



中華文庫

初中第一集

日常物理常識

朱彥頰編

中華書局印行



日用物理常識

編 例

1. 本書取材，以修正初中物理課程標準為根據，而偏重於日常應用的物理現象方面。初中學生讀此，對於日常生活中所見所經的物理現象，得一一迎刃而解，當能發生濃厚的興味。

2. 關於無線電的材料，雖修正初中課程標準未曾列入，但在現在日常生活上已隨時隨地可以遇到這方面的事象，而且新奇有趣，耐人尋味，所以本書也酌量敘入，以適應初中學生求知的需要。

3. 本書雖偏重於日常應用方面，但初中學生對於在學問系統上所必備的物理常識，也提要編入。所以初中學生讀此，當能得到前後貫串系統完整的物理知識，不致陷於支離雜碎，全屬細枝末葉的弊病。因此，凡是預備應考的初中學生，得此一書，作為溫習物理一科的根據，也非常適用。

4. 本書文字，力求概括明淨。其中分節及提綱之處，都會費過一番斟酌，所以要而不繁，簡而不晦，既易理解，尤便記憶。

5. 本書隨時選取與各章本文所記有關而饒有趣味的材料，相機附在章末，作為參考，以增興趣。

6. 本書在文字中隨時插入多量圖解，以助理解。

7. 編者學識淺陋，自然缺失甚多，渴望海內高明不吝賜教，俾得隨時校正增補。

三十三年三月編者識。

日用物理常識目次

頁次

第一章 簡單機械	1
第一節 桿槓.....	1
第二節 天平.....	2
第三節 桿秤.....	2
第四節 滑車.....	3
第五節 輪軸.....	4
第六節 斜面.....	5
第七節 螺旋.....	6
第二章 大氣的壓力	8
第一節 氣壓的意義.....	8
第二節 氣壓的實驗.....	8
第三節 托利坭里實驗.....	8
第四節 水銀氣壓計.....	10
第五節 無液氣壓計.....	10
第六節 氣壓的變化.....	11
第七節 吸取唧筒.....	12
第八節 壓上唧筒.....	12

〔附〕 參考	13
第三章 風與雨	15
第一節 低氣壓與高氣壓	15
第二節 風	15
第三節 季節風與海陸風	16
第四節 大氣中的水汽	17
第五節 梅雨	17
第六節 天氣預報	18
第四章 熱與溫度	20
第一節 熱與溫度的意義	20
第二節 熱的發生	20
第三節 熱的作用	20
第四節 普通溫度表	21
第五節 特種溫度計——體溫計	22
〔附〕 參考	22
第五章 熱的移動	24
第一節 熱是怎樣移動的	24
第二節 傳導	24
第三節 對流	24
第四節 輻射	25
第五節 保溫瓶	26

第六章 暖室與冷氣間	27
第一節 暖室	27
火爐——煤氣火爐——電爐——熱空氣暖室—— 熱水暖室——蒸汽暖室	
第二節 冷氣間	28
冰箱——液體氨冷氣間——電氣冷藏庫	
第三節 換氣	29
第七章 原動機	31
第一節 水力原動機	31
第二節 風車	32
第三節 蒸汽機關	32
第四節 蒸汽輪機	38
第五節 內燃機關	40
第六節 熱機關的發達及其應用	44
第八章 音	46
第一節 音波	46
第二節 音的種類	47
第三節 樂音的性質	47
第四節 共振	48
第五節 發音體	49
第六節 留聲機	50

〔附〕 參考	51
第九章 光	53
第一節 光波	53
第二節 光的直進	53
第三節 光的反射	54
第四節 平面鏡	55
第五節 光的折射	56
第六節 稜鏡	58
第七節 透鏡	58
第十章 光學器械	61
第一節 眼鏡	61
第二節 高級光學器械的組成的要件	62
第三節 顯微鏡	63
第四節 望遠鏡	66
第五節 照相機	70
第六節 幻燈機	72
第七節 活動影片機	73
第十一章 磁	75
第一節 磁石	75
第二節 磁極	75
第三節 磁鐵的製法	76

第四節	磁感應	76
第五節	地磁	77
第六節	羅盤	77
[附]	參考	78

第十二章 電

第一節	電的存在	79
第二節	電的種類	79
第三節	電的傳導	80
第四節	電的感應	81
第五節	起電機	82
第六節	放電與雷電	83
第七節	電流	84
第八節	電池	85

第十三章 電器

第一節	電磁鐵	87
第二節	電鈴	87
第三節	電報機	88
第四節	電話機	89
第五節	電的熱效應	91
第六節	電燈	91
第七節	霓虹燈	95

第八節	電熱器	96
第十四章	發電機和電動機	98
第一節	發電機	98
第二節	電動機	102
第三節	電力輸送	104
第十五章	電的新玩意	107
第一節	無線電報和電話	107
第二節	光電管	110
第三節	有聲電影	111
第四節	傳真電報	112
第五節	電視	113
第十六章	近代交通器具	116
第一節	輪船和火車	116
第二節	電車	116
第三節	汽車	117
第四節	航空機	119

日用物理常識

第一章 簡單機械

第一節 槓桿

(1)甚麼叫槓桿 一根棒擱置在某一點上；在這棒上施力量，可以運動物體：這種裝置叫做槓桿。利用槓桿，可以用小力動重物；又可以一動手而便使較遠地方的物體運動起來。

(2)三種槓桿 支持所稱槓桿的這根棒的一點叫支點；施力量的一點叫力點；移動物體的一點叫重點。由於槓桿上三點位置的相互關係，分成以下的三類(圖1)：

a. 支點在力點與重點之間。 例如秤、天平、剪刀、火鉗等。

b. 重點在支點與力點之間。 例如鋤刀、榨蔗床等。

c. 力點在支點與重點之間。 例如錘子、扳罈、牽磨等。

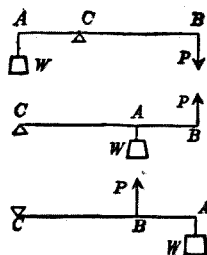


圖1 三種槓桿

(3)槓桿的原理 設槓桿的支點為 O ，如於力點的力量為 P ，力點與支點間的距離為 AO ，所運動的物體之重為 Q ，重點與支點間的距離為 BO ，(如圖2.)那麼其

間有下述的關係

$$P \times AO = Q \times BO。$$

所以， AO 比 BO 長，則 P 力可以比

Q 重小，便是可以用小力動重物。反之 BO 比 AO 長，那麼所用 P 力要比 Q 重大，是虧力的；不過在 A 點動手，可以使較遠處 B 點的物體運動起來。

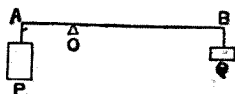


圖2 槓桿原理

(4)槓桿的應用 我們的日常生活中，在不知不覺之間，應用槓桿原理的地方很多。例如用爪鎚拔釘，船上的橈等，屬於(a)種槓桿；用棒撬起重物，開瓶蓋器，老虎車等屬於(b)種槓桿；鑷子、磨板餐等屬於(c)種槓桿。

第二節 天平

(1)天平的原理 天平是應用支點在中央的槓桿原理而構成，是計量物體之重（正名應曰質量）的器械。

(2)天平的構造 把一根堅實而輕的金屬桿就其中點處支持好，在其兩端掛上兩個盤。雙方所掛的盤，形式和重量須完全相等。不論載何物，總須使金屬桿成水平的位置。

(3)天平的作用 在一端的盤中，載着已知重量的砝碼，另一端的盤中放入要衡量的物體，雙方配合，使金屬桿成水平。那時，砝碼的重量與物體的重量剛剛相等。

第三節 桿秤

(1)**桿秤的原理** 桿秤也應用槓桿的原理。用一個有一定重量的秤錘，增減秤錘與支點的距離，便可以計測出任何物體的重。

(2)**桿秤的構造** 一根棒的一端 B 掛着一個盤子（或鈎子）；棒上掛有一個秤錘，其位置可以自由移動。秤錘與 B 點之間一點

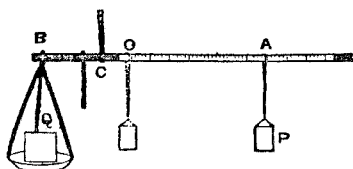


圖3 桿 秤

C 裝有秤紐，作為槓桿的支點。（圖3.）

(3)**桿秤的作用** 在盤中不載物體時，秤錘吊在秤紐之後的 O 點，使秤桿成為水平，便在桿上的 O 點刻着零的刻度。盤上載了重 Q 的物體，秤錘 P 配合移動，掛在 A 點，桿成水平，則

$$Q \times BC = P \times AO, \therefore AO = Q \times \frac{BC}{P}.$$

因 P 及 BC 是一定的，所以 AO 與 Q 成比例。從桿上的刻度可以看出 AO 的長來，因而可以知道 Q 的輕重。

第四節 滑車

(1)**甚麼叫滑車** 滑車是附在一根軸上可以自由迴轉的圓輪。這是一種引物上升的器械。

(2)**定滑車** 定滑車是一種位置固定而不能移動的滑車。舊式井上吊水的轆轤，就是這種東西。滑車圓輪周邊側面刻有凹溝，溝中嵌入一根繩，繩的兩端下垂。繩的一端掛着所要吊起

來的重物，而把另一端向下拉動，這便利用定滑車把那重物吊上來了。（圖4.左）

用定滑車，不能省力，只能改變作用力的方向，使人便於用力。

(3) **動滑車** 動滑車位置不固定；繩的一端固定着，繩體嵌入滑車周邊側面，而把繩的另一端向上，將滑車吊住；滑車的軸端裝上鉤子，鈎住重物。引繩向上，滑車跟着上昇，重物便因此也向上

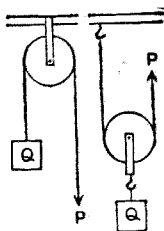


圖4 滑車

左:定滑車 右:動滑車
 昇起來了。這裝置很容易明瞭重物的重量由繩的兩端平分支持，即繩的每一端帶着重物之重的一半，所以把繩的活動的一端向上拉起時，只須用物重的一半之力，便足以吊起重物了。換言之，要把重物向上拉至某高度，不可不應用等於高度兩倍長的繩。從此可知：利用動滑車引物向上，可省力一半。（圖4.右）

(4) **複滑車** 如圖5所示，是三個動滑車與三個定滑車結合而引物向上的裝置。重物的重量平分支持在六段繩上；所以只要用物重的 $\frac{1}{6}$ 便足以將重物運起來。

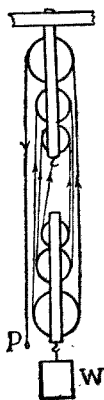


圖5 複滑車

第五節 輪軸

(1) **甚麼叫輪軸** 輪軸是大小二滑車的中心固定在同一軸上

的裝置。普通利用它來扛舉或拖引重物。

(2)輪軸的作用 構成輪軸的二滑車上各捲繞着方向相反的繩。捲在小輪上的繩之一端吊着重物，引物向上；捲在大輪上的繩則向下拉。大輪與小輪同向旋轉，而繩的捲法卻正相反；小輪上的繩逐漸捲攏，重物便逐漸吊起來了(圖6)。

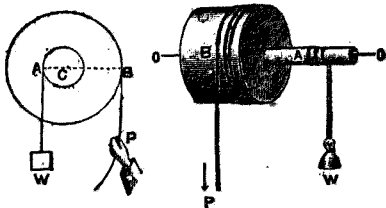


圖6 輪 軸

大輪的半徑為 R ，小輪的半徑為 r ，物重為 W ，所需的力為 P ，則

$$W \times r = P \times R,$$

$$\therefore P = W \times \frac{r}{R}.$$

因 R 比 r 大，而 $\frac{r}{R}$ 小於 1，故上式中 P 常小於 W ，所以只要用較小的力便可以把重物吊起來。

(3)輪軸的應用 木匠用的牽錐是應用輪軸的原理的器械。錐的錐頭相當於小輪，錐柄相當於小輪。因為柄比針大，所以鑽孔很易。

第六節 斜面

(1)甚麼叫斜面 把重物向上提高，不依垂直方向急劇提舉，卻利用對於水平面略微傾斜的面來滑動搬運，那麼可以省力，很為便利。這個被利用的面叫

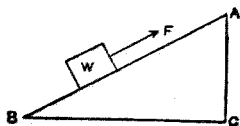


圖7 斜面

做斜面(圖7)。

(2)斜面的作用 利用長 AB 的斜面，牽引重 W 的物體，提升到高為 AC 之處。動移 W 所必需的力，其大小為

$$F = W \times \frac{AC}{AB}。$$

由上式， AC 比 AB 長，則 F 可以小。換言之， AB 愈長， $\angle ABC$ 愈小，斜面對於水平線的傾斜度愈小，則 F 也可以愈小，即愈可省力。

(3)斜面的應用 斜面的用途，像卡車裝貨，利用車尾斜擱在地上的板，把貨物拉上，便是其一例。又下面所述的螺旋也可認為斜面的一種(圖8)。

第七節 螺旋

(1)甚麼叫螺旋 普通的螺旋有雄螺旋與雌螺旋二種。雄螺旋，在一根圓柱的周圍作螺旋形的突起；雌螺旋，則在中空的圓柱內刻溝紋，使恰可和雄螺旋嵌合。

(2)螺旋的作用 令雄螺旋的突起接合在雌螺旋的溝紋中，把它向右旋則為送入，向左旋則為退出。

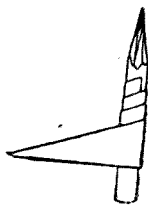


圖8 螺旋

(3)螺旋的應用

a. 螺釘，螺旋拔塞器，燈泡的接口等，是應用螺旋的最普通的器物。

b.如圖 9 所示，是一種稱爲螺旋起重機的器械。雄螺旋的先端裝着長柄。推動這柄的一端，便可以使雄螺旋迴轉進退。螺旋起重機利用那螺旋進退的力，能把重的物體移運上升。與輪軸同樣的原理，可以弱力作強力之用。其餘像螺旋壓榨機等，也都是構造大略相同的器械。

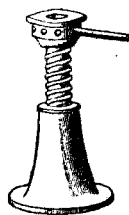


圖9 螺旋起重機

第二章 大氣的壓力

第一節 氣壓的意義

(1)**大氣** 包圍在地球四周的是厚厚的空氣層，這空氣層的全體叫做大氣。大氣愈在上方愈是稀薄，愈在下層愈是濃厚。大氣層厚達二三百公里。

(2)**氣壓** 地球上的物體，不絕地受着從四面八方而來的大氣壓力。這種大氣的壓力叫做氣壓。

第二節 氣壓的實驗

(1)玻璃瓶裝滿了水，用中插細玻璃管的軟木塞塞好瓶口，將瓶倒立或橫放，水都不流出。這是因為玻璃管口的氣壓發生作用，將水壓向瓶內；所以水在瓶中不流出來。



圖10 馬德堡半球

(2)如圖 10 所示，把兩個金屬碗左右密合，抽去內部的空氣，因為兩個碗合成一球，球外的氣壓發生作用，所以這兩個碗不容易分開了。旋開裝在球頂的螺旋，讓空氣通入內部，兩個碗才可以再行分開。這個實驗，最初是在德國的馬德堡地方舉行，所以這個器具叫做馬德堡半球。（閱後附參考）。

第三節 托利坵里實驗

(1) **實驗的方法** 如圖11所示，用長約1米封閉一端的玻管裝滿水銀，倒立在盛有水銀的容器中。其時，管中水銀略略降下，降至與容器中水銀面約76厘米的高處而止；而管的上端成爲真空，這真空叫做托利坵里真空。若把玻管傾斜，雖見有較多的水銀流入管內，但管中水銀柱頂與容器中水銀面的垂直距離仍是76厘米。所以這76厘米的高度與玻管的或斜或直，都無關係，常爲一定。這管中的水銀柱，實在是給容器中水銀面 P 上的大氣壓力所抵住，所以不再下降。玻管中水銀柱所加在 P 面上的壓力，恰正與大氣的壓力相等，所以能互保平衡。

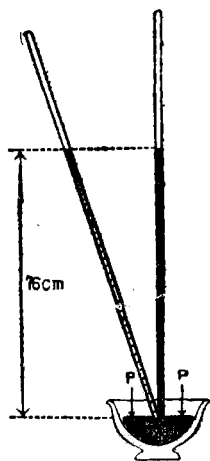


圖11 托利坵里實驗

(2) **計算氣壓的單位** 無論由於任何原因而使大氣的壓力有所增減，那麼水銀柱的高常比例於大氣壓力，而也有所增減。所以水銀柱的高可以指明氣壓。譬如說氣壓76厘米，那便是說，其時的氣壓足以抵住水銀柱保持76厘米的高；這便是氣壓的標準，叫做1氣壓。

(3) **一氣壓的大小** 因爲1立方厘米水銀之重爲13.6克，所以橫截面積1平方厘米長76厘米的水銀柱重 $13.6 \text{克} \times 76 = 1033.6 \text{克}$ 。因此，高76厘米的水銀柱以每1平方厘米1033.6克的重壓向下面。這樣說來，水銀柱的壓力，簡直與大氣壓力相等。於

是可總結一句說：若說氣壓是76厘米時，那麼大地或地上物體的表面，每一平方厘米受到1033.6克大小的壓力。

第四節 水銀氣壓計

(1)原理 水銀氣壓計（圖12）是應用托利坼里的實驗，而由水銀柱的高低來計算氣壓大小的裝置。又叫做水銀晴雨計。

(2)構造 以柔軟的鞣皮作底，中盛水銀，而把裝滿水銀封閉一端的玻管倒立其中。水銀槽的頂上掛着一根指針，以其尖端為測定玻管內水銀之高的基準。針尖指定在0厘米的地位，在玻管上正對針尖處刻出0厘米的刻度。

(3)使用法 旋動鞣皮之下的螺旋，使水銀槽的底上下移動，令水銀面接觸於指針的尖端，那麼0厘米的刻度正接着水銀面；然後就玻管側面的刻度讀出水銀柱的高來。

第五節 無液氣壓計

(1)目的 水銀氣壓計，用在室內的觀測，固然比較正確，不過攜帶不便，在野外觀測，就不甚合用。為要能除這個缺點，便創造一種無液氣壓計（圖13）。爬山者或飛行家常利用

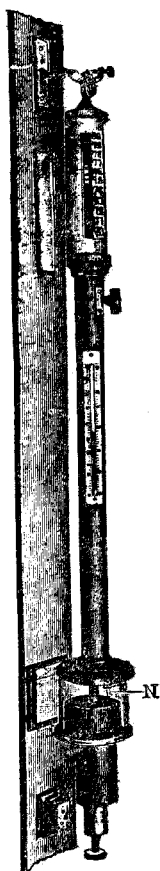


圖12 水銀氣壓計

這種氣壓計來測知他們自身所到地點的高度。（參閱氣壓的變化一節）。

(2) **構造與作用** 這種氣壓計的最主要部份是一隻由薄金屬板做成的盒子；其中的空氣抽盡，所以是真空。盒外的氣壓增大，則金屬板的表面凹下；氣壓減小，則盒面膨起。

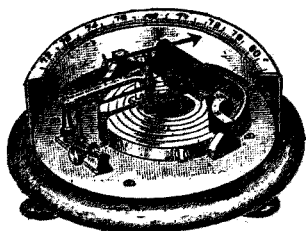


圖13 無液氣壓計

盒面薄金屬板連接着傳動的裝置，與一個能沿着這氣壓計表面作圓弧運動的指針連通。於是真空盒面薄金屬板的膨起陷下，便會傳動而使指針旋轉。從指針的轉動，可以看出其所指的度數；從指針所指的度數，可以推知薄金屬板的凹凸，而明瞭氣壓的大小。

第六節 氣壓的變化

(1) **由於地位高低的變化** 接近地面處，須負起全部大氣層之重，所以地面上的氣壓最高；從地面漸次昇向大氣的上層，那麼氣壓便漸次減低。地位升高與氣壓減低的比例大體有定，大約在離海平面不遠之處每升高11米，水銀柱約降1毫米，所以爬山者或飛行家，可以利用氣壓計來測知他們自己所到的地位。

(2) **由於溫度高低的變化** 某處的溫度增高，則該處的空氣膨脹；上層的空氣把由該處自下上昇的空氣壓向周圍流去，空

氣量因而減少，所以該處的氣壓便減低。反之，某處的溫度降低，則該處的氣壓反而增高。

第七節 吸取唧筒

(1)構造 吸取唧筒是利用大氣的壓力，在高處吸水向上的一種裝置（圖14）。一個圓筒，裏面裝有活塞。活塞上附有活瓣；筒的底上也有活瓣；都祇能向上開。圓筒底部有導管通入水中。

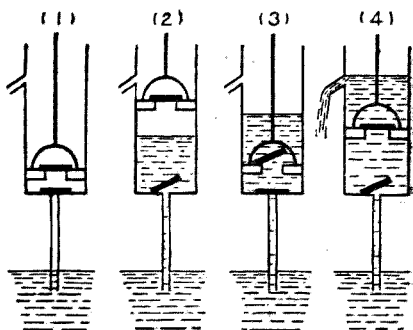


圖14 吸取唧筒

(2)作用 先由唧筒上附屬的柄將活塞提起，活

塞上部的空氣一面從出口被壓而出，一面把活塞上的活瓣壓下而關閉起來；活塞下部的空氣變為稀薄，外界的大氣壓力便壓水進入導管衝開活瓣而流入筒內。

其次，活塞壓下時，筒底的活瓣關閉，活塞下的水衝開活塞上的活瓣而流到活塞的上部。

這種動作循環進行，筒內便吸滿了水；這筒內的水便由唧筒上部的出口向外流出。

第八節 壓上唧筒

(1)構造 壓上唧筒也是由一個圓筒與一個活塞構成，(圖15)和吸取唧筒相同，不過活塞上沒有活瓣。圓筒之底有活瓣 *A*，祇可向上開啓；又出口管與圓筒的交界處有活瓣 *B*，祇可向外開啓。

