

科學圖書大庫

原子物理精要

譯者 劉伯岱

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

原子物理精要

譯者 劉伯岱

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員
編輯人 林碧銓 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

中華民國六十五年十二月二十四日初版

原子物理精要

基本定價 1.60

譯者 劉伯岱 西德海德堡大學物理研究所畢業

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(63)局版臺業字第0116號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號
發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號
承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話 9719739

我們的工作目標

文明的進度，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成爲事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，尤爲社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啓發，始能爲蔚爲大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啓導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尚有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏爲監修人，編譯委員林碧鏗氏爲編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分爲叢書，合則大庫。爲欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尚在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掬誠呼籲：

自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。尚祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

前 言

本書「原子物理精要」是以嚴謹而富饒的形式將原子物理的廣泛內容表達出來。讀者如果具備普通物理中主要的基本素養，即可輕易地欣賞書中內容。而且借助於本書的表達形式，讀者縱使僅稍具有良好的物理基礎，仍然可以進入原子物理的寶庫，因為本書在撰寫之初，即以儘量減少煩贅的物理基礎為出發點。

本書各章前後互相啣接，但書中每一小節均可獨立底作為該項問題的查閱之用，而勿需先研讀其前一章節。

書中第二章用了較多的篇幅來敘述原子理論，這正顯示出需要多少的思慮及創見才能完成一個簡單的原子模型，使我們得以利用這種模型來解釋不斷擴展而由實驗所發現的各種物理現象。

本書適用於大專學生以及對自然科學有興趣的高中學子。它可以作為原子物理的簡介入門或複習課本。同時，對於個人自修更有助益。

對於哥爾阿麥（R. Goldammer）博士及樂爾丹茲（Dipl. Ing., K.H. Roehrdanz）先生的激動及細心校閱，本人在此特申謝忱。

奧司卡舒爾茲

於西德哥廷根

目 錄

前言

第一章 物質的結構

| | | |
|--------|-------------------------|----|
| 1.1 | 原子、元素 | 1 |
| 1.2 | 化合物、分子 | 1 |
| 1.3 | 物質與能量 | 2 |
| 1.4 | 原子的直徑 | 3 |
| 1.5 | 電子 | 3 |
| 1.6 | 原子的構結 | 4 |
| 1.6.1 | 原子核 | 4 |
| 1.6.2 | 原子核的質量 | 5 |
| 1.6.3 | 同位素 | 5 |
| 1.6.4 | 核電荷數與電子數 | 6 |
| 1.6.5 | 簡化的原子模型 | 6 |
| 1.7 | 原子量(原子重量) | 7 |
| 1.8 | 分子量(分子重量); 莫耳 | 10 |
| 1.9 | 亞佛加厥常數 | 11 |
| 1.9.1 | 分子直徑 | 12 |
| 1.10 | 氣體運動理論 | 13 |
| 1.10.1 | 速度之分佈; 平均速度 ; 平均速度平方 | 13 |
| 1.10.2 | 氣體壓力 | 15 |
| 1.10.3 | 平均動能, 內能及波 子曼常數 | 17 |

| | | |
|------|-----------------|----|
| 1.11 | 平均自由路程與碰撞次 數 | 19 |
|------|-----------------|----|

第二章 原子理論

| | | |
|-------|---------------------------|----|
| 2.1 | 原子構造 | 22 |
| 2.2 | 拉塞福(Rutherford) 的原子模型 | 22 |
| 2.3 | 波耳(Bohr)原子模 型 | 23 |
| 2.3.1 | 軌道方程式 | 23 |
| 2.3.2 | 無發射軌道 | 24 |
| 2.3.3 | 能量定理 | 26 |
| 2.3.4 | 波耳的頻率條件 | 27 |
| 2.3.5 | 能階圖 | 28 |
| 2.4 | 激發、游離與復合 | 29 |
| 2.4.1 | 激發 | 29 |
| 2.4.2 | 游離 | 30 |
| 2.4.3 | 復合 | 30 |
| 2.5 | 左末菲(Sommerfeld) 原子模型 | 31 |
| 2.5.1 | 能量定理 | 31 |
| 2.5.2 | 克卜勒(Kepler)第 二定律: 面積定律 | 32 |
| 2.5.3 | 量子條件 | 33 |
| 2.5.4 | 總能量與量子軌道 | 34 |

