

學
理
物

(下)

目次

1. 磁(一)——磁體、磁感應、磁場	4	16. 電動機、變壓器、電力的輸送	34	33. 運動的阻力(二)	83
2. 磁(二)——地磁、羅盤	6	17. 電話機	36	34. 功和能量	70
3. 電(一)——電流、電流的強度、電位	8	18. 真空放電、陰極射線	38	35. 熱和功	72
4. 電(二)——電池	10	19. X射線、放射性	40	36. 擺	74
5. 電(三)——導線的電阻和接法	12	20. 力的組合和分解、力偶、力矩	42	37. 波動	76
6. 電(四)——電池的電阻和接法	14	21. 重心、物體的平衡	44	38. 聲(一)——聲波、速度、三要素	78
7. 電(五)——熱作用	16	22. 槓桿、天平	46	39. 聲(二)——反射、干涉、共振	80
8. 電(六)——化學作用(一)	18	23. 桿秤、滑車、輪軸	48	40. 聲(三)——弦和空氣柱的振動	82
9. 電(七)——化學作用(二)蓄電池	20	24. 斜面、劈	50	41. 光波、輻射	84
10. 電(八)——電磁感應	22	25. 螺旋、功的原理	52	42. 電波(一)	86
11. 電磁體、電鈴、電報機	24	26. 運動、加速度	54	43. 電波(二)——波動說	87
12. 電學儀器	26	27. 萬有引力、運動的定律	56	44. 電共振、檢波器	88
13. 感電流(一)	28	28. 運動的定律(二)——力的單位、動量	58	45. 無線電報	89
14. 感電流(二)感應圈、直流和交流	30	29. 落體	60	46. 無線電話	90
15. 發電機	32	30. 拋體	62	47. 原子的構造(一)	92
		31. 圓運動、迴轉體	64	48. 原子的構造(二)	93
		32. 運動的阻力(一)	66		

磁體 凡是具有吸鐵不落性質的物體，都叫做磁體。其出於天然的，叫做天然磁；由人工造成的，叫做人造磁。磁體有種種形狀，名稱亦隨着不同，如條形磁和蹄形磁，磁針等。**磁極** 磁體的吸鐵作用，全體並不一致，以靠近兩端的地方，最為顯著，作用最強的地方，叫做磁極。把一個磁體吊平的時候，牠的兩極大致都指着南北的方向。向北的極叫做北極，向南的叫做南極。這兩個極必須共同存在，不能單獨生存在。**磁力** 兩磁體接近時，中間常表現出一種引力和斥力，這叫磁力。異名的兩極互相吸引。**【定律一】**同名的兩極相排斥，異名的兩極互相吸引。**【定律二】**兩極間的磁力 f ，和兩極的強度 m 及 m' 的乘積成正比，和兩極間的距離平方 r^2 成反比（通常稱做庫倫定律）。

【公式】 $f = K \frac{mm'}{r^2}$
式中的 K ，是一個比例常數；“ μ ”叫做導磁係數，因為兩極間的介質，是和磁力有關係的。**磁場強度度的單位** 假定有兩個磁

極，其強度相等，在真空中相隔1厘米的距離，以1達因的力互相作用，這種磁極，是磁極的單位，通常稱做單位磁極。牠所含的磁量或是牠的強度，也定牠為磁量或磁強度的單位，通常叫做1 C.G.S. 單位。

磁感應 凡是鐵塊和磁體接近的時候，鐵塊自身即化為磁體，這種現象，叫做磁感應。

暫時磁和永久磁 鐵塊在受磁感應作用的時候，牠是很容易化成磁體的，如若把牠拿開，使牠離開磁的感應作用，牠就失去磁性，仍然不是磁體，這叫做暫時磁。反來講，鋼在受磁感應時，所得的磁量並不多，可是牠在離開磁的感應的時候，仍然保持着牠的磁性，這叫做永久磁。

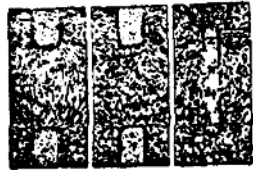
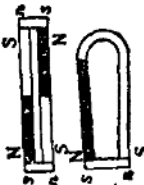
磁體的製造，以一磁體的一端，沿着一定的方向，在一鋼片上摩擦若干次，那鋼片就化成磁體了。據未的那端，是和磁體摩擦的那端，磁性相反，換句話說，牠們是異名極。

磁場 磁體的周圍，凡是受到牠的磁力作用的地方，通常稱做磁場。磁場的強度和方向 某一點的磁

場強度，是由單位磁極在該點所受的力的大小來表。方向是由小磁針北極在磁場裏所指的方向來表。

磁力線 沿磁力方向所引的曲線，叫做磁力線。

分子磁論 把磁體分成細碎的小片，每個小片，皆具有磁性。因此故，英認為鐵的分子，皆是小磁體，拿這個理論，可以解釋鐵的磁化現象。



1. 鐵片靠近磁極的時候，因為受着磁感應的緣故，也化作磁體。接近磁極的一端，成為異名的磁極，所以互相吸引。

2. 很快的把鐵片靠近磁極的時候，磁力的作用，也就很快地受到磁感應，發生異名的磁性。原有的同名的磁性，因為較弱，不及排斥牠，所以和牠抵消之後，這接近的一端，還餘着異名的磁性，因此牠們互相吸引。

