

分子的建筑术

[美] L. 鲍林 R. 海沃德 著

温元凯 译

科学出版社

1982

内 容 简 介

本书是诺贝尔奖金获得者L. 鲍林同著名美术家R. 海沃德合著的一本介绍分子结构知识的优秀科学普及读物。书中用通俗易懂的文字和精美形象的插图, 介绍了原子是如何在分子和晶体中排列的, 它们之间的相互联系是怎样的, 以及原子键合的方式和几何构型对物质的各种性质的影响, 如硬度、颜色、密度、营养或毒性等的差异, 强调了分子结构对生命科学的意义。

本书可供大、中学校的学生和教师以及科技工作者阅读。

L. Pauling & R. Hayward
THE ARCHITECTURE OF MOLECULES
San Francisco: W. H. Freeman
1965

分 子 的 建 筑 术

[美] L. 鲍林 R. 海沃德 著

温元凯 译

责任编辑 林 娜

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1982 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1982 年 8 月第 一 次印刷 印张: 8

印数: 0001—3,700

统一书号: 13031·1906

本社书号: 2583·13—4

定 价: 7.80 元

中译本前言

迄今为止，人类已经发现了六百万种以上不同的物质，这些物质是由不同的元素和它们之间的化合物所组成。各种元素和它们之间形形色色的化合物为什么会具有如此千差万别的性质，例如硬度、颜色、密度、营养和毒性等等方面的差异，这一切都和物质的分子结构有着密切的关系。

从简单的氢分子到最复杂的、控制一切生物包括人类生命活动的蛋白质分子，它们的结构如何？又是怎样由各种“物质的基础”——原子构成的呢？

曾两次荣获诺贝尔奖金的美国著名化学家L. 鲍林教授和著名美术家海沃德合著的科学普及读物《分子的建筑术》，用通俗易懂的文字和直观形象的精美插图介绍了有关分子结构的基本知识，描述了在分子和晶体中原子是怎样排列和互相联系的，原子的结合方式——化学键和物质性能的关系，强调了分子结构对生命的意义。

国际出版界和科学界都对本书有很高的评价，英国著名的《自然》杂志称之为“一件迷人的艺术品”，《教育科学评论》杂志称之为“迄今所见最美丽的图书之一，一定程度上也是最漂亮的科学作品之一”。

本书不但可以作为大学生和中学生的化学课外读物，亦可供化学和其它有关学科的教师和科技工作者阅读和参考。

本书承科学出版社和中国科学院印刷厂共同努力，对图版反复进行研究复制，方得以出版，译者谨致以衷心的感谢。

译者

一九七九年十月

原子和分子

我们生活在今天的原子时代，为了更确切地理解这个世界上的各种事物，每个人很有必要懂得一些关于原子和分子的知识。

如果你有了一些关于原子和分子的知识，你就会知道由于科学家们不懈努力，因而不断有所发现的价值。并且，你会因为学到关于物质世界的本质的知识而感到高兴。

五十年来，科学家们，首先是物理学家和化学家们发明了许多种有效的方法来研究原子和分子。这些方法是：原子光谱和分子光谱（测量和阐明由物质发射或吸收的光的波长配布）；晶体的 X 射线衍射（研究 X 射线的散射测定原子在晶体中的排列）；气体分子电子衍射（研究用分子散射电子测定原子在气体分子中的排列）；和物质磁性质的测量。在这本书中，我们不准备讨论实验技术和阐明实验的方法，只打算直接介绍一些已知的关于分子结构的知识。

在大部分晶体和分子中，其组成原子是以一种确定的方式排列的。原子在分子或晶体中的排列称为它的分子结构或晶体结构。许多分子和晶体中的原子间距离的测量精度为百分之一，甚至千分之一。这是一种平均距离，分子和晶体中的原子在其平均位置上振动，通常这种振动的幅度相当于相邻原子核间距离变化的百分之五。

本书中所介绍的有关分子的结构都有科学的实验基础，大多也已为科学家们所接受。在制图时采用了一些习惯画法，这在文中已介绍了这些画法的意义。但在制图时并没有一个统一的放大标准比例尺度，对于一些小分子，如氢（第 5 节）和甲烷（第 14 节），放大倍数约为 800,000,000 倍。对于其它分子，如卤素（第 9 节），放大倍数约为 200,000,000 倍。大部分其它插图的放大倍数都在这两个界限之间。

用于描述分子和晶体的长度单位是埃，符号为 $\text{\AA}$ ，以纪念瑞典

物理学家 A. J. 埃格斯特朗 (Ångstrom, 1814—1874)。1 厘米等于 100,000,000 Å。1 英寸约等于 254,000,000 Å。