| | | | |
|---|----|---|----|
| 2.5.5 核運動的影響····· | 37 | 3.3 電子的質量····· | 69 |
| 2.5.6 電子質量改變時的左 末菲原子模型····· | 37 | 3.4 自由電子····· | 69 |
| 2.6 空間量子化····· | 40 | 3.4.1 定義····· | 69 |
| 2.6.1 磁(性)量子數····· | 43 | 3.4.2 能量與速度····· | 70 |
| 2.6.2 電子自旋····· | 45 | 3.4.3 能量單位“電子伏特” ····· | 71 |
| 2.6.3 電子的總角動量····· | 46 | 3.4.4 自由電子的產生····· | 71 |
| 2.6.4 總角動量的空間量子 化····· | 48 | 3.4.4.1 在高電場強度下電 子的脫逃····· | 71 |
| 2.7 電子外殼與週期系統·· | 48 | 3.4.4.2 碰撞游離····· | 72 |
| 2.7.1 泡立(Pauli)不相 容原理····· | 48 | 3.4.4.3 由輻射的吸收所產 生的游離(光致 游離)····· | 73 |
| 2.7.2 電子外殼的構造及週 期系統····· | 49 | 3.4.4.4 光電效應····· | 74 |
| 2.8 波耳對應原理····· | 53 | 3.4.4.5 熱游離····· | 74 |
| 2.9 選擇定則····· | 54 | 3.4.4.6 電輝發射····· | 75 |
| 2.9.1 介穩狀態····· | 55 | 3.4.5 電子光學····· | 76 |
| 2.10 多電子系統····· | 56 | 3.5 離子注····· | 76 |
| 2.10.1 合成軌道角動量····· | 56 | 3.5.1 離子荷質比 e/m 之測 定; 質譜學····· | 77 |
| 2.10.2 合成自旋角動量····· | 57 | 3.6 質子及氘核····· | 78 |
| 2.10.3 合成總和角動量····· | 57 | | |
| 2.11 電子的磁矩····· | 59 | | |
| 2.11.1 電子的自旋磁矩····· | 60 | | |
| 2.11.2 順磁性及抗磁性····· | 61 | | |
| 2.11.3 則曼(Zeeman)效 應····· | 62 | | |
| 2.11.4 史特恩-格拉 (Stern-Gerlach) 實驗····· | 64 | | |

第三章 電載體

| | |
|---------------|----|
| 3.1 基本電荷····· | 66 |
| 3.2 荷質比····· | 67 |

第四章 輻射與物質之間的 相互作用

| | |
|---------------------|----|
| 4.1 輻射量子; 光子····· | 79 |
| 4.2 光電效應····· | 80 |
| 4.2.1 外光電效應····· | 81 |
| 4.2.2 內光電效應····· | 82 |
| 4.2.3 半導體性光電效應····· | 82 |
| 4.3 次級電子發射····· | 83 |
| 4.4 輻射壓力····· | 83 |
| 4.5 康卜吞效應····· | 84 |

| | | |
|-------|------------------------|----|
| 4.6 | 成對產生及毀滅輻射 | 85 |
| 4.7 | 物質波 | 86 |
| 4.7.1 | 電子繞射 | 87 |
| 4.7.2 | 電子顯微鏡的解析度 | 88 |
| 4.7.3 | 波耳原子中電子的物質波波長 | 89 |
| 4.7.4 | 作用截面，冉少而 (Ramsauer) 效應 | 89 |
| 4.8 | 測不準原理 | 90 |

