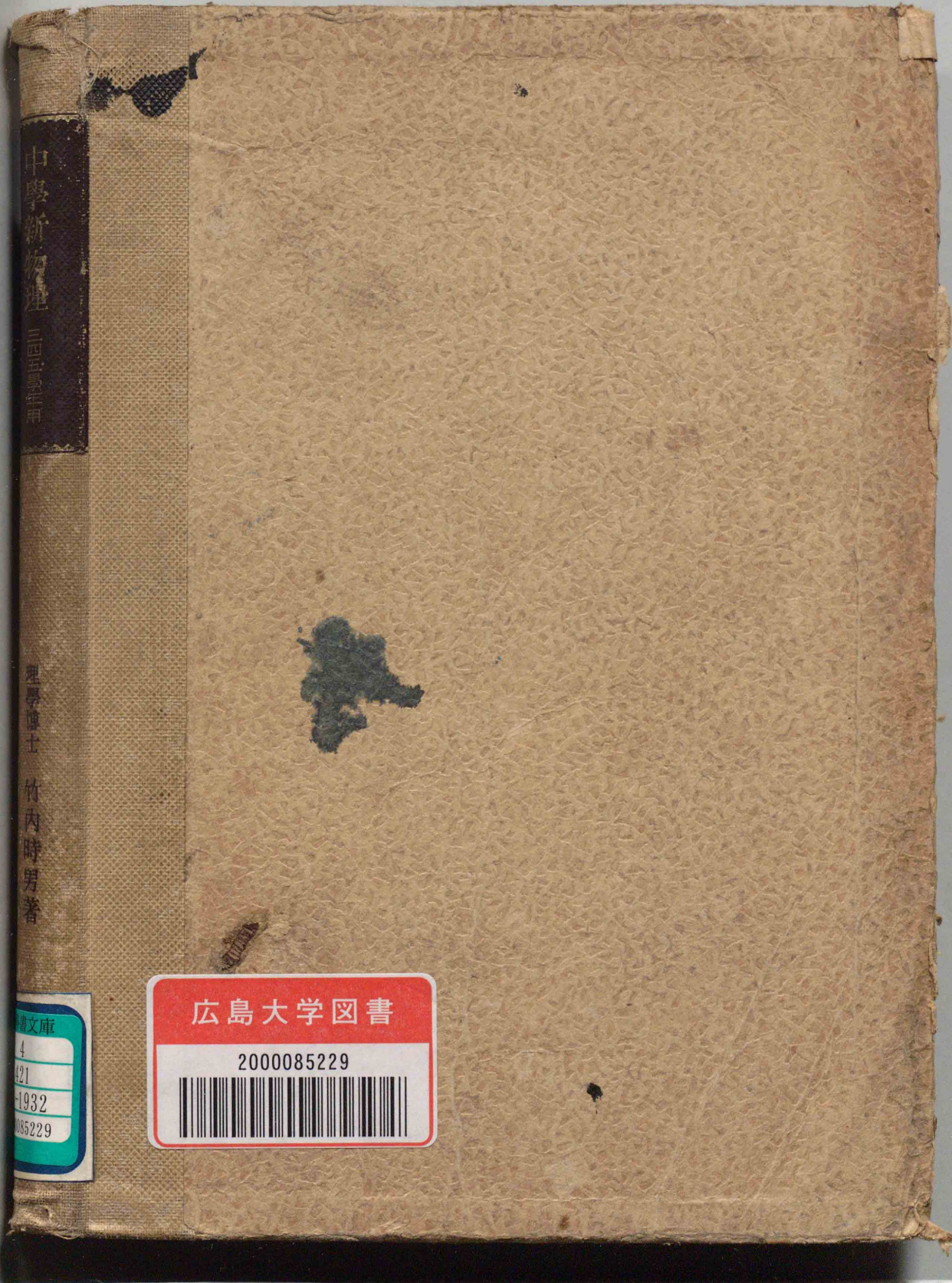
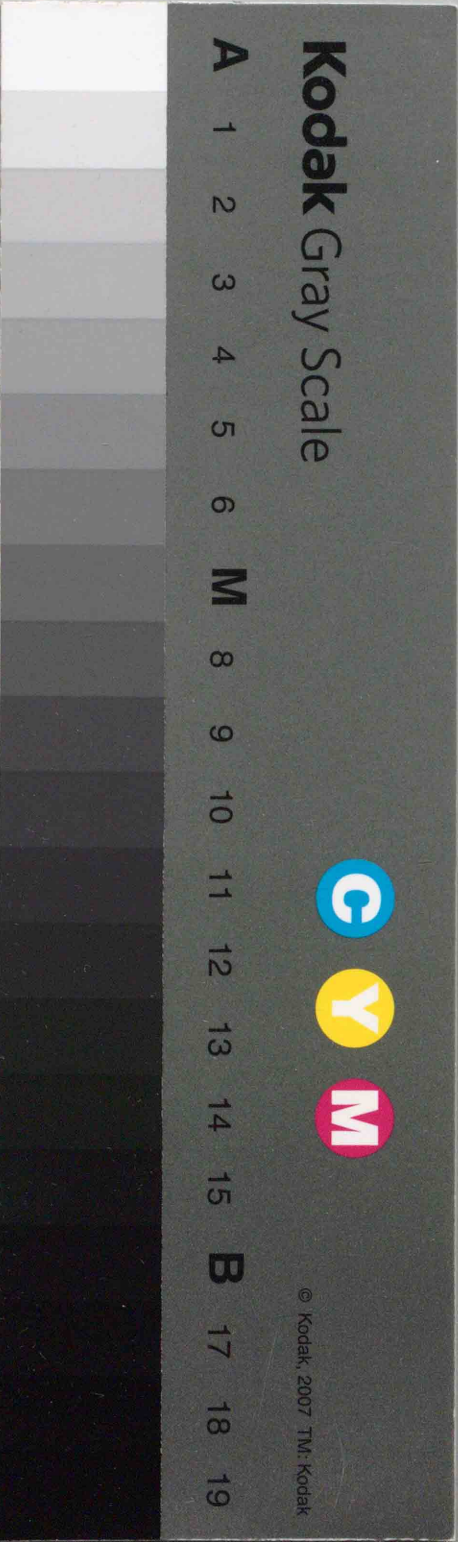
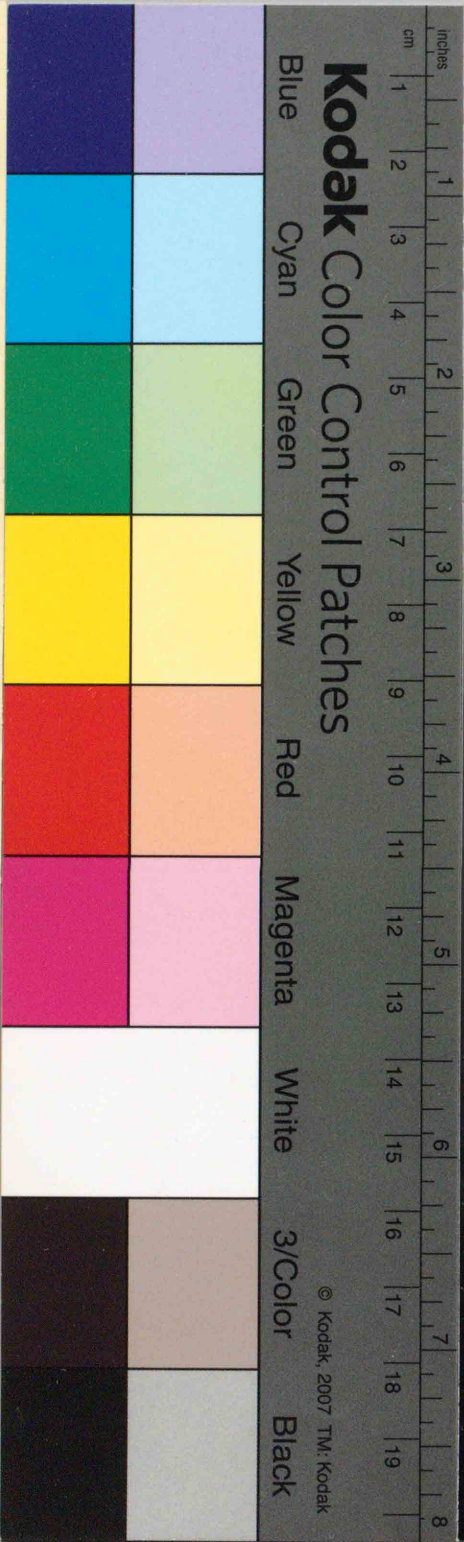


40317

教科書文庫

4
421
41-1932
20000 85229



教科書文庫  
4  
421  
-1932  
85229

広島大学図書

2000085229





教科書文庫

4

421

41-1932

2000085229

室

廣州市廣陵中學校五年

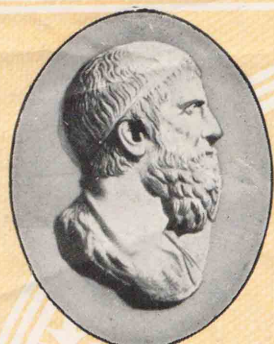
廣業







有名なる科學者



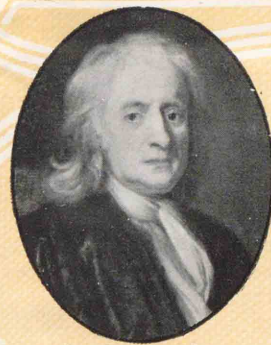
アルキメデス



アンペール



ガリレイ



ニュートン



パスカル



ヴォルタ



ファラデー



オーム



マックスウェル



ジュール



レントゲン



エジソン



トムソン



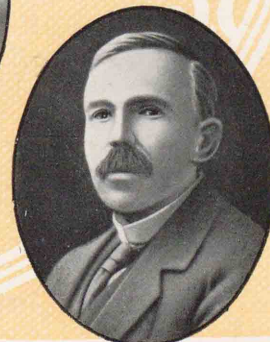
トムソン



マルコニ



キュリー



ラザフォード

**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・艇子の理などを発見した。  
**Volta** (1745-1827) (伊) 電氣學者。電氣盆・驗電器・電池等を發明した。  
**Edison** (1847-1931) (米) 蓄音機・活動寫眞その他數百の發明がある。

**Ampère** (1775-1836) (佛) 電氣學者。アンペールの規則を發現した。  
**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明がある。

**Galilei** (1564-1642) (伊) 物理學の始祖。落體の法則・振子の等時性などを発見し、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。オームの法則を發現した。  
**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・運動の法則等を発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。熱の仕事當量・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。ラヂウム発見者。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発見した。  
**Röntgen** (1845-1923) (獨) 物理學者。X線を発見した。ノーベル賞第一回受領者。  
**Rutherford** 1871- (英) 放射能研究の大家。



4a  
421  
昭7

*Handwritten:*  
Kashi  
and  
aka

文部省検定済  
昭和七年十二月十六日 中學校理科用

# 中學新物理

[三四五學年用]

東京工業大學助教授

理學博士

竹内時男

著



広島大学図書

2000085229



東京開成館



## 緒 言

本書は文部省制定の改正教授要目(理科甲表)に準據し、中學校に於ける物理學の教科書として著はしたものである。

著者は我國文化の進展と實際教授の經驗とに鑒み、要目の改正を機とし、大方の好評を博しつゝ、あつた中學新物理の全篇に亙り、一大改正を加へ、こゝに新装の下に世に問はんとするものである。基準書としての使命を果すため、術語は凡て資源局昭和7年6月發行標準用語集の示すところに従ひ、他は最近の諸學會委員の編纂になる機械工學電氣工學等の術語集を参照して、最も穩當と信ずるものを選んだ。尙書物の體裁も、商工省工業規格統一調査會昭和7年6月制定の紙の仕上寸法規格に従つた。然し内容は飽くまで讀者に親近的たらしめんとして、多數の新鮮なる圖版を挿入し、行文を平易にし、他方教授の便宜を考慮して、本文と補充篇とに分けた。



斯くて本書は、「自由に考ふることより更に偉大なる、正しく考ふること」の精神を鼓吹せんとするものである。著者は諸賢と相携へて斯界の隆盛に向つて努力せんと欲するもの、希くは本書に就き凡ゆる垂示と激励とを賜はらんことを望む。

終りに臨み著者は本書の編纂に對して懇切なる忠言を寄せられたる實地教授者諸賢、並に有益なる材料の提供を辱うしたる諸官廳・會社・工場的好意に對して深甚なる感謝の意を表す。

昭和7年9月東京に於て

竹内時男識す

## 目 次

### 緒 論

- |                   |                |
|-------------------|----------------|
| 1. 自然科學と物理學……………1 | 4. 重 力……………5   |
| 2. 單 位……………2      | 5. 密度・比重……………5 |
| 3. 力……………4        |                |

### 第一編 物 性

#### 第一章 物質の通性

- |                      |                 |
|----------------------|-----------------|
| 1. 物質の三態……………7       | 5. 毛管現象……………11  |
| 2. 分子・分子力……………7      | 6. 固體の彈性……………12 |
| 3. 擴散・滲透(補充1頁)……………9 | 7. 流體の彈性……………13 |
| 4. 表面張力……………9        |                 |

#### 第二章 液 體

- |                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| 1. 液體の自由表面……………14    | 5. アルキメデスの原理……………20   |
| 2. 重力による液體の壓力……………15 | 6. 物體の浮沈……………21       |
| 3. 連通器……………17        | 7. 比重の測定(補充3頁)……………22 |
| 4. 壓力の傳達……………19      |                       |

#### 第三章 氣 體

- |                  |                     |
|------------------|---------------------|
| 1. 氣 體……………23    | 3. ポンプ(補充6頁)……………25 |
| 2. ボイルの法則……………24 | 4. 壓力計……………25       |



第二篇 熱

第一章 熱量

- 1. 熱・熱量 .....27
- 2. 比熱 .....28
- 3. 比熱の測定 .....30

第二章 熱の作用

(I) 膨脹

- 1. 固体の線膨脹 .....31
- 2. 固体・液体の體膨脹 .....33
- 3. 氣體の膨脹 .....34

(II) 状態の變化

- 1. 融解・凝固(補充12頁) .....37
- 2. 寒劑 .....39
- 3. 氣化・液化 .....40
- 4. 沸騰 .....41
- 5. 氣化熱 .....43
- 6. 空氣の液化 .....45

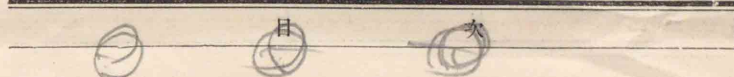
第三章 大氣の乾濕

- 1. 大氣中の水蒸氣 .....47
- 2. 濕度・濕度計 .....48

第三篇 光

第一章 光線

- 1. 光の直進(光の速き補充16頁) 50
- 2. 影 .....52
- 3. 照度 .....53
- 4. 光度(補充16頁) .....54



第二章 光の反射及び屈折

(I) 反射

- 1. 反射 .....56
- 2. 球面鏡 .....56
- 3. 反射鏡 .....57
- 4. 凹面鏡のつくる像 .....59
- 5. 球面鏡のつくる像の作圖 60

(II) 屈折

- 1. 屈折の法則 .....62
- 2. 全反射 .....64
- 3. プリズム .....65
- 4. レンズ的作用 .....66
- 5. レンズのつくる像 .....67
- 6. レンズのつくる像の位置及び大いさ .....68

第三章 光學機械

- 1. 寫眞機 .....70
- 2. 眼 .....71
- 3. 眼の調節 .....72
- 4. 映寫機 .....73
- 5. 蟲眼鏡 .....75
- 6. 顯微鏡(補充20頁) .....75
- 7. 望遠鏡(補充22頁) .....76

第四章 光の分散

- 1. 光の分散 .....78
- 2. レンズの色収差(補充26頁) .....79
- 3. 虹 .....80
- 4. 分光器 .....81
- 5. スペクトルの種類 .....82
- 6. 太陽スペクトル .....84
- 7. 物體の色 .....84
- 8. 繪具の混合 .....85
- 9. 燐光・螢光 .....86



第四篇 磁気・電気

第一章 磁気

- 1. 磁石 .....87
- 2. 磁石の相互作用 .....88
- 3. 磁気感應 .....88
- 4. 磁場 .....90
- 5. 地磁気 .....91
- 6. 羅針盤(コンパス) .....93

第二章 電流

- 1. 電流 .....94
- 2. 電位・電圧 .....94
- 3. 電池 .....95
- 4. 電池の分極作用と局部電流 .....96
- 5. 實用電池(補充27頁) .....97

第三章 電気抵抗

- 1. 電気抵抗 .....98
- 2. オームの法則 .....99
- 3. 導線の連結 .....100
- 4. 電池の抵抗 .....101
- 5. 電池の連結 .....102

第四章 電流の作用

(I) 熱作用

- 1. 電流の熱作用(電熱の應用補充31頁) 104
- 2. 電力 .....106

(II) 化學作用

- 1. 電気分解 .....108
- 2. 電気分解の應用 .....109
- 3. 蓄電池 .....110

(III) 磁気作用

- 1. 電流による磁場 .....112
- 2. コイル .....113
- 3. 電流計 .....114
- 4. アンメーター・ヴォルトメーター .....115
- 5. 電磁石 .....116

第五章 感應電流

- 1. 感應電流 .....117
- 2. 感應電流の方向 .....118
- 3. 自己感應・相互感應 .....119
- 4. 發電機(補充38頁) .....120
- 5. 電動機(誘導電動機補充40頁) 123
- 6. 變壓器(トランスフォーマー) 125
- 7. 電力輸送 .....126
- 8. 感應コイル .....128
- 9. 電話機 .....129

第六章 眞空放電・放射能

- 1. 眞空放電 .....132
- 2. 陰極線(補充42頁) .....134
- 3. X線 .....135
- 4. 陽極線(補充43頁) .....136
- 5. 放射能 .....137

第五篇 力・運動

第一章 力

- 1. 力の三要素 .....139
- 2. 力の釣合 .....140
- 3. 一點に作用する力の合成・分解 .....140
- 4. 平行力の合成 .....143
- 5. 偶力 .....144
- 6. 力の能率 .....144
- 7. 重心 .....146
- 8. 物體の坐り .....147
- 9. 浮體の釣合 .....149

第二章 運動

- 1. 運動 .....150
- 2. 速さ .....151
- 3. 速度 .....152
- 4. 加速度 .....153
- 5. 等加速度運動 .....154
- 6. 運動の第一法則 .....156
- 7. 運動の第二法則 .....157
- 8. 運動量・力積 .....159
- 9. 打撃・衝突 .....160
- 10. 運動の第三法則 .....161



## 第三章 落體・圓運動

- |                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| 1. 重力による加速度.....163   | 4. 圓運動.....166  |
| 2. 落體.....164         | 5. 萬有引力.....168 |
| 3. 拋射體(補充46頁).....165 | 6. 廻轉運動.....169 |

## 第四章 運動に對する抵抗

- |                  |                     |
|------------------|---------------------|
| 1. 摩擦.....172    | 4. 風壓・飛行機.....176   |
| 2. 流體の抵抗.....174 | 5. 流體の動壓力(補充47頁)177 |
| 3. 推進機・舵.....175 |                     |

## 第五章 仕事・エネルギー

- |                    |                        |
|--------------------|------------------------|
| 1. 仕事.....178      | 5. 仕事の原理.....184       |
| 2. 工率.....179      | 6. 熱の仕事當量.....186      |
| 3. エネルギー.....179   | 7. 熱の本性(補充49頁).....187 |
| 4. エネルギーの變遷及び移動182 |                        |

## 第六章 水力及び熱の利用

- |                     |                                   |
|---------------------|-----------------------------------|
| 1. 水車.....188       | 5. 内燃機關.....193                   |
| 2. ペルトン水車・水タービン 188 | 6. 熱機關の發達と<br>その應用(補充52頁).....196 |
| 3. 蒸氣機關.....190     |                                   |
| 4. 蒸氣タービン.....192   |                                   |

## 第六篇 波動

## 第一章 振動及び波動

- |                 |                  |
|-----------------|------------------|
| 1. 振子.....197   | 3. 波動.....199    |
| 2. 彈性振動.....198 | 4. 横波・縦波.....200 |

## 第二章 音 波

- |                  |                       |
|------------------|-----------------------|
| 1. 音.....202     | 6. 絃の振動.....206       |
| 2. 音の速さ.....203  | 7. 音叉.....207         |
| 3. 音波の反射.....203 | 8. 風琴管(オルガン管).....208 |
| 4. 音波の干渉.....204 | 9. 音の調和・音階.....209    |
| 5. 共鳴.....205    |                       |

## 第三章 光 波

- |                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| 1. 光波.....211        | 4. 輻射線.....214    |
| 2. 光の干渉.....213      | 5. 輻射線の吸収.....217 |
| 3. 偏光・複屈折(補充56頁) 214 |                   |

## 第四章 電 波

- |                   |                     |
|-------------------|---------------------|
| 1. 電氣振動.....219   | 6. 無線電話.....227     |
| 2. 電波・電磁波.....220 | 7. 光電管.....229      |
| 3. 電氣共振.....222   | 8. 寫眞電信.....230     |
| 4. 檢波器.....223    | 9. 發聲活動寫眞(トーキー)231  |
| 5. 無線電信.....226   | 10. テレヴィジョン.....233 |

補充.....[1-64]

答.....[1-2]



## 生徒諸君

1. 物理学は暗記の學問ではなく、推理實驗の學問である。されば教室内ばかりでなく、身邊に起る自然現象については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斷を下す習慣をつけよ。又常にそれが如何に人生に應用されるかをも考へよ。
3. 疑問は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. 然し教科書にある事を悉く記憶しようなどと思つてはならぬ。色々の事を雜然と記憶するのは精力を徒費するばかりである。整頓された知識のみが活用されるものであるから常に要點を纏めて記憶するやうにせよ。
5. 教科書記載の問題は自ら解くやうにせよ。問題はその事柄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。

# 中學新物理

[三四五學年用]

## 緒論

### § 1. 自然科學と物理学

日月の運行、薪炭の燃焼、草木の生長など自然界には絶えず種々の變化が起つてゐる。この變化を自然現象といふ。自然現象を仔細に觀察すれば、一つも偶然に起るものではなく必ず一定の因果關係\*に支配されてゐるのを認める。この關係を言ひ表はしたものを自然法則といひ、自然法則を探求して自然に關する知識を整理統一する學問を自然科學といふ。

物理学は自然科學の一部で、物質の性質、物體の運動、音、熱、光、電氣、磁氣などの諸現象を研究する學問である。

\* 原因と結果とを連絡したる關係、即ち或事柄が他の事柄の變化の原因となり、或事柄が他の事柄の結果となる關係である。



物理学の研究により、自然現象に関する根本の知識が確實となり、その應用によつて種々の機械が發明され、新工夫が起り、利用厚生之道が拓かれて人類の文化は著しく進展して來たのである。實に近代の物質文明は物理学の進歩に負ふ所大であるといはねばならない。

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、或は特別の装置によつて實驗するが、物理学では特に精密な實驗を重んじ、これをその根底とする。ガリレイがイタリアのピサの斜塔に於て物體落下を實驗し、それまで長い間盲信されてゐた物體落下の速さに関する考\*の誤れることを示したのは、實驗の重要なことを物語る有名な話である。

## §2. 單位

種々の現象を精密に研究するために、各種の量を精測する必要がある。量を測るにはこれと同種類で大きさの一定な量所謂單位

\* アリストテレスは重い物體程速く落下すると推斷し、以後ガリレイに至るまで約2000年間これが信じられてゐたのである。

ガリレイ記念堂

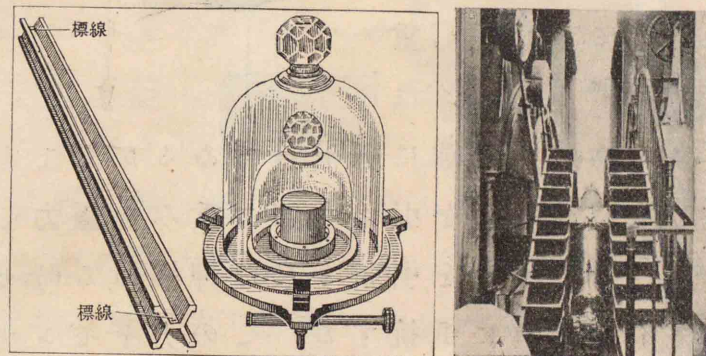


イタリア、フィレンツェにある。ここには物理学の始祖ガリレオ・ガリレイの製作した器械即ち望遠鏡その他が藏められ、又ガリレイの右手の人指し指が保存され、天井には彼の一代記を繪にして示してある。又高弟の肖像や色々の實驗装置も並べてある。寫眞中央はガリレイの立像。



を定め、これが測られる量に幾ら含まれてゐるかを求めねばならぬ。

物理学では通常長さの単位に糵 (Centimetre), 物體に存する物質の量即ち質量の単位に瓦 (Gram), 時間の単位に平均太陽日\*の秒 (Second)を用ひる。これをC. G. S.制といふ。



メートル及びキログラム原器とグリニッチ天文臺の經度零にある望遠鏡

すべての量には皆夫々の単位を要するが、長さ・質量及び時間の単位を定めれば、他量の単位はそれ等から誘導することが出来る。それで長さ・質量及び時間の三単位を基本単位といひ、基本単位より誘導される諸単位を誘導単位といふ。例へば面積や體積の単位は長さの単位より誘導され、速さの単位は長さと時間との単位より誘導される。

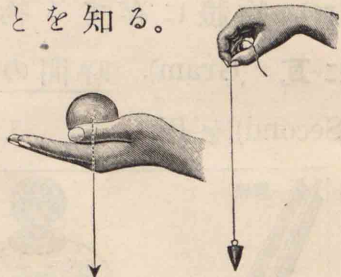
\* 太陽が或地の眞南に來た時から、次に再び眞南に來るまでの時間は季節によつて多少の相違がある。これを平均したものを平均太陽日といふ。



### § 3. 力

物體を押し或は引く時、筋肉に感ずる抵抗によつて手が物體に力を作用することを知り又手に力を受けることを知る。

錘おもりを絲で吊下げる時又は錘を掌上に支へる時に、手に所謂重みを感じず。これは



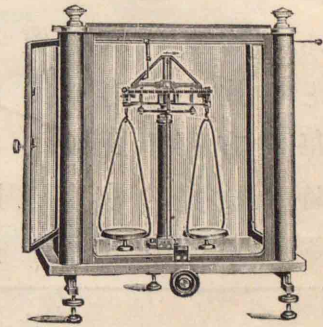
すべて物體が地球に引かれてゐるからである。地球が物體を引く力、即ち重みを**重力**といふ。ゼンマイを引張り又は押縮める時、ゼンマイはこれに抵抗する。この力をゼンマイの**弾力**といふ。

すべて押合ふ力を**壓力**といひ、引合ふ力を**張力**といふ。掌上の物體は手に壓力を及ぼし、引張られた絲には張力が働く。壓力及び張力の強さは單位面積に働く力の大きさで測る。

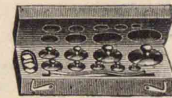
☞ 同じ力で手の甲を押すに、平な板で押すよりも鉛筆の尖つた先で押す方が痛いのは何故か。

### § 4. 重力

實驗によるに、物體に働く重力の大きさ即ち物體の重さは、地球上の同一地點ではその質量に比例する。故に物體の質量を測るには通常秤を用ひ、重さによつてこれを定める。



力の單位として質量 1 瓦



の物體に働く重力を用ひることがある。これを**力の重力單位**といふ。それで 5 瓦の力 (5 瓦重)、1 庇の力 (1 庇重) などといふ。

☞ この教科書を机の上に 15 冊積重ねたら机の受ける壓力の強さは毎平方糎約何瓦か。但し教科書 1 冊の目方は平均 500 瓦あるとせよ。

### § 5. 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

$$d = \frac{m}{v}$$

或物体の重さとこれと等體積の溫度  $4^{\circ}\text{C}$ \*の純水の重さとの比をその物質の比重といふ。比重は或物質の密度と  $4^{\circ}\text{C}$  の水の密度との比とも考へられる。\*\*  $4^{\circ}\text{C}$  の水の密度は毎立方糎 1 瓦であるから、C. G. S. 制を用ひる時は、物質の密度と比重とは同一數値で表はされる。(但し比重は不名數である。)

比 重 の 表

白金..... 21.4	アルミニウム 2.7	怪..... 0.7—0.8
金..... 19.3	硝子(クラウン) 2.4—2.6	コルク..... 0.22—0.26
水銀( $0^{\circ}\text{C}$ )... 13.596	牛乳..... 1.03—1.04	炭酸ガス..... 0.00193
鉛..... 11.3	海水..... 1.01—1.05	酸素..... 0.00143
銀..... 10.5	水( $4^{\circ}\text{C}$ )..... 1.00	空氣..... 0.00129
銅..... 8.9	氷..... 0.92	窒素..... 0.00125
眞鍮..... 8.4—8.7	アルコール... 0.807	水蒸氣( $100^{\circ}\text{C}$ ) 0.00060
鉄..... 7.4—7.9	石油..... 0.68—0.72	水素..... 0.00009

問 1. 水 1000 立方糎は幾瓦あるか、又水銀 76 立方糎は幾瓦あるか。

問 2. 純金 3 匁は幾立方糎あるか。

\*  $4^{\circ}\text{C}$  は溫度攝氏 4 度の意。本書では溫度を示すに攝氏を用ひるから、C を略することもある。

\*\* 比重 =  $\frac{\text{物体の重さ}}{\text{等體積の } 4^{\circ}\text{C の純水の重さ}} = \frac{\text{物質の密度}}{4^{\circ}\text{C の純水の密度}}$

\*\*\* 氣體の比重は、特別に指定しない限り、 $0^{\circ}\text{C}$ 、1 氣壓の場合である。



### 第一章 物質の通性

#### § 1. 物質の三態

物質の集合状態に固体・液体及び氣體の三種がある。固体は例へば木鉄の如く一定の體積と形状とを有するもの、液体は水・油の如く一定の體積を有するが形状は一定せず所謂「方圓」の器によつて變はるもの、又氣體は空氣などの如く一定の體積も形状もなく、どんな容器にでも充滿するものである。液体と氣體とを併稱して「流體」ともいふ。

#### § 2. 分子・分子力

物質はこれを細分するに極限があつて、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。分子の大きさは極めて小さなものであつて、それは強度



の顕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。又分子は常に運動して居り、温度が高い程分子の運動は盛である。分子の間には間隙があり、ために物體は壓縮することが出来る。又分子間には互に相引く力が存する。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、距離が少しく増すと強さが大いに減ずるものである。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。硝子が一塊をなすは凝集力により、ペンにインキが附着するのは附着力による。



固體では分子間の距離が小さく凝集力が可なり大きいので、分子は平均の位置を保つから、一定の體積と形狀とを保つのである。

液體は凝集力が弱いから、容易に流動する

が、然し尙一定の體積を保ち得る。氣體には殆ど凝集力が認められないので、分子の運動は非常に活潑となり、常にどんな容器をも充たす。このやうに分子の運動の自由の程度から、物質の三態を説明することが出来る。

固體分子が液體分子の間に入込むことを**溶解**といふ。溶解によつて生じた液體を**溶液**といふ。温度が高い程溶解の度が増すのは、分子の間隙が大となるためである。液體はその中に氣體を含むことがある。これを**吸収**といふ。天然の水は空氣を含み、魚はこれを呼吸する。

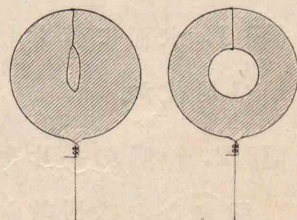
固 木椀を漆塗にする理を分子力により説明せよ。

### § 3. 擴散・滲透 (補充1頁\*)

### § 4. 表面張力

實驗 圖のやうに針金の枠に絲の輪を結び付け、こ

れを石鹼液に浸してその膜を張り、輪の中の膜を針の先で突き破れ。絲はどんな形となるか。

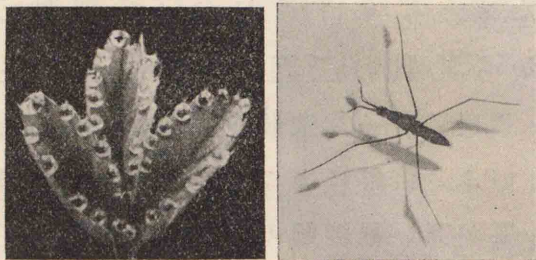


\* 以下(補充何頁)とあるものは、その説明の全部或は一部を卷末補充篇に述べてあるのである。これは時間の都合で教室で學ばないこともあらう。なるべく自習せよ。



すべて液體の表面には、張られたゴム膜の如く常に收縮して最小の面積を取らうとする力が働いてゐる。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球が球形をな



し、水蟲が水面を歩き、静かに水面に置いた縫針が浮ぶことなどは、皆表面張力による現象である。

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 1. 水面に落ちた石油の一滴が水面に擴がるのは何故か。

問 2. 樟腦の一片を水に投ずると、それが水面に旋回するのは何故か。

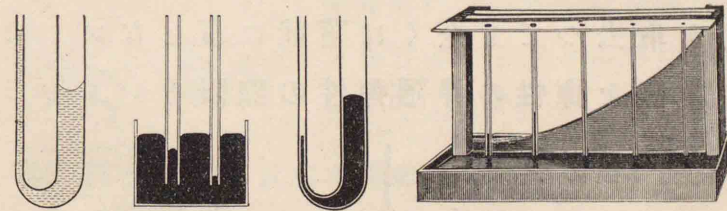
問 3. 毛筆を水の中に浸すと、毛は四方に開いてゐるが、水から引上げると穂先がすぼむのは何故か。

## § 5. 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程著しいので、これを**毛管現象**といふ。

實驗の結果によれば

毛管現象による管の内外の液面の高さの差は、管の内徑に反比例する。



毛管現象は細い管のみに限らず、すべて物體の狭い間隙に起るもので、例へば二枚の硝子板を接近させて水中に立てる時にも、この現象が見られる。海綿が水を吸ひ、吸取紙がインキを吸ふなどは皆毛管現象による。

問 1. 万年筆のインキが尖頭から紙面に<sup>にじ</sup>しみ出る作用を説明せよ。

問 2. 毛管現象の實例三つを挙げよ。



### § 6. 固体の弾性

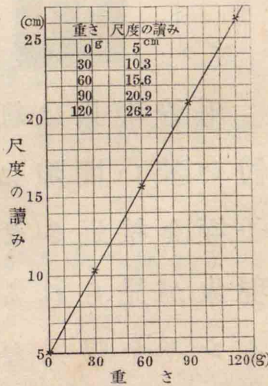
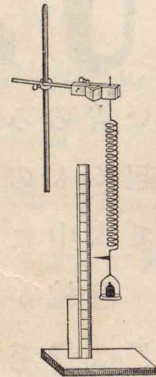
固体を曲げ、<sup>ねじ</sup>振り又は引延ばし或は押縮める時、内部にはこれに反抗する力即ち弾力を生ずるが外力を取去れば舊の状態に復し、この力は消滅する。この性質を弾性といひ、弾性をもつ物体を弾性体といふ。形状又は體積の變化を<sup>ひずみ</sup>歪といふ。

外力の大きさが一定の極限を越えると、外力を取去つても全くは舊狀に復しない。この極限を弾性の界限(弾性の際限)といふ。

*the class abuse is to mist and*

**實驗** 圖のやうな

装置を用ひ、ゼンマイの下端の錘を次第に増し、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。

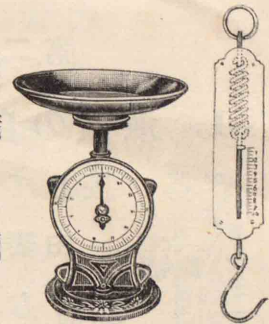


實驗の結果によれば

弾性の界限内に於ては歪は外力に比例する。

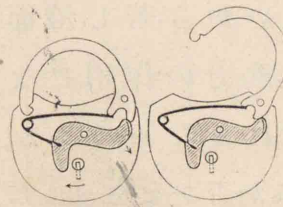
これをフックの法則といふ。

ゼンマイ秤は、フックの法則を應用して、ゼンマイの伸縮から、物体の重さなどこれに加へられた力の大きさを測るに用ひられる。



汽車・電車・人力車の車臺下のバネは、その歪によつて急激な外力の作用を緩和させるものである。

錠前・時計・握力計などにもバネの弾性を利用してある。



**問 1.** 圖の如き錠前の構造・作用を研究せよ。

**問 2.** 固体の弾性を利用した實例三つを挙げよ。

### § 7. 流体の弾性

流体は流動し易くて形状の變化に對しては弾性を有しないが、これを容器に入れて壓すと收縮し、壓力を除くと舊の體積に復する。即ち流体は體積の弾性のみを有する。

氣體は容易に壓縮し得るが、液體は大きな壓力を加へて始めて僅かに體積を收縮する。



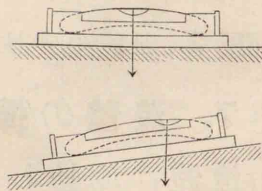
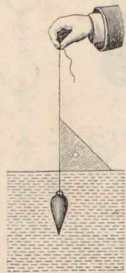
第二章 液 體

§1. 液體の自由表面

容器に接してゐない液體の表面をその自由表面といふ。重力の作用を受けながら静止してゐる液體の自由表面は水平面である。これは液體は流動し易いから、若し液面に高低があれば、重力の作用によつて高所の液體は低所に流れるためである。

水準器は或平面が水平であるか否かを檢べるに用ひられる。その構造は少し彎曲した硝子管にアルコールかエーテルのやうな流動し易い液體を入れ、小氣泡を残して封じ、これを平な臺に取附けたものである。これを水平面に載せると、氣泡は硝子管の中央に来るやうになつてゐる。

或面が水平であるか否かを檢べるには、水準器を少くとも二方向に置いて見なければならぬといふ。その理由を説明せよ。



§2. 重力による液體の壓力

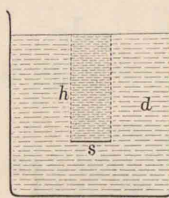
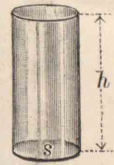
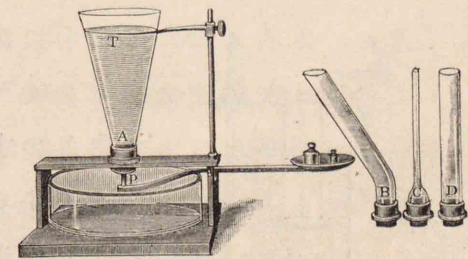
液體には重さがあるから上層の液はその重さで下層を押し、液體内に壓力を生ずる。

圖のやうな圓筒に液體を入れ、その器底は液體の重さに等しい壓力を受ける。それで器の底面積を  $s$  平方糎、高さを  $h$  糎、液體の密度を每立方糎  $d$  瓦とすれば、器底の受ける壓力は  $shd$  瓦である。

これは液面より  $h$  糎の深さに於ける水平面  $s$  平方糎の受ける壓力に等しい。よつて液面より深さ  $h$  糎の水平面の受ける壓力の強さを每平方糎  $P$  瓦とすれば

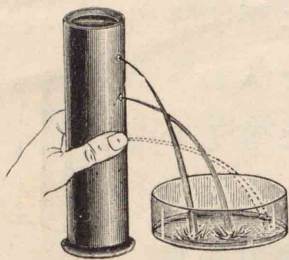
$$P = \frac{shd}{s} = hd$$

同じ液體では器底に及ぼす壓力の強さは深さにのみ關係するから、底面積の相





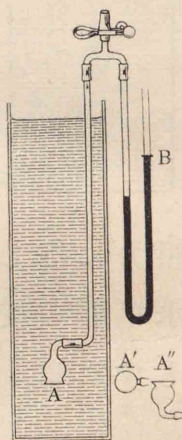
等しい種々の容器に同じ液體を同一の高さまで入れれば、器底の受ける壓力は皆相等しい。



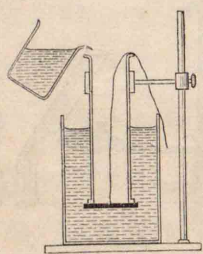
液體を充たした容器の側壁に孔をあけると液體は噴出し、こゝを指で抑へると壓力を感じる。實驗の結果によれば、静止して

ある液體の及ぼす壓力は、それに接する壁面に垂直である。

又右の圖のやうな装置で實驗するに、重力による液體の壓力は、同一の深さでは何れの方



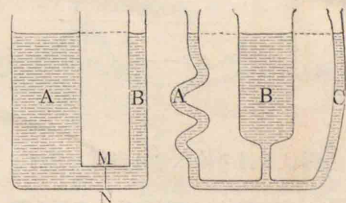
**實驗** 兩端の開いてゐる太い硝子圓筒の下端に薄い金屬板を當て



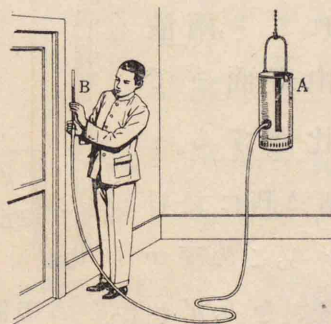
て水中に沈めると、金屬板は落ちるか。又圓筒中に水を注いで内外の水面をほぼ相等しい高さにすると、金屬板はどうなるか。理由を附して答へよ。

### §3. 連通器

器底の連絡してゐる容器を連通器といふ。一方の容器から液體を入れると、容器の形狀及び液量に關係なく、各容器の自由表面はいづれも同一水平面となつて静止する。

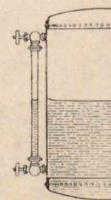


これ容器内の液が静止するためには、この液内の同一水平面上の壓力の強さ、従つてその平面より各容器の液體の自由表面までの高さが、相等しくなければならないからである。



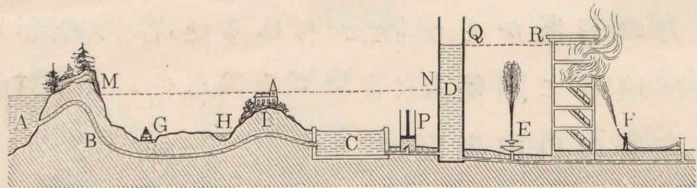
大工の地形工事など

に使用する水盛りは、連通器の理を應用して地盤が水平であるか否かを檢べるもので、又汽罐や水タンクなどの水準計は、この理によつて罐内の水量を知るものである。





この外、噴水・掘抜井戸・上水道等に於て水の出るのも皆連通器の理による。



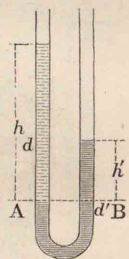
上圖は水道の給水する模様を示す。水面の高さMNなる池Aの水は管Bにより道路G、小川H、丘Iの下を通り、貯水池Cに貯へられ、ポンプPでDに高さQRまで上げられ、噴水口E、消火栓Fから噴出する。

互に混和しない二液を夫々U字形の連通器(U字管)の兩支管に入れると、兩液の接觸面から兩液の自由表面までの高さはその密度に反比例する。

何となれば兩液の接觸面ABに於ける壓力の強さは相等しいから、この面から兩液の自由表面までの高さを $h, h'$ とし、その密度を $d, d'$ とすれば、次の關係が成立つによる。

$$hd = h'd' \quad \text{即ち} \quad h:h' = d':d$$

例 U字管の兩支管に水と石油とを入れたのに、接觸面から各液面までの高さ、水は16厘、石油は23厘である。石油の密度を求めよ。



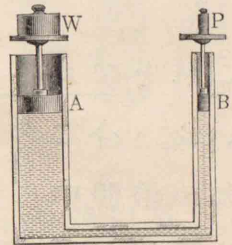
### §4. 壓力の傳達

實驗によれば

密閉した液體の一部に壓力を加へると、この壓力は、強さは變はらないで液體內各部に傳はる。

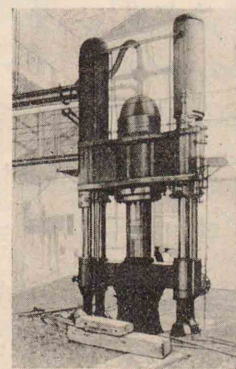
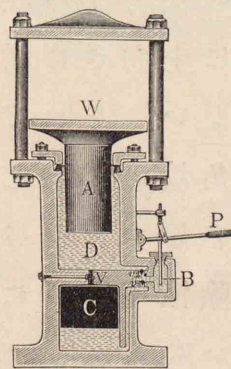
これを パスカルの原理 といふ。今圖の如き

連通器に水を入れ、切口の面積A及びBなる兩圓筒に夫々密合する活<sup>ピストン</sup>塞に重さW及びPの錘を載せて釣合ふとすれば、パスカルの原理から



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

故に面積AがBに比して大であれば、小さな力Pで大きな力Wが得られる。



水壓機は上の理を應用したもので、綿紙などの壓縮、種油の搾取、艦載砲の廻轉など、大きな力を要する時に用ひられる。

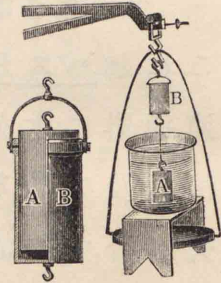


### §5. アルキメデスの原理

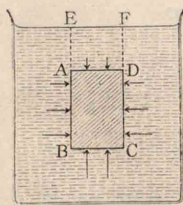
水中では物体の重さは空気中に於けるよりも軽く感じられる。実験によると

液体中にある物体はその物体の排除した液体の重さだけ軽くなる。

これをアルキメデスの原理といふ。今この理由を説明する

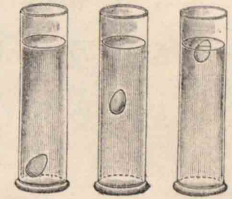


ため液体中に角壩 ABCD を没して、これに働く液体の圧力を考へるに、その前後及び左右に働く圧力は各相等しくて釣合ふが、上下に働く圧力は下方が大である。即ち上面 AD に下向きに働く液体の圧力は液柱 ED の重さに等しく、又下面 BC に上向きに働く圧力は液柱 EC の重さに等しい。それで角壩は、この上下圧力の差即ち角壩の排除した液体の重さに等しい上向きの圧力を受けてそれだけ軽くなる。この排除液の重さに等しい上向きの圧力を浮力といふ。



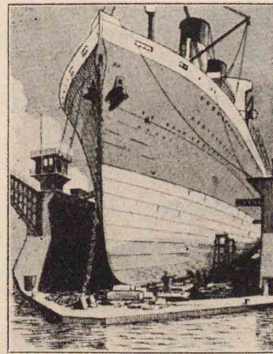
### §6. 物体の浮沈

物体を液体中に入れると、(1)その重さが浮力よりも大なれば物体は底に沈み、(2)重さが浮力と等しければ液中隨所に静止し、(3)重さが浮力よりも小なれば物体の一部分は液面に浮び出る。



清水 塩水 濃い塩水

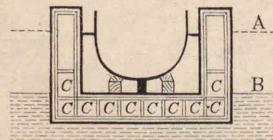
固体が液体に浮ぶ時は、そ



の排除した液体の重さとその固体の重さとは相等しい。

軍艦の噸數はその排水量を表はしたものである。

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あつて、これに海水を導けば沈み、排除すれば浮ぶやうになつてゐる。



浮船渠の圖(上)及びその断面圖(下) 室Cに水を充たすと船渠はA線まで沈む

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 (補充3頁)

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。

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

又液體の比重を簡便に測るにはうきばかり浮秤(比重計)を用ひる。これを液中に立て、液面に浮び出る管部に施してある目盛で、その液の比重が讀まれる。

問 1. 或物體の重さ及び水中での重さが夫々 172 瓦及び 164 瓦ある。この物體の體積及び比重を求めよ。

問 2. 重さ 16 瓦の木片に錘を附けて水中に沈め、その重さを測つたら 6 瓦あつた。次に錘だけを水中で測つたら 30 瓦あつたといふ。この木片の比重を求めよ。

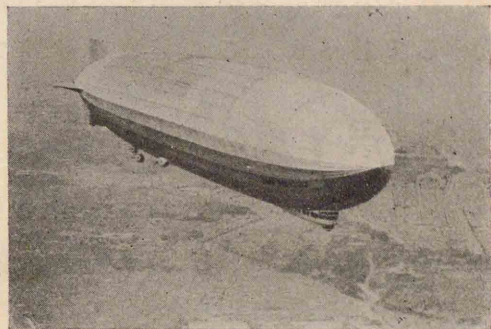


## 第三章 氣 體

### §1. 氣 體

氣體は一定の形狀・體積を有しないもので、これを容器内に密閉すれば常に擴がつて容器を充たし、その器壁に壓力を及ぼす。氣體の壓力もパスカルの原理に従ふ。

實驗上  $0^{\circ}\text{C}$ 、1 氣壓に於て、空氣 1 立方メートルの重さは約 1.3 瓦あつて、最も軽い物質である水素は 1 立方



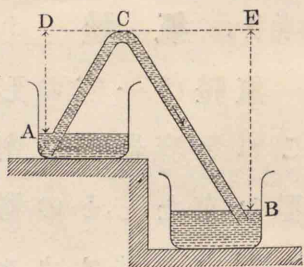
帝都の上空を飛翔するツェッペリン伯號

米約 90 瓦ある。このやうに氣體にも重さがあるから重力による壓力を有し、その中にある物體に、アルキメデスの原理に従ふ浮力を及ぼす。氣球及び航空船は共に空氣の浮力を利用したもので、水素又はヘリウムを充たした大きな氣囊がその主要部となつてゐる。



問 1. 真空中で物體の重さを測るのと、空氣中で測るのとでは、如何なる差違があるか。

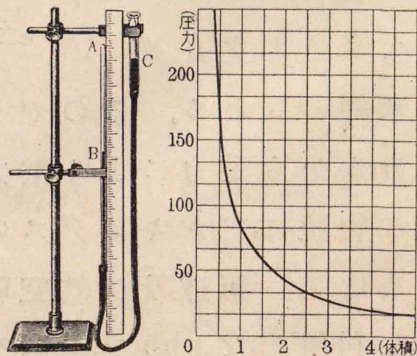
問 2. 圖のやうに長短二脚を有する曲管に水を充たし空氣中に保てば、水は何れの方に流れるか、又短脚を高所の水槽中に入れば、長脚から水が續いて流れ出るか。理由を附して答へよ。(この装置をサイフォンといふ)



§ 2. ボイルの法則

密閉器中に氣體を入れ、これに壓力を加へれば收縮し、壓力を減ずれば膨脹する。

實驗 右圖のやうな装置で一定量の氣體 AB に壓力を加へ、壓力を種々に變へ、氣體の體積と壓力との關係をグラフで示せ。



實驗の結果によれば

浮沈子

浮沈子

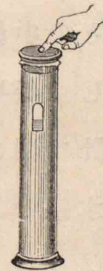
溫度一定の時、一定量の氣體の體積はその壓力に反比例する。

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

V/P = P'/P ∴ PV = P'V'

即ち氣體の體積と壓力との積は一定である。

空氣ポンプ・水ポンプ等の作用は、氣體のこの性質と大氣の壓力とに基づく。



浮沈子

問 1. ボイルの法則より氣體の壓力と密度とは互に比例することを證明せよ。

問 2. 浮沈子の理を説明せよ。

§ 3. ポンプ (補充 6 頁)

§ 4. 壓力計

問 大氣の壓力は何程か。

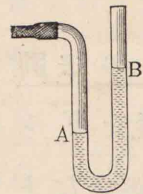
大氣の壓力を測るに水銀氣壓計・アネロイド氣壓計を用ひることは、一般理科で學んだであらう。ガスタンク・蒸氣汽罐など密閉器

Handwritten notes: PV = P'V'

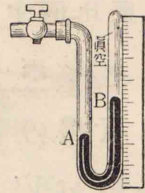


中にある氣體の壓力を測るには、種々の壓力計がある。

開管壓力計は兩端の開いてゐるU字管中に水又は水銀を入れたもので、氣壓との差が少い

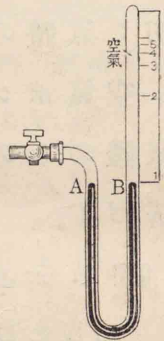


開管壓力計



真空壓力計

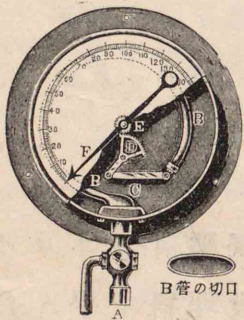
壓力を測るに用ひられる。又閉管壓力計はU字管の一端を閉じたもので、その中真空壓力計は、中に水銀を充たして低壓を測るに用ひられ、高壓壓力計は閉ざされた一端に空氣を残して水銀を入れたもので、高壓を測るに用ひられる。何れも一脚を密閉器中の氣體に連結した時の兩脚の液面の差によつて測る。



高壓壓力計

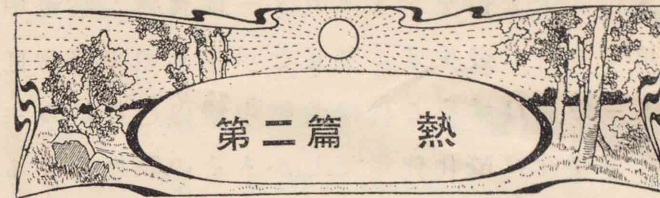
蒸氣汽罐などの壓力を測るに

ブルドン壓力計が用ひられる。その要部は、切口が楕圓形の金屬曲管の一端を閉じたもので、これに蒸氣を通すと、管が眞直にならうとして閉端を動かす。この運動を指針に傳へて壓力を測る。



B管の切口

カ  
力  
計  
の  
部  
分



### 第一章 熱 量

#### § 1. 熱・熱量

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。物體は熱を得れば通常その温度は昇り、これを失へばその温度は降る。この作用に基づいて、熱は一つの量として測ることが出来る。

