

教育部審定

修正課程標準適用

初中物理

下冊

原編者

改編者

校者

張開圻
包墨青
陶鴻翔
華襄治
華汝成



中華書局印行

初中物理下冊目次

第一章 聲波和樂音

1. 水波和波動.....1	5. 樂音的三要素.....9
2. 聲波.....3	6. 音的共振.....11
3. 聲波的速度.....5	7. 音程和音階.....13
4. 聲波的反射和折射.....7	

第二章 光的直進和反射

1. 光和光的直進.....16	5. 平面鏡和球面鏡.....24
2. 影和日月蝕.....18	6. 球面鏡所成的像.....26
3. 照度和光度.....19	7. 光的速度.....28
4. 光的反射.....22	

第三章 光的折射和色散

1. 光的折射.....32	6. 虹霓.....42
2. 全反射和稜鏡.....34	7. 光譜的種類.....45
3. 透鏡的焦點和焦距.....36	8. 物體的顏色.....46
4. 透鏡所成的像.....38	9. 光波和輻射線.....49
5. 光的色散.....41	

第四章 光學儀器

1. 照相機和幻燈.....53	3. 放大鏡和顯微鏡.....56
2. 眼和眼鏡.....55	4. 望遠鏡.....58

第五章 磁體

- | | |
|------------------|-----------------|
| 1. 磁極和磁力.....61 | 3. 地磁和羅盤.....64 |
| 2. 磁感應和磁場.....62 | |

第六章 雷電

- | | |
|--------------------|-----------------|
| 1. 摩擦起電.....67 | 5. 容電器.....72 |
| 2. 驗電器和電的傳導.....68 | 6. 電壓和放電.....74 |
| 3. 靜電感應.....69 | 7. 雷電的成因.....75 |
| 4. 起電盤和起電機.....71 | 8. 觸電和避電.....76 |

第七章 電流和電池

- | | |
|-----------------|-----------------|
| 1. 電流.....79 | 4. 電阻.....85 |
| 2. 電池.....80 | 5. 電阻的組合.....87 |
| 3. 電路和電鑰.....83 | 6. 電池的組合.....88 |

第八章 電流的效應

- | | |
|-----------------|----------------------|
| 1. 化學效應.....92 | 動.....99 |
| 2. 蓄電池.....94 | 6. 電流計安培計伏特計.....101 |
| 3. 磁效應.....95 | 7. 熱效應.....103 |
| 4. 電鈴和電報.....98 | 8. 電燈.....104 |
| 5. 導線在磁場內的運 | |

第九章 電磁感應及其應用

- | | |
|------------------|----------------------|
| 1. 電磁感應.....109 | 6. 電扇電車瓦特小時計.....117 |
| 2. 感應圈.....111 | 7. 變壓器.....118 |
| 3. 交流發電機.....112 | 8. 電話.....120 |
| 4. 直流發電機.....114 | |
| 5. 電動機.....115 | |

修正課程標準適用

初中物理下冊

第一章 聲波和樂音

本章要旨

1. 從水波引出聲音傳播的性質。
2. 討論聲波的現象。
3. 研究樂音的要素和音階的意義。

1. 水波和波動 投石於池內,水面即依石子入水的地方爲中心,起同心圓的凹凸,以等速度向四方傳播,這種現象,稱爲水波。當水波傳播時,若水面浮有木片,則見木片僅作上下的振動,並不隨波而前進,可知波的前進不過是波形的前進,水的本身祇在原

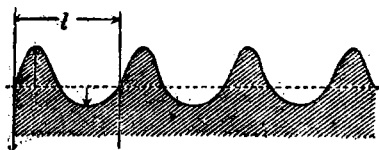


圖 1. 水波的橫截面

處上下振動罷了。圖 1 即示水波的橫截面,其中的虛線爲原水面,凸起部分稱爲峯,凹下部分稱

爲谷；相鄰兩峯或兩谷相當點間的距離稱爲波長，如圖中 λ 所示；峯或谷和原水面的距離稱爲振幅。

又如圖 2，將細長的繩一端固定，握其他端，



圖 2. 繩的橫波

依繩的垂直方向用力上下振動，則見繩上亦起凹凸的波形，向固定的一端進行。

凡從物質一點的振動能漸次傳播到四周使起同週期性的振動的現象，稱爲波動，傳播波動的物質稱爲介質。如上述的水波和繩上的波，便是波動的現象，水和繩便是介質。凡波動，介質各部分的振動方向，和波的進行方向互相垂直的，稱爲橫波，例如繩的波動。至於水波，大部分爲橫波，但情形複雜。

如圖 3，取一螺線圈掛於鉤上，若將其下端向上驟壓一下而放手，則被壓的部分，圈間的距離較前爲密。因彈性和慣性的作用，



圖 3. 螺線圈的縱波

一縮一伸起交互的稀疎和稠密，漸次傳播。這個現象，亦稱波動。凡波動，介質各部分的振動方向，和波的進行方向在同直線上的，稱爲縱波；相鄰兩稠密或兩稀疎的相當點間的距離，稱爲波長。

不但螺線圈可生縱波，就是氣體或固體如金屬棒等亦可得同樣的現象。

實驗 如圖 4，

將金屬棒的中央用鉗固定，將布蘸松香粉，順其長度方向擦之，就可發聲。若棒的一端附

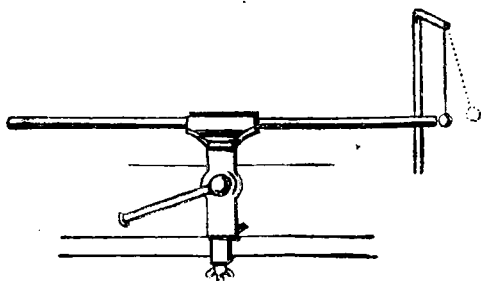


圖 4 金屬棒的縱振動

一球體，就被其擊出而作前後的振動。

問題 風吹過麥田時所生的麥浪，是橫波抑縱波？

2. 聲波 以錘擊鈴則鈴響，試以鉛筆接近鈴的邊緣，可覺鈴在振動。又以棒擊音叉，叉亦發音；以通草球觸之，則覺叉亦振動，如圖 5 所示。由此可知聲音的起源，實由於物體的迅速振動。發音時的物體，稱爲發音體；發音體每秒間振動的

次數，稱爲頻率。

實驗 如圖 6，懸電鈴或鬧鐘於空氣唧筒的鐘罩內；如將空氣抽去，則聲音漸弱；空氣放入，則聲音又強。

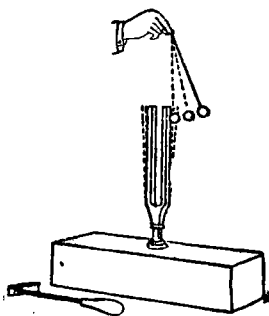


圖 5. 音叉的振動

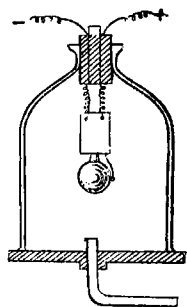


圖 6. 電鈴裝在空氣唧筒中

由此可知

通常傳聲的介質爲空氣；因物體來往振動，周圍鄰近的空氣分子亦生振動，遂成稀疎和稠密相間的縱波，稱爲聲波；傳至吾人耳鼓，遂感覺有聲。故聲波實以發音體爲中心所成的球形面，向四方傳播如圖 7 卽示電鈴發出聲波的情形。

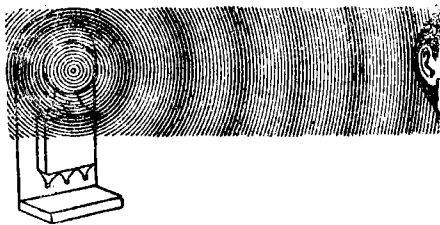


圖 7. 電鈴發出的聲波

聲音的傳播，除空氣外，其他氣體亦可傳聲。又液體和固體的傳聲，更較氣體爲佳。吾人游泳時，如有石子投入水中，則所聞的聲音很響；又若

以耳伏地，則雖遠處的聲音亦可聽到；即以此故，聲波既為空氣分子振動所成的縱波，故其

稀疏和稠密的情形恰和螺線圈的縱波相似。

如圖 8 中，AB 為螺線圈的波，

A'B' 為聲波，c

為稠密，相當於橫波的峯；r 為稀疏，相當於橫波的谷。下為代表聲波的曲線，1—2 和 3—4 的部分為峯，以代表稠密；2—3 的部分為谷，以代表稀疏。聲波中空氣分子來往作短距離的振動，其各分子離原位置的長，就是振幅。相鄰兩波相當點的距離，就是波長。

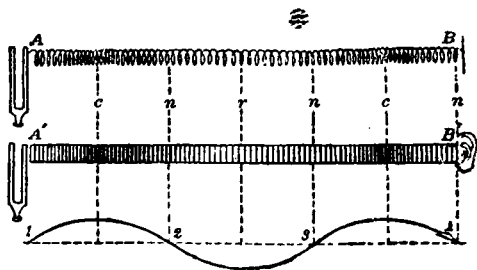


圖 8. 曲線代聲波的作法

問題 以耳伏於鐵軌上，聞遠處火車來的聲音有二：

何故？

3. 聲波的速度 見電閃後必待少時，方聞雷聲；遠處放砲，亦必先見烟而後聞聲；這是因為聲速慢於光速的緣故。利用此理，便可測算空氣中的聲速。普通的方法，就是在相隔數公里的兩

個地方，從一方測他方發砲的火光和砲聲相隔的秒數，因為光速大得非常，所需時間可以略去不計，故此秒數即可視為聲音傳達的時間，用他來除兩地的距離，就可測得從一方傳向他方的聲速。如此雙方互測數次，取其平均數以除去風的影響，便得靜止空氣內的聲速。

空氣中的聲速，隨溫度的高低而有變化，大概在 0°C 時每秒約為 331.3 米，溫度每升降 1°C ，則聲速約增減 0.6 米/秒。液體傳聲的速度較大，在水中約為每秒 1400 米。至於固體，傳聲的速度更較液體為大，如在木中平均約為每秒 4000 米，鋼鐵中約為每秒 5100 米。

設 V 為聲在介質中每秒的速度， n 為發音體每秒的振數或頻率， l 為聲波的波長，則三者的關係如下式：

$$V = nl \quad \text{[速度]} = \text{[頻率]} \times \text{[波長]}$$

吾人的聽覺對於聲音的感覺是有界限的。若頻率不及 20 次或超過 40000 次，則雖傳達耳中，亦不能發生聲音的感覺。音樂中的範圍較小，其頻率約在 30 至 4000 次之間。吾人所能發的音範

圍更小，頻率約在 80 至 1000 次之間；通常講話，男子約在 90 次至 140 次之間，女子約在 270 次至 550 次之間。

問題 1 見電閃後 5 秒，才聞雷聲；若當時的氣溫為 13°C ，問雷鳴處離人有多少遠？

問題 2 一音叉的頻率為 256，溫度為 18°C 時，所發音的波長為若干？

4. 聲波的反射和折射 水波遇着岸，則以同樣的波動射回。振動繩的一端，以成波動，進到他端，亦成波狀射回。凡聲波在均一的介質中前進時，遇着障礙，波就射回。這種現象，稱為聲波的反射。吾人在大廈前面或山谷中間，大聲高呼，可再聽到同樣的聲音，就是這種現象。反射回來的聲音，稱為回聲。室內講話，牆壁反射回聲很快，和原聲相合，而聲增強，故較室外清晰。若在大講堂內，回聲射回較遲，反和原聲互相混雜。

實驗 利用曲面器的反射，可聚回聲於一點。如圖 9，把兩曲面器隔數米相對而立，將錄置於一曲面的焦點上，又置小

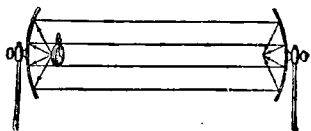


圖 9. 聲波的反射

漏斗於他一曲面的焦點上，連以橡皮管，和耳相接，則可聞得錄聲。

建築大會堂，多用圓頂，就是利用此理，可使聽衆聽得演講的聲音更爲明晰。

聲波進行的方向固依一定的直線，但在逆風進行時，因風在近地面處受有物體的阻礙，其速度比遠地面的高處爲小，所以聲波所受逆風的影響近地面處亦較高處爲小，因而聲波進行的方向就會逐漸

向着上方彎曲，如圖 10 左方所示，故



吾人若站在聲波

圖 10. 聲波的折射

進行的原方向的直線上，就聽不到聲音。凡聲波向前進行的方向改變時，稱爲聲波的折射。同樣的理由，若聲波和風向相同，則聽到的聲音，較爲清晰，如圖 10 右方所示。

又遠處的聲音，夜間比日間容易聽到，亦因聲波折射的緣故。因在日間地面上空氣的溫度，比上方爲高，所以聲波的速度，下方比上方爲大，聲波就向上彎曲。若到夜間，地面易於冷卻，上方

空氣的溫度較高，所以聲波向地面折射，就容易聽到。

問題 1 放鎗後 6 秒才聽到山壁傳來的回聲，求山壁的距離。

問題 2 雷聲常殷殷不絕，何故？

5. 樂音的三要素 如車聲、砲聲等，聞之並不起快感的聲音，稱為噪聲；笛聲、琴聲，聞之生快感的聲音，稱為樂音。凡物體為不規則的振動，則生噪聲；有規則的振動，則生樂音。如圖 11，觀其代表曲線，就可



圖 11. 噪聲(A)和樂音(B)的代表曲線

知道其區別。物理學上所討論的就是樂音。

樂音有三個要素，就是：響度、音調、音色。

(1) **響度** 響度就是聲音的強弱。重敲鐘、鼓則振動激烈，振幅大而音強，輕敲則振幅小而音弱，可知響度視發音體振幅的大小而定。發音體發一定振幅的聲波，若和發音體相隔愈遠，則空氣所傳的聲波，振幅亦漸小。因發音體發出的聲波都為球面形，傳到各方愈遠則球形面積愈大，

而單位面積所得的振動能量亦愈小，故離音源遠，聽到的聲音就微弱。但聲波若沿細管進行，其振動能量祇沿一方，故在同一面積內的響度不變，醫生所用的聽診器就是利用此理。

(2) 音調 音調就是音的高低。音的高低和發音體的頻率有關。

實驗 如圖 12，以金屬圓板錐小孔三層，外層的孔數為中層的雙倍，每層的各孔間都是等距離。內層則各孔的距離不等。裝在軸上，令其轉動。用小玻璃管吹其外層，則發樂音，轉動愈速，則音愈高。吹其中層，則所發樂音較低。若吹其內層，則發噪聲。

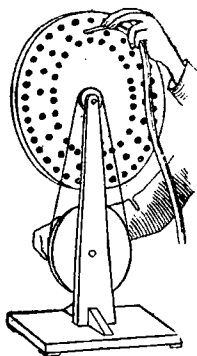


圖 12. 音調的高低

由此可知音調的高低，視其發音體頻率的多寡而定。女子發音的頻率，較男子多，故音調高。但音調和響度，意義不同，音調關於音的高低，響度則關於音的強弱，故男子的音低而強，女子的音則高而弱。

(3) 音色 簫、笛、提琴雖奏同樣音調和響度的音，而仍有差別。人耳可以分辨。這種差別，稱為

音色。

實驗 如圖13,取長約1米的細銅絲一根,緊張於桌上,在其一端使之振動而發音,當其振動時,以手指輕按其中點,則原來的音停止,而聽到另有一音較弱而高。



圖13. 一弦同時所生的基音和泛音

由此可知以指彈弦,所發的音,很為複雜。如圖13中原來的音,稱為基音。同時基音外另有他種頻率的音發出,稱為泛音。兩樂器的基音雖同,但含有的泛音如不同,則合成的音當然不同。表示同時發生泛音的數目和強弱就是音色。

問題 1 說明傳聲筒的作用。

問題 2 火車來時,所聽到的汽笛聲較高,離開時則較低,何故?

6. 音的共振

實驗 將振數完全相同的音叉兩個,如圖14置於桌上,相隔數尺,以木槌猛擊其一,則他

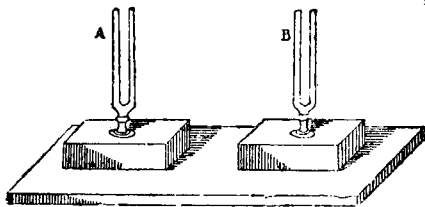


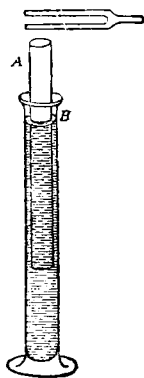
圖14. 音叉的共振

一未擊的音叉亦可振動而發音。又將發同樣音調的兩弦，互相平行而彈其一，則他一亦可發出同樣的音。

凡頻率相同的兩個發音體，一個振動時，他一個亦起振動的現象，稱為共振。以繩懸物，使其擺動後，復隨其擺動週期微推數次，則擺動漸大；若亂推之，擺反不動。共振的理由適與此相似。被擊的音叉，發出稀疏和稠密相間的波，傳播到他音叉；若為稠密，則推其股向前；若為稀疏，則股即向後；這種推力雖很微弱，但往復多次，振幅便能逐漸擴大，因而發生共振的現象。

利用空氣柱，亦能生共振，可以實驗如下：

實驗 如圖 15，將無底的 A 管，升降於盛水的 B 管中間，同時以發音的音叉置於 A 管管口的上方。若 A 管內的空氣柱長度適當，即可聞得特強的聲音，這便是管內空氣柱發生共振的緣故。



這種共振是因直接的聲波和反射的聲波相合而成，可用圖 16 來說明。ca 為音叉的一股，當此

圖 15. 空氣柱的共振

叉股由 a 向下時，則發稠密入 A 管內；若此稠密由管內反射，回到管口，適當叉股離 b 向上時，則兩稠密相合，音故隨以加強。

共振可以增加音的響度，故樂器如胡琴、提琴等，都裝在空箱上面，使起共振；這種空箱，稱為共振箱。

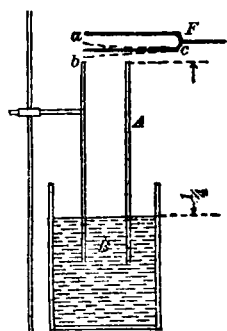


圖16. 共振的說明

7. 音程和音階 兩音頻率的比稱為音程。兩音同時並奏或相繼發出，其和諧與否，由實驗知道與其音程有關。音程如為 1:2, 2:3, 3:4 等的簡單比，則成諧音，使人聞之發生快感。例如頻率 512 的音，就是頻率 256 的諧音。

通常樂曲所用的音很多，若以其中一音為標準，定為首音，而在首音與頻率為其二倍之音間，配入和首音頻率成一定比的諸音，合成一組，稱為音階。故音階的首音頻率一定時，其他各音的頻率亦為一定。各音頻率和對於首音頻率比的數值見下表：

文 字	C	D	E	F	G	A	B	C'	D'
西 音	do	re	mi	fa	sol	la	si	do'	re'
中 音	合	四	乙	上	尺	工	凡	六	五
對首音的 頻率比	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2	$\frac{9}{4}$
國際通用 的頻率	261	293.6	326.8	348	391.5	435	489.4	522	587.2

上表排列的 C、D、E、F、G、A、B、C' 等八音為基本音階其高倍的為高音階，加 ' 或 '' 於文字的右上角；低倍的為低音階，加 1、2 等數目字於文字的右下角。如 C'' 的頻率為 1044，E₁ 為 163；音階八音中的任一音都可作為首音，以某文字為首音的音階，即名為某字調。

將音階中的諸音種種變化組合，就成樂曲；彈奏樂曲，有種種樂器例如胡琴、琵琶等用弦發音的，稱為弦樂器。簫、笛等用管子發音的，稱為管樂器。鑼、鼓等用板發音的，稱為板樂器。吾人的聲帶為兩片薄膜，張列喉頭的兩邊，其間隙縫極狹，空氣通過，振動聲帶而發音，故其情形實和板的振動發音相似。

問題

科學上 C 的頻率為 256，試以此為首音製一

本章提要

1. 介質各部分的振動方向和波的進行方向垂直的波，稱爲橫波，如圖 2，繩的波動等。
2. 介質各部分的振動方向和波的進行方向一致的波，稱爲縱波，如聲波。
3. 聲音生於物體的振動。
4. 聲波速度在 0°C 時的空氣內爲每秒 331.3 米，在液體和固體內速度更大。
5. 聲波遇着障礙物就反射，若前進時因介質不均勻，速度不一致，而使進行的方向改變，就成折射。
6. 有規則振動的聲波成樂音，否則成噪聲。
7. 樂音的響度關於振幅的大小，音調關於頻率的多寡，音色關於所成泛音的多少和強弱。
8. 發音體受着和自己頻率相同的聲波，即感應振動而發音，稱爲共振。
9. 兩音頻率的比，稱爲音程。將調和的諸音，依頻率順次排列，稱爲音階。
10. 樂器有弦樂器、管樂器、板樂器等。

第二章 光的直進和反射

本章要旨

1. 從光的直進,說明影和日月蝕的成因。
2. 比較光源的強度和被照體的照度。
3. 說明光的反射現象和定律。
4. 從光的反射,確定鏡面所成的實像和虛像。
5. 說明球面鏡的焦點和焦距。

1. 光和光的直進 凡物體能自己發光的,稱爲發光體,亦稱光源。自然界內最偉大的光源,就是太陽;人造的光源,則有種種,其大部分爲高溫度的固體,例如燃燒的物質,通電時的電燈絲等。物體被光照射的,稱爲被照體。如月球和行星等,是受太陽光的照射,都是被照體。自發光體發來的光,或被照體所反射的光,傳到眼中,刺激視神經,乃起視覺的作用。

光可透過的物質稱爲透明體;其不能透過的稱爲不透明體。通常水爲透明體,但過厚就漸不透明;金爲不透明體,但極薄亦能透過一部分的光。

光可透過的物質，如密度均勻，稱為均勻介質。從窗隙透進室內的太陽光，所經過的均勻介質，就是空氣。如空氣內有塵埃或煙霧，從旁面觀察光所通過的路，可知光源發出的光，是沿着直進行線的。又如將不透明體放在光源和眼的中間，光就被其遮隔而不能轉折射來。故光通過的路稱為光線，可用直線來表示。

實驗 取一硬紙片，穿一針孔，在暗室內放在燭焰和紙屏的中間如圖 17，則紙屏上現一倒置的燭像。

若做開口的木箱兩個，如圖 18，B 箱恰能在 A 箱內移動，A 箱的底面鑽

一針孔，B 箱的底面裝一毛玻璃片，代替紙屏，即成針孔照相機。如將針孔向着屋外，則玻璃片上可現出景物的倒像。

針孔照相，就是光的直進的證明，如圖 17 中，燭焰

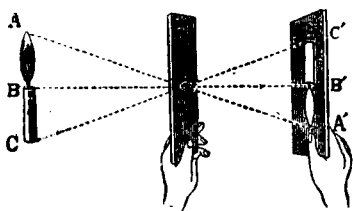


圖 17. 針孔所成的像



圖 18. 針孔照相機

AB 間各點所發的光都依直

線通過針孔,所以其像必為倒像。又因其為實際光線集合而成,故亦稱為實像。

問題 太陽光穿過樹葉間,射在地面上,何以常成許多圓形的光?

