

萬有文庫

第一集一千種

王雲五主編

法第拉電學實驗研究

(四)

法第拉著

周昌壽譯

商務印書館發行

萬有文庫

第一集一千種

總編纂者

王雲五

商務印書館發行

法拉第電學實驗研究總目

第一冊

序論

第一章

第一節 各種來源不同的電本性是相同的

第二節 由量度而得的普通電和電流電的關係

第二冊

第二章

第三節 電傳導的一個新定律

第四節 一般的傳導本領

第三章

第五節 電化分解

第三册

第四章

第六節 金屬及其他固體對於氣體物質結合的誘引力

第五章

第七節 電化分解(續第五節)

第八節 和物質粒子或原子結合着的絕對電量

第四册

第六章

第九節 電池中的電

第七章

第十節 電池中的本領的來源

第五册

第八章

第十一節 電池中的本領的來源(續第十節)

關於鐵的特殊電流狀態(申拜因)

關於鐵的特殊電流狀態(法拉第)

第六章 (註一)

第九節 電池中的電其來源分量強度及一般的特性

(i) 簡單的電流循環 (ii) 電解所需要的強度 (iii) 聯合的電流循環或電池 (iv) 電解質對於電

解所呈的阻力 (v) 關於有效電池組的一般注意

(i) 簡單的電流循環

六一〇、電池中的電流的來源，究出於何處，這個大問題，曾經引起許多的學者注意，只要是具有文藝思想而能認識電的本領的人，儘管對於這個問題，未曾加於研究，也會斷定說這個真理總在什麼地方被人發見過的。但若要去追求這個印象，他就不得不去做蒐集結果和結論的工作，於是遂發覺有如是互相衝突的證據，有如是成爲彼此不相下的異見，有如是不同的複雜的理論，

真令人如入五里霧中，不知道究竟應該接受那一種的意見，來作成他的真正的說明。結果只好自己重來一遍，去檢查那些事實，用他自己的判斷力去下斷語，比較依賴他人好得多。

註一 此章係法拉第電學實驗研究全集中的第八類，載在原書第一卷第二五九頁。

六一一、在有志於研究此題的人看去，這種的狀況，就是我入手研究的東西。在電解中的物質裏面，電有其一定不易的作用（五一八），用來使物質分解的本領完全和要去反抗的本領相同（五九〇）。這兩種見解，並不是建築在單純的意見上，或普通的觀念上，乃是建築在完全未曾為人知道過的新的事實上。這些事實在我看去，不特異常精確，而且可以作為斷案。我因為有了這樣兩種見解，所以使我得到一種優越的地位。又研究這個問題，以前任何人都未曾得過這種優越的地位。儘管我的聰明，遠不及他們的優秀，我的知識，遠不及他的淵博，或許有了這一點，就勉強能够補我所不足，也未可知。因此想到對於這個問題，或許我還可以盡一點力，去將那些令人疑惑不定的知識，一掃而盡，豈不甚善。這種知識是一切進取科學的晨曦，對於科學的進步是極為緊要的。但是從事於將這些知識中所含着的欺人的一部分驅逐出去，將真實的一部分闡明出來。這樣的

人，自然有他的用處，對於科學的一般的進步也是很必要的。因為這種人是最初打破智識界中的暗黑，將前人所未知的一片新天地開拓出來的人。

六一二、造成電池中電流的力或電解的機能，和將電解質的成分元素保持在一起的力，即是和化學親和力，完全相等的事實（五九〇），可以指示出電池內的電，其本身只不過是真正的化學作用的一種表示方式罷了。或者更適當一點，說是他的原因的表顯亦可。因此我曾經說過，有些人認為電的供給，出於化學的本領（五九二），我對於這些人的意見，是很表同意的。

六一三、可是究竟他的發生，還是出於金屬接觸，或是出於化學作用。換句話說，究竟是由前者或由後者去決定這種電流，在我看去，依然還是大有可疑。我在前面曾經詳細敘述過（五九八等），用塗汞的鋅和鉑，來作很簡單的實驗，認為就是這個的結果。但對於我們目前的這個問題，還是不能夠決定。因為在那個實驗裏面，化學作用是不能離開金屬接觸而生的，金屬的接觸離開了化學作用也不能發生效力。所以兩者中任何一種，都可以看成是決定電流的原因。

