

原子能的原理 和應用

趙忠堯 何澤慧 楊承宗 主編

科學出版社

原子能的原理和應用

趙忠堯
何澤慧 主編
楊承宗

科學出版社

1956

內 容 提 要

這是一本以深入淺出的筆法來介紹原子能的原理和應用的中級科學讀物。首先從物質結構講到原子核的結構，然後從原子核的相互作用講到人為放射性和原子能的釋放，使具有相當高中文化程度的讀者可以在這基礎上了解原子能應用的一般常識。原子堆的原理、原子能在動力上的應用，同位素在工業、農業、醫學、物理、化學、生物等上的應用都有概括的介紹。在同位素的應用方面所舉的例子比較有代表性，並有一些較新的材料，可供讀者對同位素的應用有一全貌的了解。關於原子武器的常識也作介紹。本書並系統而簡明地介紹了探測器和加速器。關於放射線對人體的作用也作了一些介紹。

本書適合於具有高中文化程度的一般讀者。對於大學學生、機關幹部和一般科學工作者也有參閱的價值。

2P87/12

原子能的原理和應用

主編者 趙忠堯 何澤慧 楊承宗
出版者 科 學 出 版 社
北京朝陽門大街117號
北京市書刊出版業營業許可證出字第061號
印刷者 上海中科藝文聯合印刷廠
總經售 新 華 書 店

1956年3月第一版 書號：0417 字數：197,000
1956年9月第三次印刷 開本：850×1168 1/32
(滬) 13,916—20,442 印張：7 22/32 插頁：5

定價：(9) 1.10 元

序 言

經過長期堅苦的勞動，科學工作者在本世紀的四十年代發見了原子核分裂的現象。這現象啓示人類大規模地利用原子能——原子核能的可能性。不幸帝國主義者濫用這寶貴的科學研究的成果，製造原子武器，殘殺和平居民，曾經造成空前的災難。但在人民的手中，原子能已經開始爲人類服務了。1954年6月，人類歷史上第一座原子能發電站在蘇聯開始供電。放射性同位素更是很廣泛地應用在科學、技術、農業和醫療各方面。

反對原子武器和促進原子能的和平利用，是蘇聯一貫的主張。第二次世界大戰以後，蘇聯曾爲這目標不斷地提出積極性的建議。今年1月，蘇聯政府發表聲明，準備在國際會議上公開她對於和平利用原子能的寶貴的經驗。接着又發表聲明，決定幫助我國和其他六個人民民主國家建立原子能的科學實驗中心，以發展和平利用原子能的研究，並擬推廣這援助於其他有需要的國家。今天在世界人民面前有着二條不同的道路：一條是準備原子戰爭，把人類投入毀滅性災難的絕路；一條是把原子能用於和平目的並實行國際合作，以促進人類文明全面發展的寬闊道路。很明顯，任何有理性的人都應該選擇後一條——以蘇聯爲首的和平力量所指引的正確路線。

原子能的和平使用，原爲我國人民和政府奮鬥目標之一。蘇聯決定對我國發展原子能和平用途方面的研究提供幫助，包括設計、供給設備及建設一個發熱量達6500千瓦的實驗性原子核反應堆和最先進的迴旋加速器。這個反應堆所用的鈾棒含有2%的鈾235，它的中子的減速和熱量的導出是用重水來進行。在必要的情況下，這個反應堆的發熱量能够提高到1萬千瓦。有這樣先進設備的科學實驗

中心，我們就能夠更加快社會主義工業化的速度，並且迅速實現原子能在動力方面的應用。所以我們對於這次蘇聯的幫助，更感到無限的歡欣鼓舞。我國國務院業已通過決議，熱烈歡迎蘇聯的這一真誠無私的幫助，並熱烈支持蘇聯的在國際合作的基礎上把原子能用於和平的目的以促進人類文明的發展這一崇高的偉大目標。在第一屆全國人民代表大會第二次會議上，李富春副總理在第一個五年計劃報告中曾特別提出：在蘇聯的直接幫助下，五年內我國將開始和平利用原子能的建設，使之為國民經濟服務。全國的科學家、工程師和工人們均已踴躍表示以最大的決心來完成這光榮的任務。

