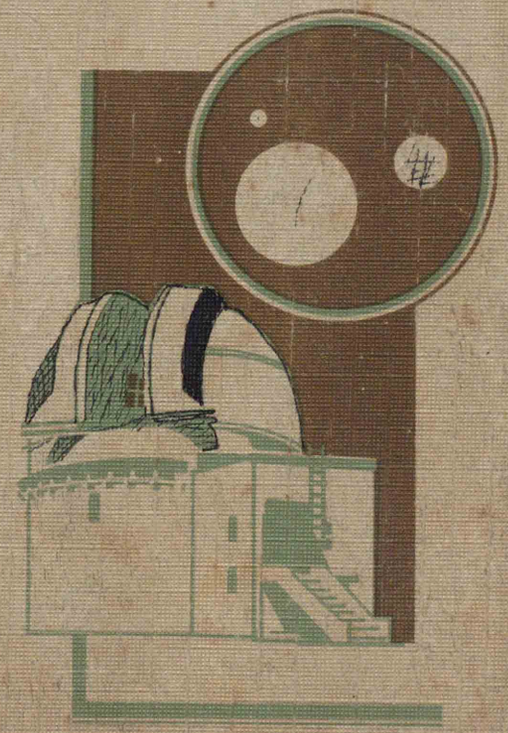
40298
教科書文庫
4
421
44-1933
20000
80481

文部省檢定濟

新撰物理學

理學博士
太田代唯六著



株式會社
帝國書院

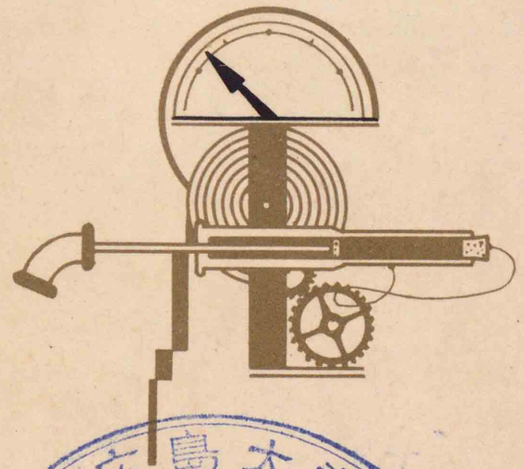
4C
420
BB8

資料室

文部省檢定濟
昭和八年六月十五日實業學校物理及化學科

新撰物理學

桐生高等工業學校教授
理學博士 太田代唯六 著



広島大学
教
80481
図書

株式會社
帝國書院

はしがき

1. 本書は,改正中學校物理教授要目を參考して,編纂してある。
2. 本文は,骨子の記述を主眼としてあるが,符牒の如き文章を,極力避けてある。

昭和七年十一月

著者識

目　次

第一篇　物　性

第一章　重量と質量

第二章　回體の彈性

第三章　液體の壓力と表面張力

第四章　氣體の壓力

第二篇 熱

第一章 溫度と熱量

第二章 膨 脹

第三章 熱の移動

第四章 狀態の變化

第五章 大氣の濕度

第三篇 光

第一章 光線と光量

第二章 反射と鏡

第三章 屈折とレンズ

第四章 分散とプリズム

第四篇 磁氣・電氣

第一章 磁 氣

第二章 電 氣

第三章 電流の化學作用とオームの法則

第四章 電流の熱作用

第五章 電流の磁氣作用

第六章 感應電流

第七章 稀薄瓦斯中の放電

第八章 放射能

第五篇　力・運動

第一章　力の釣合

第二章　運動の法則

第三章　落體と拋體

第四章　圓運動と廻轉運動

第五章　流體の運動

第六章　仕事

第七章　エネルギー

第八章　振動

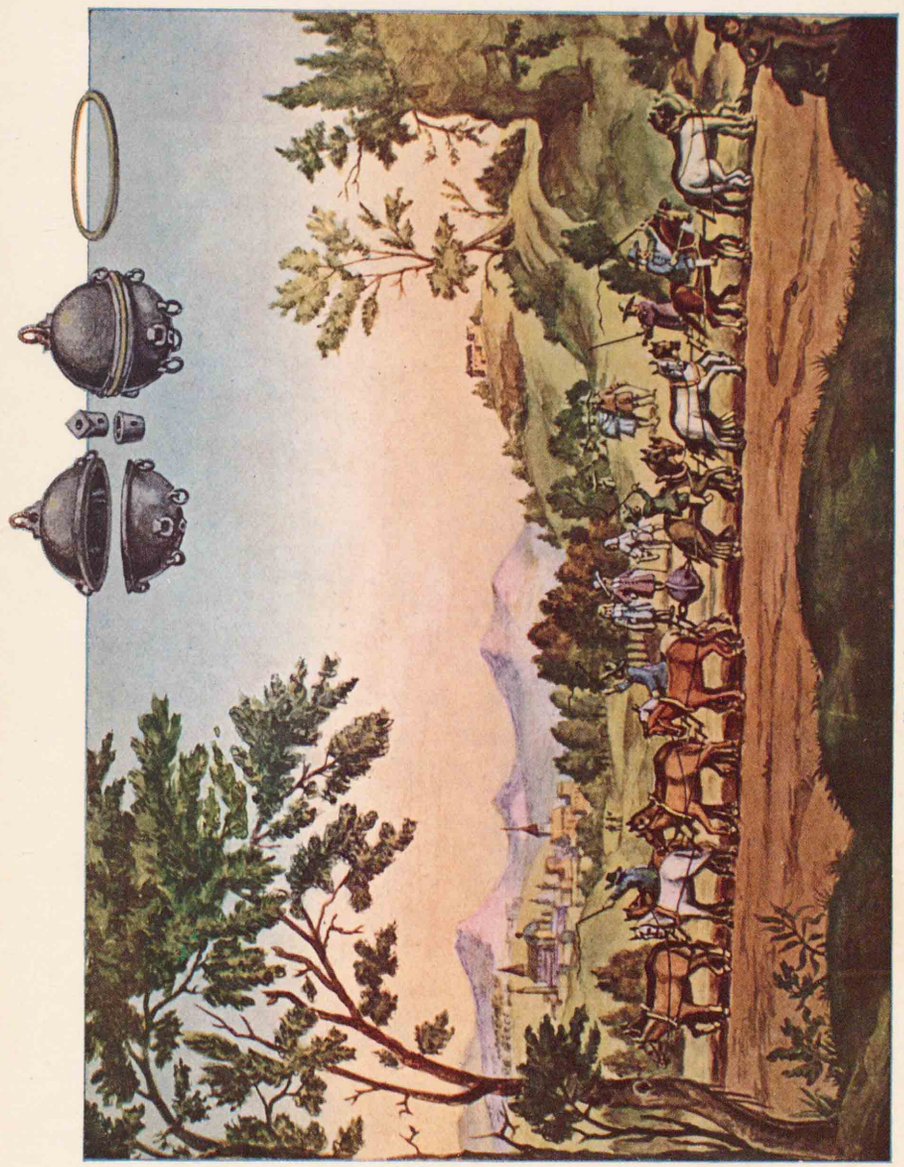
第九章　波動

第六篇 音波·電波·光波

第一章 音 波

第二章 電 波

第三章 光 波



マグデブルグの半球の實驗

ゲーリッケ (1602—1686)
Otto von Guericke (獨逸人)
空氣ポンプ發明(1650),
マグデブルグ半球の實驗(1654)

アルキメデス (287(?)—212B.C.)
Archimedes (希臘人)
アルキメデス原理發見 (250B.C.頃)

パスカル (1623—1662)
Blaise Pascal (佛蘭西人)
パスカルの原理發見(1639)

ガリレイ (1564—1642)
Galileo Galilei (伊太利人)
振子の等時性發見(1583),
落體の法則發見(1589—1591),
オペラ用雙眼鏡發明(1609)

ヴォルタ (1745—1827)
Alessandro Volta (伊太利人)
電氣盆發明(1775)
ヴォルタの電池發明(1800)

フランクリン (1706—1790)
Benjamin Franklin (米國人)
雷の本性發見(1752)

オーム (1789—1854)
Georg Simon Ohm (獨逸人)
オームの法則發見(1826)

ワット (1736—1819)
James Watt (英國人)
蒸汽機關の完成者

レンチェン(レントゲン) (1845—1923)
Wilhelm Konrad Röntgen (獨逸人)
X線發見 (1895)

マクスウェル (1831—1879)
James Clerk Maxwell (英國人)
光の電磁說唱道(1864)

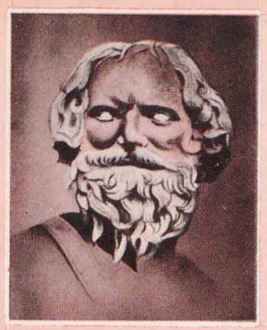
クルックス (1832—1919)
William Crookes (英國人)
陰極線の實驗(1879—1885)

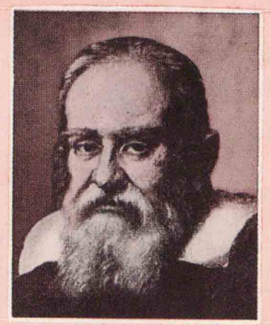
ケルヴィン (1824—1907)
Lord Kelvin (William Thomson) (英國人)
放電の特性の公式發見(1853)

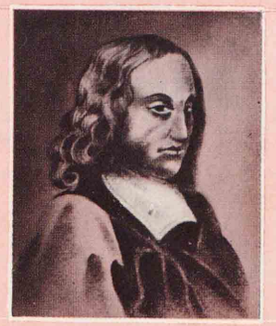
キュリー (1867——)
Madame Curie (佛蘭西人)
ラヂウム及びその放射能發見(1898)

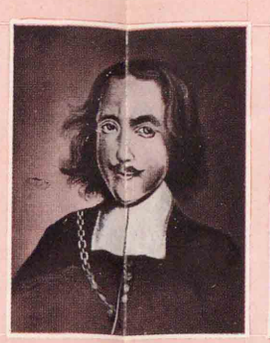
ブラッグ (1862——)
William Henry Bragg (英國人)
X線による結晶體構造研究

ヘルツ (1857—1894)
Heinrich Rudolf Hertz (獨逸人)
光電効果發見(1887),
電磁波の實驗的證明(1888)


アルキメデス

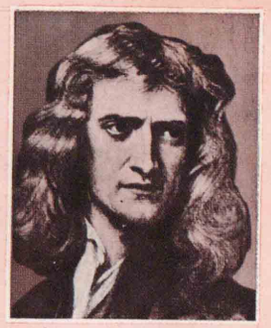

ガリレイ


ゲーリッケ

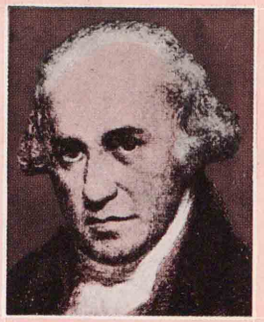

パスカル


ボイル


ホイヘンス

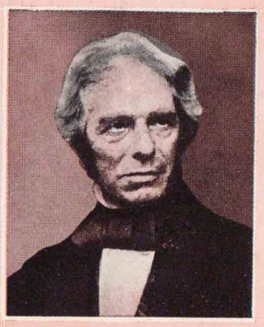

ニュートン


フランクリン

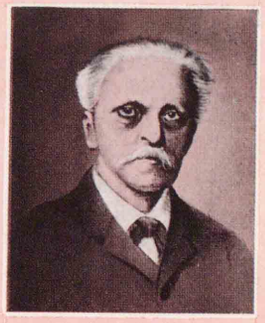

ワット

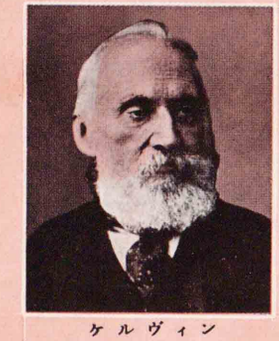

ヴォルタ

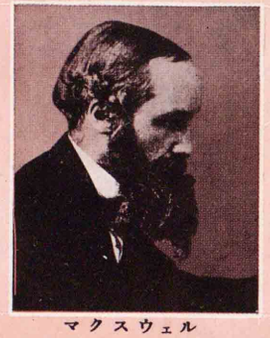

オーム

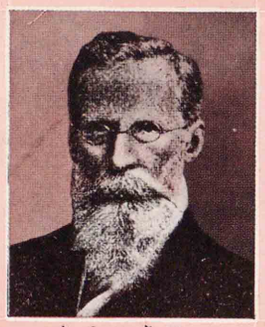

ファラデー


ジュール


ヘルムホルツ

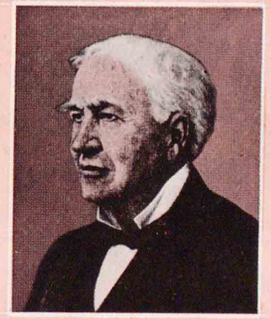

ケルヴィン


マクスウェル


クルックス

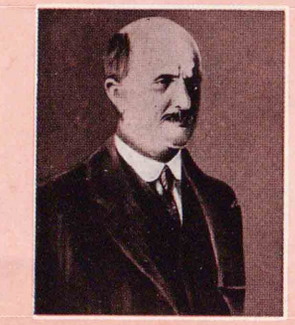

レンチェン

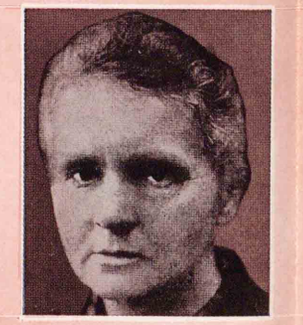

ベル

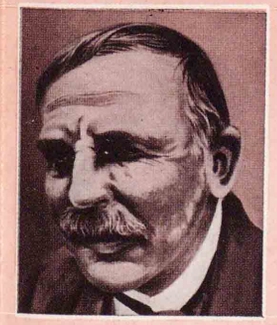

エヂソン


ベクレル


ヘルツ


ブラッグ


キュリー


ラザフォード


マルコニ


フウム

ボ　イ　ル (1627—1691)
Robert Boyle (英國人)
ボイルの法則發見(1662)

ヘルムホルツ (1821—1894)
Hermann von Helmholtz (獨逸人)
エネルギー不滅(保存)の法則發見(1847)

ジュール (1818—1889)
James Prescott Joule (英國人)
ジュールの法則發見(1841),
熱の仕事當量測定(1843)

ベクレル (1852—1909)
Henry Becquerel (佛蘭西人)
ウラニウムの放射能發見(1896)

マルコニ (1874——)
Guglielmo Marconi (伊太利人)
無線電信發明(1897)

ラザフォード (1871——)
Ernest Rutherford (英國人)
α線は帶電ヘリウム原子なることの實驗的證明(1909),
原子模型發見(1911),
窒素原子にα線を衝突させて水素を得(1919)

ニュートン (1642—1727)
Isaac Newton (英國人)
光の分散發見(1666),
プリンシピア出版(1687)

ホイヘンス(ハイゲンス) (1629—1695)
Christian Huygens (和蘭人)
振子時計發明(1657),
光の波動說唱道(1678)

ファラデー (1791—1867)
Michael Faraday (英國人)
電磁感應發見(1831),
電解のファラデーの法則發見(1833)

エヂソン (1847—1931)
Thomas Alva Edison (米國人)
蓄音機發明(1878),
白熱燈發明(1879),
活動寫眞發明(1893)

ベル (1847—1922)
Alexander Graham Bell (米國人)
電話發明(1876)

ラウエ (1879——)
Max von Laue (獨逸人)
結晶體によるX線の干渉發見(1912)

第一篇　物　性

第一章　重量と質量

1. 物質の三態　物體の實質を物質といふ。木の如く定つた形狀と,體積とをもつ狀態の物質を,**固體**といひ,水の如く形狀は容器によつて變り,不定であるが,體積の定つた有樣の物質を,**液體**といひ,空氣の如く形狀も體積も,器物によつて變り,その內部に充滿する狀態の物質を,**氣體**といふ。液體と氣體とを,**流體**といふ。

2. 力　押すか引くかして,物體の靜止·運動の狀態を變へる働き,卽ち作用を,**力**といふ。力には方向がある。それは,引く方向,或は押す方向である。又力には强さがある。之を,**力の大きさ**ともいふ。引きよせる力を,**引力**,押しやる力を,**斥力**といふ。物質は**分子**といふ微粒よりなり,分子間に

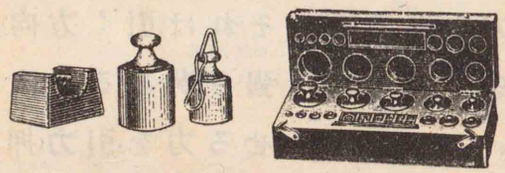
は引力がある。之を,**分子力**(**分子引力**)といふ。同種の分子間の引力を,**凝集力**,異種の分子間の引力を,**附着力**といふ。水の各部分が離散しないのは,凝集力により,水が木を濡すのは,附着力による。

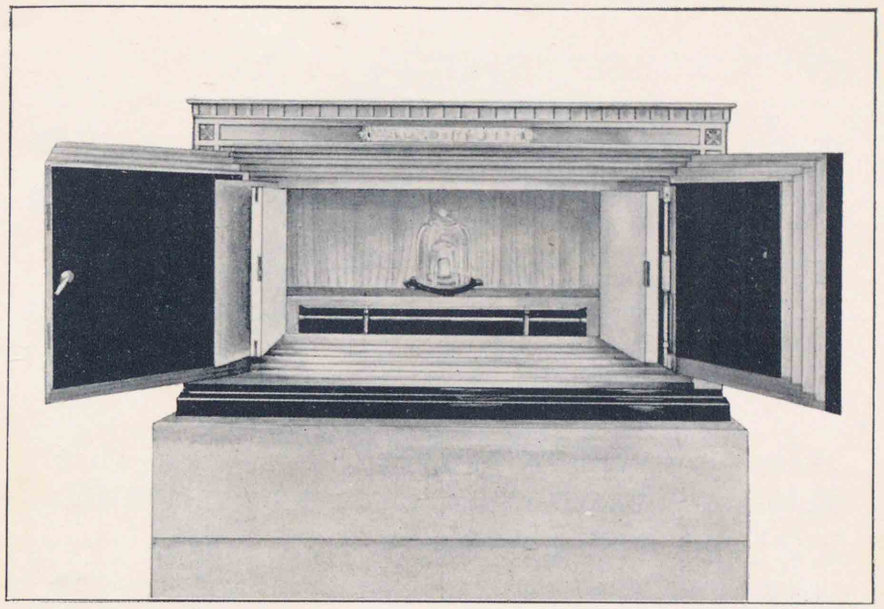
3. 重量 手にもつ物體を,自然に放すと落下する。即ち,靜止から運動に變るから,物體には,力が働いてゐる。之は,地球が,物體に作用する引力である。之を,**重力**といふ。重力の方向は,物體を自然に落下せしめた時の方向である。重力の大きさを,**重さ**又は**重量**といふ。

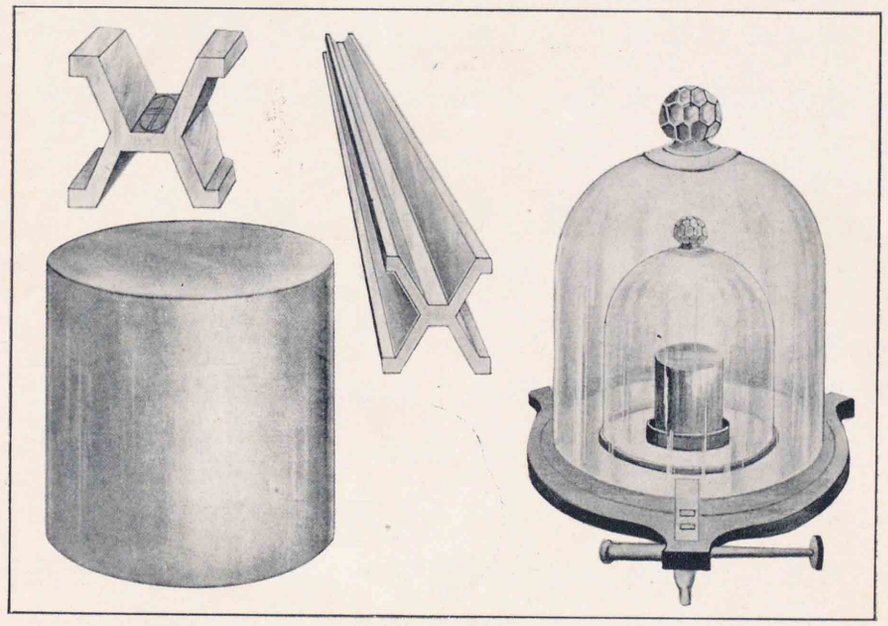

重力の方向

4. 質量 色々の物體には,輕重があるから,それ等を構成する物質には,多寡がある。物質の有り高を,**質量**といふ。同じ場所では,物體の重さは,その質量に正比例する。このことを利用すれば,物體の質量が測れる。

5. 質量の單位 瓩原器は,金屬の圓筒であつて,その質量を質量の單位とし,之に,**瓩**といふ名を付けてある。1


分銅の種類と天秤用分銅容器





瓩原器と米原器 上圖 わが國の原器保管庫(商工省內) 下圖右は瓩原器,左下は瓩原器の實物大,中央上は米原器の全形,左上は米原器その端にある標線。わが國の瓩原器(No.6,略白金9,イリヂウム1の合金)は1885年の製作にかゝり,その質量は1瓩+0.169瓩で,高さも直徑も約39糎である。わが國の米原器(No.22,略白金9,イリヂウム1の合金)も,1885年の製作にかゝり,その攝氏零度のときの長さは $(1-1.3\times10^{-6})$ 米で,線膨脹係數は約 8.7×10^{-6} である。

わが國の米原器(No.22)は1885年の製作にかゝり,略白金9.イリヂウム1の合金より成り,その攝氏零度のときの長さは(1—1.3×10⁻⁶)米で，線膨脹係數は約8.7×10⁻⁶である。

わが國の瓩原器(No.6)も1885年の製作にかゝり,略白金9.イリヂウム1の合金より成り，その質量は1瓩+0.169瓩で,高さも直徑も約39糎である。

瓩の $\frac{1}{1000}$ の質量の單位を,**瓦**といひ,1瓦の $\frac{1}{1000}$ の質量の單位を,**瓱**といふ。

6. 力の重力單位 單位質量の物體に作用する重力を,力の單位とし,之を**力の重力單位**といふ。1瓦の物體に作用する重力は,一つの重力單位である。この力を,**1瓦重量の力(1瓦の力)**と呼ぶ。

7. C.G.S.制單位 長さの單位に糎,質量の單位に瓦,時間の單位に秒を採用する單位の組合せを,**C.G.S.制**といふ。平方糎と立方糎とは,孰れもC.G.S.制基本單位の一つ,卽ち長さの單位から,誘導された面積と體積との,C.G.S.制誘導單位である。

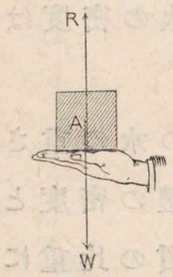
8. 密度·比重 物體の單位體積の中の質量を,その物質の**密度**といふ。攝氏4度の水の密度は,毎立方糎1瓦である。

物體の重さと,同體積中の攝氏4度の水の重さとの比を,その物質の**比重**といふ。物體の密度と,攝氏4度の水の密度との比は,その物質の比重になる。又,C.G.S.制單位を使へば,比重は密度を表す數と一致する。溫度に關係なく水の比重を1,水銀のを13.6と看做してよいことがある。

9. 二力の釣合 物體に二力が働いてゐても,運動・靜止の有樣の變らぬ場合に,「物體が釣合つてゐる」とか,或はそれに作用してゐる「二力が釣合つてゐる」といふ。

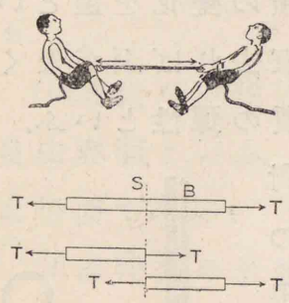
比重			
イリヂウム	22.41	亞鉛	7.1
白金イリヂウム (白金9.イリヂウム1)	21.62	硝子 (クラウン)	2.5
白金	21.50	エボナイト	1.8
金	19.32	氷(攝氏0度)	0.916
鉛	11.37	松	0.6
銀	10.5	杉	0.53
銅	8.93	竹	0.4
ニッケル	8.9	コルク	0.24
眞鍮 (銅66亞鉛34)	8.5	牛乳	1.03
鐵	7.86	海水	1.03
錫	7.29	石油	0.70

二力が釣合ふ爲には,二力の大きさが相等しく,方向が正反對でなければならぬ。



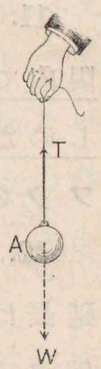
手上の物體に働く二力

次の如き實例は,物體が二力に働かれて釣合ひ,靜止してゐる場合である。(1)物體Aを手の上にのせると,Aに働く重力Wと,Aを支へる手の力Rとが釣合ふ。Wは,物體が手に及す**作用**とも見られる。そう見たときのRを,手が物體に及す**反作用**といふ。又,物體Aからいへば,重力Wも反作用Rも共に,外から働く力である。之を**外力**といふ。若し又,Aと手とを引きくるめて一物體と見れば,WとRとは,一物體中の異つた部分が,互に押し合ふ力となる。かやうに,接觸面を境にして,押し合ふ一對の力を,**壓力**といふ。



綱引の綱の兩端に働く二力

その內どちらかの力が,單位面積に作用する力を,**壓力の强さ**といひ,全面積に作用する力を,**全壓力**といふ。(2)棒Bの兩端を,引張る力Tが釣合ひ,靜止してゐる場合に,棒を,どこかの點Sで二つに仕切つて見ると,どちらの部分も,その兩端は,同じ力で引張られてゐる。かやうに,物體の一部と他の部分とが,接觸面を境にして,引張り合ふ一對の力を,**張力**といふ。張力も壓力も,一對の力の內,どちらかを指すことがある。(3)糸で錘を吊下げた裝置を,**さげふり**といふ。これが靜止してゐるときは,錘に作用する重力Wと,糸の張力Tとが釣合つてゐる。重力の方向と一致する上下の方向を,**鉛直**といひ,それに直角な方向を,**水平**といふ。鉛直に平行な



「さげふり」に加る二力

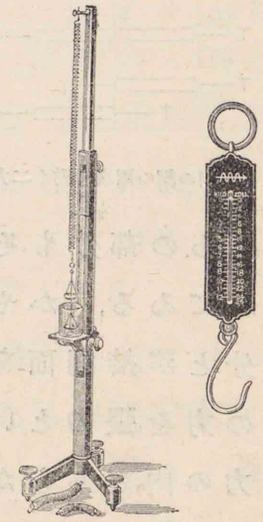
平面を,**鉛直面**といひ,直角な平面を,**水平面**といふ。「さげふり」を使へば,鉛直がきまる。

第二章　固體の彈性

10. 彈力　物體の形狀や,體積の變化を歪(ヒズミ)といふ。力を作用すれば歪み,力を取去れば歪がなくなる如き物體の性質を,その物質の**彈性**といふ。之は,彈性體の內部に,外力と反對な力が生ずることを示す。この力を**彈力**といふ。彈性には際限がある。

11. フックの法則　彈性の際限內では,物體の歪は,それを生ぜしめた外力に正比例する。之を**フックの法則**といふ。

12. ぜんまい秤　「ぜんまい」の延長は,之を生ぜしめた力に正比例する。**ぜんまい秤**は,「ぜんまい」の延長を知つて,それを生ぜしめた力や,重さを測る裝置である。

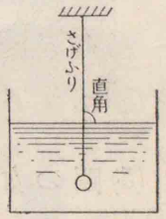


フックの法則を利用した「ぜんまい」秤二種

第三章　液體の壓力と表面張力

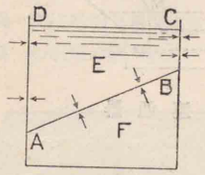
13. 靜止せる液體の壓力　重力に作用されて,靜止してゐる液體に付いては,つぎのことがいへる。

(1) 液體が器物に接觸しない表面を,**自由表面**といふ。液體の自由表面は水平面である。



水平なる液體の表面

(2) 器物內の液體を,平面ABで二つの部分,EとFとに仕切つたと想像すれば,Eは,器物の側面AD,BCと,切口ABとで支へられてゐる。液體は靜止してゐるから,液が各面に沿ふてずれない爲に,面に沿ふての反作用と,その作用とは各面に垂直になり,壓力を構成する。之を,**液體の壓力**といふ。

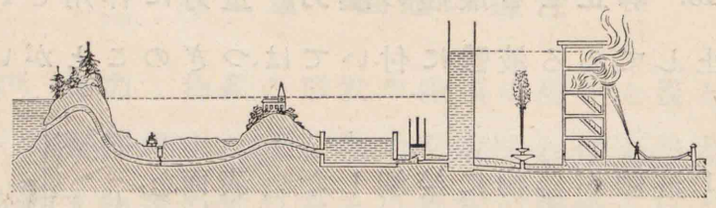


液體の壓力の說明

(3) 液體內の一點に於ける壓力の强さは,どの方向の面についても同じである。

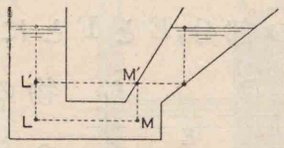
(4) 液體の表面が,外から壓力を受けてゐないときは,液體內の一點に於ける壓力の强さは,その點

の深さを高さとし,單位面積を底面とする液柱の重さに等しい。卽ち,同じ水平面上では,どの點の壓力の强さも同じである。



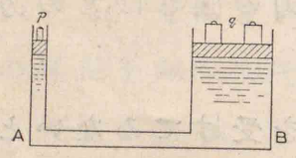
上水道の理

(5)圖の如く任意の形の,大小幾つかの器物なり管なりを連絡した裝置を,**連通器**といふ。之に,同じ液を入れた場合には,どの器物の自由表面も,凡て同じ水平面上にある。上水道による給水,貯水タンクからの給水,噴水などは,連通器の理で說明できる。



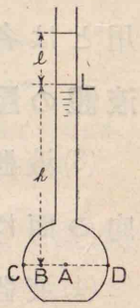
連通器

14. パスカルの原理 密閉せる液體の,孰れかの部分に加へた壓力は,その强さを變へることなく,液體の各部に傳る。之を**パスカルの原理**といふ。

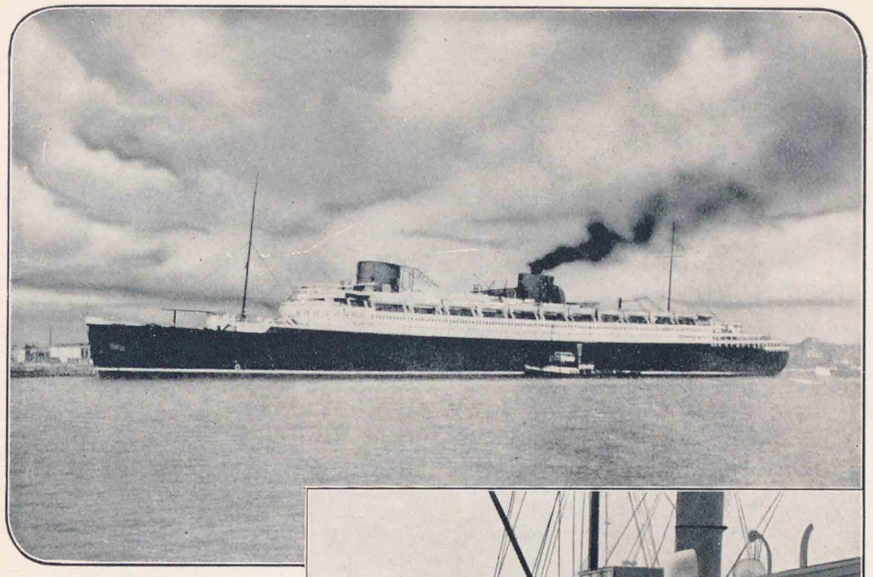


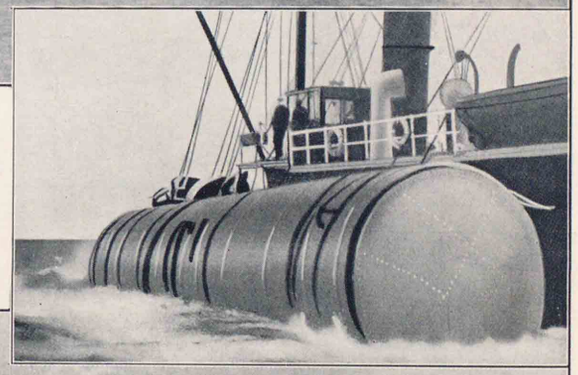
水壓機の理

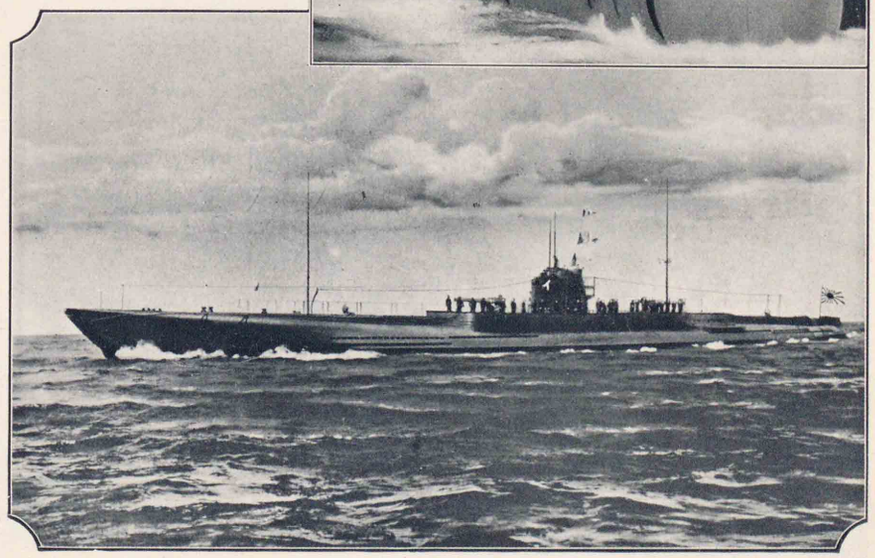
ピストンを有する圓筒AとBとを,圖の如く連結し,內部



パスカルの原理



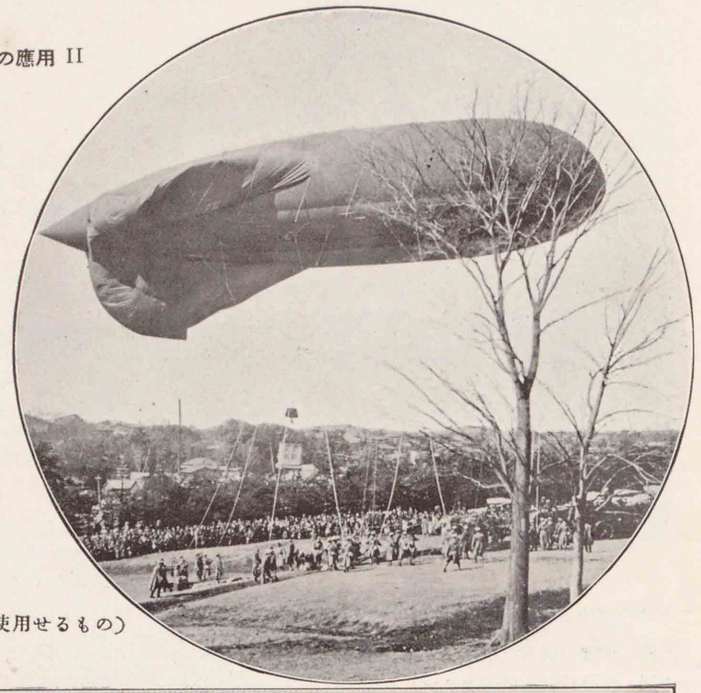




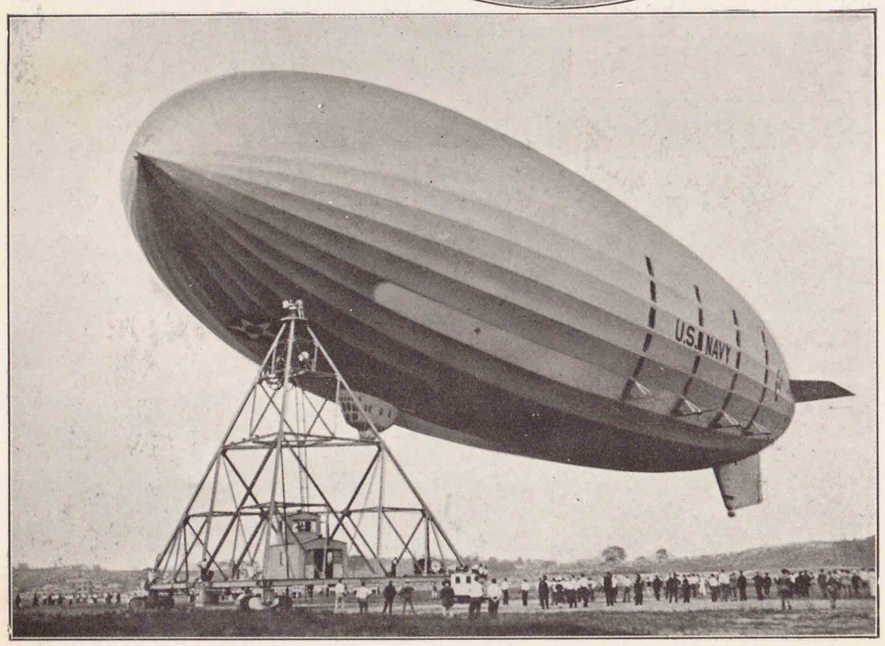
アルキメデスの原理の應用 I

上圖 獨逸の優秀汽船
中圖 沈沒船引上用潛水タンク
下圖 わが國の潛水艦

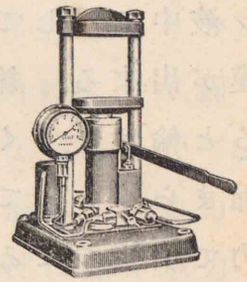
アルキメデスの原理の應用 II



上圖　氣球(わが陸軍で使用せるもの)
下圖　飛行船（米國）

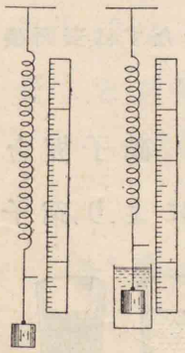


に液體を充し,Aの液面を全壓力pで,Bのをqで押したときに,兩液面は,同一水平面上で靜止したとし,A,B の切口の面積を,それぞれa,bとすると,Aの液面の壓力$\frac{p}{a}$は,Bの液面に傳り,其處のピストンを$\frac{p}{a}b$で押上げて,qと釣合ふ。**水壓機**は,この理を利用した機械であつて,小さな力を大きな力に換へ,紙や綿等を壓縮し,種子から油を搾取する。



水壓機

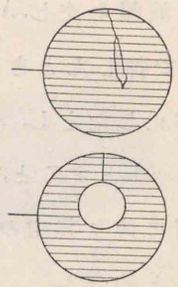
15. アルキメデスの原理　液體内では物體の重さは,それが排除した液體の重さだけ減る。之を**アルキメデスの原理**といふ。即ち,液體内の物體は,それに働く重力と,反對な力を受ける。之を**浮力**といふ。浮力の大きさは,物體が排除した液體の重さに等しい。若しも物體の重さが,浮力の大きさよりも小さければ,物體は液面に浮上る。この狀態にある物體を,**浮體**といふ。浮體の全重量は,それによつて排除されてゐる液體の重量と,相等しい。艦船が浮ぶのは,この理による。



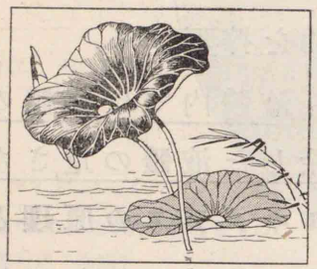
「ぜんまい」秤によるアルキメデスの原理の實驗

16. 表面張力　針金の枠に絲の輪を結び,シャボ

ン液中に浸して引上げると,シャボン膜が出來る。絲の輪の中の膜を破ると,輪はまるくなる。之は,液膜が縮まらうとして,輪のどこをも,同じ力で引張つてゐることを示す。かやうに,液體の表面には,恰もゴム膜の如き張力が働いて,液面は常に收縮しようとしてゐる。この張力を,**表面張力**といふ。



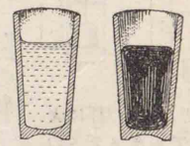
液體の表面張力



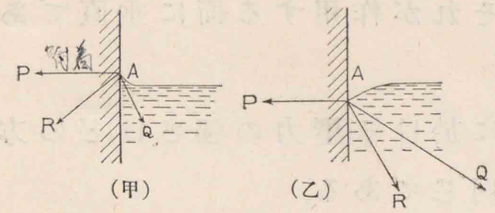
球狀をなす露

露・水銀粒の自ら球形をなすは,表面張力による現象である。

17. 毛管現象 硝子板を水中に立てると,附着力・凝集力の關係により,硝子と接觸する液面は,甲圖の如く上に曲り,水銀中に立てると,乙圖の如く下に曲る。液面は,それに働く力と直角になるから,接觸部に於ける液粒Aに働く附着力Pと,凝集力Qとに置換へられる一つの力Rは,接觸部に於ける液面に垂直になつてゐる。水の場合では,Rは硝子の方へ,水銀の場合では,水銀の方へ向ふ。それ故,板の代りに,細い硝子管を水中に立てると,管內の水面は,



水と水銀との表面が器に接する部分の相違



水と水銀との毛管現象の說明

上に凹となり,表面張力によつて扁平にならうとして,表面張力による力と,液柱に働く重力とが釣合ふまで,管內を上昇する。一般に,液中に管を立てると,管が濡れる場合では,液は管內を昇り,濡れない場合では降り,この上昇・下降は管の半徑に反比例する。かやうに,細管や細隙內に,液が上昇し或は下降し,又固體の接觸部で,液面が彎曲することを,**毛管現象**といふ。

第四章 氣體の壓力

18. 靜止せる氣體の壓力 氣體は器物一杯に擴る。これは,分子が自由に動いてゐるためである。氣體分子が器壁と衝突すると,其處に壓力が生ずる。又,氣體內部で分子間の衝突によつて,生ずる壓力は,氣體內部の壓力である。之等の壓力を,**氣體の壓力**といふ。

靜止してゐる氣體については,次のことがいへる。

(1) 氣體の壓力は,それが作用する面に垂直である。

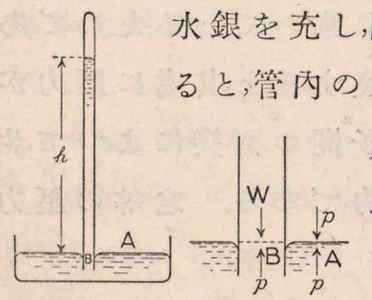
(2) 氣體內の一點に於ける壓力の强さは,どの方向の面についても同じである。

(3) アルキメデスの原理に從つて,氣體中の物體の重さは減る。

(4) 重力の作用による氣體の壓力の强さは,深さと密度との相乘積に正比例する。

19. ボイルの法則 溫度一定のもとでは,一定の質量の氣體の體積は,その壓力に反比例する。之を**ボイルの法則**といふ。從つて又,氣體の密度は,その壓力に正比例する。

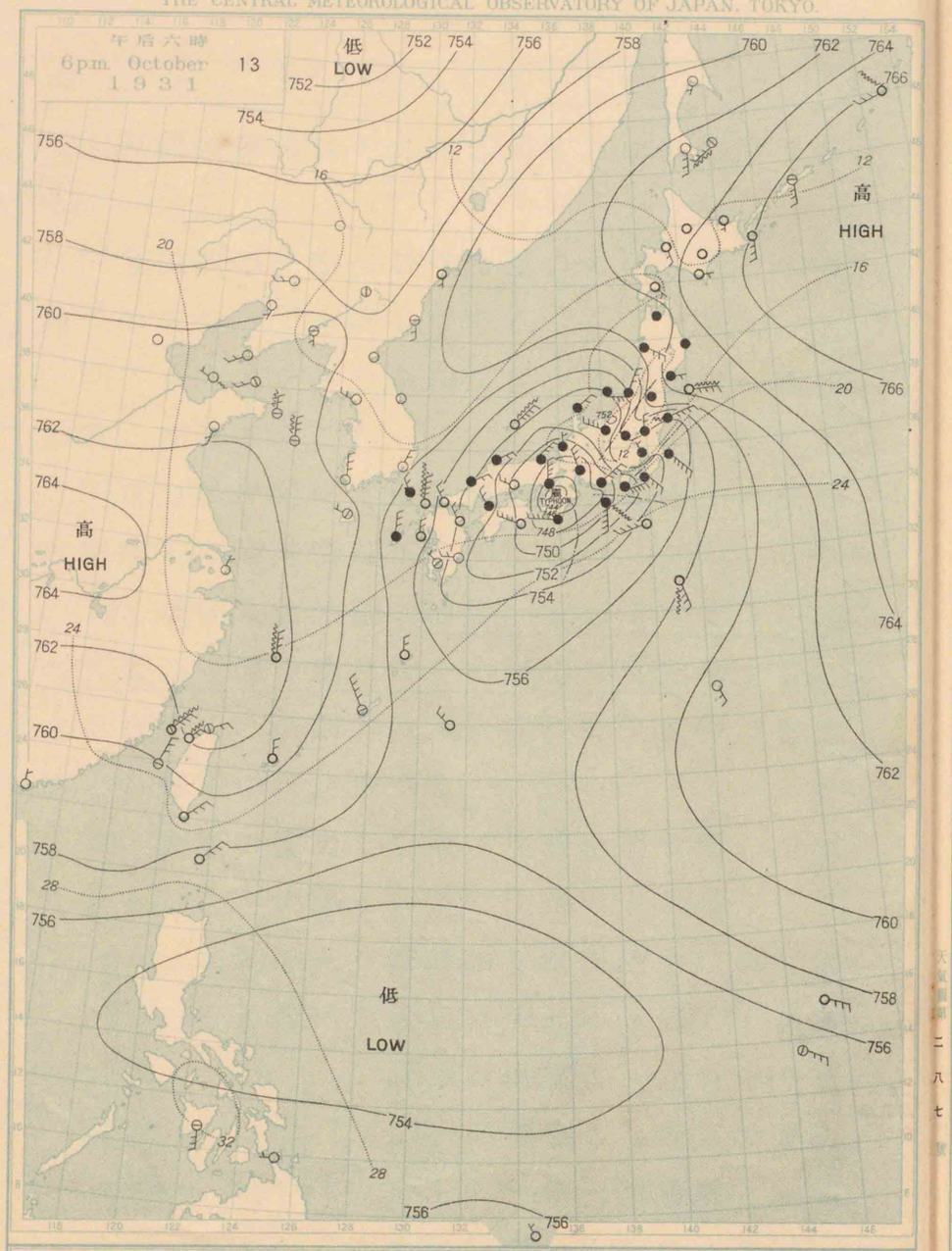
20. 大氣の壓力 空氣は地球を取り圍む氣體である。之を**大氣**といふ。1米ほどの硝子管に水銀を充し,圖の如く水銀槽中に倒立すると,管內の水銀は少しく下降し,上部に眞空が出來る。之を**トリチェリーの眞空**といひ,この實驗を**トリチェリーの實驗**といふ。



トリチェリーの實驗

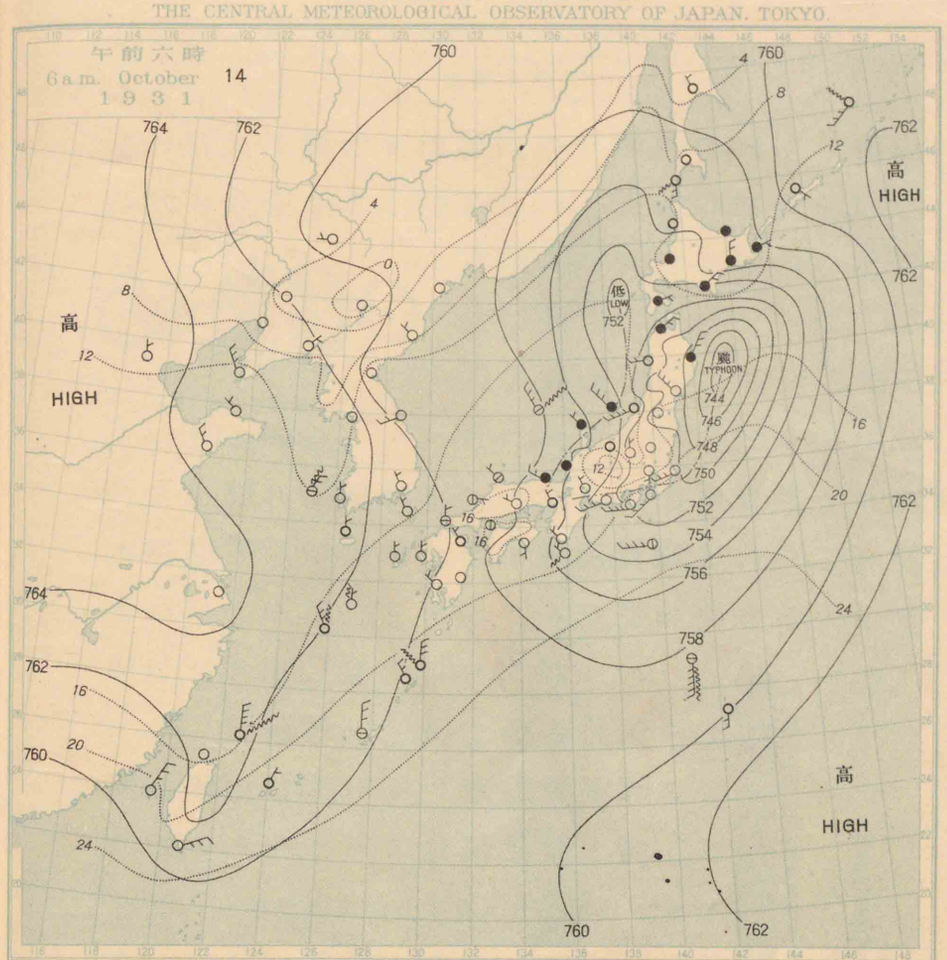
水銀槽の水銀面は,水平面である。この水平面上で,管外の一點Aに於ける大

天氣圖
WEATHER CHART.
THE CENTRAL METEOROLOGICAL OBSERVATORY OF JAPAN. TOKYO.



