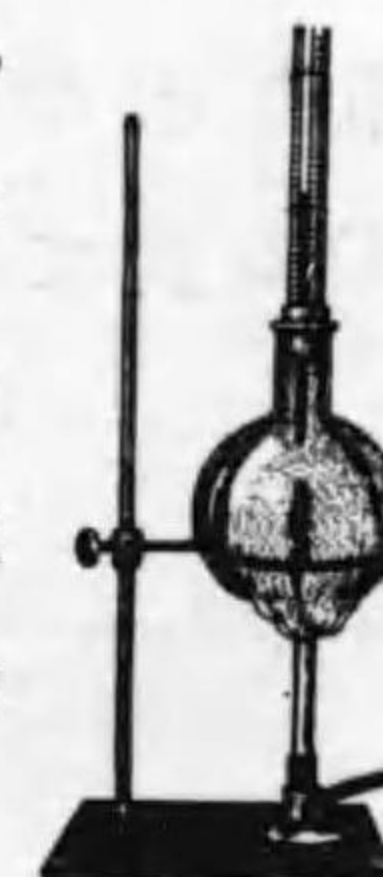


水蒸氣誘導管の継手

問 肉の厚い硝子のコップに熱湯を注ぐと、こはれることがあるのは何故か。石英硝子ではどうか。

2. 液体の膨脹

着色した水をフラスコに満たし、図のやうに細い硝子管を通した栓をなし、水を管内に少し上らせて置き、この容器を急に熱すれば、管内の水面は一時少し下がるが、更に熱すれば、やがて上昇する。これは何故か。

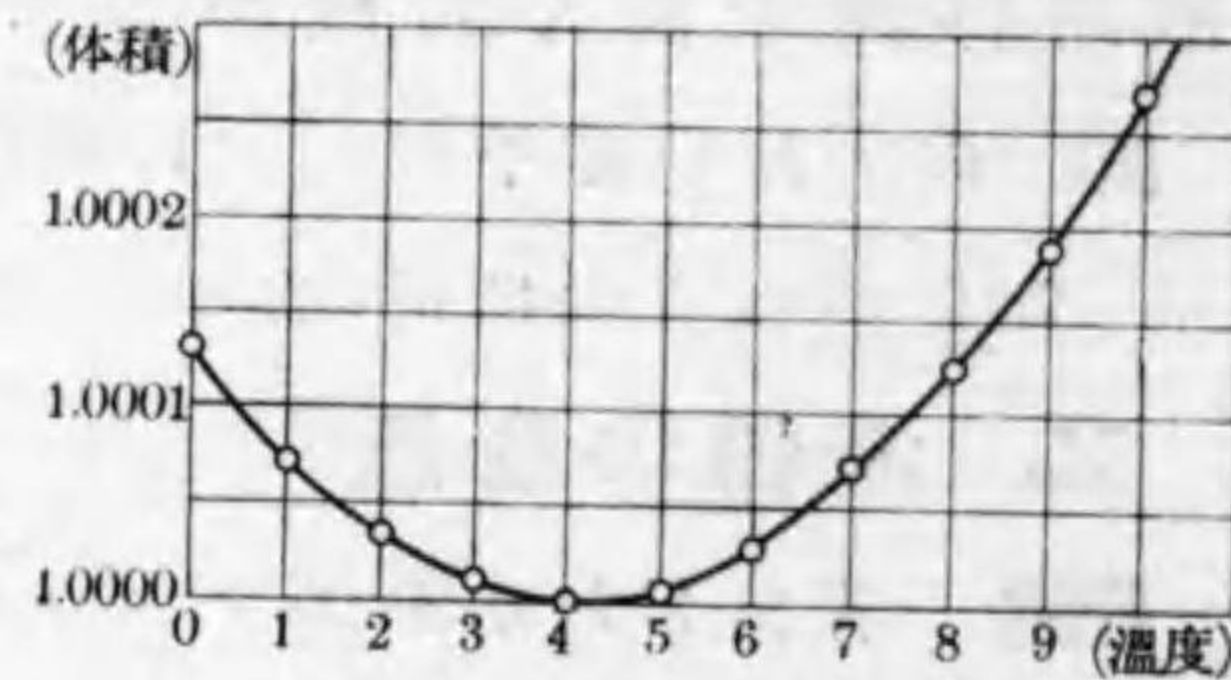


體膨脹係数の表

エーテル	0.00151
アルコール	0.00101
水銀	0.00018

前の實驗で、液が管中を上昇するのは水とフラスコとの膨脹の差が現はれたもので、これを見掛けの膨脹といふ。これは液體の體膨脹係数が固體の體膨脹係數に比して著しく大であるによる。水銀寒暖計・アルコール寒暖計は水銀及びアルコールの硝子に對する見掛けの膨脹を利用したものである。

水の膨脹・收縮は他の液體のと大いに異なり、 0° から 4° までは温度が昇るにつれ收縮し、 4° 以上では膨脹する。即ち水の密度は 4° に於て最大である。



水の體積と温度との關係



問 冬期、池水が表面から凍るのは何故か。

3. 氣體の膨脹

實驗 圖のやうに、フラスコの栓に曲つた細い硝子管を通し、管内に着色した水を一滴入れて指標となし、フラスコを手で温めると、指標は動いて中の空氣が膨脹したことを示す。



氣體の體積は壓力によつて變化する(ボイルの法則)ばかりでなく、温度によつても變化する。液體になり易い氣體を除き諸氣體の膨脹係數は、殆ど同一で、大體次の法則に従ふ。

一定壓力の氣體の體積は、温度 1° 昇降する毎に 0° に於ける體積の $\frac{1}{273}$ づゝ増減する。

これをシャルルの法則といふ。

温度 0° の時の氣體の體積を V_0 とし、その壓力を變へずに温度を t とすれば、この時の體積 V は次の式から求められる。

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

次に温度 0° 、壓力 P_0 の時に、體積 V_0 なる氣體を温度 t 、壓力 P に變へた時の體積 V は、次の式から求められる。

$$V = \frac{P_0 V_0}{P} \left(1 + \frac{t}{273} \right)$$

この関係をボイル・シャルルの法則といふ。

攝氏の 0° を 273° とする目盛法によつて表はされた温度を絶対温度といふ。従つて攝氏の t を絶対温度で表はすと $273+t$ となる。

よつて攝氏の 0° 及び t を絶対温度で表はしこれを T_0 及び T とすれば、ボイル・シャルルの法則は次の式で表はすことが出来る。

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0 V_0}{T_0} \quad \text{或は} \quad \frac{V}{V_0} = \frac{P_0 T}{P T_0}$$

即ち氣體の體積は壓力に反比例し、絶対温度に正比例するといふことが出来る。

以上のことからわかるやうに、氣體の體積をいふ時には、その温度と壓力とを明かにせねばならない。通常温度 0° 、壓力1氣壓の時を氣體の標準状態といふ。

☐ 酸素の密度は、標準状態に於ては毎立1.429瓦である。この時、その32瓦(1モル)は幾立の體積を有するか。

第三章 熱の移動

1. 傳導

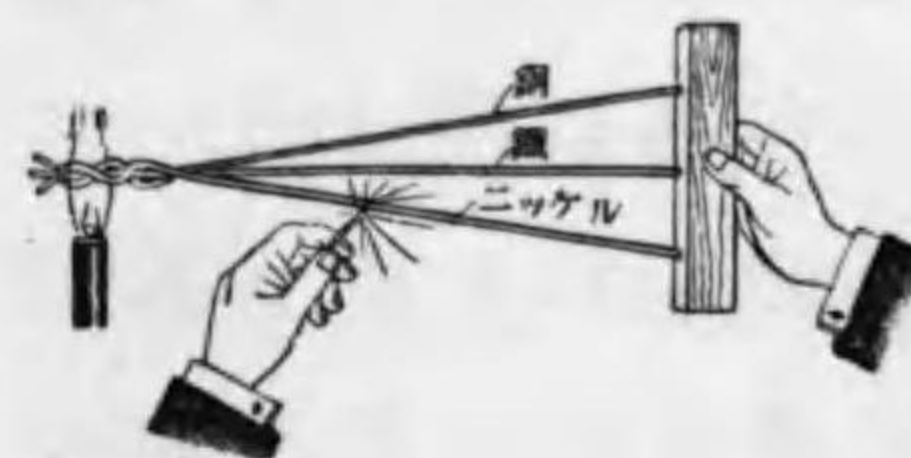
鉄火箸の一端を火中に入れると、暫くして他端までも熱くなる。このやうに熱が物體を順次に温めつゝ、高温度の部分より低温度の部分に移る現象を熱の傳導といふ。

☐ 1. 試験管に水を入れ、上

部を熱してその部分が沸騰するやうにせよ。その時下部の温度はどうか。



☐ 2. 圖のやうに組合はせ



た銅・鉄・ニッケルの針金の一端を熱し、マッチの先を他端から送り動かすと、夫々發火する位置が異なる。

これは熱の傳導の遅速による。

物には良く熱を導くものと然らざるものがある。金屬などのやうに熱を良く導くものを良導體といひ、木材・綿・水などのやうに熱を良く導かないものを不良導體といふ。

一般に氣體は著しい不良導體である。

問 1. 押潰された蒲團と膨らんだ蒲團とではどちらが温かいか。理由を附して答へよ。

問 2. 圖は暖かい日と寒い日との小鳥の様子を描いたものである



といふ。どうしてそれがわかるか。

問 3. 良導體・不良導體の性質を利用した實例各二つを挙げよ。

2. 對流

水は熱の不良導體であるが、これを下部から熱すれば容易に温まる。これは下部の熱せられた水が膨脹し、軽くなつて昇り、その代りに上部の熱せられない水が降りて來て、水の循環運動が起るからである。



水の對流

このやうに流體の運動に伴つて熱の移る現象を對流といふ。鉄瓶や風呂の湯が沸くのはこの理による。

氣體も亦對流を起す。右の圖は空氣の對流によつて蠟燭の火が消えないことを示す。煙突は新鮮な空氣を爐の中に送る對流作用を助け、室内の換氣、冷蔵庫、暖房装置などは皆對流を應用したものである。又海流や氣流などは自然界に起る大規模の對流である。



空氣の對流



家庭用冷蔵庫

3. 輻射

熱したアイロンに手を近づければ温かく感ずる。この時熱は傳導や對流によつて手に移るのではない。かやうに熱が中間の物質の媒介によらず、離れた所に直接移ることを熱の輻射といふ。



熱の輻射

太陽から地球に達する熱は全く輻射による。

輻射による熱は光のやうに直進し、又油煙その他黒い物質には吸収され、磨いた金属及び白い物質の表面では反射される。反射ストーブは熱の反射を應用したもので、一定方向を温めるに適する。



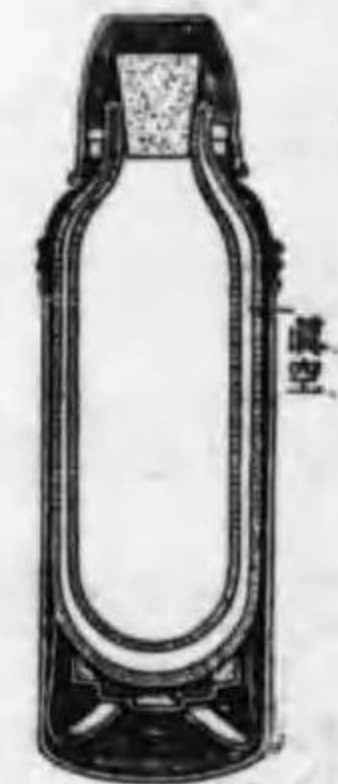
反射ストーブ

實驗 二本の寒暖計の球部を一つは黒布で、一つは白布で包み、直射日光にあてて約20分の後、何れの昇り方が多いかを見よ。又これを室内に置き前の場合と比較せよ。



問 アルミニウム鍋の底を黒くすること、及び夏着に多く白地を用ひることを、輻射熱の性質から説明せよ。

魔法壺は硝子の二重壁の間の空気を排除し、且壁の内面を鍍銀したものである。熱は傳導・對流・輻射の何れによるものもこれを通過・移動し難いから、中に入れたものは、冷熱ともにそのまま長時間保存される。



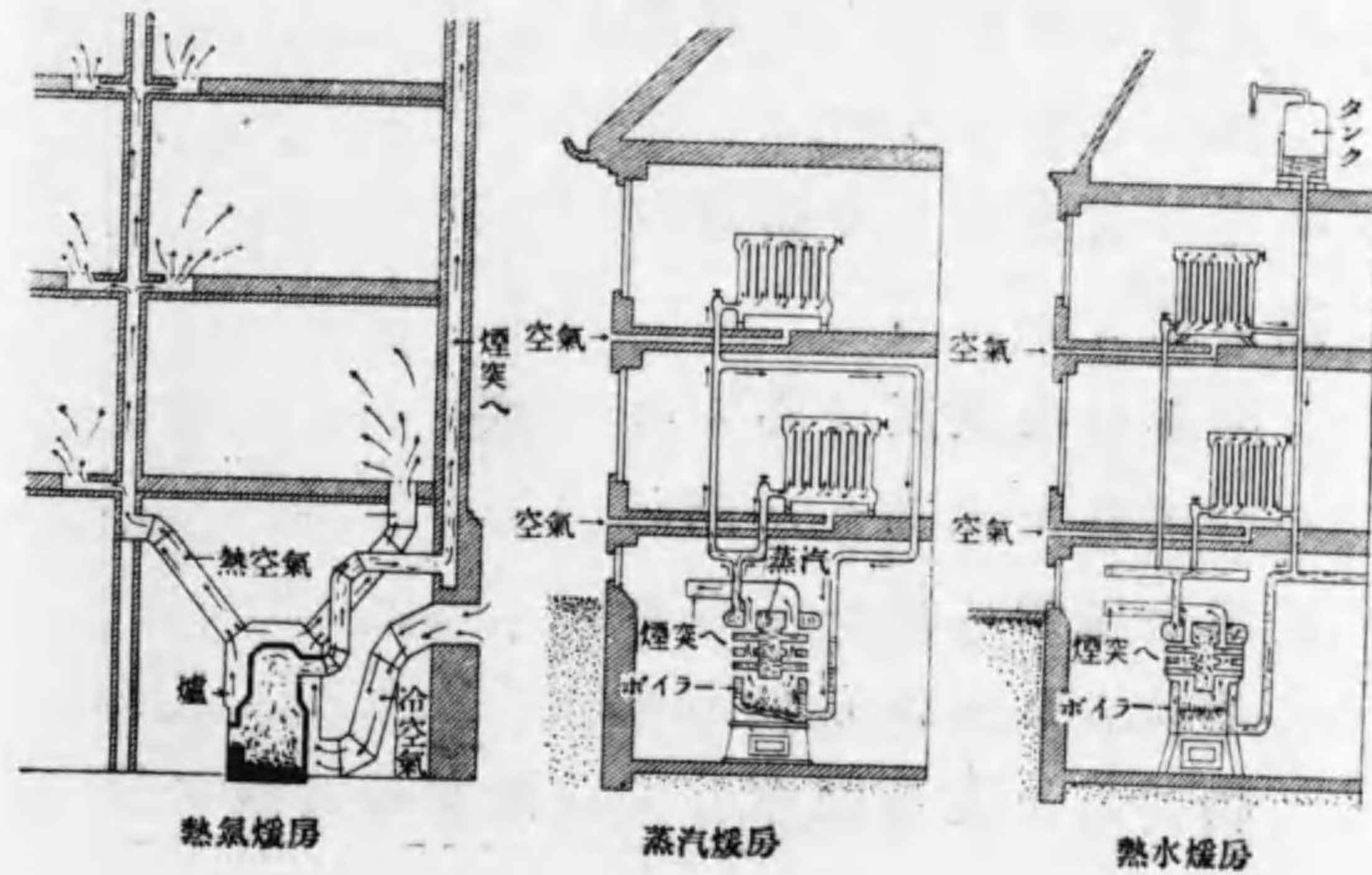
種々の暖房装置



丸火鉢と角火鉢

ガスストーブ

無煙炭ストーブ 石油ストーブ



熱氣暖房

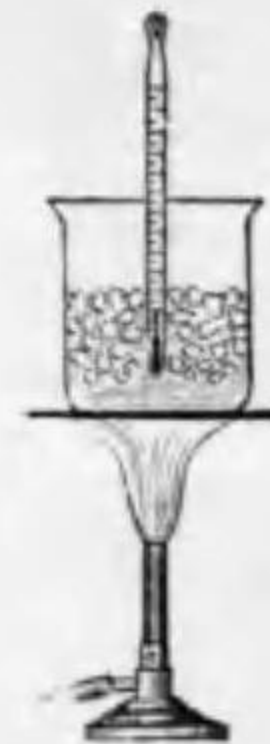
蒸気暖房

熱水暖房

第四章 状態の變化

1. 融解・凝固

実験 ビーカーに氷の碎片を入れ、徐々に熱して見よ。氷はどうなるか。この時寒暖計の讀みに注意せよ。温度は昇るか、降るか。



一般に固体に熱を加へると遂には液体になる。この現象を融解といふ。固体が融解し始めてから全部融解するまでは引續き熱を加へても、ただ融解を速かにするだけで温度は昇らない。この一定の温度をその物質の融解點といふ。

融解の際、温度の昇らないのは、外から加へた熱が固体を液体に変へるために用ひられるからである。

物質の1瓦を融解して同温度の液体に変

融解點の表

アルコール	.....	-114
水銀	.....	-39
氷	.....	0
パラフィン	.....	28-52
フューズ*	.....	220-320
鉛	.....	327
アルミニウム	.....	660
銀	.....	960
金	.....	1062
銅	.....	1083
鉄	.....	1527
白金	.....	1771
タンガステン	.....	3400

* 鉛・アンチモン・錫等よりなる合金

へるに必要な熱量を、その物質の融解熱といふ。氷の融解熱は非常に大(80カロリー)であるから、その融ける時は周囲から多量の熱を吸収する。それで氷は氷嚢に入れ、又は魚類の保存、冷蔵庫などに用ひられる。



実験 ビーカーに氷の碎片と食塩とを混ぜて入れ、その中に少し水を入れた試験管を挿入し、これを時々動かし、又その中に保てる寒暖計の讀みに注意せよ。水は凍るか。凍り初めと凍り終る時とで、寒暖計の讀みは異なるか。



液体を冷やせば遂に固体になる。これを凝固といふ。この際も全部凝固するまで始終同一の温度を保つ。この温度を凝固點といひ、その物質の融解點に等しい。液体が凝固する時は、同じ物質が融解の際に吸収する熱量と等しい熱量を放出する。

* 溶液は溶媒よりも、合金はその成分金属よりも、凝固點が低い。

2. 寒 劑

固體が融解又は溶解する際に、外部から特に熱を加へなければ、それ自身及びその周囲の物から熱を奪つて、溫度を降す。

砕いた氷 3 と食塩 1 との割合に混合すると、その溫度は著しく降り、零下 22° 近くになる。これは食塩の溶解と氷の融解とが相助けて、混合物自身から熱を奪ふからである。このやう



アイスクリーム製造器
A: 原料 B: 氷と食塩

混合物	重さの割合	最低溫度
塩化アンモン: 氷	20 : 80	-15.4°
食 塩 : 氷	25 : 75	-22
塩化カルシウム : 氷	59 : 41	-54.9

に低溫度を生ずる混合物を寒劑といふ。寒劑は物を冷やし、又アイス

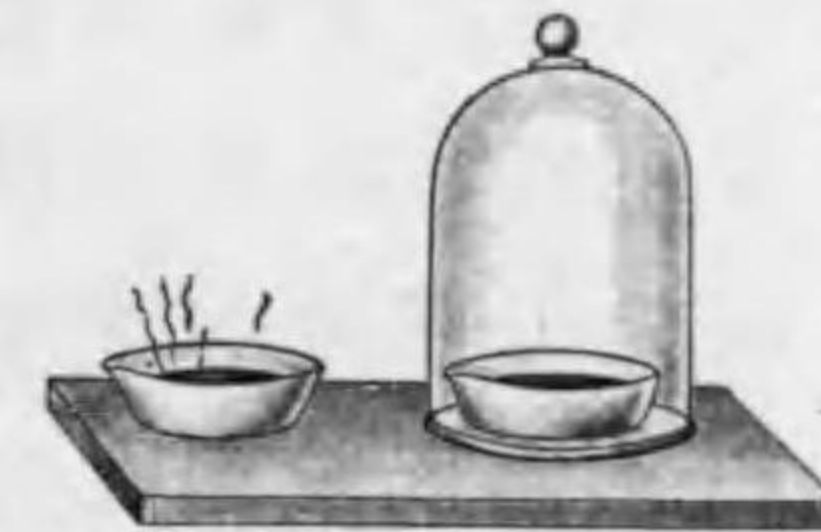
クリームなどを作るに用ひられる。

3. 氣化・液化

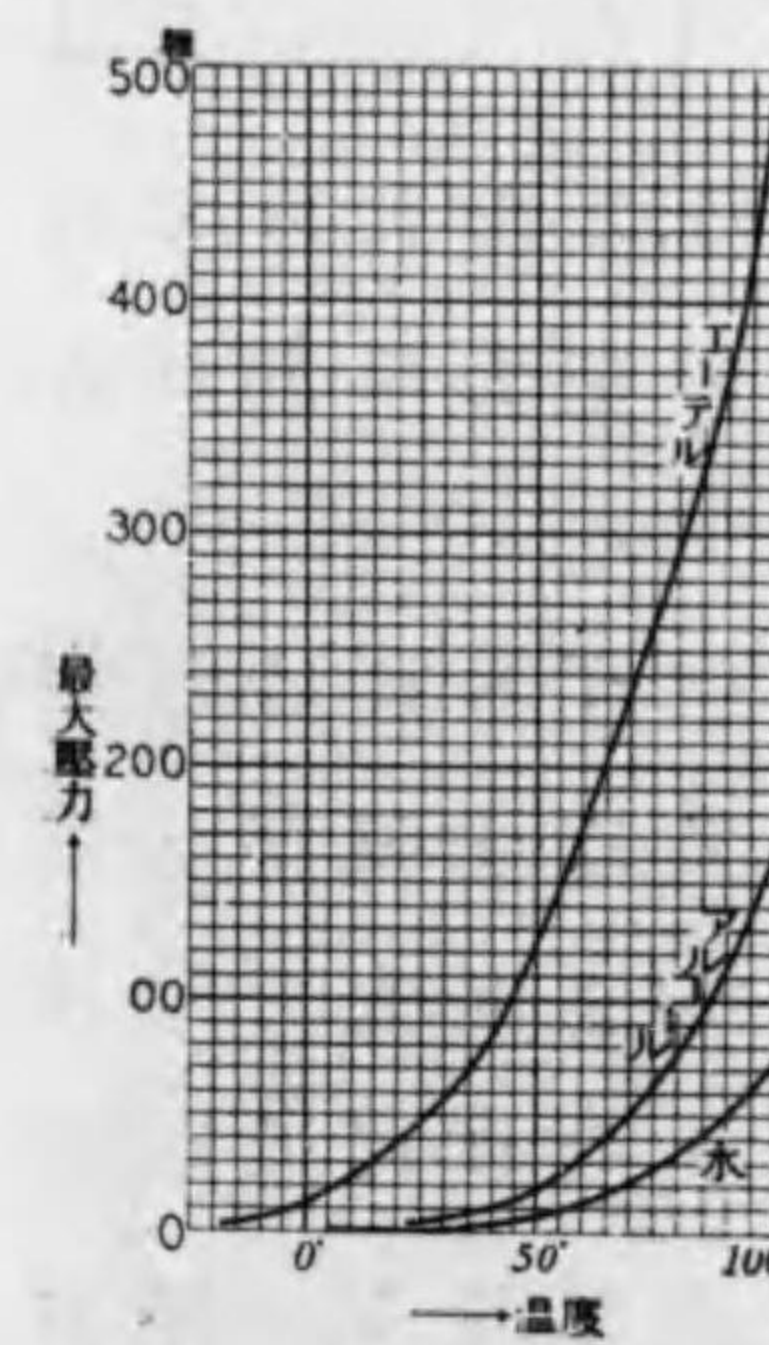
液體が氣體に變はることを氣化といひ、氣體が液體に化するのを液化又は凝結といふ。

液體の表面からは溫度の如何にかゝらず常に氣體が発生する。これを蒸發といひ、この際に發生する氣體を蒸氣といふ。

一般に液體を密閉器中に入れて置くと、初めは蒸氣を發生するが、蒸氣の壓力の強さが一定



の値に達すれば蒸發は止む。この時、蒸氣は飽和したといふ。飽和蒸氣の壓力をその溫度に於ける最大壓力又は飽和壓力といふ。



最大壓力と溫度との關係

最大壓力は物質によつて異なり、又同じ物質では溫度の高いほど大である。

又液面上に他の氣體又は蒸氣がある時には、眞空である時のやうに速くは蒸發しないが、發生蒸氣の壓力がその溫度に於ける最大壓力に達するまでは蒸發が續く。

4. 沸騰

液體を熱すると蒸發が次第に盛になり、遂には液體の内部からも蒸氣の泡が生じて昇つて來る。この現象を沸騰といふ。壓力が一定の時は、液體の沸騰する溫度は物質によ

り一定し、熱を加へても、沸騰の續く間は溫度は昇らない。



煮炊をする時、沸騰し出すと、火力を緩めて沸騰が續くやうにしても煮え方

に變はりのないのは、このためである。この溫度をその壓力に於ける

液體の沸騰點といふ。

液體の内部に蒸氣の泡が生ずるには、氣泡内の蒸氣の壓力(v)が液面に及ぼす氣壓と重力による液體の壓力との和(p)より大でなければならぬ。それで氣壓が大なれば沸騰點は昇り、氣壓が小なれば沸騰點は降る。壓力鍋や真空釜はこの理を應用したものである。

水銀	.....	357°
水	.....	100
アルコール	.....	78
アンモニア	.....	-33
酸素	.....	-183
窒素	.....	-196
水素	.....	-253

真空釜と壓力鍋

The illustration shows a vacuum pot on the left and two pressure cookers on the right. The vacuum pot is a large glass vessel with a metal frame and a lid. The pressure cookers are smaller, dark-colored pots with lids and handles.

糖蜜を結晶させるのに用ひる真空釜。

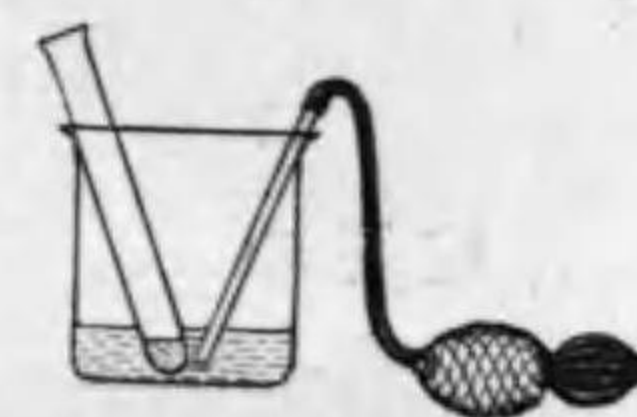
↑上圖は真空釜の構造を示す。周囲の管は水蒸氣を通ずるもの。

家庭用壓力鍋 (二種)

このやうな鍋を用ひると沸騰點を上げ得るから速く煮え、堅い纖維や骨などまで柔く煮える。

5. 氣化熱

実験 圖のやうに少量の水を入れた試験管をエーテル中に立て、そのエーテルに空気を吹き送つて急速に蒸發させると、エーテル及びその容器は著しく冷えて試験管内の水は氷となる。

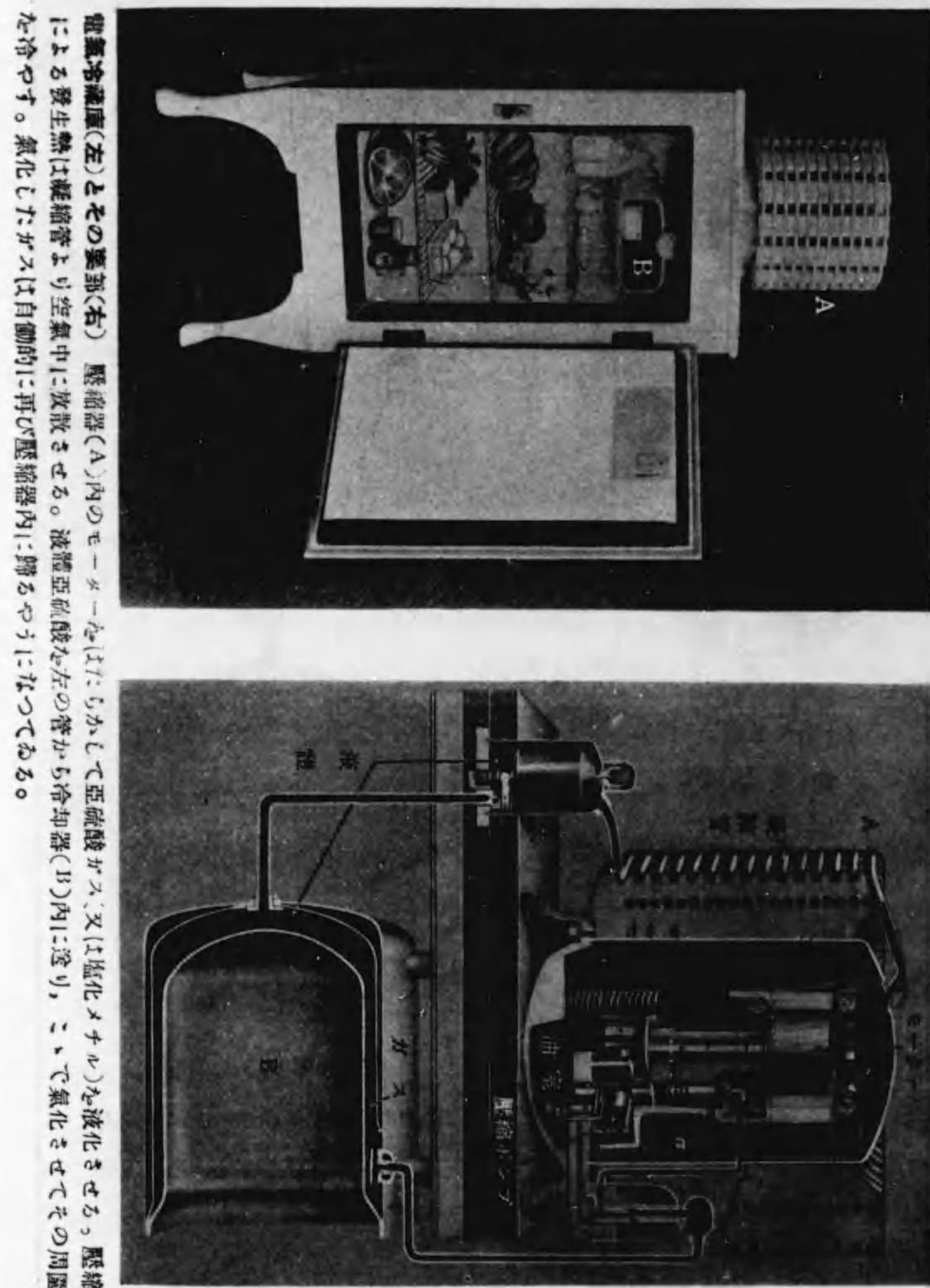


液體が氣化する場合には融解と同じやうに、その状態を變へるために熱を要する。夏、庭に水を撒くと涼しいのや、烈しい運動をすれば汗が出て體温の調節されるのは、それ等が蒸發の際、氣化熱を奪ふによる。或溫度に於ける液體1瓦を同溫度の蒸氣に變へるに要する熱量を、その溫度に於ける氣化熱といふ。

水	539
アンモニア	341
アルコール	205

製氷には通常液體アンモニアの氣化熱を利用する。次の圖は製氷機の概要を示す。

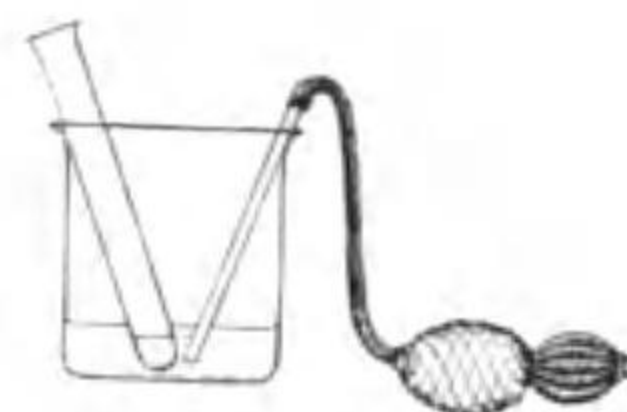
ポンプPによつて壓縮されたアンモニアガスは、水で冷やされ蛇管A中で液化する。これを細孔を



電氣冷蔵庫(左)とその要部(右) 壓縮器(A)内のモーターをばらかして亞硫酸ガス又は塩化メチルを液化させる。壓縮による發生熱は凝縮管より空氣中に放散させる。液體亞硫酸を左の管から冷却器(B)内に送り、こゝで氣化させてその周圍を冷やす。氣化したガスは自動的に再び壓縮器内に歸るやうになつてゐる。

5. 氣化熱

實驗 圖のやうに少量の水を入れた試験管をエーテル中に立て、そのエーテルに空気を吹き送つて急速に蒸發させると、エーテル及びその容器は著しく冷えて試験管内の水は氷となる。

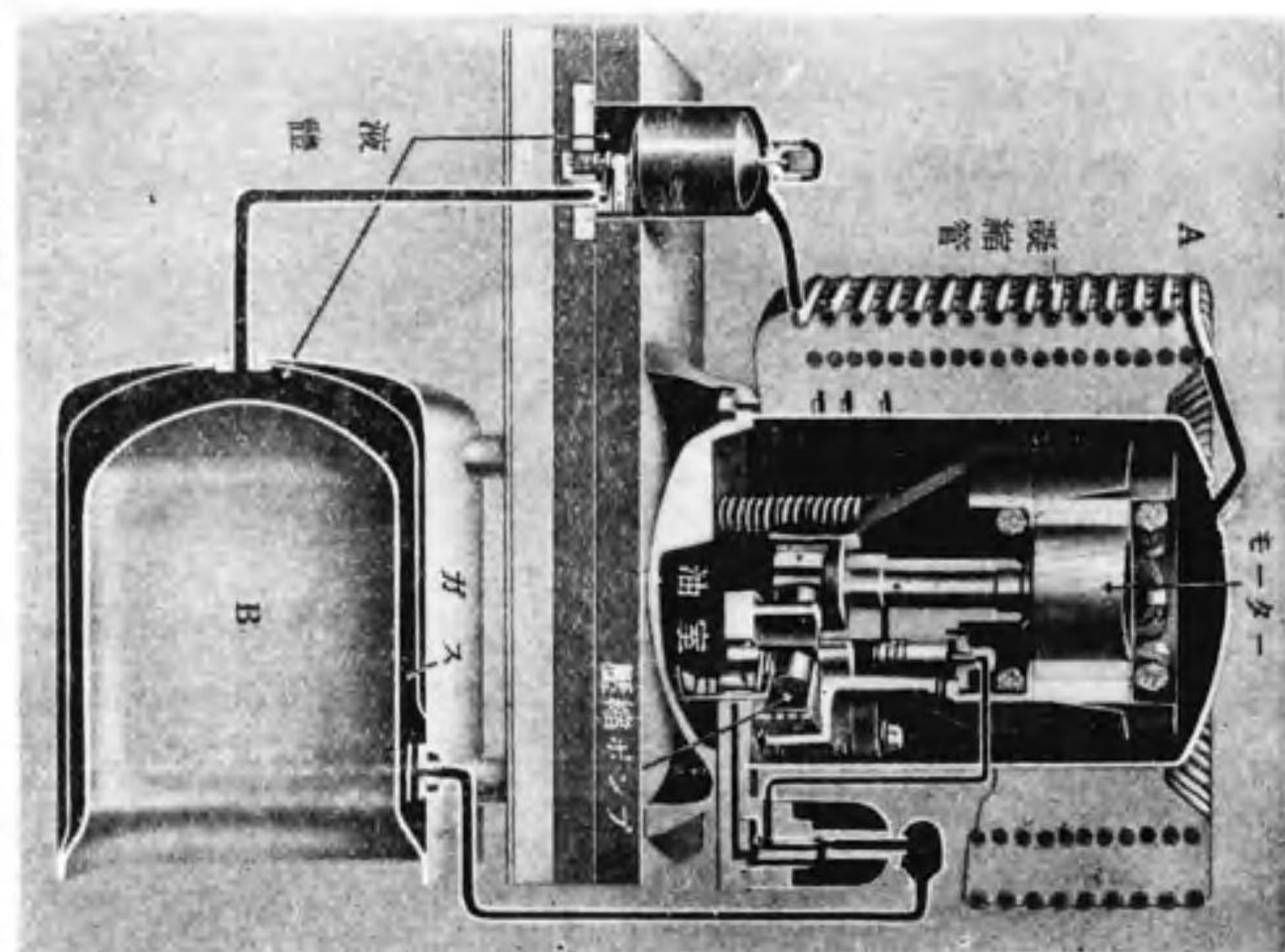
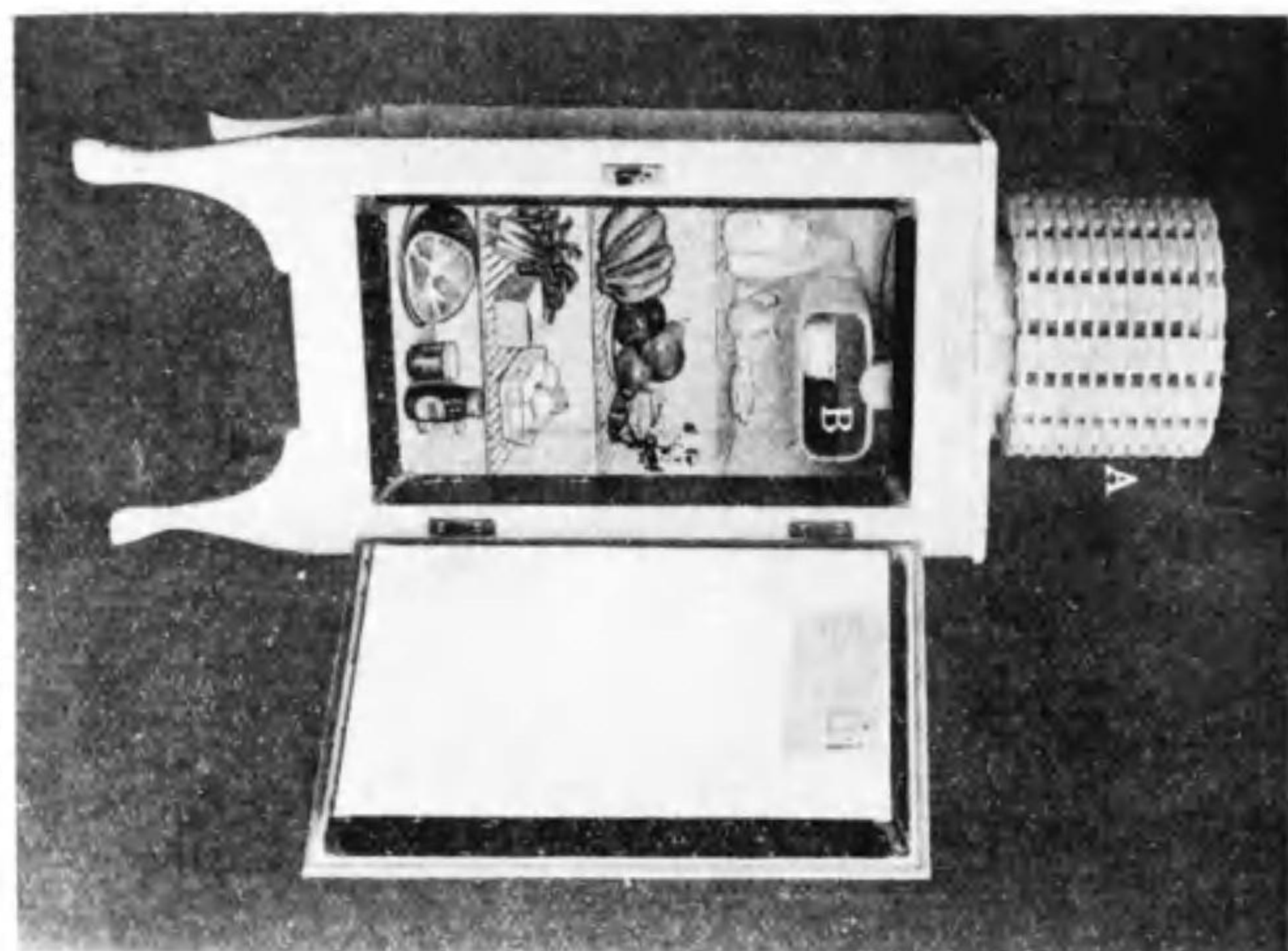


液體が氣化する場合には融解と同じやうに、その状態を變へるために熱を要する。夏、庭に水を撒くと涼しいのや、烈しい運動をすれば汗が出て體温の調節されるのは、それ等が蒸發の際、氣化熱を奪ふによる。或溫度に於ける液體1瓦を同溫度の蒸氣に變へるに要する熱量を、その溫度に於ける氣化熱といふ。

	カロリー
水	539
アンモニア	341
アルコール	205

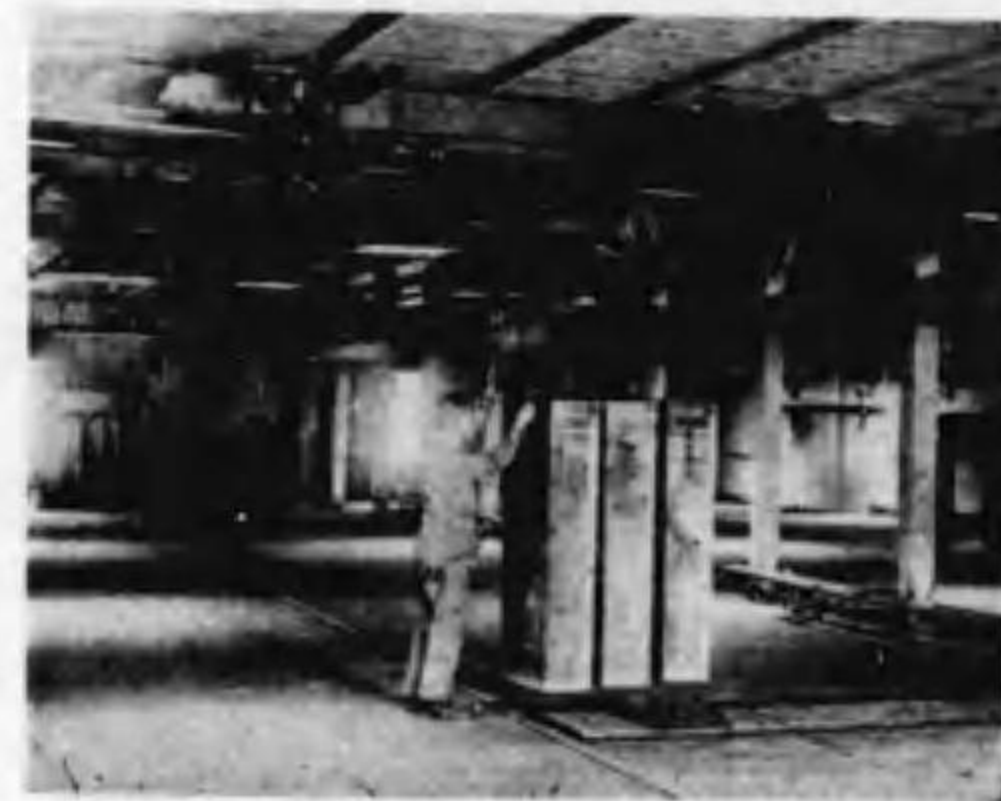
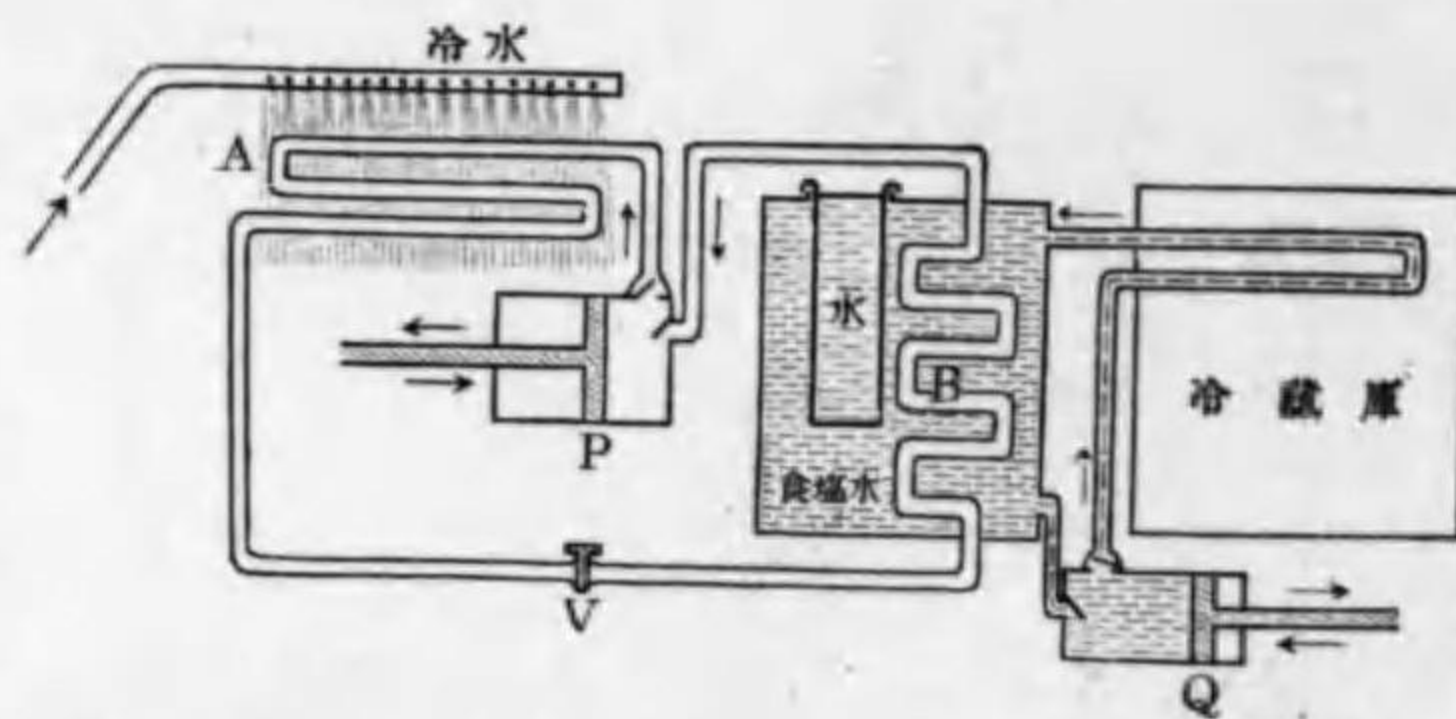
製氷には通常液體アンモニアの氣化熱を利用する。次の圖は製氷機の概要を示す。

ポンプPによつて壓縮されたアンモニアガスは、水で冷やされ蛇管A中で液化する。これを細孔を



電氣冷蔵庫(左)とその要部(右) 壓縮器(A)内のモーターは、アンモニアガスを強硫酸ガス又は塩化メチルを液化させる。蒸發による發生熱は凝縮管より空氣中に放散させる。液體アンモニアの管から冷媒器(B)内に送り、こゝで氣化させてその周圍を冷やす。氣化したガスは自動的に再び壓縮器内に歸るやうになつてゐる。

有する調節
弁Vを通じ、
低圧管B中
に噴出氣化
させる。こ
の際、蛇管の



製氷を食塩水中から引揚げるところ

周囲にある食塩水の熱は奪はれ約 -10° に降り、この中に浸してある鉄函内の清水は氷結する。噴出氣化したアンモニアガスはポンプPに送り、繰返し用ひられる。

冷蔵庫では、上の装置で得られた寒冷な食塩水を導き、これを循環させて、肉類蠶種などを貯蔵する。電気冷蔵庫は亞硫酸ガス又は塩化メチルの氣化熱を利用する。

6. 空氣の液化

氣體は強く壓縮するか或は十分に冷却すれば液化する。しかし或溫度以上では如何に強く壓縮しても液化しない。この溫度をその氣體の臨界溫度といふ。

酸素や水素はその臨界溫度が極めて低い

液體空氣の實驗

↓ 凍った草花は脆くなって毀れる



↑ 卵は固化して金属のやうになる

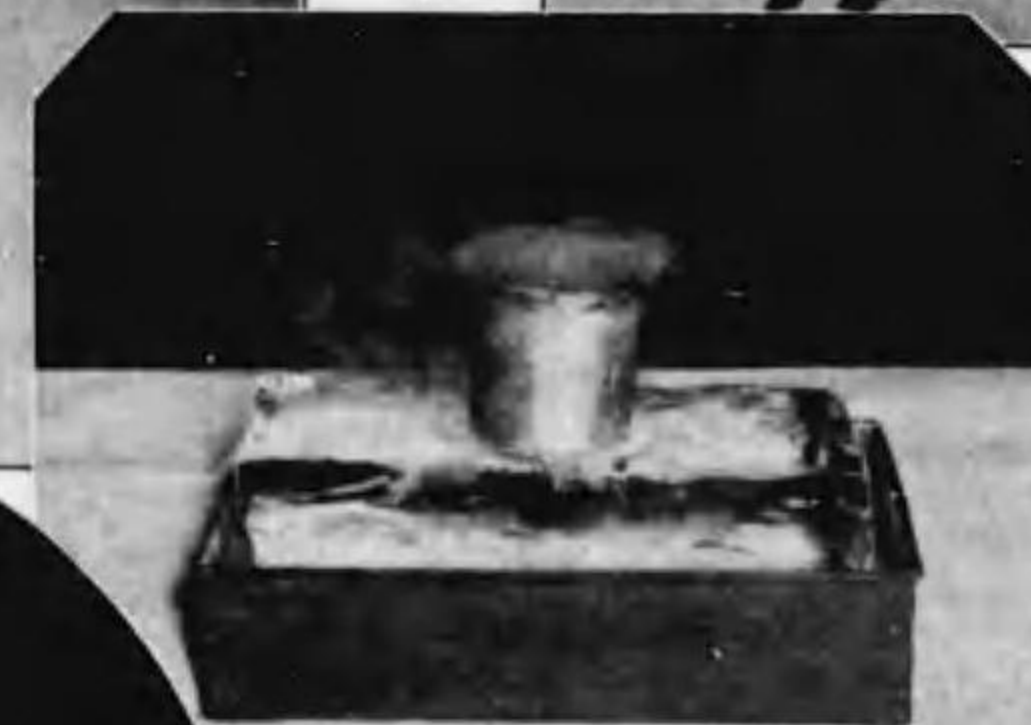
卷煙草にしまして点火すると爆
↓ 發する



氷の上で沸騰する ↓



↑ 水銀は凍り、ゴムは弾性を失ふ



↑ 液體空氣に冷やした金屬球をガスの
焰の中に入れると表面に雪を生ずる



↑ 魚は石のやうに固くなるが、水
に入れると再び息を吹き返す

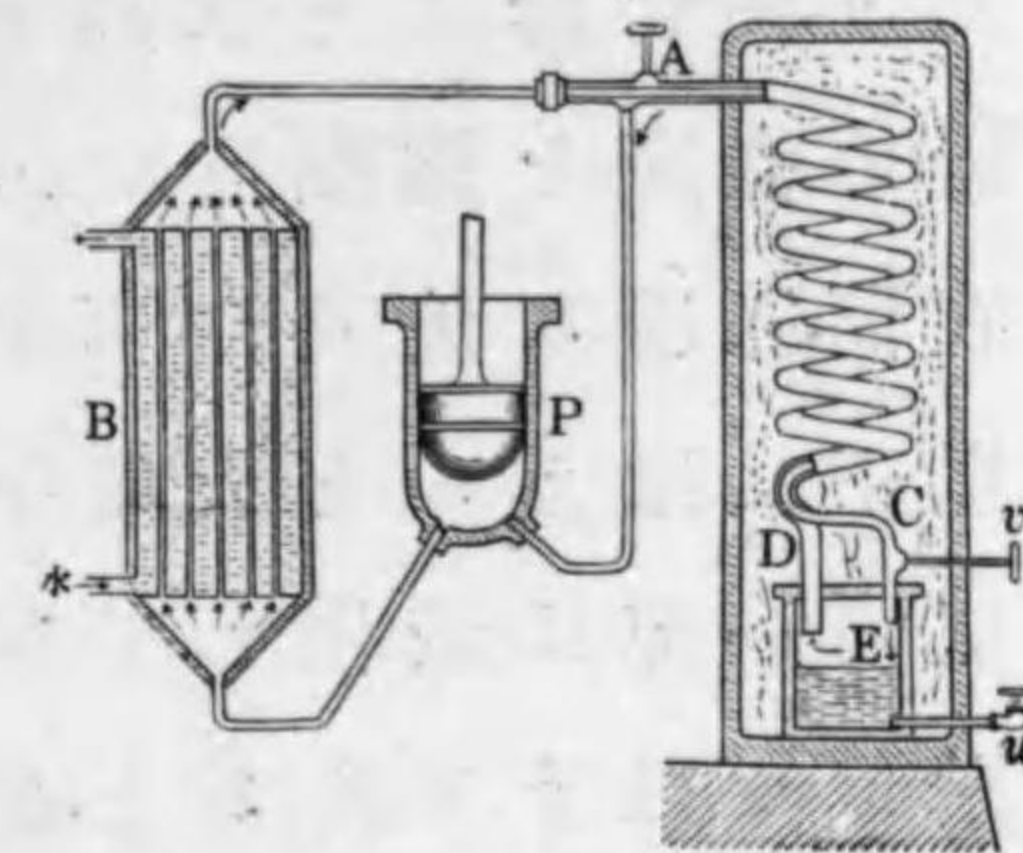
ので、かゝる低温度の
得られなかつた頃は、
これ等の氣體は液化
することが出来なかつたから、永久ガスと
稱された。しかるに
近年、強壓を加へた氣
體を急に膨脹させると、その温度が著しく低
下することを利用し、次第に冷やして所謂永
久ガスをも液化し得るに至つた。

