

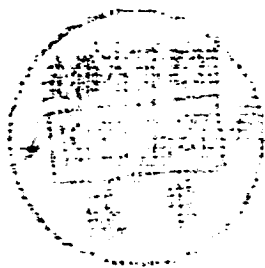
萬有文庫

第一集一第

王雲五編

元素之研究

鄭貞文著



商務印書館發行

真文真意

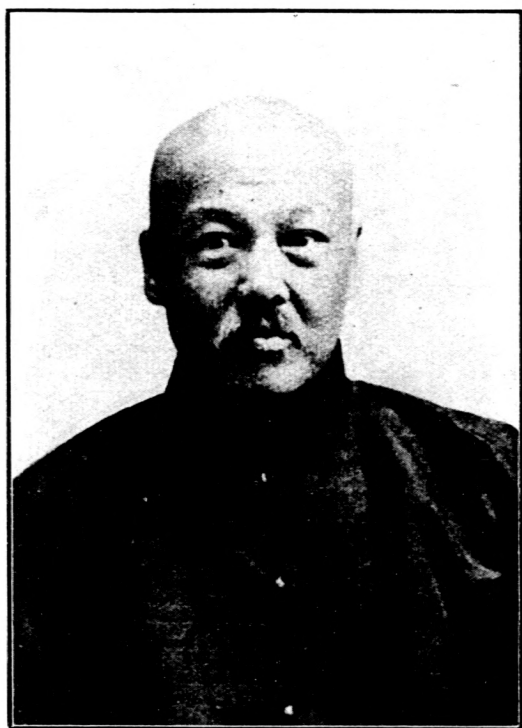
王德信

中國書法  
王德信

中國書法

046447

江公雲卿遺象



吾族僻處山隅。而歷朝科第聯綿。人文蔚起。蓋由我祖我宗。以耕讀傳家爲勸率而然也。科舉旣廢。里中  
擬立小學。以訓育子姓。惟兵燹以後。墻籍蕩然。予叔父漢珊公特購四部備要一部。贈諸鄉校。俾治國  
學者有所考索。嘉惠後學。誠盛事也。愚兄弟趨庭之暇。稔聞先君雲卿公稱述先曾大父大文公讀  
書勵行之盛德。及先大父采東公掩骼建祠之懿聞。輒殷殷以敬宗睦族相勗。予小子秉承庭訓。毋  
敢或忘。近見海上書坊印行萬有文庫一種。卷帙浩博。而於各種科學之精要咸備。洵爲治科學者之津  
梁。爰承遺志。購貽族人。里中有此兩書。好學之子弟。雖杜門里術。負笈無資。亦可致力自修。期學業之深  
造。更望里中父老。因是益搜求圖籍。以爲興立圖書館之美舉。他日者人才輩出。族姓光大。將以此爲其  
嘒矢焉。而先大夫未竟之素志。亦得以補償一二。是則愚兄弟之大願也。至於藏守護持。毋使放失。毋供  
鼠竄。則有吾鄉校中有典守之責者在。是爲敘。

中華民國二十一年歲次壬申仲夏旌德江庶咸

笑逸  
齋麓全識



元素之研究

曹文典著

商務印書館

# 元素之研究

## 目次

第一章	元素的意義	一
第二章	有史以前既知的元素	七
第三章	鍊金術家所發見的元素	一八
第四章	由研究氣體所發見的新元素	二七
第五章	化學改造時代所發見的新元素	三一
第六章	由電解所發見的新元素	三六
第七章	化學興隆時代的新元素	三九
第八章	由景分析所發見的新元素	四七

第九章	由週期表的預言所發見的新元素	五〇
第十章	稀土類的精密研究	五四
第十一章	由秤量分析所發見的新元素	六三
第十二章	由電計所發見的新元素	七〇
第十三章	由研究原子構造所發見的新元素	八一
第十四章	還未發見的元素	八七

# 元素之研究

## 第一章 元素的意義

物質的本體是甚麼？是人類追求知識以來首先要研究的問題。公元六百年前希臘學者退利斯 (Thales) 以水爲萬有的基本體，此說支持最久，直至十六七世紀間赫爾蒙 (Van Helmont) 氏於二百磅的土中，植五磅的柳苗，五年之後，秤這柳的重量，得一百六十九磅，而土不過減去二磅，以爲這一百六十二磅的增量，都是由水變成，來證明退利斯的假說。又在公元五六百年前之間，亞諾芝曼尼 (Anaximenes, B. C. 557) 以空氣，赫拉頤利圖斯 (Heraclitus, B. C. 535—475) 以火，斐勒賽第茲 (Pherecydes B. C. 550) 以土爲萬有的原體。

恩拍多克利 (Empedocles, B. C. 490—430) 否定萬有一元說，以火、風、水、土四元素爲組成



萬物的本原。由這些成分種種的比例，化合成種種的物質，但此四元素不能互相變化。

本來元素的原名 *Element* 一字，由拉丁語 *Elementis* 孳乳而成，指由 *l*、*m*、*n* 等組合而成的意義。即表示由 *l*、*m*、*n* 等元素組成各種物質。

柏拉圖 (Plato, B. C. 427—347)，亞里斯多德 (Aristotle, B. C. 384—322) 等繼承恩柏多克利氏四元素之說，以表宇宙全體的現象，但主張此等元素可以互相轉化，與恩氏異趣。所以這裏所謂四元素，不是固定的，和今日科學上所用的元素意義不同。不過是便宜上表現物象的哲學上概念而已。例如以火表熱和乾，風表熱和濕，水表冷和濕，土表冷和乾等性質，以為一切萬物由此四元素的八性質組合而成，而且可以互相轉變。此種思想直到十八世紀的末葉，對於學術界上還有重大的影響。

德謨謨利圖 (Democritus, B. C. 460—370) 以為物質逐漸分析至於極微，最後達到的粒子，肉眼雖不能見，然而無論用如何方法，都不能使他變化。他將這種的粒子稱做原子 (atom)，在希臘的原名，表不可分的意義。他以為物質由原子而成，各原子不特互相引斥，且常振動不絕。而且

形成甲物質的原子與形成乙物質的原子，於大小重量各不相同。此說和亞里斯多德所主張的物質連續性相反，一時被後說壓倒，但希臘的伊壁鳩魯（Epicurus, B. C. 341—270）和羅馬的琉克理細阿（Lucretius, B. C. 95—55）則支持之。此說開今日原子說的端倪，在化學史上甚有價值。

我國自古唱陰陽五行之說，以為「造化之道，一陰一陽而已，」陽變陰合而生水火木金土，」故「五行一陰陽也。」其意以為推原萬物之本體，不外五行所成，而五行則由陰陽而生。子華子中北宮意問一段，說明他的關係，頗為詳盡，舉之如下：

「夫天降一氣則五氣隨之，寄備於陰陽，合氣而成體。故有太陽，有少陽，有太陰，有少陰，陰中有陽，陽中有陰。故陽中之陽者，火是也。陰中之陰者，水是也。陽中之陰者，木是也。陰中之陽者，金是也。土居二氣之中間，以治四維，在陰而陰，在陽而陽，故物非土不成，人非土不生。北方陰極而生寒，寒生水；南方陽極而生熱，熱生火；東方陽動以散而生風，風生木；西方陰止以收而生燥，燥生金；中央陰陽交而生濕，濕生土。是故天地之間，六合之內，不離於五。金木水火土，五精之總

也。寒熱風燥濕，五氣之聚也。水以潤之，火以燻之，土以溽之，木以敷之，金以斂之，此以其性言也。水之冽也，火之炎也，土之蒸也，木之溫也，金之清也，此以其氣言也。水在下，火在上，土在中，木在左，金在右，此以其位言也。水之平也，火之銳也，土之圓也，木之曲直也，金之方也，此以其形言也。水則因，火則革，土則化，木則變，金則從革，此以其材言也。水井渙也，火爨治也，木金器械也，土爰稼穡也，此以其事言也。夫盈於天地之間，而充物者，惟此五物也。凡五物之有，不可無也；其所無，不可有也。」

由此觀之，是以五行爲五元素，以五行表萬物的本體以及他的性質，和柏拉圖、亞里斯多德的四元素說頗有相類之處，不免偏於哲學的概念。但歸原於陰陽二氣，而且以爲陰陽互相倚伏，老子說：「萬物負陰而抱陽，」和今日的原子構造說大有暗合之處，很值得我們的注意。

印度的學者卡皮拉 (Kapila, B. C. VII—VI) 主張宇宙由五種的微粒 (Tannatras) 所構成，此等微粒非常人的感覺所能窺知，屬於神祕的東西，即由精神的原體而出，成爲音響、感覺、色彩、香味等的原質，而生地、水、火、風、空五元素。加奈大 (Kanada, B. C. VI—V) 氏更進一

步，以爲此五元素俱由極微的原子而成，原子不朽不滅，是同大的球體，約爲由日光反射所見空氣中浮游微塵的六分之一。

關於物質本源的學說，我國和印度希臘雖各獨立唱道，然極有相似之點，大堪注意。如就其年代考察，希臘最晚，約在二千四百年前；印度則起於二千六七百年前之間；我國最早，雖夏殷之書，不甚可靠，然陰陽五行之說，必起於周初或周前無疑；說者疑是由東洋的思想西漸，不爲無因。當時對於物質構造的見解，雖說與其在科學上不如說在哲學上有重大的價值，然而今日化學上所謂元素和原子的萌芽，已基於此。

元素的意義，隨化學的進步而常有出入。由今日的見解言之，就我們所知道和做得到的範圍內，不能由更簡單的成分而合成的成分，稱爲元素。這個定義，表面上似甚曖昧，但就今日學術界的情形而論，除卻如此說法，都不免有些語病。在十九世紀的末葉，我們將各物質漸次分解爲簡單的成分，達到不能再行分解時，將這最簡單的成分認爲元素。然自放射性元素發見以來，知道元素階級之中，有會自然分解的東西。例如由鐳放射，能生氦和釷，所以不能說元素不可分解。但就反面而

說，欲由更簡單的元素而合成複雜的元素，在今日科學的知識，還是辦不到的事，所以元素的定義，祇得如上所述。

新元素這名詞，從狹義的解釋起來，是從前未知而由那時代的先覺者新取出來的單質。但縱未取到單質，而得一種新化合物，其物理的或化學的性質和既知的一切東西不同，不能分解為既知的成分或由既知的成分合成時，也可以說其中含有一種新元素。如鐳，自一八九八年認為新元素，介紹於世界以來，經過十三年之後，始得金屬狀態的單質，便是一例。

自放射性元素發見以來，性質相同而原子量不同，在週期表上占有同一位置的元素，發見不少。但是這些同位元素，不認作新元素。因為原子量的大小，不能認為決定元素的固有性質。

照上述的定義，今日既知的元素，到底有多少呢？自一八六九年門得雷業夫（D. I. Mendeleeff, 1834—1907）發見週期律以來，至於今日，經許多學者的意見，將百餘年來所視為聖典的週期表，修訂到完全可以說明既知的事實。由這表觀之，元素的位次，共有九十二個，其中確實已知的，佔有八十七位。近年又發見三個元素，中有一個性質已頗明瞭，其詳讓後章說明。至於其他二

種的元素，還未見得有何豫報，但也有相當的學者，正海底捫針似的苦心探索。古人云，溫故可以知新，研究既知元素發見的徑路，未始非發見新元素的一助。而況今日物理學者和化學者的急務，在研究物質的構造，將來的新物理學和新化學，都將由此而產生。

## 第二章 有史以前既知的元素

有史以前的事蹟，無從稽攷。據古生物學者和人類學者的見解，將人類的的生活史，分爲石器時代，金石並用時代，銅器或青銅時代和鐵器時代。然而這些時代，從何時開始，到何時終止，不能舉正確的數字，而且隨各人的見解而有不同。舉其大略如下：

- (1) 第四冰河期前半 公元前五萬年至六萬年 始知用火。
- (2) 第四冰河期後半 公元前三萬年至三萬五千年 用粗製石器。
- (3) 舊石器末期 公元前一萬五千年至二萬年 使用弓矢，始有彩色繪畫。

(4) 新石器時代 公元前一萬二千年至一萬五千年 用琢磨石器，土器，並飼養家畜。

(5) 銅氣時代 公元前三千年至五千年。

(6) 青銅時代 公元前一千五百年至四千年。

(7) 鐵器時代 公元前一千五百年至於現代。

除鐵器時代以外，大部分屬於有史以前之事，當時的模樣無從得知，不過由遺物推定其大概而已。請就推察所及述之如下：

(1) 金 Au 無論怎樣未開化的蠻人，遇着砂礫裏面燦然的金粒，決不會不引起其好奇之感，遇着岩石中金鑛脈的露頭，開着黃色的花，決不會輕輕放過，他們爲着博異性的歡心，炫自己的雄美，一定沿着溪河，深入山谷，到處求這燦若黃花的裝飾品。而且自然金不受空氣的作用，能歷久不變，所以推定金是最初被發見的元素。在交通不便的當時，其初不過產金地的住民，——如中央亞細亞，南烏拉爾，地中海沿海等處的住民，就近採取。到了人智漸進，纔有組織的試行採金的方法。埃及的努比亞 (Nubia) 附近，還可以見到他的遺蹟，料來石器時代的住民，必曾以金爲腕環首

飾，或作石刀的柄飾。降至公元前二千五百年埃及墓中所雕之畫，發見破碎金鑲石英脈，用水沖洗而取金的證據。他如金線刺繡之術，亦發明於四千餘年之前。

金的原名，在希伯來語或埃及語是表示有光輝的東西。古代的化學家稱金為太陽 (gold = the



圖 1. 古代採及金的精煉 (壁畫)：洗取砂金，鑄成金屬，秤量金屬。

sun) 用 ⊙ 或 \* 為象徵，表示在貴金屬中最為完全的意義。

我國用金甚早，禹貢「揚州厥貢維金三品」傳曰：「三品金銀銅也。」漢書食貨志「古者金有三等，黃金為上，白金為中，赤金為下。」孟康曰：「白金，銀；赤金，丹陽銅也。」所以知古時以金銀銅三者為重。又觀古人以金為金屬的總名，或許也是因為金的發見最早，以後見有金屬光澤的物質



和金相類，所以統稱爲金，也未可知。

(2) Cu 銅和金同時使用的怕就是銅，最遲石器時代已知有銅。各處銅山常有自然銅露出，易被發見。又如燦然呈黃金色的黃銅礦 (Chalcopyrite,  $\text{Cu}_2\text{S}$ ,  $\text{Fe}_2\text{S}_2$ ) 呈紅、紫、綠、茶等色的斑銅礦 (Bornite,  $3\text{Cu}_2\text{S}$ ,  $\text{Fe}_2\text{S}_2$ ) 或青綠欲滴的孔雀石 (Malachite  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ) 沒有一種不會引起原始人類的注意。他們對於這些鑛石，一定用盡苦心，設法取出純銅，和自然銅一樣使用。幸而這些鑛石被燒之後，如和木炭強熱，容易還元爲銅，銅器時代所以繼石器時代而起，決非偶然的事。至羅馬人擬於地中海上塞浦路斯島 (The Isle of Cyprus) 發見一大銅山，將精鍊所得的物質稱爲 aes Cyprium，至略稱 Cuprum，則已屬於後代的事情。今日以 Cu 爲銅的化學記號，其原因即在於此。又銅可鑄鏡，故古時之化學者以美女神威納斯 (Venus 金星) 的鏡♀爲銅的象徵。銅器易生銅綠 (鹽基性碳酸銅) 又易變黑，不能歷久不變，用者殊以爲苦。一方因爲銅鑲之中，常有鋅鑲或錫石等孱入，當有偶然成黃銅 (銅六〇——七〇%，鋅四〇——三〇%) 或青銅 (銅九五——六二%，錫五——三八%) 的。利用這些黃銅或青銅製器，和用純銅比