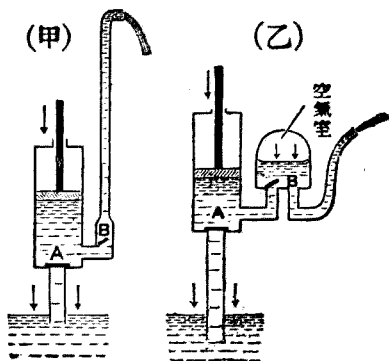


圖15 壓上唧筒

(2)作用

a. 將活塞提起，則其下的空氣變為稀薄，外界的大氣壓力將活瓣 *B* 壓得密閉；同時，筒底導管內的水衝開活瓣 *A* 而流入筒內。

b. 其次，壓下活塞，其壓力擠合了活瓣 *A*，使水衝開了活瓣 *B* 而由出口管流出筒外。

參考

1. 馬德堡半球 十七世紀中葉，德國馬德堡市長葛利克氏，對於科學具有濃厚的興味，經過了幾番苦心研究之後，用抽氣機造成真空的理想竟告成功。他用金屬做的兩個碗形半球左右密合起來，抽盡內部的空氣，則因氣壓自外向球的中心緊壓的作用，這兩個碗形半球便不容易分開來了。在1640年時，他在當時的德意志皇帝和多數議員的面前試行這個實驗。那時他所用的球，半徑祇不過3英尺，卻要十六匹馬的力量才能把兩半球拉開；那種力量恰正等於1噸之重。該實驗便叫做馬德堡實驗。自此以後，這兩個半球就名為馬德堡半球。

2. 托利坵里是怎樣的人 托利坵里是意大利人，生於1608年。他是著名物理

學家伽利略的學生，後任佛羅稜斯大學的教授。他的真空的實驗，據說是在伽利略死後整理其論文而想起來的。

3. 從抽氣機到蒸汽機關 抽氣機的發明，是肇始於葛利克及波義爾，後經法國的巴本加本幾多的改良。然而由於其往復式的抽氣機卻引起了蒸汽機關的理想。所以葛利克等的舊式抽氣機遺留在人類文化史上的功績實在很大呢。

第三章 風與雨

第一節 低氣壓與高氣壓

(1) **低氣壓** 某一地點的氣壓比周圍地方的氣壓低，這叫做低氣壓。空氣從四周圍向低氣壓的地點流入，遂成旋風，其狀如圖16所示。這旋風的捲旋方向，在北半球，常與時鐘指針的迴旋方向相反。



圖16 低氣壓的風向

(2) **高氣壓** 某一地點的氣壓比周圍地方的氣壓高，這叫做高氣壓。風從高氣壓地點向四周圍流出。高氣壓與低氣壓異，空氣不甚移動。又其地與周圍的氣壓之差小，所以雖有風，力亦不強。

第二節 風

(1) **風的意義** 大氣所起的空氣流動，叫做風。風常常從氣壓高的地點吹向氣壓低的地點，風的性質、風向及風速都有一定的。

(2) **風向** 風向是風吹的方向。所謂南風，是指自南方吹來的風。

(3) **風速** 風的速度叫做風速。風速大，則風力也強大。依據風速，風可為以下的各種類：

風 力	風 (每秒米)	速	氣 象 學 上 的 符 號	日 測 標 準
靜	穩	0—1.4	0	煙氣直上
軟	風	1.5—3.4	↑	感覺有風
和	風	3.5—5.9	↑↑	吹動樹葉
疾	風	6.0—9.9	↑↑↑	吹動小枝
強	風	10.0—14.9	↑↑↑↑	吹動大枝
烈	風	15.0—28.9	↑↑↑↑↑	吹動樹幹
颶	風	29.0以上	↑↑↑↑↑↑	拔樹倒屋

第三節 季節風與海陸風

(1) **季節風** 在地球上，冬季風自大陸吹向大洋，夏季風自大洋吹向大陸，每半年交替變化一次。

所以有此情形的理由，因為冬季大陸非常冷，生出高氣壓，所以風便吹向比較溫暖的大洋方面去；夏季則起與此反對的現象。這就叫做季節風。

在我國，夏季多東南風，冬季多西北風，就是這個道理。

(2) **海陸風** 近海岸之處，在一日之內，晝間風自海面吹向陸上（海風）；夜間則恰恰相反，風自陸上吹向海面（陸風）。海風和陸風的交替期間，就是清早和黃昏，那時全然無風。海陸風的起因，則因朝晨太陽升起，陸上的溫度升高得快，比海面早熱，所以海風吹向陸上；等到太陽下降，陸上冷得快，所以陸風吹向海面了。

第四節 大氣中的水汽

(1) **露點** 大氣之中，常含有多少的水汽。氣溫（大氣的溫度）降低，水汽便凝集而成小水滴。剛剛可以使空氣中的水汽凝成小水滴的溫度，叫做露點。大氣中的水汽量多，則其露點高。

(2) **水汽的變態** 氣溫降達露點，水汽即起變化，其變化的情形有以下種種：

a. **露** 夜間氣溫徐徐下降至露點以下，空氣中的水汽化成液體而凝結為露。

b. **霜** 若使其時的氣溫比 0°C 為低，那麼水汽便直接凍結為霜。

c. **雲和霧** 水汽昇騰在高空中，凝成小水滴而飄浮着的，叫做雲，近於地面的，特叫做霧。

d. **雨** 雲的水滴更變冷而再凝集。便成為較大的水滴而落下，這便叫做雨。

e. **雪** 若使成雲時的露點已在 0°C 以下，那便凍結為雪。

第五節 梅雨

(1) **梅雨的時期** 我國每年自六月上旬至七月中旬，大概有一個月的期間，差不多每天降雨。這時的雨叫做梅雨。

(2) **梅雨的原因** 北半球的溫帶地方，每年六月之頃，太陽

的位置最高，對於地上的光照最強；台灣附近及我國長江流域起低氣壓，這低氣壓逐段向東移動而漸通至東海，從海面上吸收多量的濕氣。其時，北太平洋有高大氣壓，阻礙這低氣壓的進行，於是這低氣壓便停滯在我國沿海各地的上空。這低氣壓所帶來的水汽便凝結而成雨。這便是梅雨的原因。其時正是黃梅時節，所以就稱爲梅雨。

第六節 天氣預報

(1)天氣圖 就某地方某時間的天氣變化狀況繪成一目了然的地圖，叫做天氣圖。天氣圖是由各地的測候所向某一個中心機關（譬如中央觀象臺）報告，從此彙集編製而成；圖中用種種符號來記明各地的天氣、氣壓、氣溫、風向、風力、雲量等等。

(2)天氣預報

a. 天氣預報的原理 對於天氣與天氣圖的關係，經長時間研究的結果，可以發現某地方氣壓高低狀態與天氣的密切關係。所以看了天氣圖，可以預測明日各地氣壓的變化，因而可以推測其天氣的大概。

b. 全國天氣預報 明日的全國氣象概況預報，由中央氣象台分劃氣象區而製成。

c. 地方天氣預報 地方測候所可以參考全國天氣預報的材料而作成本地的天氣圖，因而推測本地的情狀。譬如全國天

氣預報說明，不說該地有雨，那麼地方天氣預報也不說本地有雨。

(3) 暴風警報

a. 全國暴風警報，由中央氣象臺發出。

b. 地方暴風警報，由地方測候所發出。

(4) 無線電報及無線電話的利用 海船向中央報告其船中的觀測所得，又中央向海船發出警報，都利用無線電報及無線電話來通訊。中央對於委托工作的某測候所，對於近海之船的報告，對於開出之船的到達距離，都利用無線電報電話來收信。又無線電台的播音，也常有天氣預報的節目。

第四章 熱與溫度

第一節 熱與溫度的意義

(1)**溫度** 溫度是表明物體冷暖的狀況。暖的物體比冷的物體，溫度來得高。

(2)**熱** 使物體發生溫度高低的原因，叫做熱。

第二節 熱的發生

熱，普通起於下列的諸種情形：

(1)物體摩擦、衝擊、壓縮（於氣體特為顯著）則生熱。

(2)物質燃燒或化合則生熱。

(3)電流通過導線則生熱。

第三節 熱的作用

(1)**溫度的上昇** 加熱於物體，則溫度昇高。不過，溫度昇高的比率，隨物的種類而不同。銅祇要微熱，溫度便即昇高；水則慢慢變溫。（參閱後文參考）。

(2)**體積的變化** 一般說來，物體得熱則脹，失熱則縮。不過，其全體之重不變。取剛剛可以通過一個球的環，熱球，則不能通過於環了；熱環，則球仍可通過。

(3)**狀態的變化** 加熱於物質，則固體變為液體，液體變為氣體，狀態因而變化。

(4)化學變化的促進 溫度高，物質化合或分解的速率快。要化合藥品，須把它加溫。

(5)光與電的發生 加熱於物體，會發生光或電。將鐵加熱至非常高溫，起初發赤光，後則發白輝，這是熱則發光的一例（參閱參考）。加熱於電石的柱狀結晶體，結晶體的兩端，便顯出正負電極。

第四節 普通溫度計

(1)溫度計的目的 溫度計是應用液體（水銀或酒精）體積的增減來計測物體溫度之不同的器械。

(2)溫度計的構造 取一玻璃細管，下端膨大成圓球形或圓筒形，除去其中空氣，裝入水銀（或酒精），封閉上端，記明刻度。

(3)溫度計的刻度

a. 攝氏 把玻璃細管放在正在融化的冰中，水銀柱頭所站定的一點是冰點；放在沸水之上的蒸汽中，水銀柱頭所站定的一點為沸點。冰點為 0° ，沸點為 100° ，中間記上100等分的刻度，這是攝氏的記法，用符號 C 來表明。

b. 華氏 冰點為 32° ，沸點為 212° ，中間記上180等分的刻度，用符號 F 來表明。

c. 攝氏度數與華氏度數的關係

攝氏與華氏的刻度之間，有下列的關係：

$$C = \frac{5}{9}(F - 32), \quad F = \frac{9}{5}C + 32。$$

(4) 溫度計的種類

a. **水銀溫度計** 這是最通用的一種溫度計，玻璃細管中裝着水銀。

b. **酒精溫度計** 用着色的酒精裝入玻璃細管而做成。酒精比水銀難於凝成固體，所以對於水銀溫度計所不能計測的低溫度，用酒精溫度計來計測就便利了。

第五節 特種溫度計——體溫計

(1) **體溫計的目的** 體溫計是一種特別構造的寒暑表。通常的寒暑表，玻管中的水銀跟着溫度的高低而自由昇降；體溫計則不然，玻管中水銀一度昇高後，溫度雖然降低，水銀也不下落。

(2) **體溫計的構造** 玻管與水銀槽之間以特別細小的腰相連（圖 17 的 A）。溫度昇高時，水銀通過細腰而上昇；溫度下降時，則因水銀為細腰所截住，所以水銀柱停留在玻管之中，而依舊指示着原來的溫度。

(3) **體溫計的刻度** 通常都用攝氏的度數。



圖 17 體溫計

參考

1. 溫度與卡路里 使水 1 克的溫度增高 1°C （攝氏 1 度的略號）所必需的熱量，叫做 1 卡路里。這就說：溫度是表明物體冷熱的說法；卡路里是表明熱量的說

法。

加熱於各種物體，其所加的熱量雖同，而其所造成的溫度，卻因物體的種類有別而各不相同。

例如加 1 卡路里的熱於 1 克的水，其所增溫度雖為 1°C ，但是加 1 卡路里的熱於 1 克的銅，所增溫度卻為 12°C ，於 1 克的酒精，約增 2°C ，於玻璃，約增 5°C 。

2. 星的溫度 加熱於銅或鐵，起初發出紅光；其後溫漸高，則光色漸變為黃；溫度更高，則呈白光。從此可見：光色愈近於白，則溫度愈高。應用這個原理，看了遠處星光的顏色，就可以推知該星的溫度。譬如小犬座 α 的白光星是 10000°C ，御夫座 α 的黃光星是 6000°C ，獵戶座 α 的紅光星約為 3000°C 。

第五章 熱的移動

第一節 熱是怎樣移動的

熱是從溫度高的方面移向溫度低的方面去。其移動的方式有下列的三種：

熱的移動方式	{	傳導
		對流
		輻射

第二節 傳導

(1)**傳導的意義** 熱傳達於物體的各部，從溫度高的部份向溫度低的部份順次移動，這種現象就叫做熱的傳導。熱的傳導，要到物體各部份達於同一溫度才能停止。

(2)**導體** 能夠傳導熱的東西叫做導體。一般的金屬（特如銀、銅、鋁等）都是導體，所以鍋、鏟之類都用金屬來製造。

(3)**非導體** 不能使導熱的東西叫做非導體。空氣、水、毛布、木綿、木材、絹、紙等都是熱的非導體；金屬所做的烙鐵或熨斗，所以須裝木製的柄，就是要使熱不致傳到人手上來的緣故。

第三節 對流

(1)**對流的意義** 液體和氣體，一般都是熱的非導體。從液

體或氣體的下層加熱，受熱部份便膨脹而變輕，因而向上升起；反之，上層冷而且重的部份卻向下沈落；上下層因此交換了地位。這樣上下交流，液體（或氣體）的全部便都熱起來了。這種熱跟了物質的運動而移動的現象，叫做對流。

(2)對流的實例

a. 把水裝入試驗管而熱之，要使它全部變熱，須從下部加熱。因為水是熱的非導體，所以在上部加熱，雖然上部已經沸騰，下部依然很冷。

b. 風是起於空氣中的大規模對流而成。

c. 陽光射到地表的熱，各處不等，熱處的空氣上昇，冷處的空氣來補其缺，所以近地面處的空氣中會起對流。

d. 冷藏庫中的冰塊應放在上層。因為上層空氣冷，所以重而下降；下層的暖空氣便向上升起；這樣上下對流，就使全體的空氣都變冷了。

第四節 輻射

(1)輻射的意義 熱不靠中間物質的關係，直接由熱源移到物體之上，這叫做輻射。

(2)輻射的實例

a. 太陽與地球之間是真空，沒有任何物質，所以太陽的熱是由輻射而達於地球。

b. 把手放在火鉢或火爐上面，手覺到暖熱，這是由於炭

火的輻射。

(3) 透過、吸收、反射

a. 透過 輻射熱正和光一樣，在空中直向進行，而能透過空氣、玻璃等物質。經輻射熱透過的物質，不會稍留所受輻射熱的餘溫。

b. 吸收 油煙、石塊、黑布等能吸收輻射熱。物質吸收了輻射熱，溫度便增高。夏季，晒在日光中的黑布比白布溫度高，這就是對於輻射熱吸收力的不同。

c. 反射 磨光的金屬面和白色物質的表面，都能反射輻射熱。輻射熱被反射之後，物體的溫度便不會增高了。

第五節 保溫瓶

(1) 構造 具有兩層壁的玻璃瓶，除去其兩層壁間的空氣而成真空，而且在玻璃壁的內面鍍銀。

(2) 作用 兩層壁的中間既然是真空，所以熱不會給對流、傳導等的作用而散去。又因鍍銀的壁，反射輻射熱的作用最顯著，所以因輻射而散去的熱很少。這樣，瓶中不論放入熱的東西或冷的東西，都能保持其原有的溫度至很長的時間。

第六章 暖室與冷氣間

第一節 暖室

(1)火爐 以煤為燃料。要能容納煤塊，并使煤塊盡量燃燒，所以爐的構造必須堅牢。這是近代家庭中普通的設備。

接觸在爐身與烟囱近旁的空氣先受熱，由於這空氣的對流，便使滿室生溫。

(2)煤氣火爐 點燃煤氣，發生火焰而使爐身發熱；又由輻射與對流而使滿室生溫。這種火爐，生火便利，但有煤氣中毒的危險。

(3)電爐 將鎳鉻線捲繞在素燒瓦筒上，裝置在反射鏡的焦點地方，通上電流，便能生熱。這種暖爐，既便利，又衛生，電力的代價比煤炭的消費省，所以最合實用。

(4)熱空氣暖室 從戶外導入的冷空氣昇到暖爐的周圍而入室內。昇入室內的冷空氣變得溫暖後，一部份從窗口、門口逃出，大部份再回到爐旁，混合新空氣，而再行變熱。

(5)熱水暖室 連絡汽鍋與輻射器的鐵管回路裝滿了水後，便在爐子 N 中生起火來（圖18）。

熱水由於對流的緣故，通過鐵管 H 而昇

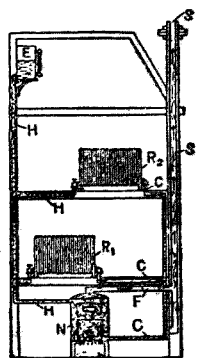


圖18 熱水暖室

入輻射器 R_1 、 R_2 ，使室內生溫；其時已經冷卻的水則經 C 管而再回入汽鍋。 H 連於水箱 E 。這水箱是用來調濟裝置內的水的膨脹與收縮的。 F 為烟道， S 為烟囱。

(6)蒸汽暖室 從汽鍋 B 內出來的水蒸汽由鐵管送入輻射器。

蒸汽放熱而液化成水，通過鐵管而再回歸於汽鍋 B 。

圖19中， A 為爐， B 為蒸汽鍋， C 為烟囱， T 為水槽， O 為空氣的入口。

火車上在冬天的暖氣裝置，就是由機關車上發出蒸汽，用導管通往各客車中，因而車內生溫的。

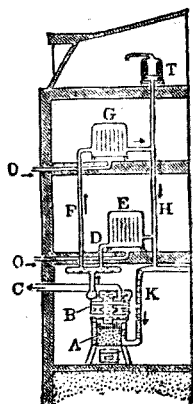


圖19 蒸汽暖室

第二節 冷氣間

(1)冰箱 冰在空氣中能直接化為氣體，其時能吸收多量之熱。因為冰的冷卻效果特別顯著，而且可以直接化成蒸汽，不必融成液體，所以近時利用冰來冷卻空氣的溫度，最為盛行。冰箱即其一例。

(2)液體氮冷氣間 此係利用液體氮的氣化熱原理而造成。先用唧筒壓送氣箱中的氮氣至有冷水澆灌使之冷卻的迴轉曲管中，氮氣因此被奪去了多量的熱而液化（圖20）。其次，此液體氮因開啓管底活瓣，而流入浸在鹽水中的迴轉曲管之內，進

行氣化，其時，氨須從曲管周圍奪取了多量的氣化熱；因此管外的鹽水便冷卻到 -10°C 的地步；於是水槽的清水便凝結成冰了。這食鹽冷水溶液，如果不要利用它來製冰，則可由導管引導到冷藏庫、冷氣間等處以為利用。

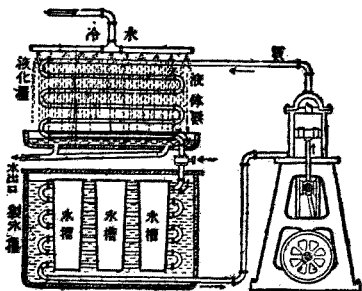


圖20 液體氨造冰

(鹽水中曲管內的氨氣則回入氣箱，再由唧筒壓送，如此循環不息。)

(3)電氣冷藏庫 不用冰，而利用電動機的動力，自動的保持 0°C 以下的低溫，這就是電氣冷藏庫的特點。由於電動機、壓縮器、自動開關裝置、凝結器等的作用，收入繞有冷卻線圈的箱內，可以引出冰來。而為冷卻線圈所冷卻的空氣起對流作用，自左方下降，自右方上昇，貯藏物因而變冷。

第三節 換氣

多數人聚居一室時，如果換氣的情形不良，那麼室內的溫度、濕度增高，加以從口鼻而來的惡臭，從皮膚和衣服上的不潔物而來的惡濁之氣等，室內空氣便污穢了。

換氣，普通都以窗為通路。室外的氣溫比室內低時，因對流的結果，冷空氣由窗下流入，溫空氣由窗的上方流出。若使室內外空氣的溫度相等時，則不生對流。從此，幾個窗同時開

啓，則室內空氣可以換去。

我國的建築物，構造大都不十分嚴密，所以對於空氣的污濁，比較不必過慮。不過學校、劇場以及多數人羣集合的場所，又如工場和實驗室等地，都不免有發生惡毒之氣的憂慮，所以在這等場所，都有設備特別換氣裝置的必要。簡單的換氣法，實際上大多採取通風用的風扇機。

第七章 原動機

利用水力、風力、熱等所有的能，而使動力與運動繼續不息的機械，總稱為原動機。

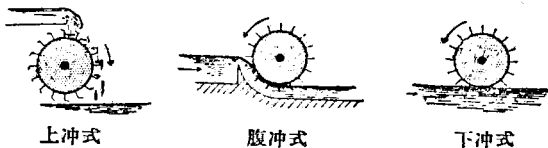
利用水力的叫水力原動機，水車、培爾東水車、水輪機等都是。利用風力的有風車。利用熱的叫熱機關，其主要的有蒸氣機關、蒸汽輪機及內燃機。