臨界温度・臨界壓力の表

	臨界温度	臨界壓力
アンモニア	130°	115氣壓
炭酸ガス	31	73
酸素	-118	50
空氣	-140	39
窒素	-146	35
水素	-241	14
ヘリウム	-268	2.3

次の圖はリンデの空氣液化機の概要を示す。A
から吸入した空氣をポンプPで強く壓縮し、これを
冷却器Bで冷やし、二重管Dの内側にある細管Cの

口Eから噴出膨脹させると、空氣は著しく
冷える。この空氣は二重管の間を過ぎ、内
側の管Cを冷やしつ



つポンプPに歸る。

こゝで更に壓力を加へ、前のやうに繰返すと、Eから噴出する空氣は次第に冷えて、遂に液體空氣が得られる。

第五章 大氣の乾濕

1. 露・霜

河・海・沼・湖その他地表にある水は絶えず氣化上昇するので、大氣中には常に多少の水蒸氣が含まれてゐる。この水蒸氣は氣温が降れば、遂には飽和の状態



水の循環

になり、更に降ると水滴を生ずるに至る。この時の温度を露點といふ。

夜間、寒冷な地表や草葉に觸れて大氣が露點以下に冷えると、大氣中に含まれてゐる水蒸氣の一部は液化して露を結ぶ。若しこの露點が 0° 以下であると、水蒸氣は氷結して霜を生ずる。

問 早春、桑の芽の出る頃の霜害はどうして防ぐか。

2. 霧

地面に接する氣層中の水蒸氣が凝結して、細かな水滴となつて浮游するのが霧である。陸の霧は、多く夜間地面が冷えてその上の空氣も冷えてゐる所へ、水蒸氣を含む暖かい他の空氣が流れて來る時に生ずる。

海では、暖流に沿うて流れて來た空氣が、寒流に沿うてゐる空氣に混ざる時、濃霧を生ずる。



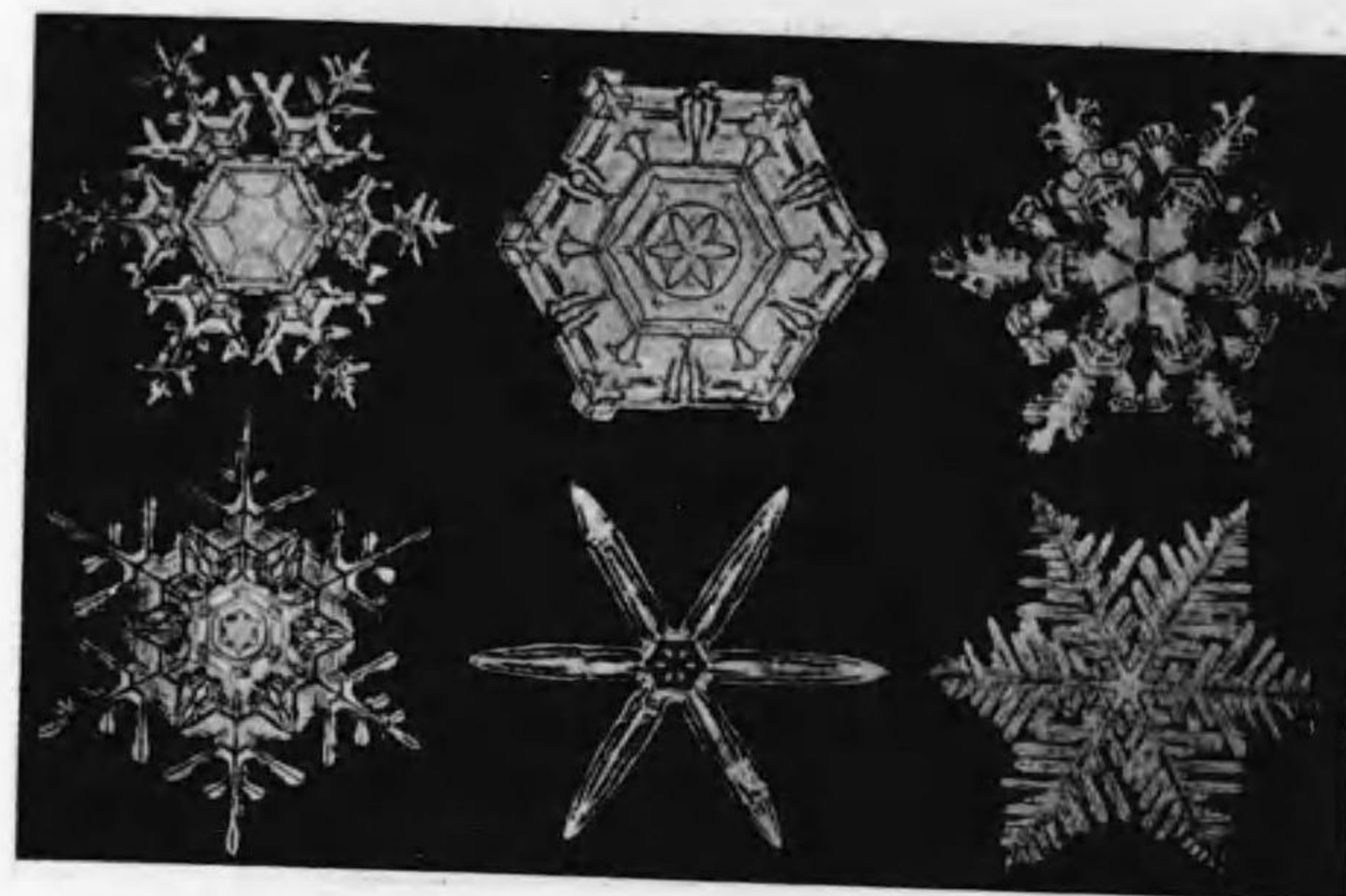
日本近海の潮流

問 右の圖はわが國の近海に於ける暖流と寒流とを示す。これによつてどの邊の海上に霧が生じ易いかを考へよ。

濃霧では咫尺も辨じないやうになるから、都市に起れば交通が不可能になることがあり、海上では船舶の航行が甚だ危険になる。

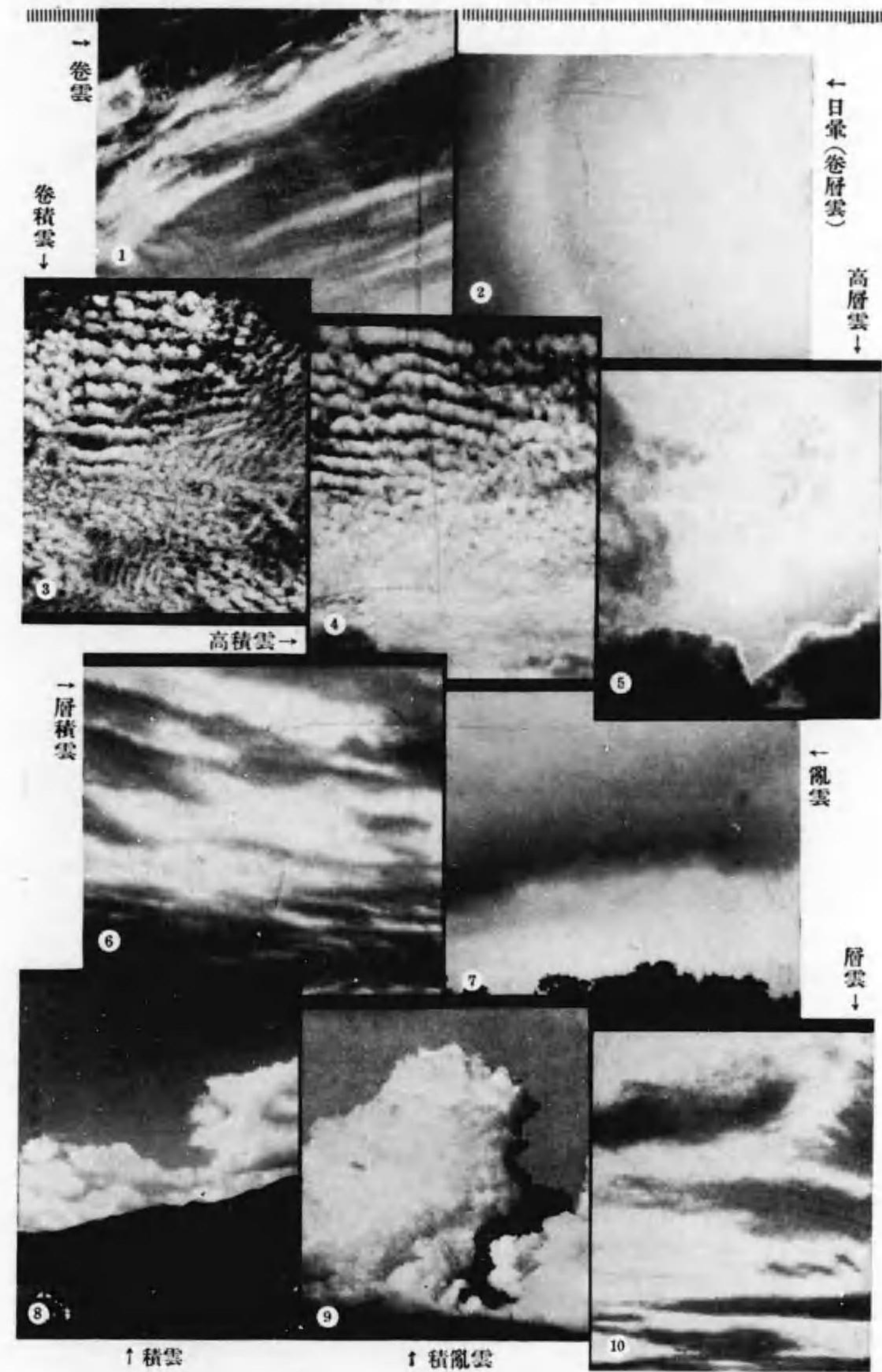
3. 雲と雨・雪

雲は、上層大氣中の水蒸氣が凝結して生じた細かな水滴の群で、雨はこれ等の水滴が集つて落下するものである。上層大氣中の水蒸氣が0°以下で凝固する時は、氷片の雲を生じ、それが集つて落下するのが雪である。雪片を顯微鏡で見ると、次に示すやうな美しい種々の形のものがあつた。



雲の形は様々であるが、高さによつて夫々特徴のある雲が現はれる。夏の午後などは、むくむくと湧立つやうな積亂雲(入道雲)が現はれ、秋は澄み切つた空に刷毛ではいたやう

種々の雲



雲の分類

雲は千變萬化極まりなく、まとまりのないやうに思はれるが、よく調べて見ると、或形の雲は常に或高さの所に現はれ、同じ事情の下に出来る雲は常に同じ形をしてゐる。通常雲は5階級10種類に分けられる。

- | | |
|---------------------------|-------------------|
| (A) 上層雲 (平均約 9000 米) | { ① 卷雲(すぢ雲) |
| | { ② 卷層雲(うすもの雲) |
| (B) 中層雲 (平均約 3000—7000 米) | { ③ 卷積雲(小まだら雲) |
| | { ④ 高積雲(大まだら雲) |
| | { ⑤ 高層雲(くもり雲) |
| (C) 下層雲 (平均約 2000 米) | { ⑥ 層積雲(かさばり雲) |
| | { ⑦ 亂雲(雨雲) |
| (D) 上昇雲 (平均約 1000 米) | { ⑧ 積雲(すわり雲むくむく雲) |
| | { ⑨ 積亂雲(入道雲) |
| (E) 高霧 (1000 米以下) | { ⑩ 層雲(きり雲) |

な卷雲(すぢ雲)がよく現はれる。

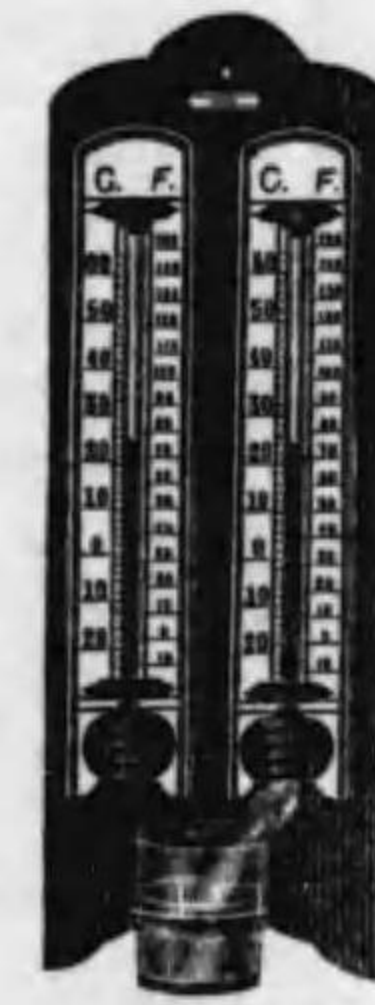
4. 濕度・濕度計

大氣中の水蒸氣が飽和の状態に近い時は、大氣は濕つて水の蒸發が少く物を乾かし難く、飽和に遠い時は、蒸發は盛で物の乾きが速かである。大氣中に現存する水蒸氣の壓力(P)とその溫度に於ける最大壓力(P')との百分比を濕度(h)といふ。即ち

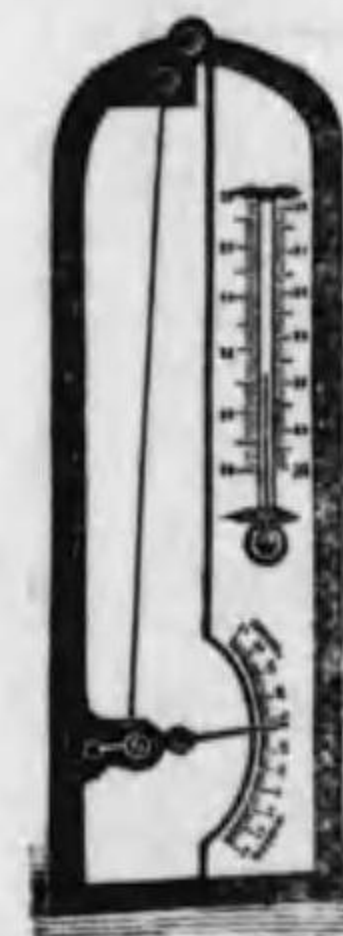
$$h = \frac{P}{P'} \times 100$$

濕度を測るに濕度計を用ひる。

乾濕球濕度計は濕度の小なるほど水の蒸發することが盛で、乾濕兩寒暖計の示度の差が大となることに基つき、その差とこの時の氣溫とから次頁に示すやうな表によつて濕度を求めるものである。



乾濕球濕度計



毛髮濕度計

毛髮濕度計は濕度の多いほど毛

髪が多く延びることを利用したものである。

湿球 の 示度	乾球と湿球との示度の差												
	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
6	100	92	84	77	71	65	59	54	49	45	41	37	34
7	100	92	85	78	72	66	61	56	51	47	43	39	36
8	100	92	85	79	73	67	62	57	52	48	44	41	37
9	100	93	86	79	74	68	63	58	54	50	46	42	39
10	100	93	86	80	74	69	64	59	55	51	47	44	41
11	100	93	87	81	75	70	65	60	56	52	49	45	42
12	100	93	87	81	76	71	66	61	57	54	50	47	43
13	100	94	87	82	76	71	67	63	58	55	51	48	45
14	100	94	88	82	77	72	68	63	59	56	52	49	46
15	100	94	88	83	78	73	68	64	60	57	53	49	47
16	100	94	88	83	78	74	69	65	61	58	54	51	48
17	100	94	89	83	79	74	70	66	62	59	55	52	49
18	100	94	89	84	79	75	70	67	63	59	56	53	50
19	100	94	89	84	80	75	71	67	63	60	57	54	51
20	100	95	89	85	80	76	72	68	64	61	58	55	52
21	100	95	90	85	80	76	72	68	65	62	58	55	53
22	100	95	90	85	81	77	73	69	66	62	59	56	53
23	100	95	90	85	81	77	73	70	66	63	60	57	54
24	100	95	90	86	82	78	74	70	67	63	60	58	55
25	100	95	90	86	82	78	74	71	67	64	61	58	56
26	100	95	91	86	82	78	75	71	68	65	62	59	56
27	100	95	91	87	83	79	75	72	68	65	62	59	57
28	100	95	91	87	83	79	75	72	69	66	63	60	57
29	100	95	91	87	83	79	76	72	69	66	63	60	58
30	100	96	91	87	83	80	76	73	70	67	64	61	58

湿度が小に過ぎると即ち空気が乾燥すると、身體各部の蒸發が盛になり呼吸器を害し易く、これに反して湿度が大に過ぎると、身體各部の蒸發は減り蒸暑く感じ、飲食物その他に^{かび}黴を生じ易い。保健上適當な湿度は50—60である。

問1. 室内を温めると何故空気が乾燥するか。

問2. 物を乾かすにはどんな条件の時が良いか。



第一章 力

1. 力の合成

静止してゐる物體の一點Oに、二力が同時にはたら

らく場合に、[1]二力OP, OQが

同じ方向にはたらく時は、そ

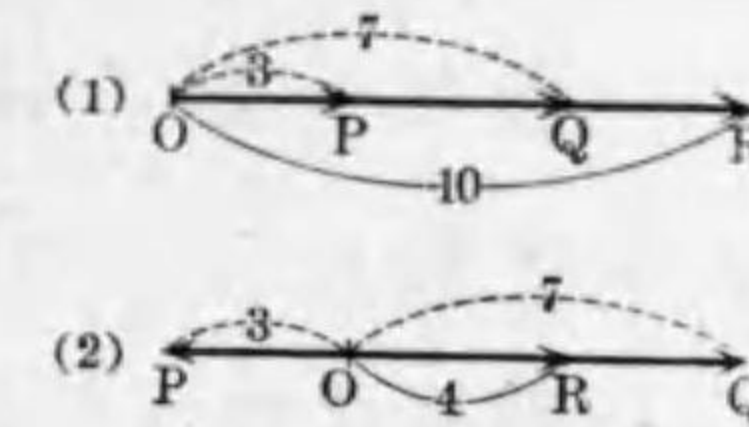
の効果は二力の和ORがそ

の方向にはたらくのと等しい。 [2]二力OP, OQが

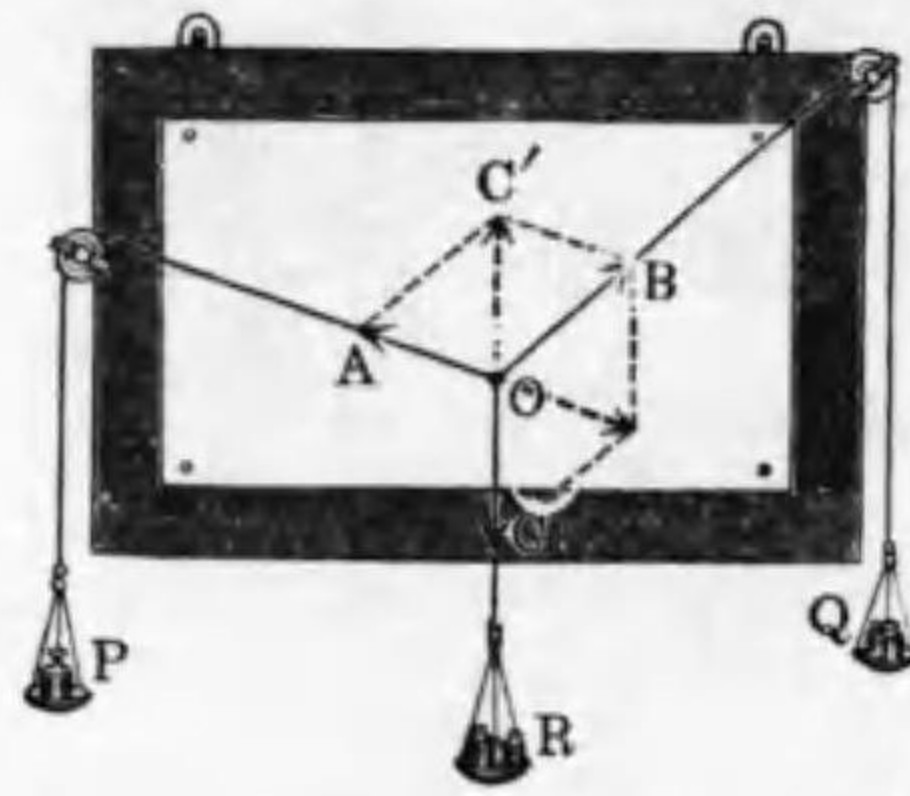
反對の方向にはたらく時は、その効果は二力の差ORが二力の中、大きな方の力と同じ方向にはたらくのと等しい。

このやうに二力が同時にはたらいて、それが或一つの力と効果が等しい時は、この一つの力を二力の合力といふ。合力を求めることを力の合成といふ。

二力の作用線が同一直線上にない場合の力の合成は、上のやうに簡單でない。



実験 一点 O に三本の糸を結び、これを圖のやうに分銅の重さ P, Q, R で引張り、点 O が三力の作用を受けて釣合つたとする。今三力 P, Q, R の代表線を OA, OB, OC とすれば、例へば OC は OA, OB を二邊とする平行四邊形の對角線 OC' に大いさ相等しく、方向は相反する。



一般に、一点にはたらく二力の方向が或角をなす時の力の合成は、次の法則による。

一点にはたらく二力の合力は、この二力を表はす二直線を二邊とする平行四邊形の、その點を通る對角線で表はされる。

これを力の平行四邊形の法

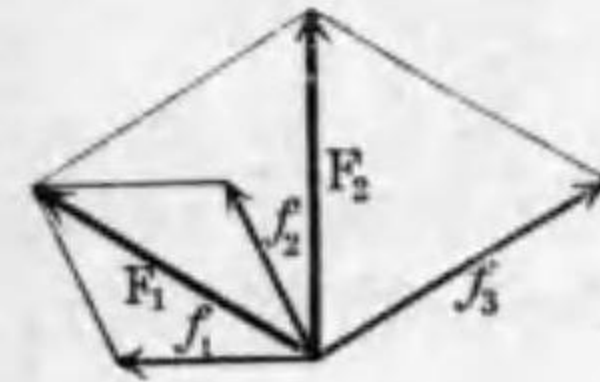
といふ。これから、二人で一

つの物體を提げる時は、どのやうにすれば力の損が少いか分かる。

一点にはたらく三つ以上の力を合成するには、先

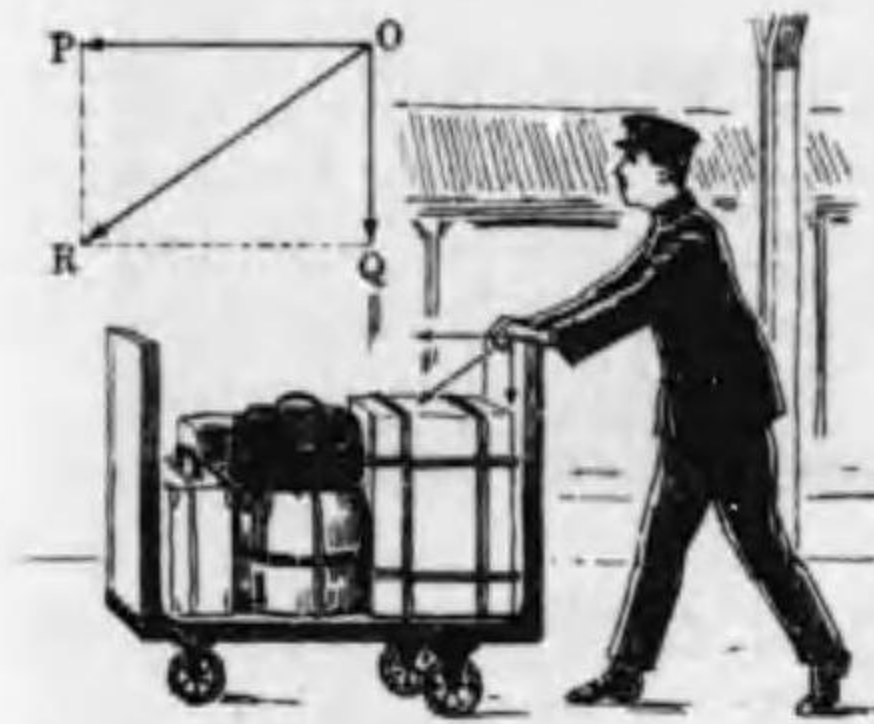


づその中の任意の二力の合力を求め、これと第三力との合力を求め、次々に同様の方法を繰返せばよい。



2. 力の分解

力の合成の逆に、一つの力と同じ効果を生ずる二力を求めることを、力の分解といひ、力の分解によつて求められた各力を、前の一つの力の分力といふ。



分力は力の合成の逆の方法で求められる。

3. 斜面

船や車などに重い荷物を積込む時、板を斜めにかけて渡し、それに沿うて引上げると、下から真直に上げるよりも楽である。このやうに水平面と或傾きをなす面を斜面といふ。



斜面を利用する例

今、斜面の理を考へるに、滑かな斜面 AB 上にある物体の重さ W を斜面に平行な方向の分力 P と垂直な方向の分力 Q とに分解するに、 Q は斜面に対する壓力となり、 P は斜面に沿うて滑り落ちようとする力となる。故に P と等しい力を反對に加へれば、物体は釣合ふ。しかるに幾何學の定理より

$$P : W = BC : AB \quad \therefore P = W \times \frac{BC}{AB}$$

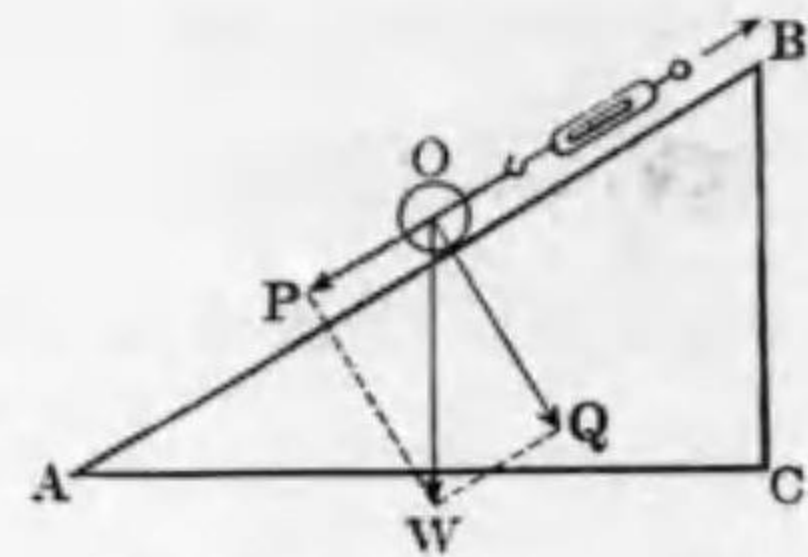
故に $\frac{BC}{AB}$ を小にすれば即ち勾配を小にすれば、斜面によつて力を利することが出来る。



問 坂道に車を引上げる時うねり廻はつて行くのは何故か。

4. 楔・ネヂ(螺旋)

物体を割り又は重いものを揚げるなどに用ひる楔は、一種の斜面と見なすことが出来る。



ケーブルカーと救助袋



← ケーブルカー

(比叡山坂本口)

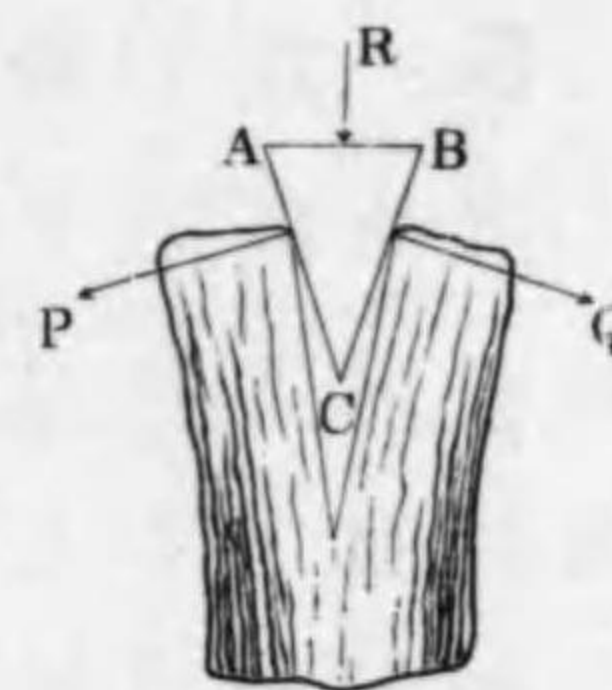
斜面上の物体の滑り落ちないのは斜面と物体との間の摩擦が物体の滑り落ちようとする力と釣合ふからである。斜面の勾配が増すと滑り落ちる力は増すが、摩擦には或際限があつてそれ以上には増さないから、遂に物体は滑り落ちる。この理によつて普通の汽車や電車は急勾配の山を登るには適しない。ケーブルカーは二つの車體を釣瓶式に連結して、急勾配のレール上を上げ下げするものである。

救助袋 →

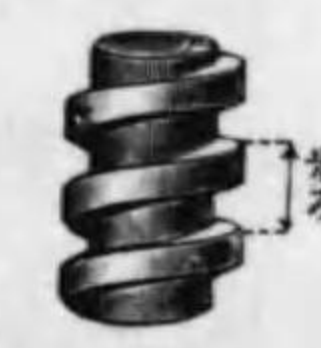
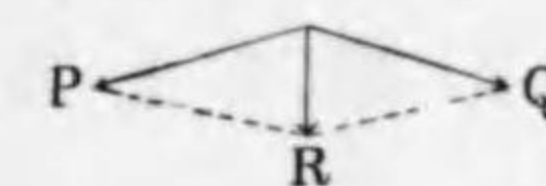
斜面上にある物体の、斜面に沿うて滑り落ちる力は物体の重力より小さいから、物体を真すぐに落とすより斜面に沿うて滑り落ち方が破壊され難い。火災の場合に窓から筒状の布を斜めに出し、その中を滑り下る救助袋は、この理を應用したものである。



る。それで厚さに比して長さの大なるほど、楔の作用は大となる。小刀・斧などの刃は皆この應用で、刃先の薄いほど切味がよい。



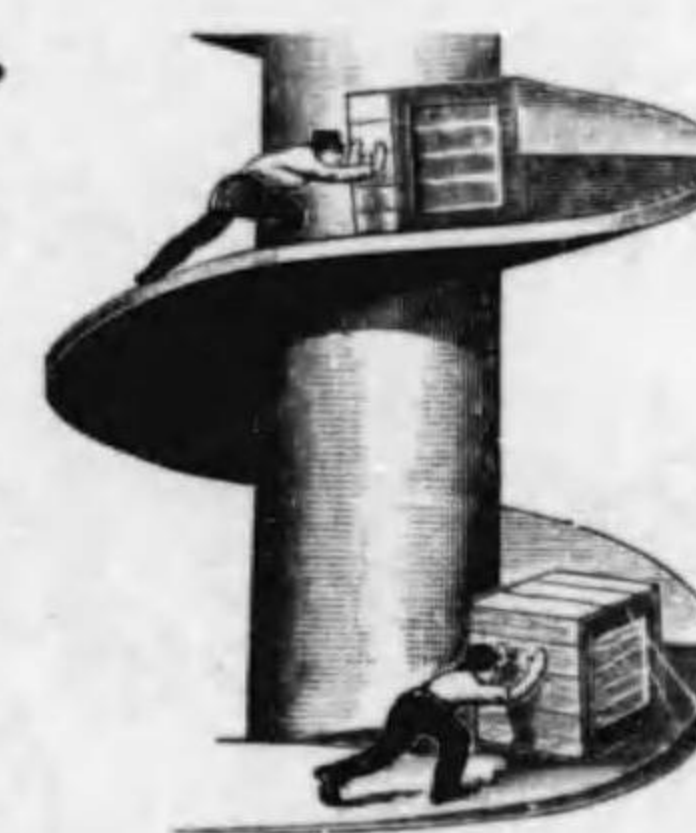
ネヂ(螺旋)は圓錐面上に螺旋に沿うて凸起を作つた雄ネヂと、圓錐の内面にこれに相當する溝を刻んだ雌ネヂとからなる。雄ネヂの凸起を山と稱



し、軸に平行に測つた相隣れる二つの山の距離をネヂの歩みといふ。雌ネヂに嵌めた雄ネヂは1廻轉

毎にその歩みだけ進退する。

ネヂを振り込むは、斜面を利用して物體を押し上げる作用に類する。故にこれを用ひれば力を利することが出来る。ネヂ釘・ボルト・ジャック・



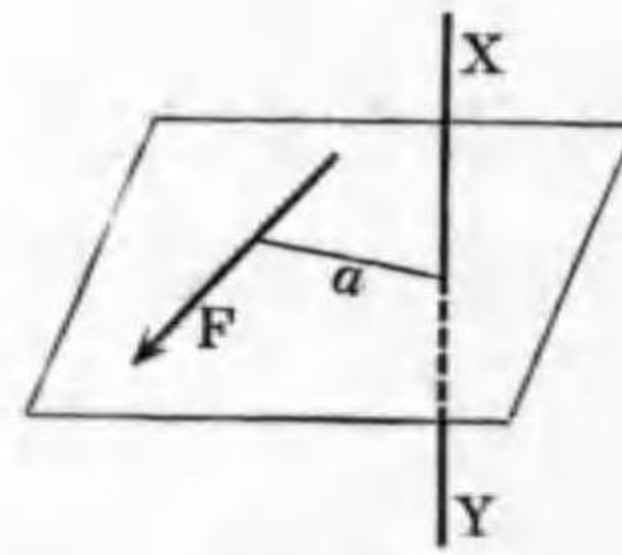
螺旋壓搾器などは何れもネヂの應用である。

5. 力の能率

扉を開閉するのに、廻轉軸に近い點を押すほど大きな力を要するのは、日常經驗するところである。

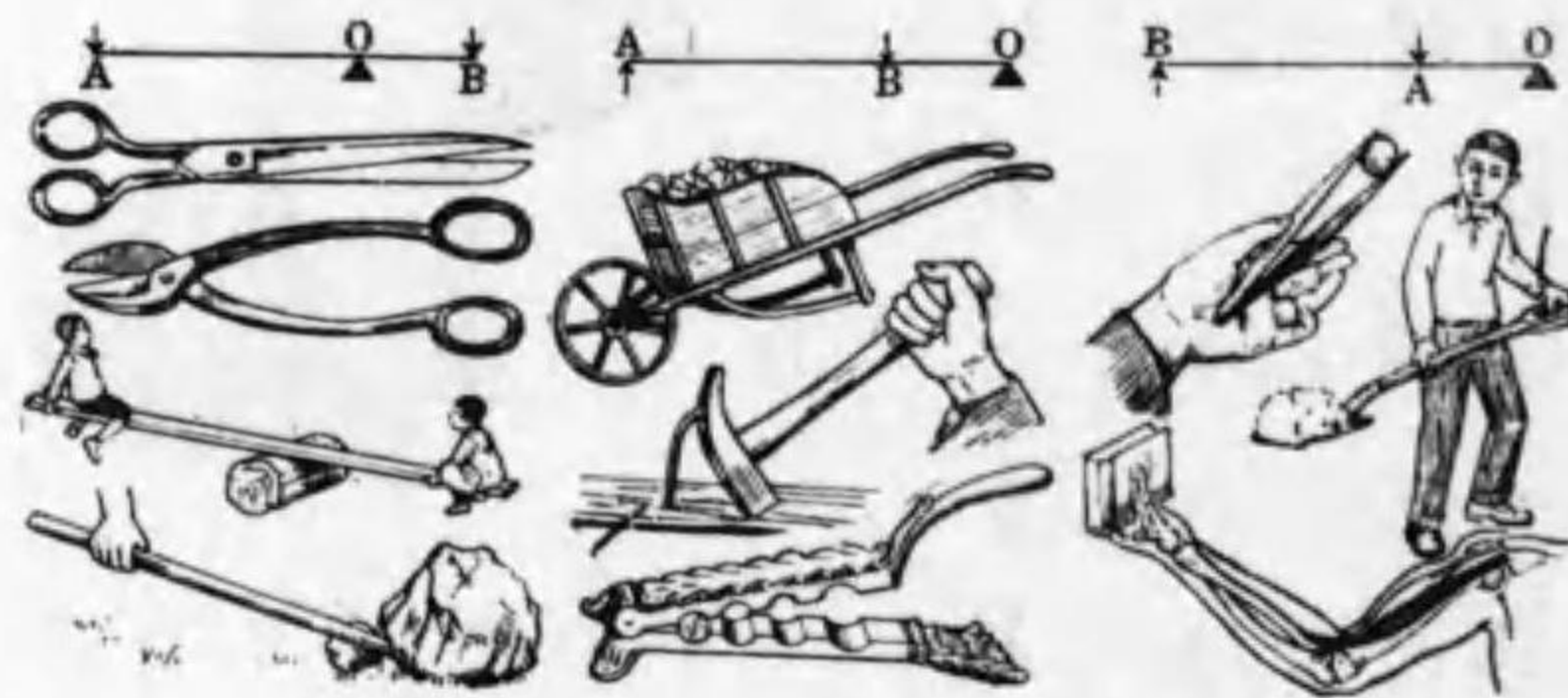
廻轉軸(XY)と力の作用線との距離 a と力の大きさ F との

積 aF を、その軸の周りの力の能率といひ、その a を能率の臂といふ。物体を廻轉させる難易は力の能率の大小による。



6. 槌子

支點の周りに、自由に廻轉し得る丈夫な棒を槌子といひ、支點O、力を加へる點A、力のは

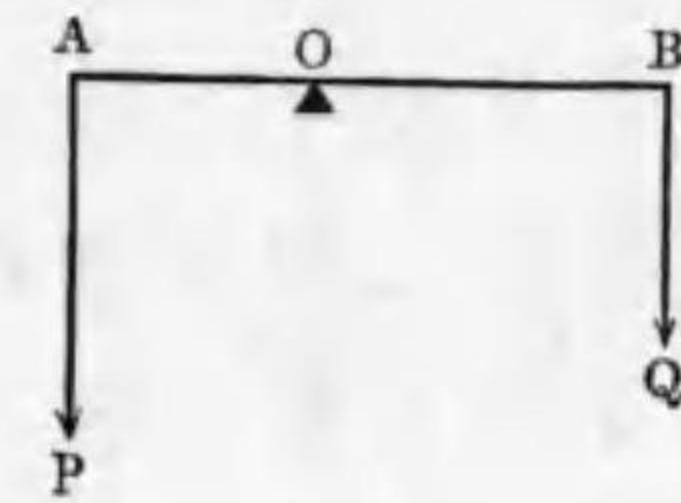


たらく點Bの位置によつて三種に

大別される。今、Aに力 P を加へ、Bに力 Q がはたらく時槌子が釣合ふとすれば、二力の能率は相等しかるべきにより、常に次の關係がある。

$$P \times AO = Q \times BO$$

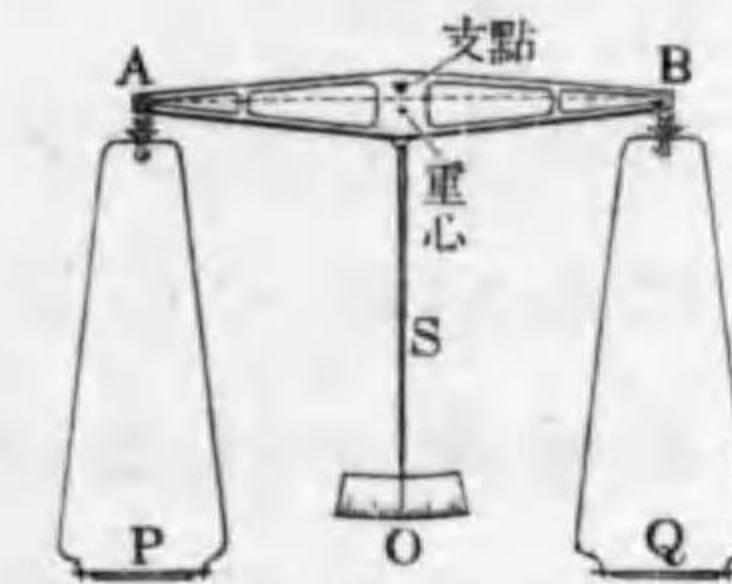
$$\therefore P = Q \times \frac{BO}{AO}$$



これを槌子の理といふ。槌子では臂AO、BOの長さの比を適當に選べば、小なる力を加へて大なる力を現はし、或は短距離に力をはたらかせてこれを長距離にはたらかせることが出來、又遅い運動で速い運動を起させることも出来る。

7. 天秤・桿秤

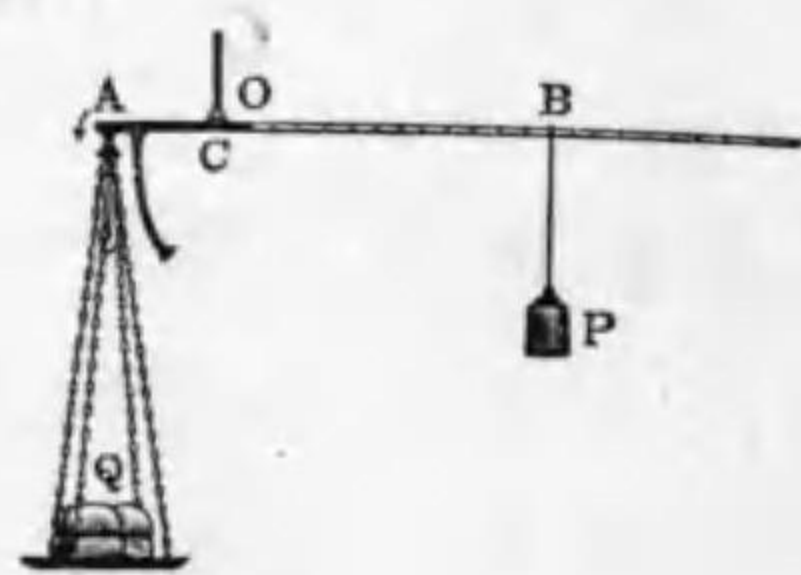
天秤は丈夫な金屬製の桿の中央に支點を有する一種の槌子で、その兩端に重さの相等しい二つの皿を吊したものである。



今、物体を左の皿に載

せ、分銅を右の皿に載せ、桿を水平にすれば、兩者の重さの相等しいこと従つてその質量の相等しいことを知る。よつて分銅に記してある瓦數によつて物體の質量を知る。

桿秤は簡便な秤で、亦槌子の理による。金屬又は木製の桿を端に近い一點Oで支へ、その端に皿を吊し、これに物體を載せ、分銅を適當に移動して桿を水平にし



て、その時、分銅のかゝつてゐる所の目盛を讀んで、直ちに物體の質量を知る。

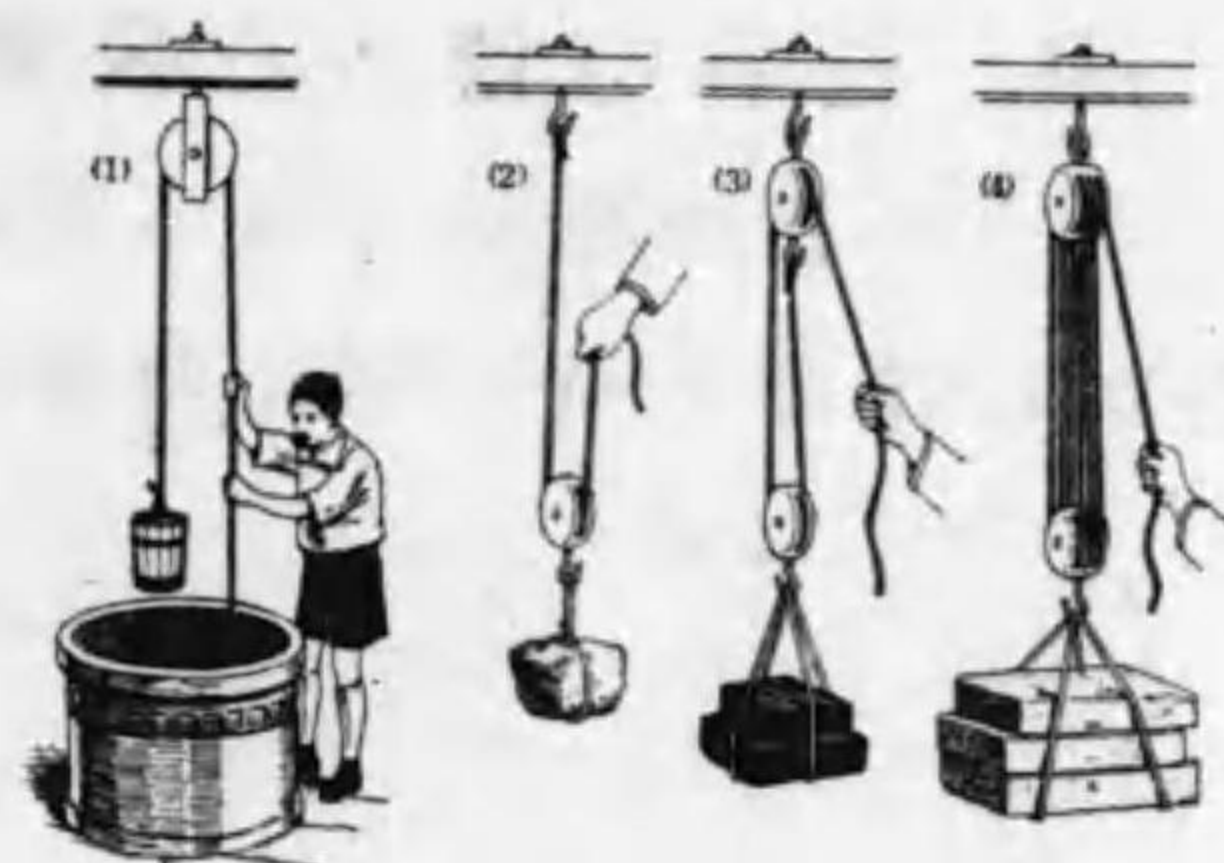
問 桿秤が狂つてゐるか否かはどうして知るか。

8. 滑車

滑車には定滑車・動滑車及びそれ等を組合はせた複滑車がある。定滑車は兩臂の長さの相等しい槌子と考へられるから、力に於て利はないが、その方向を變へるに役立つ(圖1)。

動滑車ではその軸に物體を吊し、綱の一端を固定して他端を引上げるのであるが、これ

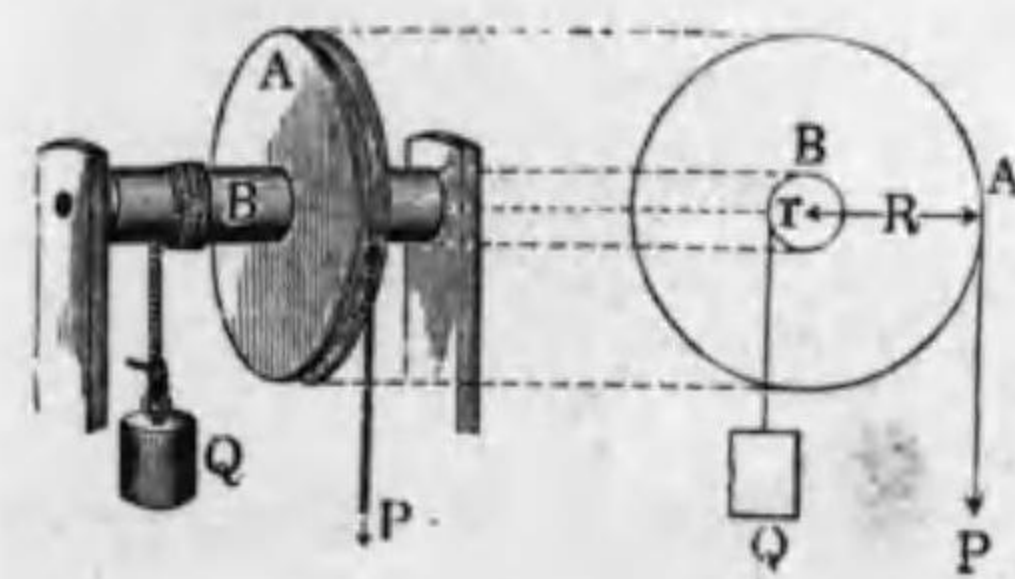
は、一端を固定し他端に力を加へ中央にある物體を引上げる槌子と考へられるから、



滑車の重さを省略すると、物體の重さの $\frac{1}{2}$ の力で支へ得る(圖2)。複滑車では、如何に力を利することが出来るかを考察せよ(圖3,4)。

9. 輪軸

輪軸は共通の軸に大小二箇の圓塔を取附けたもので、大圓塔Aに捲附けた綱を力Pで



引いて、小圓塔Bに捲附けた綱に吊した物體Qを引揚げるやうにして用ひる。輪軸

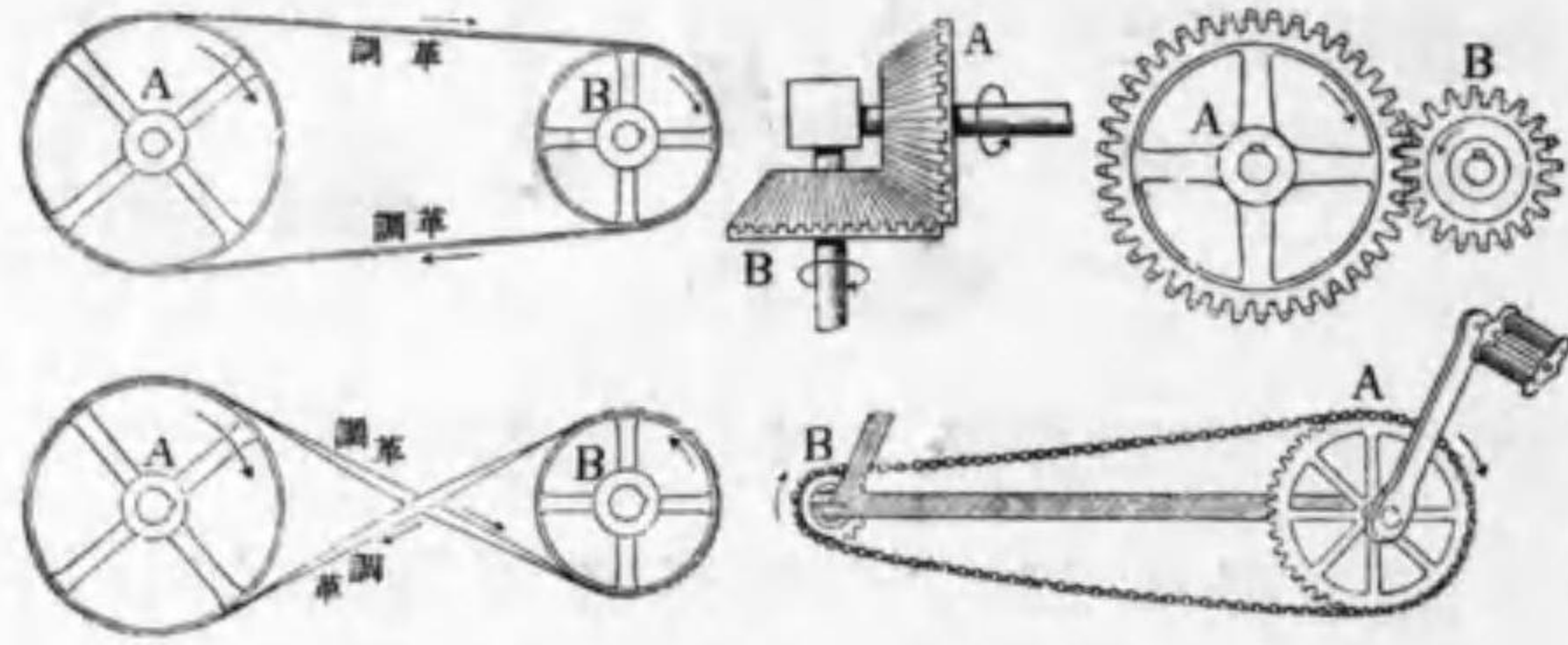
は共通軸を支點とする槌子と見なされるから、大小圓塔の半径を夫々R, r とすれば

$$P \times R = Q \times r \quad \therefore P = Q \times \frac{r}{R}$$

故に r に比し R を大にするほど力を利する。

10. 廻轉を傳へる装置

一つの軸の廻轉を他の軸に傳へるには、定滑車に調革を掛け或は齒車を噛み合はさす。



調革が滑車の上を滑る恐れのある時は、自転車の齒車に見るやうに鎖を用ひる。



ミシン (機械の英語 machine から訛つたもの)