等壓線 Isobaric line
等溫線 Isothermal line
不連續線 Line of Discontinuity
快晴 Clear
晴 Fair
曇 Cloudy
雨 Rain
雪 Snow
霧 Fog
雷雨 Thunder-storm
濃煙霧 Thick haze
軟風 Light Wind 2-4 m/s
和風 Moderate Wind 4-6
疾風 Strong Wind 6-10
強風 Gale 10-15
烈風 Strong Gale 15-20 m/s
20-25
25-29
颱風 Hurricane 29-35 m/s
35-40
40 <
波模樣 Sea Disturbance, 無記號ハ海面平滑 Absence of symbol means dead calm; 海面理カリ Smooth, ∿∿ ウネリアリ Swell, ∿∿ 波シアリ Slight, ∿∿ 波可ナリアリ Moderate; ∿∿ 重積高ノ Rough, ∿∿ 波甚高ノ Very high, ∿∿ 怒濤 Phenomenal. 矢羽ハウネリ又ハ波ノ來ル方向 Direction shows whence swell or roller comes.

天氣圖
WEATHER CHART.
THE CENTRAL METEOROLOGICAL OBSERVATORY OF JAPAN. TOKYO.



午前六時天氣概況

颱風ハ昨夜十時頃カラ分裂シテ内陸ヲ通過シマシタガ今朝六時ニハ陸中宮古ノ海上デ七四四粍位ニ發マリマシタ。モハヤ昨日ノ様ナ強サハナイラシク、宮古以北、北海道各地ニ普通ノ雨ヲ降ラセテ居ル丈デス。仙臺カラ南ハ總テ晴天ニナリマシタガ、日本海沿岸、宮津カラ佐渡迄ノ間ニ不連續線ニ依ル雨ガアリマス。溫度ハズット昇リ、平年ヨリモ二度カラ五度位モ高メニナリマシタ。

高氣壓ハ中華民國中部ニアリ七六五粍デ幾分昇リ氣味デス。

全國豫報

第一區	北乃至東ノ風		曇
第二區	北乃至西ノ風		晴
第三區	仝	仝	仝
第四區	仝	仝	仝
第五區	仝	仝	仝
第六區	仝	仝	曇
第七區	仝	仝	晴
第八區	仝	仝	仝
第九區	仝	仝	曇

氣象區域圖

東京豫報

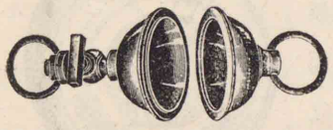
今晩ハ 初メ南寄リノ風一時曇リ氣味後北寄リノ風天氣良シ。

明日ハ 西寄リノ風デ天氣良シ。

暴風警報

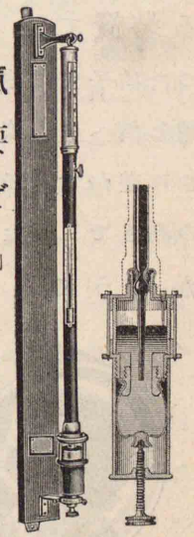
第四、五、六區、暴風雨ノ虞アリ、十三日午後二時二十分警戒ス。
第二、三、四區、十三日午後八時十分警戒ヲ解ク。
第七區、暴風雨ノ虞アリ、十三日午後八時十分警戒ス。
東京地方暴風雨ノ虞アリ、十三日午後八時二十分警戒ス。
東京地方、十四日午前五時五十分警戒ヲ解ク。
第五區、十四日午前五時五十分警戒ヲ解ク。
第六、七區、十四日午前八時十分警戒ヲ解ク。

氣の壓力の強さpは,管内の一點Bに於ける水銀の壓力の強さwと相等しい。水銀の密度を,毎立方糎13.6瓦とし,管内の水銀柱の高さがh糎ならば,wは,毎平方糎$13.6h$瓦重量となる。故に,大氣の壓力は,水銀柱の高さを測れば知れる。大氣の壓力を,**氣壓**といふ。水銀柱76糎の氣壓を,**標準氣壓**(**氣壓**)といひ,之を壓力の一つの單位とする。1氣壓の強さは,1平方糎につき略,1瓩の重さに等しい。



大氣の壓力實驗用マグデブルグ半球(口繪參照)

21. 氣壓計 氣壓を測る裝置を,**氣壓計**(**晴雨計**)といふ。**水銀氣壓計**の要部は,トリチェリーの實驗裝置と同じである。水銀槽の底部は革袋になつてゐて,「ねぢ」で支へてある。先づ「ねぢ」を廻して水銀面を,槽に固定してある象牙の針の先に,觸れさせる。針の先から度盛つた物差が,管に沿ふて取付けてあるから,管内の水銀面と一致するその物差の度盛を讀めば,それは水銀柱の高さになる。

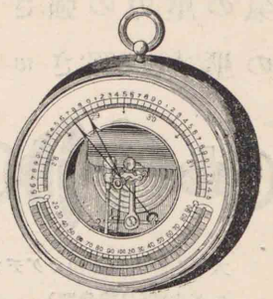


(甲) (乙)

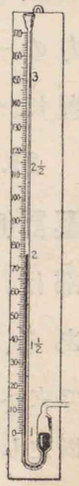
水銀氣壓計と(甲)水銀槽部の斷面(乙)

各地の氣壓の配置は,その日その日の**天氣圖**を見れば分る。之は,所々に散在する測候所の報告に基き,中央氣象臺で作つてゐる。

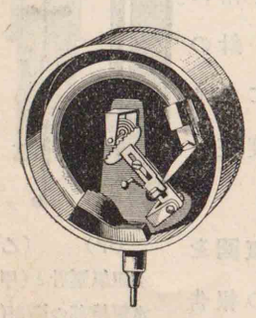
アネロイド氣壓計も,一つの氣壓計である。アネロイドは乾燥の意味である。之は,密閉した扁平な丸い金屬の箱で,中の空氣がぬいてある。箱の表面は,皺をつけた薄い金屬板になつてゐて,氣壓の增減に伴つて,板は凹んだり,出張つたりする。この運動は,挺子仕掛けで擴大されて,指針の廻轉運動に變る。指針の示す目盛板の度盛は,その時の氣壓である。


アネロイド氣壓計

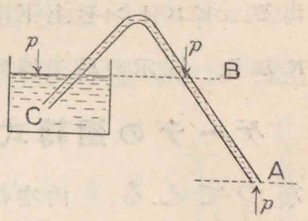
22. 壓力計 **壓力計**は,流體の壓力を測る裝置である。兩端が開いてゐて,圖の如く曲つた硝子管に,密度が每立方糎 d 瓦の液體を入れ,管の一端を,例へば石炭瓦斯の出口につなぐと,兩腕の液面の高さに差ができる。之が h' 糎であり,大氣の壓力は水銀柱の高さで h 糎ならば,瓦斯の壓力は $\boxed{h+\frac{dh'}{13.6}}$ 糎になる。

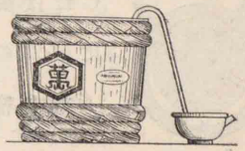

開壓力計

かやうにして壓力の測れる管を,**開壓力計**といふ。強い壓力を測るには,**ブルドンの壓力計**を用ひる。之は,丸く曲げた扁平な金屬管で,一端は閉ぢてゐる。他端から流體が入り込み,その壓力によつて,管は體積を增さうとして動く。この運動は指針に傳り,指針は,そのときの壓力を示す。


ブルドン壓力計

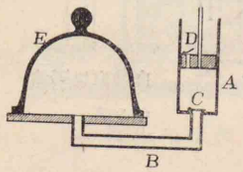
23. サイフォン 兩端の開いた管を曲げて,長短二腕を作り,これに水を充し,長腕の端を指でおさへ,短腕を器物中の水に沈め,指を離すと,器物內の水は,管を通して流動を續ける。かやうな管を,**サイフォン**といふ。




サイフォン及びその利用

長腕の一端Aが指頭で押へられてゐるときを考へて見るに,容器內の液面と,同じ水平面上の一點Bに於ける壓力は,大氣の壓力 p であるから,Aに於ける壓力は,AB間の高さの差による液の壓力と,p との和に等しく,この壓力で,指頭面は下へ押されてゐる。指を離すと,Aを上に押す壓力は p となり,この二壓力の差を受けて,Aの處の液は管外へ流出する。Aが液面下にあつて,管の他端Cが液中にある限り,液の流出は續く。

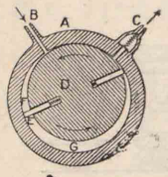
24. 空氣ポンプ **空氣ポンプ(排氣ポンプ)**は,密閉せる器物內の空氣を,拔き取る裝置である。古くから使はれてゐる型の空氣ポンプは,ピストンのついた圓筒である。圓筒Aと器物とは,管Bで連續される。管が圓筒につながる處に,瓣Cがあり,ピストンにも,瓣Dがある。ピストンを上げると,Cは開き,Dは閉ぢ,器物の空氣は圓筒內に擴り,薄くなる。ピストンを下げると,Cは閉ぢ,Dは開き,圓筒內の空氣はピストンの外に

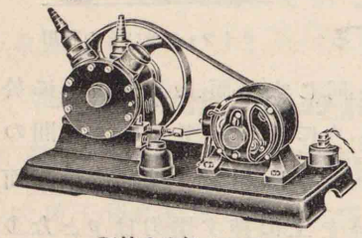


空氣ポンプ

出る。ピストンを上下に動してゐると,器物内の空氣は漸次稀薄になる。圖示の硝子器物を,**氣鍾(排氣鍾)**といふ。

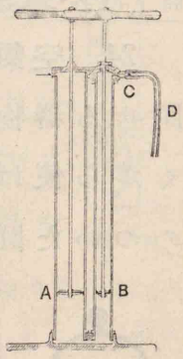
ゲーデの廻轉式空氣ポンプは,圖の如き構造になつてゐる。内空の圓筒Aに吸氣口Bと,排氣口Cとがあり,Cには瓣があつて「ばね」で押へてある。圓筒Aの中には別の圓筒Dを片寄せて入れてあつて,兩圓筒は一部分密着してゐる。圓筒Dの兩側の溝の中には,板Eを入れて「ばね」で支へ,外の圓筒Aの内面に押付けてある。空氣を抜かうとする器物を,吸氣口Bに繋ぎ,内の圓筒を矢の方向へ廻すと,器物の空氣は最初はFに擴り,次にGに閉込められ,遂に瓣を押上げて,排氣口Cから外に出て行く。





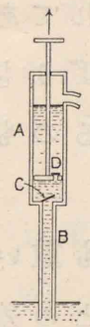
廻轉式空氣ポンプ
(上は主要部の構造下は外觀)

25. 壓縮ポンプ 密閉した器物内に,氣體を押し込む裝置を,**壓縮ポンプ**といふ。空氣ポンプの瓣の開閉の方向が,反對になるやうに,瓣をつけかへれば,それは壓縮ポンプになる。水中で作業するものへは,壓縮ポンプを使ひ,外から新鮮な空氣を供給する。



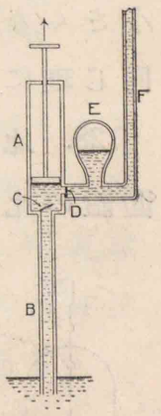
自動車用壓縮ポンプ

26. 吸上ポンプ·押上ポンプ **吸上ポンプ**

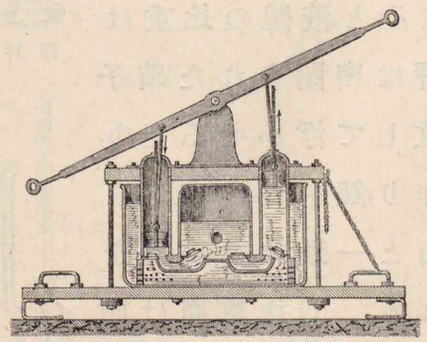


吸上ポンプ

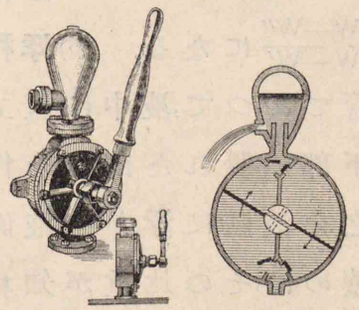
は,水を井戸などから汲出すときに使はれる。このポンプの構造·作用の要點は,空氣ポンプのと同じである。大氣が支へ得る水柱の高さは,約10米であるから,水面までの深さが,之よりも淺くなければ,吸上ポンプは役に立たぬ。10米以上の高さに給水するには,**押上ポンプ**を使ふ。之は吸上ポンプと異り,瓣Dが,ピストンには無く,圓筒の底部近くについてゐる。空氣室Eを附けてあるのは,水を連續的に押上げるためである。**ウィング=ポンプ·消火用手押ポンプ**などにも,空氣室が備へてある。



押上ポンプ



消火用手押ポンプ

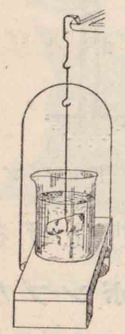


ウィング=ポンプとその構造

27. 飛行船·氣球 **飛行船**の氣嚢中には,空氣よ

りも比重の小さい,水素のやうな氣體が入れてあるために,船の重さは,大氣の浮力の大きさよりも小さくなり,船は上昇する。**氣球**が上昇するのも,同じ理による。

28. 比重·密度を知る方法 (1) (a)**水よりも重い固體の比重** 物體の重さと,水中での重さとの差を W—W′ とすると,物體の比重は $\frac{W}{W-W'}$ となる。(b) 水よりも輕い固體の比重は,物體に錘をつければ知れる。



固體の比重の決定

(2) (a)**液體の比重** 或固體の重さと,水の中での重さとの差を W—W′ とし,同じ固體の重さと,他の液體中での重さとの差を W—W″ とすると,液體の比重は $\frac{W-W''}{W-W'}$ になる。(b)**浮秤**は密閉された硝子管であつて,液中に直立して浮かせるため,下部に脹れた部分を作り,錘をつけてある。之を液體に浮かせ,液面と一致する度盛を讀めば,その比重が知れる。(c)**比重瓶**は硝子瓶で,その口には硝子栓があつて,內部が密閉されてある。瓶の內に水を充したと

浮秤

比重瓶

きの重さと,瓶だけの重さとの差を W′—W とし,他の液體を充したときの重さと,瓶だけの重さとの差を W″—W とすると,液體の比重は $\frac{W''-W}{W'-W}$ になる。

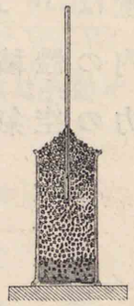
比重を知る方法は又,密度を知る方法でもある。

(3) **空氣の密度** 空氣を封入した金屬球の質量は W 瓦,眞空にしたときの球の質量は W′ 瓦,球內の體積は V 立方糎ならば,測定のときの溫度·壓力の空氣の密度は,每立方糎 $\frac{W-W'}{V}$ 瓦となる。

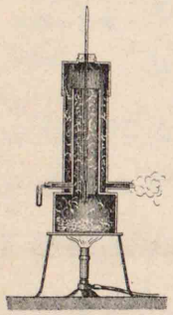
第二篇　熱

第一章　溫度と熱量

29. 溫度計　物體の冷熱の有樣を,**溫度**といひ,溫度の高低を測る裝置を,**溫度計(寒暖計)**といふ。**水銀溫度計**は,溫度の上昇につれて,水銀の膨脹することを利用したものである。之は密閉した細長い硝子管で,下部は脹れてゐる。その部分を球といふ。管の中は,太さは一樣で,眞空になつてゐる。管には度盛があり,球には水銀がある。球を融けつゝある氷で包むと,水銀は收縮し,液面は管の下部に近い處で止る。其處の目盛線を**氷點**といふ。



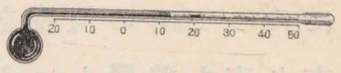
氷點の決定



沸點の決定

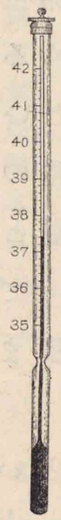
次に一氣壓のもとで,沸騰してゐる水から出る水蒸氣で包むと,水銀は膨脹して,液面は上昇し,或高さの處で止る。其處の目盛線を**沸點**又は**沸騰點**といふ。この二點間を百等分し,同じ割合で他の部分をも目盛し,氷點を0度,沸點を100度とした度盛を,**攝氏の度盛**といひ,この度盛をもつ溫度計を,**攝氏溫度計**といふ。その水銀面の示す度盛がt度ならば,其處の溫度は攝氏t度であるといひ,t°C. と書く。0°C. を**標準溫度**といふことがある。氷點を32度とし,沸點を212度とする度盛を,**華氏の度盛**といふ。

或時間中の最高の溫度が測れる溫度計を,**最高溫度計**といひ,最低溫度が測れるものを,**最低溫度計**といふ。

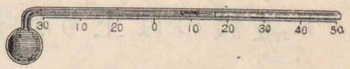


最高溫度計

最高溫度計には,水銀溫度計の管の中に鐵片を入れたのがある。最初鐵片を,水銀柱の端に接觸させる。溫度が上ると,水銀は膨脹し,鐵片を押して行く。溫度が下ると,水銀は鐵片を殘して收縮する。この間の最高溫度は,球の側の鐵片の端が,示す度盛である。**體溫計**も,最高溫度計である。之を腋間に入れると,水銀は膨脹して,管の下部の括れを通り,體溫になるまで管內を上昇する。腋間から取出すと,球の中の水銀が,收縮し始めるときに,括れた處で切れるから,水銀柱は下らずに,腋間にあつたときの最高溫度を示してゐる。**アルコール溫度計**は,水銀の代りに,アルコールを使つた溫度計である。アルコール溫度計のアルコールの中に,硝子片を入れておくと,それは最低溫度計になる。



體溫計



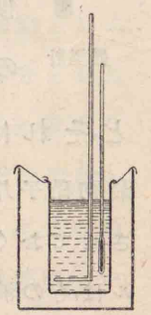
最低溫度計

最初硝子片を,アルコール液面に接觸させておく。溫度が下ると,アルコールは,その液面で硝子片を引張りながら收縮して行き,溫度が上ると,硝子片を殘して膨脹する。この間の最低溫度は,球から遠い側の硝子片の端が,示す度盛である。

30. 比熱 物體から出て,その溫度を低め,物體に入つて,その溫度を高めるものを,**熱**といひ,熱の有り高を,**熱量**といふ。1瓦の水の溫度を,攝氏1度だけ高めるために,必要な熱量を,熱量の單位とし,之を**カロリー**といふ。

物體の溫度を,1度高めるために必要な熱量と,その物體と同じ質量の水の溫度を,1度高めるために必要な熱量との比を,その物質の**比熱**といふ。從つて,水の比熱は1であり,質量1瓦の物體の溫度を,攝氏1度だけ高めるために必要な熱量と同じ數は,その物質の比熱になる。又,比熱は s で,質量は m 瓦の物體の溫度を,攝氏 t' 度から t'' 度まで高める熱量は, $sm(t''-t')$ カロリーである。

31. 混合法 熱量を測る裝置を,**熱量計**といふ。固體を熱し,これよりも低い溫度の,水の如き液體中に入れると,固體の溫度は下り,液體のは上り,遂に共通の溫度になる。熱は液體だけに移つたとすれば,液體の受取つた熱量は,固體から出た熱量と相等しい。かやうにして比熱を決定する方法を,**混合法**といふ。比熱がきまれば,熱量が知


熱量計

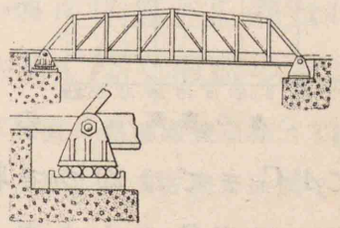
れる。この方法で,比熱をきめるときに使ふ熱量計は,金屬製の圓筒である。

比熱			
アルミニウム	0.219(15—185°C.)	イリヂウム	0.0323(18-100°C.)
鐵	0.119 (20—100″)	鉛	0.0305(20—100″)
ニッケル	0.109 (18—100″)	金	0.0303(18—99 ″)
銅	0.0936(20—100″)	パラフィン	0.69 (0 —20 ″)
亞鉛	0.093 (20—100″)	氷	0.502 (-21- - 1″)
眞鍮	0.089 (0 ″)	エボナイト	0.33 (20—100″)
銀	0.056 (15—100″)	石綿	0.20 (20—100″)
錫	0.0552(19—99 ″)	硝子(クラウン)	0.16 (10—50 ″)
水銀	0.0333(20 ″)	海水	0.94 (17 ″)
白金	0.0324(18—100″)	アルコール	0.547 (0 ″)

第二章 膨 脹

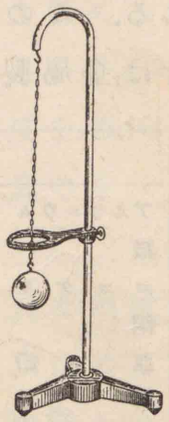
32. 體膨脹・線膨脹 溫度の上昇によつて,物體の體積が增すことを,**體膨脹**といひ,長さが增すことを,**線膨脹**といふ。

33. 膨脹係數 棒の溫度が,高くなつたときに,1度の上昇について增しただけの長さと,溫度上昇前の全長との比を,その物質の**線膨脹係數**といふ。


鐵橋の線膨脹を見込んだ裝置

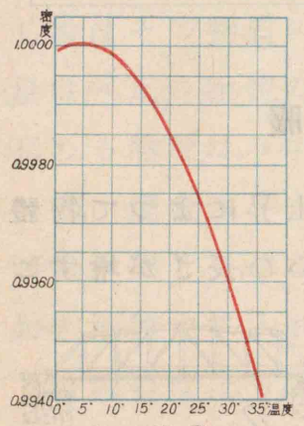
固體若しくは液體の溫度が,高くなつたときに,1度の上昇について增しただけの體積と,溫度上昇前の全體積との比を,その物質の**體膨脹係數**といふ。

固體の體膨脹係數は,線膨脹係數の3倍である。又,內部の空虛な固體の膨脹は,同じ物質で,其處が充滿してゐるときの膨脹と,同じである。



體膨脹の實驗
常溫で輪を通る球も之を熱すると通らぬ

34. 見掛けの膨脹 水銀溫度計の水銀の,外見上の膨脹は,水銀だけの膨脹ではなく,硝子の膨脹がまじつてゐる。かやうに,器物の膨脹がまじつた液體の膨脹を,液體の**見掛けの膨脹**といふ。



水の密度

35. 水の膨脹 水は他のものとちがひ,溫度が增すにつれて,4°C.までは却つて收縮し,4°C.からは膨脹する。從つて,4°C.のときの水の密度は,最大である。

線膨脹係數(常溫)				液體の體膨脹係數(常溫)	
活字金	(鉛 75, アンチモニー 20, 錫 5)	19.52×10^{-6}	白金イリヂウム (白金 9, イリヂウム 1)	8.7×10^{-6}	アルコール	11×10^{-4}
眞鍮	(銅 66, 亞鉛 34)	18.9×10^{-6}	ニッケル鋼(インバール) (ニッケル 36)	0.9×10^{-6}	水銀	1.8×10^{-4}
硝子	(クラウン)	8.97×10^{-6}	石英硝子	0.42×10^{-6}	水	1.5×10^{-4}

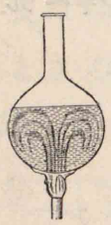
36. シャールの法則 壓力一定のもとで,一定の質量を有する氣體は,1°C.の上昇について,0°C.のときの體積の$\frac{1}{273}$宛膨脹する。之を**シャールの法則**といふ。

第三章 熱の移動

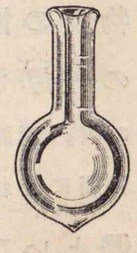
37. 熱の傳導 火箸の先を,炭火に入れておくと,やがて他端も熱くなつてくる。かやうに,溫度の高い所から低い所に,熱自身が,物質を通して傳るときの熱の移動を,**熱の傳導**といふ。一物體が,單位時間中に,その一面から他面に傳へる熱量は,物質の性質に關係するばかりでなく,兩面の溫度の差・厚さ・面積に關係する。物質の**熱傳導度**は,厚さ1糎の板の兩面に,1°C.の溫度の差があるときに,1平方糎の面積を,1秒間に流れる熱量である。熱傳導度の大きな物質を,**導體**といひ,小さな物質を,**不導體**といふ。

38. 熱の對流 水を入れた器物を,下から熱すると,底の水は傳導によつて先づ溫り,膨脹して密度が減り,上昇して周圍の水と入り替る。物質が,熱を荷なつて動くときには,物質と共に,熱も移動することになる。かやうな熱の移動を,**熱の對流**といふ。

熱傳導度(常溫)			
銀	1.006	石綿	0.0006
銅	0.918	綿	0.00055
アルミニウム	0.480	エボナイト	0.00042
亞鉛	0.265	松	0.0004
眞鍮	0.260	紙	0.0003
鐵	0.161	フランネル	0.00023
錫	0.155	コルク	0.00013
硝子(クラウン)	0.0025	水	0.00131
磁器	0.0025	空氣	0.0000522(0°C.)


熱の對流

39. 熱の輻射 熱は物質の媒介によらずに,溫度の高い物體から低い物體に移る。かやうな熱の移動を,**熱の輻射**といふ。日向にゐて暖かになるのは,輻射による。輻射の本質は,光と同じである。光は鏡面から反射される如く,輻射も亦,銀面で方向を變へ,その内部には進み難い。**魔法瓶**は,二重壁をもつ硝子瓶である。兩壁間は眞空になつてゐて,内側は鍍銀してある。眞空は傳導・對流を

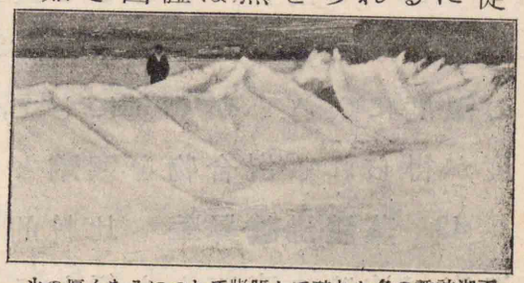

魔法瓶

防ぎ,鍍銀面は輻射を防ぐから,瓶の中の液體の溫度は,急には變らぬ。

第四章 狀態の變化

40. 融解・凝固 固體が液體になる狀態の變化を,**融解**といひ,逆に,液體が固體になるのを,**凝固**といふ。

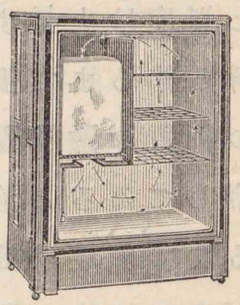
氷の如き固體を,壓力一定のもとで熱してゐると,溫度は上昇するが,或溫度からは融解し始め,融解し終るまで,溫度は變化しない。この溫度を,その物質の**融解點**といふ。逆に,水のやうな液體を冷してゐると,液體は凝固し始めてから,凝固し終るまで,溫度は變らぬ。この溫度は,融解點と同じであつて,之を**凝固點**といふ。水の凝固點は,一氣壓のもとでは 0°C. で,水銀のは,—38.8°C. である。蠟とか,硝子とか,鐵の如き固體は,熱せられるに從つて柔かくなり,遂に液體となるから,それ等には,一定の融解點がない。


氷の厚くなるにつれて膨脹して破れた冬の諏訪湖面

一般に,物質は凝

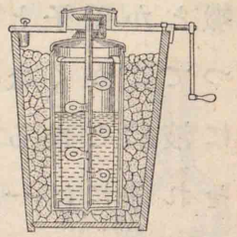
固すると,體積は減るが,水·鐵·活字金の如き物質は,凝固の際に,却つて膨脹する。0°C. で10立方糎の水は,約11立方糎の氷になる。壓力が增すと,凝固するときに膨脹する物質の融解點は,下り,收縮する物質の融解點は,上る。

41. 融解熱 固體をとかすには,熱を供給せねばならぬ。溫度を變へずに,1瓦の固體を融解するために,必要な熱量を,その物質の**融解熱**(**融解の潛熱**)といふ。逆に,1瓦の液體を凝固させるには,融解熱と同じ熱量を,取除かねばならぬ。氷の融解熱は,1瓦につき80カロリーである。


冷藏函

冷藏函の上部には,氷が入れてある。空氣は,氷をとかして冷え,下降して,函の中の食物を冷す。

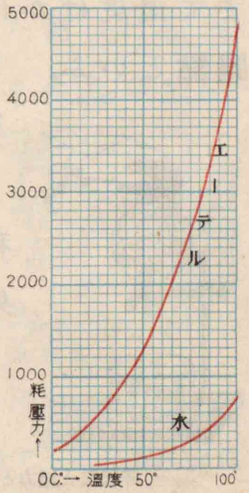
42. 寒劑 こまかい氷又は雪と,食鹽とを,重さで$\frac{2}{3}$と,1の割合にまぜると,食鹽水は,鹽と氷とをとかして,遂に—22°C.の溫度になる。かやうにして,低溫度が得られる混合物を,**寒劑**といふ。


アイスクリーム製造器

43. 蒸發·沸騰·昇華 比較的低い溫度で,液體の表面から,靜かに氣化することを,蒸

發といひ,割合に高い溫度で,液體の內部からも,氣體が氣泡となつて發生し,急激に氣化することを,**沸騰**といふ。又,雪や樟腦の如き固體は,液體にならずに,氣體になり得る。このことを,**昇華**といふ。蒸發·沸騰·昇華によつて生じた氣體を,孰れも**蒸氣**といひ,蒸氣が液化すること,又は,直ちに固體になることを,**凝結**といふ。蒸氣には壓力がある。之を,**蒸氣壓**といふ。

44. 飽和蒸氣 或溫度のもとで,閉ぢられた器物中に,液體とその蒸氣とがあると,蒸氣の壓力は最大の値をとる。之を,その溫度のときの**蒸氣の最大壓力**といふ。最大壓力をもつときの蒸氣を,**飽和蒸氣**といふ。蒸氣の最大壓力は,溫度のみに關係し,溫度が增すと强くなる。溫度がきまつてゐると,蒸氣の最大壓力は,體積の變化には關係しない。



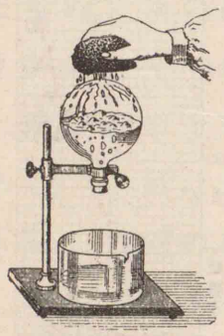
溫度と最大壓力との關係

液體の蒸發は,器物中に空氣の如き他の氣體があつても,それがないときと同じやうに進行し,そ

アルコール及び水銀蒸氣の最大壓力		
溫度	アルコール	水銀
0°C.	粍 12.73	粍 0.00016
20	44.0	0.00109
40	133.4	0.00574
60	350.2	0.0246
80	812	0.0885
100	1692	0.276

の時の溫度に相當する飽和蒸氣ができ,最大壓力をもつに至る。

45. 沸騰點 壓力一定のもとで,液體を熱してゐると,溫度は上昇し,蒸發を續け,或溫度からは沸騰し始め,氣化し終るまで,溫度はかはらぬ。この溫度を,その物質の**沸騰點**といふ。1氣壓のもとでは,水の沸騰點は100°C.で,水銀のは357°C.である。



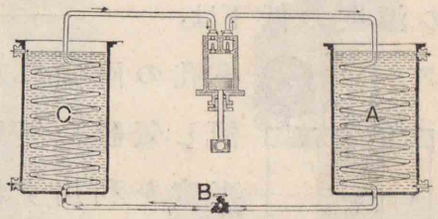
沸騰の際,液體の內部に生ずる飽和蒸氣泡の壓力は,少くとも,液體が外から受けてゐる壓力に,等しくなければならぬ。さうでないと,蒸氣泡は潰れてしまふ。從つて沸騰點は,外部の壓力によつて變る。高山では氣壓が低いから,水は100°C.以下で沸騰する。又,機關車のボイラーの中の,蒸氣壓は高いから,沸騰點も高い。

沸騰點と壓力との關係を示す實驗

46. 氣化熱 融解の際に,熱が費されると同樣

に,氣化するときにも費される。逆に,凝結するときには,同じ熱量が放出される。溫度を變へずに,1瓦の液體を氣化するために,必要な熱量を,その物質の**氣化熱(蒸發熱)**といふ。水の氣化熱は,100°C.のとき,1瓦に付き539.1カロリー,水銀のは,357°C.のとき,68カロリーである。

蒸氣暖房裝置では,ボイラーのなかの水が,水蒸氣となるときに,熱源から受取つた熱量は,室內のレディエーターに來て凝結するときに,再び放出する。



製氷裝置

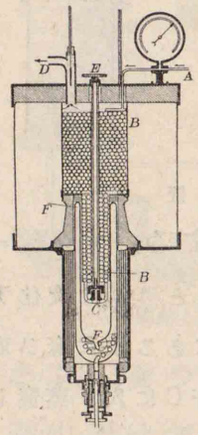
液體アムモニアは,氣化の際,周圍から多量の氣化熱を奪ひ,其處を冷す。このことを,**製氷**に利用する。アンモニア蒸氣を,管Aの中に,約10氣壓の壓力で壓縮すると,蒸氣は液化する。凝結の際に放出する熱は,管の外側に流してある水に,奪ひ取らせる。液體アンモニアは瓣Bを通つて,他の管Cに入り,蒸發し,蒸氣はポンプで吸ひ出され,管外の鹽水の溫度を約−10°C.に低める。それ故,箱に水を入れて,鹽水の中に漬けておけば,氷ができる。

47. 臨界溫度 蒸氣は冷すか,若しくは壓縮すれば,液化する。空氣の如き氣體,所謂**瓦斯**は,それ

に特有の或溫度以下に,冷却してからでなければ,單に壓縮しただけでは,液化せぬ。この溫度を,その物質の**臨界溫度**といふ。

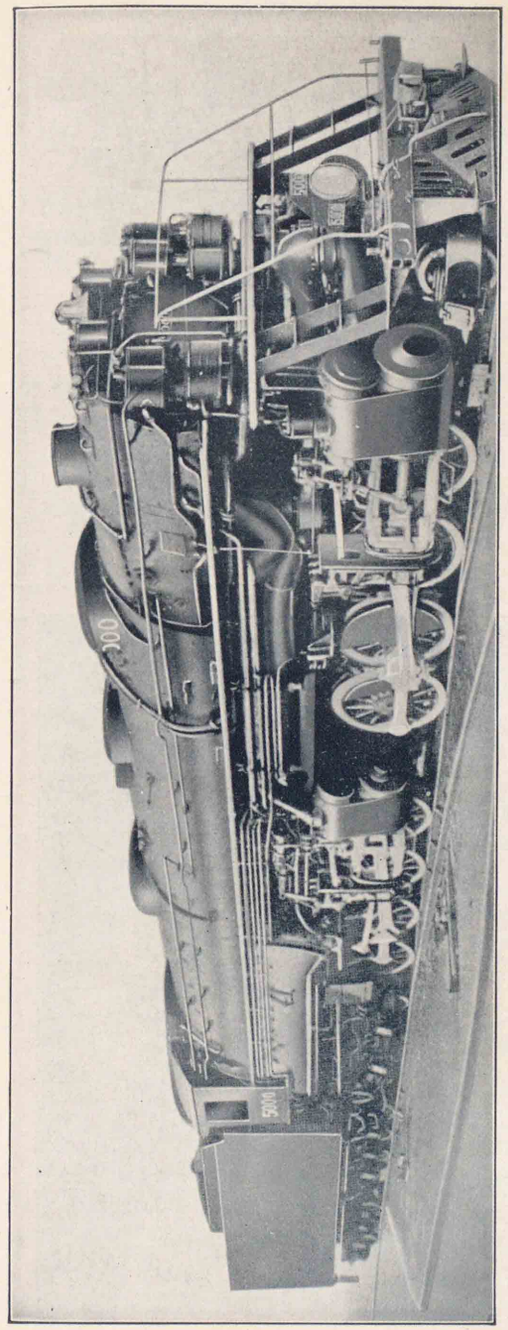
物質	臨界溫度	沸騰點	融解點
水	374°C.	100°C.	0°C.
アルコール	243.6	78.3	—112.3
エーテル	197.0	34.6	—117
アムモニア	130.0	— 33.5	— 75
炭酸瓦斯	31.2	— 78.2	— 65
酸素	—118.0	—183.0	—218
空氣	—140.0	——	——
窒素	—146.0	—196.0	—211
水素	—240.8	—252.8	—259
ヘリウム	<-268.0	— 267	—272.1

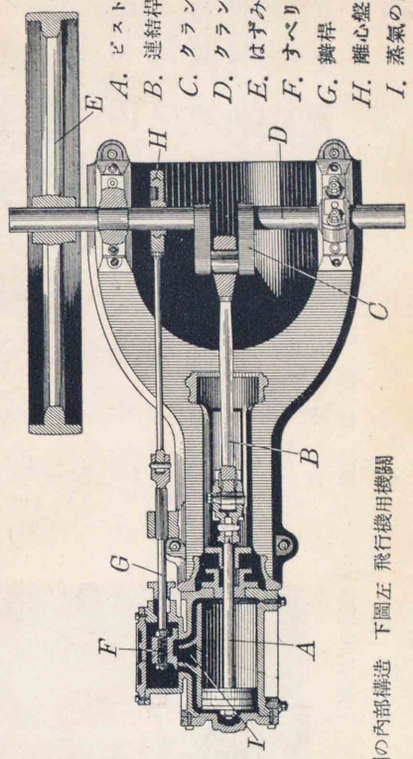
48. 瓦斯の液化 瓦斯は,之に壓力を加へて,小孔から噴出させると冷える。この溫度の低下は,小孔の兩側に於ける壓力の差に正比例し,氣體の溫度が低い程增す。この事實を利用すれば,臨界溫度の非常に低い瓦斯でも液化する。通常の溫度のもとでは,壓力の差が1氣壓について,膨脹後の空氣の溫度は,0.25°C.程下るから,200氣壓の差では,50°C.程下る。この低溫の空氣で冷した壓縮空氣を,噴出させると,噴出後の溫度は一層低下する。又この空氣を使つて冷すと,前よりも更に低い溫度のもとで,壓縮空氣は噴出し,冷却する。かやうにしてゐると,噴出口の所で,空氣の一部分は,遂にその臨界溫度以下となり,液化する。