3. 一個條形磁，可以把牠看作由兩個半條的磁體合並而成的。那麼，左半條對右半條的感應作用，電使其成為和現在的方向正相反使磁體減少磁性。右半條對左半條的作用，也是這樣。所以條形磁單獨存在的時候，牠有自身減少磁性的作用。所以條形磁雖然有減少磁性的作用，可是因為異名磁極靠近的緣故，同時也受到牠的感應，這種所生的磁性，正與原有的磁性相同。所以條形磁一方面減少磁性，一方面還增加磁性，雖然去的

多，加時少，但是比較條形磁只減少，當然要散失的少了。

4. 磁體散失磁性的緣故，既如上述，所以在蹄形磁的兩極上，放上一塊鐵。如此，鐵由感應也化成磁體了，牠和蹄形磁接觸的極，都是異名極。在蹄形磁的極上，時時受到由牠感應而生的同名磁性，所以原有的磁性，不再散失了。條形磁保存裝置的原理，也是這樣。

5. 鋼片經磁體摩擦後，即化作磁體，和磁體摩擦的一端，與磁體的磁極為異名極，他端則為同名極。

6. 依據放英的磁論，鐵的分子，皆是小磁體，經過磁感應後，各個分子，都整齊地沿着一個方向排列着，中間各分子的磁性，彼此抵消，所以磁性最強。撞擊沒有撞擊的緣故，所以磁性最強。撞擊和高熱，都會使鐵中的分子排列錯亂，有極少數，牠們的作用，是混亂抵消，其餘因不能再有先前最強的磁性，所以磁性減少。

7. 用一塊玻璃板或厚紙版放在磁體上，在這上面撒佈些鐵末，輕輕地敲版，則鐵末即沿着磁力作用的方向相連而成為曲線的形状，這些曲線，就是磁力線。

1. 說明磁體吸引鐵片鐵片的理由？

2. 把很強的條形磁的一端，迅速地靠近磁針的同名極，反而互相吸引，是什麼緣故？

3. 蹄形磁比條形磁散失的磁性少，是什麼緣故？

4. 磁體的保存，通常都是把兩個條形磁的異名極放在一端，再放上一塊鐵，蹄形磁的兩極上，也連上一塊鐵，這是什麼緣故？

5. 磁體的一端在鋼片的一端上沿着一一定的方向摩擦，鋼片上所生的磁性怎樣？

6. 說明分子磁論。又磁體在激烈撞擊和高熱後，都減少磁性，是什麼緣故？

7. 怎樣可以表示出磁體的磁場？

地磁 地球是一個大磁體，牠的表面近旁，都成為一個磁場。
地磁極 磁針所指的方向，大致是南北。所以地磁的、極，在地理學上北極附近；N 極，在地理上學南極附近。

地磁的三要素 地磁通常有三要素：
 (1) 磁偏角 磁針與地理學上的子午線(即真正的南北方向)所成的角度，叫做磁偏角。
 (2) 磁傾角 磁針在地球子午線的平面裏自由旋轉靜止後，牠的磁軸和水平線所成的角度，叫做磁傾角。通常在北半球時，磁針之 N 極向 N 極偏；在南半球時，磁針之 N 極向 S 極偏。
 (3) 水磁度 磁針北極的磁傾角為 90 度時，叫地球的磁北極。磁針南極的磁傾角為 90 度時，叫做地球的磁南極。無傾角 連接磁偏角為 0 的線，叫做磁赤道。連接磁傾角為 0 的線，叫做磁赤道。

地磁的變化 上述的地磁偏角和磁傾角，但各地不同，並且各個時間也不一樣。牠們的數值，除長週期的變動外，還有短變化和日變等。當磁針上某點變化的時候，磁針的變動也較劇烈，除有遲鈍變動外，地磁強度有時忽然劇烈的變動，叫做磁暴。

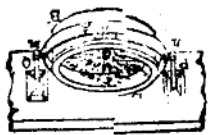
等國線 連接傾角相等的線。
 等偏角線 連接偏角相等的線。
 等力線 連接水平速度相等的線。

地磁的變化 上述的地磁偏角和磁傾角，但各地不同，並且各個時間也不一樣。牠們的數值，除長週期的變動外，還有短變化和日變等。當磁針上某點變化的時候，磁針的變動也較劇烈，除有遲鈍變動外，地磁強度有時忽然劇烈的變動，叫做磁暴。

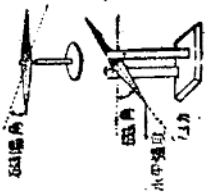
磁盤 在水平面內自由轉動的磁針，因此，可由磁針所指的方向，得知各地在地理學上的方位。磁盤的構造和應用 一個周圍刻有刻度的圓盤，中心支在一個針尖上，是沿著北極，貼有許多小磁針，牠們都指向北極，預先把牠們對準一定方向，那麼由磁針在圓盤上的方位，可以推知東南西北和其間的方位。【注意】輪船上面的鐵，受地磁影響，都帶磁性。因此羅盤旁，須備有補正磁鐵，以免受牠們的影響。



