

跟原子打交道

夫里許 著

中国青年出版社

跟原子打交道

夫里許著
李書導譯

青年出版社

一九五五年·北京

O. R. Frisch
Meet The Atoms
Sigma Books, Ltd.
London, 1947

書號 314 數理化 30

跟原子打交道

著者 [德國] 夫里許
譯者 李書導

青年·開明聯合組織

出版者 中國青年出版社

北京東四12條毛君堂11號

總經理 新華書店

印刷者 北京中國青年出版社印刷廠

開本 767×1092 1/32

印張 4 3/8 插頁 1

字數 93,000

定價 (7)0.44 元

一九五三年三月北京第一版

一九五五年三月北京第四次印刷

印數 22,001—29,500

北京市書刊出版業營業許可證出字第036號

內 容 提 要

本書是一部現代物理學的初階，用深入淺出的文字詳述關於原子的各個方面。本書的特點在於不但向讀者指出原子物理學家研究所得的結論，而且告訴讀者，他們是怎樣得到這些結果的。所以書中不時指導讀者怎樣用簡單的試驗或簡單的算式尋求應有的結果，即使講到原子物理學上比較專門的儀器，也把用法寫得生動具體，好像著者就在讀者身旁一樣。

圖版一

光被幕板所繞射。上方是四個不同的幕花樣，下方是它們所產生的繞射花樣。每一個幕花樣的對稱式，都在繞射花樣中找到反映。例如‘蜂房’狀的幕，必產生六角形的星，至其在‘一點鐘’地位處的一條多餘的線則因此蜂房圖形是手繪的，微有不完美之處。‘棋盤’狀的幕則產生四邊的繞射花樣。此外簡單線光柵所產生的繞射斑點全在一條線上，線與線間的距離折半，斑點與斑點間的距離就加倍。至於有的斑點何以會延長成短畫則因為所用之光不限於一種波長之故。

圖版二

這是食鹽的勞氏花樣，是以一條愛克斯射線通過一塊食鹽晶體，

打擊在照相底片上而獲得的。晶體中原子的排列很有規則，產生許多繞射光線，各各在打著底片的地方造成一個黑點。至中心的一個大斑點，則為未經繞射的原有光線打中之迹。物理學家研究繞射光點的花樣、排列和黑色的程度，可以很詳細的知道所用晶體中的原子是怎樣排列的。圖中所示的花樣，微有不對稱，則因晶體還沒有調整到和愛克斯射線線垂直之故。

圖版三

三種不同的線狀光譜。上，氫原子的光譜，注意各線的間隔和強度如何自左至右有規則的遞減。中，鈉的光譜，由幾組有規則重覆的線所成。下，鐵光譜中一小部分的高倍放大，注意其大量的間隔不規則的線。

圖版四

雲霧室，是在剛膨脹之後，以左邊的燈即大形的白色長方形物，作瞬息的閃光而拍下來。許多串珠一樣的細曲線就是電子的痕迹，我們看見它是從室中心的一隻金屬管中發出來的。近底處放着一個亞耳發質點源，從其中發出約其十多條的亞耳發質點迹，即粗而直的白線，有的在近頂處還微微彎曲。電子的痕迹是因為磁場的作用而彎曲的，這磁場是在一個大線圈中通一道強大的電流而產生的。線圈大約有一半可見，在前方作大箍狀者即是。

圖版五

在雲霧室中拍下的幾個亞耳發質點照片，它們都由下面發出，有一個因和核相撞，致大大的偏向左方。核本身也被打得飛起來，自留痕迹一條，向右分叉而去。箭頭指處有一個質點微受偏轉，但大部分都在近行程終點處速率減低時才偏轉。

