

蘇聯大眾科學叢書

物質的構造

吉泰高洛斯基著
包于煥譯



商務印書館

蘇聯大眾科學叢書

物質的構造

吉泰高洛斯基著

商務印書館

本書內容提要

這本書是以物質的基本單位——原子和分子來解釋物質的構造。關於原子是什麼，原子裏面還有什麼基本微粒，它們怎樣決定物質的性質，分子怎樣由原子構成的，物質的三態和分子運動有什麼關係，以及結晶體的結構和利用機械觀察物質構造的方法等等，在這本書裏都有詳盡的說明和介紹。

正如作者所說，“缺乏物質構造的知識，則一切近代技術的發展就成為不可能。”本書的寫作目的就是給讀者介紹一些有關物質構造的基本知識。

本書係根據蘇聯軍事書籍出版局出版的陸海軍通俗科學叢書之一“Строение вещества”（1949年版）譯出，著者是 А. Н. Китайгородский。

蘇聯大眾科學叢書 物質的構造 包于煥譯

★版權所有★
商務印書館出版
上海河南中路二一號
中國圖書發行公司發行
商務印書館北京廠印刷
(52723)

1953年9月初版 版面字數30,000
印數1—10,000 定價¥1,900

目次

引言.....	1
一 適用的度量單位.....	3
二 原子.....	4
三 分子.....	13
四 物質的三態.....	20
五 結晶體.....	23
六 看不見的運動.....	28
七 這是怎樣知道的.....	30
八 利用器械所能看見的物質構造.....	33
尾語.....	36

物質的構造

引言

我們想在這本小冊子中敘述各種物質——銅塊、木片和水滴的構造。

一般都說：大房子是用磚瓦築成的，小屋子是用木料造成的。這樣的問題難道和銅塊、水滴的構造也有什麼關係嗎？

乍眼看來，這似乎是沒有什麼意義的。例如，水滴的各部分在我們看來都是完全一樣的。即在完好的銅塊中我們也看不出任何“小顆粒”或“小方塊”的組織。然而，事實上並不是這樣。只要我們對週圍的大自然經過多次的觀察，就可以了解，任何物質，任何物體都是由個別的、眼睛所看不到的微粒所構成。

很久以前，人們已經領會到這一點了。在二千四百年以前，古代希臘哲人德謨克利特就曾經預言過，一切物質都是由個別的、不能分割的微粒所構成，他稱它們為原子。

在各種物體中，原子結合而為各種不同的集團——分子，關於這一點，證明是比較遲些。

許多顯明的事實都可證明，一切物體都是由個別的、不可見的微粒——原子和分子所構成的。比如說，為什麼任何物體都能膨脹和收縮呢？如果物質是密集的話，那麼就很難了解；如果物質是由個別的微粒

所構成的話，那麼就很容易解釋：在膨脹的時候微粒間彼此距離就增大，而在收縮的時候則互相靠攏。由於同樣的原因，物質能夠相互滲透。舉例來說，大家都知道，如果把糖塊傾入盛滿水的杯中，不多時水就變甜了，而糖就溶解在水中。糖的微粒能在杯中擴散，並且滲入到水的微粒中去。因此，很明顯的看出，水不可能是密集的。

在固體中也可以觀察到這樣的現象，例如，假若把兩種不同的金屬塊緊密地疊在一起，經過很長的時間以後，第一種金屬就會滲入到第二種金屬的微粒中去，反之亦然。

在十九世紀的時候，科學家已經知道一切物質都可分為簡單的和複雜的二種。凡是用化學方法能分析為簡單物質的就是複雜的物質，例如複雜物質——常用的食鹽，或稱為氯化鈉——能分析而為氯氣以及金屬鈉。銅也是複雜的物質：它是由鐵、碳以及其他物質所構成的。至於鐵、鈉、氯、碳不能再分析為另外的物質，稱為簡單的物質。

簡單物質的微粒——就是原子，或是由同一性質的原子所構成的分子。而複雜物質的微粒——就是由各種不同的原子所構成的分子。例如，氯化鈉的分子就是由氯原子和鈉原子所構成。