第一節 水力原動機

水力原動機，是利用水向低處下流的性質而造成的。因為水向下流，便產生位置的能和運動的能；利用這兩種能就可以推動原動機。

(1)**水車** 普通的水車有上沖式、腹沖式、下沖式三種(圖21)：

圖21 水 車



上沖式水車，利用位置的能。

腹沖式水車，同時利用位置和運動的能。

與下沖式水車，利用運動的能。

(2)**培爾東水車** 培爾東 (Pelton) 水車。上有嘴管，車輪有

翼板。水自嘴管噴出，衝在翼板上；因其衝動，車便急速迴轉了（圖22）。

這種水車常用於水頭特別大的情形之下。

所謂水頭，是指水向下流的垂直距離而說。流水以一種能給與水車，用水頭與水量之積來表其水力。

設流量為每秒 m 磅，其水頭為 h 呎，則其工率為每秒 mh 呎磅。

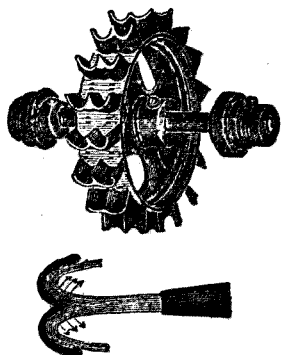


圖22 培爾東水車

(3)水輪機 如圖23所示，水從固定翼板 L 導下，衝動迴轉翼板 T ，翼板 T 迴轉時，其軸 A 也就迴轉起來了。

第二節 風車

風常向一定的方向吹的地方，風車也是有益的原動機。我國有些地方，常利用風來轉動桔槔，屨水澆田。

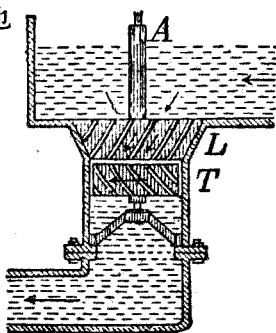


圖23 水輪機

第三節 蒸汽機關

蒸汽機關，用燃料煮出蒸汽，利用其壓力來運轉發動機關。因此，蒸汽機關的主要部份為汽鍋和機關部。

過熱水蒸汽 水在 100°C 時表 1 氣壓的最大壓力。若密閉其水蒸汽，再加熱，溫度顯著增高，壓力也因而增加。熱至 100°C 以上的水蒸汽，叫做過熱水蒸汽，用其壓力可以運轉種種的機械。

過熱蒸汽壓力	
100°C	1氣壓
120.6	2
134.0	3
144.0	4
159.2	6
170.8	8
180.3	10

過熱水蒸汽，就是高壓蒸汽，可用於大型機關及輪機等。

蒸汽機關自在 18 世紀末由瓦特所完成之後，才有大工場出現，才有快速的水陸運輸交通。

(1) **汽鍋** 汽鍋是以燃料的熱能效應傳達於水為目的。它有種種不同的形狀。

汽鍋，由其構造上的不同，可大別為三種，就是圓柱式汽鍋、火管式汽鍋，水管式汽鍋。

a. 圓柱式汽鍋 圓柱式汽鍋，在長的大圓筒內備有小圓筒(焰管)。小圓筒的一端燒燃料，兩圓筒之間裝水而加熱。這是最舊式的汽鍋，用於小工場。

b. 火管式汽鍋 火管式汽鍋(圖 24)具有多數的細管。來自爐中的火焰通入此多數的細管中，以加熱於鍋中的水。這種構造比圓柱式汽鍋的傳熱面積大，熱的傳播於鍋水加倍有效。多用於機關車。

機關車用汽鍋是火管式汽鍋的代表，過熱水蒸汽在來回於火管內的細管中燒成。發生於鍋內的蒸汽，通過此細管，便成過熱水蒸汽，收集在蒸汽管中而導入機關部。火管中所出的烟，通過塵埃除去網而從烟囱中排出；只因機關車不能用高烟囱，所以利用這廢氣來幫助通風。

如圖24，由火管 *F* 的熱而發生的蒸汽，從蒸汽止瓣 *V* 經 *P*

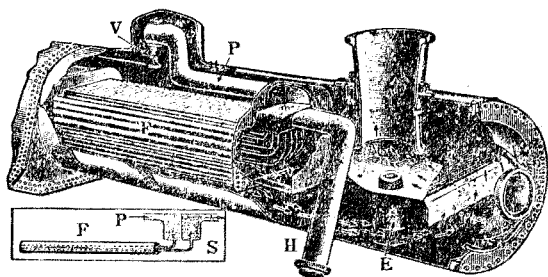


圖24 蒸汽機關車的火管式汽鍋部構造

導管而入於過熱器 *S*，再經 *H* 導管而導往機關部。*E* 是機關的廢氣管，箭頭表示火焰流動的方向。

c. 水管式汽鍋 水管式汽鍋（圖25）在多數細管中將鍋水加熱，發生的蒸汽聚集在裝於汽鍋上部的蒸汽溜中，更導入過熱器，便成過熱蒸汽而入機關部。

陸用大型汽鍋（如火力發電廠所用者）多為水管式。汽鍋的燃料，一般用煤或重油。煤的燃燒法，是先由人力將煤擱在火格子上；火格子能自動運轉，把煤運入鍋中，這叫做自動給煤法。

如圖25，燃料擱在自動給煤機上而燃燒，發生火焰，燒熱水管 T 的上部，次又燒熱過熱汽 S ，更燒熱水管 T 的下部而從後烟道中逸去。在水管內加熱的水，上昇而流到汽室 D ，經集水器 W ，通過夾在並列水管 T 之中央的降水管，而達於水室

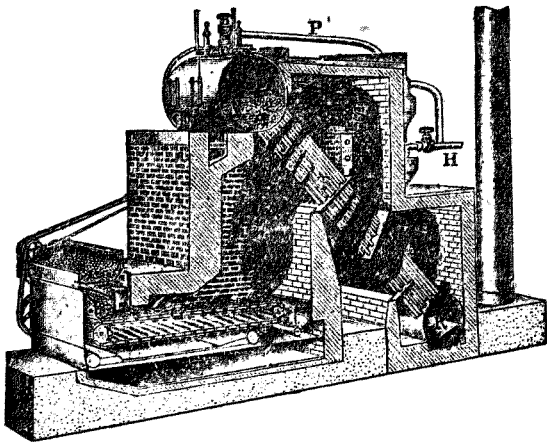


圖25 塔可馬水管式汽鍋的構造

R ，再由水管 T 上昇，如此循環加熱。所發生的蒸氣，經導管 P ，而入過熱器 S ，再由導管 H 導往機關部。

(2)機關部(引擎) 蒸汽機關，由分配器、汽筒、活塞、曲柄、飛輪、滑瓣、偏心輪、調速機等所組成，如圖26所示，起初汽筒 Y 內的活塞 P 受了汽筒左端汽路裏通來的蒸汽的壓力，被推而移向右方；其力由連接桿的傳導而旋動曲柄 C ，曲柄 C 連着偏心輪 R 。 C 旋動時， R 也就轉動。 R 轉動的力又由另一連

接桿傳到滑瓣 V ，而將 V 推向左方。當 P 活塞給蒸汽的膨脹力推到右端時， V 滑瓣便被推到左端而把左端的蒸汽通路閉塞，同時卻將右端的蒸汽通路開啓。於是 P 活塞的左面，蒸汽中心送入，而其右面卻有蒸汽通進來了。活塞

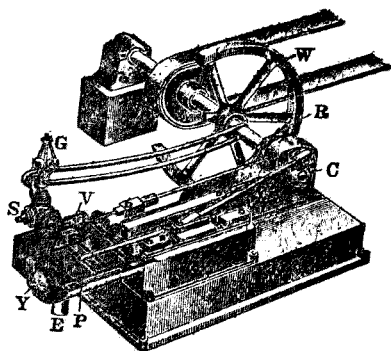


圖26 蒸汽機關的作用

P 受了右面的蒸汽壓力，被推而向左方，因而曲柄 C 仍被牽動而繼續旋轉。這種動作反復進行，曲柄 C 繼續旋轉不息，連在 C 上的輪軸也旋轉不息；這輪軸上裝着像皮帶等的傳動裝置，便可以牽拖動各種機器了。汽筒中膨脹作用已經終了，廢汽，經滑瓣的中央通路而由廢汽管 E 排出外部。

曲柄 C 所轉動的軸上裝有飛輪 W 。這飛輪 W 的質量非常均衡，迴轉運動的慣性很大，可以防止活塞 P 的偶或靜止，使曲柄 C 靈活滑動而一直迴轉不停。

調速機 G ，是利用離心力而構成的，其作用在增減機關的負荷，使迴轉不生快慢，自動的調節蒸汽供給量。

(3) 火車

a. 蒸汽機關車 如圖27，汽鍋後端的 Fb 內所生的火焰通入多數的細管 Ft 內。高壓（約14氣壓）的過熱蒸汽聚集在

上部的大蒸汽箱而導入機關部。司機人撥動着一根槓桿，開啓這大汽箱最上部的瓣 Tv ，蒸汽通過此瓣，由大蒸汽管而達於分配器 S ，順次送入汽筒 C 。

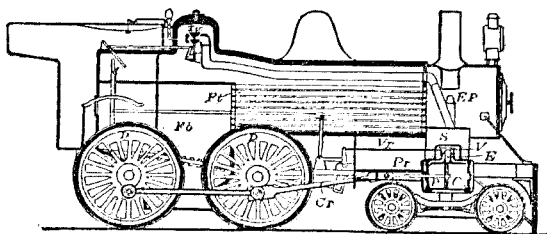


圖27 蒸汽機關車

b.機關的動靜 機關車的前進和後退，是用一種特殊裝置來改變起動輪的迴轉方向而行操縱。

如 28 圖，牽引槓桿 A ，滑鍵 B 便沿連接環 L 的中溝滑

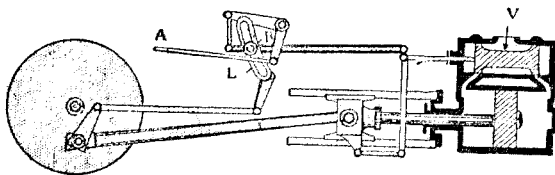


圖28 機關車的機關

動，連帶使滑瓣 V 的位置改變，而蒸汽就溜入活塞的右側，把活塞壓向左移。推送槓桿 A ，則引起與上述相反的動作，使活塞向右移動。活塞如此左右移動，便可以由傳動裝置旋動輪軸，拖動車輪了。槓桿 A 停留在中央位置的時候，滑瓣 V 也停止動作，卻把蒸汽通路完全閉沒，因此機構的作用也停止，

而車就停駛了。

(4)**大型蒸汽機關** 輪船上用的或其他大馬力的蒸汽機關，其蒸汽分成二段或三段來逐級膨脹。就是把低壓汽筒中的蒸汽再導入高壓汽筒中而更行膨脹。分二段的叫二段膨脹機關，分三段的叫三段膨脹機關：總稱為複式機關。

從最後一個汽筒中放出的蒸汽，導入冷水凝縮器而凝縮的，叫做凝水（凝縮）機關（Condensing engine）。這種機關，其活塞對於排出廢汽所需的壓力比大氣壓低得多，因此其工作效率也比不凝縮的機關大得多。

第四節 蒸汽輪機

蒸汽輪機是一種通有高速度蒸汽的翼輪（裝着多數的翼的迴轉輪）。因其迴轉的狀態而分為衝動輪機和反動輪機兩種。

蒸汽輪機，不像蒸汽機關那樣從活塞的直線運動變為歪輪的迴轉運動，都是直接由翼輪起單一方向的迴轉運動（圖29），所以適於高速迴轉，雖是小型，卻能發出大馬力。

(1)**衝動輪機** 高壓蒸汽從嘴管中噴出，噴得非常之急。這高速度蒸汽噴射在輪的翼上，由於其衝動而使翼輪迴轉，所以叫衝動輪機。

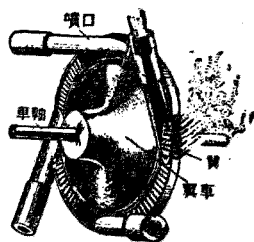


圖29 蒸汽輪機的原理

小型衝動輪機多是單段式，因為恐怕車軸迴轉太急，所以有減速裝置的必要。不過在大型的衝動輪機，則都是多段式的，蒸汽的初速小，所以車軸的迴轉不至於十分快。

(2) 反動輪機

多數的迴轉翼和固定交互並列（圖30），其由固定翼的作用而轉向的蒸汽，在溜入迴轉翼時，因膨脹而增加速度，迴轉翼遂起反動而迴轉。（固定翼是用來使從迴轉翼中溜出的蒸汽轉向的）。

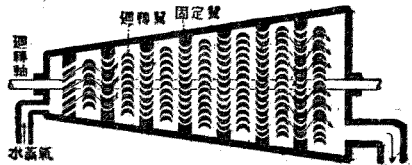


圖30 反動輪機的原理

蒸汽從這個翼間通到那個翼之間時，是次第膨脹的，所以迴轉筒的直徑必須次第增大，使蒸汽的通路也能次第變大。

大型的反動輪機，在一個共通的軸上裝有多數的迴轉翼；又在其外殼的內壁配有同數的固定翼，與迴轉翼交互嵌合，包在外面。高壓蒸汽入於固定翼中，以最有效的角度對準迴轉翼噴進去，同時因膨脹而速度增加，於是促使迴轉翼。起反作用而輪機便迴轉起來了。這就是衝動和反動的交互作用。

(3) 用途 迴轉發電機，迴轉用於船舶的推進機，多用這反動輪機。

第五節 內燃機關

(1)總說

a. 內燃機關 是將某種可燃性氣體與空氣的混合氣體直接導入氣缸之內，使之燃燒、爆發，利用那時所生的膨脹力以運轉機關的一種裝置。這樣的裝置，其能的利用率比蒸汽機關遠為良好。

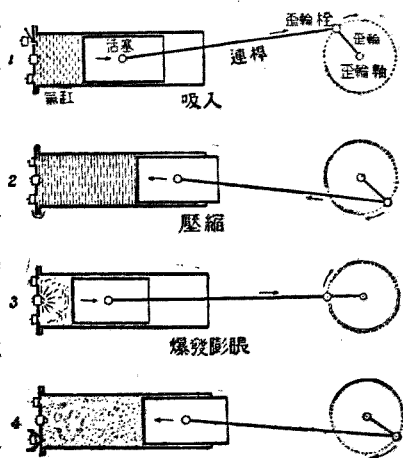
b. 內燃機關的四衝程 內燃機關中的活塞，一般都經如下的四衝程，方完成其動作的一循環（圖31）。

(一)吸入 因飛輪的惰性而使活塞向右移行時，吸入瓣開啓，吸入燃料氣體與空氣的混合氣體。

(二)壓縮 次，吸收、排氣的兩瓣同時關閉，活塞向左移動，壓縮所吸入的氣體。

(三)爆發 活塞左移不息而達氣缸的左端，激動了氣缸左端正中的發火栓，於是飛起電火花而使缸中的壓縮體爆發。其時發生壓力，將活塞壓向右移。

圖31 內燃機關的運轉



1、吸入 2、壓縮 3、爆發膨脹 4、排氣

(四)排氣 接着，排氣瓣開啓，活塞又向左移，那時排出廢氣。吸入、壓縮、爆發、排氣的四衝程動作反復進行的機關，叫做四衝程機關。這種機關逐次行動，都造成拉動飛輪的慣性；飛輪每迴轉兩週，起一次爆炸。

除四衝程機關之外，還有二衝程機關。這種機關，在一轉瞬間完成了排氣與吸入的兩個動作，只有壓縮與爆炸的兩衝程在反復着；飛輪每迴轉一周，起爆炸一次。

c. 內燃機關的種類

	種 類	主 要 用 途
內燃機關	煤氣機關	工場用原動機
	汽油機關	汽車、飛機、
	火油機關	農用、小漁船用、小馬力陸用原動機。
	重油機關	大型艦船、商船、潛水艦、工場用大馬力原動機（近年亦用於機關車、飛機、汽車等。）

(2)煤氣機關 煤氣機關，用煤氣、天然煤氣、焦炭爐煤氣等來作燃料，與適量的空氣混合而送入氣缸內。

(3)汽油機關 汽油機關，由於空氣的吸入而汽油亦起氣化，化成適當的混合氣體，送入氣缸，而起爆發。

汽油機關多為四衝程式，只要氣缸數，不用大飛輪，便能圓滑迴轉。多氣缸機關並列着多數氣缸，機關的馬力增大，運轉平滑。例如四氣缸機關，吸入、壓縮、爆發、排氣、在各氣缸中交互進行，每 $\frac{1}{2}$ 迴轉起一次爆炸，可以不要大飛輪。汽車、飛機等有用4,6,8或12個氣缸的汽油機關的。

汽油機關的主要構造如下：

a. 汽缸 汽缸外周有水循環流灌，以防過熱；活塞嵌在活塞環中，以防氣體的走洩。

b. 氣化器 如圖32，空氣以高速度通過L，由於與噴霧器同樣的理，汽油從G成細霧狀噴出而氣化。汽油槽V內置有浮器W和針瓣P，能自動的使汽油面保持一定的高低。撥動絞瓣S，變動吸入汽缸的汽油量，可使機關的迴轉數有所調節。

c. 點火裝置 將機關的迴轉傳動於小型發電機，用以生高壓電流，而使發火。

汽油機關最為發達，汽車飛機等都用它。

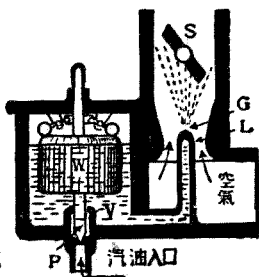


圖32 氣化器

(4) 火油機關 這種機關主用火油為燃料。因為火油比汽油難於氣化；所以在汽缸的先端裝有稱為燈頭的加熱部來代替氣化器（圖33）。

火油用油唧筒成噴霧狀噴向燈頭的突出部，火油便直接汽化而與壓縮的空氣相混合；在一轉瞬間，就可由燈頭的高溫度使之發火。

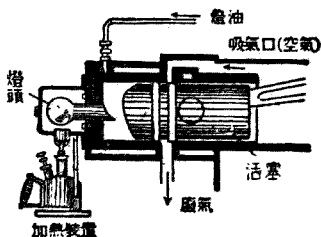


圖33 火油機關的汽缸部

火油機關，主要使用於漁船、小型發動機船，農業機械及

其他僻地的動力機等。

(5)重油機關

a. 原理 急劇加壓於空氣，則空氣的溫度便顯著地昇高。把重油成噴霧狀地向這空氣中噴入，重油便自然發火燃燒而生高壓力。重油機關是應用這樣的理而造成，燃料用重油。

照實際情形看來，煤氣機關雖然因為混合氣體經過充分壓縮，所以其發火效率很大，但在某種程度以上，其壓縮的活塞在達到壓縮衝程的最後一步之前自然發火爆發的現象，不見得都能合式。重油機關卻能避免這個缺點。

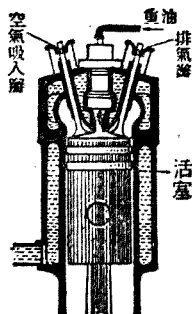


圖34 四衝程重油機關的汽缸部

b. 衝程 四衝程的重油機關（圖34）是這樣的：第一衝程吸入空氣；第二衝程壓縮空氣至34—40氣壓使它達到能使重油燃燒的充分溫度；然後即入於第三衝程（剛剛在壓縮衝程中活塞達到最後一步時），重油成噴霧狀壓送入汽缸中，而發火燃燒；最後第四衝程，排除廢氣。用調速機增減重油量，可以調節迴轉速度。

重油機關中，燃料所有的能量，可有30—40%得為有效利用。

重油機關也有是二衝程的。

c. 用途 大船舶、軍艦、飛機很多用此來代蒸汽輪機。

第六節 熱機關的發達及其應用

(1) **蒸汽機關** 對於利用蒸汽的力來作原動力的事，曾經過好多人的苦心研究。結果到十八世紀時，瓦特終究發明蒸汽機關。其後再經逐漸改良，於是機關車、船舶用機關及其他一般原動力用的機關都利用它，所以蒸汽機關是到處可見了。

不過到最近，蒸汽輪機、重油機關等完成之後，就都用這些新發動機來代替蒸汽機關了。

(2) **蒸汽輪機** 一座蒸汽輪機所能發生的馬力，其偉大非蒸汽機關所能及，且其摩擦損失少，運動部分簡單，震動少，迴轉速度大，所以發電機、送風機等的原動力都應用它。

迴轉快速的原動機，在必要低速的時候便反覺不合用。在這種情況之下，就必要有一種快慢自如的原動機關了。

(3) **內燃機關** 在十九世紀後半期發明煤氣機關之後，逐漸改良，以至今日遂有種種內燃機關，異常發達。

內燃機關，燃料直接在汽缸內燃燒，其活塞就在汽缸內活動，不必像蒸汽機關、蒸汽輪機等要另外用汽鍋，效率較大，並且運轉、休止的轉換容易，所以各方面都利用它。

汽油機關多用為汽車、飛機的發動機。飛機用的發動更是內燃機關中的最精良的。必要有相當大的馬力，質量都要極輕；迴轉必須十分勻整；絕對不生破損；這都是飛機用內燃機關的必要條件，所以其製造是要非常苦心研求的。

重油機關是大約去今四十年前德人羅道爾夫狄才爾所發明，所以又叫做狄才爾機關。大輪船、軍艦、機關車等多用它來代替蒸汽機關之用。

(4)各種主要熱機關的效率比較

蒸汽機關	5—7%	飛機用汽油發動機	30%
凝縮式蒸汽機關	12%	汽車用汽油發動機	20—25%
船用輪機	13%	重油發動機	35—45%
大型發電機用 蒸汽輪機	20—25%		