第五章 輻射與原子殼層之間相互作用

| | | |
|----------|-----------------------|-----|
| 5.1 | 吸收與發射 | 92 |
| 5.1.1 | 吸收 | 92 |
| 5.1.2 | 發射 | 92 |
| 5.2 | 分光計 | 93 |
| 5.3 | 吸收光譜與發射光譜 | 94 |
| 5.4 | 電子碰撞 | 95 |
| 5.5 | 氫原子光譜 | 97 |
| 5.6 | 芮得柏 (Rydberg) 常數 | 100 |
| 5.7 | 類氫原子光譜 | 101 |
| 5.8 | 原子光譜及離子光譜；光譜移位律 | 102 |
| 5.9 | 核電荷數很大的原子光譜；價電子 | 102 |
| 5.9.1 | 鹼原子的光譜 | 103 |
| 5.10 | 帶光譜；分子光譜 | 104 |
| 5.11 | 連續光譜 | 104 |
| 5.12 | 倫琴射線 (X-射線) | 106 |
| 5.12.1 | 制動輻射 (Bremsstrahlung) | 106 |
| 5.12.2 | 標識輻射 | 108 |
| 5.12.3 | 次級輻射 | 110 |
| 5.12.4 | 倫琴射線之精細結構 | 110 |
| 5.12.5 | 倫琴吸收光譜 | 111 |
| 5.12.6 | 莫色勒 (Moseley) 定律 | 112 |
| 5.12.7 | 倫琴輻射的產生 | 113 |
| 5.12.7.1 | 輝光陰極管 | 113 |
| 5.12.7.2 | 離子管 | 114 |
| 5.12.8 | 倫琴射線的繞射及干擾 | 114 |
| 5.12.9 | 倫琴射線在結晶格子上的繞射及干擾 | 115 |
| 5.12.10 | 倫琴射線光譜學 | 115 |
| 5.13 | 發光 | 118 |
| 5.13.1 | 發光系統 | 118 |
| 5.13.2 | 熒光及磷光 | 118 |
| 5.13.3 | 發光物質在科技上的應用 | 119 |
| 5.13.3.1 | 發光屏幕 | 119 |
| 5.13.3.2 | 發光物質放電管 | 119 |
| 5.13.3.3 | 電場發光 | 119 |

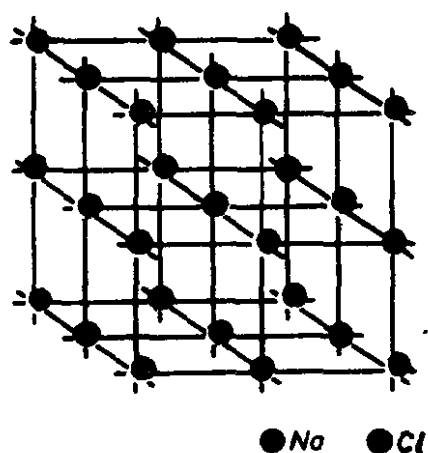
第一章 物質的結構

1.1 原子；元素

吾人曾用化學實驗證明，所有的物質在化學性質上來說都是由大約一百種不同的微小質點——原子——組合而成。而只由單一種化學性的原子所組成的物質稱為元素。

物質是由原子組合而成，此一事實可在結晶構造的材料上特別容易被觀察出來。利用倫琴射線（X光）照射的方法，對晶體作有系統的研究後所顯示的結果是：每種結晶都是由位於三度空間的結晶格子上的許多原子組合而成。

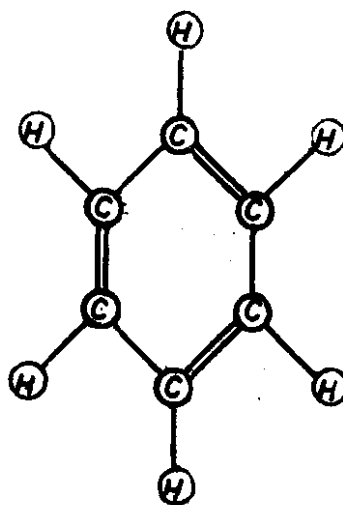
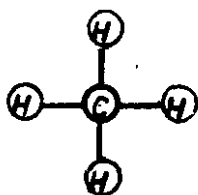
例：元素的立體格子排列