為了幫助大家了解有關原子能的一些問題，我們在這本書裏簡單地介紹原子核物理的基本知識，原子能在動力上、科學上、工業上、農業上和醫學上的應用，關於原子武器的常識，以及射線對於人體的影響。

這本書的對象是具有高中文化程度的讀者。但是為便利未有普通中學訓練而熱心自學的讀者起見，我們在這裏對於簡單的物理和化學的概念也做了一些解釋。還有，這本書裏比較專門一些的章、節都用星點 * 標誌出來。讀者倘使把它們省略，也不影響對其他部分的理解。

科學知識是有繼承性的。要向前推進它，必須掌握已有的知識。這本書只包括對於原子能的原理和應用最簡單的敘述。我們希望它可以幫助大家了解原子能的問題，以備進一步的深入。如果讀者要在原子能的應用上做實際的工作，無疑地必須掌握更多和更具體的在應用方面的知識。如果更進一步要在理論上或者應用上有所創造，必須在物理和化學方面，或在某項專業上具有專門的知識。

1955年8月，在日內瓦初次召集了和平利用原子能的國際會議。在這會議上，代表們以充分合作的精神，交換了科學上和技術上寶貴的經驗和意見。正如蘇聯部長會議主席布爾加寧在他的賀電中所指出，這一個會議無疑地將有助於和平事業，並且將促成進一步緩和國際緊張局勢。

這本書是由好多位同志在短期內集體編寫的，裏面不免有缺陷，也可能有錯誤。我們希望專家和讀者隨時加以指正。因為時間的關係，我們也來不及利用這次日內瓦和平利用原子能國際會議的報告，來充實這本書的內容^❶。有必要的時候，我們將在再版中加以補充和修改，或者編寫一個續篇。

1955年8月

❶ 1955年12月蘇聯政府派遣蘇聯科學家訪華代表團向我國人民傳達日內瓦和平利用原子能國際會議和蘇聯和平利用原子能的成就。本書在排版過程中，曾根據蘇聯科學家訪華代表團在訪問期間所作的報告中的材料，對本書作了一些必要的補充——編者1956年2月註。

目 錄

序言	i
第一章 物質的結構	1
原子和分子	
§ 1. 原子-分子學說	1
§ 2. 原子、分子的質量和大小	2
§ 3. 元素週期律的發現	4
原子的結構	
§ 4. 電子	6
§ 5. 原子核	8
§ 6. 原子模型	10
能的解說	
§ 7. 機械能	12
§ 8. 熱能及其本質	14
§ 9. 化學能及其本質	15
§ 10. 能量的轉變和守恆定律	16
第二章 原子核的結構	18
天然放射現象	
§ 11. 放射現象的發現	18
§ 12. 射線的性質	19
§ 13. 放射過程的規律	24
原子核的組成	
§ 14. 同位素	27
§ 15. 質譜儀	28
§ 16. 原子核的成分	31
§ 17. 核力	33
§ 18. 質量和能量, 結合能	34
§ 19. 原子核的穩定性	38

第三章 核反應及人為放射	42
核反應	
§ 20. 天然放射物的甲種粒子所產生的核反應	42
§ 21. 人工加速的粒子所產生的核反應	46
人為放射性	
§ 22. 人為放射性	48
第四章 加速器及探測器	50
加速器	
§ 23. 加速器的作用及用途	50
§ 24. 高壓倍加器	51
§ 25. 靜電加速器	53
§ 26. 迴旋加速器	56
§ 27. 電子加速器	60
§ 28. 同步加速器	61
§ 29. 直線加速器	65
探測器	
§ 30. 引言	67
§ 31. 雲霧室	68
§ 32. 照相底片和核子乳膠	69
§ 33. 熒光屏和閃爍計數器	70
§ 34. 電離室	71
§ 35. 正比計數管與蓋繆計數管	73
§ 36. 三種射線的探測	74
§ 37. 中子的探測	75
§ 38. 附屬的電子學設備	76
§ 39. 總的比較	79
第五章 原子能的釋放	81
原子能	
§ 40. 獲得原子能的可能性	81
核分裂	
§ 41. 核分裂現象	82
§ 42. 核分裂現象的解釋	85

