

放射化學的認識

鄭錫銘 編著

新中國聯合出版社出版

放射化學的認識

鄭錫銘 編著

蘇工業學院圖書館 ★
藏書章

新中國聯合出版社出版

版權所有・不准翻印

放射化學的認識

編 著 者	鄭 錫 銘
出 版 者	新中國聯合出版社 上海:(9)石門二路41弄44號
發 行 者	通 聯 書 店 上海:(11)九 江 路 295 號
經 售 處	全 國 各 大 書 店

一五九二年九月初版
一九五三年五月再版

1001—3000

售價 ¥ 6500 元

序 言

放射化學是一種新近發展的化學，國內尚無專書出版。在放射化學裏面，以放射物質的連續轉變，引起了原子分裂學說的出現，使過去認為“原子是物質的最小單位，不能再行分裂”的傳統觀念，得到全面解放；一面摧毀了從前建築在原子上的化學基礎，另行樹立了電子和核子的新局面。這樣便完成了化學界的學術革命，使放射化學成爲一種革命性的化學。

放射化學僅有五十餘年的歷史，因爲大家都來研究，以致出現了幾百種新的人工放射性元素；並且導引學者作原子核的研究，使人認識了偉大的原子能。其發展的迅速和驚人的成就，實是化學界中一個奇蹟。

關於放射化學的知識，除報紙和雜誌方面，略有片段的介紹外，國內尚無系統性的讀物；因此編寫這本小冊，供應需要。

本書以普及科學知識爲宗旨，內容力求淺顯，有系統而不專門；諸如高深數學及艱奧學理，書中暫不收列，以適合學生及一般大眾的閱讀。新穎材料，儘量搜羅；學術名詞，則依照新近公佈的化學物質命名原則。

我國地大物博，礦產豐富。書中介紹些處理礦產的概況，使能提高研究礦物的興趣，以備爲國家開闢財源。

不過寫得不好，要請讀者多多指正！

鄭錫銘

一九五二，二月 序於上海

目次

前言	1
放射化學是革命性的化學	2
放射的意義	2
放射化學的革命性意義	2
物質和能	4
物質和物體	4
元素單質和同素體	5
原子說要點	5
分子說要點	6
電離說的要點	12
原子序數和質量數	13
元素的種類	13
同位元素	14
表 1. 元素原子量及同位元素含量表	15
表 2. 元素週期表	22
能的意義	24
電的學說和電子的動態	25
靜電的發現	26
早期的電學說	26
1. 流體說	26
(甲)兩流體說	27
(乙)單流體說	27
2. 電磁學說	28
3. 湯姆遜的發現電子	29

低氣壓下放電的蓋斯勒管	29
圖 1. 低氣壓下放電的蓋斯勒管	30
陰極射線管或克羅克斯管	31
陰極射線的性質	31
α 射線	33
圖 2. α 射線管	33
圖 3. 柯立奇式新型 α 射線管	35
電子的發現	37
放射性元素的發現	39
放射性的發現	39
鈾的發現	41
鐳的發現	41
釷的發現	42
錒的發現	42
放射作用的原因和特徵	42
為什麼要起放射作用	42
放射作用的特徵	43
研究放射作用的驗電器	44
圖 4. 金箔驗電器	44
放射線和放射能	45
放射物的分類	45
放射線的幾種共有效應	46
1. 感光效應	46
2. 熒光效應	47

3. 貫穿效應.....	47
4. 電離效應.....	47
5. 放熱效應.....	48
放射線的發現.....	48
圖 5. 鈾的三種放射線.....	48
阿而法射線.....	49
放射和質點.....	49
檢視阿而法質點的閃爍鏡.....	49
圖 6. 閃爍鏡.....	50
數計質點的蓋格計數器.....	50
圖 7. 蓋格計數器.....	50
觀察射線形跡的韋而生霧室.....	51
圖 8. 韋而生霧室.....	52
阿而法射線的特性.....	54
射線的跡象.....	55
圖 9. 阿而法質點的霧跡形象.....	56
倍泰射線.....	56
射線和質點.....	56
射線的特性.....	57
圖 10. 倍泰質點的霧跡形象.....	58
射線的跡象.....	59
茄瑪射線.....	59
茄瑪射線和 α 射線.....	59
茄瑪射線的特性.....	60
茄瑪射線的跡象.....	61
台而泰射線.....	62
放射氣.....	62
放射微粒.....	64
中細子.....	64
光譜分析和光譜線.....	64

