

教育部審定

新中學教科書

物理學

全一冊

編者
鍾衡 鎮海

校者
華襄 無錫

中華書局印行

光 質 影

太陽



A a B C D E b F G H₁₁₂

天狼星



星雲



氫氣



氫氣



鉀



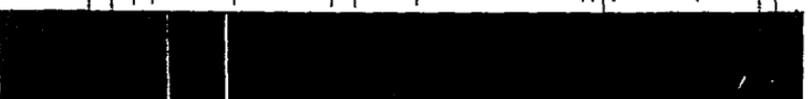
錫



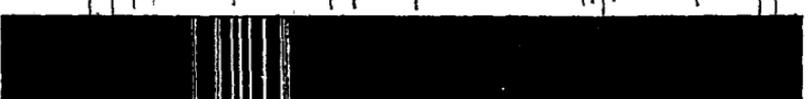
鈉



銦



銻



MG
G634.7
96



3 1774 1594 4

物 色 成 因 之 利 用 (三 色 版)



編輯大意

一. 本書遵新學制教程編輯,爲中學校,師範學校,及等程度學校之物理學教科書.

一. 本書共分七章,首概物性,依次分詳力學熱學音學光學磁學電學等,概物理學之要義,以充常識;開物理學之門徑,以便精研.

一. 本書提挈綱要,紬繹義緒,務求簡括,分明界說,比觀事端,務求精確,指陳實驗,援引證例,又務求便當而有興味,諸凡學程所不逮之高深算術,經費所不及備之應用儀器,務避免之;使授受間,胥不感困難,而能曲喻.

一. 本書於名詞標示,皆用特著字體,以醒眉目;並附西文,爲求進西籍之預備.

一. 本書插圖,皆選精緻者,俾無異於直觀;至於解釋原則之剖面圖,尤注意於講文中符號之標示,俾學者一對覽間,便能明瞭.

新 中 學 教 科 書

物 理 學

目 次 導 言

物理學定義.....	1
物理學定律.....	2
物理學分類.....	2
物理學計算單位.....	3

標準權度表

第一章 物性

第一節 物之組織

物體三態.....	5
-----------	---

三態變化證例

物質分合.....	5
-----------	---

分子分析證例

物之質量與密度.....	7
--------------	---

密度質量等調法

第二節 物之作用

質量所有性	8
體積所有性	8
體積所有性實驗	
密度所有性	10
溶解現象 吸收現象	
分子所有性	12
滲透現象 滲透現象 液面現象 細管現象 近距現象	
固態所有性	15

第二章 力學

第一節 固體力學

運動定義	17
運動狀態	17
運動的力	18
運動定律	19
恒性實驗 動量證例 反動證例與實驗	
圓動的力	21
離心力強度	21
離心力實驗	

萬有引力.....	23
地心引力.....	23
鐘擺運動.....	24
物體重心.....	25
合力作用.....	26
分力作用.....	27
助力器械.....	28
槓杆效能.....	28
天平與秤秤	
滑車效能.....	31
輪軸效能.....	32
斜面效能.....	33
螺旋效能.....	33
尖劈效能.....	34

第二節 液體力學

平面性.....	34
動性與壓力.....	35
壓力與深度.....	36

壓力與面積	37
-------------	----

水壓機

浮力與比重	38
-------------	----

亞氏原理實驗 浮秤測液重法

第三節 氣體力學

氣體質量	40
------------	----

氣體壓力	41
------------	----

試氣壓之抽氣機	41
---------------	----

空氣壓力實驗

氣壓強度	43
------------	----

晴雨表

氣壓利用	45
------------	----

第三章 熱學

第一節 熱之本原

熱由分子運動	47
--------------	----

外力生熱	47
------------	----

變質生熱	48
------------	----

受光生熱	48
------------	----

第二節 熱之測知

熱度之比.....48

寒暑表

熱量之比.....50

第三節 熱之現象

膨脹與收縮50

融解與凝固51

起寒劑

蒸發與沸騰52

水汽液化諸現象

潛熱與傳熱53

對流與輻射54

熱之反射.....55

第四節 熱之效能

工作當量.....56

蒸汽機關.....56

瓦斯機關.....57

第四章 音學

第一節 音之本原

振動生音.....58

振動數與振動幅

波動傳音.....59

發音原體.....60

傳音媒質.....61

傳音實驗

第二節 音之性質

樂器之音.....62

樂之音色.....62

音之共鳴.....63

音之反射.....63

音波反射實驗

音之屈折.....65

第三節 音之收放

揚聲筒與傳語管.....65

盤管與聽診器.....65

留聲機.....66

第五章 光學

第一節 光之成立

光體明暗.....68

日蝕與月蝕

光波傳播.....69

光度強弱.....70

第二節 光之行程

光綫輻射.....71

光綫直透像

光綫反射.....72

光綫屈折.....73

光綫屈折實驗

全反射光.....74

蜃樓現象

第三節 鏡之成像

平面鏡之反射像.....75

球面鏡之反射像.....76

透光鏡之屈折像.....78

照相器及幻燈	79
顯微鏡及望遠鏡	80

第四節 光之分析

日之光質影	82
虹之現象	
物色之成因	84

第六章 磁學

第一節 磁之本性

磁石種類	85
磁石極性	85
磁極性質驗	

第二節 磁之感應

磁力影響	87
地磁影響	88
羅盤針	

第七章 電學

第一節 電體作用

電體種性	90
------------	----

種性變遷

電氣傳導.....	91
電氣分布.....	92
電氣感應.....	93
感應發電器	94
來頓瓶與放電叉 金箔驗電器	
天空雷電.....	96

第二節 電流作用

電流與電池	97
電池種類 電池聯式	
電流強度表	99
電化力效用.....	100
電熱力效用.....	102

第三節 電磁作用

電磁影響	103
電磁石	103
電鈴及電信機	104
度電圈	105

發電機及電動機106

電話機107

第四節 電磁波及電極綫

電磁波效用107

電極綫效用109

新中學教科書

物理學

導言

物理學定義 物界之自然現象，常變而不住，重以人為之變遷，益覺繁複已甚，似無線索可理；然而對觀概念之下，凡物任何變化，實受範於一定原則，得資以研究，成為學科。茲所謂物理學者，與化學之學科相對待，即以兩學科分統凡物變化之現象，及其研究之理法者也。蓋凡物變化，不外兩端：例如蘋果落地而變位，池水冰結而變相，不得謂非蘋果與池水也，則是變其位相，而不變其實質者；又如煮米與麥芽而變糖，置酒於空中而變醋，不得仍謂之米與酒也，則是形質俱變，或形雖未變，而質已變者。實質變化之原則，化學之研究主之，謂之

化學變化 Chemical change; 而位相變化之原則, 物理學之研究主之, 謂之**理學變化** Physical change. 理學變化, 每狃於習見, 而等閒過眼; 不知其有可以極深研幾者。即如蘋果落地, 看似尋常, 殊具深理, 試思地球懸轉大氣中, 蘋果之落, 何不從空他去, 而必抵於地, 不幾無以索解耶? 經英人奈端 Sir Isaac Newton, 悟爲地心引力所致, 不但闡明一種學識; 並爲致用原則。則凡理學變化之研究, 實關重要, 人事進化, 大賴乎是。

物理學定律 物界之位相變化, 經自古哲人之研究, 得以幾種原則, 歸納萬端, 可不至於散漫觀, 以誤學識而乏致用。此等所有釐定者, 自某氏始, 即稱爲某氏**定律** Law. 定律云者, 所以昭示研究之門徑, 且不啻示人以依此可以致用云爾。

物理學分類 概觀物界現象, 有原因同而結果亦同之通性, 有致之運動之力的作用,

有致之變相之熱的作用,有起聽覺之音的關係,有起視覺之光的關係,有指示方向感應外物之磁氣效能,有轉移質點引起工作之電氣效能,故物理學研究之大綱,又分爲物性,力學,熱學,音學,光學,磁學,電學等。

物理學計算單位 物理學之取精用宏,功在計算,計算單位,須有準則,尤以長,重,時三者之單位,爲其他單位之標準。長與重之單位制,經萬國權度同盟會議決,以法國制統一之,卽長以米爲單位,重以克爲單位, (權大量時或以尅爲單位) 我國農商部新制準之,而稱爲公尺,公分等。至於時之單位,概用秒。

標準權度表

米突制原名	長位	代字	合我國營造尺	新制
Kilometre (Km)	1000	籽	3 1 2 5 尺	公里
Hectometre (Hm)	100	緡	3 1 2.5 尺	公引
Decametre (Dm)	10	籽	3 1.2 5 尺	公丈
Metre (m)	1	米	3.1 2 5 尺	公尺

Decimetre (dm)	0.1	分	0.3125 尺	公寸
Centimetre (cm)	0.01	厘	0.03125 尺	公分
millimetre (mm)	0.001	耗	0.003125 尺	公釐

克蘭姆制原名	重位	代字	合我國漕平	新制
Kilogramme	1000	尪	27.28800 兩	公斤
Hectogramme	100	釐	2.72880 兩	公兩
Decagramme	10	釐	0.27288 兩	公錢
Gramme	1	克	0.02729 兩	公分
Decigramme	0.1	釐	0.00273 兩	公釐
Centigramme	0.01	釐	0.00027 兩	公毫
Milligramme	0.001	釐	0.00003 兩	公絲

面積單位，自長導出之，即自畝以百遞進為千畝，以百遞析為份厘耗；而新制定為平方公尺，進至平方公里，析至平方公釐。體積單位，亦自長導出之，即自畧以千遞進為千畧，以千遞析為份厘耗；而新制定為立方公尺，進至立方公里，析至立方公釐。容積單位，則取準於立方公分，或以立方公分之千倍曰公升，為準。（畧即立脫制之單位）

第一章 物性

第一節 物之組織

物體三態 物依其形與積而稱之，曰物體 Body。物體雖夥，而不外三種狀態：一固體 Solid，體性堅定，而有界面，動其一部，而全部共動者也；一液體 Liquid，無定形，有定積，隨所容器而有定，又性趨下流，視所止境而保平面者也；一氣體 Gas，無定形，無定積，並無平面，苟不範以嚴密容器，而常欲飛散者也。氣體與液體，皆著流動性，故又統稱之為流體 Fluid。但此三態，若受外力作用，常不能保持其原態，而互為變化；此原動之外力，多為溫度與壓力關係。

【三態變化證例】 水為液體，熱之而化為氣體之汽，冷之而結為固體之冰。硫黃固體，熱之可為液體，熱度增進，可為蒸氣。空氣炭酸氣，由低溫加壓，皆可使為液體。

物質分合 物依其所組成而稱之，曰物質 Matter。物質皆為無數之微點組成，稱微點

曰**分子** Molecule.但分子云者,尙非微點之絕對限度;就化學變化之分子互換情形,是知一分子,尙爲二或二以上之微點組成,如此微點曰**原子** Atom.惟因原子不游離獨立,故尋常所得察見之微點,皆是分子.分子由同形性之原子合成者,爲同性分子,同性分子之集合體,謂之**單體** Simple substance;而就其質言之,謂之**原質** Element.由異形性之原子,合成異性分子,異性分子之集合體,謂之**複體** Complex;而就其質言之,則視其複體中,是否各存其分子之本形性,又有**混合物** Mixture 與**化合物** Compound 之別;蓋化合物,必失其本形性,而新具一種形性者也.理學變化,主單體或複體之分子作用;若原子作用,當於化學研究之.

【分子分析證例】. 洋紅入水,紅色瀰散無間,樟腦露置,異臭騰散滿室,是必二物分子,分析無數,而游離於水中及空中也;然洋紅之色,與樟腦之臭,始終一樣,只是分子之理學變化,可知.又溶洋紅於百萬倍之水

中，水猶帶其紅色，則是就中紅色之一點，必至少為原體積百萬分之一，其分子之細微，亦可知。

物之質量與密度 不論何物，必有若干量之質組成之，謂之質量 Mass。質量與重量 Weight 有別，而效率則同。蓋凡物質皆受地心引力，而欲墜於地，故名其引力為重力 Gravity。既有重力作用於物質，則欲權其質量，即合重量同權，而不能得單純率也。故謂重量是質量不可；謂重量即所以顯質量，則可。又物之質量有多少，斯組織有疏密，重量有大小；惟疏密之度難比較，而輕重之差易判別，故物之密度 Density，以輕重別之。

【密度質量等測法】 攝氏寒暑表四度時，一立方公分之純水，計重一公分，乃定水之密度一為單位，他物可與之比較，而得密度。今如有鐵一方，體積五十立方公分，重三百七十公分，則 $370 \div 50 = 7.4$ ，即鐵之一立方公分內，含質量7.4公分；亦即鐵之密度，大於水七、四倍也。據此，則凡物之密度測法，如次：物之密度 D，等於

其質量 M 之除以體積 V 。

$$\text{(密度)} \quad D = M \div V \text{ (質量} \div \text{體積)}$$

密度既等於體積除重，則得由積求重法，即物之重 M 等於其密度 D 乘體積 V 。

$$\text{(質量)} \quad M = D \times V \text{ (密度} \times \text{體積)}$$

重既等於密度乘體積，則得由重求積法，即物之體積 V 等於其重 M 以密度 D 除之。

$$\text{(體積)} \quad V = M \div D \text{ (質量} \div \text{密度)}$$

第二節 物之作用

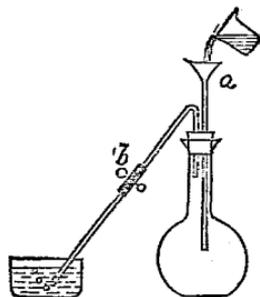
質量所有性 物之燃於火，溶於水，蒸發於光熱，似乎其質與其量，皆消滅矣；實則燃燒是固體或液體之氣化，溶解是固體之液化，蒸發是液體之汽化，不過變其質與量之組合情形，而原有之質與量，實際並不消滅，是為不滅性 *Indestructibility*。理學變化與化學變化，端由此不滅性成立。

體積所有性 凡物以一定體積占空間

之一定位置，而弗任其真空，是為填充性 Extension. 既占空間，即不容他物同時占其同位；雖被斥讓，亦曾抵抗焉，是為拒容性 Impenetrability. 兩種性質，在空氣之關係為最著。空氣雖空如無有，實亦一物質，瀰漫於宇內，及凡物質之微隙間，依填充性而存在，使自然界無真空；更依拒容性，使物受抵抗，人起觸覺。雖渺無形色，而諸多事實，得驗知之；如氣泡通過水中，涼風起於扇下，已足證明其有質。

【體積所有性實驗】 膠附點火之線香，於玻杯內底，而倒覆於水中，殆沒杯之外底；（第一圖）然取出觀之，線香依然燃着， 第一圖 第二圖

不會有水侵入以消滅之。可知杯內有空氣填充，而對於水，有拒容性也。又裝置燒瓶，（第二圖）栓塞嚴密，並閉其象皮



管之簧挾 b, 而注水漏斗 a, 水不能下; 如開放簧挾, 水即下注瓶中, 同時簧挾前玻管之浸於杯水中者, 大泛氣泡, 其故可思。

密度所有性 物質既由分子集成, 各分子果合一無間歟? 浮石海綿之著有孔狀, 固顯見各分子之有間; 而如水者, 檢於顯微鏡下, 尚不得見其微隙則詎可謂各分子之合一。試滿水於杯, 溶入一撮砂糖, 而水不外溢; 以拒容性言之, 倘使水無微隙, 糖何能溶, 既投入有定體積之糖, 水何能不被讓斥; 從可知凡分子集合, 皆留有餘隙, 隙雖微, 亦遠大於分子之本體, 是為隙積性 Porosity。惟物有隙積性, 則遇冷加壓而可縮小, 去壓加熱, 而可漲大, 是為變積性 Transfiguration。且隙積性之效能, 可引致比小於其隙之他種分子填充之, 因之固體著吸收性 Absorbability。液體著溶解性 Dissolubility。吸收性以炭為最著, 能吸收色素, 微塵, 水溼, 臭氣等, 溶解性以水為最著, 故水為普通物質之溶

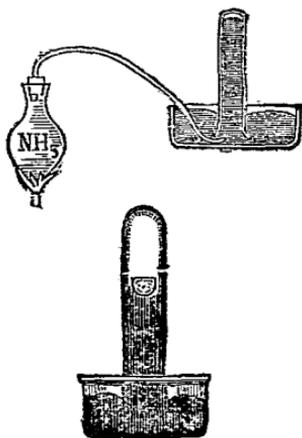
劑 Solvent. 溶劑微隙,已爲溶質 Solute 填充而無間,則爲飽和溶液 Saturated solution. 既達飽和度,而溶液或減其溫度,或加其密度時,溶質必須析出,是爲沉澱 Precipitation; 沉澱之有定形者,是爲結晶 Crystallization.

