

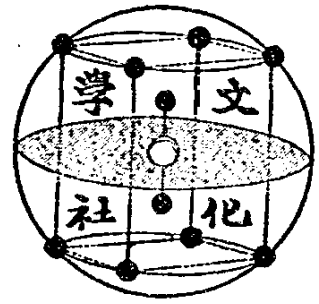
3
101033
31

101033



初中物理

王鹤清著



1 9 3 4

初 級 中 學

物 理 學

王 鶴 清 著

北 平 文 化 學 社 印 行

1 9 3 4

編 輯 大 意

- 一 本書內容，依據國民政府教育部最近頒布初中物理學課程標準，並參酌著者歷年教學經驗，編輯而成。適合初中物理科教學之用。
- 二 本書編制，以青年習見之事物或現象爲經，以科學之系統爲緯，適合青年心理的領會，以養成其隨時隨地能注意自然現象與事物之習慣。
- 三 本書注重實驗。每述一事理，多先由實驗，觀察，推出論斷，令學者獲得實際之經驗，以養成其研究科學之方法。
- 四 本書取材，切近實用。如汽機，汽車，飛艇，飛機，電機，電車，電報，電話，有聲電影，無線電等原理，敘述特詳，以增進學者研究科學之興趣。
- 五 本書所列「實驗」，「討論」，「問題」各項中，多留有教學活動研究之餘地，以堅固學者信仰真理之意志。
- 六 本書分成八大章，步驟緊湊，脈絡貫通。每章之末，

- 附以綱要及習題，以便記憶，而資練習。全書材料，每週教學二小時，適可於一學年內授畢。此外應使學生有各項自動的或在教師指導下的作業（如筆記，繪圖，製造，實驗記錄，旅行參觀，課外閱覽科學雜誌及書報等），以養成其研究科學之良好習慣。
- 七 本書敘述，清晰淺顯，適合論理的原則，以養成學者正確的物理的概念。
- 八 本書插圖二百八十餘幅，為實物教學之補助；並插有科學家肖像多幀，各附小傳，使學者景仰之餘，得有更深刻之印象。
- 九 本書與拙著初中化學互相聯絡。凡已見於該書之教材，本書便不贅述，以免重複，而節時間。採用本書者，請注意焉。
- 十 本書第八章，承方君叔密朱君仲玉校正，特此誌謝！其他掛漏之處，自知不免。尚望海內科學專家，不吝指教！

著者識於國立北平師大附中

民國二十年元旦。

目 次

第一章 緒論 I—7	
物質與物理學	單位	
第二章 空氣 9—14	
空氣之重量	空氣之壓力	氣壓表
抽氣機	濃氣機	
第三章 水 15—37	
水之壓力	連通管	水壓機
水之浮力	密度與比重	抽水機
潛水艇	飛艇	虹吸管
表面張力	微管現象	
第四章 簡單器械 39—74	
槓桿	桿秤	天平
滑輪	輪軸	工作
斜面	劈	螺旋
力	力之單位	力之穩定
穩度	力之平行四邊形	斜面與重
紙鳶凌空	帆船航行	飛機翱翔
運動與速度	牛頓之運動三定律	動量
力之重力標準與絕對標準		主動力與反動力
第五章 太陽與熱 75—108	
太陽與地球	溫度	溫度計
熱之單位	比熱	比熱之測定
熱之效應	熱之傳播	傳導
對流	輻射	熱機關
蒸汽機	氣油機	

第六章 太陽與光……………109—142

晝夜之變化	光之直進	日蝕月蝕
光之強弱	光之反射	平面鏡
球面鏡	光之屈折	透鏡
放大鏡	顯微鏡	望遠鏡
照相器	眼	電影
光之分散	虹	物體之色

第七章 樂器與音……………143—160

音由何而發生	音以何而傳播	音波
音之反射	噪音與樂音	音之三要素
共鳴	音程	樂器
留聲機		

第八章 磁與電……………161—214

磁石	摩擦生電	正電與負電
感應生電	空中雷電	化學作用而生電
電流之強弱	電磁石	電鈴
電報	感應電流	電話
發電機	電動機	電扇
電車	電波	無線電報
無線電話	電燈	

初中物理學教科書

第 一 章

緒 論

§ 1. 物質與物理學 吾人常見之筆,墨,紙,硯,銅,鐵,水,油等物,皆佔有空間之一部,並能由感官而得認識其存在,通稱為物質 (Matter)。若兼指其形狀大小而言,則稱為物體 (Body)。例如銀幣,銅圓,均稱物體;而銀與銅則為物質。

自然界由物質所生之各種變化,如風馳,雲湧,雨落,虹現,雪飛,霜降,電閃,雷鳴,以及天平之權之輕重;寒暑表之記溫度;氣壓表之報晴雨;羅盤針之指南北;統稱現象 (Phenomenon)。

物理學 (Physics) 係用觀察與實驗兩種方法,研究物質之性質,及其所生之運動,熱,音,光,磁,電等現象之科學。簡言之,物理學者,研究物質與能力 (Energy) 之科學也。

研究物理學之目的，在應用物理現象所依從之定律(Law)，以增進世界之文化，與人類之幸福。例如汽車，電車，輪船，飛機，電燈，電報，無線電及有聲電影等，皆屬於物理學之應用，對於世界人類之文化與幸福，實有重大之貢獻也。

§ 2. 單位 吾人對於自然現象，欲獲得真確之知識，須依據精密之實驗。然欲行精密之實驗，必憑藉精確之測定(Measurement)。故實驗為研究物理學之基礎；而測定為實驗上重要之工作。當測定各種數量時，須擇同種類之量為其標準。此標準謂之單位(Unit)。

物理學所用之基本單位 (Fundamental units)有三，即長，質量及時間三者是也。

(一) 長度 長之單位為公尺(Metre)，約合地球子午線長四千萬分之一，當我國新制三市尺。巴黎之國際度量衡局，特製鉑鈹棒上所刻平行線間在 0°C . 時之距離(圖I)定為公尺之標準，按十進位，各級單位之名稱如下表：

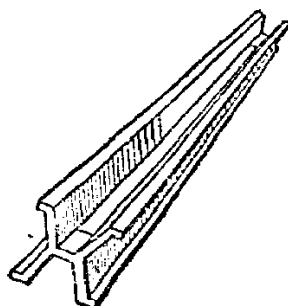


圖 1. 標準公尺.

長 度

中 名	西 名	略 號	等 於	合 市 尺
公 里	Kilometre	Km.	10公引	
公 引	Hectometre	Hm.	10公尺	
公 丈	Decametre	Dm.	10公尺	
公 尺	Metre	M.	10公寸	3 尺
公 寸	Decimetre	dm.	10公分	
公 分	Centimetre	cm.	10公釐	
公 釐	Millimetre	mm.		

量之單位，導源於度。取一立方公寸之容積為標準，名曰公升 (Litre)，合我國新制一市升。各級單位之名稱如下表：

容 量

中 名	西 名	略 號	等 於	合 市 升
公 乘	Kilolitre	Kl.	10公石	
公 石	Hectolitre	Hl.	10公斗	
公 斗	Decalitre	Dl.	10公升	
公 升	Litre	l.	10公合	1 升
公 合	Decilitre	dl.	10公勺	
公 勺	Centilitre	cl.	10公撮	
公 撮	Millilitre	ml.		

(二)質量 質量之單位爲公分 (Gram), 爲攝氏寒暑表四度 ($4^{\circ}\text{C}.$) 時, 蒸餾水一公撮之質量, 約合我國新制0.032市兩。各級單位之名稱如下表:

質 量

中 名	西 名	略 號	合 市 用 制
公 斤	Kilogram	Kg.	2 市斤
公 兩	Hectogram	Hg.	
公 錢	Decagram	Dg.	

公 分	Gram	g.	0.032 市兩
公 釐	Decigram	dg.	
公 毫	Centigram	cg.	
公 絲	Milligram	mg.	

最近國民政府曾改定權度制，頒布施行，制度分爲下列兩種：

(甲)標準制 定萬國公制爲中華民國權度之標準：

度 以一公尺爲標準尺。

量 以一公升爲標準升。

衡 以一公斤爲標準斤。

(乙)市用制。 以與民間習慣相近，並與標準制有最簡單之比率者爲市用制。

度 以標準尺三分之一爲一市尺。

量 以標準升爲市升。

衡 以標準斤二分之一爲市斤，

一市斤等於十六市兩。

新制,舊制,公制比較表

權 制 別	長 度			容 量		重 量		
	新 制	1 市 尺	.96 市 尺	3 市 尺	1 市 升	1.035 市 升	1 市 斤	1.193 市 斤
舊 制	$\frac{1}{24}$ 尺	1 尺	3.125 尺	.966 升	1 升	.838 斤	1 斤	1.676 斤
公 制	$\frac{1}{3}$ 公尺	.32 公尺	1 公尺	1 公升	1.0352 公升	$\frac{1}{2}$ 公斤	.5965 公斤	1 公斤

(三)時間 時之單位用平均太陽日 (Mean solar day), 一日分爲 24 小時, 一小時分爲 60 分, 一分分爲 60 秒。如下表所示:

1 日 = 24 小時 = 1440 分
1 小時 = 60 分 = 3600 秒
1 分 = 60 秒

物理學選定公分 (Centimetre) 爲長之單位, 公分 (Gram) 爲質量之單位, 秒 (Second) 爲時之單位, 此種基本單位 (Fundamental units) 之體系, 稱爲 C. G. S. 制 (C. G. S. System)。由基本單位誘導而出之單位, 謂之誘導單位 (Derived units)。例如面積爲二長相乘之積, 體

積爲三長相乘之積。故面積體積之單位均爲誘導單位。餘類推。

第一章 綱 要

物理學爲一種研究物質與能力之科學。

- C. G. S. 制： (1)長度以公分 (Cm.) 爲標準；
(2)質量以公分 (g.) 爲標準；
(3)時間以秒 (Sec.) 爲標準。

習 題

1. 某中學校學生身體發育統計：十五歲男生體高平均160公分，體重45公斤，合我國新舊制各幾尺？幾斤？
2. 精密測定本人之體高與體重而紀錄之(以公分，公斤爲標準)。
3. 四百公尺徑賽與四百碼徑賽孰長(英 1 碼=0.9144公尺)？
4. 郵局定章：信函及書籍每件之重最多 2 公斤，包裹則10公斤。問各合若干市斤？
5. 調查路局定章，三等車旅客行李，其免費之重量爲若干公斤？合若干市斤？
6. 物質與能力有何區別？試舉例說明之。
7. 物理學與化學之區別安在？
8. 試舉常見之化學現象，及物理現象各二種。
9. 有玻璃瓶重 720 公分，裝滿以水而再權之爲 1670 公分。問此玻璃瓶容量爲若干公升？

第二章

空氣

§ 3. 空氣之重量

實驗 I. 取籃球或足球一，用壓氣筒飽進空氣而緊拴之，用秤權其重量。次放出空氣，有何感覺？()再權其重，有何變化？

另取中空之金屬球一，用抽氣機抽去球內之空氣，隨密閉活塞，懸於天平之一端，而權其重量(圖2)。次啟活塞，起何現象？()天平他端加入砝碼，至平衡為度。

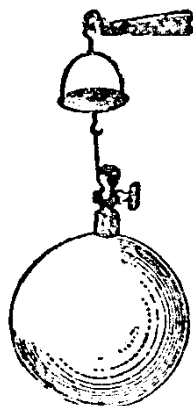


圖 2. 空氣密度之實驗

由精密實驗結果，平常空氣一公升之質量為 1.2 公分。

氣體有體積，有質量，故氣體之稀密，可用單位體

積所含之質量表之，是曰密度 (Density)。

$$\text{密度} = \frac{\text{質量}}{\text{體積}}$$

固體與液體之密度，均以其一公撮 (1cc.) 所含質量之公分數表之。例如鐵之密度為7.8g；水為1g；水銀為13.6g是也。氣體之密度，常以其一公升 (1l.) 所含質量之公分數表之。例如空氣之密度為1.2g；氧為1.4g；水蒸汽為0.8g。是也。

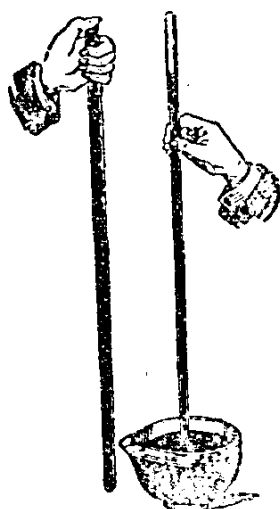


圖 3. 氣壓之實驗

§ 4. 空氣之壓力 空氣包圍地球，層層積壓，則地球上物體受有空氣之壓力，是為氣壓 (Atmospheric pressure)。實驗如下：

實驗 2. 取試管一枝，將管口向下接入水中，放開後何如？() 何故()。

實驗 3. 如圖 3 取長約一公尺而一端封閉之玻管，充滿水銀，用指緊按管口，倒立於水銀槽中，然後去指，則見水銀下降至一定高度為止，而記錄之()，同時管內水銀表面上部成為真空 (Vacuum)；而水銀柱之重量，適與氣壓相等。(圖 4)。

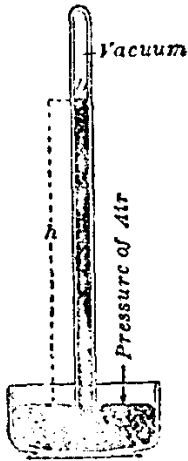


圖 4. 氣壓之說明

由此實驗，不但可證明空氣之有壓力，且可知氣壓之大小。

問題 1. 設玻璃管之底面積為一平方公分，水銀柱之高為76公分。問一平方公分面積上之氣壓為何？

問題 2. 人體之表面積為 1.3 平方公尺，其所受之全氣壓為何？然吾人受之而不覺者，何故？

大氣壓力隨時隨地而生變化，地面高，則空氣薄，而壓力小；地面低，則空氣厚而壓力大。故水銀柱之高，常依地面之高低而變。據實測結果，在海平面上，其平均高度為 76cm. 定為氣壓之標準，是曰一氣壓 (One atmosphere)。凡離海平面高 11m.，則水銀柱降低約 1mm.

氣壓與天時有關：濕潤空氣，常輕於乾燥之空氣。(何故?)天雨或將雨之時，空氣中含水蒸汽多，故氣壓常減；天晴時反是。故氣壓大時，每為晴朗之徵；氣壓小時，每為風雨之兆。

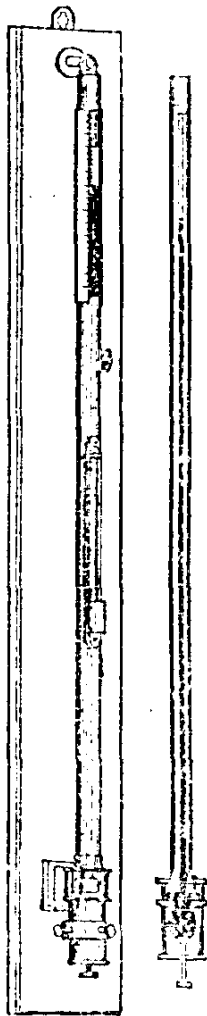


圖 5. 氣壓表

又風起於空氣之流動。空氣必從氣壓高處，吹向低處。故既知各地之氣壓，可預測風向焉。

§ 5. 氣壓表 氣壓表(Barometer)

即利用上述原理製成精密之器械(圖5)。器之上面爲一玻璃管，下面爲一水銀槽，槽與管之大部分均有金屬管掩護，僅有槽內水銀面與管內水銀柱之頭部，遺留於外，可以窺見。旋轉槽下螺旋，使槽內水銀面恰與槽上固定之指針相觸，即可由玻璃管上面之刻度，讀出氣壓之高度。

§ 6. 抽氣機 一定質量之氣體，

當溫度一定時，其體積與壓力成反比例：是曰波以耳定律 (Boyle's law. 復習拙著初中化學第五十頁)。抽氣機(Air pump)爲應用此定律，排除密閉器內空氣之器械。其構造如圖 6, C 爲圓筒，中有活塞 P；筒內有兩舌門 s 與 t，僅能上開。由 H 柄上下活塞，R 罩

內之空氣，遂由筒抽出，近於真空。

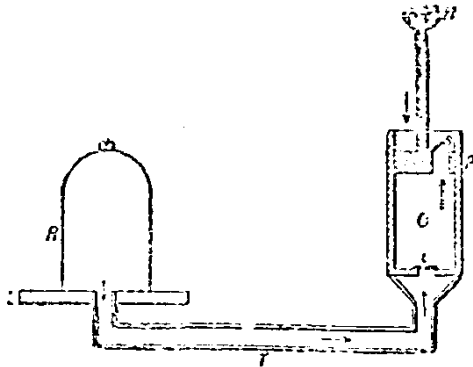


圖6 抽氣機

問題 1. 試分析活塞上提與下壓時抽氣機內部之情形，並繪圖以說明之。

問題 2. R 罩內空氣，能否抽成完全真空？何故？

§ 7. 濃氣機 壓入空氣之機械為濃氣機 (Compression pump)，其功用既與抽氣機相反，故其構造只須將抽氣機之舌門反置之(往下開)即可。但通常所用者，其活塞不緊切於圓筒(圖 7)。活塞中間，緊接皮片，較筒徑稍大。當活塞上提時，筒外空氣，由活塞周圍之細縫入筒。但活塞下壓時，則皮片緊切於筒，筒內空氣遂由側口進入他器。圖 7 即此種濃氣機與自行車輪聯絡之狀態也。

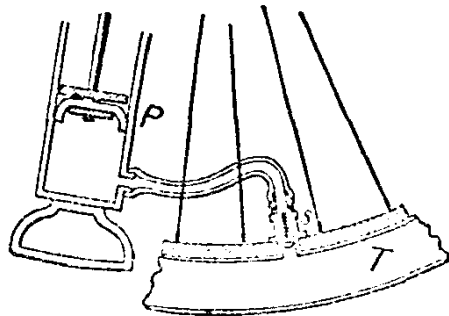


圖7 濃氣機與自行車輪聯絡之狀態

第二章 綱 要

$$\text{密度} = \frac{\text{質 量}}{\text{體 積}}$$

$$P V = P' V'$$

標準氣壓： 氣壓表水銀柱高76cm.

氣壓表之應用： (1) 測氣壓之高低；(2) 測地面之高低(3)測晴雨；(4)測風向。

抽氣機為排除氣體之機械； 濃氣機為壓縮氣體之機械。

習 題

1. 今有銅 44.5g.其體積為5cc.求銅之密度。
2. 銅與鐵之密度孰大?
3. 求水銀50cc.之質量。
4. 氣壓表內水銀,若易以水,當一氣壓時,水柱之高當為幾何?
5. 當一氣壓時,每平方寸受有若干斤之重?
6. 有一氣體,當壓力740mm.時,其體積為500cc.求當標準壓力時之體積。
7. 有氣壓表在海平面時為75cm.移至一高山時,則為60cm.問此山約為若干高?
8. 電燈泡內之空氣,係用何種抽氣機排除淨盡?(教師指導!)
9. 試言氣壓與水壓之原因,並舉出兩者之功用。

第三章

水

§ 8. 水之壓力

實驗 4. 茶杯或玻璃杯內盛水多量，以手掌承托其底，起何感覺？

實驗 5. 如圖 8 以曲管盛水銀，一端入水內，細察兩端水銀面之差度與入水之深淺有何關係？

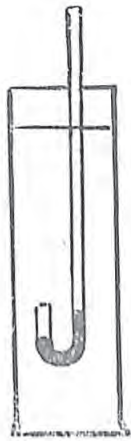


圖 8. 實驗水之下壓力

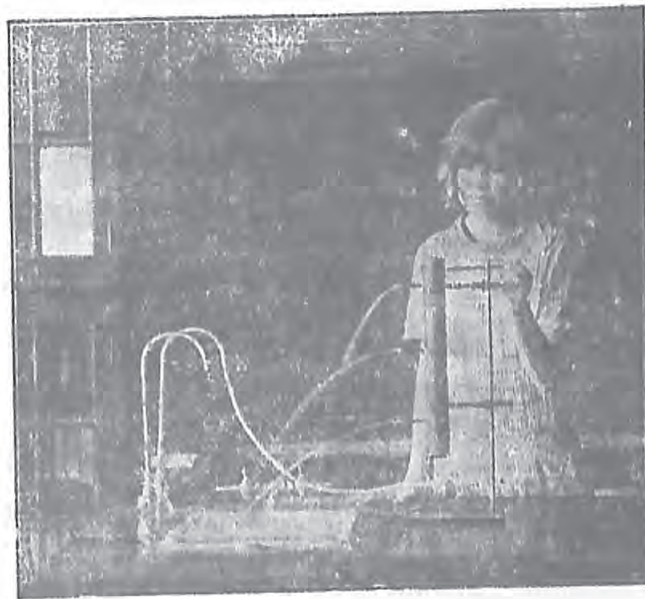


圖 9. 實驗水之側壓力

實驗 6. 取試管一枝，將管底接入盛水之杯中，放手後何如？與入水之深淺，有何關係？

試與實驗 2 比較之。

實驗 7. 取一有底之竹筒或金屬筒(圖 9)，其旁通三枝管。注水入筒，起何現象？()與水深有何關係？

水因有重量，故生壓力。水壓分上壓，下壓，側壓三種；其力之大小，均與水之深淺成正比例。今再研究如下：

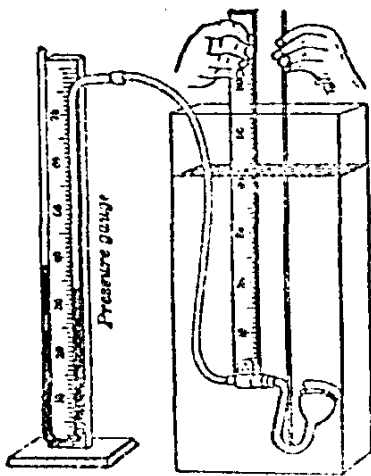


圖 10 實驗同深液體之上
下側之壓力皆相等

實驗 8. 如圖 10.張橡皮膜於短柄之漏斗管口，柄端插入橡皮管，與測壓器相聯絡。測壓器內裝入洋紅水，至兩側管水面在同一平面上為止。試以手指輕叩膜面，液面起何變化？()次將漏斗沉入水內深處，兩液面之差何如？()

又在同一深處(水面至膜面中心之距離)，將漏斗口向上，下，側面迴轉，測壓器兩液面之差，有無變化？()

由此實驗結果，得知液體在同一深度之向上，向下，向側之壓力皆相等。

問題 1. 有一長方箱長 20cm. 寬 10cm. 盛水深 15cm. 問底面所受水之全壓力爲若干公分? 又底面一平方公分所受之壓力 (即壓力強度簡稱壓力) 爲何?

問題 2. 求上題長方箱四面側壓力之總和。

提示: 箱之一面所受側壓力 = 側面 × 平均深度 (水面至側面中心之距離) × 密度。以式表之:

$$P = A \times h \times d.$$

§ 9. 連通管 水易流動, 表面設有高低, 必流成平面而靜止。故靜止之水面, 常與重力方向成直角。

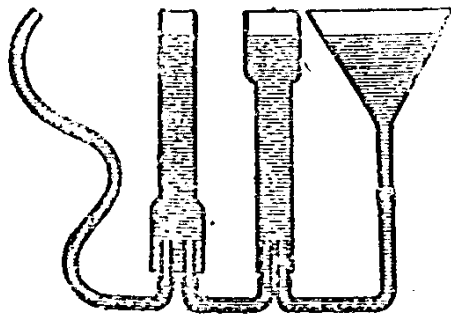


圖 11 連通管

實驗 9. 如圖 11 爲連通管, 各管之形狀大小俱異, 今注水於一管而察其效果, 並言其理。

由上實驗液體表面下之壓力, 僅與其深度有關, 無涉

於器之形狀大小。

自來水即利用連通管之理而成。水廠中先導水入池, 經軟化, 澄清, 濾淨, 殺菌等手續, 然後壓入貯水塔 (圖 12) 內, 再用水管送至各處備用 (圖 13, 14),



圖12 貯 水 塔

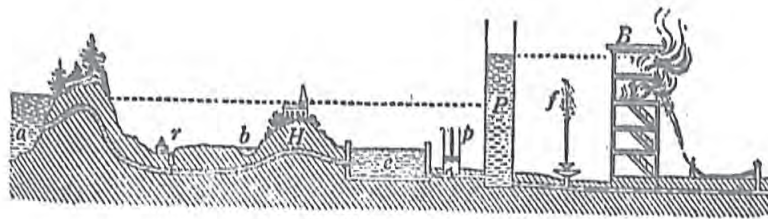


圖13

自來水

水池

壓水機

水塔

噴水

救火

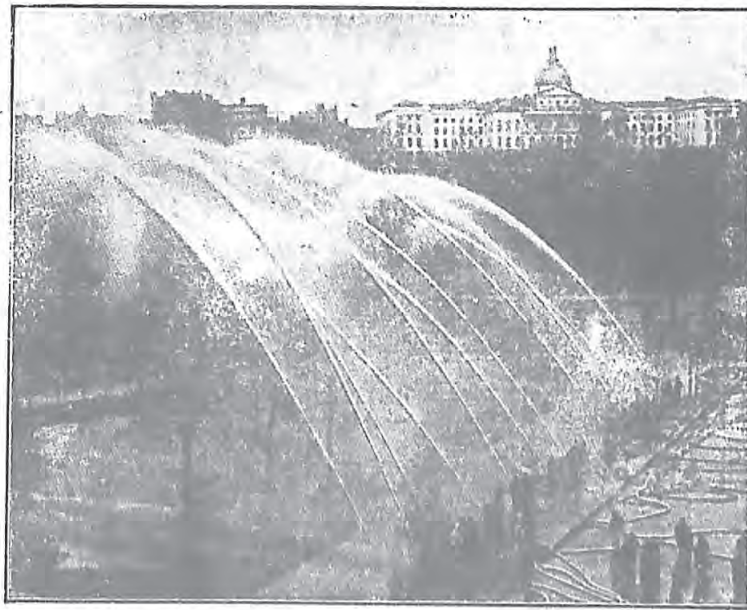


圖14 救火

§ 10 水壓之傳達, 水壓機

實驗10 如圖 15, 取一下端接有中空金屬圓球之玻璃筒, 球面鑿有多孔。注水滿球與筒, 而以活塞壓入之, 起何現象?

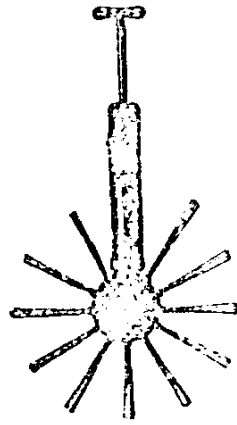


圖15 水壓之傳達

又如圖16，連通管左右兩水面上之活塞(ab與AB，均可自由上下。)其面積之比為1:1000，設ab上置重1公斤，則AB上須置重1000公斤，然後兩活塞方得保持平衡。

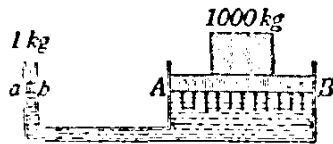


圖16 水壓機之原理

由上可知加壓力於密閉液體之一部，此壓力即傳達各方而無增減：是曰巴司格爾之原理 (Pascal's principle)。設 p 為加於液體 s 面之壓力， P 為此液體他一部分 S 面上所生之壓力。因二者壓力強度相等，故

$$\frac{p}{s} = \frac{P}{S}$$

$$P = \frac{S}{s} p$$

如面積 S 較 s 甚大則由極小之壓力 p 可以發生極大之壓力 P 。水壓機 (Hydraulic press) 即利用此理而成。學者試解釋其構造與功用(圖17)

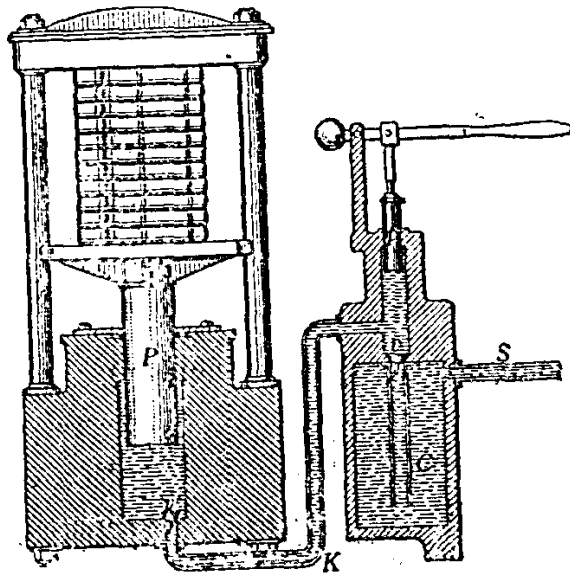


圖17 水壓機

§ II 水之浮力 吾人當游泳時，身體幾浮於水面；試管壓入水中，放手立浮；水中權物常較在空中為輕者：是皆顯明水有向上之浮力(即上壓力)也。浮力之大

小,可實驗如下:

實驗II 如圖18裝置天平之一端,懸一金屬圓柱B.及一容積與

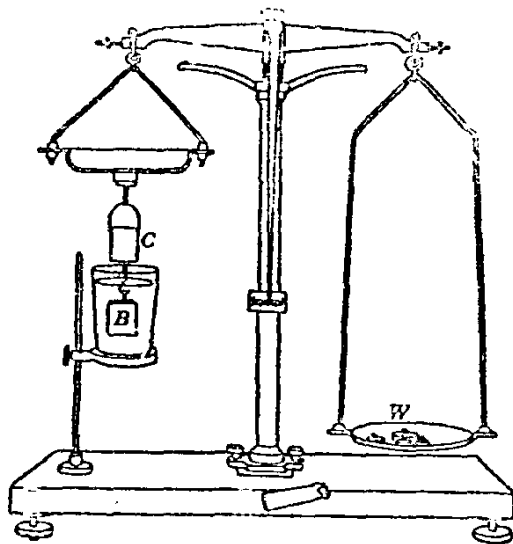


圖18 阿基米德原理之實驗

圓柱同大之圓筒c。他端置入砝碼,令其平衡。然後將圓柱放入水中,何如?() 另取水徐徐注入圓筒中令滿又何如?()

由此可知物體浸入液體中時,其重當減;所減之重,(即浮力)等於同容積液體之重:是曰

阿基米德原理(Archimede's principle)

問題 1. 試以圖19解釋阿基米德原理。

問題 2. 試述物體浮沈之理,並舉例以明之。

§ 12 密度與比重 單位體積所含之質量曰密度。

固體之密度,依據阿基米德原理,若大於液體,即重力大於於浮力,則物體當下沈。例如以石投水,直沈水底是也。若二者密度相等,即重力與浮力平衡,當隨處皆

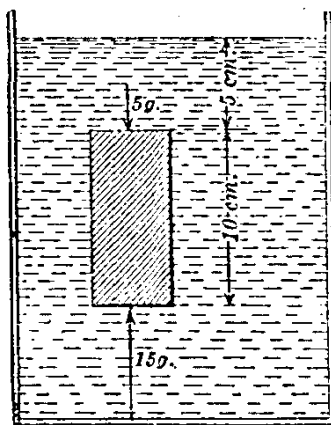


圖19 阿基米德原理之解釋。

可靜止。例如雞蛋入相當濃度之食鹽水中，可以浮沈自在也。若固體之密度，小於液體，即浮力大於重力，則物體當向上浮，直至其所排去液體之重量，適等於其重量為止。(圖20)。例如船舶之浮於水是也。

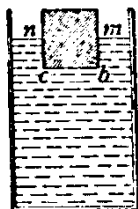


圖20 浮體之重量與所擠開液體mncb之重量相等

物質之密度與 4°C 時蒸餾水之密度(Ig)之比曰比重 (Specific gravity)。各種固體或液體之比重，可利用

阿氏原理測定之。例如有一固體在空氣中之重量 W ，在蒸餾水中之重量為 w' ，則其比重當為：

$$\frac{W}{W - w'} \text{ (何故?)}$$

問題 1. 有一鐵塊，在空氣中權之得78g；在水中權之為68g。求鐵之比重。

問題 2. 有礦石一塊，在空氣中權之為42g；在水中權之為25g。求此礦石之比重。

問題 3. 有一金屬立方體每邊長6cm在空氣中權之為700g，求其在水中之重量。

測液體之比重時，可用具有一定容積之細頸玻璃瓶，曰比重瓶 (Specific gravity flask圖21)者盛液命其重為 W ；代之以水，命其重為 w' ，瓶本身之重為 w ，則其比重為

$$\frac{W - w}{W' - w} \text{ (何故?)}$$

問題 1. 有一比重瓶為重15.063g。滿盛以水後，共重64.485g。問此瓶之體積為何？又若此瓶滿盛酒精，共重53.462g。求酒精之比重。

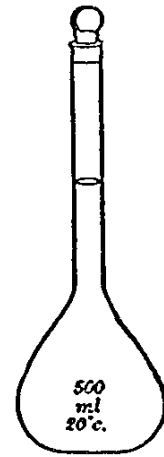


圖21 比重瓶

測液體比重最簡便之器械曰浮秤 (Hydrometer 圖

22), 上端係一刻度之玻管, 下端係一空玻璃球, 球底封入水銀以便浮秤得以直立液體中。液體之比重愈大, 則秤浮起愈高。故由液上部分之高低, 可以讀出液體之比重。

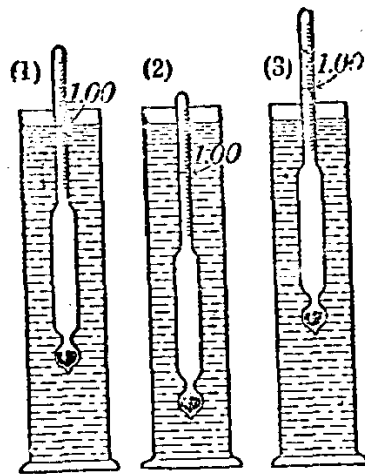


圖22 浮 秤

實驗12 (分組)

- (1) 用戥秤測定銀幣之比重;
- (2) 用比重瓶測定煤油之比重;
- (3) 用浮秤測定牛乳之比重。

茲將普通重要物質之比重, 列表於下:

固 體

松·····0.5	銅·····8.9
槲·····0.8	鎳·····8.9
冰·····0.9	銀·····10.5
鋁·····2.58	鉛·····11.3
玻璃·····2.6	金·····10.3
鋅·····7.1	鎘·····19.6
鑄鐵·····7.4	鉑·····21.4
鍛鐵·····7.8—7.9	銻·····22.5
鋼·····7.7—7.9	
黃銅·····8.5	

液 體

汽油·····0.75	鹽酸·····1.27
酒精·····0.79	二硫化碳·····1.29
甘油·····1.26	水銀·····13.6

§ 13 抽水機 抽水機 (Water pump) 者, 利用空氣之壓力, 將低處之水, 送至高處之器械也。有吸水機 (Suction pump 圖23) 與壓水機 (Force pump 圖24) 二

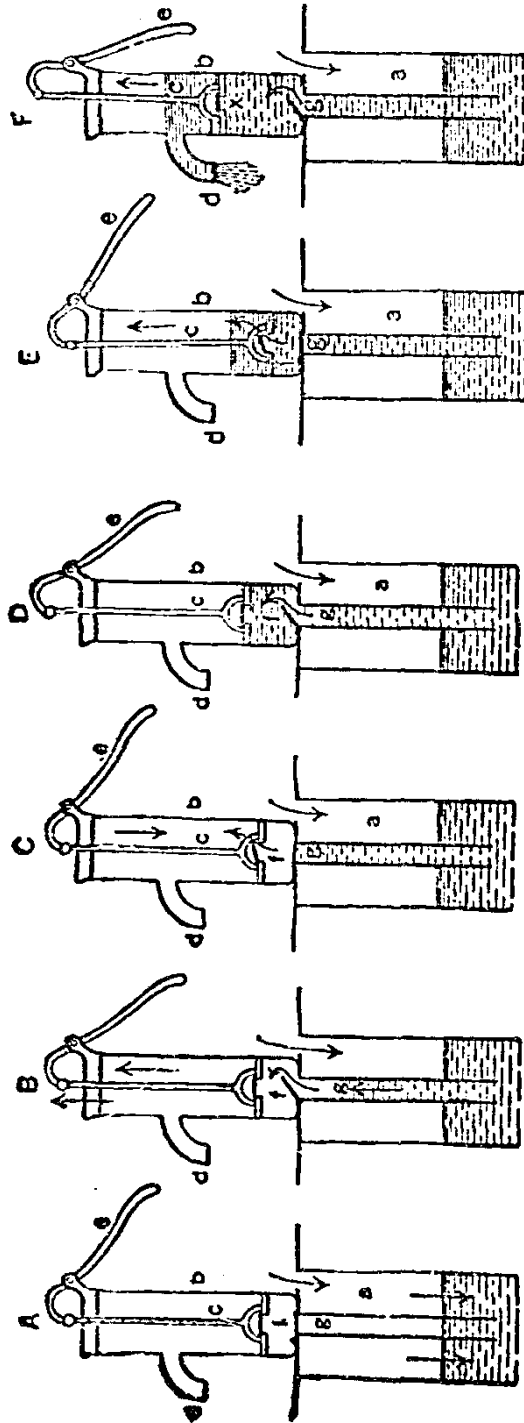


圖 23 吸 水 機

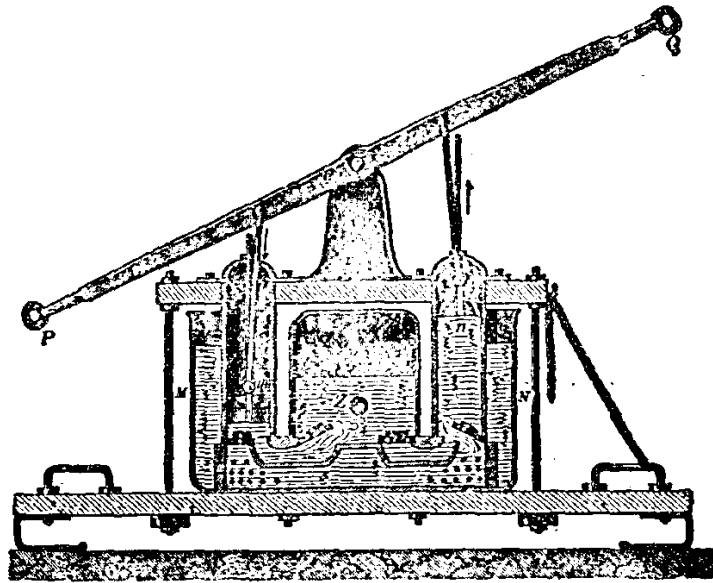


圖25 救火機

§ 14 浮沈子與潛水艇

實驗 I 3 如圖 26, 取內部空洞上端開口之浮沉子(或用試驗管)入盛水圓筒中, 以膀胱緊縛筒口, 手壓膀胱, 起何現象? () 放手後何如? () 試言其理

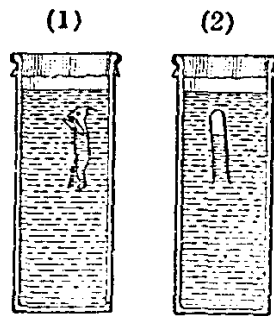


圖26 物體之浮沈

魚類之能浮沈於水中，即上理也。蓋魚類體內有鰾，中貯空氣。欲沈於水中時，口中含水，由唇之壓力壓縮其鰾，以增其體重，壓力一去，則鰾復澎漲，排出水分而體重減，故得任意浮沈。

