

復興初級中學教科書

# 物理學

第二冊  
周頌久編著

國民政府教育部審定

\*\*\*\*\*  
\* 按照新課程 \*  
\* 標準編輯 \*  
\* \*\*\*\*\* \*

商務印書館發行

MG  
G634.7  
72

復興初級中學教科書

# 物<sub>文</sub>理<sub>九</sub>學<sub>工世</sub>

下 冊

周 頌 久 編 著



3 1773 7374 7

商 務 印 書 館 發 行

初級中學教科書

# 物理學下冊

## 目次

第十八章 光的傳播 .....	121
光 光的直線傳播 小孔成像 影和蝕 光的速度	
第十九章 反射及折射 .....	129
反射 亂反射 鏡中的像 對稱位置 折射 折射定 律 全反射 平行板的折射 稜鏡	
第二十章 透鏡 .....	142
透鏡 焦點 透鏡造像 放大鏡 照相機 幻燈 眼 眼鏡 顯微鏡 望遠鏡	
第二十一章 日光和顏色 .....	156
色散 光的混合 虹 光譜的種類 光譜中各部分的 作用 透過光的色 不透明體的色 顏料的色	

第二十二章	磁鐵 .....	167
	天然磁鐵 人造磁鐵 磁力 磁力線 羅盤 地磁	
第二十三章	摩擦起電 .....	175
	帶電 導體和絕緣體 陽電和陰電 靜電感應 放電	
	尖端作用 雷電	
第二十四章	電流 .....	185
	電池 陽極和陰極 各種電池 電動勢 電阻 電流	
	強度 磁效應 電磁鐵 熱效應 化學效應	
第二十五章	感應電流 .....	199
	電磁感應 直流和交流 發電機 電動機	
第二十六章	電的應用 .....	207
	電燈 電鈴 電報 電話 電扇 電車	

初級中學教科書

## 物 理 學 下 冊

### 第十八章 光的傳播

**光** 由物體發出一種作用，傳到我們的眼內刺戟視神經，引起一種感覺，由此方能將物體的大小，形狀，方向，遠近，以及色彩等，辨別出來，這樣的作用，通稱為**光**(light)，具有此種作用的物體，或此項作用的來源，稱為**光源** (light source)。如太陽，燭光，燈火，以及電燈泡裏面的白熾燈絲，都是自己本身有光發出，故稱**有光體**(luminous body)。其他大多數的物體，如桌椅書筆等，非有其他有光體在其近傍，不能照見，即是自身不能發光，但若受到外來的光，經其表

面反射後，也能進入我們的眼內，引起視覺。這樣的物體，稱**不發光體** (non-luminous body)。夜間持一燭火進入暗黑的房內，房中一切物體受到燭火發出的光，四向反射而去。其中有一部分傳到眼內，因此方能看清。

昇高不發光體的溫度，到了一定程度，也能變有光體，自行發光。例如一塊鐵，在常溫中當然是個不發光體，非有光照及，決看不見。但若用火去燒，使其溫度漸次升高，即逐漸變成紅色，最後竟轉成白色。就是燭光，也是因為火焰中的無數細微炭粒，溫度昇到了白熾程度而成的。

光射到物體上，有些物體，可以容光自由透過，如空氣，玻璃等，即屬此類，在其後面，同樣的可以受到光，這樣的物體，稱為**透明體** (transparent body)。反之，有些物體，不能容光透過，如木石金屬等，在其後面，無光可達，這樣的物體，稱為**不透明體** (opaque body)。還有一些物

體，介在透明與不透明之間，例如毛玻璃及蠟紙等，雖能容光透過，但只透過一部分，所以在其後面，雖可見光，但不能認清有光體的形狀，這種物體，稱爲半透明體 (translucent body)。一切物體的薄片，就是最不透明的金屬，到了錘成薄箔的時候，也都是半透明體。

光的直線傳播 眼和燭光中間，如來一不透明體，眼中即看不見燭火，由窗隙透進室內的日光，照及空氣中塵埃，從旁看去，現爲一條直線的光路。有霧的晚間，望見街燈放出的光，均作直線形狀，四向射出。再拿三張厚紙，在其上各穿一小孔，將此三張紙平行插入燭火與紙屏的中間，當紙屏上現出光點時，此三紙上的小孔，恰排列成爲一直線上的三點。由此種種事實，可以證明光在組織一樣的介質 (medium) 裏面，是沿着一直線進行的，通稱爲光的直線傳播 (rectilinear propagation of light)。通常就用一條直線來表示

光的進路，稱爲**光線** (light ray)。許多條的光線要是由同一點發出來的，則愈遠愈行散開，故稱爲**發散光** (divergent light)。反之，要是許多條的光線，都向着同一點集中起來，這樣的光，稱爲**會聚光** (convergent light)。還有由太陽射到地面上來的光，因爲光源太遠，所以光線既不散開，也不集中，完全成爲平行的直線，這樣的光稱爲**平行光** (parallel light)。

小孔成像 用一個方盒子，前方開一小孔，

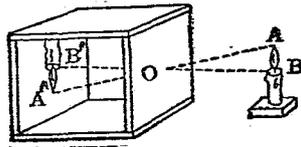


圖 60 小孔成像

如圖60的 $O$ ，後方爲毛玻璃，四圍均不透光，在盒的前面放一燭火  $AB$ ，由燭火中一點  $A$  發出的光，只有經過  $O$  點的一條光線  $AO$ ，能夠射入盒內。故由  $A$  點發出而能射到玻璃板上的光，也只有此一條，此外的一切光線，均被盒的前面遮

斷。故在盒後，只有一點  $A'$ ，受到燭火中由  $A$  點發來的光照及。對於燭火中其他各點，亦復如是，各各僅有一條光線，射到玻璃板上，位置各不相同。例如由  $B$  而來的為  $B'$ ，餘倣此。這許多的光點  $A'$ ， $B'$  等集合起來，遂成為  $A'B'$  的形狀，和盒前的蠟燭的形狀相似，不過上下顛倒左右反轉罷了。這樣的圖形，通稱為像 (image)。盒前開的孔愈小，造成的像愈鮮明，要是孔太大了，或者孔數不止一個，玻璃上的一點，同時可受到實物上若干不同的點的光照及，造成的像，彼此相重，即模糊不清。

影和蝕 光既沿一直線傳播，在其途中，如有一不透明體隔住，此物體的背後，因無光可達，成為完全暗黑的區域，通稱為影 (shadow)。若光源是一點，則影成為一截頭的錐體，即以光源為其頂點，如圖61。  $L$  表光源， $AB$  表不透明的球體，加陰影的部分即成為影。用一紙片插

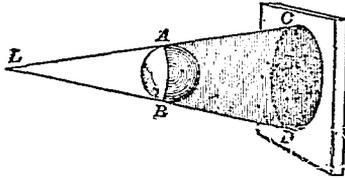


圖 61 影

入影中，與圓錐體相截的平面，成爲一圓  $CD$ ，或成爲橢圓形。紙片與  $AB$  的距離愈遠，影的面積愈大。

如光源不只一點，而有相當的大小，則在不透明體背後造成的影，卽有濃淡的分別。濃處完全無光可見，稱爲**全影** (umbra)，淡處可見一小部分的光，稱爲**半影** (penumbra)。日月成蝕 (eclipse)，就是這個現象。如圖62， $S$ 表太陽， $E$ 表地球， $M$ 表月。引太陽和地球的共通切線，切線間所包括的範圍，卽全影和半影。全影在中，

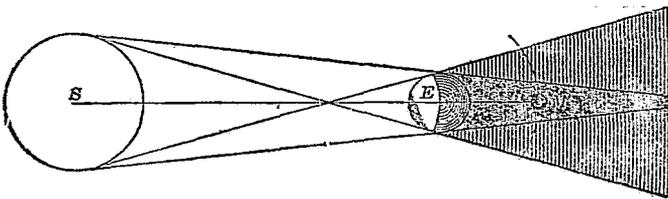


圖 62 月蝕

特別暗黑，半影在外，比較略微明亮。月本無光，平常所見的月光，純係日光照及月球反射而來的。當月進入全影內，完全無光可受，遂成月蝕(lunar eclipse)。當月行至地球與太陽之間，月的背後，同樣也有影發生，地球上在此一部分的人，因為受不到日光，遂成日蝕(solar eclipse)。

**光的速度** 光在空中傳播，異常迅速，從前都信為光的傳達，並不需時。但在1675年經勒麥(Römer)觀測天文，始發現光的傳達，也非有相當的時間不可，並由此測定光的傳播速度，其法如下：木星(Jupiter)共有四個衛星，在其周圍運轉，進入其影，即發生蝕，也和地球上的月蝕一樣。這種蝕相繼出現，都隔着一定的時間，可以計算出來。可是當地球和木星最接近的時候，如圖63，地球在  $A$  的位置時，木星  $J$  的四個衛星  $M$  相繼成蝕所歷的時間，比預算的時間，共早  $8\frac{1}{4}$  分鐘。又當地球和木星隔得最遠的時候，

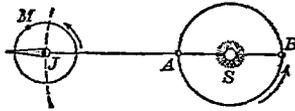


圖 63 光速度的測定

如在圖中  $B$  的位置時，四個衛星相繼成蝕所歷的時間，比預算的時間，共遲  $8\frac{1}{4}$  分鐘。假如光在地球軌道直徑  $AB$  間通過，要  $2 \times 8\frac{1}{4} = 16\frac{1}{2}$  分鐘即  $16\frac{1}{2} \times 60 = 990$  秒鐘的時間，理論就和實際完全一致。由此只要知道了  $AB$  間的距離，就不難算出光的進行速度。據實測得知  $AB$  間距離，為 299,000,000 仟米，故光在真空中進行的速度為  $299,000,000 \div 990 = 3 \times 10^5$ ，即約每秒三十萬仟米。

問題 1. 要怎樣方能使小孔造成的像，和實物同大？要如何方能使其比實物更大？

問題 2. 不透明體比光體大的時候，所生的影如何？試作一圖表示。

問題 3. 晝夜的原因何在？

問題 4. 登高可以望遠，是何緣故？

問題 5. 樹下的日光，概作圓形，是何緣故？

問題 6. 閉了百葉窗，室外不能窺見室內，但何以在白晝時，室內依然有光？

## 第十九章 反射及折射

反射 由窗穴射入暗室內的一條太陽光線，達到桌面上的鏡子後，即折向另一方向進行，如圖64，光線由  $IO$  的方向射來，遇着平面鏡  $MM'$

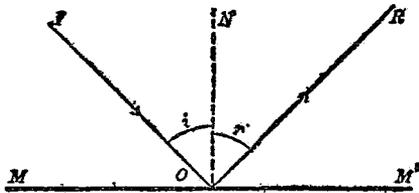


圖 64 光的反射

的一點  $O$ ，以後即折向  $OR$  的方向而去。這樣的現象，稱為光的反射(reflection of light)。遇着鏡面的點  $O$  稱入射點 (point of incidence)，射來的原光線  $IO$  稱入射線 (incident ray)，改向後的光線  $OR$  稱反射線(reflected ray)。在  $O$  點引一直線  $ON$  使其和鏡面  $MM'$  垂直，此直線稱為法線

(normal)。投射線和法線間的角度  $\angle ION$  稱**入射角** (angle of incidence)，反射線和法線間的角度  $\angle NOR$ ，稱**反射角** (angle of reflection)。轉動  $MM'$  的方向，使日光以各種不同的入射角，射到鏡面上，即見反射角總是和入射角相等，並且反射線和入射線及法線三者總在同一的平面內。這個關係通稱為**反射定律** (law of reflection)。

**亂反射** 上述的入射線，要是不只一條，而是若干條平行光線集合而成的，射到了一面平面鏡上，各條光線的入射角彼此相等，按照上述的反射定律，反射後的反射線，也應和法線成為相等的反射角，所以反射線也是一些平行光線，如圖65。此時必須在這唯一的反射方向上，方能望見太陽在鏡中映成的像。假如入射的面不成為一個真正的平面，而是凹凸不平的粗面，那麼，各條光線反射後，沒有一定的方向，如圖66所示，各方均有一部分的光，同時無論從任何一方，也看

不見反射面中映成的太陽。這樣的反射，稱為**亂反射** (irregular reflection)，和此相對，圖65的反射稱**單向反射** (regular reflection)。亂反射的反射光，散佈於各種方向，所以又稱**散射光** (scattered light)。通常的物體表面，大都是不甚平滑的，日光投射於其上，反射後各方面都有一部分的光，

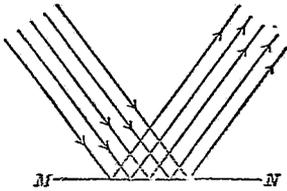


圖 65 單向反射

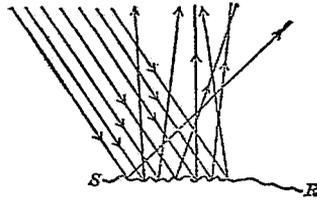


圖 66 亂反射

我們所以能夠看見不發光體，就全靠這散射光。在夜晚也由於燈光射到房內的一切物體以及牆壁上，亂反射後進入我們的眼內，始能察見這些物體。

鏡中的像 凡用來使光線反射的平滑表面，通稱為鏡 (mirror)。尤其是平面鏡，用處最多。

其反射面並非玻璃的表面，乃是玻璃底所鍍的一層金屬面。玻璃不過用來支持這一層薄金屬面，並且保護着他免得受損。在此種鏡內映成的像，如圖67， $P$ 表光點， $AB$ 表鏡面，光線 $PA$ 垂直於鏡面， $PB$ 表一任意的光線，在 $B$ 點引法線 $BD$ ，及直線 $BC$ 使 $\angle DBC = \angle PBD$ ，則 $BC$ 即

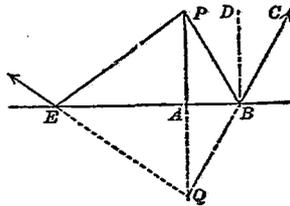


圖 67 鏡內的像

$PB$  的反射線。延長  $PA$  及  $CB$  於鏡的後方，相交於  $Q$  點。由幾何學定理可知兩三角形  $PAB$  及  $QAB$  完全相等，故知  $AQ = AP$ 。同樣，對於其他任何一條光線  $PE$ ，亦可求得其反射線，與  $PA$  仍舊相交於  $Q$  點。由此可知凡由  $P$  發出來的一切發散光線，經鏡面反射後，宛如均自鏡後

的一點 $Q$ 發散出來的一般。在鏡前任何一點的眼中所受到的光，只覺其均由 $Q$ 點而來，所以從鏡中望去，只知有一光點在 $Q$ 的位置上。這樣的 $Q$ 就是鏡中所造成的 $P$ 的像。

如物體不只一點而有相當的大小，放在鏡前，則其上各點，均在鏡中造成一個像，其位置各有

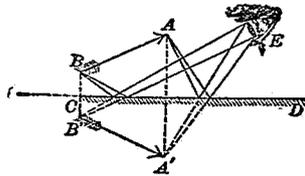


圖 68 實物和像

一定，即連接像點與光點的直線與鏡面垂直，和鏡面間的距離，彼此恰相等。連結各像點即成全體的像。如圖68，實物為一直線 $AB$ ，只要按照此法求得其上兩點 $A$ 及 $B$ 的像，連結起來，即得全像 $A'B'$ 。

對稱位置 像點和光點對於鏡面均作等距

離，故和鏡面接近的點，像也和鏡面相近。即是兩者對於鏡面，恰在對稱的位置上。由此可知鏡中映成的像，雖然大小和形狀，都和實物一樣，可是左右恰相反對，如圖 69，將一表面正對鏡面時，在實物方面時針指着九點鐘，而在像中的位置，驟視之，彷彿在三點鐘。

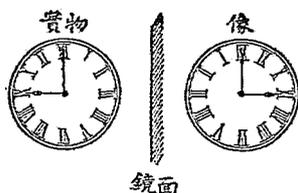


圖 69 對稱位置

折射 將一隻箸半插入水內，由外面望去，下半截好似在水面處折斷了的一般，如圖70，池中的水由岸上看去，好像很淺，其實頗深。杯底放一銅圓，將眼放在杯的旁邊，使銅圓恰被杯口遮住，眼睛不能看見。然後注水入杯，即可得見，好像銅圓浮起了的一般，如圖71。由此種種

事實，可知光線由第一種透明介質中進入第二種透明介質中時，其進行的方向，必發生突然的變動。這種突然改變光線方向的現象，稱為**光的折射** (refraction of light)。例如光線由空氣中進入水內時，也有同樣的現象。命  $IO$  表在空氣中的光線，即入射線，達於水面上的  $O$  點，如圖72，

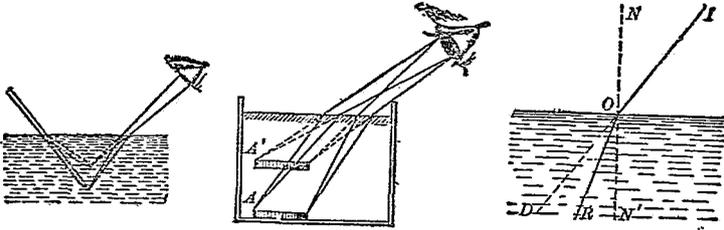


圖 70 水中的筭

圖 71 水底銅圓浮起

圖 72 折射

進入水中改變成爲  $OR$  的方向，此  $OR$  即稱爲**折射線** (refracted ray)。入射線  $IO$  和法線  $ON$  間的角度  $ION$ ，稱爲**入射角** (angle of incidence)，折射線  $OR$  和法線  $ON'$  間的角度  $N'OR$ ，稱爲**折射角** (angle of refraction)。如光線由水中進入空氣中，只須將圖中光線的方向反轉過來即得。

**折射定律** 在入射點  $O$  處以  $O$  為中心，以任意適當的長作半徑畫一圓周。與入射線相交於  $I$  點，如圖 73，與折射線相交於  $R$  點，由  $I$  及  $R$  各作法線  $NN'$  的垂線，得  $IA$  及  $RB$ 。再就種種入射角與折射角，照此各取其相應的  $IA$  及  $RB$ ，結果不問入射角的大小如何，但  $IA$  與  $RB$  的比，

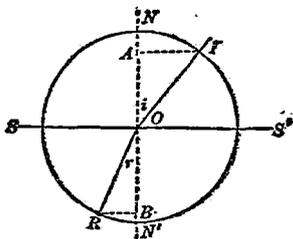


圖 73 折射定律

總是一定不變的。譬如光由空氣入水，此時的  $IA$  與  $RB$  的比，恆等於  $4:3$  即  $\frac{IA}{RB} = \frac{4}{3}$ 。這個常數  $\frac{4}{3}$  就稱為從空氣入水的**折射率** (index of refraction)。對於其他的介質，也有相類的關係，只不過折射率的數字，隨介質而異罷了。例如從空氣入冕牌玻璃 (crown glass) 折射率為  $\frac{3}{2}$ ，從空

