

最新科學入門③

原著者／艾西摩夫

牛頓文庫

最新科學入門③

牛頓出版社

目錄

第七章 元素 5

週期表 7

早期的理論 / 原子論 / 門得列夫週期表 /

原子序 /

放射性元素 22

元素之鑑定 / 尋找缺失的元素 / 超鉈元素 /

超重元素 /

電子 34

週期表的週期性 / 稀有或鈍性氣體 / 稀土族元素 /

過渡元素 / 錒系元素 /

氣體 55

液化 / 火箭燃料 / 超導體、超流體 / 冷凍學 / 高壓

金屬 78

鐵和鋼 81

新金屬 /

第八章 粒子 93

有核的原子 95

粒子的確認 / 原子核 /

同位素 101

均一的構造塊 / 追蹤粒子 / 元素的蛻變 /

新粒子 112

中子 / 正電子 / 放射性元素 / 粒子加速器 /

粒子的自旋 / 宇宙射線 / 原子核的結構 /

輕子 146

微中子和反微中子 / 繼續探查微中子 / 核交互作用 /

μ 介子 / τ 介子 / 微中子的質量 /

強粒子和夸克 165

π 介子和介子 / 重子 / 夸克理論

場 176

電磁交互作用 / 守恆定律 / 統一場論

前言

人類以不屈不撓的精神及科學方法去洞悉宇宙的奧秘，對於任何一個深受其感動的人而言，科學的快速發展是相當令人興奮的。

但是對於留意每一步科學發展，以便把它解釋給社會大眾的人來說，那種興奮似乎並不那麼強烈，而會被一種絕望所沖淡。

科學是永不止息的，它就像是一盞轉個不停的走馬燈；我們無法在一瞬間看清它的每一個細節。

一九六〇年，我們曾出版了「給聰明人的科學入門」(The Intelligent Man's Guide to Science)，但由於科學不斷進步，為了使讀者能了解似星體或雷射等一九六〇年時還未被發現的東西，一九六五年又出版了「給聰明人的新科學入門」(The New Intelligent Man's Guide to Science)。

然而科學一日千里，脈動電波星、黑洞、大陸漂移說、人類登陸月球、快速動眼睡眠、重力波、全像攝影術等等，都在一九六五年後一一出現。

所以又到了出版第三版的時分了，那麼應該怎麼命名呢？「聰明人的新科學入門」？當然不是。第三版直截了當地命名為「艾西摩夫的科學入門」(Asimov's Guide to Science)，並於一九七二年付梓出版。

但科學的腳步仍然沒有停過，由於我們不斷地努力勘察，對於太陽的了解已可寫成一大章了。現在我們又開始探討不斷膨脹的宇宙、關於恐龍滅亡的新學說、夸克、膠子、統一場論、磁單極、能源危機、家用電腦、機器人、中斷的演化、致癌基因等等。

所以又到了印第四版的時分了。由於過去每一版都會換名稱，這次也不例外，這次的書名為：「艾西摩夫最新科學入門」(Asimov's New Guide to Science)。

艾薩克·艾西摩夫 / 紐約，一九八四年



7

元素

週期表

現在讓我們來看看存在宇宙裏一些相當大的物體，如恆星、銀河、太陽系、地球及其大氣層等物質組成物的特性。

早期的理論 早期希臘哲學家們對於大部分問題都採取較理論性與推理性的觀點，他們認為地球是由少數元素或基本物質所組成的。大約在西元前四三〇年，安帕多克里斯（Empedocles）把這些基本物質設定為土地、空氣、水和火四種。一世紀後，亞里斯多德認為地球含有第五個元素——以太。後來一些研究物質的希臘中古煉金術士對於以上毫無根據的主張與奧妙的想法感到很困惑，他們所做的結論比那些希臘哲學家來得嚴謹且較易理解，因為至少他們處理過他們所評斷的物質。

煉金術士們為了解釋這些物質的不同性質，乃列表將這些性質與某些元素互相對照；他們證明出水銀是具有金屬性質的元素，而硫是具有可燃性的元素。十六世紀的瑞士物理學家霍恩海姆（Hohenheim）乃是煉金術士中最好的一位，他認為鹽是一種具有抗熱性（亦即能降低溫度）的元素。

煉金術士們認為僅藉著從物質中適當地抽取出某些元素或加入一些元素就可以使該物變成另一種東西。例如，像鉛這種金屬，只要加入適量的水銀就可以轉變成金。這種尋求把普通金屬轉變成金的精密技術持續了好幾個世紀。在這期間，煉金術士們又發現了某些比金更為重要的物質——譬如