圖版六

為觀察氮核變換而拍的幾千張雲霧室照片中，這是成功的幾張之一。室中充滿氮氣，但即使如此，在一百萬亞耳發質點中也祇有一兩個

打中氮核。箭頭表示打中之點，打中後就放出一個快質子向左飛開，造成一條細痕迹，因為這樣快的質子所游離的原子遠沒有原來亞耳發質點所游離的那樣密。剩下來的核向右上方造成一條粗短的痕迹。仔細研究這原底照片及其他許多類似的照片，可見相撞地點並沒有另外的質點發出，可知其中的過程不外一個亞耳發質點進入一個氮核(N^{14})，接着從其中發出一個質子，因此氮14核變換為氧的一種稀有同位素氧17的核。

圖版七

這一張雲霧室照片表示物質的質點可以從輻射中創造出來。雲霧室暴露在接受放射性物質中發出的加馬射線中，加馬射線本身不能游離分子，所以它到變換發生點即箭頭指處的途徑在圖中看不出來。變換後成為陰陽兩電子。兩個新生的電子起初差不多循同一路線進行，但因有磁場存在，使它們一向左轉，一向右轉，它們就很快分道揚鑣了。由此知道它們的電荷是相反的。另外的軌迹都是由加馬射線從雲霧室壁上敲出的電子所成的。其中有的很慢，和氣體分子相撞甚易偏轉，因此造成許多形狀不規則的軌迹。

譯者的話

本書係夫里許 (Otto Robert Frisch) 所著 *Meet the Atoms* 的改譯本。原著出版於1947年,正像它的副題目所表示,是一部現代物理學的初階 (*A Popular Guide to Modern Physics*)。著者在此書中用深入淺出的文字把原子的各方面,如大小、在固定體積中的數量、排列、電荷、重量及其各成分的性質等,都大略講到,同時由磁場的干涉和共振講到電磁波,特別是其中的愛克斯射線,並由物理學上採用的度量衡單位講到力、功和電的單位。此書最大的特點在於不但向讀者指出原子物理學家研究的結論,而處處告訴讀者,他們是怎樣得到這些結果的,所以書中不時指導讀者怎樣用簡單的試驗或簡單的算式尋求應有的結果。即講到原子物理學上比較專門的儀器,如油珠試驗器、雲霧室及迴旋加速器等,也把用法寫得很生動,好像著者就在讀者的身旁指導一樣。

但是此書也有不少缺點,主要的是講到量子力學時引用了海森堡理論和博爾的互補原理,這些都是唯心的。此外書中對英美科學家的工作常有過分誇大的地方,對蘇聯科學家的成就則絕未提及。這些有缺陷的各章各段及序文二篇,在譯本中一概刪去。

譯者譯筆力求與原文接近,但有若干不適當的語句或非略添數字不足使原意顯明處,由譯者斟酌改動或補充。

一九五二年六月十二日譯者識於上海

目 次

一	概說.....	1
二	夜光錶上的原子.....	6
三	晶體：排成行列的原子.....	11
四	電磁波.....	19
五	虹的七色.....	26
六	愛克斯射線.....	34
七	續談愛克斯射線.....	44
八	原子有多少重？.....	48
九	油珠試驗.....	56
一〇	談談度量衡.....	61
一一	電子的釋放.....	69
一二	有的元素實際是混合物.....	78
一三	放射性原子.....	86
一四	探察原子的核心.....	95
一五	原子擊碎機.....	106
一六	質和能.....	117
一七	原子動力.....	126

一 概 說

在這一章中我僅把本書所提供的材料和敘述的步驟作一簡述，所以這一章不必專心細讀，中間的各項解釋也不必記住，因為這裏所講的以後是都要重講的。這僅像一本旅行指南，告訴人家沿途可遇見什麼事物以及旅行要取道哪一條路。

原子是我們四周到處都有的。一切物體都由原子所構成。原子在固體中緊緊地團在一起，在液體中僅有空間可以滑來滑去，在氣體中方始各有足夠空間可以自由自在。原子是經常在運動的，運動越激烈，物體就越熱。在氣體中每一個原子都按直線運動，直到和另外的原子相撞才被偏轉。有的打着容器的壁而再行彈回，集合幾百萬這樣的小衝擊，就成功氣體對器壁的壓力。在液體中原子祇能打圈子，在固體中則坐着發抖，因為不斷受到周圍原子的衝擊而發抖。