核分裂的鏈式反應

- § 43. 中子在軸堆中的遭遇.....86
- § 44. 鏈式反應進行的條件.....87
- § 45. 控制鏈式反應的原理.....92

原子堆的構造及用途

- § 46. 原子堆的構造、運用和控制.....92
- § 47. 原子堆的用途.....96

熱核反應和太陽能

- § 48. 輕原子核反應的特點.....97
- § 49. 大量產生輕原子核反應的途徑——熱核反應.....98
- § 50. 太陽能.....100

第六章 原子能在動力方面的應用.....104

- § 51. 爲什麼要使用原子能.....104
- § 52. 原子能的應用.....105
- § 53. 利用原子能改造自然——原子能在爆炸方面的和平利用.....111
- § 54. 交通運輸上的應用.....111

第七章 同位素的應用(上).....113

同位素應用的原理和方法

- § 55. 應用的原理.....114
- § 56. 應用的方法.....117

同位素在工業上的應用

- § 57. 檢查金屬內部缺陷的三種射線照相法.....121
- § 58. 工業上新型的自動控制和量度儀器.....125
- § 59. 中子測井法和土壤溫度計.....132
- § 60. 靜電消除器和強射線源在工業上的新用途.....135
- § 61. 標記原子法在冶金等工業中的應用.....137
- § 62. 機械磨損的測定.....142
- § 63. 放射性指示劑在工業上的用途.....144

同位素在物理、化學等科學上的應用

- § 64. 物質的自擴散.....148
- § 65. 化學反應和催化作用的歷程問題.....149
- § 66. 在分析化學上的應用.....151
- § 67. 地質學與考古學的“時鐘”.....153

第八章 同位素的應用(下)..... 156

同位素在農業科學上的應用

- § 68. 用同位素研究農作物施肥問題..... 157
- § 69. 用同位素研究農作物的活動..... 160
- § 70. 用同位素研究農藥的分佈和作用..... 162
- § 71. 射線在農業上的應用..... 163
- § 72. 同位素在畜牧業林業和漁業中的應用..... 166

同位素在醫學和生理學上的應用

- § 73. 用射線治療癌症..... 167
- § 74. 放射性碘在甲狀腺機能的研究上和臨床上的應用..... 169
- § 75. 有機體內磷的代謝過程及放射性磷在臨床上的應用..... 171
- § 76. 用放射性鈉研究血液的循環和人體含水量..... 173
- § 77. 其他同位素在醫學上的應用..... 176

同位素在生物化學中的應用

- § 78. 植物的光合作用..... 178
- § 79. 蛋白質在動物體內的合成..... 180
- § 80. 腦的新陳代謝作用的研究..... 181

第九章 原子武器及其防禦..... 185

原子武器的構造原理

- § 81. 原子彈..... 185
- § 82. 氫彈..... 187

原子武器的殺傷因素及破壞因素

- § 83. 衝擊波..... 191
- § 84. 光輻射和熱輻射..... 195
- § 85. 貫穿輻射..... 197
- § 86. 放射性沾染..... 200
- § 87. 氫彈的殺傷因素..... 202
- § 88. 放射戰劑..... 202

原子武器的防禦原則

- § 89. 對衝擊波的防禦..... 203
- § 90. 對光熱輻射的防禦..... 204
- § 91. 對貫穿輻射的防禦..... 205
- § 92. 對放射性沾染的防禦..... 205

第十章 射線對人體的作用	208
射線對人體的作用	
§ 93. 射線病的症狀	208
§ 94. 劑量的單位：倫	210
§ 95. 人體受到射線作用的不同方式和允許劑量	211
射線的防護	
§ 96. 減少人體受到射線劑量	214
§ 97. 避免放射性物質進入體內	216
§ 98. 及時發覺超過劑量的事件	218
防護用的監察儀器	
§ 99. 電離室劑量儀與劑量率儀	220
§ 100. 蓋膠計數器	222
§ 101. 照相底片	224
附錄 1 門捷列夫的元素週期表	
附錄 2 常用放射性同位素表	227
人名對照表	229
名詞索引	230—234

第一章 物質的結構

原子和分子

§ 1. 原子-分子學說

世界上充滿着形形色色的各種物質，所有的物質都在不斷地運動、變化。有一類變化，像米釀成酒，鐵生鏽，木柴燒掉而留下灰燼等等，由一種物質變成了另一種物質，這種變化就叫“化學變化”。物質在化學變化中所表現出來的性質，就叫做該物質的化學性質。

