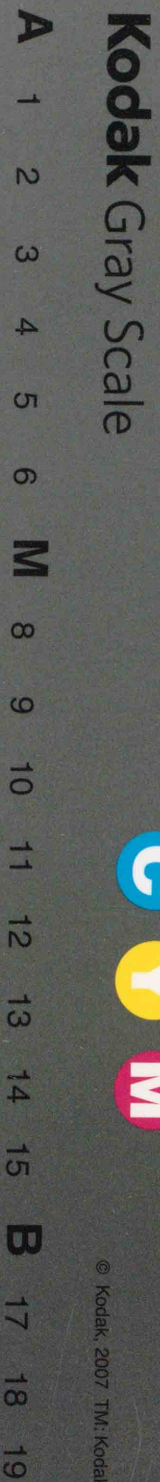
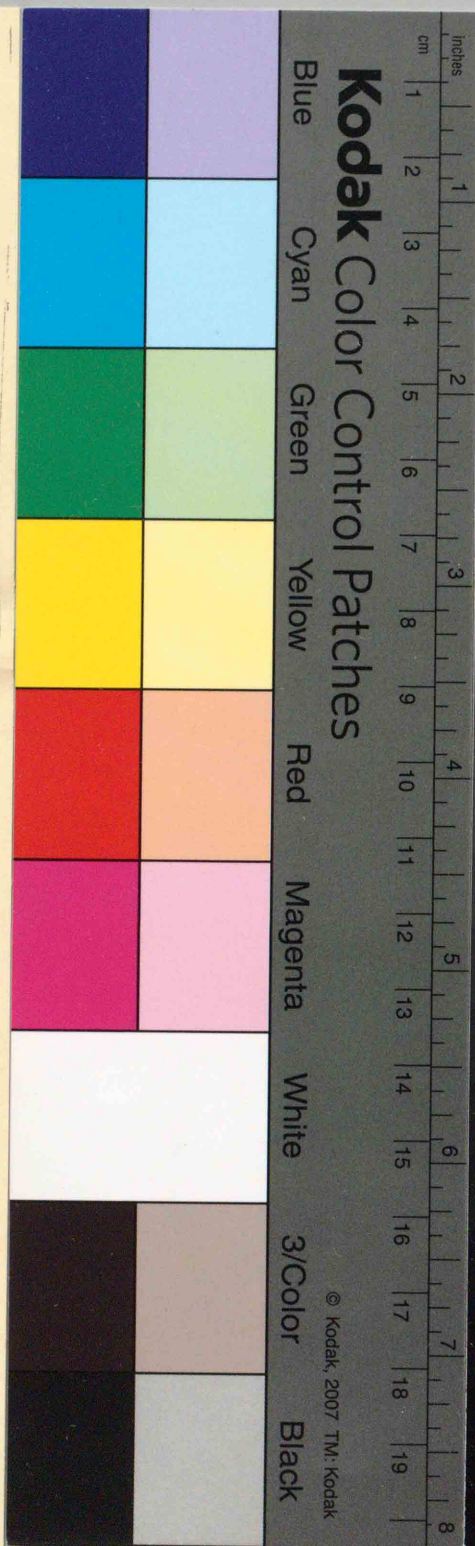


40310

教科書文庫

| |
|----------------|
| 4 |
| 421 |
| 41-1931 |
| 20000 81543 |



4a
421
BB6

資料室

教科書文庫
4
421
41-1931
2000081543

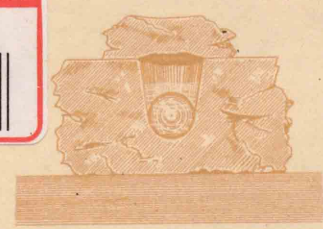
昭和六年九月二十日
文部省檢定濟
中學校理科用

新制理科
物理學教科書

二、三、四學年用

廣島高等師範學校附屬中學校
理科研究會著

広島大学図書
2000081543



東京
修文館藏版







八分間に施設, 撤退できる 移動無線電信装置

緒 言

本書は昭和六年二月七日公布の**中學校理科改正教授要目(乙,物理)**に準據して編纂したもので、**第二學年**よりの使用に適せしめてをる。

本書は次の諸項に特に留意してこれを編纂した。

1. 第一學年に於ける**一般理科**の課程、並びに第五學年に於ける**應用理科**の課程との關係を考慮して、その聯絡を密ならしめてをる。

2. 他の諸教科の改正要目をも參考して、出來得る限りそれらに聯關せしめ、その様な事項を記載した部分には、特に括弧の中に**(化)**、**(博)**などの文字を挿入して、統一のある學習を催してをる。

3. **藥品の名稱**は、昭和六年一月三十一日内閣告示第一號を以つて公布された**資源に關する標準用語**によることにした。

4. **度量衡**に關する事項は、**新度量衡法**の示す所の諸單位を用ひて之を表示した。

5. 教授並びに學習上の難易に應じ、教材の取扱を丁寧或は簡潔ならしめた。

6. 隨所に問題を挿入して學習事項の應用に資した。

7. 教授並びに學習上の便宜の爲、多數の嶄新な説明圖を挿入した。

8. 物理科要目の要求しない項目、並びに生徒の自習に委し得るやうな教材は新五號活字とした。

9. 卷末には學習事項の整理並びに應用に適してをる多數の代表的問題を収録した。

10. 生徒實驗の課程を考慮し、同時に編纂した中等物理學生徒實驗書との連絡に留意した。本書には未だ完全を期し難い點もある。これらは實地教授者諸彦の御高評を仰いで、逐次改善の域に達せしめようと勉めてをる。

昭和六年六月

著者識す

新制理科 物理學教科書

(二、三、四學年用)

目次

緒論 1-5

1. 物理學。 2. 物體物質質量。 3. 單位。
4. 密度。 5. 運動。 6. 力、重力。 7. 比重。

第一編 物性 6-26

第一章 物性概説 6-9

8. 物質の三態。 9. 分子及び分子力。 10. 彈性。
11. 慣性。

第二章 液體 10-19

12. 液體の表面。 13. パスカルの原理。 14. 重力
によつて生ずる液體內の壓力。 15. 連通器。
16. アルキメデスの原理。 17. 物體の浮沈。
18. 比重の測定。 19. 表面張力。 20. 毛細管現象。

第三章 氣體 20-26

- 21. 氣體の壓力。 22. 大氣の浮力。 23. サイフォン。
- 24. 排氣ポンプ。 25. 壓縮ポンプ。 26. 水ポンプ。

第二編 熱 27-43

第一章 熱,熱量,比熱 27-29

- 27. 熱,熱量。 28. 熱容量,比熱。 29. 比熱測定法。

第二章 熱による膨脹 30-33

- 30. 線膨脹。 31. 體膨脹。 32. 氣體の膨脹。
- 33. ボイルンシャルの定律。

第三章 熱による三態の變化 34-41

- 34. 融解と凝固。 35. 寒劑。 36. 氣化。 37. 氣化による冷却。
- 38. 液化。 39. 空氣の液化。

第四章 大氣の乾濕 42-43

- 40. 大氣中の水蒸氣。 41. 濕度。

第三編 光 44-76

第一章 光の直進,光度 44-47

- 42. 光,光の直進。 43. 照度。 44. 光度。

第二章 光の反射 48-53

- 45. 光の反射。 46. 球面鏡。 47. 凹面鏡の共軛點。
- 48. 球面鏡による物體の像。

第三章 光の屈折 54-65

- 49. 光の屈折。 50. 全反射。 51. プリズム。
- 52. レンズの作用。 53. レンズの共軛點。 54. レンズの作る像の位置及び大きさ。 55. 映寫裝置。
- 56. 顯微鏡。 57. 望遠鏡。

第四章 光の分散 66-76

- 58. 光の分散。 59. 凸レンズの色収差。 60. 虹。
- 61. 分光器。 62. スペクトルの種類。 63. 輻射線。
- 64. 光の輻射。 65. 物體の色。 66. 繪具の配合。

第四編 磁氣及び電氣 77-131

第一章 磁氣 77-82

- 67. 磁石。 68. 磁極間の作用。 69. 磁氣の感應。
- 70. 磁氣指力線。 71. 地磁氣。 72. 羅針盤。

第二章 電流,電動力 83-87

- 73. 電流。 74. 電位,電動力。 75. 電池。 76. 分極

と局部電流。 77. 實用電池。

第三章 電氣抵抗 88-93

78. 電氣抵抗。 79. 抵抗器。 80. オームの定律。
81. 抵抗の連結。 82. 電池の内抵抗。 83. 電池の
連結法。

第四章 電流の化學作用 94-98

84. 電氣分解。 85. ファラデーの定律。 86. 電解
の應用。 87. 蓄電池。

第五章 電流の熱作用 98-103

88. 電流の熱作用。 89. 電熱器。 90. 白熱電燈。
91. 電力。 92. 弧燈。 93. 電氣爐。

第六章 電流の磁氣作用 104-111

94. 電流の磁氣作用。 95. 電流の磁場。 96. アン
ペア計及びボルト計。 97. 電磁石。 98. 電鈴。
99. 電信機。

第七章 感應電流 112-123

100. 感應電流。 101. 自己感應と相互感應。 102. 感
應コイル。 103. 交流及び直流。 104. 發電機。 105. 電
動機。 106. 變壓器。 107. 電話機。

第八章 眞空放電,放射能 124-131

108. 眞空放電。 109. 陰極線。 110. X線。 111. 放射能。

第五編 力及び運動 132-190

第一章 力 132-143

112. 力の三要素。 113. 力の釣合。 114. 壓力及び張力。
115. 一點に作用する力の合成及び分解。 116. 平行力
の合成。 117. 偶力。 118. 力の能率。 119. 重心。
120. 物體の坐り。 121. 浮體の釣合。

第二章 器械 143-152

122. 單一器械。 123. 挺子。 124. 天秤。 125. 桿秤。
126. 輪軸。 127. 滑車。 128. 斜面。 129. 楔。 130. 仕
事及び仕事の原理。 131. ネズ。

第三章 運動 153-165

132. 速度。 133. 運動並びに速度の合成及び分解。
134. 加速度。 135. 等加速度運動。 136. 運動の定律。
137. 重力の加速度。 138. 落體の運動。 139. 拋射體。
140. 運動量,力積。 141. 打撃,衝突。

第四章 圓運動及び廻轉運動 166-170

142. 圓運動。 143. 廻轉體。 144. ジャイロスコープ。
145. 萬有引力。

第五章 運動に對する抵抗 171—177

146. 摩擦。 147. 流體の抵抗。 148. 舵及び推進機。
149. 風壓。 150. 飛行機。

第六章 仕事及びエネルギー 178—190

151. 仕事の單位。 152. 工率。 153. エネルギー。
154. 運動のエネルギー。 155. 位置のエネルギー。
156. エネルギーの移動及び變遷。 157. 自然力の利用。
158. 仕事と熱。 159. 太陽から地球にくるエネルギー。
160. 蒸氣機關。 161. 蒸氣タービン。 162. 内燃機關。

第六編 振動・波動 191—217

第一章 振動と波動 191—197

163. 振子 164. 彈性體の振動。 165. 時計。
166. 波動 167. 横波と縦波。 168. 定常波。
169. 絃の振動。

第二章 音波 198—204

170. 音波の發生及び波及。 171. 音波の反射。

172. 音の干涉。 173. 唸り。 174. 共鳴。 175. 氣柱の
共鳴。

第三章 光波 204—209

176. 光の本質。 177. 光波の干涉。 178. 偏光。

第四章 電波 210—217

179. 電氣振動。 180. 電波。 181. 檢波器・無線電信。
182. 無線電話。 183. 電磁波の種類。

練習問題集 1←→274 1—45

(終)

新制理科
物理學教科書

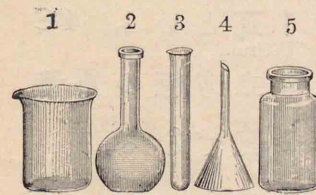
二・三・四學年用

緒論

1. 物理學。自然界の諸變化を自然現象と
Natural phenomena
いひ、之を研究する學問を自然科學といふ。こ
Natural science
の自然現象にはその原因となる他の現象の伴
ふもので、太陽の熱を受けて雪が融け、風に吹か
れて草木の動くなど皆その例である。この原
因結果の關係を正しく示すものを定律といふ。
Law

物理學は自然科學の一分科で、物の性質、運動、
Physics
熱、音、光、磁氣、電氣などの諸現象を、實驗、觀察、推理
に依つて研究し、其の諸定律を求めて人智を啓
發し、人生の幸福を増さうとするものである。

2. 物體、物質、質量。漏斗、試験管などのやう



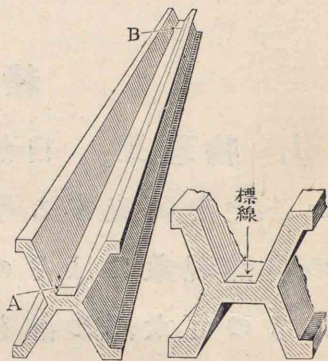
(圖1) 硝子(物質)製の物體。

に一定の空間を占め、人の感
覺で存在を認め得るものを
物體といふ。物體をなす實
Body
質(例へば硝子の)を物質と呼び、
Matter
やうなもの

物體の有する物質の量をその質量といふ。
Mass

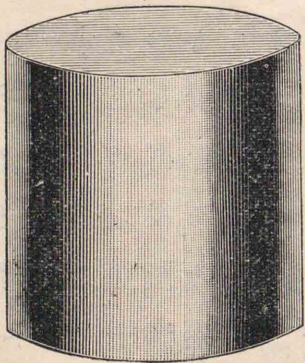
問. 次の言葉の中から物質名と物體名とを選び出せ。石の門に鐵の扉。木の舟に竹の棹。

3. 單位。物理學では諸種の量を測ることが必要である。量の測定は普通測る可き量をこれと同種の標準量、即ち單位Unitと比較して其の幾倍であるかを定める方法による。



(圖2) 國際米原器と、實物大に示したその一端。

長さの單位には國際米原器International meter-standard上に刻んだ二標線間の距離に等しい1米Meterをとり、是に之から十進的に導いた~~料~~、~~糶~~、~~料~~、~~粉~~、~~糶~~、~~料~~を併せ用ひる。



(圖3) 國際砵原器(實物大)。

質量の單位には國際International砵原器kilogram-standardの質量を標準にとつて1砵Kilogramと稱し、その $\frac{1}{1000}$ を1瓦Gramといふ。4°Cの純水1立方糶の質量は丁度1瓦である。

この單位にも~~暵~~、~~斛~~、~~粉~~、~~暵~~、~~暵~~などの補助單位がある。

時の單位には平均太陽日Mean solar dayを標準とし、それにそれから導いた時、分、秒などを併せて用ひる。

長さ、質量、及び時の單位は皆獨立して定めたもので、之を基本單位Fundamental unitsといひ、これらを組合せて定めた諸單位を誘導單位Derived unitsといふ。

物理學では糶(*cm*)、瓦(*g*)、秒(*sec*)の三基本單位と、これらを組合せた諸單位とを多く用ひ、之をC. G. S. 單位といふ。

問. 1立方米の體積をC. G. S. 單位で示し見よ。

4. 密度。1立方糶(1cm^3 又は 1cc)の~~コルク~~の質量は0.24瓦で、 1cc の水銀の質量は13.6瓦である。

この様に各物質の單位體積の質量をその密度Densityといひ、それからその疎密が判別せられる。

一般に物體の質量(*m*)、體積(*v*)、密度(*d*)の間には次の關係がある。

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

問. 次の諸物質の密度を求めてその大小の順位を定めよ。

150cm^3 が1170gの鐵。

10cm^3 が89gの銅。

120cm^3 が1260gの銀。

15cm^3 が126gの眞鍮。

5. 運動。 物體が位置を變へることを**運動**
Motion
 といひ、變へないのを**静止**
Rest
 といふ。物體の運動に於てその遅速の度を**速さ**といひ、単位時間に通過する距離でその大きさを測る。

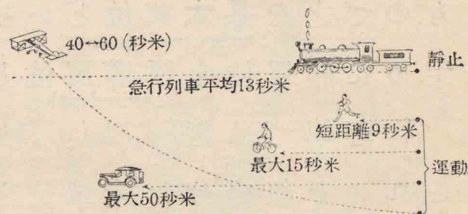
例へば30秒間に90米進む車の速さは毎秒3米で、之を

単に3秒米の速さといふことがある。

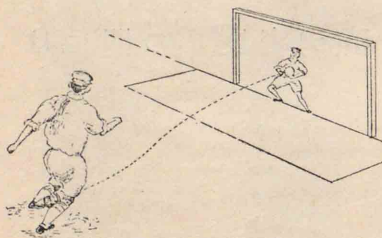
- 問1. 15秒米は幾時分に相當するか。
 問2. 速さの單位は單位の種類の中何れに屬するか。

6. 力重力。 静止してをる球も蹴れば飛び、飛球も手で受けると止まる。このやうに静止してをる物體を動かし、動いてをる物體を止めるなど、物體の運動の有様を變へる作用を**力**
Force

といふ。運動體の速さ、方向などを變へるにも亦力が必要である。



(圖4) 静止と運動並びに速さの概略。

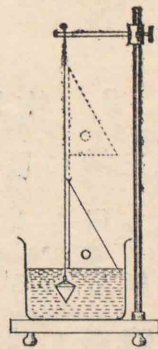


(圖5)

支へる物のない地上の物體が落ちるのは地球がそれを引く爲で、この引く力を**重力**
Gravity
 といひ、その大きさを**重さ**又は**重量**といふ。
Weight

單位質量に働く重力を力の單位にとる時は、之を**力の重力單位**といふ。1瓦の重さ(1瓦重),1珪の重さ(1珪重)などといふのがそれである。

實驗. 上端を固定した糸の下端に錘を吊すと、糸は重力の方向をとつて静止する。



(圖6) 鉛直線と水平面。

このやうに重力の方向を示す直線を**鉛直線**
Vertical line
 といひ、それに垂直な平面を**水平面**といふ。
Horizontal plane

7. 比重。 或る物質若干量の重さと、之と體積の等しい4°Cの純水の重さとの比を、その物質の**比重**といふ。4°Cの純水1ccの重さが丁度1瓦重に當るため、C.G.S.單位で示した各物質の密度とその比重とは同一數値を示す。
Specific gravity

| | | | | | | |
|---------------------|----|------|--------|-----------|--------|-----------|
| 比重表 (氷以外 は常溫) | 白金 | 21.4 | 亞鉛 | 7.1 | 牛乳 | 1.03 |
| | 金 | 19.3 | アルミニウム | 2.7 | アルコール | 0.78 |
| | 水銀 | 13.6 | 金剛石 | 3.5 | 石油 | 0.75 |
| | 鉛 | 11.3 | 石英 | 2.9 | 海水 | 1.01-1.05 |
| | 銀 | 10.5 | 石炭 | 1.2-1.8 | 水(0°C) | 0.917 |
| | 銅 | 8.9 | 竹 | 0.4-0.6 | セルロイド | 1.4 |
| | 眞鍮 | 8.4 | 樅 | 0.7-1.3 | エポナイト | 1.8 |
| | 鐵 | 7.8 | コルク | 0.22-0.26 | 空氣 | 0.0013 |

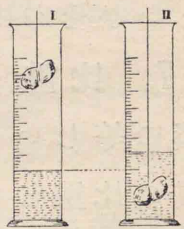
問. 210瓦の眞鍮と同體積の銅の重さは何程か。

第一編 物 性

第一章 物性概説

8. 物質の三態。物質はその状態から普通三様に區別せられる。一定の形と體積とを保ち得るものを**固體**、一定の體積を保ちながら容れられる器に應じてその形を變へるものを**液體**、形も體積も共に不定で常に任意の容器内を充すものを**氣體**といふ。又氣體と液體とを併して**流體**と呼ぶことがある。

問. 右の圖に示すやうな方法によると不規則な固體の體積が測れる。その理由を説明せよ。



(圖7)

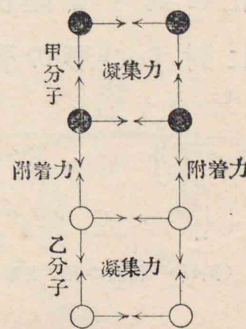
9. 分子及び分子力。物質は總て物質の固有性をもつ**分子**といふ微粒の集まりで、この相違から物質に異同が出来る。

分子の極めて小さいことは、一滴の香水が全室に芳香を放ち、僅かの染料が多量の水を色づけることから解る。

これらの分子はある間隙を保つて互に引き合ひ、また絶えず運動してをる。その引き合ふ力を**分子力**といひ、極めて近い距離でのみ働くものである。

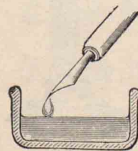
破損した硝子器はその破片をよく押し合せても接合が出来ない。之は分子力が甚だ近い距離許りで作用することを示すものである。

同種の分子間の分子力を**凝集力**と呼び、異種の分子間の分子力を**附着力**といふ。鐵棒の折れ難いのはその凝集力の爲で、糊が物體の接合に適するのはその附着力の爲である。



(圖8) 分子力の二種。

分子力は固體に於て最も強く、液體が之に次ぎ、氣體に至つては殆んど認めることが出来ない。物質の三體は之からでも區別できる。



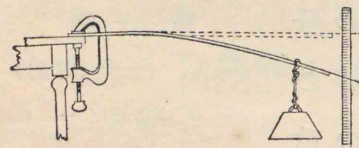
(圖9)

問1. 紙と木とを糊で固着する時、その接合部の強弱はどんな分子力で定まるか。

問2. 左圖のやうにペンにインクの附く理由を説明せよ。

10. 弾性。 物體を外力により壓縮し、引延し、
 振り、撓めなどして、その體積或は形
 を變ずると、物體中には初めの状態
 に復しようとする力、即ち**弾力**が現
 はれて、外力の去る時舊狀に歸へる。

この性質を**弾性**といひ、體積の變
 化に對する**體積の弾性**と、形の變化
 に對する**形の弾性**との二種類が認められる。



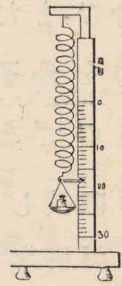
(圖11) 物體の撓みと形の弾性。

しかしその變化が一
 定の境を越すと、外力を
 去つても舊狀に歸らな
 くなる。この境を**弾性**
 Limit of elasticity

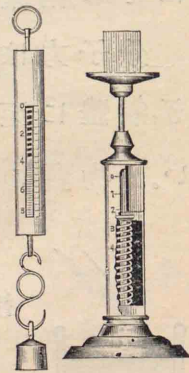
の**際限**といひ、この際限以内に於け
 る弾性に關し次のやうな**フツク**の
 定律がある。

物體の體積又は形の變化(歪)は、そ
 れに加へる外力に正比例する。

ぜんまい秤はぜんまいの弾性を
 應用した器械で、物體の重さ並びに
 その他の力の測定に用ひられる。



(圖10) ぜんまいの延びとその弾性。



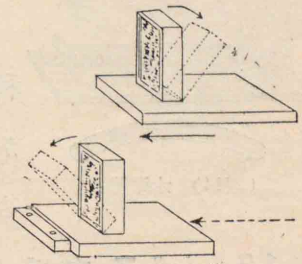
(圖12) ぜんまい秤。

問. 吊す物體が100瓦の時50糎となり、150瓦の時
 55糎となるせんまい秤の、物體を吊さない時の長さを
 問ふ。

11. 慣性。 外から力の作用を受けないと、靜
 止してをる物體は永久に靜止し、運動してをる
 物體はその速さで、その方向に運動をつゞける。

この性質は總ての物體が通有してをるもの
 で、之を**慣性**といふ。

實驗. 右圖のやうにマツチ箱
 を板の上に立て、板を急に押すと
 箱は後方に倒れるが、板と共に始
 めは徐々に、而して次第に速に押
 し動かして急に止めると箱は前
 方に倒れる。之で慣性の二方面が見られる。

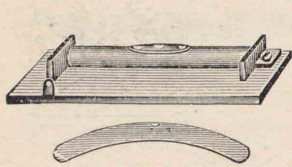


(圖13)

慣性の實例は日常生活の各方面で見られる。
 塵埃を除く爲に衣服を打ち揮ひ、洗筆、刷毛などの水
 を除く爲に急に之を振り、及物を柄に嵌める爲に柄の
 端を他物に打ちつけるなどは、皆慣性の利用で、乗物が
 急に動き急に止まる時、乗客が倒されようとする事、
 速い運動體が急に止め難いことなどは皆慣性の顯れ
 である。

第二章 液 體

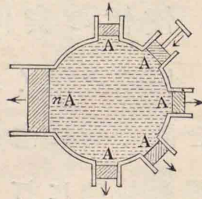
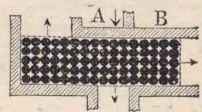
12. 液體の表面。 液體を器に注ぐと、その形を變へ易い爲、重力の作用で低所に流れ、器の下部を充してその上部に水平面をつくつて靜止する。この表面を液體の自由表面といふ。



(圖14) 水準器。

水準器は液體のこの性質を利用した装置で、その支臺の置かれる平面の水平か否かをためすのに使用せられる。

13. パスカルの原理。 同大の球を右圖のやうに多く列べ、A B板で之を押すと、各球は順次にその力を及ぼしながら、間隙に沿うて動き各方向に押し出される。この事實は流動し易い液體では一層明瞭に現はれる。例へば



(圖15)

Aなる單位斷面積の數活塞をもつ上圖のやうな密閉器に水を充て、その一活塞を1 砵の力で

押すと、同一斷面積の諸活塞は皆1 砵の壓力を受ける。一般に密閉器中の液體はその一部に受けた壓力を等しい強さで四方に傳へる。

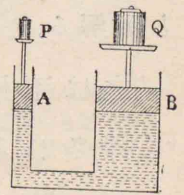
之をパスカルの原理といふ。
Pascal's principle

總て單位面積に作用する壓力の大きさをその壓力の強さといひ、全面に及ぶ壓力の大きさを全壓力といふ。
Intensity of pressure
Total pressure



(圖16)パスカル(佛人) Pascal (1623—1662) 物理學者、數學者でその偉業が多い。

依つて前圖の装置に斷面積 nA なる一大活塞を添加すると、壓力が等しい強さで傳へられる爲、それには活塞Aの n 倍の全壓力が現はれねばならぬ。



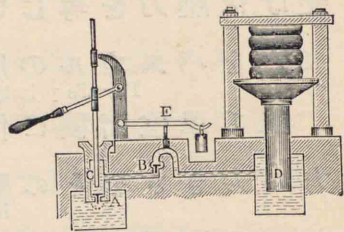
(圖17)

されば A,Bなる斷面積を有する右圖のやうな大小二活塞の間に水を密閉し、その小活塞Aの上にP瓦、大活塞Bの上にQ瓦の分銅を載せて互に釣合ふものとする、その壓力の強さは各部分で相等的い筈であるから、次のやうな關係が成立する。

$$\frac{P}{A} = \frac{Q}{B} \qquad P = \frac{A}{B} Q$$

故に A,B の比を適當にすれば,一方に小力を加へて他方に大力を出すことも出来る。

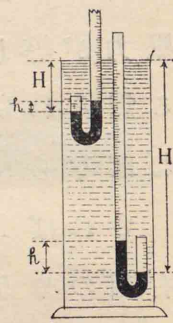
水壓機はこの理を應用した機械で,右圖のやうな要部を備へ,油を搾り,紙綿などを壓縮するときのやうに,徐々に強力を出す場合に多く用ひられる。



(圖18) 水 壓 機。

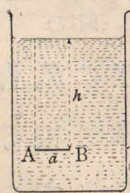
14. 重力によつて生ずる液體内の壓力。

實驗. 水銀を入れた目盛曲管を水中に下して見ると,水の深さHが増すにつれて,水が短管内の水銀面を強く押し,長管内に次第に水銀を多く押し上げることが解る。



(圖19)

之は下層の液が上層の液の重さで押され,その壓力を傳へる爲である。



(圖20)

今液體内に面積aなるAB水平面を考へると,それにはaを底面とし,表面からそれ迄の深さhを高さとする液柱の重さが壓力となり働く。

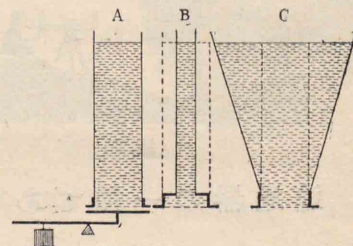
故にその液の密度をdとし,a面に働く液の重さによる壓力の強さをPとすると

$$Pa = adh \quad P = dh$$

なる關係がそれらの間に見出される。

この壓力の強さは各方に等しく傳へられるから,等しい深さにある面は如何なる方向をとつても,その受ける壓力の強さに變りはない。

一般に液體内部の壓力の強さは,その深さ,並びに液體の密度に正比例し,同一水平面上の各點では皆相等しい。



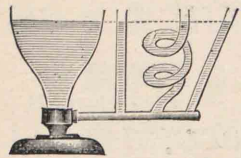
(圖21) 廣さの等しい底面の受ける液體の全壓力の等しいことを示す實驗。

之から底面に作用する壓力の強さは,同一の液體に限り,その深さのみに關係することが解る。故に上圖のやうな

器底の面積の全く等しいA,B,C三容器に,同じ液體を同じ高さに迄入れると,その器底の受ける全壓力は何れの場合にも全く相等しい。

問. 河川の堤防がその下方程堅固に築かれ,その幅を厚くするのは何故か。

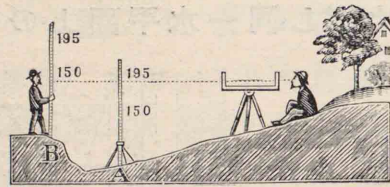
15. 連通器。底が相通じてをる連通器に水



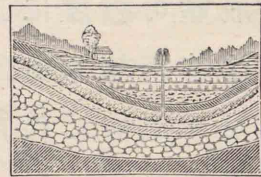
(圖22) 連通器。

Communicating vessel
を注ぐと水は各支管中に等しい高さに迄昇つてきてその流動が止む。之はこのやうになつた時、連通部に於ける左右からの壓力の強さが互に等しい爲である。

掘抜井戸、上水道、土地の高低を測量する水盛りなどは皆連通器のよい實例である。

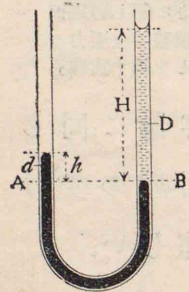


(圖23)



(圖24)

連通器の一種であるU字管に水銀のやうな



(圖25) U字管。

U-tube
重い液を先に入れ、次に水のやうな軽い液を一方の管に入れると、左圖のやうに兩液の相接する面(AB)の上に及ぶ兩液柱の壓力の強さが等しくなつて靜止する。

その時各液の密度(d 及び D)と、AB面上の液柱の高さ(h 及び H)と

の間には、次式のやうな關係が成立する。

$$dh = DH \quad \frac{h}{H} = \frac{D}{d}$$

即ち、U字管に於ける兩液の接觸面から各液面迄の高さは、兩液の密度に反比例する。

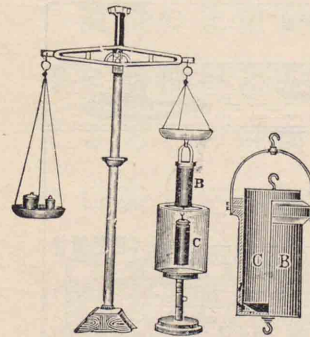
問. U字管の兩枝管に水と石油とを入れ、その境界面から各液面迄の高さが、水では24糎、石油では30糎であることを見た。石油の密度を問ふ。

16. アルキメデスの原理。



(圖26) アルキメデス(希臘人) Archimedes(287-212B.C.) 有名な數學者、物理學者。

實驗. 體積がB圓筒の内容積に等しい圓筒を、Bと共に天秤の一方にかけて釣合はしめ、Cの没する迄外器に水を盛ると、天秤の平均は破れるが、B筒内に水を充すと再び釣合つてくる。



(圖27) アルキメデスの原理をためす實驗。

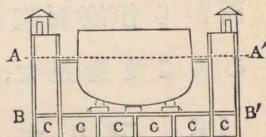
このやうに液體中の物體は、その排除してをる液體の重さだけ一時その重さを輕減する。

これをその發見者の名に因んでアルキメデスの原理 Archimedes' principle といふ。

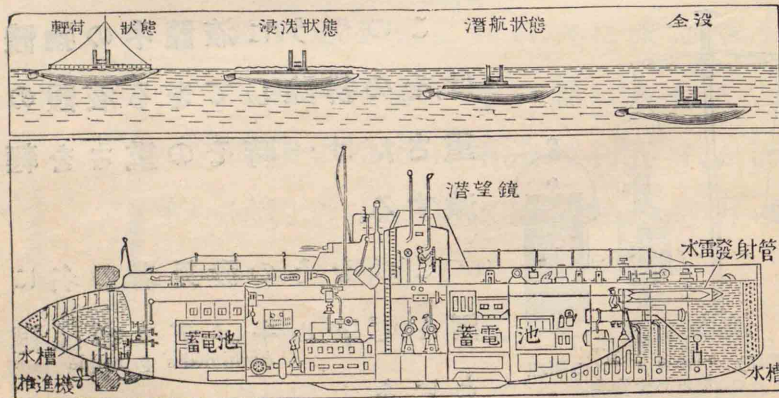
之はその物體の下方に働く液體の上壓力が、上方に働く液體の下壓力よりも、物體と等體積の液體の重さだけ大きいからで、物體は重力と反對の方向に之だけの力を受けることになる。この力を液體の浮力といふ。

17. 物體の浮沈。 液體中の物體は、その重さが浮力より大きい時は沈み、浮力に等しい時は液内任意の位置に止る。

若しその重さが浮力より小さいと、重さが浮力に等しくなる迄液面に浮び出る。浮船渠、潜水艦などでは、その水槽に水を出入させて重さを變じ、浮沈の度を加減する。



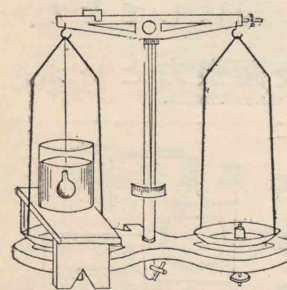
(圖28) 浮船渠の断面、C,C,Cに水を充すとAA'水線迄沈む。



(圖29) 潜水艦の浮沈とその内部の構造。

問. 海面上の露出體積20000立方米なる氷山の全體積を問ふ。但し比重は氷を0.917,海水を1.026とする。

18. 比重の測定。 物質の比重はアルキメ



(圖30) 固體の比重測定。

デスの原理を應用して測れる。水に溶けない重い固體の比重は、その重さWと、水中の重さW'とを測ると、次式から求められる。

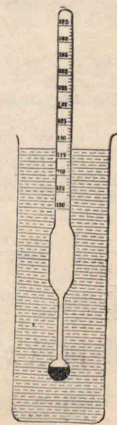
$$\text{固體の比重} = \frac{W}{W - W'}$$

液體の比重は水及びその液に溶けない固體を用ひ、その重さW,水中での重さW',及び液中での重さW''を測ると次式から定められる。

$$\text{液體の比重} = \frac{W - W''}{W - W'}$$

液體の比重を簡便に測り得るものに浮秤がある。之を液體中に立てると、その液面上に浮び出る管側の目盛で、その液の比重が讀まれる。

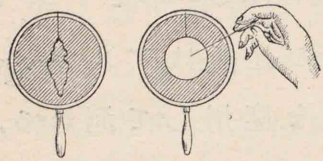
問. 重さ124瓦の物體を水中で測ると108瓦になり、他の液體中で測ると98瓦になるといふ。その物體及び液體の比重を問ふ。



(圖31) 浮秤。

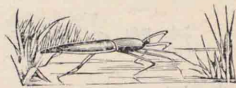
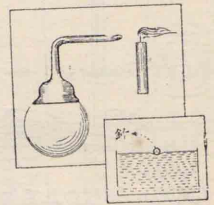
19. 表面張力。

液體の表面は、引き張つたゴム膜のやうに、縮まらうとする力をたえずその表面に沿うて現はしてをる。



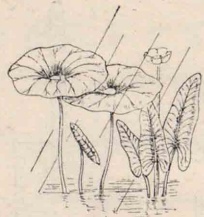
(圖32) 石鹼液の膜とその表面張力。この力を**表面張力**といふ。
Surface tension

管の端に膨らせた石鹼球が縮小に際して燭火を吹き、水上に針が浮べられることなどは、實驗で認められるこの一方面で、水虫の水上を匍匐し、葉末の露や、雨滴が球形になるなどは、自然界で見られるその例である。



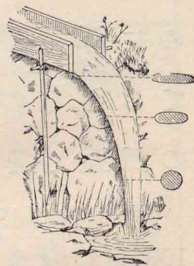
(圖33)

表面張力は液體の種類によつても相違がある。水銀の表面張力は水のよりも強く、酒精、石油などは水のよりも弱い。



(圖34)

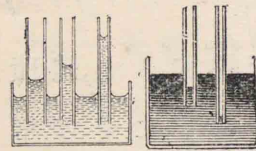
問1. 笕の口から幅廣く流れ落ちる水が、次第に丸紐のやうになるは何故か。



(圖35)

問2. 融解した鉛を水中に滴下させると散彈ができる。何故か。

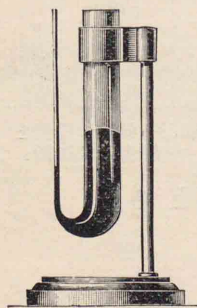
20. 毛細管現象。硝子製の細管を水中に立てると、水は或る高さ迄管内に昇り、水銀中には立てると、管内の水銀面は却つて降下する。かやうな諸現象は、細管に限らずすべて物體の狭い間隙で起るもので、**毛細管現象**と呼ばれ、細管をつくつてをる物質が、その液に濡されるか否かで、その液が或は細隙内に昇り、或は降るのである。



(圖36) 毛細管現象。

吸墨紙がインキを吸ひとり、石油がランプの芯に昇るなどは何れもこの實例である。

毛細管現象が起る場合に、管の内外に於ける液面の高さの差は、その管の内徑に逆比例する。之を**ジュリ**ンの定律といふ。
Jurin's law



(圖37)

問. 大小兩支管を備へてをる連通管に水銀を盛る時、左圖のやうになるのは何故か。又之に水を入れるとどうなる筈か。

第三章 氣 體

21. 氣體の壓力。 氣體を壓縮すると、體積の縮小につれて次第にその壓力を増してくる。英人ボイルは之に關し次の定律を見出した。



(圖38) ボイル(英國人)
Robert Boyle
(1627—1691)

定溫度にある一定量の氣體の體積は、その受けてをる壓力(氣體自らの壓力に等しい)に反比例する。

之をボイルの定律といふ。

Boyle's law

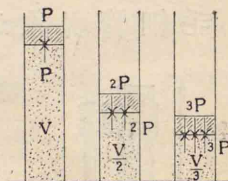
故に或る量の氣體の體積を

V とし、その壓力を P とすると、

その積の $P.V$ は常に一定の値 (C) をとる。

$$P.V = C$$

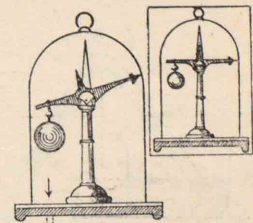
氣體の壓力の單位にも 1 氣壓がよく用ひられる。之は高さ 76 糎の水銀柱の壓力に等しいもので、毎平方糎に 1033.6 瓦重の割合になる。



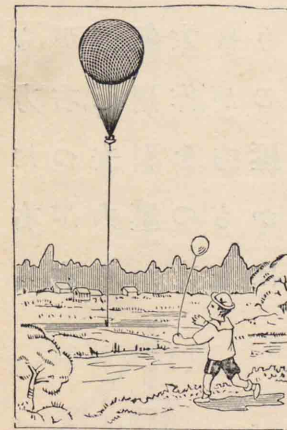
(圖39) 氣體の體積と壓力との關係。

空氣を壓縮してその壓力を數百氣壓に増大せしめたものを壓縮空氣といひ、穿孔器、魚雷發射その他の動力用に供せられる。

22. 大氣の浮力。 大氣中の物體は水中にある場合のやうに、それと同體積の空氣の重さに等しい浮力を受ける。之を大氣の浮力といふ。右圖のやうな實驗によると之が檢し得られる。



(圖40) 硝子鐘内の空氣を抜きとり、大氣の浮力を檢する實驗。



(圖41)

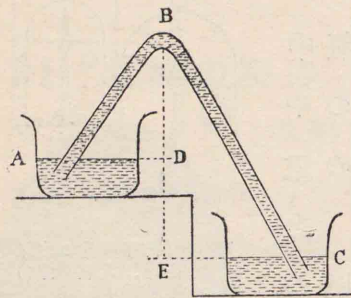
らしめてをる。

輕氣球、飛行船などはこの浮力を利用するもので、氣囊に輕い氣體を充たし、その重量を大氣の浮力よりも小さくして空氣中に昇る。

飛行船は更に舵機及び發動機で運轉する推進機を備へてゐて、その飛行を自由な

問. 比重が空氣の $\frac{1}{13}$ である水素を入れた 100 立方メートルの氣球では、幾斤の物體が揚げられるか。但し外囊の總重量を 19 斤、空氣 1 立方メートルの重さを 1.29 斤とする。

23. サイフォン。 長短二つの脚をもつ曲管ABCに水を充て、その短脚端Aを水中に入れて長脚端Cを開くと、水はAから屈曲部Bを経てCに移る。この様な装置をサイフォンといひ、高所の液を低所に移すのに用ひられる。



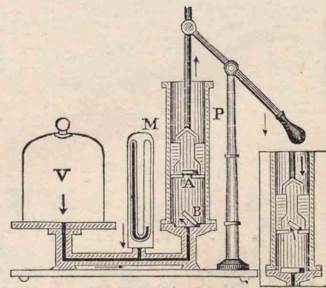
(圖42) サイフォン。

今曲管の最高部Bの水につきその兩側に働く壓力を比較し見るに、左方よりは大氣壓からBD水柱の壓力を引去つたものが作用し、右方よりは大氣壓からBE水柱の壓力を引去つたものが作用してをる。故に左からの壓力が右からの壓力よりも大きい間、水は左方から右方に移り動くことになる。

24. 排氣ポンプ。

密閉器内の空氣をぬき去る機械を排氣ポンプといひ、その種類が多い。

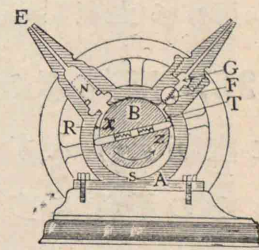
右圖はその一種で、活塞



(圖43) 排氣ポンプ。

Pを上下させると、瓣A,Bは交互に開閉してV内の空氣は次第に排除せられる。Mはその程度を知る爲に設けられた真空計である。

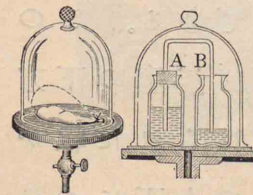
下圖の迴轉式ポンプは能率のよい排氣ポンプで、圓筒状のA室内でB圓筒が矢の方向に迴轉しながらR間隙を増すと、空氣はE口から吸ひとられる。そのR空隙はやがてS空隙となり、更にT空隙となつてその體積を縮小し、抱擁してをる空氣をF Gを経て外部に排出する。



(圖44) 迴轉式ポンプ。圓筒形室Aの内にB圓筒が偏心的に取りつけられてをる。發條瓣x,zはB圓筒の直徑方向に取りつけられた出入自在のもので、常にAの外廓を押しながら迴轉する。

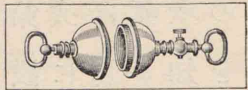
このやうな経過でEに連ねた器中の空氣は抜き去られる。

實驗及び問。 下圖のやうに準備した排氣鐘内の空氣を抜き去ると、口をしめてある膀胱膜は膨れあがり、上部に空氣を残して密封したA壺の水はB壺に移る。何故か。又鐘内に空氣を送る時起る變化をも説明せよ。



(圖45) 排氣ポンプを使用する實驗。

實驗. 下圖のやうな半球を氣密に合せ,排氣ポンプで内部の空氣を抜き去ると,兩方から強く引き合つても離れ難くなる。

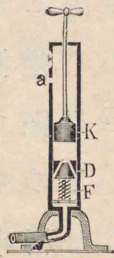


(圖46)マゲデブルグの半球。

之は嘗て獨人ギユリツケーがマゲデブルグ市で試みた實驗で,之からその外側に作用する大氣壓の強いことがよく知られる。

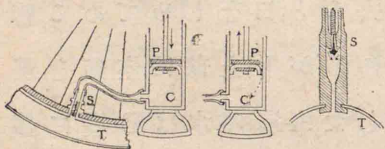
25. 壓縮ポンプ。壓縮ポンプは密閉器中に空氣を壓入する装置で,目的によりその構造に多少の相違がある。

排氣ポンプの瓣を二つとも反對の向きに開くやうに取付けても亦壓縮ポンプが出来る。



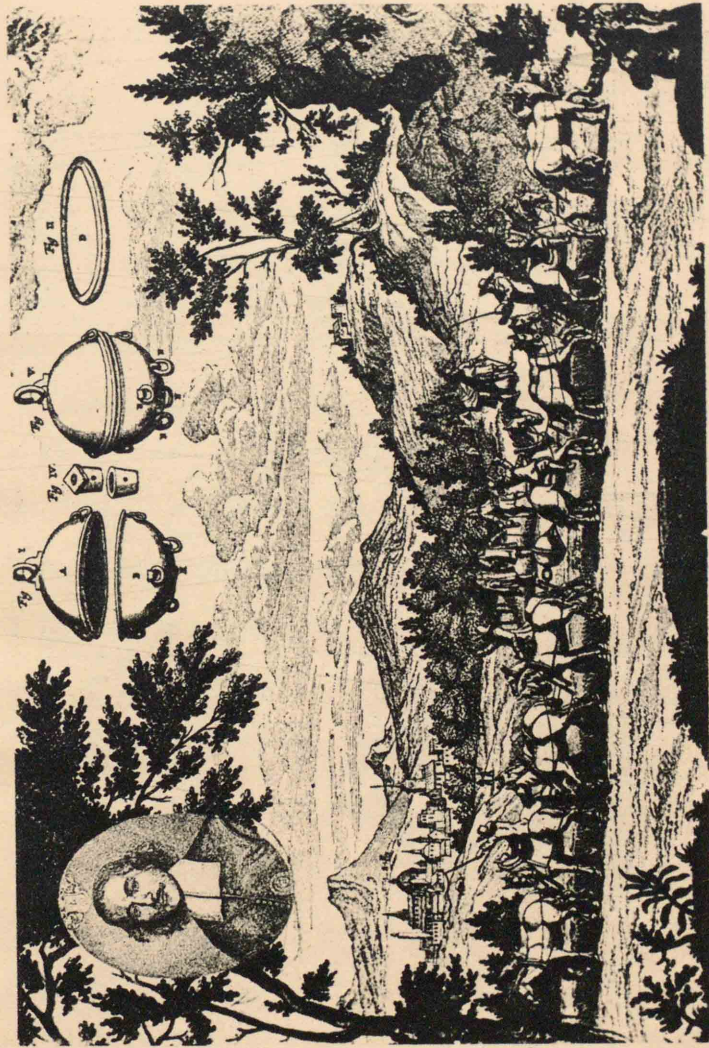
(圖47)壓縮ポンプ。

下圖は自轉車のタイヤなどに空氣を壓入する壓縮ポンプで,Pは活塞,Sはタイヤ附の瓣である。このポンプでは活塞の下方に止めつけられた軟かい皮が,その上下につれ



(圖48)自轉車用ポンプ。

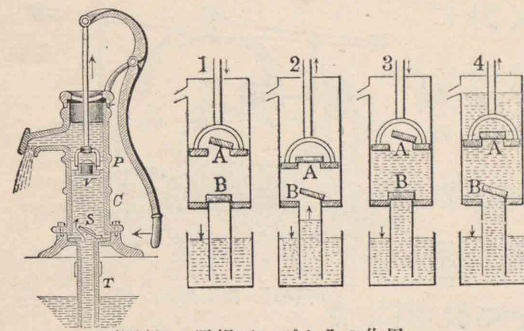
巧妙な働をする。



マゲデブルグ市に於ける大氣壓に関する實驗主事者オットー・フォン・ギユリツケーの肖像

26. 水ポンプ。 水ポンプの一種である吸

揚ポンプにつき、

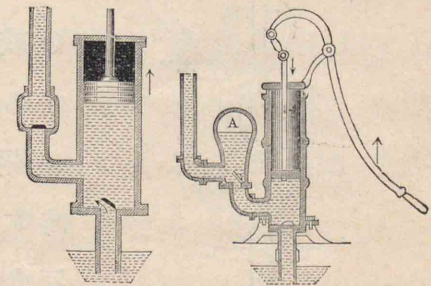


その活塞を上下して下部の空気を排除すると、外方の水面上に作用する大気の壓力の爲に水がその内部に入ってくる。

(圖49) 吸揚ポンプとその作用。

更に活塞を同様に動かすと、水は活塞の上に移り、遂にその側口から流れ出るやうになる。

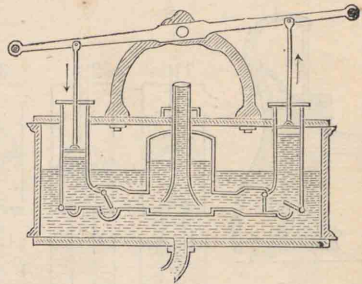
押揚ポンプでは活塞を上げる時に水はその下部に入り、活塞を下げる時にそれが側管に押し揚げられる。