2. 影和日月蝕 光線若為不透明體遮隔,則不透明體的後面,有成暗黑的部分,就稱為影。光源若為一點,如圖 19 中的 1,則自 L 發出的光線,為不透明體 ab 所遮隔,所成的影完全暗黑,其輪廓極為顯明。若光源並非一點,如圖 19 中的 2,則不透明體後方所成的影,其中央成圓錐體的部分 CDE,完全暗黑,稱為本影;在本影的周圍部分,能受到光源所發一部分的光,而成較淡的影,稱為半影。影的發生,就因光線是直進的緣故。

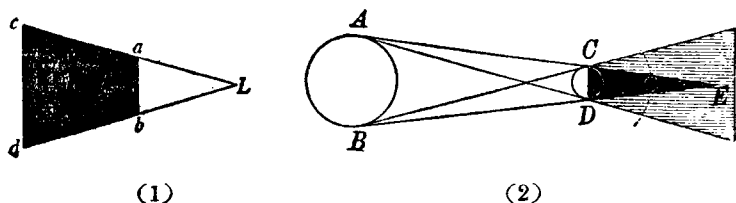


圖 19. 影

日蝕和月蝕,就是自然界中影的現象。如圖 20,若月球在太陽和地球的中間,則吾人在月球

的本影 U 裏面,就完全不見太陽光,而成太陽的全蝕;同時在月球的半影 P 裏面的人,僅見太陽一部分的光,就成太陽的偏蝕。若地球恰在太陽和月球的中間,此時月球在地球的影內,太陽光線不能射到他的上面,成爲昏黑,就是月蝕。

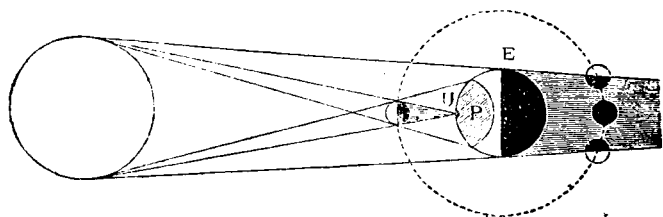


圖 20. 日 蝕 和 月 蝕

問題 1 發光體大於不透明體時,所成的本影,是一圓錐體形;若小於不透明體時,是否得同樣的本影?試作一圖以說明之。

問題 2 在太陽光照射的時候,地面上可見電線桿的影;但電線的影,有的可見,有的不能見;這是何故?

3. 照度和光度 凡單位面積在單位時間內所受的光量^(註1),稱爲照度。從光源向四周發出的光量有一定因光線沿着直線進行,所以離光源愈遠的地方,被照的面積愈廣。如圖 21,若假

定離光源單位距離的平面(I)上,所受的照度爲1,則離光源2倍距離處的平面(II)上,面積

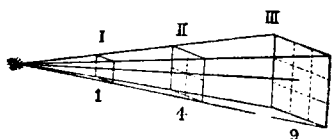


圖 21. 照度和光源距離的關係

大4倍,所以照度當爲 $\frac{1}{4}$;在3倍距離處的平面(III)上,其照度當爲 $\frac{1}{9}$ 。可知被照體的照度,和光源距離的平方成反比,又在同一距離的被照面,和

光線垂直時的照度爲最大,傾斜時較小,如圖22所示。光源所發光量的強度,稱爲光度。光度的單位爲

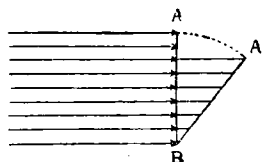


圖 22. 面的傾斜和照度

燭光。1燭光依1標準蠟燭(註2)所發的光而定,根據這標準蠟燭,就可定出各種光源的光度。照度當然和光度成正比。

比較光度的裝置稱爲光度計。光度計的種

類甚多,其簡單的比較法,如圖23,可用一紙屏S,在其中中央塗一油斑,設在離

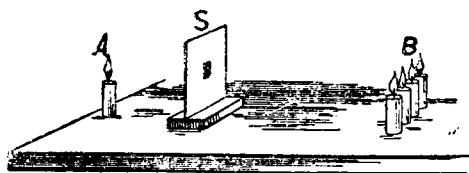


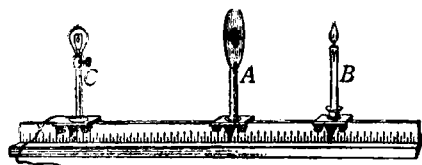
圖 23. 光度的比較法

屏 1 米的 A 處放 1 枝燭焰,在另一方 B 處放 4 枝燭焰,若 S 屏和兩方燭焰所隔的距離相同,則紙屏向 B 的一面,其照度必為向 A 一面的 4 倍。若將 S 屏向 A 移動,直等油斑上的照度兩側相等即自任一面視之,油斑和近旁的紙等亮時,量出距離 A、S 的為 d_1 , B、S 的為 d_2 ,則 d_2 必為 d_1 的 2 倍。故兩光源的光度,和其與紙屏相隔距離的平方成正比。設 A 為標準蠟燭,其光度為 I_1 , B 處換一要測定的光源,其光度為 I_2 ,可得關係式為:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{d_1^2}{d_2^2} \cdot \frac{\text{標準光度}}{\text{測定光度}} = \frac{\text{標準光源和紙屏的距離}^2}{\text{測定光源和紙屏的距離}^2}$$

從上式就可測定某種光源的光度為若干燭光。

照上面的比較法,可得如圖 24 的裝置,更為便利,稱為本生光度計。



問題 在 16 枝燭

圖 24 本生光度計

光的電燈下看書,最合眼睛的照度,應將書本放在離燈約 60 釐米處;若在 32 枝燭光的燈下,應相隔若干距離?

(註 1) 光量就是光源所輻射的光能。

(註 2) 標準蠟燭是英國所定的燭光,係直徑約 2.5 釐米

用鯨油所製的蠟燭,每小時燃燒鯨油 7.78 克。

4. 光的反射 太陽光從窗隙射入,遇平面

鏡則變更方向而射回,如

圖 25 所示;這個現象,稱爲

光的反射。又如圖 26,光線

和鏡面相遇的一點 O 稱

爲入射點;從 O 點引一直

線 ON 和鏡面垂直,稱爲

法線。入射光線 IO 簡稱入

射線,這線和法線 ON 所

成的 ION 角,稱爲入射角。

和鏡面垂直的一平面,含

有入射線和法線的,稱爲

入射面。反射光線 OL 簡稱反射線,這線和法線

所成的 NOL 角,稱爲反射角。由實驗的結果,得光

的反射定律如下:

(1) 反射線,入射線和入射點的法線在同一

平面內,入射線,反射線分居法線的兩側。

(2) 入射角和反射角相等。

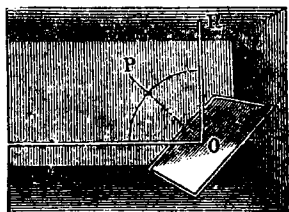


圖 25. 光的反射

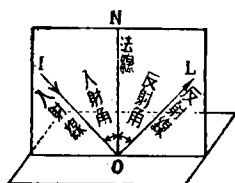


圖 26. 反射定律

依上述的反射定律，則互相平行的光線射在極平滑的面上，其反射的各光線亦必互相平行，如圖 27 的 1；這種反射，稱為單向反射。平面鏡就是極平滑的面，常呈這種反射，吾人眼向反射線，可見發出入射線的物體在鏡中的像，而不易看見鏡的本身。若入射線遇粗糙的面，因面上凹凸不平，所以入射線雖互相平行，而反射線却向各方亂射，如圖 27 的 2；這種反射，稱為漫射。漫射

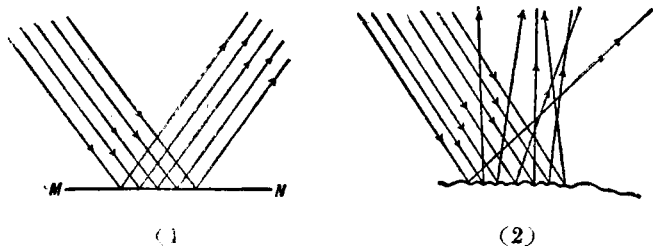


圖 27. 單向反射和漫射

的光稱為漫射光。一切可見的物體如桌面、牆壁等，全體雖似平滑，但從各部分細加觀察，就可知道微有凹凸；所以太陽光射在其上，就成漫射。吾人因得辨別物體的存在。太陽未出地平線以前和既沒以後，暫時仍可感覺光明，亦因空中的塵埃和雲等漫射的緣故。

問題 燈光射在波動的水面上,其像常延長,這是何故?

5. 平面鏡和球面鏡 如圖 28,平面鏡 MN

前放一光點 A,任取所發出的兩光線 AB 和 AC 射在鏡面,依反射定律得兩反射線 BD 和 CE。若將這兩線在其反對方向延長,必相交於一點 A',這點又必在 AK 垂線的延長線上,且 A'K 與 AK 相等,故 A' 為 A 的對稱點(註)。由此 A 點發出的光線反射後都似從 A' 點發出的。一樣。

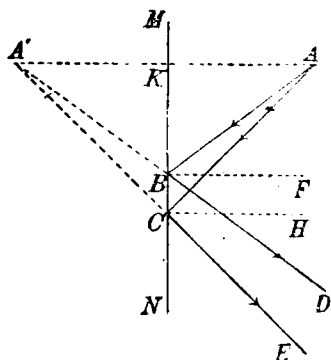


圖 28. 光點的像

因而 A' 點稱為 A 點的像。但這個像並非光線實際的集合點,所以稱為虛像。若光源為一物體 AB 如圖 29,其每點的像集合起來,就成虛像 A'B'。凡平面鏡所成的虛像,形狀大

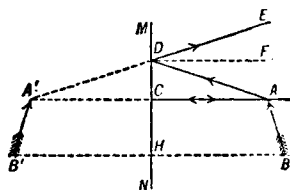


圖 29. 物體的像

小和原物體相同,其位置和原物體成對稱,故像和鏡面的距離,常與物體和鏡面的距離相等。

反射的鏡面若爲球面的一部分，稱爲球面鏡。如圖 30，設鏡的反射面向球心 C 彎曲的，稱爲凹鏡。若用球面的外面做反射面，就成凸鏡。通過球心 C 和鏡面中點 O 的直線，

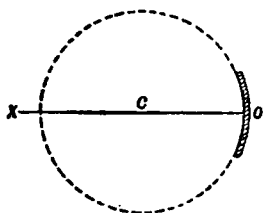


圖 30. 球面的一部分

稱爲軸線。依凹鏡的軸線方向對着太陽光，則因光源離鏡極遠，故發出的光線可視作平行。這平行光線依軸線方向射於鏡面，經反射後都會集於軸線上的 F 點。圖 31，

如在 F 點上置一紙片，就見太陽的像。若將容易着火的物質放在這

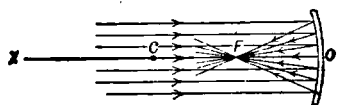


圖 31. 凹鏡的焦點

點，就起燃燒，故這點稱爲焦點。焦點和鏡面的距離 OF ，稱爲焦距，焦距恰爲球面半徑 OC 的一半。若將光源放在凹鏡的焦點上，經反射後的光線就成平行光線，照度不變，以達遠處。所以凹鏡可用作反射鏡，如圖

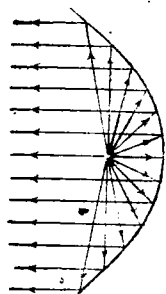


圖 32. 反射鏡

32 所示探照燈就是利用反射鏡造成。平行光線遇凸鏡，反射後的光線雖擴散，但將反射線

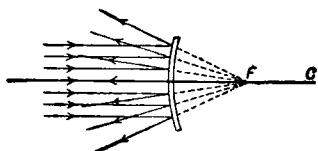


圖 33. 凸鏡的虛焦點

延長到鏡後亦可會集於 F 點(圖 33), 稱為虛焦點。

問題 1 人在穿衣鏡的前面, 要見全身的像, 鏡面至少的高度應為人體高度的一半, 試作圖以證明之。

問題 2 上問中人和鏡的距離, 如有遠近時, 對於鏡的高度有無影響?

(註) 由反射定律 $\angle ABF = \angle FBD$, 故由幾何定理, 即可知 $\angle AEK = \angle DBN = \angle A'BK$, 所以 $\triangle ABK \cong \triangle A'BK$, 故 $AK = A'K$, 就是 A' 為 A 的對稱點。

6. 球面鏡所成的像 凹鏡所成的像, 因物體的位置不同, 而成像有大小、倒正、虛實等差別。

實驗 1. 如圖 34, 在暗室內, 於凹鏡 M 的球心和焦點間的 C 處置一燭焰, 則將紙屏移至 B 處, 可得倒立的實像, 比實物為大。

2. 若將燭焰放在 B 處, 將紙屏移至 C 處, 亦得倒立的實像, 但比實物為小。

3. 物體放在球心上, 則在同處得倒立的實像, 其

大小和實物相等。

4. 物體放在焦點以內,則不得實像,但在鏡後成正立的虛像,比實物為大。

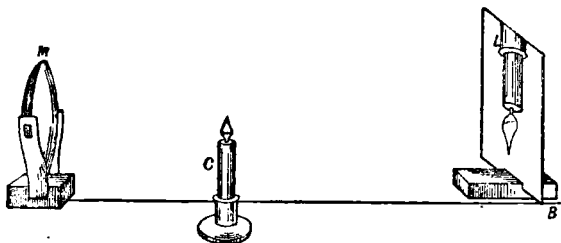


圖 34. 凹 鏡 的 成 像

若鏡的焦距已知,可就物體上的一光點起。

(1)作一和軸線平行的光線,反射後必通過焦點;(2)再作通過球心的光線,因為垂直鏡面,反射後必沿原路而回。這兩線的交點,在鏡的前方時成實像(圖35),在後方時成虛像(圖36),

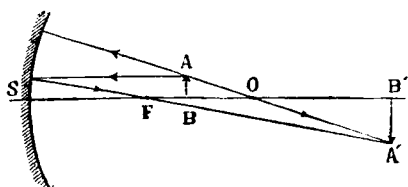


圖 35. 凹 鏡 所 成 的 實 像。

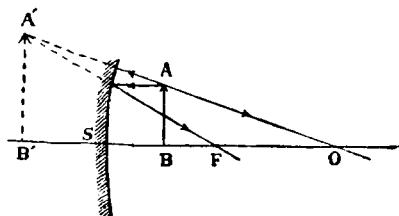


圖 36. 凹 鏡 所 成 的 虛 像

所以由作圖可確定像的虛實、位置、倒正和大小。

由實驗和作圖可知(1)物體 AB 和像 $A'B'$ 的地位可互相交換。凡兩點的位置，一點如為光點，而他點就為像點。有這種關係的兩點，稱為共軛點；(2)物體在鏡的焦點外，常得實像，在焦點內就成虛像；(3)實像係反射光線在鏡前實際會集而成，常為倒立；虛像為反射光線向鏡後延長所集成，常為正立。

凸鏡所成的像，常為虛像，但比實物為小，如圖 37 所示。



圖 37. 凸鏡所成的虛像

問題 1 凹鏡的半徑為 50 釐米，在鏡面前 44 釐米處置一 2 釐米長的物體，試用圖示求其像的位置和大小。

問題 2 若上題的凹鏡改為凸鏡，則像的位置和大小如何？

7. 光的速度 光的速度極大，就吾人今日之知識，尚未發見有較光的速度更大者。光的速

度既大，故欲精密測定其數值，實非易事。伽利略曾用測量聲速的方法以測光速，即令 A、B 二人分立在某距離的兩山頂上，各備一燈，燈的前面并有一屏，用以遮隔燈所發出的光。設 A 將燈光發出，同時記錄發出的時間；B 見 A 處的光時，立即將燈光發出；A 待見 B 處的光時，又記錄見光的時間。A 處自發光以至看見 B 處的光，所歷的時間，必為光行 A、B 間兩次的時間；兩處的距離和所經的時間既都知道，故光的速度即可算出。但因時間太短，故用這個方法在短距離內實在不能量出，即其所得的數值亦覺不甚可靠。待後世望遠鏡發明，從天文學的觀測，方始確定光的速度。以後物理學家又造出量短時間的測量儀器，方得在地面上亦可測定的各種方法。

由各種精密方法的測定，得知在空氣或真空內，光的速度為每秒三萬萬米（ 3×10^8 米 / 秒，或 3×10^{10} 釐米 / 秒），這個速度可算極大了。但就天體間的距離來比較這個速度，可以推算出光由月球傳到地球約歷 1 秒鐘，太陽光傳到地球約歷 8 分鐘 18 秒，北極星光傳到地球需歷 44 年，

其他更有需在數千年以上的,由此可知宇宙的廣大,實在大得不可思議。

光在真空內的速度最大,在空氣內的速度和在真空內的數值相差極微,在水中的速度約爲空氣內的 $\frac{3}{4}$,在玻璃內的速度約爲空氣內的 $\frac{2}{3}$ 。又各種顏色的光在空氣中的速度約略相等,但在玻璃等物質中則各不相等。

本章提要

1. 光在均勻介質內是沿着直線進行的。
2. 將不透明物放在光線內,其後面所成暗黑部分的影,有本影和半影的現象。
3. 日蝕時爲地球在月球的影內,月蝕時爲月球在地球的影內。
4. 一定面積表面上的照度,和光源的光度成正比,和光源距離的平方成反比。
5. 平面鏡上的反射線、入射線,都和入射點的法線在同一平面內,入射角和反射角相等。
6. 平面鏡所成的像,對於鏡面前的物體互相對稱。
7. 凹鏡的焦點爲與鏡的軸線平行的光線反射後的會集點,其焦距爲焦點和鏡面的距離,恰爲球面半徑的一

半。

8. 球面鏡所成的像如下表:

物的位置		像的性質			
		虛像或實像	鏡前或鏡後	正立或倒立	和實物相比
凹 鏡	球 心 外	實	前	倒	小
	球 心 上	實	前	倒	相等
	球心和焦點間	實	前	倒	大
	焦 點 上	虛	後	正	極大不能 明辨
	焦 點 內	虛	後	正	大
凸	鏡	虛	後	正	小

9. 鏡所成的像有實像和虛像兩種。實像為光線反射後實際會集而成，常為倒像；虛像為反射線向鏡後延長所集成，常為正像。

10. 光在空氣中的速度為每秒 3 萬萬米；在水中的速度約為空氣中的 $\frac{3}{4}$ ；在玻璃中的速度約為空氣中的 $\frac{2}{3}$ 。

第三章 光的折射和色散

本章要旨

1. 說明光的折射現象及其定律。
2. 討論透鏡所成的像。
3. 探究太陽光經過稜鏡後所成的光譜。
4. 說明虹霓的成因。
5. 研究光的性質。

1. 光的折射 光線在均勻介質內,其進行的方向成一直線,已述於前。若由一介質而透入一較密或較稀的介質時,則由界面的入射點起,就要變更方向。凡光線在疎密不同的介質面上改變方向的現象,稱為光的折射。

如圖 38,光線 AB 由空氣內斜向射於水面,自入射點 B 起就向這法的法線 EE' 偏折而取 BM 的方向進行。若在水底置一平面鏡 M ,使入射的光線 AB ,

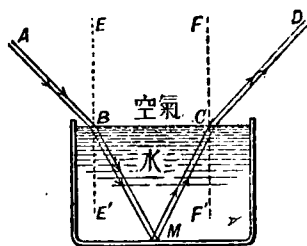


圖 38. 光的折射

在空氣中射入水內，成爲折射線 BM ，再使反射線 MC 由水中透入空氣，則自入射點 C 起離法線 FF' 偏折而取 CD 的方向。偏折後的光線 BM 和 CD 稱爲折射線，折射線和法線所成的角如 $\angle E'BM$ 和 $\angle FCD$ 稱爲折射角。由此可知光線由稀的介質透入密的介質時，折射線常向界面的法線而偏向，故折射角常比入射角爲小；若由密的介質透入稀的介質時，折射線常離法線而偏向，折射角常比入射角爲大。

實驗 如圖 39 左，在盆底放一銅元，向後遠立望之，至不見此銅元爲止。乃在盆中盛水，則銅元似浮起而可得見，這是何故？所見的是否銅元的本身？又如圖 39 右，將筆桿斜放在水內，則桿在水中的部分，亦呈浮起的現象，這是何故？

