

原子學說的 進展與現況

梁家通 曾昭掄 著

生活·讀書·新知三聯書店出版

原子學說的 進展與現況

梁家通 曾昭掄 著

生活・讀書・新知三聯書店



版權所有

生活·讀書·新知三聯書店出版
北京東總布胡同10號

*

1953年3月在北京印造初版

32''×43'' 1/25 · 210定價頁 · 總號994 · 分號Q544

0301—4000冊 · 定價7.100元

*

· 總 經 售 ·

中國圖書發行公司

目 錄

第一章 物質構成和化學元素	1
第一節 古代對物質構成的觀念	1
第二節 古代的原子學說	2
第三節 煉金術	1
第四節 科學的化學之萌芽	6
第五節 燃素說	7
第二章 二十世紀以前的原子學說	10
第一節 羅蒙諾索夫的原子分子學說	10
第二節 達爾頓的原子學說	11
第三節 分子說	13
第四節 原子量的測定	15
(1) 由分子量測定原子量	16
(2) 由比熱測定原子量	18
(3) 用同晶定律測求原子量	19
(4) 用化學方法測定原子量	20
第三章 元素的分類系統	22
第一節 早期的元素分類	22
第二節 卜勞特的假說	23
第三節 杜伯乃勒的三素組	23
第四節 牛蘭茲的八音律	25
第五節 門得雷葉夫的週期律	27
第六節 週期表和元素的物理性質	31
(1) 原子量和密度	31
(2) 原子容積	31

(3) 元素的熔點	33
(4) 展性	33
(5) 膨脹係數	31
(6) 鹽之顏色	31
(7) 熱與電之傳導性	31
第七節 週期律和元素的化學性質	34
第八節 週期表中同組元素的關係	36
第九節 週期表的應用	37
(1) 原子量的修正	38
(2) 預告新元素	39
第十節 週期律的缺點	42
第十一節 惰氣元素	43
第四章 放射性和原子裂變	47
第一節 物質與電	47
第二節 低壓氣體中的放電	48
第三節 電子	53
第四節 放射性	54
第五節 鐳的放射	56
第六節 元素的天然裂變與同位素	60
第七節 非放射性同位素	65
第八節 原子序數	68
第五章 原子構造	72
第一節 相對論和質能關係	72
第二節 量子學說	75
第三節 羅瑟福的新原子學說	78
第四節 化學反應與電子	82
第五節 波爾原子模型	87
第六章 人工的元素換變	95

第一節	新煉金術	95
第二節	迴旋加速器	98
第三節	中子	101
第四節	人工放射性	103
第五節	重氫和重水	101
第六節	元素的嬗變反應	105
第七節	生理效應	107
第八節	慢中子	109
第七章	原子核反應	111
第一節	原子核的割裂	111
第二節	越鈾元素	111
第三節	原子割裂的能量	117
第四節	宇宙射線	119
附 錄		121
一	原子週期表的說明	
二	原子中之電子排佈	
三	鈾 235 割裂的反應式	
四	各種原子的電子性質	
五	各種元素的原子量及其他性質	
六	各種元素的熱學及其他性質	
七	安定同位素與半衰期最長的不安定同位素之原子核性質	
八	基本微粒與幾種其他簡單微粒之性質	

第一章 物質構成和化學元素

第一節 古代對物質構成的觀念

物質由極細的微粒組成的學說，在今天已進入明朗的境地，但這種觀念卻並不是二十世紀的科學家所發明。古代有若干哲學學者，早就有了物質由簡單物質構成的想法。不過當時的學說，缺乏科學的根據，也沒有從實驗來證明他們的學說的真確性；大部分只是從片面的觀察，或主觀的臆測而來。這些散漫無系統的物質觀念，在歷史方面還具有若干價值，可以作為原子學說的發展史中的一種參考資料。