の方法で梃子や滑車・斜面・ネヂなどの簡単なものを色々に組合はせたもので、ミシン・起重機などはその例である。

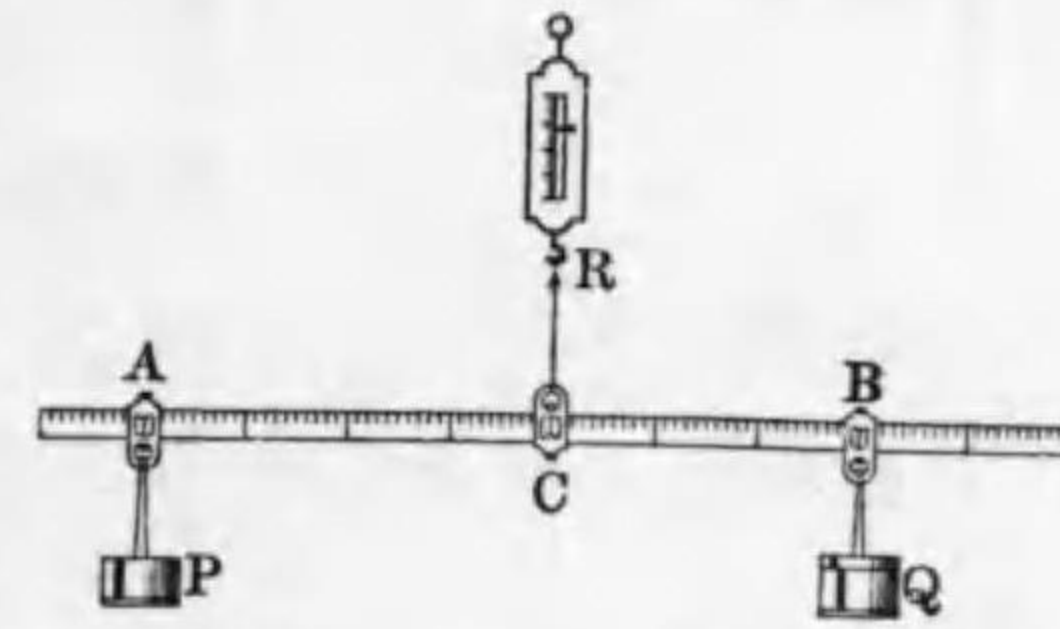
種々の機械は、これ等



荷物を陸揚するに用ひる起重機

11. 平行力の合成

實驗 圖に示すやうな太さ一様で眞直な棒の中央Cをゼンマイ秤に吊し、棒を水平にしてゼンマイ秤を読み、次に任意の點Aに分銅Pをかけ、分銅Qを棒に沿うて動かして平衡を保つやうな點Bを求め、再びゼンマイ秤を読み、その示度の増加RとP、Qの和とを比較せよ。



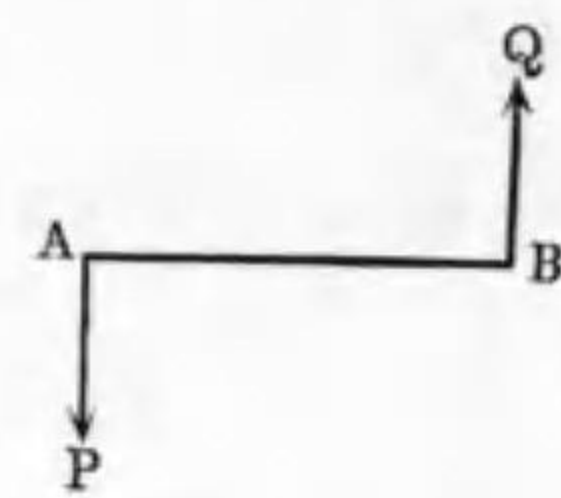
上の實驗に於て、二力P、Qの合力はC點に作用しRと釣合ふべき力であり、三力P、Q、Rの大きさと、Cより二力P、Qの作用する點A、Bに至る距離との間には、次の關係がある。

$$R = P + Q,$$

$$P \times AC = Q \times BC$$

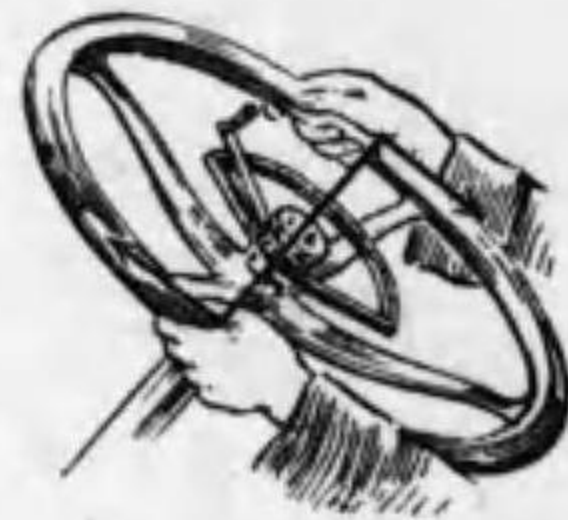
よつて同じ方向にはたらく平行二力の合力は、(1)大きさ二力の和に等しく、(2)方向は二力と同じく、(3)その作用點は、二力の作用點間を二力の大きさの反比に分ける點である。

大いさ相等しく、方向相反する平行二力が、作用線



を異にして一物體にはたらく時は、
単一な合力は求められない。この
やうな一對の力を偶力といふ。偶
力が物體にはたらく時は、その物體

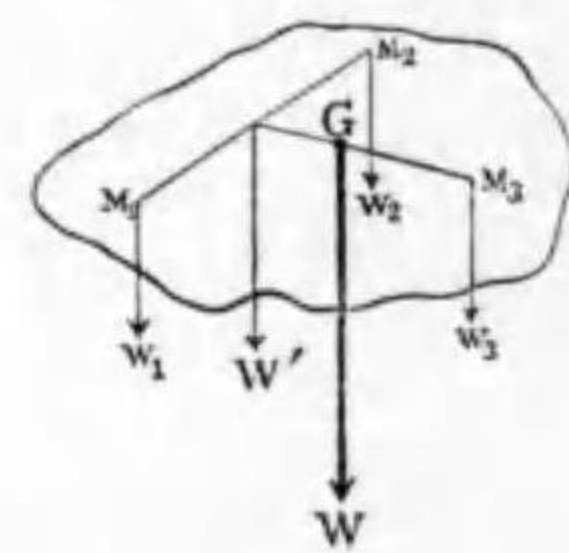
は廻轉する。ネヂを捲き、ハンド
ルを廻らす時などの力は、何れも
偶力である。



問 偶力を利用する例を挙げよ。

12. 重心

物體の各部分にはたらく重力は、すべてそ
の方向が鉛直である。これ等の平行力の合

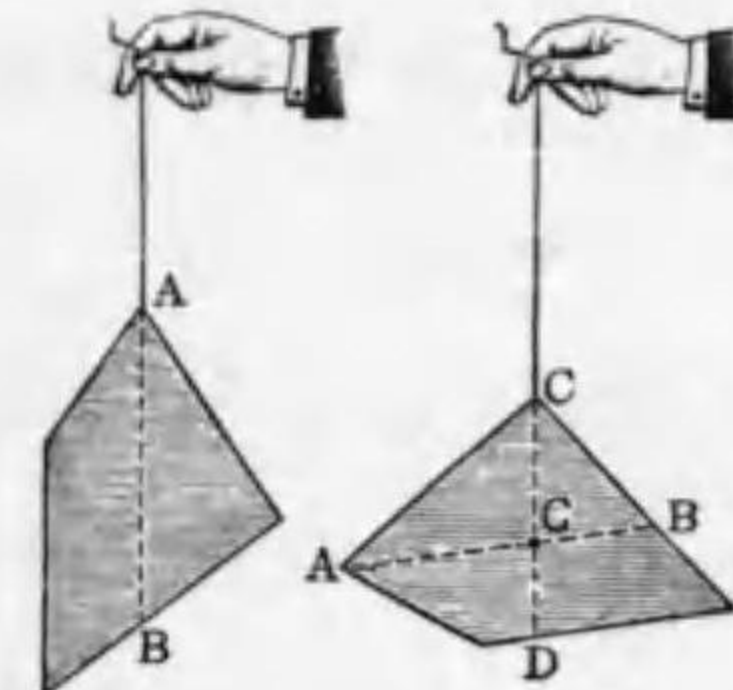


力の作用點の位置は、物體に
ついて一定してゐる。この
點をその物體の重心といふ。

即ち重心は物體の全重量が
集中してゐる點であると考えることが出來
る。物體が均一な組織で、且規則正しい形を
してゐれば、その重心は大抵その物體の中心
にあるが、不規則な形をなす物體の重心は形

によつて異なり、物體外にあることもある。

問 物體の一點 A を糸で
吊し、その糸の方向を延長
し、次に他の點 B を糸で吊
し、その糸の方向を延長す
る時、この二延長線の交點
はその物體の重心である。



問 組織一樣な物質で出来てゐる、平行四邊形・三角
形の薄い板及び球の重心の位置を問ふ。

13. 物體の坐り

物體を机の上や地面に置く時、それを支へ
る諸點の外周をなす圖形の示す面を、その基
底といふ。物體の重心を通る鉛直線が物體
の基底を通らなければ、物體は重力のために
一方に倒れる。よつて物體が釣合ふために
は、その重心からの鉛直線は必ず基底を通ら
なければならぬ。

物體の坐りには三種ある。(1)力を加へて
少し傾けても、その力を去れば原の位置に復
して倒れないものを、安定の坐りといひ、(2)力

を加へて少し傾けると直ちに倒れるものを不安定の坐りといひ、又(3)これを動かしても力を去れば、その位置に

止まるものを中立の坐りといふ。

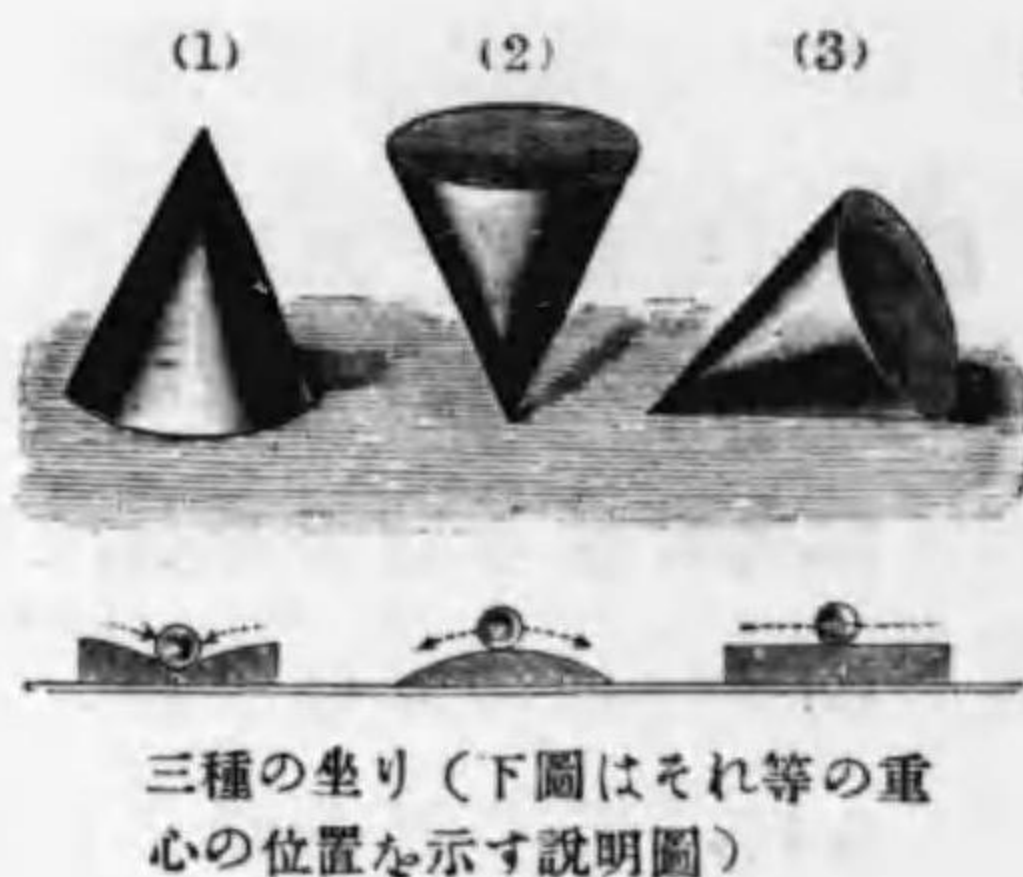
物体を傾ける時、安定の坐りにあるものの重心は次第に昇り、不安定の坐りにあるものの重心は降り、中立の坐りにあるものの重心は高さに變化がない。

安定の坐りにあるものでも餘りに傾ければ、不安定の坐りになり、それを越えれば倒れる。



安定な坐りの例

人が荷物を持つ時は體を傾けて、安定を保つやうにする。



三種の坐り(下圖はそれ等の重心の位置を示す説明圖)

第二章 運動

1. 運動

物体がその位置を變へることを運動といひ、位置を變へないことを靜止といふ。物体の位置は他の物体を基準として定まるものであるから、運動といひ靜止といふのも、他の物体に對していふ語である。従つて基準の物体が變はれば運動の状態も變はる。



例へば進行中の汽車内に座してゐる人は、地面に對しては運動してゐるが、汽車に對しては靜止してゐる。又汽車から見れば地面は運動してゐるが、地面に立つてゐる人から見れば、汽車は運動してゐる。普通に運動・靜止は地面に對していふ。

2. 速度・加速度

運動にいつも速さと方向とが考へられる。速さは單位時間に物体の通過した距離で測

種々の速さの表

	米/秒
大動脈中の血液	0.3
荷 車	1
市街電車	3—4
自動車(平均)	9
汽車(平均)	9
超特急燕號(平均)	19
(最大)	26
汽 船	10—13
飛行船(最大)	40
燕	40—70
飛行機(平均)	50

る。例へば5秒間に40米進む汽車の速さは毎秒8米である。これを8秒米又は8米/秒とも書く。

運動の速さと方向とを併せ考へたものを速度といふ。眞直な線路をば全速で走る汽車や、

風のない時に降る雨滴は、速さも方向もほぼ一定な所謂等速度運動をなし、停車場を發した時の汽車や投げられたボールなどの速度は、次第に變化して所謂不等速度運動をする。

不等速度運動に於て、その速度の變はる割合を加速度といふ。

直線運動に於て、初めの速度を v_0 秒糧、 t 秒後の速度を v 秒糧とすれば、 t 秒間の平均加速度 a は次の式から求められる。

$$a = \frac{v - v_0}{t} \quad \text{従つて} \quad v = v_0 + at$$

初めの速度が0即ち静止の状態から加速度運動をした場合には

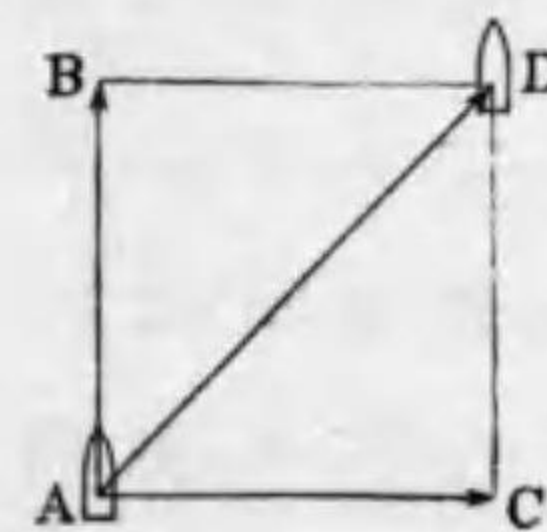
$$a = \frac{v}{t} \quad \text{従つて} \quad v = at$$

加速度を表はすには、時間の單位と速度の單位とを併せ用ひ、例へば毎秒980秒糧又は980秒々糧或は980 $\frac{\text{米}}{\text{秒}}$ のやうに示す。

問 12秒米の速度で一直線上を運動する物體が5秒の後27秒米の速度を有するやうになつた。その加速度を求めよ。

3. 速度の圖示

速度を圖示するには、力の場合と同様に、その方向に直線を引き、その長さを速さに正比例するやうに取り、先端に矢を附けて向きを表はす。



速度の合成・分解は、力の合成・分解と同様に

平行四邊形の法による。

問 靜かに雨の降る中を走る場合に、傘を前方に傾けなければならぬ理由を説明せよ。



4. 慣性の法則 (運動の第一法則)

すべて物體は、他の物體からの作用を受けなければ、静止してゐる物體がひとりだけで動き出したり、運動してゐる物體が自分だけで速さや方向を變へることは出来ない。言ひかへれば、

外から力の作用を受けなければ、静止してゐる物體は常に静止の状態を續け、運動してゐる物體は同一直線上を一定の速さで運動し續ける。

物體のこの性質を慣性又は惰性といひ、上の法則を慣性の法則といふ。慣性の法則は次に述べる二法則とともにニュートンの發見にかゝるもので、運動に関する一つの法則である。それでニュートンの運動の第一法則ともいはれる。

車が急に前進を始める時に、車中の人が反對の方向に倒れ、又進行してゐる車が急に止まる時に、中の人はその方向に倒れるのや、車が急に右に曲がる時に、人が左に倒れるのは皆慣性による。その他、壘を叩いて塵を落とし、庖丁の柄を打つて柄をはめ、砲の臺

を打つて
刃を抜き
差しする
などは、慣
性を利用
するのである。



5. 運動の法則 (運動の第二法則)

物體に他から力がはたらかない時は、物體は運動・静止の状態を變へないが、物體に力がはたらけば、その物體は力の方向に加速度を生ずる。實驗によれば

外から力の作用を受ける物體は、その力の方向に加速度を生じ、その大いさは力の大きさに正比例し、その物體の質量に反比例する。

これをニュートンの運動の法則又は運動の第二法則といふ。この法則から力の單位が定められる。即ち質量 1 瓦の物體にはたらいて、毎秒 1 秒糧の加速度を生ずる力を力の單位とし、これを 1 ダイーンといふ。従つて質量 m 瓦の物體にはたらいて毎秒 a 秒糧の加速度を生ずる力は、 ma ダイーンである。

6. 運動量・力積

運動の法則から、質量 m 瓦の物体に f ダイ
ンの力が作用して毎秒 a 秒程の加速度を生
じたとすれば、次の式が得られる。

$$f = ma$$

この力が t 秒間作用した結果、物体の速度
が v_0 秒程から v 秒程に変わったとすれば、

$$f = m \frac{v - v_0}{t} \quad \therefore ft = mv - mv_0$$

となる。運動体の質量とその速度との積を
運動量といひ、又力とその作用した時間との
積を**力積**といふ。よつて上式から、力が物体
に作用する時の運動量の變化は、その力積に
等しいことがわかる。

静止せる物体の運動量は 0 であるから、毎秒 v 程
で運動してゐる質量 m 瓦の物体を静止させるには

$$ft = -mv_0 \quad \therefore f = -\frac{mv_0}{t}$$

即ち運動と反対の方向に、運動量に正比例し力の作
用時間に反比例する大いさの力を加へねばならぬ。

問 質量の大きな物体は急に動かし難く、又質量が
大きく速さが大なるものは止め難い。何故か。

7. 打撃・衝突

物体の運動を急に止めるには、徐々に止め
るよりも大なる力を要する。打撃や衝突の
際には極めて急に運動が止まるから、このや
うな場合には非常に大なる
力が現はれる。この時、運動
してゐる物体の質量が大で
あれば、その力は一層著しい。



釘を板に打込む場合に金槌を急に振り下
すのや、急速度で飛行する砲弾が物体にあた
つて破壊作用をするのは、皆この理による。

打撃や衝突による損害を避けるには、力の
はたらく時間を長くし、これを徐々に止める
やうにすればよい。人力車・自
動車などに、バネや空気入のゴ
ム輪を使用して激動を避け、荷
造りに藁や綿などを用ひて破
損を防ぐのは、皆この例である。



問 硝子製のコップを疊の上に落せば壊れないが、石
の上へ落すと毀れることがある。何故か。

8. 反作用の法則 (運動の第三法則)

棹で岸を押せば船は押返され、又小さな舟に乗つて大きな舟を引けば、却つてその舟が大きな舟に引寄せられる。



すべて物體 A が物體 B に力を加へれば、同時に又



B は A に力を及ぼす。この時一方の力を作用といひ、他を反作用といふ。それで上の事を、作用があれば必ず反作用があると言ひかへら

れる。実験の結果によれば

甲物體が乙物體に力を作用すれば、同時に甲物體は乙物體から、大いさ等しく方向反對なる力の作用を受ける。

これを反作用の法則、又はニュートンの運動の第三法則といふ。水鳥は蹠つばきで水を後方に押す時、水が水鳥に及ぼす反作用で前進し、又人

が走る時は足で地を押し、その反作用で體が前に押出されるのである。その他、鳥



が飛ぶのも、オールでボートを進めるのも、皆反作用の理による。



釣合つてゐる二つの外力と作用と反作用とを混同してはならぬ。 釣合つてゐる二力は一つの物體にはたら

くのであるが、作用のはたらく物體とその反作用のはたらく物體とは相異なつてゐて、決して同一の物體に作用してゐるのではない。

問 1. 反作用を利用する事項を多く挙げよ。

問 2. 舟の中の人が舟を押しても舟が進まないのは、どういふわけか。

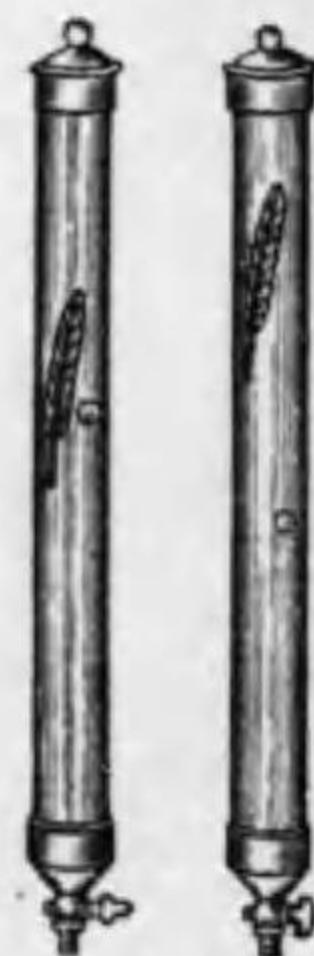
問 3. 稍、重い球を圖のやうに吊し、絲 B を急に引けば、絲 A が切れないで B が切れるのは何故か。



9. 重力の加速度

地上にある物体は絶えず重力の作用を受けてゐるから、落下する物体は落下とともにその速度が次第に増す。そして次の実験からわかるやうに、空気の抵抗がない時は、すべての物体は大小軽重の別なく、何れも同じ加速度で落下する。

実験 圖のやうな硝子管内に紙片・羽毛・金属片などを入れ管を倒さにして見よ。何れが速く落ちるか。次に管内の空気を排除して、管を倒さにして見よ。何れが速く落ちるか。



實測の結果によれば、物体が落下する時の速度は毎秒約 980 秒種づゝ増加する。これを重力の加速度といひ、通常 g で表はす。

$$g = 980 \text{ 秒種}^2$$

空気の抵抗を無視すれば、物体が静止の状態から落下する時、 t 秒後の速度 v 秒種は次の式から求められる。

$$v = gt$$

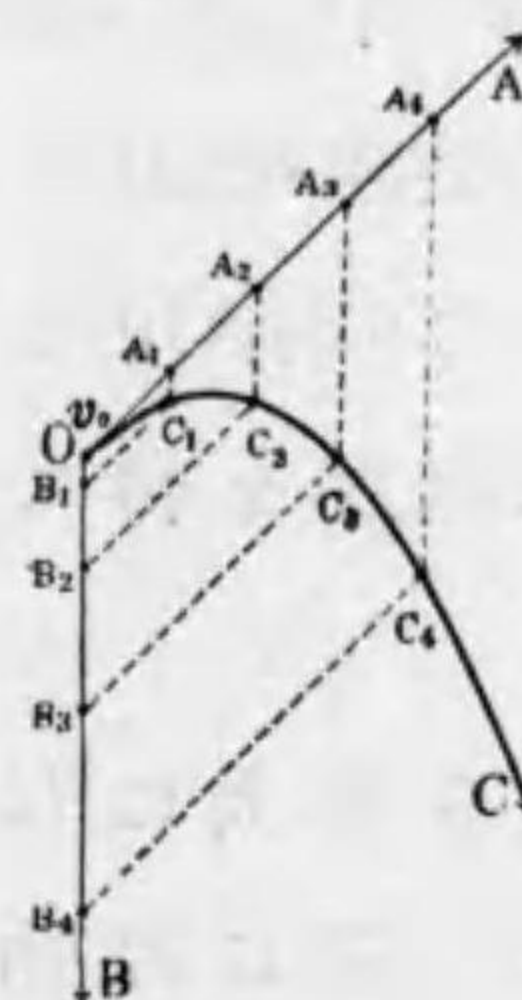
又落下する物体の速度は、同じ割合に増すから、静止してゐたものが落下し、 t 秒後に速度が v 秒種となつたとすれば、その間の平均速度は $\frac{v}{2}$ 秒種即ち $\frac{1}{2}gt$ 秒種である。故に t 秒間に落下する距離 s 種は、次の式から求められる。

$$s = \frac{1}{2}gt^2$$

問 橋の上から落した小石が、2 秒後に水面に達したといふ。水面からの橋の高さを求めよ。但し空気の抵抗を無視する。



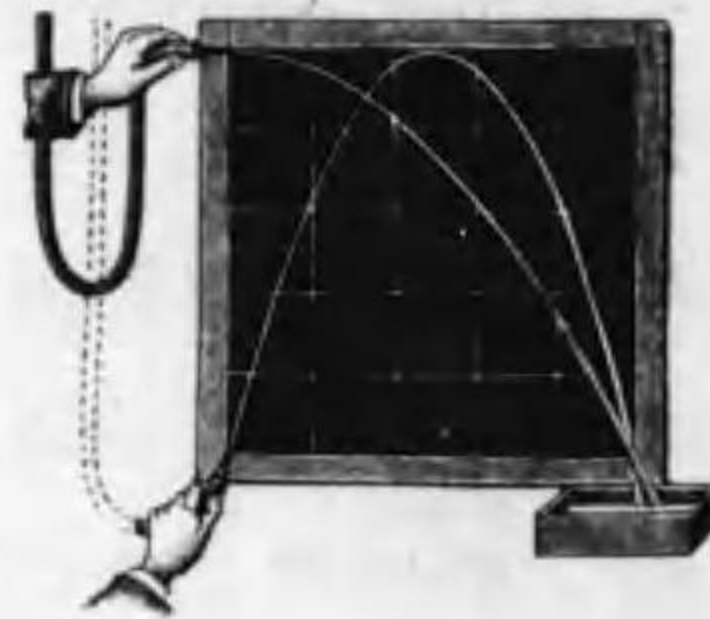
10. 抛射體



物体を斜めに抛上げる時は、物体はその方向に等速度運動をなすべきであるが、同時に重力の作用によつて下方に向く加速度運動をもなすから、その結果、物体は圖のやうに拋物線と稱する曲線を描いて運動す

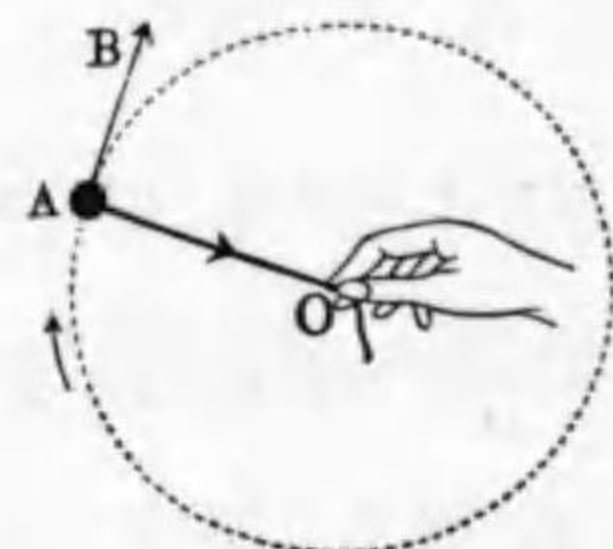
る。投げられた球、打出された弾丸、飛ぶ花火などは、皆このやうな運動をなす。

實驗 細い管口を斜上方に向け、その口から水を噴出させると、拋物線の形が實驗的に見られる。又噴出の速さや方向を變へる時は、色々の拋物線が見られる。



11. 圓運動

絲の一端に石を附け、他端をもつてこれを振り廻はすと、石は所謂圓運動をなす。この時、石は圓の中心に向つて引かれ、同時に手はその反作用を受けて反對の方向に引かれる。中心に向つて石を引く力を求心力といふ。石は求心力の作用を受けて速度の方向を變へ、即ち加速度を得て圓運動をなす。



圓運動をなしてゐる物體の速さが大になると、求心力は著しく大となるから、遂には、物

體を支へる絲がこの力に堪へなくなつて切れることがある。絲が切れれば物體には求心力がはたらかないやうになり、同時に圓運動は止み、物體は慣性によつて、その瞬時の運動の方向即ちその點に於ける圓の切線の方に飛び去る。傘を急に廻はすと、それに附いてゐる雨滴が飛び去るのは、この理による。製糖の際に結晶と糖蜜とを分離する遠心分離器や、洗濯物を乾かす遠心乾燥器などに用ひる遠心乾燥器、水を汲出す遠心ポンプなどは皆この理を應用したものである。

體を支へる絲がこの力に堪へなくなつて切れることがある。絲が切れれば物體には求



心力がはたらかないやうになり、同時に圓運動は止み、物體は慣性によつて、その瞬時の運動の方向即ちその點に於ける圓の切線の方に飛び去る。傘を急に廻はすと、

それに附いてゐる雨滴が飛び去るのは、この理に

よる。製糖の際に結晶と糖蜜とを分離する遠心分離器や、洗濯物を乾かす

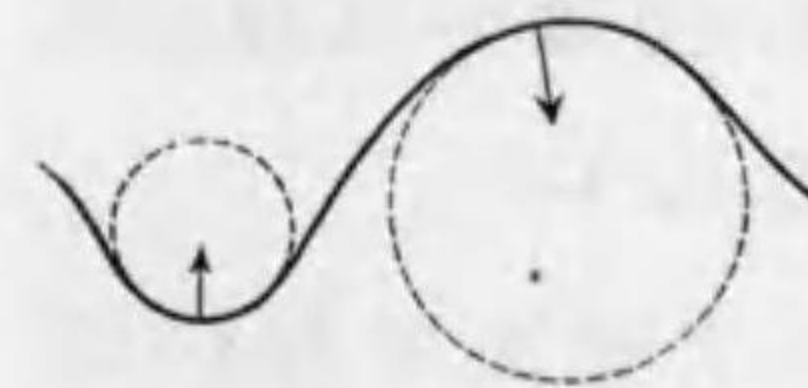


遠心ポンプ



遠心乾燥器

に用ひる遠心乾燥器、水を汲出す遠心ポンプなどは皆この理を應用したものである。



如何なる曲線でもその各部に、これによく適合する圓を描くことが出来るから、曲線運動

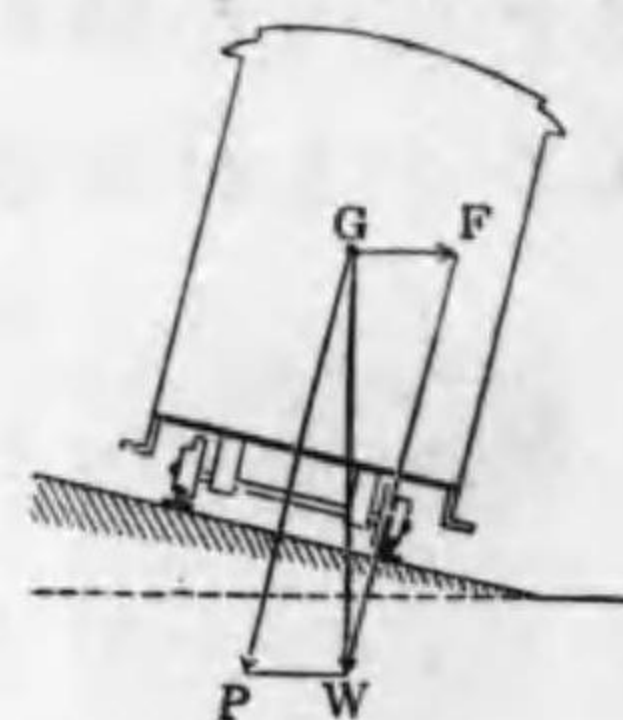
に於ては、この圓の中心に向ふ求心力が必要である。

汽車や電車のレールの彎曲部の外側を高くし、又彎曲部を疾走す



る人や自転車はその體を内側に曲げるのは、それ

等の重心に作用する重力の水平分力を所要の求心力にあてんがためである。



12. 萬有引力

月は地球の周圍でほゞ圓運動をなし、又地球は太陽の周圍でほゞ圓運動をなす。地球はこのため月に求心力を與へ、太陽は又地球に求心力を與へてゐる。即ち月と地球、地球と太陽との間には引力がはたらいてゐる。宇宙間にあるすべての物體の間には、これと同じやうな引力が存在する。これを萬有引力といふ。重力は地球上の物體と地球との間に存する萬有引力に外ならぬ。

13. 廻轉運動

一定軸の周圍に固體が廻轉する時、その各

部は同じ廻轉數の圓運動をなし、その速さは夫々の部分の軸からの距離に正比例する。このやうな運動をなすものを廻轉體といひ、その運動を廻轉運動といふ。質量の大きなものが軸から遠い所にあつて廻轉する場合には、その運動量が大きく、従つてその運動の速さを變へることは困難である。ハズミ車はこの理を應用したものである。



ハズミ車(後方の大きな車)

廻轉體の各部は、何れも廻轉軸に垂直な平面内に於て廻轉するので、慣性によりその廻轉面を一定に保たうとする。従つて廻轉軸の傾きは變へ難いものである。地軸が一定の傾斜を保ち、廻轉せる獨樂が倒れないなどは、この理による。又砲身内に螺旋狀の條溝を施すのは、砲弾に廻轉運動を與へて常に一定の姿勢を保たせるためである。

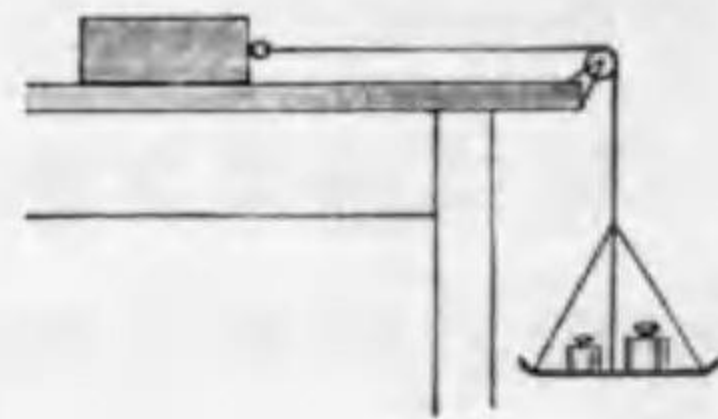


第三章 運動に対する抵抗

1. 摩擦

慣性の法則に従へば、運動してゐる物体は永久に運動を続ける筈であるが、実際には机上を滑り動く物体は間もなく止り、又轉がるボールは次第に速さが減り遂には靜止する。これは物体とその接する面との間に、物体の運動を妨げる力がはたらくためである。この力を摩擦といふ。

實驗 1. 圖のやうな装置で、分銅を次第に増し或一定の値に達すると物体の動き出すのを見る。

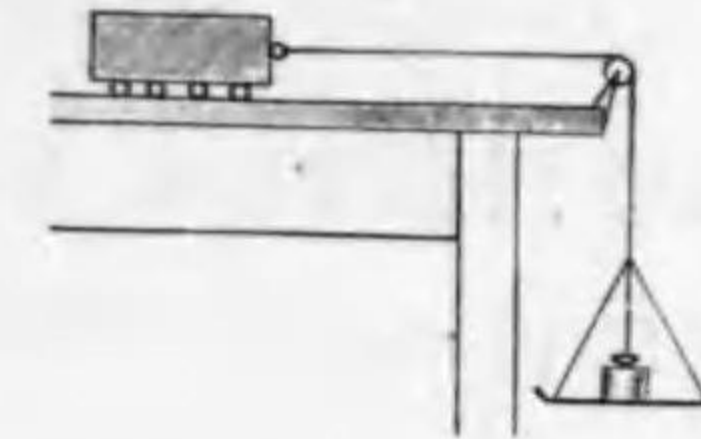


これは接觸面に生ずる摩擦が物体を滑り動かさうとする力とともに生じ、ともに増し、一定の値に達した後、物体が動き出すことを示す。この値を最大摩擦といふ。一般に

二物体間の最大摩擦は、(1)接觸面に垂直なる全壓力に正比例し、(2)接觸面の廣さに関係しない。

これを**摩擦の法則**といふ。

實驗 2. 物体の下に筆軸のやうなものを入れて、摩擦の大きさを測り、實驗 1. の摩擦と比較せよ。



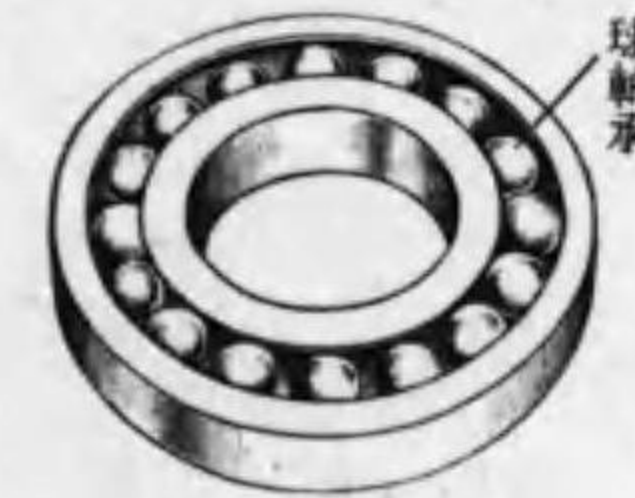
物体が轉がる時の摩擦は、滑る時の摩擦より著しく小である。



重い物体を滑らして動かすよりも、コロに載せて運ぶ方が楽なのは、このためである。

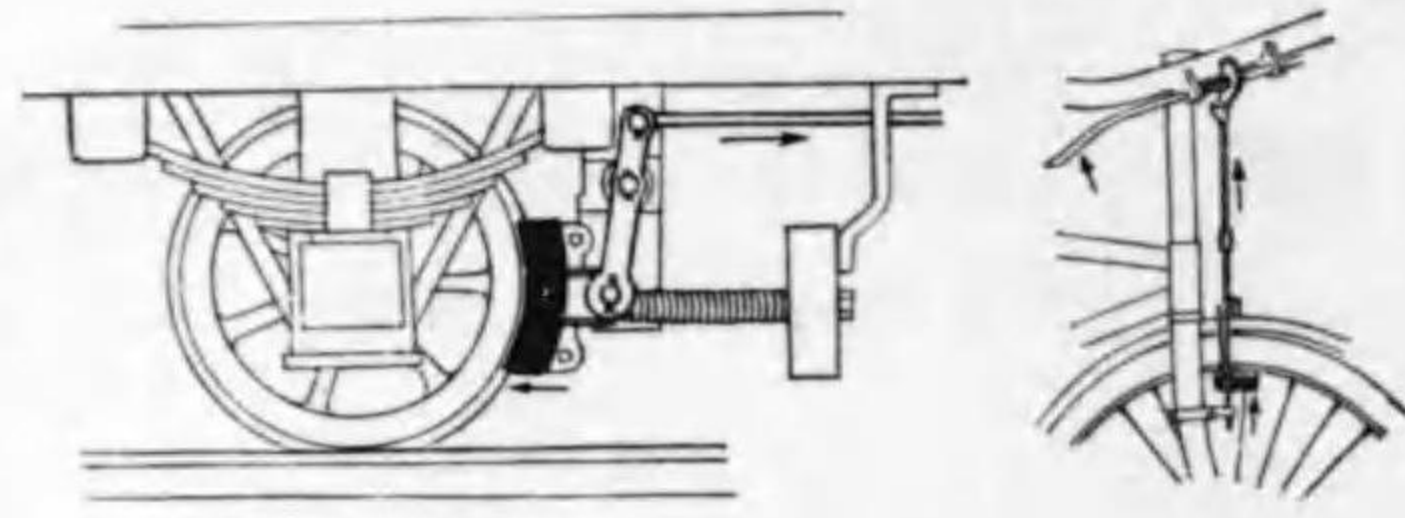
2. 摩擦の利害

摩擦は如何なる場合にも物体の運動を妨げる。それで機械の車軸と軸承との間には油・石墨などの減摩剤を入れ、或は鋼製の球軸承(ボールベアリング)を用ひ、摩擦によつて起る力の損失を少なくする。



しかしこれに反して摩擦を利用すると、却つて都合の良い場合もある。

調革などは
その一例で、
廻轉運動を
他に傳へ且
その速さを



電車と自轉車とのブレーキ

變へる場合などに用ひる。又汽車・電車などのブレーキも摩擦の利用である。摩擦がなくなると、紐を結ぶことも出来ず、釘や楔も抜け出してその用をしなくなる。

3. 流體の抵抗

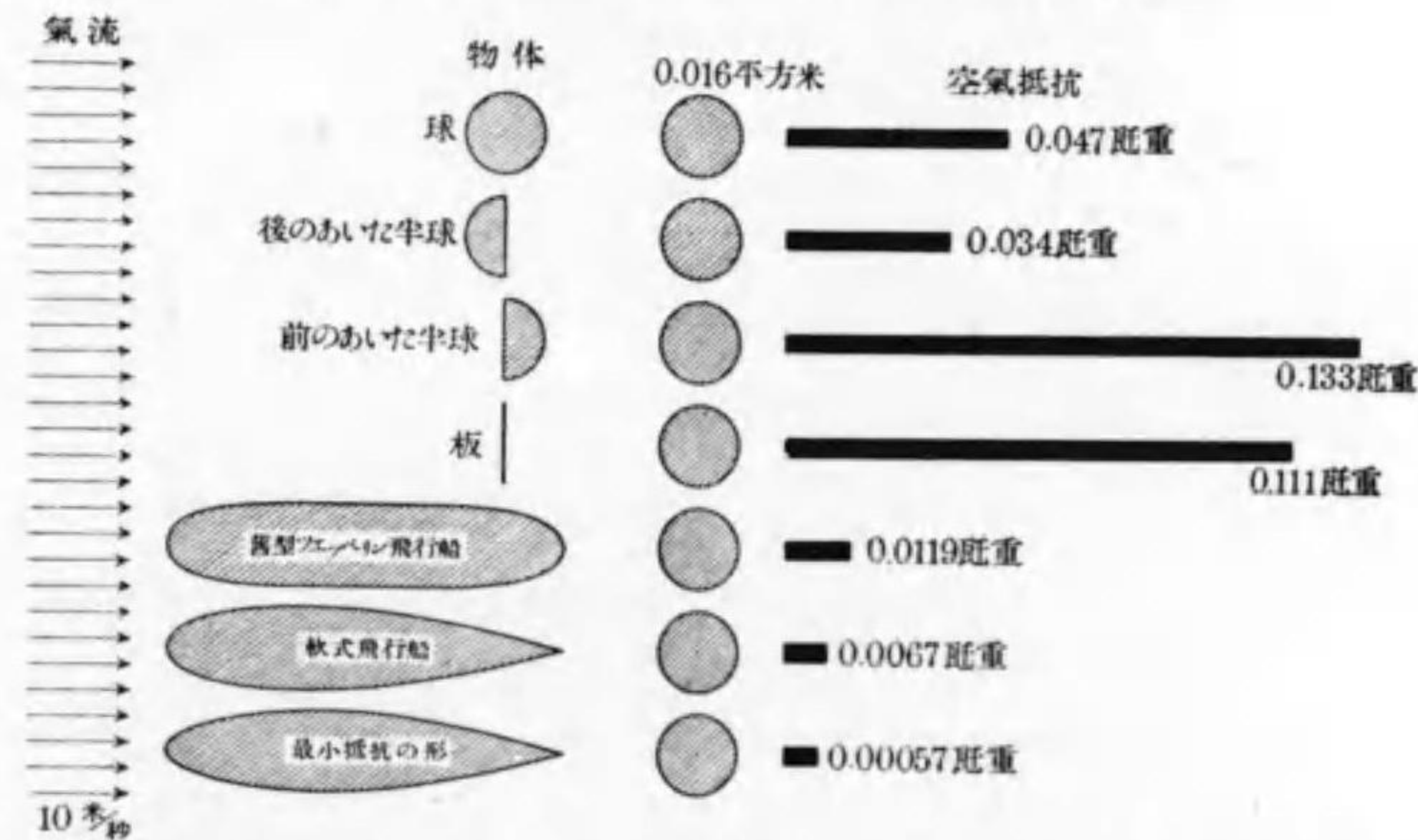
空氣や水のやうな流體內で運動する物體は、流體に衝突し、これに力を作用するから、その反作用を受けて速度を減ずる。この反作用を流體の抵抗といふ。この抵抗の大いさは、運動の方向に垂直な物體の最大な切口の面積と流體の密度とに正比例し、且物體の速度の大きいほど大である。又物體の形にも關係し、所謂流線形をなす物の抵抗が最も少い。

船の舵は、船の進行する際、水の抵抗を受ける面を加減して、船の進む方向を變へるもの

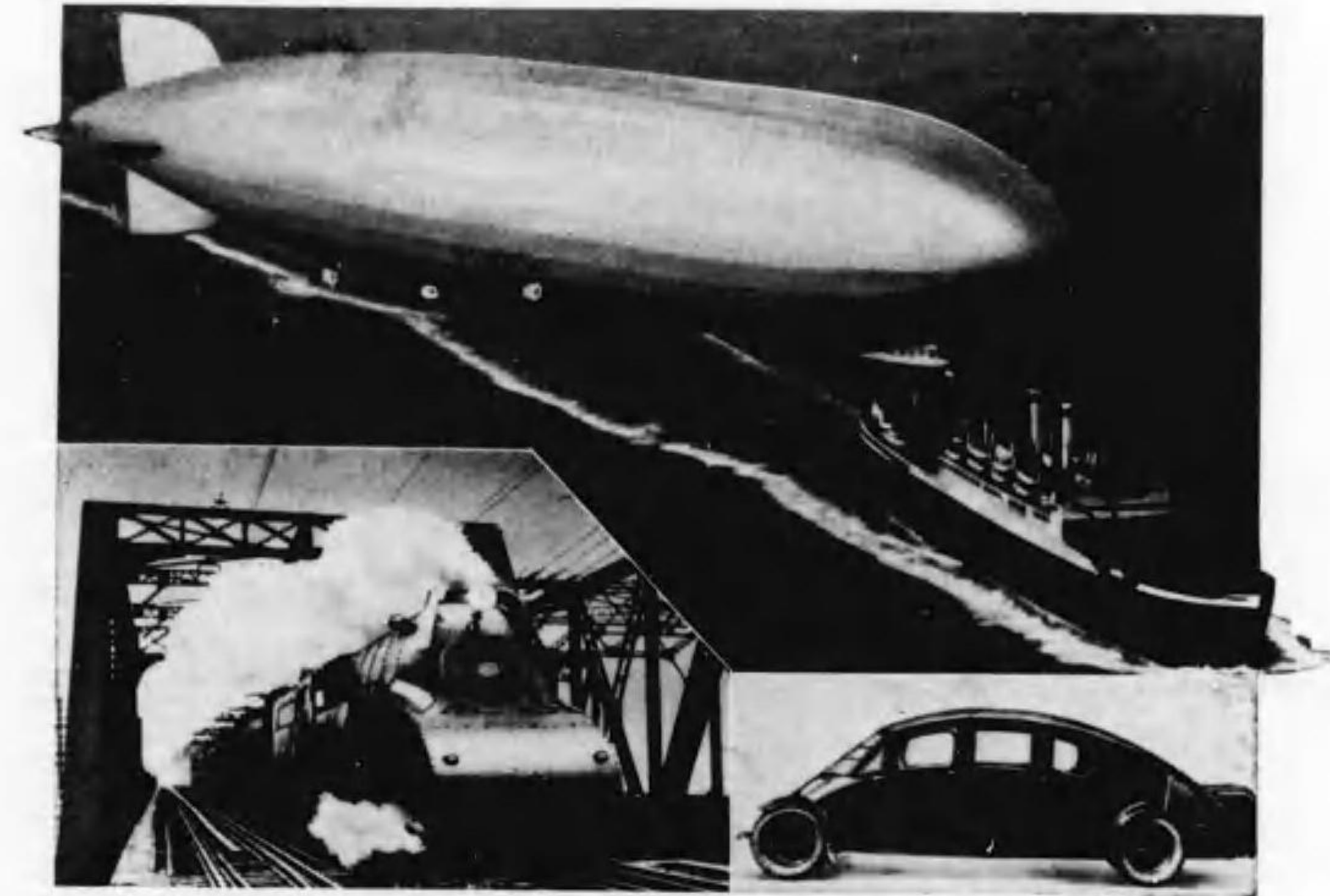
抵抗の比較と流線形



圓筒(左)と流線形(右)との後に生ずる渦の比較

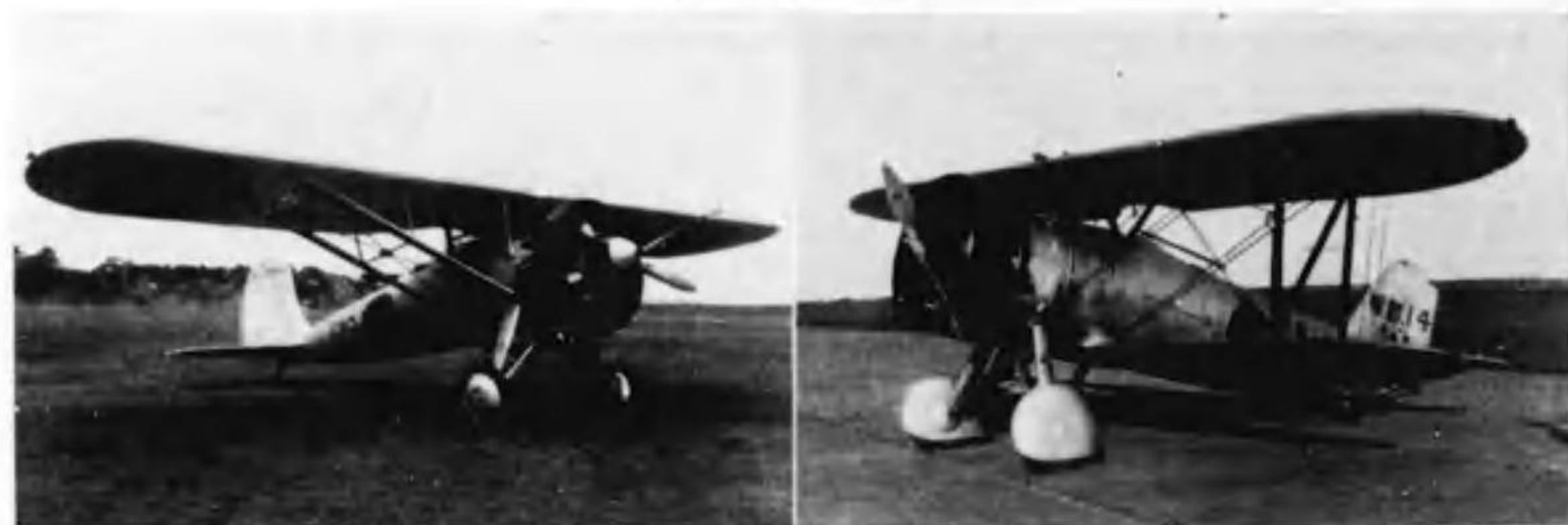


一定の氣流内に於ける切口の面積の等しい種々の形の空氣抵抗の比較



流線形の船・車 (上、飛行船と汽船 下、汽車と自動車)