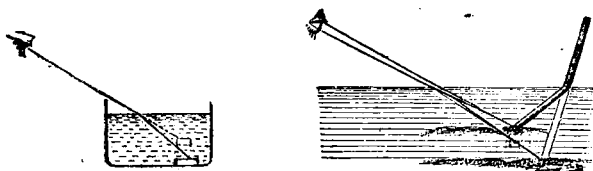


圖 39. 水中物體的折射現象

丹麥的斯涅爾氏由實驗得光的折射定律

爲：

(1) 入射線、折射線和法線都在同一平面內，

入射線、折射線分居法線的兩邊。

(2) 光線在兩介質內速度的比值，常為一定，稱為折射率。通常定各種介質的折射率，都依空氣為標準。設光在空氣內的速度為 V_0 ，在物質內的速度為 V ，則該物質的折射率 N 為：

$$N = \frac{V_0}{V} \quad [\text{折射率}] = \frac{[\text{光在空氣內的速度}]}{[\text{光在物質內的速度}]}$$

重要物質的折射率如下表。例如光由空氣內透入水中，因速度的相比為 $4/3$ ，故水對空氣的折射率為 1.33 。若由水中透入空氣時，則其折射率為由空氣入水時的倒數，即 $3/4 = 0.75$ 。

已知某物質的折射率，則由一定的入射角，即可定出其相當的折射角；並由實驗，知折射率的數值離1愈遠，就是兩介質內光的速度相差較大，則光線的偏向愈甚。

水	1.33
酒 精	1.36
冰	1.31
玻 璃	1.5—1.7
二硫化碳	1.63
金 剛 石	2.47

問題 晚上所見天空的星，有時起搖動的現象，何故？

2. 全反射和稜鏡 光線由密的介質透入

稀的介質，例如由水內透入空氣，則水中的入射角漸大時，空氣中的折射線漸離法線而偏向。至折射角成 90° ，光線即沿界面而折射，如圖40中粗線所示，此時的入射角稱為臨界角。若入射角再大於臨界角，如圖40中的

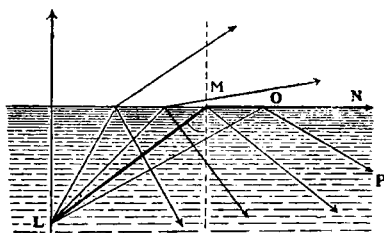


圖40. 全反射

LO光線，則達界面時不再折射至空氣中，却起反射而入水內，界面恰和平面鏡的作用一樣。這個反射的現象，稱為光的全反射。介質的稀密種種不同，則臨界角的大小亦種種不同，由水至空氣的臨界角為 48.5° ，由玻璃至空氣的臨界角為 41.5° ，由金剛石至空氣的臨界角為 24.5° ，故金剛石的反射現象最為顯見，而面上常閃爍着光輝。

側面相互傾斜的透明體，稱為稜鏡，兩面所成的夾角，稱為稜鏡角。如圖41，光線AB由一側面投

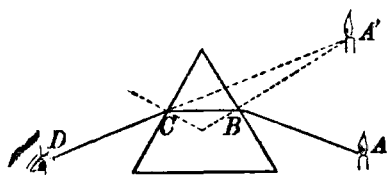


圖41. 稜鏡的折射

射入稜鏡，得折射线 BC，至 C 時出稜鏡，再起折射线而成 CD，在 D 處見 A 的像在 A' 處，比原地位為高。由此可知光線經稜鏡時，起兩次的折射线，常離稜鏡角而偏向。

稜鏡角為直角的稱為直角稜鏡。如圖 42，光線垂直射至其一面，透入稜鏡後，達 O 點時，因全反射的作用，即變更一直角的方向，從他一面射出。潛水艇所用的潛望鏡就是利用這原理而製成，故在水底可窺見水面上的物體。

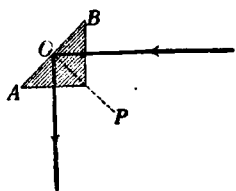


圖 42. 稜鏡的全反射

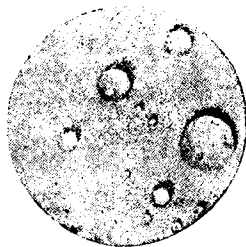


圖 43. 水滴的光耀

問題 荷葉或防雨布上的水滴，何以光耀明亮？

3. 透鏡的焦點和焦距 兩側面為球面或球面和平面所成的透明體，稱為透鏡，其主要的形式有六種，如圖 44，上三種的中央部分較邊緣為厚，稱為凸透鏡；下三種則邊緣較中央部分為

厚，稱為凹透鏡。通過透鏡兩面球心的直線，稱為透鏡的軸線。

光線投射於透鏡，若通過透鏡的中心，透出後的方向不變。和凸透鏡軸線平行的光線，經過透鏡後，即聚集在軸線上的一點 F ，如圖 45，這點稱為凸透鏡的焦點，因如圖 46，若將透鏡所集太陽光線

的一點（即 F ）射於紙上，即可起燃燒的緣故。焦點和透鏡中心的距離，稱為焦距。各種凸透鏡都有會聚光線的作用，故亦稱為會聚透鏡。

和凹透鏡軸線平行的光線，經過透鏡後，因折射而成發散光線，如圖 47 所示。這些光線好像都由

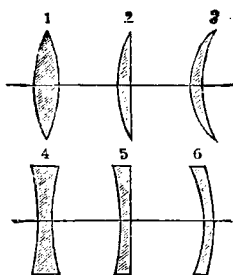


圖 44. 透鏡

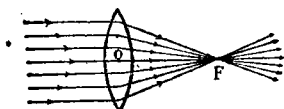


圖 45. 凸透鏡的焦點

將透鏡所集太陽光線

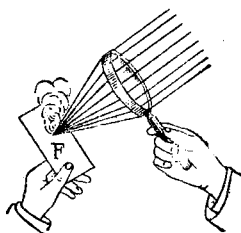


圖 46. 太陽光會集起燃燒

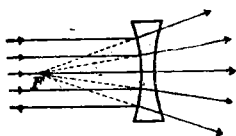


圖 47. 凹透鏡的虛焦點

軸線上的一點 F 發出一樣，故這點稱為凹透鏡的虛焦點。這點與透鏡中心的距離，亦為焦距。各種凹透鏡都有發散光線的作用，故亦稱為發散透鏡。

凸透鏡的焦點為實際光線所會聚，常稱實焦點。若在這焦點上放一光源則其發出的光線通過透鏡後成平行光線，可直照遠方而光強不變。海邊的燈塔就是利用此理，其構造和裝置的情形如圖 48, 49 所示。

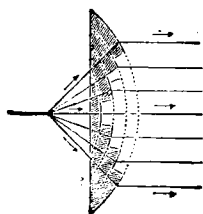


圖 48. 燈塔所用的透鏡

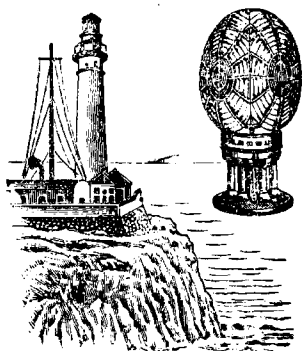


圖 49. 燈塔

4. 透鏡所成的像

實驗 如圖 50, 將凸透鏡 L 放在燭焰 C 和紙屏 S 的中間, 祇要地位配置適當, 即可見紙屏上顯有燭焰的像。

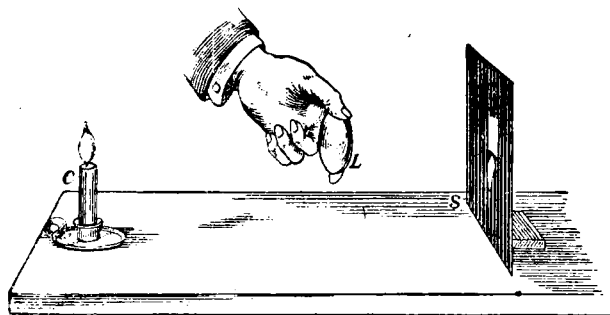


圖 50. 凸透鏡的成像

由實驗知道,凸透鏡所成的像,亦有倒正、大小、虛實等差別,和凹鏡成像的情形相似。

(1) 物體放在離凸透鏡二倍焦距以外,則透鏡他側生倒立的實像,比實物為小。

(2) 物體放在凸透鏡的焦點以外離鏡二倍焦距以內,則其他側離鏡二倍焦距以外成倒立的實像,比實物為大。

(3) 物體放在離凸透鏡二倍焦距之處,則在他側離鏡二倍焦距之處成倒立的實像,大小和實物相等。

(4) 物體放在凸透鏡的焦點以內,則在同側生正立的虛像,比實物為大。

透鏡所成的像,亦可由作圖求出。凸透鏡作

圖的規則如圖 51、52。由物體的光點 B 作兩條直線，其一為通過透鏡中心的光線，不變其方向，沿一直線進行，如 BOB'；其二為和透鏡軸線平行的光線，折射後通過焦點 F；兩線的交點 B'，即為 B 點的像。同樣可求 A 點的像 A'。連接 A'B' 的直線，就是物體 AB 的像。

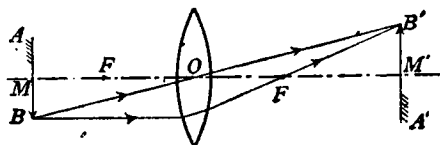


圖 51. 凸透鏡所成的實像

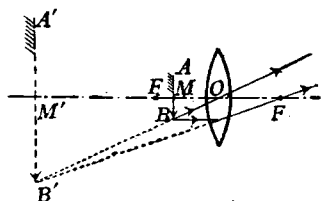


圖 52. 凸透鏡所成的虛像

凹透鏡因有發散光線的作用，故其所成的像，常為正立的虛像，比實物為小，和實物在透鏡的同側如圖 53 所示。

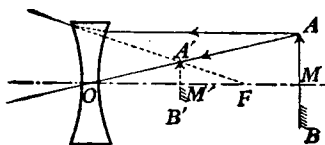


圖 53. 凹透鏡的成像

由作圖可知物體和像的長度之比，等於其與透鏡的距離之比，即

$$\frac{\text{物體和透鏡的距離}}{\text{像和透鏡的距離}} = \frac{\text{物體的長度}}{\text{像的長度}}$$

問題 1 透鏡有無共軛點?試舉例來說明。

問題 2 實像和虛像有何區別?

問題 3 一物體長 4 釐米,離一凸透鏡 75 釐米;設此透鏡的焦距為 50 釐米,試作圖以求其像。

5. 光的色散 由細隙透入暗室內的太陽光,射至稜鏡,經折射後,不但變更方向,且出射的光散布成一美麗的色帶,如圖 54 所示;其中主要的各色,依次(圖中自下而上)為

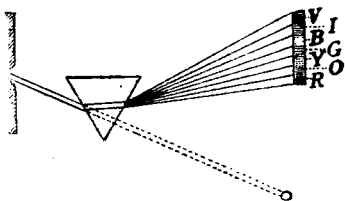


圖 54. 光的色散

紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫等七色。凡光經稜鏡後分析而成這色帶的現象,稱為光的色散;所分成的色列,稱為光譜,或稱為景;太陽光所成的光譜,稱為太陽光譜。

太陽的白光,經稜鏡而色散為上述的七色。若用圓板一塊,依次貼上七色紙片如圖 55;若紙片的大小比配適宜,而使圓板迅速迴轉,看去就成白板;

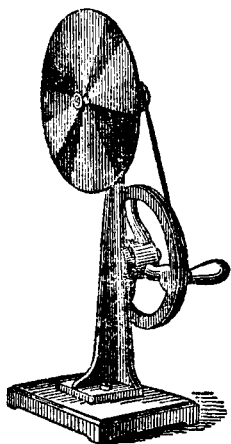


圖 55. 牛頓色板

由此可知太陽光即由紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫等七色所合成。這個圓板，稱為牛頓色板。

光經稜鏡不再色散的，稱為單色光；若經過稜鏡後可色散為數種顏色的，稱為複光。複光經稜鏡後色散的原因，是為各色的光在玻璃內速度不同的緣故。白光七色中，紅光的速度最大，紫光最小，故紫光的偏向最大，紅光最小（見第1節），各色就色散而成一定的光譜。各色光在介質中的速度不同，即介質對於各色光的折射率不同，其數值舉例如上表。

物 質	折 射 率		
	紅	黃	紫
水	1.329	1.334	1.344
玻 璃	1.622	1.633	1.669

6. 虹霓 大氣內若浮有水滴，太陽光射至水滴上，經反射、折射而色散成爲美麗的現象，稱爲虹霓。

實驗 在直徑約4或5釐米的圓底燒瓶F內盛水，如圖56，太陽光由白紙板AB的空隙O透入，射至F瓶，若地位配置適宜，即見紙板上空隙的周圍現出各色的圓圈，紅色在外，紫色在內，和大氣中的虹一樣。

太陽光射至水滴上，經過兩次折射和一次全反射，因為各色光的折射率不同，所以色散的程度也有

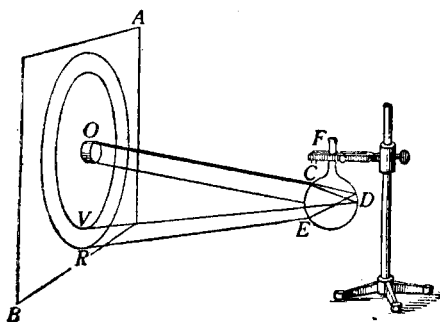


圖 56. 人造虹

大小。紅色光和入射線所成的角度約為 42° ，紫色光和入射線所成的角度約為 40° ，其他各色光的角度依次在紅紫兩色光之間，所以實驗內所見紙板上的色圈，紅色在外，紫色在內，其他各色依次排列其間。

夏雨初霽，空中浮着的水滴極多，吾人背太陽而立，如圖 57，若由水滴內依 RO

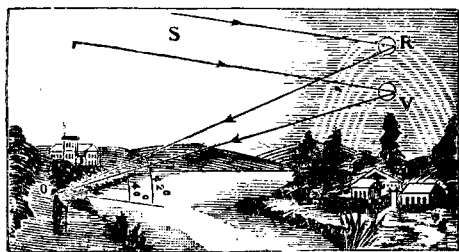


圖 57. 虹

方向射來的光，和人眼 O 處與太陽光線平行的方向成 42° 的角，則依此方向所見的水滴皆現紅色；若依 VO 方向射來的光，和 O 處與太陽光線

平行的方向成 40° 的角，則依此方向所見的水滴皆現紫色；介在這兩個方向中間的水滴，就順次現出其他各色，和光譜中所見的一樣。凡光線由水滴射來，和O處與太陽光線平行的方向成同一角度的水滴，都呈同種的顏色，故吾人所見的虹常成環狀。

太陽光線射於水滴內，除普通的折射和反射外，若再多一次的全反射，如圖58上方的情形，則出射的紅光線和太陽入射方向成 51° 的角，紫光線和入射方向成 54° 的角，故人眼望去，紅色在內，紫色在外，其餘各色亦依次介於兩色的中間。因為這和常見的虹，其顏色的次序恰相反，故別稱為霓。霓的地位常在虹的外方，其光色較淡。

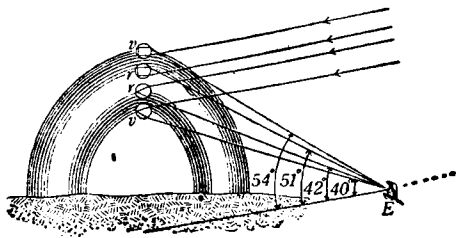


圖58. 虹和霓

問題 吾人朝晚所見的虹，其方向如何？何故？又午間

也能看見虹否？何故？

7. 光譜的種類 由蠟燭或電燈絲發出的光，經稜鏡色散後所成的光譜，各色連續排列，並不間斷，稱為連續光譜（見封面後彩圖）。凡高溫度的固體或液體都發生連續光譜。

檢查光譜的器械，稱為分光計。其簡單的構造如圖 59，在稜鏡的一邊，置凸透鏡 L，在透鏡的焦點處，置狹長的細隙 A。

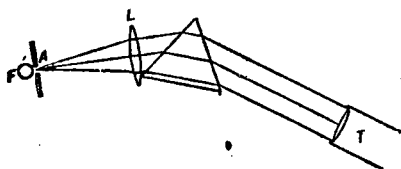


圖 59. 分光計

A. 光線由光源 F 通過細隙，經透鏡成平行光線，再由稜鏡色散成光譜，用望遠鏡 T，就可看見光譜的各部分。

若將食鹽（氯化鈉）放在酒精燈的火焰內，用分光計檢查，得見黃色的明線；再用鈉的各種化合物同樣檢查，都呈這明線，位置亦相同；故這明線是鈉所特有的，稱為鈉線，或稱D 線。其他每一元素的各種化合物檢查時也都可見特有的明線，條數、顏色和位置都各一定，不相混淆，故用此方法，可藉所見的明線以判別物質中所含的元素。凡光譜呈這種明線的，稱為明線光譜；灼熱的

汽所成的光譜,都爲明線光譜。

實驗 在分光計前置電燈光,則成連續光譜。若易置一酒精燈,在火焰內放食鹽,則得黃明線。若在電燈和分光計間,置食鹽的火焰,若溫度比電燈爲低,則黃明線的位置變成暗線。

實驗中暗線發生的理由,是因鈉汽將電燈光的連續光譜中和自己明線相當的黃色部分吸收的緣故。鈉汽本身雖發黃明線,但因吸收的多而發出的少,故結果成爲暗線。吾人若將太陽光譜加以精密的檢查,亦可發見無數的暗線,散布在光譜的各部分,各有一定的位置,其中最顯明的,稱爲A線、B線、C線、D線、E線、F線等,爲德人夫牢因和斐所定,故統稱夫牢因和斐譜線。太陽爲高溫度的固體或液體,本應發出連續光譜;但其周圍包有比較低溫度的各種物質的汽,故太陽光通過時遂因吸收作用而發生暗線。凡如此光的部分被吸收後所成的暗線光譜,稱爲吸收光譜。

問題 月球射來的光,所成的光譜應屬何種?

8. 物體的顏色 太陽光經過稜鏡後的光

譜照在白屏上，若將深紅布放在光譜的各部分，則除紅色外，都稍帶黑暗，至綠藍色內，則完全黑暗。若用深藍布試驗，則除藍色外，其他各部都帶黑暗。由此可知紅布在太陽光內祇將紅色的光反射，其他各色都被吸收；藍布反射的光祇為藍色，其他各色都被吸收。凡由白光中祇有一種光的反射，稱為選擇反射；故不透明體在太陽光下所呈的顏色，是因選擇反射的緣故。

太陽光經過紅色的玻璃，透過的光祇有紅色，其他各種光都被吸收，故見為紅；藍色玻璃祇透過藍色的光而吸收其他各種光，故見為藍；故凡透明體所呈的顏色，是因透過的光不同的緣故。

總上所述，可知各種物體所呈的顏色，都因吸收入射光的部分不同的緣故。用紅、藍兩種玻璃重疊以觀察強烈的太陽光，透過的光線就弱。若用幾種顏色不同的玻璃片重疊以觀太陽，可以完全不見，這因各種光線全被吸收的緣故。又白色的物體能反射各種的光，故隨入射的白光而呈白色；黑色的物體因吸收各種的光，故呈黑

色。顏料配合而成各種顏色，理亦相同。例如黃和藍兩種顏料適量混合時，可成綠色，因為黃色顏料吸收黃色和綠色以外的色光，藍色顏料吸收藍色和綠色以外的色光；故若兩種顏料混合後，各種色光完全吸收，祇反射綠光，以呈綠色。

三色印刷法就是利用這個原理，將紅、黃、藍三種顏料各塗在一塊製就的銅版上，分三次在紙上同一地位重疊印刷，即可得各種不同的顏色。

物體所吸收的光，大部分都變為熱，使物體的溫度增高，所以着黑色的衣服，在太陽光下比着白色的為熱。但物質吸收的光，亦有再變成光而發出的，例如石油受太陽光照着，就會發出淡藍色的光，放在紫色光內吸收紫光後，仍發出固有的色光，可見這個光並非反射的作用。

問題 1 在黃光的燈下不能辨別黃色和白色的物體，是何緣故？

問題 2 黑紙上用銀硃寫字能顯明，用紅墨水寫字就難顯明，這是何故？

問題 3 有色的衣服着水後，顏色較深，是何緣故？

9. 光波和輻射線 光係一種波動，在真空內亦能傳播，波動的介質是一種假定的透明介質，稱爲以太。以太瀰漫於宇宙內，不論有無物質存在的空間，都被其充滿。

高溫度物體的分子常起振動，故其周圍的以太就起橫波的波動，稱爲光波。光波向各方傳播，和水波、聲波的發生相像。光的強弱由光波振幅的大小而定；光的顏色是因光波波長不同的緣故。由實驗測知紅光的波長最長，紫光的波長最短，其餘各色光的波長，介於紅、紫二者之間，如下表所示：

光的波長表	
紅.....0.000068 釐米	綠.....0.000052 釐米
橙.....0.000065 釐米	藍.....0.000046 釐米
黃.....0.000058 釐米	紫.....0.000040 釐米

太陽光譜中黃色部分的光，對於眼的感覺最強，向兩端依次漸弱，如圖 60 中的曲線 II 所表示。由紅至紫爲人眼所能感覺的，稱爲可見光譜。若用精密的溫度計，檢查光譜的熱作用，可知由紫色向紅色漸次增加，在紅色外熱作用有最強