較，既見優美，且能耐久，而製造方面亦覺便利。當時較有智識的民族，便研究到採用某山的石和銅相配，能成黃色，某山的石能成黝紅色，其結果銅器時代不久便成黃銅的時代了。

在巴比倫王國的廢墟，曾經發掘六千五百年前所用的銅器。亞西利亞人已製銅鐘（銅七八%，錫二二%），埃及人已用青銅製鏡、盾和花瓶等物，這都是公元前二千年前的事。羅馬人盛用青銅雕像，今日分析的結果，知其中常含有鉛。

我國古代用器，亦以銅為主。蚩尤鑠金爲兵，黃帝采銅，其事雖不可考；至禹使九牧貢金，乃鑄九鼎，可見夏初已用銅很盛了。古書中的金多半指銅而言，想因銅亦黃色，次於金而發見，故遂認爲金而已。章鴻釗著中國銅器鐵器時代沿革考，以爲炎黃之世，即公元前二十七世紀之初，石器或未全廢，但已始用銅器，則可斷言。夏商周三代即公元前二十二世紀至前五世紀爲銅器全盛時代，春秋戰國始用鐵兵，但仍用銅爲多，東漢以後，銅漸缺乏，甚至禁用銅器。

(3) 銀 Ag } 禹貢「唯金三品」將銀與金、銅並列，可見我國在公元前二十三世紀，已知用銀。但在外國，銀的利用，則似後於金銅頗多，直到阿蒲拉漢（Abraham, B. C. 1991—1921）時代，

始有用銀的記事。這大約因埃及和其附近沒有銀的產地，而製鍊的方法也比金銅困難，所以價格既高，利用亦晚。到蘇羅門（Solomon, B. C. 970—930）時代，銀鑛發見漸多，價格始遠低於金，而用途亦漸廣。埃及古墓中常發見銀製的遺物。古時鍊銀的方法，想也和金相同，大約是用灰吹法。至於金銀兩者如何分離，則不見有何記錄。唯由含銀較多的金礦所鍊的金每帶白色，是將金銀的合金取來使用，我們在古貨幣裏面，往往能夠發見。

銀的原語是輝白色的意義，古時化學者以弓月形（爲銀的象徵，料也是取輝白的意思）。

(4) 鐵 Fe 鐵的發見，疑在金、銅、銀之後。有人以爲地球上早有隕鐵，太古的人民當知利用。又有人以爲銅器時代的遺物中所以不曾發見鐵器者，因鐵易腐蝕，不能久存，不能作沒有鐵器的證據。然而鐵的精鍊，須巧妙和熟練的技術，非太古時人所能達到，而鐵器的製造亦較銅器困難，所以知鐵器時代是繼銅器和黃銅器時代而後起。不過始用鐵器爲家具，當在有史以前而已。

埃及的金字塔中已發見有鐵器，可推定其已經過五千年。當時的住民，已知鍛鐵及製鋼之術，製有劍、斧、鑿、小刀等類。

我國用鐵亦早。山堂肆考稱「黃帝之先不用鐵，至帝始炒鐵鑄鍋釜，造干戈軍器之物。」此說殊不可據。然禹貢「梁州厥貢璆、鐵、銀、鏤。」蔡傳：「鐵，柔鐵也。鏤，剛鐵可以刻鏤者也。言鐵而先於銀者，鐵之利多於銀也。後世蜀之卓氏程氏，以鐵冶富擬封君，則梁之利尤在於鐵也。」據此似夏初已知鋼的製法了。又據章鴻釗中國銅器鐵器時代沿革考：三代之初，已知有鐵，惟俗以爲賤金，不專製器，殆是時冶鐵之術，猶未精也。春秋戰國之間，即公元前五世紀，吳楚諸國，始製鐵兵，惟仍以用銅爲多。自戰國至漢初，即自公元前四世紀至紀元之始，是時農具及日用諸器已盛用鐵，惟兵器尙不廢銅。東漢以降，即自公元一世紀以至今日，爲鐵器全盛時代，東漢兵器已盛用鐵。「云云。古代化學者以軍神麻斯（Mars 火星）的槍和楯⇒表鐵的記號，因爲鐵供武器的製造，暗示壯偉的意思。

（5）水銀  $Hg$  辰砂遇熱則水銀遊離，所以水銀亦一種較早發見的元素。試想未開化的人民，當發見紅色的辰砂上面有銀白色的珠子流轉着時，會怎樣圓睜着眼睛詫爲異事。不過因爲水銀是液體，所以利用較遲。據西史紀載，公元七百年前希臘人方在西班牙採掘辰砂，或用爲顏料，或由此採取水銀。希臘哲學者提奧夫刺斯塔（Theophrastus）氏稱水銀爲液體銀（Liquidilver）。

並曾報告以辰砂（ $\text{Hg}_2\text{S}$ ）和醋在銅器內摩擦，則得水銀。

由歷史上觀之，辰砂的利用和研究，當以我國爲最古。鍊丹之祖，世推黃帝。廣黃帝本行記說：「帝遂鍊九鼎之丹服之，以丹法傳於玄子，重盟而付之。」其說雖不可靠。然道家以丹砂或汞爲製鍊仙藥至寶，則由來甚古。漢武帝外傳李少君言「臣能凝汞成白銀，飛丹砂成黃金，金成服之，白日昇天。」魏伯陽（公元二世紀）的參同契一書是一部最古而最有價值的丹經，亦明說「金以砂爲主，稟和於水銀。」又說「丹砂木精，得金乃并」等語。仙經隱號水銀的別名甚多，梅彪集石藥爾雅飛鍊要訣釋諸藥隱名：

水銀一名汞，一名鉛精，一名神膠，一名姪女，一名玄水，一名子明，一名流珠，一名玄珠，一名太陰流珠，一名白虎腦，一名長生子，一名玄水龍膏，一名陽明子，一名河上姪女，一名天生，一名玄女，一名青龍，一名神水，一名太陽，一名赤汞，一名沙汞。

所以參同契中說：「太陽流珠，常欲去人，卒得金華，轉而相因。」又說：「河上姪女，靈而最神，得火則飛，不見埃塵」等語，都是說水銀的作用。此外道家的書，關於水銀或朱砂的記載，極繁且詳，不勝枚

舉。

印度的佛典中（六七世紀時）亦謂水銀可以強健身體，驅除百病，能使普通的金屬化爲黃金；又謂水銀和硫黃共熔，可作神藥，能使銅化爲金云云，和我國道家的傳說頗相類似。總之以水銀供藥用，當以東洋爲始，較之歐洲約早千年。

又水銀和金銀等易成合金，由這合金可以抽出金屬，所以鍊金術家誤信水銀可以變成其他金屬，而水銀遂成一種神祕的物質。古代化學者以神使馬求利（Mercury 水星）的杖<sup>☿</sup>作水銀的象徵，或許也是因爲這個緣故。

（6）錫 Sn 埃及人的墳墓裏面，常常發見有錫的日用品，可知此物在很古的時候，已當作普通的金屬而利用了。

錫石是錫的主要原礦，在埃及和印度附近產量豐富，精鍊的方法也頗簡單，僅將原礦和木炭強熱，則容易還元成爲金屬的錫，所以太古的人也容易將錫精鍊。而且錫的熔點甚低，色亦美麗，便於製器。又青銅是銅和錫的合金，在銅器時代應用已廣。由這幾點看來，錫隨銅鐵之後成爲多用的

金屬，也是當然的事。鍊金術家以周比他（*Jupiter* 木星）以爲錫的表徵。

我國古代鉛錫常並稱，又常混用。管子云：「上有陵石者下有鉛錫。」博物志云：「燒鉛錫成胡粉。」玉篇謂錫爲黑鉛，太平寰宇記引爾雅云：「錫之善者曰鉛。」至於用錫當以周時爲最盛。周禮秋官「職金掌凡金玉錫石丹青之戒令，入其金錫於爲兵之府。」是周初兵器尙用金錫，金卽銅，金錫相合，卽今之青銅。不惟兵器，卽他器亦然。考工記說：「金有六齊，六分其金而錫居一，謂之鍾鼎之齊，五分其金而錫居一，謂之斧斤之齊；四分其金而錫居一，謂之戈戟之齊；三分其金而錫居一，謂之大刃之齊；五分其金而錫居二，謂之削殺矢之齊；金錫半，謂之鑿燧之齊。」是周器幾無不用錫的了。

（7）鉛（*Pb*）埃及太古的人民，已知用鉛。舊約全書裏面常有鉛的記載。紀元之前，鉛和錫的區別不能明瞭；故讀聖書往往苦於判斷。

鉛性柔軟而易伸，雖鑪而表面猶不甚污，所以太古的人使用頗廣。羅馬人常用爲水道管和屋頂的板。又鉛的化合物可爲顏料或塗粉，我國用鉛製粉，由來甚久。墨子說：「禹造粉。」張華博物志說：「紂燒鉛錫作粉。」大約鉛粉製於三代之時。

我國的煉丹術家以鉛汞二物爲至寶，所以道書中說鉛甚詳。石藥爾雅釋諸藥隱名：

鉛一名金公，一名河車，一名水錫，一名太陰，一名素金，一名天玄飛雄，一名幾公黃，一名立制太陰，一名虎男，一名黑虎，一名玄武，一名黃男，一名白虎，一名黑金，一名青金。

歐州的鍊金術以鉛比回轉遲鈍的土星，以土星的表象大鎌 $\nabla$ 爲鉛的記號。

以上所述七種的金屬，卽金、銀、汞、銅、鐵及鉛，古代的化學家以七大行星卽日、月、火星、金星、木星、水星及土星爲他的記號。這些元素和行星之間雖無多大關係，但藉此可見古時重視這七種的金屬，而後世以特定的記號表示元素，其發端已基於此。

(8) 硫黃 S 地球當固化之時，硫黃已成爲單質露出地面，所以太古的住民當已早知硫黃。聖書之中，常有硫黃的記載。我國的煉丹術家亦常用此物。陰真君金石五相類說：「硫黃出在陽石之山，當女媧尋得鍊石停脂穴……穴中有石汁流出，見風堅硬如石，似黃金色，因而爲名硫黃，元本名號石停脂。」其說雖不可稽考，然硫黃的發見甚早，可以推知。歐洲鍊金術家初稱硫黃爲「可燃的石」或稱「火素」直到拉瓦節 (Lavoisier, 1743—1794) 時代，始列入元素裏面。



(9) 碳 C 火食的住民便已利用木炭，可以想見。我們雖不知何時使用木炭，然太古精鍊銅鐵之時，必須用炭，則爲不可掩的事實。至於石炭亦不知始於何時，石雅謂：『燕閒錄謂女媧氏鍊五色石以補天，今其遺竈在平定之東浮山，此卽後世燒煤之始。其說荒誕不足信。惟山海經有石涅，孝經援神契有黑丹，大戴禮有石墨，則又從來久遠矣。』云云。可知我國石炭的利用當在三千年以前，而希臘則二千二百年前有用石炭以製銑鐵的紀事。

以上所述九種物質皆爲有史以前既知的元素。由有史的初期已經盛行利用，可以證明。

## 第二章 鍊金術家所發見的元素

鍊金術家 (Alchemist) 高視闊步的時代，自何時開始，至何時終止，是不容易決定的事。今從便宜上以亞里斯多德時代至羅伯波義耳 (Robert Boyle, 1626—1691) 時代約二千年間，作爲鍊金術家時期。希臘學者遠受印度哲學的影響，柏拉圖，亞里斯多德等承恩拍多克利四元素之說，

推廣以說明萬有的現象，以爲這四元素可以互相轉化，而亞理斯多德氏並於火、風、水、土四元素之外，加一元素 Ostra，以爲此物瀰漫全宇宙之間。自亞理斯多德以演繹的論理唱物質轉化說以來，深入人心，認爲金科玉律。當時的學者和野心家，根據此說，欲由賤金屬使化爲黃金，以遂其一攫千金的欲望。有時所用賤金屬之中，偶然含有金質，遂誤認爲由賤金屬變成，於是努力尋求所謂「哲人之石」(Philosopher's stone)，其結果雖陷於誤謬的推論，甚至入於邪道，成爲欺世盜名之舉，然而因此製出許多的藥品和許多的器具，對於近代的化學，遺留不少的業績。至十六世紀中葉，波義耳著「懷疑的化學者」一書（一六六一年），始打破過去二千年的迷夢，使化學成爲獨立的科學，而進於青天白日的坦途。

求富求壽是人類共通的欲望，我國和印度的鍊金術也曾盛過一時。我國鍊金的目的在求不死之藥，以爲金成則丹成，所以與其說是鍊金，無寧說是鍊丹。鍊丹以何時爲始，雖不可考，但必在亞理斯多德時代以前，則可斷言。至於秦漢（公元前二三世紀），已經極盛。可靠的文獻當以東漢魏伯陽、晉葛洪和梁陶弘景的著書，較有價值。至唐以後，便漸偏於內丹，而鮮就物質方面研究。所以就

中國的鍊丹術而言，其發源及全盛時代早於歐洲，而且丹書中所舉的藥品頗見詳備，其進步殊不讓於他國。不幸沒有波義耳其人，導鍊丹術使入於正軌，致化學不發達於我國，殊堪浩歎。

鍊金術家的目的既在於致富成仙，所以於發見元素的方面成績較少，年代雖長，所得者不過寥寥數種而已。

(1) 銻 Sb (一四五〇年) 輝銻礦古已發見，不特用爲眉黛，且金屬之銻 (Antimony) 似亦曾用作催吐劑。但載於文字，則始於公元一千四百五十年德國的僧侶發楞泰因 (Basil Valentin)。發氏爲有名的鍊金術家，於所著書中，曾述銻對醫藥的效果，所以得發見者的名譽。我國湖南產銻甚豐，但從前誤認爲錫，所以古時文獻，未有銻名。

(2) 鉍 Bi (一四五〇年) 鉍 (bismuth) 亦於中世紀之初早已發見，但見於文獻，則以發楞泰因及阿基柯拉 (Agricola, 1494—1555) 的記載爲最早。古代文獻中此物常與銻及銻混同記載。至樸特 (J. H. Pott, 1739) 氏始由實驗而知其特性，又由赭弗理 (S. F. Geoffrey, 1753) 氏研究其反應，始確認爲一元素。

(3) 鋅  $Zn$  (一五二〇年) 黃銅是銅和鋅 (Sine) 的合金，太古早已利用。鋅製腕環於紀元前五百年於被破壞的喀麥洛斯 (Camaros) 廢墟中早已發見。但關於鋅的知識，直至一五二〇年始見巴拉塞爾士 (P. A. T. Paracelsus) 的記載。一六九七年涅奈斯 (Jönnes) 報告之鋅和今日所知者幾於相同。德國於一六六七年已使用自製之鋅。亨喀爾 (J. F. Henkel, 1721) 始發見由碳酸鋅製金屬鋅之法。我國古稱鋅爲倭鉛，採用最早，而製鍊之法亦最精。明宋應星天工開物 (一六三七年) 謂：「每紅銅六斤，入倭鉛四斤，先後入罐熔化，冷定取出，卽成黃銅。」故知倭鉛卽鋅。天工開物於銅後附倭鉛一段如下：

「凡倭鉛古書本無之，乃近世所立名色。其實用爐甘石熬煉而成。繁產山西太行山一帶，而荆衡次之。每爐甘石十斤，裝載入一泥罐內，封裏泥固，以漸研乾，勿使見火拆裂。然後逐層用煤炭餅墊盛，其底鋪薪，發火煨紅，罐中爐甘石鎔化成團，冷定，毀罐取出，每十耗去其二，卽倭鉛也。此物無銅收伏，入火卽成煙飛去，以其似鉛而性猛，故名之曰倭云。」