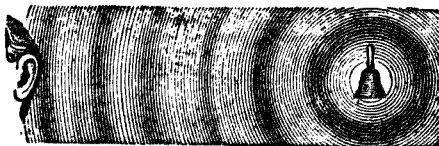
第八章 音

第一節 音波

(1)**發音體** 發生聲音的來源，都叫做發音體。各種樂器和音叉等，都是發音體。

(2)**音波** 發音體受了外力而振動，這種振動傳及周圍的空氣，而使空氣中發生疏密部份交互相間的現象，傳達四方。這種空氣疏密部份交互相

間而向四周傳遞展擴的現象，叫做音波。音波傳達人耳，振動鼓膜，



人便感覺聲音。

圖35 音波的傳達

(3)**介質** 音波靠了一種中間的物質傳達四方，這種中間物質叫做介質。在沒有介質的真空中，音波便不能傳達我們的耳中，因此我們也就聽不見聲音了。固體、液體、氣體都可以做傳播聲音的介質，但是我們通常所說傳播聲音的介質，大概都指空氣而言（圖35）。

(4)**音波的速度** 音波的速度跟介質的種類而有不同。一般的說來，大概在固體中速度最大，液體中次之，氣體中傳得最慢。在同一介質之內，又因溫度的高低而有不同，溫度高時速度大。

在 15°C 的空氣中，音波的速度是每秒340米。溫度每昇

高 1°C ，音波的速度增加0.6米。

(5)音的反射 音從這一介質傳到那一介質去的時候，其一部分固然走進那一介質之中，而有一部分卻從那一介質的表面上折回，逆行到原來的這一介質中來，這種現象叫做音的反射。回聲和山鳴谷應的現象，都由音的反射而起。

第二節 音的種類

(1)噪音 從不規則振動的物體發出來的聲音，使我們起不快之感，這便是噪音。不過，車子的軋軋聲，物品的破裂聲，雖然是噪音，如果依了一定的規則反復發出，那就不覺得有不快之感了，所以噪音與樂音並沒有絕對的區別。

(2)樂音 依着一定規則而振動的物體所發出來的聲音叫樂音，能使人起快感。樂器的聲音和人聲、蟲聲，都是樂音。

(3)單純音 樂音是在原音中伴有倍音（參照下節），由幾種不同類的音波組合而成；如果沒有倍音相伴，只由原音的一種音所成的音，叫做單純音。音叉所發出的音，就是單純音。

第三節 樂音的性質

樂音的性質由於下列的三條件而決定，所以下列的三項叫做音的三要素。

(1)音的強弱 音的強弱，跟了發音體振動時振幅的大小而定。振幅大，音強；振幅小，音弱。

又同一聲音。因了離發音體的距離遠，聽起來也會覺得低弱些。

用力彈那樂器上的絃，絃的振幅大，就發出強音。輕輕彈那樂器上的絃，絃的振幅小，發出來的音也弱。

(2)音的高低 音的高低，跟了發音體振動時振動數的多少而定。在同一時間內，發音體的振動數多，發出的音便高；振動數少，發出的音便低。音的高低與距離的遠近無關。

女子的聲音弱而高，男子的聲音強而低。又樂器的絃短而緊張，則發出高音。

(3)音色 人聲與蟲聲，即使其高低、強弱是完全一樣，可是聽來總覺不同。這個不同之點，叫做音色。當發音體振動的時候，除了那主振動以外，還伴着種種的小振動。由主振動所生的音叫原音；小振動的振動數普通都成爲原音的倍數，所以由小振動所生的音叫倍音。

原音雖然相同，如果倍音的強弱高低不同，其音色就不同了。

第四節 共振

(1)發音體的振動數 各種發音體都各自有其獨具的振動數，樂器的絃，即使長度或張力變了，仍是發出同一高低的音的；不過彈力的大小，卻足以影響音的強弱。

(2)共振 發音體受了具有與他本身振動數相同的另一發音

體所發出的音波所感動，而也發出響聲，這叫做共振。例如具有相同振動的兩個音叉並放在一處時，這一個響了，另一個也會先發弱音而步步增強地響出來（圖36）。其理由說明如下：

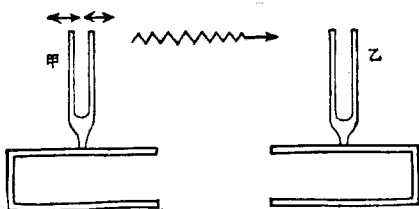


圖39 音叉與共振

起初，由第一音叉所發音

波的密部將第二音叉推向前去，第二音叉由於彈性作用會按時回復原狀；而其時恰又由第一音叉傳來音波的疏部，將第二音叉引向後傾。音波的疏密部份將第二音叉如此推前引後，就使第二音叉而發出響聲；也振動起來，起初振幅還小，後來往復不息，漸漸增大，所以聲音也漸漸增強。

(3)共振的應用

a. 三絃、胡琴、琵琶、提琴等，都附有空筒或空箱，便是利用筒中或箱中的空氣，感受了絃的振動而發生共振，使音增強。

b. 笛、簫等吹奏時，吹口發生振動，管中的空氣柱起共振作用，所以聲音響亮。

第五節 發音體

(1)絃樂器 把絃緊張起來，加以彈撥，便振動而發聲，這樣構造的樂器叫絃樂器。其絃的振動數，因其長度的增加而減

少，因其張力的增強而加多。三絃、胡琴、提琴、鋼琴、琵琶、月琴等都是絃樂器，都是應用絃的振動而發聲的；因其絃長和張力的變化，而發出種種高低不同的聲音。

(2)管樂器 利用細管中空氣柱的共振而振動發聲的樂器，叫管樂器。由於管上出氣孔的適當啓閉，而所發之音自生高低變化。笛、簫、風琴等都是管樂器。

(3)板樂器 由於板或膜的振動發聲而造成的樂器，叫板樂器。這種樂器，普通沒有使聲音發生高低變化的裝置。鑼、鼓等便屬於這一類。

(4)聲帶 在我們的喉頭，有一層薄膜，這便是聲帶（圖37）。平常呼吸時，聲帶弛鬆，空氣從聲帶的罅縫中自由通過，並不發聲。如果聲帶緊張，其間的罅縫變得極狹，用力透氣，聲帶便會振動而發聲。所發的聲音，由於聲帶緊張率的大小而生高低，由於透氣力的強弱而生強弱。又因聲帶所發的聲音使口腔內的空氣發生共振，所以由於口腔形式的變化可以發出種種不同的音來。

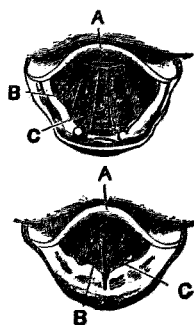


圖37 聲帶

第六節 留聲機

留聲機是美國人愛迪生所發明。其原理是記錄音的振動，使它再行振動薄膜，發出原音。

音譜(音的記錄) 記錄音的機械的主要部份，是在一個大喇叭之底，張着用雲母製成的振動板，其上用一槓桿裝置連着一根小針。

在一臺上載着一個塗着薄薄一層脂肪的鋅製圓盤，針端就接觸在這圓盤上。利用一種時鐘裝置來轉動圓盤。向喇叭口發音，雲母板應着聲音的變化而起種種振動；這振動傳及於針尖，這針便由於本身的振動而把相當的波形線刻在圓盤上。

其次，把這圓盤浸在酸類中，鋅板上給針剔去脂肪的部份，便被腐蝕而成凹形的波線。再用電鍍的方法將它做成鋼模。把鋼模壓在一種熱時柔軟冷了變硬的膠質上，就刻下與鋅板所有凹線相同的波線，這便是留聲機的唱片。從鋼模複製唱片，可以要多少做多少的。

參考

1. 留聲機的發明 1877年，愛迪生 (Edison) 計劃了一個粗陋留聲機的模型，叫工人去照樣製造。造好了，愛迪生立在這粗製機械之前，一面搖動機柄，一面向受音器唱那題名 (Mary had a little lamb) 的歌中之一節，其振動便刻劃在一個捲有錫箔的圓筒上。後來反其道而行之，在這粗製機械中，把那針尖移回到最初的位置，然後慢慢搖動機柄，便聽得有一個柔和的聲音傳出。那時，他真是喜極欲狂了。

明天，他便帶了這架留聲機跑到『科學的美國學社』(Scientific American Society)去實行表演。看見這東西的人們，都十分驚奇。愛迪生一生有二千餘種特許專利的發明物，其中最覺快意的，據說實在要推這留聲機的發明呢。

2. 近來無線電盛行，留聲機的播音和發音也採取無線電的原理來作巧妙的措置

了。在灌音之時，並不直接振動喇叭的薄膜，卻先用顯微音器 (Microphone) 來把音波變成電波，適度增大其振幅，而牽動那記錄用的針。振動板，從前多用雲母板，現在多改用強鋁 (Duralumin) 製的薄板了。

3. 留聲機的錄音板 (唱片)，普通的書上都說是一種黑色硬橡膠 (Ebonite) 所製，這是錯誤的。其實是把礦石粉或陶土與纖維混合，加入油煙，和以松脂而鍊成的一種物質。

第九章 光

第一節 光波

(1)**發光體** 凡本身能發光的物體叫發光體，亦稱光源。自然界中，最大的發光體是太陽。點着的蠟燭，燒紅的木炭，通電的電燈，也都能自己發光，也是發光體，但都是人造的光源。

(2)**光波** 光與音相同，並非物質，而是一種波動。此種波動的介質叫能媒(以太，Ether)。太空之中，萬物體內，都有這種能媒存在。發光的分子振動時，周圍的能媒便應之而生上下起伏的波動。這種波動，名叫光波；傳入人目，就生光的感覺。

(3)**光波的速度** 音波有一定的速度，光波也有其一定的速度。光波的速度比音波快得多，在真空中達每秒3億米。

第二節 光的直進

(1)**光線** 光在組織均衡的透明體內常成直線進行。光的直線進行路徑，稱為光線。

(2)實例

a. 日光從小孔射入暗室之內，經浮游在室中的無數微塵反射，可見日光的通路成一光明筆直的線。

b. 如果暗室的窗上有一小孔，那麼在窗的對面壁上會映出窗外景色的倒影來。這是由於光是直進的緣故。由窗外物體

上任一點向四面射出的光線之內，有一部份相當的光線射入室內，這射入的光線就在對面壁上映出與小孔同樣大小的斑點來。窗外物體的其他各點，一一照樣在對面壁上映相應的斑點。這許多斑點集合而成全體景色的倒影。

c. 在錫箔或厚紙上穿一小孔，在小孔之前放一枝燭火，那麼在後面壁會映出燭火的倒像來。

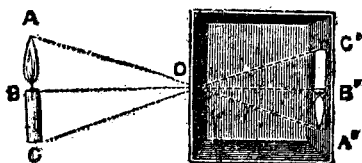


圖38 光的直進

d. 物體的陰影，也是由於光線直進的緣故而造成的。

第三節 光的反射

(1) **光的反射** 從某一種物質發來的光，投射到另一物質的表面上；光的一部份改變方向，再回到原物質那裏去：這種現象叫做光的反射（圖39）。其起初發來光線叫投射光線；後來回返原處的光線的叫反射光線。投射光線射到物質上的一點叫投射點；通過投射點而與物質境界面垂直的直線與投射光線所成的角，叫投射角；那條垂直線與反射光線所成的角，叫反射角。

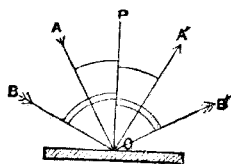


圖39 光的反射

(2) 反射定律

a. 反射光線和投射光線，與通過反射點而立於反射面上

的垂線同在一平面上，且分處在該垂線的兩旁。

b. 反射角常等於投射角。

(3) 正反射和亂反射

a. **正反射** 平行而來的光線，投射到鏡面或光滑的平面上，依照着反射的定則，向一定的方向反射；從光的反射方向之外，就不看見該物體；這樣的反射，叫做正反射。例如：磨光的銅板或銀板，從其反射光的方向裏，可以看到銅赤色或銀白色的光輝；從其他方向來看它們，那麼因為反射光不能送達我們的眼中，所以只見黑影了。

b. **亂反射** 光照到多凹凸而不平滑的面上，投射光便分向各各不同的方向四散反射。這樣的反射，叫亂反射；這種反射光，特稱為散光。紙面從各個不同方向看去，都見為白色，這是由於亂反射的緣故。

第四節 平面鏡

(1)**平面鏡** 反射面平的鏡子，叫做平面鏡。我們鑒照面貌的鏡子，就是平面鏡。

(2)**平面鏡所生的物像** 物體由平面鏡反射而生的像：對於鏡的位置，是在與物體反對的一面；對於鏡的距離，是和物體與鏡的距離相等；其大小，與原物相等。其實驗，在一塊玻璃板的兩側分置兩根蠟燭。觀察這一面的燭焰從玻璃板反射而成的像；再從玻璃板透視到那一面，移動那一面的燭火，使與所

見的像合於一處爲止。然後可見這兩根蠟燭的位置，對於玻璃板剛剛成爲對稱。

第五節 光的折射

(1)光的折射 光從這一物質入於那一物質，在其交界面分爲兩部分：一部分經反射而回入原物質中；另一部分則進入那一種不同的物質之中，而改變其方向。光進入他種物質而改變方向，叫做光的折射（圖40）。

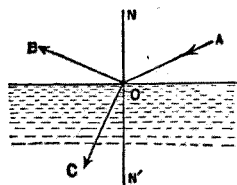


圖40 光的折射

最初進行於原物質中的光線，叫投射光線；後來這光線進入異物質中時，則叫做折射光線。投射光線與過投射點而垂直於投射面的垂線所成之角，叫做投射角；折射光線與該垂線所成之角叫做折射角。

(2)折射定律

a. 投射光線和折射光線，與過投射點而垂直於二物質交界面的垂線在同一平面上，且分處於該垂線的兩旁。

b. 投射角大，對應於它的折射角也大。

c. 光從空氣中進入另一物質，其折射程度比例的大小，跟物質種類而不同，可以分別用數值來表示，該項數值叫做折射率。

物 質	折射率
水	1.33
酒精	1.36
甘油	1.46
冕玻璃	1.52
水晶	1.54
加拿大樹脂	1.55
金剛石	2.42

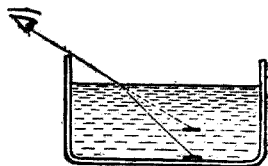
光線從折射率小的物質走入折射率大的物質中，折射角比投射角小；從折射率大的物質走入折射率小的物質中，折射角比投射角大。

一般說來，密度大的物質比密度小的物質折射率較大。

d. 垂直投射於境界面的光線，就是投射角為零的光線，完全不起屈折。

(3) 光折射的奇象

a. 從河岸所見河底小石常比它的實際位置為淺 從水裏出來而入於空氣中的光在水面處發生折射，而成移近水面的影像（圖41）因此，我人所見河底的物體會得比它的實際位置淺些。



b. 我人所見的天體比其實際位置為高 圖41 由折射而生的現象

從天體射來的光，先經過真空，然後入於大氣層內。大氣層自上而下，逐層漸變濃厚，因此折射率也漸漸變大，於是光線因逐步屈折而漸近於垂直，由地上望去，所見的天體遂比它的實際位置高了。

c. 陽燄 春夏的時候，走到河岸邊，原野裏，或道路上望那近地平線處的物體，像在那裏不絕搖動。這叫做陽燄。這是因為地面受熱，使空氣起不絕對流而上昇，而密度發生變化；通過這部份空氣的光向種種不同的方向折射，便使遠方的物體看去像在搖動了。

d. 海市蜃樓 海市蜃樓是起於大氣中的疏密層。因空氣疏密不均，光透過其中，重重折射，重重反射，遂生海市蜃樓的現象。

第六節 稜鏡

(1) **意義** 側面是由每兩個平面相交而成的透明體，叫做稜鏡。普通都用玻璃作成，具有三面，叫三稜鏡。

(2) **作用** 令稜鏡的一面對光，若稜鏡的屈折率比周圍的物質的屈折率大，那麼光會依前述的定則，向稜鏡的厚的一面折射。

第七節 透鏡

(1) **凸透鏡** 兩個球面相合，中央部比周圍厚的透明物體叫凸透鏡。關於凸透鏡的種種，說明如下：

a. 作用 凸透鏡是可以看作集合多數角度不同的稜鏡來考察。各個稜鏡都是偏向透鏡中心的一方較厚，所以照到透鏡上的光都向透鏡的中心折射，大體都集中於一點。

b. 焦點 聯結合成透鏡的兩球面之中心，所成的直線，叫做軸。平行於軸的光線，通過透鏡而集於一點，這一點叫做透鏡的焦點（圖42）；透鏡中心與焦點的距離，叫做焦點距離。圍成透鏡的

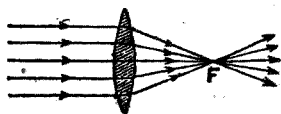


圖42 凸透鏡的焦點

球面的曲率愈大，則焦點距離愈短；又作成透鏡的物質的折射率愈大，則焦點距離愈短。

C. 凸透鏡所成的像

(一)物體離凸透鏡無窮遠，就是說：該物體射來的光與透鏡的軸平行，那麼其光集於透鏡後面的一個焦點，成倒立的實像（圖43）。

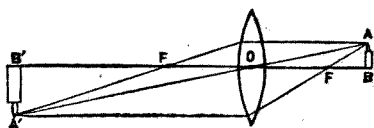


圖43 凸透鏡的實像

(二)物體漸漸移近透鏡，其距離達到焦點距離的兩倍時，則在透鏡的反對面相等距離之點成實像。

(三)物體剛剛在焦點上，則其折射光線與軸平行，其所成之像只可說在無窮遠處。

(四)物體移入焦點的內方，則透過透鏡而折射的光線不能集中於一點；只能如右圖所示，向四周擴散。這是從處於與物體反對的一側而言，若是從那物體的同側而說，則可見其光也能集於一點。不過，實際並不曾從那裏發什光到這一點上來，所以這樣發見的像叫虛像（圖44）。

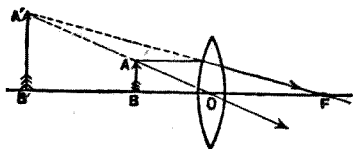


圖44 凸透鏡的虛像

(五)凸透鏡的公式 從透鏡到物體的距離為 a ，從透鏡到像的距離為 b ，焦點距離為 f ，則得下面的公式：

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

(2) **凹透鏡** 中央部比周圍薄的透鏡，叫凹透鏡。關於凹透鏡的種種說明如下：

a. 作用 凹透鏡也可以看做集合多數角度不同的稜鏡來考察。各個稜鏡都是偏向透鏡邊緣的一方較厚，所以照到透鏡上的光都向透鏡邊緣折射，只能見其集中於與光源同側的一點。從此可知凹透鏡只能成虛像，無論如何不能成實像。

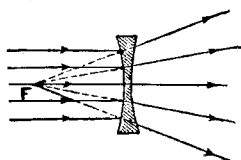


圖45 凹透鏡的虛焦點

b. 焦點 把凹透鏡正對着平行於其軸的光線，其時因此透鏡而結成虛像的位置，便是這凹透鏡的虛焦點（圖45）。焦點與透鏡中心的距離，叫焦點距離。

c. 凹透鏡的像

(一) 把凹透鏡正對與其軸平行的光線，在光源與物體的同側結成虛像（圖46）。

(二) 物體移近透鏡，虛像亦同時移近透鏡；在透鏡的前面，兩者完全一致。

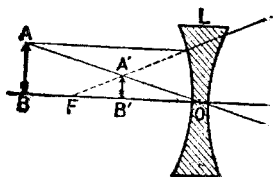


圖46 凹透鏡所成的虛像

d. 凹透鏡的公式 從透鏡到物體的距離為 a ，從透鏡到像的距離為 b ，焦點距離為 f ，則得下列的公式：

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

第十章 光學器械

應用稜鏡及透鏡而造成各種光學上的器械，叫做光學器械。其中最簡單的是眼鏡，只用一片透鏡造成。此外如顯微鏡、望遠鏡、照相機等，則其構造很為複雜的。

第一節 眼鏡

(1) **明視距離** 普通人用眼看物，大概在物體離眼 25 厘米（10吋）處，看得最清楚。這距離便叫做明視距離。

(2) **近視眼** 眼球中的晶體，彎曲度太深，以致遠處的物體所生之像常在眼網膜的前方，如圖47中實線所示的情形，便無從看得清楚；必須把物體，移近眼球，方能看得清楚。這種眼睛叫做近視眼。近視眼的明視距離小於25厘米。

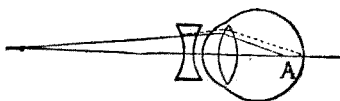


圖47 近視眼

(3) **近視眼鏡** 用凹透鏡架在近視眼之前，消滅晶體的過度彎曲，物像便會從太前的地位移到網膜上（如圖47中虛線所示的情形），物體便看得清楚了。這便是近視眼鏡。

