

萬有文庫

第一集一千種

王雲五主編

法拉第電學實驗研究

(二)

法拉第著

周昌壽譯

商務印書館發行

法第拉電學實驗研究

(二)

法第拉著

周昌壽譯

漢譯世界名著

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

第三冊

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

第四冊

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

第五冊

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(串拜因)

關於鐵的特殊電流狀態(法拉第)

第二章〔註〕

(電傳導的一個新定律——一般的傳導率)

第三節 電傳導的一個新定律

一一六、當我在繼續作關於電化分解的研究工作，以備提出於皇家學會的時期中，遭遇着種種的效應，由於一種很普遍的電傳導定律而來，可是至今尚未爲人認識過。這些效應，雖然妨礙了我的工作，使我不能達到我所希望的目的，可是他們在廣大無邊的電科學的一部分上所引起的，新穎而又重要的興趣，使他們供給出許多的資料，足以抵償這暫時的失望而有餘。

一一七、我所使用的冰，是由溶液凍結而成的固體，用來作成從分解物質中橫渡而過的一種障礙物，或是作成電池的實際的電極，希望在他的通路中追尋某種元素的痕跡，或由此獲得某種元素，因此遂發見在這種情況下的冰，是電的不良導體，得了這個發見，我的工作就立即停止。在

任何強有力的電池的電路上。只要有了一層薄冰插入，電的傳達，無不立即停止，一切分解作用，也都停頓。

一一八、最初是用普通的冰來作這個實驗，時候正當一八三三年正月底嚴寒的時期。後來因為器械上的不完備，致令結果不甚可靠，於是改用下述的實驗形式，比較上可以避免許多的例外。

一一九、用錫製成幾個容器，各有五英寸深，一方有一又四分之一英寸寬，他一方的寬却有種種，從八分之三英寸起至八分之五英寸止，一端開放，容器裏面放軟木料和白金板，使白金板和錫盒不能直接接觸。預先將銅導線鉗在白金板上，以備必要時，容易將銅線連接到電堆上去。其次將預先煮沸三小時後的蒸餾水注入容器中，外面用鹽和雪的混合物，使其冷卻，俾白金和錫壁的中間，有純粹透明的固體冰介在其間。最後將此兩種金屬，連結到電流器的兩極板上，並在電路中插一電流計。

一二〇、第一次的實驗，白金極長三英寸半，寬八分之七英寸。全部浸在水內或冰內，因為容

器有八分之四英寸寬，介在其中的冰，平均不過四分之一英寸的厚，一方面和他接觸着的表面積，在兩極均約爲十四平方英寸。到得水已冰結以後，仍令全器浸在鹽雪混合物中，將帶電充足的電流器的兩端，各各與錫及白金連結，電流器係由四英寸的板二十對合成，每一板均係雙重的銅板。結果電流計的指針，一點偏轉也沒有。

一二一 將錫盒從冷劑內提出，從底略加以溫暖，俾其中的冰，熔化一小部分，在此期間內，此器和電流器的聯絡，仍照舊的保存，開始時指針並不移動；一直要到熔化已進行至和白金極接觸着的冰，也有一部分，化爲液體，傳導方能發生。一旦開始移動，即異常有效，指針永久停止在七十度近傍。

一二二 又在另外一個實驗裏面，使用的白金薄片有五英寸長，八分之七英寸寬，共有四英寸固定在冰內，冰結在兩塊金屬表面之間，僅厚十六分之三英寸。就在這個實驗中，也同樣的能完全絕緣。

一二三 從容器的上面注入少許的水在冰的上面，仍舊不能傳電，可是液體的水，事實上是

存在着的。這是因爲金屬是冷的，和金屬相接觸的水，也因受冷凝結成冰，所以和其他部分的水絕緣。由此可以推想得到冰的不傳電的本領，非常的大，只要有極薄的一層結在金屬上面，就可以阻斷電流。若是兩種金屬周圍的這一層極薄的冰膜，同時熔化，傳導也就立即發生。

一二四、當加熱於錫盒使冰塊消滅的時候，發見有一塊軟木，無意中偶然滑落，於是白金的一邊差不多已和錫盒的內面接觸，可是就是因爲有冰在這極狹窄的處所存在，發生障礙，所以通過的電，不能爲人覺察得到。

一二五、以上的各種實驗，曾經作過若干遍，結果均同。最後加強發生電流的器械，一其使用了十五個電池組，即是用了四英寸的板一百五十對，使其灌有充足的電。就是這樣，隔着極薄的冰的障礙，依然還是沒有可以覺察得到的電流通過。

一二六、最初的時候，好像還有各種情形不同的例外發生，但若加以考察，即不難將其妨礙的原因追究出來。各種實驗中使用的水，必須凍透，只要有一極的周圍，被冰包住，即足以防止傳導，本來並用不着要有冰從一極直連到他一極，可是要有一部分是液體，那麼，只須將這個器械，單純