【溶解現象】 水中溶入明礬或食鹽,至有殘留而不能溶,知已飽和;並可知若干水,能溶明礬若干,食鹽若干,而得其溶解量。將飽和溶液,加熱若干度,又能溶解若干量,則知溶解量比於溫度。放置飽和溶液,待其冷縮,或待其蒸發,則漸漸析出結晶;而礬形八面,鹽粒四方,不啻受範於定型。氣體之溶解量,與溫度爲反比,試觀玻璃杯中冷水,絕無氣泡;而微熱之於火上,則杯底發氣泡無數;此非水之氣化,乃本溶於水中之空氣,因熱漲而析出也。氣體溶解量,與壓力爲正比。彼荷蘭水啤酒之製造時,乃強壓碳酸氣於瓶內,以增加其溶解量;今試去其瓶塞,減輕壓力,自見氣泡騰出如沸。

【吸收現象】 溶有洋紅之水,或黃砂糖之溶液,反

覆濾過於骨炭，其液色漸淡；即糖液所含之微塵亦漸淨。又試於玻管內，充水銀，倒立之於水銀槽，通入阿摩尼亞氣，排下水銀；乃鉗取赤熱木炭，速自管口投入，而內容氣體減少，水銀又上昇。（第三圖）取出其炭而微熱之，即放阿摩尼亞之臭氣。

第三圖



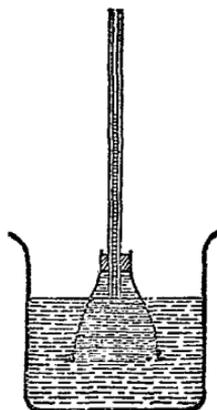
分子所有性 物質分子間，非屬真空，即空氣所不得填充之微隙，尚有一種物質，瀰淪其間；是曰以太 Ether。其質稀於空氣，殆無重量；而彈性有過之。分子間因有以太彈性體，使之相斥，不各守定位，而自由運動於其空隙間，無時或息，是為分子運動性 Molecular motion；其作用之力，謂之分子斥力 Molecular repulsion；因有斥力，而分子集合體，可任分析，成為分性 Divisibility。雖然，分子雖集多數，以構成一定形積

之物體，自必更有相引力，以與斥力相抗，是為分子引力 Molecular attraction。引力強於斥力者為固體，反是為氣體，液體殆相平衡；然其強弱，在各態物體中，又有比較。又引力之在同體分子者，是為凝集性 Cohesion；在異體分子間，則成黏着性 Adhesion。兩性亦各有強弱；惟凝集性作用，顯於分子之極近距離間。

【瀰散現象】 依輕重之物性言之，輕者上浮，重者下沈，理當不變；然二氣體或二液體相接觸，不論輕重，能自相混和；是曰瀰散 Diffusion，乃由於分子自由運動所致。如空氣為氮氫二氣混和物，其二氣之重，為 16 : 14，而氮不下沈以與氫分界；酒精輕於水着以色而靜注水上，固層界分明，然經時久之，亦自相混和。

【滲透現象】 瀰散現象，見分子之直接混和，乃如二種流體，隔以動物之膜質，或無釉之磁筒，亦各能

第 四 圖



透過其微孔而混和，是曰滲透 Osmose。惟滲透之速度，則視其分子密度大小，而有後先。今如張膀胱於漏斗，內充青色膽礬溶液，浸入水中，靜置數時，則二液互透膀胱而交代；但滲出不如滲入者之速，故漏斗管內水面升高。（第四圖）

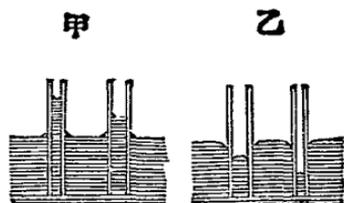
【液面現象】 縫針重於水，而可漂浮水面，茶梗輕於水，（但浸水久則重）而直立水面下；恰如水面張有薄膜，能阻重物之下沈，能阻輕物之浮出，此無他，因液面分子，暹引力而緊張之故，謂之液面張力 Surface tension，而內部無此張力也。露滴圓轉如珠，杯水凸成球面，亦以此故。今試屈銅線為環，探入皂液，第五圖徐徐取出，張有薄膜；另以細絲結一小環，預以皂液溼之，而輕置於膜上；乃用針觸破絲環中之膜，則絲被外膜緊張，周圍引延之，環形較大。（第五圖）



【織管現象】 並列口徑大小相差之玻璃管於水槽中，水須着色，以便觀察，則見管愈細者，其內水面愈引高；是水分子之凝集性，弱於水分子與玻璃管

之黏着性也，更試並列於水銀槽中則管內之水銀面，在管愈細者愈低；是水銀分子之凝集性，強於水銀分子與玻管之黏着性也。（第六圖）

第 六 圖



【近距現象】 試將曾經研磨之兩片平面玻板，平疊之，而提其上片，則下片隨之而舉，顯其分子之近距引力；所謂凝集性作用也。

固態所有性 物體之成固態者，自必有抵抗外力之能，惟其能亦有強弱耳。今如磚石受壓而不扁，是為**硬性** Hardness。炭質鎚擊而易碎，是為**脆性** Brittleness。又鼓膜張而不裂，是為**展性** Malleability。線索引而不斷，是為**延性** Ductility。桿杖屈而不折，是為**撓性** Bending。設如撓性延性展性也者，惟受外力時有然，外力一去，輒復原狀，則謂之**彈性** Elasticity。彈性體受外力時之現象，稱為**歪** Strain；其力謂之**歪力**

Stress. 又彈性有一定限度, 如歪力過其限度, 或施歪力甚久, 則亦不能復原, 是爲彈性限 Elastic limit.

第二章 力學

第一節 固體力學

運動定義 動與靜，皆非獨立的現象，而有關於相對之位置。即一物與他物相對之位置有變，謂之運動，不變則謂之靜止；設無比較觀，雖動亦靜。人乘舟，不覺舟已行，引矚河岸始覺之。地球運動不息，居地上人何曾知，則因無絕對的靜體，與相較也。凡物之動，得以比較觀時，必有其方向與速度可別。速度云者，即物在一秒時內之動路。例如百碼賽跑，費時十秒則一秒時內跑三十呎；故可謂賽跑速度為三十呎。速度減至零點，即為靜止。

運動狀態 運動狀態，即依其方向與速度別之；蓋凡運動方向，始終不變者，謂之直線運動 Rectilinear motion，例如直落地上之物。刻刻變其方向者，謂之曲線運動 Curvilinear motion，例如礮彈所經過之拋物線。又運動速度，始終不變者，謂之等速運動 Uniform motion，例如時

鐘之擺動。時時變易者，謂之變速運動 Motion in variable speed，更分兩種：一如直落之物，漸加速者，爲加速運動 Accelerated motion。一如上拋之物，漸減速者，爲減速運動 Retarded motion。

運動的力 力對於質之作用而顯，則凡所以改物之動（向與速），與制物之動者，即謂之**力** Force。凡物之質量愈重，或速度愈大者，其改動或制動之力必愈大；故力之大小，比例於其質量與速度。即

$$(力) f = m \times v \text{ (質量} \times \text{速度)}$$

質量與速度之相乘積，謂之**運動量** Momentum。力對於運動量，又與時間有關：即力雖大而時間短，運動速度未必大，力雖小而時間長，運動速度不必小，故運動量等於**力積** Impulse。（力與施力時間相乘積）

$$(質量 \times 速度) m \times v = f \times t \text{ (力} \times \text{秒)}$$

試觀擲鐵球者，必伸臂作勢；承硬球者，不迎球直攔；無不延長施力時間，以大其力積，而後可

以對等於運動量也。

運動定律 關於運動力之根本法則，有
奈端定律 Newton's law. 三項，足以包舉一切。第一，**恆性律** Law of inertia, 謂凡物無外力及之，靜者恆靜，動者恆動；動者必依原速度，進行原方向中。第二，**動量律** Law of momentum, 謂運動量之變化，比例於其所施之力與施力時間之積；又運動方向，必在力之方向中。第三，**反動律** Law of reaction, 謂甲物體施力於乙物體，則乙物體必還以原力等之強力，而方向相反。

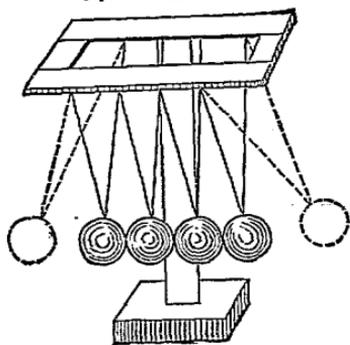
【恆性實驗】 杯面置一張方厚紙，更置錢一枚於紙上；以指急彈紙緣使前，而錢落杯中。緊張二條頭髮於支柱並行相距五六寸橫架一細玻璃管，用鐵棒打玻璃管中央，管便打折，髮則依然未斷。二種實驗，可知恆靜性之作用。流鐵球於地上，次板上，次冰上，視其等力改動之路之長短，而知與其球面之相切面，若無摩擦抵抗力，球可恆動不止。又車驟停而人體擁向前，是身之恆動性未得制動力以抵消之也。下電車於進行時，

須仰其身於後，以制其身之恆動性，方不致跌，其理亦可體驗而知。

【動量證例】 礮彈橫發，或自礮位直落，後者僅受地心引力，前者兼受火藥轟力；力有多少，斯速度有大小，故行程雖有長短，而歷時相同，兩者必同時着地。

【反動證例與實驗】 步行時，足抵後而身前進，放礮時彈前發而礮後退，行船必打槳向後，飛空必打翼向下；雖進退不同距，質量有大小，而原作用與反作用之運動量必相等。反動試驗球之裝置，即懸同質同大之球，於一平面內者，試引起第一球，以下擊餘球；則次球之反動力，與原動力等強而相消，第一球即止於原位，次球所傳及之動力依次傳至三四等球，又互以反動力相消。惟末球外，無他球與之反動，而遂颯開，殆與第一球之引起同高；惟因尙有空氣抵抗之反動力，

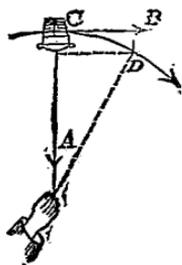
第七圖



稍減弱其原動，故比較略低於第一球之高度。（第七圖）

圓動的力 曲綫運動，有以一點爲中心，而環行於圓周者，曰圓動Circular motion. 此必有二力合成之：一爲動於圓周之切綫方向者，即切綫力 Tangential force B. 一爲動於圓半徑方向者，即內向圓心之求心力 Centripetal force A. 惟因切綫方向與半徑正交，B 力勢欲橫行，A 力勢欲縱走，二力相合遂行向 C D 曲綫；成爲圓動。（第八圖）但依反動律言，當有恒動性以反抗求心力之勢，爲離心力 Centrifugal force C 因有此力與求心力反抗，故繩索爲之緊張，桶內之水，勢欲透桶底而出，故不下瀉。

第八圖

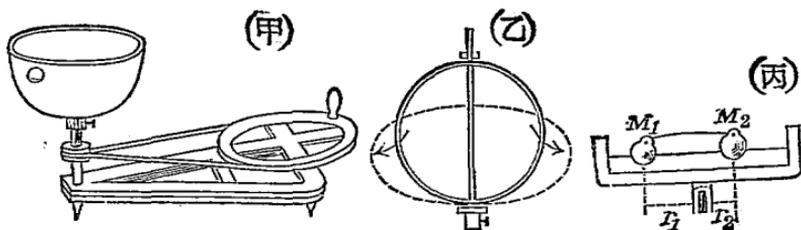


離心力強度 離心力與求心力等大，斯成圓動；試視水中漩渦，周緣隆起，而氣泡集於

中心,可知,但動體之質量重,運動之速度大時,則離心力過強,勢必破壞其圓動,或逸出於圓動之軌外,故如汽機之巨大飛輪,磨刀之旋轉砥石,運動過速,往往碎裂;車軌圓轉處,須高其外軌,緩其駛行.視此則知離心力之強度,正比於其運動量.(質量與速度相乘積)

【離心力實驗】 旋轉臺上,依次裝置甲乙丙等器, (第九圖) 而旋轉之,以驗其離心力.甲盂內盛水與水銀,旋轉時,質量較重之水銀,必昇至圓周最大處,如環帶,且自側孔飛出於切線方向.乙環則旋轉愈速,愈成扁形.丙球大小,以線相聯,貫於中軸,以其球大小質量之比,必使小球距心遠,可於旋轉時持反對方向,同一圓動;否則不敵大球之離心力,被引向外側.

第 九 圖



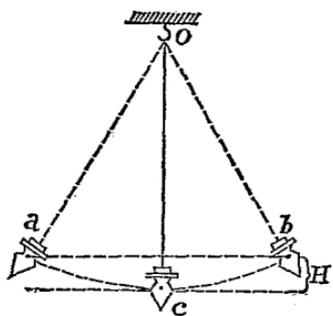
萬有引力 月繞地，地繞日，而運轉，自然界之圓動也，而未嘗因離心力軼其常軌；可知月與地，地與日，必有如求心力者，互相攝引，得與離心力平衡，以維持其躔道。此相引力，地上萬物所公有，謂之**萬有引力** Universal gravitation。如黏着性，即萬有引力之作用也。萬有引力之定律，即其力正比於二者質量之相乘數；反比於二者相距之自乘數。

地心引力 地球萬物，本萬有引力之理，當能攝引地球；惟地球對於萬物之引力特強；除抵消外，尚有餘力，使凌空之物，直落地上，懸垂之物，直向地心，稱之爲**地心引力** Terrestrial gravitation；惟因此引力，所以成該物之重，故又謂之**重力** Gravity。重力引墜無所支持之物，謂之**無礙直落** Freely falling body；必自高下降，愈降愈速，以成加速運動。（約每秒十公尺）蓋重力愈近地心而愈大；運動量又隨旋力時間而增加也。但下降時，有空氣抵抗，不僅重力作用；

故落體速度，反比於其面積，即紙片平落，不若側落之速；真空管內，可使錢羽並落；而知空氣抵抗，足以耗其重力也。

鐘擺運動 計時之鐘擺，往復運動，即依重力作用，其擺動必等距等速，在圓弧之一部，謂之擺幅 Amplitude；其擺動一往復之所需時間，謂之擺動週期 The period of oscillation。其間有持續性與等時性，即由重力與恒動性相消長而成。（如第十圖，始動引錘於 b，則重力引之至 c，無異落下 H 之

第十圖



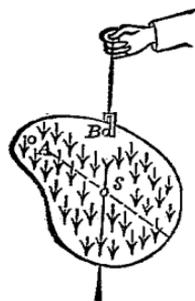
距離；錘既至 c，已蓄有恒動性，昇於對側 a，與 b 等高，而重力又起作用；如此往返，成一擺動週期。）其擺動週期，不關於擺幅大小與錘之輕重；惟正比於其長之方根，反比於其重力加速度之方根，如下式，

$$(週期) T = 2\pi \times \sqrt{l+g} \quad (2\pi \text{ 周率} \times \sqrt{\text{擺之長度} + \text{加速度}})$$

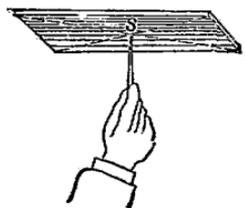
故擺長者，擺動自緩，欲倍緩其擺動，須加長四倍。擺之下端，附設螺旋，得上下其重錘，以增減擺之長度，而得調整速度焉。

物體重心 重力施於物之各質點，雖均勻分布，而其引向地心，必趨於一；此一之集合點，謂之**重心** Center of gravity. 第十一圖

亦可視為物之中心，其在不規則體，欲求重心，可繫法線於兩角（第十一圖 A, B）而垂直之，得其相交點 S，即為重心；以指尖或針尖支之，可以水平，而不傾側；故支持一物，從重心上施以相當之抵抗，可使穩定。（第十二圖）惟因支點不盡合於重心，可分穩定狀態為三種：（一）重心在支點之直下者，其穩

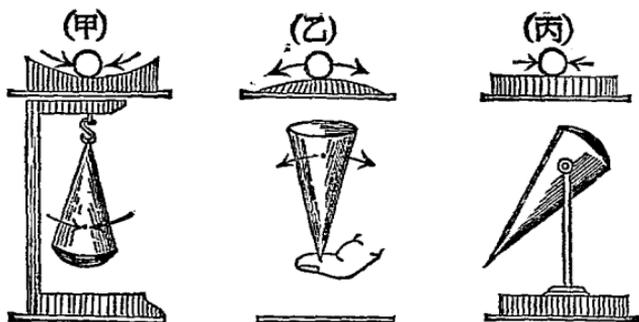


第十二圖



定時，稍為傾動能復舊位，是為**安態穩定** Stable equilibrium. (第十三圖甲)(二) 重心在支點之直上者，稍為傾動，待穩定而非舊位，是為**非安態穩定** Unstable equilibrium. (圖乙)(三) 重心

第十三圖



與支點同位者，隨處可以穩定是為**中態穩定** Neutral equilibrium. (圖丙) 總此三態觀之，則知重心愈低者，愈穩定，愈近支點者愈穩定，又物之底面愈廣者愈穩定也。

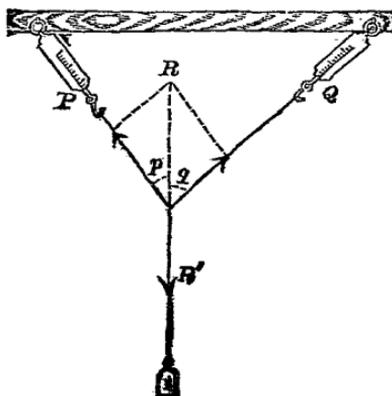
合力作用 諸力合施於一物，起共同作用，謂之**合力** Resultant force. 二力同向者，合力等於二原力之和；故順流行舟，乘風御帆，自較

速於平流無風之時。二力反向者，合力等於二原力之較，必依大原力之方向而行；故逆流行舟自較遲，流力過大，舟且後退。若二原力相正交，則合力趨於交角，而交角愈小者，合力愈大；故潮流推舟使西，風力又吹之使北，則舟必向西北角進行。若二原力平行者，其合力點與原力點之距，反比於原力之大小；故擔重者，合力於肩，其擔如前重而後輕，宜擔具距肩，前短而後長。

分力作用 合數力而可成一力，即一力，可分為數力，謂之分力 Component force。平行分力之和等於原力，然任一分力，其張度有消長，即分力點距原力點愈遠者，其分力愈小，蓋與原力點之距為反比。交角分力，其任一分力之大小，視交角之大小而定；即交角愈小者，其分力愈大。今如懸重物 R' 於二簧秤 P 及 Q 之下，令全重分任於二秤，其效與獨任一簧秤 R 者同。 p 角較小，則簧秤 P 之任重較大； q 角較大，

則簧秤 Q 之任重較小；可視其分量而知之。（設以 P Q 爲原力，則 R 卽爲合力，故合力之作用，卽爲分力之反視，其實測法同。）

第十四圖



助力器械 分

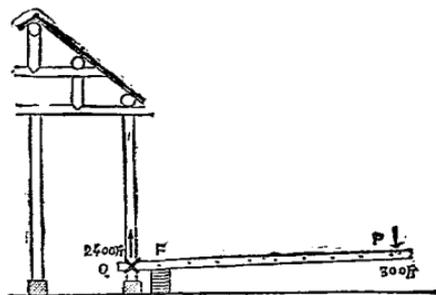
力作用，可以省力，諸凡器械，皆利用之。蓋器械任何繁複，而根本上之構造，不外槓杆，滑車，輪軸，斜面，螺旋，尖劈，之六種；就中槓杆與斜面，尤爲導出其餘四種之原器。在槓杆及自槓杆導出之器，卽平行分力之效能；在斜面及自斜面導出之器，卽交角分力之效能。其應用可省力或省時，故總稱之爲助力器 Simple machine.