無機酸和磷。

無機酸包括有硝酸、鹽酸和硫酸等。尤其是硫酸，大約在西元一三〇〇年首次被製造出來——此項發現造成了煉金術的重大革命。這些酸比以前所知道的酸（醋裏面的醋酸）所具有的酸性更強，而且不需要高溫及長時間的等待就可以把物質分解。甚至在今天，這些無機酸在工業上的用途仍非常重要，尤其是硫酸。據說一個國家的工業化程度，可以從它每年消耗的硫酸量來判斷。

但還是有少數的煉金術士受到一些枝節問題的影響而改變方向，偏離了他們主要探求的道路，耽溺於一些騙人的勾當，以奇術造金，然後從一些有錢的贊助人那裏贏得我們今天所謂的研究補助金。因此使得這門行業聲名狼籍而導致「煉金術」這個字眼遭人唾棄。到了十七世紀左右，「煉金術士」變成了「化學家」，同時「煉金術」也提升成一門科學，稱之為「化學」。

波義耳是早期化學家中的一位，也是著名的波義耳氣體定律的發現者（見第五章）。在他的「持懷疑態度的化學家」一書中（一六六一年出版），波義耳首先提出對於元素的特殊看法，即是各元素也能與其他的元素結合成化合物，相反地，任何一種元素從一個化合物中分離出來後，就成爲一種不能再分解成任何更簡單東西的基本物質。

然而，波義耳保留了一個何謂真實元素的中古式看法。例如，他認爲金不是元素，可以某種方法用其他的金屬製得

。事實上，與他同時代的牛頓也如此認為。牛頓在煉金術上面花了很多的時間和心血，一八六七年時，奧匈帝王約瑟夫（Francis Joseph）就曾發給他造金實驗補助金。

在波義耳之後的一個世紀裏，實際的化學研究工作逐漸地讓人明白了那些東西可以分解成更簡單的物質，那些不可以。卡文迪西證明氫可以和氧結合生成水，所以水不是一種元素。後來，拉瓦謝（Lavoisier）把被認為是元素的空氣分解成氧和氮。如此一來，事情就更加清楚了。以波義耳的元素準則來看所有古希臘時所提出的元素，則可知道它們都不是元素。

至於煉金術士們認為是元素的水銀和硫，後來，根據波義耳準則也確實證實為元素。其他如鐵、錫、鉛、銅、銀、金和一些非金屬如磷、碳、砷亦然。而巴拉西塞斯（Paracelsus）認為是「元素」的鹽，則被分解成兩種更簡單的物質。

當然，元素的定義和該時代的化學技術有關。以今天的化學技術而言，若是物質不被分解的話，它便可以被視為一種元素。拉瓦謝的三十三種元素表中包含了石灰和氧化鎂等物質，但是在他死於法國革命的斷頭臺上之後十四年，英國化學家德維（Humphry Davy），使用電流來分解物質，他把石灰分解成氧和另一種新元素，稱為鈣。同樣地，他把氧化鎂也分解成氧和另一種新元素——鎂。

另一方面，德維還證明了瑞典化學家奚樂（Carl Wilhelm

Scheele) 從鹽酸製造出來的綠色氣體不是鹽酸和氧氣的化合物，而是一種真正的元素，並且命名為氯(源自希臘字綠色)。

原子論 十九世紀初，發展出了一套定義元素的全新方法，此法可說是源於古希臘人的某些方法。

在以前，古希臘人對於物質是否可以分解或能無限地再分解下去的問題，始終是議論紛紛。大約在公元前四百五十年，魯西普斯(Leucippus)和他的學生德謨克利特斯(Democritus)二人主張物質是不連續的。同時，德謨克利特斯還把這些質點叫做原子，意為「不可分割」。他甚至指出不同物質是由不同的原子所組成的，並且認為原子重新排列可以使一種物質轉變成另一種。想到所有這些主張只不過是一個聰明的猜測，每個人不免會震驚於他的正確判斷力。雖然在今天這種觀念是很明顯的，但是在柏拉圖和亞里斯多德拒絕接受的那個時代，情況就不大一樣了。

然而，上述的猜測一直留存在艾匹克拉斯(Epicurus)的教義(寫於西元前三〇〇年)及其學派(享樂主義)之中，其中羅馬的哲學家魯奎列修斯(Lucretius)是位很重要的享樂主義者，大約於公元前六〇年，他在自己的一首長詩「萬物之本質」中具體地把原子觀念寫了出來。這一份古老的抄本經過了中世紀流傳下來，並且成為最早的印刷品之一。

