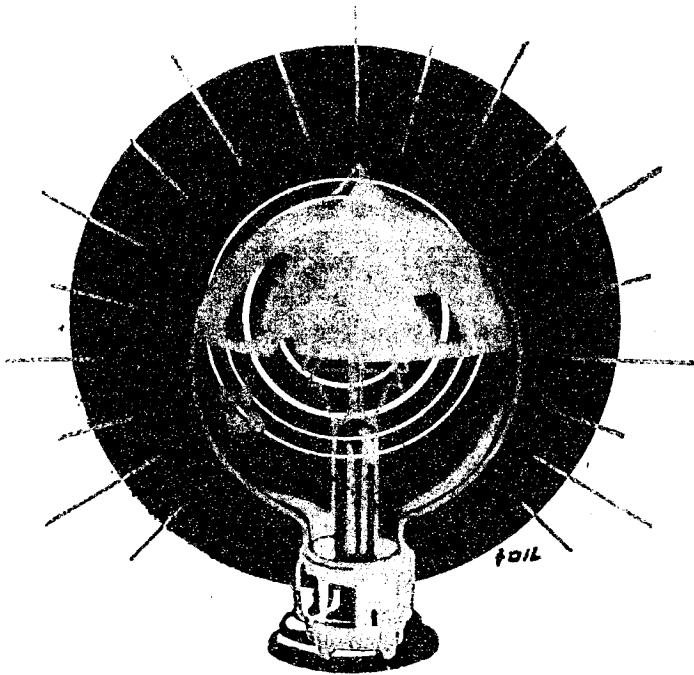


1144
802284

家庭電學常識

俞公乾譯



正中書局印行

家庭電學常識

俞公乾譯



正中書局印行

目次

第一章 能功和熱.....	1
能的來源.....	1
功.....	3
能.....	5
能如何傳送.....	6
熱是一種能.....	7
熱的放射器.....	8
第二章 電及電路.....	10
電是能的傳遞者.....	10
電熱器.....	11
電所走的路.....	12
開關.....	14
第三章 電流如何可以傳能.....	16
手電筒.....	16
伏特.....	17

(1)

46991

安培.....	19
瓦特和仟瓦.....	20
瓦特小時.....	22
電度.....	23
馬力.....	24
電燈和電熱的計值.....	26
計算題.....	28
第四章 怎樣從電路上取得電能和利用牠.....	33
如何可以知道電流的存在.....	33
(一)熱.....	33
(二)電流的磁能.....	35
(三)電流通過液體時所生化學的效應.....	36
第五章 怎樣節制變更電流.....	36
電流如何可以改變.....	36
電阻的性質和效應.....	38
歐姆.....	39
導體的粗細給與電阻的影響.....	39
計算題.....	41
附一.....	45

附二.....	46
第六章 電在家庭間如何分佈.....	48
室內電線的裝置.....	48
短路(走電).....	50
保險絲.....	51
漏電同電震.....	53
地線.....	54
第七章 交流電.....	55
交流電是什麼.....	55
爲什麼要用交流電.....	56
變壓器.....	59
第八章 家庭實驗.....	61
引言.....	61
實驗第一部份——用小型電珠及其附屬另件.....	62
基本電路之(一)——最簡單電路.....	62
用具.....	62
實驗的裝置.....	62
原理.....	63
基本電路之(二)——電珠並聯.....	65

用具.....	65
實驗的裝置.....	65
原理.....	65
基本電路之(三)——電珠或電阻的串聯.....	67
用具.....	67
實驗的裝置.....	67
原理.....	67
用上述的基本電路做更進一步的實驗	70
(甲)兩個串聯的乾電池組.....	70
(乙)兩個並聯的乾電池組.....	72
(丙)電流通過水中.....	78
(丁)電流的磁效應.....	74
實驗第二部份——用大型電池及正式電壓.....	75
實驗指導.....	76
基本電路之(四)——家庭電路.....	78
實驗的步驟.....	79
附錄.....	81
附錄一 電流的方向和磁場的關係.....	81
附錄二 單位的摘要.....	82

第一章 能功和熱

能的來源 在未講電的本身以前，應該先把‘能’或‘能力’這個名詞，加以明確的認識，要知道電究竟是一件什麼東西，最好先從‘能’這個名詞着手。以後所講各種電的現象，都有‘能’這個名詞在內，認識這個名詞以後，就可以知道牠同電或做‘功’的關係。

稱讚人家精神飽滿或力量充足，就是說他很活潑或很有力氣的意思，惟有這樣，才能耐勞工作。反過來說，一個人精神萎靡不振或毫無力氣，自然這個人也不耐工作。從人的一方面看來是如此，但把這個名詞應用到科學上去，又何獨不然。

這樣看來，人體不是同機器一樣嗎？試看，我們做了一件極費力的工作，必定要多吃些東西，不然，能够支持再做別的工作嗎？要知道，我們所吃的東西，如飯和肉之類，都來自外來，吃了以後，方才可以做工，正像引擎加了燃料以後，始能說話講，必須要把新的‘能’加入我們的身體，以



填補工作時所用去的‘能’，然後才可以做別的工作。假使沒有燃料加於引擎，那麼，這引擎一定是不能轉動的。所以我們沒有東西吃，一定也沒有力量去做工，因為身體中所有的能，早已用盡了。

我們吃的東西，表面上看來，並不見有怎樣的‘能’含在裏面，但是當牠進了肚子，經過消化器官的消化作用以後，潛伏在牠裏面的‘能力’，就活動起來，牠能够被血液傳佈到週身，使身體有力，而可以做工；因之，可聯想到，由無生命的食物變到人類的力氣，同燒一堆煤或一束柴，有什麼分別呢？當煤或柴在熱的時候，可以看到紅的火燄，同時覺得溫暖，並且還可以利用牠所發出的熱來燒鍋爐而使蒸汽引擎轉動，這又是一件怎樣的事呢？

假使把人體當作一件機器，而把所吃的食料當做燃料，就有兩件事實可以證明，食物中的‘能’已被利用；（一）吃了食物後，身體就暖起來，並且能保持很久；（二）有力氣來做工。所以可肯定的說，如要維持人類的生命或機器的轉動，那麼，食料或燃料是必需的。

其他動物，也是這樣，不過牠們的食料，同人類吃的不同；這種食料中也有‘能’的存在，要不然，牠們也決不能供人

的驅使。至於植物，那就和動物相反，牠們所需要的，不是像我們所要的食料，卻要太陽中射出來的光和熱。長大後，就是動物的食料或燃料。上面不是早已講過，食物或燃料中都有‘能’的存在麼？其中的能，究竟是從那裏來的呢，這不過是牠們吸收太陽的光和熱使牠們本身‘成爲能源，以供人們或動物，或機器的利用罷了’。

從上面所講的許多事實看來，機器的確很像人體，但是不及人體的完全。總之，無論何種機器，都需要有外來的‘能’加入，才能產生熱或機械的功。例如蒸氣引擎必須要煤，汽車必需要汽油，織布機必須要家主婆的手臂，這都是一樣的道理！

功‘功’這個名詞，在科學或工程上，有牠一定的解釋，我們要澈底了解牠。

普通凡是做一件事，都可以說在工作，但是不一定在做‘功’；這可用下邊的例子來解釋。例如一個人在椅子上讀一本書和在研究這本書的內容，或在想一個極難的算術題，更如許多人在著一局棋，這許多事，所費的精神，所用的功夫都很多，照習慣上講，可以說在工作，不過若以爲在做‘功’，那是錯的。只要在上述所講各種事的時候，不離開椅子一步，

拿科學的眼光來說，一些‘功’也沒有做。但是上面的各種例子，究竟是什麼一回事呢？那可以簡單的說，是在用‘力’，這個力是廣義的力，用腦也可以說是用力；所以不要把‘功’同‘力’這兩個名詞來混淆。但是究竟怎樣才是叫做‘功’呢？從科學上說，‘功’這一個名詞，包括有兩種因素：（一）‘力’如拉力、推力、吸力等；（二）因被拉、被推、被吸的結果，使物體移動一個‘距離’，這兩項中假使缺少一項就不能算做‘功’。若能深切的了解這個定義，那麼，上面所講的許多例，就不能說在做‘功’了。

今再舉一個極簡單的例子來解釋這個定義。假設一個人在推車子，這車子就因人的推力而向前移動，人也跟了這車子前進；這裏如上面所講‘功’的定義中的兩個要素都有了，所以可以說，這個人是在做‘功’；倘若車子的重量突然增加，那末把這輛車子推到同一個地方，所費的力也就增加，所做的‘功’也就多；反之，假若所推的是空車，那一定很舒服的可以推去，所費的力，當然不大，做的功也就很少。更進一步，倘這車中所載的東西，實在太重了，他不能把這輛車子推動，即使用盡力量，也是徒然。在這種情形之下，可以說，他是沒有做‘功’，因為車輛並未前進。從這許多地方，可知‘功’和‘力’與

‘距離’的關係，一定是像下面式子所表示的：

所做的‘功’=所用的‘力’×所移動的‘距離’。

‘功’的定義，既已知道，那末，又要講到機器了。無論何種機器，都能做‘功’；因為有‘能’加下去，使牠們運動的緣故。即如我們家內的物事，一把剪刀，一根針，一架割草機，或一個電燈開關，都是準備着做‘功’的裝置，然而，沒有‘能’的供給，仍舊是無‘功’可做。所以可得到一個結論：‘無論什麼機器，都不能自己產生出‘能’來做‘功’，必定要有外來的‘能’加入後，才可以。’

能 前面剛剛講過，無論機器或引擎怎樣的好，若無外邊的‘能’加入，決不能做‘功’。

這裏，也無需將‘能’的定義寫出來，不過只要能夠知道，‘能’是從許多自然界而來的，如燃料、食物、風、潮水、瀑布等；這許多東西可以由化學或機械的作用，變成種種式樣，像熱、光、聲、機械的功、電能、無線電波等等。並且還可以把‘能’由這種變成那種。像在蒸汽引擎中，可由熱變做機械的‘功’，更如小孩吹笛而發為一種聲音，不是也從食物變來的嗎？但‘能’雖然能夠從這種變到那種，可是絲毫也不會少去的。

無論何種機器，沒有‘能’供給牠，便不能做相當的‘功’，這

在科學上是天經地義的道理。例如一部火車，從甲站到乙站，所需要燒的煤是有一定的，假使缺少，牠就不能夠走足這許多路程。

今再舉一個例來講，若一個人負了重箱上樓梯，那很顯然，他一定要做‘功’，才可以把他自己連同箱子由樓底下而上昇到樓上。他能做這許多‘功’，必定要取到相當量的‘能’。但是，這許多‘能’，究竟是從那裏來的呢？那是用身體做棧房貯藏起來的，用的時候就從棧房中取出。假使他上樓梯走得很長久，身體中的‘能’，已經不夠。那末，祇好休息片時。原來這種潛伏在人體中的‘能’，是取之於食物中，休息的時候，就是使食物容易消化，才有新的‘能’可用。總之，食物吃進肚子以後，就得到一種新的‘能’，而人的本身，又可當做一部機器看，可把所得的‘能’做‘功’，像提重物上樓一樣。

同樣的‘功’，也可以交給機器去做，牠可以從他種‘能源’得來一種‘能’以為應用。像重箱，不是也可以被電力或水力從樓下帶到樓上去嗎？可見電力或水力就是‘能’之所從出，這些‘能’一經機器利用之後，便變成一種舉起重物的‘功’。

能如何傳送 ‘能’可以用種種方法從別處送到我們家裏來，並且其間又經過種種形式上的變化。試看，賣菜的孩子，賣

肉の屠夫，甚至商店裏的職員，他們不是繼續不斷地在把新的‘能’來供給我們這人體做成的機器嗎？像賣柴的，販煤的，也都把燃料來供給我們燒飯，或取暖，這豈不是給我們新的‘能’嗎？在大的城鎮裏，還有煤氣公司，把煤燒成煤氣以後，從管子裏輸送到家裏，不是也可以燒飯點火嗎？這許多事，明白以後，那末，一定可以確信，電也不過是把一種‘能’從電廠裏傳送到家裏，經過電燈或電爐後，就變成熟和光。

在煤氣廠或電廠內，‘能’是從煤裏取出，經過機器的作用，‘能’就被煤氣或電流傳送到家裏來，以熱或他種形式來供我們的用。不過，電流可以把‘能’傳送到任何地方，不若煤氣或其他東西的麻煩，並且容易管束牠。譬如電燈只要把開關一扭就可以使牠發光，再一扭光便熄了。牠還有一點特性，就是我們需要牠的時候牠便很快的到來，不像一盞洋燈，要時常的加火油，才可以使牠繼續的亮着。

熱是一種能 大多數用來做‘功’或其他用處的‘能’，都取之於燃料，如煤或油一類都是。要燃料變成有用的‘能’，必須經過一種化學作用（和空氣相接觸而與其中的氧起作用）。這種化學作用的效果，是把燃料中所蘊藏的‘潛能’化成一種新鮮或有用的‘能’；這種新鮮的‘能’就是‘熱’。我們可以直接或間

接的來利用牠，既可以使牠做‘功’而轉動機器，又可以使牠發熱來溫暖房間。我們果然可以直接的使房間暖了起來，但同時也可以設法使其他房間也得到暖和，要達到這個目的，一定要用其他的東西來做傳送者；水便是最好的一種。先用煤燒鍋爐裏面的水，再把熱水用管子導至其他需要‘熱’的屋子裏去，在那裏，再裝一個熱的放射器（以後還要講到），那麼，水中所含的熱，便可以在那裏放射出來，而使屋子暖和。可見水不過是熱的傳送者，能把火中生出來的熱，送到屋子裏，經過放射器的作用，把大部份的‘熱’放出以後，再從另一根管子回到鍋爐中，又去吸收火中的‘熱’而循環不息。

在這些例中，我們知道水是‘熱’的傳送物；可使屋子暖和，也可以使蒸汽機轉動的東西，並不是水，卻是牠所帶來的‘熱’。假使水冷了，牠所帶來有用的‘能’，也就消失了。照這樣說，水從鍋爐中得到熱，而在另一個地方把牠放出去，那末，水難道還不是一種能的傳道物嗎？

這個例，詳細了解以後，下面還有和這個相像的一個關於電的例子，那也就很容易明白。

熱的放射器 前節中所講到的熱的放射器，和以後將要講到的電熱器（電爐），有許多地方很相像。所以趁在這裏，先

把熱的放射器，講個明白。如圖 1 中所畫的，有一個鍋爐，和一個熱的放射器，並且還有兩根水管，為明晰起見，其他的東西，也不去畫了。在這個圖裏，可以看到這個熱的放射器，是放在比較高的地方。

鍋爐裏面的水被火燒熱，就膨脹起來，漸漸的比冷水輕，而浮到上部去；同時，管子裏和爐子上部的冷水就沉下來替

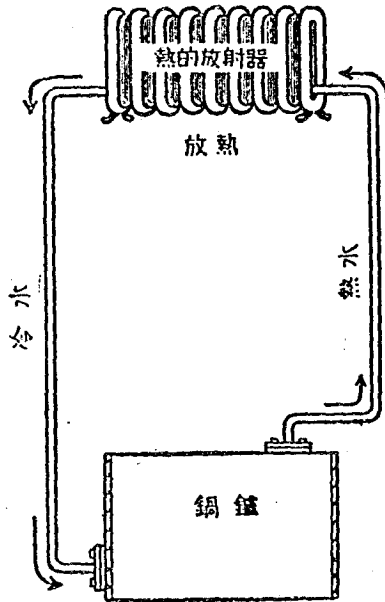


圖 1.