在紀元前五世紀，希臘學者恩披多克里斯 (Empedocles) 曾說，宇宙間一切存在的物質，都是由四種元素組成；這四種元素，是氣 (air)，土 (earth)，水 (water) 和火 (fire)。在這以前，另一位著名的希臘哲學家泰勒斯 (Thales) 認為水是一切物質的基本組份。依恩披多克里斯的意見，上述的四元素，是各自獨立而互不相關的東西，但可以由它們產生宇宙間一切的物質。有些哲學家也認為只要使用適當的方法，便可以使氣和火生成各種物質。

著名希臘哲學家柏拉圖 (Plato) 的學生亞里士多德 (Aristotle)，是古代最被推崇的哲學科學權威。他是以實驗和觀察為基礎而研究自然知識的第一個人。對於物質組成的研究，他假設在宇宙間隱藏着一種“原始的物質” (materia prima or primitive matter)，當

它表現爲某一種形狀(form)時,它的具體存在就會被發現。形狀給予每個物體以個別的特性,他同意恩披多克里斯的四元素說。他更指出這四元素依它們的特性不同而各有分別;最基本的性質,是潮濕(wet),乾燥(dry),熱(hot)和冷(cold)。每一種元素都具有其中兩種性質。不過熱和冷,或潮濕與乾燥,是相反的性質,所以不可能同時存在。因此這四種特性可能組合成下列四種形式:

熱和潮濕—————形成氣 冷和潮濕—————形成水

熱和乾燥—————形成火 冷和乾燥—————形成土

在每一元素中,其中一種性質會比另一種性質佔有優勢。在土來說,是乾燥佔優勢;在水來說是冷,氣是潮濕,火是熱。四種元素,沒有一種是不可轉變的。它們可以經由共同具有的性質作爲媒介,而轉變爲另一種元素。因此火可轉變爲氣,因爲它們具有熱這中間性質。氣可轉變爲水,因爲它們共同具有潮濕這種特性。當兩元素接觸時,可能因爲它們的組成性質發生變動,而產出第三種元素。例如火和水接觸,假如可以除去它們中的熱和潮濕兩性質,便會結合成土。在所有這些變化中,它們只在形式上發生變化。無論變化的形狀有種種的不同,構成元素的物質卻沒有變動。亞氏的學說,雖然沒有得到實驗的證明,但原始的煉金術,也就從這種理論根據而萌芽了。

第二節 古代的原子學說

古代希臘哲學家遺留給現代化學家的最大遺產,可以說是物質由原子構成的理論。雖然這理論的實驗證據,經過了差不多二

千年後才被發現，但我們不應該忽視它的價值。

關於這一理論的資料，散見在陸克悅梯斯 (Lucretius) 的稱爲“物質本性” (On the Nature of Things or De Rerum Natura) 的詩文中，其中他把陸基博斯 (Leucippus)，德模克利安斯 (Democritus) 和厄被苦魯斯 (Epicurus) 等學者的學說，有系統地整理和更發揚光大加以說明。不管它和我們今天的概念有什麼不同，但事實上它是我們化學和物理知識的一種歷史基礎。綜合他的理論，可分爲下列幾點：

- (1) 物質只有一種最後的組成。
- (2) 物質不能破壞，也不能產生。
- (3) 物質不是連續的，而是分離的；那就是說，它具有“粒子”的構造。
- (4) 物質由不可見的“原子”構成，原子在物理上不能分割，不能破壞；它是永遠的 (eternal) 而又不能穿透的。
- (5) 原子與原子之間，僅爲虛空的空間。
- (6) 不同物質的原子，它們的形狀、大小和重量，也各有不同。
- (7) 原子都在永久的運動中——它們是作直線的運動，彼此互相間經常撞擊和反擊，好像陽光下的微塵一樣。
- (8) 不同性質的物質，是依據構成它們的原子的性質、數目和組成狀況而異。

從上面幾點看來，古代的原子學說和近代我們得自羅蒙諾索夫 (Ломоносов)，達爾頓 (John Dalton) 和其他學者的概念很相似。但事實上，它們的分歧還是很大的。古代的學說，完全沒有事實觀察的根據；而現代的學說，是由無數確實的事實和準確的實驗所