義大利的哲學家布魯諾(Giordano Bruno)和法國哲學家賈山迪(Pierre Gassendi)是現代科學萌芽時期的兩

位著名原子學家。他們有許多非正統的科學看法，例如布魯諾便大膽地提出一項假設，他認為在浩瀚無邊的宇宙裏，行星是環繞著遙遠的太陽運轉。結果在西元一六〇〇年，因為異端的罪名而被燒死，真可說是一位科學革命中的優秀殉難者。蘇俄人爲了紀念他，還以他的名字來命名月球另一面的噴火口。

另外，賈山迪完成了氣體可以擠壓和擴張的實驗，顯示出氣體必定是由分布很廣的質點所組成。他這個觀點影響了波義耳，而且使得波義耳和牛頓成爲十七世紀中最有信服力的原子學家。

一七九九年，法國化學家普魯士特 (Joseph Louis Proust) 證明碳酸銅中的銅、碳和氧的重量有一定的比例，而且是很小的整數比：五比四比一。對於其他一些化合物，他也繼續證明出有相似的情形。假定化合物可以由某些元素的少許數目組合而成，那麼以上提出的固定比例就可以獲得最佳的解釋了。英國化學家道耳吞 (John Dalton) 在一八〇三年指出了這種情形，並且在一八〇八年出版了一本書，該書的化學新資料都是過去一百年來所收集的，如果假設所有的物體都是由不可分割的原子所組成，那麼有一半的資料皆可證實有其意義。(道耳吞保留了古希臘字「原子」以示對古代思想家讚賞之意。) 「原子論」提出不多久，大部分的化學家都接受了這項理論。

根據道耳吞的學說，每個元素都擁有一個特別的原子，

而且不論該元素的量有多少，都是由這種相同的原子所構成的。而且每一種元素之所以不同於另外一種元素，乃是由於它們的原子性質不同的關係。原子間的基本物理差異是它們的重量不同，例如：硫原子比氧原子重，而氧原子又比氮原子重；而氮又比碳原子重；這些碳又比氫原子重。

義大利的一位化學家亞佛加厥 (Amedeo Avogadro) 將原子論應用在氣體上，以證明等體積的氣體 (不論它的性質是什麼) 是由等數目的質點所組成，這就是亞佛加厥學說。最初認為這些質點是原子，但是最後證明在大部分的情況下是由稱為「分子」的少數原子團所構成的。若一個分子含有不同種類的原子，像水分子，它含有一個氧原子和二個氫原子，它就是一個具有「化學性質的化合物」分子。

自然而然地，測量不同原子的相對重量就變得很重要了。換言之，也就是算出各元素的原子量。在十九世紀以前，若想稱得微小原子的重量是不太可能的，那時的稱重技術不甚進步。但是先測量從化合物中分離出來的每個元素的重量，再根據各種元素的化學性質來推測，就可能得到原子的相對重量。第一位有系統地進行這項工作的就是瑞典的化學家柏傑利斯 (Jöns Jacob Berzelius)。一八二八年，他根據兩種標準出版了一個原子量的表，這兩個標準是先任意地假定氧的原子量為 100，及氫的原子量為 1。

但是柏傑利斯的系統有個缺點，就是不能讓人一目了然。到了一八六〇年，在西德卡爾斯路赫 (Karlsruhe) 所召開

的第一次國際化學會議中，義大利的化學家坎尼沙羅（Stanislao Cannizzaro）提出決定原子量的新方法，其中也用到了亞佛加厥學說。坎尼沙羅在會議中激動地描述了他的觀點，當時曾使整個化學界都爲之折服。

在那個時候，被採用做爲重量標準的是氧而不是氫，因爲氧較易與其他不同的元素結合（在決定原子量的方法中，與其他元素結合可算是一個關鍵的步驟）。一八五〇年，比利時的化學家史塔斯（Jean Servais Stas）把氧的原子量定爲 16，則目前已知的最輕的元素——氫的原子量大約在 1 到 1.0080 之間。

繼坎尼沙羅之後，化學家們努力地找尋更準確的原子量。美國的化學家理查茲（Theodore William Richards）利用純化的化學技術，使得這方面的研究達到了頂點。一九〇四年，他定出了前所未有的精確的原子量。並且得到了一九一四年的諾貝爾化學獎。根據後來發現的原子物理結構，理查茲的數字亦曾被修改得更精準。

雖然，整個十九世紀大部分的工作都集中在原子和分子的研究上，而且科學家們也大都相信其真實性，但是卻沒有直接的證據可以證明它們是實質的東西而不是抽象的事物。一些著名的科學家，像德國化學家奧斯特瓦爾德（Wilhelm Ostwald）就拒絕接受這種理論，對他而言，它們只是很有用卻不是真實的。

後來的「布朗運動」則澄清了分子的真實性。這是一八

二七年時，由蘇格蘭植物學家布朗（Robert Brown）所首先發現的，他注意到懸浮在水面上的花粉粒會不規律地輕輕移動，原本以為這是藏在花粉粒中的小生命的傑作，但是大小完全相同的染料質點卻也顯示出同樣的運動。