地磁



磁盤



磁偏角和磁傾角

1. 因為地球是一個大磁體，牠的南極在地理學上的北方，北極在地理學上的南方。所以磁針的 N 極，總是爲牠的南極吸引，指着北方。磁針的 S 極被牠的北極吸引，指着南方。
2. 地球的磁力線，除在無傾線上和地面垂直外，在其他各地，均和地面傾斜，因此可以分成的兩個分力，一個是垂直於地面的，一個是平行於地面的。垂直的那個地磁分力，可以作用到鐵棒上，使牠感應爲磁體。通常在磁力線進入的一端是南極，射出的一端是北極。因此在北半球的鐵棒，上端總是南極，下端則爲北極。
3. 磁針在北半球上，牠的 N 極受着地磁 S 極的吸引，總是向下傾斜的。倘若把磁針的支點，移至牠的重心和 N 極的中間，那麼就可以使牠保持水平了。
4. 磁針因為受着地磁的作用，N 極被地磁的 S 極吸引，所以要向北移動。

同時牠的 S 極，即向南移動。

5. 參看本文。

6. 把磁針放在靠近兩極的地方，尋找牠的磁傾角是九十度的地方，那就得是地磁的兩極。依據實驗，我們測得地球的磁北極在北緯 74° 西經 94° 的地方，地球的磁南極在南緯 72.5° 東經 152° 的地方。

7. 地球上磁偏角，和磁傾角，水平磁度相等地方的軌跡，叫做等偏線和等傾線，等力線。

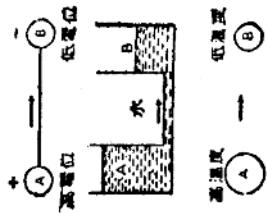
8. 用兩個磁強相等的磁體，把異名極平行地放在磁針的上下，那麼磁針就不受地磁的影響了。

9. 10. 11. 參看本文。

12. 鐵船上把羅盤的軸裝在活動的環境上，環有互相垂直的兩軸，使羅盤傾取水平的位置，更有補正磁體，放在旁邊，使牠不受船鐵的影響。最近更應用迴轉原理，造成迴轉羅盤，功效更大。

1. 磁針總指着南北，是什麼緣故？
2. 在北半球上把鋼棒直立在地球上，經過長時間後，這鋼棒怎樣？
3. 在北半球上使用磁針，如何能使牠水平？
4. 把磁針放在軟木塞上，再浮在水面上，磁針即向北移動，是什麼緣故？
5. 試述磁偏角和磁傾角的意義。
6. 如何可以測出地球的磁極來？
7. 等偏線和等傾線等力線，是什麼意義？
8. 用什麼方法，可使地球磁力不影響磁針？
9. 試述地磁的三要素。
10. 什麼叫做磁變？
11. 試述羅盤的構造和應用。
12. 鐵船上如何應用羅盤方纔有效？

(1) 將 1 庫倫的電量，從一點移至另 一點，所需的功，如若是 1 個焦耳或 107 爾格的時候，那麼這兩點間的電壓，就叫做 1 伏特。
(2) 橫截面 1 平方毫米，長 108.3 厘米的水銀柱子，在攝氏零度的時候，通過 1 安培的電流，這柱子兩端的電位差，也叫做 1 個伏特。



電流的方向和水流的方向向熱流的方向的比較

生運動，可以做很大的原動力，如電動機等是。
(6) 發生輻射 由電流散出電波，輻射出去應用，如無線電等是。
(7) 和生物生理的關係 動植物的生理作用，和電也有關係的，如療電等是。

電流的強度
(1) 電阻 1 歐姆的導線兩端，受着 1 伏特的電壓作用時，這線上的電流，叫做 1 安培。
(2) 從銀鹽的溶液裏，每秒能析出 0.001,118 克純銀的電流，也叫做 1 安培。

電位的意義，和水位的意義相似。假設有甲乙兩個帶電體，中間連以導線，甲體上的陽電，如若流至乙體，那麼就說甲體的電位，比乙體的電位高。這個情形和水同熱的流動一樣。
電壓 兩點間的電位差，又叫做電壓。這就是兩點間產生電流的緣由。
實用單位 電壓的實用單位，通常叫做伏特。牠的定義是：

電流 電在導線上移動的現象，叫做電流。
電流的方向 通常說當做陽電移動的方向，就是電流的方向。由化學電流的發生 (1) 電池 由化學作用而產生電流的。
(2) 發電機 由機械作用與磁感應合併而產生電流的。
(3) 熱電堆 由不同的金屬接合遇熱而產生電流的。
(4) 光電管 由光的效應而產生電流的。

電流的強度
(1) 發熱 電流通過導線，會發生熱量，如電爐等是。
(2) 發光 電流通過極細的導線，發熱過烈了，就會發光，如電燈等是。
(3) 發生化學作用 電流通過電解質，傾含發生電解，如電解，電鍍等是。
(4) 發生電磁作用 導線的周圍，常生磁場，可使鐵化作磁體，如電磁體等是。
(5) 發生運動 由電流的斥引，發