例：甲烷 (Methan) CH_4 ；苯 (Benzol) C_6H_6

1.2 化合物；分子

所謂化合物，是指由不同的原子結合而成的一種物質。其中，各別的原子是由一定的方式組合在一起而形成該一物質的基本單元，即分子。此種由



2 原子物理精要

各別的原子所形成的分子結構，其排列規則可以非常簡單，但是也可能會很複雜。

用機械方法將一種元素繼續不斷地碎裂，所能獲得的最小化學基本單元是為原子，而化合物經過連續的機械碎裂所得的相同化學基本單元即為分子。

然而，利用簡單的物理或化學方法，可以將化合物分解成參與組成的各別元素；也就是說，化合物的分子可以再被分裂為參與組成該化合物的個別原子。

我們可以證明，形成化合物以後的原子與未化合前的原子完全沒有區別。所以，由各別的元素化合而成的物質雖然有顯著不同的物理或化學性質，但在參與化學轉變時分子結構中的原子是不會改變的。因此，要想利用化學轉變的方法以獲得金元素，就必須從原來就是由金元素合成的化合物中提取。

1.3 物質與能量

每一種物質都受重力場的作用，因為，正如組成該物質的原子一樣，它也有一定的質量。靜止不動的物質之質量稱為靜質量 (Rest mass)。愛因斯坦 (Albert Einstein) 從他的相對論中導出一個要求，即質量亦可歸因於能量而來，其關係式應為

$$E = mc^2$$

愛因斯坦方程式

此方程式指出，質量 m 即可相當於能量 E 。式中常數 c 為光速，其大小已知為：

$$c = 2.9979 \cdot 10^{10} \text{ 厘米} \cdot \text{秒}^{-1}$$

光 速

此一要求的正確性曾經天文測定而獲得了證實。此等天文的測定並指明，甚至連光能也會受到重力場的作用。

愛因斯坦方程式並且說明，能量可以被轉換成質量，相反地，質量也可以被轉換成能量。其正確性也已由核反應的實驗而獲得證明。

例：1. 質量與能量的相當性 (Equivalence)

2. 電子的靜能 (Rest energy)

1. 一個原子彈 (約一公斤的鈾 235) 爆炸時可大約放出 $9 \cdot 10^{20}$ 厄格 (erg) 的能量。根據愛因斯坦方程式，大約有一克的質量相當於此項能量，即

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{9 \cdot 10^{20}}{(3)^2 \cdot 10^{20}} = 1 \text{ 克}$$

2. 電子的靜質量已知為 $m_0 = 9.1 \cdot 10^{-28}$ 克，則電子的靜能 E_0 應為

$$E_0 = m_0 c^2 = 9.1 \cdot 10^{-28} \cdot 3^2 \cdot 10^{20} = 8.19 \cdot 10^{-7} \text{ 厄格(erg)}$$

因為 1 厄格 $\cong 6.24 \cdot 10^{11}$ 電子伏特 (Electron Volt)，故可得

$$E_0 = 5.11 \cdot 10^5 \text{ 電子伏特}$$

1.4 原子的直徑

原子的直徑可以由很多不同的方法來測定。例如，假設晶體是一種最緊密的球形聚集體，則由晶體的格子常數 (Lattice Constant) 即可測定各種金屬的原子直徑 (銅： $2.25 \cdot 10^{-8}$ cm；銀： $2.88 \cdot 10^{-8}$ cm) 或者由惰性氣體的黏度亦可測知其所屬原子的直徑大小 ($2.2 \cdot 10^{-8} - 4.8 \cdot 10^{-8}$ cm)。另外，由分子的光譜亦可測定原子的直徑。一般而言，被稱為“原子”的基本單元所具有的直徑大約為 10^{-8} cm。

$$d_A \cong 10^{-8} \text{ cm}$$

原子的直徑

例 1：金箔的厚度

利用滾壓或錘打方法可將金元素加工成很薄的箔片，其厚度僅約為 10^{-5} cm，此種金箔的強度雖然很小，但仍然是可以測量的，故可以假設此種金箔仍然還由多層重疊的金原子所合成。因而即可認定一個金原子的半徑必小於 10^{-5} cm！