石雅謂爐甘石卽今之菱鋅礦 ( $ZnCO_3$ )。由此推知我國對於鋅的精製，早已發見。吾友章鴻釗君著

「論中國用鋅之起源」(見科學雜誌第八卷第三期及第九卷第九期)以爲宋史之白錫卽鋅，史記及漢書之連(一作鏈)亦當爲鋅礦之一種，因之隋唐之鑪亦爲鋅鉛合金，推定中國用鋅必不後於埃及羅馬。新莽泉布含鋅之量，多者約達百分之七，可知吾國用鋅已久。十六世紀之時，已以 *tanago* 之名，輸出於歐洲。鋅礦的冶金術本甚困難，須在不受氧化的裝置而行蒸餾，在歐洲尙未充分研究以前，我國便能製鍊，冶金技術的精巧，殊可自豪，惜其製法爲鑛業家的祕傳，不曾公布，不然則元素的發見史上，最少我國亦能占此一席之地。

(4) 磷 P (一六六九年) 布藍德 (Hennig Brand) 氏因欲由賤金屬化爲黃金之目的，將砂、木炭、石灰等和尿混和而加熱時，偶然發見一新元素，而稱爲磷。布氏將其製法以三十磅英金之價格售於克刺夫特 (D. Kraft) 與約對於孔克爾 (J. von Kunkel, 1630—1702) 嚴守祕密。然而孔克爾由種種苦心的結果，終於一六七八年亦獨立發見此法，或疑其由克刺夫特聽聞，亦未可知。一說布藍德未發見以前，鮑爾德威因 (C. A. Baldwin) 已由同一的方法發見磷質，亦爲十七世紀的事。

希臘語磷 (Phosphorus) 的原義係「有光」之意，因其特性而命名。

(5) 砷  $As$  (一六九四年) 砷的化合物發見甚早，雄黃 ( $As_2S_3$ ) 雌黃 ( $As_2S_5$ ) 等物，早就散見於中外各書之中。我國鍊丹家稱硫黃、雄黃、雌黃為三黃，視為重要的藥品。雄黃今稱鷄冠石，抱朴子謂：「武都山谷出者，純而無雜，亦如鷄冠，光明暉暉。」又抱朴子治作雄黃水法謂：「治雄黃內生筩中，一斤取加硝石二兩，覆薦上下，封以漆骨丸，內醇大醋中，埋之深三尺，二十日即化為水。」其他道書中載雄黃雌黃或砒黃的，多不勝舉。即歐洲亦早用砷的化合物以為醫藥。但由砷的化合物使砷的單質遊離而出者，則以士勒得 (Schroder) 為第一人，所以通常以士氏為砷的發見者。

(6) 鈷  $Co$  (一七三五年) 十五六世紀之時，發楞泰因及巴拉塞爾士等對於不能精鍊礦石或有不快臭氣的礦石，稱為「古巴爾特 (Cobalt)」，其後此名稱限於製造藍色玻璃的礦石用之，而此藍色玻璃遂視為製造紺青的原料，為世尊重。

公元一七三五年布藍德發見此紺青着色的本質，是一種新元素，而承襲慣用的名詞，仍稱為鈷。

(7) 鉑Pt (一七四〇年) 住居南美的西班牙人早將白金視爲貴金屬使用。西班牙語稱銀爲「普刺他(plata)」，而白金則產於「平托」(Pinto)河，故將兩名縮合稱爲「普刺丁拿」(platina)。

一七四〇年平托產的白金始被攜歸歐洲，一七四八年瓦特孫(William Watson)着手研究，始知是一種金屬元素。

西班牙政府初慮有人將白金混入金中營不正的事，一時禁止白金輸入；但到政府自身陷於經濟困難的時代，竟於一七八八年以每磅八先零之價購入混於金幣之內。就現在白金一磅約值二百金鎊比較，實比當時騰貴約五百倍左右了。

(8) 鎳Ni (一七五一年) 白銅爲銅鎳及鎳的合金，我國古代卽知利用白銅。日本近重眞澄博士分析漢鏡，便發見其中有鎳。歐洲十七世紀末葉，有一種礦粉稱爲僞銅，此物亦爲一種銅鑛，但用鍊銅的方法精煉，卻不能得銅。一七五一年俄國人克倫斯他特(A. F. Cronstat)研究僞銅，主張其中含有一種新金屬，加入玻璃之中，能使其帶茶色。此說直到三十年後，經瑞典化學家柏

格曼 (Torbern Ilaf Bergman 1735—1784) 的證明，始爲世所確認。

(9) 氟 F (一七七一年) 在十七世紀之時，已知螢石有侵蝕玻璃的性質。一七七一年，社勒 (K. W. Scheele) 以爲螢石是一種特別酸的鈣鹽，已發見其中含有一種新元素。一八一〇年 安培 (Ampère) 氏主張氟化氫和鹽酸相類。許多的化學家，要想用遊離綠氣的方法，欲由氟化鉀和二氧化錳等氧化劑與濃硫酸，取得氟素。經過長久的研究，但不幸終歸於失敗。因爲這元素對於氫的親和力極強，沒有法子由氟化氫將氫奪去，使氟遊離。直到天才化學家 謨瓦散 (Denri Moisan, 1852—1909) 發明電爐，始於一八八六年才將氟化鉀電解，而遊離氟素。社勒 的發見已歷百有餘年了。謨氏 並利用電爐製出各種金屬的碳化物，測定金屬最高的融點，又由人工的製造金剛石，對於化學的進步上，大有貢獻。

(10) 錳 Mn (一七七四年) 古代埃及人和羅馬人早已盛用二氧化錳爲玻璃的脫色劑。然而發楞泰因和其他的鍊金家，多年間都誤信爲鐵礦的一種。至一七四〇年 樸特 (Johan Heinrich Pott, 1692—1777) 始證明二氧化錳之中，毫無鐵分。社勒 (K. W. Scheele) 和 柏格曼 等



各於一七七四年確認此說。同時瑞典人甘氏 (John Gahn) 始遊離金屬的鈺。

由上看來，鍊金術家時代所發見的元素，不過九種，在二千年之間，可謂寥寥若晨星。但今日分析化學上的器具，多為鍊金家所遺留，而重要的試藥，又多為當時所使用，則鍊金家對於化學上的功績，亦不可沒。試舉當時所知重要的藥品如下：

酸類：醋酸、硫酸、硝酸、麗酸、王水、酒石酸、尿酸、酪酸、草酸、檸檬酸、蘋果酸。

鹼類：苛性鈉、苛性鉀、消石灰。

硫酸鹽：鐵、銅、鈉、鉀、鈣、鎂、等單鹽，及明礬鹽複鹽。

硝酸鹽：鈉、鉀、銀、銅、銻、等硝酸鹽。

鹽酸鹽：鐵、銅、金、鈉、鉀、鈣、鎂、鋁、等氯化物。

醋酸鹽：鉛、銅、鈉、鈣、鎂、等醋酸鹽。

酒精類：葡萄酒、中國酒、麥酒。

其他尙多，不勝枚舉。

## 第四章 由研究氣體所發見的新元素

空氣的存在，早就知悉。赫爾蒙氏以爲空氣以外，還有和空氣不同的氣體。這氣體發生於葡萄酒或麥酒發酵之際，能制止燃燒。

一六七六年米約 (Johan Mayow, 1645—1679) 發見使氣體和水置換而捕集的方法，從事空氣的研究，對於物質的燃燒，金屬的氧化，動物的呼吸，施行有趣味的實驗，尤以靜脈血的赤化，大感興趣。然而百年之間，不引起世人注意；直至卡汾狄士 (Henry Cavendish, 1731—1810) 及拉瓦節等出，氣體的研究始盛。

(1) 氫 H (一七六六年) 十六世紀之時，有以酸作用於鐵，則生如風而可燃之氣體的記載。至十七世紀，知此氣體自身有可燃的性質。但最初確定輕氣的性質的人，要推拉瓦節氏。拉氏

由實驗的決定溶解鋅或錫等於酸之時，對於一溫斯的金屬，能生若干容可燃性的氣體。更進一步由定量的決定，此氣體輕於空氣或碳酸氣若干。經過二十年之後，拉氏始命此氣為 Hydrogen（義為生水），日本譯為水素，我國稱為輕氣。輕氣於一七八三年始利用以充填氣球，至於今日。

(2) 淡氣 N (一七七二年) 米約氏於一六七四年燃蠟燭於玻璃鐘內，發見所存的氣體已失卻可燃性，便疑空氣中含有兩種氣體，一種可助蠟燭燃燒，一種無此力量。不幸他於三十四歲的壯年即死，未竟全功。約一世紀之後，拉得福特 (D. Rutherford) 氏於密閉器內燃燒磷和木炭，詳檢所餘氣體的性質 (一七七二年)。拉瓦節氏稱此氣體為 azote，至今法人尚沿用此名。

淡氣是不活性的氣體，化學的作用比較緩慢，故好久未曾利用於工業方面。至一八四九年微爾 (George Ville) 發見荳類植物根中寄生一種細菌，有吸取空中淡氣的機能，始大引起農藝化學者的注意。近年工業方面對於留取空氣中淡氣的方法，大告成功，合成硝酸及硝鎂化鈣等物，今日世界所需要肥料的半量，是由空中直接取來。

(3) 氧 O (一七七四年) 一四八九年薩爾茲巴哈 (E. de Sulzbach) 已知將紅色的

氧化水銀加熱，則生一種精氣 (Spirit)。此實驗經三世紀之間，不曾惹起世人的注意。一七七四年貝顏 (P. Bayen) 已於水上用置換法捕集此氣，但未進加研究。同年普利斯特利 (Joseph

Priestley, 1733—1804) 用直徑十六英

寸和七英寸的凸透鏡二個，隔十六英寸裝置，聚集日光以熱紅色的氧化水銀，捕集其所發的氣體，燃蠟燭於其中，見其特別光耀，並行種種關於燃燒的實驗，在理可以打破盛極一時的燃素說。但他對於燃素說信仰甚深，竟名此氣體為「脫燃素氣」 dephlogisticated air) 因為當時誤信可燃物皆含有燃素的緣故。直到一七七七年拉瓦節

氏始由「生酸」之義，命名為 Oxygen，日本譯為酸素，我國稱為養氣。



圖 2. 普氏的養氣實驗

社勒氏雖於一七七三年將黑色的二氧化錳和硫酸加熱，而製得養氣，但至一七七七年始行發表，遂致發見者的榮譽為普氏所得。

(4) 氯 Cl (一七七四年) 社勒由褐石和鹽酸製出綠氣，他以為輕氣是燃素，所以稱此氣為「脫燃素鹽酸」(dephlogisticated muriatic acid)。但拉瓦節則認為鹽酸的氧化物，所以於一七八九年改名此氣為「氧化鹽酸」(Oxymuriatic acid)，誤認其關係和硫酸與亞硫酸一樣。

一七八五年柏托雷 (Claude Louis Berthollet, 1748—1822) 氏將綠氣的水溶液暴露於日光，而捕集養氣，以為拉瓦節氏的主張不錯。然至一八一〇年德斐 (Humphry Davy, 1778—1829) 使鹽酸的氣體與金屬的鈉或鉀作用而得輕氣與氯化物，不能得預期的水和養氣，始知鹽酸裏面不含養氣，不過是輕氣和綠氣的化合物而已。德斐因綠氣呈綠色，故以希臘語 chlor (即綠之意) 為名。

## 第五章 化學改造時代所發見的新元素

自波義耳登高一呼，導化學於正軌，其後普利斯特利、社勒、卡汾狄士、拉瓦節、拍托雷、道爾頓、給呂薩克、德斐等名儒碩彥繼起，或探物質根本的性質，或求物質相互的反應，或由數量的研究其相互的關係，歸納的得一法則，更由演繹的加以證明，使化學一新其面目，恰似向陽的春草，大有生氣。在這時代發見的元素不少。

(1) 鉬  $\text{Mo}$  (一七七八年) 鉬礦 ( $\text{MoS}_2$ ) 外觀和石墨相似，所以從前誤信為含鉛或石墨。一七七八年社勒以硝酸處理鉬礦而得硫酸和白色土壤質之物，稱為鉬酸，所以知鉬礦是鉬的硫化物。至一七八二年奚龍 (Hjelrn) 氏始遊離金屬鉬 (Molybdenum) 的原義是表示印墨痕於紙上的黑色物質，早見於拉丁和希臘的文書裏面。

(2) 鎢  $\text{W}$  (一七八一年) 社勒由寓有重石之意的鎢礦發見特種的酸，即名此礦為重

石 (Scheelite  $\text{CaWO}_4$ ) 而名此石中所含的元素爲鎢 (Tungsten) 此字瑞典語的原義是「重」的意思。當時又有一種既知的礦石卽鎢鐵礦 (Wolframite  $(\text{FeMn})\text{WO}_4$ ) 於一七八三年亦由西班牙人 D'Elhujar 兄弟發見其中含有鎢酸。此兩種礦物常伴錫的礦石而產出，所以多年間誤認爲錫的礦石，由兩氏的研究得明瞭其本質。

(3) 碲  $\text{Te}$  (一七八二年) 天然碲的單質爲量雖少，但廣布於地球表面，所以早就引起礦物學者的注意，成爲一種的謎，因爲此物沒有金屬的性質，而有金屬的光澤。一七八二年經來亨斯泰因 (Miller v. Reichenstein) 的研究，以爲含有特種的金屬。至一七九八年克拉普洛特 (M. H. Klaproth) 更進而研究，定其爲未知的新元素，取拉丁語地球之義，命名爲碲 (Tellurium)。

(4) 鈾  $\text{U}$  (一七八九年) 質重而有黑光的瀝青鈾礦 (Pitchblende) 自古卽已知道，其初以爲不過含有鐵、鋅和鎢而已。克拉普洛特分析的結果，發見是一種類金屬的新元素，因爲紀念一七八一年所發見的天王星 (Uranus)，取名爲鈾 (Uranium)。然而克氏所發見的類金屬物質，實在是一種新元素的氧化物 ( $\text{UO}_2$ )。此事到了一八四二年白利谷 (Peligot) 的研究方纔明

際，同時纔把金屬的鈾遊離出來。自一八九五年柏克勒爾 (Bequerel, 1852—1908) 發見鈾有放射能以來，始知元素含有不可思議的性質，得了打開原子祕密的鎖鑰；然而距離克氏發見的時代，已一世紀以上了。

(5) 鐳 (Ti) (一七九五年) 格列高爾 (Mc Gregor) 由磁鐵礦中發見一新金屬。四年之後，克拉普洛特分析金紅石，亦得一種新元素。其實這兩種的礦石完全相同，含有百分四十二的氧化鐳。到了一八二五年，纔由柏稷利烏 (Berzelius) 得了不甚粹純的金屬鐳。其後味勒 (Friedrich Wöhler, 1800—1882) 氏亦曾製得。

(6) 鉻 (Cr) (一七九七年) 服克靈 (L. N. Vauquelin) 由紅鉛礦 ( $\text{PbCrO}_4$ ) 發見一新金屬元素，因為這元素的一切化合物都帶有色，所以用希臘語色 (Chroma) 的意義命名為鉻。一七九九年坦沙特 (F. Tassaert) 氏發見鉻鐵鏟。

(7) 鈮 (Nb) (一八〇一年) 哈赤 (Hatchett) 氏研究英國博物館中所陳列的一種鉻鏟，得白色無味的土金屬，不溶於水，對於石蕊試藥呈酸性作用，用吹管燃燒不會融解，對於礪砂亦



不作用，不過溶於硫酸而已。依礦石的名，稱這新元素為鈹（Columbium）。次年厄克堡（A. G. Ekeberg）亦發見一種新元素（即鈹）。有人以為此二元素實為同一的物質，有人以為不同，莫衷一是。