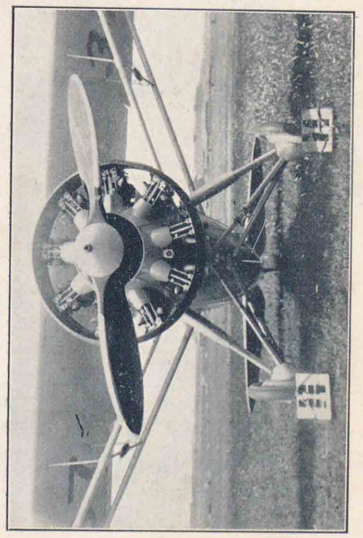


空氣液化裝置の斷面

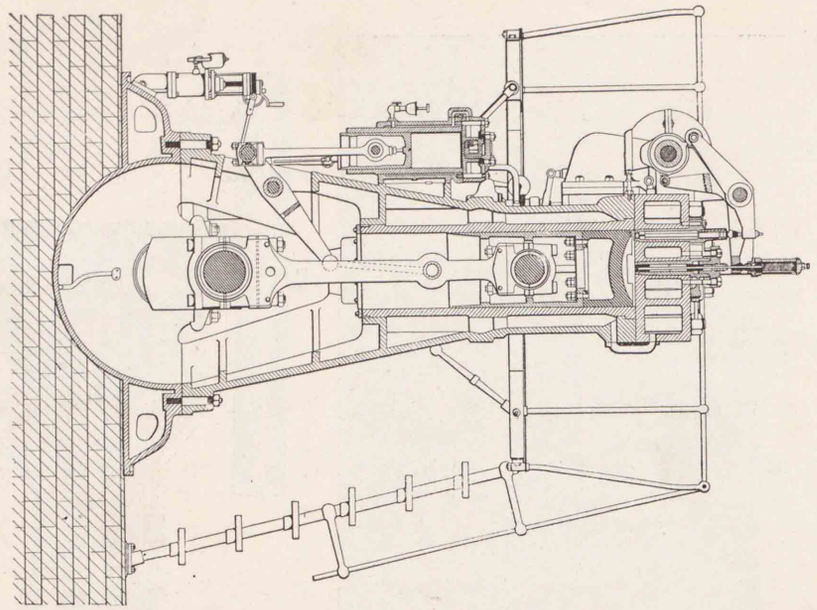
49. 熱機關 ボイラーの中で,高溫度に熱せら

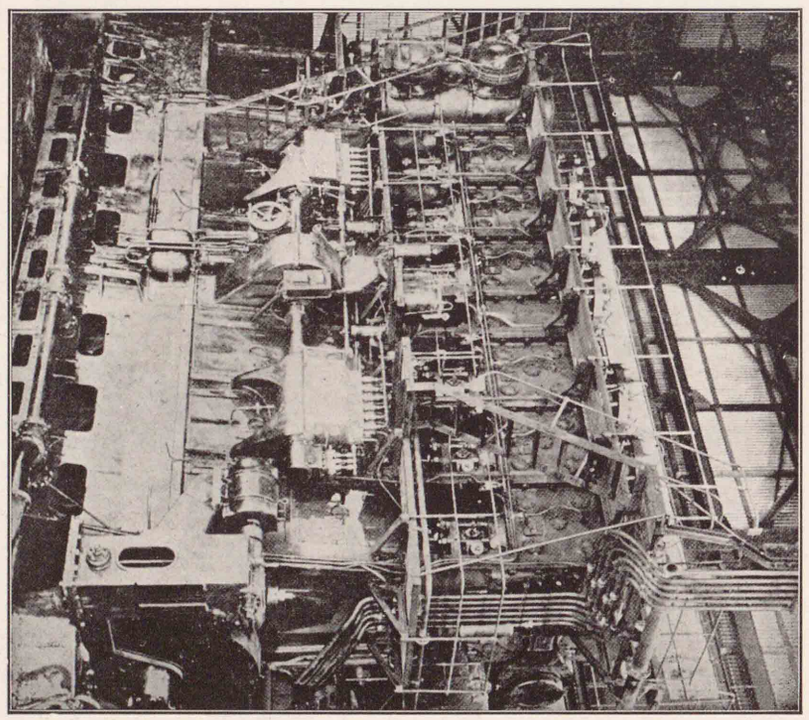






熱機關 I 上圖 鐵道機關車 下圖右 蒸汽機關の內部構造 下圖左 飛行機用機關





熱機關 II 左圖 ディーゼル機關の內部構造 右圖 複式ディーゼル機關

れた水蒸氣は,强い壓力をもつ。又,閉ぢられた場所で,氣體を燃燒しても,その壓力は高くなる。**熱機關**はかやうな高い壓力による力を,車輪或は機械の可動部に傳へて,それを動すための裝置である。

蒸氣機關は,水蒸氣の壓力を利用した熱機關であつて,その要部は,圓筒卽ち**シリンダー**の兩端から,交互に高壓の水蒸氣を入れ,その中に嵌めてあるピストンに,往復運動を起させる點である。

ピストンには,(別刷參照)ピストン桿Aがついてゐて,圓筒の一端を貫き,連結桿Bによつて,曲つた柄卽ちクランクCにつながつてゐる。ピストンが往復運動を爲せば,クランク軸Dは廻轉する。クランク軸には,その廻轉を一樣ならしめる爲に,大きく重い「はずみ」車Eが固定してあつて,軸と共に廻轉する。クランク軸の廻轉運動を他に傳へるには,別に車輪を軸に取附け,之と機械の可動部とに,ベルトを掛ければよい。滑り瓣Fがあつて,ピストンの運動と,喰違つた往復運動をなし,圓筒の兩端から,交互に蒸氣が入り,又は出る。この運動は,滑り瓣が瓣桿Gによつて,離心盤Hに繫がつてゐるので起る。圓筒から,ピストンで押出される蒸氣は,Iを通り,凝結器に入つて凝結するか,若しくは外部に出て行く。

蒸氣ポンプは,蒸氣機關のピストンの往復運動を,直接ポンプに傳へ,水を吸上げ且つ押出す。

石炭瓦斯と,空氣との混合氣體,若しくはガソリンや,燈油の蒸氣と,空氣との混合氣體を,壓縮しておいて,點火すると,爆發し,その際高い壓力が生ずる。燃燒の際生ずる,かやうな壓力を利用した熱機關を,燃料の種類により,それぞれ**瓦斯機關·ガソリン機關·燈油機關**などといふ。之等の要部も亦,圓筒內のピストンを動す點にある。

ディーゼル機關では,圓筒中に空氣だけを壓縮しておいて,其處へ重油を噴出させ,それを,爆發でなく徐々に燃燒し,燃燒氣體を膨脹せしめ,その際生ずる壓力を,ピストンに働す。

瓦斯機關·ガソリン機關·燈油機關·ディーゼル機關などを,**內燃機關**といふ。

第五章　大氣の濕度

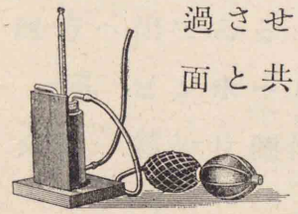
50. 大氣中の水蒸氣　大氣は常に水蒸氣を含む。普通,大氣中の水蒸氣は飽和してゐないが,冷えると飽和し,尙ほ冷えると凝結する。**露·霜·霧·雲·雨·雪**などの生ずるのは,この理に基く。

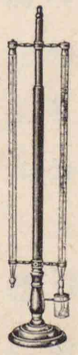
51. 露點　大氣が冷えて行つて,その中の水蒸氣が凝結し,露になり始めるときの溫度を,**露點**といふ。露點は,大氣中に現に存在する水蒸氣の壓力を,最大壓力とする溫度に等しい。

52. 濕度　大氣中の水蒸氣の壓力と,大氣の溫度に相當する水蒸氣の最大壓力との比を,**濕度**といふ。普通,之に100を乘じ,100についての割合に,書き直した値を使ふ。

大氣の溫度と,露點とを測れば,濕度が知れる。

53. 濕度計　濕度を知るための裝置を,**濕度計**といふ。エーテルの中に空氣流を送り,氣泡を通過させると,蒸發が盛んになり,器物の表面と共に,その周圍の大氣は冷えて,露點に達する。**露點濕度計**は,かやうにして大氣の溫度と,露點とを測り,濕度を決定するときに使はれる。**乾濕球濕度計**は二本の溫度計で,一方の球を**濕球**といひ,之をアルコールランプ用の燈心で包み,燈心の端は,水中に漬けてある。他方の球を**乾球**といひ,その示度は,大氣の溫度をしめす。大氣が飽和してゐない限り,水は燈心から蒸發するから,濕球の溫度は,乾球のよりも低く,濕度が小さい


露點濕度計の一種

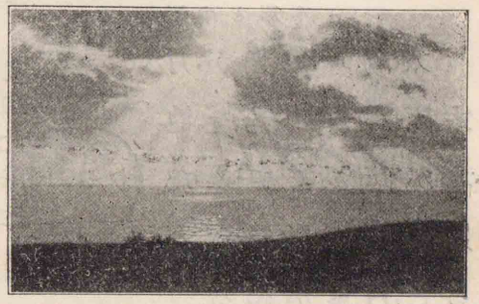

乾濕球濕度計

程,その差は大きい。兩球の溫度の差と,乾球の溫度とを測れば,そのときの濕度の分るやうな,表ができてゐる。

第三篇　光

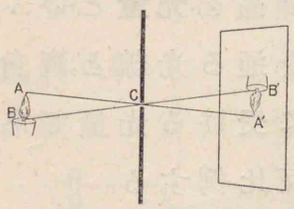
第一章　光線と光量

54. 光の直進　光は眞直ぐに進行する。このことを,光の**直進**(**直行**)といひ,光の進む路を,**光線**といふ。光線は,光源のどの點からも四方へ出てゐる。



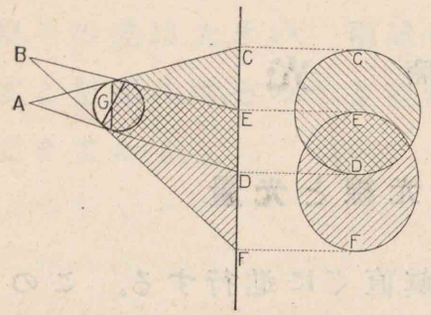
雲間を漏れる日光の直進

55. ピンホールカメラ　箱の片側に,ピン先程の小さい孔を穿ち,反對側を艶消硝子とし,孔の前に光源を置くと,硝子面には光源と同じ像が,倒になつて見える。かやうな裝置を,**ピンホールカメラ**(**針孔暗箱**)といふ。



ピンホール=カメラの理

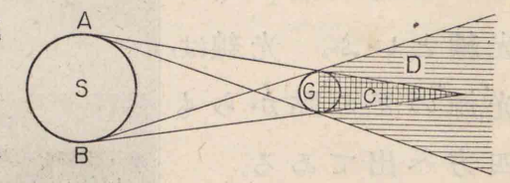
56. 影　光點Aからの光を,球形の不透明體Gで遮れば,球の周圍を通過する光線で,圓錐體の影ができる。もう一つの光點Bを,他の場所に置けば,二つの影の重り合ふ部分,EDができる。その



本影と半影

部分には,孰れの光點からも光は來ない。かやうな影を,**本影**といふ。又,影が重り合はぬ部分,CEとDFのやうな部分を,**半影**といふ。

太陽Sの光が,月Gで遮られると,**日食**が起り,又太陽からの光を,地球が遮つてできた影の内に,月が這入ると,**月食**が起る。



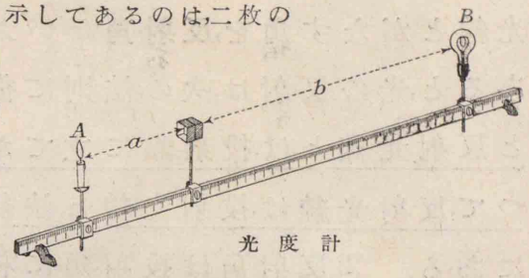
日食月食の理

57. 光の強さ 眼の感ずる明るさから考へると,光には多寡がある。光の有り高を,**光量**といふ。一點に於ける**光の強さ**は,其處を通る光線と,直角な表面の單位面積が,單位時間に受ける光量であつて,光源からの距離の二乘に反比例する。

58. 光度 光源から單位距離の處に於ける光の強さを,その光源の**光度**といふ。**ペンテーン燈**といふ**標準燈**がある。このランプの十分の一の光度を,光度の單位とし,之を**燭光**といふ。

59. 光度計 光度の比較に使用する裝置を,光

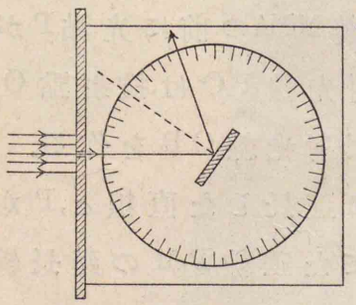
度計といふ。圖に示してあるのは,二枚のパラフィン蠟板の間に,錫箔を挾んだ小さな衝立である。錫箔のない側を,光源AとBとに向けて立てる。衝立の位置を加減しながら,その側面を見てゐると,兩板の明るさが,同じになる位置を搜し出せる。このときは,Aからの光の強さは,Bからの強さに等しいときであつて,Aの光度とBの光度との比は,衝立からそれ等に至る距離の二乘の比に相等しい。



光度計

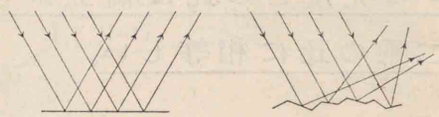
第二章 反射と鏡

60. 反射の法則 光が物體に當ることを,光の**投射(入射)**,その光線を**投射光線(入射光線)**,投射光線が表面に當つた點を,**投射點**といふ。投射光線は投射點で折れ返つて來る。このことを**光の反射**,反射した光線を**反射光線**といふ。投射點に表面へ立てた垂線を**法線**,法線と投射光線とのなす角を**投射角**,法線と反射


光の反射

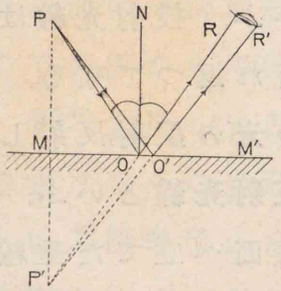
光線とがなす角を,**反射角**といふ。表面が滑かであると,光の反射は,次の法則に従ふ。(1)投射光線と反射光線とは,投射點に立てた法線の兩側にあつて,反射光線は,投射光線と法線とを含む平面内にある。(2)反射角は投射角に相等しい。之を**反射の法則**といふ。

61. 亂反射 粗い表面に光が投射すると,その方向に關係なく,表面のどの點からも,四方へ反射光線を出す。かやうな反射を,**亂反射**といひ,滑かな面での反射を,**正反射**といふ。物體の見えるのは,亂反射のためである。



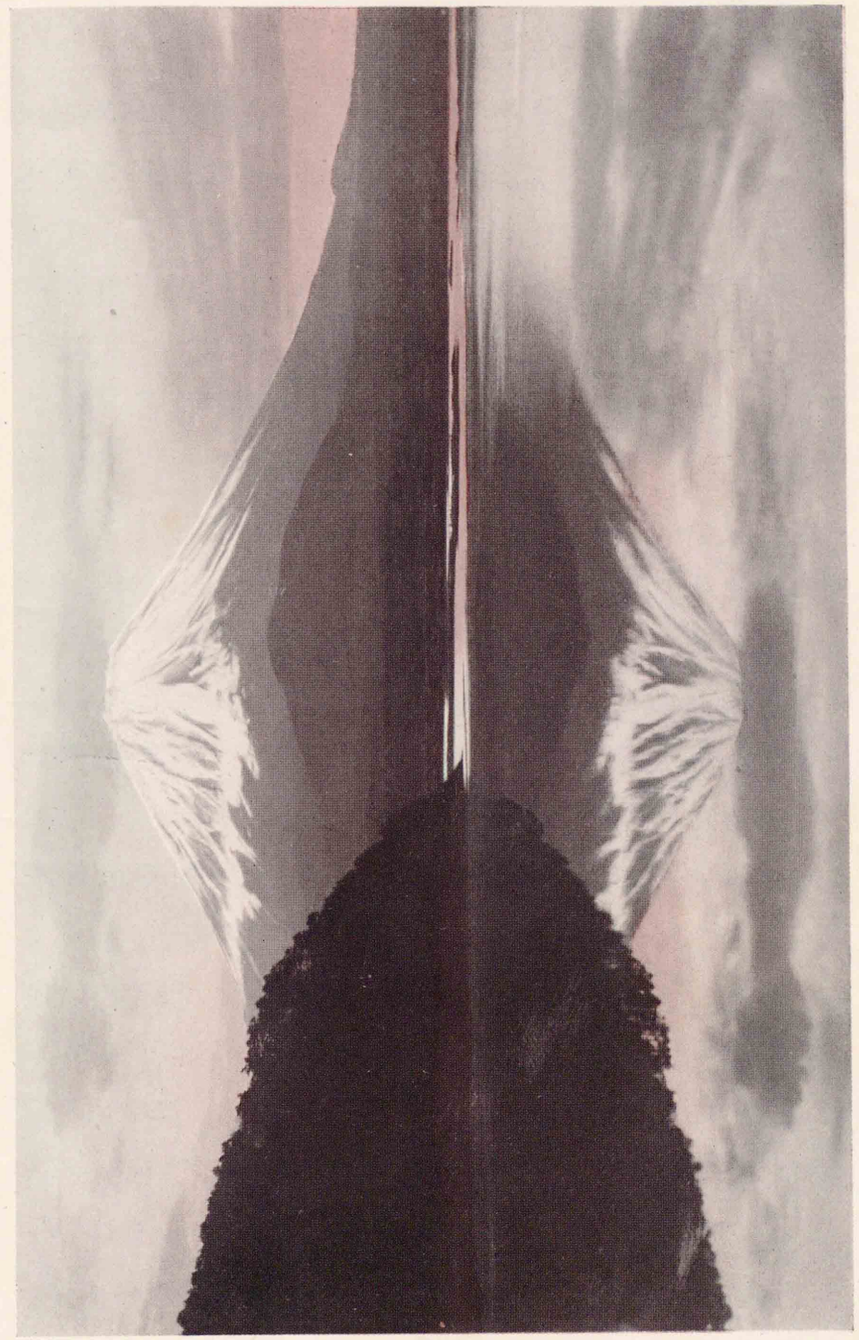
正反射と亂反射

62. 平面鏡による光點の像 反射面の滑かな表面を,**鏡**といふ。



光點の像

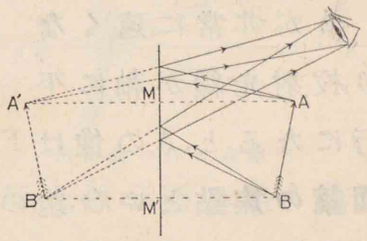
一平面鏡MM′の前に光點Pがあると,投射光線POは,投射點Oで反射し,反射光線ORを作る。それを逆に延長した直線と,Pから鏡に立てた垂線PMの延長線との交點を,P′とすれば,PM=MP′となる。他の凡



倒富士（平面鏡による物體の像）

ての反射光線についても,さうなる。 POとPO′との間の投射光線は,ORとO′R′との間の反射光線を作る。この反射光線の方向に眼を置けば,光點Pの像が,P′に認められる。かやうな像を,**虚像**といふ。

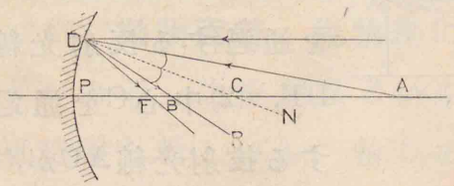
63. 平面鏡による物體の像 圖では,實物ABの虚像A′B′を作圖してある。これで見ると,實物と像との大きさは相等しい。



物體の像

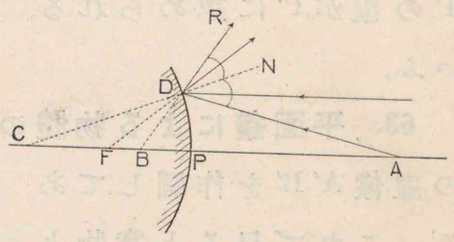
64. 球面鏡の焦點 反射面が,球面になつてゐる鏡を,**球面鏡**といふ。これには,**凹面鏡**と**凸面鏡**とがある。鏡の縁は通常,圓である。その圓の直徑を,**鏡の開き**といふ。球面の中心Cと,鏡の中央Pとを結ぶ直線を,**鏡の軸(鏡軸)**といひ,球面の半徑を,**鏡の半徑**といふ。

光點が凹面鏡の軸上にあると,それから出る光線ADは,球面鏡に投射し,投射點Dで反射し,反射光線DRは一點Bで軸を切る。



凹面鏡

鏡の開きが,球面の半徑に比べて小さいと,Aから出て,鏡に投射する凡ての光線は,反射の後,同一點Bに集り,B點に,光點Aの像ができる。かやうな像を,**實像**といふ。



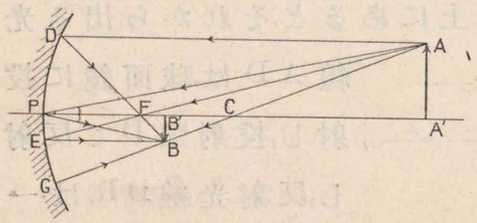
凸面鏡

凸面鏡では,光點の像は虛像になる。

Aが非常に遠くなり,投射光線が軸に平行になると,Aの像はF點にできる。この點を,**球面鏡の焦點**といひ,鏡の中央Pから,焦點に至る距離PFを,**球面鏡の焦點距離**といふ。これは,鏡の半徑の半分に等しい。

65. 球面鏡による物體の像 光點Aが,軸から少しく離れてゐるときは,凹面鏡では,像Bは次の四種の反射光線の內,孰れか二つの交點に生ずる。

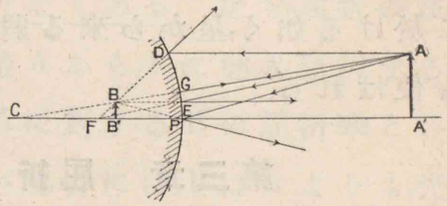
(1)光點Aから出て,軸に平行な投射光線ADが,Dで反射して,焦點Fを通過する反射光線DF, (2)中心Cを通過する投射光線ACが,Gで反射して,再びCに



凹面鏡の作る實像

向ふ反射光線GC, (3)焦點Fを通過する投射光線AFが,Eで反射して,軸に平行となる反射光線EB, (4)鏡の中央Pに投射する光線APが,その投射角と等しい反射角をもつて,反射する光線PB.

又凸面鏡では,Aの虛像Bは,同樣な四種の反射光線を,逆に延長した直線の內,孰れか二つの交點に生ずる。



凸面鏡の作る虛像

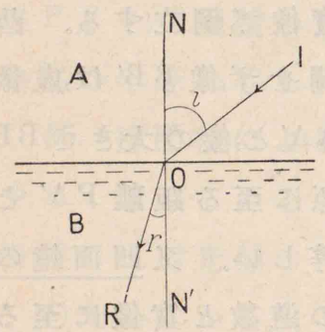
鏡軸に直角に,光源AA′を立てると,凹面鏡では,光源が圖の如く焦點よりも外側ならば,像BB′は實像で倒立する。凸面鏡では,光源AA′の位置に關せず,像BB′は,虛像で正立する。光源の大きさAA′と,像の大きさBB′との比は,鏡の中央Pから光源に至る距離PA′と,像に至る距離PB′との比に等しい。又凹面鏡の中央Pから光源に至る距離の逆數と,實像に至る距離の逆數との和は,焦點距離の逆數に相等しい.

66. 拋物面鏡 **拋物線**には,それに特有の一點Fがある。之を焦點といふ。焦點と頂點Pとの連結線を軸といふ。軸のまはりに,拋物線を廻してできる表面を,**拋物面**といふ。その內面を反射

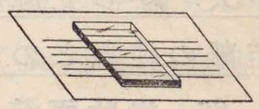
面とした鏡は,**抛物面鏡**である。焦點Fに,小さな光源をおくと,反射光線は,凡て軸に平行となる。又,軸に平行な投射光線は,反射後には,凡て焦點Fに會合する。それ故,抛物面鏡は,**探照燈**に於ける如く,强い光を遠方に送るためにも,亦**反射望遠鏡**に於ける如く,星から來る弱い光を,集めるためにも使はれる。

第三章　屈折とレンズ

67. 屈折の法則　光が透明體の表面に投射すると,一部分は,反射光となる。他の部分は,進路の方向を變へて,物體内に進む。このことを,**光の屈折**といふ。投射點で折れて,物體内に進入する光線を**屈折光線**,投射點に立てた法線と,屈折光線とのなす角を,**屈折角**といふ。光の屈折は,次の法則に從ふ。

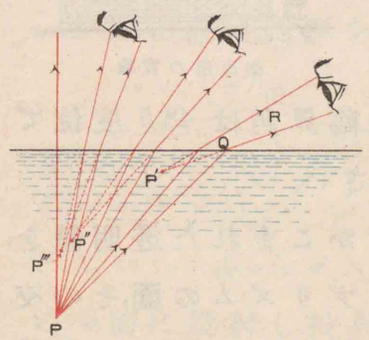


光の屈折


光の屈折の例
紙上に線を引き硝子板をのせると,目の高さによつて像(線)の位置が變る

(1) 投射光線と屈折光線とは,

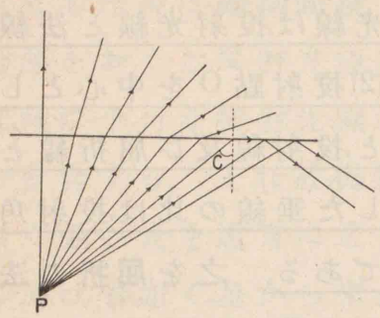
法線の兩側にあつて,屈折光線は,投射光線と法線とを含む平面内にある。(2) 投射點Oを中心として任意の半徑で描いた圓と,投射線及び屈折線との交點I, Rから,法線に下した垂線の比は,投射角の大小に關せず,常に一定である。之を,**屈折の法則**といふ。光が透明體Aから,Bに進入屈折するときに,この比の値を,**Aに對するBの屈折率**といふ。之が1より大きい場合には,BはAよりも,**光學的に密**なりといひ,小なる場合には,**疎**なりといふ。通常,空氣に對する屈折率を,單に屈折率といふ。水の屈折率は約1.33で,硝子のは,その性質によつて異り,1.5から1.6位である。



屈折光の作る虚像の位置

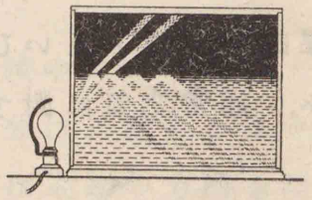
屈折率が1よりも大きい液體の中に,光點Pがあると,Pから斜に出る細い光束PQは,空氣中に出で,屈折光束QRとなる。この光束中の光線を逆に延長すると,一點P′に會合する。圖の通り,眼をPの眞上近くから,斜に移して行けば,光點はP‴, P″, P′に浮きあがつて見える。

68. 全反射　光が光學的に密なる物質から,疎



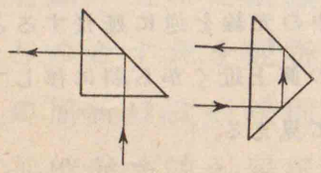
光點Pから出る光が水から空氣中に屈折する場合に於ける屈折光と反射光との通路

なる物質に進出する場合には,或値以上の投射角を以て境界面に投射する光線は,外部に屈折することなく,すべて内部に反射する。このことを,光の**全反射**といふ。全反射が起る最小の投射角を,**臨界角**といふ。圖は,水中の光點Pからの光が,空氣中に屈折する場合に,投射光と,屈折光と,反射光との通路を示す。90°の屈折角に相當する投射角Cは,臨界角である。水の臨界角は48.5度位であり,硝子のは45度よりも小さい。



全反射の實驗

69. プリズム 二平面でかこまれた透明體を,**プリズム**といふ。兩平面をプリズムの**面**,その交線をプリズムの**稜**,二面間の角をプリズムの**角**,稜に直角な斷面を,プリズムの**主斷面**といふ。實際のプリズムでは,その稜に平行な一平面が加り,主斷面は三角形



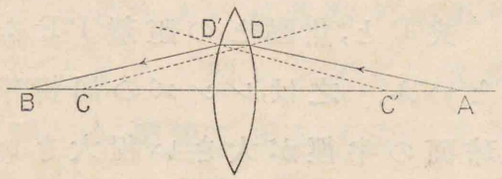
直角プリズム

となり,プリズム全體は,三角柱となつてゐる。角が直角なプリズムを,**直角プリズム**といふ。この一面に,直角に投射する光線は,底面で全反射をなし他面から直角に出て行く。

70. レンズの焦點 球面と球面,又は球面と平面とで圍まれた透明體を,**レンズ**といひ,兩球面の中心を結んだ直線,又は球面の中心から,平面に立てた垂線を,**レンズの軸**といふ。中央部の厚いレンズを**凸レンズ**,薄いのを**凹レンズ**といふ。

レンズ　左三つは凸レンズ右三つは凹レンズ

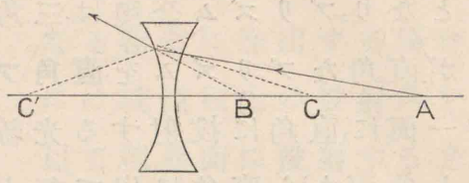
レンズの縁は,圓形をなしてゐる。その直徑を,**レンズの開き**といふ。



凸レンズ

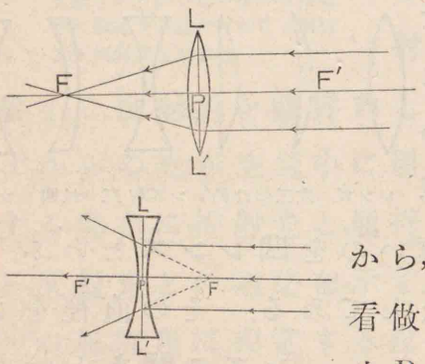
光點Aが凸レンズの軸上にあると,光線ADは,レンズの一面に投射し,投射點Dで屈折する。屈折光線DD′は,他の球面上の一點D′に於ける投射光線となり,外部へ屈折し,軸を一點Bで切る。レンズが薄く,開きが球面の半徑に比べて小さいときは,軸上の一點Aから出て,レンズを透出した光線は,凡

て軸上の他點Bに集り,B點に,光點の實像ができる。凹レンズについても同樣にいへるが,圖の如く光點の像は,虚像となる。



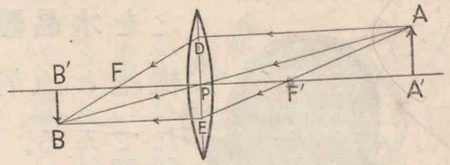
凹レンズ

光點がレンズから非常に遠い所にあると,投射光線は,軸に平行となり,像は,圖の如くFにできる。Fを**レンズの焦點**といふ。レンズが薄いから,それをLL′なる平面と看做してよい。レンズの中央Pと,焦點との距離PFを,**レンズの焦點距離**といふ。之は,レンズの屈折率が小さい程大きく,球面の半徑が大きい程大きい。平行光線を,反對の側からレンズに投射すると,焦點はF′にできる。PF=PF′である。

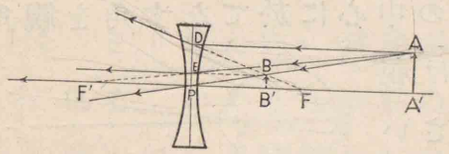


レンズの焦點

71. レンズによる物體の像 光點Aが軸から少し離れてゐると,凸レンズでは,像Bは次の三種の透出光線の内,孰れか二つの交點に生ずる。(1) Aから出て,軸に平行な投射光線ADが,Dで屈折し,焦點Fを通過する透出光線DB, (2) レンズの中心Pを通過する投射光線APが,屈折することなく,Pを通る透出光線PB, (3) 焦點F′を通過する投射光線AF′が,Eで屈折し,軸と平行になる透出光線EB。又凹レンズでは,Aの虚像Bは,同樣な三種の透出光線を,逆に延長した直線の内,孰れか二つの交點にできる。



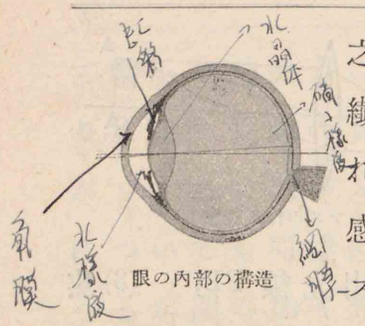
凸レンズの作る實像



凹レンズの作る虚像

レンズの軸に直角に,光源AA′を立てると,凸レンズでは,AA′が焦點F′の外側ならば,實像BB′は倒立する。凹レンズでは,光源の位置に拘らず,像BB′は,虚像で正立する。光源の大きさAA′と,像の大きさBB′との比は,レンズの中央Pから光源に至る距離PA′と,像に至る距離PB′との比に等しい。又凸レンズの中央Pから光源に至る距離の逆數と,實像に至る距離の逆數との和は,焦點距離の逆數に相等しい。

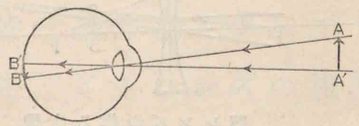
72. 眼 眼の中には,レンズ形の透明體がある。



眼の内部の構造

之を**水晶體**といふ。眼底は神經纖維と,血管とを含む**網膜**で被はれてゐる。之が光を受けると,視感覺が生ずる。眼は一組のレンズ系であるが,一箇の凸レンズに置代へてよい。

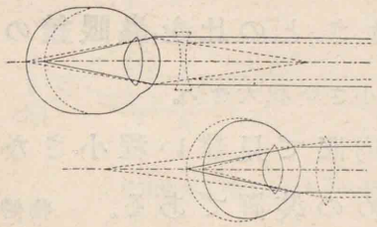
物體が,眼のレンズの中心に於てなす角を,**視角**といふ。大小の判斷は,視角の大小による。小さい物體が,はつきり見える最短距離の點を,**近點**といひ,あまり努力しないで,物體が,明瞭に認められる距離を,**明視距離**といふ。之は,約25糎である。又,物體が,はつきり見える最遠の點を,**遠點**といふ。



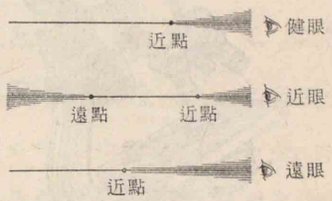
視角

眼が遠い物體を,明確に見てゐるときは,水晶體の屈曲度は,小さくなつてゐる。物體が近い程,水晶體の屈曲度が大きくなる。かやうな調節を,眼の**調節作用**といふ。

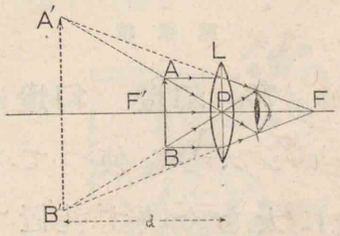
73. 近眼鏡·遠眼鏡 水晶體の屈曲度が,大き過ぎるか,眼底が深すぎると,遠い物體は,鮮明に見えない。實像が,網膜の前にできるためである。か


近眼鏡(上)と遠眼鏡(下)の調節作用

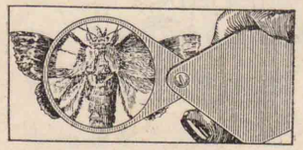
やうな缺點のある眼を,**近眼**といひ,之を匡正するには,**近眼鏡**をかければよい。この眼鏡(メガネ)は,凹レンズである。又,水晶體の屈曲度が小さすぎるか,眼底が淺過ぎるかすると,近い物體がはつきり見えぬ。實像が,網膜の後にできるからである。かやうな缺點のある眼を,**遠眼**といひ,之を救ふには,**遠眼鏡**をかければよい。之は,凸レンズである。年をとると**老眼**になり,眼の調節作用が衰へ,遠眼と同樣になる。之を匡正するために,**老眼鏡**をかける。之も凸レンズである。レンズ又は**眼鏡の度**は,焦點距離の逆數で測る。



74. 蟲眼鏡 廓大用の凸レンズを,**蟲眼鏡**といふ。圖の如く,眼をレンズLに近づけ,物體ABを,焦點F′以内におくと,虛像A′B′を,明視距離の處に見得る

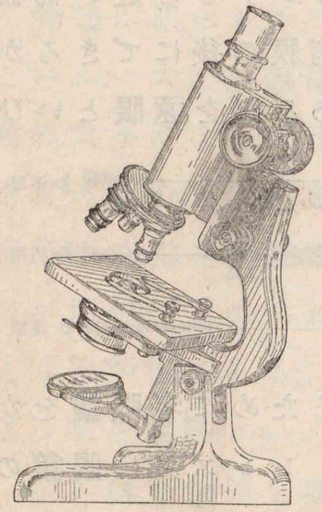


蟲眼鏡に於ける光の經路

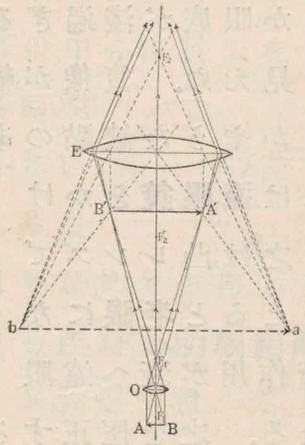

蟲眼鏡

像の大きさと,物體の大きさとの比を,**蟲眼鏡の倍率**といふ。之は,焦點距離が小さい程大きい。

75. 顯微鏡 **顯微鏡**は,肉眼で見難い程小さな物體を,大きくして見るための裝置である。物體に近い凸レンズOを**對物レンズ**,眼に近い凸レンズEを**對眼レンズ**といふ。OとEとは,筒の兩端に嵌め込んである。**顯微鏡の倍率**は,最後の虛像abと,物體ABとの大きさの比であつて,對物レンズも對眼レンズも,焦點距離が短い程,又筒が長い程大きい。

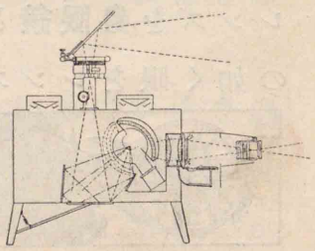


顯微鏡

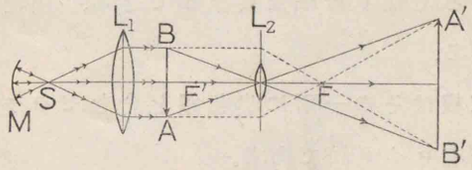


顯微鏡に於ける光の經路

76. 幻燈 **幻燈**は,透明畫や實物を,强い光と凸レンズとを使つて,スクリーンに大きく映す裝置である。その一つを圖示してある。箱の中のまるいのは,1000燭光位の電燈で,その上を斜に被ふてゐるのは,凹面鏡である。これが,光を斜下へ反射する。箱の底の實物から出る亂反射光は,上に向ひ,レンズを通り,眞上の平面鏡で反射し,スクリーンへ實物の實像を作る。かやうな幻燈を,**反射幻燈**といふ。又,透明畫を映すときには,凹面鏡を點線の位置へまはす。光を集めるレンズは,二箇のレンズから成る。透明畫を通つた光は,像を作るためのレンズによつて,スクリーンの上に實像を結ぶ。



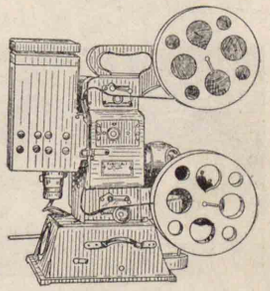
幻燈の一種



透明畫用幻燈に於ける光の經路

77. 活動寫眞映寫機 光の刺戟が止んだ後でも,視感覺はすぐ止まない。幻燈にこの事實を利用すると,**活動寫眞**になる。活動寫眞に使う透明畫は,細長いフィルムに作つた寫眞である。これは,景色・人物の連續してゐる活動を,短時間の間をおいて,次々に撮影したものである。一區劃の寫眞が,一箇の透明畫になる。之が,毎秒十數箇づつ映し出される速さで,フィルムを,枠から枠へ卷取りながら動して行く。この操作と共に,廻轉してゐるシャッターがあつて,一區劃の寫眞が,次のと置き換はる間,光を遮斷してゐる。かうすると,毎秒十數回の割合で,スクリーンは暗くなるのであるが,實際は,景色・人物の活動は連續して見える。人物や物體の急速な運動を,高速度で撮つて作つた寫眞を,普

活動寫眞用フィルム

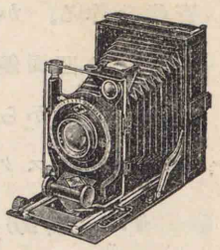


活動寫眞映寫機

通の速さで映すと,運動がのろくなり,詳細な觀察ができる。圖は**活動寫眞映寫機**の一つである。

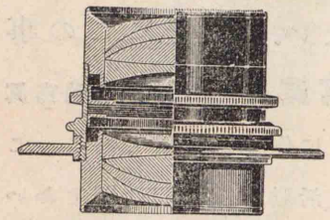
78. 寫眞機 **寫眞乾板**はその一面に臭化銀を含むゼラチン膜の固着した硝子板か,セルロイド膜(フイルム)である。

寫眞機は,前方に一組のレンズがあり,後方に磨り硝子の衝立が立つてゐる伸縮自在の革箱である。これを**カメラ(暗箱)**といひ,伸縮自在の部分を,**蛇腹**(ジャバラ)といふ。

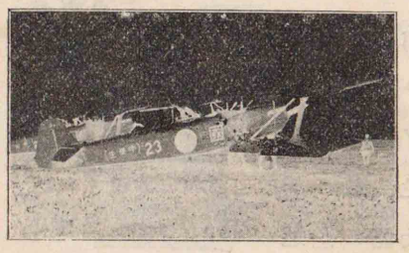


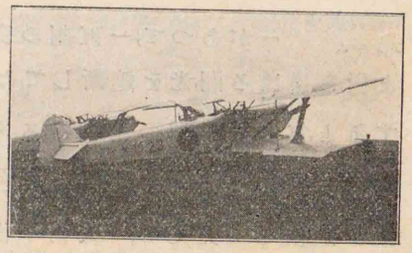
寫眞機

前方のレンズを物體に向け,磨り硝子の位置を加減すると,凸レンズと同樣に,其處に倒立せる實像が作られる。磨り硝子の代りに乾板を置換へ,暫時光に露出すると,實像の各部分の光の強さに應じて,臭化銀膜は變化する。之を,暗室で現像し,定着すれば,明暗が實物と反對な**陰畫**ができる。陰畫を感光紙に載せて,光に曝して燒付けると,實物と同樣な**陽畫**ができる。