的在空氣中露出一下，或是用手與他接近一下，均足以使水和冰的上層表面發生一薄層的液膜，從白金直達錫，均由此一層液膜爲其連結，這樣一來，傳導就得發生。又若用來嵌這條白金的軟木是潮濕的或是裏面有水，就使得使其受充分的冷卻，俾其內面所含的水全部結冰，方能使用。否則常用手去處理的時候，軟木和錫接觸着的表面，稍微受了一點的熱，這一部分立即成爲導體，在其內部的水分，更易傳導，於是電流通由此通過。又使用的水必須要純粹的，不僅由此可以得到沒有任何窒礙的結果，並且當凝結進行中，不致有過於濃厚的鹽類溶液造成，這樣的鹽類溶液，假使一旦造成，即保持着其液體的形態，夾在冰的中間，因受壓縮的結果，成爲冰中的孔穴，對於電自有其相當的傳導本領，和冰本身的傳導本領，不生關係。

一二七、有一次的實驗，使我很覺得奇怪，雖然使冰熔化了不少，可是對於電的傳導本領，還沒有恢復；後來始察見支架導線的軟木塞埋在冰中過深，致令白金仍被冰包住，不能和熔化了的部分接觸，所以傳電本領的恢復，遠在預期的時刻以後。

一二八、冰的絕緣性對於強度特別大的電，即失其效力。設將其與白金相連的導線，拿去和

一個帶電後金箔張開的靜電計接觸，而其錫盒則用手或用其他的導線去接觸，靜電計立即放電（一五五）。

一二九、雖然強度微弱到不能使靜電計的金箔張開的電，也還能夠從冰中通過（雖然通過的量有限（一五五）），因為這個緣故，所以水和冰對於電流發生器的電的比較關係，以及由此而生的結果，都不能不說是異常重要的。

一三〇、因為當液化中就獲得傳電的本領；當凝固中就失却此項本領的這個定律，好像並不專限於水，所以我立即着手去確定在其他情形時的影響，結果得知確為普遍的定律。為此目的特為選出許多的物體，在通常溫度時雖是固體，但卻極容易熔化成為液體。至於他們的成分，則因為和其他的電化作用的關係上，可以導出一個結論，即是當他們熔化成為液體的時候，可以代替水的地位，成為一個導體。用兩個電池組即是四英寸大小的板共用二十對（一一〇）造成電液發生器，作為電源，並在電路中插入一個電流計，用來指示是否有電流存在。

一三一、用酒精燈的火，將少許的氯化鉛（Chloride of lead）熔化在玻璃圓瓶的碎片上，

插入兩條新的白金導線，並且和電流器各各相連，就在連結的這一瞬，有很強烈的作用發生，電流的指針起劇烈的振動，氯化物很快的發生分解。但若將酒精燈撤去，當氯化物凝結的一瞬間，一切的電流，以及由其引起的效應，完全停止。雖然白金線仍舊保存在氯化物的裏面，並且彼此相隔尚不及十六分之一英寸的距離，電流也不能通過。但若再將酒精燈放在其下，一到熔解進行到了相當的程度，俾有液體物質將兩極聯絡起來，電流又立即通過。

一三二、若當熔化氯化鉛的時候，只插入一條白金線在內，由外面將他一條的白金線拿來，使其與液體接觸，此時新拿來的白金線，因為溫度很低，所以在線的尖端上凝結了一小滴的固體氯化鉛，電流因此不能通過。必須新拿來的白金線的溫度，也昇高到了能容液體的物質和他接觸的程度，方有傳導現象發生，並且一呈傳導現象，即成為強有力的導體。

一三三、其次再用氯化銀 (chloride of silver) 及氯酸鉀 (Chlorate of potassa) 來作同樣的實驗，其結果均完全相同。

一三四、在此類實驗中，只要有電流通過，就有各種物質的分解發生；關於此題的電化學的

部分，連帶着還有更爲普遍的見解，將來再作一文討論(註二)。

一三五、其他能夠在玻璃上熔化的種種物質，都可用燈和吹管使其熔化到白金板上，白金板和電池的一極相連，然後將和他一極相連的導線端，浸入其中。照此方法，得知氯化鈉 (Chloride of sodium)，硫酸鈉 (sulphate of soda)，低級氧化鉛 (Protoxide of lead)，碳酸鉀和鈉的混合物 (mixed carbonates of potash and soda) 等等，也表現出有同樣的現象。即是當其爲液體狀態時，既能傳電，也能發生分解；當其成爲固體時，就是在極高的溫度，並且使用四個電池組，也沒有電流通過其中。

一三六、有時實驗用的物質，係裝在一個很小的彎曲的綠色玻璃管內，當其熔化時，由兩端各各插入一條白金導線作其兩極。在這種情形下，也和前述的結果相同。並且還有一層好處，即是當此種物質一面傳電一面起分解時，可以見到各元素的最終的狀況。譬如碘化鉀 (iodide of potassium) 碘化鉛 (iodide of lead) 就在陽極上有碘出現，在陰極上有鉀或



圖 七 第

鉛出現。又如爲氯化鉛或氯化銀，則在陽極上有氯氣出現，在陰極上有鉛或銀的金屬出現。如爲硝石 (nitre) 或氫酸鉀，則在陽極上有氧氣等類發生，在陰極上有鹼類甚至於鉀金屬等發生。