一八六三年，他首先指出移動是由於周圍的水分子以不同的力量撞擊質點。對於大的物體，從右邊和左邊撞擊物體的水分子數目雖然有些不同，但對於物體本身卻沒有影響而對於小的物體，也許會受到每秒幾百個水分子的撞擊，一下這邊一下那邊，因此會有令人感覺得到的輕微移動。小質點的雜亂運動幾乎成了水及一般物質之「顆粒性」的可見證據。

愛因斯坦研究出一套對布朗運動的理論分析 並且指出如何從染料質點輕微移動的程度計算水分子的大小。一九〇八年，法國的物理學家裴琳（Jean Perrin）研究質點在重力的影響下，下沉時通過水面的行爲，結果發現其下沉運動會被來自底下的分子碰撞所抵消，所以布朗運動可說是與地心引力的方向相反。裴琳利用這項發現，並且藉著愛因斯坦所導出的方程式算出了水分子的大小，因而獲得一九二六年的諾貝爾物理獎。

於是原子就從幾乎半神秘的抽象物體轉變而成爲實體的東西。的確，今天我們已可以說「看到」原子了。賓州州立大學的米勒（Erwin W. Mueller）在一九五五年發明了場離子顯微鏡，這種儀器可以從極細的針尖上抓出帶正電荷的

離子而把它們射到螢光幕上，這樣一來就可以產生五百萬倍的針尖放大影像。這影像可以使構成針尖的個別原子成爲明亮的小點，使我們得以親眼目睹。後來更逐漸地改進到每個單一原子的影像都可以目睹的程度。美國的物理學家克路 (Albert Victor Crewe) 在西元一九七〇年提出一項報告說，可以藉著掃描電子顯微鏡來檢查鈾和鈷的個別原子。

門得列夫週期表 到了十九世紀，當元素表愈來愈大時，化學家開始覺得他們好像陷入了一片濃密的叢林中而不知所措。每個元素都有不同的性質，但是他們卻無法看出表中元素的基本次序。由於科學的本質就是要在明顯的混亂中試著找出次序，所以科學家們仍然努力不懈地想尋找出元素性質的某種模型。

一八六二年，緊接著坎尼沙羅發展出原子量這項重要的化學研究工具之後，一位法國地質學家展柯特依 (Alexandre Emile Béguyer de Chancourtois) 發現他可以原子量漸增的次序把元素排列成表，這樣一來，性質相同的元素就排在同一行裏了。過了兩年以後，一位英國化學家紐連茲 (John Alexander Reina Newlands) 也找到相同的排法。但是這兩位科學家卻招到許多嘲笑和輕視，在那時他們都無法讓自己的主張適切地發表出來。經過了許多年，在大家普遍承認週期表的重要性之後，他們的論文才被出版。紐連茲甚至還因此得到了一面獎牌。

最後把所有元素排列成序而得名的是蘇俄的化學家門得

列夫 (Dmitri Ivanovich Mendeleev) 他在一八六九年時和德國化學家麥葉 (Julius Lothar Meyer) 共同提出了元素表，雖然基本重點與展柯特依和紐連茲已經做過的一樣，但是門得列夫具有無比的勇氣和信心，而能把觀念推向更遠的地方，因此得到了世人的認同。

第一點，門得列夫的週期表顯示出相類似的化學性質會週期性的循環出現，因此比紐連茲的元素表複雜，而且也較接近目前的週期表 (見表 7-1)。第二點，按照元素性質的排法與根據原子量排成的次序有所出入，然而門得列夫認為性質重於原子量，於是大膽地改變原來的次序。最後證實他是對的。例如，原子量為 127.61 的碲，若以原子量為準，則應排在原子量是 126.91 的碘之後。但在週期表中，把碲放在碘的前面可以置碲於硒之下方，而碲之性質正好和硒很相像；同時，這樣一來，碘也就置於它的親戚溴的下面了。

最後，而且是最重要的一點，就是門得列夫毫不猶豫地在週期表上留下一些空格，並且信心十足地宣稱一定還可以發現屬於這些空格的元素。對於這些空格中的三個，他說一定有元素剛好可以填入每個空格中，當然這些元素的性質必與其上下相關位置的元素性質相似。門得列夫非常幸運，在他有生之年，他所預測的三個元素都被發現了，因此他能親眼目睹自己所設立的系統的成功。一八七五年，法國化學家波瓦包德瑞 (Lecoq de Boisbaudran) 找到這缺少的三個元素中的第一個，並且命名為鎂 (gallium)，是以法國 (France