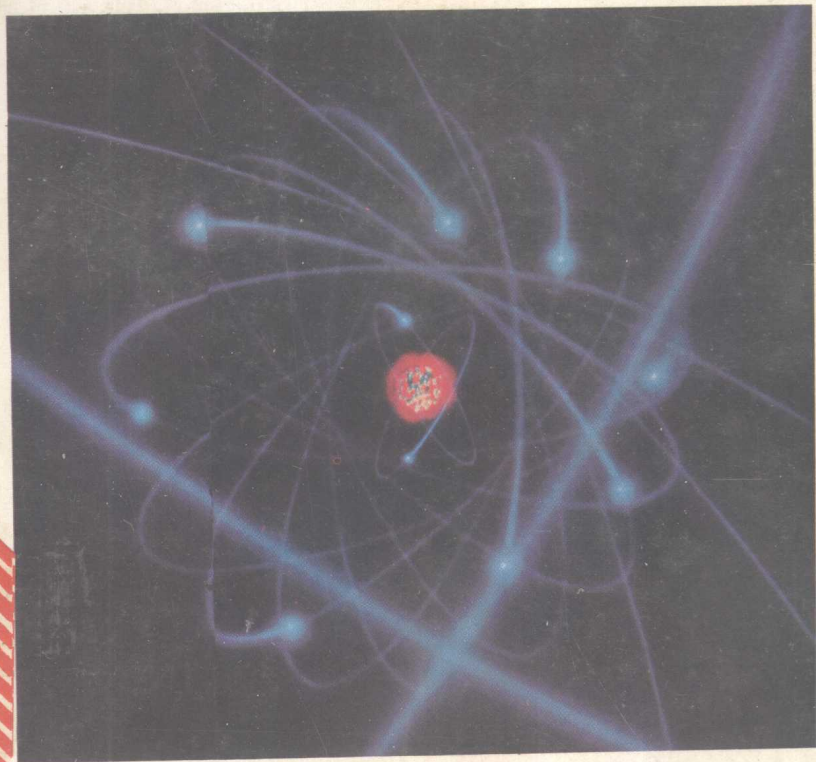


現代科學叢書 ②

主編：嚴夢輝

原子時代

柯雪嘉 著



59

李富出版社印行

現代科學叢書

原 子 時 代

中華民國六十七年五月初版

新聞局登記證 局版台業字第 1586 號

版權所有・不准翻印

定價 全一冊新台幣50元
60

主 編 嚴 夢 輝
著 者 柯 雪 嘉
發行人 戚 樹 德
出版發行 季 風 出 版 社

地 址 台北市南昌街一段 32 號
電 話 3211003 • 7819140
郵 撥 110848 號季風出版社

製 版 順成彩色製版廠
電 話 3811034

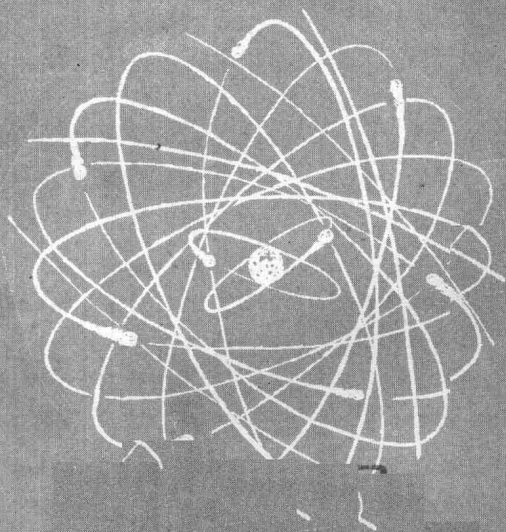
印 刷 彩虹美術印刷有限公司

總 經 銷 自然科學文化公司

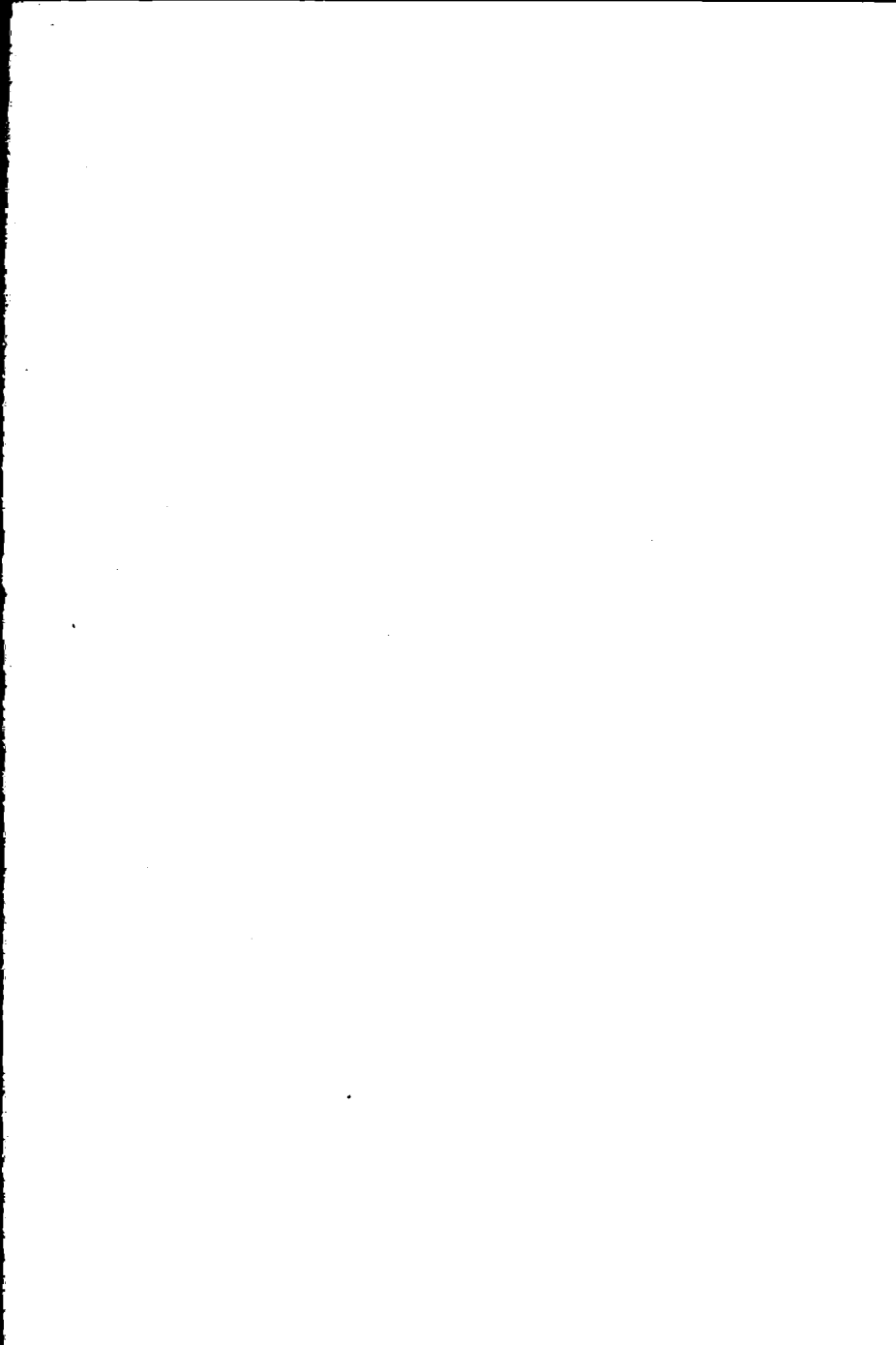
地 址 台北市濟南路三段 25 號二樓
電 話 7312955 • 7214900