一三七、還有第四種的器械，專爲許多特殊的物質而設，這些物質必須要有很高的溫度，方能熔化。一條白金線和電池的一極連結，其端彎成一個小環，其形狀和柏濟力阿斯 (Berzelius) 用來作吹管的實驗時相似。少量的鹽，玻璃或其他物質，經由吹管的力，熔化在這個環內，有時甚至要用氫氧吹管 (oxy-hydrogen blowpipe) 方能熔化。當此小滴在環內掛着，全體熱透成爲液體時，由電池的反對的一極連出一條白金線，使此白金線的線端，和環內小滴接觸，即可觀察其效應。

一三八、下面列舉的各種物質，從化學上看起來，是屬於完全不同的種類，可是通受這個定律的支配。這樣的名單開起來，當然範圍還可以大爲擴充，不過我却苦於沒有時間，只好舉出幾個例來，足以證明這個定律就能了。

第一種就是水，前面已會說過。

其次爲氧化物，例如碳酸鉀或苛性加里 (potassa) 低級氧化鉛，硫化砷 (class of antimony) 低級氧化錫 (protoxide of antimony) 氧化銻 (oxide of bismuth) 等。

氯化物如鉀，鈉，鋇，銻，鈣，鎂，鋅，銅，(低級) 鉛，錫，(低級) 銻，銀等的氯化物。

碘化物如鉀，鋅和鉛的碘化物，低級碘化錫 (protoxide of tin) 過碘酸錫 (periodic acid of mercury) 氟化鉀 (fluoride of potassium) 氰化鉀 (cyanide of potassium) 硫氰化鉀 (sulpho-cyanide of potassium) 等。

鹽類如氯酸鉀 (Chlorate of potassa) 硝酸鉀 (nitrate of potassa) 硝酸鈉，硝酸重土，硝酸錫，硝酸鉛，硝酸銅及硝酸銀等；硫酸鈉，硫酸鉛，低級硫酸錫 (proto-sulphate of mercury) 磷酸鉀，磷酸鈉，磷酸鉛，磷酸銅，磷酸石灰 (acidphosphate of lime) 碳酸鉀，碳酸鈉，混合物或分開的都是一樣；硼砂 (borax) 硼酸鉛，過硼酸錫，鉻酸鉀，重鉻酸鉀 (bi-chromate of potassa) 鉻酸鉛，醋酸鉀 (acetate of potassa) 等。

硫化物 (sulphuret) 如硫化錫，用氫氣使硫酸鉀還原而成的硫化鉀，普通的硫化鉀等；砒酸

鉀，過鉍酸鉀的溶融塊 (chameleon mineral)。

一三九、其中有許多的物質，當其液化以前，必先變成柔軟，像這樣的物質，應當要到什麼時候方能取得傳導的本領，又當其完全化為液體以後，其傳導的本領，又將增大至若何的程度，對於此類問題，若加以詳細的觀察，極為有趣。例如硼酸鉛放在玻璃上用燈火加熱時，即變軟成為和糖漿一樣的粘體，對於電並不傳導，必須用吹管使其成為紅燒，方能傳電。到得成為完全的液體時，傳電亦極容易。

一四〇、在這種能夠變軟的例中，其傳導的本領之所以能增加，或許由於溫度的升高（一六八，一八一）而來，亦未可知，我對於此項原因，並不加以否認，不過大部分的原因，還是由於上面所說的普遍定律而來，實無可容疑。這個定律對於此類漸次變軟的物質，是漸漸的發生效力，並非突然而來。

一四一、還有下面所舉的幾種物質，就是變為液體的時候也不能成為導體。

硫黃，磷，碘，化硫，過碘化錫，雄黃 (orpiment)，雞冠石 (cinnabar)，冰醋酸 (glacial acetic acid)。

眞珠酸 (margaric acid) 和油酸 (oleic acid) 的混合物，人造樟腦 (artificial camphor)，咖啡精 (caffeine)，糖，屍蠟 (cadipocine)，椰子油 (cocoa-nut oil) 的硬脂 (stearine)，鯨蠟 (spermaceti)，樟腦，石腦油精 (Naphthaline)，樹脂 (resin)，摩洛哥樹脂 (Gum sandarach)，蟲膠 (shell lac) 等。

一四二 又如過氯化錫 (per chloride of tin)，氯化砷 (chloride of arsenic) 以及水氣化砷 (hydrated chloride of arsenic) 等，都是液體，可是據電流計的指示，在感覺得到的程度內，都是不傳電的，並且他們化合而成的物質，也同樣的沒有傳導的本領。

一四三 以上所舉的各種例中，很有幾種足以稱爲前述的普遍定律的很明顯的例外。如雄黃，雞冠石，醋酸，人造樟腦，過碘化錫，以及錫和砷的氯化物等。關於此類物質，將於電化分解的文中，再有敘述的機會。

一四四 使用氫氧焰 (oxy hydrogen flame) (137) 可以將硼酸的溫度盡量升高，可是仍舊不能獲得足以使電流計發生影響的傳導本領，電化的分解，當然也無從察知。看去好像是