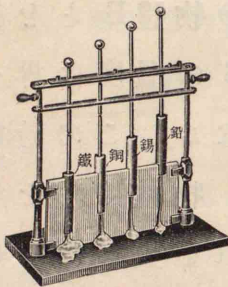
熱量を測る單位には、水1瓦の温度を1°だけ高めるに要する熱量を用ひ、これを1カロリーといひ、1000カロリーを1珎カロリーといふ。一般に、m瓦の水の温度をtからt'まで高めるに要する熱量は、 $m(t'-t)$ カロリーである。



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で、通常貳カロリーで表はす。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。

### §2. 比熱

**實驗** 質量の等しい鉄・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。

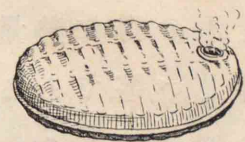
或物質1瓦の溫度を1°だけ高めるに要するカロリーの數を、その物

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
水	.....1.00

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  $t^\circ$  から  $t'^\circ$  に高めるに要する熱量は、 $cm(t'-t)$  カロリーである。

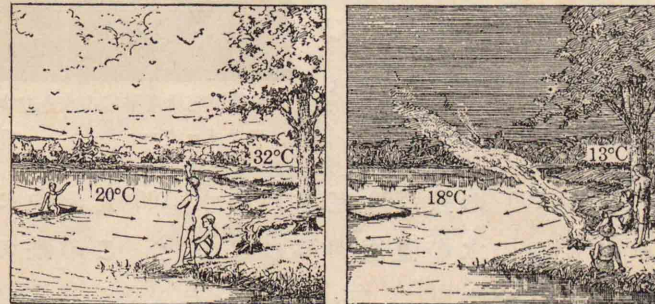
水の比熱は1で通常物質中最大であるから、同溫度等質量の色々な物質中では最大の熱量を持つ。それで物を冷すにも温めるにも水が用ひられる。



湯タンボ

**問1.** 海岸地方では溫度の變

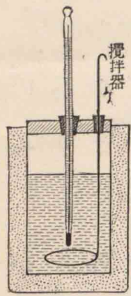
化が少いのは何故か又海風・陸風の起る理由を説明せよ。



**問2.** 鐵附に用ひられる銅の饅は、少し熱しても高溫度に達するのは何故か。



## § 3. 比熱の測定



比熱を測る簡單なる方法は混合法である。今比熱  $c$ , 質量  $m$  瓦, 温度  $t^\circ$  の物質を質量  $m'$  瓦, 温度  $t' (t > t')$  の水の中に入れて攪拌した後, 両者が同一の温度  $T^\circ$  となつたとすれば,

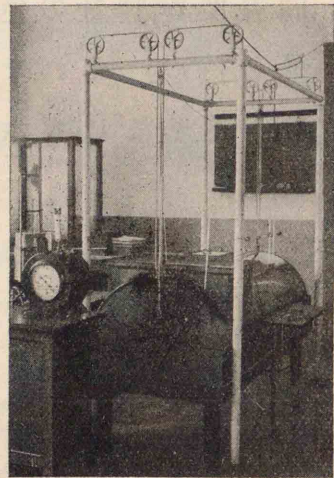
その物質の失つた熱量と水の得た熱量とは相等しい筈であるから, 次の関係がある。

$$cm(t-T) = m'(T-t)$$

よつて

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

このやうな實驗に用ひられる容器をカロリメーター熱量計といふ\*。



榮養研究所備附けの大きなカロリメーター

例 温度  $100^\circ$  の鉄 200 瓦を  $15^\circ$  の水 100 瓦の中に入れたら, この水の温度が  $32^\circ$  になつた。この鉄の比熱を計算せよ。

\* 混合法で比熱を測る時には, 實際は攪拌器・寒暖計・容器等にも熱が奪はれることなほ考へねばならない。

## 第二章 熱の作用

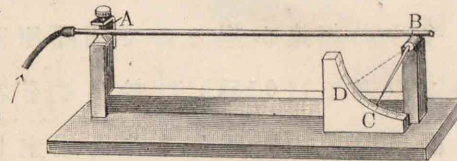
## (I) 膨 脹

## § 1. 固体の線膨脹

一般に物体は温度が上昇すれば膨脹し, 下降すれば収縮する。

實驗 金属管の一端を固定し他端を指針取付けの

小圓柱上に載せ, 管内に水蒸氣を通じてこれを熱すると, 管は膨脹



し, 指針の廻轉によつて管の延びがわかる。

このやうに温度の上昇に伴つて固体の長さが増加することを線膨脹といふ。線膨脹は温度の増加に比例する。温度  $1^\circ$  の上昇による或固体の長さの増加と  $0^\circ$  の時のその長さとの比を, その線膨脹係數といふ。今  $0^\circ$  及び  $t^\circ$  の時の或物体の長さを夫々  $l_0, l$ , その線膨脹係數を  $a$  とすれば, 次の関係がある。

$$a = \frac{l-l_0}{l_0 t} \quad \therefore l = l_0(1+at)$$



固体の線膨脹係数は小さいが、種々の尺度や時計の振子、テンプなどのやうに精密な長さを要する場合には見逃すことは出来ない。メートル原器は膨脹係数の極めて小さい白金イリヂウム合金で作られてある。それでも温度によつて多少の相違が起るので、國際原器では $0^{\circ}\text{C}$  (我國にある原器では $0.15^{\circ}\text{C}$ ) に於けるその上の二標線(3頁の圖参照)間の距離を1米と規定してある。

温度の變化による伸縮は極めて小でも、その際の力は強大である。軌道の接目<sup>つぎめ</sup>に間隙を設け、鐵橋の接合部に特殊の装置を施すのは、伸縮による破壊作用を防ぐためである。

問 1. 厚硝子のコップに熱湯を注ぐと、壊れることがあるのは何故か。シリカ硝子ではどうか。

問 2. 厚紙の一侧を熱すると、紙が捲く理如何。

問 3. 温度 $0^{\circ}$ の時4軒の電線(銅)は、 $35^{\circ}$ の時長さ何程となるか。

線膨脹係数の表

真 鍮	.....0.000019
銅	.....0.000017
鉄	.....0.000012
セメント	.....0.00001
白金	.....0.000009
硝子	.....0.000009
白金イリヂウム(9:1)	0.0000086
磁器	.....0.000003
シリカ硝子	.....0.0000004

## § 2. 固体・液体の體膨脹

温度の上昇に伴ひ物体の體積が増加することを體膨脹といひ、温度 $1^{\circ}$ の上昇による物体の體積の増加と $0^{\circ}$ の時のその體積との比を、その體膨脹係數といふ。今 $0^{\circ}$ 及び $t^{\circ}$ の時の或物体の體積を夫々 $V_0, V$ , その體膨脹係數を $b$ とすれば、次の關係がある。

$$b = \frac{V - V_0}{V_0 t}$$

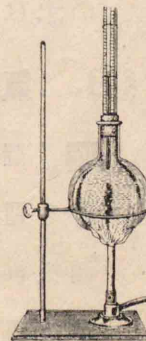
$$\therefore V = V_0(1 + bt)$$

體膨脹係数の表

エーテル	.....0.00151
アルコール	.....0.00101
水 銀	.....0.00018

固体の體膨脹係數はその線膨脹係數の3倍に當る。

實驗 圖のやうに着色せる水をフラスコに充たし、細い硝子管を有する栓をなし、水を少し細管に上らせて置き、この容器を急に熱すれば、管内の水面は一時少し下るが、更に熱すれば水面はやがて上昇する。これは何故か。



上の實驗で、上昇せる液柱の體積は、液体と



容器との膨脹の差に等しい。これを見掛けの膨脹といふ。

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対する見掛けの膨脹を利用したものである。

水の膨脹・収縮は他の液體のと大いに異なり、 $4^{\circ}$ 以下では溫度が昇るにつれ収縮し、 $4^{\circ}$ 以上では膨脹する。それで水の密度は $4^{\circ}$ に於て最大となる。

問 1. 冬期、池水が表面から凍るのは何故か。

問 2. 溫度 $20^{\circ}$ の時に、體積 1000 立の水は質量幾何あるか。

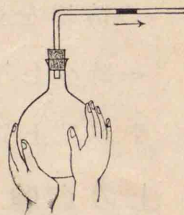
水の比重の表

溫度	比重
0°	0.99987
2	0.99997
4	1.00000
6	0.99997
8	0.99988
10	0.9997
20	0.9982
30	0.9957
40	0.9922
50	0.9881
60	0.9832
70	0.9778
80	0.9718
90	0.9653
100	0.9584

### § 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、フラスコを掌で温めると、指標は動いて中の空氣が膨脹したことを示す。



$$PV = p'V' \quad \text{ボイル}$$

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

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

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、溫度によつても變化する。この變化は氣體の種類に關せず、大體次の法則に従ふものである。

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

これをシャルの法則といふ。それ故溫度 $0^{\circ}$ の時の氣體の體積を $V_0$ とし、その壓力を變へずに溫度を $t^{\circ}$ とすれば、この時の體積 $V$ は次の式から求められる。

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

次に溫度 $0^{\circ}$ 、壓力 $P_0$ の時、體積 $V_0$ なる氣體を溫度 $t^{\circ}$ 、壓力 $P$ に變へた時の體積 $V$ は、ボイル及びシャルの法則から

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

となる。この關係をボイル・シャルの法則といふ。

攝氏の $0^{\circ}$ を $273^{\circ}$ 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  $0^\circ$  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。

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0V_0}{T_0} \quad \text{或は} \quad \frac{V}{V_0} = \frac{P_0T}{PT_0}$$

即ち

氣體の體積は壓力に反比例し絶対温度に比例する。

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  $0^\circ$ 、壓力 1 氣壓の時を氣體の標準状態といふ。

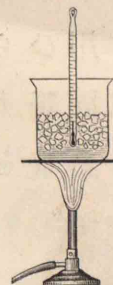
**問 1.** ボイル・シャルルの法則から、氣體の體積一定の時、壓力は絶対温度に比例することを證明せよ。

**問 2.** 酸素の密度は、標準状態では毎立 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。

### (II) 状態の變化

#### § 1. 融解・凝固 (補充 12 頁)

**實驗** 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、たゞ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。

硝子や封蠟のやうなものには判然とした融解點はなく、熱すると次第に軟くなり所謂粘體になつてから、液体となる。硝子

融解點・融解熱の表

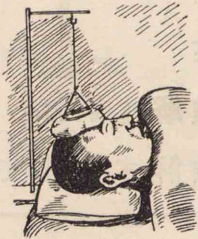
	融解點	融解熱
		(カロリー)
アルコール	-114°	
水銀	-39	3
氷	0	80
パラフィン	38-52	35
ウツドの合金*	76	8.4
鉛	327	5
アルミニウム	660	77
銀	960	22
金	1063	
銅	1083	43
鉄	1527	30
白金	1771	27
タングステン	3400	

\*カドミウム(融解點321°)11, 錫(同232°)14, 鉛(同327°)25, 蒼鉛(同271°)50の合金。



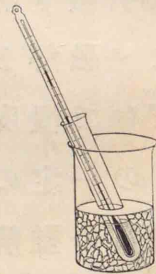
細工はこの性質を利用するのである。

融解の際温度が上昇しないのは、外から加へられた熱が皆、固体を液体に変化するために用ひられるからである。融解點に於ける或固体 1 瓦を同温度の液体に変ずるに要する熱量を、その融解熱又は融解の潜熱といふ。



氷の融解熱は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、冷蔵函などに用ひられる。

**實驗** ビーカーの中に氷の碎片と食塩とを混ぜ入れ、その中に、少し水を入れた試験管を挿入せよ。試験管を時々動かし、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。

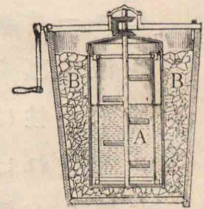


液体を冷せば遂に固体になる。これを凝固といふ。この際も全部凝固するまで始終同一の温度を保つ。この温度を凝固點とい

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。

### §2. 寒劑

固体が融解する際に、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ものから熱を奪つて、温度を降す。又固体が液体に溶解する時にも、熱を吸収して溶液の温度が降ることがある。



アイスクリーム製造器  
A: 原料 B: 氷と食塩

氷と食塩とを混合すると、食塩の溶解と氷の融解と相助けて混合物自身

から熱を奪ひ、温度は著しく降る。このやうに低温度を生ずる混合物を寒劑といふ。アイスクリームは寒劑の中で冷して作る。

寒劑の表		
混合物	重さの割合	最低温度
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

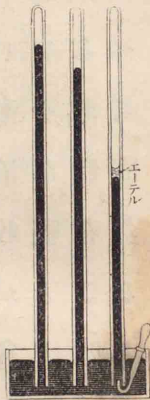


### §3. 氣化・液化

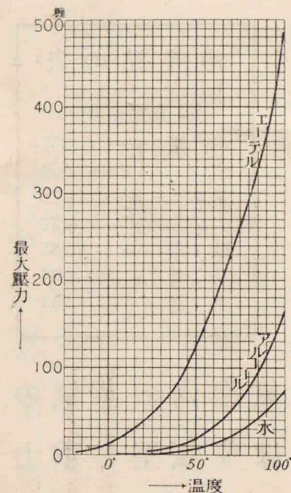
液體が氣體に變ずることを氣化といひ、氣體が液體に化するのを液化又は凝結といふ。

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

**實驗** トリチュリーの眞空を作つてこれにエーテルを少し送入すると、エーテル液は直ちに氣化し、その蒸氣の壓力で水銀柱は降る。この時、更にエーテルを送れば又蒸發して水銀柱は次第に降るが、遂には蒸發は止み水銀頭は或高さに止まり、エーテルの一部は水銀柱上に殘る。この時管を傾け體積を減すれば、蒸氣の一部は液化して水銀頭の高さは變はらない。従つて管内の蒸氣の壓力の強さは一定であり、體積に無關係なることを知る。



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。飽和状態の蒸氣の壓力をその溫度に於ける最大壓力又は飽和壓力



最大壓力と溫度との關係

といひ、最大壓力を有する蒸氣を飽和蒸氣といふ。最大壓力は物質によつて異なり、又同じ物質では一般に溫度が上昇するに従つて大となる。密閉器中の液面上に他の氣體又は蒸氣がある時には、液體が眞空中にある時のやうな速さで蒸發しないが、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。

**問** アルコールランプや揮發油の瓶などの蓋を緊くする必要があるのは何故か。(最大壓力の大なる物質は揮發し易い)

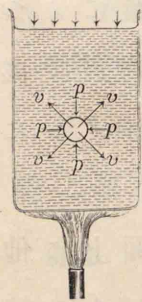


### §4. 沸騰

液體を熱すると表面の蒸發は盛になり、或溫度に達すれば液體内部からも蒸氣泡が発生して上騰する。この現象を沸騰といふ。壓力一定の時、液體の沸騰する溫度は物質に



より一定し、熱を加へても、沸騰の續く間は温度は昇らな



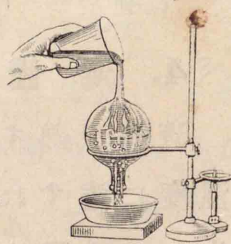
い。この温度をその壓力に於ける液體の沸騰點といふ。

液體内部に蒸氣

泡が発生するには、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。それで液面から出る蒸氣泡内の最大壓力は氣壓に等しい。このことから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ことが説明出来る(前頁最大壓力のグラフ参照)。普通に沸騰點といふのは外氣壓が1氣壓の場合である。

**實驗** フラスコに半ば水を入れ沸騰するを待ち密閉し、これを倒にして底部を冷せば、水は再び沸騰する。(これを説明せよ)



**問** 物を煮る時に、蓋を密にすれば(壓力釜を用ひる

沸騰點の表

(1氣壓の時)

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

などよく煮える。又湯で煮るよりも油でいためる方がよく煮える。その理由はどうか。



§5. 氣化熱

液體が蒸發する場合には熱を要する。沸騰の際、その温度が一定になつて上昇しないのは、これに加へられた熱が、液體を蒸氣に變ずるために用ひられるからである。

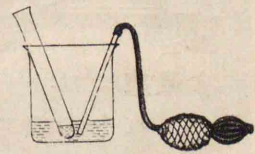
或温度に於ける液體1瓦を同温度の蒸氣に變ずるに要する熱量を、その温度に於ける氣化熱といふ。

氣化熱の表

(沸騰點に於ける)

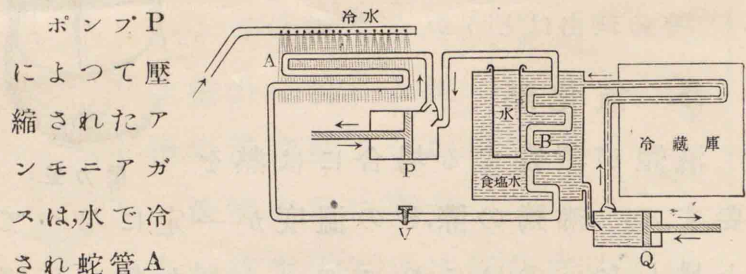
	カロリー
水	.....539
アンモニア	.....341
アルコール	.....205

**實驗** 掌上にエーテルの一滴を載せると、寒冷を覺えるのは、それが蒸發する時に掌から氣化熱を奪ふからである。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、エーテル中に空氣を吹送つて急速に蒸發させると、エーテル及び器は著しく冷えて試験管内の水が氷結するのを見る。

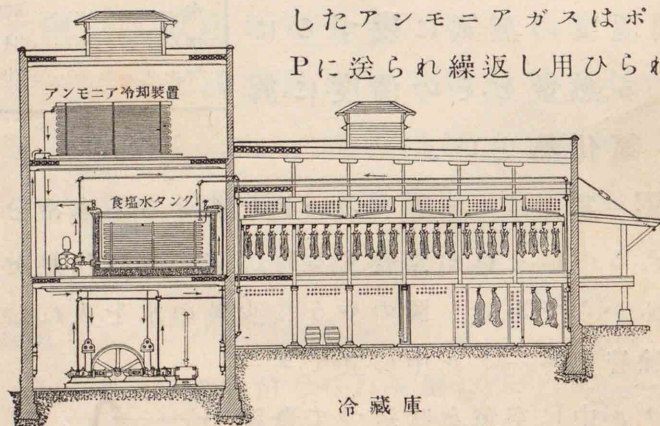




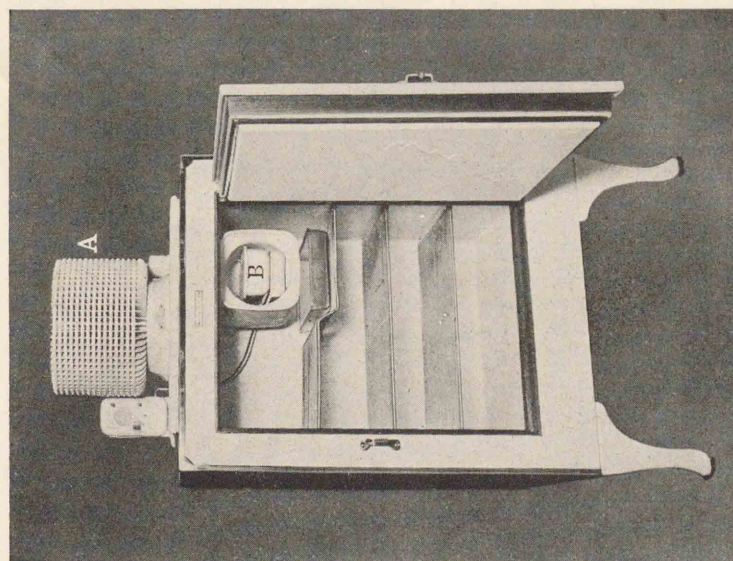
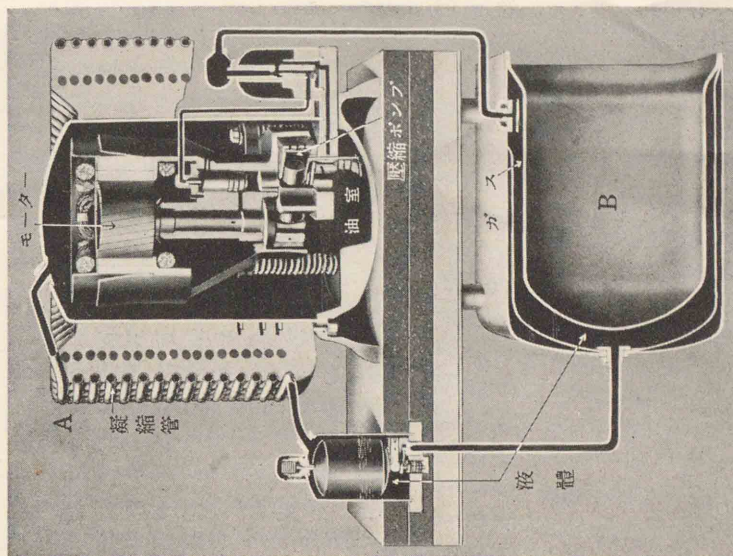
製氷には通常液体アンモニアの気化熱を利用する。次の圖は製氷機の概要を示す。



ポンプPによつて壓縮されたアンモニアガスは、水で冷され蛇管Aの中で液化する。これを細孔を有する調節弁Vを通じ、低圧管B中に噴出氣化させる。この際蛇管の周囲にある食塩水の熱は奪はれ約 $-10^{\circ}$ 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に送られ繰返し用ひられる。



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。



電気冷蔵庫(左)とその要部(右) 壓縮器(A)内のモーターを働かして亞硫酸ガス(又は鹽化メチル)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。液体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囲を冷す。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。



## §6. 空気の液化

すべて氣體は、その氣體について定まる或溫度以上では、如何に強大な壓力を加へても液化しない。この溫度をその氣體の臨界溫度といひ、臨界溫度で或氣體を液化させるに必要な最小壓力、即ち臨界溫度に於ける飽和蒸氣の最大壓力を、その氣體の臨界壓力といふ。

臨界溫度・臨界壓力の表

	臨界溫度	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

酸素や水素はその臨界溫度が極めて低いので、かゝる低溫度の得られなかつた頃は、これ等の氣體は到底液化することが出来なかつた。それで永久ガスと稱された。然るに近年カイユテー・リンデ・デュワー・オンネス\*等によつて、強壓を加へた氣體を急に膨脹させるとその溫度が著しく低下することを利用し、

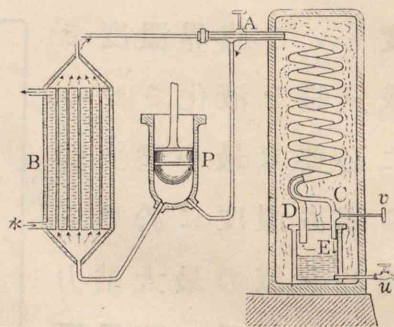
\*カイユテーは1877年酸素の液化に、リンデは1896年空氣の液化に、デュワーは1898年水素の液化に、オンネスは1908年ヘリウムの液化に成功した。



所謂永久ガスの液化に成功した。

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、空氣は著しく冷却する。この空氣は二重管の間を過ぎ、内側の管Cを冷しつゝ、ポンプPに歸る。ここで更に壓力を加へ、

前のやうに繰返すと、Eから噴出する空氣は次第に冷却して遂に液體空氣が得られる。



液體空氣はやゝ藍色を帯びた透明な液で、通常魔法鑊に貯へられる。常溫の空氣中では沸騰し易い。この際窒素は、酸素よりも沸騰點が低いので、先に蒸發する。この理を應用して液體空氣より兩者の分離が工業的に行はれる。

ケ-ソムは或壓力に於けるヘリウムの融解點-272°を測定した。

二重管

二重管

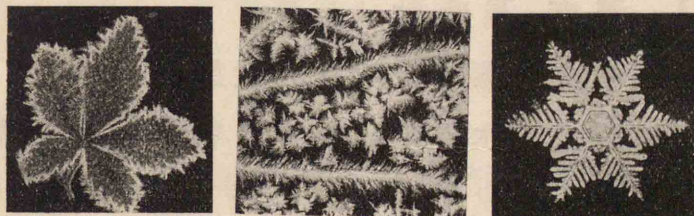
二重管

### 第三章 大氣の乾濕

#### §1. 大氣中の水蒸氣

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。この水蒸氣は氣溫が降れば、遂には飽和の状態に達する。この時の溫度を露點といふ。

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。圖は霜の結晶を示す。

又地表より上昇する水蒸氣が、上層の寒冷な空氣に混じ、又は山嶺に觸れる時や、急速な上昇により膨脹する時などに冷えて、露點以



下に達すると、一部液化して微細な水滴を生じ空中に浮ぶ。これが雲である。この現象が地表近くで起ると、時と場所とによつて霧又は霞と呼ばれる。雲の水滴が集まり大きくなって落下するのが雨である。

上層の水蒸気が、 $0^{\circ}$ 以下で露點に達すると、氷結して微細な氷片の雲を生ずる。この氷片が集つて落下するのが雪である。

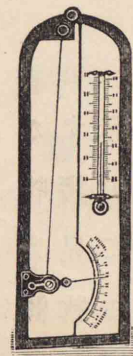
問 大氣中の水蒸氣が氣温を調節することを例を擧げて説明せよ。

## § 2. 濕度・濕度計

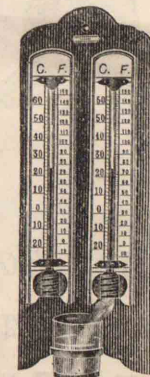
大氣中の水蒸氣が飽和の状態に近い時は、大氣は濕つて水の蒸發が少く、物を乾かし難い。飽和に遠い時は、蒸發は盛で、物の乾きが速かである。大氣の乾濕の度は、その中に含まれてゐる水蒸氣の量によるよりも飽和に近いかに遠いかによる。大氣中の水蒸氣の壓力( $p$ )とこの時の溫度に於ける水蒸氣の最大壓力( $p'$ )との比を100倍し、これを濕度( $h$ )といふ。即ち

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

濕度を測るに濕度計を用ひる。乾濕球濕度計(右圖)は、濕度小なる程水の蒸發することが盛で、乾濕



兩寒暖計の示度の差が大なる事實に基づき、その差とこの時の氣温とを測り、表によつて濕度を求めるものである。



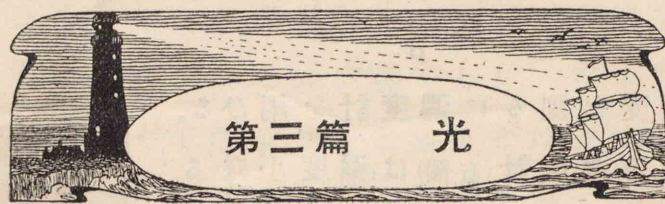
毛髮濕度計(左圖)は、濕度の多い程毛髮が多く延びることを利用したものである。

濕度が小に過ぎると即ち空氣が乾燥すると、身體各部の蒸發が盛になり呼吸器を害し易く、これに反して濕度が大に過ぎると、身體各部の蒸發は減じ蒸暑く感じ、飲食物その他にカビを生じ易い。保健上適當な濕度は50-60である。

問 1. 室内を温めると何故空氣は乾燥するか。

問 2. 物を乾かすにはどんな條件の時がよいか。





第一章 光 線

§1. 光の直進

太陽や電燈などのやうに自ら光を發する物體を發光體(自光體)といひ、月や、地上の諸物體のやうに、他の光に照らされて始めて見えるものを暗體といふ。又光が透過する物體を透明體といひ、さうでないものを不透明體といふ。

透明體不透明體の區別は光を透過する程度を示すだけで、同じ物質でも厚さによつて透明體とも不透明體ともなる。金は普通の状態では不透明體であるが、薄くすれば綠色の光を通す。圖は花崗岩を薄くして光を透過させ、顯微鏡で見た所である。



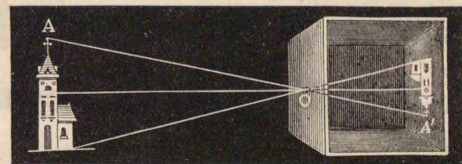
*Miss and*

小孔から暗室に差込む日光が浮游せる塵埃を照らす時や、探照燈の光が暗夜を照らす時などに經驗する如く、組織が一様な透明體内では、光は一直線に進行する。光の進路と光とを併せてこれを光線といふ。

光の直進することは測量射的・整列などの場合に屢々應用される。

圖 1. 暗函の側壁に小孔を穿ち、これを通過させて、

外部の物體から來る光を小孔の對壁面に受け



ると、倒立した物體の像が生ずるのは何故か。

圖 2. 樹葉の隙間を洩れる日光によつて地上に印される像は、如何なる形か。

光の速さは真空中では毎秒約30萬軒( $3 \times 10^{10}$  軒)である。光の速さはその通過する物質の種類によつて異なり、空氣中での速さは真空中よりも僅かに遅く、水中では真空中の約  $\frac{3}{4}$  である。(光の速さ補充16頁)



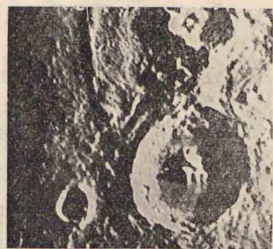
光の速さは吾等の知る速さの中、最も速いもので、1秒間に地球を7回半廻る程の速さである。

## §2. 影

光は直進するから光の通路に不透明體を置けば、その背後に光線の到達しない部分が出来来る。これを影といふ。

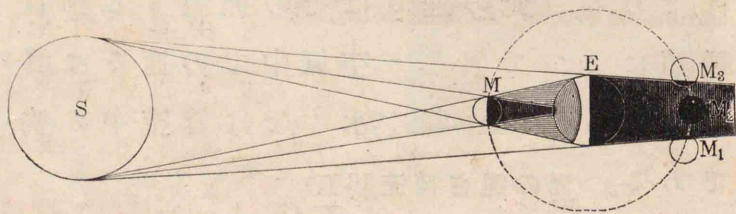
地球上に晝夜の差別が生ずるのは、日光の當たる部とその影になる部とのあるによる。

月の盈虚えいきよも亦同様にして起る。



上圖は月の表面を撮影した望遠鏡寫眞で、白い所は日光の當たる部、黒い所はその影である。

光源が小さい時は影は一様に暗いが、光源が大きい時は、影の中央は全く光が達しない本影で、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周りに出来る。



日食は月が太陽の光を遮つて生ずる影の中に、地球が入つた時に起り、月食は太陽によつて生じた地球の本影の中に、月が入つた時に起る現象である。

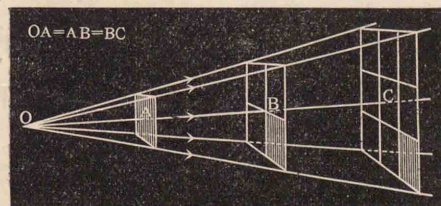
問1. 日食に皆既食及び部分食のあるのは何故か。金環食とは如何なる現象なるか。

問2. 軒の影が縁側に投せられる時、その影に近く影を生ずるやう他の物體をもつて來ると、兩方の影が相引くやうに見えるのは何故か。

## §3. 照度

光が一つの表面を照らす時、そ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。

一點から發散する光は、進行するにつれて

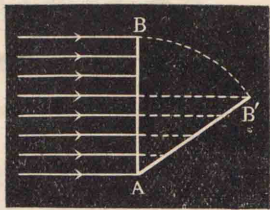


次第に廣い面積を照らす。この面積は光源よりの距離の自乗に

比例するから、光線に垂直な受光面の照度は、光源よりの距離の自乗に反比例する。又光源よりの距離が一定である時には、受光面が



光線に垂直の時に照度は最大で、平行の時に最小(零)である。



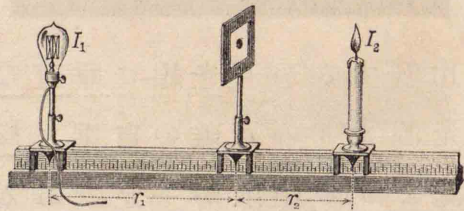
同一の受光面では照度が大なる程明るく、異なつた受光面では照度が同じでも、その面の粗滑色などによつて明るさが異なる。

固 一つの光源より20種及び60種の距離にある、光線に垂直な二面の照度を比較せよ。

#### §4. 光度 (補充16頁)

種々の光源より發せられる光の強さは、光源より単位距離に於て光線に垂直な平面の照度で測る。これを光源の光度といふ。

光度を測るには光度計を用ひる。圖に示すはブンゼンの光度計である。兩光源の間に、一つの油點を有する紙製の衝立ついでを立て、これを動かし、何れの側から見ても油點の明るさが相等しい(この時



油點と周圍との境界が見えなくなる)位置を求め、兩光源より衝立までの距離を臺上の目盛で讀む。

この時、兩光源より衝立までの距離を夫々  $r_1, r_2$  とし、兩光源の光度を  $I_1, I_2$  とすれば、衝立の兩照度が相等しい故次の式が得られる。

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

故に一方に光度の知れてゐる光源を用ひれば、他の光源の光度を測ることが出来る。

ジョリーの光度計では、厚さ一様な二枚のパラフィン片の間に錫箔を挟んだ衝立を用ひる。これを兩光源の間に立てて、側方から同時に兩方の明るさを比較するやうになつてゐる。



我國では光度の單位として標準ペンテーン燈の光度の  $\frac{1}{10}$  を用ひ、これを1燭光といふ。

固 ガス燈から3米、16燭光の電燈から2米の距離に於て、兩光源の與へる照度が相等しいといふ。この瓦斯燈は何燭光か。

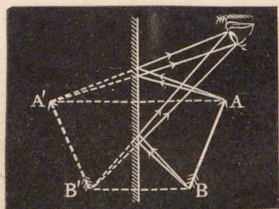


## 第二章 光の反射及び屈折

## (I) 反 射

## §1. 反 射

光が平面鏡に入射する場合には、反射の法則に従つて反射されること及びこの結果生ずる像の位置と大きさ等のことに關しては、既に一般理科で學んだ所であるが、球面鏡も亦反射の法則によつて光を反射する。



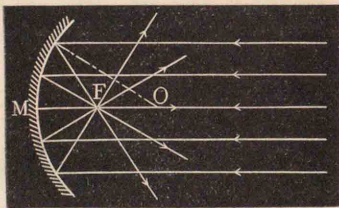
問 1. 反射の法則を述べよ。

問 2. 波立つ水面に映る月影の長く引くのは何故か。

## §2. 球面鏡

球面鏡の鏡面の中心と球の中心とを結ぶ直線を鏡の軸といふ。

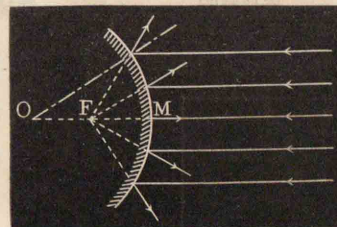
凹面鏡に、軸に平行な光線が入射すると、反射後悉く軸上の一点を通



過する。<sup>\*</sup> この点を凹面鏡の焦点といひ、焦点と鏡面の中心との距離を焦点距離といふ。焦点距離  $f$  は鏡をなす球面の半径  $r$  (これを曲率半径といふ) の  $\frac{1}{2}$  に等しい。即ち

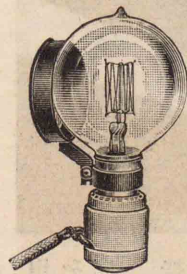
$$f = \frac{r}{2}$$

凸面鏡にその軸に平行な光線が入射すれば、反射後悉く、鏡の背後にある軸上の一点から出るやうな方向に進む。この点は實際には光が通らないから、これを凸面鏡の虚焦点といふ。この場合も、焦点距離  $f$  は球面の半径の  $\frac{1}{2}$  に等しい。



## §3. 反射鏡

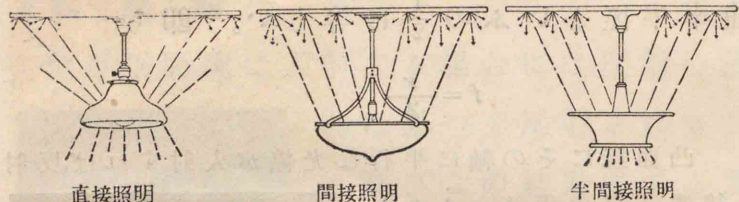
凹面鏡の焦点に光源を置けば、鏡面に當つて反射した光線は、軸に平行して進み、遠方に行つても照らす面積が變はらないから、その強さが弱らない。それで凹面鏡は反射鏡として用ひられる。



<sup>\*</sup> 球の中心から鏡の縁の二點に引いた二直線のなす角が小なる場合に限る。



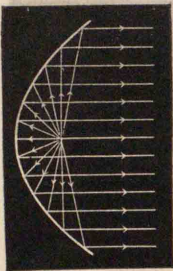
電燈の笠、ランプの反射鏡などは一種の凹面鏡で、光を一方に多く送るのに用ひられるものである。



直接照明

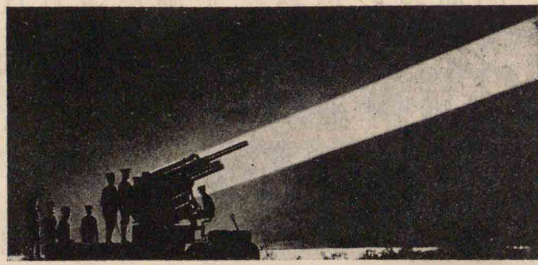
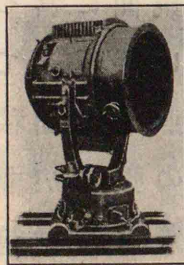
間接照明

半間接照明



鏡径が曲率半径に比してあまり大であると、凹面鏡の焦点から出て鏡面に当たる光線でも、反射後正しく平行しない。拋物線鏡と稱する一種の凹面鏡では、焦点から發する光線は反射後正しく鏡軸に平行に進むから、普通の凹面鏡よりも一層光を遠方に送ることが出来る。

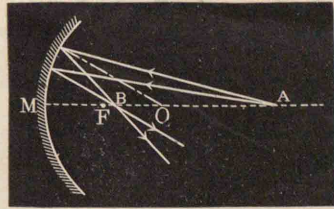
軍事上使用される探照燈や、燈臺の照明燈、汽車・電車



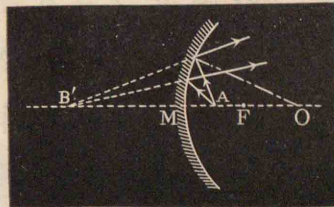
自動車のヘッドライトなどの反射鏡には、皆これを用ひる。

#### §4. 凹面鏡のつくる像

凹面鏡の軸上、焦点より外方に光点Aを置くと、これから發して鏡面に當り反射する光線は、軸上の一点Bに集つてその實像をつくる。



光点Aが軸上焦点と鏡との間にあると、反射光線は發散し鏡の背後に虚像B'をつくる。



凹面鏡の中心Mより光点A、像Bに至る距離を夫々 $a$ 、 $b$ とし、曲率半径を $r$ 、焦点距離を $f$ とすれば、次の式が成立つ。

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{r} = \frac{1}{f}$$

(但し虚像を生ずる時は $b$ は負数とする。)

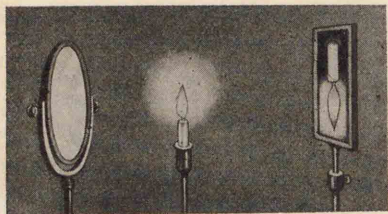
この式で、光点が無限の遠方に移ると、 $a$ の値は無有限大となるため、 $b=f$ となる。これは、軸に平行な光線が反射後焦点に集まる事實と一致する。



### §5. 球面鏡のつくる像の作圖

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像をつくる。

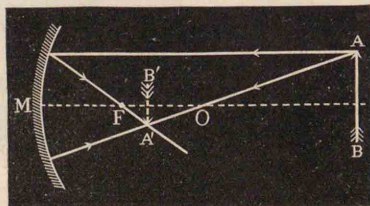
従つて鏡の前に發光體を置けば、その各點の像が集つて一つの像をつくる。



凹面鏡によつて物體各點のつくる像の位置は、次の規則から、作圖によつて求めることが出来る。

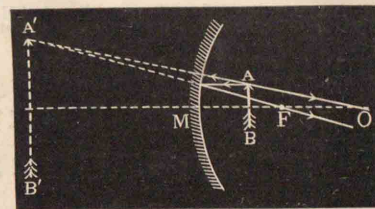
- [1] 軸に平行な光線は反射後焦點を通る。
- [2] 球の中心を通る光線は反射後同一の直線を逆に進む。
- [3] 焦點を通る光線は反射後軸に平行に進む。

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なる實像を生じ、(2)球



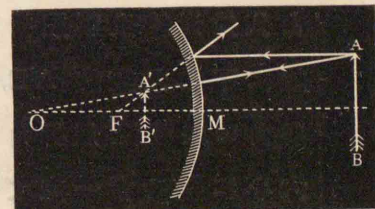
心と焦點との間にあれば、球心より外に倒立した大なる實像を生じ、(3)焦點より内にあれば、鏡の背後に正立した大なる虚像を生ずる。

物體 AB と像 A'B' との長さの比は、凹面鏡より AB, A'B' に至る距離  $a, b$  の比に等



しい。何故か。(Aから鏡の中心Mに入射する光線の反射光線を引いて考へよ)

凸面鏡で生ずる像の位置・大いさは、凹面鏡の場合と類似の作圖法で求められる。



問 1. 凹面鏡の軸に垂直に立つ物體の長さとその像の長さとの比は、 $p:q$  に等しいことを證明せよ。但し  $p, q$  は球の中心から物體及び像に至る距離である。

問 2. 曲率半径 40 厘なる凹面鏡の軸上、鏡面の中心より 25 厘の所に長さ 10 厘の物體を立てた時生ずる像の位置及び長さを求めよ。

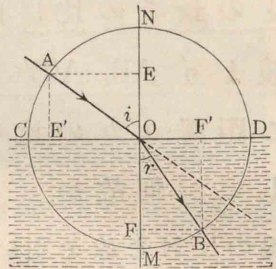


(II) 屈折

§ 1. 屈折の法則

光が境界面に於て屈折する時は

- (1) 入射光線と屈折光線とは、入射点で境界面に立てた法線と同一平面内にあり、且法線の両側にある。
- (2) 入射点Oを中心として任意の半径の圓を畫きそれ



と入射光線及び屈折光線との交点A, Bから法線に下した垂線 AE, BF の比 AE : BF (即ち入射角の正弦\*と屈折角の正弦との比)は入射角の大小に關せず一定である。

これを 屈折の法則 といふ。この法則より、光が甲物質から乙物質に屈折する時の入射角を  $i$  とし、屈折角を  $r$  とすれば

$$\frac{AE}{BF} = \frac{AO}{BO} \quad \text{即ち} \quad \frac{\sin i}{\sin r} = n$$

この  $n$  は常數で、これを乙物質の甲物質に對する 屈折率 といふ。

\* 角  $i$  の正弦とは、この角を一角とする直角三角形に於てこの角の對邊と斜邊との比であり、これを  $\sin i$  と書く。

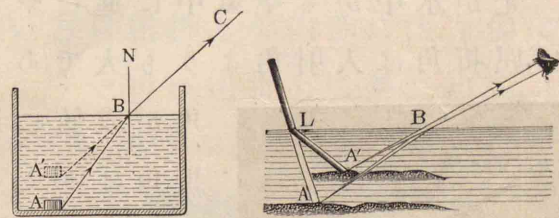
屈折率は物質及び光の種類によつてその値を異にする。右の表は、真空に對する諸物質の屈折率(これを通常單に屈折率といふ)を示す。

屈折率の表

水	.....1.33
アルコール	.....1.35
二硫化炭素	.....1.63
クラウン硝子	.....1.52
フリント硝子	.....1.52-1.65
金剛石	.....2.42

屈折率が大なる物質は 光學的に密 であり、小なる物質は 疎 であるといふ。光が光學的に疎なる物質から密なる物質に入る時は、屈折光線は法線に近づき、反對の時には遠ざかる。光學的の疎密は物質の疎密と必ずしも一致しない。アルコールが光學的には水よりも密であるのは、その一例である。

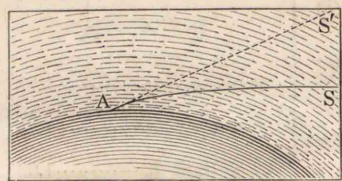
水中にある物體が浮上つて見え、又水中に入れた棒が水面の所で折れて見える



のは、皆光の屈折によつて起る現象である。上の圖についてその理由を考へよ。

大氣は下層程密であるから、天體から來る光線は次第に屈折して曲進する。従つて天體は實際より

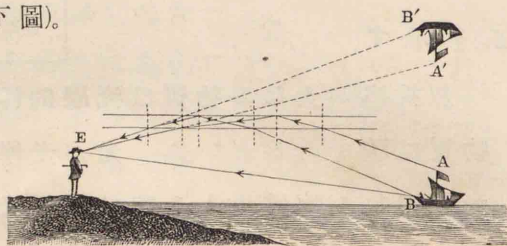




も天頂に近づいて見える。夏日熱せられた地上に陽炎を見、又砂漠や海岸地方で蜃氣樓が見えるのは、何れも密度の異なる空気のため、光線が屈折されて起る現象である(下圖)。

問 1. 風の吹

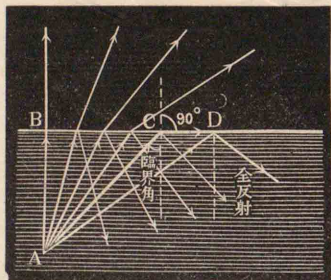
く夜、星のま  
たゞくこと  
を説明せよ。



問 2. 澄んだ水底は斜めに見る程浅く見えるのは何故か。

§ 2. 全反射

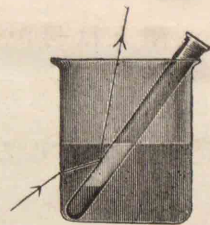
光が水中から空気中に進むやうな場合には、屈折角は入射角よりも大であるから、入射角が或値に達すると屈折角は90°となり、入射角が更に増す時は光は空気中に屈折することなく、境界面で全部反射する。この現象を全反射といふ。屈折角が90°



る。この現象を全反射といふ。屈折角が90°

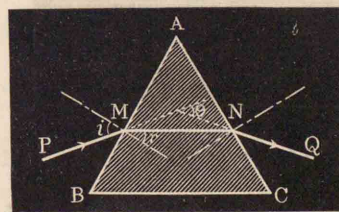
になる時の入射角を臨界角といふ。水と空気とに於ては臨界角は約48°で、硝子と空気とに於ては約42°である。

実験 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

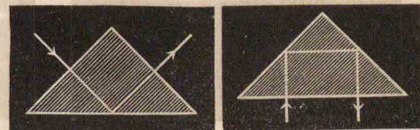


平面のなす角をプリズムの角といふ。

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



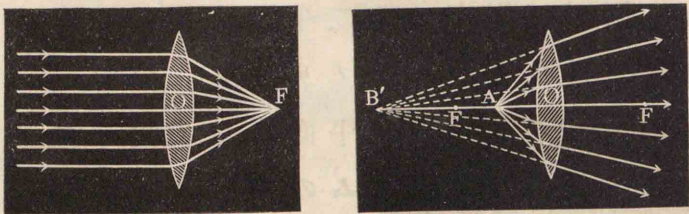
方向を90°又は180°變へる。



#### §4. レンズの作用

図1. レンズの焦点とは如何なる点か。又焦点距離とは何か。

既に一般理科で學んだやうに、凸レンズは光を収斂する作用があるので、収斂レンズともいわれる。そして収斂作用は焦点距離の小さいもの程著しい。



これに反して凹レンズは光を發散する作用があるので、發散レンズともいわれる。發散作用も焦点距離の小さいもの程著しい。

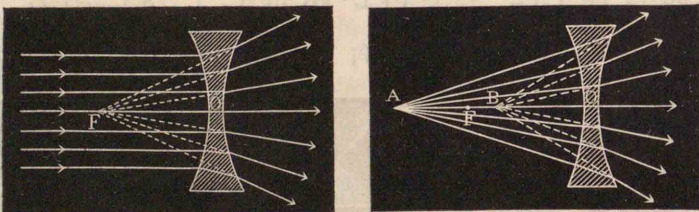


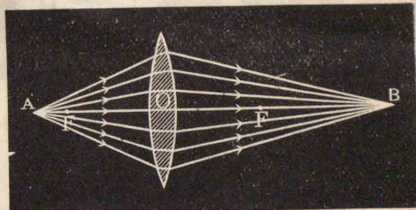
図2. 凸レンズの焦点に光源を置けば、レンズを通過した光線は如何なる方向をとるか。

#### §5. レンズのつくる像

凸レンズの軸上焦点の外方に光点 A を置くと、これから發してレンズを通過する光線は、軸上の一点 B に集つてその實像をつくる。又逆に B に光源を置けば、A に像をつくる。かやうな二点 A, B をレンズの共軛点といふ。A 及び B からレンズの中心に至る距離を夫々  $a, b$  とし、焦点距離を  $f$  とすれば、次の式が成立つ。

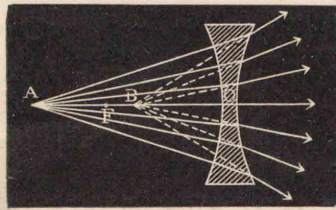
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

光点をこれよりレンズに近づけ、焦点に置けば、レンズを通過した光線は軸に平行に出る。光点を焦点より内に置けば、レンズを通過した光線は發散する。この發散光を眼に受ければ、これを逆に延長した一点 B' に虚像が見える。この場合には上式の  $b$  を負數にとる。





凹レンズの軸上の一点Aに光点を置くと、光線は屈折後発散してBに虚像をつくる。



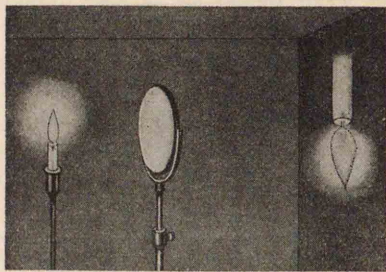
凹レンズは常に光を發散するから、光点を如何なる位置に置いても實像をつくらぬ。

凹レンズの中心より光点、像に至る距離を夫々  $a, b$ , 焦点距離を  $f$  とすれば、

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = -\frac{1}{f} \quad \text{又は} \quad -\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

なる式が成立つ。

### §6. レンズのつくる像の位置及び大いさ

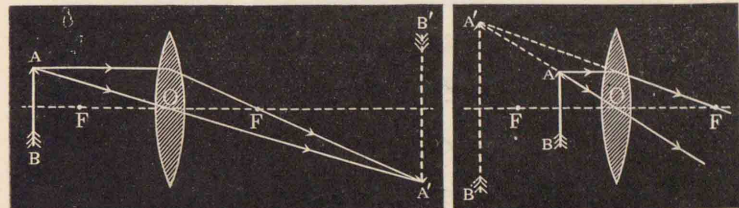


光点が凸レンズの軸外にある場合には、レンズを通過した光線は、光点とレンズの中心とを結ぶ直線上、上に述べた公式を満足する點に像をつくる。それでレンズの前に發光體を置けば、その各點の像は集つて一つの像をつくる。

凸レンズのつくる像を作圖によつて求めるには、凹面鏡の場合の如く次の規則による。

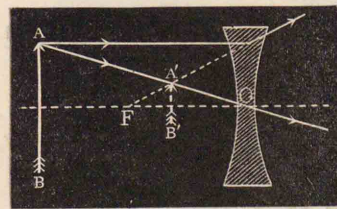
- [1] 軸に平行な光線は通過後焦点を通る。
- [2] レンズの中心を通る光線は屈折しない。
- [3] 焦点を通る光線は屈折後軸に平行に進む。

次の圖について像の作圖法を研究せよ。



圖からわかるやうに、物體  $AB$  と像  $A'B'$  との長さの比は、レンズの中心より  $AB, A'B'$  に至る距離  $a, b$  の比に等しい。

凹レンズを透して物體を見ると、その位置に拘らず常に正立した小なる虚像を見る。



像の作圖法は凸レンズの場合に準じて考へられる。圖についてその作圖法を研究せよ。

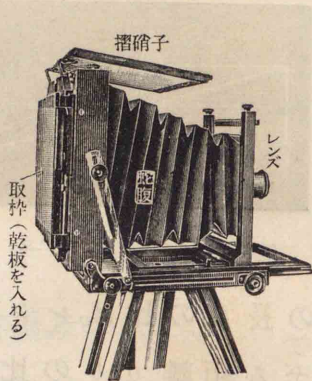


### 第三章 光學機械

#### § 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、後端に摺硝子を嵌めてある。

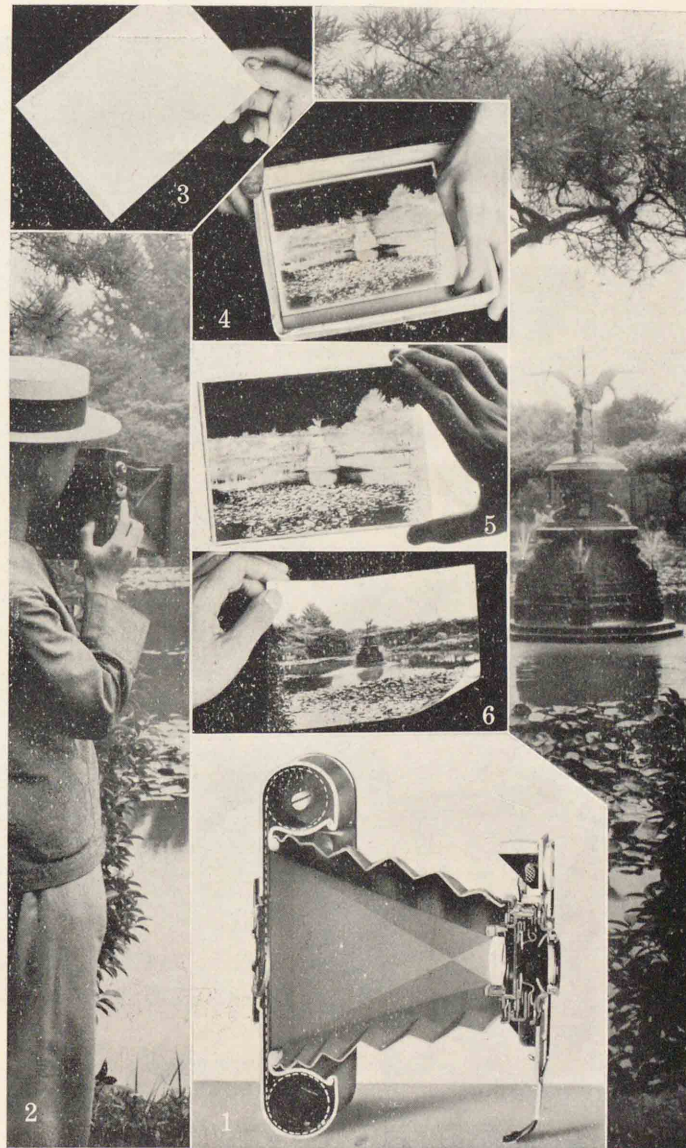
物体を撮影するにはレンズを寫すべき物体に向け、蛇腹を伸縮してレンズを進退させ摺硝子上に鮮明な倒立像を得るやうにし、次に摺硝子を除いてそこに乾板を置き、入り来る光の量を絞りで加減して露出・感光させる。