槓杆效能 棒不論曲直，而堅強任重，支其一點，可任迴旋，是爲槓杆 Lever。在作用上，依支點力點重點三者位置之變遷，分爲三種：第

一種支點在重點與力點之間，而其重臂與力臂之距，可隨意增減；惟欲省力者，須長其力臂；例如木工之用千斤，（第十五圖）起釘之用又鎚，（第十六圖）以及剪刀天平桿秤等。第二種，重點在支點與力點之間，則欲省力，力臂不能短於重臂；例

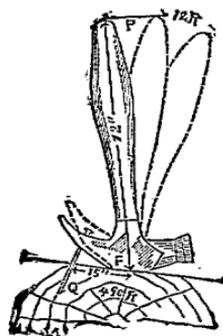
第十五圖

如翻動重物之扳山，（第十七圖）運送貨物之小車，以及鋤刀門窗船艙等。第三種，力點

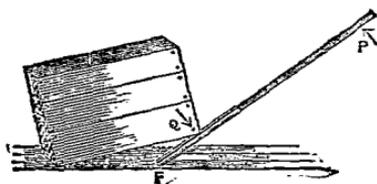


在重點與支點之間，力臂不能長於重臂，雖頗費力，而能省時；例如鉗取用之鑷子，及提重時之臂膊。（第十八圖）總之槓杆作用，以力與重對於杆臂之相乘積求之，謂之**力之能率** Moment of force. 即力或重，各反

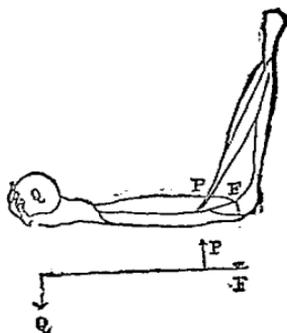
第十六圖



第十七圖



第十八圖

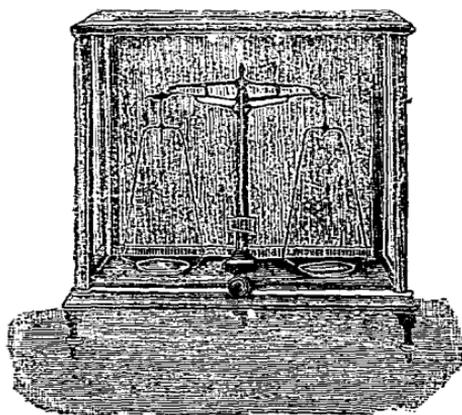


比於其臂之長短；以臂愈長者，所需之力愈省也。

$$\left(\frac{\text{重}}{\text{力}} \right) Q / P = FP / FQ \left(\frac{\text{力臂}}{\text{重臂}} \right)$$

例如柱礎低陷，用千斤舉起柱脚，以奠礎石；其時力臂如長於重臂八倍，即用力三百斤，可舉二千斤以上之重。

第十九圖

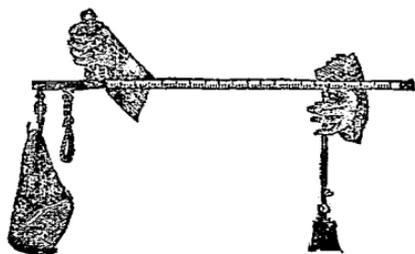


【天平與桿秤】

天平, (第十九圖)

爲第一種等臂桿之應用者, 一方加重若干, 他方必施相等之力, (法碼) 而後平衡; 故檢其法碼, 可知

第二十圖



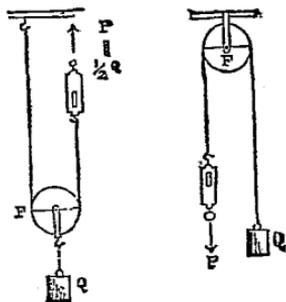
其所權之重, 桿秤, (第二十圖) 爲善變臂長之第一種槓桿, 以力(錘)之大小, 反比於力臂之長短爲法則, 而據其長短移定之結果, 與重平衡後, 乃視桿星之數, 而知其重.

滑車效能 滑車 Pulley. 二種: 固定車軸, 以

離繩索溜過車緣, 而舉重者, 爲定滑車 Fixed pulley, 是第一種槓杆之變形; 即軸爲支點, 繩之兩端, 爲重力二點, 半徑等長, 恰如等

第二十一圖

臂杆, 不能省力, 而能變力之方向. 又隨繩索溜動者, 爲動滑車 Movable pulley, 是第二種

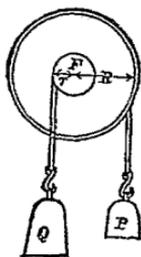


槓杆之變形，重點在中軸，支力二點在兩側，則半徑為重臂，直徑為力臂，恰如一與二比，故可省力為重之二分之一。但動滑車不便獨用，常聯於定滑車而用之，動數愈多愈省力。

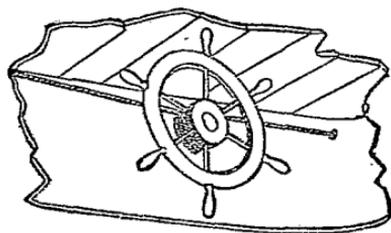
輪軸效能 輪軸由輪與軸合成，亦同第一種之不等臂槓杆，以軸心 F 為支點，輪半徑 R 為力臂，軸半徑 V 為重臂，其力之效率，如軸半徑與輪半徑之比。即

$$\left(\frac{\text{重}}{\text{力}} \right) Q / P = R / V \quad \left(\frac{\text{輪半徑}}{\text{軸半徑}} \right)$$

第二十二圖



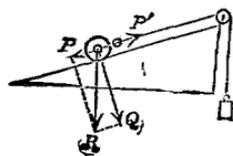
第二十三圖



是軸愈小，輪愈大，而力可愈省也。（第二十二圖）輪軸又常與槓杆合用，如船上之絞盤，用以起錨；（第二十三圖）亦有以曲柄代輪者，

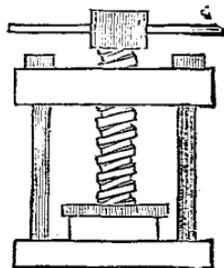
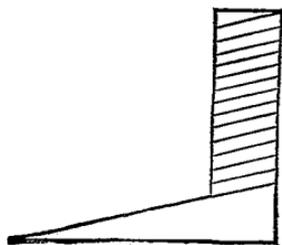
如井上之絞軸,用以汲水。

斜面效能 用長板昂其一端,而成斜面
 Inclined plane; 如船埠貨棧,起卸貨物之跳板是
 也,其省力作用,即利用交角分 第二十四圖
 力,使重力之一部,為斜面所抵
 消,故舉重較易,其力之效率,即
 如其高 h 與長 l 之比;乃斜面
 愈低,或愈長,而力愈省也。



$$\left(\frac{\text{重}}{\text{力}}\right) \frac{Q}{P} = \frac{h}{l} \left(\frac{\text{高}}{\text{長}}\right)$$

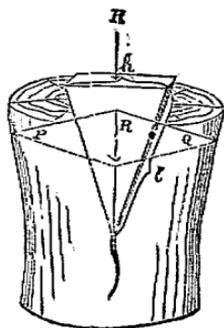
螺旋效能 斜面圍繞於圓柱,而成螺旋
 Screw 以各種角度之三角形之紙片,繞鉛筆桿,
 第二十五圖 第二十六圖



可證螺紋之疏密,即以顯斜面之高低,螺紋愈
 密,旋進之力愈省;與槓杆或輪軸合用,尤能省

力。

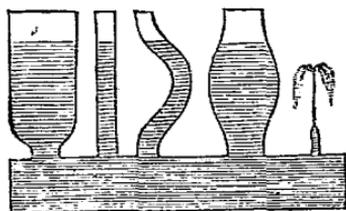
尖劈效能 尖劈 Wedge 爲木製或金屬製之三角形器，(第二十七圖) 用以劈開木材者，亦斜面之變形；惟斜面以定在效能，而尖劈以動作效能爲異耳。其合式 第二十七圖 應用者，有一方斜面之單臂，例如斧鑿；有雙方斜面之雙劈，例如刀刃；更有相對周列之雙劈，例如針錐；總其效率，依斜面理，即力與重相抵之比，如其劈面之長，與劈背之厚之比。



第二節 液體力學

平面性 液體分子之凝集力弱，而著流動性，即由其質量引重，欲趨下流；至所止境，或範以容器，而使靜止時，其各分子以等量相擠，互保平面，(除纖維管現象及表面張力之局部作用) 謂之**水平面** Level surface. 今如以器盛着色之水，以絲懸鉛錘入水中，則上部之絲影，

臨於水面，與鉛直線爲直角，可知其水面之正平也。且水平面不關容器之形狀，以種種大小曲直長短之管，連通下部，自下側押進其水，則各管內之水面，皆達同一高度；就中如有低於水平面之管，則水自管端上噴，殆欲達平面之高。（第二十八圖）



第二十八圖

掘井得水，及自來水池噴水池等之裝置，皆應用此理。又測地平及物體平面之水準器，（第二十九圖）亦利用水平性者也。



第二十九圖

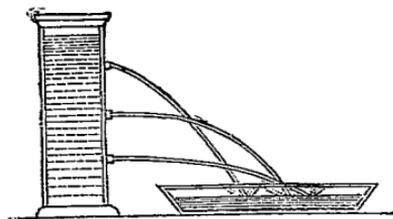
動性與壓力 液體分子之位置，雖受甚小之外力，而即變遷；且常欲爲自動性的變遷者也。因之其自重所生之壓力，與其所受外來之壓力，亦隨其分子之自由運動，由此分子，傳於他分子，向四方運動，無不顯其壓力之和。其

向上者曰上壓力 Upward pressure, 向下者曰下壓力 Downward pressure. 側向者曰側壓力 Lateral pressure, 皆可推得其原理與法則以應用者也。

壓力與深度 液體下壓於器底, 或側壓於器壁, (第三十圖) 不關器之形狀如何, 而關於垂直液柱之重;

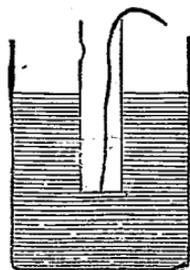
即壓力之強度, 正比於其深度也。至於液柱的重, 翻上傳壓, 爲上壓力時, 亦必與下

第三十圖



壓之液柱等重。試將兩端開通之玻筒, 從中通過細線, 線之下端繫有平圓銅板, 第三十一圖可掣線使密合筒口, 而沉之水中。

(第三十一圖) 此時因水之上壓力, 對於銅板下面, 以筒外壓液柱之等量托住之, 可放其線, 而不致下沉; 若注水筒內, 至與筒外液

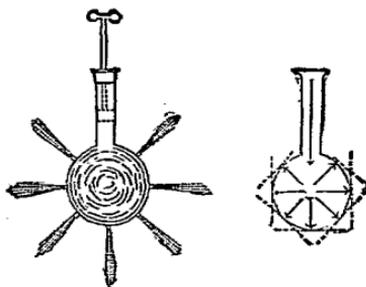


面等高，則筒內外之上下壓力相等，互相抵消，銅板自顯其重率而下沉。

壓力與面積 液體壓力所及之強度，又正比於其所壓面積之大小。蓋因液分子有等量傳達之性，可實驗證明，（第三十二圖）自

必接觸分子較多之面，較強其傳壓於接觸較少之面。可設想有兩底相通之 A B 二圓筒，其筒口面積之大小，如 A 與 B 之比；而滿水其中，各配

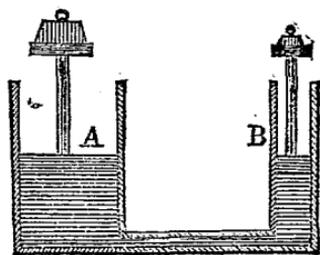
第三十二圖



以無重之活塞，嚴密無漏。

第三十三圖

（第三十三圖）則若 A 之面積，三十倍於 B，B 上置二磅重之法碼，其壓力傳達至 A，A 面所受上壓力，亦必三十倍於 B 所受

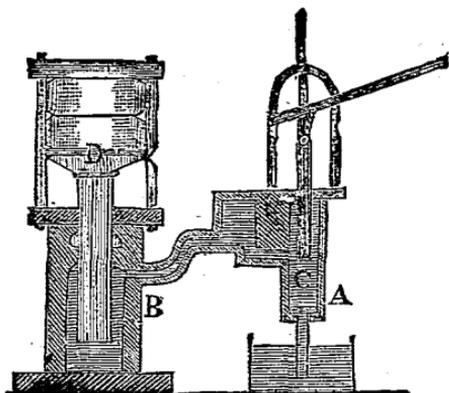


之下壓力；故須置六十磅重之法碼於A上，始得保其平衡。

【水壓機】 準壓力與面積關係，而白辣馬氏發明水壓機。Hydsanlic press. (剖面如第三十四圖) 用吸水

唧筒A，押水至B筒中之圓柱下，使柱上昇之壓力，壓及其柱頂之物。其壓力之大小，全視唧子C與柱頂D面積之比，若D百倍於C，C之壓力

第三十四圖



三百磅，則D所受之壓力為三萬磅，故得藉用大力。如試驗礮膛汽鍋之堅強度，以及屈鐵榨油，起重，壓布，或啟閉水閘等事。

浮力與比重 液體既有上壓力作用，則對於固體入此液體時，自成浮力 Bnoyancy. 浮力作用，自足以減物之重。減重幾何，必等於該

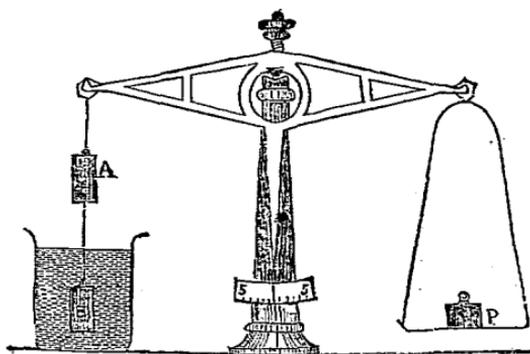
固體所擠開液體之重，申言之，謂等於同容積之液體之重；是為亞及默德原理 Archimede's principle. 準此原理，得比重法 Specific gravity，即以攝氏四度時之蒸溜水為標準，任取何物，不論其體積若何，先於空中權重為 W ，復權於蒸溜水中為 W' ，而得該物之比重為 $\frac{W}{W-W'}$ ，如以他種液體，與水比重，則可任取一固體，以空中之重為 W ，蒸溜水中之重為 W' ，復權於所欲測之液體中，以其重為 W'' ，則得該液體之比重為 $\frac{W-W''}{W-W'}$ 。

亞氏原理之實驗 實驗浮力減重之法（第三十

五圖）有如

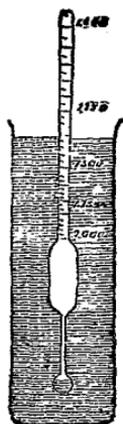
第三十五圖

B 之圓銅柱，
其長與半徑，
適等於 A 筒
空洞之容積。
先繫 B 於 A
下，懸諸天平
之一端，他端



置 P 法碼至雙方平衡；然後入 B 於水，至沒其頂，自必減重而失平衡；若注水 A 筒至滿，則天平復平衡如前。可見 B 在水中所減之重，即與 B 等積如 A 之液重。

【浮秤測液重法】 通常測液體之比重，與驗溶液之濃度，用輕重兩種之浮秤，即入浮秤於其液中，其液之比重大者，沈度必少；比重小者，沈度必多；可視其管上刻度而知之。兩秤之異制即在刻度之順逆。（第三十六圖）



第三十六圖

第三節 氣體力學

氣體質量 氣體自是一物質，當有質量。各種氣體質量之測定，可用氣秤 Aerometer。（第三十七圖）將短頸圓玻璃瓶，先抽出其內之空氣，乃閉其活塞，懸於天平，權得其重；於是充以所欲測之氣體而嚴閉之，復權於天平，而得瓶重

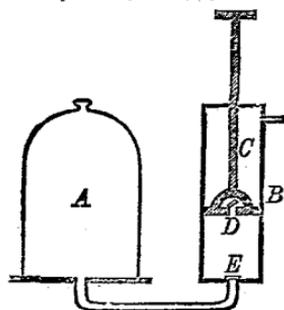
第三十七圖



與氣重之和;可減去原瓶之重,以其較數,為該氣體之重.

氣體壓力 氣體亦惟有重,而生壓力,其壓力亦如液體,等量傳達,無論下壓側壓上壓,與接觸面垂直,等於其氣柱之重;亦正比於其接觸之面積,其浮力作用,亦適用於亞及默德之原理,所與液體不同者,因其分子運動更著,而具彈性,對於一方之氣體稀薄,從而膨脹,成為膨壓情形,因之有外力及之,亦甚著其壓縮性且熱漲與冷縮之性,亦比液體為著.