在一片純金或純鋁中，所有的原子都是相似的，但金的原子和鋁的原子不同。第一點就是化學家所指出的重量不同。金原子有鋁原子七倍多重。世界上最輕的原子就是一種燃燒性氣體氫的原子，所以化學家就用一個氫原子的重量做單位，去表示其他原子的重量。例如鋁原子有氫原子的 27 倍重，他們就說鋁的‘原子量’是 27。

金、鋁和氫都叫做元素，因為這三者各由相似的原子所成。大部分的物質都由好幾種原子所成，叫做化合物。例如水就是氫和氧的化合物，氧即空氣中為生物所必需的元素，水中所含的氫原子有氧原子的兩倍，二者形成許多小集團叫水分

子，每一個小集團成自兩個氫原子和一個氧原子。一個糖分子則為 22 個氫原子、11 個氧原子和 12 個碳原子的集團，碳就像油煙和石墨，二者就是近於純粹的碳。即使在元素中，原子也可能作小集團排列，成分子。例如在氫中，原子總是兩兩成集團而飛來飛去的，這就叫做氫分子。

原子並不是物理學家所知的最小物。因為每一個原子還由好幾個部分即一個核和一個或一個以上的電子所成。電子正如其名稱所示，是帶着普通所謂陰電的，核則帶陽電。所有的電子都帶同樣電荷，所以互相排斥，但都被核所吸引，因為核所帶的電是和電子的電相反的。我們可以想像電子圍着核打圈子，正像行星繞日一樣。

原子內部的陽電和陰電，剛好互相平衡，所以整個的原子是不帶電的。可是有時候原子失掉一個或幾個電子，就帶陽電了，這種帶電的原子簡稱游子，此外還有帶陰電的游子，是原子捉住額外的電子所造成的。

電子很輕，每一個電子稱起來不過一個氫原子的重量的 1830 分之一。所有的電子，不論屬於金的原子、鋁的原子或其他原子，都是一樣的。各種原子的電子，唯一的不同，就在乎它們的數目。如鋁原子含有 13 個電子，金原子 79 個電子。原子的重量，差不多全部集中於核，但核和整個原子比起來是很小的。原子的直徑大約為一萬萬分之一吋，核還祇有此數的一萬多分之一。可是核仍由更小的部分叫做質子和中子的所組成。各種核中最輕的是氫原子的核，單祇有一個質子。自然界中最重的核含有 92 個質子和 146 個中子。中子很像質子，祇不過沒有電荷，而質子則有一個陽電荷，這電荷的強度相等於一個電子所帶的陰電荷。

在第二章中，我向讀者指出，有的原子能够單獨發生可見的光閃，祇要讀者有一隻夜光錶和一具放大鏡，就可以進行觀察。我們以這一種現象為根據，可以計算出一定分量的某元素含多少原子，再由此決定其中單獨原子的重量。這樣獲得的數目都很大，用平常的億兆京等字眼去表示是非常累贅的，所以我還要介紹物理學家的大數記法。這種記法簡單而易於計算。我勸讀者費半個鐘頭去練習一下，因為學會這方法，閱讀下文中的數字舉例就可以容易得多，但讀者如看不懂下文中的計算，也可以略去不看，因為這不妨礙你對於書中主要部分的瞭解。

第三章講晶體。晶體是原子物理學家極感興趣的東西，因為晶體由排列成整齊花樣的原子所成，祇要放一縷愛克斯射線通過晶體，就可以相當詳盡的知道原子的排列，並由此知道已知大小晶體中的原子數。四、五兩章中的大部分是解釋無線電波、光波及愛克斯射線等電磁波的。原子中射出的光線和愛克斯射線就是信號，物理學家要研究原子的內部結構，必須把這種信號譯出。因此如何正確量出這些輻射的波長，其方法是極關重要的。其中特別是愛克斯射線，更為原子物理學家極端貴重而極端萬能的工具。在第六、七兩章中我詳細寫出如何用愛克斯射線量出一顆食鹽晶體中的原子數。同時對愛克斯射線作幾點補充，這些補充都是和我們的原子知識有關的。

