

自然科学入门

化 学

知 识 出 版 社

自然科学入门

化 学

K. B. 克劳斯科普夫 A. 贝舍 著

毛君国 张 力 译

The Physical Universe

Konrad B. Krauskopf

Arthur Beiser

McGraw-Hill Book Company, New York, 1979.

自然科学入门·化学

K. B. 克劳斯科普夫 A. 贝舍 著

毛君国 张 力 译

知识出版社出版发行

(上海古北路 650 号)

(沪 版)

新华书店上海发行所经销 江西印刷公司印刷

开本 850×1156 毫米 1/32 印张 4.125 插页 2 字数 97,000

1986 年 12 月第 1 版 1986 年 12 月第 1 次印刷

印数, 1—2,500

统一书号: 13214·1035 定价: 0.85 元

出版说明

斯坦福大学地球化学名誉教授克劳斯科普夫(K. B. Krauskopf)和贝舍(A. Beiser)所著《物质世界》(*The Physical Universe*)一书,系统而通俗地介绍了物理学、化学、地质学和天文学的基本概念和基础知识。我们按学科分册出版,定名为《自然科学入门》。原书附录中的题解分别列于各册之末,其余的附录内容未译出。原书中的照片图均未采用。

《自然科学入门·化学》译自《物质世界》第四版第九至第十二章。

第四版序

我们写《物质世界》(*The Physical Universe*)的目的是尽可能简洁地介绍物理学、化学、地质学和天文学的要点。由于这些学科涉及面非常广阔,而我们的读者的文化程度可能不高,因此,必须对本书所选素材及论述深度有所限制。本书强调各学科的基本概念以及它们在认识自然界方面所起的作用,同时介绍一些有关自然科学的历史和哲学发展的知识。我们希望,读者最终将对科学家在研究过程中如何运用归纳法、演绎法有一些感性认识。

《物质世界》首先论及运动,怎样描述运动和影响运动物体的因素,然后仔细讨论引力、能量和动量。目前,物质的三相引起了人们的注意,本书将从分子运动论直到热力学定律讨论这个问题。接着谈电学和磁学的基础知识,并以光的电磁理论作为这项知识的顶点。再次谈化学的基本概念,自然地引导到关于原子、原子结构和原子核的讨论,在这里量子力学的思想起着重要作用。元素周期表使我们回到了化学,并对有机化学进行了探讨。从观察覆盖着整个地球的大气和海洋着手,我们转入对人类赖以生存的行星——地球的研究,并进而讨论地球上的物质、永恒变动的地壳和神秘的地幔、地核。在记述了地球的地质历史之后,再讨论我们在空中能看到的和我们所知道的地球的近邻。接着,我们主要研究了太阳,它是太阳系之主,是地球上几乎所有能量的源泉。然后,再观察宇宙中的其他恒星,个别存在的和由巨大集团组成的星系。本书的最后一个主题是探讨宇宙的演化,以讨论地球的起源和宇宙中是否存在其他可居住的行星作为结尾。

我们认为,将一些定量讨论排除在外是既不可能也不可取

的，但这将是简单的和增补性的，而不是起支配作用的。附录中有基础数学的复习内容。其他有助于学生的辅导材料还有词汇表*。几百幅插图、供快速复习理解程度的选择题和编号为单数的问题的概要题解及答案。总之，本书提供的种类不同、难度各异的练习题在1,000个以上。

为了使抱有不同目的、准备花费不同时间的读者都觉得便利，我们对《物质世界》第四版的编排作了改进。本教程包括物理科学的全部范围，集中讨论的两三个有关学科的全部知识将尽量容纳在内。前八章论述作为自然科学基石的基础物理学，接着各有四章分别论述化学、地质学和天文学。新的编排将物理学和化学分得更清楚，而在前几版中它们在某种程度上是交叉结合的，那样做在原理上可以得出更令人满意的图像，但在课堂教学中会增加实际困难。除了次序的更动之外，课程本身亦经彻底校订。在很多方面，特别是在天文学方面，编入了新的素材；有的讨论，比如化学计算，经验表明，以前写得过于突出，现已节略。整本书的内容现在更为均衡，各章的程度也更趋一致。