例 2：油漬實驗

將一滴已知體積的油，滴在水面上，則此油滴即會在水面上擴散成一塊很大而連續的油漬。如果我們能測出此油漬的面積，則將此油滴的體積除以面積，即可得到油層的厚度約為 10^{-7} 厘米。

在上述實驗中，因為 10^{-7} 厘米厚的油漬仍有一層表皮，由此可知，形成此一油面表皮的原子直徑不是等於即是小於 10^{-7} 厘米。

1.5 電 子(Electron)

電子是一種電載體，屬於物質基本組成單元之一。電子的質量特別小，

而其直徑則不超出 10^{-13} 厘米以外。電子的靜質量為

$$m_0 e = 9.108 \cdot 10^{-28} \text{ 克}$$

電子的電荷值為

$$e^- = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ 庫倫 (Coulomb)}$$

$$e^- = 4.803 \cdot 10^{-10} \text{ 靜電系電荷單位 (el-static Charge Unit)}$$

電子的電荷

我們可以證明，上述的電子之電荷值與實驗所得的最小電荷完全相同，因此，它又被稱之為基本電荷（參看C1節）。

1.6 原子的構造

每一種元素的原子均由一個帶正電的原子核與一群為數與核電荷數相等的電子所組成。此等電子是圍繞着原子核而運行。

1.6.1 原子核 與原子的直徑（ 10^{-9} 厘米）比較，原子核的直徑大約要比它小十的四次方，即一萬倍。原子核的幾何形狀大致可被看成球形，此球形的直徑大約為 10^{-12} 厘米（cm）。

$$d_k \approx 10^{-12} \text{ cm}$$

原子核直徑

我們由實驗已經證明，原子核的直徑係隨原子量的三次方根而增加，如果一個原子的相對原子量為A，則其所屬的原子核半徑可由下列關係式表示之：

$$r = r_0 \sqrt[3]{A}$$

式中 r_0 為實驗值，約為 10^{-13} 階次。

經由實驗，已經證實原子核的組成單元是被稱為“質子”（Proton）與“中子”（Neutron）的微小粒子。質子是帶正電荷的粒子，其靜質量 $m_{0,p}$ 與其電荷 e_p^+ 已知如下：

$$\begin{aligned}
 m_{0p} &= 1.672 \cdot 10^{-24} \text{ 克} \\
 e_p^+ &= 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ 庫倫} \\
 e_p^+ &= 4.803 \cdot 10^{-10} \text{ 靜電單位}
 \end{aligned}$$

質子的質量與電荷

在原子核中所含有的質子數 Z 即表示原子核的正電荷（核電荷）數值。如果將一個質子的電荷與一個電子的電荷加以比較，即會發現，除正負性不同外，兩者完全相等。

中子則為中性的帶電質點，其靜質量僅比質子稍大一點。

$$m_{0N} = 1.675 \cdot 10^{-24} \text{ 克}$$

中子的質量

正如原子本身一樣，質子與中子本身也不能完全被看成是一種質量緊密的質點。新的實驗顯示，質子與中子也有固定的結構。我們可以將這質點想作是由兩種不同的電雲交織而成。在中子的情況，由外面來看雖是中性（不帶電），而其內部却正巧是正負兩種電雲互相抵消。

1.6.2 原子核的質量 原子核的質量是由核中的質子質量與中子質量的多少而定，其中質子個數與中子個數的和，我們稱之為質量數(Mass-number)。

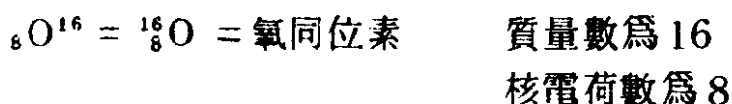
原子的質量主要是由原子核的質量而定，將質子的質量與電子的質量作一比較，即可知道，圍繞原子核的電子的質量僅僅佔原子總質量的極小部分。原子的外形大致雖呈球形，直徑約為 10^{-8} cm，而其質量却幾乎完全集中在極小的核空間內（ 10^{-12} cm）。