飛行機



九一式戦闘機

九〇式艦上戦闘機



八七式重爆撃機

八八式軽爆撃機



オートジャイロ

八八式偵察機



陸上旅客機

水上旅客機



である(圖は面舵を示し、この反対に向けるのを取舵といふ)。航空機の舵もこれと同じ理による。

扇風機を廻轉すれば、廻轉軸の方向に空気の運動即ち風を生ずるが、若し扇風機自身を動き易い状態にして廻轉すれば、生ずる風の反作用を受けて、機が風と反対の方向に動かされる。



艦船及び飛行機等の推進機は、ネヂのやうに少し振れてゐる金屬又は堅牢な木質の翼



軍艦の推進機

を、放射状に廻轉軸に取附けたものである。これを水中又は空気中で急速に廻轉すると、水又は空気を押すからその反作用を受けて、船體



又は機體が推し進められるのである。

4. 飛行機

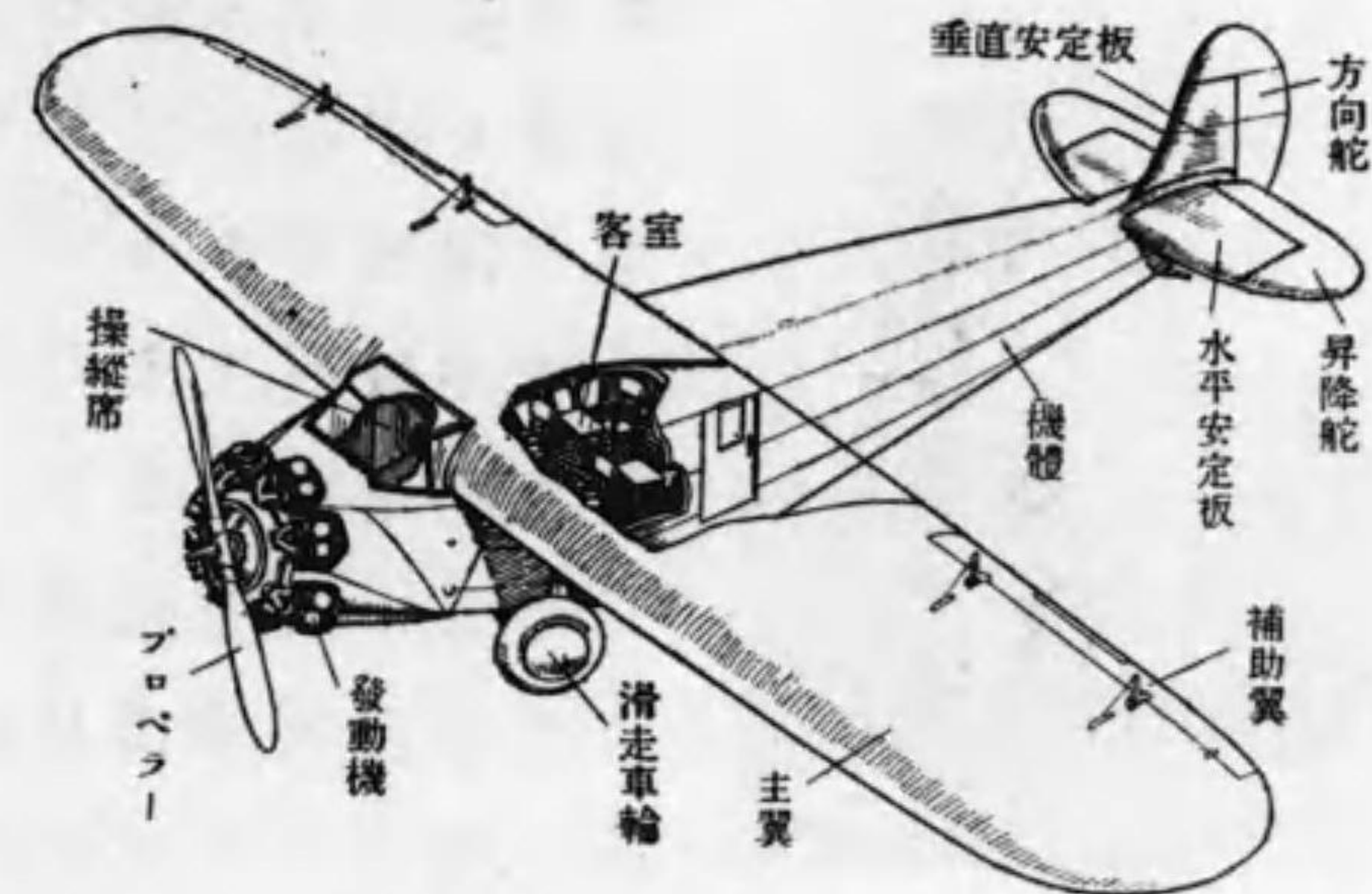
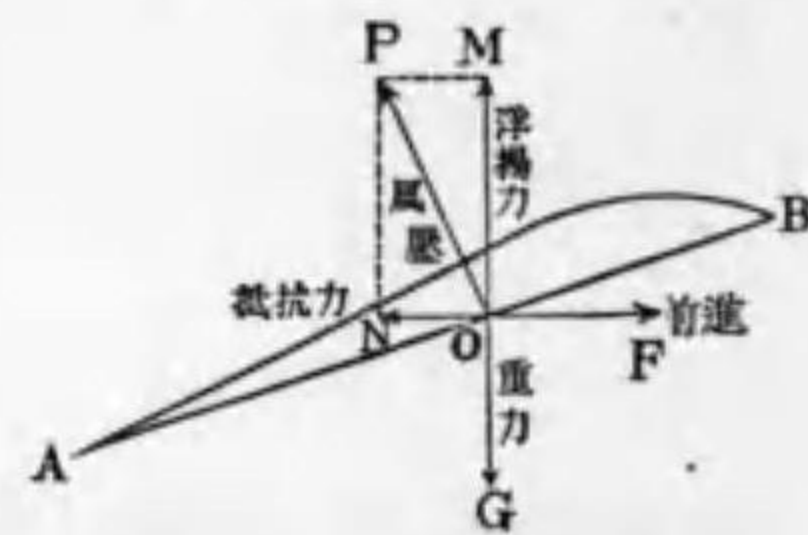
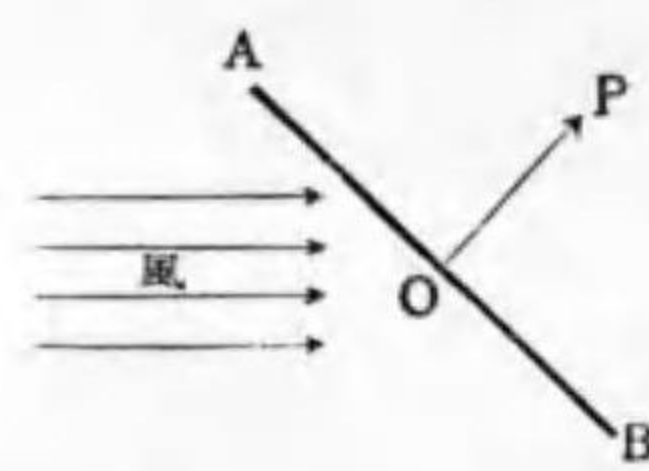
空気中に固定せる板の面 AB に、矢の方向に風が吹きあたられば、AB に垂直な壓力 P を及ぼす。これを風壓といふ。又静かな空気中で AB を急速

に動かしても、相対的關係は前と同じであるから、又 AB は風壓 P を受ける。この力を、進行と反対の方向の分力

ON とこれに垂直な方向の分力 OM とに分解して見ると、OM は板を

上昇させるはたらきを現はすから、浮揚力といはれる。又 ON は板の前進を妨げる抵抗である。それで板は浮揚力と重力との差で上昇し、前進力と抵抗との差で前進する。

飛行機は空気の抵抗を利用して空中を鳥のやうに飛行する装置で、その要部は翼・舵・推進機・ガソリン發動機で、翼の前方は後方より稍高くなつてゐる。



推進機の廻轉で前進を起すと、翼に生ずる風壓はその速さとともに増加し、浮揚力が機の重さに勝つ時、上昇を始める。

舵には機首を上向き又は下向きにする昇降舵と、左方又は右方に向ける方向舵とがあり、又翼には機體を左右に傾ける補助翼がある。

5. 風車・水車

物體が静止して流體がこれに衝突する時は、壓力が物體にはたらく。風車・水車の廻はるはその例である。

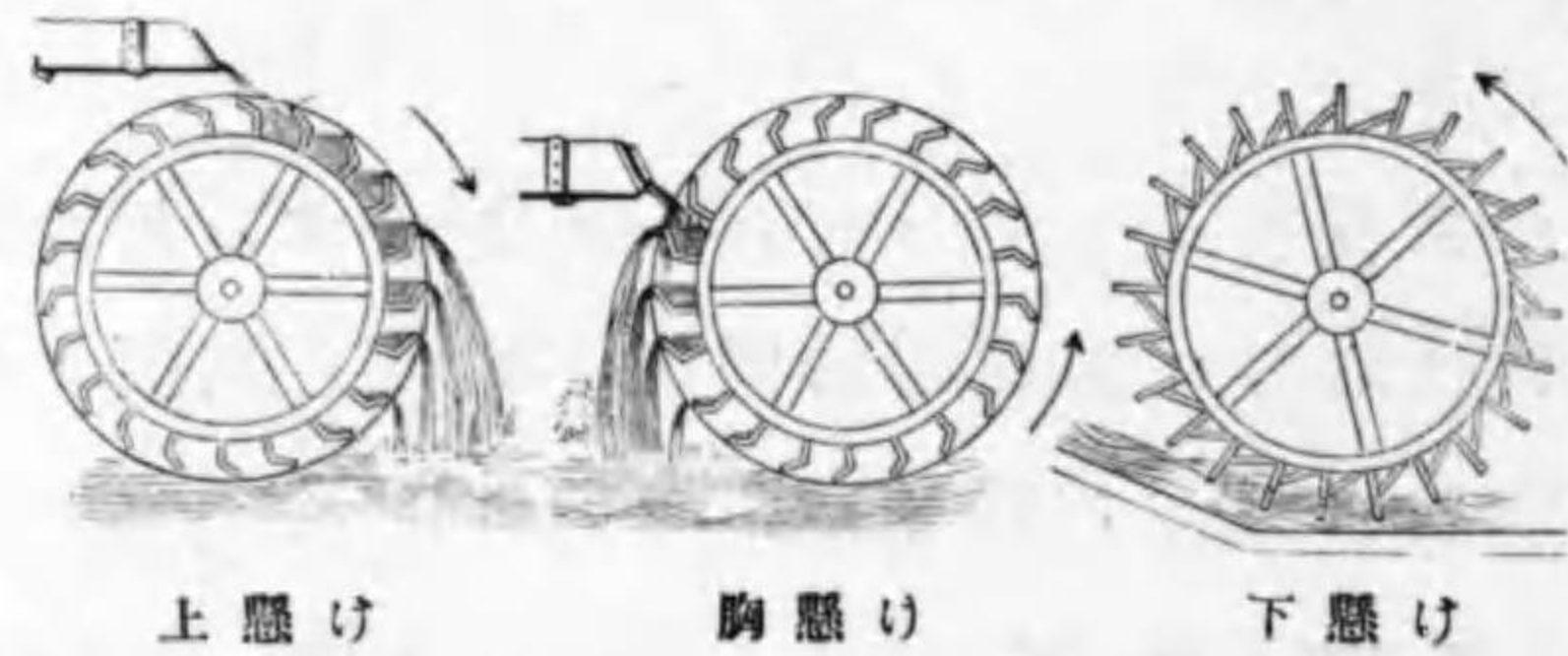
風車は風を利用し、車翼に風壓を生ぜしめてそれを廻轉させるものであるが、一定の風



圧を得にくく、従つて廻轉を平等にすることが困難である。それで一般の工業には餘り利用されない。

これに反し水車は一定の水圧が得易いから、廣く工業上に利用される。

水車にはその形式が種々あるが、古くから用ひられるものは、圖のやうに流水



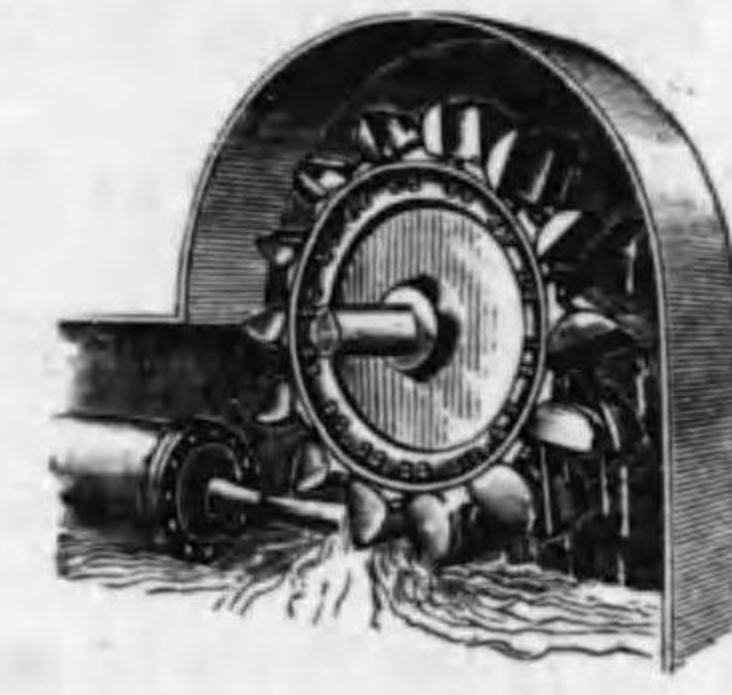
をその上部又は中部に注ぎ、或は下部にあてるやうにしたものである。

水の流下する鉛直の高さを落差(ヘッド)といひ、工業上では單位時間の流水の質量と落差との積を水力といふ。

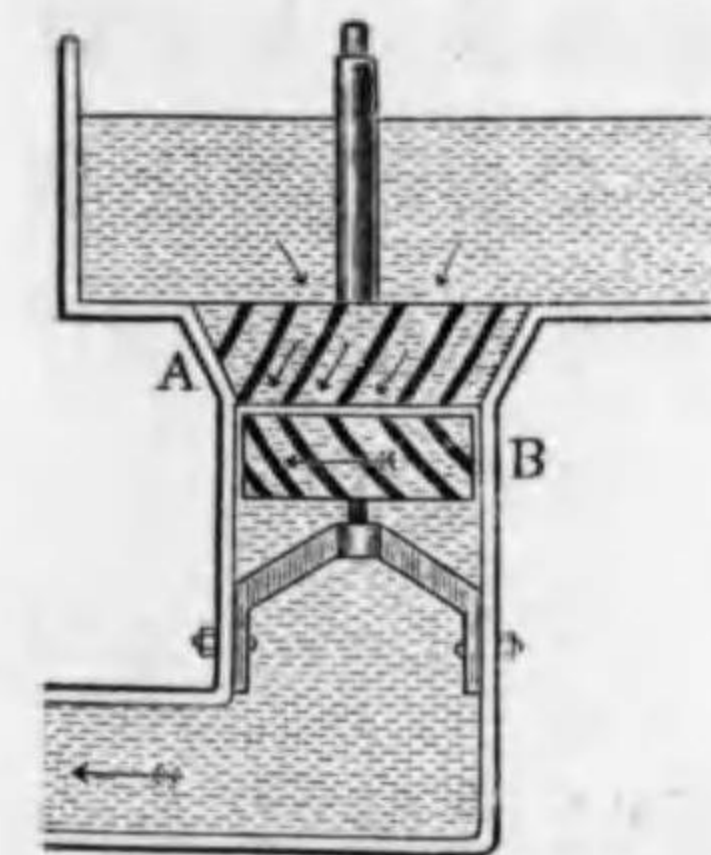
水力の大部分を有効に利用するので、水力

發電その他の原動力として廣く用ひられるものに、ペルトン水車と水タービンとがある。

ペルトン水車は非常な高速度で管口から噴出する水を、水車の外側に同一の向きに固定された彎曲金屬板に吹付けて、車に廻轉を起させるものである。これは、水量少く落差の大なる場合に用ひられる。



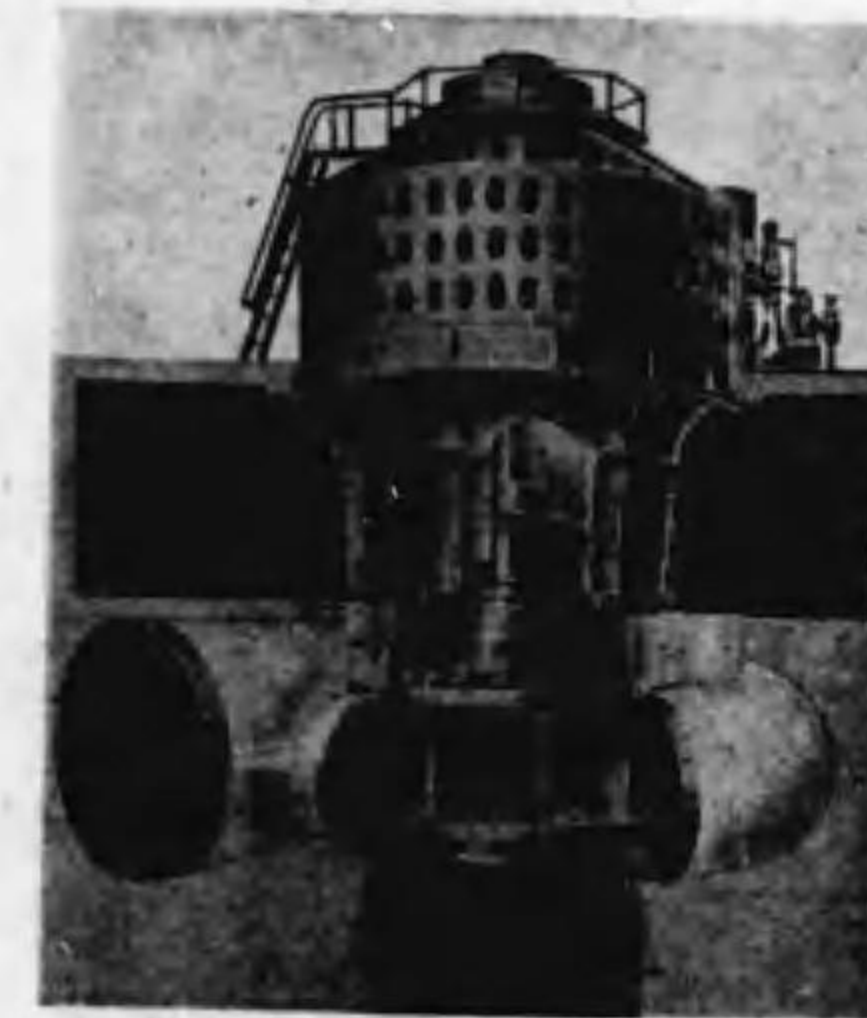
ペルトン水車



水タービンの構造

水タービンの要部は、圖のやうな構造をもち、高所より導いた水を、固定した案内羽根 A により

一定方向に噴出させ、廻轉軸に取付けられた羽根車 B を強く押して、廻轉させるものである。



發電用水タービン

第四章 仕事・エネルギー

1. 仕事

物體に力がはたらいて、力の方向に物體が或距離だけ動かされると、物體は力によつて仕事をなされた或は力が物體に仕事をなしたといふ。仕事の大きさは、力の大きさと、物體が力の方向に動いた距離との積で測る。従つて仕事の單位には、ダイン・センチメートルなどのやうに力の單位と長さの單位とを組合はせたものを用ひる。1ダインの仕事を特に1エルグといひ、その1000萬倍即ち 10^7 エルグを1ジュールといふ。

2. 工率

同一の時間になす仕事の量は機械によつて異なる。機械が單位時間になす仕事の量即ち仕事の速さを工率といふ。毎秒1ジュールの工率を特に1ワットといひ、その1000倍を1キロワットといふ。又 $\frac{746}{1000}$ ワットを1馬力といひ、工率の實用單位に用ひる。

3. エネルギー

高い所にある水は、落下の際に水車を廻はして仕事をなすことが出来る。又飛んで行く彈丸が物體にあつると、それを破壊して一種の仕事をなす。

すべて物體が仕事をなし得る状態にある時は、その物體はエネルギーを有するといふ。よつてエネルギーとは仕事をなし得る能である。それ故、物體が有するエネルギーの量は、物體が或標準状態に達するまでになし得る仕事の量で測られる。

飛んである彈丸のやうに物體が運動してゐるために有するエネルギーを、運動のエネルギーといふ。又高所にある水や壓縮された空氣のやうに、位置・形状・體積等の變化のために有するエネルギーを、位置のエネルギーといふ。運動のエネルギーと位置のエネルギーとを併せて、機械的エネルギーといふ。

$$\text{運動のエネルギー} = \frac{1}{2}mv^2 \quad m: \text{質量}, \quad v: \text{速さ}$$

$$\text{位置のエネルギー} = mgh \quad h: \text{高さ}$$

4. エネルギーの保存

エネルギーには、機械的エネルギーの外に、熱・音・光・電気・磁気及び化学的エネルギーなど種々の態があつて、一つの態から他の態に變はり、又一物體より他物體に移ることがある。しかし實驗の結果によれば、この際一方で失はれたエネルギーの量は、必ず他に生じたエネルギーの量に等しい。即ち

エネルギーは一物體より他物體に移り、又その態を變へるが、この前後に於ける總量は増減しない。これをエネルギー保存(不滅)の法則といふ。

5. 仕事の原理

機械を使用すれば、小なる力で大なる抵抗に打勝ち仕事をなし得るから、力を利することが出来る。しかしエネルギー保存の法則から、機械はこれに與へられたエネルギー以上の仕事をなし得ないことは明かである。

機械に摩擦がないものとし且その重さを無視すれば、機械のなす仕事は機械に與へられた仕事に等しい。

これを仕事の原理といふ。機械には各部に摩擦などの抵抗があるので、有効な仕事の外に、これ等の抵抗に對して無効の仕事をせねばならぬ。従つて機械を使用する時、実際には仕事に多少の損失がある。機械のなす有効な仕事の量と、機械が外から受けた仕事の量との比を、その機械の効率といふ。

6. 熱の仕事當量

熱はエネルギーの一態であつて、一定量の機械的エネルギーを費せば、一定量の熱を生



ライター
(機械的エネルギーが熱を生ずる例)

じ、又一定量の熱を費せば、一定量の仕事を得る。よつて熱は仕事の單位で測ることが出来る。1カロリーに相當する仕事の量を熱の仕事當量といふ。^{*}

* 實驗の結果によれば

$$1 \text{ カロリー} = 4.2 \times 10^7 \text{ エルグ} = 4.2 \text{ ジュール} = 429 \text{ 瓦米}$$

熱の仕事當量を J で表せば、熱量 H カロリーに相當する仕事は JH エルグである。

第五章 熱機関

1. 熱機関

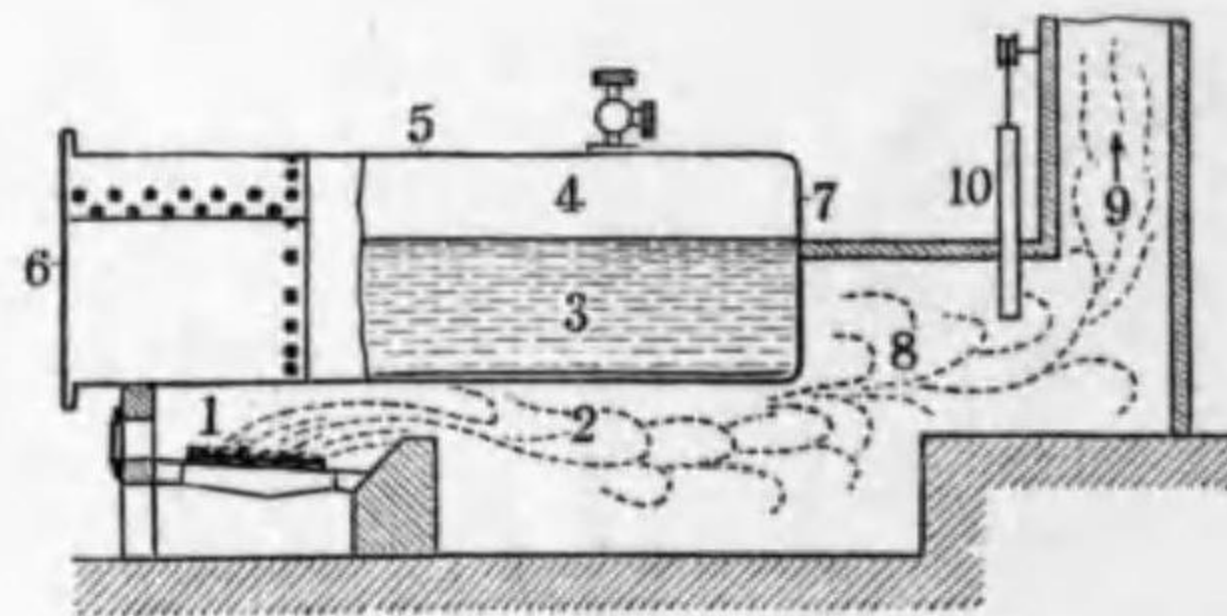
密閉器中の氣體を強熱すれば大きな壓力を生ずる。この壓力を利用して種々の仕事をさせる装置を一般に熱機関といひ、蒸汽機關・蒸汽タービン・内燃機關はこれに屬する。

2. 蒸汽機關

蒸汽機關は高温度の水蒸氣所謂加熱蒸汽の壓力を利用するもので、蒸汽罐と機關部とから成る。

蒸汽罐(ボイラー)は石炭・重油等を燃焼室で燃焼し、罐内の水を蒸汽とし、これを鉄

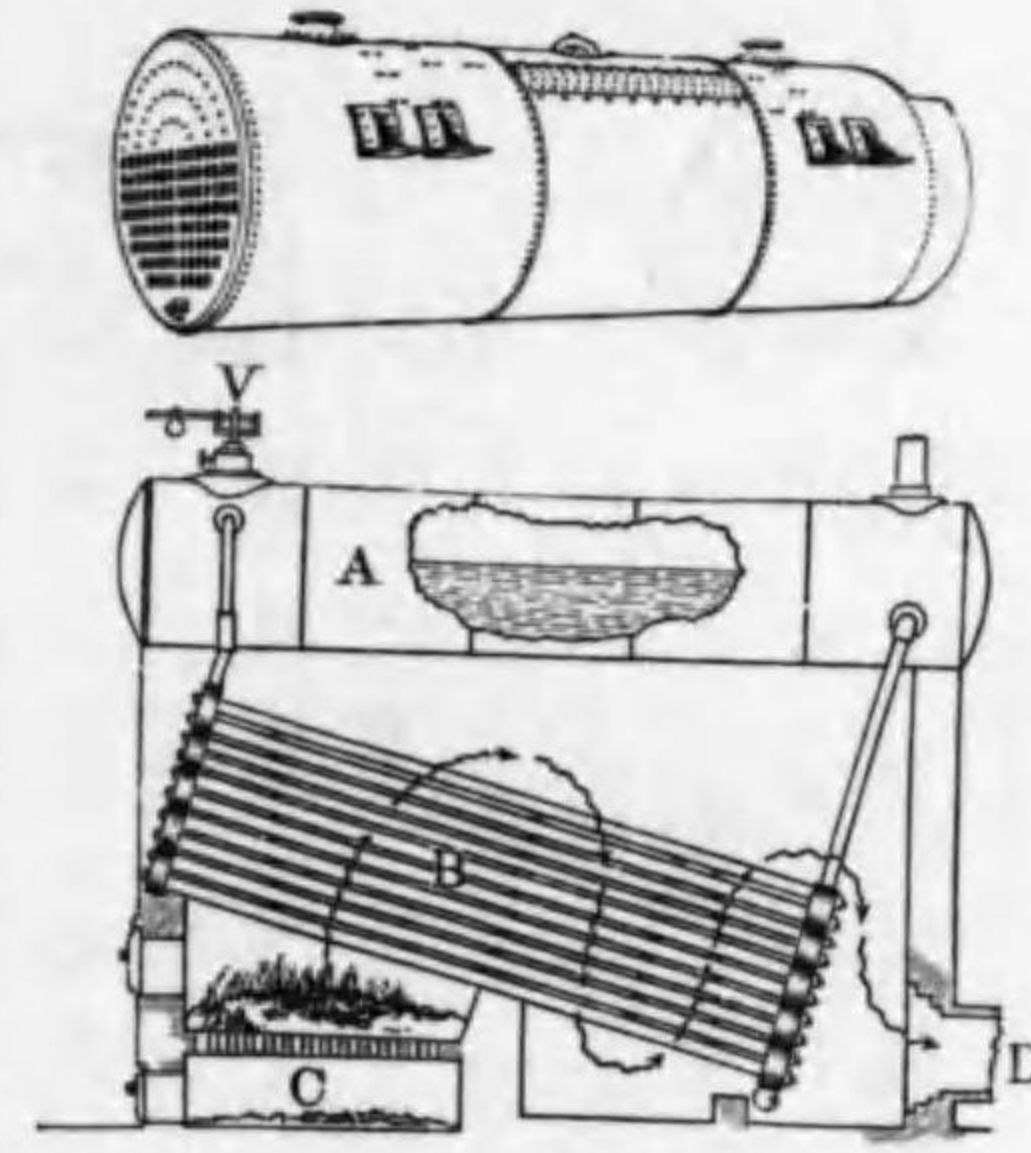
管により機關部に供給するもので、その構造は種類によつて異なるが、大體上圖に示すやうになつてゐる。



1. 燃焼室 2. 傳熱面 3. 水部 4. 汽部
5. 罐胴 6, 7. 鏡板 8. 烟道 9. 煙突
10. 風戸(かざと)

蒸汽罐には圓罐式と水管式とがある。

圓罐式には、水及び蒸汽を貯へる圓筒形の罐胴を外部から熱する外火式と、内部から熱する内火式とがある。内火式では、罐胴内に細い管を通じ、これに焰を送つて加

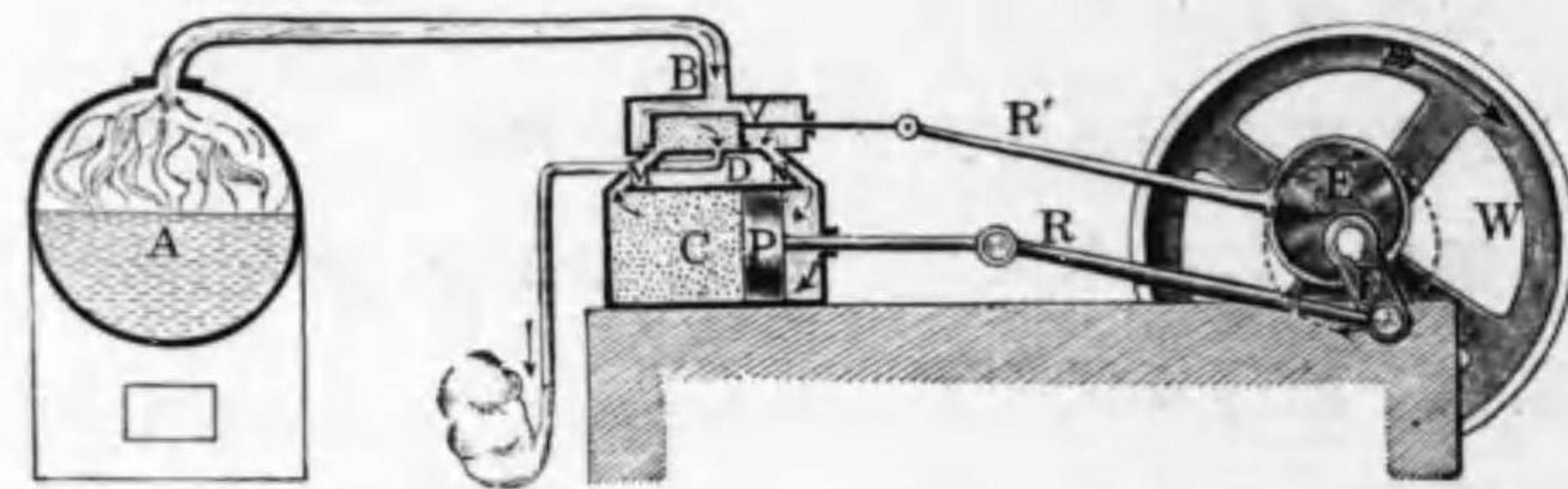


蒸汽罐

上 圓罐式(焔管式) 下 水管式

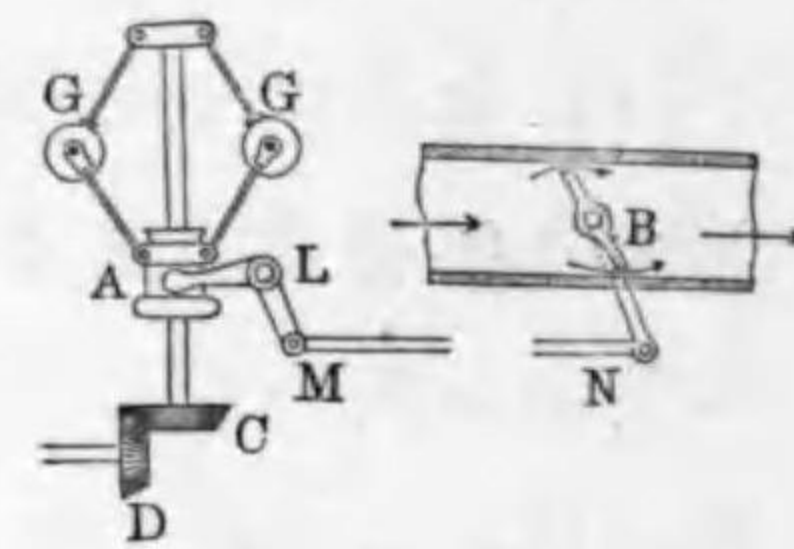
熱する焔管式が廣く用ひられてゐる。又水管式は傳熱面が廣いから速く蒸汽を發生し、且加熱する水管が細くて高壓力に耐へるやうに作ることが出来るから、現今大型の蒸汽罐に多く用ひられる。

機關部の構造及び動作は次のやうである。即ち次頁の圖で蒸汽罐Aに發生した蒸汽は配汽室Bを経て、汽筒Cに入り、ピストンPを壓す。配汽室中のVは滑り瓣と稱し、蒸汽を交互にピストンの兩端に導き、これに往復運動を起さしめる。この運動は曲柄Fによつて主軸の廻轉運動に變はり、この軸に取付け



であるハズミ車W及び偏心輪Eを廻轉させる。ハズミ車は廻轉を均一にし、偏心輪は滑り瓣にピストンと反對の運動を與へる。

なほ主軸の廻轉運動の速さを調節する調節機が備へられてゐる。圖に示す調節機では廻轉の遅速によつて鉄球Gが上下し、

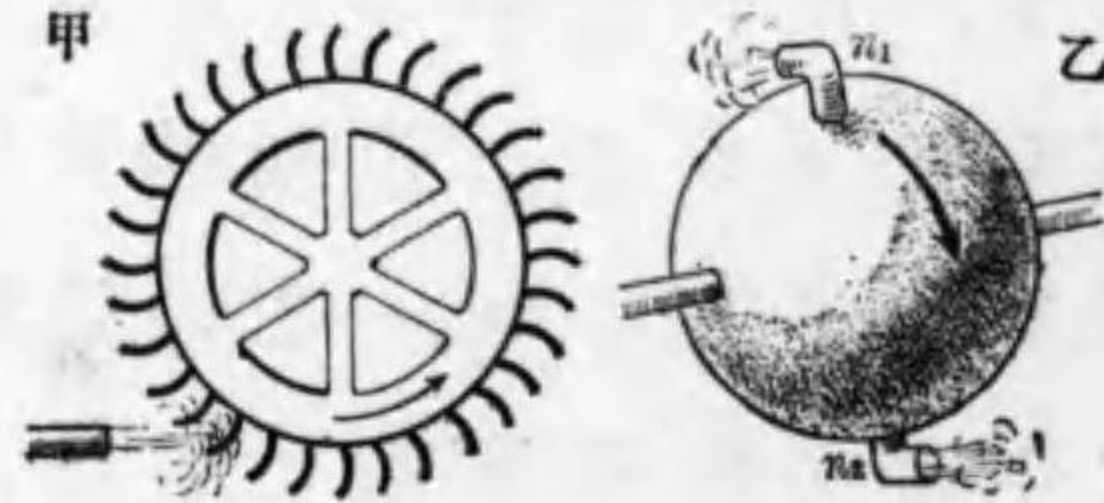


調節機

それにつれて絞り瓣Bを動かして配汽室に入る蒸汽の量を加減するやうになつてゐる。

3. 蒸気タービン

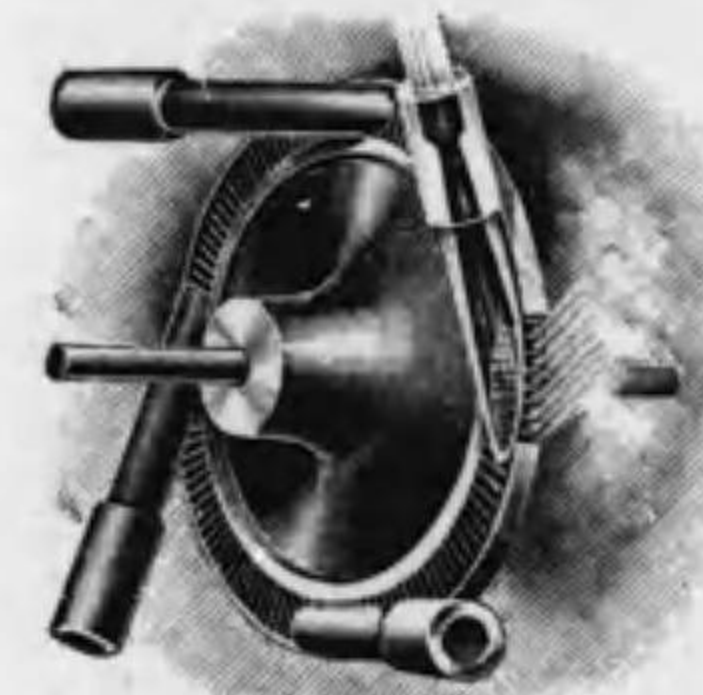
甲圖のやうに羽根車に高壓の蒸汽を吹付けると羽根車は軸の周り甲で廻轉し、又乙圖のやうに中空球内の蒸汽を n_1, n_2 の細口



から噴出させると、球は矢の方向に廻轉する。

蒸気タービンは上の理を應用したもので、前者の理によるものを衝動式、後者の理によるものを反動式といふ。

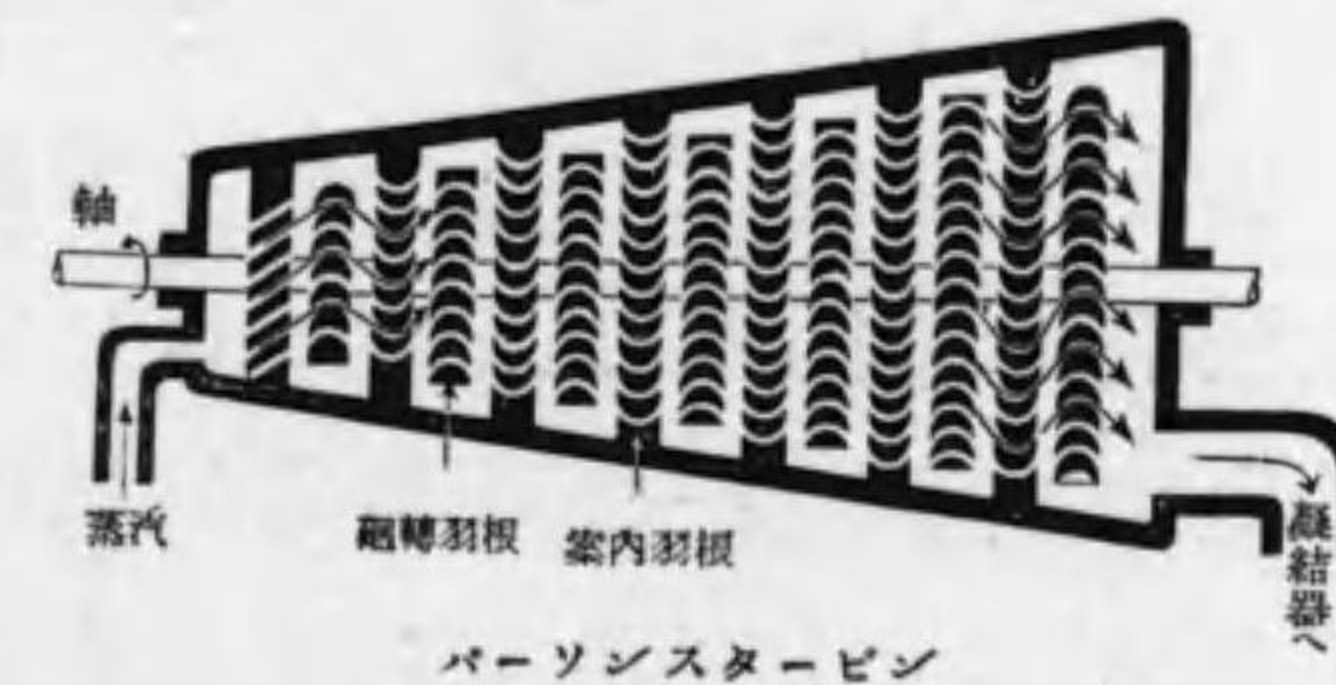
ドラパールタービンは衝動式タービンの代表的のもので、喇叭状のノズルから蒸汽を噴



ドラパールタービン

出させ、これを車の周圍に取附けてある多くの羽根に吹きあて、車を高速度で廻轉させるものである。

パーソンスタービンは反動式タービンの代表的のもので、廻轉胴の周圍に案内羽根を附け、蒸汽をこれに



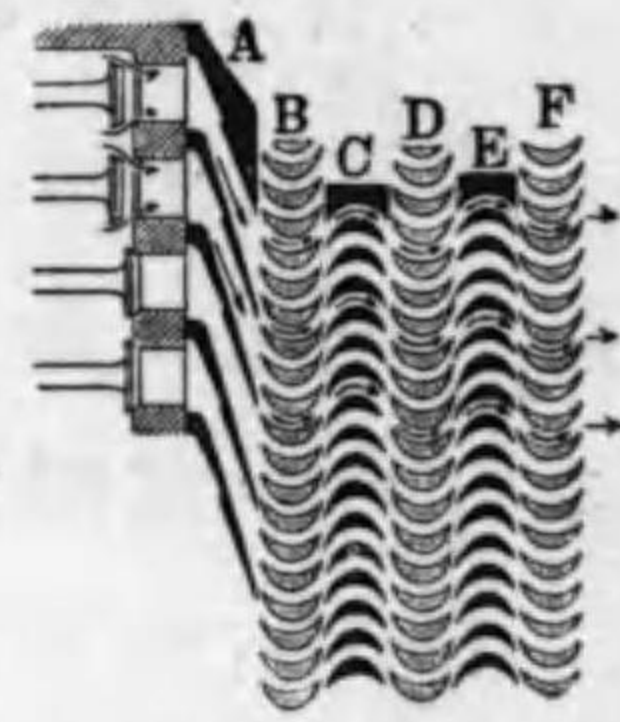
パーソンスタービン

入らしめ、次に廻轉羽根に導く。蒸汽は廻轉羽根を出る時にこれに反動を與へてそれを廻轉させるものである。

上の外に、カーチスタービンと稱する衝動式と反動式とを混成したものもある。

蒸汽タービンは蒸汽機關に比し熱効率が大きい上、据付けが簡単で機體の動搖

も少いから、汽船や發電機に用ひられる。



カーチスタービン

4. 内燃機關

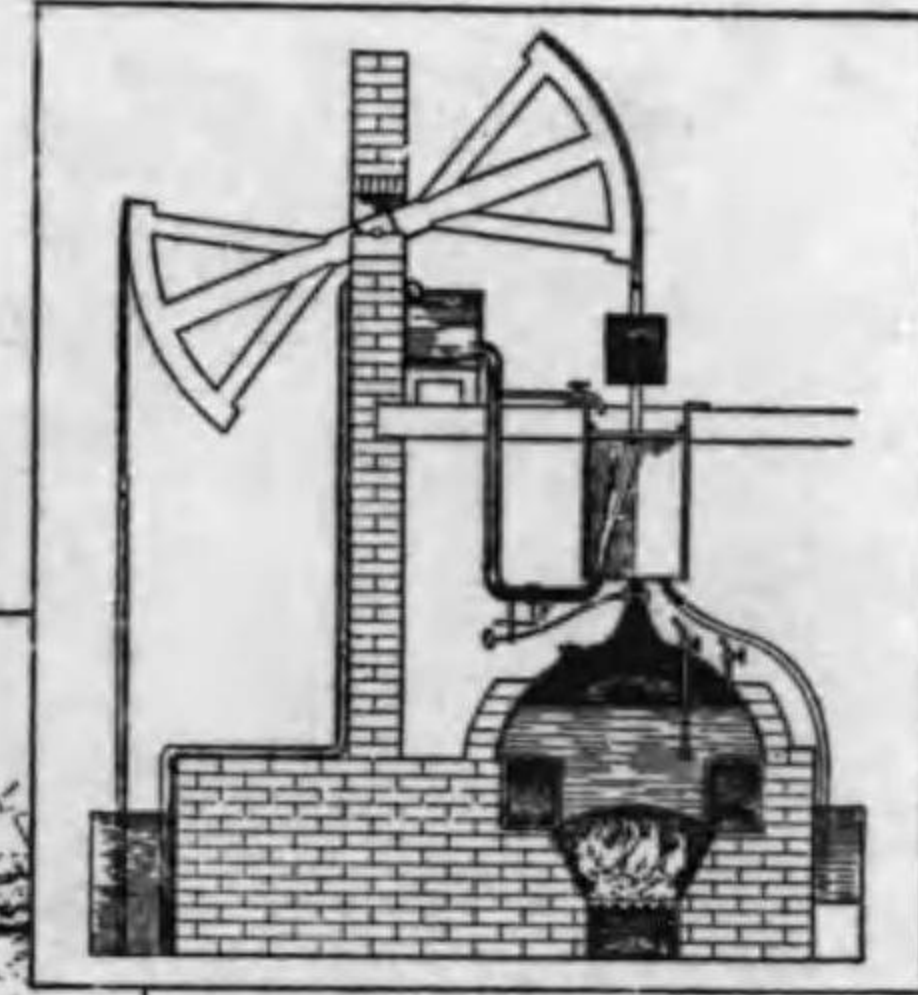
蒸汽機關及び蒸汽タービンはともに水蒸汽を蒸汽罐に作り、これを機關に導くものであるが、石炭ガスや噴霧状ガソリンなどに空気を混合し、これを直接、機關内部で點火爆發或は燃焼させて生ずる氣體の壓力を利用し、動力を得る装置がある。このやうなものを一般に内燃機關といひ、ガス機關・ガソリン發動機・石油發動機などはこれに屬する。

内燃機關の動作は、通常連続的な四段の行程をとる。(1)ピストンが下方に動いて瓣が開き、混合氣體を氣筒内に吸入する(吸入行程)。(2)次にピストンが上方に進んで混合氣體を