一八四四年洛茲（H. Rose）氏由鈹礦得二種不同之物，一種似鈹，其他一種認為新元素，命名為鈳（Niobe）。因鈳的原義是取希臘神話中的神名 Tantalus，故鈳的原義則取此神的女的名（Niobe），以表鈳和鈳有父女的關係。就在這一年，更證明鈳（Nb）和鈹（Cb）是同一的元素，所以至今還是兩名並用。

（8）鈳 Ta（一八〇二年）厄克堡由一種鐵黑色的重礦物（tantalite）發見一種新金屬，和鈹相似，但有不同之點。又和錫、鎢、釷相似，但不溶解於酸中。取神的名命名為鈳（tantalum）。

（9）鈳 Ce（一八〇三年）一七九七年厄克堡發見一種新的氧化物命名為「鈳土」（Ythria）。

一八〇三年克拉普洛特由瑞典產的一種礦石發見一種新元素化合物，和鈳土相似，但不溶

解於碳酸銨溶液，燒之則呈微褐色，稱爲「奧克累特」(Ochroit)。同年柏稷利烏和喜新格(Hisinger)亦由一種礦石發見新元素的氧化物，因紀念一八〇一年所發見一行星(Ceres)的名而稱爲鈾土(Ceria)。此物和「奧克累特」相同。至一八二六年摩散得(C. G. Mosander)氏始將金屬鈾遊離。

鈦土和鈾土兩物，於一百十二年之間，分離十六個新元素，至於今日，還疑有一種新元素存於其間。這些新元素如何相似，而且如何難以分離，於此可見。其詳容後再述。

(10) 鈳V (一八〇一年) 德爾·利阿(Del Rio)氏分析墨西哥產的鉛礦石，發見一種新元素。將其鹽類和酸加熱，則呈紅色。所以取希臘語紅色之意，命名爲鈳(Erythronium)。四年之後，有人以爲此物不過爲鉻的氧化物，利沙氏亦承認其說，遂不爲世人所注意。

一八三〇年塞夫斯特朗(Seltenin)由瑞典產的鐵礦中發見未知的新元素，取斯干的拿維亞民族所尊崇的女神的名而稱爲鈳(Vanadium)。同年味勒氏發見鈾和鈳是同一的物質。所以此元素的發見者應當誰屬，頗生問題。

(11) 鈀 Pd (一八〇三年) 武拉斯吞 (W. H. Wollaston) 處理多量的白金礦，發見一種新元素，因紀念一八〇二年友人所發見的小行星 (Pallas)，取名爲鈀 (Palladium)。隱名賣於一商人，以鈀或「新銀」(New silver) 的名售於市場，引起當時科學者的注意，對於鈀的成分大生爭論，於是武氏纔於一八〇四年報告顛末。

(12) 銠 Rh (一八〇四年) 武氏加氯化銲於由白金礦所得不純的鉑鹽溶液，除去鉑氯化銲的沈澱，由其濾液又發見一種新元素。因其鹽酸溶液呈薔薇色，所以命名爲銠 (Rhodium)。

(13) 銱 Ir (一八〇四年) 見下節。

(14) 銻 Os (一八〇四年) 騰南特 (S. Tennant) 氏用武氏所研究的同一試料，卽由白金的殘渣中，發見二種不同的元素。一種的鹽類溶液呈特異的色，所以取希臘語虹的意義，命名爲銻 (Iridium)；其他一種的氧化物有強烈的臭氣，所以取臭的義命名爲銻 (Osmium)。

## 第六章 由電解所發見的新元素

自一七九一年賈法尼 (Galvani) 氏發見電流的作用，一八〇〇年弗打 (Volta) 氏製出電池以來，於科學史上放一異彩。一八〇〇年尼科爾孫 (Nicholson) 和卡來兒 (Carlisle) 利用電池使水分解。翌年克魯克善 (Cruikshank) 亦用電流析出銀銅和鉛，而柏稷利烏和喜新格 (一八〇三年) 亦由電流電解鹽類的水溶液。天縱奇才的德斐氏早已着眼到此。他用十二英寸平方的銅板和鋅板各二十四個，六英寸平方的各十個，四英寸平方的各百五十個，而作電池。盛明礬和硝酸的液，使生強力的電流，由電解而發見種種的元素。

(1) 鉀 K (一八〇七年) 德斐氏將熔融脫水的苛性鉀使成塊狀，在中間穿一個穴，盛滿水銀和陰極相連。將這塊狀的苛性鉀置於白金板上，這板即成陽極。用上述的電池，開始電解。當電流通過時，在陰極發生可燃質，而有強金屬光澤的球狀物，發着爆聲而燃。德斐氏認爲這便是費了多年苦心所追求的苛性鉀的主要成分，命名爲鉀。他爲欲證明這物質確是苛性鉀的電解生成物，或換電極或在真空中行實驗，費了種種的苦心。

(2) 鈉 Na (一八〇七年) 德斐氏用同一的方法將脫水的苛性鈉電解，而得金屬鈉。

鉀和鈉的比重遠輕於水，當時沒有人信他是一種金屬。德斐氏以為由光澤上言，由延性展性上言，或由熱傳導度上言，以及其他各點，和金屬都沒有大差。不過比重小些，不能即認為不是金屬。他並且斷言這兩種新物質都是金屬元素，在當時不能不佩服他的卓見。

(3) 鉞Ba (一八〇八年) 重土石 (Baryta 氧化鉞) 早於一六〇二年發見。社勒氏研究此石，發見一種新氧化物，能成不溶於水的硫酸鹽類。但金屬狀態的鉞，直至德斐利用電解始得製出。

(4) 鋇Sr (一八〇八年) 碳酸鋇礦 (Strontianite:  $\text{SrCO}_3$ ) 亦早於一七八七年在蘇格蘭的一村落發見。一七九〇年克洛福德 (A. Crawford) 以為其中含有特別的土金屬，為當時化學家所承認。然金屬狀態的鋇，亦由德斐用電解法始得遊離而出。

(5) 硼B (一八〇八年) 太古時即已知有硼砂，一七〇二年何謨堡 (W. Homberg) 始製硼酸。一七四八年巴朗 (Baron) 始證明硼砂的成分為碳酸鈉和硼酸的化合物。至於硼的單質，則於一八〇八年由給呂薩克和德斐兩氏各獨立的遊離而得。

(6) 鎂 Mg (一八〇八年) 一六九五年由英國厄普森 (Epson) 的礦泉中發見其含有一種特別的鹽類，成爲有名的下劑，引起世人注目，故稱爲「厄普森鹽」(Epson-salt) 而鹽基性的碳酸鎂，已於一七〇〇年在羅馬作爲商品而販賣。一七五五年布拉克 (J. Black) 由此二物的硫酸鹽對於水的溶解度的差異，證明苦土 (Magnesia) 和生石灰是不同的物質。至德斐氏由電解得鈉、鉀、鋇等諸金屬之後，始遊離鎂的單質，但還不甚純粹。

(7) 鈣 Ca (一八〇八年) 碳酸鈣成爲大理石或貝殼的灰，自太古以來已被利用。鈣 (Calcium) 字的語源，由拉丁語灰 (Calx) 字而來，古代化學者和土金屬混用，至十八世紀之半，始將生石灰和其他的土金屬完全區別。德斐氏始由電解得不純的金屬鈣。

## 第七章 化學興隆時代的新元素

自波義耳大振木鐸打破鍊金術家的迷夢以來，百餘年間經過原子說、燃素說、電化學說等時

代。到了十九世紀，化學纔更走入了正路。素來曖昧的化合物，其組成逐漸明瞭，許多元素亦逐漸發見，多成爲單質而遊離，其主要因大要如下：

A 化學分析的進步。自柏稷利烏氏始用濾紙以來，洛茲氏始用洛茲坩堝，拉斯吞氏始用白金坩堝，促無機分析的進步。又柏稷利烏氏創設吹管分析法，給呂薩克氏創始容量分析，於分析化學上大有貢獻。

B 電解的發明。德斐柏稷利烏等對於電解方面活動最力，於分析術上開拓一條新路。  
C 還元劑的革命。從前所用的還元劑，以炭素爲主；自鈉、鉀等強烈的還元劑產出以來，許多元素多由鹼金屬遊離而出。

D 工業原料的詳密研究。對於既知礦物和未知礦物的詳細探索，及工業反應的精密調查，而發見許多新元素。又武拉斯吞結晶角測定器的發見，對於礦物學的研究亦大有裨益。

E 有機化學的發達。自利比喜（Justus von Libbig, 1803—1874）味勒、杜馬（Jean Baptiste andree Dumas, 1800—1884）等大家續出，有機化學大見進步，間接對於元素的發

見大有影響。而有機物的元素分析，對於無機分析的改良上亦有貢獻。

現在就十九世紀前期所發見元素舉之如下：

(1) 碘 I. (一八一二年) 庫耳他 (B. Courtois) 氏於巴黎郊外硝石工場內，為分解硝酸鉀的必要上煮海草灰的浸出液時，發見銅製的釜極易腐蝕。庫耳他欲研究其原因，先將海草灰的浸出液徐徐蒸發，使成結晶，依次得硫酸鉀、硫酸鈉、氯化鉀、碳酸鈉等；次將殘液置曲頸甌內，和硫酸共煮，則發生紫色的蒸氣，而且在曲頸甌管冷處，見有許多暗紫色而有光輝的片狀結晶。後二年，給呂薩克行精密的調查，這結晶的性質始大明瞭，並發見和綠氣之間有密切的關係。給氏取希臘語紫色的義，命名為碘 (Iodine)。

(2) 硒 Se (一八一七年) 瑞典有個硫酸製造工場，用華蘭 (Fahlun) 產的硫化鐵為原料，鉛室裏面總發見有些紅色的堆積物，其初以為是硫黃或是碲，不大引人注意。恰好柏稷利烏是這公司的股東，研究這堆積物的結果，確定其為未知的元素。有種種極似碲的地方，因為碲的名稱是取希臘語「地球」的意義，所以用希臘語「月」的意義，命名為硒 (Seleno)。



(3) 鋰Li (一八一七年) 柏稷利烏的門弟子阿夫味孫(A. Arfwedson)氏由瑞典產的「柏他來特」(Petalite)發見鹼族的一新元素。同時發表此物的硫酸鹽和氯化物比他種鹼鹽熔點較低，又鹽酸鹽的吸溼性甚強，碳酸鹽不溶解於水，為他的特徵。此物常和鈉相伴而產生，但加酒石酸則不沈澱。因為此元素由鑛石中發見，所以取希臘語石字的意義命名為鋰(Lithium)。到後來才知道動植物體中也有鋰存在。

(4) 鎘Cd (一八一七年) 鎘礦裏面常有多少的鎘混存。斯特倫邁爾(F. Stromeyer)於精鍊鎘礦之際，以為鎘末裏面有和鎘不同的新元素存在，命名為鎘(Cadmium)。

(5) 硅Si (一八二三年) 石英和含有石英的花崗岩，自有陸地以來，便出現於世，而透明的石英即水晶，自古便用為裝飾。但至一八二三年柏稷利烏氏將硅酸鹽類和金屬鉀共加強熱，始得非晶體的硅，而獲發見者的榮譽。到一八五四年得維爾(Sainte Claire Deville)氏纔得結晶性的硅。

(6) 銻Zr (一八二四年) 風信子石(hyacinth)是帶有青色的紫礦，自古即已用為寶石。

但到一七八八年克拉普洛特分析印度錫蘭島產的風信子玉 (Zircon,  $ZrSiO_4$ ) 發見含有約百分之六十八的未知元素。此物和鋁不同，其氧化物不溶於鹼，遂名爲鋳 (Zirconium)。但到一八二四年鋳的單質始由柏稷利烏遊離而出，所以發見者的名譽，竟歸於柏氏。

鋳中常有一種元素即鉛存在，直到最近數年始得發見。從前許多化學者測定鋳的原子量往往不能得正確的值，即因混存有鉛的緣故。

(7) 溴 Br (一八二六年) 巴拉特 (Balard) 將曼得迫列爾 (Montpellier) 鹹池的水蒸發，除去結晶鹽類，使綠氣作用於其母液，則見其變成濃黃色，異常引起臭味。次加醚於變色的母液，而加振盪，則醚着色。試取上部的醚液，加苛性鉀的液溶時，則液成無色。更將此液蒸發，則有類似氯化鉀的東西存留，此物絲毫不含綠氣。再加二氧化錳和硫酸熱之，即盛發紅烟，凝縮而成暗褐色液體，有極不愉快的臭氣。取希臘語惡臭 (bromos) 的意，命名爲溴 (Bromine)。

(8) 鋁 Al (一八二七年) 明礬一物早就知道，著名的鍊金術家給柏 (Geber) 和這一派的人，把他歸入硫酸鹽裏面。巴拉塞爾士以爲明礬的本體和土類有緊密的關係，不是金屬。這土

類的本體多年間和石灰石混同，一七四六年樸特指示其爲黏土，馬格拉夫 (A. S. Marggraf) 證明黏土和石灰石全然不同，含有明礬和硅酸的化合物。

鋁的化合物有如此甚久的歷史，但欲遊離鋁的單質，則多年不能成功。一八二七年味勒氏用金屬鉀由三氯化鋁將鋁還元，始得粉末狀明灰色的鋁。一八四五年始得塊狀的鋁。一八五四年維爾氏用金屬銻將三氯化鋁還元，稱爲由「黏土所得的銀」而售於市場。此時價格每斤約百二十鎊。以後又有用金屬鈉或金屬鎂由冰晶石使鋁還元之法，但現在工場則不採用。

自一八五四年本生 (Bunsen) 氏電解熔融鹽成功以來，工業上纔開始用電解法製造種種金屬。一八八六年荷爾 (C. M. Hall) 熔融礬土於冰晶石內，混和氟化鈣使融點降下，而行電解，製出多量的鋁。近日鋁的價格甚低，一九二九年一担的鋁約值二先零。

(9) 鉍  $\text{Be}$  (一八二八年) 翠玉 (emerald) 綠柱石 (Beryl,  $3\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ) 等寶石，自古便引起人們的注意。但至一七九七年服克靈分析綠柱石，發見和氫氧化鋁類似的化合物。此物雖溶於苛性鉀，但將其溶液煮沸則又沈澱，又溶解於碳酸銨諸點，則全相反。所以一七九

八年認爲新元素，取希臘甘味 (glucus) 的義，稱爲鎔 (glucine)。後因甘味的化合物發見甚多，此名遂廢而不用。

一八二八年味勒氏用金屬鉀與氯化鋁作用，始遊離鋁的單質，命名爲鋁 (Beryllium)。

(10) 鈳 Th (一八二八年) 一八一八年柏稷利烏氏就瑞典產的某種礦石研究，發見新元素，取神之子的名稱爲「鈳」(Thoria)。至一八二八年，柏氏以爲此物和鈳的鹽基性磷酸鹽相同，而加訂正。同年厄斯馬克 (Esmark) 於挪威發見一種礦石，柏稷利烏氏加以研究，知道和以前所說的鈳的性質酷似，和鈳全然不同，所以又恢復原名爲鈳。不純的金屬鈳，亦由柏氏遊離而得。

(11) 鈳 Yt (一八二八年) 一七九四年加得林 (John Gadlin) 氏發見鈳鑛的氧化物，稱爲加得林石 (Gadinite)。一七九七年厄克堡由多次的分析證明爲鈳的氧化物，稱爲鈳土 (Ytria)，至一八二八年味勒氏始遊離金屬鈳，但還不純。

(12) 鎳 La (一八三九年) 摩散得將由鈳礦 (Cerite) 所得的硝酸鈳灼熱使成氧化鈳的樣子，以稀酸抽出，則見有和鈳性質全異的東西溶解，而殘渣中有素所知道的氧化鈳存留。因爲

這一種新元素隱於鈾裏面，故取希臘語「隱」字 (Lanthanin) 的義，命名為銀 (Lanthanum)。自銀發見之後，稀土金屬繼起而發見的甚多。摩氏於反覆施行由鈾分離銀的方法時，又得一種蓋微色的新元素，取希臘語「被隱」(didymos) 之義命名為鈹 (Didymium)。一說由和銀類似的緣故，取學生之義。