世界上的千千萬萬種物質，有些是由幾種不同的物質混合起來的，例如空氣就是由氧氣氮氣等混合起來的；有些是單純的一種物質，例如水就是一種物質。混合的物質可以分爲單純的物質。如果我們把單純的物質再細分下去，最後會變成什麼樣子呢？它們的結構是怎樣的呢？

科學家經過長期的研究，確立了原子-分子學說。他們證明：世界上的任何單純的物質都是由很多很多的同樣的分子構成的。分子是很小、很輕的個體。某物質的分子就是保持該物質的基本化學性質的最小個體。我們把一杯水分成千萬滴水滴，每一滴水還不是水的分子，因爲它還可以再分成更小的水滴。一直分到最後才是水的分子。水分子仍舊保持水的基本化學性質。這時候如果我們再把它分開，那就只能得到氫粒子和氧粒子了。分子的種類是無窮無盡的，有多少種單純的物質就有多少種分子。但是千萬種分子都只是由有限的若干種原子組成的。原子是用任何化學方法（即在任何化學反應中）都不能分解的最小粒子。各種原子的不同結合就形成千萬種分子。有的分子是由同一種原子構成的，例如氧分子就是由相同的原子構成的。有的分子則是由若干種不同的原子構成的，例如水分子是由兩種原子構成的。

如果某種物質只是由一種原子組成的，那末我們就把這類原子叫做某一種化學元素。例如氧是由同一種原子構成的，我們就把這類原子叫做氧元素。到今天為止，已經知道的元素有 100 種^①。

在化學上，爲了方便起見，就用一套拉丁字母來代表元素的原子。如H(氫)、O(氧)、C(碳)、U(鈾)等等。一個水分子是由二個氫原子和一個氧原子所構成的，所以水分子就用 H_2O 來代表，這叫作水的分子式。氫氣和氧氣化合成水的化學反應就用化學方程來表示：

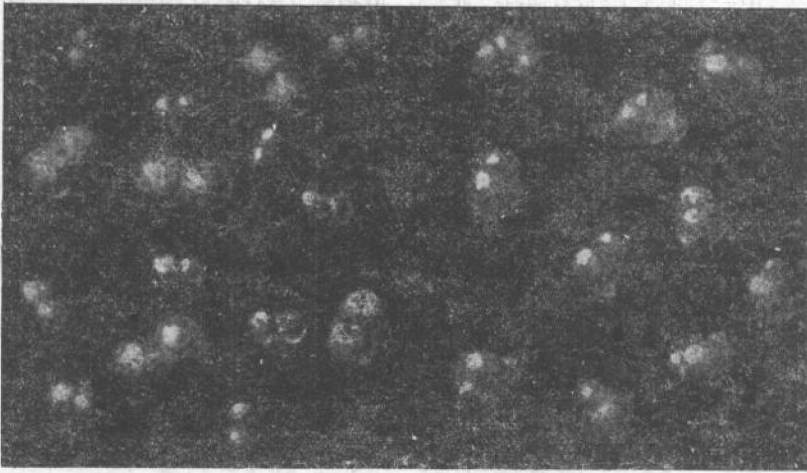


圖 1. 氫、氧、水分子結構的示意圖

左邊是氫、氧氣體的分子，右邊是它們發生化學反應後所形成的水分子。

§ 2. 原子、分子的質量和大小

原子、分子究竟有多少質量、多大呢？

雖然誰也沒有看到過單獨的原子和分子，只有特別巨大的蛋白質分子，直到最近發明了可以放大幾十萬倍的電子顯微鏡以後，才看得見，但是人們却早已有了量原子、分子的質量和大小的辦法。具體

^① 最近有人用甲種粒子打擊鈾核，得到了一種元素，他們認爲是第 101 號元素。

辦法我們不介紹了，只看看科學家們測定的結果吧。

一個氫原子的質量是 0.000,000,000,000,000,000,001,673 克，也可以寫成 1.673×10^{-24} 克^①。一個氧原子的質量是 0.000,000,000,000,000,000,026,563 克，或寫作 2.6563×10^{-23} 克。這實在太麻煩了，小數點後面有這麼二十幾個零，原子實在太輕，我們的質量單位——克太大了。