電位和

(三) 電 (一) — 電流、電流的強度、電位

1. 電在導體上移動，叫做電流。

2. 電在電池外面的導線上，牠的流動的方向，恆是從電勢高的地方流入電勢低的地方。所以通常總是說電移動的方向，就是電流的方向。

3. 摩擦火漆棒所生的電，因為火漆棒是不良導體，電在牠上面不能移動，通常叫牠靜電。電池所生的電，可以在導線上移動，所以叫做動電，這就是牠們不同的地方。

4. 參看本文。

5. 因為電有許多功用，倘使導線上通了電流，牠可以發熱，並且可以發生化學作用和電磁作用，尤其是化學作用和電磁作用，還可以檢定電流的方向。這些情形和檢驗電流的儀器，下文再講。

6. 感應起電機發出的電同電池發生的電，功用是一樣。起電機的兩極電位差很大，所以在空氣中可以發生火花放電。電池的兩極電位差很小，不能發生火花放電的。如若連續迴轉起電機，也可連續的發生電流，不過電流的強度小，不如電池的電流的強度大，由電解作用，就可看出了。

7. 電解的時候，析出物質的多寡，就可以測出電流的強度和方向。發熱的時候，由導線的膨脹的多寡，也可測出電流的強度。發生電磁作用的時候，磁針的偏斜和偏斜的方向，都可測出電流的強度和方向。

8. 9. 10. 參看下文。

1. 什麼叫做電流？

2. 電流的方向如何？

3. 火漆棒上所生的電和電池所生的電，有什麼不同？

4. 試述電流的功用，每種舉一個例子。

5. 導線上通不通電流，和電流是什麼方向，用什麼方法可以檢出？

6. 感應起電機發出的電，和電池發出的電，有什麼異同？

7. 電流的強度，由電解發熱和電磁作用，皆可測知，是什麼緣故？

8. 試述安培和伏特的意義和區別。

9. 用什麼方法，可以知道電流的強度和電壓？

10. 通常如何獲得電流，試舉兩種完全不同的方法。

電池 利用化學作用而產生電流的一種器械。

電池的原理 拿伏特電池來說明：

(1) 電池裏的稀硫酸電離
 $H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$

(2) 浸在稀硫酸裏的 Zn，一部分溶解成 Zn^{2+} ，因此 Zn 片上帶陰電。

(3) 因為 Zn 在電化次序上，位置比銅高，所以溶液裏的 Zn^{2+} 增加的多，將 H^+ 從稀硫酸裏驅出，移至 Cu 片上，將陽電感與 Cu 片，化作氫分子逸出。所以 Cu 片上帶者陽電。

(4) 因此種化學作用的結果，Cu 片和 Zn 片上發生電位差，若導線把牠們連接的時候，即有電流通過。

電池的符號 通常都是用兩條平行的線代表牠，細長的表陽極，粗短的表陰極。

電路 電流通過的道路，叫做電路。若是兩極間有着導體連接的時候，這叫做通路。如若兩極間的導體隔斷的時候，這叫做斷路。

電動勢 導線上電流所以流動的原因，實由於電池上兩極的電位差，這種電位差，就叫做電動勢。各種電池，因為溶液，材料，濃淡，大小，種種關係，所以各有各的電動勢。

電池衰變的原因 (A) 極化 當電池發生作用產生電流的時候，被 Zn^{2+} 驅出的氫分子，聚集銅片的周圍，使得電流發生衰弱的現象，這不外兩種原因：

(1) 聚在銅片周圍的氫分子，不是導體，因此妨害了 H^+ 傳電的工作。

(2) 氫分子再溶解變為 H^+ ，發生反電動勢，減少原有的電位。

去極劑 用氧化劑把氫氧化成水，這叫做去極劑。例如重鉻酸電池裏的重鉻酸鉀和勒克爾電池裏的二氧化錳等是。

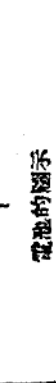
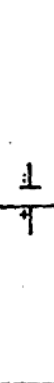
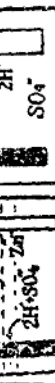
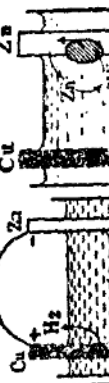
(B) 局部作用 電池裏所用的鋅板，常含有鐵，碳等不純物質，放在酸裏，牠們會成許多的小電池，使電流作局部的流行，而發生化學作用。因此，雖在不用電的時候，牠們仍然是作用，鋅板逐漸耗蝕，同時且被不

導電的鉛體包圍。通常補救這個弊病的方法，就是把鋅板先行洗淨，然後放在鋅裏面，使牠成為鋅鋅合質，就沒有事了。

電池的原理

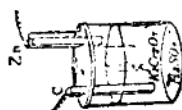
局部電流

電池的圖示

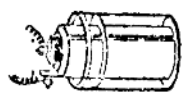


習題

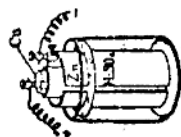
1. 試述電池衰弱的原因。
2. 試舉兩種實用電池和牠們防止極化的方法。
3. 同種的電池，大小不同，有什麼不同的地方？有什麼相同的地方？
4. 用什麼方法來測驗兩個電池電動勢的大小？
5. 感應起電機和電池發出的電，有什麼不同？
6. 試述電動勢的定義，單位和牠的大小。
7. 試述丹聶爾電池的構造和牠的特徵。
8. 試述通常所用的電池的名稱，電動勢和牠們的特徵。
9. 電池裏用的鋅板，都是鍍錫合質，什麼緣故？
10. 用什麼方法可以測出電池的兩極，那邊是陽極，那邊是陰極？