我们要再次向《物质世界》前几版的读者致意，感谢他们对本书所提的诚挚的意见以及改进建议。

K. B. 克劳斯科普夫

A. 贝舍

* 基础数学的复习及词汇表未译出。——译者

封面设计：朱海利



书号：13214·1035
定 价： 0.85 元

自然
科学
入门
广
化
学

版
社

目 录

第一章 周期律.....	(1)
周期律 (1) 原子结构 (10) 化学键 (14)	
化合价 (20) 提要 (25) 选择题 (26)	
问题 (28) 习题 (30) 选择题答案(31)	
第二章 晶体、离子和溶液.....	(32)
固体 (32) 溶解度 (39) 酸和碱 (49) 提要	
(55) 选择题 (56) 问题 (58) 习题 (59)	
选择题答案 (60)	
第三章 化学反应.....	(61)
燃烧 (61) 化学计算 (65) 化学能 (68)	
反应速度 (74) 氧化和还原 (78) 提要 (83)	
选择题 (84) 问题 (85) 习题 (87) 选择题	
答案 (88)	
第四章 有机化学.....	(89)
碳化合物 (89) 有机分子的结构 (93) 有机化	
合物 (99) 生命化学 (105) 提要 (114)	
选择题 (115) 问题 (117) 选择题答案 (118)	
编号为单数的问题和习题答案.....	(119)

第一章 周期律

原子的电子结构和它的化学行为之间有着非常密切的关系。这种关系并不令人惊异，这是原子结合在一起形成分子时，原子最外层电子的相互作用所致。事实上，除了原子的质量，人们熟知的物质的物理或化学性质都与围绕原子核的电子有关，而不是与原子核有关。因此，对化学基本原理作重要探究的第一步，必定是从围绕每一个原子的电子云结构开始的。用原子结构的基本原理为指导，我们就能了解原子间为什么存在相互作用及相互作用的形式。

周期律

在我们讨论所有适用于解释复杂原子的化学性质的原子量子论、电子自旋的概念及不相容原理的内容之前，转向实验化学所积累的周期律资料的讨论是适当的。这条一个世纪之久的定律是帮助化学完全成为一门真正科学的许多重要的概括之一，周期律的解释也是现代自然科学的成就之一。

金属和非金属

我们是通过金属和非金属这两种不同元素之间非常明显的区别开始对周期律的研究的。金属这个概念是如此为大家所熟悉，以致我们已经应用了这个概念，尽管还没有使它的含义更精确。铁、汞、金、铝、钠和锡都是金属元素；碳、硫、氢、氯和氮都是非金属元素。

金属不同于其他物质的显著的物理性质是：（1）它们都有特有的光泽或金属的色泽；（2）它们有良好的导热性及导电性。我们也容易将硬度和韧性同金属的性质联系起来，但是粗略地观察到的金、铅和钠的柔性并不是金属的共性。固态非金属通常是没有金属光泽的脆性材料（这种类型的碳称作石墨，而硅是例外），是热和电的很差的导体（石墨是又一个例外，但它的传导率与绝大部分金属相比是非常小的）。在一些其他的物理性质中，非金属有极宽的范围：非金属的熔点范围从氮的零下 269°C 到碳的 $3,500^{\circ}\text{C}$ ，硬度从坚硬的金剛石到柔软的白磷。

金属元素之间的化学性质也有很大的差异。例如，钠是非常活泼的，而金和铂却很难发生化学反应。通常：（1）金属与非金属化合比金属与金属化合容易。所有的金属能直接与氟、氯化合，它们最容易直接同氧化合。许多金属能容易地混合起来形成合金，但是金属与金属形成确定的化合物几乎是没的，即使有也是不稳定的。（2）所有较活泼的金属与稀酸溶液反应都能放出氢气，更加活泼的金属能与水反应放出氢气。（3）较活泼的金属氧化物与水反应生成碱，因此氧化钠放入水中能得到氢氧化钠，它是一种碱（酸和碱在第二章中讨论）。

非金属比金属具有更多的化学性质。氢、氮、氟这些非金属很难生成化合物，而其他的一些非金属如氯、氟是非常活泼的。通常：（1）非金属（类似于氢这类的非金属除外）很容易与活泼的金属化合，而非金属之间的化合则稍困难些。所以，氯和氟能与活泼金属发生激烈的反应，但是不能与氧直接化合。另一方面，硫和磷在氧气中能激烈地燃烧。（2）非金属不能同稀酸发生化学反应，有几种能与碱反应，但是它们的反应形式是多样的。（3）非金属氧化物如溶解在水中就形成了酸。

