



原子与原子能

生活·讀書·新知

三聯書店發行



原子與原子能

會 昭 掄 著

生活·讀書·新知

三 聯 書 店

自序

二次大戰以後，原子已被包括在一般人的常識範圍以內。關於原子研究的專門著述及通俗介紹，戰後在各國出版者，頗不算少，其中不乏佳作。中國方面，亦已將一部分此等西文書籍，譯成中文。不過目前尚滯留在農業社會階段的中國，其一般人民了解科學的程度，遠不如西洋各國之高。因此別人認為通俗的科學書，譯成中文之後，即往往成為過於專門。本書目的，在於從更低的基礎出發，儘可能深入淺出，使一般素不研究科學，或科學基礎不夠的，讀之亦可得到一種初步了解。

當然原子研究，裏面包括有若干對一般讀者完全新奇的觀念，所以作者雖會努力從很淺近的東西說起，一般不習科學者，要想對此書內容每個字都了解，還得費些功夫研讀。但是希望凡是用心翻過一遍的，至少可以明瞭其大意。無論如何，科學書根本就沒有文學書那樣容易讀，而原子科學又是科學中相當難的

一個部門；所以對於一般讀者，此書多少顯得有點艱深，那是無法避免的。如果讀者能告訴作者，那些地方解釋得不夠詳細，不夠清楚，則在再版時，或可加以改良。

原子科學近來如此發達，僅將其初步知識予以介紹，也需要四倍於本書的篇幅。但是這樣不但遠超本書預計的字數，同時對於讀者的經濟擔負也太重。所以只好留待將來，逐步擴充。一本書能否成功，有待於讀者、出版家與作者三方面的共同努力。因此特別盼望讀者不吝指教，使其得以逐步改善。

現在一談到原子，一般人馬上就聯想到原子彈，這是非常不幸的。本書出版以後，希望對此多少可以糾正一點。原子研究，具有多方面的興趣與用途。原子能在平時的大規模應用，也許並不是一件十分遼遠的事。火能為禍，亦能為福。原子能又何嘗不是那樣？

1948年10月1日序於香港筲箕灣

目 次

自 序

第一章	物質的構成——原子學說	1
I	物質的種類——元素的意念	1
II	物質連續性問題——原子的意念	4
III	達爾頓的原子學說	7
IV	原子與分子的區別	11
第二章	原子學說的充實	14
I	分子與原子的大小	14
II	原子在分子中的排列	16
III	分子運動	16
IV	分子原子間力的關係	19
V	元素的種類	23
VI	元素的週期性	28
第三章	電子——“電的原子”	34
I	早期關於電的學說	34
II	低氣壓下的放電現象——陰極射線	38

III	X射線	41
IV	電子的發現及其荷質比之測定	43
V	電子的電荷	48
VI	電的顆粒性	53
VII	電子的波動性	58
VIII	正電的微粒	60
第四章 能與物質——原子能		67
I	功, 能, 與功率	67
II	能的種類	70
III	功與能的各種單位	73
IV	功的各種單位	85
V	能與質量的對立——熱的本性	87
VI	物質不滅定律與能量不滅定律	93
VII	物質與能的互變——愛因斯坦定律	95
VIII	原子能	101
IX	光及其他射線——光的本性	109
第五章 同位素		134
I	正電射線	134
II	元素的複雜性——同位素	136
III	原子序數、質量數與同位素量	140
IV	裝緊分數	145
V	同質異位素	147
VI	氫的同位素——重氫	148
VII	同位素的析開	149

