

# p6 門得列夫元素週期表與原子序

文—劉冠任·圖—劉美秀

**預**測未來或未知的事實是科學的功用之一，門得列夫提出的元素週期表就是一項例證。他依據不同元素間相似的化學反應性質，以及運用道爾吞(John Dalton, 1766-1844)、貝采利烏斯(J. J. Berzelius, 1779-1848)等科學家所提出的各種相對原子量表，系統性排列出目前元素週期表的雛形，建立當時已知元素間的規律關係，成功預測未知元素而被後人所推崇，不過，門得列夫終其一生並未發現任何一種元素，也與科學桂冠—諾貝爾獎擦身而過。

19世紀初，當時科學家們對重量(weight)和質量(mass)是相同概念。1808年，道爾吞發表「化學哲學新體系」(A New System of Chemical Philosophy)一書，他提出幾項影響後來科學家很深的論點，例如：「元素由極小的粒子組成，稱為原子」、「原子無法細分、創建或銷毀」、「同一種元素的原子有相同的重量，不同元素的原子有不同的重量」……等。其中，所有元素均由不可分割的細小質點所組成，這個論點早在古希臘時期就有人提出，不過直至道爾吞提出原子論後，才被世人廣為接受。不過，道爾吞提出原子論的用意之一，其實是為解釋多種元素間(例如：氫、氧、氮、碳、硫和磷等)化學反應的倍比關係(此稱為倍比定律或道爾吞定律)，也延伸探討個別元素有不同的質量，但他用的是“atomic weight”這一個名詞，字義是「原子的重量」，中文就翻譯為「原子量」，但其實當時並沒有賦予重量單位，呈現的是原子間的相對權重，實際指的是原子的質量。

貝采利烏斯被喻為「瑞典化學之父」，曾提出同分異構物、聚合物、同素異形體和催化等這些重要的化學名詞。他除了測量出較為準確的相對原子量表讓門得列夫順利建立元素週期表外，他所發展的元素符號系統也成為往後科學家們討論元素週期表的標準。他倡議，元素的縮寫

必須根據它們的希臘或拉丁名稱，因此他把元素拉丁文名稱的第一個字母改為大寫字母，當作該元素的化學符號。假使某種元素拉丁文名稱的第一個字母與另一種元素相同，貝采利烏斯會在該字母後，再加上一個小寫字母，用以區別它們的差異，作為另一種元素的化學符號，而這種元素符號建置模式沿用至今。

隨著科學不斷進展，測量儀器日新月異，「原子無法細分、創建或銷毀」的觀點受到嚴重挑戰。1891年愛爾蘭物理學家史東尼(George Johnstone Stoney, 1826-1911)從研究電解現象獲得結論，提出「電子」一詞來描述基本電量，他認為電子並不是一種物質，而是永久附著於原子，無法被移除。之後，1897年英國物理學家湯姆森(Sir Joseph John Thomson, 1856-1940, 1906年諾貝爾物理獎得主)為了探討陰極射線的本質，他設法讓陰極射線通過電磁場環繞的真空管，結果產生射線彎曲的現象，因而得知陰極射線是帶負電荷的細小質點，他稱之為「微粒」。不過，他仍缺少該微粒的質量或電荷，但他運用射線因磁場而彎曲的程度，以及微粒偏轉時所產生的能量，計算出微粒的質量與其電荷的比率(稱為質荷比， $m/e$ )，最後，實驗結果指出該微粒比氫原子輕1000多倍，他認為這些微粒是組成原子的唯一要素，與史東尼所提出的「電子」不同。不過，史東尼的姪子費茲

傑羅(George Francis FitzGerald, 1851-1901)(同樣是愛爾蘭物理學家)卻力主陰極射線的粒子實際就是「電子」，因此，學術界選擇採用「電子」來稱呼湯姆森發現的「微粒」，同樣沿用至今。

湯姆森發現「電子」的事實讓門得列夫無法接受，由於這對道爾吞原子論產生根本的動搖，然而，正確敲開次原子世界大門的是紐西蘭物理學家拉塞福(Ernest Rutherford, 1871-1937, 1908年諾貝爾化學獎得主)。他於1911年5月發表2年前指導學生所完成的一項研究，發現將 $\alpha$ 粒子射向薄金箔，散射的粒子在硫化鋅的屏幕上會發出火花。拉塞福的解釋是 $\alpha$ 粒子被位於金(Au)原子中心的一個很小、密度很高又帶大量正電荷的中心核所散射回來，最後提出拉塞福模型，粉碎了湯姆森認為「電子是組成原子的唯一要素」這項觀點，徹底推翻了湯姆森的葡萄乾布丁模型，也擴展了探討原子內部的領域。

可能由於各族氧化物性質相似的緣故，門得列夫將各種過渡金屬元素不規則地散置在其各族週期表中，很顯然當時的科學家們認為原子序是一種任意的順序排列，隨著原子量的增加而模糊增加，沒有嚴格的定義。1913年，拉塞福的學生—英國物理學家莫斯利(Henry Moseley, 1887-1915)運用 $\beta$ 粒子撞擊不同金屬元素探查原子放射出來X射線的性質，獲得X射線頻率值的平方根與原子核正電量間的數學線性關係式(後被稱為「莫斯利定律」)，奠定了原子序的正確數值的基礎，使得元素的原子序不再毫無章法，讓元素在週期表上的排列更為精確。同樣地，莫斯利運用上述的數學關係指出週期表上的缺口，預測應該還有原子序43、61、72和75等元素，後來被其他科學家們陸續發現：兩種放射性合成元素鐽(Tc)和鉕(Pm)，以及兩種自然產生的元素鉿(Hf)和銻(Re)，並且莫斯利還指出：鐳系稀土金屬僅有15種元素，這也被後來的科學家證實，成為傳頌科學具有預測性本質的另一案例。

其他有關元素週期表的精彩故事，呈現在本館「百變化學—元素週期表150年」特展中，如圖1至圖3，歡迎有興趣的社會大眾蒞館參觀。



圖1 元素週期表簡介



圖2 展場中稀缺元素週期表



圖3 展場中元素問答揪揪樂

「消費者三不運動」法令宣導：1. 危險公共場所，不去！ 2. 標示不全商品，不買！ 3. 問題食品商品，不吃！