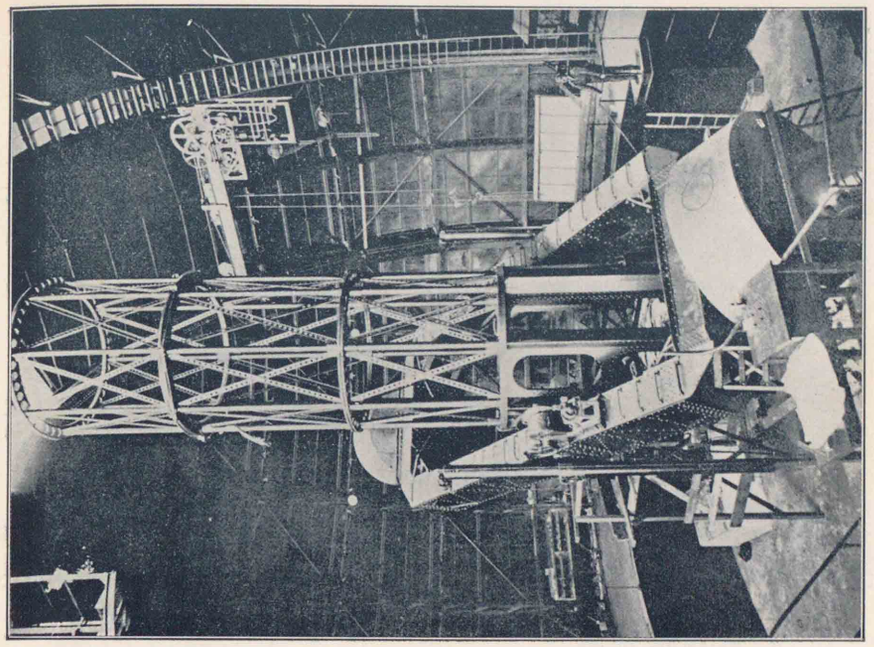


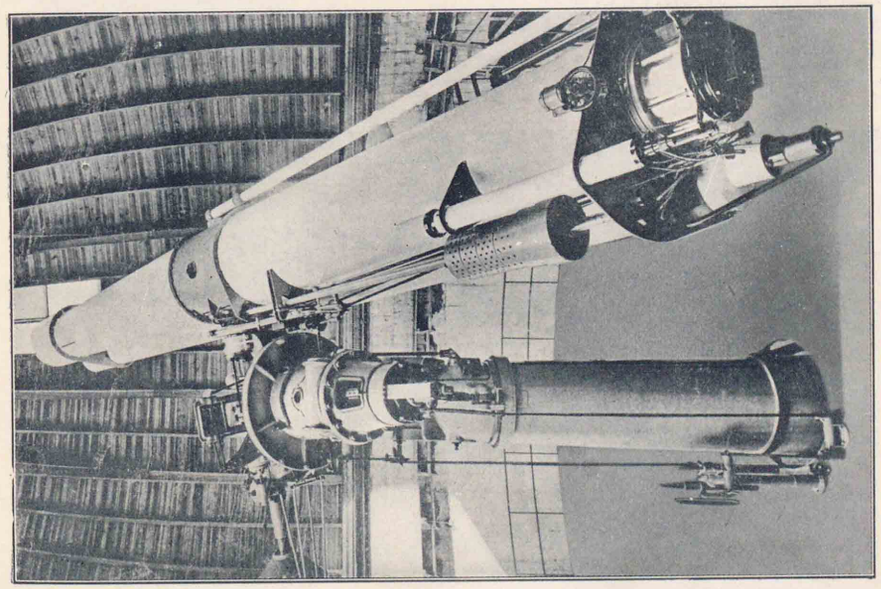
寫眞用レンズ



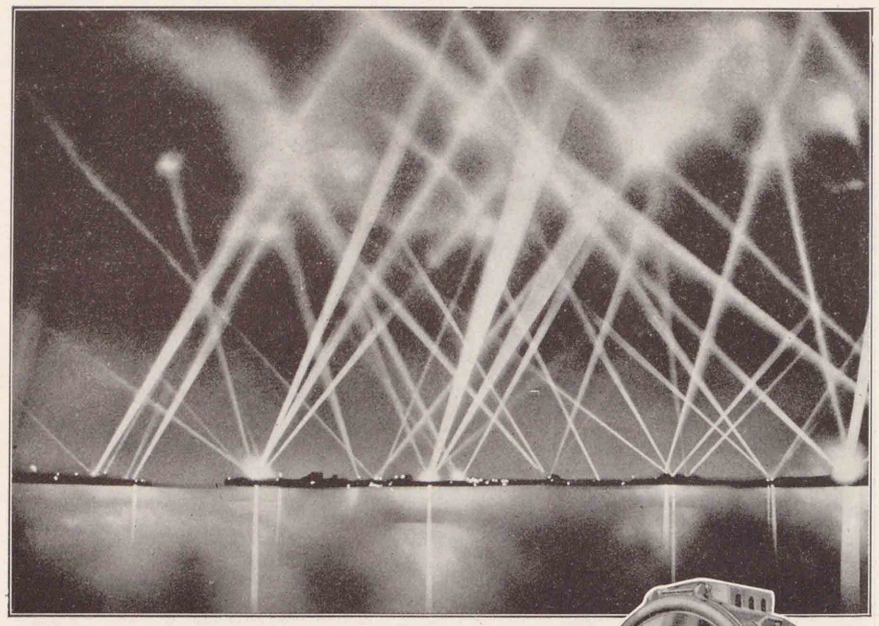


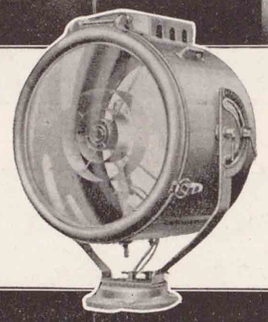
陰畫(左)と陽畫(右)(愛國機中學生號)





望遠鏡 左圖 屈折望遠鏡(東京天文臺) 右圖 反射望遠鏡(米國ウィルソン山天文臺)

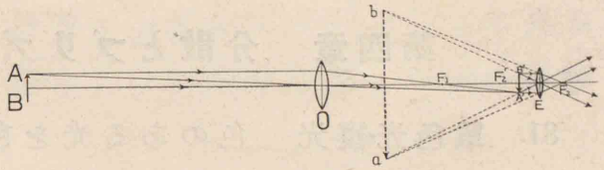




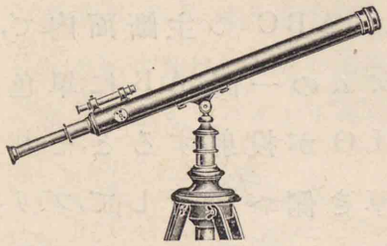
反射鏡の應用

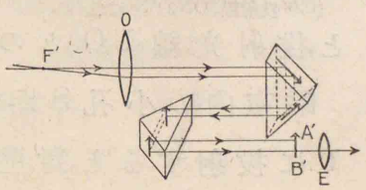
上圖　艦隊の探照燈照射(アサヒグラフによる)
中圖　探照燈(夜間飛行場上空の雲の高さを知る時などに用ひるもの)
下圖　夜間仕合用の野球場照明

79. 望遠鏡　望遠鏡は,遠方の物體を,肉眼で見るよりも大きくして見る時に,使はれる。之は,長い筒の一端の對物レンズと,他端の對眼レンズとからできてゐる。物體ABを,對眼レンズEを通して見たときの視角と,肉眼で見たときの視角との比を,**望遠鏡の倍率**といふ。之は,對物レンズの焦點距離が長い程,又對眼レンズの焦點距離が短い程,大きい。



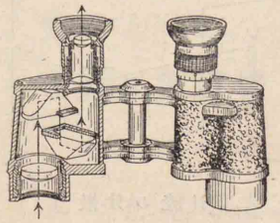
望遠鏡に於ける光の經路


屈折望遠鏡の一種



プリズム雙眼鏡の理

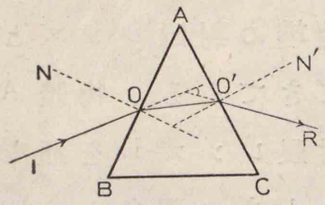
80. 雙眼鏡　**雙眼鏡**は,二箇の望遠鏡からできてゐる。筒が短く,携帶に便利である。物體を正立して見るために,對物レンズと,對眼レンズとの間に,直角プリズムを入れたのを,**プリズム雙眼鏡**といふ。


プリズム雙眼鏡

第四章　分散とプリズム

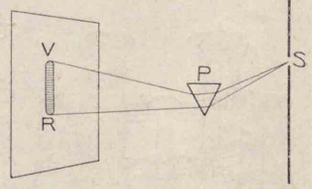
81. 單色光・複光　色のある光を**色光**,單一な色の光を**單色光**,種々の色光から成る光を,**複光**といひ,日光や電燈の光などを,**白色光**といふ。

82. 光の分散　プリズム ABC の主斷面内で,プリズムの一面 AB に,單色光線 IO が投射すると,それは肉厚き側へ屈折して,プリズムを出る。透出光線 O′R と,投射光線 IO との間の角を,**ふれの角**といふ。



プリズムを透出する光線
(O,O′投射點, ON,O′N′は法線)

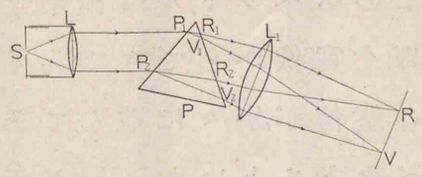
暗室内の小孔 S から,日光を,圖の如くプリズム P に投射すると,對壁の衝立に,赤から菫に至る色帶,RV が現れる。これは,色の異つた小孔 S の像が,引續いて並んでゐるのである。かやうな色帶を,**スペクトル**といふ。菫色光は,赤色光よりも「ふれ」の角が大きいから,屈折率も大きい。日光のスペクトルは,無數の色光からできてゐるのであるが,その主なる色は,**赤・橙・黄・綠・青・藍・菫**の七色である。



日光の分散

かやうに,物質の屈折率が,色光によつて異るために,複光が,單色光に分離することを,**光の分散**といふ。

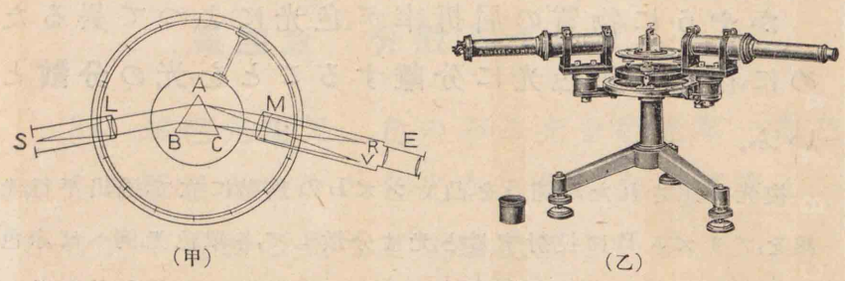
複光で照された細隙 S を,凸レンズ L の焦點に立て,透出平行光線を,プリズム P に投射すると,光は分散して,各單色光,例へば赤色光 P_1R_1, P_2R_2 は,凡て平行してプリズムを出る。これを,他の凸レンズ L_1 に受けると,その焦點の處に,種々の色の細隙の實像が,立ち並ぶ。即ち,スペクトル RV ができる。若しもレンズ L_1 は,小さな望遠鏡の對物レンズであれば,その對眼レンズを通し,RV を大きくして見られる。若し又 L_1 は,寫眞機のレンズであれば,その磨り硝子に,スペクトル RV が見える。磨り硝子を乾板に置換へれば,スペクトルの寫眞が撮れる。



スペクトロメーターの理

プリズムから出た光のスペクトルを,望遠鏡と目盛とによつて,觀測できる器械を**分光計**といひ,これの簡單なのを,**分光器**といふ。又,スペクトルの寫眞が撮れる器機を,**分光寫眞機**といふ。

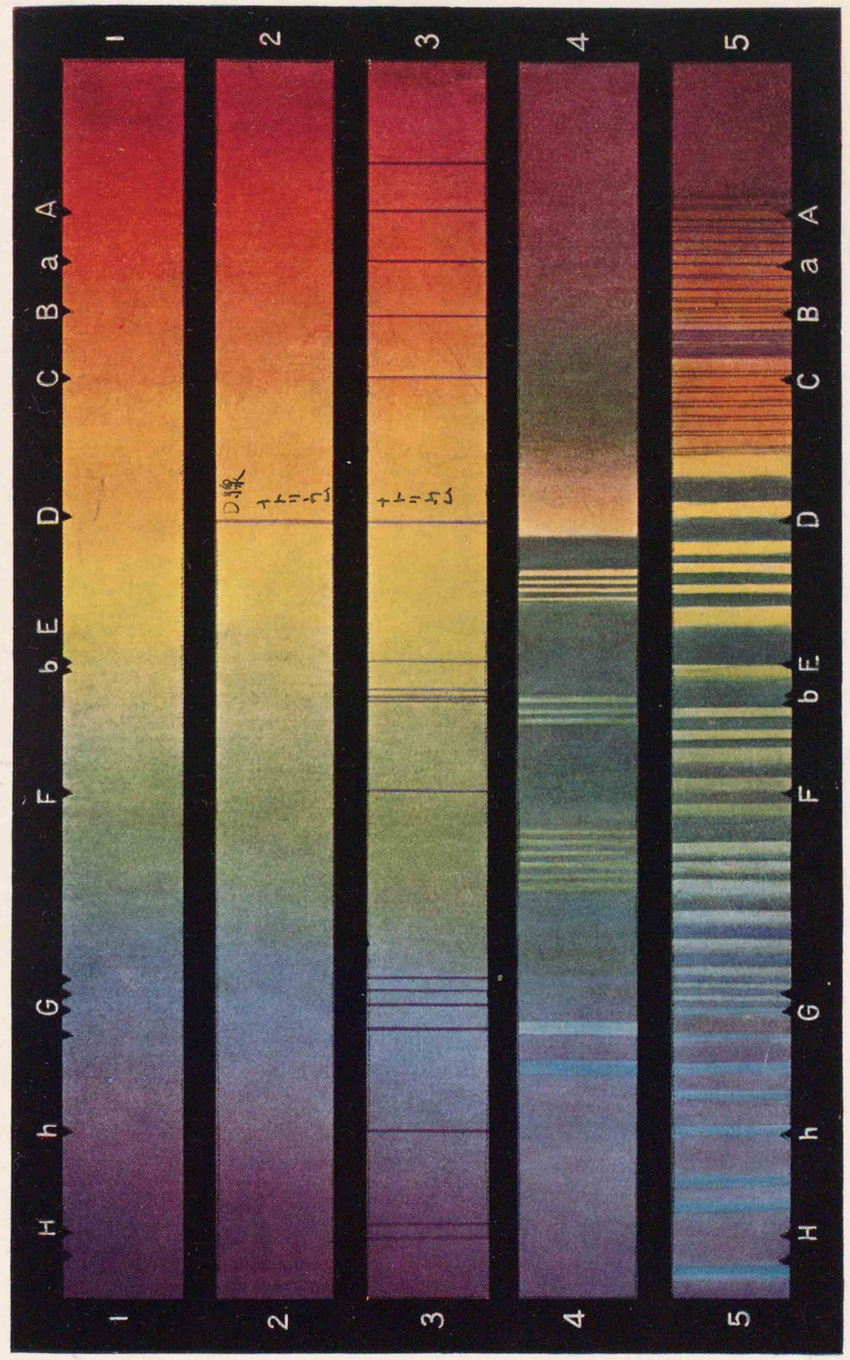
83. スペクトル　分光器で,電燈の光のスペクトルを見ると,赤から菫まで,細隙の實像が,切目なく配列してゐる。かやうなスペクトルを,**連續スペクトル**といふ。



スペクトロメーター(甲は光の通路,乙は外觀)

又,ナトリウム焰の光は,ナトリウム蒸氣が熱せられて出る光であるが,このスペクトルは,極めて接近した,二本の黄色に輝く實像からできてゐる。かやうに,單色光の細隙の實像が,別々に並んでゐるスペクトルを,**輝線スペクトル**といふ。同じ元素の,輝線の數と位置は常にきまつてゐる。それ故,輝線スペクトルを見れば,逆に,その元素が知れる。これは,微量の元素を檢出する一つの方法であつて,所謂**スペクトル分析**である。輝線スペクトルの外に,細隙の非常に細い實像が,多數密集し,帶狀をなしてゐるスペクトルがある。窒素のスペクトルは,その一例である。かやうなスペクトルを,**バンド=スペクトル**といひ,輝線スペクトルと,バンド=スペクトルとを,**不連續スペクトル**といふ。

84. 光の吸收 光が物質に吸取られて,反射も



スペクトル 1.連續スペクトル 2.吸收スペクトル 3.太陽スペクトル 4.炭素スペクトル 5.窒素スペクトル

せず,透過もしないことを,**光の吸收**といふ。どんな色光をも吸收する物質は,黑く見える。

85. 吸收スペクトル 雌黃の水溶液を試驗管に入れ,電燈の光を透過せしめ,スペクトルを作つて見ると,連續スペクトルの黃と,綠の部分が殘り,他の部分は現れない。雌黃はその部分を,特に選擇して吸收したのである。吸收のために,暗黑部が生じたスペクトルを,**吸收スペクトル**といふ。同樣にして,プラシアン青の水溶液を檢査して見ると,之は,綠光と青光とを透過させる。兩液を混合したものは,綠光のみをとほす。黃色の繪具と,青色の繪具とを混じて,綠色の繪具となるのは,この理由に基く。又,寫眞用暗室の窓硝子には,赤硝子を使ふ。これは,赤色の光を通過せしめ,他の色光を吸收する。かやうに,液體·固體の吸收スペクトルには,帶狀の暗黑部が生ずる。

アルコール=ランプで,ナトリウム焰を作り,それを通過してゐる電燈の光のスペクトルを,檢査して見ると,ナトリウムのスペクトルに相當する部分に,二本の黑線が見える。之も亦,吸收スペクトルであつて,ナトリウム蒸氣が電燈の强い光から,

丁度自分が出す黄色光を吸收したために,生じたのである。一般に,氣體は高溫度のときに出す光を,低溫度のときに吸收する。之を,**キルヒホッフの法則**といふ。

86. フラウンホーフェル線 分光器の細隙の幅を細くして,太陽のスペクトルを作つて見ると,細隙に平行な,數多の黑線が見える。之を,**フラウンホーフェル線**といふ。フラウンホーフェルは,その主なものに,赤の方から A, B, C, D, E, F, G, H などの名を付けた。H は菫色部にある。

太陽の實體は,高溫度の液體か固體かで,之を,割合に低い溫度の色々の氣體が,取卷いてゐる。實體から出る光は,連續スペクトルを作る光であるが,氣體層を通過するときに,フラウンホーフェル線に相當する色光は,氣體に吸收される。そのために,太陽のスペクトルに,黑線が現れるのである。日光のスペクトルと,種々の輝線スペクトルとを比べて見ると,黑線の位置は,多く諸元素の輝線の位置と一致する。例へば D 線は,ナトリウムの輝線と一致する。それ故,ナトリウムの輝線を,D 線ともいふ。

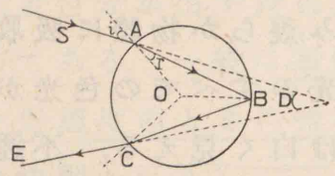
87. 物體の色 不透明體であつても,それに投

射する光は,多少內部に入込み,幾らか物體に吸收されてから反射する。白色光のすべての色光が,同じ割合で反射すると,物體は白く見える。不透明體に,白色光を投射したときに,そのなかの或色光が,他の色光よりも割合多く吸收されるか,或は全く吸收されると,殘りの混合色光は反射光となり,物體に色が着いて見える。かやうな場合に,吸收光の色と,反射光の色とが互に**餘色**であるといふ。二色光を混合して,白色光を得るときに,兩色光の色は,互に餘色である。

透明體は,白色光の凡ての色光を,同じ割合で透過させるときに,無色である。この割合が,色光によつて異るときに,物體に色が着いて見える。之は,透過混合色光の色である。又,物體の色は,之を照す色光によつて異つてくる。

要するに**物體の色**は,投射光から,物體が選擇吸收した殘餘の光の色である。

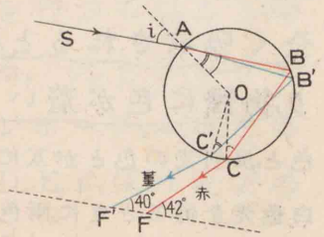
88. 繪具の三原色 赤·黃·青の三通りの色の繪具を,種々違つた割合で混合すると,物體に似た色が出る。三色版印刷は,この事實を利用したのであつて,實景·實物の原圖を,黃·赤·青の印刷インキで順次刷り重ねて,天然色を出す。この三種の色を,

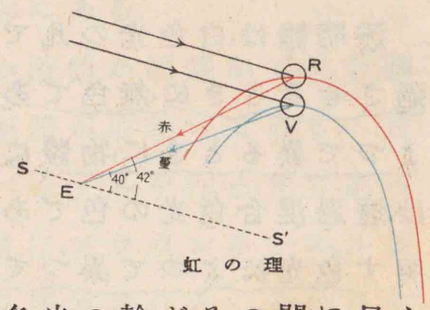


水球中の單色光の通路

繪具の三原色といふ。 色光の色にも三原色がある。それは,赤・綠・菫である。これを種々の割合で混ずると,凡ての色光の色が出る。

89. 虹 圖の如く空氣中の水滴に,日光がSAの方向から投射してゐるときに,赤色の透出光はCFへ,菫色の透出光はC′F′へ密集して出る。太陽を背後にし,眼Eを水滴群に向けると,太陽の光線SS′に對して,約42°の方向ERに赤色の輪が見え,約40°の方向EVに菫色の輪が見え,他の色光の輪が,その間に見える。これが**虹**であつて,空氣中に浮游する水滴群によつて,日光が分散するときに起る。日光が,水滴の內部で二度反射すると,色の薄い虹ができる。





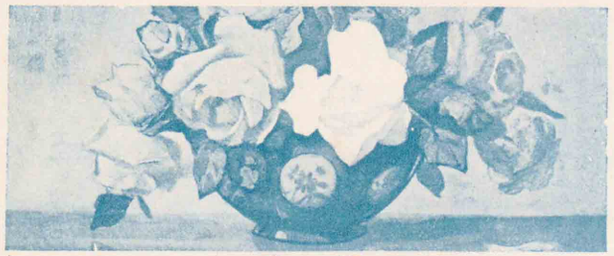
虹の理

三色版


黄版


赤版


黄版に赤版を重ねたもの

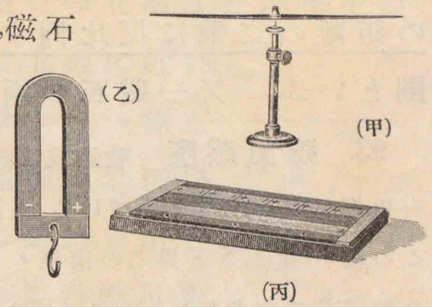

藍版


三版を重ねた完成品

第四篇　磁氣・電氣

第一章　磁　氣

90. 磁石　磁石は,鐵を吸引する性質をもつ。この性質を,**磁性**といひ,磁石は**磁氣**を持つといふ。磁性の最も強い處は磁石の兩端にある。其處を**磁石の極**,兩極を結ぶ方向を,**磁石の軸**といふ。

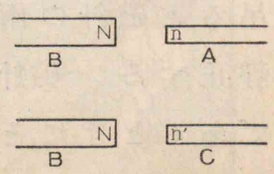


磁石　(甲)磁針　(乙)蹄鐵磁石　(丙)棒磁石

磁石を水平に支へるか吊るかして自由に動き得るやうにすると,磁軸はほぼ南北に向ふ。南に向ふ極を磁石の**南極**,北に向ふ極を,**北極**といふ。

91. 磁力　磁石を吊り,その一極に,他の磁石の一極を近づけると,同名の極は相斥け,異名の極は相引く。磁極間の斥力,引力を,**磁力(磁氣力)**といふ。

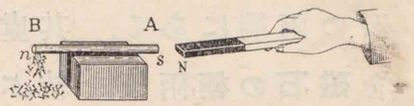
92. クーロンの法則　磁石Aの一極はBの一極に,fなる大きさの磁力を作用し,Cの一極は同じ距離で,mfなる大きさの磁力



磁氣量の意味

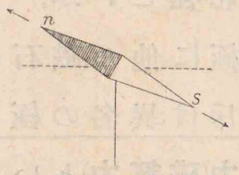
を作用したとすれば,Cの**磁極の強さ**は,Aの強さのm倍であるといふ。この場合に,Cの一極の磁氣の有り高,卽ち**磁氣量**は,Aの一極の磁氣量のm倍であるともいふ。二磁極間の磁力の大きさは,それ等の磁極の強さの相乘積に正比例し,二極間の距離の二乘に反比例する。之を,**クローンの法則**といふ。又,一磁石の兩極の強さは相等しい。

93. 磁氣感應 軟鐵,或は鋼鐵の棒ABの一端Aに,磁石の一極,例へば北極Nを近づけると,この端Aには,Nと異名の南極sを,他端Bには,北極nを生じ,ABは磁石となる。鐵が磁石の附近で,自ら磁石となることを,**磁氣感應**といふ。

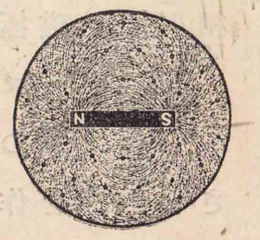


磁氣感應

94. 磁力線 磁石の周圍を**磁場**といふ。これは,磁力の作用する場所である。小さな磁針を,任意の磁場内に,自由に動き得る樣に吊ると磁針の兩極は,磁力を受けて靜止する。磁針の一極の強さが1であるときに,その北極に作用する磁力を,其處の**磁場の強さ**といひ,北



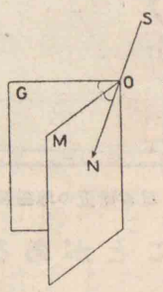
磁場内の磁針



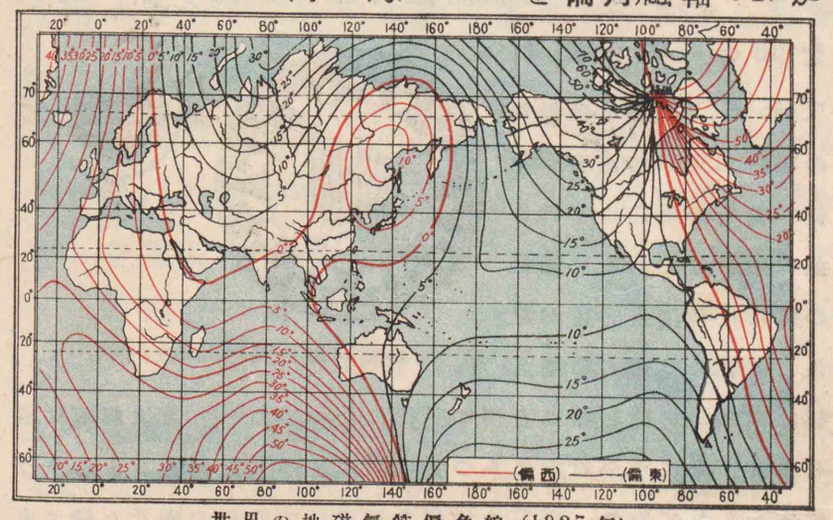
磁力線

の**方向**といふ。磁針を移動し,磁軸が向ふ方向を連結して行くと,曲線ができる。かやうな曲線を,**磁力線**といふ。

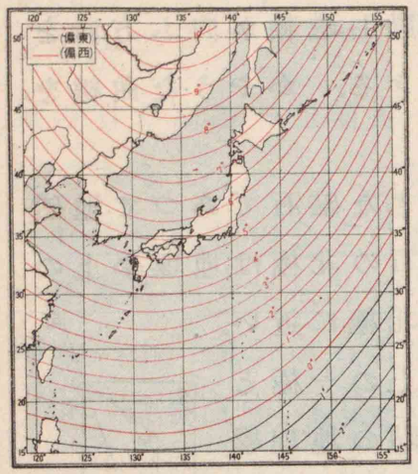
95. 地磁氣 地球は大きな磁石であつて,**地磁氣**を持つといふ。その磁石の北極は,地理學上の南極に近く,磁石の南極は,北極に近い。地球の一地點Oと,地理學上の一極とを含む鉛直面Gを,その地點の地理學上の子午面といひ,其處に磁針を吊したときに,磁軸SNを含む鉛直面Mを,その地點の**磁氣子午面**といふ。兩子午面GとMとの間の角,MOGを**偏角**,磁軸SNが



偏角・伏角の說明



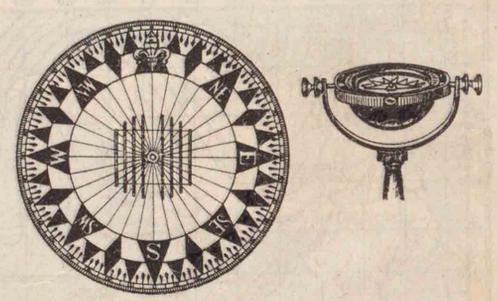
世界の地磁氣等偏角線 (1927年)



日本附近の地磁氣等偏角線(1927年)

水平面MOGとなす角,MONを**伏角**,水平方向の磁場の強さを,**水平分力**といふ。偏角・伏角・磁場の強さの水平分力を,**地磁氣の三要素**といふ。之は,場所によつてちがふばかりでなく,時と共に,少しづつ變化する。又,一時烈しい變化が起ることがある。之を,**磁氣嵐**といふ。同じ偏角の土地を連結した曲線を,**等偏角線**といふ。

96. 羅針盤 船舶用羅針盤は,航海中,船の方角を知るための磁石である。磁石には數箇の磁針か,丸い棒磁石かを使ひ,圓板の中央に,平行に並べ,取付けてある。圓板の縁には,角度と方位が記入してあつて,磁石の南北極は,南北の方位を結ぶ直徑に,平行になつてゐる。方位圓板は,磁石と共に,常に水平面内にあつて,中心のまはりを廻轉できるやうに,支へられてゐる。磁石は地磁力を受けて,圓板の南北を結ぶ直


船舶用羅針盤(方位圓板と外形)

徑を,何時も各地の磁氣子午面内にあらしめる。圓板の容器の内面には,船首の方向を示す示標がつけてある。これが指す圓板面の角度に,その地の偏角を加減すれば,船の方角がわかる。

第二章 電 氣

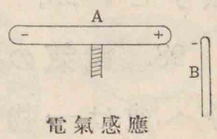
97. 電氣振子 エボナイトの棒を,フランネルで摩擦し,絹絲の先につけた木髓の小球に,近づけると,球は一旦吸引されるが,棒に觸れた後は,反撥される。斯樣な場合に,エボナイト棒は,摩擦によつて**帶電(荷電)**されたといひ,又は**電氣**を持つともいふ。**驗電器**は,帶電狀態の有無を,檢出するための裝置である。よく枯れた木髓小球を,細い絹絲で吊つた裝置は,一つの驗電器であつて,之を**電氣振子**といふ。

98. 電氣の傳導 一物體の一箇所から他の部分へ,或は一物體から他の物體へ,電氣が傳り擴ることを,電氣の**傳導**といふ。一箇所の電氣を,直ちに,他の部分へ傳へ擴げる物體を,**導體**といひ,帶電された部分のみに限る物體を,**不導體(絕緣體)**といふ。金屬,人體等は導體であり,乾燥した空氣・絹・エボナイト・硝子・封蠟・硫黃・琥珀等は,絕緣體である。木髓は,半ば導體である。

99. 電氣力 フランネルで摩擦したエボナイトの電氣を,**陰電氣**(**マイナスの電氣**)といひ,絹布で摩擦した硝子の電氣を,**陽電氣**(**プラスの電氣**)といふ。電氣には,陰と陽との二種あつて,同種の電氣は相斥け,異種の電氣は相引く。帶電體間の斥力,引力を**電氣力**といひ,電氣の有り高を,**電氣量**といふ。

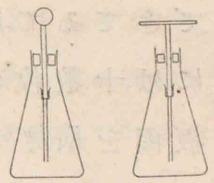
100. クーロンの法則 二帶電體間の電氣力の大きさは,それ等の電氣量の相乘積に正比例し,帶電體間の距離の二乘に反比例する。これを,**クーロンの法則**といふ。又,陰陽兩電氣は同時に生じ,等量を持つ。

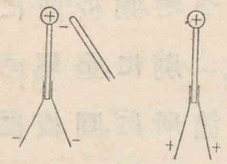
101. 電氣感應 絶縁された導體Aを,−の帶電體Bに近づけると,導體AのBに近い側には+,遠い側には−の電氣が生ずる。Bを取去れば,Aの電氣は無くなる。かやうに導體が,帶電體の附近にあるときには,自ら帶電する。これを**電氣感應**といひ,その爲に生じた電氣を,**感應電氣**といふ。等量の陰陽電氣が,その作用を互に打消し合ひ,どちらの作用も,全く無くなることを,**中和**といひ,帶電體が電氣を失ふことを,**放電**といふ。



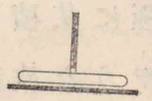
電氣感應

102. 箔驗電器 電氣振子よりも,鋭敏な驗電器は,**箔驗電器**であつて,金屬棒の下端に吊つた,二枚の細い箔片からできてゐる。箔に金箔を使つたのを,**金箔驗電器**といふ。之に,帶電體を近づけると,電氣感應が起り,金箔は自ら開く。指頭を,棒の上端に一寸觸れてから,帶電體を遠ざけると,その電氣と反對な電氣で,金箔が帶電される。


箔驗電器

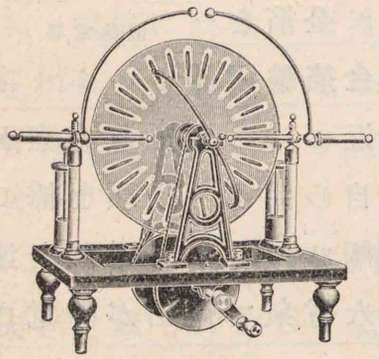

箔驗電器の作用

103. 電氣盆 **電氣盆**は,電氣の感應を利用し,電氣を起す裝置であつて,エボナイト圓板と絶縁體の柄をもつ金屬圓板とから,できてゐる。エボナイト板を,フランネルで摩擦すると,板は陰電氣を帶びる。その上に,金屬板をのせると,金屬板の下面に+,上面に−の電氣が生ずる。これに指頭を觸れてから,金屬板を持上げれば,それは+に帶電されてゐる。

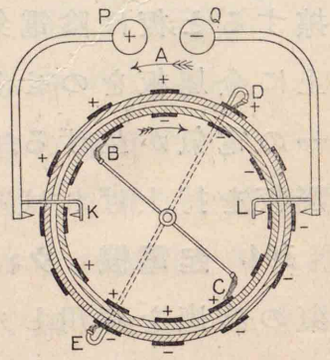

電氣盆

104. 起電機 **ウィムズハーストの起電機**も亦,電氣の感應を應用した機械で,多量の電氣が集められる。之は極めて接近した,二枚の硝子圓板から

できてゐて,反對に廻轉できる。各の圓板の外面には,十數枚の錫箔片が,はりつけてある。又その板面を横ぎつて,金屬棒が十字形に固定され,棒の兩端には,細い針金を束ねた刷毛があつて,圓板面に觸れてゐる。別に,金屬の櫛が,左右二箇所に,圓板に近く支へられ,其處から,二箇の金屬球,所謂この機械の**極**が,出てゐる。ハンドルを取つて,圓板を廻してゐると,錫箔片に陰陽の感應電氣が起り,別々に,左右の櫛の齒を通つて,兩極に集積し,その間で,火花を出して中和する。かやうな放電を,**火花放電**といふ。


ウィムズハースト起電機

起電の原理を示す圖には,圓板を圓筒にしてある。極めて微量の電氣,例へば陽電氣が,頂上の一箔片にあると,それは,刷毛Bの上に來るとき,感應によつて,Bに接する箔へは陰電氣を與へ,刷毛Cに接する箔へは陽電氣を與へる。之等の箔片が,刷毛D,Eに對する位置に來ると,D,Eに接する箔片は,

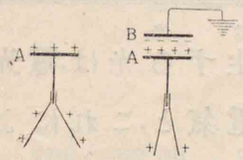


ウィムズハースト起電機の原理

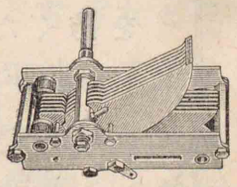
それぞれ,陽と陰との感應電氣を帶びることになる。かやうにして,櫛Kの方へ動いて來る箔は,凡て陽電氣を,Lの方へ來る箔は,凡て陰電氣をもち,櫛の齒の尖端に生ずる感應電氣を中和する故に,極Pは陽電氣を,極Qは陰電氣を得る。

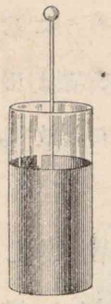
105. 尖端の作用 導體の電氣は尖端に密集し,これに接觸してゐる空氣を帶電する。空氣と導體との間に斥力が起り,絶えず新しい帶電空氣が斥けられる。かやうな作用を,**尖端の作用**といふ。

106. ライデン瓶 上端に,金屬板Aをもつ箔驗電器を帶電し,他の金屬板Bを,Aの上にかざせば,箔の開きは減る。Bを,Aに近づける程,開きは益々減る。これで見ると,開きを元通りにするには,Aに,もつと多量の電氣を與へねばならぬ。換言すれば,導體は,單獨であるときよりも,地球に連絡した他の導體に,接近してゐるときの方は,多量の電氣を荷ひ得る。かやうに,相接近してゐる二導體を絶緣體で隔てた裝置を,**蓄電器**といふ。**ライデン瓶**は,一種の蓄電器である。之は硝子瓶で,内外面には,三分の

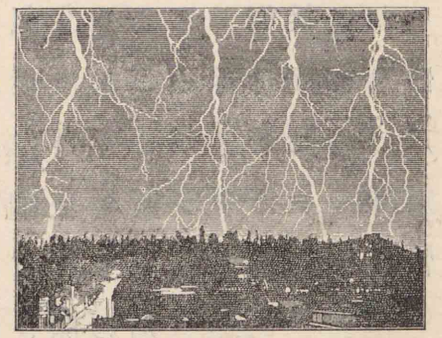


箔驗電器の蓄電

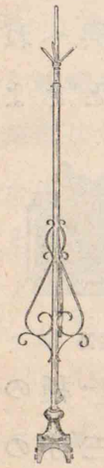
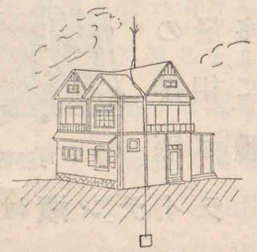

可變蓄電器


ライデン瓶

二位の高さまで,錫箔を着せてある。金屬棒の下端に,「ばね」或は鎖をつけて,上端の金屬球と,內箔とを連絡してある。ライデン瓶を帶電するには,金屬球に電氣を與へれば良い。又,ライデン瓶を放電するには,**放電又**を使用する。

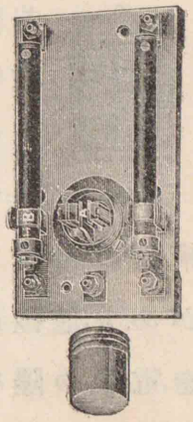

電光

107. 空中電氣 大氣は電氣を持つ。これを,**空中電氣**といふ。**雷**は,反對の電氣をもつ雲と雲,又は,雲と地球との間に起る火花放電である。その際生ずる光は,**電光**で,音は**雷鳴**である。**落雷**は,雲の電氣と,これによつて生じた地面の感應電氣とが,中和するときに起る火花放電である。落雷の被害を防ぐために,**避雷針**を立てる。之は,上端の尖つてゐる銅棒であつて,家屋の最高處に立ち,太い銅線で,濕地に埋められた銅板に,連結してゐる。帶電した雲が近づくと,棒



避雷針

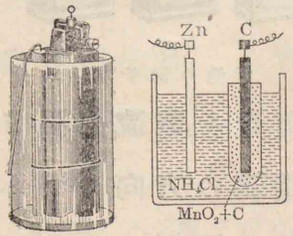
の尖端から,反對の電氣を帶びた氣流が起り,雲の電氣を中和する。

落雷は近道に沿ふて起る。この性質を利用して,**避雷器**を作り,電信や電話の機械を保護する。それは,二枚の板狀導體であつて,緣に雲母片をはさんで,板を隔ててある。一方の板を,電話線又は電信線につなぎ,他方の板を,地球に連絡しておく。放電は,兩板の間で行はれ,機械の方には起らない。避雷器は二箇いるが,實際は,地球に連絡する方の板は繫がつてゐる。


電話用避雷器

第三章 電流の化學作用とオームの法則

108. 電池 動いてゐる電氣を,**電流**といふ。**電池**は,連續して電流を生ぜしめる裝置である。電話などに使う**ルクランシェ電池**は,素燒の筒の中に炭素棒を入れ,その隙間に細く碎いた炭素と,二酸化マンガンとの混合物を詰めて,この筒と亞鉛棒とを,鹽化アムモニウム溶液中に立てた電池である。

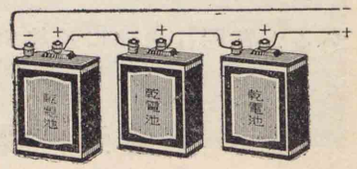


ルクランシェ電池

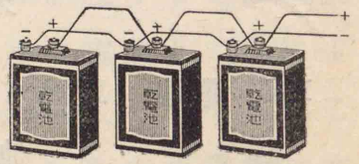

乾電池

炭素と亞鉛とを,この**電池の極**といふ。**乾電池**は,ルクランシェ電池を改良し,携帶に便利に作つた電池である。

電池には種々あつて,兩極,內部の物質,構造はちがうが,どんな電池でも,一極には陽電氣があり,他極には陰電氣がある。陽電氣を持つ極を,電池の**陽極**といひ,陰電氣をもつ極を,**陰極**といふ。ルクランシェ電池の炭素棒は陽極で,亞鉛棒は陰極である。


(甲)

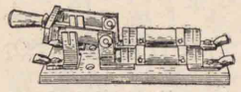
電池は幾つでも組合せて使へる。甲圖の如く,一つの電池の陰極を,次の電池の陽極へ針金でつなぐときには,**行につなぐ**といひ,乙圖の如く,同名の極を一緒にしてつなぐときには,**列につなぐ**といふ。

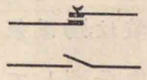

(乙)
電池の繋ぎ方

109. 電流の强さ 針金の斷面を單位時間に通過する電氣量を,**電流の强さ**といひ,陽電氣が流れる方向を,**電流の方向**といふ。

電池の內部では,電流は陰極から陽極に向ふ。卽ち,電流の方向を辿ると,切れ目のない道ができる。かやうな路を,**電氣回路**といふ。簡便に,回路

を開閉できる器具がある。電流の弱いときに使うのを,**キー**といひ,强いときに使うのを,**スキッチ**といふ。


スキッチ

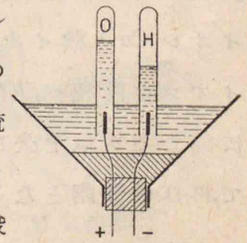

キー

110. 電流の作用 乾電池で,小さな電球が點火できる。これは,フィラメントが高溫度に熱せられたからである。電流には,導體を熱する働きがある。これを,**電流の熱作用**といふ。

電流が通つてゐる針金の附近に,磁針をおくと,それは磁力を受ける。電流には,その周圍を磁場にする働きがある。これを,**電流の磁氣作用**といふ。

稀硫酸に電流を通せば,水は分解し,酸素と水素とになつて出て來る。電流には,化學變化を起す働きがある。これを,**電流の化學作用**といふ。

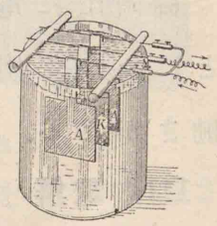
111. 電解 圖の如く漏斗の下口にコルクを詰め,白金片のついた針金二本を通し,その上をパラフィン蠟で固め,漏斗と試驗管とに稀硫酸を充し,試驗管を白金片に被せてから,電流を通すと,電池の陽極につないだ白金片からは,酸素Oが發生し,陰極につないだ方からは,水素H



水の電解

が出て,體積は略1と2の割合で,管の上端に集る。元來,溶液中の硫酸は,陽電氣を帶べる水素Hと,陰電氣を帶べる原子の一團 SO_4 とに分裂してゐて,これが兩極の電氣力によつて,Hは陰極へ,SO_4 は陽極へ移動し,兩極に達して電氣を失ひ,Hはその儘元素として陰極に現れ,SO_4 は水から水素をとり,再び硫酸になつて液中に殘り,酸素を陽極に發生せしめる。

稀硫酸の如き導體を,**電解質**といひ,その成分が,電流によつて分離・移動することを,**電解**といふ。電解用の裝置を,**電解器**といひ,白金片の如き導體を**電解器の極**といふ。電流を,電解質に流し入れる極を**陽極**,電解質から流し出す極を**陰極**といふ。電解質の帶電成分を,**イオン**といひ,陽極に向つて移動するのを**陰イオン**,陰極に向うのを**陽イオン**といふ。



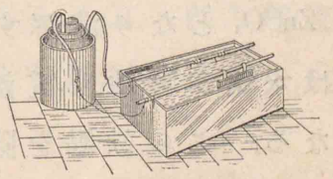
銅電解器

硫酸銅溶液中に銅板二枚を立て,之を極として電流を通ずれば,陽極銅板の質量は減り,陰極銅板の質量は增す。この場合では,硫酸銅は,陽イオン Cu と,陰イオン SO_4 とに分裂してゐて,銅イオンは陰極へ,硫酸イオンは陽極へ動き,其處に達して電氣を失ひ,Cuは陰極に析出し,SO_4 は陽極銅板と化合して,再び硫酸銅となる。同樣なことは,硝酸銀溶液の電解にも起る。

112. ファラデーの法則 (1)一極に析出した物質の質量は,電流の强さと時間との相乘積,卽ち電解中に通過した總電氣量に正比例する。(2)同一の電氣量で析出される種々の物質の質量は,それ等の化學當量に正比例する。之を,**ファラデーの法則**いとふ。