處而有不可見的光譜，如圖 60 中的曲線 I 所表示。這紅光外所有折射率較小的部分，稱爲紅外線，又

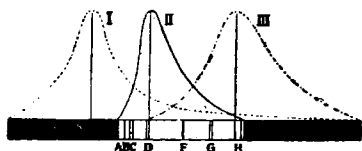


圖 60. 光譜各部的作用

稱熱線。又用照像所用的感光紙，檢查光譜的化學作用，其感光程度紫端最強，在紫端外亦有不可見的折射率較大的部分呈化學作用，如圖 60 中的曲線 III 所表示，這部分稱爲紫外線，又稱化學線。紫外線殺菌的效力很大，故日常可利用太陽光消毒。

由實驗測知熱線和化學線都依從光線一樣的定律，不過人眼的感覺和耳對聲音的感覺一樣，有一定的限度，所以不能看見。通常的光線和熱線及化學線，總稱爲輻射線。

問題 1 物體溫度漸高時，常由深紅漸變爲黃，以至白光，這是何故？

問題 2 聲波和光波有何不同？

本章提要

1. 光線由稀的介質透入較密的介質時，向法線而起

折射,光線由密的介質透入較稀的介質時,離法線而折射;入射角大過臨界角時,則起全反射。

2. 入射線、折射線都和法線在同一平面內,各在法線的一邊。折射率為光在兩種介質內速度的比值,常有一定。

3. 透鏡的焦點為與透鏡軸線平行的光線經過透鏡而聚在軸線上的一點,其焦距為焦點和其中心的距離。透鏡所成的像如下表:

物的位置		像的性質			
		虛像或實像	正立或倒立	透鏡的前後	和實物相比
凸透鏡	離鏡距二倍外	實	倒	後	小
	離鏡距二倍	實	倒	後	相等
	焦點外離鏡內	實	倒	後	大
	焦點上	.....	.....	後,無窮遠	.....
	焦點內	虛	正	前	大
凹透鏡		虛	正	前	小

4. 太陽光經稜鏡而色散成一光譜;虹霓是太陽光射至大氣內浮着的水滴,經反射和折射而成色散的美麗現象。

5. 光譜有連續光譜、明線光譜和吸收光譜三種。

6. 不透明體的顏色,是因受太陽光後吸收多種色光而呈選擇反射的緣故。透明體的各種顏色,則因透過的色

光不同的緣故。

7. 物體所吸收的光,大部分都變為熱,但亦有受光後仍變成光而發出的。

8 由發光體輻射各種波長不同的以太波,波長最短的為紫外線(化學線),依次增長,由紫至紅,成可見光譜,至波長最長的紅外線(熱線)。

第四章 光學儀器

本章要旨

應用光的定律，說明通常所用的光學儀器。

1. 照相機和幻燈 照相機的主要部分如

圖 61 所示，爲一伸縮自如的暗箱，箱前有空隙，裝一凸透鏡 L ，箱的後面可插

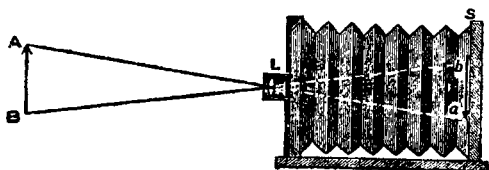


圖 61. 照相機的原理

一毛玻璃板 S 。物體 AB 所發的光線，經透鏡射至玻璃板，將暗箱的長度調準，板上就現顯明的倒像 ab ，其構造實即針孔照相機（第一章），不過針孔中用透鏡後，孔口可稍大，而所成的像輪廓

較爲清楚。若用有感光性的乾片代替玻璃板的位置，像即映在片上，以相當的時間，使片上起化

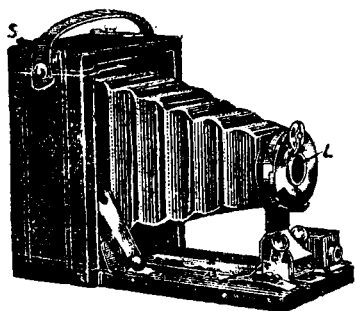


圖 62. 手提照相機

較爲清楚。若用有感光性的乾片代替玻璃板的位置，像即映在片上，以相當的時間，使片上起化

學作用,再先後用顯影和定影兩種溶液浸過,在水中沖洗,即得和原物明暗相反的底片(圖63左)。再用感光紙放在底片下,晒在太陽光中使之感光,便得和原物相同的正片,即俗稱的相片(圖63右)。



圖 63. 底片和正片

幻燈的構造如圖 64,將透明畫片倒插在 P 框內,用凸透鏡 L 聚集電燈 A 的光,射至畫片上;通過畫片的光,再經凸透鏡 L' 射至白幕 S 上,成爲放大的像。

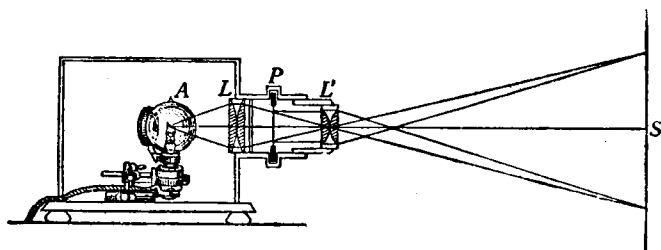


圖 64 幻 燈

眼對於像的感覺,約可保持 $\frac{1}{8}$ 至 $\frac{1}{4}$ 秒後方消滅,例如雨滴落下,似成直線,暗室內將線香燃

着移動，即成一條連續的火光，故用每秒十餘次的速度，攝成連續活動體的像片，製成一長卷的軟片，映畫時用特製的機械，使軟片在幻燈的 P 框內連續移動，則幕 S 上的像亦連續改變，吾人望去宛似實物的運動，並不覺有間斷，就成俗稱的活動電影。

2. 眼和眼鏡 人眼的構造，極像照相機如圖 65，在角膜內的睛珠，和凸透鏡相當，網膜和乾片相當。物體 AB 發出的光，經睛珠而成像 ab 於網膜，像雖倒立，但視神經所生的視覺，可知物體為正立。睛珠能由筋肉的伸縮改變其彎曲度，即改變其焦距，使物體不論遠近，都可成像於網膜上，這種作用稱為眼的調節。

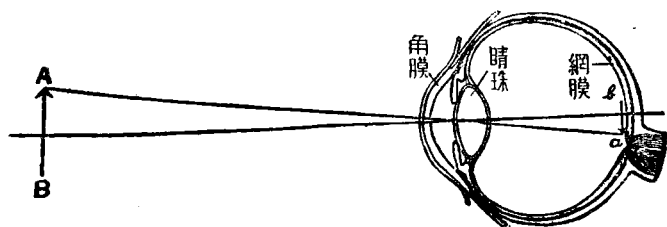


圖 65. 眼球的截面及其作用

健全的眼由距眼 15 釐米以至遠處，皆可明，

視；但通常物體在距眼 25 釐米的地方，最易明視，且不感疲勞，故特稱為**明視距離**。

近視眼的睛珠彎曲度過大，或眼球特別深些，所以明視距離比健全的眼為短，如圖 66 上，遠方物體 I 的像常成於網膜的前方 I'，故須用凹透鏡所製的眼鏡將光線先發散，使像移到網膜上 I''，才能看得清楚。

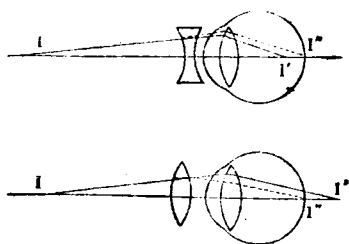


圖 66. 眼鏡的調節作用

又遠視眼的睛珠過於扁平，或眼球特別淺些，所以明視距離比健全的眼為長，近處物體的像，常成於網膜的後方，故須用凸透鏡所製的眼鏡，將光線先會聚，使像移到網膜上，才能看得清楚，如圖 66 下所示。

普通眼鏡的度數，向來用透鏡焦距的英寸（1 英寸 = 2.54 釐米）數來表示，例如焦距 15 英寸的眼鏡，即為 15 度。最近度數的記法，採用焦距米數的倒數，例如 10 度的眼鏡，其透鏡焦距為 0.1 米。

3. **放大鏡和顯微鏡** 放大鏡係一個或數

個透鏡所成的凸透鏡,如圖 67,將微小的物體放在焦點以內,即成廓大的虛像。通常均令虛像成在離放大鏡 25 釐米

(明視距離)處,而取他的大小和實物相比,就得放大鏡的放大率。

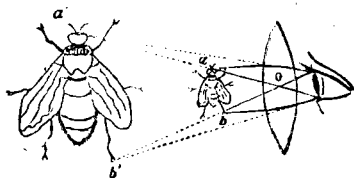


圖 67. 放大鏡

放大鏡又稱單顯微鏡,因其放大率不大,所以對於極微細的物體不能適用。要觀察極微細的物體,需用複顯微鏡或簡稱顯微鏡。其構造如圖 68,用一直立金屬圓筒,上下兩端各裝一凸透

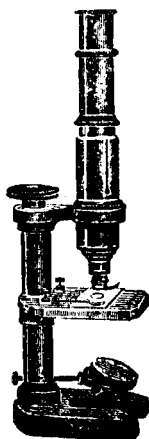
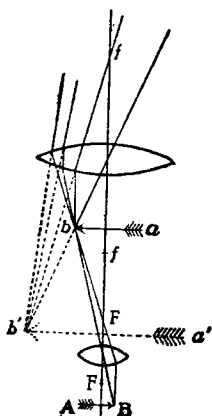


圖 68. 顯 微 鏡 原 理

鏡；筒下有一檯，上面夾置所要觀察的微小物體；檯下有凹鏡，可將光線反射至微小物體上；圓筒下端的透鏡焦距很短，和物體接近，稱爲物鏡；上端的透鏡焦距較長，稱爲目鏡。

微小物體 AB 放在物鏡焦點 F 略外，其實像 ab 恰在目鏡焦點 f 略內，故由目鏡望去，得見放大的虛像 $a'b'$ ， $a'b'$ 和 AB 相比，稱爲顯微鏡的放大率。

4. 望遠鏡 望遠鏡係觀察天體或地上遠處物體的器械，其構造如圖 69，係用伸縮自如的一組長圓筒，筒的兩端亦各用一凸透鏡，和顯微鏡的情形相像；但物鏡的焦距很長，目鏡的焦距很短。

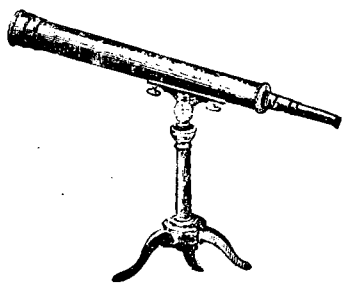


圖 69. 望遠鏡

如圖 70，遠處物體 AB 經物鏡所成的實像 ab ，恰在目鏡焦點略內，更由目鏡的廓大，就得虛像 $a'b'$ 。這種望遠鏡，稱爲天文望遠鏡，所見的像

爲實物的倒形。若製地上望遠鏡時，可在 ab 像的右方插入一凸透鏡，得一對於實物正立的像，然後再用目鏡廓大。

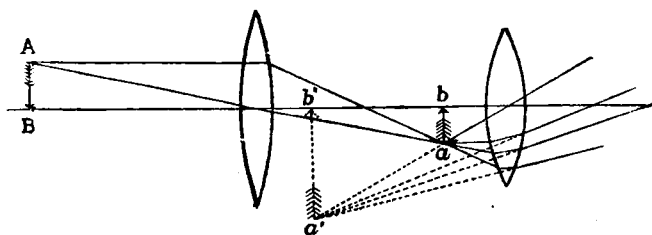


圖 70. 天 文 望 遠 鏡 原 理

伽利略望遠鏡所用的物鏡爲凸透鏡，目鏡則爲凹透鏡，所成的像和實物同樣正立，如圖 71 所示，兩鏡間的金屬圓筒距離可伸縮，攜帶極爲便利。

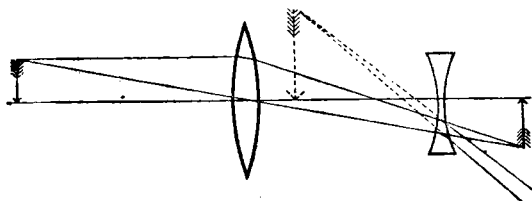


圖 71. 伽 利 略 望 遠 鏡

地上望遠鏡的兩透鏡中間，插入兩個直角

稜鏡如圖72,則由物鏡透入的光線經稜鏡內四次的全反射,亦可將倒像轉正。這樣的裝置,稱為稜鏡望遠鏡。

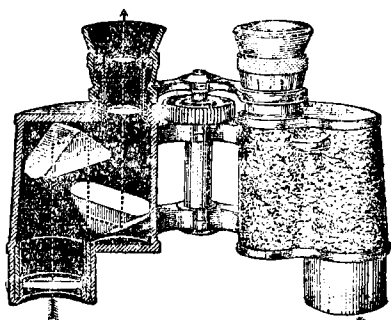


圖 72. 稜鏡望遠鏡

本章提要

1. 用凸透鏡可製成照相機、放大鏡、幻燈等器械。
2. 近視眼應戴凹透鏡的眼鏡,遠視眼應戴凸透鏡的眼鏡。
3. 顯微鏡和望遠鏡都是利用兩個透鏡製成,顯微鏡的物鏡所須的焦距比目鏡為短,但望遠鏡恰相反。

第五章 磁 體

本章要旨

說明磁體的性質和地球的磁性。

1. 磁極和磁力 磁體有吸鐵的特性，稱爲磁性。自然界中的磁鐵礦，稱爲天然磁；用鋼製成的磁體，稱爲人造磁。人造磁有磁針、條形磁、蹄形磁等形式，如圖 73 所示。

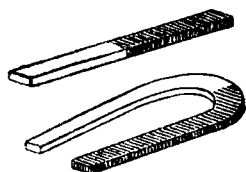
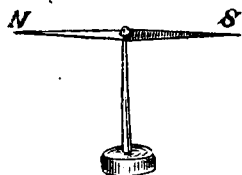


圖 73. 磁 體

將磁體置於鐵屑中，然後取出，則兩端所吸的鐵屑甚多，中間甚少，如圖

74 所示。凡磁體的兩端，磁性較強的部分，稱爲磁極。如將條形磁懸着，使在水平面內能自由轉動，則磁體在靜止時，必指南北方向。磁體指北的一端，稱

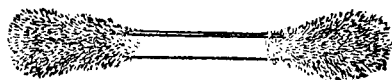


圖 74. 磁體的磁極

爲指北極，簡稱北極，以 N 表之；指南的一端，稱爲指南極，簡稱南極，以 S 表之。我國發明的指南針，

即係利用磁極指示方向的性質。

當兩個磁體的 N 極和 N 極,或 S 極和 S 極相近時,必互相排斥,如圖 75 所示;若將 N 極和 S 極相近時,則互相吸引;故同名的極彼此相推,異名的極彼此相引。這種互相推引的力,稱爲磁力。

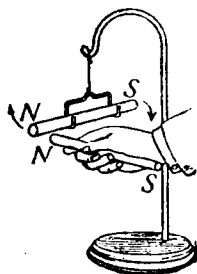


圖 75. 磁力

由精確的實驗,知兩極間作用的磁力,和兩極的磁性强度爲正比,和兩極距離的平方爲反比,這種關係,稱爲庫侖定律。

問題 1 磁體和鐵棒如何分別?

問題 2 N 極和 S 極的性質有何

不同?

2. 磁感應和磁場

實驗 如圖 76,以軟鐵棒的一端,接近磁極,則棒的他端能吸鐵屑;若將磁體取去,則軟鐵棒的磁性消失,鐵屑紛紛落下。

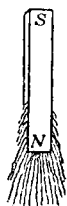


圖 76. 磁感應

凡軟鐵棒接近磁體時,不論

棒和磁體接觸與否,均可變成磁體,這個現象,稱為磁感應。用磁針已知的磁極,置於軟鐵棒每端的附近,可知棒和磁極相近的一端,因感應而生異極,遠的一端則生同極。

軟鐵易受磁感應而變成磁體,但取去磁體後,軟鐵的磁性即消失,這種磁體,稱為暫時磁鋼。比軟鐵的感應為難,但因感應而成磁體後,磁性即不易消失,這種磁體,稱為永久磁。

實驗 用長方形玻璃板一塊,放於條形磁上,板上撒以鐵屑而輕擊之,則鐵屑分佈如圖 77 的情形。

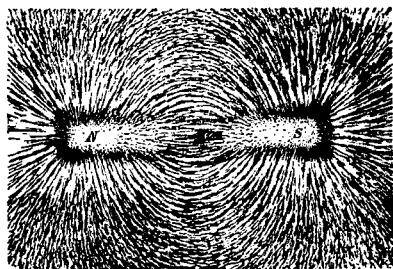


圖 77. 磁 場

由實驗知鐵屑因受條形磁的感應,變成暫時磁,並受條形磁兩極的作用,排成曲線,這曲線稱為磁力線,可以表示在磁體附近的空間內受有磁力的狀態。通常假定磁力線由磁體的 N 極

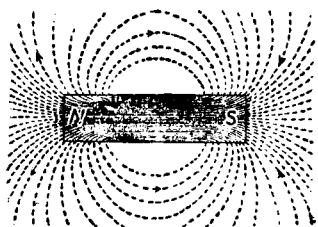


圖 78. 磁 線

發出，回入 S 極而成連續的曲線，如圖 78 所示。

磁體附近有磁力線通過的部分，稱為磁場；每單位面積內通過磁力線的多寡，稱為磁場的強度。

問題 1 磁體何以能吸引鐵屑或鐵釘？

問題 2 條形磁附近的磁場強度，最大的部分在何處？

3. 地磁和羅盤 磁針在靜止時常指南北

方向，即因地球是
一大磁體的緣故。
地球的磁南極在
地理的北極附近，
磁北極在地理的
南極附近，磁赤道
和地理的赤道並
不一致，如圖 79 所
示。因地球的兩極
和磁極並不一致，

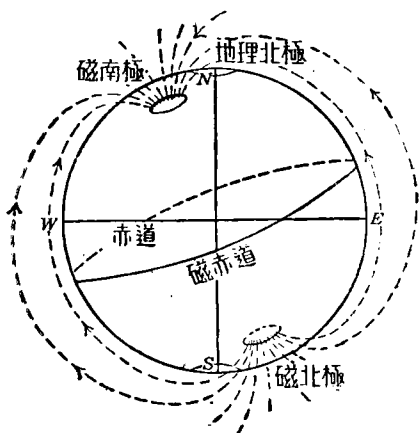


圖 79. 地理的磁極

故磁針所指的方向，非為地理的南北方向。磁針在水平面內所指的方向，和地球子午線所成的角度，稱為磁偏角，如圖 80 上方所示。

又如圖 80 下，將磁針的重心懸着，使能在磁子午面內轉動，則在磁赤道時，因針的兩端所受地磁極的引力相等，故成水平位置；若在兩半球時，則因磁針兩端所受的引力不等，故向地面傾斜。磁針在磁子午面內所指的方向，和水平面所成的角度，稱為磁傾角。磁針指地球磁力的方向，各地點磁力的水平分力，稱為水平磁力。水平磁力、磁偏角和磁傾角，為研究地磁的三要素。

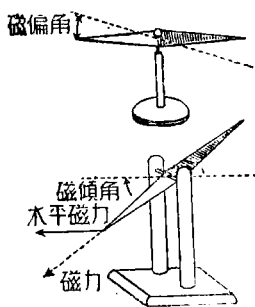
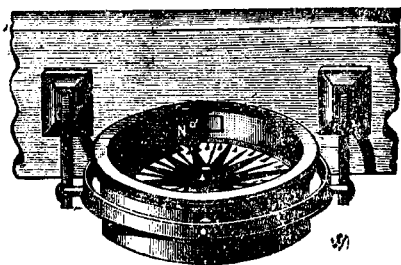


圖 80. 磁偏角和磁傾角

航海所用的羅盤，為應用磁針以辨別方位的裝置，其主要部分為一極輕的圓盤，如圖 81，表面劃分 32 等分以表示方位。盤的裏面有數個附着的磁針，裝在水平的位置。其圓盤的中心，支於一針尖上，盤外有保持水平的裝置，使盤可以自由轉動，不

圖 81. 羅盤及其支持裝置



盤外有保持水平的裝置，使盤可以自由轉動，不

受船體搖動的影響。容納圓盤的內箱附有和船首方向一致的指標，依這個指標所指出圓盤上的方位，即知船的進行方向。

本章提要

1. 磁體的兩極所含的磁性最強，兩磁體同名的極彼此相推，異名的極彼此相引。
2. 兩磁體兩極間作用的磁力，和磁性的強度為正比，和兩極間距離的平方為反比(庫侖定律)。
3. 在磁場內的軟鐵和鋼，都可由感應變成磁體，軟鐵容易失去磁性，鋼能保持磁性。
4. 磁體附近空間內的磁力狀態，可由磁力線表出，磁力線由磁體的N極發出而入S極。
5. 地球是一大磁體，地面上各點的磁力，由磁偏角、磁傾角、水平磁力的三要素而定。

第六章 雷 電

本章要旨

1. 說明電的發生和性質。
2. 解釋雷電的成因和避電的方法。

1. **摩擦起電** 用貓皮將硬橡皮棒摩擦數次，或用絹布將玻璃棒摩擦數次，則貓皮、絹布和棒都能吸引紙屑或燈芯等輕物體。物體發生此種現象，是因此時具有一種特別事物的緣故；這種特別事物稱爲電。物體具有電的現象，稱爲帶電；帶電的物體，稱爲帶電體。

實驗 如圖82，用絲線懸一木髓球，而將貓皮擦過的硬橡皮棒接近此球，棒即將球吸引。球觸棒後，即帶有和棒上相同的電，故又和棒相拒斥而分開。這時若用絹布擦過的玻璃棒近此帶電的球，則球又和棒互相吸引。