(13) 鉶 Er (一八四三年)

(14) 鉷 Tb (一八四三年) 摩散得見厄克堡發見鈹土 (Yttria) 大感興趣，更進一步作精密的研究。一八四三年他發見這鈹土不是純一的物質，還含有二種的新氧化物。這便是鉶 (Erbium) 和鉷 (Terbium) 的氧化物了。雖然其後在這兩氧化物中還發見含有其他未知元素，嚴格說起來，摩氏還沒有得到純粹的物質，但稀土元素非常類似，極難分離，所以世人仍認摩氏為這兩元素的發見者。不過摩氏當時所發見的鉶，一時疑不存在，其後的化學者稱鉷為鉶。至知此物確亦存在，又稱為鉷。所以今日所稱的鉶和鉷，和當時所發見的物質互易其名。由後人的研究，纔知道鉶鹽帶淡紅色而呈甘味，鉷鹽無色。

(15) 鈳  $Ru$  (一八四四年) 奧聖 (Osann) 氏研究烏拉爾產的白金礦，謂其中含有三種新元素，中有一種取祖國俄羅斯 (Ruthenia) 的意義，命名爲鈳 (Ruthenium)。但過幾年自知錯誤，聲明取消。

至一八四四年克羅茲 (A. Claus) 氏由奧氏所謂氧化鈳裏面發見確實含有一種新元素，因對奧氏表示敬意起見，仍用舊名。

## 第八章 由景分析所發見的新元素

物理和化學的關係，恰似車有兩輪，鳥有兩翼一樣。本生氏說：「如果不是物理學者，便不算得是真化學者。」今日關於蒸氣壓、滲透壓、電離作用、放射現象或原子構造等研究，簡直不知屬於物理學或化學的那一個領域。這個傾向將來恐怕更要密切，會到物理學和化學全不能區分的時代。從前的元素發見者多靠着化學的方法而發見，但隨物理學的進步，逐漸也有利用物理學的

方法的事情。譬如景分析術便是很值得注目的一例。

克希荷夫 (G. R. Kirchhoff, 1824—1887) 於一八五四年就海得爾堡 (Heidelberg) 大學物理教授，不久便和本生共同作關於光學的研究。其初本生行定性分析時，對於燄色反應大加注意。即元素之中，對於火燄不特生特異的色，而且使這光通過於三稜柱時，可使各色分離，尤其在狹小的所在，更見分明。因此克氏使燄通過於狹隙，成爲平行光線，照於三稜柱，由他方向用望遠鏡窺視。因爲欲防散光，所以將三稜柱收於箱內。這便是今日盛行的分光器 (Spectroscope)。克希荷夫氏由實驗的指示，凡被熱而發出一定的光的物質，也能吸收此種的光，太陽的景中所以有多數的黑線，便是因爲他的周圍有發射此等景的物質而被吸收的緣故。兩氏研究的結果，不特證明許多元素各有特別的景，而且能夠推定有特別的線表見時，確實有某元素存在。如果有若干元素混存，在白熱的狀態，而成此等蒸氣的景時，這景裏面各含有這些元素特有線的全部。所以只要測輝線的位置，和既知元素的特有線的位置比較，便能決定這混合元素裏面到底含有何物。這種檢出的方法，稱爲景分析法。

(1) 鎧Cs (一八六〇年) 本生和克希荷夫使用分光器研究度耳克亥謨 (Dirkheim) 鑛泉的水。即將四噸的水蒸發，行普通化學的操作之後，將鹼族元素聚於一處。由此水溶液除去大部分的銣，而研究其景線時，則見於鈉鉀及銣的輝線外，還有其他二條的藍色輝線。因既知的鹼族中無發此輝線的元素，故可決定其為新元素。此元素僅有一氙之數千分之一存在，其輝線便明白可認。由拉丁語表示晴天的藍色 (Caesius) 之意，命名為鎧 (Caesium)。

(2) 盾Rb (一八六〇年) 兩氏利用分光器既發見新元素之後，更着手分析薩克森 (Saxony) 的紅雲母鑛 (Lepidolite)。由這紅雲母鑛抽出鹼族，加鉑氫氨酸，以沸水處理所生的沉澱數次，由分光器檢查所餘的沈澱，則發見有從來未知的特有的輝線。由拉丁語濃暗紅色之義 (Rubidus) 命名為鉀 (Rubidium)。

此兩元素雖存量甚微，但因鉑氫氨酸的化合物極難溶於水，故易分離。

(3) 鉛Tl (一八六一年) 克魯克司 (W. Crooks) 氏於沿哈庇 (Hartz) 山脈的某硫酸工場中就鉛室的殘渣研究，用分光器調查的結果，發見其中有一種鮮綠的特有輝線。這也是一



種未知元素的景，取希臘語「綠的小枝」(Thallus)的意義命名為鉛(Thallium)。翌年蘭美(A. Lamy)氏於法國的硫酸工場亦由鉛室殘渣獨立的發見此物，但已後一年了。然而闡明鉛的物理的性質和鉛類似，而化學的關係又和銣銣類似，則不能不歸功於蘭美。

(4) 銣In(一八六三年) 賴喜和利希脫(F. Reich and F. Richter)兩氏研究夫賴堡(Freiberg)產的兩種閃鋅礦，先行燃燒除去硫黃和砷的大部分，以鹽酸處理使成氯化鋅，而檢查其中有沒有鉛存在。用分光器檢查的結果，不見有鉛的綠色輝線，卻有一條藍色的輝線表見出來。所以取藍(Indigo)的意義命名為銣(Indine)。

由分光器所發見的元素，於上述四種之外，還有太陽中存在的氫和閃鋅礦中含有的銣也都由分光器發見。但因在他章有更重要的意義，所以留在後面再述。

## 第九章 由週期表的預言所發見的新元素

化學上有一個最神祕而偉大的定律，稱爲週期律，於一八六九年三月由門得雷業夫發見。門氏研究元素的性質，以爲和這些元素的原子量有週期的函數的關係。由這週期律列成的表，稱爲週期表，一八七一年訂正的週期表，直到今日還沒有多大變更。羅塔邁爾 (Lothar Meyer) 雖也同時發見相類的週期律，但因發表稍後於門氏，而且門氏所預言的三元素不久便陸續發見出來，所以發見週期律的功績，幾乎盡歸於門氏。現在舉門氏當時所列的週期表如后（見插頁）

(1) 銻 Ga (一八七五年) 銻是由露波特蘭氏 (Lecoq de Boisbaudran) 用景分析由皮勒非 (Pierrefite) 產的閃鋅礦發見。即景中所呈的紫線  $4170. \text{Å}$  和  $4031. \text{Å}$  爲從前所未知的，他取祖國的舊名 (Gaul) 命名爲銻 (Gallium)。研究此物性質的結果，和門得雷業夫所預言的「類鋁」(Eka-aluminium) 相同，世人莫不驚歎。現在舉出如下，以資比較。

#### 類鋁的性質

(a) 原子量 約六八

(b) 比重五·九 融點恐低

#### 銻的性質

六九·七二

五·九四 攝氏三〇·一五度

不揮發性 不受空氣所侵犯

紅熱時當分解為蒸氣

想必徐徐溶解於酸和鹼

(c) 氧化物的比重五·五 式為  $Fl_2O_3$

可溶於酸 作  $FlX_3$  的化合物其氫氧

化物當溶於酸或鹼

(d) 鹽類有成鹽基性鹽的傾向

硫酸鹽當成明礬

由硫化二氫或硫化銦可成硫化物

無水氯化物比於鋅當易揮發

(e) 大抵可由景分析發見

不錯

不明

不錯

不明 式為  $Ga_2O_3$

$GaX_3$  (X代表一價陰根)

不錯

鹽類易受加水分解而成鹽基性鹽

有鉍明礬

在特別的條件之下能成硫化物

無水氯化物的揮發性大於鋅

果然不錯

(2) 錯 Sc (一八七九年) 尼爾孫 (Nilso) 氏從馬利格那 (Marignac) 的分析法由「歐

列	I 屬 $R_2O$	II 屬 $RO$	III 屬 $R_2O_3$	IV 屬 $RH_4$ $RO_2$	V 屬 $RH_3$ $R_2O_5$	VI 屬 $RH_2$ $RO_3$	VII 屬 $RH$ $R_2O_7$	VII 屬 $RO_4$
1	H=1							
2	Li=7	Be=9.4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=2.4	Al=27.3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35.5	
4	K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56. Co=59. Ni=59. Cu=63.
5	(Cu=63)	(Zn=65)	—=68	—=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ru=104. Rh=104. Pd=106. Ag=108.
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	I=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	.....
9	(—)	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195. Ir=197. Pt=198. Au=199.
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	

格西來特」(Tuxenite)等礦石分離鏡土時，發見少許新土類氧化物。最初所得的量不過〇·三克而已，而且不純，鹽基性極弱，化學當量極低，景線雖弱，但和既知各線不同，故確知其是新元素。取斯干的那維亞 (Scandinavia) 半島的義命名為錯 (Scandium)。不久得量較多，就其性質研究，知和門氏的預言「類硼」(Eka-boron) 相同，於是門氏的週期表價值益增。現在將預言的「類硼」和實際的錯的性質比較如下：

#### 類硼的性質

(1) 原子量四四

氧化物為  $\text{B}_{12}\text{O}_3$

比重約為三·五

較  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的鹽基性為大，較  $\text{MgO}$  為小，

不溶於鹼。

(2) 碳酸鹽不溶於水，大約以鹽基性的

#### 錯的性質

四五·一〇

$\text{Sc}_2\text{O}_3$

三·八六

確大於  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ，而小於  $\text{MgO}$ ，不溶於鹼。

碳酸鹽不溶於水，速放碳酸氣。

鹽類而沉澱。

(3) 此硫酸鹽和硫酸鉀的複鹽，大約不成明礬。

雖有複鹽，但不成明礬。

(4)  $\text{EpbCl}_3$  較  $\text{AlCl}_3$  難揮發。

$\text{EeCl}_3$  於攝氏八五〇度昇華

較  $\text{MgCl}_2$  當易加水分解

水溶液確易加水分解

(5) 大約會由景分析發見

由景分析決定其爲新元素

門氏所預言的三元素，有一個稱爲「類硅」(Eka-silicon)，經過二十六年之後，亦竟發見，和預言相同，在元素發見史中誠爲最光榮的事，但因發見的動機稍異，故於後章述之。

## 第十章 稀土類的精密研究

稀土類元素因爲性質異常類似，而且產額甚少，所以研究也極困難。常有今日以爲是單一的

元素，而明日卻發見其爲二三種的物質，今日以爲是二三種的元素，而明日卻證明其是同一的物質。昨是今非，殊難決定。推原其故，是因爲用素來的化學的處理法，不易使稀土類元素分離。

1. 稀土類元素發見的經過 自一七九四年加得林氏發見鈦土，一八〇三年克拉普洛特及柏稷利烏氏發見銻土以來，稀土類的氧化物，始爲世所注意。摩散得氏加以精密的研究，知道所謂銻土裏面，還混有鋇土（*Lanthana*）鈹土（*Didymium*）兩種。而所謂鈦土裏面，也還混有鋇土（*Erbia*）鈹土（*Tertbia*）兩種新物質。一八四〇年至一八七〇年之間，對於稀土類的研究有貢獻的化學者，當推馬利格那，本生及得拉封騰（*M. Delafontaine*）三氏。馬利格那和本生對於銻及鈹的研究，得拉封騰和本生對於鈦土屬稀土類的研究，都是這時代主要的收穫。其他如得馬爾塞（*E. Demarcay*）柏林（*N. G. Berlin*），藍麥爾斯堡（*C. F. Rammelsberg*），諾登瑟德（*A. E. Nordenskiöld*）等俱盡相當的力。由此等化學者的努力，對於這些稀土類的分離方法，化合物的性質，結晶學上的記載，化學當量的測定等，都有長足的進步。

自一八五九年本生和克希荷夫創設分光分析法以來，化學分析上起了一大革命。稀土類的

進步上，也受了顯著的影響。因為由分光分析法，容易知道物質的純否，能夠指示化學的分離法的進行。一方面由一八七〇年週期律的發見，理論上可以助稀土類的研究。尼爾孫所發見的錯，和門得雷業夫所豫言的「類礬」，若合符節。

一八七八年馬利格那氏發見當時所謂鉶土，還是不純，並由其中取出一種新物質，稱為鑷土（Ytterbia）即鑷（Ytterbium）的氧化物。翌年尼爾孫發見了錯，不久便發覺鉶土之中也含有錯。一八七九年克里甫（P. T. Cleve）於分出鑷和錯的鉶土中，發見有三種新元素，其一留着舊名，仍稱為鉶，其他二種則稱為鈹（Holmium）和銻（Thulium）。

從前採取稀土類的原料，幾乎全以瑞典產的礦物為限。至此時纔知道北美合衆國北卡羅來納洲（North Carolina）所出含有稀土類的「殺馬爾斯啓石」（Samarite）產量頗多，而研究稀土類的材料，遂別開一大生面。一八七八年得拉封騰發見由殺馬爾斯啓石所取得的鈹，和他鑷石所得的鈹景線大不相同。翌年霸波特蘭始由其中發見新元素，命名為鑷（Samarium）。又翌年即一八八〇年馬利格那又由殺馬爾斯啓石分離二種的稀土類，其一為鑷，其他是



一種新元素，因為紀念加得林的緣故，命名為釷（Gadolinium）。

一八八〇年以後，由工業方面的應用，亦足促進稀土類研究的進步。即一八八四年衛爾斯巴哈（Aner von Welsbach）發見鈦的氧化物和少量鈾的氧化物的混合物，遇熱則放強烈的光輝，製煤氣燈罩得最初的特許，大引世人注意，遂探索這些金屬的原料礦物。其結果於南美巴西等處，發見多量含有稀土類的單晶石（Monozite）砂礦。一面可充工業上的需要，一面供研究稀土類的材料，衛爾斯巴哈氏用分別結晶法，於一八八五年由取去鑛的鈾中，發見二新成分，其中一種取新鈾之義，稱為釷（Neodymium）。其他一種，因為成綠色的鹽，命名為鐳（Prasodymium）。翌年即一八八六年霸波特蘭檢查鈾的吸收景，發見不是純一的元素，其中一種仍稱為鈾；其他一種取「難近」之義，命名為鐳（Dysprosium）。

當時化學者對於鑛亦疑其非純一元素，一九〇一年得馬爾塞果由其中發見一新元素，因紀念歐羅巴之義，命名為鐳（Europium）。

此時一方面陸續發見稀土類的新元素，一方面對於稀土化合物的精製，逐漸進步，他的性質，

也更加明瞭，而原子量的測定和分光景的研究，也大有進展。其中以衛爾斯巴哈，得馬爾塞，克魯克司（W. Crookes），柏藍尼爾（B. Branner），烏爾班（G. Urbain）諸氏貢獻特多。

由上所述至十九世紀之末已發見十五個稀土類元素的存在。到了二十世紀之初，即一九〇五年衛爾斯巴哈由鐳景的研究，指摘其非純一元素，一九〇七年果分爲二元素，其一仍留舊名，其他取巴黎的古名而稱爲鐳（Lutecium）。

二十世紀以來，實驗技術愈益進步，而研究的材料，亦漸豐富。故對於稀土的智識，亦漸精確。但稀土類元素，到底有若干個，則成爲學者間一大問題。鋇與鐳之間，有預想爲十七個的，有預想爲十八個的，有預想爲二十一個的。然由一九一三年至一九一四年之間，摩茲力（H. G. J. Moseley）闡明特性X線的波數和原子序數的關係，依實驗的結果，知其間祇許有十六個的元素存在。列表如下：