六一四、我以為要決定這個問題，最緊要的事，是使用的器械和實驗的方法，務必必要盡量的

簡單，免得有許多想不到的錯誤闢入其中。單獨使用一對的極板，除非是放在能够使他們發生作用用的液體裏面（五九八），很不容易發生分解。這一個難關，成爲這種實驗的無法避免的妨礙。我記起了碘化鉀溶液（五二），很容易發生分解，認爲假使金屬接觸不是緊要的條件，何以就是一個單獨的電路中，沒有金屬接觸，就得不到分解，實在沒有理論上的理由。我於是堅持下去，結局居然成功。

六一五、使用一塊鋅板，約八英寸長，半英寸寬，洗淨後，在中央處彎成直角，如第三十三圖中的a。其次再取一塊鉑板，約三英寸長，半英寸寬，縛在一條鉑線上，將鉑線扳彎，如像圖中的b。這兩種金屬，照着圖上繪出來的樣式裝置起來。但還沒有外面的容器c，以及內容的溶液。此種溶液是由稀硫酸與小量的硝酸混合而成的。在x處，有一塊捲起了的吸水紙，用碘化鉀溶液浸過，貼在鉑上，用鉑線的末端壓住。這樣準備好了以後，再將這兩個金屬板，浸入容器c中的酸內。在x處，立刻就有效應發生。碘化物起了分解，碘出現於陽極上（三九九），

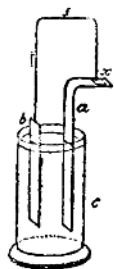


圖 三 十 三 第

卽是出現於鉑線的末端。

六一六、只要是金屬板的下端還留在酸裏，電流總是繼續不斷的流去，在x處的分解，也進行不已。再將鉑線端，沿着紙面上，到處移動，其效應的強烈，異常明顯。再在這個白紙與鋅板之間，放一塊薑黃紙，兩種紙都同樣的用碘化鉀的溶液浸過，那就有鹼在陰極上（三九九）卽是在鋅的表面上現出，其分量和在陽極上出現的碘成比例。因此可知這種分解，完全是分極的，由於電流而來，電流是從鋅板經由酸內而達於容器。內的鉑板，再從鉑板經由溶液在x處復回轉至鋅。

六一七、在x處發生的分解，是真正的電解作用，由於容器。內的物體狀態而生的電流引起的，決不是出於鋅和鉑對於碘的直接化學作用，並且也不是出於碘化物，對於這些金屬有了什麼作用而在x處發生的電流的作用。要證明這一層，第一步先將容器。和其中的酸，從金屬板取去，於是一切的分解作用，就立刻停止。其次將金屬板在液內及液外連結起來，於是在x處就有碘化物的分解發生，可是發生的次序，卻是反對的。這個時候的鹼，出現在鉑線端上，而碘則出現於鋅上。可見這個時候的電流和先前的方向相反，由於紙中的溶液對於兩種金屬的作用不同而生的。

發生出來的碘，當然與鋅化合起來。

六一八、若是用塗有汞齊的鋅板（五九八）來作這個實驗，結果也是同一樣的容易，方向也是相同的。縱令盛在容器內的液體，只有稀硫酸一種，也是一樣。又無論將鋅板的任何一端浸在酸裏面，效應依然如故。所以雖然暫時以爲是汞權充金屬接觸，可是倒用鋅板後，就將這個反對的意見消去。使用未·會·塗·過·汞·齊·的·鋅·板·（六一五），更可將一切的疑慮消盡（註二）。