產生的。另一方面，陸克悅梯斯沒有指出物質的分子組成與化合作用，更缺乏物質和能的關係的說明；而質能關係，在今天的原子學說中卻是非常重要的部分。

古希臘的原子學家所給予現代化學家的貢獻，就是他們使人熟悉了原子和空間的觀念，這對於後來的思想家可能產生一些影響。事實上，他們的學說，只不過是一種聰明而又幸運的推測，對現代科學發展幾無直接的推動作用。而且在中世紀的時候，這種物質的原子觀念，差不多完全消失；代替它的是亞里士多德的物質連續說；如此維持了幾百年，直至十八世紀，羅蒙諾索夫才使它們獲得新的改變。

第三節 煉金術

早期的化學發展情況，頗難考據。根據各方面的史料，我們知道有若干技術在古代時的埃及，希臘以及其他的國家，都有很大的進展。特別是埃及，冶金術和近似的技術的研究已有相當深入的發展。不過這些知識，僅作為一種祕密保存在皇室和僧侶的手上。而在希臘，化學的研究比較普遍。後來在亞歷山大城 (Alexandria)，埃及的實驗和希臘的理論熔冶一爐，發展成為煉金術 (alchemy)，研究怎樣使金屬轉變。他們所找尋的是能夠產生這種轉變作用的所謂“點金石” (philosopher's stone)，由此實用的科學轉入了歧途。

當時的煉金術家以為所有的物質都含有一種精華。假如能夠把這種精華提取得到，便可以使一種物質轉變為另一種物質。在金屬中，這種精華有大量存在；而金屬中最貴重的金，在他們認為是

純粹的精華。因此只要經過若干精煉的過程，把普通賤金屬的軀殼和殘渣除去，便可以轉變為貴金屬。他們更夢想着找尋一種“點金石”，以為獲得到很微量後，就可以省去一切艱難的工作過程而能夠無止境地“點石成金”了。

煉金術在中世紀的化學史上，維持了很長的時間，結果他們沒有達到原來的希望。雖然在冶礦的技術上有了若干成功，同時因為某些人在尋求長生不老的丹藥而在醫藥上有了一些發明；然而這種錯誤的趨向，對整個科學的進步，是有阻礙作用的。在第八世紀時（732 A. D.），回教國的勢力膨脹，近東和北非的大部分國家以及西班牙，都在阿剌伯的統治下，新的文化又重新建立。可是煉金術仍然是化學研究的中心，不過比較進步了。他們遺留給我們許多事實和實驗手續，這些對後來的化學家的研究頗有幫助。

大約在十二世紀至十四世紀這期間，埃及和阿剌伯的學術流傳歐洲。但是得到大多數人注意的卻是煉金術，因此並沒有把化學引導上科學的途徑。直至十六世紀初期，瑞士化學家巴拉塞爾士（Paracelsus），首先提倡化學的目的是製造藥物和疾病的治療；研究的態度，應該是理智的而不是迷信的。同時他指出，探尋點金石和長生不老藥，是錯誤而荒謬的趨向。對於物質構成的觀念，巴氏將亞里士多德的四元素說加以修改，認為構成一切物質的是三種元素（tria prima）：即食鹽，硫磺和汞。巴氏解釋說，食鹽是不燃性，不揮發，而堅實的元素；硫磺是燃燒性的元素；汞是可熔，具有揮發性，且為各金屬共同具有的元素。可惜這種三元素說只指出物質的若干性質，和今天元素的意義，基本上大不相同。巴氏對於物質構造方面，雖然沒有什麼貢獻；但是他在化學研究的方向上，起

了糾正的作用。雖然當時煉金術仍然存在；然而在真正的科學精神面前，它是逐漸消失了。直至二十世紀前後，新的煉金術，在現代科學基礎上，才又重新建立起來。

第四節 科學的化學之萌芽

差不多二千年來，化學理論，完全是以亞里士多德的四元素說為基礎。其間雖然經過若干修改，補充，甚或有時被人反對；事實上這學說始終成為當時的理論化學的基礎。但經過無數實驗事實的考驗，這學說已漸不能對各種現象加以科學解釋了。