代熱水的位置。這樣一個循環作用，可以使冷水從近爐底的一根管子進來，而熱水卻從上面的一根管子出去。圖中箭頭所指的方向，就是水流的方向。但是這個作用，祇可以在爐子燒着的時候發生，不然，其中的水，一定不會流動的。水的所以會流動，是因為牠吸收火中一部份‘熱’的緣故。倘若把極旺的火來燒，水的流動，還要快，因為牠吸收的能更‘多’。

在這個圖中，水把鍋爐中的熱吸來，從右邊一根管子通到熱的放射器，這個器具，是裝在一間冷屋子裏面，熱就在這裏發散出來，所以水經過這個器具之後，也就冷了；於是從左邊一根管子，回到鍋爐裏去，再吸收熱；如此，可以不斷的把‘熱’從鍋爐間裏，傳到屋子裏；因之，這間屋子，可以長久暖和。這個作用的道理懂了以後，那末，可以把關於電的這類例子來講。以後所要講到的，就是這一類現象。

第二章 電及電路

電是‘能’的傳遞者，‘電’是‘能’的傳遞者，是這一章裏所要講的；牠不是能夠把‘能’從大的電廠裏帶到家裏來嗎？前一章裏，也講過煤中含有多量的‘能’，可以利用牠來暖屋

子。煤這種東西，一定要用車子從煤店裏運來，運到家裏來後，空車子仍舊回到煤店裏去再裝其他的煤。‘電’也是這樣，牠從電廠裏帶了多量的‘能’到家裏來，經過電燈後，就把帶來的‘能’放出去，使電燈發亮；經過電燈後仍舊回到電廠去，可是不再帶‘能’，像空車子回煤店去一樣。但是‘電’是連續的，像流水一般，不若煤車子的時斷時續。下面有一個很好的例，和上面所講的熱的放射器差不多，不過這是關於電的。

電熱器 右面的圖 2，是一個極簡單的電路，電從電廠裏出來，經過一只電熱器，俗稱做電爐。這個圖和圖 1 相像，下面是一個電廠，‘電’就在這裏帶了‘能’出來，經過右邊的線，到上面的電爐，‘能’便在這裏放出來，所以牠就會發光和發熱。電經過電爐之後，已不帶‘能’，而

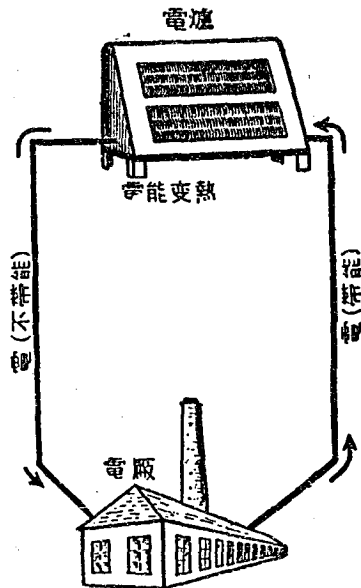


圖 2.

從左邊的一根線回電廠去，再從廠裏的機器中去取新鮮的‘能’。這個簡單的例，其中所講的電路和作用，與其他用電的東西如電燈、電車等是類似的。

圖 2 中的電廠和圖 1 中的鍋爐，作用相同，牠們都能產生有用的‘能’，不過電廠是更為複雜。電廠裏也有鍋爐，牠也需要煤，鍋爐裏出來的，不是熱水，已經是蒸汽，把牠通到引擎中去，可使引擎轉動，更可連帶的使發電機轉動，當發電機轉動以後，就產生‘電能’而沿着電線流出去。但是發電機中出來的，已是‘電能’而非‘熱能’了。這種電能是看不見的，不過可以使牠變成熱或光。有的時候，因為不當心的緣故，牠還會給我們一個震動呢。從這一點看，的確可以知道是有‘電’這種東西存在的。在前面曾經講過，火中的‘熱’可以使水在管子裏流通，同樣，‘電能’也可以使電從電廠裏流出來，電流流出的時候，也照樣的可以把‘能’從發電機裏帶出。

電所走的路 水從鍋爐到放射器裏，必定要流過水管。當然這個水管的中間是空心的，不然，水就不能流通。至於牠的外層，那是用來防止水流出去的。從電的一方面來看，也是如此。我們須知，空氣或一極大的空隙中，電流是不能通過的。假使要牠流過，那一定是要用根金屬，或其他東西做成的一

根線來連接。這種金屬，或其他東西，可以作‘電’流通的，通常就叫牠做‘導體’。所以在圖 2 中的電爐及發電機間，必定要有金屬線來連接着，這樣才可以使‘電’在這個電路中流通。普通家庭裏所用的導體，大都是銅線，牠非但能傳電，並且還可以隨意彎曲，而可以把電燈或開關裝在適當的地方。所以金屬線的作用，和水管中間的空隙一樣。不過，在這裏卻有一個問題來了。爲的是水管的外層是防止水流出去的，在電的一方面，什麼東西，可以相當於水管的外層呢？這就是空氣。上面不是已經講過嗎？空氣是不能使‘電’流通的，所以若把金屬線的一端不和電爐連接，那麼，‘電’就不能流通，而電爐也就不能發光和發熱了。我們既然知道，‘電’可以從金屬線中流通，倘若從這根線上再接一根線到另一個可以傳電的東西上去，那麼，這根線上也許很容易有‘電’流通；這樣一來，假使無意之間，把一種導體碰到了‘電’，在流通的金屬線中，那不是有危險發生的可能嗎？因爲牠可以使‘電’流到別處，而發生危險，普通所謂漏電，就是這個緣故。所以，在電線的附近，最好不要放什麼東西，可是在家庭間，這個問題是常常免不掉的；因之，現在的金屬線，外邊都包了一種東西，就安全得多了。這類包裹金屬線的東西通常叫做‘非導體’或‘絕緣體’，和上面所

講的‘導體’剛剛相反。絕緣體這類東西，既然有隔斷電流的效果，所以有許多不許電流通過的地方就拿牠放在那裏，電也就不來了。這種用來防止電流通的東西，大多數也就是用來防止熱散出去的東西，像用來保持體溫的棉紗、絲、羊毛等，或用來減少熱傳出去的木器、磁器、玻璃、橡皮一類的東西，都可以當作絕緣體。在這些東西之中，最好的還是橡皮，因為牠還可以防止溼氣的侵入，須知溼氣這種東西，也是很容易傳電的。

家庭間普通所用的，都是銅線外邊包一層橡皮，或棉紗，或兩者都用。

開關 在上面所講的一個電路中，無論什麼地方，都有電流通（這應特別注意的）；并且這電流的大小，也是一樣；雖然牠出來的時候，帶有多量的‘能’，回去的時候，已經沒有了。換句話講，一個電廠或一個電池裏所出來的電流是多少，回去的仍舊是這許多，不過是把‘能’放出去罷了。假使在這電路中，有一處是不能使電流通過，那末，這個電路的其他部份也一定是沒有電流通；這個道理，和把水管的塞子塞住一樣。所以不要電流通，可把電線拆開，使牠們中間有一空氣的間隔就好，因為空氣是不傳電的。因之，電就不通。開關

這種東西，就是用來使電路連通或拆斷。普通把牠向下一掀，電路就通，電流也來了；反之，向上一掀，電路就不通，電流也不來，電燈便熄滅了。試看圖 3 這種現象，就會明白；牠所表示的，乃是開關沒有關上的時候，所以開關的作用，和橋梁差不多，接通後電流就可以流通。這種開關的開和關都很便當，祇須將牠外面的東西向下或向上掀就是。假使這個開關的外殼，沒有裝上，那麼開關的動作，更容易看得清楚，開關裏的连接物，不過是一片

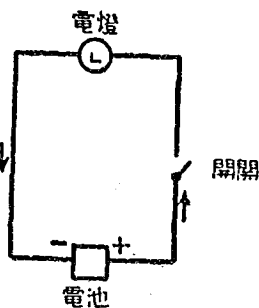


圖 3.

銅片罷了。圖 3 中箭頭所指的方向，是開關關上後電流的方向。當開關沒有關上的時候（像圖 3），電流雖然不能夠流動，可是牠是在等機會，假使有路可通，牠立刻就會流動的，所以千萬不要去碰到電線，因為有的時候，或許很巧，我們的手指，碰上去的地方並沒有連接好，那麼，我們的手指，不是和橋梁般的架上去嗎？因此，手指上，就有電流流通，假使電流不大，牠會給我們一個極厲害的震動，倘電流過分的大，或竟會失去知覺，以至於喪失生命，這就是觸電的一種。

還有，電路中無論任何一處沒有接好，電流就不會流通，因為電路是導體所成的一個圈子，電流是決不會在不連續或不完全的圈子中流通。根據了這個道理，所以電燈的開關，什麼地方都可以裝，祇要便利就好，在牆壁上或燈泡的上面都無不可，也有裝在距離電燈極遠的地方的。

第三章 電流如何可以傳能

手電筒 為易於解釋起見，先拿手電筒的電路來講。圖 4 中的乾電池，是‘能’的產地，所以有時叫他做電源。其中裝有化學藥品，相互化合，經過了一定的作用，牠們所含的‘能’就會放出來，當‘電’流過電池的時候，這種‘能’就被牠帶去。電進入電池的這一端叫做負極（用‘-’號或黑

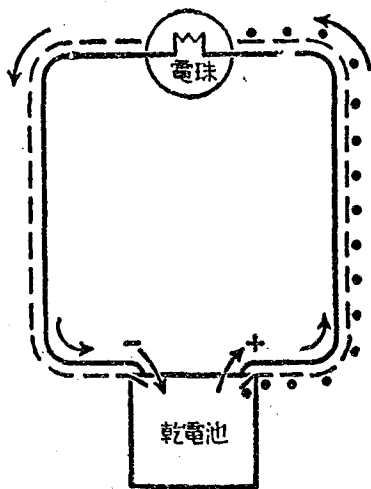


圖 4.

色來表示), 出去的一端叫做正極(用‘+’號或紅色表示)。牠出去的時候, 是一定帶了多量的‘能’同去。所以可得到一個結論, 電流的經過電池, 不過是用去其中一部份的燃料(化學藥品)。而且還可知道, 電池有一個極大的好處, 就是電流不流通的時候, 這種燃料, 就立刻停止作用; 不像鍋爐裏的煤當不要熱水的時候, 牠仍舊在燃燒着。

從上面所講的許多例中, 的確可以相信‘電’和水有許多相同的地方; 因此, 也可以把‘電’當作水一樣, 是一滴一滴的東西合起來的。這種合起來的東西, 就叫做一單位的‘電’。(理論上電所走的方向和我們所講的適相反)。

試再看圖 4, ‘電’流進電池左邊負極的時候, 是不帶什麼東西的, 在電池中間, 每一單位的電, 都吸收了一定的‘能’, 所以牠們在正極出來的時候, 卻又帶了一點一點的‘能’了(在圖 4 中, 每一單位的電, 是用短劃來表示, ‘能’是拿一點一點來表示)。電流至電珠的時候, 所帶來的‘能’, 都被電珠中的燈絲消耗去而變成光和熱。所以電從電珠流出來的時候, 是不帶‘能’了。牠一定再要到電池裏去吸收新鮮的‘能’後, 才可以再使電珠發亮。

伏特 若電池中的藥品沒有完全用掉, 那末, 這個電池

所給予每一單位電的‘能’是一樣的；換句話講，祇要有電流通，牠們出電池時，每一單位的‘電’所帶的‘能’是有一定的。各種牌子的電池，牠們出來的電流有大小，所以所帶的‘能’或許是有多有少；電廠裏出來的電，其份量比較電池裏出來的尤其來得大，所以牠所帶的‘能’當然是多一點。不過無論電池或電廠，在同一時候，不管進來的電流有多大，可是給予每一單位‘電’的‘能’總是一樣（這裏每一單位的電有一定的大小，不象水的一滴一滴可以任意大小）。換句話講，就是不去管進來有多少單位的電粒，可是牠們在同一時候，每一粒帶出去的‘能’，總是一定的。所以說，電經過一固定的電池或電廠，牠們給予每一單位電的‘能’也是固定的。這個固定的單位，就是用‘伏特’來表示。假使上面所講的手電筒用的電池是三‘伏特’，那末，每一單位的電從電池裏出來到電珠裏去的，都帶有三個單位的‘能’。電廠發電機裏出來的，每一單位的電粒到家裏來的，大多數是帶有一百十或二百二十個單位的‘能’。因為電廠裏發電機的伏特數，多是一百十或二百三十。在這許多情形中，每一發電處——電池或電廠——的伏特數總是一定的，所以出來每一單位的電，所帶的‘能’也是一定的，一個電池有多少伏特，我們通常叫做一個電池的電壓有多少‘伏特’，所以

‘伏特’也可以說是代表電池的電壓。

我們日常所用的電，多不外乎下列二種：（一）低電壓，（伏特的數值很小）——這種大多數是取之於可移動的電池，其最大的也不超過十二伏特，普通只有三四伏特而已。牠們最大的用處是供給電鈴、電筒、電話、汽車燈以及其他。（二）發電廠供給的電壓——最普通的是二百二十或一百十伏特，這一類普通都用於電燈、電爐、電灶以及開動洗衣機、冷凝器、軋米機等所用的小電動機上（電動機俗稱馬達）。這兩種電路，和前面所講的兩種放射器的裝置差不多，低壓電路可相當於供給放射器的水管系統，高壓電路可相當於供給引擎的蒸汽管系統。