潛水艇(圖27)之理，亦與此同。欲艇沈下時，須引水入密閉之積水池，以增其全重。如欲出水面時可將壓縮空氣，鼓入積水池內，排水外出，艇即上浮。

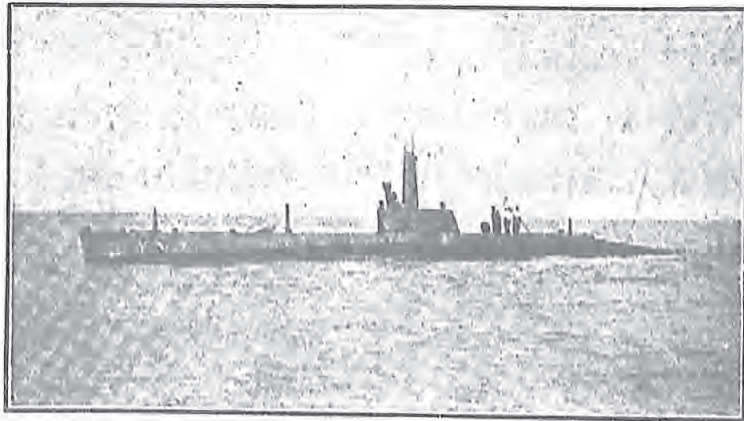


圖27 潛 水 艇

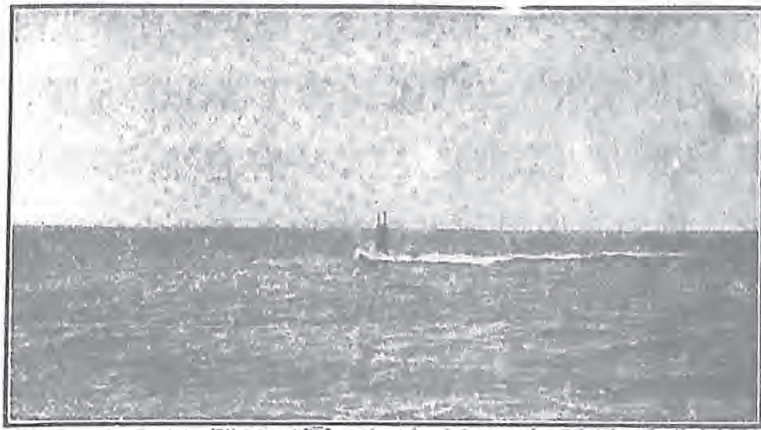


圖28 潛水艇之潛行

§ 15 氣球與飛艇

氣球 (Balloon) 爲一絲織品大囊 (圖29), 外敷塗料, 俾不致漏氣, 中貯氫或氦。因其全體較空氣輕, 故得上昇空中。

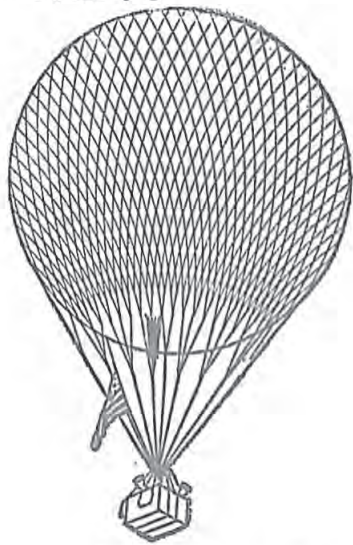


圖29 氣球



圖30 落下傘

附於氣囊之旁者爲落下傘(圖30)。此傘張開時其面積甚大,因受空氣之抵抗,徐徐下落,以防危險。

氣球上昇空際,前後左右,一任自然,不能以意識指揮之,故不便於用。其由此改良而進步者則爲飛艇(Air Ship 圖31)。飛艇有氣油發動機,螺旋推進機(詳第四章),及舵,艇得循任意之方向進行。飛艇之氣囊爲長形,所以減少空氣之抵抗力也。其囊有設支架者,以鏢爲之,謂之硬式飛艇。有不用支架,謂之柔囊飛艇。歐戰時,德國徐柏林飛艇(圖32)甚著名。

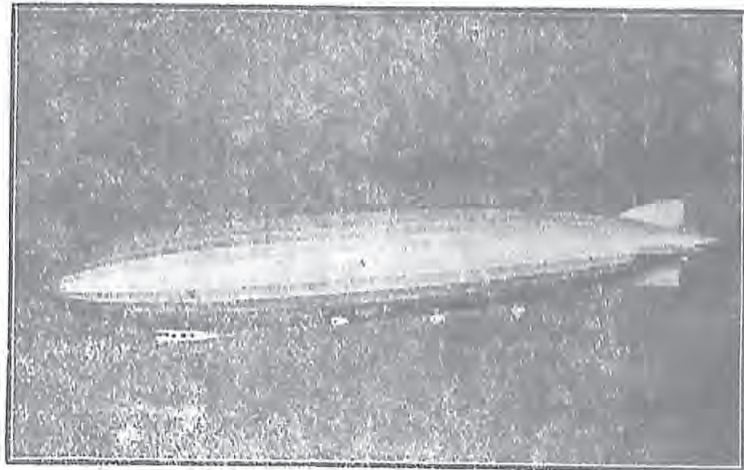


圖31 飛 艇

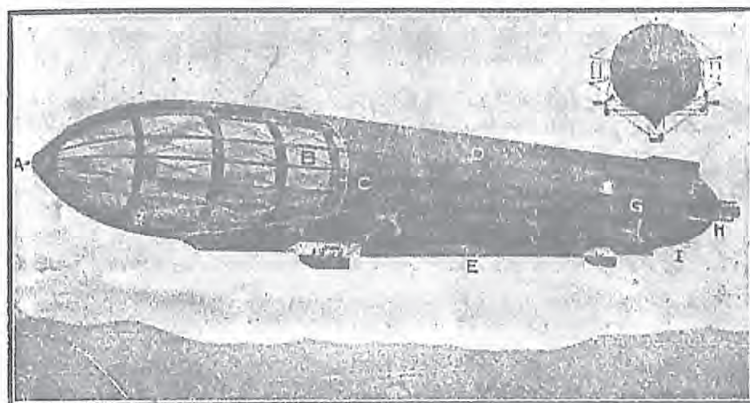


圖32 徐柏林飛艇

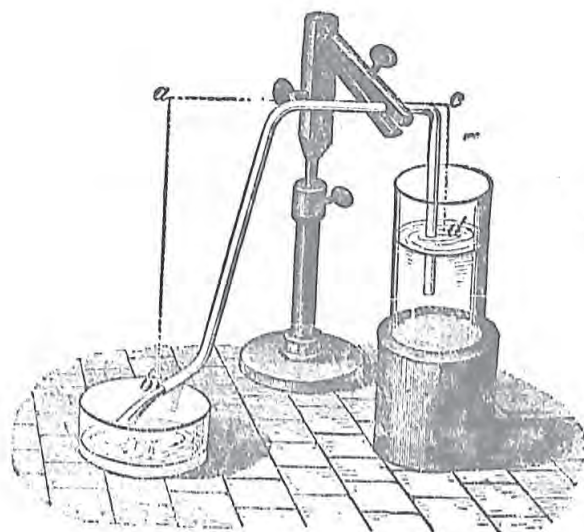


圖33 虹吸

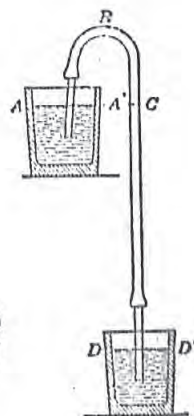


圖34 虹吸之變化

§ 16 虹吸管 虹吸管 (Siphon) 係長短兩臂之曲

管,利用氣壓,使高處之液體(不易傾出,或使澄液與沉澱分離),移至低處之器械也(圖33)。入短臂於高處之液,吸液滿管,液即不絕流向低處。因 ab 大於 cd 故自右向左之壓力,大於自左向右也。

實驗 I 4 取兩短小玻管,用橡皮管聯絡,一端插入高處盛水之杯中,他端懸入低處之空杯內。(圖34)。吸液滿管後,起何現象?() 次將兩杯移在同一平面上,而察其結果() 再將一杯漸次移高,有何關係?()

§ 17 表面張力

實驗 I 5 用中空筆管蘸肥皂水,吹氣成泡,成何形狀?() 放氣後何如?

另以細線之圈,於繫銅環(圖35),浸入肥皂液內,使銅環上張薄膜一層,然後用燒熱之鐵絲刺破細線中之膜,起何變化?() 試思其理。

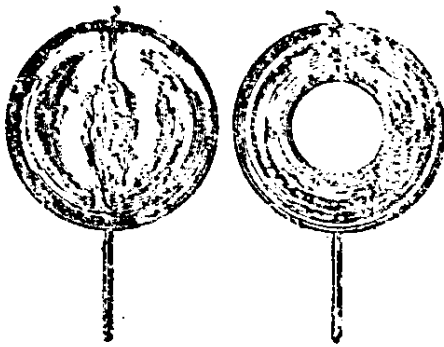
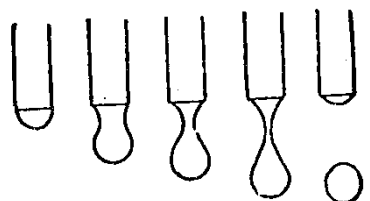


圖35 試驗表面張力

由上知液體表面,恒具彈性膜作用之傾向,是曰表面張力(Surface tension)例如水滴(圖36),水銀點,油珠,汗珠皆成球形以及細針之能



浮於水面 (圖37), 昆蟲之能
行於水面 (圖38), 皆表面張
力之作用也。

圖36 活動攝影水滴所經之階級



圖37 浮針之橫截面



圖38 昆蟲行於水面

§ 18 微管現象

實驗I6 取細管數枝依其徑之大小(2m—1m), 排列如圖39 傾
水於管下之器, 細察各管內水柱之高與管徑之關係。()其液面
之狀何如?()又以水銀代水, 則現象何如?

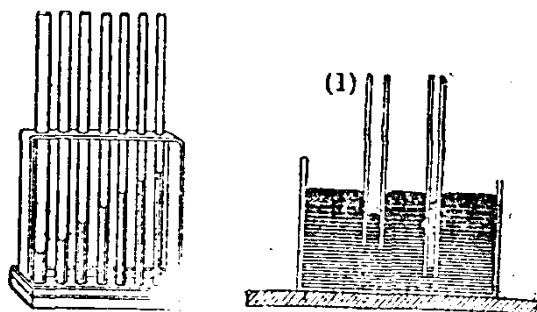


圖39 微管現象

由此實驗微管現象可得下列定律:

- I. 液能沾濡微管者則上昇, 否則下降。

2. 昇降之度均與管徑成反比。
3. 凡上昇之液，液面必下凹；下降者，液面必上凸。

微管現象，在自然界及日常生活上皆甚重要。例如燈心之吸油；毛筆之吸墨；吸水紙之吸收墨水；植物由土壤中吸收肥料；動物由食品中吸收養分。皆微管之作用也。

第 三 章 綱 要

液體在同一深度之向上，向下，向側之壓力皆相等。

$$P \text{ (全壓力)} = A \times h \times d$$

$$p \text{ (壓力強度)} = h \times d$$

液體表面下之壓力，僅與其深度有關，而與容器形狀大小無涉。

加壓力於密閉液體之一部，此壓力即傳達各方而無增減(pascal's principle)。

物體浸入液體中時，其所減之重量，等於同容積液體之重 (Archemede's principle)。

$$\text{密度} = \frac{\text{質量}}{\text{體積}}$$

$$\text{比重} = \frac{\text{物質之密度}}{\text{水之密度}}$$

$$\text{測定固體(比水重)之比重} = \frac{W}{W - W'}$$

$$\text{測定液體之比重: (1) 用比重瓶法, 比重} = \frac{W - W'}{W'' - W'}$$

(2) 用浮秤法,

抽水機係利用氣壓將低處之水, 送至高處之器械;
虹吸管係利用氣壓將高處之水, 流至低處之器械。

細玻璃管樹立水中時, 則水潤濕管壁而上昇管中。以水銀易水, 則管不受潤濕, 而管內水銀面降低。是曰微管現象。

液體表面, 有收縮之力, 是曰表面張力。

習題

1. 有一潛水艇在海水底下30公尺, 求其每平方公分面上受有若干公斤之水壓? 海水之密度為 1.03 g.
2. 有一水池其底部每平方公分受有一公斤之水壓。求水柱之高。
3. 問水銀柱76 cm 所施於底部之壓力為若干?
4. 有一水池長8公尺寬5公尺, 水深120公分, 求全側壓力。
5. 有一游泳池長六丈, 寬3丈容水一側深4尺他側深一丈。求此池斜底面所受水之全壓力。
6. 凡浮體上浮, 至何程度而止? 鷄卵入水, 有何法可使上浮?
7. 曹冲鑿象之法若何? 係根據何種原理?
8. 有一平底巨舟, 長60呎, 寬20呎, 浮出水面高5呎, 裝入煤炭後, 僅高出水面1呎問載煤若干噸(2240磅)? 水一立方呎重62.4磅。

第 四 章

簡 單 器 械

§ 19 槓桿 槓桿係一堅固之直棒。棒上有三要點：
 支定之點曰支點；着力之點曰力點；任重之點曰重點。
 支力兩點之距離曰力臂；支重兩點之距離曰重臂。力，
 重，力臂及重臂四者之關係，實驗如下：

實驗 17 如圖40 將槓桿之中點支住，左右兩端各懸一等重之
 錘，何如？()次在右側重臂二寸處，懸一100g.之砝碼(重)，並在
 左側力臂四寸處懸一 50g. 之砝碼(力)，槓桿仍能保持平衡否？(

)最後任意加減兩臂長度及兩錘重量，令適達平衡為度，求其相互之
 關係。

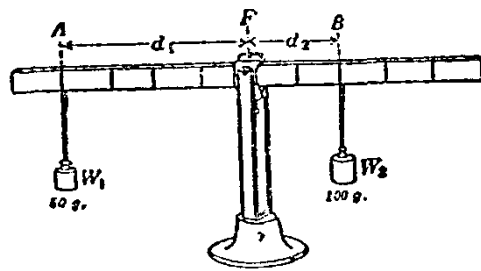


圖40 槓 桿

由上實驗，知槓桿平衡時，則力比重，若重臂比力臂：

力 : 重 = 重臂 : 力臂

力 \times 力臂 = 重 \times 重臂

$$\therefore \text{力} = \text{重} \times \frac{\text{重臂}}{\text{力臂}}$$

故用槓桿起重物時，力臂愈長而重臂愈短，則愈省力：是為槓桿之原理。

槓桿因支、重、力、三點位置之不同，可分為三類：

第一類 支點在力點重點之間，（圖41），如桿秤（圖42），天平（圖43），剪刀（圖44），鐵錐（圖45），釘拔（圖46）等，皆屬此類。

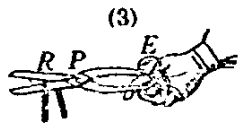
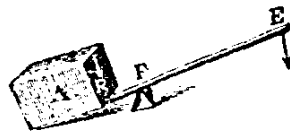
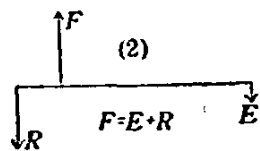
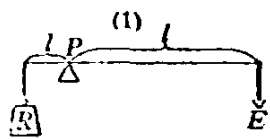


圖41 第 一 類 槓 桿

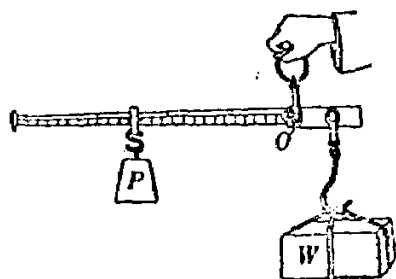


圖42 桿 秤

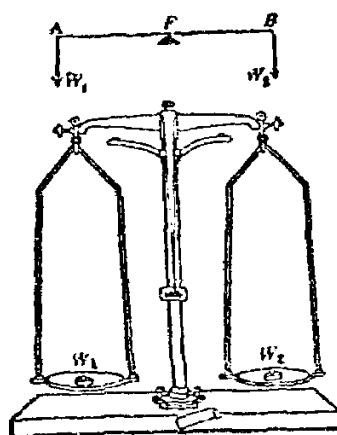


圖43 天 秤



圖44 剪 刀

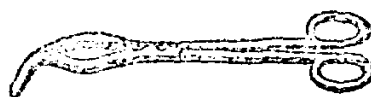


圖45 鐵 鉗

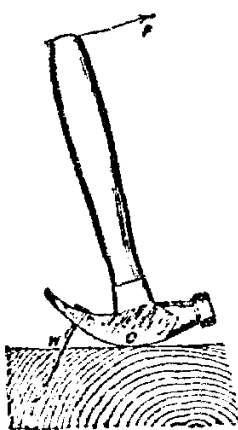


圖46 釘 拔

第二類 重點在力點支點之間(圖47)。如鋤刀, 果鉞(圖47(3)), 壓榨器等, 皆屬此類。

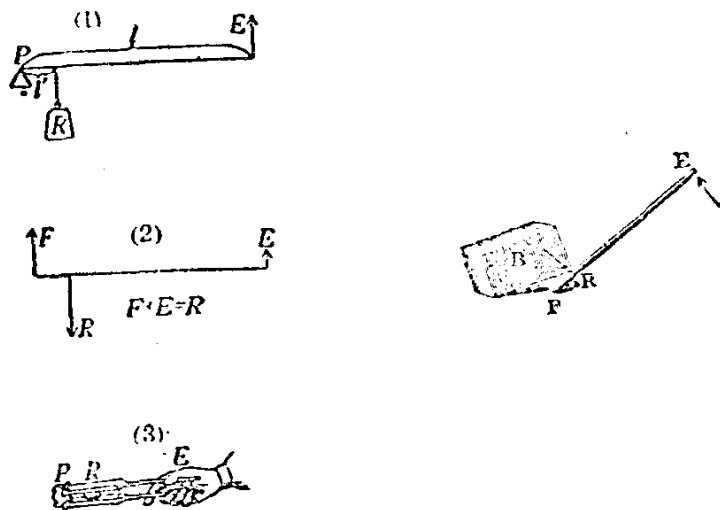


圖47 第二類槓桿

第三類 力點在重點支點之間(圖48), 如鑷, 糖鉞, 汽車踏板及人手持物等, 皆屬此類。

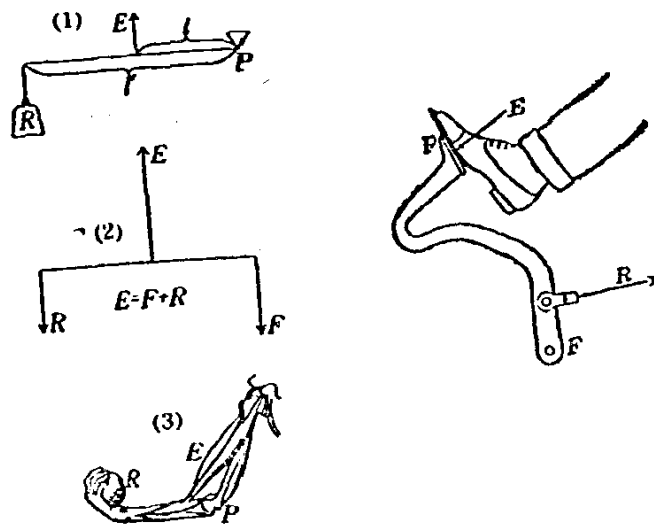


圖48 第三類槓桿

問題 1. 設有槓桿，長 6 尺，其一端懸重物 6 斤，他端懸重物 18 斤。問挑起時，當著肩於何處？

問題 2. 一桿長 10 呎，上載一重 100 磅之物。在一端之人以 30 磅之力支住，在他一端之人，以 70 磅之力支住此棒時，問此物當懸於桿上何處？

問題 3. 鐵匠所用之剪，柄長而口短，理髮匠或裁縫所用者適相反，何故？

§ 20 桿秤 桿秤（或曰稱）為我國通常權重之器械。（圖 42）。秤紐為支點，秤鈎為重點、秤錘為力，重臂（秤鈎與秤紐之距離）一定，錘重（力）亦一定。故移動秤錘達於平衡之位置，足以表出鈎上所懸物體之重量。

實驗 18 試用秤權一足球及一鐵球或鐵餅之質量而記錄之。

§ 21 天平 天平 (Balance) 為兩臂相等之槓桿。用以精密測定物體之質量者也。構造如圖 49 懸皿於兩端，左方載物體，右方置砝碼，旋轉前方撓拐，則指針左右擺動，如指針止於零點，則兩臂適達平衡。此時砝碼之質量，即等於物體之重量。

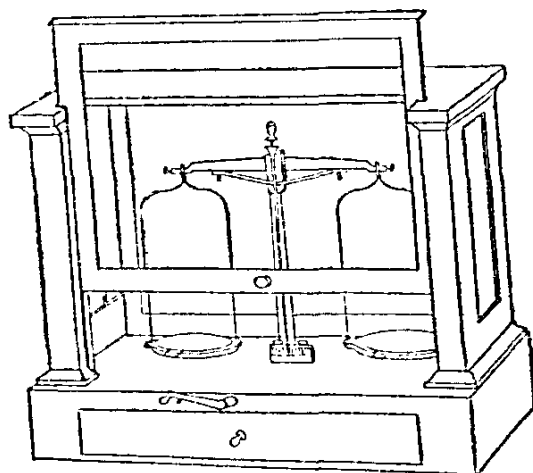


圖49 天 平

實驗19 試用天平權一掛錫及一濾紙之質量(教師指導!)而記錄之。

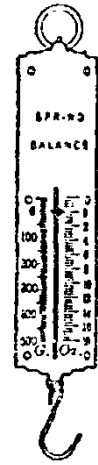
注意!

1. 使用天平及砝碼時,最宜小心謹慎。
2. 凡啟閉天平櫃門,或旋轉撓拐,或加減砝碼等動作,均宜輕微,萬勿粗率。
3. 天平不用時,當令兩盤落支台上,每次加減物料或砝碼時亦然。
4. 凡置盤中之物,必須乾淨。如為固體,應以玻璃紙或錶皿承之。
5. 取用砝碼,必以鑷夾之,勿用手指,砝碼常置於右盤,物料常置於左盤。

6. 紀錄結果時，先計算盤內砝碼之重量，後校
砝碼盒中之空位，兩相核對，可免錯誤。

問題 1. 桿秤與天平之異點安在？二者用途若何？

問題 2. 桿秤與彈簧秤（圖50）之區別若何？彈簧
秤之用途安在？



§ 22 滑輪 滑輪(或稱滑車Pulley)係槓
桿之變形，為周邊鑿有凹溝之圓板，而能繞中
央之軸以旋轉者也。凡裝在固定處而不能移
動之滑輪(圖51)稱為定滑輪 (Fixed pulley)；裝在所曳
之物體上，可隨物體上下之滑輪 (圖52)，稱為動滑輪
(Movable pulley)。兩者之功用如何，可實驗如下：

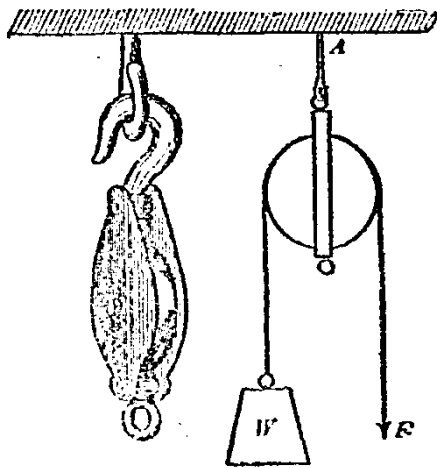


圖51 定滑輪

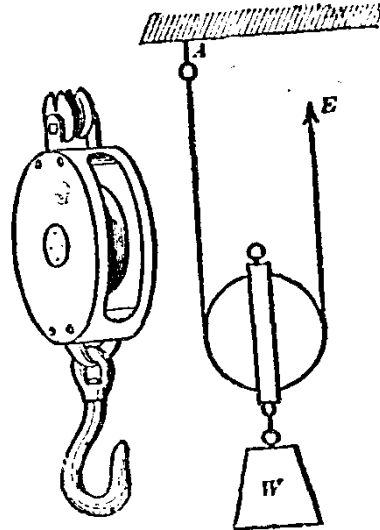


圖52 動滑輪

實驗20 如圖51將重錘懸於定滑輪之一端，而他端以彈簧秤拉之，細察秤上所示之力。次將彈簧秤直接權錘之重而比較之()

又如圖52將重錘懸於動滑輪，彈簧秤上所示之力與錘重之關係若何？()

由上知用定滑輪僅能改變力之方向，而不能省力；用一動滑輪，則用力僅等於重之半。若連用動滑輪愈多，則力愈省。故實用上有將數個動滑輪與定滑輪並用，是為複滑輪 (Combination of pulleys 圖53) 設以 n 表曳重動滑輪上之線，如圖53之複滑輪，

$$E = \frac{W}{2n}$$

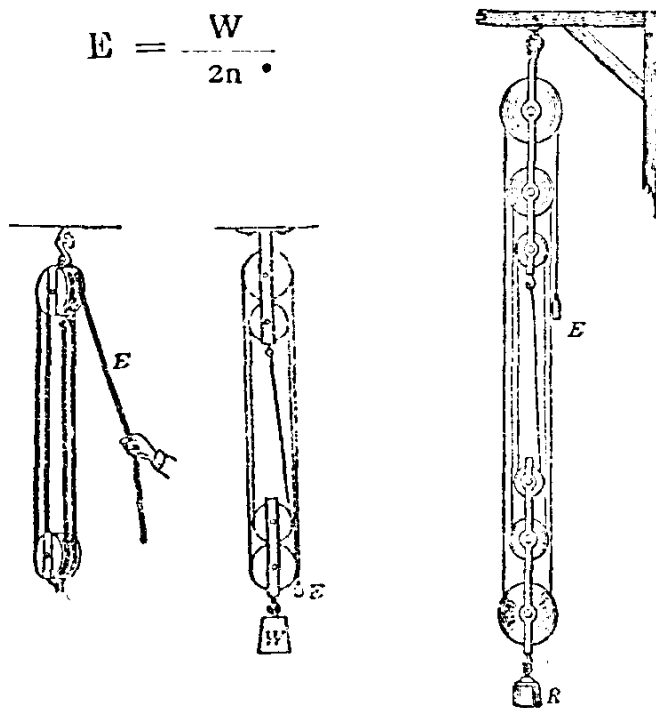


圖53 複 滑 輪

問題 1. 如圖53左以10磅之力,能起若干磅之重?

問題 2. 設有重 640 斤之重物,今欲以 3 個動滑輪,及 3 根線,如圖53右裝置提起之,應用力若干斤?

§ 23 輪軸 輪與軸固定而共轉,懸重於軸,而施力於輪者,謂之輪軸 (Wheel and axle圖54)。輪軸亦為槓桿之變形如圖55,輪軸之中心為支點,輪半徑為力臂,軸

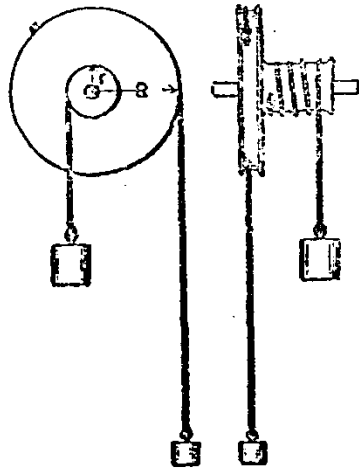


圖54 輪 軸

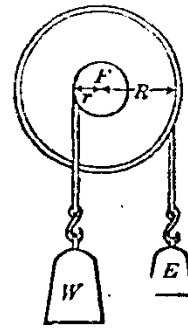


圖55 輪軸截面

半徑為重臂,依槓桿定理。

$$\text{力} : \text{重} = \text{軸半徑} : \text{輪半徑}$$

即輪軸穩定時,力與重比,若軸半徑與輪半徑比。故軸半徑愈小於輪半徑者,愈能以小力舉大重。如井上之

轆轤(圖56)船上之拔錨機(圖57)或起重機等(圖58)是皆輪軸之變相也。

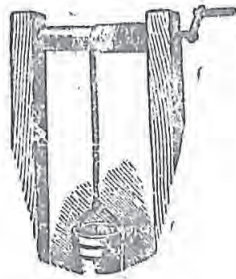


圖56 轆 轤

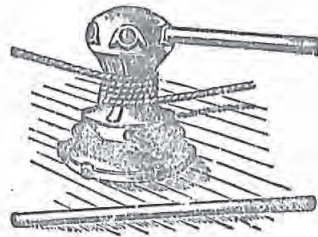


圖57 拔 錨 機

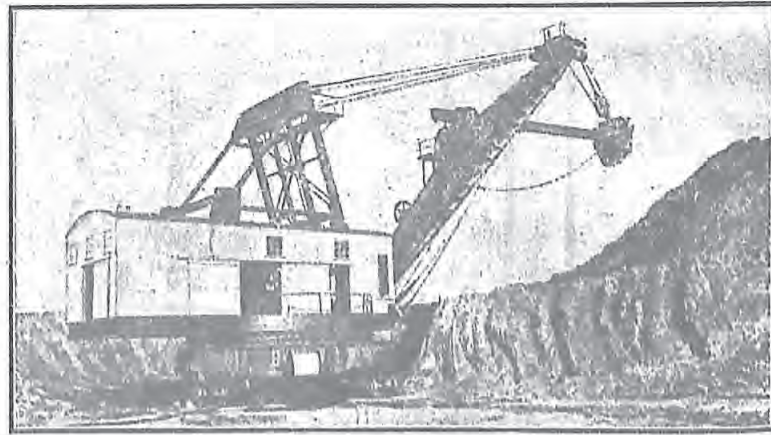


圖58 起 重 機

問題 1. 設輪之半徑為4尺8寸,軸之半徑為6寸。問如欲起 280 斤重之物,當用力若干?

問題 2. 設以 5 磅之力,用輪軸以起70磅之重。如軸之半徑為3 吋,問輪之半徑當為若干吋?

問題 3. 有轆轤,其軸之半徑爲8寸,由軸之中心,至把手之端共長爲4尺。今欲提上100斤之水,問於把端須加力若干?

§ 24 工作 凡用力以運動物體時,名曰工作 (Work),簡稱功。例如手之舉物,牛馬之引車,汽機電機之運重,皆得謂之營工作。工作之大小,以物體所受之力,與受此力所經之距離之乘積計量之。設加 F 力於物體,使移動 S 距離,則其工作量 W 可以下式表之:

$$W = F \times S.$$

例如用一公斤之力,使物體上舉一公尺者其工作名曰一公尺公斤 (Meter kilogram)。若用一磅之力,使物體上舉一呎者,名曰一呎磅 (Foot pound)。凡單位時間內所成之功,名曰工率 (Power)。一秒鐘內能成 550 呎磅之功定爲工率之單位名曰馬力 (Horse power)。

茲就槓桿之工作,研究如下:

如圖59,主力 E 使力點 A 移下 S 距離同時重量 R 提上 S' 距離。

依槓桿原理

$$\frac{E}{R} = \frac{l'}{l}$$

依相形三角形生理

$$\frac{l'}{l} = \frac{s'}{s}$$

$$\therefore \frac{E}{R} = \frac{s'}{s}$$

$$\text{即 } E \times S = R \times S'$$

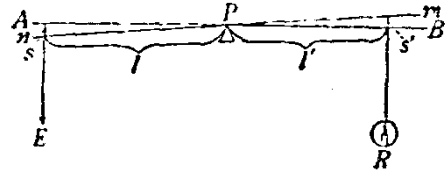


圖59 桿 之 功

故用槓桿以作功時，主力 E 對槓桿所費之功，等於抵力 R 所作之功。

又抵力 R 若大於主力 E 若干倍，則抵力移動之路 S' 即小於主力移動之路 S 亦若干倍。故得之於力者，即失之於路。他種機械之作用，亦莫不如此。

問題 1. 研究單定滑輪，單動滑輪，及複滑輪之工作。有複動滑車將其線引下一尺，其錘上昇 2.5 寸。問欲引 200 兩之物體，當用力若干？

問題 2. 研究輪軸之工作。

問題 3. 研究水壓機之工作。

§ 25 斜面 登山者，不行於直道，而行於斜坡（圖 60）使身體緩緩昇高，得免過勞。又用搭板卸貨（圖 61），較覺省力。凡與地平面成傾斜之面，藉以運輸重物而省力者，稱曰斜面（Inclined plane）。

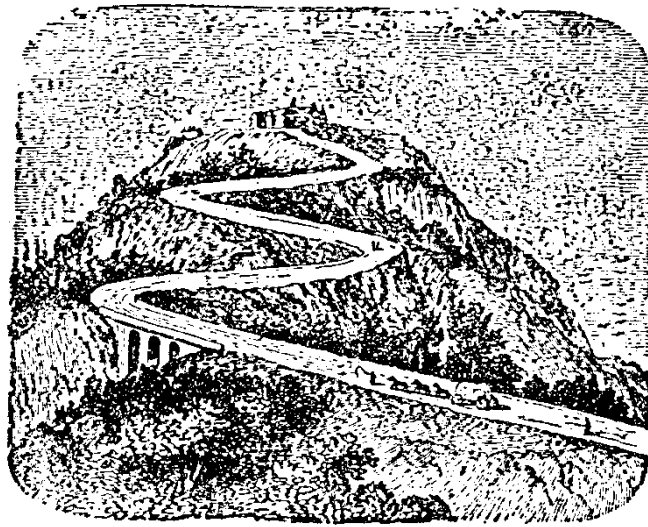


圖60 斜 坡

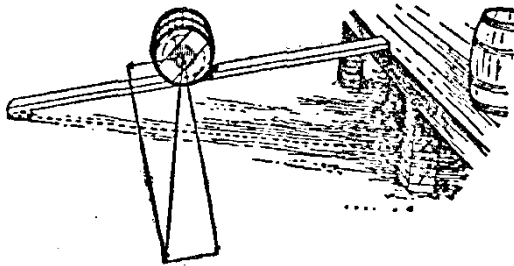


圖61 斜 面 卸 貨

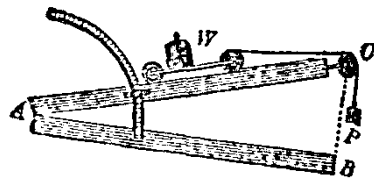


圖62 斜 面 運 重 之 工 作

如圖62重物W用力p由A點移至C點,則其工作爲
 $p \times AC$ 。此量應與 $W \times BC$ 相等。

$$\therefore \frac{W}{P} = \frac{AC}{BC} = \frac{\text{斜長}}{\text{斜高}}$$

由上知斜面愈長或是愈低,所需之力即愈小。

問題 1. 有一斜面長 6 尺, 高 3 尺。今欲將 20 斤重之物體, 沿斜面上提, 應用力若干?

問題 2. 有一機械, 1 秒間爲 2750 呎磅之功, 合若干馬力?

問題 3. 在與水平成 30° 之斜面上, 使重 10 公斤之球不轉落時, 須用力若干?

§ 26 劈 尋常刀斧之屬即爲劈, 可視爲由二斜面所成之器械(圖 63)。劈之側面愈長或底愈薄, 愈覺省力。凡一切刃物, 皆應用此理。

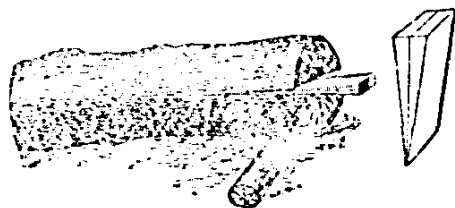


圖 63 劈

§ 27 螺旋 螺旋(圖 64)亦係簡單機械之一種, 中實者曰雄螺旋, 中空者曰雌螺旋。二者配合, 以生功用。相隣二層螺紋間之距離曰螺距。吾人用紙作一直角三角形, 捲於一鉛筆上(圖 65), 則其斜邊在鉛筆周圍繞成螺紋。故螺旋亦可視爲斜面之變相。螺旋迴轉一周, 則前進一螺距之長 S , 設以 p 爲主力, W 爲抵力, 依工作原理,

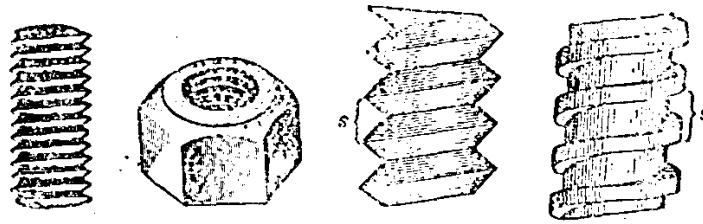


圖64 螺 旋

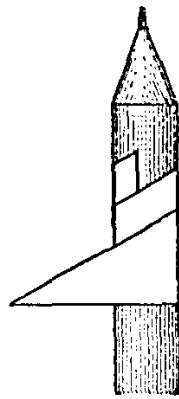


圖65 螺旋與斜面之關係

$$p \times 2\pi R = W \times S$$

$$\frac{W}{p} = \frac{2\pi R}{S}$$

即重與力比，若螺周與螺距比。故螺周長而螺距短者，則覺省力。器械上用螺旋時，多於用力處加以柄或輪，如螺旋起重機 (Jackscrew 圖66)，螺旋壓榨機 (Screw press 圖67) 測微徑器 (Micrometer 圖68) 螺旋鉗 (vice 圖69) 等，實合輪軸，螺旋而為一，其用力更省矣。

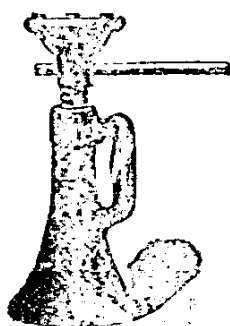


圖66 螺旋起重機

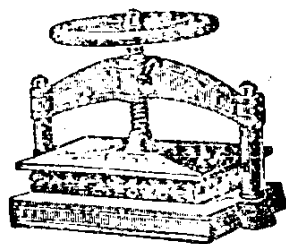


圖67 螺旋壓榨機

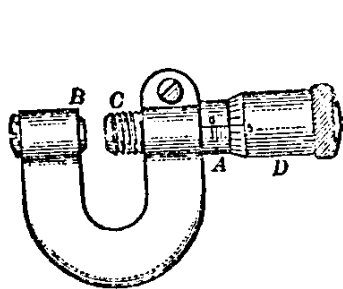


圖68 測微徑器

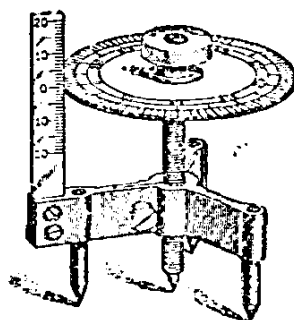


圖69 螺旋鉗

問題 1. 有螺距3cm.半徑6cm之螺旋,於其一端附以柄(柄端距螺旋之中心為1公尺),加5公斤之力,於其柄端。問螺旋及於物體之下壓力幾何?