在煉金術家以後，新的黎明日子來臨了。這是一個光輝的黎明，那些早期工作者，很緩慢地，很艱苦地研究着化學這一幼稚的科學，慢慢從不斷的改正錯誤的過程中，逐漸走上科學的途徑。

到了十七世紀的時候，被稱為現代化學之祖的波依耳（Robert Boyle），在他的懷疑的化學家（Sceptical Chemist, 1661）一書中，替現代化學創造了一個新紀元。他否定了亞氏的四元素說和巴拉塞爾士的三元素說，對於元素的意義，他認為“元素是原始的或最簡單的，或者非混和的物體；它不是由其他物體構成，也不是互相結合而成，而是一種化合的成分”。換句話說，元素是不能再分為兩個或更多的組份；如果一種物質不能再行分解，便可視為元素。波依耳對物質構成，還有更進一步的理論。他假設一種物質，含有無數的微粒；這些微粒，都是微細至不可見，各具一定形狀的固體。這些微粒，乃是真正的原始組成單位。同時又有很多粒子，由那些原始的單位所組成；它們也是不可分的，或者很難分裂為“原始單

位”，而且它們每種都具有它們自己特有的形狀。這些次級的粒子和那些原始單位，在我們今天的原子觀念中，近似分子和原子。可惜波氏本身沒有方法證明一種物質是否元素；也沒有證明元素和這些粒子的關係。所以在化學上，這種具有革命性的學說，並不為當時的人所接受。

從現代對元素的定義看來，我們便更明白了波依耳的學說，在化學發展上是如何可寶貴了。

現代的人說，“要決定一種物質是元素還是化合物，通常是先假定它為化合物，而用一切已知之分解化合物的方法，使它分成更簡單的物質。如果這些方法仍不能達到分解它的結果，這物質便被認為是元素。簡言之，元素是一常用的名詞，用以表示現時分解或分析方法的最後產物。因此我們可以綜合起來，給它一個定義：元素是一種物質，據我們現在所知，它只含有一種物質”。^①

新的學說雖然產生了，但煉金術並沒有立刻完全消失。它有一種遺產還纏繞在科學的園地中很久。甚至那些早期最光輝的科學家，如普理斯列（Priestley），也曾給這思想模糊了，那就是著名的燃素說（phlogiston theory）。

第五節 燃素說

火的運用，是人類進化中的第一個大轉捩點。但關於火的本性，幾千年來是存在着一種深奧難測的神祕。每個人都使用火，原

① 摘自梅洛爾（J. W. Mellor）：無機與理論化學概論（Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry）。

始時代的人拜祭它，但沒有人能够解釋它。燃燒是化學變化過程中的最基本的現象。在未了解它以前，化學便不可能有真正的進步。英國一位化學家梅約 (John Mayow) 的理論，和燃燒的真義很是接近。他很確實地認為空氣中存在有某種東西能引起燃燒，能和金屬結合，也能使靜脈的血變成動脈的血。雖然他在氧的發現前一個世紀預告了氧的存在，可惜他並沒有把問題解決。

爲了解釋燃燒現象，斯打如 (Georg Ernst Stahl)，把這觀念提出來，他認為所有可燃的東西，都具有一種共同的物質，這種物質會在燃燒的過程中逃逸出來。這種理想的物質，和古代的“點金石”一樣的難以捉摸，他稱它爲“燃素”(phlogiston)。有些物質如煤之類會完全燃燒。他認為這是近於純粹的燃素，因爲燃燒後僅餘一些灰燼。很明顯地，某些物質在燃燒過程中逃逸了。很多金屬在空氣中加熱時會失去光澤，同時重量增加。主張燃素說者，認為這也是由於燃素的消失；因爲當此類燬渣與被認為差不多是純粹燃素之炭共熱時，便會回復它們的金屬狀態。從這些事實看來，矛盾發生了，金屬中的燃素消失，重量反而增加。於是他們又假設燃素的重量爲負數(negative weight)。但是爲什麼近乎純粹的炭，燃燒後的灰燼重量又減少呢？