天然放射性元素——鈾.....	65
鈾的產布.....	65
(一) 鈾歷青礦.....存在.....	65
形態.....成分.....性狀.....	66
檢驗方法.....	66
簡易的鑑別方法.....用途.....	67
(二) 鈾灰礦.....別名.....形態.....	67
成分.....性狀.....檢驗方法.....	68
(三) 磷鈾鉍石.....形態.....性狀.....	68
成分.....檢驗方法.....	68
(四) 磷鈾礦.....	68
(五) 鈾銅礦.....別名.....形態.....性狀.....	69
成分.....檢驗方法.....	69
(六) 鉍酸鉀鈾礦.....	69
(七) 硫酸鈾礦.....	69
(八) 矽鈾灰石.....	70
(九) 鉍鈾礦.....形態.....性狀.....	70
成分.....檢驗方法.....	70
(十) 鈾灰石.....	70
形態.....性狀.....成分.....	71
檢驗方法.....	71
(十一) 黃砷鈾礦.....	71
(十二) 綠砷鈾灰石.....	71
(十三) 鈾砷鈹礦.....	71
(十四) 砷鈾銅礦.....	71
鈾的種類.....	72
鈾的性狀.....	73
鈾的發現和化合物.....	74
鈾的檢驗方法.....	75
鈾的提製方法.....	76
鈾的用途.....	76

鐳	77	釷系	92
鐳的產布	77	釷系的蛻變情況	92
鐳的性狀	77	釷系蛻變的圖解	94
鐳的檢驗方法	79	圖 11. 釷系放射蛻變概況圖	95
鐳的提製方法	79	鐳系	96
鐳的用途	79	鐳系的蛻變情況	96
釷	80	鐳系蛻變的圖解	98
釷的產布	80	圖 12. 鐳系放射蛻變概況圖	99
(一)磷黃石…形態…性狀…成分	80	鈾鐳系	100
檢驗方法	81	鈾鐳系的蛻變情況	100
(二)釷石…形態…性狀…成分	81	圖 13. 鈾鐳系放射蛻變概況圖	103
檢驗方法	81	鈾鋼系	104
釷的性狀	82	鈾鋼系的蛻變情況	104
釷的提製方法	83	圖 14. 鈾鋼系放射蛻變概況圖	107
釷的用途	83	放射系外的天然放射性元	
原子分裂學說和化學革命	83	素	108
原子分裂學說的醞釀情況	83	鉀 ⁴⁰	108
原子分裂學說的意義	84	鈾 ²³⁸	108
放射蛻變和衰變	85	釷 ²³²	109
放射蛻變的意義	85	鐳 ²²⁶	109
衰變的意義	86	表 3. 天然放射性元素表	110
衰變的情況和半衰期	86	人工放射性	113
衰變的情況	86	人工放射性的意義	113
半衰期的意義	87	人工放射性的發現	114
放射系	88	人工放射性的情況	114
放射系的意義	88	人工放射性的特點	115
蛻變的方式	88	正子蛻變	116
放射系的原始分類法	89	內部轉換電子	117
放射系的現代分類法	89	次級 β 射線	117
最近發現的新放射系	91		

K 電子的捕獲現象.....	118	表 4. 人工放射性元素表.....	121
同位異重元素和同重異位 元素.....	118	放射能的應用.....	137
同位異重元素.....	118	計算地球年齡.....	137
同重異位元素.....	119	放射能在醫學方面的應用.....	138
同核異性物.....	120	放射能在工業方面的應用.....	139