稀土類元素和原子序（摩茲力）

原子序	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73
元素	(Ba)	La	Ce	Pr	Nd	—	Sm	Eu	Gd	—	Dy	—	Er	Tu	Yb	Lu	—	(Ta)

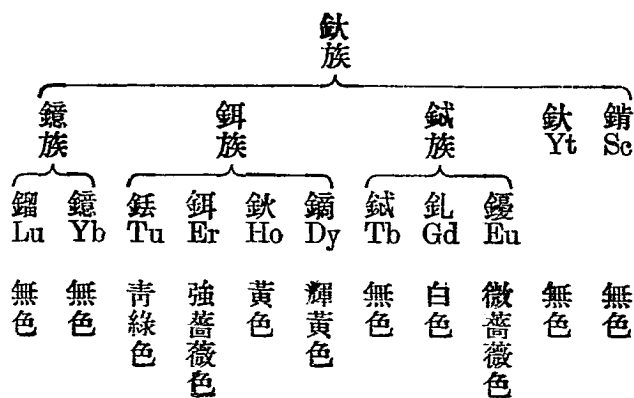
其中未經實驗的元素，以一表示，然除第65位可推定爲鈹(Ti)；第67位可推定爲釷(Th)外，所不知的，祇有第61位和第72位兩個而已。

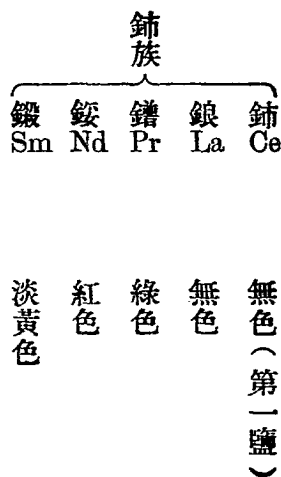
其後由一九二一年至一九二二年，博爾(N. Bohr)氏所發表原子構造論，而得週期律的解釋，知道稀土元素僅到第71位完結，而第72位即屬於第四族，所以稀土類未知的元素，祇有第61位一個而已。

一九二六年美國伊里諾斯(Illinois)大學霍布金(B. S. Hopkins)赫黎斯(J. A. Harris)等發見第61位的元素，命名爲鈹(Illinium)；同時意大利的化學者也發見此物質，但詳細的性質，至今還沒有大明。如果這元素確實存在那麼全部的稀土類元素，可說都被發見了。

2. 稀土類元素的類別 又將上述稀土類元素從性質相近的關係，可以分成釷和鈾兩大

族。又各可分爲五小族。茲並附記其鹽類的色如下：





3. 稀土類元素的分離法 稀土類元素相互間的分離，異常困難，所以想出種種的分離方法。這些方法，對於今日分析化學的發達上呈有很大的貢獻。茲請略述各種的分離法如下：

(一) 分別結晶法

(1) 由水溶液使成乙基硫酸鹽或溴酸鹽結晶。

(a) 最難溶部分 釷  $\text{Nd}$   $\sqrt{\text{Sm}}$  釷  $\text{Eu}$   $\sqrt{\text{Gd}}$   $\sqrt{\text{Tb}}$

(b) 難溶部分 釷  $\text{Tb}$   $\sqrt{\text{Dy}}$   $\sqrt{\text{釷 Ho}}$   $\sqrt{\text{釷 Yt}}$

(c) 中間部分 釷  $\text{Yt}$   $\sqrt{\text{釷 Er}}$

(d) 易溶部分      銻 Er √ 銩 Tm √ 鐿 Yb √ 鑷 Lu

(2) 由強硝酸溶液使成硝酸鹽(硝酸鎂之複鹽)。

(a) 最難溶部分      銀 La √ 鐳 Pr

(b) 難溶部分      鐳 Pr √ 釷 Nd

(c) 中間部分      釷 Nd

(d) 易溶部分      鐳 √ 鐿 Eu √ 釷 √ 鈹 Tb

(3) 由鹵精性草酸銹,自稀土類的金屬草酸鹽的多量裏面,分離草酸鈦。但鈦鹽亦有多少溶解。

(二) 分別分解法 如將稀土類元素之無水硝酸鹽加熱,則鹽基性最弱的部分,最易分解。而後加水煮沸,使他溶解。放冷則祇有未曾分解的硝酸鹽,留於溶液,而由分解所生的鹽基性硝酸鹽析出。濾出不溶性的鹽加硝酸使之溶解,乾燥後再行部分的分解。濾液亦於蒸發乾涸之後,使之分別分解。

(三) 分別洗滌法 如加鉻酸鉀於鉻酸鹽的水溶液，則依銻、銀、銨、鐵的順序而洗滌。

(四) 分別電離法 稀土類金屬於陰極成爲氫氧化物而出。其次序鹽基性愈弱的，洗滌愈快。略舉如下：

鎳土、鐿土、銻土、鉍土  $\vee$  鈦土  $\vee$  鐳土  $\vee$  鈦土

(五) 分別昇華法 利用氯化物昇華的難易，使之分離。例如氯化鎳比氯化鐿較易昇華。實際上處理稀土混合物時，利用上述種種方法適當組合使各種稀土金屬逐漸分離。

## 第十一章 由秤量分析所發見的新元素

我們由研究稀土類的經驗，知道化學實驗有更加綿密的必要。這時恰好製作天平的技術日益發達，縱是極輕微的重量，也能夠正確秤得出來，使實驗的結果，益見精密。對於新元素的發見，遂別開一新生面。

在遠古埃及時代，早就已使用天平以供實驗。阿幾默得的原理便是由此發見。拉瓦節也靠着使用天平打破當時深入人心的燃素說，並確立物質常住的法則。克魯克司當測定所發見的鈹的原子量時，製造特別天平，精密檢查砝碼，並在真空裏面，秤量得二〇三·六四二之值。（現在爲二〇四·三）這是一八七一年的事。過了十餘年之後，由秤量分析的結果，便陸續發現了數種的新元素。

(1) 鍮  $\text{Ge}$  (一八八六年) 溫克列爾 (Clemens Winkler) 當分析魏司巴哈 (Weisbach) 所發見的輝銀鍮 (Argyrodite  $\text{Ag}_2\text{GeS}_3$ ) 時，其結果在總量上不足百分之七，其成分比例如下：

銀七四·七二      硫一七·三三      一氧化鐵〇·六六

一氧化鋅〇·二二      水銀〇·三一      合計九三·〇四

不足如此之多，決不是分析上的誤差。溫克列爾疑其中必含有未知的元素，苦心孤詣，再三分析。有一次斷絕空氣的接觸，得若干暗褐色可鎔性的昇華物質。更加注意分析，知於一硫化鍮之外，還含



有其他未知元素的硫化物。取紀念德國之義，命名為銻 (Germanium)。研究這元素的性質，和門得雷業夫於週期表中所預言的「類硅」(Eka-silicon) 一致。舉之如下：

類硅的性質 (一八七一)

銻的性質 (一八八六)

(1) 原子量七二

七二·五

金屬比重五·五

五·四七

(2) 氧化物  $\text{EsO}_2$  比重四·七

$\text{GeO}_2$  四·七

(3) 氯化物  $\text{EsCl}_4$  比重一·九

$\text{GeCl}_4$  一·八八七

沸點一〇〇度以下

攝氏八六度

(4) 氟化物  $\text{EsF}_4$  不是氣體

$\text{GeF}_4$  固體

(5) 硫化物  $\text{EsS}_2$  不溶於水而溶於硫化銻

$\text{GeS}_2$  如上所述

(6)  $\text{Es}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$  比重〇·九六

$\text{Ge}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$  略輕於水

沸點一六〇度

沸點攝氏一六〇度

(2) 氫 Ar (一八九二年) 累力卿 (Lord Rayleigh) 將由空氣中除去養氣的淡氣和由亞硝酸銻等的水溶液所分解而生的淡氣，各秤其重量時，發見前者一磅爲一·二五七二克，而後者則爲一·二五〇五克。就重量的比例說來，如以後者爲一，則前者爲一·二五〇五。即由空氣所得的淡氣，重百分的四十六。這是因爲什麼緣故呢？是由空氣所取的淡氣中混有少量的養氣或他的化合物麼？或許由分解所生的淡氣，僅至某程度爲止麼？否則有少量的輕氣混入裏面麼？對於這些疑問，曾經徹底的研究，但終不得何等解決。姑且由這測定的結果，計算淡氣的原子量如下：

由空氣所得的淡氣

一四·〇七〇

由氮化物所得的淡氣

一四·〇〇五

一八九四年累力卿與拉姆則 (Sir William Ramsay, 1852—1916) 對此疑問大感興趣，以爲淡氣重量所以不同，想是空氣中的淡氣混有其他較重的氣體的緣故。於是着手行空氣的精密的實驗。即將除去養氣的空氣使通過於加熱的金屬鎂上，使成氮化鎂，而除去淡氣。此時所餘的氣體的比重，較淡氣約重一·四倍，而且這氣體與任何物質，都不會化合。取希臘語懶惰 (Argos) 的意

義命名爲氫 (Argon)。

(3) 氫 H<sup>0</sup> (一八九五年) 拉姆則氏取「克理甫石」(Cleveite) 及「斐格遵奈特石」(ferussonite) 等所含的氣體研究，發見其中非氫亦非淡氣。檢查其景，恰和冉森 (P. J. C. Janssen) 判麥 (Palmer) 等所檢出的氫景完全相同。因尊重前賢的名譽，仍稱爲氫 (Helium)。

其初冉森氏於一八六八年檢查太陽光球的景，發見有強橙黃色的線，因既知元素之中，未有此線，故稱爲佛郎克蘭 (E. Frankland) 及羅掣 (J. N. Loehyer) 兩氏取希臘語 太陽 (helios) 之意，命名爲氫 (Helium)。

一八八一年判麥氏於維蘇威 (Vesuvius) 火山的噴焰中發見有此景線。至氫氣發見之翌年，有人報告發見某種礦石中（即克理甫石等）含有混氫的淡氣，引起拉姆則的注意，始知特種的礦石，亦含有氫。其後並知鑛泉及自然燃氣之中，含有氫氣。

近時由放射性元素的研究，知此等元素蛻變之際，常放射二個荷有陽電的東西，稱爲  $\alpha$  粒子。此物即爲氫核，而氫遂成爲今日學界上奧味的中心。而原子構造的祕鑰，亦握於此。

氫在既知氣體中，最難液化。沸點爲攝氏零下二六九度。如急蒸發，可使降至零下二七二度。對

於低溫的研究大有用處。

(4) 氫  $Kr$  (一八九七年)

(5) 氫  $Xe$  (一八九八年) 拉姆則及特刺味斯 (M. W. Travers) 蒸發多量的液態

空氣，由所餘的部分，除去養氣及淡氣後，更以液態空氣冷之，使他液化。如使這液化氣體的溫度增高少許，則首先氣化的以氫為主。所餘的部分，更以液態空氣冷後，略昇溫度，則氫又氣化而出。反覆行此法數次，終剩僅含有微量的氫的新元素存留。一面保持液態空氣的溫度，而將蒸氣壓較大的部分分離出來，取希臘語「被隱」(kryptas) 的意義，命名為氫 (Krypton)。至於蒸氣壓較小的部分，即沸點較高的部分，取希臘語「異國人」(Xenos) 的意義，命名為氫 (Xenon)。由一坩的液態空氣，可得一〇種的氫及氫的混合氣體。

(6) 氫  $Ne$  (一八九八年) 拉姆則和特刺味斯 兩氏，當研究大氣中的氫及氫時，覺得裏面似有較輕於氫的氣體存在。於是先將空氣中的淡氣液化，而檢查較易揮發的部分的景。於赤線及紫的部分，發見有多數的輝線。更於由空氣中取得的氫裏面，除卻養氣淡氣，以正在沸騰的液態

空氣冷卻使之液化將三疇的氫液化之後，復使這液體急速液化則得八〇極易揮發的氣體。這氣是由不會混有淡氣的氫中得來，當然不會含有淡氣。而研究這氣體的景，卻含有紅色多數的線，和波長五一七二的綠線，又有六條的青線以及紫線一羣。其比重對於空氣為〇·六九五。由種種的精製方法，和分光景及氣體比重的測定，終得純粹的新元素，取希臘語新 (Neon) 的意義，命名為氖 (Neon)。

大氣中含有此等微量的氣體，所以能夠發見的原因，一方面固由景分析，一方面實由利用精密的天平之賜。這些氣體都沒有化合物。又於門對雷業夫的週期表上，沒有相當的位置可列；所以拉姆則特創零族一列以居之。茲舉上述零族各種氣體的性質如下：

元素名	原子序	原子量	沸點	比重	大氣中之含有容量
氦 He	2	4.00	-269	0.122	$\frac{1}{245000}$
氖 Ne	10	20.2	-239	1.20	$\frac{1}{80800}$

氫	氦	氩
X	Kr	Ar
54	36	18
130.2	82.92	39.88
-107	-169	-186
3.06	2.16	1.38
$\frac{1}{38460000}$	$\frac{1}{7143000}$	$\frac{1}{105}$

## 第十二章 由電計所發見的新元素

一八七八年克魯克斯於真空放電之際，發見由陰極放射一種的線，稱爲陰極線（cathode ray）。羅琴（Wilhelm Konrad von Röntgen, 1845—1923）氏於研究陰極線時，提高真空管

的真空度，由陰極線衝擊玻壁，發見放射一種新線，使偶然置於實驗室內之鉑靖酸銀發出螢光。更進而加研究，知此線並能貫通不透明體，又能使乾板感光，及使空氣電離。然因此線的本質依然不明，所以稱爲 x 線 (x-ray) 或從發見者之名，稱爲樂琴線 (Röntgen-ray)。這是一八九五年的事。

本來陰極線的性質，循着直線進行，但遇磁場，則其進路彎曲。湯遜 (Sir J. J. Thomson) 氏以爲這放射線是急速運動的物質，其質量約合氫原子二千分之一。這物質斯吞尼 (Johnstone Stoney) 稱爲電子 (Electron) 陰極線便是電子之流。

一八九六年法國人柏克勒爾 (Henri Becquerel) 於研究克魯克斯等時，對於玻壁所發的螢光，大加注目，以爲這螢光體或許便是變陰極線爲 x 線的東西。因此用黑紙包裹鈾鹽  $K_2U_4O_2(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$  置於乾板上面，發見不論與太陽接觸與否，都能感光。而且感光度的強弱，和鈾的含有量爲比例。柏克勒爾氏又發見鈾鹽能使帶電的金箔驗電器的箔閉合，並知由金箔閉合的遲速，能夠決定試料放射能的大小，較諸乾板的感光更覺有效。

一八九八年斯密特 (G. C. Schmidt) 氏發見鈷亦有同樣的作用。居禮夫人 (Madame Marie Sklodowska Curie) 聞柏克勒爾之說對於測定天產鈷鑛的放射能，大感興趣。與其夫居禮 (Curie) 氏使用驗電計共同檢查各種鈷鑛，發見約阿喜謨斯塔 (Jachimsthal) 產的瀝青鈷鑛 (Pitchblende) 的放射能，比科尼士 (Cornish) 產的瀝青鈷鑛，較強十倍，推定前面的鑛石中，含有更強的放射性物質。而鐳、錒等重重要放射性元素，遂依次發見。

(1) 鐳 (一八九八年) 當時巴黎的富豪有志者及諸協會，對於居禮夫婦的研究，大引同情，聯合薩金購約阿喜謨斯塔產的瀝青鈷鑛，贈與居禮夫婦，充分供給研究的材料。於是居禮夫人專司分析，居禮先生測定放射能。