但是直到後來——幾乎直到二十世紀的初期——，還有些科學家不相信原子的存在。他們認為，環繞在我們週圍的物體是由原子構成的——這不過是一種揣測，一種假說。那些科學家說，過去和現在誰也沒有看見，而且也不可能看見原子和分子。

原子和分子是如此地渺小，確實是不能看見的，但是却能用其他方法來發現它們。

在我們這二十世紀的初期，已經發現了一種特別的所謂放射性的物質，這些物質本身永恆地發着不能看見的射線。

在黑暗處和放射性物質放在一起的感光片就會變黑。有些物質在放射線的作用下，就會發光。比如，假若在放射性物質小塊的近旁，放一張塗有硫化鋅的紙片，那麼就可以看到紙片各處先後在“閃光”好像放射物質射出來的微粒在那些地方打擊着。更進一步的研究放射性物質，也證明了同樣的事實。這樣才確定放射線的成分中含有原子，更確定地說，含有化學元素——氦——的原子（核）碎片。它們之中某些以極快的速度——達每秒鐘 20,000 公里——從放射性物質中飛射出來，撞擊在塗有特別配合物的紙片上，發出“閃光”。

這樣，在放射性物質和塗有硫化鋅紙片的實驗中，雖然，我們所看到的不是氦原子的本身，但我們已能看見由它們射擊“標的”時所引起的“閃光”。

後來，科學家又獲得了另外足資證明分子和原子的存在的事實。此外，不久以前由於驚人的新式儀器——電子顯微鏡——的幫助，科學家們終於連幾種複雜物質中的個別大型分子也能看見了。

因此，我們現在已經完全確定，一切物質——不論簡單的或複雜的——實在都是由原子和分子所構成的。

這些物質最小的微粒究竟是什麼呢？各種原子和分子的構造又是怎樣的呢？在固態、液態和氣態間它們是怎樣聯繫的呢？最後，我們為什麼需要知道環繞着我們的物體的結構呢？

我們這本小冊子就要解答這些問題。

一 適用的度量單位

原子和分子的體積是非常微小的，比我們週圍的物體不知要小上好多倍。要測量這些微粒，必需採用一種適合的度量單位。

在實際生活中，我們用米和厘米來量物件的大小。我們能用眼睛看見的最小的物體，則用毫米來測量。毫米是厘米的十分之一。要測量在顯微鏡下才能看見的微粒，其適用的單位為微米。一微米為千分之一毫米：

$$1 \text{ 微米 } (\mu) = \frac{1}{1000} \text{ 毫米。}$$

爲了測量原子和分子採用千分之一微米的單位，叫做毫微米。

$$1 \text{ 毫微米 } (m\mu) = \frac{1}{1,000} \text{ 微米} = \frac{1}{1,000,000} \text{ 毫米。}$$

經常採用的單位是十分之一毫微米，叫做埃：

$$1 \text{ 埃 } (A.U.) = \frac{1}{10} \text{ 毫微米。}$$

肉眼所能看到的物體的大小，約有幾個十分之一毫米，即幾百個微米的大小。用優良的顯微鏡就能看到一個微米大小的物體。不久以前，電子顯微鏡發明了，把我們可見界限推到幾個毫微米。再小的微粒我們就不能看見，但我們還可以依據間接的特徵來判斷它們的大小（在這本書的後面將說明，怎樣測量看不見微粒的體積）。