問題 2. 有長30吋之槓桿,裝於一螺旋上,則桿端施以 磅之力,螺旋即生 500磅之壓力。問此螺旋之螺距,當為若干吋?

§ 28 力 用手推桌上放著之書，書即在桌上運動；用掌承樹上落下之果，果即在掌上靜止；用足踢對方過來之球，球即反折而回。凡如是能使靜止之物體運動，使運動之物體靜止，以及改變運動體之速度或其運動方向等之作用，統稱曰力 (Force)。

果熟蒂落，必向地面下墜；天空中隕石，常墜落於附近之天體；推而至於宇宙間物體，大之如日，月，星球，小之如細砂塵埃，莫不皆有互相吸引之作用：是曰宇宙引力，或萬有引力 (Universal gravitation)。地球對於地面上一切物體之引力，特稱為重力 (Gravity)。因有重力作用，所以舉物覺重。表示重力大小之量稱為物體之重量 (Weight)；表示物質 (matter) 多寡之量，稱為質量 (Mass)。質量是物體固有之量，重量是隨重力而變之量。彈簧秤之所表示者為重量；天平或桿秤之所表示者為質量，不可不知也。

§ 29 力之單位 物體所受之重力，與物體之質量為正比，通常用單位質量所受之重力，作為測力之單位，稱為力之重力單位 (Gravitational unit of force) 例如

1 公斤之力，即是質量等於一公斤之物體所受之重力。凡力之大小，方向，及着力點三要件，可以直線表示之——此線稱為力的代表線。

§ 30 力之穩定 凡一物體同時受有數力，如此數力適能相抵而相銷，則此物體不因受此數力而生運動。此種作用謂之平衡(Equilibrium)，或穩定。

試觀運動場中拔河遊戲，(圖70)雙方勢均力敵，方得平衡。一方稍弱，勝負立見。故知二力如欲平衡，則須在一直線上，其大小須相等而方向須相反。

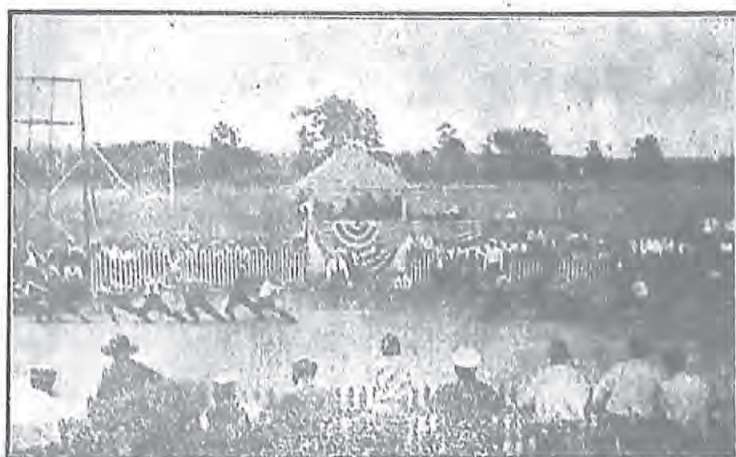


圖70 拔河遊戲

實驗21 如圖71於一刻度之槓桿上，E點懸一重錘W，C，D兩點

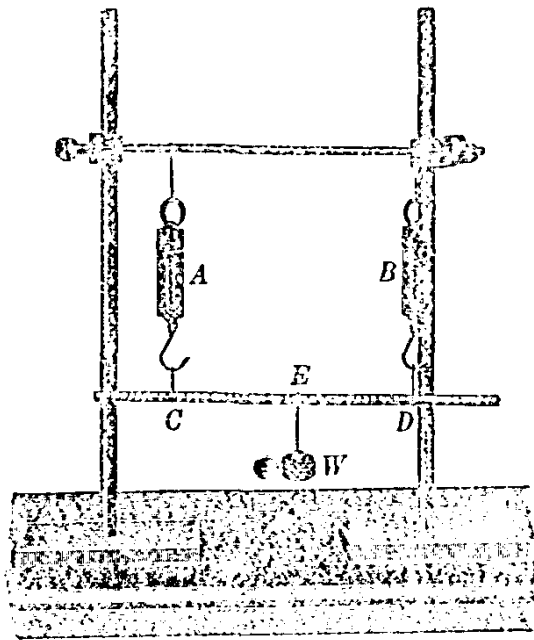


圖71 二平行力之平衡

各懸於彈簧秤上。移動 E 點之位置，至桿平衡為止。(1)彈簧秤上所示之力，與錘之重量有何關係 ()? EC 與 ED 之距離，與兩秤所示之力，有何關係 ()?

由上可知凡同向二平行力，施於一物體上，則其結果，恒等於此二力之和，方向與前相同。其作用點恒使二平力

之比，等於二力與此點距離之反比。若在此點施以一與此結果力大小相等而方向相反之第三力則此物可以平衡。

設有多數平行力施於一物體時，可按照上法，將其中任意二力之結果力求出，再求此合力與第三力之合力，逐次推求，最後所得之合力即全體之合力。

地球吸引物體各部份之重力，方向均鉛直而互相平行。物體之全重，即各部分平行重力之合力 (圖72) 合

力之作用點C,稱爲物體之重心(Center of gravity)。

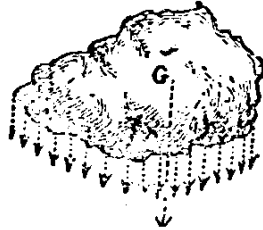


圖72 物體之重心

支物體之一點,欲使之穩定,須支點與重心在同一鉛直線上。因二點同在一鉛直線上,則支力方可與重力相抵也。

§ 31 穩度 物體被推動時,隨其形狀與位置之不同,有易傾倒者,有穩定者,此稱爲穩度 (Stability)。穩度三種:

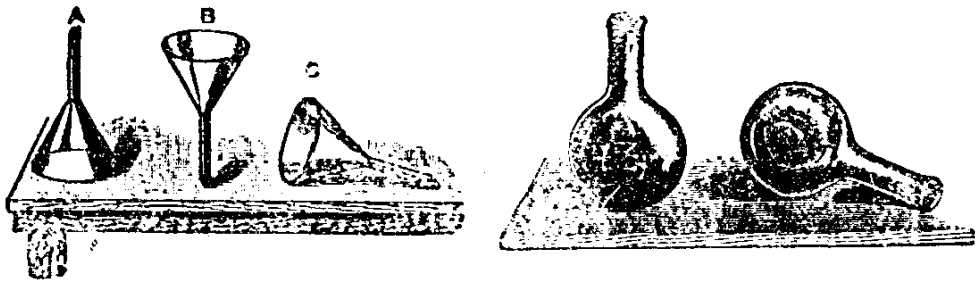


圖73 穩 度

(一)如橫陳之書本,直立之玻璃等,稍受傾側,仍能恢復原位。稱為穩(Stable)。

(二)如橫臥之圓柱,或圓球,在任意位置皆可靜止,無所謂傾倒之狀態,稱為中立(Neutral)。

(三)如直立之書本或圓柱,稍傾側即顛覆者稱為危(unstable)。

物體之穩度,與重心有關。挑起穩態之物體,則重心皆向上昇。中態者,重心不生昇降。危態者,略微推動,則重心都向下降。由是可知,物體被推動時,重心移向上方者為穩;移向下方者為危;不生昇降者為中立。

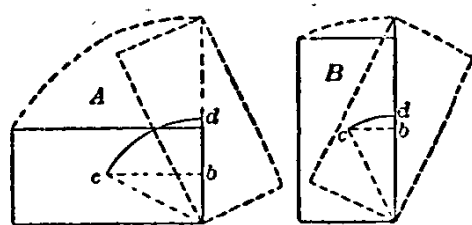


圖74 重心之昇降

§ 32 力之平行四邊形 平行力之合成,已如上述。若非平行力之合力,應有如何之關係,可實驗如下:

實驗22 取堅牢之線三段,如圖75將三線之一端,結束為一如D,而將他端分繫於A, B, C,三簧秤上,並用三釘套於三秤上端之圈,使

緊張於一黑板（或棹）上，記明此三種上指針所在處各為若干（設 A 為 100g，B 為 90g，C 為 150g），更以粉筆在板上記明 D 及三線繫於鈎處之各點，然後將秤及線取去而將板上 D 點與他三點連結為三直線如 DA, DB

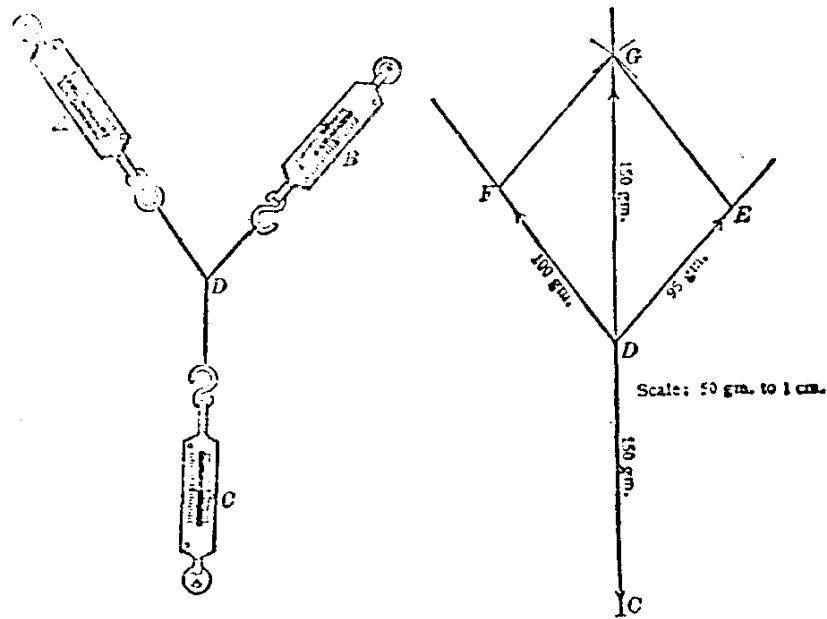


圖75 力之平行四邊形

及 DC。取 DF, DE, 及 DC 令其內所含之長之單位數，適等於三秤上所示之力之單位數。於 DF 及 DE 上作口 DEGF，細則 DG 對角線與 DC 之位置，方向及大小，有何關係？（ ）DC 之力與 DG 之力，能否平衡？（ ）故 DG 一力，其功效與 DF, DE 二力完全相等。如此 DG 稱為 DF 與 DE 之合力；DE 與 DF 稱為 DG 之分力。

由上，知以兩分力之代表線作平行四邊形之兩邊，合力必為其對角線：此稱為力之平行四邊形定律。反

之，以一力之代表線為對角線，循二分力之方向，作平行四邊形，則兩邊之長，即表二分力之大小。

此理應用頗廣，茲述其數種如下：

1. 斜面曳重 如圖76以 OR 表物體之重力，則此力分為二分力，一為與斜面垂直之 Om 與斜面之抵力相消。一為與斜面平行之 Om ，欲使物體落下。故欲支持物體，只須加以與 Om 等量反向之力即得平衡，準幾何學定理：

$$\frac{Om}{OR} = \frac{bc}{ab}$$

即力與重比，若高與長比。試與 § 25 比較之。

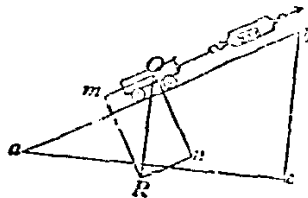


圖76 斜面曳重

2. 紙鳶凌空 如圖77 AB 為紙鳶之面， W 為紙鳶之重， P 為風之抵力， R 為 P 與 W 之合力， R 向上方傾斜，故紙鳶上升； F 為線之張力，與 R 相等時，紙鳶即在空中不

動。若風之抵力 P 愈大，則其上昇力愈增。

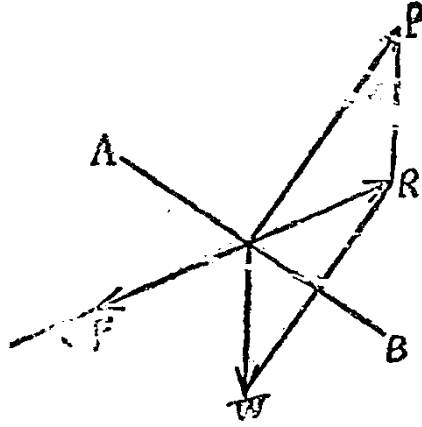


圖77 紙鳶凌空

3. 帆船航行 帆船藉風力進行，一帆風順，固屬可喜；若遇逆風，亦可紆迴（圖78）前進。如圖79， AB 表

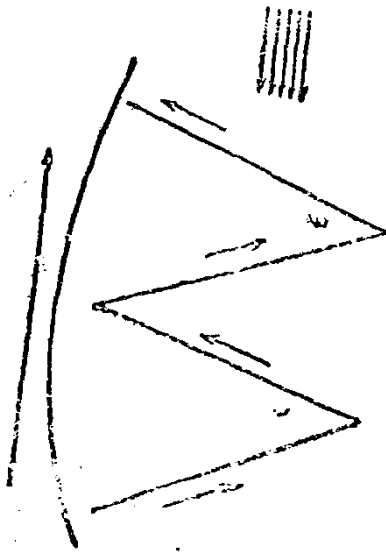


圖78 逆風行船的徑路

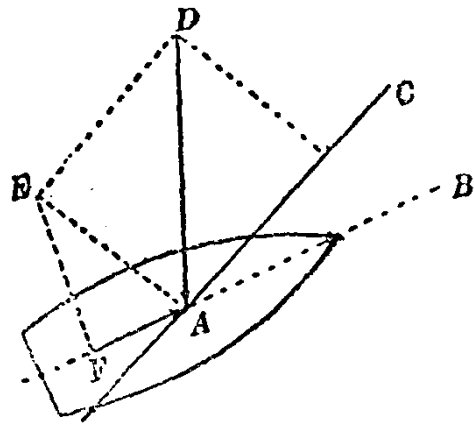


圖79 逆風行船的原理

船行之方面， DA 表風力， AC 表帆之方向。 DA 可分為 CA 與 EA 兩分力， CA 掠帆而過，不生影響，所以帆上所受之力，僅有 EA 但 EA 復分為 EF 與 FA 兩分力。 FA 使船身前進， EF 使船向一側傾斜，故每當船逆風紆迴前進時，船身必向一方傾斜，職此故也。

4. 飛機翱翔

實驗23 取玩具竹蜻蜓一（圖80），將其柄夾在手掌間，用力旋轉而放開之，則隨所向飛行。

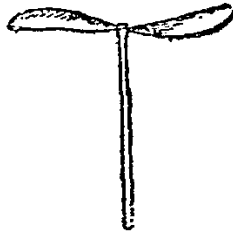


圖80 竹 蜻 蜓

實驗24 取硬紙片一，依圖81裁摺，將頭部加重，斜向上投射，而察其效。

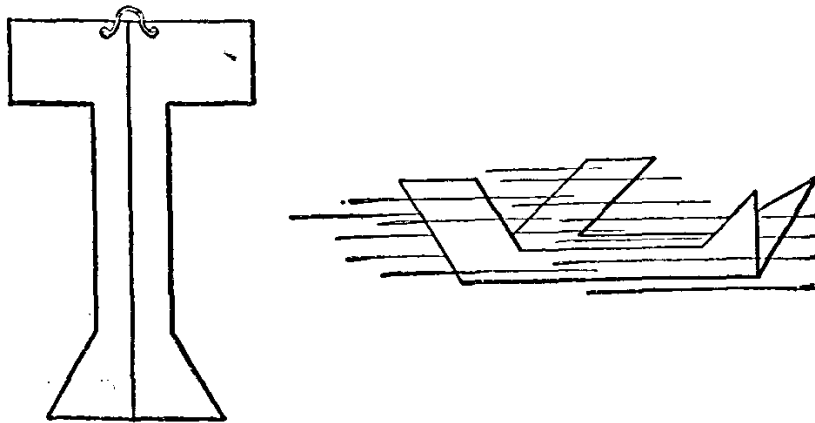


圖81 紙 製 滑 艇

飛機之前進，全賴汽油機使推進機（圖82前部）以非常之速度在直角於進行方向之平面中旋轉。推進機爲一螺旋板，其表面不與進行方向成直角，而稍傾斜。

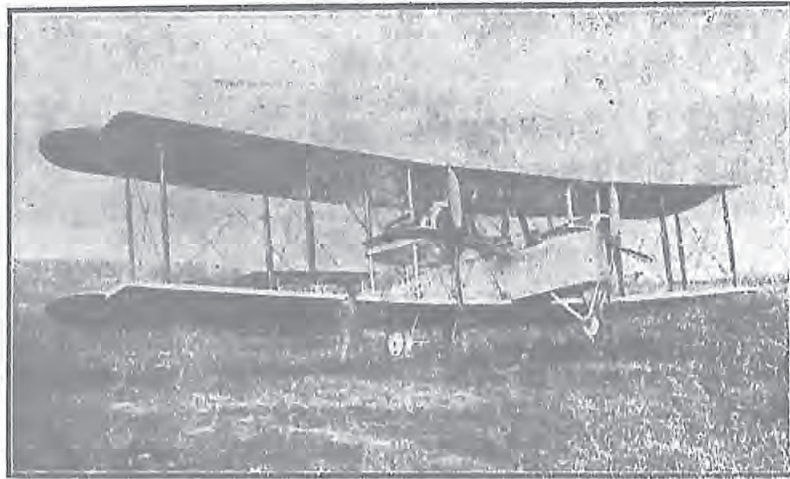


圖82 維克斯維密飛機 (The Vickers-Vimy Airplane)

註：此飛機於 1919 年六月完成第一次橫渡大西洋，行程 1890 哩，歷時 15 時 57 分，爲歷史上有名之最遠飛行，歷經濃霧雨雪，平均速度每時 118.5 哩。

如圖 83 a 爲推進機葉自紙之背面，轉向紙之前面，此時必受有空氣之抵抗力，此力之大小及方向以 B 表之，可分爲與 C 軸平行之 P 及垂直之 Q 兩分力。今因 a 板迴轉之力甚強， Q 分力不生影響，而 P 分力則能使飛

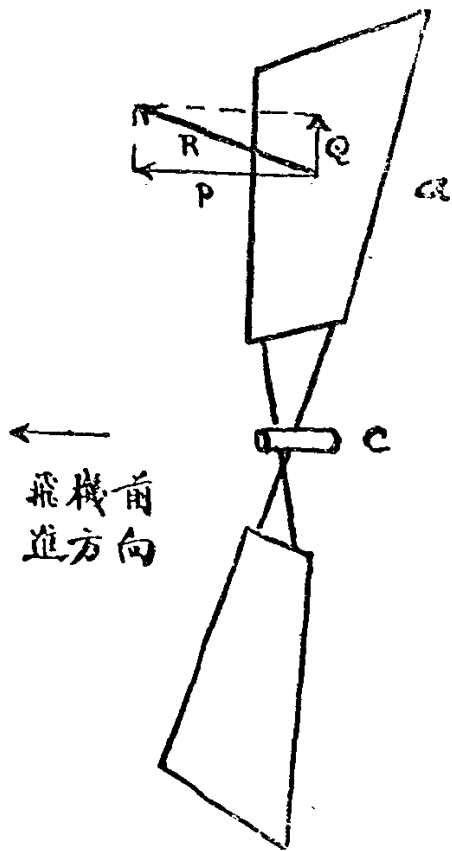


圖83 飛機前進之原理

機前進。故選擇板面之傾斜度，使 Q 分力達於最小度而 P 分力達於最強度，機即前進甚速。

今設飛機如圖84橫矢之方向進行， AB, CD 為兩翼，則翼面必受有空氣之強抵抗力如 EF ，此力可視為由鉛直力 EG 與水平力 EH 合併而成。 EH 有防礙進行之傾向，但為推進機之力所勝，故設 EG 大於飛

機全體之重，機即上昇，而此力謂之昇騰力。

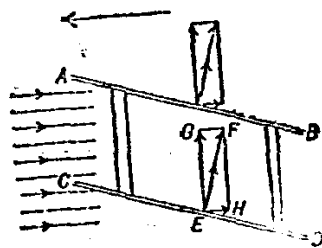


圖84 飛機上昇之原理

由上知昇騰力係翼面空氣抵抗力之一部分，而空氣抵抗力，由飛機前進而生。故飛行之速度愈大，則昇騰力愈大；速度漸小，則昇騰力亦漸小，苟中止機之進行，則空氣抵抗力立時消失，而飛機立時下落。所以飛機僅能於疾走時支持於空中，決不能如氣球與飛艇之靜居於天際也。

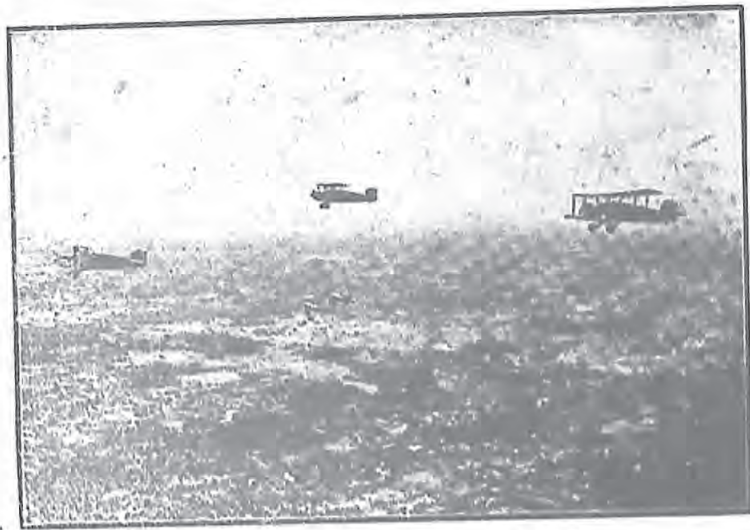


圖85 環行世界之飛機隊(1924)

§ 33 運動與速度 一物體對於標準體隨時變更其位置者曰運動，不變者曰靜止。運動物體每單位時間內所經過之距離曰速度(Velocity)。速度有始終一定者，曰

等速運動 (Uniform motion), 例如天體行星之繞日運行是也; 有時常變更者曰加速運動 (Accelerated motion)。每單位時間內所增或減之速度, 稱為加速度 (Acceleration)。例如火車初開時, 其速度次第加增, 此時之加速度為正數; 火車將停時, 其速度次第減小, 此時之加速度為負數。

§ 34 牛頓之運動三定律 第一律 人立火車或電車中, 車驟開時, 常向後倒; 車驟止時, 常向前傾。此吾人日常所經歷者。再作如下實驗:

實驗25 如圖86用球置硬紙片上, 以柱托之, 旁有銅簧撥動而驟放之, 而察其效()。何故?()

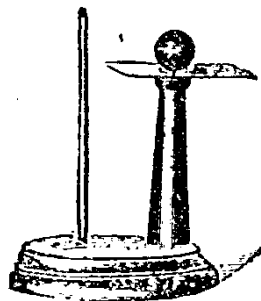


圖86 惰 性

由上知物體有保存其固有狀態之性, 是曰慣性或稱惰性 (Inertia)。牛頓(圖87) 由各種觀測結果, 創立運

動第一律：

物體不受外力作用時，靜止者恒靜止；運動者恒沿一直線作等速運動。



圖37 牛頓像 Sir Issac Newton (1642—1727)

牛頓為英之數學家物理學家，創立重力定律，運動三定律，為近世科學之基礎；又發明二項定理及微分積分法。

§ 35 動量 彈丸雖小，因其速度甚大，非有大力，不能阻止其運動。車行雖緩。因其質量甚大，亦非有大力，不能阻止其進行。故運動物體之質量與其速度之乘

積，名曰運動量，簡稱動量(Momentum)。

動量 = 質量 × 速度，

或 $M = m \times V$ 。

設以 F 之力於 t 秒內作用於質量 m 公分之物體上，使其速度增加 v 公分，因 t 秒內此物體所得之全動量為 mV ，故每秒所得之動量為 $\frac{mv}{t}$ 。又因 $\frac{v}{t}$ 係每秒所增之速度，即為加速度 a ，故

$$m \frac{v}{t} = ma.$$

ma 為一秒內所增之動量，此動量之大小，即等於作用之力 F ，

$$\therefore F = ma.$$

由是得牛頓之運動第二律：

凡物體受有外力，則其動量之變化率，與作用之力相等；且其變化起於力作用之方向。

§ 36 力之重力標準與絕對標準 依 $F = ma$ 公式，凡力施於一公分 (1g.) 之質量上，能使此質量每秒得加速度一公分 (1cm.) 者，則此所施之力，作為力之絕對標準，名曰達(Dyne)。例如以力施於10g.之某物體上，使得

加速度爲每秒 50 cm 則此所施之力 $F = 10 \times 50 = 500$ 達。

依前述力之重力標準一公分之力，係地球對於質量一公分之引力，因此引力依實測結果，可使一公分之質量，於一秒內增加每秒 980 cm. 之速度，故

$$\text{一公分之力} = 1 \times 980 \text{ 達} = 980 \text{ 達,}$$

$$\text{或 一 達} = \frac{\text{一公分之力}}{980} .$$

由是可知達實爲力之極小單位，約與地球對於 1 立方公釐之水之引力相等。

問題 1. 有甲乙二物體，甲重 20 公斤每秒行 30 公尺，乙重 3 公斤，每秒行 250 公尺。問此二物體之運動量，何者爲大？

問題 2. 施力於質量 40g 之靜止物體，歷時 30 秒，則此物體得有每秒 50 cm. 之速度。問所施之力爲若干達？

問題 3. 設有 20 達之力，加於 20g 之動體上，使此體之速度，由每秒 5 cm 變爲 25 cm. 求施力之時間。

問題 4. 設以 100 達之力，施於 10g 之物體上，問其加速度爲何？

問題 5. 有一物體，其質量爲 5g. 該地之重力加速度爲 980 cm

問此物之重力爲何？

§ 37 主動力與反動力 人自船內躍至岸上，則船即受一向後推之力；子彈由礮身射出，礮身即向後退；一檯球與他球相撞，則撞者向後退，而被撞者則代之前進。再實驗如下：

實驗26 如圖88，取A,B，二相同之鋼球，以線並懸之。今若將A球移至C處而放之，其結果如何？()並言其理。

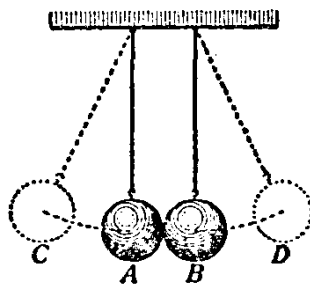


圖88 主動力與反動力

由上知凡物體受有外力，則恒起一種大小相等而方向相反之力。此外力稱爲主動力 (Action)，而相反之力稱爲反動力 (Reaction)。故得牛頓之運動第三律：

凡主動力必生反動力，其大小相等，而方向相反。

主動與反動二力，亦可以運動量表示如下：

$$mV = -m'V'$$

問題 1. 鎗彈由鎗中放出時，鎗身必向後退，何故？

問題 2. 設將鎗之下端緊着於地而後放之，則吾人只見鎗彈之前進，而不見鎗之後退何故？

第 四 章 綱 要

槓桿原理：力：重 = 重臂：力臂

第一類槓桿 支點在力點重點之間，如桿秤，天平，刀，鐵錐，釘拔等屬之。

第二類槓桿 重點在力點支點之間，如鋤刀，果鉞，壓榨器等屬之。

第三類槓桿 力點在重點支點之間，如鑷，糖鉞，縫機踏板等屬之。

桿秤為我國通常權重之器械；天平為等臂槓桿，用以精密測定物體之質量。

滑輪 用定滑輪僅能改變力之方向，而不能省力；用一動滑車，則用力僅等於重之半。

複滑輪公式：

$$(1) \text{ 力} = \frac{\text{重}}{2^n}$$

$$(2) \text{ 力} = \frac{\text{重}}{2^n}$$

輪軸原理： 力：重＝軸半徑：輪半徑。

工作＝力×距離。

一秒內能成550呎磅之功，稱為馬力。

斜面原理： 力：重＝斜高：斜長

螺旋原理： $\frac{\text{力}}{\text{重}} = \frac{\text{螺距}}{\text{螺周}}$

力＝質量×加速度 $F=ma$.

重力＝質量×重力加速度 $W=mg$.

穩度 $\left\{ \begin{array}{l} \text{穩} \\ \text{中立} \\ \text{危} \end{array} \right.$

力之平行四邊形定律： 以兩分力之代表線作平行四邊形之兩邊，合力必為其對角線。

牛頓之運動三定律：

第一律： 物體不受外力作用時，靜止者恒靜止；運動者恒沿一直線作等速運動。

第二律： 凡物體受有外力時，則其動量之變化率，與作用之力相等；且其變化起於力作用之方向。

第三律： 凡主動力必生反動力，其大小相等，而方向相反。

習題

1. 兩童共用一桿抬重60斤之物，如物所懸之處距一童為4尺，距他童為6尺。問各人所支之重為若干？
2. 作蹠板戲時(圖89)，何以能保持上下運動？



圖89 蹠板戲

3. 如已知本身之重量，用一蹠板及一尺棒，欲求他人之體重，其法如何？
4. 將重2公斤之物體，懸於滑輪上，一端之繩，曳下1公尺，而物體僅上昇25公分。問壓力若干？
5. 沿斜面曳200磅之重物。(圖76)斜面長9呎，高3呎，應用力若干？
6. 有體重120磅之工友，負50磅之貨物而登30呎長之斜面，所成之功若干？(但斜面與水平所成之角為 45°)
7. 試述質量與重量之區別。
8. 上海1磅之重量，合若干達？(1磅=453.6公分；上海重力加速度為 979.4cm)
9. 今有力作用於4g之物體，凡3秒間，其速度增加每秒12公尺。問此力為若干達？
10. 電車正在進行時，乘客躍上或跳下，均有危險。何故？
11. 地面上運動體宜永久為等速直線運動，然其結果為靜止者，何故？
12. 吾人不能自舉其身，何故？

第五 章

太 陽 與 熱

§ 38. 太陽與地球 太陽為供給自然界光熱之淵源,動植物賴以發育與滋長。地球繞日公轉一週,因地軸與軌道面約成 23.5° 之傾斜,故地球表面,所受光熱,

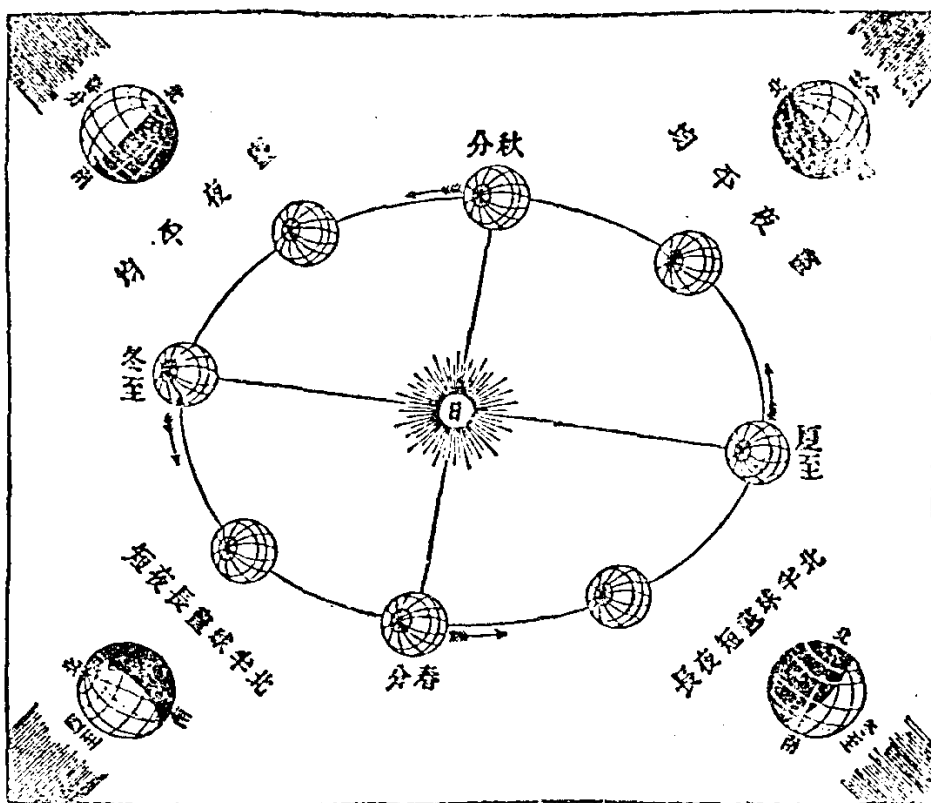


圖90 四 季

常不一致，此寒暖之所由生，而四季之所由別也。蓋太陽光線，照耀半球，向之爲晝，背之爲夜。一年之中，日臨赤道，計有二次，即三月二十一日及九月二十三日。是日也，全球所至，晝夜平分，前者曰春分（圖90），後者曰秋分。當六月二十一日北半球晝最長，日光直射北緯 23.5° 是爲夏至。至十二月二十二日北半球晝最短，日光直射南緯 23.5° ，是爲冬至。

地球公轉一週，熱帶區域，太陽每年有兩次過頂；溫帶區域，只斜受光熱；寒帶則所受光熱甚微。

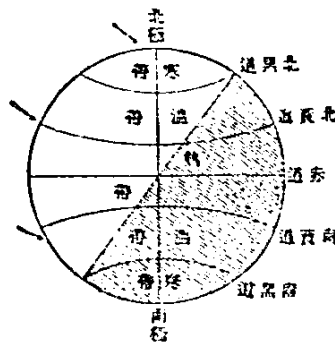


圖91 熱溫寒三帶與太陽之關係

§ 39. 溫度 物體之溫暖寒冷，可賴觸覺辨別之。例如浸手於寒冷之水中，則水奪手之熱，故覺寒冷。觸手於溫湯中，則水授熱於手，故覺溫暖，此種寒暖之程度，

稱曰溫度(Temperature)。

寒暖不同之二物體相接觸時，則暖物體之溫度漸降，冷物體之溫度漸昇，至二者相等而止。是因熱由暖物體傳入於冷物體也。

一物體溫度之高低，由其所含熱量之多少而定，猶之水槽內水面之高低，由槽內所盛之水量而定。然熱不能離物體而獨存，物體溫度雖有變化，而物體重量，絕無增減。故知熱非物質，實能力之一態也。

熱量與溫度，不可混淆。例如一盃之水，傾去若干，

其溫度仍可保持原狀，而其所有之熱量，已失去若干。此亦溫度非熱之明證也。

§ 40. 溫度計 恃觸覺以判溫度之高低，甚不精確。故欲精測溫度，宜用溫度計(Thermometer)。其最通用者為水銀溫度計，即利用物質熱漲冷縮之理製成。

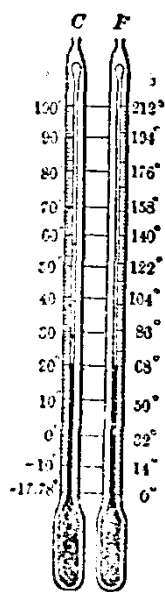
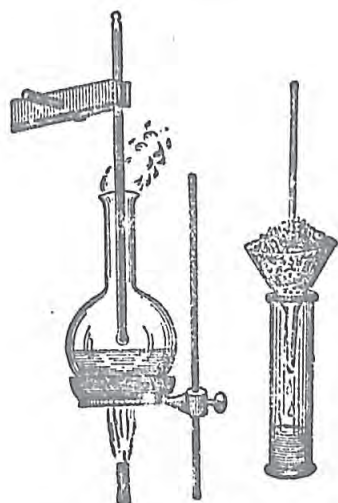


圖92 溫度計

實驗27 取內徑勻細，下端有球之玻管(圖92)，裝入水銀，滿球及管之下部，乃將球部加熱使水銀上昇至管口，密封之。待冷，水銀降下，而管之上部成真空。



次將此管放在一氣壓之沸水上面時
 (圖 93), 水銀上昇所止之處, 稱為沸點
 (Boiling point)。又插入正在融解之碎
 水中時(圖93), 水銀面下降所止之處, 稱
 為冰點(Freezing point)。



圖93 定溫度計冰沸點

刻度之法，常用二種：以冰點爲 0° ，沸點爲 100° ，其間分爲100等分，每一等分，稱爲一度。冰點以下，沸點以上，亦同樣附以度數：是爲攝氏分度法 (Celsius Scale)。概用 C 表之，學術上用之。以冰點爲 32° (其零度係用等量之礮砂與雪屑調和時之溫度，當 1714 年華擇氏 (Fahrenheit) 認此零度爲最低之溫度)，沸點爲 212° 其間分爲180等分：是爲華氏分度法 (Fahrenheit. Scale)。概用 F 表之，日常多用之。

今以攝氏溫度 C，華氏溫度 F 表其對應溫度，則有下之關係：

$$\frac{C}{F-32} = \frac{5}{9} \quad (\text{何故?})$$

問題 1. 以下各式，所示爲何？

$$5^{\circ}\text{C}, \quad 9^{\circ}\text{F}, \quad 100^{\circ}\text{C}, \quad 100^{\circ}\text{F}, \quad -9^{\circ}\text{C},$$

問題 2. 常人體溫爲 37°C 合華氏幾度？

問題 3. 北平夏季某日氣溫爲 100°F ，合攝氏幾度？

§ 41. 熱之單位 以純水一公分，使其溫度上昇 1°C 所需之熱，定爲熱量之單位，名之曰級 (Calorie) 或直譯爲卡路里。例如 10g. 之水，其溫度由 15°C 昇至 35°C ，則需

熱爲

$$10 \times (35 - 15) = 200 \text{ cal.}$$

§ 42. 比熱 質量相等之各種物體，溫度升高 1°C 時所需之熱量，是否相同，實驗如下：

實驗 28 取鉛條，鐵屑，鋁絲各 100g 分別裝入三枝試管內，並置於沸水中約 15 分鐘。另取小玻璃杯三，各盛水 100g 記錄其溫度。() 次將已熱之鉛，鐵，及鋁各傾入水中，隨時攪拌，細察各杯之水，其升高之溫度是否相同，並比較之()。

由上知等量之物體，溫度上昇 1°C 所需之熱量，因物質之種類而不同。凡質量一公分之物質，溫度升高 1°C 時所需之熱量與純水一公分，溫度升高 1°C 所需熱量之比，名曰比熱 (Specific heat)。

$$\text{比熱} = \frac{\text{某物質 } 1\text{g 溫度升高 } 1^{\circ}\text{C 所需之熱量}}{\text{純水 } 1\text{g 溫度升高 } 1^{\circ}\text{C 所需之熱量}} = \text{某物質 } 1\text{g 溫度升高 } 1^{\circ}\text{C 所需之熱量。}$$

§ 43. 比熱之測定 固體或液體之比熱可用上述混合法 (Method of mixture) 以測定之。設取某物質 M 公分熱至 $t^{\circ}\text{C}$ 投入質量 m' 公分溫度 t° 之水中，隨時攪拌，至二者混合後同為 $T^{\circ}\text{C}$ ，爲止。此時某物質所失之熱，必恰

等於水所得之熱。

命某物質之比熱為S,則計算當如下式:

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

$$\therefore S = \frac{m'(T-t')}{M(t-T)}$$

實例: 有150g之銅,熱至87°C投於127g,18°C之水中,測得其溫度為25°C。求銅之比熱。

$$S = \frac{127(25-18)}{150(87-25)} = \frac{889}{9300} = 0.095$$

問題: 實驗28所用鉛條之初溫為95°C,水之初溫為19.7°C,混合後同為22°C求鉛之比熱。

依此法實驗,測得普通物質之比熱如下表:

比 熱 表

鉛.....0.0315	銅.....0.095
金.....0.0316	鐵.....0.113
鉑.....0.032	玻璃.....0.2
錒.....0.0333	地,岩,砂...約0.2
銀.....0.0568	鋁.....0.218
黃銅.....0.094	冰.....0.504

討論：

1. 水之比熱爲何？並與上表比較之。
2. 人體所含之水分，有調節體溫之功用，試言其理。
3. 海洋氣候與大陸氣候之差別若何？並言其故。

§ 4. 熱之效應 物體受熱，不獨溫度上昇，其體積，

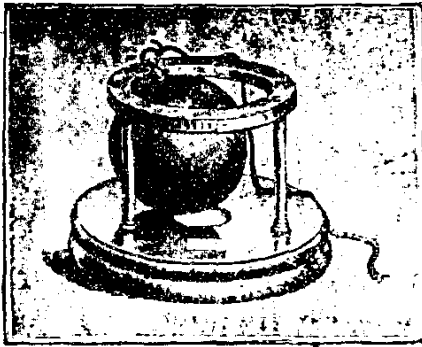


圖94 球之膨脹

形態均生變化。茲分述之。

(甲)體積之變化

實驗28 取一金屬球與一金屬

環，圓環之直徑，微大於球，故球能自由通過環孔。今將球加熱，置之環上，何如？

() 放冷又何如？()

實驗29

取金屬棒一，(圖95)置於平滑木台上，左端A固定之，右端以一細玻柱(徑約2mm.)承托之。玻柱一端，附有紙製之指針，能隨玻柱向C尺上下轉動。將棒加熱，有何變化？() 放冷又何如？()

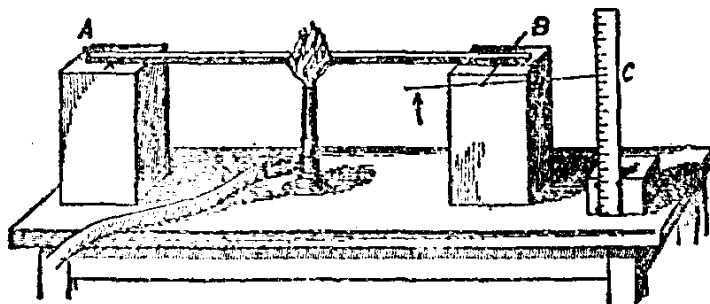


圖95 棒之膨脹

實驗30 燒瓶滿盛洋紅水，緊塞以附有長玻璃管之木塞，細察管內液面之高，徐熱瓶底，注意管內液面起何變化。（ ）放冷復何如？（ ）

物體熱漲冷縮，是分子運動的現象。因物受熱，則分子運動速度增大，分子互相衝擊，隔離較遠，遂成膨漲現象。反之，物體遇冷，則分子運動速度減小，而互相密集，遂成收縮之現象。此種變化，以氣體為最顯著，液體次之，固體又次之。科學上為便於比較起見，特定以某物質溫度每升高 1°C 所增之體積或長度對於其在 0°C 時之體積或長度之比，為某物質之體漲係數 (Coefficient of Cubic expansion) 或線漲係數 (Coefficient of linear expansion)。

$$\text{體漲係數} = \frac{\text{溫度升高 } 1^{\circ}\text{C 所增之體積}}{\text{在 } 0^{\circ}\text{C 時之體積}};$$

$$\text{線漲係數} = \frac{\text{溫度升高 } 1^{\circ}\text{C 所增之長度}}{\text{在 } 0^{\circ}\text{C 時之長度}}。$$

(1) 固體體漲係數表

鋅	0.0000893
鉛	0.0000840
銀	0.0000583
銅	0.0000500
金	0.0000441
玻璃	0.0000270
鉑	0.0000266

(2) 固體線漲係數表

鋅	0.0000297
鉛	0.0000287
銀	0.0000194
銅	0.0000167
金	0.0000167
鐵	0.0000123
玻璃	0.0000090
鉑	0.0000089

(3) 液體體漲係數表

醚	0.00171
酒精	0.00111
硝酸	0.00111
硫酸	0.00049
錄	0.00018

(4) 氣體體漲係數

空氣	0.00367
氮	0.00367
氧	0.00367
氫	0.00366

問題 1. 細察(1),(2)兩表內固體膨脹係數與線膨脹係數,有何關係?