單位是人定的，克作單位既然不合適，科學家就創造了一個秤原子的新單位。

我們是怎樣定克的單位的呢？這是用了“東西秤東西”的辦法，用溫度在 4°C 時 1 立方厘米的水的質量作標準，叫作 1 克。別的東西的質量跟它比一比，是它的幾倍就說它的質量是幾克。

顯然，我們在原子的小世界裏面，就該用“原子秤原子”的辦法。找一個原子作標準，把別的原子跟它比較就行了。氧的化合物很多，多數元素都可以和氧直接比較，因此化學家就採用氧原子作標準；取氧原子質量的十六分之一作為一個單位，這個單位叫做氧單位。某元素的原子的質量是幾個氧單位，我們就說它的原子量是幾。例如 2.016 克氫和 16 克氧化合成 18.016 克水，已知水的分子是二個氫原子和一個氧原子組成的，氫原子的數目是氧原子的二倍，這樣就定出氫的原子量等於 1.008。

分子和原子差不多輕重，也就用氧單位來表示。分子量就等於分子中所有原子的原子量的總和。

一個氧單位既然就是氧原子質量的十六分之一，因此它就相當於 $2.6563 \times 10^{-23} \div 16 = 1.6602 \times 10^{-24}$ 克。因此，1 克就相當於 $1 \div (1.6602 \times 10^{-24}) = 6.023 \times 10^{23}$ 個氧單位。這個數字也就是阿伏伽德羅常數。

① $0.000,000,000,000,000,000,001,673 = \frac{1.673}{1,000,000,000,000,000,000,000,000} = 1.673 \times \frac{1}{10^{24}}$ ，簡寫作 1.673×10^{-24} ，這種表示方法以後時常用到。例如 8×10^{-8} 就是 0.000,000,08。

阿伏伽德羅常數有什麼意義呢？我們知道氫的原子量是 1.008（也就是說，一個氫原子的質量是 1.008 個氧單位），由此可以算出，1.008 克氫就剛好等於 6.023×10^{23} 個氫原子的質量。1.008 克氫和 16 克氧有着同樣多的原子，根據這種情況，化學家創造了一個新的單位——“克原子”。1“克原子”氫就是指 1.008 克的氫（1.008 就是氫的原子量），1“克原子”氧就是指 16 克的氧。1“克原子”的任何一種元素，就是指和它的原子量的數目字一樣的那麼多克的該種元素。也就是 6.023×10^{23} 個該元素的原子的質量。

同樣，1“克分子”的化合物也就等於該化合物的 6.023×10^{23} 個分子的質量。這種單位在化學工作中用起來是很方便的。

我們知道了阿伏伽德羅常數和原子量，就可以粗略地估計原子的大小了。譬如鐵原子量是 55.85，鐵的比重是 7.86，1“克原子”鐵的體積就是 $55.85 \div 7.86 = 7.1$ 立方厘米。假定鐵塊中的原子排得很緊密，粗略地計算就可以把這個體積看作 6.023×10^{23} 個鐵原子的總體積。這樣每個原子的體積就是 $\frac{7.1}{6.023 \times 10^{23}} \approx \frac{1}{10^{23}}$ （符號 \approx 表示近似的意思想），假定原子是個球體，而球體積 $= \frac{4}{3} \pi (\text{半徑})^3$ ，因此 $(\text{半徑})^3 = \frac{3}{4\pi} \times \text{體積} = \frac{3}{4\pi} \times \frac{1}{10^{23}} \approx \frac{3}{10^{24}}$ （厘米）³，所以半徑 $\approx \frac{1.4}{10^8} = 1.4 \times 10^{-8}$ 厘米。

由此可見，原子大小不過一億分之一厘米左右。分子的大小要看它所含原子的多少而定。一般分子和原子差不多大小，特別巨大的分子的大小也不過是十萬分之幾厘米。

原子、分子簡直小得不可想像。我們如果把 1 立方厘米鐵塊裏面的鐵分子挨個兒緊密地排成一線，這根線就長達 120 億千米左右，可以在地球和太陽之間來回繞 40 次。我們如果把一滴雨放大成地球那樣大，水分子也不過像一個籃球那樣大！