現在，我們已選定了測量原子和分子的度量單位，那麼我們就可以去認識這些不能看見的微粒了。

二 原子

在不久以前，科學家們還像德謨克利特一樣，認爲原子是不可以再分割的，現在我們知道不是這樣的。

近代的科學能把物質分割到怎樣的極限呢？怎樣的微粒才能稱爲基本的亦即不可分割的呢？我們所知道的構成原子的基本微粒有多少

種呢？

這些基本微粒現在已發現的有三種類型：電子、質子和中子。如果兩個電子在一起，它們就互相排斥；兩個質子處在一起的時候也是這樣。

相反地，質子和電子處在一起時就互相吸引了。

中子則完全不這樣——它們“不理會”近旁的電子、質子或其他的中子。從這些微粒的名稱，也就看出來它們的基本特性——中性。

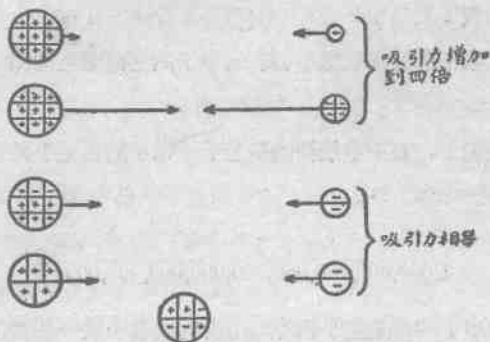


圖1 荷電微粒是怎樣互相作用的。

電子和質子稱為帶電的微粒以區別於不帶電的中子。

假若物體具有相同數量的電子和質子，那末它們相互“中和”，物體就不具有電的性質；這樣的物體，一般稱為呈電的中和狀態。

假若在物體中具有剩餘的電子，那末我們就說它荷有陰電（陰電荷以符號“-”表示之），在電子數不足的時候，物體就荷陽電（陽電荷以符號“+”表示之）。

相等數量的電子和質子相互中和的性質可以這樣解釋，就是電子和質子具有相同的電荷量，因為質子具有陽電荷，而電子具有陰電荷。

但是什麼叫做電子和質子電荷的平衡呢？這就是說，兩個質子相互排斥的力量與兩個電子相互排斥的力量相等。帶電微粒的吸引和排斥稱為電的相互作用。舉例來說，過剩九個質子的微粒（質子的數目較電子的數目多九個）吸引一個電子的力量，就為過剩一個質子的微粒的九倍。如果我們使過剩九個質子和過剩四個電子（見圖 1）的兩個微粒互相作用，那麼吸引力就增加到四倍。假若有一個含有二個電子和七個質子的微粒，那末它的電的效能和有五個質子的微粒相同：兩個電子和兩個質子就呈中和。

物理學家不僅要確定電子、質子、中子的電荷而且要測定它們的重量和大小。

中子、電子、質子中最輕的是電子。電子的重量小得是很難想像的，它相等於

$$\frac{1}{1,000,000,000,000,000,000,000,000} \text{ 克!}$$

質子和中子的重量幾乎相等；兩者約較電子重一八五〇倍。至於這些微粒的大小，我們只能大約地確定它們。質子、中子和電子的大小為一個埃的幾十萬分之一。

基本的微粒就是這樣的。

它們在各個原子中是怎樣分佈的呢？

一切原子的構造都是同一類型的，位於每個原子的中央是核，核由質子和中子所構成，核的周圍分佈着電子，組成電子的電子層。各種簡單物質——化學元素——的區別祇是在於電子層的電子數目，以及構成原子核的質子和中子的數目的多寡。

因為就整個說來，原子是中性的——本來，在通常條件下，物件不

具有帶電性——很顯然的，在原子核中，質子的數目，必須與電子層的電子數相等。至於各種原子核中中子的數目，有的和質子數目相等，有的和質子的數目是有出入的。

我們還不知道中子和質子在原子核中是怎樣分佈的，但物理學家已經把電子層的構造研究得很詳盡了。現在已經確定，各個原子的電子層中的電子數在 1 到 96 之間。與此相當的，在各原子中有着不同數目的質子。比如，在氫原子的電子層中只有一個電子，據此，在氫原子核中就有一個質子。同樣在氧原子中有 8 個質子，於是在其原子的電子層中也有 8 個電子。