(4) **遠視眼** 眼球中晶體的彎曲度過淺，以致物體映入眼中的光線還不會集成焦點，已達到網膜上，所以物像常在網膜的後方

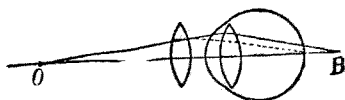


圖48 遠視眼

(如圖48中的實線所示的情形)，無從看得清楚；必須把物體移得遠些，方能看得清楚。這種眼睛叫做遠視眼。遠視眼的明視距離大於25厘米。

(5)遠視眼鏡 用凸透鏡架在遠視眼之前，補救晶體的不足彎度，物像會從網膜的後方移到網膜上(如圖48中虛線所示的情形)，物體便看得清楚了。這便是遠視眼鏡。

第二節 高級光學器械組成的要件

一個透鏡所成的像，必難十分明確。其主要原因是在於透鏡的色收差和球面收差。用透鏡組成高級光學器械，便以除去這兩種收差為要件。

(1)透鏡的色收差 日光(白色光)含有許多波長不同的光。由於光的色散之研究，知紫色光比赤色光折射率大，於是當此白色光平行於透鏡的軸時，其中各色光雖各有焦點，

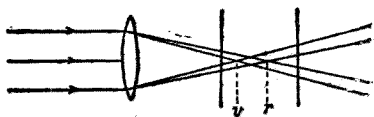


圖49 透鏡的收差

卻不會集合於一點，因此透鏡所成的物像，輪廓隱隱有幾分着色，且欠鮮明。這種現象叫做透鏡的色收差(圖49)。

色消透鏡 為避免透鏡的色收差起見，通常用冕玻璃(Crown glass)，做成的凸透鏡與鉛玻璃(Flint glass)所做成的適當凹透鏡相配合，做成色消透

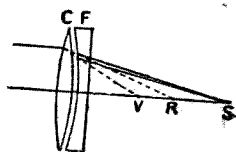


圖50 色消透鏡

鏡。

冕玻璃和鉛玻璃，對於色光的折射率和分散度各各不同。配合這兩個不同質料的凹凸透鏡，可以使赤色光與紫色光各在同一位置上結成物像，而赤色及紫色以外的各色大體都在同一之點 S 處結成物像（圖50）。

(2)透鏡的球面收差 一個凸透鏡，對於由一點發來的光，不會嚴密地再集於一點（圖51）。

又如圖52中的(a)，通過凸透鏡而看它的像，若成實像，則如(b)狀；若成虛像，則如(c)狀，都生歪曲。透鏡的面是球面時，一定發生這種現象這種現象。

叫球面收差。

要避免這種球面收差，那麼應盡量使用透鏡的中央部，並且用適宜形狀的透鏡配到在適當的位置，例如圖53中所示，同一平凸透鏡在(a)的情狀下，其球面收差，只及在(b)的情狀下之 $\frac{1}{5}$ 。

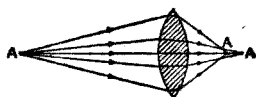


圖51 透鏡的球面收差

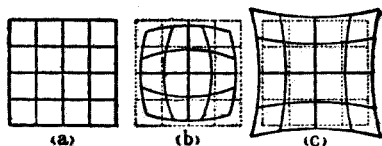


圖52 由於球面收差所起的歪曲

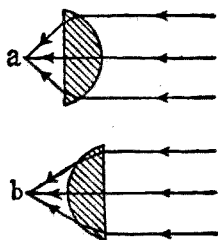


圖53 平凸透鏡的球面收差

第三節 顯微鏡

(1)蟲眼鏡 蟲眼鏡是由焦點距離很短的凸透鏡一個或幾個所組成。

物體放在透鏡與其焦點距離之間，透過透鏡去看它，則在明視距離處生虛像（圖54）。

在明視距離處所生虛像與實物大小之比，叫做蟲眼鏡的倍率。設透鏡的焦點距離為 f ，倍率為 M ，則有下列的關係：

$$M = \frac{25}{f} + 1。$$

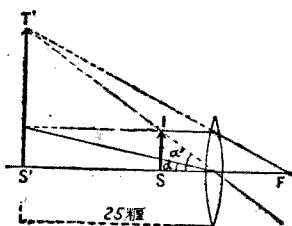


圖54 蟲眼鏡

(2)顯微鏡

a. 構造 把焦點距離較短（例如 1.5 厘米）的對物鏡 O （圖55），和焦點距離稍大（例如 5 厘米）的對眼鏡 E 分裝在金屬圓筒的兩端。對物鏡的作用好比是幻燈中投影用透鏡；對眼的作用，好比是蟲眼鏡。

為消除色收差和球面收差起見，對物鏡是由幾片透鏡接合而成。從實物發來的光線雖多量導入，卻次第收斂，因而能在遠處生出實像。

對眼鏡是用兩個凸透鏡以一定間隔並列裝置；將它前後移動而得明視距離。

b. 作用 如圖55實物 TS 放在透鏡 O 的焦點 f 之外不多距離的所在，其倒立實像 $T'S'$ 生成在另一透鏡 E 的焦點 F 之內，使其擴大的

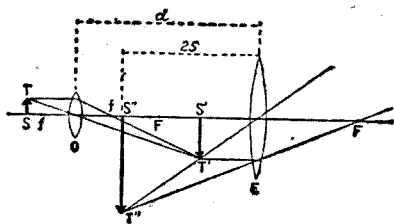


圖55 顯微鏡的原理

倒立虛像 $T''S''$ 恰在明視距離，則

顯微鏡的倍率 = 對物鏡的倍率 \times 對眼鏡的倍率

$$= \frac{T'S'}{TS} \times \frac{T''S''}{T'S'} = \frac{T''S''}{TS}$$

顯微鏡的倍率，有自幾百倍至幾千倍的種種不同；凡肉眼所不能見的微小物體，都可由它廓大而加以觀察。

【附顯微鏡倍率計算問題】對物鏡與對眼鏡的焦點距離分別為 1.5 厘米及 5 厘米，在對物鏡的前方 1.6 厘米處放有物體，將鏡調整而使物像出見於明視距離之處，問這顯微鏡的倍率如何？但明視距離為 25 厘米。

【解】設對物鏡與像 $T'S'$ 的距離為 b ，則

$$\frac{1}{1.6} + \frac{1}{b} = \frac{1}{1.5}, \quad b = 24 \text{ 厘米}$$

$$\therefore \text{對物鏡的倍率} = \frac{24}{1.6} = 15 \text{ (倍)}$$

對眼鏡的倍率 M ，可由蟲眼鏡的公式得

$$M = 1 + \frac{25}{f} = 1 + \frac{25}{5} = 6 \text{ (倍)}$$

於是依顯微鏡的倍率公式可得

$$\text{該顯微鏡的倍率} = 15 \times 6 = 90 \text{ (倍)}$$

(3) 超顯微鏡

a. 原理 引光線入於暗室之內，由於光的通路上有許多微塵，所以光會發生反射，因此可以認明光的進路，同時又得辨出微塵的一一存在。照這種樣子，在黑暗的視野中，用光照射物體，雖極微小的物體，也可由其光輝而辨認其存在。

b. 構造 把物體的背景，即視野造成黑暗；用一透鏡將從弧光燈發來的光集於一細縫中；通過此細縫的光更由另一透

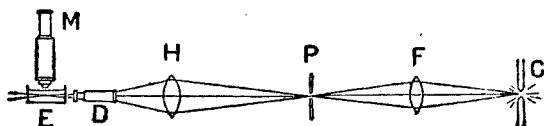


圖56 超顯微鏡的原理

鏡集中於液槽中；在液槽上方直立一顯微鏡而加觀察（圖56）在這樣裝置之下，直徑比百萬分之一厘米更小的微粒也能辨認出來。

(4)顯微鏡的應用

肉眼對於直徑 0.1 毫米以內的物體不能識別。但用精巧的顯微鏡，可以辨認小至直徑 0.1μ ($1\mu = \frac{1}{10000}$ 厘米) 的物體。若用超顯微鏡，則更可辨認直徑自 0.1μ 至 0.005μ 那樣小的物體。

現在顯微鏡已為各方面所利用。起初應用於醫學、生物學的研究，其後又應用於金相學、膠質化學等科，至今則更應用於一般的研究了。它促進學術的發展，有異常的功績。

第四節 望遠鏡

(1)望遠鏡 望遠鏡的對物鏡，須用焦點距離長而大型的凸透鏡。對物鏡的焦點距離長，則可以得較大的倍率；口徑大，則可以觀察到觀測體的精細部份。

a. 天體望遠鏡 天體望遠鏡，是用來觀測天體或遠距離的物體的。其裝置：在金屬圓筒之一端有一焦點距離大的對

物鏡 O ；從此圓筒中可以抽出一個小圓筒來，小圓筒的頭上有一焦點距離小的對眼鏡 O 。假定爲：

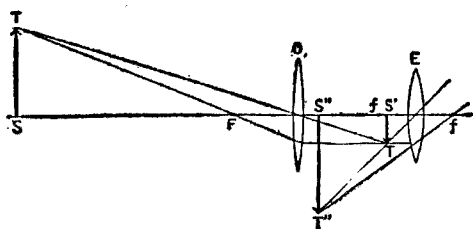


圖57 天體望遠鏡的原理

對物鏡 直徑大，焦點距離大， $F = 146$ 厘米；

對眼鏡 直徑小，焦點距離小， $f = 2.218$ 厘米。

如圖57從對物鏡 O ，使遠方的物體 TS 成倒像 $T'S'$ ，該像位於對眼鏡 E 的焦點距之內，依蟲眼鏡的原理擴大而成為虛像 $T''S''$ 。此像的部位，上下左右完全顛倒。要它成正立的像，便須再在對

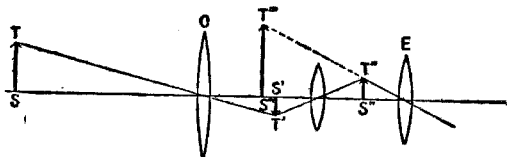


圖58 地上望遠鏡的原理

物鏡和對眼鏡之間加入一個凸透鏡，稱爲地上望遠鏡，如（圖58）。上述天文望遠鏡的倍率爲

$$M = \frac{F}{f} = \frac{146}{2.218} = 66.81 \text{ 倍。}$$

望遠鏡的大小，是拿對物鏡的直徑之大小來表示的，例如美國約克斯天文台所有的爲40吋，威爾遜山天文台所有的爲42吋，英國格林威治天文台所有的爲28.26吋。

反射望遠鏡（圖59），用一大型凹面鏡來代替對物透鏡，

主要是用來觀測星體所發的光的。這種望遠鏡有使光量減少且防免色收差的特徵。

b. 雙眼鏡 雙眼鏡比上述望遠鏡的倍率小，但簡短而便於攜帶。這種望遠鏡可得正立之像，其對眼鏡用凹透鏡，也用稜鏡。

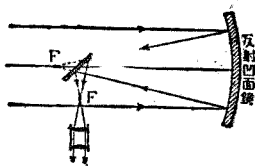


圖59反射望遠鏡的原理

凹透鏡雙眼鏡 如圖60，實像 $T'S'$ 與對物鏡 O 之間置有一凹透鏡 E ，便構成正立虛像 $T''S''$ 。這種望遠鏡也叫伽利略望遠鏡。

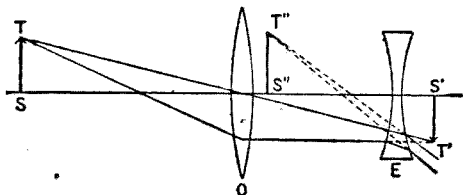


圖60 伽利略望遠鏡的原理

稜鏡雙眼鏡 在這種望遠鏡中，裝有直角稜鏡，使凸透鏡所生的倒像改為正立（圖61），且經四次的反射，光的徑路既長，所生的倍率自大。又比伽利略望遠鏡的視界為廣，所成實像的光量多，所以其像鮮明。

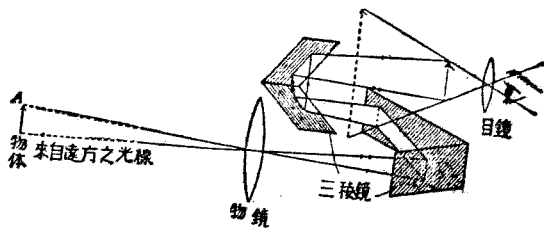


圖61 由直角稜鏡使所生倒像正立圖

(2)測距儀 如圖62，在長的水平管之兩端近盡頭處開有二孔，光由此二孔射入。孔的內側，裝有與筒軸成 45° 傾斜的直

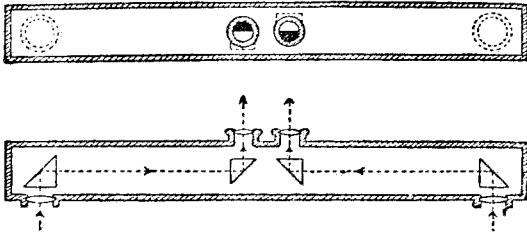


圖62 測距儀的理

角稜鏡，使反射光沿筒軸送往中央部。由於中央橫孔的內側也裝有兩個直角稜鏡，遂使視界的上半和下半各各使左孔及右孔射來的光結成物像。

從極遠物體發來的光，大概可以看做是平行的，因而由右孔所成的像與由左孔所成的像是前後連續的像，不生交錯之狀；物體近了，視野的上半與下半便發生交錯參差了。這種交錯參差的情狀，只要把中央的兩個稜鏡稍一迴轉，便可校正。

離實物愈近，則稜鏡的迴轉角度須愈大，所以由稜鏡迴轉角度的大小，可以測知目的物的距離。

(3)潛望鏡 這是潛水艇潛航時在海底探望海上的用具；其實也是一種望遠鏡。

a. 在長5—6米的垂直管之近頂端處有一橫孔，在那裏裝一反射稜鏡；其反射光由一反裝望遠鏡的透鏡 E 和 O 而送向下

方(圖63)。

在倒持望遠鏡而看物時，雖在遠方的物像小而視界仍極廣。潛望鏡的上半部裝置，便是應用此理。

b. 管的下半部分，是一個接受了這平行光線而現出擴大虛像的望遠鏡，其對物鏡為 O' ，對眼鏡為 E' 。

為觀測者觀測便利起見，此垂直管可以自由旋轉，以迎合海上任何方向來的光。

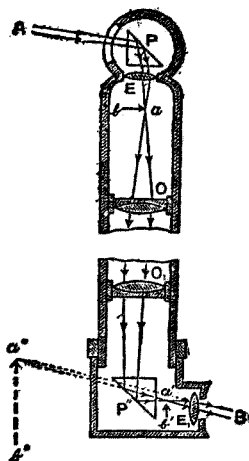
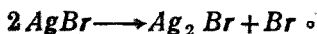


圖63 潛望鏡的理

第五節 照相機

(1) 機構 照相機的主要部份，為嵌在前端的凸透鏡，裝在後面的毛玻璃暗箱，光孔調節器，光開關等。

(2) 攝影 將鏡頭對準要攝影的物體；由光孔調節器增減光孔的大小，以調節透入的光量；伸縮暗箱腹裏的褶幅，使由凸透鏡所生成的實像在後面的毛玻璃上鮮明地映出。其次，關閉光開關，用乾片換置在毛玻璃的地位。開出光開關，露光片刻，隨即關住。用這樣的手續使乾片感光，叫做露光。乾片上的氯化銀、溴化銀對於光會起反應。



這個變化，是跟光的強弱，相應而也有強弱不同的。

(3)顯影 已經感光的乾片，浸入一種叫做顯影液的還原劑中，則 Ag_2Br 起變化而還元為黑色的銀粒。

(4)定影 未經感光的部份，仍留有 $AgBr$ 。要把這些部份的 $AgBr$ 溶化掉，便須浸入次亞硫酸溶液 (hyposulphite) 中。 $AgBr$ 溶去，未曾感光的部份便變得透明。再在清水中洗濯之後，便得明暗部位恰與實物相反的底片。

(5)晒像 用感光紙襯在底片之下，在光下曝晒，也經顯影、定影、水洗等手續，而得普通所見的像片。

(6)照相鏡頭 用一個透鏡所做成的鏡頭，因為不能限制只使用中央部，由於球面收差和色收差的關係，所成的像往往歪曲，且通體欠鮮明。一般高級照相鏡頭，為了除去收差的關係，常用 3 個乃至 6 個透鏡配合組成。

(7)光孔調節器 光孔調節器，是用來增減通過透鏡的光量的。以光孔的直徑除透鏡的焦點距離，則得鏡徑比，故

$$\text{鏡徑比} = \frac{\text{鏡頭的焦點距離}}{\text{光孔的直徑}}$$

(8)透鏡的明度 透鏡的明度，就是指所成像的光明度而說。這種明度，與鏡徑比的平方成反比例，因此露光時間應與鏡徑比的平方成正比例。試看下表：

鏡徑比	3.16	4.5	6.3	7.7	9	12.5	18
露光時間	1	2	4	6	8	16	32

(9)濾光器 普通照相的明暗，與肉眼看實物所感的明暗決

不一致。對於肉眼強感的光，和對於乾片強感的光，不會同一。這便需要濾光器來補救。多數的濾光器都是塗有特殊色素的玻璃板。由於所塗色素種類不同，便能吸收各各特有的光線。在透鏡之前裝上適當的濾光器，用整色性的乾片來攝影，能攝得與肉眼同感的照相。

(10)紅外線照相 普通的乾片，對於紫外線最敏感，對於綠、黃、紅等色光線都鈍感。不感紅色光而能感黃、綠等色的叫整色性；對於紅色光也能感光的叫全整色性或汎整色性。

用對於紅外線能感光的乾片，遮斷其他輻射線而單攝紅外線的照相，那麼能透過雲霧而攝出遠方的物像來。航空照相便應用此法。

第六節 幻燈機

幻燈機如圖 64。從光源發來的強光給集光透鏡 L 集合起來，照在透明的畫片 P 上，其透過光線更由映射用透鏡 L' 映射在白幕上。

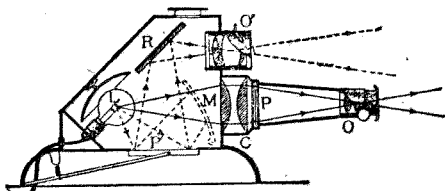


圖 64 幻燈機

用不透明畫片 P'

或實物來代透明畫片，那便叫做實物幻燈機。這種幻燈機用反射鏡 M 來強照要映射物體，其反射光線反射到平面鏡 R 上，再透過映射用透鏡而映射到白幕上。

第七節 活動影片機

(1)原理 人眼的感光，在前一個光的作用停止後，還能保留其殘像至相當短時間，約為 $\frac{1}{16}$ 秒。迴旋搖動點着的線香時，看來成一條火線；從天空落下的雨滴，看來狀似雨絲；都是由於這個原因。活動影片就應用了這個現象而造成的。

活動影片機，大概以每秒16分割的速度來攝運動物體的照相，更以同樣的速率來把這照相映射到白幕上。

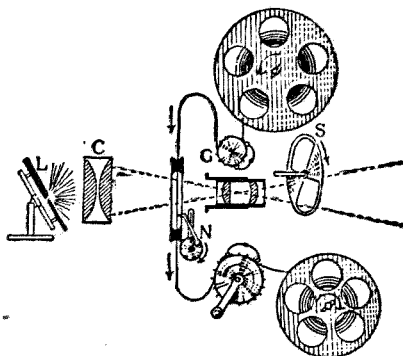
(2)活動攝影機 這種攝影機的構造，感光乾片能在暗箱內移動。乾片的間歇移動裝置與光開關的作用相應，大概每秒16分割的速率順次攝得物像。更把底片放在另一乾片上行晒像手續而得影片。

(3)映射機 在幻燈機中安排下與活動照相機中相同的乾片移動裝置，便成活動影片機的映射機（圖65）。

這種映射機，也以每秒

16分割的速率來映射照相。每個分割照相交替間的光給光開關遮去，於是每分割的照相看來好像一一連續，而所見的像便活動如生了。

圖65 活動照相映射機



L.光源 C.集光透鏡 G.乾片齒輪
N.間歇移動裝置 S 光開關。

活動影片不單是供娛樂之用，在教育、學術、宣傳等各方面，利用的範圍非常廣。近來多用輕便的小型機（9厘米半）。

(4) **高速活動影片機** 這種影片機，在攝影時，乾片的移動特別急促；在映射時卻和普通一樣。譬如彈丸的運動，肉眼無從觀察，在這種影片機中卻可以觀察了。世界最高速的活動影片機，能在 $\frac{1}{60000}$ 秒的短時間內攝下一像，就是在一秒之間能攝下或映射 60000 個活動影像來。

第十一章 磁

第一節 磁石

(1)意義 一般稱吸鐵的性質叫磁性，有磁性的東西天然產的叫磁石。人造的叫磁鐵。

(2)種類

a. 天然磁石 磁鐵礦(Fe_3O_4)是天然存在的磁石。地球全體也可以認爲一個大磁石。

b. 人造磁鐵 用人工法使鋼鐵具有磁性而作成的磁性體，叫做人造磁鐵。人造磁鐵因其形狀的不同而有棒磁鐵、蹄形磁鐵、磁針等的種類。

第二節 磁極

(1)極的意義 磁鐵吸鐵的力，中央部弱而兩端最強。因此，其兩端部份叫磁鐵的極，或稱磁極。

(2)極分南北 用線把棒磁鐵或磁針掛在空中，或支持在柱上，保持水平的位置，使它得自由迴轉。這樣裝置的磁鐵，總是兩端指定南北而靜止。其向北的極叫北極（ N 極或 $+$ 極），向南的極叫南極（ S 極或 $-$ 極）。

(3)極的作用 磁鐵的同極相斥，異極相吸。所以將一個可以自由迴轉的磁針的 N 極，移近另一棒磁鐵的 N 極，磁針因逃避而後退旋轉；移近棒磁鐵的 S 極，則磁針因追逐而向前旋轉。