(圖50) 押揚ポンプ。

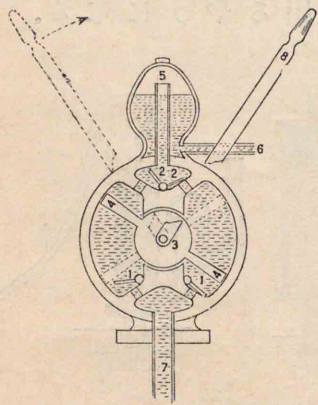
また押揚用管の一部に空氣室を備へてをるものでは、その中に水が入り込む度毎に室内の空氣を壓縮し、その彈力で連續的に水を噴出せしめることが出来る。

一個の空氣室に二個の押揚ポンプを連結して、それを交互に反對に動かすと、一層連續的に、且強く水を噴出せしめ得る實用的のものとなる。之を普通に消火用ポンプと呼んでをる。



(圖51) 消火用ポンプ。

ウイングポンプは近頃家庭でよく用ひられる様になつたもので、次圖はその要部の斷面を示したものである。



(圖52) ウイングポンプ。

今把手8によつて翼4を或る角度だけ往復廻轉すると、下方の瓣1は交互に開いて水を吸ひ込み、同時に上方の瓣2がそれと反對に交互に押し開かれて水は空氣室5に押し入れられる。その空氣室から水の送り出される模様は、押揚ポンプのそれと略同様である。

問. 水ポンプは制限なく高く水を揚げ得るか。

第二編 熱

第一章 熱, 熱量, 比熱

27. 熱, 熱量. 熱は燃燒, 摩擦などの際に生じ、また電流に伴つて發生するもので、多くの場合に、物體が之を得れば得る程その溫度が昇り、之を失へば失ふ程その溫度が降る。このやうに熱は物體の溫度の高低を起す原因になる一種の量である。



(圖53) 摩擦による發熱。

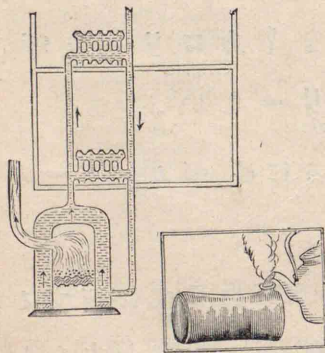
物體が得または失ふ熱量の多少を表はすために、1 瓦の純水の溫度を 1°C 昇すに要する熱量をその單位にとつて之を **1 カロリー** と呼び、1000 カロリーを **1 珎カロリー** といふ。

m 瓦の水の溫度を $t^{\circ}\text{C}$ 高めるには mt カロリーの熱量が必要である。

問. 12°C の水 150 瓦の溫度を 68°C に昇すに要する熱量と等しい熱量を、 50°C の水 200 瓦から取り去ると、その溫度は幾度に降るか。

28. 熱容量,比熱。 一物體の溫度を 1°C 昇すに要する熱量をその物體の**熱容量**といふ。熱容量はその物體を構成する物質の種類,質量などで大差がある。

また或る物質の溫度を 1°C 昇すに要する熱量と,同質量の水の溫度を 1°C 昇すに要する熱量との比を,その物質の**比熱**といふ。之はその物質1瓦の溫度を 1°C 昇すに要する熱量をカロリーで示した數に等しい。故に水の比熱は1で,上表の示すやうに最も大きい。



(圖54) 熱湯暖房装置と湯タンポ。

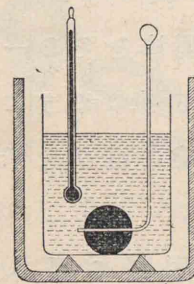
一般に比熱の大きいもの程温り難く,また冷え難い。

熱湯暖房装置,湯タンポなどは何れも水のこの特性を利用したものである。

| 比 熱 表 | |
|--------|-------------|
| 鉛 | 0.031 |
| 白金 | 0.032 |
| 銀 | 0.056 |
| 銅 | 0.093 |
| 眞鍮 | 0.088↔0.090 |
| 鐵 | 0.110 |
| アルミニウム | 0.220 |
| 水晶 | 0.170 |
| 硝子 | 0.12↔0.19 |
| 水 | 1.000 |
| 海水 | 0.940 |
| アルコール | 0.550 |
| オリーブ油 | 0.470 |

問. 15°C のアルミニウムが100瓦ある。これを 60°C に温めるには幾カロリーの熱が必要か。

29. 比熱測定法。 比熱を測定する方法中最も簡単なものは**混合法**である。



(圖55) 比熱の測定。

今 t 度に熱した物質 m 瓦を, t' 度, m' 瓦の水の中に投じ,よく攪拌して均一な溫度 T 度を得たとすると,その物質の失うた熱量は水の得た熱量と等しい筈であるから,その物質の比熱を S として次の

關係式が得られる。

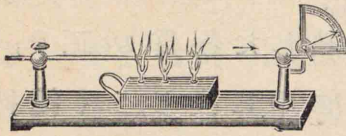
$$sm(t-T) = m'(T-t')$$

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

問. 溫度 98°C ,質量20瓦の銅塊を,溫度 15°C ,質量50瓦の水の中に投じた結果,その水の溫度が 3°C 昇つたといふ。銅の比熱は何程か。

第二章 熱による膨脹

30. 線膨脹。 熱を得て温度が昇ると多くの



(圖56) 長さの膨脹を見る實驗。

の物體は膨脹する。

實驗. 金屬棒をその一端を固定して圖のやうに熱すると他端に延びを示

して指針を動かすのが見られる。

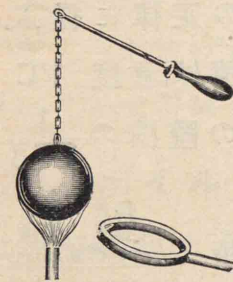
このやうに温度の上昇に伴つて、固體の長さが増加することを線膨脹といふ。今棒の零度の長さを l_0 とし、 t 度の長さを l とすると、その線膨脹は 1 度につき $(l-l_0)/t$ となり、それと零度の長さ l_0 との比 α をその線膨脹係數といふ。

$$\alpha = \frac{l-l_0}{l_0 t} \quad l = l_0(1 + \alpha t)$$

固體のこの伸縮が妨げられると、大きい力を現はすことがある。熱湯を注がれて硝子器が破損し、鐵道の鐵軌の繼目に餘地をおくなどは、之に關聯した好研究資料である。

| 線膨脹係數表 | |
|-----------|-------------------------------|
| 白金 | 0.0000089 |
| 銅 | 0.0000168 |
| 鐵 | 0.0000106 |
| 亞鉛 | 0.0000292 |
| 眞鍮 | 0.0000189 |
| 硝子 | {0.0000075} の間 {0.0000097} |
| 石英硝子 | 0.0000005 |
| ニツケル鋼 | |
| (ニツケル36%) | 0.0000009 |
| (ニツケル40%) | 0.0000060 |

31. 體膨脹。 温度の上昇に伴つて物體が



(圖57) 固體の體膨脹。

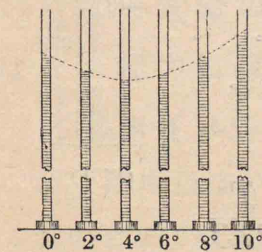
體積を増すことを體膨脹といひ、温度 1°C の上昇の爲に増加した體積の舊體積に對する比をその體膨脹係數といふ。今一物體の 0°C 並びに $t^\circ\text{C}$ の體積を V_0, V_t とし、その體膨脹係數を β とすると、その間には次のやうな關係式が成り立つ。

$$\beta = \frac{V_t - V_0}{V_0 t} \quad V_t = V_0(1 + \beta t)$$

固體の體膨脹係數は、その線膨脹係數の約 3 倍に相當する。

液體の膨脹度は、固體に比べて稍、著しく、氣體に至つては更に著しい。

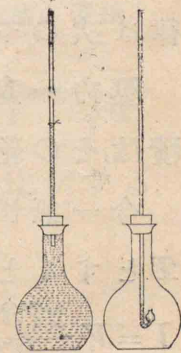
水は不規則な膨脹をする例外のもので、 4°C 迄は温度が昇るにつれて次第に收縮し、 4°C を超へてから漸次に膨脹する。



(圖58) 不規則な水の膨脹。

液體の體膨脹係數
(0°C と沸騰點との間の平均値)

| | |
|-------|---------|
| アルコール | 0.00112 |
| 石油 | 0.00095 |
| 水銀 | 0.00018 |
| エーテル | 0.00166 |



(圖59) 液體及び氣體の膨脹を見る裝置。

32. 氣體の膨脹。氣體はその膨脹、收縮の度が全部一樣で、皆次のシャルルの定律に従ふ。
Charles' law
 一定壓力の下にある氣體の體積は、溫度 1°C の昇降に對して 0°C に於けるその體積の $\frac{1}{273}$ づつを増減する。

故に一氣體の 0°C 及び t °C の體積を夫々 V_0 及び V_t とすると、その間には次の關係が成立つ。

$$V_t = V_0 \left(1 + \frac{1}{273}t\right) \quad V_t = V_0 \cdot \frac{273+t}{273}$$

攝氏の零下 273 度を 0 度とし、攝氏の 0 度を 273 度、 t 度を $273+t$ 度とする溫度を絕對溫度といふ。

Absolute temperature

絕對溫度によると、シャルルの定律は次のやうに改められる。

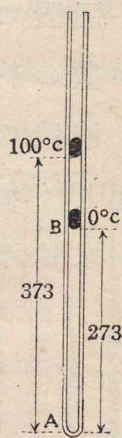
壓力一定なる一定量の氣體の體積は、その絕對溫度に正比例する。

今一氣體の溫度を t °C、絕對溫度を T とすると、

$$V_t = V_0 \cdot \frac{273+t}{273} = V_0 \cdot \frac{T}{273} \quad \frac{V}{V_0} = \frac{T}{273}$$



(圖60)



(圖61)

となり、絕對溫度から見たシャルルの定律を示す式が得られる。

問. 一定量の氣體が 0°C で占める體積は、何度で二倍になり、又半減するか。

33. ボイル・シャルルの定律。一定量の氣體の溫度と壓力とが同時に變化すると、ボイルの定律と、シャルルの定律とが並び行はれる關係上、その體積はその壓力に反比例しながら、絕對溫度に正比例して變化する。

例へば氣壓 P 、絕對溫度 T で、體積 V を占める一氣體の壓力を P' に、絕對溫度を T' に變じて體積 V' を得たとすると、それら

の間には次の關係がある。

$$V' = V_0 \cdot \frac{P_0}{P'} \cdot \frac{T'}{T_0}$$

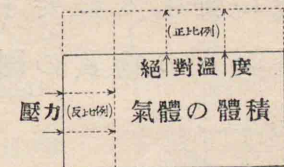
壓力の反比 絕對溫度の正比

故に、一定量の氣體の體積

はその壓力に反比例し、絕對溫度に正比例する。

之をボイル・シャルルの定律といふ。

問. 標準溫度 (0°C)、標準氣壓 (76 糎) で 16 立を占めてをる氣體は、27.3°C、氣壓 80 糎で幾立を占めるか。



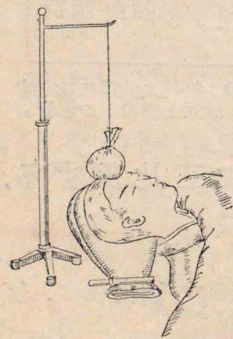
(圖62) 氣體の體積に及ぼす溫度と壓力との影響。

第三章 熱による三態の變化

34. 融解と凝固。 固體が熱を得て液體に變る現象を融解といふ。
Fusion

融解の際には、固體の全部が融解し終る迄は熱を加へても溫度が一定で變化しない。此の溫度を融解點といひ、融解點にある固體の1瓦を融解して同溫度の液體に變ずるに要する熱量をその物質の融解熱といふ。
Melting point
Heat of fusion

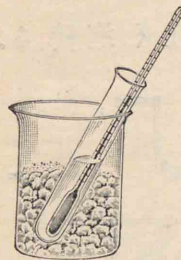
| 融 解 點 | | 融 解 熱 |
|---------------|-----------|---------|
| タングステン | | 3400°C |
| 白金 | | 1770° |
| 純銅 | 鐵 | 1527° |
| 金 | | 1080° |
| 鉛 | | 327° |
| 錫 | | 232° |
| 白鐵 | | 182° |
| ウツドの可融金 | | 65° |
| パラフィン | | 50° |
| 水 | 銀 | -39° |
| アルコール | | -114° |
| アンモニア(-75°Cで) | | 108カロリー |
| 水 | (0°Cで) | 80 |
| 鉛 | (327°Cで) | 5 |
| 水 | 銀(-39°Cで) | 3 |



(圖63)

その際に溫度が昇らないのは、加へる熱がその状態の變化にのみ費される爲である。水は融解熱が80カロリーで、多量の熱をその周圍より吸収して融けるから、氷嚢に入れて用ひられ、又魚類の保存、冷蔵庫などにも利用せられる。

液體が冷えて固體に變る現象を凝固といふ。
Solidification



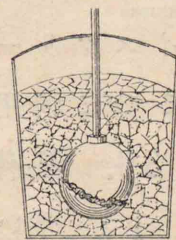
(圖64) 水の凝固。

凝固も終始同一の溫度で行はれるもので、その溫度を凝固點といふ。
Solidifying point

一般に同一物質の凝固點は、その融解點に等しく、又融解の際に吸収する融解熱に等しい熱量を凝固の際には逆戻しする。

液體が他の物質を溶解するとその凝固點が低くなる。海水の結氷點が0°C以下で、合金類の融解點がその成分金屬の融解點より低いのはこの爲である。

多くの物質は凝固の際その體積を縮小するが、水は例外で反對の現象を呈する。故に水が岩石の龜裂に入ると結氷の際之を破壊する。



(圖65) 凝固の時膨脹する水。

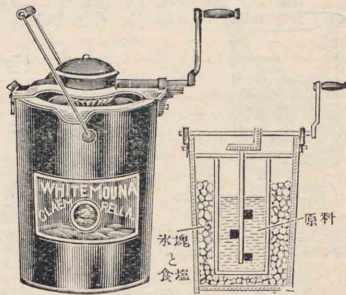
凝固の際收縮する金、銀、銅などは鑄造に適しない。故に貨幣の紋章は後から鋼型で打出すのである。

問1. 40°Cの鐵塊200瓦を、0°Cの氷塊中に埋めると、氷の幾瓦を融解し得られるか。

問2. 0°Cの氷塊20瓦を、80°Cの水60瓦中に入れると、混合水の溫度は何度になるか。

35. 寒劑。食鹽と砕いた氷とを1と3との割合に混ざると、その温度は -22°C 近く迄降る。

之はその食鹽が氷に附いてをる水に溶けて濃い食鹽水となり、濃い食鹽水中では氷は -22°C 迄存在し得ないから、その周圍より融解熱をとつて急に融け、そこに非常な寒冷を起すためである。



(圖66) アイスクリーム製造器。

このやうにして低温度を起さしめる混合物を寒劑といひ、物を冷やし、又アイスクリームなどを製するのに利用せられる。

寒劑の種類

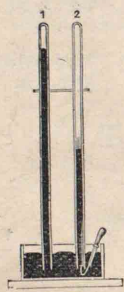
| 種類 | 重さの割合 | 温度 |
|-------------|-------|-----------------------|
| 硝酸アンモン | 1 | -15°C |
| 水 | 1 | |
| 雪又は砕氷 | 3 | -22°C |
| 食鹽 | 1 | |
| 雪 | 3 | -51°C |
| 鹽化カルシウム(結晶) | 4 | |

36. 氣化。液體が氣體に變る現象を氣化といひ、その際出来る氣體を蒸氣といふ。

液體は温度の如何に關せずその表面で氣化するもので、之を蒸發といふ。

實驗 トリセリーの真空中にエーテルを送ると、その一部を残したまゝ急に水銀が降る。

之は真空中に急に出来るエーテル



(圖67) 真空中の氣化。

蒸氣の壓力によるもので、その壓力が一定の値に達すると、エーテルは存在してゐても蒸發は止む。かやうに接觸してをる液體の蒸發を停め得る壓力に達した蒸氣を飽和蒸氣といひ、その壓力をその物質のその温度の最大壓力といふ。

Saturated vapour

最大壓力の表

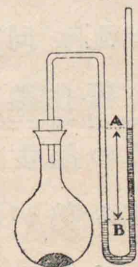
この最大壓力の値は、物質で異なり、又その温度の上昇と共に著しく増すが、

| 物質 | 水 | アルコール | エーテル |
|-----------------------|--------|--------|--------|
| 0°C | 0.46 種 | 1.72 種 | 18.5 種 |
| 10°C | 0.92 | 2.4 | 29.1 |
| 20°C | 1.75 | 4.4 | 43.9 |
| 40°C | 3.51 | 13.4 | 92.1 |
| 100°C | 76.00 | 169.2 | 485.5 |

共に存する他氣體の有無にはよらない。

但し最大壓力に達する迄の時間は、他の氣體が共存する時の方が眞空の時より著しく長い。

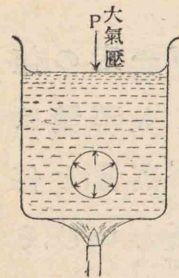
實驗及び問 綿にエーテルを浸してフラスコに入れ、その口を壓力計に連ねて密封すると、内部の壓力が次第に増すのが見られる。何故か。又外器を温めるとその壓力は急に増加する。何故か。



(圖68)

器内の液體を下から熱すると、温度の上昇につれ蒸發の度を増すが、一定温度に達した後は、下底にも蒸氣ができ、その泡沫が出てゆく。この現象を沸騰といふ。

Boiling



(圖69) 液体内に出来る蒸氣。

その際更に熱を加へても、その温度は一定して變らない。この一定温度を**沸騰點**といふ。

| 沸騰點(1氣壓) | |
|----------|--------|
| 銅 | 2310°C |
| 水銀 | 357° |
| 水 | 100° |
| アルコール | 78° |
| エーテル | 35° |
| アンモニア | -33° |
| 酸素 | -183° |
| 窒素 | -196° |
| 水素 | -253° |

沸騰の際氣泡が液内に成立し得る爲には、その蒸氣の壓力が、外圍の壓力に對抗し得ることが必要である。

随つて沸騰は蒸氣の最大壓力が液面に働く氣壓に等しい温度で始まる。

實驗及び問. 容器の水の沸騰中に密栓を加へ、沸騰の止んだ後、倒立して水を注ぐと再び熾に沸騰する。何故か。



(圖70)

氣化の際にも多量の熱を要するもので、液體1瓦が同温度の蒸氣となるに要する熱量をその**氣化熱**といふ。沸騰中液體の温度が昇らないのは、加へる熱が總てこの氣化熱として費やされる爲である。

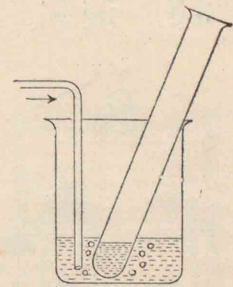
| 氣化熱(1氣壓の時 の沸騰點で) | |
|---------------------|---------|
| 水 | 539カロリー |
| アンモニア | 341 |
| アルコール | 221 |
| エーテル | 92 |

問. 0°Cの水10瓦を熱して100°Cの水蒸氣に變化するには何程の熱量が必要か。

37. 氣化による冷却。

實驗1. アルコール、エーテルなどで濡した手を振ると冷たく感じる。

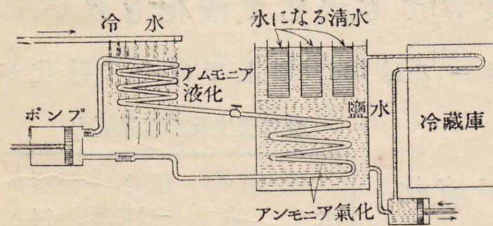
實驗2. エーテルを入れた器中に、水を入れた試験管を立て、そのエーテル中に空氣を吹込み急に氣化させると、殘液は著しく冷え、管内の水は遂に氷結する。



(圖71) 氣化による冷却。

之はエーテルが氣化熱を周圍のものからとつて氣化する爲で、一般に急激な氣化が起るとその殘液や、周圍のものは著しく冷却せられる。

氷の人造はこの理を應用したもので、圖の様な装置で、壓縮、冷却して液化させたアンモニアを蒸發管内に送つて急に氣化させ、その周圍の鹽水(又は鹽化カルシウム溶液)を冷却して、その内に浸してある金屬箱内の清水を氷結せしめる。

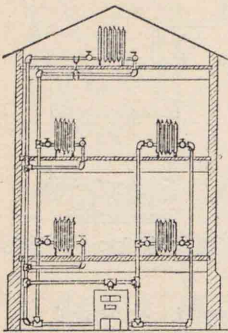


(圖72) 製氷装置及び冷蔵庫。

又冷却された鹽水を管で別室に導き、その室温を低下させる仕組にすると**冷蔵庫**が出来る。

38. 液化。氣體が液體に變る現象を液化と

Liquifaction



(圖73) 蒸氣暖房装置。

いひ、その際には氣化熱を逆戻しする。蒸氣炊爨、蒸氣暖房装置、蒸し物などではこの熱を利用する。

飽和蒸氣は冷やすか、壓縮すると、その一部分は必ず液化するが、不飽和の氣體では單なる

壓縮許りでは液化し得ないことがある。

すべて氣體は夫々特定の或る溫度以上では、如何なる強壓を受けても決して液化しない。

例. 氣狀のアンモニアは130°C以上ではその液化が不可能である。

臨界溫度及び臨界壓力

| | | 溫度 | 氣壓 |
|-------|----|----------|-----|
| 水 | 素 | -240.8°C | 14 |
| 酸 | 素 | -118 | 50 |
| 窒 | 素 | -146 | 35 |
| 空 | 氣 | -140 | 39 |
| 炭酸 | 瓦斯 | 31 | 73 |
| アンモニア | | 130 | 115 |
| 水 | | 365 | 195 |

一般に一氣體が液化できるか、できないかの限界の溫度、即ちそれが液化できる最高溫度を

臨界溫度といひ、臨界溫度

に於けるその氣體の最大壓力、即ち丁度液化できる壓力をその臨界壓力といふ。

Critical pressure

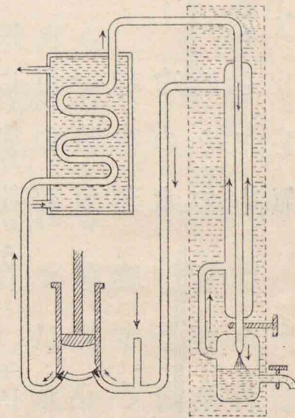
空氣、酸素、窒素などもその臨界溫度以下にすると容易に液化することが出来る。

39. 空氣の液化。強壓を加へた氣體を小孔から急に噴出膨脹させると、その溫度が著しく低下する。リンデの空氣液化機はこの理を

Linde's Liquid-air machine

應用したもので、概略右圖のやうな構造になつてをる。

この機械では先づ不純物を除去した空氣を、ポンプで200氣壓内外に壓縮し、次に冷却槽を通過させて餘熱を去り、更に細口からそれを低氣壓の場所に急に噴出させ



(圖74) 空氣液化機。

る。この急膨脹で冷却した空氣を、高壓空氣の進み來る管の外側を包む抱擁管に沿ふて逆に昇らしめつゝ、始めのポンプに歸らしめる。

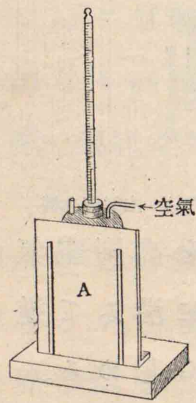
この手續を繰返すと、噴出する空氣は漸次冷却の度を増し、遂に液體空氣が得られる。

第四章 大氣の乾濕

40. 大氣中の水蒸氣。動搖の少ない空氣中で物體を冷すと、それに觸れてをる空氣の溫度も漸次降つてその中の水蒸氣は飽和状態になる。

その冷却が更に進むと、水蒸氣の一部は液化してその物體の表面に露を結ぶ。かやうに空氣中の水蒸氣が飽和状態となり、將に露を結ぼうとする溫度を露點といふ。

空氣中に存する水蒸氣の壓力は、直接には測り難いが、溫度を測り得る物體を冷して露點を求め、その溫度に對する最大壓力を表で見出す方法によると、間接に知ることが出来る。

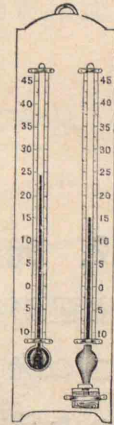


(圖75)ランブレヒト湿度計。金屬筒内にエーテルを入れて空氣を送つてそれを氣化させ、A面に露の出來始める溫度を寒暖計で讀みとる。

左圖のランブレヒトの湿度計はこの測定に便利である。

41. 濕度。空氣の乾濕の度はその中の水蒸氣が飽和の状態に近いか、否かで定められる。

この度を濕度と呼び、その時空氣中に存する水蒸氣の壓力と、その溫度に對するその最大壓力との百分比で表はされてをる。故にその時の氣溫と露點とを測定すると、水蒸氣の最大壓力表から濕度が求められる。露點を測る装置が屢、濕度計と呼ばれるのはこの爲である。



(圖76)

乾濕球湿度計。

濕度の簡単な測定に用ひられる

乾濕球湿度計は、二個の寒暖計を並置し、その一方の球部を、一端を水中に浸した濕布で包んだもので、之を室内に置くとその水分の蒸發の爲、室の乾濕に應じ、濕球の示度が乾球の示度と異なつてくる。その示度と示差とを別製の表に照すと、それから濕度が求められる。

濕度が過小の時は、水分の蒸發を促し、粘膜の乾燥で呼吸器を害し易く、食物はひからび、種々のものに龜裂ができる。又濕度が過大の際には、蒸し暑く、物が乾き難くなつて青黴が^{アスカビ}でき、不衛生的である。

問. 10°Cで露點になる20°Cの空氣の濕度を問ふ。

第三編 光

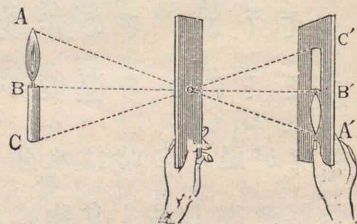
第一章 光の直進, 光度

42. 光の直進。 眼に入る光で人は物體の位置, 形, 色などを知り, 且その方向を判別する。

この光を出す物體, 例へば太陽, 電燈のやうなものを光源Light source又は發光體Luminous bodyといひ, 光を出さない物體例へば月のやうなものを暗體Dark bodyといふ。暗體も他から受けた光を反射すると認められる。

光を透過する物質を透明體Transparent body, 透過しない物質を不透明體Opaque bodyといふ。光は組織一様な透明體內を一直線に進むもので, 之を光線Light rayといふ。

實驗. 暗室で小孔のある板の兩側に, 燭火と衝立とを對立すると, 衝立の上に燭火の倒像が出来て, 光の直進することを示す。



(圖77)

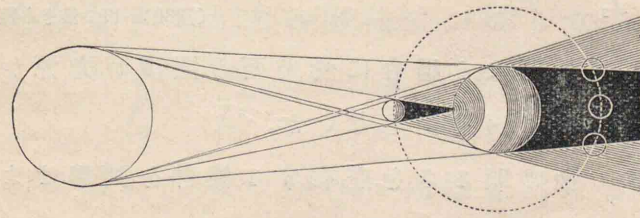
光が眞空又は大氣中を進む速さは毎秒3億米で, 嘗て測られた速さの中で最も大きい。

問1. 日中森の繁みから漏れてくる日光が, 樹蔭に圓形の班點をつくることがある。何故か。

問2. 遠方で打揚げた花火からは, その火を見た後に音が聞えてくる。何故か。

直進する光の進路を不透明體で遮ると, その背後に影Shadowができる。その時光源が點と見做せる程度に小さいと, その影は鮮かであるが, 光源に或る大きさがあると全く暗黒な本影Umbraと, 光源の一部から光を受ける半影Penumbraとができる。

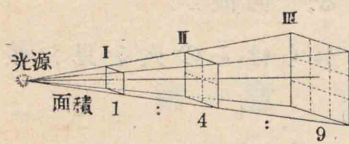
日蝕及び月蝕は太陽から來る光を月又は地球が遮る時に起る現象である。



(圖78) 日蝕及び月蝕。

43. 照度。一表面の單位面積が單位時間に受ける光の量をその面の照度Illuminationといふ。受光面の明るさは表面の性質でも異なるが, 同一狀態の諸面の明るさは全くその照度できまる。

一般に一光源から来る光許りて照らされる



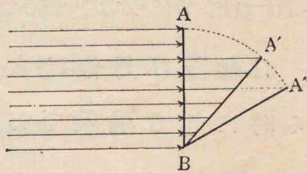
(圖79) 光源からの距離と照度との関係。

面の照度は光源からの距離の自乗に逆比例し、その距離が一定であると、その面が光線に直角

な時に最大で、平行な時最小である。

今一光源から r_1, r_2 なる距離に光線に直角な二平面を仮想し、その各照度 I_1, I_2 を比較すると、次のやうな関係式が得られる。

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



(圖80) 面の傾きと照度。

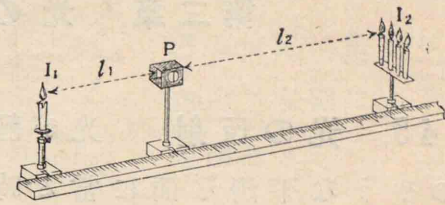
問1. 如何なる場合に受光面の照度が光源からの距離の自乗に反比例しないか。

問2. 面の明るさを左右する条件を列挙せよ。

44. 光度。 光源の強弱を示す爲に、その光線に直角な平面が光源から単位距離にある時の照度を用ひ、之をその光度といふ。光度の單位 Luminous intensity を燭光といひ、我國では標準ペンテーン燈の光度の $\frac{1}{10}$ を1燭光とする Candle power 萬國燭光を用ひてをる。 International candle power

光度を測る装置を光度計といふ。
Photometer

圖はジョリーの光度計で、兩光源の間に二枚のパラフィン片で錫箔を挟んだ



(圖81) 光度計。

衝立Pを立てたも

のである。その衝立を動かして兩光源から各別々に照らされる兩パラフィン片の明るさが等しくなる位置を求め、兩光源からの距離を測つて光度を定める。

今兩光源の光度を I_1, I_2 とし、その衝立迄の距離を l_1, l_2 とすると、次の関係式が成り立つ。

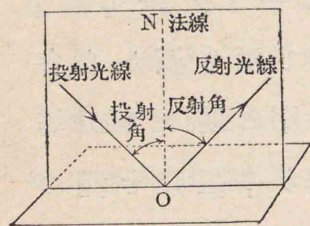
$$\frac{I_1}{l_1^2} = \frac{I_2}{l_2^2} \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{l_1^2}{l_2^2}$$

故に一方に光度の知れた光源を用ひると、他の光源の強さが定められる。

問. 3米を隔て、十燭光と四十燭光との電燈がある。その二光源を連結する直線上で照度の相等しい點の位置を求めよ。

第二章 光の反射

45. 光の反射。 光が静かな水面や、平面鏡のやうな平滑な面に當る時には、常に次の反射の定律に従つて反射する。

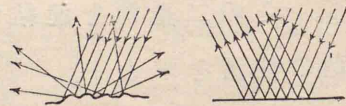


(圖82) 光の反射。

(1) 投射光線と反射光線とは、投射點に於てその反射面に立てた垂線(法線)と同一平面上にあつて、その兩側に位置する。

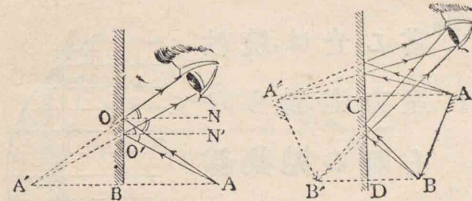
(2) 投射角と反射角とは、投射角の大小に關せずその大きさが相等しい。

物體の表面は平滑に見えても微小な面が色の向に並んでをる場合が多く、之に平行光線が當ると、夫々の面で上の定律に従つて反射せられる爲、反射光は各方面に別れて進む。この現象を亂反射と呼び、その光を散光といふ。



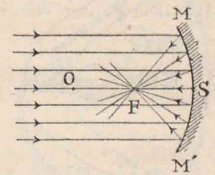
(圖83) 亂反射と整反射。

問. 平面鏡の前にある光點又は物體の虚像が、鏡面に對してそれと對稱の位置に出来る理由を左圖により説明せよ。



(圖84)

46. 球面鏡。 一般理科で學んだ様に球面の一部を反射面とせる球面鏡には、凹面鏡と凸面鏡との二種類があるが、皆その鏡の中心點と球面の中心とを結ぶ直線をその鏡軸といふ。

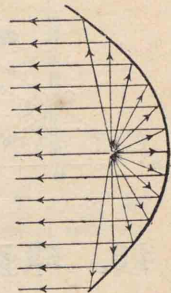


凹面鏡にその鏡軸に平行させ (圖85) 凹面鏡の焦點。て日光のやうな平行光線をあてると、鏡面があまり廣くない場合には、それらの光線は反射の後悉く軸上の一定點を通過する。この點を凹面鏡の焦點といひ、焦點とその鏡の中心との距離をその焦點距離といふ。

この焦點距離 f は凹面鏡をなす球の半径 r の $\frac{1}{2}$ に相當してをる。

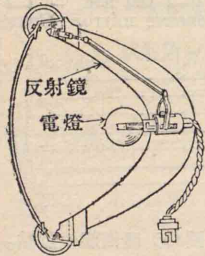
$$f = \frac{r}{2}$$

凹面鏡の焦點に光源を置くと、それから出て鏡の中心に近い面に當る光は、鏡軸に平行に反射せられ、遠方迄弱らな



(圖86) 反射鏡。

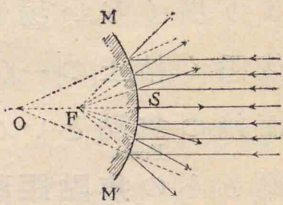
いで進む様になる。右圖の拋物線鏡は全鏡面がこの様な働をする。その爲これらが反射鏡として屢用ひられる。



(圖87) ヘッドライト。

電燈の笠、顯微鏡の照返し、探照燈の反射面、自動車ヘッドライトなどに、この目的で凹面鏡や拋物線鏡などが用ひられてをる。

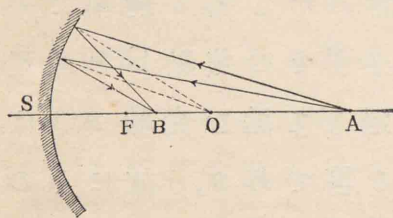
凸面鏡にその鏡軸に平行して進む光が當ると、反射の際發散し、恰も鏡後の軸上の一定點Fから出る光と同様な方向をとる。このF點を凸面鏡の虚焦點といふ。



(圖88) 凸面鏡の虚焦點。

47. 凹面鏡の共軛點。光點を凹面鏡の鏡軸上、焦點の外方なるA點に置くと、それから出る光は反射後軸上のB點に集り實像をつくる。

今鏡の中心Sから光點迄の距離をa、像迄の距離をb、鏡の半徑をr、焦點距離をfとすると、それらに次のやうな關係式が成



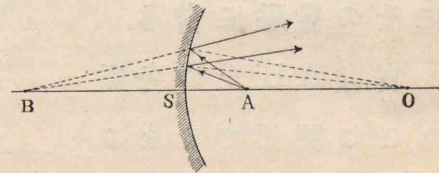
(圖89) 凹面鏡による光點の實像。立つ。

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

又光點をBに移すと、像點はAに移つて光點と像點とが入れ替ることが判る。このやうな一對の二點を共軛點といふ。

Conjugate point

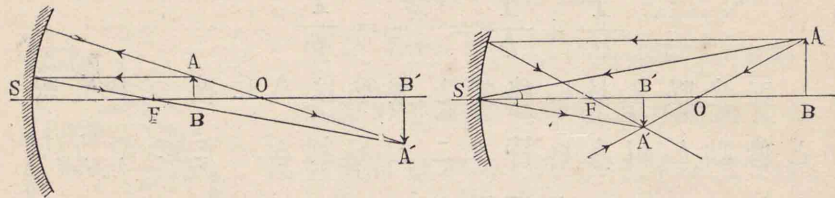
光點が無限遠に移ると、aの値が無限大となる爲、上式でbはfに等しくなる。之は鏡軸に平行な投射光線が、反射後焦點に集る事實とよく合致してをる。



(圖90) 凹面鏡による光點の虚像。

又光點がその焦點以内に移ると、反射光線は發散して集らず、それを眼に受ける人は鏡後にその虚像を認める。この場合にa, b, r, f間の關係は、前式のbを負として表はし得られる。

48. 球面鏡による物体の像。凹面鏡に對立する物体 AB の一點 A から出て、鏡軸に平行に進む光線は、反射後必ずその焦点 F を通過する筈で、又球心 O を通過して進む光線 AO は、反射後同一線を逆行する筈である。故にその交点 A' は A の像となる。

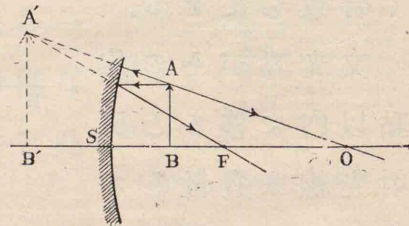


(圖91) 凹面鏡による實像の作圖法。

一般に光点から軸に平行に進んで反射後焦点を通る光線と、光点と球心とを結ぶ直線上を進み、反射後それを逆行する光線との交点、常にその像点に當る。

實像 A'B' 上の各点もこの關係できまる。

以上の關係は物体の位置が變つてもよくあてはまる。ただ虚像の場合にはその反射光線の延長線の交点による必要がある。

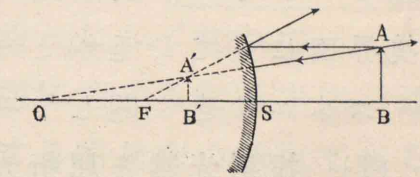


(圖92) 凹面鏡の焦点以内にある物体の虚像。

故に物体が(1)球心外に位置すると、焦点と球心との間に倒立する小實像を生じ、(2)焦点と球心との間にくると、球心外に倒立する大實像となつて現はれ、(3)焦点以内に置かれると、鏡後に正立する大虚像として認められる。

その際物体とその像との長さの比は、鏡の中心から物体、並びに像迄の距離の比に等しい。

凸面鏡による物体の像は、常に正立する小虚像で、必ず鏡の背後に見られる。その像の位置、長さなどは凹面鏡の場合と類似の作



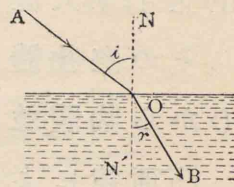
(圖93) 凸面鏡による物体の虚像。

圖法で上圖のやうに求められる。

問. 半径40厘の凹面鏡がある。その鏡の中心から25厘隔つた鏡軸上の一點に物体を立てると、如何なる大きさの像が如何なる位置に出来るか。又この物体を鏡の中心から15厘の所に置く時はどうか。

第三章 光の屈折

49. 光の屈折。 甲透明體中から乙透明體の表面に斜に投射する光が、その境界面で方向を變へ乙透明體內へ進む現象を光の屈折といふ。その際乙透明體內へ進む光線を屈折光線といひ、それが投射點に於て



(圖94) 光の屈折。

境界面に立てた垂線となす角を屈折角といふ。

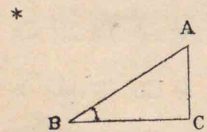
Angle of refraction

スネルは之に關して次の定律を發見した。

(I) 投射光線と屈折光線とは、共に投射點に於て境界面に立てた垂線(法線)と同一平面上にあつて、且必ずその垂線の兩側にある。

(II) 投射角の^{*}正弦と、屈折角の正弦との比は、投射角の大小に關せず常に一定である。

即ち
$$\frac{\sin i}{\sin r} = n$$



(圖95)

直角三角形 ABC に於て、角 B の對邊 AC と、斜邊 AB との比を角 B の正弦といひ、普通に $\sin B$ でこれを表はす。

この一定値 n を乙透明體の甲透明體に對する屈折率といひ、甲が空氣或は眞空の時に限り

Index of refraction

n を單に乙の屈折率といふ。

屈折率の大きい物質を光學的に密、小さい物質を光學的に疎であるといふことがある。

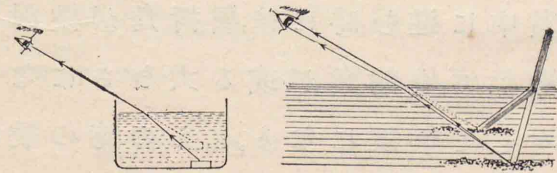
前の圖で BO を投射光線とすると、光は同一徑路を逆行するから OA が屈折光線となる。

| 屈折率の表 | |
|----------|------|
| 水 | 1.33 |
| 氷 | 1.31 |
| 硝子(クラウン) | 1.48 |
| | 1.62 |
| | 1.57 |
| 同(フリント) | 1.97 |
| アルコール | 1.36 |
| 二硫化炭素 | 1.63 |
| 金剛石 | 2.42 |

従つて

甲透明體の乙透明體に對する屈折率は、乙透明體の甲透明體に對する屈折率の逆數である。

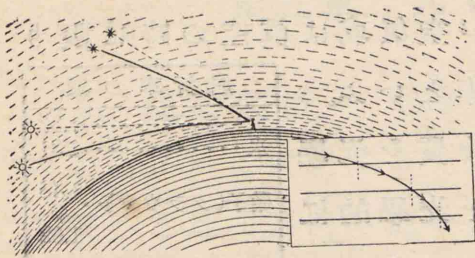
水中にある物體を水上から見る時に、それが多少浮き上つて見え、またそれが表面迄つき出



(圖96) 光の屈折によつて起る現象。

てをる場合に、その水面で折れて見えるのは、何れも光が光學的に密な物質から、疎な物質中に出るために起る現象に外ならない。

大氣のやうに上下の密度が異なる場合には、同一透明體中でも光の屈折が起る。天體から來る光が大氣中に入つて次第に屈折、曲進するの爲で、天體は實際の位置よりも天頂に近づいて見える。

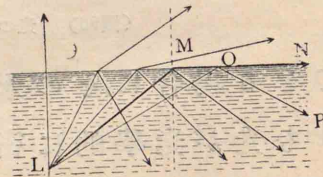


(圖97) 天體の天頂に近づいて見える理。

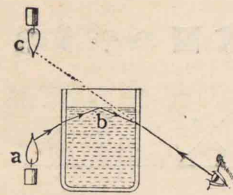
陽炎は密度の小さくなつた空氣が不規則に立ち昇つてをる部分を通過する光が不規則に屈折せられる爲に起る現象である。

問. 風の夜に星がちらつて見えるのは何故か。

50. 全反射. 光が光學的に密な物質から、疎な物質中に入る時は、屈折角が投射角より大きい關係で、投射角が或る大きさになると、屈折角は増して90度になる。この時の投射角を**臨界角**といふ。硝子と空氣とではこれが約42度で、水と空氣とではこれが約48.5度に當る。



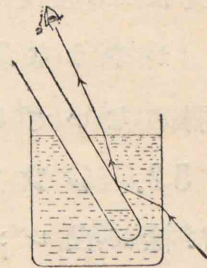
(圖98) 全反射。



(圖99) 全反射の實驗。

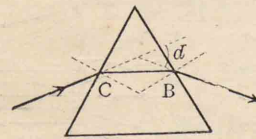
投射角が臨界角以上に大きくなると、屈折は起らなくて、光は全部境界面から反射せられる。この現象を**全反射**といふ。
Total reflection

實驗及び問. 水中に入れた内空の試験管は銀色に輝いて見えるが、その中に水を入れるとその輝が消える。何故か。



(圖100)

51. プリズム. 兩側面が互に傾斜してをる透明體を**プリズム**といひ、普通には三角柱狀のもの

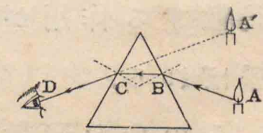


(圖101) プリズムを透過する光線。

の多く使用する。その一側面に斜に光を當てると、光は屈折してその内に入り、他の側面迄進んで再び屈折して出る。その際透過光線は常にプリズムの厚い部分に向つて屈折する。

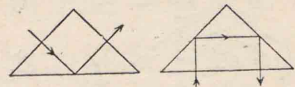
その投射光線の方角となす角(d)を**ふれの角**といふ。
Angle of deviation

實驗. 右圖のやうな實驗を試み、プリズムの作用を調べよ。



(圖102) プリズムを透して見る物體。

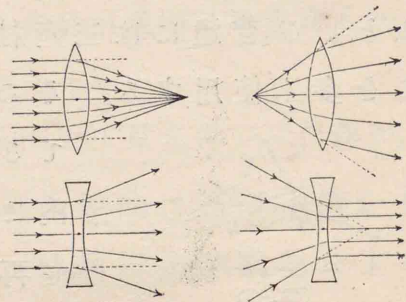
断面が直角二等邊三角形をなす圖のやうなプリズムの一側面に、直角に光を投入すると、一回或は二回の全反射の後90度又は180度その方向を變じて出てくる。



(圖103) 全反射プリズム。

かやうな装置を**全反射プリズム**と呼び、光を弱めないでその方向を轉換するのに用ひる。

52. レンズの作用。 既に一般理科で學んだ様に、凸レンズはそれを通過する光を収斂する作用があるので、また**収斂レンズ**とも呼ばれる。その光を収斂する作用はその焦点距離の小さいもの程著しい。

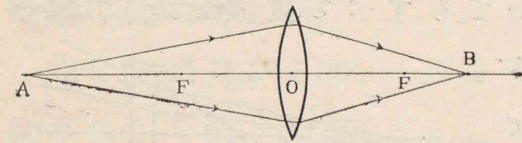


(圖104) 凸レンズの収斂作用と凹レンズの發散作用。

之に反して凹レンズはそれを通過する光を發散する作用があるので、また**發散レンズ**とも呼ばれる。

その光を發散する作用はその焦点距離の小さいもの程著しい。

53. レンズの共軛點。 光點を凸レンズの焦点の外方なる軸上の一**點A**に置くと、それから出てレンズを通過する光は、他の側でその軸上の一**點B**に集つてその實像を作る。その光



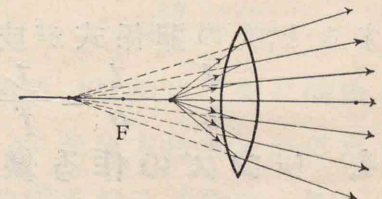
(圖105) 凸レンズの共軛點。

點をBに移すと、光は逆行して實像をA點に生ずる。

このA、Bのやうな二點をレンズの**共軛點**といひ、A及びBからレンズの中心迄の距離を夫夫 a 及び b とし、レンズの焦点距離を f とすると、それらの間には次の關係式が成立つ。

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

光點が焦点内に移るとレンズを通過す



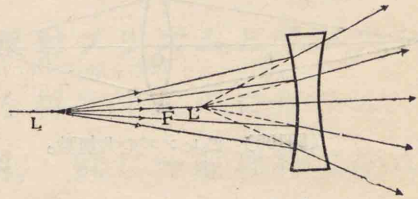
(圖106) 凸レンズによる光點の虚像。

る光線は、その収斂作用によるも實像を結ぶ程度に集らず、それを眼に受けると、その逆延長線の交點にその虚像を認める。この場合の關係は上式のみを負として表はされる。

光點が無限遠に移り、 a が無限大となると、前式の b は f に等しくなり、主軸に平行な投入光線が透過後焦點に集る事実とよく合致する。

凹レンズは常に光を發散するから、光點を如何なる位置に置いてもすべて實像を造らない。

圖は光點 L から出る光が、凹レンズで發散せられた爲、レンズに近い L' 點



(圖107) 凹レンズによる光點の虚像。

に、その虚像を生ずる次第を示したものである。

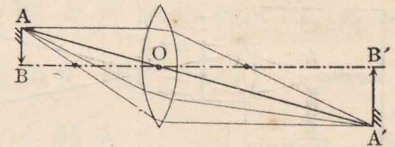
この場合にレンズの中心から L 及び L' に至る距離を a 及び b とし、レンズの焦點距離を f とすると、次の關係式が成立つ。

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

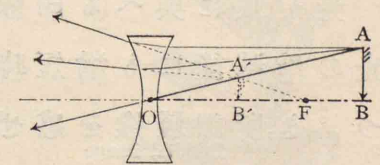
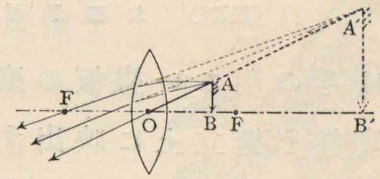
54. レンズの作る像の位置及び大きさ。

前節の諸關係式に於ける a 、 b 、 f は夫々レンズと光點との距離、レンズと像との距離、並びにレンズの焦點距離を示すものであるから、その中の何れか二つを知れば、他の一つは容易にそれを求めることが出来る。