氣入火石玻璃(flint glass)的折射率爲 $\frac{8}{5}$ ，從水入空氣的折射率爲 $\frac{3}{4}$ 。

總括上述的結果，知入射角與折射角在同一平面內，折射率 $\frac{IA}{RB}$ 是一個常數，其值由接界的兩種介質種類而定。這個關係通稱爲**折射定律**(law of refraction)。

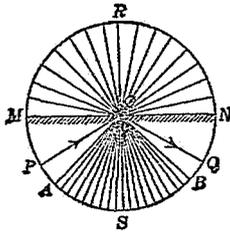


圖 74 全反射

**全反射** 設有由各種方向射來的光，均集中於水面上的一點，如圖74中的 $O$ 點。進入水中，應各受折射的作用，因空氣入水的折射率等於 $\frac{4}{3}$ ，故入射角應大於折射角。折射的結果，各光線較在空氣中時互相接緊，密集於法線 $RS$ 的左

右，不能超越  $AOB$  的範圍以外。最大的折射角即  $\angle SOA$ ，和此折射角相當的入射角，適為  $90^\circ$ 。反之，如光係由水出空氣，則凡在  $AOB$  範圍以內的光，固能經由  $O$  點透出水面以上，不過透出後，各光線須略微散開，分佈於水面上各種方向上，其中沿  $OA$  與  $OB$  入射於  $O$  點的光線，透出水面後，恰好掠水面而出。若入射線更在此外，例如  $PO$ ，此時因入射角較  $\angle AOS$  大，折射角亦應較  $90^\circ$  大，換句話說，決不能出於水面上，結果，只有反射而回，沿  $OQ$  的方向，復回水內。當然此時須按反射定律折回，即角  $POS$  等於角  $SOQ$ 。像這樣全部的光不能透出水外，悉數反射而回的現象，稱為**全反射** (total reflection)。其能透出水外的最大入射角即  $\angle AOS$ ，稱為**臨界角** (critical angle)。由水透出空氣時的臨界角為  $49^\circ$ ，由冕牌玻璃透出空氣時的臨界角為  $42^\circ$ 。

平行板的折射 光線斜向入射於透明物質的

平行薄板時，當其進入板內所起的折射，和由板再透出板下空氣中時所起的折射，恰好相反，結果如圖 75 所示，最初的入射角  $i$  和最後的折射角  $r'$  恰好相等。即入射線  $EO$  和透出線  $O'F$  彼此平行，不過略微錯開少許而已。如透過玻璃窗觀察室外的物體，即屬此例，方向雖然不差，但眼中所見的位置，並非物體真正的位置，而在其近旁。

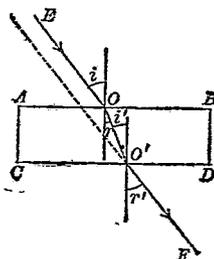


圖 75 平行板的折射

稜鏡 如入射光所透過的物體，其表面是由平面相交成爲一種角度時，這種的透明體，通稱爲稜鏡(prism)，如圖 76， $ABC$  表一玻璃三角柱的橫截面，此三角柱即稜鏡。頂角  $A$  即稱爲稜角

(refracting angle)。入射線  $EF$  達於稜鏡的  $AB$  面上一點  $F$ ，進入稜鏡內時受折射作用，改作  $FG$  的方向，再遇第二面  $AC$ ，又須再受一次的折射，改沿  $GH$  的方向，出於空氣中。經此兩度的折射後，必須將眼放在  $H$  處，方能望見  $E$  處物體的像，生於  $L$  的一點。原來的方向  $EF$  和最後透出的方向  $GH$  間的角度  $KPH$ ，稱為偏向 (deviation)。

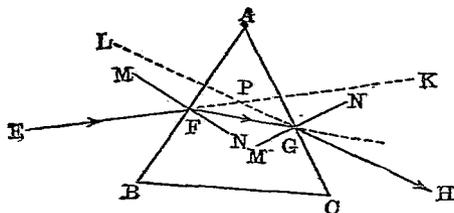


圖 76 稜鏡

問題 1. 無風時水中可以映出天上的明月，有風時碎為無數細片，是什麼緣故？

問題 2. 從鏡中窺人，同時必為人所窺見，是何緣故？

問題 3. 知道冕牌玻璃的折射率等於  $\frac{3}{2}$ ，試由作圖法，求任何一條光線的折射線。

---

問題 4. 在地平線近旁的星光，總要比在頂上的星光暗淡些，是什麼緣故？

## 第二十章 透鏡

**透鏡** 任何透明體的薄片，至少有一面成爲曲面時，稱爲透鏡 (lens)。大多數的透鏡表面通是球面，其橫截面如圖77所示，周圍是由兩圓弧包括而成。圓弧的中心  $C$  和  $C'$  稱爲透鏡表面的

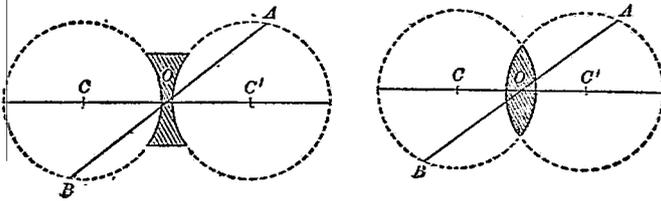


圖 77 透鏡的截面

**曲率中心** (center of curvature)。連結兩曲率中心的直線  $CC'$ ，稱爲透鏡軸線 (axis)。透鏡中有一特別的點  $O$ ，稱爲**光心** (optical center)。凡經由此一點通過的光線，均取原來的方向，逕直透過透鏡，不受折射的作用。

透鏡有許多的形狀，如圖78所示，有些兩面都是球面，有些一平一曲。大別起來，只有兩類，一類如  $a, b, c$  三種，中心厚周圍薄，其作用和兩個稜鏡的底重在一起時的作用相同，如圖79，由一點發出的發散光  $Oad$ ，經此種透鏡折射透出時，一變而成會聚光，集中於同一的點  $F$ 。這樣

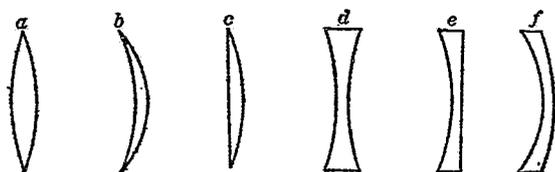


圖 78 各種透鏡

的透鏡稱為**凸透鏡** (convex lens)，或稱**會聚透鏡** (converging lens)。此外的一類，如圖78中的  $d, e, f$  等，中心薄周圍厚，其作用和兩個稜鏡的頂角互相接合在一處時的作用相同，如圖80，由一點  $O$  發出來的發散光  $Oad$ ，經此種透鏡折射透出時，變成程度更高的發散光，如  $bc, eg$ 。但如反對延長，則此等發散光亦相交於一點  $F$ ，其位置更比

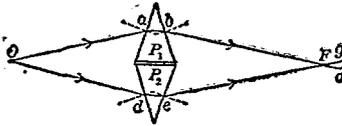


圖 79 凸透鏡的作用

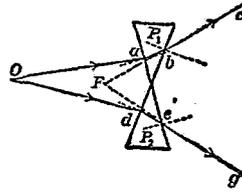


圖 80 凹透鏡的作用

$O$  點還要和透鏡面接近。這樣的透鏡，稱為凹透鏡(concave lens)，或稱發散透鏡(diverging lens)。

焦點 由太陽而來的平行光線，投射到凸透鏡上，如入射光的方向，和透鏡軸平行，則此等平行光線，經凸透鏡會聚後，在透鏡的後方集中成爲一點，如圖81的  $F$ ，此點即在透鏡軸線上。如在此位置上放一紙片，即見紙片上現出很明亮的太陽的像，並且不久紙片即被燒焦。因此這一

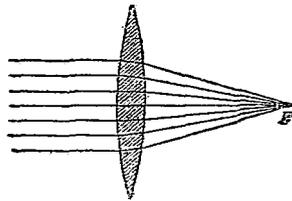


圖 81 焦點

點，就稱爲**主焦點**(principal focus)。主焦點與透鏡面間的距離，通稱爲**焦距**(focal length)。

如用凹透鏡，則由太陽而來的平行光，經透鏡發散後，愈遠愈行散開，決不再行會合，如圖 82，但如向反對的方向各各延長，即在光線發來的同一邊上，相交於一點，宛如透出的光均從此一點發出來的一般，形式上頗與凸透鏡的主焦點

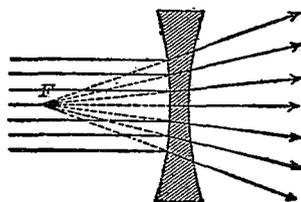


圖 82 虛焦點

相類似，事實上凸透鏡的主焦點確實有光從此通過，而凹透鏡的這一點，並非真正的光線集中於此，只不過由透過光看去，好像由此一點發出而已。因此，在凹透鏡上的這樣一點，即稱爲**虛焦點**(virtual focus)。與此相對，凸透鏡的主焦點，則稱爲**實焦點**(real focus)。

入射線和透過線可以交換使用，故在圖 81 中由焦點  $F'$  發出的發散光，經透鏡透過後，變成平行的光線，在圖 82 中，凡向着  $F'$  點而來的會聚光經透鏡透過後，也變成平行的光線。

透鏡造像 利用透鏡的主焦點，可由作圖法，求出物體經透鏡造成的像。即由物體上一點發出的光線中，經過透鏡中心的光線，可以逕直透過，不生折射；凡由焦點通過的光線，經透鏡透過後變成平行光線；凡與透鏡軸平行的光線，經透鏡透過後，均必通過主焦點。以上三項中任取其二，即能決定兩條光線的折射線，其交點應為像點的位置。如是對於物體上其他的各點，均可照此求得，連結起來，即得透鏡造成的像。試舉數例如下：

圖 83 的箭頭  $AB$  表一實物，其位置在於主焦點以外，經凸透鏡造成的像為  $A'B'$ ，並且是由實在的光線集中造成的，所以是實像，而且上下是顛倒的。

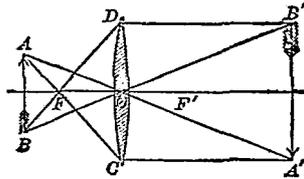


圖 83 實像

圖 84 的實物，位置在於主焦點以內，經凸透鏡造成的像為  $A'B'$ ，並非真正的光線集中於此，乃係由透鏡背面望去，各種透過光線，好像似從此處發出來的一般，所以是虛像，並且是上下正立着的，非隔着透鏡不能看見，無論何時，像總比實物大。

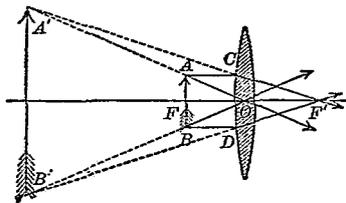


圖 84 虛像

圖 85 的實物放在凹透鏡前面，此時造成的像  $A'B'$ ，也是虛像，上下正立，也非隔着透鏡

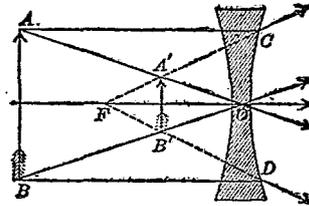


圖 85 凹透鏡造像

不能看見，並且無論何時，像總比實物小。

**放大鏡** 日常用來檢查細物或閱讀小字的書籍使用的**放大鏡**(magnifying glass)，就是一個單獨的凸透鏡，將實物  $ab$ ，如圖 86，放在主焦點  $F$  以內，隔透鏡看去，即可看見放大數倍的虛像  $AB$ 。放大的倍數，稱**放大率**(magnifying power)。

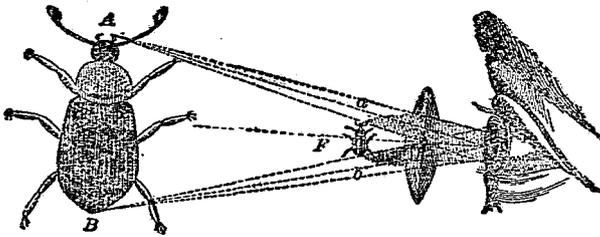


圖 86 放大鏡

**照相機** 照相機 (photographic camera) 的主

要部分是一個可以伸縮自如的軟皮暗箱，前面裝一凸透鏡，使遠處射來的光，經由透鏡，進入暗箱，在箱後面裝的毛玻璃板上，造成鮮明的實像。然後取去毛玻璃板，換上塗有銀鹽的乾板或膠片。同樣使光由透鏡射入，銀鹽受光，發生化學作用。光多的處所，作用較強；光弱的處所，作用較弱。俟作用達到適宜的程度後，將乾板取下，另用相當的藥水沖洗。已起作用的地方變成黑色，留在板上；未起作用的銀鹽，即溶化於藥水中，在板上現成明處。如是即得一明暗和實在景色相反的底片。再用感光紙貼在底片下，用光曬過，紙上的銀鹽，亦起同樣的化學作用，照同樣的方法沖洗，可得一明暗和實在景物相同的畫片，是即照片(photograph)。

**幻燈** 將透明的畫片放大後映在幕上以供公眾觀覽的器械，稱為**幻燈**(magic lantern)，其原理和照相器完全相同。只不過將畫片和景物的位

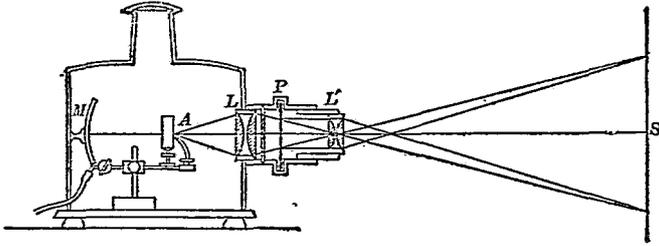


圖 87 幻燈

置，交換過來使用罷了。其構造如圖87，由光源  $A$  發出來的光，經後面的凹鏡  $M$  集中後，再經由前面的凸透鏡  $L$  再行集中，始照及透明畫片  $P$ 。 $P$  的位置在於透鏡  $L$  的主焦點外，並和主焦點相去甚近，即在遠處幕上映成放大的實像。

眼 我們的眼睛，也和照相機的構造相同。瞳孔  $p$  的後面有一個睛珠，和透鏡的作用一樣，如圖 88 的  $ll$ ，光經此睛珠透過後，進入眼球內



圖 88 眼

部，和進入照相機中一樣，在眼球的後壁，造成一鮮明的實像，如圖中的  $m$ 。此處壁上滿佈着視神經，光所到處即引起視覺。

眼和照相機的原理雖極相似，但照相機的透鏡和乾片間的距離可以任意伸縮，而眼球的深淺生來即是一定，不能變化。但是睛珠的上下都有筋肉連繫着，由此項筋肉的收縮，可以使睛珠的彎曲程度隨意變換，以適應物體的遠近。這樣的作用稱爲眼的調節(accommodation of eye)。通常的人對於遠處的物體，均能明瞭看見，並不受何限制。但對於近處的物體，在健全的青年，雖能看得見 12 厘米到 15 厘米以內，不過很覺吃力罷了。通常絲毫不感疲勞，又能看得清楚的距離，在健全的眼，約爲 25 厘米，此項距離，通稱爲明視距離(distance of most distinct vision)。

眼鏡 眼球的深淺，隨人而異。其中有生得特別的深，遠處的物體在這樣的眼球內所造成的

像，在於眼球後壁的前面，故在後壁上不能造成鮮明的像，看去異常模糊。欲免此弊，須用凹透鏡一個放在眼前，將遠處射來的光線，預行發散一下，然後進入眼內，即可將像移退少許，使其恰好生在眼球後壁上面。這樣的眼通稱為近視眼 (near-sighted eye)，為此目的而使用的透鏡，通稱為眼鏡 (spectacles)。又有一種人的眼球生得特別的淺，近處的物體在這樣的眼球內所造成的像，在於眼球後壁的外面，所以也看不清楚。欲免此弊，須用凸透鏡的眼鏡，將光線預行會聚一下，然後進入眼內，即可將像略微移前，使其恰好生在眼球的後壁上面，這樣的眼稱為遠視眼 (far-sighted eye)。還有年老的人，筋肉收縮不靈，睛珠的彎曲程度也不足，所以結果也和遠視眼一樣，要用凸透鏡的眼鏡來矯正他。

顯微鏡 放大鏡只能將實物放大數倍，最多也只能到十幾倍，所以過於微小的物體，如微生

物，動植物的細胞等類，用放大鏡依然看不出來。但若將若干個的透鏡聯合起來使用，即不難使放大增加到數百倍或數千倍。這樣的儀器，通稱為顯微鏡 (microscope)。其主要部為一金屬圓筒，上下兩端各裝有一套透鏡。下端的一套，正對着欲看的實物，稱為物鏡 (objective)，上端用眼

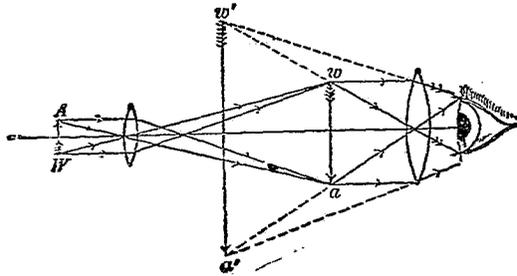


圖 89 顯微鏡

去窺看的一套透鏡，稱為目鏡 (eye-piece)。實物  $AW$ ，如圖89，放在物鏡的焦點外，經物鏡造成一放大數倍的實像  $wa$ ，此實像  $wa$  的位置，恰在目鏡的主焦點以內，故再經目鏡放大後，即成為  $a'w'$  的虛像。原長  $AW$  對於虛像  $a'w'$  的比，即顯微鏡的放大率。

望遠鏡 使遠處的物體的像，生於明視距離的位置上，並加以相當的放大，以便觀察的儀器，爲望遠鏡 (telescope)。其構造也和顯微鏡大致相同，其主要部也是一個圓筒，兩端各有一套透鏡，對着實物的是物鏡，用眼去觀察的是目鏡。遠處的物體  $AW$ ，如圖 90，經物鏡  $O$  造成實像  $\alpha w$ ，更經目鏡放大，成爲  $\alpha'w'$  的虛像。望遠鏡