放射化學的認識

前 言

放射化學 radio-chemistry 原先是研究化學原理之理論化學 theoretical chemistry 的一個分科，自從公元 1898 年，居禮夫人 Pierre Curie 發見新元素鐳 radium 能夠放射前所未見的放射物質後，大家耳目一新，認為化學界出現了一個奇蹟。當初因為研究不多，資料缺乏，鐳的放射現象，僅在理論化學中，佔列一個極小部分，供大家認識罷了。後來研究的人，逐漸增多，關於放射方面的新智識，不斷地在報紙和雜誌上出現，使我們對於放射化學，有較深的瞭解。又因為放射化學對於原子能，有重要而密切的關聯，大家在努力研究原子能的時候，發現了許多新的放射知識，無形中造成了放射化學的發展。更因為放射化學的急速發展，使原子能的研究，得有更多的成就，因此放射化學在化學界的地位，日趨重要。

不過放射化學雖然日趨重要，對於放射化學的知識，國內尚無專書記載。大眾所能吸收的，僅在報紙和雜誌上，得到零星碎片，一時不易認識整個輪廓。因從各方面搜集有關資料，依照普及科學知識及為人民服務的志願，整理成這本小冊，使

讀者在最短的時間內，吸收一羣有系統的放射化學的資料，而得到整個認識。

放射化學是革命性的化學

放射的意義——太陽的熱，不經中間物質的傳導，能夠像放射槍彈一樣，直接地傳播到地球上來。這樣傳熱的方法，在物理學上講起來，叫做“輻射” radiation。

推廣地說，任何物質，不經中間物質的傳導，能由一處地方，直接向四圍外界，作放散或發射的動作。這種動作，科學上叫做“輻射作用”，說得通俗些，便叫做“放射作用”。

放射化學的革命性意義——化學是研究物質的組成、性質、及變化情況的科學。放射化學是研究具有放射作用之特種物質的化學。在放射化學裏面，我們研究放射作用的一切情況，作為研究原子化學的基礎。下文中當作有系統的介紹，使能認識其整個輪廓。

按放射化學的歷史，到現在還沒有一百年，在這較短的過程中，放射化學不但顯示了驚人的發展；並且推翻了從前化學的古老基礎；改革了陳舊的不準確觀點；把化學引進到另一新的園地；建立了化學的新局面；因而勝利地完成了化學革命，其功蹟的偉大，像我們國家一樣，值得大眾驚奇而讚美的。現在把放射化學的革命性意義，先行向大眾介紹一下：

(一)從前的化學界，常把原子認為是物質結構上，最小的基本微粒。但在研究放射作用的時候，發現了比原子更小的電

子，因此知道原子是許多電子和一個原子核結合的集團。這種電子的發現，推翻了原子是物質結構最小單位的舊觀點，使化學理論的古老基礎，不得不改舊換新，形成了化學界的革命。

(二)從前在研究物質變化的時候，大家認為物質的質量，不論經過任何變化，總是保持原有數量，既不增加，亦不減少，這樣便叫做“質量不變定律”。但在放射化學發展以來，我們知道一般具有放射作用的物質，經過不同時間的放射後，大都減少了本身的質量。並且像革命戰士一樣，甚至毀滅了自己本身，造成另一新的物質。這樣看來，物質經放射以後，不但減少原有質量，甚至完全消滅了自己本身，使“質量不變”或稱“物質不滅”的定律，起了根本的搖動。這種質量不變的不準確觀點，完全給放射作用擊破，無形地被改革而消滅了。

(三)自從發現了電子後，大家才知道從前所研究的化學變化，僅是原子核外電子的離合狀態，而原子的重要部分——原子核，根本沒有變動。從這裏引起學者研究原子核的興趣，大家根據放射作用的原理，設法擊碎了不易擊破的原子核，而研究原子核本身的變化。這樣把原子核外的化學研究，引進到原子核內另一新的園地去，促成了化學界的進步和新發展。

(四)在原子核的深入研究中，發現了被擊破的原子核，能夠放射出效能偉大的原子能。這樣引起了世界上大眾的驚奇，使各國化學家，分別進行原子能的研究，把整個化學界，建立了原子能世界的新局面。

總結上面所說的，放射化學因為發現電子的緣故，改革了

“原子是物質組成最小單位”的舊觀點。從放射作用的現象，說明了物質經發生放射後，能使本身的質量減少，甚至消滅了本身所有的質量，而造成另一新物質。這樣把從前科學界一致信服的“質量不變定律”，完全推翻。再從放射化學的逐步發展，把化學的研究對象，從原子核外電子的離合現象，引進到原子核裏面的另一園地。並因研究原子核的變化，發現了前所未有的原子能，因而刷新了化學界的舊有局面，更換了一番新的氣象。