安培 雖然電池給予每一單位電的‘能’是固定的，可是每一單位電流動的快慢是可以變的，例如，把一新的電珠來代替舊的電珠，牠所要的電流或許比較以前的要大，那麼，每一時間內電池裏出來的電，一定也要多，因為，這個新的電珠是需要多量的能，所以這個電池供給的‘能’，一定要比以前的多。

這裏有一個很好的例子可用來解釋這個現象，譬如有一個慈善機關，買了許多的饅頭來發給一羣的乞丐，這許多饅

頭的大小假定是一樣的，可是發的數量毫無限制，只要有一個乞丐來，就給他一個，因之，祇要他們走得快，每一點鐘以內，這個慈善機關所發的餛飩一定也多，在這種情形之下，餛飩的大小恰恰相當於電池或電廠裏‘伏特’的大小，每一單位時間內，有多少乞丐走過這個慈善機關，就相當於電流。

普通常說，這裏的電流大，那裏的小，究竟大小怎樣，我們必定要有一個單位來表示。‘安培’這個名詞，就是用來表示電流大小的。例如，房間裏的電燈，普通大約需要四分之一的安培，公共地方所用的大電燈，或許需要一個或一個以上的安培，一個大的電爐，大約是需要七八個安培哩！在這許多情形中，安培這個數目是用來表示：‘當開關關上後，電燈或電爐中電流的大小’。

上面所講的許多例中，可以看到，電流中所帶的‘能’是由下面二個因素而定：（一）電流中每一單位的電所帶‘能’的大小（由發電處中電源的伏特數定之）；（二）電流的大小（以安培數測定之）。

瓦特和仟瓦 從上面乞丐的一個例中，可以很容易的計算，在每一點鐘內，這個慈善機關所發的餛飩有多少重，祇要把每個餛飩的重量乘以每一點鐘內所走的乞丐就得。

每小時所發饅頭的重量 = 每個饅頭的重量 × 每小時內所供給的乞丐數

這裏我們可以想到‘每小時內供給的乞丐數’這句話，就是用來計算每小時內乞丐經過這個慈善機關的數目；在電的一方面講，安培這個字就是用來計算每一單位時間內，流過多少單位的‘電’。因之，電池或電廠，供給‘能’的速率就可以把每一單位的電所帶的‘能’乘了電流的大小的結果來表示。簡單的講，

‘能’供給的速率 = 伏特數 × 安培數。

發電處供給‘能’的速率，是因電燈或電爐的功率而定，這一點在電學上是極重要的。‘能’的速率這句話，或功率這個名詞，我們可以拿‘瓦特’做單位來表示，所以

瓦特數 = 伏特數 × 安培數。

普通電燈泡上所用的瓦特，就是指此而言。

瓦特這個名詞是用來表示一個電池或一個電廠的大小，所以電廠大，就是牠在每一小時內所供給的‘能’多，電池也是這樣，不過牠所供給的‘能’極少。所以一只發電機的大小，就可以拿每單位時間內把所發出的‘能’來表示。在家庭裏，我們所用的電燈或電爐，也是用這個來表示的，這與稱一個電動

機有多少馬力，是有同樣意義的。

但是瓦特這個單位，數量很少，所以有時候拿一千個瓦特作單位的，這個單位，叫做‘仟瓦’。

$$1 \text{ 仟瓦} = 1000 \text{ 瓦特}$$

瓦特小時 試再把以前所講乞丐的一個例子來看，在那裏，我們可以曉得，每一個鐘點裏發出了多少重的饅頭。但是這個慈善機關的主持者他所要知道的，不止這個數目，他一定還要問，今天一共發了幾個鐘點，要不然，他一定不能曉得今天總共發出了多少重的饅頭，叫他明天預備多少重的饅頭來應付呢？但若曉得了鐘點以後，他就可以根據了下面式子計算出來：

$$\text{饅頭的重量} = \text{每個饅頭的重量} \times \text{每一小時所發饅頭的} \\ \text{平均數} \times \text{鐘點數。}$$

同理，向電廠裏買來用的電能，也可以用這個方法去計算，所以我們一定要曉得電能的速率和用電的鐘點。付給電廠的電費，就是根據了所耗去電能的量而定。這個所用的‘能’，是等於瓦特數及鐘點數的乘積，換句話講，多少瓦特小時，就是用來表示電能的量。

$$\text{瓦特小時數} = \text{瓦特數} \times \text{用電小時}$$

所以買多少瓦特小時的電能，同買幾斤肉，買多少立方尺的煤氣，牠們的意義是相同的。

電度 一瓦特小時的電能，其數量極小，倘若用牠來亮電燈，幾分鐘內就要熄滅。所以普通量電能的單位是仟瓦小時，這個單位，就叫做‘電度’，或簡稱‘度’。

$$1 \text{ 電度} = 1 \text{ 仟瓦小時}$$

家庭裏所用的電表，是用來指示所耗去電度的數目。付給電廠的電費，就根據這電度的數目而定。每一電度在大的城鎮裏，大約須付給二角左右的電費。

瓦特和瓦特小時，在前面都已講過，不過讀者有時候還不容易明白，究竟電能供給的速率——瓦特——和電能供給的數量——瓦特小時——有什麼分別。下面所講的，是一個極簡單而且極容易明白的例子。

試走到公共場所或大的家庭裏，他們都有自來水的供給，只要把龍頭一開，水就會流出來，這種水的流動，可以把牠當作電能（亮電燈的）的流動，而假定牠有多少瓦特。我們若把龍頭開得大些，水的流量，就要增加，這個和多開幾盞電燈一樣，所以瓦特數是一定增加的。那麼，就有一個問題：‘到底有多少的水從龍頭裏流出來呢？’這卻十分難答，因為水是繼續

的在流，而且桶裏所得到的水，也一點兒一點兒的多起來。在電的一方面，亦何獨不然；假使所用的是一百瓦特的一盞電燈，那當然也不能回答究竟用了多少的電能，因為電也在繼續不斷的流，而且所用的電能，也時時的在增加。

現在，又有第二個問題：‘那麼一分鐘內，龍頭裏流出來的水有多少？’這却很容易回答；因為只要把一只桶承一分鐘的水，就可以得到答案。由是知道在一定時間內，可以得到一定量的水。因之，也可連想到：一百瓦特的電在一定時間內——假定為半小時——‘能’的數量便是五十瓦特小時。

馬力 除了上邊所講的‘瓦特’或‘仟瓦’是用來作‘功’率的單位外，普通還有一個單位，也是用來表示‘功’率的，這就是‘馬力’。我們不是常稱一部電動機有多少馬力嗎？一部電動機一定要有電能來供給，才好做‘功’，而其做‘功’的速率，差不多要等於電能加入的速率，如果電動機很完備沒有內耗的話，那就會恰好相等的。若用電動機轉動洗地或洗衣的機器，牠做‘功’的速率，實際上和電能加入的速率是相等的。不論何種機器，倘所做的功和加入的功相等，那麼，這部機器已經算是有最大的‘機械效率’，總沒有所做的功比加入的功還大的道理。

我們知道馬力同瓦特都是用來作‘功’率的單位，據測定，一馬力等於七百四十六瓦特。假定說，一部電動機能和一匹馬盡力所做的‘功’相等的時候，那麼，這部電動機一定有七百四十六瓦特的電能不斷的加入。

在夏天家庭裏多裝有電風扇，電風扇的所以能夠轉動，就是電能加入的緣故；電風扇的中間，也有一只小小的電動機，牠的功率，大都不會超過四分之一馬力，就電能說，即是不會超過一百八十六瓦特（普通懸空電風扇大約需要一百五十瓦特，搖頭電風扇大約是六七十瓦特）。所以電風扇用電很省，不過同一盞亮着的電燈差不多。在冬天的時候，有許多家庭裏，都裝有電爐，牠們一定會感覺到，用電比電風扇耗費得多。這是什麼緣故呢？我們試想，房間裏用了電爐以後，就會暖和起來，所以會暖和的緣故，就是電流流過電爐把電能化作熱放出來，熱越多電能的消耗也越大。反之，我們所以要用電扇，是希望涼快些，假使牠也同電爐一樣的把熱大量的放出來，那不是糟了嗎？所以電能加入電風扇，不是希望牠能夠發熱而是希望牠能夠轉動風扇的葉子，因為葉子很輕，所以需要的電能也少。普通的電爐，需要二千五百瓦特左右的電能，要比電風扇多一二十倍哩！

電燈和電熱的計值·電能的用處，除了電燈外，電熱也是很大的主題。像家庭裏的電爐、電灶、電氣熨斗、電氣燙髮機等都是需要電熱的，又如電燈是需要電光的。在電的立場上講，不管電光或是電熱，牠們所需要的都不外是電能。每一單位電能的價格應當一樣纔對。可是爲什麼電廠裏規定的價格不同呢？譬如電燈每度的價總要二角左右，但是電熱每度祇要幾分錢。普通的人對於這種電價的差異都會奇怪，這到底是件什麼事呢？試看下面的解釋，就會明白其中的道理。

試看一座極大極華麗的電影院，牠開映的時間，都在下午二時到十一時之間，因爲上午大多數的人都有事，不能夠到這種娛樂地方來。電影院一切開支，如影片租費，侍役職員的工資，設備的利息以及房租等等，不是都要從這開映的幾個鐘點裏賺回來嗎？看客給牠們的票資就是根據了這許多的開支而定的。現在假使這個電影院換了一個新的經理，他看到他的電影院一天中總有許多時間，是關着門的，那不是極不經濟的一回事嗎？那麼牠就決定上午也開一場，因爲除了電費以外其他的費用和以前差不多，他何樂而不爲呢。但是他同時一定也想到，上午開映看的人一定不多，收入也大受限制，要設法把觀衆吸引來，那非把票資減低不可。他決定這

種原則以後，就在報紙上大登廣告，說爲優待起見，在上午加開一場，票資減半，這樣一來，觀衆一定很多，所收入的錢比較別一次雖然少些，但是仍舊是有利的。至於下午或晚上，他何以不把票資減低呢？因爲他知道，這電影院的位置有限，即使不把票資減低，仍舊會客滿的。

上面這個例，電影院的經理所以加多開映的場數和減低票資，是爲（一）一切開支本已預備在下午和夜間的幾場中賺回來，所以早場的票資雖然減低仍是有利的；（二）在下午和晚上一段時間內大家需要娛樂，而且時間不長，他預知求過於供，無需減價。

把這許多道理，用於電的供給上，亦無不可。因爲一個電廠需要極大的資本，他廠裏所備的機器是用來應付外邊最高的用電，可是外邊用電最多的時候大都在晚上，因爲在晚上七八點鐘的時候，大家都把電燈開亮，同時電廠裏的機器在這個時候一定要能夠充分的供給電流，不然是人家的燈就不夠亮，這時，電廠受用戶的責問，就難以應付了。不過，電廠裏辦了許多機器，祇供人家晚上數小時的用，那不是很不經濟嗎？因爲廠裏的工程師工人，以及機器和其他設備，他們是不管人家用電多少，所支給的薪金及利息總是一樣的。假使聰明

的經理能設法叫人家在白天裏也用他的電，豈不是多增加一筆額外的收入嗎？這種情形，和上邊所講的電影院是同一做生意的道理。所以電廠最盼望而且最要鼓勵人家在日間用電，而不願使機器開着沒有功做，就是這個道理。但是人家日間是不要用電燈的，所以祇好向別的方面去找出路。我們知道在家庭裏，如煮飯、洗衣、掃地、取暖等事情，也可以用電來替代燃料或人工的，而且這些事情都要放在日間辦的，這在聰明的電廠經理看來就是出路了。於是他不惜削低電價，好把人家舊習慣轉移過來，以增加電廠的收入。此外如在工業發達的地方，還有許多工廠在日間也要用電的，這樣一來，日間和晚上輸出的電差不多，電廠的營業，就更加發達了。

計算題 關於電的大概，上邊已約略的講過，現在把簡單的計算法，寫在下面，這非但可以使讀者對於電有深刻的印象，並且還能夠對於用電的多少，也有個預算，不致有極大的浪費。

例一 某商店，計有三十盞四十瓦特和二十盞六十瓦特的電燈，假定電壓是二百伏特，問所需電流是多少？

[解] 所有電燈共需的瓦特

$$= (30 \times 40) + (20 \times 60) = 2400 \text{ 瓦特,}$$

$$\text{電流(安培)} = \frac{\text{瓦特}}{\text{伏特}} = \frac{2400}{200} = 12 \text{ 安培。}$$

例二 在三小時內，這商店共耗去多少電度？

$$[\text{解}] \text{ 電度} = \frac{\text{瓦特} \times \text{小時}}{1000} = \frac{2400 \times 3}{1000} = 7.2 \text{ 度。}$$

例三 以二安培的電流轉動一電動機（電壓是二百二十伏特），問需多少瓦特？

$$[\text{解}] \text{ 瓦特} = \text{安培} \times \text{伏特} \\ = 2 \times 220 = 440 \text{ 瓦特。}$$

例四 在六小時內，此馬達共用多少電度？

$$[\text{解}] \text{ 電度} = \frac{\text{瓦特} \times \text{小時}}{1000} = \frac{440 \times 6}{1000} = 2.64 \text{ 度。}$$

例五 設每電度需電費（一）一角，（二）六分，問各需電價多少？

$$[\text{解}] \text{ 電費} = \text{電度} \times \text{每度電價。}$$

（一）電費 = $2.64 \times 0.1 = 0.264$ 元；

（二）電費 = $2.64 \times 0.06 = 0.1584$ 元。

例六 一盞四十瓦特的壁燈，冬季平均每日用五小時，夏季半小時，春秋二季各二小時，問每年共需電費若干（每電度需價二角）？

【解】一年中用電的時數(每月作三十日計)

$$= (5 \times 3 \times 30) + \left(\frac{1}{2} \times 3 \times 30\right) + (2 \times 6 \times 30)$$

$$= 855 \text{ 小時,}$$

$$\text{共需瓦特小時} = 40 \times 855 = 34200 \text{ 瓦特小時,}$$

$$\text{共用電度} = \frac{34200}{1000} = 34.2 \text{ 度,}$$

$$\text{每年所需的電費} = 0.20 \times 34.2 = 6.84 \text{ 元。}$$

例七 某商店願把五元的代價,在窗櫺裏裝五盞六十瓦特的電燈,若電費每度需價二角,問可共用多少小時?