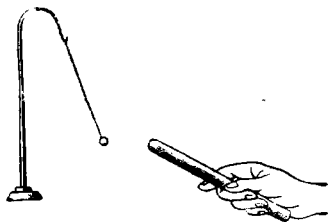


圖 82. 木髓球檢電器

由此實驗，可知電有兩種，同種的電彼此相推，異種的電彼此相引。通常以絹布擦過的玻璃

棒上所帶的電稱爲陽電,用記號“+”來表示;以貓皮擦過的硬橡皮棒上所帶的電稱爲陰電,用記號“-”來表示。

帶電體間互相吸引或排斥的力,稱爲電力;由精確的實驗,知電力和帶電體的電量爲正比,和帶電體間距離的平方爲反比,這個關係稱爲庫侖定律。帶電體所帶的電量,即由其對於另一帶電體所生的電力而定。實用上電量的單位爲庫侖。

2. 驗電器和電的傳導 欲檢驗物體帶電的種類或比較電量的多寡,可用驗電器。驗電器的簡單裝置如圖 83,用一玻璃瓶,瓶塞中插一金屬棒,下端懸貼兩張金箔。如以帶電體觸金屬棒的上端,則電由棒傳至金箔,因兩箔上帶有同種的電,彼此相推,故兩箔張開成一定的角度,由此角度的大小,即可比較帶電體所帶電量的多寡。

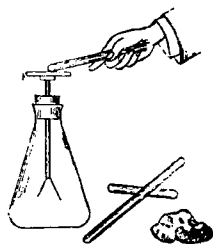


圖 83. 驗電器

驗電器的箔上如帶陽電,若將帶陰電的物

體再觸棒端，則金箔即行閉垂，失去所帶的電；這種陽電和陰電相消的現象，稱為中和。

帶電體所帶的電，可由金屬棒傳至金箔，這種電的移動，稱為電的傳導。凡物質易於傳電的，稱為導體，如金屬、人身、地球等都是導體。物質極難傳電的，稱為不良導體，如玻璃、火漆等都是不良導體。導體上帶電時，常用不良導體阻止其逃失；故不良導體又稱絕緣體。

問題 1 用驗電器檢查電的種類，方法如何？

問題 2 用法蘭絨摩擦金屬棒，本可使金屬棒帶電；但平常手執金屬棒，摩擦後，用驗電器檢查，並不見有帶電現象，是何緣故？

問題 3 如何可使上題中的金屬棒帶電？

3. 靜電感應

實驗 用附着於絕緣體柄上的金屬球兩個，互相接觸，以帶電體置在一球的附近，如圖 84 所示。隨將兩球分開，然後移去帶電體，用驗

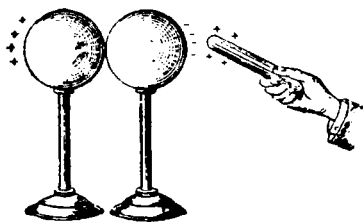


圖 84. 靜電感應

電器檢驗各球是否帶電，所帶的為何種電？再依同法將帶電體移近一球後，隨將帶電體移去，再將兩球分開，可以驗得各球上皆無電的存在。

凡帶電體置在絕緣導體的附近時，導體和帶電體相近的一端生異種的電，和帶電體較遠的一端生同種的電，這種現象，稱為靜電感應。當帶電體在導體附近尚未移去時，若將導體用絕緣的方法分為兩部，則這兩部所帶的電不同，就成兩種的帶電體。如帶電體先已離開導體，則導體兩端因感應而生的兩種電，立即互相中和，故無電的存在，由此可知由感應而生的兩種電量必相等。

實驗 如圖 85，在驗電器的附近放一帶電的硬橡皮棒，雖不接觸，金箔亦能分開，何故？若將棒移去，箔即閉垂，何故？若在棒未移去前，以手指觸驗電器之金屬板，箔又閉垂，何故？若將手指移去，則箔又分開，何故？然後移去硬橡皮棒，則箔不再閉垂，何故？

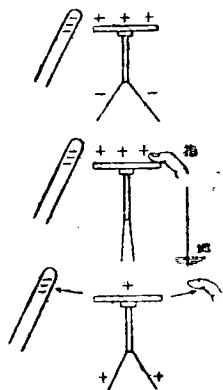


圖 85. 感應帶電法

由此實驗，可知吾人能利用一帶電體使一絕緣的導體帶異種的電，是爲感應帶電法。

問題 1 帶電體何以能吸引物體？

問題 2 使物體帶電的方法有幾種？

4. 起電盤和起電機 利用感應作用發生

電的裝置，如圖 86

所示，稱爲起電盤，

是用硬橡皮墊入

金屬圓盤 B，和附

有絕緣柄的金屬

板 A 而成。以貓皮

擦硬橡皮片，片上即生陰電，然後以 A 板覆在片

上，橡皮非全平滑，故僅數點與 A 板接觸，由感應

作用，板的下面生陽電，板的上面生陰電。以手指

觸板，則陰電由人身傳於地，再將手指離開，提起

A 板，板上即帶陽電。依此試驗，可從定量的陰電，

由感應而得多量的陽電。

起電機亦爲利用感應作用而生電的機械，

其主要部分如圖 87 所示，爲等大的兩塊硬橡皮

圓板（或玻璃板），立於同一軸上，可作反對方向的

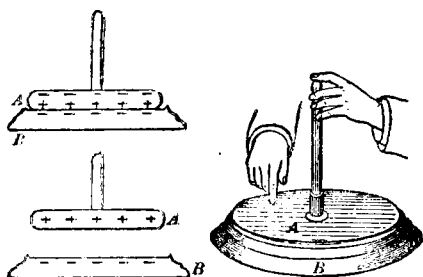


圖 86 起電盤

轉動兩板的外面，各貼有許多小塊錫箔，外面更各附有弓形的金屬棒，棒端附有金屬刷毛如A、B，和板面錫箔接觸。板的左右各有一對金屬的櫛M、N，和兩板的錫箔

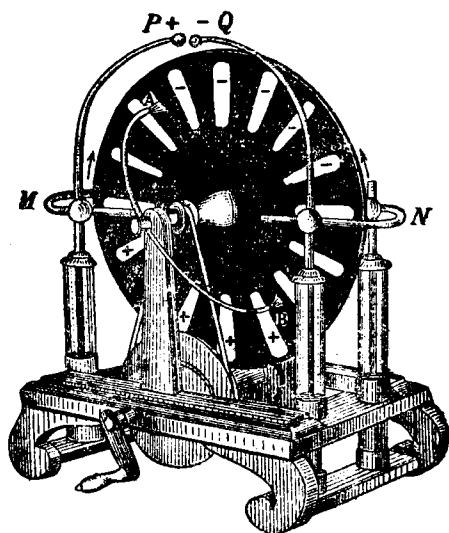


圖87. 起電機

接近，金屬棒和兩金屬球P、Q連接，此兩球稱為兩極。將圓板轉動，則各個錫箔因感應作用，一部分帶陽電，一部分帶陰電，各由金屬櫛傳至兩極，兩極上所集的電過多，即發生火花。

5. 容電器

實驗 將絕緣的導體A和驗電器相連如圖88，若使A帶陰電，則驗電器金箔張開。另將

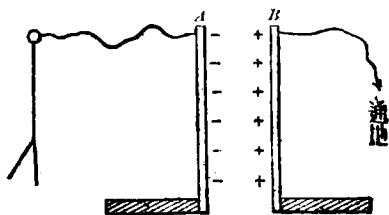


圖88. 容電器的作用

一和地相連的導體 B,取至 A 旁,則金箔的張開度減小,相隔愈近,則愈減小,必增加 A 上的電量,方能使金箔的張開度復原。

物體蓄電的容量稱爲電容。由上實驗,可知一絕緣的導體,因鄰近有連地的導體存在時,其電容即能增加。這種裝置,稱爲容電器。

最簡單的容電器爲來頓瓶,如圖 89,瓶的內外下面下部,各貼錫箔,內層錫箔由金屬鍊通至瓶口外

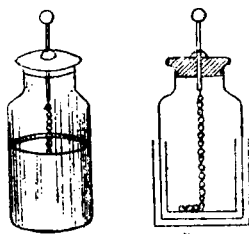


圖 89. 來頓瓶

面的小球,外層錫箔則連於地。如將起電機的一極接於球上,即可蓄積多量的電,稱爲容電器的灌電。若將放電叉的一球和外層錫箔接觸,將他一球和瓶頂的球相近,留一空隙,則內外層的電起中和作用,在空隙間放電而發生火花,如圖 90 所

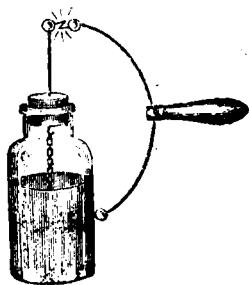


圖 90. 容電器的放電

示。

6. 電壓和放電 A、B 兩器內盛水，如圖 91。若兩器水面有高低，用 ab 管連通，則因 a 端和 b 端水壓力的相差，水即由高壓力處向低壓力處流動，至 ab 兩端的壓力相等時為止。電由 A 導體

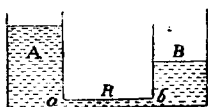


圖 91. 水壓力

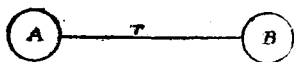


圖 92. 電壓

移動至 B 導體時，和水的流動相似，如圖 92。通常稱 A 的電位較 B 的電位為高。兩導體間電位的相差，稱為電壓。實用上電壓的單位為伏特。

凡帶電的物體都有電位。起電機的兩極，帶陽電的為高電位，帶陰電的為低電位，故兩極間有電壓；容電器的內外層，亦有電壓。帶電體的電位和所蓄的電量為正比，故起電機兩極的電壓，和每極的電量亦為正比。通常的空氣為不良導體，但兩極在一定距離內，電壓達到相當的伏特數，陰陽兩電能突破空氣而中和，發生激烈的火花和聲音，稱為火花放電，如圖 93 所示。



圖 93. 火花放電

若於帶電體上附一尖端，則在未達高電位時，尖端就能將所帶的電徐徐放出，可以免去火花放電的危險。

7. 雷電的成因，佛蘭克林^(註)曾在雷雨時用絹製的風箏升放雲間，線的下端接連帶電的來頓瓶，即發生火花，可知空中的浮雲，帶有多量的電。若帶陰電的雲和帶陽電的雲接近至相當距離，其電壓恰能使電突破中間的空氣發生火花放電，這種火花稱爲電閃。放電的熱空氣迅速膨脹的結果，即生聲音而成雷。故雷電的發生，即

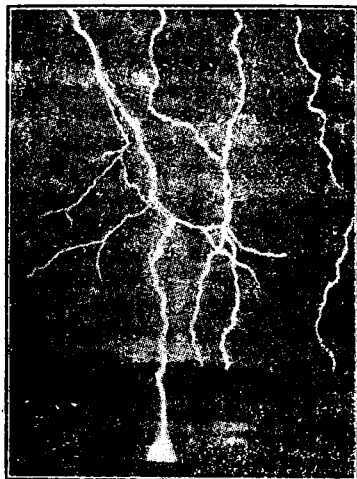


圖 94. 佛蘭克林

圖 95. 雷擊

由空中雲裏的火花放電。光的速度遠較聲的速度爲大。故吾人常先見電閃，後聞雷鳴。雷聲的隆隆不絕，則由於聲波在雲間和地上物體連續反射的緣故。

帶電的雲若接近地面，地面上即由感應而生異種的電，雲和地間達到相當的電壓，亦能起激烈的火花放電，其情形如圖 95，稱爲雷擊，人畜、屋宇，常被傷害和破壞。

(註) 佛蘭克林(1706—1790)美人，研究空中雷電，發明避雷針。

8. 觸電和避電 雲中的電若和地面放電時，遇着地面上的樹、屋、人、畜，即假道而過，於是樹、屋毀壞，人、畜死傷，是爲觸電。吾人欲避免在雷雨時觸電，不可外出，不可避於高牆、大樹的下面，不可着濕衣，在室內不可靠近烟窗及自來水管等。

屋宇避電的方法，可用避雷針，此針係有一尖端的金屬棒，直立於建築物上，尖端向上，下端用銅線連於銅板，深埋於溼土內，如圖 96 所示。當雲和地

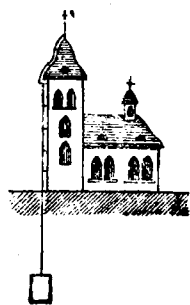


圖 96. 避雷針

面接近時，地面由感應作用所生異種的電，即由金屬棒的尖端徐徐逸出，與雲內所含的電中和，使雲與地的中間不能達到火花放電的電壓，故可免雷擊的危險。

本章提要

1. 物體摩擦所生的電，有陰陽二種，同種的電彼此相推，異種的電彼此相引。
2. 兩帶電體間相互作用的力，和電量成正比，和其間距離的平方為反比（庫侖定律）。
3. 等量的陰陽電接觸則相消，都失去帶電的性質，此種現象，稱為中和。
4. 能傳電的物質稱為導體，極難傳電的物質稱為絕緣體。
5. 一帶電體接近一絕緣的導體時，導體即由感應作用，在近端生異種的電，遠端生同種的電，兩種的電量相等。
6. 起電盤和起電機，都是利用感應作用而生電。
7. 帶電體都有電位，電位的相差稱為電壓，電壓的單位為伏特。
8. 火花放電為高電壓時所起激烈的中和現象，尖端放電為緩和的中和現象。

9. 由佛蘭克林的風箏實驗,知空中雷電的現象為雲間的火花放電,避電的方法,用避雷針,係利用尖端放電的作用。

第七章 電流和電池

本章要旨

1. 說明電池的構造和組合的方法。
2. 說明電路的開閉和電鑰的作用。
3. 說明電池和電壓的關係。

1. **電流** 導管內水的流動,是因導管兩端水壓力相差的緣故。用金屬導線連接兩個帶電體,如兩帶電體的電位不同,則電可由一帶電體經過導線至他帶電體,與水的流動一樣見前章。凡在導線上繼續流動的電稱為電流。通常以陽電流動的方向,稱為電流的方向。每秒間通過導線的電量,稱為電流的強度。電流強度的單位為安培,即每秒間流過 1 庫侖電量時的電流。

實驗 在水平磁針的上面或下面,放一和磁針平行的導線,導線上有電流通過時,磁針即生偏向,如圖 97 所示。電流斷去,磁針即復原位。電流的方向改變,磁

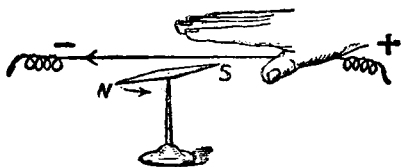


圖 97. 電流的檢驗

針偏向的方向亦即改變。實驗時注意電流方向和磁針 N 極偏向的關係。

由此實驗，可知導線上有無電流通過可用磁針檢出；且知磁針的偏向和電流的方向有一定的關係，即：若用右手掌向磁針，導線介於其間，如上圖所示，則拇指示磁針 N 極的偏向，其他諸指示電流的方向。依此規則，故由 N 極的偏向，就可決定導線上電流的方向；并知偏向愈大，電流亦愈強。

要使導管內的水繼續流動，且每秒間流過的水量不變，則導管兩端的水壓力應保持一定的差數；同樣的關係，要使導線上電流的強度不變，則導線兩端的電位差亦應繼續保持不變。

問題 導線上一分鐘內流過 30 庫倫的電量，求電流的強度，是多少安培？

2. 電池 由化學作用，可使導線上保持一定的電壓，藉此以發生電流的裝置，稱為電池。伏打^(註)由實驗發明一種簡單的電池，稱為伏打電池，其構造如圖 99，係用一鋅板及一銅板對立在稀硫酸內而成。若用金屬導線將銅板和鋅板連



圖 98. 伏打

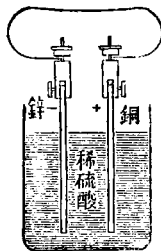


圖 99. 伏打電池

接，則依附近磁針所生的偏向，便可知道導線上
有電流通過，其方向
為由銅板(C)而至鋅
板(Z)，如圖 100 所示。

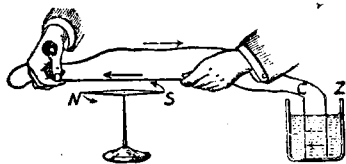


圖 100. 電池所生電流的方向

由此知銅板上帶陽
電，稱為陽極；鋅板上帶陰電，稱為陰極。兩極間的
電位差約為 1 伏特，是發生電流的原因；保持這
個電位差，則係兩極在稀硫酸內發生的化學作
用。

通常所稱的溼電池，為勒克蘭社電池，其構
造如圖 101，係在一素燒磁筒內插一碳板，板和
筒的中間填充二氧化錳和炭末的混合物，然後

將磁筒放入盛有氯化銨溶液的玻璃器內(15克氯化銨溶於 100 克水內所成的溶液),更於溶液內置一鋅棒而成。碳板爲陽極,鋅棒爲陰極,兩極的電位差約爲 1.5 伏特。這種電池,常用於電鈴的裝置。

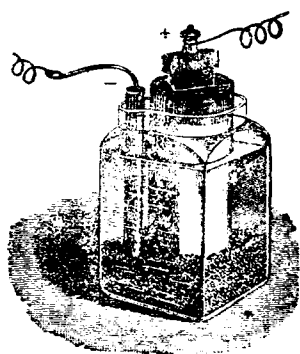


圖 101. 溼電池

若將勒克蘭社電池內氯化銨溶液和石膏、氧化鋅等物混合,成爲糊狀的物質,如圖 102 中的 S 部分;用吸水紙作一圓筒 B,以代素燒磁筒,中置碳板 C 和二氧化錳及炭末;糊狀物用鋅片 Z 製成圓筒盛之,就成乾電池,故乾電池並非乾燥的物質。鋅筒上面用瀝青 P 密封以免蒸發。這種電池便於攜帶,電鈴及手電燈都常應用。

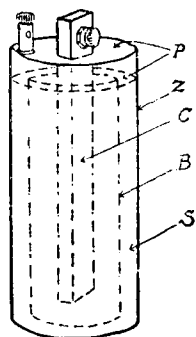


圖 102. 乾電池

電池的種類很多,但不論何種電池,都用陽

極和陰極放在一種或數種導電的溶液內而成。

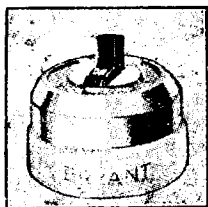
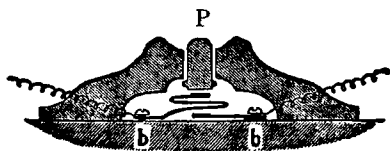
(註) 伏打 (1745—1827) 爲意大利的物理學家,發明驗電

器、起電盤、容電器等,首先製造電池。

3. 電路和電鑰 凡電流經過的導體,稱爲電路。電池所生的電流,經過金屬導線的部分稱爲外電路;經過溶液的部分稱爲內電路。將伏打電池的兩極用導線連接時,電流由銅極經導線而流至鋅極,由鋅極經稀硫酸而流至銅極,如是作循環的流動。凡電流成循環流動時的電路,稱爲通路;將導線斷去,電流不通時的電路,稱爲斷路。

使電路成通路或斷路時,所用的便利器械,即是電鑰,俗稱開關。電鑰的種類雖多,但其構造的原理則相同。如圖 103, (1) 爲電鈴揷鑰的截面圖,木盒底面裝兩個接頭 b, 插接於電路中。一接頭連一銅片,他接頭連一螺旋形銅片,上托一白磁塞 P; 若將 P 下揷,使兩銅片接觸,則兩接頭相通,電流即通過;將 P 放鬆,螺旋形銅片因彈力回復原位置,電流即斷去。其他如 (2) 爲牆壁電鑰, (3) 爲燈頭電鑰, (4) (5) 爲工程上應用的電鑰,都有同

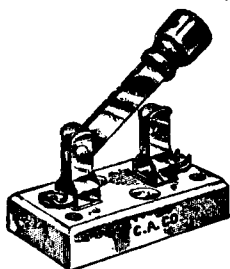
樣的功用。



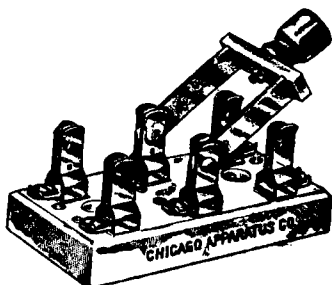
(2)



(3)



(4)



(5)

圖 103. 各種電鑰

電路連接時，應當用一電鑰，接好後檢查電路是否無誤，然後用電鑰以成通路，可免危險和

(天)

損失。如圖 104 中一方的電路爲通路，電燈放光；另一方的電路即爲斷路，電流不通，故電燈不明。

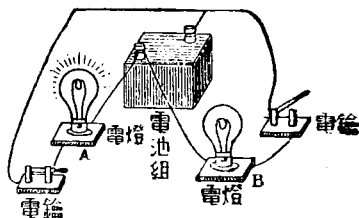


圖 104. 通路和斷路

4. 電阻 水在導管內流動，每秒流過的水量有一定；若在導管內充填砂礫，則水因所受的阻力較大，流動較難，流過的水量就減少。電流在不同物質的導線上通過時，亦有這個情形，可實驗如下：

實驗 用銅線連接一電池，線下某一定距離處置一磁針，察磁針偏向的度數。再用粗細長短相等的鐵線，代替銅線，則磁針偏向的度數減小。

由此實驗，可知鐵線對於電的阻力，比銅線爲大，所以鐵線電流的強度，比銅線爲小，這種抵抗電的阻力，稱爲電阻。

各種物質中，銀的電阻最小，其他如銅、鉛等幾種物質的電阻和銀相比的倍數，順次如下：

銀	銅	鉛	鋼	德銀	水銀	鎳鉻線
1.00	1.11	7.20	13.5	18.1	63.1	73.2

同一物質的導線，其電阻與其長度成正比，與其截面面積成反比。大部分金屬的電阻，隨溫度的升高而稍有增加；幾種合金的電阻很大，但溫度改變時，電阻的改變極微，可認為不變。

電阻的單位以長 106.3 釐米，截面面積 1 平方毫米的水銀柱在 0°C 時的電阻為標準，稱為 1 歐姆。

在電阻 R 歐姆的導線上，兩端間有 E 伏特的電壓，通過導線的電流強度為 C 安培，由實驗的結果，得電壓、電流和電阻的關係如下：

$$C = \frac{E}{R}, \quad [\text{電流的強度}](\text{安培}) = \frac{[\text{電壓}](\text{伏特})}{[\text{電阻}](\text{歐姆})}$$

即導線上電流的強度和兩端間的電壓成正比，和導線的電阻成反比，這個關係，是歐姆^(註)所確定，稱為歐姆定律。電壓的單位為伏特，即 1 歐姆電阻的導體，當 1 安培電流通過時，其兩端間所有的電壓。



圖 105. 歐姆

(註) 歐姆 (1787—1854) 爲德國物理學家,研究導體的電阻,發見重要定律。

問題 1 設導線的電阻爲 0.25 歐姆,兩端間的電壓爲 12 伏特時,通過的電流爲若干安培?