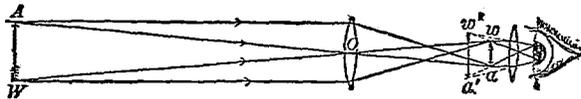


圖 90 望遠鏡

和顯微鏡不同，顯微鏡是看近處的物體，可以用強烈的光去照，望遠鏡是看遠處的物體，無法用光去照。所以用望遠鏡時，物鏡要特別的大，造成的像方能明瞭。

問題 1. 球形的玻璃缸內養着金魚，由外面看見浮游其中的金魚時大時小，是何緣故？

問題 2. 玻璃窗雖用布揩拭乾淨，但由窗外射來的日光，

---

照着白紙上，仍不免有明暗交錯的花紋，究竟是怎樣發生的？

問題 3. 望遠鏡倒過來看，成何景象？其理由如何？

問題 4. 使用幻燈映畫時，如幕面過小，而放大的像過大，有何方法改正？

## 第二十一章 日光和顏色

**色散** 以上所說的太陽光，由空氣進入第二種介質中時，僅言其發生折射，不過是按照着折射率改變其進行的方向罷了。事實上由太陽而來的光，決不這樣簡單，不僅改變方向，並且還分

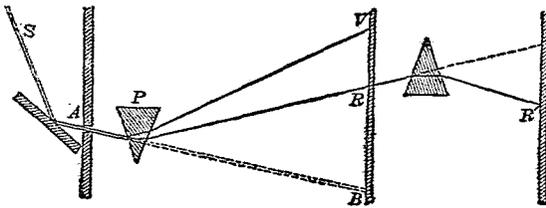


圖 91 光的色散

解成爲無數的色光，各種色光的折射率各不相同。這樣的現象，稱爲**光的色散**(dispersion of light)。在暗室內導入一條日光，使其沿  $AB$  的方向達於幕  $VB$  上面，如圖 91。其次在光線通路中插入一個玻璃稜鏡  $P$ ，即見原在幕上映出的光點  $B$ ，

不僅上昇了若干距離，並且膨脹開來成爲一系列的彩色，佔據圖上  $RV$  一帶的地位，由下而上各色排列的次序爲紅，橙，黃，綠，藍，靛，紫。即紅色光的折射率最小，紫色光的折射率最大，其餘各色的折射率，都在紅紫之間。這樣的一列彩色，稱爲**光譜** (spectrum)。其次再在幕上紅色光點所在處開一小孔，放紅色光由此小孔透過幕後，其他各色光均被幕遮斷。即見此一線紅色光，又在第二幕上映成一個紅點。此時再在此紅色光的通路中，插入第二個稜鏡，即見紅點雖然改變地位，但始終還是一個單獨的紅點，並不再起第二次的色散。再略微使第一稜鏡  $P$  轉動，即改用紅色以外的其他任何色的光，來作同樣的實驗，結果均同。

**光的混合** 又如在進入暗室內的一條日光進路中，插入兩個完全相同的稜鏡，並且此兩稜鏡的稜角一在上一在下，如圖92，即見連續透過此

兩稜鏡後的光，在幕上仍舊造成一個白色的光點，和未通過稜鏡前相同。又或如圖93，在色散後的光路中，插入一個凸透鏡，將色散後的各色光會聚起來，使其重行集合於  $Q$  點，則在  $Q$  點又復現一白色的光點。在光譜中選取一部分的光，用透鏡會聚起來，結果可以造成千差萬別的光點。

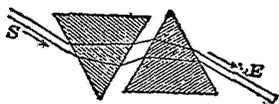


圖 92 色散與合成

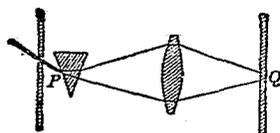


圖 93 光的合成

由上述種種的事實，可知通常的白光，實由於無數顏色不同的光混合而成，各色的光，各有其一定不移的折射率；經稜鏡折射後，即各按其折射率的大小，分散開來造成彩色光譜。反之，光譜中各色混合起來，也可以復原成爲普通的白色光。

虹 天空中浮着的雨滴，也和上述的稜鏡有



光譜的種類 一切光源發出來的光，均可用稜鏡使其色散後造成其固有的光譜。其中如電燈的光以及其他一切白熾的固體液體所發的光，造成的光譜，都是由紅到紫各色俱全，互相啣連，成爲一片，這樣的光譜稱連續光譜 (continuous spectrum)。若由氣體或灼熱的金屬汽等發出來的光，造成的光譜，則爲若干條的彩色細線，其位

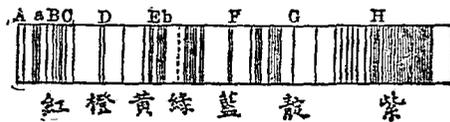


圖 95 光譜中暗線

置和顏色，各不相同。但由同一物質造成的光譜，總是一定不變的，這種光譜稱爲明線光譜 (bright line spectrum)。至於太陽光譜，乍看去好似連續光譜，其實只要詳細檢查，即見其中含有無數的暗線，並非連成一片的，這種光譜稱爲吸收光譜 (absorption spectrum)，如圖 95 所示。

光譜中各部分的作用 光譜中的各部分不僅色彩不同，其作用亦大有區別：第一就視覺而論，在全光譜之中以黃色和橙色的部分，作用最強，移左移右，均逐漸減弱，到得紅色或紫色的部分，差不多已不能引起視覺，即完全成爲暗黑。所以在紅色或紫色部分，是否尙有其他目不能見的光存在，若專靠視覺，實無法推測得知。其次再就化學作用而論，在全光譜之中以紅色，橙色，黃色等的一端，作用最弱，由此移向紫色的一方，作用逐漸增強，到得紫色部的外面，此項作用尤其強盛。由此見紫色以外的區域，雖然沒有目力能見的光，卻有富於化學作用的輻射線存在。這種作用的輻射線，也和光線一樣，由太陽輻射而來，經稜鏡分散後，始行出現於紫色的外方，通稱爲**紫外線**(ultra-violet ray)或稱爲**光化線**(actinic ray)。最後再就熱作用而論，在全光譜之中以紫外線和光譜中紫色部分的作用最弱，由此向紅色一端移

去，作用逐漸加強，到得紅色部分上，此項作用達於最強，超出紅色部以外，依然還有熱作用存在。由此可見紅色部分以外，也有一種目不能見的輻射線存在，其性質卻和紫外線不同，但也是由太陽輻射而來的，經稜鏡分散後，始出現於紅色部的外方，通稱為紅外線(infra-red ray)，或稱

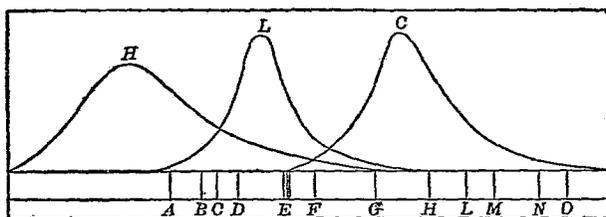


圖 96 光譜中三項作用

熱線 (thermal ray)。總括目所能見的各种色光以及紫外線，紅外線等而言，則總為輻射 (radiation)。將光譜中各部分對於此三種作用的程度，用曲線表出，大致如圖 96。H 表熱作用，L 表目所見的光，C 表化學作用。

透過光的色 有許多的物質，只能容許一定

折射率的光由其中通過，對於其他的光，全被阻斷。例如日光經稜鏡分散所成的光譜，各色俱備。即令在稜鏡前面，插入玻璃或水等類的透明物質，所成光譜，並無變化。但若插入紅色墨水，所成的光譜，就只剩有紅色和橙色的部分，其餘各部，完全消滅。這樣的現象，稱為選擇吸收 (selective absorption)。即是紅色墨水對於紅色光和橙色光以外的一切光，均選擇出來全部吸收完盡，故只有紅色光和橙色光，可以自由通過。紅色墨水表現出來的顏色，就是吸收剩餘下來的色光。

假如入射光中並未含有不被選擇吸收的特殊色光在內，那就完全沒有光透過。例如藍色的玻璃，用鈉的黃光去照，隔着玻璃，什麼也看不見。由此可知透明體所表現的顏色，完全要根據射到其上的光的性質而定。又如白光可以自由透過，那麼完全沒有選擇吸收，所以透過光依然如故，也是白光。這樣的透明體，如水如空氣，通常均

認為是無色的。反之，如對於任何色光，一律吸收，即不容任何色光通過時，此物體即呈黑色。

不透明體的色 在黑色的背景上貼一白色紙條，隔着稜鏡觀察此白色紙條，可以看見紙上現出光譜，雖然略淡，可是和通常太陽光譜，並沒有什麼差別。但如不用白色紙條而改用紅色紙條來實驗，那就只能看見和光譜中紅色部分相當的地方，其餘各色均異常的淡，甚至於完全缺乏。同樣改用藍色的紙條實驗，就只看見藍色部分，其餘亦復缺乏。再拿一條紅色的物體，放在太陽光譜中去看，只有紅色部分處仍現紅色，在其他色光部分處，全都現為黑色。同樣藍色的絲帶，也只有光譜中的藍色部上現出藍色，在其餘各處，均現為黑色。若用黑紙來實驗，則對於光譜中任何部分，都呈黑色。由此種種，可知通常不透明物體所表現的顏色，不僅和入射光有關，還要看他反射的光如何，方能決定。紅色的物體是

因爲他對於一切的光都一律吸收，只有紅色是例外。除非入射光中也含有紅色的光在內，否則決不能現爲紅色。因此，我們不能說一個物體本身是什麼顏色，因爲他決不能表現出入射光中所缺乏的顏色。在燈光下看出來的色彩和在日光下看出來的色彩不同，也就是這個緣故。

顏料的色 重鉻酸鉀 (potassium dichromate) 的水溶液只能容許橙紅色光通過，此外還有綠色光，也可以通過一小部分，其餘概被吸收。硫酸銅 (copper sulphate) 的水溶液卻只容許大部分的藍色光通過，此外也還容許一小部分的綠色光通過，其餘如紅色，橙色，黃色等，均一律吸收完盡。如令白光從此兩種液體中連續透過，最後透出的光，現爲綠色，因爲其餘旁的色光或則被重鉻酸鉀吸收，或則被硫酸銅吸收，全部不能透過。就是將這兩種溶液，適當混合起來，也由同一的理由現爲綠色。其他的紅色顏料和藍色顏料混合起

來成爲綠色，也是這個緣故。卽是一切顏料配合使用時所配成的色，係各成分顏料共同不吸收的色。

問題 1. 下述的幾種光源中各各缺乏什麼色光？(1)燭光，(2)煤氣燈光，(3)電燈，(4)洋油燈。

問題 2. 帶着紅色眼鏡看出來的物體非紅卽黑，是什麼緣故？

問題 3. 照相店的暗室或實驗室中的暗室，周圍的牆壁多用黑漆塗上，是什麼緣故？

問題 4. 用紅墨水在白紙上寫字，然後用透過紅玻璃的光照在紙上，能不能看見所寫的字？

問題 5. 用鏡子將日光反射到牆壁上，每每看見一塊很亮的地方，周圍同時有許多帶着彩色的部分，是怎樣來的？

## 第二十二章 磁鐵

天然磁鐵 有種天然產的鐵礦，稱爲磁鐵礦 (magnetite)，具有一種特殊的性質，能吸引鐵屑或碎鐵片。假如將此種礦石，放在細鐵粉裏面，然後提出，即見有許多的鐵粉堆積於其上，雖振搖亦不易脫下。並且鐵粉黏着最多的地方，只有兩處，各在礦石的一邊。再將此石用線懸住，使連結此兩點的直線成爲水平，俟全體靜止時，即見連結此兩點的直線，指着南北的方向，因此有指路石 (lodestone) 的名稱，一般則稱爲磁鐵 (magnet)。其吸鐵最多的兩點，稱爲磁石的極 (pole)，連結兩極的直線，稱磁軸線 (magnetic axis)。

懸掛磁鐵使磁軸線取水平位置且能自由轉動時，磁軸線的方向不僅向南北，並且向北的一極，

永久向北，縱令勉強移向南方，亦能自行恢復。由此可見兩極的性質，各不相同。其恆向北方的極，稱爲**指北極** (north-seeking pole)，略稱作**北極** (north pole)，又或簡寫作 *N* 極 (*N* pole) 或 **正極** (positive pole)。其向南一方的極，稱爲**指南極** (south-seeking pole)，略稱作**南極** (south pole)，又或簡寫作 *S* 極 (*S* pole) 或 **負極** (negative pole)。

人造磁鐵 和上述的磁鐵接觸着的鐵塊或鋼塊，也都變成同樣的性質，也能吸引鐵粉。像這樣由人力造成的磁鐵，稱爲**人造磁鐵** (artificial magnet)。既經一度變成人造磁鐵以後，若再由原本附着的磁鐵近旁移開，有些隨着消滅了這種特性，有些却能繼續下去。普通的軟鐵屬於前種，即是變成磁鐵固易，失去磁性亦易。可是鋼則不然，變成磁鐵固難，失去磁性亦難。所以人造磁鐵，概用鋼，取其能持久。因形狀不同，有各種的名稱，像棒的稱爲**條形磁鐵** (bar magnet)，

如馬掌釘的稱爲蹄形磁鐵(horse-shoe magnet)，細如縫針，可以重心作支點，並能繞着這支點自由轉動的，稱爲磁針(magnetic needle)。

磁力 磁鐵的無論那一極，都能吸引鐵塊鐵粉，也同樣的能被鐵塊吸去。如條形或蹄形磁鐵可將其近旁的鐵屑，吸到磁鐵上去。又如磁針本應指着南北的方向，可是要有一塊鐵，在他的近旁，磁針受鐵吸引的結果，即由南北的方向離開若干角度，方能靜止。

不僅磁鐵對鐵，有此作用，就是磁鐵對於其他的磁鐵，亦復如是。一個單獨的磁針，固然指着南北的方向，如拿另外的一個磁鐵，到這個磁針的近旁來，即見本來的磁針的 $S$ 極，被第二個磁鐵的 $N$ 極吸引，被其 $S$ 極推斥。就磁針的 $N$ 極而論，亦復與此相同，即被第二磁鐵的 $N$ 極推斥，被其 $S$ 極吸引。凡如此類兩磁鐵的兩極間相互作用的力，通稱爲**磁力**(magnetic force)。由上

述的結果，知兩磁極間作用的力，有**引力**和**斥力**兩種。如兩磁極同為  $N$  極，或同為  $S$  極，則成斥力，如一為  $N$  極一為  $S$  極，則成引力。兩極相距愈近，磁力愈強。

磁針無論在磁鐵周圍的任何一點，都要受這種磁力作用，撤去磁鐵，磁針即可恢復其南北的方向。由此可知磁鐵近旁的空間，已具有一種特殊的性，和自由的空間不同，此種空間，通稱為**磁場**(magnetic field)。

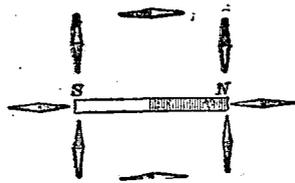


圖 97 磁場

**磁力線** 磁鐵對於小磁針作用的磁力，大小方向，均隨磁針所在的地點而異，如圖97所示。磁針在某一點所取的方向，即其兩極所受磁鐵兩極的磁力合力的方向，通常即用此方向表示這一點

的磁場的方向。如用厚紙一張蓋在磁鐵的上面，紙上撒細鐵粉，略微用指敲擊數下，鐵粉即排列成爲無數的細線，如圖98，表示各點的磁場方向。這些細線，通稱爲**磁力線** (lines of magnetic force)。任何一條磁力線，都是由於磁鐵的  $N$  極

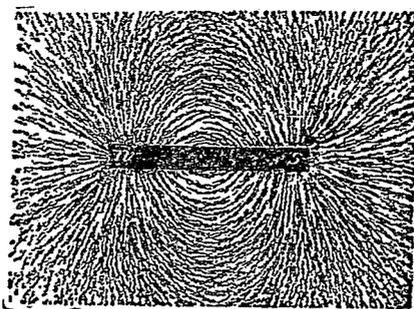


圖 98 磁力線

發出，向着  $S$  極再進入磁鐵裏去。故若在磁力線上將此方向標出，即成爲圖 99 所示的形狀。由圖可見磁力線均集中於磁鐵的兩極。故知磁力線密集的地方，也就是磁力強的地方。知道了磁鐵周圍的磁力線，就可以推知各點的磁場方向及其強弱。

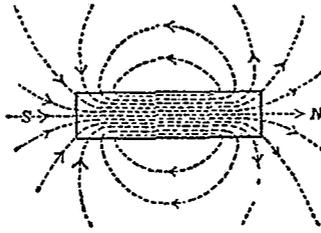


圖 99 磁力線

**羅盤** 凡能繞鉛直軸線而自由轉動的磁針，都可以作羅盤(compass)使用，如圖 100，用羅盤可定方向，磁針能指出南北方向，所以又有指南針的名稱。尤其對於航行海上，用處最大。磁針雖然恆指南北，但並未見其全體移向北方或南方，由此可見磁針所受的作用力，決不是一個單獨的力，磁針只能繞其軸線轉動，即其一極被引



圖 100 磁針

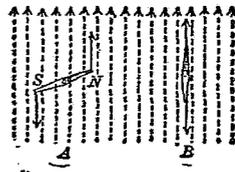


圖 101 羅盤和地球間的作用

向北的磁力，和他一極被斥向南的磁力，大小相等，方向相反，結果造成一個力偶，如圖101。

羅盤上的磁針停止時所指的方向，和真正的南北方向略有不同，磁針的 *N* 極所指的一方，通稱為**磁北**(magnetic north)，通過磁北作的鉛直平面稱為**磁子午面** (magnetic meridian)。與此相對，通過真正的南北方向的鉛直平面，則稱為**地理子午面**(geographical meridian)。此兩子午面間的角度，隨地不同，通稱為**磁偏角**(declination)。

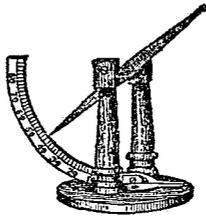


圖 102 傾角

假如將磁針裝在一個水平的軸上，使其能繞水平軸線自由轉動，如圖102，將磁針面放在磁子午面內，即見磁針雖向磁子午面的方向，但並不

成爲水平，其與水平面所成的角度，亦隨地不同，通稱爲傾角 (dip)。在北半球時， $N$  極恆向下，在南半球時， $S$  極恆向下。在地球上赤道近旁，有許多地方的傾角均等於零。將這些地點用一曲線連結起來，稱爲地磁赤道 (magnetic equator)。

地磁 由上述磁針所取的種種位置，可以想到地球是一個巨大的磁鐵，其兩磁極雖然不在地球的南北兩極，却也相去不遠。通常的磁針之所以能指南北方向，就是由於受地磁力作用的緣故。