1.6.3 同位素 利用質譜儀的方法（參看 3.5.1 節），來決定一元素的原子量已比從前用化學的方法要精確得多。現今，我們已經知道大多數元素是由一些化學極相似的同類原子（註）所組成。這些原子有相同的質子數，但中子數却不相同。此種核電荷數 Z 相同而質量不同的原子稱之為同位素(Isotope)。

註：元素的化學性質係由原子外層的電子狀態而定，因而即直接取決於其電荷數。但是，由於原子核的質量多多少少總會影響外層電子的能量（參看 2.5.5 節），所以原子的化學性質也會受核質量而左右。

同位素的表示方法

如果要利用普通的化學元素符號同時表達它的質量與核電核數，我們可以將質量數寫在元素符號的左上角或右上角，而將核電荷數寫在左下角：



例：氘（重氫）（Deuterium）及質量欠缺（mass defect）

氫原子， ${}_1\text{H}^1$ 的質量是由一個質子的質量與一個電子的質量所組成。其總質量爲：

$$m_{\text{H}} = 1.673 \cdot 10^{-24} \text{ 克}$$

在自然界中，大約每 5000 個 ${}_1\text{H}^1$ 原子中就有一個氘原子的質量爲

$$m_{\text{D}} = 3.343 \cdot 10^{-24} \text{ 克}$$

此即爲氘的同位素氘（Deuterium）， ${}_1\text{H}^2$ ，它的核質量是由一個質子與一個中子所合成，因之，核電荷數與氫的相同而核質量則約大兩倍。

當質子與中子合成原子核時會放出很多的能量，根據愛因斯坦方程式（參看 1.3 節），此能量應由質量而來。因此，當原子核合成時，質量即以能量的方式而消失，在原子核結構中的質子與中子所具有的質量比在自由狀態中的要小些。因此，我們很容易算得出來，氘原子的質量比在自由狀態中一個氫原子與一個中子質量之和要小些。

1.6.4 核電荷數與電子數 由外觀之，在正常情況下原子都係屬中性，所以，在中性原子內圍繞原子核運轉的電子之總負電荷應與原子核中的正電荷數完全相等。

一個原子核如果有 Z 個質子，每個質子的電荷爲 e^+ ，則原子核的正電荷爲

$$q = Z \cdot e^+$$

核電荷

相對地，中性原子的外圍電子殼層一定是由 Z 個 e^- 電荷所組成。數值 Z 即爲一原子的正性核電荷數。在中性原子中，核電荷數與外層電子的個數因而相等。

1.6.5 簡化的原子模型 由上所述，我們可以繪出一個原子的模型：原子

是由一個極小的原子核與外圍的電子殼層所組成，原子核（質量 m ，核電荷數 Z ）幾乎是整個原子的中心，而電子殼層則是由 Z 個與核電荷相抵消的電子所組成。

電子殼層不僅決定原子的體積（直徑），而且也負責原子的化學性質。

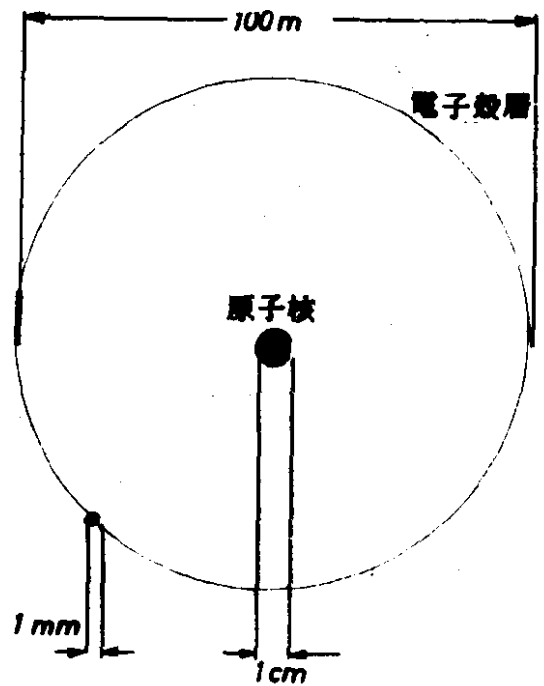
相互間的尺寸比較

1. 如果我們將一個原子模型放大到 10^{12} 倍，使原子核的直徑為一厘米(cm)，則整個原子所佔有的空間即有如一個直徑為100公尺的球那樣大。單個的電子在此模型中則只是直徑為一毫米(mm)的小球而已。