問題 2. 細察(4)表內氣體膨脹係數,得何結論?並與查爾斯定律比較之。(參考王鶴清著初中化學第五十頁)

問題 3. 有一氣體在 0°C 時,其體積為 100cc .問在 20°C 時,其體積當為若干?

問題 4. 有一鐵棒在 0°C 時長 23cm ,在 100°C 時長 23.028cm .求鐵之線膨脹係數。

膨脹之應用甚廣,茲略舉實例如下:

(1) 溫度計之製造:



圖96 補正攝

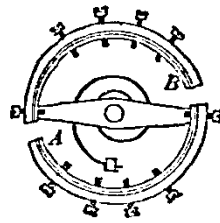


圖97 補正擺輪

(2) 鐵軌之間,常留有空隙;

(3) 補正擺(圖96)及補正擺輪(圖97)之製造;(教師指導)

(4) 欲施鐵箍於車輪,取箍徑較車徑略小者加熱使漲而箍於輪,俟其冷縮,乃得緊固。

水在 4°C 時密度最大,從 4°C 起上昇或下降,其密度逐漸減小,即體積逐漸增大,成不規則之膨漲現象。

水 之 密 度 表

0°	0.99988	5°	0.99999
1°	0.99994	6°	0.99997
2°	0.99997	7°	0.99994
3°	0.99999	8°	0.99988
4°	1.00000	9°	0.99982

水之此種特性,在自然界甚關重要,因冬日河池之水冷至 4°C 後密度反小,不復下沈,故結冰始於表面,水之深處,仍保持 4°C ,魚類得保無恙。

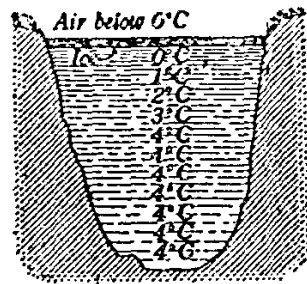
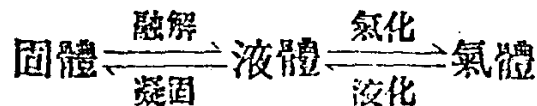


圖98 結 冰

(乙)形態之變化 物質有因溫度之高低，而生固體，液體及氣體三態之變化。例如水受熱則化汽，遇寒則結冰是也。茲將三態變化之關係，表示如下：



固體融解時之溫度，稱為融解點 (Melting point)。每 1 公分固體融解為同溫度液體所需之熱，稱為融解熱 (Heat of fusion)。此消失之熱乃現為狀態變化功也。反之，液體凝固時之溫度，稱為凝固點 (Solidifying point)。此時每 1 公分液體放出之熱與融解熱相等。

問題 有冰塊 131g 投入 40°C 之水 500g 內，當冰完全融解時，水溫為 15°C 求冰之融解熱。

物質之融解點表

銻..... - 39°C	銀..... 960.5I
冰..... 0	金..... 1063
錫..... 231.9	銅..... 1083
鋁..... 327	鉑..... 1755
鋅..... 419.4	錫..... 3000

物質之融解熱表

鋁..... 80cal.	鎳..... 27cal
冰..... 79.8	硫..... 9
銅..... 43	鉛..... 5
鋅..... 28	銻..... 3

討論:

1. 冬日融雪時之氣候,反較下雪時為寒,何故?
2. 試述冰箱(Refrigerator圖99)之構造及其作用。

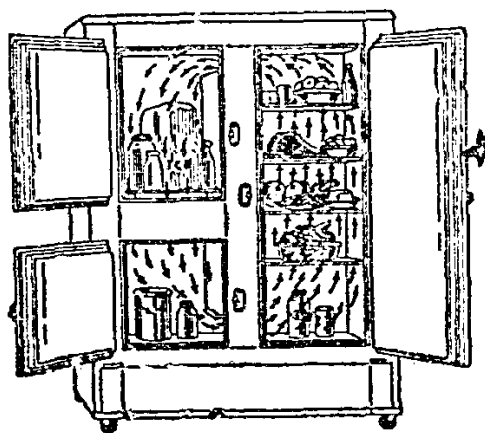


圖99 冰 箱

3. 實驗復冰(Regelation)現象(圖100),並言其理。

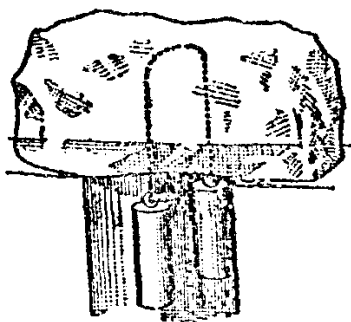


圖 100 復 冰

液體隨時在表面氣化者曰蒸發 (Evaporation), 若內部同時氣化者曰沸騰 (Boiling), 其沸騰時之溫度, 稱曰沸點 (Boiling point)。每 1 公分液體化為同溫度蒸氣所需之熱, 稱曰氣化熱 (Heat of Vaporization)。此消失

之熱，乃現為形態變化之功也

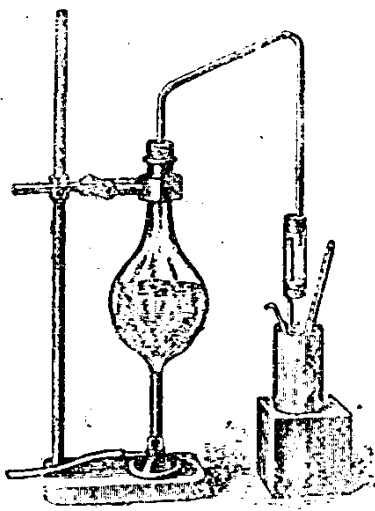
物質之沸點表(當一氣壓時)

氫..... - 253°c	酒精..... 78.3
氮..... - 196	水..... 100
氧..... - 183	錫..... 356.7
酒精..... - 33.5	硫黃..... 444.6
醚..... 34.6	錫..... 2270

物質之氣化熱表

水..... 540cal.	錫..... 68
酒精..... 205	氧..... 58
氫..... 123	氮..... 50
二氧化碳 96	空氣..... 50

實驗3I 如圖 101 為測水氣化熱之裝置，A為盛水之玻璃瓶，B為



導管，C 瓶內盛有定溫定量之水。乃將 A 瓶加熱至沸，使水蒸汽由 B 通入 C 中復凝為水，並權其量而測其溫度，即可述得水之氣化熱。至 D 管之用處則在收容水蒸汽之未入 C 瓶而先凝為水者，使不得入 C 瓶內。

問題 1. 就實驗 101 結果，計算水之氣化熱

水之初溫…………… 5°C
 水之終溫…………… 35.2°C

圖 101 測水之氣化熱

水之初重……………400g

水之終重……………420g.

問題 2. 有水 5 公分使完全化汽，當需熱幾何？

問題 3. 實驗沸點與氣壓之關係(圖 102)，並育其理。

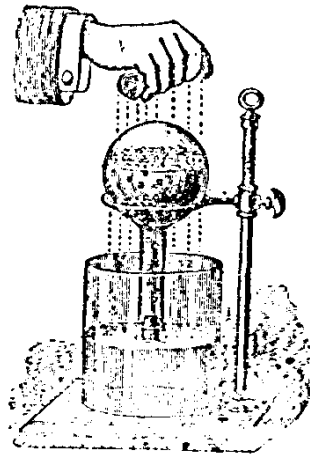


圖 102 沸點與氣壓之關係

欲氣體液化不外增加壓力與降低溫度兩法，然溫度之關係，尤為重要。凡一種氣體，若在某一定溫度之上，無論壓力增至若何程度，決不能使之液化。此一定溫度，稱為該氣體之臨界溫度 (Critical temperature)。此時所需之壓力稱為臨界壓力 (Critical pressure)。現時知此種關係，故所有氣體，均可液化。

臨界溫度臨界壓力表

物 質	臨 界 溫 度	臨 界 壓 力
空 氣	-140°c	39氣壓
硝 精	130	115
二氧化碳	31	73
醚	194	35.6
氫	-241	20
氮	-146	33
氧	-118	50
水	365°	200

討論：

1. 汽管煖室之原理與裝置(圖103)
2. 人造冰之原理與裝置(104)

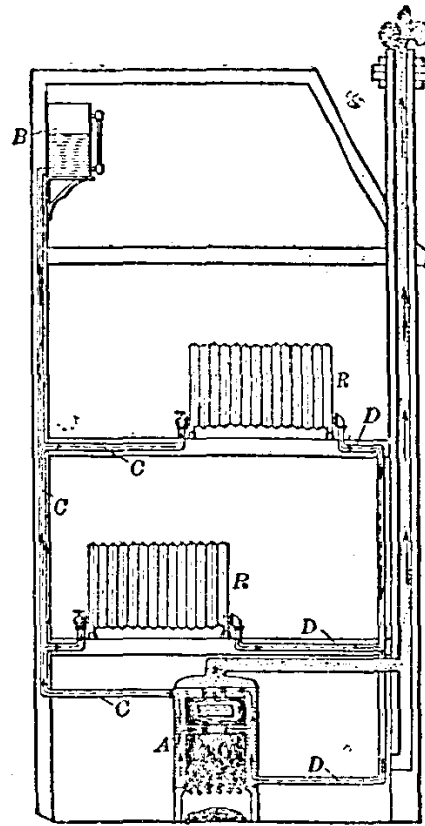


圖 103 汽管煖室之裝置

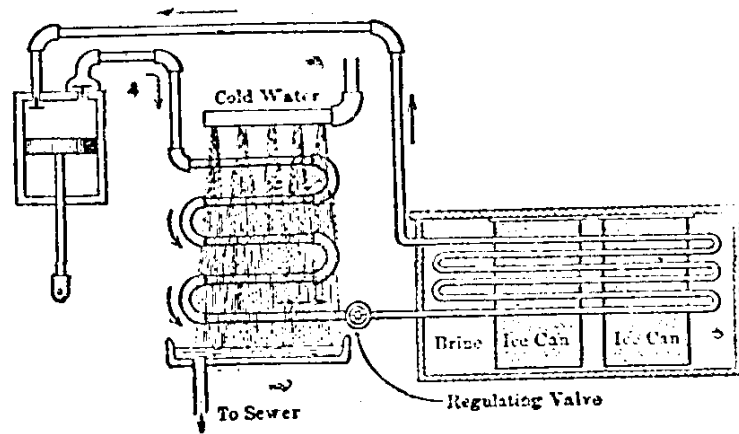


圖 104 人 造 冰 之 裝 置

空氣中常含有水汽，溫度下降，水汽達於飽和，此時之溫度曰露點。夜間地面或草木冷至露點以下，水汽液化為露。露點若在冰點以下，直冰結為霜。空中溫度降至露點以下，水汽液化為微細水滴，高懸於空中者為雲（圖105）低者為霧，彩爛者為霞，微滴相集而下落者為雨，雨滴過寒冷氣層而冰結為霰或雹。空中之露點在零度以下水汽冰結相集而下降者為雪（圖106）



圖 105 雲

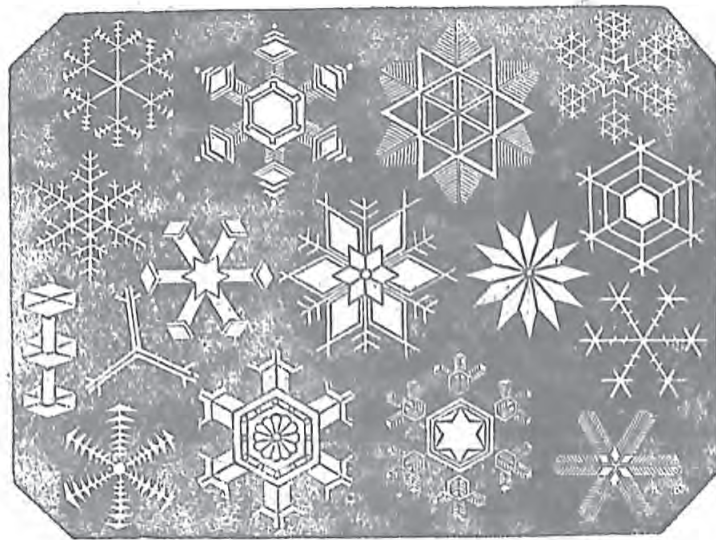


圖 106 雪

§ 45 熱之傳播 熱之傳播方法，有三種：即傳導，對流，輻射是也。茲分述之。

I. 傳導

實驗32 手持金屬棒之一端，他端置入燈焰中，歷二三分鐘後起何感覺？()改用木棒或玻璃棒，何如？()

取等徑之銅線及鐵線各一條，絞合其一端入燈焰中(圖107)炙熱三四分鐘後，用一火柴沿各線由冷端向熱端移近，至火柴着火而止。何者傳熱較速？

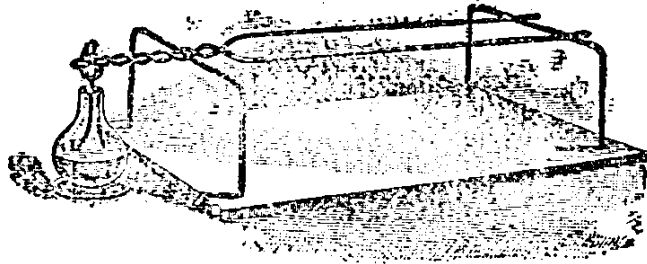


圖107 試驗金屬傳導率

實驗33 小玻璃瓶盛酒精20cc.加硫酸5c.c.及矽砂少許，瓶口緊接以具有尖玻璃管之木塞並用底部有孔之試管套入尖口。熱液至沸，燃點管口，隨以鐵絲網壓入火焰中何如？()次吹滅火焰而在網上以火燃之何如()最後在二網之間點以火何如()？

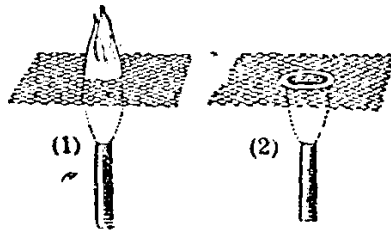


圖108 安全燈之原理

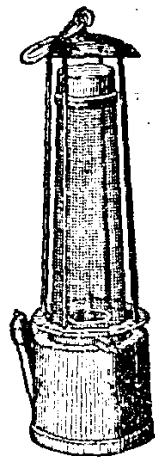


圖109 安全燈

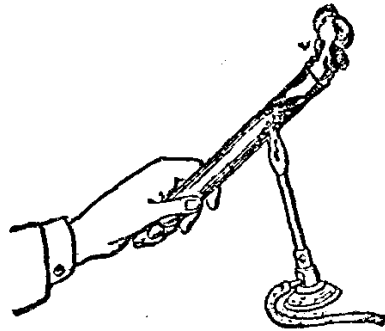


圖110 水為不導體

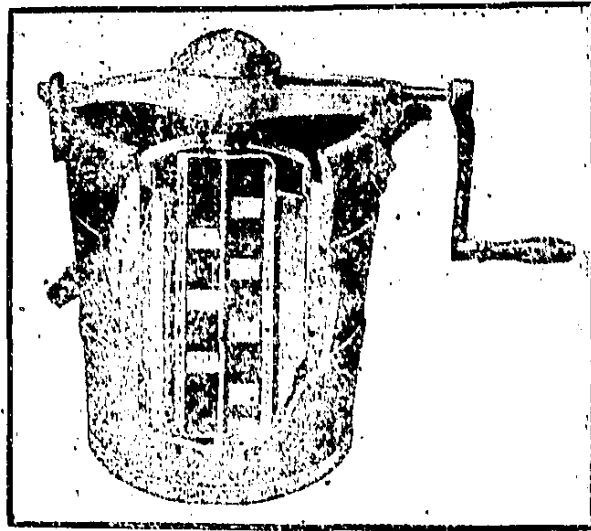
實驗34 以重物繫一小塊之冰沉入盛水將滿之試管內(圖110)。手握管底，而在上部加熱使水沸騰，此時管底之冰，是否融解？()

由上實驗，熱由物體之高溫處傳至低溫處者曰傳導 (Conductor)。凡易傳熱之物體曰良導體 (Good Conductor)；不易傳熱者曰不良導體 (Bad Conductor)；極難傳熱者，曰不導體 (Non-Conductor)。例如金屬為良導

體（其中以銀爲最，銅鐵等次之），木，皮，毛，絨，絹，麻，玻璃及液體等爲不良導體，而氣體爲不導體是也。

討論：

1. 煮飯用鑊，並加以木蓋，何故
2. 以手觸室內之銅元與木板，有何感覺？若移曝烈日之下而後觸之，何如？並言其理。
3. 冬日衣裘，夏季衣葛，何理？
4. 火夫所穿絨衣，夏日取涼，冬日防寒何故？
5. 製冰淇淋之器，(圖III)其外桶用厚木，內部則爲薄鐵罐，其故安在？
6. 試述安全燈之構造及其作用(圖109)



圖III 製冰淇淋器

II 對流

實驗35 用圓底燒瓶，半滿以水，(圖112)加入洋紅微粒，徐熱瓶底，而細察其變化()

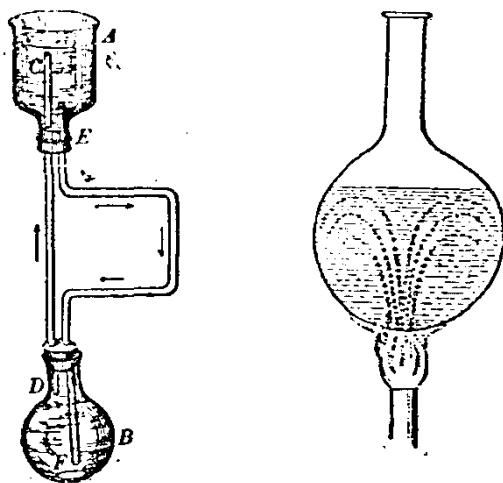


圖112 水之對流

此因近火之水，熱而膨漲，密度較小，故上浮，冷水沿側面流下，以作代替，終至全瓶之水均至同一溫度。此種現象，稱為熱之對流(Convection)。

實驗36 取一水槽或玻璃缸盛水少許，(圖113)中燃蠟燭，先用燈罩覆燭，少時起何變化？() 急在罩口插入薄銅片，而察其效？() 次將燃着之線香或紙煤移近罩口，細察烟焰流動之方向()。試言其理

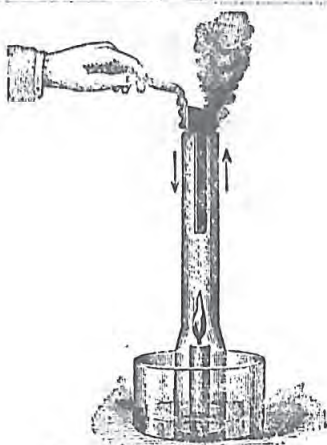


圖113 氣之對流

討論：

1. 海風與陸風之成因。
2. 海流之成因。
3. 煤油燈之構造及其作用(圖114)。

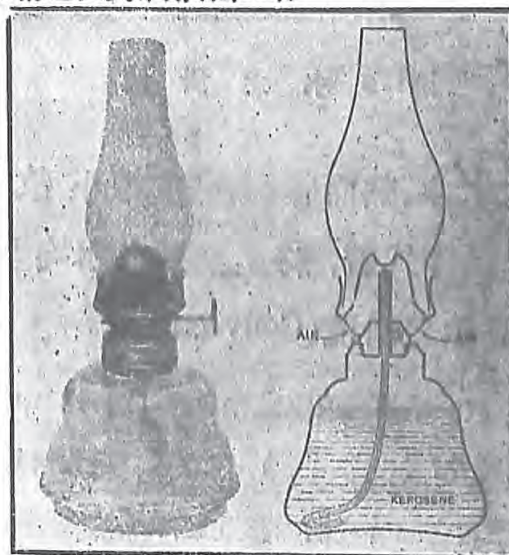


圖114 煤油燈

4. 室內換氣之法若何？

Ⅲ. 輻射 圍爐而坐，即覺溫暖；但空氣爲不良導體，故其熱之傳播，並非由於傳導，亦非由於對流。又太陽之熱，直達地球，並不藉中間物質而傳播。此等高溫之物體，不經物質之媒介，而直射熱於低溫物體之現象，名曰輻射(Radiation)。

傳導與對流之作用，均甚遲緩；而輻射熱之傳播則甚速（如光之速，每秒 300,000 公里）。

傳導及對流之熱，行於環線，而輻射之熱，直線進行，故可用屏障隔絕。烈日下張傘，洪爐傍圍屏，即因此理。物體當輻射熱之通路而溫度上昇者，由於此物體之吸收輻射熱也。黑暗物體，最易吸收。白色者反是。人體衣服，冬日尚黑，夏日尚白，即利用此理。

輻射熱通過媒質，過而不留；故太陽熱直射地球表面，不因經過極大之空氣層而有散失。山巔氣候，比山麓寒冷，此亦一原因也。

對流由於物質分子之流動；傳導由於分子運動能力之傳遞；惟如太陽熱之輻射，直達地球，似不可解。現

代學者，公認宇宙間有以太 (Ether) 者，瀰漫充塞，無處不有，為光波電波之媒介。熱之輻射亦由於以太之波動，蓋熱為物體分子之動能。物體分子運動時，其動能傳於周圍之以太，使以太生熱波。其波達於他物體，他物體分子之動能，因之增進，即生熱而溫度上昇。

§ 46 熱機關 用熱作功之裝置，稱為熱機關 (Heat engine)，分蒸汽機 (Steam engine) 及氣油機 (Gasoline engine) 兩種。茲分述之。

I. 蒸汽機 蒸水為汽，其體積可增大1600倍，故若密閉於器，可生甚大之壓力。汽機之作，即本此理



圖 115 瓦特像
(James Watt, 1736-1819)

瓦特是英國蘇格蘭 (Scotland) 人，初為器具製造匠，富有天才，每遇機械，必潛心研究。當時機械之發明，尚在萌芽時代，瓦特研究汽機之興趣特濃。1769年，利用蒸汽壓力，初發明一種單動汽機 (Single-acting engine) 後又製成雙動汽機 (Double-acting engine)，於是汽機之功用愈著。從單動汽機改良成雙動汽機，歷二十年。在此時期內瓦特專心致志，犧牲一切，卒底於成。自雙動汽機發明後，利用於各種機械上，作為各種工作之原動力，為今日機械工程之基礎。

汽機為火車，汽船及工廠之原動力，其主要部就

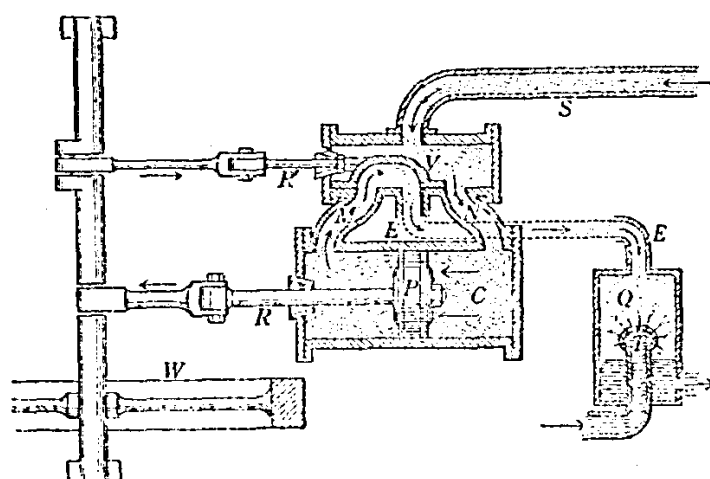


圖 116 蒸汽機運轉之說明

圖 116 說明之。於密閉之鍋爐(Boiler)內煮水生汽，經導

管 S 入汽室 (Steam chest) V, 更經通路 N 而入圓筒 (Cylinder) C, 以其壓力推動活塞 (Piston) P 向左, 當連桿 (Driving rod) R 推向左時, 偏心桿 (Eccentric rod) R' 即節制活瓣 (Valve) V 推向右方。當活瓣達到右端時, 通路 N 閉而 M 開, 使蒸汽由 M 而入圓筒, 活塞即向右端推動, 右端之廢汽, 由排汽管 (Exhaust pipe) E 入凝結器 (Condenser) Q 或放出空氣中。如此往復不已, 其運動遂傳於總軸上之飛輪 (Fly-wheel) W。利用飛輪之惰性, 足以維持轉動速度之均一。如用皮帶套於軸上之滑輪 (Pulley) 上, 即可隨意傳其運動於他機, 以營他項之工作。

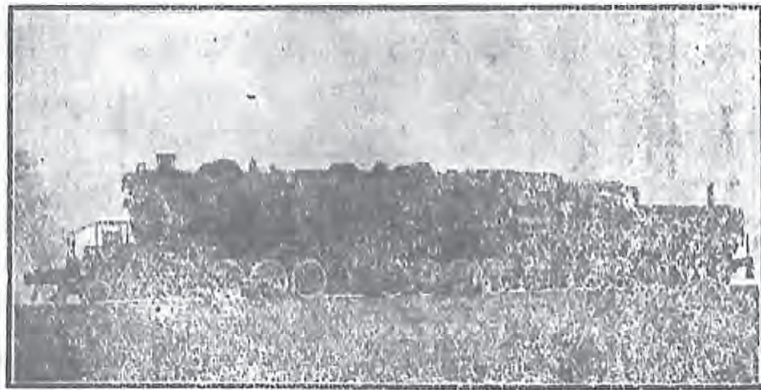


圖 117a 世界最大之機關車

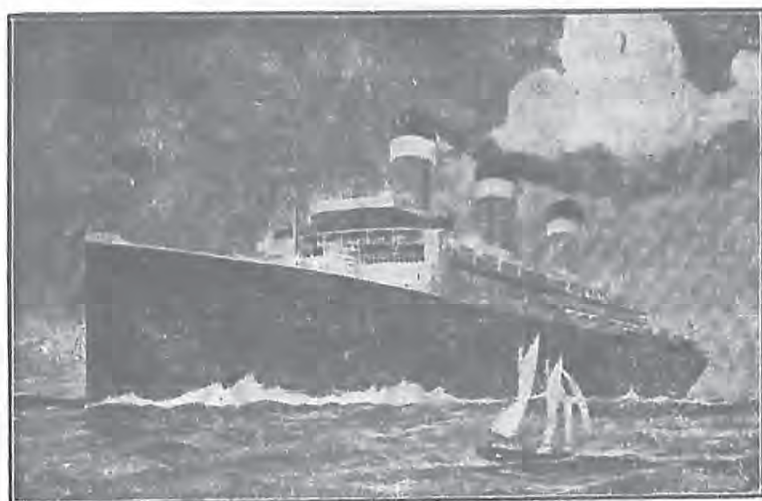


圖 117b 汽 船

II 氣油機

實驗37 以鐵線或鋼線二條穿入軟木塞內，使其端 S 相接近（圖118）。以噴霧器（Atomizer）吹入氣油（Gasoline）少許於圓而且厚之玻璃瓶中，輕塞其栓（瓶之周圍，繞以鐵絲網，外裹以棉絮 以防危險）。由感應發電機（Induction Coil）連絕緣導線與a, b兩線相接觸。通入電流，則 S 處發火花而生猛烈之爆發，致將瓶塞上擲，及於屋頂。氣油機之作，即本此理。

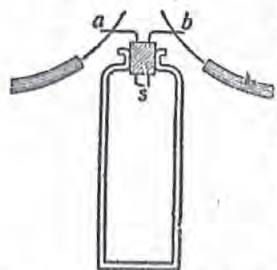


圖 118 氣油機之原理

氣油機之原理，係以氣油蒸氣與空氣之混合物，蓄於具有活塞之圓筒中，壓迫燃燒，利用其爆發力推動活塞。因其無須鍋爐，甚為輕便。故飛艇，飛機，汽車等全藉此為原動力。對於蒸汽機而言，蒸汽機為外燃機，而氣油機為內燃機。

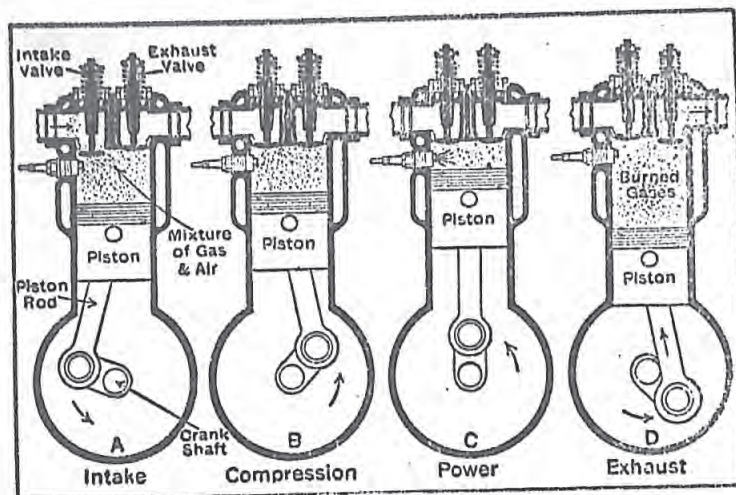


圖 119 氣油機作用之次序

氣油機作用之次序，可分四步：(一)抽出活塞，吸取氣體入圓筒中，(二)斷絕氣體之來路，而壓活塞入筒

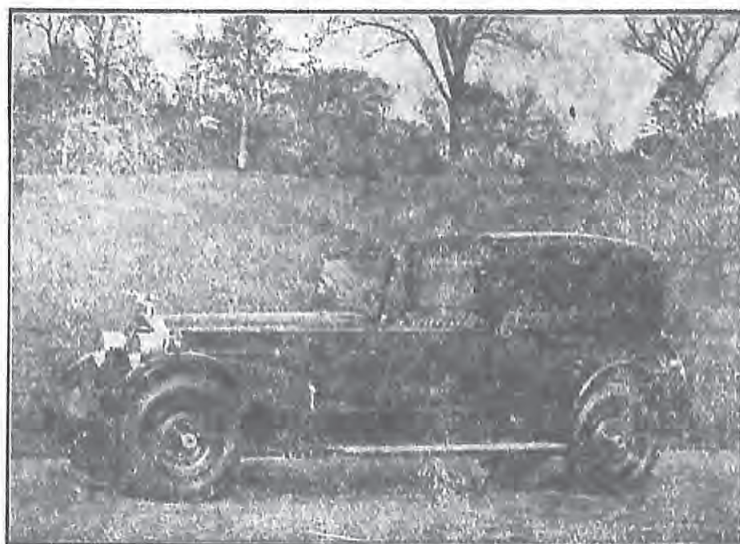


圖 120 新式汽車

筒中，以壓縮氣體；(三)氣體觸電火而爆發，以推動活塞；(四)更將活塞壓入，以逐氣體出筒外。此四步作用，循環不已。氣油機上之飛輪，最初須以人力轉動，其後則由活塞之推動與慣性之作用，旋轉不息。

第五章 綱 要

太陽為供給自然界光熱之淵源，動植物賴以發育與滋長。

$$\frac{C}{F-32} = \frac{5}{9}.$$

以純水一公分，使其溫度升高 1°C 所需之熱，名曰級(Calorie)。

某物質 I_g 當溫度升高 1°C 所需之熱量，與純水 I_g 當溫度升高 1°C 所需熱量之比，稱為比熱。

某物質溫度每升高 1°C 所增之體積或長度，對於其在 0°C 時之體積或長度之比，為該物質之體漲係數或線漲係數。

每 1 公分固體融解為同溫度液體所需之熱，稱為融解熱。

每 1 公分液體氣化為同溫度蒸氣所需之熱，稱為

氣化熱。

某氣體液化時所達一定之溫度，曰臨界溫度；所需之壓力稱爲臨界壓力。

熱之傳播方法：(1)傳導；(2)對流；(3)輻射。

用熱作功之機關，分蒸汽機及氣油機兩種。蒸汽機利用水蒸汽之膨漲力；氣油機利用氣油與空氣之爆發力。

習 題

1. 水之沸點，合華氏幾度？
2. 有錫100g，加熱至 100°C ，與 20°C 清水100g.混合，其結果溫度爲 22.6°C .求錫之比熱。
3. 有冰(0°C)200g置於 60°C 之水500g內，待冰完全融解後，其結果溫度爲 20°C .求冰之融解熱。
4. 有冰5公分使完全化爲蒸汽；應需熱若干級？
5. 火爐下面開孔，上面裝一烟筒，是何作用？
6. 電燈泡上發熱，是爲何種作用？
7. 融雪之日，常較下雪之日爲冷，何故？又夏日以水潑灑庭院，稍覺清涼，何故？
8. 晴夜多露，何故？
9. 鐵軌之間，常留空隙，何故？設有一鐵路其長爲275公里，夏時之最高溫度爲 35°C 問在 0°C 時各軌條之間隔總和爲若干？
10. 機關車上汽鍋中之水，雖熱至 100°C ，亦不沸騰，何故？

第 六 章

太 陽 與 光

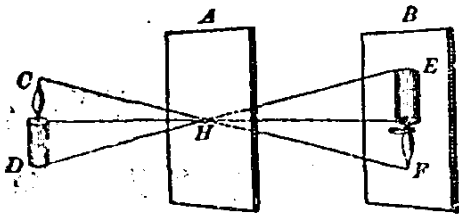
§ 47. 晝夜之變化 太陽是宇宙間長燃不熄之熱爐，又爲長明不滅之明燈。地球因公轉自轉之結果，受太陽光，熱之向背，而生寒暑晝夜之變化。地球上之物體，晝間受太陽光熱之輻射，能吸收其輻射線而均變成熱。故知光亦爲能力之一態也。蓋光亦起於物體內部之振動，此種振動，傳於周圍之以太，使以太生波，向各方傳達，其波動刺激人之視官，遂生光之感覺。故熱與光同屬一種波動；所異者，波長有長短而已。

光波雖短，而光速甚大，每秒 300,000 公里。即一秒鐘內，可環行地球七周半，太陽光達地球表面，需時 8 分 18 秒。

§ 48. 光之直進 由窗隙透進室內之日光，從旁看去，其通過之路，成一直線。又如將穿有小孔之紙板隔住燭火（圖 121）非目光，燭火，及小孔三者同在一直線上，不能窺見。由此可知光在組織一致之媒質內，是

循直線進行。故可用直線以表示光之進路，稱為光線 (Light ray)。

實驗38. 於暗室中立硬紙片A(圖121)其中央開一小孔H。乃以



燃着之小燭CD置於其前，另立硬紙片B於其後，細察B上之現象 ()。次移開A，而遮以手指，

圖121 光之直進

其結果有何不同? ()

由燭火發出之光線，通過小孔後，在障壁上生一光點，各光點集合起來，映成與燭火相似之像 (Image)。光線若被不透光體遮斷，後面即無光線通過，此黑暗部分稱為影 (Shadow)。