問題 1. 銅屑和鐵屑混在一起時，如何分開？

問題 2. 將磁鐵放在軟木上，軟木浮在水面，俾其運動自如，磁鐵當如何移動？能不能一直移到北極上去？爲什麼？

問題 3. 磁鐵的那一端是  $N$  極，那一端是  $S$  極，如何方能檢查得出？

## 第二十三章 摩擦起電

帶電 在冬天用梳子理髮，每每聽見輕微的響聲，用手撫摩貓背，亦有同樣的聲音發生，若在夜間，並可見到有些微的閃光，相伴出現；這些現象，都由於電(electricity)而來。又如將硬橡皮(ebonite)的棒拿到絨布的衣袖上去擦過，就可以吸收輕的物體如紙屑等類，在此時硬橡皮的棒，已帶有若干的電，這個現象，就稱為帶電(electrification)。帶電不限於用絨布摩擦硬橡皮棒，就用絲巾摩擦玻璃，用毛皮摩擦火漆，也都同樣的能夠帶電。

導體和絕緣體 一切物體經過其他的物體摩擦後，多少也都能夠帶電，可是摩擦後真正能夠吸引輕物的，到也不多。譬如用毛布擦木炭，擦銅棒，擦手掌，無論怎樣的擦，均絕不能吸引輕物。

但若在木炭或銅棒上，裝上一個玻璃柄，一手執柄，一手執毛布去擦，只須擦過幾遍，果然也能吸引輕物，和玻璃，火漆，硬橡皮的棒等一樣。由此可見金屬，木炭等類的物體，並不是不能帶電，只不過所帶的電很容易傳到別處去。而火漆，玻璃以及硬橡皮的棒等類的物質，則不然，其上若帶有電，只能限於一定的部位，不能自由移動。容易傳電的通稱爲導體(conductor)，木炭，金屬，地球，人體均屬此種。所以摩擦手掌時，並非不能帶電，不過所帶的電，立即傳到地球上去，所以不呈帶電現象。各種導體中以金屬傳電最易，金屬中又以銀，銅兩種爲最。銀貴銅賤，所以通常的電線，全都用銅。

不容易傳電的物體稱爲非導體(non-conductor)。玻璃，火漆，雲母，硫黃，松香，硬橡皮毛皮，絨布，絲巾，棉布等類，均屬此種。用此種非導體作柄，可使導體帶電，這是因爲導體上

的電，被此種非導體的柄隔斷，不能傳到手上，所以仍能存留於導體上面，表現帶電的現象。其作用完全在使導體和地球絕緣(to insulate)，所以非導體又可稱為絕緣體 (insulator)。純粹的水是非導體，但若其中溶解有少許的酸或鹽類，就變成了導體。乾燥的空氣，也是非導體，但若其中含有水分，即成為潮濕的空氣時，也變成導體。

手是導體，人體又和地球相連，所以凡是手接觸着的導體，均不能使其帶電。就是本已帶電的絕緣導體，只要用手指去接觸一下，其上的電立即經由手指傳到人體，再散佈於地球。凡有此種聯絡的導體，稱為**接地導體** (earth connected conductor)，而用絕緣體使其與地球隔斷的導體，稱為**絕緣導體**(insulated conductor)。

陽電和陰電 用一條乾燥的絲線，懸一個通草球，掛在絕緣的鉤上，如圖103，然後將帶電的玻璃棒拿到他的近傍，即見通草球被玻璃棒吸引

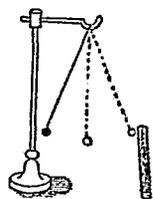


圖 103 通草球

而去。可是一旦和玻璃接觸以後，反轉又被玻璃棒推開，如圖 103 所示。其次再拿一帶電的火漆棒來試，却仍能被火漆棒吸去，不過若與火漆棒真正接觸以後，又立即被火漆棒推開，其情形和在前被玻璃棒推開時一樣。最後再拿帶電的玻璃棒來試，仍能被玻璃棒吸去。總之，凡被帶電的玻璃棒推開的帶電通草球，必被帶電的火漆棒吸引；被帶電的火漆棒推開的通草球，必被帶電的玻璃棒吸引。由此可知這兩種帶電體上所帶的電，性質完全相反。再就其他各種帶電體，一一加以檢查，結果或則和玻璃棒所帶的電相同，或則和火漆棒上所帶的電同，兩者必居其一。為區別起見，玻璃棒上所帶的電，稱為陽電 (positive electricity)，火漆棒上所帶的電，稱為陰電 (negative electricity)。有時並用正號負號以作區別，故又有正電和負電的名稱。兩種帶電體間，必有互相作

用的力，非吸引必推斥。從上述實驗結果，知同類的電彼此相斥，異類的電彼此相引。

**靜電感應** 使絕緣導體  $A$ ，如圖 104，上面帶若干的陽電，然後在其近旁放一個絕緣的金屬圓筒  $BC$ ，用通草球來檢查  $BC$  的各部分，即見  $BC$  也變成了帶電體，並且和  $A$  接近的一端所帶

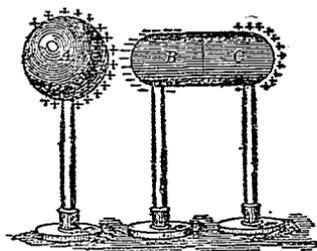


圖 104 靜電感應

的電爲陰電，而和  $A$  隔得較遠的一端所帶的電爲陽電，至於中央部分則不呈帶電的狀況，這樣的現象稱爲靜電感應 (electrostatic induction)。此項帶電，必須有一帶電體  $A$  在其近傍，方能出現，若將  $A$  撤去， $BC$  上所帶的電，同時也就完全消滅。但若在未撤去  $A$  以前，用手指觸  $C$  端，使

其接地，則所帶的陽電，全部由手指傳到地球上，只餘陰電與  $A$  上的陽電相對峙，無法移動。如是以後，始行撤去  $A$ ，則  $BC$  上的陰電，亦不再受拘束，可以自由移動。如撤去  $A$  時，同時使  $BC$  與地面絕緣，則  $A$  去以後  $BC$  上所殘留的陰電，即散佈於  $BC$  的全體，不會消滅。如是而使  $BC$  帶電的方法，是為由感應作用的帶電。如  $BC$  本係兩部分相接而成的，當其在  $A$  的近傍，發生感應作用以後，即使其分開成為  $B$  和  $C$  兩部分，同時撤去  $A$ ，加以檢查，即見  $B$  的部分上保持着陰電， $C$  的部分上，保持着陽電。

**放電** 將上述的最後的結果，即在  $A$  尚未撤去以前先將  $BC$  分開，然後撤去  $A$ ，即見  $B$  上帶陰電， $C$  上帶陽電。若將此兩部分再行接合，即見兩者所帶的電，同時消滅。這樣的現象，稱為放電 (discharge)。不必用兩個帶電體，也可以放電。如有一絕緣的導體，其上帶有相當充足的電，只

要將另外一個和地連結着的導體，如手，拿到他的旁邊去，只要相隔甚近，亦可使其放電。同時可以看見有一個極微小的火閃，在帶電體和手的中間通過，並有微弱的聲音，可以聽出。這是因為手在帶電體的近傍，應受靜電感應作用，帶反對的電。手和帶電體相去愈近，作用愈強，即手上發生的反對電愈多。在此兩者中間的空氣，雖為絕緣體，但其絕緣性質，也有一定的分際，並不是漫無限制的。到得兩方面的電已增加到一定的程度以後，空氣即失去其絕緣的效力，一變而成為導電體。於是兩方面的反對電，遂互相混合起來，成為放電的現象。此時出現的火閃，稱為電花 (spark)。

**尖端作用** 帶電體上所帶的電，全都集中於其表面上，並且表面上突出的部分，所帶的電特別較平坦處為多。如在起電機的圓球上，立一細針，並將針尖彎向橫的一方，然後持一燭火到其

近旁，轉動起電機，使其陸續有大量的電送到圓球上去，即見燭火被吹向一方，宛如遇風的一般，如圖 105。這是因為圓球上的電差不多全部集中在針尖處，其量過多，周圍空氣已失去絕緣的效力，遂成放電的現象。而同時因靜電感應發生的同類電，在於空氣略遠的一端，此項帶電空氣，

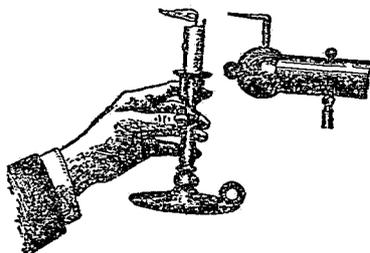


圖 105 尖端作用

受圓球上同類電相斥的力的作用，被推離去尖端，更由周圍的新空氣流來以補其缺。新流來的空氣，不久仍由同一的作用，離開尖端而去。如是川流不息，成爲一定方向的風。燭火其所以被吹向一邊，即由於此。這樣的空氣流動，通稱爲電風 (electric wind)。使用的針尖愈尖，發生電風愈

易。凡由帶電體上的尖銳部分，將所帶的電失去，使其放電的作用，稱為**尖端作用**(point action)。欲避免尖端作用，必須將帶電體的表面磨成平滑的表面。通常電學器械中的導體，大都使用鍍銀的球體，就是這個緣故。

**雷電** 天空中浮着的雲，尤其是雨雲，大都帶有相當的電。當其與地面接近時，由靜電感應作用，在地面上引起反對的電。雲愈近地，引起的電愈多。到得電已積至相當的程度，介在其間的空氣，即已失去其絕緣的能力，於是遂發生大規模的放電。此時出現的電花，即日常所謂的電閃(lightning)，同時發出的巨聲，即日常所謂的雷(thunder)。高聳天際的尖塔，烟囱，樹木等，比周圍的空氣，傳電較易。每當發生雷電時，大都以此類物體為其必經的路。所以這一類的物體，最易遭受雷擊(thunder-strike)。要避免損失，也不外利用同一的原理。即是取一最良的導體，如

銅，造成一條直棒，上端尖銳伸出於較高之屋頂以上，下端以導線連於深埋地下或水中之導體上。空中如果有帶電的雲行近此處，在房屋上由感應發生的電，全部集中於此銅棒的尖端上面。所積的電尚未達放電程度以前，早已由尖端逸出空氣中，進行異常穩和，破壞力當然很小，房屋決不至受害，人畜也極安全。這就是避雷針 (lightning rod)。

問題 1. 冬天將洋紙一張先在火上烘熱，然後使其和牆壁相貼，再用烘熱後的指爪，在紙面上任意亂畫數下，即見此紙和牆壁緊貼不落，是什麼緣故？

問題 2. 設有一條火漆棒和一方絨布，有兩種不同的方法，可以使一絕緣導體帶電，其法如何？

問題 3. 俗說貓從死屍上跳過，死屍能夠起立，有沒有這個道理？

問題 4. 雷聲何以殷殷不絕？

問題 5. 落雷時，還是一個人立在曠野中好些，還是躲在房屋中好些？

## 第二十四章 電流

電池 如圖 106，將一塊銅板  $C$  及一塊鋅板  $Z$  浸在稀硫酸裏面，使其互相對立，但其間隔若干的距離，然後將一電阻  $R$  或伏特計的兩端和兩金屬板在空氣中連結起來，即見有氣泡從銅板向液面升起，同時銅線中並且有陽電陸續不絕的從銅向着鋅流去。

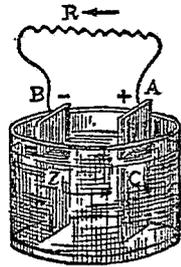


圖 106 伏特電池

此項電的流動，稱為電流 (electric current)。究竟是否果有電流流過，有種種的方法可以檢查。詳見電流所生的各種效應。像這樣將兩種金屬板浸在一種液體裏面，就可以得到電流的器械，稱為電池 (electric cell)。

陽極和陰極 上面所述的簡單電池所生的電流，通常認為是從銅向鋅流去。凡電由溶液中流出

外面處，即銅板，稱陽極(positive pole)，由外面流進溶液處，即鋅板，稱陰極(negative pole)。

**各種電池** 電池不只上述的一種，就形式和性質而論，種類極多。並且各種電池，各有其特長。其中最常見的一種通稱為勒克蘭社電池(Leclanché cell)，構造略微複雜，如圖107所示。溶液用的是氯化銨(ammonium chloride)的飽和溶液，盛在一個玻璃瓶內，在瓶中另外還有一個生瓷圓筒，如圖中右方所示，其內盛着二氧化錳(manganese dioxide)和炭粉的混合物，並插有一

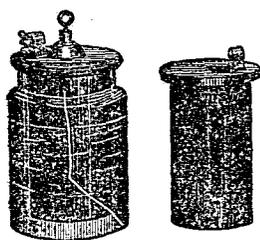


圖 107 勒克蘭社電池

條炭棒，上端露出。氯化銨溶液中也插有一條鋅棒，上端也露在外面。這露在外面的兩棒的上端，就是這個電池的兩極。這種電池價廉又

能持久，並且效力也比別種電池好，所以用途頗廣。

勒克蘭社電池雖然很好，可是因為玻璃瓶內盛着氯化銨的溶液，不便攜帶，所以後來經過改良，成爲一種不用液體的電池，如圖 108 所示，通稱爲乾電池(dry cell)。外層是一個鋅盒，代替勒克蘭社電池中的鋅棒，炭棒仍在正中，炭棒的周圍用二氧化錳和炭粉混合物包住，其餘的地方，則用氯化銨糊填滿。上端再用火漆封閉。無論攜至何處，也無危險，名雖是乾電池，實際上內面還是潮濕的，只不過沒有溶液溢出外面罷了。

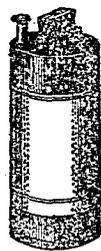


圖 108 乾電池

日常使用着的電池，除上述兩種而外，還有一種，稱爲蓄電池(storage battery)，也是極常見的。這種電池用的是兩塊鉛板，插在稀硫酸內，本身並不能發生電流，但若從外面送電流入內，鉛板即發生化學變化，兩塊鉛板變成性質不同的兩個極板。俟其變化完成以後，停止了外面的電

流，然後將電阻或伏特計的兩端和兩鉛板連結起來，即有極穩定的電流通過。同時兩鉛板又起一種化學作用，漸次變成原來的鉛板，到得最後，又非從外面送電入內，不能再由此電池取用電流。由此可見這種電池的作用，不過是將外面來的電流，儲蓄於內，以供將來隨時取用而已。從外面送電入內時，稱為灌電 (to charge)，由此取用電流時，稱為放電 (to discharge)。

**電動勢** 設有一連通器，如圖 109 中的  $L$  和  $R$ ，下底是相通的。在下底橫管的中央，用一水

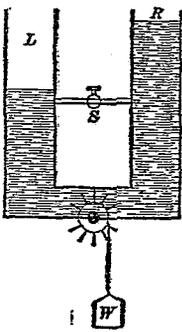


圖 109 電動勢之比喻

車將左右隔斷。水車的右邊輪上掛一個重錘  $W$ 。先將  $W$  用法支持，使其不能落下。然後在  $R$  和  $L$  內盛水，雙方大約成爲同一的高度，再令  $W$  自由。因  $W$  的降下，牽動水車轉動，將左邊  $L$  中的水，陸續送到右邊  $R$  裏面，可是右邊的水，

卻被水車的葉片隔住，不能復回左邊。於是右邊的水面逐漸升高，左邊的水面，同時逐漸降低。此時如再在上方加一橫管  $S$ ，使左右能經由此橫管相通。則水應由水面高的一方  $R$  向着水面低的一方  $L$  陸續流去。儘管上面可以這樣陸續流過，下面卻因為有  $W$  的落下，又可將左邊的水送還右邊，所以能夠維持下去。這個例和電池中發生電流的情形，極相類似。電流能夠從陽極經外面金屬線流到陰極，一定也是因為陽極上有一種量和陰極上的這種量所處的地勢不同，宛如水面高和水面低的  $R$  與  $L$  一樣，所以纔能夠有電從陽極流到陰極上去。這種特殊的量，稱為電勢 (electric potential)，或略稱為勢 (potential)。水是從水面高的容器  $R$  向着水面低的容器  $L$  流去，電也是由電勢高的陽極，向着電勢低的陰極流去。水的流與不流，並不問容器  $R$  中的水面有多少高，只由於  $R$  與  $L$  的水面高低的差別而定。同樣，電池中

的電流，也只要看兩極板的電勢相差若干而定。在溶液中的兩塊金屬，因與溶液發生化學作用，結果使此兩板保持有相當的電勢差別，就和連通器底的水車的作用一樣，所以能維持電流陸續不絕的流去。這種電勢的相差，通稱為**勢差**(potential difference)，是發生電流的原動力，所以又稱為**電動勢**(electromotive force)。又水流的原動力，出於由水面高低不同而生的壓力的差別，所以電流的原動力又有**電壓**(voltage)的名稱。

前述的各種電池都各有一定的電動勢，例如勒克蘭社的電動勢，約為 1.4 伏特 (volt)。蓄電池的電動勢，約為 2.2 伏特。

電阻 圖 109 所示的容器，由  $R$  內經由橫管  $S$  流到  $L$  內的水量，除兩水面的高差而外，還要看此橫管的性質如何，方能決定。假如管內空無所有，水自然容易流過。假如內面有碎石塊填滿，水只能由石塊縫隙中透過，應受阻礙，流過的水

量，比空管時當然減少。假如不是石塊而是細砂，阻礙更大，水流更小。假如管內完全被爛泥填滿，水流幾被阻斷。對於電流，也有同樣的現象。連結兩極的金屬線傳電極易，所以電流暢達，若是換用一條綿線，電流雖也可以流過，但卻很為困難，假如再用通常的空氣，電流就完全不通。所以電流的強弱，又要看連結兩極是用的一種什麼物質，方能決定。不但如此，就是用同一的銅線，也要看銅線的粗細如何，大有區別。水在寬的管內容易流過，狹的管內，不容易流過，也就是這個緣故。在電流中，這種阻礙電流的量，稱為電阻(resistance)。同一的電池，用電阻大的線來連結時，通過的電流小；用電阻小的線來連結時，通過的電流大。

**電流強度** 設將兩塊鉑板或碳板浸在硫酸銅(copper sulphate)的溶液內，用銅線將此兩板連結到電池上的陽極和陰極，使電流經由此兩板從

溶液中通過。不久即見和陽極連結着的板上有氧的氣泡出現，和陰極連結的板上，有銅出現。同樣，對於他種溶液，如硝酸銀(silver nitrate)等，作同樣的實驗，也都各有金屬在陰極板上現出。這種現象，稱爲電解 (electrolysis)。據實測的結果，各種溶液電解時分析出來的金屬重量，由通過其中的電量而定，故只須測得陰極的鉑板上分析出來的金屬重量，即不難算出通過的電量。使硝酸銀溶液析出 0.001118 克重的銀的電量，通常定爲電量的單位，稱爲 1 庫倫(coulomb)的電量。