第三節 磁鐵的製法

(a) **摩擦成磁法** 將強性磁鐵的一極(譬如 N 極)，在鋼鐵棒上從一端向另一端依同方向作順意次的摩擦，則摩擦終結的一端成 S 極，另一端成 N 極(圖66)。

(b) **槌擊生磁法** 要製成強性磁鐵則須把鋼鐵棒的兩端放在電磁鐵(參看參考欄)的兩極上，用木槌連續打擊。

(c) **用電生磁法** 鋼鐵棒上捲繞絕緣導線，斷續通以強電流，鋼鐵棒便成磁鐵。

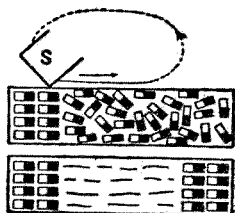


圖66 磁鐵製法的原理

第四節 磁感應

(1) **意義** 把磁鐵的一極移近鐵片，鐵片便成為磁鐵，其近於磁鐵之極的一端是該極的異名極，另一端是同名極。這種現象叫做磁感應。

(2) **吸鐵** 像上述的情形，其異名極的距離，比同名極的距離近，所以異名極相吸的力，比同名極相斥的力強，結果鐵片便給磁鐵吸起來了。

(3) **永久磁鐵和暫時磁鐵** 軟鐵移近磁鐵，容易感應而變成磁鐵，不過離開磁鐵便失去磁性；所以這叫做暫時磁鐵。反之，鋼鐵接近磁鐵，很難起感應；不過一經成為磁鐵，磁性便不易消失；所以這叫做永久磁鐵。

第五節 地磁

(1) **意義** 地球可認為一個大磁石，其所有的磁叫地磁。

(2) **地磁極** 地球的磁極叫地磁極。地磁極的北極近於地球的南極，地磁極的南極近於地球的北極。所以我們看了磁針所指的方向，可以大體辨認南北的方向。不過地磁極與地球的兩極並不恰巧一致，多少有些偏西或偏東的，所以要辨認真正的南北向，對於磁針所指的方向是要略略加以校正的（參閱參考欄）。

第六節 羅盤

航海用的羅盤，就是應用磁針以辨別方位的裝置，亦稱羅經，俗名指南針。風水先生用的分經盤也是一種羅盤。

(1) **構造** 羅盤的主要部份為一極輕的圓盤，如圖67。盤的表面等分為32方位；盤面中心裝有一根可以自由轉動的磁針。

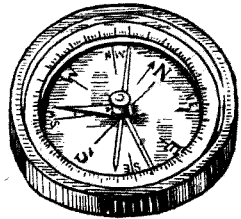


圖67 羅盤

(2) **作用** 羅盤須常常保持水平的位置。羅盤外殼玻璃面上畫有通過羅盤中心點上之垂線而與船身方向一致的指標。依此指標在羅盤上所指出的方位，再從航海圖表查出該地的磁偏角，相加或相減後，便可知船的真正進行方向。

參考

1. 磁分子說 將一根鋼鐵製的針做成磁鐵，在它的四周撒布鐵屑，則鐵屑都附着在針的兩端，這顯示出兩極的位置。其次，把這個針從中央折而為兩，則鐵屑附着在每個斷針的兩端，可見這兩個斷針已分別各自成為磁鐵。再把它們折為幾段，依然成為磁鐵，如有 S 極和 N 極。

照這樣看來，磁鐵無論如何細小分折，總是各各自成為小磁鐵；叫做分子磁鐵。所以一個大磁鐵，可以看做是集合許許多多各自具有 S 、 N 極的分子磁鐵而成功的。磁鐵中央部的分子磁鐵——異極相接，所以其磁作用互相對消，外表不見有什麼作用了；其兩端部的分子磁鐵，都有一個極與異極相接，其作用不會對消，所以大磁鐵的兩端會顯出作用來。

普通的鐵都是由許多分子磁鐵合成，不過因其排列得不規則，其磁作用互相對消，所以外表不顯出磁力來。若是受了其他強性磁鐵的作用，分子磁鐵的排列變得合乎正規，其兩端就顯出磁性來了。這就是磁感應的道理。

經過磁感應的軟鐵，一旦遠離磁鐵，內部分子磁鐵的排列馬上重變紛亂，磁性便即消失。反之，鋼鐵內部的排列不易變更，所以不容易起磁感應；一旦感應之後，其排列卻也不易重變紛亂，所以會成功永久磁鐵。

2. 偏角與伏角 地球的兩極與地磁的兩極不是恰正一致的。因此地球上磁針的方向並不剛剛指着南北，多少有些偏東或偏西，這叫做偏角。

其次，赤道與地磁兩極的距離大略相等。磁針雖然靜止在水平位置時，但因北半球近於地磁的南極，所以在北半球，磁針北極引向下方的力比磁針南極引向下方的力大，因而磁針的北極引而向下，磁針傾斜。其傾斜的角度，愈近地球北極愈大；達到地磁的南極，磁針直向地球北極下傾，而成垂直位置。在赤道周圍的地域以內，磁針差不多真成水平。這種傾斜角叫做伏角。

第十二章 電

第一節 電的存在

由下述二實驗，可知物體中確有電的存在：

(1)**物體帶電的實驗** 用毛布摩擦火漆棒後，火漆棒和毛皮都能吸引輕微的物體。這種不同的物體互相摩擦而得吸引其他物體的性質，叫做該兩物體起電，也叫帶電。

(2)**電擺** 電擺，是檢查物體是否帶電的簡單裝置。用細絲掛一燈草小球。將帶電體放近燈草球，先則燈草球給帶電體所吸引，後則被推排而倒退。

第二節 電的種類

(1)**電有二種** 用絲線將火漆棒掛起，把另一帶電的火漆棒放近它，兩者互相排斥；把與絲綢摩擦而帶電的玻璃棒放近它，兩者互相吸引。從此可見玻璃棒所起之電與火漆棒所起之電是不同的。

(2)電的陰陽性

a. 電有二種：像玻璃棒所起電同種類的電，叫陽電，記以符號『+』；與火漆棒所起電同種類的電，叫做陰電，記以符號『-』。

b. 摩擦二物體，該二物體便同時帶電，如果一方是陽電，另一方一定是陰電。例如，以毛布摩擦火漆棒，火漆棒起

陰電，毛布帶陽電；以絲綢摩擦玻璃棒，玻璃棒起陽電，絲綢帶陰電。

c. 帶同種電的物體，互相拒斥；帶異種電的物體，互相吸引。

第三節 電的傳導

(1) **傳導的意義** 電在適當熱度之下，由物體之此一部份傳到另一部份，叫做電的傳導或傳電。

(2) **導體** 能夠傳電的物質叫電的導體。各種金屬，炭質，人體，以及不純的水，都是電的導體。

(3) **非導體** 不能夠傳電的物質，叫電的非導體或絕緣體。綢帛，玻璃，火漆，橡膠，硫黃，陶器，油，乾燥的空氣，蒸餾水等，都是非導體。用塗有橡膠的布包在電線上，可以防免電的走失，就因橡膠是非導體的緣故。這種用非導體加在導體上，防免電的走逸，這種手續叫做絕緣。

(4) **電的分布** 在非導體上通電，電停留在通電的一處，不會擴展到其他場所；通電到導體上，電馬上便會擴展到該物體的全部表面，而後方能靜止；不過，電是不會走入導體的內部的。這是因為同種之電互相排斥，所以都趕到物體的邊遠之處了。

(5) **電的中和** 分別帶有等量的陰陽電的二導體相接，則陰陽電互相混合而對消，不再有電的作用。這種現象，叫做電的

中和。

第四節 電的感應

(1) **感應的意義** 把帶電體放在絕緣導體的近旁，則絕緣導體上近於帶電體的一部份，會生與帶電體異種之電，其遠於帶電體的部份，會生與帶電體同種之電。這樣拿帶電體放到導體近旁而使導體帶電的現象，叫做感應。把原來的帶電體從感應帶電的導體近旁再移向遠去，那麼感應生電的導體上所有之陰陽二電便混合中和，而電作用也便消失。從此看來，可知由感應而生的兩種電，其電量相等。

(1) 感應的實驗

a. 如圖68，掛在兩條絲線上的兩金屬球A與B是絕緣的，使它們互相碰着，並且用一帶電體C移近它們，那麼近於C的A起與C異種的電，離C較遠的B起與C同種的電。把A與B移開，離C而遠去，則A與B上所帶的陰陽二電便沒有了。（A、B二體離開了C，而又互相碰着，所以它們所帶的兩種不同之電，就互相中和而失去作用了）。

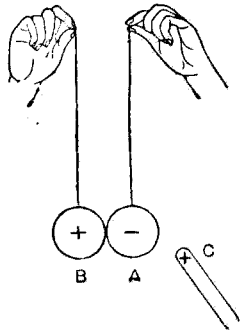


圖68 電感應

b. 輕微的物體會給帶電體吸引，完全是由於電的感應作用。這物體近於帶電體的部份起異種電，遠於帶電體的部份起

同種電；其於近處所有異種電的吸引力，勝於遠處所生同種電的拒斥力，所以物體便給帶電體吸引過去了；等到該物體碰到了帶電體，其所帶的異種電與帶電體所有的電中和，於是物體中只剩了與帶電體同種的電，所以便反而倒退了。

第五節 起電機

(1)目的 應用電的感應而得強電的裝置，叫感應起電機。
溫休司特起電機 (Wimshurst electric machine) 是一種最通用的起電機。

(2)構造 如圖69所示裝就互相反對迴轉的兩塊硬橡膠或玻璃的圓板，圓板的邊上貼有多數扇形的錫箔。在圓板的側面，安置與水平成 45° 傾斜而互成直角的兩根金屬棒，其兩端裝着金屬的刷毛，輕輕地觸着在圓板上。

(3)作用 搖動起電機柄，轉動圓板，由於感應而使錫箔起電，兩種電分別集流到兩個金屬球上。那時，一個金

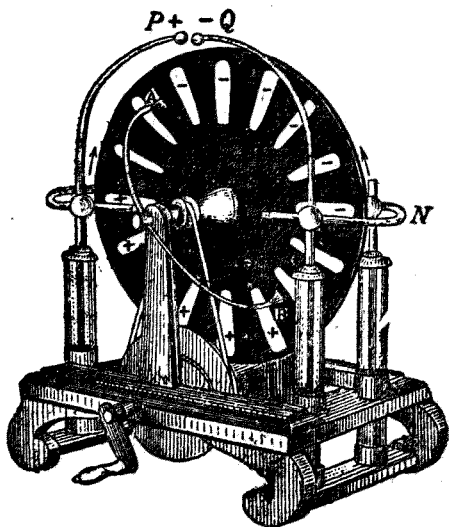


圖69 溫休司特起電機

屬球是陽極，一個金屬球是陰極。

第六節 放電與雷電

(1)放電

a. 放電的意義 帶電體上所帶的電消失的現象，普通稱為放電。

b. 放電的種類

火花放電 起電機的兩極互相接近，電便發出火花和聲音而中和的現象，叫做火花放電。

尖端放電 電從導體的尖端不生火花而向空中放出的現象，叫做尖端放電。

(2)**雷電** 大氣和雲常常帶多少電。其生於天然的電，叫做空中電；空中電行火花放電，叫做雷電。關於雷電的本性，是在1752年由佛蘭克林所考察明白的。

a. 電光和雷鳴 空中帶電的雲與其他的雲相接近，其他的雲因感應而生異種的電，這兩種雲之間便行火花放電。那時所生的火花便發電光，所發的聲音便是雷鳴。

b. 落雷和雷擊 帶電的雲接近於地面時，大地因感應而起與雲中之電相異的電，於是也起放電的現象，叫做落雷。人物碰在落雷的時候，就遭雷擊。

(3)避雷針

a. 構造 在屋頂上豎立着上端尖銳的金屬棒，其下端用

幾根銅線或鐵絲連結埋在地下的銅板。

b.作用 帶電的雲接近地面時，地表上因感應而生的異電慢慢由避雷針的頂端行尖端放電，與雲中之電中和。這樣，可以預防落雷。又即使落雷，其電可由銅鐵線引到地下的金屬板上而擴散於地中，家屋的被害便減少了。

第七節 電流

(1)**意義** 電傳入導體而流動時，叫做電流。

(2)**電位** 電像水自高處流向低處一樣，從一方流向另一方。電流自甲方流向乙方時，可說甲方的電位比乙方的電位高。

(3)**發生電流的方法**

a.電池 因化學藥品的作用而生電流的裝置叫電池，有伏打電池、勒克蘭社電池、乾電池等種種不同的種類。

b.發電機 因磁鐵的作用而起電流的裝置叫發電機，有交流，直流的分別。

(4)**電流的效應**

a.熱效應 電流流動而生熱，叫做熱效應。電爐、電灶等都應用它。

b.光效應 由於電流的熱效應而使金屬細絲發熱，以至於放光，這便成爲光效應。電燈便是應用此種效應造成。

c.化學效應 電流也會引起化學的作用，水的電解即其一例，這叫做化學效應。

d. 磁效應 電流流動時，其附近會顯出磁性作用來，如改變磁針的方向，吸引鐵屑等，這叫做磁效應。

e. 生理效應 電流流動於人體中，會發生一種作用，如果強度過分，便足以致死。

第八節 電池

(1) **意義** 由於化學藥品的作用而得電流的裝置叫電池。

(2) **構造** 電池的構造，普通在一種特殊藥品的水溶液中，放入兩枚不同種類的金屬板，使它們相對立着。將金屬線把該兩金屬板連結起來，便起從一方流向另一方的電流來了。

(3) **電池的極** 電池中的金屬板叫做電池的極。電位高的一極叫陽極，低的一極叫陰極。

(4) **電池的衰弱** 由電池而起的電流，在極板與藥液不曾變質的期間，其強度一定不變；不過與導體連結並置，經了極長的時期，極板與藥液間起特別的化學變化而變質，則所生電流變弱。這叫做電池的衰弱。

(5) **電池的種類**

(a) **伏打電池** 在稀硫酸溶液裏，對立着銅板和鋅板，聯以導線，兩板之間，便有電流通過，銅為陽極，鋅為陰極，但電流極暫，不切實用。

(b) **丹聶爾電池** 以銅板置於硫酸銅的濃溶液裏，作為陽極。盛此液的容器，是為外器，外器中再放入一素燒瓷器，是

爲內器，內器裏貯稀硫酸，插入鋅板，作爲陰極。電流較強，但容易衰弱。電信局中很多應用的。

(c)**重鉻酸電池** 在重鉻酸鉀和硫酸的混合液裏，置入炭板和鋅板。前者作爲陽極，後者作爲陰極。這電池所發生的電流極強，電療方面很多應用它的。

(d)**本生電池** 外器中貯稀硫酸，中插鋅板作陰極。以素燒瓷筒作內器，放入外器中，內貯濃硝酸，插炭棒作爲陽極。電流極強，但發生二氧化氮氣體，有礙呼吸，是其缺點。

(e)**勒克蘭社電池** 在素燒瓷筒中，充入二氧化錳和炭的粉末，並插炭板作爲陽極。外器中爲氯化銨的濃溶液，中插鋅板作爲陰極，電流強而短暫，適用於電鈴等裝置。

(f)**乾電池** 乾電池較液體電池攜帶便利，電流稍弱。構造和勒克蘭社電池相同。外器乃一鋅筒，作爲陰極。中央插炭板，作爲陽極。炭板周圍，則爲炭粉和二氧化錳的混合物，並以石灰和木髓吸收氯化氨的濃溶液，填充四周，密封其口，即可應用。電鈴和電筒等，用之極宜。

第十三章 電器

第一節 電磁鐵

(1) **線圈** 一根金屬導線依着同一方向旋繞而成螺旋狀，這導線稱為線圈(Coil)。

(2) **電磁鐵的構造** 在軟鐵棒（通常曲成 U 字形，稱為蹄形）上捲繞包有絹布、橡膠而絕緣的金屬線，即線圈，就成為電磁鐵。

(3) **電磁鐵的特性** 在線圈上通電，線圈便起磁性作用，使其中的軟鐵棒起感應而顯出強烈的磁性；截斷電流，磁性便要消失。

(4) 強性電磁鐵的製法

- a. 所通的電流強。
- b. 線圈的旋繞次數多。
- c. 軟鐵棒短。

(5) **電磁鐵的應用** 電鈴、電報機、電話機、起重機等，都是應用電磁鐵造成。

第二節 電鈴

(1) **構造** 電鈴的主要部份，如圖70所示， B 為電磁鐵，其旁的 D 是軟鐵片，連在彈條 C 上。此外 A 、 E 、 F 都是接通電線的螺釘， P 為電鈕， K 為電池。軟鐵片 D 的頭上附有小錘，用

以打鈴。

(2)作用 揷電鈕 P ，接通電路，電流從 K 由 A 處通入，循 B 、 C 、 D 、 E 、 F 的路線，經 P 而回入 K 。電流通時， B 起磁性，吸引 D 鐵片向左移動，使其端的小錘打鈴； D 向左移動，則 C 與 E 脫離，電路便斷了，電流不通了，電磁鐵 B 的磁性立刻消失； B 失去磁性，也就失去吸引力，於是 D 也就因 C 的彈性作用而回復原位，因之 C 又與 E 相接牢，電路又通了，電流又會流過 B 了，立刻又生磁性吸引 D 來打鈴。在繼續揷 P 的時間內，這種情形，一直循環往復，所以鈴就不絕地震響。

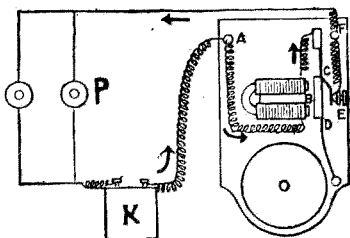


圖70 電鈴

第三節 電報機

(1)電報機 也是應用電磁鐵造成。它是利用電流通入時間的長短來作出通信符號的一種裝置，由發報機、收報機和電線三部份構成。

(2)構造

a. 發報機 發報機

是一種使電流或通或斷的機械。揷下電鈕，電流便通；放開電鈕，電流就斷。

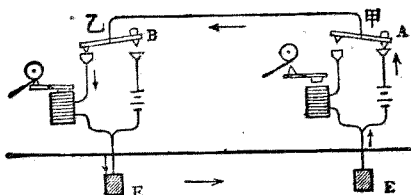


圖71 電報機

b. 收報機 收報機的主要部份，是一個電磁鐵和與它配對的軟鐵片。電流通，軟鐵片為電磁鐵吸引；電流斷，軟鐵片脫離電磁鐵。

c. 電線 電線是一條金屬線；把兩地的發報機與收報機連絡起來。發報機、收報機上電線的另一端，各與埋在地下的銅板連結着。

(3)作用 如圖71所示，按下發報機上的電鍵，則由發報機、收報機間的電線與土地連結而成一輪迴的通路，其間的電流便流通了。電流一通，收報機的電磁鐵便起磁性，吸引軟鐵片。放開發報機的電鍵，電路便中斷，收報機的電磁鐵就失去磁性，軟鐵片因彈性裝置而回復原位。因軟鐵片被吸引時間的長短而記出一種記錄，或報出一種聲響；就可以利用這種記錄或音響作符號而通信。

第四節 電話機

(1)電話機 是一種傳聲的電報機，是利用將聲音化成電流的強弱，再由電流的強弱化為聲響，而來傳話的一種裝置。其主要部份為發話器、收話器及電線。

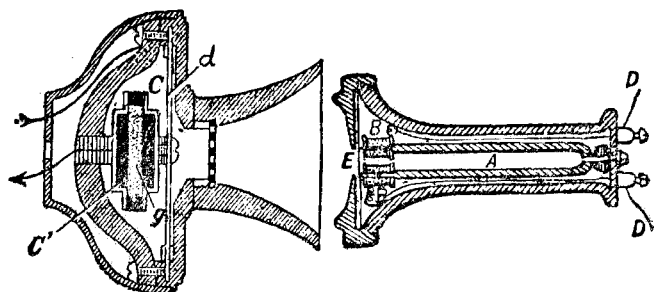
(2)構造

a. 發話器 發話器的構造如圖72的左圖，其主要部份為發話器後面的膜片 d ，和中部的的小匣 g 。 g 的前方有炭片 C 與 d 的中心相連絡； g 匣中滿貯炭粉； g 的後方有炭片 c' ，與器的背

面相緊切。

b. 收話器 收話器俗稱聽筒，其構造如圖72的右圖。A

圖72 電 話 機



發 話 器

收 話 器

為蹄形磁鐵，其兩極前有軟鐵片 E，裝在和兩極接近到差不多要碰着的地位。兩極上各繞有捲數極多的線圈 B，不過每極上線圈的捲繞方向恰是彼此相反；這兩線圈互相串聯，和外線 D 連結。

c. 電線 與電報機所用者相同。

(3)作用 人向發話器前發言時，器中膜片 d 隨音波而起振動，此振動由炭片 C 傳至炭粉匣 g，使匣內炭粉因音波的振動而起或鬆弛、或緊壓的變化。電流從 d 膜片處流入，經 c、g、c' 而流出。當 g 中炭粉或鬆或緊時，能使電阻生或大或小的變化，所以 d 片的振動，可以使電路的電阻改變，而電流的強度也因此生或強或弱的變化。這強度時時變化的電流由電線通至另一處的收話器。當這電流通過線圈 B 時，其強弱變化也使磁鐵 A