この乾板を適当な薬品によつて現像・定着すると、實物と明暗の反対な陰畫を得る。この陰畫の下に感光紙を置いて光に曝し(焼付)乾板と同じやうに現像・定着すれば、通常の寫眞即ち陽畫が得られる。

寫眞術\*は近頃非常に進歩し、その應用甚だ廣く、學問研究上重要な役目をなしてゐる。

\* 寫眞術は1825年頃ニエプス・ダゲールの發明したものである。



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



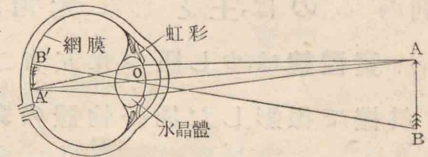
飛行機上より撮影せる寫眞



上圖は千葉縣木下町附近  
左下圖は同地方 $\frac{1}{30000}$ の地圖

§ 2. 眼

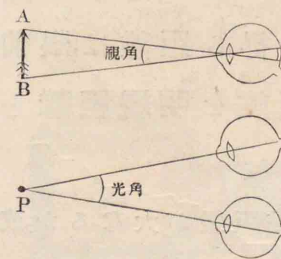
眼の構造は寫眞機の暗箱によく似てゐる。眼球の前部にある水晶體は凸レンズに、後部にある網膜は摺硝子に、又虹彩は絞りに相應する。物體より來る光は瞳孔から入り、水晶體によつて



屈折し、倒立した實像を網膜上に生ずる。

寫眞機では、蛇腹の伸縮により、レンズを進退させ摺硝子上の像を鮮明にするが、眼では水晶體の彎曲の度、従つて焦點距離を調節し網膜上の像を鮮明にする。これを眼の調節作用といふ。かくして生じた像の位置に於ける視神經末端は、刺戟されて視覺を起す。

物體の見掛けの大いさは、網膜上に生ずる像の大小、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。



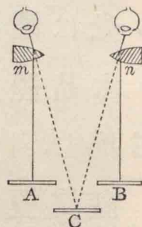
同じ視角を有する遠近二物



體例へば遠くの山と近くの木との眞の大きさを區別するのは、經驗によるのである。

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、従つて立體、平面などを識別するのは、主として光角の大小による。

實體鏡は、少し距つた左右二箇の寫眞機で撮影した同一物體の寫眞(互に少しく異なる)A, Bを並べ、これを兩眼で別々にレンズm, nを透して見るもので、二枚の寫眞は合してCに見え、立體的の感じを起す。



問 太陽の直徑は月の直徑の400倍もあるといふに、月と太陽とがほぼ同じ大きさに見えるは何故か。

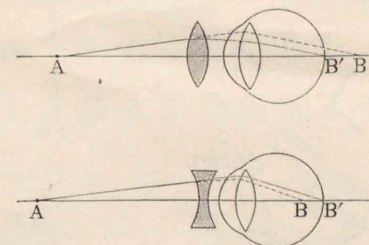
### §3. 眼の調節

健全な眼の調節作用は、無限の遠方より眼前約15糎までに及ぶが、眼をあまり勞することなく物體を最も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。

遠視眼は、水晶體が扁平で焦點距離が大なるか、或は眼底が淺いため、調節をしても、近くの物體の像が

網膜の後方に生じ不鮮明となるものである。又老眼は、調節作用が衰弱して遠視眼と同じやうになつたものである。遠視眼

老眼を補ふには凸レンズを用ひ、像を網膜上に生ずるやうにする。



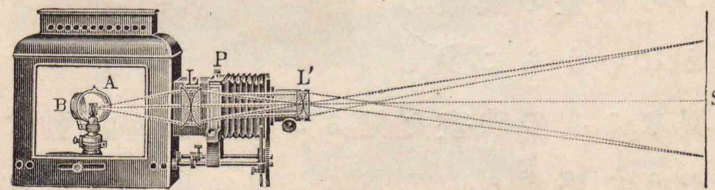
近視眼は、水晶體が彎

曲し過ぎて焦點距離が小なるか、或は眼底が深過ぎて、調節をしても、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。

眼鏡の度といふのは、もとレンズの焦點距離を吋で測つた數であつたが、近頃は、焦點距離を米で測つた數の逆數で表はすデオプターが用ひられるやうになつた。

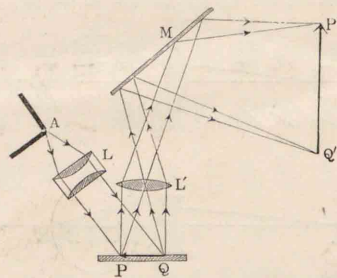
### §4. 映寫機

幻燈機は反射鏡及び凸レンズで強い光源からの光を集めて畫板を照らし、次に凸レン





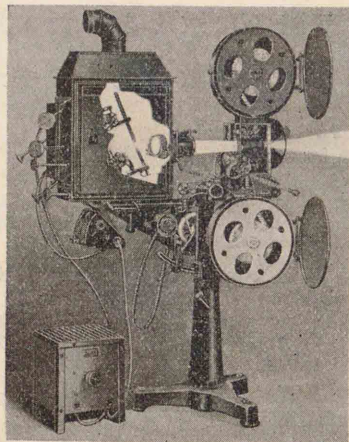
ズにより、廓大された像をスクリーン上に映出する器械である。



實物幻燈機は、物體を強い光で照らし、これから出る反射光線を凸レンズに受け、廓大された像を映寫する装置である。

光の感覺は網膜上の像が消えても尙  $\frac{1}{10}$  秒位残り、所謂殘像を生ずる。活動寫眞はこの理を應用した幻燈で、活動してある物體を毎

秒十數回の割合に撮影した一連のフィルムをつくり、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

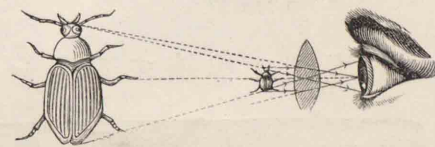


く異なる次の映畫を見るから、物體が活動するやうに感ずるのである。

## § 5. 蟲眼鏡

蟲眼鏡は焦點距離の短い凸レンズを一筒又は數筒組合せたもので、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。像と實物との長さの比を



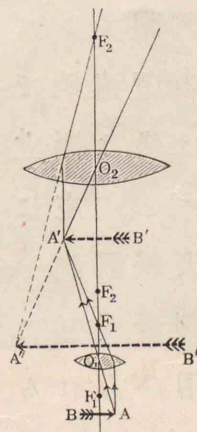
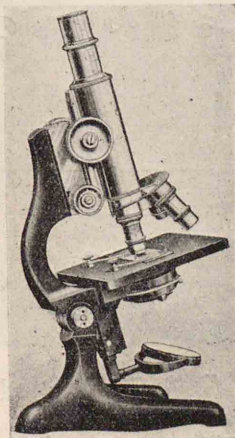
蟲眼鏡の倍率とい

ふ。これは明視距離と焦點距離との比に等しいから、焦點距離の短い程倍率は大である。

## § 6. 顯微鏡 (補充 20 頁)

焦點距離の短い凸レンズで廓大された實像を、更に蟲眼鏡で見れば、一層廓大された像(虚像)が見られる。

顯微鏡はこの理を應用したもので、圓筒の下端に焦點距離の短

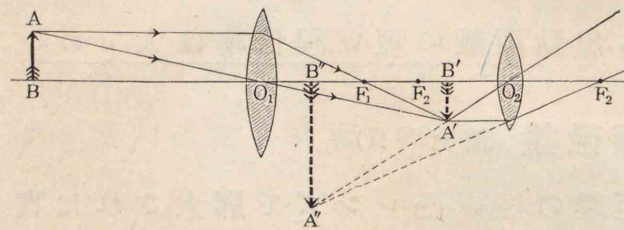




い対物レンズを、上端に焦点距離の長い対眼レンズを嵌めてある。尙廓大に伴ひ視野の暗くならないやう、下方に反射鏡をも備へる。

§ 7. 望遠鏡 (補充 22 頁)

望遠鏡は、伸縮する圓筒の両端に、夫々焦点



距離の長い対物レンズと焦点距離の短い

対眼レンズとを備へたものである。この種

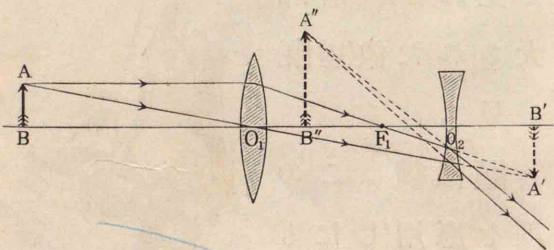
の望遠鏡で

は像は倒立

する。主に

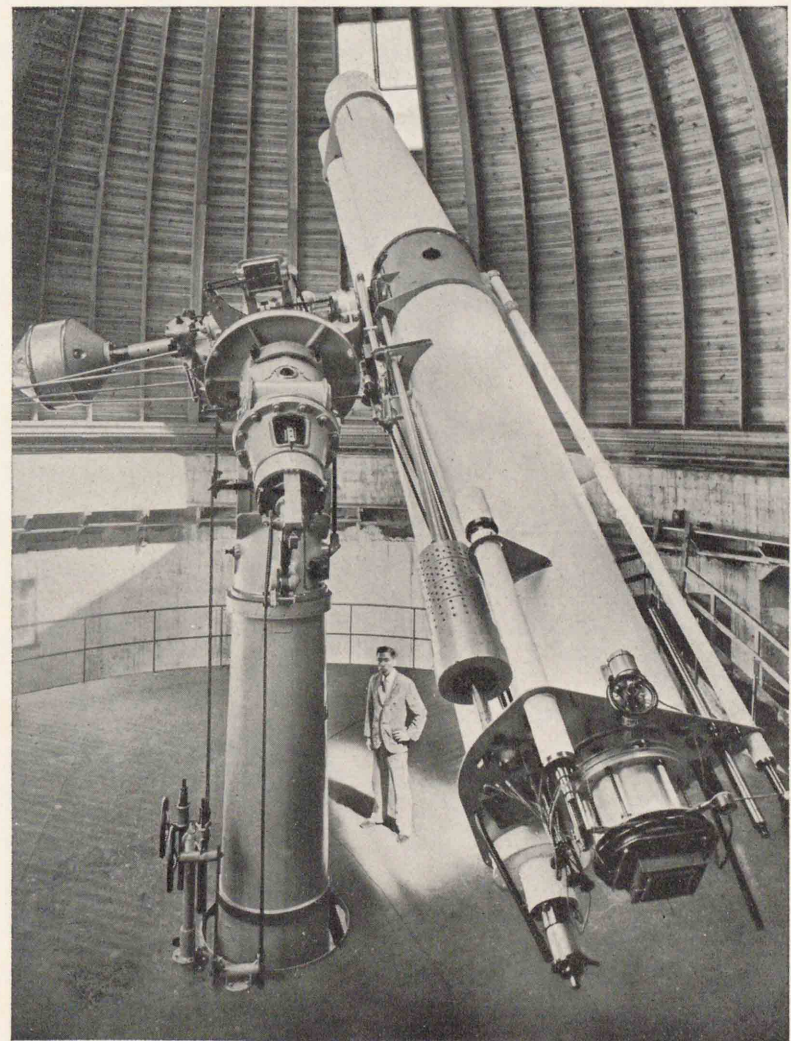
天體觀測や

測量などに



用ひられる。像を正立させるには、更に一筒

の凸レンズを用ひるか、或は対眼レンズに凹

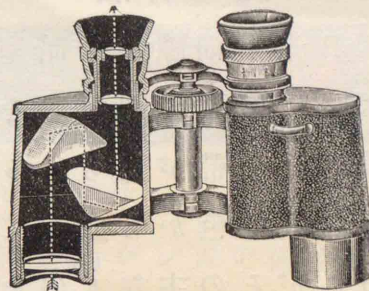


東京天文臺の 65 厘米屈折望遠鏡



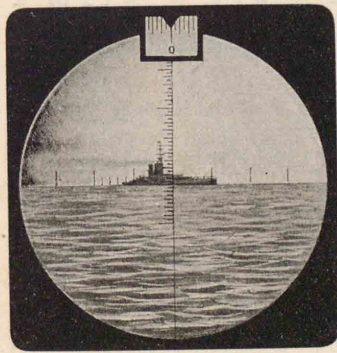
レンズを用ひればよい。後者をガリレイ望遠鏡といふ。又對物レンズの代りに凹面鏡を用ひたものが反射望遠鏡である。

二筒の直角プリズムにより4回の全反射を利用すれば、二筒の凸レンズを用ひても正立像が得られる。



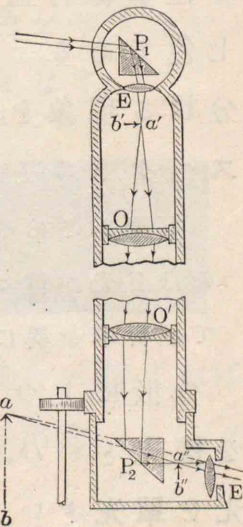
ガリレイ望遠鏡とプリズム入の望遠鏡とは、圓筒の長さが短くてよいので、携帶に便利である。されば普通双眼鏡として風景などを見るのに用ひられる。

潜望鏡は潜水艦内に於て海上



潜望鏡で見た光景

を偵察するに用ひられるプリズム入望遠鏡の一種で、右圖はその説明圖である。



予願者

give me hypothesis

you

A I

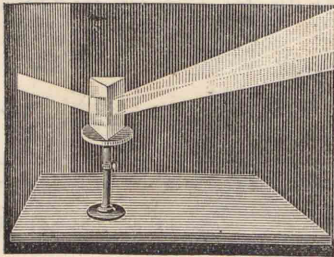
1



## 第四章 光の分散

## §1. 光の分散

日光を細隙から暗室内に導き、これをプリズムに當てて屈折光を白い衝立に受けると、美しい色帯が見られる。この色帯は連続した無数の色から成つてゐるが、その主なものを屈折率の小さいものより排列の順に挙げれば、赤・橙・黄・緑・青・藍及び堇の七色である。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**単光**といふ。又日光の如き色のない複

光を特に**白光**といふ。輝いた白熱電燈は白光を發する。



今、日光のスペクトルを生ぜしめ、紙片でその赤色光を遮り他部を凸レンズで衝立の上に集めると、青綠色を見る。この時、遮れる紙片を除き、全部を凸レンズで集めると、白光となる。このやうに相混じて白光となる二つの色光の生ずる色を、互に**餘色**をなすといふ。黄と藍、堇と黄緑も互に餘色をなす。



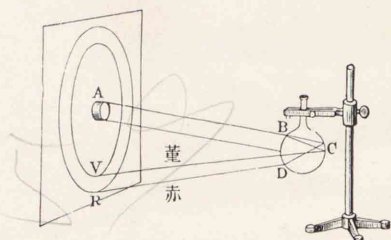
赤・緑・青の三色光を適當の割合に混ざれば、任意の色を生ぜしめることが出来る。この三色を**光の三原色**といふ。

## §2. レンズの色収差 (補充26頁)



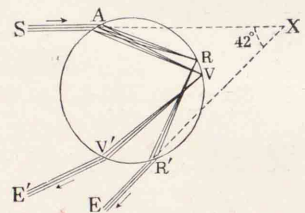
### § 3. 虹

虹は日光が大氣中に浮游する水滴に當り分散して生ずる現象である。

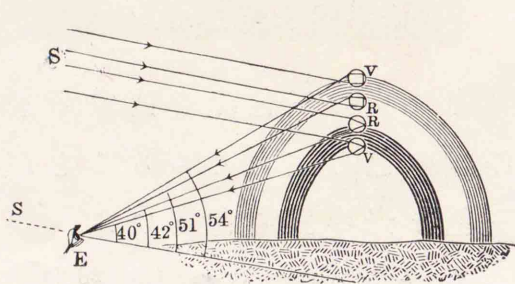


**實驗** 暗室の壁の孔から日光を導き、これを水を充たしたフラスコに当てると、光は分散して壁に虹のやうな色の輪を生ずる。

日光のやうな平行光線が水滴内で屈折反射し水滴外に出る時、その分散光線は一般に發散するので、水滴を遠ざかるにつれて光は弱くなる。然るに入射光線と或一定の角を持つ分散光線は平行に進むので、その強さは減じない。この角の大いさは色光によつて



異なり、赤色光では42°、堇色光では40°、その他の色光では順次この二角の間にある。よ

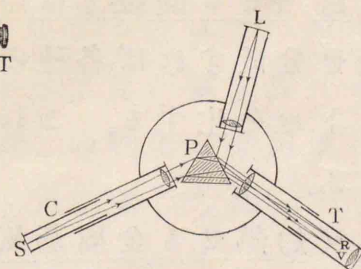
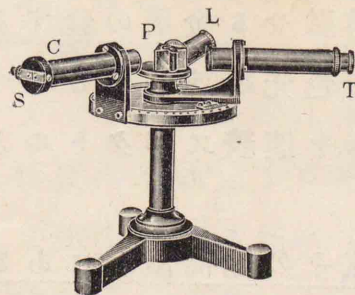


つて前頁の下圖のやうに、眼 E と太陽とを連ねる直線 SE を軸とし半頂角 42° 及び 40° なる二圓錐面上の全水滴は、夫々赤色及び堇色の光を強く送り、その間のもは他の色光を送る。それで、赤色を外側とし橙・黄・緑・青・藍・堇の順序に排列した圓弧状の色帯を見る。これが即ち虹である。

時としては更に、一つの虹の外側に近く、光の弱い第二の虹を見ることがある。これは、水滴内に屈折した日光が内部で 2 回の反射をなして生じたものである。色の並び方は第一の虹の逆で、眼と太陽とを結ぶ直線と 51° の方向に赤色、54° の方向に堇色を見る。

### § 4. 分光器

分光器はスペクトルを検する器械である。その要部は、プリズムとその周圍を廻轉し得





るやうに取附けられたコリメートルと望遠鏡とである。

コリメートル C の一端にある細隙 S から光を入れると、他端に収めてあるレンズにより平行光線となり、プリズム P を通過して分散する。生ずるスペクトルの各部を、望遠鏡 T で観察するものである。

分光器には普通この外に尺度圓筒 L を備へる。その一端にある硝子面の尺度を他の光で照らせば、プリズムの面で反射しスペクトルと相並んで望遠鏡内に尺度の像を結ぶ。これはスペクトルの各色の位置を定めるに便利である。

### §5. スペクトルの種類

分光器で検するのに、光のスペクトルはその光源の種類によつて異なる。電燈のやうに白熱せる固體、又は熔融せる金屬の發する光を分散すれば、各種の色光の連続せるスペクトルを生ずる。これを連続スペクトルといふ。

又灼熱せる金屬蒸氣その他高溫度にある

氣體の發する光を分散すれば、スペクトルは一般に數條の輝線となつて現はれる。これを輝線スペクトルといふ。輝線の數及び位置は元素によつて一定してゐる。それで逆に物質を強熱してそのスペクトルを検し、その中に存する元素を鑑別することが出来る。この方法をスペクトル分析といふ。

電燈の光を分光器で見れば、連続スペクトルを見るが、若し分光器の細隙と電燈との間にナトリウム焰を置き、これを通して電燈の光を検すると、そのスペクトルは、ナトリウム蒸氣の輝線スペクトル即ちナトリウム線(D線)に當たる部分に黒線を現はす。

このやうに連続スペクトル中一部の色光を缺くため、黒線又は黒帶を有するスペクトルを吸収スペクトルといふ。

吸収スペクトルを生ずるのは、分散後連続スペクトルを現はすべき光が、低溫度にある物質内を通過する時、この物質が高溫度に於て生ずべきスペクトルに當たる部分が吸収されるによる。



## §6. 太陽スペクトル

太陽スペクトルは連続スペクトルのやうに見えるが、分光器で精密に検すると、多数の黒線を有する吸収スペクトルである。フラウンホーフェルはこの黒線を研究して、その主なものにA, B, C, ... Hなどと命名した。これ等の黒線を總稱してフラウンホーフェル線といふ。

太陽が吸収スペクトルを生ずるのは、これを包圍する比較的低温度の種々のガスや蒸氣のために、太陽の發する光の一部が吸収されるためであらう。

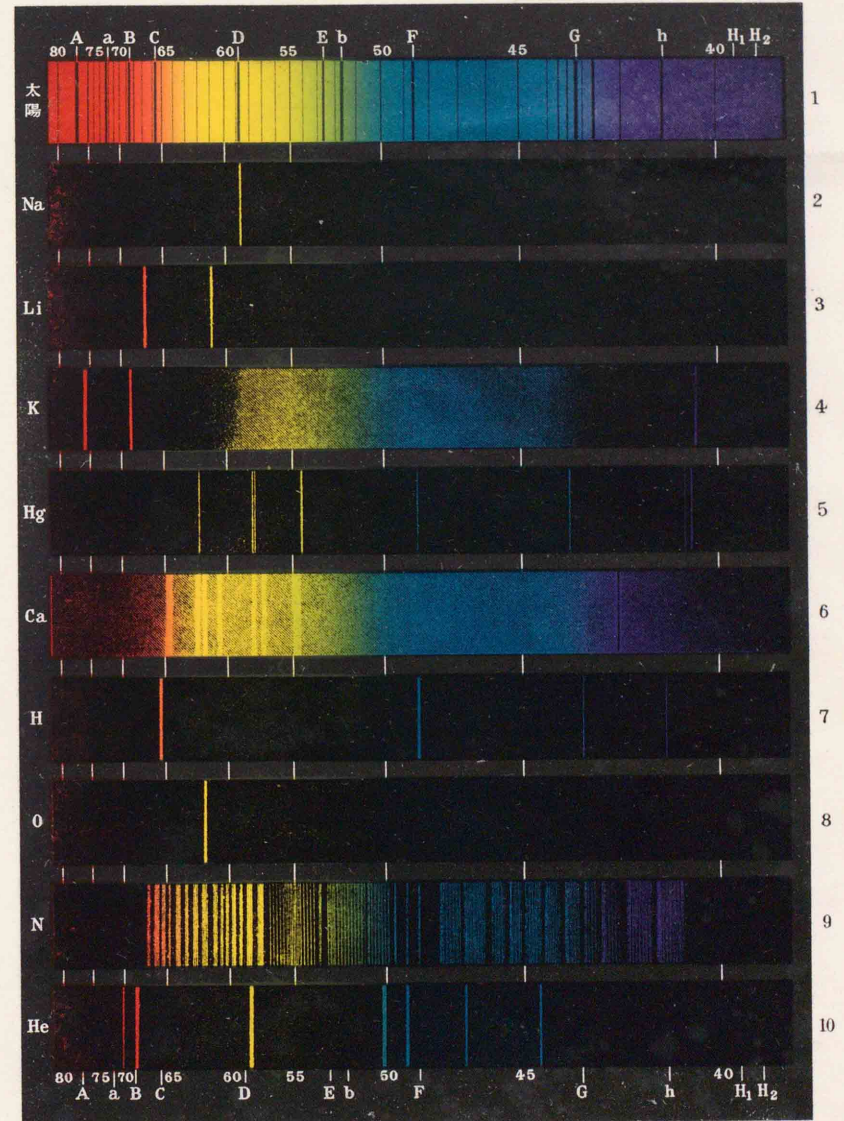
この黒線の位置に輝線をもつ諸元素は、多くは地球上にあることより、太陽と地球とがほぼ同じ物質から成るものと考へられる。

☐ 皆既日食の時、太陽スペクトルを検べると、フラウンホーフェル線に相當する位置に輝線スペクトルを見るといふ。これは如何なる理由によるか。

## §7. 物體の色

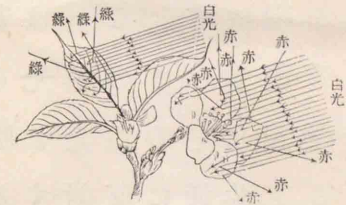
不透明體が夫々特有の色を呈するのは、これに入射する色光を(1)全部反射するか、(2)全

數種のスペクトル





部吸収するか、(3)一部反射し他部を吸収するかによる。例へば緑の葉は、日光中主として緑色の光を反射してその他の光を吸収するにより緑色を呈し、又赤い花は、主として赤色の光を反射して他を吸収するにより赤く見える。



物体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当たる所で見たら、どんな色に見えるか。又黄色い光の当たる所ではどうか。

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。



### §8. 繪具の混合

黄色の繪具と青色の繪具とを混ざれば緑色を現はす。これは黄色の繪具は、日光中主に青・藍・堇などの色光を吸収し、青色の繪具は、赤・橙・黄などの色光を吸収するから、兩者を混ざると、共通に反射する緑色以外の光は吸収されるためである。

種々の色は、赤・黄・青の三色の繪具を適當に混ざれば求められる。それでこの三色を繪具の三原色といふ。三色版は、繪具の三原色の理を應用したものである。

問 繪具を多く混ざれば黒色に近づくのは何故か。

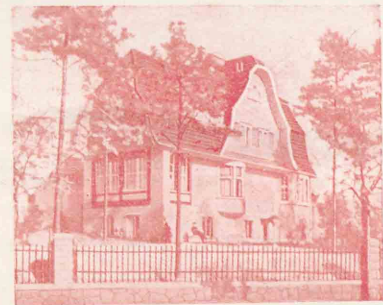
### §9. 燐光・螢光

物質の中には、その吸収する光を別の光として出すものがある。例へば硫化カルシウムを日光に曝した後、暗室内に入れると、暫時美しい青色の微光を出す。かやうな光を燐光といふ。又暗室に導いた日光を石油に当てると、その光を受ける間藍色を呈し、光を遮ると共にその色が消える。かやうな光を螢光といふ。

## 三 色 版



黄色版



赤色版



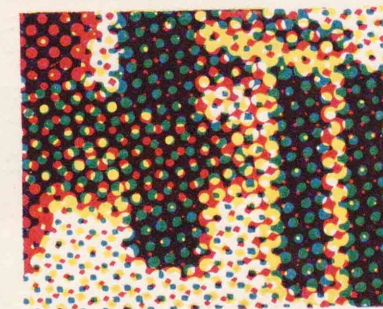
黄色版の上に赤色版を刷つたもの



青色版



出来上つた三色版



一部を廓大したもの



### 三色版の製り方

明るく照らした原畫を、青堊色の濾光板(フィルター)を透して撮影し、又緑色の濾光板を透して撮影し又赤色の濾光板を透して撮影し、三枚の陰畫を作る。濾光板とは着色ゼラチン膜を硝子板の間に挿込んだもので、或色の光だけを濾過するために用ひる。又この時用ひる乾板は豫め特殊の染料で處理し、濾過光に感ずるやうにしてある。

この三枚の陰畫を土臺にして夫々黄色版、赤色版及び青色版を製するのであるが、陰畫に於ける不感光部分が版の着色部分に相當するやうになつてゐる。例へば原畫の赤色部分は黄色版には黄に現はれ、赤色版には赤に又青色版には白く現はれ、白色部分はどの版にも白く現はれ、黒色部分はどの版にも着色して現はれる(三色重なつて黒色が現はれる)。

黄色インキは最も不透明であるから黄色版は最下層に印刷し、その上に赤色版その上に更に青色版が来る。

尙三色版を露大レンズで見ると多數の斑點が見える。これは網版であるからである。

網版を製するには陰畫より陽畫を作り、乾板の前近くにスクリーン(硝子板の上に等距離に多數の平行線を互に垂直な二方向に引いたもの)を置き、適當な形のシボリを用ひてこれを撮影するもので畫の一點よりの光はシボリの像をスクリーンの格子目を通して乾板に投ずる。シボリが明るく照される程像斑の大きさは大となる。又シボリの形によつて像斑の形は異なる。このやうにして作つた陰畫を基礎として感光性金屬板に凸凹を作り製版するのである。



## 第一章 磁 氣

### § 1. 磁 石

磁針棒磁石馬蹄形磁石などの磁石は、皆鋼鉄で作られて、何れも鉄を引く(従つて鉄に引かれる)性質をもつてゐる。



磁石の鉄を吸引する作用\*は、その兩端に近い點で最も強い。この點を磁極又は單に極といふ。

棒磁石を水平に吊し、自由に廻轉し得るやうにすると、ほゞ南北の方向を指して靜止する。その北へ向く極を北極(N極)といひ、南へ向く極を南極(S極)といふ。

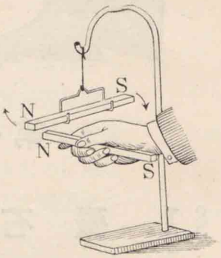


\* 磁鉄礦が鉄片を吸引することは古くより不思議な性質として知られてゐたが、支那では上古既に、その南北を指す性質を應用して指南車を製したといふことである。



### §2. 磁石の相互作用

**實驗** 棒磁石を水平に吊し、そのN極に他の磁石のN極を近づけると、相斥けられる。又棒磁石のS極に他の磁石のS極を近づけても同様である。これに反して、互に異名の極を近づけると相引く。



上の實驗より、同名の極は相斥け、異名の極は相引くを知る。この兩極間で互に引斥する力を磁力といふ。これは、磁石が磁氣を有するために起る作用である。實驗の結果によれば、

二つの磁極間の磁力は、兩極の強さの積に比例し、その距離の自乗に反比例する。

これをクーロンの法則といふ。

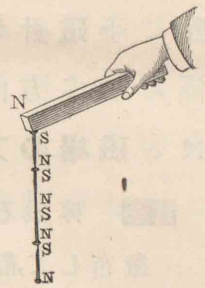
**問** 磁石の一極が南北いづれであるかを検する方法を問ふ。

### §3. 磁氣感應

磁石の一極に鉄片を近づけると、鉄片は、その極に近い端にこれと異名の極を、遠い端に

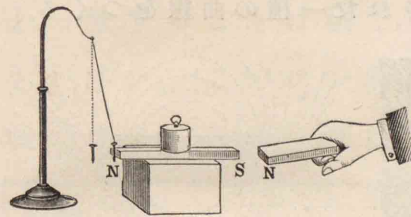
同名の極を生じて、一つの磁石となる。このやうに、鉄片を磁石の近傍に置く時、それが磁石となる現象を磁氣感應といふ。

磁氣感應によつて磁石となつた鉄片は、又他の鉄片に磁氣感應を及ぼすから、強い磁石の極には幾つも鉄片を吊下げることが出来る。



軟鉄片は、磁石の磁氣感應で

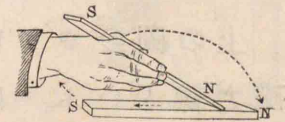
容易に磁氣を帯びるが、磁石を遠ざければ直ちに磁氣の大部分を失ふ。鋼



鉄は、磁氣感應によつて容易に磁氣を帯びないが、一度磁氣を帯びれば、磁石を遠ざけても磁氣を失はないから、これにより人工的に磁石が作られる。

**實驗** 強い磁石の一極で、鋼鉄棒を同じ方向に繰返し

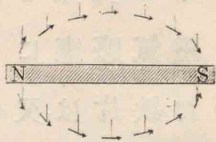
し擦れば、棒は磁石になる。この場合N極を用ひれば、初めに觸れた端にN極を生ずる。



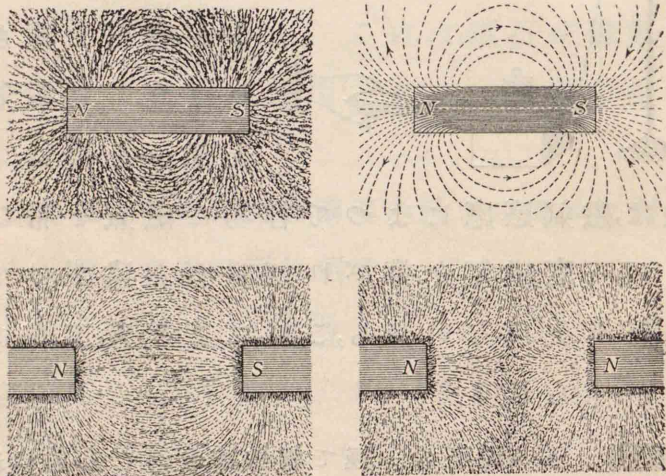


### §4. 磁場

磁力の働く場所を磁場といふ。磁場の一點に小磁針を置く時、その北極の示す方向を、その點に於ける磁場の方向といふ。



**實驗** 棒磁石の上に硝子板を置き、その上に鉄粉を撒布して、靜かに板を叩けば、鉄粉は磁氣感應により小磁針となる故、棒磁石の兩極から引斥されて、磁場の方向に排列された一種の曲線をつくる。

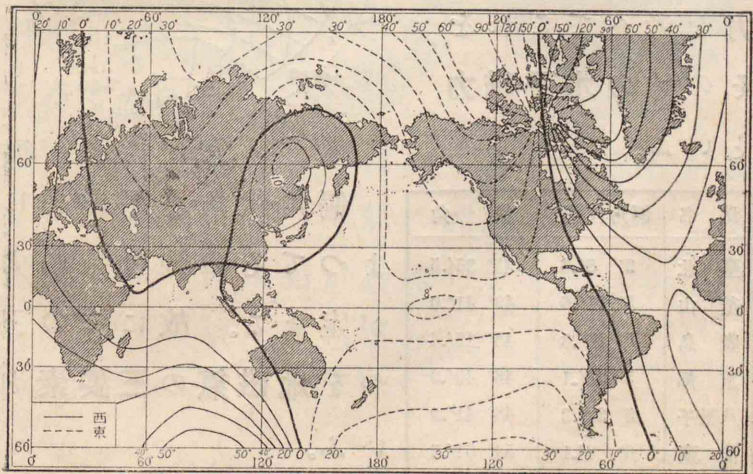


上の圖のやうに磁場の方向を示す曲線を、磁力線といふ。磁力線は常に磁石の北極より始つて南極に終るものと定める。

### §5. 地磁氣

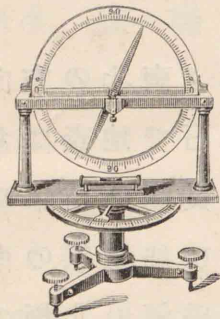
地球上の各地では、磁針がほゞ南北の方向を指すことから、地球は一大磁石で地表はその磁場であると考へられる。實測の結果によつて、地理學上の北極の近くに地磁氣の南極、地理學上の南極の近くに地磁氣の北極のあることが知られてゐる。

各地の磁針の指す方向は、その地の子午線と一致することは稀で、東又は西にフレることが多い。このフレを偏角(方位角)といふ。我國では磁針の北極は約 $1^{\circ}$ - $8^{\circ}$ 西偏してゐる。



等偏角線圖



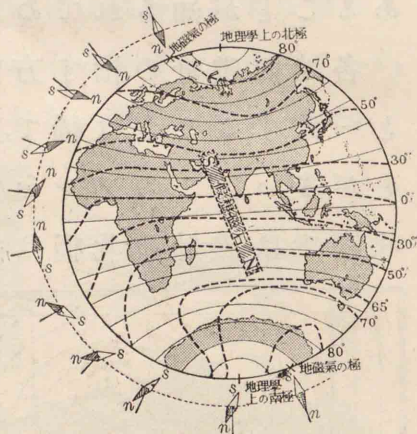


伏角計

磁針をその重心で支へると、磁針は水平面と或傾きをなして静止する。この傾きを伏角といふ。北半球では北極が下方に傾き、我國に於ては伏角は約30°-60°である。

□ 普通の磁針が水平に支へられてゐるのは何故か。

又各地で水平面上に現はれる地磁力を考へて、これをその地の水平磁力といふ。



地名	偏角(西偏)	伏角
臺北	2° 8'.6	35° 25'.5
釜山	5° 21'.6	49° 41'.0
廣島	5° 20'.3	48° 15'.4
京都	5° 33'.1	48° 40'.9
八王子	5° 28'.2	48° 41'.9
仙臺	6° 8'.1	51° 51'.2
札幌	7° 30'.6	57° 3'.9

偏角・伏角・水平磁力によつてその地の地磁力が定まる。故にこの三つを地磁氣の三要素といふ。

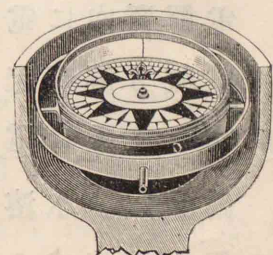
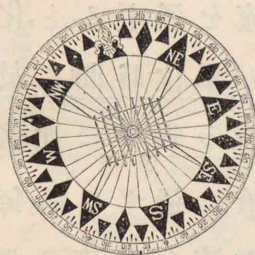
地磁力は日々年々、又は數

年毎に、週期的に變化する。又時として、磁氣嵐といふ急激な一時的變化も起る。磁氣嵐は太陽の黒點極光の出現と密接の關係がある。

### § 6. 羅針盤(コンパス)

船舶に用ひられる羅針盤の要部は、方位を記した圓板の裏面に數本の磁針を取附けたもので、その中心を尖端で支へ、これを水平面内に自由に廻轉し得るやうに函に納めてある。

この函には船首の方向を指す指標が附いてゐるので、



船の方向が變はると、指標に對して磁針が動くから、それによつて船の進路を定めることが出来る。盤は船が動搖しても常に水平に支へられるやうにしてある。



## 第二章 電 流

## §1. 電 流

起電機の兩極を導線で連絡し起電機を廻轉すれば、兩極に發生する陰陽の電氣は絶えず導線を傳はつて中和する。かく電氣が導體を傳はり移動する状態を電流といひ、陽電氣の移動する方向を電流の方向と定める。

電解質内に電流を通ずると、化學的變化即ち電氣分解が起り、單位時間に於ける電解生成物の質量は、電流の強さに比例する。

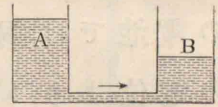
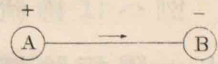
硝酸銀の水溶液に通ずる時、毎秒0.001118瓦の銀を析出する電流を、電流の強さの實用單位とし、これを1アンペアといふ。

1アンペアの電流が流れる時、導線の各切口を1秒間に通過する電氣量を1クーロンといふ。1クーロンは電氣量の實用單位である。

## §2. 電位・電壓

陽電氣がAよりBに流れる時、AはBより

も電位が高いといふ。電位の高低は、水位或は温度の高低に似てゐる。A, Bの水位或は温度の差がなくなれば、水或は熱の移動が止むと同じやうに、A, Bの電位の差がなくなれば電流は止む。

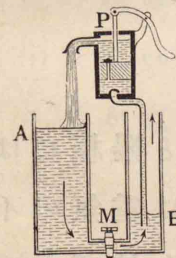


電位の差を通常電壓といふ。

電壓の實用單位にはヴォルトを用ひる。

## §3. 電 池

圖のやうな装置で、M管中に矢の方向に引續き水流を得るには、ポンプPを働かし絶えずAの水面をBの水面よりも高くし、M管の兩端に壓力の差があるやうにせねばならぬ。これと同じやう



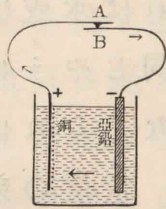
に、連續的な電流を得るには、導體の二點間に常に電位差をつくらねばならぬ。

電池は化學作用により電位差を生じ、電流を得る装置であつて、一定の化學變化が終る



までは、引續いて電流が得られる。

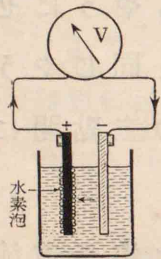
例へば稀硫酸中に銅板と亜鉛板(これ等を夫々陽極・陰極といふ)とを對立させたヴォルタの電池では、銅板の電位が亜鉛板の電位よりも高い。よつて兩板を導線で連結すれば、導線中を銅板より亜鉛板の方に流れる電流が生ずるのである。



電池の輪道を開いた時の兩極の電位差を、電池の電動力又は起電力といふ。ヴォルタ電池の電動力は約1ヴォルトである。

#### §4. 電池の分極作用と局部電流

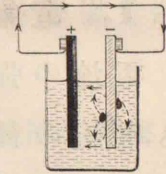
ヴォルタ電池の兩極を連結すると、陽極には水素を生じ、その氣泡は、電氣の不導體であるから電流を妨げるばかりでなく、再び液中に溶けて逆電流を生ぜんとする傾向がある。それで電流は次第に弱くなる。



これを電池の分極作用といふ。實用に供さ

れる各種の電池では、酸化劑等を用ひて分極作用の起らぬやうにしてある。

又陰極用の亜鉛が不純物を含む時はそれが陽極となり、こゝに局部的の電流を生じ、亜鉛を徒費すると共に電動力を減ずる。この電流を局部電流といひ、通常亜鉛板を水銀漬にしてこれを防ぐ。



#### §5. 實用電池 (補充27頁)

實用に供される電池は、分極作用及び局部電流の起らぬやうに工夫されてある。普通に用ひられる實用電池には重クロム酸電池・ダニエル電池・ルクランシエ電池・乾電池等がある。



## 第三章 電気抵抗

## §1. 電気抵抗

電流の強さは、導線の両端の電圧が一定でも、導線の種類や長さ・太さなどによつて著しく異なる。これは導線によつて、電流の流れるのを妨げる程度が異なるためである。導線のこの性質を電気抵抗といふ。

実験によると、同一物質の導線の電気抵抗は、(1)その長さに比例し、(2)切口の面積に反比例し、(3)温度によつて異なる。

0°C に於ける長さ 106.3 厘、切口の面積 1 平方厘の水銀柱の電気抵抗を、1 オームといひ、これを電気抵抗の實用單位とする。

不良導體良導體の區別は、電気抵抗の大小によるもので、右の表からわかるやうに、銀銅は抵抗甚だ小で、ニクロム・炭素などは大である。

電気抵抗の表	
0°C, 長さ1米, 切口の面積1平方厘	
銀	0.016
銅	0.017
アルミニウム	0.032
タングステン	0.950
鉄	0.12
洋銀	0.28
水銀	0.96
ニクロム	1.01
炭素	50(約)

## §2. オームの法則

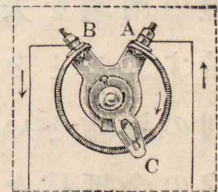
電流の強さは、導線の電気抵抗に關係するが、又導線の両端に於ける電圧にも關係する。実験の結果によると

導線に流れる電流の強さは、その両端間の電圧に比例し、導線の電気抵抗に反比例する。

これをオームの法則といふ。今電流の強さを  $C$  アンペア、電圧を  $E$  ヴォルト、電気抵抗を  $R$  オームとすれば、次の關係がある。

$$C = \frac{E}{R} \quad \text{或は} \quad E = CR$$

電流の強さを變へるには、電流の通ずる導線の抵抗を變へるのが便である。この目的に用ひられる装置を、抵抗器といふ。圖は導線の長さを變へ抵抗を變へるラヂオ受信機用抵抗器である。



問 1. 10 燭光のタングステン電球には、その両端の電位差 100 ヴォルトの時、0.125 アンペアの電流が流れる。その電気抵抗を求めよ。

問 2. 與へられた針金を 3 倍の長さに引延ばせば、その電気抵抗は如何に變はるか。

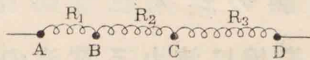


## § 3. 導線の連結

數條の導線を、圖に示すやうに順次に連結することを、行結び又は直列の連結といふ。

この際、各導線の抵抗を

夫々  $R_1, R_2, R_3, \dots$  とし、その



全抵抗を  $R$  とすれば、オームの法則から次の式が導かれる。

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

即ち直列に連結された導線の全抵抗は、各導線の抵抗の和に等しい。

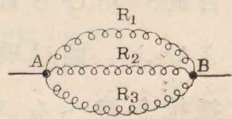
又數條の導線を、次の圖に示すやうに、各導線の兩端を夫々一束として、共通の二點に連結することを、列結び又は並

列の連結といふ。この際、導

線の全抵抗を  $R$ 、全電流の強さを  $C$ 、各導線の抵抗を夫々  $R_1, R_2, R_3, \dots$ 、又分派電流の強さを夫々  $C_1, C_2, C_3, \dots$  とすれば、次の式が導かれる。

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

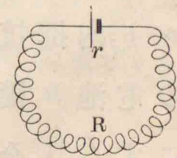


即ち並列に連結された導線の全抵抗は、何れの導線の抵抗よりも小で、全抵抗の逆数は各導線の抵抗の逆数の和に等しく、分派電流の強さは夫々の導線の電気抵抗に反比例する。

固 抵抗 3 オームの導線 4 本を行結びにする時の全抵抗及び列結びにする時の全抵抗を求めよ。

## § 4. 電池の抵抗

電池の兩極を導線で連ねる時は、電池は輪道の一部となるから、導線と同様に、電流に対して多少の抵抗がある。これを電池の内抵抗といひ、これに対して、電池の兩極を連ねる導線の抵抗を外抵抗といふ。



通常、電池は約 0.2—2.0 オームの内抵抗を有する。電池の内抵抗は、兩極板の距離が小で、その面積が大なる程、小である。

今電池の電動力を  $E$  ヴォルト、内抵抗を  $r$  オーム、外抵抗を  $R$  オームとすれば、この輪道に流れる電流の強さ  $C$  アンペアは、オームの法則から次の式で與へられる。



$$C = \frac{E}{R+r} \quad \text{或は} \quad E = C(R+r)$$

それ故、電池を一定の導線に連結しこれに強い電流を生ぜしめるには、電池の電動力を大にし、又内抵抗を小にするを要する。

### §5. 電池の連結

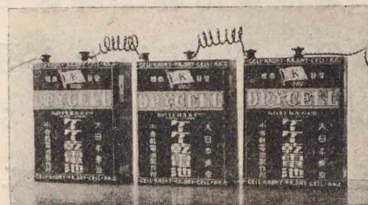
数箇の電池を連結する場合に、相隣れる電池の異名の極を順次に連結することを、行結び或は直列の連結といふ。

今電動力  $E$  ヴォルト、内抵抗  $r$  オームの電池  $n$  箇を行結びにすると、全電動力は  $nE$  ヴォルトで、全内抵抗は  $nr$  オームである。

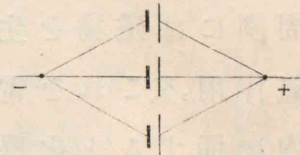
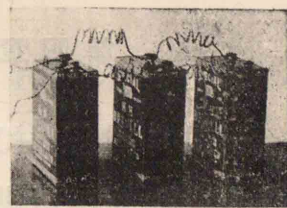
故に外抵抗  $R$  オームの導線で輪道を作れば、これに流れる電流の強さ  $C$  アンペアは、次の式で與へられる。

$$C = \frac{nE}{R+nr}$$

又数箇の電池の各陽極及び各陰極を別々に一束として連結することを、列結び或は並



列の連結といふ。この場合には、電動力は變化せず、全内抵抗は各電池の内抵抗の  $\frac{1}{n}$  に等しい。故に外抵抗を  $R$  オームとすれば、電流の強さ  $C$  アンペアは、次の式で與へられる。



$$C = \frac{E}{R + \frac{r}{n}} \quad \text{或は} \quad C = \frac{nE}{nR+r}$$

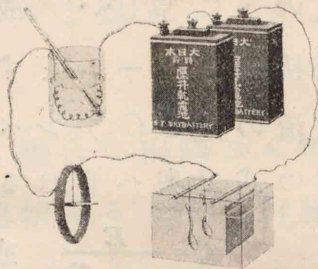
よつて強い電流を得るには、外抵抗が大なる時は直列とし、内抵抗が大なる時は並列とするがよい。

問 電動力 2 ヴォルト、内抵抗 0.5 オームの電池 5 箇を行結びにする時の電流の強さを求めよ。但し外抵抗を 14 オームとする。



## 第四章 電流の作用

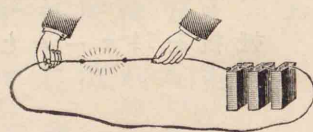
一般に導線に電流を通ずると、その導線は熱せられ(熱作用)、導線の周囲には磁場を生じ(磁気作用)、又これを電解質内に通ずると、化学的變化即ち電気分解が起る(化学作用)。



## (I) 熱作用

## § 1. 電流の熱作用

**実験** 細い銅線の中に同じ太さの鉄線をつなぎ、乾電池を二三箇用ひて電流を通ずると、銅線がやゝ温みを感じる時に、鉄線は赤熱される。



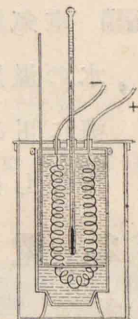
このやうに輪道に電流を通ずれば、その各部分は熱せられ、この作用は抵抗の大なる所に於て著しい。

精密な実験によれば

電流によつて輪道の一部に生ずる熱量は、(1)その部の導線の電気抵抗と、(2)電流の強さの自乗と、(3)電流を通ずる時間との積に比例する。

これをジュールの法則といふ。

熱量計による實測の結果に従へば、1アンペアの電流を抵抗1オームの導線に1秒間通ずる時、生ずる熱量は0.24カロリーである。従つて、電流Cアンペアが抵抗Rオームの導線に流れてt秒間に發生する熱量を、Hカロリーとすれば



熱量計

$$H=0.24C^2Rt$$

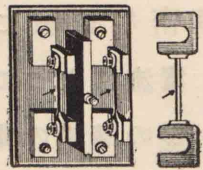
である。導線の両端の電圧をEヴォルトとすれば、オームの法則から次の式が得られる。

$$H=0.24CEt$$

白熱電燈及び各種の電熱器は、タングステン・炭素・ニクロム線等の電気抵抗が大なるにより、これに電流を通じこの際生ずる熱を利用するものである。(電熱の應用補充31頁)



安全装置として電路に**フューズ**を入れるのも、上の理を應用したもので、その電路に規定以上の電流が通る時は、そのために生ずる熱によつ



(矢はフューズを示す)

て直ちにこれが熔け、自動的に電路を断つ。

☞ 電気湯沸を 100 ヴォルトの電燈線に結び、1 立の水の温度を 10 分間に 50°C だけ上昇させるには、湯沸に用ひてある導線の抵抗を幾オームにすべきか。但し発生熱量の 70% が利用されるものとする。

## § 2. 電力

電流はこれを通ずる導線に熱を発生するのみならず、又適當の装置によれば、機械的仕事をもなし得るのである。この際、電流が單位時間になす仕事\*の量即ち工率を、特に**電力**といふ。電力の單位には、1 ヴォルトの電圧で 1 アンペアの電流を通ずる場合の電力を用ひ、これを 1 ワットといひ、その 1000 倍を 1 キロワットといふ。

従つて  $E$  ヴォルトの電圧で  $C$  アンペアの電

\* 仕事工率等に関しては一般理科で多少學んだのであるが、更に後に詳述する。  
(178, 179 頁)

流を通ずる場合の電力  $P$  ワットは

$$P = EC$$

である。この時導線の電気抵抗を  $R$  オームとすれば、オームの法則から

$$P = RC^2$$

である。

又 1 ワットの電力で 1 時間になす仕事を 1 ワット時といひ、その 1000 倍を 1 キロワット時といふ。

電燈電熱等に對する電力の賣買に於ては、キロワット時で料金を定め、これを測るに積算電力計(俗に電気メーター)を用ひる。我國では、電熱用に對しては 1 キロワット時



積算電力計

3-6 錢で、電燈用のものは 10-20 錢である。

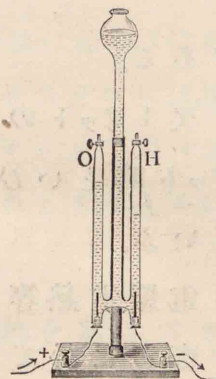
☞ 點燈料 1 キロワット時 18 錢とし、30 ワットの電燈 2 箇、40 ワットの電燈 4 箇を毎夜 6 時間づゝ點火する時、30 日間の點燈料は何程となるか。



## (II) 化学作用

## § 1. 電気分解

稀硫酸中に二枚の白金の電極を立てて電流を通ずると、陽極から酸素、陰極から水素を生ずる。このような現象を電気分解といひ、分解される物質を電解質といふ。実験の結果によれば



- (1) 電気分解によつて兩極に析出される物質の質量は、電流の強さと通じた時間との積に比例する。
- (2) 同一時間内に同一電流で析出される物質の質量は、その化学當量\*に比例する。