試氣壓之抽氣機 抽機氣 Air pump, (第三十八圖剖面) 供抽去空氣之工作,又便於試壓力,其平盤上,覆 A 玻鐘,由平盤中央開孔,下連橫管,通於 B 抽氣筒,內具 C 唧子,其中有 D 舌門,而筒底則有 E 舌門,得交互推向上開,今如押 C 至筒底,而復提上,則



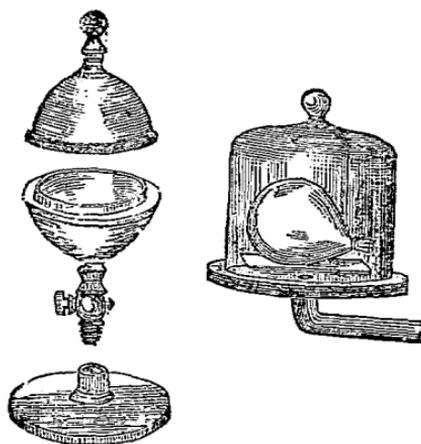
第三十八圖

D 門閉而 E 門開, A 鐘內之空氣, 攝入筒之下半部, 更押下 C 唧子, 則 E 門閉而 D 門開, 攝氣至筒上而外出; 如是往復抽之, 可使鐘內空氣之密度漸稀, 幾至真空。

【空氣壓力實驗】 抽氣機抽氣後之玻璃鐘, 不能取去, 是為外氣施內壓力之證。今試放入空氣, 得以取去玻璃鐘, 則因內外氣壓平衡, 而相消也。更試取去玻璃鐘,

用金屬製之兩半球, 第三十九圖 第四十圖

合之, 而旋緊其螺旋管於平臺之孔, (第三十九圖) 抽盡其內空氣, 閉管上活塞, 取下而欲拉開之, 雖用數人之力而不可得; 若放入空氣, 不拉而側置之, 亦自離開。



又嚴封膀胱, 置於抽氣機之玻璃鐘內 (第四十圖) 抽薄鐘內空氣, 則膀胱內空氣, 顯膨壓力, 漸漸漲大; 放入

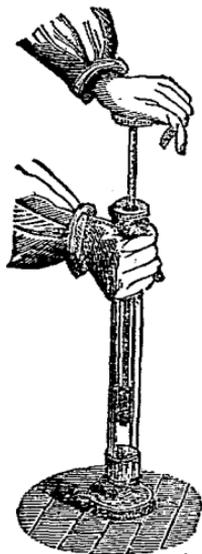
第四十一圖



空氣，又復原狀。又試滿水玻璃杯，蓋以紙片，押以掌而倒轉之，即離開弗押，則藉空氣之上壓紙面，能不漏水。（第四十一圖）若從杯緣竄入少許空氣，則落紙片而水直瀉。取一端閉管，押入唧子，則氣被壓縮，頗有抵抗其押情形；若弗押以去壓力，則氣遂膨脹，自挺唧子上昇，或且外躍，以顯彈力。

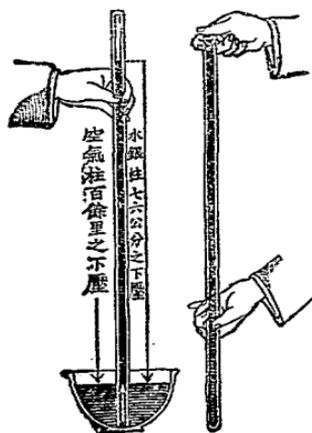
（第四十二圖）

第四十二圖



氣壓強度 空氣尋常時之壓力強度，由禿里賽離氏實驗，用長一公尺之玻管，充滿水銀，倒立水銀槽中。（第四十三圖）見管中水銀，低降至七六公分而止；乃知管外水銀面所受之空氣壓力，等於此七六公分水銀柱之重；

第四十三圖 於是以前水銀柱七六公分



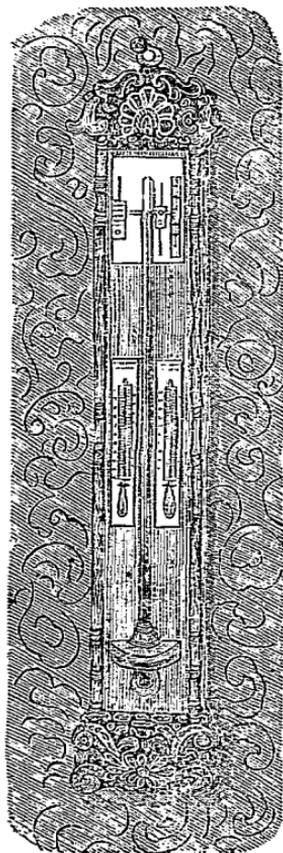
之高，爲氣壓強度之單位，稱爲一氣壓 One atmospheric. 蓋

第四十四圖

氣壓隨時隨地有變化，不必定爲七六

公分，惟得以此爲標準，測知氣壓之變化若何。

【晴雨表】 準氣壓變化，隨其時氣候關係，故得利用忒氏原理，改良裝置，爲晴雨表 Barometer。尋常用者，爲水銀晴雨表；（第四十四圖）而航海及旅行用者，爲安奈羅得氏盒形晴雨表 Aneroid barometer。（第四十



五圖) 後者構造,係用金屬板製成圓盒,盒內空氣,抽去大半,而以波紋形之金屬片爲蓋。若氣壓大時,蓋凹向內;氣壓小時,其蓋內有簧,能凸向外面;如是皆得傳動其所附之針,指向外

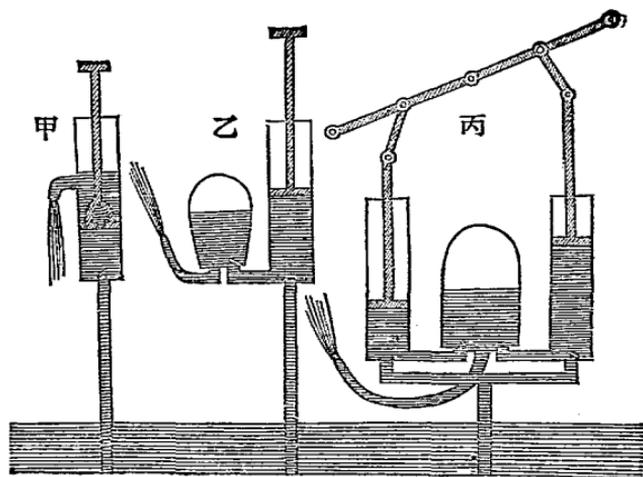
第四十五圖



緣刻度,表示氣壓強度;如氣壓低,可知空中已飽和水汽而將雨,反是將晴也。且氣壓必由高處向低處,又得藉以預測風向;氣壓必距地面愈高而愈小,又得藉以測量高山。

氣壓利用 利用氣壓於他種工作者多種:一如抽水機 Suction pump, (第四十六圖甲) 同於抽氣筒構造,即利用筒內之減少氣壓,得任筒外空氣之高壓,壓水入筒,而復提出之也;一如壓水機 Force pump, (圖乙) 理同而構造略異,即將唧子上舌門,及出水管,移於筒之下

第四十六圖



側,得壓水作上噴之勢;別有消防機 Fire pump,
 (圖丙) 左右列壓水機,而會其水於中央空
 氣室,藉空氣彈性,補救間歇時間,使不絕噴出,
 以便救火.此外如風箱 Bellows,得壓氣以供給
 爐火焉.

第三章 熱學

第一節 熱之本原

熱由分子運動 熱非物質也，由物質分子之運動而生。分子無時不運動，即靜止之物體，其分子之運動自若；但不甚劇耳。因之其自體所生之熱，比較吾人之體溫為低，只覺為冷；若有外力，使之劇烈運動，則其所生之熱，自高吾體溫，而覺為熱；然則熱者必有劇起分子運動之本原。約得三種，如下述；

外力生熱 兩手相搓，掌心 第四十七圖
 遽熱，機輪相碾，鐵軌以漲，更如冰塊相摩，而冰易化，飛彈摩空，而愈遠愈熾，皆為摩擦力生熱之證。鐵匠鎚砧，火星迸射，石工施錐，如燧出火，則為衝擊力生熱之證。又試取厚玻筒，入棉花少許，潤以醇精，（以脫）乃配用嚴密之唧子，力押筒中之空氣，能忽生熱，而棉花



自燃，又可知壓力有生熱之效。

變質生熱 物質當化學變化時，亦必生熱。彼鐵銹是氧化作用，何嘗不發熱；但作用緩慢，隨時潛散，而低於體溫，故不覺耳。若作用劇烈者，則不第生熱，並熱極而發光；如薪炭油燭之燃燒皆然。他如硫酸之吸收水分而發熱，血液之氧化而生體溫，皆為變質生熱之著例。

受光生熱 凡物直受日光而漸熱，是熱為日光所直與之，而物體吸收之者，其中經過空氣，空氣亦惟受熱膨脹，而不為傳導；（空氣非良導體）故其熱及於物體，即由光之直線進行而成輻射熱 Radiant heat。火爐前之熱感，亦為輻射熱作用。

第二節 熱之測知

熱度之比 標示溫熱寒冷之程度，曰熱度 Temperature。然使有冷熱二物體相接觸，其熱者之熱度必漸降，冷者之熱度必漸高，至二者相等，不覺其為熱為冷；故熱度云者，實由觸

覺之比熱而來。惟恃觸覺，不甚精確，故測熱度概用寒暑表 Thermometer.

【寒暑表】 寒暑表之製法，先注水銀於細玻璃管之球部，而稍加熱，以驅逐空氣，乃密封之；當氣候為一氣壓之時，置諸沸騰之蒸汽中，（第四十八圖）

第四十八圖

當見水銀漲昇，即以水銀所昇之止點為沸點 Boiling point；又入諸粉碎之水中，當見水銀縮降，即以水銀所降之止點為冰點 Freezing point；二點之位置既定，其間分為若干等分，刻附其度數。常用者有二種：其以冰點為零度，沸點為一〇〇度，就中等分之為一〇〇度者，為攝氏

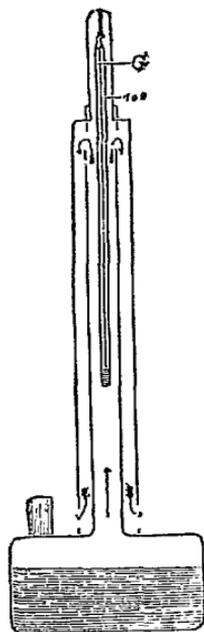


表 Cersins' thermometer，學術上用之。其以冰點為三二度，沸點為二一二度，就中等分為一八〇度者，為華氏 Fahrenheit's thermometer，日常用之。亦有以酒精代水銀者，稱曰酒精寒暑表，則因酒精不易冷縮，可藉以測極低

之熱度。

熱量之比 物體之熱度高低，乃由其中含熱量之多寡。欲比熱量 Quantity of heat，則用公分級爲單位，即以純水一公分重，使由攝氏零度昇上一度之所需熱量。（或以公斤級爲單位，級或稱拜倫。）若對需熱之物體言之，則曰熱容量 Thermal capacity；而某物體單位質量之熱容量，即其比熱 Specific heat。例如一〇〇公分重之銅塊，使由零度昇一度之所需熱量，爲九·五級；則推知一公分重銅之熱容量，爲〇·〇九五級，故〇·〇九五級，爲銅之比熱。

第三節 熱之現象

膨脹與收縮 物體受熱，從而大其體積，是爲膨脹 Expansion；熱減而小其體積，是爲收縮 Contraction。其在固體，如用金屬球之適可通過於金屬環者，（第四十九圖）經炙熱後，便難通過；冷後又可通過如前。其在液體，如滿着色水於玻璃瓶，瓶口施以中貫玻璃管之木塞，以酒

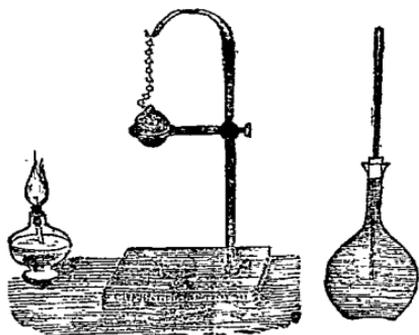
精燈熱之，便見
水之漲昇管中。

(第五十圖)

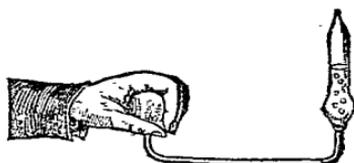
其在氣體，尤多
實驗法；就其有
奇觀者，如熱沸
球，(第五十一

圖) 係連通之兩玻
球，內儲半容之紅色
液體，手握其一球，可
因掌心微熱，膨脹其
內容之稀薄空氣，逐
紅液於斜上之一球，作沸騰狀。

第四十九圖 第五十圖



第五十一圖

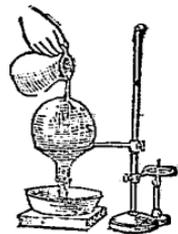


融解與凝固 熱固體而使變為液體，是
為融解 Fusion，其時熱度曰融點 Melting point；
其熱放散，即復凝固 Solidification，凝固之熱度
曰凝點 Solidifying point。若使液體凝固為固體，
則僅屬放散其熱，不能達此現象；須有起寒劑

Freezing mixture 作用,使熱度降低至冰點 Freezing point 以下。

【起寒劑】 水熱至沸,而投入食鹽,攪拌之,則熱度驟低,可知溶解有起寒作用。由實驗結果,製起寒劑:用水或雪二分,混和食鹽一分,可降至零下二二度。用硝酸阿摩尼阿,與水等量混和,可降至零下一五度。用磷酸鈉九分,混和稀硫酸一分,可降至零下二九度許。此等起寒劑,工業上常用之。

蒸發與沸騰 液體於常溫時,其液面時時汽化,是為蒸發 Evaporation。蒸發雖為不加熱之汽化,而不能不需熱,空中常含水汽,即由太陽光熱所致;如其熱放散,仍當液化,液化為溼度已達飽和之時,其時稱為露點 Dew point。又液體汽化,在加熱至液面泛出氣泡情形,是為沸騰 Ebullition; 其時熱度,稱為沸點 Boiling point。沸點之汽壓,適等於七六公分之氣壓; (一



氣壓) 若氣壓減少,則沸點亦變。試將玻璃瓶盛半容之水,熱沸之,以逐去空氣,乃塞瓶口而倒置之,以冷水淋瓶外,則瓶內之水可復沸。(第五十二圖) 是因水汽冷凝而液化,減輕汽壓,而致然。

【水汽液化諸現象】 夜間地面之水汽,冷至露點以下,即液化為露 Dew; 若冷至冰點以下,直水結為霜 Frost, 空中水汽,冷至露點以下,則液化為微細水滴,浮遊於高處為雲 Cloud, 低處為霧 Fog, 斜對日光,絢爛呈彩,則為霞 Mist, 微點相集,因重落下,則為雨 Rain. 雨滴通過更寒冷之氣層,而水結為霰 Sleet, 水結之塊較大,則為雹 Hail. 又水汽在空中,驟冷至冰點下,則凝結下降而為雪 Snow.

潛熱與傳熱 固體加熱至融點,液體加熱至沸點,則雖加以極大熱量,而熱度終不上昇。是因液化汽化時之分子微隙擴大,而吸收其所加之熱也,是為潛熱 Latant heat. 潛熱,是微隙對於熱之作用,至於分子對於熱之作用,能

自一部移於他部，是爲傳導 Conduction。其易傳熱者，曰良導體 Good conductor，不易傳熱者，曰不良導體 Bad conductor。氣體傳熱最難，毛髮絹麻液體次之，最易者爲金屬。可將各金屬棒及玻璃棒之同大者，互連屬其一端，而黏附蠟質於他端，加熱於連屬部，可視蠟質受熱融解之先後而別導體之良否。

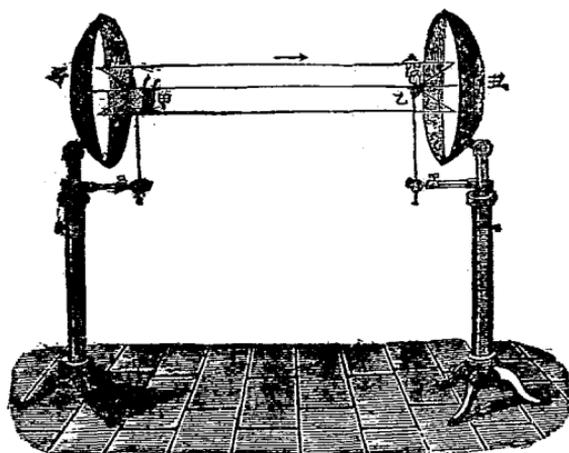
對流與輻射 液體傳下部所加之熱，膨脹上昇，則上部冷而較密之分子，降至下部，相與循環，以至全體俱熱，是爲對流 Convection。氣體受熱亦如此。今試取一玻筒，中隔一板，稍留筒底通路；立一本已燃之短燭，於一方筒底，可於他方筒口，近以已燃線香，自見香烟捲旋而下，隨着氣流，出燭火上之筒口。則是對流現象，由不良導體之分子，互受其熱而成；乃如中隔不良導體，而同時皆受其熱，不必對流，並不賴傳導，所謂輻射熱者，（見前第一節）實由光線直進而成，此須視物體之吸收能，而異其熱

之強度；一般黑暗物體，吸熱多，白色物體吸熱少；故冬衣宜黑，夏衣宜白。

熱之反射 熱射於物體，除一部分透入外，餘則由物體表面反射，其反射角，必等於投射角。試對置子丑二凹鏡，中距二，三尺，使鏡軸準在直線上；於鏡之焦點甲乙二處，立小承盤，甲盤上置一紅熾之鐵球，別以引火物體，如燐之類，置乙盤上，（第五十三圖）則其熱線，先

第 五 十 三 圖

投射於子，從子反射，與軸平行而至丑鏡；更從丑反射而聚於焦點乙，即熱及



燐質，而起燃燒。

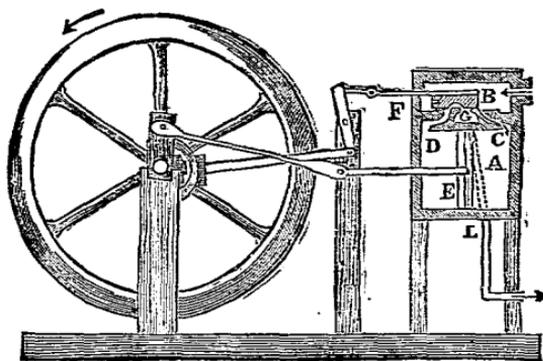
第四節 熱之效能

工作當量 熱依分子運動而生，是即分子之能力；依能力不滅之原則，其熱又變為工作力，可算出其當量，約一公斤級之熱量，（即其熱可使一公斤之水昇高一度之量）與機械工作力之一馬力相當；（一馬力即一秒時內，能舉重一公斤，直高至七十五公尺之工作力）是為熱之工作當量，稱曰喬魏兒氏定律 Joule's law.