註二 用下面所說的方式，來做上面所說的初步實驗，更爲顯著。用一塊鋅板，長十英寸或十二英寸，寬兩英寸，全部洗淨，再用兩塊乾淨的鉑的圓盤，直徑約一英寸半——再將三四疊吸水紙浸在碘化鉀的濃厚溶液中，將他拿起放到乾淨的鋅板的一端上面，其上再放一塊鉑盤，最後將同樣的吸水紙疊，或一小片麻布，浸入硝酸和水等量混成的液體中，取出放在鋅板的另一端上面，再將第二塊鉑盤放在其上。在這個情形下，碘化物的溶液中，並看不出有什麼變化發生。但若用一條鉑導線（或其他的導線亦可）將這兩塊鉑的圓盤連結起來，一兩秒鐘後，將碘化物上面的圓盤揭開，就可以看見底面全部都由發生出來的碘化物粘滯殆遍，並且還相當的厚。——一八三八年十二月。

六一九、後來又因爲研究別的事項（六六五），將容器內的液體，改用苛性鉀溶液代替。原來的酸，結果還是相同。雖然沒有類似的金屬接觸，可是碘化物的分解，卻進行自如，並且電流的方向，也和使用酸的時候相同。

六二〇、就將食鹽溶液放在容器內，也能够發生同樣的結果。

六二一、用鉑線造成一個電流計，插入電路中，放在鉑板和發生分解的x處之間，電流計上就指示出有電流通過，其方向和由化學作用引起的電流方向相同。

六二二、假若我們將這些結果，綜合起來加以考慮，就會得到很重要的結論。第一是很確定的證明了金屬的接觸對於電流的發生，並非必重條件。其次是表示引起電流的流體親和力和受電流作用而分解的流體，其間有非常重要的相互關係存在。

六二三、爲使考慮簡單化，所以拿塗有汞齊的鋅來作實驗。這種金屬非祇要有電流能够通過，然後方發生作用。同時並不會導入什麼新的方向，只不過將我們所要研究的電流的產生和效應以外的影響掃盡罷了（七三六）。這種的影響，假如不能除去，結局只有使我們得到混淆不明

的結果罷了。

六二四、取兩塊板，一塊是塗過汞齊的鋅板，一塊是鉑板，放在互相平行的地位上（第三十四圖），在一端夾一小滴稀硫酸 y 於兩板之間。在這一點並沒有可以感覺得到的化學效應發生，除非用能够傳電的物體，將這兩塊板，在別的地方，如 p 和 z 連結起來。這個用來連結的物質，若是金屬，或某種形式的炭，那麼，電流立即通過，當其經由 y 處流過時，就有分解發生。

六二五、其次將 y 處的酸取去，在 x 處放一滴碘化鉀的溶液，如第三十五圖，也有同樣的效應發生。僅有一點不同，

就是當 p 和 z 處的金屬交通完成的時候，電流的方向，和前一個實驗中的電流方向相反，如像圖中的箭頭指示的一樣。用這個箭頭，可以將電流通過的路線表示出來（四〇三）。

六二六、其次將這兩種溶液都用來作成導體，可是在液體裏面的傳導，是按照着一定的次序（五九三），和分解連帶而起的。所以即由在某一點出現的元素，可以將通過的電流的方向指

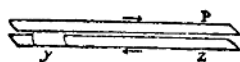


圖 四 十 三 第

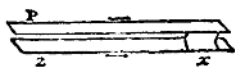


圖 五 十 三 第



圖 六 十 三 第

示出來。並且這種溶液，要是各各放在金屬板的互相反對的一端上，如同前面所述的那兩個實驗（六二四，六二五），在他一端上有了金屬的接觸，通過的電流方向，彼此恰好相反。所以能夠同時使用這種互相反對的兩種液體的作用，各在金屬板的一端發生。由一方發生出來的電流，就由他一方放電。事實上不過是用他們來代替了金屬的接觸，將兩個實驗，併合成爲一個實驗罷了（第三十六圖）。在這種情況下，有互相反對的兩種力作用。對於鋅作用的化學親和力較強，引起這個力的是液體，（在這裏就是稀酸），這個力量比較強大，所以勝過了其他的一力，於是遂造成了電流，並且決定了電流的方向。不僅使電流能夠從力量較弱的液體中通過，並且假如液體沒有受到這種作用，他的成分元素對於鋅和鉑的關係，一定正和現在相反。因此，假如是他自己的電流，成分元素所傾向的方向，也和現在正相反。所以假使在 y 處，令兩種金屬互相接觸起來，將這種力量優越的作用取去。那在 x 處的液體，就會恢復他原有的本領。或者不必令 y 處的金屬接觸，只要將在此處的溶液弄弱，同時將在 x 處的溶液加濃厚起來， x 處的作用也就會漸次增加起來，結果發生出來的分解，順序也就和前此相反。