【解】共用的瓦特 = $5 \times 60 = 300$ 瓦特,

$$\text{五元錢可用的電度} = \frac{5.00}{0.20} = 25 \text{ 度,}$$

$$\text{五元錢可得的瓦特小時} = 25 \times 1000 = 25000 \text{ 瓦特小時,}$$

$$\text{可用小時} = \frac{\text{瓦特小時}}{\text{瓦特}} = \frac{25000}{300} = 83.3 \text{ 小時。}$$

例八 十月初,電表上所記的是三千四百十七度,十月底時增加到三千五百二十六度,若每度電價是一角八分,問應付若干電費?

【解】所用的電度 = $3526 - 3417 = 109$ 度,

共需的電價 = $109 \times 0.18 = 19.62$ 元。

例九 在二百五十伏特的電路中，一部電動機需電五千瓦，問此電動機所需的電流應多少？若此電動機每日開十小時，問每日須用多少電度？

[解] 電動機所需的瓦特 = $5 \times 1000 = 5000$ 瓦特，

$$\text{電流} = \frac{\text{瓦特}}{\text{伏特}} = \frac{5000}{250} = 20 \text{ 安培；}$$

每日所用的電度 = $5 \times 10 = 50$ 度。

例一〇 若電光每度需國幣二角，電熱每度祇需五分，問一個四十五瓦特的無線電機，裝在電熱線路中比在電光電路中，每用一百小時，可省錢多少？

[解] 一百小時內共用電 = $45 \times 100 = 4500$ 瓦特小時，

$$\text{共用電度} = \frac{4500}{1000} = 4.5 \text{ 度，}$$

$$\begin{aligned} \text{電熱每度比較電光每度減省費用} &= 0.20 - 0.05 \\ &= 0.15 \text{ 元，} \end{aligned}$$

共省 = $4.5 \times 0.15 = 0.675$ 元。

例一一 煤每噸需價十五元，電熱每度需價五分。今某用戶將一噸煤的價錢，用一千五百瓦特的電爐，問可用多少小時？

$$\text{[解] 十五元可買的电度} = \frac{1500}{5} = 300 \text{ 度}$$

$$= 300 \times 1000 \text{ 瓦特小時,}$$

電爐耗盡這 300 度所需的時間

$$= \frac{\text{瓦特小時}}{\text{瓦特}} = \frac{300 \times 1000}{1500} = 200 \text{ 小時。}$$

例一二 若電熱每度需價四分，問(一)一只一百二十瓦特的電氣洗衣器，每日用半小時，(二)一只五百瓦特的電氣熨斗，每日用一刻鐘，每年所費電價各為若干？

$$\text{[解](一) 每年所用的時間} = 365 \times \frac{1}{2} = 182.5 \text{ 小時,}$$

$$\text{每年所用的瓦特小時} = 120 \times 182.5$$

$$= 21900 \text{ 瓦特小時,}$$

$$\text{每年所用的電度} = \frac{21900}{1000} = 21.9 \text{ 度,}$$

$$\text{每年所費的電費} = 21.9 \times 0.04 = 0.876 \text{ 元。}$$

$$\text{(二) 每年所用的時間} = 365 \times \frac{1}{4} = 91.25 \text{ 小時,}$$

$$\text{每年所用的瓦特小時} = 91.25 \times 500$$

$$= 45625 \text{ 瓦特小時,}$$

$$\text{每年所用的電度} = \frac{45625}{1000} = 45.6 \text{ 度,}$$

每年所費的電費 = $45.6 \times 0.04 = 1.824$ 元。

第 四 章

怎樣從電路上取得電能和利用牠

如何可以知道電流的存在 電在一根導體中流通，既不化熱，又是摸不着看不見，我們很難說出。這電流中帶有多少‘能’，甚至於有沒有‘能’在導體中流動，也無從知曉，除非是用特製的儀器來測定牠。現在有三種很簡單的實驗，可以證明電的存在；同時，這三種實驗還可以解釋電流的三種特性，從這三種特性中，電流的強度，和牠所帶的‘能’，都可以連帶地計算出來。更有重要的一點，就是這三種特性還可以互相變化，使成爲一種有用的‘能’，以供家庭及工廠間的利用。

(一)熱 在前面，已講過有許多純粹的金屬，很容易使電流流通，同時還有許多東西，像橡皮、毛織品等類，都是非導體，牠們能夠阻止電流的流通。在這兩類極端的東西中間，却有許多別一類的物體，牠們雖然能夠使電流流過去，可是多少要給電流一個阻礙，要使他流過去的時候，耗去一部份的能。像這種半導體似的東西，多少總含有電阻。要解釋這種

現象，可舉一個很普通的例子來看。試觀一個溜冰的人，他在冰上溜來溜去，不要用多大的力，因為冰很平滑，所以用去的能很少。反之，倘若叫他在水門汀的路上滑，他一定滑得很慢，並且要用去一部分的力氣，這完全因為水門汀不及冰平滑的緣故，所以滑過的時候，阻力一定很大，要免除這種阻力，那就非用力不可，在這種情形之下，他一定覺得，他的溜冰鞋在發熱，這種熱，完全是為阻力而發生的，是等於這個人所用來抵消這種阻力所用去的‘能’。

在這個例中，可以知道熱是從機械能化出來的，同時還可以知道，導體的阻力，也能够把電流所帶的電能化作熱而放出來的。

從實驗得知，世界上並無完全導電的東西，和沒有完全平滑的冰一樣。一切東西，都多少有阻止電流通行的能力，不過程度有大小不同罷了。即就金屬和合金屬而論，亦都有電阻，其大小亦各就其性質而定。銅這種金屬，其電阻極小，電流通過最容易，所以普通的電線，都用銅做的；像上邊圖 8 的導體，都應當是用銅來做的。但是電燈中的燈絲，却是另一種金屬叫做鎢的，牠的電阻很大。因為燈我們是要叫牠發光，可是要達發光的目的，必須有‘能’供給牠，所以須把燈絲的電阻

做得很大，當電流流過的時候，不得不把所帶的電能放出來而使電燈發光。同時，在電燈以外的銅線中却並不覺得有什麼熱。因之，我們知道，電能在銅線中變做熱的很少，這完全是因為銅線的電阻比較鎢絲的電阻小得多，所以電流流過時，並不需要化去多大的能，於是大部份的能都在燈絲裏放出來，使電燈發熱和發光。

關於電能加在電燈上，叫牠變成熱的現象，在後面還有一個更確切的實驗提到牠。

(二)電流的磁能 在前面，雖然已經講過許多關於電流如何能在導體中流動的一類話，可是電流還有一個很重要的特性却沒有注意到。這種特性，祇須用一只小小的指北針，就可以察看出來。試把上面圖 3 的線路接起來，把銅線的一段拉直，取南北的方向(和指北針同一方向)，放在指北針上面，然後把開關關上，就可以看到指北針偏轉，這可以證明銅線中定有電流通過；因為電流有一種特性，牠能够使牠的周圍產生磁能，這種磁能，能够給指北針以另外一個磁力而使牠所指的方向不是南北。假使，把那指北針移在銅線的上面，也是一樣的偏轉，可是方向和上面的剛剛相反。

這種現象，即使電流極小，仍舊很清楚，若電流很大，其

作用就格外顯明，倘在銅線的附近，放一鐵塊，則指北針的偏轉更大，這因為鐵塊的作用，會使磁力格外的增強。

電流的能够產生這種磁力，就是上面所講的電動機的根本原理。電動機所以能把電能變為機械能，就是利用這個特性。

上面所講指北針偏轉的原理，大多數測量電流的儀器都應用牠而造成。因為針所偏轉的角度，是跟着電流的強弱而變化，所以從偏轉角度的大小，就可以看出電流的強弱來。

(三)電流通過液體時所生化學的效應 下面還預備講一個簡單的實驗，是使電流通過液體中，而察看牠所起的化學變化，所以在這裏也不必再詳細的講述，不過讀者應當知道有許多方法，像鍍銅、鍍銀，以及無線電或汽車中所用的蓄電池等等，都是利用電能經過液體，而起的化學作用。

第五章 怎樣節制變更電流

電流如何可以改變 前面早已講過，電流是可以把‘能’從電源(像電池發電廠之類)帶到別的地方去，而使牠變成有用的熱或其他式樣的‘能’，並且從電池或電廠裏出來的每一

單位的電位，牠所帶的‘能’總是一樣的。不過，不同牌子的電池，或不同的電源所帶的‘能’量或許是不同，可是每一單位的電粒總是很相像的。這種每一單位電所帶的‘能’是用‘伏特’來表示的。進一步講，可知電路中所傳送‘能’的多少，是以電流的大小為準。因為電流大，每單位時間內出來的電一定多，那末，牠們所帶的‘能’當然也多。反之，電流小，每單位時間內所出來的電也少，‘能’一定也少。

我們既知，電流有時候大，有時候小，究竟是什麼緣故呢？還有什麼東西可以決定電流的大小嗎？這許多現象，可以慢慢的來講。試想，像前面圖 3 一樣的簡單電路，中間有一個小小的電珠，電池接入後，這個電珠就會亮起來。在這種情形之下，電池給予電流的能是固定的，牠不能絲毫改變電流的大小，可是在這電路中，若換入一顆大些的電珠，使牠發更亮的光，自然需要更多的電流，因此電池輸送電流也會增加。何以大電珠會有較多的電流流過呢？這也可以說，是因為電流在大的電珠裏比較容易走，因為容易走，電流通過也就多了。所以我們知道，大電珠對於電流流過時的阻力一定比小電珠少。電流流過的多少和阻力是成反比的，阻力大，電流就少；阻力小，電流就大，所以變更電路中的阻力，其中的電流也會跟牠

變更。

但是，變更電流的方法，還不止如上面所說，若在上面的電路中，再插一只相同的電珠進去，使兩只電珠聯成一串，這樣一來，電路中的阻力一定加倍的大，因為每只電珠，都有一定的阻力；兩只電珠既然相同，所以阻力大一倍，因之，電流也就小了一半，此時燈光便當變成紅暗而不能如先前那樣明亮了。

這種電路中的阻力，通常就叫牠做‘電阻’。

電阻的性質和效應 電在好的導體（像銅線）中流通，一定很容易，而且所費的‘能’也很少。可是電流在有許多東西裏面很不容易流通，一定要用去許多的‘能’，才可以從這邊流到那邊；所以電流流過這個東西以後，牠所帶的能，已經變小，沒有像剛剛出來時候的大了。

電流在導體中流通因電阻而損失的能，是和電阻成正比例的。但是，能的損失同電流的大小，也有關係，電流大，牠要流過這個東西，所用去的能，一定也多。假使電流大了一倍，那末，在同一時候，通過這個電阻的電，一定也多了一倍；可是導體的大小是一定的，所以電流大了一倍的時候，每一單位的電在導體中所佔的地位却小了一倍，那末，電在導體中，不

是很擁擠嗎？電流在這種極擁擠的電路中流通，所用去的能，當然是更多了。所以，我們要叫電流所帶的能，少損失些，最好的方法，莫如用較大的導體，使電流流過時不致過於擁擠，那末，牠們所用去的能，當然也減少了。

歐姆 各種導體阻止電流通過的力量既然不同，所以一定要用一個單位來表示導體電阻的大小，這個單位，通常叫牠做‘歐姆’。科學家給牠一個定義：一安培的電流流過一歐姆的電阻時，每一單位的電（或叫做一庫侖）便消失了一單位的能。我們可以把上面所寫的一個定義，用簡單的式子來表示：

$$\text{電阻中消失的伏特數} = \text{安培數} \times \text{歐姆數}。$$

這個式子所代表的就是電學中很有名的歐姆定律。我們還可以把這個關係寫作：

$$\text{歐姆數} = \frac{\text{伏特數}}{\text{安培數}}，$$

或

$$\text{安培數} = \frac{\text{伏特數}}{\text{歐姆數}}。$$

導體的粗細給與電阻的影響 關於決定導體的電阻的大小，最重要的一個因素，就是導體本身的材料。若電阻很小，那末，就非銅莫屬，但有時也用鉛，不過沒有銅這樣普通罷了，像屋子裏所用的電線大部份是銅做的。可是有許多時候，

我們偏要叫電把所帶的能儘量放出來，使牠變成熱或其他有用的能以供利用，因之，牠們的電阻，一定要很大，不然，電所帶的能，是不會放出來的，像電燈的燈絲或電爐電灶中間的東西都是需要高電阻的。因為電阻大，電流就不容易通過，假使牠一定要通過的話，非把能放出來去抵消這種阻力不可，熱和光就是這種放出來的能變成的。所以，如要用電來暖房間或燒東西，一定要把電能化做熱才可。

至於導體的形狀或式樣，亦足以變更電阻的大小，假使長度增長了一倍，牠的電阻亦就增加一倍；反之，電線縮短，牠的電阻也就小了。在另一方面講，倘若導體的形狀（指截斷面）增大起來，牠的電阻反可變小，因為導體的斷面積變大，牠阻止電流通的力量當然減少，所以電阻就小了。因之，若把一塊銅片的闊或厚增加了一倍，牠的電阻，就可減低一半。我們還可以從右邊的圖 5 來看，這裏面是有二顆電珠並聯着。每一段並聯的線路中都裝有一個開

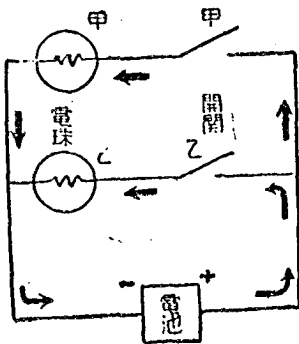


圖 5.