第八章介紹化學上幾件簡單的事實，並指出這種事實怎樣幫助我們根據上面各章中得到的結果，算出單獨氫原子的重量。這一章並舉出帶電原子即游子存在的證據，又指出游子經常帶着某一個經常相同的‘基本電荷’或者這電荷整倍數

的電荷。第九章指出小油珠的情形也是如此，並且描寫出這基本電荷怎樣被量出，以及如何用這種測量覆驗以前算定的單獨氫原子的重量。這一章並討論到把化合物中的各原子結合在一起的力也是一種電力。

第十章討論物理學各種測量中所採取的度量衡制度，以及物理學家為什麼不用寸及兩而喜用厘米和克的理由。這一章並描寫電荷和電流的基本性質以及用絕對制測量電量的方法。這一章中很少提到原子，祇解釋幾種概念，特別是電勢的概念，都是和後面所說的極有關係的。第十一章描寫幾種促成游離電子發見的簡單試驗，並指出它們的質量和速度是如何測量的。

第十二章重新回到單獨原子重量的測量問題，並寫出和上述各種都不同的測量方法。因為第二、六、九各章所描寫的方法祇能測出某一種原子的平均重量，而第十二章所討論的方法卻更進一步，使我們可以查出某元素中的原子是不是一樣重。我並且指出有許多元素確是好幾種不同原子的混合物，即好幾種同位素的混合物。此外我們還要講到有關於原子中電子數的若干事項，至少是關於三種最輕元素的原子中電子數的。

在十三章我講到所謂亞耳發質點。這種質點是經常由鉅等放射性元素放射出來的。有許多簡單的試驗都可以證明亞耳發質點就是迅速運動的氦核，氦就是一種輕的氣體，可供填充氣船之用的。這一個事實證明原子能自動變換為不同元素的原子，不過祇有放射性元素的原子能夠如此。這在某一方面說起來就是點金術士夢想的實現，可惜所有的放射性元素最後都變成氦和鉛，反不及原料鐳和釷貴重。這裏我單單着

重放射性元素供給物理學家應用的亞耳發質點而不注意放射性變換的本身，因為這在第十六章中還要回頭講到的。這種亞耳發質點運動極快，形體又小，所以最適合於探索原子的內部之用。

在第十四章中，我先告訴讀者如透福得怎樣用亞耳發質點當探子，結果發見原子核，以及怎樣用此法測量它的電荷，再討論原子核的幾種性質，這些性質都表示原子核由質子即氫的原子核和中子所組成。我並告訴讀者關於第一個有關‘原子分裂’的試驗，就是一個原子由於另一原子核的衝擊，變換為他種原子的試驗，同時又講了中子發見的故事。

第十五章是幾種主要的原子擊碎機的描寫。迴旋加速器是最著名的一種，但對凡德格刺弗那新奇的帶運靜電機也有詳細的描寫，而方興未艾的電子加速器也附帶提到。

第十六章提到一個很重大的題目，就是質和能的相等問題。在這裏我指出怎樣由精密測定參加變換的原子核的重量，而從容算出變換時放出多少能或者消費多少能。這一章並對放射性及其解釋作若干補充。

第十七章我並不打算對原子動力的產生和應用作一番完全的描寫，因為這是需要另寫專書的。我僅想扼要的指出，原子動力和我以上各章所講的有什麼關係，以及幾年後可以希望原子動力替我們做些什麼而已。