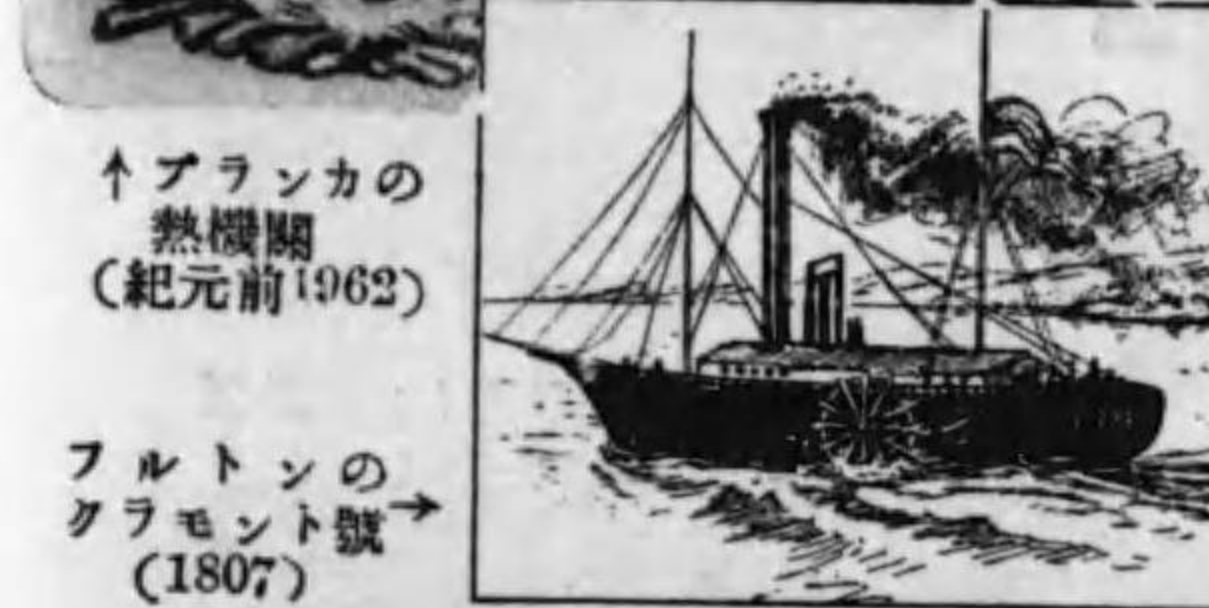
蒸汽機關の發達



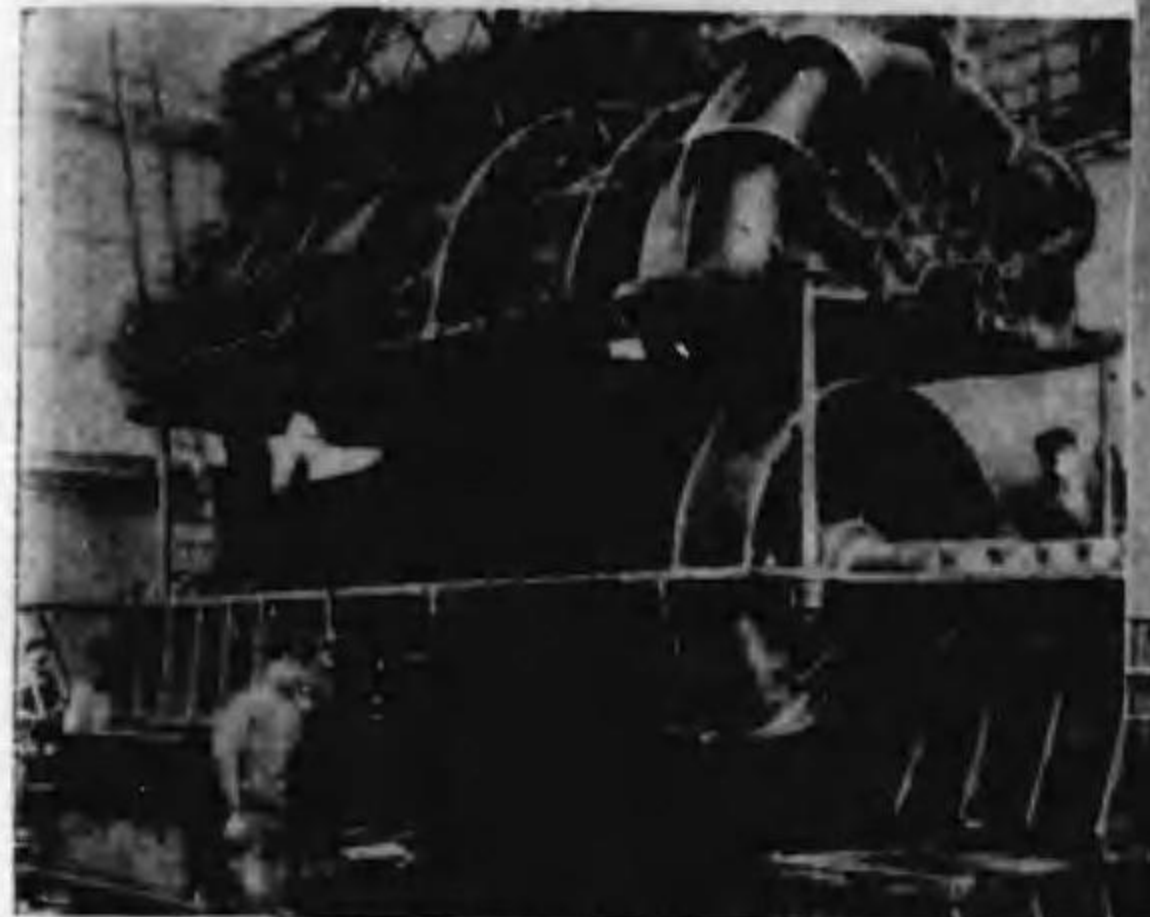
↑ フランカの熱機關 (紀元前1962)



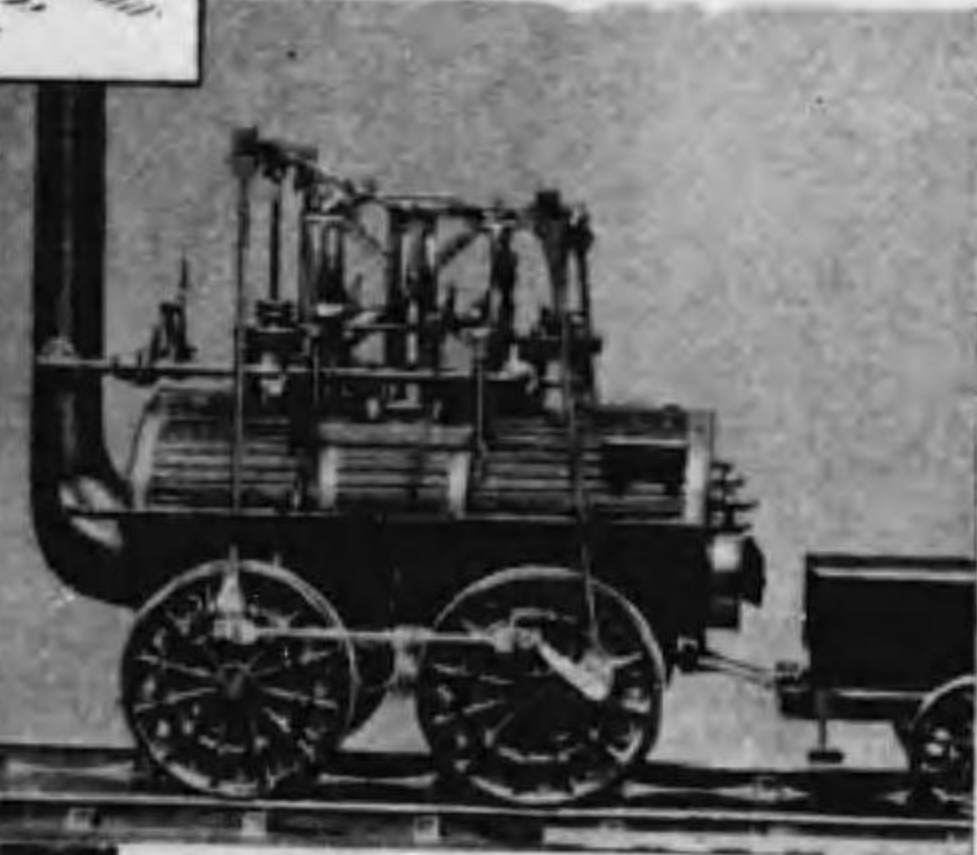
↑ ニューコメンの蒸汽機關 (1705)



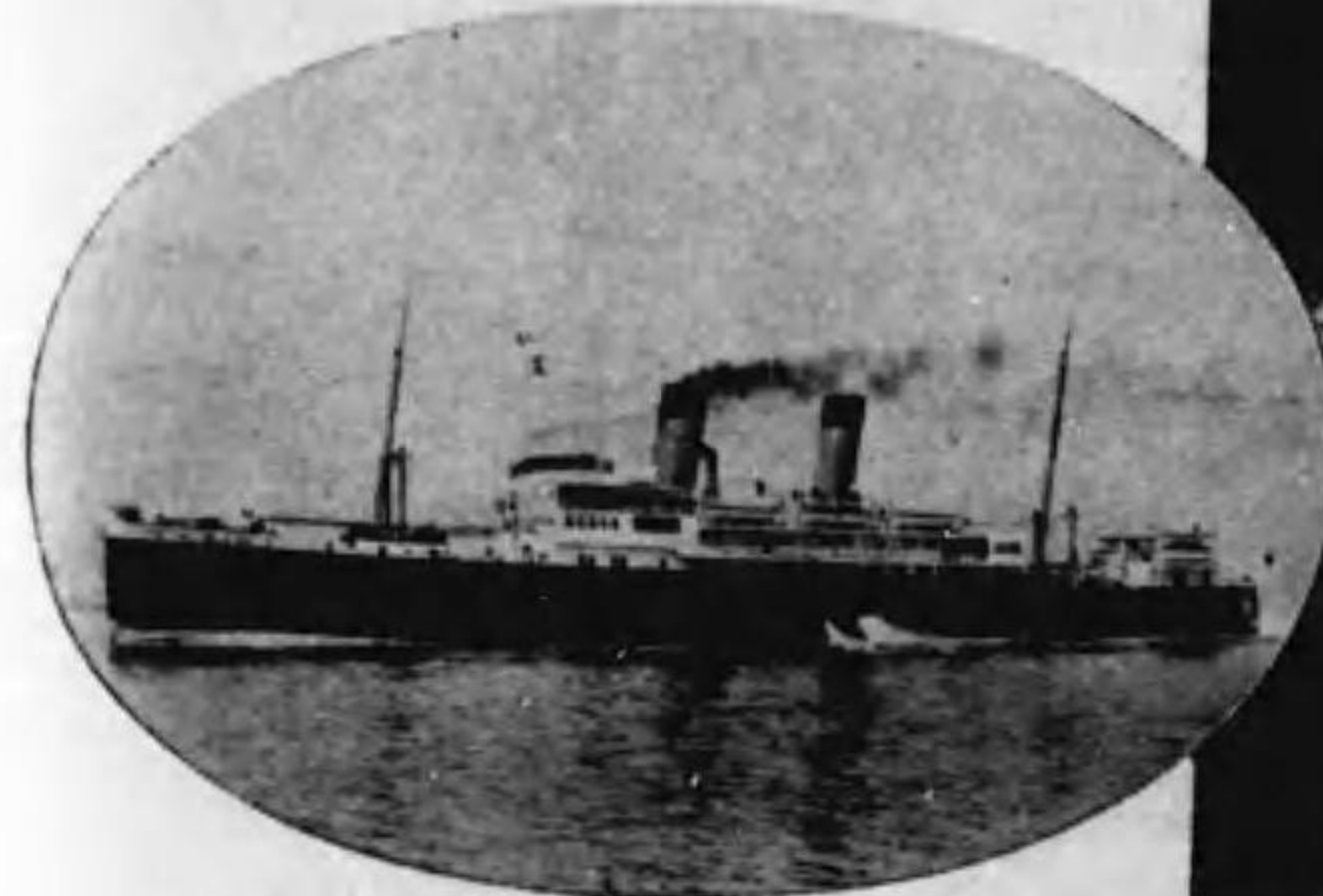
↑ フルトンのクラモント號 (1807)



↑ 蒸汽タービン (現代)



↑ スチアンソンのロケット (1829)



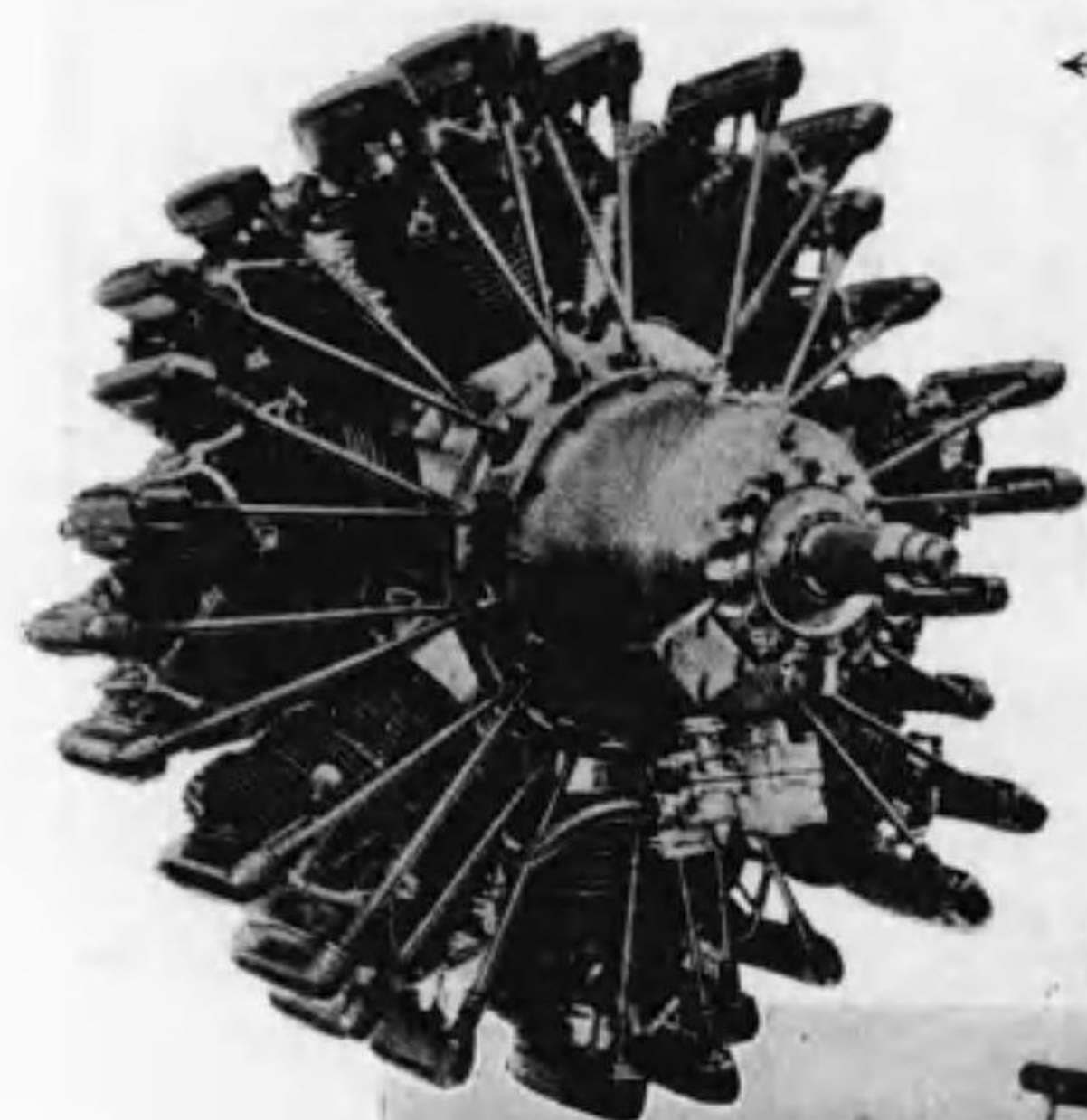
↑ タービン船 (現代)



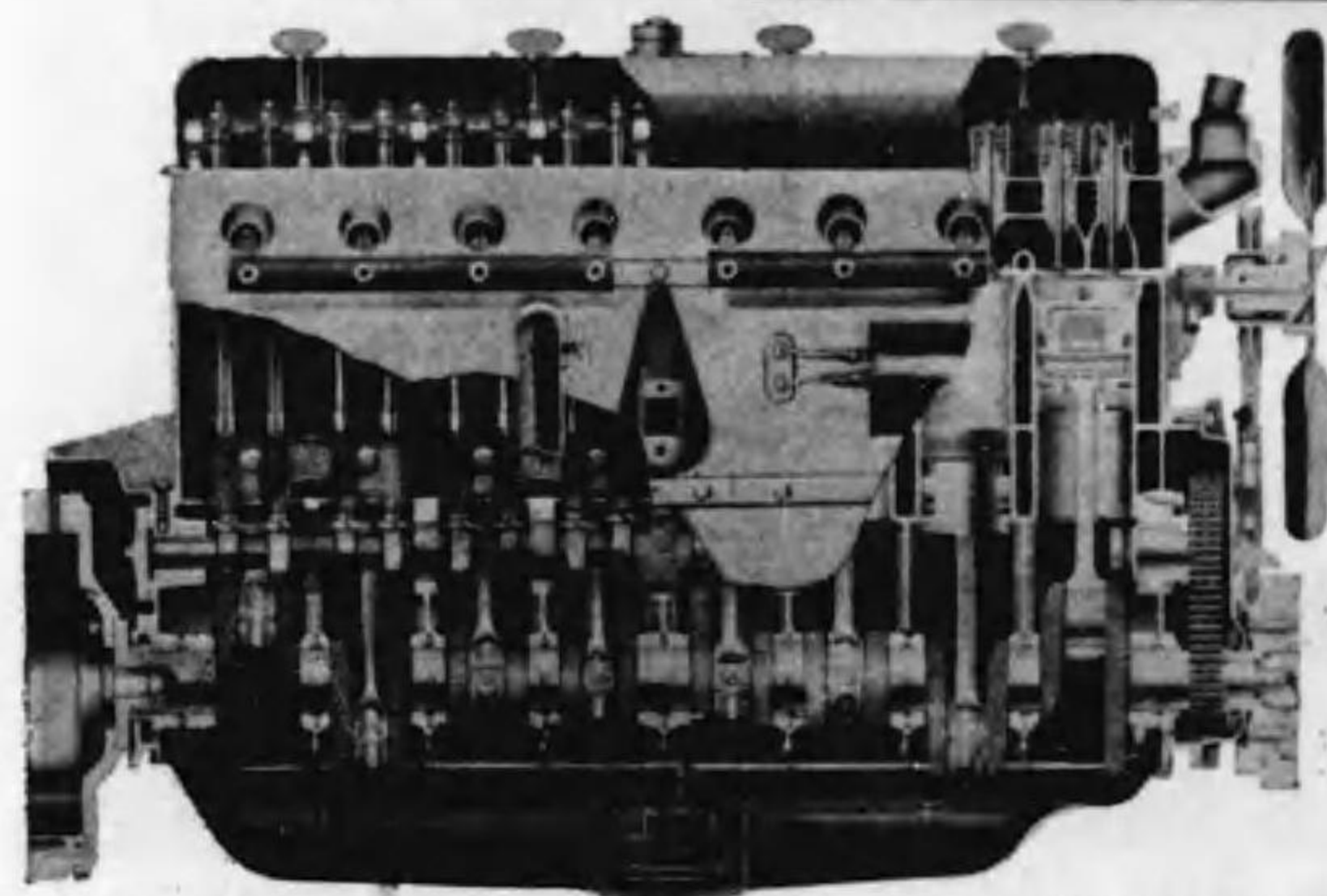
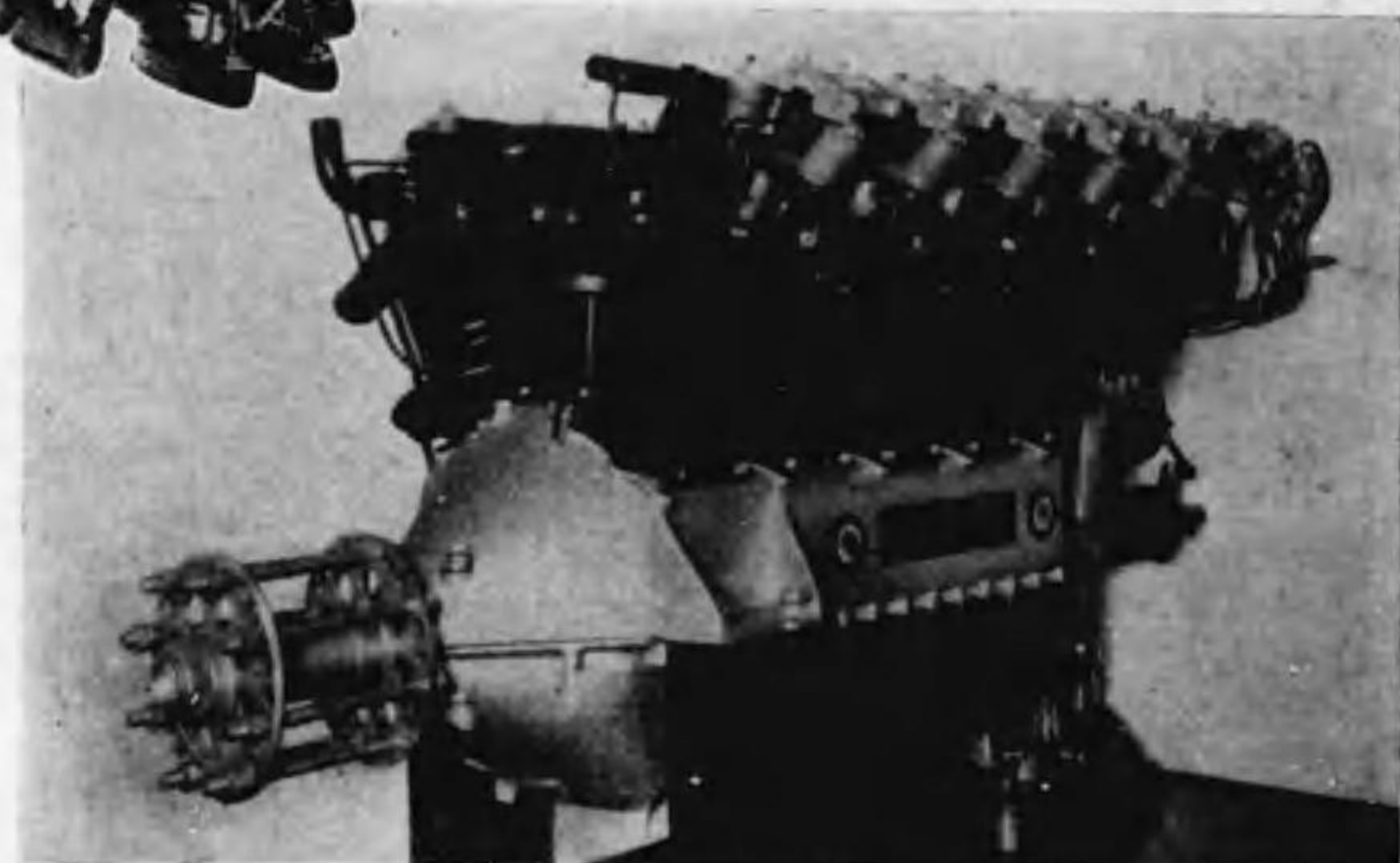
↑ 蒸汽機關車 (現代)

ガソリン發動機

← 飛行機用星型ガソリン發動機

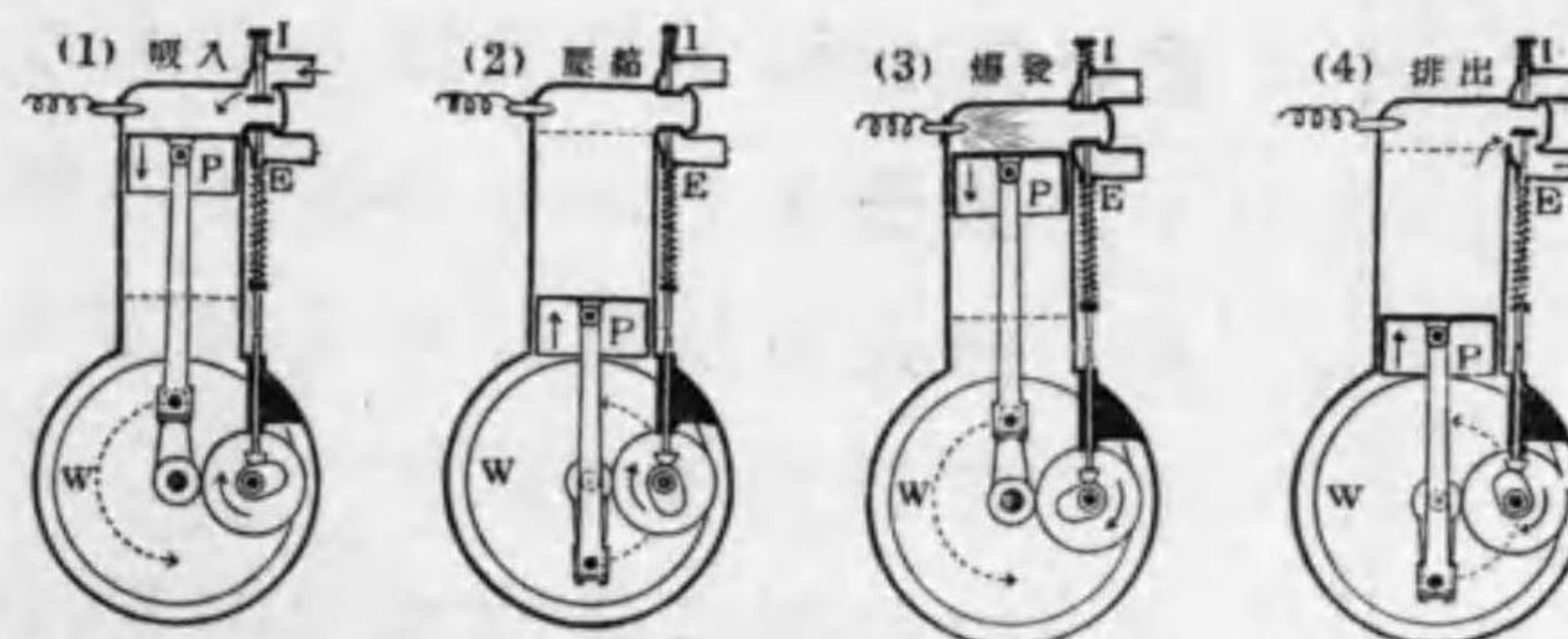


↓ 飛行機用V型ガソリン發動機



↑ 自動車用ガソリン發動機

壓縮する(壓縮行程)。③混合氣體に點火して爆發させると、ピストンが下方に壓される(爆發行程)。④ピストンが再び上方に進んで爆



發生成物を他の瓣から排出する(排出行程)。以上の行程中、第三行程の外はハズミ車の慣性によるものであるから、大きなハズミ車を要する。然し自動車や飛行機のガソリン發動機では、4 箇以上の氣筒を交互にはたらかして、ハズミ車の要らぬやうになつてゐる。

近時、石油發動機を改良して、電氣火花で點火する代りに、氣筒内に空氣を壓縮しその際生ずる高熱を利用し、吸入された重油噴粒を燃焼させるやうにしたディーゼル機關がある。燃料が經濟であるから、船舶その他の動力として廣く用ひられるやうになつた。

第六章 振動及び波動

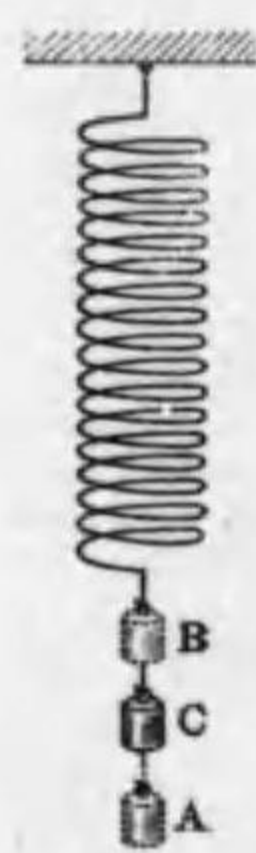
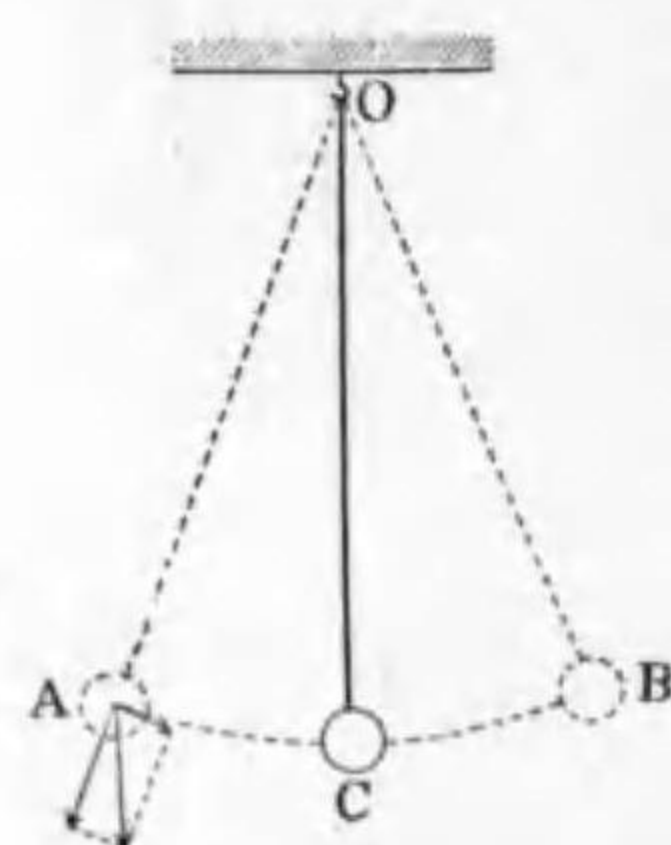
1. 振子

小さくて重い錘を細い糸で吊したものを振子といふ。今、振子の錘を静止の位置Cから側方Aまで引上げて放すと錘は重力の作用によつてA,B間を弧ACBに沿うて振動する。静止の位置から振動の一端までの距離を振幅といひ、振動の一端から他端までを錘が1往復する時間を週期といふ。

振子の週期は、振子の長さの長いほど大であるが、振子の長さに比してその振幅が小さければ振幅には関係しない。これを振子の等時性といふ。

2. 弾性振動・時計

ゼンマイの上端を固定し、下端に錘をかけ、下方に引いて手を放すと、上下に振動する。このやうな振動



を弾性振動といひ、亦等時性を有する。

普通の柱時計では、ゼンマイの弾力で廻轉する齒車の速さを均等にするために、振子の等時性を利用し、又懐中時計では髪ゼンマイを用ひ、その弾性振動の等時性を利用してゐる。

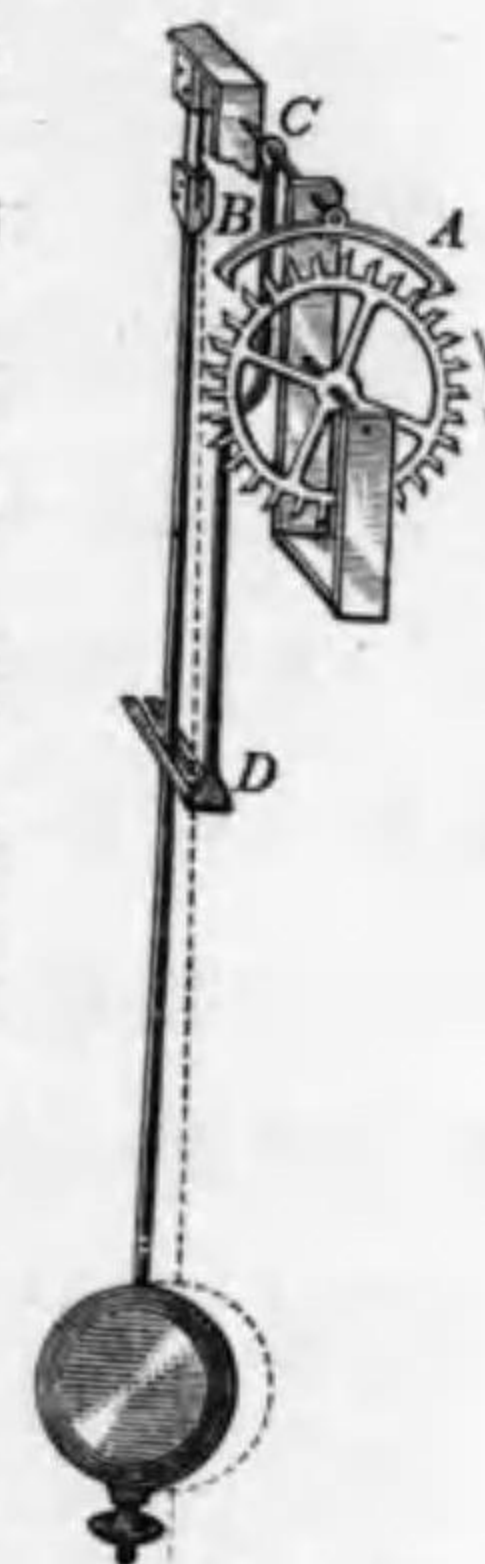


図 懐中時計が遅れる時、調整用の針をFの方へ寄せるのは何故か。

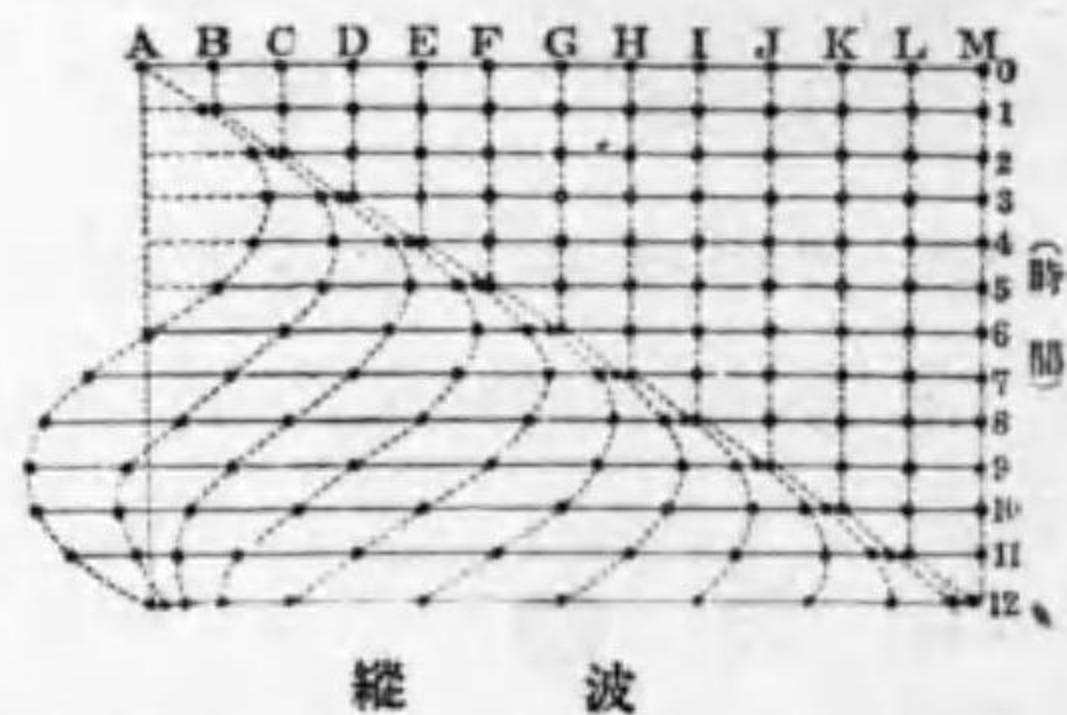
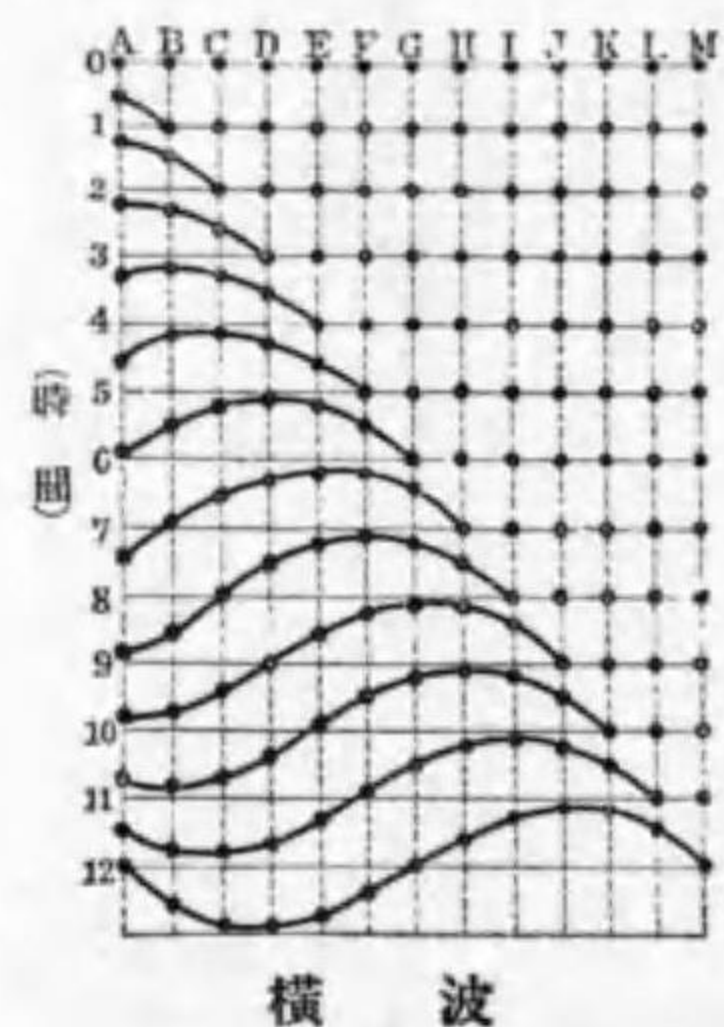
3. 波動

静かな水面に石を投ずると、この點を中心として輪狀の波紋が相踵いで四方に擴がる。この時水面に浮んでゐる木の葉などを見ると、上下には振動するが、波とともに



に進行しない。これは、波が水の進行でなくて、単に波形の進行であることを証明するものである。

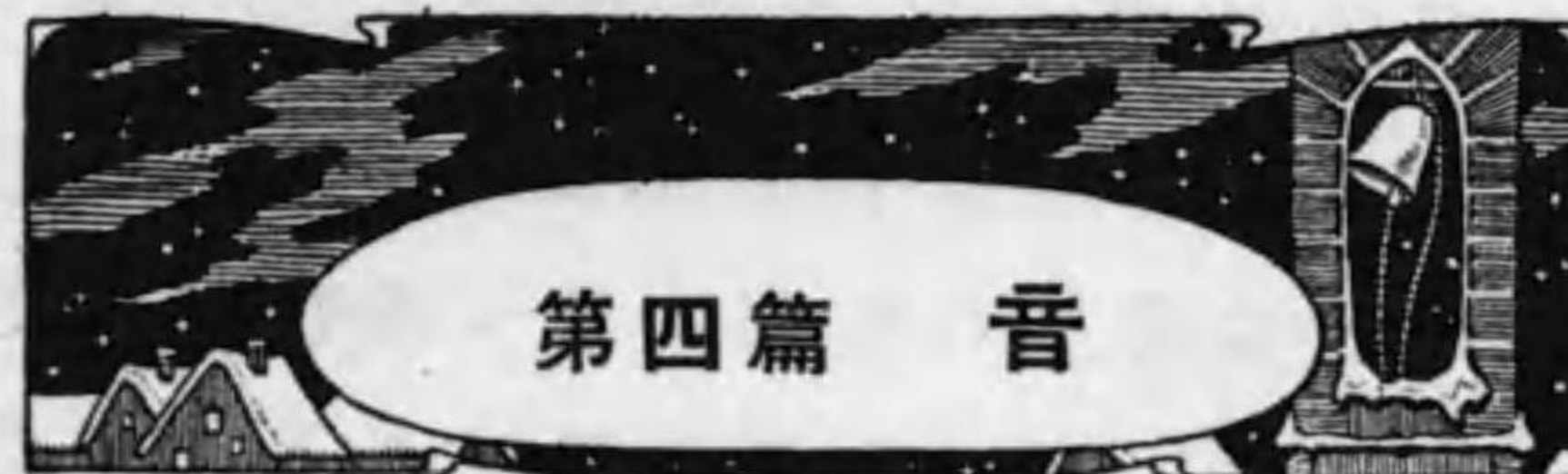
弾性體の一部を急に歪ませると、弾力はこれを舊態に復しようとして振動を生じ、且隣接した部分に歪を與へるので、逐次に振動が傳はる。このやうな現象を一般に波動といひ、振動を傳へる物質を波の媒質といふ。



波動には媒質の各部が、波の進行する方向に垂直に振動するものと、波の進行する方向に振動するものがある。前者を横波又は高低波といひ、後者を縦波又は疎密波といふ。

* すべて波は波源が1振動する時間(1週期)に1波長だけ進行する。故に振動数を n 、波長を λ 、速度を V とすれば

$$1 : n = \lambda : V \quad \therefore V = n\lambda$$



第四篇 音

第一章 音波

1. 音

發音體は皆振動してゐて、その振動を止めると音は忽ち止む。それで音は物體の振動に基づくのを知る。

實驗 1. 音叉を鳴らし、その一端を水に觸れて見よ。又絲に小さな金屬球を吊し、鳴つてゐる音叉に觸れて見よ。

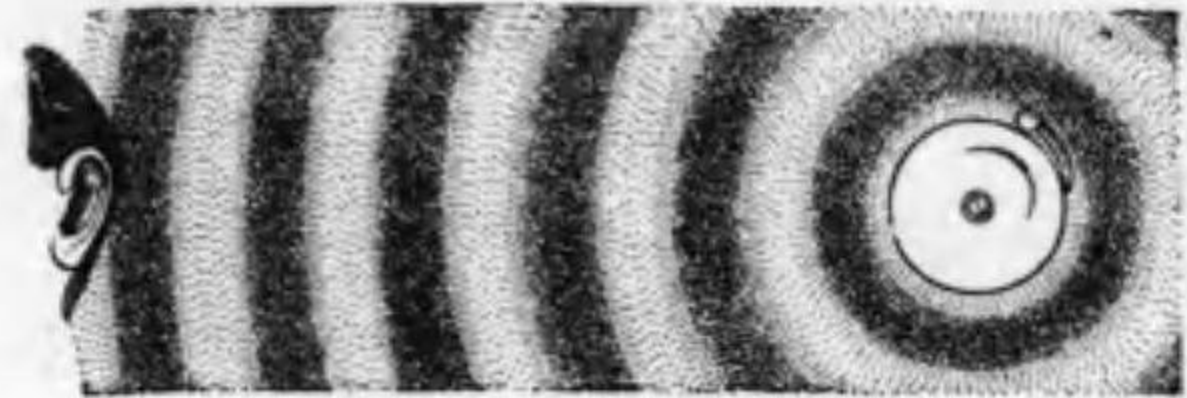
實驗 2. 音叉を鳴らし、次にそれを手で軽くおさへて見よ。音は聞えるか。



吾等の言語は聲帶の振動に基づき、太鼓の音は膜の振動に、琴・三味線・ヴァイオリンなどの音は絃の振動による。

2. 音の傳播

物體が激しく振動すると、これに接してゐる空氣は或は押されて密になり、或は離れて



疎になり、疎密の波が四方に傳はる。これを音波

といふ。音波が耳に達して、その鼓膜を押し或は引く時に、音の感覺を生ずる。通常聞き得る音の振動數は、毎秒約16から40000までである。

實驗 空氣ポンプの硝子鐘内に目覺時計を入れて鳴らして見るに、排氣した場合は良く聞えない。これは何故か。



音は常溫の空氣中を速さ毎秒約340米で



傳はる。音を傳へるものは、空氣ばかりでなく、すべての彈性體は何れも音を傳へる。

3. 音波の反射

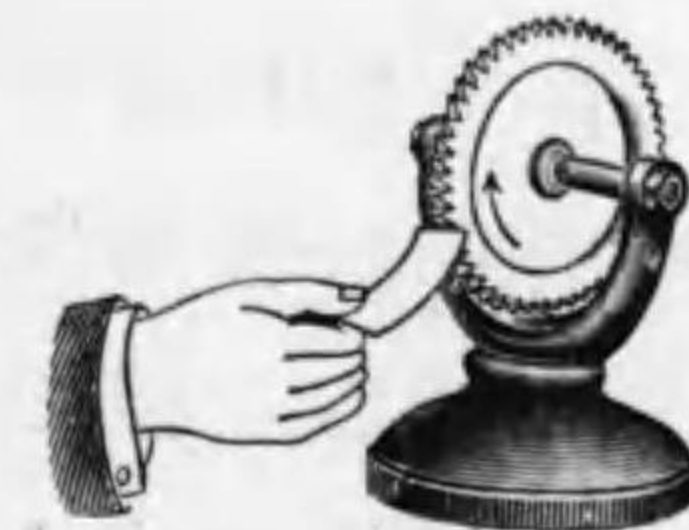
水波が岸にあたれば反射すると同じやうに、隔つた壁や深い井戸の水面などに向つて發聲すると、反射して來る音を聞く。このやうな現象を反



響といふ。堅くて滑かな面は最も良く反響を起す。狭い室内では反響は原の音に合してその強さを助けるが、廣い講堂などでは、遠い壁や天井より來る反響や幾回も反射した後の反響は、原の音と喰ひ違ひを生じ、言語を不明瞭にさせる。

4. 音の高低

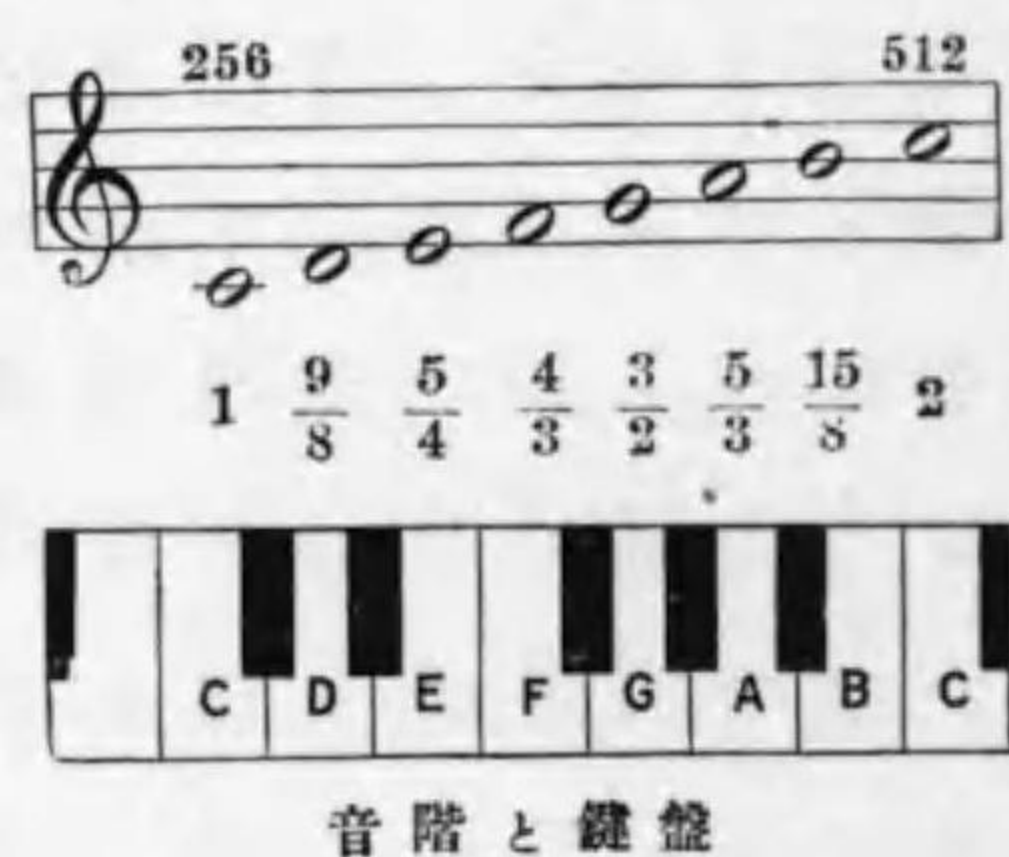
實驗 圖のやうな齒車の縁に名刺を觸れて、齒車を速かに廻せば調子の高い音を發し、緩かに廻せば調子の低い音を發する。



音の高低即ち調子は發音體の振動數による。振動數が大であれば調子は高く、小であ

れば調子は低い。日常の談話に於ては、男の聲帯の振動数は90—140で、女の聲帯の振動数は270—550である。

音楽では或振動数の音とその2倍の振動数を有する音との間に、振動数の異なる六つの音を設けて音階を定める。例へばハ調長音階では、C音の振動数が256で、他の音のは圖に示すやうな比になつてゐる。

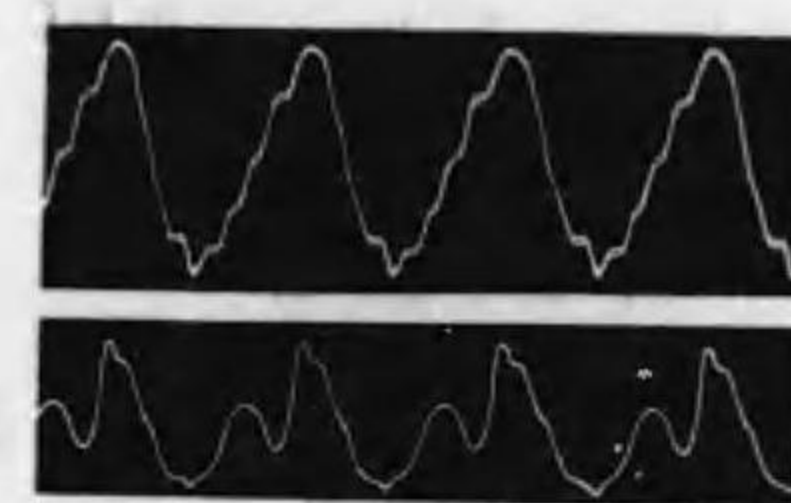


5. 音の強弱

ピアノの各鍵盤をたたくと、夫々定まつた音を發する。そしてこれを強くたたくれば強い音を出し、弱くたたくれば弱い音を出す。一般に音の強弱即ち大小は、發音體の振幅の大小による。鐘の音が次第に弱くなるのは、振動の振幅が小となるからで、又これを遠ざかるに随ひ弱く聞えるのは、音波の振幅が減少するからである。

6. 音色

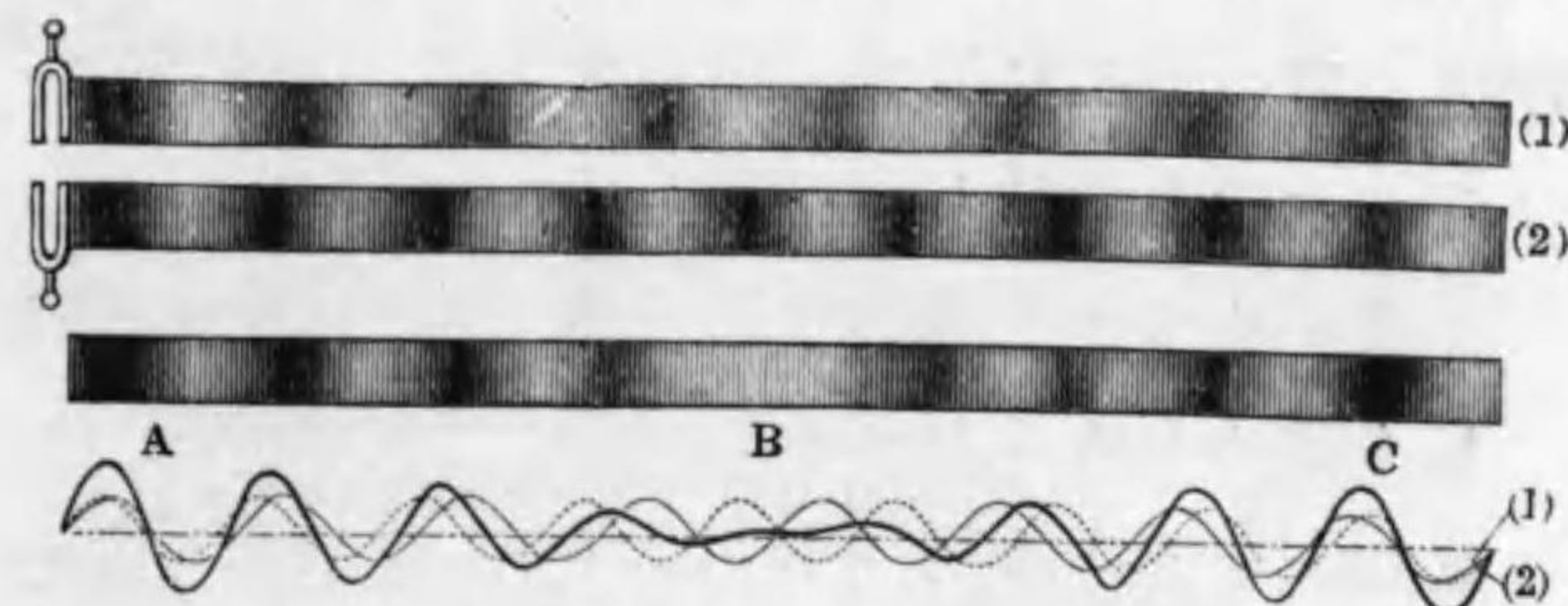
ヴァイオリンと風琴とを同じ強さ、同じ高さに弾いても、なほこれを聞きわけることが出来る。これは發音體が特有の音色を有するためである。音色の相違は發音體から出る音波の波形の相違による。