又物體 AB の實像或は虚像が $A'B'$ となつて現はれる場合に、物體とその像との長さの比は、レンズの中心から物體並びにその像迄の距離の比に等しい。



故に物體及びその像の長さを夫々 l_1 及び l_2 とし、そのレンズの中心からの距離を夫々 a 及び b とすると、次の關係が成立つ。



(圖108) 物體とその像との長さの比較。

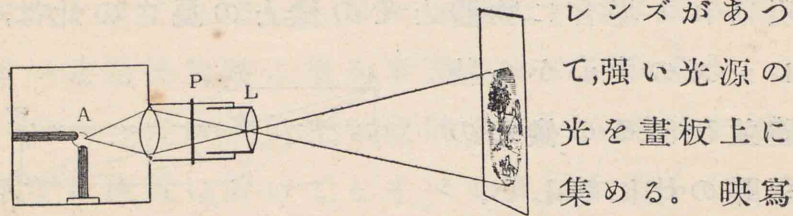
$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{OB}{OB'}$$

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{a}{b}$$

問1. 或る凸レンズの前方120厘の距離に物體を立てると、そのレンズより240厘後方に實像が出来るといふ。その凸レンズの焦點距離及び物體と像との長さの比を求めよ。

問2. 凹レンズを透して、その前方60厘の所にある一物體を視て、物體の三分の一の長さをもつ虚像を認めた。その凹レンズの焦點距離は何程か。

55. 映寫装置。幻燈器械には大きい集光凸
Magic lantern

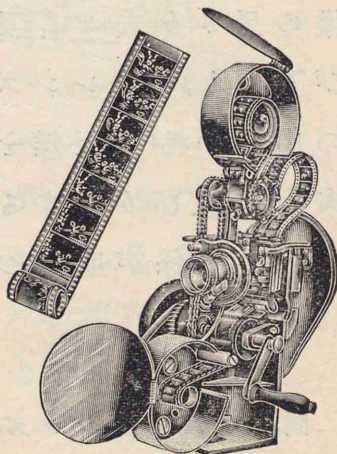


(圖109) 幻燈器械。

はその明るい畫板の廓大實像を衝立上に映出する。

光が眼に與へる印象は、光の消滅後にも猶短時間つゞき、所謂*殘像Residual imageを感ぜしめる。

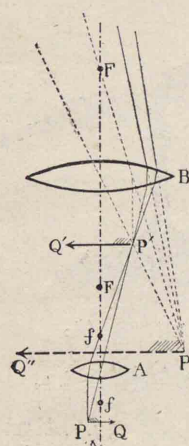
活動寫眞は眼のこの作用Kinematographを利用するもので、活動體を時間的に細分して撮影した一連の透明寫眞を、同じ順序に轉々映寫して見る者の印象を持続させ、活動の實況を見るやうな感じを起させるものである。



(圖110) 活動寫眞器械。

*殘像の繼續時間は約1秒の $\frac{1}{10}$ である。

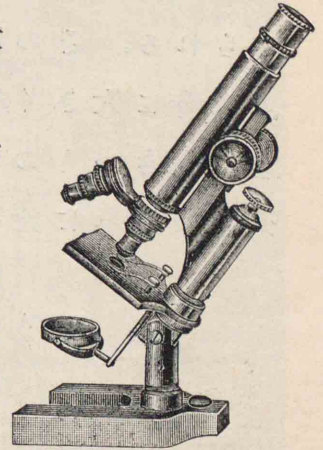
6. 顯微鏡。焦點距離の極めて小さい凸



(圖111) 顯微鏡の作用。

レンズで、その焦點の外方にある微細物の廓大實像を作らしめ、それを虫眼鏡で見ると、著しく廓大せられた虚像を望み見ることができる。

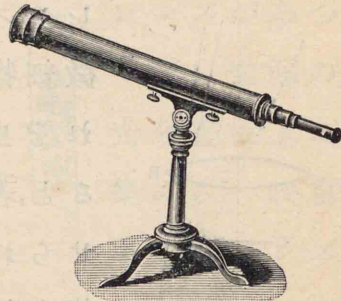
顯微鏡はこの理を巧妙に應用したもので、二個の凸レンズを圓筒内に収めた構造になつてをる。



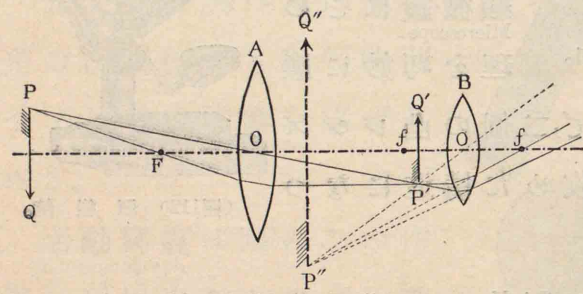
(圖112) 顯微鏡。

その下方の對物レンズObjectiveは焦點距離の極めて小さい凸レンズで、微細物の廓大實像をつくる用をする。又上方の對眼レンズOcularは、この實像を更に廓大する虫眼鏡に相當してをる。最下方に取付けた凹面鏡の照返しは、微細物に多くの光を送り、廓大に伴ふ明るさの衰微を防ぐ用をする。

57. 望遠鏡。 望遠鏡は伸縮自在にできた長い圓筒の両端に、二個の凸レンズを取付けた器械で、遠い物體の觀測に使用せられる。その**對物レンズ**は特に大きく、又焦點距離の大きいもので、**對眼レンズ**はそれに比べてその焦點距離が小さい。

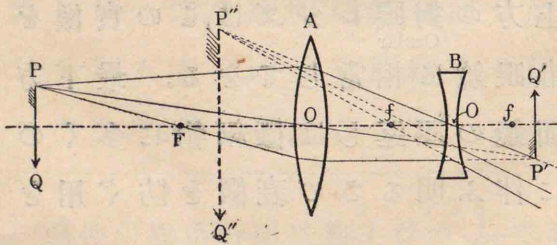


(圖113) 望遠鏡。



(圖114) 望遠鏡に備へた兩レンズの作用。

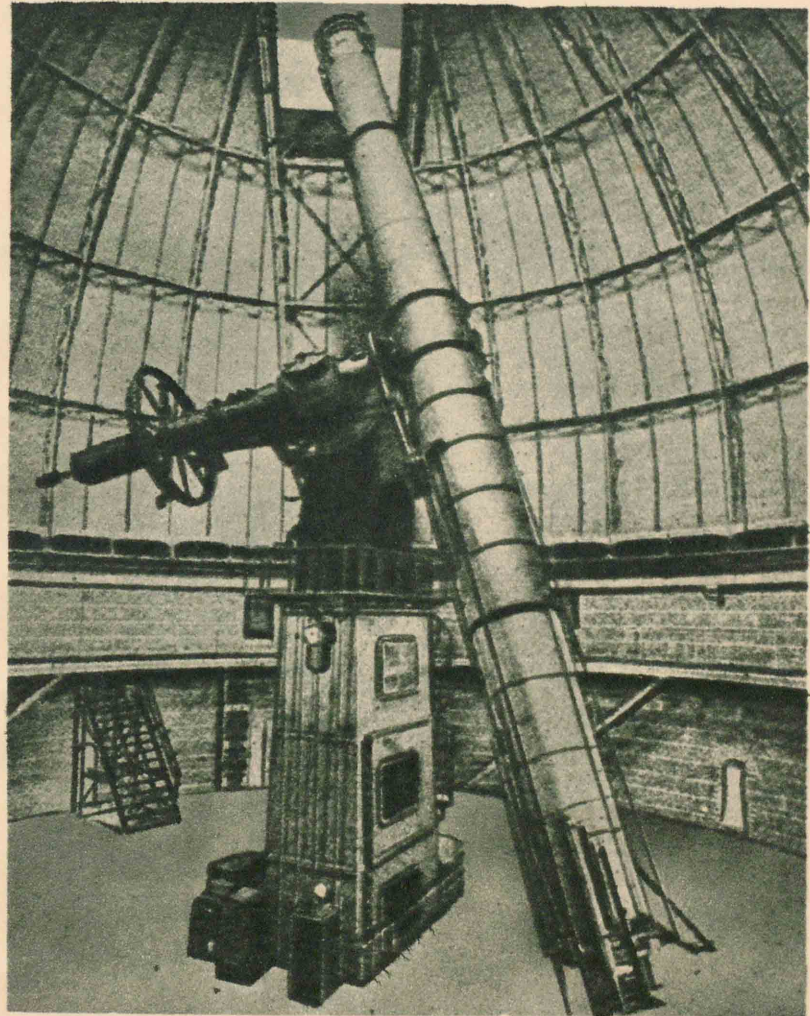
内に入れると、廓大虚像が見られる。



(圖115) ガリレオの望遠鏡。

その對物レンズの作る倒立實像を、對眼レンズの焦點

この際正立する虚像を見るには、更に一個の凸レンズを

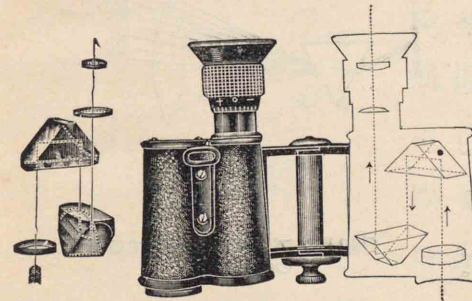


ヤークス天文臺に於ける101.6呎の直徑を有する天體望遠鏡(屈折)

併用するか、或は對眼レンズに凹レンズを使用することが必要である。

ガリレオの望遠鏡は後者に屬し、像を正立せしめる點と、兩レンズ間の距離が短小で、携帯に便利な點とがその特徴である。多くは二個を併置し**双眼鏡**として使ふ。

Opera-glass



(圖116) プリズム入双眼鏡。

プリズム入り
Prism binocular

双眼鏡では、對物、對眼レンズ共に凸レンズを用ひ、その間に圖のやうな二個の全反

射プリズムを入れ、その全反射を利用して像を正立させ、且その筒の長さを短くしてをる。

第四章 光の分散

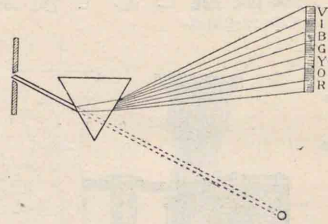
58. 光の分散。暗室内に導いた日光をプリズムで屈折させて衝立にあてると、圖のやうに美しい色帯が見える。

この現象を光の分散といひ、その色帯をスペクトルといふ。

このやうに分散したものを、同形のプリズム又は凸レンズで

集めると、元のやうな光になる。これ日光は色の色光の集合したもので、之が分散せられるのは、色毎に屈折率が違ふ爲である。その主なる色を屈折率の小さいものから挙げると、赤、橙、黄、緑、青、藍、堇となる。

分散で種々の色光に分ち得られる光を複光、分ち得ない光を単色光といふ。又日光のやうに色のない複光を特に白光といひ、赤と青緑のやうに、合すと白光になる二色光を互に餘色で

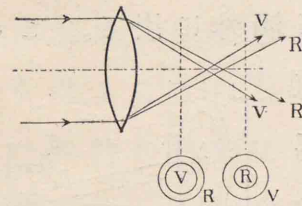


(圖117) プリズムを通過する日光の分散。

あるといふ。青と橙、藍と黄も亦餘色である。

赤、緑、堇の三色光を適當に合すと、任意の色光が得られるので、この三色光を原色といふ。
Primary Colours

59. 凸レンズの色収差。レンズはプリズムの集合と見做し得る形状のもので、之に日光

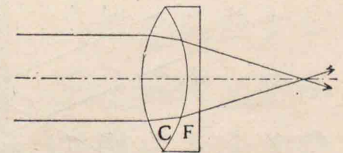


(圖118) レンズの色収差。

のやうな複光を投射すると、分散の影響を受け、屈折率の大きい堇色光はレンズに最も近く焦點を結び、屈折率の小さい赤色光はそれよりも遠ざかつて焦點を結ぶ。

物體の像を生ずる場合にも亦同理によつてその輪廓の着色を免ぬか

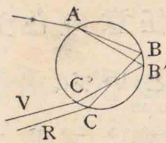
れない。これをレンズの色収差といふ。
Chromatic aberration of lens



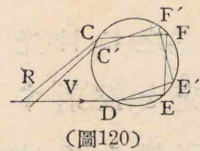
(圖119) 色消レンズ。

色消レンズは之を防ぐ
Achromatic lens
爲に用ひられるもので、適度のクラウン硝子製凸レンズとフリント硝子製凹レンズとを組合せたものである。

60. 虹。大氣中に浮遊してをる無数の小水滴が日光を受けて之を分散すると虹ができる。

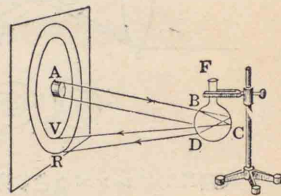


その際投射する日光は、先づ屈折してその内に入り、水滴の内面で一回又は二回の反射をした後、再び屈折して滴外に出る。このやうな屈折、反射を重ねる間に日光は次第に成分色光に分散せられる。



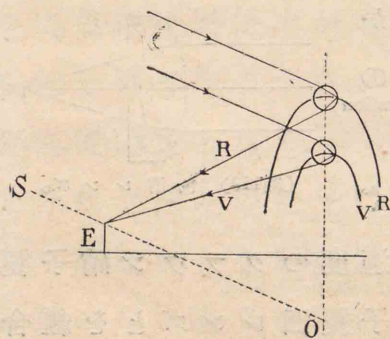
(圖120)

その成分色光が水滴を出ると、多くは散光となり四散するが、或る特別の方向に射出する光線だけは、平行光線となつて遠方迄も進み、それを眼に受けると色が認められる。



(圖121)

分散光の中、赤は投射日光と四十二度二十四分の角度をなす

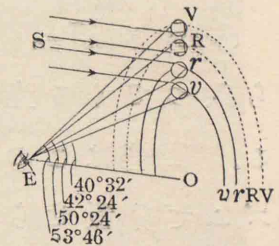


(圖122)

平行光線となつて遠方迄も進み、それを眼に受けると色が認められる。

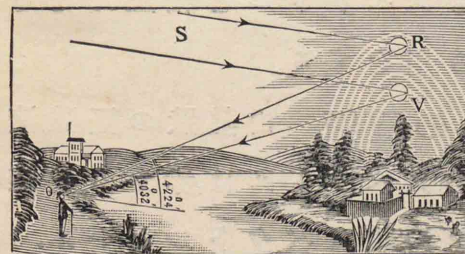
分散光の中、赤は投射日光と四十二度二十四分の角度をなす

ものが平行光線となり、屈折率の順に漸次その角度を減じ、堇になると四十度三十二分のものが平行になる。故に眼と太陽とを結ぶ線EOを軸とし、それと四十二度二十四分の角度をたもつ圓錐面上の水滴からは赤色の平行光線を送り、四十度三十二分の方角の水滴からは堇色の平行光線を送ることになる。



(圖123)

その他の色光はその中間の角度をとるから、之を見る人は、赤の外輪の下に、橙、黄、緑、青、藍、堇の順序に列ぶ輪状スペクトルを見る。之を主虹といふ。

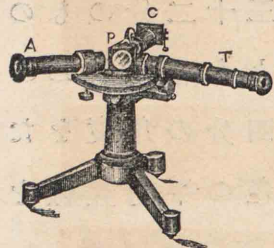


(圖124)

副虹は滴内で二回の反射をして分散せられた光線によるもので、EO線と五十三度四十六分の

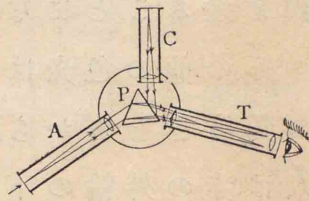
角度で堇色の外輪、五十度二十四分の角度で赤色の内輪を、その他をその中間に排列する。

61. 分光器。 Spectroscope



(圖125) 分光器。

分光器はスペクトルを研究する装置で、プリズムと、それを圍む三管A, C, Tとから出來てをる。A管の一端にはその他端の細隙を焦點とする凸レンズがあつて、細隙から入つてくる光を平行にしてプリズムに當てる。T管はこの光がプリズムで分散せられて出來るスペクトルを細密に觀察する望遠鏡である。

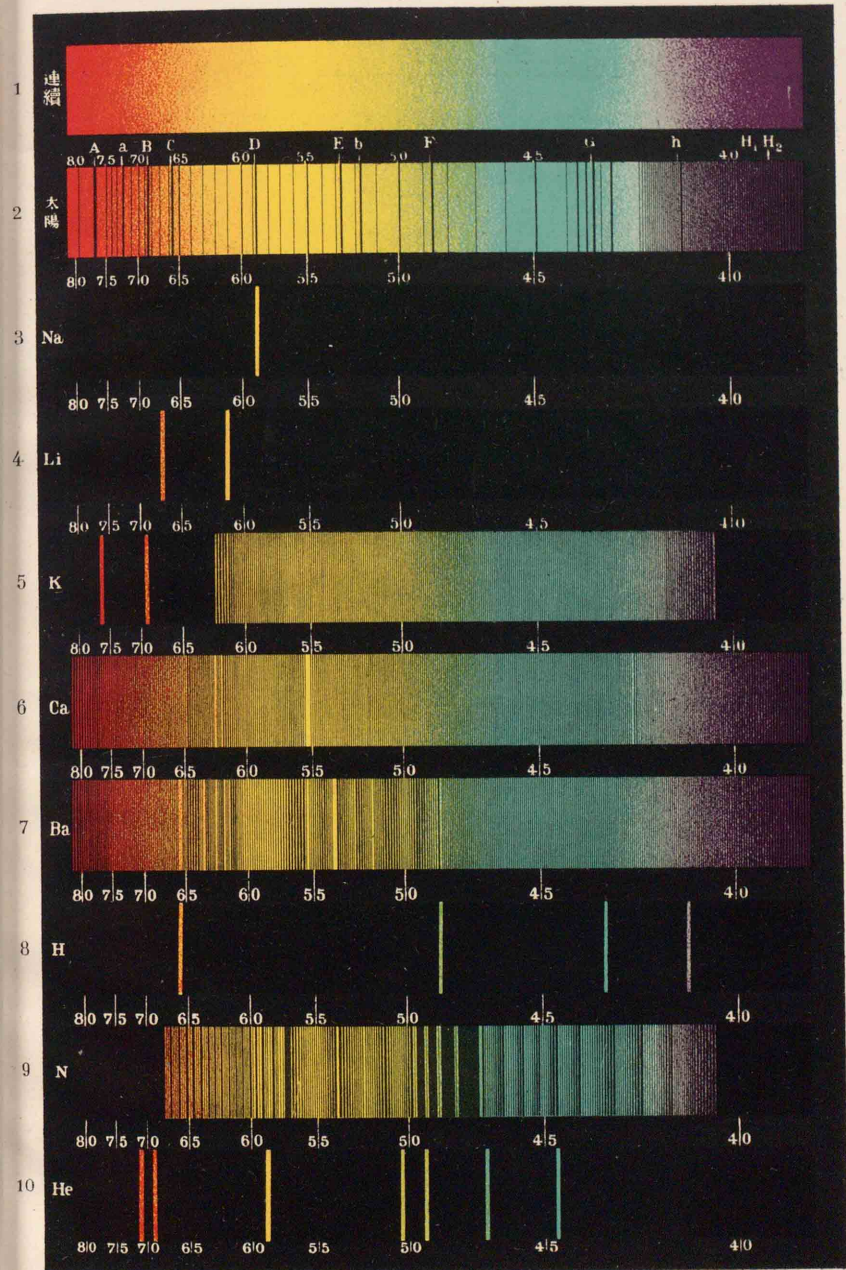


(圖126) 分光器の作用。

C管は透明な小尺度を具へ、T管内に見えるスペクトルと相並んでその尺度の像をつくる用をする。

62. スペクトルの種類。 Continuous spectrum

白熱狀の固體、液體などから出る光のスペクトルは、赤から堇迄連続してをる。之を連続スペクトルといふ。又灼熱せられた金屬蒸氣及び高温度の氣體から出る光のスペクトルは、數本或は多數の輝線を顯はす。之を輝線スペクトルといふ。 Line spectrum



各種のスペクトル一覽圖

この輝線は常に細隙に平行して現はれ、且その数及び位置が各元素に關して獨特であることから元素の鑑識が出来る。之を**スペクトル分析術**といふ。
Spectrum analysis

分散後連続スペクトルを現はす筈の光が、低温度の物質内を通過し、その一部の光を吸収せられると、そのスペクトル中に黒線或は黒帯を含んで連続しないやうになる。

このやうなスペクトルを**吸収スペクトル**といふ。

Absorption spectrum
日光のスペクトルは一見連続するやうに見えるが、事實は之に反し、多數の黒線を含んでをる**吸収スペクトル**で、この黒線を発見者の名に因んで**フラウンホーフェル線**といふ。

Fraunhofer's lines
元來太陽の光は連続スペクトルを現はす筈のものであるが、その外圍にある低温の氣體や、諸種の蒸氣にその一部が吸収せられる結果、この黒線を現はすのである。



(圖127)
フラウンホーフェル
(獨逸人)
Fraunhofer
(1787-1826)
日光のスペクトル中に黒線を発見した人である。

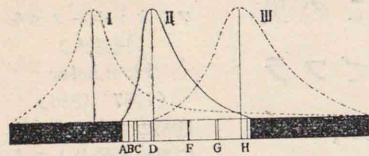
一般に蒸氣及び氣體類は、灼熱せられるとき自ら發する光と同種類の光を、低温では他から吸収する。之をキリヒホッフの定律といふ。從つてフラウンホーフエール線から逆に太陽の周圍にある氣體の成分が窺ひ得られる。



(圖128) キリヒホッフ Kirchhoff (1824—1887) 獨逸の物理學者で、キリヒホッフの定律、その他光に關する研究で有名な人である。

例. フラウンホーフエール線のD線は、ナトリウムの輝線スペクトルと對等の位置を占めてをる。之から太陽の周圍に稍、低温のナトリウム蒸氣のあることが解る。

63. 輻射線。暗室の衝立に日光のスペクトルを作り、その各部を鋭敏な寒暖計で檢すると、



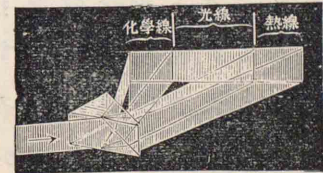
(圖129) スペクトル各部の作用。

熱作用のあることが解る。この作用は赤色部が最も強く、堇色部に向つて急に減じ、堇端では甚だ弱い。之に反し赤端外では稍、遠い部分迄相當に強い。その程度を曲線で示すとIのやうになる。

故に赤端以外にも赤色光より屈折率の更に小さい線が、屈折せられてきてをることが解る。之を赤外線又は熱線といふ。

次に鹽化銀を塗つた感光紙の上にスペクトルを受けると、IIIで示せる程度の差で、化學作用が顯はれてくる。之から堇端外にもそれ以上に大きい屈折率をもつ線が屈折せられてをることが解る。之を堇外線又は化學線といふ。

猶可視線の強さはIIで示す様に黄色部が最大で、スペクトルの兩端に至るにつれて次第に弱くなる。



(圖130) 三輻射線の分布。

以上はその作用上から見た分布の大要であるが、熱線にも多少の化學作用があり、化學線にも幾分熱作用の伴ふもので、只程度の差に過ぎず、その直進、反射、屈折などに關しては可視線と同一法則の下に律することが出来る。

かやうに熱線及び化學線は眼に感じない點や、屈折率では可視線と異なるが、その本性は皆同一のものに相違なく、併せ稱して輻射線といふ。

Radiant rays

64. 光の輻射。 物體の出す輻射線はその温度に關係が深く、温度が高くない間は屈折率の小さい熱線許りを出す、その温度を高めると次第に屈折率の大きい熱線を加へ、500°Cに及んで漸く微赤色光を發出する。800°CになるとF線を超え、1500°Cに至ると白熾の状態となり、發出輻射線は莖外線にも及ぶ様になる。

故に高温度に耐へる固體を熱しながら分光器でそのスペクトルを檢查すると、初期にはその視野が暗黒であるが、温度が上昇するにつれ、先づ赤色部を、次に屈折率の大きい色光のスペクトルを次第に加へ顯はし、白熱状態に及ぶと赤から莖迄の揃つた完全な連続スペクトルが見えるやうになる。

カルシウム、ストロンチウムなどの硫化物を日光に曝した後、暗室内に移すと、暫時美しい帶青色の微光を發出する。このやうな諸物質を燐光體といひ、その發出光を燐光といふ。

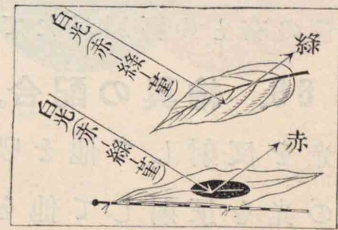
Phosphorescence

暗室で石油に日光をあてると、その日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。このやうな諸物質を螢光體といひ、その發出光を螢光といふ。

Fluorescence

65. 物體の色。 光が物體に投射する場合には、一部分はその儘表面から反射せられてその光澤の要素をなすが、残部は一度内部に入つて更にその一部分を吸収せられ、そこで吸収せられなかつた残りのみが或は内部から反射せられ、或はその物體を透過する。

不透明體が特有の色を現はすのは、それに投射する光の一部が、或る深さ迄その内部に入つて、更に一部分を吸収せられ、その残りの部分が内部から反射せられるのによるも

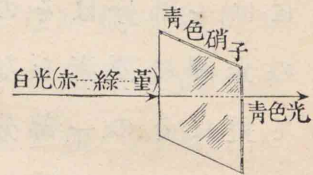


(圖131) 不透明體の色。

ので、木の葉はその内部に進入する光の内綠色光許りを反射して他を吸収するから綠色を呈し、赤布は他を吸収して赤色光許りを内部から反射するから赤く見える。

その受ける白光の全部が内部から反射せられる場合には白く見え、全部が吸収せられると黒く見える。又白光の全成分が一様に一部分づゝ吸収せられると灰色を呈する。

透明體の色は主としてそれを透過する光の如何で定まるもので、青硝子は白光中の青色光許りを透過して他を吸収するから青く見え、赤インクは赤、橙の両色光を透過して他を吸収するから赤く見える。



(圖132) 透明體の色。

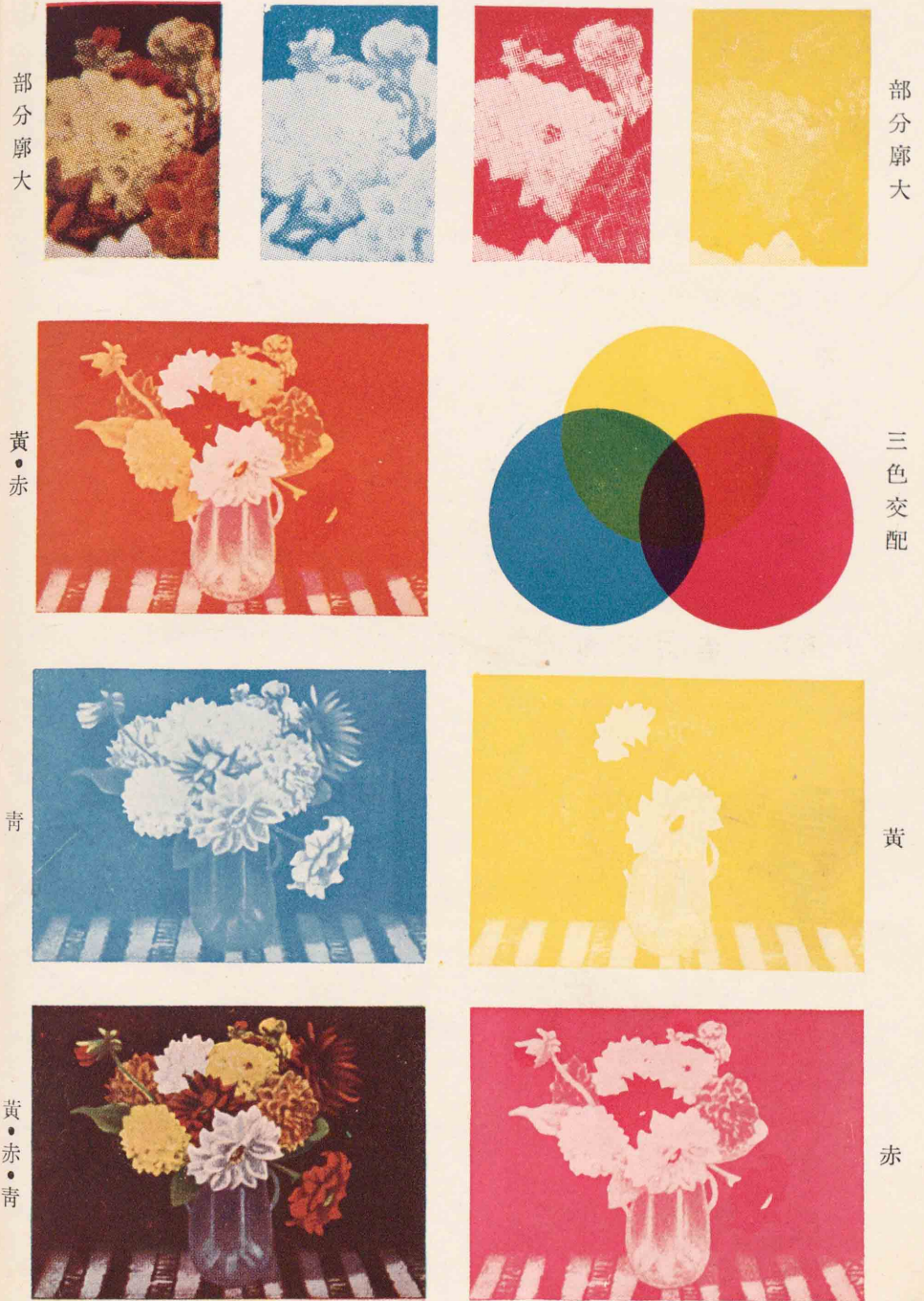
問. 燭火のやうに黄色味の多い光では、白い布と黄色の布との區別がたて難いのは何故か。

66. 繪具の配合。 青色繪具は緑、青、藍、堇の光を反射して他を吸収し、黄色繪具は赤、橙、黄、緑の光を反射して他を吸収する。故にこの二つを合すと共通に反射する綠色許りを顯はす。

一般に繪具を合はすと、その成分の繪具が共通に反射する色光を色として顯はす。

赤、青、黄の繪具は、それらを適量に合はすと殆んど總ての色が顯はし得られるから、特に繪具の**三原色**と呼ばれる。三色版は之を應用したものである。
Three primary colours of pigments
Trichromatic printing

問. 光は多く混合する程白色に近づき、繪具は多く合はすと程黑色に近づく。何故か。



三色版及其の作成の次第

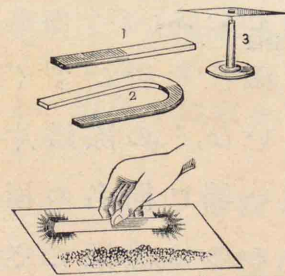
第四編 磁氣及び電氣

第一章 磁 氣

67. 磁石。鐵を吸引する性質を磁性と呼び、
磁性の原因となるものを磁氣、磁性を顯はす物
體を磁石といふ。天然に産する
磁鐵鑛はその一種である。

磁石はその形から棒磁石、馬蹄
形磁石、磁針などと區別するが、何
れも鐵を引く作用の特に著しい
二部分がある。この部分を磁石
の極といふ。

磁石を水平面内で自由に廻轉し得るやうに



(圖134) 磁石及びその極。

吊し、又は支へるときは、そ
の兩極は互に南北の方向
を指して止まる。その北
を指す方の極を北極と呼
び、南を指す方の極を南極
といふ。



(圖133)

磁鐵鑛の作用。

68. 磁極間の作用。二つの磁石を近づけると、その同種の極は相斥け、異種の極は相引く。

このやうに磁極の互に引斥する力を磁力といひ、その強弱は

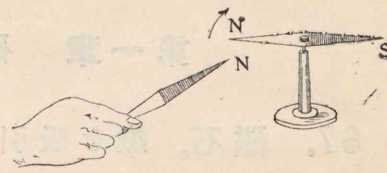
兩磁極の有する磁氣量の多少と、兩磁極間の距離とで定まる。

二磁極間に作用する磁力は兩極の磁氣量の積に正比例し、その距離の自乗に反比例する。

これをクーロンの定律といふ。

69. 磁氣の感應。磁石の周圍でその磁力の及ぶ範圍を磁場といひ、そこに單位磁氣量を有する北極を置く時、それに作用する磁力をその點の磁場の強さ、その磁力の方向を磁場の方向といふ。

鐵片を磁場に置くと磁性を帯びてくる。之を磁氣の感應といひ、その際鐵片の磁極に近い端に異名の極、遠い端に同名の極ができる。鐵が磁石に引かれるのは、感應でその極に近い部分に異名の極を生ずる爲である。



(圖135) 磁極間の作用。



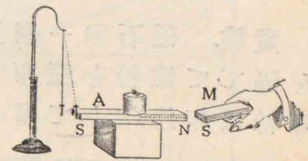
(圖136)

鐵片を磁場に置くと磁性を帯びてくる。之を磁氣の感應といひ、その際鐵片の磁極に近い端に異名の極、遠い端に同名の極ができる。鐵が磁石に引かれるのは、感應でその極に近い部分に異名の極を生ずる爲である。

Magnetic induction

實驗1. 棒磁石の側に鐵片を置き、それに鐵粉を振りかけると、その兩端に新にできた極が見られる。

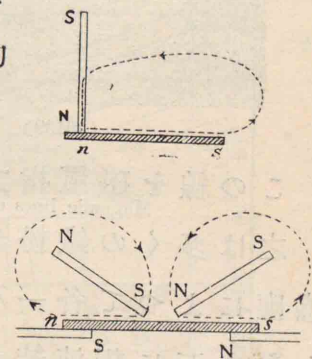
實驗2. 右圖のやうに小さい釘を糸で吊し、それに一端を接近して軟鐵棒Aを横へ、その釘に遠い端に磁石Mの一端を接近し、或は遠けて釘に起る變化を見よ。



(圖137)

磁石を近づけた鐵片が軟鐵であると、磁石を取去ると共にその軟鐵の磁性は認められなくなるが、鋼鐵の場合には磁石を取去つた後迄もその磁性を保つてをる。この關係を利用すると人工的に磁石がつけられる。

實驗3. 鋼針、鋼ペン、小刀などを、その一端から他端へ向け、同一方向に繰返し同一磁極で摩擦すると、それらが磁氣を帯びてくる。右圖のやうにすると一層強く磁氣を帯びしめることが出来る。



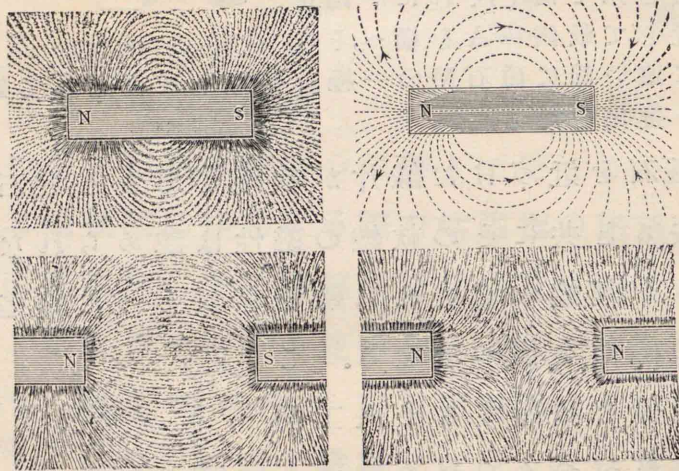
(圖138) 磁石の造り方。

鐵の様に感應で磁性を帯びる物質を磁性體といふ。磁性體には鐵の外にニッケル、コバルトなどがある。

Magnetic substance

70. 磁氣指力線。

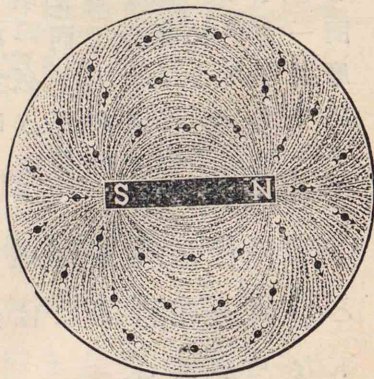
實驗. 磁石の一個又は二個を列べ,その上に硝子板を隔てて鐵粉を撒布し,板に軽い振動を與へると,その鐵粉は相連結して多くの曲線を形成する。



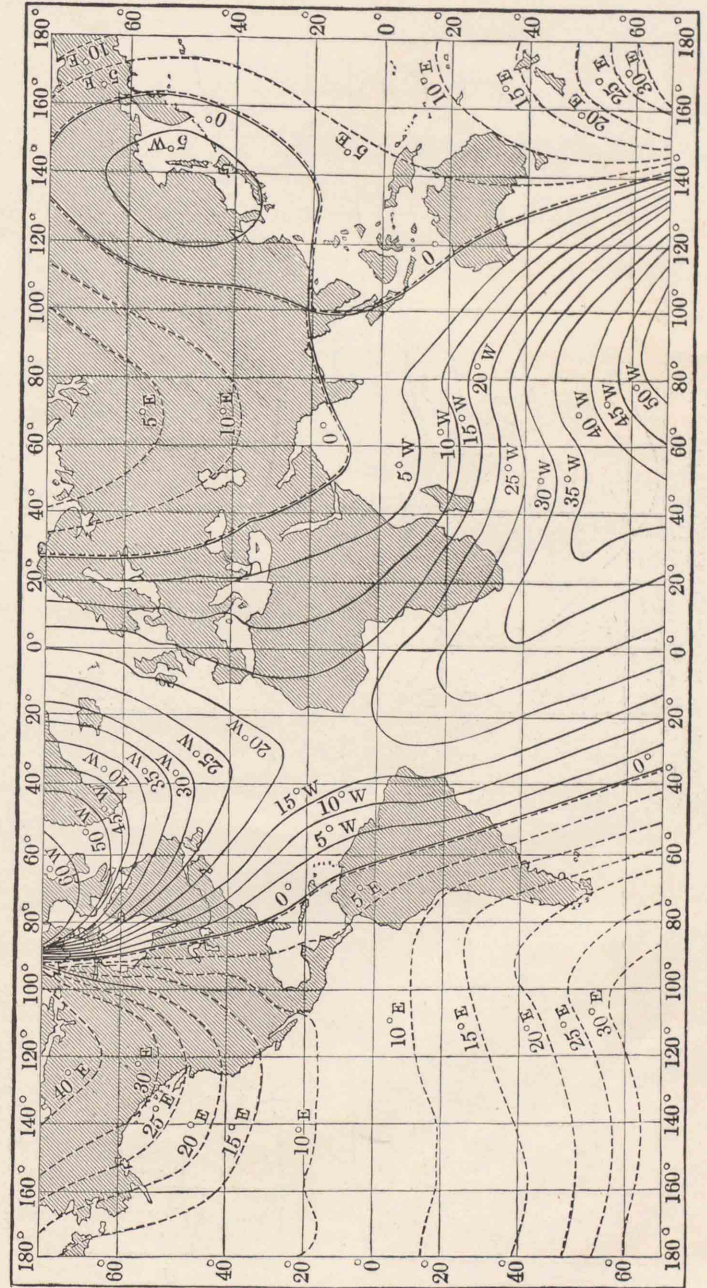
(圖139) 磁氣指力線。

この線を磁氣指力線といふ。
Magnetic lines of force

之は多くの鐵粉が,夫々感應によつて各一小磁石となり,互に相連結したもので,その疎密から磁場の強さが判り,それに接線を引くとそれで磁場の方向が知られる。

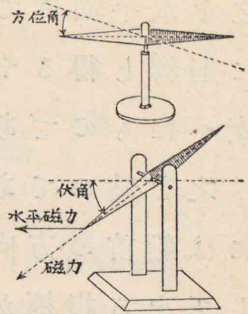


(圖140) 磁氣指力線。



等方位角線

71. 地磁氣。各地で指す磁針の方向から、地球が一大磁石で、地表がその磁場であることが解る。水平に支へた磁針は、多くその地の子午線の方角を指さず、東又は西に偏するもので、その偏しただけの角度をその地の**方位角** Declination といふ。我國では磁針の北極が西に1°乃至8°偏した方位を指す。



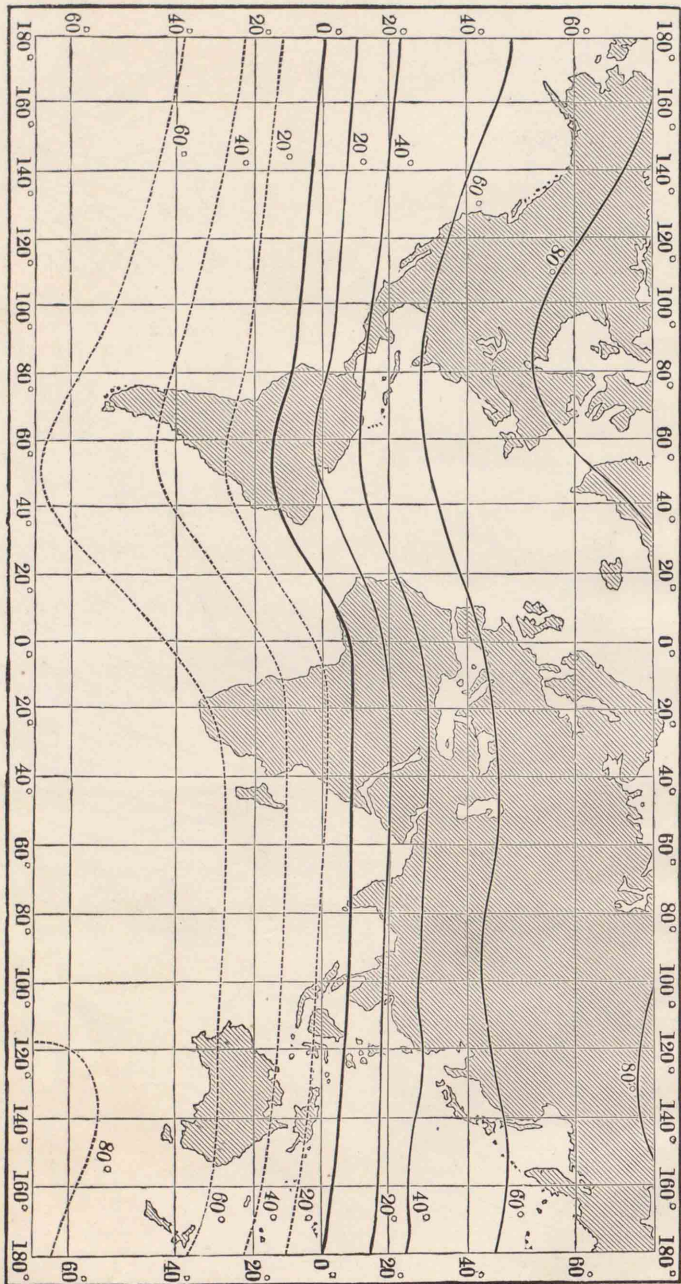
(圖141) 方位角及び伏角。

重心を支へた磁針を、水平磁針の指す方向に向けると、水平面に傾いた儘で止る。その水平面となす角度を**伏角** Dip といふ。我國の伏角は31°乃至63°で、磁針の北極が下へ向く。

地磁氣の磁場の強さを、各地で水平面上に顯はれるもの許りにつき考へ、それをその地點の**水平地磁力** Horizontal intensity といふ。又水平地磁力、方位角、伏角を併せ稱して**地磁氣の三要素** Three elements of terrestrial magnetism といふ。

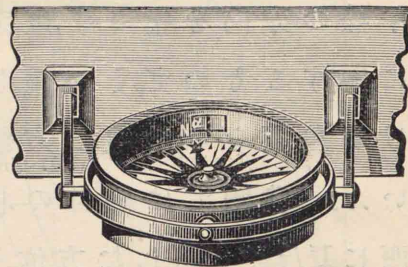
地磁力は常に一定せる譯でなく、日々年々又は數年毎に週期的變化を起すものである。時としては磁氣嵐といひ、一時的の急變化をすることもある。

等 伏 角 線



72. 羅針盤。船舶用の羅針盤は、方位と角度とを記した圓板の裏面に、數本の磁針を固着せしめたもの、即ちコンパスカードを要部とし、之を水平面内で自由に廻轉し得るやうに支へたものである。

之を納めてある箱には船首の方向を示してをる指標があつ



(圖142) 羅針盤及びその支持装置。

て、船の進路と方位とを對照することが出来る。

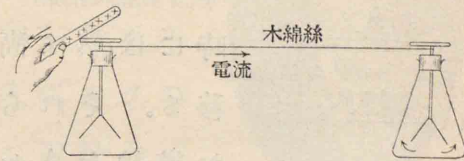
その箱の周りを圍む二個の環は、之を稱平環といひ、コンパスカードをその箱と共に常に水平に支持し得る爲の装置である。

近代の船舶には鐵製のものが多く、その鐵材などが磁針に影響して種々の誤差を作らうとするので、羅針盤の近くには鐵球その他を適當に配置して之を防止してをる。

第二章 電流、電動力

73. 電流。

實驗 長さ1米許の木綿絲で圖のやうに連結した二つの箔驗電器の一方に、電氣を與へると、他方の驗電器の箔は徐々に開き、電氣が絲を流れてその驗電器の方に移ることを示す。



(圖143) 電氣の流れを検べる實驗。

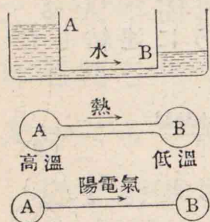
このやうに引續き移動する電氣を電流といひ、陽電氣の移る方向をその方向と定める。

電流の有無、強弱は直接には知り難いが、電流は通路となる導線を熱し、その周圍に磁場を生じ、又酸、鹽などの水溶液が通路の一部をなすとそれを分解するので、その諸作用から間接に知ることが出来る。實用上では銀鹽の溶液に通ずる時、毎秒0.001118瓦の銀を析出する電流の強さをその單位として之を1アンペアといひ、普通アンペア計でその強さを測定する。

1アンペアの電流の流れてをる通路の斷面を、1秒

間に通過する電氣の量を1クーロンといひ、電氣量の實用單位として用ひられる。

74. 電位、電動力。 下圖の様な連通器では、



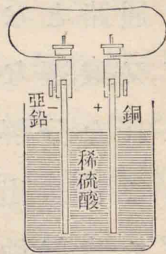
(圖144)

水は水位の高い方から低い方に流れ、又物體の兩端の溫度の異なる時には、熱は高温部から低温部に移る。それらと同様に、連結された導線をAからBへ陽電氣が流

れる場合にも、AとBとの状態の相違を考へてAがBよりも電位が高いといひ、その差を電位差、電壓、また電動力などといふ。

電動力はボルト計でそれを測り、その實用單位であるボルトでそれを示す。

75. 電池。 稀硫酸中に銅板と亜鉛板とを浸し、それを導線で連結すると、銅板から亜鉛板に向ふ電流が導線中に出来る。このやうに化學變化を利用して電流を起す装置を電池といひ、その電位の高い方の板を陽極、低い方の板を陰極といふ。



(圖145) ボルタの電池。

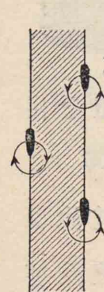
又電流の循環する路筋を輪道、或は回路と呼び、之に電流を通ずることを輪道を閉ぢる、之を切ることを輪道を開くといふ。

輪道の開かれた場合の兩極間の電壓を、特に電池の電動力といふ。圖145に示したボルタの電池は、伊太利人ボルタの發明したもので、その電動力が



約1ボルトである。電池は長短二本の線で圖示し、細く長いもので陽極、太く短いもので陰極を示す。

76. 分極と局部電流。 ボルタの電池を使用し続けると、陽極板を覆ふ水素に妨げられて、電流が次第に衰滅する。このやうな現象を電池の分極といふ。



又陰極の亜鉛が不純であると、その不純物が陽極となつて局部的の電流ができ、亜鉛を徒費し、且電動力を低減する。この電流を局部電流といふ。亜鉛を水銀漬にすると、之が防止し得られる。

(圖148)

77. 實用電池。 實用の諸電池では多く亞鉛

鉛を陰極にし、且分極を止める爲の酸化劑即ち消極劑をも併せ用ひる。



(圖149) 重クロム酸電池。

(I) 重クロム酸電池。 本電池は重クロム酸カリを加へた稀硫酸の中に、炭素板と



亞鉛板とを對立したもので、電動力2.1ボルト、強い電流を得るに適してをる。液中の

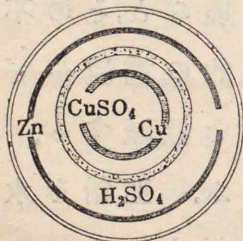
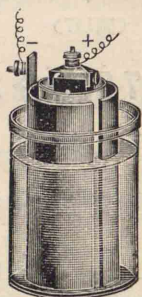
重クロム酸カリは、陽極を覆ふ水素を酸化して水にし、その分極を防ぐ用をする。

(II) ブンゼン電池。 本電池は稀硫酸を入れ、陰極になる亞鉛板をその中に立てた

容器中に、猶素焼筒を挿入してその中に濃硝酸と陽極となる炭素板とを入れた組立



(圖150) ブンゼン電池。



(圖151) ダニエル電池の断面圖。

で、電動力1.9ボルト、強い電流を得るに適するが、有害な氣體を出す缺點がある。

(III) ダニエル電池。 この電池はブンゼン電池の素焼筒内の液及び

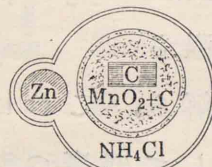
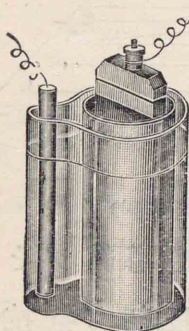
極を、硫酸銅の濃溶液と銅板とで取