VIII 同位素的應用	152
第六章 原子構造	153
I 羅瑟福以前關於原子構造的學說	153
II 羅瑟福的原子構造學說——含有核子的原子	154
III 核子的大小	159
IV 波爾的氫原子構造	161
V 波爾學說的擴張	163
VI 量子力學與原子構造	164
VII 路易斯與蘭格繆爾的原子構造學說	168
VIII 核外電子在各種原子中的分佈狀態	172
第七章 放射性與核子構造	177
I 核子的複雜性	177
II 天然放射性物質	179
III 原子核的人工轉變	194
IV 人工放射性	196
V 中子的發現及其性質	200
VI 核子構造	206
VII 中微子	213
VIII 宇宙線與介子	214
第八章 核子反應	223
I 核子反應的種類	223
II 利用高速微粒引起的核子反應	225
III 核子研究所用方法及設備	231
IV 核子剖裂——原子彈的原理	236

V	核子反應與原子能的應用.....	259
附 錄:	267
I	參考文獻	
II	在自然界存在之元素及其所含同位素成分	
III	放射性同位素(人工放射性元素)	
IV	物理上常用的單位及其變換因數	
V	原子物理上常用的物理常數	

第一章

物質的構成——原子學說

I 物質的種類——元素的意念

世界上成千成萬的東西，究竟是怎樣構成的？這問題在很早的時候，就已引起了各國哲學家的注意。近世紀來自自然科學的長足進展，乃使物質構成的學說，可用實驗方法予以證實或否證。

關於宇宙間物質的構成，有兩個基本的問題。第一個是，世界上成千成萬的東西，是不是每樣各由一種物質構成；抑或這為數甚大的東西，係由少數基本材料所造成？這問題的回答，殊不如意想的容易。比方說，一張木桌子和一條木板櫈，按常識來說，係由同一材料（木料）製成，不同的只有外表形狀與功用。但是一張松木桌子和一張柚木桌子，是不是一樣的東西，就是一個不太容易回答的問題。在這裏我們首先要辨別“物體”與“物質”兩

個名詞。“物體”是一件具體的，實質的東西，例如桌子，板櫈，等等。一件物體的描寫，包括它的形狀，大小，與材料，有時也會提及它的用途。這幾種報道當中，材料便是我們所謂“物質”。木料、鋼鐵等等，都是物質的例子。兩件不同的東西，可由形狀有別而不同（例如松木桌子與松木板櫈），可由大小有別而不同（例如大的松木桌子與小的松木桌子），亦可由材料（物質）有別而不同（例如木椅子與鋼椅子）。

說到物質上的區別，我們可作進一步探索。當作貨幣用的銀元與銅板，大家知道，是由截然不同的兩種材料所構成。但是中國以前所用的銅板，有的是用紅銅鑄成，有的却是用黃銅鑄成的。這兩種銅板所用材料，究竟是一種還是兩種？還有，孔雀石是中國西南部所出產的一種礦石；它是一種很鮮豔的綠色石頭，可作顏料及裝飾品等用。從表面上看來，和銅是顯然不同而且彷彿是毫不相關的。但是我們現在知道，孔雀石乃是一種銅礦，由它經過冶煉手續，可以煉出銅來。硃砂和水銀，是另一類似的例子。硃砂是一種天然的礦產，國內在湖南西部及貴州、雲南兩省產有之。它具有漂亮的朱紅色，可以拿來做上等的印色。但是將硃砂放在鐵罐子裏用火來蒸，便可蒸出水銀來，因此我們認硃砂為一種水銀礦。那麼孔雀石與銅的關係如何，硃砂與水銀又是怎樣的關係？從常識上來說，我們決不能認為孔雀石與銅是一種東西，但是此兩物也不是完全不同的東西，而是彼此互有關連的。一種折衷的方法，是說孔雀石含有銅的因子，這也正是古代哲學家和後來科學家所說的話。此類事實告訴我們，一種東西的表面性狀