在銅線中任何一點，每 1 秒鐘如有 1 庫倫的電流過，這樣的電流，即定爲電流強度的單位，稱爲有 1 安培(ampere)的電流。

長 106.3 厘米，橫截面積 1 平方毫米的水銀柱，對於電流所呈的阻礙，定爲電阻的單位，稱爲有 1 歐姆(ohm)的電阻。

電阻等於 1 歐姆的導體上，如恰有一安培的

電流流過，此時在其兩端的電勢差，定為電勢差或電動勢的單位，稱為有 1 伏特 (volt) 的勢差。

**磁效應** 將有電流流過的銅線一條放在南北的方向上，並使電流由北方向着南方流去。此時在此銅線下面的一個小磁針，已不能再指着南北的方向，其  $N$  極當如圖 110 所示由正北方的位置  $N_1$  向着西邊轉到  $N_2$  的地位，方能停止。假如將磁針換到電線的上邊來，其  $N$  極就反對的轉向東方上去。又如將電流的方向改作由南而北，磁針轉的方向，也隨着和前次相反。由此可知有電流通過的銅線，對於近旁的磁針，實有磁力的作用。決定此項磁力作用的方向，可用圖 111 所示的方法，極便記憶。法用右手握住有電流流過的銅線，將拇指伸



圖 110 磁效應

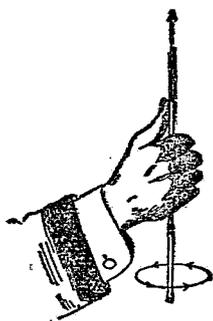


圖 111 安培定則

直，正指着電流的方向。其餘各手指所指着的方向，就是磁力的方向。這個方法，通稱為**安培右手定則** (Ampere's right-hand rule)。知道這個定則，只要有一磁針，就可以檢查出銅線內是否有電流流過，以及電流的方向究向何方。

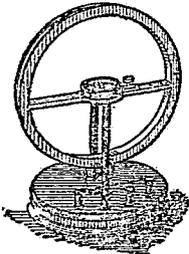


圖 112 電流計

不但如此，並可更進一步，將外面包有絕緣物質的銅線，捲成一個扁平的圓圈，使其立在鉛直的平面內，如圖 112 所示，在圈中心處放一小磁針。先令圓圈的方向和小磁針的方向一致，然後將欲測其強度的電流送入此圓圈中。中心的磁針受磁力的作用，當由其南北方向轉動若干角度，即由此角度，可以算出電流的強度。這樣的儀器，通稱為**電流計** (galvanometer)。

**電磁鐵** 用厚紙一張，上承鐵粉，中穿小孔，使有電流流過的銅線，從此小孔中穿過，輕微敲擊紙片，鐵粉各受磁力作用，排列成爲無數的同

心圓形，如圖113，表示磁力作用的方向，即其磁力線。若將銅線屈成一圓圈，使電流由此中通過，則圓周上任何一點周圍，均有磁力線排列成爲同心圓形，故全體的磁力線當如圖114所示。全體由同一邊而出，由反對的一邊而入。其情形如將磁鐵截成一塊薄板一般。磁力線出板的一面成爲N極，

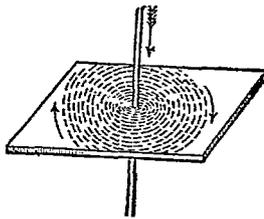


圖 113 直線電流的磁力線

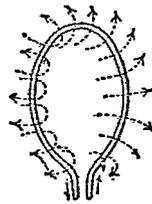


圖114 線圈的磁力線

磁力線進板的一面成爲S極。再將一條銅線曲成螺線形狀，使電流通入此銅線內，各磁力線均沿同一方向如圖 115 所示。全體和條形磁鐵的磁力線相同。這樣的銅線捲成的圓筒，通稱爲螺線管(solenoid)。再在螺線管內插入一條鐵棒，磁力線更形集中，在近旁的磁力，較無鐵時增強，這樣

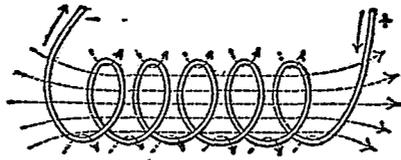


圖 115 螺線管

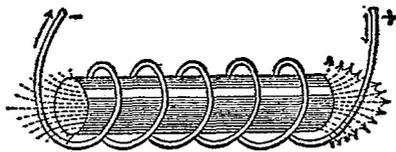


圖 116 電磁鐵

成功的磁鐵，稱為電磁鐵(electromagnet)如圖116。

從電磁鐵的一端看去，如電流在鐵棒周圍繞過的方向，和鐘表上的時針運動的方向相反，這一端就成為 $N$ 極，如圖中右端；反之，要是電流繞過的方向，和時針運動的方向相同，這一端就成為 $S$ 極，如圖中的左端。

**熱效應** 將一條銅線或鎳線，浸在水內，通電其中，不久，即見水的溫度逐漸升高。通過電流的時間愈久，水的溫度愈行升高。就是其他的各種導體中，只要有電流由其中流過，也都同

樣的有熱發生。日常使用的電燈(electric lamp)，就是利用電流發生的熱而成的。電燈泡內封有極細的金屬線，通稱燈絲(filament)，電流由燈絲通過，發生極大的熱，使其由紅而白，發出光輝。還有電爐，電熨斗等，也都是利用電流所生的熱而成的。

化學效應 前面測定電流強度時，係以電解為根據，電解即是電流所引起的化學變化。任何鹽類的溶液，受電流的影響，都會發生電解。由電解所分析出來的金屬，其重量由通過的電流強度及時間而定。故用此現象作電流的測定，頗覺準確。除此而外，電解的用途也還不少。例如在廉價的金屬表面上蓋一層貴重或美觀的金屬，就要利用電解，這種方法，通稱為電鍍(electroplating)，鍍金，鍍銀，鍍鎳，鍍銅，鍍鉻均用此法。還有製造銅版，複製精巧雕刻，鼓鑄徽章等，也是利用電解，通稱為電鑄(electrotyping)。又由鑽石

中提煉各種金屬，尤其是煉銅，煉鋁，非用電解方法，不能得到純品。就是前面所說的蓄電池，也是利用他的化學效應。

問題 1. 電線中是否有電流通過，從外面有什麼方法檢查得出？

問題 2. 設有一個乾電池，要怎樣纔能將一把小刀造成一個磁鐵，並且要使刀尖成爲  $N$  極？

問題 3. 假如有一個電池，眼不能望見，但由其兩極連結而出的銅線端，卻能望見，今若將此兩線端，浸入硫酸銅的溶液內，即可斷定那一端是陽極那一端是陰極，試說明其理由。

問題 4. 將兩塊銅板浸在硫酸銅的溶液內，送電流使由溶液中通過，在未通電以前及既通以後，將這兩塊銅板的重量，精確測定，由此即可決定電流的方向，是何緣故？

問題 5. 電燈開了後，燈泡熱得燙手，尤其是燈泡底的銅件，是什麼緣故？

問題 6. 電磁鐵的南北極，可從安培定則爲之決定，試說明之。

## 第二十五章 感應電流

電磁感應 設如圖 117，將一螺線管的兩端，連結到一個電流計上，然後將條形磁鐵的  $S$  極插入螺線管內，即見電流計的指針向着左方移動，表示螺線中有電流沿圖中箭頭所示的方向流過。次將磁鐵從螺線管中迅速拔出，指針即向右方移動，表示螺線中有反對方向的電流通過。再令磁鐵固定不動，然後使螺線圈套在磁鐵的外面，或從磁鐵上取下，螺線內也有瞬時電流發生。但如任磁鐵插在螺線管中不動，電流立即停止。必須兩者間有相對的運動，方有電流發生。彼此有相對的運動，螺線管內磁力線應發生變化，螺線中方有電流發生。螺線管內的磁力線無論或多或少，只要成爲一定以後，螺線中的電流立即停止。像這樣的電流，通稱爲感應電流 (induced current)。如

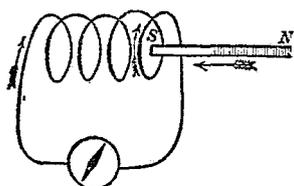


圖 117 電磁感應

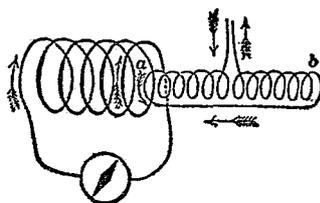


圖 118 電磁感應

不用磁鐵而改用一個有電流通過的螺線管，如圖 118 中的  $ab$ ，來作這個實驗，結果也是一樣。由實驗測得感應電流發生的方向，在於阻止這種相互間的運動。這個關係通稱為楞次定律 (Lenz's law)。如將  $S$  極插入螺線管中時，螺線中的感應電流方向，在使螺線管成爲一個磁鐵，即以  $S$  極插進的一端爲其  $S$  極。這樣一來，兩個  $S$  極間，應受斥力作用，由此可以阻止外來磁鐵的接近運動。又將插在螺線管中的  $S$  極拔出時，螺線中的感應電流方向，在使螺線管變成一個磁鐵，即以  $S$  拔出的一端爲其  $N$  極，這樣一來，兩個不同的極間，應受引力作用，由此可以阻止磁鐵的  $S$  極的脫離運動。

直流和交流 設有一矩形導體，如圖 119 中的  $ABCD$ ，在磁場內轉動，各磁力線如圖中所示的 1,2,3,4, 等水平直線。矩形導體轉動時，以  $EF$  為軸線， $EF$  的方向恰和磁力線成垂直。當  $ABCD$  照圖中箭頭所示的方向，由鉛直的位置開始作最初 90 度的轉動時，橫貫此矩形而過的

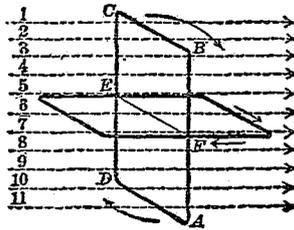


圖119 線圈的轉動

磁力線數逐漸減少，到得矩形成為水平位置時，磁力線已減成為零。其次再由水平位置，沿前方向，繼續再轉第二的 90 度時，橫貫此矩形而過的磁力線數，逐漸由零增加，到得  $BC$  邊轉到最下的位置， $AD$  邊轉到最上的位置時，磁力線已增到最大值。從此若再繼續沿前方向再轉下去，矩

形已將背面翻轉過來，所以假如在前半轉時矩形內所生的感應電流方向，如圖中箭頭所示，那麼，在後半轉，即矩形表裏倒轉以後，其中發生的感應電流，即和圖中箭頭所示的方向恰相反對。這樣一來，矩形每轉半週，電流的方向，就要倒轉一次，這樣方向一反一正循環不已的電流，稱為**交流**(alternating current)。反之，如由電池等發出來的電流，始終是沿着同一方向流過，並不變化的，稱為**直流**(direct current)。

發電機 利用上述矩形導體在磁場內的轉動，可以發生大量的電流。這種機器，通稱為**發電機**(dynamo)。其主要的部分是發生磁場的磁鐵，通稱為**場磁鐵**(field magnet)。和在场磁鐵間轉動的導體，此導體由於多數的矩形導體互相啣結而成，通稱為**電樞**(armature)，其構造如圖 120。為明瞭起見，圖中只畫出一個矩形導體  $AB$ ，在場磁鐵  $NS$  間以  $XX'$  為軸線轉動。 $AB$

的兩端，一端固定在匯電環(slip ring) $c$ 上，他端固定在匯電環 $d$ 上。此兩匯電環各和一個金屬片相接觸，如 $e$ 及 $f$ ，通稱為刷(brush)。由刷即可將電樞中發生的電流，接到外面 $HG$ 去，以供使用。

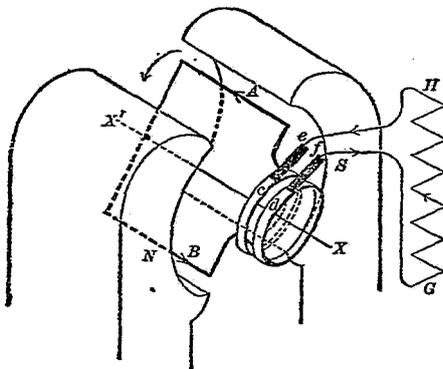


圖 120 發電機

上述的發電機只能供給交流。如欲得直流，須將電樞上的兩匯電環取去，改用一個單環，但須剖成兩半，中間用絕緣質隔斷，如圖 121 中的 $cd$ ，並須將兩刷改裝在相對的位置上，使每一刷各和每一半環相接觸。這樣一來，矩形導體 $AB$

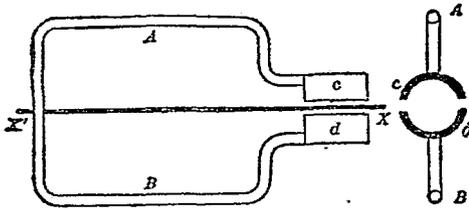


圖 121 整流器

每轉半轉時，電流本應改變方向，但同時矩形導體的端也互相交換了位置，並非永久和同一的半環接觸，所以由半環引出來的電流，始終是同一的方向，觀圖 122 即明。這種改變交流使成直流的半環，稱為整流器(commutator)。

電動機 若將圖 120 的矩形導體，經匯電環及刷連結到外面的電源  $HG$  上，使由  $HG$  而來

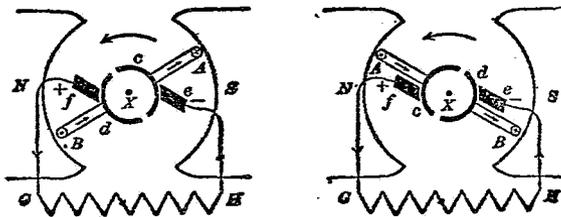


圖 122 整流器

的電流，流入 $AB$ ，則由電流的磁效應，將在 $AB$ 的周圍發生磁力線，使 $AB$ 變成一個薄磁片，一面是 $N$ 極，一面是 $S$ 極。這個薄磁片的極，和場磁石的極如成爲同名的極，則互相排斥，如成爲異名的極，則互相吸引。因此一來，矩形 $AB$ ，自會轉動起來。目的在使 $AB$ 的平面恰和磁力線成垂直的方向，即是矩形 $AB$ 在場磁鐵的磁極間，有包含最多的磁力線的傾向。比及 $AB$ 的平面，到得和磁力線垂直的地位後本應停止，但因慣性作用，仍能繼續向前轉去。故若利用圖122的整流器，使供給 $AB$ 的電流每半轉改變方向一次，因此 $AB$ 薄磁片的極，也隨着改變，結果又非繼續再轉半轉不可。可是轉了半轉，電流的方向又改變了， $AB$ 又得再要轉動半周。如是繼續下去，外面電源 $HG$ 供給的電流不停， $AB$ 的轉動也不能停止。這樣的機器，通稱爲電動機(motor)。由此可見發電機和電動機，根本並沒

有什麼不同。一個是使電樞轉動，就有電流發生出來，以供使用。一個是送電流入內，電樞就會轉動起來，發生運動，以供使用。所以發電機也可以作電動機使用，電動機也可以作發電機用。

## 第二十六章 電的應用

電燈 電燈(electric lamp)是利用電流的熱效應而成的。通常裝的電燈，發光部分是一條極細的金屬絲，裝在真空的玻璃泡中的玻璃柱周圍，金屬絲大都用鎢(tungsten)製成。電流通過鎢絲後，發生大量的熱，使其溫度升高到千度以上，全絲成爲白熾，所以有光發出。近來還有一種燈泡，內面並非真空，含有少量的不活潑的氣體，例如氮或氬等類，可以增加光亮。電燈所要的電壓，大都爲100伏特至200伏特，由發電廠用長電線送到用戶。爲防免大量的電流流過引起危險起見，各用戶均裝有一小段保險絲(fuse wire)。遇有強大的電流通過時，因發熱過多，將保險絲熔化，成爲液體，致令保險絲所連接的兩端，不復相通，電流就此切斷，所以不會發生危險。遇着

保險絲損壞了的時候，切不可錯用別種粗細不同而電流強度相當的金屬綫來代替，否則恐要發生危險。還有光亮最強烈的弧燈 (arc lamp)，是送電流從兩條炭棒中通過，然後使炭棒略微分離，微粒即在中隔的空氣中造成一個弧狀的光源。演戲燈時，就是用這種光源的。此外還有一種可以掛帶的電燈，就是電筒 (flash light)，其發光的燈絲甚短，所以只要一兩個乾電池，就足以使其發光，不用時，將電鑰放開，電流即斷。

**電鈴** 電鈴 (electric bell) 是電磁鐵的應用，其外形及構造如圖 123，當電鑰被按下時，電池中的電流，沿着圖中箭頭所指的方向，進入電磁鐵  $DE$  裏面，由此流出，更經過電磁鐵前面的銜

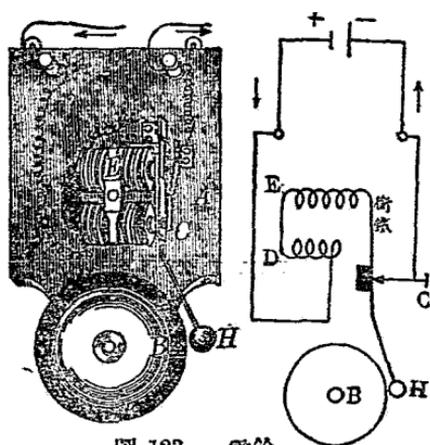


圖 123 電鈴

鐵，經過銜鐵和螺釘  $C$  的接觸點，然後回轉電池。電磁鐵內既有電流通過，即具有磁力，可吸引銜鐵使其向電磁鐵移動，因此牽動鈴槌  $H$ ，擊鈴成聲。同時因銜鐵的移動，銜鐵和螺釘  $C$  的接觸點之聯絡隔斷，電流不得不停。電流既停，電磁鐵也就失去了磁力作用。於是銜鐵受後面彈條的彈力作用，恢復其原位置。這樣一來，接觸點的交通，又得恢復，電流又可流過，同樣牽動鈴槌，又擊鈴作聲。如是電流在銜鐵和螺釘  $C$  的接觸點處斷而復續，循環不已，鈴聲亦連續不斷。

電報 電報(telegraph)也是利用電磁鐵而成的。其作用原理如圖 124 所示。右端假定爲上海，左端假定爲南京，兩地各有一個電池組，並以其相當的一極，與地線相連結，使地面成爲電流通路的一部分。其餘各重要部分爲連結兩處的電線(line)，發電處使用的發送機(transmitter)或稱電鑰(key)，接收電報處使用的接收機(receiver)。