換へたもので、電動力は1.1ボルトしか出ないが、それを一定に保ち得る特徴がある。

(III) ル克蘭シェー電池。 素焼筒中に立てた炭素電

Leclanche cell

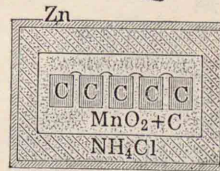
極を、炭素粉及び二酸化マンガン粉で填め、之を鹽化アンモンの飽和水溶液中に亞鉛棒と對立すると本電池になる。



(圖152) ル克蘭シェー電池。

電動力が1.5ボルトで、短時間切れ切れに使用する場合に適してをる。

(V) 乾電池。 この電池はル克蘭シェー電池の變形と見做し得るもので、亞鉛筒の内側に鹽化アンモンの濃水溶液で濕した紙又は綿のやうなものを詰め、その内方に二酸化マンガンの粉末と炭素粉とで炭素板を填めた構造をしてをる。

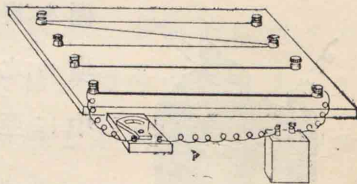


(圖153) 乾電池。

問. 以上の諸電池の消極劑を指摘せよ。

第三章 電氣抵抗

78. 電氣抵抗。 電動力の變り難い電池の兩極を、各種の導線でアンペア計に連結して検べて見るに、その導線の品質、長さ、太さなどで電流の強さに相違のあることが解る。これは各導線がそれを流れる電流に對して邪魔の程度、即ち抵抗を異にする爲で、この性質を電氣抵抗といふ。



(圖154)

| 電氣抵抗の表 (温度0°C, 長さ1m, 斷面積1mm ² の場合) | |
|--|-----------|
| | オーム |
| 銀 | 0.015 |
| 銅 | 0.016 |
| アルミニウム | 0.029 |
| ダングステン | 0.044 |
| 白金 | 0.090 |
| 鐵 | 0.097 |
| 洋銀 | 0.260 |
| 水銀 | 0.941 |
| 瓦斯カーボン | 40.0↔70.0 |

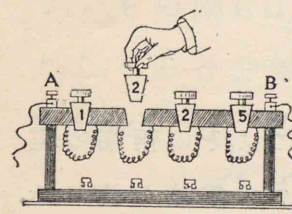
Electric resistance
一般に品質が同一である導線の電氣抵抗は、その長さに正比例し、その斷面積に反比例する。

電氣抵抗の單位をオーム Ohm といふ。1 オームはその長さ106.3 糎、斷面積1 平方

方耗なる零度の水銀の抵抗に等しい。

金屬は温度と共にその電氣抵抗を増すが、炭素、電解質などは温度と共に之を減する。

79. 抵抗器。 供給する電流の強さを簡易に變化せしめる手段としては、その導線の電氣抵抗を變化せしめることが最も有効である。



(圖155) 抵抗器。

此の目的で用ひられる装置を一般に抵抗器といふ。左圖は其の一例で、ABを輪道の一部に加へ置き、必要に応じて挿入栓を抜き去ると、

その部に示す抵抗をその輪道に加へることが出来る。

80. オームの定律。 抵抗が一定である一導線の兩端に、種々の電壓を適用すると、その導線には電壓に正比例する電流ができ、電壓が一定してをる二點間を各種の導線で連結して見ると、その抵抗に反比例する電流が通ずる。

一般に一導線を通れる電流の強さは、其の兩端の電壓に正比例し、導線の電氣抵抗に反比例する。

之をオームの定律といふ。
Ohm's law



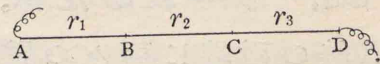
(圖156) オーム (獨逸人) Ohm (1787-1854)

今一導線の兩端の電位差を V ボルト, その抵抗を R オームとし, 流れる電流の強さを C アンペアとすると, それらの間には次のやうな關係がある。

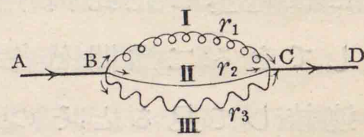
$$C = \frac{V}{R} \quad V = C.R$$

問. 10 燭光のタングステン電球には, その兩端の電位差が 100 ボルトの時, 0.12 アンペアの電流が流れる。その電氣抵抗は何程か。

81. 抵抗の連結。 下圖のやうに數條の導線を順次一行に連結する事を直列連結又は行連結といひ, その各導線の抵抗を夫々 $r_1, r_2, r_3 \dots$



とし, その連結の全抵抗を R とすると, オームの定律により次の關係式が得られる。



(圖157) 抵抗の連結。

$$R = r_1 + r_2 + r_3 + \dots$$

一般に直列連結に於ける導線の全抵抗は, その部分抵抗の和に等しい。

數條の導線 I, II, III, \dots を上圖のやうに並べ

て連結することを並列連結又は列連結といひ, Connection in parallel その一連結端に向けて電流 C を通ずると, それは數途に分かれて流れ, 他の連結端で再び合する。その際 I, II, III, \dots の抵抗を夫々 $r_1, r_2, r_3 \dots$ とし, その各分派電流を夫々 C_1, C_2, C_3, \dots , その全抵抗を R とすると, 次の關係式が導かれる。

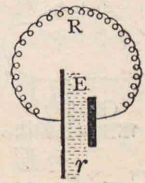
$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots$$

一般に列連結にした導線の全抵抗の逆数は, その部分抵抗の逆数の和に等しく, その各分派電流の強さは, 各の電氣抵抗に反比例する。

問. 電氣抵抗が 1 オーム, 2 オーム, 3 オームの三導線を, 行連結にした場合の全抵抗と, 列連結にした場合の全抵抗との比を求めよ。

82. 電池の内抵抗。 電池の兩極を導線で連結するとき起る電流の輪道は, 外の導線と, 電池の内液とに互ることとなるから, その抵抗も亦兩方面を考へる必要がある。これを區別し



(圖158) 外抵抗と内抵抗。

て外抵抗内抵抗といふ。
External resistance, Internal resistance

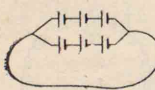
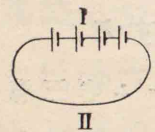
故に電池の電動力を E , 外抵抗を R , 内抵抗を r , その輪道の電流の強さを C とすると, それらの間には次の関係がある。

$$C = \frac{E}{R+r}$$

問 1. 電池の極間を広めると電流が減る。何故か。

問 2. 電動力 1.05 ボルト, 内抵抗 1.5 オームのダニエル電池から, 0.01 アンペアの電流を得る爲には, 抵抗何程の導線でその兩極を連結すればよいか。

83. 電池の連結法。 電動力 E , 内抵抗 r なる電池 n 個に, 下圖 (I) のやうな行連結を適用す



(圖159) 電池の連結法。

ると, その總電動力は nE , 總内抵抗は nr となり, 又 (II) のやうな列連結を適用すると, その總電動力は一個の電池と異なるが, その總内抵抗は $\frac{r}{n}$ となる。故にそれらを抵抗 R なる導線で連結すると次式で示すやうな電流 C が得られる。

$$C = \frac{nE}{R+nr} \dots (\text{行}) \quad C = \frac{E}{R+\frac{r}{n}} = \frac{nE}{nR+r} \dots (\text{列})$$

依つて外抵抗が内抵抗より大きい場合には行連結が有利で, その反対の場合には列連結が有利である。

圖 (III) のやうに P 個づゝ行に連結した電池の Q 組を, 更に列に連結する場合を行列連結といひ, それからは次式のやうな電流が得られる。

$$C = \frac{PE}{R+\frac{Pr}{Q}} = \frac{nE}{QR+Pr}$$

電池を數多く用ひる際には, P, Q の數を適當にすると, この連結法が前二法よりも強い電流を得る場合がある。

問 1. 抵抗 10 オームなる一導線がある。全く相等的な二個の電池を一行に連結したものと輪道を作ると $\frac{1}{4}$ アンペアの電流を得, 一列に連結したものと輪道を作ると $\frac{1}{7}$ アンペアの電流が得られる。この電池一個の内抵抗, 及び電動力は何程か。

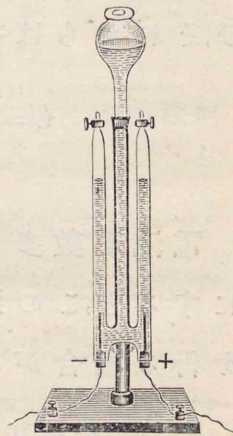
問 2. 電動力 1.5 ボルト, 内抵抗 0.5 オームの電池三個を一行に連結し置き, その兩端を抵抗 2, 3, 6 オームの三導線を列に連結したもので接續すると, 各導線には各幾アンペアの電流が流れるか。

第四章 電流の化學作用

84. 電氣分解。白金板を兩極に用ひ、稀鹽酸中に電流を通ずると、陽極に鹽素、陰極に水素が出る。

このやうに化合物を電流で分解することを電氣分解、又は電解といひ、電解せられる物質を電解質といふ。(化)

酸、鹽基、鹽などの水溶液は皆電解質で、それらを電解すると、金屬及び水素は陰極に出で、非金屬並びに陰根は陽極に出る。



(圖160) 電氣分解装置の一種。

85. ファラデーの定律。ファラデーは實驗の結果、電解に關する次の定律を見出した。

1. 電解で析出せられる物質の量は、電流の強さと、その通じた時間との積即ち電解質を通過した電氣の總量に正比例する。

2. 一定電氣量で析出せられる諸物質の量

はその化學當量に正比例する。(化)

之をファラデーの定律といふ。

Faraday's law

銀鹽の溶液に1アンペアの電流を1秒間通ずると、0.001118瓦の銀(化學當量約107.9)を析出するから、化學當量が m なる物質に、 C アンペアの電流を t 秒間通ずる時に、析出せられる物質の量を M 瓦とすると、その量は次式に依つて求められる。



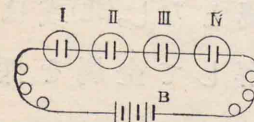
(圖161)

ファラデー(英國人)
Michael Faraday
(1791-1867)

感應電流、電氣分解の法則その他多數の發見をした實驗物理學者である。

$$M = 0.001118 \times \frac{m}{107.9} \cdot Ct$$

下圖のやうに一行に連結したI, II, III, IVの四電解質に電



(圖162)

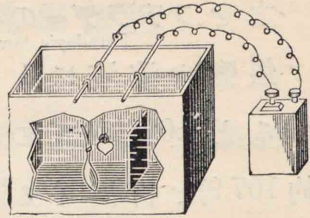
流を通ずると、それらの中に入れた各極板からは、化學當量の比で諸物質が析出せられる。

問. 硫酸銅を電氣分解した際、5時間に2.952瓦の銅が出た。その電流の強さを問ふ。

*化學當量とは原子量を化合價で割つたものである。

86. 電解の應用。電解の應用は頗る廣い。

(A) 電鍍。鍍液中の陽極に吊してある金屬を、陰極に連結して浸した導體の表面に被覆せしめる方法を電鍍といふ。



(圖163) 電鍍。

この時陽極の金屬は、電流の通ずる間電氣を帯びて液中に入り、同時に陰極の導體面にそれが析出して來る。

(B) 電鑄。石膏などで造つた型に導體の細粉を塗り、電鍍でその表面に鍍金して電氣版をつくる方法を電鑄といふ。

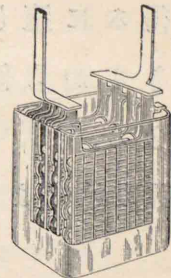
(C) 電氣冶金。電鍍により陽極に吊してある粗製金屬を陰極に移して純金屬となし、(化)或は化合物の溶液、熔融液などを電解して金屬を採ることを電氣冶金といふ。

87. 蓄電池。電流のエネルギーを化學的エネルギーに変化して蓄へて置き、必要に應じて隨時電流のエネルギーに逆戻しする装置を

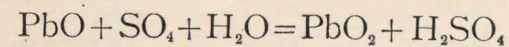
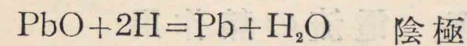
蓄電池といふ。

Accumulator

下圖のやうな有孔鉛板の孔に酸化鉛をよく填めて稀硫酸中に浸し、一つ置きに連結して二組の極として對向せしめた上、それを陰陽の極として電流を通ずると、稀硫酸の電氣分解に伴つて次の化學反應が進み、陰極には鉛、陽極には過酸化鉛ができる。

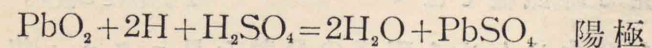
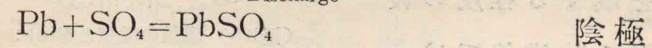


(圖164) 蓄電池。

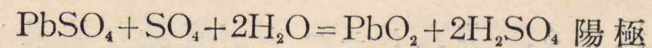
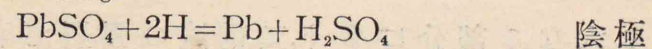


陽極

この兩極を導線で結ぶと、前と反對の方向の電流ができ、兩極面は何れも硫酸鉛に變る。この行程を蓄電池の放電といふ。



更に之に電流を通ずると、陰極は鉛、陽極は過酸化鉛となつて舊狀に復する。この行程を蓄電池の充電といふ。



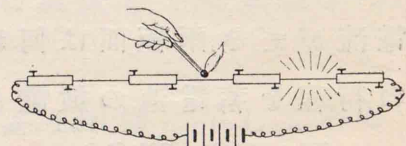
蓄電池はその電動力が二ボルト内外である上に、その内抵抗が極めて小さいから強い電流を得るに適してをる。殊にその充電が自由にできるから便利な電源として廣く賞用せられてをる。

蓄電池はまた二次電池と呼ばれることがある。

第五章 電流の熱作用

88. 電流の熱作用。

實驗. 長さ3厘許りの銅線鐵線、及びニクロム線を行に結び、それに電流を送ると、銅線に觸れて温みを感じる程度の發熱を見る時、鐵線ではマ



(圖165) 導線の種類と電流による發熱との關係。

ッチを發火せしめる程度の發熱を見、ニクロム線では光を放つ程度の發熱を見る。その時供給する電流が減すると、各部の發熱量は著しく減少する。

このやうに電流による輪道の發熱量は、電氣抵抗の大なる部分に多く、又電流の強弱で著しく増減する。英人ジュールが實驗の結果から

見出した所によると、電流が輪道の各部に發生する熱量は、電流の強さの二乗と、その部の抵抗と、電流の通じた時間との積に正比例する。



(圖166)

ジュール(英國人)
James Prescott Joule
(1818—1889)

熱の仕事當量を定め、
電流による發熱量を測定した人である。

之をジュールの定律といふ。
Joule's law

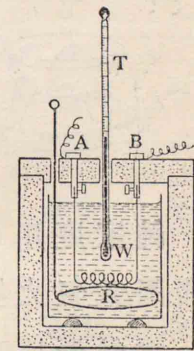
下圖のやうな装置で實驗して見るに、1アンペアの電流が、1オームの導線に、1秒間通ずる時には、0.24カロリーの熱を發生する。

随つて C アンペアの電流が、 R オームの導線に、 t 秒間通ずる時發生する熱量を H カロリーとすると、それらの間には次の關係が成り立つ。

$$H = 0.24C^2Rt$$

また導線の兩端の電壓を E ボルトとすると、 $E = C.R$ の關係から次の式が得られ、發生熱量と電流、電壓との關係が明かになる。

$$H = 0.24C^2Rt = 0.24CEt$$

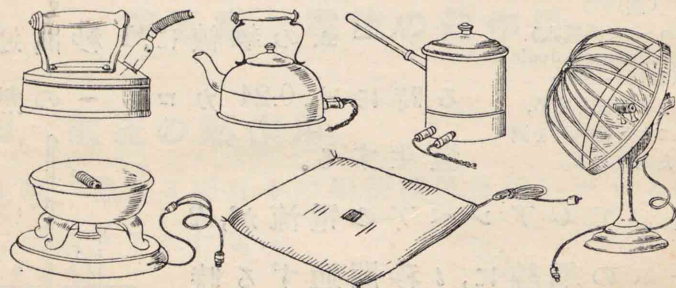


(圖167) 電流による發熱量を測定する装置。

問. 針金に5アンペアの電流を1分間通じ, 500カロリーの熱を得た。その針金の抵抗を問ふ。

89. 電熱器。電氣抵抗が大きくて, 融點も相當に高く, 熱による變質の少いニクロム線を, 耐火粘土製圓筒に巻きつけ, 又耐火性の絶縁體中に填めて, 之に電流を通ずると多量の熱を發生する。このやうな装置を電熱器といふ。

Electric heater

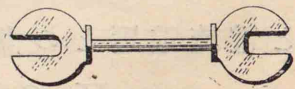


(圖168) 種々の電熱器。

純家庭用のもの許りでも, 電氣ストーブ, 電氣蒲團, 電氣火熨斗などと枚舉し得ない程多い。

電熱器は取扱の輕便, 時間の經濟, 器具の清潔などからは, 他の發熱装置の及ぶ所でないが, 現時では經費の不廉なのが缺點である。

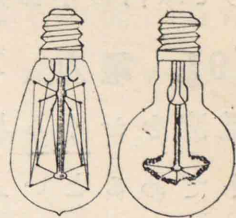
附. 熱で熔け易いフューズ線を輪道に入れて置くと, 過度の電流で熔斷し, 器具の損傷が防げる。



(圖169) フューズ線。

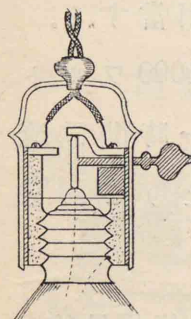
90. 白熱電燈。普通に用ひる白熱電燈は, Incandescent lamp

融點が高く抵抗の大きいタングステン纖維を, 硝子球内に封入して内部の空氣を排除したもので, 之に電流を通ずると, その纖維は著しく熱せられて強い光を放つ。その電球をは



(圖170) タングステン電球と瓦斯入電球。

めるソケットには, 左圖のやうな構造のスイッチがあつて, 電流の通絶が自由である。



(圖171) ソケットの内部の構造。

これを長く使用してをると, その纖維が高溫度の爲に蒸發して球の内面に付き, 次第に薄暗くなる缺陷を伴ふ。

故に近來その内に更に約 $\frac{3}{4}$ 氣壓にあたる窒素その他助燃性のない瓦斯體を封入して纖維からの蒸發を防ぎ, 且その溫度をより以上に高めて光度を増すものが出來た。窒素電球, 瓦斯入電球などと呼ばれるものがそれである。

Nitra-lamp Gas-filled lamp

これらの電球では, 封入氣體が熾熱せる纖維に觸れ

て熱せられるのを少なくする爲に、その織條を螺旋狀にして球内の小部分に密集させてをる。

91. 電力。 1 ボルトの電壓で1 アンペアの電流をおくる場合には、供給する電力が1 Watt ワットであるといふ。これを發生熱量から見ると0.24 カロリーに當つてをる。

従つて E ボルトの電壓で C アンペアの電流を送る場合の電力は EC ワットに相當する。

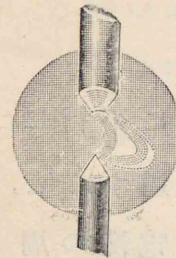
電燈その他電力の賣買に於ては、1000 ワット即ち1 Kilowatt キロワットの電力で、引續き一時間電流を供給する場合を賣買上の單位にとり、これを1 Kilowatt hour キロワット時といふてをる。

1 キロワット時の價格は、地方や電流の使用目的などでも異なるが、我國では電熱用のものが3 錢乃至6 錢で、點燈用のものが10 錢乃至20 錢である。

普通のタングステン電球では1 燭光につき1.2 ワットを要し、窒素電球の大きいものでは0.5 ワットの割合で足る。故に窒素電球を半ワット電球と呼ぶ。

92. 弧燈。 二個の炭素棒の端を觸れしめて強い電流を通ずると、抵抗の大きい接端は直

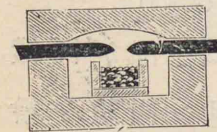
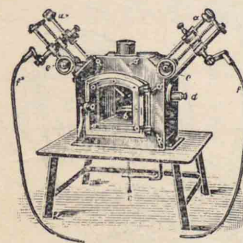
ちに熱せられる。その時接端を僅に引離すと、白色弧狀の火花はその間に飛んで眩い光を放つ。殊にその陽極は温度が高く、全發光量の85%を發出する。



(圖172) 弧燈。

このやうな装置を Arc lamp 弧燈といひ、探照燈、その他強い光源を必要とする場合に利用せられる。

93. 電氣爐。 弧燈の兩極間には多量の熱を發生し、三千五百度内外の高温度部も出来るので、之を耐火性の箱に入れ、強い電流を通ずると、高温度化學工業その他に用ひられるやうになる。このやうな装置を Electric furnace 電氣爐といふ。



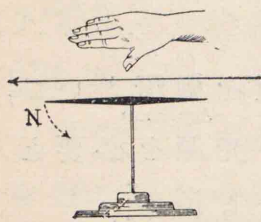
(圖173) 電氣爐。

今日地上で得られる實用的な最高温度なども、此の装置に

よらなければ現出出来ない。

第六章 電流の磁氣作用

94. 電流の磁氣作用。磁針の上に平行に

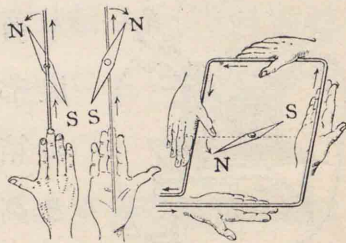


(圖174) 電流の磁針に及ぼす作用。

置いた導線に電流を通ずると、磁針は一方にふれて電流の周圍に磁場の出来ることを示す。その電流の方向と磁場の方向との關係を示すものにフレ

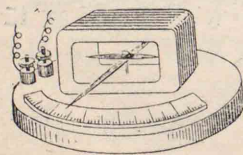
ミングの規則がある。
Fleming's rule

磁針に右手の掌を面し、その手首から指先の方に電流を通ずると、磁針の北極は母指の方向に動く。



(圖175)

磁針を圍む矩形回路の電流は、各部が同様な作用を中の磁針に與へるから、圍む回數を増



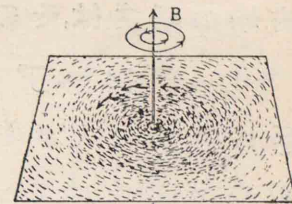
(圖176) 簡易な電流計。

す程磁針は鋭敏に振れる。左圖のやうな電流計では、この點を利用して電流の有無、強弱、方向などを知るやうにしてをる。

Galvanometer

95. 電流の磁場。真直な導線A Bに矢の

方向の電流を通ずると、導線の全長に亙り、それに直角な平面内に導線を中心とする同心圓の磁力線ができる。

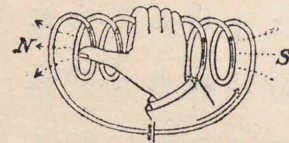
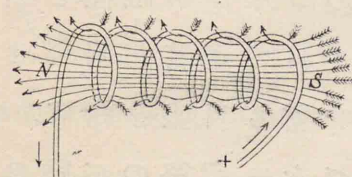


一般に捻ぢ込むねぢの進む方向に電流を通ずると、そのねぢを廻す方向が磁力線



(圖177) 直線電流の磁場。

被覆導線を同じ向に幾回も捲いたコイルに電流を通ずると、その磁場は中央部では殆んど



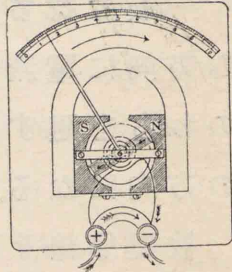
(圖178) コイルの磁場及び極。

は之と同形の磁石の周圍にできる磁場に等しくなる。又その磁極は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やうに之を置くと、母指の方向が北極となる。

又何れの場合に於ても、電流に依つて出来る磁場の強さは、その電流の強さに正比例する。

96. アンペア計及びボルト計。アンペア計は相當に大きい電流の強さを測る電流計で、電流の強さがアンペアを示す目盛で直ちに読みとれるやうにしてある。

その構造は種類によつても異なるが、右圖のやうに永久磁石の兩極間に、指針の附いたコイルを廻轉し易いやうに納めた構造のものが正確でよく、可動



(圖179)
アンペア計。

コイル型と呼ばれてをる。

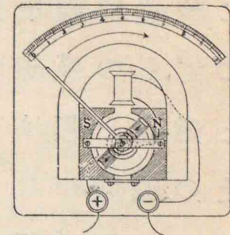
之に電流を通ずると、そのコイルが磁性を顯すので、永久磁石の作用を受けて廻轉し、附屬せる指針でその電流の強さに當る目盛を指す。

ボルト計は電流の通じてをる回路の二點の電位差を、直ちにボルトで読みとり得るやうにした一種の電流計で、アンペア計に比しその抵抗が著しく大きくしてある。

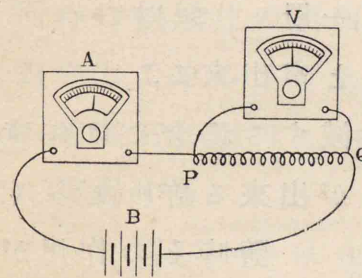
之を回路の二點に連結すると、そのコイルの

抵抗が著しく大きい爲に、それに分派する電流は極めて小さく、回路の本電流には殆んど影響しない。

今回路中の二點の電位差 E を測る目的で、抵抗が R なるボルト計をそこに連結し、それに分派する電流の強さ C を測り得たとすると、 $E = R \cdot C$ なる関係を利用して E は定められる。



(圖180)
ボルト計。



(圖181)ボルト計及びアンペア計の連結法。

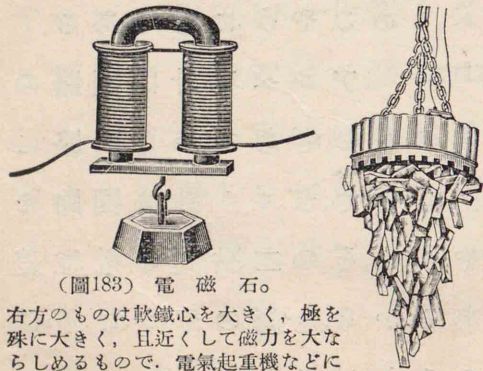
アンペア計は回路の電流の強さを知る爲のものであるから、回路に直列に入れることが必要で、ボルト計は回路の電流に影響しないやうに、その二點間の電位差を知る爲のものであるから、上圖のやうにその部分に併列に入れることが必要である。

ボルト計には皆この $R \cdot C$ に相當する目盛が施されてゐて、その電位差が直ちにボルトで讀めるやうにしてある。

97. 電磁石。 電磁石は軟鐵棒の心の周圍に被覆導線を捲いた構造のもので、その導線に電流を通ずると磁性を顯はし、電流を絶つとその磁性がなくなる。

その極の強さは、或る程度までコイルの巻數と、電流の強さとの積に正比例するが、また軟鐵心の極の部分大きくし、且兩極を接近させて置くと、一層強い磁力を顯はさせることが出来る。

故にこれらを適當に加減する場合には、任意の磁力を帶ばしめることが出来る許りでなく、



(圖183) 電磁石。
右方のものは軟鐵心を大きく、極を殊に大きく、且近くして磁力を大ならしめるもので、電氣起重機などに用ひられる。

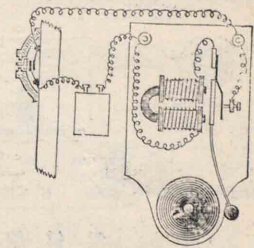


(圖182)
ヘンリー(米國人)
Joseph Henry
(1797—1878)
電磁石の研究で有名な人である。

隨時その作用が止められるから、電氣起重機その他電氣機械の要部とする外に、その直接間接の利用が廣い。

98. 電鈴。 電鈴は電磁石を應用して鈴を鳴らす装置で、下圖にはその要部と接續の有様とが示してある。

その輪道中にある押釦を押すと、電池からの電流は、電磁石のコイルに通じて之に磁性を帶ばしめるから、それに直面してをる軟鐵片を引き、他端の錘で鈴を打ち鳴らさせる。



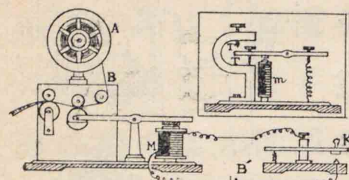
(圖184) 電鈴。

同時に軟鐵片の裏面から出てをるバネと、之に對向してをるネヂとの接觸が離れて電流が止み、電磁石の磁性も中絶するから軟鐵片は舊位に復歸する。

こゝに再びバネはネヂに接觸して電磁石のコイルに電流が流れ、同様な作用が引き續き繰返される。故に押釦の押されてをる間、鈴は絶間なく打ち鳴らされる。

問. 電鈴一個、電池一個、押釦二個を用ひ、二箇所から互に獨立して鈴を鳴らし得るやうに電線の連結方法を工夫し、それを圖示せよ。

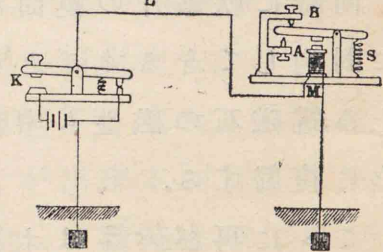
99. 電信機。 電信機は電磁石を利用して二局所間に信號を交換する装置で、**發信機**、**受信機**、及び**架空線**をその要部としてをる。



(圖185) 電信機。

發信機は一つの電鍵で、通信の際には之を打つて電流を斷續せしめる。

受信機はその目的で構造を異にするが、電磁石で挺子を動かし、その一端で紙片に符號を印せしめる**印字機**と、挺子が電磁石に引かれる度毎に、止め金を撃つて音響を出す**音響機**とが普通用ひられる。

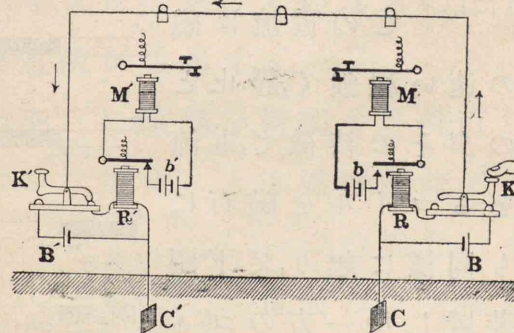


發信機 (圖186) 受信機

今發信機の釦を押し、Kで輪道を閉ぢると、音響機の挺子は電磁石Mに引かれて止め金Aを打ち、その輪道を開いてMの磁氣作用をなくすると、バネSに引かれて止め金Bを打つ。この二撃音間の長短を種々に組合せて信號を定め音信を受授する。

兩局間の距離があまりに遠く、電流が微弱になつて、音響機を十分に働かし得ない場合には、下圖に示す様に**繼電器**R, R'を併用する。

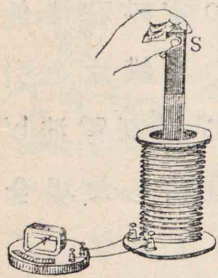
このやうにするとその繼電器の電磁石は、他極からくる弱い電流で、その前面の小鐵片を引いて受信機M'(或はM)に通じてをる局部電池b'(或はb)の輪道を閉ぢ、送受信機を直結した場合と同様の結果を見るやうになる。



(圖187) 繼電器を加へた送受信機。

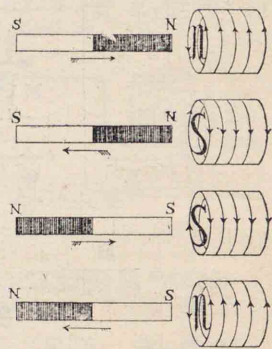
第七章 感應電流

100. 感應電流。 コイルに棒磁石の一極を急に入れると、その瞬間コイルに電流が流れ、それを急に抜くと方向反對の同様な電流が流れる。又磁石の他極で之を行ふと電流の方向が反對になる。



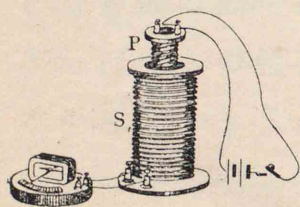
(圖188)

この電流は磁石の運動の速い程強く、靜止と共に止むのがその特徴で、電流の流れてをるコイルを磁石に代用しても同様に起り、又下圖のやうに装置した一方のコイルに、電流を通絶する場合にも、



(圖189)

他のコイルにこのやうな電流ができる。



(圖190)

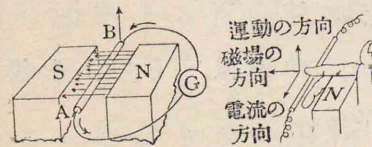
このやうな現象を電磁感應 Electromagnetic induction といひ、その際出来る電流を感應電流 Induced current といふ。

一般に感應電流はコイル内の磁場の變化、即ちコイルを通る磁力線の數の變化に伴つて起り、變化の止むと共に止むもので、常に磁場の變化を妨げる方向に流れる。この方向を示した事項をレンツの定律 Lenz's law といふ。

又その電動力はコイルの巻き數と變化する磁力線の數とに正比例する。

故にコイルの斷面積の大きいもの、その内に軟鐵の心を含んでをるものなどには、それだけ強い感應電流が生起する。

下圖のやうに、磁場を横切つて眞直な導線を速かに動かす場合にも亦感應電流が起る。



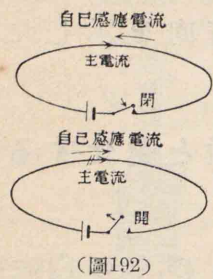
(圖191)

この場合にその感應電流の方向は導線の運動方向と、磁場の方向とで定まるもので、若し右

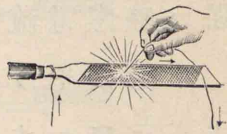
手の拑指、中指、食指を互に直角に擴げ、拑指で導線の運動方向、食指で磁場の方向を示すと、中指の示す方向は感應電流の方向に一致する。

之をフレミングの右手の規則 Fleming's right hand rule といふ。

101. 自己感應と相互感應。一つのコイルに電流を斷續する時にも、そのコイルの内に磁場の變化が起るので、その瞬間、そのコイル自身にレンツの定律に一致する方向の感應電流ができる。この現象を自己感應といふ。



故に電流は之を通ずる始めに於ては異方向の感應電流で弱められ、それを絶つ時には同方向の感應電流で強められる。この自己感應に對して前節のやうな電磁感應を相互感應といふ。



(圖193)

實驗及び問 1. 右圖のやうに鐵に電池の一極を連結し、他極からの導線でその上を滑らすと強い火花が飛ぶ。何故か。

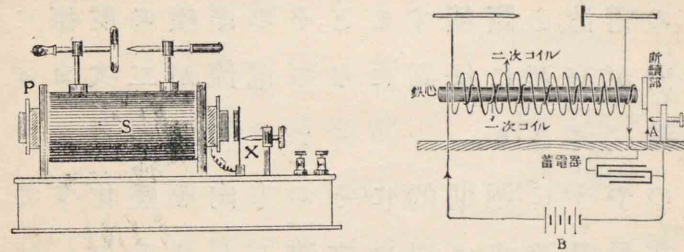
問 2. 輪道を開閉する際よりも、之を開く際に、その接合部に強い火花を見る。何故か。

102. 感應コイル。感應コイルは電磁感應で大きい電動力を得る装置で、軟鐵心に稍、太い絶緣導線を捲いた一次コイルと、その上に細い

Primary coil

被覆導線を數萬乃至數十萬回捲いた二次コイルとがその要部である。

Secondary coil



(圖194) 感應コイルの外観とその内部の構造。

今一次コイルの電流を、斷續部で電鈴の場合のやうに斷續させると、二次コイルには非常に大きい感應電動力ができて、その末端の兩極間に空氣の絶緣を破つて飛ぶ火花が見られる。

この感應電動力の方向は、一次コイルに電流の通絶する度毎に反對になるが、之を閉づる場合のそれよりも、開く場合に起る方が遙かに大きい値をもつから、兩極が稍、相隔る場合には、その開く時許りに火花が飛び、極の陰陽が自ら一定するやうになる。

その際に於ける火花の飛び得る間隙の大小で、感應コイルの効果を示すのは、その距離が電動力の大小と共に増減するからである。

103. 交流及び直流。 感應コイルに於ける二次コイルの兩極を導線で接続した上、一次コイルの電流を斷續すると、その斷續の度毎にその方向が交互に反對になる電流が二次コイルの輪道にできる。

このやうに週期的にその方向を變化する電流を**交番電流**或は單に**交流**といひ、その一秒間に繰返す變向の回数をその**交番數**といふ。
Alternate current
Frequency

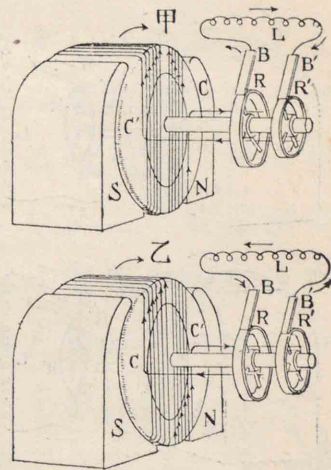
これに對して電池の兩極を導線で連結するとき、その輪道に流れるやうな方向が一定してをる電流を**直流**といふ。
Direct current

104. 發電機。 **發電機**は電磁感應を利用して機械的の運動により電流を得る装置で、磁場を作る爲の電磁石、即ち**場磁石**と、廻轉によりコイル内の磁場を變化して感應電流を得ようとする**發電子**とをその要部としてをる。
Dynamo
Field magnet
Armature

今場磁石の兩極NS間で、そのコイルの兩端を金屬環R,R'に連結して、それに接觸してをる刷毛B,B'から機外に電流を送り得るやうにした發電子を、圖に示す方向に廻轉すると、その甲

の位置から乙の位置にくる迄の半廻轉間には、コイルのC部はN極を遠ざかつてS極に近づき、C部はその反對になる

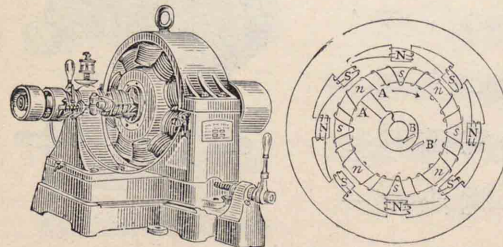
關係上、レンツの定律に基づき、コイルに起る感應電動力で、その回路にはCRB LB'R'C'の感應電流が流れ、乙の位置から甲の位置に移る半廻轉間には、C部とC'部とが入れ代つた位置にある爲、その電流は前と正反對にC'R'B'LBRCの方向をとる。



(圖195) 交流發電機要部關係圖。

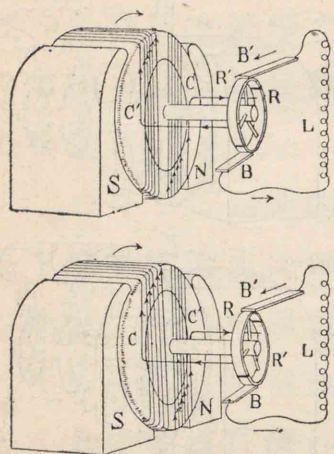
故に廻轉を繼續する間は、半廻轉毎にその方向を變へる交流が得られる。このやうな装置を**交流發電機**といひ、實際に施設する場合には、
Alternate current dynamo

コイルの捲き數を増すと共に、場磁石の極を多くし、且之を適當に組合せる。



(圖196) 交流發電機。

發電子のコイルを連結する金屬環を、下圖のやうに互に絶縁した半輪R,とR'とし、且刷毛B



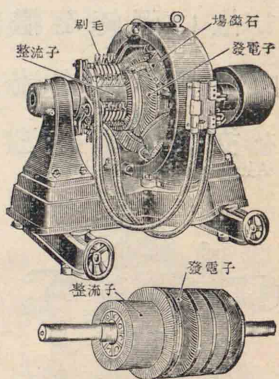
及びB'を半廻轉毎に適當の位置で兩半輪に交互に附換るやうに對向させると、半回轉毎にその方向を變化するコイルの電流を、常にBLB'の方向にして機外の回路に送り出すことができる。

(圖197) 直流發電機要部關係圖。

このやうな装置を**直流發電機**といひ、互に絶縁した半輪R及びR'を**整流子**といふ。

實際に施設するものはそのコイルの捲數と極とを増し、各コイルの兩端に一對の整流子をつけたもの、多くを組合せて發電子とする。

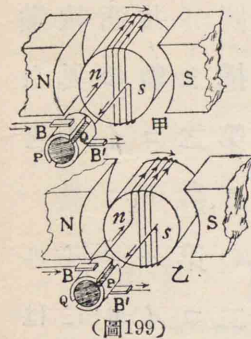
又その場磁石を電磁石とし、發電子でできる電流の一部を送つてその磁性をつよくする。



(圖198)

105. 電動機。

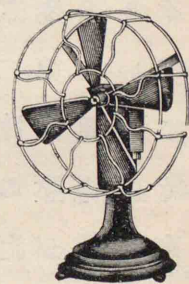
電動機は電流で廻轉を起させる装置で、發電機の逆用と見られる構造をし、且作用をする。



(圖199)

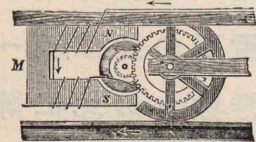
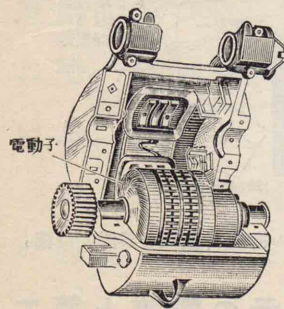
その磁場をつくる場磁石内で廻轉する軟鐵心入りのコイルを**電動子**といひ、之に發電機の場合と反對に電流を送り込む

と、その電流は電動子の磁極と、場磁石の極との引斥力が常に同一方向をとるやうに金屬半輪で調へられ、廻轉がその方向に持續せられる。



(圖200) 扇風器。

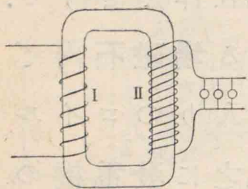
多くの電動機は場磁石も之を電磁石とし、電動子と同様に電流を送る。



(圖201) 電車用電動機と、その車體に取附けた模様。

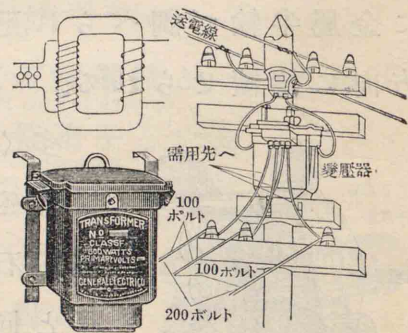
現今電動機は電車、電氣自動車、電氣機關車、扇風器、その他工場用動力などとして各方面に互り頻りに利用せられてをる。

106. 變壓器。 變壓器は交流の電壓を電磁感應を利用して昇降せしめる装置で、共通軟鐵心に捲き附けた捲き數の異なる第一コイルと第二コイルとがその要部である。



(圖202) 變壓器の要部。

交流を變壓器の第一コイルに送ると、その第二コイルには交番數の等しい交流が出来る。その時第一コイルの捲き數が少くて、第二コイルの捲き數が多いと、第二コイルには原電流より弱くて電壓の高い感應電流ができ、捲き數が反對であると、その關係が反對になる。



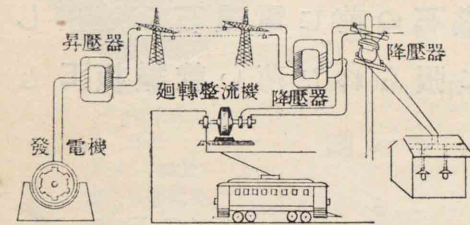
(圖203) 變壓器の構造、外觀及び設置の模様。

一般に第一コイルに流れる元の電流と、第二コイルに生ずる感應電流との電壓の比は、第一コイルの捲き數と第二コイルの捲き數との比に等しい。

依つてその捲數の比を適當にした變壓器を使用すると、一定の交流を、或は高壓の弱い電流にかへ、或は低壓の強い電流にかへることが出来る。前者を昇壓器、後者を降壓器といふ。

Step up transformer Step down transformer

多くの發電所では、そこで起した交流に昇壓器を適用し、數千、數萬ボルトの高壓の弱い電流として之を遠方に送る。



(圖204) 電力輸送。

それを受ける遠隔の地方では、之に降壓器を適用して200乃至100ボルトの低壓の強い電流に變へ、各需要家に分ける。之を電力の輸送といふ。

Transmission of electric power

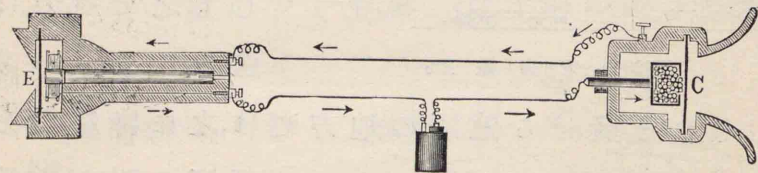
蓋し高壓の弱い電流は、それを輸送する途中の導線が細くて、その電氣抵抗が大きい場合にも、熱となつて逸散することが少いからである。

近時電氣工業上に交流の用ひられることが次第に増し、従つて變壓器もまた廣く用ひられるやうになつてきた。

107. 電話機。電話機は送話器と受話器とをその要部としてをる。
Telephone Transmitter Receiver

送話器には送話口の底に支へられた炭素の薄板Cと、その裏面に接觸してをる炭素粒を納める炭素函とを備へてをる。

受話器には永久磁石の前に電磁石を接続したものと、その前面に張られた薄い軟鐵板Eとを備へてをる。



受話器 送話器

(圖205) 電話機要部連結圖。

今圖のやうに兩器の輪道に電池を入れ、送話器に向つて發聲すると、炭素薄板は振動して炭素粒の接觸部に之に應ずる壓力の變化を及ぼし、輪道中の電流に強弱をつくる。

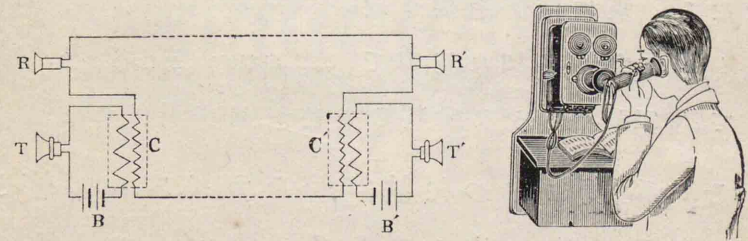
この電流の變化は、受話器の電磁石を刺戟して前面の鐵板を振動せしめ、こゝに送話口からの音聲を再現する。



(圖206)
 ベル(米人)
 Bell
 (1847-1922)
 電話の發明家。

實際の電話機では談話を交換する兩所共に、各獨立して送話器T(或はT')、電池B(或はB')、及び變壓器C(或はC')の第一コイルとて一の輪道を作り、更に兩受話器の第二コイルと、兩受話器R、R'とて下圖のやうに亦別の輪道をつくる。

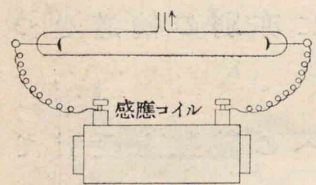
このやうにすると、送話口への發聲を受けて變化する第一コイルの電流は、感應電流となつて受話器に達するやうになり、これらを直結した場合と異なる所なく談話の交換ができる。



(圖207) 對話用電話裝置。

第八章 眞空放電放射能

108. 眞空放電。常壓の氣體中で、二電極間に火花放電を起すには、よほど大きい電壓を要するが、氣壓を減ずると放電が容易になり、放電距離も著しく増加する。しかし眞空に近づくと放電が再び困難になる。



(圖208) 眞空放電の装置。

實驗. 硝子管内の氣體を抜きながら、その兩端にある電極間に放電させると、放電が次第に容易になつて、火花は紐状から漸次に太くなり、全管に特有の色の光が満ちる様になる。更に氣體を抜き取ると光に多くの切れ目ができて、圖 210 のやうな鱗状の光芒が列び現はれる。