我們沒有等待很久，理論和事實在法國的科學家拉瓦錫 (A. L. Lavoisier) 底研究中，得到了統一的結論。在 1774 年普理斯列發現的氧氣 (oxy. gen.)，給予他一個解決問題的途徑。他從實驗中，證明了氧是支持燃燒的氣體。金屬當其在空氣中加熱時和氧結合，所以重量便會增加。於是燃素說在科學真理下接受了死刑的宣判。

自從波依耳給元素下了定義，而燃素說又在拉瓦錫的實驗下

終結後，科學家打破了無知和迷信的桎梏；代替煉金術和怪誕神奇的學說的，是元素的發現和化學定理的逐漸確立。科學的化學，於是在無數辛勤工作的科學家手中，建立起它的基礎。

第二章 二十世紀以前的原子學說

第一節 羅蒙諾索夫的原子分子學說

在十八世紀，物質的組成這一問題又再提出來了。早期的原子學者中的代表人物如加遜弟 (P. Gassendi)，波依耳等，都認為物質係由原子組成。支持他們的原子觀念最有力量的是胡依根斯 (C. Huygens)。牛頓在他對天體運動的計算中，覺得星球間的空間，必需假設為真空。這見解很自然地支持了原子學說，而否定中世紀時的宇宙物質連續的觀念。

十八世紀中俄國天才與多能的科學家羅蒙諾索夫 (Михаил Васильевич Ломоносов, 1711-1765)，在 1741 年，即在達爾頓之前幾約七十年，創立了原子分子學說。他認為物質是由非常之小的顆粒所組成；此等顆粒，他稱之為“微粒” (корпускула)，即相當於現在所謂“分子”。此等微粒，係由“原質” (элемент) 組成，後者相當於現在所謂“原子”。按此，羅氏早於一般化學家一百多年，就認清了原子與分子的區別與關係。他認為各種物質性質的不同，係由於其分子不同而來；有時分子中各原子的不同排列，引致不同的性質，這點比後來瑞典化學家伯隨留斯 (J. J. Berzelius) 在 1829 年所提出之關於同分異構 (isomerism) 的觀念約早八九十年。他還認為“微粒”是在不斷地動，並以此解釋氣體的性質 (如壓縮性等)，這樣早於西歐科學家一百年發明了氣體的分子運動說 (kinetic theory)

of gases)。

羅蒙諾索夫批判了當時盛行的燃素說，並且發現了近代化學兩條最基本的定律，即質量永恆（物質不滅）定律與能量永恆（能量不滅）定律。羅氏發現前一定律，早於法國大化學家拉瓦錫約四十年；發現後一定律，則早於西歐科學家約一百年。不僅如此，在羅蒙諾索夫定律中，實含有物質和運動密切聯繫着的思想，為後來質能關係的發現準備了初步基礎。這樣看來，羅氏在近代化學家與物理學家中，實在是一位先知先覺。

第二節 達爾頓的原子學說

古代研究化學的學者，很難獲得純粹的物質，而他們也沒有注意物質純度對實驗的重要性，所以他們的實驗結果，常有很多無可避免的錯誤。十八世紀末年，卜勞斯特（J. L. Proust）主張在化學實驗過程中，盡可能使化學品達到最高的純度。以這種觀念為基礎，從他的實驗中，證明一定的化合物，無論它是在實驗室中人工製成，抑或是自然產物，它們經常含有同樣的元素，依一定的重量比例而結合。這就是“定比定律”（law of definite proportions）。但當時另一位著名化學家伯多勒（C. L. Berthollet）對卜氏此種結論，大加反對。他認為化合物在化合過程中，它的組成物質的比例，並不是一定的常數；它們的比例，乃是依化合過程的狀況而變更的。但是卜勞斯特的結論，仍然為大多數化學家所承認。後來達爾頓的原子說，對定比定律，更有新的補充。

達爾頓進一步發展了原子學說。達氏是英國曼徹斯特（Man-