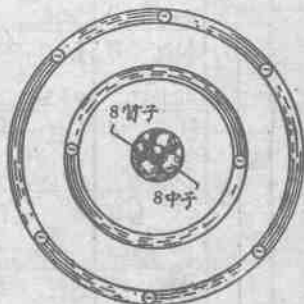


圖 2 氧原子的結構圖。

化學元素鈾原子的電子數目很大：鈾原子的電子層中有 92 個電子。同時在鈾原子核中有 92 個質子。

各個原子的物理性質和化學性質就是這樣地以質子和電子數目來區別的，或即以原子核的陽電荷的多少來區別的。

我們把“電子層”的名稱用複數並不是偶然的，電子在原子中是分佈成一層一層的，在每一層分佈有一定數量的電子，第一層是緊接地環繞着核的外殼，只能分佈 2 個電子，第二層 8 個，第三層 18 個，餘類推。

現在來舉例說明。圖 2 和圖 3 中所示為氧原子和鈉原子的結構情形。氧原子核由 8 個質子和 8 個中子所組成。其電子分佈於兩層：在

(註)俄文中，名詞有單數複數之別，此處之“電子層”在原文中係用複數，意即電子層不止一層。——譯者

		元 素				
		I	II	III	IV	V
週 期	1	¹ H 氫 1.008				
	2	³ Li 鋰 6.940	⁴ Be 鈹 9.02	⁵ B 硼 10.82	⁶ C 碳 12.010	⁷ N 氮 14.008
	3	¹¹ Na 鈉 22.997	¹² Mg 鎂 24.32	¹³ Al 鋁 26.97	¹⁴ Si 矽 28.06	¹⁵ P 磷 30.98
	4	¹⁹ K 鉀 39.096 ²⁹ Cu 銅 63.57	²⁰ Ca 鈣 40.08 ³⁰ Zn 鋅 65.38	²¹ Sc 鈷 45.10 ³¹ Ga 鎵 69.72	²² Ti 鈦 47.90 ³² Ge 鍺 72.60	²³ V 鈎 50.95 ³³ As 砷 74.91
	5	³⁷ Rb 銣 85.48 ⁴⁷ Ag 銀 107.88	³⁸ Sr 銻 87.63 ⁴⁸ Cd 鎘 112.41	³⁹ Y 釷 88.92 ⁴⁹ In 銦 114.76	⁴⁰ Zr 鋯 91.22 ⁵⁰ Sn 錫 118.70	⁴¹ Nb 鈮 92.91 ⁵¹ Sb 銻 121.76
	6	⁵⁵ Cs 銫 132.91 ⁷⁹ Au 金 197.2	⁵⁶ Ba 鋇 137.36 ⁸⁰ Hg 汞 200.61	^{57*} La 釷 138.92 ⁸¹ Tl 鉍 204.39	⁷² Hf 鈹 178.6 ⁸² Pb 鉛 207.21	⁷³ Ta 鉭 180.88 ⁸³ Bi 鉍 209.00
	7	⁸⁷ Fr 銣 (223)	⁸⁸ Ra 鐳 226.05	⁸⁹ Ac 銣 (227)	⁹⁰ Th 釷 232.12	⁹¹ Pa 釷 231
* 錒 族 元 素 58-71						
		⁵⁸ Ce 銣 140.13	⁵⁹ Pr 鐳 140.92	⁶⁰ Nd 鈹 144.27	⁶¹ Pm 鉕 (147)	⁶² Sm 鈔 150.43
		⁶⁵ Tb 鐳 159.2	⁶⁶ Dy 鐳 162.46	⁶⁷ Ho 鈹 164.94	⁶⁸ Er 鉕 167.2	⁶⁹ Tu 鈹 169.4