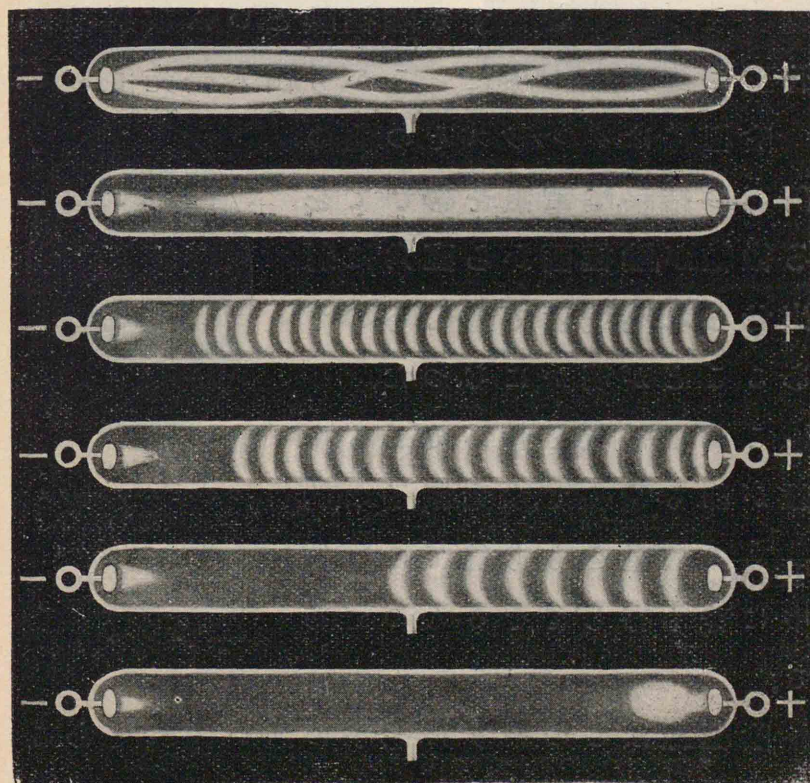
(圖209) ガイスレル管。

この程度になつた眞空管をガイスレル管といひ、放電の際に出る光を分光器で見ると、その氣體獨特の輝線スペクトルを現はし、螢光體にあてると非常な美觀を呈する。このやうに稀

薄な氣體中での放電を眞空放電といふ。
Vacuum discharge

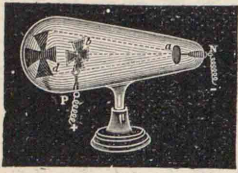
ガイスレル管内の氣體を一層稀薄にすると、鱗片状の光は次第にその強さを減じ、管内の氣壓を千分の一程内外にすると、全く暗黒になり、只陰極に對する硝子壁許りが綠黄色の微光を現はすやうになる。

この状態の眞空管をクルックス管といふ。
Crookes' tube



(圖210) 眞空放電の階程。(内部の氣體は下程稀薄である)

109. 陰極線。 クルックス管で真空放電を行ふ際、その陰極の對壁許りに現はれる微光は、管内の氣體の種類に關しない點に於て、ガイスレル管の發光と大いに違つてをる。



(圖211) クルックス管内を直進する陰極線。

これは陰極から出て直進する**陰極線**といふ放射線が、管壁に衝突する時にそこから出る螢光である。

陰極線はクルックスその他の研究の結果、陰電氣を帯びてをる微粒が、陰極面から直角に射出せられ、高速度で進むものであることが明かになつた。

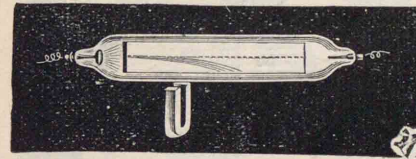
この陰電氣を帯びてをる微粒が即ち**電子**で、水素原子の約 $\frac{1}{1800}$ の質量をもち、總ての物質中に普く存してをるものである。

陰極線はこのやうに電子の速い流れである關係上、電氣、磁氣などの影響を受ける。

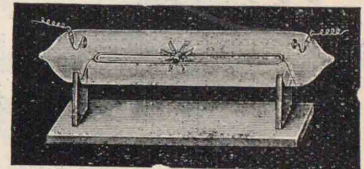


(圖212) ウィリアム・クルックス (英人) William Crookes (1833—1919) 陰極線に關する研究の外偉業が多い。

例へば圖 213 に示すやうに直進してをる陰極線に磁石を近づけると、陰極線はその進路を變ずるやうになり、對壁に發しつゝあつた微光は、その屈折方向に移動する。



(圖213) 磁場で曲がる陰極線。



(圖214) 陰極線の機械的作用。

陰極線がその進路にある他の物體に衝突すると、之に機械的の作用を及ぼすやうになる。圖 214 に示す實驗装置を用ひると、陰極線の進路に置かれてある廻轉し易い車が、それに投射する陰極線で廻轉を起す有様がよく實驗し得られる。

又陰極線が金屬に強く衝突すると、之を強く熱する作用を現はす。

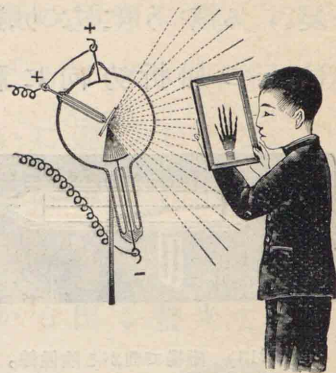
右圖のやうに眞空球中の金屬面に陰極線を集注すると、その金屬は赤く熱せられる。



(圖215)

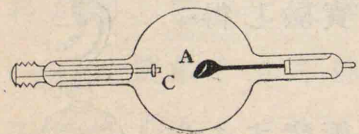
110. X線。真空管内で陰極線が障害物に當ると、その部分から新たに眼に見えない一種の輻射線を射出する。

これを発見者の名に因んで**レントゲン線**と呼び、又X線ともいふ。右圖は陰極を出た陰極線が、**對陰極板**と呼ぶ前面の白金板に衝突して、そこからX線を出す模様を示してをる。



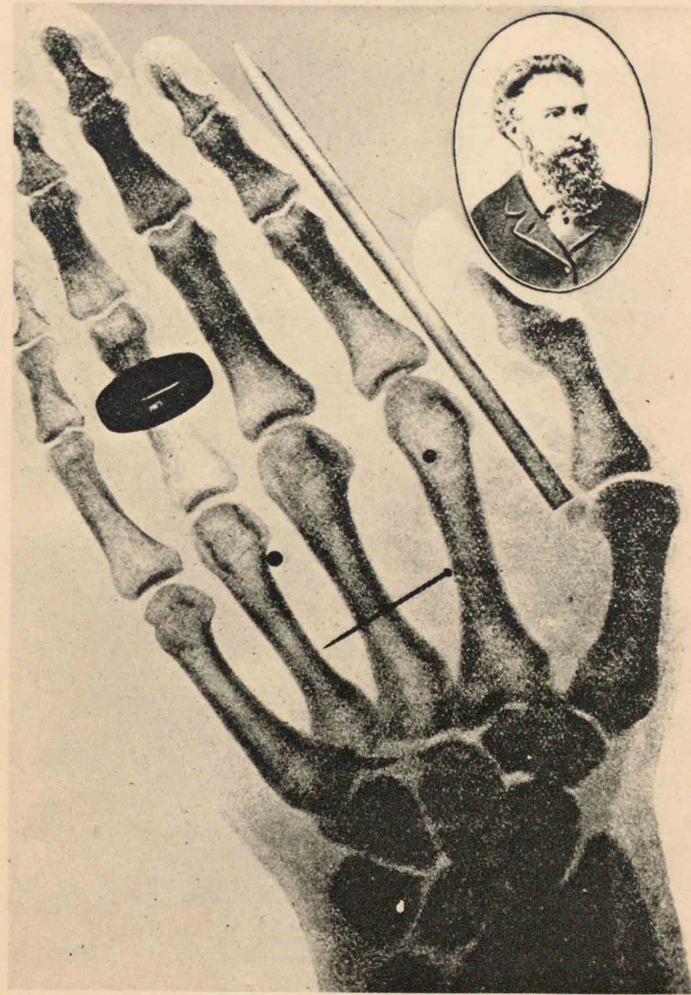
(圖216) X線の發出とその利用。

X線を白金青化バリウム製の螢光板に當ると、之を青綠色に光らしめる。又X線は光の不透明體を、略、その密度に逆比例して徹透する特性があるので、螢光板を併用すると、上圖のやうにして徹透し難いもの



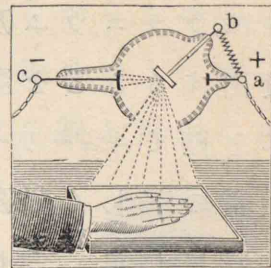
(圖217) クーリツヂ管。

のの陰影が見られる。左圖は**クーリツヂ**の發明に係るX線管で、細い針金の陰極Cを電流で熱して電子を射出させ、タングステン製の對陰極板Aにこれをあてて、透過力の強いX線を出させるやうにしてをる。



X線による手の徹透寫眞とレントゲン氏の肖像

X線にはこの外に寫眞の乾板を感光さす作用や、空氣に電氣傳導性を帯びしめる作用などがある。従つて帶電によつて箔の閉いてをる驗電器にX線を投射すると、その箔は閉ぢてしまふ。



(圖218) X線による手の骨格の撮影。

X線は陰極線と異り、磁場の作用を受ける場合にもその方向を變ずることがなく、またこれを金屬面に投射する場合には、その面から電子が射出せられ、且一種のX線を出すやうになつてくる。

X線には徹透作用があるので、各種の鑑識、診斷などに利用せられるが、近來醫療用にも廣く用ひられるやうになり、又物理學の諸研究に於ても、實驗上缺く可らざるものとなつた。

この線はその始本質の不明なる點よりしてX線なる名稱をつけられた程であつたが、近時の研究により、その本性が明かになつた。この點に關しては後章で學ぶ筈である。

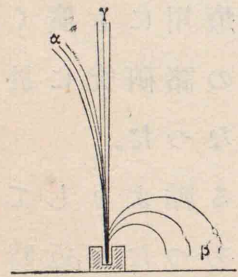
111. 放射能。 X線発見の翌年、佛人ベクレルは、ウラニウム及びその化合物が或放射線を發出することを發見し、更に二年を経てキューリー夫人はこの性質の著しく強烈なラヂウム Radium を發見した。これらの諸元素のやうに放射線を發出する物質を放射能物質といひ、放射線を出す性質を放射能といふ。



(圖219) キューリー夫人 (ポーランドに生れた人) Mme Marie Curie (1867-) ラヂウムの發見者。

放射性物質の出す放射線は、適當な方法により三種に分つ事ができる。α線、β線、γ線が即ちこれである。

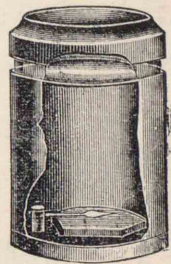
圖のやうな鉛製凹箱に入れたラヂウム化合物から發出する三種の放射線に對し、紙面に直角に前から後に磁力を作用させると、α線は少しく左方に、β線は甚だしく右方に曲げられるが、γ線は少しもその影響を受けず、そのまま直進する。



(圖202) 磁場で彎曲するラヂウム放射線。

ま直進する。

これα線は陽電氣を帶びたヘリウム原子のはやく運動してをるものであるから、この磁場でこの方向をとり、β線は陰極線のやうに電子のはやく運動であるから、當然α線と反對の方向に傾くことになる。又γ線はX線によく似たもので、電氣を帶びた微粒子でないから、直進して何れへも傾かない。



(圖221) 燦爛鏡

その徹透力はγ線が最も強く、β線が之に次ぎ、α線が最も弱い。

ラヂウム放射線には螢光作用があるから、燦爛鏡の硫化亜鉛に星のやうに明滅する燦光を生ぜしめる。

又氣體に電氣傳導性を與へる作用もあるから、帶電で箔の開いてをる驗電器にこれをあてるとその箔が閉ぢる。この作用は反對にラヂウムその他放射性元素の多少を判定する測定にも利用せられる。

第五編 力及び運動

第一章 力

112. 力の三要素。 力はその Magnitude Direction 大きさ、方向、作用点 Point of application の三つで定まる。 故にこれらを Three elements of force 力の三要素といひ、その作用点から、その方向に引いた直線につき、その長さで大きさを表はし、矢印でその方向を示す。これを力の代表線といふ。

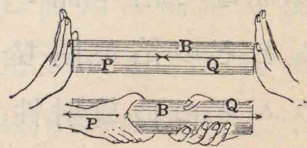


(圖222) 力の代表線。

如何に大きい力によつてもその形状、體積を變じ得ない物體を Rigid body 剛體といふ。これは一つの假想で、世に完全な剛體はないが、鐵、石などの固體は、外力があまり大きくない時には普通剛體と見做される。

剛體に働く力の作用点は、その作用線上の任意の點に移し考へても差支へない。

113. 力の釣合。 静止せる物體 B に、反對の方向に大きさの等しい二力 P, Q が働

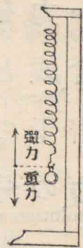


(圖223) 釣合ふ力。

けば、押合ふ時でも、引合ふ時でも、B は動かない。この時二力 P, Q は互に釣合ふてをるといふ。

一般に同一物體が同時に數力の作用を受けながら、その運動上に變化が起らない場合には、それらの力は釣合うてをるのである。

せんまい秤に吊された物體が、重力の作用を受けながら静止するのは、その物體の重さで下方に引かれたせんまいが、その形を變じて物體の重さに等しい彈力をあらはし、彼此互に釣合ふからである。



(圖224)

114. 壓力及び張力。 机上の物體はその接觸面で机を下方に押し、机は同一面で物體を上方にそれと等しい力で押す。このやうにその接觸面で互に垂直に押し合ふ力を Pressure 壓力といふ。

同様に棒押の棒の内部、又支柱の内部にはその軸に直角な面に作用する壓力がある。

又引張られた銅線、物體を吊してをる紐などでは、その相隣れる各部分が常に互に外方に引合つてをる。このやうな力を Tension 張力といふ。

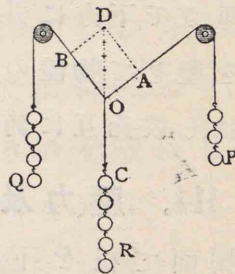
壓力に於ても、又張力に於てもその接觸面の單位面積上にあらはれる力の大きさを以てその強さとする。

115. 一點に作用する力の合成及び分解。

一點に作用する若干の力と同一効果を示す一力をその**合力**といひ、これを求めることを**力の合成**といふ。反對に一力と同一の効果を示す若干の力をその**分力**といひ、これを求めることを**力の分解**といふ。

Resolution of force

一點Oで結ばれた三本の糸に夫々P, Q, Rなる錘を付け、P, Qを附けた糸を圖のやうに滑車にかけると、三糸は或形をとつて釣合ふやうになる。

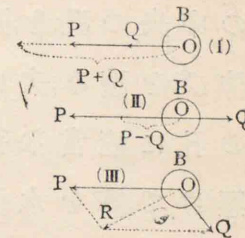


(圖225) 一點に作用する三力の釣合。

今その方向を $\overline{OA}, \overline{OB}, \overline{OC}$ とすると、P, Q二力の代表線 $\overline{OA}, \overline{OB}$ を二邊として作る平行四邊形の對角線 \overline{OD} は、 \overline{OC} 線上にあつて、且Rの代表線とその大きさに於て相等しく、その方向に於て相反するやうになる。

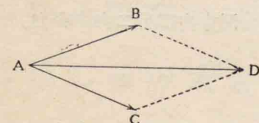
故にP, Q二力の代りに代表線 \overline{OD} で示す一力を以つてするもO點は釣合ふべきで、 \overline{OD} で示す一力は $\overline{OA}, \overline{OB}$ で示す二力の合力に當る。

一般に一點に作用する二力の代表線を二邊とし、その點を頂點として平行四邊形を描くと、その點から出る對角線は、その合力の代表線と一致する。このやうにして合力を求めることを、**力の平行四邊形の法**、又は**力の中斜法**といふ。



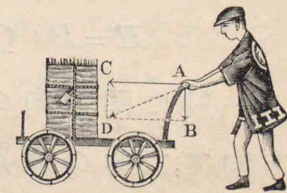
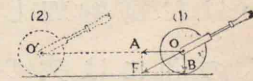
(圖226) 一點に働く二力の合力。

又一點に作用する若干の力が、同一直線上にある特別の場合には、その代數和で合力の方向並びに大きさを定め得べく、合成すべき力が三力以上の場合には、上の方法を重ね行へばよい。



(圖227) 力の分解。

反對に一力の分力は中斜法を逆に適用すると求められる。上圖に示す一力 \overline{AD} を、その兩側の二分力 $\overline{AB}, \overline{AC}$ に分つやうな場合がそれである。



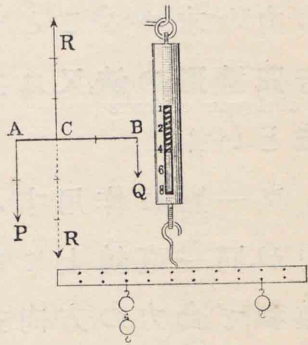
(圖228) 分力の利用。

日常生活に於ては屢、分力が利用せられる。

問. 一力Fを之と60°及び30°の角をなす方向に分解すると,その分力の大きさは如何になるか。

116 平行力の合成。 太さが一樣で,真直な棒の中央の孔を,圖のやうに彈條秤に吊して秤

の伸びを讀み,次にその兩側の孔に,適當な割合に錘を懸けて,棒を水平にした上,再び秤の伸びを讀むに,その増加は兩側に懸けた錘を,彈條秤の直下の棒の孔に懸けた場合の増加に等しいことが解る。



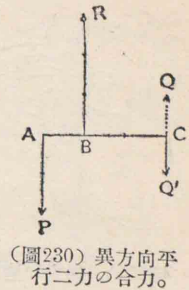
(圖229) 同方向平行二力の合力。

その錘の重さをP,及びQ,それを懸けた點をA及びB,彈條秤で吊された點をC,兩側に錘をかけた爲増加した秤の彈力をRとすると,それらの間には次の關係式が成り立つ。

$$R = P + Q \quad P \cdot CA = Q \cdot CB$$

一般に同方向の平行二力の合力は,二力と同方向で,二力の作用點間の距離をその逆比に内分した點に作用し,大きさが二力の和に等しい。

こゝに觀察面を轉じて,金屬棒にその方向が反對で,互に平行してをるPとRとの二力が作用するものと考え,その合力QはC點に現はれ,その點に懸つて同一鉛直線に沿ひ反對の向に等しい大きさの力を現はしてをる錘の重さQ'と釣合ふものとも見られる。



(圖230) 異方向平行二力の合力。

之から異方向の平行二力の合力の關係が解る。

$$\text{即ち} \quad R - P = Q \quad P \cdot AC = R \cdot BC$$

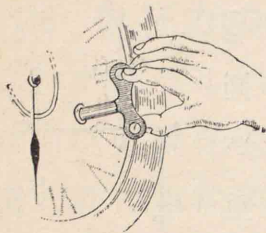
一般に方向が反對の平行二力の合力は,二力の作用點間の距離をその逆比に外分した點に作用し,その大きさは二力の差に等しく,大きい方の力と同方向である。

三つ以上の平行力の合成は,以上の方法を重ねると之を行ふことができる。

問1. 長さ2米の棒(目方を考へない)の一端に5斤の物體を吊し,他端に12斤の物體を吊して棒を水平に釣合はしめるには,支點を何處に撰べばよいか。

問2. 長さ1.2米の棒(重さを無視する)の中央から0.1米距つた點に,重さ24斤の荷物を懸けた時,その兩端を支へるには,各,何程の力が必要か。

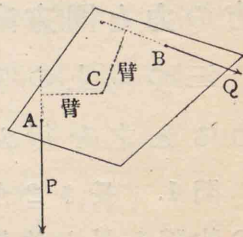
117. 偶力。 方向が反対で、大きさの相等しい二つの平行力が、作用点を異にして一物體に働く時には、それらに代るべき



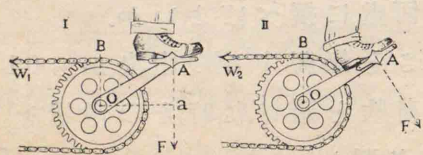
単一な合力は求められない。このやうな一對の力を偶力といふ。

偶力の働く場合には、物體は全體として進むことなく、單に廻轉を起す許りである。時計のぜんまいを捲き、自轉車のハンドルを動かすなど、日常生活に於ける偶力の適用は枚舉し得ない程多い。

118. 力の能率。 力の大きさと、支點から力の方向を示す線に下した垂線の長さとの積を、その支點に關するその力の能率といひ、垂線の長さを能率の臂といふ。支點の週りに物體を廻轉せしめる難易は力の能率できまる。



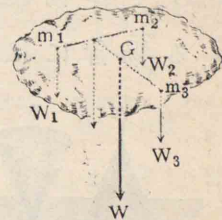
(圖232) 力の能率。



(圖233)

問. 左圖(I)と(II)とのペダルの踏み方は何れが有效か。

119. 重心。 物體の各部に作用する重力は、皆鉛直の方向をとり、互に平行するから、平行力の合成の次第により、一の合力で代表せしめることが出来る。

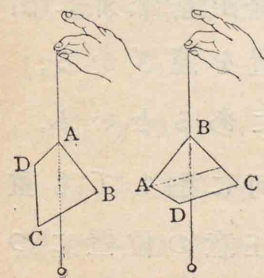


(圖234) 重心。

この合力の大きさはその全重量に當る筈で、その作用點は物體の位置に無關係でなければなら

ない。この作用點をその物體の重心といふ。組織が均一で正しい形をしてをる物體の重心は、幾何學上から理論的に定め得られる。

例. 圓球などの重心はその中心に一致し、立方體、直方體などの重心はその對角線の交點に合致する。

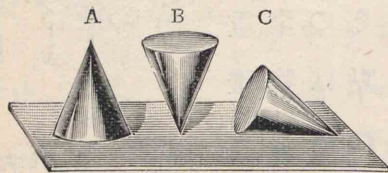


(圖235) 重心の求め方。

物體を糸で吊すと、その重心は靜止の場合に糸のたる鉛直線上来る。故に扁平な物體では、その二點に糸を結んで別々に之を吊し、その重心を求めることが出来る。

問. 扁平な三角形板の重心は幾何學上の重心に一致し、その厚みの中心にある。之を證し見よ。

120. 物體の坐り。物體を下に置く時、それを支へる點を結ぶ圖形の示す面をその**基底**といひ、その物體の重心を通る鉛直線がこの内に入る場合には物體は倒れないが、この外に出るとその重心に働く重力の能率で物體は顛倒する。左圖のAのやうに立てた圓錐體



(圖236) 一物體のとする各種の坐り。

は、傾けるとその重心が高まり、それを放すとその重さで舊位置にかへる。このやうな場合には物體は**安定の坐り**にあるといふ。

Stable equilibrium

次にこの圓錐體にBの位置をとらしめようとすると、重心を通過する鉛直線が基底外に出て、圓錐體は横に倒れ、益々舊位置を遠ざかる。このやうな時は**不安定な坐り**にあるといふ。

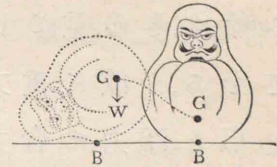
Unstable equilibrium

又之をCのやうに置くと、如何に廻しても重心の位置は昇降せず、圓錐體は任意の位置につく。このやうな時は**中立の坐り**にあるといふ。

Neutral equilibrium

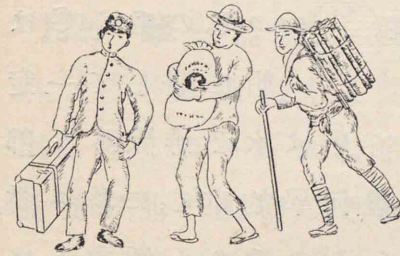
一般に坐れる物體の重心が最低位を占めると、その坐りは安定で、之を動かすとその重心は

次第に昇り、放される時最低位の舊位置に復歸する。右圖の不倒翁はこの好例である。



(圖237) 不倒翁とその重心の位置。

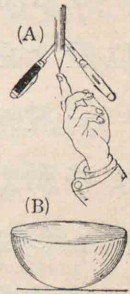
之に反してその重心が最高位を占めると不安定で、物體を何れの方に傾けても、その重心が常に降下するので、この點に作用する重力の能率は、之を益、引き下げようとして、その舊位置を遠ざからしめる。



(圖238) 種々の坐り。

一般に物體の坐りは其の基底の廣い程、重心の低い程、又その重さが大きい程安定の度が高い。

荷物を持ち方と體の傾け方、倒れ難い玩具の構造などは、何れも重心の位置にその關係が深い。

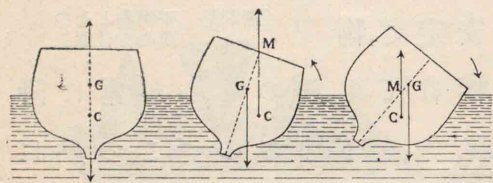


(圖239)

問1. 圖Aの釣合につき説明して見よ。

問2. 基底が狭いにも係らず、球面で支へられてをる半球の倒れないのは何故か。

121. 浮體の釣合。 水に浮んで静止してをる船は、その重さに等しい浮力を受けて釣合ふてをる。故に重力の合力の作用點なる船の重心 G と、浮力の合力の作用點なる浮心 C とは、同



(圖240) 浮體の釣合。

一鉛直線上にある筈である。その重心 G は船に關して一定してをる點であるが、浮心 C は水を排除する部分の外形に應じて、その幾何學的重心に移る爲、船の動搖につれて變化し、その重さと浮力とは互に偶力をなすやうになる。

この偶力の廻轉方向が、船の傾く方向に相反すると船は舊位置に復し、一致すると船は益、舊位置を遠ざかつて顛覆する。

一般に船の静止してをる時の GC 線と、傾いて移動した浮心を通過する鉛直線との交點が、重心 G の上方にある場合には、船は安定で直ちに舊位置に復し、下方にある場合には船は不安定で顛覆を免ぬられない。

この交點を異中心又は傾心といふ。
Metacenter

問. 船、車ともに多くの場合、その重量の大きい荷物を下方に積む。何故か。

第二章 器械

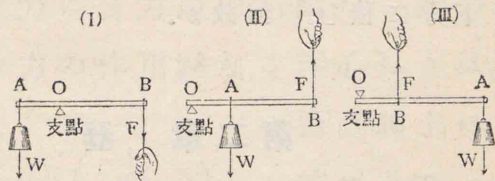
122. 單一器械。 機械類を考案、製作してそれを巧妙に使用する能力は、吾人人類許りに見出し得られる一大特色で、その生活狀態の向上發展が、他の動物のそれに比べて遠く相隔つてをる一面も亦こゝにある。

今日人類が際限ある自己の筋力を超越した大きい力で船車を運轉し、航空機を操縦し得るのは、全くこの特徴の發揮せられつゝある次第を物語るものといへる。

これら諸般の機械類は一見甚だ複雑なやうに見えるが、その要部を分析的に研究すると、以下の數節に列擧してをるやうな單一器械と呼ばれる比較的簡単な要素から出來てをることが解る。
Simple machines

123. 挺子。一點で支へられた棒の二點に、之を互に反對の向に廻さうとする二力が働く時には、その棒を

挺子といひ、支へられた點を支點といふ。

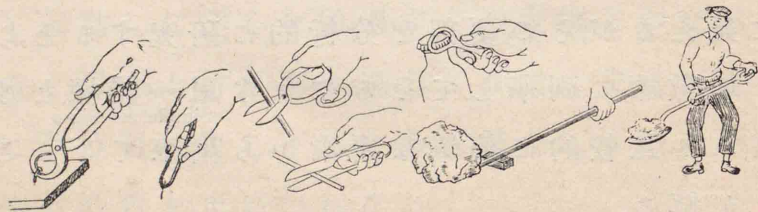


(圖241) 挺子の三種。

その二力の着力點 A, B と、支點 O との位置で挺子は I, II, III の三種に大別せられる。今 A に吊した重量 W なる物體を、B に加へる力 F で支へたとすると、能率の上から次の關係が成立つ。

$$F \cdot OB = W \cdot OA$$

その際能率の臂に當るものを挺子の臂といひ、その比を適當に撰ぶと、或は小力を加へて大力を現はし、或は力を短距離に働かして之を長距離に互つて適用せしめ、又遅い運動で速い運動を起すことも出来る。

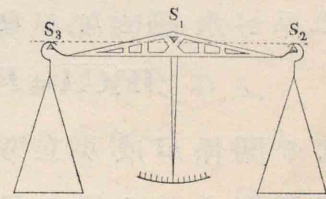
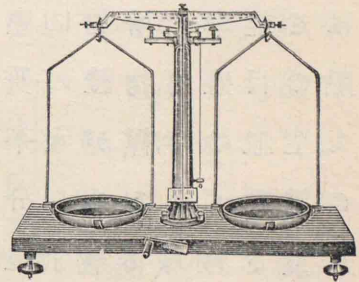


(圖242) 日常生活に使用せられてをる挺子の色々。

問. 長さ 60 厘、重さ 240 瓦の一様な棒を、その一端から 12 厘の點で吊し、水平ならしめようとする。棒の一端に幾瓦の物體を吊せばよいか。

124. 天秤。天秤は挺子の理を應用して物體の重さを分銅の重さに比較し、その質量を精密に測る装置である。

その構造は丈夫で軽い金屬桿の中央に鋼製の双先を附け、それを支柱上の瑪瑙、又は鋼板上に支へたものを要部とし、更にその桿の兩端に等しい重さの皿を吊したものである。

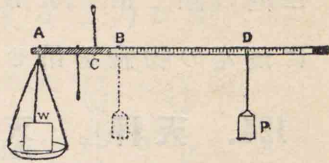


(圖243) 天秤。

その左方の皿に物體、右方の皿に分銅を載せる時桿が水平になると、物體の質量はその分銅の質量に等しい。

問. 兩臂の長さの違ふ天秤の左の皿に物體を載せると 5 瓦の分銅で釣合ひ、右の皿に物體を載せると 3.2 瓦の分銅で釣合ふ。物體の眞の質量を問ふ。

125. 桿秤。 桿秤は直桿の一端に秤皿を吊し、之に近く取り緒の支點を附けたもので、同じ分銅を桿の各所に移して皿に入れた物體の重さに釣合



(圖244) 桿秤

はせ、能率の増加に應じて印してある桿のその點の目盛で、物體の質量を知る簡便な秤である。

空皿の時、桿が水平になる分銅の位置が目盛の零點であるから、分銅の重さを P とすると、皿に重さ W なる物體を載せ、分銅を \overline{BD} だけ移して桿が水平になるならば、増加した能率から、

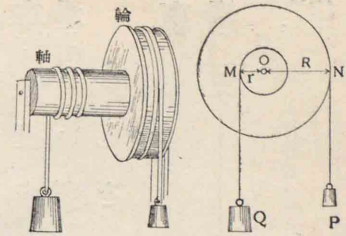
$$W \cdot \overline{CA} = P \cdot \overline{BD} \quad W = P \cdot \frac{\overline{BD}}{\overline{CA}}$$

なる關係が成り立ち、物體の質量は長さ \overline{BD} に正比例すべく、桿の目盛が一様でなければならぬことが解る。

126. 輪軸。 同じ軸の周りに同時に廻轉するやうに大輪と小軸とを結合したものを輪軸 (Wheel-and-Axle) といひ、普通には輪に捲いた綱を引いて、軸に捲いた綱の下端に懸けた重荷を揚げるのに用ひる。その原理は共通軸を支點とし、輪及び軸の

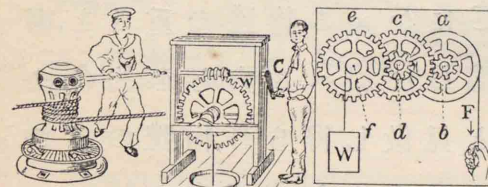
半徑 R, r を兩臂とする挺子と異ならない。依つて右圖のやうな場合には次の關係がある。

$$P \cdot R = Q \cdot r$$



(圖245) 輪軸。

故に軸の半徑 r を小さくして輪の半徑 R を大きくする程力を利することが著しく、その應用方面が頗る廣い。

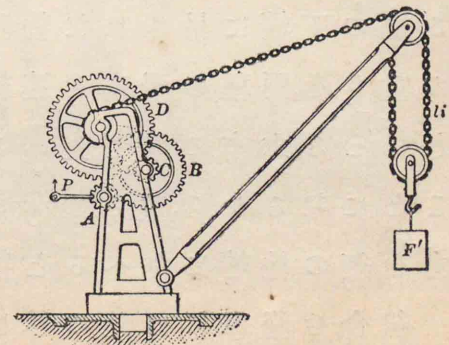


(圖246) 輪軸の應用。

錨を揚げる絞盤、捲揚器械類、及び齒輪で一つの運動を他に傳へる装置などがそれである。

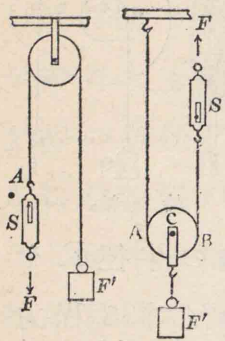
相嵌合する齒輪は、その徑の如何で力の大きさを變じ、齒數でその廻轉速度が變へられる特徴がある。

右圖の起重機は輪軸、齒輪その他を組合せた便利な装置である。



(圖247) 起重機とその要部。

127. 滑車。

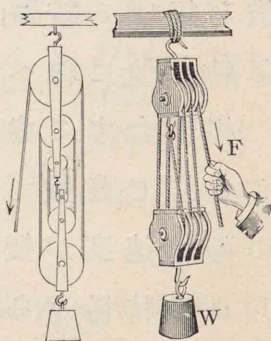


(圖248) 定滑車(左)と動滑車(右)。

滑車には定滑車と動滑車とがある。定滑車は兩臂の長さの等しい挺子と見做し得るもので、力を利することはないが、力の方向を適當に變へ得る特徴がある。

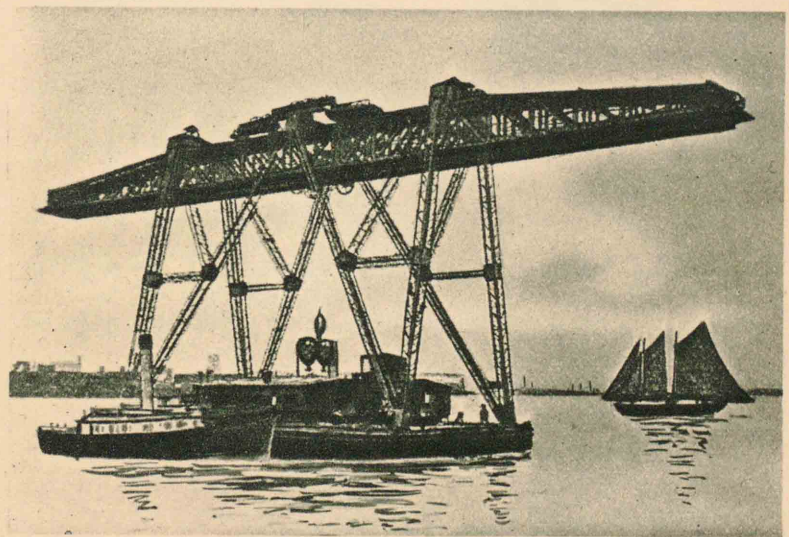
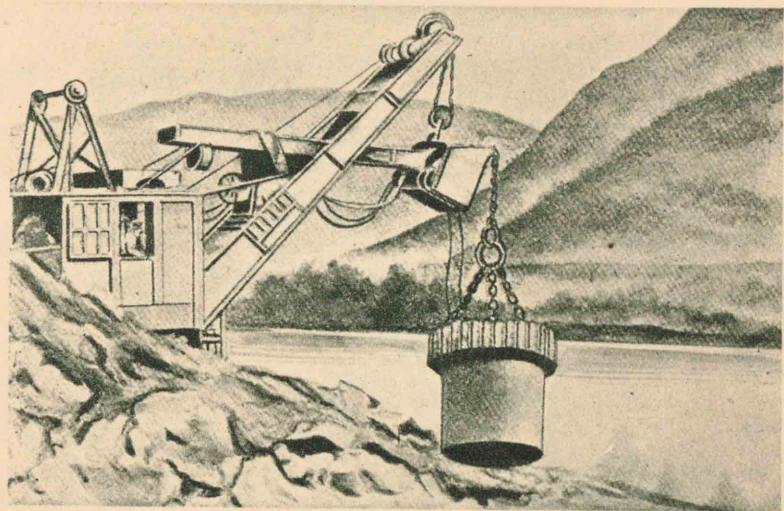
動滑車は綱の一端Aを支點とし、軸Cにかゝる物體の重さと、綱の他端Bに加へる力とを釣合はしめる一種の挺子と見做し得られ、物體の重さの半分の力で釣合させることが出来る。

右圖は各、三個の動滑車と定滑車とからなる組合せ滑車で、動滑車の軸を支へてをる框の下端に吊された物體の重さを、兩種の滑車を連結してをる六本の綱で支へることになるから、重さの $\frac{1}{6}$ の力を綱の他端に加へると物體が支へられる。



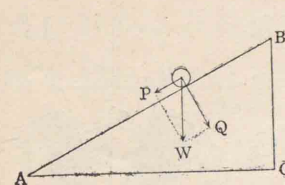
(圖249) 組合せ滑車。

組合せ滑車には此の外に種々の構造のものがあるが、何れも大同小異である。



陸上の起重機と浮動起重機

128. 斜面。 水平面に對し傾斜せる平面を



(圖250) 斜面。

斜面といひ、その上の物體はその重さWの斜面に垂直な分力Qを斜面で支へられる爲、斜面に平行な分力Pで斜面に沿ひ落ちようとする。故にPと等しい力を反對の方向に働かすと物體が支へられる。このP, Q, Wの間には次の關係がある。

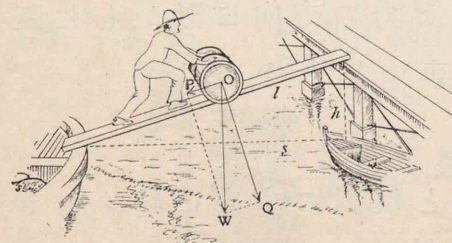
$$P = W \cdot \sin A \quad Q = W \cdot \cos A$$

故に傾斜せる角の小さい程支へる力は小さくてすむ。

坂路の傾斜を緩かにし、それを蜿り上るのは此の理の應用に外ならぬ。又下圖に示せることや、梯なども斜面の一應用である。



(圖251)



(圖252)

問. 斜角30°の斜面上で15疔の物體を支へるには斜面に沿うて何程の力が必要か。

129. 楔。楔の作用はその頭ABに直角に加
 へる力 P の楔の兩側面に垂直な
 分力 Q, Q' の働きによる。

P, Q, Q' は夫々楔の三邊AB, AC,
 BCに垂直であるから, 三角形 abc
 は三角形 ABC に相似になる。

故に
$$P = Q \cdot \frac{AB}{AC}$$

なる関係が成り立つ。従つて楔の作用は角C
 の小さい時程鋭くなる。

又物は皆一種の楔で, それで物がよく切れる
 のは, その頂角が小さいからである。

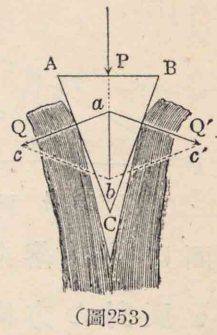
問. 又物を砥ぐと切れ味がよくなるは何故か。

130. 仕事及び仕事の原理。甲物體が乙物
 體に力を加へ, 力の方向に之を動かすときは, そ
 の力又は甲物體は乙物體に **仕事をした** といひ,
 力の大きさ F と, 物體を力の方向に動かした距
 離 S との積でその仕事の量 W を表はす。

$$W = F \cdot S$$

(仕事) (力の大きさ) (距離)

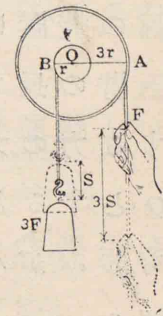
又物體が力の方向と反對の方向に動くとき
 は, 物體が力に抗して仕事をしたといふ。



(圖253)

例へば投げ上げられた物體は, 重力の方向に反して
 進むから, このやうな場合には物體が重力に抗して仕
 事をしたことになる。

器械の働きを見るに, 力に於て利得ある場合
 には距離で損をし, 距離に於て利得ある場合
 には必ず力で損をする。力と距離との兩方を同
 時に利する場合は決してない。唯
 その相乗積に當る器械に加へた仕
 事と, 器械が物體にする仕事との量
 が相等しい許りである。

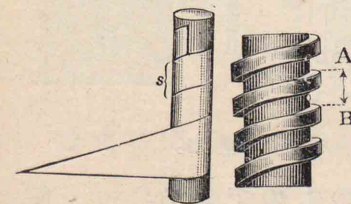


(圖254)

之は單一器械に限らず一般に通
 ずる原則で, 之を **仕事の原理** といふ。
 Principle of Work

このやうに器械は一方から受ける仕事を他
 方に傳達する働きをするもので, 仕事を創生す
 る働きはしないものである。

131. ネヂ。ネヂは圓柱の外表面に, 螺旋狀に
 Screw



斜面を捲きつけたやうな
 棒ネヂと, 圓筒の内面に螺
 旋狀の溝を刻んだやうな
 壺ネヂとから出來てをる。
 Male screw
 Female screw

(圖255) 棒ネヂとその歩み。

棒ネジの凸起を山といひ、相隣れる山と山との距離をネジの歩みといふ。

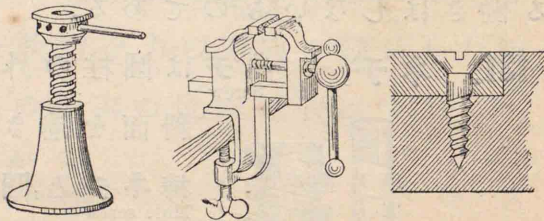
Pitch

壺ネジにはめた棒ネジは、一廻轉毎にその内を一步みだけ前進或は後退する。

今ネジを壓搾用を利用した右圖の装置に於て、ネジの歩みを h 、兩臂の長さをともに l 、その兩端に直角に作用する力の大きさを P とし、下方壓搾部の抵抗を Q とすると、仕事の原理から次の関係が成り立ち、歩みが小で臂 l の長い程力を利することが解る。

$$4\pi l \cdot P = Q \cdot h \quad P = Q \cdot \frac{h}{4\pi l}$$

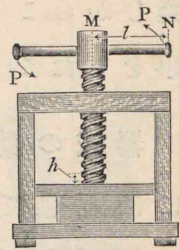
ネジの應用と見る可きものは、螺旋壓搾器の外に、押上用ジヤツク、萬力など枚舉し得ない程多い。



ネジ釘は壺

(圖257) ネジの應用。

ネジの穴を造りつゝ進む特殊のものである。



(圖256)

螺旋壓搾器。

第三章 運動

132. 速度。運動する物體が單位時間に通過する距離に、運動方向を併せ考へたものを速度といふ。故に之は方向を加味した速さとする可く、その大きさ許りを示す場合には、速さの單位と同様なものを用ひる。

Velocity

方向も速さも變らぬ運動を等速度運動といひ、そうでない運動を不等速度運動といふ。

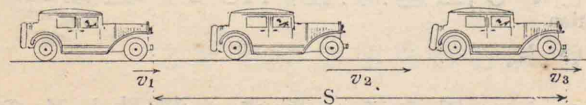
Uniform motion

Ununiform motion

等速度運動では、 t 秒間に S 程進む物體の速度を V 秒程とすると、次の関係が成立つ。

$$S = V \cdot t \quad V = \frac{S}{t}$$

上式を不等速度運動に適用すると、その平均速度が得られる。



(圖258) 不等速度運動。

速度の様に大きさ及び方向を有する量をベクトル量といひ、大きさ許りで方向を有しない量と區別する。

不等速度運動に於ける速度の大きさは、皆瞬間の運動状態を單位時間續ける時通過する筈の距離で表はし、その方向は各の瞬間の運動方向をもつてする。

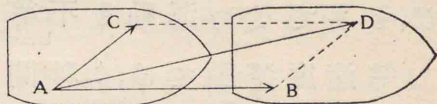


(圖259) 瞬間の速度の示し方。

問. 適例により速さと速度との相違を明かにせよ。

133. 運動並びに速度の合成及び分解。

圖のやうな船が、海面に對して短時間等速度で運動し、 \overline{AB} だけ前進する間に、水夫が船に對し A 點から等速度で \overline{AC} なる運動をすると、水夫はその海面に對しては、 \overline{AB} ,



(圖260)

\overline{AC} を二邊とする平行四邊形の對角線 \overline{AD} に沿うて運動し、D 點に達することになる。

この場合に運動 \overline{AD} を \overline{AB} , \overline{AC} なる二運動の合運動といひ、二運動 \overline{AB} , \overline{AC} を一運動 \overline{AD} の分運動といふ。

このやうに甲の乙に對する運動と、乙の丙に對する運動との合運動と見るべき一運動は、甲の丙に對する運動に外ならない。

速度は單位時間の運動とも見られるから、その合成、分解も運動と同様に平行四邊形の方法が適用でき、その各要素に對しても亦合速度及び分速度なる名稱が用ひられる。

134. 加速度。 物體の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、その始の速度を V_0 , t 秒後の速度を V とすると、その間の平均の加速度 a は次の式で示される。

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

$$V = V_0 + at$$

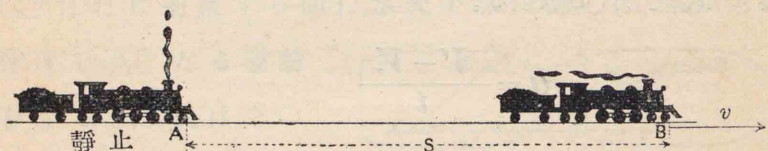
加速度を表はすには時間の單位と速度の單位とを併せ用ひる。例へば 20 秒糧の速度を有する運動體が、2 秒の後に、30 秒糧の速度を有するやうになつたとすると、その加速度は毎秒 5 秒糧である。之を單に加速度 5 秒々糧としてあらはすことがある。

問. 12 秒々糧の加速度で運動する物體が、12 秒後に 140 秒糧の速度を有する様になつた。初の速度如何。

135. 等加速度運動。 一物體が静止の位置から毎秒 a 秒糧の加速度で直線運動を始め、 t 秒後に V 秒糧の速さに達したとすると、 V, a, t の間には次式のやうな関係がある。

$$a = \frac{V}{t} \quad V = at \dots \dots \dots (1)$$

加速度の一定してをる運動を等加速度運動といひ、それが静止の状態から始まる場合には、その速度は上式の様に経過時間に正比例する。



(圖261) 加速度運動。

その際物體の t 秒間に進む距離 s は、始終の平均速度で t 秒間に進む距離に等しい。

$$S = \frac{1}{2} (0 + at)t = \frac{1}{2} at^2 \dots \dots \dots (2)$$

即ち通過距離は時間の自乗に正比例する。又 (1), (2) を組合せて t を消去すると

$$S = \frac{V^2}{2a} \quad V^2 = 2aS \dots \dots \dots (3)$$

となり、最終速度 V 、その速度が零から V となる

迄に通過する筈の距離 s 、及びその加速度 a との関係式が得られる。

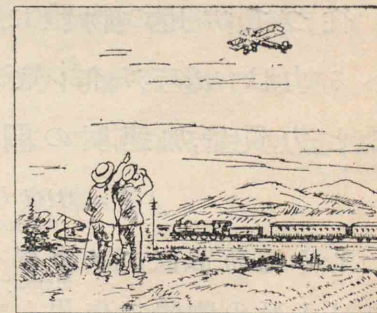
問. 初速度 5 秒糧の物體が、10 秒後に 55 秒糧の速度を有するやうになつた。その加速度は何程か。

136. 運動の定律。 物體の運動と力との關係につきニュートンは次の三定律を確立した。

第一定律。 慣性を物體の運動と力との關係から見たもので、また慣性の定律ともいふ。(11節 参照)
First law of motion
Law of inertia

外力の作用を受けない時には、静止せる物體は永久に静止し、運動せる物體は等速度運動の現状を繼續する。

第二定律。 物體は外から力の作用を受けると、必ずその運動の有様を變ずる。之に關して次の様な運動の第二定律がある。
Second law of motion



(圖262)

外力の作用を受けるときは、物體はその力の方向に、その力に正比例し、物體の質量に反比例する加速度を生ずる。

蓋し第二定律は物體に對する力の効果を示したもので、之をまた**加速度の定律**ともいふ。

今 M 瓦の物體に力 f が作用して之に a 秒々糧の加速度を與へたとすると、第二定律より、

$$a \propto \frac{f}{M} \quad f \propto Ma \quad \text{即ち} \quad f = K.Ma$$

この場合に質量の單位に瓦、加速度の單位に秒々糧をとる時、常數 K が 1 になるやうな力を**力の絶對單位**とし、之を**1 ダイン**と呼ぶ。即ち **1 ダイン**は 1 瓦の物體に作用して、毎秒 1 秒糧の加速度を生ぜしめる大きさの力である。

従つて m 瓦の物體に a 秒々糧の加速度を與へる力は ma ダインで、このやうな諸單位によると、力、質量、加速度の關係は次のやうになる。

$$f = ma$$

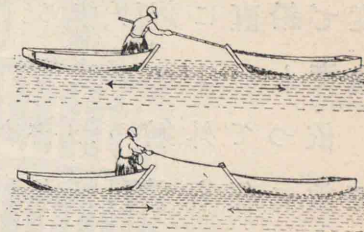
この補助單位に**メガダイン**といふ單位がある。それは 1 研の物體に作用して毎秒 10 秒米の加速度を生ぜしめる力である。

又力の絶對單位を用ひて定めた壓力の單位がある。これを**1 バール**といひ、一平方糧の面積に一メガダインの力を及ぼす場合の壓力である。

問. 二つの力の大きさはどうすれば比較できるか。

第三定律 力が物體に作用する場合には、單獨に起らないで、必ず二物體間の相互作用として現はれる。

水夫が棹で他の船を押すと、水夫の船も反對に押され、引くと反對に引かれる。



(圖263) 作用と反作用。

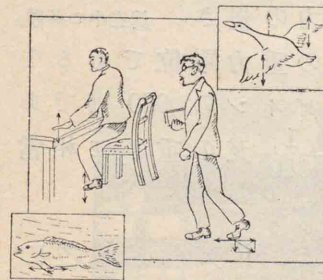
この押す力、引く力を**作用**、押される力、引かれる力を**反作用**といひ、その一般的關係を定めるものとして**運動の第三定律**がある。