二 夜光錶上的原子

最先，我要讓你看一些原子。你帶夜光錶和放大鏡沒有？假使有的話，請你跑到一間暗室裏，幾分鐘以後，等你眼睛可以看見東西了，再用放大鏡觀察你的錶，你一定看見錶面上發光物質的光輝並不是靜止的，而是一種燦爛的火花，一大羣的星閃在不斷的生滅。每一閃就是由一個原子的作用而生的。

這錶面上的材料是用什麼東西做成的呢？製鐘錶的工人可以告訴你，其中所包含的大部分是硫化鋅，還含有一些銅鹽和膠合料。這種混合物是發磷光的。所謂發磷光，就是說它暴露於光中以後能把一部分光能貯蓄起來，過了一會再讓它當做光放出來。但是貯藏的光能會慢慢用盡，所以在黑暗中放置了幾小時，光輝就變成非常黯淡，再也看不見了。

在有些錶，特別是那些廉價的錶，錶面上所塗的材料不過上面所說的各種而已。因此這種錶在初經露光以後發光很強，但接着光度即行減弱，在放大鏡下面再也看不見火花，祇見靜止的光輝一片。

那末終夜發光的錶面上，那些火花是什麼東西所造成的呢？讓我們再問問鐘錶工人，他一定可以告訴我們，夜光錶上那發光的混合物除了發磷光的硫化鋅以外，還有微量的‘放射性’物質，普通是放射鈾。這放射鈾的量微得使你吃驚，祇有一噸的十萬萬分之一。

這說起來是一個很小的量，但要配成這樣的小量卻也不難，並且用不着精密的天平。讓我們用一克什麼物質開始，例

如用一克食鹽開始。一克大約是 $1/28$ 兩，大約半個銀角的重量。在第十章我還要指出物理學家為什麼選擇這一種重量單位而不用兩或斤。我們把一克的食鹽溶解於一瓶十品脫的水中，攪拌均勻後，倒去九品脫，再用水灑滿，又成功溶液十品脫，不過其中祇含有十分之一克的食鹽了。假使再倒去九品脫，再用水灑滿，鹽的分量就減到百分之一克。第三次重複可以得到千分之一克，普通叫做一毫克。這樣的方法可以連續做十幾次，隨你高興做幾次都可以。要灑到一萬萬分之一克，祇須做八次，在幾分鐘之內就可以做好。自然你必須保證每次所灑的水中完全沒有鹽，這一點也許有一些困難罷了。

我要向讀者推薦一種極大數和極小數的記載法，這時或者是一個好機會。這方法為科學家所應用，可以節省時間不少。例如寫一百萬，不寫‘1’字後面加六個圈，而寫 10^6 。據此 10^3 即表示‘1’字後面加三個圈，即 1000，十萬萬就是一千個一百萬，普通寫作‘1’字後面加九個圈，所以我們寫作 10^9 。我們知道乘大數的方法，就是‘把圈的數目相加’，在我們的記數方法中這法則自然也一樣。所以你如要寫一百萬個十萬萬，就寫 $10^6 \times 10^9$ ，得 10^{15} ，因為 6 加 9 是 15 之故。反之在除時祇需把圈數相減。如你要用一萬萬去除十萬萬，就寫 10^9 被 10^6 除得 10^3 即一千，因為 9 減 6 餘 3 之故。在一百萬以下的數目自然犯不着這樣寫，但寫大的數字，此法自有其優點。例如 10^{17} 不論是寫出來，或者讀出來讀作十的十七次方，都比 100,000,000,000,000,000，或‘百萬萬萬萬’快得多。

用 10 去除一個數，祇須把指數即肩膀上的小數字減 1。如 10^5 被 10 除得 10^4 即一百，再除得 10^3 ，即 10。再除一次就得到 1。所以 1 也可以寫作 10^0 。我們的計算是不是到此為止

呢？自然沒有，還假價可以利用負數。十分之一可以寫作 10^{-1} ，百分之一可以寫作 10^{-2} ，千分之一可以寫作 10^{-3} ，讀作十的負三次方，餘類推。百萬萬萬萬分之一就是 1 被 10^{17} 除，因此可寫作 10^{-17} ，即十的負十七次方。