これをファラデーの法則といふ。

硝酸銀の溶液に、1アンペアの電流を1秒間通ずると、0.001118瓦の銀(化学當量約107.9)を析出する(94頁)から、化学當量 $m$ なる物質に、 $C$ アンペアの電流を $t$ 秒間通ずる時に、析

\* 化学當量とは 原子量÷原子價 をいふ。

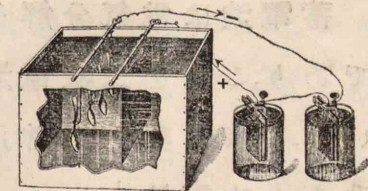
出される物質の質量 $M$ 瓦は、次の式から求められる。

$$M = \frac{0.001118}{107.9} \times mct = 10.36 \times 10^{-5} \times mct$$

☞ 硫酸銅を電気分解した際に5時間に2.952瓦の銅を析出したといふ。電流の強さは何程か。但し銅の化学當量は31.8である。

## § 2. 電気分解の應用

電鍍は、電気分解の應用である。鍍さるべき導體を陰極板とし、鍍すべき金屬を陽極板として、適當な電解質(銅鍍には硫酸銅の溶液、金鍍には、塩化金の溶液に過剰のシアンカリの溶液を加へたもの)中で電気分解を行ふものである。この場合、電解質中の金屬イオンは電流のため陰極に來つて、そこに析出



し薄く金屬面を被覆する。これと同時に陽極の金屬は電解質中に溶解して金屬イオンの不足を補ふ。



電鑄は、蠟・石膏などを彫刻に押附けて凹凸相反する型を造り、これに石墨を塗つて導體としたものを陰極とし、これに厚く金属を電鍍するのである。これを剥ぐと、原物と凹凸の同じものが得られる。

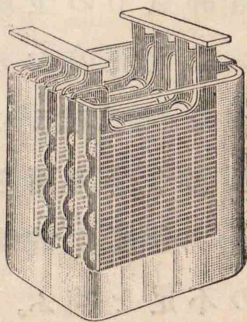
電気版は、蠟に木版を押附けて型を造つたものに、石墨を塗り銅鍍して、これを剥ぎ取り、裏に活字金を鑄込んだものである。

電気冶金(電気精錬)は、電気分解によつて金属化合物から純粋な金属を陰極に析出させる方法である。

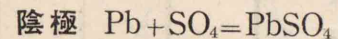
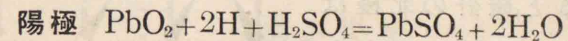
### §3. 蓄電池

蓄電池は電気分解を利用した一種の電池であり、これを二次電池ともいひ、これに對して普通の電池を一次電池といふ。

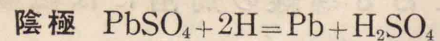
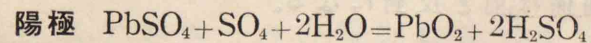
蓄電池は、格子形の鉛板の目に酸化鉛(PbO)を填めたものを兩極として、これを稀硫



酸中に立てたものである。これに外部から電流を通ずると、電気分解により陽極は過酸化鉛(PbO<sub>2</sub>)となり、陰極は海綿状鉛となる。この兩極を導線で連結すると、ほゞ次の式のやうな化學變化を起す。



兩極共に硫酸鉛に變じ電動力が減ずる。これを放電といふ。次に再び外部から電流を送ると、ほゞ次の式のやうな化學變化を起す。



このやうにして兩極は前の物質に變はる。これを充電といふ。蓄電池は、電流のエネルギーを化學的エネルギーに變へて蓄へ置き、隨時これを電流のエネルギーとして出すものである。放電の後充電すれば、幾回も繰返し使用することが出来るばかりでなく、電動力が約2ヴォルトで、内抵抗が甚だ小さく、強い電流を得るに適する。

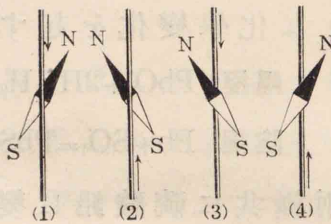


(III) 磁気作用

§1. 電流による磁場

【実験】 静止せる磁針の上にこれと平行に置いた導

線に、電流を北から南へ通ずると、磁針の北極は東へフレ、電流の方向を逆にすると、磁針の北極は西へフレる。又導線



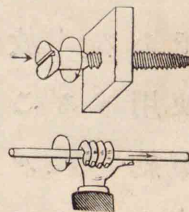
を磁針の下にこれと平行に置いて、同様の実験をなせば、電流の方向と磁針の北極のフレる方向との関係は、前と反対になる。

電流の流れてある導線の周囲には磁場を生じ、その磁場の方向は電流の方向によつて變はるのである。上の実験を綜合すれば

ネジの進む方向に電流を通ずれば、磁針の北極はネジの廻轉する方向にフレる。

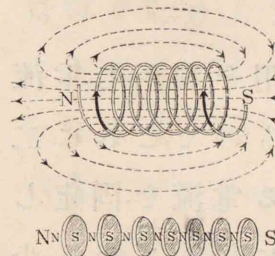
これをアンペールの規則といふ。

【問】 電流の通じてある導線を圖のやうに右手で握ると考へ、その指の方向で、アンペールの規則を言ひ表はせ。

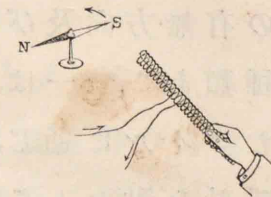


§2. コイル

導線(通常、被覆線を用ひる)を同じ向きに幾回も螺旋狀に捲いたものを、コイルといふ。

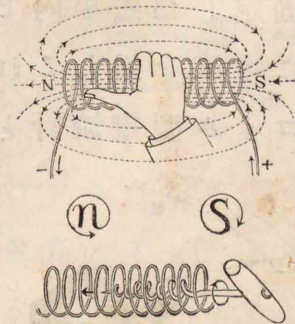


コイルに電流を通ずると、同形の棒磁石に似た磁場が出来る。従つて棒磁石



と同様の磁気作用をなす。

コイルに通ずる電流の方向と生ずる極との関係は、アンペールの規則によつて定まることであるが、次のやうに記憶するのが便利である。即ち右の圖のやうに、右手でコイルを握り、電流が手首から指先に向ふものとすれば、拇指の方向に北極を生ずる。



【問】 コイルの中にネジをね

ち込むことに譬へて、電流の方向と極との関係を言ひ表はせ。

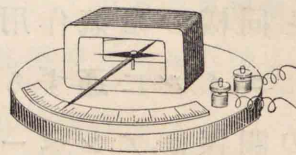


コイルの磁場の強さは、コイルを流れる電流の強さとコイルの單位の長さに於ける捲數との積に比例する。

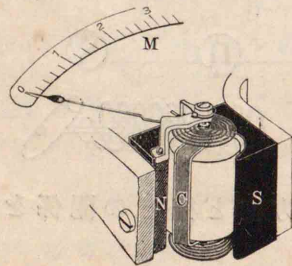
### §3. 電流計

電流計はコイルの磁氣作用を利用し、電流の有無・方向及び強弱を測るもので、これに二種類ある。一は、測らうとする電流を、固定したコイルに通じ、その磁場内に吊してある小磁針を動かす、このフレ

の大小を目盛によつて讀むもので、右圖に示す



やうな簡易電流計はその一種である。他は固定した磁場内で、指針の附いてあるコイルに電流を通しこれを動かすもので、これを動コイル型電流計といふ。



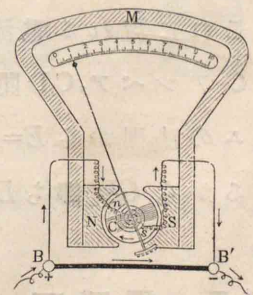
左圖は動コイル型電流計の要部を示すものである。磁極N, Sの間に、廻轉軸を有するコイルCがあつて、その軸には、鬚ゼンマ

イが取附けられ指針を零位に保つやうにしてある。今これに電流を通ずると、コイルは廻轉しようとし、鬚ゼンマイはこれを舊位置に復せしめようとして、コイルは釣合の位置に止まる。よつて指針の示度で、電流の強さを知ることが出来る。

### §4. アンメーター・ヴォルトメーター

電流の強さをアンペアで讀み得る電流計を、アンメーターといふ。普通に用ひられるものは、圖のやうな動コイ

ル型電流計に、小なる抵抗を並列に連結し、電流の大部分をこれに流し、コイルに通ずる電流を弱くし、主電流の強さを減ぜず、又内



部に發熱などの恐れのないやうにしたものである。指針の示度は主電流をアンペアで示すやうに、目盛がしてある。

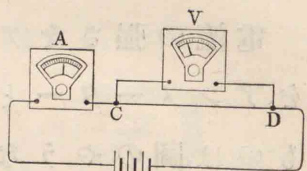
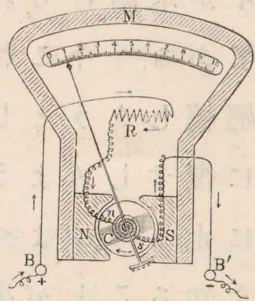
ヴォルトメーターは、電路の二點間の電壓をヴォルトで讀み得るやうに目盛した一種の電



流計で、通常圖のやうにコイルに大なる抵抗Rを直列に連結し、全體の抵抗を大ならしめてある。

今電流の通する導線の二點C, D間に、ヴォルト計Vを並列に

連結すれば、この抵抗が大なるため、電流は極めて小であり、導線を通れる電流に殆ど影響がない。よつてヴォルト計の全抵抗をRオーム、これに流れる電流の強さをCアンペア、C,D間の電壓をEヴォルトとすれば、オームの法則から  $E=CR$  となる。然るにRは一定であるからCR即ちEが求められる。



### §5. 電磁石

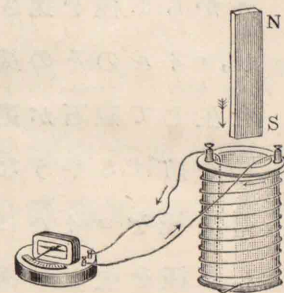
軟鉄棒を心として周圍に被覆線を幾回も捲附けた所謂電磁石は、電鈴・電信等直接間接に應用が甚だ廣い。これ等のことは、大體一般理科で學んだであらう。

☞ 電鈴の構造・作用を説明せよ。

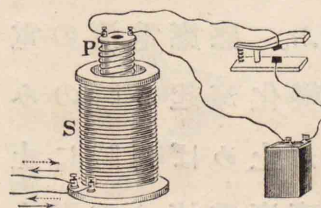
## 第五章 感應電流

### §1. 感應電流

一つのコイルの兩端を電流計に連ね、コイルの中に棒磁石を急に突入れ又は急に引抜くと、この瞬間に電流計の針はフレて、コイルの中に電流が生ずることを示す。この現象を電磁感應といひ、コイルに生じた瞬間電流を感應電流といふ。



この時、棒磁石の代りに、電流の通じてあるコイルを用ひても電磁感應は起る。棒磁石を抜差しする



代りに、コイル(二次コイル)Sの中に他のコイル(一次コイル)Pを入れて、Pの電流を斷續してもSに感應電流が生ずる。

電磁感應はフラデーの發見による。現代電氣工業の進歩はこの發見に負ふ所が多い。



## §2. 感應電流の方向

**實驗** [1]コイルの一端に棒磁石のN極を近づける

時は、コイルのその端にN極を生じて磁石が近づくの妨げるやうな方向に、

感應電流を生じ、[2]コイルからN極を遠ざける時

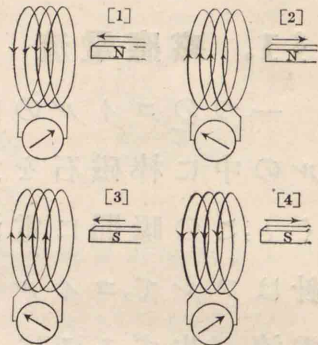
は、コイルのその端にS極を生じて磁石が遠ざかる

のを妨げるやうな方向に、感應電流を生ずる。[3, 4] S極をコイルに近づける時は、コイルのその端にS極を生じ、S極を遠ざける時は、N極を生ずる。

以上何れの實驗に於ても、常に

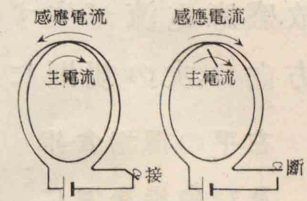
感應電流は磁場の變化を妨げんとするやうな方向に生ずる。

これをレンツの法則といふ。感應電流の電動力は、コイル内に磁場の變化が起る時のみ生ずるもので、磁場の變化が止めば同時に止む。實驗の結果によれば、感應電流の電動力は、コイルの捲数が大なる程、又磁場の變化が急激な程大である。



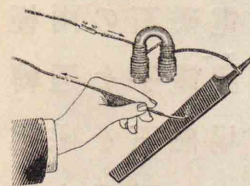
## §3. 自己感應・相互感應

一つのコイルに電流を通じ或は斷つ時にも、そのコイル内の磁場に變化が起るので、その瞬間にコイル内に、レンツの法則に一致する方向の感應電流が生ずる。この現象を自己感應といふ。



故に電流は、これを通ずる瞬間には、異方向の感應電流のために弱められ、斷つ瞬間には、同方向の感應電流のために強められる。

電車のボールが架空線から外れる時、そこに火花を出すのは、自己感應による電動力の強大なため、その部の大きな抵抗を破つて放電するによる。これ



と同じやうな現象を實驗するには、圖のやうに電磁石の輪道に鑢を入れ、電流の流れる導線の一端で鑢面を擦るのである。

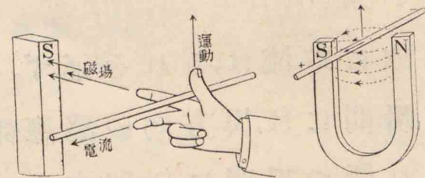
自己感應に對して、二つの輪道の間起きる電磁感應を、相互感應といふ。



#### §4. 発電機(ダイナモ) (補充38頁)

コイルに対し磁石を動かせば、コイルに感應電流が生ずるが、逆に磁石の附近にコイルを動かしても、コイル内の磁場に變化が起る故、感應電流が生ずる。この時の感應電流の方向は、次の規則によるのが記憶に便である。

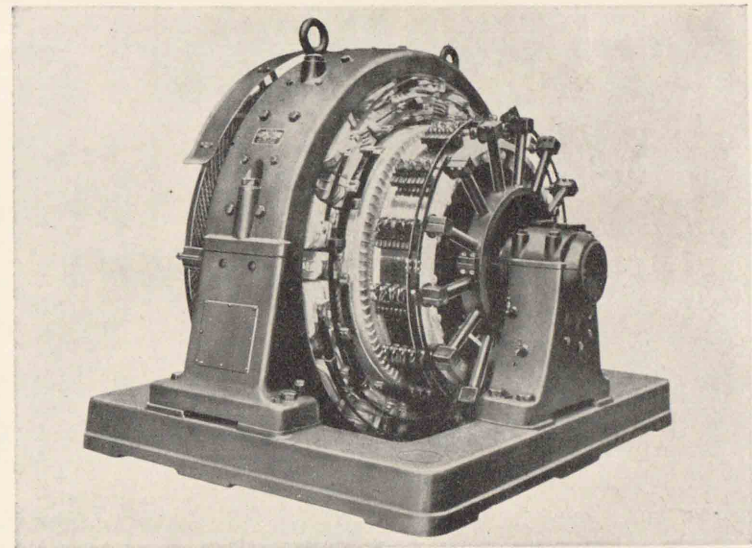
右手の拇指・食指  
及び中指を互に  
垂直に開き、食指  
を磁場の方向に



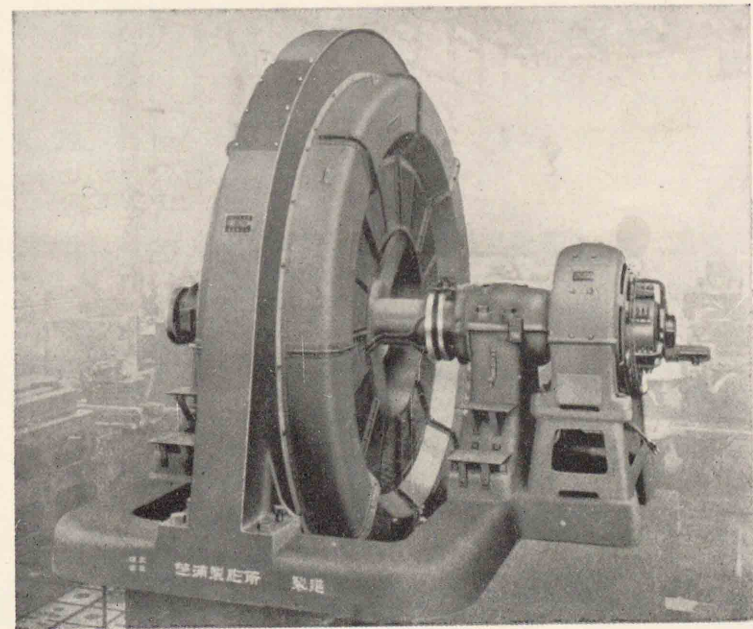
拇指を導線を動かす方向に向けると、中指は感應電流の方向を示す。

これをフレミングの右手の規則といふ。

発電機は電磁感應を利用し、水力又は火力などにより、場磁石といふ強い電磁石の兩極間で、軟鉄心にコイルを捲いた<sup>アーマチュア</sup>發電子を廻轉して電流を得る装置である。場磁石を磁化することを勵磁といひ、他の電源で勵磁する時は他勵、自己の發電子の電流で勵磁する時は自勵といふ。



直流發電機



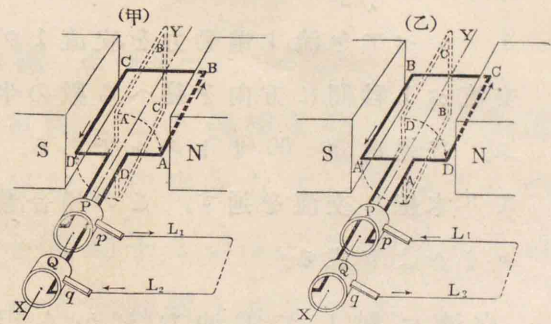
交流發電機



發電子は、薄い鉄板を重ねて造つた鉄心の表面に多くの溝を作り、この上に絶縁導線を捲いて作る。

今、場磁石の兩極 N, S の間で、發電子のコイル ABCD の面を、XY を軸とし磁力線に垂直な位置より、次の圖の如き方向に半廻轉する間は、フレミングの右手の規則により、コイル

に  $\overrightarrow{ABCD}$  の電流を生じ、次の半廻轉では、 $\overrightarrow{DCBA}$  の電流を生ずる。従つ



て、發電子のコイルの兩端を聚電環(滑り環)P, Q につなげば、これに接觸してゐる炭素<sup>グラファイト</sup>刷子 p, q から外部に導かれた導線の輪道には、コイルの半廻轉毎に方向の變はる電流が生ずる。このやうに時を措いて方向の變はる電流を交流といひ、交流を生ずる發電機を交流發電機といふ。



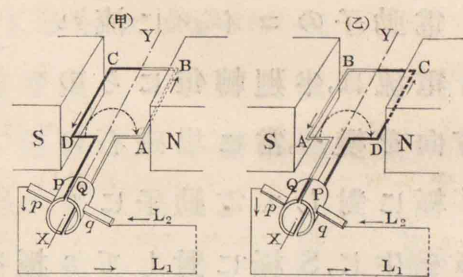
実際の交流発電機では、発電子のコイルの捲数を増すと共に、場磁石の極をも多くし、これを適当に組合はせてある。又発電子を廻轉させるもの(廻轉發電子型)の代りに、場磁石を廻轉させてその周圍に靜止せる発電子を備へるやうにしたもの(廻轉場磁石型)が絶縁や構造の関係で、多く用ひられてゐる。

交流のアンペアとは電流の最大値をいふのではなく、その $\frac{1}{\sqrt{2}}$ である。抵抗1オームの輪道に交流1アンペアを流す電動力を、交流1ヴォルトといふ。交流が1秒間に方向を變へる數の半を、周波數といふ。普通は50-60サイクルである。又通常、三相として3本線に交流を通す。この場合、発電子は3組のコイルより成る。

交流に對して、電池などから得られる電流のやうに、方向の一定してゐる電流を直流といふ。

直流発電機では、交流発電機の聚電環の代りに、絶縁された二箇の半圓環(整流子)を用ひ、発電子が半廻轉する毎に、刷子の接觸が反對になるやうにしてある。よつて外部に導かれた導線の輪道には、絶えず方向の一定した

電流即ち直流を生ずる。實際には整流子は、薄い銅片を一枚一枚雲母



で絶縁して圓筒形に造り、銅片と同數の導線の端を、一つ宛これに接續したものである。

### §5. 電動機 (モーター)

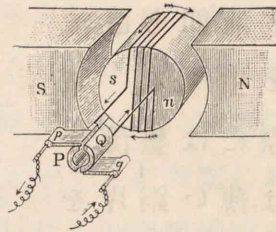
電動機は電流により機械を廻轉する装置で、発電機と反對の作用をなす。発電子に相當する部分を電動子<sup>アーマチュア</sup>といふ。電動機にも直流電動機と交流電動機とがある。

電動機に電流を通じ、これを運轉し、外部に仕事をなす時は、電動機に負荷したといふ。

直流電動機では、外部より電動子に直流を通ずる。この時、電動子は一種の電磁石となり、アンペールの規則に従つてその兩端にn極とs極とを生じ、場磁石の反撥作用を受けて廻轉する。

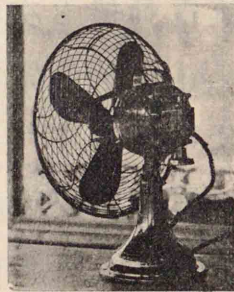


電動子のコイルに流れる電流は、半廻轉毎にその方向を變へ、常に場磁石のN極に對して電動子に $n$ 極を生じ、S極に對して $s$ 極を生ずるやうにして、電動子の廻轉を繼續させる。



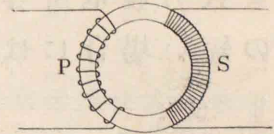
直流電動機は交流電動機に比して速さの調節が圓滑に行はれるので、電車や紡績機などの運轉に用ひられる。

交流電動機として現今最も普通に用ひられるものは、誘導電動機である。これは廻轉場磁石型の交流發電機に類する構造をもち、廻轉磁場を生ずる場磁石即ち固定子(ステーター)の内部に、圓筒形の鐵心に銅線を捲線型に、又は銅桿を籠型に取附けた廻轉子(ローター)を備へたものである。その小型のものは電燈線に接續して使用し得るので、扇風機裁縫ミシンの運轉など家庭用として廣く利用されてゐる。この電動機は、負荷の大小に關せず廻轉速度は約一定である。(誘導電動機補充40頁)

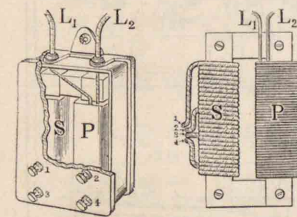


## §6. 變壓器(トランスフォーマー)

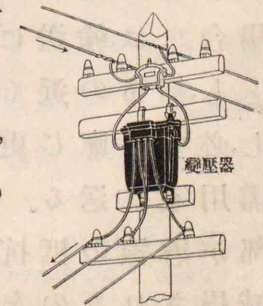
變壓器は、電磁感應によつて交流の電壓(電動力)を昇降する装置で、その要部は、捲數の相異なる一次コイルと二次コイルとを共通の軟鐵心に捲附けたものである。今一次



コイルPに交流を通ずると、二次コイルSに、それと等しい周波數の感應電流を誘起する。この時、SとPとの電壓の比は、兩コイルの捲數の比に等しいので、電壓を高めるには、Sの捲數をPの捲數よりも増し、電壓を降げるには、これと反對にする。



右圖は所謂柱上變壓器で、通常その上部にある二本の導線から高壓の交流が一次コイルに入り、二次コイルに誘起される低壓の交流は、下部にある導線によつて導かれる。

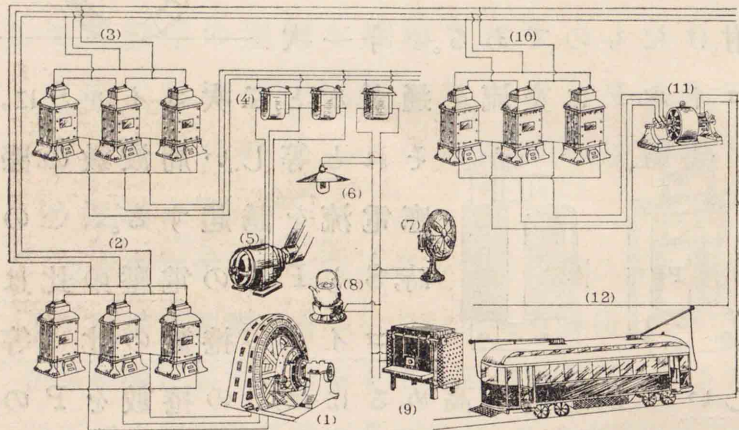




## § 7. 電力輸送

発電所で起された電流を遠隔の地に送ることを、電力輸送といふ。

火力発電所等より供給する如く、輸送距離の短い場合にはそのまま輸送されるが、山間



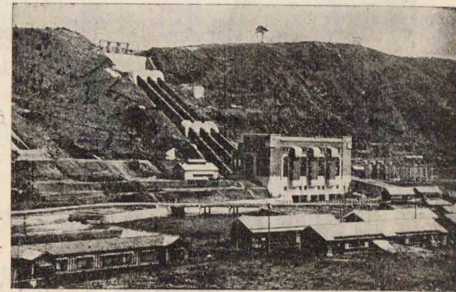
(1)発電機 (2)変圧器(昇) (3)変圧器(降) (4)変圧器(降) (5)電動機 (6)電燈  
(7)扇風機 (8)電熱器 (9)電気爐 (10)変圧器(降) (11)電動発電機 (12)電車

の水力発電所より遠隔の都市に送るやうな場合には、輸送に先立つて電圧を高め弱電流とし、都市の近くの變電所で再び電圧を低くし、必要に應じ更に降壓し、低壓強電流として需用家に送る。これは輸送の途中、電力の一部が導線の抵抗のために熱となつて無益に減損されるのを防ぐためである。

導線に生ずる熱を少なくするには、ジュールの法則から、(1)導線を太くして抵抗を小にするか、(2)電流の強さを小にせねばならぬ。然るに導線は經濟上あまり太くすることは出来ない。それで電力輸送をなすには、電圧を高め電流の強さを小にするのである\*。

電力輸送の一例を挙げれば、東京電燈株式會社の

猪苗代湖畔の發電所にある發電機では、電壓6600ヴォルトの三相交流を發生し、これを發電所内の變壓器で115000



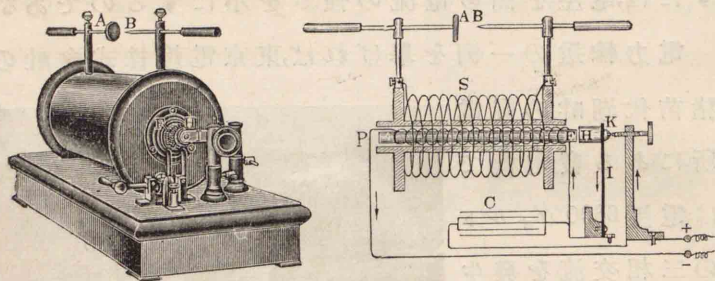
ヴォルトに昇壓し、そこから225軒離れた東京市田端にある第一次變電所に送り、こゝでそれを11000ヴォルトに降壓し、地中の送電線により東京市内各所に散在する第二次變電所に送り、こゝで3500ヴォルトに降壓して廣く市内に配電する。これを柱上變壓器で更に100ヴォルト又は200ヴォルトに降壓して、一般家庭及び小型交流電動機の需用家へ供給してゐる。

\* 交流では、300ヴォルト以上を高壓といひ、3500ヴォルト以上を特別高壓といふ。特別高壓の導線を支へる電柱には、その横木又は碍子を赤くして、危険なことを示すやうになつてゐる。



### § 8. 感應コイル

感應コイルは一種の變壓器で、低壓の直流を急速に斷續して、強大な電壓を得る装置である。その構造は、數十條の軟鉄心 F を太い



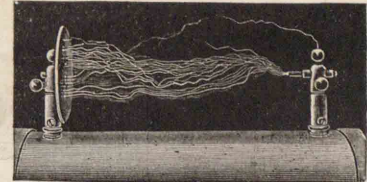
被覆銅線で捲き、これを一次コイル P とし、この上に細い被覆銅線を非常に多く捲附け、これを二次コイル S としたものである。

今、一次コイルの輪道に電池をつなげば、軟鉄片 H とバネ I とによつて、電鈴の場合と同じやうにその輪道が斷續される。よつて二次コイルの導線には、高壓の感應電動力が誘起されて、これに連なる兩極 A, B を近づければ、その間に火花放電が生ずる。

二次コイルに生ずる感應電流の方向は、一次コイルの電流を斷續する毎に變はるが、自己感應によつ

て、一次コイルを閉づる時よりも開く時の方が電動力が著しく大となるから、兩極 A, B がやゝ隔たれば、開く時のみ火花が飛ぶ。

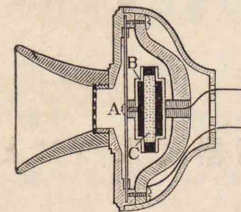
従つて兩極の陰陽は自ら一定するものと考へられる。P の電流を斷つ時、高電位にある方の極を感應コイルの陽極といひ、他をその陰極といふ。



又 P の電流を斷つ時に、斷續部に火花が生じて電流の急激な遮斷が妨げられる。よつて通常 P の輪道に蓄電器 C を挿入して、これを防ぐやうにしてある。

### § 9. 電話機

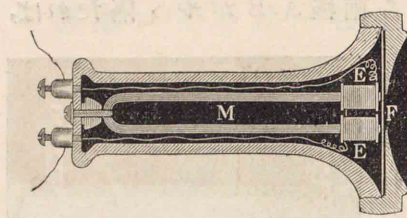
電話機は電流によつて遠方で音聲を再現させ通話する装置である。その要部は、送話器と受話器とこれを連結する電線とである。



送話器は、炭素粒の軽く接觸する部分の抵抗が、壓力の増減によつて變化することを利用したもので、振動板 A とその中央に接して炭素粒 C を



納めた炭素函Bとがある。電流は、振動板よ



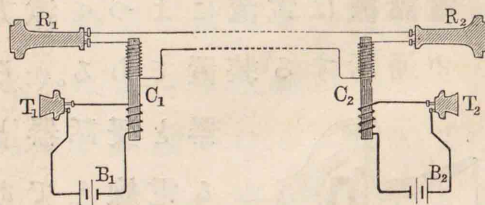
り炭素粒を経て受話器に通ずる。

受話器は、馬蹄形磁石Mの兩極に電

磁石Eを接続し、その前面に薄い鉄板Fを備へたものである。

送話器及び受話器を電池の輪道に入れ、送話器に向つて發聲すれば、その音波に應じて振動板は振動し、これに接する炭素粒の接觸に變化を生じ、従つて電流の強さもこれに應じて變化する。よつてこれに連なる受話器

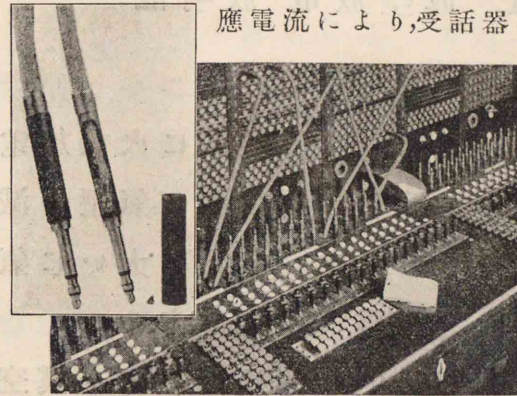
の電磁石は、磁力を増減し鉄板を引附ける度合を異にし、



その結果、鉄板は振動して送話器に入つたと等しい音波を再現する。

實際の電話機では、上の圖のやうに双方に送話器T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, 受話器R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>を備へ、又一種の變壓器C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>を備

へて、送話により起る電流の變化に伴つて生ずる感應電流により、受話器の鉄板を動かす

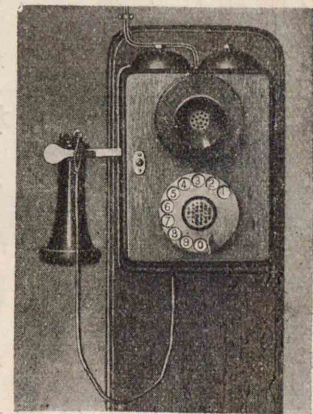


手働式電話交換室の内部

やうになつてゐる。又通常の場合には、電話交換局が各電話加入者の中間に於て通話の媒介をし

てゐる。近年從來の手働式電話交換に代つて、自動式が採用されてゐる所もある。

自動式では、電話機に取附けられてあるダイヤルの廻轉により電流を斷續し、これによつて交換局内の装置を機械的に働かし、中繼線を選択して相手方の電話機に接續するやうになつてゐる。



自動式電話機

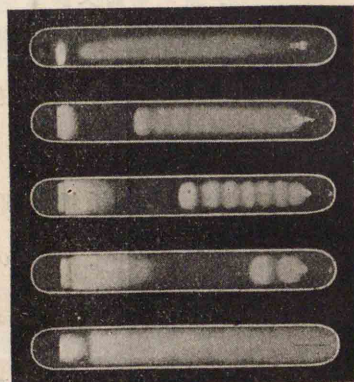


## 第六章 眞空放電・放射能

## §1. 眞空放電

通常の空氣中で二つの導體間に火花放電を行ふには大なる電壓を要するが、氣壓を減ずると放電は容易になる。しかし大いに氣壓を減ずれば放電は再び困難となる。

一般に稀薄な氣體中に於ける放電を眞空放電といふ。硝子管の兩端にアルミニウム極を封入して、これを感應コイルの兩極に連結し、感應コイルを働かすと、管内の兩極間に容易には火花が飛ばないが、空氣ポンプを用ひて管内の空氣を排除しその壓力を減ずると、兩極間に赤色紐狀の放電を見るに至る。壓力の減少につれてこの紐狀の放電は次第に太くなり、遂に管全體に擴がる。この光は、管内の氣體の



種類によつて色を異にする。かゝる眞空管をガイスレル管といふ。ガイスレル管内の氣壓を更に減少すると、管内の光は、相接した鱗片狀の層に分れ、氣壓が水銀柱  $\frac{1}{1000}$  耗程度となれば、眞空管内は遂に暗黒となりたゞ陰極に對する管壁が螢光を放つに至る。この現象は管内の氣體の種類に關係がない。この種の眞空管をクルークス管といふ。

近頃、夜間の廣告として用ひられるネオンサインは、硝子の曲管にネオン瓦斯を封入し、これに數千ヴォルトの高電壓を加へてネオン瓦斯を發光させるものである。色は鮮かな紅で光の透徹力が強く、又電力が主として發光のみに用ひられ、熱を發することは極めて少い。ネオン管に水銀の少量を入れたものでは青光を發し、黄褐色の硝子管の中にネオンと水銀とを入れたものは、綠光を放つ。これ等のネオン管を點燈するには、變壓器を用ひ、その一次線には 100 ヴォルトの交流を用ひる。

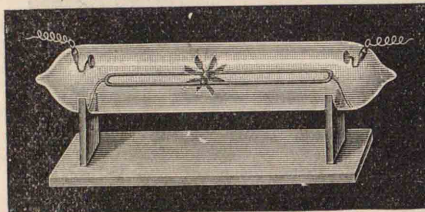
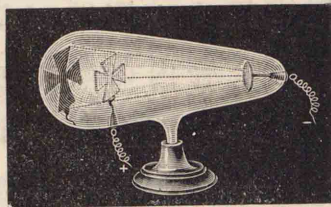




## § 2. 陰極線 (補充 42 頁)

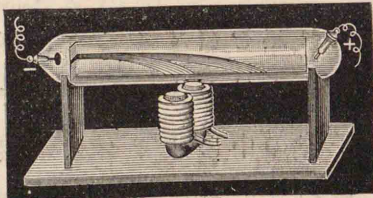
クルークス管に於て陰極の對壁が螢光を放つのは、陰極から電子(陰電氣を帯びた微粒子)が高速で射出され、それが管壁に衝突するからである。電子のこの流れを陰極線といふ。

陰極線は、その通路に金屬板を置けば、その背後の管壁にそれに相應する影を現はすことから、直進することがわかり、又硝子のレール上



に、雲母の軽い翼を有する車を載せ、これに陰極線を当てれば、車は陰極から陽極の方へ廻轉することから、物體に壓力を及ぼすことを知る。

又陰極線は電子の流れ即ち電流であるから、電氣力及び磁力の

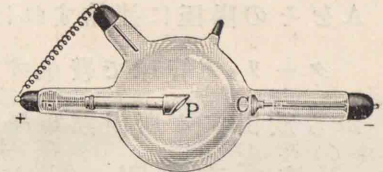


影響を受ければ、その方向を變ずる。

## § 3. X 線

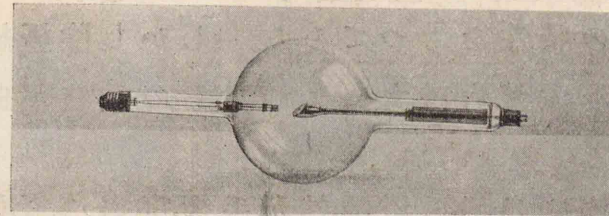
陰極線が急にその進行を遮られると、その所から、眼に感じない一種の放射線を出す。これは 1895 年レンチェンの発見したものであり、當時その本性がわからなかつたので、X 線と命名された。

圖は X 線を發生させる X 線管球である。アルミニウムの凹形陰極



板 C より高速で射出される陰極線は、これに對するタングステン又は白金の對陰極板 P に衝突して、こゝより X 線を發生する。

普通の X 線管球は使用するに従ひ、その發生する X 線の透過度が變化する不便がある。

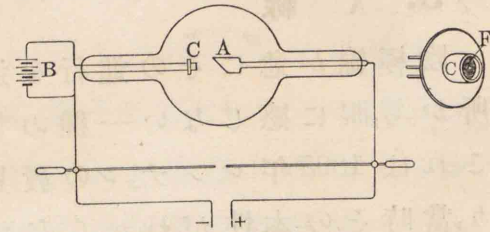


クーリッジ管球はこの缺點を除いたもので、近時一般に用ひられるやうになつた。

次の圖はクーリッジ管球の構造を示す。これは高度の眞空管球内に螺旋狀タングステン織條 F と對



陰極板Aとを納めたものである。Fを電池Bで白熱し、これを感應コイルの陰極に、



Aをその陽極に連結すれば、A面よりX線を発生する。クーリッジ管球で発生するX線は、高温度の金属面から放出する所謂熱電子を利用したものである。

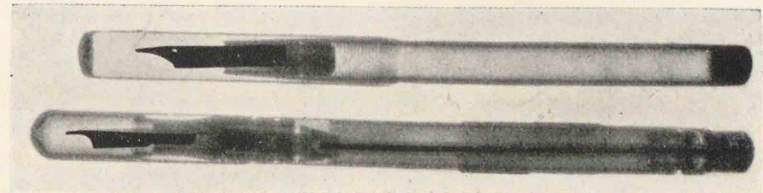
X線は直接眼に感じないが、(1)寫眞作用を呈し、(2)螢光板\*に当たればこれを光らせ、(3)氣體を電離\*\*し、(4)透過性強く、普通の光線には不透明な物體をもその密度に應じて透過し、(5)人體に對して特殊の生理作用を呈するなど、種々の特性をもつてゐる。しかし陰極線と異なり、電氣力・磁力によつてその進路が曲げられることはない。

X線は各種の鑑識、外科手術、疾病治療、科學の研究等に廣く用ひられてゐる。

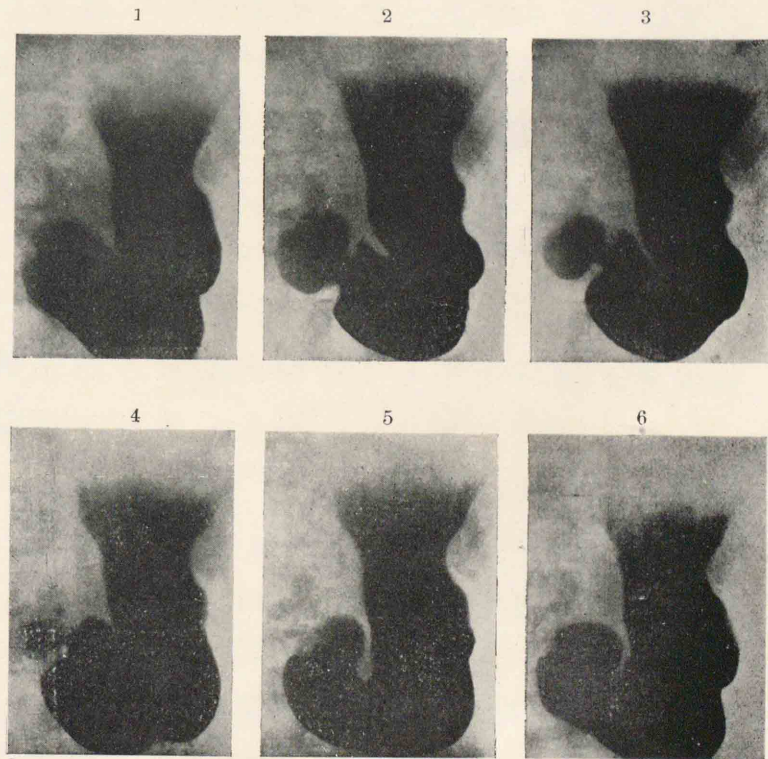
§4. 陽極線 (補充 43 頁)

\* 白色の厚紙に白金青化バリウム等を塗つたもので、陰極線やX線に當つて螢光を發する。  
\*\* イオンを生ずること。

X線寫眞



(萬年筆)



(胃の收縮運動の狀況を撮影したもの)



## § 5. 放射能

真空放電の研究から陰極線・X線等が引續き発見されたが、更にかゝる放射線を真空放電以外に求める研究が盛になり、X線発見の翌年即ち 1896 年ベクレルは、ウラン及びその化合物が、寫眞作用を呈し、氣體を電離し、螢光板を光らせるなど、X線類似の諸作用を呈する放射線を發することを発見した。



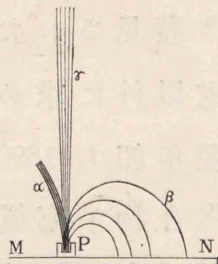
一般に、このやうな放射線を發する性質を放射能といひ、放射能を有する物質を放射性物質といふ。

ベクレルの發見に次いでキュリー夫人は 1898 年、ウランを多量に含有するピッチブレンドと稱する鑛石が純粹のウランよりも強烈な放射能を有することを發見し、電離作用を利用して遂に未知の新元素を分析することに成功し、これにラヂウムと命名した。

放射性物質の發する放射線には、 $\alpha$ 線・ $\beta$ 線・ $\gamma$ 線と名づける三種類がある。 $\alpha$ 線は陽電



氣を帯びたヘリウム原子の流れであり、 $\beta$ 線は陰極線に相當するもの即ち電子の流れである。 $\gamma$ 線はX線によく似たものであり、 $\alpha$ 線・ $\beta$ 線のやうに電氣を帯びた微粒子でないから、電場・磁場によつてフレることがない。

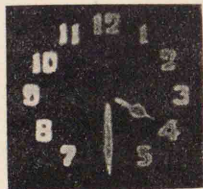


上圖の如く鉛製凹函に入れたラヂウム化合物Pより出る放射線に、紙面に垂直に前面より後方に向ふ磁場を作用させれば、 $\alpha$ 線は左方に、 $\beta$ 線は右方に曲げられ、 $\gamma$ 線は直進するのを見る。



ラヂウムの發する放射線は、硫化亜鉛のやうな螢光體の粉末を塗つた螢光板に衝突して、よくこれを光らせる。スピンスリ  
スコープはこの有様を蟲眼鏡でのぞ覗くやうにしたものである。

又夜光時計では、放射性物質の微量を混じた塗料で、數字及び指針を塗つてある。



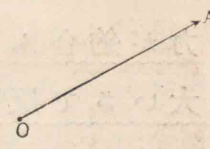
夜光時計



## 第一章 力

### §1. 力の三要素

力はその大いさ・方向及び作用點(着力點)によつて決定される。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比例して取り、先端に矢を附けて向きを示す。これを力の代表線といふ。



通常の固體に力が作用する時は、多少歪む。力が作用しても歪まない固體を假想してこれを剛體といふ。力が小さい時は、金屬・石などは歪が極めて小さいから、剛體と見做される。

剛體では如何に力を加へても歪まないから、作用點は、その點を過ぎ力の方向に引かれた直線即ち作用線上任意の點に移しても、その効果に變りはない。



### § 2. 力の釣合

一つの力が、静止してゐる物體に働く時は物體は運動するが、數力が同時に働く時には物體が運動しないことがある。この場合にこれ等の力は釣合ふとも、或はこの物體が釣合つてゐるともいふ。(釣合を平衡ともいふ)

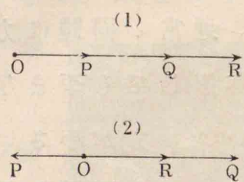
綱引の時、綱が何れにも動かないなら、引く力は釣合つてゐる。このやうに二力が釣合ふためには、同一直線上に相等しい大きさで反對の向きに働かねばならぬ。



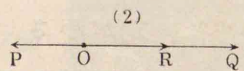
### § 3. 一點に作用する力の合成・分解

静止してゐる物體の一點Oに、二力が同時に働く場合、[1] 二力 OP, OQ が圖(1)に

示すやうに同じ方向に働く時は、その効果は二力の和 OR がその方向に働くのと等しい。



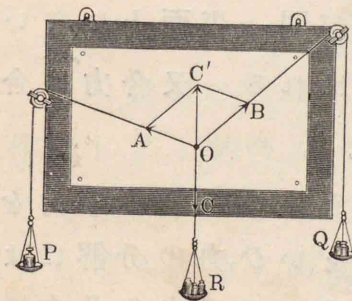
[2] 二力 OP, OQ が圖(2)に示すやうに反對の方向に働く時は、その効果は二力の差 OR が、二力の中大きな方の力と同じ方向に働くのと等しい。



このやうに二力が同時に働いて、その効果が或一つの力の効果と等しい時、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。

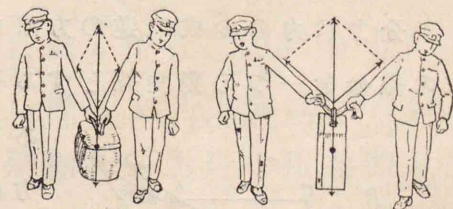
**實驗** 一點Oに三本の糸を結び、これを圖のやうに



分銅の重さ P, Q, R で引張り、點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' に大きさ等しく、方向は相反する。

一般に、一點に働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。

一點に働く二力の合力は、その二力の代表線を二邊とする平行四邊形の、この點を通る對角線



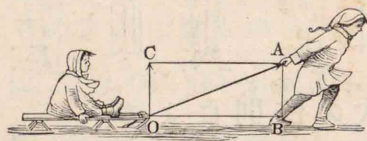
で表はされる。

これを力の平行四邊形の法といふ。即ち二力の作用線が同一直線上にない場合は、普通の加法では合力は求められない。

一點に働く三つ以上の力を合成するには、先づその中任意の二力の合力を求め、これと第三の力との合力を求め、次々に同様の方法を繰返せばよい。諸力が同一平面上にない場合にも、この方法が行はれる。又合力は合成の順序に關係しない。

一つの力と同じ効果を生ずる數多の力を求めることを、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。一つの線分を一つの對角線とする平行四邊形は無數に



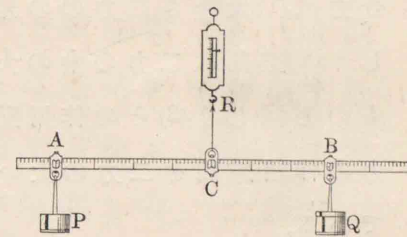
あるから、一つの力を二力に分解する方法も無數にある。然し二分力の方向か大きさか、一分力の

の大きさと方向とが與へられれば、二分力は定まる。

#### §4. 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



マイ秤を讀み、次に分銅 P, Q を C の兩側に吊して平衡を保つやうにし、再びゼンマイ秤を讀み、その示度の増加 R から二力 P, Q の合力が求められる。

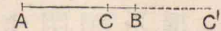
上の實驗に於て、二力 P, Q の合力は點 C に作用し R と釣合ふべき力であり、三力 P, Q, R の大きさと、C より二力 P, Q の作用する點 A, B に至る距離との間には、次の關係がある。

$$R = P + Q,$$

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

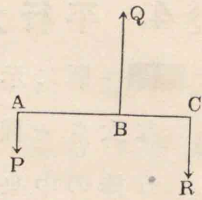
よつて同じ方向に働く平行二力の合力は、(1) 大きさ二力の和に等しく、(2) 方向は二力と同じく、(3) その作用點は、二力の作用點間を二力の大きさの反比に内分\*する點である。

\* 線分 AB 上の一 點 C は AB を内分するといひ、延長上の一 點 C' は AB を外分するといふ。



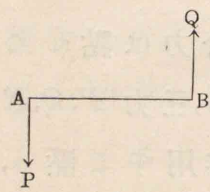


反対の方向に働く平行二力の合力は、(1) 大きい方の力の差に等しく、(2) 方向は二力の中の大きなものと同じく、(3) その作用点は二力の作用点間を二力の大きさの反比に外分する点である。

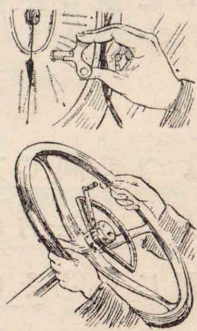


### §5. 偶力

大き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体に働く時は、単一の合力は求められない。このやうな一対の力を偶力といふ。



偶力が物体に働く時は、その物体は廻轉する。時計のネヂを捲く時の二指の力、自動車のハンドルを廻はす時の両手の力は、何れも偶力である。



☞ 偶力を利用する例を挙げよ。

### §6. 力の能率

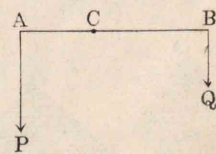
扉を開閉するのに、廻轉軸に近い点を押す

程大きな力を要するのは、日常経験する所である。一般に、物体を一つの軸の周りに廻轉させる作用は、これに働く力の大きさ及び廻轉軸と作用線との距離に關係する。



廻轉軸と力の作用線との距離と、力の大きさとの積を、その軸に關する力の能率といひ、廻轉軸と力の作用線との距離を能率の臂といふ。物体を廻轉させる難易は力の能率の大小による。

時計の針と同方向に物体を廻轉する力の能率を右廻りの能率といひ、その反対を左廻りの能率といふ。棒を一点で支へ、その兩端に力を加へ、右廻りの能率と左廻りの能率とが相等しければ棒は釣合ふ。これが挺子の理である。

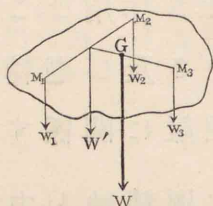


滑車・輪軸等も皆挺子の理によるもので、これ等は既に一般理科で學んだであらう。



§ 7. 重心

物體の各部分に働く重力は、その各部分の質量に比例する下向きの力である。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へることが出来る。



物體が規則正しい形をもち、且均一な組織を有する時は、その重心は理論的に求めることが出来る。

物體を一本の絲で吊すと、その重心は絲の直下に来り、絲が上に引く力と重力とが釣合つて靜止する。この理を應用すれば、不規則な形の物體の重心も實驗的に求められる。

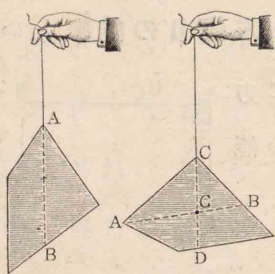
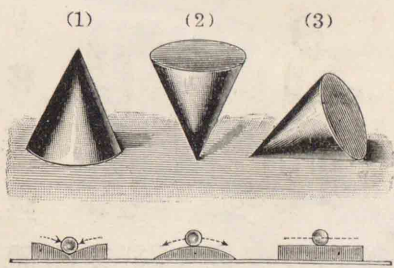


図 組織一樣な物質で出来てゐる、平行四邊形、三角形の薄い板及び球の重心の位置を問ふ。

§ 8. 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過しなければ、物體は重力のために一方に顛倒する。よつて物體が釣合ふ(坐る)ためには、その重心を通る鉛直線が必ず基底を通過しなければならぬ。

物體の坐りには三種ある。例へば圓錐體を圖(1)のやうに置けば、力を加へて少し傾けても、力を去れば



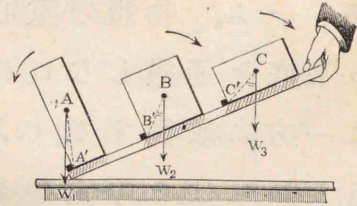
原の位置に復して倒れない。これを安定の坐りといふ。次に(2)に示すやうに置けば、力を加へて少し傾けると直ちに顛倒する。これを不安定の坐りといふ。又(3)のやうに置けば、これを動かしても力を去れば、この際の位置に止まる。これを中立の坐りといふ。

物體を傾ける時、安定の坐りにある物體の

坐る



重心は次第に昇り、不安定の坐りにあるものは重心降り、中立の坐りにあるものは重心の高さに変化がない。安定の坐りにあるものでもあまりに傾ければ、遂に重心は最高の位置に達して不安定の坐りとなり、この限