族						
VI		VII	VIII			0
						He ² 氦 4.003
8 ⁰ 氧 16.000	9 ^F 氟 19.00				Ne ¹⁰ 氖 20.183	
16 ^S 硫 32.06	17 ^{Cl} 氯 35.457				Ar ¹⁸ 氬 39.944	
Cr ²⁴ 鉻 52.01	Mn ²⁵ 錳 54.93	Fe ²⁶ 鐵 55.85	Co ²⁷ 鈷 58.94	Ni ²⁸ 鎳 58.69		
34 ^{Se} 硒 78.96	35 ^{Br} 溴 79.916				Kr ³⁶ 氪 83.7	
Mo ⁴² 鉬 95.95	Tc ⁴³ 錳 101.7	Ru ⁴⁴ 鈷 101.7	Rh ⁴⁵ 銨 102.91	Pd ⁴⁶ 鈷 106.7		
52 ^{Te} 碲 127.61	I ⁵³ 碘 126.92				Xe ⁵⁴ 氙 131.3	
W ⁷⁴ 鎢 183.92	Re ⁷⁵ 銻 186.31	Os ⁷⁶ 銻 190.2	Ir ⁷⁷ 銻 193.1	Pt ⁷⁸ 鉑 195.23		
84 ^{Po} 鉷 (210)	85 ^{At} 砹				Rn ⁸⁶ 氡 222	
U ⁹² 鈾 238.07	Np ⁹³ 釷 238.07	Pu ⁹⁴ 釷 238.07	Am ⁹⁵ 錒 238.07	Cm ⁹⁶ 錒 238.07		

Eu ⁶³ 鎔 152.0	Gd ⁶⁴ 釷 156.9
Yb ⁷⁰ 鐳 173.04	Lu ⁷¹ 鐳 174.99

圖 4 門德雷葉夫週期表。

第一層有 2 個，而在第二層則為 6 個，第二層還留有空位，可以再排進 2 個電子。鈉原子核有 11 個質子和 11 或 12 個中子。鈉原子的 11 個電子分散在三層上：在第一層有 2 個，第二層有 8 個，第三層有 1 個。在大多數場合，只有當前面一層填滿了以後，才能有以後的電子層次。



圖 3 鈉原子的結構圖。

如果把其他簡單物質——元素的原子也構成這樣的圖型，那末就會發現在原子的化學特性和它的結構間具有密切的聯繫。偉大的俄羅斯科學家門德雷業夫在他的元素週期表中就天才地預知了這種聯繫。

圖 4 是根據已知的材料所製成的門德雷業夫週期表。序

數 93 至 96 的四個元素是在後來用人工方法獲得的——這就是鐳、釷、錒、錒（最近又獲得序數 97、98 元素——譯者）。門德雷業夫在他的週期表中是這樣排列化學元素的，列在週期表同一直行的各元素具有相似的化學性質，同時各直行的排列次序也是以元素的化學性質來決定的。在週期表中，把元素分佈成這樣的結果，就使每一個元素獲得一定的序數，這種序數具有非常簡明的意義：它指出在原子中電子的數目。

在門德雷業夫週期表的同一直行（即同一族——譯者）中，各原子電子層的外層中具有同一電子數。例如，在第一直行中的元素鋰、鈉、鉀等，在電子層的最外層都只有一個電子。在第二行中的各元素：鈹，

鎂、鈣——各有 2 個電子，餘類推。

必須指出，原子能够失去或獲得一個或數個電子，而成為帶陽電荷或陰電荷，這樣的原子稱為離子。在電子層外層的少數電子，特別容易和原子脫離。舉例說，鈉易於“放棄”它的第十一個電子；這個電子是在第三層中唯一的電子，如前所述，第三層應該佈有 18 個電子的。相反的，氧易於“獲得”它所缺乏的 2 個電子，以填滿外層的缺位。在第一種場合中就產生了一個陽電荷的鈉離子；在第二種場合中，就產生了二個陰電荷的氧離子。

那末原子和離子的外形是怎樣的呢？這問題很容易回答：電子層是球形的，粗略地可以把原子的結構看作類似一種孩子的玩具——疊合的小球，它的裏面包含着愈來愈小的球。電子層最外層的大小就是原子的大小，電子層的直徑為 1—4 埃。

這裏必須說明，原子的電子無時不在運動着。但要測量電子環繞着原子核的軌道，在目前還不可能。因此敘述原子，不可能把環繞着原子核的電子，看作和迴轉木馬上坐着的孩子一樣。同時，也不可能把原子和太陽系來比較，因為每一個行星的軌道都是能够探究出來的。