光源若不止一點，則所成之影中，有完全不見光之部分 (圖122) 稱為本影 (Umbra)；有尙見一部分之光者，稱為半影 (Penumbra)。

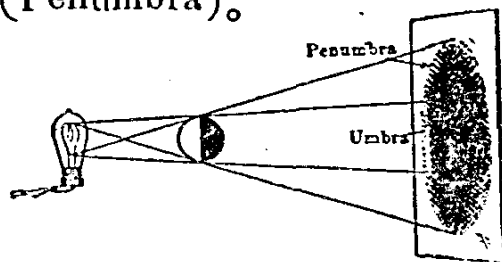


圖 122 本影與半影

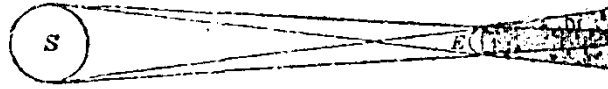


圖 123 月 蝕

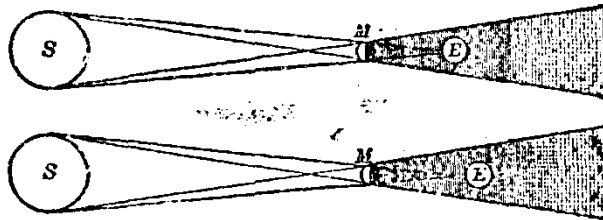


圖 124 日 蝕

§ 49. 日蝕;月蝕 日蝕,月蝕,即由上理而成。如圖123,地球在日月之間,月行入地球之影內,則成月蝕 (Lunar eclipse)。月如全體在地球之本影內,則黑暗無光,名曰全蝕 (Total eclipse),或稱既蝕。若其一部分在地球之半影內,尙得淡薄之日光,名曰部分蝕 (Partial eclipse)。

如圖124,月在地球與太陽之間,地球行入月之影內則成日蝕 (Solar eclipse)。其既蝕與部分蝕之現象,理與上同。

§ 50. 光之強弱 燈下讀書，常覺離燈近時則光強，距燈遠時則光弱。凡物體單位面積上，所受光之強弱，名曰光度 (Illuminating power)。光度與距離之關係，實驗如下：

實驗39 於暗室內取一金屬圓筒，其旁鑿一小方孔，罩燈焰上 (圖125)，令燈光由方孔射出。離方孔前一尺處，立一屏風，則屏風上透現出一大方孔之形，試測量其面積而記錄之()次離方孔前二尺，三尺等處，一一觀察其光度；記錄屏風上所現大方孔之面積()，並比較之，得何結論？

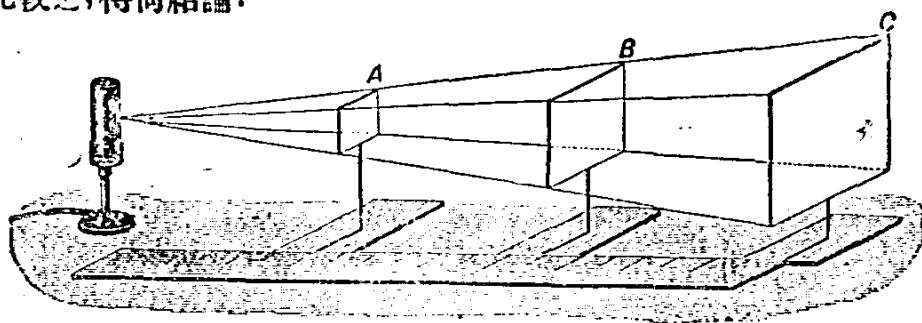


圖 125 光度與距離之關係

由上知光度與距離之平方成反比例是為光度定律。

光度用標準蠟燭所發之光為其單位，是曰燭光 (Candle power)。

實驗40. 如圖126裝置，命B為標準燭光，C為欲測光度之發光體，A為紙屏，中央有一油點。移動紙屏，至油點不可察見之位置，即兩面之光度相等之處，則得

$$\frac{B}{AB^2} = \frac{C}{AC^2}$$

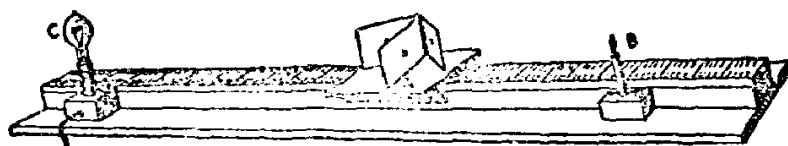


圖 126 光 度 計

由此式只須讀取 AB, AC 之距離，即可算出 C 之燭光為若干。此種裝置，稱曰光度計 (Photometer)。

問題 1. 地面所受日光，朝夕較日中為弱，冬季較夏季為弱，何故？

問題 2. 俗稱16枝光或25枝光之電燈，是何意義？

問題 3. 有平行兩紙片，距發光體一為2尺，一為5尺。求兩紙片上光度之比。

問題 4. 如圖126中 B 上置一標準燭。C 上置一欲測光度之電燈。量得 AB = 10cm, AC = 50cm 問此電燈為若干燭光？

§ 51. 光之反射 由窗孔透入之日光 IB (圖127)，遇桌上之平面鏡，即折成 BR 方向。此種現象，稱為光

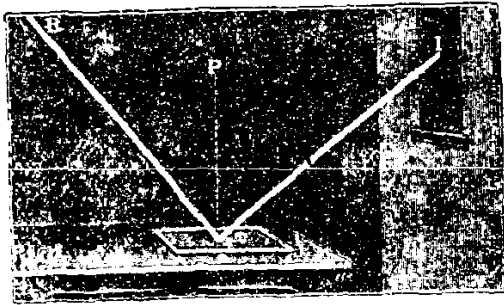


圖 127 光之反射

之反射 (Reflection of light)。原來投入之光線，曰投射線 (Incident ray)，改變方向後之光線曰反射線 (Reflected ray)，B點

曰投射點 (Point of incidence)，經過此點與鏡面成垂直之線 (PB) 曰法線 (Normal)，投射線與法線所成之角曰投射角 (Angle of incidence)，反射線與法線所成之角曰反射角 (Angle of reflection)。

實驗41 如圖 128 半圓周曲板，由中央至左右，以等距離刻度

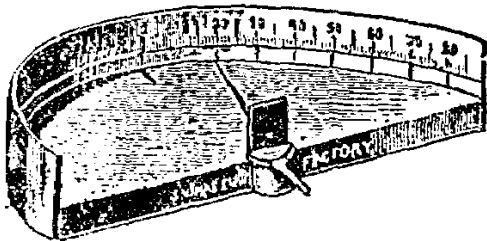


圖128 反射定律

劃，於圓之中心立小鏡，鏡前附指針，與鏡面垂直，此鏡得任意迴轉於左右，今使指針指在 20° 或 30° 之處，則由 0° 間隙透入之光，投射於鏡上，必反射於 40° 或 60° 之處。

由實驗測得

(1) 反射線與投射線，各在法線之一側，且與法線同在一平面內。

(2) 投射角等於反射角,

此種關係, 稱為反射定律 (Law of reflection)。

普通物體之面, 並非真正平面, 所以投射日光, 雖屬平行, 反射線却不能如真正平面時作正則之反射 (圖 129)。因凹凸不平, 反射之方向, 亦不一致 (圖 130), 是為亂反射。

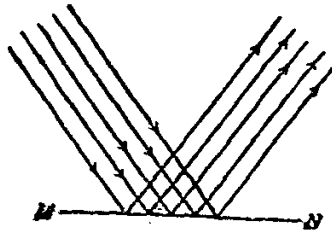


圖 129 正反射

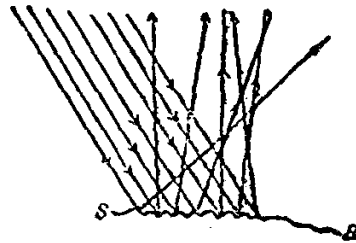


圖 130 亂反射

實際上辨別物體之存在, 全賴此種亂反射作用。不然, 僅有一方能見, 其他方向望去, 因無反射線, 均不能見矣。

問題 1. 水面下倒映之景物(圖 131), 或是影? 抑是像? 是正反射抑是亂反射?

問題 2. 試舉出物體之影, 像並生時之實例。



圖 131 景物之倒映

§ 52. 平面鏡 通常所用之鏡為平面鏡。置物體

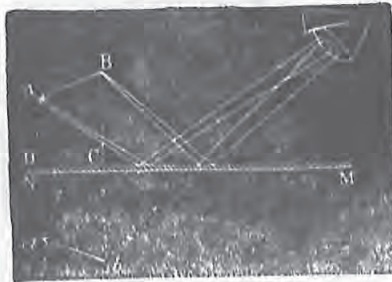


圖 132 平面鏡

射入目所致。

於鏡前，(圖132)則見鏡後似有同一之物體，其位置與實物對於鏡面成對稱。是曰像 (Image)。像之生成，實由鏡前之物，發出光線，投射於鏡面，復由鏡面反射入目所致。

§ 53. 球面鏡 由球面一部所成之鏡曰球面鏡。其內面爲反射面者，曰凹面鏡；外面爲反射面者，曰凸面鏡。鏡面之中點與球心連結之直線曰主軸，其他通過球心之直線曰副軸。

實驗42. 取凹面鏡向太陽，使主軸與太陽平行，(圖133)而以紙片在鏡前移動，迨達於一定之處，見太陽光線聚集於一點，將磷片置於此點其結果如何？()

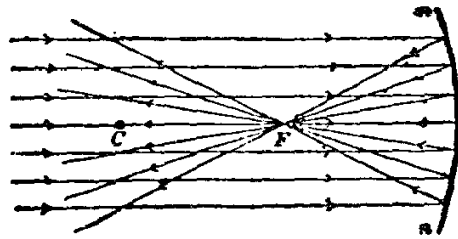


圖 133 凹面鏡之主焦點

上述之點，爲平行於鏡軸之光線，自鏡面反射，公共通過之點，稱曰凹面鏡之主焦點(Principal focus)。平行於凸面鏡鏡軸之光線，反射後不能相交(圖134)，但延長反射線於鏡後，則亦可得一交點，是爲凸面鏡之主焦點。此點實非光線之所聚，稱爲虛焦點，而如凹面之主焦點者，稱爲實焦點。

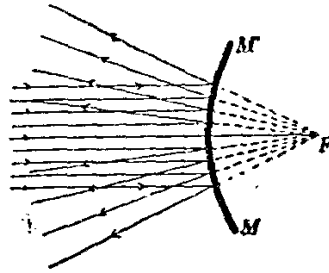


圖 134 凸面鏡之主焦點

實驗43. 在暗室內置燭火於凹面鏡前，視其距鏡面遠近若何，有時能顯燭火倒像於紙屏上(圖135)，有時能顯直立燭像於鏡後。

次換取凸面鏡依上法試之，其結果有何不同？

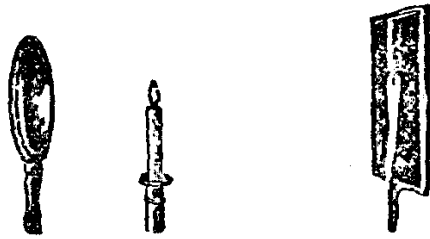


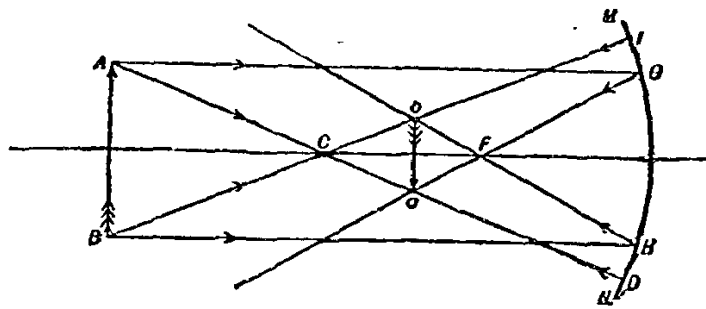
圖 135 實物與像之關係

顯於紙屏上之像，實為反射光線所成，稱為實像。反射光線並不到鏡後，故鏡內之像，稱為虛像。

像之虛實，大小，順逆及其位置，皆可以作圖法繪出之。求像之法，就光體兩端平行於主軸及通過球心兩投射線之反射線之交點聯結之，即得全像。因與主軸平

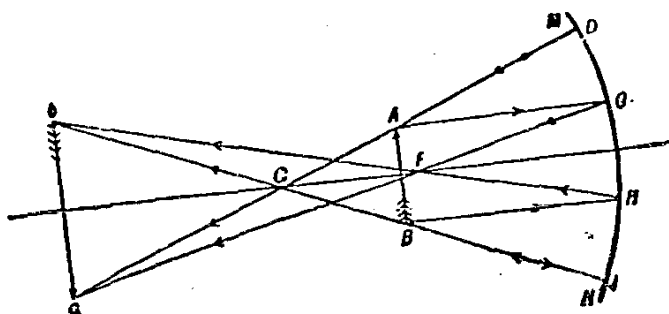
行之投射線，反射後通過焦點；通過球心之投射線，反射後仍回原處，此兩種反射光線，必相交於兩點，或在鏡前，或在鏡後。聯絡兩端，即得全像。茲將球面鏡所成之像，列表並圖示於下：

實物位置		像		在鏡前後	虛 實
		比實物 大 小	順 逆		
凹 面 鏡	球心外	小	倒立	前	實
	球心與 焦點間	大	倒立	前	實
	焦點內	大	直立	後	虛
凸面鏡		小	倒立	後	虛



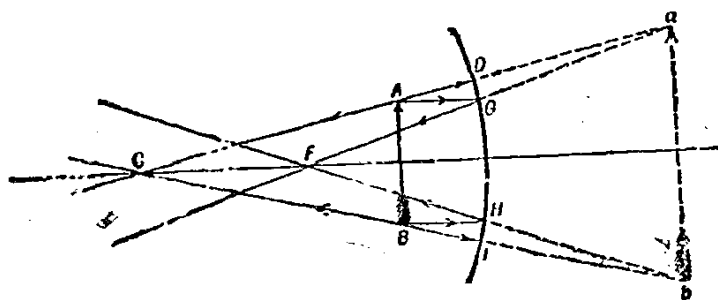
凹面鏡之像一

圖 136 實物在球心外，實像，較小，倒立。



凹面鏡之像二

圖 137 實物在球心與焦點之間，實像，較大，倒立。



凹面鏡之像三

圖 138 實物在焦點以內 虛像，較大，直立。

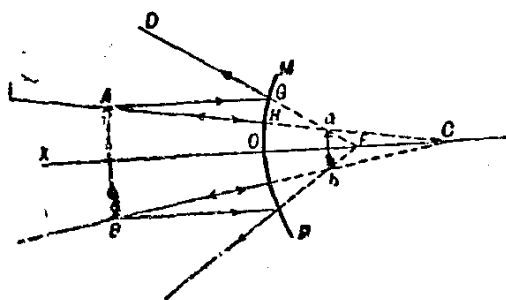


圖 139 凸面鏡之像 虛像，較小，直立。

§ 54. 光之屈折

實驗44. 插在水中之筷子，或羹匙(圖140)，由外面望之，呈何現象?()

實驗45. 取銅圓一枚，置入杯中(圖141)，退後數步，至視線不能見及銅圓為止。次注水於杯中，再在原處視察之，何如?()



圖 140 屈折現象之一



圖 141 屈折現象之二

光線自一媒質斜射入他媒質時改變方向之現象，名曰光之屈折。(Refraction of light)。

實驗46 如圖142取半圓筒形之箱，圓弧左右，各分劃 90° ，在其

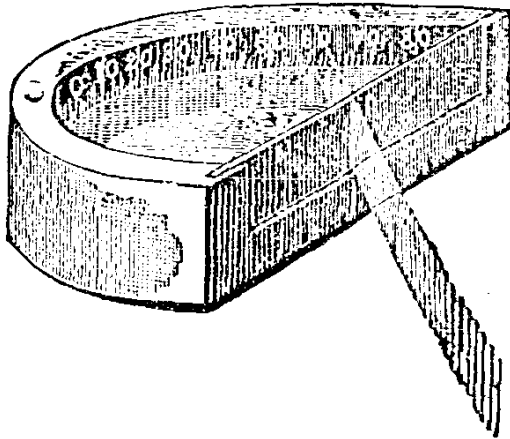


圖 142 光之屈折

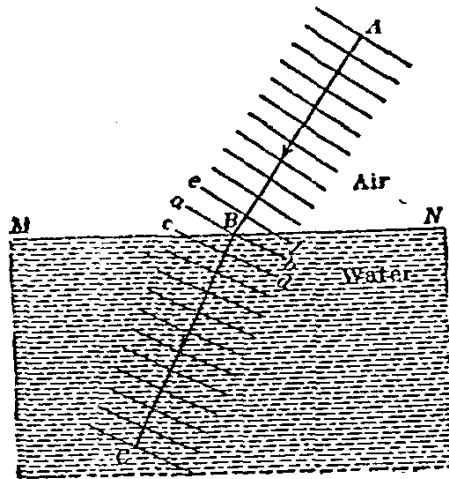


圖 143 光線屈折之原理

直徑上隔一橫板，中穿一小孔，正對 0 點，並蓋以玻板。今充水於此器及半，置燭光於孔隙前，則一部分之光，透過水中，徑路轉折。如在空氣中投射線與水面成 60° ，則屈折後射於 40° 之處

討論：試就圖 143 所

示，解釋光線屈折之原理。

提示：光波在空氣中進行之速度較在水或玻璃等中進行之速度為大。

由種種實驗結果，得成立屈折定律：

(1) 投射線與屈折線在法線之兩側，此三線在同一平面上(圖 144)。

(2) 光線由疎媒質入密媒質，則屈折角比投射角小；由密入疎，則屈折角比投射角大。

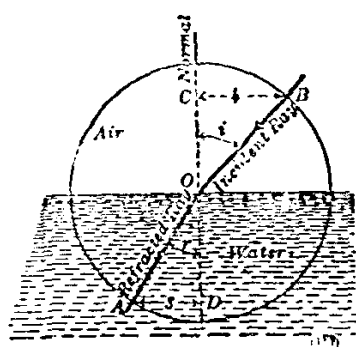


圖 144 屈折之各種名稱

E, F), 連結透鏡兩球面中心之直線曰透鏡之主軸。

§ 55. 透鏡 (Lens)

利用光之屈折所製成，大別為二類 (圖 145)：中央厚者，曰凸透鏡 (Convex lens, 如 A, B, C)；中央薄者曰凹透鏡 (Concave lens, 如 D,

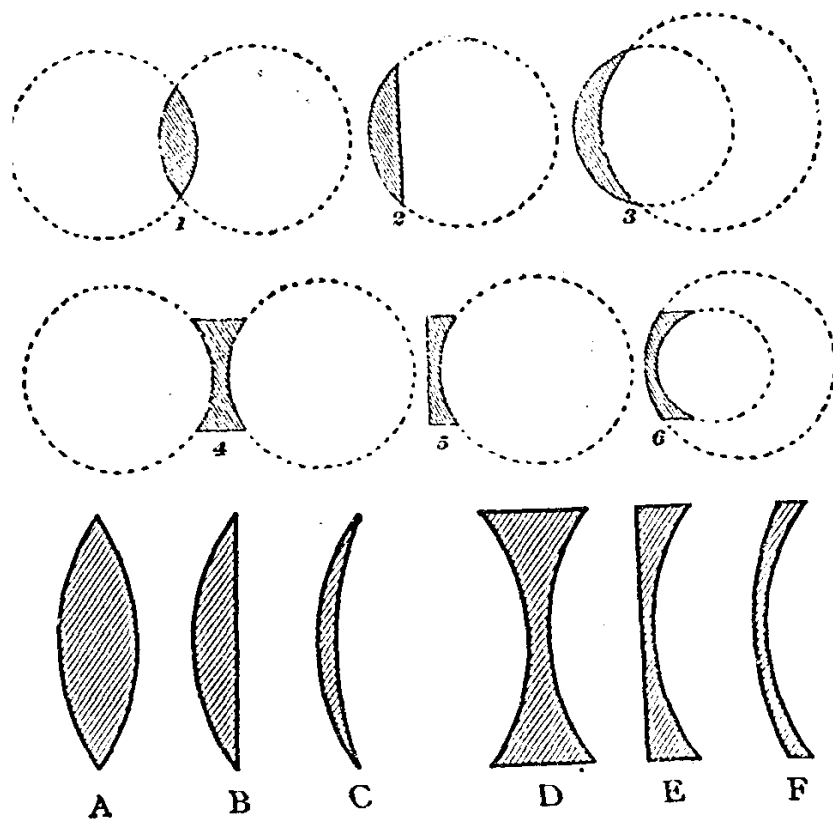


圖 145 透 鏡

實驗47. 取凸透鏡一，置日光下，使鏡軸與太陽光線平行。另取一薄紙片在鏡後移動，移至太陽光線經屈折後集於紙上一點時(圖146)，起何現象？

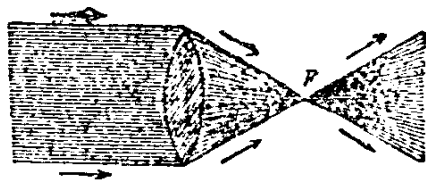


圖 146 凸透鏡之主焦點

上述之點，稱為凸透鏡之主焦點，由此至鏡面之距離，稱為焦點距離。

平行於凹透鏡主軸之光線，通過透鏡後，愈遠愈散，不復聚集(圖147)。但若將此等光線向射來之方向，逆延長之，則亦交於一點，此點為凹透鏡之主焦點。故凸透鏡之主焦點為實焦點，凹透鏡之主焦點為虛焦點。

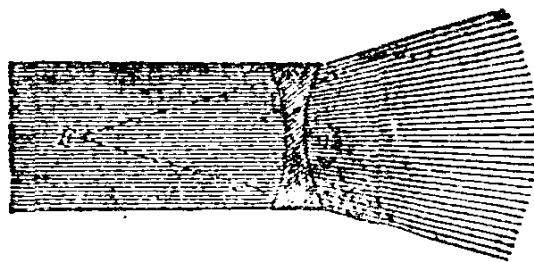


圖 147 凹透鏡之虛焦點

實驗48 在暗室內用凸透鏡 L, 移動於燭火 C 及紙屏 S 之間 (圖148), 則因燭火距透鏡之遠近, 有時能顯倒立燭像於屏上, 有時僅能自透鏡之他側, 望見在燭火之同側有較大之燭像。

換取凹透鏡, 試驗如前, 則不能顯像於屏, 僅能自透鏡之他側望見在燭火之同側, 有較小之燭像。

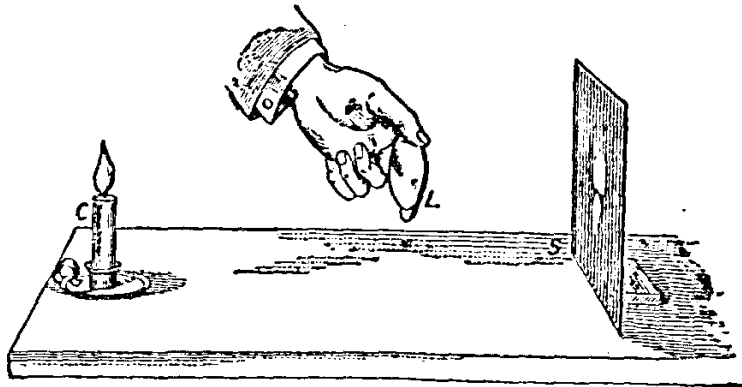


圖 148 凸透鏡前實物與像之關係

上述顯於紙屏之像, 爲實像, 在燭火同側之像爲虛像。此種像之虛實, 大小, 倒順及其位置, 亦可作圖求得。即就光體兩端平行於主軸及通過鏡心兩投射線之屈折線之交點, 聯結之即得全像, 因 (1) 與鏡軸平行之投射線, 屈折後通過主焦點(圖149)

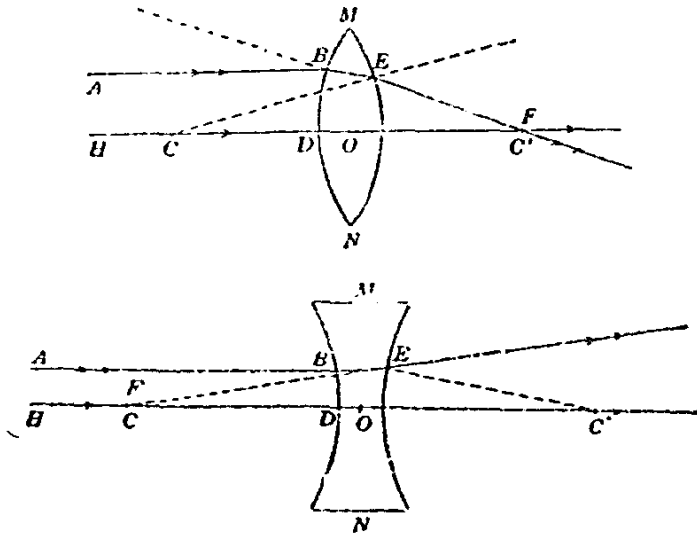


圖 149 凸凹透鏡之主焦點

(2) 通過鏡心之投射線，其屈折線可視為與投射線成一直線。

上二屈折線，或其在透鏡他側之延長線，必可相交，於是得首末二端之像，聯結之即得物體之全像。

茲將透鏡所成之像，列表並圖示於下：

物體位置	像	比實物 大 小	倒 順	前 後	虛 實
凸 透 鏡	二倍焦 點距外	小	倒	後	實
	焦點距外二 倍焦點距內	大	倒	後	實
	焦點距內	大	正	前	虛
凹透鏡		小	正	前	虛

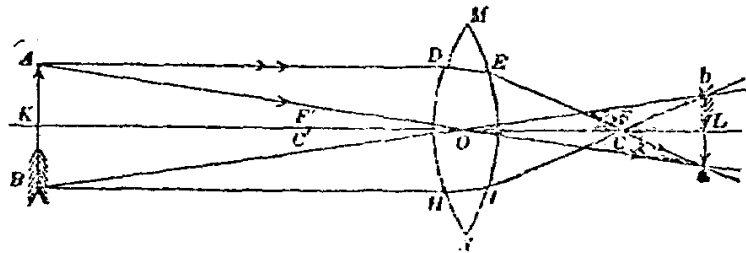


圖 150 實物在二倍焦點距離以外，
實像，倒立，較小

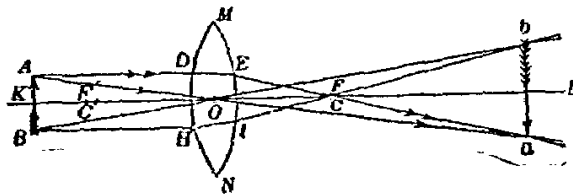


圖 151 實物在焦點距離以外，二倍焦點距離以內
實像，倒立，較大

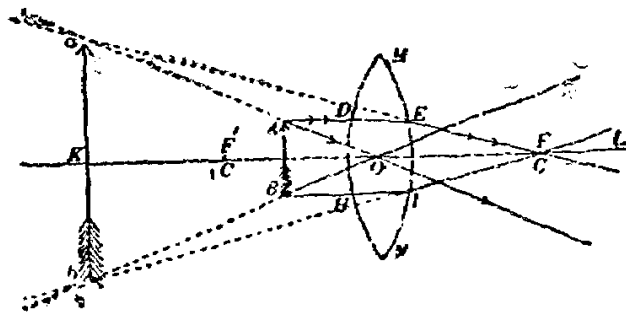


圖 152 實物在焦點距離以內，
虛像，直立，較大

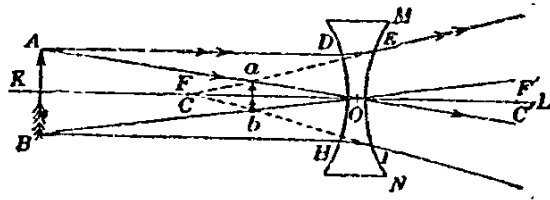


圖 153 凹透鏡之像

虛像, 直立, 較小

§ 56. 放大鏡 置物體於凸透鏡之焦點距離以內, 則光線通過透鏡後造成比實物大之虛像(圖 I52), 放大鏡即利用此理而作。將微小物體 AB (圖 I54), 置於焦點距離極短之凸透鏡之焦點 F 以內, 隔鏡望之, 即得見其放大之虛像 ab

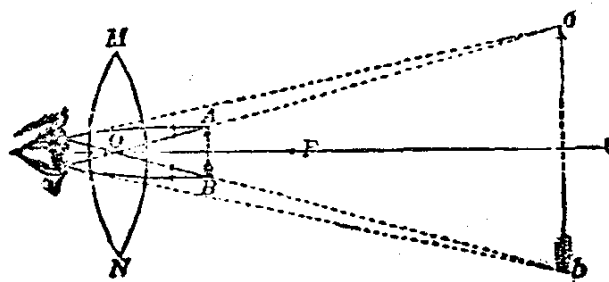


圖 154 放大之原理

§ 57. 顯微鏡 放大鏡僅能將實物放大數倍, 乃至數十倍。若欲將極微小之物, 如微生物, 動植物細胞等放大數百倍或數千倍則須用顯微鏡 (Microscope 圖 I55)

其主要部分爲一直立金屬圓筒，上下兩端各有一凸透鏡，下稱物鏡 (Objective)，上稱目鏡 (Eyepiece)。如圖156，物體 AB 置於物鏡之焦點距離外，放大後，造成實像 ab 其位置恰在目鏡之焦點距離以內，故再經目鏡放大，即成虛像 A'B'

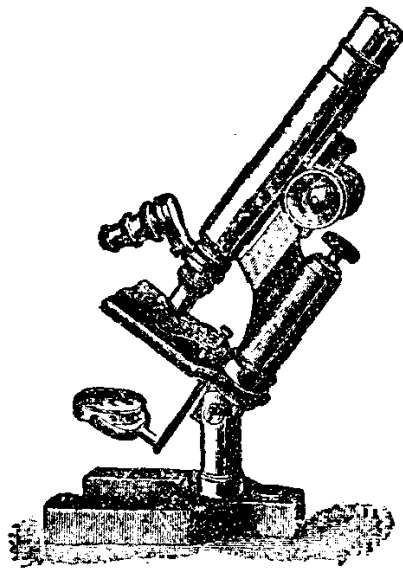


圖 155 顯 微 鏡

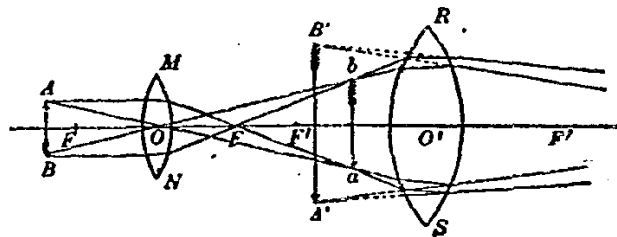


圖 156 顯微鏡之原理

§ 58. 望遠鏡 望遠鏡 (Telescope圖157) 爲觀察星體及遠距離物體之器械。其主要部分如圖158於金屬圓筒之一端,嵌長焦點距離之物鏡 MN, 他端插一細圓筒,而在該筒端嵌短距離之目鏡RS。設遠處物體AB, 由鏡作用,先成實像ab因其在目鏡之焦點以內, 故由目鏡作用,擴大成 A'B' 之虛像。

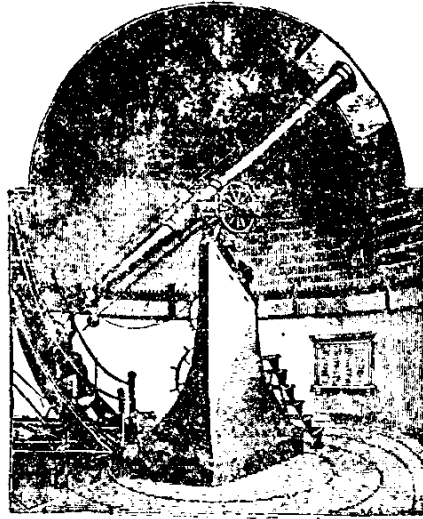


圖 157 天文望遠鏡

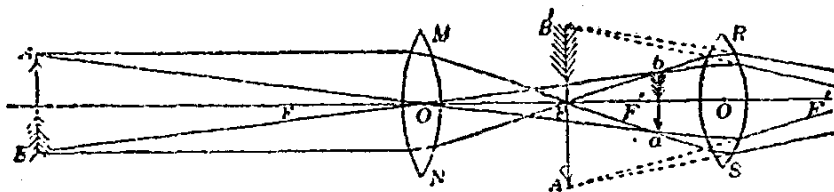


圖 158 天文望遠鏡之原理

§ 59. 照相器 照相器 (Photographic Camera 圖 159) 之要部爲一可伸縮之軟皮暗箱前,裝一凸透鏡,使自物體射來之光線經過透鏡之屈折後,在後面藥片上造成顯明之倒像(關於化學感光之原理,參閱拙著初中化學第115頁)。

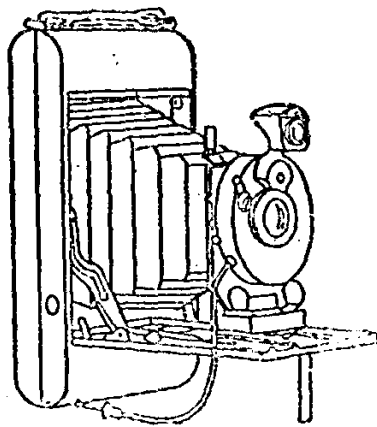


圖 159 照 相 器

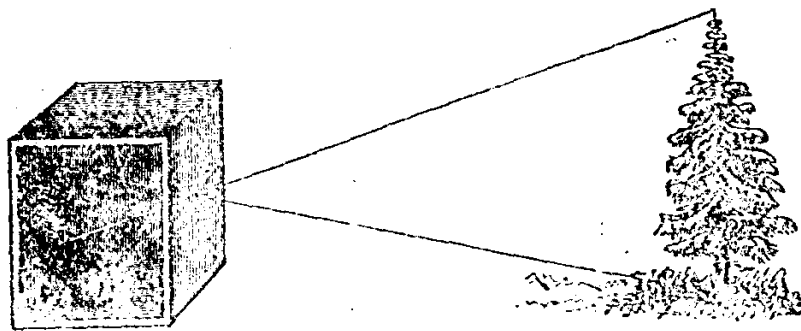


圖 160 照 相 器 之 原 理

§ 60. 眼 眼球 (圖I61) 成像之理,與照相器相似。水晶體(Crystalline lens) 能屈折光線,猶照相器之鏡頭。脈絡膜(Charoid coat)全部黑色,猶照相器之暗箱。物體之像,映於網膜 (Retina)上,刺激神經,而生視覺。瞳孔能自由收放,亦猶照相器之光圈,水晶體之彎曲度,亦應物體之遠近而變,使物體鮮明之像,恒映於網膜之上,是曰眼之調節作用 (Accommodation of eye) 視覺最明瞭之距離,約在離眼球 25 公分之處,曰明視距離 (Distance of distinct vision)。

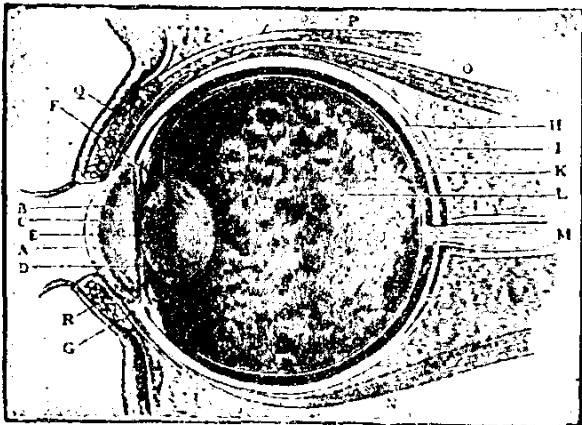


圖 161 眼 球

因水晶體凸度過大,或眼底過深,致遠處物體之像,都映在網膜之前不能明視,是為近視眼, (圖I62(2)), 須用凹透鏡作眼鏡將光綫散開,使像

移到網膜上。反之,則為遠視眼(圖I62(3)) 須用凸透鏡作眼鏡,將光綫聚集,使像移到網膜上。

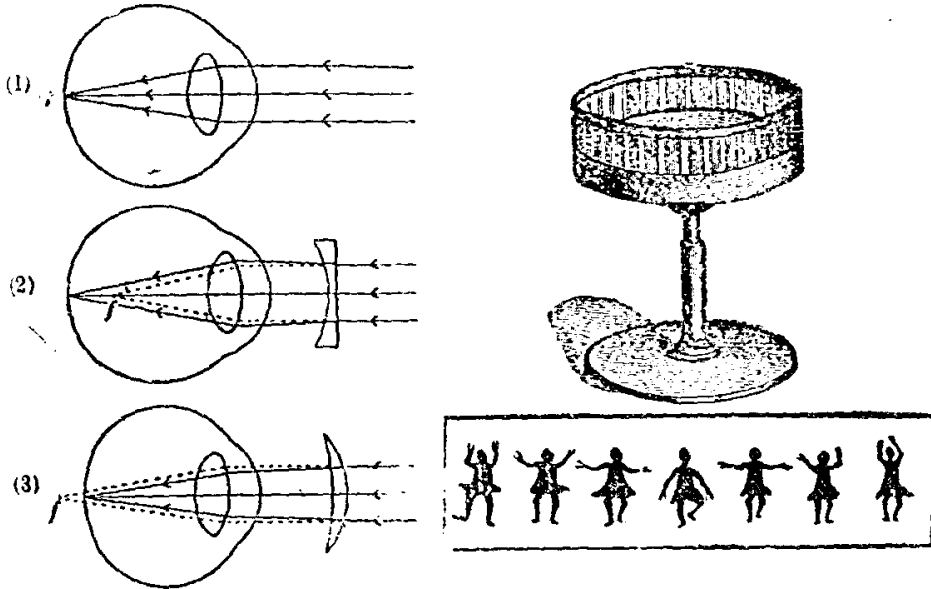


圖162 近視眼與遠視眼之補救

圖163 跳動筒

眼對光之感覺，不能立時消滅，約可保持 $\frac{1}{16}$ 至 $\frac{1}{12}$ 秒，是為視覺之餘迹。例如雨滴下降，彷彿水綫，搖撼燃香，宛呈火綫。又跳動筒（兒童玩具，圖163）及活動影戲，均利用此理製成。後者係將長條膠片做成感光片，用特別照相機，以每秒鐘十餘次之速度，攝取活動物體之像（圖164），再用特種裝置（圖165），以同一之速度連續映出，即為電影(Cineograph)。