音波の波形
(上)ヴァイオリン (下)風琴管

7. 唸り

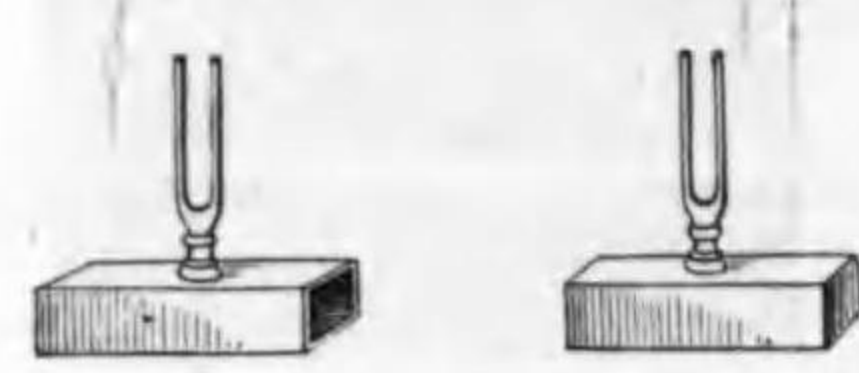
振動数の僅かに異なる二つの音を同時に發すると、或時は強く或時は弱い音を聞く。



これを唸りといふ。これは二つの音波の疎密が重り合ふ部分と、疎密が互に打消し合ふ部分とが生ずるために起る現象で、1秒間の唸りの数は二音波の振動数の差に等しい。

8. 共鳴

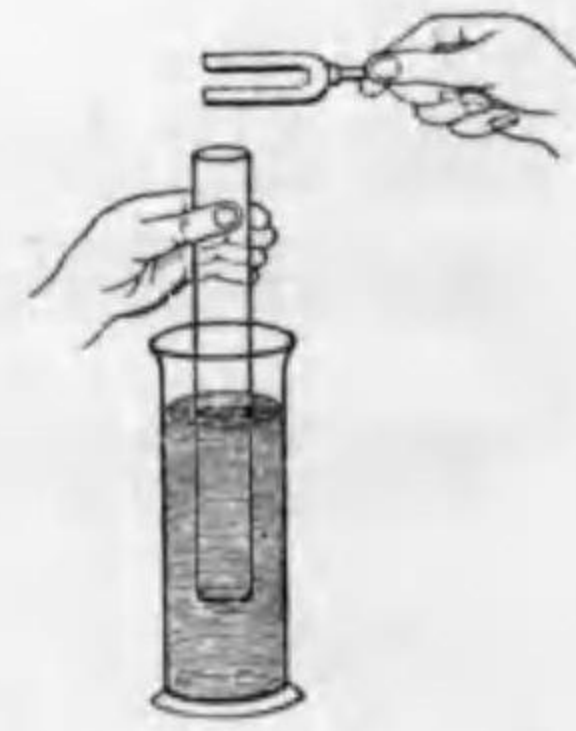
振動数の相等しい甲乙二箇の音叉を机上に並べ、その一方甲を鳴らすと、暫くして他方



乙も鳴り出す。これは甲から發する疎密波が、空氣を傳はり同一週期

を以て乙にあたり、乙は初め振幅微小であるが、次第に増大して、遂に發音するに至るのである。かく發音體が、自己の振動數と等しい振動數を有する音波を受けて、自ら鳴り出す現象を共鳴といふ。

實驗 圖のやうな装置で、硝子管内の水位を加減しつゝ、管口で音叉を鳴らすと、或所で音は著しく強くなる。これは管内の空氣柱が音叉と共鳴するによる。

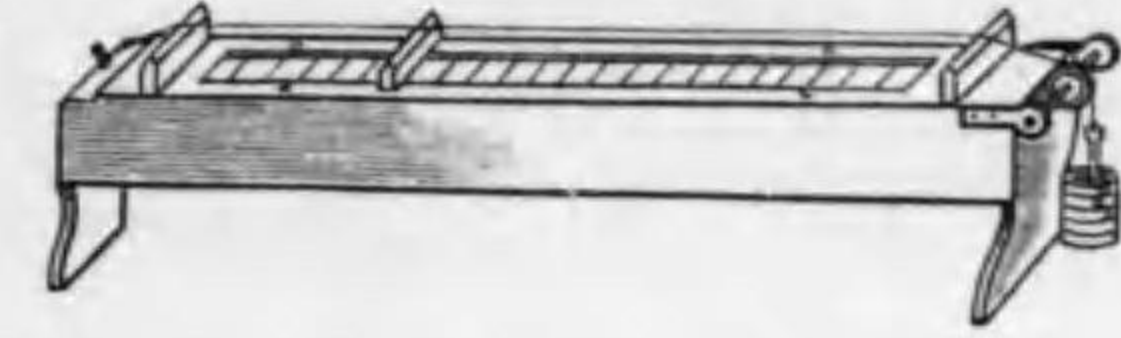


音叉の取附けてある木製の箱、琴・ヴァイオリン・マンドリンなどの胴は、皆その内部にある空氣が共鳴するのを利用して、音を強大ならしめるものである。

第二章 樂器

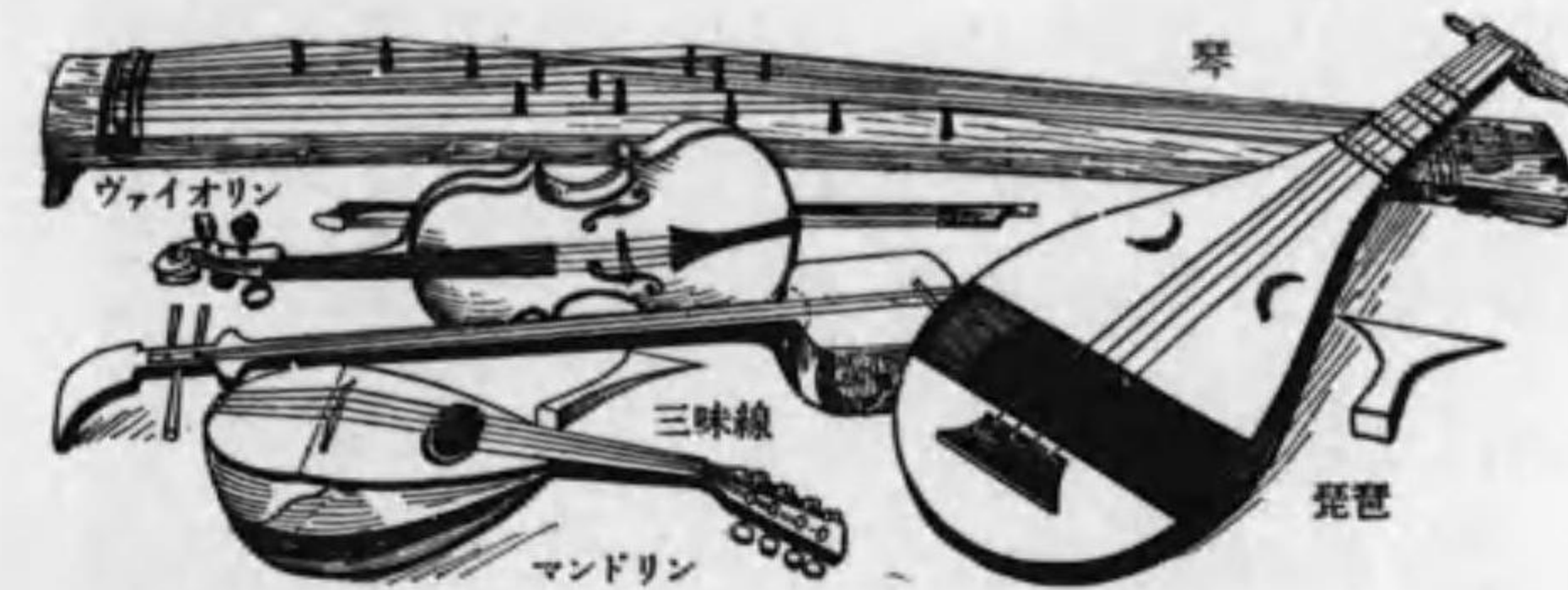
1. 絃樂器

實驗 1. 圖のやうな一絃琴の絃の長さを種々に變へて弾いてみよ。調子はどう變はるか。



實驗 2. 絃の一端に分銅を吊し、その張りを種々に變へて弾いてみよ。調子はどう變はるか。

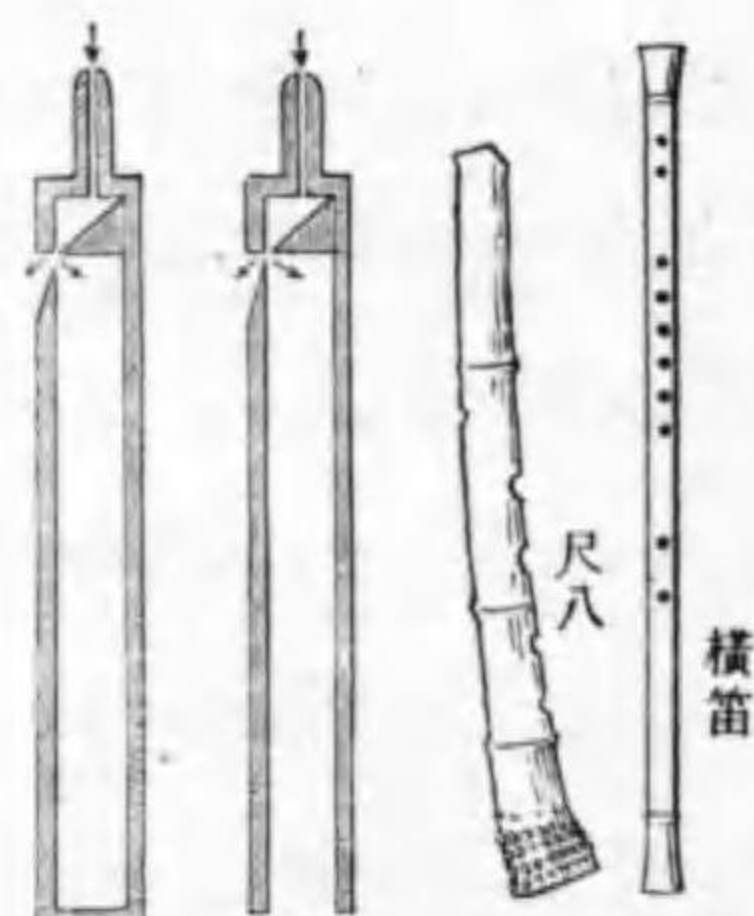
絃の調子はその單位の長さの質量及び張る強さによつて變はる。細い絃を短くして強く張るほど、調子は高い。琴・三味線・ヴァイオリン・マンドリンなどは、絃の長さや張る強さ



を種々に變へて弾き、ピアノでは、太さ及び長さの異なる多數の鋼製の絃が並べて引張られてあるのを鍵盤を叩いて弾く。

2. 風琴管

横笛・尺八などを吹くと音を發するのは、その管内の空氣が振動するからである。すべて管内の空氣は、その長さに應じて一定の振動數を有するもので、それと等しい振動數の音波を受けると共鳴して強く鳴り出す。



風琴管や笛などは、吹込む氣流の衝きあたる所の振動に、管内の空氣が共鳴して音を發するのである。この時共鳴する空氣柱の長さが短いほど振動數は

多い。随つて調子は高い。笛を吹く時、指で孔を開閉するのは、空氣柱の長さを變へて種種の調子の音を出させるのである。

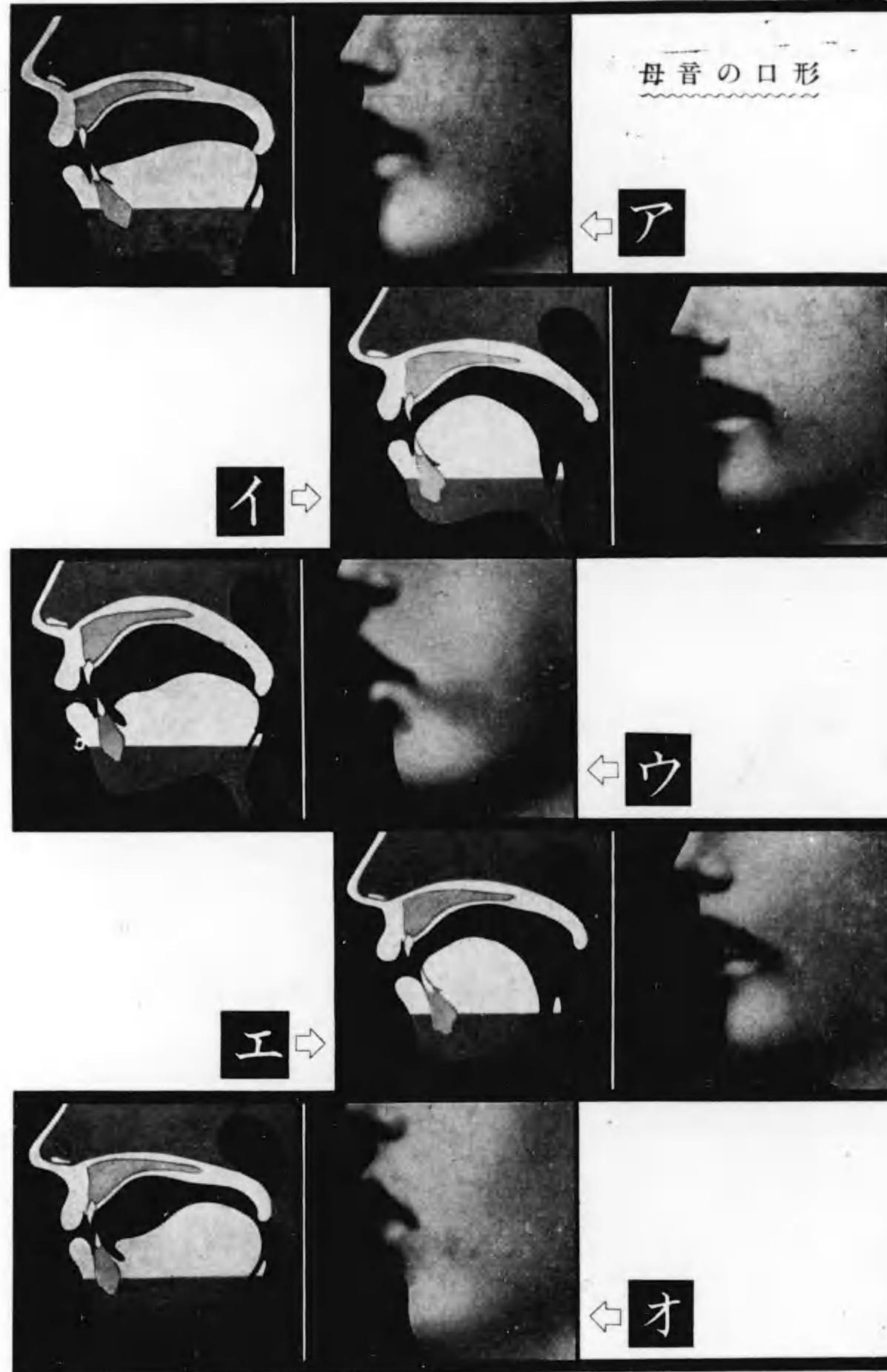
3. 板膜などの振動による樂器

板の一端又は兩端を固定したものや、膜を振動させると音を發する。オルガン・ハーモニカ・クラリネットの舌や、シロフォン鼓などはこれに屬する。

ピアノ



母音の口形



← ア

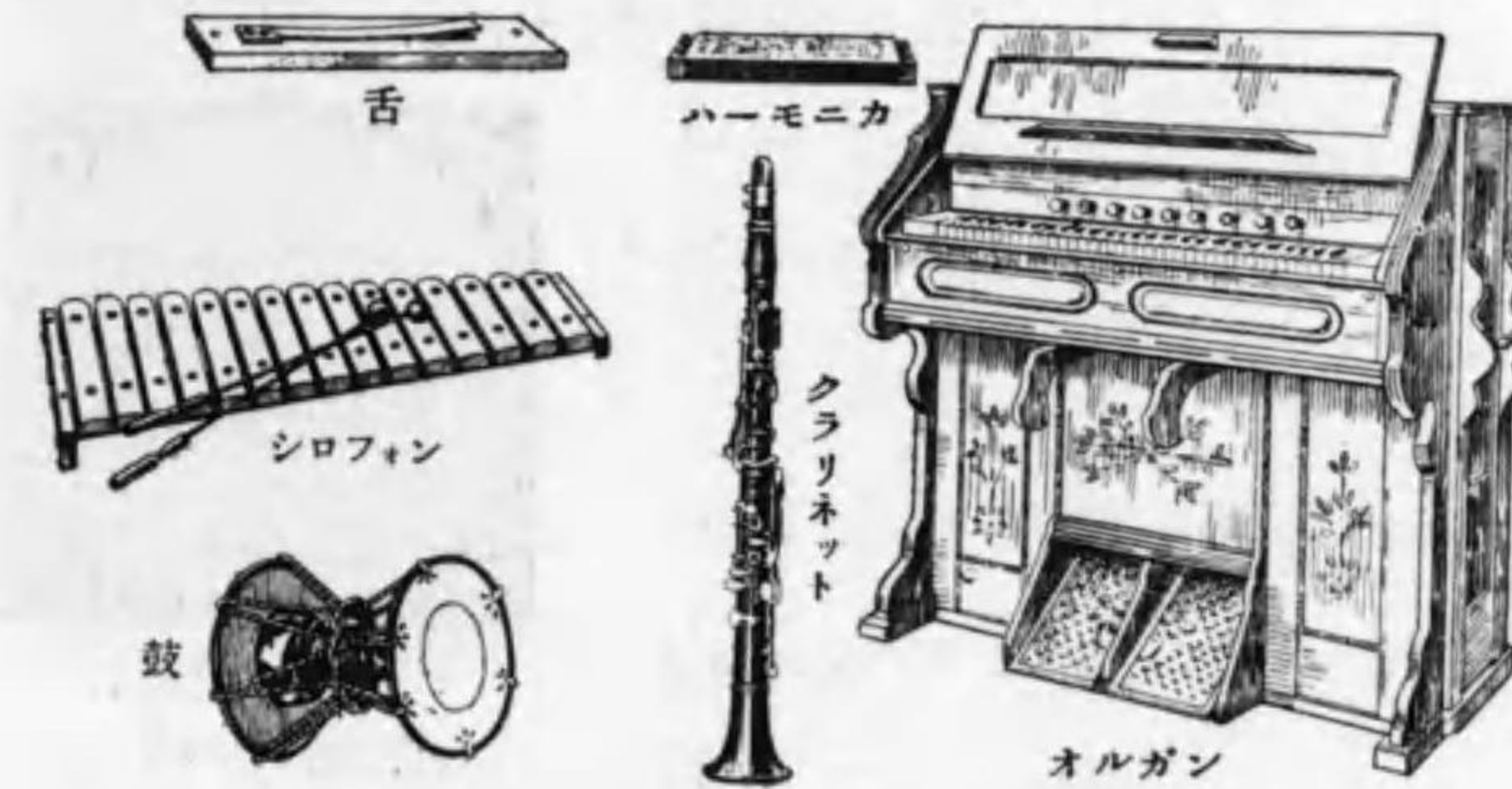
イ →

← ウ

エ →

← オ

舌や板の振動数は、その質によつて異なるが、同質のものでは厚くて短いほど多い。



人の音聲は喉頭部にある聲帯と稱する膜の振動による。その強弱は呼氣の強さにより、調子は聲帯の長短及び厚さとそれを引張る強さとによる。又種



4. 蓄音機

蓄音機は種々の音をレコードに波形として記録し、後これを再現させる装置である。音を再現させるには、レコードの上に軽く

振動板の針を觸れ、ゼンマイ仕掛又は電気仕

掛によつてレコードを廻轉

するのである。さうすると

針はレコ

ードの溝

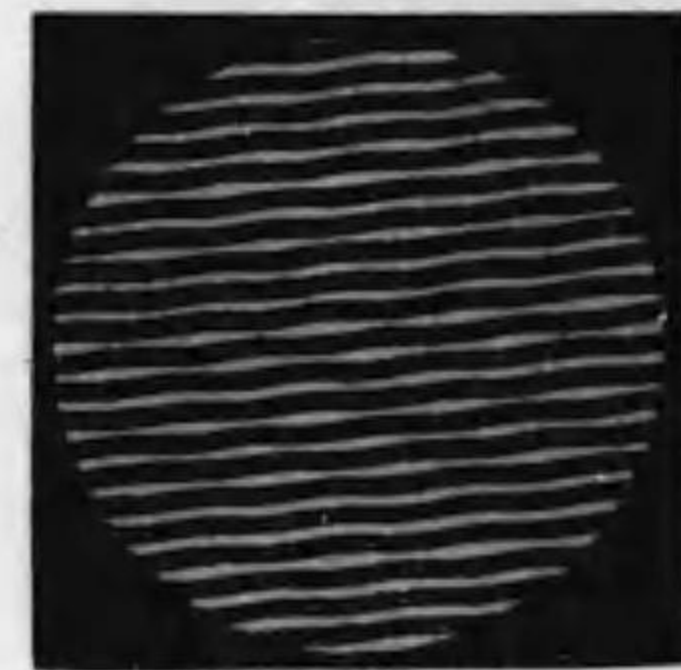
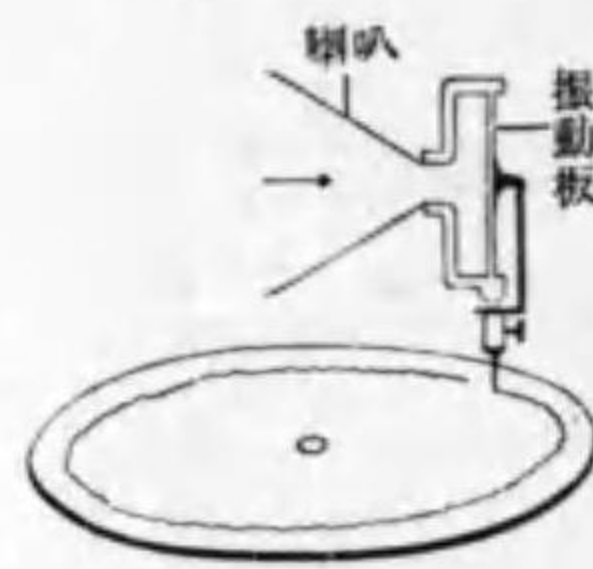
に沿うて

左右に振動する。ところが

この溝は、音波を吹込んだ時

の振動の波形と同様であるから、振動板は吹込んだ音波と同じ振動をなして音を再現するのである。

蓄音機を速く廻はすのと遅く廻はすのとでは、音の調子はどう變はるか。



レコードに記録された波形の廓大



第五篇 光

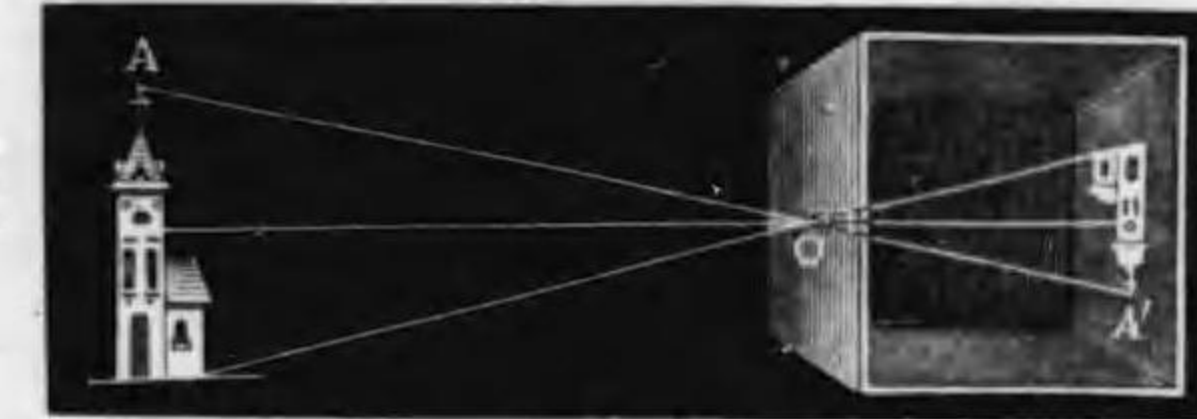
第一章 光線

1. 光の直進

吾等が物體を見ることの出来るのは、それから来る光が眼に入つて視覺を起すからである。太陽や電燈などのやうに自ら光を發する物體を發光體といひ、月や地上の諸物體のやうに、他の光に照されて始めて見える物を暗體といふ。

光が組織の一樣な透明體內を通る時は、一

直線に進む。これは、探照燈や燈臺から出る光の徑や小孔から映



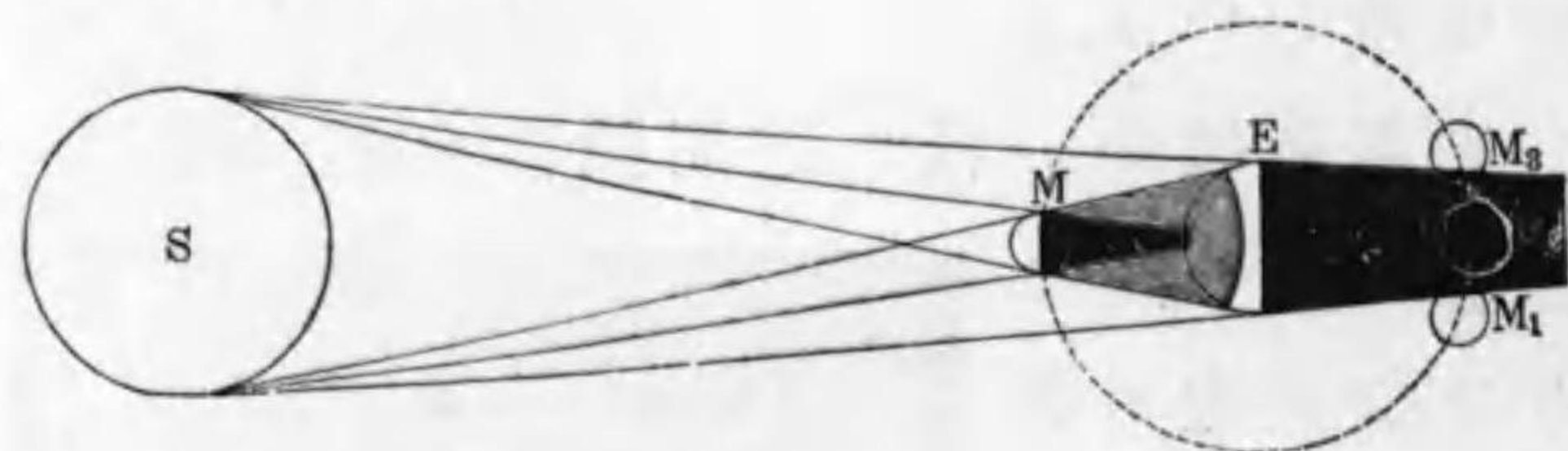
光の直進を示す實驗

る戶外の景色が倒さになることなどからわかる。光の進路と光とを併せて光線といふ。

2. 影

光は直進するから、光の通路に不透明體を置けば、その後ろに光線の達しない部分が出る。これを影といふ。

光源が小さい時は影は一樣に暗いが、光源が大きい時は、影の中央は全く光が達しない**本影**で、その周圍に光源の一部からは光を受け他部からは光を受けない**半影**が出る。日食及び月食は、太陽からの光を月又は地球が遮る時に起る現象である。

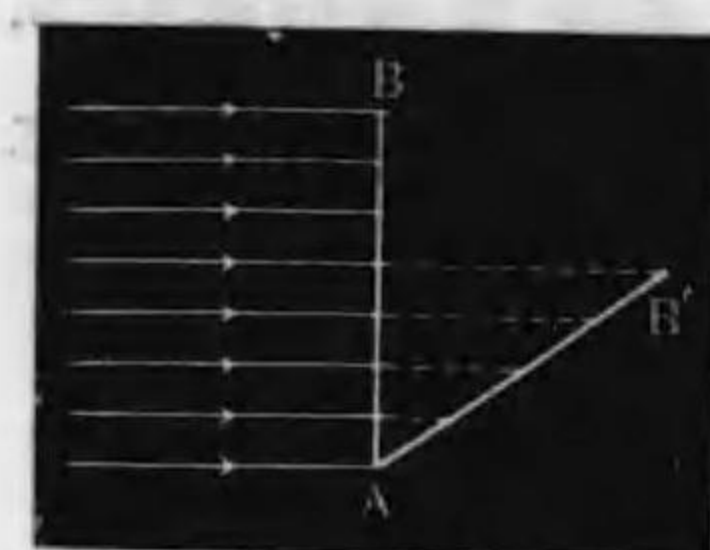
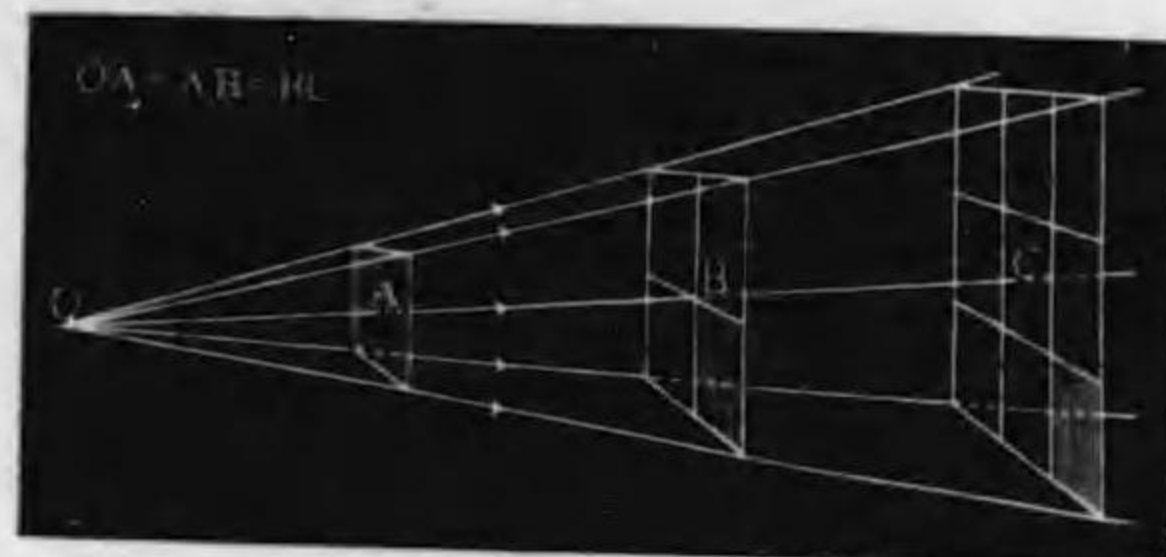


3. 光の速さ

真空又は大氣中に於ける光の速さは毎秒約3億米(3×10^{10} 呎)で、熱が輻射して傳播する速さもこれと全く同一である。

4. 照度

一表面の單位面積が單位時間に受ける光の量を、その面の照度といふ。照される面の明るさは、その表面の粗滑・色などによつて異なるが、同一状態の諸面の明るさは、その照度による。一般に一つ



の光源から来る光で照される面の照度は、光源からの距離の自乗に反比例し、その距離が一定である時は、その面が光線に垂直な時に最大で、平行な時に最小である。

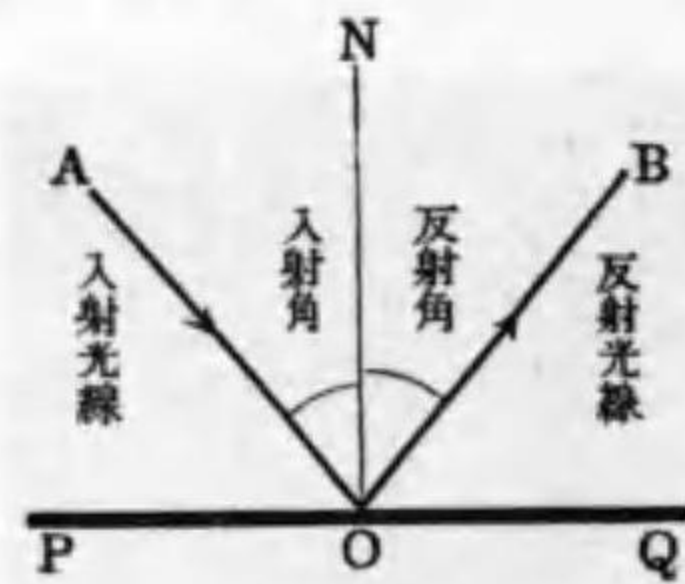
5. 光度

光源の強弱を比較するには、光源より單位距離に於て光線に垂直な平面の照度を用ひ、これをその光度といふ。我國では光度の單位に標準ペンタン燈の光度の $\frac{1}{10}$ を用ひ、これを1燭といふ。

第二章 光の反射

1. 反射の法則

鏡のやうな滑かな面に光があたると、光はそのあたつた點即ち入射點で、その方向を變へて進む。これを光の反射といふ。實驗の結果によれば

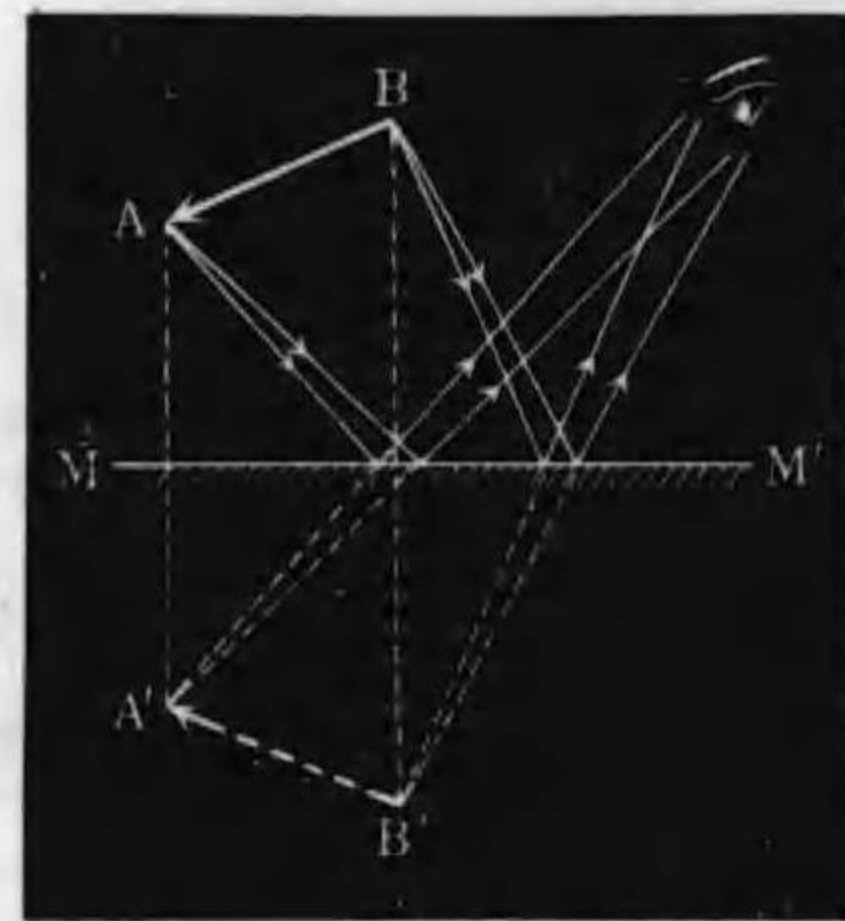


(1) 入射光線と反射光線とは、入射點で反射面に立てた垂線と同一平面内にあり、且垂線の兩側にある。

(2) 反射角は入射角に等しい。
これを反射の法則といふ。

2. 平面鏡

平面鏡の前に物體を置けば、鏡の後ろに像を生ずる。今、物體の一點Aから出た二光線が圖に示すやうに反射するとすれば、この反射光線



を受ける眼は、それ等を延長した時の交點A'にAがあるやうに認める。A'は鏡に關してAと對稱の位置にある。他の諸點も全くこれと同様の關係があるから、平面鏡によつて生ずる像



蘆ノ湖に映る倒富士

は、大いさ實物に等しく、鏡に關して實物と對稱の位置に生ずる。

問 直立した姿見の前に立つて自己の全身を見ることの出来る鏡の最小の大いさを求めよ。

3. 亂反射

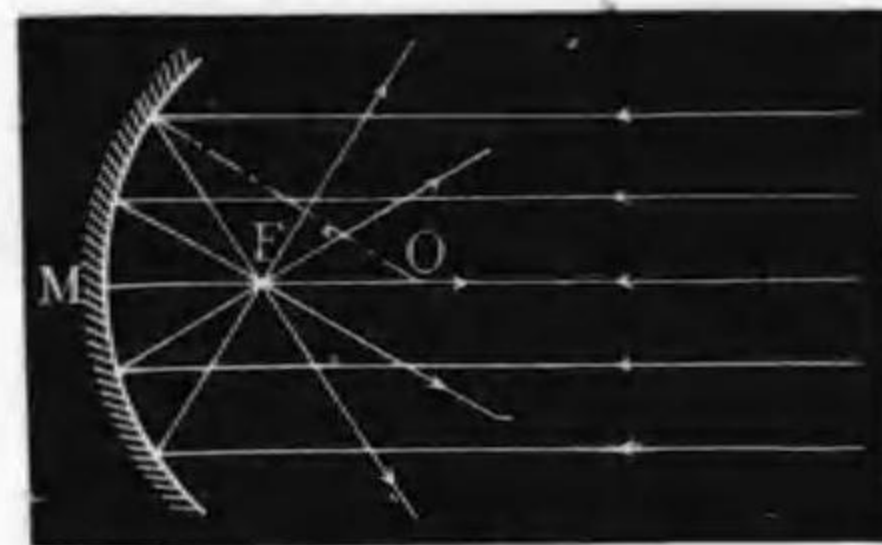
平行な光線が鏡のやうに滑かな面にあたる時は、各光線は反射の法則に従ひ、一定の方向にのみ反射するが、多くの物體の表面は微細な凹凸があるから、これにあたる光線は種々な



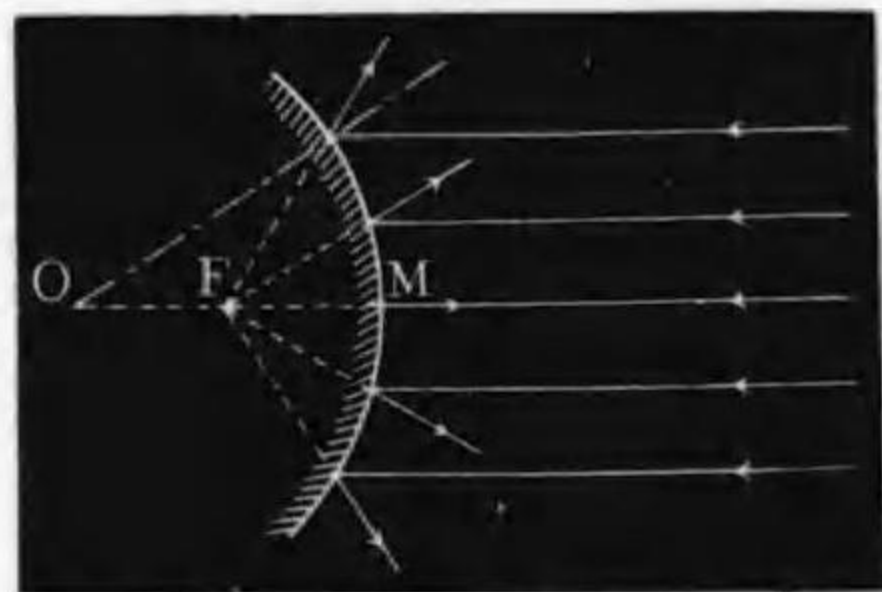
方向に反射する。このやうな現象を亂反射といひ、亂反射をなした光を散光といふ。普通の物體が何れの方からも見られるのは、他の光を受けて散光を發するからである。

4. 球面鏡

球面の一部を反射面とする鏡を球面鏡といふ。これに凹面鏡と凸面鏡とがある。鏡面の中心と球の中心とを結ぶ直線を鏡軸といふ。鏡軸に平行な光線が凹面鏡にあつると、反射後悉く軸上の一定點に集交する。この點を凹面鏡の焦點といひ、焦點と鏡面の中心との距離をその焦點距離といふ。

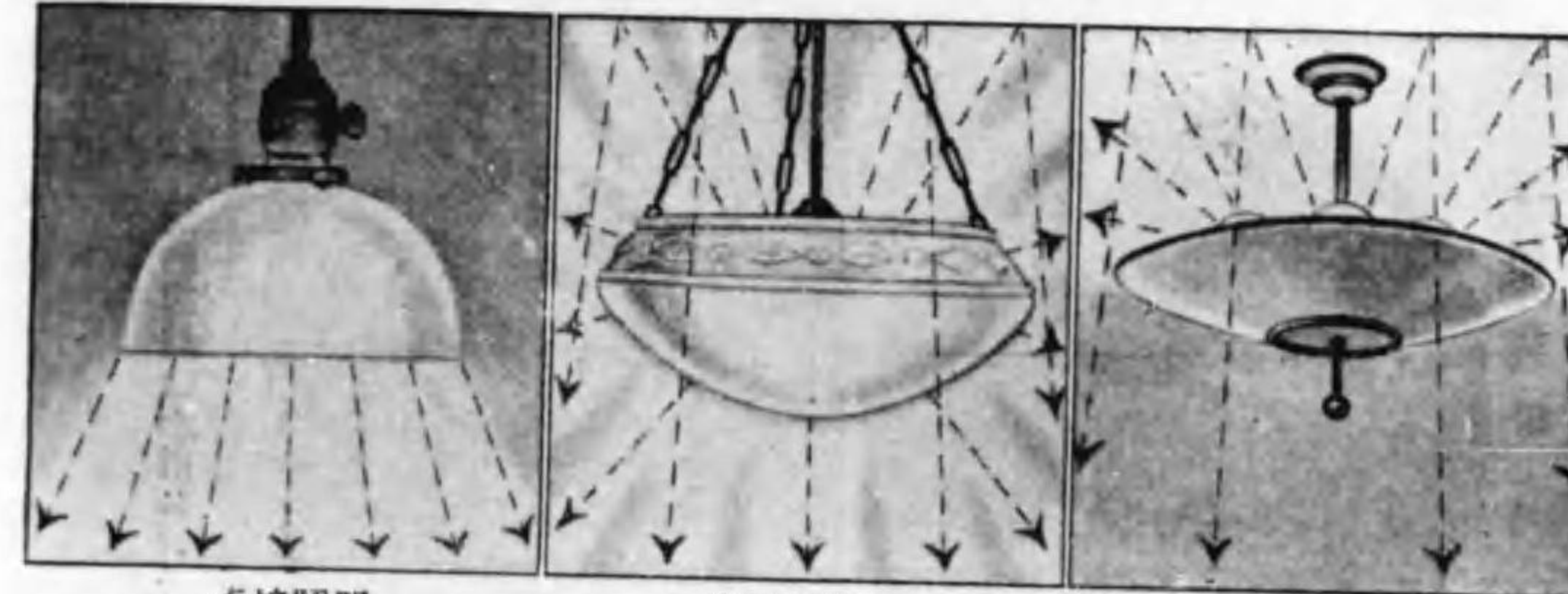


鏡軸に平行な光線が凸面鏡にあつると、反射後悉く鏡の後ろにある軸上の一定點から出るやうな方向に發散する。この點を凸面鏡の虚焦點といふ。



光源の位置による表情の變化 (左は正面から、右は左下から照す)

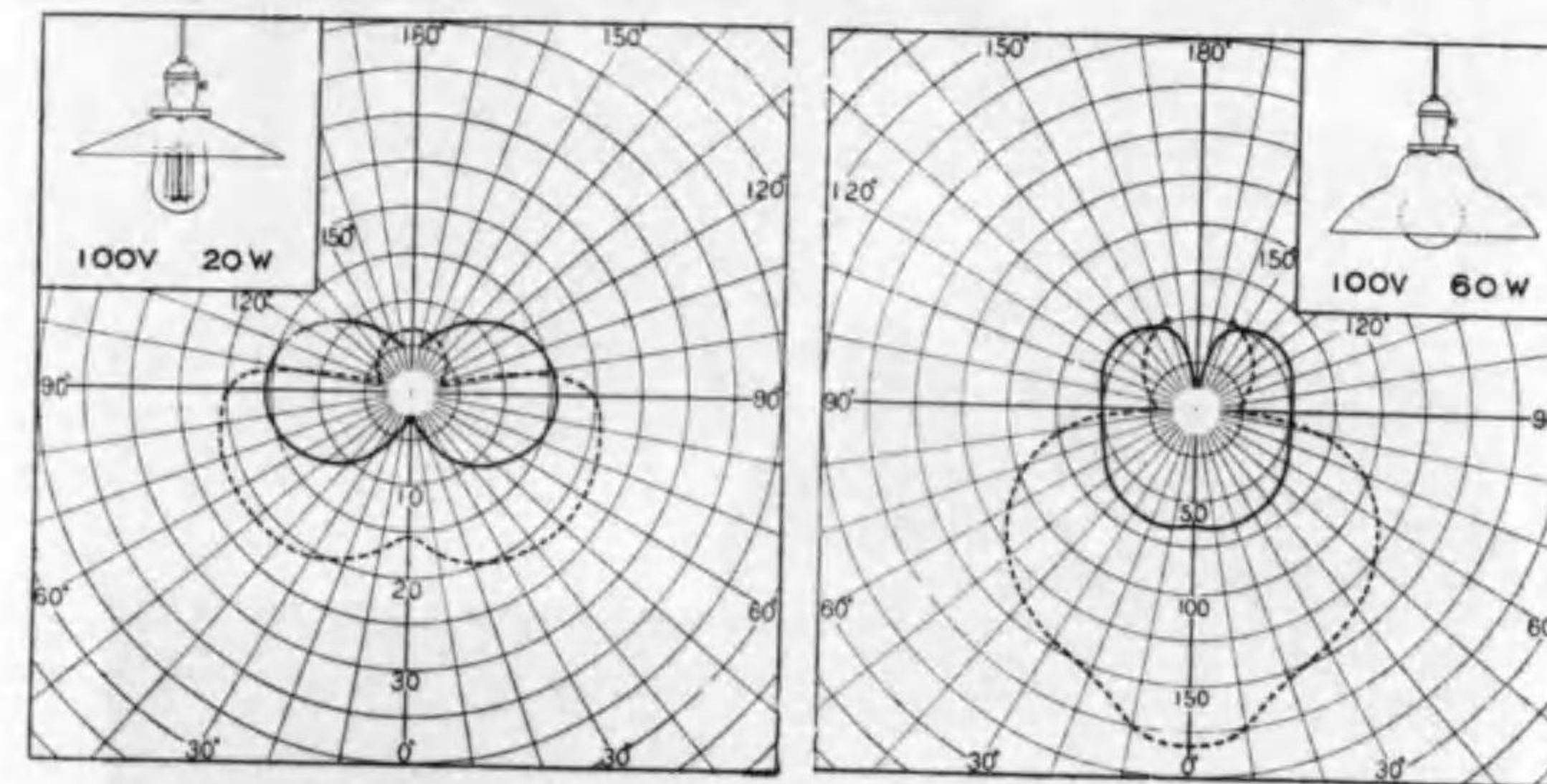
照明に関する事柄



直接照明

半間接照明

間接照明



電燈の配光曲線 (點線は尖々圖のやうな笠を附けた場合)

(左) 真空電球

(右) 内面艶消ガス入電球



光源の位置による表情の變化 (左は正面から、右は左下から照す)

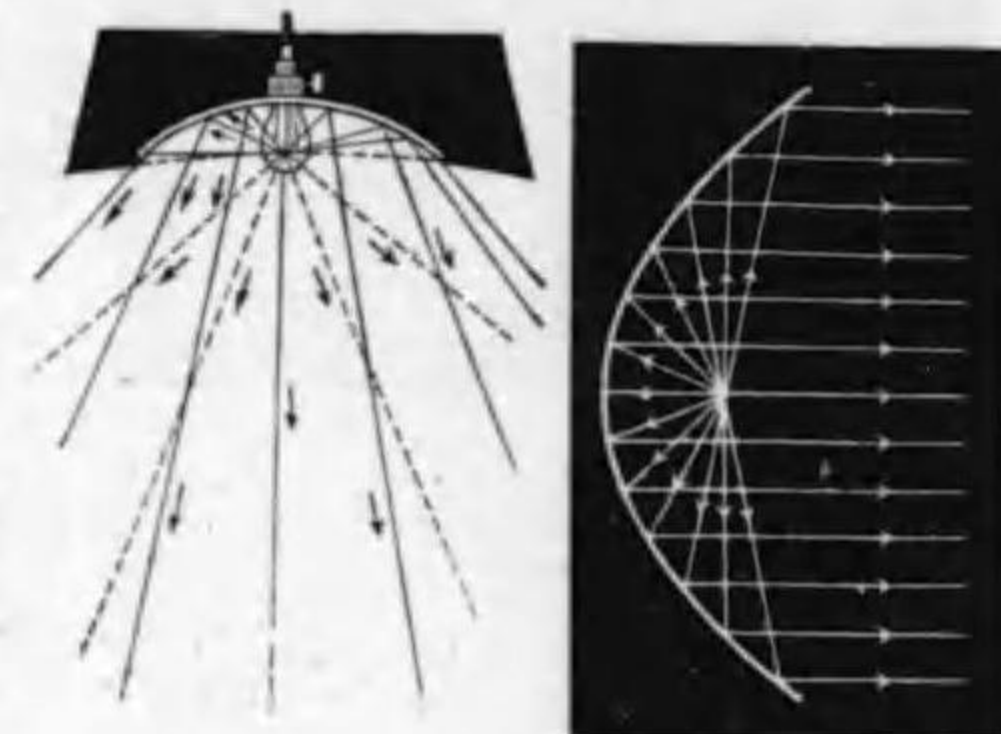


5. 反射鏡

凹面鏡の焦點に光源を置けば、鏡面にあつて反射した光線は軸に平行して進み、遠方に行つても照らす面積が變はらないから、その強さが弱らない。それで凹面鏡は反射鏡として



用ひられる。拋物線鏡と稱する一種の凹面鏡は反射鏡として一層有効である。電燈やランプの笠、探照

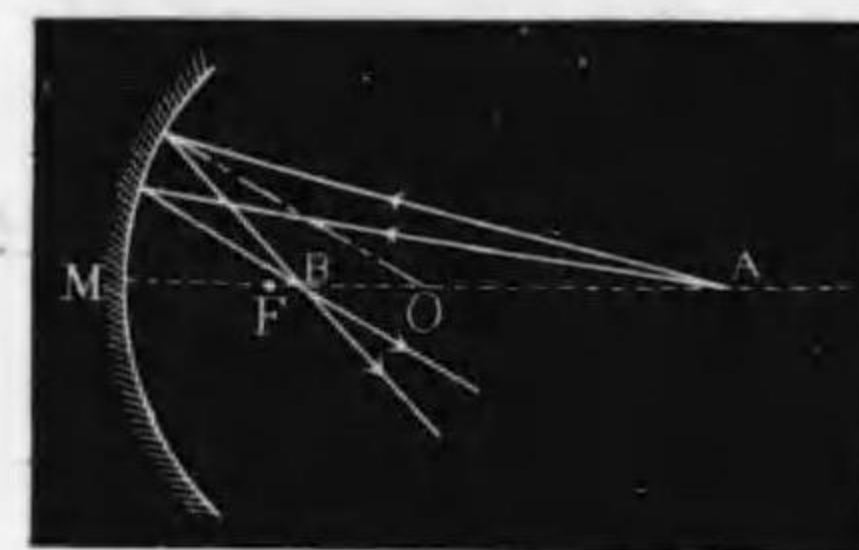


電燈の笠と拋物線鏡との反射

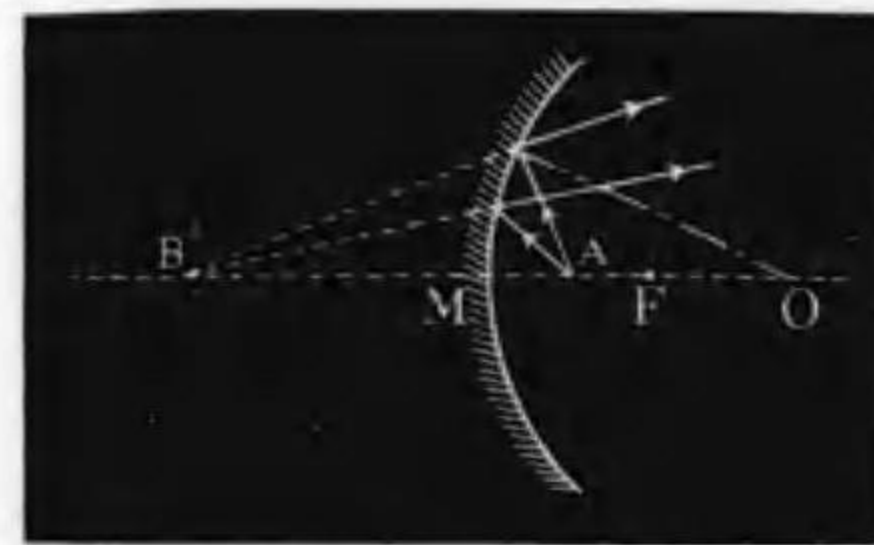
燈の反射鏡、顯微鏡の照返しなどには凹面鏡がよく用ひられる。

6. 球面鏡の作る像

凹面鏡の鏡軸上、焦點より外方に光點 A を置くと、これから發して鏡面にあたる光線は、反射後、鏡軸上の一 點 B に集りそこに像を作る。



この像は光が実際そこに集つて生ずるのであるから、その位置に衝立を立てると、その上に像が映る。このやうな像を**実像**といひ、実像に對して平面鏡に生ずる像のやうに、鏡の中に見える像を**虚像**といふ。