此項接收機現今大都使用發聲器(sounder)。此外還有替續器(relay)，是因為兩處相隔過遠，電流微弱不足以引起發聲器作用時使用的。替續器本身也是一個電磁鐵，其上繞着的線成爲連結兩處的電線的一部分。

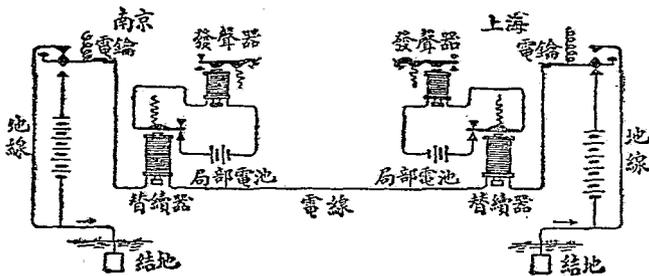


圖 124 電報

從上海發電到南京時，先將上海的電鑰按下，使鑰下的突起部分，和上海的電池組電路接觸，於是由電池發出來的電流，即沿着圖中箭頭所示的方向流出，先進入本局中的替續器，再經電線而達於南京方面的替續器，由此更經左端的電鑰，地線(即與電鑰連結着的圖中極左邊的導線)

等，進入地面，最後再從地面回轉上海的電池中。當上海地方的電鑰按下未放以前，上海電池中的電流就沿着上述的路徑，繼續不絕的流過。當上海地方的電鑰放開，則由電鑰上所裝的彈簧作用，將電鑰彈上，使電鑰與電池間的聯絡斷絕，電流隨即停止。又當南京的替續器中有電流進入時，即發生電磁鐵的作用，將其上端的銜鐵吸下；當電流停止時，電磁鐵失去作用，銜鐵由彈力作用，自行回至上方。如是銜鐵或上或下。一一與上海將電鑰按下放開相應。替續器的銜鐵被吸下時，南京的局部電流即行接通，流入發聲器的電磁鐵內，使其發生作用。故發聲器所要的電流，完全取給於南京本局的局部電池，並不直接依賴上海的電池。縱令由上海送到的電流極其微弱，仍無礙於南京的發聲器的動作。這就是替續器的作用。至於發聲器也是一個電磁鐵，因其銜鐵的上下，發而爲音。兩音間の間隔，有長有短，短的

稱爲點 (dots)，長的稱爲畫 (dashes)，點畫相拚，成爲各種的電碼，以通消息。

電話 電話(telephone)的主要部分爲發送機，如圖 125，及接收機，又名聽筒，如圖 126。發送機的喇叭口裏面，有一塊極薄而又富於彈性的鋁板  $E$ ，板後面有一個小盒  $C$ ，前後兩面均用炭板製成，盒內滿盛炭粒。前方的炭板和鋁板用螺釘釘牢，如圖 125 所示。聽筒內有一蹄形磁鐵。如圖 126 中  $A$ ，兩端各附一軟鐵棒，作爲鐵心。上繞螺線管  $B$ ，經接線柱  $D$  連結到外面的電話線上。 $B$  的前面有一薄鐵板  $E$ 。

電話的原理如圖 127 所示，從電池發出電流，逕向發送機的前面炭板流去，經盒中炭粒傳至後面炭板，出於發送機外。再經電話線送入遠處聽筒中的電磁鐵  $B$ ，然後回轉電池。人對發送機說話，空氣中的聲波進入喇叭口內，引起鋁板牽動小盒前面的炭板，來回振動。炭板向外時，盒中

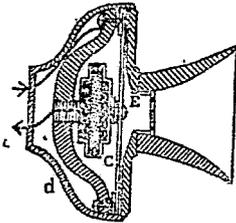


圖 125 發送機

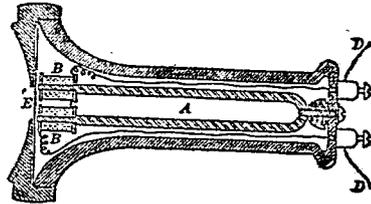


圖 126 聽筒

炭粒的接觸比較稀疏，對於電流的電阻加大；炭板向內時，炭粒接觸比較稠密，對於電流的電阻減小。因此送到遠處聽筒中的電流，和聲波的振動相應，作時強時弱的變化。此項變動電流引起聽筒中的電磁鐵  $B$  的磁場，隨着發生變化，結果聽筒中的薄鐵板  $E$ ，亦隨着振動起來，情形完全和發送機中所受到的音波的波動一樣。故在聽筒內聽到的音，和向發送機所說的話相同。

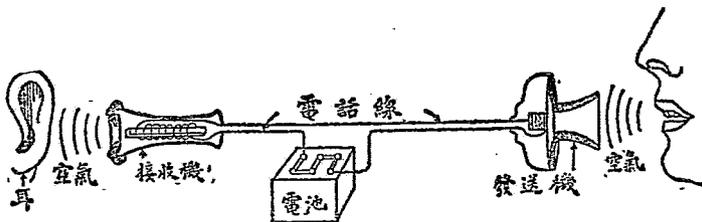


圖 127 電話的原理

電扇 電扇(electric fan)就是電動機的應用，在電動機的轉動軸上，裝四塊葉片，片面和軸均作同一角度的傾斜，電流通入電動機中，各葉片隨同電樞轉動，推動葉片前面的空氣，使其向前移動，如是繼續轉動，向前移動的空氣，亦不停止，遂成爲風。電扇吹來的風，仍係室內原有的空氣，溫度並未降下，所以並不覺其涼爽。不過當空氣潮濕時，藉此可將飽和的空氣吹去。新來的空氣，溫度雖然仍舊不低，可是離飽和尙遠，不致妨礙汗的蒸發，所以究勝一籌。

電車 電車(trolley car)也是電動機的一種利用。多數地方所行駛的電車，是使用直流電，其電流的通路，如圖 128 所示。電流由廠中的發電

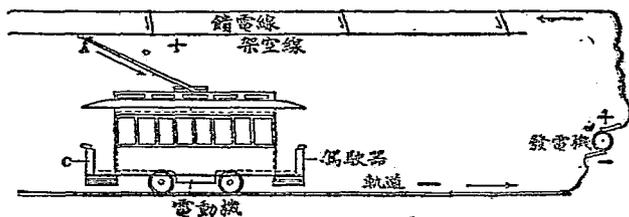


圖 128 電車

機供給，經由饋電線 (feed wire) 送來，保持着 500 伏特乃至 600 伏特的電壓。電動機裝在車底，電流由此流出後，再經由地面的鐵軌復回廠中。司機人使用控制器 (controller)，可以任意變更電阻，由此變動電流的強度，調準運轉的速度。

問題 1. 試指出電話中的發送機有那一點和發電機相同，接收機有那一點和電動機相同？

問題 2. 直流和交流有何不同的效應？

問題 3. 打電話時，常常聽見不相干的他人的談話聲音，是怎樣傳來的？

## 本書索引說明

- (1) 本索引按王雲五氏之四角號碼檢字法排列。
- (2) 單字除第一字四角號碼已見該名詞前面單字用~記號
- (3) 代表外，第二字取上兩角之號碼於本條之前。
- (4) 名詞第三字仍依號碼順序排列，但不注號碼。
- (5) 每字係本面單字，係本面單字。
- (6) 本注各角號碼檢字法見下(詳細方法可參閱王雲五大辭典或王雲五小辭典)。

### 第二次改訂四角號碼檢字法

王雲五發明

第一條 筆畫分為十種，各以號碼代表之如下：

號碼	筆名	筆形	舉例	說明	注意
0	頭	一	言 空 戶 戶	獨立之點與獨立之橫和直全	0456789各
1	橫	一 八 八	天 土 地 江 元 風	包括橫刀與右鈎	橫均由數字合為一
2	垂	丨 丨 丨	山 月 千 則	包括直與左鈎	視筆、檢金時選筆
3	點	丶 丶	六 牙 口 之 衣	包括點與捺	筆與頭筆差別，應
4	叉	十 义	草 查 皮 刈 大 詩	兩筆相叉	儘量取複筆，如 山
5	插	彳 彳	彳 戈 申 史	一筆通過兩筆以上	作0不作3，守作
6	方	口	國 鳴 日 四 甲 由	四邊齊整之形	4不作2，厂作7
7	角	冫 凵 冫 冫	冫 冫 冫 冫 冫 冫	橫與垂相接之處	不作2，心作8不
8	八	八 ㄨ 人 人	分 頁 羊 余 彳 彳 彳 彳	八字形與其變形	作32，小作9不
9	小	小 小 小 小 小	尖 魚 岸 累 惟	小字形與其變形	作33

第二條 每字祇取四角之筆，其順序：

(一)左上角 (二)右上角 (三)左下角 (四)右下角

(例) (一)左上角 (二)右上角 (三)左下角 (四)右下角

檢查時按四角之筆形及順序，每字得四碼：

(例) 頭 = 1111 截 = 4444 際 = 3333

第三條 字之上部或下部，祇有一筆或一複筆時，無論在何地位，均作左角，其右角作0。

(例) 宣 宣 首 彳 彳 彳 彳 彳 彳

每筆用過後，如再充他角，亦作0。

(例) 彳 彳 彳 彳 彳 彳 彳 彳 彳 彳

第四條 由整個口門門所成之字，其下角取內部之筆，但上下左右有他筆時，不在此例。

(例) 國 = 1111 閉 = 1111 關 = 1111

蘭 = 1111 瀾 = 1111

**0010<sub>4</sub> 主**  
 20~焦點 principal focus... .. 145

**0010<sub>8</sub> 立**  
 00~方寸 ... .. 8  
 ~方丈 ... .. 8  
 ~方里 ... .. 8  
 ~方厘米 cubic centimeter ... .. 8  
 ~方尺 ... .. 8  
 ~方米 cubic meter ... .. 8

**0022<sub>7</sub> 方**  
 40~寸 ... .. 7  
 80~里 ... .. 7  
 71~厘米 square centimeter ... .. 7  
 77~尺 ... .. 7  
 90~米 square meter... .. 7

**市**  
 24~升 ... .. 8  
 72~斤 ... .. 10  
 77~尺 ... .. 6

**0023<sub>1</sub> 應**  
 22~變 strain ... .. 62  
 40~力 stress ... .. 62  
 ~力和應變 ... .. 64

**0025<sub>2</sub> 摩**  
 53~擦 friction ... .. 57  
 ~擦係數 coefficient of friction ... .. 58; 59  
 ~擦的利用 ... .. 61  
 ~擦的種類 ... .. 59  
 ~擦力 frictional force... .. 57

**0025<sub>6</sub> 庫**  
 80~論 coulomb ... .. 192

**0040<sub>8</sub> 交**  
 30~流 alternating current ... .. 202

**0060<sub>1</sub> 音**  
 07~調 pitch ... .. 79

27~色 timber 或 quality .. ... 82  
 34~波 sound wave ... .. 75; 76  
 ~波的反射 reflection of sound wave ... .. 77  
 35~速 ... .. 76  
 40~叉 tuning fork ... .. 75  
 71~階 musical scale... .. 80

**0071<sub>4</sub> 毫**  
 90~米 millimeter ... .. 7

**0128<sub>6</sub> 顏**  
 94~料的色 ... .. 165

**0166<sub>2</sub> 諧**  
 26~和 consonance ... .. 80

**0710<sub>4</sub> 望**  
 34~遠鏡 telescope ... .. 154

**0824<sub>0</sub> 放**  
 10~電 discharge ... .. 180  
 ~電 to discharge ... .. 188  
 40~大率 magnifying power ... 148  
 ~大鏡 magnifying glass ... 148

**1000<sub>0</sub> 一**  
 51~振動 one vibration ... .. 71

**1010<sub>0</sub> 二**  
 80~氧化錳 manganese dioxide 186

**1010<sub>1</sub> 正**  
 41~極 positive pole ... .. 168

**1016<sub>4</sub> 露**  
 ~ dew ... .. 109  
 61~點 dew point ... .. 108

**1017<sub>7</sub> 雪**  
 ~ snow ... .. 109

**1022<sub>7</sub> 雨**  
 ~ rain ... .. 108

**兩**  
 兩 ... .. 10

<b>1022<sub>7</sub></b> 霧	~ 風 electric wind ... .. 182
~ fog ... .. 108	~ 閃 lightning ... .. 183
<b>1040<sub>9</sub></b> 平	80~ 鍍 electroplating ... .. 197
21~ 行力 parallel forces ... .. 44; 45	84~ 鑄 electrotyping... .. 197
~ 行板的折射 ... .. 133	88~ 鑰 key ... .. 209
~ 行光 parallel light ... .. 124	~ 鈴 electric bell ... .. 208
<b>1043<sub>0</sub></b> 天	~ 筒 flash light ... .. 208
10~ 平 balance ... .. 50	92~ 燈 electric lamp... .. 197
<b>1060<sub>0</sub></b> 百	~ 燈 electric lamp... .. 207
00~ 度計 centigrade thermo- meter ... .. 90	<b>1073<sub>1</sub></b> 雲
<b>1060<sub>0</sub></b> 面	~ cloud ... .. 108
25~ 積 area ... .. 7	<b>1090<sub>0</sub></b> 不
<b>1060<sub>3</sub></b> 雷	12~ 發光體 non-luminous body 122
~ thunder ... .. 183	32~ 透明體 opaque body ... .. 122
57~ 擊 thunder-strike ... .. 183	~ 透明體的色 ... .. 164
<b>1061<sub>3</sub></b> 硫	<b>1096<sub>3</sub></b> 霜
13~ 酸銅 copper sulphate 165; 191	~ frost ... .. 109
<b>1071<sub>6</sub></b> 電	<b>1111<sub>0</sub></b> 北
~ electricity ... .. 175	41~ 極 north pole ... .. 168
02~ 話 telephone ... .. 212	<b>1111<sub>1</sub></b> 非
18~ 磁感應 ... .. 199	38~ 導體 non-conductor ... 113; 176
~ 磁鐵 electromagnet ... .. 198	<b>1123<sub>2</sub></b> 張
24~ 動機 motor ... .. 205	40~ 力 tension ... .. 65
~ 動勢 electromotive force... 190	<b>1164<sub>5</sub></b> 硬
26~ 線 line ... .. 209	47~ 橡皮 ebonite ... .. 175
27~ 解 electrolysis ... .. 192	<b>1223<sub>0</sub></b> 水
30~ 流計 galvanometer ... .. 194	27~ 的浮力 ... .. 17
30~ 流 electric current ... .. 185	~ 的壓力 ... .. 15
34~ 池 electric cell ... .. 185	67~ 唧筒 water pump ... .. 23
~ 扇 electric fan ... .. 214	87~ 銀 mercury ... .. 3
41~ 樞 armature ... .. 202	弧
44~ 花 spark ... .. 181	92~ 燈 arc lamp... .. 208
~ 勢 electric potential ... .. 189	<b>1224<sub>7</sub></b> 發
47~ 報 telegraph ... .. 209	10~ 電機 dynamo ... .. 202
50~ 車 trolley car ... .. 214	38~ 送機 transmitter ... .. 209
71~ 壓 voltage ... .. 190	47~ 聲器 sounder ... .. 210
77~ 阻 resistance ... .. 191	48~ 散光 divergent light... .. 124

<b>1241<sub>3</sub> 飛</b>		<b>2033<sub>1</sub> 焦</b>	
42~機 airplane ... .. 42		61~距 focal length ... .. 145	
58~輪 fly-wheel... .. 62		~點 ... .. 144	
<b>1242<sub>2</sub> 形</b>		<b>2040<sub>7</sub> 受</b>	
23~狀彈性 elasticity of form... 66		71~壓空氣 compressed air ... 27	
<b>1313<sub>2</sub> 球</b>		88~範性 plastic ... .. 66	
55~軸承 ball bearing ... .. 61		<b>2121<sub>7</sub> 虛</b>	
<b>1625<sub>6</sub> 彈</b>		20~焦點 virtual focus ... .. 145	
40~力 elastic force ... .. 65		<b>2123<sub>1</sub> 卡</b>	
~力和彈性 ... .. 65		67~路里 calorie... .. 100	
88~發秤 spring balance ... .. 41		<b>2128<sub>6</sub> 傾</b>	
95~性 elasticity... .. 65		27~角 dip ... .. 174	
~性體 elastic body ... .. 65		<b>2128<sub>6</sub> 頻</b>	
~性限度 elastic limit ... .. 66		00~率 frequency ... .. 72	
<b>1780<sub>6</sub> 負</b>		<b>2171<sub>0</sub> 比</b>	
41~極 negative pole ... .. 168		20~重 specific gravity ... .. 13	
<b>1863<sub>2</sub> 磁</b>		44~熱 specific heat ... .. 101	
11~北 magnetic north ... .. 173		<b>2190<sub>3</sub> 紫</b>	
17~子午面 magnetic meridian 173		23~外線 ultra-violet ray... .. 161	
23~偏角 declination... .. 173		<b>2191<sub>0</sub> 紅</b>	
40~力 magnetic force ... .. 169		23~外線 infra-red ray ... .. 162	
~力線 lines of magnetic force ... .. 171		<b>2194<sub>9</sub> 秤</b>	
46~場 magnetic field ... .. 170		~steelyard ... .. 11; 12	
55~軸線 magnetic axis ... .. 167		<b>2221<sub>0</sub> 亂</b>	
83~鐵 magnet ... .. 167		71~反射 irregular reflection 181	
~鐵礦 magnetite ... .. 167		<b>2224<sub>0</sub> 仔</b>	
84~針 magnetic needle ... .. 169		40~克 kilogram... .. 10	
<b>1962<sub>7</sub> 硝</b>		90~米 kilometer ... .. 6	
13~酸銀 silver nitrate ... .. 192		<b>2224<sub>7</sub> 變</b>	
<b>2010<sub>4</sub> 重</b>		35~速度運動 motion of varying velocity ... .. 32	
33~心 ... .. 46		<b>2228<sub>9</sub> 炭</b>	
~心 center of gravity... .. 46		13~酸氣 carbon dioxide ... .. 4	
40~力 gravity ... .. 11			
60~量 weight ... .. 10			
~量和力 ... .. 10			
61~點 point of exertion... .. 49			
87~鉀酸鉀 potassium dichromate ... .. 165			