2. 一個氫原子的質量是由一個質子的質量與一個電子的質量所組成。如果將電子的質量與質子的質量加以比較，則其比例為

$$\frac{m_{oe}}{m_{op}} = \frac{1}{1836} = 5.44 \cdot 10^{-4}$$

因此，電子的質量僅僅是質子質量的1836分之一。



1.7 原子量 (原子重量)

原子量可以用其靜質量之克數表示之，例如，氫原子之質量為

$$m_{oH} = 1.6732 \cdot 10^{-24} \text{ 克}$$

或者，亦可用相對原子質量 (Relative Atomic Mass)。相對原子量的定義是由化學而來，其中僅測定兩個原子的質量之比，而不測定其絕對原子質量。氧元素是由其同位素 99.76% 的 ${}^1_8\text{O}^{16}$ ；0.04% 的 ${}^2_8\text{O}^{17}$ 及 0.20% 的 ${}^3_8\text{O}^{18}$ 混合而成。我們將氧元素之相對原子量定為 16.00000，而將其同位素的混合靜質量之十六分之一作為質量單位，即

$$1 \text{ 質量單位 (化學)} = \frac{m_{oo}}{16} = 1.6604 \cdot 10^{-24} \text{ 克}$$

質量單位 (O = 16)

於是，我們知道最輕元素，氫，的相對質量幾乎是一，而且所有元素中大部份的相對原子量幾乎也都是整數。在普通表格中所列的原子量即係根據

上述定義計算而得。一般將其稱之為“化學原子量”，係以 $O = 16$ 為基準。

在原子物理與核子物理中，相對原子量有必要採用中性氧同位素 ${}^{16}_8\text{O}$ 的靜質量為單位而表示之。因此，物理的相對質量單位與化學的質量單位就有了差別。

$$1 \text{ 質量單位 (物理)} = \frac{m_0({}^{16}_8\text{O})}{16} = 1.6597 \cdot 10^{-26} \text{ 克}$$

質量單位 (${}^{16}_8\text{O} = 16$)

物理或化學的相對原子量 A 是由原子的靜質量 m_0 除以相對的質量單位計算而得。如化學的相對原子量為

$$A = \frac{m_0}{1.6604 \cdot 10^{-24}}$$

化學相對原子量

因為化學或物理的質量單位與質子或中子的質量幾乎相同，所以相對原子量（質量數）的大小就是原子中所含質子數與中子數之和。為了能夠將用化學方法所測定的相對原子量與用物理方法所測得者（參看 3·5·1 節）作一比較，我們必須將此兩種質量單位互相換算，其關係式為：

$$1 \text{ 物理相對原子量} = 1.000275 \text{ 化學相對原子量}$$

換算因數

此兩種質量系統 ($O = 16$ 與 ${}^{16}_8\text{O} = 16$) 之間的差別並不很大，因為 ${}^{16}_8\text{O}$ 在氧同位素中所佔的比例為 99.76%，實在很夠大了。

測定原子量的方法經過不斷的改進，我們可以確定氧元素各同位素的比例並非與原來所測定的數值一樣保持不變。而是隨其來源的不同，同位素的混合比例亦互有差別。

對不同來源的混合氧同位素，其靜質量 m_0 之變動可能到達百分之 $1.5 \cdot 10^{-3}$ 。因此，以化學質量單位基準的質量系統也就有同樣的誤差。

由於此種變動，物理與化學相對原子量之間的換算因數因而就無從固定。因為此種換算因數必然也在百分之 $1.5 \cdot 10^{-3}$ 之間變動。為了消除此種換算的困擾，我們即必須選擇一種新的化學相對原子量作為基準，而且使表中的數值不致變生太大的變動，我們決定同時也放棄物理的相對質量單位，而