蒸汽機關 變熱為工作力之裝置，如蒸汽機關 Steam engine；（第五十四圖）自汽鍋熱沸水後，送入蒸汽於汽筒中，汽筒 A 之前部，劃為 B 之配分器，汽自 B 入 A 之 C 部，推動 E 之唧子，向 D 部一方，D 部之汽，乃推動 B 器之 F 滑瓣，向 B 前方；於是續來蒸汽，又推 F 滑瓣向後，而入 C 部；同時滑瓣逐前有之汽，經 G 孔出 L 管，放散空中，或別通於冷凝器，可弗使汽

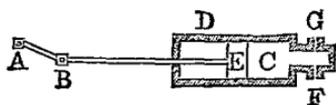
筒漲裂。如斯唧子與滑瓣交互推動，得聯動其筒外槓杆，以迴轉飛輪，營工作力於各種工程。

第 五 十 四 圖



瓦斯機關 Gas engine, 亦如蒸汽機關之汽筒部。(第五十五圖) 筒之前部 C, 送入着火之煤氣與空氣混合體; (近多改用揮發油即煤油之蒸氣故分別稱之, 有煤氣發動機與煤油發動機之別) 藉熱漲力, 推動 E 唧子, 以聯動槓杆, 迴轉飛輪。自動車, 飛行機, 皆用此為發動機關。

第 五 十 五 圖

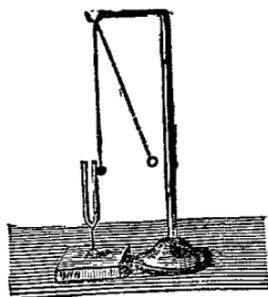


第四章 音學

第一節 音之本原

振動生音 當夫鑼鼓發音時，手捫之而覺其顫動；更試鎚擊音叉 Tuning fork，悠然發音，而垂木髓球於其側，自頻頻跳動；（第五十六圖）可知音之由來，必有以激之，使其發音體，不但起外部全形之公動；並增進內部分子之自動；而始成音，是曰振動 Vibration。

第五十六圖

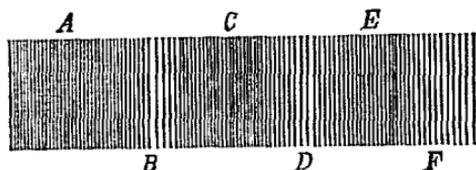


【振動數與振動幅】 就振動之速度計，曰振動數 Frequency；就振動之區域言，曰振動幅 Amplitude。每秒振動數多則音高，少則音低；每發音體之振動幅廣則音大，狹則音小；二者各自成正比例。然振動幅廣者，其振動數因緩而少，則又互成爲反比例。準此，男女聲帶之長短不同，（男子長約〇・五六三寸，女子〇・三七五寸）故男子音大而低，女子音小而高；小而能遠

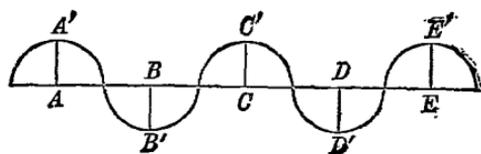
聞,大而惟近強,迥然異致。

波動傳音 物墜水面,水起環紋而爲波,其水分子遞傳動力,而未嘗進位;試觀水面浮萍,祇是隨波動盪,未嘗漂流,可知音之傳遞亦然,故曰**音波** Sound wave. 例如振鈴使鳴,因鈴壁富有彈性,乃往返振動,往則外圍空氣,被迫擠緊,成爲密層;返則空氣亦因彈性而反動,又成疎層;然其前密層相鄰之分子,方被擠而又密,如此遞推遞讓,迭成疎密層,以波及四圍,稱**疎密波** Longitudinal wave. (第五十七圖) 若就各部振動之起伏

第五十七圖



第五十八圖



線言之,稱**高低波** Transverse wave, (第五十八圖) 高線爲山,低線爲谷,山與山谷與谷之距爲**波長** Wave

length. 兩高低波相疊, 山愈高而谷愈低時, 其音增強; 若一波山與他一波谷相合, 則波長減而音遂弱. 在疎密波亦然, 是為波之干涉 Interference of sounds.

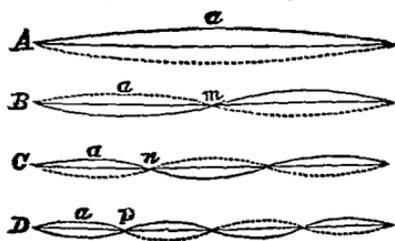
發音原體

凡物體皆可發音, 因振動式之異, 可將發音體分之為四種: (一) 曰絃振動 Vibration of string, (第五十九圖) 例如琴絃. 彈其中央, 全部振動, 是為原動 Fundamental vibration, 其音曰原音 Fundamental tone; 輕抑其

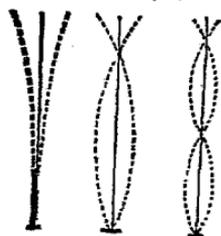
三分之一, 或四分之一一處而彈之, 則絃分為數部振動, 是為倍

動 Multiple vibration, 其音曰倍音 Over tone. 倍音較原音高, 以振動幅小而振動數多也. 其各部之界曰節 Node, 節與節間曰腹 Loop. (二) 曰棒振動 Vibration of

第五十九圖



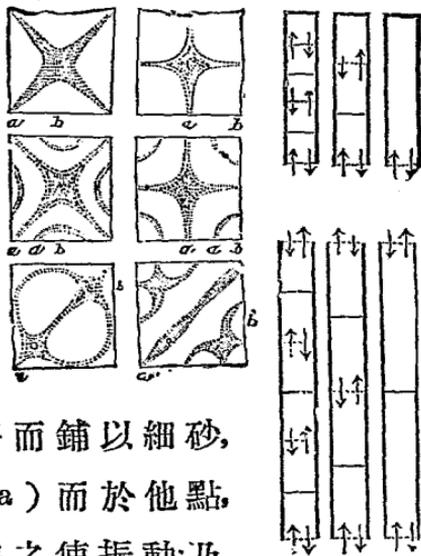
第六十圖



rod, 例如音叉。(

第六十一圖 第六十二圖

第六十圖) 因一端固定,自成其節與腹。(三)曰板振動 *Vibration of plate*, 鐘鼓鑼鈸等屬之。



試取金屬板固定中點或他點, (第六十一圖) 使水平而鋪以細砂, 以指抑其一點, (圖 a) 而於他點, (圖 b) 以胡弓摩擦之, 使振動; 乃

有不動之點, 能將細砂連成節線。(四) 曰管振動 *Vibration of pipe*, 簫笛風琴等屬之。其振動為空氣柱, 由管端之開閉, 變動其節與腹。(第六十二圖示閉管與開管之振動式)

傳音媒質 吾人距發音體而起聽覺, 非發音分子之直達於耳; 而由中間物體之分子, 遞傳其音波而來, 此物體即是音之媒質 *Medi-*

um.大約以固體爲最強,液體次之,氣體又次之;然尋常只是空氣遞傳,設發音於真空中,當不聞音。

【傳音實驗】 置自鳴鐘於抽氣機之玻鐘內,排除空氣,其音從而微弱,至於寂然;若放入空氣,得復聞音。

置鐘於水中鳴之,水上尤易聞音。距耳於棒之一端,他端置一時計,比之空中等距,聞音較晰。

第二節 音之性質

樂器之音 音之振動有序,感於聽覺,而莫名愉快者,是爲樂音 Musical sound. 反之如礮彈轟發,車輪奔馳,生不規則之音,以惡聽覺者,是爲噪音 Noise. 但樂音之異種同發時,音波干涉,亦有悅耳與不悅耳之別;須調和音之強度(關於振動幅)與高度;(關於振動數)又須規整其原音與倍音。

樂之音色 鐘鼓管絃,雜然並奏,原是音之大小,(強度)調之高低,(高度)調和如一;然聽覺仍可辨其音之所從出者爲何器,如

辨色之明晰，稱曰音色 Timber。此因發音體之形態組織，不能絕對相同；雖具體同類，起同樣之振動，成爲原音；必更因其體之大小，質之疎密，起多少不同速之局部振動，而異其倍音。故聽覺器官，自能別發音體性質之所由別。

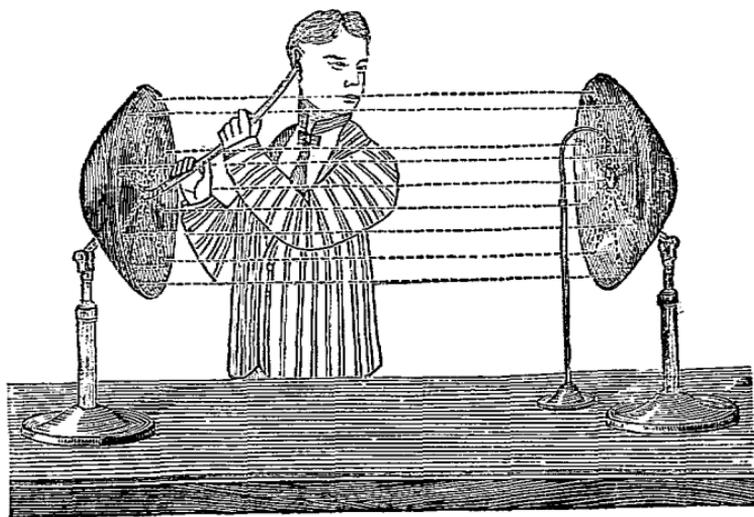
音之共鳴 一發音體，誘引他體之靜者，發同調而自鳴，是爲共鳴 Resonance。此實藉中間媒質（空氣）傳動之，而起此現象。故琴內鋼絃並列，鳴其一絃，而餘絃中，往往有一絃應聲而共鳴，試復按之，確是同一高度之絃。又空氣亦有共鳴，以助長音波之作用；試執音叉於手中而鳴之，其音幽微，立於箱上，或對向之箱口間，其音忽揚，是卽箱中空氣柱之共鳴也。其他如風琴簧舌之設於音管，留聲機之附設喇叭筒，皆利用此。

音之反射 音波前進，遇障礙而折回，是爲反射波 Reflected wave，稱曰回聲 Echo。如發大聲於空谷，或廣廈中，旋卽聞有第二聲是也。惟

有第二聲，易淆聽覺，故廣廈承塵，須堆垛花紋，或四壁砌作條紋，使反射波變向進行，不致反射原處。然使集合其四聲於一處，又可以增強原音，而不外洩；如秘密議事廳之屋頂，作穹窿形，即爲此。

【音波反射實驗】 二凹鏡對立約距五六尺，一鏡前焦點，置一時計，從他鏡前之相當點，用聽診器聽之，其音甚晰；去此鏡即不復聞音。（第六十三圖）

第 六 十 三 圖



音之屈折 音雖由障壁而成反射波，然亦有一部分透過，但非平行，而多少變其方向，成爲屈折波 Refracted wave。其屈折率，視媒質之疏密不同而異；若使疏密迭相接近，則屈折反射之結果，反可互消原音。故機器廠機聲聒耳，鄰室欲減消其聲，常於壁間砌入毛氈軟木水泥等物，使疏密相間，其機聲自能減弱也。

第三節 音之收放

揚聲筒與傳語管 揚聲筒 Speaking trumpet 用以約束音波，使在筒內經幾度反射，得揚聲於遠方。傳語管 Speaking tube 爲限制音波於管內，自一端達於他端，傳語於層樓隔室之人，不因遠距而減弱原音。

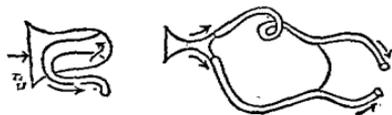
聾管與聽診器 十四圖甲) 用與聾人談話，作漏斗式，以集合音波，而強其聽覺。聽診器

聾管 Ear trumpet, (第六

第六十四圖

(甲)

(乙)

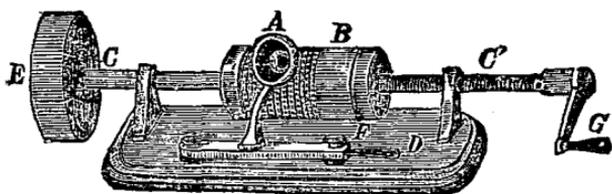


Stethoscope (圖乙) 構造相似,醫者用以察聽內臟之搏動。

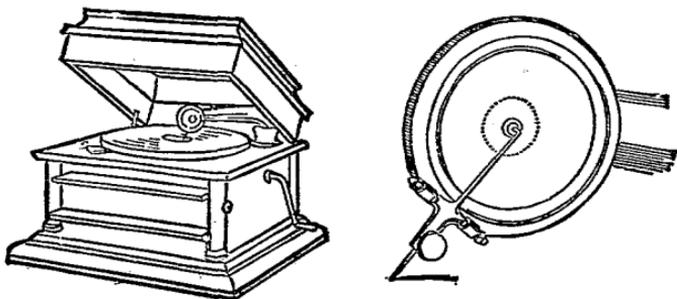
留聲機 留聲機 Phonograph,創製於美國愛迭孫氏 Thomas Alva Edison,其初裝置, (第六十五圖甲) 用新製蠟筒,套入旋轉軸,上設喇叭形之共鳴筒,筒底張雲母薄片,附粘短小鋼

第六十五圖

(甲)



(乙)



針，以觸於蠟筒之面，乃旋轉其筒軸，同時向共鳴筒口發音，則音波振動雲母片，使針刺蠟成紋；即從其音波之高低強弱，顯刺入綫紋之淺深；更從其筒軸之漸漸推進，得繼續其波綫之起訖。如是已將其音留下，欲放還原音，為複述情形；可移筒使針尖觸波綫之起點，反旋筒軸，而得反動其針，以振動雲母片，更傳動共鳴筒中空氣，揚其原音，絕無差異。此種裝置，近益改良，代蠟筒以蠟板，代轉軸以盒內時計式之裝置；即共鳴筒，亦多改為共鳴氣腔，作蓋狀以增高其音。（圖乙）又鋼針再三用之，易磨成鑿形，而傷蠟板；則亦有改用寶石針，或象牙針者。

第五章 光學

第一節 光之成立

光體明暗 如太陽蠟燭等，從之發光者，曰發光體 Luminous body；其他藉發光體之光以有光者，曰借光體 Nonluminous body，亦稱暗體 Dark body。暗體之能透過光者，如水空氣玻璃等，曰透明體 Transparent body；否則如木石金屬等，多為不透明體 Opaque body；亦有透過一部，而不甚明晰者，如薄紙及雲母等，曰半透明體 Translucent body。不透明體，當於光綫進行之前，則其面雖得借光以有光，而其背後，必生一不可見光之黑影，曰陰影 Umbra；惟陰影周圍，尚借有薄光，是為半陰影 Penumbra。

【日蝕與月蝕】 日月蝕之理，即陰影關係。因地球繞日而行，月球又繞地球而行；當月朔時，月球公轉至日與地球之中間，如其軌道接近地面，則從地面 A 部望日，全為月之陰影遮蔽，而為日蝕；既從 L 之半陰影中望之，則為日蝕半；設軌道不甚接近，惟陰影之尖，

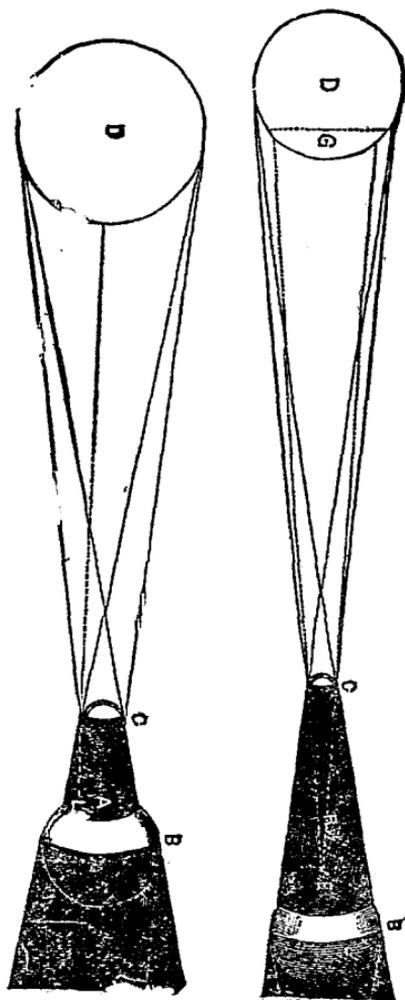
射於 E ，從 E 望之，則爲環蝕也。月望時，地球公轉至日與月之中間，則地球陰影，遮蔽月之借光，從地球望月，而呈月蝕情形，可從日蝕情形類推。

(第六十六圖)

光波傳播

傳光媒質，即瀰漫空間之以太。(參照第一章分子所有性一節)由發光體分子之振動而傳動之，波及四方，恰如發音體振動，使空氣生疎密

第 六 十 六 圖

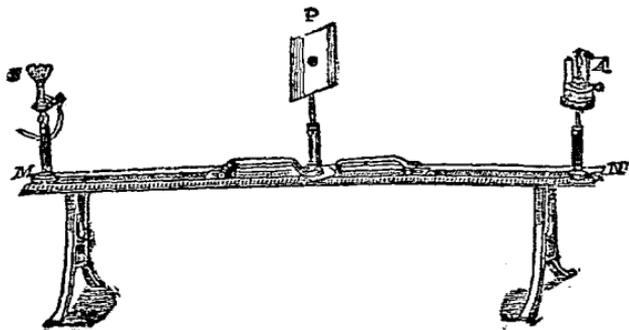


波；是爲**光波** Light wave. 音波因其波長之度有長短，使耳感音之高低，光波亦因波長之度有長短，使眼覺色之差異。音波爲空氣波，不能透過玻璃；而光之以太波，則無物可以間阻；故玻璃窗內可見窗外人過，而不能聞窗外人語。又光波速度，爲三億秒公尺，（約五十二萬里）以較音波之速三十四秒公尺遠甚；故天空放電，同時激動空氣，轟音爲雷，而吾人必先見電光，後聞雷聲；銃礮轟發，亦必先見烟；爲以太波較速之明證。