作用と反作用とはその大きさが相等しく、そ

の方向が反對である。

この定律をまた**反作用の定律**ともいふ。

人類並びに諸動物の動作には反作用が非常に多く利用せられてをる。



(圖264) 反作用を利用する動作の一。

問 1. 反作用を利用する事項を多く挙げよ。

問 2. 舟の中で乗組員がその一部を前に押しても舟は前進しない。何故か。

137. 重力の加速度。地上の物體は重力の作用を受けるから、遮る物體のない限り、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 g で之を示す。

依つて外氣の影響が等しいと、物の輕重に係らず同様な落下をする。ガリレイはピザの斜塔から輕重兩球を落し、その同時に地面を打つことを示して時人を驚かした。

g の値は多少は場所で異なるが、我國では約 980 秒々糎である。

故に 1 瓦の物體に作用する重力の強さは 980 ダインに相當し、之から力の重力單位である 1 瓦の重さの力が、絶對單位であるダインの 980 倍であることが解る。故に 1 ダインは $\frac{1}{980}$ 瓦の重さに相當し、約 1 疋の重さに當る。

一般に質量 m 瓦の物體の重さ W ダインは、之に作用する重力の強さを示すもので、次の値をとる。

$$W = mg$$

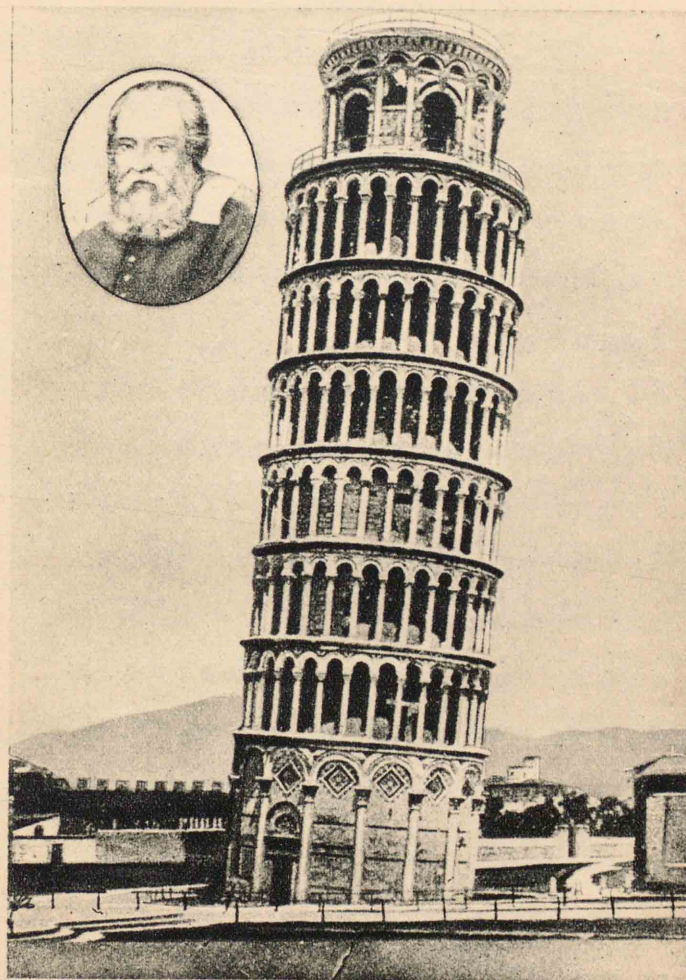
138. 落體の運動。重力の作用を受け、等加速度運動で落下する物體を落體といふ。

Falling body



(圖265)

真空中の落體。



ガリレイとピザの斜塔

世界の七不思議の一として有名な伊太利のピザの斜塔は、それ自身に於て物理學的に一種の意味をもつものであるが、その先哲ガリレイに關連せる史實を顧みるに、物理學の發達史上特筆すべき有名な幾多の事實が窺ひ得られる。

ガリレイは或時は此の内の燈明の振動によつて振子の等時性振動を發見するの端緒を得、又或時は此の上より空實二大鐵球を同時に落下せしめて、重力の作用許りの時は物體の得る速度が一定であることを時人に示す機會を得た。

前者の如きを實驗による發見といひ、後者の如きを事實を檢証する實驗といふ。

共に學習に必要な研究の方面である。

その静止の位置から重力のみの作用で落下を始める場合を自然落下といひ、 t 秒後の速度、 t 秒間に通過する距離、及びそれらの關係は等加速度運動の公式中の a に g を代入すると得られる。即ち

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

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

$$V^2 = 2gS \dots\dots\dots (3)$$

又一物體が V_0 秒糧の初速度で鉛直の方向に抛下された場合には、その t 秒後の速度 V は公式(1)の値に初速度 V_0 を加へると得られる。

$$V = V_0 + gt \dots\dots\dots (4)$$

その t 秒間に通過する筈の距離 s は、公式(2)の示すものに、 V_0 秒糧の速度ばかりで t 秒間に通過する筈の距離 $V_0 t$ を加へると得られる。

$$S = V_0 t + \frac{1}{2}gt^2 \dots\dots\dots (5)$$

(4)及び(5)から t を消去すると次の關係式が得られる。

$$V^2 = V_0^2 + 2gS \dots\dots\dots (6)$$

この(6)は上の(3)と相對應する式である。

若しまたその時間の初めに、物體が鉛直に上方に向ひ、 V_0 秒程の速度を有してをる場合には、重力の方向が、その運動方向と相反するから、以上の公式中の重力の加速度の値を負にすると、各同様な關係式が得られる。

$$V = V_0 - gt \dots\dots\dots(7)$$

$$S = V_0 t - \frac{1}{2} gt^2 \dots\dots\dots(8)$$

$$V^2 - V_0^2 = 2gS \dots\dots\dots(9)$$

問1. 橋の上から落した石が、2秒後に水面に達したといふ。その橋の高さは何程か。

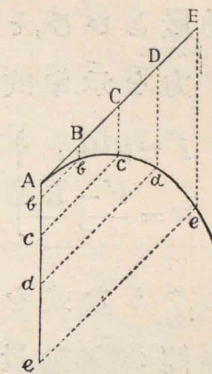
問2. 物體が2000米の高所から落下する場合には、それに要する時間及びその地面に達した瞬間の速度は何程になるか。

問3. 甲乙の二球をとり、甲を墜落せしめた後5秒を経て乙を毎秒80米の速度で直下に投下すると、幾秒の後に乙は甲に追いつくべきか。

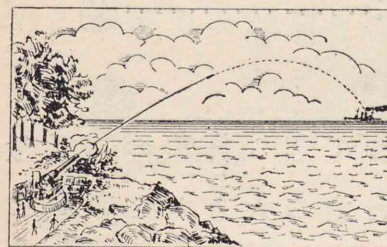
問4. 花火を打上げた瞬間から4秒間の後その爆發を見たといふ。その上昇した高さ、並びに最初の速度を計算せよ。但し花火は最高點に達して爆發したものとし、且空氣の抵抗を無視するものとする。

139. 抛射體。一物體を速度 V で AE の方向に抛げると、その物體はその方向の等速度運動と、重力による鉛直の方向の等加速度運動とを同時にしようとして、 Vt と $\frac{1}{2}gt^2$ との合運動をすることになる。

その t に刻々の値を入れて、各瞬間の位置を求めると、物體の通過した徑路が判り、それが**拋物線**になる。



(圖266) 抛射體の運動。



(圖267)

この外打ち出された彈丸、投げられた球など拋物線を描いて運動する物體は非常に多い。

問. 高さ122.5米の山頂から、200秒米の初速度で水平に發射した砲彈は、何程離れた地點に達するか。

140. 運動量、力積。飛彈を恐れて、置かれた砲丸を恐れず、軽い球で破れない窓硝子が重い球では壊れる。之から運動體の他に及ぼす効果がその速度と質量とに關係あることが解る。

一般に運動體の質量と速度との積をその運動量といひ、その他物體に及ぼす効果を示す。

Momentum

力を示す式と加速度を示す式とを融合して

$$\left. \begin{aligned} f &= ma \\ a &= \frac{V - V_0}{t} \end{aligned} \right\} f = m \frac{V - V_0}{t} = \frac{mV - mV_0}{t} \dots (1)$$

のやうな式を得、之から物體に加へる力は單位時間の運動量の變化に等しいことが解る。

上式を書き改めると

$$ft = mV - mV_0 \dots (2)$$

なる式が得られる。

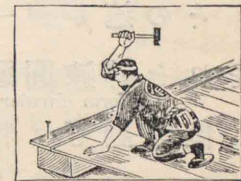
之から力の作用によつて起る物體の運動量の變化は、その作用時間と力の大きさとの積に等しいことが解る。

上式の示す力の大きさとその作用時間との積を力積といふ。力積はその場合に起る運動量の變化に等しい。

問。銃丸を發射する場合に銃口を離れる銃丸の速度はよほど大きい、銃の後退する速度はあまり大きくない。何故か。之を運動量の變化から説明せよ。

141. 打撃衝突。物體が他に衝突すると、その速度が變化する爲、その運動量も亦變化する。その際短かい時間内に大きい運動量の變化を起させると、力は單位時間の運動量の變化に等しいから、著しく大きい力が現はれる。

汽車が衝突する際に、恐るべき結果を伴ふのは全くこのためである。このやうな場合に



(圖268) 撃力の利用。

現はれる力を撃力といふ。

Impulsive force

この撃力を緩和するには運動量の變化する時間を長くすればよい。



(圖269) 撃力の緩和。

ボールを受ける人がミットを手にはめ、馬車、人力車、電車などの車臺と車軸との間にばねを挿入するなども皆この爲である。

問 1. 撃力を利用する實例をあげて見よ。

問 2. 硝子製のコップを高い所から疊の上に落す場合には破損しないのに、石の上に落すと破損することがある。何故か。

第四章 圓運動及び廻轉運動

142. 圓運動。 糸の一端に物體を附け、他端を手にして振り廻すと、その物體は圓運動をする。

その速さが一樣な場合にはそれを等速圓運動といふ。

圓運動では物體の運動方向が絶えず變るのであるから、絶

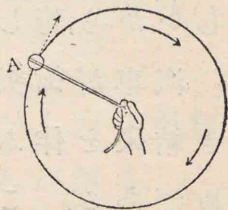
えずそれに作用する力がある筈で、之を求心力といひ、物體に對して圓の中心の方向に作用してをる。

その際求心力の反作用をなし、それと等しい大きさで手を外方に引く力を遠心力といふ。

半径 r なる圓周上に於て質量 m なる物體を、 v 秒毎の速さで圓運動をさせるには、次のやうな大きさの求心力 f が必要である。

$$f = m \frac{v^2}{r}$$

等速圓運動に於て物體が全圓周を廻る時間、即ち週期を T とすると、その速さ v は $\frac{2\pi r}{T}$ とな



(圖270) 圓運動。

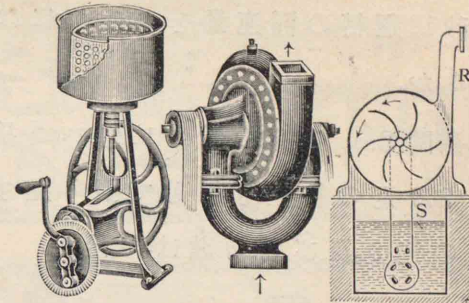
り、求心力 f は次の値で示される。

$$f = \frac{4\pi^2}{T^2} mr$$

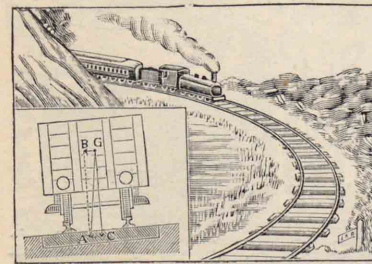
若し求心力が之より小さい時には、その物體は圓周上を廻行し得ないので圓外に出る。糸が切れた時

に圓運動をしてをる物體が、その瞬時の運動方向である圓の切線の方に飛ぶのはこの爲である。

廻轉により器中の固體と液體とを分離する遠心篩、水を汲み揚げるのに使用する渦巻ポンプなどは、この理を巧妙に應用したものである。



(圖271) 遠心篩。 (圖272) 渦巻ポンプ。



(圖273)

曲線運動も部分的には皆圓運動で、その場合の圓の中心の方向に求心力を必要とする。

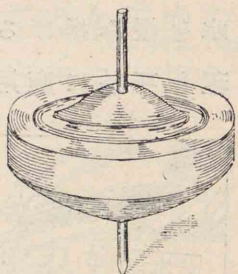
汽車、電車の軌道が彎曲部の外側を高め、自轉車で路を曲がる時、車體を内側に傾けることなどは、皆その重心に作用する重力の圓の中心に向つてをる分力を求心力に當てる爲である。

問 1. 長さ20呎の糸の一端に10瓦の物体を附け、毎秒12廻轉の圓運動をさせるには、何程の求心力を要するか。

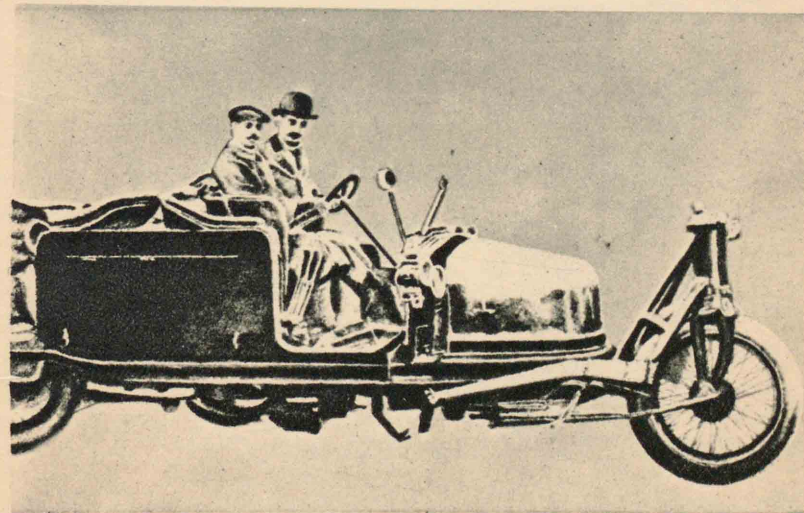
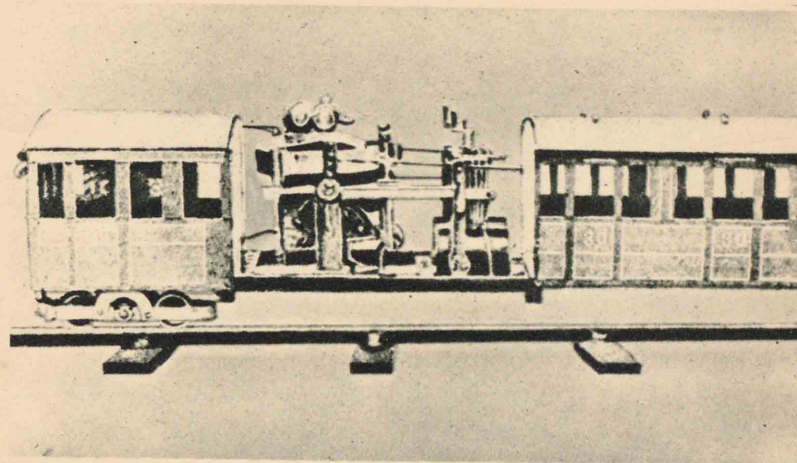
問 2. 1斤の重さに堪へる長さ50呎の糸の一端に、200瓦の物体を吊して振り廻すとき、糸の切れる瞬間の速さ、及び廻轉數は何程か。

143. 廻轉體。 獨樂を廻すと、その各部分は共通軸よりの距離に正比例する速さで同一廻轉數の圓運動を繰返す。このやうな運動をするものを廻轉體といひ、その運動を廻轉運動といふ。

一定軸の周圍に自由に廻轉してをる廻轉體は、それに外力を加へて軸の方向を變へようとしても、強く之に抵抗して容易に變へられない。その質量や速さの大きい時には一層甚だしい。蓋し軸の方向を變へることは、各部分の圓運動の全部の方向を變へることとなり、従つて非常に大きい力を要する爲である。この理により進行中の自轉車は倒れ難い。



(圖274)



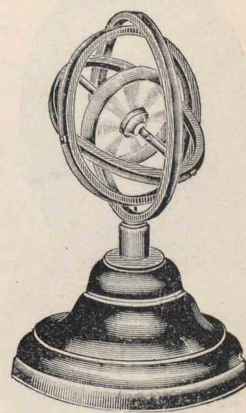
チャイロスコープの應用 (上)單軌道列車 (下)二輪自動車

現今に於てはジャイロスコープの安定性を利用してゐるものが尠くない。圖に示してゐる單軌道列車及び二輪自動車の如きもその例である。共にシユロウスキーの考案したもので單軌道列車ではその中央部にジャイロスコープを装置し、二輪自動車では運轉手臺の後部に之を埋置するのが普通である。前者は之を運轉するに電氣を用ひ、後者は石油發動機を用ひる。

問. 砲身銃身の内壁には多くの旋條を附け、發射彈丸に廻轉運動を與へる。之は何の爲か。

144. **ジャイロスコープ**。よく廻轉する重い金屬製の獨樂を、その軸が環の直徑となる様に金屬環の間に挟んだ装置を**ジャイロスコープ**
Gyroscope
といひ、急速、圓滑に廻轉する構造になつてをる。

實驗. その重心が各環の中心にある様に稱平環に似た二重環で支へたジャイロスコープを、毎秒數百回の廻轉數で廻して置くと、その廻轉軸は常に一定方向を指し、外力でその方向を變更しようとする甚だしく之に反抗する。



(圖275)
ジャイロスコープ。

又その支臺を如何に動かしても、その廻轉軸の方向には變化が及ばず、周圍の環許りが軸に定方向をとらせる様に順應する。

このやうな現象を**廻轉軸の保持**といひ、**ジャイロスコープ**のこの性質は、安定を保つ目的で單軌道電車、二輪自動車などに利用せられ、船の動搖を防ぐ目的で**船用安定装置**に用ひられる。
Stabilizer

又之を羅針盤に代つて方位を示す**ジャイロ**
Gyrocompass

コンパスに用ひると、造船鐵材の作用や方位角の影響を受けなくて便利である。

145. 萬有引力。惑星が太陽を廻り、月が地球を周ることは、コペルニカスや、ケプレルなどにも認められてゐたが、その求心力となる力はニュートンによつて明かにされ、次の如く示された。



(圖276)
ニュートン(英國人)
Newton
(1642—1727)
數學、物理學の大家。

宇宙間に存する二物體の間には、常にその質量の積に正比例し、その距離の自乗に反比例する引力が作用してゐる。

之を萬有引力の定律といひ、
Law of universal gravitation
この力を萬有引力といふ。
Universal gravitation

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

重力は地球と地上の物體との間に作用する萬有引力の一種である。



コペルニカス (1472—1543)
地動説を唱導した獨逸の天文學者



ケプレル (1571—1630)
遊星の運行に関しケプレルの定律を發見した獨逸の天文學者

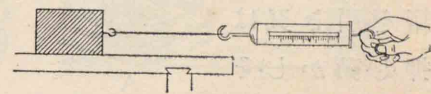


ニュートンの青年時代とその中年時代
着想(萬有引力)と研究(日光の分散)

第五章 運動に對する抵抗

146. 摩擦。一物體を他物體との接觸面に沿うて動かさうとして押し或は引く時、力が小さい間は動かない。之はその接觸面にその運動を妨げる摩擦力が働く爲である。

實驗. 水平な机上の物體に、せんまい秤をか



(圖277) 摩擦。

け、漸次力を増しながら水平の方向に引くと、加へる力が増して一定の値になるに及んで物體の動くのが見られる。

これから接觸面に働く摩擦力は、外力と共に生じ、共に増し、一定の最大値に達することが解る。この極限の最大値を最大摩擦力といふ。

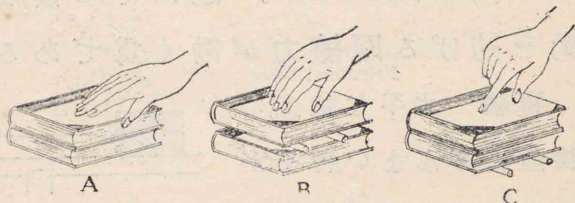
一般に二物體間に生ずる最大摩擦力は、接觸面間の全壓力に正比例し、接觸面の廣狹には關しない。之をモランの定律といふ。

接觸面間の最大摩擦力(F)と、その全壓力(W)との比を摩擦係數(μ)といふ。

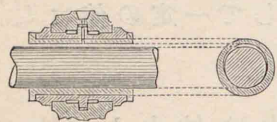
$$\mu = \frac{F}{W}$$

摩擦力は物體が滑り動きつゝある間にも生じ、その速さを減じ、運動を止めなどする。このやうな摩擦力を運動の摩擦力といひ、その最大値は静止の際の最大摩擦力よりも小さい。

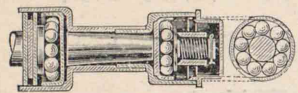
實驗. 二三本の丸い鉛筆を共用し、下圖のやうなA, B, C三種の方法によつて書籍を引き又は押し動かし、その難易を見よ。



(圖278) 滑り摩擦と廻轉摩擦との比較。



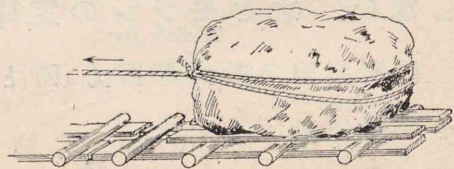
物體が轉がる時の摩擦を廻轉摩擦といひ、之と區別する爲に以上のやうな運動の



摩擦を滑り摩擦といふ。廻轉摩擦は滑り摩擦に比べると一般に甚だ小さく、摩擦を小さくする目的で滑る部分を廻轉状態にする場合が尠くない。

(圖279) 普通の軸承と球軸承。

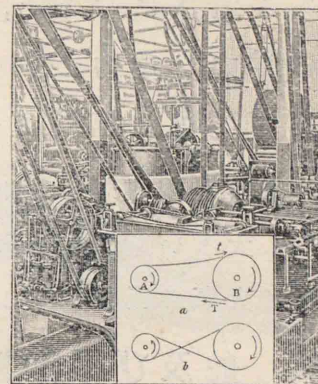
自轉車のペダルの球軸承、重荷を運ぶ時のコロなどはその好例である。



(圖280) コロ。

摩擦を減じ、且接觸部の摩滅を防ぐ目的で施す油、石墨などを滑劑といふ。

摩擦を利用すると却て好都合な場合が尠くない。右圖の調革などもその一例で、廻轉運動を他に傳へ、且その速さを變ずる場合などに利用せられてをる。



(圖281) 調革の利用。

問. 5 斤の物體が水平面上に静止してをる。それと下面との摩擦係数を $\frac{1}{2}$ とすると、何程の力で水平に動かし得るか。又その面に30度の傾斜をつけ、その物體を面に沿うて引き上げる場合に必要な力を問ふ。

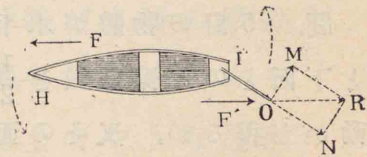
147. 流體の抵抗。流體中を運動する物體は、衝突する途中の流體から、その運動方向と反對に反作用を受けて速度を減ずる。この反作用を流體の抵抗といふ。

この抵抗の強さは、運動方向に直角な物體の最大切斷面の面積に正比例し、その速度と共に増加する。

故に空氣中を昇る氣球や、降下する雨滴などは、ある速さになると、その抵抗も著しく増してその浮力や重力と釣合ふやうになり、以後はそれまでに得た速度で等速運動をつづける。

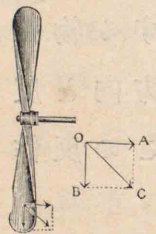
微細な塵埃、煤煙などは、その重量に比べて表面積が著しく大きい爲に、抵抗も従つて大きく、永く空中にかかり、又大氣の動搖に伴はれてその中を浮游する。

148. 舵及び推進機。 流體の抵抗を利用するものに舵及び推進機がある。下圖のやうに進む船が、舵を左に曲げて左舷の水を舵の面に衝突せしめると、舵に働く水の力は之を右方に



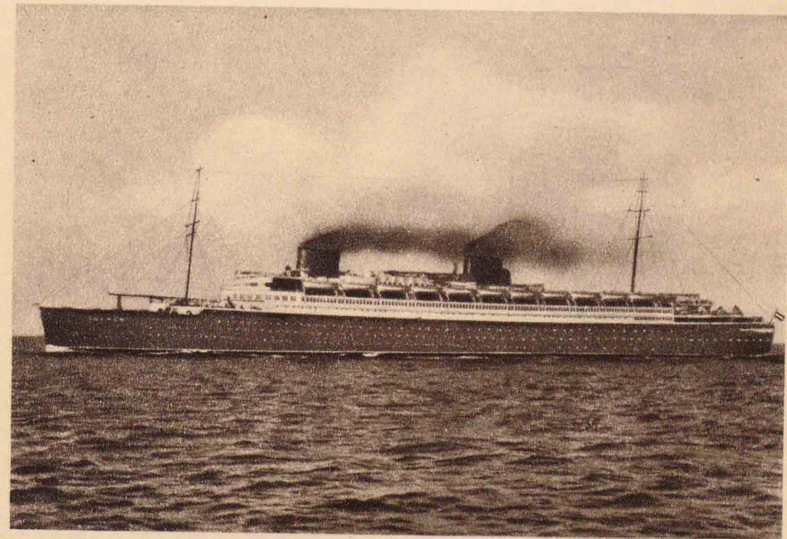
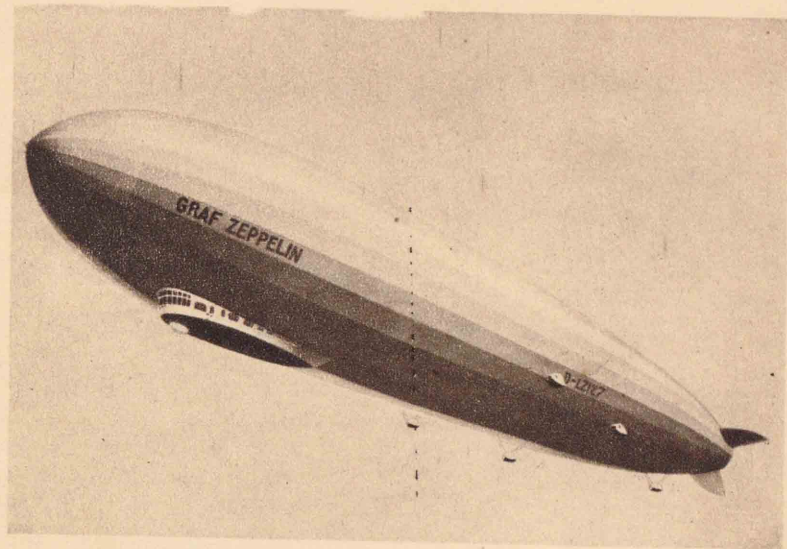
(圖282) 舵の作用。

押し、その船首を左に向ける。



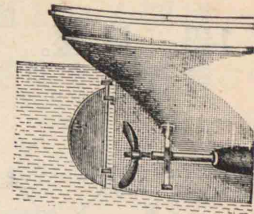
(圖283) 推進機。水の反作用(OC)の廻轉軸の方向の分力(OA)で船は押し進められる。

推進機はネヂのやうに一定方向に稍、振れた金屬又は堅牢な木質の翼板で出來てをる。之を流體中で速かに廻すと、翼板面はその流體を後方に押し、その反作用で翼は前方に押される。



航空船と汽船

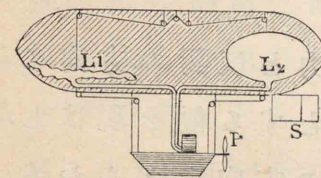
汽船、軍艦などはその後方に舵と推進機とを備へ、推進機の廻轉によつて前進を起し、舵によつて轉廻或は轉向をする。



(圖284) 舵と推進機。

氣球に推進機をつけて速かに運轉すると、船と同理によつて空中に進行を起す。航空船は之に基づいて造られるもので、Air ship氣囊、舵、推進機、發動機をその要部としてをる。

その氣囊には前方と後方とに空氣室を備へ、管で吊船内の機關に連結して自由に空氣を出入させ得る様にしてある。若し進行中に空氣を前方の空氣室から抜取つて、後方の空氣室に入ると、氣囊の前部が少し上つて下面に及ぶ空氣の抵抗の上方への分力で、船は上昇する様になる。

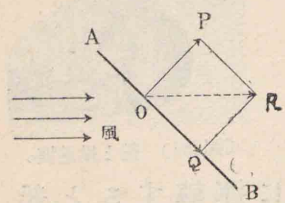


(圖285)

航空船の氣囊中に設置してをる空氣室。

問. 扇風機を廻轉すると、その面から風が起る。この理由を説明し、且船の備へてをる推進機の作用とそれとを比較してその異同の諸點を明かにせよ。

149. 風壓。 空中に固定した丈夫なAB板に



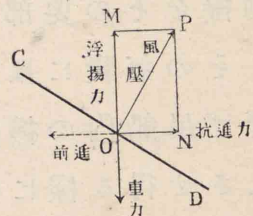
(圖286)

矢の方向の風が衝突すると、風はAB面に直角な壓力Pを及ぼすことになる。之をその風壓といふ。

Wind pressure

又丈夫な板CDが速かに空中を進行するものとする、その板に作用する空氣の抵抗は、恰もAB板に作用する風壓のやうに、その面に直角に壓力OPを及ぼす。

これを更に鉛直分力OMと進行方向の分力ONとに分けて見ると、OMはその板に作用する重力と反對の方向になるから、板を上昇させようとする働を現はし、ONは板の進行方向に反對の方向をとるから、その前進を妨げるものと考へられる。

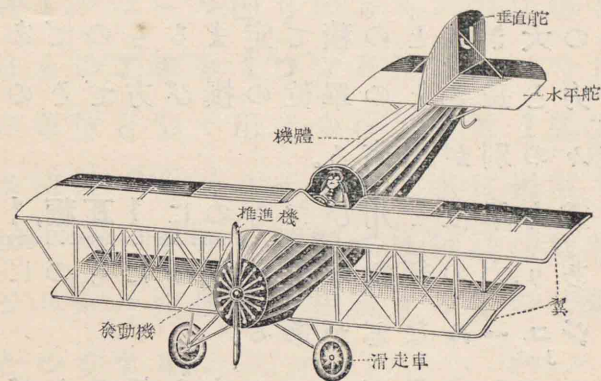


(圖287)

依つてOMにあたる分力を浮揚力Liftといひ、ONにあたるものを抗進力Front resistanceといふ。

この際板は重力と浮揚力OMとの差で上昇し、前進力と抗進力ONとの差で前進する。

150. 飛行機。 飛行機は浮揚面といふ翼、水平舵、垂直舵、推進機及び發動機を要部とし、機體でそれらを連結してをる。



(圖288) 飛行機。

推進機の廻轉で前進を起すと、浮揚面に加はる風壓はその速さと共に増し、浮揚力が機の重さを凌駕すると上昇を始める。

翼の前方の小彎曲の爲に進行の際に上面に真空に近い部分を生じ浮揚力以上の上昇力をつくる。

水平舵はその上げ下げで機首を上向或は下向せしめ得られるので昇降舵の別名がある。

垂直舵は船の舵のやうに、その方向を左右する役をするから方向舵の別名がある。

第六章 仕事及びエネルギー

151. 仕事の単位。仕事の量は力の大きさと距離の大きさとの積で定まるものであるから、その力と長さとの単位の撰び方でその単位にも種々の別が出来る。

力の重力単位を用いたものに **1 瓦糶**, **1 瓦米**
Gram centimeter Kilogram meter
 などがあり、力の絶対単位を用いたものに **1 エ**
ルグ, **1 ジュール** などがある。
Joule

1 エルグとは 1 ダインの力を働かして 1 糶動かす場合の仕事で、1 ジュールとはその 10^7 倍に當る仕事をいふ。

問 1. 15 瓦の物體に、10 瓦の力を斜面上で加へて 15 米だけ面に沿うて引き上げた。その仕事は何程か。

問 2. m 瓦の物體が重力の作用で t 秒間落下した。重力のこの物體になした仕事は何程か。

解き方の一端。重力のした仕事 $W = f \cdot s$

物體に作用する重力 $f = mg$

物體の動かされた距離 $s = \frac{1}{2} g t^2$

これらを組合して W を求めるとよい。

152. 工率。機械のする仕事の遅速の割合を示すものを **工率** 或は **工程** といひ、單位時間にする仕事の量でそれを表はす。
Power

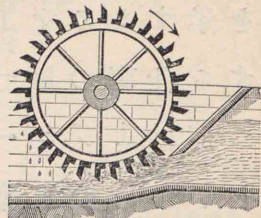
毎秒 1 ジュール即ち 10^7 エルグの仕事をするときは、その **工率** を **1 ワット** といふ。今日廣く工率の單位として用ひられてをる **1 馬力** は、英制では毎秒 746 ジュールの仕事に相當するもの (746 ワット) をとり、佛制では毎秒 75 瓦米即ち 735 ジュールの仕事に相當するもの (735 ワット) をとつてをる。
Watt
Horse power

問. 工率 5 馬力の一機關で深さ 30 米の坑底から水を汲み上げる際、10 時間には幾立方米の水を汲み上げ得るか。

153. エネルギー。一物體が仕事のできる状態にある時は、その物體は **エネルギー** をもつといふ。
Energy

故にエネルギーは、物體のもつ仕事をなし得る能力であるといへる。この能力は物體がその能力を失ふまでになし得られる仕事の全量でその大小が定められる。

154. **運動のエネルギー。** 流水は水車を廻し、飛弾は鐵板に孔を穿つ。この様に運動體は仕事をする能力即エネルギーをもつてをる。



(圖289) 流水のもつてをるエネルギー。

速度 V 秒糧で鉛直に昇る m 瓦の物體は、重力 mg ダインに抗し $\frac{V^2}{2g}$ なる距離に達するから、その運動してをる爲に有するエネルギーは $\frac{1}{2}mV^2$ である。

このやうに物體が運動の状態にある爲にもつエネルギーを **運動のエネルギー** といふ。

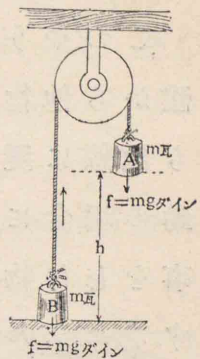
Kinetic energy

抛上體ばかりでなく、總べて V 秒糧の速度をもつ質量 m 瓦の運動體は $\frac{1}{2}mV^2$ なる運動のエネルギーをもつてをる。

155. **位置のエネルギー。** 物體は又その形、體積、位置などに關して或る特別な状態にある爲にエネルギーをもつ場合がある。引張られた弓、掛金、壓縮状態の空氣などはその好例で、それらの縮まらうとする際や、膨脹しやうとする際などには他物體に仕事をする。かやうな場合のエネルギーを **位置のエネルギー** といふ。

Potential energy

或る高さにある物體は重力の作用で仕事をなし得る状態にあるから、亦位置のエネルギーを持つてをるといへる。そしてそのエネルギーは物體がその状態を失ふ迄になし得る仕事の全量に等しいから、高さが h 糧で、質量が m 瓦の時には、その物體が h 糧の落下で他にする仕事の量からそれが定められる。



(圖290) 位置のエネルギー。

$$W = f \cdot h = m \cdot g \cdot h$$

上式の示す $m \cdot g \cdot h$ がそれである。

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。

Mechanical energy

問. 重力の加速度が9.8秒々米の所に於て、200秒米の速度で眞上に打上げられたる3斤の砲丸は、10秒の後何程の位置のエネルギーをもつやうになるか。

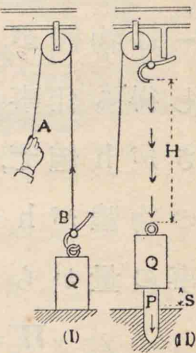
156. **エネルギーの移動及び變遷。** 水車に衝突する流水は、それに運動のエネルギーを與へて自らその速度を失ひ、エネルギーは流水から水車に移る。

又抛げ上げられた物體は、高所に移るに従つ

て次第にその運動のエネルギーを減ずる代りに、位置のエネルギーを増し、最高點に達すると、全く位置のエネルギー許りになる。

このやうにエネルギーは一物體から他物體に移動し、又一態から他態に變り得るもので、その移動の場合には必ず仕事を伴ひ、仕事をした物體はその仕事に相當するエネルギーを失ひ、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**とも見られる。

○今初速度 V で鉛直の方向に投げ上げられた m 瓦の物體につき見るに、その任意の高さ h にある時の位置のエネルギーは $m \cdot g \cdot h$ 、その運動のエネルギーは $\frac{1}{2} m(V^2 - 2gh)$ で、その和は最初の運動のエネルギーである $\frac{1}{2} mV^2$ に等しい。即ちその物體のエネルギーの總量は終始一定で變化しないことが解る。



(圖291)
エネルギーの移動變遷。
I 手がQに仕事をしてQの位置のエネルギーが増す。
II Qの位置のエネルギーが運動のエネルギーとなり、それがPに衝突してPに移ると、Pは地面の抵抗に對して仕事をする。

一般に**エネルギーは移動、變遷**することはあつても、その間に消失、創生することはなく、その總量は常に一定である。

これを**エネルギー不滅の原理**といふ。蓋し Principle of conservation of energy 物質界の諸現象はこの一定量のエネルギーの移動變遷の諸相に外ならない。

157. 自然力の利用。 靜止してをる物體に流動する流體が衝突すると、之にエネルギーを供給してその物體を動かし、又は廻轉させる。**風車と水車**と Wind mill Water wheel はその好例である。

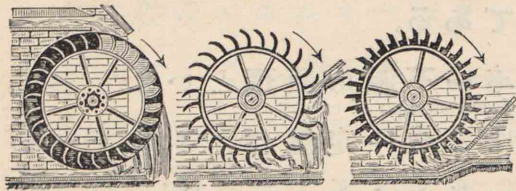


(圖292) 風車。

風車は風を利用して車翼に風壓を生ぜしめて動力となすものであるが、一定の風壓が得難く、エネルギーの供給が平等を缺ぐ爲に工業上には廣く用ひられない。

水車は一定の水壓が得易い爲に工業上の利用が廣い。これでは流下する水の高さ即ち落差と、單位時間に落下する水の重さとの積を**水力**といひ、それで流水のエネルギーを測る。

水車はその形式が多種多様であるが、古くから慣用してをるものは、下圖のやうに流水をその

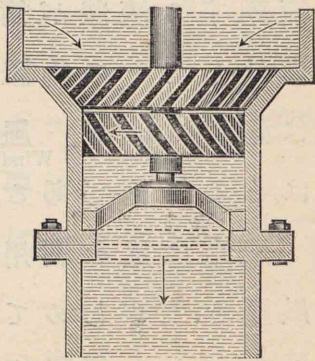


(圖293) 水車。

上部又は中部に注ぎ、或は下部にあてる様にしてをる。

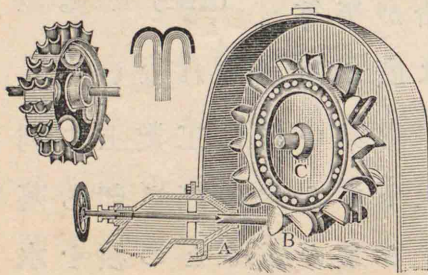
水力の大部分を有効に利用し得るものに、下

圖の様な構造の水タービンがある。之では高所から導いた水を固定翼の間から噴出させ、それに動翼を強く押させて廻轉せしめる。



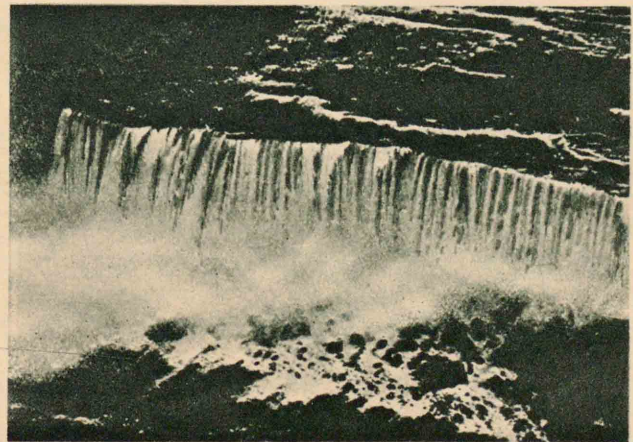
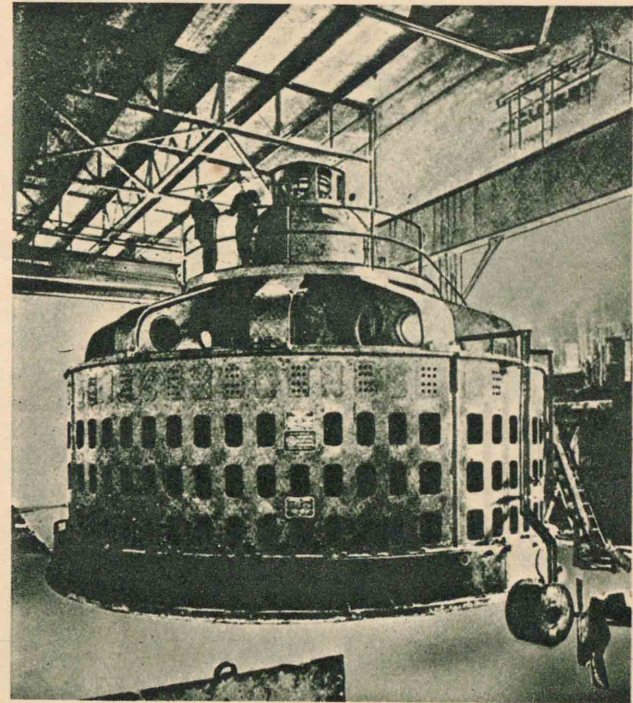
(圖294) 水タービン。

この一種のペルトンの水車では高速度で管口から噴



(圖295) ペルトンの水車。

出する水を、車の外側に同一の向きに固定した多くの彎曲金屬翼に吹きつけて、車の廻轉を起させる様にしてをる。



水タービンによる水力発電所の外観と
ナイヤガラ瀑布の偉觀

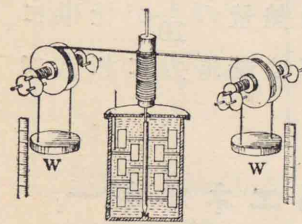
158. 仕事と熱。摩擦に抗して仕事をする

熱を発生し、汽罐の水に熱を加へると強壓の水蒸氣が出來て蒸氣機關に仕事をする。



(圖296) エスキモー人の火を得る方法。

この様に仕事が熱に變り、熱が仕事に變る點より、熱も亦エネルギーの一態であることが解る。



(圖297) ジュールの實驗裝置。

英人ジュールは左圖のやうな裝置で實驗を行ひ、仕事の量とそれに相當する熱量との關係を精密に求めた。

この實驗では一方に錘の落下により廻轉する羽車で水を攪拌させて熱を發生せしめ、その水量と溫度の上昇度とから發生熱量を測り、他方にその錘に働く重力とその落下距離とから、羽車に與へた仕事の量を求めて、それを比較するのである。

一般に 1 瓦カロリーの熱量は 4.2×10^7 エルグ、即ち 4.2 ジュールの仕事に相當し、1 珓カロリーの熱量は 429 珓米の仕事に相當する。これを熱の仕事當量といふ。

Mechanical equivalent of heat

分子説によると、熱は物質分子の運動のエネルギーで、分子の運動が熾んな場合には、その温度が高く、熾んでない時は低い。摩擦衝突などによる發熱も、その際物體になされた仕事がこの分子運動のエネルギーとなつたものと見るべきである。

問. 1分間に2500 疋カロリーづつの熱量を供給せられてをる一機關がある。今この熱量の $\frac{1}{10}$ が仕事に變るものとする、この機關の工率は幾馬力に相當するか。

159. 太陽から地球にくるエネルギー。

太陽は六千度以上の高温度にあるから、その抱藏するエネルギーも亦尠くない。太陽はこのエネルギーの一部分を常に地球に供給して、生物の育成を助長し、風を起し、水を氣化上昇せしめなどする。人類の利用してをる風力、水力は勿論、各種の機械の原動力となる諸種のエネルギーも、それを有する諸物質が生物として地上にあつた際、皆太陽から受けたものに外ならない。こゝに益、太陽の惠澤の偉大な事が解る。

太陽から我が地球に供給してをる熱量は、その輻射線に垂直な面積一平方糎ごとに毎分約1.93 カロリーに相當してをる。

160. 蒸氣機關 100°Cで沸騰してをる水からは壓力1氣壓の水蒸氣が出てをるが、それを

過熱水蒸氣の壓力

| | |
|-------|-------|
| 100°C | 1. 氣壓 |
| 111.7 | 1.5 |
| 120.6 | 2. |
| 127.8 | 2.5 |
| 134.0 | 3. |
| 144 | 4. |
| 159.2 | 6. |
| 170.8 | 8. |
| 180.3 | 10. |

密閉した儘で一層強く熱し、その温度を更に高めると、左表のやうに強い壓力を呈する蒸氣になる。

このやうな水蒸氣を過熱水蒸氣といふ。

蒸氣機關は過熱水蒸氣の強い壓力を利用して、それを運轉の原動力とする機械で、ゼームスワットの完成にかり、熱エネルギーを機械的エネルギーに變へる働をする。

この機關では先づ汽罐部で強い壓力の過熱水蒸氣を



(圖298)

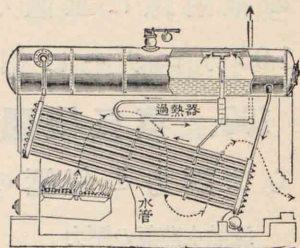
ゼームスワット(英人)

James Watt

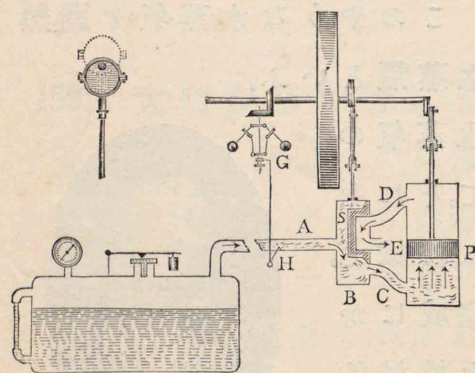
(1736—1819)

蒸氣機關の根本的改良をした人である。

造り、之を管で**機関部**に送つて**配分器B**から**気筒**内に導き、**活塞P**を上下に運動せしめる。その**活塞**と**正反對**に運動する**滑り瓣S**は、**活塞**が下圖の様に下にある時は上に移り、**通路C**を開いて蒸氣を**気筒**の下方に導き、その**壓力**で**P**が上に移ると**S**は下方に來て**通路D**を開き、蒸氣を**気筒**の上方に導く。



(圖299) 汽罐(水罐式)。



(圖300) 蒸氣機關説明圖。

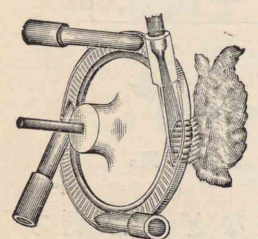
この**壓力**で**活塞**は往復運動を繰返す。その時**C**又は**D**から**滑り瓣**の間を経て**筒外**に出る蒸氣は、別管で**凝結器**に導かれる。

活塞の上下運動は**曲柄**で**主軸**の廻轉運動に變り、随つて**はずみ車**や**離心盤**も廻る。重い**はずみ車**はその**慣性**で**主軸**の廻轉を一様にし、**離心盤**は**滑り瓣**を**活塞**と**反對**に動かす役をする。

この**壓力**で**活塞**は往復運動を繰返す。その時**C**又は**D**から**滑り瓣**の間を経て**筒外**に出る蒸氣は、別管で**凝結器**に導かれる。

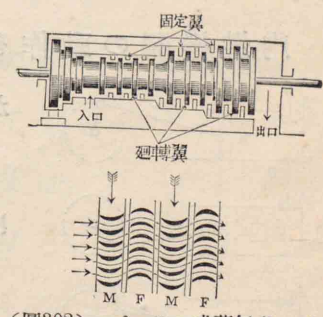
別に**主軸**の運動を受けて廻轉する**調節器G**があつて、廻轉の緩急に應じて**氣管**の**瓣**の開閉度を加減し、**機關**の**運轉**を一定にする。

161. 蒸氣タービン。汽罐部で造る強壓の水蒸氣を管から噴出させると強い勢で迸り出る。ラバル式蒸氣タービンは之を廻轉運動の動力に利用するもので、圖の様に車の周縁に取付けた無数の小翼に噴出する水蒸氣を烈しく衝突させて車の廻轉を起させる。