毎秒 0.001118 グラムの割合で,銀が析出されるやうな電流の强さを,電流の實用單位とし,之を**アンペア**といひ,1アンペアの電流で,1秒間に運ばれる電氣量を,電氣量の實用單位とし,之を**クーロン**といふ。電流の强さを測るには,電解器を使ふ。電解質に,1アンペアの電流を1秒間通じて,卽ち1クーロンの電氣量を通じて,一極に析出される物質の質量を,その**電氣化學當量**といふ。銀の電氣化學當量の數は,0.001118 であり,その化學當量,卽ち原子量を原子價で割つた數は,107.88 である。

113. 電解の應用 電解應用の第一は,**電氣鍍金**(メッキ(トキン))である。鍍金される金屬(地金)を陰極とし,鍍金金屬を陽極とし,この金屬鹽類の溶液を電解質として,電流を流すと,陰極の金屬面は,鍍金金屬の薄層で被覆される。

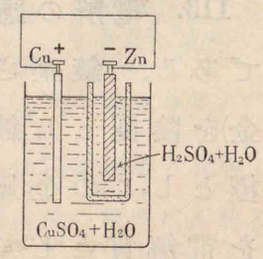

電氣鍍金

第二は**電氣版の製作(電鑄術)**である。これは,木版又は活字を組んだ版などから,同一の版を複製する方法である。原版を蠟板に押付け,凹凸の正反對な蠟の型をつくり,その上に黑鉛粉末を塗り,電導性を持たせて陰極とする。陽極には純銅板を,電解質には硫酸銅溶液を使ひ,電流を通すと,銅は陰極面に析出される。型を剝せば,原版と同じ銅版が出來る。

第三は**電氣冶金**である。これは,電解を利用して,金屬を精製する方法である。例へば粗銅を陽極とし,純銅を陰極とし,電解質に硫酸銅溶液を使つて,電流を流せば,粗銅は減り,純銅は增してゆく。

第四は**化學藥品の製造**である。例へば食鹽の溶液から,電解によつて,苛性曹達が造られる。

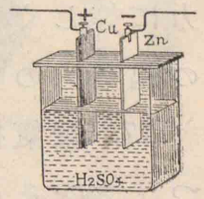
114. ヴォルタの電池 稀硫酸中に,銅と亞鉛とを立てると,銅は陽極,亞鉛は陰極と成つて,簡單な電池になる。兩極をつなげば電流が流れ,電解が起り,亞鉛極は消耗して,硫酸亞鉛 $ZnSO_4$ となり,溶解する。銅極には,水素が發生し,電流は,急に弱くなる。この缺點を除くために,種々の電池が工夫されてゐる。**ダニエル電池**は,亞鉛極を素燒圓筒



ダニエル電池

內の稀硫酸中に浸し,銅極と共に,硫酸銅の飽和溶液中に,立てた電池である。この電池では,銅極に發生する水素を,硫酸銅の銅と置換へ,之を銅極に析出せしめる。ルクランシェ電池では,炭素極に發生する水素を,二酸化マンガンで酸化し,水にする。

銅と,亞鉛と,稀硫酸とからなる簡單な電池は,ヴォルタが發明したので,之を**ヴォルタの電池**といひ,ひいては,かやうに異つた物質を接觸し,組合せた丈で,電流を生ぜしめ得る裝置を,凡てヴォルタの電池といふ。之を又,**一次電池**ともいふ。ルクランシェ電池・乾電池・ダニエル電池は,ヴォルタの電池である。



最も簡單なヴォルタの電池

115. 電位差 電池の兩極を針金でつなぐと,針金に沿ふて,陽極から陰極へ電流が流れる。かやうな場合に,陽極の**電位**は,陰極のよりも高いといひ,兩極間に,**電位差(電壓)**があるといふ。即ち,電流は,電位差のある所に生じ,陽電氣は,電位の高い處から低い處へ流れる。

116. 電池の起電力 電池の兩極間の電位差は,電池の働きによつて,生ずるのである。この働き

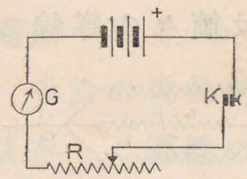
を,**電池の起電力**といふ。之は,電流を通さないときの,兩極間の電位差で表され,標準電池のと比較して,その値を定める。

同じ種類の電池の起電力は,常に同じであつて,電池の形狀・大小には無關係である。同じ電池を,列につないだ電池の起電力は,一箇の電池の起電力に等しく,行につないだ電池の起電力は,各電池の起電力の和に等しい。

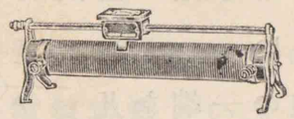
117. 電氣抵抗 導體は,電流に對して抵抗をもつ。之を,その導體(ヂウ)の**電氣抵抗**といふ。導線の電氣抵抗は,その長さに正比例し,切口の面積に反比例し,溫度によつて異る。電氣抵抗の實用單位を,**オーム**といふ。これは,0°C.のときに,長さ106.3糎,切口の面積1平方粍の,水銀柱が持つ電氣抵抗である。

1アンペアの電流が,1オームの抵抗を持つ導線に,流れてゐるときに,その兩端の電位差を,電位差,又は電壓の實用單位とし,之を**ヴォルト**といふ。

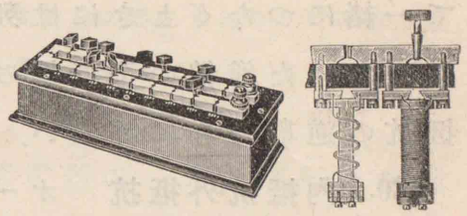
電池の起電力の單位は,矢張りヴォルトであつて,ルクランシェ電池の起電力は,1.5ヴォルト,ダニエル電池のは,1.1ヴォルトである。



抵抗器による電流の調節


抵抗器

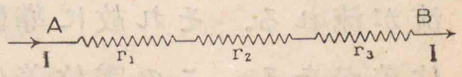
回路を流れる電流の強さを加減する爲に,**抵抗器**Rを使ふ。色々の抵抗をもつ導線を納めた箱を,**抵抗箱**といひ,それ等と比較して,導線の抵抗を知る。


抵抗箱とその内部構造の一部

118. オームの法則 導線を流れる電流の強さは,その兩端間の電位差に正比例し,電氣抵抗に反比例する。之を,**オームの法則**といふ。即ち,導線AB間の電氣抵抗はRオームで,其處をIアンペアの電流が流れてゐるときは,AB間の電位差は,RIヴォルトになる。

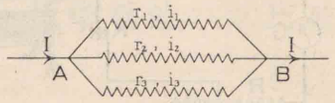
斷面積1平方糎 長さ1糎の抵抗		
金	2.42×10^{-6} (オーム)	(18°C.)
銀	1.66 〃	(18〃)
銅(伸シタ)	1.78 〃	(18〃)
	2.36	(100〃)
鐵(0.1%炭素)	12.0 〃	(18〃)
	16.8	(100〃)
白金	11.0 〃	(18〃)
	14.0	(100〃)

119. 導線の全電氣抵抗 導線を圖の如く,順次につなぎ合せるときには,**行につなぐ**とい



導線の行繋ぎ

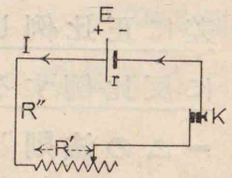
ふ。行につないだ導線の全抵抗は,箇々の導線の抵抗の和に等しい。



導線の列繋ぎ

圖の如く,導線の一端を凡て一緒につなぎ,他端を又,凡て一緒につなぐときには,**列につなぐ**といふ。列につないだ導線の,全抵抗の逆數は,箇々の導線の,抵抗の逆數の和に等しい。

120. 内抵抗・外抵抗 オームの法則は又,全回路についても成立つ。即ち,回路を流れる電流の強さは,起電力に正比例し,回路の全電氣抵抗に反比例する。起電力の源の抵抗を,その**内抵抗**といひ,源以外の回路の抵抗を,**外抵抗**といふ。圖の如く,電池一箇を,起電力の源とする回路に於て,電池の起電力はEヴォルト,内抵抗はrオーム,外抵抗,即ち抵抗器の抵抗R′オームと,連結用導線の抵抗R″オームとの和はRオームならば,電流の強さは,$\frac{E}{R+r}$アンペアとなる。



内抵抗と外抵抗

121. 電氣容量 帶電導體を地球につなぐと,電流が流れる。それ故に,導體と地球との間には,電位差がある。この電位差は,地球に對する導體の

電位である。

導體の電位を單位だけ高めるのに,必要な電氣量を,その**導體の電氣容量**といふ。

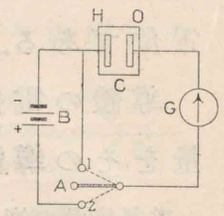
電氣容量の實用單位を,**ファラッド**といふ。これは,電位を1ヴォルト丈高めるのに,1クーロンの電氣量を必要とするやうな,導體の電氣容量である。普通,その百萬分の一を單位に使ひ,之を**マイクロファラッド**といふ。

ライデン瓶の如き,蓄電器の一方の導體Aを,地球につなぎ,他方の導體Bに,電氣を與へると,兩導體間に,電位差が生ずる。導體Bの電位を,單位だけ高める爲に,之に與ふべき電氣量を,その**蓄電器の電氣容量**といふ。

122. 分極作用 簡單なヴォルタの電池では,銅極に水素が集り,電流は弱くなる。これは,一つは水素と亞鉛との間に,ヴォルタ電池の起電力と,反對な起電力が生ずるためであり,一つは集積水素は,電池の内抵抗を,增加するためである。かやうな現象を,電池の**分極作用**といふ。ルクランシェ電池に於ける,二酸化マンガンの如く,この作用を打消す化學藥品を,**消極劑**といふ。

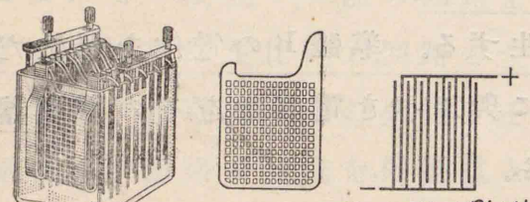
分極作用は,水の電解器にも起る。陰・陽兩極に

は,水素と酸素とが集積し,水素板と酸素板との間に,電池の起電力と反對な,起電力が生じ,電流は弱くなる。回路を切り,手早く兩極を連結すると,電池の電流と,反對な電流が流れる。分極作用に基くかやうな電流を,**分極電流**といふ。



分極電流の實驗

123. 蓄電池 **蓄電池**は,鉛製格子の隙間に,硫酸鉛を詰めた板を,陰・陽兩極とし,稀硫酸を電解質にした電解器と看做し得る。之に,電流を通ずることを,蓄電池の**充電**といふ。充電中の化學變化は,



蓄電池 (左) (中)
(左) 外觀 (中) 極板 (右) 電極の組合せ

陰極 $PbSO_4 + 2H = Pb + H_2SO_4$

陽極 $PbSO_4 + SO_4 + 2H_2O = PbO_2 + 2H_2SO_4$

で,兩極の硫酸鉛が大部分,鉛と過酸化鉛とに變ると,陰極からは水素,陽極からは,酸素が發生する。充電を終へてから,電池の兩極をつなげば,充電の際の電流と,反對な分極電流が得られる。蓄電池から,電流を取出すことを,蓄電池の**放電**といふ。

放電中の化學變化は,

陰極 $Pb + SO_4 = PbSO_4$

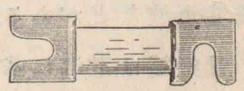
陽極 $PbO_2 + 2H + H_2SO_4 = PbSO_4 + 2H_2O$

で,兩極共に硫酸鉛となるが,再び充電すれば又,電池として使へる。充電直後の蓄電池の起電力は,約2ヴォルトである。この電池を,**二次電池**ともいふ。

第四章 電流の熱作用

124. ジュールの法則 導體に發生する熱量は,その電氣抵抗と,電流の強さの二乘と,電流の通過時間との相乘積に正比例する。之を,**ジュールの法則**といふ。

125. 熱作用の應用 回路の一部に發生する熱量は,電流の強い程,又抵抗の大きい處ほど多い。このことは,**フューズ・電燈・電熱器・電氣爐**等に,應用されてゐる。

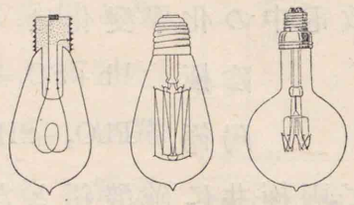


電燈線の,引込口のスキッチには,**フューズ**を付けてある。これは融解し易い金屬線で,規定以上に,強い電流が通ると,その爲に生じた熱は,フューズを融解して,自然に回路は切れ,事

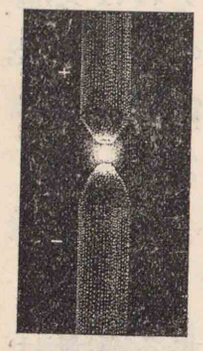

フューズ

故の發生を豫防する。

電燈には,白熱燈と,孤光燈とがある。**白熱燈**は眞空の硝子球で,中に細い炭素線,又はタングステン線が,封じ込めてあつて,之に電流が通ると,フィラメントは白熱し,光を出す。又タングステンを使つた電球には,窒素瓦斯を,充塡したのがある。



白熱燈(左より炭素線・タングステン線・瓦斯入タングステン線)



孤光燈

孤光燈は二本の炭素棒であつて,その端と端とを接觸し,これに電流を流した後,少しく離すと,其處の抵抗は增大し,孤光が出來て,白熱する。電流の方向が一定してゐると,電流の流れ出る側の炭素棒,即ち陽極は凹み,他の炭素棒,即ち陰極は尖つて來る。凹んだ處の溫度は最も高いから,最も輝く。

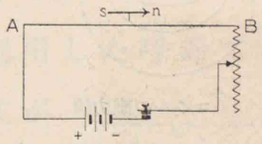
電熱器は,耐火性絶緣物質に,抵抗の大きい針金を卷き,或は載せて,これに電流を通じ,熱源として用ひられる。これには,アイロン・暖爐・焜爐などがある。

電熱器(左よりアイロン・暖爐・焜爐)

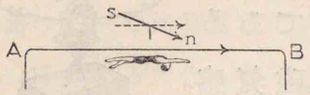
電氣爐は,電流に基く熱を利用して,高溫度を得る爲の裝置で,孤光を使ひ,又は白金線・炭素棒・石墨棒に電流を通じて,爐中を熱するのがある。

第五章　電流の磁氣作用

126. アンペアの規則　回路の一部ABを,水平に吊した磁針の軸に,平行に張り,これに電流を流せば,極は,次の規則に從つて,振れる。(1)顏面を磁石に向け,電流に沿ふて泳ぎ下るとすれば,北極は左側へ振れる。これを,**アンペアの規則**といふ。

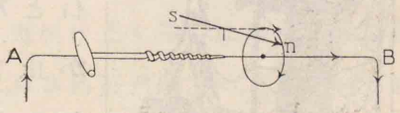


電流の磁氣作用の實驗

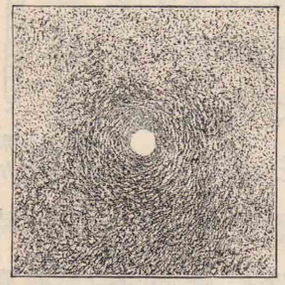


アンペアの規則

(2)普通の右廻りの「ねぢ」を,電流の方向へ進むやうにおくと,磁石の北極は,「ねぢ」を廻す方向へ振れる。これを,**コルクねぢの規則**といふ。



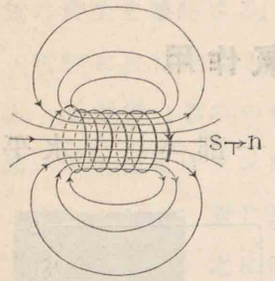
コルクねぢの規則



電流の周圍の鐵粉が示す磁力線

厚紙,又は硝子板の孔に,針金を通して鉛直に立て,强い電流を流し,鐵粉を板面に振りまいてから,板を輕く叩くと,鐵粉は圖の如く,數多の同心圓に沿ふて並ぶ。磁針を板の上にのせて見ると,磁力線の方向は,コルクねぢの規則のいふところと,一致する。

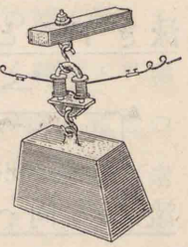
127. コイル　一本の針金を,種々の形に卷いて

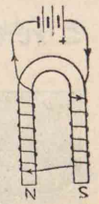


コイルの磁力線

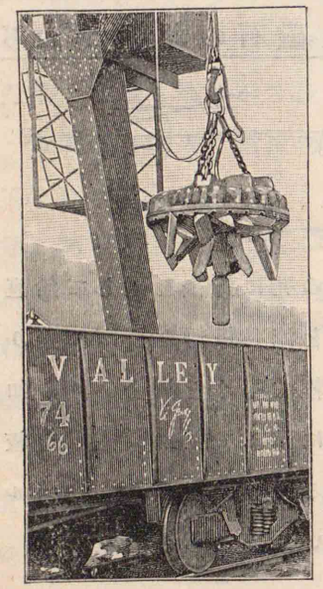
作つた導體を,**コイル**といふ。圓筒面に沿ふて,針金を密接して卷きつけたコイルは,これに電流を流せば,圖の如く,一箇の棒磁石と同等になる。コルク抜きをコイルに差込み,電流の方向へ之を廻すときに,コルク抜きの尖端の進む側に,北極が出來る。

128. 電磁石 電流の流れてゐる圓筒形コイル中の,軟鐵棒は,磁氣感應によつて,棒磁石となる。電流が止まれば,磁性を失ふ。卽ち,電流が流れてゐる間丈,所謂**一時磁石**になる。鋼鐵棒であると,**永久磁石**が得られる。


電磁石



電磁石の導線の卷き方

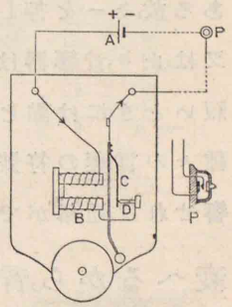


電磁石の應用

電磁石は,電流によつて,一時磁石を得る爲に,軟鐵心に,被覆線を卷きつけた裝置である。圖には,被覆線の卷き方を示し

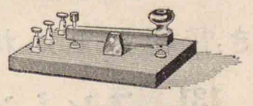
てある。電磁石の極の強さは,電流の強さと,針金の捲數との積が,大きい程強い。電磁石の用途は,鐵材を運搬すること,強い磁場を作ること,通信器械の主要部にすること,などである。

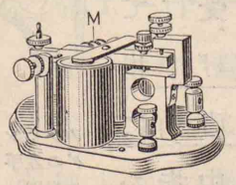
129. 電鈴 **電鈴**は,電磁石を利用した呼鈴(ヨビリン)である。玄關の柱などに,ボタンP丈が出てゐる。これを押してゐる間は,室內で,ベルが鳴り續ける。ボタンは,回路のキーで,回路は電池Aと,電磁石のコイルBと,「ばね」Cとで作られる。ボタンを押せば,回路は閉ぢ,電流が流れ,電磁石の鐵心は磁石となり,その前の鐵片を引く。鐵片と共に「ばね」は,接點Dから離れて,回路を開くから,電流は止り,鐵心は磁性を失ひ,鐵片は「ばね」と共に,元位置に復歸し,再び回路が閉ぢる。ボタンを押してゐる間は,かやうな開閉が,自働的に繰返され,鐵片についてゐるハンマーは,ベルを鳴し續ける。



電鈴の理

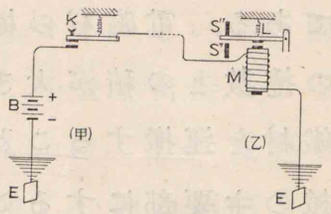
130. 電信機 電信機は,電磁石を利用し,符號によつて,遠隔の地に通信する裝置であつて,**送信器**と**受信器**とから出來てゐる。圖の如く送信器Kは,一種のキーで,發信局甲におかれ,受信器Mは,電磁石で,受信局乙におかれる。電磁


送信器



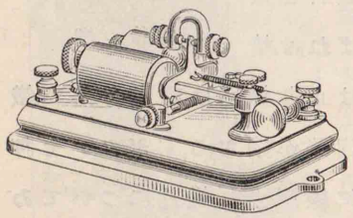
受信器

石の前にある鐵片Lは,挺子であつて,電磁石に引かれたときは,止めS′に當り,電磁石から離れるときは,止めS″に當つて音を出す。かやうな受信器を**音響器**といふ。送信器と受信器とは,



電信回路

電池Bと,地中に埋めた銅板Eと共に,回路を作る。地球は導體である故,キーを押し又は放して,回路を閉ぢ又は開けば,電流は流れ又は止り,音響器は音を出す。二音間の時間が長いときには線を,短いときには點を表すことにし,線・點の數と,並べかたとを違へて,種々の言葉の符號が出來てゐる。電文を符號に變へて,音響器に響せれば,通信ができる。二局間の距離が遠いと,電流は衰へるから,音響器の音も弱くなる。この缺點を補ふ爲に,弱い電流でも働くやうな電磁石を使ふ。之を**繼電器**といふ。送信局から來る電流は,先ず繼電器に働き,音響器を入れた別な回路を閉ぢる。

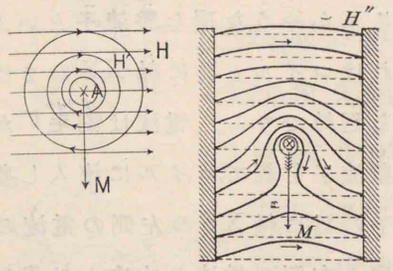

繼電器

131. フレミングの左手の規則 磁場内の針金に,電流を流すと,針金は力を受けて動く。左手の拇指と人差指とを擴げ,中指を掌に直角に曲げると,三指は互に直角になる。人差指を磁場の方向へ向け,中指を


フレミングの左手の規則

電流の方向へ向ければ,拇指は運動の方向を示す。

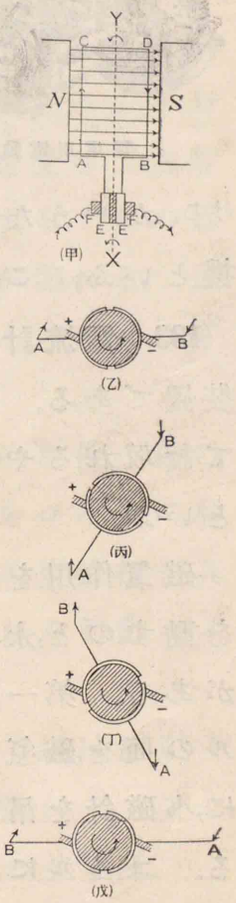
之を,**フレミングの左手の規則**といふ。圖の如く,左から右へ向ふ磁場,Hの中に,これと直角に,針金Aを入れ,紙面の表から裏へ,電流を流せば,Aの周圍には,コルクねぢの規則に從ひ,電流に基く磁場,H′が出來る。HとH′との合成磁場,H″は,上が強く下が弱くなる。フレミングの左手の規則に從へば,針金は,合成磁力線の密なる側から疎なる側へ,力を受けて動く。



フレミングの左手の規則の明說

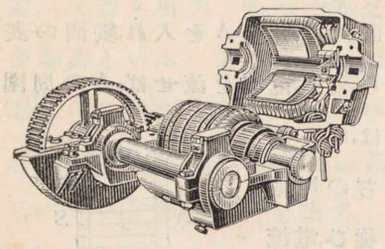
132. 電動機 電動機(モートル)は,前節の事實を利用し,廻轉運動を生ぜしめる爲の裝置である。電動機の磁場は,電磁石で作られる。之を,**場磁石**といふ。導線は,軟鐵心に卷いたコイルであつて,之を,**アーマチュア**といふ。

コイルに電流を通せば,それは軟鐵心と共に,その軸のまはりを廻轉し,この廻轉運動を,他の機械



直流電動機の原理

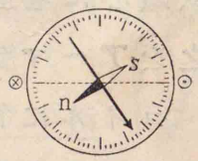
の可動部に傳へれば,電動機として運轉する。甲圖のNSは場磁石である。コイルABCDの兩端には,二分された金屬環Eが,別々に固定してある。かやうな環を,**整流子**といふ。これはコイルと共に軸XYのまはりを廻轉できる。電流は**刷毛**(ブラッシ)Fから,整流子を經て,コイルに流入し,整流子の爲に,軸XYの左側の電流の方向と,右側の電流の方向とは常に定り,コイルは同じ方向へ廻轉を續ける。かやうな原理で造られた電動機を,**直流電動機**といふ。これは,電車の運轉などに使はれる。



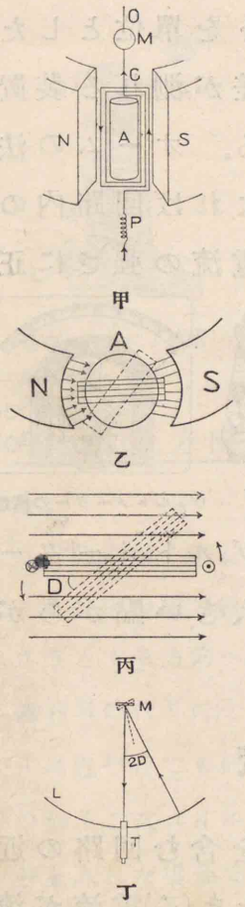
電車用電動機

133. 電流計 **電流計**は,電流の強さを測る爲の裝置である。電流の強さが,アンペアを單位として讀取れるやうに作つた電流計を,**アンメーター**といふ。

磁氣作用を利用した電流計には,コイルで磁針を動すのと,永久磁石の磁場でコイルを動すのとがある。第一種の電流計では,コイルの面を,磁氣子午面内におき,中心に,小磁針を吊るか,支へるかしてある。コイルに電流を流せば,磁針は,地磁氣による磁力と,電流による磁



コイルで磁針を動す電流計の理



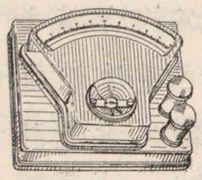
可動コイル型鏡電流計の理

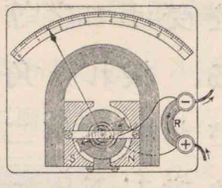
力とを受けて,之等が釣合ふまで振れる。振れた角で,電流の強さが表される。第二種の電流計では,永久磁石NSの間に,圓筒形の軟鐵Aがあつて,これと磁極との間に,コイルが吊してある。電流を流せば,コイルは,磁場による力と,「ばね」Pの彈力とを受けて,之等が釣合ふまで廻轉する。この廻轉角で,電流の強さが測れる。廻轉角を知る爲に,コイルには,小さな鏡が附けてある。

「ばね」を扁平なのに取換へ,鏡の代りに,細長い指針をコイルに取付け,アンペア單位の度盛板を具へたのが,普通使はれる**可動コイル型のアンメーター**である。

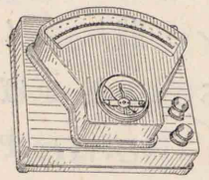
導線に電流を流せば,熱が發生し,導線は膨脹するから,電流の強さは,導線の延長で測れる。アンメーターには,この關係を利用したのがある。

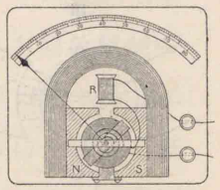
134. ヴォルトメーター **ヴォルトメーター**は,


アンメーター外觀


アンメーターの構造

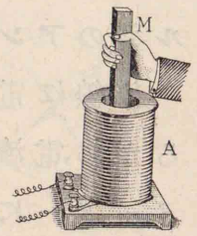
ヴォルトを單位とした電位差が,測れる裝置である。オームの法則によれば,回路内の二點間の電位差は,其處を流れる電流の強さに正比例するから,電流の強弱によつて,電差位の大小は表せる。即ち,アンメーターと同樣な裝置が,ヴォルトメーターに使へる。唯,ヴォルトメーターの抵抗は,アンメーターのよりも,大きい點がちがつてゐる。


ヴォルトメーターの外觀

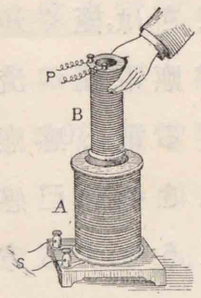

ヴォルトメーターの構造

第六章　感應電流

135. レンツの法則　コイルAを含む回路の近くで,圖のやうに,(甲)磁石Mを動すとき,(乙)電流が流れてゐる他のコイルBを動すとき,(丙)Bの電流の強さを變へるときには,これ等の運動や,變化のある間だけ,Aに自ら電流が流れる。かやうな現象を,**電磁感應**といひ,それによつて生ずる



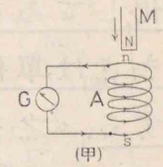
磁石による感應電流

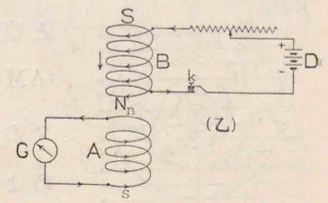


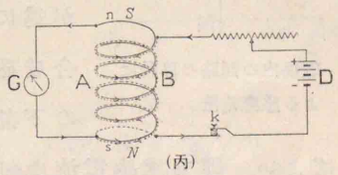
他のコイルによる感應電流

起電力を**感應起電力**,電流を**感應電流**といふ。Bの如く,感應起電力を生ぜしめるコイルを,**第一次コイル**,それによつて,感應起電力が生ずるAの如きコイルを,**第二次コイル**といふ。感應電流は,それを生ぜしめる運動,又は磁力線の增減を,妨げようとする方向へ流れる。之を,**レンツの法則**といふ。

甲圖の如く,磁石Mの北極を,コイルAに近づけると,その中の磁力線は,增すことになるから,之を減らさうとする方向へ,感應電流は流れる。乙圖の如く,磁石Mの代りに,一次コイルBの北極を,Aに近づけても,同樣にいへる。又丙圖の如く,二次コイルAの中に,一次コイルBを入れた場合では,一次回路のキーKを閉ぢると,電流による磁力線が增すから,之を妨げる方向へ,感應電流は流れる。甲圖乙圖の如く,磁石やコイルを動す場合では,その運動を止めようとする方向へ,感應電流は流れるともいへる。







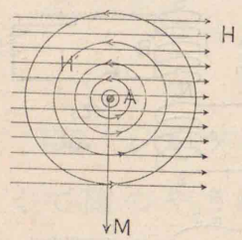
レンツの法則

136. 自己感應　起電力の源,例へば電池を含む

回路のキーを,閉ぢるとき,又は開くときは,極く短い間ではあるが,この回路自身にも,感應電流が流れる。かやうにして,回路自身に生ずる電磁感應を,**自己感應**といふ。キーを閉ぢるときの,自己感應電流は,磁場の強さの增加を,妨げようとする方向へ,卽ち,本電流と反對な方向へ流れ,キーを開くときのは,本電流と同じ方向へ流れる。

137. 感應起電力 コイル內の磁力線の數が,變化してゐる間は,感應起電力が起つてゐて,その大きさは,單位時間に變化する磁力線の數に正比例する。之を,**ファラデーの法則**といふこともある。

138. フレミングの右手の規則 磁場Hの中に,これと直角に,回路の一部Aを入れ,これを下方AMの方へ動すと,感應電流が流れる。レンツの法則に從へば,その方向は,Aの運動を,止めようとする方向で,あらねばならぬ。それが爲には,感應電流による磁場H′と,Hとの合成磁場H″を考へるとき,Aの下部は強く,上部は弱くなればよい。卽ち,感應電流は,紙背から紙面に向つて流れる。右手の人差指を,磁場の方向へ向け,拇指を運動の方向へ向けると,中指

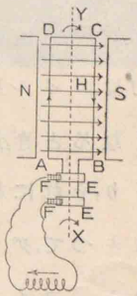


磁場內の回路の移動による感應電流


フレミングの右手の規則

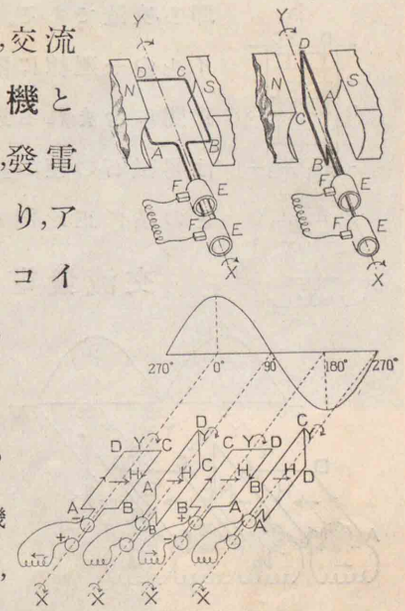
は感應電流の方向を指す。之を**フレミングの右手の規則**といふ。

139. 發電機 方向が定つてゐる電流を,**直流**といひ,或時間毎に,卽ち週期的に方向の變る電流を,**交流**といふ。工場の諸機械運轉に使う電流,卽ち動力用の電流や,電燈用の電流は,多く交流である。



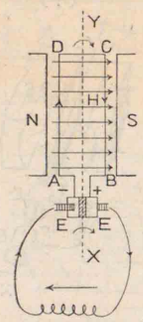
(甲)

發電機(ダイナモ)は,前節の事實を利用し,强い感應電流を,連續して生ぜしめる裝置である。直流が得られる發電機を,**直流發電機**といひ,交流が得られるのを,**交流發電機**といふ。電動機と同じ樣に,發電機の場磁石は,電磁石であり,アーマチュアは鐵心に卷いたコイルである。之を,その軸のまはりに,絕えず廻轉すると,引續き感應電流が得られる。甲圖を見れば,交流發電機の原理が分る。一樣な磁場の間で,コイルABCDが,その軸XYのまは



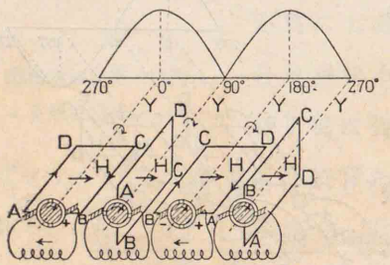
交流發電機の理 (乙)

りに,一定の速さで廻轉を續けてゐると,交流が生ずる。コイルの兩端には,別々に金屬環Eがあつて,コイルと共に,軸XYのまはりを廻轉する。之を,**スリップ=リング**といふ。コイルに生ずる感應電流は,スリップ=リングEから刷毛Fをとほつて,外部の回路を流れる乙圖に於て,コイルの兩邊 AD, BC の孰れに付いて考へてもよいが,感應電流は,その運動を妨げようとする方向へ流れる。又,起電力は,コイルを通る磁力線の變化の,時間に對する割合が,最も大きくなるとき,最も大きい。コイルの廻轉角,若しくは時間を,横軸にとり,それに相當する起電力,若しくは電流(自己感應を省く)を,縱軸にとつて,グラフを畫くと,波形の曲線ができる。之を,**正弦曲線**といふ。コイルの半廻轉毎に,起電力や,電流の方向は,反對になる。



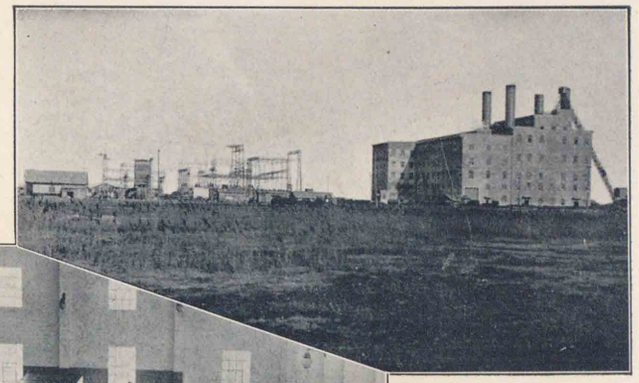
即ち,交流である。場磁石の極の數が二箇のとき,コイルの一廻轉に要する時間を,交流の**週期**といひ,一秒間に含まれる週期の數を,**周波數**といふ。周波數は,場磁石の極の數と,コイルの單位時間內の,廻轉數との積に正比例する。

交流發電機のスリップ=リングの代りに,整流子を置換へると,直流發電機ができる。

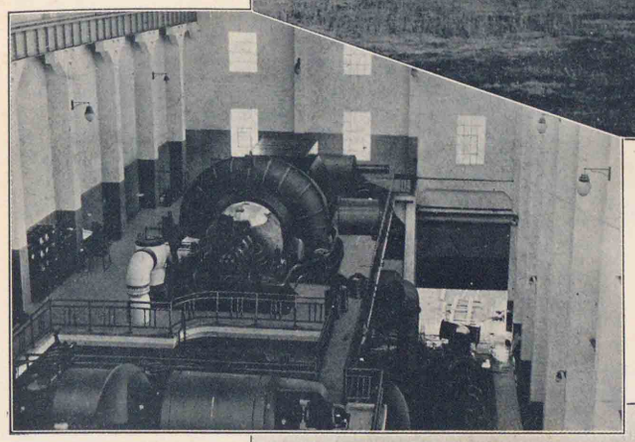


直流發電機の理

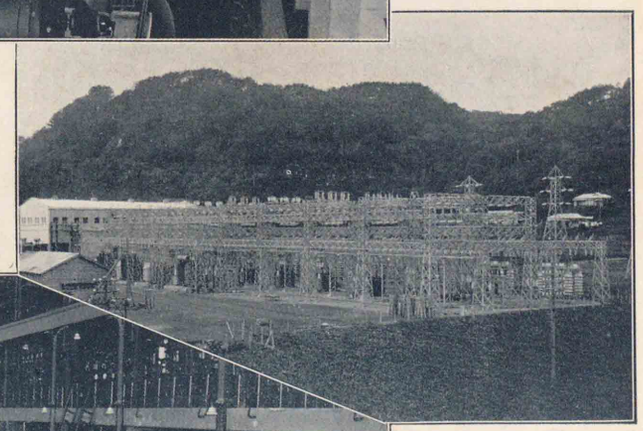
コイルの兩邊に生ずる感應電流は,圖の通りになる。即ち,常に左右の刷毛は,陰陽の兩極となり,外部の回路に,直流が流れる。電流



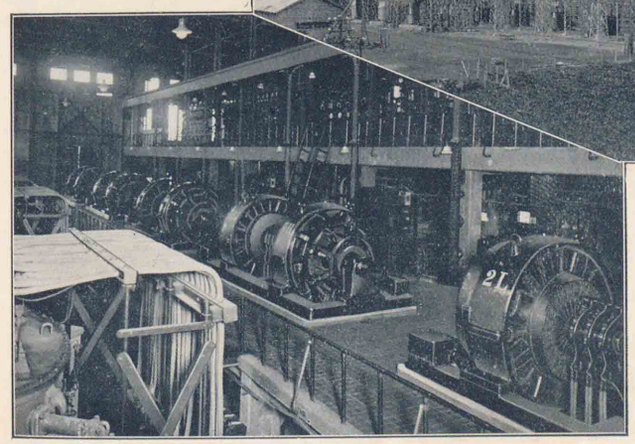
(横濱市鶴見)
火力發電所の外形



同上內部

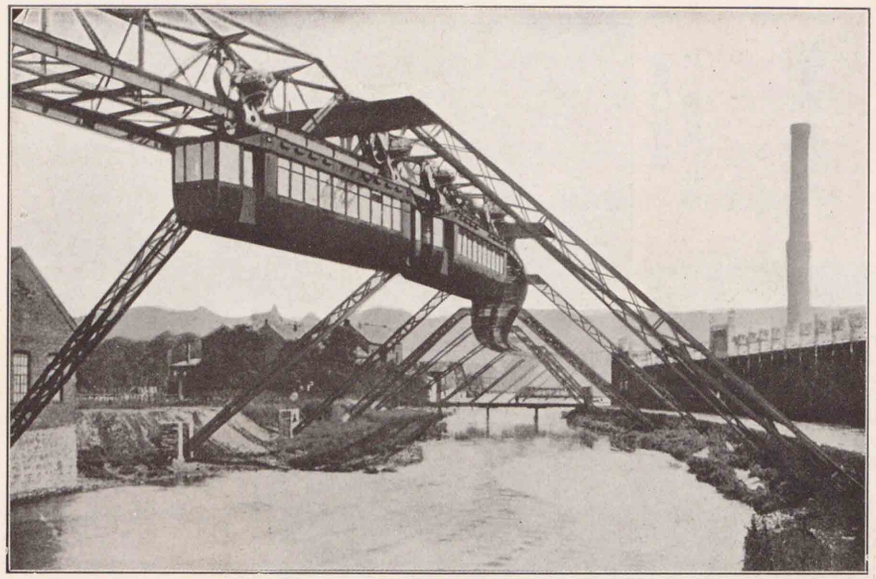


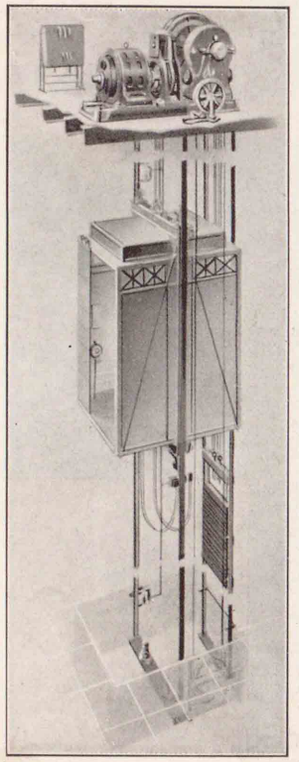
(神奈川縣二宮)
變電所の外形

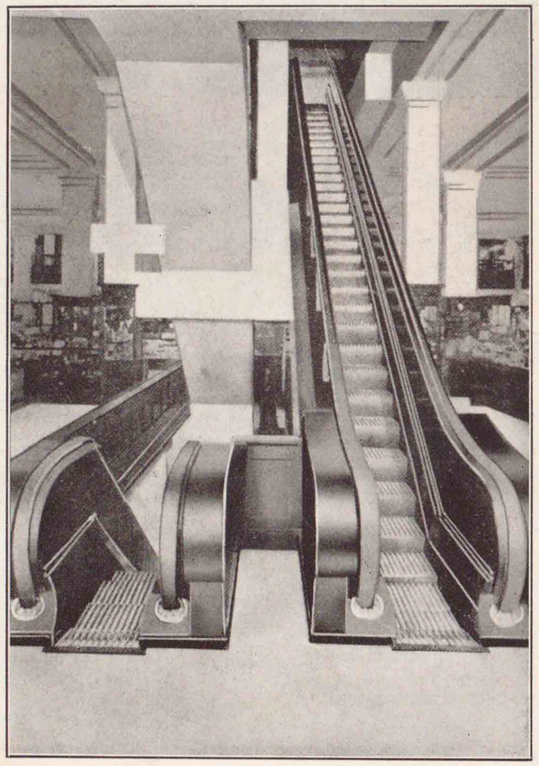


同上內部

發電所と變電所

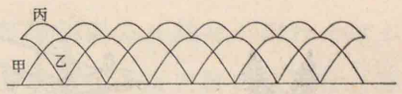






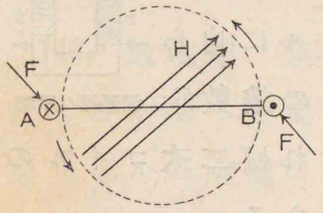
電動機の應用　上圖 獨逸にある架空電車　下圖左 エレベーター　下圖右 エスカレーター

の強さを一様にするには,コイルの數と,整流子の數とを增せばよい。例へば,互に直角の二箇のコイルからは,甲乙の二直流が得られる。之を一緒にすると,丙が得られる。



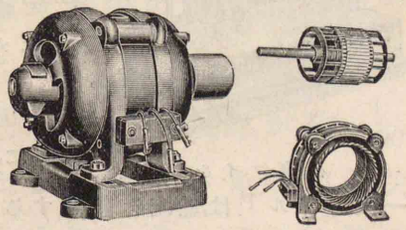
直流發電機の理

140. 誘導電動機　コイルABCDを,固定しておいて,その軸のまはりに,一様な磁場Hを廻轉すると,コイルを通過する磁力線は增減するから,この變化を妨げる方向へ,感應電流は流れ,コイルは,電流と磁場との間に作用する力,Fを受ける。



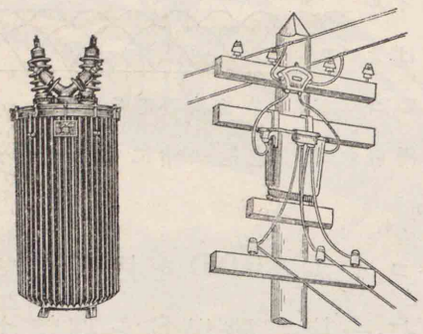
誘導電動機の理

それ故に,若しもコイルが固定してゐなければ,それは,磁場と同じ方向へ廻轉する。これが,誘導電動機の原理である。誘導電動機では,靜止してゐる部分を,**ステーター**といひ,その中で廻轉する部分を,**ローター**といふ。ステーターのコイルへ,交流を流して,廻轉磁場を作る。ローターは,多數の銅棒を,二箇の銅環につないだ筒形の籠である。