光度強弱

發光體照於單位面積之光

第六十七圖



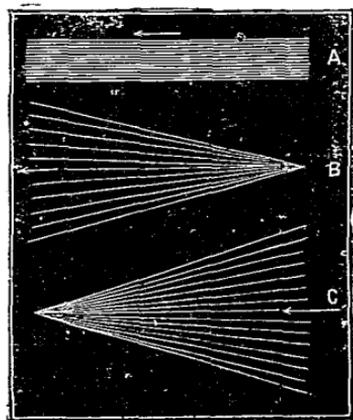
量，稱爲光之照度 Illumination；發光體對於單位距離之照度，稱爲光度 Intensity of light. 此際比較強度之裝置，稱爲光度表 Photometer. (第六十七圖) 用中有油點之障紙 p, 位置於 A B 之間，得左右移動，A 爲標準燭火，B 爲欲比光度之發光體；乃移動障紙，至兩面明度相等，是爲照度相等；即可較其兩間距離，而知此發光體，爲若干枝燭光。

第二節 光之行程

光線輻射 光波進行之線路，曰光線

Ray. 光線在同組織之物體中，固然直進；反之而進行於不同組織之物體中，雖被屈折，然屈折後之方向，仍是直進；又進行光線，有不透明體當其前，則當反射，而反射後，從反射方向進

第六十八圖



行，亦是直線，故凡光線，皆由直線組成，稱曰輻射線 Radiant ray。而合同方向之線言之，曰束線 Beam of light，有平行束線放束線收束線之別：如圖之 A B C 三種是也。（第六十八圖）

【光線直進像】 眼與發光體之間，置有細孔之障板，可認其光線之直進。

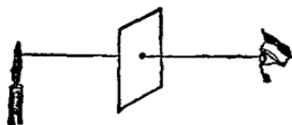
（第六十九圖） 惟其直進，故傍晚之庭園景色，入戶孔而映於室內壁上，成爲倒像。（第七十圖乙）

若無戶孔而直映於壁上，則發光體之各線，雖直行而互混，理應倒像而不顯。

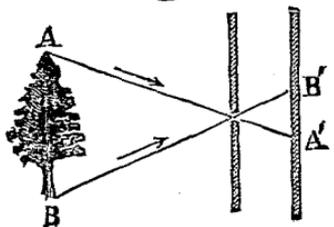
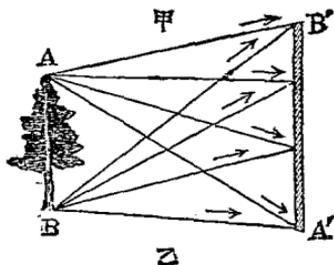
（圖甲）

光線反射 不透明體，光線不能透過，而改變方向，再直進者，是

第六十九圖

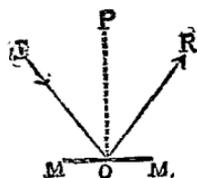


第七十圖



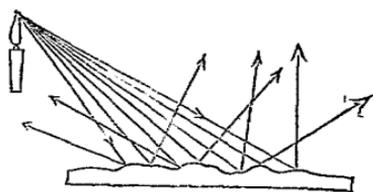
爲反射線 Reflected ray. 反射線，
在照體之表面平滑者，有一定
方向，即其投射線與反射線，對
於法線所成之角，必相等，（第
七十一圖）是爲反

第七十一圖



射定律 Laws of reflec-
-tion.（前言熱及音之
反射，亦準此定律）

第七十二圖

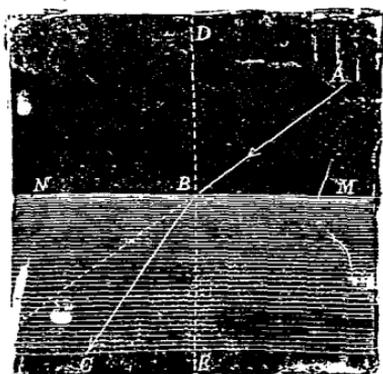


若照體之表面甚粗
糙，則亂反射，而成散光 Diffused light.（第七十
二圖）惟因物體終有
多少散光，感吾視覺，以
各異情形，故能辨爲
何物也。

Diffused light.（第七十
二圖）惟因物體終有
多少散光，感吾視覺，以

第七十三圖

光線屈折 光
線出入於密度不同
之透明體中，恆於其
界面，急變方向，是爲
屈折線 Refracted ray.



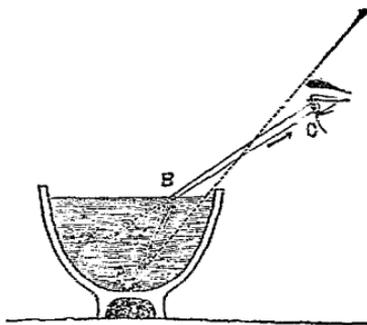
屈折線之定律，凡投射綫由密入疎，（例如由玻璃入空氣）則屈折綫必遠於法綫，而屈折角較大；反之由疎入密，（例如由空氣入水）則屈折綫必近於法綫，而屈折角較小。

【光線屈折實驗】 試光線由密入疎之屈折（第七十四圖）可置錢盃中A點，從側面望至不見，而注水於盃，盃似較淺，錢若

浮起，是因光線屈折於水面，故如見錢於A'點。

試光線由疎入密之屈折，可斜插棒之一部於水中，即折而反張於水上棒之一方。

第七十四圖

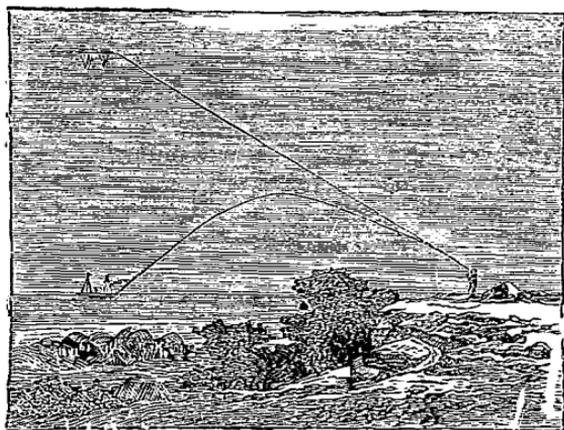


全反射光 光綫由密入疎時，屈折角較投射角為大；設如過大至九十度以上，則此屈折綫當消滅而悉變為反射綫；稱此現象，曰全反射 Total reflection。全反射之綫，對於屈折角九十度之投射角，曰臨界角 Critical angle。如由水

入空氣之臨界角，為四十八度半，因之有成蜃樓現象。

【蜃樓現象】 海上氣壓穩靜時，空氣層恒上疎下
密，此時近

海之市集，
或海面之
船舶，所射
出光線，屈
折向上，既
達臨界角，
又全反射



第七十五圖

而向下；如此取拋物線進行而達人目，望之如在空中。

（第七十五圖）海濱之地常有之，稱曰蜃樓 *Mirage*。

第三節 鏡之成像

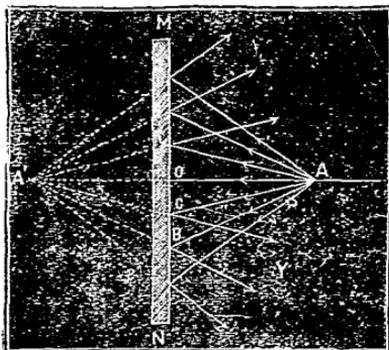
平面鏡之反射像

人對平面鏡，距鏡前

如 A 點，恰如對立於鏡背之 A' 點；（第七十六圖）蓋視線延長其反射線，為等距離等角度之虛像也。其大小形狀，虛等於實，而方向相反。

若使兩平面鏡，平行於對稱位置，則中間光體，可互相反射，而成多像，是稱**複反射** Complex reflection. 娛樂場之複壁鏡，玩具中之萬花筒，皆呈此現象。

第七十六圖



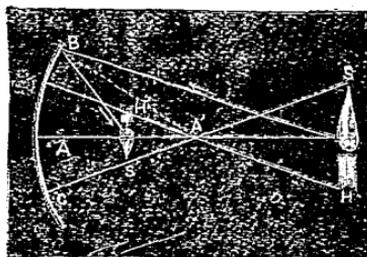
球面鏡之反射像

其內面爲正面者曰**凹鏡** Concave mirror; 以其外面爲正面者曰**凸鏡** Convex mirror. 凹鏡成像，視發光體位置而異：如置燭於 SH 點，（第七十七圖）則反射之收束線，當集於 S' H' 之球心，成小於實物之倒像；反之置燭

鏡作球面之一部，以

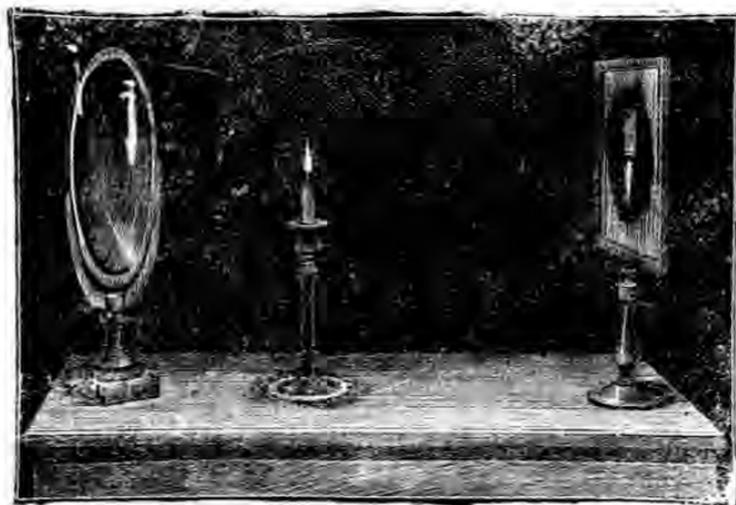
其內面爲正面者曰**凹鏡** Concave mirror; 以其外面爲正面者曰**凸鏡** Convex mirror. 凹鏡成像，視

第七十七圖



於 S'H' 之球心, (第七十八圖) 反射於 SH 點, 成爲大於實物之倒像. 此 S'H' 之球心, 卽是鏡之真焦點 Real focus, 而二種倒像, 皆爲實像 Real image. 若使焦點內置燭, 接近鏡面, 則反射

第 七 十 八 圖



爲放束線, 不能成實像, 惟延視線於鏡後, 呈正立較大之虛像 Virtual image. (第七十九圖)

凸鏡之成像亦然，
惟小於實物而正
立。（第八十圖）

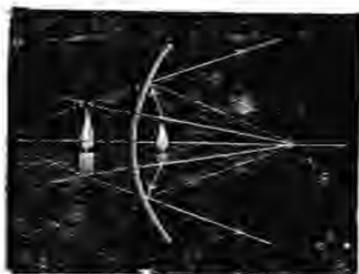
第七十九圖



透光鏡之屈折

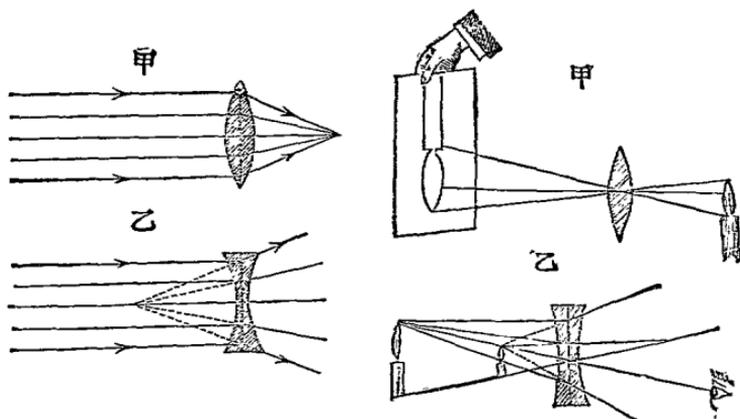
像 透光鏡之
通用者兩種：一為
兩面中隆之**凸透**
鏡 Convex lens，一為
兩面中窪之**凹透**
鏡 Concave lens。凸
透鏡受光之平行
束線，透過屈折，集
合於鏡後之真焦點，凹
透鏡則透過為放束線，
惟集合於鏡前之虛焦
點；（第八十一圖甲乙
）故凸透鏡能成倒立
放大之實像於鏡後，凹

第八十圖



第八十一圖

第八十二圖



透鏡惟成小而正立之虛像於鏡前。(第八十二圖甲乙) 此兩種透光鏡,爲光學應用之主要件。

照相器及幻燈

照相器 Photographic camera

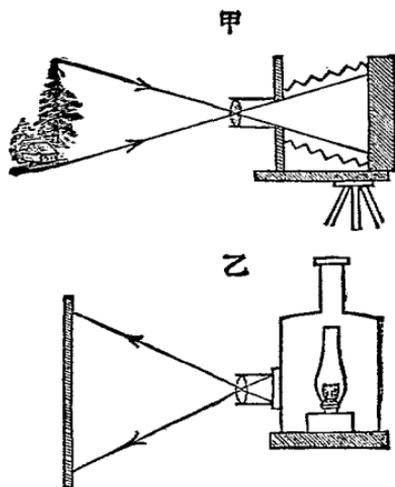
(第八十三圖甲) 以凸透鏡折收光線;以革腹之伸縮,配準光度;以毛玻片觀察光度之準否;而後以感光性藥品之乾片,代入毛玻片位置,使感光而起變化,感光後,取而浸於顯影液與定影液,得明暗與實際相反之畫像,是爲

陰畫 Negative; 置感光紙於其下而晒之, 又經過顯影定影手續, 而得明暗與實際相同之畫像, 是為陽畫 Positive, 即成相片。

幻燈 Magic lantern 之裝置, (圖乙) 乃置極強光體於

箱中, 後壁用凹鏡反光, 前則倒置照相陰畫片, 使透過之平行束線, 至更前凸透鏡, 透過屈折, 放大畫像, 正立映出於暗室之白幕上。至於改良之活動幻燈, 係將陰畫乾片, 改用柔韌之膠質長片, 於照相時使連續感光而成; 用於幻燈上, 則令其順序同速, 轉過光前, 自呈實際活動情形。

第八十三圖



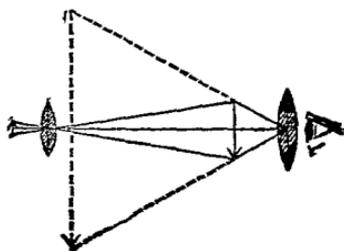
顯微鏡及望遠鏡

顯微鏡 Microscope 為

檢視微物之器，用凸透鏡對物於焦點內，令放大實像，至對眼之凸透鏡，得更大之虛像。（第八十四圖示理）其或

用單個凸透鏡，應用於稍大物體之檢視，稱為蟲眼鏡 Simple microscope，昆蟲之檢視常用之。

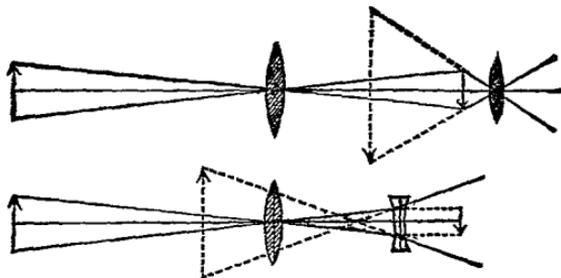
第八十四圖



望遠鏡 Telescope（第八十五圖

示理）
為觀察
天體，或
遠距離
之地上

第八十五圖



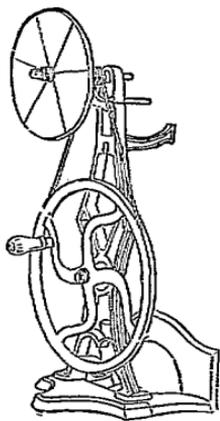
物用之。通常於圓筒兩端，用兩個凸透鏡，其對物鏡之焦點距離，較長於對眼鏡之焦點距離；蓋由兩重圓筒之伸縮，可對準放大之虛像，於對眼鏡之虛焦點，但以之觀地上物，嫌倒像之

不便，有改用凹透鏡以對眼者，則宜移其位置於對物鏡所成實像之中途，使再屈折放大，而成直立虛像。

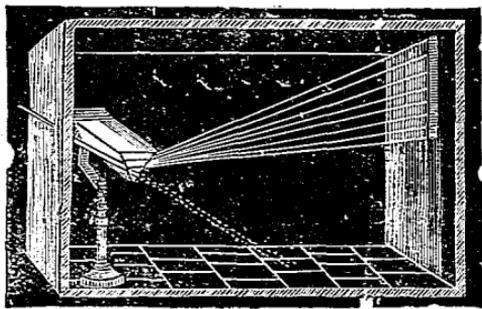
第四節 光之分析

日之光質影 日光爲空中微塵混淆，全反射爲無色或白色，是爲光之混成 Compound light. (試法用第八十六圖之七色版轉輪) 其實日光有七色之光質，可導至暗室戶隙，令通過三稜鏡，屈折而出，分爲七色，順序現赤橙

第八十六圖



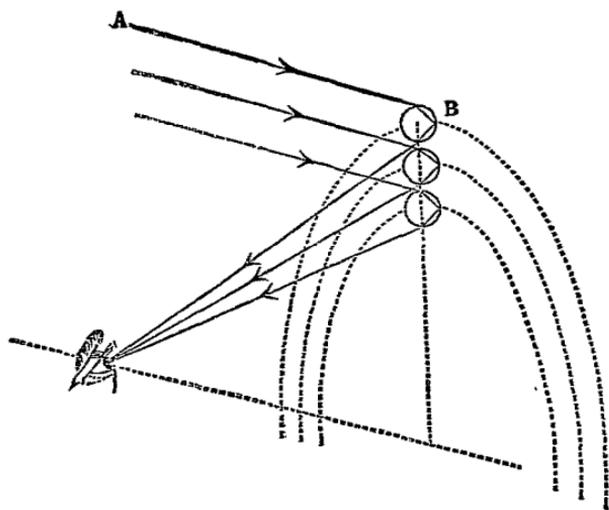
黃綠青藍紫之色於壁上，是爲光之分析 Dispersion of light. (第八十七圖) 所分析之美麗七
第八十七圖