(圖301) ラバル式蒸氣タービン。

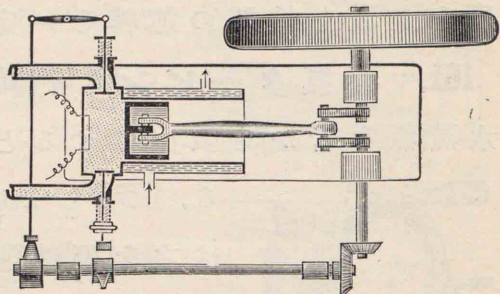
パーソン式蒸氣タービンは無数の廻轉翼を周圍に着けてをる廻轉車を多數共通軸に取付け、各廻轉翼に汽罐よりの蒸氣を



(圖302) パーソン式蒸氣タービン。M(廻轉翼) F(固定翼)

作用させる。その外函の内面には廻轉翼と反對に向けた固定翼があつて、蒸氣の進む方向を變じ、順次に次の廻轉翼に都合よく作用させる様にしてをる。

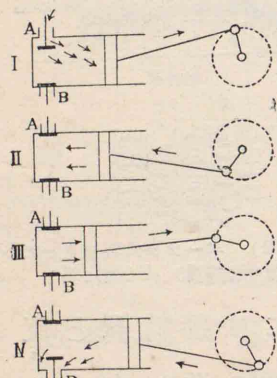
162. 内燃機関。 石炭瓦斯又は噴霧状の揮發油に適量の空気を混じ、壓縮の上點火すると爆發する。この爆發を機關の内部で起して原動力を得る機械を總稱して**内燃機關**といひ、その燃



(圖303) 内燃機關。

料により**瓦斯發動機**、**石油發動機**などと區別する。

内燃機関の動作を**衝程**といひ、普通次の四段



(圖304) 内燃機関の衝程。

(III) **排氣衝程**。排出する。

が循環的に繰返される。

- (I) **吸入衝程**。活塞が右に動き混合氣體を吸入する。
- (II) **壓縮衝程**。活塞が左に動き、瓦斯を壓縮する。
- (III) **爆發衝程**。瓦斯の爆發で活塞が右に移される。

左に動く活塞が燃殘氣體を

第六編 振動, 波動

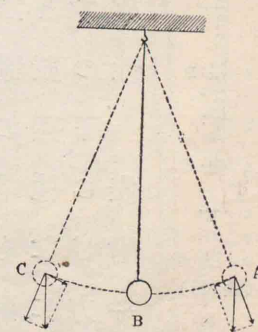
第一章 振動と波動

163. 振子。 細い糸で錘を吊し、その靜止の位置から僅か斜に上げて放すと、圓弧ABCを畫きながらその靜止の位置の兩側に振動する。このやうな装置を**單振子**といふ。

Simple pendulum

圓弧 AB を**振幅**といひ、その一往復の時間を**週期**と呼ぶ。

今支點から錘の重心迄の距離を l とすると、 l に比べて振幅の大きくない間の週期 T は、その地の重力の加速度を g として次の關係式で示される。



(圖305) 振子。

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

故に**振子の週期は、振幅の大きくない間は、振子の長さ許りに關し、錘の質量、振幅の大小に關係しない。**これを**振子の等時性**といふ。

Isochronism of pendulum

振子の等時性はガリレイによつて発見せられた。

振子の週期を示す式によると,振子の長さ
と週期とから重力の加速度が
求められる。故に各地の重
力の加速度を簡単に測るの
に振子が用ひられてをる。

各地のgの値

| 場 所 | 秒々種 |
|-----------|-------|
| 極 地 | 983.2 |
| 緯度45°の海面上 | 980.6 |
| 赤 道 | 978.0 |
| 富士山頂 | 978.8 |
| 東 京 | 979.8 |
| 廣 島 | 979.8 |
| 京 都 | 979.7 |

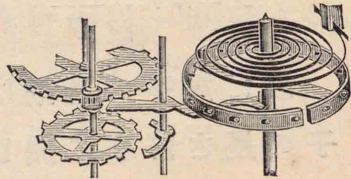
問. 振子の振動についてエネ
ルギーの變遷を説明せよ。

164. 弾性體の振動。 上端を固定した弾條

の下端に錘を吊し,それを眞下に引いて
放すと錘は靜止の位置Cの上下に等時
性の振動をする。

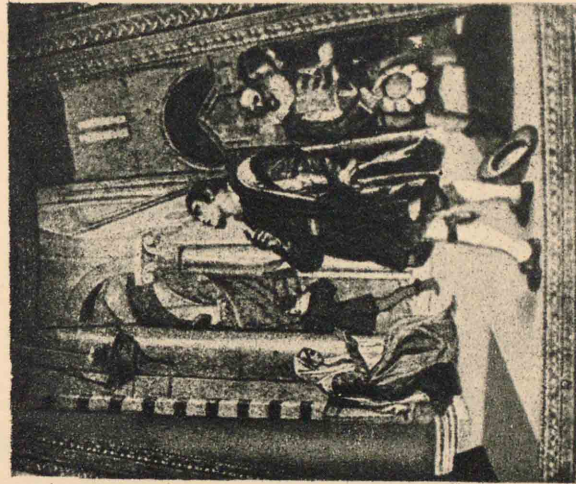
下圖のやうに一端を固定した渦狀彈
條の他端を,小さいハヅミ車の軸に取り
附けたものをテンプといひ,之を僅かに
一方に廻して放すと,その伸縮によつて

車は等時性の廻轉振動を
する。このやうな振動は
何れも等時性を顯はすも
ので,之を弾性振動といふ。

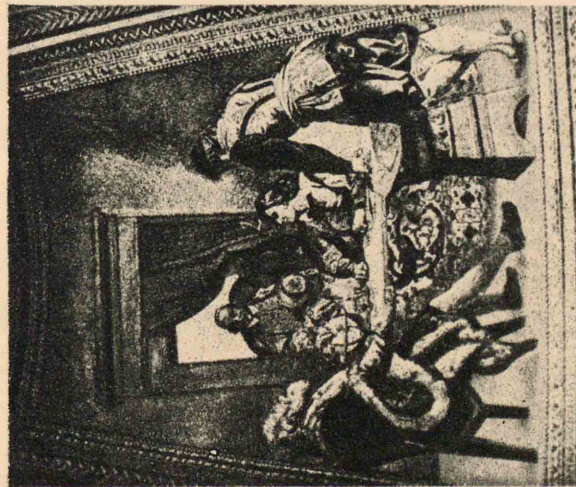


(圖307) テンブ

Elastic vibration



ピザの斜塔内に吊せる燈明の等時性振動に留意
せるガリレイ



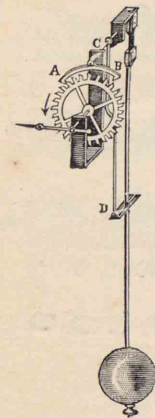
子弟を教ゆるガリレイ。〔(1)ガリレイ
(2)トリセリニ (3)ピイグアイニ〕

ガリレオガリレイ終焉の地として知られてをるフローレンスのガリレイ記念館内にはガリレイに關係した種々の壁畫が掲げられてをる。

此の繪畫もその中より寫しとつたものである。

ガリレイがピザの斜塔内で燈明の等時性振動に留意したのはその十九歳の時のことで、これから振子の等時性振動を發見した。

165. 時計。 Clock 時計は振子或はテンプの等時性振動を利用して、齒止めを一定時間毎に動かすやうにした装置によつて、捲き込まれた強い螺旋彈條の解けようとする彈力を制禦させ置き、一齒一齒の進みにつれて、その彈力を針を保持してをる軸に等時的に働かせるものである。



(圖308)時計振子。原動力とするが、その彈力の顯はれは等時性を帶び、指針は之を受けて一樣な廻轉をする。

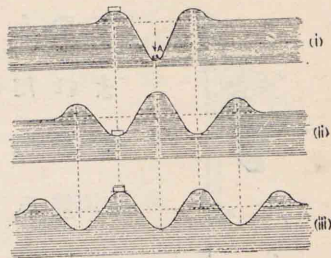
問. 時計が冬季にすゝみがちで、夏季に遅れがちであるのは何故か。

166. 波動。 小石を投じて靜かな水面の一部に動搖を生ぜしめると、その部分を中心として、輪狀の山と谷とが交互に相踵いで水面に擴がるのが見られる。



(圖309) 波及する水波。

これは小石の投入で水の一局部に起つた振動が、少しづつ遅れて順次に相隣れる部分に傳はり、四方に波及することを示すもので、波形許りが進行する。このやうな現象を波動といひ、水のやうに波を傳へる物質をその媒質といふ。

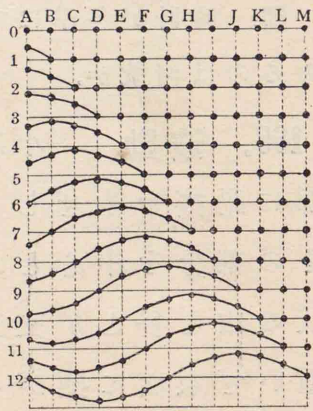


(圖310)

一般に媒質の各部が同様な振動を少しづつ遅れて順次に繰返す現象を波動といふ。

167. 横波と縦波。媒質の各部をA,B,C……などで下圖のやうに示し、先頭のA球に上下振動を起さしめると共に、次の諸球を順次に少しづつ遅れて同様な振動を繰返す様に列べると、圖上に一種の波形が出来る。

このやうに各部の振動と直角な進行方向をとる波動を横波又は高低波といひ、その最高部を山、最低部を谷といふ。



(圖311) 横波。

又山と山、谷と谷との様に同様な振動状態にある媒質の諸點を同一位相にあるといひ、相隣れる同一位相間の距離をその波長といふ。この1波長は各點が一振動を完結する間に波形の進む距離に等しい。

故に波長をλ, 振動數をnとすると、波の速度Vは次式で與へられる。

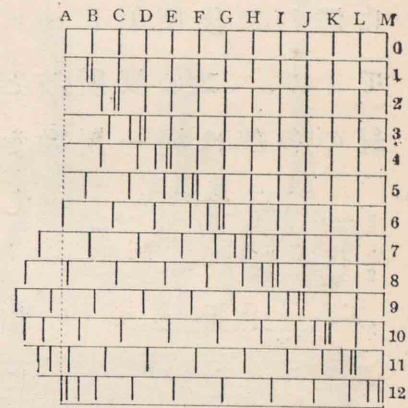
$$V = n\lambda$$

又その周期Tはnの逆數である關係から、Vは次式でも示される。

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

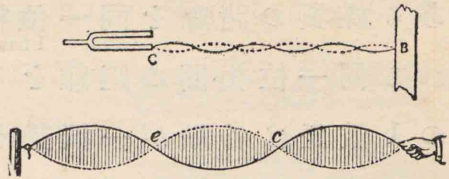
媒質の各部分が波の進行方向に平行に振動して疎部と密部とを生ずる波動を縦波又は疎密波といふ。縦波に於ける波長, 週期, 速度並びにそれらの關係は、横波の場合と異なる所なく、上の諸式がその儘適用できる。

問. 群集の間に来る人の波、風によつて起る稻穂の波は、縦横何れの波に屬するか。

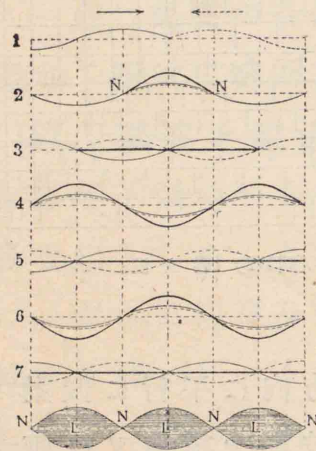


(圖312) 縦波。

168. 定常波。 長い糸の一端を固定し,他端に繰返し同じ振動を與へると,そこに起る波動は固定點に達した後反射してくる。この反射波と,前進波とが相重なると,糸の各部は同一振動を反覆してその波形は少しも進まなくなる。



(圖313) 往返する波の干涉。

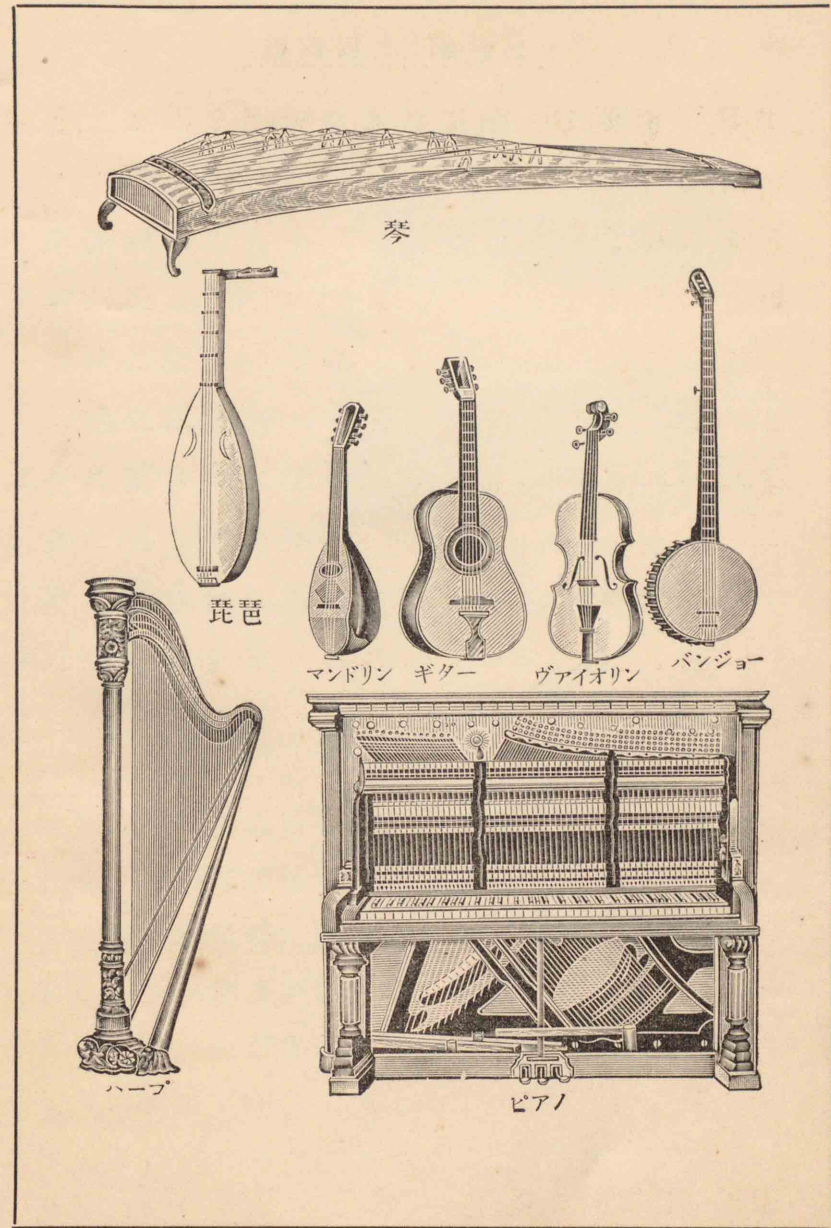


(圖314) 定常波。

このやうに方向反對の相等しい二波が,同一場所に重つて作用する爲に,波形が一定所に止まつて進行することなく,媒質の各部が同一振動を繰返す場合には,それを定常波といふ。

定常波中,振動の最大なる部分を腹,常に靜止する部分を節といふ。

169. 絃の振動。 緊張した絃を弾くと,中央を腹とし,兩端を節とする定常波が出来て,絃は



絃樂器類

全長に互つて上下に振動し,調子の最も低い音を出す。その振動

を原振動,その音を

Fundamental vibration

原音といふ。

Fundamental tone

実験の結果によ

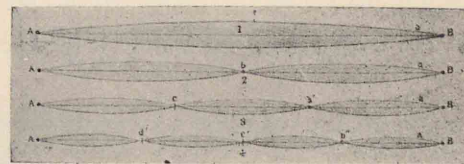
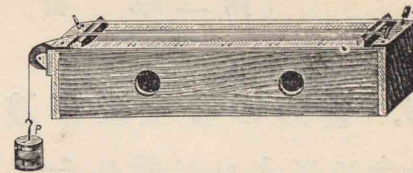
ると,絃の振動數(n)

は,その長さ(l)に反

比例し,張力(T)の平

方根に正比例し,且單位の長さの質量(m)の平方

根に逆比例する。



(圖315) 定常波を起す絃の振動。

$$n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

絃樂器類ではこの l, m, T を種々に變じて振動數の差をつくり,高低のある諸音を發せしめる。

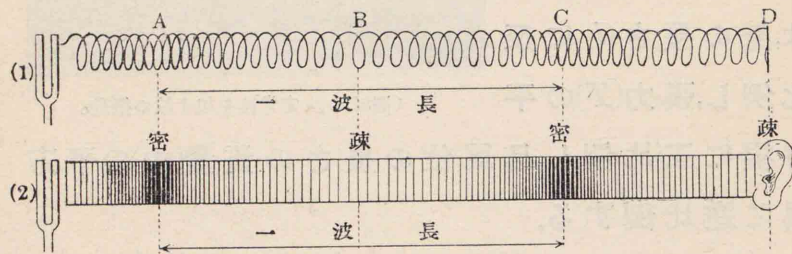
この様な原振動には,猶その絃の長さの $\frac{1}{2}$ 或は $\frac{1}{3}$ を一區とし,各の中央が腹になる小振動,小定常波を伴つて調子の高い微音を出すものである。この振動を倍振動,その音を倍音といふ。

Over vibration Over tone

問. 二絃の長さの比 3:5, 半径の比 3:1, 密度の比, 4:1, 張力の比 4:9, なる時,その振動數の比は何程か。

第二章 音 波

170. 音波の發生及び波及。物體が振動する場合には、それに隣れる空氣は交互に或は押されて濃厚となり、或は離れて稀薄となる。



(圖316) 音波の波及。

この濃厚稀薄の兩層は交互に反復せられるから、空氣はその状態を逐次四方に傳へる。この波動が音波で、空氣を媒質とする一種の縦波である。空氣に限らず弾性體は何れも音波の媒質で、發音體の振動をよく傳へる。

音波は密部と疎部とが交互に連続した有様で波及するから、その一つの密部からすぐ次の密部まで、又は一つの疎部からすぐ次の疎部までの距離が、相隣れる同一位相間の距離に一致し、丁度一波長に相當する。

煙を見た後に砲聲を聞く事實から、音波の波及に時間を要することが解る。またこの方法でその速度を測定することも出来る。

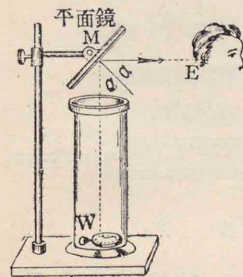
音の速度は媒質により、温度によつて異なるが、零度の空氣中では 331 秒米で、温度が 1°C 昇降する毎に 0.6 秒米づゝを増減する。

音の速さ

| | | |
|----|----|------------|
| 空 | 氣 | 331秒米(0°C) |
| 炭酸 | 瓦斯 | 259 |
| 水 | 素 | 1280 |
| | 水 | 1400 |
| 鋼 | 鐵 | 5000 |
| 硝 | 子 | 4000 |

171. 音波の反射。

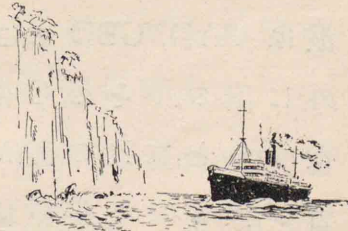
實驗。下圖のやうに装置した圓筒の底の時計 W を、鏡 M の反射を利用して見得る位置に耳を置いて、その音を聞きながら鏡を他方に轉向すると、急に時計の音が聞きとれなくなる。



(圖317) 音の反射。

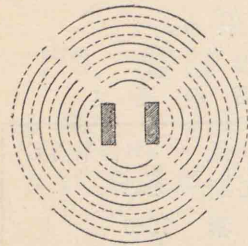
之は障壁に當る音波が、光と同様にそこから反射せられる

ことを示すもので、之を遠方の絶壁や、深い井戸の水面などで起させて経過時間を測ると、その距離や深さなどが求められる。



(圖318) 氣笛の反響を利用して斷崖までの距離を測る。

172. 音の干渉。 振動してをる音叉を耳の側で廻すと、一廻轉間に四回音が聞えなくなる。

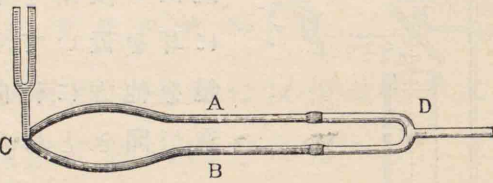


(圖319) 音叉から出る音の干渉。

これは音叉の兩臂が内に向つて動く時、その外側に疎部、内側に密部を生じ、外に向つて動く時、その外側に密部、内側に疎部を生ずる關係から、左圖のやうに内外からの疎密が相合する部分に、その相打消す所が出来る爲である。

このやうに二音波相合して音の減衰を起すことを音の干渉といふ。

右圖のやうに連結した ACBD



(圖320) 干渉管。

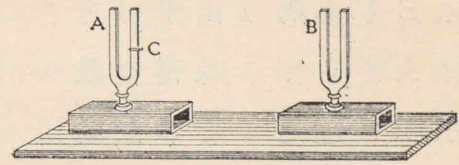
曲管の一點 C に振動してをる音叉を置くと、音波は CAD, CBD の二途から進み、D に合して管外に出る。その C の位置を變更しながら之を検すると、二途の差が半波長の偶數倍の時その音が強くなり、奇數倍の時その音が弱くなる。

之も亦音の干渉する結果に外ならない。

173. 唸り。 振動數の差の少ない二音叉を同時に鳴らすと、強さが交互に消長する音が聞える。この現象を

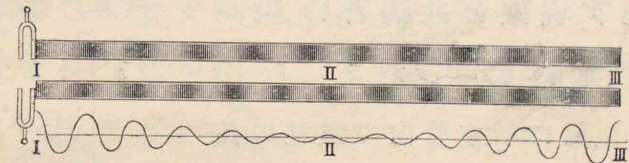
唸りといふ。

これは同時に發生する兩音波の密



(圖321)

と密、疎と疎とが相重つて音の強まる場合の後に、それが少しづつ次第に喰ひ違つて半波長の差に達し、疎と密とが相重つて音の弱まる場合が起り、更に少しづつ喰ひ違つて一波長の差と

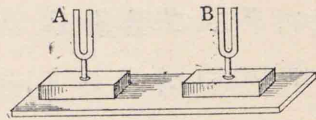


(圖322) 唸りのできる模様。

なり、音の強まる場合が起る爲で、これが繰返されて唸りが出来るのである。それで1秒間の唸りの回數は二音の振動數の差に等しい。

問. 振動數320の音叉と共に鳴らして毎秒4回の唸りを生じ、振動數330の音叉と共に鳴らして毎秒6回の唸りを生ずる一音叉の振動數を問ふ。

174. 共鳴。 相離れてをる振動数の等しい二音叉の一方例へば A を鳴らすと、暫時の後他の B も亦鳴り出す。之は A から出る疎密の波が、B に達してその振動



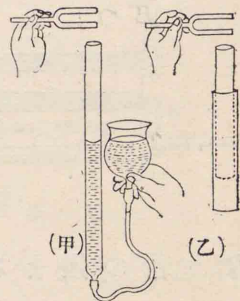
(圖323) 共鳴する音叉。

を促す爲で、始めはその振幅が極めて微小であるが、絶えず同一週期でこの作用が繰返される結果、その振幅が次第に増大し、遂に發音するやうになるのである。このやうに發音體が、自己の振動數に等しい振動數の音波を受けて、自ら鳴り出す現象を共鳴といふ。

Resonance

175. 氣柱の共鳴。

實驗。圖に示す管内の氣柱の長さを、水面の上下(甲)や、二重管の伸縮(乙)で加減しつつ、その口に鳴つてをる音叉を近づけると、その長さが適當になつた時に強い音が聞える。



(圖324) 氣柱の共鳴。

總て管内の空氣はそれと等しい振動數の音波を受けると共鳴を起すもので、上の甲管のやうに一端の閉ぢてをる閉管では、閉端が節、開端が腹になる定常波を生ずる。

Closed pipe

又乙管のやうに兩端の開いてをる開管では、兩開端が腹、中が節になる定常波を生ずる。

Open pipe

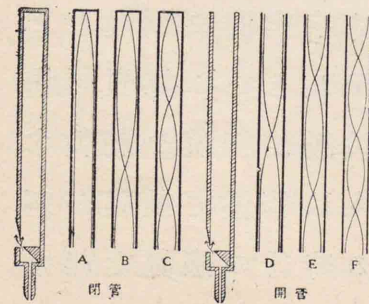
風琴管や笛類では、それに吹き込む氣流の衝き當る所で出来る種々の振動の一つに、管内の氣柱が共鳴して鳴り出すものである。

Organ pipe

閉管の鳴る時には、その閉端が節になる定常波が起つてをる關係上、その氣柱の長さを l とすると、 $4l, \frac{4l}{3}, \frac{4l}{5}$ ……などの波長の音が出る。その波長 $4l$ のものを原音、他を倍音といふ。

開管の鳴る際には、その兩端が腹になる定常波が起つてをる關係で、 $2l, \frac{2l}{2}, \frac{2l}{3}$ ……などの波長をもつ音が出る。その波長 $2l$ のものを原音、他を倍音といふ。

下圖は以上の腹、節及び波長の關係を對比的に示したものである。



(圖325) 閉管と開管との腹節の位置、及び原音と倍音との波長の對比。

今音の速度を v とすると、各原音の振動數 n は下式で示される。

$$n = \frac{v}{4l} \dots\dots (\text{閉管原音})$$

$$n = \frac{v}{2l} \dots\dots (\text{開管原音})$$

風琴管を弱く吹くと振幅の大きい原音に、振幅の極めて小さい倍音が伴生して特別な波形の合成波をつくり、その楽器に特有な音色を生ずるが、強く吹くと、倍音が主になつて音が高まつてくる。



(圖326) 原音に伴生する小振幅の倍音及びその合成波形。

問. 尺八,横笛などの側方に併列してをる孔はどんな用をするものか。

第三章 光 波

176. 光の本質。光の本質に關して種々の學説が唱へられてゐた際、和蘭人ハイゲンスが



(圖327)
ハイゲンス(和蘭人)
Huygens(1629-1695)
振り時計を發明し、光
の波動説を唱へた人。

出て、光を一種の波動と見做す波動説を唱道した。この説によつて、光は宇宙間に瀰漫してをるエーテルといふ媒質の横波で、此の波動が網膜を刺戟する場合に、人は音波で鼓膜が刺戟せられる時音の感覺を起すと同様に光の感覺を起す。

又光に於ける色の相違は、音波に於ける調子の相違に相當するもので、その振動數、或は波長から區別せられる。即ちその波長が最も長く、振動數の最も少ないものが赤色に見られ、それから次第に振動數を増して逆に波長を減ずると、順次スペクトルの順序の色である橙、黄、緑などを顯はし、最後にその波長が最も短く、振動數の最も多いものに至つて堇色に見られる。

波長の表

| | |
|------|----------------------|
| 赤(A) | 0.00076 ^μ |
| 赤(B) | 0.00069 |
| 橙(C) | 0.00066 |
| 黄(D) | 0.00059 |
| 緑(E) | 0.00053 |
| 青(F) | 0.00049 |
| 藍(G) | 0.00043 |
| 堇(H) | 0.00040 |

同様に赤色光よりも更に波長の大なるものが、赤外線即ち熱線をなして熱作用を呈し、堇色光よりも更に波長の短小なものが、堇外線即ち化學線となつて化學作用を呈するのである。

これら諸輻射線の反射、屈折に關する事項はもとより、これらに關するその他の諸現象も皆この波動説で遺憾なく説明せられる。

ハイゲンスに次いで出たヤング、フレネルなどの人々も亦この學説の進展に貢獻する所が尠くなく、光波を横波と決定し得たのは全くフ

レネルの功績である。

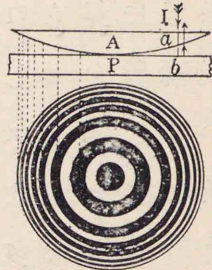
177. 光波の干涉。 光が波動であるからには音波の場合のやうに干涉の現象を起すべき筈である。

また音波の干涉によつて音の減衰を起すやうに、光の干涉が起れば暗黒を生ぜねばならぬ。

平板硝子Pの上に右圖のやうな曲率半徑の特に大きい平凸レンズAを置いてよく押しつけると、AP間には外方に向つて次第に厚さを増す空氣の薄層ができる。

これを暗室内に入れてナトリウム光で照すと、右圖のやうな明暗の縞が見える。

これはAレンズの下面から反射する光波と、P板の表面から反射する光波とが會合し、兩面間の空氣薄層を往復する爲に起る行差の大小に基いて、二波が或は互に強め、或は弱め合うて、明暗の縞を生ずるからである。これを**干涉環**
Rings of interference
又は**干涉縞**といふ。

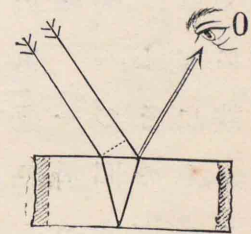


(圖328) 光波の干涉
ニュートン環。

このやうに明るい筈の光を合して却て暗黒になる事實は、波動説によらなければ解くことが困難である。之がまたこの學說の一大根據をなしてをる。

先のやうに装置したAP板を白光で照す場合には、その中央に接近した部分に種々の色彩が相重なつて環狀に現はれてくる。これは白光中の或る色光が干涉の結果消滅するので、その餘色にあたる色が顯はれる爲である。

これと同様の現象は、水面に擴がつてをる油の薄層や、吹き擴げられた石鹼球などに於ても認められ、一般に薄膜の色として知られてをる。

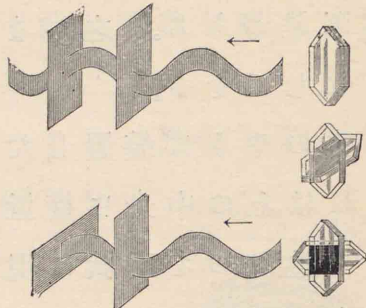


(圖329) 薄膜による光の干涉。

これらは皆その表面で直ちに反射する光波と、一旦層内に入り込み、その下面から反射する光波との干涉で起るのである。

問. 雲母片、硝子板に出來た龜裂などでも薄膜の色が見えることがある。何故か。

178. 偏光。 電氣石をその結晶主軸に平行に切つて作つた薄板で日光を見ると、その色である青緑色に見えるが、同様の薄板二枚を重ね合し、その前板を通過した光を後板で透視すると、兩板の結晶軸が平行する時



(圖330) 偏光の説明圖。

最も明るく、漸次一方を傾けるにつれて次第に暗くなり、兩軸が直角をなす様になると全く暗黒になる。

故にその一板を固定して他の一板を廻轉すると、その明暗の極度は九十度毎に交換する。

この事實から考へると、電氣石板を通過した光は普通の光と異つてをることが解る。このやうな光を偏光といふ。

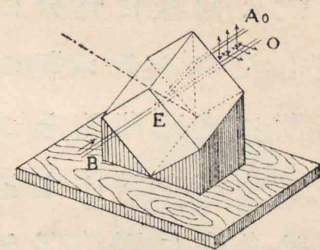
Polarized light

この現象は光波が横波であることを示すと共に、電氣石が光の振動中、その結晶軸に平行な方向のもの許りを透過し、直角の方向のものを透過しないことを示してをる。

猶以上を總括すると、通常の光は光線に直角な平面内で、絶えずその方向を變化する振動をするが、一度電氣石板中に入ると、板の結晶軸に直角な振動は皆これに吸収せられてこれに平行な振動許りを残すやうになることが解る。

従つて偏光は振動面の一定してをる横波である。

方解石を通して文字を見ると二重に見える。これは光が方解石に入る時屈折して二つの方向をとる爲で、このやうな現象を



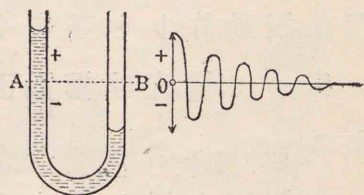
(圖331) 複屈折。

複屈折といふ。(鑛)
Double refraction

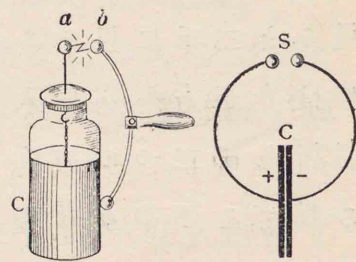
これらの光を電氣石でよく檢べると、何れも偏光で、その一が最もよく電氣石を通過する時、他は全く通過しない關係にある。これから方解石を通過する際光波は、互に直角の方向許りに振動する二つの横波に分けられることが解る。

第四章 電 波

179. 電気振動。 U字管の中に入れた水を下圖のやうに右方に高く吸ひ上げて置いて、急に放すと、水は數回左右に行き過ぎ歸り過ぎて管中を振動した後、遂に水平に復する。



之と同様に十分に蓄電したライデン瓶の兩箔間に、火花間隙をつくつて火花を飛ばすと、電気は急激に兩箔間を往復して回路に交番數の著しく多い瞬滅性の交流を生ずる。

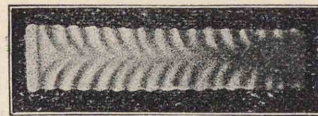


(圖332)

このやうな交番數の非常に多い交流を、特に
* 電気振動といひ、それを通ずる回路を振動回路
Electric oscillation Oscillating circuit
といふ。

*火花放電の際起る電気振動は、次第に振幅を減する所謂減衰振動である。

之を廻轉鏡で反射させて寫眞にとると、1秒間に數萬回乃至數百萬回その方向を變換する左圖に示すやうな火花の連続であることが解る。



(圖333) 火花放電の寫眞。

これは単に一瞬間の火花放電であるが、ライデン瓶の内外箔を感應コイルの兩極に連結して放電させると、稍、連続的に電気振動を起すことが出来る。

180. 電波。 導線に電気振動が発生すると、その周圍には振動につれて電気力、磁氣力の變化を週期的に生起するから、その周圍の空間にも亦この種の波動が起り、光と同一速度で傳播する。これを電磁波、又は單に電波といふ。
Electro-magnetic wave Electric wave
電波は光と同一規則によつて反射し、屈折するものであるが、その波長は非常に大きくて、一波長が數千、數萬米に及ぶこともある。

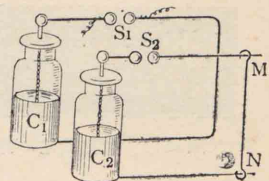


(圖334)

(ヘルツ)獨逸人
Heinrich Hertz
(1857—1894)

電波を實驗的に見出した人である。

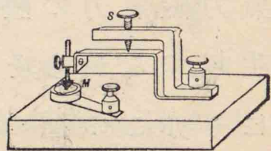
波及する電波が導體に達すると、之に電氣振動を誘起する。その時音波の共鳴の現象に類似する**電氣共振**（Electric resonance）を起させることも出来る。



同様なライデン瓶 C_1, C_2 の内外箔を火花間隙のある矩形回路と結び、間隙 S_1 に火花を飛ばせ乍ら、 C_2 につけた回路の包む面積を變ずると、兩矩形の面積の等しくなる時に S_2 にも火花が飛ぶ。

181. 檢波器無線電信。 電氣共振により波及する電波を検知する装置を**檢波器**（Detector）といふ。

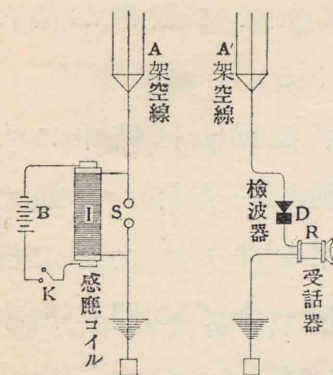
(A) **鑛石檢波器。** 班銅鑛と紅亞鉛鑛との接觸部は、前者から後者に向ふ電流を通じ、逆の方向の電流を通じない。このやうな性質の二種の鑛石、金屬などを軽く觸れし



(圖336) 鑛石檢波器。

めたものを**鑛石檢波器**（Crystal detector）といひ、之を電波で誘發せられる電氣振動の回路中に入れると、電流を或る一方向許りに通じ、反對の方向に通さない特殊の作用、即ち**整流作用**で之を直流に變へるから、波及する電波を検知することが出来る。

感應コイルを發信機とし、鑛石檢波器を受信機としてをる無線電信装置で、感應コイルの兩極間 S の火花放電を符號的に斷續して、それに應ずる電波をその架空線から發出せしめると、受信機の架空線はそれを受けて電氣振動を起



(圖337)

鑛石檢波器による無線電信装置。

し、回路中の鑛石檢波器は之を整流して直流的のものに變へ、受話器 R にそれが通ずる度毎に、そこに符號的の音響が發生する。

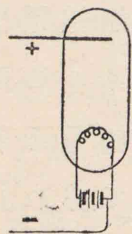
(B) **眞空管檢波器。** 電球のやうな眞空管内の纖條を、電流で白熱しながらそれを陰極とすると、クーリッジ管に於けるやうに、そこから電子の飛出が熾んになり、その管内で對立するやうに豫め入れた板を陽極とした場合には、その間



(圖338)

マルコニー
(伊太利人)
Marconi (1875—)
無線電信を發明した人である。

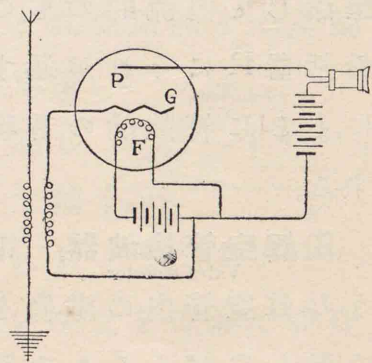
の放電が容易になる。之に反して織條を陽極、板を陰極とすると、その放電が甚だ困難になつてくる。



(圖339)二極真空管。故に之を電氣振動の回路中に入れると、その振動の一方許りを通過して檢波器の用をする。之を**二極真空管**といひ、織條と板(プレート)との間に出来る電流を**プレート電流**といふ。
Plate current

現今廣く用ひられてをる真空管檢波器は、所謂**三極真空管**で、以上の外更に**グリッド(G)**といふ螺旋狀の導體を、織條(F)と、板(P)との間に装置してをる。

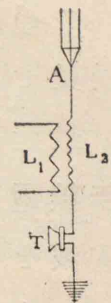
右圖は受信装置に之を加へたもので、電波が架空線に達し、それに電氣振動を起すと、PF間には送信に應ずる直流ができ、それが受話機の作用で音響にかへられる。



(圖340)三極真空管を用ひてをる受信装置。

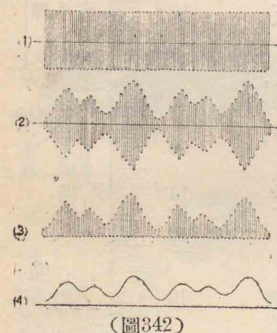
182. 無線電話。 火花放電による電氣振動

のやうに、その振幅が初めに大で、次第に減少衰滅する減衰振動では、振幅に大小のある斷片的の電波を生ずるが、真空管並びに交番數の極めて大きい交流發電機によつて生起する電氣振動は、非減衰振動に屬し、架空線から連續的で振幅が一様な下圖(1)のやうな



(圖341) 送話器の一部。

電波を發生する。その際架空線の下方に挿入



(圖342)

した特製の電話用送話器から音聲を吹込むと、炭素板の振動でその電流が變る爲、架空線に發生する電氣振動及び電波も之に隨つて變化し、放送電波は圖(2)のやうな波形をとる。

このやうな電波を圖337及び圖340のやうな受信機に受けると、同様な電氣振動がその架空線に起り、檢波器で上圖(3)のやうに整流された上、受話器に作用し、その振動板を(4)のやうに振

動させて原の音聲を再現する。

このやうにして無線電話は授受せられるのである。
Wireless telephony

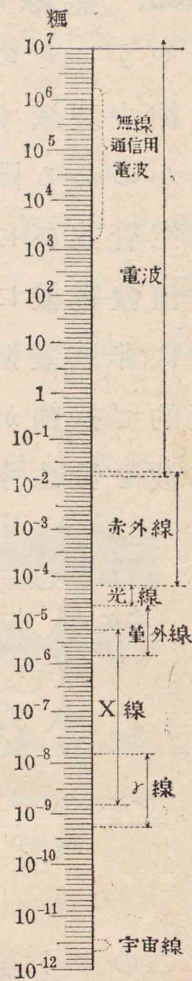
最近長足の進歩をした放送無線電話は、放送局でこの放送電波を各局固有の波長で發出し、加入者が各自に之を聴取する組織になつてをる。

183. 電磁波の種類。

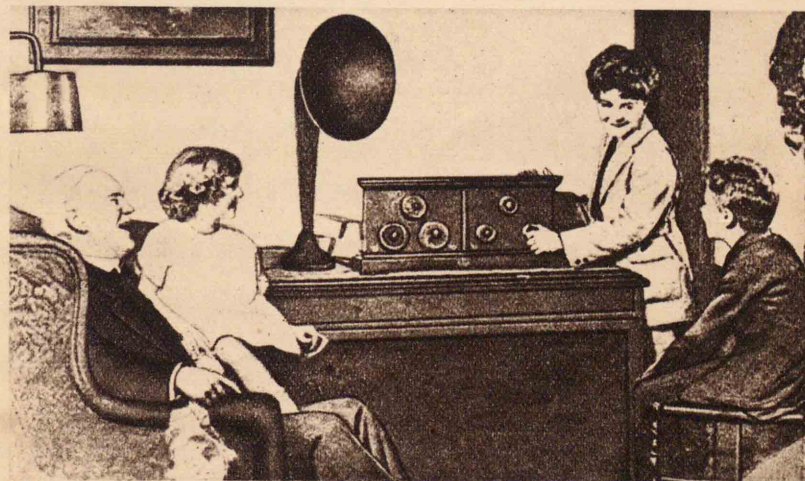
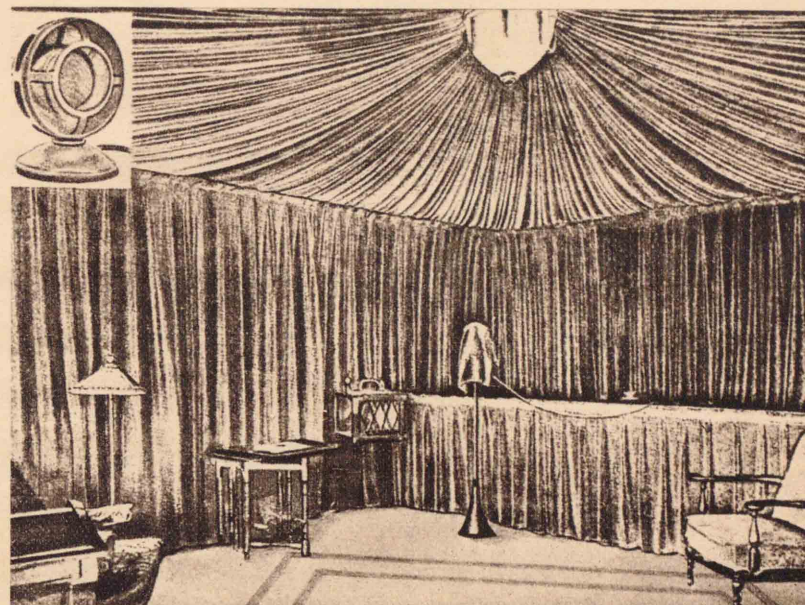
十七世紀にハイゲンスに依つて唱道された光の波動説は、その後幾多の論難を受けたが、十九世紀の初頭に至つて一般に認められるやうになつた。

その後英國にマックスウエルが出て、1864年理論上から電磁氣も亦空間に波動をなして傳播するもので、その速度が 3×10^{10}

秒厘に當り、光の速度と同一である可きことを算定し、且光波と共にエーテルの横波で、單に波



(圖343) 電磁波の各種とその波長。



無線電話放送の演奏室と家庭に於けるその受話の様

長を異にするものなることを推斷した。この卓見が即ち**光の電磁論**で、1888年ヘルツが電波を發見するに及んで實驗的に證明され、こゝに光波と電波との關係が確立した。

しかし電波は光波に比してその波長が非常に長く、その大なるものは赤外線領域を遠く離れて、一波長がよく數萬米以上に及ぶものもある。

我が國の放送無線電話では、波長 300 米以上 400 米内外のものを多く利用してをるが、遠距離通信をなす無線電信に於ては 20000 米以上のものをも利用する。

反對に X 線、 γ 線などは、紫外線の領域から更に遠く隔つた部分を占める波長の短い電磁波の一種であることが判明し、電磁波の領域は長短兩方面へ擴大されるに至つた。

最近に至つて更に更に波長の短い**宇宙線**或は**ミリカン波**と呼ばれるものが研究された。之は圖 343 の示すやうに 10^{-12} 程に近い短波長のもので、 γ 線よりも更に短く、大宇宙の何所かの根源から出てをるものと考へられてをる。

練習問題集

緒 論

- (1) C.G.S.単位の便利な點を説明せよ。
- (2) 毎時72粒を通過する物体の速さは幾秒米に相当するか。
- (3) 次の速さを遅速の順に列べ見よ。
(A) 48秒米, (B) 0.1秒粒, (C) 5.4分粒,
(D) 3000分米, (E) 1803.6時粒, (F) 100秒米,
(G) 360時粒, (H) 150000分粒。
- (4) 比重0.92なる氷200立方粒が融解して 4°C の水となると、その體積は幾立方粒減少するか。

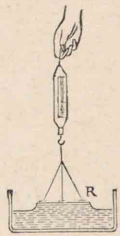
第一編 物性

第一章 物性概説

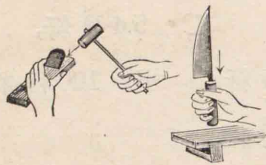
- (5) 切手、印紙などを貼付する際に濡らさなければ附着しないのは何故か。又乾かなければ剝げ易いのは何故か。
- (6) 金属の環Rを糸でせんまい秤につけたものを、次圖のやうに水中に浸して引き上げやうとすると、

環が水際を離れやうとする時、せんまい秤は強く引き下げられる。何故か。

(7) 200瓦の重さで全長の $\frac{1}{15}$ 延びるせんまい秤に、或る物體を吊して全長の $\frac{1}{10}$ 延びるのを見た。その物體の重さは何程か。



(8) 布帛を打つて、それに附着してゐるものを拂ひのけ、木の枝を動かして果實を落す理を説明せよ。



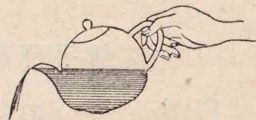
(9) 抜けかけてゐる庖丁などの柄の尾端を物の上に敲くとよく嵌るのは何故か。又鉋を圖の様に處理するとき起る變化を説明せよ。

明せよ。

第二章 液 體

(10) 面の水平か否かを定める場合には、水準器を互に直角な二方向に置いて見る必要がある。何故か。

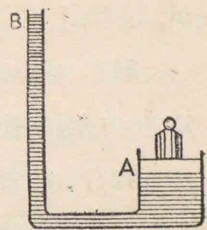
(11) 右圖のやうに急須を傾けると水が口から出る。何故か。



(12) 水壓機に於て、小圓筒及び大圓筒の活塞を夫々直徑3糎及び50糎とし、小圓筒の活塞に15斤重の力を加へたとすると、大圓筒の活塞には幾斤重の力が現れてくるか。

(13) 各邊の長さが1メートルづつになつてゐる立方形の箱に水を満すと、底面及び全側面に働く壓力は何程になるか。

(14) 右圖の様な連通器に水を満たし、そのA端を面積 150cm^2 の活塞で密閉する。A端の活塞上に12斤の分銅を載せると、B端の水面はA端の水面より何程高くなつて釣合ふ可きか。



(15) 深さの大なる水桶の下方に籬の多い理由如何。

(16) 海水の比重を1.03とすると、深さ978米なる海底の受ける壓力の強さは何程か。

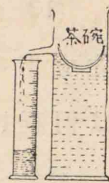
(17) U字管の一管から水銀、他管から或る液を入れ、二液の境界面から各液の上面迄の高さが、水銀に於て0.175米、或る液に於て0.8米なることを讀みとつた。この液の水銀に對する比重は何程か。

(18) 比重0.75、重量8斤の木片を、水中に押し沈めるには何程の力が必要であるか。

(19) 比重0.85、體積V立方糎なる物體を、比重1.025なる海水中に全部沈めるには何程の力が必要か。

(20) 丁度流出口迄水を入れた流出口付圓筒内に、次圖のやうに茶碗を入れる時溢れ出る水量を75ccと

し、同様に準備した筒内に、茶碗を横にして入れ、静かに全部沈める時溢れ出る水量を 30 cc とすると、茶碗の比重は何程に當るか。



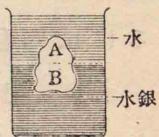
(21) 象のやうな大きい動物の目方を測るのには箱形の船を使用すると便利である。何故か。

(22) 比重が 7 で 10cm^3 の體積を占める金屬塊を、比重 0.9 なる液體中に入れて秤するときの重さを問ふ。

(23) 712 瓦の中空の銅器を、水中に吊してその重さを秤ると 506 瓦になるといふ。中空部の體積は何程か。

(24) 金剛石及び金より成る指輪を空氣中と水中とで量り、夫々 65 瓦及び 60 瓦を得たといふ。金の比重を 19.5、金剛石の比重を 3.5 とすると、此の指輪に含まれてゐる金剛石の重量は何程であるか。