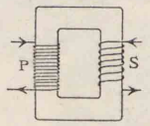
誘動電動機とステーター
(右下) ローター (右上)

141. 變壓器　**變壓器**は,電磁感應を利用して,交



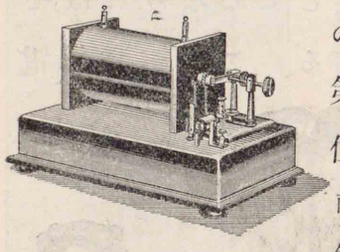
變壓器(左)電柱に取付けられた降壓用變壓器(右)

流の電壓を變へる爲の裝置である。これは,環狀の軟鐵心に,第一次コイルと,第二次コイルとを卷いてある。第一次コイルに交流を流せば,第二次コイルに,自ら交流が流れる。二次コイルSの捲數が,一次コイルPのよりも少なければ,二次コイルの電壓は低くなり,多ければ高くなる。

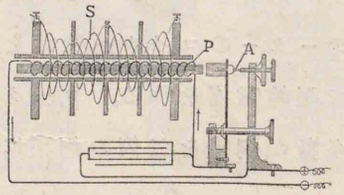


變壓器の原理

142. 感應コイル **感應コイル**は,第一次コイルの兩端の,低い電位差を變じて,第二次コイルの兩端に,高い電位差を生ぜしめる裝置である。兩コイルは,軟鐵の針金を束ねた棒狀の鐵心に,卷いてある。太くて捲數の少い一次コイルPは,電流を斷續する裝置Aと,電池と共に回路を作る。細くて捲數の多い二次コイルSの兩端は,外部に出てゐる。之を,**感應コイルの極**といふ。その間隔は,自在に變へられ



感應コイル



感應コイルの構造

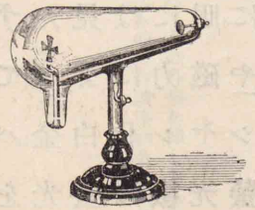
る。之を,**火花間隙**といふ。圖の斷續裝置では,鐵片を附けた「ばね」に近く,「ねぢ」を固定してある。之を使へば,一次回路の電流は,自働的に斷續し,兩極には,高い電壓が生じ,火花放電が起る。兩極の電壓は,一次回路の電流を絶つときの方は,流すときよりも遙に高いので,火花は,前の場合のとき丈に生ずる。蓄電器を入れると,火花の長さが增す。

第七章 稀薄瓦斯中の放電

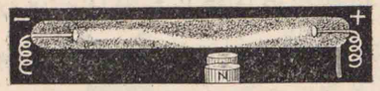
143. 放電管 細長い硝子管に,任意の瓦斯を入れ,その兩端に,金屬線又は金屬板を封入し,之を感應コイルの兩極につなぎ,瓦斯を拔き乍ら,コイルを働せると,管內に放電が起り,氣壓が低くなるに從ひ,放電の有樣は變つて行く。かやうな現象を,**稀薄瓦斯中の放電**といひ,管を**放電管**といふ。

稀薄瓦斯中の放電

144. 陰極線 放電管內の瓦斯の氣壓が,約$\frac{1}{1000}$粍頃になると,瓦斯の光輝は消失し,同時に,陰極に向つてゐる管壁が,光を發するに至る。かやうな光を,**螢光**といふ。これは,陰に帶電された微粒子の集團が,陰極か

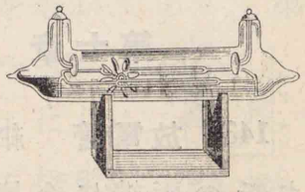


陰極線が硝子に發せしめる螢光に影を作る實驗

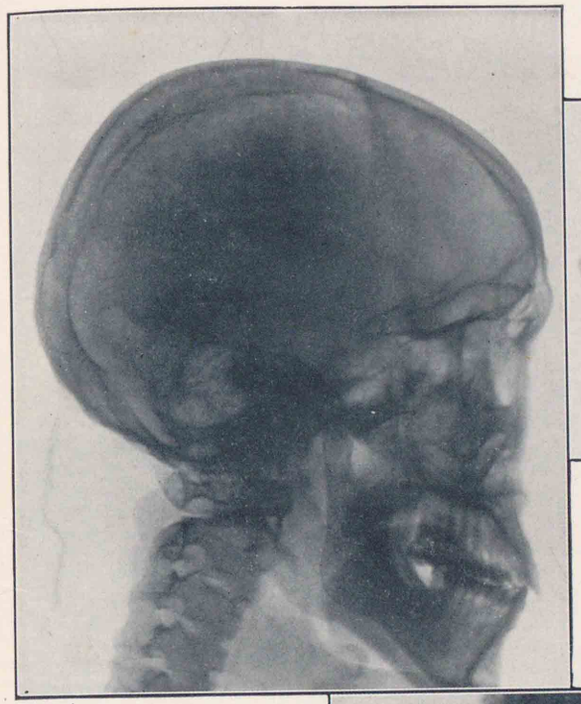


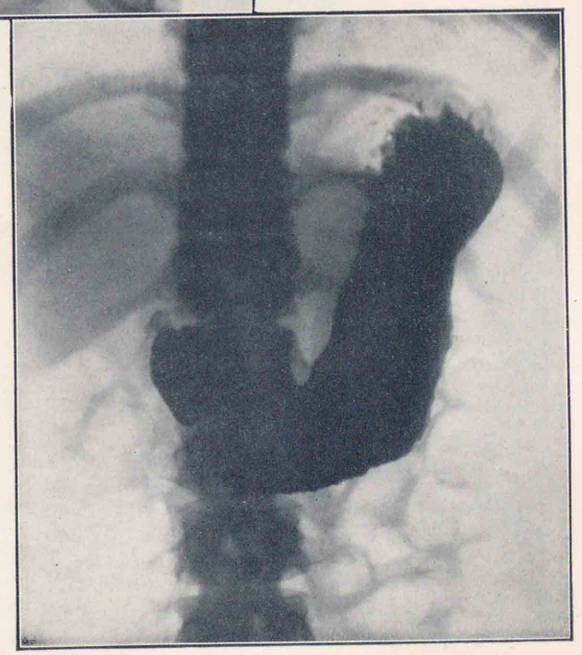
磁力の爲に曲る陰極線

ら出て,管壁に衝突する爲に,發する光である。かやうな陰荷電粒子を,**電子**といひ,陰極から放射される電子の集團を,**陰極線**といふ。陰極線は,或種の物質に,螢光を發せしめる性質がある外に,直進し,電氣力,磁力を受けると曲り,物體に當ると,之を動し,當つた處を熱する。又,陰極線が,瓦斯の中を通れば,瓦斯の分子は,陰電氣を帶びた粒子,卽ち**陰イオン**と,等量の陽電氣を帶びた粒子,卽ち**陽イオン**とに分離する。之を,**瓦斯の電離**といふ。

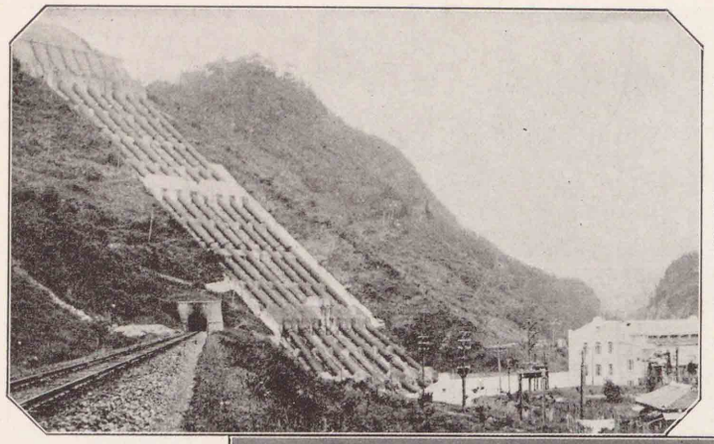

陰極線で小さな車を動す裝置

145. X線 放電管內を,高度の眞空にすると,管壁の螢光は,强くなるばかりでなく,其處から又,別種の放射線が,管外に出て來る。之を,**X線**(エックス)(**レンチェン線**)といふ。之は,陰極線と同樣に,眼には見えず,直進するが,陰極線と異り,電氣力や磁力によつて,曲られることはない。又X線は,シヤン化白金バリウムや,硫化亞鉛などで作つた**螢光板**に,螢光を發せしめ,寫眞乾板に感じ,瓦斯を電離し,光に對し

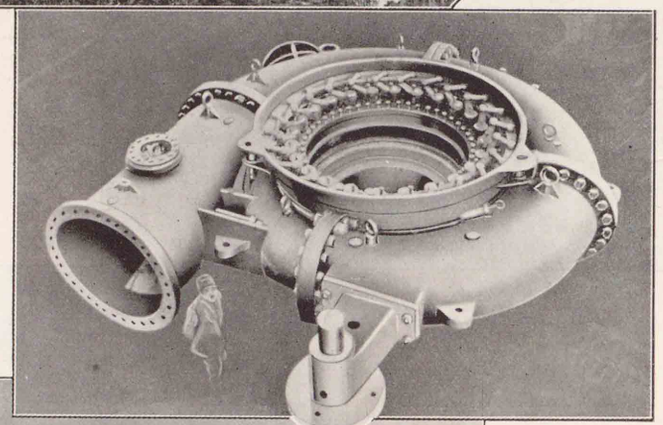




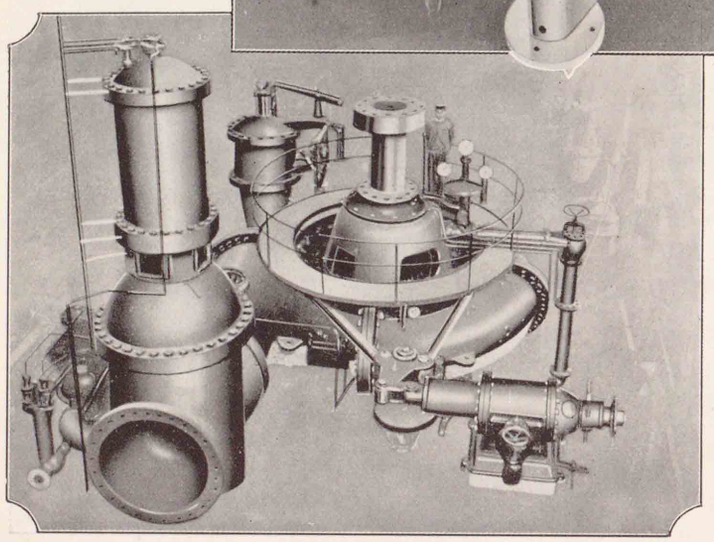
不透明物を容れてその外形を撮したもの
下圖 醫療に利用したもので胃潰瘍病者の胃に
上圖右 人の手
上圖左 人の頭
X線寫眞



水タービン（水力電氣用）
水タービン用送水鐵管（山梨縣桂川）



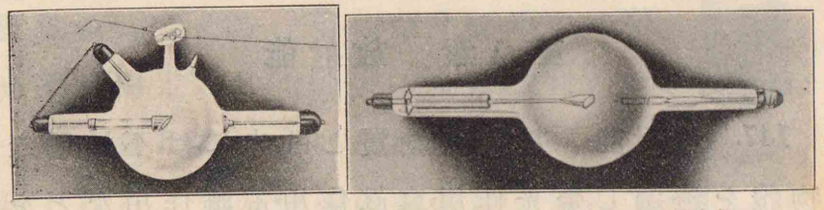
下圖の水タービンの主要部



窒素肥料會社松興第二發電所）
水タービンの外觀（三萬一千馬力、朝鮮

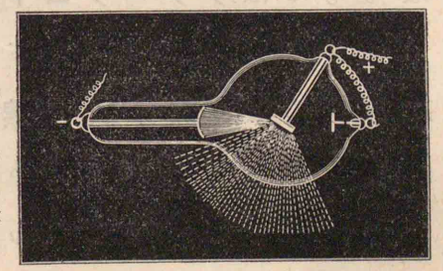
て不透明な物體をも,透過する。物質の密度の大なる程,又厚い程,X線を吸收する度は大きい。この性質は,醫術上の診斷,又は,結晶體の構造研究に,利用される。

146. X線管　X線を發生せしめる爲の管を,**X線管**といひ,これには,**瓦斯X線管**と,**クーリッヂ管**



X線管　瓦斯X線管(左)クーリッヂ管(右)

の二種ある。瓦斯X線管内の眞空は,高度のものではあるが,尙,殘留瓦斯がある。陰極の凹面から出る陰極線は,對陰極面の一箇處に集注し,其處からX線が放射する。出來る丈完全な眞空にした管の中に,金屬線を封入し,之に電流を流して,高溫度にすると,それからも電子が出る。之を**熱電子**といふ。クーリッヂ管は,熱電子を利用した管である。管内は,出來る

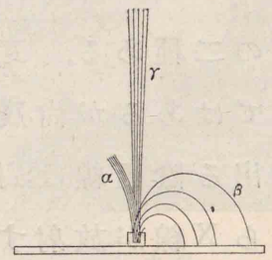


瓦斯X線管のX線

限り完全な眞空にしてあつて,陰極は,螺線狀に卷いたタングステン=フィラメントで,對陰極は,タングステンである。フィラメントに電池をつなぎ,電流を流して,高溫度に熱し,之を陰極として,兩極に高い電壓を加へると,フィラメントから出る熱電子は,對陰極に衝突し,其處からX線が出る。

第八章　放射能

147. 放射能　**放射性物質**とは,光には不透明な物體を透過し,螢光作用・寫眞作用・電離作用などを爲す放射線が,自然に出てゐる元素のことである。かやうな放射線を出す物質の性質を,その**放射能**といふ。

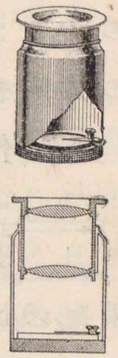


磁場によつて彎曲する三種の放射線

148. 放射線　放射性物質の主なるものは,**ウラニウム・トリウム・ラヂウム・アクチニウム**等で,放射性物質から出る放射線には,**α線**,**β線**,**γ線**の三通りある。α線は,陽荷電のヘリウム原子からなり,β線は,陰極線と同樣に,電子から出來てゐて,γ線の本質は,X線と同じである。

149. 原子の崩壞　放射性物質は,如何なる狀態のもとにあつても,その一部の原子は,自らα線やβ線を出して,崩壞し,他の物質の原子に變化する。之を,**原子の崩壞**といふ。

150. スピンサリスコープ　α線の螢光作用は,**スピンサリスコープ**で,見られる。之は眞鍮の管で,その一端に,硫化亞鉛の小螢光板が固定され,このすぐ前に,少量の,ラヂウム鹽化物のついた針の先が,支へられてゐる。管の他端の蟲眼鏡を通して見ると,α粒子が,螢光板に衝突する每に,板が,閃光を發するのがわかる。


スピンサリスコープ

又,ラヂウム化合物と,硫化亞鉛との混合物は,常に,螢光を出して光るから,之を,時計面の數字や,時針に塗つておけば,暗中でも,時刻が讀める。

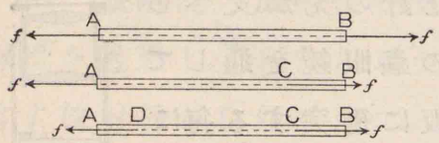
第五篇　力・運動

第一章　力の釣合

151. 力の圖示法　力を圖示するには,矢を以てする。矢の長さで力の大きさを表し,矢の向ふ方向で力の方向を示す。

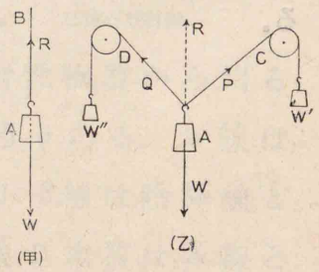
力の圖示法

152. 作用點の移動　棒の兩端A,Bに二力が働き,棒は釣合ひ靜止してゐるときには,力の作用點を,圖の如く棒の他の點C,或はDへ移しても,釣合は破れない。かやうに力の作用點を,作用線上の任意の點に移しても,その力の物體に及す作用は變らぬ。



作用線と作用點

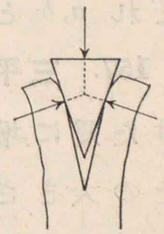
153. 二力の合力　物體Aを吊上げ靜止させておくには,甲圖の如く一本の絲を使つても,亦乙圖の如く二本の絲C,Dを使つてもよい。一本の絲の張力Rが,物體の重さを打消す働



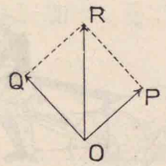
吊上げられた物體

きは,二本の絲の張力PとQとの働きに等しい。二力P,Qと同じ作用を物體に及す一力Rを,二力P,Qの**合力**といふ。

154. 三力の釣合　又上述の如く,P,Q,Wが,一物體Aに働いて釣合ふ爲には,そのうちどれか二力P,Qの合力Rと,他の一力Wとが釣合はねばならぬ。

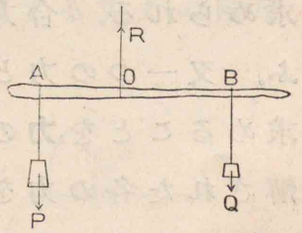

楔の釣合

155. 力の平行四邊形　二力OPとOQとの合力は,それを二邊として作られた平行四邊形の對角線,ORで表される。このことを,**力の平行四邊形の法則**といふ。



力の平行四邊形

156. 二平行力の合力　棒の一點Oを絲で吊し,尙ほOの兩側に,二點A,Bを選び,其處に分銅を下げても,棒を元のまゝで吊つて置ける。このときは,絲の張力は,分銅の重さだけ增した故,分銅を一緒にしてO點にかけても,棒の釣合は少しも變らぬ。



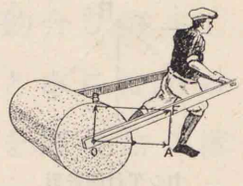
平行な二力の合力

卽ち,二點A,Bに働く重力P,Qと,同じ働きを棒に與へる合力は,PとQとの和に等しく,O點を通過

する力である。而してP,Qの大きさを,それぞれp,qとし,OからP,Qの作用線に至る距離を,それぞれa,bとすると,apはbqに等しくなつてゐる。

157. 三平行力の釣合 又前節の棒に,分銅をかけた爲に,增加しただけの絲の張力をRとすると,その大きさは$p+q$に等しく,重力P,QとRとは棒に働いて釣合ふ。即ち,P,Q二力の合力とRとは釣合ふ。

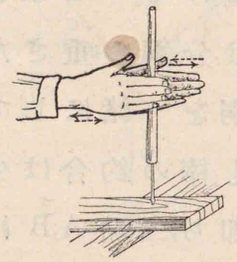
158. 力の合成・分解 物體に,幾つかの力が働くときには,そのうち二力の合力を求め,それと,第三の力との合力を求め,順次斯うして行けば,凡ての力の合力が求められる。合力を求めることを,**力の合成**といふ。又一つの力と,同じ作用を爲す幾つかの力を求めることを,**力の分解**といひ,分解された各の力を,**分力**といふ。



力の分解の例
地均らし用ローラー

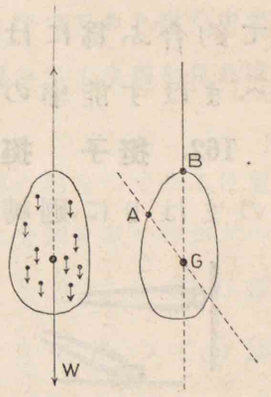
力の分解の例

159. 偶力 方向は反對で,大きさの等しい,平行な二力を,**偶力**といふ。偶力と同等な,單一の力は


錐を揉む際の偶力

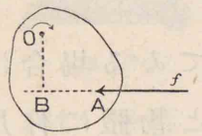
ない。錐を揉込むとき,又は獨樂を廻すときに,これ等に働く掌の力は,偶力の一例である。偶力が働くと,物體は廻轉する。

160. 重心 物體の各部分に作用する重力の合力の作用點を,その物體の**重心**といふ。

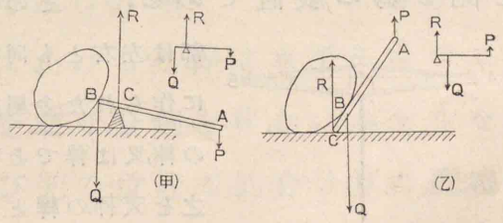


物體の各部に働く重力(甲)
重心の位置(乙)

161. 力の能率 ドアーは,直角に加へる力を強くする程,又それを緣の方へ移す程,開閉し易い。一般に,物體を,固定した直線,即ち軸Oのまはりに廻す効果は,それに直角な力の大きさfと,軸から力の作用線ABに至る距離OBとの相乘積,$f\times$OBに關係する。この相乘積を,軸Oに關する**力fの能率**といひ,軸から力の作用線に至る距離を,**能率の腕**といふ。



能率

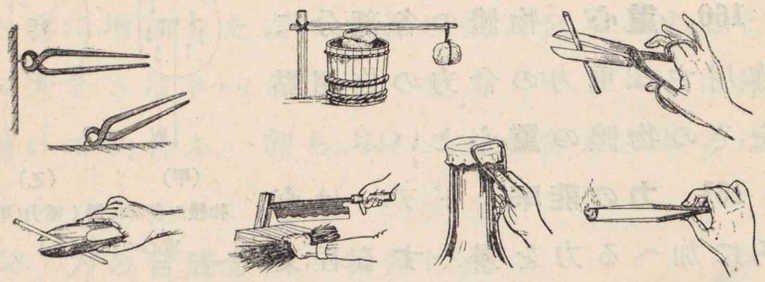


挺子の二種

固定軸のまはりを廻轉し得る物體が,軸に直角な諸力に働かれ

て釣合ふ爲には,物體を右へまはす能率の和と,左へまはす能率の和とは,等しくならねばならぬ。

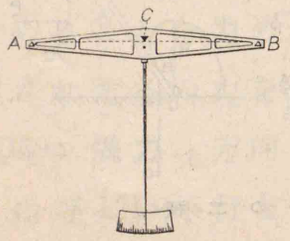
162. 挺子　**挺子**は,固定した支點若しくは支軸のまはりに,廻轉し得る棒である。甲圖,乙圖の如



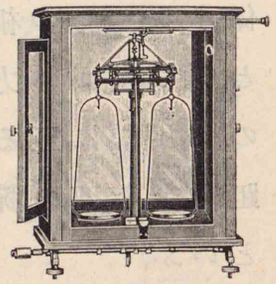
挺子の應用

く,挺子ABを使つて,物體を持上げてゐる場合には,支點Cに關する手の力Pの能率と,物體に作用する重力の分力Qの能率とが,等しくなつてゐる。この關係を,**挺子の定理**といふことがある。

163. 天秤　天秤は,物體の質量を測る爲の装置である。その要部は,左右とも同様に作られた金屬製の棒,又は枠である。之を天秤の**桿**といふ。その兩端A,Bには**秤皿**が吊られ,眞中Cは,金屬棒の上



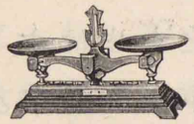
天秤の主要部



天秤

に載つてゐる。兩臂AC,BCの長さは,等しく作つてあり,桿の中央には,細長い指針が固定してあつて,その下端の示す目盛を見れば,桿の位置の變り方が知れる。

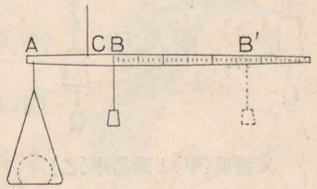
質量を測るには,先づ指針の示す目盛で,桿の釣合つてゐる位置を見ておく。次に,左の皿に物體を,右の皿に分銅を載せ,桿が元の位置で釣合ふまで,分銅を加減する。このときは,分銅の重さqは,物體の重さpに等しいときであつて,分銅の質量がm瓦であつたとすれば,物體の質量も亦,m瓦である。



上皿天秤

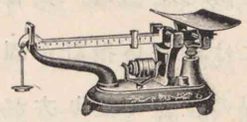
上皿天秤は,簡便な一種の天秤である。

164. 桿秤　**桿秤**も,質量を知る爲の装置で,その要部は,度盛のある眞直ぐな棒である。之を**秤桿**といふ。桿の左端Aには,秤皿が吊してある。**取索**を持上げ,分銅を,度盛の左端Bにかけると,桿は水平になつて釣合ふ。皿に物體を載せ,分銅をB′といふやうな點に移すと,桿は再び元の位置で釣合ひ,B′の度盛は物體の質量を示す。このときは皿に物體を載せたために,桿を,取索の附根Cのまはりに廻そうとする能率は,分銅をBから



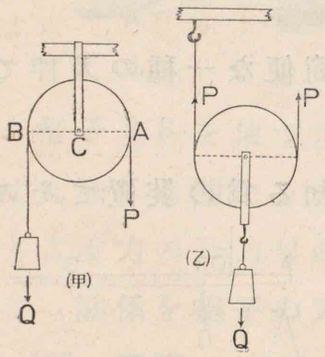
桿秤

B′まで移した爲に,桿を,反對の方向へ廻そうとする能率に,等しくなつてゐる。**上皿桿秤**も亦,桿秤と同樣の原理で,できてゐる。


上皿桿秤

165. 臺秤　**臺秤**は,挺子の複雜な組合せであつて,重い物體の質量を測るときに使ふ。

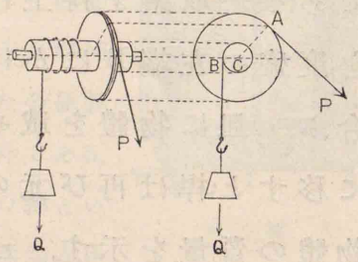
166. 滑車　**滑車**は,中心を貫く心棒のまはりに,廻轉できる車,又は圓板で,その緣に,綱・紐・絲・ベルトなどをかけて,之をまはす。甲圖の如き滑車を**定滑車**,乙圖のやうなのを**動滑車**といふ。



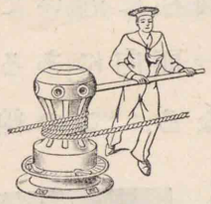
定滑車(甲)と動滑車(乙)

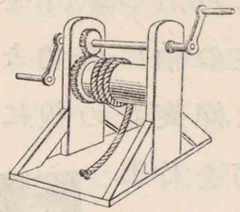
物體を持上げるときに,定滑車を使うと,加へる力に損得はないが,方向は勝手になり,動滑車を使うと,弱い力で重い物體を持上げ得る。

167. 輪軸　**輪軸**は圖の如く,大きな半徑の輪と,小さな半徑の軸とが,共通の心棒のまはりに,廻轉でき

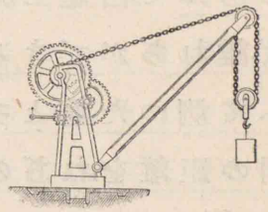


輪　軸

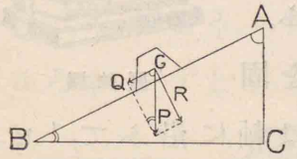

錨揚機械


捲揚機械

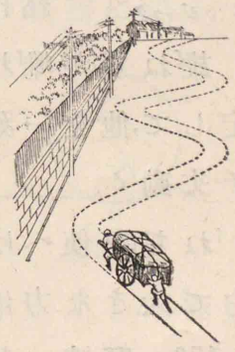
る仕掛である。輪の半徑が,軸の半徑の n 倍ならば,綱を輪の緣に卷付け,その端に力を加へたときに,軸の緣に吊した物體は,その重さの略,$\frac{1}{n}$ の力で支へられる。**錨揚機械**・**捲揚機械**・**起重機**等には,輪軸の原理が應用されてゐる。


起重機

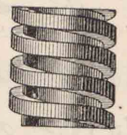
168. 斜面　滑らかな斜面AB上の物體に,働く重力Pの代りに,斜面に平行な分力Qと,直角な分力Rとを,置換へて見ると,物體をすべり落す力は,Qだけである。それ故,Qと釣合ふ程の力を,別に働せば,物體は,斜面上に支へられる。傾斜角の小さい程,Qも小さくなるから,物體を支へるのに必要な力も,小さくなる。

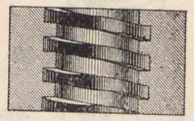


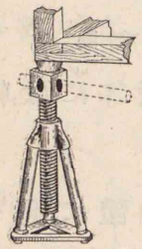
斜面の理

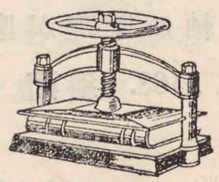

坂道をうねつて進む荷車

169. ねぢ 直角三角形の紙片を圓柱に卷いて,三角形の底邊を,圓柱の軸に直角な一面内にあるやうにすると,斜邊は,螺旋狀の線になる。この線に沿ふて,凸起した筋を作れば,**雄ねぢ**ができる。軸に沿ふて測つた,筋と次の筋との間の距離を,**ねぢの歩み(ピッチ)**といふ。圓筒の内面に,雄「ねぢ」が丁度嵌るやうに,その筋と同じ形の溝を作れば,**雌ねぢ**ができる。雄「ねぢ」と雌「ねぢ」とを一緒にして,**ねぢ**といふ。


「雄ねぢ」


雌「ねぢ」

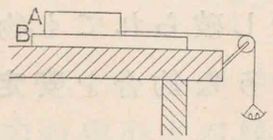

ジャック


壓搾機

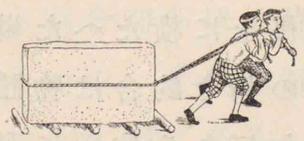
雄「ねぢ」か雌「ねぢ」のいづれかを固定して,他を一廻轉すると,それは軸に沿ふて,1ピッチ丈動く。

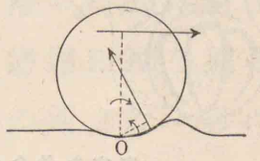
「ねぢ」を使へば,斜面を使うときと同様に,小さい力で,大きな力に打かてる。

170. 摩擦 物體が,他の物體と接觸する面に沿ふて,動かうとするとき,又は動くときに,接觸面には,それを妨げる力が生ずる。このことを,**摩擦**といひ,その力を,**摩擦力**といふ。水平な机の上に,板AとBとを載せ,上の板Aに紐を結び,分銅や皿に働く重力で,それを水平の方向へ引張つても,張力が或値に達するまで分銅を增さねば,板は滑り出さぬ。丁度,滑り出さうとするときの摩擦力を,**最大摩擦力**といふ。同じ性質の接觸面については,最大摩擦力は,接觸面に直角な全壓力に正比例し,全壓力が一定ならば,接觸面の廣狹には關係せぬ。滑り出した後の摩擦力を,**運動摩擦力**といふ。最大摩擦力は,運動摩擦力よりも大きい。上述の摩擦を,**滑り摩擦**ともいふ。之は,物體の表面に凹凸があつて,互に嚙合うので起る。物體が,他の物體の表面に沿ふて,ころがらうとするとき,又はころがりながら動くときには,それを妨げる力の能率が生じ,兩物體の接觸してゐる處に働く。このことを,**轉り摩擦**といふ。轉り摩擦は,滑り摩擦よりも弱い。



摩擦力の實驗


轉り摩擦の理を應用するコロ

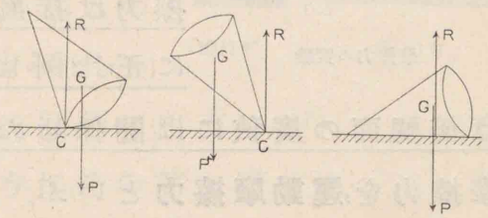


轉り摩擦

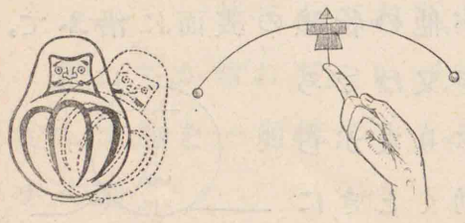
流體内で,隣接の二層が,異る速さで動くときに,速い層を遲くし,遲い層を速くする力が生ずる。

流體のかやうな性質を,**粘性(內部摩擦)**といふ。水は,この性質が弱いので,流れやすく,水飴は強いので,流動しにくい。

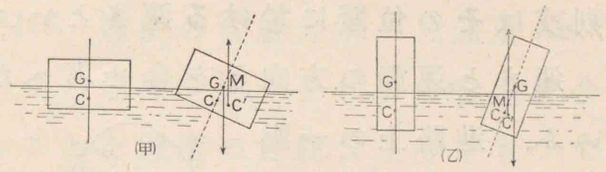
171. 釣合の安定度 釣合が少し破られても,物體は,元の位置に戻らうとするやうな釣合を,**安定な釣合**といひ,物體の**座りはよい**といふ。釣合が少し破られると,物體は,益々元の位置から遠ざからうとするやうな釣合を,**不安定な釣合**といひ,物體の**座りはわるい**といふ。又,圓錐體を,机上に横たへた場合の如き釣合は,物體を如何なる位置に動しても,同じである。かやうな釣合を,**中性の釣合**といふ。物體の底面が廣い程,又重心が低い程,物體は顚覆しにくく,座りはよい。物體を吊下げる場合の如く,重心が支點よりも低いときは,物體の釣合は,全く安定である



釣合の安定度


安定な釣合の例
(不倒翁と彌次郎兵衛)

172. 浮體の釣合 浮體が釣合つてゐるときには,その重心Gと,排除した液體の重心C,所謂**浮力の中心**とが,同じ鉛直線GC上にある。釣合のこの位置から,浮體を少し傾けたときに,甲圖のやうになる場合は,安定な釣合であつて,乙圖のやうになる場合は,不安定な釣合である。球形の浮體の釣合は,中性である。



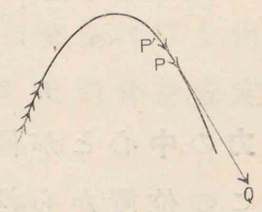
浮體の釣合

第二章 運動の法則

173. 速さ 物體が通過する距離の,時間に對する割合,即ち單位時間に付いての通過距離を,**速さ**といふ。C.G.S.制によれば,單位の速さは,1秒に付き1糎である。之を略して,毎秒1糎といふ。落體の運動では,物體が落下を始めるときの位置で,一秒間に通過する距離と,いくらか落ちた後の位置で,一秒間に通過する距離とは異る。かやうな運動を,**速さの變る運動**といふ。速さの變る運動に於ても,極めて短い時間が經過する間丈なら

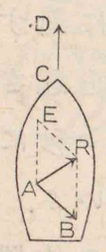
ば,物體は一樣な速さで動くと考へ得る。この速さを,その時刻,或は**その位置に於ける速さ**といふ。

174. 速度 速さと,運動の方向とを合せ考へた量を,**速度**といふ。進路上の一點Pに於ける速度を圖示するには,その點Pと,それに極めて接近した點P′とを通過する矢,PQを以てする。矢の長さは,速度の大きさ,卽ち速さを表し,矢の方向は,速度の方向,卽ち運動の方向を示す。速度の常に變らぬ運動を,**等速度運動**といふ。

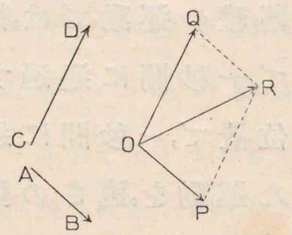


斜に拋上げられた物體の通路

175. 速度の平行四邊形 船の甲板を横ぎる時に,人の速度はABで,船の速度はCDならば,海面上から見た人の速度は,AB,CD=AEを,二邊とする平行四邊形の一對角線,ARで表される。物體が,二速度AB,CDをもつて動くことは,それ等の速度,AB=OP,CD=OQを,二邊とする平行四邊形,OPRQの對角線,ORで表される速度をもつて,動くのと同じである。



船中の人の運動



速度の平行四邊形

之を,**速度の平行四邊形の法則**といふ。

176. 速度の合成・分解 二速度AB,CDと,同等の一つの速度ORを,それ等の**合速度**,合速度を求めることを**速度の合成**,合速度をもつて動く物體の運動を,**合運動**といふ。一つの速度ORと,同等な幾つかの速度を求めることを,**速度の分解**,分解された各の速度を,ORの**分速度**といふ。

177. 加速度 運動する物體の,進路上の一點Pに於ける**加速度**とは,其處での速度の變化の,時間に對する割合,卽ち單位時間に付いての,速度の變化である。

加速度を圖示するには,速度と同樣に,矢を以てする。C.G.S.制によれば,單位の加速度は,1秒に付き毎秒1糎である。加速度の,いつも變らぬ運動を,**等加速度運動**といふ。

178. 運動の第一法則 他から力を加へなければ,靜止してゐる物體は何時までも靜止し,運動してゐる物體は等速度運動を續ける。之を,**ニュートンの運動の第一法則**といふ。物體の側から見ると,この法則は,物體に共通な慣性を示してゐるから,之を又,**慣性の法則**ともいふ。

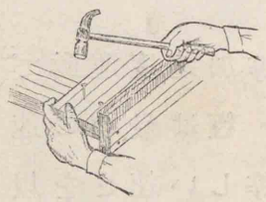
179. 運動の第二法則 物體に力が働くときは,力の方向に加速度を生じ,力の大きさは,物體の質量と,加速度の大きさとの相乘積に正比例する。之を,**ニュートンの運動の第二法則**といふ。

質量1瓦の物體に作用して,1秒につき毎秒1糎の大きさの,加速度を生ぜしめる力を,力の單位とし,之を**ダイン**と名づける。これは,C.G.S.制による力の單位である。故に,質量m瓦の物體に働いて,1秒につき毎秒a糎の大きさの,加速度を生ぜしめる力の大きさは,maダインになる。

180. 運動の第三法則 作用と反作用との大きさは相等しく,方向は反對である。之を,**ニュートンの運動の第三法則**といふ。

181. 衝突 甲乙二つの物體が衝突すると,短い時間ではあるが,各の物體は,他の物體に力を作用し,衝突の前後で,速度を變へる。甲が乙に作用する力の大きさは,乙が甲に作用する力の大きさと相等しく,方向は相反する。甲が乙に衝突した後,靜止してしまふ場合に付いて,考へて見る。甲の質量はm瓦,衝突前の速度の大きさは,毎秒v糎であつて,短時間t秒間に,衝突を終へたならば,加速

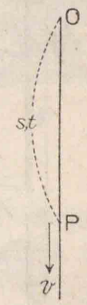
度の大きさは,1秒につき毎秒$\frac{v-o}{t}=\frac{v}{t}$糎となるから,乙が甲に作用した力,或は甲が乙に作用した力の大きさは,$\frac{mv}{t}$ダインになる。物體の質量と,速度との相乘積を,その**物體の運動量**といふ。運動量の方向は,速度のと同じである。運動量の大きな物體を,急に止めるには,大きな力がいる。又,運動が止められる迄の,時間が長い程,物體に働く力は弱くなる。



運動量を大ならしめる例

第三章 落體と拋體

182. 落體の運動 落體の運動に於ける,加速度の大きさは,實際測れる。之を,gなる文字で表す。この値は,質量の大小には關係せぬ。又この値は,場所によつてちがうが,略,1秒につき毎秒980糎で,狹い場所の中では,何處でも同じである。從つて,物體の質量が,m瓦であると,その重さはmgダインとなり,色々の質量の物體についていふと,重さは質量に,正比例することになる。

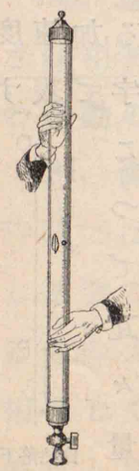


自然落下體の運動

又,加速度の意味からいつて,落體の運動に於け

る速さは,1秒毎に毎秒 g 糎宛增すことになるから,物體がOから自然に落下して,t 秒後には,Pを通過したとすれば,其處での速さは,毎秒 gt 糎となる。

この運動の如く,路の眞直ぐな等加速度運動では,t 秒間に物體が通過する距離 s 糎は,最初の速さと t 秒後の速さとの平均値に等しい速さを以て,物體が t 秒間等速度運動を續けるときに,通過する距離と等しいのである。即ち,$s=\frac{(0+gt)}{2}t=\frac{1}{2}gt^2$ 糎となる。從つて又,P點に於ける速さは,毎秒 $\sqrt{2gs}$ 糎ともなる。



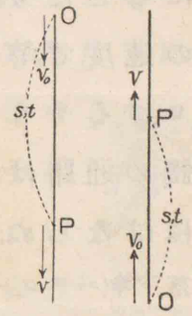
眞空管内で質量の異る二物體の落下

質量の異る物體が,眞空中で,同じ場所Oから同時に落ちるときは,同じ場所Pを,同時に通過する。

183. 拋體の運動　物體を自然に落さずに,直下に,即ち鉛直下向きに,拋下げるか,若しくは眞上に,拋上げるかするときの運動は,最初與へた速度をもつての等速度運動と,重力による等加速度運動との,合運動である。又物體を,斜に拋上げたときの運動も,最初與へた速度の方向の等速度運動と,重力による等加速度運

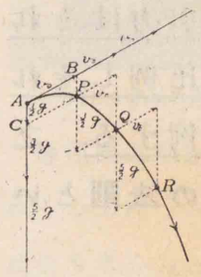
ピサの斜塔（ガリレオは塔頂から大小種々の物體を落下してこれ等が同時に地面に達することを實驗した）

動との,合運動である。



拋體の運動

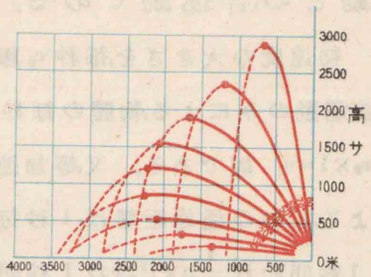
初速度の大きさを,毎秒 v_0 糎とすれば,等速度運動のみによる,物體の毎秒の通過距離は,$v_0\times1=v_0$ 糎である。又,等加速度運動のみによる,毎秒の通過距離は,1 秒毎に變り,最初の 1秒間のは $\frac{1}{2}g\times1^2$,次の 1 秒間のは $\frac{1}{2}g\times2^2-\frac{1}{2}g\times1^2=\frac{3}{2}g$, 第三の 1 秒間のは $\frac{1}{2}g\times3^2-\frac{1}{2}g\times2^2=\frac{5}{2}g$ 糎等になる。物體は,之等の二つの運動を,同時に受けて動くとき,1 秒毎に占める位置は,上述の二樣の位置の變化を,順次一つ宛取り,平行四邊形の法則によつて,合成して行けば,圖示できる。極く短い時間毎に占める位置も,同樣にして求め得る。かやうにしてできる諸點を,連結すれば,それは,物體の通路を示し,APQR の如き,規則正しい形の曲線になる。之を,**拋物線**といふ。




拋物線を畫く拋體と花火

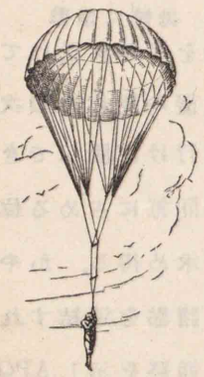
184. 流體の抵抗 流體の中で動く固體は,その運動が妨げられるやうな,力を受ける。かやうな力を,**流體の抵抗**といふ。流體の抵抗は,流體の密度の大きい程,又物體の速さの大きい程,その面積の廣い程强い。空氣中では,落體や拋體は,空氣の抵抗を受けるから,加速度の大きさは,次第に減じ,

遂に零となり,物體はその時の速度で,等速度運動をつゞけるやうになる。又拋體の通路は,正しい拋物線にはならぬ。



砲彈の射距離

落下傘(パラシュート)は,空氣の抵抗を利用した一例である。

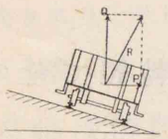

パラシュート

185. 萬有引力 物體相互間には,引力がある。之を,**萬有引力(宇宙引力)**といふ。二物體間の引力は,それ等の質量の相乘積に正比例し,それ等の距離の二乘に反比例する。之を,**ニュートンの萬有引力の法則**といふ。