色帶，稱之曰光質影 Spectrum。即因各光質之波長各異，故異其屈折率，以赤色為最小，以紫色為最大，而分析成影，自是順序排列也。

【虹之現象】 空中對於日光之方向，常現美麗之弧狀色帶，稱曰虹 Rainbow。（第八十八圖）是亦因空中有屈折性之水滴，分析光質之所致。假如由(B)層水

第 八 十 八 圖



滴來者，為赤色光，則與(B)滴同在半圓周上之水滴層，對於(A)光之平行投射線及到眼之直線，自是同一位

置，故此半圓周皆爲赤色；他半圓周之各層水滴，各依屈折率之排列，而自成弧狀色帶。（第八十八圖）

物色之成因 暗處視有色物體，不復有色，可知色非物體所固有者；當係日之光質影，被反射若干，通過若干，而成。蓋照體之對於光質影，能全吸收者，則七色皆無由著，而惟見爲黑色；若全反射，則如空氣之於日光，而惟見爲白色；惟某色光質影，通過照體，其餘皆被反射，則見其爲某種色。

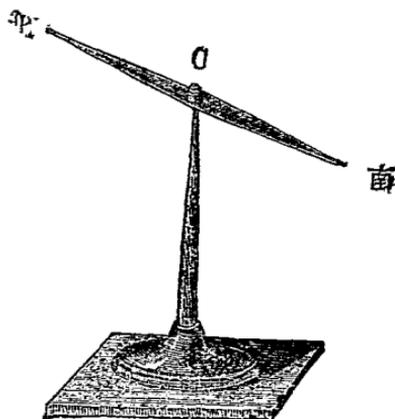
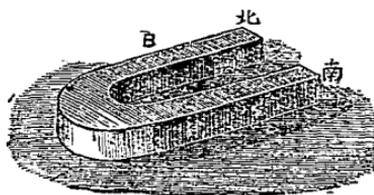
第六章 磁學

第一節 磁之本性

磁石種類 凡具有吸鐵性之物質，曰磁

石 Magnet. 天然磁石，即磁鐵礦；通常用者，為人工磁石，係將磁鐵礦摩擦鋼鐵而成。又以其形體別之；有棒形磁石，馬蹄形磁石，及磁針三種。（第八十九圖）別有電磁石，非固有磁性者，詳後章。

第八十九圖



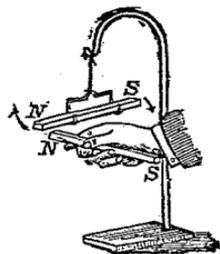
磁石極性
磁石吸鐵之力，依部分而不同，兩端特強，愈近中央而

愈弱，名此磁力最強之兩端，曰磁極 Magnetic pole；而磁極有指向南北之性，曰磁極性 Property of magnetic pole。任取磁針或棒磁石懸之，必靜止兩端於南北之一定方向，則可別之爲指南極 South pole 與指北極 North pole，以符號表之，爲 S 及 N。又驗知磁極性，必異極相引，同極相斥；則是兩極所荷之磁氣有異，即指北極所荷者爲正磁氣，指南極所荷者，爲負磁氣；以符號表之，爲 + 及 -。此種磁極性，不必完成之磁石有之，即磁石之各分子，亦如一小磁石然；其一端恒向南，一端恒向北，兩端亦必互相引斥。據此極性作用，可知磁石中段，中和正負二磁氣，惟兩端趨極之磁氣，則有特立性；故尋常鋼鐵，不顯磁性，當爲分子排列

第九十圖

錯亂之原因。

【磁極性實驗】 試平置棒磁石於鐵屑中，而取出之，當見兩端附着鐵屑甚多，至正中殆無附着。

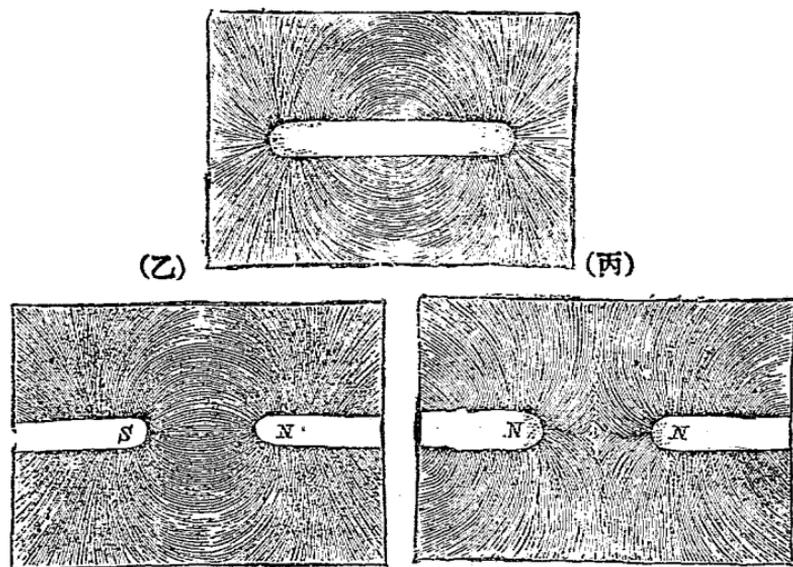


試以一磁石之指北極，近於懸定磁針之指南極，則互相吸引；如以指北極近指北極，或以指南極近指南極，則互相排斥。試取磁針折為數段，投入鐵屑中，而取出之，則見各段之兩端，各以鐵屑甚多，與完成之磁石無異；以其兩端互近之，亦引異極而斥同極。

第二節 磁之感應

磁力影響 磁石周圍之磁力可及處，謂

第 九 十 一 圖
(甲)



之磁場。置鐵片於磁場內，亦具磁性，能吸附小鐵片，是爲磁氣感應 Magnetic induction。此非磁氣通過於鐵片，實由鐵片分子，本來錯亂排列；一入磁場，受磁分子力之影響，亦遂整列分子，而具磁性。今試置板於磁石上，撒布鐵粉，而輕叩其板，則見鐵分子起渦動狀，引成無數之曲線。（第九十一圖）因此曲線，正以表示磁力作用之方向，稱曰指力線 Lines of magnetic force。一磁石之指力線，與夫兩磁石異極相並，及同極相並，之指力線；（圖甲乙丙）皆有定則。

地磁影響 磁針之常指南北方向者，由於地球爲一大磁石，而磁針在其磁場內受影響也。地球北極，有磁氣之南極性，而荷正磁氣之磁針，感而指北；地球南極，有磁氣之北極性，而荷負磁氣之磁針，感而指南；是爲地磁感應 Induction of terrestrial magnetism。又磁針靜定，不能水平，而稍傾一方，在北半球時，則傾於北，在南半球時，則傾於南，即由地球兩極之磁力，近

著其作用也。

【羅盤針】 航海用之羅盤針，其磁針較普通為大，且於其近傍，排列鐵球或棒磁石；是因船體及船上種種機械，多為鐵質，在地球之磁場內，或因感應而具磁性，易引動磁針之正確方向，故須有抵消之裝置也。

第七章 電學

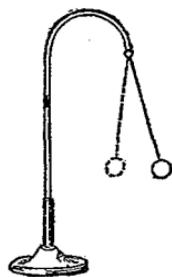
第一節 電體作用

電體種性 凡物莫不有電，不有以激動之，乃靜而不顯，是爲電之中性 Neutralization。今如用絹布擦玻璃棒，而各近紙片等輕物體，能吸引之，以乾燥之法蘭絨擦火漆棒亦然；如是異種物體，互相摩擦，而顯其吸引輕物體之性，是爲發電 Electrify。又試懸發電之火漆棒，以玻璃棒近之，能吸引，而以絹布近之則反撥；懸玻璃棒，以絹布近之，能吸引，而以法蘭絨近之，則反撥；可知其發電有異。卽電氣有兩種：如玻璃與法蘭絨之所發者爲陽電 Positive electricity，（符號 +）絹布與火漆之所發者，爲陰電 Negative electricity。（符號 -）就實驗發見種性，必同性相斥，異性相引，同於磁極作用。

【種性變遷】 如上述，玻璃發陽電，火漆發陰電；然亦可使玻璃發陰電，火漆發陽電，要視相與擦者爲何物耳。就下列諸物體，任取兩種相擦，則在上位者發陽

電,在下位者發陰電。貓皮 法蘭絨 玻璃 絹布
 人體 木材 火漆 金屬 硫黃 橡皮 如按
 此順序,以貓皮或法蘭絨擦玻璃,玻璃當發陰電,因之
 知玻璃本具中性電,經摩擦而電被激動,分流於相與
 擦者;而相與擦者之中性電,亦自分流於玻璃;各得其
 電之偏性,而著電氣作用。設使摩擦後不即離開,又互
 相中和,各回復其中性。

電氣傳導 玻璃柱上,以絹絲懸木髓球,
 是稱驗電擺 Electric pendulum. (第九十二圖)
 取發電體近之,始則球為吸引,忽又反撥;則因
 球已傳有同性電,而相斥也。如是電自一物體
 移於他物體,或自物體之一部移於他部,謂之
 傳導 Conduction. 今試以銅絲代絹 第九十二圖
 絲,以金屬柱代玻璃柱,則球可吸
 着於發電體,而不反撥;至電已傳
 盡,即便下垂而靜止;乃知絹絲與
 玻璃,不至於傳散其電,而金屬有
 傳電性也;於是有益導體 Good co-

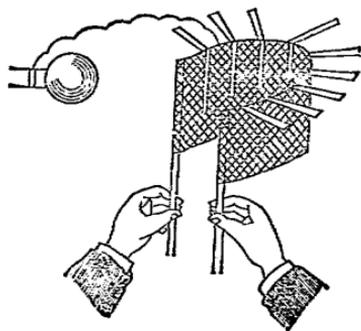


nductor 與不導體 Non-conductor 之別。以不導體阻良導體之通路，是謂絕緣 Insulation；惟如銅絲之外纏絹絲，僅可阻空中水汽之傳電，而其中銅絲之傳電，固未斷其通路也；是謂絕緣導線 Insulated wire。

【電之良導體】 金屬 炭 不純水 身體 岩石 麻 紙 棉 油 水 水汽

【電之不導體】 磁器 石蠟 毛類 樹脂 絹絲 玻璃 空氣

電氣分布 電氣移於導體之絕緣者，則電氣擴及導體全面，而達靜止狀態，不復傳導於他處，是謂分布 Distribution。其分布近及表面，不及內部。試取一金屬網，黏垂多數紙條於兩面，又兩端附以絕緣體之玻璃棒，執棒以曲其網為圓筒形，而以絕

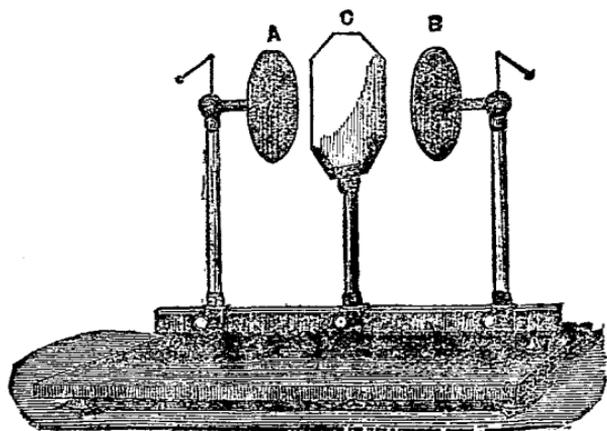


第九十三圖

緣導線（後省稱導線）連於發電體。當見網外之紙片齊飛，網內紙片，垂直如故；次試反捲其網，轉變其紙片之飛或垂；則可知電之分布，必在導體表面。又分布表面，亦不平均；在扁平處集電少，在彎曲或尖端集電多，可以驗電氣密度。

電氣感應 發電器隔一絕緣體，而作用於他物體，使他物體亦發電；且在接近一端之電，與發電器之電為異性，他端斥有同性電；是

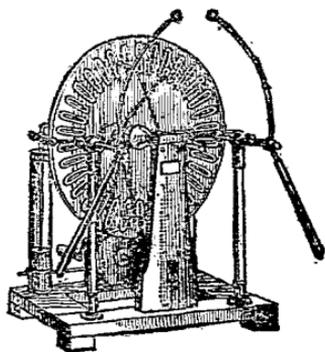
第 九 十 四 圖



爲感應 Induction. (第九十四圖) 凡可感應作用之距離內,是謂電場 Electric field. 其所隔之絕緣體,即玻璃橡皮等不導體;而如空氣,亦屬不導體,皆可爲感應電之媒. 因感應作用,又可知中性體,被引力斥力而分析者,亦可以驗電擺試知之。

感應發電器 就前述者,有摩擦發電及感應發電之二法;而摩擦發電器,效能薄弱,通用感應發電器. (第九十五圖) 其器之滑車搖動時,使前後兩玻璃板,反對迴旋. 此際板面條附之錫箔,與交叉柄上之毛刷,互相摩擦而發電,而錫條空間之玻璃板,又起感應而生多量之電;乃由夾兩板之金屬櫛齒,一方導陽電,一方導陰電,蓄聚於兩旁之來頓瓶中. 如欲放

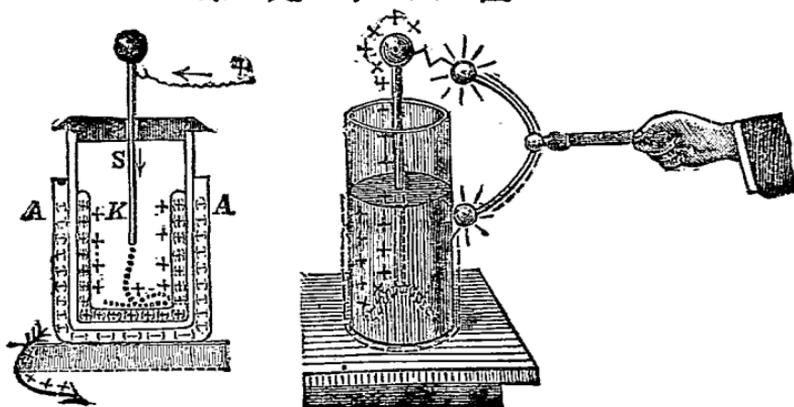
第九十五圖



去其電，可接近其前面之兩金屬球，自放火花而中和；如極端接觸，又自然中和，而不放火花。若欲使用其電，則弗使兩球接近，但將導線聯絡於使用之目的物上，自能傳布其電。

【來頓瓶與放電叉】註 來頓瓶 Leyden jar，爲蓄電器。瓶之內外下半部，皆貼錫箔；自瓶蓋插入金屬棒，（外端爲球狀或板狀）下連以金屬鏈。當導電時，手執瓶外錫部，觸其棒之外端於發電器，導電入內；於是瓶外錫箔，受感應而生之同性電，經由人身，斥遁入地；僅有異性電與瓶內電相吸引，得保存以備用。不欲用時，用

第 九 十 六 圖



放電叉 Discharger; 即將一端,觸瓶外錫箔,他端接近棒端,自放火花,而中和其瓶內外之電。(第九十六圖合兩種蓄放情形)

【金箔驗電器】 玻璃口蓋,插入 第九十七圖
金屬棒,下垂二片金箔,導電至箔,因同性而相斥,即可視其開度之大小,驗知電量之多少,如更觸於他之發電體,而箔片益張者,知為同性電;否則箔片當遂閉。(第九十七圖)



天空雷電 天空中因有良導體水汽,常帶電氣,晴天概為陽電,陰天則陰陽不定,汽凝為雲,帶電多量時,則與他片雲起感應,衝動空氣而中和,遂轟音為雷;同時所放火花,即為電光。如近地面放電,則為落雷,常擊壞物體,或災及人身。吾人為防落雷之危險,勿近屋角及樹下之集電多處,並可於屋頂立尖長之金屬杆,下聯以金屬鏈,深埋地中,使電可從上下端放去,而免落雷,稱為避電杆 Lightning conductor.