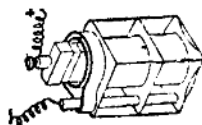
重鉻酸電池



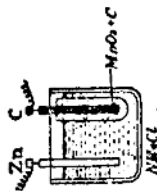
丹聶爾電池



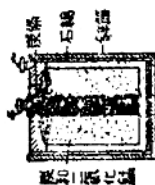
勒克爾社電池



勒克爾社電池



勒克爾社電池



勒克爾社電池

(五)電阻的電阻和接法

電阻 物質對於電在牠上面移動的一種阻礙的性質，叫做電阻。R，隨電阻定律 (1) 導線的電阻，隨物質而變的。例如銀，銅的電阻較小，洋銀和鎢絲的電阻則較大。

(2) 導線的電阻和導線的長度成正比例。

(3) 導線的電阻和導線的橫截面積成反比例。

(4) 在溫度變化不大的時候，導線電阻的增減，與溫度的高低成比例。溫度增高，電阻也大，但是碳素是例外。

【公式】 $R = \rho \frac{L}{S}$

電阻的單位 電阻的單位，通常叫做歐姆。牠的定義是：

(1) 導線兩端的電位差，是 1 個安伏特，而導線上的電流又是 1 個安培的時候，那麼這導線的電阻，叫做 1 個歐姆。

(2) 橫截面積 1 平方毫米，是 106.3 厘米的水銀柱子，在攝氏零度的電阻，也是 1 個歐姆。

歐姆定律 導線上的電流 C，和導線兩端的電位差 E 成正比例，和導線的電阻成反比例。

【公式】 $C(\text{安培}) = \frac{E(\text{伏特})}{R(\text{歐姆})}$

(A) 串聯 幾條導線順次地連接成一行，這叫做串聯。這條是導線的電阻 R，就等於各個導線電阻 $R_1, R_2, \dots$ 的和。

【公式】 $R = R_1 + R_2 + \dots$

【證明】 如圖，假定 AB 間的電位差是 E_1 ，BC 間的電位差是 E_2 ，那麼 AC 間的電位差是 E ，當然是 E_1 與 E_2 的和了。所以

$E = E_1 + E_2 + \dots$

這時在這條是導線上的電流，各部那一份都是一樣，牠的強度假定是 C，那麼

$E = CR, E_1 = CR_1,$
 $E_2 = CR_2, \dots$
 因為 $E = E_1 + E_2 + \dots$
 所以 $CR = CR_1 + CR_2 + \dots$
 $R = R_1 + R_2 + \dots$

(B) 並聯 把幾條導線的一端連接在一處，另一端再連接在另一處，這種接法，叫做並聯。這束導線兩端中間的總電阻 R，牠的倒數，恰巧等於各個導線電阻 $R_1, R_2, \dots$ 倒數的和。

【公式】 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$

【證明】 如圖，AB 間的電位差假定是 E ，各線的電阻是 $R_1, R_2, \dots$ ，各線上的電流是 $C_1, C_2, \dots$ ，那麼

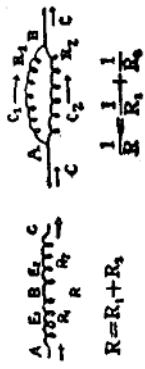
$C_1 = \frac{E}{R_1}, C_2 = \frac{E}{R_2}, \dots$

假設 AB 間的總電阻是 R，總電流是 C，那麼

$C = \frac{E}{R}$ 而 $C = C_1 + C_2 + \dots$

所以 $\frac{E}{R} = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} + \dots$

$\therefore \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$



——習題解答——

習題

1. 依據歐姆定律

$$C = \frac{2.4 \text{ 伏特}}{36 \text{ 歐姆}} = \frac{1}{15} \text{ 安培。}$$

2. 同樣， $E = 0.8 \text{ 安培} \times 350 \text{ 歐姆}$
 $= 280 \text{ 伏特。}$

3. $R = 100 \text{ 伏特} \div 0.4 \text{ 安培}$
 $= 250 \text{ 歐姆。}$

4. 銅線的電阻是

$$0.017 \times \frac{1000}{2.5^2 \times 3.14} = 0.866 \text{ 歐姆}$$

依據歐姆定律，

$$E = 0.866 \text{ 歐姆} \times 20 \text{ 安培}$$

$$= 1.73 \text{ 伏特。}$$

5. 假設 C_1 是電阻 20 歐姆導線上的電流， C_2 是電阻 100 歐姆導線上的電流，那麼

$$20 C_1 = 100 C_2, C_1 + C_2 = 0.6$$

由上面兩個式子，解出

$$C_1 = 0.5 \text{ 安培}, C_2 = 0.1 \text{ 安培。}$$

6. 兩條導線的外電阻的總和是

$$\frac{1}{\frac{1}{1} + \frac{1}{3}} = \frac{6}{4} = 1.5 \text{ 歐姆，那麼，依據歐姆定律，總電流的強度是}$$