郵 撥 109757 號自然科學文化事業公司

原子時代

柯雪嘉 著



李富出版社印行



主編的話

過去有人認為我國文化的特質，除包涵哲學、文學、藝術以外，根本沒有科學。他們主張全盤西化，並以「科學無國界」作辯護，在學術界掀起論戰，思潮暗伏，迄今歷時數十年，仍然餘波盪漾，擾攘不已。我國文化內涵果真沒有科學嗎？持否定論者，不是妄自菲薄，就是自信完全喪失。奠定近代科學思想基礎的十七世紀英國哲學家培根，對於我國印刷術、火藥、指南針的發明，欽佩不已，備極推崇，他曾說：「沒有一個帝國，也沒有一個教派，能比這些技術發明，對人世事物發生更大的力量和影響。」這些照耀世界文明史冊的輝煌成就，難道不算應用科學？可惜自從工業革命興起，一步落後，望塵莫及，令人扼腕！國家現代化，不是機器的堆積，也不是少數專家學者「明星」式的點綴，而是全體國民首先恢復民族自信，建立正確科學觀念，充實現代科學知識。西諺說「知識即力量」，有了現代化的國民，科學必然生根，進而發榮滋長。現代科學叢書的編寫，旨在促進國民知識現代化。雖然只是一點微弱的火花，但是我們却深具無比的信心。