六二七、在由兩種液體的不同部分間化學親和力的狀況以及其相互關係，得出一個最後的結論之前（六五一），我還要進一步去研究那些各種不同的景況。因為在這些景況下，受分解的物質的作用，很明白的對於在分解而造成電流的物質，也有反作用。

六二八、金屬接觸在一對簡單的金屬板上的用處，以及這種接觸比較用其他的物質來作接觸還要好得多的原因，現在已經很明白了。當塗過汞齊的鋅板浸在稀硫酸中的時候，作用於鋅和流體間的化學親和力，不足以引起可以感覺得到的作用，發生於接觸的表面上，也不足以使水因金屬的氧化而生分解。但卻能够使其發生一種電的狀況，（或化學親和力所依據的本領），只要開一條路，就可以發生電流（六五一，六九一）。這種電流可以完成在這種情況下使水分解所需要的條件。

六二九、現在有一小片的鉑接觸着鋅和要想分解的液體，開通了電所需要的通路。其對於鋅的直接交通，效力甚大，利用電解質在鉑和鋅間作成的任何交通，均遠不及此，詳見前面所說的實驗（六二六）。因為使用了電解質，則在電解質和鋅之間，又有化學親和力，和在稀硫酸裏面發

生的作用，恰好相反。縱令這個作用很小，在他們的成分間相互作用的化學親和力，依然還得要打破，因為離開了分解，他們就不能夠導電。從實驗上證明這種分解對於在酸內發生電流的力，又作用回去（六三九，六四五等），在許多的例中，完全足以互相抵消。要是鋅和鉑能夠直接接觸，這一類的障礙力，也就不會發生，因此電流的產生，電流的流動，以及相伴發生的分解，也都進行得很順利。

六三〇、這兩種正相反對的作用，可以消去一種，仍舊還可以用一種電解質，來連結浸在稀薄酸內，而互相分開的鋅與鉑，使其電路可以完成。譬如在第三十三圖上，令鉑線和鋅板 a ，在 x 處作金屬的接觸。又在鉑線上，其他的一部，如 s ，令其分開。然後用碘化物的溶液，放在這個分開的部分上，使其與兩方面的鉑的表面接觸。這樣一來，對於金屬並沒有化學的親和力作用。或者縱令有作用，但在雙方都是相等的。所以他那造成和由容器內的酸而來的電流相反的電本領，由此消去。只剩下阻礙分解的阻力留下，要由稀硫酸內的親和力，方得抵抗得過。

六三一、這就是有金屬接觸的一對簡單的有作用的金屬板所要的條件。在這樣的情形下，

只有一組相反的親和力，要用在容器。中占優勢的親和力去戰勝他。假使要沒有金屬的接觸，就有兩組的親和力，要去對付了（六二九）。

六三二、要想用由一對簡單的金屬板發生的電流，去使物質分解，通常都以爲是很困難的事，有時簡直是不可能。就是使用的電流很強，足以將這兩條金屬的棒燒成紅熱。例如用一個簡單的電路而成的嘿爾卡計（Hare's calorimeter），或者用武拉斯吞的強烈的一對金屬，也是徒然。這種困難的原因，由於兩種化學親和力的互相衝突而來，一種是發生電流使用的，另一種是要去戰勝他的。這兩種電的相對的強度，爲決定這種困難程度的原因。要是那一方面的力的總和，超過了他一方面的力的總和，前者就占到優勢，決定了電流，消滅了後者。結局使物質分解出來的成分元素，在方向上和分量上，都和最強烈而占優勢的作用相一致的。

六三三、通常水就是這樣的物質，由他的分解，可以用來檢查電流的通過情況。可是我現在卻發見水也有失敗的時候，因有我會經好久就發見了一個事實（五一，五二），是與碘化鉀相關的。即是這些物質對於一定的電流，發生分解，有難有易，其難易可由他們的通常的化學親和力的