那麼，電子層究竟是怎樣的呢？

請你回憶一下小孩子的遊戲——把石塊繫在繩上，用手以極大的速度作圓周旋轉。你就不能看清石塊，而只能看見石塊運動所在地的模糊的圓圈。電子層就是電子在其中運動的地區。

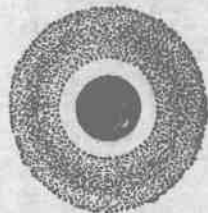


圖 5 所示為鈉原子的“照像”，當然這裏所攝取的不是原子本身而是它的模型。假若人們

真的能够把它攝影下來，那末原子也就可能看

到了。核和十個電子位於黑色的中心，模糊的外層是外層第一個電子在運動時所形成的。

我們用小球來描敘原子，但讀者不應誤認原子是緊密地填滿着微粒的。完全相反，原子核和電子的體積比原子本身的體積要小許多，假

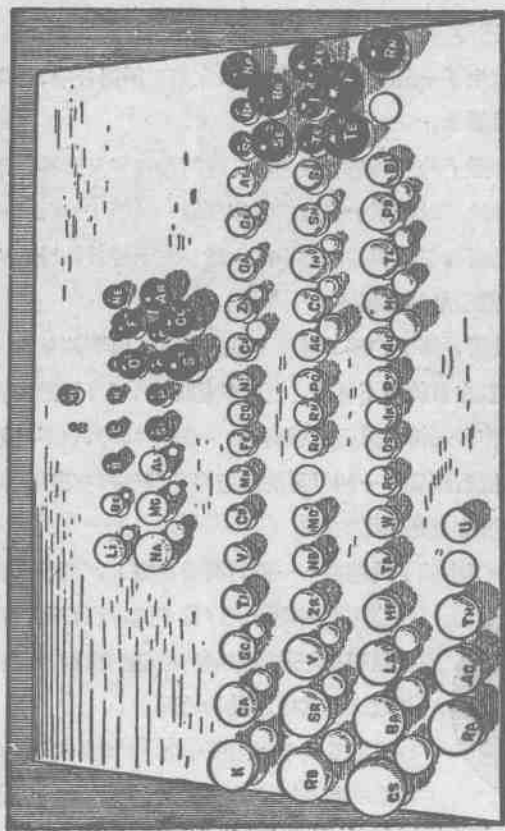


圖 6 原子和離子體積的比較。表中所示，如目前已知的原子和離子的相對體積，有些元素及其離子的半徑是我們知道了的。這樣，在門德雷夫表的每個格中放二個小球：陰離子（黑色）大於原子；陽離子小於原子。

若我們說，把原子增大到一個房間那麼大，那末電子和原子核就只有一粒灰塵大小。

圖 6 所示為原子和離子相對體積的比較，許多小球排列的次序是和門德雷業夫的週期表中所排列的一樣。原子的體積，與它是否處於中和狀態，及其放棄或獲得電子而決定。舉例說，矽原子的半徑為一·二埃，當它失去了四個電子成為四個陽離子的時候，那末它的半徑就減少到三分之一。相反地，四個陰離子的半徑就大於二埃。

但不應該就認為原子的大小，僅由電子數的多少來決定。假若我們把原子和它的離子作一比較，那末電子的數目增加，原子的體積確實也就增大。但把具有不同電子數的各個中和的原子體積來比較，就完全是另一回事了。在這種場合可能有相反的情形發生。其原因是當電子數目大的時候，原子核就具有很大數量的質子。這就是說，核電荷量變得更大，因此它吸引電子到自身的周圍來的力量也就更大。這樣，電子層就縮小了。

三 分子

在大自然中，約有 100 種簡單物質——化學元素。這些物質的原子，以各種的形式互相結合，就造成在環繞着我們的世界中我們所看見的無數種自然物體。如以上所述，分子是一切化學結合的最小微粒；它是由化學元素的原子所組成的。

原子怎樣結合成分子的呢？

由原子構成分子有二種基本的方法：第一種方法就是兩個電荷不同的原子發生遭遇，互相吸引。這樣，必須其中一個原子把它的電子給與另一個原子。舉例來說，我們假想鈉原子和氯原子相互移近（圖 7），