關，當開關甲關上的時候，電珠甲就亮起來，開關乙關上，電

珠乙就亮起來，兩個都關上，兩顆電珠一齊亮起來，這是什麼緣故呢？我們知道，兩個電珠，都有牠一定的電阻，就是牠們的燈絲，都有一定的粗細，現在把牠們兩個並聯起來，無異是把燈絲的斷面積加大了一倍，面積既加大了一倍，電阻是應當小去一半，所以電池裏出來的電流也就大了一倍。換句話講，當開關乙關上的時候，不是又多了一條路出來讓電流通嗎？所以在這第二條路中，也有和第一條路中同樣多的電流在流通，在這種情形之下，電池中出來的電流當然比先前增加了一倍。現在所講的這個例子，以後還有實驗證明，的確和我們所講的一樣。

計算題

例題一 電爐中的電流是四分之三安培，若電源有二百伏特，問電爐中的電阻是多少？

$$[\text{解}] \quad \text{電阻} = \frac{\text{伏特}}{\text{安培}} = \frac{200}{3/4} = 200 \times \frac{4}{3} = 267 \text{ 歐姆弱。}$$

例題二 電灶的電阻是一百二十歐姆，問此電灶所用的電流是多少（電壓是二百伏特）。

$$[\text{解}] \quad \text{電流} = \frac{\text{伏特}}{\text{歐姆}} = \frac{200}{120} = 1.7 \text{ 安培弱。}$$

例題三 多少伏特，才可以使二分之一安培的電流通過七十二歐姆的電阻？

$$[\text{解}] \quad \text{伏特} = \text{電流} \times \text{電阻} = \frac{1}{2} \times 72 = 36 \text{ 伏特。}$$

例題四 在二百伏特的電路中，裝一盞六十瓦特的電燈，問所需的電流是多少？又這盞電燈的電阻有多少歐姆？

$$[\text{解}] \quad \text{電燈所需要的電流} = \frac{\text{瓦特}}{\text{伏特}}$$

$$= \frac{60}{200} = \frac{3}{10} = 0.3 \text{ 安培，}$$

$$\text{電阻} = \frac{\text{伏特}}{\text{安培}} = \frac{200}{0.3} = 200 \times \frac{10}{3} = 667 \text{ 歐姆弱。}$$

例題五 一只五百瓦特的電爐，裝在二百伏特的電路中，問此電爐所需的電流是多少？又此電爐的電阻有多少？

$$[\text{解}] \quad \text{電爐所需的電流} = \frac{\text{瓦特}}{\text{伏特}} = \frac{500}{200} = 2\frac{1}{2} \text{ 安培；}$$

$$\text{電爐的電阻} = \frac{\text{伏特}}{\text{安培}} = \frac{200}{2\frac{1}{2}} = 200 \times \frac{2}{5} = 80 \text{ 歐姆。}$$

例題六 倘例題五中的電爐，牠裏邊銅片的接頭處脫落，在修理的時候，把銅片割掉一段，以致其中的電阻，少去二歐

姆，而僅剩七十八歐姆，試比較修理前後，這電爐所需要的電流和瓦特數。

[解] 電流 = $\frac{\text{伏特}}{\text{歐姆}}$; 瓦特 = 安培 × 伏特。

未壞前的電爐

$$\text{電流} = \frac{200}{80} = 2.5 \text{ 安培}$$

$$\begin{aligned} \text{瓦特數} &= 2.5 \times 200 \\ &= 500 \text{ 瓦特} \end{aligned}$$

已修理後的電爐

$$\text{電流} = \frac{200}{78} = 2.56 \text{ 安培}$$

$$\begin{aligned} \text{瓦特數} &= 2.56 \times 200 \\ &= 512 \text{ 瓦特} \end{aligned}$$

從這個例題中，我們可以看到，電阻減小後，電爐所要的電流就增加起來，並且這個電爐發出來的熱一定也比以前的多；因為修好後比較未壞前牠所需要的電能是多了十二瓦特（發出來的熱是與瓦特數成正比例的）。

在這裏，有些人一定以為這個電爐比較未壞前是好得多了，因為牠能夠發出比以前更多的熱。可是這是不對的，因為電阻減小，電流或瓦特數便會增加，電流增加後，電線中一定要產生多量的熱，這種出來的熱，是意外的，或許會把包在電線外邊的橡皮燒壞，這就不對了。並且這個電爐，廠家造的時候，只預備牠能夠發出多少的熱，現在因為電阻減小而發出來的熱格外增加，以至於把電線燬壞，那當然也是一件不好

的事。假使熱得過分或太厲害的時候，這個電爐又要燒壞而不能再用，但是熱得不十分過頭，卻也是無妨的。所以在修理的時候，我們不應當把牠內部改造得太多。

例題七 若把例題五中的那個電爐（註明是須在二百伏特的電路中用）移到別個城市裏去用（這個城市裏電廠發出來的電是二百三十伏特），試求這個電爐在新環境下，所需的電流和瓦特，應是多少？

$$[\text{解}] \quad \text{電流} = \frac{\text{伏特}}{\text{歐姆}} = \frac{230}{80} = \text{約 } 2.9 \text{ 安培};$$

$$\text{瓦特數} = \text{安培} \times \text{伏特} = 2.9 \times 230 = 667 \text{ 瓦特}。$$

從這裏可以看到，電爐所需要的電流比例題五中要多十分之四的安培，並且牠所消耗的電能，也比先前增加一百六十七瓦特，這是表示電爐在此情形下，所發出的熱比以前是多了，而且一定也可以看到，電爐是在發出較大的光來；這種現象，將使電爐的壽命大大的縮短，因為牠中間的導體受了過分的熱後，就變脆而易於折斷。

例題八 在例題七那個電爐的電路中，若接一個電阻進去，使電爐所需的電流和發出來的瓦特，與例題五一樣（就是二又二分之一安培的電流），問此電阻需多少歐姆？

〔解〕 此電路中的電流限制到 2.5 安培時所需要的總

$$\text{電阻} = \frac{\text{伏特}}{\text{安培}} = \frac{230}{2.5} = 92 \text{ 歐姆},$$

但電爐的電阻 = 80 歐姆，

所以應增加的電阻 = $92 - 80 = 12$ 歐姆。

附一 根據了上面所講的幾個例題，我們可以很明瞭，爲什麼拿了一個二百伏特的燈泡，用在一百伏特的電路中，光亮就減退（從燈光的紅暗可看出光亮減退），然而燈泡卻格外耐用；反之，拿個一百伏特的燈泡，用於二百伏特的電路中，便見光亮增加（從燈光的白熾可以看出），然而燈泡即不耐用，甚至立刻斷絲。其中的道理，前面已經講過，現在可舉一個數值的例子來看：假使有二盞燈泡都是四十瓦特，一盞是標明一百伏特，另一盞是二百伏特，第一次一百伏特的燈泡裝在一百伏特的電路中，二百伏特的燈泡裝在二百伏特的電路中，第二次則互調，分別計算如次。

$$\text{電流} = \frac{\text{瓦特}}{\text{伏特}}, \quad \text{電阻} = \frac{\text{伏特}}{\text{電流}}。$$

第一次：

二百伏特的電燈泡在
二百伏特電路中

$$\text{電流} = \frac{40}{200} = 0.2 \text{ 安培},$$

一百伏特的電燈泡在
一百伏特電路中

$$\text{電流} = \frac{40}{100} = 0.4 \text{ 安培},$$

$$\text{電阻} = \frac{200}{0.2} = 1000 \text{ 歐姆}, \quad \text{電阻} = \frac{100}{0.4} = 250 \text{ 歐姆},$$

$$\begin{aligned} \text{瓦特} &= \text{安培} \times \text{伏特}, & \text{瓦特} &= \text{安培} \times \text{伏特} \\ &= 0.2 \times 200 = 40 \text{ 瓦特。} & &= 0.4 \times 100 = 40 \text{ 瓦特。} \end{aligned}$$

第二次：

二百伏特的電燈在一
百伏特電路中

一百伏特的電燈在二
百伏特的電路中

電阻 = 1000 歐姆 (不變), 電阻 = 250 歐姆 (不變),

$$\text{電流} = \frac{100}{1000} = 0.1 \text{ 安培}, \quad \text{電流} = \frac{200}{250} = 0.8 \text{ 安培},$$

$$\begin{aligned} \text{瓦特} &= \text{安培} \times \text{伏特} & \text{瓦特} &= \text{安培} \times \text{伏特} \\ &= 0.1 \times 100 = 10 \text{ 瓦特。} & &= 0.8 \times 200 = 160 \text{ 瓦特。} \end{aligned}$$

從這個計算上可以看出，二百伏特的電燈裝在一百伏特的電路中，所消耗的電能，祇有十瓦特，所以光亮不足。試再看，一百伏特的電燈裝在二百伏特的電路中，所耗的電能，計有一百六十瓦特，比較在一百伏特的電路中要大四倍，那末，牠發出來的光特別的亮，而且也特別的熱，所以燈絲不到數小時就要燒斷了。

附二 上面所講的許多計算題，對於未曾學過算學的人，一定覺得很麻煩，或許一時也不易弄清，下邊有二個很適用

的表，倘使能够記住，關於這類的題目也就很容易做了。

1. 關於瓦特的 2. 關於歐姆定律的

瓦特
安培 × 伏特

伏特
安培 × 歐姆

關於瓦特、安培、伏特一類的題目，若知道了牠們三項中的二項，再求第三項時，可看上面的一張表，而把手指蒙住所要求的那一項，再把其他二項數目代進去，算出來的，就是我們所要求的這一項的答數。第二表也是同樣的用法。下面是應用的例：

(一) 一個電爐接在二百伏特的電路中，所需的電流是二個半安培，問所需的瓦特是多少？

這裏，伏特與安培，已經知道，所要求的就是瓦特，那末，可用第一表來算。把手指蒙住了瓦特這二個字，剩下的只有安培乘伏特，把已知的數目代進去，就是 $2\frac{1}{2} \times 200 = 500$ 瓦特。

(二) 二百歐姆的電阻接於二百二十伏特的電路中，問電阻中所經過的電流是多少？

這裏已經知道的數目是伏特和電阻，所要求的是安培，那末可用第二表：把安培二個字蒙住，就得

$$\frac{\text{伏特}}{\text{歐姆}} = \frac{220}{200} = 1.1 \text{ 安培。}$$

第六章 電在家庭間如何分佈

室內電線的裝置，上面圖 2、3、4 等所表示的，都是最簡單的電路，一看就很明白，不過，在家庭裏或學校裏，所裝的電燈或其他用電的東西很多，電路也就複雜起來了。像後邊圖 6 所畫的，是代表一個家庭裏所裝的電路，看起來似乎麻煩一點，可是牠還算是簡單，因為燈數不多。現在可以一步一步的來看：電當然先從電廠裏出來，經過路上所敷設的電線，而到家裏來，進屋子裏面的是一對不十分粗的銅線，這一對線是接到一個雙開關或總開關上的（雙開關也是開關的一種，牠能夠兩用；把這對線接通或拆斷），假使這個雙開關是開在那裏，那末，這屋子裏就沒有電流流進來。

這對線在沒有通進屋內以前，先和保險絲聯接，保險絲是用來防止電流的過量或走電的。因為電流若偶然超過一定的分量，則保險絲因受熱的緣故，便會燒斷，使電流不通。

電線從保險絲出來，就經過電表，然後連到分線板上，在這塊板上再分出很多的電線通到屋子裏的各部份去，這許多的電路中都裝有保險絲，以預防發生意外的。當意外發生時，

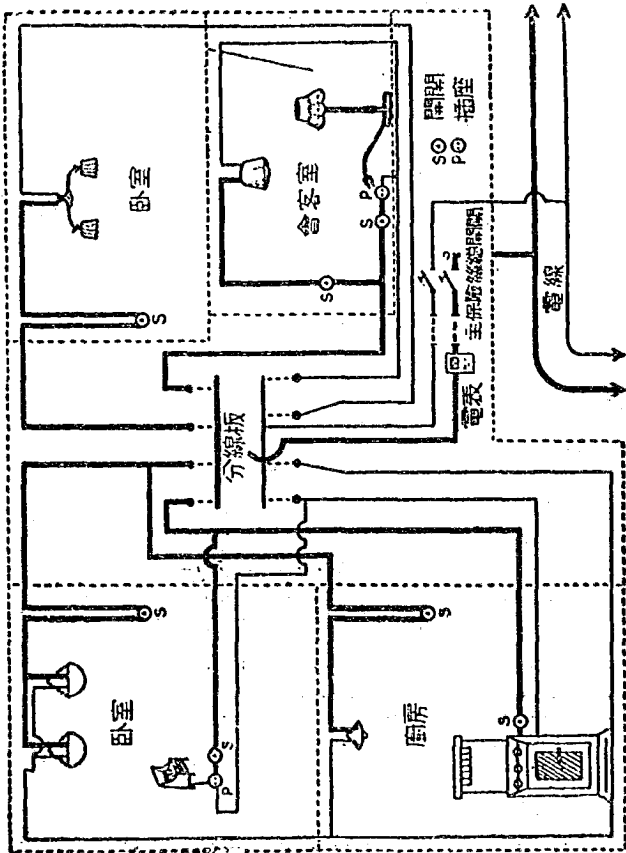


圖 6.