二千四百萬既可以寫作 24×10^6 ，也可以寫作 2.4×10^7 ，你喜歡怎樣寫就怎樣寫。假使你要乘，例如以 30,000 乘二千四百萬，寫作 $2.4 \times 10^7 \times 3 \times 10^4 = 2.4 \times 3 \times 10^7 \times 10^4 = 7.2 \times 10^{11}$ 。假使你要以此二數相除，則 2.4×10^7 被 3×10^4 除得 0.8×10^3 即 800。600 被二十萬萬除是多少？ 6×10^2 被 2×10^9 除得 3×10^{-7} ，即一千萬分之三。

假使讀者不願為書中的數字所煩擾，也可以置之不理。因為這些數字並不是瞭解理論所必需的。不過在另一方面，我想讀者如要熟悉這一種算法，以便順利的閱讀下文的計算，花上半小時的時間去練習上述的例子也就够了。

現在讓我們再回到銻面。我在上面說過，銻面上的發光材料大約祇含有十萬萬分之一噸的放射銻。可是令人吃驚的是這微量放射銻所造成的光閃卻很不少，在每一秒鐘之內，至少有幾千個，繼續閃光可歷好幾年之久。同時我們還有可靠的事實，證明每一個放射銻原子祇能够發生一個光閃。

假使照上面所說，每秒鐘內要用去幾千個原子，銻上的放射銻一定逐漸減少，事實上也確是如此。可是因為光閃多得不可勝計，並且放射銻正像下文第十六章所說，還有幾種混亂的性質，所以我提議用一種更適合的放射性物質叫做銻的從頭講起，並且想法子使每秒鐘的光閃數遠沒有這樣多。

我們先取一毫克的銻。銻是一種金屬，不溶於水，但把它溶解於一滴硝酸中，加水達一噸，由於上面所說的方法重複稀

釋，終於把鏷量減到 10^{-14} 克。因為我們試驗中的鏷量是從一毫克即 10^{-3} 克開始的，所以如照上述每次按 10 倍比例減少下去的話，祇須稀釋 11 次就够了。

第二步我們取幾毫克的硫化鋅粉末，分量正確與否無關，加一滴水用一根牙籤把它塗敷於玻璃板上，使其成功厚薄均勻的一層，其面積以直徑四分之一吋為度。然後把我們的鏷溶液一滴一滴的滴上去。須待每一滴乾後再滴第二滴，以免溶液把整片的玻璃板流滿。等這一步手續完成，我們就得到一層包含鏷 10^{-14} 克的硫化鋅。

於是我們就把這一薄片拿到暗室中，用放大鏡觀察。鏷的量已經特意減到很少，所以看不見明亮的火花，祇是偶然間東一點西一點的有光閃可見而已。計算這種光閃必須經過極多次的練習，並且還須專心。又每隔數分鐘要休息一次。這種光閃出現的時間並不規則，有時候一秒鐘中有好幾個，有時候幾秒鐘中不到一個，但如計算了幾小時之後，你就可知其放射率是十分固定的，大約每小時為 6,000 個。因此我們假定，我們 10^{-14} 克的鏷每小時用去 6,000 原子，每日 144,000 原子，每星期大約一百萬。

在一星期之後，我們的樣品還是燦爛的閃爍着，可見 10^{-14} 克鏷中不止含一百萬原子。可是我們如仔細計算光閃，可知他的放射率實際已經在這一星期之內減低，現在每小時祇有 5,800 個光閃了。

我到這裏必須停下來告訴你一件事，就是你已經有了必要的線索，可以自己求出一克鏷中有多少原子了。這線索就是 10^{-11} 克鏷中，每一星期要用去一百萬，也就是有一百萬個原子變換成不能再發生光閃，同時在一星期之後，光閃率從每