度を越えれば顛倒する。安定の坐りにある

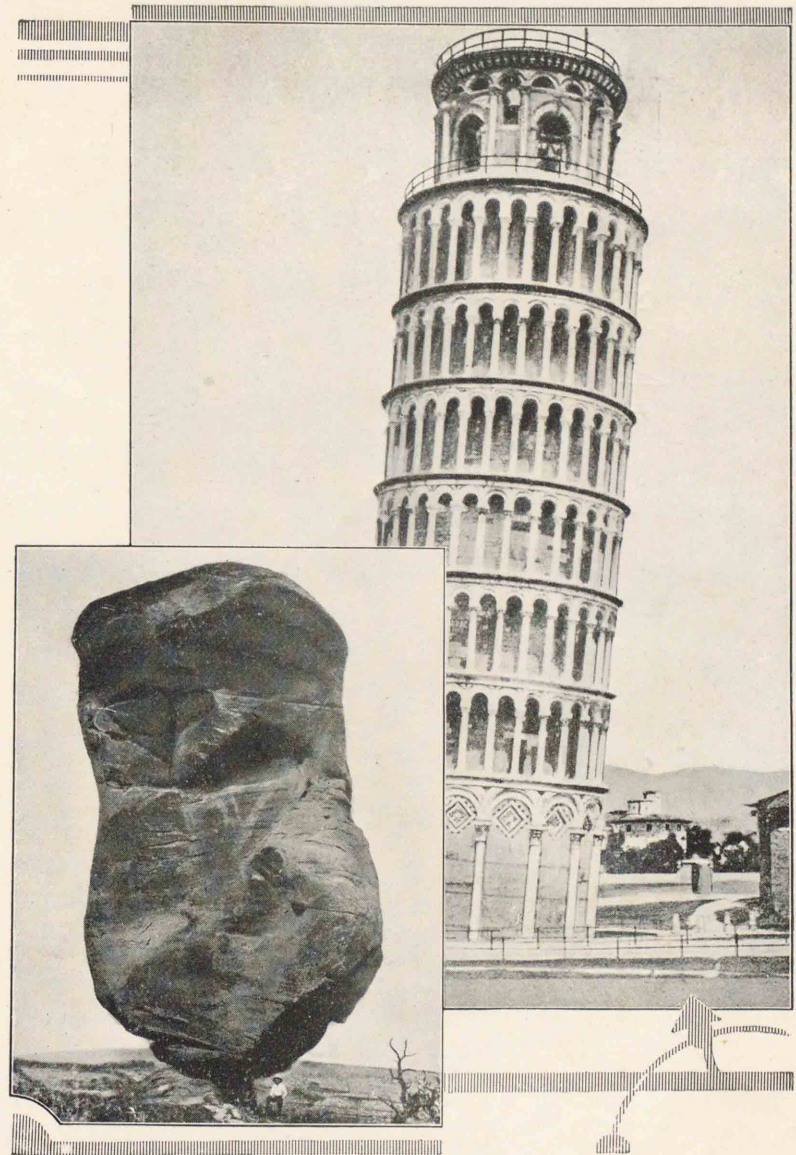


ものが不安定の坐りに移り難い程度を、安定の度といふ。一般に、(1)物體の基底が廣く、(2)物體

の重心が低く、(3)又物體の重さが大なる程安定の度は大である。器物は多く安定度を大にするやうに作られ、又人が荷物をもつ時は、體を傾けて安定を保つやうにする。

問1. 玩具の彌次郎兵衛が安定なることを説明せよ。

問2. 半球形の器を水平面上に置く時、器は水平面と一點に於て接するが、倒れ難い。この理を説明せよ。



ピサの斜塔。1172年の建立、高さ55米、地盤に異状あり工事中より傾き、鉛直線より3.4米の傾斜をなして今日に及ぶ(この傾きを利用してガリレイが落體の實驗をした)。

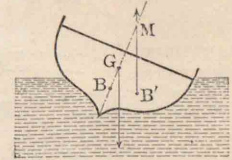
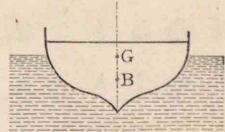
コロラドの天秤岩。氷河のために押し流された岩が狭谷の断崖に取り残されたものといふ。平衡が保たれ高さ28米の岩が數千年間倒れないのである。



## §9. 浮體の釣合

浮體に働く液體の浮力は、浮體に排除された液體の舊位置に於ける重心と同一點に働く。この點を浮力の中心といふ。

浮體が釣合ふためには、浮體の重心  $G$  が浮力の中心  $B$  と同一鉛直線上になければならぬ。浮體をこの位置より傾けると、浮力の中心  $B$  は  $B'$  に移つて、一つの偶力を生ずる。  $B'$  を過ぎる鉛直線と  $BG$  又はその延長との交點  $M$  を



メタセンター 傾心といふ。これが  $G$  の上にあれば浮體は安定で、下にあれば不安定である。船の底に成るべく重い荷物を積むのは、その重心を低くして安定度を増すためである。

問 渡船に多數の人が立つて乗るのは、危険であるといふ。その理由を説明せよ。

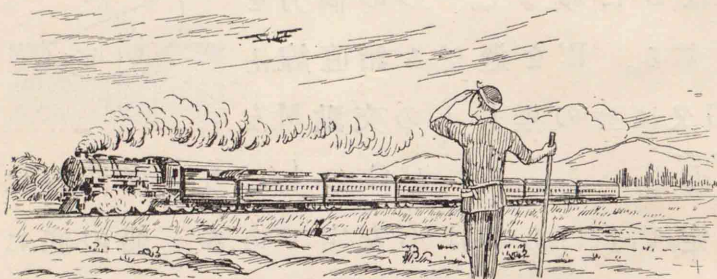
浮力中心



## 第二章 運動

## §1. 運動

物體がその位置を變へつゝある時は運動してゐるといひ、位置を變へない時は静止してゐるといふ。物體の位置は他の物體に對して定まるもので、それ自身だけでは考へられない。従つて運動といひ静止といふのも、



他の物體に對していふ語で、基準の物體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、汽車に對しては静止してゐる。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・静止は地面に對していふ。

## §2. 速さ

物體の運動に於ける速さの度を速さといひ、單位時間に物體の通過する距離でこれを測る。例へば毎秒5米といふ如きである。これを5秒米又は5<sup>米</sup>/<sub>秒</sub>と書く。

速さが一定なる運動を等速運動といふ。この場合  $t$  秒間に物體の通過した距離を  $s$  糧とし、この時の速さを  $v$  秒糧とすれば、一般に次の關係がある。

$$v = \frac{s}{t}, \quad s = vt$$

上の式を不等速運動に適用すれば、その平均の速さが得られる。

運動の速さが零である時は、物體は静止してゐる。それで静止は運動の特別な場合と考へられる。

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
超特急燕號(最大)	26
汽船	10—13
飛行船(最大)	40
燕	40—70
飛行機(平均)	50

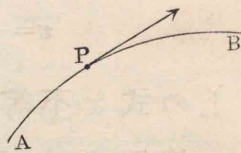


## §3. 速度

運動の速さとその方向とを併せ考へた量を速度といふ。そして速さも方向も變はらない運動を等速度運動といふ。

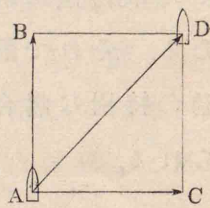
速さが一定なる運動でも、方向が變はれば速度が變はる。速さと方向との一方或は兩方が變はる運動を、不等速度運動といふ。

等速度運動の路筋は必ず直線をなすが、不等速度運動の路筋には曲線をなすものもある。この場合には、各點に於ける切線の方が、その點に於ける速度の方向を示す。



速度は、東へ5秒米、北へ10秒糶といふやうに表すべきである。それで5秒米、10秒糶などといふのは、實は速度の大きさ即ち速さだけを示すものである。

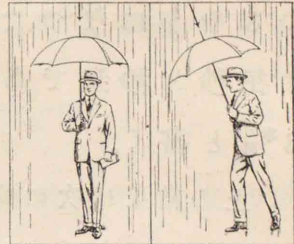
速度を圖示するには、力の場合と同様に、その方向に直線を引き、その長さを速さに比例するやうに取つて、先端



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1. 靜かに雨の降る中を走る場合に、傘を前方に傾けねばならぬ理由を説明せよ。



問2. 大きさ及び方向を有する量をベクトル量といふ。ベクトル量の例を挙げよ。

## §4. 加速度

不等速度運動に於て、單位時間内に起る速度の變化をその加速度といふ。

直線運動に於て、初めの速度を  $v_0$  秒糶、 $t$  秒後の速度を  $v$  秒糶、 $t$  秒間の平均加速度を  $a$  とすれば次の關係がある。

$$a = \frac{v - v_0}{t}, \quad v = v_0 + at$$

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る。



例へば12秒米の速度を有し一直線上を運動する物体が、5秒の後に27秒米の速度を有するやうになつたとすれば、その平均加速度は毎秒3秒米である。これを3秒々米又は $3\frac{\text{米}}{\text{秒}^2}$ と書く。

上の結果は、次の式から求めたものである。

$$a = \frac{27\frac{\text{米}}{\text{秒}} - 12\frac{\text{米}}{\text{秒}}}{5\text{秒}} = 3\frac{\text{米}}{\text{秒}^2}$$

一般に不等速度運動では、速度の大いさばかりでなく、方向の變化も速度の變化を與へるから、そのためにも加速度が生ずる。この場合速度の方向と加速度の方向とは一致しない。

問 12  $\frac{\text{米}}{\text{秒}^2}$  の平均加速度で直線運動する物体が、12秒後に速度が144  $\frac{\text{米}}{\text{秒}}$  となつた。初速度を求めよ。

### § 5. 等加速度運動

加速度が一定なる運動を等加速度運動といふ。初め静止してゐた物体が一直線上を毎秒  $a$  秒糧の等加速度で運動する時、 $t$  秒後の速度  $v$  秒糧は、次の式から求められる。

$$\frac{v}{t} = a, \quad v = at \quad (1)$$

この時物体が  $t$  秒間に通過する距離  $s$  糧は、初速度と終速度との平均速度で  $t$  秒間に運動した距離に等しいから、次の式が得られる。

$$s = \frac{1}{2}(0 + at)t, \quad s = \frac{1}{2}at^2 \quad (2)$$

今上式(1)及び(2)より  $t$  を消去すれば、次の式が得られる。

$$s = \frac{v^2}{2a} \quad \text{或は} \quad v^2 = 2as \quad (3)$$

これ等は、静止の位置より直線等加速度運動を始めた物体の加速度・終速度、その終速度を得るまでに通過した距離と時間との関係を示す式である。

問 1. 物体が静止の状態より直線運動を始め、3秒後に2.94  $\frac{\text{米}}{\text{秒}}$  の速度を得た。この平均加速度を求めよ。

問 2. 一直線に沿うて進む物体が、或時刻に30  $\frac{\text{米}}{\text{秒}}$  の速度を有し、それより3秒の後に静止したといふ。その平均加速度、及び静止するまでの5秒間に進行した距離を求めよ。



## §6. 運動の第一法則

静止してゐる物體を動かし、又は運動してゐる物體の速さや方向を變へるには、外から力を加へねばならぬ。

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。慣性の法則は運動に關する他の二法則と共にニュートンの發見にかゝるものであるから、又ニュートンの運動の第一法則ともいはれる。

この法則から、物體の慣性に逆つてその速度に變化を生せしめる作用が力であることを知る。従つて、この法則は間接に力の定義を與へるものである。

又物體の速度に變化を與へるものは、外から作用する力だけであり、物體内部に作用する力や、力を受けてゐる物體が他の物體に作用する力等は、その物體の静止又は運動の状態を變へないことを知る。

問 慣性の法則で説明し得る實例三つを挙げよ。

## §7. 運動の第二法則

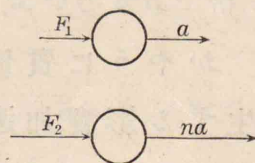
物體に力が働かない時は、物體は、運動・静止の状態を變へないが、物體に力が働けば、その物體は力の方向に加速度を生ずる。實驗によれば

外から力の作用を受けた物體は、その力の方向に、力の大きさに比例し、その物體の質量に反比例する加速度を生ずる。

これをニュートンの運動の第二法則といふ。

運動の第二法則は、力とその作用によつて生ずる加速度との關係を一般的に述べたものであるが、又力及び質量の大小を測る方法を示し、同時に質量の意義を明かにするものである。

同一の物體に力  $F_1$  が作用して加速度  $a$  を生じ、力  $F_2$  が作用して加速度  $na$  を生じたとすれば、後の力  $F_2$  の大きさは、初め



の力  $F_1$  の大きさの  $n$  倍であるといふ。

質量 1 瓦の物體に働いて、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

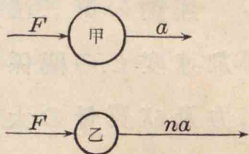


インといふ。従つて質量 1 瓦の物體に働いて毎秒  $a$  秒糧の加速度を生ずる力は、 $a$  ダイーンである。

力の重力單位(1 瓦の力)に對して、1 ダイーンを力の絶對單位といふ。

改正度量衡法では、質量 1 瓦の物體に働いて加速度  $10^8 \text{ 秒}^{-2}$  を生ずる力を **1 メガダイーン** といひ、これを力の單位と定め、又 1 平方糧に 1 メガダイーンの力を及ぼす時の壓力を **1 バール** といひ、これを壓力の單位と定めてある。

次に甲乙二物體に同一の力  $F$  が働いて、甲には加速度  $a$  を生じ、乙には  $na$  を生じたとすれば、甲の質量は乙の質量の  $n$  倍であるといふ。



かやうに質量の大小は、同一の力によつて生ずる影響(加速度)の大小によつて測ることが出来る。しかるに物體は何れも慣性を有し、力の影響が小であるのは慣性が大であるからである。故に慣性の大小を表はすものが質量であるともいへる。

## § 8. 運動量・力積

運動の第二法則により、質量  $m$  瓦の物體に  $f$  ダイーンの力が作用して毎秒  $a$  秒糧の加速度を生じたとすれば、次の式が得られる。

$$a = \frac{f}{m}, \quad f = ma$$

この力が  $t$  秒間作用した結果、物體の速度が  $v_0$  秒糧から  $v$  秒糧に變つたとすれば、

$$f = m \frac{v - v_0}{t}$$

$$\therefore ft = mv - mv_0$$

となる。運動體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、力が物體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。

静止せる物體の運動量は 0 であるから、運動體を静止せしめるには、次の力  $f$  を要する。

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

即ち運動と反對の方向に、運動量に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。

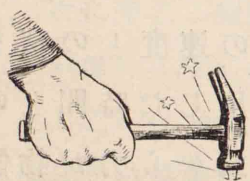


問 1. 質量の大きな物體は急に動かし難く、又質量が大きく速さが大なるものは止め難い。何故か。

問 2. 速度  $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ , 質量  $75 \text{ kg}$  の物體に、運動の方向と反対の方向に  $250 \text{ dyn}$  の力を作用すれば幾秒の後この物體は静止するか。

### § 9. 打撃・衝突

運動量の變化従つて速度の變化が急激なる程、その際働く力が大であるべきは前節から明かである。打撃や衝突に於ては、極めて

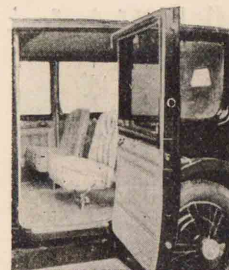


短い時間内に速度の大きな變化が行はれるのであるから、このやうな場合には非常に大きな力が働く。

質量が大であればその作用は一層著しい。

釘を板に打込む場合に、金鎚を急に振り下すのや、急速度で飛行する砲彈が物體に當つて破壊作用をするのは、皆この理による。

運動せる物體を徐々に止めるには、比較的小さな力でよい。それで打撃や衝突による損害を避けるには、力の作用する時間を長く



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 1. 撃力を利用する實例を挙げよ。

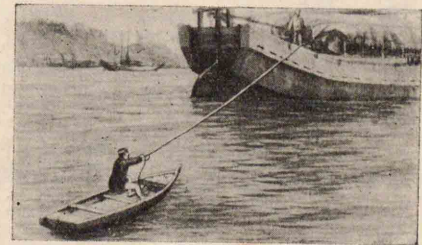
問 2. 硝子製のコップを壘の上に落せば毀れないが、石の上へ落とすと毀れることがある。何故か。



問 3. ミットの効用を述べよ。

### § 10. 運動の第三法則

手で机を押せば手は押返され、又小さな舟に乗つて大きな舟を曳けば、却つてその舟が大きな舟に曳寄せられるのを見る。



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換へられる。実験の結果によれば

甲物体が乙物体に力を作用すれば、同時に甲物体は乙物体から、大いさ相等しく方向反対なる力を受ける。

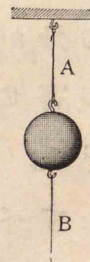
これを反作用の法則、又はニュートンの運動の第三法則といふ。

人が歩行するのも、鳥が飛ぶのも、皆作用反作用によるものである。但し物体が受ける作用によつてのみその物体の運動は變化し、その物体が他物体に及ぼす反作用は、その物体の運動には關係しないことは、前に述べた通りである。

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動かないが、水底を竿で押せば舟は動く。その理由を説明せよ。

問 3. 稍重い球を圖のやうに吊し、糸 B を急に引けば、糸 A は切れず B が切れるのは何故か。



## 第三章 落體・圓運動

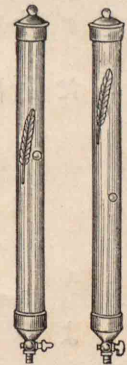
### § 1. 重力による加速度

地上の物体は絶えず重力の作用を受けるから、支へる物体がなければ、等加速度で鉛直に落下する。この加速度を重力の加速度といひ、通常  $g$  で表はす。 $g$  の値は場所によつて多少異なるが、我國ではほゞ次の値をもつ。

$$g = 980 \text{ 厘/秒}^2$$

問 紙片・羽毛・鉛球などを同時に落す時、落下運動に遅速があるのは、何故か。

実験 圖のやうな硝子管内に紙片・羽毛・金屬片などを入れ、空氣ポンプで管内の空氣を排除して、管を倒にして見よ。管内のものは常に相並んで落下するか。



質量  $m$  瓦ある物体に働く重力即ち重さは、 $mg$  ダイーンである。それで

$$1 \text{ 瓦の重さ} = 980 \text{ ダイーン}$$

これは、力の重力單位と絶對單位との關係を示すものである。



164

### § 2. 落 體

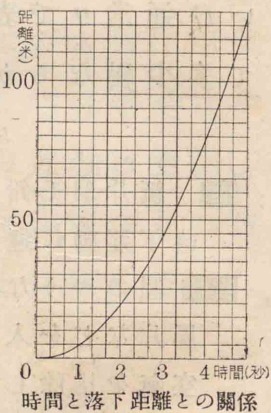
重力の作用を受けて、落下する物體を落體といふ。同一の場所では  $g$  の値は一定であるから、重力のみの作用で落下する物體の運動は、前章 §5 の公式 (1), (2), (3) の  $a$  に  $g$  を代入すれば、知ることが出来る。

即ち静止の位置から物體が落下し始め、 $t$  秒後の速度を  $v$  秒糧とし、 $t$  秒間に落下した距離を  $s$  糧とすれば

$$v = gt$$

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

$$v^2 = 2gs$$



よつて落下によつて得る物體の速度は時間に比例し、落下の距離は時間の自乗に比例し、又速度は落下距離の平方根に比例する。\*

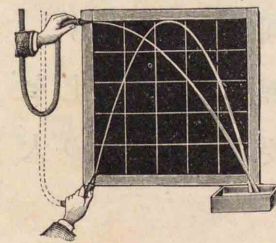
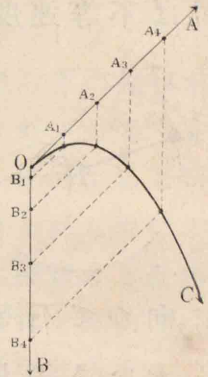
問 橋上より落した小石が、2 秒の後に水面に達したといふ。この橋の高さを求めよ。

\* 實際の落體は空氣の抵抗を受けるので、物體の形狀、空氣の密度等によつて運動の模様は變はる。こゝでは空氣の抵抗を考へに入れないものとする。

### § 3. 抛射體 (補充 46 頁)

物體を眞上に抛げる時は、毎秒  $g$  秒糧づゝ、その速度を減じ、眞下に抛げる時は、速度は毎秒  $g$  秒糧づゝ、増す。

又物體を斜め上に抛げる時は、物體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、物體は圖のやうに拋物



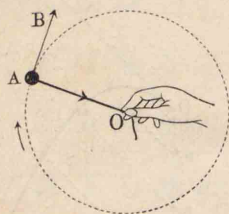
線と稱する曲線を描いて運動する。水の噴出する時や、花火の飛ぶ時などに、その徑路が拋物線を示すことは、屢、目撃する所である。

棒を取り、それに等間隔に  $1^2, 2^2, 3^2, 4^2$  等の割合の長さの絲を附け、その各端に錘を吊り、棒を任意の傾きに保つと、錘の位置は棒の方向に抛げられた石の描く徑を與へる。



## §4. 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。圓運動は不等速度運動であるから、石には絶えず



力が働いてゐる。即ち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対の方向に引かれる。中心

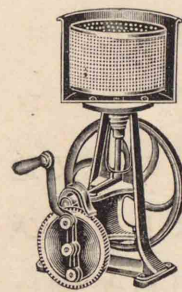
に向つて石を引く力を求心力といひ、求心力と大いさ等しく方向反対なる力を遠心力といふ。石は求心力の作用を受けて速度の方向を變へ即ち加速度を得て、圓運動をなす。

質量  $m$  瓦の物體が半徑  $r$  厘なる圓周上を速さ  $v$  秒厘で運動する時、必要な求心力の大いさを  $f$  ダインとすれば

$$f = \frac{mv^2}{r}$$

である。よつて求心力は、(1)物體の質量に比例し、(2)圓運動の速さの自乗に比例し、(3)圓の半徑に反比例する。

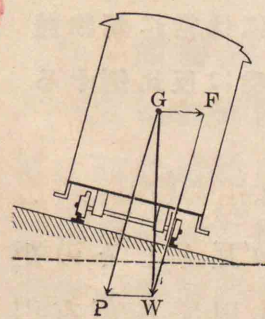
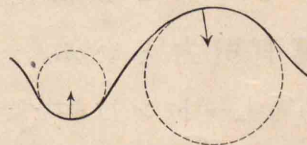
圓運動をなしてゐる物體の速さが大であると、求心力は著しく大となるから、このやうな場合には絲に働く力が大となる。それで絲がこの力に堪へなければ切れて、求心力が働かないやうになる。同時に圓運動は止み、石は慣性によつて、その瞬時の運動の方向即ちその點に於ける圓の切線の方に飛び去る。傘を急に廻はすと、それに附いてゐる雨滴が飛び去るのも、これと同じ理による。製糖の際に結晶と糖蜜とを分離する遠心分離器や、洗濯物を乾かすに用ひられる遠心乾燥器などは、皆この



遠心乾燥器

理を應用したものである。

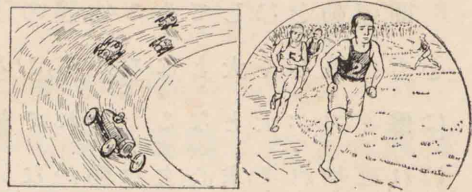
如何なる曲線でもその各部に、これによく適合する圓を描くことが出来る



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轉車が、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、所要の求心力に當てんがためである。



### §5. 萬有引力

月は地球の周圍でほぼ圓運動をなし、又地球は太陽の周圍でほぼ圓運動をなして飛び去らないのは、これ等の天體間に引力が働いてゐるからである。かかる引力は、宇宙間にあるすべての物體の間に存在する。これを萬有引力といふ。

ニュートンは、コペルニクスやケプレルの惑星運動の研究に基づき、次の法則を發見した。

① すべて宇宙間にある二物體間には、常に兩物體の質量の積に比例し、距離の自乗に反比例する引力が作用する。

これを萬有引力の法則といふ。

今二物體の質量を夫々  $m, m'$  瓦とし、その距離を  $r$  糶とすれば、その間に作用する萬有引

力  $F$  ダインは、次の式で表はされる。

$$F = \frac{1}{15 \times 10^6} \times \frac{mm'}{r^2}$$

通常、地上の二物體間に働く萬有引力は、甚だ微小で容易に認められないが、例へば山の近くに錘を下げるやうな場合には、鉛直線が幾分山の方に傾くのが認められる。

② 重力は地球と地球上の物體との間に働く萬有引力である。従つて地球の中心を遠ざかる程、重力の強さは減する。重力は又、地球の自轉によつて生ずる遠心力が所によつて異なるためにも變はる。結局重力は赤道に近づくにつれて次第に小さく、兩極に近づくに従つて次第に大きくなる。

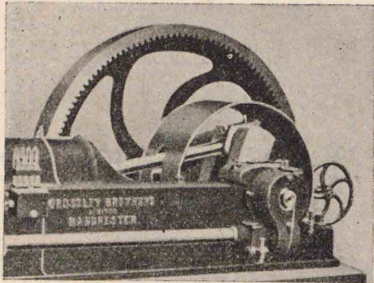
③ 月と地球との半徑の比は 3:11 で、その質量の比は 1:81 である。地球上で重さ 1 瓦の物體は月の表面では何瓦の重さを有するか。但し  $g = 980 \text{ 糶}/\text{秒}^2$

### §6. 廻轉運動

一定軸の周圍に固體が廻轉する時、その各部分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



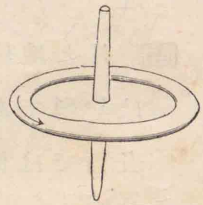
の運動を廻轉運動といふ。質量の大きなものが軸から遠い所にあつて廻轉する場合には、その運動量が大きく、従つてその運動の速さを變へることは困難である。ハズミ車はこの理を應用したものである。



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持しようとする。従つて廻轉軸の方向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的の方に進ましめるためである。



次圖に示すはジャイロスコープといふ一種の獨樂で、その軸は重心の周りに如何なる方向をも取り得るやうに支へられてある。今

これを軸の周りに速かに廻轉させると、その軸は常に一定の方向を指し、外力によつてその方向を變へようとするれば、甚だしくこれに抵抗する。それで支臺を如何に動かしても、その廻轉軸の方向は變はらない。

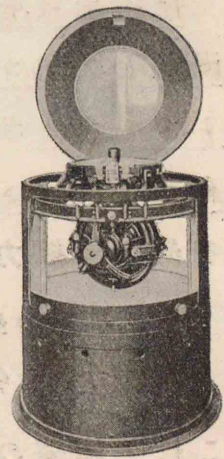


よつてジャイロスコープは、單軌鐵道・船舶の安定装置に用ひ、又魚形水雷の進路を定める操舵機にも應用される。近來正確な羅針盤として、艦船特に潜水艦などで使用されてゐるジャイロコンパスも、ジャイロスコープの理に基づいて作られたもので、普通の羅針盤のやうに鐵材等に影響される憂はない。

これを軸の周りに速かに廻轉させると、その軸は常に一定の方向を指し、外力によつてその方向を變へようとするれば、甚だしくこれに抵抗する。それで支臺を如何に動かしても、その廻轉軸の方向は變はらない。

よつてジャイロスコープは、單軌鐵道・船舶の安定装置に用ひ、又魚形水雷の進路を定める操舵機にも應用される。

近來正確な羅針盤として、艦船特に潜水艦などで使用されてゐるジャイロコンパスも、ジャイロスコープの理に基づいて作られたもので、普通の羅針盤のやうに鐵材等に影響される憂はない。



ジャイロコンパス



# 最大摩擦力

摩擦係数

## 第四章 運動に対する抵抗

### §1. 摩擦

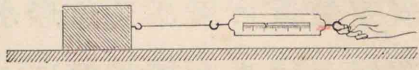
一物體を他物體の表面に沿ひ、滑<sup>すべ</sup>らして動かさうとすると、兩物體の接觸面に、その運動を妨げる一種の抵抗が現はれる。この力を摩擦力又は單に摩擦といふ。

摩擦力は、物體を滑らして動かさうとする力と共に生じ、共に増し、常にこれと釣合を保ちつゝ、一定の限度に達する。この限度を最大摩擦力といふ。實驗の結果によれば

二物體間の最大摩擦力は、(1)接觸面に垂直なる全壓力に比例し、(2)接觸面の廣さに関係しない。

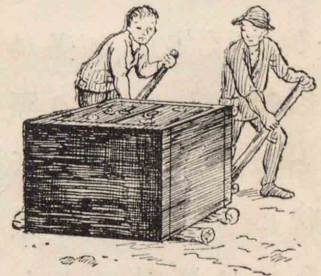
これを摩擦の法則といふ。

二物體の接觸面間の最大摩擦力と全壓力との比は、その二面の粗滑の度を表はす値で、これを摩擦係數といふ。機械油・石墨等の所謂減摩劑は、摩擦係數を小にするために用ひられる。

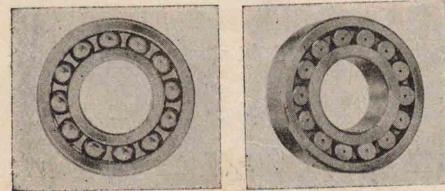


物體が滑り出す時のみならず、滑りつゝある間も摩擦は働く。この摩擦を運動摩擦といふ。これに對して前に述べた摩擦を靜止摩擦といひ、この二つを併せて滑り摩擦といふ。

物體が轉がる時にも又多少の抵抗がある。これを轉がり摩擦といふ。轉がり摩擦は滑り摩擦に比して著しく小である。重い物體を滑らして動かすよりも、コロに載せて運ぶ方が動かし易いのは、このためである。



自轉車・自動車などの車軸と軸受との間に、鋼の小



球(球入軸受)や小圓壘(コロ入軸受)を用ひるのは、滑り摩擦を轉がり摩擦に換へるためである。機械を廻轉する時、通常摩擦は無益に仕事を費させるので、これを減するやうに減摩劑を用ひ、或は滑り摩擦を轉がり摩擦に換へるが、時には摩擦を利用することもある。調帶や電車・汽車のブレーキなどはその適例である。



問 1. 汽車の機關車の重量を小にすれば、如何なる結果が生ずるか。

問 2. 摩擦がないものとしたら、吾等の生活上にどんな不都合が起るか。

## 2. 流體の抵抗

空氣又は水のやうな流體内で運動する物體は、流體に衝突し、これに力を作用するので、その反作用を受ける。この反作用を流體の抵抗といひ、この際物體の受ける力を抵抗力といふ。流體の抵抗力の大いさは、物體の形状にもよるが、物體の速度の比較的大なる場合には、運動の方向に垂直な物體の最大切斷面積と物體の速度の自乗と流體の密度との積に比例する。

紙を広げて落すよりも、丸めて落す方が速く落ちるのは、後の方が抵抗を受ける面が小なるによる。又雲霧塵埃煤煙等が空氣の動搖に伴はれて空中に浮游するのは、表面積が著しく大きく、従つて抵抗が大となる故である。又雨滴が落下する際、重力の作用を受けるに拘らず、ほぼ等速度運動をなすのは、空氣の抵抗が速度と共に著しく増加して、遂に重力と

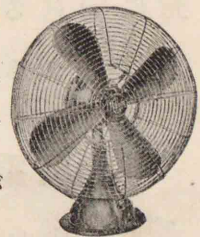
流體の抵抗

推進機

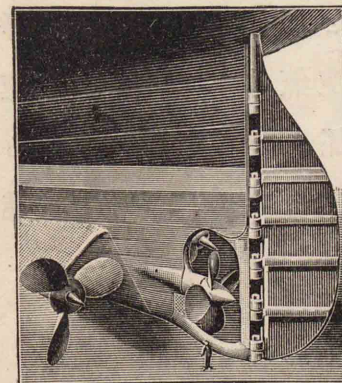
釣合ひ、雨滴はそれまでに得た速度で落下するからである。上昇する風船も亦同理により、等速度運動をなし得る。

## § 3. 推進機・舵

扇風機を廻轉すれば、廻轉軸の方向に空氣の運動即ち風を生ずるが、若し扇風機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、機が風と反對の方向に動かされる。



艦船及び飛行機等の推進機は、一定方向に少しく振れてゐる金屬又は堅牢な木板數枚



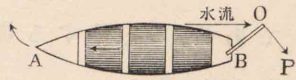
を、放射狀に廻轉軸に取附けたものである。これを水中又は空氣中で急速に廻轉し、その反作用を利用して、これを取附けてある

艦船・飛行機等を廻轉軸の方向に進ませるのである。





又船の舵は、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である(圖は面舵を示し、この反對に向けるを取舵といふ)。航空機の舵も同じ理による。



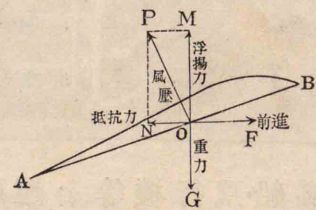
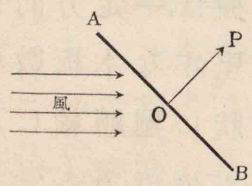
### § 4. 風壓・飛行機

空氣中に固定せる板の面 AB に、矢の方向に風が吹き当たれば、AB に垂直な壓力 P を及ぼす。これを風壓といふ。又靜かな空氣中で AB を急速

に動かしても、相對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、進行方向の分力 ON とこ

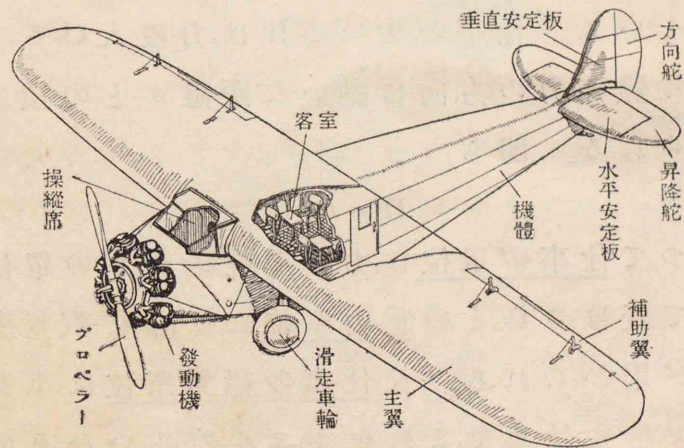
れと垂直なる方向の分力 OM とに分解して見ると、OM は板を上昇さ

せる働きを現はすから、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、推進機を急速に廻轉させて、その前進する時、翼に生ずる風壓を利用して上昇し、舵によつてこれを操縱するものである。



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共に増加し、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、又機體を左右に傾ける補助翼がある。

### § 5. 流體の動壓力 (補充 47 頁)



仕事単位  
ハ、一仕事、一仕事に相当する力に2/1移動する時の仕事の量を言ふ  
一仕事、一仕事に相当する力に1/1移動する時の

第五章 仕事・エネルギー

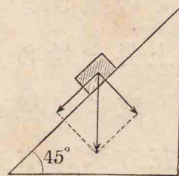
§1. 仕事

物体に力が働いて、力の方向に物体が或距離だけ動かされると、物体は力によつて仕事をなされたといひ、又力が物体に仕事をなしたといふ。仕事の大きさ  $W$  は、力の大きさ  $f$  と、物体が力の方向に動いた距離  $s$  との積で測られる。即ち

$$W = fs$$

従つて仕事の単位は、力の単位と長さの単位とで表はされ、その重力単位には**珓米**\*・呎封度等が用ひられる。又仕事の絶対単位は1ダイン・呎の仕事で、これを**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。

問 10 珓の物体を傾斜角  $45^\circ$  の斜面に沿つて 3 米引揚げるには、重力に逆つて何程の仕事をなすべきか。但し摩擦は考へない。



\* kg. m. と略記することもある。 \*\* ギリシア語で、仕事の意である。

仕事単位は、一仕事、一仕事に相当する力に2/1移動する時の仕事の量を言ふ  
一仕事、一仕事に相当する力に1/1移動する時の

§2. 工率

機械によつて、同一の時間になす仕事の量に多少がある。機械が単位時間になす仕事の量即ち仕事の速さを、工率又は工程といふ。毎秒 1 ジュールの工率を単位と定め、これを**1ワット**といひ、その1000倍を**1キロワット**\*といふ。工率の重力単位 **1馬力**\*\*は**746ワット**に当たる。

問 1. 1 H.P. は毎秒幾珓米に当たるか。

問 2. 5 H.P. の蒸気機関で深さ 30 米の坑底より水を汲上げるに、10 時間に幾立を汲上げ得るか。

§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。又飛んで行く弾丸が物体に当たると、それを破壊して一種の仕事をなす。

すべて物体が仕事をなし得る状態にある時は、その物体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

\* K.W. と略記することもある。 \*\* H.P. と略記することもある。

寿



1kgの鉄球の初速度  
 $980 \times 1000 \times 100 = 98000000 = 9.8 \times 10^7$   
 或  $9.8 \times 10^7 = 9.8 \times 10^7$

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。

(1) 運動のエネルギー 飛んでゐ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。

$v$  秒糧の速度で運動してゐる質量  $m$  瓦の物體が、他の物體から  $f$  ダインの力を作用され、次第に速度を減じ  $s$  糧だけ進んで靜止したとすれば、物體がこの力に抗してなした仕事の量  $W$  エルグは

$$W = fs$$

$$f = ma$$

$$s = \frac{v^2}{2a}$$

然るに

$$\therefore W = fs = \frac{1}{2}mv^2$$

一般に、質量  $m$  瓦の物體が速さ  $v$  秒糧で運動してゐる時に有する運動のエネルギー  $K$  エルグは、次の式で與へられる。

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

(2) 位置のエネルギー 高所にある水や

2 位置のワット 1 秒、単位は毎秒 1000 エルグ、仕事は 1000 エルグ  
 動力(仕事)単位は毎秒 1500 エルグ、仕事は 1500 エルグ

壓縮された空氣のやうに位置や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。  
 物體の仕事 = 2000 エルグ

質量  $m$  瓦の物體は、常に  $mg$  ダインの重力に作用されてゐるから、これを或標準の位置から  $h$  糧の高さに揚げるには、重力に逆つて  $mgh$  エルグ ( $mh$  瓦糧) の仕事をなすを要する。逆に、或標準の位置から高さ  $h$  糧にある物體は、その標準の位置に降るまでには、 $mgh$  エルグの仕事になし得る。

一般に質量  $m$  瓦の物體が、標準の位置から  $h$  糧の高さにある場合に有する位置のエネルギー  $P$  エルグは、次の式で與へられる。

$$P = mgh$$

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。

例 10 米の落差を以て毎秒 200 立の割合で流下してゐる水の有するエネルギーの 50% を、電流のエネルギーに變じ得るとすれば、20 ワットの電燈幾箇を點じ得るか。



#### § 4. エネルギーの變遷及び移動

物體が落下する時には、次第に位置のエネルギーを失ふが、運動のエネルギーを増す。物體を抛上げる時には、これと反對に、次第に運動のエネルギーを失つて位置のエネルギーを増す。

又水車に衝突する流水は、それに運動のエネルギーを與へて自らその速度を失ひ、エネルギーは流水から水車に移る。

このやうに、エネルギーは一態から他態に變り、一物體より他物體に移り得るもので、この際には必ず仕事を伴ひ、仕事をなした物體はエネルギーを失ひ、仕事をされた物體は、それだけエネルギーを得ることになる。故に仕事はエネルギー授受の手續と見られる。

今地面を標準にとると、地上  $h$  程の高さにある  $m$  瓦の静止物體は、 $mgh$  エルグの位置のエネルギーを有する。この物體が落下して高さ  $h'$  程に來た時は、位置のエネルギーは  $mgh'$  エルグとなるが、同時に或速度  $v$  秒程を得て、運動のエネル



ギ  $-\frac{1}{2}mv^2$  エルグを得る。然るに

$$v^2 = 2g(h-h') \quad \therefore \frac{1}{2}mv^2 = mg(h-h')$$

故に、 $h'$  程の高さに於ける總エネルギーは

$$mgh' + mg(h-h') = mgh$$

これは最初  $h$  程の高さで有してゐた位置のエネルギーに等しい。

エネルギーには、機械的エネルギーの外に、熱・音・光・電氣・磁氣及び化學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り、又一物體より他物體に移ることがあるが、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で常に一定である。**

これをエネルギー保存(不滅)の法則といふ。

エネルギー保存の法則は、ヘルムホルツによつて始めて述べられたものである。この原理から考へれば、昔から幾度も失敗に歸した、永久運動をなす機械の考案は、結局不可能なることがわかる。



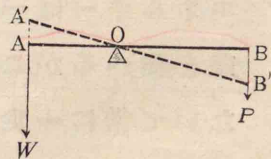
§5. 仕事の原理

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。然し機械を使用することにより、小なる力で大なる抵抗に打勝つて仕事をなし得るから、力を利することが出来る。又距離を利する場合もある。

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に與へられた仕事は機械のなす仕事に等しい。

これを仕事の原理といふ。

例へば挺子 AB の一端 A に重さ W の物體を吊し、他端に力 P を加へて物體を引上げるには



$$P = W \times \frac{AO}{BO}$$

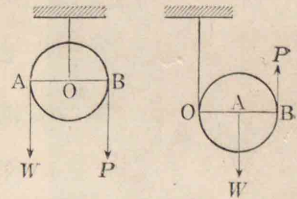
の力を要する。

今 B を B' だけ押下げると、A は A' に上る。この際挺子に加へられた仕事は P · BB' で、挺子のなした仕事は W · AA' であり、且 AO : BO = AA' : BB' であるから

$$P = W \times \frac{AA'}{BB'} \quad \therefore P \cdot BB' = W \cdot AA'$$

故に挺子を用ひると、支點 O の位置を適當に選べば力を利し得るが、仕事は不變である。

1. 定滑車を用ひては力も仕事も利することなく、又動滑車を用ひれば、力は利しても仕事に變りはないことを説明せよ。



2. 斜面を用ひて物體を引上げれば、力を利しても、仕事は物體を直接に引上げる場合と變はらぬことを證明せよ。

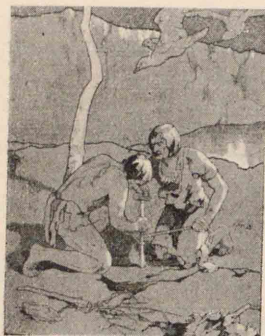
實際に機械を運轉する時は、各部に摩擦等の抵抗があるので、有効な仕事の外に、これ等の抵抗に對して無効の仕事をせねばならぬ。従つて機械を使用する時は、實際に於ては常に仕事に多少の損失があるものである。

一般に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(又は有効率)といひ、通常これをパーセントで表はす。



### §6. 熱の仕事當量

物體を打撃し或は摩擦するなど仕事を費して熱を發生し、又逆に蒸氣機關に於けるや



うに、物體を熱して仕事をさせることも出来る。それ故熱はエネルギーの一態である。従つて一定量の機械的エネルギーを費せば、必ず一定量の熱を生ぜしめ、又一定量の

熱を費せば、必ず一定量の仕事を得べきことは、エネルギー保存の法則から明かである。

ジュールは、長年月の實驗から、熱と仕事との間の數量的關係を明かにした。

圖は、ジュールの實驗装置

の大要を示すものである。

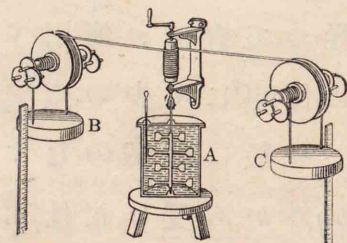
Aは熱量計で、この中にある

攪拌器の軸の上端にある

圓錐に絲を捲附け、この

端がかゝつてゐる輪軸の軸から、質量が共に  $m$  瓦な

る分銅 B, C を吊し、これを落下させ攪拌器を廻轉し



## 熱の仕事當量

熱の本性

て熱を發生せしめ、その水量  $M$  瓦とその温度の上昇  $t$  から發熱量  $Mt$  カロリーを測定し、別に分銅 B, C の失つた位置のエネルギー  $2mgh$  エルグを求めて、兩者を比較すれば、1 カロリーの熱量に相當する仕事の量を測定することが出来る。

上の實驗の結果によれば、

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

である。1 カロリーに相當する仕事の量を **熱の仕事當量** といひ、通常これを  $J$  で表はす。よつて熱量  $H$  カロリーに相當する仕事  $W$  エルグは、次の式で示される。

$$W = JH$$

問 1. 質量 250 瓦、比熱 0.1 の物體を鉛直に 10 米落下させて、その際生ずる運動のエネルギー全部でこの物體を熱したとすれば、物體の温度の上昇は幾何になるか。但し  $g = 980 \text{ 釐}/\text{秒}^2$  とする。

問 2. 毎分 2500 瓦、比熱 0.1 の熱量が蒸氣機關に供給されつゝあるとし、この熱量の 8% が仕事に變ずるとすれば、この機關の工率は幾馬力か。

§7. 熱の本性 (補充 49 頁)

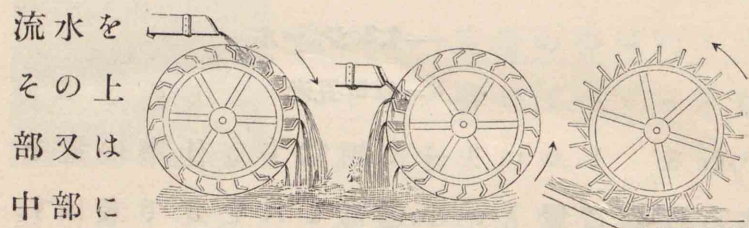
熱の本性



## 第六章 水力及び熱の利用

## §1. 水車

水車は流水のもつ運動のエネルギーを利用する装置である。その形式は種々あるが、古くから用ひられてゐるものは、圖のやうに、



流水を  
その上  
部又は  
中部に

注ぎ、或は下部に當てるやうにしてある。

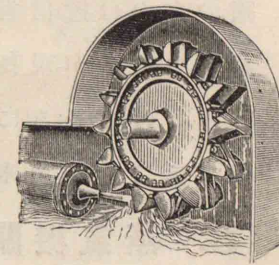
## §2. ペルトン水車・水タービン

水の流下する鉛直の高さを落差(ヘッド)といひ、工業上では単位時間の流水の質量と落差との積を水力といひ、これによつて流水の工率を測る。

水力の大部分を有効に利用するので水力発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より

噴出する水を、車の外側に同一の向きに固定された彎曲金屬板に吹附けて、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。その効率は75-85%である。



水タービンの要部は、圖のやうな構造をもち、高所より導ける水を、固定せる導水翼Aにより一定方向に噴出させ、廻轉軸に取附けられた翼車Bを強く押して廻轉を起させるものである。落差の高低によりその構造は少し異なるが、廣い範圍の落差に對して利用され、その効率も80-85%で、具合のよい大容量のものでは、90%以上のものもある。

我國の如き山の多い國では、多くの河川は急勾配であるから、天與の水力國である。水力は特別の事情の起らない限り、一度設備すればこれを永久に利

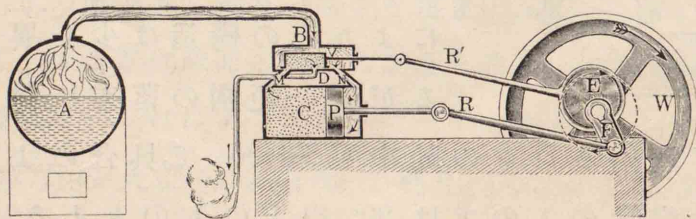


用することが出来る上に、殆ど無償で得られる。我國の水力は、逓信省の調査によると、平水量で約 1400 萬馬力あるが、現在は其中僅かに約 300 萬馬力が利用されてゐるに過ぎない。故に將來尙大いに利用することが出来る。

### § 3. 蒸氣機關

密閉器中の氣體を熱してこれにエネルギーを與へれば、大きな壓力を生ずる。この壓力を利用して種々の動力を得る装置を、一般に熱機關といふ。即ち熱機關は、熱のエネルギーを機械的エネルギーに變へる働きをなすものである。

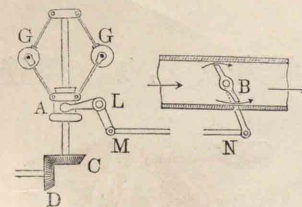
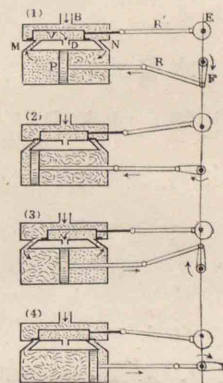
蒸氣機關では、<sup>ボイラー</sup>汽罐 A に高壓の水蒸氣を作



り、これを配分器 B を經て、<sup>シリンダー</sup>汽管 C に導き、<sup>ピストン</sup>活塞 P を壓さしめる。配分器中の V は滑り瓣と稱し、水蒸氣を交互に活塞の兩側に導き、これ

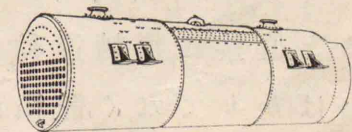
に往復運動を起させる。(M 又は N から出る水蒸氣は、排氣孔 D を經て大

氣中又は<sup>コンデンサー</sup>凝結器中に逃れ去る。活塞の往復運動は、<sup>クラッキング</sup>曲柄 F によつて主軸の廻轉運動に變り、この軸に取附けられてあるハズミ車 W 及び<sup>エキセントリック</sup>偏心輪 E を廻轉させる。ハズミ車は質量の大きな車で、慣性により主軸の廻轉運動を均一にし、偏心輪は滑り瓣に活塞と反對の運動を與へる。



尙、水蒸氣の供給多ければ運動が速くなり、少くなれば遅くなるから、運動を一様ならしめるために、圖のやうな<sup>ガツナー</sup>調速機が備へられてゐる。

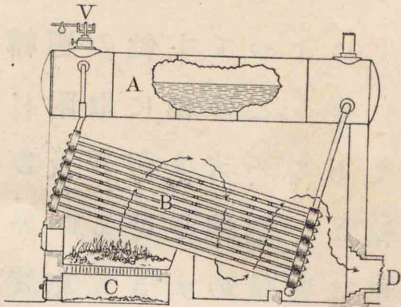
汽罐には圓罐式と水管式とがある。圓罐式は、圓筒形のタンク型汽罐で、圓筒の外部で燃料を燃やしてこれを加熱するもの(外火式)と、圓筒の中に更に細い爐管を入れてそ





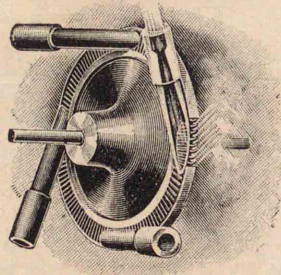
の内部で燃料を燃やして加熱するもの(内火式)とがある。

水管式は、圖のやうに蒸氣と水とを入れる罐胴Aと細い水管Bとから成り、この水管を外部から直接、火焰で加熱するもので、火焰に当たる部分が多いから早く蒸氣を発生し、且管が細いから高壓力に耐へる。それで現今大型の汽罐には多くこれを用ひる。



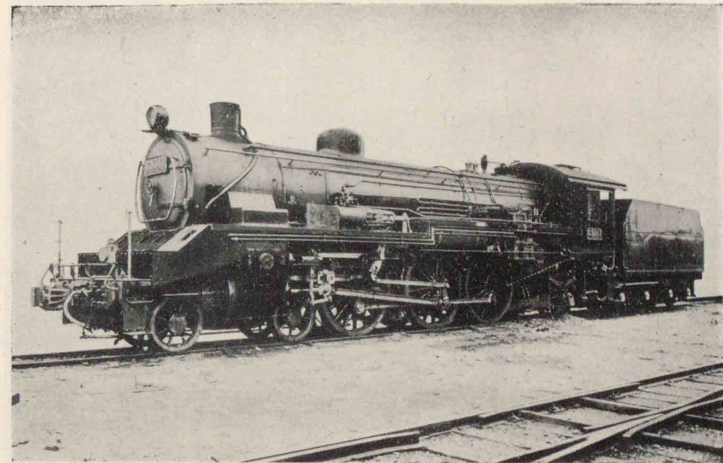
#### §4. 蒸氣タービン

蒸氣タービンは、高壓の水蒸氣を、車の周邊に固定してある無数の小翼(羽根)に管から吹付け、これを高速度に廻轉させる装置である。

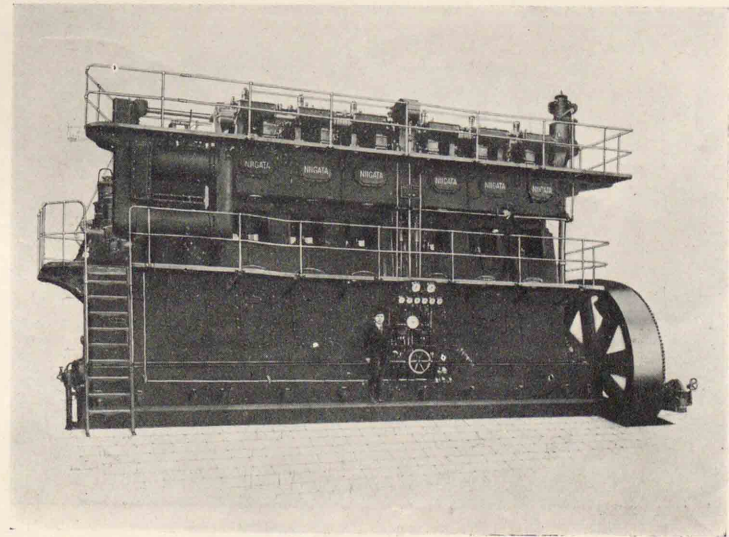


これは蒸氣機關に較べると、直接に廻轉運動を起すから効率が大きいばかりでなく、體積が小さく、据附けが簡單

熱機關 (其一)