問題 2 導線上通過的電流爲 2.5 安培,電阻爲 2 歐姆,求其兩端間的電壓。

5. 電阻的組合 自來水管通至各處時,水管的各段順連啣接,成一單條的長水管,則水在管內流通時所受的摩擦,等於各段摩擦的總和。管的各段雖有粗細,但當順連時,各部分每秒流過的水量則有一定。幾段金屬導線如亦前後聯接,見圖 106 所示,放在電路內,則流過的電流亦都相同,和水管的情形一樣,這種組合的方法稱爲串聯。幾個導體串聯時,對於電路的總電阻,當然等於各部分電阻的總和。設以 R 表總電阻, R_1 及 R_2 表分電阻,則

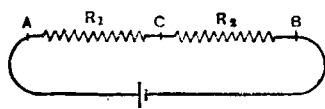


圖 106. 串聯的電阻

$$R = R_1 + R_2$$

河流分爲若干歧路時,水向各歧路分流,每

一歧路所經過的水量，為河流總量的一部分；各歧路匯集時流出的總水量，必和流入各歧路時的總水量相等。各導體如照歧路水道的接法，使每一導體流過一部分的電流，這種組合的方法稱為並聯，如圖 107 所示。設以 R 表總電阻， E 為 A 和 B 間的電壓，則總電流 C 必為 E/R ；設 R_1 及 R_2 表分電阻， C_1 及 C_2 表每歧路上的電流，則

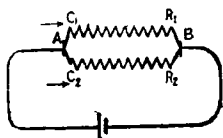


圖 107. 並聯的電阻

$$C = C_1 + C_2$$

$$\text{或} \quad \frac{E}{R} = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2}, \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

即導體並聯時，其總電阻的倒數等於各部分電阻倒數的總和。

問題 有三個導體，其電阻各為 6 歐姆，求串聯及並聯

時的總電阻各為若干？

6. 電池的組合 電池的組合和電阻的組合相同，亦有串聯和並聯兩種方法。串聯的方法如圖 108 右，將第一電池的陰極與第二電池的陽極連結，復將第二電池的陰極與第三電池的

陽極連結如此串聯若干個電池，則最外兩極間的電壓當等於各電池電壓的

總和。其原理和幾個高下連置的吸取唧筒相像，如圖 108 左方所示。設第一

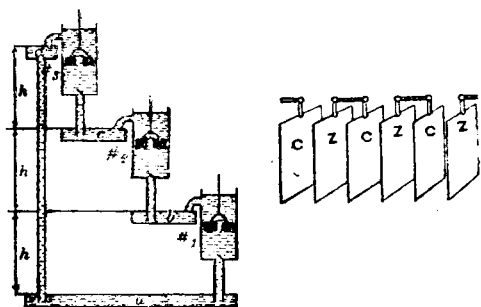


圖 108 串 聯 的 電 池

個唧筒將水由 a 吸取至 b ，水位升高 h ；第二個唧筒再將水由 b 吸取至 c ，水位又升高 h ；第三個唧筒再將水由 c 吸取至 d ，水位又升高 h ；結果因 a 、 d 間的位置相差 $3h$ ，所以壓力相差的總數，為各水池間壓力相差的總和。由此可悟，設每一個電池的電壓為 E ，則三個電池串聯時其總電壓必為 $3E$ 。

電池並聯的方法，是將各電池的同極相連接，如圖 109 右，所以兩導線間的電壓和每個電池的電壓仍相同。其原理和幾個並置的吸取唧筒相像，如圖 109 左方所示，三個唧筒同時將 a 池的水吸取至 b 池，所升高的度數和一個唧筒

的作用相同。

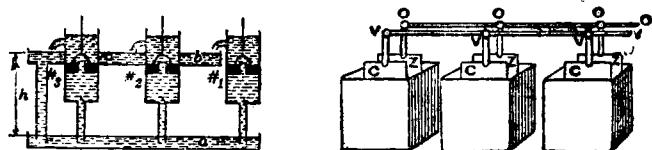


圖 109. 並 聯 的 電 池

通常電池的組合多用串聯法,目的在使阻力很大的導線受有較大的電壓,以得強度較大的電流。

問題 手電筒內用的乾電池,常用兩個或三個,其組合的方法屬於何種?

本章提要

1. 導線上繼續移動的電稱為電流,電流強度的單位為安培,即 1 秒間流過 1 庫倫的電量。

2. 電池係陰陽兩極放在導電的溶液內而成,賴化學作用可保持一定的電壓。

3. 電流經過的導體稱為電路;電流成循環流動時的電路,稱為通路;使電流斷續所用的器械為電鑰。

4. 同一物質導線的電阻,和其長度成正比,和其截面積成反比。電阻的單位為歐姆,即 0°C 時一定水銀柱的電阻。

5. 導線上電流的強度和兩端間的電壓成正比,和導線的電阻成反比,稱爲歐姆定律。電壓的單位爲伏特,即 1 歐姆電阻的導體,當 1 安培電流通過時,其兩端間所有的電壓。

6. 電阻的組合法有串聯和並聯兩種:串聯的總電阻,爲各部分電阻的總和;並聯時總電阻的倒數,等於各部分電阻倒數的總和。

7. 電池亦有串聯和並聯的兩種組合法,通常多用串聯法,目的在求強度較大的電流。

第八章 電流的效應

本章要旨

1. 說明電流的作用。
2. 說明電鍍、電鈴、電報、電燈、保險絲等原理。
3. 說明電能的計算法。

1. 化學效應 由化學作用可發生電流，但電流通過導電的溶液時，亦可發生化學作用。例如由電池的兩極各接一鉑板，這兩鉑板一同插入滴有稀硫酸的水中，亦稱爲兩極；電流通入的一極爲陽極，流出的一極爲陰極。若在每極的上面倒置盛滿水的玻璃管，如圖 110 所示，而用導線將兩極和電池連接，即見陽極和陰極上都有氣泡發生，收集於玻璃

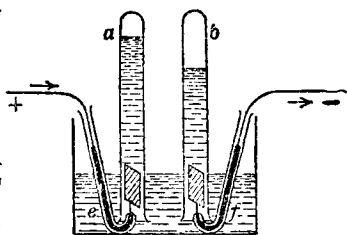


圖 110. 電解

管內，a 管內的氣體約爲 b 管內氣體的一半，並可由試驗知道 a 管內的氣體爲氧，而 b 管內的氣體爲氫，是即水因電流的通過，分解爲氫、氧二元素的結果。凡電流所生的化學作用，稱爲化學

效應。物質因電流起分解的現象，稱為電解。起電解作用的物質，都為導電的溶液，稱為電解質。當電解的時候，金屬或氫皆由陰極上面析出。由法拉第（註）實驗的結果，知道經電解析出的物質，其質量必和通過的電量成正比，即和電流的強度及時間為正比。

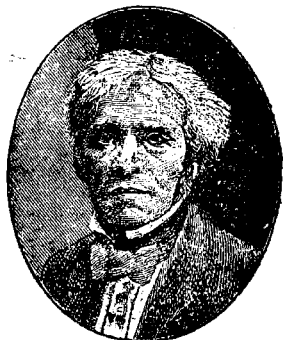


圖 111. 法拉第

電解的應用很廣，如電鍍（圖 112）、冶金等都很重要。鍍銀的方法，用一種含銀的溶液，以銀板為陽極，欲鍍的物體為陰極，

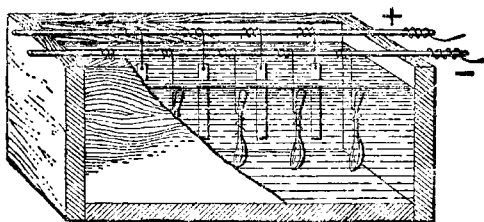


圖 112. 電鍍

通電流後，物體上即可逐漸鍍上純銀。

問題 欲將導體鍍銅，應作為何極？

（註） 法拉第（1791—1867）為英國物理學家，發明發電

機和電解的定律。

2. 蓄電池 蓄電池為將電能變為化學能而儲蓄起來,需用時再將化學能變為電能的裝置,前面的手續稱為灌電,後面的手續稱為放電,可實驗如下:

實驗 將鉛板兩塊對立於稀硫酸內,如圖 113, 用導線將兩極和電池 C 連接, 插入電鑰 K_1 。 K_1 揷下時, 成 $abdc$ 的通路。 再在 e 和 f 間連一導線, 插入電鑰 K_2 及電鈴 B, 如揷 K_2 , 則成 $abfe$ 的通路。

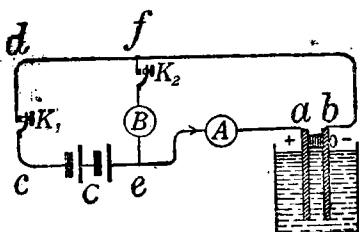
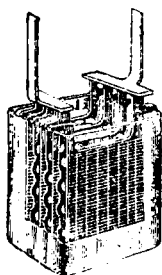


圖 113. 蓄電池的實驗

先揷 K_1 , 電流使稀硫酸電解, 陽極的鉛板漸呈棕褐色。 放開 K_1 , 後揷 K_2 , 則由電鈴聲, 可知 $abfe$ 間有電流。 K_1 揷下的時間愈長, 則再揷 K_2 時, 電鈴聲亦愈延長。 圖中 A 為安培電流計, 其作用見後第 6 節。

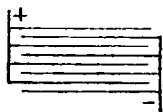
實驗中陽極的鉛板漸呈棕褐色, 是因化學作用變成二氧化鉛的緣故。 實用上的蓄電池即係用二氧化鉛板為陽極, 鉛板為陰極, 浸在稀硫酸內而成, 其兩極間的電壓為 2 伏特。 放電時由化學作用以成電能, 兩極的性質漸變, 故須由發

電機灌電使復原狀要求儲蓄的能量愈多，則鉛板的面積亦應愈大，故蓄電池的每一極常為數片鉛板連為一組而製成，兩極交互排列着，如圖 114 的裝置。



問題 蓄電池是否儲蓄電能？

和靜電容電器有何不同？



3. 磁效應 由前章 1 節，

圖 114. 蓄電池

知導線上電流通過時，附近的磁針就生偏向，這因電流周圍能發生磁場的緣故，稱為電流的磁效應，這個現象，是很重要。

實驗 如圖 115，將

導線貫穿一厚紙板，紙板上撒布鐵屑，再將導線的兩端接至一組電池 C，輕擊紙邊，鐵屑即繞導線的周圍，成為若干同心圓形。電流的方向若自上而下，用小磁

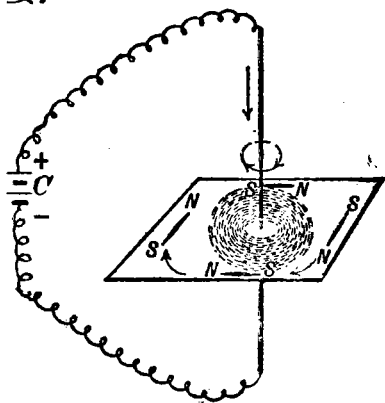


圖 115. 電流周圍的磁場

針可察知磁場依順時針方向；電流的方向若自下而上，則磁場依逆時針方向。



圖116. 安培

由安培^(註)研究的結果，知電流的方向和磁場的方向互成直角。如用右手執導線，拇指表示電流的方向，則其他手指表示磁場的方向，如圖 117 所示。這個規則，稱為安培的右手定則。

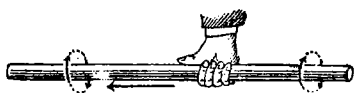


圖 117. 右手定則

將一條導線在圓筒上繞成連續的圓形，稱為線圈。線圈上有電流通過，即和條形磁相同，一端為 N 極，一端為 S 極，可用磁針試出如圖 118，電流的方向改變，兩磁極的位置亦互換。如用右手握線圈，手指依線圈上電流的方向，則拇指所示的一端為 N 極，他端為 S 極，如圖 119 所示。線圈上電流愈大，磁性亦愈強。

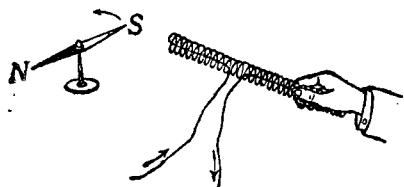


圖 118. 線圈的磁性

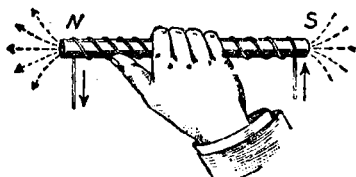


圖 119 確定線圈的極性法

線圈中插入一軟鐵棒,當線圈上電流通過時,棒就由感應

作用成一磁體;

電流停止,棒的

磁性消失;這種

裝置稱為電磁

鐵。大電磁鐵的

磁性很強,常用

以搬運很重的

鐵塊,如圖 120 所示。許多的電學器械,都應用電

磁鐵。

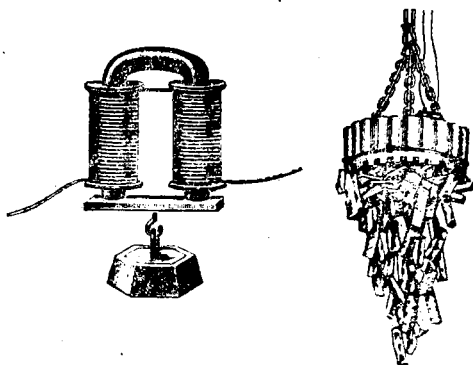


圖 120. 電磁鐵

問題 1 電磁鐵比普通的磁鐵,有何優點?

問題 2 正對電磁鐵的一極,如電流通過其周圍的圈

為順時針方向,那麼這極是 N 極,還是 S 極?

(註) 安培 (1775—1836) 為法國物理學家,研究電流的磁

效應，定出右手定則。

4. 電鈴和電報 電鈴是應用電磁鐵以擊

鈴發聲的裝置。圖

121 表示電鈴揷 121 表示電鈴揷
 鑰 P 和電池 B 的
 連結。將手指按鑰，
 電流即由箭頭所
 示的方向，通過電
 磁鐵 E，經彈條和
 螺釘 C 而回電池；
 電磁鐵得有磁性，

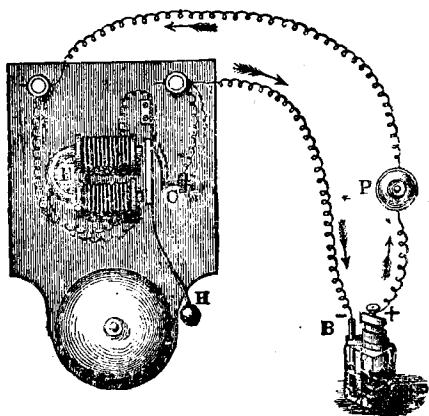


圖 121. 電 鈴

即吸引其前面的軟鐵片，使錘 H 擊鈴作聲；同時彈條和螺釘的接觸點分離，電流斷去，電磁鐵失去其磁性，鐵片由彈力作用恢復原位置，再和螺釘接觸，電流又通，電磁鐵再吸鐵片，錘又擊鈴；如是連續作用，鈴聲即繼續不已。

電報是應用電磁鐵在二局間互通信息的裝置，其主要部分為發報機和收報機（圖 122）發報機為一特製的電鑰 K，通報時將電鑰按下，使電池所發的電流經架空導線 L 通至收報機的

電磁鐵 M, 而通入地中, 由地而回至發報機的電池, 成一通路。電鑰使電流斷續, 隨文字的點畫記號, 以定電流通過的時間。收報機的電磁鐵, 當電流通過時, 將鐵片吸下, 擊 A 釘而發聲; 電流斷

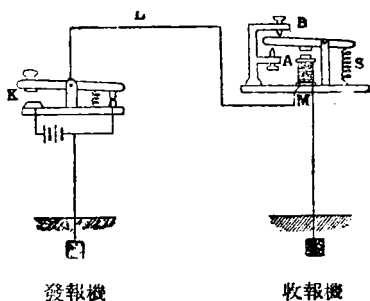


圖 122. 電報的原理

去時, 因彈簧 S 以恢復原狀, 擊 B 釘而發聲; 由兩聲相隔的時間, 就決定文字的點畫記號, 這是普通所用的發聲器。若收報機的電磁鐵所吸引的鐵片, 連有墨水筆, 可在移動的紙條上記出點畫的記號的, 是舊時所用的裝置。

問題 電鈴和電報有

何異同?

5. 導線在磁場內的運動

實驗 將導線懸住, 其

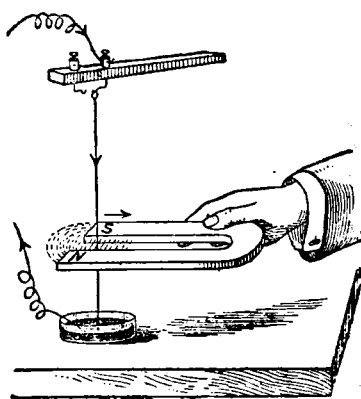


圖 123. 導線在磁場內的運動

下端浸在水銀槽內，如圖 123 的裝置。將蹄形磁的磁極，放在導線的兩旁。在導線上通電流，則見導線依磁力線垂直的方向而移動；電流的方向或磁場的方向改變，則導線移動的方向亦改變。

由此實驗知通電的導線，在磁場內向一定的方向移動，和磁場的力線垂直。導線所以如此移動，是因電流所生的磁場，和磁鐵的磁場合成的結果。設磁鐵的磁場方向如圖 124A，導線上電流自上向下時的磁場如圖 B，則兩磁場相合的

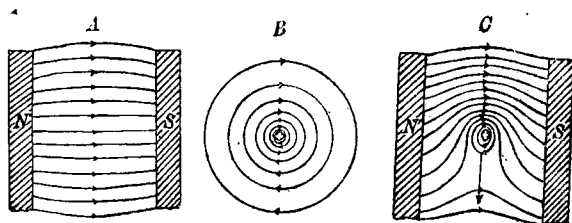


圖 124. 導線在磁場內移動的方向

結果如圖 C；因在導線上方的兩磁場方向相同，所以合成的磁力線數目增加；其下方的磁場方向相反，所以合成的磁力線較上方為少；因此導線向下方而移動。故導線的移動方向，可得一規則，即磁場內通電的導線，必離開其所生的磁力線和磁場相加的一面而運動。

將線圈置在磁場內，令圈面和磁場的力線平行；如通電流，則圈必轉動，圈面有向磁場的力線成垂直的趨勢。如圖 125，A 和

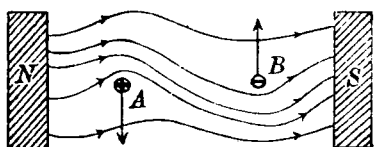


圖 125. 圈在磁場內的轉動

B 為線圈的兩端，圈面和磁場的力線均成水平，如 A 端有電流通入而從 B 端流出時，則由圈的每邊所生的磁場和原磁場合成的結果，就生轉動。

6. 電流計、安培計、伏特計 測定電流強度的裝置，稱為電流計。因電流經圈上所生磁場的強度，和電流的強度成正比，故多數電流計都是利用電流的磁效應而構成。其主要部分為線圈和磁鐵，通常可分為磁轉式和圈轉式兩種。若將線圈固定，圈內放一

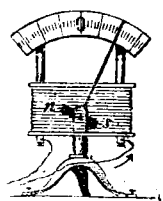


圖 126. 磁轉電流計

條形磁鐵，磁鐵的垂直方向附一指針，則電流經過圈上的強度，可從指針的偏角而比較，就是磁轉電流計的一種，如圖 126 所示。若將線圈懸在磁鐵的兩極中間，圈面和磁場的力線平行，在圈

上裝一指針，或裝一小平面鏡，圈內通過電流時，圈就依鉛垂線而轉動，從指針或平面鏡轉動的角度，就可比較電流的強度。這種裝置，就是圈轉電流計，如圖 127 所示。

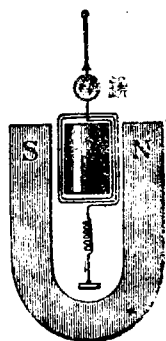


圖 127. 圈轉電流計

在電流計上的刻度，直接刻成相當安培數，就可從指針的位置，將安培數讀出，這種裝置，稱為安培計。安培計常為電阻很小的電流計，量度電路內電流時，常和電路串聯。

電流計圈內通過的電流，其強度和圈的兩端間的電壓成正比，故刻度亦可直接刻成相當的伏特數，從指針的位置，可直接讀出兩端的電壓，這種裝置，稱為伏特計。伏特計常為電阻很大的電流計，量度時常將圈的兩端接至電路上兩點，即可以測得該兩點間的電壓，故伏特計與其所量度的電路並聯。