科學生根的第一步，必須使用自己的語言文字來表達或記錄一切科學活動。這又引起科學中文化的可否問題，我們的答覆是肯定的。因為凡是在文明古國占有一席之地而沒有死亡的語言文字，它的生機和活力，它的消化和適應，必能負起科學析理的任務。在牛頓時代，科學在英國並未英文化，著名的牛頓萬有引力定律，就是用拉丁文發表。再看以色列復國以後，他們的科學著作和論述，都使用最古老的希伯來文，並沒有窒礙難行之歎，值得我們深思惕厲！現代科學叢書的編寫，舍棄直接翻譯，博採羣籍，含英咀華。每一科學專題，彙成一冊，隨讀者興趣，任意選讀。也可成套收藏，無異是袖珍式的科學百科全書。居家外出，攜帶閱讀都非常方便。至於內容方面，我們努

力使其深入淺出，保持其正確性及通俗性，圖片的選擇，已做到了清晰美觀，在文字表達上，我們盡量求其生動流暢。本叢書在促進科學中文化方面，不敢說將有很大貢獻，只是略盡綿薄，作一番努力嘗試而已。

科學雖然有它的哲學基礎，却和哲學截然不同，因為哲學並不排斥玄思冥想，故常常出現「自圓其說」的結論。但科學注重實驗與證據，必須揚棄形而上學的揣度和臆斷。國人所謂「實事求是」，正符合現代科學的精神和態度。只要具備這種科學精神，人人都可參與科學工作。亞里斯多德說：「真理的追求，一方面固然很難，一方面却很容易。沒有人萬事皆通，也沒有人全然不懂。但是我們對於大自然的知識，每人貢獻一點，所有這些事實的聚沙集腋，就夠淵博偉大的了。」編寫現代科學叢書，旨在提倡科學大眾化。歡迎專家、學者、作家們主動地踴躍賜稿，共襄盛舉。我們不迷信權威，不崇拜偶像，重實質而不屑於虛名的標榜。雖然我們審稿、選稿相當嚴格，但季風出版社將不惜成本，提供最佳出版環境，竭誠為作者和讀者服務，更企盼學術界和廣大的讀者給予鼓勵和支持，我們會把這套小叢書當作此一嘗試和努力的起點，並將繼續發展下去。