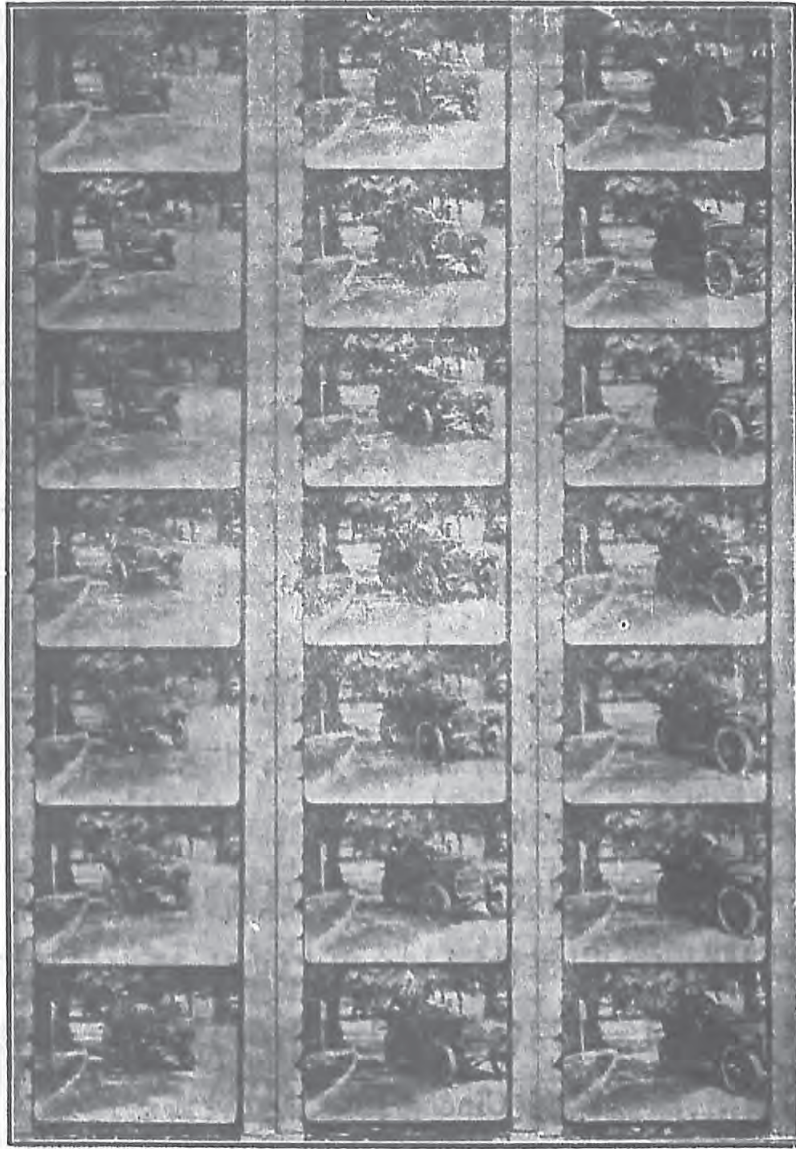


圖 164 活 動 影 片

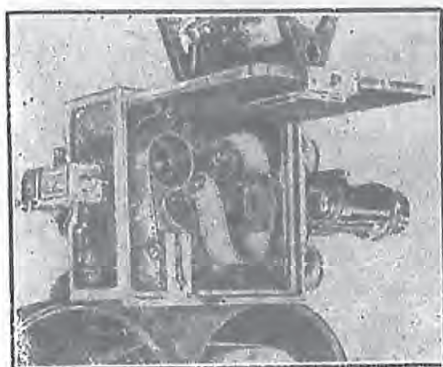


圖 165 電 影 機

最近有聲電影，係應用光波與音波之理，演員所發之音波，經過電流，使電流亦起振動；並使此振動之電流變成振動之光波，使在影片的邊上起粗細深淺的條紋。映演時，就以相反之原理，在銀幕上映出影像，同時使電流通於銀幕四周之放聲喇叭，放出演員之聲音，故稱曰有聲電影。

§ 61 光之分散

實驗49. 由細隙通入暗室之日光，以三稜鏡 (Prism圖166) 承之，由鏡放出之屈折線射於壁上，分紅，橙，黃，綠，青，藍，紫，七色，狀甚美觀。

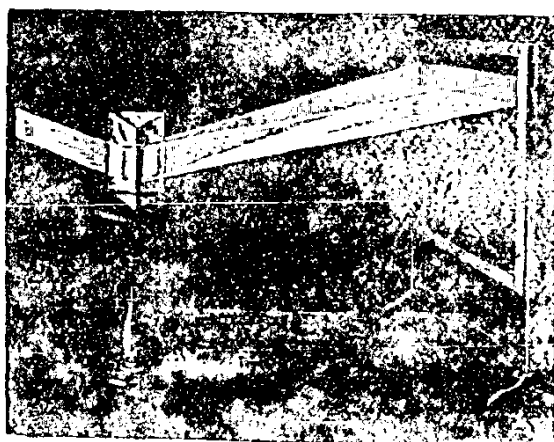


圖 166 光 之 分 散

此美麗之光名太陽光帶 (Solar Spectrum)。蓋太陽本具有七色之光，而屈折之程度，各不相同，故通過三稜鏡後而分散也。今再實驗如下

實驗50 如圖 167 爲牛頓氏色板 (Newton's Color disk) 黏有紅橙黃綠青藍紫七色紙片，固定於旋轉機(圖168)上，急速旋轉，而察其效()。

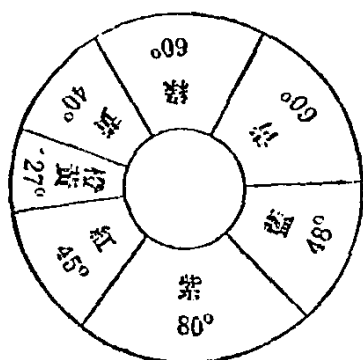


圖 167 牛 頓 氏 色 板

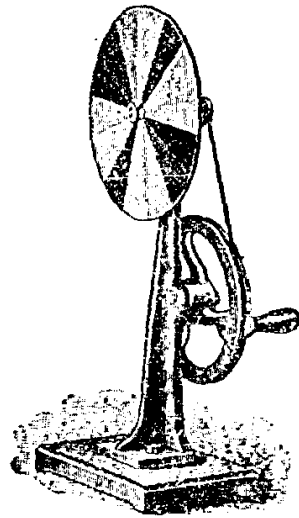


圖 168 色板旋轉機

或用七色紙片，黏附陀螺面上（圖169）而旋轉之其結果何如？

()

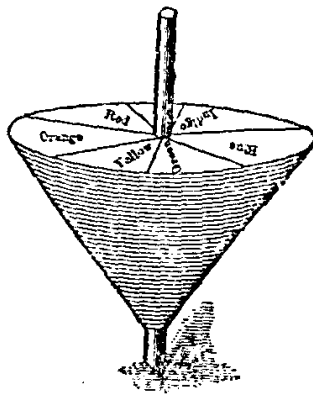


圖 169 色 陀 螺

實驗 5I. 用口腔容水適量，背日光方向，潑噴水霧，生成人造虹。

又在窗前立一紙板AB(圖170)，使日光由紙上小孔O透射至盛水之小玻璃瓶上，則見紙上小孔之周圍，生出各色光環，外為紅色，內為紫色。

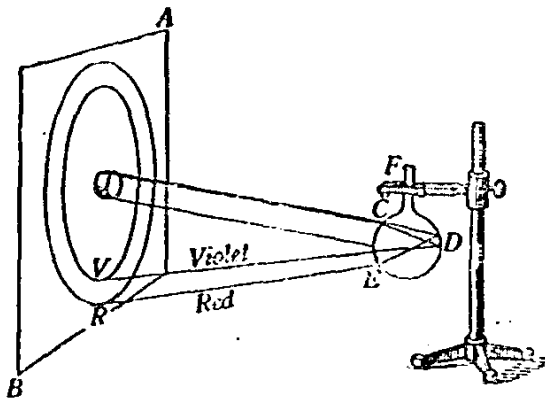


圖 170 人造虹

蓋最初光線之方向為OC，經過C，D，E各點屈折反射後，各色光分散，成為ER及EV之方向。紫色光屈折最甚，故為EV，與投射線OC約成 40° 角。紅色光屈折最弱，故為ER，與投射線OC約成 42° 角，其他各色，介乎紅紫之間。

雨天空中有許多水滴浮游，若有太陽光線射到此等水滴上，其屈折分散之情形，與上實驗完全一致。故將水滴與觀測者之瞳孔連結成直線，若與日光方向成 42° ，水滴即呈紅色。若與日光方向成 40° ，水滴即呈紫色。因此在天空中可見紅色在外紫色在內之著色圓圈（圖171）。其餘各色之次序，與太陽光帶一致，是為虹（Rainbow）。

如光線在水滴內多反射一次，則最後之方向與原來日光所成之角度，又不相同。通常在虹之外面，每發見一紫色在外紅色在內，顏色較淡之色圈即由此而成，是為二次虹（Secondary rainbow）。通常之虹可稱為一次

虹(Primary rainbow),以示區別。

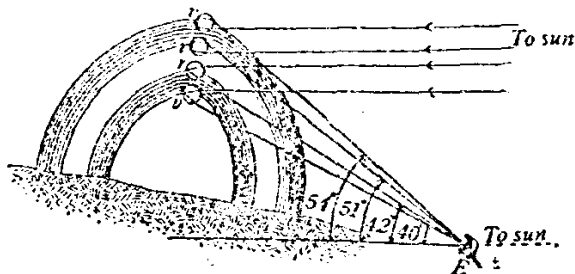


圖 171 一次虹及二次虹

§ 62. 物體之色 光投射於物體上時,呈透過,吸收及反射等現象。物體之色,即由此起。

實驗52. 用三稜鏡分日光成七色光帶,再使經過紅色或綠色玻片而射於白屏上,其色若何?何故?()次易以無色玻片,而察其效()。

由上知透明物體之色,隨其所能透過之光色而定。如紅玻璃能透過紅光,而吸收其餘之光,故為紅色。綠玻璃能透過綠光,而吸收其餘之光,故為綠色。如各色之光全能透過,則為透明無色。

實驗53. 用紅色紙在太陽七色光帶中移動,當紙在紅色光部份時,其效若何?()若在他色光部份時,則何如?()另用他種色紙,依法實驗,其結果何如?

太陽之白光，照於不透明物體之表面，其七色中之某種色被吸收，餘色反射而出。此反射之色，即為物體之色。故物體之色，視照於其上之光而定。例如紅色物體，以日光照之，則日光中之青綠等色被吸收，僅紅色光反射，故見其為紅色。若以綠色光照之，則其光全被吸收而呈黑色。

又如白色物體，如論何色之光，均能反射。故以紅光照之則紅，以綠光照之則綠。黑色物體將各色之光盡量吸收，而毫不反射，故無論以何色光照之，均現黑暗。

習 題

1. 日光由樹葉間隙透入地面，概成圓形，何故？
2. 白日地面上僅見電桿之影，不見電線之影，何故？
3. 水面生波紋時，不能明察水中之物體，何故？
4. 將直棒插入水內，宛如被水面折為兩段，何故？
5. 金魚浮游於圓玻璃瓶內，其形擴大，何故？
6. 星光閃動，是何理由？
7. 繪圖說明海市蜃樓之現象。
8. 照相用之暗室，其窗必用紅色玻璃。何故？

9. 白紙本不透明,但被水或油潤濕後,即成半透明何故?
10. 晝間由玻璃窗向室內望時,得見自身之像。若向外望時,則僅見室外之景物。何故?
11. 夜間點燈於室內,難見玻璃窗外之景物。若在窗外,卻得望見室內。何故?
12. 雲爲透明水滴之集合,而見其爲微黑者,何故?
13. 朝夕時天空常呈紅霞,何故?
14. 將空試管斜插入水中,見其光輝如鏡。若以水注入管中,其光輝頓消。何故?
15. 說明哈哈鏡之原理。



圖 172

16. 說明萬花筒之原理。
17. 顏料混合與光色混合之異點，試舉例說明之。
18. 略述三色版製法之原理。
19. 說明圖172所示之現象：
20. 說明圖173所示之現象：

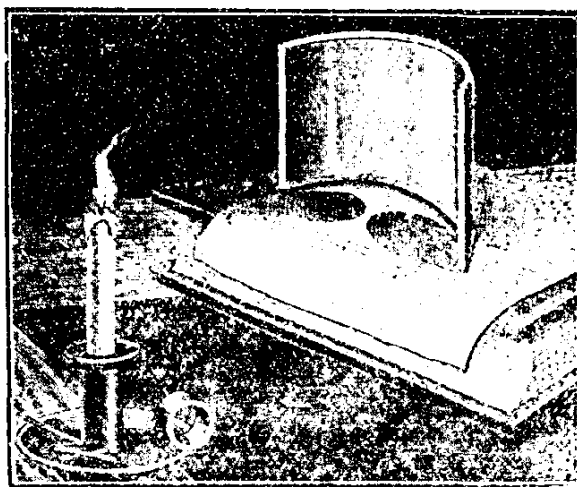


圖 173

21. 距煤氣燈 6 公尺處之照度，等於距標準燭 1 公尺處之照度。求煤氣燈之光度。

第 七 章

樂 器 與 音

§ 63. 音由何而發生? 當吾人談話或唱歌之時，試以指尖輕按喉部，則覺顫動不絕。茲再實驗如下：

實驗54 以通草球接近音叉之一臂(圖174)，當叩叉發音時，其兩臂擺動，而通草球亦隨之飛躍不已。

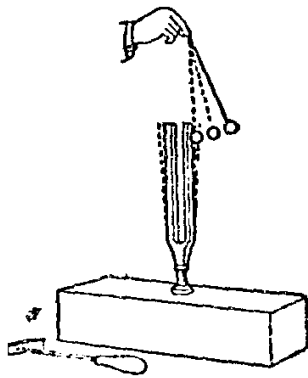


圖 174 音叉擺動

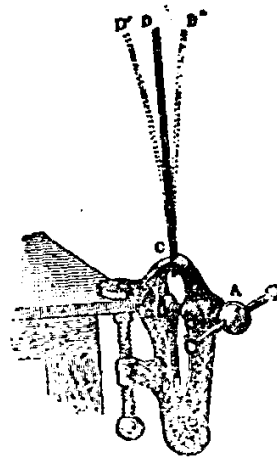


圖 175 鋼條振動

取一銅條，下端用螺旋箱固定（圖175），將其上端引向一方而急放之，則見銅條左右振動，而發微音。

弦琴上跨以燈草，當彈琴發音時，則見燈草隨弦跳躍。

由上述各實驗，知音之發生，由於物體之振動。如彈琴則弦振動而發音；擊鼓則鼓膜振動而發音；吸簫則空氣振動而發音。凡物體發音時，無有不振動者。

§ 64. 音以何而傳播？

實驗55. 如圖176，置鬧鐘或電鈴於抽氣機之玻璃鐘內，墊以橡皮，抽去鐘內空氣，鈴聲漸微弱。後復送入空氣，鈴聲又復原。

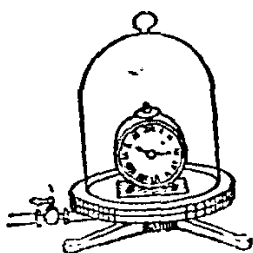


圖 176 傳音之媒質(空氣)

實驗56. 將音叉柄端，插入一薄板內（圖177），輕擊叉臂，則發微音，次連同薄板觸於玻璃器中水面上，而察其效。

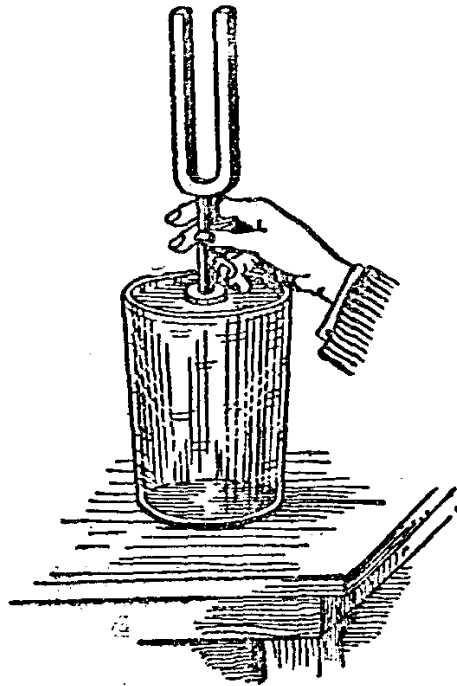


圖 177 傳音之媒質(水)

實驗57. 取兒童玩具之聽筒(圖178), 用棉線聯絡間隔四五丈之距離, 一人向筒口發微音, 他一人得聞清晰之聲。

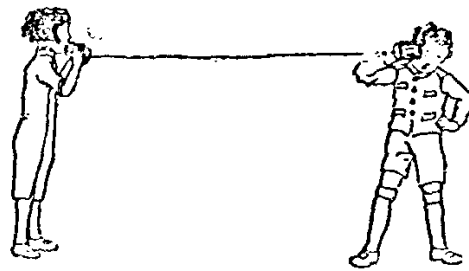


圖 178 傳音之媒質(棉線)

又用耳觸棹之一端, 於棹之他端輕叩以指尖, 聽之甚清。

由上實驗，知音之傳播，專賴有尋常物質之存在，故與光熱有別。物質傳音之速度，固體最大，液體次之，氣體最小。例如音之速度在鐵中為每秒5100公尺，在水中為每秒1400公尺，在空氣中（當 0°C 時）為每秒331.3公尺。

空氣傳音之速度，隨氣溫並增。氣溫每升高 1°C ，音速約增60公分。

問題 1. 測定空氣傳音速度之方法若何？

問題 2. 甲處放砲乙處測得自見烟至聞聲之時間為5.2秒。問甲乙兩處相距若干公尺。

問題 3. 氣溫 20°C 時於相距八百公尺外，見有槍烟騰起，問聞聲須在若干秒鐘之後？

§ 65. 音波 投石於水，水波即以小石投入之點為中心，漸向四方擴大（圖179）。而浮於水面之樹葉，薄片等，僅上下擺動，不見進行。故知水波高低之形狀雖向外擴散，而水面之各點，則各在其原位上下往復擺動。茲再作以下實驗：

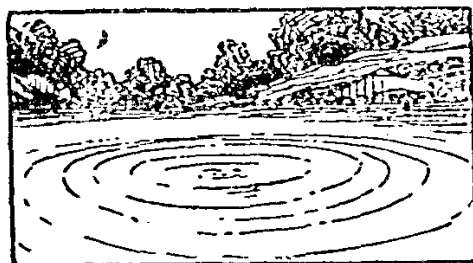


圖 179 水 波

實驗58 取鋼球若干個，用線懸之，使排列成一行(圖180)，用以表示空氣中一部分分子排列之狀況。將其邊端之一球提起，而復放之，

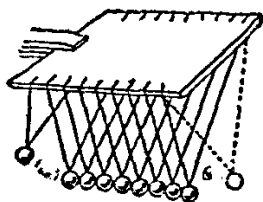


圖 180 表示音波由一質點傳至他質點

以擊其次之一球；如此則諸球方受動作於其前者，即刻盡授之於其後者；諸球依次受授之運動，實際上係同時的，故各自停止，直至末球，始能自行躍起。

空氣傳音之狀況，與上述之實驗相似。今假定發音體振動時，其分子先向外，此時隣近之空氣，為其所壓迫，亦向外運動，變成密層（猶水波之波山），瞬時復轉而向內，鄰近之空氣，又隨之向內運動，變成疎層（猶水波之波谷），疎密相間而成音波，順次擴散於四方（圖181）。此能力刺激吾人之鼓膜，乃起音之感覺。

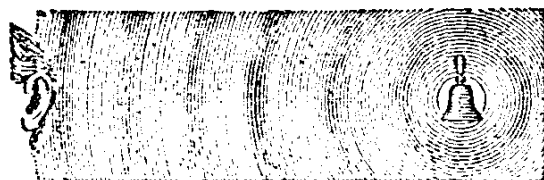


圖 181 音 波 之 一

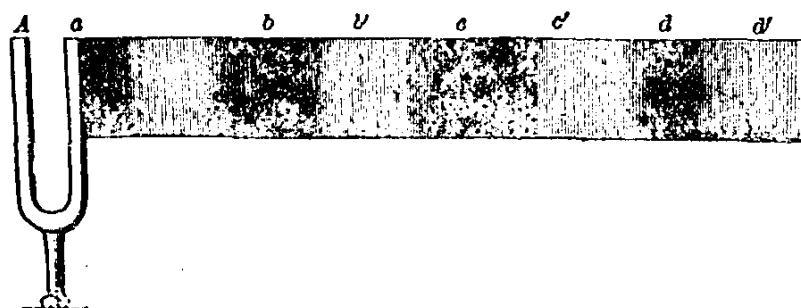


圖 182 音 波 之 二

音波之有疎密，猶水波之有山谷。如圖 183，水波之相鄰兩山 (bf) 或兩谷 (dh) 間之距離，或相鄰同位 (Phase) 之兩點間之距離 (ae, cq, mn.) 謂之波長 (Wave length)。自 b 或 f 至底線之垂線謂之振幅 (Amplitude)。音波進行一波長所需之時，謂之週期 (Period)。一秒間發音體所生波長之數，謂之振動數 (Number of vibration)。



圖 183 水波與音波之相應

然音波有一點不可以水喻者，即水波中質點之運動方向垂直於波之傳播方向；是曰橫波 (Transverse wave)。音波中質點之運動方向，與波之傳播方向，在同一直線內，是曰縱波 (Longitudinal wave)

茲命 l 為波長， V 為傳音之速度， n 為振動數， T 為週期，則有如下之關係

$$l = VT; \quad T = \frac{l}{n}。$$

問題 1. 有音波其速度為每秒 340 公尺，其振動數為 420，問波長若干？

問題 2. 有速度 50 公尺之波，其波長 3 尺。問其週期及振動數各若干？

§ 66. 音之反射 在山洞內或當懸崖絕壁前，大聲疾呼，即可聽見回音 (Echo)。因為音波傳至洞頂或崖壁邊，被其阻隔，即行折回，與水波由岸邊折回之狀況相似。此種現象，稱為音之反射。如圖 184 之回音谷即屬此例。又雷聲殷殷乃多數回音連續而成者也。



圖 184 回 音 谷

凡連續音之來，其相距時間不及 $\frac{1}{10}$ 秒時，則耳不能分別其為連續。音於 $\frac{1}{10}$ 秒能行33.13公尺。故牆壁相距不

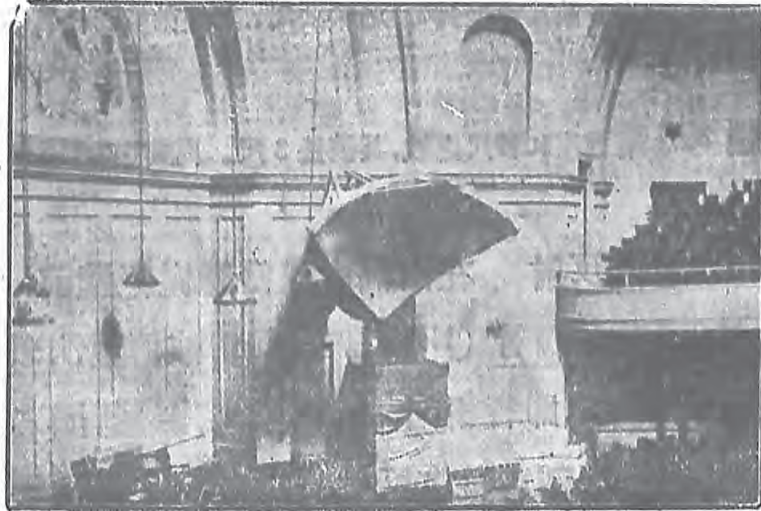


圖 185 大講堂發音之設備

及16公尺者，則回音與原音相合，故音覺增強。若禮堂，劇場等足以起回音者，常懸以簾布等物遮斷音波，以防回音(圖185)。

問題 1. 在室內聽音，較在空場為易者，何故？

問題 2. 氣溫 15°C 時，向回音谷發聲，0.7秒後始聞回音，問距谷若干公尺？

§ 67. 噪音與樂音 木石相擊，車輪馳驅，其振動甚不規則，(圖186)入耳易生厭惡者，曰噪音。樂器之發音也，振動有序，入耳愉快者曰樂音。

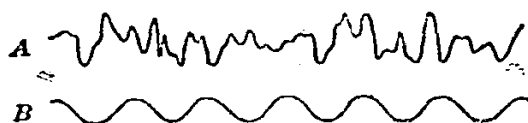


圖 186 噪音與樂音

§ 68 音之三要素 鼓聲洪大而鈍，鳥聲輕微而銳，洪大與輕微，謂之音之強弱，由發音體振幅之大小而異。銳與鈍謂之音之高低，由發音體振動之緩急而異。

實驗59 用一迴轉金屬圓板(圖187)，板面穿有數行小孔，另用尖玻璃管由鼓風器送氣入孔；並由金屬板迴轉之緩急，以察發音之高低，

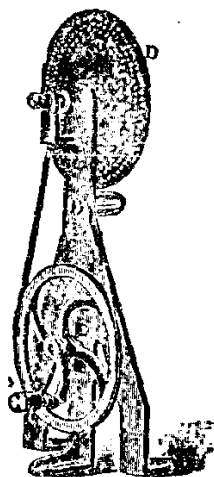


圖 187 音之高低與振動數之關係

凡用弦或膜以發音，其發音部若短，若細，若薄，若輕，若張之緊者，所發之音必高。若長，若粗，若厚，若重，若張之鬆者，所發之音必低。人之聲音，起於喉頭聲帶之振動。女子小兒之聲帶，比男子為薄而短，故所發之音，比成年之男子為高。

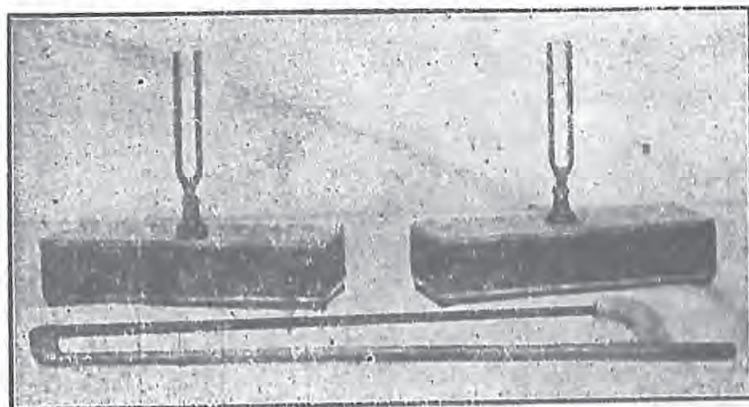
同高同強之音，其感於耳時，每因其發音體之種類而有差異。如鳴鐘，擊鼓，其音立辨。即吾人言語，亦各有本色。故親朋談話，雖不覲面，亦得辨其為何人。是發音體各有其固有之特徵也。是曰音色。音色之差，因音波波形之差異而生。

音之強弱(Loudness)高低,(Pitch)及音色(Timber)三者常稱爲音之三要素。

§ 69. 共鳴

實驗60 試將音叉自其木箱上取下,以手執其柄,擊之使發音。次將其柄端立於桌面上,或木箱上,有何變化?()何故?

實驗61. 取振動數相等之音叉二個,共置於桌面上,並相隔三尺許,令其一發音,少時即抑止之,起何變化?()



■ 188 音 義 共 鳴

一物體附和他發音體起同樣之振動而發音者曰共鳴 (Resonance)。樂器多利用共鳴之理而發清澈朗亮之音。其利用共鳴箱者,如音叉,風琴,胡琴,琵琶,三弦,鼓等是也,其利用共鳴板者,如鋼琴,瑟,及多弦琴等是也。

§ 70 音階 兩樂音同時入耳，有愉快與不愉快之別。愉快者曰二音調和。二音之調和，僅限於振動數之比極簡單。例如 1:2, 2:3, 3:4等，是曰音程 (Interval)，其中以 1:2 爲最善調和。

音樂上奏曲時，於 1:2 之音程間，置入六音，而成七個音程：是曰音階 (Musical Scale)。茲將中西音樂八音之名稱，振動數，及音程等比較如下表：

中 樂

古時八音	徵	羽	變宮	宮	商	角	變徵	半徵
今時八音	合	四	一	上	尺	工	凡	六
振 動 數	256	288	324	341.3	384	432	486	512
各音對徵 音之音程	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{81}{64}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{27}{16}$	$\frac{243}{128}$	$\frac{2}{1}$
相隣二音 之 音 程	$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{256}{243}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{256}{243}$

西 樂

音 名	do	re	mi	fa	sol	la	si	do'
符 號	C	C	E	F	G	A	B	O
振 動 數	256	288	320	341	384	427	480	512
各音對do 音之音程	I	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	$\frac{2}{1}$
相隣二音 之 音 程		$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{65}$

西樂相隣二音間之音程，有 $\frac{9}{8}$ ， $\frac{10}{9}$ ， $\frac{16}{15}$ 三種，前二者稱全音程，後者稱半音程。作曲譜時以上數音，尚不敷用，每於全音程間各插入一音共為十二音：

C	$C_{\#}$	D_{\flat}	D	$D_{\#}$	E_{\flat}	E	F	$F_{\#}$	G_{\flat}	G	$G_{\#}$	A_{\flat}	A	$A_{\#}$	B_{\flat}	B
I	$\frac{25}{24}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{75}{64}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{25}{18}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{25}{16}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{128}{78}$	$\frac{15}{8}$					

風琴，鋼琴之鍵盤，由白鍵及黑鍵所成（圖189）。其白鍵為 C, D, E, F, G, A, B, 等音，黑鍵則為 $C_{\#}$ D_{\flat} , $D_{\#}$ E_{\flat} , $F_{\#}$ G_{\flat} , $G_{\#}$ A_{\flat} , $A_{\#}$ B_{\flat} 等音。

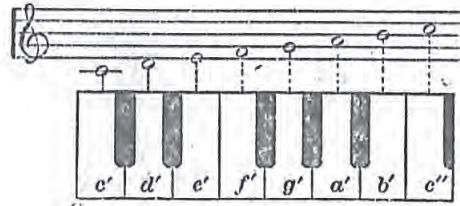


圖 189 鍵盤

§ 71. 樂器 尋常樂器，可分四類：

(1) 弦樂 利用弦之振動曰弦樂。如胡琴，琵琶，七弦琴，提琴（Violin圖190）等，除發音之弦外，皆附有共鳴箱。



圖 190 滿得林，提琴

(2) 管樂 利用空氣柱之振動曰管樂。如蕭，笙，笛，喇叭，及西洋管樂（圖191）等屬之。

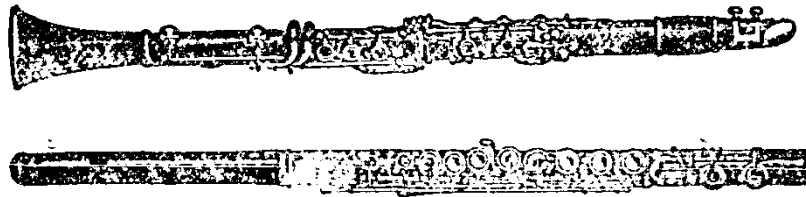


圖 191 管 樂

(3) 簧樂 利用簧片之振動曰簧樂，如口琴，風琴，鋼琴(圖192)等屬之。

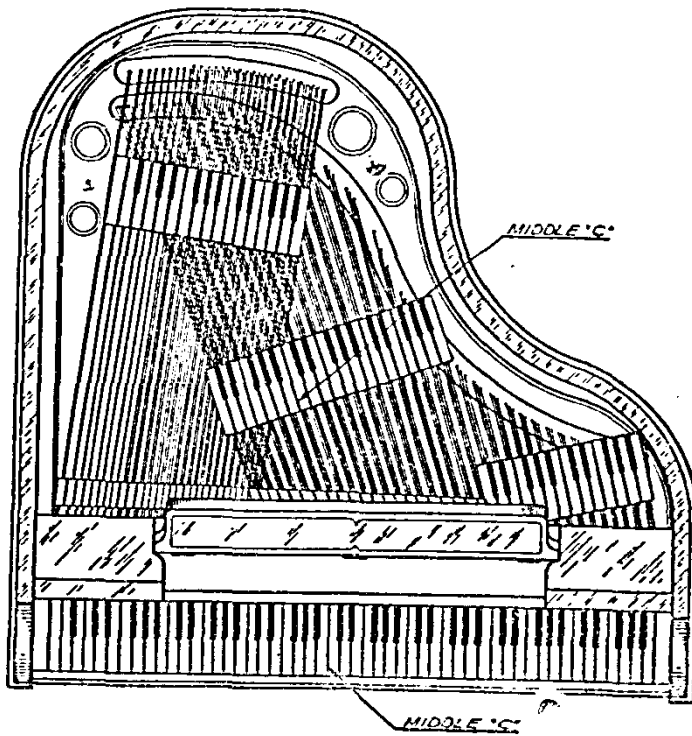


圖 192 鋼 琴

(4) 板樂 利用板膜之振動曰板樂，如鼓等是。

§ 72. 留聲機 留聲機 (圖 193) 爲美人愛迭生 (Edison) 所發明。其主要部分係由硬橡皮製之唱片及雲母製之振動板而成。振動板 (圖 194D) 之一方裝一喇叭管, 他方有一固定之針。針尖 A 與塗有薄蠟之錐製平面圓盤相接觸。

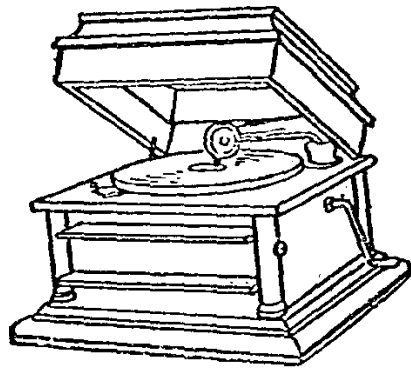


圖 193 留 聲 機

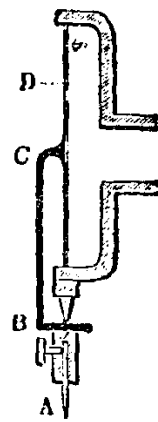


圖 194 振動板

收音時對準喇叭口發音, 同時由鐘表齒輪裝置旋轉圓盤, 振動板隨音之強弱, 高低音色等, 起相應之振動, 同時附著之針尖遂在蠟盤上刻出深淺疎密之痕迹。將此圓盤浸入酸液, 使露出之錐, 被酸腐蝕。前此針尖刻出之痕迹, 即成爲波紋。再將此盤, 製成凸起波紋之銅模, 壓入未凝固之硬橡皮平面圓盤上, 冷後取出, 復

得具有凹紋之唱片。

載唱片於轉台上，將振動板上之針尖，嵌入凹紋內，隨前所刻蜿蜒曲折之波紋而振動，振動板亦起同樣之振動，故能使音復生。

第七章 綱 要

音之發生，由於物體之振動。

空氣傳音之速度約為每秒331公尺。

$$l = vT; \quad T = \frac{l}{n}$$

樂音三要素：

- (1) 強弱……由於發音體振幅之大小；
- (2) 高低……由於發音體振動數之多少；
- (3) 音色……由於音波形狀之各異。

一物體附和他發音體起同樣之振動而發音者曰共鳴。

二音之振動數之比(音程)為簡單整數時，其音即調和。

- 樂器之種類
- 1. 弦樂……胡琴琵琶,提琴等
 - 2. 管樂……蕭,笙,笛喇叭等
 - 3. 簧樂……口琴,風琴,鋼琴
 - 4. 板樂……鼓等

習 題

1. 有一發音體,在空氣中音波之速度為每秒340公尺,其振動數為500,求其波長。
2. 有人見閃電後5秒,始聞雷聲。求人與雷之距離。
3. 強而低,弱而高之音為何?試舉例以明之。
4. 醫生所用聽診器之作用如何?
5. 人之外耳,有何效用?
6. 20°C時向井發聲,0.8秒後始聞回聲,問距水面之深若干?
7. 拉胡琴者,手指專在弦之上端近傍按奏何故?又隨時將兩弦適宜絞緊或放鬆,係何作用?
8. 留聲機轉動之緩急,與音之高低,有何關係?
9. 蕭笛等管樂皆開有若干個圓孔,其用處安在?

第 八 章

磁 與 電

§ 73. 磁石

實驗 62. 取磁鐵礦(即天然磁石)少量,使接觸鐵屑或縫針,起何現象(圖195)?