非金属氢是一种独特的元素，虽然它的物理性质和许多化学

行为与非金属截然不同，但是它同非金属的反应却与金属相似。例如，氢与非金属的反应比金属与非金属的反应更容易更激烈，它与象 SO_4 和 CO_3 这类原子基团所形成的化合物的化学式与金属同这些基团形成化合物的化学式相似。

我们在后面将看到关于金属和非金属的一个精确而完整的定义。然而，即使是这个较好的定义也不能明显地揭示出某几种元素表现性质的差别。金属元素在数量上比非金属元素多得多，在今天所确定的100多种元素中，非金属元素只有20种。

活泼与不活泼元素

我们称钠是活泼元素，金是一种很不活泼的元素，活泼元素与不活泼元素的确切含义是什么呢？

我们知道钠在空气中曝露了几秒钟之后就失去了光泽，而一个金戒指曝露于空气或经常接触汗水，几年之后仍能保持它的光泽。想到钠在氯气中壮观的燃烧，并随之放出大量的热能和光能；金与氯气缓慢的反应，几乎不释放能量。我们回想起钠能从稀酸溶液甚至水中迅速地释放出氢气；金却不受普通的酸的影响，它仅仅溶解于浓的氢氯酸和硝酸的混合液中。在这类反应中，我们说钠显示出较大的活泼性。

还有若干其他的标准能帮助我们确定各种元素的相对活性。我们可以测量从两种元素经历相似的化学反应中所释放的热量来确定它们的相对活性。例如，用定量的氯化物分别同金属金和金属钠反应，发现生成氯化钠的过程中所放出的热量是生成氯化金的反应中所放出热量的15倍以上。所以我们得出钠比金活泼这个结论。

或者我们可以从相似的化合物着手，看哪个化合物容易分解成它们的组成元素或者组成基团。在氯化金和氯化钠这个例子中，结果是当氯化金加热到约 300°C 时就分解，而氯化钠必须加热到 $1,000^\circ\text{C}$ 以上才分解。因此我们说氯化金是一种相对不稳定的

化合物，而氯化钠是一种稳定的化合物。一般地说，元素越活泼，分解它的化合物就越困难；活泼的金属趋于形成稳定的化合物，而不活泼的元素趋于形成不稳定的化合物。

确定元素的相对活性还有其他的方法，但是上面提到的方法或许是最有用的了。金属和非金属能够按照它们的活性排列起来。在下面例举的部分元素表中，最活泼的元素排在每一列的前面，最不活泼的元素排在后面。

金 属	钾	钠	钙	镁	铝	锌	铁	铅	铜	汞	银	金
	← 活性增强						活性减弱 →					
非 金 属	氟	氯	溴	氧	碘	硫						

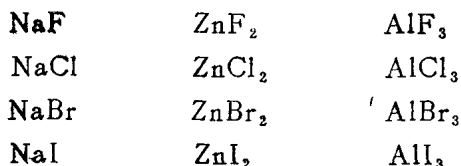
元素族

某些元素之间的相似性是这样显著，以致这些元素似乎是同一个自然家族的成员。把组合在一起的元素族作为例子来讨论，对化学家来说似乎是不可避免的，我们将讨论一族称为卤族的活泼非金属，一族称为碱金属的活泼金属和一族几乎不发生化学反应的气体——惰性气体。

卤族是由一组按照原子序数逐渐增加的顺序排列起来的极活泼的元素氟（F）、氯（Cl）、溴（Br）、碘（I）组成。在实验室里通过令人厌恶的气味（溴在希腊文中是表示“臭气”）和最耀眼的颜色（氯在希腊文中是表示“绿色”）去区别它们是最可靠的了。卤素这名称表示“盐的形成者”，事实的标志就是当它们与许多金属化合时，这些元素生成白色晶状固体。在室温下，氟

是淡黄色的气体，氯是绿黄色的气体，溴是红棕色的液体，碘是钢灰色的固体。溴和碘容易蒸发，化学家称碘的这种性质为升华。

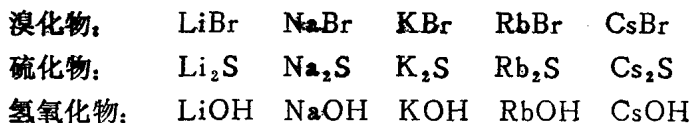
卤素之间有哪些相似性？第一点，在室温下它们的分子都由两个原子组成： F_2 、 Cl_2 、 Br_2 、 I_2 。而且，它们与金属形成的化合物都有相似的分子式。以下是三种例子：