問題 1 圈轉式電流計的線圈內通電時何以能轉動？(天)

問題 2 安培計和伏特計有何區別？

7. 熱效應 電流通過導線各部時，能發生熱的作用，稱為電流的熱效應。試取各長三釐米許的銅線、鐵線和鎳鉻線串聯，如圖 128，通以電流，至銅線感

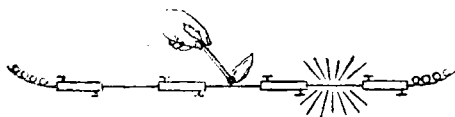


圖 128 各種導線發生的熱量

覺發熱時，用火柴觸鐵線，因熱而能燃燒鎳鉻線所發的熱更甚，因熱而能發光。電流的強度如減小，則各線所發的熱量亦減少。

據實驗的結果，知道電流通過導線時，導線的每部分所發的熱量和其電阻成正比和電流強度的平方成正比，並和電流通過的時間成正比，這個關係稱為焦耳定律。

家庭所用的電熨斗，其發熱部分通常為鎳鉻線條繞於雲母片上而成，如圖 129 所示。其他如電煖爐、電烘爐、煮水壺、烹飪器等，都是利用熔點

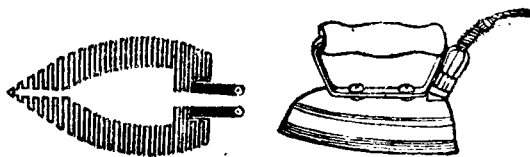


圖 129 電熨斗和發熱部分

極高，電阻極大的導線繞於耐火的絕緣體上而成，總稱為電熱器。通以電流，細線即熾熱而發大量的熱。電熱器取用輕便，清潔省時，為家庭中最優良的熱源，但現時電價比普通的燃料為高，經濟上尚不合算。工業方面所用的電爐，能得極高的溫度，可以冶金。

導線上通過的電流增強，迨所發的熱量使導線達熔點時，則導線中斷。通常各種電器，如電燈、電動機等，通過電流的強度都有一定。要防止電路上有過量的電流通過，可用保險絲，和電路串聯。保險絲係熔點較低的合金，祇可通過相當的安培數而不熔解，過量即先熔斷，如此可保電器不受損失。導線兩端和保險絲的連結，有連接式（圖 130 a）和包裝式（圖 130 b 和 c）兩種，都是利用電流的熱效應。

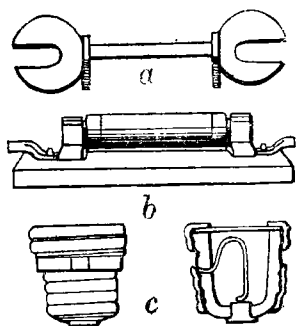
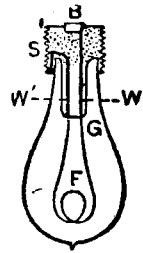


圖 130. 保險絲

8. 電燈 電燈或稱白熾燈，係利用電流的

熱效應以得強光的裝置其構造如圖 131，為真空玻璃泡內通入電絲一條而成。

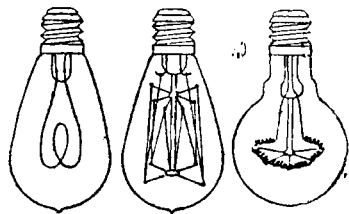
電燈泡旋入燈座的部分，頂端有凸起的小金屬塊 B，和外面的金屬圓筒 S 絕緣。如燈座非為螺旋形，電燈泡的頂端插入燈座，則 S



亦為金屬小塊，和 B 同列在頂端，仍互相絕緣。B 和 S 就是兩極，為電流出入的路徑。從 B 和 S 極用銅線通入玻璃片 G，連接 W，W' 線，封入玻璃片的下端。此封入的線，膨脹係數須和玻璃相同，以防因熱生隙而漏空氣。燈絲 F 就連接於 W，W' 線端，電流通過燈絲，即熾熱而發光。燈絲在空氣中通電流時，就氧化而燃燒，故燈泡內應成真空。

圖 131. 碳絲燈泡

燈絲昔時用碳，費電多而效率小。現在改用鎢絲熾熱時的溫度較碳絲高，故更為明亮，但所費的電却比碳絲為少。若在鎢絲泡內封



碳絲 鎢絲 氬氣泡

圖 132. 各種電燈泡

入氮或氬，將鎢絲曲成螺旋狀，則鎢絲的溫度更高，光度增加，而所費的電則尤較省。各種燈泡的外觀如圖 132 所示。

計算電燈及其他電機所費電能的單位為仟瓦小時，其算法略如下述：

設電路中的一部分，其兩端的電壓為 1 伏特，通過的電流為 1 安培，則其電功率為 1 瓦特，故某一電燈或電機所需電功率的瓦特數當為其電壓和安培數的乘積，例如通常所用 16 燭光鎢絲燈的電壓為 220 伏特，電流強度約為 0.1 安培，故所需電功率為 22 瓦特，1 個仟瓦小時就是 1000 瓦特的電功率在 1 小時內所供給的電能，俗稱電度。記錄電度的機械為瓦特小時計，通稱

電表，其構造見下章。通常安裝電燈時，如圖 133，戶外電線必先經保險絲 E，然後通過瓦特小時計 M。在 M 導出的兩線上，安裝

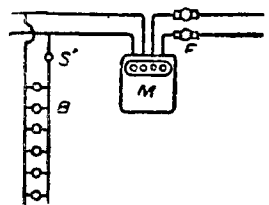


圖 133. 電燈的安裝

多數電燈 B，用並聯的方法，使每個電燈的電壓保持一定。S' 為電路上的電鑰。

問題 1 電燈兩極間的電壓常有一定，電壓小的電燈泡可否接在電壓較高的電路中？何故？

問題 2 普通電燈泡上都標明瓦特數，三個 75 瓦特的電燈泡，每日用 3 小時，每電度需費 0.22 元，則 30 天應出電費多少？

本章提要

1. 電解質由電流分解時，金屬或氫由陰極析出，其質量和電量成正比，這是電流的化學效應。

2. 蓄電池是利用電能變成化學能量，再由化學作用變為電流。

3. 電流通過導線時，附近發生磁場，稱為電流的磁效應。電磁鐵是線圈內放軟鐵棒而成，電鈴、電報等器械，即係利用電磁鐵的裝置。

4. 導線在磁場內通以電流，則導線受力而運動。

5. 電流計有磁轉式和圈轉式兩種，安培計係電阻極小的電流計，直接量出電流強度的安培數；伏特計係電阻極大的電流計，直接量出電壓的伏特數。

6. 電流通過導線各部時，能發熱的作用，稱為電流的熱效應，所生的熱量，和電阻成正比，和電流強度的平方成正比，和時間成正比（焦耳定律）。

7. 電熱器是利用電流通過高電阻所發的熱量。保險絲係利用熔點低的合金所製，當電流大至相當的強度時，即先熔斷以保護其他器具。

8. 電燈是利用電流的熱效應以得強光的裝置。

第九章 電磁感應及其應用

本章要旨

1. 討論電磁感應及發電機的原理。
2. 說明電動機的構造及其利用。
3. 說明簡單電話的原理。

1. 電磁感應

實驗 1 將線圈的兩端,和電流計連接,用條形磁的一極迅速插入圈內如圖 134, 電流計的指針立即偏向一方,表示圈內有電流。磁鐵不動時,指針回復原位,表示圈內無電流。再將條形磁迅速提出,指針即偏向另一方,表示圈內又有電流,和插下時方向相反。

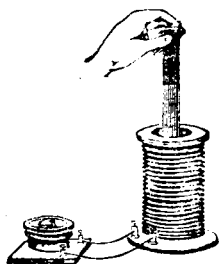


圖 134. 應電流(1)

用條形磁在線圈內移動,圈內所發生的瞬間電流稱為應電流。磁鐵移動的速度增加,則應電流的強度亦增加。發生應電流的現象,稱為電磁感應。這種現象,係法拉第於 1831 年所發見,為近世電工業的基礎。

實驗 2 如圖 135, 將磁鐵的 N 極插入線圈的一端時,

由電流計指針的偏向,可知圈內應電流的方向。應電流在圈端所成的磁極為N極(依第八章第3節的定則),以阻礙磁鐵插入的運動。若磁鐵移出時,圈內所生應電流的方向,可使圈端成S極,以阻礙磁鐵移出的運動。若以磁鐵的S極插入

或移出圈端時,應電流的方向亦使圈端生磁極以阻礙磁鐵的運動。

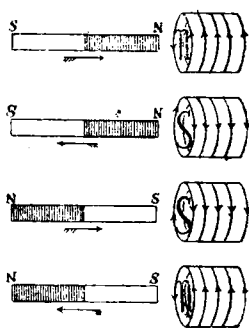


圖 135. 應電流的方向

由實驗知磁鐵在圈內移動時,圈內應電流所生的磁場必阻礙其移動而應電流的方向即可確定。這個關係,稱為楞次定律。

實驗 3 試取 P 圈通以電流,代替條形磁鐵,在 S 圈內移動如圖 136, 則 S 圈亦有應電流;設將 P 圈放在 S 圈內, P 圈電路中放一電鑰,使電路忽通忽斷,則 P 圈雖不移動, S 圈亦發生應電流;若在 P 圈內放一軟鐵棒,則應電流更強。

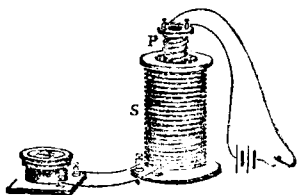


圖 136. 應電流 (2)

由實驗知應電流是因圈內磁場的變化或圈內磁力線的數目改變而發生。磁場的變化愈大，所生的應電流亦愈強；磁場固定不動，則不生應電流。

2. 感應圈 感應圈為利用電磁感應發生大電壓的裝置，其構造如圖 137。在一束軟鐵線製的鐵心外，繞以線包的粗銅線圈 P，稱為原線圈。圈在原線圈外更繞以線包的細銅線圈 S，稱為副線圈。副線圈的捲數，可由數萬以至數十萬回。原線圈的捲數，僅繞數百回，為感應圈的主要部分。

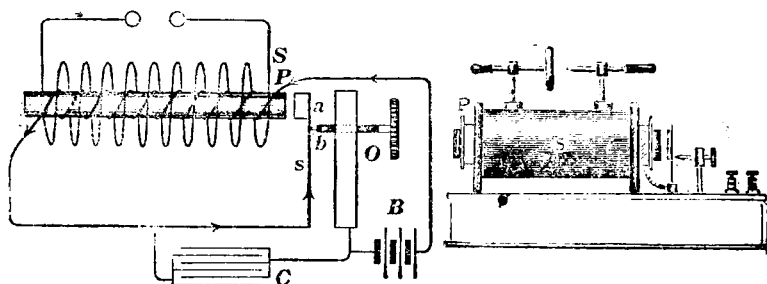


圖 137. 感應圈內部的構造和外觀

由電池 B 發出的電流，經過原線圈的情形和電鈴的裝置相同。電流通過時，鐵心成為電磁

鐵，將前面的鐵片 a 吸動，和螺旋 O 的尖端 b 處脫離，於是電路中斷，鐵心的磁性消失，彈條 s 使鐵片 a 回復原處，和 b 相觸，電路又通；故 a 片頻頻振動，原線圈內的電流即生斷續，使磁場生迅速的變化，副線圈內即生應電流。通常副線圈為斷路，其兩端留一間隙，由電磁感應，可達極大的電壓，發生火花放電。副線圈的捲數愈多，兩端間的電壓愈大。

通常由電池發出的電流，電路內電流流動的方向，繼續不變，這種電流，稱為直流。感應圈的副線圈內的電流，即在原線圈電流斷續時所生的應電流，其流動方向隨時改變，一反一正循環不已，稱為交流。

3. 交流發電機 發電

機為利用電磁感應由機械的運動而得電流的裝置，其主要部分為線圈和磁場。

實驗 用細銅線繞成 200 回至 300 回捲數的線圈，恰能在磁

極間轉動，線的兩端，連結電流計，

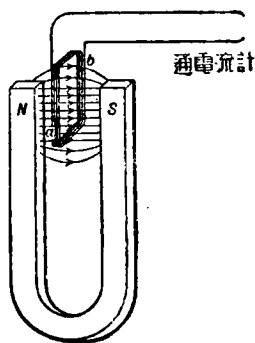


圖 138. 發電機原理

如圖 138 所示。先將圈面和磁力線垂直，然後依垂直軸線轉過 90° ，電流計即表示發生應電流；繼續轉 90° ，電流的方向仍同。若再續轉半周時，則電流的方向相反。

發電機所用的線圈繞在軟鐵心上，多依水平軸而轉動，稱為電樞。發生磁場所用的磁鐵稱為場磁鐵，為電磁鐵裝置。電樞在磁場內每轉動半周，應電流的方向便更換一次，而成交流。

如圖 139，在轉動軸 CD 上裝有兩個金屬環 R、R'，和電樞 AB 的兩端相連結，每一環的旁面，有接觸着的金屬刷子 b 和 b'，地位固定，由刷

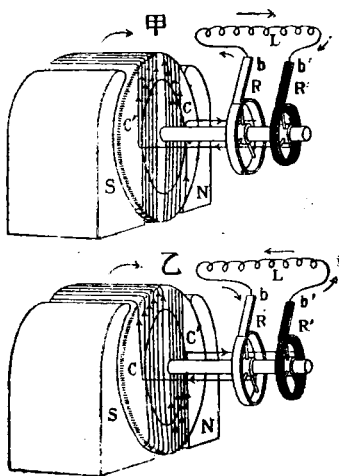
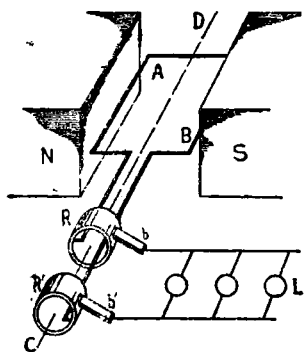


圖 139. 交流發電機原理

圖 140 交流發電機

子即可將電樞的電流導至外方電路 L。當電樞轉半周時，電流由 b 刷子流出，再轉半周時，電流即由 b' 刷子流出，故外方電路上的電流即成交流。這種裝置的發電機稱為交流發電機，其情形如圖 140 所示。通常交流發電機每秒變換電流方向的次數為 100，或一正一反有 50 次的循環。電燈所用的電流，多為交流。

4. 直流發電機 蓄電池內灌電和電解所用的電流等都需用直流，亦可由特別的裝置，成一直流發電機，以供應用。這種發電機的構造，和交流發電機大體相同，惟轉動軸上的金屬環代

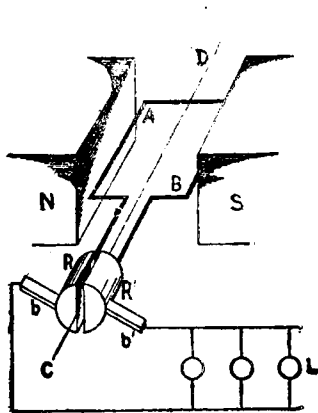


圖 141. 直流發電機原理

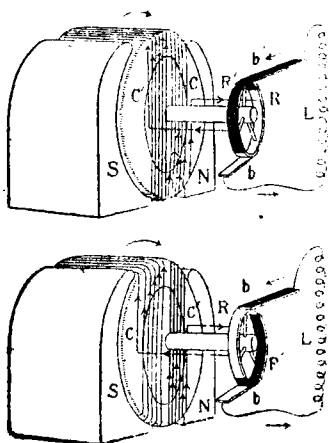


圖 142. 直流發電機

以整流器。整流器可使電樞內的交流通至外方電路時變成同一方向的電流，即為直流。最簡單的整流器，由一金屬環而成，環分兩半，彼此絕緣，如圖 141 中的 R, R' ，每一半環各和電樞的一端連結，刷子 b, b' 的位置固定，各接觸於一個半環。當電樞轉動半周時， b 和 R 接觸，再轉半周， b 即和 R' 接觸， b' 亦同樣更換所接觸的半環。故電樞轉動一周時的電流方向雖改變，但由刷子通出外部電路上的電流，則成直流，其情形如圖 142 所示。

實際應用的直流發電機，其電樞係多數的線圈，繞在圓筒的軟鐵心上，依相等位置排列，各圈均串聯。整流器則係一金屬環分成相當數目的截片，互相絕緣，每一相對的二截片，和圈相連結。繞法雖繁，其原理則同，可得較均一的直流。

問題 交流發電機和直流發電機有何區別？

5. 電動機 利用電流以成機械工作的裝置，稱為電動機，其構造和發電機相同。轉動的圈，稱為電樞，由外方令電流通過電樞，電樞即在磁場內依一定的方向轉動（第八章第 5 節）。

電樞在磁場內繼續轉動的原理,可先用圖 143 來說明。設二個條形磁相交,依通過交點的軸線而能轉動,如置在蹄形磁的兩極間,則條形磁必依箭頭所示的方向轉動半周, N 極和 S 極變換地位。若在此時有方法可變換條形磁的極性,使 S 極至 N 極的位置時,變成 N 極,則條形磁必可繼續轉動半周。故當磁鐵每轉動半周時,能設法改變其極性,就可繼續轉動。

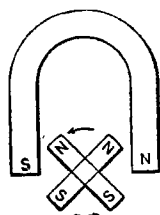


圖 143. 電動機轉動的說明

直流電動機電樞的轉動,即因能變更圈上極性的緣故,其構造如圖 144, 電流由刷子 b 通過電動機,經刷子 b' 流出時,則圈的左方為 N 極,右方為 S 極,故即轉動半周。

圈的位置自甲變至相反的位置乙時,整流器的半環更換其所接觸的刷子,使圈內的電流改換方向,故當圈每轉半周時,位置雖變,但同時電流的方向亦變,從而圈上

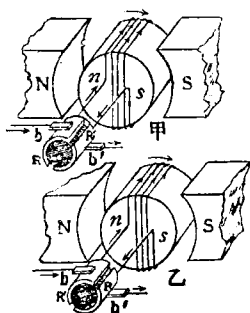


圖 144. 直流電動機

的極性亦變，電樞遂依一定的方向繼續轉動。

問題 整流器對於發電機和電動機有何功用？

6. 電扇、電車、瓦特小時計 電扇即電動機的應用，在電樞的軸上，連有螺旋推進器，以推動空氣，如圖 145 所示。電車所用的電動機 M，裝於車體的下面，電樞的軸上附有齒輪和車軸的齒輪相連接，如圖 146。由發電機令電流經架空導線入電動機，而由軌道流回。電車的前方，有電阻箱 C 以節制電流的強度。電樞轉動，電車就能前進。

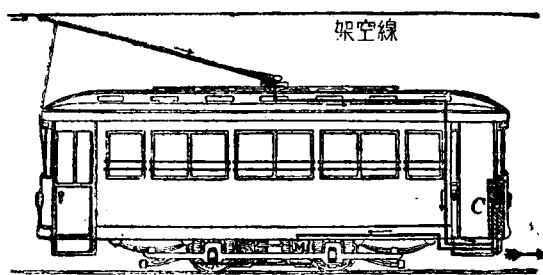
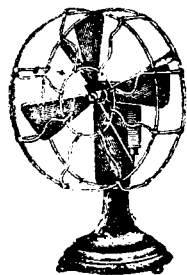


圖 145. 電扇 圖 146 電車的電動機和車軸連接的狀況

瓦特小時計通稱電表，為記錄消費電能的機械，其主要部分亦和電動機相似。如圖 147，A 線圈就生轉動，此作用和通過電流的安培數和

伏特數的乘積成正比故
A的轉動快慢和所費電
 功率的瓦特數成正比。在
 A的軸上用齒輪和指針
 的裝置，在其下端附一鋁
 製的圓盤D，介於強磁鐵

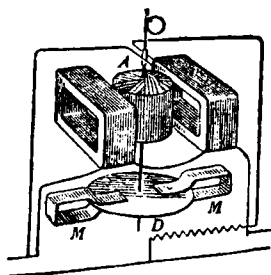


圖 147. 瓦特小時計的內部

M間，使A的轉動因電磁感應的妨礙而不致太快，則指針的轉動即可和瓦特小時數成正比而直接記出消費的電能。

7. 變壓器 變壓器為使交流電壓昇降的

裝置，其構造和感應
 圈相似，如圖 148。在
 軟鐵心R的兩旁，各
 繞一線圈P和S，由

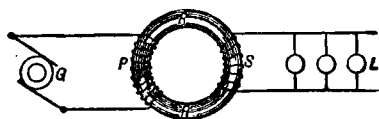


圖 148. 變壓器原理

發電機G將交流送入原線圈P，副線圈S上即
 生應電流，因二圈間磁力線通過的數目相同，每
 捲的電壓必相同，故原線圈的電壓和副線圈的
電壓相比，必等於原線圈的捲數和副線圈的
 捲數相比，可列式如下：

$$\frac{\text{原線圈的電壓}}{\text{副線圈的電壓}} = \frac{\text{原線圈的捲數}}{\text{副線圈的捲數}}$$

利用這個原理,可以將低壓的交流變成高壓的交流的裝置,稱為昇壓器;或將高壓變成低壓的裝置,稱為降壓器。其外觀如圖 149 所示。

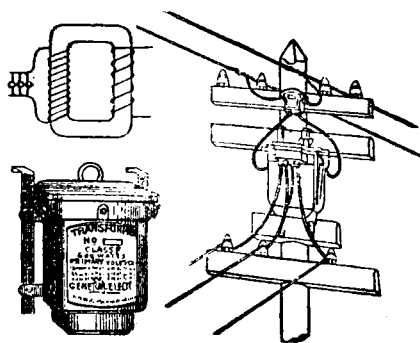


圖 149. 變壓器的外觀和裝置

交流的电壓雖可用變壓器昇降,但為昇壓器時,副線圈上電流的強度較原線圈上為弱;降壓器則副線圈上的電流較原線圈上的為強。

發電所的交流,如圖 150,常用昇壓器 A 將電壓變成數千或數萬伏特,送至遠處,如此可使電纜上通過的電流強度減小,因而電纜上所耗的熱能亦可減少。並且可用較細電纜以減少建設費用。高壓的交流導至城市時,可用降壓器 B