(今稱之爲物理性質),不足以顯示其所含基本因子;後一點需由物質經過某些變化(今稱之爲化學變化),方可明白。

跟着我們馬上就會問,世界上各種物質中所含基本因子,究竟一共有多少種?這也正是古代哲學家所發的疑問。研究這個問題最早的國家,有中國、希臘等。古代希臘哲學家恩披多克里斯(Empedocles 紀元前 490-430年),將以前該國哲學家關於這方面的意見,綜合起來,說道,宇宙間一切物質,都是由土、火、水、氣(air)四種“元素”(“elements”)組成的。這是“元素”一名詞最初的出現。近代化學家與物理家,一直沿用此項名詞,雖然其詳細定義頗有改動,其基本意念却依然如舊。最有名的希臘哲學家亞里士多德(Aristotle 384-322),在上述四個元素之外,加上第五種元素,稱之爲 quintessence(意爲“第五要素”)。他認爲一切東西,可分物質及“要素”(essence)兩方面,後者即“第五要素”,前者則爲土、火、水、氣四種元素的組合物。他以爲同一種生物的個體(例如兩匹馬),彼此所含要素相同,故雖代表兩塊不同的物質,傳代時一樣總是生下馬(決不會生狗);而且目前所見的馬,身死後馬種依然存留,最後一點亦即有賴於“第五要素”的存在。亞氏這種說法,引起了玄學上的問題,我們不必多加研究。倒是恩披多克里斯原來所主張的四種元素,值得注意。

正當希臘哲學家研究這種問題的時候,古代中國哲學家也在作類似探討。西歷紀元以前,春秋戰國時代,陰陽五行之說,漸漸在中國發展起來。這種宇宙論,發源於道家,後者成立有陰陽家一支派。所謂五行,就是金,木,水,火,土。按此說,宇宙間一切

東西，都是由這五種元素組合而成。

在這裏我們應該特別指出，無論中國的五行，或者希臘哲學家的四種元素，都不是機械地指其字面所代表的物質。例如五行中的“金”，並不是指黃金，甚至不是指金屬，而是指具有金屬通性的基本因子。按此則某一種物質，認為係由水、火、及土三種元素所組成，是可以說得通的。我們還可以特別注意一點，就是西洋人很早就認識了氣的重要性，所以後來研究化學及物理，很容易朝那方面注意；而古代中國哲學家，則未曾注意及此。在另一方面，金和木兩行，是中國人先提出來的。到了中古時代，歐洲的煉金家（alchemists），常在亞里士多德的五種元素以外，加上三種他們自己所提出的元素，即汞（水銀），硫磺，與鹽。（參閱第四章第V節及第五章第III節）此處之汞，代表揮發性的金屬，其意義相當於中國五行中之金而範圍略窄。

強調陰陽的對立與互相輔成，也是中國哲學家一種具有基本重要性的貢獻。古代希臘哲學家，早已認識物體若干性質是對立的（例如冷熱，軟硬，等等）。恩披多克里斯提出四種元素說的時候，特別指出，土，水，火，氣四種元素，彼此間以愛憎關係互相結合，如水火即係彼此相拒。然而很清楚地指出陰陽兩大要素的一方面互相對立，一方面又互相輔成，乃是中國道家的基本貢獻，在原則上與近代物理及化學關於物質構成的發現，很湊巧地不謀而同。

II 物質連續性問題——原子的意念

上段說到，宇宙間關於物質的構成，有兩個大問題，很早就受到了哲學家的注意。一個問題，在於物質是否每種各不相同，抑或係由少數元素或基本因子所組成。這點古代哲學家探討的結果，是採後一觀點，如上段所述。第二個問題，是物質的連續性問題，即物質究竟是連續性的（可以無限制地細分下去），還是顆粒性的（最後分到某種大小，便不能再分下去）。舉粗魯的比方來說明（我們當然要注意，這類比方，不可能是十分正確的，它的用意只在用來幫助讀者了解），任何一件東西（舉具體例子來說，例如一個銀圓），究竟它的物質構成，是和一塊豆腐一般（連續性），還是彷彿像一盤豆子（顆粒性）？在近代科學未曾到臨以前，這問題是不可能以實驗的方法去求解答的。但是古代哲學家，早就對這問題發生興趣了。關於這方面，我們對於古希臘的材料，知道的較多。印度對於這方面，也有貢獻（有的科學史專家，認為原子學說最初發源於印度，後來乃傳到希臘；另外一些專家的意見，則正與此相反。但關於這點，兩方面證據，均嫌不充分）。中國古代哲學家關於物質構成的探討，則似乎始終未曾注意到此。