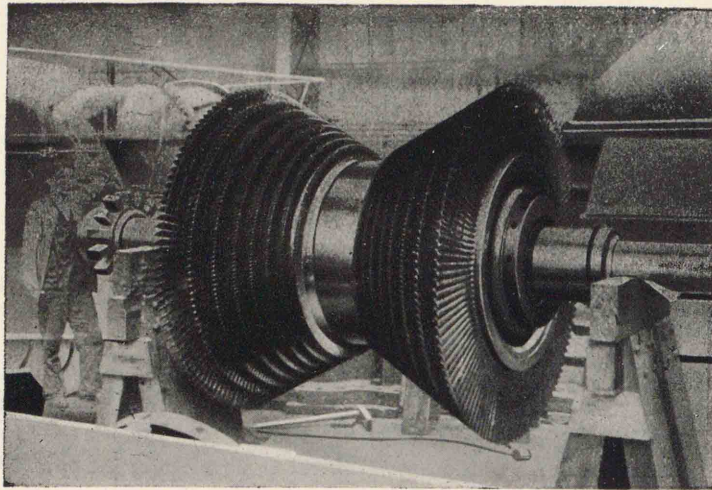
最新式の蒸氣機關車  
(川崎造船所製作)



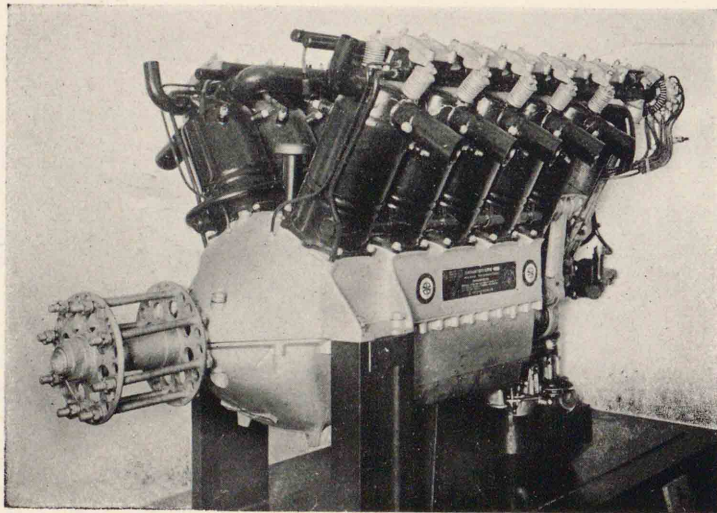
發電用ディーゼル機關  
(新潟鐵工所製作)



熱機関 (其二)



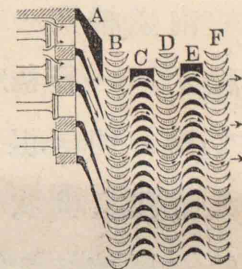
蒸気タービンの廻轉胴



V型ガソリン機関

で機體の動搖も少いので、大型の汽船や發電所などで多く用ひられる。但し小馬力では効率は減ずる。又逆廻轉を要する場合には不適當である。

大きな蒸気タービンでは、共通軸に多數の廻轉車を取付け、水蒸気は第一の廻轉車の小翼(可動羽根)に衝突し、次に固定翼(固定羽根)によつてその方向を變へ、更に第二の可動羽根に衝突し、かやうにしてその蒸気の壓力を出来るだけ利用するやうにしてある。



A: ノズル  
B, D, F: 可動羽根  
C, E: 固定羽根

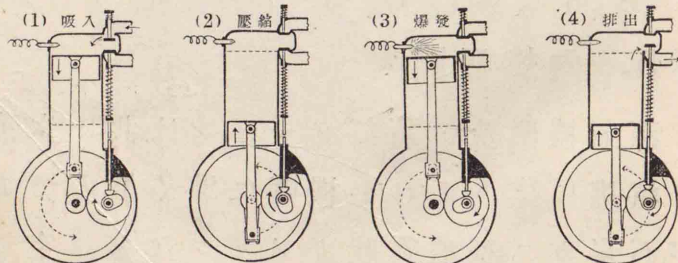
§5. 内燃機関

蒸気機関及び蒸気タービンは共に、水蒸気を汽罐に作り、これを機関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て、これを直接機関内部で点火爆發或は燃燒させ、よつて生ずる氣體の壓力を利用して動力を得る装置がある。このやうなものを一般に内燃機関といひ、ガス(天然ガス・石



炭ガス発生爐ガス)機關ガソリン機關及び石油機關などはこれに屬する。ルノアは燈用ガスを用いた機關を發明し、オットーは今日の内燃機關を完成した。

内燃機關の動作は、通常連続的な四段の行程(オットー行程)をとる。(1)活塞が下方に動いて、瓣が開き、混合氣體を圓筒内に吸入する(吸入行程)。(2)次に活塞が上方に進んで混合氣體を壓縮する(壓縮行程)。(3)混合氣體に點火して爆發させると、活塞が下方に壓される(爆發行程)。(4)活塞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機關で

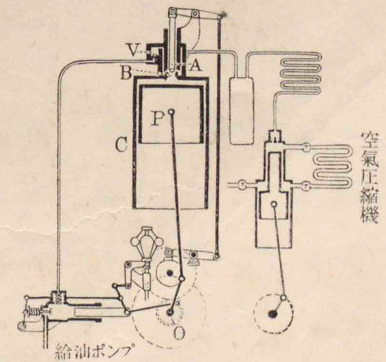


成物を他の瓣から排出する(排出行程)。以上の行程中、第三行程の外はハズミ車の慣性によるものであるから、大きなハズミ車を要する。然し自動車や飛行機のガソリン機關で

は、四箇以上の圓筒を交互に働かして、ハズミ車の要らぬやうになつてゐる。

近時石油機關を改良して、電氣火花で點火する代りに、圓筒内に空氣を壓縮し、その高熱を利用して、吸入された噴粒重油を徐々(比較的)に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。

ディーゼル機關の動作も、他の内燃機關と同様に通常、四行程をとる。第一行程(吸入行程)で、活塞 P が下方に動いて給氣瓣 A を開き、空氣を圓筒 C 内に吸込み、第二行程(壓縮行程)で、總ての瓣は閉ぢ、活塞の後退で空氣は壓縮され、燃料を燃焼するに足る高溫度となる。第三行程(仕事行程又は燃焼及び膨脹行程)で、噴射器 B が開き、壓縮空氣で液體燃料を噴出すると、燃料は霧状になつて直ちに燃焼し膨脹する。第四行程(廢氣行程)で、廢氣瓣 V が開き、燃料成生ガスはこの瓣から





排出される。即ち四行程式では、石油機関等と同じく二廻轉して四行程を終る。

この他に二行程のものも用ひられてゐる。その式では、通常別に掃除用の壓縮空氣によつて廢氣を圓筒より排出して後、その空氣を、必要の量(四行程式の空氣吸込量)だけ圓筒内に充満させ、四行程を二行程でやるのである。

各種の熱機関の熱効率\*は右の表に示す通りである。

熱機関の熱効率	
	%
蒸氣機関	7—15
石油機関	15—20
蒸氣タービン	15—23
ガス機関	20—25
ディーゼル機関	30—35

#### § 6. 熱機関の發達とその應用 (補充 52 頁)

\* 熱効率とは、有効に消費された熱量と供給された熱量との比である。

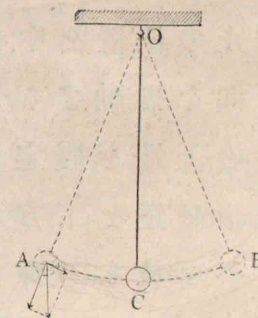


### 第一章 振動及び波動

#### § 1. 振子

小さくて重い錘を軽く伸びない絲に結んで吊したものを振子といふ。振子の絲の長さを振子の長さといふ。

今、振子の錘を靜止の位置 C より、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\*。



\* 靜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の距離を錘が 1 回往復するに要する時間を、週期といふ。週期は錘の質量や振幅に關せず一定である。この性質を振子の等時性といふ。

\* 實際は、空氣の抵抗などによつて振幅の次第に減る減衰運動を示す。



週期を  $T$  秒とし、振子の長さを  $l$  糧とすると

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

なる関係がある。それで  $T$  と  $l$  とを測つて  $g$  を求めることが出来る。

固 週期 2 秒なる振子(これを秒振子といふ)の長さを求めよ。但し  $g = 980 \text{ cm/sec}^2$  とする。

### § 2. 弾性振動

圖のやうに金屬棒の一端  $B$  を固定し、他端

$A$  を  $C$  まで引いて急に手を放すと、この端は

靜止の位置を中心として  $C, C'$  間を振動する。又ゼンマイ

の上端を固定し、下端に錘

をかけ、錘を下方  $A$  まで引いて手を放すと、弾力によつて

ゼンマイは上下に伸縮し、錘

は靜止の位置  $C$  の上下  $A, B$  間を振動する。

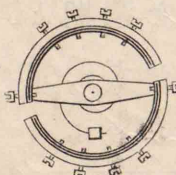
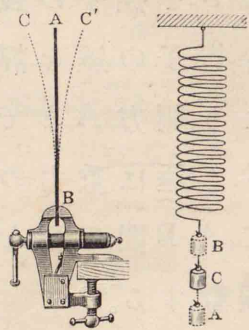
これ等の振動はすべて等時性を有する。又

懐中時計のテンプでは、その軸に

渦狀の鬚ゼンマイの一端を取附

け、他端を固定し、これを少し廻轉

すると、亦等時性振動をなす。一



テンプ

Handwritten notes:  $2.5 \text{ sec}$ ,  $2.5 \times 980$ ,  $2450$ ,  $2450 \div 4\pi^2$ ,  $154.7$

Handwritten notes:  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ,  $2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{980}}$ ,  $\sqrt{\frac{l}{980}} = \frac{1}{2\pi}$ ,  $\frac{l}{980} = \frac{1}{4\pi^2}$ ,  $l = \frac{980}{4\pi^2}$

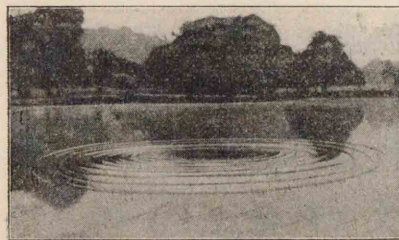
Handwritten note: 2450

般にこの種の運動を弾性振動といふ。柱時計は振子やバネの等時性振動を利用して、齒車の廻轉を制禦するやうにしてある。

固 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

靜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、波と共に

進行しない。これは波は水の進行でなくて、單に波

形の進行であることを證明するものである。

弾性體の一部を急に歪ましめると、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、音波や地震波のやうに、弾性體に起る波動

を弾性波といふ。振動を傳へる物質を波

の媒質といふ。



## §4 横波・縦波

**実験1.** 繩の一端を固定し、他端を手にもつて急にこれ

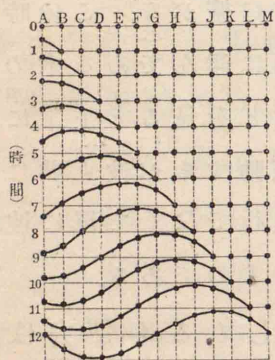
を上下に振る

と、繩は波動を起



して、その各部は手と同じやうに上下に運動し、圖に見るやうな高低の波が、手もとから他端に傳はる。

上の實驗のやうに、波動を傳へる媒質の各部

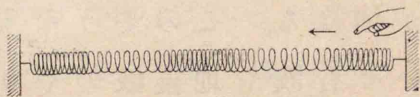


が、波の進行する方向に垂直に振動するものを、横波又は高低波といふ。横波が生ずる時、媒質の各部が振動する模様は、圖に示すやうである。

横波では、その最高の點を山といひ、最低の點を谷といふ。

**実験2.** 長いゼンマイ

の兩端を固定し、一



端に近い點を押縮めて急に放すと、その部は直ちに戻るが縮んだ状態はゼンマイに沿ひ他端に進む。

上の實驗のやうに、媒質の各部が、波の進行

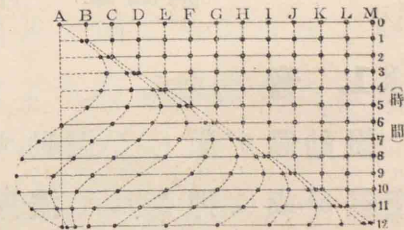
する方向に振動す

るものを、縦波又は

疎密波といふ。縦

波の生ずる模様は、

圖のやうである。



横波でも縦波でも、同時刻に振動の同じ有

様にある諸點は、同じ位相を有するといひ、同

じ位相を有する相隣れる二點間の距離を、1

波長といふ。圖の一端にある點Aが1振動

を完結するまでに波が進む距離は、丁度1波

長に相當する。故に振動の1週期毎に波は

1波長だけ前進する。

よつて週期 $T$ 、波長 $l$ 、波の速さ $v$ の間には、次の關係がある。

$$l = vT$$

又振動數を $n$ とすれば  $n = \frac{1}{T}$  であるから

$$v = nl$$

地震は縦波・横波及び地表に起る波(表面波)より成

る。表面波が破壊を起す。又同一の地位に縦波は

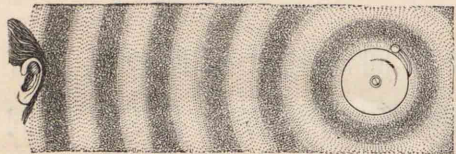
横波よりも早く達する。



### 第二章 音 波

#### § 1. 音

振動體が激しく振動すると、これに接した空気が、或は押されて濃厚(密)になり、或は離れて

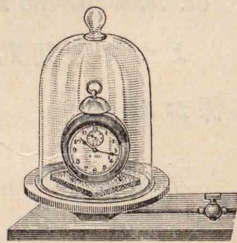


稀薄(疎)になり、疎密の波が四方に傳播する。こ

れを音波といふ。音波が鼓膜に達して聽神經を刺戟すれば、音の感覺を起す。

通常聞き得る音の振動數は、毎秒約16から40000までである。又聲帶の振動數は、毎秒90から1000までである。

**實驗** 空氣ボンブの中に目覺時計を入れて鳴らして見ると、排氣した場合はよく聞えない。これは何故か。



音波を傳へるもの即ち音の媒質は、空氣ばかりでなく、すべての彈性體は何れも音の媒質である。

#### § 2. 音の速さ

花火を見てから爆音を聞くことはよく經驗する所で、この事實より、音が傳はるのには時間を要することがわかる。

音の速さは媒質及びその溫度によつて異なる。空氣中では常溫(15°)に於て約340秒米で溫度1°の昇・降により約0.6秒米の増減がある。

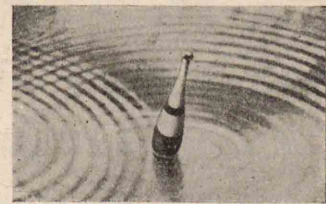
**問** 電光を見てから5秒後に雷鳴を聞いた。空氣の溫度を24°として、雷までの距離を求めよ。

音の速さの表  
(溫度0°の時)

	米/秒
空氣	331
水	1435
ゴム	50-70
鋼鉄	4700-5200
硝子	5000-5300

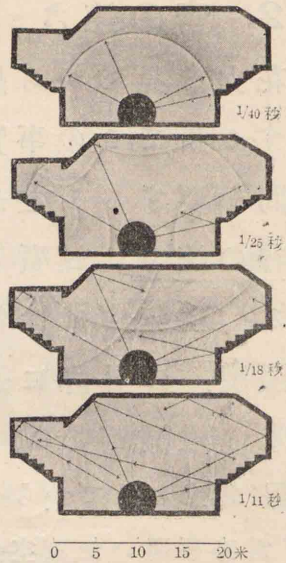
#### § 3. 音波の反射

水波が岸に当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、最もよく反響を起す。





狭い室内では、反響は原の音に合してその強さを助ける作用をなすが、広い講堂などでは、遠い壁や天井より来る反響及び幾回も反射した後の反響は、原の音と喰ひ違を生じて、言語を不明瞭にさせる。



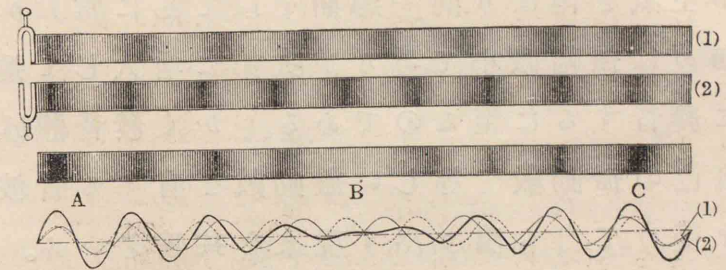
講堂の模型の中に於ける音波の進行

- 問 1. 室内よりも野外の方が音聲が聞き難いのは、何故か。又群集に向つて演説するのに、高い所からするのは何故か。
- 問 2. 音源の方向はどうしてわかるか。

三  
期  
終  
了

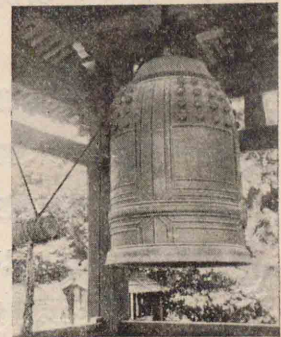
### §4. 音波の干渉

空気の一部分が、同時に二つの音波を受ける時、一波の密部と他波の密部、或は一波の疎部と他波の疎部とが相合すれば、合波の振幅は増大する。これに反して、一波の密部と他波



の疎部とが相合すれば、合波の振幅は小となる。このやうな現象を音波の干渉といふ。

振動数の僅かに異なる二つの音波が相干渉すると、或時は強く或時は弱い音を聞く。これを喰りといふ。1秒間に生ずる喰りの数は、二つの音波の振動数の差に等しい。釣鐘の喰りは、鐘が部分によつて少しく振動数を異にするに基づく。



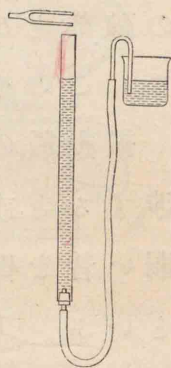
### §5. 共鳴

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、空気を傳はり同一週期を以て乙に当たり、初めは振幅微小であるが、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** 長さ1米ばかりの硝子管に水を充たし、この水位を連通管によつて加減しつゝ、管口で音叉を鳴らすと、水の高さが或所に達する時、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。



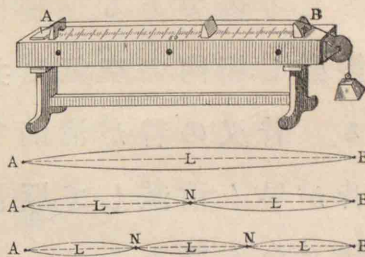
普通、音叉が木製の箱に取付けられてあるのは、箱の空氣を共鳴させることによつて、音を強大ならしめようとするのである。琴、ヴァイオリン、マンドリンの胴、尺八の管などは、皆内部の空氣の共鳴を利用したものである。

### §6. 絃の振動

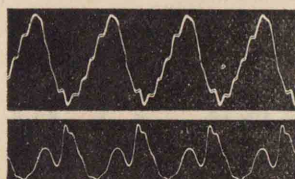
兩端を固定した絃の中點を弾ずれば、全體1區となつて振動する。この時發する音の調子は最も低い。この振動を**原振動**、その發

する音を**原音**といふ。

絃の中點を指で抑へ、絃の長さの $\frac{1}{4}$ の點を弾ずれば、絃は2區に分れて振動し、調子は



前の2倍になる。絃を3區、4區などに分けて振動させれば、調子は愈々高くなる。かや



音波の波形  
(上)ヴァイオリン (下)風琴管

うな時發する音を**倍音**といふ。發音體が振動する時は、原音の外に、幾種かの弱い倍音を伴ひ、それ等の合成で、音色を生ずる。

絃では、(1)その張力が強い程、(2)單位の長さの質量が小さい程、(3)絃の長さが短い程、調子は高くなる。

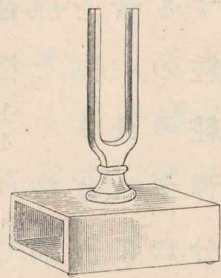
それで絃を要部とする樂器類では、これ等を種々に變へて、高低ある諸音を發せしめる。

### §7. 音 叉

音叉は、標準的な樂音を發するもので、U字形の鋼に脚を附け、通常これを木箱の上に立

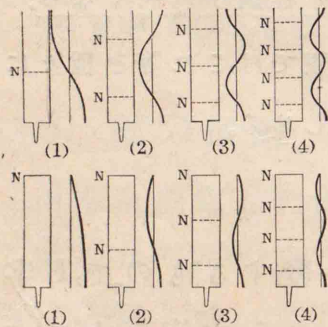
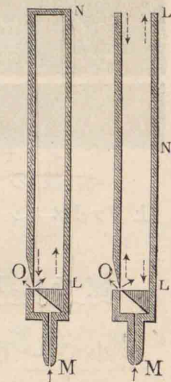


てたものである。脚は上下に振動し、箱内の空気を共鳴させる。音叉の音が清朗なのは、倍音が早く消滅して、原音だけが残るからである。



§8. 風琴管 (オルガン管)

風琴管は空気柱の振動を利用するもので、閉管と開管との二種がある。その口より空気を吹込むと、気流は楔形の唇口に衝突し、この部に複雑なる振動を起すが、管内の空気は、自己の振動に適する振動のみに共鳴して、一定の調子の音を發



する。一般に風琴管を弱く吹く時は、原音を發し、強く吹く時は、開管では原音の振動数の2倍、3倍などに相當する倍音を發し、閉

管では振動数の3倍、5倍などの倍音を發する。

風琴管が短い時は、調子の高い音を發するのは、何故か。

§9. 音の調和・音階

音の調子の昇りの程度は、二音の振動数の比によつて定まる。この振動数の比をその音程といふ。音程が1:1, 2:1, 3:2等簡單なる整数の比をなす二音を同時に聞く時は、愉快に感ずる。それでかゝる二音は調和するといふ。

一定の振動数の音を基音とし、これと調和する種々の音程の音を、その振動数の順に並べたものを、音階といふ。

音程が1:1なる時は同音といひ、音程が2:1なる時は、これをオクターヴ(八度音程)といひ、振動数の小さい方の音を基音とすれば、大きい方の音を第八音といふ。3:2なる音程を五度音程といひ、基音の振動数の $\frac{3}{2}$ 倍の振動数の音を第五音といふ。以下同様に、4:3なる時は四度音程、第四音; 5:4なる時は長三度音程、長第三音といふ。この外第二音、



第六音,第七音を選び,自然長音階を組立てる。音階にはこの外,自然短音階といふのがある。

### 自然長音階

音名	基音	第二音	第三音	第四音	第五音	第六音	第七音	第八音
記號	c	d	e	f	g	a	b	c'
振動数の動比	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2
音程	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	

### 自然短音階

音名	基音	第二音	第三音	第四音	第五音	第六音	第七音	第八音
記號	c	d	e <sup>b</sup>	f	g	a <sup>b</sup>	b <sup>b</sup>	c'
振動数の動比	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{9}{5}$	2
音程	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	

音階は,基音に對する各音の振動数の比によるもので,基音には如何なる振動數を選んでもよい。吾等の音聲,及び絃樂器では,任意の振動數の音を基音として,音階の關係にある諸音を發せしめ得るが,ピアノやオルガンのやうな樂器では,それは困難であるから,通常1オクターヴの間を12の相等しい音程に分けてある。かやうにすれば,何れの音を基音としても,ほぼ自然音階に似た音階が得られる。

## 第三章 光 波

### §1. 光 波

ホイヘンスは,光に關する種々な實驗と思索との結果,光の本性は一種の波動であると考へ,1678年始めて光の波動説を唱へた。

當時,光は,光素と名づける微粒子の放射によるとする所謂粒子説が一般に信せられてゐたので,波動説は學者の注意を惹かなかつたが,十九世紀の初め,ヤングやフレネルなどが,後に述べる光の干涉などを實證するに及び,漸く世に認められるに至つた。

光の波動説に従へば,宇宙間にはエーテルと稱する假想的物質が瀰漫し,光は,發光體の分子又は原子内の振動がその周圍のエーテルに波動を起し,これが四方に傳播する一種の横波で,これを光波といふ。

音波が耳に達して音の感覺を與へるやうに,光波が眼に達すれば光の感覺を生ずる。それで,光の色は音の調子に相當し,振動數或は波長によつて定まるものである。



実験の結果によれば、光波の波長は、赤色より堇色の方へスペクトルの順に次第に減する。右の表は、太陽スペクトルの黒線に相当する部の、光波の波長を示すものである。

光波の波長の表

A (赤)	0.000076 種
B (赤)	0.000069
C (橙)	0.000066
D (黄)	0.000059
E (緑)	0.000053
F (青)	0.000049
G (藍)	0.000043
H (堇)	0.000040

音波の速度が音の調子によつて違はないやうに、光波の傳播する速度も、真空中では色によつて異なることなく、既に學んだやうに約  $3 \times 10^{10}$  秒種である。

光波の速度はこのやうに極めて大であるのに、波長は甚だ小であるから、その振動数は甚だ大きい。今、波動の公式  $v=nl$  (201頁) から太陽スペクトルの黒線 A 及び H の振動数を求めると、次のやうである。

$$n_{(A)} = \frac{3 \times 10^{10}}{76 \times 10^{-6}} = 3.9 \times 10^{14}$$

$$n_{(H)} = \frac{3 \times 10^{10}}{40 \times 10^{-6}} = 7.5 \times 10^{14}$$

それで眼に感ずる光の振動数は、毎秒 400 兆乃至 750 兆程度のもので、これ以外の振動数をもつ光波は眼には感じない。これは、音波に於て、或限界外の振動数をもつものが音の感ずるを與へないのに似てゐる (202 頁参照)。

## § 2. 光の干渉

**実験** 細長い硝子板 A, B の一端を接し、他端に紙片 C

を挟み僅かの間隙を作り、板をナトリウム焰で照

らし、焰の當たる側からその面を見ると、黄色の明暗の縞を認める。

これは A の面から反射される光波が、B の表面で反射される光波と會合する時、後者は兩

板間の空氣層を往復するため、二つの光波の位相に差を生じ、

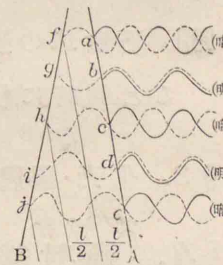
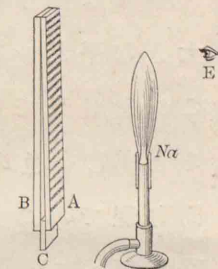
光の干渉により、或所では強め合ひ、或所では弱め合つて、明暗

の縞を生ずるものである。光

が一種の波動であるとするれば、音波の干渉と同じやうにこのやうな干渉を生じ、明暗を生

ずべきは明かなことで、この現象は、實に光の波動説に有力な根據を與へたものである。

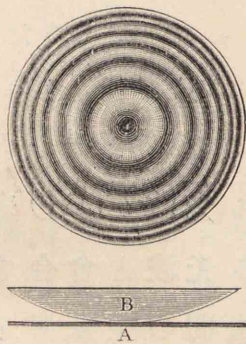
光の干渉は、石鹼球や、水面に浮ぶ薄い油層などにもよく見られる。この時、日光に含まれる光は種々の波長のものがあり、又膜は所によつて厚さを異に





するので、光が膜の表裏両面より反射されて干渉する際、或種の単色光が弱め合ふ所に他種の単色光が強め合ひ、従つて膜面に美しい色彩を現はす。

平らな硝子板 A の上に、半径の大きな平凸レンズ B を接觸させ、これを日光で照らして上から見ると、美しい色の環が見えるのも、同じ理である(この環をニュートン環と稱へる)。

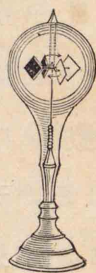


石鹼球の膜の色が、球の膨れと同時に様々に變はるは、何故か。

### § 3. 偏光・複屈折 (補充 56 頁)

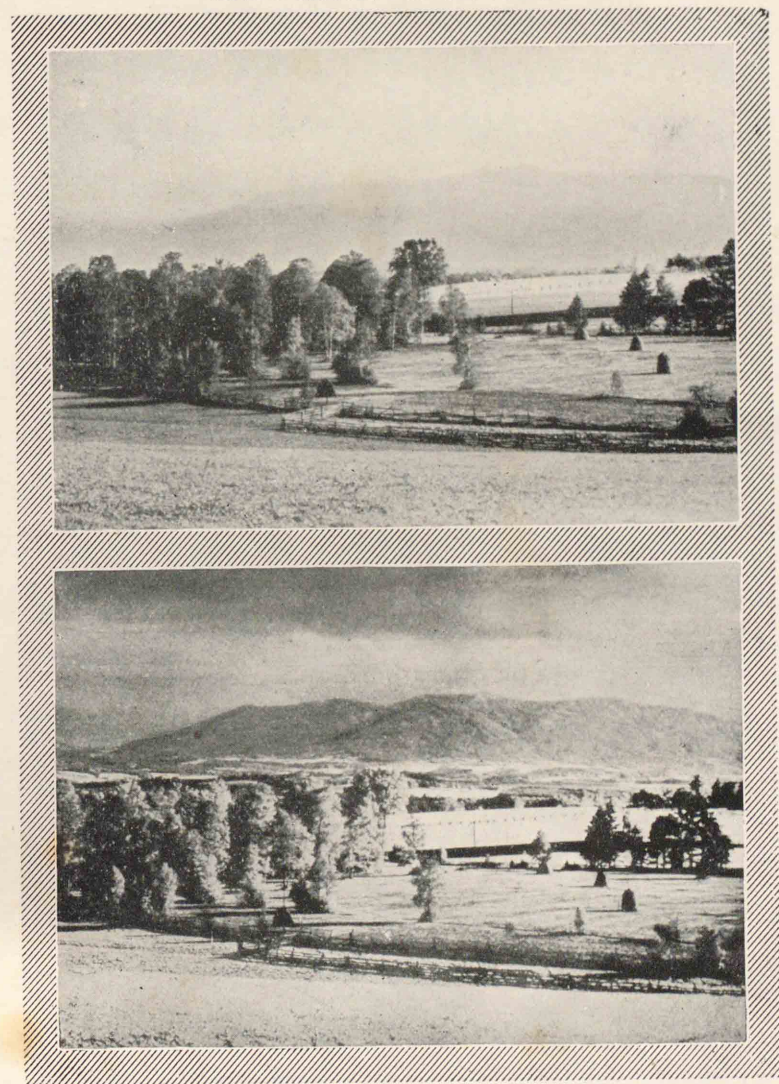
### § 4. 輻射線

日光スペクトルを暗室内の衝立上に作り、(1)眼に感ずる明るさを検するに、黄色部最も強く、赤色部・堇色部に至るに従ひ次第に弱い。(2)次に鋭敏な寒暖計又は輻射計によつて、各部の熱作用を検するに、堇色部より赤色部に至るに従ひ、次第にその強さを



輻射計の一種

通常の寫眞(上)と赤外線寫眞(下)

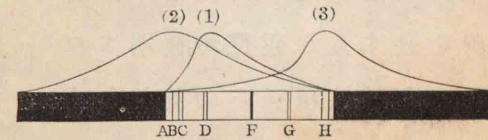


(赤外線寫眞で空や山の黒いのに注意せよ)



増し、更に赤色部を越えてやゝ遠い所まで、この作用が認められる。よつて日光中には、赤光よりも波長の長い一種の線があつて、眼には感じないが、

熱作用を呈することが知ら



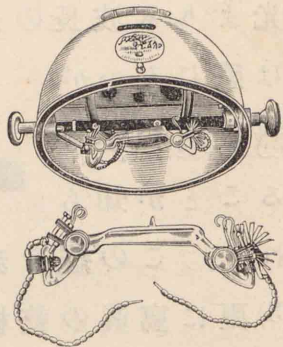
れる。この線を赤外線又は熱線といふ。

(3)更に寫眞の乾板をスペクトル各部に置いて、化學作用を検するに、赤橙の部には殆どなくて、青堇の部が最も鋭敏である。尙、堇色部の端より外にもこの作用が認められる。よつて日光中には又、堇光よりも波長の短い、眼に感じない一種の線があつて、化學作用を呈することが知られる。この線を堇外線又は化學線といふ。

堇外線は波長が小であるため、空中に塵埃雨滴などがある時は、著しく透過力が弱まる。これに反して、赤外線は波長が大で透過力が強い。近頃赤外線に感じ易い寫眞乾板が工夫され、これを用ひて望遠寫眞が撮影され、軍事上・測量上便益を得てゐる。



日光浴が健康に有効なのは、主に葦外線の作用による。それで近時、病弱者及び皮膚病患者の治療に日光療法・葦外線療法などの理學的療法が起り、人工的に葦外線を發する水銀燈が發明された。葦外線は、又その刺戟による螢光により、自然の寶玉類とその模造品、天然絹絲と人造絹絲の鑑別をなし、紙幣有價證券などの印刷物の贋造を發見するに用ひられる。



水銀燈

熱線化學線は直接眼には感じないが、直進・反射屈折などに関して全く可視光線と同一法則に従ひ、すべて光としての性質を持つ。熱線及び化學線を可視光線と併せて、輻射線といふ。

物體を熱すると、その溫度が低い間は波長の長い赤外線を主に輻射するが、溫度が高まるに従つて波長の短い線を強く輻射する。そして物體の溫度が約  $400^{\circ}$  を超えると始めて弱い光を認め、溫度約  $400^{\circ}$  -  $600^{\circ}$  に至れば赤

色光より黄色光を發し、約  $1200^{\circ}$  に至れば殆ど白熱される。

### §5. 輻射線の吸収

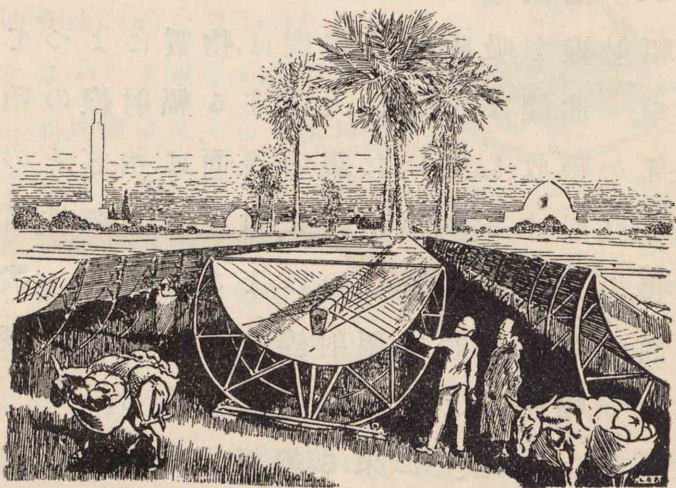
輻射線を吸収する程度は、物質によつて異なる。油煙はこれに入射する輻射線の殆ど全部を吸収し、磨いた銀の表面は殆どその全部を反射する。輻射線に對するこの性質は、物體の表面の性質にのみよるもので、一般に、表面の黒い物體は輻射線をよく吸収し、表面の白い物體はよくこれを反射する。

太陽より地上に來る輻射線は、地面近くに存在する水蒸氣や炭酸ガスのためその一部は吸収され、他の部分は地面及び地上の物體に吸収されて先づこれ等の溫度を高め、次第に上方の空氣に熱を及ぼす。上層の空氣が地面より太陽に近いのに、寒いのは、そのためである。

實驗の結果によれば、太陽の光線に垂直な面積1平方糎の受ける熱量は、毎分約2カロリーである。この輻射のエネルギーは、大部分地表に止まり、種々



の態のエネルギーとなつて現はれる。人類始め諸生物の活動や、その他地球上に於ける諸現象は、主にこのエネルギーの賜である。



太陽熱を直接利用して動力を得る方法は、近來盛に研究され、既に熱帯地方では、これによつて蒸氣ポンプを働かせ、灌漑用の汲水をなさしめてゐるが、未だ充分の効率を發揮してゐない。

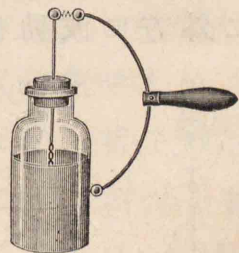
問 曇つた冬の夜は、霜を結ぶことが少いのは、何故か。

## 第四章 電 波

### § 1. 電氣振動

水位の異なる二管を底に於て連絡すると水は先づ水位の高い方の管から水位の低い方の管に向つて流れるが、兩管の水面が同じ高さになつても、慣性によつて運動は止まらず、今度は先と反對の水位高低を生じ、かくて何回となく水面が昇降し、遂に全く靜止するに至る。電位差のある二つの導體を抵抗の少い導線で連結することはこれに似てゐる。

蓄電したライデン瓶(コンデンサー即ち電氣を蓄へる装置の一種)の内外箔を放電叉で接近せしめると、その間に火花が飛ぶ。この火花を肉眼で見ると、たゞ一回飛ぶやうに見えるけれども、實は1秒間に數十萬回乃至數百萬回その方向を變換する火花の連続なのである。



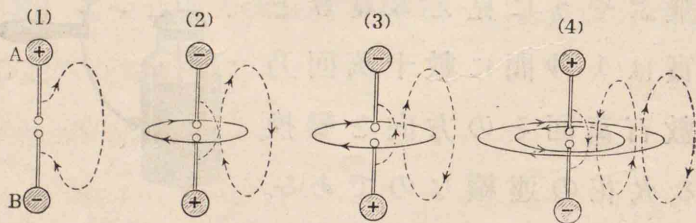
即ちこの瞬間、回路内に振動數の非常に大き



な一種の交流が生ずる。このやうな交流を特に電氣振動といひ、振動の起る回路を振動回路といふ。電氣振動が起るためには、回路の電氣抵抗があまり大きくてはならぬ。又回路に、適當な電氣容量と自己感應とがなければならぬ。電氣容量はコンデンサー、自己感應はコイルで與へられる。振動週期は、電氣容量及び自己感應が大きい程大である。

## § 2. 電 波 (電磁波)

今、二つの導體 A, B を感應コイルの兩極に連結して、その間に放電させると、電氣振動が生じ、兩極は交互に陰陽に帶電され、その附近の電氣力はこれに伴つて變化し、半週期毎に方向が反轉する。そして、この電氣力は次第に外方に波動をなして傳播する。



点線は電氣力の方向を示し、實線は磁力の方向を示す。

又 A, B 間の放電と共に、その回路に交流が生ずるから、周囲の磁力も半周期毎に方向反轉して、外方に傳はる磁力の波を生ずる。

電氣力の波と磁力の波とは、必ず同時に生じ相伴つて傳播する故、これを合せて電磁波といひ、或は略して電波といふ。電氣振動回路を音源に譬へれば、電波は音波に當たる。電波の振動數は、電波發生回路に於ける電氣振動の振動數に等しい。

電波の速さは、真空中では約  $3 \times 10^{10}$  秒糧である。1864年マックスウェルはこの値を算出し、それが光波の速さと同一であることに基つき、電波も光波と同じくエーテルの波動で、その相違はたゞ波長の長短によると考へ、電磁波説を公にした。後 1888年ヘルツは、次節に示すやうな實驗により、電磁波を生ぜしめ且電磁波は光波と同じやうに反射・屈折・干涉等の諸性質を有することを示して、その説を實證した。

次頁の表に示す如く、無線用電波より赤外線・可視

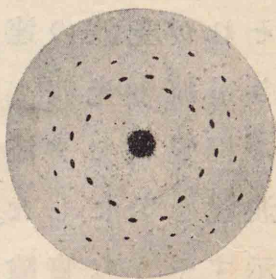


光線・紫外線・X線・γ線に至るまで、一聯の電磁波である。たゞ波長を異にするため、その作用を異にし、又名稱を異にするのである。

電磁波の波長の表

種類	波長	電磁波の種類
電氣振動	500 0000	無線用電波
	10	
主として分子、原子の振動	0.5	赤外線
	0.2	
電子の振動	0.0000 810	可視光線
	0.0000 380	
	0.0000 100	紫外線
	0.0000 060	
	0.0000 0000 016	

ラウエは、結晶體の原子は規則正しく排列されてゐるものと豫想し、これにX線を當て所謂ラウエ斑點の寫眞を得た。これによつて結晶内の原子排列の様子が明かになり、同時に、X線は光よりも波長の遙かに短い電磁波であることも確められた。



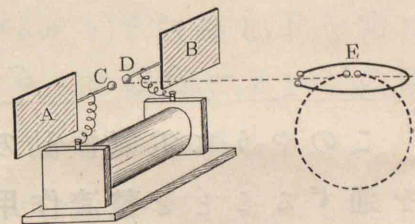
ラウエ斑點(閃亜鉛鏝)

### § 3. 電氣共振

振動數の相等しい二つの音叉が共鳴することは、既に學んだ所であるが、電氣振動に於

ても同様の現象が二つの振動回路に見られる。これを電氣共振といひ、兩回路はこの時同調にありといふ。

マックスウェルが始めて電磁波動論を發表した當時は、これを実験する方法がなかつた。然るにヘルツは、電氣共振の現象によつて電磁波の存在を實驗的に確めることが出来た。その装置は圖に示すやうなものである。



感應コイルの兩極を、金屬球C、Dを持つ矩形金屬板A、Bにつなぎ、C、D間に火花放電を行ふと、電氣振動が生ずる。この時、間隙ある金屬環Eを適當の位置に持來ると、これが電氣共振をなして、その間隙に火花が飛ぶのを見る。

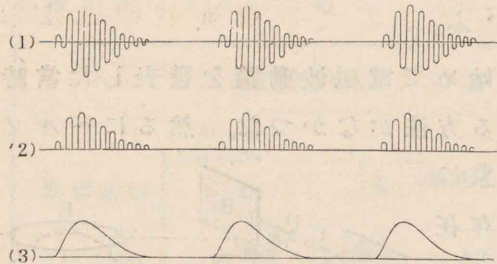
ラヂオの受信装置では、ヴァリオン(可變蓄電器)を廻はして回路を電波に同調させる。

### § 4. 檢波器

一つの回路に電氣振動を誘起しても、周波數があまりに大であると、その回路にある受話器の振動板は動かない。然し電氣振動の一方方向の電流だけを通すやうにすれば、受話



器は、短い時間に一方向に引續いた電流群を受けるので、その振動板が動いて音を發する。



(1)のやうな波形をもつた電氣振動が檢波器に入ると、(2)のやうな波形となり、受話器に對しては(3)のやうな平均効果を以て動く。

このやうに電氣振動の一方向の電流だけを通ずることを、整流作用といひ、これによつて電波の到來を検出する装置を檢波器といふ。普通に用ひられる檢波器には、鑛石檢波器と眞空管檢波器とがある。

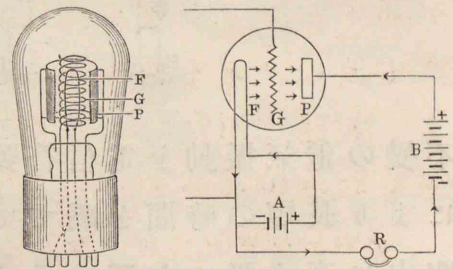
鑛石檢波器は、二種の鑛石の一方を尖らせて他方の面に接觸させたものか、或は金屬の針と一種の鑛石とを接觸させたものである。これを振動回路中に入れると、一方向の電流に對しては抵抗が少くて、逆の方向の電流に對しては抵抗が大なるため、整流作用を呈する。普通には黃銅鑛と鉄又は洋銀、斑銅鑛と紅亞鉛鑛、カーボランダムと黃鉄鑛などの組合はせが用ひられる。\*



\* 鳥瀉博士等の研究はこの方面に貢獻する所が多かつた。

眞空管檢波器\*は最も鋭敏な檢波器である。現今最も普通に用ひられるものは、フィラメントFとプレートPとの間に螺旋狀或は網狀の導體(グリッド)Gをもつ、眞空度の非常に高い、所謂三極眞空管である。この眞空管では、FをA電池(普通4-5ヴォルト)で白熱し、Pを常にB電池(普通100ヴォルト)の陽極に、Fをこの陰極につなぎ、G、Fを振動回路に挿入する。Fより發生された

熱電子がPに至り、こゝにPよりFに向ふ所謂プレート電流が生



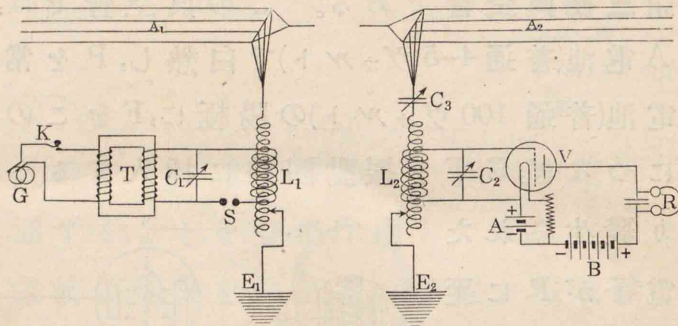
ずる。然るに振動回路に電氣振動が誘起され、Gが或は陽に或は陰に、或は強く或は弱く帯電すると、これに應じてプレート電流が變化される。それで若しPFの回路に受話器を入れれば、振動電流の波形が變はるに從つて、異なる音を聞くことが出来る。

\* 眞空管檢波器は1904年フレミングの發明にかゝり、更に1907年ドゥッフォレこれに重要な創案を加へ、次いで歐米の學者の研究改良の結果、無線界無二の武器となつた。



## § 5. 無線電信

無線電信は、ヘルツの電波発見後十年を経て、1897年マルコニによつて考案され、その後幾多の改良が加へられた。送信局で振動數

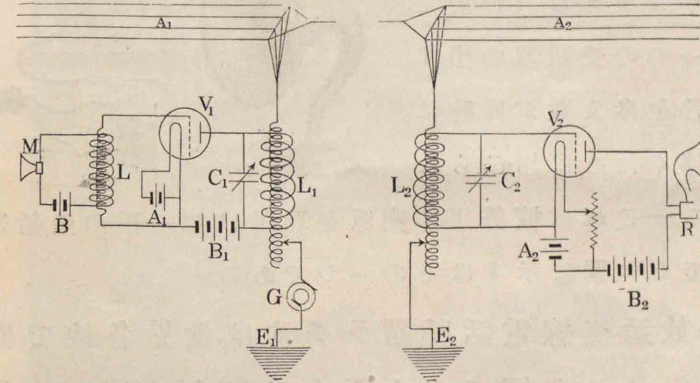


不變の電気振動を、電信符號と同様に電鍵 K により長短の時間を隔てて發生させ、これを空中に高く張つたアンテナ\* (空中線)  $A_1$  により、電波として四方に輻射させる。受信局では、これを受信アンテナ  $A_2$  に受け、コンデンサー  $C_3$ 、コイル  $L_2$ 、その他の調節により、受信回路に電気共振を誘發させ、これを検波器 V により整流して電話用受話器 R を働かせ、送信局からの通信を聴取するものである。

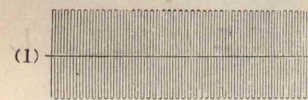
\* 觸角の意。

## § 6. 無線電話

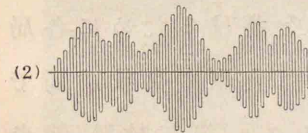
無線電話は真空管發振によつて生ずる電波を利用し、遠隔の地に音聲を再現させる装置である。その原理は無線電信に似てゐる。



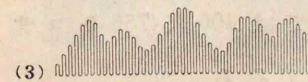
無線電話の送話装置の振動回路に電話用の送話器を挿入し、これに向つて發聲すれば、(1)



のやうな振動は、音波の波形に従つて(2)のやうに變調した振動となり、



これに應ずる電波を發生する。これを、無線電信と同じやうな装置で、



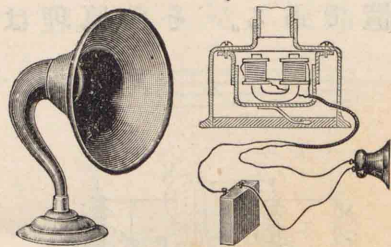
電気共振によつて感受



し、検波器の整流作用により(3)のやうな振動となし、原の音響と同じ波形の音を、受話器又は擴聲器によつて再現させる。

擴聲器は、高聲電話

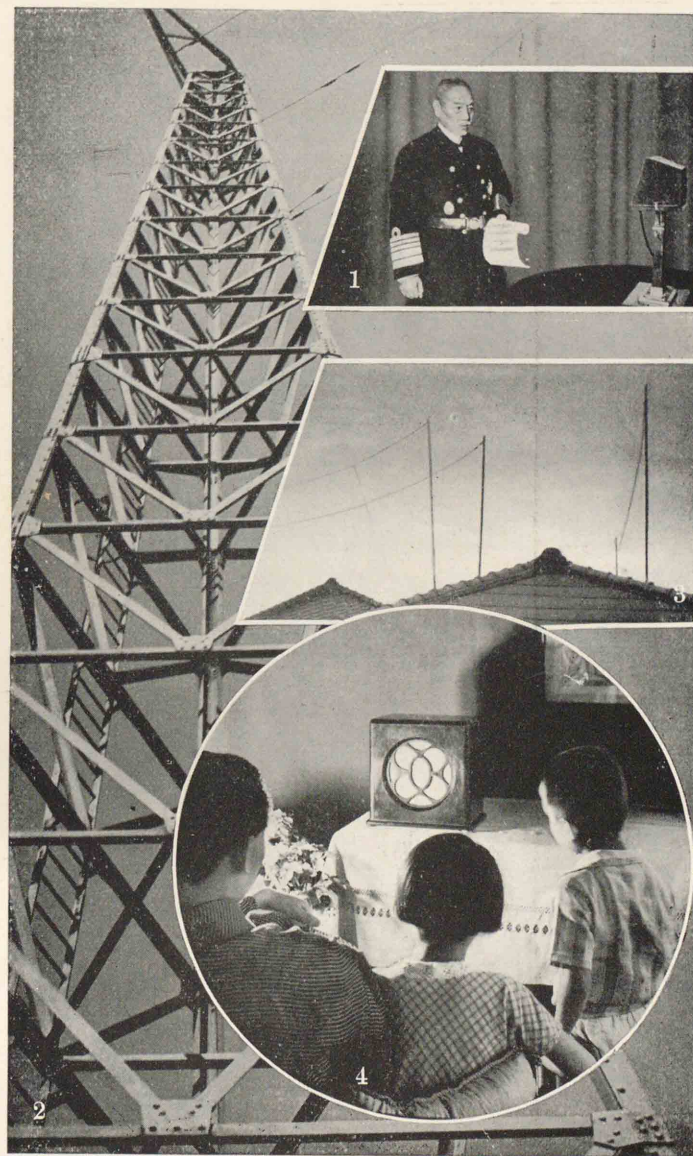
やラヂオなどに於て、一つの受話器の出す音を多人數が同時に聴くために用ひられ



る。これは、擴聲用の喇叭を取附けた一種の受話器であり、圖に示すはその一つである。

放送無線電話所謂ラヂオは、世界各地で盛に行はれ、我國でも大正十二年十二月から放送局が設置され、現今東京・大阪始め全國諸所で、毎日時刻を定め音楽・講演などを放送し、加入者は隨意、受話装置によつてこれを聴取し得るやうになつてゐる。

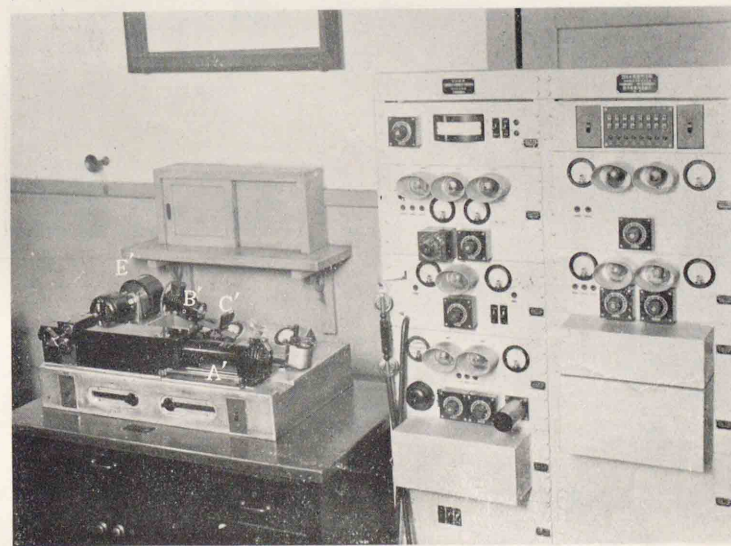
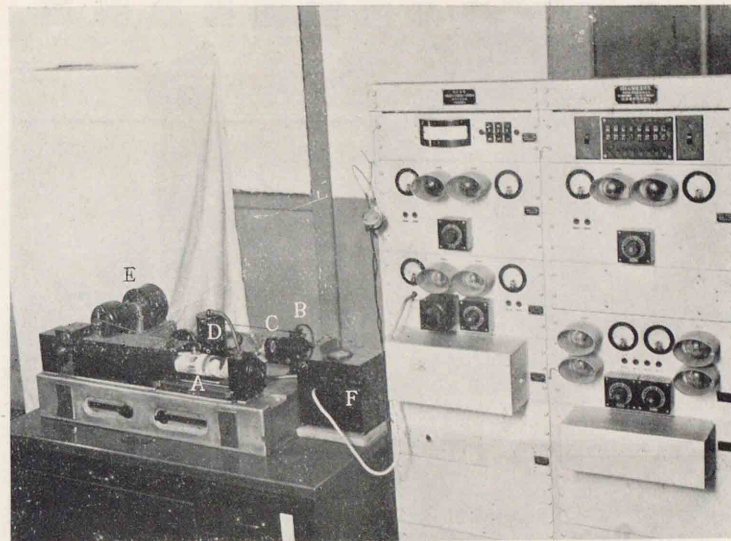
諸所で放送するものの混信を避けるために、各局別々の波長の電波を用ひ、例へば東京中央放送局では第一放送 345 米 (870 キロサイクル)、第二放送 508 米 (590 キロサイクル)、大阪放送局では 400 米 (750 キロサイクル)の波長の電波で放送してゐる。