姆定律，總電流的強度是

$$\frac{1.1 \text{ 伏特}}{\frac{8}{5} + 1 \text{ 歐姆}} = 0.5 \text{ 安培}$$

依據上題的方法，解得 2 歐姆導線上的電流為 0.3 安培，3 歐姆導線上的電流為 0.2 安培。

7. 依據歐姆定律

$$C = \frac{E}{R} = \frac{12 \text{ 伏特}}{0.25 \text{ 歐姆}} = 48 \text{ 安培。}$$

8. 串聯時候的總電阻是

$$R = 10 \text{ 歐姆} + 5 \text{ 歐姆} + 2 \text{ 歐姆}$$

$$= 17 \text{ 歐姆}$$

並聯時候的總電阻是

$$R = \frac{r_1 r_2 r_3}{r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_1 r_3}$$

$$= \frac{10 \times 5 \times 2}{10 \times 5 + 5 \times 2 + 2 \times 10}$$

$$= \frac{6}{4} = 1.5 \text{ 歐姆}$$

1. 導線的電阻是 36 歐姆，兩端的電位差是 2.4 伏特，那麼，電流是多少呢？

2. 白熱燈的電阻是 350 歐姆，要 0.8 安培的電流，幾能發光，那麼應該要多少電壓呢？

3. 電壓是 100 伏特，電流是 0.4 安培，電燈就發光了，那麼，電燈泡裏的電阻是多少呢？

4. 直徑 5 毫米，1000 米長的銅線，經過 20 安培的電流，就要壞了。假設橫截面 1 平方毫米，1 米長的銅線電阻是 0.017，那麼這個電壓是多大呢？

5. 0.6 安培的電流，分兩條導線流過，牠們的電阻是 20 和 100 歐姆，那麼這兩條導線上的電流是多少呢？

6. 電阻 2 和 3 歐姆的導線並聯在電動勢 1.1 伏特和內電阻 1 歐姆的電池上，那麼總電流和兩個分電流是多少呢？

7. 如有 12 伏特的電位差，0.25 歐姆的電阻，那麼可以發生多少安培的電流呢？

8. 有三條導線，牠們的電阻是 10 歐姆，5 歐姆，2 歐姆。那麼牠們串聯和並聯時候的總電阻是多少呢？

內電阻 電池內部的電阻，經過各種溶液，亦有相當的電阻，這種電阻，叫做內電阻 r 。例如普通形狀的丹生電池，牠的內電阻，約在 0.2 歐姆以下。兩極間距離小，面積大，內電阻也就小。

外電阻 R 電池以外的電阻，都叫做外電阻 R 。

【定理】電池所產出來的電流，等於這電路上的總電阻（外電阻和內電阻的總和），去除此電動勢。

【公式】 $C = \frac{E}{R+r}$

設電池的電動勢為 E ，電阻為 R ，連接到電池的數目為 n ，那麼

(1) 串聯的時候，全部的電動勢等於 nE ，全部內電阻等於 nr ，所以電路上的總電阻等於 $R + nr$ 。

【公式】 $C = \frac{nE}{R + nr}$

(2) 並聯的時候，全部的電動勢等於 E ，全部內電阻等於 $\frac{r}{n}$ ，所以電路上的總電阻等於 $R + \frac{r}{n}$ 。

【公式】 $C = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$

(3) 混聯的時候，若 n 個電池真有 q 列並聯着，而每列裏又有 p 個是串聯的，那麼每列的電動勢是 pE ，每列的內電阻是 pr ，所以這個電路上的總電動勢等於 pE ，全部的內電阻等於 $\frac{pr}{q}$ ，總電阻等於 $R + \frac{pr}{q}$ 。

【公式】 $C = \frac{pE}{R + \frac{pr}{q}} = \frac{qE}{R + pr}$

【條件】外電阻大的時候，電池要串聯，電流的強度變大；內電阻大的時候，電池要並聯，電流的強度變大。

【說明】從上面第一和第一兩個公式裏，我們可以看出兩個分子都是 nE ，那麼分母小的時候，電流的強度就大，就外電阻而言，在第一式裏的分母比第二式裏小，因為第二式是用 n 乘的，所以外電阻 R 大的時候，我們要電流大，只有把

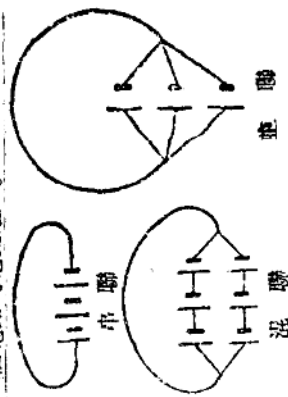
電池串聯起來，同樣的理由，倘若內電阻 r 大的時候，我們要電流的強度大，只有把電池並聯起來。

混聯時候最大的電流

【條件】電池混聯的時候，倘若串聯電池的數目和並聯的列數的比，等於外電阻和內電阻的比，那麼這個電路上的電流最大。因此得到下式，即 $qR = pr$

或 $p = \sqrt{\frac{nR}{r}}$ ($n = pq$)