光點 A が軸上、焦點と鏡との間にあり、反射光線は發散して鏡の後ろに虚像 B' を作る*。

凹面鏡の軸外に光點がある場合には、光點と球の中心とを結ぶ直線上に、上に準じて像を作る。従つて鏡の前に發光體を置けば、その各點の像が集つて一つの像を作る。



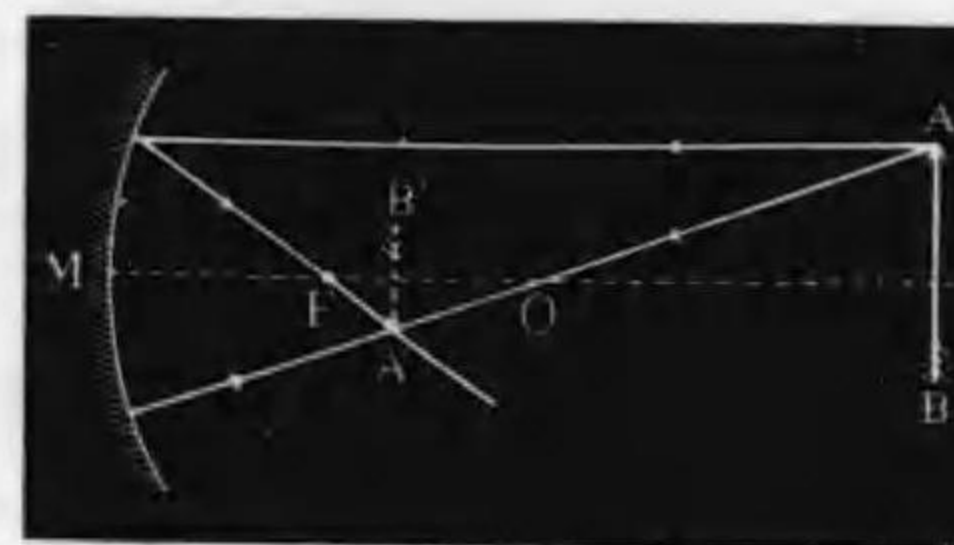
凹面鏡によつて生ずる物體の像の位置は、次の規則から作圖によつて求められる。

* 凹面鏡の中心 M より光點 A、像 B に至る距離を夫々 a, b とし、焦點距離を f とすれば、次の式が成立つ。

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad (\text{但し虚像を生ずる時は } b \text{ を負とする})$$

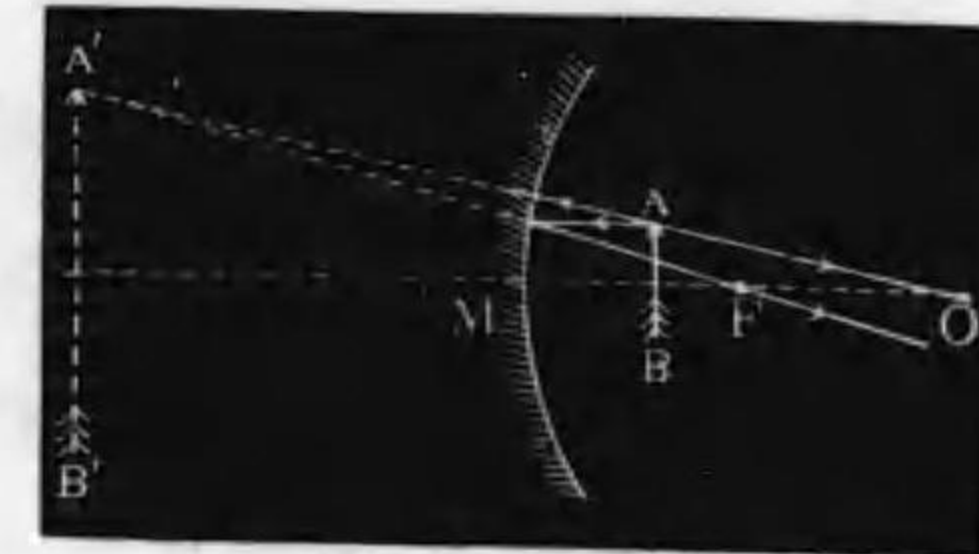
- (1) 軸に平行な光線は、反射後焦點を通る。
- (2) 球の中心を通る光線は、反射後同一の直線を逆に進む。

それで物體が(1)球心より外にあれば、球心

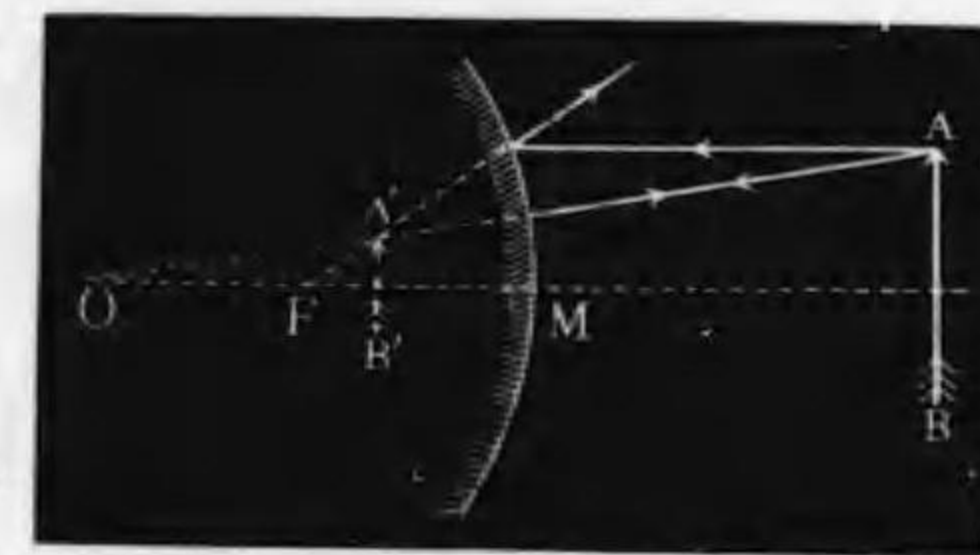


と焦點との間に倒立した小さな実像を生じ、(2)球心と焦點との間にあれば、球心より

外に倒立した大きな実像を生じ、(3)焦點より内にあれば、鏡の後ろに正立した大きな虚像を生ずる。



凸面鏡の作る像は常に實物よりも小さい虚像で、平面鏡の場合よりも鏡に接近し、その後ろに正立して現はれる。像の位置・大いさは凹面鏡の場合に準じ、作圖で求められる*。

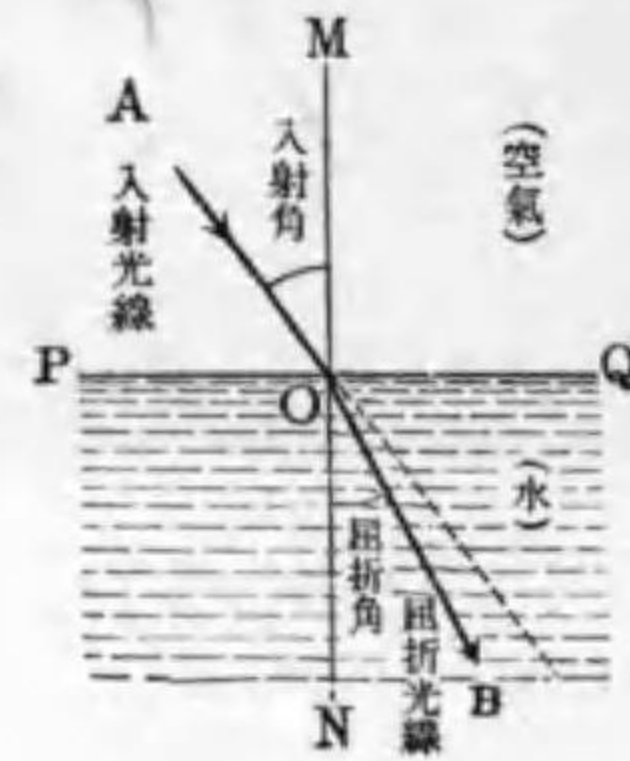


* 凸面鏡の場合に $-\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$

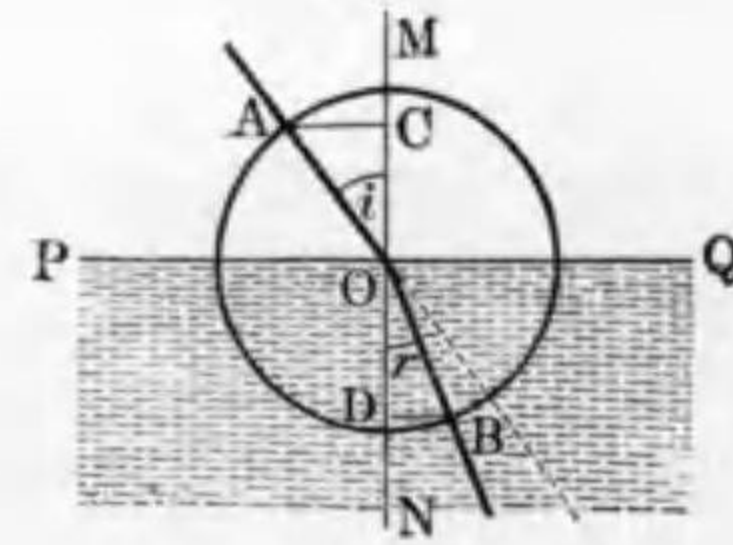
第三章 光の屈折

1. 屈折の法則

光が斜めに空気中から水中又は硝子中などに入る場合には、一部は表面で反射し、他部は屈折して内部に進む。実験の結果によれば



(1) 入射光線と屈折光線とは、入射点でその面に立てた垂線と同一平面内にあり、且垂線の両側にある。



(2) 入射点 O を中心として任意の半径の圓を畫き、入射光線及び屈折光線との交点を A, B とすれば、A, B から垂線 MN に下した垂線 AC, BD の長さの比は、入射角の大小に關はず一定である。

これを 屈折の法則 といひ、AC:BD の値を乙物質(水)の甲物質(空気)に對する 屈折率 といふ。

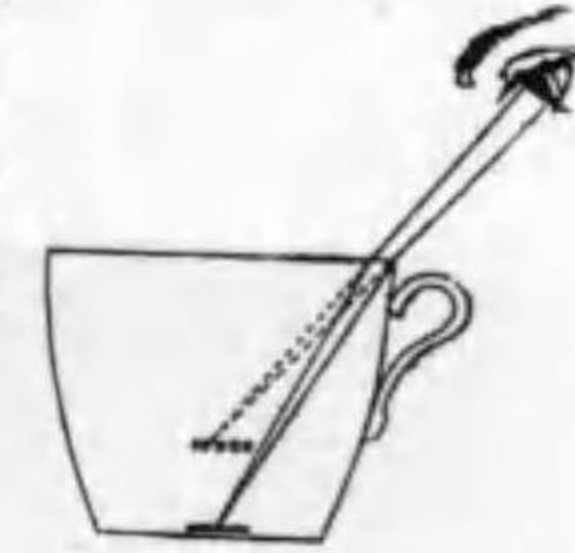
屈折率は物質の種類によつて、その値を異

にする。右の表は眞空に對する諸物質の屈折率である。通常これを單に屈折率といふ。

水	1.33
アルコール	1.35
クラウン硝子	1.52
フリント硝子	1.52-1.65
金剛石	2.42

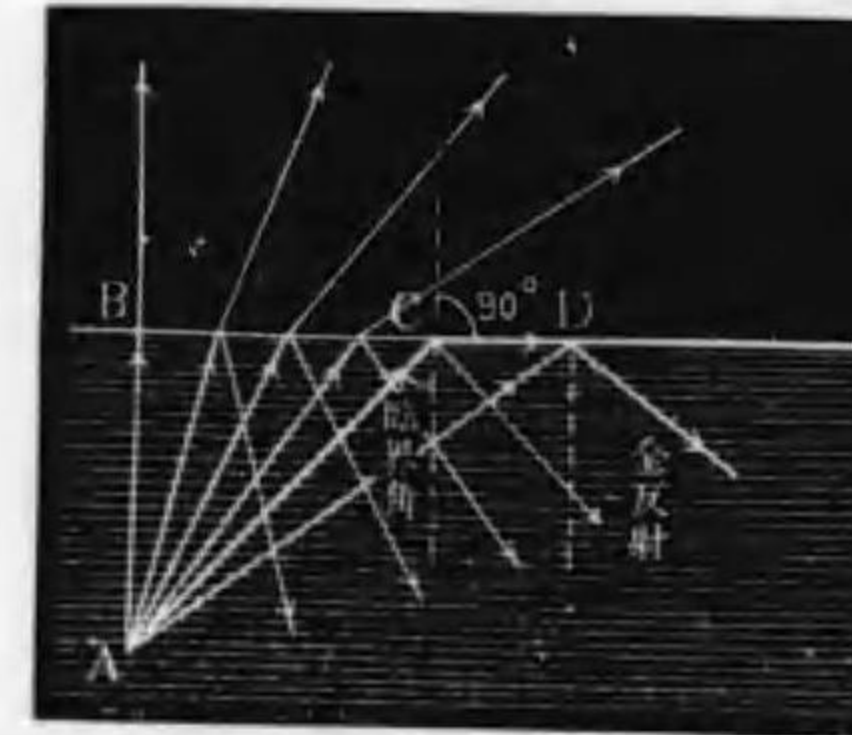
河底が實際よりも浅く見え、水中に立つ棒が水面で折れて見えるのは、皆光の屈折によつて起る現象である。

實驗 茶碗の底に銅貨を入れ、縁で丁度見えないやうにし、これに水を注ぐと銅貨は見えるやうになる。この理由を考へよ。



2. 全反射

光が水中から空気中に入るやうな場合には、屈折角は入射角よりも大であるから、入射角が或値に達すると屈折角は 90° となり、入射角が更に増す時は、光は空気中に屈折することなく、境界面で全部反射する。この現象を 全反射 といふ。屈折角が 90°



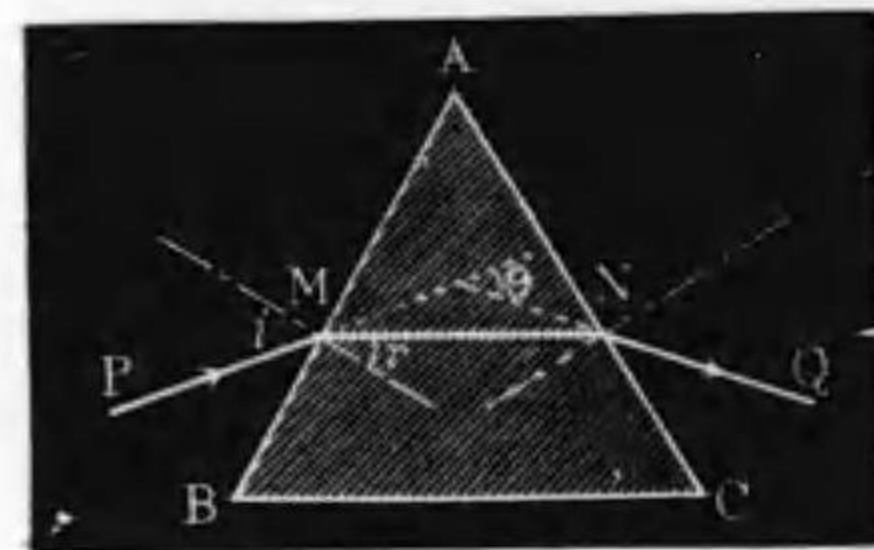
になる時の入射角を臨界面角といふ。水と空気に於ては臨界面角は約48°で、硝子と空気に於ては約42°である。

實驗 水中に入れた空の試験管は銀色に輝いて見える。管内に水を入れるとどうなるか。(何故か)



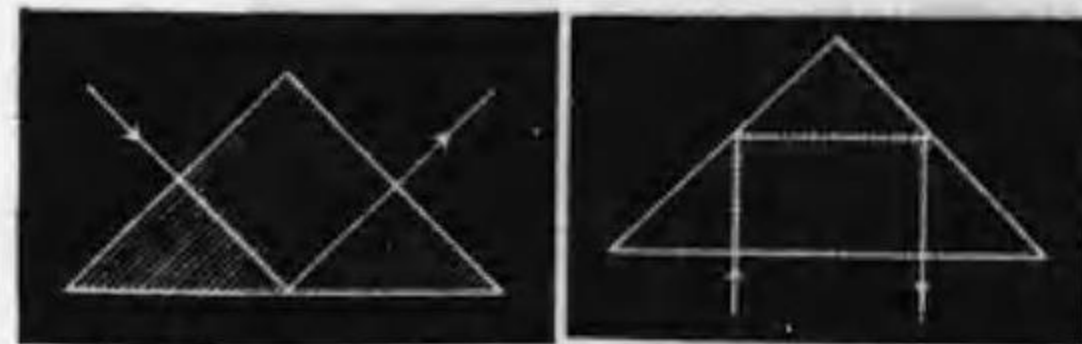
3. プリズム

二側面が相交はる二平面になつてゐる透明體をプリズム(三角プリズム)といひ、この二平面のなす角をプリズムの角といふ。



圖のやうにプリズムの一側面に入射する光線は、その厚い方に屈折して内部に入り、他の側面に達し、こゝで再び屈折して外に出る。

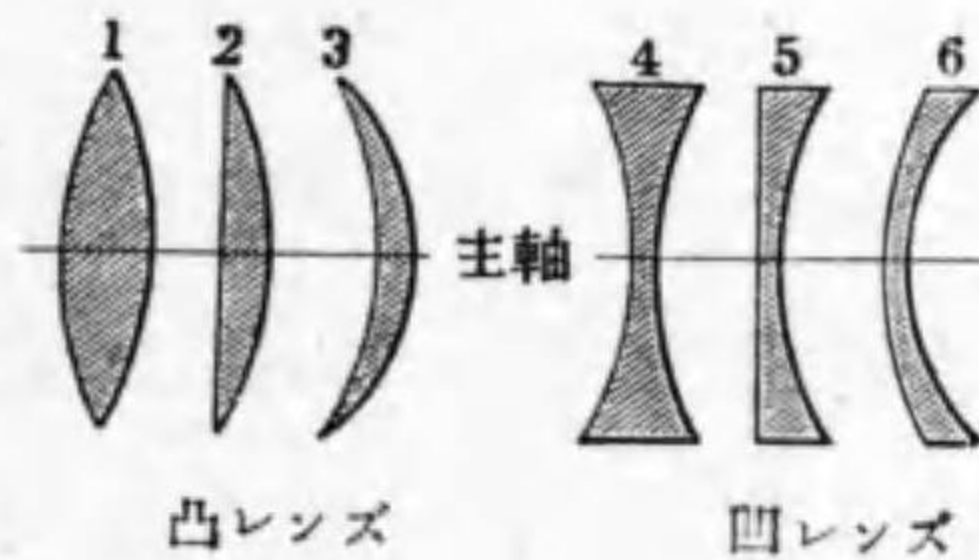
プリズムの断面が直角二等邊三角形をなすものを直角プリズムといふ。直角プリズムの一つの面に垂直に入射した光線は、1回又は2回の全反射をなして、その方向を90°又は180°變へる。



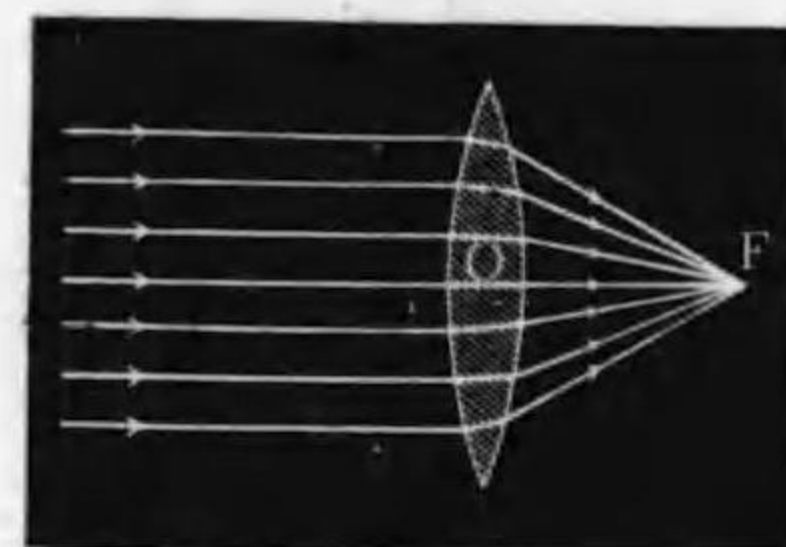
4. レンズ

二つの球面、或は一つの球面と一つの平面とで限られた透明體をレンズといふ。レンズの中心を通る直線をその軸といひ、球面の中心を通る軸を主軸といふ。

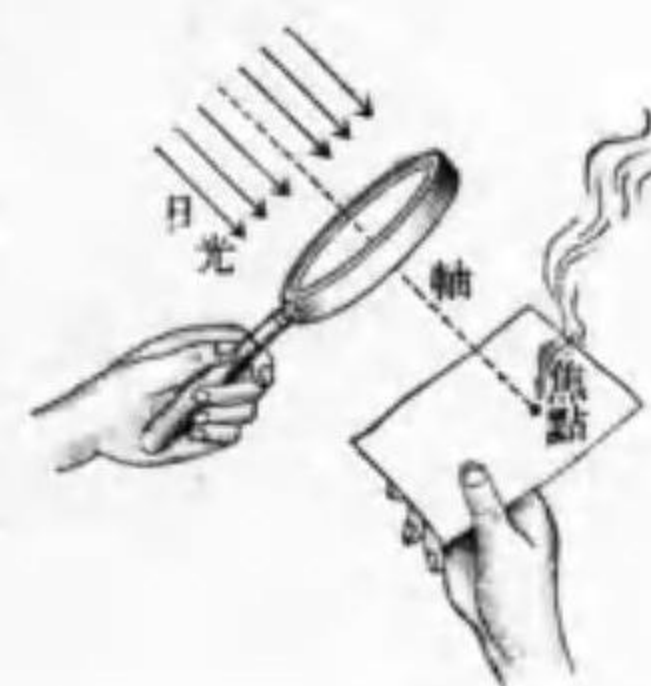
レンズには圖のやうに、中央部の厚い凸レンズと中央部の薄い凹レンズとがある。



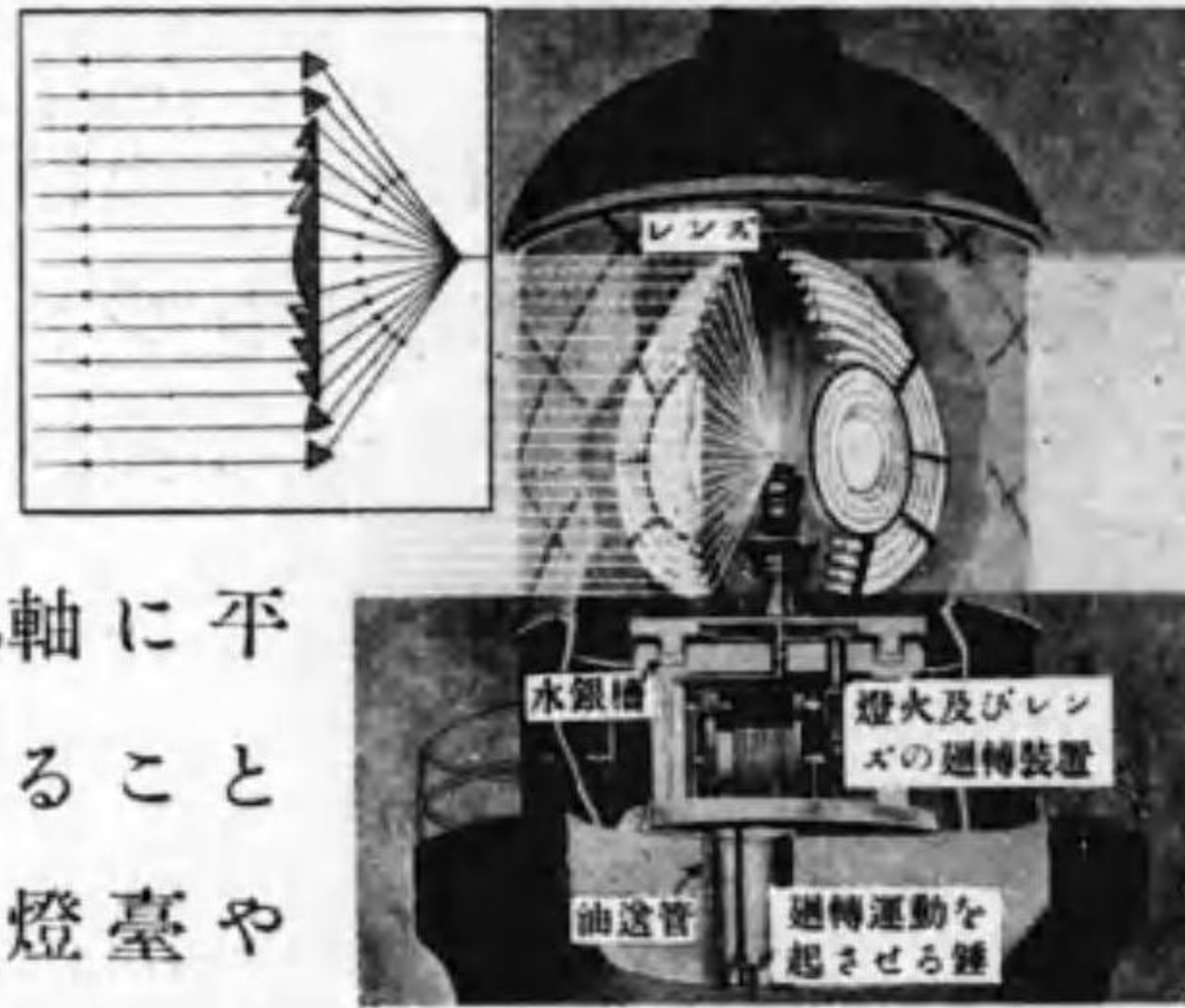
凸レンズにその主軸に平行な光線をあてると、光はレンズを通過した後、軸上の一定點に集交する。この點をレンズの焦點といひ、焦點とレンズの中心との距離をその焦點距離といふ。



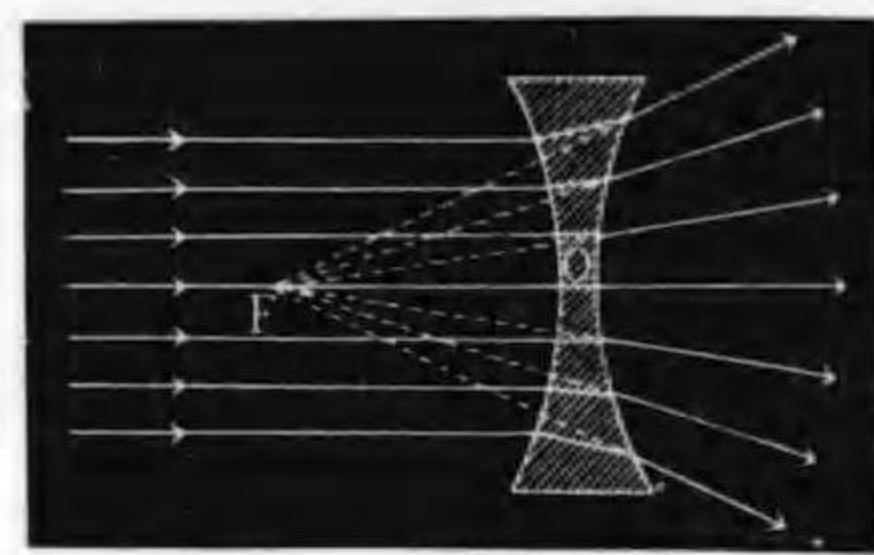
實驗 日光の方向に凸レンズの主軸を向け、その反對の側に黒い紙を置き、焦點が紙上に來るやうにすると、そこが燃え出す。これから焦點距離を求めよ。



反対に凸レンズの焦点に光源を置くと、それから出る光はレンズを通過した後、軸に平行に進むから弱ることが少い。それで燈臺や探照燈などでは、強い光源の前に凸レンズを用ひて、遠方を照す。



燈臺



凹レンズにその主軸に平行な光線をあてると、光はレンズを通過した後、あたかも軸上の一定点から發した光のやうな方向に發散する。この点を凹レンズの虚焦点といひ、この点から凹レンズの中心までの距離をその焦点距離といふ。

5. レンズの作る像

凸レンズの焦点より外方に物体を置けば、レンズの反対の側に倒立した實像を生じ、そ

の大きさは物体がレンズに近いほど大きい。又物体を焦点内に

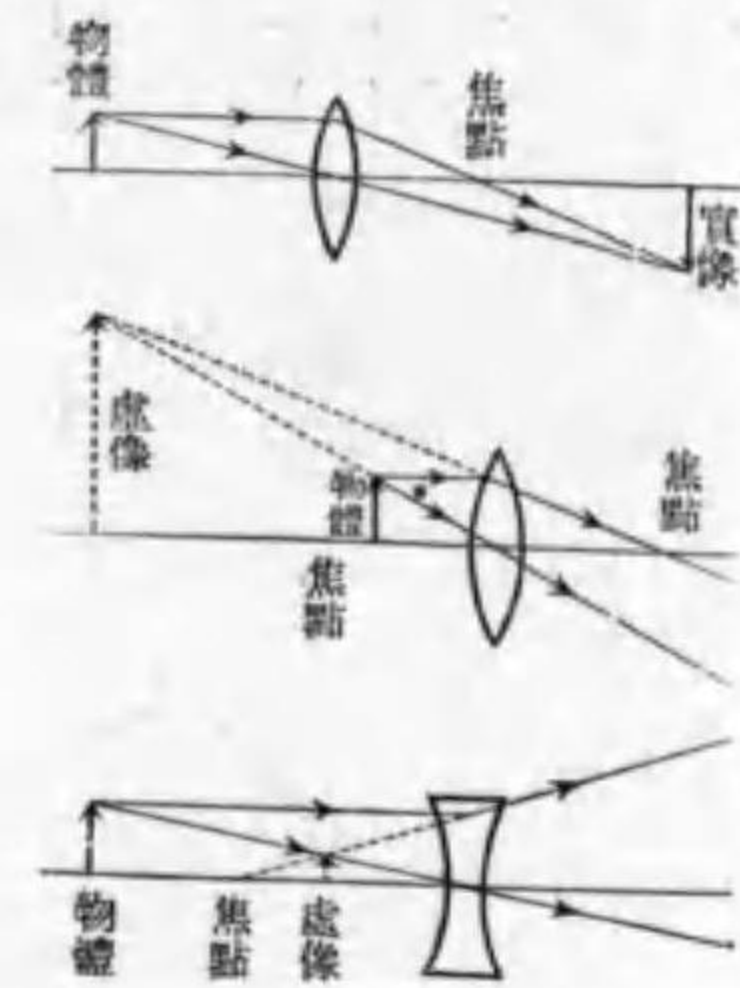


置けば、物体と同じ側に直立した大きな虚像を生ずる。又凹レンズは物体の位置にかゝらず實像を作らない。たゞこれを通して見る時、レンズに近く正立する小さな虚像を認めるだけである。

レンズの作る像の大きさ・位置は、物体とレンズとの距離によつて異なるが、次の規則から作圖によつて求められる。

(1) 主軸に平行な光線は屈折後、焦点を通る。

(2) レンズの中心を通る光線はその方向を變へない。



* レンズの中心より物体及び像に至る距離を夫々 a, b とし、焦点距離を f とすれば、次の式が成立つ。

凸レンズでは $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ (但し虚像の時は b を負とする)

凹レンズでは $-\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$

第四章 光學機械

1. 寫眞機

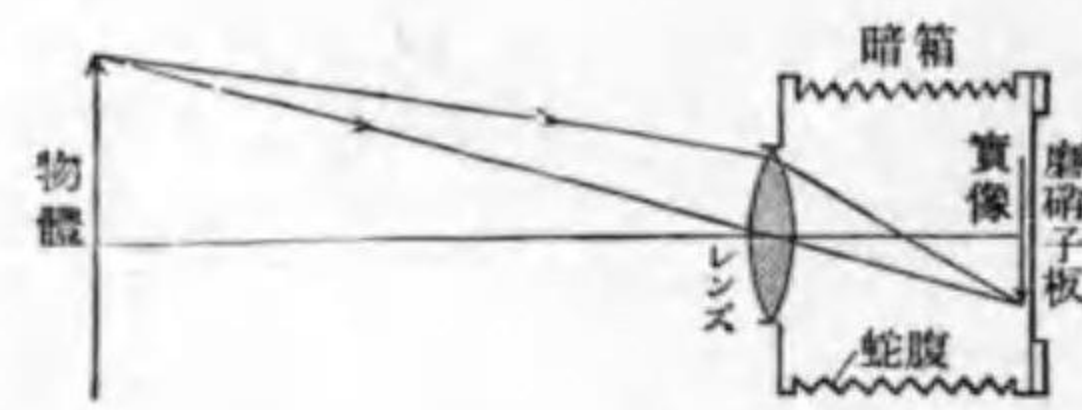
寫眞機の要部は、伸縮の自在な蛇腹を有する暗箱で、その前端に凸レンズを付け、後端に磨硝子をはめてある。

撮影の場合には蛇腹を伸縮してレンズを進退させ、物体の鮮明な像を磨硝子上に生ぜしめ、次に乾板を磨硝子と置き代へて感光させる。この

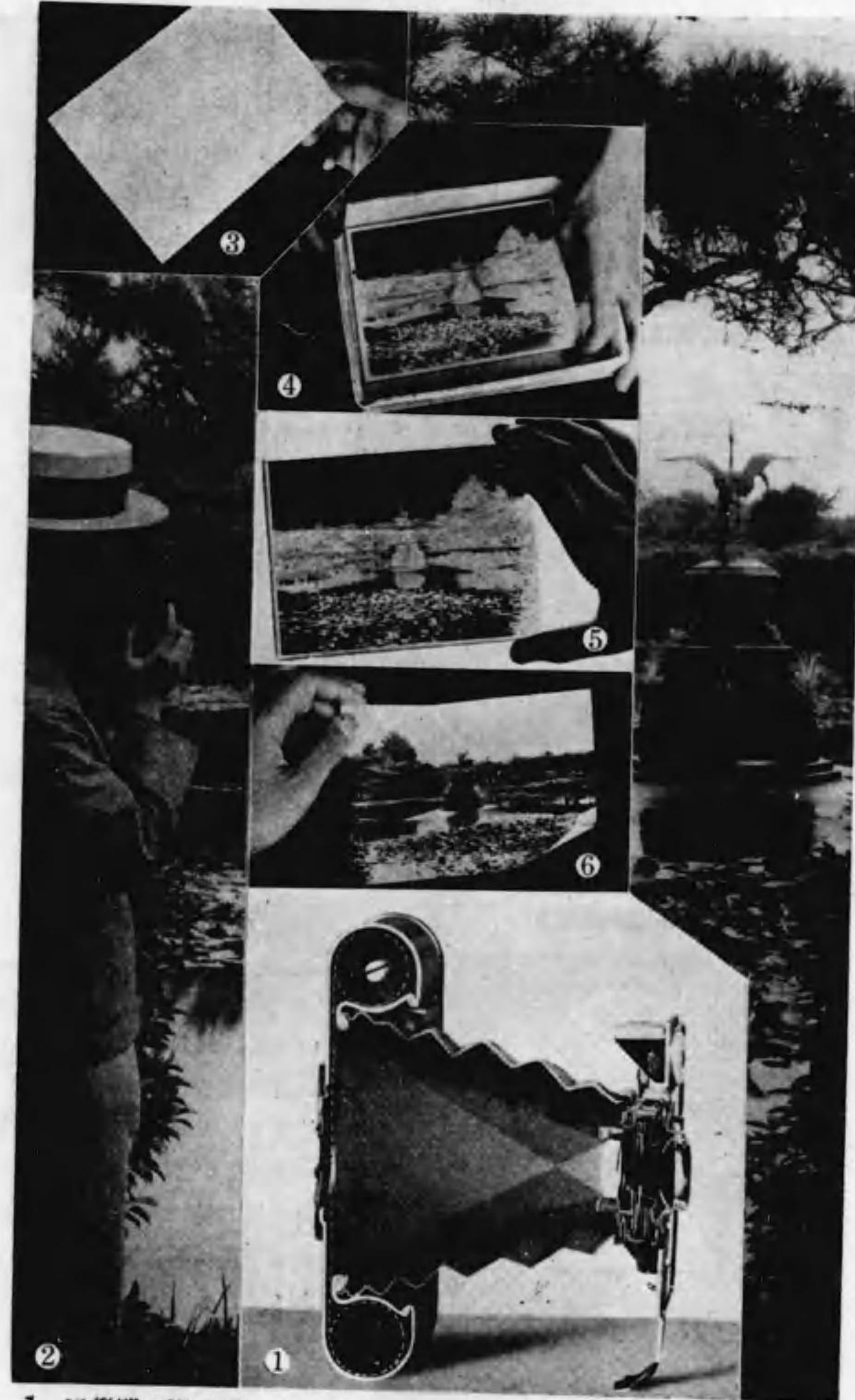


寫眞機

時、入り来る光の量を豫め絞りで加減しておく。感光した乾板を適当な薬品で現像すると、實物と明暗の反対な陰畫を得る。この陰畫に感光紙をあて焼付け、乾板と同じやうに現像すれば、實物と明暗の等しい陽畫即ち普通の寫眞が得られる。



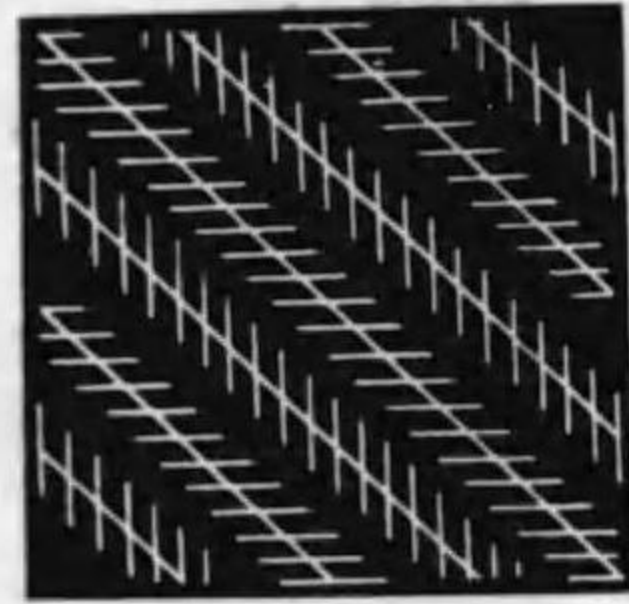
寫眞の製作



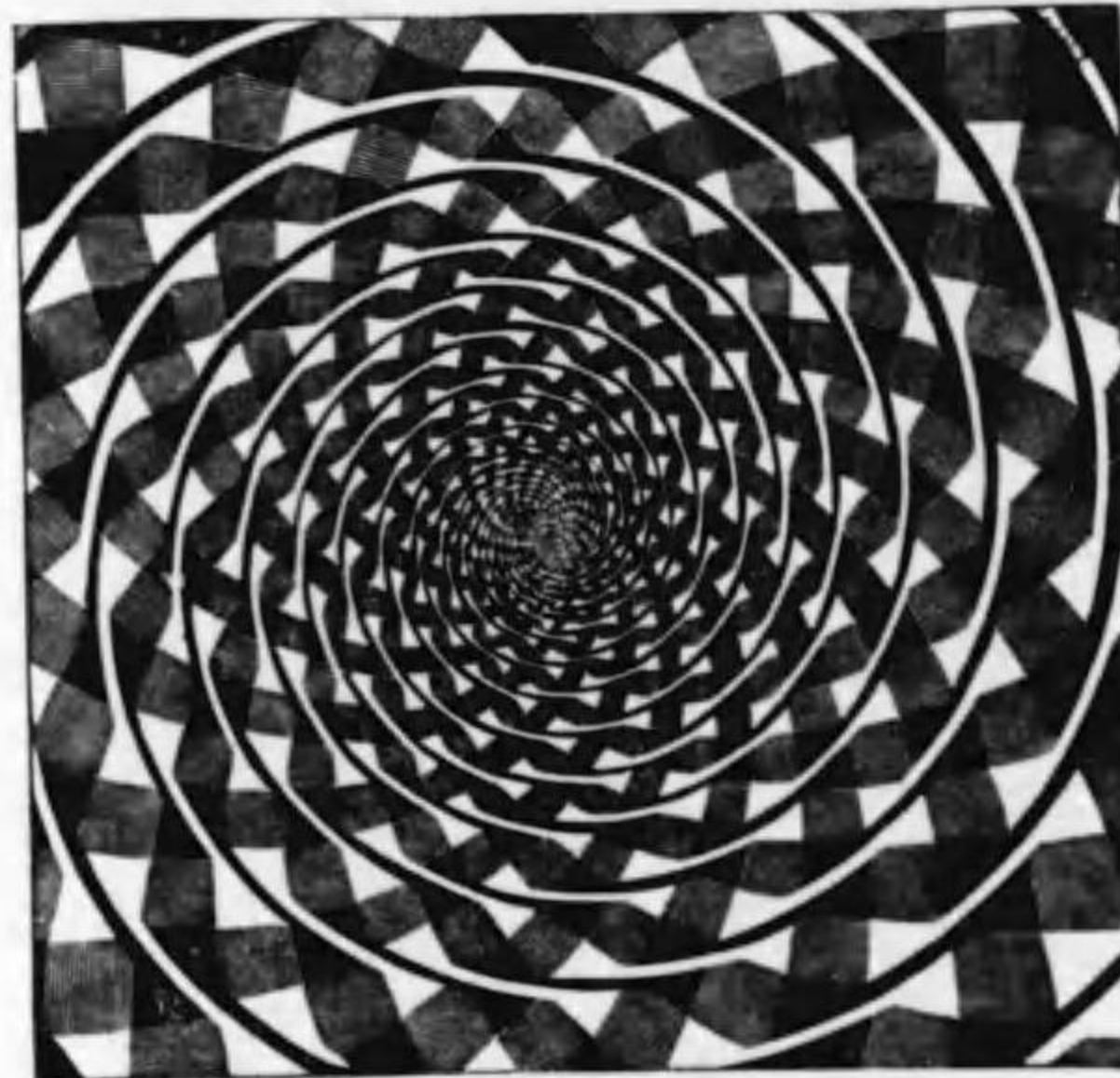
1. 寫眞機の断面圖 2. 撮影 3. 露出を與へた乾板(映像は見えぬ) 4. 乾板の現像(映像が現はれて来る) 5. 定着を終つた乾板(陰畫) 6. 焼付けて出來た印畫紙(陽畫)



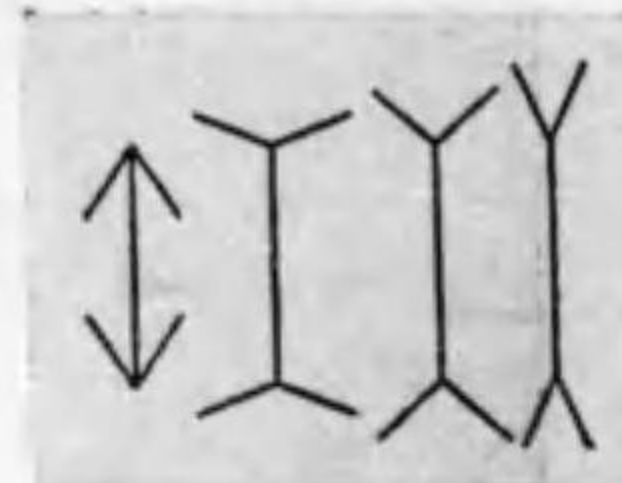
各文字は曲つてゐるか



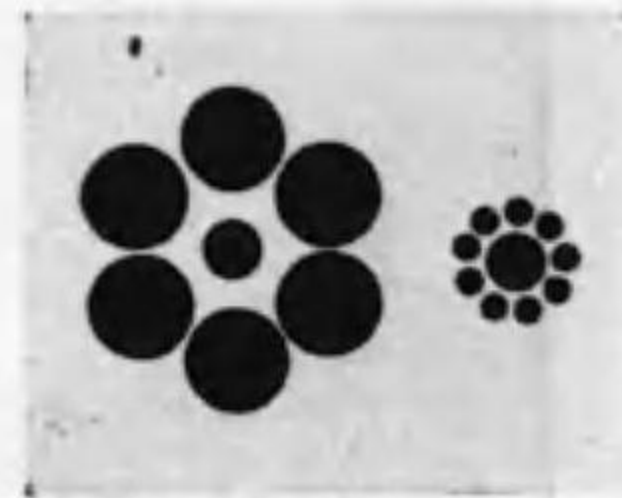
平行に見えるか



同心圓か螺旋か



何れが長いか



中央の圓は同じ大いさか

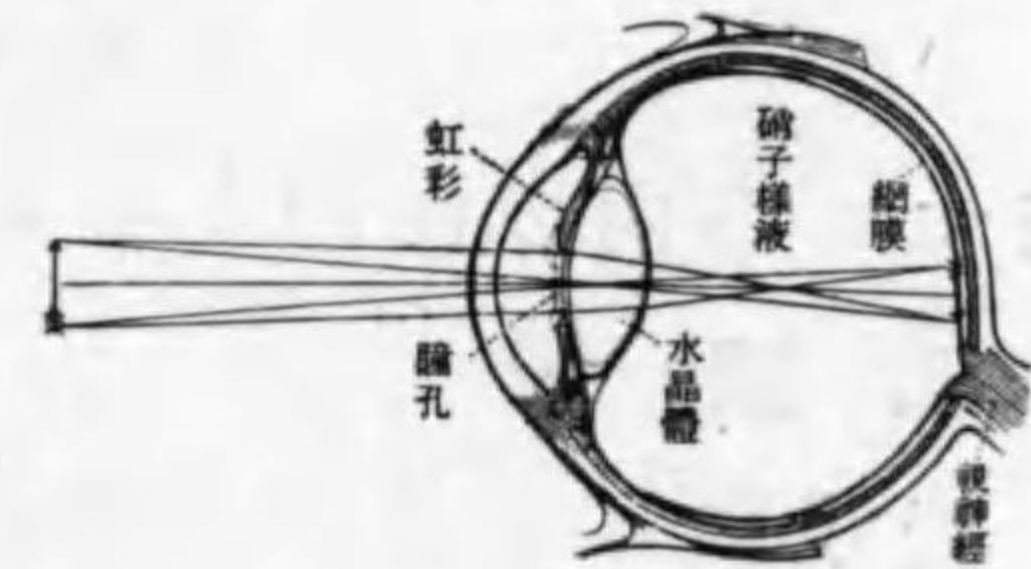


「この眼で見たのだから」など
いって、見たことは誤りのない
證據にされるが、眼も折々
見誤ることがある。これを眼
の錯視といふ。上圖五つは錯
視を起し易い例である。

又下圖は點で畫いたもので
あるが、少し離れて見れば濃
淡のある畫に見える。これも
眼の誤りである。網目版(普
通は寫眞版といひ、本書にも
多く用ひてある)はこの應用
である。

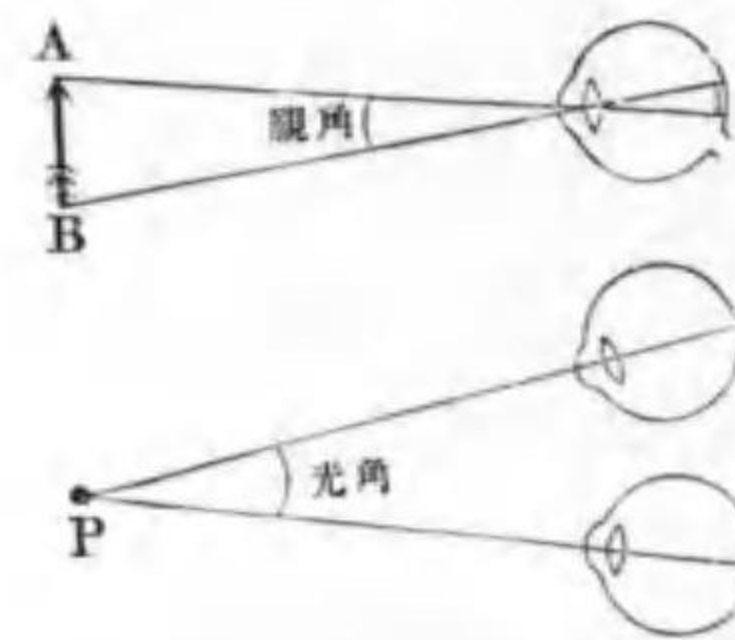
2. 眼

眼の構造は寫眞機の暗箱によく似てゐる。即ち眼の水晶體は暗箱の凸レンズに、網膜は磨硝子に、又虹彩は絞りに相應する。物體から來る光は瞳孔から入り、水晶體によつて屈折し、倒立した實像を網膜上に



生ずる。寫眞機では蛇腹を伸縮してレンズを進退させ、磨硝子上の像を鮮明にするが、眼では水晶體の彎曲の度、従つて焦點距離を變へて網膜上の像を鮮明にする。これを眼の調節作用といふ。健全な眼の調節作用は極めて遠方から眼前約15糎の所まで及ぶが、眼をあまり勞することなく物體を明瞭に見得る距離は、眼前約25糎の所である。この距離を明視距離といふ。

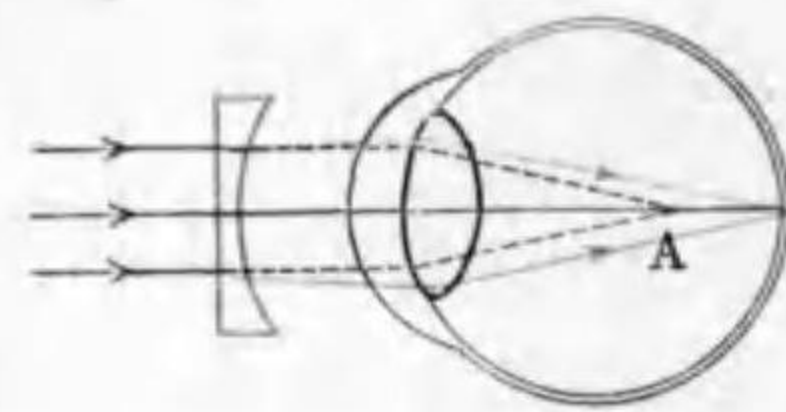
物體の見掛けの大いさは、網膜上に生ずる像の大いさ、従つて物體が眼に於て張る角の大いさによるものである。この角を視角と



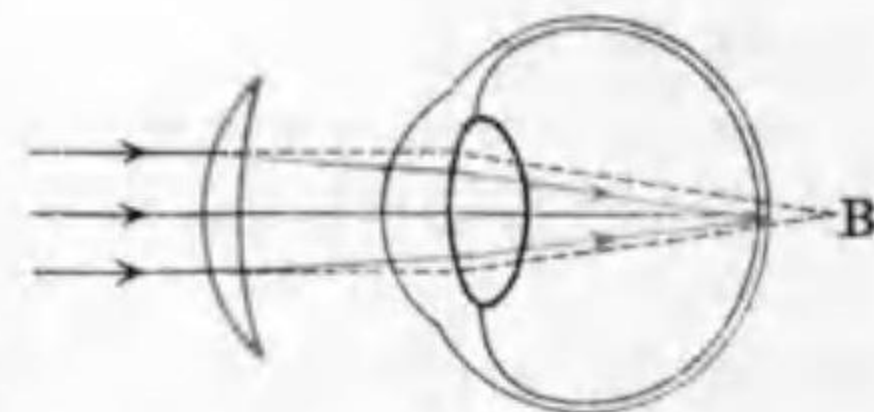
いふ。又兩眼と物體の一點とを結ぶ角を光角といふ。物體の遠近立體などを判斷するのは、主として光角の大小と水晶體を調節する筋肉の作用とによる。