保險絲自會燒斷，因之，發生意外的那條電路中，就沒有電流通了。圖中的虛線，就用來代表保險絲。這許多保險絲，最好能夠分別標明，是屬於那一條電路的，因為電路愈多，保險絲也愈多，那末，一根保險絲斷了，我們立即可以找到或知道，那一條電路是發生障礙，那末，修理起來就很便當而且省時。

圖 6 所示的，不過是電路的一種，讀者最好能夠在自己家裏或學校裏去找電路的如何分佈，或保險絲和開關的如何裝置，那是很有益處的。

短路 在第五章裏，早已講過，倘電壓是固定的，則電路中電流的大小，是看電路中的電阻而定。電阻大電流就小；電阻小，電流就大。所以電阻那樣東西，是用來限制電流的。現在，倘有一對花線因為用的日子過長，牠們外邊所包的紗線或橡皮，都已破了，中間的銅絲也裸露出來，兩條裸線偶然間碰到電流便會從碰着的一點流過去，不用再經過電燈了。因為兩條裸線碰到的地方，電阻很小；可是一盞電燈的電阻很大，電流當然要從電阻少的地方走路，所以就不再經過電燈了。碰到的地方電阻既然很小，而電流卻很大，所以在那個地方，一定也熱得很利害，當熱到相當溫度，這對花線，就會自己燒起來，假使旁邊有引火的東西，便有釀成火災的危險，這種現

象，就是普通所稱的‘走電’。城市裏有許多火災，都是這樣釀成的。預防的方法，最好是常常檢查花線或皮線，如發見有快要破的地方，不待牠裸出便掉換牠，或暫時用橡皮布把牠包起，才算安全。如果這種現象已經發生，應趕快先把開關打開，使電路折斷，然後再去撲滅所發生的火。這種走電的現象，不單在花線中可以發生，只要電路中任何一對銅線碰到，都可以發生的，就是我們用一根銅絲，把燈頭上的兩個銅柱連接起來，也會有這種現象發生的。

若發現二根銅絲快要碰着的時候，應該立加修理，可是在修理的時候切勿忘記先把開關打開，不然，是極容易觸電的。

保險絲 走電發生的時候，即使防止很得法而未至發生危險，可是電線燒壞，修理起來，也够麻煩。倘是用了保險絲以後，就比較的好了。保險絲這種東西，也是金屬做的，牠有一種特性，當電流過量的時候，就會燒斷，而使此路不通，也就無電可走了。所以，在電路中，必定要留出一個空隙裝保險絲，就是這個道理。保險絲普通都裝在一隻瓷做的匣子裏面，放在一個安全和便利的所在，當牠燒掉，立即可以另換一條新的。

在圖 6 裏，可以看到，電線剛剛進屋子的時候，就有一對主保險絲裝着，在分線板上，又裝着很多的保險絲。要知道，在一個大的家庭，或學校裏，電燈一定很多。假使祇裝了一對主保險絲，若在一個不重要的地方，忽然發生障礙或走電時，這對保險絲，就會燒掉，以致全部的電燈都熄滅了，那不是件很不好的事嗎？所以在分線板上，所接出去的許多電路中，都應裝有保險絲，這樣一來，當某一部份發生走電或障礙時，某條電路中的保險絲就燒掉，而主保險絲（比較不容易燒壞）却還沒有受到影響，因之，其他部份的電燈仍然亮着，這就是‘不以一絲而牽動全局’的辦法。裝了保險絲以後，對於電路的安全，雖然是大大的增加了，可是安全的程度或效力，還是看各種保險絲而定，保險絲有粗有細，所以能夠燒斷牠的電流，也是大小不同，裝的時候，應當加以特別注意，不然危險仍舊是要發生的。還有，保險絲燒斷後，切不可用一根普通的銅線接進去替代，這樣一來那條電路就沒有保障了。保險絲這種東西，市上都可以買到，而且很便宜，所以燒掉後，應當立即換進去。裝的時候，先把保險絲的匣子打開，中間有兩端是用螺絲旋住的，可把牠旋鬆取出斷頭，再把新的裝進去，然後再旋緊螺絲。在裝的時候，必須先把走電或發生障礙的地方修好，並

且把開關打開，才不會發生危險。最穩當的辦法，莫如把總開關打開，然後再去修理。

漏電同電震 人體不是很好的導體，然而，若遇到一百伏特以上的電壓，足夠使接觸到的一部份發生麻痺的感覺或不好受的電震。倘皮膚是潮溼的，或電流流得過久，那是很容易引起危險的。所以最好不要把身體同時去碰到電流出入的兩條線，因為這樣，身體便變作一條電路而使電流得以通過。有時候我們定要碰到，那末，應當先把開關打開，危險才可免除。電震這個現象，普通是不容易碰到的，除非在修理電線或其他電機時沒有把開關打開，才會發生。

在家庭用電，有時也可以遇到電震的現象，這都是裝置不善而發生漏電作用所引起的。

什麼叫做漏電呢？這個問題，是應當詳細的去研究，然後再想個方法去防止因漏電而發生的電震。我們知道，電自電廠裏出來，經過輸送電線而到家裏來，再用銅線接到各房間裏去的。這許多線中，都有電的存在，並且帶了極大量的能，在等機會要把牠放出去。我們還知道，電是從一根線出來，必定要從另一根線回去。所以即使銅線外邊包着幾層絕緣體，仍然有許多的電鑽到絕緣體的外邊來，要找一條近路，回到

電廠裏的那根銅線上去。所謂近路，最普通的是經過地面牆壁這一類的東西，因為大多數的線都裝在地底下或牆壁上。像這樣漏出去的電雖然很少，我們却可知道，電可以從一根線漏到另一根線上去，並且還知道，地也是導體，牠能够使電流通。

許多用電的器具，都是金屬做的，倘使沒有絕緣得好，這種漏電現象，更容易發生，有時候無意間去碰到了沒有絕緣好的器具，牠就很容易給我們一個震動，然而若站在一張很乾燥的椅子或很好的橡皮板上，這種現象，就不會發生，因為漏出來的電已經很少，叫牠再要經過這種很好的絕緣體，那當然更不容易。但是，假使站的椅子是溼的，或去碰到了已經壞了的磁絕緣體等等，這種震動，又很容易發生。所以在洗衣作、澡堂等處電震是極易碰到的，因為那些地方很潮溼，漏出的電是極易流通的。總之，無論什麼潮溼的東西，電都很容易流通，即如絕緣體的外面溼了，電也會漏到絕緣體的外面來的。

地線 電震的發生既已知道，但是用什麼方法才可以避免牠呢？我們知道，什麼地方電可以流通的，牠就會從那地方流去，不過電阻大，牠流過去比較困難；電阻小，牠流過去便

容易。譬如同時有二條電阻不同的路，大部份的電，當然都取電阻小的那條路。知道了這個原理以後，就很容易把電震這個現象解除。因為人體的電阻很大，電很不容易流過，假使在那個用電的器具上結一根銅線把牠的另一端插入地中，電就可以完全的從這根銅線流到地上去，人體上就沒有電的流通，電震也就無從產生了。

用電器具裝在潮溼的地方，都應該裝有地線，有一種特製的插頭，俗名撲落，共有三個頭，二個頭是用來接通電路的，其餘一個，就是接通地線用的。

第七章 交流電

交流電是什麼 普通所用的電，總不外兩種——直流電和交流電——交流電在輸電上比較直流電便利，所以電廠裏出來的，都是交流電。

直流電和交流電有什麼分別呢？顧名思義，便可得其大概了。直流電的方向是一定的，譬如電從電池裏的正極出來，一定是向負極回去，是不會換個方向來流的，因為電池的正負兩極是決不會變換的；直流電的發電機也是這樣，牠發出

來的電流，也祇有一個方向，不會忽然換個方向去流，但是交流發電機，卻是不同，牠所發出來的電流，刻刻在變換方向，同直流電剛剛相反。

在交流發電機裏，電流當然也從正極流出來，不過隔了一會，正極已經變成負極，負極已經變成正極了。因為電流一定是從正極流出來的，所以在這個時候，電流已經變換了方向，這種交流發電機的兩極，刻刻在變，因之，電流的方向，也刻刻在變，在某一個時候是向這個方向，等一會兒已經反轉去了。普通一只交流發電機每秒鐘內變換兩極的次數，或發出來電流的變換方向次數，計有五十次，那是極快的。所以用交流電的電燈，看不出牠一忽兒亮，一忽兒暗。這種一秒鐘內五十次的變換方向通常叫牠做五十週。

爲什麼要用交流電 讀者看到上面的一節的時候一定要問，用了交流電，到底有什麼好處呢？可是回答的說，牠對於家庭用戶，是沒有比直流電好的地方，那末，電廠的用交流電，完全是爲牠們自己着想，牠們用了交流電以後，機器的設備就可簡單，但牠最重要的好處，還在輸送電流時的少損失。因爲規模大的電廠，牠們輸送出去的電流一定很遠，所以在輸送線上所損失的能一定很大，爲減少這種損失起見，工程

師就想方法來使電壓的伏特數增加而把送出去的電流減小，這樣一來，損失的‘能’既少，就是銅線也可以用較細的，這不是又把電廠的成本減低了嗎？

上面所講的增加電壓後，電流就會減少，這是根據第三章中所講的一個關係，就是：

$$\text{瓦特數} = \text{伏特數} \times \text{安培數}。$$

現在假定輸送出去的瓦特數不變，而把伏特數增加，那末，電流當然要小下去，我們知道，輸送電流時所用銅線的粗細，完全視電流的大小而定，和伏特數並無關係，所以要把電流輸送到很遠的地方去，一定要把電流減小，然後才可以把電壓增高，這是一種極經濟的打算。

上面所講的增加伏特減小電流，這個辦法是很經濟的，不過電廠之所以用交流電還有一個主要的理由在，這理由就是：可以借重變壓器把電壓任意變化。一般人叫做‘方棚’的便是變壓器，牠能夠把一個電壓變到別一個電壓；可以由少伏特數化爲大伏特數，也可以由大伏特數化爲少伏特數。譬如電廠要送電流到遠的地方去，就要把電壓升高，但是在送進人家屋子裏以前又要把牠降低。你可以猜想得到，假定沒有變壓器則電廠裏的機器要能夠發生高電壓的纔行，這樣，樹

器的價錢不是要貴得多嗎？同時人家的電燈或其他用電的器具不是因為電壓太高的緣故而要燒壞嗎？有了變壓器，上面所說的困難都可以解除了，而且牠的價錢很便宜，用起來又很簡便，不必用人去管理牠。不過變壓器的作用，完全由於交流電而起的，電廠要用交流電，就是這個道理。至於直流電，牠雖然也能夠變化電壓，但須要一個旋動的機器，機器的管理費及價錢都很大，而且牠的效率還不如變壓器，所以電廠都樂用交流電與變壓器的道理，就更加明白了。

這種被變壓器變高的電壓，通常總在幾千伏特以上，像六千六百伏特，三萬三千伏特等都是可能的。不過家庭中平常所用的電燈，沒有超過二百二十伏特的，所以電流用高電壓輸送過了很長的距離以後，當進入屋子裏以前，一定要把電壓變小，而同時又要把電流增大，以適應我們的需要，這種種惟有變壓器可以勝任，因為變壓器在低電壓的時候，也能給與同等的電能的緣故。

在用戶的立場上講，牠們所用的電燈、電爐等，不論是交流電或是直流電，都可以發生同樣的效應。至於電動機這種東西，普通都有限制的。電動機上凡是標明要用直流電的，一定要用直流電；標明用交流電的，一定要用交流電，不然，便

不能使牠們轉動。也有一種特製的小電動機，如用於電風扇或掃地機上的，則不論交流電或直流電，都可以應用。像蓄電池的充電和電鍍，都需要一定方向的電流，故非用直流電不可。倘要把交流電，變做直流電，如電流不大，可用整流器；如電流較大，則用電動的發電機。

變壓器 作者做這一篇文字的時候，本來不打算把用電器具的理論來講，但是變壓器這種東西，是交流電中最有用處的一種器具，交流電在今日所以能有這樣大的發展，都是爲了變壓器這種東西的幫助，所以我們對於變壓器，至少要有極淺顯的認識。

在第四章裏已經講過，電流流過導體時，就有磁效應發生，並且，倘若把通電的導體繞在一塊鐵心子上，這種磁效應尤其顯著。

電學泰斗法拉第發明同上邊相反的一個作用，就是：‘一個有磁性的東西穿過一個閉口的線圈的時候，如果磁性變更，線圈上便有電流發生，不過此種電流祇限於磁性變更的一剎那間’。

變壓器的作用，就是根據了上面兩條原理。試觀圖 7，中間是鐵做的一個心子，兩邊繞了絕緣好的兩個線圈甲乙和丙

丁。交流電是在線圈甲乙中流進去，而使鐵心子磁化，像圖中虛線所畫的樣子。因為交流電的方向時常在變換，所以鐵心子中所產生的磁性，也時常在變換方向，而其變換的速率，和電流一樣。

鐵心子中的磁性，既然常常的在變，那末，根據了上邊所講的法拉第原理，只要副線圈丙丁的兩端閉合，其中一定也有電流在流通的。這樣看起來，原線圈甲乙中所有的‘能’，一定會傳送到副線圈丙丁中去，不然，副線圈丙丁中，那裏能有電流通呢？在這個圖中，還可以看到，原線圈的圈數比較副線圈來得多。

在變壓器中，這兩邊圈數的比例，和兩邊電壓的比例相同。例如，有一隻變壓器，牠的原線圈是有二千伏特的電壓，要使

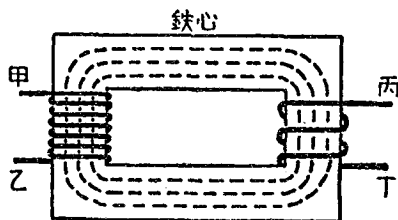


圖 7.

副線圈變做二百伏特的電壓時，那末，牠們線圈的圈數的比，應當是二千比二百，就是說，原線圈的圈數要比副線圈圈數大十倍。兩線圈的圈數雖然不同，而‘能’的速率是相同的（一小部份的損失不計算在內），依據上面第三章中所說：能的速

率等於安培和伏特的乘積，所以副線圈中出來的電流一定要比原線圈中的大十倍。

變壓器同樣也可以把低的電壓變到高的，所以有了變壓器以後，要把電壓變高變低，都很容易，不過一只已經做好的變壓器，牠所能變的電壓也就固定了。

第八章 家庭實驗

引言 一個已經讀過或教過任何一種科學的人，一定會知道，實際工作和親自動手，對於各種事物的理論或現象的認識，都有極大的幫助。

在大學或中學裏，都設有實驗室，叫學生去實驗，必須這樣，才可以使學生對於各種科學有深刻的觀念。

可是本書的讀者，就不一定會有機會去做實驗，即使有這種志願，終因環境的關係，不能達到；那豈不是一件很可惜的事嗎？就本書前面所講的幾章而論，假使沒有實驗去證明牠，讀者或有不容易明白的地方，所以作者就寫了幾個簡單實驗的做法在後邊，只要有~一只螺旋起和一個鎚並幾樣其他的東西，就可以做實驗了。這許多所需要的東西，在市場上化

了幾十分錢都可以買到。做起來，一定會感覺到很大的興趣。有許多實驗，最好在上邊剛剛讀過有連帶關係的幾章後，就提前的去做，那末，讀起來，更覺得有興趣，而且更容易領會。這許多實驗，最好一個家庭裏的任何人都有機會去做，因為牠能夠糾正家庭間因不明瞭電的性質而引起的錯誤。

實驗第一部份——用小型電珠及其附屬另件

基本電路之(一)——最簡單電路

用具 一塊適當大小的木板，長約九吋，闊約六吋，但不可太硬，否則螺釘就鑽不進去。普通板箱的木蓋可拿來用。再向電料行買下列的東西：

- 一顆手電筒裏用的電珠，並配一個燈座；
- 一個乾電池；
- 一只小開關；
- 一捲紗包線。

實驗的裝置 用螺旋起將電珠座及小開關旋在木板上，像圖 8 的位置。其中的虛線則代表紗包線的位置。紗包線接上去的時候，必定要把兩頭的紗用刀刮去，使裏面的銅絲露出二吋光景。電池也照圖上的樣子裝上去；但是普通買到的電池，上邊只有兩條金屬條子，沒有像圖上所畫的兩個螺旋

的樣子，接線的時候，要把裸着的線頭繞在電池的銅條上，繞得要很緊，否則是很容易脫落的。假使要裝得美觀些，還可以在電珠座和開關的附近，鑽着幾個洞，把線通到木板的後邊去。乾電池這樣東西，倘為簡便起見，不一定要把牠釘牢在木板上，只要取一條銅片，放在牠的上面，用兩只小釘，像圖上一樣的釘住就可以。

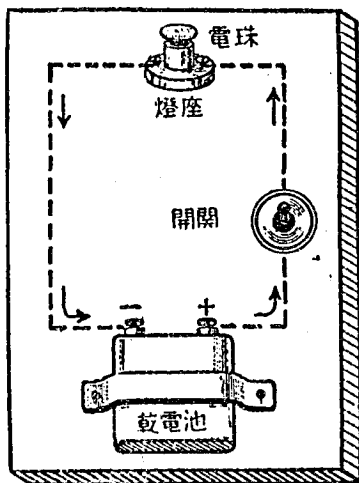


圖 8.