還有從前化學界認為物質的最簡單成分——元素，是一種絕對不能改變的天然物質；但在放射化學的研究中，說明了一種具有放射作用的天然物質鈾元素，經不斷的放射，會變成各種元素，展開了人工造成元素的新趨勢。

這些種種跡象，在放射化學發展以前，都是化學界所不能夢想的事實，現在居然因放射化學的發展，而一一實現，成為化學革命的勝利果實，所以放射化學是一種革命性的化學。

物 質 和 能

物質和物體——凡在天地間占有位置，具有重量，而是構成物體之質料的，叫做“物質”。

由物質構成各種不同形狀的形體，則叫做“物體”。

例如鉛球和鐵球，同是圓球形狀的物體；鉛和鐵是兩種性質不同的物質。木桌和木椅，木是同一的物質；桌子和椅子則是兩種形狀不同的物體。

元素單質和同素體——把物質的成分，設法分析開來，分析至不能再分的最簡單成分時，這種物質的最簡單成分，便叫做“元素”。例如把水用電力分解，水可分為氫和氧兩種元素。

通常的物質，都由數種元素組合成功的。如果物質祇由一種元素構成的，則叫做“單質”或“素質” simple substance。例如石墨和金剛石，都是由一種碳元素構成的兩種單質。

由同一元素構成的兩種物體，如果性質各不相同的，那麼這兩種同元素而不同性質的物體，便互相稱為“同素異性體”，簡稱“同素體” allotropic form。例如石墨色黑不透明，性質柔軟，被人類用做鉛筆的鉛心；金剛石無色透明，性質堅硬，被人類看做寶石。兩者雖然同由同一碳元素組成，而性質卻是絕不相同。所以石墨和金剛石，同是碳元素的同素異性體。

原子說要點——把元素設法分析開來，等到分析至無可再分的最小微粒，則叫做“原子”，所以原子是元素的最小單位。

在公元 1808 年，英人達爾頓 John Dalton，發表了原子學說，現在略舉其要點如下：

1. 原子是元素的最小質點，小至到達最小的限度，無法可將其再行割小。
2. 元素不同，原子亦不同；同一元素的原子，質量既相等，性質亦相似。
3. 一切物質的化學變化，是各物質內若干種整個原子，發生結合或分離的現象。

自從原子說發表以後，因為和二千五百年前，哲學家但摩克利脫斯 Democritos 所主張的分子，發生含糊，致大家搞不清楚；所以在公元 1811 年，意人阿佛加德羅 Avogadro，爲了解釋分子和原子的區別，以種種有根據的推論，發表了分子說，現在舉述其要點如下：

分子說要點——1. 分子是物質（不是元素）的最小質點，在物質發生變化的時候，方才分析成更小的原子。

2. 不同的物質，其分子亦不同。同一物質的分子，質量既相同，性質亦相同。

3. 一切物質的化學變化，是物質內原有的分子，改變原有組織，組成新分子的現象。在分子發生改組的時候，分子的個數，必爲整數。

上文所講的原子說和分子說，是研究物質結構的重要結果。一般化學家，大都相信原子是任何元素的最小質點；而分子則是各種原子的集團。這樣的觀念，流傳了好多年月，直到研究放射化學時，發現了電子以後，大家才知道原子是電子和原子核的集團，所謂“原子是元素的最小質點”的化學基礎，便被完全推翻，使化學界發生重大的革命。現在我們要瞭解原子的結構，特再舉述其要點如下：

原子結構說的要點——原子結構的詳細情況，雖經各國化學家的努力研究，到現在還不能完全明瞭。我們祇好把已得的知識，略作簡單的介紹：

1. 一切原子的結構，可分爲原子核和電子二部。原子核

的位置，在原子的內部，像果實的果核這樣，所以叫做“原子核” nucleus。每一原子，祇有一個原子核。在原子核的四圍外界，有許多電子。這許多電子，分列數個電子層。各層的電子，都依着一定軌道，像天上的行星這樣，包圍着原子核，片刻不停地環圍繞行。