3. 眼鏡

近視眼は水晶體が彎曲し過ぎて焦點距離が小であるか、或は眼底が深過ぎて調節しても遠くの物體の像が網膜上に達しないものである。これを補ふには凹レンズを用ひる。



遠視眼は水晶體が扁平で焦點距離が大であるか、或は眼底が浅過ぎて調節しても近くの物體の像が網膜上に生じないもので、又老眼は調節作用が衰へて遠視眼と同じやうになつたものである。これを補ふには凸レンズを用ひる。



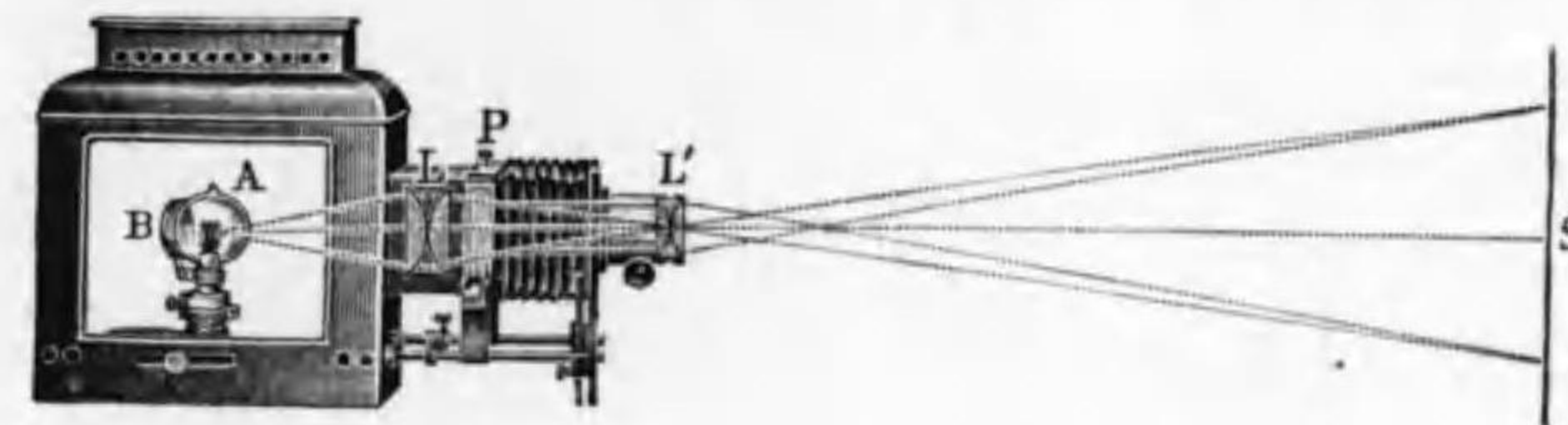
近視眼(上)と遠視眼(下)

て調節しても近くの物體の像が網膜上に生じないもので、又老眼は調節作用が衰へて遠視眼と同じやうになつたものである。これを補ふには凸レンズを用ひる。

眼鏡の度は、もとレンズの焦點距離を吋で測つた數で表はしたが、近頃は焦點距離を米で測つた數の逆數(ディオプター)で表はすやうになつた。

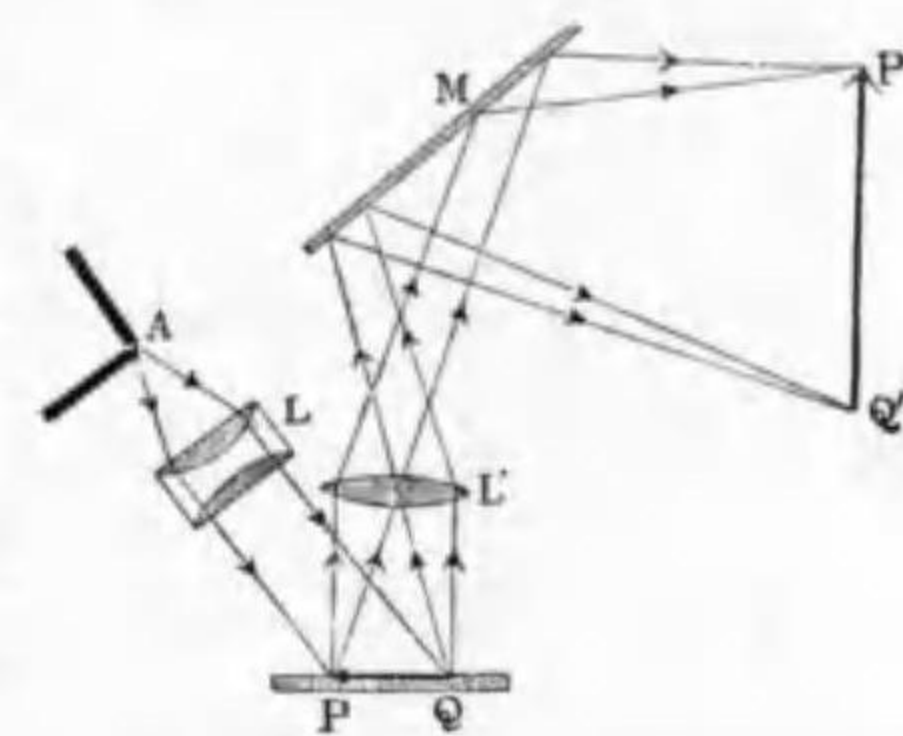
4. 映寫機

幻灯機は反射鏡(B)及び凸レンズ(L)で強い光源(A)からの光を集めて畫板(P)を照し、その



前方にある凸レンズ(L')により、廓大された像を衝立(S)上に映す器械である。

實物幻灯機は物體 PQ を強い光 A で照し、これから出る反射光線を凸レンズ L' に受け、その廓大された像 P'Q' を衝立上に映す装置である。



光の感覺は網膜上の像が消えてもなほ $\frac{1}{10}$ 秒位残る。それで少しづつ形の變つてゐる連續した畫を、次頁に示す驚盤といふ装置を

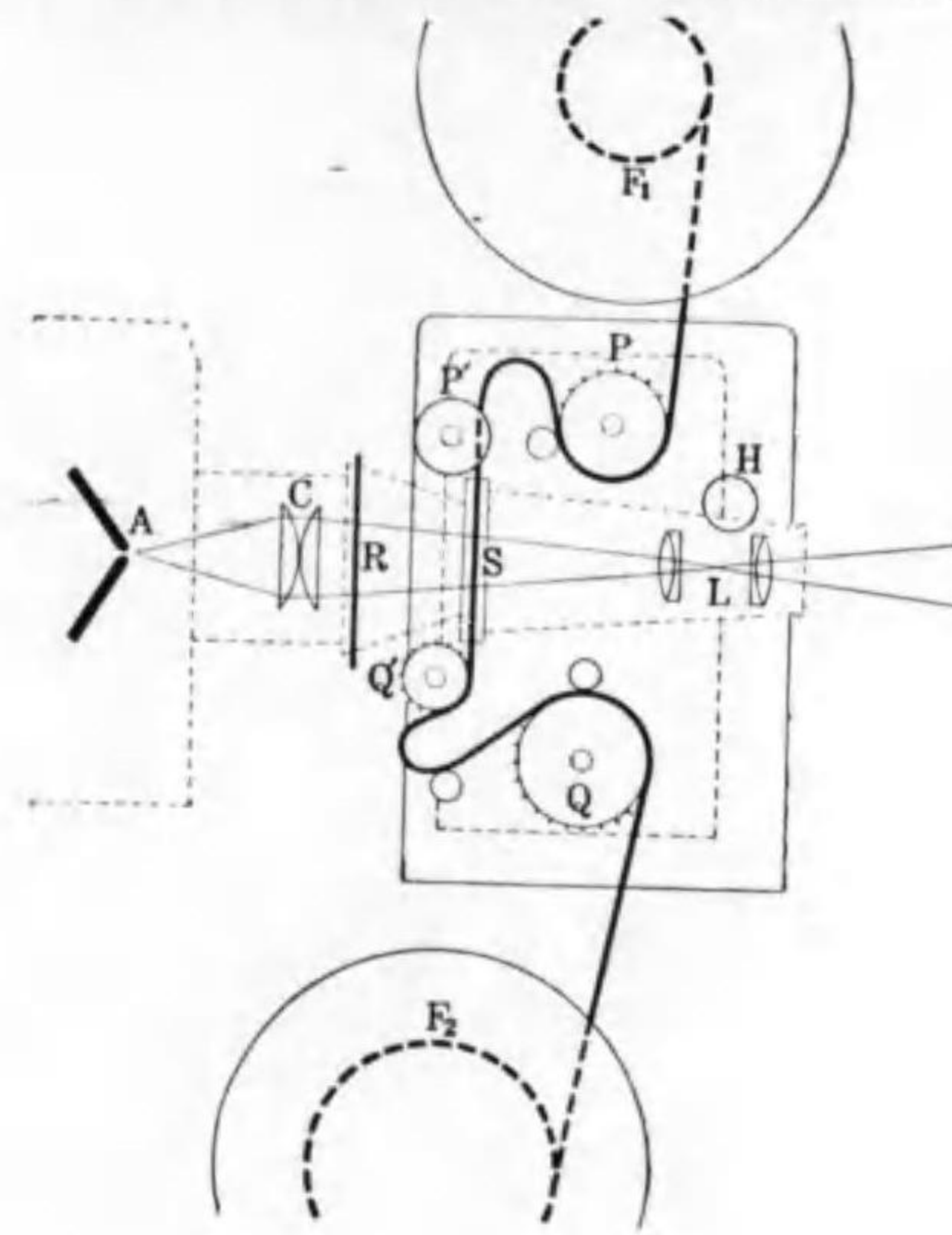
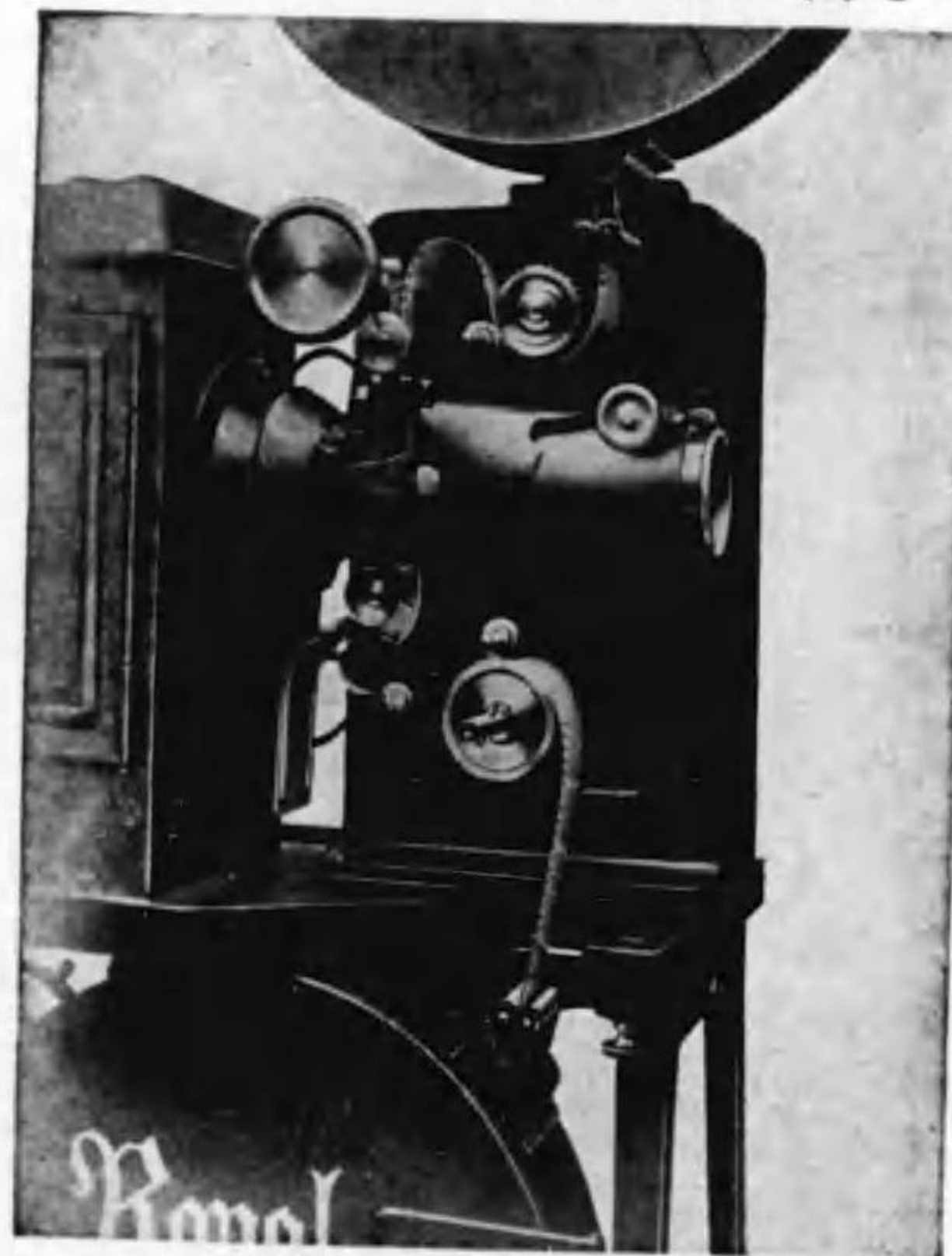


驚盤

廻轉してその隙間から見ると、
 畫は活動してゐるやうに見える。
 活動寫眞はこの理を應用した幻燈で、活動してゐる物體を毎秒十數回の割合に撮影した一連のフィルムを作り、これを撮影した時と同じ順序、同じ速さで映寫するものである。見る人は一つの映畫の殘像の消えないうちに、少しく異なる次の映畫を見るから、物體が活動するやうに感ずるのである。

5. 蟲眼鏡(麻大レンズ)

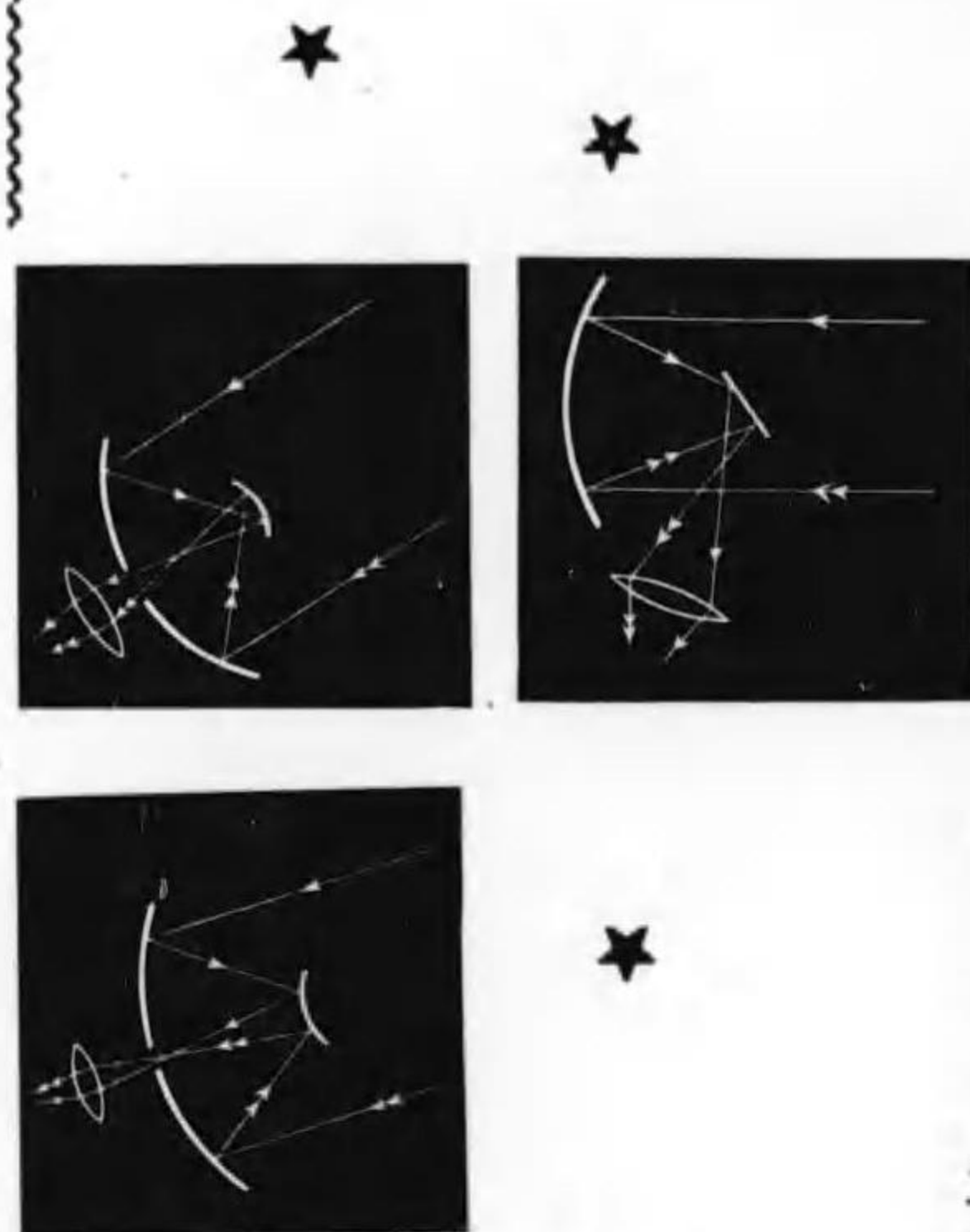
蟲眼鏡は焦點距離の短い凸レンズを一筒又は數筒組合はせたもので、物體をその焦點より内に置き、廓大された虚像を明視距離に生ぜしめる。この時の像と實物との長さの比を蟲眼鏡の倍率といふ。これは明視距離と焦點距離との比に等しいから、焦點距離の短いほど倍率は大である。





← ヤーキス天文臺の屈折望遠鏡 (40 吋)

↓ 望遠鏡によつて撮影した月の表面



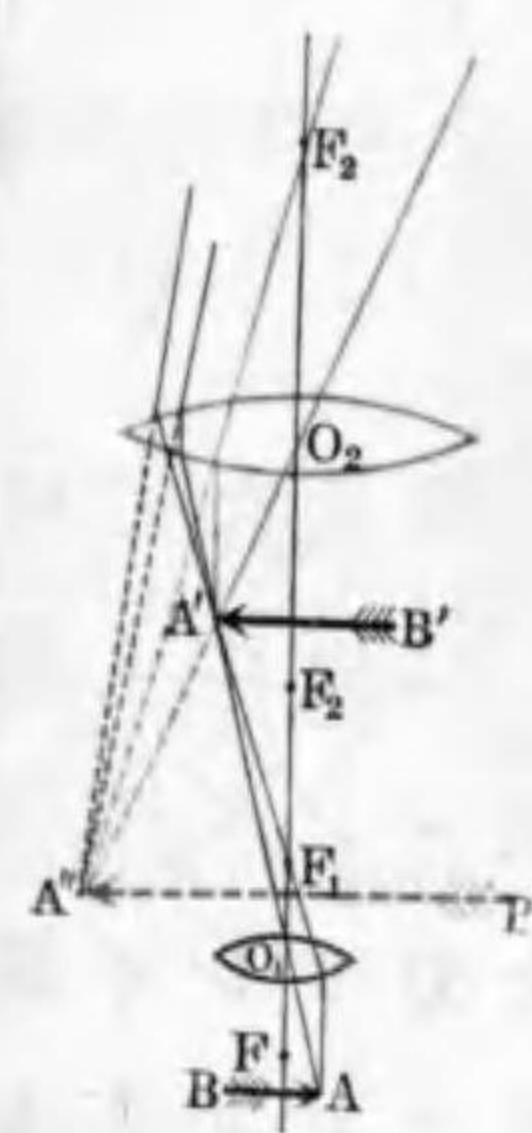
↑ 上の圖は三種の反射望遠鏡の原理を示すもの

→ ウィルソン山天文臺の反射望遠鏡 (100 吋)



6. 顯微鏡

顯微鏡は焦點距離の短い凸レンズで廓大された實像を更に凸レンズで廓大して見る

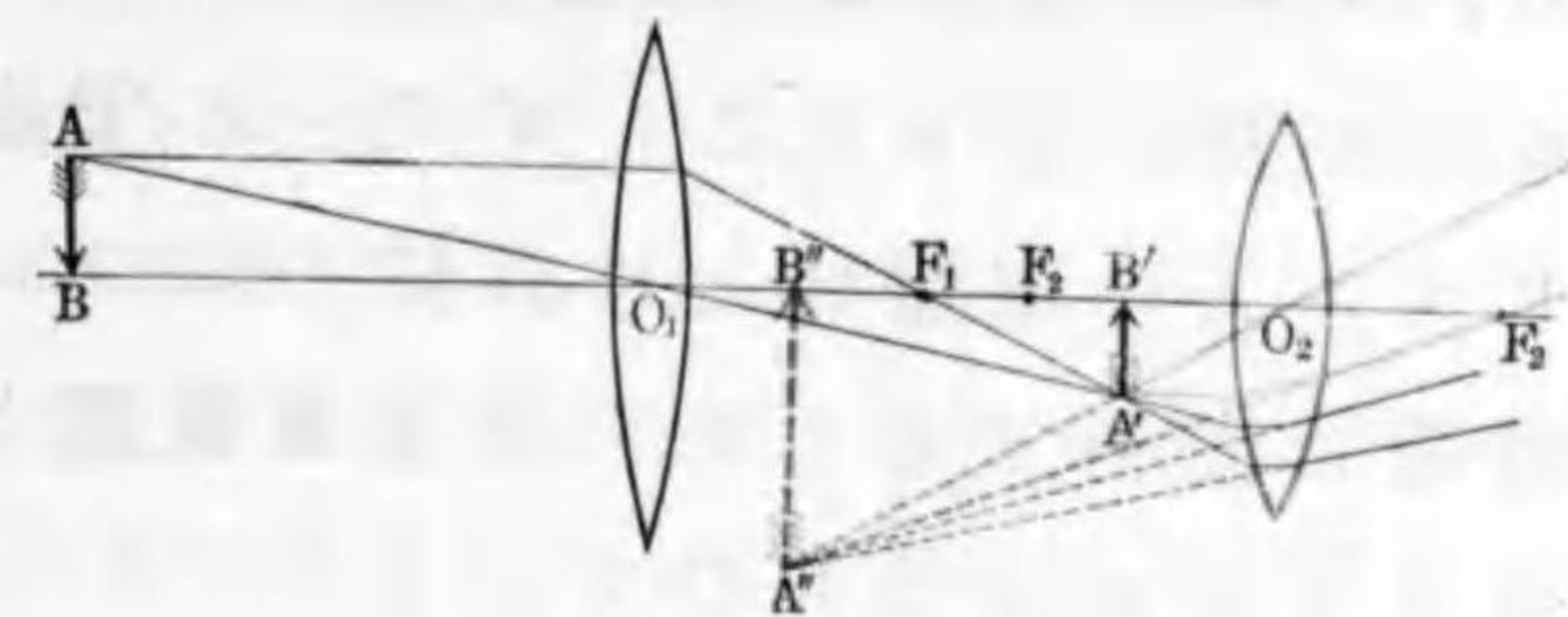


装置で、伸縮する鏡筒の下端に焦點距離の短い對物レンズを、上端にはそれよりも焦點距離の長い對眼レンズをはめてある。なほ

廓大に伴ひ、視野の暗くならないやうに、下方に反射鏡を備へる。

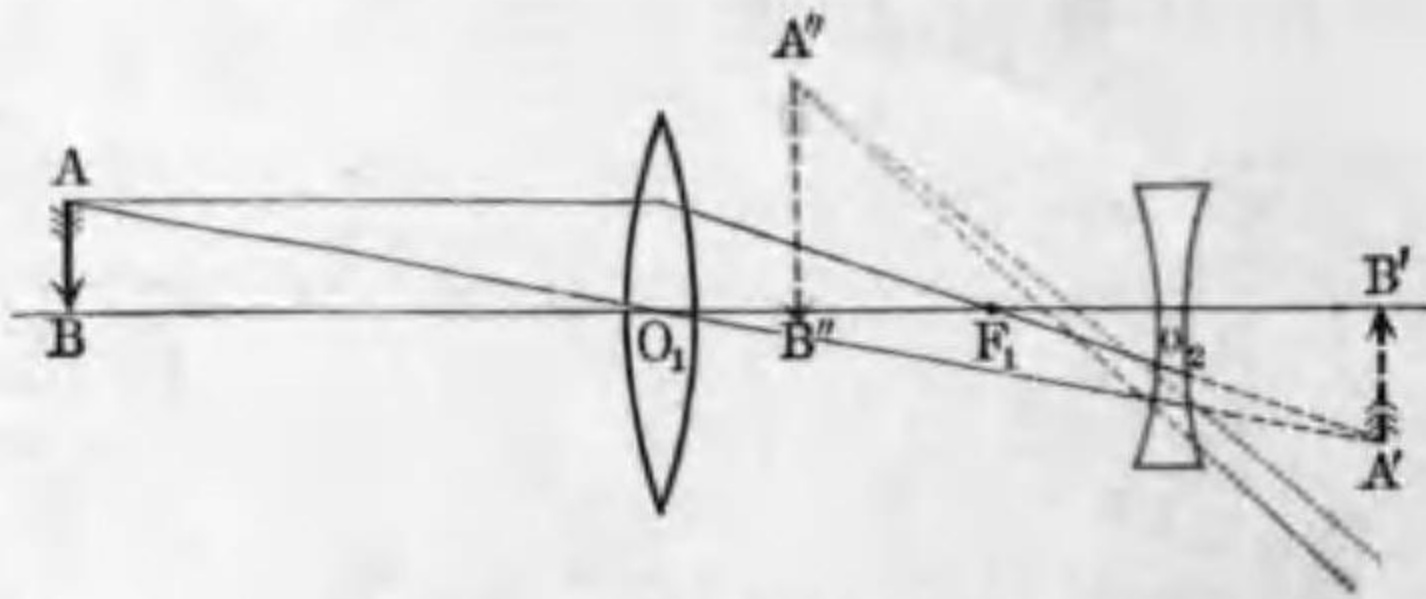
7. 望遠鏡

望遠鏡の構造は顯微鏡に似てゐる。伸



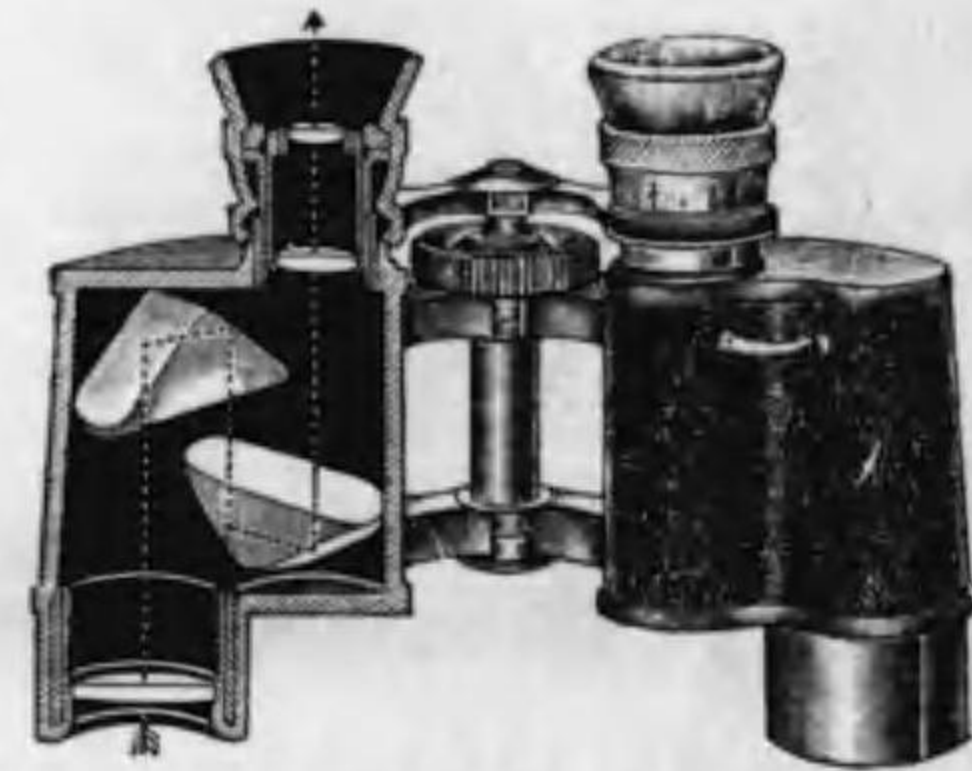
縮する圓筒の兩端に焦點距離の長い對物レンズと焦點距離の短い對眼レンズとを備へたものであ

る。この種の望遠鏡では像は倒立



し、主に天體觀測や測量などに用ひられる。像を正立させるには、更に1箇の凸レンズを用ひるか、或は對眼レンズに凹レンズを用ひればよい。後者をガリレイ望遠鏡といふ。又對物レンズの代りに凹面鏡を用ひたものを反射望遠鏡といふ。

2箇の直角プリズムにより4回の全反射を利用すれば、2箇の凸レンズを用ひて

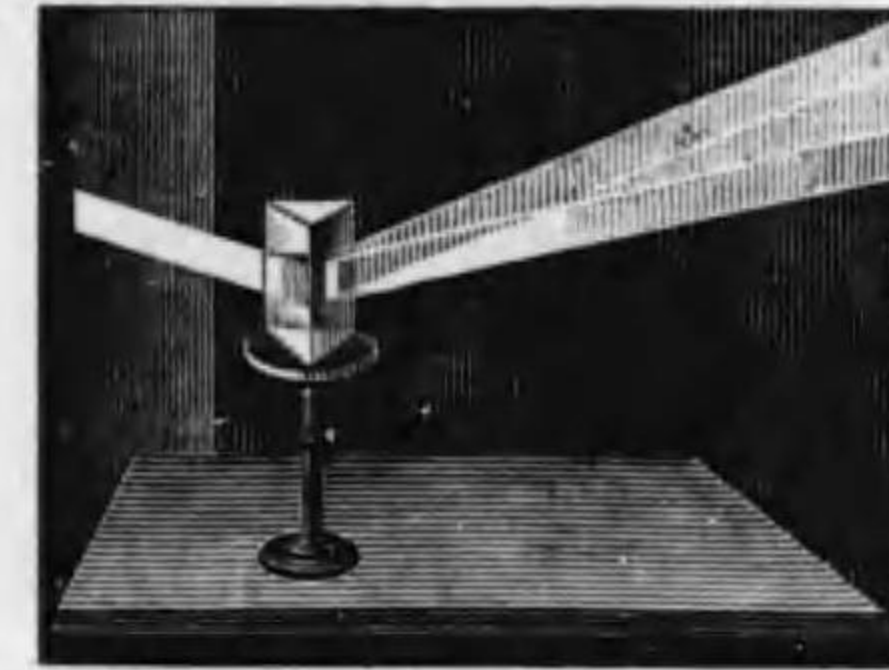


も正立像が得られる。ガリレイ望遠鏡とプリズム入の望遠鏡とは、圓筒の長さが短くて携帯に便利であるから、通常**双眼鏡**として風景などを見るに用ひられる。

第五章 光の分散

1. 光の分散

實驗 1. 日光を小孔から暗室に導き、プリズムにあて、屈折して出る光を衝立に受けよ。美しい色帯が現はれる。



實驗 2. 次に凸レンズをプリズムと衝立との間に置いて、色光を衝立上の一點に集めて見よ。色

は見えるか。

上の實驗で現はれる色帯の主な色を排列の順に挙げれば、赤・橙・黄・緑・青・藍及び堇の7色である。このやうに光が多くの色光に分れる現象を**光の分散**といひ、生じた色帯を**スペクトル**といふ。日光がこのやうに分散してスペクトルを生ずるのは、日光が種々の色の光から成り且光は色によつて屈折率を異にするからである。

分散によつて種々の色光に分解し得る光を**複光**といひ、複光の成分をなせる各種の色光を**單光**とい

ふ。又日光のやうに無色の複光を特に**白光**といふ。

赤色光と青綠色光とのやうに相混すれば白光となる二つの色光を、互に**餘色**であるといふ。黄と青、莖と黄緑も互に餘色である。(別圖参照)

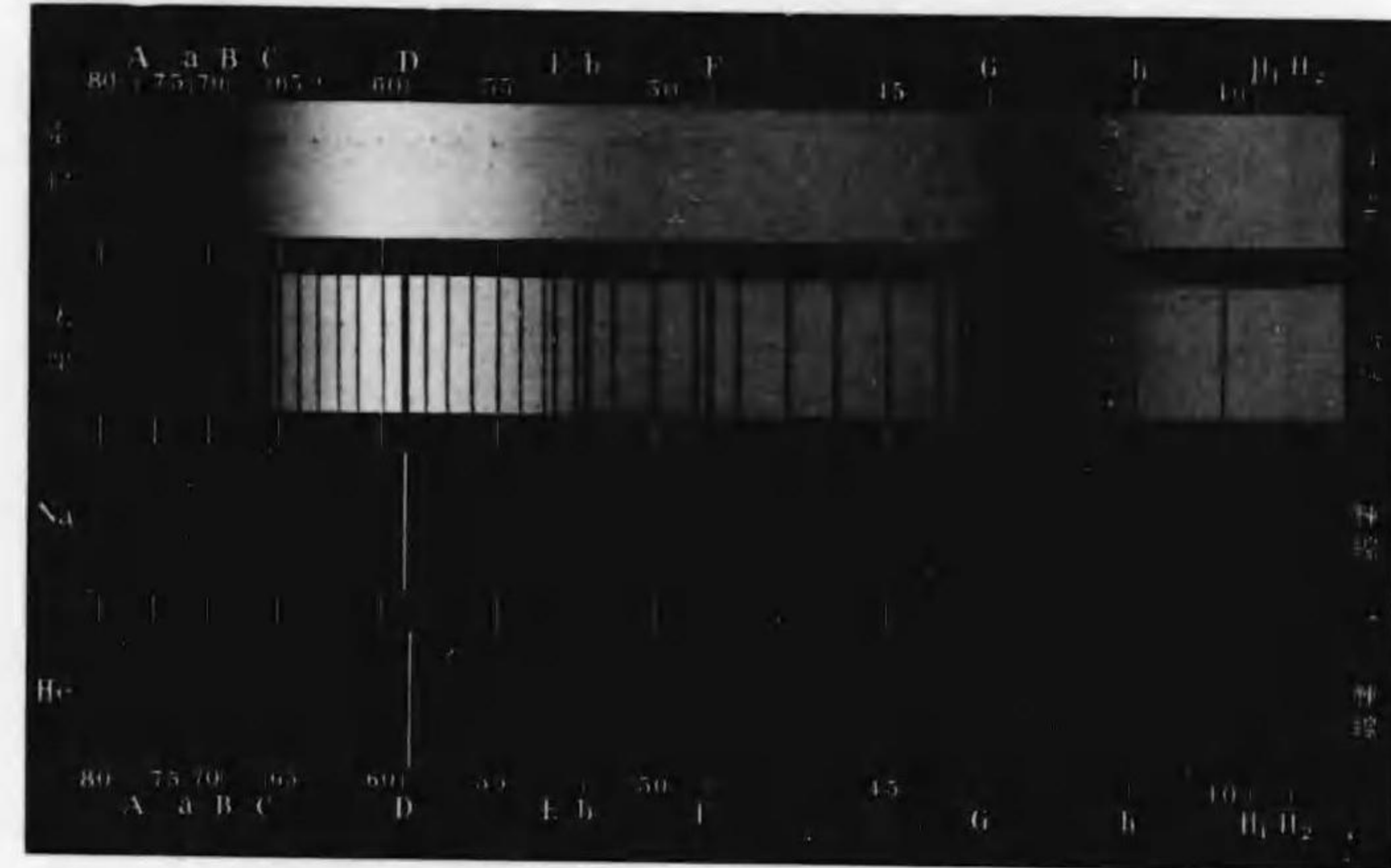
又赤・緑・青の三色光を適當の割合に混すれば、任意の色覺を生せしめることが出来る。この三色を**光の三原色**といふ。

2. 虹

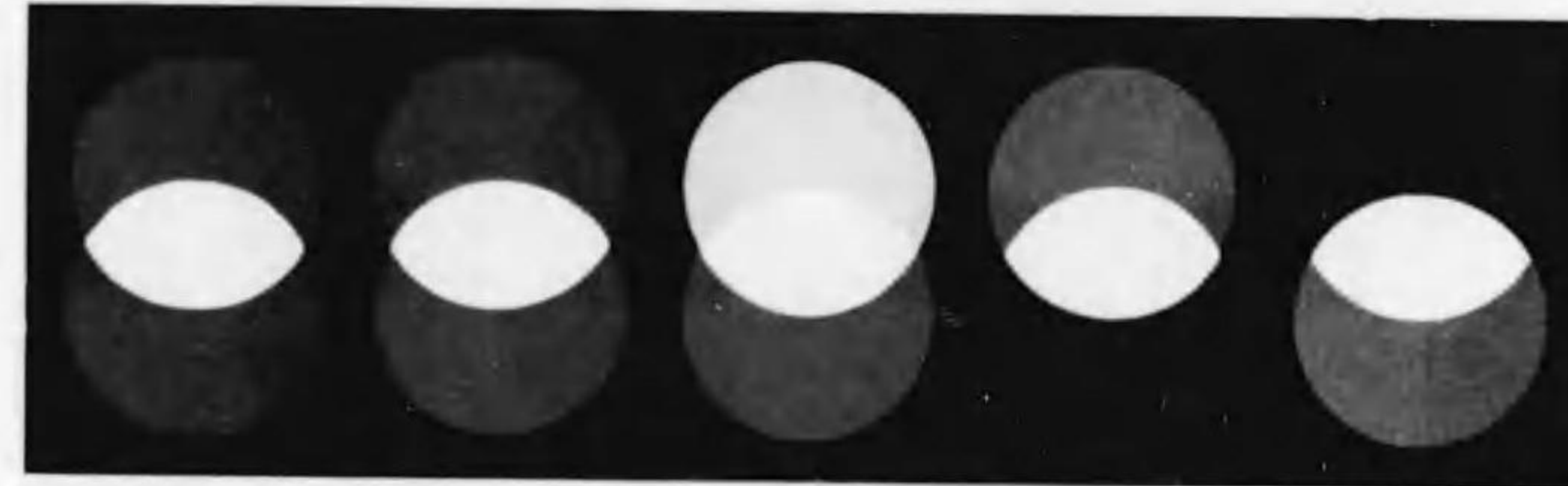
實驗 別圖に示すやうに、水を満たしたフラスコに暗室の壁の孔から導き入れた日光をあてると、光は分散して壁に虹のやうな色の輪を生ずる。

虹は日光が大氣中に浮游する水滴にあたり分散して生ずる現象である。即ち日光が水滴にあたると、上の實驗と同じやうに光の分散が起り、赤色光は入射光線と 42° 、莖色光は 40° の角をなし、他の色光はこの間にある。それで太陽を背にし、これを見る時、眼と太陽とを連ねる直線と 42° と 40° との間に当たる方向に赤色を外側とし橙・黄・緑・青・藍・莖の順序に排列した圓弧状の色帯即ち虹を見る。

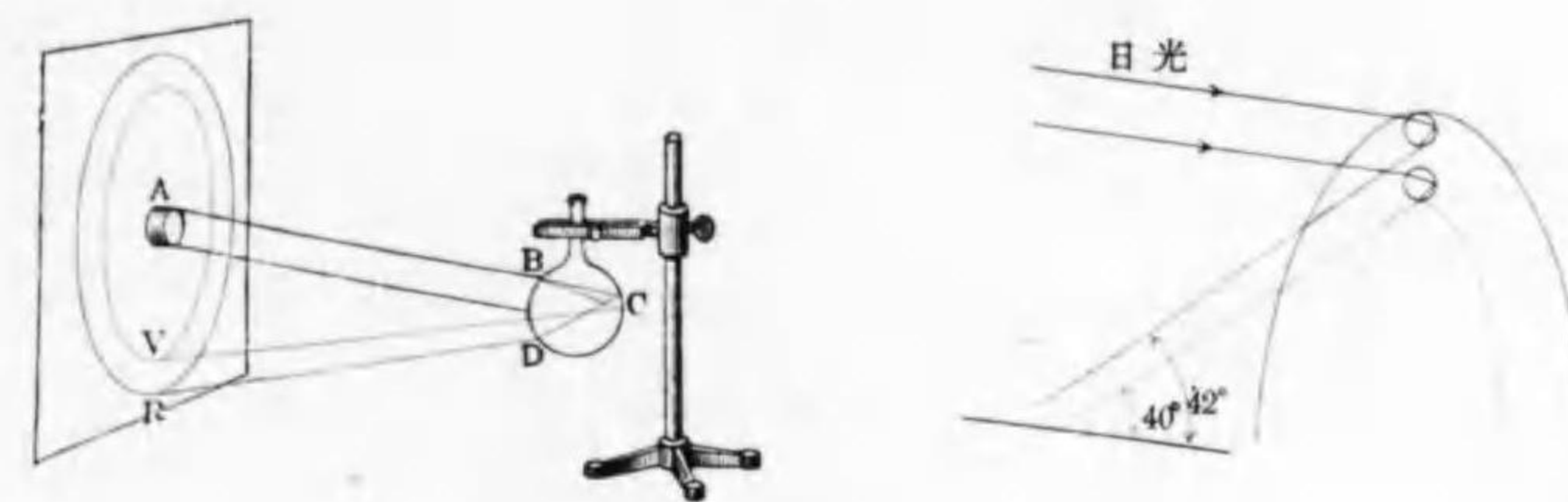
數種のスベクトル



數種の餘色



虹の理



1. 白光

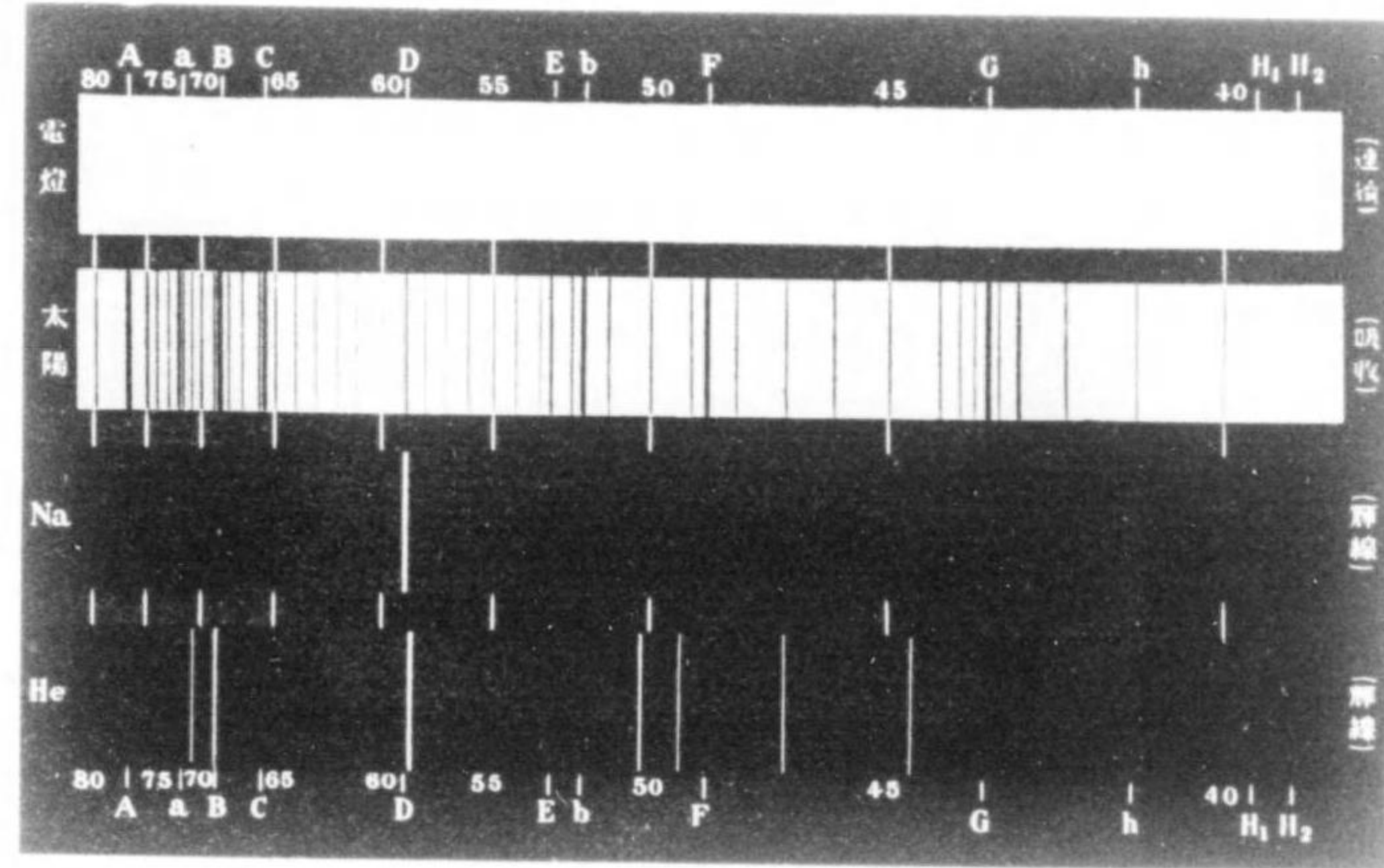
白光のスペクトルは、連続した色の帯を呈し、赤、橙、黄、緑、青、紫の順に並び、その間に細かい線状の吸収線が見られる。これは、太陽光や電球光など、自然界に存在する白光の共通の特徴である。

2. 虹

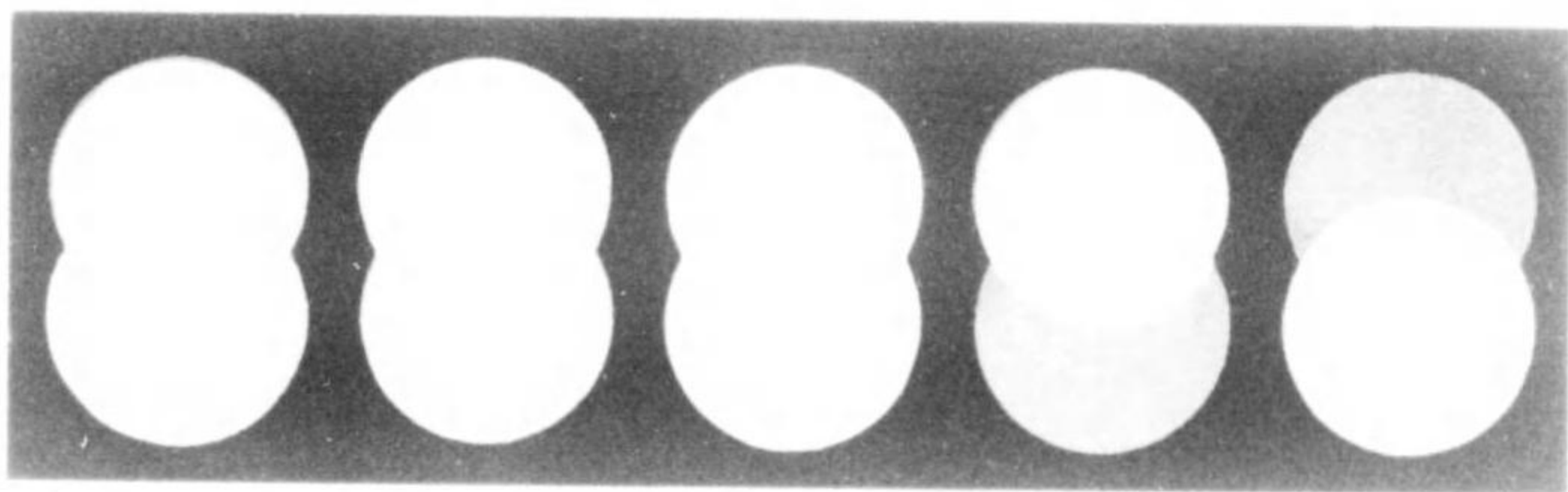
虹は、自然界で観察される分光現象の一例である。雨上がりの空や滝のそばで見られる虹は、太陽光が水滴に反射・屈折を繰り返すことで生じる。その色組成は、白光のスペクトルとほぼ一致している。

この実験では、異なる露光量で撮影された虹のスペクトルを比較している。露光量が増えるにつれて、スペクトル上の各色帯の明るさが増え、吸収線のコントラストも高くなる。これは、光の強度と露光時間の関係を示している。

数種のスペクトル



5種の色



スペクトルはその光線の種類によつて異なる。

連続スペクトル 電燈のやうに自熱せる固体又は溶解せる金属の發する光のスペクトルで、各種の色を連続してゐるものである。

吸収スペクトル 連続スペクトル中の一部の色光を缺くために黒線又は黒帯を有するスペクトルで、太陽スペクトルも多数の黒線を有するから一種の吸収スペクトルである。太陽スペクトルの黒線は、その位置によつて A 線, B 線, C 線, …… H 線などと命名されてゐる。

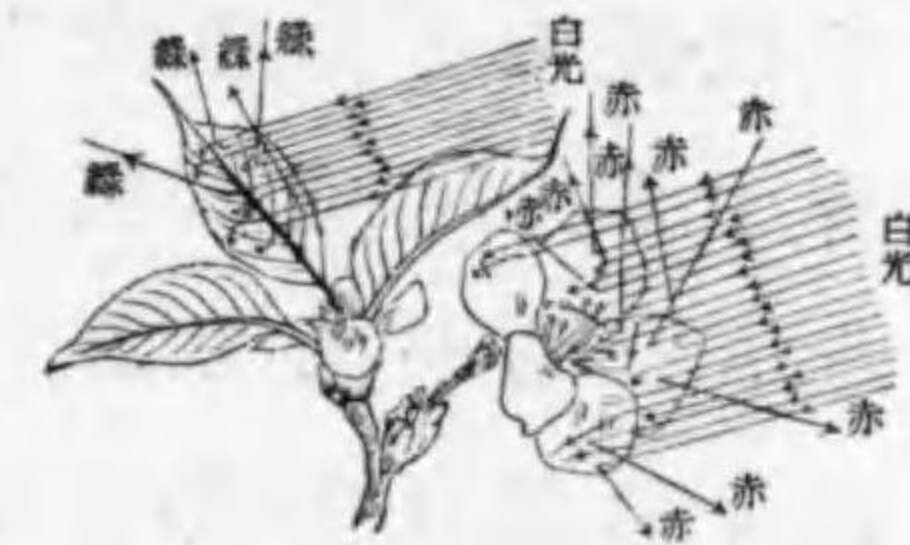
輝線スペクトル 灼熱せる金属蒸氣その他高温度にある氣體の發する光のスペクトルで、一般に數條の輝いた線からなる。この光線の數及び位置は各元素によつて一定してゐる。稀薄な氣體を電氣的に刺戟してもこのスペクトルが出る。

3. 物體の色

不透明體が夫々特有の色を呈するのは、これに入射する色光の一部を反射し、他部を吸収するによる。例へば緑の葉は、日光中主として綠色の光を反射

してその他の光を吸収するから、綠色を呈し、又赤い花は主とし

て赤色の光を反射して、他を吸収するから、赤く見える。物體が各色光を一様に反射すれば白色を呈し、全部を吸収すれば、黒色に見える。



問 1. 赤い紙と青い紙とを赤い光のあたる所で見たら、どんな色に見えるか。

透明體の色はこれを通過する光の色による。例へば赤硝子は主に赤色光だけを通過させて他の色光を吸収するので赤く見え、又赤色インキは赤・橙の兩色光を通過させて他の色光を吸収するから赤く見える。

問 2. 黒い紙に赤インキで書いた字は不明瞭であるが、朱で書いた字は明瞭である。何故か。