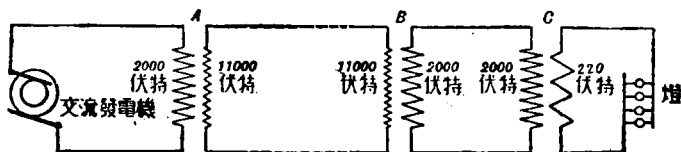


圖 150. 長距離電路的裝置

降低,再可用降壓器 C 導入用戶。

8. 電話 電話爲裴耳(註)所發明,其要部爲發話器和收話器。發話器的截面如圖 152, 在發話口的後面,裝一薄鐵片,片上受聲波時,即起振



圖 151. 裴耳

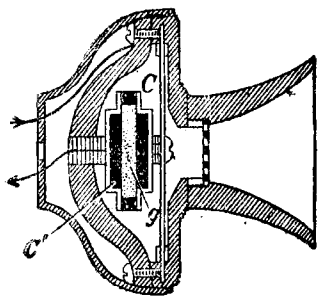


圖 152. 發話器

動,片後連結的小碳片 C,亦同時振動,C 片後爲一碳盒,內裝碳粒 g。電流由薄鐵片通入,經碳粒而由碳片 C' 流出。收話器俗稱聽筒,其截面如圖 153, A 爲蹄形磁,兩極前有一軟鐵片 E,每極上繞有捲數極多的

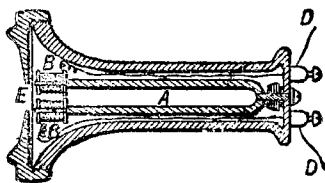


圖 153. 收話器

線圈 B,兩圈的捲繞方向,彼此相反,互相串聯和

外線 D 連結。

雙方通話的情形，略如圖 154 的裝置。T、T' 爲發話器，R、R' 爲收話器，C、C' 爲變壓器，B、B' 爲電池。由一方的發話器受聲波時，薄鐵片生振動，使碳粒的接觸變動而改變其電阻，那麼變壓器

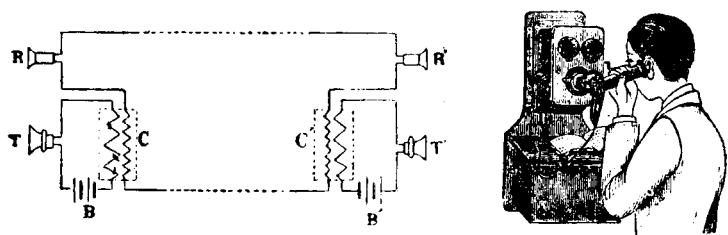


圖 154. 電話的簡單裝置

的原線圈內通過的電流，隨聲波而有強弱，副線圈內所生的應電流，即通過他方變壓器的副線圈，達收話器的電磁鐵，使前面的軟鐵片亦起振動，發出聲波，恰和發話器所受的聲波相同，故一方的語言，可傳於對方。

(註) 斐耳 (1847-1922) 美國人，於 1875 年發明電話。

本章提要

1. 線圈內發生磁場的變化時，即生應電流，這種現象，稱爲電磁感應。應電流的方向，依其所生阻止磁鐵在圈內

移動的磁場方向而確定(楞次定律)。

2. 感應圈爲利用電磁感應發生電壓的裝置,爲原線圈和副線圈所構成。

3. 發電機爲最重要的電源,是使電樞轉動於場磁鐵內,發生應電流的機械,有交流和直流兩種,

4. 電動機爲最便利的原動機,是使電流通過電樞,使電樞在場磁鐵內轉動的裝置,電扇、電車等,都應用電動機而構成。

5. 變壓器爲昇降交流電壓的裝置,用以輸送高壓電流,並供給各種的需要。

6. 電話的要部爲發話器和收話器。

中西名詞對照表

(一) 中西對照

	頁數		頁數
二 畫		火花放電 Spark discharge	74
人造磁 Artificial magnet.....	61	<u>牛頓</u> 色板 Newton's disk	42
入射角 Angle of incidence	22	五 畫	
入射面 Plane of incidence	22	仟瓦小時 Kilowatt hour	106
入射線 Incident rays	22	凸鏡 Convex mirror.....	25
入射點 Point of incidence	22	凸透鏡 Convex lens	36
三 畫		凹鏡 Concave mirror	25
三色印版 Three color printing..	48	凹透鏡 Concave lens.....	37
四 畫		北極 North pole	61
不透明體 Opaque body	16	半影 Penumbra	18
中和 Neutralization	69	本影 Umbra	18
內電路 Internal circuit	83	本生光度計 Bunsen photometer	21
化學效應 Chemical effect.....	92	右手定則 Right-handed rule ...	96
分光計 Spectrometer	45	可見光譜 Visible spectrum	49
介質 Medium	2	外電路 External circuit	83
反射 Reflection	7	平面鏡 Plane mirror.....	24
反射角 Angle of reflection	22	瓦特小時計 Watt-hour meter ...	106
反射線 Reflected ray	22	正像 Erect image	27
反射定律 Law of reflection	22	永久磁 Permanent magnet.....	63
天然磁 Natural magnet	61	目鏡 Eyepiece	58
天文望遠鏡 Astronomical tele- scope	58	六 畫	
夫牢因和斐譜線 Fraunhofer's line	46	交流 Alternating current	112
幻燈 Projecting lantern	53	伏打 Volta	80
日蝕 Solar eclipse	18	伏特 Volt.....	74
月蝕 Lunar eclipse	18	伏特計 Voltmeter	101
水平磁力 Horizontal component of the earth's field	65	伏打電池 Voltaic cell	80
		全蝕 Total eclipse.....	19
		全反射 Total reflection	34
		回聲 Echo	7

光	Light	16
光波	Light wave	49
光度	Intensity of light	20
光源	Light source	16
光線	Ray	17
光譜	Spectrum	41
光度計	Photometer	20
光的反射	Reflection of light	22
光的折射	Refraction of light	32
光的速度	Velocity of light	28
光學儀器	Optical instruments	53
共振	Resonance	9
共振箱	Resonance box	13
共軛點	Conjugate points	28
地磁	Terrestrial magnetism	64
地上望遠鏡	Terrestrial telescope	59
安培	Ampere	79
安培計	Ammeter	101
收報機	Telegraph receiver	98
收話器	Telephone receiver	120
色散	Dispersion	41

七 畫

串聯	In series	87
伽利略望遠鏡	Galileo telescope	59
佛蘭克林	Franklin	75
吸收光譜	Absorption spectrum	46
谷	Trough	1
均勻介質	Homogenous medium	17
折射	Refraction	7
折射角	Angle of refraction	33
折射率	Index of refraction	34
泛音	Overtone	9
角膜	Cornea	55
近視眼	Short sighted eye	56

八 畫

放電	Discharge	74
放大率	Magnifying power	57
放大鏡	Magnifying glass	56
放電叉	Discharge tongs	73
昇壓器	Step-up transformer	119
明視距離	Distance of distinct vision	56
明線光譜	Bright-line spectrum	45
來頓瓶	Leyden jar	73
法線	Normal	22
法拉第	Faraday	93
波長	Wave length	1
波動	Wave motion	1
物鏡	Objective	58
直流	Direct current	112
直角稜鏡	Right angled prism	36

九 畫

並聯	In parallel	88
保險絲	Fuse wire	104
南極	South pole	61
活動電影	Moving picture	55
紅外線	Infra-red rays	50
虹	Primary rainbow	42
音色	Quality of timbre	9
音程	Interval	13
音階	Musical scale	13
音調	Pitch	9
降壓器	Step-down transformer	119

十 畫

倒像	Inverted image	18
原線圈	Primary coil	110
庫倫	Coulomb	68
庫倫定律	Coulomb's law	62

峯 Crest 1
 容電器 Condenser 72
 被照體 Illuminated body 16
 起電盤 Electrophorus 71
 起電機 Electric machine 71
 通路 Closed circuit 83
 連續光譜 Continuous spectrum 45

十一畫

基音 Fundamental tone 9
 乾片 Dry plate 53
 乾電池 Dry cell 82
 偏蝕 Partial eclipse 19
 條形磁 Bar magnet 61
 副線圈 Secondary coil 111
 勒克蘭社電池 Leclanche's cell... 81
 帶電 Electrification 67
 帶電體 Electrified body or charged body 67
 探照燈 Search light 26
 望遠鏡 Telescope 58
 球面鏡 Spherical mirror 24
 紫外線 Ultra-violet ray 50
 透鏡 Lens 36
 透明體 Transparent body 16
 陰極 Cathode 81
 陰電 Negative electricity 68

十二畫

單色光 Monochromatic light ... 42
 單向反射 Regular reflection ... 23
 單顯微鏡 Simple microscope ... 57
 場磁鐵 Field magnet 113
 焦距 Focal length 25
 焦點 Focus 25
 焦耳定律 Joule's law 103
 稀疎 Rarefaction 3

絕緣體 Insulator 69
 虛像 Virtual image 24
 虛焦點 Virtual focus 26
 發光體 Luminous body 16
 發電機 Dynamo 112
 發話器 Telephone transmitter. 120
 發聲器 Sounder 99
 發散透鏡 Divergent lens 38
 軸線 Axis 25
 陽極 Anode 81
 陽電 Positive electricity 68

十三畫

感應圈 Induction coil 111
 感應帶電法 Electrification by induction 71
 暗箱 Camera obscura 53
 會聚透鏡 Convergent lens 37
 楞次定律 Lenz's law 110
 照度 Intensity of illumination. 49
 照相機 Camera 53
 睛珠 Crystalline lens 55
 鵝密 Condensation 3
 稜鏡 Prism 34
 稜鏡角 Prism angle 35
 稜鏡望遠鏡 Prism binoculars ... 60
 遠視眼 Long sighted eye 56
 雷 Thunder 67
 雷擊 Lightning stroke 76
 電 Electricity 67
 電力 Electric force 68
 電池 cell 79
 電位 Electric potential 74
 電車 Tram car 117
 電閃 Lightning 75
 電流 Electric current 73
 電阻 Electric resistance 85

(天)

電扇	Electric fan	117	樂音	Musical sound	1
電能	Electric energy	94	摩擦起電	Electrification by friction	67
電報	Telegraph	98	歐姆	Ohm	86
電解	Electrolysis	93	歐姆定律	Ohm's law	86
電鈴	Electric bell	98	暫時磁	Temporary magnet	63
電路	Electric circuit	83	潛望鏡	Periscope	36
電樞	Armature	112	熱效應	Heating effect	103
電燈	Electric light	104	磁力	Magnetic force	61
電壓	Voltage	74	磁針	Magnetic needle	61
電鑰	Electric key	83	磁場	Magnetic field	62
電流計	Galvanometer	101	磁極	Magnetic pole	61
電動機	Motor	115	磁體	Magnet	61
電解質	Electrolyte	93	磁力線	Magnetic lines of force	63
電磁鐵	Electromagnet	97	磁效應	Magnetic effect	95
電的傳導	Conduction of electricity	68	磁偏角	Magnetic declination	64
電磁感應	Electromagnetic induction	109	磁傾角	Magnetic dip (or inclination)	65
電流的方向	Direction of current	79	磁感應	Magnetic induction	62
電流的強度	Intensity of electric current	79	磁場強度	Magnetic field intensity	64
十四畫			線圈	Coil	96
實焦點	Real focus	38	調節	Accommodation	55
實像	Real image	18	選擇反射	Selective reflection	47
對稱點	Point of symmetry	24	十六畫		
漫射	Diffuse reflection	23	噪聲	Noise	9
漫射光	Diffused light	23	整流器	Commutator	114
網膜	Retina	55	橫波	Transverse wave	2
蓄電池	Storage battery	94	頻率	Frequency	4
複光	Complex light	42	蹄形磁	Horseshoe magnet	61
複顯微鏡	Compound microscope	57	輻射線	Radiant ray	49
十五畫			避雷針	Lightning rod	76
導體	Conductor	69	霓	Secondary rainbow	42
影	Shadow	18	靜電感應	Electrostatic induction	69

十七畫

應電流	Induced current	.....109
燭光	Candle power	..... 20
聲波	Sound wave	..... 1
縱波	Longitudinal wave	..... 3

十八畫

斷路	Open circuit	..... 83
臨界角	Critical angle	..... 35
顏料	Pigment	..... 47

十九畫

羅盤	Compass 64
----	---------	----------

二十一畫

潛電	Charge	..... 73
響度	Loudness	..... 9

二十三畫

變壓器	Transformer	.....118
顯微鏡	Microscope	..... 56
驗電器	Electroscope	..... 68

(二) 西 中 對 照

	頁數
A	
Absorption spectrum 吸收光譜	46
Accommodation 調節	55
Alternating current 交流	112
Ammeter 安培計	101
Ampere 安培	79
Angle of incidence 入射角	22
Angle of reflection 反射角	22
Angle of refraction 折射角	33
Anode 陽極	81
Armature 電樞	112
Artificial magnet 人造磁	61
Astronomical telescope 天文望遠鏡	58
Axis 軸線	25
B	
Bar magnet 條形磁	61
Bright-line spectrum 明線光譜	45
Bunsen photometer 本生光度計	21
C	
Camera 照相機	53
Camera obscura 暗箱	53
Candle power 燭光	20
Cathode 陰極	81
Cell 電池	79
Charge 蓄電	73
Chemical effect 化學效應	92
Closed circuit 通路	83
Coil 線圈	96
Commutator 整流器	114
Compass 羅盤	64
Complex light 複光	42
Compound microscope 複顯微鏡	57
Concave lens 凹透鏡	37
Concave mirror 凹鏡	25
Condensation 稠密	3
Condenser 容電器	72
Conduction of electricity 電的傳導	68
Conductor 導體	69
Conjugate points 共軛點	28
Continuous spectrum 連續光譜	45
Convergent lens 會聚透鏡	37
Convex lens 凸透鏡	36
Convex mirror 凸鏡	25
Cornea 角膜	55
Coulomb 庫侖	68
Coulomb's law 庫侖定律	62
Crest 峯	1
Crystalline lens 睛珠	55
Critical angle 臨界角	35
D	
Diffuse reflection 漫射	23
Diffused light 漫射光	23
Direct current 直流	112
Direction of current 電流的方向	79
Discharge 放電	74
Discharge tongs 放電叉	73
Dispersion 色散	41
Distance of distinct vision 明視距離	56
Divergent lens 發散透鏡	38
Dry cell 乾電池	82

Dry plate 乾片 53
 Dynamo 發電機 112

E

Echo 回聲 7
 Electric bell 電鈴 98
 Electric circuit 電路 83
 Electric current 電流 79
 Electric energy 電能 94
 Electric fan 電扇 117
 Electric force 電力 68
 Electric key 電鑰 83
 Electric machine 起電機 71
 Electric light 電燈 104
 Electric potential 電位 74
 Electric resistance 電阻 85
 Electricity 電 67
 Electrification 帶電 67
 Electrification by friction 摩擦起電 67
 Electrification by induction 感應帶電法 71
 Electrified body or charged body 帶電體 67
 Electrolyte 電解質 93
 Electrolysis 電解 93
 Electromagnet 電磁鐵 97
 Electromagnetic induction 電磁感應 109
 Electrophorus 起電盤 71
 Electroscope 驗電器 68
 Electrostatic induction 靜電感應 69
 Erect image 正像 27
 External circuit 外電路 83
 Eyepiece 目鏡 58

F

Faraday 法拉第 93
 Field magnet 場磁鐵 113
 Focal length 焦距 25
 Focus 焦點 25
 Franklin 佛蘭克林 75
 Fraunhofer's line 夫牢因和斐譜線 46
 Frequency 頻率 4
 Fuse wire 保險絲 104
 Fundamental tone 基音 9

G

Galileo telescope 伽利略望遠鏡 59
 Galvanometer 電流計 101

H

Heating effect 熱效應 103
 Homogenous medium 均勻介質 17
 Horizontal component of the earth's field 水平磁力 65
 Horseshoe magnet 蹄形磁 61

I

Illuminated body 被照體 16
 In parallel 並聯 88
 In series 串聯 87
 Incident rays 入射線 22
 Index of refraction 折射率 34
 Induced current 應電流 109
 Induction coil 感應圈 111
 Infra-red rays 紅外線 50
 Insulator 絕緣體 69
 Intensity of electric current 電流的強度 79

(天)

- Intensity of illumination 照度. 19
 Intensity of light 光度 20
 Internal circuit 內電路 83
 Interval 音程 13
 Inverted image 倒像 18
- J**
- Joule's law 焦耳定律.....103
- K**
- Kilowatt hour 仟瓦小時106
- L**
- Law of reflection 反射定律..... 22
 Leclanche's cell 勒克蘭社電池... 81
 Lens 透鏡 36
 Lenz's law 楞次定律.....110
 Leyden jar 萊頓瓶..... 73
 Light 光 16
 Light source 光源..... 16
 Light wave 光波 49
 Lightning 電閃 75
 Lightning rod 避雷針 76
 Lightning stroke 雷擊..... 76
 Long sighted eye 遠視眼..... 56
 Longitudinal wave 縱波..... 3
 Loudness 響度 9
 Luminous body 發光體 16
 Lunar eclipse 月蝕 18
- M**
- Magnet 磁體 61
 Magnetic declination 磁偏角 ... 64
 Magnetic dip (or inclination) 磁
 傾角..... 65
 Magnetic effect 磁效應..... 95
 Magnetic field 磁場 62
 Magnetic field intensity 磁場
 強度..... 64
 Magnetic force 磁力..... 61
 Magnetic induction 磁感應..... 62
 Magnetic lines of force 磁力線. 63
 Magnetic needle 磁針 61
 Magnetic pole 磁極 61
 Magnifying glass 放大鏡 56
 Magnifying power 放大率 57
 Medium 介質..... 2
 Microscope 顯微鏡 56
 Monochromatic light 單色光 ... 42
 Motor 電動機115
 Moving picture 活動電影..... 55
 Musical scale 音階 13
 Musical sound 樂音 1
- N**
- Natural magnet 天然磁 61
 Negative electricity 陰電 68
 Neutralization 中和 69
 Newton's disk 牛頓色板 42
 Noise 噪聲 9
 Normal 法線 22
 North pole 北極..... 61
- O**
- Objective 物鏡 58
 Ohm 歐姆 86
 Ohm's law 歐姆定律..... 86
 Opaque body 不透明體 16
 Open circuit 斷路..... 83
 Optical instruments 光學儀器.. 53
 Over tone 泛音 9

P

Partial eclipse 偏蝕 19
 Penumbra 半影 18
 Periscope 潛望鏡 36
 Permanent magnet 永久磁 63
 Photometer 光度計 20
 Pigment 顏料 47
 Pitch 音調 9
 Plane mirror 平面鏡 24
 Plane of incidence 入射面 22
 Point of incidence 入射點 22
 Point of symmetry 對稱點 24
 Positive electricity 陽電 68
 Primary coil 原線圈 110
 Primary rainbow 虹 42
 Prism 稜鏡 34
 Prism angle 稜鏡角 35
 Prism binoculars 稜鏡望遠鏡 60
 Projecting lantern 幻燈 53

Q

Quality of timbre 音色 9

R

Rarefaction 疎稀 3
 Ray 光線 17
 Radiant ray 輻射線 49
 Real focus 實焦點 38
 Real image 實像 18
 Reflected ray 反射線 22
 Reflection 反射 7
 Reflection of light 光的反射 22
 Refraction 折射 7
 Refraction of light 光的折射 32
 Regular reflection 單向反射 23

Resonance 共振 9
 Resonance box 共振箱 13
 Retina 網膜 55
 Right-handed rule 右手定則 ... 96
 Right angled prism 直角稜鏡 ... 36

S

Search light 探照燈 26
 Secondary coil 副線圈 111
 Secondary rainbow 霓 42
 Selective reflection 選擇反射 ... 47
 Shadow 影 18
 Short sighted eye 近視眼 56
 Simple microscope 單顯微鏡 ... 57
 Solar eclipse 日蝕 18
 Sounder 發聲器 99
 Sound wave 聲波 1
 South pole 南極 61
 Spark discharge 火花放電 74
 Spectrometer 分光計 45
 Spectrum 光譜 41
 Spherical mirror 球面鏡 24
 Storage battery 蓄電池 94
 Step-down transformer 降壓器 119
 Step-up transformer 昇壓器 ... 119

T

Telegraph 電報 98
 Telegraph receiver 收報機 98
 Telephone receiver 收話器 120
 Telephone transmitter 發話器 120
 Telescope 望遠鏡 58
 Temporary magnet 暫時磁 63
 Terrestrial magnetism 地磁 ... 64

Terrestrial telescope	地上望遠鏡	59
Three color printing	三色印刷	48
Thunder	雷	67
Total eclipse	全蝕	19
Total reflection	全反射	34
Tram car	電車	117
Transformer	變壓器	118
Transparent body	透明體	16
Transverse wave	橫波	2
Trough	谷	1

U

Ultra-violet ray	紫外線	50
Umbra	本影	18

V

Velocity of light	光的速度	28
Virtual focus	虛焦點	26
Virtual image	虛像	24
Visible spectrum	可見光譜	49
Volt	伏特	74
Volta	伏打	80
Voltage	電壓	74
Voltaic cell	伏打電池	80
Voltmeter	伏特計	101

W

Watt-hour meter	瓦特小時計	106
Wave length	波長	1
Wave motion	波動	1



(1139)