§ 3. 元素週期律的發現

自然界中究竟有多少種元素呢？十九世紀初年，只知道有 28

種，可是十九世紀的頭五十年中就又發現了 27 種。當時化學家們雖在努力地尋找着新的元素，但是沒有規律可以遵循。化學家們在黑暗中摸索着，有時只是由於偶然的機遇，才發現了新的元素。例如有個人研究海草的灰，他用硝酸和它起作用，有一次他把硝酸加得太多了，突然在杯子上出現了紫色的蒸汽，冷卻後凝結成爲黑色的帶金屬光澤的晶體，就這樣發現了新元素碘。到 1870 年，化學上已經知道了 63 種元素。可是，各元素之間究竟有什麼關係呢？究竟還有多少種元素還沒被發現呢？却一點都不知道。當時，有些人也試着尋找元素間的關係，把某些性質相似的元素分了幾類，但都不合適，更沒有明確的分類標準。

偉大的俄國化學家門捷列夫，經過長期的苦心鑽研，終於在這一堆亂麻中找到了線索。他發現元素的化學性質和它的基本性質——原子量有密切的關係。當他按照原子量遞增的次序排列了所有的元素之後，他發現每經過一定的間隔就有化學性質相似的元素出現。也就是說，元素的性質隨着元素原子量的遞增的順序而有週期性的變化。這就是化學上最重要的定律之一——元素週期律。

門捷列夫把所有的元素按元素週期律排成了一個元素週期表，元素在門捷列夫週期表上的次序就叫做原子序數，例如氫是第一號元素，原子序數就是 1，鈾是第九十二號元素，原子序數就是 92。

門捷列夫在他的週期表上留了不少空位，他預言在空位上應該有新元素補充進去，令人驚佩的是他不僅預言了它們的存在，而且根據附近的元素的性質正確地預言了它們的性質。他的預言都被後來新發現的元素所證實。

從此，人類關於元素的知識，不再是一堆混亂的材料，而是有規律的、能預見的科學了。

但是，新的問題又來了，爲什麼元素之間會有這樣深刻的聯繫呢？爲什麼元素性質與原子量有週期性的關係呢？這些問題推動着人們要對原子作更深刻的鑽研。門捷列夫當時就預言了原子世界的複雜性。他說，推測是容易的，可惜現在還不能指示給人們看，單純

物質的原子是由若干更小的微粒組成的複合的個體。

原子的結構

§ 4. 電子

起先，人們一直把原子看作物質世界的最小粒子，無論如何都不能分割了。直到五十多年前發現了原子中還有比原子輕得多的電子，才徹底推翻了把原子當做基本粒子的想法。

很久以前，人類就發現了摩擦起電的現象：兩件東西，例如玻璃棒和綢子，摩擦後就會帶電，一個帶正電，一個帶負電。後來，電學很快地發展起來了，人類發明了電燈、電話、電動機等等。但是却一直不知道電究竟是什麼東西。

正常原子是不帶電的。在化學上，大家知道，有的物質溶解在溶液中，它的分子會分離成“帶電的原子或分子”——就是離子，有的帶正電，有的帶負電。例如鹽酸分子在水中分離成帶正電的氫離子和帶負電的氯離子。

大家知道，空氣是不導電的，但有時候也會導電，例如閃電、電火花等等就是這種導電現象。科學家們還發現了一種叫做“真空放電”的奇怪現象。把一根玻璃管兩端都裝上電極，加以幾千伏特高電壓，當玻璃管中的空氣抽稀時，稀薄的氣體就會放出美麗的光輝。當繼續抽空，抽到高度真空時，空氣不放光了，但在陰極對面的玻璃管壁却發出綠色的光芒，即所謂“熒光”。這綠光是從哪兒來的呢？有人在陰極前面放一塊障礙物，玻璃上就有一個影子（見圖 2）。因此可以肯定：玻璃上發出的綠光是由某一種看不見的，從陰極放出的射線引起的；這種射線被障礙物擋住就出現了影子，正好像光被東西擋住一樣。這種射線就叫做“陰極射線”。

陰極射線是什麼東西呢？有人在陰極射線管內放一個像風車似的小輪子，這小輪子受陰極射線的打擊竟旋轉了起來，就好像風車被空氣分子流推動、水車被水分子流推動一樣。因此我們知道，陰極射線也是一股粒子流。