1. 放送 2. 放送用アンテナ (構はアンテナを支へる鐵骨塔)  
3. 聴取用アンテナ 4. 擴聲器を用ひての聴取



寫眞電信の送受信機

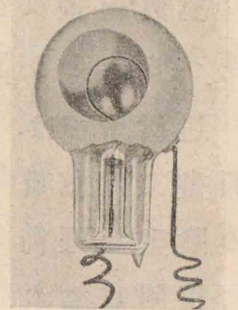


(E) 送信機 A. 原畫捲付圓筒 B. 光源 C. レンズ D. 光電管 E. 電動機  
 F. 光電管電流增幅機  
 (F) 受信機 A'. 感光膜捲付圓筒 B'. 光源 C'. レンズ E'. 電動機

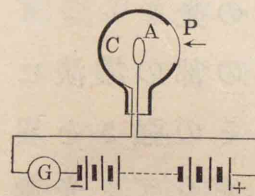


§7. 光電管

真空硝子管球の内面を一部分残して鍍銀し、この上にカリウム等の金属を沈澱させてこれを陰極とし、陽極にはニッケル又は白金の輪を用いたものを、光電管といふ。



圖のやうに、光電管の陰極Cを電池の陰極に、陽極A



を電池の陽極に結ぶのに、通常では回路に電流は通じないが、光電管の窓Pから管内に光を入れると、回路に微弱な電流が流れる。

これは光電管の陰極にあるカリウムに光が當り、こゝから電子が放出され陽極に流れるからである。実験によれば、この電流の強さは光の強さに比例し、管内にヘリウム等を入れると、感度は一層鋭敏になる。

光電管は光の強弱を電流の強弱に換へる作用があるから、寫真電信・テレビジョン・トーカーや光度の比較などに用ひられる。



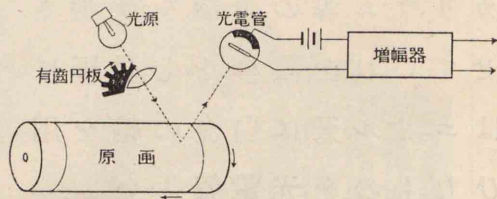
↑上圖は下圖(東京中央電信局)を電送せるもの。  
左上の圖は電送せる寫真の一部(矢で示す部分)を擴大せるもの。



### §8. 寫眞電信

寫眞・繪畫又は文字を電氣的に遠隔の地に傳へるものが寫眞電信である。

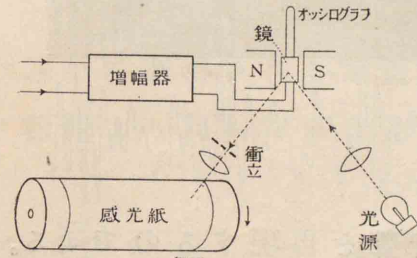
送信所では、原畫(又は寫眞の陰畫)を圓筒に捲附け、これ



を一定の速度で廻轉しつゝ、軸の方向に前進させる。この畫面に、光源よりの光をレンズで集めた一光點を當てると、この部の濃淡に應じ反射光線(又は透過光線)はその強さを異にして光電管に入る。實際は、レンズと光源との間に毎秒 1500 回、光を斷續する有齒圓板と特殊の形狀を有する孔隙とがあつて、波形の變化をなす光量が畫面に送られる。反射(又は透過)による變調光度は、光電管によつて相應變化の電流に換へられ、増幅されて受信所に送られる。

受信所では、受信電波を増幅して、オッシログラフといふ装置に通ずる。オッシログラフの

鏡は變化電流の強さに應じて傾くから、鏡に光源よりの光點を投げ、又適當な衝立(光點と同じ幅を持つ)を置けば、鏡の傾斜の大小に應



じて、衝立から左右の外側に洩れる光量に大小を生ずる。この光量をレンズで集め、暗箱内の廻

轉圓筒に捲かれた感光紙に當てると、感光度はこの光量の大小に關係するので、原畫が再現される。送受信所の兩圓筒を同じ速度に即ち同期的に動かす装置を要する。

### §9. 發聲活動寫眞 (トーキー\*)

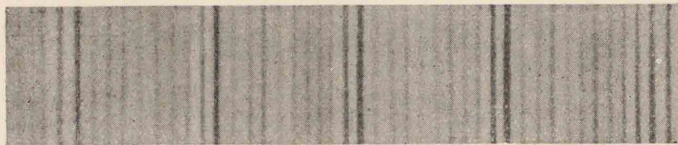
フィルム式發聲活動寫眞では、映畫のフィルムの一縁(數耗の擴がりをもつ)に、音波を表はした濃淡の縞が記録されてゐる。映寫する場合には、光電管を備へた映寫機を必要とする。

光をレンズによつて集め、フィルムを透し、縞

\* talkie—talking moving picture の略。音の記録に、長短の條を以てする式もある。

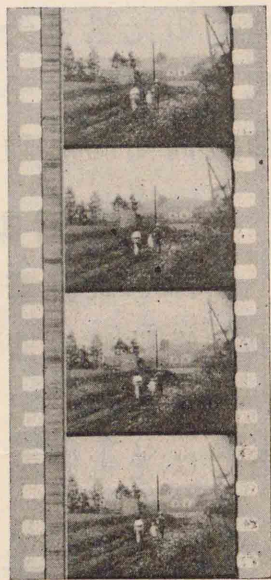


の濃淡に應じてその強さを變ぜしめ、これを光電管に送る。光電管の發生電流は増幅さ



れ、擴聲器によつて音聲を再現するのである。それで撮影の時と同じ速さでフィルムを動かさねばならぬ。

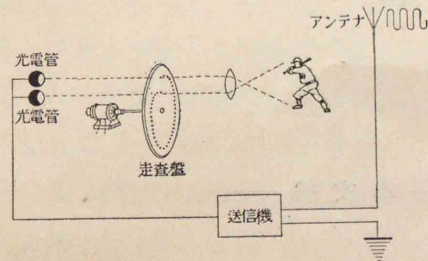
音波を記録するには、マイクロフォンによつて音波を相應電氣振動に換へ、この變化電流を増幅し、これにより一つの光源の光度に強弱を起させ、この光を $\frac{1}{10}$  耗位の細隙を通じて、一樣の速さで動くフィルムの縁に當てて、縞を印するのである。圖の左にある縞がそれである。



## § 10. テレヴィジョン

遠方にある活動する物體を電氣的に視るものが、テレヴィジョン\*である。

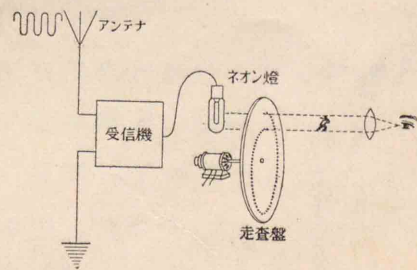
テレヴィジョンの送影装置には、電動機により速かに廻轉される、走査盤といふ圓盤がある。物體より反射される光をこの圓盤の小孔の



數だけの細い部分に分ち小孔を通して、順次速かに光電管に送る。光

電管はこの都度光の強さに應じて電流を生じ、電流の變化が無線送信機回路によつて受影所に送られる。

受影装置では、受信回路よりの電流の變化に應じてネオン燈の光度が變



\* television—遠視の意。テレヴィジョン受影装置に陰極線管を用ひたものもある。



化し、送影装置の走査盤と同数の小孔を有し且同期的に廻轉する走査盤のその小孔を通じて燈を見ると、物體から反射された光に相應する強さの光が、同じ順序、同じ速さで眼に入るので、實物を見るのと同じ感じを起す。

— 本文終 —



## 緒 論

### [練習問題] 1.

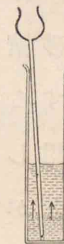
1. 物指を用ひて物體の長さを測定する時の注意如何。
2. C·G·S·單位の便利な點を説明せよ。
3. 比重と密度との差異及び關係を述べよ。
4. 長さ50厘、幅30厘、厚さ20厘の直六面體の木材の質量15匁なる時、その密度及び比重如何。
5. 銅(比重8.9)500瓦と金(比重19.3)750瓦とより成る合金の比重を問ふ。

## 第一篇 物 性

### 第一章 物質の通性

#### § 3. 擴散・滲透

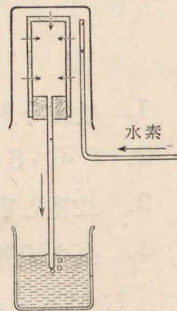
**實驗 1.** 硝子圓筒に着色したアルコールを入れ、漏斗の下口を器底に達せしめ、靜かに漏斗に水を注入すれば、初め水はアルコールを押上げて、上下の層に分れる。然し時を経るに従つて、二液の境界は不分明となり、數日の後には全く相混じてしまふ。





かやうに、直接に相接觸する二液が自然に混和する現象を**擴散**といふ。二種の氣體も亦擴散する。この例を挙げよ。

**實驗 2.** 素焼の圓筒に、硝子管を挿したゴム栓を施し、それを倒立して、硝子管の端を圖のやうに水槽中の水に浸し、圓筒を硝子鐘で蓋ひ、鐘内に水素を送れば、圓筒内の空氣は泡となつて水中から出る。



これは、素焼圓筒内の空氣が器壁を透して出るよりも、水素の入り込む量が多いためである。

かやうに、**隔膜**を液體又は氣體の分子が通過することを、**滲透**といふ。血管壁を透して酸素と炭酸ガスとが交代し、ゴム風船の膜を透して水素と空氣とが入れ換はるのは、皆滲透作用である。

砂糖や食鹽など結晶體の溶液は、膜を通過して滲透するが、膠や糊などは、膜を通らない。この性質を利用して、結晶性物質と非結晶性物質とを分離することが出来る。これを**滲透分析**といふ。

**圖 1.** 氣體では液體に於けるよりも、擴散滲透が速

かに行はれるのは何故か。

**圖 2.** 擴散作用は、吾等の生活上又は衛生上如何なる効果があるか。

[練習問題] 2.

1. 茶碗の割れ目を手で合はせても、接合しないのは何故か。
2. 郵便切手を貼附するのに、濡らさなければ附着しないのは何故か。又乾かなければ剥げ易いのは何故か。
3. 衣服に附いた蠟は、吸取紙でこれを蔽ひ、その上から熱い鋏を當てると取れる。何故か。
4. 大氣の各成分がその比重を異にするのに拘らず、層に別れないのは何故か。
5. 長さ20種、ゼンマイ秤に100瓦の物體を吊したのに、25種に延び、他の物體を吊したのに40種に延びたといふ。後の物體の重さ幾何。

## 第二章 液 體

### § 7. 比重の測定

[1] 水より重い固體 (第一篇22頁)

[2] 水より軽い固體 重さ $W$ の物體に水中での重さ $w$ なる錘を附け、これとともに水中に沈めて、この重さを測り $W'$ を得たとすれば、物體の比重 $s$ は次の式で與へられる。

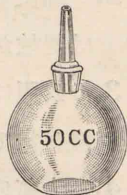
$$s = \frac{W}{W + w - W'} \quad (1)$$



## [3] 液體

(1) 浮秤を用ひる場合 (第一篇22頁)

(2) 比重瓶を用ひる場合 比重瓶の栓には細孔があるので、瓶内に液體を充たし、栓をすると、餘分の液體は溢れ、内部に一定體積の液體が充たされる。この時全體の重さ $W$ を測り、次に瓶だけの重さ $w$ 及び水を充たした時の重さ $W'$ を測れば、液體の比重 $s$ は次の式で與へられる。



$$s = \frac{W-w}{W'-w} \quad (2)$$

(3) 重い固體を用ひる場合 液體の比重を $s$ 、この液體及び水に溶けない重い固體の重さを $W$ 、水中での重さを $W'$ 、液體中での重さを $W''$ とすれば、次の式を得る。

$$s = \frac{W-W''}{W-W'} \quad (3)$$

(4) 連通管を用ひる場合 (第一篇18頁)

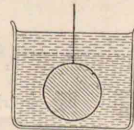
問 1. 上の公式(1)-(2)-(3)を證明せよ。

問 2. 純良な牛乳の比重は1.03であるといふ。今或牛乳に直圓柱を入れたら、高さ12糎だけ沈み、これを水中に入れたら、12.2糎だけ沈んだといふ。計算の理由を附してこの牛乳の純否を定めよ。

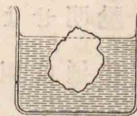
## [練習問題] 3.

- 海面より7米下にある船底に5平方糎(糎<sup>2</sup>とも書く)の孔が出来た。この孔に板を當てて水の浸入を防ぐには、幾斤の力を要するか。但し海水の比重を1.02とする。
- 水中にある石を綱で吊上げやうとする時、石が水際に来ると綱が切れることがあるのは何故か。
- 空氣中で45斤を支へることが出来る人は、水中では幾斤の石を支へることが出来るか。但し石の比重は2.5とする。
- 厚さ8糎の板が、3糎だけ水面に出て、浮いてゐる。この板の比重は幾らか。
- 船が淡水から鹹水に入る時、吃水線は如何に變はるか。
- 容器に入れた水の中に、重さ300瓦の鉛塊を糸で吊下げる時は、容器の底に及ぼす水壓の變化如何。但し鉛の比重は11.4とする。

[注意] 鉛の重さ300瓦から $300 \div 11.4 = 26.3$ 瓦を引いた残りの重さは、糸によつて支へられてゐる。



- 氷(比重0.92)500立方糎(糎<sup>3</sup>とも書く)が融けて水となれば、この體積は何程となるか。
- 器に冷水を入れ、氷片を浮べる時、氷が融けるに従つて水面の位置は變はるか。理由を附して答へよ。
- 比重0.8、質量100瓦の木片を、水中に全く押沈めるには、





何程の力を要するか。

10. 金剛石と金とより成る指環を空気中と水中とで測り、夫々 80.5 瓦と 75.5 瓦とを得た。金剛石と金との比重は夫々 3.5 と 17.5 とであるとする。指環には幾瓦の金剛石が附いてゐるか。

11. 比重 9 なる金属塊がある。内部に空隙があるため、空気中では重さ 810 瓦、水中では 715 瓦あつたといふ。空隙の體積を求めよ。

### 第三章 氣 體

#### § 3. ポンプ

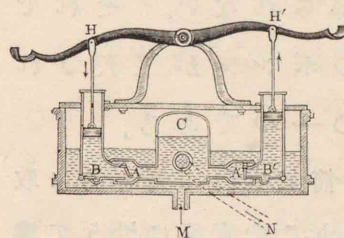
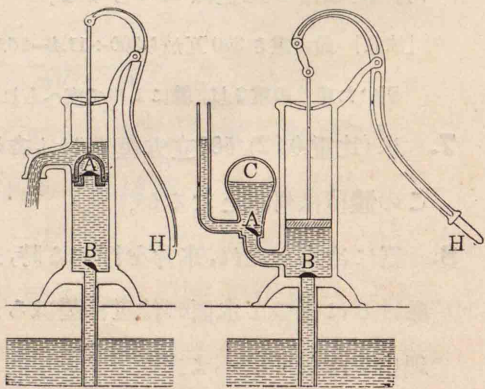
水ポンプは、氣壓を利用して低所の水を高所に移す機械で、これに吸上ポンプと押上ポンプとがある。

☐ 吸上ポンプ

押上ポンプの構造及び作用を、圖について説明せよ。

普通に用ひられる消火ポンプ

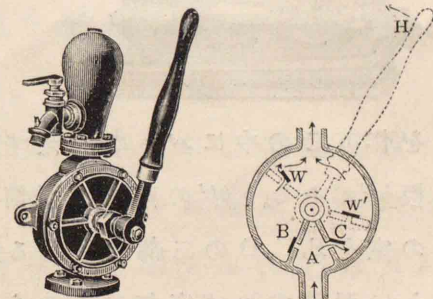
は、一箇の空氣室に連結する二箇の押上ポンプを交



互に働かして、水を連続的に且強く噴出させるやうにしたものである。

又家庭に用ひられるウイ

ングポンプの要部は、下圖のやうになつてゐる。柄Hを左右に動かすと、これに連絡する太鼓胴内の兩翼W, W'が左右で上下して、兩室B, Cの大きさを交互に變ずるので、この兩翼に附いてゐる二瓣とAの兩壁の瓣とが交互に開閉して、水はAからB又はCを通り、上の口から押出されるのである。

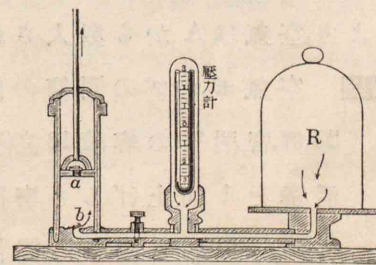


空氣ポンプの要部は、吸上ポンプと同じで、

活塞を上下して密閉器内の空氣を排除するものである。

このポンプでは、器内の空氣が稀薄にな

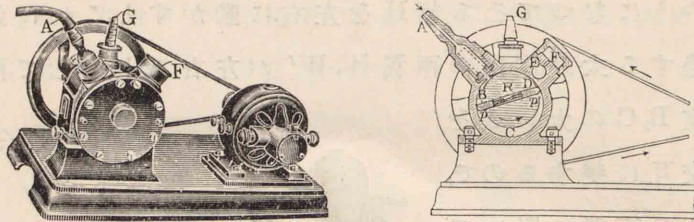
るにつれて壓力が減じ、瓣を動かす作用が弱





まるので、高度の真空は得られない。それでこの缺點を除いた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。

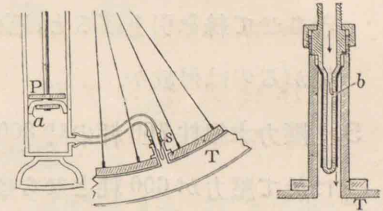
廻轉式ポンプの要部は、圓筒氣室内に偏心的に取付けられた廻轉圓柱 R があり、この直徑に沿うて溝



を作り、この中にバネで絶えず外方に押されてゐる板  $pp'$  がある。  $pp'$  の兩端は圓筒氣室の内壁に觸れ、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、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 E, F を經て G から吐出される。かくして R の廻轉により、空氣は A から吸入され、G から排出される。

**問** 空氣ポンプの圓筒の内徑 10 厘、活塞の動く距離 25 厘、密閉器の容積 10 立(壓力 1 氣壓とする)ならば、活塞を 1 回上げると密閉器中の壓力は幾らになるか。但し密閉器と圓筒とを連結する細管の容積はないものとして計算せよ。

空氣ポンプの瓣を、反對の方向に開くやうに取附ければ、活塞を上下することによつて、空氣を密閉器中に壓入することが出来る。



かゝるポンプを壓縮ポンプといふ。上圖に示すのは、フットボールや自轉車自動車のタイヤなどに空氣を壓入するに用ひられる壓縮ポンプである。

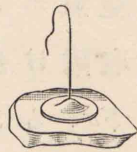
壓縮ポンプによつて得られる壓縮空氣は、汽車・電車のブレーキ、電報の氣送及び鋳縮機・鑿岩機・魚形水雷等の動力用として、近來甚だ廣く用ひられてゐる。

#### [練習問題] 4.

1. 天秤の一方の皿に木片を載せ、他方の皿に眞鍮の分銅を載せて釣合はしたものを、真空鐘内に入れると、如何なる變化が起るか。
2. 水を充たしたコップに紙の蓋をし、コップを倒にしても水が流れ出ない理如何。
3. サイフォンが働き得るためには、その兩脚の長さに制限があるか。理由を附して答へよ。



4. 圓形の革の中央に絲を附け、革を石に密着させて絲を上げると、石は革とともに揚がるのは何故か。



5. 壓力水銀柱 760 耗の時 300 立方糎の空氣がある。同溫度に於て壓力が 600 耗とならば、體積は何程となるか。
6. 或室内の溫度は變はらないで、壓力が水銀柱 770 耗より 760 耗に減じたといふ。室内の空氣の何分の一が室外に出たか。
7. 上端を閉じた長さ 20 糎の管に錘を附けて海底に沈め、これを引上げて檢べたのに、水は管の  $\frac{1}{2}$  の所まで浸入したことがわかつた。海の深さ幾米か。但しこの時の氣壓は水銀柱 760 耗、水銀の比重は 13.6、海水の比重は 1.02 とせよ。
8. 空氣ポンプの密閉器と細管の容積を  $V$ 、圓筒の容積を  $v$ 、密閉器内の最初の壓力を  $p_0$ 、活塞を  $n$  回引上げた後の壓力を  $p$  とすれば、次の關係があることを證明せよ。

$$p = p_0 \left( \frac{V}{V + v} \right)^n$$

## 第二篇 熱

### 第一章 熱 量

#### [練習問題] 5.

1. 比熱 0.11 の物質 150 瓦を溫度  $80^\circ$  より  $230^\circ$  まで熱するに要する熱量如何。
2.  $50^\circ$  の風呂湯の溫度を  $43^\circ$  にするには、 $15^\circ$  の水を幾% 加へればよいか。
3.  $80^\circ$  の銅(比熱 0.095) 20 瓦を  $10^\circ$  の水 100 瓦中に入れれば、溫度は幾度となるべきか。
4. 高溫度の物體は同狀態の低溫度の物體より常に多量の熱を含有すると云ひ得るか。

### 第二章 熱の作用

#### (I) 膨 脹

#### [練習問題] 6.

1. 罎の、固い栓を抜くのに、これを温める理如何。
2. 溫度  $0^\circ$  に於て正しい鉄製の尺度で、 $16^\circ$  の時或物體の長さを測つたら、53.72 糎あつたといふ。この物體の  $16^\circ$  に於ける眞の長さは幾らか。但し鉄の線膨脹係數は 0.000012 である。
3. 眞鍮の圓板がある。この面積は溫度  $10^\circ$  で 600 平方糎ある。これを  $196^\circ$  に熱すると、面積が 604 平方糎となる。然ら



ば眞鍮の線膨脹係数は幾らか。

4. 寒暖計の球を湯に入れると、最初は少し水銀柱が降り、後に昇るのは何故か。
5. 液面に浮ぶ物体がある。兩者の温度が同じやうに上昇して、物体は前よりも多く沈んだといふ。如何なる理由によるか。
6. 深さ20米の池底より水面に浮び出る気泡がある。池底の温度  $4^{\circ}$ 、水面の温度  $20^{\circ}$  なる時、気泡の體積は如何に變はるか。但し外氣壓を1氣壓とする。

## (II) 状態の變化

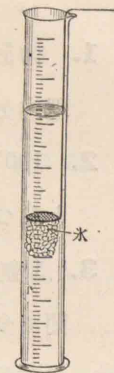
### § 1. 融解・凝固

(1) 溶液の凝固點及び合金の融解點 或溶媒に他の物質を溶かした溶液では、通常この凝固點は溶媒の凝固點よりも低い。海水が  $0^{\circ}$  以下で氷結するのは、この例である。又一般に合金の融解點は成分金屬の何れよりも低い。ウツドの合金や白鐵はこの例である。

(2) 融解・凝固と體積の變化 多くの物質は融解の際にはその體積を増し、凝固の際には減ずるものであるが、これと反對のものも

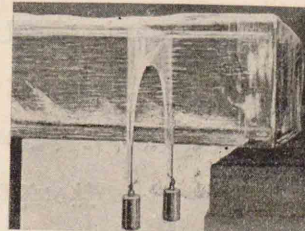
ある。水・蒼鉛・アンチモンなどは後者の例である。

**實驗** 圖のやうに刻度圓筒中の水中に氷を沈め、これが融解する時、その水面が降るのを見よ。



冬期結氷により、水を入れた瓶や水道の鉄管などが破壊されたり、岩石が崩壊するのは、皆水の凝固する際膨脹するためである。活字金(鉛・アンチモン・錫の合金)で鮮明な活字が得られるのは、凝固の際に體積の變化が少いからで、又鉄が鑄物に適するのは、凝固の際に膨脹するからである。

**問** 凝固する時體積の膨脹するものは、壓力を加へると融解點は降る。圖のやうに氷塊に、細い針金をかけて錘を吊すと、氷は針金の及ぼす壓力のため融けるが、針金が氷塊を通過すると、再び凍りつく。これを復氷といふ。このことから、暖かい雪の日に雪達摩の作り易い理を考へよ。





## [練習問題] 7.

1. 物を冷すには  $0^{\circ}$  の氷と、 $0^{\circ}$  の水との何れが有効か。この理由をも併せ答へよ。
2.  $100^{\circ}$  の熱湯と  $0^{\circ}$  の氷との等質量を混じたのに、温度は  $10^{\circ}$  となつた。氷の融解熱を問ふ。
3. 1 気圧に於て  $0^{\circ}$  の氷 100 瓦を絶えず一様に熱したら、4 分間で全く溶解し、尙 5 分を経て沸騰點に達したといふ。氷の融解熱を問ふ。
4. 温度  $0^{\circ}$  の氷塊中に  $90^{\circ}$  の銅塊 200 瓦を入れたのに、氷 21 瓦を融かしたといふ。銅の比熱を求めよ。
5. 醤油・酒等の凍り難いのは何故か。
6. 富士山頂の氣壓を水銀柱 488 耗とし、直徑 30 厘の釜の蓋に幾何の重さを載せる時、釜の中の水が平地に於けると同じ温度で沸騰するか。
7. 鉄瓶内の水が沸騰しつつある。その口より噴出する水蒸氣が、遂に認め難くなるまでの徑路を説明せよ。
8. 1 気壓の下に於て  $0^{\circ}$  の氷 1 瓦を  $100^{\circ}$  の水蒸氣にするには、幾カロリーの熱が必要か。
9. 熱帯地方では、素焼の瓶に水を充たして蓋をし、夜中風當りの良い所に置いて、著しく冷えた水を得るといふ。素焼の面から水の蒸發することから、この理由を考へよ。
10. 蒸氣で甚く火傷するのは何故か。

## 第三章 大氣の乾濕

## [練習問題] 8.

1. 空氣の温度同じきも、湿度の大なる時の方が、蒸し暑く感ずるは何故か。
2. 眼鏡を掛けたまゝ浴室に入り、又は冷蔵庫から出ると、眼鏡が忽ち曇るのは何故か。
3. 氷山が屢々濃霧に圍まれ、夏、冷水を入れたコップの外側に水滴が生ずるのは何故か。
4. 暖かい室内と寒氣の強い室外との境界をしてゐる窓硝子に、多量の水滴が出来る理由を問ふ。
5. 驟雨が比較的午後に多いのは何故か。
6. 暖流と寒流との相合する地方に霧が多く出来る理由を問ふ。
7. 空氣の温度が  $33.7^{\circ}$  で露點が  $20.4^{\circ}$  なる時、その湿度幾何なるか。

温 度	$20^{\circ}$	$21^{\circ}$	$33^{\circ}$	$34^{\circ}$
水蒸氣の最大 壓力(水銀柱耗)	17.4	18.5	37.4	39.6



## 第三篇 光

## 第一章 光 線

## § 1. 光の速さ

光の速さは毎秒約30萬軒といふ極めて速い速さであるが、例へば太陽の光が地球に達するには平均8分19秒を要し、北極星から地球に達するには約47年を要する。かやうに天體間の距離は大であるから、天文学では光の一年間に通過する距離 $9.5 \times 10^{12}$ 軒を距離の単位に取り、これを1光年といふ。

問 太陽と地球との距離は幾軒あるか。

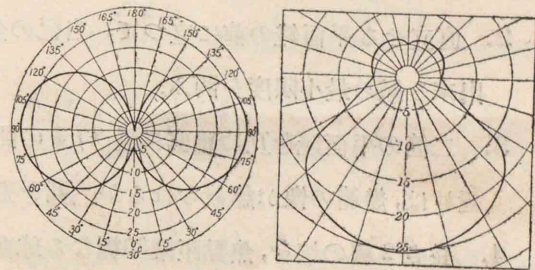
## § 4. 光 度

電氣事業法施行規則に定められた1燭光は、氣壓水銀柱760軒の時毎立方米8立の水蒸氣を含有する空氣中に於て燃焼する、ハーコート10燭光ペンテーン燈の光力(光度)の $\frac{1}{10}$ である。通常の西洋蠟燭一本の光度は約1燭光である。

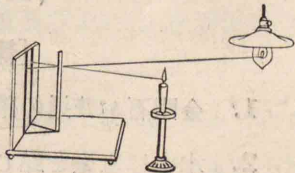
強い光が直接眼に入ると、物體は見難いし、

視力を害する。室内の照明には、ランプの種類や位置を適當に選び、強い光の直接照射を避けなければならない。電球にツヤ消硝子・乳色硝子を用ひるのは、このためである。

圖の左は、タングステン電燈の中央を通る鉛直面内に於ける光度の分布を示すグラフで、右は、同じ電燈に反射笠をかけた場合に於ける光度の分布を示すグラフである。これ等を配光曲線といふ。



## [練習問題] 9.

1. 日光により電柱は黒い影を地上に投ずるが、その電線はさうでない。何故か。
2. 棒の影の黒さが等しくなるやうに調節して、二つの光源の光度を比較する光度計がある。この原理を問ふ。  

3. 16燭光の電燈が60軒の距離にある衝立上に生ずる明るさと同一の明るさを、5燭光の電燈を以て生せしめるには、これを衝立より幾軒の距離に置くべきか。



## 第二章 光の反射及び屈折

## (I) 反 射

## [練習問題] 10.

1. 硝子窓を透して外から内を覗くと、自己の像をも見るが、内から外を見る時は、外の景色だけしか見えぬ。何故か。
2. 直立せる平面鏡の前に立つて、自己の全身を見ることの出来る鏡の最小限度を問ふ。
3. 二箇の平面鏡を互に垂直に置き、その間に一つの物體を置けば、幾箇の像が認められるか。圖を畫いて説明せよ。
4. 長さ2種の焰を、焦點距離30種なる球面凹鏡の前方36種の距離に置いた時、この鏡によつて生ずる像の向き、位置及び大きさを求む。
5. 半径45種の凸面鏡の中心より15種の所に、長さ5種の物體を立てる時、像の種類、位置、大きさを求めよ。

## (II) 屈 折

## [練習問題] 11.

1. 金剛石が普通の硝子よりも輝いて見えるのは何故か。
2. 水中に電燈を点じ、空气中よりこれを窺ふに、その光を認め得ない場合があるか。理由を附して答へよ。
3. 光が甲媒質より乙媒質に入る時、入射角が $45^\circ$ なる時は屈折角は $30^\circ$ であるといふ。然らば光が乙物質より甲物質に

出る時全反射を生ずる臨界角如何。

4. 焦點距離12種の凸レンズを以て、これより120米の距離にある煙突を寫したのに、長さ3種の像を得た。煙突の高さを問ふ。
5. 凸レンズを光源より遠ざけると、この實像が光源と反対側の衝立上に二度現はれることを説明せよ。
6. 焦點距離14種なる凸レンズを用ひて、燭火の像を壁上に生せしめんとする。燭火と壁との距離225種なる時は、レンズを如何なる位置に置くべきか。又像と實物との大いさの比如何。
7. 焦點距離5種の凸レンズを以て、物體の大いさの10倍の虚像を作らんとする。物體を如何なる位置に置くべきか。
8. 焦點距離1米の凸レンズの後方0.5米の所に、レンズの軸に垂直に平面鏡を置く時、レンズの前方2米の所にある光點の像は何所に生ずるか。
9. 焦點距離10種なる凹レンズの前方15種の所に、長さ4種の物體を置いて生ずる虚像の位置及び大きさを算出し、且これを作圖せよ。
10. レンズAの前方60種の所に物體を置けば、レンズの後方30種の所に像を生じた。今他のレンズBをAと重ねて置いたら、物體の像は、物體とレンズとの中央に移つたといふ。レンズBは凸レンズであるか、凹レンズであるか、又焦點距離は何程であるか。



## 第三章 光學機械

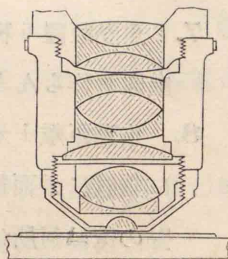
## § 6. 顯微鏡

顯微鏡は1590年ヤンセンによつて發明された。當時レンズの色収差(補充篇26頁)を除く方法が知られなかつたため、廓大度の大きなものは作ることが出来なかつた。然るにその後1885年アッペの考案により、螢石を用ひた色消レンズ所謂**アポクロマート**を顯微鏡の對物レンズに使用するに及び、殆ど完成の域に達した。

現今、アポクロマートを使用する最も精巧な顯微鏡では、その倍率2000倍を越え約0.00015耗の物體まで認め得るやうになつた。

光はこれより更に微細な物體に當たると、充分反射し得ないから、この程度は理論上この種の顯微鏡で見得る極限に近い。

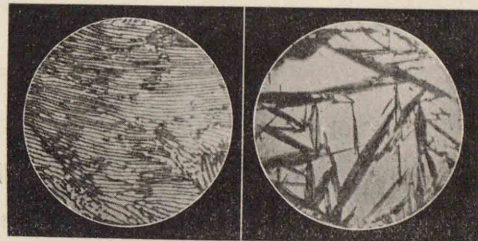
顯微鏡の應用の範圍は實に廣く、これによる細菌の發見や細胞の研究が、如何に醫學及び生物學に貢獻したか、又これによる物質構造に関する知識が、如何に結晶及び物質材料



の研究に資したかは到底枚舉に<sup>いとま</sup>違がない。

金屬の表面をよく磨き、適當な酸で腐蝕した後、顯

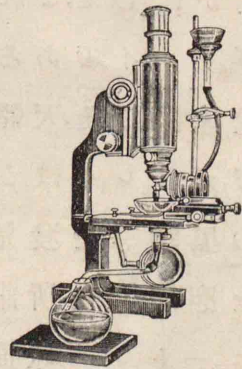
微鏡でこれを見ると、種々の組織がわかる。これは、金屬が普通、小結晶の集合であり、その向きによ



鋼の顯微鏡寫眞 鋼を700°に熱したる時(左)、700°以上から急に冷した時(右)。

つて酸に侵される度が異なり、従つて光を反射する狀況が異なるためである。

暗室に日光を導き入れると、通路に浮游する塵埃が見られる。この理に基づき、物體の背景を暗くし、これを側方から照らして觀察する**限外顯微鏡**が考案された。これによれば、普通の顯微鏡では窺ひ得ない微細な物體(光波の波長の $\frac{1}{100}$ 程度)まで検出し得るので、有名な**ブラウン運動**も、この顯微鏡の案出以來研究大いに進み、こ

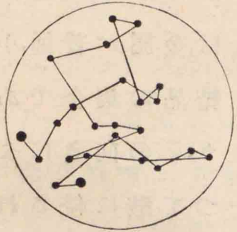


\* 植物學者。



れによつて分子の運動しつゝあることが立證され、又膠質に関する多くの研究をも完成せしめるに至つた。

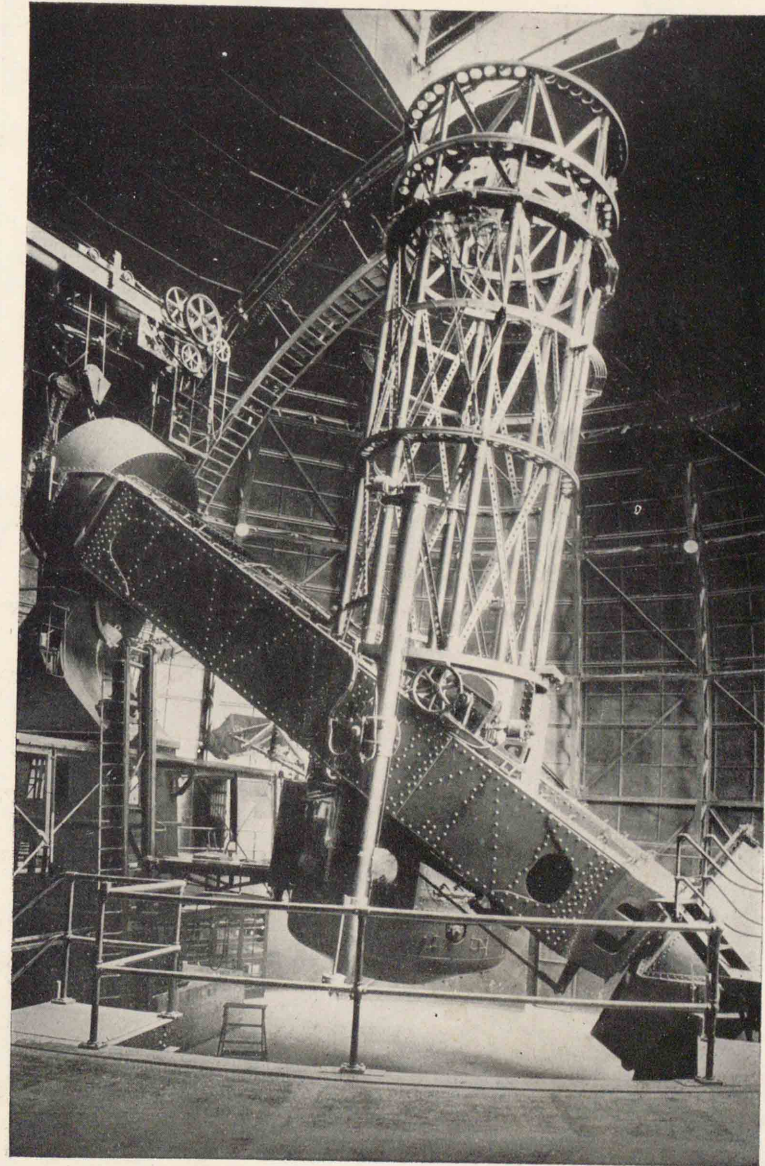
ブラウン運動とは、水中に浮ぶ花粉や雄黄(黄色繪具)などの微粒子が、絶えず屈進運動するをいふ。これは、粒子に衝突する液體分子の及ぼす壓力が、各方向には等しくないために起る現象で、粒子が小さい程運動は活潑である。



## § 7. 望遠鏡

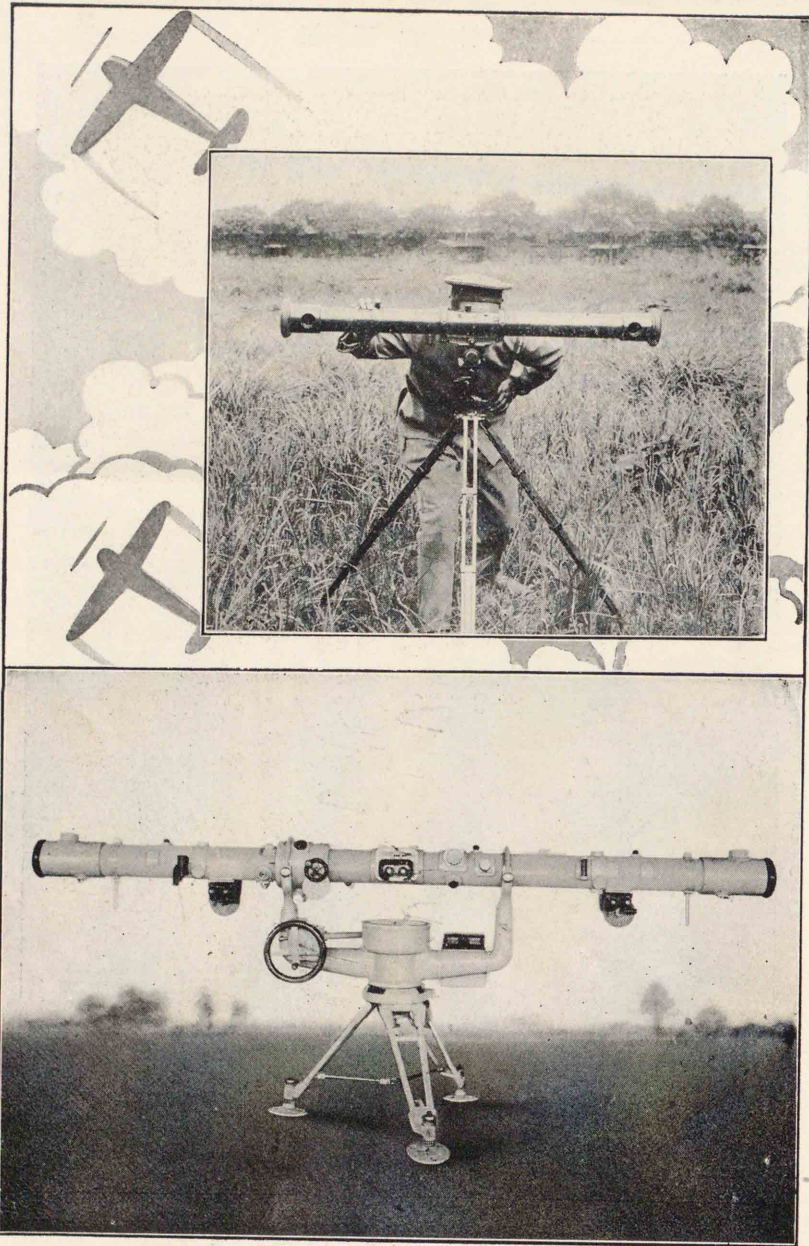
望遠鏡は、1608年眼鏡製造家リッペルシェーの發明によると傳へられてゐるが、その原理を明かにして、これを天體觀測に使用したのは、ガリレイである。彼の考案になるガリレイ望遠鏡こそ、天體に向けられた最初の望遠鏡で、ガリレイはこれによつて木星の衛星、太陽の黒點等を發見した。これはレンズの屈折を應用した所謂屈折望遠鏡であるが、次いでニュートンは、球面鏡の反射を應用し、反射望遠鏡を發明した。

反 射 望 遠 鏡

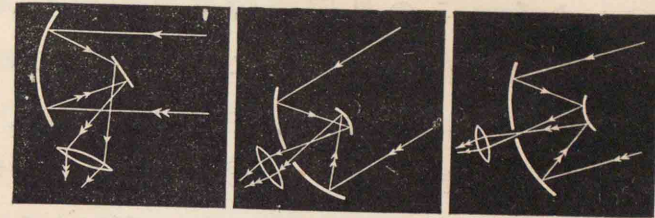


ウィルソン天文臺の 254 厘米反射望遠鏡





一米測遠機(上圖)と三米測高機(下圖)



望遠鏡によつて生ずる物體の像は、對物レンズ又は反射鏡の直径の大なるもの程明るいから、世界各國の天文臺では、小さな星まで認め得るやうに、競うて口径の大きな望遠鏡を備へてゐる。現今世界最大の屈折望遠鏡は、ロシアのニコライエフ天文臺にある105呎の望遠鏡で、又反射鏡の最大なるものは、ウイルソン山天文臺の100呎(254呎)望遠鏡である\*。

屈折望遠鏡と反射望遠鏡とは、各その特色を異にし、天體の位置を正確に觀測するなどには、屈折望遠鏡が用ひられ、天體物理學上の諸研究例へば寫眞撮影・分光學的研究・溫度測定等には、反射望遠鏡が用ひられる。

望遠鏡の發明によつて、吾等の天體に関する知識は著しく廣められ、宇宙の創生及びその進化など、大自然の秘密まで次第に闡明さ

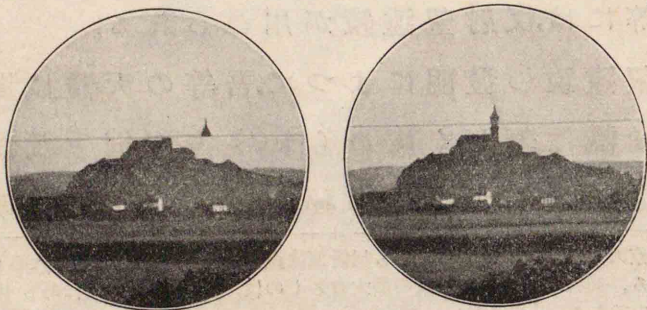
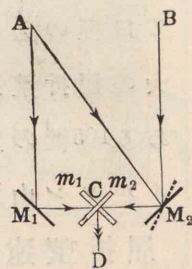
\* 東京天文臺に取附けられてある屈折望遠鏡は、直径65呎で、我國最大のものである。又我國に於て反射鏡の最大なるものは、京都花山天文臺にある46呎のものである。



れつゝある。この外、望遠鏡は遠距離の測定、陸地の測量、銃砲の照準等に用ひられてゐる。

軍事上には特殊の望遠鏡が工夫されてゐる。既に述べた潜望鏡はその一つで、又遠方にある物體までの距離を測定する測距儀もその一種である。

測距儀の原理は、圖の如く、二つの平面鏡  $M_1, M_2$  を、その中央を結び附ける直線に  $45^\circ$  の傾きをなして相對せしめ、この中點  $C$  にも二つの平面鏡  $m_1, m_2$  を上下に接置し、 $m_1$  は  $M_1$  に、 $m_2$  は  $M_2$  に對向して、何れも  $M_1M_2$  線と  $45^\circ$  の傾きをなしてゐる。それで、遠方にある物體に平面鏡  $M_1, M_2$  を向けると、 $M_1, M_2$  に入射する光線  $AM_1, BM_2$  は互に平行すると見なされる故、 $M_1$  及び  $m_1, M_2$  及び  $m_2$  により反射された光線は、 $CD$  の方向に進み、上下の鏡に生ずる物體の像は連続して見える。



然るに近距離の物體  $A$  に向ける時には、 $M_1, M_2$  に入射する光線  $AM_1, AM_2$  は平行でないから、物體の像は上下連続しないで喰違つて見える。そこで  $M_2$  を少しく廻轉すると、 $M_2$  及び  $m_2$  で反射された光が、 $CD$  の方向に進み、上下の像が連続して見えるやうになる。

鏡  $M_2$  の廻轉角を  $\theta$  とすれば、

$$\angle M_1AM_2 = \angle AM_2B = 2\theta$$

$$\therefore AM_1 = M_1M_2 \cot 2\theta$$

故に、 $M_1M_2$  と  $\theta$  とから、距離  $AM_1$  が知られる。

#### [練習問題] 12.

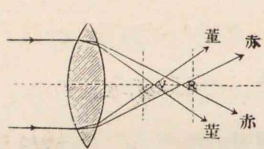
1. 水中では焦点距離(空気中での)の極めて小さい凸レンズを用ひないと、物體を明瞭に見ることが出来ない理如何。
2. 明るい戸外より屋内に入ると、暗く感ずるのは何故か。
3. 明視距離 15 糎の人及び明視距離 40 糎の人は、幾デオプターの眼鏡を用ふべきか。
4. 顕微鏡の倍率は、鏡筒の長さを變へれば變ずる。この理由を問ふ。
5. 望遠鏡と顕微鏡との差を説明せよ。
6. 遠方の物體が明瞭に見えるやうに調節された望遠鏡を用ひて、比較的近い所の物體を見るには、對物レンズと對眼レンズとの距離を如何に變ずべきか。又この理由を併せて述べよ。



## 第四章 光の分散

## § 2. レンズの色収差

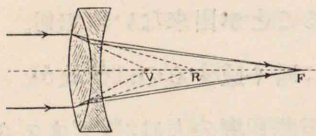
レンズに、日光のやうな複光を投射すると、分散のため、屈折率の小なる赤色光は、レンズより遠い所に



焦点を結び、屈折率の大なる青色光は、近い所に焦点を結ぶ。

よつてレンズにより物体の像を生ずる場合には、その像の周囲に色の縁を見る。

かゝる現象をレンズの色収差といふ。これは像を不鮮明にするので、諸種の光學器械ではこれを除く



ために、色消レンズを用ひる。

色消レンズは、屈折率の異なるクラウン硝子とフリント硝子とを、球面半径を適當にして組合はせて作る。

## [練習問題] 13.

1. 電燈の光を赤硝子を受けてその反射像を見ると、赤色及び白色の二像を認める。その理由を問ふ。
2. 硫酸銅の青い結晶を碎くと、白みがゝる理如何。
3. 夜間燈火の下で見ると、晝間日光の下で見るとは、物体の色が異なる。何故か。
4. 繪具の混合とスペクトルの色の混合との相違することを、例を擧げて説明せよ。

## 第四篇 磁氣・電氣

## 第一章 磁 氣

## [練習問題] 14.

1. 磁石を吊し、この一極に他の強い磁石の同名の極を近づける時、吸引されることがあるのは何故か。
2. 鋼鉄棒の一端を磁針の一極に近づけたのに、この極は棒に引寄せられた。磁針のこのフレは、棒が既に磁化してゐたためか、又はこの際の感應によるものなるかを、檢べる方法如何。
3. 馬蹄形磁石がそれ自身でも磁氣を保存するのは何故か。
4. 磁針をゴルクに載せて水面に浮べると、磁針は北方又は南方に移動するか。
5. 磁石と帶電體とについて、相似た點と然らざる點とを説明せよ。

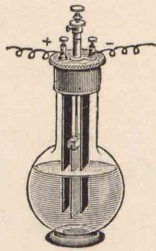
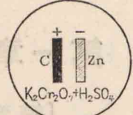
## 第二章 電 流

## § 5. 實用電池

(1) 重クロム酸電池 重クロム酸カリ 1, 硫酸 2, 水 10 の溶液中に、炭素板と亞鉛板とを對立させたものである。その電動力は約 2.1 ヴォルトで、強い電

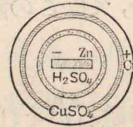


流を得るに適する。通常、使用しない時には、亜鉛板を液から引上げて置く。陽極の炭素板に生ずる水素は、重クロム酸カリのために酸化されて、分極作用を防ぐやうになつてゐる。この電池の重クロム酸カリのやうに、分極作用を防ぐ酸化剤を、**消極剤**といふ。

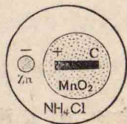


うになつてゐる。この電池の重クロム酸カリのやうに、分極作用を防ぐ酸化剤を、**消極剤**といふ。

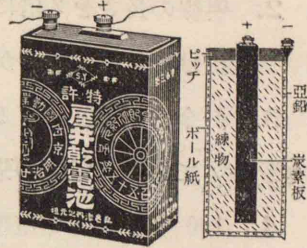
(2) **ダニエル電池** 硫酸銅の濃溶液を入れた器中に、稀硫酸を入れた素焼の圓筒を立て、硫酸銅の溶液中には銅板、稀硫酸中には亜鉛板を立てたものである。電動力は約 1.1 ヴォルトであるが、分極作用が殆どなく、電流の強さが一定なる特徴がある。



(3) **ルクランシェ電池** 塩化アンモンの濃溶液中に、炭素板の周圍に二酸化マンガんと炭素粒とを填めた素焼圓筒と、亜鉛棒とを對立させたもので、その電動力は約 1.5 ヴォルトである。この電池は、使用中に電流は衰へるけれども、これを断てば再び回復する。それで、電鈴電話等に多く使用される。



(4) **乾電池** ルクランシェ電池の變形で、圖のやうに亜鉛箱に、ボール紙を隔てて、鹽化アンモン・塩化亜鉛・二酸化マンガン・炭素粉・燒石膏等を水で煉つたものを詰め、この中に炭素板を挿入したものである。取扱の便利のため廣く用ひられる。これ等の電池は永く使用すれば、材料が消耗するため、電流は次第に微弱となり、遂に使用することが出来なくなる。



**[練習問題] 15.**

1. 二つの電池の電動力の、何れが大なるかを知る方法如何。
2. 同種の大なる電池と小なる電池とは、その働きに於て如何なる相違があるか。抵抗は如何。又流れる電氣の總量の點はどうか。
3. 起電機の電氣と電池の電氣との異同を、事實につきて論せよ。

**第三章 電氣抵抗**

**[練習問題] 16.**

1. 同質同長の二つの針金の電氣抵抗が、夫々 4 オーム及び 9 オームで、その太い方は切口の直径 1 耗である。細い方の



- 直径は何程か。
2. 導線の長さを2倍にし、切口の半径を半分にすれば、電気抵抗は如何に變ずるか。
  3. 針金の両端に於ける電位差が2.4ヴォルトで、抵抗が36オームである。電流の強さ如何。
  4. 100ヴォルトの電圧で0.4アンペアの電流を通ずる電球がある。この電気抵抗は幾オームであるか。
  5. 抵抗150オームで、0.8アンペアの電流を要する白熱燈を點するには、幾ヴォルトの電位差を要するか。
  6. 3オーム、5オーム及び6オームの抵抗ある三本の電線を並列につなぐ時の抵抗は、幾オームか。
  7. 同形・同大・同質なる  $n$  本の導線を並列に連結する時の全抵抗を求めよ。
  8. 0.8アンペアの電流を、途中で、抵抗20オーム及び80オームの二本の導線に分けて通せしめる時は、各電線を通ずる電流は幾アンペアなるか。
  9. 電動力1.08ヴォルト、内抵抗4オームの電池の兩極を、8オームの抵抗を有する電線で連結する時、電流の強さ幾アンペアなるか。
  10. 電動力1.9ヴォルト、抵抗2.5オームの電池の兩極を、導線を以て結んだのに、電流の強さが  $\frac{1}{10}$  アンペアであつたといふ。電線の抵抗を算出せよ。

11. 抵抗2オームと3オームの二本の針金を列に連れ、この兩端を電動力1.1ヴォルト、内抵抗1オームなる電池の兩極に結ぶ時、各々の針金及び電池を流れる電流の強さ幾何。
12. 外抵抗16オームの導線に0.5アンペアの電流を生ずるには、電動力1.8ヴォルト、内抵抗1.6オームの電池幾箇を用ひれば可なるか。
13. ブンゼン電池5箇を行につないで、或導線に電流を通じたのに、強さ7.2アンペアの電流を得た。同じ電線を用ひ、これ等の電池を列につなぐ時、強さ幾何の電流を得るか。但しブンゼン電池の電動力は1.8ヴォルト、内抵抗は0.2オームとする。

## 第四章 電流の作用

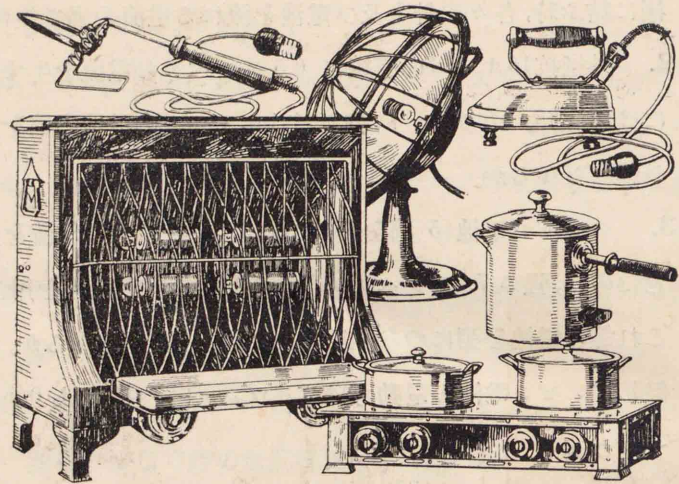
### (I) 熱作用

#### § 1. 電熱の應用

(1) 電熱器 ニクロム線の抵抗は、同じ太さの銅線の約70倍もある。よつてこれを導線として耐火性粘土の圓筒に捲附け、或は耐火性絶縁體中に納めて、電流を通ずると、多量の熱を發生させることが出来る。このやうな装置を電熱器といふ。電氣ストーヴ・電氣ヒ



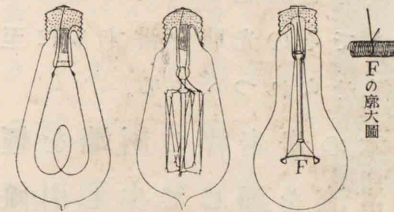
輪・電氣アイロン電氣湯沸等その種類が甚だ多い。



これ等の器具は、その取扱が簡単で、他の發熱装置のやうに炭酸ガス等有害なガスを發生することなく、又燃料の貯藏を要しないなどの特徴を有するので、近時一般家庭に用ひられるやうになつた。

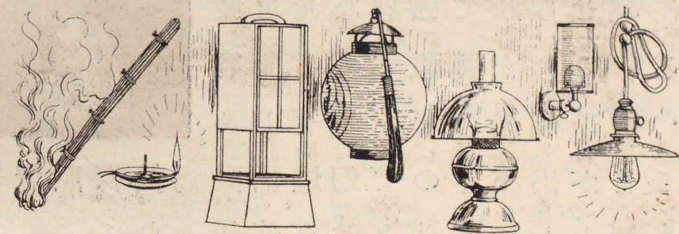
(2)白熱電燈 エドソンの發明したもので、炭素やタングステンの纖維<sup>フィラメント</sup>を硝子球内に封入し、その酸化を防ぐため球内を眞空にしたものである。これに電流を通ずれば、纖維は白熱されて光を發する。タングステン電球

は明るさの割合に電力を要しない(每燭光約1.25ワット)ので、廣く用ひられてゐる。近時ガス入電球と稱して、



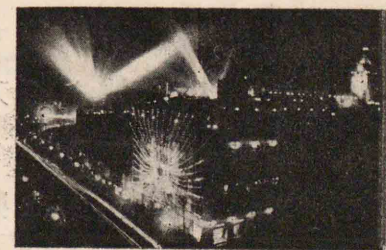
球内に數分の一氣壓の窒素・アルゴン等不活潑な氣體を

封入し、纖維の蒸發を防ぎ、光度と壽命との増進を圖つたものがある。



燈火は生活上缺くべからざるものであつたから、人類はこれが發明發達にあらゆる工夫を凝らした。

原始時代には、焚火の光が唯一の燈明であつたが、それより色々な變遷を経て、燈油・石油・炭酸ガス等が用ひられるやうになつた。

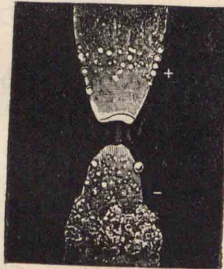


都市の照明

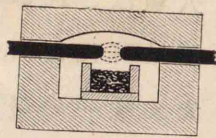


然しこれ等は何れも所謂燃料燈火に過ぎなかつた。電燈は全く異なつた發光法によるもので、その威力は遂に石油ランプ・瓦斯燈等を驅逐し、文明の都市はもとより、漸次山間僻地までその光明を浴するに至り、晝夜の差別は次第に徹せられつゝある。

(3) 弧燈・電氣爐 二本の炭素棒の兩端を軽く接觸し、これに強い電流を通じて少し引離すと、この間に弧狀焰(電弧)が生じ、棒の兩端は $3500^{\circ}$ 内外の高溫度に熱せられて強烈な光を發する。これが弧燈である。容易に數千燭光の光を生ぜしめることが出来るので、幻燈・活動寫眞探照燈等の光源として、電球と並び使用される。

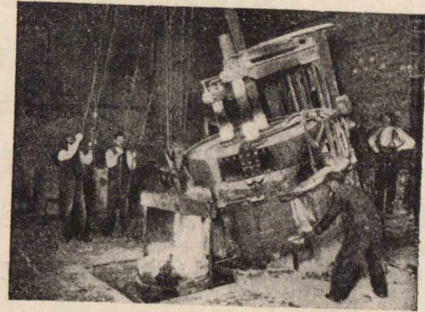


電氣爐の一種は、電弧の兩極間に發生する多量の熱を利用するもので、耐火性粘土或は生石灰等で作つた爐の中に、炭素棒を挿入して、これに強電流を送るやうになつてゐる。これは、ドイツの大工業を興したシーメンス\*に



\* シーメンス (1823-1883) ドイツの冶金及び電氣技師。兄ヴェルナーとシーメンス會社を建設した。

よつて、發明されたものである。近時カーバイト・カーボランダムの製造、鉄の精鍊等に用ひられ、工業上又實驗上重要なものとなつた。



或電氣爐によつて發生される溫度は、人工的に得られる最高溫度で、ダイヤモンドの人造に成功したのも、全くこの高溫度發生裝置の發明による。



電氣爐の他の種に、所謂抵抗爐と稱するものがある。これは電熱器と同じ原理により、抵抗の大なる導線に電流を通じて、生ずる熱を利用するものである。

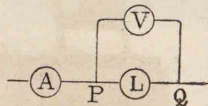
#### [練習問題] 17.