的磁性起強弱的變化，吸動軟鐵片 E ，因而 E 便應着這種變化而起振動。其時 E 膜片的振動恰和發話器中 d 膜片的振動一致，所以便發出與發話器前人語一樣的語聲。兩地間的人語便由這樣的作用而傳遞成功了。

第五節 電的熱效應

(1)電流通過金屬細線而生熱，由於這種熱力，能使金屬線的溫度升得非常高，甚至發光。

(2)電流所生的熱量，因下列種種條件而不同：

a. 電流的強弱 電流的強弱，是由在一定時間內流過金屬線的電量之多少而定。電流強，所生的熱量大。

b. 導線的種類 電流的強度雖然相等，若是導線的種類不同，其發熱量也要生差異。例如鐵線所生的熱量，比銅線多得多。

c. 導線的長短 同質的導線，愈是細長的，發熱的量愈大。

(3)電熱的應用 電燈和各種電熱器，都是應用電的熱效應而造成的。

第六節 電燈

(1)通用電燈

a. 構造 將鎢絲封入玻璃泡內而造成；內部為真空，或

裝有氮氣或氬氣。其各部的名稱看圖73。

b. 作用

(一)電線多用鎢做成，做得比頭髮還細，所以抵抗力很大。電流通過鎢絲，生強熱而發白光。其熱度雖然常常近於 2800°C — 3000°C ，可是因為鎢極難熔化（熔化點在 3350°C ），所以不易燒燬裂斷。

(二)燈泡不好留有氧氣，以免起氧化或燃燒的作用。若裝入氮氣，那麼鎢絲可以耐受更高的熱度，也有裝入氬氣的，其作用與氮氣相同。

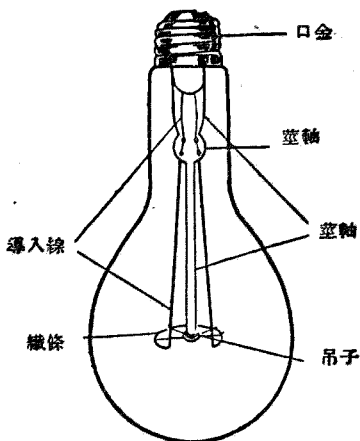


圖73 電燈泡各部的名稱

c. 電燈泡的效率 電燈泡上記有 $100\text{V}-60\text{W}$ 字樣的，是表示這燈泡在 100 伏特的電壓下要消耗 60 瓦特的電力。普通都用燈光的多少來表示燈泡所需的電力。

真空燈泡；10 支光的每支光要 1.3 瓦特；20 支光的每支光要 1.25 瓦特。裝氣燈泡比真空燈泡，電力消費量省得多，大概每支光祇要 0.5 瓦特就夠了。

對於每支燭光所耗瓦特數的多少，就是燈泡的效率。

d. 燈泡的壽命 電燈泡使用後，其光度會逐漸減弱。從

初用起，到其光度減到只有八成時，這燈泡的壽命便近於終結了。每個電燈泡的壽命，大約是1000小時。

e. 電燈的安裝和配線 普通都用保險絲電表，室內電線將電從室外電線導入室內。各電燈在導線路內並列連結（圖74）。

保險絲在導線過熱時自動截斷，是爲了防止起火災等危險而裝上的。因爲導線大概對於20安培的電流就很難堪，所以普通總選用在10—15安培的電流已要融斷的保險絲。如果不顧導線的能不能支持，而用不易融斷的保險絲，那是很危險的。

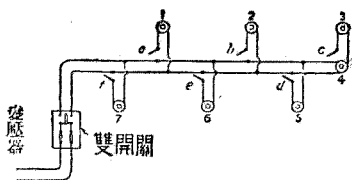


圖74 電燈的配線

f. 電表的算法 電表是用來記明使用電力的千瓦特時數的。譬如上次查得是4538，這次查得是4852，那麼從上次到這次這一期間的用電數是314千瓦特時。所謂千瓦特時，就是俗稱的『度』。

g. 電燈泡的性質和其使用上的注意點

(一) 壽命和效率 就一般而論，有壽命的燈泡，其效率低下。

若使造成可以連續使用一萬年的燈泡，那麼它消費電力而發生的光一定弱到絕無僅有。反之，若是造成效率超等無比的燈泡，那麼它的壽命只在幾小時中間就終了。所以我們應考量

使用的目的，而對所要的燈泡之壽命和效率，作最經濟的設計。

(二)電燈的費用 電燈的費用可照下式計算。看該式，可見電費和電燈泡價值的和數越少，越為合算：

$$\frac{1 \text{ 千瓦特時的電費}}{1000} \times \text{有效壽命} \times \text{燈泡的瓦特數} + \text{燈泡價值}。$$

假定有兩個燈泡，光度相等，其有效壽命同為1500時，電費同為每千瓦特1.5元。不過甲燈泡是60瓦特的，確實不錯，其價值為3.5元；乙燈泡則名為60瓦特，實在需用67瓦特，其價值為1元。由上式，得到這兩燈泡費用的比較如下：

$$\text{甲泡} \quad \frac{1.5}{1000} \times 1500 \times 60 + 3.5 = 138.5(\text{元})$$

$$\text{乙泡} \quad \frac{1.5}{1000} \times 1500 \times 67 + 1.0 = 151.8(\text{元})$$

買乙燈泡的人，以為價廉合算，豈知結果反損失了13.3元！用劣質電燈泡，暗中損失不小，我們應加注意。

(2)弧光燈

a. 構造和作用 將炭棒兩根對頭相接，通以強電流，然後讓它們稍稍離開，則生大的抵抗，而在炭棒的兩端間生弧狀的火花；其陽極的熱度約為 3500°C ，陰極約為 2800°C ，所以陽極放特強的白光。這種弧形光，叫做電弧；這種電燈，叫做弧光燈（圖75）。

因炭棒會漸燒漸短，所以設有利用電流作用的自動調節裝

置，使其能常常保持適當的距離。

b. 用途 弧光燈能生幾千支燭光的光，所以探照燈、街燈、電爐等都應用它。

第七節 霓虹燈

(1) 霓虹燈

a. 構造和作用 在玻璃泡中封入相距2—3毫米的兩個電極，更裝入壓力為10毫米的氖氣，便成所謂霓虹燈（圖76）。

在這種燈中，只要100—200伏特電壓的電流流過，就能使它發光。

b. 特徵和用途 所需要的電力極少，所以寢室、便所等處需要終夜常開的電燈都用它。又放亮和熄滅時，沒有慣性，所以要亮就亮，要滅即滅絕無稍稍稽延的設問，因此在電傳照相、傳真電報中常用它。

(2) 霓虹管 (Neon sign) 在造成種種形狀的玻璃管（圖77）的兩端，各各封入電極，更裝入幾毫米壓力的氖氣；所通電流，每一米長加以 500—1000 伏特的電壓，則全管發生美麗的紅光。

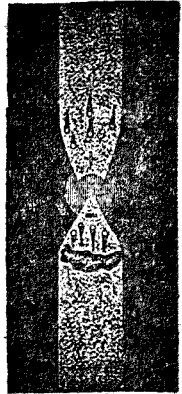


圖75 弧光燈

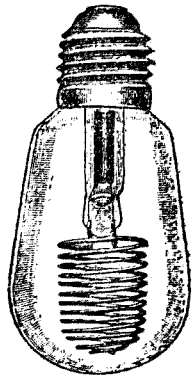


圖76 霓虹燈

這種霓虹管光的透徹力很強；其所用電力，用於發光者多，用於發熱者少。

氖氣管中裝入少量的水銀，則發青光；黃褐色的玻璃管中裝入氖氣與水銀，則放綠光。用變壓器，一條線路，只要用 100 伏特的交流電，已足以使這等霓虹管放光。

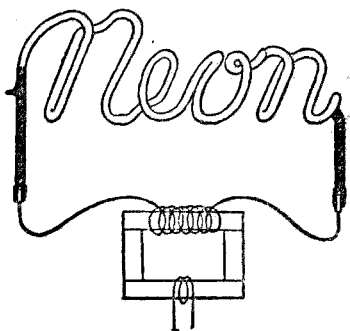


圖77 霓虹管

(3)水銀蒸汽燈 在玻璃管中安置兩電極，并裝入水銀，排氣密封，便成水銀燈。送入電流，振動玻管，在一剎那間，水銀柱觸着兩極，即生弧光；其時，熱的管內充滿着水銀蒸氣，乃放耀眼的紫色光。製圖室、攝影室等處多用此燈。

石英水銀燈（太陽燈）在石英管內安置兩電極，并裝入水銀，排氣密封，也成水銀燈，能放出強烈的紫外線。紫外線可作醫療用，也可以用來鑒別寶玉、絲綢、紙幣、證券等的真偽。

第八節 電熱器

(1)原理 通電流於某種特別導體（如鎳鉻線），使發生多量之熱的裝置，叫做電熱器。如電爐、電灶、電熨斗等等，種類繁多，不及備述。

(2)特徵 用電熱器，手續簡便，時間不費，器具清潔，有種種的長處。不過費用較大，卻是缺點。

第十四章 · 發電機和電動機

發電機 (Dynamo) 是化機械能為電能的裝置；而電動機 (Motor) 恰與它相反，是利用電能來作運轉機械等機械工作的裝置。發電機及電動機，與不論那一種直接原動機都有密切的關係。

由原動機發生的動力（例如水車、蒸汽輪機等）可以輸送到遠方而作工；若利用電來使發生動力。那更是便利而且經濟。電不但可以發生動力，其他還有電燈、電熱、電解等種種用途為用極廣。

第一節 發電機

(1) **發電機的原理** 發電機有直流發電機與交流發電機的分別。由於下列的任何一個原理與法則，可使機械能化為電能。

a. 在磁場內，橫截磁力線的方向，運動導線，則導線發生電流。

b. 在這種情形下發生的起電力之大小，為導線的長短及導線橫截磁力線的速度成正比例。

c. 起電力的方向(電流的方向)，

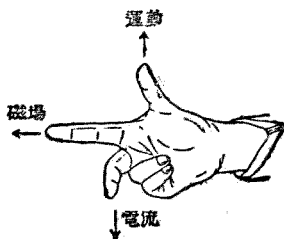
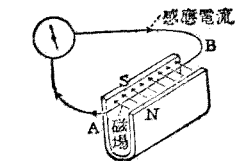


圖78 佛來銘右手法則

由磁力線的方向與導線的運動方向來決定。

就是張開右手，使拇指、食指、及中指互成直角，使食指指磁力方向，拇指指導線的運動方向時，中指便指示電流指的方向。這個法則，叫做佛來銘（Fleming）的右手法則（圖78）。

(2)交流發電機的原理

a. 主要部分	{	場磁鐵	N, S (圖79)
		發電子	$A B C D$ ，線圈的兩端接連在旋轉軸上的金屬環（滑環） P, Q 上。
		刷毛	p, q ，接連在滑環上，由它將電流導引到外部去。

b. 作用

(一)在磁鐵 N, S 之間，電樞 A, B, C, D 依假想之軸 XY 而旋轉（如圖79）。

(二)線圈的面，從與磁場的方向成直角的甲位置旋過半轉，而到再與它成垂直的乙位置，其時生出的電流是 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ 的方向（右手法則）。

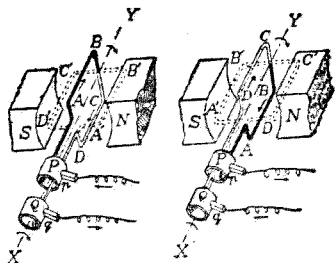


圖79 交流發電機的原理

其次，線圈旋過從乙位置回復到甲位置的這一個半轉，其時生 $D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$ 方向的感應電流。

發電子連續迴轉，則生每半轉方向改變一次的感應電流

這電流經滑環及刷毛導出時，在外線內生方向依週期改變的電流。就可見這電流是交流的；而其交流時每秒中轉換方向的次數，叫做這發電機的週波數。

(三)由發電子所生電流的大小，也起周期的變化。

如圖80發電子的線圈面在垂直於磁力線的位置 ac 時， AB 、 CD 平行於磁力線而運動，因為並不橫截磁力線，所以電流為零；等到從這個位置而轉近 bd 的位置時，電流漸次增大，到 b 而達於最大；再從 b 進到 c ，則電流漸次減小。

因了這個緣故，流於發電子中的電流之強度，如圖81所

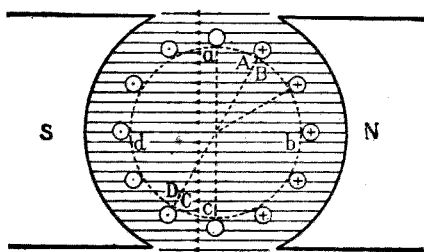


圖80 發電子位置的轉變

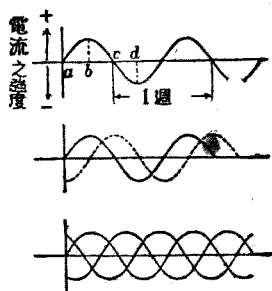


圖81 交流時電流強度的變化

示，成曲線狀的變化。電壓也與電流的強度同成波狀變化。電流方向變化一循環，叫做一周。普通的交流發電機，都設有多組的兩極，依着每秒間行50周，60周的速度來旋轉線圈。

三相交流 發電子的線圈分為二組，流動在一組線圈的電

流，與圖 81 中點線所示那種位相的另一組電流相異的。又有線圈分爲三組的，那便發生三支交流的現象，這叫做三相交流。三相交流，因爲電流效果均一，所以常用於供給動力的發電機。

(3) 交流發電機的實際

現在各大工廠實際應用的大型交流發電機，都是場磁鐵轉動，而發電子卻在其周圍固定着。

(4) 直流發電機的原理

a. 主要部分

場磁鐵 N、

S (圖82)

發電子 A、

B、C、D。

電樞軸

上，裝有

固定的兩

個半圓筒狀金屬環，那便是整流子 P、Q、

刷毛 p、q，交互接連在 P、Q 上，其作用可使導於外部的電流之方向爲一定。

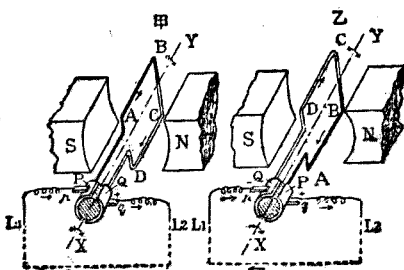


圖82 直流發電機的原理

b. 作用 如圖82發電子 ABCD 從甲位置轉到乙位置時，生的方向爲 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ 的感應電流，依 $Q - q - L_2 - L_1 - r - P$ 方向流行於外線。其次，線圈更從乙位置轉到甲位置時，感應電流依着 $D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$ 的方向流動，同時刷毛 q 接在 P 上，

p 接連在 Q 上，所以外線上仍流着與上次同方向的電流，這便是直流電流。

(5) **直流發電機的實際** 實際應用的直流發電機，在多數的磁極內，有多數的線圈與整流子旋轉着，其原理同前。

第二節 電動機

(1) **電動機的原理** 不論直流電動或交流電動機，其作用都在於代電能為機械能。

a. **電磁力** 固定磁鐵，在其磁場掛一導線，通以電流則導線發生運動。使此導線運動的力，叫電磁力。

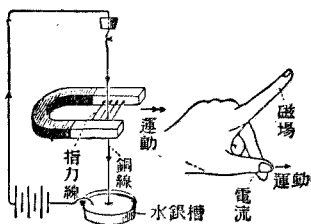


圖83 佛來銘左手法則

b. **佛來銘的左手法則** 在上面的情狀之下，電流的方向與磁力線的方向及導線運動的方向之關係，有下列的法則：

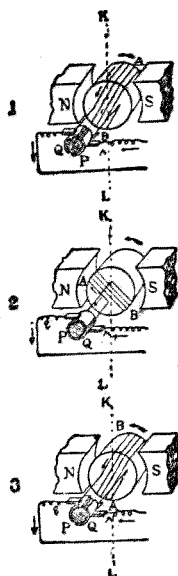
張開左手，使拇指、食指及中指都互成直角，若食指指磁場的方向，中指指電流的方向，則拇指指導線運動的方向。這個法則，叫做佛來銘的左手法則（圖83）。

(2) 直流電動機的原理

a. **主要部份** 與直流發電機完全相同，不過相當於發電子的部份叫電動子。

b. **作用** 看圖84，電動子在(1)的位置，電流經刷毛 p 、

整流子 P 依箭頭所指方向而流於線圈之內時，電動子依箭頭所指的方向(向左)旋轉。其次如(2)，線圈面與磁力線成直角的位置，電磁力已失去作用，但由慣性仍使線圈繼續旋轉，其時 P 、 Q 的地位剛剛互換而變為與 p 、 q 交錯相接，所以線圈內的電流方向恰與以前相反，於是線圈仍依同方向連續旋轉。當 A 的一部份在旋過左半轉時，這種關係一直持續着。再次則如(3)，線圈轉過 KL 的位置時，線圈內電流的方向又變到與前(1)時一樣，所以旋轉運動依舊繼續着。



所以，在直流電動機中，刷毛與整流子的接觸交互變換，線圈在每次轉過 KL 的位置時其內電流的方向發生逆變，因而能繼續旋轉。

(3)直流電動機的實際 實際應用的直流電動機，大多是有多數磁極內裝電動子，通電流於電動子而使之旋轉。

(4)交流電動機的原理 如圖 85，一銅圓板支持在軸 AB 上，其一部伸入於蹄形磁鐵的兩極之內，使它依箭頭 a 的方向旋轉，則因右手法則而生如箭頭 b 所示的方向之感應電流。

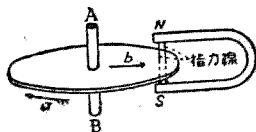


圖85 交流電動機的原理

如果不使銅圓板旋轉，而使磁鐵沿圓板邊緣反箭頭 a 的方向而運動，圓板內也生與上述同樣是 b 方向的電流。其時，因了這種感應電流與磁場方向的關係，圓板會依左手法則而對 a 反向旋轉。就是圓板會追隨磁鐵作與磁鐵同方向的旋轉。

(5) **交流電動機的實際** 交流電動機分誘導電動機和同期電動機兩種。誘導電動機就是應用上述的圓板而構成。同期電動機的構造，卻與普通的交流發電機相同。

(6) **電扇** 電扇就是應用機動機的一種電器。在電動，子的軸端上裝有四片翼子；電動子轉動，這軸端上的扇翼便鼓動空氣而生涼風。

第三節 電力輸送

(1) **變壓器 (Transformer)** 交流電的電壓，用了變壓器，可以自由改變。

a. **原理** 如圖86，在同一軟鐵心的兩旁，一旁繞捲數較少的一次線圈 P ，在另一旁繞捲數較多的二次線圈 S 。

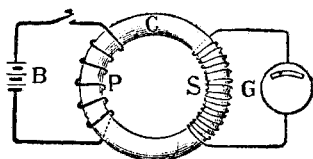


圖86 變壓器的原理

用電池將直流電向 P 或通或斷，則每次都能使 S 生反方向的感應電流。如果不用直流，而通以強度及方向能自動地刻刻變化的交流電，則 S 會對應於 P 而生反對方向的感應交流電。

(一)送交流電入於捲數少的 P ，則 S 會生電壓高而強度同的交流電；送交流入於捲數多的 S ，則 P 會生電壓低而強度同的交流電。

(二)電壓的升降與捲數成正比例；電流的強度與電壓成反比例。

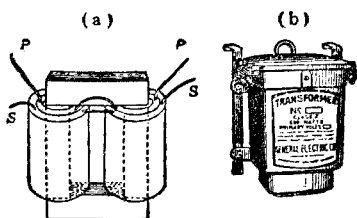


圖87 變壓器

b. 實用變壓器 圖87是普通裝在電桿上的變壓器。(a)是其內部構造；(b)是其外形。

(2) 電力輸送

a. 意義 把山間的水力發電所或郊外的火力發電所所生的電力，送到遠處的都市中；或把電流的能從甲地送到乙地，都叫做電力輸送。

b. 輸送的條件 (一)電壓高；(二)導線粗。其理由如下：

(一)因電力 $W = CE$ ，所以電壓 E 大，則電流 C 雖小，也能送出所需要的電力。並且電流小時，因發熱而散逸的電也少。

(二)導線愈粗，則抵抗力 R 愈小。因 $H = 0.24C^2Rt$ (H 為熱， C 為電流， R 為抵抗力， t 為時間)，所以 R 愈小，則因發熱而散逸的電也愈少。

由於上列兩個原因，所以電壓高、導線粗自成爲經濟上的條件了。

c. 輸送的實際 如圖88在電源地甲發生交流電，用變壓

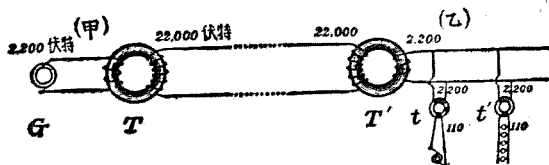


圖88 電力輸送的原理

器A、B等將其電壓變成高於幾萬伏特，送到遠隔之乙地後，再經變壓器c改低其電壓，使其不生危險而分配於各用戶。

交流電以300伏特以下為低壓，以300至3500伏特為高壓，3500伏特以上為特別高壓。

架高壓以上導線的電桿上，都標以赤色，以示危險。

第十五章 電的新玩意

第一節 無線電報和電話

(1)原理 利用電波的特性，以傳達消息；不要電線來通電，所以叫做無線電。

普通家用或工業用的電流，本來也會起振動，不過其振動次數較少，每秒僅25次至60次。這動電能都回返於振動器而變成熱能，不會向四周發射電波。若是電振動到了每秒一萬次至三千萬次，那便會向空中發射電波了。