原理 上面裝置是用於傳送‘能’的最簡單的一種電路。下面解釋此種電路的特徵：

(一) 電池就是電能的出產地，也就是所謂‘能源’。電流經過電池的時候，使每一單位的電粒都帶有一定量的能。

(二) 電能送至電路中的另一部份——電珠——的時候，就放出來，電珠即利用牠把燈絲燒熱而發光。

(三)在電路中，只要有一處不連接——開關——整個電路中就沒有電流流通。

當開關關上的時候，電燈就亮起來，因之就知道，電流一定繼續不斷的在流通，並且在這個電路中的各部份，無論銅線、電珠、電池，所有電流的值總是一樣的。

電從電池的一極(通常以正極稱之)流出來的時候，帶有多量的電能，到電珠時，就把所帶的能放出來變成熱，然後再從電珠的另一端出來，而進入電池的另一極(負極)。電流在電珠中流出來的時候，已經不再帶能，一定要回到電池中去才可以再吸取新的能。但是一個電池所藏的能是有一定的，因為牠所含的原料有限，所以電池用了很久的時候，‘能’逐漸的變小，到最後一定會用完，在這個時候，電流便不流通，電珠也就不亮了。

設 A 代表電路中電流的安培數， V 代表電池的伏特數(就是每一單位的電粒經過電池時所吸取的電能的量)。

那末，這個電池在一定的時間內就有固定的電能被送到電珠裏去，牠的數值是等於

$$\text{安培} \times \text{伏特} = A \times V \text{ 瓦特}$$

倘這個電珠，連用了一小時，則這個電珠，就耗費了

$1 \times A \times V = A \times V$ 瓦特小時的電能。用了二小時，所耗去的能就多了一倍，而等於 $2A \times V$ 的瓦特小時。所以一個電池容量的大小，有時候就用瓦特小時來做單位的。

基本電路之(二)——電珠並聯

用具 較基本電路(一)多一顆電珠和一電珠座。

實驗的裝置 不必將圖 8 中的線路拆掉，如圖 9 的式樣加接一個電珠座進去就是了。紗包線可照圖中虛線所示的位置連接起來，這樣兩顆電珠就並結起來，簡稱謂‘並聯’。若把開關關上，兩顆電珠都亮起來，而且亮的程度也一樣。

原理 第一步，先把本來的一顆電珠旋入電珠座內，另外一顆電珠，暫且不要旋入。把開關關上，立即可以看到，這顆電珠就亮起來，而且亮得同以前一樣。這時候，另外一個電珠座中，還沒有電珠，牠的電路是中斷的，所以沒有電流在此路中流過。這時第二個電珠座對於亮着的電珠可說是沒有影響。第二步，把亮着的電珠旋下來，裝入剛剛接上去的那個電珠座內，倘使開關已經關上，也就可以看到這顆電珠立刻亮起來。這是告訴我們：電流已在新的路中流通，本來的路却已不通了。再次，把兩顆電珠一起旋入燈座內，我們也就可以看到兩顆電珠一同亮起來，而且亮得和以前一樣；所以就知

這兩顆電珠中所流過的電流是相等的，並且每顆電珠中所流過的電流和用一顆電珠時是一樣的，不然，牠們就不會一樣的亮了。

從上面的實驗，可知基本電路(一)的電珠中，所流過的電流和基本電路(二)的每個電珠中所流通的電流也是一樣，因為在這兩次實驗中，電珠的亮度是一樣的。

上邊的關係既已明白，那末，還可以來研究電走的路究竟是怎樣。試看圖9一顆電珠中所流過的電流並不再經過其他一顆的電珠。電

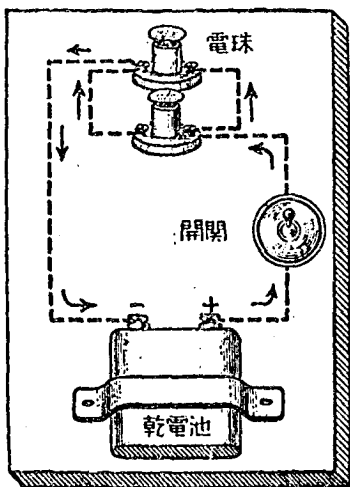


圖 9.

池裏出來的總電流，經過開關後，乃分成二部份，流入兩顆電珠內，最後，仍合併在一起回到電池裏去。可知去掉一顆電珠，對於另外一顆，並無影響。家庭裏所裝的電燈都根據了這個原理，所以關掉一盞電燈，其餘的電燈，仍舊可以亮着。

更進一步，我們還可把電珠一顆一顆的儘量並聯上去，

每顆電珠所發出的光，還是和以前一樣。倘若開關很多，那末每一顆電珠的電路中，都去接一個，和家裏每一盞電燈都有一個開關一樣，也是沒有關係的。

在這裏還可以注意到，電池中所供給的電流，倘兩顆電珠都接上去的時候，一定要比一顆電珠接上去的時候大一倍，而且每顆電珠中所流過的電流，也只有電池中出來的一半。在這種情形之下，這個電池中所發出的瓦特數，一定比只有一顆電珠接上去的時候要大一倍。

因之，就得到一個結論，電池所輸出的能，牠自己不能去控制，只有電路（包含很多的電珠）的改變，才可以去變更牠。

基本電路之(三)——電珠或電阻的串聯

用具 同基本電路(二)。

實驗的裝置 裝置的方法和以前一樣，不過，現在的電珠是串聯起來，就是一顆電珠中所流過的電流，還要流到別一顆中去。電珠的安排法有兩種，一種是照圖 10 的樣子；還有一種就是不要把基本電路(二) 拆掉，僅須將線重新接過，務使電流流過一顆電珠後，再流過另一顆去，和圖 10 一樣。

原理 把開關關上，可以看到無論那顆電珠，發出來的光都比以前暗，這是因為電路中的電流，只有圖 8 那個電路

中的一半。我們知道，這個電路中，有兩顆電珠串聯，可是每顆電珠，都有牠們一定的電阻，現在兩顆串聯起來，電路中的電阻也就大起來，今假定牠們的電阻是一樣大小，那末，這個電路中的電阻，一定要比圖 8 中那個電路的電阻大一倍（註一），並且電池裏所輸出的電流，一定要依次經過了這兩顆電珠，才可以從電池的負極回到電池裏去。

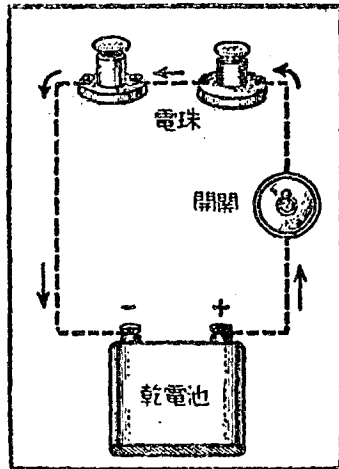


圖 10.

假使把兩顆電珠中的任何一顆旋去，另外一顆，就不會亮了，因為整個的電路，已經中斷。從這裏，可以看到，這種聯接法，對於家庭裏所裝的電燈，是極不適用的，因為把一盞電燈關掉，其餘的也就不亮了。

在這個串聯電路中，電池中所輸出的電流，要在兩顆電

（註一）電池和電線也都有電阻，不過和電珠比較，就小得多了，所以這裏為簡單起見，認為沒有電阻。

珠中依次流過，其中所出來的能，在這兩顆電珠中，各消耗一半。但是讀者一定會疑心到，怎麼前邊一顆電珠，不多消耗些能，使牠發出來的光比較第二顆亮些呢？而所得結果却兩顆電珠偏偏一樣的亮。這個道理也很淺顯。在以前，不是早已講過，因電路中有電阻的關係，電流流出電池的時候，一定給牠許多的能，使牠能够在電路中流通，假使沒有能給牠，牠就不能流通了。所以電路中任何一處，倘有電阻的存在，電流流過的時候，一定要費去多少的能，電阻大，所化的能大，電阻小，所化的能也少。總之，電路中有多少電阻的存在，電流一定要化去相當的能後，才可流通。試玩味這個道理，上邊那個疑問，就不能成立了。因為這兩顆電珠是相同的，那末，牠們的電阻一定也相等，所以電流所帶的能，消耗在這兩顆電珠中的一定相等。假使兩顆電珠中的電阻不等，那末，電阻大的一顆電珠，牠所消耗的能才會比電阻小的一顆大，這個只要用兩顆不同的電珠（一顆是二伏特的，另一顆是三伏特的）裝入這兩個電珠座中，就可以看到。電阻大的一顆，當然是比較亮些，因為牠消耗的能也多些。

普通家庭裏用來接燈的銅線，也有相當的電阻，但是這種電阻和電燈裏的電阻比較，那就小得多了；可是至少有一

小部份的能是爲這種電阻而消耗的，因爲電流必定要消耗去了這相當量的能，才可以流過這一段的銅線。這種消耗在電線裏的能，明明是一種損失，這種損失足使電燈裏所得到的能略微減少。無論何種電路，總是由許多電阻連接而成的，如燈絲(或其他用電的器具)、輸送線、屋內線等，沒有一樣不是電阻，不過電阻有大小，而能的消耗也有多少之不同罷了。

用上述的基本電路做更進一步的實驗

(甲)兩個串聯的乾電池組 在基本電路(三)之中，因爲兩顆電珠是串聯着的，致電流大爲減少，電阻的值比較基本電路(一)中的適增加一倍。電流既減小，那末，電池裏出來的電能也就減少；可是這出來的能，又要平分給這二顆電珠，所以每顆電珠所得到的電能，格外的少了。再簡括的說，每顆電珠在上面所講的情形之下，所得到的能所以會減少的緣故，都是爲了下面所講的二個原因：(子)電路中所流通的電流變少後，電池裏出來的電能也因之減少；(丑)因爲電路中有兩顆電珠串聯着，電池中出來的能一定要平均的消耗在這兩顆電珠裏。惟其如此，電珠的光就紅暗了許多，比較只有一顆電珠時相差得很遠了。

試再把另外一個相同的乾電池，也接到上面所講的那個

電路裏去，這二個乾電池就串聯着，不過牠們的方向，一定要相同，就是一個電池的正極一定要和其他一個電池的負極接好，像圖 11 所畫的一樣。在這種情形之下，電流流過一個電池，得到一部份的能，再經過另一個電池，又多得了許多的能，所以牠得到的能，一定比較電路中只有一個電池時要多出一倍。換句話講，電源的伏特數，一定也多出一倍。當開關關上的時候，二顆電珠都像平常一樣的發亮。因之，我們可以說每顆電珠所受到的伏特數，是總伏特數的一半；也就是同基本電路(一)中的那顆電珠所受到的伏特數一樣。

明白了上邊所講的道理以後，就不應當把串聯的二個乾電池接到基本電路(一)和(二)中。否則，那顆電珠，所受到的伏特數，就大出一倍，因之，經過這顆電珠的電流也就大了一倍，所以這顆電珠所受到的能也格外的多；不到多少時候，燈絲就會燒

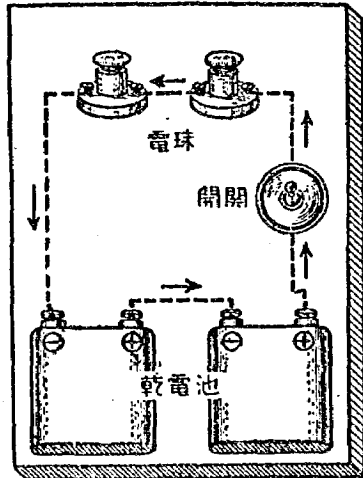


圖 11.

斷的。

(乙)兩個並聯的乾電池組 這個實驗線路的接法，可借用基本電路(二)的那個電路，不過須添一個相同的乾電池進去，和本來的一個並聯着。在這裏，兩個乾電池的正極一定要接在一起，負極也在一起，像圖 12 的那個樣子。

當開關關上的時候，可看到每顆電珠的亮度和基本電路(二)中的那兩顆一樣，就是那個並聯上去的電池，對於這兩顆電珠的亮度，沒有什麼關係。可是亮度雖然沒有影響到，試再去研究電路的本身，那就大大的不同了。電流流到乾電池的時候，就分成相等的二分，流入這兩個電池裏，因為每個電池給與所流過電流的能，祇等於這個電路中所有能的一半。倘把一個電池拆去，每顆電珠的亮度還是如此，不過，牠們所消耗的能，完全是由一個電池供給的。

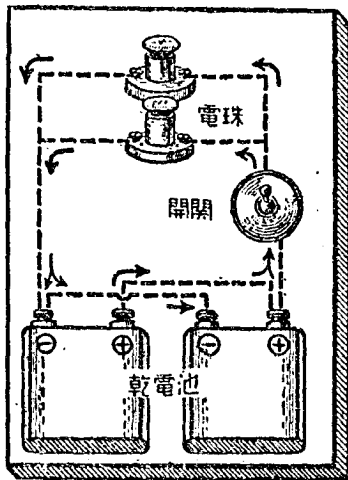


圖 12.