1. 電燈への導線は太く、ラヂオ受信器に用ひられる線が細い理由を問ふ。
2. 抵抗5オームの電線に2アンペアの電流を1秒間通する時、發生する熱量は4.8カロリーである。然る時は、8オ-



ムの抵抗ある電線中に 3.5 アンペアの電流を通する時に、毎秒発生する熱量は幾カロリーなるか。

3. 抵抗 100 オームの導線に 0.5 アンペアの電流を 1 分間通する時は、幾カロリーの熱量を生ずるか。
4. 或針金に 5 アンペアの電流を通じたのに、1 分間に 500 カロリーの熱を生じたとすれば、この針金の抵抗如何。
5. 100 ヴォルト、16 燭光のタングステン電燈 2000 箇所を点するのに、300 アンペアの電流を要する時は、1 燈の抵抗及び所要の工率各幾何なるか。
6. 圖の如く、一つの白熱電燈 L に電流を供給せる電路に、A なるアンペア計を入れ、L の兩端に抵抗 5000 オームの V なるヴォルト計をつないだのに、A は 0.42 アンペアを示し、V は 100 ヴォルトを示した。電燈は毎燭光 1.25 ワットの電力を要するものとすれば、この電燈は幾燭光であるか。



## (II) 化學作用

### [練習問題] 18.

1. 硫酸銅の電氣分解に白金極を用ひれば、如何なる結果を得べきか。銅極ならば如何。
2. 15 アンペアの電流を 3 時間硫酸銅溶液に通じて 53.1 瓦の銅を析出した。25 アンペアの電流を 53 分間硝酸銀溶液に通

する時は、幾何の銀を析出し得るか。但し銅の化學當量を 31.8、銀の化學當量を 108 とする。

3. 温度 20°, 壓力 765 托にて體積 0.42 立の水素を得るためには、稀硫酸中に 2 アンペアの電流を幾分間通すべきか。但し水素の電氣化學當量は 0.00001045 瓦とする。電氣化學當量とは、1 アンペアの電流で毎秒析出する物質の質量を、瓦で表はしたものである。

## (III) 磁氣作用

### [練習問題] 19.

1. 平行なる二本の針金に同方向又は反対方向の電流を通する時は、夫々互に吸引又は排斥する。この理由を説明せよ。
2. 電信機の構造・作用を略圖を畫いて説明せよ。
3. 電信機に用ひる繼電器の構造を圖解し、これを用ひれば電信設備の費用を輕減し得る所以を述べよ。
4. 導線に電流が通する場合に現はれる諸作用を、各一例を與へて列擧せよ。
5. 一つの銅線に電流が通じてゐるか否かを驗めす方法を列擧せよ。

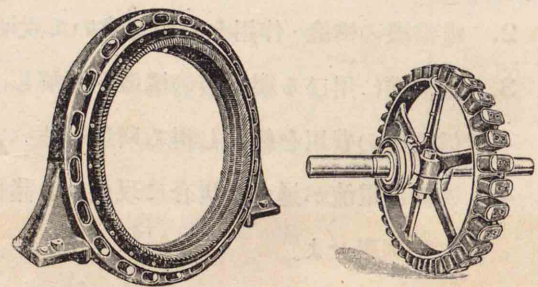


### 第五章 感應電流

#### §4. 發電機

電燈用動力用などには50-60サイクルの交流を用ひる。このやうな交流を二極の發電機で發生するには、發電子を毎秒50-60回廻轉しなければならぬ。發電子をかやうに速く廻轉するのは種々の不便があるので、實際には、下圖に示すやうに、數組の場磁石を用ひ、これに應じて多數のコイルを捲いた發電子を用ひる。

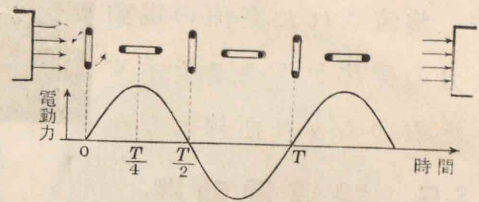
かやうな交流發電機では、各コイルがN極とS極との中



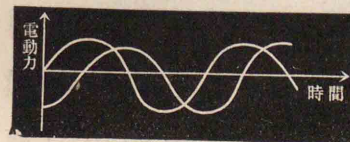
間を通過する時に方向が變はるから、廻轉數を極の組數に反比例して減少せしめることが出来る。

交流發電機で發電する時の感應電動力は、週期的

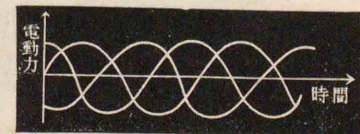
に變はる。その模様は圖のやうなグラフで示される。



即ち或方向の電流が流れ始めてから一度方向を變じ、次に再び同じ方向の電流が始まる迄の時間即ち1週期を $T$ とすれば、或時刻に電流の強さは0となり、それより或方向に電流が流れ、次第にこの強さを増して時間 $\frac{T}{4}$ の後に最大となり、これより次第にその強さを減じ再び0となる。反對方向の電流が前と同じやうに漸次強さを増して最大に達し、次に強さを減じ、初めより時間 $T$ の後に0となり、再び方向を變じて同様の變化を繰返す。このやうな交流を**單相交流**といふ。これに對して、二つ以上の同一周波數の單相交流が特殊の配線法により、異なつた位相で流れるのを、**多相交流**といふ。



二相交流

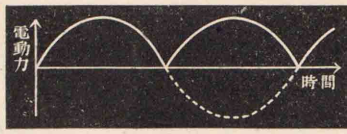


三相交流

三相交流は、3本の導線でこれを通ずることが出来る便があるから、通常交流機は三相交流を用ひる。



整流された直流の電動力の變化を、グラフで示すと、右のやうな曲線となる。

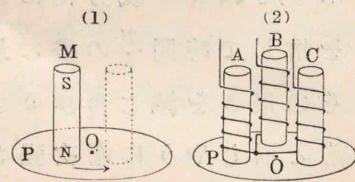


### §5. 誘導電動機

交流電動機として現今最も普通に用ひられるものは、誘導電動機である。

圖(1)のやうに、Oを中心として廻轉し得る銅圓板

Pに接近して、棒磁石Mを矢の方向に速かに持廻れば、銅圓板に感應電流を生じ、圓板は磁石に追隨して廻轉し始める。



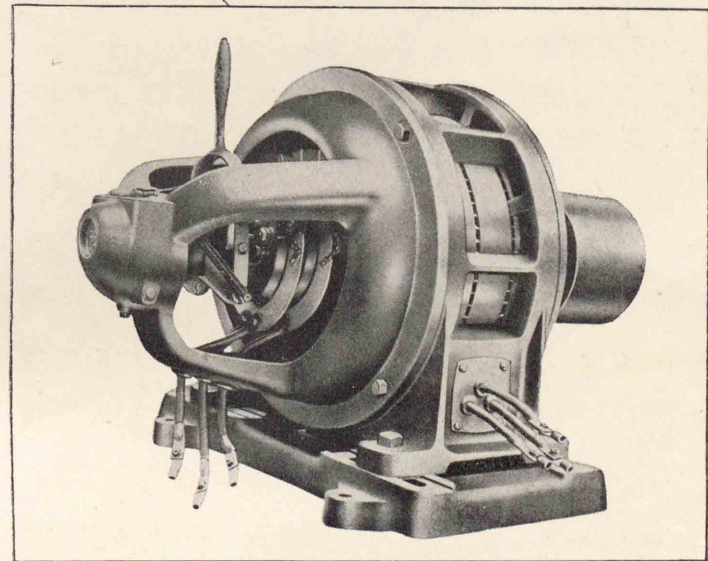
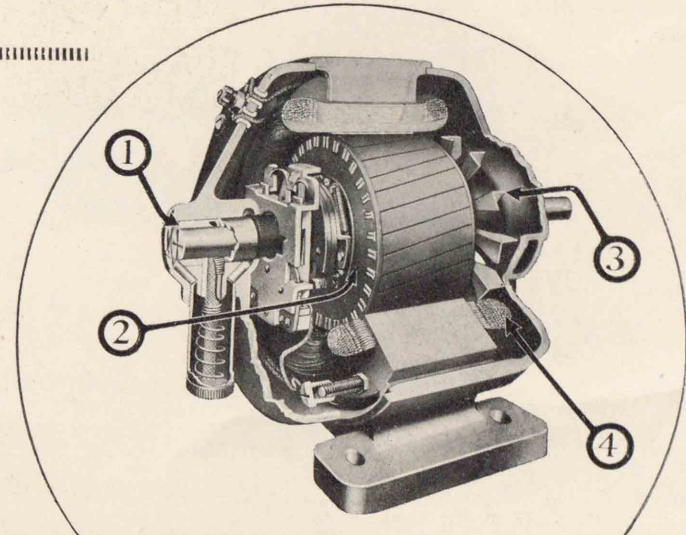
今棒磁石の代りに、圖(2)のやうに適當に連結された電磁石のコイルA, B, Cに三相交流を通すれば、この電磁石は消長して所謂廻轉磁場を生じ、棒磁石を持廻はるのと同じの結果を呈する。

誘導電動機はこの理に基づくもので、廻轉磁場を生ずる場磁石(ステーター)の内部に、圓筒形の鐵心に、銅線を捲線型に又は銅桿を籠型に取附けた廻轉子(ローター)を備へてある。

單相交流でもステーターに特殊の装置を施せば、三相交流の場合と同じやうに一種の廻轉磁場を生

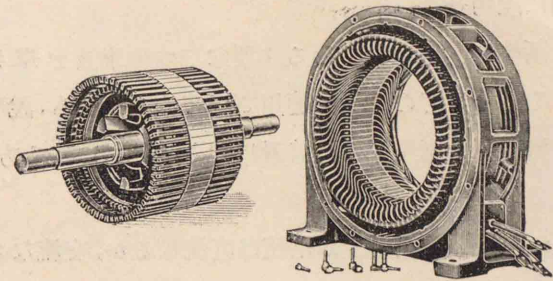
單相交流誘導電動機

- (外の一部を切取つて内部を示したもの)
- ① 廻轉軸
  - ② ローター
  - ③ 送風器 (冷却用)
  - ④ ステーター



三相交流誘導電動機

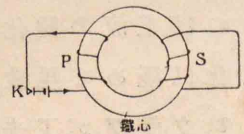




するので、これを用ひる誘導電動機がある。起動困難であるから、大きな動力用には不適當であるが、電燈線に接続して使用し得るので、扇風機裁縫ミシンの運轉など、家庭用小動力には廣く利用されてゐる。

[練習問題] 20.

1. 相互感應と自己感應とを比較せよ。
2. 交流の通じてゐる電燈と、直流の通じてゐる電燈とは強い磁石を用ひると、電球の外部から充分判別し得るといふ。どうするのか。
3. 環状の軟鐵心に二條の絶縁導線 P, S を捲附けること圖の如くし、P に豫め矢に示す方向に電流を通じ置き、<sup>スイッチ</sup>開閉器 K によつて急にこの電流を斷つ時、S に感應電流を生ずる。この方向を圖示せよ。
4. 弱い電流で強い電流を起すに必要な手段を問ふ。
5. 感應コイルの電動力を大きくするために必要な事項を。



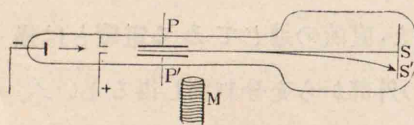


各別に説明せよ。

6. 電話機に應用されてゐる主要な二つの事實を挙げ、それがどの部分にどのやうに適用されてゐるかを、説明せよ。
7. 電磁感應を應用する諸装置につき、感應させる方法の相違してゐる點を比較せよ。
8. 次の各場合に使用する電流は直流なるか、交流なるか。理由を附して答へよ。  
(a) 蓄電池を充電する場合、 (b) 白熱電燈を點する場合、  
(c) 變壓器を用ひて電壓を昇降させる場合。

## 第六章 眞空放電・放射能

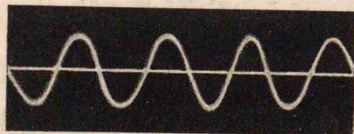
### § 2. 陰極線



陰極線の通路に近く電磁石を置くと、陰極線は曲げられる。

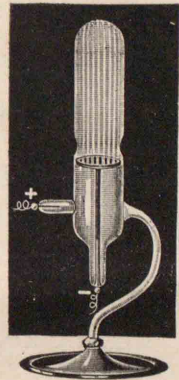
これは陰極の對壁上に螢光板を置けば、その光點の位置から認められる。この時電磁石に交流を用ひれば、電流の變化に應じて光點が振動する。この變化は極めて鋭敏であるから、この理を應用した**オシログラフ**が工夫された。

右は、オシログラフを用ひて撮影した、交流の波形を示す。



### § 4. 陽極線

圖のやうに、眞空管内の陰極の金屬板に、多くの孔小所謂カナルをあけて放電すると、陰極より下方の陽極に向ふ陰極線を放射すると同時に、小孔を通じてこの上方に一種の放射線が認められる。これを陽極線といふ。陽極線も陰極線と同様に、電場及び磁場で曲げられるが、この方向は陰極線と反對で、屈曲の程度も僅かである。



陽極線は、眞空管内に残留せる氣體の原子或は原子團が、一箇又は數箇の電子を失ひ、陽電氣を帶びて直進するものである。一般に帶電せる原子或は原子團を**イオン**と云ひ、氣體內にそのイオンが生ずることを氣體の**電離**といふ。眞空放電は、管内の氣體が電離し、電流を通ずる現象である。

#### [練習問題] 21.

1. 陰極線が磁氣作用を受ける理由を説明せよ。
2. X線と陰極線とを比較せよ。
3. 普通の物質と放射性物質とを區別する方法如何。

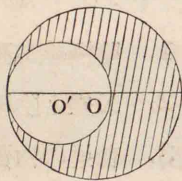


## 第五篇 力・運動

### 第一章 力

#### [練習問題] 22.

1. 剛体に働く三つの力が釣合ふ場合には、各力の方向及び大きさの間に如何なる関係があるか。あらゆる場合を列記せよ。
2. 10 斤の物体を、鉛直線と  $30^\circ$  及び  $60^\circ$  の角をなす方向の二力で支へる時は、各々の力は幾何なるか。
3. 等しい高さの二定点に一本の綱の両端を取付け、綱の中点に一定の錘をかける時、綱の長さが短い程切れ易い理を、圖によつて説明せよ。
4. 箸を折るのに、短くなる程折れ難いのは何故か。又二人が棒の両端を取つて振り合ふ時、太い端を取るものの方が有利である理由を問ふ。
5. 水平に置かれた、等質で各部の厚さすべて同一な、不等邊四角形の鉄板がある。これを動かさずに板の重心の位置を見出す方法を問ふ。
6. 圖のやうな三日月形板の重心の位置を求めよ。(切抜かれた小圓板の重心と、三日月形板の重心と原の圓板の重心との關係を考へよ。)



7. 地上に横たはる丸太棒がある。この一端のみを少し揚げるには  $a$  斤の力を要し、又他端のみを少し揚げるには  $b$  斤の力を要するといふ。棒の重さ幾何か。又重心の位置如何きこり(樵夫のやる方法)。
8. 荷を持ち或は負ふ人が、體を傾ける理如何。又綱渡りする者が、傘や長い棒を手を持つ理を問ふ。
9. 直立した圓筒を水平な力で倒すには、上方に加へる程小さい力で宜しい。何故か。

### 第二章 運動

#### [練習問題] 23.

1. 鉛直に上昇せんとする氣球が、速度  $1^*/\text{秒}$  の水平に吹く風のために、鉛直線と  $0^\circ$  傾いた徑を昇る。氣球の鉛直速度幾何。
2. 一直線上に一樣な加速度で運動する物体がある。初め速度  $10^*/\text{秒}$  で5分後の速度は  $34^*/\text{秒}$  である。この運動の加速度は幾何/ $\text{秒}^2$  であるか。
3. 静止せる質量20瓦の物体に、5ダインの力が4秒間作用する時は、幾何の速度を得るか。
4.  $30^*/\text{秒}$  の速度で運動しつつある10瓦の物体に働いて、5秒でこれを静止せしむべき力を求めよ。
5. 作用と反作用とが大きさ等しく方向相反するに拘らず、綱引に勝負の決する理由如何。又摩擦のない面上では如何。



## 第三章 落體・圓運動

## § 3. 拋射體

物體を  $v_0$  秒の速度で眞上に抛げる時は、毎秒  $g$  秒づゝ、その速さを減ずるので、 $t$  秒後の速度  $v$  秒は、次の式で與へられる。

$$v = v_0 - gt \quad (1)$$

又  $t$  秒間に上昇した距離  $s$  厘は、初速度  $v_0$  秒と終速度  $v$  秒との平均速度でこの時間動いたものに等しいから

$$s = \frac{1}{2}(v_0 + v)t$$

従つて  $s = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (2)$

である。上式(1),(2)より  $t$  を消去すれば、次の式が得られる。

$$v^2 = v_0^2 - 2gs$$

若し物體を  $v_0$  秒の初速度で眞下に抛げる時は、速度は毎秒  $g$  秒づゝ、増加する。それで前と同様にして、次の式が得られる。

$$v = v_0 + gt$$

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

$$v^2 = v_0^2 + 2gs$$

## [練習問題] 24.

- 高さ 122.5 米の所から物體を落下させる時、地上に達するまでの時間及び地上に達する瞬時の速度を計算せよ。
- 深さ 15 米の水面から物體を落したのに、2 秒で水底に達したといふ。この物體の比重幾何なるか。但し重力による落下の加速度は  $980$  秒<sup>2</sup> とし、水の抵抗は考へない。
- $5$  秒の速度を以て眞上に上昇しつゝある氣球から、小石を落したの、6 秒を経て地面に達したといふ。石を落した時、氣球は地面より幾何の高さにあつたか。
- 地上 50 米の高さから  $300$  秒の速度を以て水平の方向に發射した彈丸は、發射後幾秒で地面に達するか。又彈丸の水平射程を求む。
- $40$  秒の水平速度で頭上高く通過する飛行機がある。速度  $600$  秒の彈丸でこれを撃つには、どの點を狙へばよいか。
- 半徑 50 米の彎曲レールに於て、レール面を、水平面と  $30^\circ$  の傾きをなして外側を高くする時、列車の速度約幾何/時まで可能であるか。(第五篇 167 頁下圖)

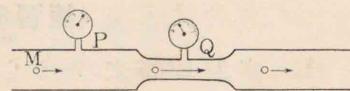
## 第四章 運動に對する抵抗

## § 5. 流體の動壓力

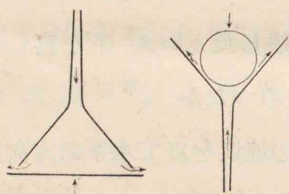
流體が太さ一様でない管内を流れてゐる時には、切口の小なる所では速く、切口の大なる



る所では遅い。かやう  
に流れの速さが異なる



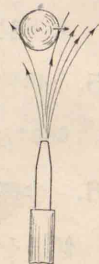
時は、同じ高さの點でも、その壓力は異なる。  
この壓力を流體の動壓力といひ、これに對し  
て、靜止してゐる流體の呈する壓力を、その靜  
壓力といふ。



**實驗 1.** 圖のやうに漏斗の細  
口の方から強く空氣を吹  
送つて、半紙、又はピンボン  
の球を飛ばさうとすれば

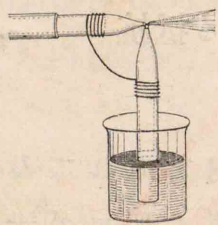
却つて漏斗に吸付けられる。

**實驗 2.** ピンボンの球 A に圖のやうに  
斜めに氣流を當てると、球は空中に  
支へられる。



同一管中では

流體の呈する動壓力は、その速度の大なる所程  
小さい。



霧吹や吸入器は、この理を應  
用したもので、小孔から空氣又  
は水蒸氣を噴出させると、噴出  
口近くに上端を有する管中を

昇つて來た水が、吹かれて霧となるものである。

**問** 野球のボールを廻しながら抛げると、その進  
路がカーブするのは何故か。

[練習問題] 25.

1. 機關車や電車の車輪が滑る時、レールに砂を撒くのは何  
故か。又機關車が自體より重い列車を牽き走ることの出來  
る理由を問ふ。
2. 机上にある紙片に銅貨を載せ、紙片を急に水平に引く時  
は、銅貨は舊位置に止つて机上に残るけれども、緩かに紙片  
を引けば、銅貨は紙片と共に動くのは何故か。
3. 急速度で飛揚してゐる飛行機の操縦者が、その降昇舵を  
充分上方に引上げてゐると、自然に宙返りをすることが出  
來るといふ。如何なる理由によるか。

## 第五章 仕事・エネルギー

### § 7. 熱の本性

十六世紀の終り頃まで多くの學者は、熱は物體中  
に潜在する、カロリックと稱する軽い一種の物質であ  
ると考へた。然るに、摩擦や打撃によつて殆ど無限  
の熱を生ずることから、熱が物質であるといふこと  
に疑を抱く學者が多くなつた。

ラムフォードやデーヴィによつて、熱は物質で



はなく、摩擦や打撃に費された仕事が變つたものであることが唱へられ、次いでジュールにより、仕事と熱との數量的關係が明かにされ、熱はエネルギーの一態であることが確められるに至つた。然らば、熱は物質の如何なるエネルギーによるか。

分子論によれば、既に述べたやうに、物質の分子は絶えず運動してゐる。その分子運動のエネルギーが吾等に熱を與へるもので、物體の溫度は、その分子運動の速度の大小に關係するものである。

融解や氣化の際に、一定量の熱が吸収されるに拘らず、溫度が上昇しないのは、分子力に逆つて分子間の距離を増し、このために仕事が費され、分子の位置のエネルギーが増すのみであるからである。

#### [練習問題] 26.

1. 1 匁の物體を20米持上げるに要する仕事は幾エルグなるか。又傾斜角  $30^\circ$  なる摩擦のない斜面を用ひる時は如何。
2. 坂路がある。この傾斜は、坂に沿うて4米進む間に鉛直に1米上る割合である。この坂路を、重さ1.5噸の自動車が2秒米の速さで昇る時の工率は、幾馬力であるか。但し摩

擦はないものとし、又1噸は1000匁、1馬力は毎秒75匁米として計算せよ。

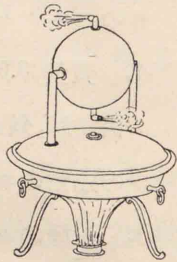
3. 200 秒米の速度で地面より眞上に打上げられた3匁の彈丸が、發射後10秒の時に有する位置のエネルギー及び運動のエネルギーは各何程であるか。
4. 質量 3.9 匁の銃より 10.5 瓦の彈丸を 780 秒米の速度で打出す時、銃の後退する速度及び發射時に於ける銃と彈丸との運動のエネルギーの比、各幾何であるか。
5. 一種のエネルギーが他種類のエネルギーに轉換される實例三つを挙げよ。
6. 矢を射る時、弓を引き始めてから最後に矢が的中して靜止するまでの間に、エネルギーが變遷する模様を説明せよ。
7. 器械を用ひると、力を利すことがあつても、仕事を利することが出來ず、實際には却つて仕事の損失を免かれないことを、例について説明せよ。
8. 質量4000匁、速度20時紵で走る電車が、ブレーキで止められる時、幾カロリーの熱を生ずるか。但し1カロリーは  $4.2 \times 10^7$  エルグと等値である。



## 第六章 水力機・熱機関

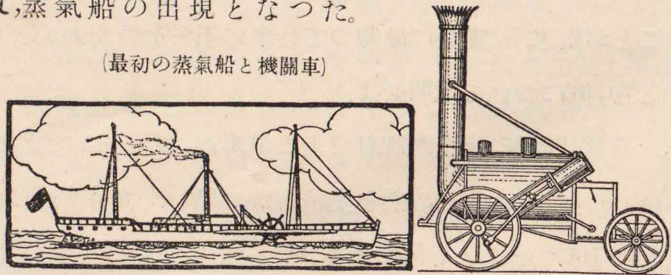
### § 6. 熱機関の發達とその應用

水蒸氣の有する熱エネルギーより機械的エネルギーを得んとする考案は、古くより多くの人によつて試みられたが、それが盛に實用に供せられるに至つたのは、1768年ワットの複動機関の發明に始まる。



その後スチブソンこれを車輪の運動に應用して、機関車の基を開き、フルトンこれを船舶に應用して、蒸氣船の出現となつた。

(最初の蒸氣船と機関車)



十九世紀の終りに及んでは、各種の動力に廣く應用され、改良並びに利用相踵ぎ、或は高壓蒸氣を用ひる複式機関の發明となり、或は配分弁の改良となり、或は高壓過熱蒸氣の使用となり、その熱効率が増進し

た。又用途により、その型式もほゞ定まり、据附機関・船用機関及び機関車等となり、その利用の途多方面に亙り、一面には昔日の手工業を機械工業化して、所謂産業革命の烽火となり、他面には海陸交通機関の發達となり、文化普及の先驅となつた。

蒸氣機関の改良發達に次いで、蒸氣タービンの研究盛になり、1884年パーソンズ及び1888年ドラッセルは、各獨立に實用的蒸氣タービンの發明に成功した。蒸氣タービンは、蒸氣機関のやうに往復運動をなさず、且複雑な運動が少く、又摩擦による破損や動力の損失が少いので、工率の大なるものを作り得るばかりでなく、その重さも蒸氣機関の數分の一で足りる等、種々優れた點がある。従つて漸次蒸氣機関を壓倒し、火力發電機・船舶等の原動機として用ひられ、近頃これを用ひる機関車さへ出来るやうになつた。

内燃機関の起原は、蒸氣機関とほゞ同時代であるが、1860年ルノアがガス機関を發明し、1876年オットーがこれを改良し、四行程循環式機関を考案するに及んで、著しく發達した。かくて簡単なガス發生機の案出と相俟つて、目的に應じて諸種の内燃機関が案出され、漸次大型のものも作られ、發電機・送風機等の



原動機として用ひられるやうになつた。

石油機關は、蒸氣機關の如く汽鐘を要せず、ガス機關の如くガス發生装置を要せず、且燃料の運搬に便なるため、一般に小動力用として農村の各種原動機、或は遠洋漁業船舶等に用ひられるやうになつて、著しく發達した。ディーゼル機關は、1897年ディーゼルの發明した重油機關である。これは、重油又は原油を、そのまゝ最も有利に使用するもので、現在の熱機關中最高効率を有し、漸次大型のものが作られて、船舶用の外、發電機の動力として威力を振ふやうになつた。

飛行機用發動機は、自動車用ガソリン機關より分岐して發達したもので、飛行機・航空船の急速な進歩は主として、輕量ガソリン機關の發達によるものである。

## 第六篇 波 動

### 第一章 振動及び波動

#### [練習問題] 27.

1. 時計が氣候の寒暖のために、進み或は遅れる理由を説明せよ。
2. 長さ49種の振子が8回振動する間に、長さ16種の振子は幾回振動するか。
3. 長さ20種の振子が、0.897秒の週期で振動する地方の重力の加速度は、何程か。

### 第二章 音 波

#### [練習問題] 28.

1. 管絃樂を聞くに、離れた所でも奏せられた順序に聞える事實は、音の速さに關し何を語るか。
2. 毎秒2回の割合で柏子木を打つ。これより幾ら距つた所で、打つを見るのと同時にその前の撃音を聞くか。
3. 毎秒230回振動する音叉によつて空氣中に生ずる音波の波長は、何程か。但し音の速さは340秒米とする。
4. 音叉がある。空氣中で發する音の波長は66種であるといふ。この音叉の振動數幾何か。
5. 振動數の差が  $a$  秒に1回である二つの音波が、同時に耳



に達する時に、如何なる現象を生ずべきか。

- 6. A, B, C 三箇の音叉がある。Bの振動数は毎秒 565, Cの振動数は 570 である。A と B とを同時に鳴らすと毎秒 3箇の唸りを聞き, A と C とを同時に鳴らす時は毎秒 2箇の唸りを聞くといふ。A の振動数を求めよ。
- 7. 振動してゐる音叉を臺箱の上に立てる時には, その音は強くなるが, 音叉の振動は早く消失する。その理由を問ふ。
- 8. 琴を弾する際に, 屢々左手の指で絃を抑へる理如何。
- 9. 毎秒 46 回の振動数をもつ風琴管の長さは幾らか。
- 10. 尺八又は横笛の發音する理を説明せよ。

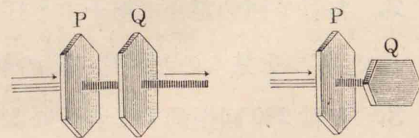
### 第三章 光 波

#### § 3. 偏光・複屈折

電氣石をその結晶軸に平行に薄く截つて作つた板 P を透して日光を見ると, この石に特有な青綠色光を認める。この薄

板をその平面内で廻轉しても, 透過光の色及び明るさには變化

はないが, 同様にして作られた薄板 Q を薄板 P と重ね合せ, 日光を見ると, 兩板の結晶軸が平行になつた時一番明るく, その位置より Q を廻轉するに従ひ



明るさは次第に弱くなつて, 兩軸が互に垂直になると眞暗になる。

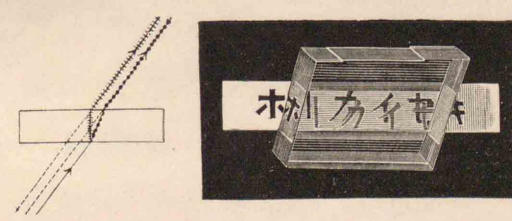
これは, 電氣石が, 光の振動の中その結晶軸に平行なもののみを透過させ垂直なものを吸収するために起る現象で, 光が横波であることを示すものである。電氣石を透過した光のやうに, 振動面の一定した光を偏光といふ。

電氣石による偏光の實驗は, 次のやうに考へれば理解し易い。P, Q 二枚の格子を取り, (1) その目を平行にして置けば, 格子



の目に平行な波動は何等の障害もなく兩格子を通過するが, (2) P の目に對して Q のを垂直になるやうに置けば, P を透過した波動は Q を透過することが出来ない。

方解石その他の結晶の板を透して印刷物



を見ると, 二重に見える。この現象を複屈折又は二重屈



折といふ。これは普通の屈折の法則に従ふ光線の外に、これに従はない他の屈折光線のあることを示すもので、前者を通常光線、後者を異常光線といふ。この二つの光線は何れも偏光で、その振動面は互に垂直である。

問 光が偏光なるか否かを如何にして検するか。

[練習問題] 29.

1. 波長が $\frac{6}{10000}$ 米なる光波の振動数を求めよ。
2. 音波及び光波に於て、振動数の多少及び振幅の大小は、夫夫どのやうな結果として感知されるか。
3. 石油二、三滴を水上に落す時、水面が色づいて見える理由を説明せよ。
4. 光線・熱線・化学線の性質・作用を比較せよ。
5. 各種の輻射線の存在は如何にして知り得るか。
6. 物體の温度とその物體の出す輻射線との關係を問ふ。
7. 音波と光波とを比較して、その異同の諸點を列挙せよ。

總 括 物質の構造

§ 1. 物質の單元

物質が連続的なものでなくて、粒子的な構造を有すべきことは、ギリシア時代既にデモクリトスによつて唱へられたが、近世に於て粒子説が確實なる根據を得るやうになつたのは、化学の發達による定比例・倍數比例の法則が發見されたことに始まる。

原子説・分子説はダルトン等によつて唱へられたもので、十九世紀末まで原子は「アトム」(ギリシア語の不可分の意)であつた。然るに眞空放電の現象が發見されてから、原子も亦複雑な構造を有すべきことが知られるやうになり、今ではすべて物質原子は電子數箇と陽核一箇とから成るものと考へられるに至つた。

ミリカン等は、その電子の帯びる陰電氣の量  $e$  を測つたが、この値は眞空放電・放射能等の諸現象に於て現はれる電子の帶電量と常に同一の値を有するばかりでなく、これより



小なる電氣量は未だ発見されない。それで、物質構造の基本である電子の陰電氣が

$$-4.770 \times 10^{-10} \text{ C.G.S. e.s.u.}^*$$

であると同時に、陽核の陽電氣量も亦

$$+4.770 \times 10^{-10} \text{ C.G.S. e.s.u.}$$

の整数倍であるべきことを知る。

又実験の結果によれば、電子の質量 $m_0$  瓦は

$$m_0 = 9.04 \times 10^{-28} \text{ 瓦}$$

である。これは水素原子の質量 $1.661 \times 10^{-24}$  瓦の約 $\frac{1}{1800}$ に当たる。

陰電氣を帯びる電子の質量は、このやうに甚だ小さいのに反して、陽電氣は必ず相當の質量を伴つて陽核をなす。それ故原子の質量は殆どすべてが陽核が有するもので、電子の質量はその極めて一小部に過ぎないのである。

導線に電氣を通ずる瞬間及びこれを斷つ瞬間には、自己感應を誘發することは既に述

\* e.s.u.は静電單位の略で、1 C.G.S.e.s.u.の電氣量は1クーロンの $\frac{1}{3 \times 10^9}$ に当たる。

べたが、これは一種の慣性である。これと同様に、帶電體には一般に帶電に基づく一種の慣性がある。慣性は質量として測られるから、帶電體はその帶電のため附加的質量をもつこととなる。これを電磁的質量といふ。

電子は電氣そのもので、その他に物質的なものがないから、その質量はこの電磁的質量のみである。それで電子を球状と假定すれば、その半徑 $a$  糎は

$$a = 1.88 \times 10^{-13} \text{ 糎}$$

となる。

水素の陽核の半徑は $1.01 \times 10^{-16}$  糎程度である。即ち陽核は電子の約2000倍の質量を有するが、その大いさは電子の約 $\frac{1}{2000}$ に過ぎない。

## §2. 原子の構造

物質の原子は通常中性であるから、その中には、電子の帯びる陰電氣と等量の陽電氣を帯びた陽核の存在すべきことが豫想される。陽核と電子とが如何に結合して原子を構成するかは、物質構造の根本問題で、長岡博士は

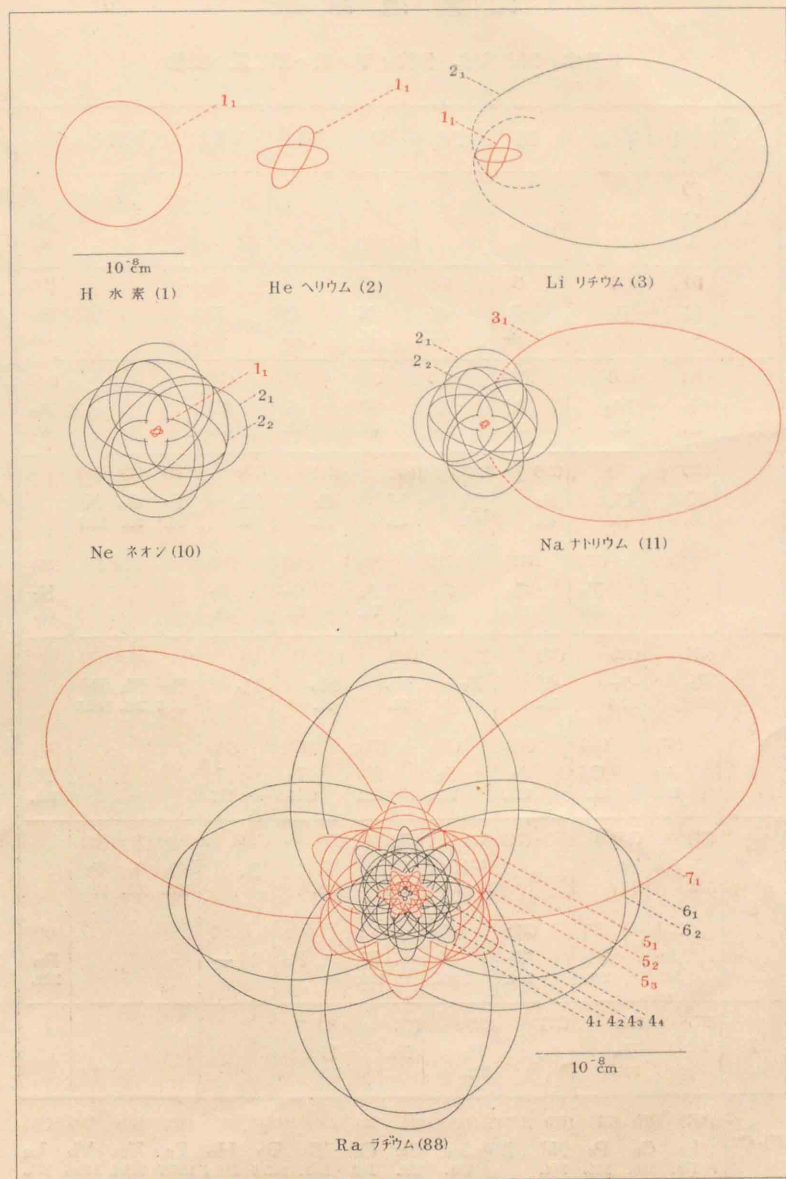


その獨創による理論を提出したが、その後トムソン・ラザフォード・ボーア等の研究及び實驗により、原子の構造は次第に明かになつて來た。この説に従へば、原子はその中心に、陽電氣を帯びた陽核があつて、この周圍に幾つかの電子が圓又は楕圓の軌道を描いて廻轉してゐるものと考へられる。

最も簡単な水素原子の構造は、別圖に示すやうで、陽核が中心となつて、この周圍に一つの電子が廻轉してゐる。そして陽核と電子との間には、クーロンの法則に従ふ引力が働いてゐる。然るに電子の質量は前に述べたやうに極めて小さく、陽核の質量は原子の質量の大部分をなしゐるので、近似的には、陽核が靜止して電子だけが軌道上を運行してゐるものと見做してよい。

今日知られてゐる元素の數は約九十あるが、これ等がすべて陽核と電子とから成るに拘らず相違するのは、各元素の陽核の性質の差異による。元素週期表に於ける各元素の

原子内電子軌道圖





### 元素週期表

赤数字ハ原子番號、符號ノ下ノ數ハ原子量ノ概數

属 列	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	0
1	(2) H 1.								(2) He 4.
2	(3) Li 7.	(4) Be 9.	(5) B 11.	(6) C 12.	(7) N 14.	(8) O 16.	(9) F 19.		(10) Ne 20.
3	(11) Na 23.	(12) Mg 24.	(13) Al 27.	(14) Si 28.	(15) P 31.	(16) S 32.	(17) Cl 35.5		(18) Ar 40.
4	(19) K 39.	(20) Ca 40.	(21) Sc 45.	(22) Ti 48.	(23) V 51.	(24) Cr 52.	(25) Mn 55.	(26) (27) (28) Fe Co Ni 56. 59. 58.7	(36) Kr 83.
	(29) Cu 63.6	(30) Zn 65.4	(31) Ga 70.	(32) Ge 72.6	(33) As 75.	(34) Se 79.	(35) Br 80.		
5	(37) Rb 85.4	(38) Sr 87.6	(39) Y 89.	(40) Zr 91.	(41) Nb 93.	(42) Mo 96.	(43) Ma	(44) (45) (46) Ru Rh Pd 101.7 103. 106.7	(54) X 130.
	(47) Ag 108.	(48) Cd 112.4	(49) In 115.	(50) Sn 119.	(51) Sb 122.	(52) Te 127.5	(53) I 127.		
6	(55) Cs 133.	(56) Ba 137.4	(57)-(71) *	(72) Hf 178.6	(73) Ta 181.5	(74) W 184.	(75) Re	(76) (77) (78) Os Ir Pt 191. 193. 195.	(86) Rn 222.
	(79) Au 197.	(80) Hg 200.6	(81) Tl 204.	(82) Pb 207.	(83) Bi 209.	(84) Po	(85) —		
7	(87) —	(88) Ra 226.	(89) Ac	(90) Th 232.	(91) Pa	(92) U 238.			

\* (57)-(71) { (57) (58) (59) (60) (61) (62) (63) (64) (65) (66) (67) (68) (69) (70) (71)  
La Ce Pr Nd II Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu  
139. 140. 141. 144. 150. 152. 157. 159. 162.5 163.4 167.7 169.4 173.6 175.

順位を原子番號といふ。研究の結果によれば、或元素の中性原子の陽核の周りを廻はる電子の數は、その原子番號の數に等しい。そして電子の配置及び軌道の形大いさ等が、電子の數を増すに従つて次第に複雑になる有様は、別圖に示すやうで、この狀況は恰も太陽の周圍を諸惑星が運行するのに似てゐる。たゞ太陽系と異なる所は、中心に位する陽核がそれ程大でなく、又核の周圍に電子が運行するのは萬有引力によるものではないことである。これ等は光のスペクトルの研究から知られる。スペクトルの研究から原子の内部構造を知らうとするのは、樂の音を聽いて樂器の構造を知らうとするのに似てゐる。原子内の電子の分布と運動状態とは、共にその陽核の性質によつて定まるものと考へられる。陽核の帶電量を變ずれば、一つの原子は他種の原子に轉換される。水素以外の元素の陽核は、實に水素陽核幾箇かと電子幾箇かとより成る。



最近にはルイ ドッ ブローイ及びシュレーヂンガーにより、物質波動論が唱へられた。物質粒子は一種の波動現象とも考へられるといふのである。この考へ方は原子内電子の運動を論ずるに當り極めて有力である。

このやうな原子構造の理論は、物質論の基礎をなすもので、これにより漸次、諸般の物理學的及び化學的諸現象のよつて來る所が明かになりつゝある。

— 補充終 —

— 數計算答 —

6 問 1. 1000瓦, 1033.6瓦	107 問 7圓18錢
問 2. 156立方糎	109 問 0.05アンペア
18 問 0.7	154 問 0
22 問 1. 8立方糎, 21.5	問 2. 0.4
30 問 0.125	155 問 1. 98 $\frac{1}{100}$ 秒 <sup>2</sup>
32 問 3. 約4.0024糎	問 2. 10 $\frac{1}{100}$ 米/秒 <sup>2</sup> , 125米
34 問 2. 998.2 $\frac{1}{100}$ 糎	160 問 2. 6秒
36 問 2. 22.4立	164 問 19.6米
54 問 9:1	169 問 $\frac{1}{6}$ 瓦
55 問 36燭光	178 問 21.2 $\frac{1}{100}$ 米
61 問 . 鏡より1米の所, 長さ40糎	179 問 1. 76 $\frac{1}{100}$ 米
99 問 . 800オーム	問 2. 456000立
問 2. 9倍	181 問 490箇
101 問 12オーム, 0.75オーム	187 問 1. 0.2 °C
103 問 0.6アンペア	問 2. 188馬力
106 問 20オーム	198 問 99糎
	203 問 1.73糎

補 充

1 [練習問題] 1 4. 0.5瓦/糎 <sup>3</sup> , 0.5	5. 13.2
3 [練習問題] 2 5. 400瓦	
4 問 2 1.017	
5 [練習問題] 3 1. 8.74 $\frac{1}{100}$ 糎	3. 75 $\frac{1}{100}$ 糎
4. 0.625	6. 26.3瓦の増加
7. 460立方糎	9. 25瓦
10. 1.75瓦	11. 5立方糎
8 問 約水銀柱71糎	
9 [練習問題] 4 5. 3 <sup>0</sup> 立方糎	6. $\frac{1}{77}$
7. 約20.4米(管口まで)	
11 [練習問題] 5 1. 2475カロリー	2. 40%
3. 11.3°	
11 [練習問題] 6 1. 53.73糎	3. 0.000018
c. 3.1倍	



- 14 [練習問題] 7 2.80カロリー - 3.80カロリー - 4.0.09  
 6.  $26.3 \times 10^4$  瓦 8. 719カロリー
- 15 [練習問題] 8 7.45.8
- 17 [練習問題] 9 3.33.5種
- 18 [練習問題] 10 4. レンズより180種<sup>の</sup>所, 10種 5. レンズより  
 9種<sup>の</sup>所, 3種
- 18 [練習問題] 11 3.  $45^\circ$  4. 29.97米 6. 燭火より210種<sup>の</sup>所, 15種<sup>の</sup>所;  
 $\frac{1}{14}$  或は14 7. 4.5種 8. レンズ<sup>の</sup>前方0.5米<sup>の</sup>所 9. レンズよ  
 り6種<sup>の</sup>所, 1.6種 10. 15種
- 25 [練習問題] 12 3. 2.66デオプター<sup>の</sup>凹レンズ, 1.5デオプター<sup>の</sup>凸  
 レンズ
- 29 [練習問題] 16 1. 0.667耗 2. 8倍 3.  $\frac{1}{15}$ アンペア 4. 250オーム  
 5. 120ヴォルト 6. 1.43オーム 8. 0.64アンペア, 0.16アンペア  
 9. 0.09アンペア 10. 16.5オーム 11. 0.3アンペア, 0.2アンペア;  
 0.5アンペア 12. 8箇 13. 6.2アンペア
- 35 [練習問題] 17 2. 23.52カロリー - 3. 360カロリー - 4. 1.4オーム  
 5. 666.7オーム, 15ワット 6. 32燭光
- 36 [練習問題] 18 2. 88.5瓦 3. 約28分
- 44 [練習問題] 22 2. 86.6疋, 50疋
- 45 [練習問題] 23 1. 1.73米/秒 2. 8種/秒<sup>2</sup> 3. 1種/秒 4. 6000ダイソ
- 47 [練習問題] 24 1. 5秒, 49米/秒 2. 4.3弱 3. 146.4米 4. 3.2秒, 960米  
 5. 水平と  $\cos^{-1} \frac{1}{15}$  <sup>の</sup>方向 6. 60.6新/時
- 50 [練習問題] 26 1.  $196 \times 10^7$  エルグ 2. 10馬力 3. 44894ジュール,  
 15606ジュール 4. 210種/秒, 7:2600 8. 14697カロリー
- 55 [練習問題] 27 2. 14回 3. 980種/秒<sup>2</sup>
- 55 [練習問題] 28 1. 170米 3. 1.48米 4. 毎秒515 6. 毎秒568  
 9. 開管3.6米, 閉管1.8米
- 58 [練習問題] 29 1. 毎秒  $5 \times 10^{14}$

## 中學新物理

[三四五學年用]

定價 壹圓四拾八錢



昭和三年九月廿六日 初版印刷 昭和三年九月廿九日 初版發行  
 昭和三年十二月八日 訂正再版發行 昭和七年十月二日 修正三版發行  
 昭和七年十二月七日 訂正四版印刷  
 昭和七年十二月十二日 訂正四版發行

著者 竹内時男  
 東京市小石川區小日向水道町八十四番地  
 發行者 株式會社 東京開成館  
 代表者 松本繁吉  
 東京市小石川區久堅町百八番地  
 印刷者 君島潔

發行所 東京市小石川區小日向水道町八十四番地  
 株式會社 東京開成館  
 (振替貯金口座) 東京五三二二番  
 東京市日本橋區吳服橋二丁目五番地  
 販賣所 林平書店  
 大阪市東區北久寶寺町心齋橋筋角  
 販賣所 三木佐助



聖諭廣訓

卷之八

欽定四庫全書

聖諭廣訓  
卷之八  
欽定四庫全書



Voss N  
see No

廣島縣立廣島第一學校

第三學年第十二學級

橫村成章

垂

縣立廣島二中



廣島二中