嚴 季 好

寫於台北市郊巒翠谷

目 錄

主編的話

一 原子和元素 9

五行說和四元說 原子說 煉金術 元素 原子模型

二 元素周期表 19

原子序和原子量 天然元素和人造元素 最早的周期表
現在的周期表 電子結構

三 揭開原子核的秘密 31

天然放射元素 三種輻射 放射蛻變 半化期

四 現代「煉金術」 39

元素的轉變 原子擊破器 最早的加速器 迴旋加速器
同步加速器 電子加速器 直線加速器

五 點燃原子「火炬」的人物 53

柏克勒爾 居里夫婦 拉塞福 麥特娜 蒲郎克 愛因
斯坦

六 原子時代的誕生 65

費米原子堆 核種的質量 結合能 中子源 分裂 中
子減速 碎片的性質 截面 共振現象 鏈反應 原子
彈

七 核反應器 85

熱反應器和快反應器 反應器的型別 研究反應器 核
燃料

八 原子能和平用途

95

核能發電 核推進動力 海水淡化 放射同位素的應用
國際組織

附錄 原子史上的大事表

104

西元一九四二年十二月二日下午三時四十五分，芝加哥「原子堆」的「鏈反應」實驗成功，從這一時刻起，人類的歷史命運，擲下憂喜參半的賭注，於是拉開了

原子時代

驚天動地的序幕

一 原子和元素

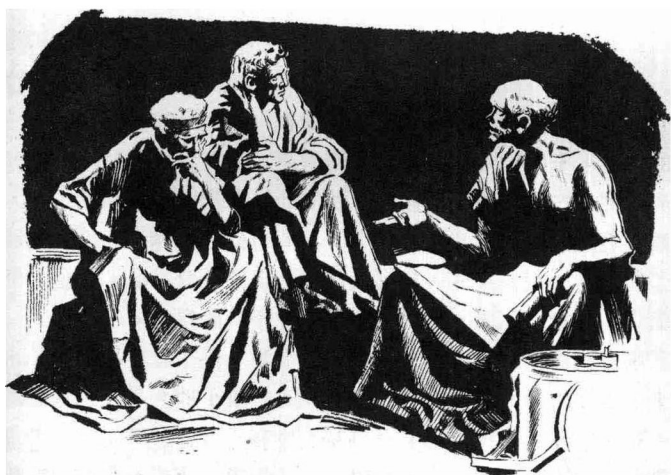
五行說和四元說

遠古的人類，也像我們一樣留心大自然的環境。他們凝視閃爍的星辰，諦聽鳴叫的禽獸，品嘗野生的植物，聞嗅芳香的花朵，觸摸堅硬的石塊和柔滑的細沙，單憑視覺、聽覺、味覺、嗅覺、觸覺等五種本能的感官，來體認周遭這個「物質世界」的存在。但是，物質是怎樣造成的呢？在顯微鏡、望遠鏡以及其他科學儀器沒有發明以前，人類還缺乏利用實驗尋找解答的觀念。物質的構造問題，使我們的祖先困惑了數千年的漫長歲月。然而人類與生俱來的好奇心，促使他們不斷地觀察、懷疑和沉思，終於形成了種種不同的解釋。

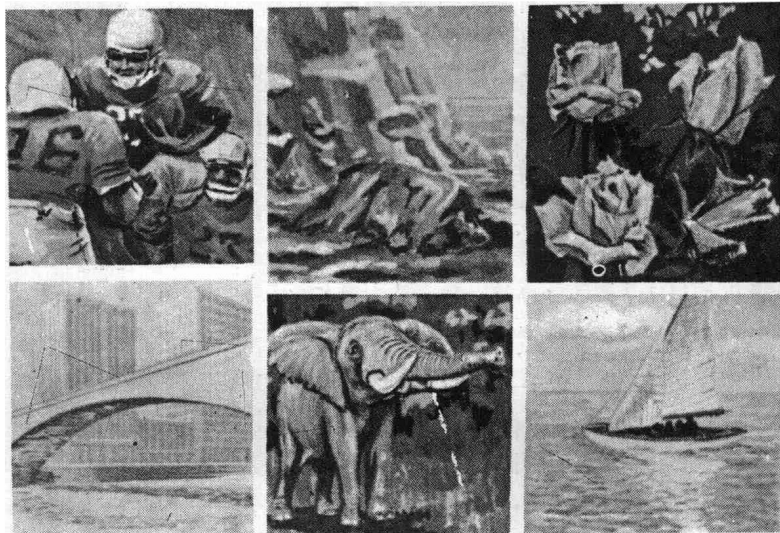
我國古代認為造成形形色色的大千世界，是根源於金、木、水、火、土，就是所謂「五行」。最先提倡「五行說」的，可追溯到陰陽家騶衍。在「書經」的「洪範」一篇裡，也有「五行」的記述。希臘的古老觀念，認為火、水、土、氣構成一切物質。歷史上著名的哲學家亞里斯多德（Aristotle，公元前384～322年）就持著「四元說」的觀點來解釋物性。在東西方的思想上面，「四元說」正好和騶衍的「五行說」相互輝映。

原子說

大約公元前五百年左右，希臘哲學家魯希帕斯（Leucippus）却反對「四元說」。他認為世界上的所有物質，是由某種不能再分的極其微小的單位構成，這種微小單位管它叫「原子」（atom）。「原子」一詞，源於希臘文的 atomos，本來的意義是「不可分割」。魯希帕斯有一位高足德謨克里脫（Democritus），大家都叫他愛笑的嘻哈哲學家，他承襲了恩師的衣鉢，進一步說明原子完全填滿它所佔的空間。他說一切原子幾乎相同，不過液體的原子比較光滑，固體的原子十分粗糙，所以液體可以漂流，固體不能流動。