另以磁石順摩縫針十數回,使接觸鐵屑,何如?()



圖 195 磁石吸鐵

由上知磁鐵礦有吸鐵之性,是曰磁性(Magnetism)。以天然磁石,順摩鋼鐵,則鋼亦得磁性,是爲人造磁石。通常所用者,其形有三種,即棒磁石(圖196),馬蹄磁石(圖197)及磁針(圖198)是也。



圖 196 棒磁石



圖 197 馬蹄磁石

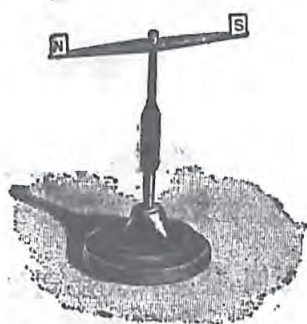


圖 198 磁針

實驗63. 取一棒磁石全體置入鐵粉內而取出之，檢視其各部附着鐵粉之狀況(圖199)。



圖 199 磁極

由上知磁石吸力，各部不同，中部最弱，而兩端為最強：是曰磁極(Magnetic poles)。

實驗64. 水平懸置棒磁石，令其自由旋轉，(圖200) 而察其結果()。

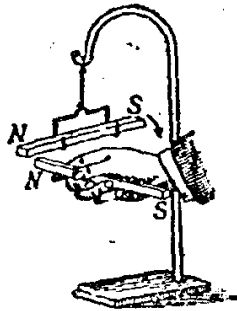


圖 200 磁石南北極

磁石有指南北之性質，指南之端曰南極(S-pole)，指北之端曰北極(N-pole)。指南針或羅盤(圖201)即利用此種性質，以定航海之方向焉。

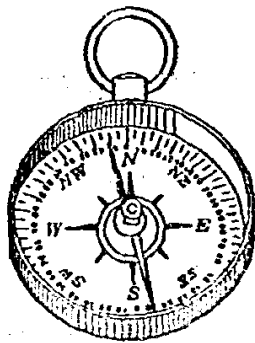
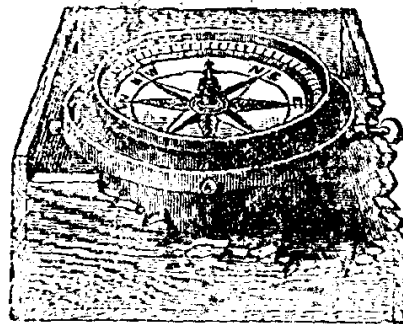


圖 201. 指南針



航 海 羅 盤

實驗65. 如圖200,以一磁石之北極,近於他磁石之北極,起何現象?()若近於他磁石之南極,則何如?()。

由上知同極相斥,異極相引。

實驗66. 用一磁棒之北極,接近一小鐵釘,起何現象?()另持他一磁棒之北極,近釘之下端(圖202),而察其效()。

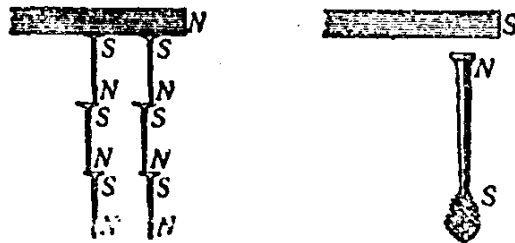


圖 202 磁 之 感 應

再取釘數枚,次第連接前釘之下端(圖202),起何現象?()並用磁針驗明末端之磁極為何?()用兩手指緊持第一鐵釘,使逐漸離開磁棒,其結果若何?()

由上知以鐵近磁石之端,則鐵即磁化。其近磁石之端,生異名之極;遠磁石之端,生同名之極。此現象謂之磁之感應(Magnetic induction)。

實驗67. 取一磁化之粗長鐵針,穿入小木塞中,令浮於水盤內。另用一磁棒,平置盤底,則見木塞即沿曲線由N運行至S(圖203)。

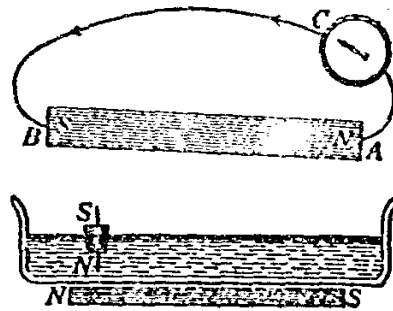


圖 203 磁極運動之方向

實驗68. 取一棒磁石，平置桌上，覆以白紙，紙上加蓋玻板，上灑鐵粉，並以指輕叩玻板，細察鐵粉分佈之狀況(圖204)。

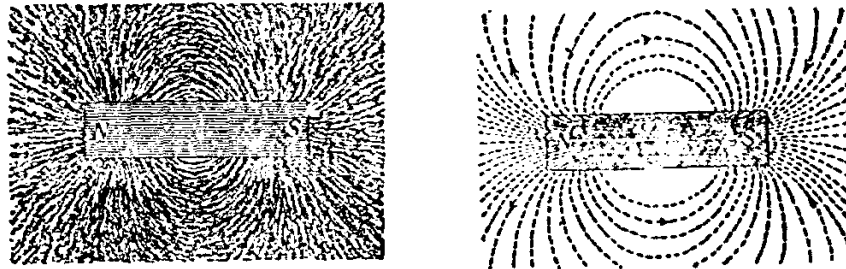


圖 204 磁 力 線

次將兩磁石之北極，互相對置，或一北極與一南極互相對置，細察其相斥，或相引之狀(圖205圖206)。

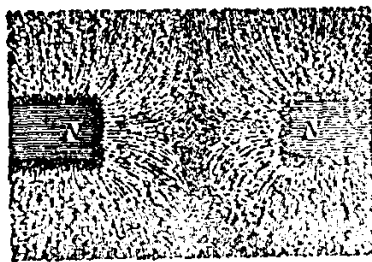


圖 205 磁力線相斥之狀

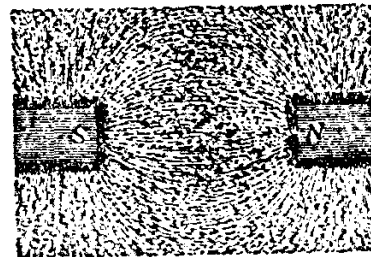


圖 206 磁力線相引之狀

此種曲線，乃表示磁場內各處磁力之方向者，名曰磁力線(Lines of magnetic force)。

討論：試用磁感應之理，說明指力線之現象。

實驗69。取一磁化縫針，折為兩段，入鐵粉內，取出視之何如？(圖207)再將一段折半，依法試之，而察其效。

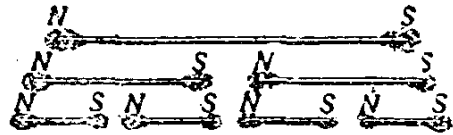


圖 207 磁針折斷後兩端吸鐵之狀況

由是可知磁石之分子，皆為小磁石，兩端則同名極並列，故現強磁性。中央則異名極相向，故彼此抵消。

未經磁化之鋼鐵，其分子方向甚錯雜(圖208)，故無磁性。一入磁場，各分子即排列成一定方向(圖209)，遂呈磁性。

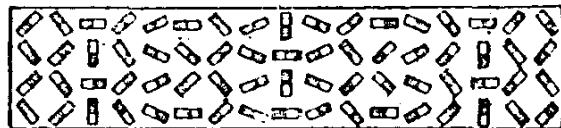


圖 208 未經磁化之分子排列

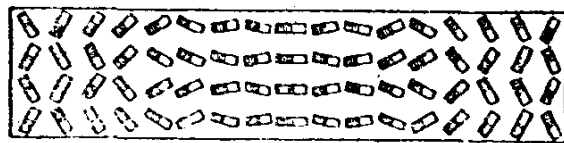


圖 209 已經磁化之分子排列

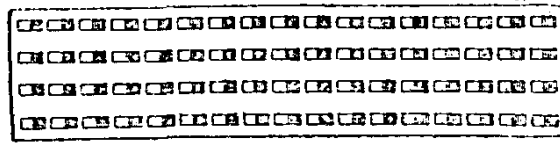


圖 210 飽和磁石之分子排列

軟鐵易磁化，而易消失其磁性，鋼鐵難磁化而能保留其磁性。磁石如已達飽和（圖210），則不能再增強其磁力。又將磁石加熱或打擊，其磁力即行減弱。此等現象，學者試以上述之分子磁石說（Theory of molecular magnets）解釋之。

問題 1. 指南針為何人所創製？現時航海所用羅盤其要部之構造若何？（教師指導）

問題 2. 磁石保存之方法若何？

問題 3. 鋼鐵磁化之法如何？試繪圖以明之。

問題 4. 人造磁石，必用鋼鐵，何故？

問題 5. 用磁石驗針之已否磁化，何以必先見其相斥，而後始能確知其化磁？

問題 6. 試舉例證明地球為一磁石。

§ 74. 摩擦生電

實驗 69. 用乾毛巾摩擦橡皮棒，或用絹摩擦玻璃棒，近於紙片，

燈草等輕物體(圖 211)起何現象?()。

此種能吸引輕物體之現象,謂之帶電 (Electrification); 其原因謂之電 (Electricity)。荷電之物體曰帶電體 (Charged body)。

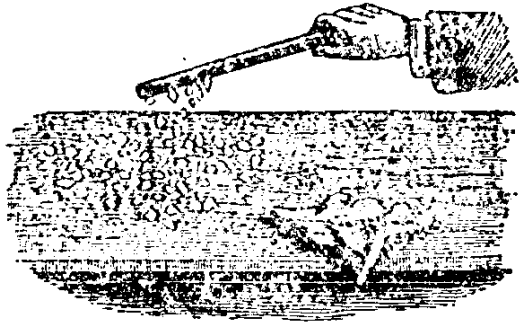


圖 211 帶電現象

實驗 70. 用乾毛巾摩擦金屬棒,試其能否發生帶電現象?(

) 另以具有玻璃或橡皮柄之金屬棒,再用乾毛巾摩擦,其結果相同否?()

由上知物體均能由摩擦而帶電。惟玻璃橡皮等物,所發之電,止於其摩擦處,而不移動,故顯帶電現象。若摩擦金屬棒,則某處發電即傳播全體,並由持棒之手而逸去,故不呈帶電現象。後者稱為導體 (Conductor)。如金屬,動植物,人體,地球,不純水等屬之。前者稱為非導體 (Non-Conductor), 或曰絕緣體 (Insulator)。如乾空氣,硫黃,樹脂,玻璃,絲綢,乾紙等屬之。

§ 75. 正電與負電

實驗71 將用絹摩擦之玻璃棒，移近電擺（係用絲懸一小木髓球而成，圖 212），擺初被吸引，後相拒。此時若用乾毛巾摩擦之橡皮棒移近之，則何如？（ ）

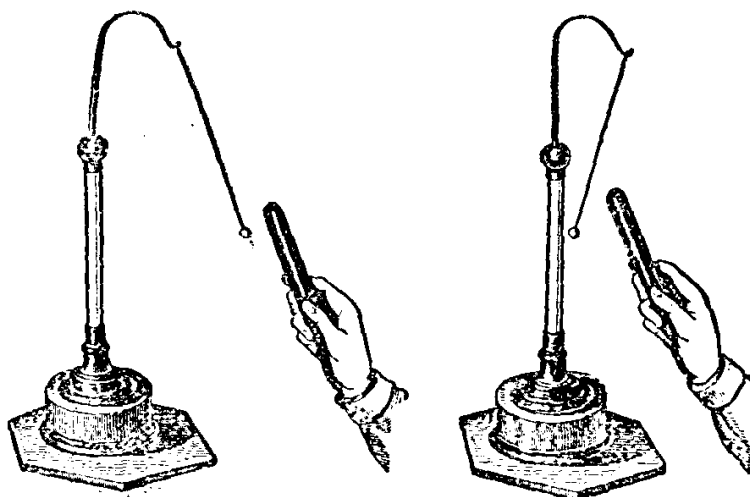


圖 212 電 擺

由此知玻璃所帶之電，與橡皮所帶之電，全異其性質。將種種物質摩擦而驗之，所帶之電，不外此二種。前者曰正電 (Positive electricity) 以(十)號表之，後者曰負電 (Negative electricity) 以(一)號表之。由上實驗可知：

同種之電相排斥，異種之電相吸引。

§ 76 感應生電

實驗72 置絕緣導體 BC (圖213) 於帶負電體 A 之近傍, 則見其下之小輕球, 除居中者不動外, 餘皆兩兩張開。另以帶正電之電擺, 分別移近 BC 兩端, 各起何種現象?() 又將 BC 與 A 遠離, 其結果如何?

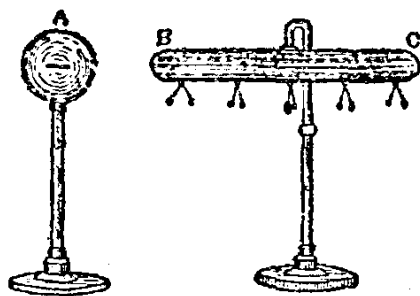


圖 213 電 之 感 應

凡絕緣導體因在帶電體之近傍 (電場) 即呈帶電現象。近端生異性電, 遠端生同性電。是曰電之感應 (Electric induction)。

討論: 試根據電子學說, (參考拙著初中化學第一百九十六頁) 說明電感應之現象。

金箔驗電器即利用電感應之理而作。其構造如圖 214, 在玻璃器內插入一金屬棒, 其下端垂金箔兩枚, 上端附金屬板。帶電體持近金屬板時, 金屬板生異性電, 金箔生同性電, 金箔乃排斥而展開。故可因金箔之排開與

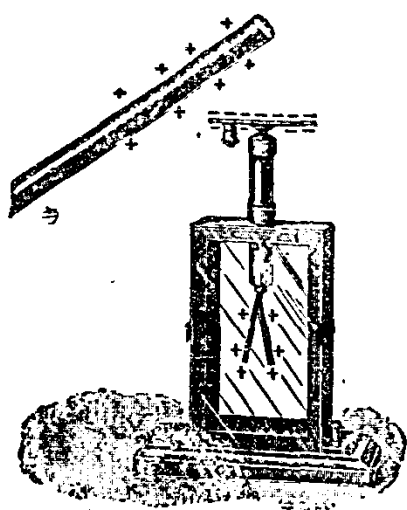


圖 214 金箔驗電器

否，判定物體之是否帶電。其帶電之多少，可視金箔所開角度之大小知之。又預將帶電體接觸金屬板，使電之一部，移於金箔，箔即排開。若其他帶電體近之而益開，則所驗者為同性之電；近之而反閉，則所驗者為異性之電。

實驗73. 將橡皮棒之一端，在毛絨所製之蓋中，(圖215)，旋轉摩擦，一併移近金箔驗電器之上，有無變化？() 次將橡皮與毛絨離開，分別接觸金箔驗電器，而一一記其結果()。



圖 215 正負二電同時發生

由上可知正負二電同時發生，而其量相等。

§ 77. 空中雷電

實驗74 試驗帶電體上電荷分配之狀況及尖端放電之作用。取正負兩帶電體互相接近，能於其間放小火花而發微音。以手指近帶電之橡皮棒亦然，試思其理。

凡正負二電，當相距甚近時，即穿空氣而過，現出火花發為聲音，以相中和，名曰放電 (Discharge)。天空中之電光與雷鳴，是一種自然界放電作用。傅蘭克林 (Franklin圖216)當雷鳴時，放絹製風箏至空際(圖217)測得上層之雲含多量之電。凡含電之雲，與他雲感應 (圖218)而於其間互相放電，其火花即為電光，其聲音即為雷鳴。又含電之雲近地面時，與地球相感應，而於其間放電，是為落雷。



圖 216 傅蘭克林像

(Benjamin Franklin, 1706-1790)

傅氏為美國政治家兼科學家，作最有名之風箏實驗，發明避雷針等。



圖 217 有名之風琴實驗

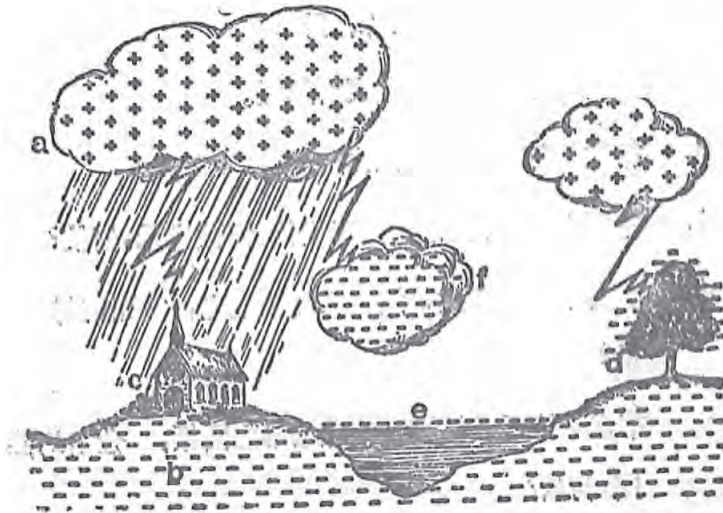


圖 218 電光與雷鳴

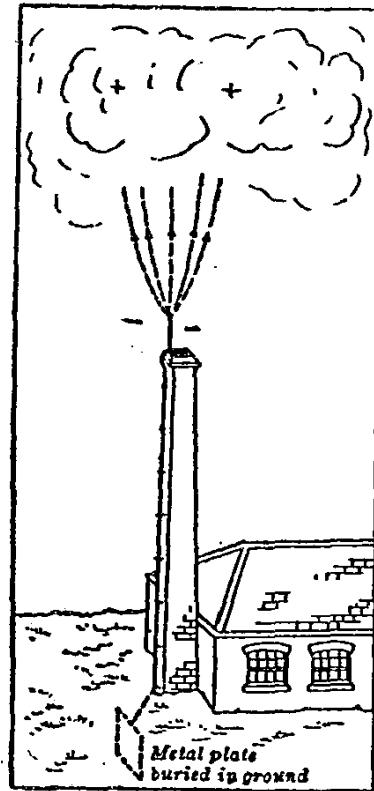


圖 219 避 雷 針

- 問題 1. 舉出習見摩擦生電之實例數種。
- 問題 2. 帶電體何以能吸引輕物體?
- 問題 3. 電擺之球,若經帶電體吸引後,恒被排斥,何故?
- 問題 4. 雷與電同時發生,然吾人先見電光,後聞雷聲者,何故?
- 問題 5. 帶電體持近或接觸金箔驗電器之圓板,金箔均能排開,何故?

問題 6. 試述避雷之方法。

問題 7. 試述蓄電器(Condenser)之原理(圖220)。

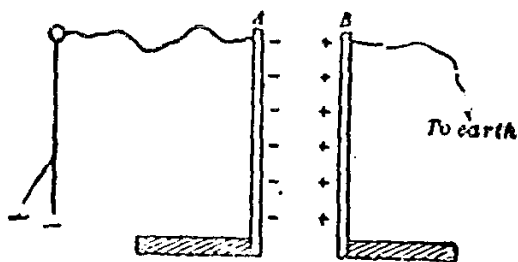


圖 220 蓄電器之原理

問題 8. 試述來頓瓶 (Lyden Jar) 之構造及其作用(圖221)。

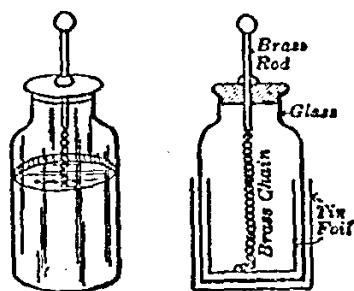


圖 221 來頓瓶

註： 問題 7, 8, 兩則, 由教者指導實驗, 加以解釋。

§ 78 化學作用而生電

實驗75 盛稀硫酸於玻璃器(圖222)對立銅板 A 與鋅板 B 於其中, 以導線連絡之, 液內起何變化?()次將導線平置一穩定磁針之上面(圖222右), 指針起何變化?()蓋因線上有電流通過, 而

與磁針起作用也。

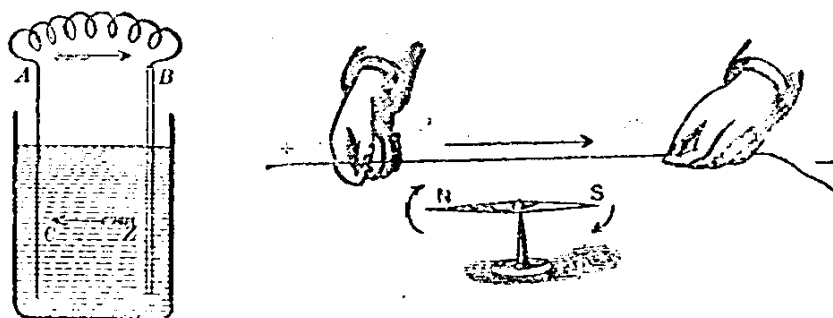


圖 222 電 流

凡依化學作用發生電流之裝置，名曰電池或稱電瓶 (Electric cell)。上述電池之作用，可依電離學說 (參考拙著初中化學第201頁) 解釋如下：

稀硫酸含有正離子 H^+ 與負離子 SO_4^{--} 今置入鋅片，鋅因 SO_4^{--} 之作用，一部溶解為正離子如 Zn^{++} ，其結果鋅片即因感應作用而帶負電，故鋅片為負極。溶液中既參加正離子 Zn^{++} 其原有之 H^+ 為其排斥，傳其正電於銅片，成為氫而逸出，同時銅片因之帶正電而成正極。如用導線連絡二片，正負電即互相中和，變化與中和，連續不絕，遂成電流。

上述電池，其發生之氫一部分附著銅片，電流甚易衰弱。茲為防衰及適用起見，則有下列數種電池。

(I) 重力電池 (The gravity Cell) 如圖223裝置, 玻璃器內下部盛硫酸銅之濃溶液 (器底留有硫酸銅結晶), 上浮硫酸鋅之稀溶液, 上液懸置鋅板, 是為負極, 下液懸置銅板, 是為正極。

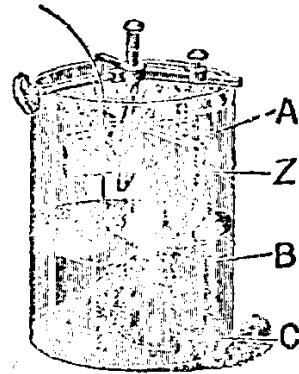


圖 223 重力電池

此種電池, 利於電路常通, 而不利於電路常斷, 故電報局多用之。

(2) 雷氏電池 (Leclanche Cell) 如圖 224, 以炭棒為正極, 與炭粉及二氧化錳之混合物, 同置素燒筒中。鋅棒為負極, 浸入盛有氯化銻濃溶液之玻璃器中。此種電池, 利於電路不常連絡, 故電鈴用之, 最為適宜。

(3) 乾電池 乾電池為雷氏電池之變相, 可以下法製成之。

實驗76 取一廢棄乾電池而剖開之, 細察其各部分所用之原料, 並保留炭棒備用。

用石膏末或細鋸屑, 浸入氯化銻之濃溶液令成糊狀, 貼入鋅製圓筒 (負極) 內。又以保留之炭棒 (正極) 插入此圓筒之中央。用炭粉與二氧化

錳加水混成糊狀，充塞其間，並裝滿至筒。筒口以熔融松脂封固，即成乾電池(圖225)。

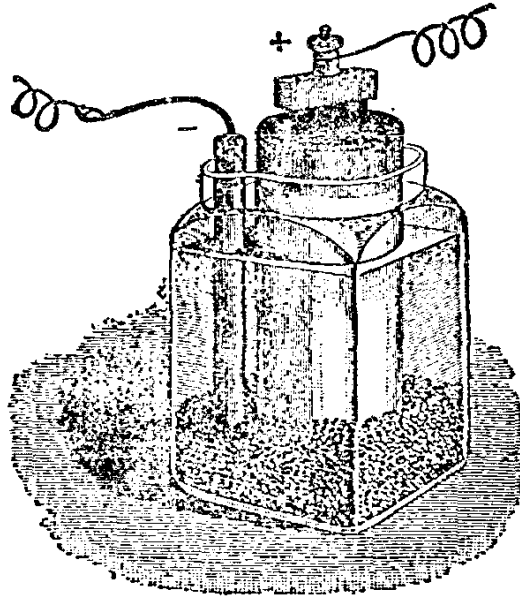


圖 224 雷氏電池

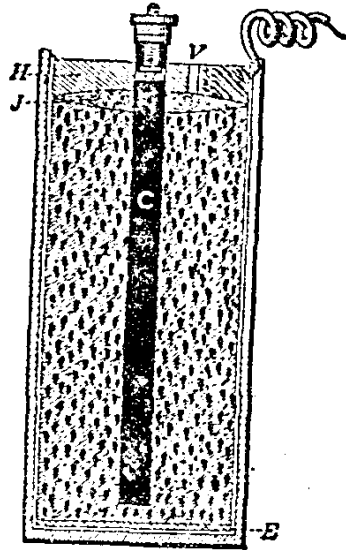


圖 225 乾電池

§ 79 電流之強弱 水流由水位高處流向低處；電流亦由電位高處流向低處。水流之強弱，有關於兩端水位之差，與水道之抵抗，電流之強弱，亦有關於兩極電位之差，與電路之抵抗。

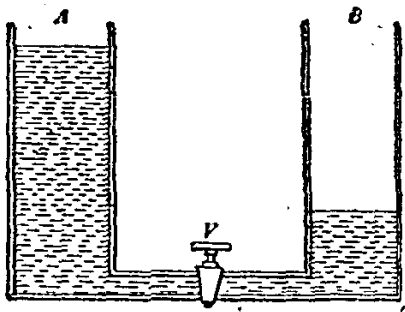


圖 226 水流喻電流

電學家歐姆 (Ohm)，發見此種關係，得一定律曰：

電流之強弱，與電位差（或曰電動力）為正比，而與電路之抵抗為反比。以式表之：

$$\text{電流強度} = \frac{\text{電位差}}{\text{抵抗}}$$

$$\text{或 } C = \frac{E}{R}$$

電流強度，電位差，及抵抗三者之單位，述之如下：

1. 電流強度 以一秒間能自銀鹽溶液中分解出 0.001118 公分之銀之電流為單位，名曰安培 (Ampere)
2. 抵抗 以長 106.3 公分，橫截面 1 平方公釐之水銀柱在 0°C 時之抵抗為單位，名曰歐姆 (Ohm)。
3. 電位差 以抵抗 1 歐姆能發生 1 安培電流之導線，其兩端之電位差為單位，名曰弗打 (Volt)。

利用實驗75電流所生之磁效應，為測定電流強弱之裝置，稱為電流表 (Galvanometer圖227) 其表面刻度以安培為單位者曰安培表 (Ammeter圖228)。用形如安培表，惟抵抗甚大，而其表面刻度以弗打為單位者曰弗打表 (Voltmeter圖229)。安培表係測定電流之強度，弗打表係測定電流之電位差。

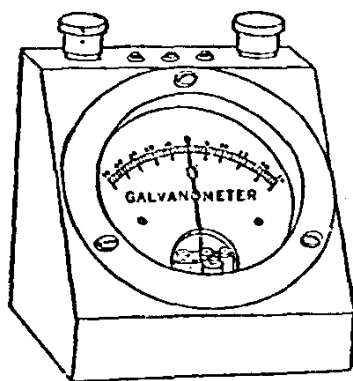


圖 227 電流表

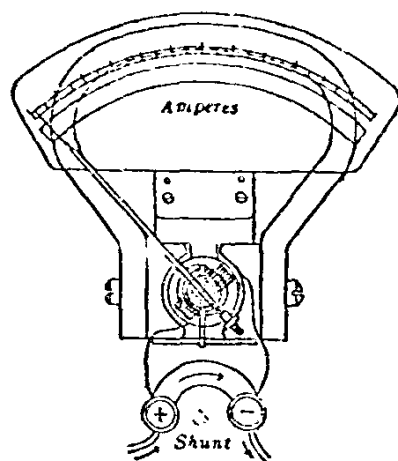


圖 228 安培表

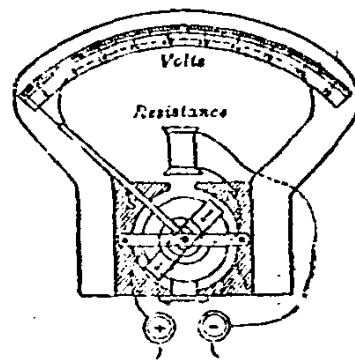


圖 229 弗打表



圖 230 弗打像

(Count Alessandro Volta, 1745—1827)

意國物理學家，發明驗電器，蓄電器及電池。

電壓之單位，即從弗打得名。

- 問題 1. 設導線兩端電位差為 2 弗打，其抵抗為 35 歐姆。求其電流強度。
- 問題 2. 試用弗打表測定下列各種電池之電位差：
(1) 重力電池；(2) 來氏電池；(3) 乾電池。
- 問題 3. 調查本校或家庭所用電燈，其電位差為若干，並記錄之。

§ 80 電磁石

實驗 77 復習實驗 75，如圖 222 所示，電流方向，與磁針北極轉

動之方向(即磁力線)有何關係?()

如反電流方向時,其作用何如?()

實驗78 取導線直貫厚紙中央(圖231適用強電流),或將導線折為數重,圍成長方圈(圖232,適用弱電流)。紙面勻撒鐵粉而穩定之。次通入電流,並輕叩厚紙,細察電流周圍之磁場狀況,並用磁針測定磁力線之方向()。

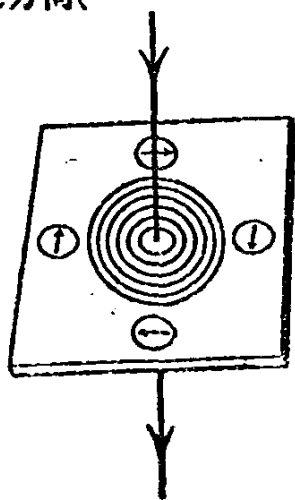


圖 231 電流周圍之磁場

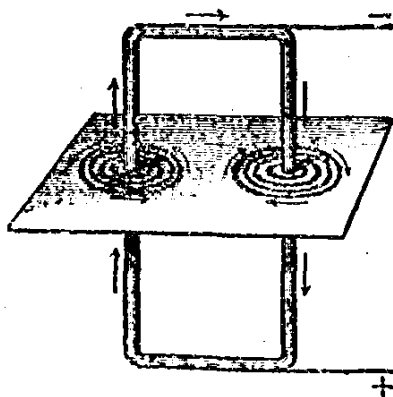


圖 232 電流周圍之磁場

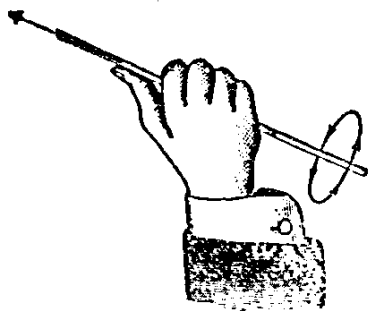


圖233 安培氏右手定則

由上兩種實驗結果,可用下述安培右手定則 (Ampere's right hand rule) 記憶之:

右手握導線, 拇指指電流方向, 則四小指指磁力線方向。

實驗79 以導線捲成螺線，通入電流如圖234所示，細察線圈兩



圖 234 通電螺線對於磁針之作用

端對於磁針兩端之作用若何?()
如反電流方向時，其作用何如?()
再停止電流時又何如?()

由上知通電流之螺線，與磁石無異，其磁極視電流之方向而

定。可變通右手定則記憶之：

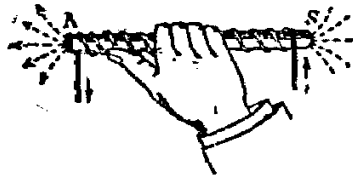


圖 235 螺線之磁極

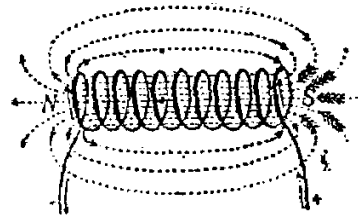


圖 236 螺線之磁場

將右手之四小指，順電流之方向握螺線，(圖234)則伸張之拇指，即指螺線之北極。

實驗80 將上實驗之螺線中，插入軟鐵棒(圖237)為心，復如前對磁針試之，其磁性較前增強否?() 停止

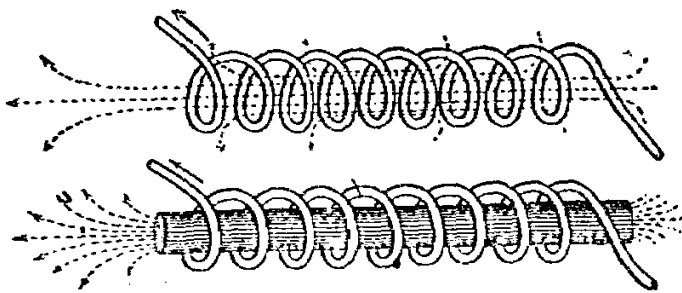


圖 237 電磁石之原理

電流時，何如？()。

凡軟鐵棒纏以導線，以便通電流時變成磁石者，曰電磁石 (Electromagnet)。通常多製成馬蹄狀 (圖238)，應用甚廣。

問題：繪圖表示馬蹄狀電磁石上螺線纏繞之形狀，與電流之方向，並註明其磁極。再用實驗證明之。

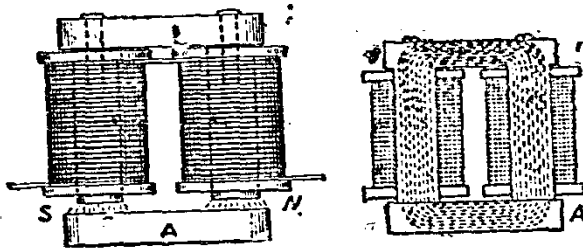


圖 238 電 磁 石

§ 81 電鈴 電鈴 (Electric bell) 為電磁石最簡單之應用，其構造如圖239，於電磁石 E 之前置軟鐵片 a，此片一端附著於彈簧 S，而輕觸螺旋 c 之尖端；他端附有小鎚 H，以備擊鈴。P 為壓扣 (圖240)，為開閉電路之用。

當手指閉壓扣時，電流通，軟鐵片為電磁石吸引，鎚遂擊鈴。同時螺旋 c 之尖端與彈簧分離，電路即斷，而電磁石頓失磁性，鐵片遂復舊位，於是電流又通，鎚復擊鈴如此反復作用而鈴鳴不已。一開壓扣，鈴聲即止。

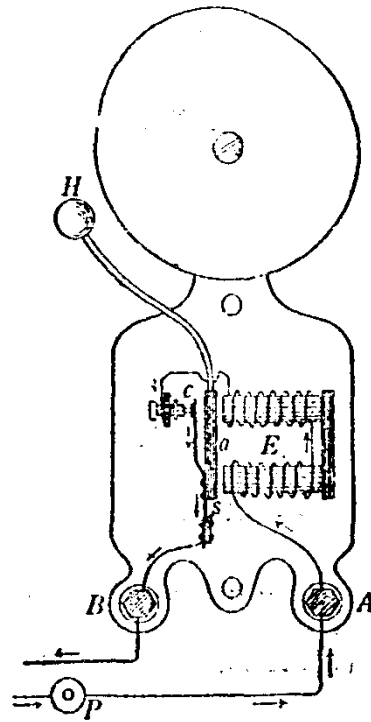


圖 239 電 鈴

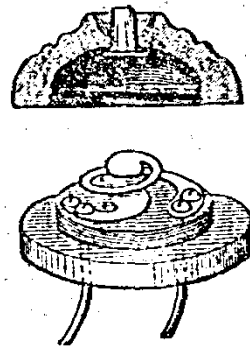


圖 240 壓 扣

問題 1. 觀察壓扣之構造，並述其作用。

問題 2. 電鈴所用電池為何？其兩極與電鈴上何處相連結？

§ 82 電報 電報 (Telegraph) 亦為電磁石之應用，由發信器，受信器，及導線三幹部所成，其原理如圖241，右端為發信局，左端為受信局。將發信器 (Transmitter) 之柄壓下，則電流如圖所示方向，經過導線流至受信局之電磁石，更由地下歸入原局，完成一閉合輪道。

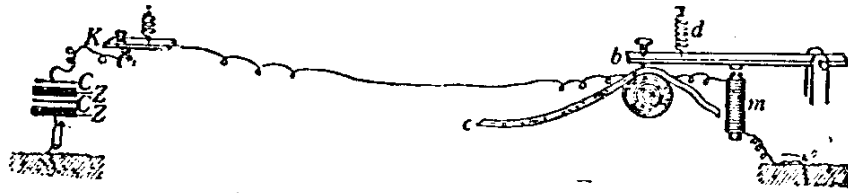


圖 241 電報原理

當電流通過受信局之電磁石 m (圖 241) 時, 軟鐵 b 即被吸下。鐵片上若裝一鉛筆, 筆尖下裝一記錄器, (Recorder) 則電流通過時筆尖即在紙條上畫一直線; 電流斷絕時, 筆尖即與紙條分開。由紙條上之點, 線, 為電報之號碼, 即可互通消息。吾國常用之電碼如下:

1	2	3	4	5
6	7	8	9	0

近世電報, 不用記錄器, 而代以音響器 (Sounder), 如圖 242, 電流通時, 電磁石將鐵片吸下, A 棒即擊 S 發音; 電流斷時, 鐵片復原, A 又返擊 t 釘。由上下兩響間時距之長短, 即知發信器柄壓下之久暫。故聽音響, 即可代上面之長短記號。

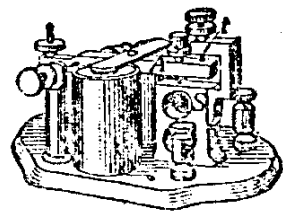
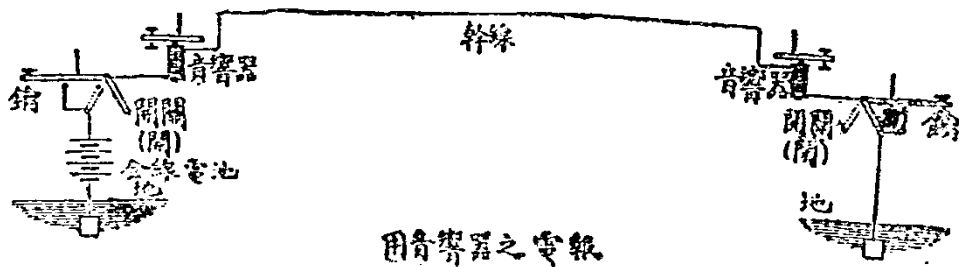


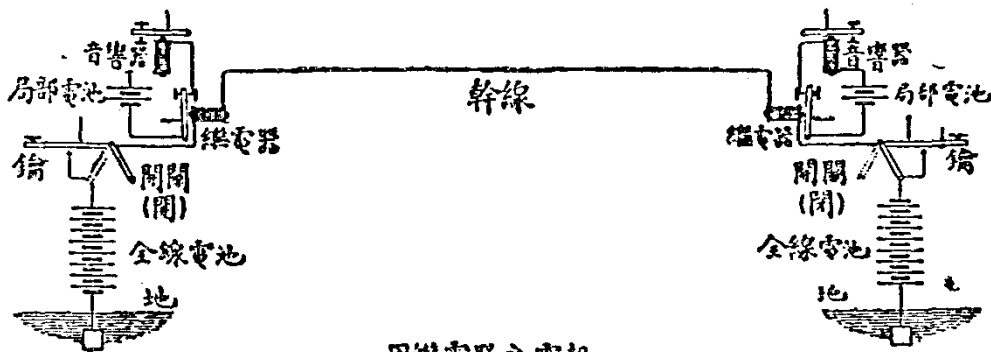
圖 242 音響器



用音響器之電報

圖 243 用音響器之電報

兩局之距離愈遠，導線之抵抗愈大，故經過電磁石之電流甚弱，而所發之音響甚微，司報生不易聽辨。故每局於直連幹線之電磁石（特名繼電器 Relay）外，另裝一局部電池與一音響器，構成一局部電路，使他局流來之電，先經過本局繼電器（圖244），吸引，局部電流乃流通，再經過音響器，乃發強音。

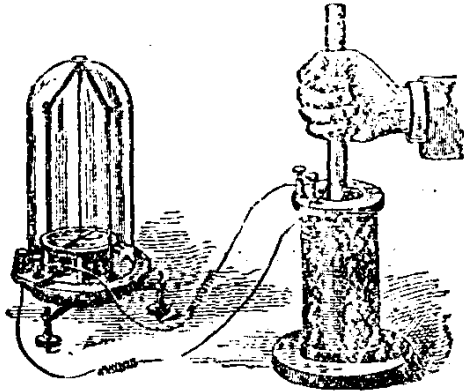


用繼電器之電報

圖 44 用繼電器之電報

§ 感應電流

實驗81 如圖245用絕緣導線捲成螺線圈，以其兩端連於靈敏



電流表。將一磁石，迅速插入圈內，電流表之指針，即偏向一方，瞬時復原。次將磁石迅速提出，指針又反向偏斜，亦瞬時復原。

即出入磁石於螺線圈，

圈上發生瞬時之電流。

圖 245 感 應 電 流

實驗82 上述實驗，若將磁石固定而移動螺線圈，或將通有

電流之螺線圈（圖246），代上之磁石，或將一小螺線圈（或稱正圈 Primary Coil）置於大螺線圈（或稱副圈 Secondary Coil）內，斷續正圈上之電流，其結果相同否？（ ）再正圈內置入軟鐵心，其效果何如？（ ）

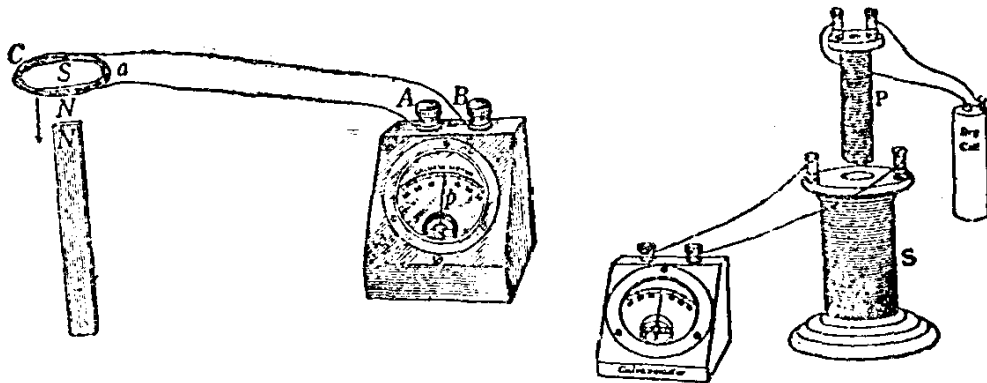


圖 246 感 應 電 流

由上知螺線圈內之磁力，一起變化，即發生電流；磁力之變化停止，電流亦即斷絕。此種電流，稱為感應電流(Induced Current)。

副圈內之感應電流，常取阻止正圈或磁石相互運動之方向。換言之，磁場與導體間相對運動，其感應電流之方向，係生一磁場，以反抗此運動：是曰林慈定律(Lenz's law)。學者試就圖247，解釋此律。