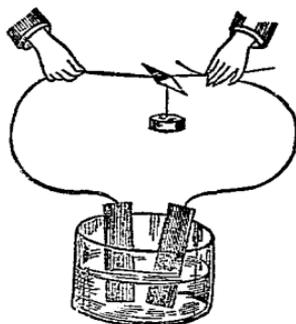
第二節 電流作用

電流與電池 用導線交通其異性電時，即是通其電之輪道 Circuit；其時陽電流向陰電，陰電流向陽電，是曰**電流** Electric current。但電流以陽向陰流之電壓 Voltage 為大，即其電位 Electric potential 較高，故單以陽向陰流，為電流方向之標準。尋常起電流之電，以發自電池者為最便。**電池** Electric cell。種類甚多，大抵裝置兩種藥液，使起化學作用，發生異性電，而從導線流通之。稱其較高之電位，為**陽極** Anode，較低之電位為**陰極** Cathode。

【電池種類】 最簡單之電池曰**弗打電池** Voltaic cell。

(第九十八圖) 即盛稀硫酸於玻璃器，對立鋅板銅板於其中，以導線聯絡之，則硫酸起分解力而生電流；其電流方向，在導線上，由銅至鋅，

第九十八圖

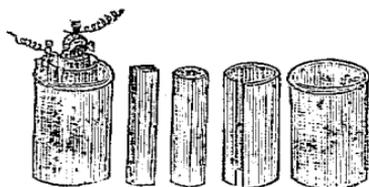


在液內由鋅至銅，即銅之電位高，曰陽極，鋅之電位低，曰陰極。此外電池皆視其極與液之品質，異其電流之強度；於極之形狀，與液之多少無關。著用者如本生電池 Bunsens cell，（第九十九圖）在玻筒或磁筒中，盛

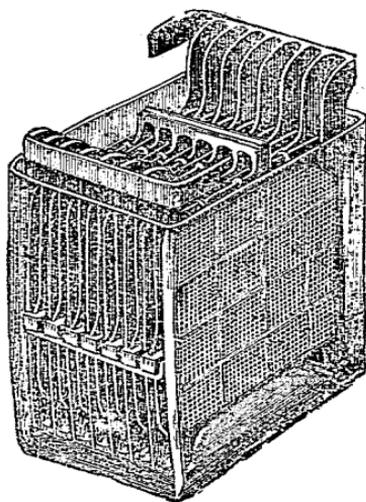
稀硫酸，插入鋅圓板為陰極；內置素燒筒，盛強硝酸，插入炭棒為陽極。

又如礬砂電池 Sal ammoniac cell則用玻筒盛礬砂溶液，浸以鋅圓板為陰極；內置素燒筒，盛炭粉與褐石粉之混和物，插入炭棒為陽極。如改為乾性裝置，以便攜帶，則稱乾電池 Dry cell。此外工業常用之蓄電池 Accumulator，（第一百圖）係用反捲鉛板之兩端，

第九十九圖



第一百圖



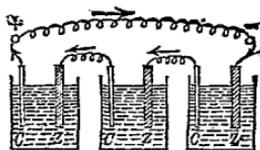
作為兩極，浸中部作格式者於稀硫酸中，先以導線連於發電機，送入強大電流，使硫酸分解，使陽極生二氧化鉛，陰極為海綿狀純鉛；乃斷電流，而得蓄存其電，是為第一段手續，欲使用時，乃用第二段手續，即以導線聯其兩極，即能放電於使用目的。此電池之電力強，又可以反復使用，故頗重要。

【電池聯法】 電池於應用上，為增高電流強度，可聯用數個，依聯法言之，約有二式：（第百〇一圖）一串聯式，

（圖甲）二排聯式，（圖乙）應用何式，則視電流之內外抵抗而定。內抵抗屬電液，由溫度上昇而增大；外抵抗屬導線，由導線長而增大，由導線粗而減少。大抵外抵抗大者，須用串聯式；內抵抗大者，須用排聯式。

電流強度表 測電流之強度，及其方向，常用電流

第百〇一圖
（甲）



（乙）

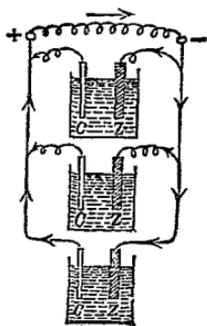
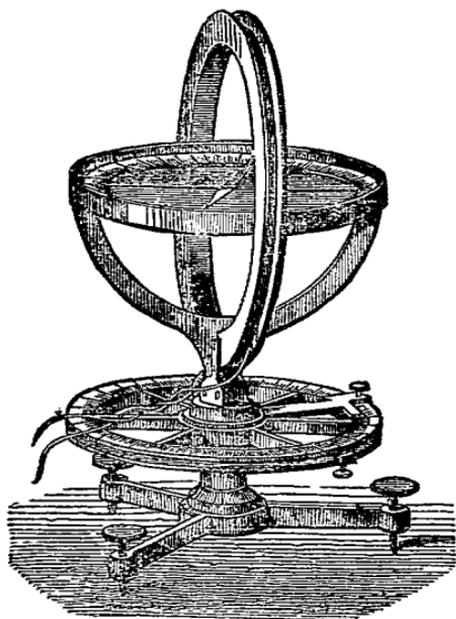


表 Galvanometer.

第百〇二圖

裝置式多種,惟皆憑懸立之磁針,置之電流之輪道內,能隨電流之方向,而轉移其磁針之所向;又從其偏倚電流度之大小,可知其電流之強弱,普通用者,曰正切電流表

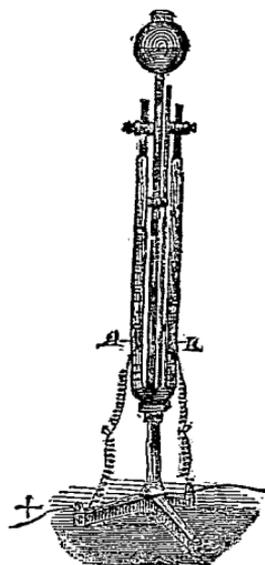


Tangent galvanometer. (第百〇二圖)

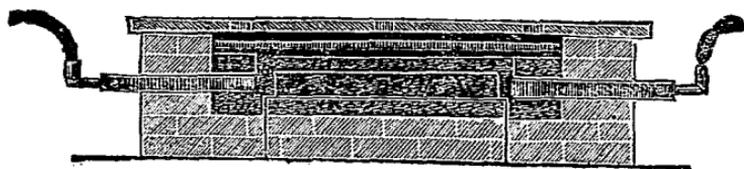
電化力效用 依化學變化而起電流;復依電流,而可使物質溶液,起化學變化,即將兩極導線,分列溶液中,則藉電流之分極誘導,使化合物中之陽電質,引向陰極,陰電質引向陽極,而被分解是爲電解法 Electrolysis. (第百〇

三圖示電解器) 依電解法, 而將金屬鑛用酸液溶解, 通以電流, 可析出金屬單體; 或將金屬鑛入電氣爐. (第百〇四圖) 高熱熔融後, 依電極分解, 析出金屬單體; 是為電冶法 *Electrometallurgy*. 又因電解時, 金屬析出於陰極, 可於陰極繫銅器或鍍銅器, 從溶液中析出貴金屬於其面, 而附着之, 是為電鍍法 *Electroplating*. (第百〇五圖) 或用石膏, 或用木材為模型, 面塗石墨, 而浸於鍍液中, 鍍成金屬面,

第百〇三圖

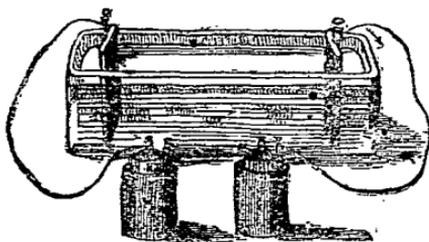


第 百 〇 四 圖



是爲電鑄法 Electrotyping.

第百〇五圖



電熱力效用

電流通過輪道時,各部必發熱,利用之而有電燈工業.

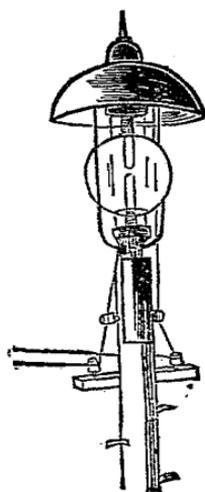
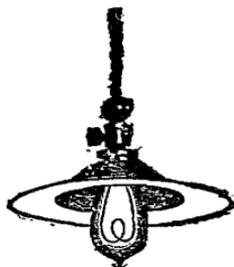
電燈分兩種:一爲白熱電燈 Incandescent lamp,

(第百〇六圖) 於排除空氣之玻璃球內,封入細炭線或白金線,通以強電流,則炭線受烈熱而放光.二爲

第百〇六圖

第百〇七圖

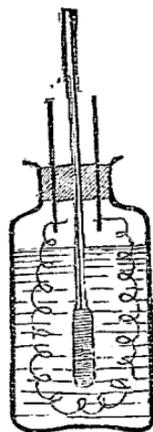
弧光電燈 Arc lamp, (第百〇



七圖) 在玻璃球內,有上下二條炭棒,施以活動裝置,先使棒尖兩相接觸,通強電流至高熱,乃更使離開少許距離,即有白

熾火花，射過中間，而成弧狀之光。 第百〇八圖

【電流發熱實驗】 白金線入油中，外連電池兩極，而電流遂通，插入敏感寒暑表，即可測其油之熱度上昇。（第百〇八圖）



第三節 電磁作用

電磁影響 磁氣之磁場，

電氣之電場，皆有指力線；其指力線有增減的變動時，則電場內可發生磁氣，（即下述電磁石作用）磁場內可發生電氣，（即下述度電圈作用）恰有似乎感應情形，此感應力之偉大，遠過於原電氣或原磁氣；又其力之強度，比例於指力線變動之速率，蓋愈速而愈大也。

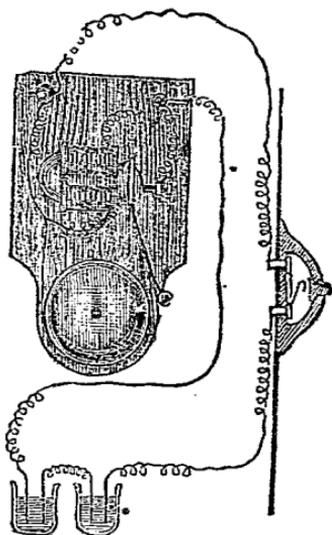
電磁石 今如捲旋導線於鍛鐵上，通以電流，則鍛鐵具磁性，能吸鐵而起舉重之偉力，如繫平盤於鐵，可坐數人而不墜，然使斷其電

流，則頓失磁性，異於尋常之磁石，故稱為電磁石 Electromagnet.

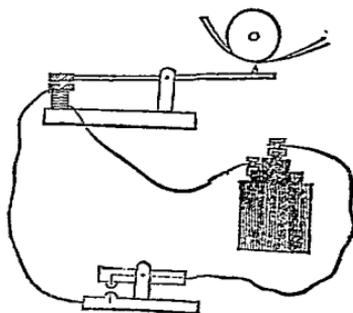
第百〇九圖

電鈴及電信機

利用電磁石，有電鈴 Electric bell 及電信機 Telegraph. 電鈴裝置，（第百〇九圖）供報警及招呼之用。即於電磁石前，施彈簧片，附鍛鐵片，而連以小錘，使接近銅鈴。迭押電紐，以斷續電流，可使電磁石迭起吸鐵性，頻錘擊其鈴而發聲。電信機，由發信機，受信機，及遠距導線等三部而成。（第百十圖示略）亦



第百十圖



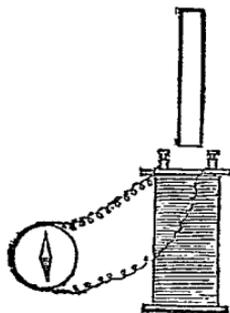
可迭押電紐，使電流斷續，電磁石前之鐵片應之，而或即或離；其他端之濡墨針，又應之而畫號碼於滑過之紙片上。

度電圈 取絕緣導綫，卷旋至數百回，為電流輪道，中插磁石，又急提出之；則反覆運動間，可生電流於輪道上，是為磁場內生電氣之裝置，稱曰度電圈 Coil. (第百十一圖)

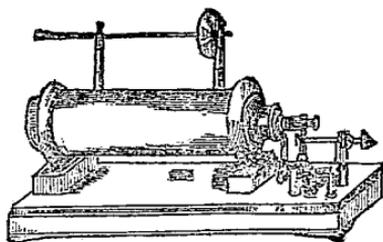
又有複式裝置，乃用鍛鐵綫一束，為第一層度電圈之心軸；更捲反對電流方向之第二層度電圈，包於其外，而通

以電流；如是則內層為電磁石作用，由外層之電場內生磁氣，可增大電磁力，此為凌可富氏創製之感應度電圈 Induction

第百十一圖



第百十二圖



coil. (第百十二圖)

發電機及電動機

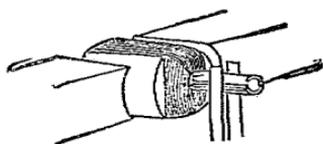
發電機亦稱代那謨

Dynamo, 普通用葛郎 Gramme 氏式, (第百十三圖) 即本簡單度電圈之理而作者, 在強磁石相向之兩極間, 置鍛鐵

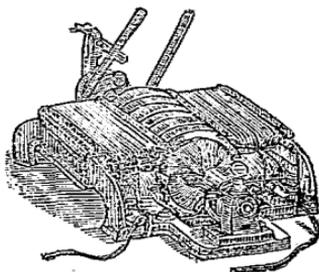
片旋捲數重之圓環, 而其外捲有一層度電圈. 如此轉動其環於磁場內, 可生強大電流, 以導綫連於各種機械, 起工程力, 不亞於蒸汽機關.

電動機亦稱爲馬達 Motor. (第百十四圖)

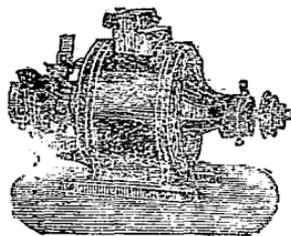
略如發電機構造, 而反用之; 即通電流於圓環, (葛郎環) 使之迴轉, 則能令度電圈與磁石, 生電磁力以帶動他機



第百十三圖

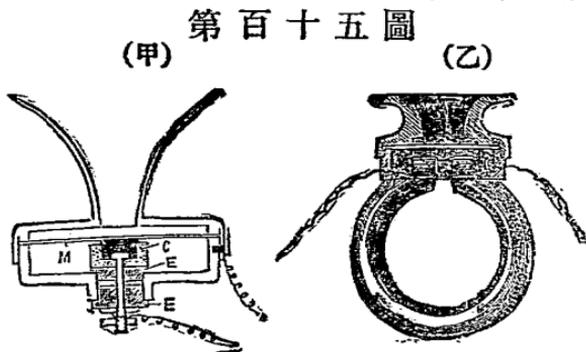


第百十四圖



軸，應用甚廣，如電車，即附此電動機於車臺下，藉以發動車輪；又電扇之發動用之。

電話機 藉兩層度電圈作用，得送話受話於遠距離，曰**電話機 Telephone**。（第百十五圖）法將送話機（甲）與電池，連於第一度電圈；而受話機（乙）與第二度電圈，作別一輪道，從送話機發音，



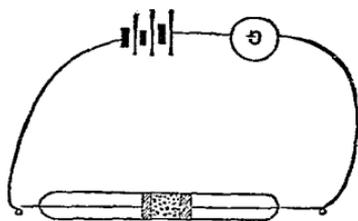
隨音波高低，振動炭片，更播動其內炭粒；而起電流抵抗，傳至受話機內磁石，吸動鐵片，亦應之而分強弱，得聆原音。

第 四 節 電 磁 波 及 電 極 線

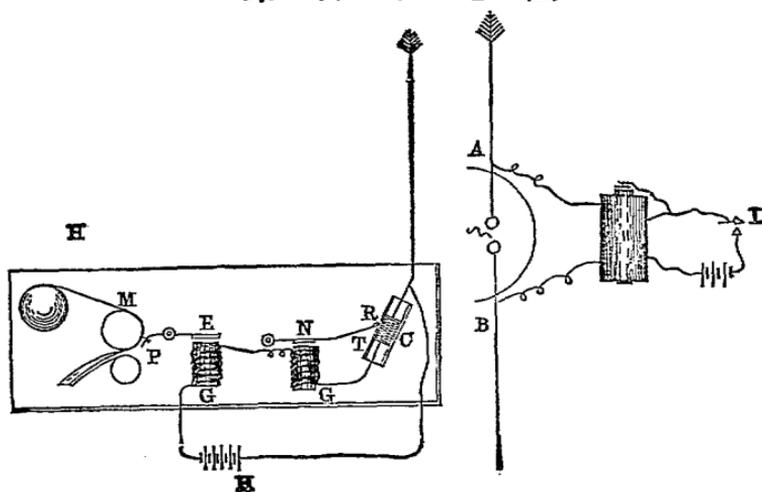
電磁波效用 傳達電磁力於四方，而作波狀進行之媒質，即以太；此種以太波，與光之以太波，性質有異，稱曰**電磁波 Electromagne-**

tic wave. 有檢波器，曰哥希拉 Coherer，（第百十六圖）係入鎳與鋁之粉末於真空玻璃管兩端夾有銀板而成。此金屬粉密度頗小，遇電磁波，則密集而通電流。無線電信 Wireless telegraphy 即利用此。（第百十七圖）即押其發信機之電鈕時，放電於高聳空中之送波線；而受信機一方，從等高之受波線，

第百十六圖



第百十七圖

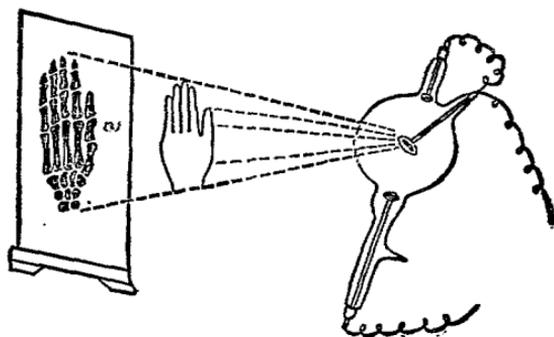


傳至哥希拉，即密集金屬粉，而電流以通；使電磁石吸近簧鐵片，一方劃點線於紙，一方又鎚擊哥希拉之管，使金屬粉復鬆，以斷電流；如此繼續受波，迭通電流，可續成受信機紙上之號碼。

電極線效用 玻管中有稀薄空氣，通過電氣火花，能放色彩；若使真空，則色彩全消，惟於陰極對壁，輻射一種綠黃色光線，稱曰陰極線 Cathode ray。當此線之直角設一障片，塗以靖化鉑銀之藥劑，而自其背後望之，更顯一種螢光，稱曰 X 線 X-rays。此線對於筋肉樹脂木片等不

第百十八圖

透明體，能通過之，惟金屬則不能通過；
(第百



十八圖) 故用於醫術上,可藉知臟器之運動,及人身中彈之所在。

科學小叢書

鄒盛文編

昆蟲研究法	一冊	一角
種草的方法	一冊	一角
種樹的方法	一冊	一角
種花的方法	一冊	印刷中
全世界的爬行動物	一冊	一角
風	一冊	一角
姣艷的薔薇	一冊	一角
奇妙的地球	一冊	一角

中華書局發行

半(504)

有著作權不准翻印

民國十四年三月發行
民國十五年六月九版

新中學 教科書 物理學 (全一冊)

●【布面精裝定價銀九角】
【紙面洋裝定價銀五角】

(外埠酌加郵匯費)

編者 鎮海鍾衡臧

校者 無錫華襄治

發行者 中華書局

印刷者 中華書局

印刷所 上海靜安寺路二七七號

總發行所 中華書局

分發行所

北京 天津 保定 張家口
濟南 青島 太原 開封 鄭州
西安 蘭州 南京 徐州 杭州
蕪湖 蘇州 南昌 九江
漢口 武昌 沙市 長沙
重慶 成都 瀘州 衡州
廣州 汕頭 福州 廈門
香港 梧州 貴陽 昆明
哈爾濱 新加坡

(三三七七)

325c

(1132)



50