化学家们在自然界中已发现的或在实验室里制造出来的化合物大约已有六百万种。其中做了精确结构测定的物质约有一万多种。在本书中我们仅仅描绘了五十六种结构。这些精选出来的、关于分子建筑术的例子，是为了给读者有一个关于原子是以各种各样方式相互作用的概念，並着重强调了分子结构对生命的重要意义。但对其他一些重要的结构，比如金属和合金的结构，本书限于篇幅，没有加以介绍。

我们希望读者能认真学好这本关于分子结构的入门书，並希望能通过它激发起进一步学习有关分子结构的知识与更多地了解它对物质世界的意义。

目 录

中译本前言

原子和分子

1. 一块石墨晶体和它的结构
2. 电子和原子核
3. 电子壳层
4. 元素周期表
5. 氢分子
6. 价
7. 水分子的历史
8. 水分子和类似分子中的键角
9. 卤素分子
10. 硫分子
11. 含有氮或磷原子的分子
12. 正多面体、立方体
13. 正四面体
14. 甲烷分子
15. 金刚石的结构
16. 金刚石晶体的透视
17. 乙烷分子
18. 正丁烷分子
19. 异丁烷分子
20. 环丙烷分子
21. 环戊烷分子
22. 环己烷分子
23. 一个大烃环

24. 双联环分子
25. 多型瘤病毒
26. 双键和叁键
27. 普鲁士蓝晶体的骨架
28. 普鲁士蓝晶体
29. 八面体
30. 八面体配位的同分异构体分子
31. 六甲撑四胺分子
32. 正二十面体
33. 四方型的硼晶体
34. 二十面体的硼氢根离子
35. 十硼烷分子
36. 四硼烷分子
37. 配位数为六的碳原子
38. 二茂铁分子
39. 氢键
40. 乙酸的双分子
41. 冰
42. 冰的凝聚形式
43. 五角十二面体
44. 氘水合物的内包晶体
45. 甘氨酸分子——最简单的氨基酸
46. 丙氨酸的左旋和右旋分子
47. 甘氨酸代甘氨酸分子
48. 丝的分子结构