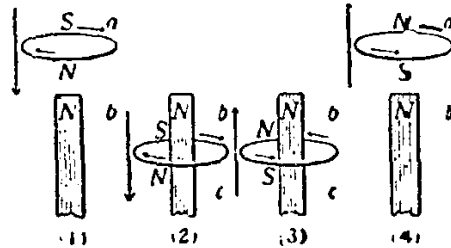


圖 247 林慈定律之解釋

於磁場內移動導線所生之感應電流，其方向又可用傅來明之右手規則 (Fleming's right hand rule) 記憶之：

將右手之拇指，食指及中指，互成直角張開 (圖248)。倘食指表磁力線之方向，拇指表導線運動之方向時，則感應電流向中指所指之方向而流。

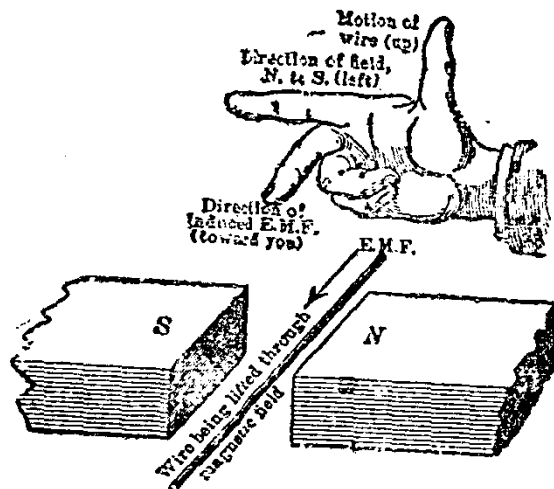


圖 248 傅氏之右手規則

感應電流之電動力（或曰電壓），隨電力變化之激烈而增大，又與副圈之卷數為正比例。

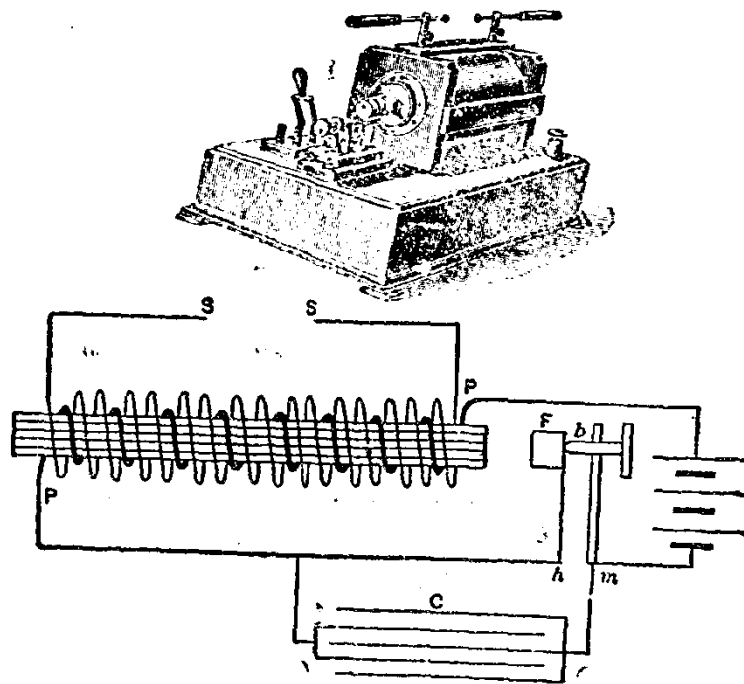


圖 249 凌可富感應圖

凌可富 (Rumkorfft) 即利用上理製成由低電壓變成高電壓之感應圈 (Induction coil圖249)。以軟鐵線一束為心，捲以稍粗之絕緣導線，為正電圈。更以細長之絕緣導線捲於其外，且增多其卷數為副電圈。正圈上之電流斷續裝置，與電鈴同。通電流於正圈而斷續其輪道。副圈因互相感應而生強大之電動力。接近其兩端之金屬桿，當見火花飛渡焉。

討論：試就圖249截面圖說明感應圈各部之構造及其作用。

§ 84 電話 電話 (Telephone) 之主要部為送話器 (Transmitter) 及接話器 (Receiver)。

送話器如圖 250，喇叭口內裝有一盒，中滿盛細碳粒 g ，為電流之通路，兩側為絕緣體，前後有兩碳板 c, c ，為電流之兩極，前碳板附著於雲母片 D ，能隨之往返振動，後碳板則固定。

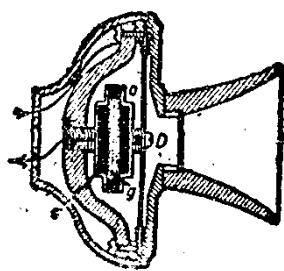


圖 250 送話器

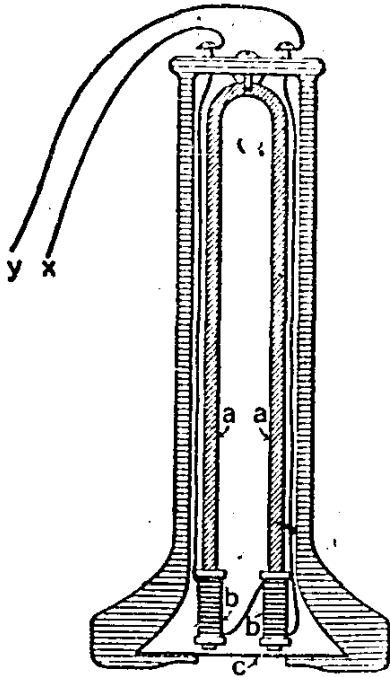


圖 251 接 話 器

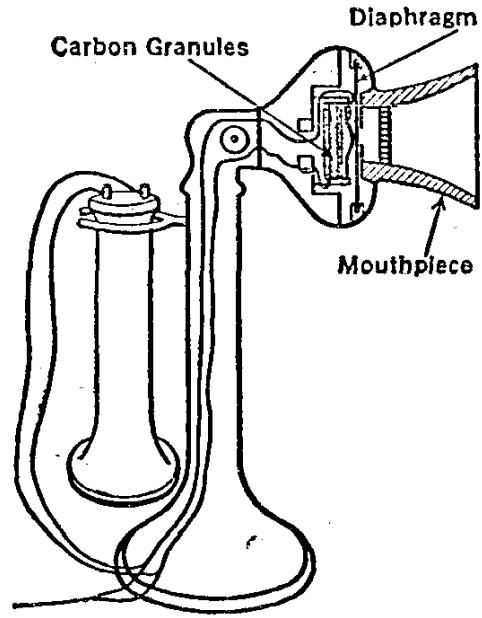


圖 252 座 上 電 話 機

接話器如圖251,圓筒內有U形電磁石 bb' ,其前面有一薄鐵板 c ; xy 端為電流之兩極。

電話機之連絡,如圖253所示,送話器與電池連於正圈,作一輪道;受話器與副電圈,又作一輪道道。

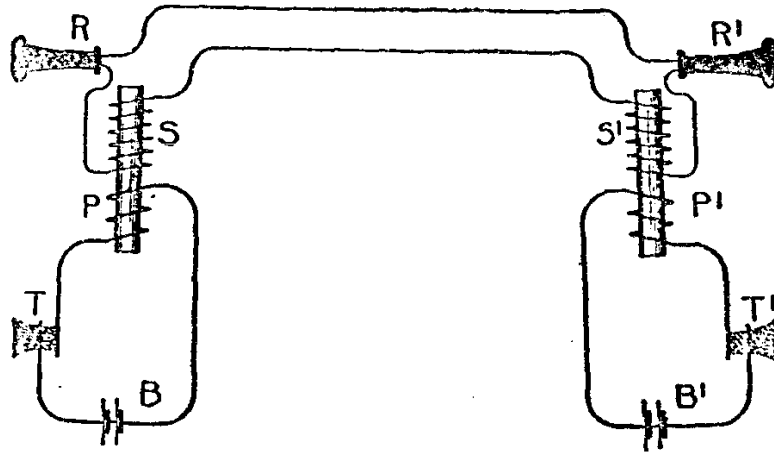


圖 253 兩電話機之連絡

設口向送話器發音，振動空氣，則雲母片向內時，則碳粒密集，抵抗減小，致電流變強，而接話器中之電磁石亦變強，遂吸引薄鐵片向內。反之，雲母片振動向外時，則碳粒疎鬆，抵抗增強，致電流變弱，而接話器之電磁石亦變弱，薄鐵片遂稍向外。故接話器內鐵片之振動，與送話器內雲母片之振動，完全一致。故耳感受此振動即得聞其聲音。



圖 254 電話總局接線之情形

§ 85 發電機

實驗 83

取絕緣細銅線，折成長方形線圈（圖 255），迴繞二三

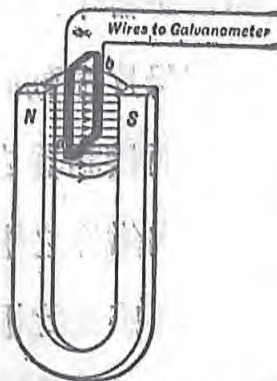


圖 255 發電機之原理

百次，其大小以能在蹄形磁石兩極間自由旋轉為度。線圈兩端連於靈敏電流表。先將線圈面與磁力線成直角而上下移動，電流表上指針起何變化？（ ）。次將圈面與磁力線成平行而左右移動，何如？（ ）。

將線圈如圖，255 安置後，用手指持 a, b 兩部順右手螺旋方向，迅速迴轉 180° ，而察電流表上指針偏斜之方向（ ）。再繼續急轉 180° ，其結果

何如?()

由上實驗知線圈每轉 180° 後,電流即反向。如是一正一反循環不已之電流稱為交流 (Alternating Current) 反之如電池在電路內循一定方向流動者, 稱為直流 (Direct Current)。

討論: 試根據傳來明右手定則, 及圖256所示, 說明交流之現象。

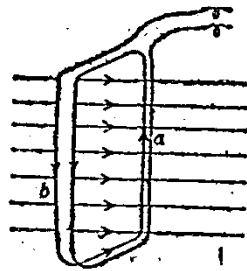


圖 256 交流之原理

發電機 (Dynamo) 係應用感應電流之原理, 變機械能為電流能之器械也。其最簡單者如圖257,

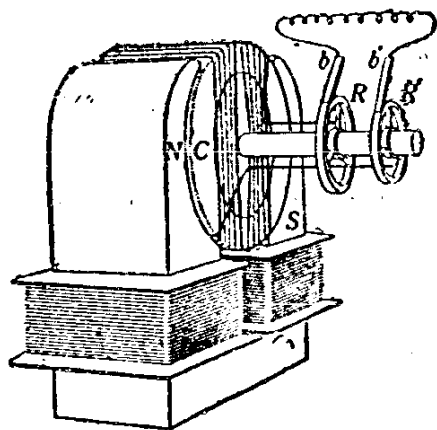


圖 257 發 電 機

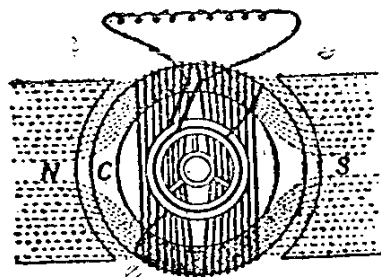


圖 258 發 電 子

以纏繞絕緣導線之軟鐵輪 C (稱曰發電子 Amature) 旋轉於電磁石 N, S (稱曰場磁石) 間, 使磁力變化而生電流。R, R' 兩輪, 固定於軟鐵輪之軸, 與輪同迴轉而各連於導線之一端。b, b' 為金屬刷各與 R, R' 相接觸, 乃電流出入之門戶也。

場磁石之軟鐵, 初受地磁之作用, 稍帶磁性, 故在其間迴轉發電子, 即生電流。旋以所生電流通過纏繞場磁石之導線, 使磁力增強, 則發電子內之感應電流亦增強, 彼此互助, 收效更著。

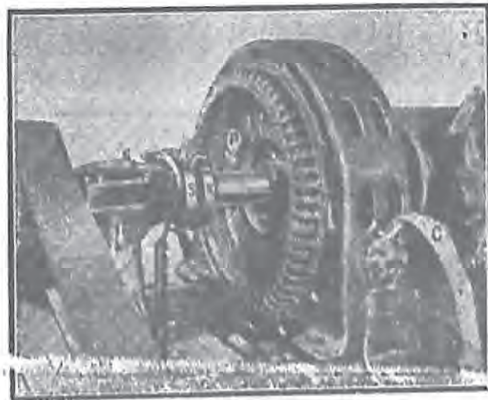
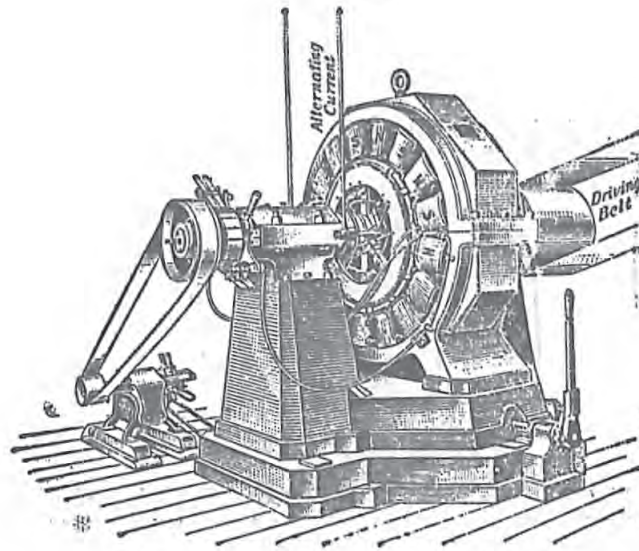


圖 259 多極交流發電機

交流發電機可改裝一整流子 (Commutator)，使調整成直流。如圖 260，軸上金屬輪，分為兩半圓(a,c)各自

絕緣，且各與發電機引出之導線相連接。金屬刷 b 與 b' 各與 a, c 相接觸，當電流變更方向時，金屬刷恰能由一半圓 a ，而改觸於他半圓 c ，而成直流。

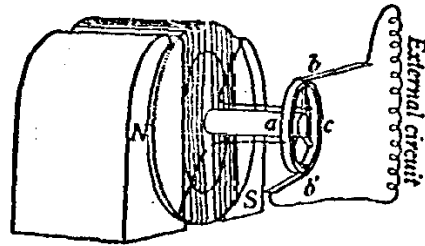


圖 260 整流子

使交流電壓升高或降低之裝置，曰變壓器 (Transformer)，係由一鐵心繞有捲數不同之兩線圈而成。如圖 261，通電流於 P 圈，則 S 圈發生感應電流，兩圈內電壓之

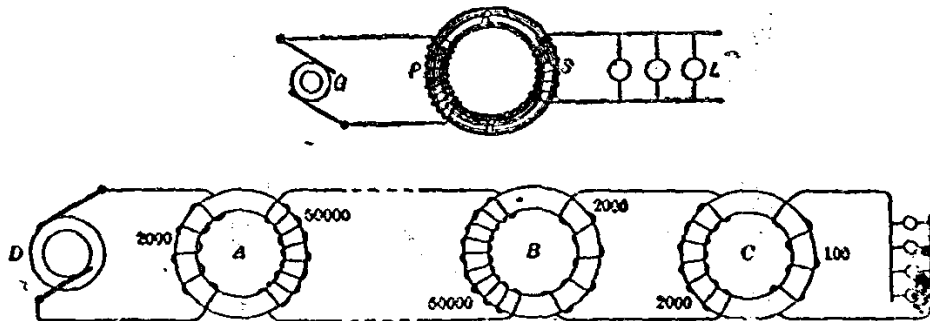


圖 261 變壓器

比，與兩圈之捲數成正比。故利用此理可以將電壓升高或降低。發電機廠所送出之電流，其電壓多在一千弗以

上,而實用上僅需50弗至500弗者。通常電桿上裝有一箱,即是將高壓變成低壓之變壓器。(圖262)。

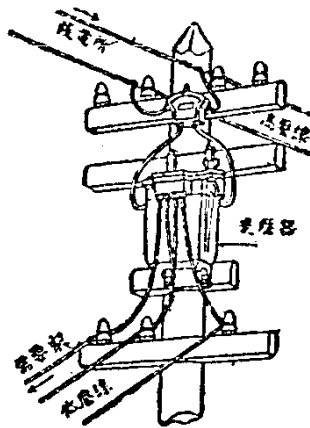


圖 262 電桿上之變壓器

問題 1. 交流電與直流電之應用若何?試各舉實例以對。

問題 2. 何謂交流電流之周率 (Frequency)?通常供給電燈用之電流,其周率為若干?

問題 3. 調查本校或家庭所用電燈之電流,其電壓為若干弗?

§ 86 電動機

實驗84 如圖 263,將垂直導線ab固定於圓環之橫波棒 gh 上。ab中間穿入蹄形磁石兩極間,下端浸入水銀槽內。當導線兩端連於電池之兩極時,起何現象?()次改變導線上之電流方向,其結果有何不同?()

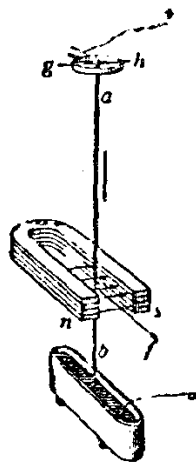


圖 263 電動機之原理

將左手之拇指，食指及中指互成垂直伸開時，倘食指表磁場方向，中指表電流方向，則拇指表電磁力之方向。(圖264)。

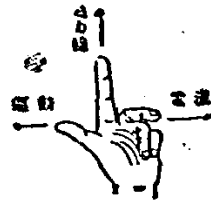


圖 264 左手定則

電動機 (Motor) 係變電流之能力為機械能力之裝置，其構造與發電機相同。僅與發電子相當之部分，稱曰電動子而已。如圖 265，迴轉左側發電子所生之電流送入右側電動子，則電動子按左手定則而生迴轉。於是在左者曰發電機，而在右曰電動機。反之以在右者為發電機，則左為電動機矣。

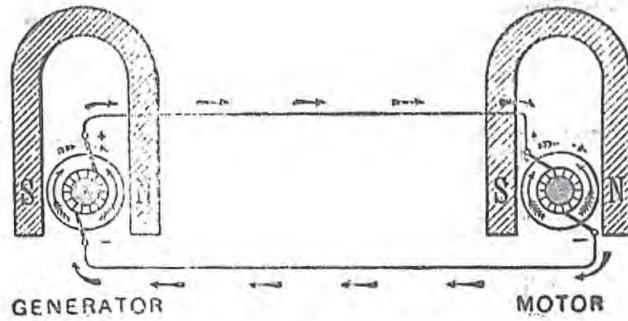


圖 265 發電機與電動機之關係

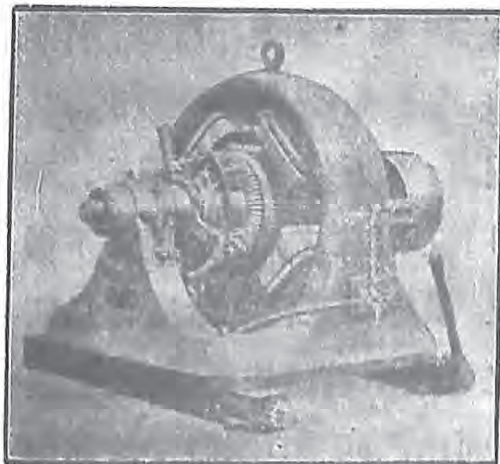


圖 266 電動機

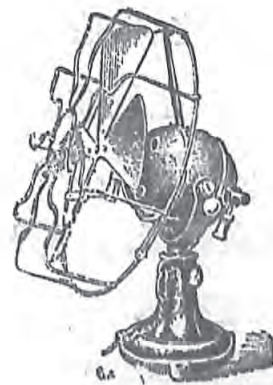


圖 267 電扇

電扇(圖267)之中心部爲一電動機, 通入電流, 即起迴轉運動。

電車亦爲電動機之一種應用。如圖 268, 右爲發電機, 電流自此經過架空線, 入車之電動機中, 復由地下

返於發電機。此時電動機之轉動，傳於車輪，車遂因之前進。

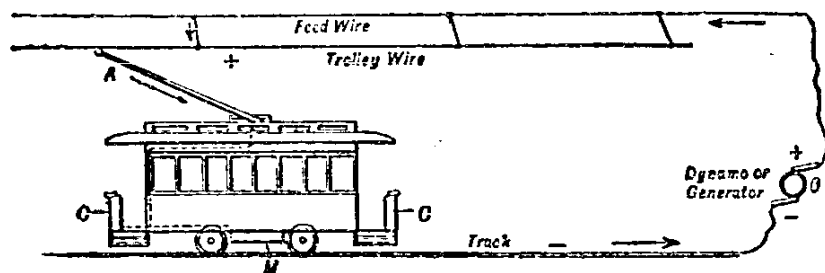


圖 268 電 車

§ 87. 電波 . 懸垂直之棉線，下端繫小鐵球，引向一方而放之，則球往返擺動，其擺幅漸減，終於靜止。其擺動之際，空氣波傳播於四方。又懸螺旋狀之彈簧，下端垂砝碼，置於水中，引向下方而放之，則彈簧上下振動，其振幅漸減，終歸停止。其振動之際，水波傳於四方。於電亦然，將異電位之甲乙兩導體相接近，使之放電，電流初則由甲向乙，繼而由乙向甲，瞬時交流而中和。此種之往返流動，稱曰電振動 (Electric Oscillation)

兩導體間發生電振動時，周圍之以太，即起相當之振動，向四方傳播，是為電波 (Electric wave)。

電波與光波同為以太波動之現象，其波速相同(每

秒300,000公里), 而波長各異。例如由每秒百萬週數之交流電發出電波時, 其波長為 300 公尺, 而光波之波長依其光色為 0.00007cm. 至 0.0004cm. 換言之, 光波不過為一種波長極短之電波而已。故光波, 電波及音波三者之速度, 振動數與波長之關係, 皆可用下式表示之:

$$\text{波長} = \frac{\text{速度}}{\text{振動數}},$$

$$\text{或 速度} = \text{振動數} \times \text{波長}$$

兩個發音體其振動數相等時, 則起音共鳴現象, 兩個電路其電振數相等時, 亦起電共振現象 (Resonance of electric oscillation)。茲實驗如下:

實驗85 用兩相似之來頓瓶各用一導線連接成一矩形電路, 中留電花間隙(圖269)。甲瓶連於感應發電機之兩極, 使其間隙生電花, 並左右滑動乙瓶電路上之導線, 至適當處, 即見乙瓶之間隙, 亦生電花。

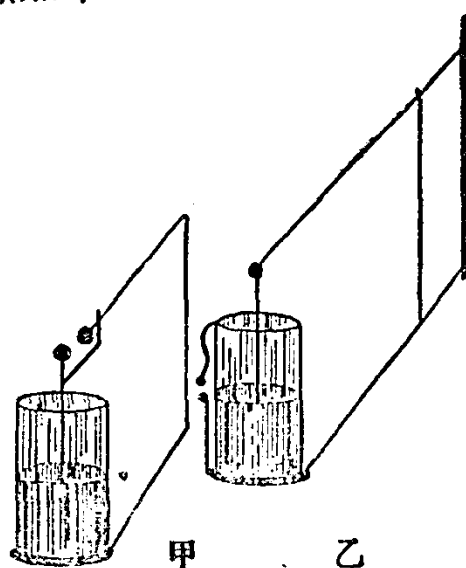


圖 269 電 共 振

§ 88 無線電報 利用電波以傳信號, 曰無線電報

(Wireless Telegraph)。分發報器及受報器二部。如圖 270 爲發電器之裝置，按下電鑰 K ，則交流電由感應圈或變壓器 T 發出，於間隙 S 處即生電花，使蓄電器 $v.c.$ 及正線圈 I ，發生電振動。再經副線圈 I' 之感應與調節之作用，在天線 A 上發出高週電波向四方傳播。

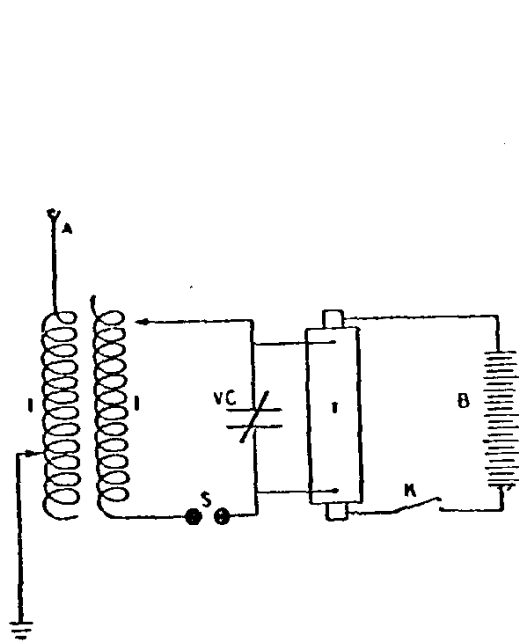


圖 270 發電器之裝置

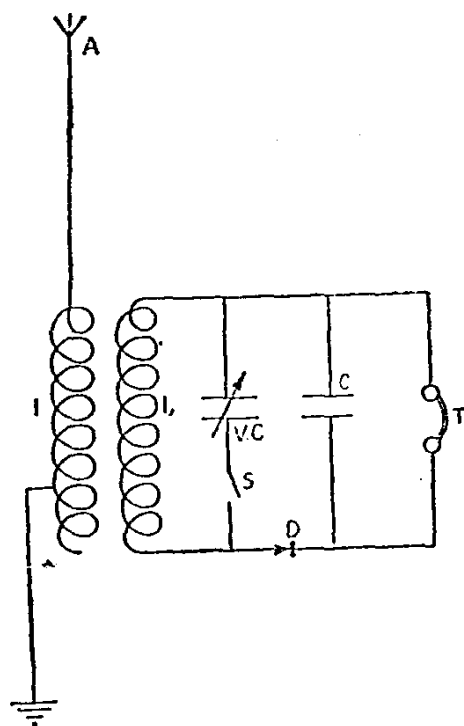


圖 271 受電器之裝置

電波傳至受報局之天線 (圖 271)，感起電共振之現象。再經正副線圈 I, I' 之調節與感應，及副圈輪道上

蓄電器之調整，得以接收與發報局波長相同之電波。但因此等電波之振動數過大，致吾人不能向受話器聽得聲音。故先在電路中加入一種整流作用 (Rectifying action) 之裝置D，令高週波交流電變為容易通過受話器之直流電，即只許一方向之電流通過，反向者均被隔斷，則遠方傳來之一羣電波 (圖272) 在受話器內宛如簡單之波形，故可感得聲音。此種整流之裝置曰整流器 (Rectifier) 或曰檢波器 (Wave detector)。分礦石檢波器 (Mineral detector) 及真空管檢波器 (Vacuum tube detector) 兩種。



圖 272 電 波 羣

礦石檢波器 (圖273) 係由紅鋅礦及黃銅礦結合而成 (本國藥舖所售之自然銅，可以代用)。此等礦石，具有單向導電之特性。故交流電通入此等礦石時，即變為單向之直流，易通入受報器，感受遠方通報之音響。

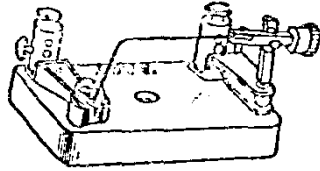


圖 273 礦石檢波器

1914年美人福勒司特氏 (Forest) 發明三極真空管檢波器，無線電界，闢一新紀元。如圖274，真空管內封一鎢線 (Filament)，是為線極；圍繞以金屬製之小格子 (Grid)，是為格極。其外更圍以筒狀之金屬板 (Plate) 是為板極。如圖 275 連絡之，以電池熱鎢線，則有電子飛出，移往金屬板，而成一電路。當電波感動天線時，副線圈亦起電共振。蓄電器之極或陰或陽，格極亦因之為陰或陽。

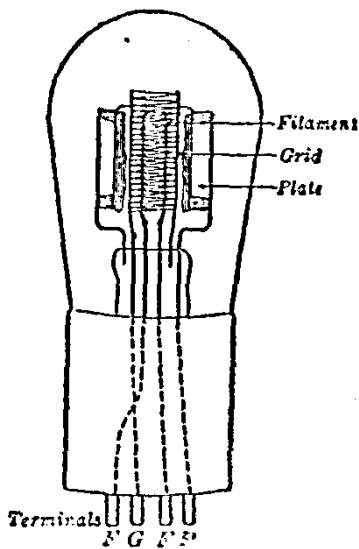


圖 274 三極真空管

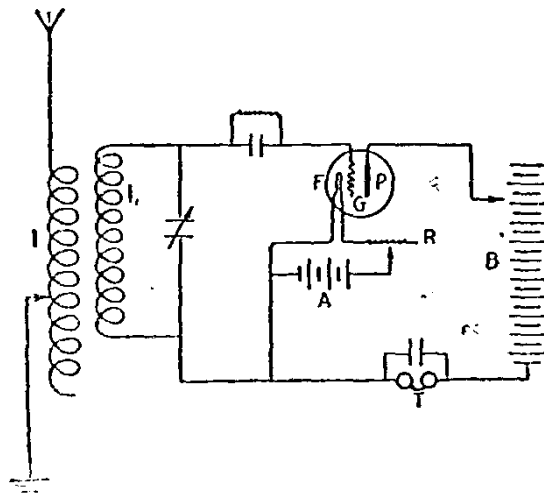


圖 275 真空管之連絡

格極為陽，則鎢線飛出電子多；格極為陰，則鎢線飛出電子少。因電子帶陰電，格極為陽，則吸引電子之飛出，格極為陰，則阻止電子之飛出故也。電子飛出多時，電流通，少時不通。結果受報器得直流，容易感受遠方傳來之音響。

備考：感應副圈與真空管中間(圖 275 上部)插入一固定蓄電器，其支線上安設高抵抗之電屏 (Grid leak)。當電壓超過某限度時，則電子經過電屏循副線圈，以達於線極，俾免電子堆積於格極，以增進真空管整流作用之效率。

§ 89 無線電話 無線電話 (Radio Telephone) 之授受裝置與無線電報相似。即於連續的振動電流(圖 276)之電路內，插入普通之送話器。送話時，電路之抵抗，隨



圖 276 連續振動之電波

聲音之強弱而變，於是所發出之電波，亦起變化(圖 277)，再由整流器而得之電流，使受話器之振動板，起同樣之振動，於是聲音之授受，無藉乎線矣。

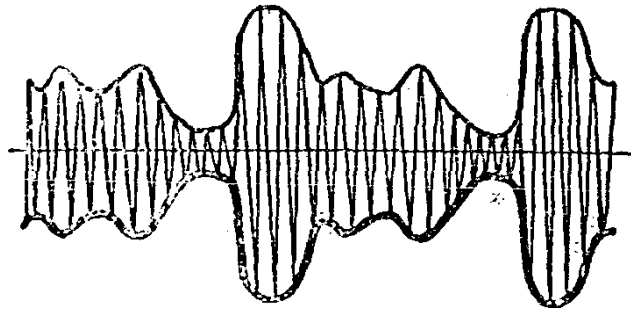


圖 277 受音波振動後之電波

增進無線電話之通話距離，而奏偉大之效果者，厥維擴大器 (Amplifier)。擴大器亦係利用真空管而成。其構造如圖 278，將欲擴大之電流通過正線圈，由變壓器 A 升高電壓傳入副線圈。故往來於格子之電壓亦高，則流於鎊線及金屬板間電流之變化顯著，波形之振幅隨之增大，而受話器聞音大強。如將數個真空管並列，依次連絡，則聲音更加擴大。又受話器安置一擴音器 (圖 279) 由放音臺放送演說，音樂，戲劇等，則擴音器口即放出清晰之聲音。

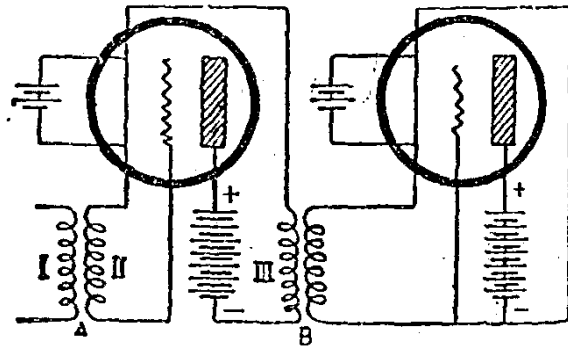


圖 278 擴大器之連絡



圖 279 耳 機

擴 音 器

製造：全班分爲若干組，由教師指導，各製造一最簡單最經濟之無線電礦石收音機（參考蘇祖國著礦石收音機製造法。上海南中華路蘇氏兄弟公司出版。）

東亞廣播無線電台放送波長表

電 台 地 點	波 長	呼 號
北 平	315 公尺	XOPP
天 津	480	COTN
哈 爾 濱	445	COHB

遼 寧	425	COMK
上海開洛公司	345	KRC
上海每日新聞	277	KSMS
上海日日新聞	315	NKS
東 京	345	JOAK
大 阪	400	JOBK
名 古 屋	370	JOCK
京 城	360	JODK
馬 尼 拉	413	RZRM
海 參 威	480	RL ₂₀

§ 90 電燈 日常所用電燈(Electric lamp), 其構造爲一玻璃泡(圖280)泡內抽成真空, 封入鎢絲。電流通過鎢絲時, 因抵抗甚大, 遂發熱放光。

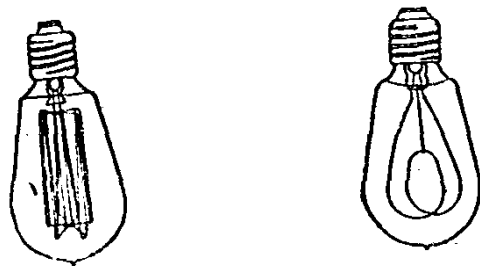


圖 280 電 燈



圖 281 愛迪生像

(Edison 1847—)

愛迪生，美國人也。幼承庭訓，好學不倦，先後發明電報機械，電燈，留聲機等數百種，而致力於電燈工作最多。愛氏至今健在，其研究精神，老而不衰云。

幻燈，電影及探海燈所用之弧光燈如圖282，使兩炭棒互相接觸，而通以強電流，然後稍分離之，則見白色弧狀電光生於間隙，其溫度約 3000°C 。故亦可用作電爐。

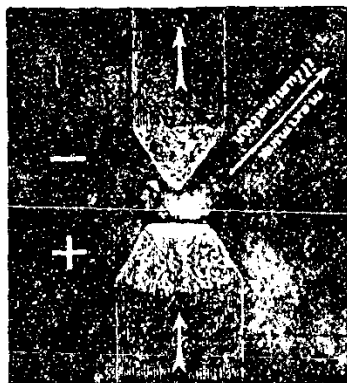


圖 282 弧 光 燈

第 八 章 綱 要

磁石同極相斥,異極相引。

同種之電相排斥,異種之電相吸引。

磁之感應: 以鐵片近磁石之一端,則鐵即磁化,其近磁石之端,生異名之極,遠磁石之端,生同名之極。

電之感應: 凡絕緣導體因在帶電體之近傍,即呈帶電現象。近端生異性電,遠端生同性電。

- | | | |
|------|---|---------|
| 電之生成 | { | 1. 摩擦生電 |
| | | 2. 感應生電 |
| | | 3. 化學作用 |
| | | 4. 磁石作用 |

歐姆定律: $C = \frac{E}{R}$

安培右手定則: 右手握導線, 拇指指電流方向, 則四小指指磁力線方向。

林慈定律: 副線圈內之感應電流, 常取阻止正線圈或磁石相對運動之方向。

傅來明右手規則: 將右手之拇指, 食指及中指互成直角張開。倘食指表磁力線之方向, 拇指表導線運動之方向時, 則感應電流向中指之方向而流。

傅來明左手規則: 將左手之拇指, 食指及中指互成直角張開。倘食指表磁場方向。中指表電流方向, 則拇指表電磁力之方向。

電流感應之應用:

1. 凌可富感應圈
2. 電話
3. 無線電報
4. 無線電話
5. 發電機與電動機

電流之效應:

1. 熱效應……電燈,弧光燈,電爐等
2. 化學效應……電池,電鍍,電鑄等
3. 磁效應……電磁石,電鈴,電報等
4. 機械效應……電動機,電扇,電車等

習 題

1. 磁石之製法及其保存法若何?
2. 南北兩半球所用磁針,其支點之變更如何?
3. 發電器具宜乾燥者,何故?
4. 見閃電 5 秒後始聞雷聲試求與雷源之距離。
5. 電池所用之鋅,何故以銻塗之?
6. 長 1 公尺切面 1 平方公釐之鐵線,其抵抗為 0.097 歐姆。今有長 100 公尺,切面直徑 2 公釐之鐵線,求其抵抗。
7. 抵抗 20 歐姆之導線上通以 0.5 安培之電流時,問導線兩端之電壓為何?
8. 電磁石之南北極,可用何法決定之?
9. 銅線上有無電流通過,應用何法驗之?
10. 直流電與交流電之差別若何?電解時,可否用交流電,何故?
11. 試舉出應用感應電流之重要機械。
12. 略述音波光波電波三者之要性與差別。

數學書類

○初中數學教本○

初中師範算術 高佩玉著 一册 一元

初中新算術 王鶴清著 一册 一元

初等代數學 馬純德著 一册 一元二角

漢譯 舒善斯 平面幾何 馬純德譯 一册 一元五角

漢譯 舒善斯 立體幾何 李熙如譯 一册 七角

○高中數學教本○

漢譯 郝克民 高等代數 馬純德譯 一册 一元二角

漢譯 郝二氏 平面三角 高佩玉譯 紙面 一元五角

高中級中學 解析幾何 張敬熙 一册 一元二角

漢譯 郝克士 大代數 高佩玉 一册 一元二角

○數學參考書○

算術新解法 高佩玉 一册 六角

數學遊戲 魏元雄 一册 六角

算術難題分類詳解 王錦璋 一册 六角

算術模範問題及其詳解 王錦璋 一册 七角

溫斯二氏 平面三角題解 劉幹民 印刷 中

中華民國

二十二年

年

三月

初

五

版

初級中學物理學

定價 紙布面大洋一元二角

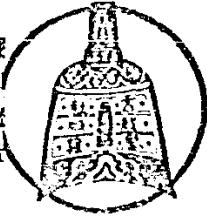
著者 王鶴清

印刷者 北平和平門前

發行者 文化學社

分銷處 各埠大書局

認明必免



反照牙行