古代既然不可能用實驗方法來解答物質的連續性問題，從事於這方面探討的希臘哲學家，很自然地分成兩個壁壘，各執一詞，純賴辯證法，互相批駁。安納薩哥拉斯（Anaxagoras，紀元前498—428年）說，物質可以無限制地細分下去。至於首先提出物質顆粒性的理論的希臘哲學家，則為陸基博斯（Leucippus，生於紀元前489年），嗣經德模克利安斯（Democritus，紀元前460—

370年)予以擴充。德氏以爲宇宙間一切物質,都是由不可分的顆粒所構成;這類顆粒,他把它叫作“原子”(atoms)。該字原來在希臘文中的意思,就是“不可切開的”)。從那時起,我們有了“原子”一名詞,一直沿用到現在。雖然目前我們所謂原子,在性質上,與德模克利妥斯所說的,頗有不同;但在基本意義上,則少有差別。德氏認爲原子非常小,無法可以看見,也沒有顏色、味道或嗅味;但它們是堅硬的,且有一定形狀,大小,與重量(各種不同的物質,其原子大小與形狀互不相同);而且在不斷地動,其動作按照一定的機械定律。這些觀點,當然都不過是一種假定,在當時無法可以證實或者予以否證。整個德氏的學說,即認物質爲具有顆粒性的構造,也是如此,既無法可予證明,亦無法予以否證,在若干世紀中,僅成爲哲學上一種爭辯的問題,辯證家藉此表現其才能,對於物質究爲連續性或顆粒性,始終無法可以解決。

雖然如此,物質之具有顆粒性,似爲一種合理的看法。所以德氏學說,雖未能盛行一時;但其所揭舉之原子意念,自從經氏提出以後,兩千餘年以來,始終有一部分學者,對之具有信念。歷史上且曾有過好幾次有名學者將是項學說予以闡明。羅馬作者陸克利提烏斯(Lucretius),在西歷紀元前第一世紀,作一長詩,其題目爲 De Rerum Natura,內容有一段說明了古希臘的原子學說,並且加上作者本人的見解,即認爲原子在空間,通常是按直線移動,但是有時因爲一些不確知的理由,改變方向,以致互相撞擊。這種觀念,聯上德氏原來的學說,與現代物質構造學說,

實極近似。十七世紀中，劃時代的物理學者牛頓（Sir Issac Newton, 1642—1727），也曾特別提到原子的意念。他認為原子是物質最小的構成單位，我們肉眼所看見的物質，表面看來彷彿聯成一塊，其實裏面有許多空隙；原子本身，要比此等實係多孔性（porous）的東西，不知堅硬多少倍，因此原子不會磨損，人類也不能將其加以分割。萬一某種物體的原子真個磨損或者破裂成爲幾塊由那原子組成的東西，其性質便會變更。這種議論，當時雖然並無實驗上的根據，但對於十九世紀末年以來所發現原子分裂的現象，可總是成爲一種預兆。

III 達爾頓的原子學說

古代希臘哲學家發明原子學說，雖遠在西歷紀元以前，距今已有二千餘年之久。但近代的與科學化的原子學說，則有待於十九世紀。陸基博斯與德模克利安斯的學說，可說是一種原始的原子學說；十九世紀初年英國化學家達爾頓（John Dalton, 1766—1844）的原子學說（atomic theory），則具有實驗的證明，成爲一種科學理論，自從發表以後，實成爲近代化學的基礎。今日原子物理學，亦以之爲出發點。