49. 盘卷式的多肽链：分子建筑术的一个问题

50. 关于 α -螺旋体的问题

51. 肌红蛋白分子的一部分

52. 血红素分子的结构

53. 在血红蛋白和肌红蛋白中的铁原子

54. 分子病

55. 一种不致病的异常分子

56. 分子竞争：磺胺和对-氨基苯甲酸

57. 抗生素分子

元素周期表

原子堆积半径值

元素的名称、原子序数和符号

原子的单键共价半径值

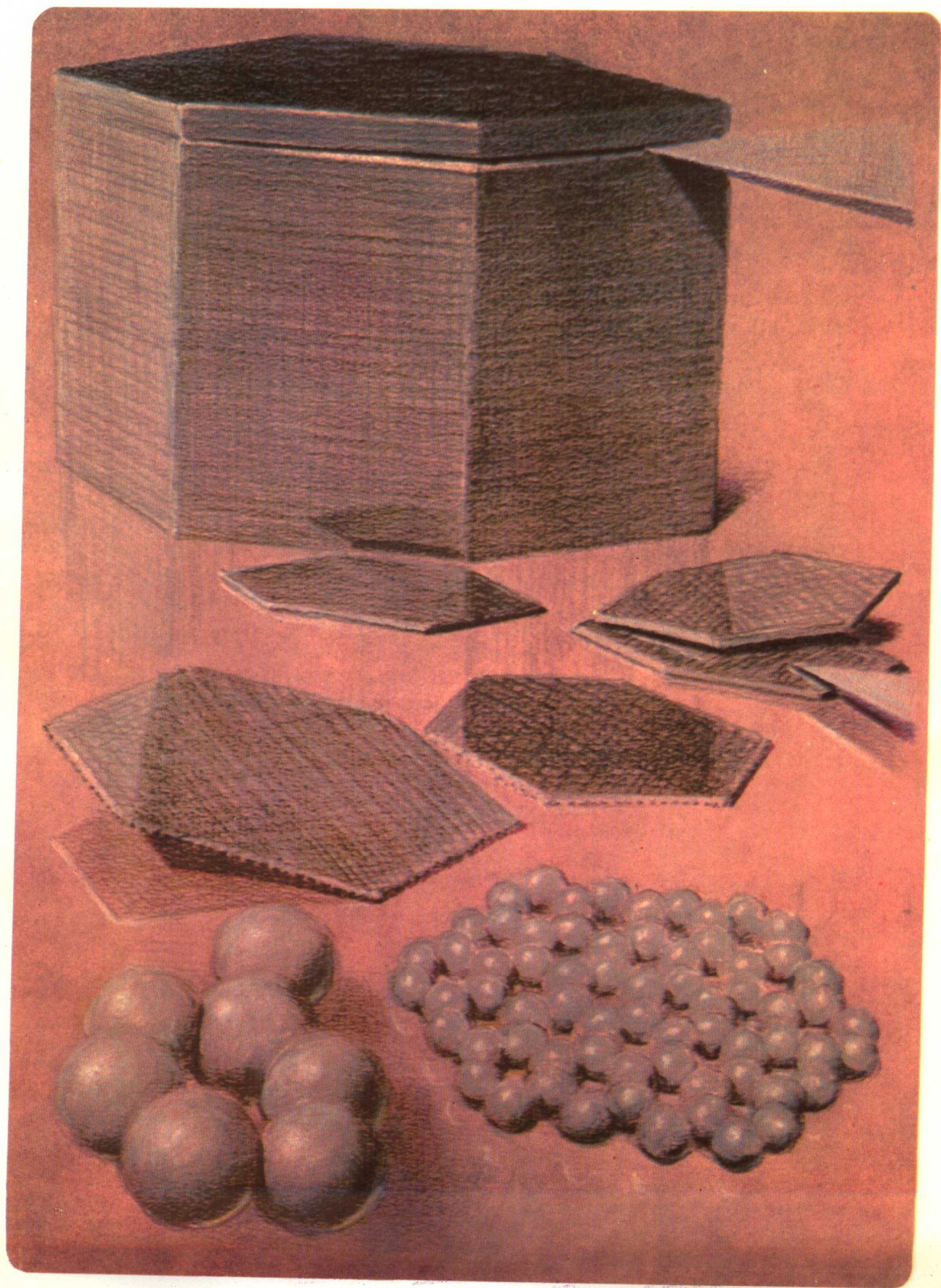
一块石墨晶体和它的结构

1

石墨是一种有光泽的黑色矿物。它又被称为黑铅，因为它像金属铅一样软，当在纸上摩擦后就留下灰黑色痕迹。石墨是铅笔中所谓“铅”（其实不含铅）的主要成分。

有时候可以找到一种正好呈六方柱形状的石墨晶体，正如右图上部所示。一块石墨晶体很容易用一把刀片解理成一片片薄片。

石墨是碳的一种。X射线结构分析表明，石墨晶体由碳原子层组成，碳原子层如右图下部所示呈六边形，在一层中，每个碳原子有三个近邻，它们之间以强键相联结，键长（两个相邻原子中心间的距离）是 $1.42 \text{ \AA}$ 。然而层与层之间相距达 $3.4 \text{ \AA}$ 。每一个碳原子层可以看成是一个巨大的平面分子，石墨晶体就可以看成是这些层状分子的堆叠物。很容易用刀切进六边形面板间，因为这仅涉及到平面层分子间的分开，而分子层之间的联系是很微弱的，不涉及到要断裂原子间很强的结合键。