其法將鑛石與碳酸鈉共融，以稀硫酸處理之，則鈷溶解，所餘不溶之物，放射能力甚強，加苛性鈉共煮後，以水洗之，更以稀鹽酸處理。次將不溶解物質與碳酸鈉熔融，使硫酸鹽變為碳酸鹽。此物的放射能仍強，以水洗此不溶物後，加鹽酸溶之，更加硫酸，而取其洗滌物。此物的放射能更強，又與碳酸鈉的水溶液煮沸後以水洗之，以鹽酸溶之，通硫化二氫使生硫化物的洗滌。利用溶解度之差，



集最初沈澱的部分。此部分的放射性極大，以鹽酸溶後加金屬鉍的片條於此溶液，則發見金屬沈澱附着於鉍之上。此新元素的放射能約千倍於鈾，為紀念居禮夫人的故國波蘭起見，命名為鏷 (Polonium)。居禮夫人最初用數噸的瀝青鈾鏷，僅得二克的鏷，而且純度不過百分之五而已。經一三六日鏷的放射能半減。

(2) 鏷 $Ra$  (一八九八年) 自鏷被發見之後，居禮夫人對於瀝青鈾鏷的分析，益感興趣。分析上於第四屬所沈澱的鹼土金屬的鉍鹽，發見其具有甚強的放射性。

先將視為硫酸鉍而沈澱的最初部分，和最後部分比較，前者放射能極大，故知這放射物質的硫酸鹽，其溶解度較小於硫酸鉍遠甚。不僅硫酸鹽如此，即氯化物溴化物的溶解度亦小。由分析的便宜上，最初先使成爲氯化物，行幾次的分別結晶法，每次精製，放射能逐漸增大。次用景分析檢查於鉍的景線以外，發見有未知元素的輝線數條。

這新元素對於乾板感光甚強，又使空氣電離的傾向亦甚著，因其放射能力甚大，故命名為鏷 (Radium)。

然而這新元素當用何法始能和鋇分離，是一個很難的問題。居禮夫人就兩者混合的氯化物，不知經過若干次的分別結晶法，終於許多困難及異常繁雜的手續裏面，得純粹的二氯化鐳少許。此物是白色的結晶，外觀和二氯化鋇相同，而其放射能則大於鐳三百萬倍。一克的鐳，一時間內約發生一三四卡的熱量，表面不見有何變化。鐳的半減期為二千年，故一克的鐳全部蛻變之時，所發的熱量的值甚大。

自鐳發見以來，對於原子的構造，大有貢獻。而醫療上亦有奇效，有益於人生實非淺鮮。這大不能不歸於富有忍耐心的女性，兩次受諾貝爾的賞金為二十世紀的科學界開一異彩，殊令吾人敬仰不置。

(3) 銻  $\text{Ac}$  (一八九九年) 鐳被發見之後不久另一放射性新元素銻 (Actinium) 亦由得俾尼 (Debierne) 發見。但其母體為何，則久不能知，直到一九二一年，始知由「原銻」(Proto-actinum) 蛻變而來，而且銻鏷中常含有銻，而銻鏷中則否。

銻與稀土元素性質類似，通常可使成爲草酸鹽而分離。溶解度較大於銻族。銻的半減期爲

二十年放射 $\beta$ 線而成放射錒 (Radio-actinum)。

(4) 氡 $Rn$  (一九〇〇年) 由鐳蛻變的產物，最有興味的元素，當推爲氡 (Radon)。據居禮夫妻的報告，在鐳周圍的東西，一時的表示有放射作用，其能力的大小，由與鐳接近時間的長短而異，如將鐳取去，則其力遽衰，終即消失。無論何種物質，如果與鐳共在一處，便有這樣的放射性。如果假定由鐳常發散一種具有放射性的氣體，則此現象可以說明。

一九〇〇年拉得福特 (E. Rutherford) 發見由鐳發散而有放射能的氣體，命名爲「放射氣」 (Emanation)。此新元素是由鐳飛出帶有二個陽電的氦核——即 $\alpha$ 粒子所餘的氣體。居禮夫妻所報告的東西，便是此物。

一九〇三年拉姆則與索底 (Soddy) 於鐳的放射氣中發見有氦。一九〇八年證明此放射氣自身是一種新元素，命名爲氦 (Niton)。一九一〇年拉姆則與格雷 (Whitelaw Gray) 共同測定氦的原子量，得二二二的數值。測定原子量時，所用氦的總量，僅爲1—15立升，其重量不過二十五萬分的一尅。測定如此微量，是採用一種測微天平，置於一定溫度的室內，於很遠處用一種

裝置以加減法碼，並用望遠鏡檢查指針的運動，使天平不生溫度的變化。

氫也不生化合物，和零族的稀氣元素相類，而且由原子量看來，亦恰合於零族的末位，故加於週期表的零族裏面。

由一種元素的蛻變，能生他種新元素，在化學史上是一個大發見。對於原子構造上實放一大光明。

將鐳鹽的水溶液置於密閉的器內，則氫的發生量，約三四週間，達於平衡。此鐳鹽又能將水分解，使生輕氣及養氣，如用液態空氣將此氣體冷卻，則氫液化，其沸點為攝氏零下六二度。今日因鐳、釷、釷三元素，都有放射氣，故用同一的命名法，稱鐳的放射氣為鐳氫 (Radon)；釷的放射氣為釷氫 (Acton)；釷的放射氣為釷氫 (Thoron)。鐳氫簡稱為氫，其半減期為三·八五日，在三種放射氣中壽命最長。

(5) 鐳 Pa (一九二一年) 鐳 (Proto-actinium) 為罕及邁特涅 (O. Hahn and Z. Meitner) 所發見，是釷的母體故一名「原釷」其祖先為鈾。

將瀝青鈾鏷等類的鏷石，用濃硫酸處理，則鏷含於鏷酸中而殘留。由一噸的瀝青鈾鏷中僅可得七二毫的鏷，即與鏷的含量四分之一相當。此元素早於一九一八年已有被發見之說，但至一九二一年始得確實證明。

放射性元素次第蛻變的學說，早於一九〇二年由馬丁(G. Martin)唱道，然而當時的學者，都以嘲笑報之。但真理決非嘲笑所能掩沒。最先贊成這意見的，當推拉得福特和索底兩氏。他們發見由鏷射氦而生氮，氮與氫都是元素，這種不可思議的現象，大引多數科學者的興趣。至於今日發見有許多放射性元素的蛻變生成物，大別可分為三系；即鈾系，釷系，錒系。蛻變之際，常放出 $\alpha$ 粒子 $\beta$ 電子及 $\gamma$ 線，所生的元素，有時和既知的元素，性質酷似。例如氫放射 $\alpha$ 線而變為第二(B)第三(C)……第七變質鏷(RaG)。第二變質鏷(RaB)與鉛，第三變質鏷(RaC)與鋇，性質相同。混之則不能分離，只有原子量不同而已。這種原子量不同而性質相同，在週期表中應占同一位置的元素，稱為同位素(Isotope)。

一九一三年英國的索底氏與德國的法揚斯(Rasimir Fajans)氏關於放射性元素，對於

週期表上的位置，提出同一的理論如下：

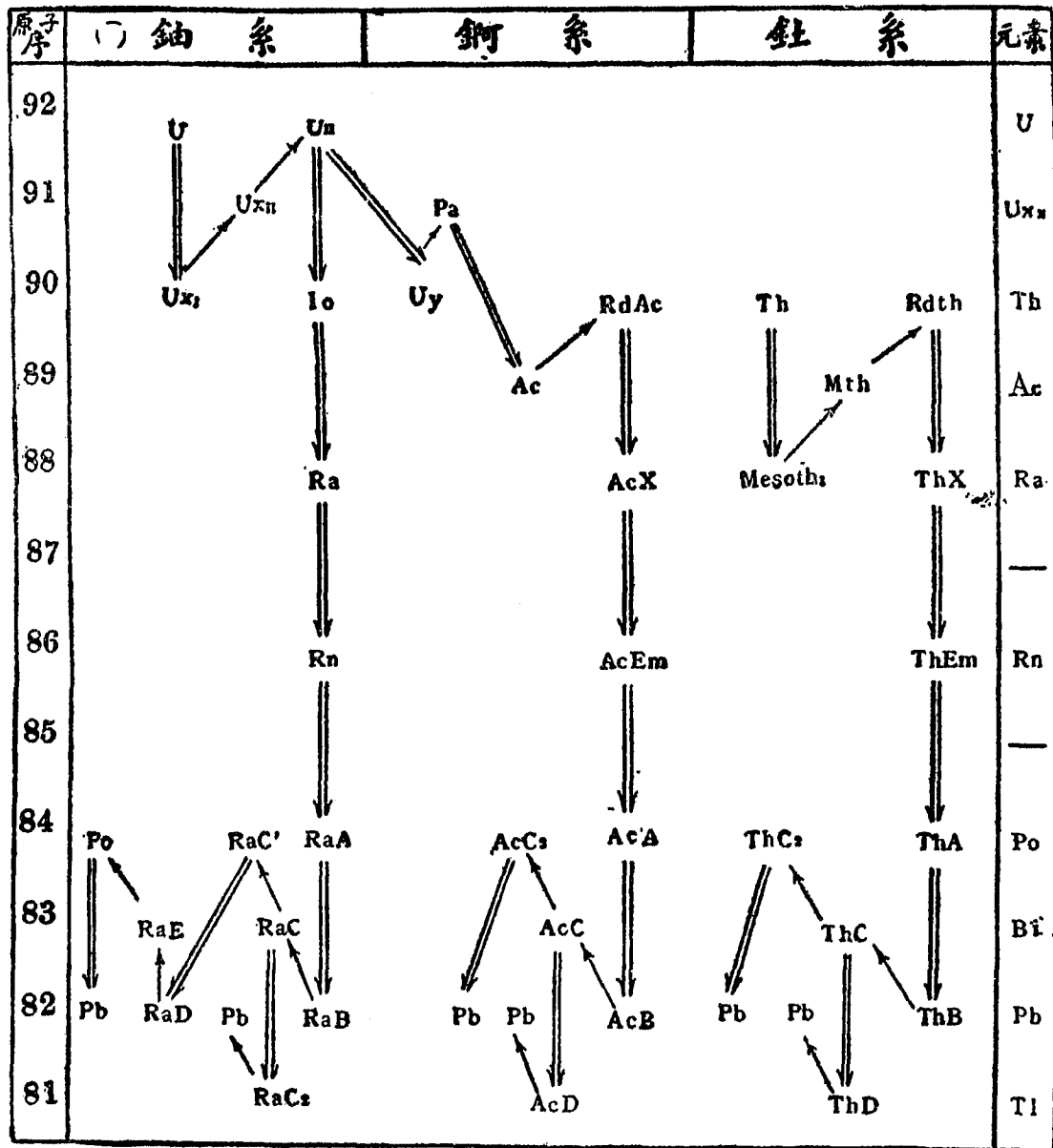
「放射性元素放射  $\alpha$  線時，則失一氦原子，故原子量減四。同時失二單位的陽電，故原子價減二。週期表上的位置應左遷而居於隔一行中。放射  $\beta$  線時，則失一電子，雖原子量不變，而因失一單位的陰電，故原子價增一。應右遷而居於鄰行中。」

這個理論稱爲偏位律 (displacement law)。茲依此說，將各系放射性元素的關係列表如下：

(表見下頁)

同位素不僅存於放射性元素之間而已。其他普通元素之間，諒也存在。首先研究此問題的，當推湯遜。他指示氦是原子量 20.0 和 22.2 即二種同位素的混合物。其次由阿斯吞 (Aston) 質量景 (Mass spectrum) 的研究，知普通元素之中，亦多爲二種或數種同位素的混合物。以氧的原子量爲一六，定爲標準，而測定他元素的原子量時，附有小數的裏面，雖有二三例外，大概是同位素的混合物。而主張元素的量數即質子數，應當都是整數。

據今日所知帶有確實性的同位素之數，在放射性七元素中共有同位素四十四；普通三十四



素 素 列 在 放 α ⇒  
 為 中 之 同 一 射 線 表  
 位 元 橫 線 表 射

元素中共有同位素一百十七。列表如下：表中有（）的是未證實的符號。

原子量	原子序	元素	量數	原子量	原子序	元素
79.2	34	硒	736	6.94	3	鋰
79.915	35	溴	11.10	10.83	5	硼
82.9	36	氬	20;22;21	20.18	10	氖
85.43	37	鉀	24;25;26	24.30	12	鎂
87.63	38	鈣	28;29;30	28.06	14	矽
91.2	40	鎳	32;33;34	30.065	16	硫
107.880	47	鋅	35;37	35.457	17	氯
112.41	48	銀	40;36	39.94	18	氫
118.70	50	鎘	39;41	39.105	19	鉀
121.177	51	錫	40;44	40.09	20	鈣
127.5	52	銻	56;54	55.84	26	鐵
130.2	54	碲	58;60	56.68	28	鎳
140.25	58	銻	63;65	63.55	29	銅
144.27	60	鋇	64;66;68; 67;65;70; 69	65.38	30	鋅
			69;71	69.72	31	銻
			74;72;70; 73;75;76;	72.60	32	鎳
			71;77			



量數	原子量	原子序	元素	量數	元素之研究
202;200;199; 198;201;204; 196	200.6	80	銻	80;78;76;82;77; 74	研究
208;207;206	207;22	82	鉛	79;81	
				84;86;82;83;80; 78	
				85;87	
				88;86	
				90;94;92;(96)	
				107;109	
				114;112;110;113; 111;116	
				120;118;116;124; 119;117;122;121; 112;114;115	
				121;123	
				128;130;126	八〇
				129;132;131;134; 136;128;130;(126); 124	
				140;142	
				142;144;146,(145)	

## 第十三章 由研究原子構造所發見的新元素

據刺得福特與波耳氏等的學說，原子由荷陽電的核和循着相當的軌道運行於其周圍的電子而成。如行星繞着太陽那樣。核中所有的陽電荷和電子的陰電荷，數值相等。核雖幾占原子質量的全部分，然其半徑，則不過  $10^{-2}$  cm，而最外部的電子，則在距中心  $10^{-8}$  cm 之點。

氫的原子最簡，由一個電子與一個陽電荷的核而成。氦原子的電子數，與核中陽電荷數，恰為氫原子的二倍；銦為三倍。由此推來，原子內的電子數，常和核的陽電荷數相等。此種陽電荷數逐一增加，最後至92即鈾為止。原子核內的電荷數，稱為原子序 (Atomic number)，恰和核外的電子數相當。

又據波耳的學說，核外電子以核為中心，循着圓或橢圓的軌道而運行。核外電子，特稱為遊電子 (Planetary electron)，其軌道自內至外，依次稱為 K, L, M, N, O, P, Q 等。細分起來，則為  $1_1, 2_1,$

$2_2;$   
 $3_1, 3_2, 3_3;$   
 $\dots; 7_1, 7_2,$ 核外電子，在各軌道中的配列，如次頁的表：

依此表看來，不活性元素除氦外，最外軌道都有4個電子。此種配列視爲最穩，其餘原子都有移就穩定狀態的傾向。例如鈉在 $3_1$ 的軌道上，有1電子，故知放出此電子而取氦的配列。

原子核的性質，由放射性而漸明瞭。由放射 $\alpha$ 、 $\beta$ 兩線看來，可知核由帶陽電的粒子和電子結合而成。而最簡的氫原子核，只爲陽電的一個粒子，故可爲陽核的單位，稱爲陽電子 (Proton)。又因其爲質量的單位，故亦稱爲質子。其他元素的原子核，其質量爲質子質量之和，其電荷爲由質子電荷的和減去電子電荷的和，其數恰和核外電子的總電荷相等。例如原子序爲2的氦的原子核，由4質子與2電子而成。原子序爲3的原子量爲6的鋰的原子核，由6質子與3電子而成。而原子量爲7的鋰的原子核，則由7質子與4電子而成。

原子核的構造，至今還不能明瞭，但X線的研究，實爲探此祕奧的鎖鑰。巴刻刺 (Batle)氏以X線照元素或其化合物，發見隨元素的種類而生特殊的波動，原子量愈大，則其波長愈短，稱爲示性X線 (Characteristic x-ray)。精密實驗的結果，知其波長不只一種，而且各元素示性放射線的