【說明】上面的第三個公式，以 $qR = pr$ 的時候，分母最小，所以這個電路的電流最大。



(六) 電 (四) —— 電池的電阻和接法

習題解答

1 電池的大小,和牠的電動勢無關。電池的體積大,牠的兩極的面積也大,所以內電阻小,因此電流的強度大。

2 依上面的公式,

$$C = \frac{1.82 \text{ 伏特}}{(1.27 + 0.03) \text{ 歐姆}} = 1.4 \text{ 安培。}$$

8 同樣,

$$0.01 \text{ 安培} = \frac{1.05 \text{ 伏特}}{R + 1.5 \text{ 歐姆}}$$

$$R = 103.5 \text{ 歐姆}$$

4 設這個電池的內電阻為 r , 那麼

$$0.6 \text{ 安培} = \frac{1 \text{ 伏特}}{1 \text{ 歐姆} + r},$$

$$C = \frac{1 \text{ 伏特}}{2 \text{ 歐姆} + r},$$

由上面兩個式子,消去 r , 那麼

$$(C = 0.375 \text{ 安培。})$$

5 設外電阻為 R , 那麼

$$0.2 \text{ 安培} = \frac{1.07 \text{ 伏特}}{R + 2 \text{ 歐姆}}$$

$$R = 13.1 \text{ 歐姆。}$$

6 設電池的電動勢為 E , 牠的內電

阻為 r , 那麼

$$1.3 \text{ 安培} = \frac{E}{2.5 \text{ 歐姆} + r},$$

$$0.8 \text{ 安培} = \frac{E}{5 \text{ 歐姆} + r}.$$

由上面兩個式子,消去 E , 那麼

$$r = 1.5 \text{ 歐姆。}$$

7 依據公式

$$C = \frac{qR + pr}{R + r}$$

$$= \frac{2 \times 20 \text{ 歐姆} + 3 \times 4 \text{ 歐姆}}{3 \text{ 安培} + 13 \text{ 安培}}$$

$$= \frac{6 \times 2 \text{ 伏特}}{16 \text{ 安培}}$$

8. 依據公式

$$C = \frac{nE}{nR + r}$$

$$= \frac{3 \times 2 \text{ 伏特}}{(3 \times 8 + 0.5) \text{ 歐姆}}$$

$$= 0.247 \text{ 安培}$$

所以每個電池上通過的電流

$$0.247 \times \frac{1}{3} = 0.082 \text{ 安培。}$$

習題

1. 電池的體積大,有什麼利益?

2. 有一個電池,電壓是 1.82 伏特,內電阻是 0.03 歐姆,外電阻是 1.27 歐姆,牠的電流的強度如何?

3. 電動勢 1.05 伏特,內電阻 1.5 歐姆的電池,用導線把牠連接起來,那麼這導線的電阻是多少呢?

4. 有一個電池,牠的電動勢是 1 個伏特,牠的內電阻是不知道的,倘使把電阻 1 歐姆的導線連接牠,電流是 0.6 安培。現在若把電阻 2 歐姆的導線連接牠,那麼電流是多少呢?

5. 把 4 個電動勢 1.07 伏特,內電阻 2 歐姆的丹森爾電池,串聯起來,電流是 0.2 安培,那麼,外電阻是多少呢?

6. 有一個電池和電阻 2.5 歐姆的導線連接,電流是 1.3 安培。如若和電阻 5 歐姆的導線連接,電流是 0.8 安培。這電池的內電阻是多少呢?

7. 設有電池 6 個,每個電池的內電阻是 4 歐姆,電動勢是 2 伏特。若牠們每三個串聯後再並聯起來,如若外電阻是 20 歐姆,那麼這個電路上的電流是多少呢?

8. 有三個電池,每個的電動勢是 2 伏特,內電阻是 0.5 歐姆,倘若三個並聯起來,和一個 8 歐姆的外電阻聯接,那麼每個電池上和外電阻上的電流怎樣呢?

焦耳定律 電流在電路上流過的時候，總要發生熱的，這個熱量，和電流強度的平方，電路上的電阻，通過的時間，都成正比例。

【實驗】把電阻R的導線，放在量熱器裏面的定量水中，通過電流C，經過t秒後，截斷電流，量度水的溫度，就可知道熱量了，因此可以求得下面的關係。

【公式】 $H = 0.24C^2Rt$
就是說C安培的電流，通過R歐姆的導線上，經過t秒後，可以發生H卡的熱量。倘使用1安培的電流，通過1歐姆的導線上，經過1秒後，所發生的熱量是0.24卡。

【原理】在一定的時間裏，電流通過電路的各部，即可發生一定的熱量。因此，加大電流或電阻，就可得到很大的熱量。

【製造】用電阻很大熔點很高的銀絲線捲好，周圍用耐火絕緣的物質如雲母，火泥等等包圍即成電熱器了。例如電爐，電熨斗等是。

電燈 在真空的玻璃泡裏，封入很細的鎢絲或碳絲，通入電流，就會發生強熱，因而發光了。有時在泡裏

放些不燃的氣體，如氮氣或氬氣等等，可使電泡光度增加，或是經用一些。

【作用】極細的碳絲或鎢絲，溫度中，也不溶解，又因為牠很細，電阻很大，所以電流通過牠，就會發生強熱，因而發光。

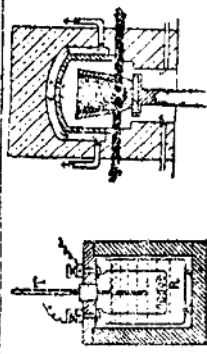
普通電燈的電壓是110伏特或220伏特，隨地而異。鎢絲的電泡需用的電力，每燭光大概在1.25瓦特左右。