电子和原子核

2

最简单的原子是氢原子。它由一个称为质子的核和一个电子构成。质子要比电子重得多，它的质量是电子的1836倍。质子带一个单位的正电荷，电子则带一个单位的负电荷。

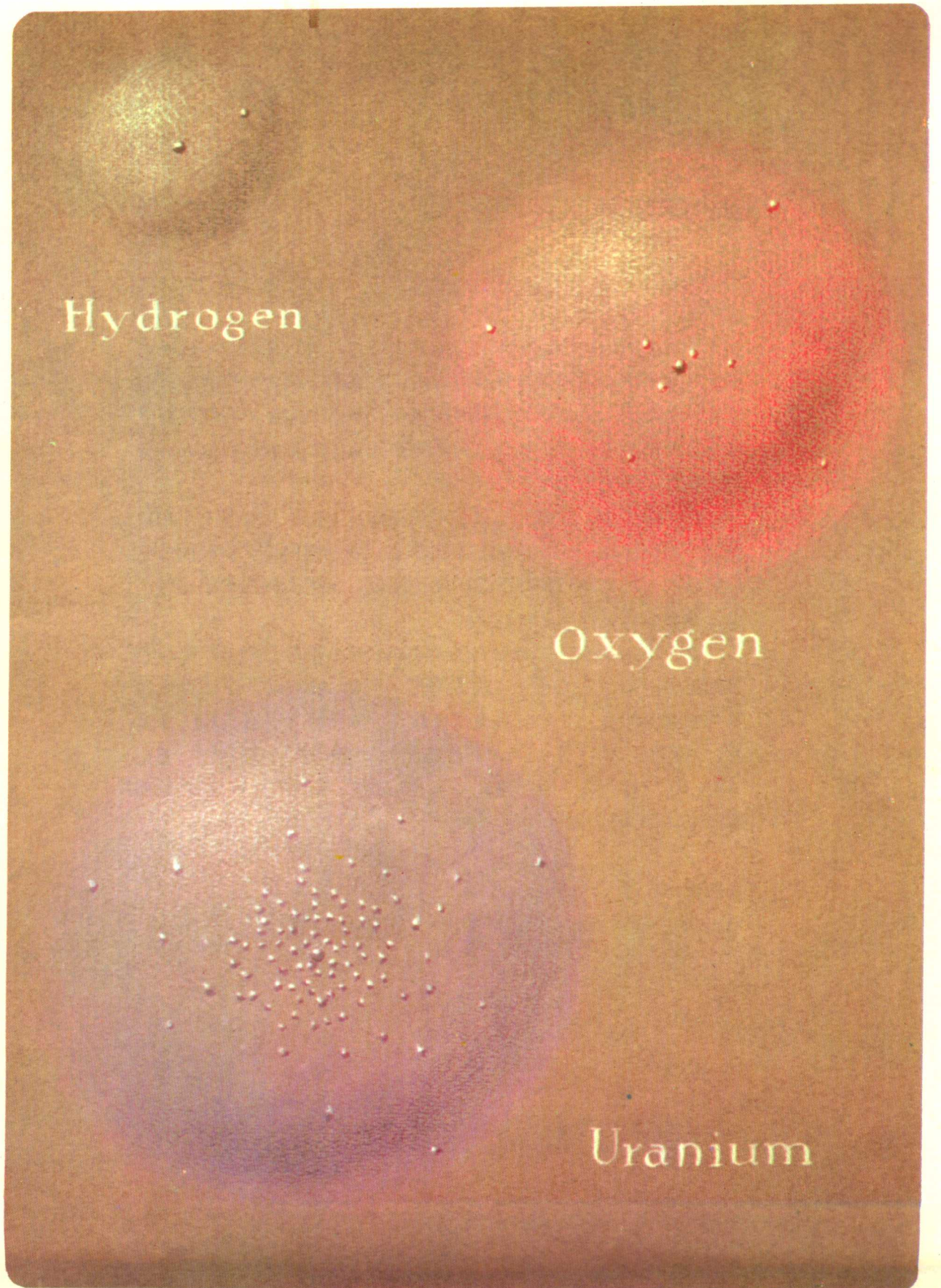
每个原子都有一个核，它占了原子的绝大部分质量，并带有 Z 个单位的正电荷， Z 称为原子序数。在一个电中性的原子中有 Z 个电子围绕原子核运动。

右图是氢 ($Z = 1$)、氧 ($Z = 8$) 和铀 ($Z = 92$) 的原子结构。这是假设用 γ 射线快速照相拍摄的 (相对于原子大小，核和电子应远小于图中所示，核的直径只有原子直径的十万分之一，电子则更小得多)。

原子中的电子围绕核运动，它们并不保持在离核一定的距离上。在氢原子的图中，电子被画在一个离核平均距离大约为 $0.80 \text{ \AA}$ 的球中，粗糙的阴影部分表示了电子运动范围。严格地说，氢原子并没有一个一定的电子运动的半径。但氢原子的半径习惯上取为 $1.15 \text{ \AA}$ ，所有其它原子，除氦以外都要比氢原子大。

右图译文：

Hydrogen 氢； Oxygen 氧； Uranium 铀。



Hydrogen

Oxygen

Uranium

电子壳层

3

如对原子内电子运动作长时间曝光摄相，可以发现：一般说来电子是密集于一系列部分重叠的层内。氢在第一层，即仅有的一层上有一个电子。氦在这层上有两个电子。所有其它原子在最内层上也只有两个电子。对于氧，这两个电子被表示在接近核的地方，另外，氧原子还有六个电子在较外层。

在铀原子中，它的九十二个电子排布在七层上。右图中，在最内层上的两个电子已和核区分不出来了。在不同的原子中，因为它们和核的平均距离近似地反比于原子序数，所以在铀原子中这两个电子距核仅约 $0.01 \text{ \AA}$ 。