物體に働く重力は,地球が物體に作用する萬有引力である。

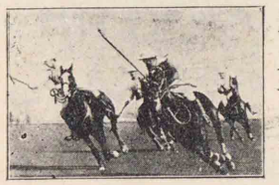
第四章 圓運動と廻轉運動

186. 等速圓運動 いつも同じ速さで,圓周上に動く物體の運動を,**等速圓運動**といふ。この運動は,加速度のある運動であるから,物體には,絶えず


カーヴに於けるレール面の傾斜

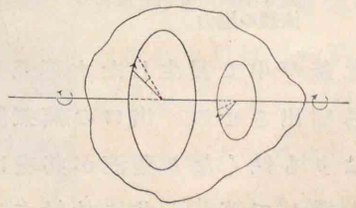
力が働いてゐる。之を,**求心力**といふ。加速度も求心力も,その方向は,常に圓の中心に向ひ,大きさは,速さの二乘に正比例し,圓の半徑に反比例する。汽車が,レールのカーヴした處を走るときに,レールの汽車に及す反作用は,其處で必要な求心力Pと,汽車の重さを支へる力Qとの合力,Rから成る。この合力が,レールの面と,直角になるやうに,その面を傾けてある。


カーヴに於けるオートバイの傾斜


同じく乘馬の傾斜

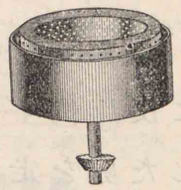
等速圓運動をなす物體には,求心力が働いてゐるに拘らず,物體は,その方向へ入込まないのは,速度をもつてゐるからである。之は恰も求心力と大きさの等しい,方向の正反對な力があつて,求心力と釣合ひ,その作用を,打消してゐるかの如く見える。このやうに,便宜上,假に想像した力を,**遠心力**といふ。

187. 廻轉運動 車や獨樂の如く,物體が,それに固定した直線のまはりに廻る運動を,**廻轉運動**といひ,その物體を**廻轉體**,その直


廻轉體と廻轉角

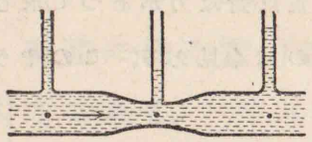
線を,**廻轉軸**といふ。

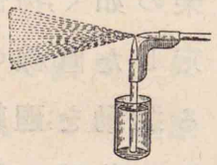
遠心乾燥器は,圖の如き圓筒形の廻轉體で,その周圍に孔があけてある。この中に,濡れた切地を入れて,圓筒の軸のまはりに,急速に廻轉すると,水滴を引留めてゐる切地の附着力は,水滴の廻轉に必要な求心力としては,不充分になり,水滴は,器壁の孔から飛び去る。同樣の裝置により,結晶體と,その母液とが分離できる。かやうな裝置を總稱して,**遠心分離機**といふ。


遠心乾燥器

第五章　流體の運動

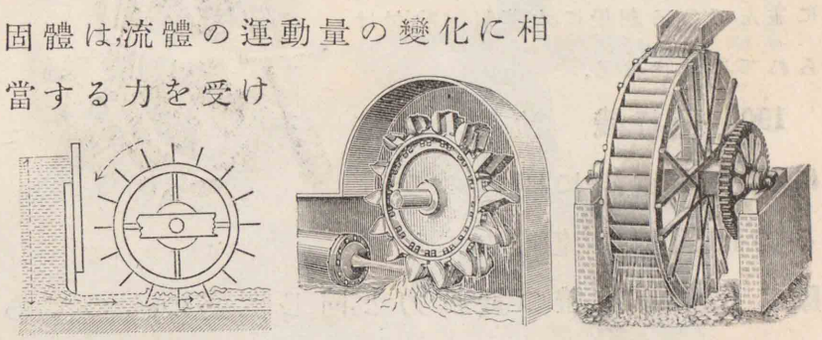
188. 吸入器・噴霧器　太さが一樣でない管の中を,流れてゐる流體の壓力は,速さの增す處で減る。このことは,**吸入器**や**噴霧器**に應用されてゐる。吸入器では,小さな釜の中で發生した水蒸氣を,出口の細い管から噴出させる。出口の蒸氣壓は,周圍の大氣壓よりも低くなり,藥液が其處に吸上げられ,霧狀を爲して蒸氣と共に,放射する。噴霧器も亦,吸入器と同樣の働きをするが,管に水蒸氣を通す


太さ不同の管內を流れる流體の壓力


吸入器・噴霧器の原理

代りに,息を吹込み,藥液の代りに水を使つて霧にする點が異る。

189. 水車・タービン　流體が固體に衝突すると,固體は,流體の運動量の變化に相當する力を受けて動く。

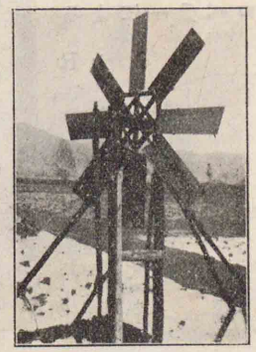

(甲)　(乙)　(丙)
種々の水車

この種の力は,**水車・水タービン・蒸氣タービン**等に利用される。

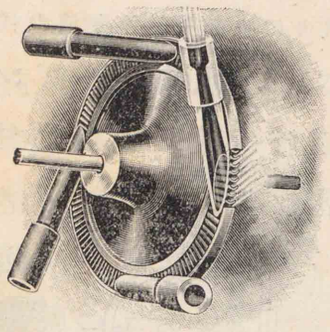
甲圖・乙圖の如き水車では,その周圍の羽根,又はバケツに水が衝突し,その際生ずる力は,車をまはす。丙圖の如く,主として水の重さが利用される水車もある。車の周邊に羽根を取付け,どの羽根にも水の壓力が作用し,車をまはすやうに工夫できる。かやうな水車を,**水タービン**といふ。

水タービンの理


風車



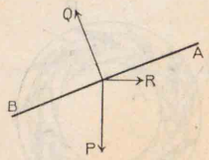
蒸氣タービンは,**風車**と同樣の原理から,出來てゐる車であつて,其の周邊に並んでゐる羽根に,水蒸氣が吹付けられて,車はまはる。



蒸氣タービンの理

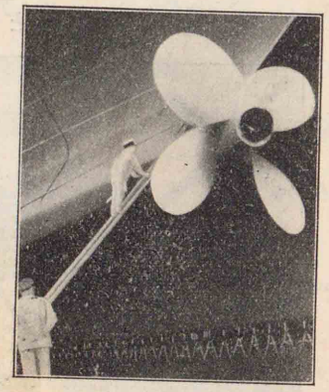
190. 飛行機 流體が固體に衝突する際に,固體の受ける力は,固體を流體中で動す際に生ずる流體の抵抗力と,同じ性質のものである。又この抵抗力は,流體の固體に及す反作用でもある。

飛行機が進行してゐるときは,翼 AB は,少しく上向きになつてゐるので,空氣から進行方向と,反對な反作用を受ける。若しも翼と空氣との間に,摩擦などがなければ,翼は,それに直角な分力,Q 丈を受ける。機體に働く重力 P と,空氣の反作用 Q と,**プロペラー**による力 R との三力が釣合へば,機體は,その時の速度で,等速度運動を續ける。この時に速度を增すと,Q も增し,機體は上昇する。故に,飛行機を支へ,若しくは上昇させ

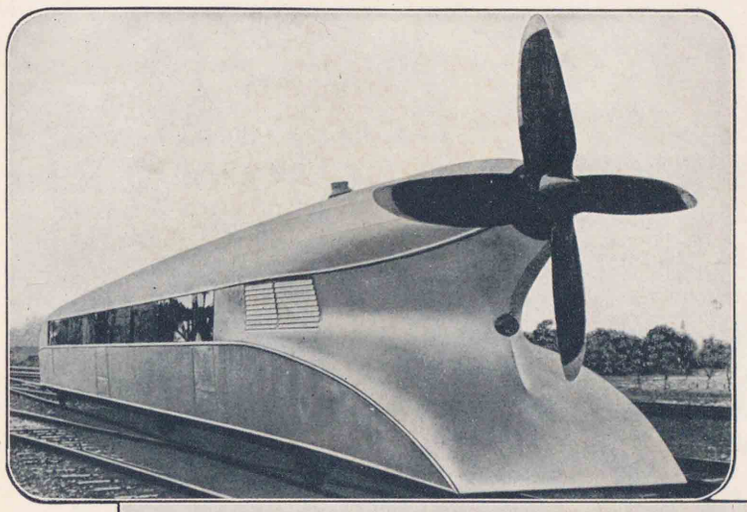


飛行機の釣合

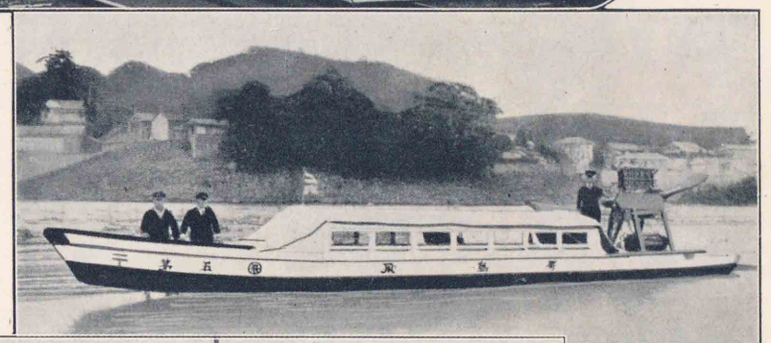
飛行機のプロペラー



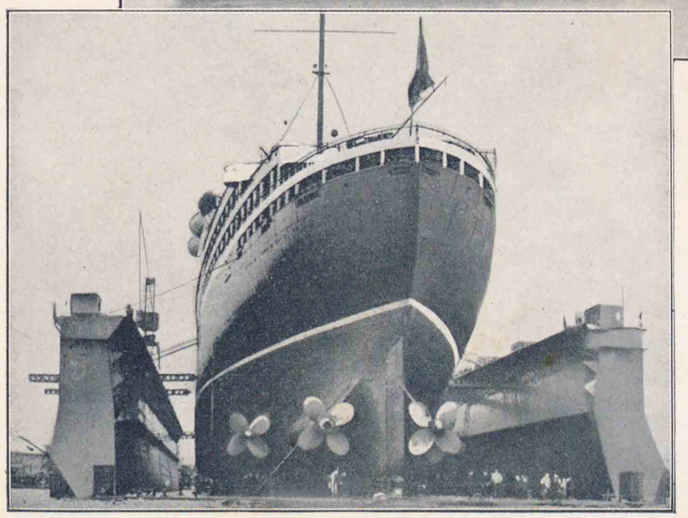
船のプロペラー



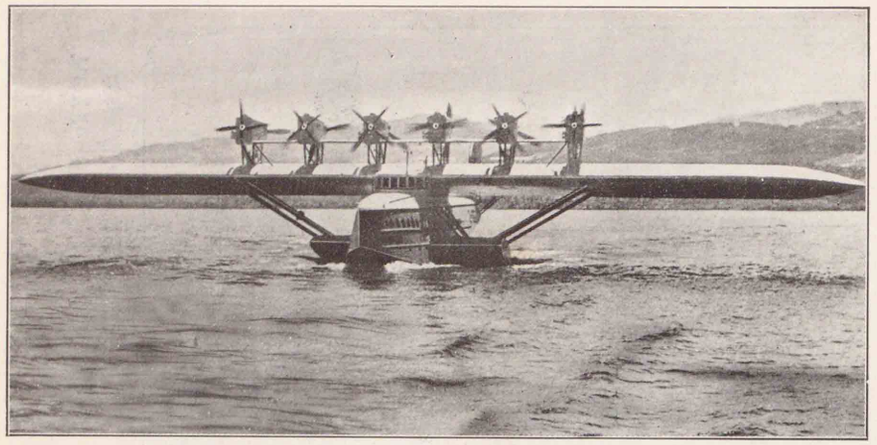
プロペラーの應用
最近獨逸で發明せられた列車

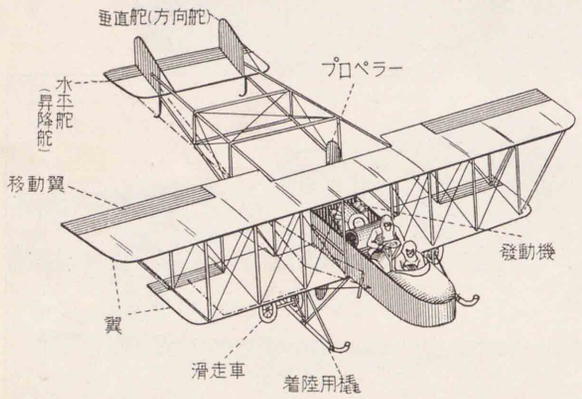


プロペラー船



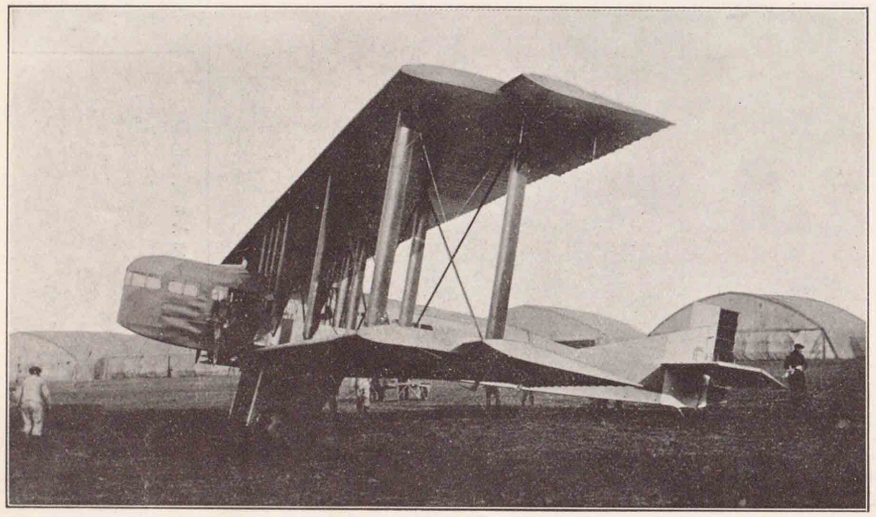
船舶用プロペラー





飛行機

上圖　水上飛行機
中圖　飛行機の圖解
下圖　陸上飛行機

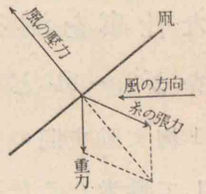


る力は,空氣の抵抗力である。

飛行機のプロペラーをまはすと,それは空氣を後方へ押遣ることになり,その反作用は推進力となつて,機體を前進せしめる。船艦や飛行船も亦,プロペラーの作用により進行する。

舵の作用

又,飛行機・飛行船・船艦の針路を變へるには,舵を使ふ。



凧の釣合

舵の作用や,**凧**の釣合についても,飛行機の翼と同様に,考へればよい。

第六章　仕　事

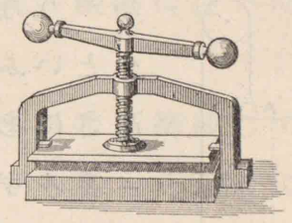
191. 仕事の單位　力がその方向へ,物體を動すときに,「力は物體に仕事をなす」といひ,物體が,それに作用する力と,反對な方向へ動くときに,「物體は力に反抗して,仕事をなす」といふ。力と,物體の移動距離との相乘積を,**仕事**といふ。單位の力で,その方向へ單位の距離丈,物體が動く間の仕事を,仕事の單位とする。C.G.S. 制の仕事の單位は,1 ダインの力が働いて,物體を 1 糎丈動す間に,爲す仕事であつて,之を**エルグ**といふ。物體に働く力の

大きさは f ダインで,物體の移動距離は s 糎ならば,その間に,力の爲した仕事は,fs エルグである。之は又,f ダインの大きさの力に反抗して,s 糎丈動く間に,物體が爲す仕事である。實用上の大きな仕事を測るには,10^7 エルグの仕事を單位とし,之を**ジュール**といふ。1瓦重量に等しい大きさの力で,物體を1糎丈動す間の仕事を,その單位とし,之を**瓦糎**といふ。又同樣にして,**瓩米**なる仕事の單位が,きめられる。やかうに,力の單位に,重力單位を使つた仕事の單位を,**仕事の重力單位**といふ。

192. 工率 仕事の時間に對する割合,卽ち單位時間內に爲される仕事を,**工率**といふ。C.G.S. 制による工率の單位は,每秒1エルグである。工率の實用上の單位には,**ワット・キロワット・馬力**などがある。1ワットは,每秒1ジュールの工率であり,1キロワットは,1000ワットで,略,$\frac{4}{3}$ 馬力に當る。t 秒間に爲された仕事が,W ジュールならば,このときの工率は,$\frac{W}{t}$ ワットである。

193. 仕事の原理 摩擦が省略される場合ならば,どんな機械に於ても,機械になされる仕事は,機械の爲す仕事に等しい。之を,**仕事の原理**といふ。

194. ねぢ壓搾機 **ねぢ壓搾機**の要部は,圖の如く「ねぢ」と,それに直角な腕からなる。腕の端に,力を加へてまはすと,「ねぢ」は,その進行に對する抵抗力に打克つて,物體を壓搾する。加へた力が,腕を一廻轉する間に,機械になした仕事は,「ねぢ」が,抵抗力に打克つて,爲した仕事に等しい。



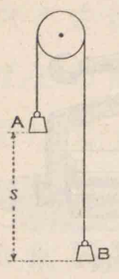
ねぢ壓搾機

第七章 エネルギー

195. 運動のエネルギー 仕事を爲し得る能を**エネルギー**といひ,その多寡は仕事で測られる。物體が動いてゐる爲に持つエネルギーを,**運動のエネルギー**といふ。その値は,運動と正反對な力に働かれて,物體が靜止する迄に,爲した仕事である。質量 m 瓦の物體が,每秒 v 糎の速度で動いてゐる時は,その物體の運動のエネルギーは,$\frac{1}{2}mv^2$ エルグである。

大きなエネルギーをもつ瀑布

196. 位置のエネルギー 高い處にある物體や,引絞られた弓弦の如く,歪を受けた物體は,その位置,その狀態にある爲に,仕事を爲し得る能を持つ。



位置のエネルギー

かやうなエネルギーを,**位置のエネルギー**といふ。質量 m 瓦の物體Aが, s 糎の高さにあるときには,その物體の位置のエネルギーは,Aが s 糎丈下降する間に,爲す仕事,卽ち mgs エルグであつて,之は又,その物體を,其處まで持上げるのに必要な,仕事である。

197. エネルギー不滅の法則 物體が自然に落下して,通過距離は s 糎になつたときの速さが,毎秒 v 糎ならば,其處での運動のエネルギーは, $\frac{1}{2}mv^2$ エルグであつて,之は又, $\frac{1}{2}m(2gs)=mgs$ エルグとなる。卽ち,位置のエネルギーは,運動のエネルギーに變るが,その總量は,不變である。位置のエネルギーも,運動のエネルギーも,エネルギーではあるが,態(カタチ)はちがつてゐる。位置のエネルギーや,運動のエネルギーを,**機械的エネルギー**といふ。エネルギーは,一物體から他の物體に移り,又,其の態を變へ得る。併し,エネルギーには,創造もなく,消滅もない。之を,**エネルギー不滅の法則**といふ。

198. 永久運動の機械 外からエネルギーを與へないのに,絕えず仕事のできる機械を,**永久運動の機械**といふ。エネルギー不滅の法則に從へば,かやうな機械は作れない。

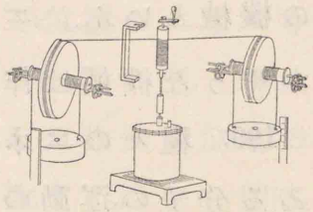
199. 種々のエネルギー 熱は,物體を構成してゐる分子の,運動のエネルギーである。それ故に,熱はエネルギーの一態であつて,之を**熱のエネルギー**といふ。黑い表面は光を吸收し,熱を發生する。故に,光もエネルギーの一態である。之を,**光のエネルギー**といふ。光量とは,光のエネルギーの有り高のことである。音は,物質の歪からできてゐるから,音の傳つてゐる場所には,エネルギーがある。之を,**音のエネルギー**といふ。

この他エネルギーの態には,**磁氣的エネルギー**,**電氣的エネルギー**,**化學的エネルギー**等がある。

200. 熱の仕事當量 ジュールの實驗によれば,一定の仕事Wエルグが消費されると,常に一定量の熱Hカロリーが發生し,1カロリーの熱量に相當する仕事は, 4.2×10^7 エルグ,卽ち4.2ジュールである。この値を,**熱の仕事當量**といひ,Jなる文字で表す。

圖は,この實驗に,ジュールが用ひた一つの裝置を示す。その要部は熱量計で,中に仕切がある。仕切には攪拌器の腕が通り得る程の,空隙ができてゐる。錘を落下せしめて,攪拌器を廻轉すれば,熱

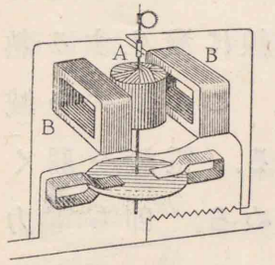
量計内の水は仕切と衝突し,熱が發生する。之は,熱量計で測れる。この熱量に相當する仕事は,錘を徐々に落下せしめるときに,それに働く重力の爲した仕事である。


熱の仕事當量の測定裝置

201. 電力 1アンペアの電流が,導線に流れてゐるときに,電位差1ヴォルトの部分から發生する熱量は,毎秒$0.238=\frac{1}{4.2}$カロリーである。それ故,電流はエネルギーを持つ。又,電流の毎秒なし得る仕事は,**電流の工率**である。1ヴォルトの電位差のある處を流れる1アンペアの電流の工率は,毎秒$\frac{1}{4.2}\times4.2$ジュール,卽ち1ワットになるから,Eヴォルトの電位差のある處を流れるIアンペアの電流の工率は,EIワットになる。

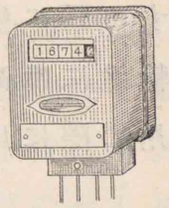
電流のエネルギー,又は電流の工率を,**電力**といふ。電流のエネルギー,卽ち電流によつて爲される仕事を,測る單位として,通常,キロワット時を使ふ。1ワットの工率で,1時間に爲される仕事を,**ワット時**といひ,1キロワットの工率で,1時間になされる仕事を,**キロワット時**といふ。從つて,Eヴォルトの電壓で,Iアンペアの電流が,t時間に供給するエネルギーは,EItワット時$=\frac{EIt}{1000}$キロワット時になる。

202. ワットメーター **ワットメーター**は,電力を測る爲の裝置である。圖に出てゐるのは,電燈用ワットメーターであつて,その要部は,鐵のない小さな電動機である。

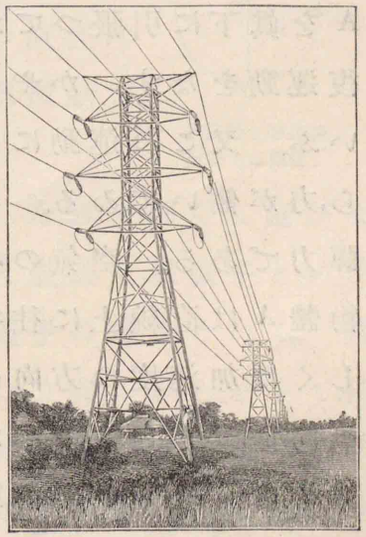


ワットメーターの構造

Aはアーマチュアコイルで,細い針金を卷いた枠(わく)である。又,Bは太い針金からできた二箇のコイルで,場磁石の役目を爲す。アーマチュアコイルAの,或時間内の廻轉總數で,その間に供給された電流の總エネルギーが,知れるやうになつてゐる。


ワットメーターの外觀

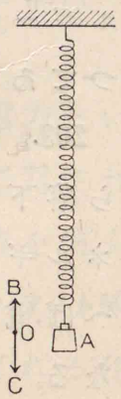
203. 電力輸送 高處から落下する水の,運動のエネルギーは,ダイナモを使へば,電流のエネルギーになる。このエネルギーは,水力發電所から遠隔の需用の地に送られ,家庭や,工


高壓電力輸送線

場などに分配される。かやうに,電流のエネルギーが,發電所から,需用の地に送られることを,**電力輸送**といふ。電力輸送の際,送電線に發生する熱エネルギー丈,電力は無駄になる。この損失を減らす爲に,電流を弱くして送電する。電流を弱くする爲に,變壓器を使ひ,電壓を高める。即ち,電力輸送には,高い電壓の交流が用ひられる。電力使用の際には,變壓器によつて,再び電壓を低める。

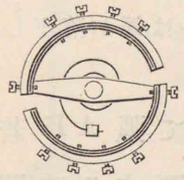
第八章　振　動

204. 單振動　物體Aを,「ぜんまい」の一端に吊り,Aを,眞下に引張つてから放すと,それは,上下に往復運動をなす。かやうな運動を,**振動**といふ。又この運動には,加速度があるから,力が働いてゐる。それは,「ぜんまい」の彈力である。空氣の抵抗などを省けば,物體Aは,直線上に往復運動を爲し,力若しくは加速度の方向は,常に振動の中心へ向ひ,大きさは,中心からの距離に正比例する。かやうな運動を,**單振動**といふ。單振動に於ける路の全長の半分を**振幅**,



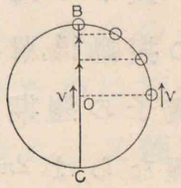
「ぜんまい」による振動の實驗

一往復運動,即ち一振動に要する時間を**週期**,1秒間内に振動する數を,**振動數**といふ。單振動の週期は,振幅には關係せぬ。この性質を,**等時性**といふ。


テンプ

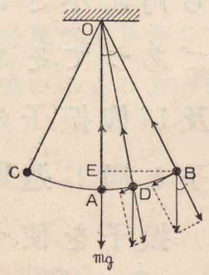
渦狀の「ぜんまい」に環の付いた裝置を,その軸のまはりに,廻してから,放したときの運動も,單振動で,等時性をもつ。之と同樣の裝置は,懷中時計に利用されてゐて,それを**テンプ**といひ,渦狀の「ぜんまい」を,**髭ぜんまい**といふ。

205. 單振動と等速圓運動　等速圓運動を爲す物體から,圓の直徑に立てた垂線の足の運動は,單振動である。



單振動と等速圓運動との關係

206. 單振子　重くて小さな錘を,細くて延びない絲で吊つた裝置を,**單振子**といひ,絲の長さを,**振子の長さ**といふ。錘を,その靜止の位置AからBまで,持上げてから放すと,錘は,圓弧BACに沿ひ,往復運動をする。空氣の抵抗などを省けば,錘は何處にあつても,それに働く力は



單振子の振動

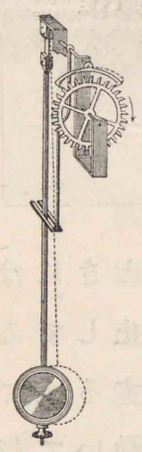
錘の重力と,糸の張力とである。重力の代りに,糸に沿ふての分力と,それに直角な分力とに,置換へてみると,糸に沿ふての分力は,常に糸の張力を打消すのに役立ち,直角な分力丈,運動に關係してゐる。又,Bに於ける錘の位置のエネルギーは,Aに於けるものよりも多く,この値は,AからBと同じ高さの處Eまで,眞直ぐに錘を持上げるときの仕事と,同じである。このエネルギーは,錘が落下してAに來ると,盡く運動のエネルギーに變る。

單振子の運動は,一種の振動であつて,弧AB若しくは弧ACは振幅であり,一振動に要する時間は週期である。

振子の長さに比べて,振幅が小さいときには,この振動は,單振動である。從つて,振動の週期,卽ち振子の週期は,振幅には關係なく,振子の長さがl糎ならば,$2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$秒になる。

207. 複振子 任意の形狀の物體が,水平に固定した軸に支へられ,重力の作用で,振動し得る裝置を,**複振子**といふ。振動する範圍,卽ち角が小さいときには,複振子の振動も亦,單振動であつて,その週期は,振幅には關係せぬ。單振子及び複振子の等時性を,**振子の等時性**といひ,複振子と同じ週期をもつ單振子を,**相當單振子**といふ。振子を使へば,gの値は決定できる。

208. 時計 時計には振子や,テンプの等時性を利用してあるから,指針のまはる速さが一定になる。指針は,順々に嚙合つた幾つかの齒車と共に,「ぜんまい」の彈力か,錘に働く重力かを受けて動くのであるが,振子若しくはテンプと一緒に,振動してゐる錨形の齒止めが,齒車の中の一つと,一定時間毎に嚙合ひ,その都度齒車も指針も,一時運動を止めるため,速さは一定になる。振子やテンプの振動の衰へないのは,齒止めが,齒車と嚙合ふときに,幾らかの力を受けるからである。



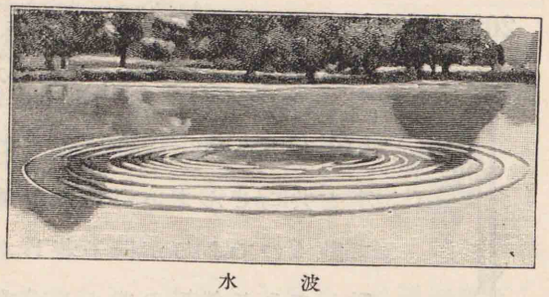
振子時計の要部

溫度は上り,振子の長さや,テンプの半徑が大きくなると,週期も大きくなる。振子の長さを加減し,時計面の時間を調節するために,**振子時計**には,錘を上下に動し得るのがある。又**補正テンプ**では,溫度の變化があつても,週期は變らぬやうになつてゐる。このテンプの環は,切離れてゐて,膨脹係數の大きい金屬は,外側になり,小さいのは,內側になつて,異種の金屬が,重り合つてゐる。それ故,溫度が高くなると,切離れた端は,環の中心の方へ曲り,環が大きくなるのを打消す。

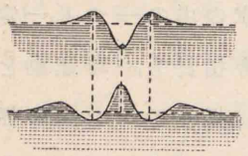
第九章 波動

209. 波 靜かな池に,小石を投入れると,高く盛

り上つた輪と,低く凹んだ輪とが,交互に相接し,四方へ擴つて行く。之は**水波**である。



水　波

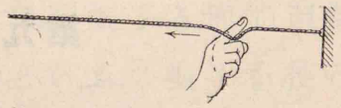


水波の發生
(甲)は石を投じた瞬間でその周圍に高所を生じ凹所は(乙)水平面にならんとして凸起し高所は外方へ移動する

水波が傳播してゐるときには,水のどの部分も,元靜止してゐた處を中心とし,振動する丈であつて,水は,波と共に動いて行くのではない。水波の傳播に必要な水を,水波の**媒質**といふ。

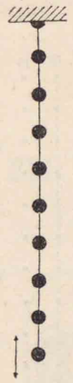
媒質中を進行する或形狀,又は狀態のことを,**波**といひ,波の傳ることを,**波動**といふ。波が,媒質の一部Aから,それに隣接する部分Bに,傳ることは,Aの振動が,Bに傳ることである。從つて,振動のエネルギーは,波動と共に傳る。これを,**波動のエネルギー**といふ。

210. 横波・縱波　長い紐の一端を,紐と直角な方向へ振動すると,振動は紐に沿ふて傳つてゆく。かやうに,振動の方向と,直角な方向



横波の移動

へ進行する波を,**横波**といふ。

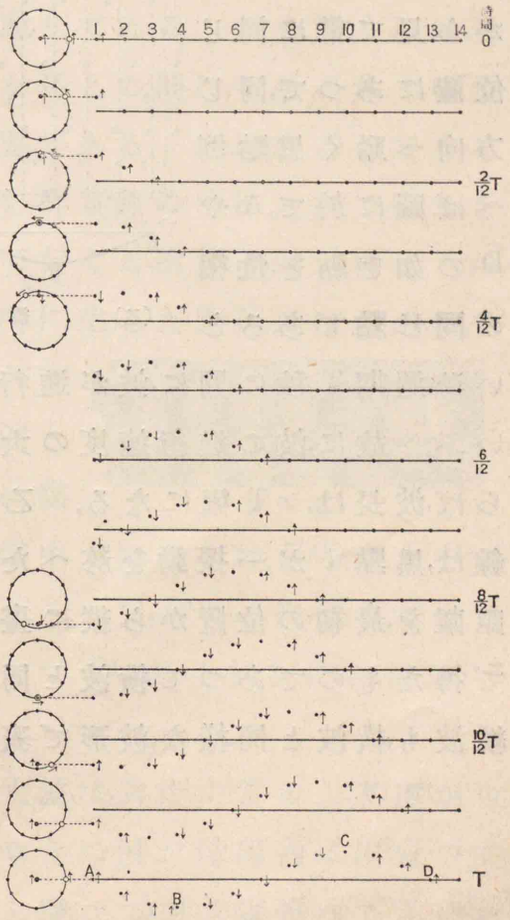


縱波の移動

又,重い小さな玉を,「ぜんまい」か,彈性のある紐かで,珠數の如く繫いで,吊下げ,下端の玉を,縱に振動すると,振動の方向へ,疎密の狀態が進行する。かやうに,振動の方向と,同じ方向へ進む波を,**縱波(疎密波)**といふ。

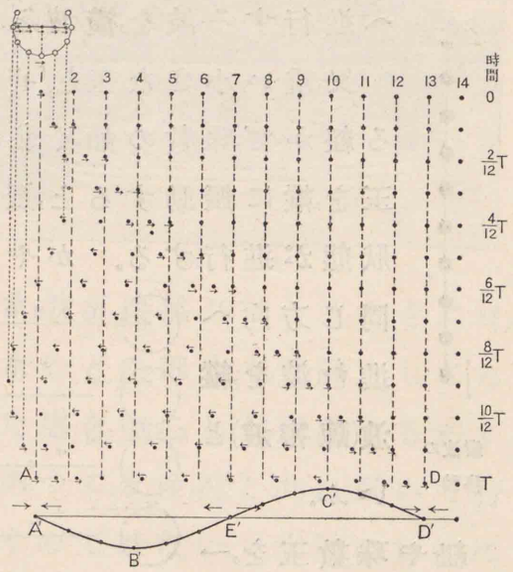
紐や珠數玉を,一列の黑點で置換へ,單振動の傳る場合を畫いてみると,振動と波動との關係は,明白になる。

甲圖は横波で,正弦曲線の形が,その儘進行し,乙圖は縱波で,黑點の疎隔,又は密集の狀態が,その儘進行する。



(甲)　横波の移動

横波の最高の點,例へばCを,**波の山**といひ,最低の點,例へばBを,**波の谷**といふ。中央の位置から見て,常に同じ位置にあつて,同じ方向へ動く黑點,例へば圖に於て,AやDの如き點を,**位相の同じ點**であるといひ,週期T秒の間に,波が進行する距離を,**波長**といふ。故に,波の進行速度の大きさが,毎秒v糎ならば,波長は,vT糎になる。乙圖のA′B′C′D′なる曲線は,黑點1が,一振動を終へた時刻に,各點の移動距離を,最初の位置から縱に畫き,その尖端を結んで得たものであつて,横波と同じ形になる。即ち,縱波も,横波と同樣な,波形で表示できる。

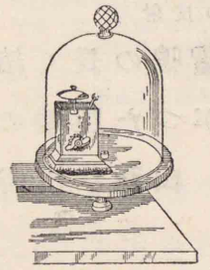


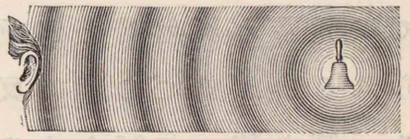
(乙)　縱波の移動

第六篇　音波・電波・光波

第一章　音波

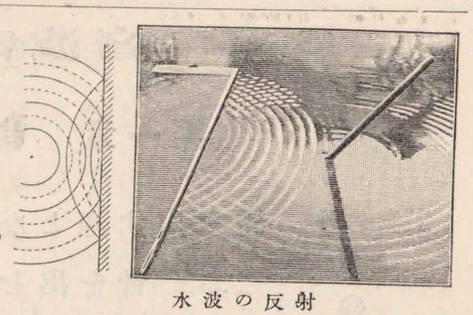
211. 音　音を出す源となる物體を,**發音體**といふ。音を出してゐるときは,發音體は振動してゐる。音を聞くには,發音體と耳との間に,空氣の如き媒質が必要である。之は,發音してゐるベルを,排氣鐘の中に入れて,空氣を拔いて行くと,次第に音が弱まるので分る。音は,物質内に生じた動搖,或は歪が,物質を媒質として傳る疎密波である。之を,**音波**といふ。音波の速さは,媒質によつて異り,鋼鐵中では,約毎秒5000米,水中では,約毎秒1400米である。又,0°C.の空氣中での音の速さは,毎秒331.3米で,1°C.の上昇毎に,約毎秒0.6米宛增す。


眞空内の發音體


音波

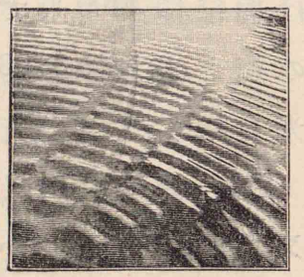
212. 音の反射　水波は,對岸に當ると,其處から又戻つて來る。かやうに,波が障碍物に出會つても,消滅せずに,方向を變へて,同じ媒質内で,進行を

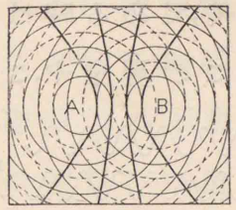
つゞける。このことを,**波の反射**といひ,元の波を**投射波**,反射した波を,**反射波**といふ。音波の反射を,**反響**ともいふ。放電は一瞬間に終るのに,**雷鳴**の長く續くのは,放電のときに生じた音が,ちがつた距離の雲·山などから,反射するからである。**山彦**は,山·谷などから反射する音である。


水波の反射

大きな室内では,音聲は壁·天井などから反響して,話が聞取れないことがある。普通の部屋の中では,元音と,反射音とが重り合ひ,却て元音は強められる。屋外での話は,反響がない爲に,弱く聞える。管を使つて話をすると,音は,管の方向丈に進み,管の内面での反射音と重り合つて,強く聞える。ラヂオの擴聲器に使うラッパも,これと同様の働きをする。

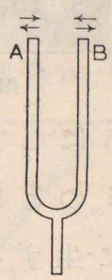
213. 音の干渉 同じ水波が,ちがつた場所A,Bから,同時に四方へ傳つてゐるときは,任意の一點に於ける運動は,各々の


水波の干渉

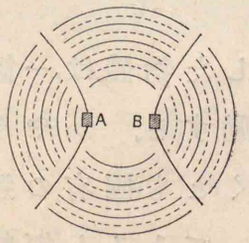


半波長だけ喰違う二波の干渉（圓の實線は山點線は谷太い實線は一の波の山と他の波の谷が同時に到達して靜止する點を連れたもの）

波による上下動の,合運動になる。その結果として,二波は常に同じ方向に重り合ひ,二倍の振幅で,上下動をする處もあり,一つの波で生ずる上下動は,他の波で常に全く打消され,靜止する處もできる。かやうに,相等しい二つの波が,半波長丈喰違つて,媒質の或場所に到達すると,互にその作用を打消し合ひ,其處は全く靜止する。このことを,**波の干渉**といふ。音波にも,干渉が起る。**音叉**は二股の金屬棒で,之を叩けば,固有の振動數で振動し,音源となる。音叉の兩脚AとBとは,外側へ擴り,或は内側へ挾まつて振動する。即ち,音叉が振動してゐると,各の脚から相等しい二つの疎密波が,空氣中に出てゐる。從つて,**音の干渉**が起る。振動してゐる音叉を,耳の近くで廻して見ると,この理によつて,一廻轉毎に,音は,四度消失する。



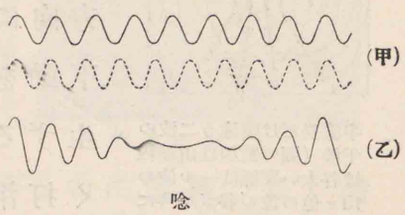
音叉の振動



音叉の振動による干渉

214. 唸 振動數の,少し異つてゐる二つの發音

體を,同時に振動すると,ある時は強く,又ある時は弱くなつて,唸るやうな音が出る。この現象や,この音を,**唸**といふ。甲圖は,振動數の差が1の,二音源から出る波を,示したもので,之を合成すると,乙圖の如く,振幅の大きな部分と,小さな部分とから成る波ができる。振幅の大きな部分が,耳に到達すれば,音は強く,小さな部分が到達すれば,弱く聞える。かやうにして,唸を聞くことになる。又,振動數の差が1のときには,唸は毎秒一つである。故に,一秒間に生ずる唸の數は,二音源の振動數の差に等しい。



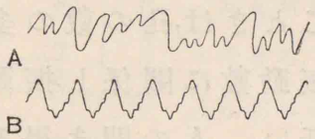

鐘　樓

釣鐘の餘音に,唸を聞くのは,釣鐘が等質體でなく,場所により,少しく異つた振動數の音を,出すからである。

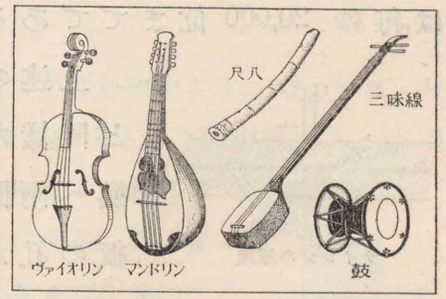
215. 音の共鳴　釣鐘の如く吊した物體は,一箇の振子である故,固有の週期で振動する。かやうに重い物體に加へる力は,假令弱くとも,固有の週期と同じ週期で,週期的に力を加へてゐると,振幅は,次第に增大し,遂に非常に大きくなる。同樣な

ことは,發音體の間にも起る。音叉Aを鳴せば,これと同じ振動數の,他の音叉Bは,自然に鳴り出す。卽ち,Aの振動は音波となつて,Bに達し,Bは周圍の空氣から,自分に固有の週期で,週期的な力を受けて振動し,發音する。かやうな現象を,**音の共鳴**といふ。

216. 噪音·樂音　破壞する物體から出る音の如く,振動數や,振幅などの不規則で,複雜な音を,**噪音**といひ,音叉や,樂器などから出る音の如く,規則正しく,割合に簡單な音を,**樂音**といふ。樂音が,耳に與へる感覺には,强さ·調子(高さ)·音色の三通りある。之を**樂音の三要素**といふ。



噪音(A)と樂音(B)との波形の一例

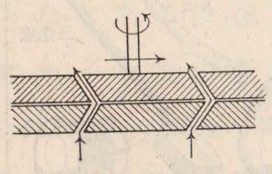


種々の樂器

217. 音の强さ　發音體の振幅が衰へると,音波

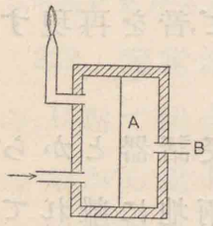
の振幅も衰へ,音は弱く聞える。故に,**音の强さ**は,その振幅に關係し,强く聞えるときは,弱く聞えるときよりも,振幅は大きい。

218. 音の調子 圓板の緣に,等距離に幾つかの孔をあけ,その一つに管を向け,何時も同じやうに,空氣を吹付けておいて,圓板を廻すと,音が出る。圓板を速く廻すときの音は,遲く廻すときのよりも,高い。又,廻轉の速さが同じときは,孔の數の多い程,高い。故に,**音の調子**は振動數に關係し,振動數の多い音は高く,少い音は低い。人の聞き得る音の振動數は,低い處では,每秒20位まで,高い處では,每秒 20,000 位までである。


サイレンの原理

上述の管の代りに,廻轉圓板と同樣な,有孔の固定圓板を置換へ,兩圓板を重ね合せ,固定圓板の孔から,空氣を吹出させても,發音する。兩板の孔を,圖の如く反對に向けておけば,空氣は,固定板の孔から出るときに,廻轉板を廻すことになる。かやうな原理で,發音させる裝置を,**サイレン**といふ。

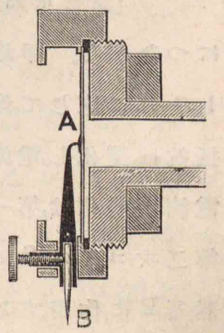
219. 音色 强さ·調子共に同じであつても,ちがつた發音體から出る音は,異つた音に聞える。耳で聞き分けられるこの相違を,**音色の差**といふ。之は,波形の相違から來る。異つた音源から,異つた形の,音波の出ることは,**感音焰**といふ裝置で知れる。