這個原理，電廠裏常常應用。我們知道，用戶所需要的電，時時變動，不能一定，像晚上，電燈都亮起來，電廠裏所供給的電能一定多，在白天，用電的人家，比較的少，所以電廠為經濟起見，買了很多的發電機，白天少開幾只，等到晚上電用得多的時候，再並聯幾只。這樣辦，對於電壓的伏特數並沒有變動，所以用戶也沒有感覺得不便的地方。這種發電機的並聯和電池的並聯，其原理是一樣的。

(丙)電流通過水中 試取一玻璃杯，滿盛以水，再用一對線，一端都接到乾電池上，另一端都投入水中。可是沒有什麼現象能夠看見，因為乾淨的水是不能傳電的。倘把少許的食鹽或蘇打加在水裏面，等牠們慢慢溶解了，同時注意到銅線兩端的現象；沒有多少時候，就可以看到，一根銅線的端上，有一羣的小泡產生。這種小泡，都是氫（輕氣），因為電流流過含有食鹽或其他化合物的水中的時候，就會將水分解了而把氫析出。這種分解出來的氫，就被電流帶到水面。從這一點，我們就可以確定電流的方向；因為氣泡總是從接在電池負極那根銅線的端上出來的。倘使氣泡很大的時候，可用一根點着的火柴放上去，牠就會爆裂而發出一種特別的聲音，這就是表示有氫的存在。

若把許多電池串聯起來，這種現象，還要顯著，因為伏特數增加，電流也就大起來了。倘再把一顆電珠串聯接進去，牠也會亮起來，這表示，這個電路中一定有電流流通。

從這個實驗，可以推論到，即如一極薄的水層，也有傳電的可能，所以在潮濕的地方像洗染店或澡堂等處，對於漏電，應當特別的留意，就是不要把電線的外層弄潮。

電鍍那種方法，也是根據這個原理的，不過，所用的液體

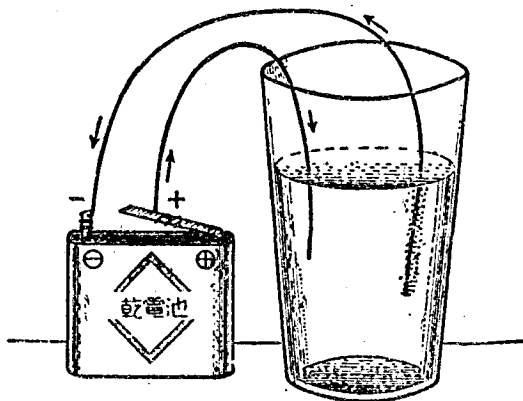


圖 18.

是貴金屬鹽一類的東西罷了。金屬就在負極沉積起來而代替氫的發生。

(丁)電流的磁效應 取一指北針放在前邊所講任何一

個電路的下面，用手拉直銅線的一段，和指北針同方向。當開關關上的時候，就可以看到指北針偏轉，向左或向右。再把那根銅線放到指北針的下邊，牠也向左或右偏轉，不過方向恰和以前相反。

在這種情形之下，指北針的偏轉如果不大，可增加電流（像上面增加並聯電珠的數目），或取一根很長的銅線，繞成數十匝，像圖 14 一樣的線圈，然後在線圈上通電。但是用線圈的時候，一定要把線圈垂直立起，而使線圈的平面和指北針的方向成一

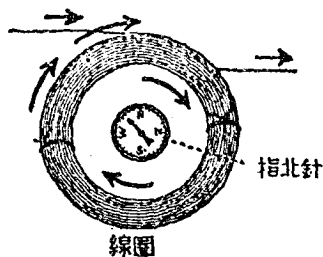


圖 14.

致，磁針的位置應當在線圈的中央。當開關關上的時候，磁針的偏轉就很大了。至於牠的應用，早已在前面講過，此處不再贅述。

實驗第二部份——用大型電泡及正式電壓

此後實驗都用從電廠發出來的電流，所以在實驗的時候，必須加意免除危險。一個極謹慎極留心的人，他如能照下面所講的步驟去做，一定可以得到更多的閱歷。倘得有電學

常識的人在旁指導，那末，所得的好處，一定更多。注意，孩子們若沒有人監督着，切勿令其做這種實驗。

實驗指導 弱電同強電，也可用電壓來分別，普通的乾電池只有二個多伏特的電壓，我們在上面講過，伏特是和電流成正比的，伏特數少，電流就弱。至於電廠裏發出來的電壓不是一百十伏特，就是二百二十伏特，比較乾電池要高出幾十倍，甚至一百倍以上，因之，電流也強得多。在做弱電實驗的時候，所用的導體，多是紗包線；做強電的實驗，紗包線是不能用了，普通所用的總不外花線同橡皮線兩種。

裝置時最應注意銅線的接頭處。無論什麼時候，倘若忽略了這一點，往往會引起很大的困難。現在就把銅線的用法，約略的來講講：第一點，銅線兩端的絕緣包皮，如橡皮棉紗之類，在用的時候，一定要用小刀削去。削的時候，最好把銅線放在桌子上，在離末端四分之三吋的地方，用刀輕輕的割了一轉，然後再像削鉛筆的樣子把絕緣體削去，就可把包在絕緣體裏邊的銅線露出來，像鉛筆心一樣，假使不照這樣的方法去做，也許會把絕緣體中間的銅線切斷的。在削花線的時候尤應當注意，因為花線的中間是許多很細的銅絲所絞成，削得太重，尤易使銅絲切斷。當絕緣體削掉後，許多銅絲都裸

露出來，一定要把這些銅絲絞得緊緊的，不使牠們一根一根的分散開來才好。

銅線接入接線柱的時候，應當把裸露的部分全塞進去，使抵於包皮爲止。塞好後，再把螺絲旋緊。在這個時候，倘銅線的裸端有一部份露出在接線柱的外面，應當用剪刀剪平。假使用的是花線，要先把裸出的細銅絲絞成一束，才好塞進去。

實驗時所需要的一切另件，費了幾十分錢，在各處的電料店裏都可以買到。不必揀好的買，普通的已經够了。

電氣匠，或舊貨店裏，牠們有很多已經用過的皮線、開關或其他另件，可以很便宜的把牠們買來，只要沒有壞，仍舊可以做實驗的。

下面所列的東西，是做實驗時所必需的，其餘如裝分線用的木版，電鈴，雙路開關，以及其他東西，需要時，亦應買到。

插頭及座；

開關；

懸掛燈頭；

分路插頭；

分線盒。

基本電路之(四)——家庭電路,包括下垂電燈及插頭。電路、燈座,以及各種另件,都用簡便的方法裝接起來。如圖 15 的裝置,是一個標準的裝接法,用單線及花線作裝接的練習。

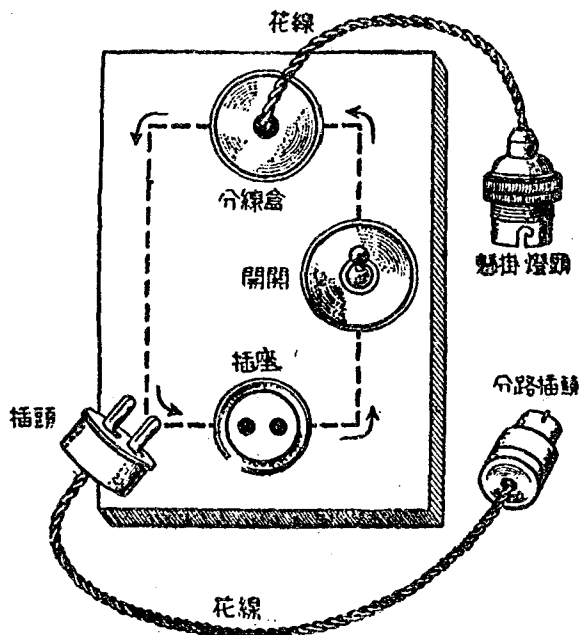


圖 15.

圖中有一根可以移動的花線，一端接有普通的插頭，另一端則裝有一個分路插頭，是用來接到電燈座裏去的，外面的電流，即從此處導入。在圖的上邊，有一個懸掛燈頭，可把一個電燈泡裝進去，開關關上後，這個電燈，就會亮起來。

實驗的步驟 取一塊木板，在牠上面把各另件如圖所示的地位裝接起來。所用聯接各另件的單線，須裝在木板的背面，再在各另件處各鑽一小孔，把線從這些小孔中穿過，和各另件聯接。

圖中虛線示電路，用一只分線盒，插入電路中，也是裝在木板上面；在牠裏邊，接出一根花線，花線的另一端則裝一只懸掛燈頭。接線的時候，應該格外注意，須把板上電路的線和花線的每一個頭碰到，然後再接在分線盒裏邊的銅片上。

在圖的下邊，是一個插頭的座，可把插頭插進去。這個插頭，必定要有一根花線連接出去，花線的他端有一個分路插頭，倘把牠插入燈頭內，外面的電流便可從花線上流進來。

各種另件裝接已畢，應當再仔細的檢查一番，看有沒有不對的地方，倘發現接錯，應立即更正，然後把電燈泡插入懸掛燈頭內，再把插頭插入插座中，分路插頭插入室內任何的一個燈頭上。試把開關關上，電燈立即亮起來了。這種電路和

普通家裏所用的電路是差不多的。

用上面的裝置做‘水的電熱’的實驗也很有趣。裝一盆冷水，把圖 15 的懸掛燈泡沉入水中，惟將燈頭或銅帽留在水外。幾分鐘後，水便熱起來，這就是人家常用的‘熱水器’的原理。

這個實驗，也可以把他擴大起來，像圖 9、圖 10 的樣子。若拿圖 15 改造，只把分線盒改做固定在木板上的燈頭就得了。假使有許多人同時在做這種實驗，不妨把方法變換一下，各人做各樣，以增興趣。

附 錄

附錄一 電流的方向和磁場的關係

有許多時候，電流在導體中流的方向，是一定需要知道的；像蓄電池的充電，那是絕對不可以把電流的方向弄反。但怎樣可以知道電流的方向呢？那很簡單，祇要用一個小小的指北針，就可以把牠測定。我們知道，當電流流過導體的時候，在導體的四周，就有磁場產生，這種磁場和電流方向的關係，可以像圖 16 的那樣表示出來。其中一個大箭頭指的方向，是代表電流在導體中流的方向，至於繞在大箭頭四周的小箭頭，則代表磁力線的方向，我們倘若把指北針放在牠的附近，牠所指的方向（向北的一端）就是磁力線的方向。

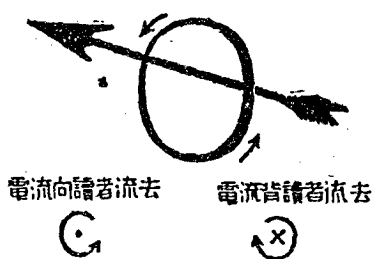


圖 16.

下邊兩個小圈也同樣的代表這種關係。左邊圖中的一點是代表電流的方向，同大箭頭一樣，牠是表示向讀者這個方向流來的，至於小圈的方向則代表所產生磁場的方向。右邊的那個圖，也是代表這種現象，不過電流的方向和左邊那個剛剛相反，所以用一個×號來表示，牠所產生磁場的方向，當然相反了。

知道這個原理以後，那末，祇要把一只指北針放在導體的上面或下面，就可以知道電流在導體中流通的方向。

附錄二 單位的摘要

名詞	意義
伏特	每一單位電粒，或每一庫侖的電所有的能。 $\left[\text{伏特} = \frac{\text{焦爾數}}{\text{庫侖數}} \right]$ 伏特這個名詞也就是電壓的單位。
安培	電量或電流的大小。 $\left[\text{安培} = \frac{\text{庫侖數}}{\text{秒數}} \right]$
瓦特	電流傳送電能的速率。

	[瓦特 = 伏特 × 安培]
仟瓦	一千瓦特。
馬力	七百四十六瓦特，或四分之三仟瓦。
瓦特小時	電流所傳送的總能，或用戶在一定時間內所用去的電能。 [瓦特小時 = 瓦特 × 小時]
仟瓦小時或電度	電表中所指的度數。 [1 電度 = 1 仟瓦小時 = 1000 瓦特小時 = 1000 安培 × 伏特 × 小時]
歐姆	電阻的單位。 [歐姆 = $\frac{\text{伏特}}{\text{安培}}$]
焦爾	能的單位。[3600 焦爾 = 1 瓦特小時] [焦爾 = 瓦特 × 秒]
庫侖	電量的單位。 [庫侖 = 安培 × 秒]



百科叢刊

小說的起源及其演變

水滸傳與中國社會

川遊漫記

鐵路經營學綱要

藝術叢論

育嬰保健圖說

鄉村衛生

生物學問題詳解

化學計算原理

實用園藝術

胡適著 實價三角

祝嘉福著 實價四角

薩孟武著 實價五角

陳友琴著 四角五分

汪桂馨著 一元二角

林風眠著 實價五角

薛德好編 精一元二角 平裝八角

薛鴻猷著 實價七角

顧鍾華著 三角五分

張汝訓著 實價三元

吳錦森吳建時四角

江蘇鄉賢傳略初稿 江蘇研究會編 四角
 歷代滑稽故事選集 方 成編 實價六角
 江浙人學習國語法 王丁一著 實價二角
 國術源流 考 褚民誼編 二角五分

普通考試備要 董汝丹著 七角五分

公園怎樣建設 楊君明著 實價四角

初級應用文 洪爲法編 四角五分

簡明國語文法 楊德恩編 實價三角

電廠經營法 譚友琴著 實價二角

毅成論法選集 阮毅成著 六角五分

活力 唐樹藩編 實價二角

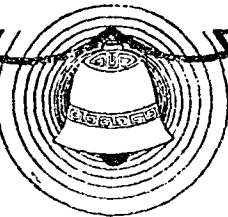
女子丹麥體操 朱東光花素珍合著

平而立體幾何圖法 王濟仁等

有效的學習法 趙 演著

國語注音符號淺說 陳及夫著





版權所有
翻印必究

中華民國二十六年六月初版

A GUIDE TO ELECTRICITY FOR HOME AND SCHOOL

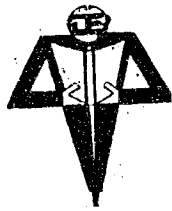
家庭電學常識

全一册 實價國幣三角

(外埠酌加運費遞費)

原	著	者	C.	F.	SMITH	
編	譯	者	俞	公	乾	
發	行	人	吳	乘	常	
			南京河北路本局			
印	刷	所	正	中	書	局
			南京河北路童家巷口			
發	行	所	正	中	書	局
			上海福州路			
			南京太平路			

(835)



中華民國廿六年九月廿日收到

實價
0.30元