(25) 水銀面上に鐵塊が浮んでゐる。その上に水を加へて鐵の全部が水面下にあるやうにした。鐵塊の水中にある部分 A と水銀中に没してゐる部分 B との比を求めよ。



(26) 水中に吊して測るとき重量 25 瓦を減する一鐵塊を、容器に充てた水銀上に浮べると 195 瓦の水銀

が溢れ出るといふ。その鐵塊の比重は何程か。

(27) 水砂糖のやうに水に溶けるものの比重はどうして測るか。

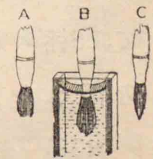
(28) 木製の柄を附けた 227 瓦の鎚の水中の重さを測ると 127 瓦重あるといふ。鐵の比重を 7.8、木の比重を 0.4 として木の部分と鐵の部分との重量を別々に算定せよ。

(29) 眞空中の重さが 22.216 瓦で、比重 0.933 の液體中での重さが 20.35 瓦である一物體の比重を定めよ。

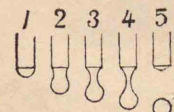
(30) 水を充たした時に 88 瓦の重さを示す比重瓶に、更に 10 瓦の砂を入れ、溢れ出た水を拭ひ取つた時の重さは 94 瓦であるといふ。砂の比重を求めよ。

(31) 熔けた蠟が燭心に上るのは何故か。

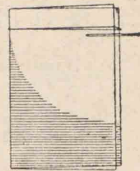
(32) 毛筆の一端を硯池に入れると、その上方の部分まで墨汁を含むに至るは何故か。又之を洗ふとき水中で四方に開いてゐるその穂先が水から取り出すと共に集合するのは何故か。



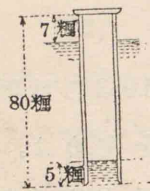
(33) 硝子棒を水中から引き出し、鉛直に保持してをると、それに附いた水が左圖のやうに 1, 2, 3, 4, 5 の階程をとつて落ちる。この理由を説明せよ。



(34) 平滑な硝子板二枚をとり、その一側にマッチの軸木を挟んで右圖のやうに装置した上、水中にその下端を入れると、水は圖のやうに昇ってくる。何故か。



第三章 氣體



(35) 深さ80糎の直圓筒を倒にして水中に押し入れて、底面が水面上7糎に達した時、水が筒内に5糎入り込むのを見た。その時大氣の壓力は何程か。

(36) 或る室内の溫度が變らないで、氣壓が770糎から760糎に減じた。室内からその空氣の何分の一が室外に出たか。

(37) 水底で直徑1.2糎の氣泡が水の表面に浮び出て、3.6糎の直徑を有するやうになつたといふ。その水の深さを問ふ。

(38) 空氣中で正當な天秤の一方の皿に金塊を載せ、他方の皿に眞鍮の分銅を載せて平均させ置き、その兩方の皿をそれに載せた物體と共に

(イ) 水中に入れるとき

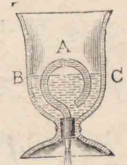
(ロ) 水素の中に入れるとき

に起る現象を記し、且その理由を説明せよ。

(39) 船が水上に浮び、氣球が空氣中に止まるためには如何なる條件が必要か。その理由をも併せて説明せよ。

(40) 切口が一平方糎で、長脚の高さ70糎、短脚の高さ20糎のサイフォンをとり、その短脚を瓶に挿入し、10糎だけ水中に没入して水を吸ひ出す時、長脚端から逆り出る最初の水の壓力は何程か。

(41) 右圖のやうな装置を**タンタラスの盃**といふ。之に水を注ぐ時は、その水面がAの上部に達する迄、水は下口から流出しないが、一度流出を始めると、その殆んど全部が出盡くす迄止まない。何故か。



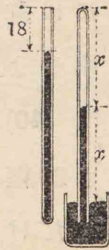
(42) 鐘の容積が5立で、圓筒の容積が0.5立である排氣機の鐘の内に、76糎の壓力の空氣が満ちてをる。此の圓筒の活塞を5回だけ上下すると、内部の壓力は何程になるか。

(43) 大氣の壓力が一氣壓のとき、1米の長さの有底圓筒を逆にして深さ76米の海底に押し沈めると、その圓筒内に何程の高さにまで海水が浸入するか。但し水銀の比重は13.6、海水の比重は1.03とする。

(44) 長さ20糎の試験管を倒まにして或る水底に沈めた時、水が管口から2糎の處にまで進入した。水

の深さは何程か。

(45) 氣壓が75糎の時、一端の閉じた長い硝子管に水銀を注ぎ、上部に長さ18糎の空氣を残して上端を指で押へ、それを水銀槽中に倒立して空氣柱及び水銀柱の長さを等しからしめようとする。水銀柱の長さをどうすればよいか。

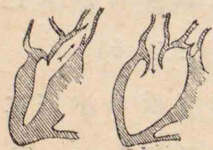
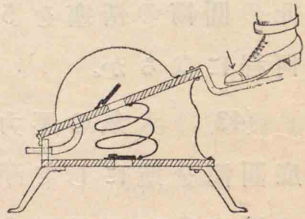


(46) 氣壓が75糎の時、長さ8糎のトリセリー真空部を残してをる太さが一樣で、その直截面積が一平方糎である倒立水銀氣壓計の中に、1ccの空氣を入れると、その水銀柱は何程降下することになるか。

(47) 瓣のある排氣ポンプでは真空をつくることはできない。何故か。

(48) 下圖のやうな装置はポンプ類中何れの種類に屬す可き

ものか。又その作用を説明せよ。



(49) 心臓は左圖のやうな作用をする。水揚げポンプの何れによく似てをるか。

第二編 熱

第一章 熱、熱量、比熱

(50) 質量と物質とが相違してをる同温度の二物体に、夫々同量の熱を與へる時、その上昇する温度が等しいことがある。それは如何なる場合であるか。

(51) 或る容積の水銀の温度を1度上昇させるに必要な熱量と、同容積の水の温度を1度昇すに必要な熱量とを比較せよ。

(52) 60度の銅塊200瓦を、10度の水150瓦中に投入して、水温が15.5度に昇るのを見た。銅の比熱は何程か。

(53) 爐の温度を測る爲に、白金塊をその中に入れて熱した後、それを20度の水銀中に投じて60度となるのを見た。次にその白金塊を120度にして前と同量の15度の水銀中に投じ20度になるのを見た。爐の温度を問ふ。

(54) 30度、20度、10度の甲、乙、丙三種の液がある。甲と乙、甲と丙とを等しい質量づつとつて混合すると、混合液の温度が夫々26度、25度となるといふ。若し乙と丙とを等しい質量づつとつて混合すると、混合液の温度は何度になるか。又甲、乙、丙三液の比熱の比を問ふ。

- (55) 比熱を色々に定義して見よ。

第二章 熱による膨脹

(56) 液面に浮んでをる物體の溫度が、その液と共に等しく上昇した爲に、物體は前よりも多く沈んだといふ。その液と物體との膨脹係數の間にどんな關係があるか。

(57) 0°C の長さが2米の眞鍮棒を、 10°C に熱して0.374 耗の延長を見た。その線膨脹係數は何程か。

(58) 16°C の時鐵製の尺度で或る物體の長さを測り35.72 厘を得た。この尺度が 0°C の時正しいものとする、 16°C の時その物體の眞の長さは何程ある筈か。

(59) 0°C の長さが16.02 厘の鐵棒と16 厘の銅棒とがある。その溫度を何度にすると兩方の長さが等しくなるか。

(60) 水銀の 0°C の密度は1ccにつき13.596 瓦である。その 50°C の密度は何程か。但し水銀の膨脹係數は0.00018 である。

(61) 溫度 0°C 、壓力762 耗の空氣が1 立ある。その溫度を 50°C 、壓力を750 耗にするとその容積は幾立になるか。

(62) 深さ20 米の池底(溫度 4°C) から、水面(溫度 20°C)

に浮び出る氣泡の體積は如何に變化するか。

(63) 溫度 23°C 、壓力700 耗の時、2 立を占めてをる空氣の壓力を760 耗にしてその體積を1800 立方厘にしようとする。その溫度を幾度にすればよいか。

(64) 溫度が 0°C で壓力が760 耗の時、若干體積を占めてをる氣體の溫度を 180°C に高めながら、その體積を不變に保たしめようとする。何程の壓力を加へる必要があるか。

第三章 熱による三體の變化

(65) 物を冷すには 0°C の氷と、 0°C の水との何れが有効か。その理由をも併せ答へよ。

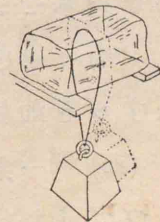
(66) 次の場合に適合する實例を挙げよ。

(A) 物體に熱を與へてもその溫度が昇らない場合。

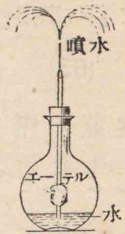
(B) 物體の溫度が昇るにつれてその容積の縮少する場合。

(C) 二物質を合したものの融解點がその各の融解點よりも低い場合。

(67) 大きい氷塊に右圖のやうに針金又は絲をかけ、その下に重い錘を吊して置くと、絲は氷塊の内に入り込んでそのまま凍結する。その理由を説明せよ。



(68) 右圖のやうな装置を組立てる場合に、豫めエーテル中に浸した綿を硝子管のフラスコ内に入れる部分に結びつけて置くと、高くあがる噴水が見られる。何故か。



(69) 湿布を速に乾燥させるに必要な諸条件を列挙し、且その理由を説明せよ。

(70) 湯による火傷よりも、同温度の水蒸気による火傷の方が更に烈しいといふ。何故か。

(71) 冬季手の冷えた場合に息を吹きかけることがある。又汁を吸ふ際熱い場合には矢張り息を吹きかける。

これらの場合に息を吹きかける意味を物理的に説明せよ。

(72) 水の比熱、融解熱、氣化熱の大きいことが、吾人の生活上にどんな影響を及ぼしてゐるか。

(73) 飽和蒸気と、飽和しない蒸気との性質の相違点を列挙せよ。

(74) 0°C の水 100 瓦を 15°C の水 240 瓦の中に投入すると如何なる結果になるか。

(75) 一氣壓で 0°C の水 100 瓦を絶えず一様に熱しつづけた結果、4 分間で全く融解し、後 5 分間で沸騰

點に達したといふ。氷の融解熱を問ふ。

(76) 0°C の銅塊 400 瓦と、 0°C の氷 60 瓦とを、 10°C の水 600 瓦中に入れ、それに 100°C の水蒸気 20 瓦を通ずると、それらの混合物の温度は何度となつて平均するか。

(77) ウィリアム (William) は 1787 年の冬二つの鐵球に水を詰めて鐵栓を堅くその口に嵌め、一夜中それをカナダの野外に出して置いて翌朝調べて見た。その際一方の鐵球は下圖のやうに破れて、その破れ目から氷が噴出してをり、他の方は 100

碼ばかりの距離に鐵栓を飛ばして、その口から 25 碼ばかりの氷柱を突き出してゐた。これらの諸現象の物理上からの説明を求めよ。



第四章 大氣の乾濕

(78) 室内を温めると室内の空氣が乾燥するは何故か。

(79) 風のない夜に露霜の多いのは何故か。

(80) 暖かい室内と寒氣の強い室外との境界をしてをる窓硝子に多量の水滴ができる理由を問ふ。

(81) 驟雨が比較的午後が多いのは何故か。

(82) 暖流と寒流との相合する地方に霧が多くで
きる理由を問ふ。

(83) 太陽によつて地面の一部が熱せられると、
(a)それに接してをる空気が上方に昇り、(b)上層になる
程冷えて、(c)そこに雲ができるといふ。

(a)(b)(c)三段の變化につきその理由を説明せよ。

(84) 梅雨の頃は気温がさほど高くないにも係ら
ず蒸し暑く感ずるは何故か。

第三編 光

第一章 光の直進、光度

(85) 物の狙ひを定める時、物體、照星、照尺を一直線
上に置くのは何故か。

(86) 日中棒を傾けて地面に近づける時、その影の
次第に濃くなる理由を問ふ。

(87) 一個の燭火が50糎の距離にある一點を照ら
す光の強さは、此の點より2米の距離にある16燭光の
電燈一個、及び3米の距離にある18燭光の電燈一個を、
同時に點じた場合と等しいといふ。その燭火は幾燭
光か。

(88) 衝立から10糎の距離にある16燭光の電燈と、
200糎の距離にある弧燈とが衝立を照すことが相等
しい。その弧燈の燭光は何程か。

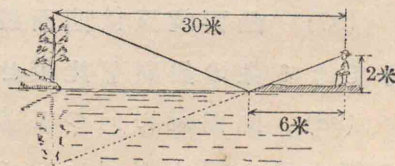
(89) 衝立がそれから10米の距離にある500燭光
のランプで照らされる場合と、6米の距離にある32燭
光のランプで照らされる場合とは何れが明るいか。
又この衝立がこれらの兩光源から等しく照らされる
爲には、32燭光のランプの位置をどのやうに變ずれば
よいか。

第二章 光の反射

(90) 水平面に60度傾いてをる棒がある。その平
面鏡に映つる像を鉛直にしようとする。鏡をどのや
うに置けばよいか。

(91) 直立してをる姿見(鏡)に向つて真直に立つて
をる身長1.7米の人が、自己の全身を映し得る最小な鏡
の上下の長さを問ふ。

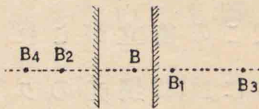
(92) 對岸に直立する樹木の池水に映つるのを見
てゐる人が、水際から6米
離れて立つと、その水際に
樹木の頂を見るやうにな
るといふ。



水面から眼までの高さが2米で、人と木との距離が30米であるとする、樹木の頂は水面から幾米の高さにあるか。

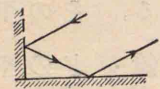
(93) 互に90度を開いてをる二つの平面鏡の中間に物体を置くと幾個の像ができるか。又この鏡の角度が60度となる場合には、更に幾個の像が増すか。

(94) 平行に直立してをる二つの平面鏡の間にある光点Bの虚像は、右圖に示すやうな諸点B₁、



B₂, B₃, …… に無数に併列して見える。何故か。

(95) 互に直角になつてをる二つの平面鏡に、一つ



の光線が當つて二回反射するときには、反射後の光線は必ず初の光線に平行するといふ。これを説明せよ。

(96) 小さい平面鏡では、自己の全像をさへ見得ないにも係らず、同時に大きい家屋樹木などのやうな物体の全像が見られることがある。その何故であるかを圖解によつて示せ。

(97) 凸面鏡又は凹面鏡に自己の顔を接近するときできる像の異同を比較せよ。

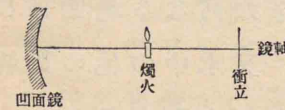
(98) 凹面鏡に向つて遠方からこれを望むと自己の倒立像を認め、近づいてこれを望むと直立像が見ら

れる。その理由を問ふ。

(99) 曲率半径40厘の凹面鏡の前方に一物体があり、その実像の大きさは物体の大きさに2倍してをる。鏡心から物体及び像迄の距離を問ふ。

(100) 焦点距離12厘の凹面鏡の前方16厘の所に、半径2厘の圓板を鏡軸に直角に置くときできる像の半径、及び像と実物との面積の比を問ふ。

(101) 凹面鏡の半径を求める爲に、下圖のやうな装置で、燭火とその像の出来る衝立との位置を測定して次の結果を得た。この凹面鏡の半径は何程か。



| | 燭火と凹面鏡との距離 | 衝立と燭火との距離 |
|-----|------------|-----------|
| 實驗Ⅰ | 30厘 | 126厘 |
| 實驗Ⅱ | 35厘 | 53厘 |
| 實驗Ⅲ | 40厘 | 24厘 |

(102) 壁から8米離れた所に發光體がある。長さがその17倍に相當する實像を、凹面鏡を用ひてその壁の上に映出すには、球面半径何程のものを如何なる位置に置けばよいか。

(103) 半径45厘の凸面鏡の中心より15厘の處に長さ5厘の物体を立てると、如何なる位置に、如何なる長さの如何なる像が現はれるか。

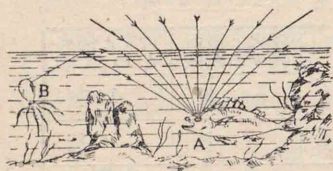
第三章 光の屈折

(104) 水中にある物体は真の位置よりも浅い所にあるやうに見える。何故か。

(105) 水を盛つた器の底を真上から見ると、真の深さの四分の三の位置に浮び上つて見える。その原因を明かにせよ。

(106) 太陽はその地平線下に没した後も、猶暫くは見る事が出来る。如何なる理由によるか。

(107) 水中に点じてある電燈を、空気中から窺ふ場合に、その光を認め得ない場所があるか。

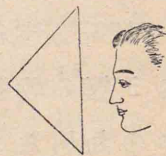


(108) 水中の魚 A は、水上の様を如何なる範囲内に見るか。又水中の他の動物 B を何れの方向に見るか。

(109) 球形の硝子容器に水を入れ、その内に金魚を泳がせて外から見ると、非常に大きく見えることがある。その理由を問ふ。

(110) 焦点距離が 7 厘の薄い凸レンズの前方 21 厘の點に、長さ 8 厘の矢を立てると、如何なる長さの像が如何なる位置に出来る筈か。

(111) 全反射プリズムの最も廣い面に面しながら、そのプリズムを眼前で一



廻轉させると、それに映つてをる自己の顔が如何に變化するか。

(112) 或るレンズの前方 15 厘の處に物体を立てたのに、2 倍の長さの虚像を認めたといふ。このレンズの種類及び焦点距離を問ふ。

(113) 或る凸レンズの前方 120 厘の距離に物体を立て、その後方 240 厘の所に實像を得たといふ。其の凸レンズの焦点距離及び物体と像との長さの比を求めよ。

(114) 凹レンズを透してその前方 60 厘の所にある一物体を視て、物体の $\frac{1}{3}$ の長さをもつ虚像を認めたといふ。その焦点距離は何程か。

(115) 凸レンズを光源から遠ざけてをる間に、一定の位置に實像が二度顯はれる。(a) その理由を問ふ。(b) その光源と像の二度顯はれる點との距離を 100 厘、實像をつくるレンズの二つの位置の隔りを 50 厘とすると、その凸レンズの焦点距離は何程か。

(116) 水中では焦点距離が非常に短い凸レンズを用ひなければ物体が明瞭に見難い。その理由を問ふ。

(117) 一の凹レンズに當つた光線がレンズを透過した後、次のやうになる爲には、その投射の初から各、ど

のやうに向けて當てねばならぬか。

- (a) レンズの主軸に平行させること。
- (b) レンズの主軸上の一点に収斂させること。
- (c) 發散させること。

(118) 白紙は不透明であるが、之を水に浸すと半透明となり、バラフィンに十分に浸み込ますと透明になる。何故か。

(119) 幻燈器械で畫板の繪の長さを50倍に擴大して映出する場合には、畫板の明るさと映出畫面の明るさとはどんな比になるか。

(120) 顯微鏡と望遠鏡との差異を比較せよ。

(121) 望遠鏡で遠い物體を見る場合には之を縮め、比較的近い物體を見る場合には之を長くする。これにはどんな理由があるか。

(122) 對物レンズの焦點距離が10厘の望遠鏡がある。その對物レンズから1.1米隔つてをる物體を明瞭に見るやうに對眼レンズを調製した後、又他の物體を同様明瞭に見る目的で對眼レンズを對物レンズの方へ更に5厘近づけたといふ。對物レンズからこの物體までの距離は何程か。但し對眼レンズを通じて見る物體の像が對眼レンズから常に同じ距離にできるものとする。

第四章 光の分散

(123) 物質の屈折率は色の異なる光によつて違つてをるかどうか。この事實を決定し得る實驗法を示せ。

(124) 露が美しい色を呈して輝くのは何故か。

(125) 虹が朝夕に多く現はれ、正午に現はれないのは何故か。

(126) 晝間日光で見える場合と、夜間石油ランプその他の光で見える場合とで、物體の色が多少違つて見える理由を問ふ。

(127) 酒精燈の焰の中に食鹽を投じ、その光で紅を見るとどんな色に見えると思ふか。

(128) 色硝子を白紙の上に置くと、その固有の色が見えるが黒紙の上に置くと黒く見える。何故か。

(129) 下方の物體をプリズムを透して見ると上方に見え、且その周圍は美しく色づいて見える。何故か。

(130) 黒色不透明の容器中に赤インキを入れると、どのやうに見えるか。又その内に白紙を沈めて見るとどうか。

第四編 磁気及び電気

第一章 磁 気

(131) 水平面で自由に動くことのできる磁針は、南北の方向をとる許りで静止し、北極に近い地方でも北方に移動しない。何故か。

(132) 磁気指力線を別の見方で二通りに定義して見よ。

(133) 鋼鉄棒の一端を磁針の一極に近づけて、その極が棒の方に引寄せられるのを見た。

磁針のこの振れは棒が既に磁気を帯びてゐた爲か、又はその際の感應に基づくものか不明である。それを検べるにはどうすればよいか。

(134) 磁針を糸で水平に吊すには、糸をどこに附けるとよいか。その理由を説明せよ。

第二章 電流・電動力

(135) ボルタの電池の電流が衰滅しようとする時、その稀硫酸の中に重クロム酸カリの溶液を少しく加へると再び復活する。何故か。

(136) 二つの電池の電動力の何れが大きいかを知

る方法を問ふ。

(137) ル克蘭シエー電池が、電鈴用、電話用などに多く使用せられるのは何故か。

第三章 電気抵抗

(138) 同種の小さい電池の働きと、大きい電池の働きとは、どのやうな點で等しくて、どのやうな點で異なつてゐるか。

(139) 同一物質でできてゐる二本の針金の甲の長さは7米で直径は0.8耗、乙の長さは2米で直径は1.2耗である。その電気抵抗の比を問ふ。

(140) 同一物質で作つた等しい質量の針金が二本ある。その長さが1と2との割合であるとする、その電気抵抗の比はどうなるか。

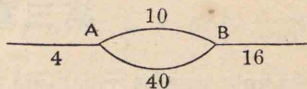
(141) 若干瓦の銅塊がある。これを2米に引き延ばしたものと、10米に引き延ばしたものの電気抵抗を比較せよ。

(142) 一定の電圧を保持してゐる甲乙二點を、125オームの導線で連結すると0.8アンペアの電流を生ずるといふ。その二點を500オームの導線で連結すると、幾アンペアの電流が得られるか。

(143) 抵抗4オーム、6オーム、12オームの三本の導

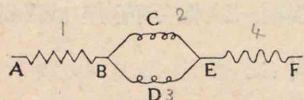
線を一行に連結したものの抵抗は、併列に連結したものの抵抗の幾倍に當るか。

(144) 抵抗 4, 10, 40, 16 オームの導線を下圖のやうに連結したものの全抵抗は
 何程か。その 4 オーム及び
 16 オームの部分に 10 アンペ



アの電流が通じてをる場合の AB 間の電圧は何程か。

(145) 下圖のやうに連結された回路中の BCE 間に 6 アンペアの電流がある場合には、AF 間の電位差は幾ボルトか。但し AB の抵抗は 1 オーム、BCE の抵抗は 2 オーム、EF の抵抗は 4 オーム、BDE の抵抗は 3 オームとする。



(146) 抵抗 6 オームの導線が 6 本ある。その若干本を組合はせて、1 オーム、2 オーム、3 オーム、4 オーム、5 オーム、6 オームの全抵抗を顯はさせようとする。各、どのやうに連結すればよいか。

(147) 電動力 1.5 ボルト、内抵抗 0.5 オームの電池三個を行に繋ぎ、その兩端を抵抗 2, 3, 6 オームの三導線を列に繋いだもので連結すると、各導線には何程の強さの電流が通するか。

第四章 電流の化學作用

(148) 硫酸銅の電氣分解を行うて、5 時間に 2.925 瓦の銅の析出を見た。その時の電流の強さは何程であつたか。

(149) 二個の電池を行に並べて水を分解して水素 0.12 瓦を得た。その際各電池で消費した亞鉛の量は何程か。但し亞鉛の化學當量を 32.5 とする。(化)

(150) 15 アンペアの電流を 3 時間硫酸銅溶液に通じて 15 瓦の銅の析出を見た。25 アンペアの電流を 35 分間硝酸銀溶液に通ずるときは銀の幾瓦を析出するか。但し銅の化學當量を 31.8、銀の化學當量を 108 とする。

(151) 硫酸銅を電解する時に、兩極を白金とする場合と、銅とする場合との結果につき比較せよ。(化)

第五章 電流の熱作用

(152) 長さも太さも共に相等しい銅線と鐵線とを一行に連結して電流を通じ、次第にその強さを増して行くと、融解點が高くても且堅牢である筈の鐵線が先づ融解する。何故か。

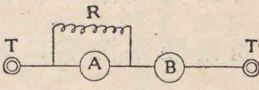
(153) 電燈線を見るに、電球外には太い銅線を用ひ、電球内には融解點の高い物質で製した細い織條を使

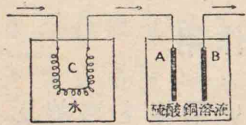
用してをる。何故か。

(154) 抵抗 6 オームの針金を 250 瓦の水中に沈め、その針金に 50 分間 1.4 アンペアの電流を通じた。その爲に水の温度は幾度上昇したか。

(155) 抵抗 18.8 オームの針金を 50 瓦の水中に浸し、或る強さの電流を 1 分 30 秒間通じて、その温度が 5°C だけ昇るのを見た。その電流の強さは幾アンペアであつたか。

(156) 常に一定の電圧を保つてをる T, T' の二點間に、全く相等しい電燈 A 及び B が

接続されてをる。その A を挟ん  で R なる抵抗線を右圖のやうに連結すると、電燈 A 及び B の光度はどのやうに變化するか。その理由をも説明せよ。



(157) 水 200 瓦を入れた容器に導線 C を浸したものと、硫酸銅溶液に銅板 A と B とを浸した電気分解器とを圖のやうに連結し、それに 15 アンペアの電流を矢の方向に 10 分間通じた。その間 C の兩端の電位差が常に 7.5 ボルトであつたとすると、

- A, B の何れに幾瓦の銅が附着するか。
- C に發生した熱が悉く水の温度を昇す爲に

費されたものとする、水の温度は幾度昇ることになるか。

(c) 実際には (b) の計算程水温は昇らない。何故か。

(158) 16 燭光のタングステン電球 150 を點するには、何程の電力があればよいか。

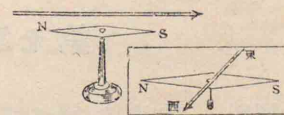
(159) 同質同長の二導線がある。その甲線の径は乙線の径の 2 倍で、甲に通ずる電流は乙に通ずるものの 3 倍である。同じ時間に甲乙二線に發生する熱量の比はどうか。

(160) タングステン電球の一つの線が切れて、その隣の線に着く時には如何なる現象を見るか。その理由をも説明せよ。

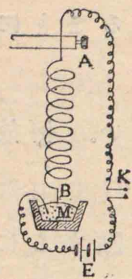
第六章 電流の磁氣作用

(161) 静止してをる磁針の直上で、急に北から南に向つて電流を流すと、磁針はどのやうな方向をとるか。

又電流が東から西に向つて流れる場合には、その磁針はどちらへ動くか。



(162) 一つの銅線に電流が通じてをるか否かを驗めす方法を列挙せよ。

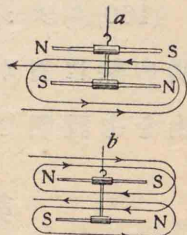


(163) 細い針金で作った伸縮自在な弾條 AB, 水銀 M, 電池 E, 電鍵 K を圖のやうに連結した輪道に就いて, それを閉ぢる時 A B の内側にできる磁場の方向を考察し, 圖中に矢を以つて圖示せよ。又その際起る現象に就いて説明せよ。

(164) 導線に電流が通ずる場合に現はれる諸作用を, 各一例を加へながら列擧せよ。

(165) 地磁氣が地球の表面を流れる電流に基くものと假定すると, 電流の方向はどのやうにあるべきか。

(166) 右圖のやうに組合した二つの磁針を, コイル中に位置せしめたものを無方位電流針といひ, 地磁氣の作用を受けない上に, よほど鋭敏な働きをする。



その理由を説明せよ。

(167) ボルト計とアンペア計との構造上, 並びに使用上の異同を比較せよ。

第七章 感應電流

(168) 電流を得る別種の方法二つを擧げ, その理由を説明せよ。

(169) 輪道に入れられた電池が, 或る原因で絶えず

その電動力を少しづつ増減するものとするとき, この輪道に電磁石のある場合とない場合とで, その電流に如何なる差違を現はすか。

(170) 感應コイルの電動力を大きくする爲に必要な事項を, 各要部別に説明せよ。

(171) 交流の通じてをる電燈と, 直流の通じてをる電燈とは, 強い磁石を用ひると, 電球の外方から充分判別し得られる。どうすればよいか。

(172) 相互感應と自己感應とを比較せよ。

(173) 發電機の運轉を急速ならしめる場合に起る電氣的の結果を説明せよ。

(174) 電話機に應用されてをる主要な二つの事實をあげ, それを如何なる部分にどのやうに適用せられてをるかを説明せよ。

(175) 弱い電流で強い電流を起すに必要な手段を問ふ。

(176) 電磁感應を應用してをる諸装置につき, 感應させる方法の相違してをる點を比較せよ。

第八章 眞空放電, 放射能

(177) 空氣がその密度の變化で電氣傳導性を異にする次第を説明せよ。

(178) X線と陰極線とを比較せよ。

(179) 陰極線は何故に磁場の作用を受けてその方向を変化するか。

(180) α 線と β 線とは何故に磁場の作用を受けてその方向を變ずるか。

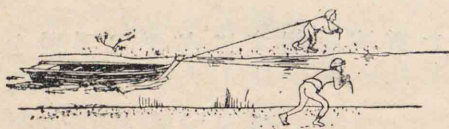
第五編 力及び運動

第一章 力

(181) 右圖のやうな場合に、水桶はどのやうな力を受けることになるか。



又下圖のやうな場



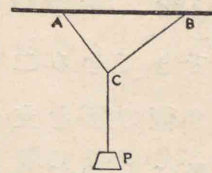
合に、舟はどのやうな力を受けて進むことになるか。

(182) 分力が合力よりも強いことがあり得るか。

(183) 一點に作用する相等しい三力が釣合ふ時には、それらの作用線は互に如何なる角度をするか。

(184) 長さが70糎で20斤の張力に耐へる綱の兩端を互に50糎隔つてをる天井の二點 A, B に結びつけ、綱

の A 端から30糎の點 C に錘 P を吊す時、綱の切斷しない範囲内での錘 P の最大重量を問ふ。但し綱自身の重さは省略する。



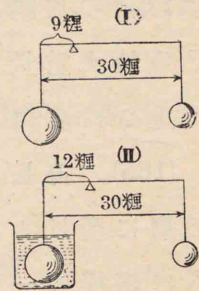
(185) 身長の等しい三人が、長さ3.6米の鐵棒を各自の肩に受ける重さを相等しくする様に運ぶ計畫で、一人は鐵棒の一端を、他の二人はこれに取附けた横木の兩端を擔ぐことにした。横木を鐵棒の如何なる位置に取り附ければよいか。

(186) 重量20斤と6斤との二箇の物體を、長さ90糎、重さ4斤の棒の兩端に懸垂して、その棒を水平に保たせようとする。如何なる點を支へる必要があるか。但し棒の重心はその中點にあるものとする。

(187) 地上に横たはつてをる一本の丸太木がある。その一端のみ少し持ち上げるに72斤重の力を要し、又他端のみを少し持ち上げるに120斤重の力を要すといふ。この丸太木の重さは何程か。

(188) 地上に横に置かれた重さが一様な棒の一端を少し揚げるには50斤重の力を要し、その端から1米の所を少し揚げるには60斤重の力を要するといふ。この棒の質量及び長さを問ふ。

(189) 重さのない長さ30糎の棒の両端に、同じ物質でできてをる二つの球を吊し、一端から9糎の所を支へた場合に、その棒が水平になつた。次に一つの球を水中に沈め、他の球は元のまま空気中に置いて試みたのに、同じ端から12糎の所を支へた時棒が水平になつたといふ。この球の比重を求めよ。



(190) 密度が一様でない重さWの直棒ABを、A端から120糎の點で支へると水平に静止し、又A端に40斤の重錘をかけ、B端に8斤の重錘をかけてA端から90糎の點を支へても水平に静止するといふ。直棒の長さを3米としてその重さWを算出せよ。

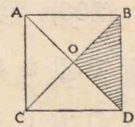
(191) 偶力の能率は支點を何れの點にとつても常に同一になる。何故か。

(192) 綱渡りをする者が手に長い棒などを持つてをるのは何故か。

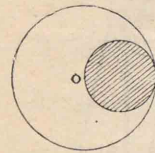
(193) 各部の厚さが等一に出来てをる不等邊四邊形の鐵板が水平に置かれてある。それを動かさなくて、その重心を見出さうとする。その方法を工夫し見よ。

(194) 等質の木で作つた等しい厚さの正方形の板

から、その對角線で作られる四つの三角形の一つを切り去ると、殘部の重心は如何なる點に移るか。



(195) 厚さの等しい等質の圓板から、直徑がその半分の内接圓を切りとると、殘部の重心はどこになるか。それを定めよ。



(196) 四脚揃へる机の倒れ難く、その一脚を失ふ時倒れ易くなる理由如何。

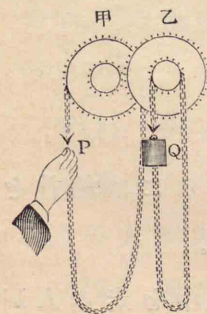
第二章 機械

(197) 物を挟むに長短何れの箸或はピンセットが挟み易いか。



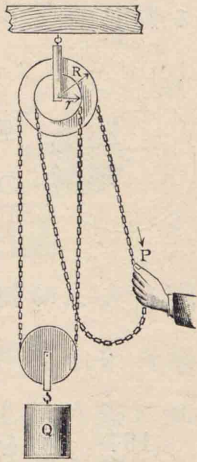
(198) 天秤の感度を鋭敏ならしめるには、その構造上如何なる點に留意すればよいか。

(199) 甲乙二個の同大の齒輪があつて、甲の軸に刻んだ齒と、乙の輪に刻んだ齒とが、互に嚙合ふやうに裝置されてをる。今甲の輪に力Pを働かすと共に、乙の軸に力Qを働かして釣合ふたとすると、PとQとの比は如何になるか。



但し甲乙兩齒輪の直徑は各50糎、軸の直徑を20糎であるとする。

(200) 次圖のやうに輪軸と動滑車とを組合した装置で、重さ Q なる物體を圖のやうにして揚げるには、何程の力 P を必要とするか。



(201) 滑かな斜面上にある物體を、水平な力で支へようとする時、如何なる場合に物體の重さよりも大きい力が必要であるか。

(202) 水平面と 45° の角度を保つてをる滑かな面に沿ふて重量 1 斤の物體を引き上げようとする。之には何程の力が必要であるか。

(203) 直角三角形の楔と螺旋との構造、並びに作用を比較せよ。

(204) 歩み 5 糎の螺旋に長い柄を左右につけ、其の中心より 1 米の距離に左右同時に 2 斤の力を加へて之を廻すと、その螺旋は歩みの方向に何程の力を顯はすことになるか。

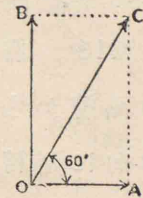
第三章 運動

(205) 河流を成るべく短時間に横ぎるには、船首を何れの方角に向けて漕ぎ進めばよいか。

(206) 無風の時、毎時 12 軒の速度で雨中を走る人が

ある。傘を鉛直より 30° 前方に傾けて丁度よいといふ。雨滴の降下する速度は何程か。

(207) 1 秒米の上昇速度で昇つてゐた輕氣球が、風を受けて地面に 60° の傾きで走らされるやうになつた。その風の速度及び輕氣球の速度を問ふ。



(208) 40 秒米の水平速度で頭上を通過する飛行機がある。速度 600 秒米の彈丸で之を撃つには、何れの點を狙へばよいか。

(209) 電車が停留場を出發してから 15 秒時を経て毎時 16 軒の速度に達したとすると、其の間の平均加速度は何程か。又この平均加速度を以てすると、停留場を出てから 15 秒時を經過した時、幾何の距離を進んでをることになるか。

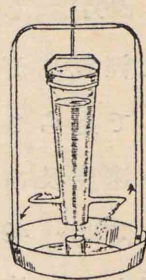
(210) 質量 30 瓦の静止してをる物體に、大きさと方向の一定してをる或る力が 3 秒間作用した結果、その物體の速度をその方向に 10 秒糎にしたといふ。その力の大きさを問ふ。

(211) 静止せる 150 瓦の物體の上に、 10 秒間一定の力が働き、その物體がその間に 20 糎動いたといふ。この力の大きさを問ふ。

(212) 進行してをる列車の後尾から、後方に列車と

同じ速さで石を抛げると、その石は如何なる位置に落ちるか。

(213) 右圖のやうな装置に於て、下方の側管から水が噴出すると、それが矢の方向に廻轉する。何故か。



このやうな装置をパーカーの水車といふ。

矢の方向の廻轉は水の噴出するにつれて次第に早くなる。何故か。

(214) 高所に静止してをる輕氣球から落す石は、その直下に達するか。

(215) 地面上 140 米の高さから落ちる石は、地面に達する迄に幾秒間を要するか。但し空氣の抵抗はないものとする。

(216) 二個の物體を 2 秒間隔てて落すと、その間隔は幾秒の後に 100 米になるか。

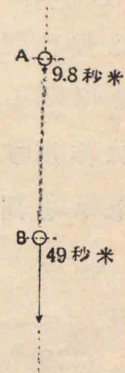
(217) 20 秒米の初速度で眞上に投げ上げられた物體の 4 秒後の高さを問ふ。

(218) 高さ 10 米、長さ 28 米の斜面の頂上に静止してをる物體がある。斜面との間の摩擦がないものとする。そこから落した物體は何秒後に基底に達するか。

(219) 眞上に昇つてをる飛行船が、地上 150 米の高

さから報告筒を落し、6 秒の後地上に達したといふ。報告筒を落した際の飛行船の上昇速度は何程か。

(220) 自由に落下してをる物體の徑路の一點 A での速度は毎秒 9.8 米で、その下の一點 B での速度は毎秒 49 米であるといふ。その A, B 二點間の距離及び之を通過するに要する時間は何程か。



(221) 比重 2.6 の小石が、20 米の水中を沈下するには何程の時間を要するか。但し水の抵抗を考へないものとして計算せよ。

(222) 飛行船から石を落すと 12 秒後に地上に達するといふ。その時 49 秒米の初速度で眞下に抛下したとすると、地上に達する迄の時間は何程少なくなるか。

(223) 122.5 米の高さにある飛行船から、150 秒米の速度で水平の方向に投げた物體は、飛行船の直下から何程隔つた地點に達するか。

(224) 一定の高さにある物體は、如何なる斜面に沿ふて落ちて、その地面に達するときの速さは皆等しい。何故か。

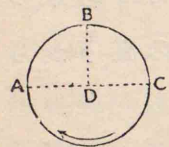
(225) 眞上に 34.3 秒米の初速度で投げ上げた物體が、そこから 49 米上方の點を通過する時刻は、投げ上げた時より幾秒の後か。

(226) 500米の高さにある飛行船から、水平の方向に100秒米の速度を以て投げた物体は、飛行船の直下より何程距つた地点に落ちる筈か。又地上に達するには幾秒間を要するか。

(227) 毎秒30米の速度で運動してをる10瓦の物体に作用する時、5秒間でそれを静止せしめ得る力の大きさを問ふ。

第四章 圓運動及び廻轉運動

(228) 絲の一端に石を附け、その他端を持つて鉛直面内で廻し、石が次の各位置に來た時その絲を放すと、石はどのやうな徑路をとつて地面に達するか。又その時速さが變化する模様をも研究し見よ。



(A) 絲が水平になつて石が將に上らうとする時。

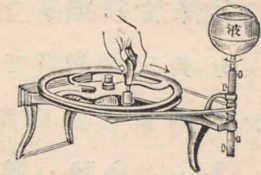
(B) 絲が鉛直になつて石が最高の位置をとる時。

(C) 絲が水平になつて石が將に下らうとするとき。

(229) 赤道では地球の半徑が6377浬ある。赤道上にある質量1瓦の物体は、地球自轉の爲に何程の求心力を必要とするか。

(230) 液を入れた右圖のやうな硝子容器を鉛直に

立て、廻轉させると、液は最も大きい半徑の部分に迄昇つてくる。何故か。



(231) 最大限2斤の張力に耐える長さ40厘の絲の一端に500瓦の物体を吊し、その他端を持つて振り廻すとき、その物体の速度が何程に達すると絲は切れるやうになるか。又その際の廻轉數は毎秒何回に相當するか。

(232) 地球の自轉に對して赤道では重力の $\frac{1}{298}$ に相當する求心力が必要である。地球の自轉の速度が現時の幾倍になると、赤道上の物体はその重さがなくなるか。

第五章 運動に對する抵抗

(233) 或る水平面上に重量12斤の物体がある。この物体には水平方向へP斤重の力が働いてをるが、摩擦の爲に静止してをる。このPの大きさが幾斤になると物体は滑り始めるか。但し摩擦係數は0.14であるとする。

(234) 砂塵は石の細片であるが、空中を浮遊して石塊のやうに急に落下することがない。何故か。

(235) 急速度で飛揚してをる飛行機の操縦者が、そ

の昇降舵を充分上方に引きあげてをると、自由に宙返りをすることができるといふ。如何なる理由によるか。

(236) 鳥賊の游泳が敏速な次第を、その體の構造から考究し見よ。

(237) 魚體の輪廓からその游泳に適する次第を説明せよ。

(238) 風の飛揚と風壓との關係をしらべ、これを飛行機の場合と比較せよ。

第六章 仕事及びエネルギー

(239) 一種のエネルギーが他の種類のエネルギーに變換する實例三つを挙げよ。

(240) V 秒糧の速度で運動してをる質量 m 瓦の物體が靜止する迄にする仕事の量を計算せよ。

(241) 水平面に對して30度の傾斜をしてをる長さ5米の斜面に沿ふて質量150瓦の物體を引き揚げた。その仕事は何程であるか。

(242) 三馬力のポンプで、海面から3米の高さの上甲板へ、2時間に何程の海水を汲み上げることができるか。

(243) 器械を用ひると、力を利すことがあつても、仕

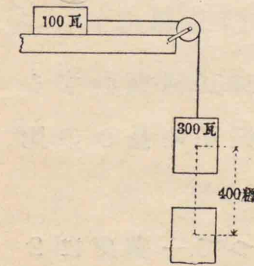
事を利すことができず、實際には却つて仕事の損失を免かれない。これを斜面の例について説明せよ。

(244) 高さが8米で、降下水量毎秒11立方メートルの瀧の工率は幾馬力か。

(245) 100瓦の鉛丸がある。障壁に衝突して發生する熱量の半を吸収するものとする、その溫度を30度上昇せしめる爲には、その鉛丸を幾秒米の速度で衝突させねばならぬか。

(246) 質量4000斤、速さ20時籽の電車が、ブレーキで止められる時には、幾カロリーの熱が發生するか。

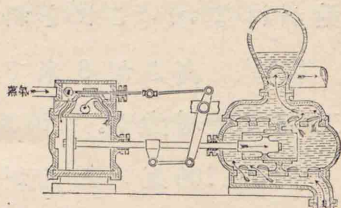
(247) 摩擦のある水平板上に置かれた質量100瓦の物體に糸を附け、猶糸の滑車を越えた他端に質量300瓦の物體を吊して糸を緊張した。今兩物體が靜止の状態から動き出し、300瓦の物體が400糧の高さを下つた時、その



速度が毎秒700糧になつたといふ。この運動中100瓦のものと板との間にできた熱量は何程であつたか。

(248) 石炭の燃燒熱で蒸氣機關を運轉する場合に、1斤につき7500斤カロリーなる發熱量の5%が有効に使用せられるものとする、10馬力の機關を一晝夜運轉するには、何程の石炭を要することになるか。

(249) 次圖は蒸氣ポンプの作用を示してをる。この活塞が反對の側に移る場合を圖で示せ。



(250) 内燃機關が他の熱機關に比べて特に優れてをる點を列舉し見よ。

第六編 振動波動

第一章 振動と波動

(251) 重力の加速度が 980 秒々糧の土地では、長さ 1 米の振子は何程の週期を示すか。

(252) 甲乙二つの振子があつて、甲が 10 回振動する間に乙が 13 回振動してをる。この二振子の長さの比を見出せ。

(253) 週期が 1 秒の振子時計があつて、一晝夜に 2 分だけ進むといふ。正しくする爲の補正法を問ふ。

(254) 長さ 20 糧の振子が 0.897 秒の週期で振動する地方の重力の加速度は何程か。

(255) 一つの振子の振動数が甲地では毎分 50 で、乙地では 51 である。一つのせんまい秤で或る物體の重量を計るに、甲地で 1 斤であれば乙地では幾斤となる

可きか。

(256) 同長同大の銅線と銀線とに同一の張力を加へると、その振動數の比はどうなるか。

(257) 太さの相等しい銀線と鐵線とがある。前者を 4 斤、後者を 36 斤の重さで緊張させ、その振動數を等しくしようとする。兩線の長さの比をどうすればよいか。

第二章 音 波

(258) 船とその前面の斷崖との距離を測る目的で鳴らした氣笛を反響として 5 秒後に聞いた。船と斷崖との距離は何程か。

その時の氣温を 20 度とし、次の二つの場合につき計算せよ。

(a) 船が静止してをる場合。

(b) 船がその斷崖に向つて毎秒 10 米の速さで近づいてをる場合。

(259) 音叉を鳴らして机上に立てると、強い音を聞くことが出来る。何故か。

(260) 毎秒 225 回振動する音叉は、20°C の空氣中に波長何程の音波をつくるか。

(261) 音叉に就いて次の理を問ふ。

- (a) 清亮な音を出す理由。
 (b) 臺に適當な大きさの箱を用ひてをる理由。
 (c) 臺上に立てる時は音が長く續かない理由。

(262) 波長 2 米の音波の振動数は毎秒何回で、その週期は何秒か。

(263) 一音叉を振動数 452 回の音叉と同時に鳴らして毎秒 3 回の唸りを聞き、振動数 461 回のものと同時に鳴らして毎秒 6 回の唸りを聞いたといふ。その音叉の振動数は何程か。

(264) 1 秒間に 600 回往復振動する物體が音源になつて起る音波の波長が 6 粉である場合の音の速さは毎秒幾米であるか。

(265) 鐵管の一端に耳をあてゝ、その他端を打つ音を聞いて居た人が、鐵管を傳つてきた音を、管内の空氣を傳つてきた音よりも 0.2 秒速く聞いた。鐵の中の音の速さを毎秒 5000 米とすると、その鐵管の長さは幾米ある筈か。

(266) 氣温が 20°C の時振動数が 680 の音叉を鳴ら



しながら、兩端の開いた管の一端に近づけてつよい共鳴音を聞き得たといふ。その管の長さを求

めよ。

(267) 氣温 20°C の時、振動数の不明な一音叉を鳴らして一端の閉じた圓筒の口に近づけ、筒の長さを伸ばしながら試みた實驗で、筒の長さが 34 種になつた時、初めて最もつよい共鳴音を聞いた。この音叉の振動数は何程か。

第三章 光 波

(268) 光波と音波とを比較してその異なる點を明かにせよ。

(269) 波長が 0.00076 米なる色光の振動数は何程か。

(270) 光波が横波であることは如何なる事實から立證し得られるか。

第四章 電 波

(271) 音波、光波、電波を比較せよ。

(272) 波長 400 米なる放送電波の振動数は何程か。

(273) 檢波器の主なるものを舉げてその作用を比較せよ。

(274) 無線電信と無線電話とについて、その異なる諸點を舉げてそれを比較せよ。

——(終)——

文 部 省 檢 定 濟

昭和六年九月二十二日 中學校理科科用

昭和六年七月五日 刷 昭和六年七月十日發行
昭和六年九月十七日訂正再版印刷 昭和六年九月二十日訂正再版發行

不 許 復 製



新制理科物理學教科書
二・三・四 學 年 用

定 價 金 壹 圓 參 拾 錢

廣島高等師範學校附屬中學校
著 者 理 科 研 究 會
代 表 者 河 野 通 匡
發 行 兼 鈴 木 政 雄
印 刷 者 東 京 市 神 田 區 神 保 町 一 丁 目 二 五 〇 一
發 行 者 鈴 木 常 松
大 阪 市 東 區 博 勞 町 五 丁 目 五 十 六 番 地

發 行 所 東 京 市 神 田 區 神 保 町 一 丁 目 二 五 〇 一 東 京 修 文 館
振 替 日 座 東 京 二 六 四 四 番
發 行 所 大 阪 市 東 區 博 勞 町 五 丁 目 五 十 六 大 阪 修 文 館
振 替 日 座 大 阪 四 七 一 番

—(交進社印刷所)—



橫濱利年
高橋