板畫家筆下的德謨克里脫，在傳播魯希帕斯派原子學說的神情。



世界上每一樣東西，包括你我的身體在內，
都是由原子構成的。

煉金術

魯希帕斯和德謨克里脫認為所有原子既然都是相同，他們相信只要有辦法把原子結合起來，就可造出各種不同的物質。現在我們知道這是荒謬的想法，但在古代却引起了另一觀念：假如一切物質果真是由相同的原子構成，為什麼不能把普通的廉價東西，分成微小的原子，然後再重新配合起來，造成金子或其他貴重的東西呢？這一令人陶醉的觀念，真是使古代多少人着了迷。他們廢寢忘食孜孜矻矻地去追求，甚至於消耗一生的精力。結果雖然毫無所得，却出現了「煉金術」(alchemy)，由此逐漸發展成為一門科學，那就是化學。

我國道教的「煉丹術」，也就是「煉金術」。魏伯陽寫過一本「周易參同契」的書，可能是「煉金術」史上最早的著作。「抱朴子」這本書的作者葛洪，是我國歷史上一位著名的大煉金術家，書中討論到「長生」不老的可能性。還有「道藏」中部分書籍，大概在宋代寫成，也談到「煉金術」和化學。漢代王充的名著「論衡」，完全接受「陰陽」和「五行」的思想，對於道教雖不排斥，但反對「煉金術」和「長生術」。其實，道教的「煉金術」，本來很可能孕育成一種科學，但由於迷信色彩太濃，以致不能步上近代化學的康莊大道，實在令人惋惜！

元素

從「煉金術」迂迴曲折地走上化學的道路之後，物質的秘密也就逐漸揭開。化學家能夠把物質分解，獲得「化學元素」(Chemical elements)。元素是用化學方法把物質分解到不能再簡單的一種基本物質。他們鑑別各種元素，測定它們的重量，研究它們的性質，給它們命名。化學家不斷地辛勤實驗，目的是想找出原子的性質和大小。到了公元1803年，英國化學家道爾頓(John Dalton, 1766 ~ 1844 年)終於打破希臘的原子傳統觀念，獲得一個結論：不同的物質(元素)，必然有大小不同和重量不同的原子。他在1808年出版了一部歷史性的名著，書名是「化學原理的新體系」(A New System of Chemical Philosophy)，提出他的原子學說，特別列了一張「原子量」表，在化學發展史上，已立下一塊最重要的里程碑。

化學家陸續發現許多元素以後，就開始給每種元素一個符號。使用符號的目的，完全是爲了方便，根據符號，常可獲得它們代表什麼的線索。例如金這一元素，現在用符號 Au 代表，是從拉丁字 Aurum 而來，原意就是「金」。自從十五世紀以後，某些元素的符號，一改再改，已經面目全非了，金的符號就是一個例子。現在全世界所用的元素符號，是瑞典化學家柏齊力斯(Jöns J. Berzelius)在1814

年所首創。大部分的符號，都是希臘字或拉丁字的字頭或縮寫。

根據道爾頓的原子學說，任何元素的原子，都具有那種元素的性質。如果我們能夠把原子放大，例如鐵原子，一看就知道它是鐵，不會錯看成氫、鈉或其他元素。所以元素不同，原子亦異，反過來說，同一元素的原子必然相同。正如道爾頓曾經說過：「所有鐵的原子都是一個樣子。」在道爾頓發表原子學說的年代，已經知道的元素大約只有三十種。但他的原子學說，已可說明不同元素的原子，能夠化合而成「化合物」（chemical compounds）。化合物是兩種或兩種以上不同元素的原子所組成的物質，水、鹽、糖等等就是化合物。把化合物分開，分到仍有原來化合物性質的最小單位就是「分子」（molecules）。例如兩個氫原子和一個氧原子化合，成爲一個水分子；又如一個氯原子和一個鈉原子化合，成爲一個鹽分子。不同元素的原子經過化合後，可結合起來成爲大分子或長分子，大分子也可分開，成爲小分子或單個原子。道爾頓的原子學說，幾乎使許多事實，都能得到正確的解釋，因而奠定了近代化學的基礎。但他有一個觀念，仍然未脫德謨克里脫的窠臼，他說原子是物質的最小單位，不能再加以分割。