原 元 子 序 素	NK 軌 道 上 電 子 之 數							
	1	2 <sub>1</sub> 2 <sub>2</sub>	3 <sub>1</sub> 3 <sub>2</sub> 3 <sub>3</sub>	4 <sub>1</sub> 4 <sub>2</sub> 4 <sub>3</sub> 4 <sub>4</sub>	5 <sub>1</sub> 5 <sub>2</sub> 5 <sub>3</sub> 5 <sub>4</sub> 5 <sub>5</sub>	6 <sub>1</sub> 6 <sub>2</sub> 6 <sub>3</sub> 6 <sub>4</sub> 6 <sub>5</sub> 6 <sub>6</sub>	7 <sub>1</sub> 7 <sub>2</sub> .....	
第一週期	1 H 2 He	1 2						
第二週期	3 Li 4 Be 5 B — 10 Ne	2 2 2 — 2	1 2 2(1) — 44					
第三週期	11 Na 12 Mg 13 Al — 18 A	2 2 2 — 2	44 44 44 — 44	1 2 21 — 44				
第 四 週 期	19 K 20 Ca 21 Sc 22 Ti — 29 Cu 30 Zn 31 Ga — 36 Kr	2 2 2 2 — 2 2 2 — 2	44 44 44 44 — 666 666 666 — 666	1 2 (2) (2) — 1 2 21 — 44				
第 五 週 期	37 Rb 38 Sr 39 Y 40 Zr — 47 Ag 48 Cd 49 In — 54 Xe	2 2 2 2 — 2 2 2 — 2	44 44 44 44 — 666 666 666 — 666	44 44 441 442 — 666 666 666 — 666	1 2 (2) (2) — 1 2 21 — 44			
第 六 週 期	55 Cs 56 Ba 57 La 58 Ce 59 Pr — 71 Lu 72 Hf — 79 Au 80 Hg 81 Tl — 86 Ru	2 2 2 2 2 — 2 2 — 2 2 2 — 2	44 44 44 44 44 — 44 44 — 666 666 666 — 666	666 666 666 666 666 — 8888 8888 — 8888 8888 8888 — 8888	44 44 441 441 441 — 441 442 — 666 666 666 — 666	1 2 (2) (2) (2) — (2) (2) — 1 2 21 — 44		
第 七 週 期	87 — 88 Ra 89 Ac 90 Th — —	2 2 2 2 — —	44 44 44 44 — —	666 666 666 666 — —	8888 8888 8888 8888 — —	666 666 666 666 — —	44 44 441 442 — —	1 2 (2) (2) — —

振動數，依原子序而增加。數種示性放射線之中，由振動數大的漸次稱爲K列L列M列N列等。一切元素，都見K列的景。L列的景僅於原子序在三〇(Zn)以上；M列的景在六六(Dy)以上；N列的景在八六(Rn)以上見之。四列的波長，俱隨原子序愈進的愈短。

摩茲力(Morseley)氏就K列和L列的景研究，以 $\nu$ 表振動數，以 $Z$ 表原子序時，發見有如下的關係：

$$\sqrt{\nu} \propto Z$$

由摩茲力的理論，知元素的原子序和示性X線的振動數的平方根之間，有直線的關係。依此我們能夠確知氫和鈾之間，所應有元素的數。在這時知第一位元素氫和第九十二位元素鈾之間，未知的有原子序爲四十三，六十一，七十二，七十五，八十五，八十七等六元素。但自X線分析法進步以來，這些未知的元素，逐漸發見。現在就最近數年來新發見的元素，列舉如下：

(1) 鉛Hf (一九二二年) 由摩茲力X線研究的結果，鋇和鏷之間，應有十六個的元素存在。此時除第六十一及第七十二元素之外，其他十四個元素，全已發見，而且都屬於稀土類。所以

第二個問題，便是第七十二元素亦屬於稀土類呢？還是和鑄錯鈦等同族屬於四價元素呢？一九〇七年烏爾班和衛爾斯巴哈各獨立的將一八七八年馬利格那氏所發見的鐳土，用分別結晶法，得鐳及鐳二元素，疑其中還有第三的元素存在。但衛爾斯巴哈取二千鈺的加得林石 (Gadolinite) 數年間行分別結晶法，終不見有何新元素；而一九一一年烏爾班由同樣研究的結果，則發見一種新元素，命名為鏷 (Celium Ce)。到了摩茲力的法則發見，化學者都以為鏷便是第七十二的元素。一九一四年摩茲力也這樣想着，就試料行X線分析，卻不見有相當於第七十二位的線。

自一九二一年至一九二二年波耳的原子構造說發表以來，由原子內核外電子配列的表觀之，知七十二元素當與其前許多連續的稀土類元素性質應大不同。即稀土類元素自第五十七至第七十一元素的構造隨原子序的增加，核外電子僅配置於4<sub>s</sub>軌道之上，而屬於更外部的軌道的電子羣，其數不變。然第4軌道，至七十一元素而完成，而七十二的元素新來的電子，應入於第5軌道的電子羣，成為價電子而作用。故知七十二元素性質與稀土類大異，而非與四價元素鑄錯等類似不可。當時在波耳的研究所內，有匈牙利的赫維賽 (Hevesy) 和荷蘭的科斯特 (Coster) 兩

氏，就多數含錯的礦石試行X線分析，幾於都含有相當第七十二元素的景，取丹麥首府哥本哈根（Copenhagen）的別名哈夫尼亞（Hafnia）之義，命名為鈾（Hafnium）。烏爾班所發見的鏷，不過濃度較大的第七十一元素，而第七十二新元素的發見權，不是烏爾班所能夠爭得到了。

(2) 鐳Ma (一九二五年)

(3) 鈹Re (一九二五年) 諾達克(Noddack)和塔克(Tacke)兩氏將挪威產的鈹鏷石(Columbite (Fe, Mn) [Nb, Ta] O<sub>5</sub>)和苛性鈾及硝酸鈉共同熔融，以水抽出，加過氧化氫於所得鹼性的溶液，除去錳後，使成酸性，通以硫化二氫，則得硫化物。用X線檢查，發見有與原子序第四十三及第七十五相當的景。又將烏拉爾產的白金礦溶於王水，取其中不溶解的物質，灼熱於氧氣流中，除去鈹釘及砷等則得白色針狀的結晶，於四百度昇華。此物不能由氫還元，遇硫化二氫則變成黑色。由X線檢查，亦得與原子序第七十五相當的景。因紀念塔克的故鄉奧斯特馬克(Ostmark)之故，將相當於第四十三的元素，取名為鐳(Masurium)。又取來因河之義，將相當於第七十五的元素，取名為鈹(Rhenium)。

其後多勒瑟克 (Dolejssek) 亥魯斯基 (Heyrovsky) 德魯斯 (Druse) 等各由鈳鹽發見與第七十五相當的元素。然而他一方面普藍特爾 (Prandtl) 多年欲由挪威產的鈳鑛 (Niobite) 分離與第七十五相當的元素，終不成功。並將此等發見者的實驗，試行分析，亦得否定的結果。一時與發見者之間成爲爭論。但諾達克等益加研究，至於今日，已得一克以上的純鈳，而且鈳的化學性及物理性，也漸明瞭。至於鐳則由最初發見 X 線景以來，迄未得更進一步的報告。

(4) 鈳 II (一九二六年) 由原子構造論推之，自第五十七位至第七十一位之間，在理共有十七個的稀土類元素，除已發見的有十六個外，所餘的不過相當於第六十一的元素一個而已。二十年來化學者對於此種新元素的發見，煞費苦心。一九二六年伊里諾斯 (Illinois) 大學教授霍布金 (B. S. Hopkins) 赫黎斯 (J. A. Harris) 及因騰馬 (Z. F. Yntema) 等，共同由單晶石用常法除去鈳鈾銀等之後，由硝酸鹽的殘渣，製硝酸鎂的複鹽，用分別結晶法，由容易結晶的部分，製出溴酸鹽。由七十次的分別結晶，就集於中央的鹽類而檢查其吸收景，發見有與既知的稀土類元素不同的景。更將此物分爲比較的難溶比較的易溶及中間的部分，而試行 X 線分析，在中



間部分，見有相當於第六十一的景較強。因紀念伊里諾斯大學的名譽命名為鈹 (Ilinium)。

在鈹發見以前即一六二四年意大利化學家洛拉 (Rolla) 及斐喃得司 (Fernandes) 二氏，亦由單晶石發見與第六十一元素相當的 L 列的 X 線景。其後檢查吸收景，證明其為新元素，命名為 Placatinum (Pl) 與鈹爭發見的名譽。然而關於此元素定量方面的研究，尚無進展。最近又有化學者指摘其為誤認，故此元素的發見，至今還不能證實。

## 第十四章 還未發見的元素

一八九五年湯遜 (Julius Thomsen) 氏發表一種週期表。波耳氏由電子配列的理論，加以改良。現在將最近所發見數元素列入，得表如下：

湯遜波耳的週期表 (表見下頁)

第一一二元素列

元素數 2

( $2 \times 1^2$ )

第二、第三短週期

元素數 8

( $2 \times 2^2$ )

第四、第五長週期

元素數 18

( $2 \times 3^2$ )

第六、第七最長週期

元素數 32

( $2 \times 4^2$ )

此中第九十二以上，僅有二個——即第八十五及第八十七是未發見的元素；自第九十二以下二十六個，是假想的元素。

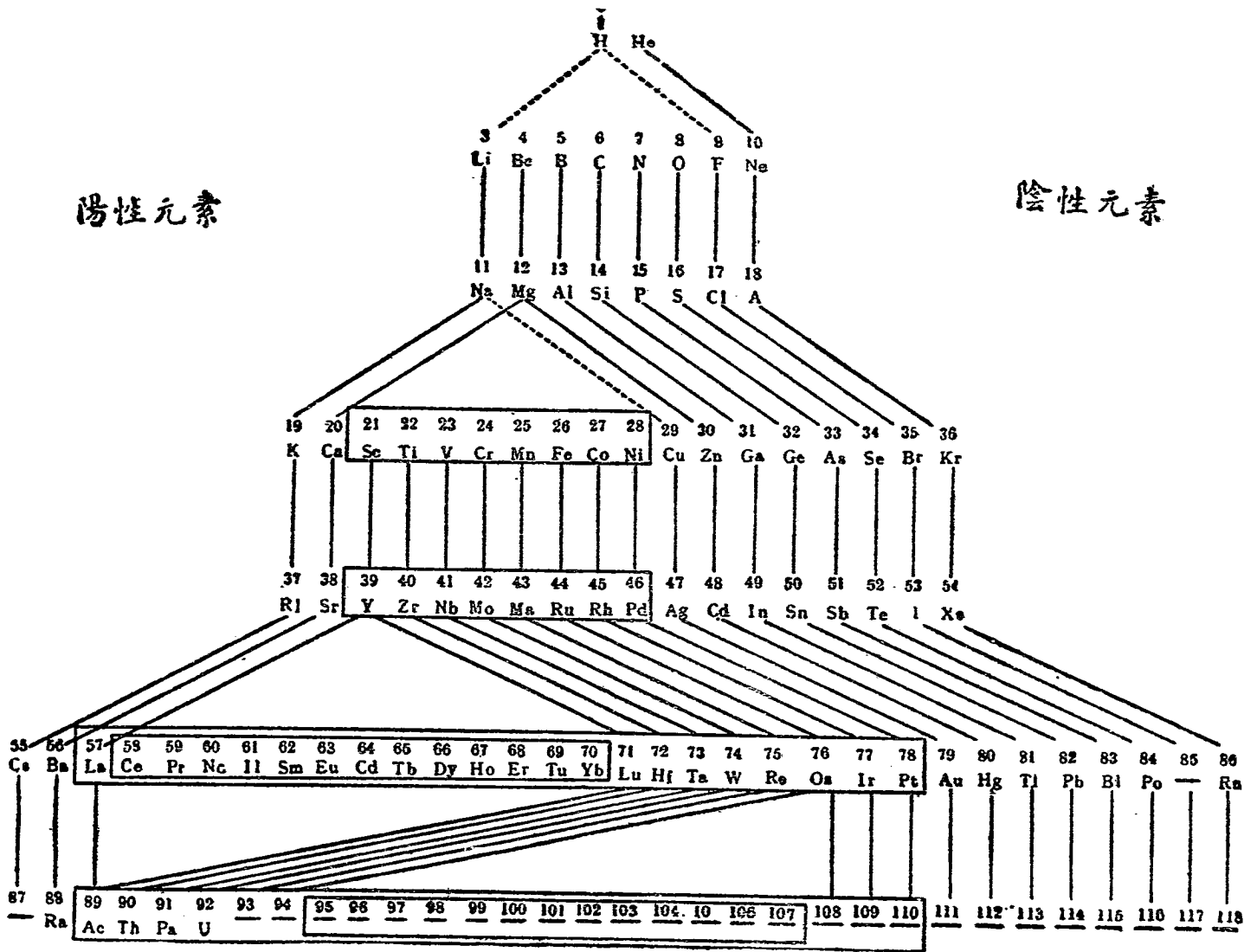
同族的元素，用直線連結，點線表示相互有類似的關係。長方框表示內部量子軌道的完成。重框內的一羣元素，表示更深內部量子軌道的完成，稀土元素便屬於此。

和原子序第八十五及第八十七相當的元素，化學者間都確信其一定存在。在門氏初製週期表之時，已預料第八十五的元素，屬於造鹽族；而第八十七的元素，屬於鹼族。所以假定稱前者為「類碘」，後者為「類鎧」。然至今日，雖經許多學者的努力，但還找不出一些端緒。

這二種元素在地球上的存量一定很少，或許地球上雖有含着這元素的母體，但未曾引起人們的注意，而且用素來的物理的化學的方法，恐怕不易認識得到。我們對於這二種未被發見的元

陽性元素

陰性元素



素，有一點應行注意的，便是由週期表前後的關係看來，料是放射性物質。對於放射性物質的研究，如果更見進步，或許能夠發見出來。我國物產豐富，多未經人分析，或許有含有此種元素的母體，也未可知。我想第八十五的元素和造鹽素同族，或許存在海裏的物質裏面。而第八十七的元素和鹼金屬同族，或許混於天然蘇打之中。我國蒙古有天然蘇打，而山西四川等省也有池鹽井鹽，如果搜集這種材料，由放射能的測定，和X線景的分析，也許能夠發見這最後二元素，亦未可知。我希望化學家努力研究，使元素表上列有「鉀」「鐳」兩字，為黃種人爭些面目。

第九十三以下的元素，由波耳的原子構造從來，也有存在的可能性。因為第九十二的鈾O，P，Q的量子軌道，都還沒有完成。如果漸次補充一個電子，要到一百十八位為止，諸軌道纔見完成。最後還有一個稀氣元素出現。在這二十六位之間，或許還有第二的稀土類元素，其性質和銻族相似，也未可知。如果第九十三位以下有一個元素發見，一定有許多元素，隨着發見。不過這些元素放射性一定很強，原子的組織也極複雜，甚至不能穩定存在，也未可知。我們除了待事實來證明之外，實在不能加以臆測。

編主五雲王  
庫文有萬  
種千一集一第  
究研之素元  
著文貞鄭

路南河海上  
五雲王 人行發

路南河海上  
館書印務商 所刷印

埠各及海上  
館書印務商 所行發

版初月二十年二十二國民華中

究必印翻權作著有書此

The Complete Library  
Edited by  
Y. W. WONG

A STUDY OF ELEMENTS  
BY CHENG CHENG WEN  
PUBLISHED BY Y. W. WONG  
THE COMMERCIAL PRESS, LTD.  
Shanghai, China  
1933  
All Rights Reserved

046447



7121.6