<b>2250<sub>4</sub> 峯</b>	
~crest ... ..	73
<b>2290<sub>4</sub> 樂</b>	
00~音 musical sound ... ..	78
66~器 musical instruments ... ..	81
<b>2322<sub>7</sub> 偏</b>	
27~向 deviation ... ..	140
<b>2323<sub>4</sub> 伏</b>	
24~特 volt ... ..	190; 193
<b>2412<sub>7</sub> 動</b>	
37~滑輪 movable pulley... ..	52
<b>2420<sub>0</sub> 斜</b>	
斜 ... ..	8
<b>2421<sub>0</sub> 化</b>	
77~學效應 ... ..	197
<b>2494<sub>7</sub> 稜</b>	
27~角 refracting angle ... ..	140
80~鏡 prism ... ..	139
<b>2524<sub>3</sub> 傳</b>	
38~導 conduction ... ..	111
<b>2629<sub>4</sub> 保</b>	
78~險絲 fuse wire ... ..	207
<b>2693<sub>2</sub> 線</b>	
71~脹係數 coefficient of linear expansion ... ..	96
<b>2729<sub>4</sub> 條</b>	
12~形磁鐵 bar magnet ... ..	168
<b>2752<sub>0</sub> 物</b>	
72~質 matter ... ..	1; 2
75~體 body... ..	2
80~鏡 objective... ..	153

<b>2760<sub>1</sub> 響</b>	
00~度 loudness ... ..	78
<b>2771<sub>7</sub> 色</b>	
48~散 ... ..	156
<b>2772<sub>0</sub> 幻</b>	
92~燈 magic lantern ... ..	149
<b>2791<sub>7</sub> 絕</b>	
27~緣 to insulate ... ..	177
~緣導體 insulated conductor	177
~緣體 insulator ... ..	113; 177
<b>2821<sub>1</sub> 作</b>	
77~用 action ... ..	34
~用點 point of action ... ..	40
<b>2723<sub>2</sub> 像</b>	
~ image ... ..	125
<b>2898<sub>1</sub> 縱</b>	
34~波 longitudinal wave ...73; 74	
51~振動 longitudinal vibration ... ..	71
<b>2992<sub>0</sub> 秒</b>	
~ second... ..	29
<b>3010<sub>1</sub> 空</b>	
80~氣 air ... ..	4
80~氣室 air chamber ... ..	24
~氣唧筒 air pump ... ..	25
<b>3013<sub>2</sub> 滾</b>	
24~動摩擦 rolling friction ... ..	60
<b>3014<sub>7</sub> 液</b>	
75~體 liquid ... ..	3
<b>3030<sub>4</sub> 避</b>	
10~雷針 lightningrod ... ..	184
<b>3040<sub>4</sub> 安</b>	
40~培 ampere ... ..	192

40~培右手定則 Ampere's right-hand rule ... .. 194	<b>3410<sub>0</sub></b> 對
<b>3060<sub>8</sub></b> 容	21~稱位置 ... .. 193
25~積 volume ... .. 8	30~流 convection ... .. 116
~積彈性 elasticity of volume 66	<b>3411<sub>4</sub></b> 灌
<b>3080<sub>1</sub></b> 定	10~電 to charge ... .. 188
37~滑輪 fixed pulley ... .. 51	<b>3413<sub>1</sub></b> 法
61~點 fixed point ... .. 90	26~線 normal ... .. 129
<b>3080<sub>6</sub></b> 實	<b>3414<sub>7</sub></b> 波
20~焦點 real focus ... .. 145	24~動 wave motion ... .. 72
<b>3116<sub>1</sub></b> 潛	27~的傳播速度 velocity of propagation of waves ... .. 75
44~熱 latent heat ... .. 104	71~長 wave length ... .. 73
<b>3116<sub>0</sub></b> 酒	<b>3430<sub>3</sub></b> 遠
95~精 alcohol ... .. 3	36~視眼 far-sighted eye ... .. 152
<b>3213<sub>0</sub></b> 冰	<b>3512<sub>7</sub></b> 沸
34~淇淋 ice cream ... .. 105	61~點 boiling point ... .. 90; 107
61~點 freezing point ... .. 89	79~騰 boiling ... .. 107
<b>3213<sub>7</sub></b> 泛	<b>3530<sub>6</sub></b> 連
00~音 overtone ... .. 82	24~續光譜 continuous spectrum ... .. 160
<b>3214<sub>7</sub></b> 浮	37~通器 communicating vessel 17
34~沈 ... .. 19	<b>3530<sub>9</sub></b> 速
40~力 buoyancy ... .. 18	~speed ... .. 30
<b>3216<sub>4</sub></b> 活	00~度 velocity ... .. 30; 31
30~塞 piston ... .. 23	~度的平行四邊形 parallelogram of velocities ... .. 37
77~門 valve ... .. 23	~度的分解 resolution of velocities ... .. 38
<b>3230<sub>1</sub></b> 近	~度的合成 composition of velocities ... .. 38
36~視眼 near-sighted eye ... .. 152	<b>3611<sub>7</sub></b> 溫
<b>3230<sub>2</sub></b> 透	00~度 temperature ... .. 88
37~過光的色 ... .. 162	~度 humidity ... .. 109
57~明體 transparent body ... .. 122	~度計 thermometer ... .. 89
30~鏡 lens ... .. 142	<b>3712<sub>7</sub></b> 滑
~鏡造像 ... .. 146	24~動摩擦 sliding friction ... .. 59
<b>3315<sub>0</sub></b> 減	
30~少摩擦法 ... .. 60	
<b>3400<sub>0</sub></b> 斗	
斗 ... .. 8	

58~輪 pulley ... ..	51
94~料 lubricant ... ..	60
<b>3718<sub>1</sub> 凝</b>	
60~固 solidification ... ..	105
61~點 solidifying point ... ..	103
<b>3730<sub>4</sub> 運</b>	
24~動 motion ... ..	30
~動的合成 composition of motions ... ..	35; 36
<b>3730<sub>3</sub> 選</b>	
56~擇吸收 selective absorption	163
<b>3811<sub>7</sub> 汽</b>	
~ vapor ... ..	106
<b>3834<sub>3</sub> 導</b>	
75~體 conductor ... ..	112; 176
~體和絕緣體 ... ..	175
<b>4000<sub>0</sub> 十</b>	
30~進制 decimal system ... ..	9
<b>4002<sub>7</sub> 力</b>	
~ force ... ..	10
26~和加速度 ... ..	33
27~的表示法 ... ..	40
~的單位 ... ..	11
~的分解 resolution of force	42
~的合成 composition of forces ... ..	42
~的合成及分解 ... ..	41
61~點 point of application ... ..	49
<b>4003<sub>0</sub> 大</b>	
50~氣 atmosphere ... ..	20
~氣壓 ... ..	20
~氣壓力 atmosphere pressure ... ..	20
90~小 magnitude ... ..	40

<b>4010<sub>7</sub> 直</b>	
30~流 direct current ... ..	202
~流和交流 ... ..	201
<b>4021<sub>6</sub> 克</b>	
~ gram ... ..	10
<b>4022<sub>7</sub> 有</b>	
90~光體 luminous body ... ..	121
<b>南</b>	
41~極 south pole ... ..	168
<b>4030<sub>0</sub> 寸</b>	
寸 ... ..	6
<b>4040<sub>7</sub> 支</b>	
61~點 fulcrum ... ..	49
<b>4090<sub>0</sub> 木</b>	
60~星 Jupiter ... ..	127
<b>4191<sub>4</sub> 極</b>	
~ pole ... ..	167
<b>4198<sub>6</sub> 槓</b>	
46~桿 lever ... ..	49
<b>4410<sub>4</sub> 基</b>	
00~音 principal tone ... ..	80
~音 fundamental tone ... ..	82
<b>4411<sub>2</sub> 地</b>	
16~理子午面 geographical meridian ... ..	173
18~磁 ... ..	174
~磁赤道 magnetic equator ... ..	174
<b>4422<sub>7</sub> 帶</b>	
10~電 electrification ... ..	175
<b>4433<sub>1</sub> 蒸</b>	
12~發 evaporation ... ..	108
~發熱 heat of evaporation ... ..	107
80~氣 steam ... ..	4

(4433 <sub>1</sub> ) 熱		4692 <sub>7</sub> 楞	
~ heat ... .. 88		37~次定律 Lenz's law ... .. 200	
26~線 thermal ray ... .. 162		4740 <sub>1</sub> 聲	
27~的對流 convection of heat 117		44~帶 vocal cords ... .. 83	
30~容量 heat capacity ... .. 100		4814 <sub>0</sub> 救	
60~量 heat quantity ... .. 88		90~火機 fire pump ... .. 25	
4442 <sub>7</sub> 勢		4824 <sub>0</sub> 散	
~ potential ... .. 189		24~射光 scattered light ... .. 131	
80~差 potential difference ... 190		32~透鏡 diverging lens ... .. 144	
4450 <sub>4</sub> 華		4841 <sub>7</sub> 乾	
72~氏溫度計 Fahrenheit thermometer ... .. 90		10~電池 dry cell ... .. 187	
4452 <sub>7</sub> 勒		5000 <sub>0</sub> 丈	
40~麥 Romer ... .. 127		丈 ... .. 6	
~克蘭社電池 Leclanche cell 186		5001 <sub>4</sub> 推	
4460 <sub>3</sub> 蓄		30~進器 propeller ... .. 42	
10~電池 storage battery... .. 187		40~力 push ... .. 65	
4480 <sub>1</sub> 共		5004 <sub>4</sub> 接	
51~振 resonance ... .. 83		28~收機 receiver ... .. 209	
4490 <sub>0</sub> 材		44~地導體 earth connected conductor ... .. 177	
94~料強弱 strength of material... .. 67; 68		5010 <sub>6</sub> 畫	
4490 <sub>4</sub> 菜		~ dashes ... .. 212	
35~油 seed oil ... .. 3		5102 <sub>0</sub> 打	
4498 <sub>6</sub> 橫		80~氣機 ... .. 26	
34~波 transverse wave ... 72; 73		5103 <sub>2</sub> 振	
51~振動 transverse vibration 70		24~動 vibration ... .. 70	
4600 <sub>0</sub> 加		41~幅 amplitude ... .. 71	
85~速度 acceleration... .. 32		58~數 number of vibration ... 71	
~速度運動 accelerated motion ... .. 32		5104 <sub>1</sub> 攝	
4612 <sub>7</sub> 場		72~氏溫度計 Celsius thermometer ... .. 90	
18~磁鐵 field magnet ... .. 202		5106 <sub>1</sub> 指	
		11~北極 north-seeking pole ... 163	
		40~南極 south-seeking pole ... 163	
		67~路石 lodestone ... .. 167	

<b>5106<sub>6</sub> 輻</b>	26~線管 solenoid ... .. 195
24~射 radiation... .. 162	61~距 pitch ... .. 55
<b>5111<sub>0</sub> 虹</b>	<b>5701<sub>6</sub> 挽</b>
~ rainbow ... .. 159	40~力 pull ... .. 65
37~吸 ... .. 22	<b>5703<sub>0</sub> 換</b>
~吸管 siphon... .. 22	80~氣 ventilation ... .. 118
<b>5202<sub>1</sub> 折</b>	<b>5802<sub>7</sub> 輪</b>
24~射 ... .. 194	~ wheel ... .. 52
~射率 index of refraction ... 136	22~掣 brakes ... .. 62
~射線 refracted ray ... .. 135	55~軸 wheel and axle ... .. 52
~射角 angle of refraction ... 135	<b>5810<sub>1</sub> 整</b>
~射定律 law of refraction 136;137	30~流器 commutator ... .. 204
<b>5225<sub>7</sub> 靜</b>	<b>6010<sub>0</sub> 日</b>
10~電感應 electrostatic induction ... .. 179	~ day ... .. 29
21~止 rest ... .. 50	85~蝕 solar eclipse ... .. 127
<b>5301<sub>1</sub> 控</b>	<b>6010<sub>1</sub> 目</b>
22~制器 controller ... .. 215	80~鏡 eye-piece... .. 153
<b>5320<sub>0</sub> 感</b>	<b>6010<sub>4</sub> 里</b>
00~應電流 induced current ... 199	里 ... .. 6
<b>5506<sub>0</sub> 抽</b>	<b>量</b>
12~水機 ... .. 23	00~度 measurement ... .. 6
80~氣機 ... .. 25	<b>6012<sub>7</sub> 蹄</b>
<b>軸</b>	12~形磁鐵 horse-shoe magnet 169
~ axle ... .. 52	<b>6014<sub>7</sub> 最</b>
17~承 bearing ... .. 61	40~大摩擦 ... .. 57
26~線 axis ... .. 142	~大摩擦 maximum friction 58
<b>5560<sub>0</sub> 曲</b>	<b>6041<sub>6</sub> 冕</b>
00~率中心 center of curvature 142	26~牌玻璃 crown glass ... .. 136
41~柄 crank ... .. 53	<b>6060<sub>0</sub> 回</b>
<b>5560<sub>3</sub> 替</b>	47~聲 echo... .. 77
24~續器 relay ... .. 210	<b>6060<sub>4</sub> 固</b>
<b>5619<sub>3</sub> 螺</b>	75~體 solid... .. 2
08~旋 screw ... .. 55	

<b>6080<sub>6</sub></b> 圓	
88~筒 cylinder ... ..	23
<b>6091<sub>4</sub></b> 羅	
27~盤 compass ... ..	172
<b>6136<sub>0</sub></b> 點	
~ dots ... ..	212
<b>6138<sub>6</sub></b> 顯	
28~微鏡 microscope... ..	153
<b>6292<sub>2</sub></b> 影	
~ shadow ... ..	125
<b>6404<sub>1</sub></b> 時	
77~間 ... ..	29
<b>6609<sub>4</sub></b> 噪	
47~聲 noise ... ..	78
<b>6650<sub>6</sub></b> 單	
20~位 unit ... ..	6
27~向反射 regular reflection...	131
<b>6702<sub>0</sub></b> 明	
26~線光譜 bright line spectrum	160
36~視距離 distance of most distinct vision ... ..	151
唧	
88~筒 pump ... ..	23
<b>6703<sub>2</sub></b> 眼	
27~前調節 accommodation of eye ... ..	151
80~鏡 spectacles ... ..	152
<b>6704<sub>7</sub></b> 吸	
17~取唧筒 suction pump ...	23
28~收光譜 absorption spectrum	160
<b>6733<sub>6</sub></b> 照	
22~片 photograph ... ..	149
46~相機 photographic camera	148

<b>7022<sub>7</sub></b> 劈	
~ wedge ... ..	54; 55
<b>7121<sub>4</sub></b> 厘	
厘 ... ..	10
90~米 centimeter ... ..	6
壓	
23~縮唧筒 compressed air pump ... ..	26
40~力 pressure ... ..	15; 65
~力和深度 ... ..	16
~力唧筒 force pump ... ..	23
<b>7122<sub>0</sub></b> 阿	
44~基米得原理 Archimedes principle ... ..	19
<b>7124<sub>7</sub></b> 反	
24~射 ... ..	129
~射線 reflected ray ... ..	129
~射角 angle of reflection ...	130
~射定律 law of reflection ...	130
28~作用 reaction ... ..	34
~作用定律 law of reaction ...	34
<b>7171<sub>1</sub></b> 匯	
10~電環 slip ring ... ..	203
<b>7173<sub>2</sub></b> 長	
00~度 length ... ..	6
<b>7222<sub>2</sub></b> 膨	
71~脹 expansion ... ..	94
<b>7622<sub>7</sub></b> 陽	
10~電 positive electricity ...	178
41~極 positive pole ... ..	186
<b>7721<sub>0</sub></b> 阻	
40~力 resistance ... ..	49
<b>7722<sub>0</sub></b> 月	
~ month ... ..	29
85~蝕 lunar eclipse ... ..	127

<b>7722<sub>0</sub></b> 用		<b>8022<sub>0</sub></b> 介	
40~力 effort ... .. 49		72~質 medium ... .. 72; 123	
<b>周</b>		<b>8022<sub>7</sub></b> 分	
47~期 period ... .. 71		分 ... .. 6	
<b>7727<sub>2</sub></b> 屈		~ minute... .. 29	
77~服點 yielding point ... .. 67		35~速度 component velocity ... .. 38	
<b>7777<sub>0</sub></b> 凹		37~運動 component motion ... .. 37	
32~透鏡 concave lens ... .. 144		40~力 component force ... .. 42	
<b>7777<sub>7</sub></b> 凸		<b>剪</b>	
32~透鏡 convex lens ... .. 143		17~刀鉗缺 ... .. 50	
<b>7778<sub>2</sub></b> 歐		<b>8050<sub>0</sub></b> 年	
47~姆 ohm ... .. 192		~ year ... .. 29	
<b>7823<sub>1</sub></b> 陰		<b>8050<sub>7</sub></b> 每	
10~電 negative electricity ... .. 178		10~平方厘米克 gram per square	
41~極 negative pole... .. 186		centimeter ... .. 15	
<b>7876<sub>6</sub></b> 臨		29~秒厘米 centimeter per	
60~界角 critical angle .. .. 138		second ... .. 30	
<b>8000<sub>0</sub></b> 人		~秒每厘米 centimeter per	
34~造磁鐵 artificial magnet ... .. 168		second per second ... .. 32	
<b>入</b>		<b>8051<sub>7</sub></b> 氧	
24~射線 incident ray ... .. 129		~ oxygen ... .. 4	
~射角 angle of incidence 130; 135		<b>8060<sub>1</sub></b> 合	
~射點 point of incidence ... .. 129		合 ... .. 8	
<b>8010<sub>4</sub></b> 全		37~運動 resultant motion ... .. 37	
62~影 umbra ... .. 126		40~力 resultant force ... .. 42	
71~反射 total reflection ... .. 137; 138		<b>8060<sub>6</sub></b> 會	
<b>8011<sub>4</sub></b> 鐘		17~聚透鏡 converging lens ... .. 143	
50~表 clock and watch ... .. 29		~聚光 convergent light ... .. 124	
<b>8011<sub>6</sub></b> 鏡		<b>8060<sub>3</sub></b> 谷	
~ mirror ... .. 131		~ trough... .. 73	
50~中的像 ... .. 131		<b>8073<sub>2</sub></b> 公	
<b>8011<sub>7</sub></b> 氯		07~畝 are ... .. 8	
24~化鉍 ammonium chloride ... .. 186		24~升 liter ... .. 3	
<b>氫</b>		77~尺 ... .. 6	
~ hydrogen ... .. 4		<b>8091<sub>7</sub></b> 氣	
		75~體 gas ... .. 4	
		~體的壓力 ... .. 19	