原子模型

十九世紀大部分科學家，對於原子不可分割的觀念，一直深信不疑，道爾頓死後，還維持五十多年之久。到了1896年，法國物理學家柏克勒爾（Becquerel），因實驗磷光物質宣布發現「放射性」（radioactivity）過程。1897年，英國最著名的物理學家湯木生（Thomson）宣布，他已發現帶有負電荷的微小粒子，稱爲「電子」（electrons）。1899年，英國拉塞福（Rutherford）利用柏克勒爾的攝影方法，研究鐳的放射性，發現了「阿爾伐粒子」（alpha-particles）和「貝他粒子」（beta-particles），同時並注意到還有另外一種輻射。不久，法國科學家維拉（P. Villard）實驗成功，

這種輻射稱為「伽馬射線」或譯為「伽馬線」(gamma - rays)。1919年，拉塞福實驗證明原子中有「質子」(proton)存在。1932年，英國科學家查兌克 (J. Chadwick)又發現了「中子」(neutron)。這一連串的發現，已把原子不可分割或原子是物質最小單位的觀念完全推翻。但是，原子究竟是什麼樣子的呢？誰都沒有見過一個單獨的原子。因為原子實在太小了，我們吸一口氣，裡面含有幾億個原子。遠在1911年，那時拉塞福還沒有發現質子，他就猜想一個原子必定有一個非常微小的「核」(nucleus)，帶着和電子相反的電荷，電子則在核的外面繞着走。拉塞福的朋友波爾 (Niels Bohr)，是丹麥的物理學家，把這一構想形成數學的解釋，那就是有名的「波爾原子核模型」。

現在原子物理學家對於原子的印象，是修正波爾的模型而來。你不妨想像一個原子是縮小的太陽系。中心是原子「核」，帶正電荷，原子的全部質量，幾乎都集中在它身上。在核外的各「軌道」上，環繞着非常小而且非常輕的粒子，那是帶負電荷的「電子」。既然核帶正電，電子帶負電，它們之間就產生引力，使原子保持完整的一體。從前認為原子只是一個看不見的堅實球體，現在已經知道除了裡面有一個極其微小的核，外面圍繞着更微小的電子以外，它實在是一個空空如也的「空殼子」。假定原子核的直徑是1公分，那麼原子的直徑（最外面的電子軌道）大約是72公尺。差不多就像在一個足球場的中心，放一顆玻璃彈子的情形一樣。

原子核由兩種基本粒子組成，它們是「質子」和「中子」。質子帶正電荷，中子不帶電荷，它是中性的。一個質子所帶的電荷，和一個電子所帶的電荷，剛好是大小相等，但符號相反。通常一個原子的質子數目，和電子的數目相等，正負電中和，所以原子是中性的，它並不帶電。一個質子的質量，大約是一個電子質量的1,840倍。想想看，把160億億億個或者說 160×10^{24} 個質子集中起來，總重量才有1公克！



十五世紀



十六世紀



十八世紀



1808年

(英國化學家道爾頓)

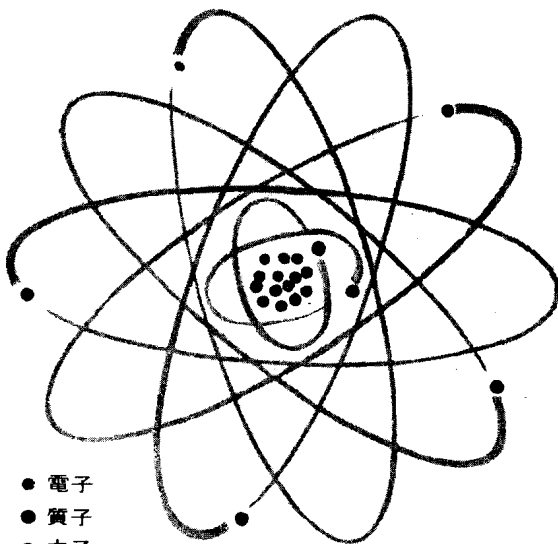


1814年

(瑞典化學家柏齊力斯)

左圖是元素金的化學符號，不斷演變後，才成定局。

下圖是氦原子模型，中心是原子核，它含有7個質子和7個中子，在環繞中心核的軌道上，有7個電子。電子帶負電荷，質子帶正電荷，中子不帶電，所以原子不帶電而呈現中性。



- 電子
- 質子
- 中子

中子的質量和質子的質量很接近，只是稍微大一點，它們靠核內的強力來維繫。中子一旦跑到核的外面去，瞬息即逝，分裂而成質子和電子，也就是說，在自然界很少有「自由中子」存在。除了普通的氦以外，其他所有一切原子，它們的核內都有中子。氦是僅次於氫的