一地所發的電波，能感及遠方導線，使遠方導線起相應的振動。無線電報和電話就是根據這個原理而裝置成功的。

(2)無線電報機的構造和作用

圖89中的(a)是利用感應圈發生電火花而放出電波的發報機(b)是利用粉末檢波器感受電波的收報機。

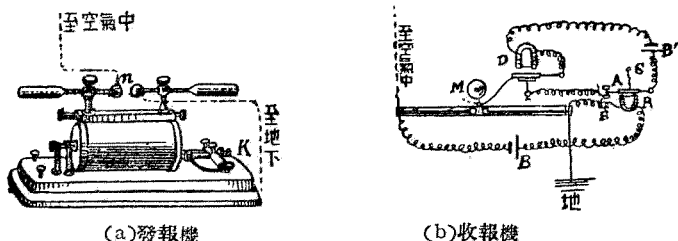


圖89 無線電報

將(a)中的電鑰撥下，感應圈的電路通，金屬球 n, n' 之間便發生火花，空中即生電波。那時，(b)中的粉末檢波器

C 便感到電波，器中裝有金屬屑，因受電能的作用而密集併合，遂使電源 B 的電路接通，電磁鐵 R 便起磁性，將鐵片 A 吸下， A 上所附筆尖即在紙上印出點劃來； A 被吸下時，其一端與 P 接觸，而電源 B' 的電路就也接通，電流通到電磁鐵 D ，發生磁性，吸引鐵錘 M ，擊動粉末檢波器 C ，使器中的金屬屑鬆散，電流即斷， R 就失去磁性， A 便給彈條 S 提起。

發報機 (a) 處的電鑰忽歛忽放，電火花便忽放忽停；於是收報機 (b) 處的 A 相應上下不止，其上所附的筆尖便陸續在紙上印出點劃。這種點劃，可與有線電報一樣地作為通行的符號。

發報機中感應圈的一端連於天線，另一端連於地線；同樣，收報機中粉末檢波器的一端連於天線，另一端連於地線；則通行距離可以加長。又印字裝置改為聽音裝置，和有線電報的發聲器一樣作用。這樣便是現在幾經改進的無線電報了。

(3) 無線電話的構造和作用 圖 90 中， (a) 為發話處， (b) 為收話處。

(a) 中 C 為容電器， I 及 I' 為一套兩重的線圈， F 為火花隙。電流經 FI ，在 C 的兩導體間作往

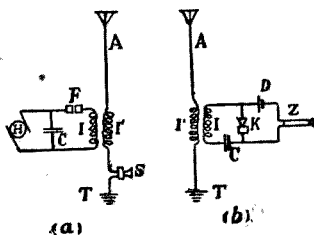


圖90 無線電話

復振動。 H 爲高週波發電器，是發生火花的電源。電路 CI F 中，如因放火花而生振動電流，則與 I 相重的 I' 線圈即感應生電，而波及與 I' 相連的天線 A 和地線 T 。在 $AI'T$ 途中裝一發話器 S ，對着它發音，則電阻生或大或小的變化；電阻大則所生的電波弱，電阻小則所生的電波強，因而 (a) 處所發的電波完全跟送入發話器內的音波振動而起相應的強弱變化。

(b) 中的線圈 I' 感受射來的電波而生振動電流，由其相重的線圈 I 引起容電器 C 與檢波器 K 的電路中之振動電流，於是電源 D 與收話器 Z 與 K 的電路中，因檢波器的效應，生出與發話處所發電波強弱相應的電流，而從 Z 中可聽出與發話器中所發原音相同的聲音。收話處所用的檢波器，現在通用真空管檢波器。

(4) 無線電的波長

無線電的電波至少有幾米長，多至幾萬米長。無線電報電話所用的電波，普通在 300 米以上。

電波的長度，可由發信處，發話處的機械構造的不同而使之發生分別。波長不同的電波，在空中進行，各走各的路徑，不會夾雜；到了收報或收話處，也可以分別收進，不致互相擾亂。各個無線電台都有其選定的波長，各不相混，所以收報處收話處也可以按照其一定的波長來收信收音，不相混亂。祕密電信，也可以祕密約定一種波長來互相傳遞。

第二節 光電管

(1)原理 金屬如鉀、鈉、銣等鹼金屬，在紫外線等短波輻射線的勢力之下，會從金屬中放射出許多電子來，其時金屬帶陽電。一般物質在相當強度的光勢力下，都會從物質表面放射出電子來，其結果物質顯然帶電。這種現象叫做光電效應。

(2)構造和作用 光電管，是利用光電效應，由光的強弱變化化爲電流的強弱變化的一種裝置。其構造如圖91，在真空玻璃

的內面塗上鹼金屬的薄層， C ，但須留出一小塊不塗沒；這塗着鹼金屬的地方作爲陰極。玻璃球中央封入一鎳或銀等的金屬環 A ，作爲陽極。將 C 與電池的陰極連結， A 與電池

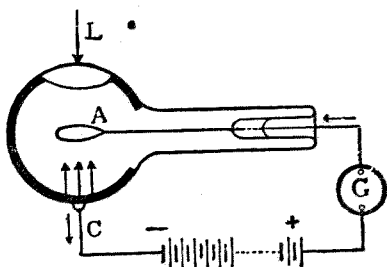


圖91 光 電 管

的陽極連結。使光從那不曾塗沒的一小塊空處射入而照於 C 上，便有其數與光的強度成正比例的電子從 C 飛射到 A ，而兩極間便有強度與飛射電子數成正比例的電流流動（電流與電子之流反向）；光源截斷，兩極也就絕緣。現在使用的光電管，都用鉀的氫化物來代鹼金屬，真空玻璃球中裝入少量的氬氣。

(3)光的變化與電子變化互相變易的必要條件

- a. 對於一定的光度變化生出一定的電之變化（感度）。
- b. 光的變化與電的變化成正比例。
- c. 對於光的變化而生電之變化的時間不會延遲。
- d. 作用常一定不變。
- e. 有同一特性的製品，常得相等的效應。

(4)應用 有聲電影、傳真電報、電視等都利用光電管。

第三節 有聲電影(Talky)

(1)原理 把音波化成光的強弱，在乾片上記出劃紋；到放映的時候，利用光電管再化成音波而播送出來。

(2)錄音裝置 這種裝置是用來記錄音波的，那是由活動影戲中的攝影機與顯微音器（麥克風）合組而成。一邊攝影，同時一邊用顯微音器將音波化成電振動。

凝縮型顯微音器，是接近於強鋁（Duralumin）製的振動板，設有對極板；音波使振動板振動，其與對極板的距離便發生種種變化，兩板間的電容量也就相應而變，因而發生電振動。

這個電振動經適當增幅後，利用氙氣燈等來使它化爲光的強弱，更用透鏡來集光，在一個細間隙上結成焦點；在細間隙背後有感光乾片的一小部在作等速移動。這乾片感受着強弱的光。細隙的闊度只有 0.005 毫米，所以乾片上便生出濃淡不同的條紋。

(3)發聲裝置 這種裝置是用活動影戲的映射機與發聲裝置合組而成。由一定的光源而來的光，經集光透鏡而集中，通過細隙而照着那乾片上的條紋，其透過光線射入光電管。

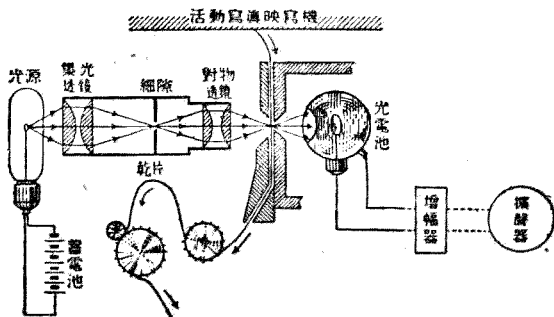


圖92 發聲裝置的原理

與乾片上條紋的濃淡相應而生的強弱不同之光，由光電管化成強弱不同的電流，經增幅後，導入擴聲器而發聲。乾片上的畫面與錄音是同時映放的，但因光與聲音的傳遞速度不同，所以在畫面洞口的乾片與發聲洞口的乾片之間，有留置 $19\frac{1}{3}$ 分節的間隔之必要，這樣才能使畫面與話語配合得當。

第四節 傳真電報

傳真電報是一種將字、畫等化成電流的強弱，而將字、畫的真跡傳送到遠方的工作。其主要部份分送影裝置和受影裝置兩種（圖93）。

(1)送影裝置 這個裝置的主要部份是一個捲着電送原畫的

圓筒依着一定的速度旋轉。這圓筒的軸自右向左移行；用強光照射在這旋轉圓筒上的一小點。

這樣的裝置依法運動，原畫遂成細螺旋形的光順次照射，其反射光因畫像的濃淡而有強弱的變化，更由光電管把這股光化成電流的強弱，再經真空管擴大，用有線電或無線電傳送出去。

(2)受影裝置 受影處將收到的電流經適當增幅後，經所謂氬氣燈的裝置而化成光的明暗。這股光由集光透鏡集成一小點。

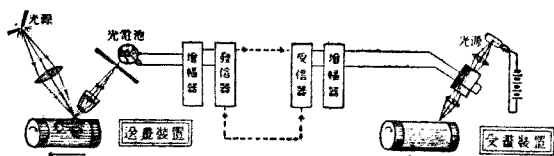


圖93 傳真電報的原理

依着與送影裝置完全同樣的狀態，照射在旋轉移行的圓筒上的感光紙上，使它感光。

送影裝置中與受影裝置中的圓筒須配置得絕對同速度，同位置的必要，以減少映出影像的胡塗紛亂。

第五節 電視(Television)

電視是將運動的物體及形像用無線電送影的裝置。這種裝置至今還不曾達到完美而廣泛使用的地步。現在略述許多方法中的一種如下：

(1)原理 在傳真電報中，是將原像映照成許多細小的光斑；使光電管感受其光的強弱而起作用；若把連續的原像，用高速度連續進行，如上述的作用，而在每一次光的殘像時間內全部照完一定的面積那麼不但能靠電流將每個獨立的形像送到遠方，而且應該能在遠方的幕上現出全部生動逼真的形像來。

(2)送影裝置 如圖94，從光源乙發強光，順次通過旋轉圓板R上配列成渦狀的小孔，而照射到物體A上。R上的孔逐個略略變換其位置；通過其上每一個孔的光，都會畫出一條線來。光分向各個孔中通過而順次照射到物體上；在R旋轉一周

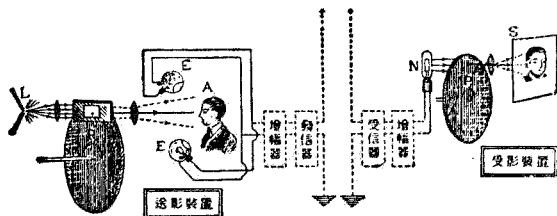


圖94 電視的原理

之間，由多數的孔中之光分別映畫出多數的線條來；這樣將其全面通體照過一遍。

其反射光由於物體部份的不同而起強弱；多數的光電管E受到這種光，把光的強弱化成電流的強弱，更用與無線電話相同的方法送出電波。

若以 $\frac{1}{10}$ 秒內電送一個像的速度，連續送影 那就可以傳送活動物體的形像了。

(3) **受影裝置** 受影處將收受到的電波增幅後，用氬氣燈把電流的強弱化成光的強弱。

氬氣燈 N 與映射幕 S 之間，裝有與 R 完全相同的圓板 P ，而且 P 與 R 的旋轉速度也完全相同。從 N 射來的變化不息的光，通過 P 上的孔而投射到 S 幕上的對應位置， S' 上就現出顯明的像來。

光電管的電力愈強， R 和 P 上的孔愈多，旋轉速度愈快，那麼現出的像愈鮮明。

(4) 困難各點

a. 同步問題 這就是雙方圓板旋轉的同速問題。

要把雙方的圓板配得絕對同速實在非常困難。可是圓板旋轉速度有了千分之一秒的參差，受影處的像就要現出些微的變化。

b. 空中電問題 用無線電傳送，不免要受空中電的干擾，所以映射處所現出的像會形成縱橫條紋織成的斑點來，因而明瞭度大減，這也是一件麻煩的事。

第十六章 近代交通器具

第一節 輪船和火車

(1)輪船 在船中裝置蒸汽機關，運轉螺旋推進器，鼓動水浪逼船前進，因而使船行駛水上。參看第七章第三節中的(4)。

輪船以載重的噸數分大小。其種類有商船、貨船、軍艦、航空母艦等。

(2)火車

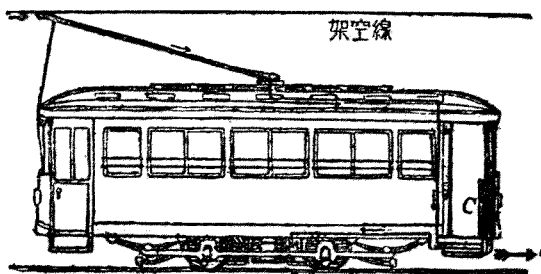
a.機關車 在車內裝置蒸汽機關，轉動車輪，在軌道上行駛，俗稱火車龍頭。參看第七章第三節中的(3)。

b.列車 許多車廂連串並接，拖在機關車之後，用以載客，也用以裝貨。

第二節 電車

(1)構造 在車身下裝有四個場磁鐵的電動機，作成箱形，內部裝電動子。

電動子的伸出在外，上安齒輪，與車輪軸上的粗齒輪相銜接合咬。



普通用 550

圖95 電 車

伏特的直流電來旋電動子。發電所把電流送出，如圖95所示，經過架空電線，頂桿，制動機 C ，而入電動機 M ；再由 M 流經另一頂桿，及架空電線而回入發電所。如為有軌電車，則流入車中的電流達於 M 時，再由 M 流經車輪及鐵軌而回入發電所。

(2)作用 電流通過電動機時，電動子便起旋轉；由齒輪將以旋轉的動能傳到車輪上，車輪也起旋轉，車便前進了。由制電機將通入電動機的電流強度加以節制，電動子的旋轉便可快可慢可停，而車行就也可以或快或慢或停止。

直流電動機有容易變化旋轉速度的特性。就是送入電磁線圈的電流強弱變化，可以使磁性的強弱變化，而旋轉速度也起變化。因了這一層，在起動的時際，旋轉力易於節制，所以電車用電動機用直流電動機。

第三節 汽車

(1)構造 汽車的構造，主要分引擎、傳動裝置及制動裝置三部，今分述如下：

a.引擎 汽車用的引擎，大概都是為四衝程的汽油內燃機關；普通都用 4、6、或 8 氣缸的。6 氣缸的引擎便是發出 84 匹馬力的強力，可以有驚人的速度，動作異常平穩、正確而且安靜，使用氣油的量極少。

b.傳動裝置 汽車的動力，從引擎前方的曲柄軸之旋轉

而傳向聯動機、變速裝置、推進軸、換向裝置，以至於後部車輪。開動引擎，其他各部便連帶運動而車向前行了。
(圖96)。

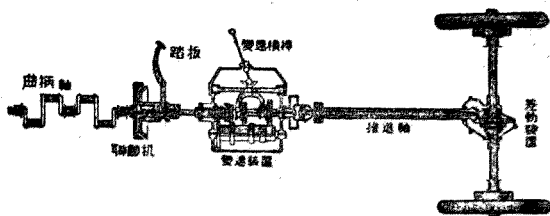


圖96 汽車的傳動裝置

(一)聯動

機 是一個飛輪，內面削成圓錐形，與一圓錐輪相銜接。飛輪與圓錐輪緊切時，因其摩擦作用而將動力傳向後方；踏住機柄上的踏板，使飛輪與圓錐輪脫離，動力便不能傳向後方而不能使車輪旋轉了。

(二)變速裝置 一根主軸，一根副軸，一根對軸，用許多齒輪配合聯結起來；上面再裝一根變速桿。操縱變速桿，移動主軸及主軸上的齒輪，使與副軸、對軸上的齒輪成種種不同位置的配合，就會使旋轉有種種不同的速度。

(三)推進軸 一根粗大的橫軸，前通變速裝置，後以齒輪連結車輪的橫軸。它依着變速裝置調整過的速度，傳導動力到車輪軸上。由於它旋轉的快慢，使車輪軸的轉動，也有快慢，而車輪也依一定的快慢旋轉。

(四)換向裝置 汽車的轉換方向，普通都用駕駛座前的那個把手來變換前車輪的方向以達到目的。不過將把手左旋，前輪轉向左方時，後車輪的右輪勢必繞一大圈，而須比左輪多旋

轉幾次。要適合這個現象，所以在推進軸與後車輪橫軸連合之處，其齒輪的接合另有一種適當的裝置。

(五)彈簧裝置 車身安着的地方，裝有彈簧，以減少衝激振動。

c. 制動裝置 踏住聯動機上的踏板，拉住把手，揪住車輪上所裝制動輪內側的制動片，因其摩擦作用而使車輪的旋轉停止。

(2)種類 汽車有客車、貨車(卡車)、公共汽車和機器腳踏車、戰車等，其構造大略如上。茲再述機器腳踏車與戰車於下：

a. 機器腳踏車 大型的用四衝程式汽油內燃機，小型的用二衝程式：

b. 戰車 戰車又叫坦克車(Tank)，在車上裝鐵甲，並有機關鎗、迫擊砲等的裝備。

戰車在後部動輪和前部誘導輪之間，套有鏈狀的鋼帶。這種鋼帶叫做無限軌道。無限軌道上面裝有多數的鋼珠。用汽油內燃機轉動鋼帶，來行動這笨重的戰車。

第四節 航空機

(1)空氣的抵抗力 物體支持在氣流之中，或物體在靜止的空氣中運動時，氣流對於物體的運動起反對的作用。這種反對作用的力，叫做空氣的抵抗力。

在氣流中放入圓柱，增加氣流的速度，則其後方發生漩渦而起混亂。這混亂的範圍愈大，則抵抗力也愈大。

表示一般流動體之流動形狀的曲線，叫做流線。外形剛剛適合其流線——所謂流線形——的物體，其所受抵抗力最少。

高速度駛行的航空機和汽車、火車等，其各部分最好都造成近於流線形。

就飛機而論，其翼不可不成流線形；就是它所用的支柱，在必須用圓形鋼管的情形下，也必須用木片來把它配成流線形（圖97）。同樣粗細的柱，圓形者所受抵抗力，不過流線形者的 $\frac{1}{15}$ 。

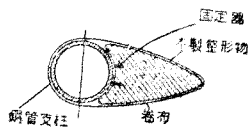


圖97 圓形鋼配成流線形法

抵抗力的大小，跟物體的形狀和運動及速度而不同。在普通的情形下，大體是與垂直於運動方向的物體之最大縱斷面積成正比例，與速度的平方成正比例。

(2)航空用發動機 航空用發動機，大多用9或12氣缸的四衝程式氣油內燃機；大馬力的則用18或24氣缸者。其氣缸多用冷卻式，有水冷式和空氣冷式兩種。不論採那一式，總要合乎質量輕，馬力大，空氣抵抗力小，燃料消費省的理想。水冷式發動機，有需要裝置使水冷卻的放熱器，但氣缸與氣缸可放得貼近，型體較小。空氣冷式發動機，大概都是將多數的氣缸作星形的排列；氣缸頭上有大的輪形帽蓋，可以減少空氣抵抗；並且冷卻效果也大。

(3)飛機 飛機的主要部份為引擎、推進器、翼、舵等。翼的前方須比後方裝得略高。

用引擎旋動推進器，使機體滑走，翼就擋住前方的空氣，由於空氣的反作用，翼面受到與本身成直角的壓力 OP ，（看圖98）。這壓力 OP 分解成水平與垂直的兩方向壓力 OQ 、 OR 。 OQ 的一股力正就是反對前進的空氣抵抗力，它給推進機的前進力打銷了； OR 的一股力，卻能使機上升，這便是所謂浮揚力。如果浮揚力比機體的全重量大，機體便浮揚到空中去了。

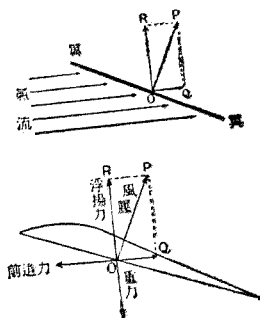


圖98 飛機的原理

飛機在空氣飛揚前進，直至發動機關停止運轉，方才落下。

飛機的後尾裝有升降的機關，這便是升降舵，又有左右換向的機關，這便是換向舵；更有使機體向左右傾斜的補助翼。

飛機的飛行記錄：

速度	655千米/時	續航時間	84時32分
航續路程	8065千米	上昇高度	13,757米

飛機的各種用途：



(4) **飛船** 將氫氣或氦氣裝入氣囊而封閉起來，借它來供給浮揚力；裝上推進機來供給前進力；應用這樣的理來造成的交通器便是飛船。飛船所用的引擎多為汽油內燃機或重油內燃機。

(5) **航空機的重要** 航空機立於戰時國防的第一線，平時也站在各種交通機關的最上級；實在是近代科學的結晶，也是由科學所發生的最大權威。

對國防事業說來，固然該改良兵器，該建造軍艦，但是對於將來的戰鬪，最需要充實的還在空軍。如果不能掌握制空權，那麼雖有百萬精兵，也等於無用。如果沒有空軍相輔作戰，雖有幾十萬噸艦隊，其戰鬪力便不能不減少一半。將來的決戰在於空中，這是千真萬確的。何況平時交通，也大有需要於航空機呢？我們對於航空機的研究，怎可不努力精進呢！