2. 原子核荷帶陽電；電子荷帶陰電。各電子所荷陰電的總量，剛巧和原子核所荷陽電的總量相等。陰陽電兩相抵消，因此每個原子都能保持不陰不陽的中性。

3. 在原子核裏面，現在可能找到的，計有兩種基本微粒：一種帶有陽電的微粒，叫做“質子” proton；另有一種不帶陰電或陽電，而呈中性的微粒，叫做“中子” neutron。

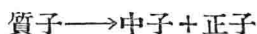
4. 質子是原子核內帶陽電的微粒，原子核本身呈陽電性，便因質子帶有陽電的緣故。質子的質量，是電子質量的1845倍，而和中子相等。因為電子的質量太輕，許多電子的總重量，尚抵不到一個質子的質量；所以原子核的重量，差不多全由質子負擔。質子在原子核內的數目，每種元素各不相同。現在世界上共有九十八種元素，便有九十八種不同的質子數目。質子數目的增減，影響於元素的化學性質。

5. 中子是原子核內不帶任何電性的基本微粒，質量和質子相等。中子在原子核內的數目，各有不同。有時同一元素的原子核內，亦有不同的中子數目。中子數目的不同，影響於元素的物理性質。

6. 質子和中子，關係是很密切的。兩者同在原子核內，

同作不停的運動，並且在公元一九四六年年底，經人從實驗方面證明，質子和中子，還能互相變換：便是在每一時期內，甲爲質子，乙爲中子；但在另一時期內，則甲變換爲中子，而乙變換爲質子。

當質子變換的時候，質子會變成一個中子，同時放出一個正子來，而如下列的變化：



當中子變換的時候，中子會變成一個質子，同時又放出一個電子來。



因爲中子和質子，同是原子核內的基本微粒，所以中子和質子，有時同被叫做“單子” nucleon。因此一般的所謂“單子”，既可指爲質子，亦可指爲中子。

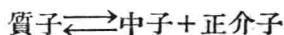
7. 正子 positron 最初叫做“正電子” positive electron，是在公元 1932 發年現的。正子是帶陽電的電子，質量既和電子相同，電量亦和電子相同；不過電性的正負符號，剛巧相反。不過正子有一特點，便是有正子而找不到正子的蹤跡。這是什麼意思呢？原來正子是帶陽電的電子，當質子變中子而把正子放出來的時候，在若干分之一秒的短時間內，原子核外四圍的電子，很迅速地來和正子合併，而將正子消滅。這樣原子核內雖有正子的產生，但因消滅得太快，所以不容易找到正子的蹤跡。

那麼正子和電子合併後，又變成什麼東西呢？簡單地回答

一句，兩者合併後，會變成一種 γ 射線(γ 射線是一種放射線，後面要詳細地舉述，這裏暫且略而不談。)諸如這樣的情形，便稱為物質的“消失現象”。

8. 原子核中，除了上述的質子、中子、和正子外，尚有一種叫做“介子”meson or meson 的許多微粒。介子的質量，是介乎質子和電子之間，約為電子質量的 210 倍。最初曾一度被叫做“重電子” heavy electron，後來改為現在的名稱。講到介子的作用，據說在原子核的外圍，有一種放射介子的輻射場 radiation field。因為這個輻射場能夠放射介子的緣故，所以又叫做“介子場” meson field。從介子場裏，產生一種“介子力” meson force。使原子核中的基本微粒，質子和中子，互相在原子核中結合着。

介子本身，帶有陰電的，叫做“負介子”；帶有陽電的，叫做“正介子”。正介子和負介子，都在單子互變的時候，產生出來。當質子變中子的時候，同時會產生正介子；在中子變質子的時候，同時會產生負介子。並且中子和正介子，有時在某種情形下，會變成質子；質子和負介子，會變成中子。關於這些互變的情形，可用下列的可逆反應來表示：



介子的種類很多，在這裏不擬作詳細的討論，因為有些地方，研究工作尚未完成，對於介子的內容，尚未能完全明瞭。不過到公元 1948 年年初，在擊破碳元素原子核的試驗中，產生