感音焰

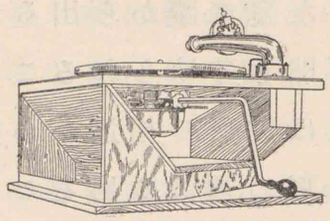
この要部は箱で,中には薄いゴムとか,紙のやうな,彈性膜Aの仕切がある。仕切の片側へ石炭瓦斯を導入れ,細い管の端で點火すれば,焰ができる。仕切の他の側Bには,ラッパ狀の管がつながれる。ラッパ管の前で,發音體が振動すると,その音波によつて,膜Aは振動し,焰も振動する。平面鏡を焰の前に立てて,之を廻轉すると,焰の振動により,波の形が,鏡面に現れる。

220. 蓄音機 薄い圓板Aの緣を固定し,之に向つてラッパ狀の管から音波を吹込むと,Aは振動する。この振動板Aに,針Bを取付け,その尖端を,廻轉してゐる亞鉛板に載せておくと,Aの振動は,亞鉛板に,波形の溝となつて記錄される。亞鉛板には,豫め脂を塗つておいて,記錄を終へてから,適當な方法で腐蝕すれば,板の上には,音波の記錄が殘る。之を原型に使ひ,電鑄術によつて,凹凸の正反對な銅の型を作り,適當な溫度で,之に煉物製の圓板を押付ければ,その上に,元の音波が記錄される。かや



振動板の主要部

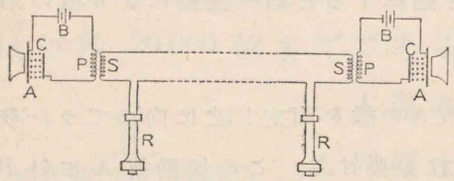
うな方法によると,蓄音機の**レコード**は何枚もできる。かうしてできた,レコードの溝に沿ふて,針の尖端を走せ,針に取付けた振動板を,振動させ,音波を作り,ラッパ狀の道を通せば,再び元と同じ音が,聞ける。



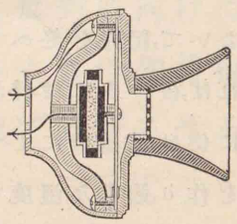
蓄音機の構造

かやうにして,レコードと振動板とで,音を再現する裝置が,**蓄音機**である。

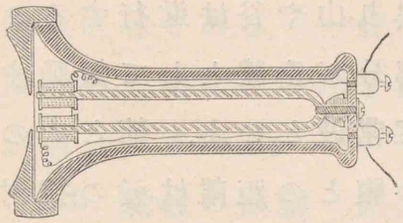
221. 電話機　**電話機**は送話器と,受話器とからできてゐて,電流の作用により,甲乙兩地に離れてゐながら,談話を交換する爲の裝置である。**送話器**の要部は,振動板Aと,炭素粒Cとより成り,感應コイルの第一次コイルPと,電池Bと共に回路を作り,第二次コイルSは,受話器Rを經て,外線につながる。甲地の送話器に向つて話をすると,振動板Aは振動し,それに應じて,炭素粒の相互の接觸點に於ける壓力は變り,電氣抵抗は變化し,電流の强さは增減する。この電流の變化は,第一次コイルPにも起るから,第二次コイルSに,感應電流が流れ,乙地の受話器Rに作用する。**受話器**Rの要部は,蹄鐵磁石Mと,その兩極に近くおいた軟鐵の振動



電話の原理



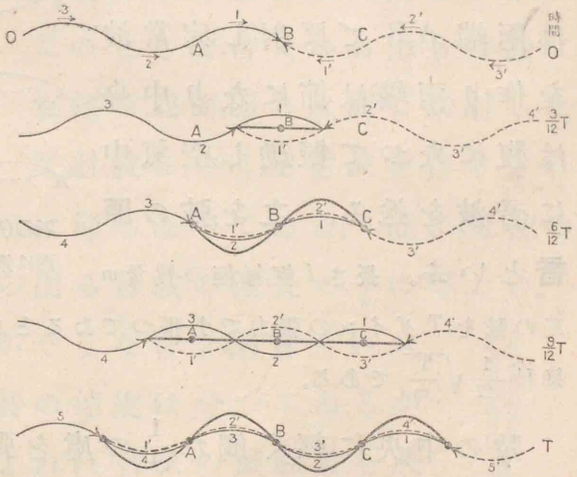
送話器の構造



受話器の構造

板Eとからなる。兩極はコイルになつてゐて,外線につながり,甲地の第二次コイルSから來た電流は,このコイルを流れ,その變化に應じて,極の前の振動板Eを振動させる故,これに耳を近づけると,甲地に於ける話聲が,きける。

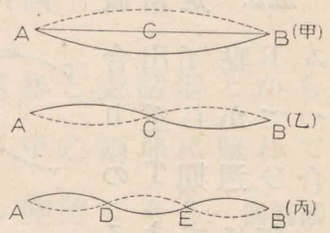
222. 定常波　圖には,同じ二つの波が反對に進み,B點で出合つてから重り合ひ,週期Tの$\frac{3}{12}$毎にできる合成波が出てゐる。B點を,紐の固定した端と看做し,細い實線の波を投射波,點線のを反射波,太い實線を合成波と見れば,これは又,紐波の投射波と反射波とが重り合ひ,合成波の出來る有樣を示す。A,B,C の如く,全く靜止する點を,**節**といふ。又,節と節との中間は,最大振幅をもつて振動する點で,之を**腹**といふ。こ



定常波の生成

の合成波は,普通の波と異り,山や谷は進行することなく,節と節との間の部分が,全體として振動する。かやうな合成波を,**定常波**といふ。節と,次の節との距離,又は腹と,次の腹との距離は,元の投射波,若しくは反射波の,波長の半分に等しい。

223. 弦の振動 絃の兩端AとBとを固定し,中央Cを彈くと,絃に生ずる波は,兩端A,Bで反射し,定常波を作り,兩端は節になり,中央は腹になつて振動し,空氣中に音波を送る。之を,**弦の原音**といふ。長さl糎,毎糎の質量m瓦の弦を,Tダインの張力で引張つてゐるときの,原音の振動數は,毎秒$\frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}$である。

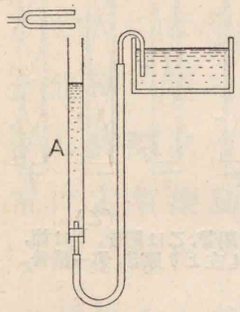


原音(甲)と倍音(乙は第一倍音丙は第二倍音)

弦の中央に輕く觸れ,$\frac{1}{4}$の處を彈くと,中央に一つの節ができて,弦は振動する。この振動による音を弦の**第一倍音**といふ。同樣な方法によれば,兩端A,Bの間に,節は幾つでもできる。これ等の振動による音を,第二・第三等の倍音といふ。第一倍音の振動數は,原音の振動數の2倍で,第二・第三等の倍音の振動數は,それぞれ原音の振動數の3

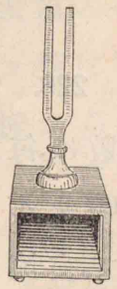
倍,4倍等である。一般に,弦の上の一點を彈くと,原音と一緒に,その點を節としない幾つかの倍音が,組合つて出る。

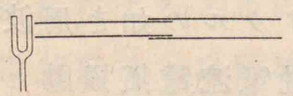
224. 氣柱の振動 直立せる硝子管,Aの中の水を,除々に排除して,管内の空氣柱を,或長さにすると,氣柱は管口で振動してゐる音叉に,共鳴する。このときは,音叉から出る音波は,氣柱の底面,即ち水面で反射した反射波と共に,定常波を作り,管口は腹となり,水面は節となつてゐる。故に,氣柱の長さは,音叉から出る音波の波長の,$\frac{1}{4}$に等しい。一端の閉ぢた,かやうな管を,**閉管**といふ。



氣柱の共鳴裝置

空氣中での音の速度は分つてゐるから,この方法によれば,音叉の振動數を決定できる。一方の開いた箱の上に,音叉を立てたときに,音叉と,箱の中の空氣とが,共鳴すると,音は強くなる。かやうな箱を,**共鳴箱**といふ。

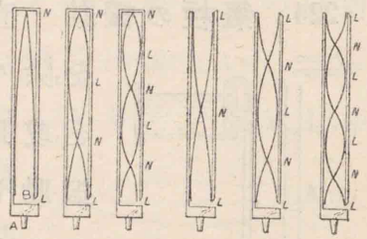

共鳴箱


開管の共鳴裝置

兩端が開いた管,所謂**開管**の長さを,加減できるやうに

して,調べてみても,閉管と同樣に,管内の氣柱は,音叉と共鳴し,管の兩端は腹となる。

225. 風琴管 管の端に,音叉をおく代りに,吹込口Aを取附けて,空氣を吹込むと,唇Bの處は腹となつて,發音する。かやうな管を,**風琴管**(**オルガンパイプ**)といふ。



(甲) (乙)
風琴管(甲は閉管,乙は開管,Nは節,Lは腹,何れも左より原音,第一倍音,第二倍音)

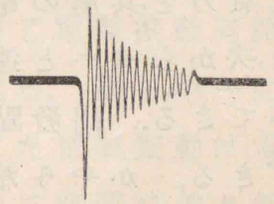
これにも,閉管と開管とがあつて,孰れも原音や倍音を出す。圖のNは節,Lは腹の位置を示す。

第二章 電 波

226. 電氣振動 動力や,電燈に使う交流の周波數は,毎秒50或は60である。之を,毎秒50**サイクル**,60サイクルなどといふ。時間が經過するに從つて,交流の變る有樣は,波形の曲線で表現できる。交流は電流の振動であり,周波數はその振動數である。毎秒千・萬・十萬・百萬サイクルの如き,周波數の大きな,卽ち高い交流を,**振動電流**(**電氣振動**)といふ。毎秒約20,000サイクル以下の電氣振動は,適當

に裝置した電話機に働いて,發音させる。かやうな電氣振動の周波數を,**可聽周波數**といひ,毎秒約20,000サイクル以上の周波數を,**無線周波數**といふ。

227. ライデン瓶の放電 ライデン瓶を放電すると,眼には,單に一箇の火花が見え,電氣は,一極から他極へ流れただけで,中和は終る如く見える。併し實際はそうでなく,この放電は,電氣振動であつて,感音焰と同じ理によつて,廻轉鏡で調べて見ると,幾つかの火花放電からできてゐる。之を,波形の曲線として表現すると,圖の如くなる。一般に,振幅の衰へて行く振動を,**減衰振動**といひ,振幅の一定な振動を,**非減衰振動**といふ。ライデン瓶による電氣振動は,減衰振動であり,交流發電機から出る電流は,非減衰振動である。



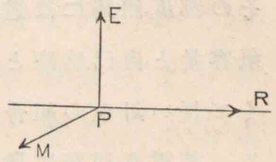
電氣振動

228. 放電の特性 電氣振動は,ライデン瓶の火花放電の際に,起るばかりでなく,回路中の蓄電器が,放電するときにも起る。放電の特性は,回路の電氣抵抗と,自己感應と,電氣容量とに關係する。抵抗が自己感應に比べて小さいときは,電流は電

氣振動をなし,その振動數は,自己感應や電氣容量できまる。之は,その回路の固有振動數であつて,自己感應や,電氣容量の大きい程,小さくなる。

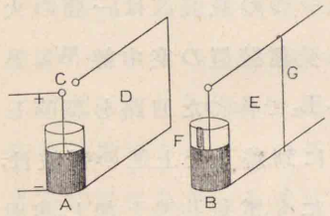
229. 電磁波 帶電體の周圍は,電氣力の作用する場所,卽ち**電場**になつてゐる。電場內の一點に,單位の陽電氣をおいたとき,その陽電氣が受ける電氣力を,其處の**電場の强さ**といふ。電場の方向を,次から次へと連結すると,磁力線と同樣な曲線ができる。出發點を色々變へると,曲線は幾本もできる。かやうな曲線を,**電力線**といふ。電力線は凡て,陽電氣から出て,陰電氣に終る。帶電ライデン瓶の錫箔の如く,陽電氣を帶びた導體と,陰電氣を帶びた導體とがある際,これによる電場は,電場の强さの分布で表現できる。ライデン瓶を放電すれば,電氣振動によつて磁場が生じ,電場と共に變化する。卽ち,ライデン瓶の周圍の,電氣力·磁氣力は,週期的に變る。併しこの週期的變化,卽ち振動は,到る處同時に起らないで,次から次へと傳つて起る。かやうにして生ずる波動は,**電磁波**である。電磁波を,單に**電波**ともいふ。電磁波動論によると,電磁波は橫波で,電氣力と磁氣力とは,互

に直角に振動し,眞空中では,波の速さは,每秒 3×10^{10} 糎になる。或一點Pに於ける電氣力が,或瞬間に,PE で,それに直角な磁氣力が,PM ならば,次の瞬間には,之が一緒になつて,PR の方向へ進行し,P へは,異つた强さの電氣力·磁氣力が傳つて來る。



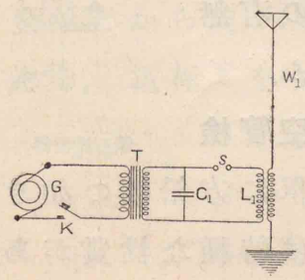
電氣力・磁氣力の方向と電波進行の方向

230. 電氣共鳴 音の共鳴と同樣な現象は,固有振動數の,同じ電氣振動回路の間にも起る。卽ち,第一回路中に生じた電氣振動は,電磁波となつて空間に傳り,第一回路と,同じ固有振動數の,第二回路に出會へば,其處に,電氣振動を起す。かやうな現象を,**電氣共鳴**といふ。



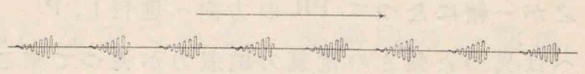
電氣共鳴

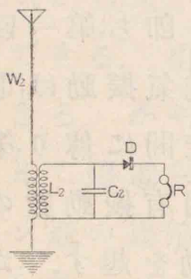
231. 無線電信 **無線電信**は,電波を利用した通信法である。これによれば,電線を使はずに,電波で符號を,遠隔の地に送り,通信ができる。發信裝置の,振動回路の要部は,蓄電器 C_1 と,コイル L_1 と,火花間隙 S とより成る。蓄電器は,變壓器 T を經て,交流發電機 G で帶電され,キー K を閉ぢてゐると,火花間隙を通して放電が起り,



無線電信の發信裝置

その都度,回路には,電氣振動が發生する。その振動數は,回路の電氣容量と,自己感應とできまる。別に**空中線(アンテナ)**といつて,高くて長い針金の組合せがあり,コイルを經て,地球につながつてゐる。蓄電器回路に發生した振動は,空中線 W_1 に共鳴し,其處から,廣く空間に,電波が送られる。かやうな電波は,圖の如く,減衰高周波の行列として,表現できる。一つの減衰波は,一箇の火花放電に相當する。受信裝置の空中線 W_2, 及び蓄電器 C_2 と,コイル L_2 で作つた回路を,調節しておけば,空中線 W_2 に到着した上述の電波は,空中線にも受信回路にも,電氣共鳴を起し,其處に,電波と同樣な,振動電流が流れる。

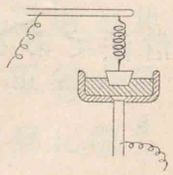

減衰高周波



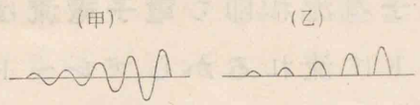
無線電信の受信裝置

併しこの振動數は,非常に大きく,所謂無線周波數なので,電話の受話器Rの振動板は,振動せぬ。假令振動するとしても,それによつて生ずる音波は聞えぬ。

非常に高い,振動數を持つ電氣振動の有無,或は,それを起した電波の有無を知る爲の裝置を,**檢波器**といふ。


鑛石檢波器

檢波器には,**鑛石檢波器**と,**眞空管檢波器**とがある。鑛石檢波器は,單に方鉛鑛の如き結晶である。かやうな結晶には,特種な性質があつて,一方から電流を流すときの電氣抵抗は,それ

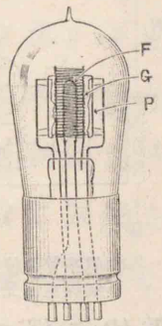


交流(甲)と整流(乙)

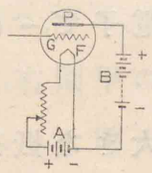
と反對な方向から,流すときの抵抗よりも,大きくなる。この爲に,甲圖の如き交流を流すと,電流は,一方の方向へ流れるとき丈,鑛石を通り,乙圖の如き**脈搏的電流**になる。かやうな作用を,**整流作用**といふ。

受信局Bの受信回路中には,鑛石檢波器Dを入れてある。その整流作用によつて,回路中に起つた振動電流は,脈搏的電流に變り,之が受話器Rを通ると,振動板は振動する。この振動數は,所謂可聽周波數であつて,その音波は耳に感ずる。發信局Aで,送信すべき符號に從ひ,キーを,或は長く或は短く押すと,受信局Bで,受話器の出す音も,或は長く或は短く聞え,送信された符號が知れる。

232. 三極眞空管 三極眞空管(眞空球)は,出來る丈,完全な眞空にした硝子管で,右圖の如くフィラメントFと,筒形の電極Pと,格子狀,若しくは網狀の針金Gとから成り,Gは,PとFとの間にある。電極Pを**プレート**といひ,電極Gを**グリッド**といふ。左圖の如く,フィラメントは**A電池**で熱し,熱せられたフィラメントからは,熱電子が出る。**B電池**の陽極を,プレートに繋ぎ,陰極をフィ

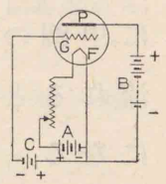


三極眞空管

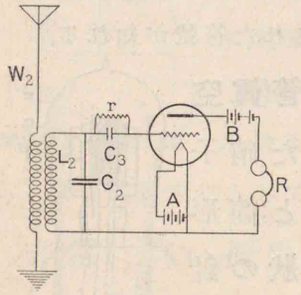


プレート電流の發生

ラメントにつなぐと,電子の流れ,卽ち**電子電流**は,フィラメントからプレートに流れるから,プレート回路には,反對方向の電流が,流れたことになる.この電流を,**プレート電流**といふ。右圖の如く,フィラメントと,グリッドとの間に,C電池を入れて,電位差を作り,グリッドを陰に帶電し,充分に低い－の電位にしておくと,電子は斥けられて,フィラメントから飛出ることができないか,若しくは少い。從つて,プレート電流は流れないか,或は弱い。然るに,グリッドの電位を,フィラメントの電位よりも高くすると,プレート電流は,急に強くなる。この特性を利用すれば,三極眞空管に,整流作用を爲し,檢波器として使へる。



プレート電流の變化



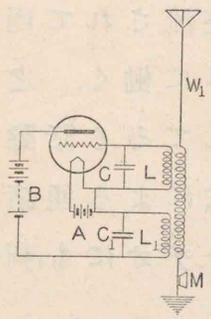
眞空管を使用した無線電信受信裝置

電池Cを使つて,グリッドを－の電位に保つ代りに,受信回路中に,圖の如く蓄電器C_3をつなぎ,之を,フィラメントから出る電子で,－に帶電する方法もある。

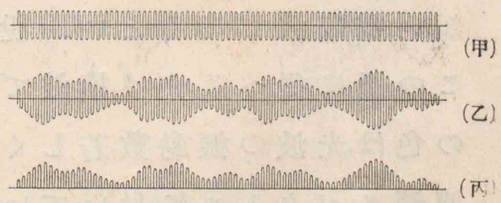
この場合に,蓄電器C_3と,列に繋いだ大きな抵抗,rを通して,C_3の電氣は適當に放電され,その電位,

及びグリッドの電位は,適當に保たれる。rを,**グリッドリーク**といふ。

233. 無線電話 圖の如き裝置によると,三極眞空管は又,非減衰電氣振動の發振器として使へる。卽ち,非減衰高周波が出せる。蓄電器C,コイルLを含むグリッド回路,及び蓄電器C_1,コイルL_1を含むプレート回路は,空中線W_1に共鳴できるやうに,調節してあるとする。グリッド回路に於ける任意の電氣振動は,プレート回路に於ける振動を生じ,プレート回路に生じたこの振動は,空中線を經て,再びグリッド回路に於ける振動を起す。電池のエネルギー供給が一定である限り,一度發生した電氣振動は,かやうにして,眞空管や回路に固有の振動數で,振動を繼續し,非減衰高周波となり,空中線から四方へ傳る。この電波は,右圖甲の如く表せる。上圖の空中線Wに,送話器,卽ちマイクロフォンMを取付け,送信裝置



無線電話 發信裝置



無線電話の電波 (甲)非減衰高周波 (乙)變調高周波(丙)脈搏的電流

と爲し,送話器に向つて話をすると,話聲に應じて甲圖の高周波は,乙圖の如く變る。之を,**變調高周波**といふ。變調高周波を,前節の受信回路に受けると,それと同樣の電氣振動が起り,整流されて丙圖の如き脈搏的電流となり,受話器Rに働く。之に耳を當てると,送話器に向つて話してゐる話聲が,聞える。**無線電話**は,かやうな方法による通話法で,同じ方法は,**放送無線電話**,所謂**ラヂオ**にも,利用されてゐる。

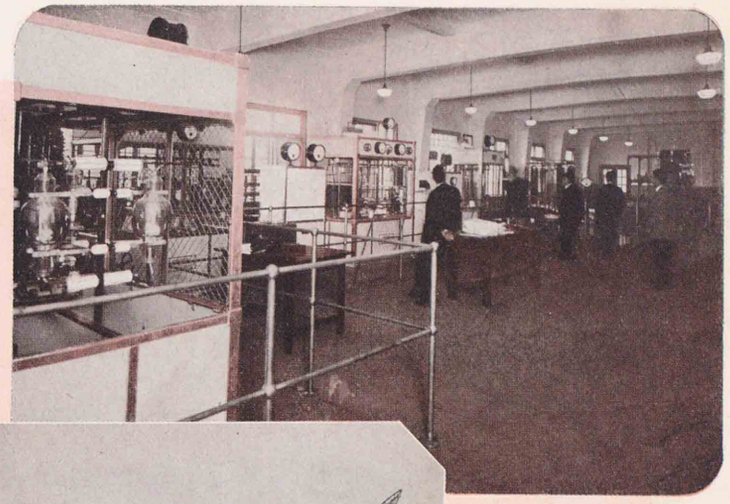
第三章　光　波

234. 光の波動說　光の速度は,眞空中では,每秒 3×10^{10} 糎である。發光體から出るエネルギーが,波動によつて,四方へ傳るといふ說を,**光の波動說**といひ,その波動を,**光波**といふ。又光波は,波長の短い電磁波であるといふ說を,**光の電磁說**といふ。この說に從へば,光は橫波であつて,眼に感ずる光の色は,光波の振動數,若しくは波長で表示できる。連續スペクトルに付いていへば,赤色光の波長は大きく,菫色光のは小さく,他の色光の波長は,その間にあつて,次第に短くなる。

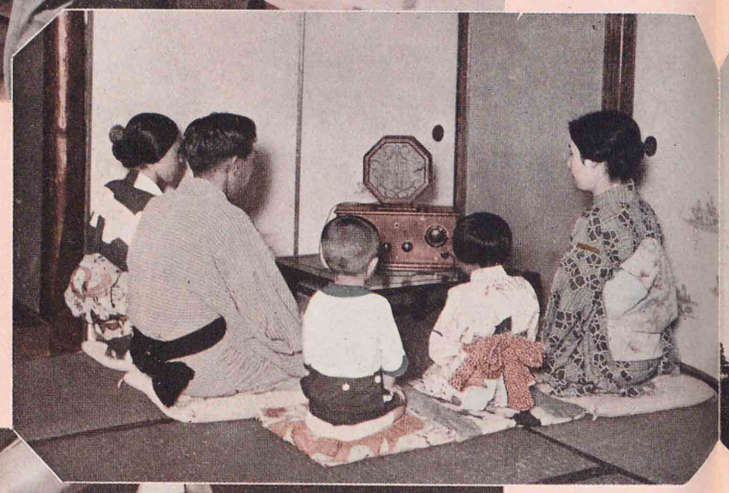
ラヂオ（放送無線電話）

東京中央放送局

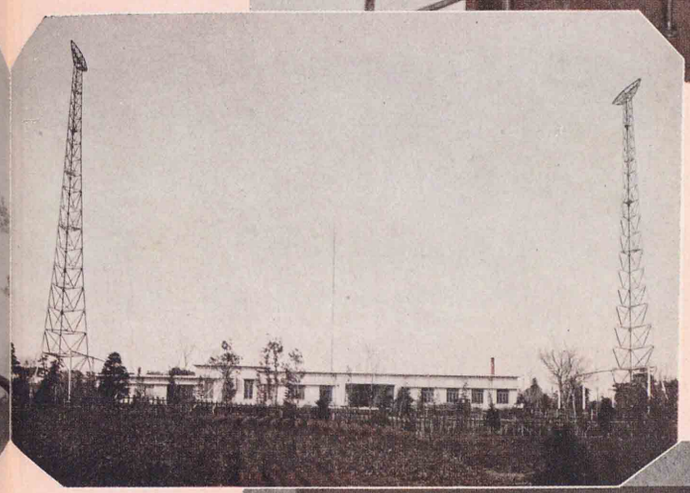
中繼放送（明治神宮外苑野球場）



電波放送室（左方にあるは眞空管）

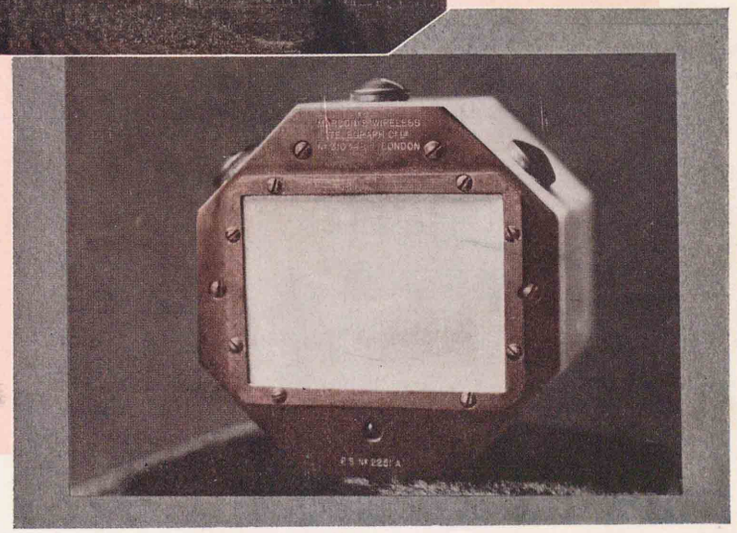


家庭に於ける聽取



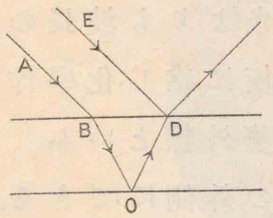
新郷放送所全景

新郷へ有線で送られる）
愛宕山演奏所演奏室（此處から



マイクロフォン

235. 光の干渉　透明な板の上面に,圖の如く平行單色光線を,投射すれば,光線ABの投射點,Bに到着した波は,板の内部に傳り,Cで反射して,Dから外に出たときに,他の光線EDに沿ふて,傳つて來た同一の波と出會ふ。兩者が,常に全く同じ振動の有樣であると,板は明く,半波長丈喰違つてゐると,板は暗くなる。卽ち,**光の干渉**が起る。振動の有樣が同じか,或は半波長ちがうことは,同じ光,同じ性質の板については,投射角が一定ならば,板の厚さによつて,きまる。水面上の石油膜が擴るに從ひ,次第にその色を變へて行くのは,この理による。



光の干渉

236. 見える光・見えぬ光　音波と同樣に,光波の振動數若しくは波長が,大き過ぎても,小さ過ぎても,眼には感ぜぬ。眼に最も強く感ずる光は,黃色光である。眼に感ずる光を,**見える光(可視光)**といひ,眼に感ぜぬ光を,**見えぬ光**といふ。赤色光よりも波長の大きな,見えぬ光も,物質に吸收されると,その溫度を高め,熱作用がある。かやうな光を,**赤**

輻射計

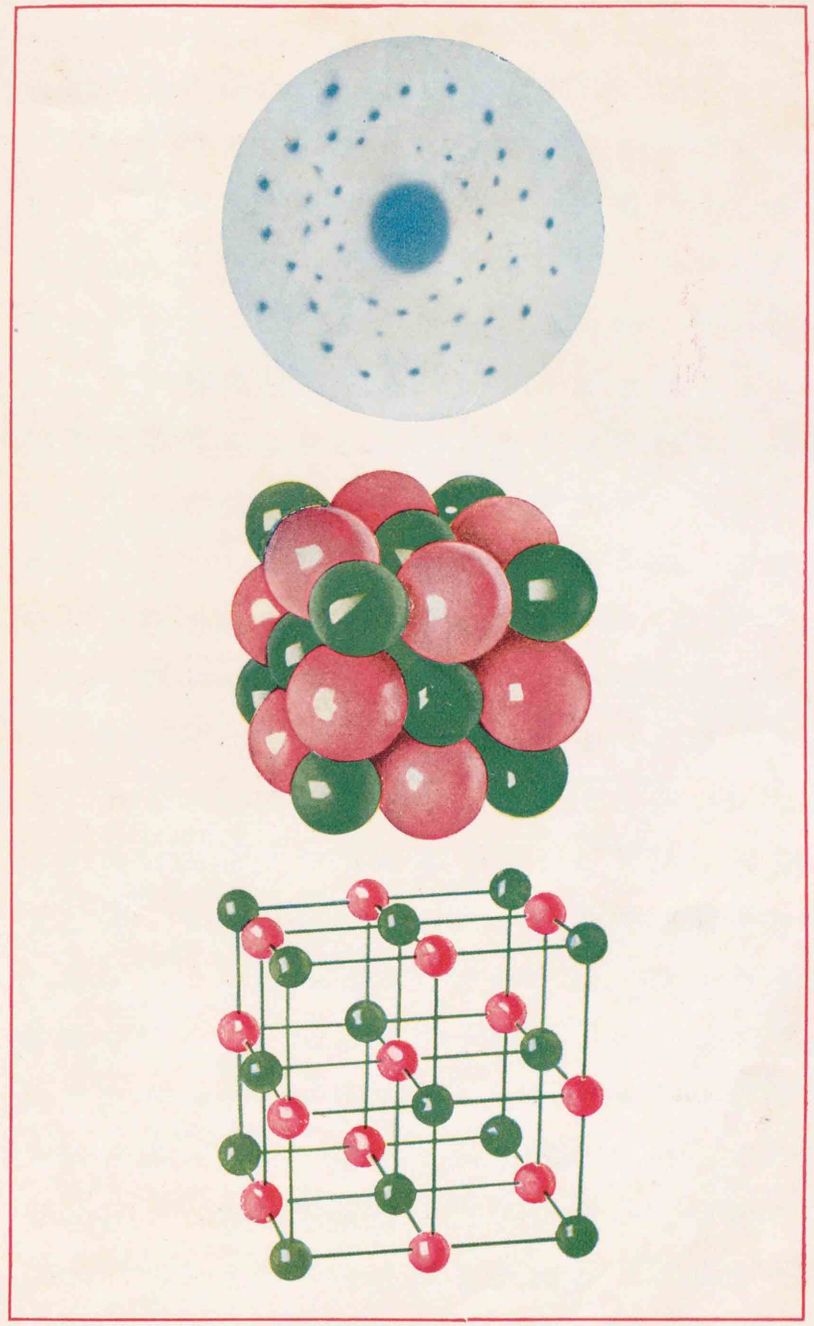
外線といふ。このスペクトルは,赤色部の外側にできる。又,菫色光よりも波長の小さな,見えぬ光も,寫眞乾板に感じ,化學作用がある。かやうな光を,**菫外線**といふ。このスペクトルは,菫色部の外側にできる。

光の熱作用を知る裝置を,**輻射計**といふ。

237. 輻射熱 鐵の如き物體の溫度を高めて行くと,最初,赤外線が著しく輻射され,次第に,見える光や菫外線も,强くなつて來る。即ち,物體Aの熱エネルギーは,光波のエネルギーに態を變へ,四方へ傳る。この光波が,他の物體Bに投射し,投射光の一部,若しくは全部が,Bに吸收され,再び熱エネルギーに態を變へると,Bの溫度は高くなる。之が,**輻射による熱の移動**である。

238. 螢光·燐光 硫酸キニーネの溶液に,日光のスペクトルの,菫外線をあてれば,それよりも長い波長の,色光が出る。かやうに,物質によつては,或波長の光を吸收すると,他の波長の光を輻射する。この現象や光を,**螢光**といふ。又,バリウム·カルシウム·ストロンチウムの硫化物の如き物質は,投射光を取去つた後も,尙,發光をつづける。かやうな

原子の配列(岩鹽)



上圖はX線の干渉によつて生ずるラウエの斑點

現象や光を,**燐光**といふ。

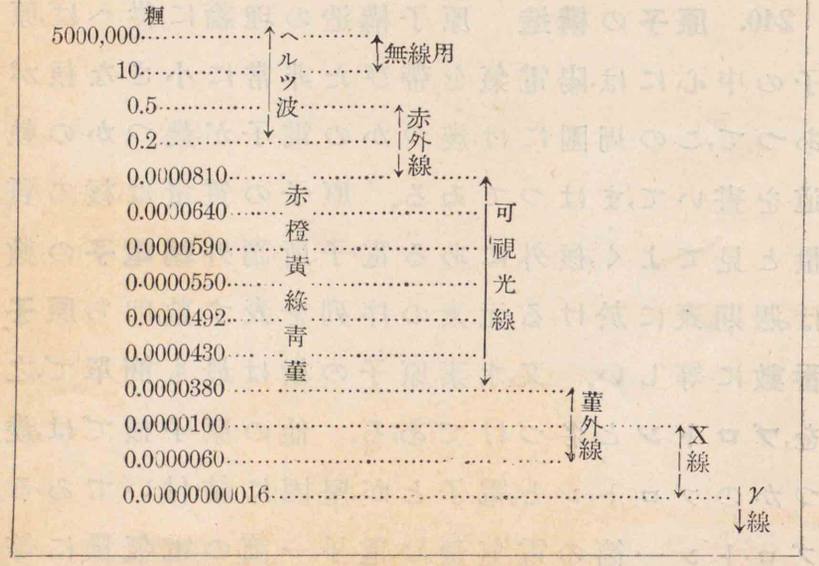
239. X線の干渉　X線は,光よりも遙に波長の小さな,輻射線である。結晶體の内部では,原子は,規則正しく整列してゐるから,之に,X線を投射すると,或面上の原子から反射したX線と,他の面上の原子から反射したX線とが,干渉を起す。この結果は,寫眞にとれる。かやうな現象から,結晶體内の原子の配列が知れる。γ線は,波長の短いX線である。赤外線・可視光線・菫外線・X線・γ線等を,孰れも**輻射線**といふ。

240. 原子の構造　原子構造の理論に從へば,原子の中心には,陽電氣を帶びた非常に小さな核があつて,この周圍には,幾つかの電子が,幾つかの軌道を畫いて,まはつてゐる。原子の質量は,核の質量と見てよく,核外にある電子,所謂**外輪電子**の數は,週期表に於ける,元素の序列を表す數,卽ち**原子番數**に等しい。又,水素原子の核は最も簡單で,之を,**プロトン**と名づけてある。他の原子核では,幾つかのプロトンと,電子とが,堅固に結付いてゐる。プロトン一箇の電氣量は,電子一箇の電氣量に等しい。水素は原子量も,原子番數も1であるから,

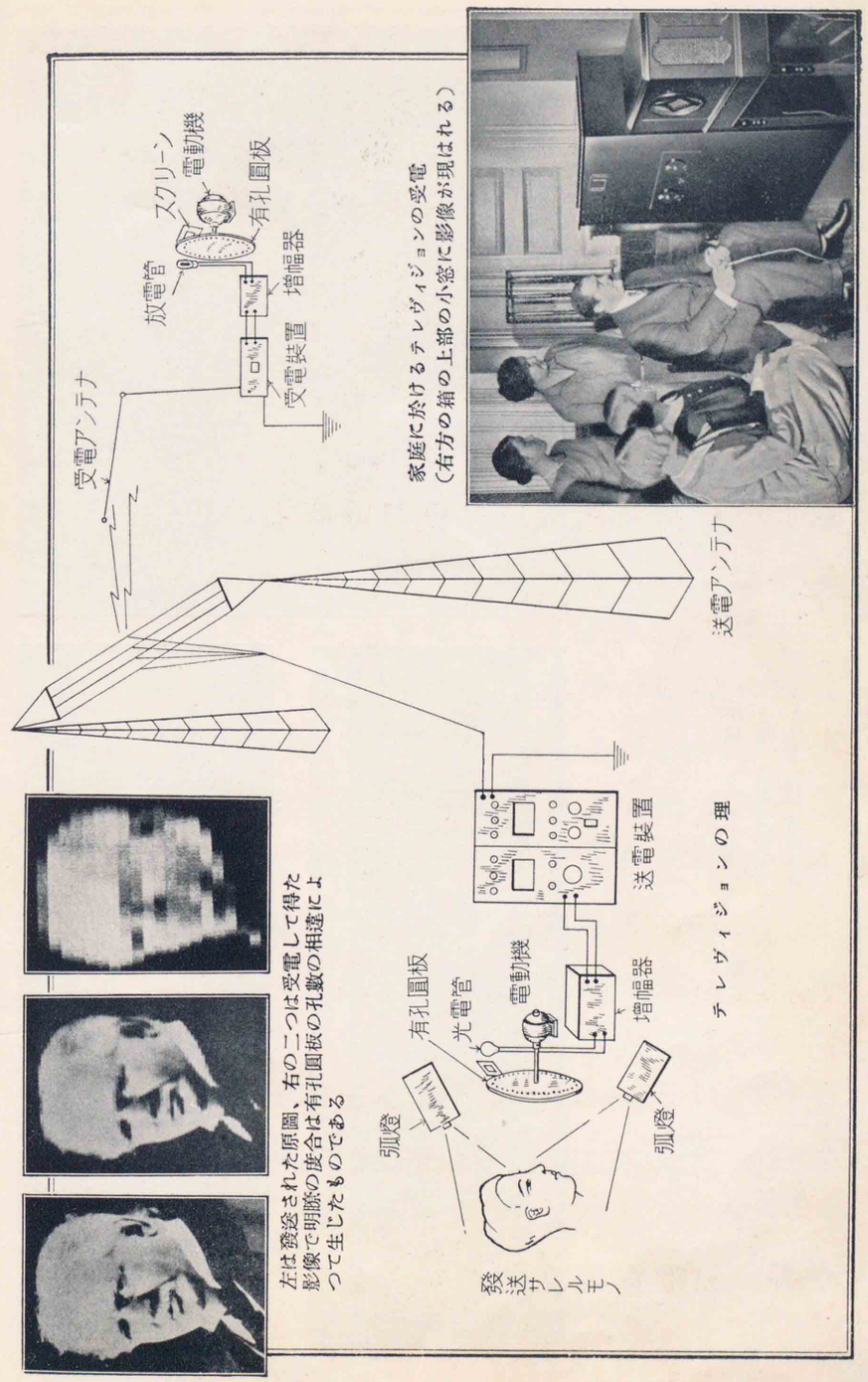
その原子はプロトン一箇,外輪電子一箇より成り,ヘリウムの原子量は4で,原子番數は2であるから,その原子はプロトン4箇,外輪電子2箇より成り,核は2箇の電子を含んでゐる。

かやうに考へると,原子量の大きな原子程,その構造も複雑になり,放射性物質の如く,原子崩壊の起ることが分る。又,原子はかやうに,電氣的構造をもつ故,物質から種々の電磁波を出すことも分る。

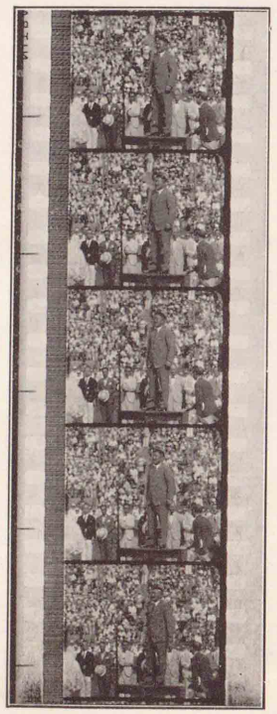
電磁波の波長（理科年表による）

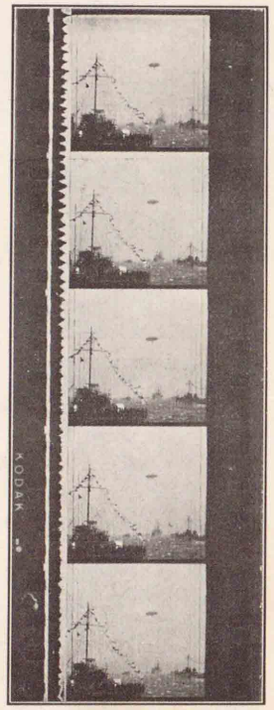


241. 光電管　カリウム・ナトリウム・セシウム等



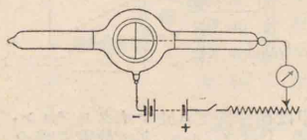
テレヴィジョン





下圖　トーキー用フィルム二種
上圖　撮影の現狀(上部の球狀のものはマイクロフォン)
トーキー(發聲活動寫眞)

に,光を投射すると,電子が出る。このことを**光電効果**,この電子を**光電子**といひ,光電効果を顯著ならしめる爲の裝置を,**光電管**といふ。これは,圖の如き眞空の硝子球で,その內面は,光を通す窓を除いて,カリウムの薄い層で,被はれてゐる。管の中央には,針金の輪があつて,この管の陽極となり,高壓電池の陽極につながる。又カリウムの薄層は,この管の陰極となり,電池の陰極につながる。窓を通して,カリウムの表面に,光を投射すると,電子は陽極に向つて流れる。電流の強さは,光の強さの強い程強い.

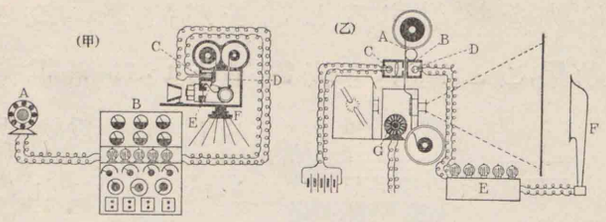


光電管

マイクロフォンと,電池と,電燈とを連結し,マイクロフォンに向つて話をすると,電流の強さは變り,從つて,電燈の光の強さも變る。この光で,寫眞フィルムを,一方から他方へ動し乍ら,細隙の寫眞を撮影すれば,濃淡ある細隙の並んだ寫眞ができる。これは,**言葉の寫眞**である。

發聲活動寫眞(トーキー)のフィルムの緣には,活動寫眞撮影の際に發する音聲の寫眞が,撮影されてゐる。映寫の際に,音聲の寫眞を通る光を,光電管

に投射すると,その回路中の電流の強さは變り,この變化した電流が,擴聲器に働いて,撮影のときの音聲を再生する。



發聲活動寫眞機械（甲は撮影機でAはマイクロフォン,Bは增幅器,Cは放電管,Dはフィルム,Eは放電管前の間隙,Fは撮影機。乙は映寫機で,Aはフィルム,Bは撮影機と同大の間隙,Cはランプ,Dは光電管,Eは增幅器,Fは擴聲器,Gはモーター）

光を畫なり,寫眞なりの色々の點に,順次に投射し,その反射光,若しくは透過光を,光電管にあてると,回路中に生ずる電流の強さも亦,變化する。かやうな電流の變化は,有線或は無線によつて,甲地から乙地へ送られる。乙地では,この電流の變化を,光の強さの變化に變へ,寫眞フィルムの色々の點を,順次に感光せしめ,甲地に於ける繪畫・寫眞を,再現することが出來る。**電送寫眞**は,この原理によつた工夫である。又同樣の原理で,甲地の實物・實景を,乙地のスクリーンの上に現すのが,**テレヴィジョン**である。

——完——

昭和七年十一月十九日　印刷
昭和七年十一月二十二日　發行
昭和八年六月一日　訂正印刷
昭和八年六月五日　訂正發行

新撰物理學

著作權所有

定價金九拾五錢

著作者　太田代唯六（オホタシロ）
發行者　東京市神田區西神田一丁目三番地　株式會社帝國書院　代表者　增田啓策
印刷者　東京市京橋區銀座西二丁目三番地　高橋郁
發行所　東京市神田區西神田一丁目三番地　株式會社帝國書院　振替東京67014番
關西販賣所　大阪市東區横堀四丁目三番地　三宅莊藏書店　振替大阪69番

廣島縣立廣島工業
機械科二學年
吉田武夫