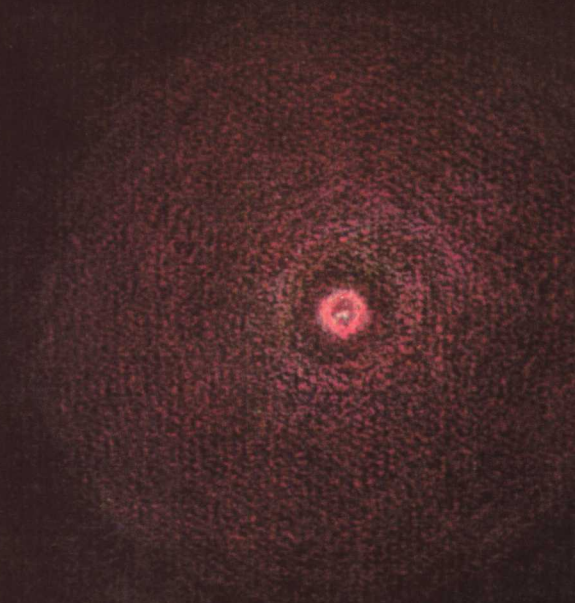
在57节后面有一张表列出了元素的名称、符号和原子序数。元素的符号一般是它的英文名称的第一个字母，或在第一个字母后面再加上名称中另一个字母。有十个化学元素的符号是来自拉丁文名称；它们是：钠，Na；钾，K；铁，Fe；铜，Cu；银，Ag；金，Au；汞，Hg；锡，Sn；铅，Pb；锑，Sb。有一个元素符号来自希腊文，即钨，W。

右图译文：

Hydrogen 氢； Oxygen 氧； Uranium 铀。



Hydrogen



Oxygen



Uranium

元素周期表

4

1869年，俄国化学家门捷列夫（1834—1907）发现，如果元素按原子量顺序排列，它们的物理和化学性质呈现一种周期性的变化。门捷列夫对元素的排列称为元素周期表。

右图表示了41种元素的一种简单周期表。完整的元素周期表列在57节后面。这些表的排列是按元素原子序数的顺序，这个顺序和原子量顺序大致相同。对元素指定确切的原子序数是在1914年。右图中每一横列的第一个元素Li、Na、K、Rb和Cs都是非常活泼的软金属，熔点都很低，它们被列在一族（第Ⅰ族），或称为碱金属。与碱金属相邻的元素Be、Mg、Ca、Sr、Ba活泼性差一些，稍硬一些，熔点也比碱金属要高，它们称为碱土金属（第Ⅱ族）。每一横列最后一个元素F、Cl、Br、I和At组成卤族元素。卤素是活泼的非金属物质，它们和金属化合生成盐类。

元素He、Ne、Ar、Kr、Xe和Rn叫做氦族（或称惰性气体、稀有气体）。它们的原子很难形成化学键。氦族元素化学活泼性小是由于它们核外电子数分别为2，10，18，36，54和86，而由这些数目的电子形成的结构特别稳定。

根据原子序数为顺序的化学元素性质的周期性，在以下讨论价、共价半径和原子堆砌半径时也都明显地呈现出来。

H 1

He 2

Li
3

Be
4

B
5

C
6

N
7

O
8

F
9

Ne 10

Na
11

Mg
12

Al
13

Si
14

P
15

S
16

Cl
17

Ar 18

K
19

Ca
20

Sc
21

22 to 31

Ge
32

As
33

Se
34

Br
35

Kr 36

Rb
37

Sr
38

Y
39

40 to 49

Sn
50

Sb
51

Te
52

I
53

Xe 54

Cs
55

Ba
56

La
57

58 to 81

Pb
82

Bi
83

Po
84

At
85

氢分子

5

所有分子中最简单的是氢分子，它由两个氢原子构成，氢分子的化学式可以写作 H_2 。

在氢分子中有两个相距 $0.74 \text{ \AA}$ 的质子和两个用以连结两个质子的电子。这样我们就说在两个氢原子间构成了一个化学键（也称共价键）。

在右图中有五种氢分子结构的表示法。第一种，两个H表示氢原子，短线表示氢原子间的键；第二种，键为两个黑点，表示了连结两个原子的两个电子，描述了两个原子间共享的一对电子；第三种叫做球棒模型，原子用球来代表，而键则以棒表示；第四种是软球和棒的表示法；第五种，即右图最下面的，表示了在晶态和液态氢中具有有效大小的原子。

在晶体和液体中，氢分子可以看成是互相接触的。两个接触的非成键原子间的距离，我们可以看成是两个原子的堆砌半径之和。以一个化学键相互连结的两个原子中心（核）间的距离，我们可以看成是由这两个原子的共价半径（见57节后面的表）相加而得到的。