(1) 用兩條碳棒，使其末端相接，通過電流，因為牠們的電阻大，所以要發生強熱和白光。

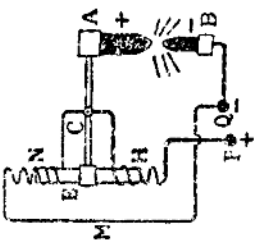
(2) 把這兩條碳棒的尖端，略微分開，因分開而有間隙，遂發生火花，使碳棒發生半導體的碳蒸氣，電流仍可由間隙的地方通過，於是兩棒的中間，有弧狀的火焰發生(發光量約極85%，除極5%、弧焰10%)陽極愈短，空隙的距離也就愈短，因大大小小所以要常常地調節牠，免得牠熄滅。牠的用途，多用作探照燈，幻燈的光源。

弧燈的兩極間，可以發生到3000度左右的熱，倘若周圍用耐火的物質，例如生石灰氧化鋁等是，做成箱子，

在這裏面定可以得到很高的溫度。
【用途】化學工業上常常需要很高的溫度來製煉出品，例如磷，二硫化碳等是。



焦耳式的電燈



弧燈和自動調節器

1. 銅的單位電阻是 0.016 ，鎢的單位電阻是 0.057 ，那末鎢的電阻比銅要大 6 倍，所以在同樣電流之下，鎢的發熱量較大。

2. 依據焦耳定律。

$$\begin{aligned} H &= 0.24 \times 24 \times 1.4 \times (60 \times 5) \\ &= 2500 \text{ (卡)} \end{aligned}$$

3. 因為怕在高熱的時候，氧化燈絲，使牠容易燒斷。

4. 因為燈絲或燈絲細，同時電阻也很大，所以發的熱也多。引線較粗，電阻也小，所以發的熱少。因此燈絲雖然發光，引線還不很熱。

5. 鎢絲燈泡需要的電力，每燭光為 1.25 瓦特，所以 40 瓦特的燈泡，有 $40 \div 1.25 = 32$ 燭光。

6. 參看本文。

7. 電流保險器，是一種熔點很低的鉛錫合金做成的。如若電路上電流過大的時候，牠就先就熔解，使得電流隔斷，不致燒毀別的物件。

8. 通常都是裝置電流保險器。

1. 銅的單位電阻是 0.016 ，鎢的單位電阻是 0.057 ，那末鎢的電阻比銅要大 6 倍，所以在同樣電流之下，鎢的發熱量較大。

11. 那末上發的熱量是

$$H = 0.24 \times 10^2 \times R \times 60 \text{ (卡)}$$

而水所需的熱量是

$$H = 200 \times 1 = 200 \text{ (卡)}$$

兩式相等，所以

$$R = 0.139 \text{ (歐姆)}$$

又因電阻和電線直徑平方成反比例，所以粗電線的電阻是

$$0.139 \times \frac{1}{9} = 0.015 \text{ (強) 歐姆}$$

$$\therefore H = 0.24 \times 10^2 \times 0.015 \times 60 \text{ (卡)}$$

而水所需的熱量仍是 200 卡

$$\therefore 200 \text{ 卡} = 0.24 \times 10^2 \times 0.015 \times t \text{ 卡}$$

$$t = 540 \text{ 秒} = 9 \text{ 分}$$

12. 水所得到的熱量是

$$600 \times (100 - 15) = 51000 \text{ 卡}$$

而線圈所生的熱量是

$$H = 0.24 \times 5^2 \times 20 \times t \text{ 卡}$$

兩式相等，所以

$$t = 42.5 \text{ 秒}。$$

1. 用同樣粗細是短的銅絲和鐵絲串聯起來，通過電流，結果鐵絲先紅，什麼緣故？

2. 電阻 1.4 歐姆的導線，通過 5 安培的電流， 5 分鐘後，該發多少熱？

3. 電燈泡裏的空氣，為什麼要抽出？

4. 當電流通過電燈的時候，燈泡裏的碳絲，發生白熱，而牠的引線上面，却不發光，是什麼緣故？

5. 40 瓦特的鎢絲燈泡有多少燭光？

6. 試述發光的燈泡的種類和牠們的作用。

7. 什麼叫做電流保險器？

8. 試述通常房屋裏的電燈線的安全裝置。

9. 試述電燈和弧光燈的構造和原理。

10. 試述焦耳定律和電熱作用的應用。

設有一條導線，放在 200 克的水池裏，通過 10 安培的電流，一分鐘後，水的溫度升高 1°C 。那麼這條導線電阻是多少呢？如若把這條導線的直徑放大 8 倍，通過同樣的電流，那麼要多長時間纔能使水昇高同樣溫度呢？

12. 用一個電阻 20 歐姆的線圈，沈在 600 克的水裏，通過 5 安培的電流，這水的溫度就從 15°C 昇到 100°C 。了，那麼通電的時間有多大呢？