# 復興初中物理學

## 西文索引

### A

absorption spectrum 吸收光譜	160
accelerated motion 加速度運動	32
acceleration 加速度 ... ..	32
accommodation of eye 眼的調節 ... ..	151
actinic ray 光化線 ... ..	161
action 作用 ... ..	34
air 空氣 ... ..	4
air chamber 空氣室 ... ..	24
air pump 空氣唧筒 ... ..	25
airplane 飛機 ... ..	42
alcohol 酒精 ... ..	3
alternating current 交流 ... ..	202
ammonium chloride 氯化銨 ... ..	186
ampere 安培 ... ..	192
Ampere's right-hand rule 安培右手定則 ... ..	194
amplitude 振幅 ... ..	71
angle of incidence 入射角	130; 135
angle of reflection 反射角 ... ..	130
angle of refraction 折射角 ... ..	135
arc lamp 弧燈 ... ..	208
Archimedes principle 阿基米得原理 ... ..	19
are 公畝 ... ..	8
area 面積 ... ..	7
armature 電樞 ... ..	202
artificial magnet 人造磁鐵 ... ..	168
atmosphere 大氣 ... ..	20
atmosphere pressure 大氣壓力 ... ..	20
axis 軸線 ... ..	142
axle 軸 ... ..	52

### B

balance 天平 ... ..	50
ball bearing 球軸承 ... ..	61
bar magnet 條形磁鐵 ... ..	168
base of inclined plane 斜面的底 ... ..	54
bearing 軸承 ... ..	61
Body 物體 ... ..	2
boiling 沸騰 ... ..	107
boiling point 沸點 ... ..	90; 107
brakes 輪掣 ... ..	62
bright line spectrum 明線光譜	160
buoyance 浮力 ... ..	18

### C

calorie 卡路里 ... ..	100
carbon dioxide 碳酸氣 ... ..	4
Celsius thermometer 攝氏溫度計 ... ..	90
center of curvature 曲率中心 ... ..	142
center of gravity 重心 ... ..	46
centigrade thermometer 百度計 ... ..	90
centimeter 厘米 ... ..	6
centimeter per second 每秒厘米 ... ..	30
centimeter per second per second 每秒每秒厘米 ... ..	32
clock and watch 鐘表 ... ..	29
cloud 雲 ... ..	108
coefficient of friction 摩擦係數 ... ..	59
coefficient of linear expansion 線脹係數 ... ..	96

communicating vessel 連通器	17
commutator 整流器 ... ..	204
compass 羅盤 ... ..	172
component force 分力 ... ..	42
component motion 分運動 ... ..	37
component velocity 分速度 ... ..	38
composition of forces 力的合成 ... ..	42
composition of motions 運動的合成 ... ..	36
composition of velocities 速度的合成 ... ..	38
compressed air 受壓空氣 ... ..	27
compressed air pump 壓縮唧筒	26
concave lens 凹透鏡 ... ..	144
conduction 傳導 ... ..	111
conductor 導體 ... ..	112; 176
consuance 諧和 ... ..	80
continuous pectrum 連續光譜	160
controller 控制器 ... ..	215
convection 對流 ... ..	116
convection of heat 熱的對流 ... ..	117
convergent light 會聚光 ... ..	124
converging lens 會聚透鏡 ... ..	143
convex lens 凸透鏡 ... ..	143
copper sulphate 硫酸銅 ... ..	165; 191
coulomb 庫侖 ... ..	192
crank 曲柄 ... ..	53
crest 峯 ... ..	73
critical angle 臨界角 ... ..	138
crown glass 冕牌玻璃 ... ..	136
cubic centimeter 立方厘米 ... ..	8
cubic meter 立方米 ... ..	8
cylinder 圓筒 ... ..	23

## D

dashes 畫 ... ..	212
day 日 ... ..	29
decimal system 十進制 ... ..	9
declination 磁偏角 ... ..	173

deviation 偏向 ... ..	140
dew 露 ... ..	109
dew point 露點 ... ..	108
dip 傾角 ... ..	174
direct current 直流 ... ..	202
discharge 放電 ... ..	180
dispersion of light 光的色散 ... ..	156
distance of most distinct vision 明視距離 ... ..	151
divergent light 發散光 ... ..	124
diverging lens 散透鏡 ... ..	144
dots 點 ... ..	212
dry cell 乾電池 ... ..	187
dynamo 發電機 ... ..	202

## E

earth connected conductor 接地導體 ... ..	177
ebonite 硬橡皮 ... ..	175
echo 回聲 ... ..	77
eclipse 蝕 ... ..	126
effort 用力 ... ..	49
elastic body 彈性體 ... ..	65
elastic force 彈力 ... ..	65
elastic limit 彈性限度 ... ..	66
elasticity 彈性 ... ..	65
elasticity of form 形狀彈性 ... ..	66
elasticity of volume 容積彈性 ... ..	66
electric bell 電鈴 ... ..	203
electric cell 電池 ... ..	185
electric current 電流 ... ..	185
electric fan 電扇 ... ..	214
electric lamp 電燈 ... ..	197
electric lamp 電燈 ... ..	207
electric potential 電勢 ... ..	189
electric wind 電風 ... ..	182
electricity 電 ... ..	175
electrification 帶電 ... ..	175
electrolysis 電解 ... ..	192

electromagnet 電磁鐵 ... .. 196  
 electromotive force 電動勢 ... 190  
 electroplating 電鍍 ... .. 197  
 electrostatic induction 靜電感應 ... .. 179  
 electrotyping 電鑄 ... .. 197  
 evaporation 蒸發 ... .. 106  
 expansion 膨脹 ... .. 94  
 eye-piece 目鏡 ... .. 153

## F

Fahrenheit thermometer 華氏溫度計 ... .. 90  
 far-sighted eye 遠視眼 ... .. 152  
 feed wire 饋電線... .. 215  
 field magnet 場磁鐵 ... .. 202  
 filament 燈絲 ... .. 197  
 fire pump 救火機 ... .. 25  
 fixed point 定點... .. 90  
 fixed pulley 定滑輪 ... .. 51  
 flash light 電筒 ... .. 208  
 flint glass 火石玻璃 ... .. 137  
 fly-wheel 飛輪 ... .. 62  
 focal length 焦距 ... .. 145  
 fog 霧 ... .. 108  
 force 力 ... .. 10  
 force pump 壓力唧筒 ... .. 23  
 freezing point 冰點 ... .. 89  
 frequency 頻率 ... .. 72  
 friction 摩擦 ... .. 57  
 frictional force 摩擦力 ... .. 57  
 frost 霜... .. 109  
 fulcrum 支點 ... .. 49  
 fundamental tone 基音 ... .. 82  
 fuse wire 保險絲 ... .. 207

## G

galvanometer 電流計 ... .. 194  
 gas 氣體 ... .. 4

geographical meridian 地理子午面 ... .. 173  
 gram 克 ... .. 10  
 gram per square centimeter 每平方厘米克 ... .. 15  
 gravity 重力 ... .. 11

## H

heat capacity 熱容量 ... .. 100  
 heat of evaporation 蒸發熱 ... 107  
 heat quantity 熱量 ... .. 88  
 height of inclined plane 斜面的高 ... .. 54  
 horse-shoe magnet 蹄形磁鐵 ... 169  
 hour 小時 ... .. 29  
 humidity 濕度 ... .. 109  
 hydrogen 氫 ... .. 4

## I

ice cream 冰淇淋 ... .. 105  
 image 像 ... .. 125  
 incident ray 入射線 ... .. 129  
 inclined plane 斜面 ... .. 53  
 index of refraction 折射率 ... 136  
 induced current 感應電流 ... 199  
 inertia 慣性... .. 34  
 infra-red ray 紅外線... .. 162  
 insulated conductor 絕緣導體 177  
 insulator 絕緣體 ... .. 177  
 irregular reflection 亂反射 ... 131

## J

Jupiter 木星... .. 127

## K

key 電鑰 ... .. 209  
 kilogram 仟克 ... .. 10  
 kilometer 仟米 ... .. 6

L	
latent heat 潛熱... ..	104
law of inertia 慣性定律 ... ..	34
law of reaction 反作用定律 ... ..	34
law of reflection 反射定律 ... ..	130
law of refraction 折射定律 ... ..	137
Leclanche cell 勒克蘭社電池 ... ..	186
length 長度 ... ..	6
length of inclined plane 斜面 的長 ... ..	54
lens 透鏡 ... ..	142
Lenz's law 楞次定律 ... ..	200
lever 槓桿 ... ..	49
lever with equal arms 等臂槓 桿 ... ..	50
light 光... ..	121
light ray 光線 ... ..	124
light source 光源 ... ..	121
lightning 電閃 ... ..	183
lightningrod 避雷針 ... ..	184
line 電線 ... ..	209
lines of magnetic force 磁力線	171
liquid 液體 ... ..	3
liter 公升 ... ..	8
lodestone 指路石 ... ..	167
longitudinal vibration 縱振動	71
longitudinal wave 縱波 ... ..	74
loudness 響度 ... ..	78
lubricant 滑料 ... ..	60
luminous body 有光體 ... ..	121
lunar eclipse 月蝕 ... ..	127
M	
magic lantern 幻燈 ... ..	149
magnet 磁鐵 ... ..	167
magnetic axis 磁軸線 ... ..	167
magnetic equator 地磁赤道 ... ..	174
magnetic field 磁場 ... ..	170
magnetic force 磁力 ... ..	169
magnetic meridian 磁子午面 ... ..	173
magnetic needle 磁針 ... ..	169
magnetic north 磁北 ... ..	173
magnetite 磁鐵礦 ... ..	167
magnifying glass 放大鏡 ... ..	148
magnifying power 放大率 ... ..	148
magnitude 大小 ... ..	40
manganese dioxid 二氧化錳 ... ..	186
matter 物質... ..	2
maximum friction 最大摩擦 ... ..	58
measurement 量度 ... ..	6
medium 介質 ... ..	72; 123
melting 熔解 ... ..	104
melting point 熔點 ... ..	104
mercury 水銀 ... ..	3
metric system 米制 ... ..	9
microscope 顯微鏡 ... ..	153
millimeter 毫米 ... ..	7
minute 分 ... ..	29
mirror 鏡 ... ..	131
month 月 ... ..	29
motion 運動... ..	30
motion of varying velocity 變 速度運動 ... ..	32
motor 電動機 ... ..	205
movable pulley 動滑輪 ... ..	52
musical instruments 樂器 ... ..	81
musical scale 音階 ... ..	80
musical sound 樂音 ... ..	78
N	
N pole N 極... ..	168
near-sighted eye 近視眼 ... ..	152
negative electricity 陰電... ..	178
negative pole 負極 ... ..	168
negative pole 陰極 ... ..	186
noise 噪聲 ... ..	78
non-conductor 非導體 ... ..	113; 176

non-luminous body 不發光體... 122  
 normal 法線 ... .. 129  
 north pole 北極 ... .. 168  
 north-seeking pole 指北極 ... 168  
 number of vibration 振數 ... 71

## O

objective 物鏡 ... .. 153  
 ohm 歐姆 ... .. 192  
 one vibration 一振動 ... .. 71  
 opaque body 不透明體 ... .. 122  
 optical center 光心 ... .. 142  
 overtone 泛音 ... .. 82  
 oxygen 氧 ... .. 4

## P

parallel forces 平行力 ... .. 45  
 parallel light 平行光... .. 124  
 parallelogram of velocities 速  
 度的平行四邊形 ... .. 37  
 penumbra 半影 ... .. 126  
 period 周期 ... .. 71  
 petroleum 煤油 ... .. 3  
 photograph 照片 ... .. 149  
 photographic camera 照相機 ... 148  
 piston 活塞 ... .. 23  
 pitch 螺距 ... .. 55  
 pitch 音調 ... .. 79  
 plastic 受範性 ... .. 66  
 point action 尖端作用 ... .. 183  
 point of action 作用點 ... .. 42  
 point of application 力點 ... .. 49  
 point of exertion 重點 ... .. 49  
 point of incidence 入射點 ... .. 129  
 positive electricity 陽電 ... .. 178  
 positive pole 正極 ... .. 168  
 positive pole 陽極 ... .. 186  
 potassium dichromate 重鉻酸鉀 165

potential 勢... .. 189  
 potential difference 勢差... .. 190  
 pressure 壓力 ... .. 15; 65  
 principal focus 主焦點 ... .. 145  
 principal tone 基音 ... .. 80  
 prism 稜鏡 ... .. 139  
 propeller 推進器 ... .. 42  
 pull 挽力 ... .. 65  
 pulley 滑輪 ... .. 51  
 pump 唧筒 ... .. 23  
 push 推力 ... .. 65

## R

radiation 輻射 ... .. 162  
 rain 雨 ... .. 108  
 rainbow 虹 ... .. 159  
 Reaction 反作用... .. 34  
 real focus 實焦點 ... .. 145  
 reed 簧 ... .. 81  
 receiver 接收機 ... .. 209  
 rectilinear propagation of  
 light 光的直線傳播... .. 123  
 reflected ray 反射線... .. 129  
 reflection of light 光的反射 ... 129  
 reflection of sound wave 音波  
 的反射 ... .. 77  
 refracted ray 折射線... .. 135  
 refracting angle 稜角 ... .. 140  
 refraction of light 光的折射 ... 135  
 regular reflection 單向反射 ... 131  
 relay 替續器 ... .. 210  
 resistance 阻力 ... .. 49  
 resistance 電阻 ... .. 191  
 resolution of force 力的分解 ... 42  
 resolution of velocities 速度的  
 分解 ... .. 38  
 resonance 共振 ... .. 83  
 rest 靜止 ... .. 30  
 resultant force 合力... .. 42  
 resultant motion 合運動 ... .. 37

rolling friction 滾動摩擦... ..	60	strength of material 材料強弱	68
Romer 勒麥... ..	127	stress 應力 ... ..	62
<b>S</b>		suction pump 吸取唧筒 ... ..	23
S pole S 極 ... ..	168	<b>T</b>	
saturated vapor 飽和汽 ... ..	107	telegraph 電報 ... ..	209
saturation 飽和 ... ..	107	telephone 電話 ... ..	212
scattered light 散射光 ... ..	131	telescope 望遠鏡... ..	154
screw 螺旋 ... ..	55	temperature 溫度 ... ..	88
second 秒 ... ..	29	tension 張力 ... ..	65
seed oil 菜油 ... ..	3	thermal ray 熱線 ... ..	162
selective absorption 選擇吸收	163	thermometer 溫度計 ... ..	89
shadow 影 ... ..	125	thunder 雷 ... ..	183
silver nitrate 硝酸銀... ..	192	thunder-strike 雷擊 ... ..	183
siphon 虹吸管 ... ..	22	timber 或 quality 音色 ... ..	82
sliding friction 滑動摩擦... ..	59	to charge 灌電 ... ..	188
slip ring 匯電環 ... ..	203	to discharge 放電 ... ..	188
snow 雪... ..	109	to insulate 絕緣 ... ..	177
solar eclipse 日蝕 ... ..	127	total reflection 全反射 ... ..	138
solenoid 螺線管 ... ..	195	translucent body 半透明體 ... ..	123
solid 固體 ... ..	2	transmitter 發送機 ... ..	209
solidification 凝固 ... ..	105	transparent body 透明體 ... ..	122
solidifying point 凝點 ... ..	106	transverse vibration 橫振動 ... ..	70
sound wave 音波 ... ..	76	transverse wave 橫波 ... ..	73
sounder 發聲器 ... ..	210	trolley car 電車 ... ..	214
south pole 南極 ... ..	168	trough 谷 ... ..	73
south-seeking pole 指南極 ... ..	168	tungsten 鎢 ... ..	207
spark 電花 ... ..	181	tuning fork 音叉 ... ..	75
specific gravity 比重... ..	13	<b>U</b>	
specific heat 比熱 ... ..	101	ultra-violet ray 紫外線 ... ..	161
spectacles 眼鏡 ... ..	152	umbra 全影 ... ..	126
spectrum 光譜 ... ..	157	uniform motion 等速度運動 ... ..	31
speed 速 ... ..	30	uniformly accelerated motion	
spring balance 彈簧秤 ... ..	41	等加速度運動 ... ..	32
square centimeter 方厘米 ... ..	7	unit 單位 ... ..	6
square meter 方米 ... ..	7	<b>V</b>	
steam 蒸氣 ... ..	4	valve 活門 ... ..	23
steelyard 秤... ..	12	vapor 汽 ... ..	106
storage battery 蓄電池 ... ..	187		
strain 應力 ... ..	62		

西 文 索 引

7

velocity 速度 ... .. 31	
velocity of propagation of	
waves 波的傳播速度 ... .. 75	
ventilation 換氣... .. 118	
vibration 振動 ... .. 70	
virtual focus 虛焦點 ... .. 145	
vocal cords 聲帶... .. 83	
volt 伏特 ... .. 190; 193	
voltage 電壓 ... .. 190	
volume 容積 ... .. 8	
	<b>W</b>
	water pump 水唧筒 ... .. 23
	wave length 波長 ... .. 73
	wave motion 波動 ... .. 72
	wedge 劈 ... .. 55
	weight 重量... .. 10
	wheel 輪 ... .. 52
	wheel and axle 輪軸... .. 52
	<b>Y</b>
	year 年... .. 29
	yielding point 屈服點 ... .. 67

# 復興初中物理學

## 名詞及索引正誤表

英文名詞	誤	正	英文名詞	誤	正
air chamber	空氣室	氣室	luminous body	有光體	發光體
arc lamp	弧燈	弧光燈	magnetic meridian	磁子午面	磁子午線
carbon dioxide	炭酸氣	二氧化碳	magnitude	大小	量, 數值
centigrade thermometer	百度計	百分溫度計	parallelogram of velocities	速度的平行四邊形	速度之平行四邊形
composition of forces	力的合成	力之合成	period	周期	週期
composition of velocities	速度的合成	速度之合成	petroleum	煤油	石油
consonance	con-sonce	con-sonance	point of application	力點	{ 作用點 施力點
continuous spectrum	pec-trum	spec-trum	rainbow	虹	虹霓
electric lamp	ceelectric	electric	resolution of force	力的分解	力之分解
electrotyping	電鑄	電鑄術	resolution of velocity	速度的分解	速度之分解
freezing point	冰點	凝固點	sound wave	音波	聲波
gas	氣體	氣	speed	速	快慢, 速率
geographical meridian	地理子午面	地理子午線	strain	應力	應變
induced current	感應電流	應電	telegraph	電報	{ 電報術 電報機
line	電線	線	telephone	電話	電話機
liter	公升	升	water pump	水唧筒	{ 抽水唧筒 抽水機

中華民國政府教育審定  
本於二十四年七月  
領到教字第六十九號執照

中華民國二十二年七月初版  
中華民國二十五年三月重版

(57322B道)

初級中學用

復科書與物理學二冊

下冊實價國幣叁角陸分

外埠酌加運費匯費

編著者 周頌久

主編人 王雲五  
上海河南路

印刷所 商務印書館  
上海河南路

發行所 商務印書館  
上海及各埠

版權所有  
翻印必究

●D五九七九

(本書校對者 鄧光昭 錢兆麟)