爲什麼古代希臘人，沒有方法證明原子學說的正確性，一直要等兩千多年，方讓達爾頓將此項學說放在科學基礎上呢？這事理由很簡單。以前科學太幼稚了。到了十八世紀下半世紀，化學研究的實驗技術，方始進化至一種程度，可由實驗結果，引證此項學說。大體說來，十八世紀中年以前，世界上所有化學研究，

幾乎完全限於定性式工作。到了十八世紀下半世紀，定量式的工作，方始展開。就中最主要的貢獻，實為法國化學家拉活謝 (Antoine Laurent Lavoisier, 1743—1794) 所作研究。拉氏將天平引用作為化學研究的主要工具，藉之做了若干重要的定量工作。他在 1770—1783 年的試驗，使化學界的基本觀念與實驗方法，發生了革命性的改革，今在學術史上稱之為“化學革命”。法國一般化學家，在 1785 年左右，多數均已接受拉氏觀點。嗣後在 1789 年，拉氏印行他那本有名的初級化學教科書，更將其所主張的新觀點，予以確定。除着重天平的使用與定量工作外，拉氏認明，世界上各種物質，一共含有三十來種不能用化學方法分解的東西，這些東西，他把它們叫作“元素”。從希臘哲學家的四種或五種元素，到拉氏教科書中所列元素表，是很長的一步。拉氏表中，含有此刻熟知的重要元素，但將光與熱認作元素，與物質元素（如銅、鐵、氧等）平行。至於自十八世紀初年以來盛行的“燃素”學說（即認為凡物燃燒時，均有燃素逃走；參閱第四章第 V 節），却被拉氏正式予以摒棄。上文提及“化學革命”一名詞，一部分實由此而來。

在十八世紀末年至十九世紀初年的階段，一種固定物質，不論如何製成，總是含有一定的化學成分（即在該物中各種元素所含百分比，永遠是固定的），已成一般化學家公認的事實。這種通則，今稱之為“定比定律” (law of definite proportions)。有些元素，彼此化合，可成不止一種產品（例如鐵與氧可成三種不同的氧化物），其成分當然各不相同；但在此各物中，與

一定數量的甲種元素化合之乙種元素，其數量彼此互成一種簡單整數的比例，這就是此刻習化學者熟知的“倍比定律”(law of multiple proportions)；在達爾頓時代，也已經開始受到注意。達爾頓由其對於氣體的研究，想到物質係由原子構成的基本觀念。他假定各種不同的原子，彼此重量不同，因此便進行研究各種元素的化合比例，一面利用當時已知材料，一面自己做些化學分析。假如他的原子學說不錯，倍比定律勢必成爲自然的結果；因爲不同的原子化合時，可以想像其最合理的化合方法，係由此等顆粒，以簡單的整數比例結合在一起，不致於弄成非整數或複雜的比例，亦不致於隨意變更。反轉來說，倍比定律及定比定律的確定，即可證明達氏學說不誤。根據這種邏輯，達爾頓奠定了他的原子學說。他在 1808 年發表的化學哲學的新系統 (New System of Chemical Philosophy)，是科學史上一部劃時代的著作。拉活謝常被稱爲近代化學的祖師，達爾頓可說是拉氏的繼承人。經過這兩位大師的工作，近代化學的主要基礎，得以建立。

達爾頓的原子學說，內容包含下列三個要點：

- (1) 原子不能再分。
- (2) 元素爲相同原子的集合體。同一元素的原子，彼此相同；不同元素的原子，彼此互異。
- (3) 化合物爲兩種或兩種以上的原子的結合體。

以上各點中，第二點所提到的異同，是在那些方面呢？德模克利安斯認爲各種原子之不同，在其大小與形狀，附帶提到其重量亦可有差別（參閱上文第 II 節）。他以爲水的原子是圓形而又光