可以看到，在所有具有某一特定金属的化合物中，与同一种金属原子化合的卤素原子数相等，尽管该原子数对不同的金属可能是不同的。

卤素与氢反应生成 HF 、 HCl 、 HBr 和 HI 。这些化合物能够溶于水生成酸，其中的氢氯酸是一个大家所熟悉的例子。卤素也很容易溶于四氯化碳溶液中，溶液的颜色与用同样方法得到的蒸气的颜色相同，但是它们仅微溶于水。

碱金属都是柔软、浅色和特别活泼的金属。根据原子序数它们排列的顺序是锂 (Li)、钠 (Na)、钾 (K)、铷 (Rb) 和铯 (Cs)。同钠一样，其他几种碱金属在空气中能很快地失去光泽，与水和稀酸反应放出氢气，能激烈地与活泼的非金属化合形成很稳定的化合物，同水化合生成氧化物来制备碱。它们的化合物的分子式是惊人地相似：



碱金属所具有的其他共性是有相当低的金属熔点：铯在室温下就能熔融，即使是这一族中熔点最高的金属锂，在 $186^\circ C$ 就液化了。

惰性气体与活泼的卤素和碱金属相比是那样地不活泼，它们仅能与其他元素形成少量的化合物。事实上，它们的原子是如此不活泼，它们不能象其他气体元素的原子那样结合在一起形成分子。惰性气体族包括氦(He)、氖(Ne)、氩(Ar)、氪(Kr)、氙(Xe)，它们也是按照原子序数增加的顺序排列的。大气中的惰性气体量都是很少的。在空气中，氩所占的比例还不到1%，其他的惰性气体则更少，它们在空气中含量的稀少，使得人们到十九世纪末才发现它们。

周期表

当元素按照原子序数增加的顺序排列时，具有相同化学性质和物理性质的元素以有规则的间隔重复出现。这个经验的观察结果是在约一个世纪之前，首先由D. 门捷列夫提出的，现在称作周期律。元素的这种周期性性质以表格方式排列称作周期表。表1.1或许是最简单周期表的一种形式，尽管以后发明了更精细的周期表，但这张周期表还是适合于我们使用的。

门捷列夫出生在苏联的西伯利亚，多年来他一直在圣彼得堡大学担任化学教授。虽然他公开宣扬自由主义思想常常使沙皇政权感到烦恼，但他仍一生从事政府工作和科学事业。门捷列夫是一位有才华的教师和能干的实验家，但是，他首先是一位幻想家，一位科学的幻想家。如果说他的某些想象似乎是古怪的，那么至少有一个设想是他对化学的重大贡献，正是这个想象给了他打开元素分类之门的钥匙。他不是独具这种想象力的，与他同时代的一些人各自独立地得出了相同的结论；而门捷列夫是最早把这样的思想应用于所有已知的元素，同时还预言了当时未知元素的存在和性质。

为了了解周期表是怎样编排有关元素的知识，让我们简要地叙述一下构成周期表的系列。

按照原子序数逐渐增加的顺序，第一个元素是氢。下一个元

素是惰性气体氦；然后是碱金属锂；接着是稀有金属铍，其活泼性比锂差一些；下一个是硼，一个相当不活泼的非金属，它能生成氯化物 BCl_3 ；在硼后面是碳，一个能生成 CCl_4 和 CH_4 的非金属；下一个元素是氮，是另一种非金属；然后是一个较活泼的非金属元素氧；接着就是氟，它是所有非金属元素中最活泼的。从锂到氟是一个完整的过渡，它们从很活泼的金属过渡到很活泼的非金属。在氟后面的元素是氖，它同氦一样是另一个惰性气体；然后是钠，一个象锂一样的碱金属元素。由于考虑到这些元素的相似性，在氖和氦元素处中断了排列，从锂和钠开始了新的排列。在氖后面的七个元素中，我们又发现了从活泼的金属到活泼非金属的过渡。

在第四排的钙元素后面，情况显得更加复杂。钙后面的一个元素钪，它的某些性质类似于铝，而其他的性质却不相同。钛甚至很少与碳和硅相似。接着的10个元素（包括铁、铜、锌）十分相似，但是与上面三排末端的非金属元素是显著地不同。仅仅在这10个元素之后的3个非金属元素砷、硒和溴才相应地与这些非金属元素相似。因此，在第一个惰性气体氦和第二个惰性气体氖之间排列着8种元素；在氖和氩之间排列着另外8种元素；但是在氩和氪之间排列着18种元素；在氪元素之后排列着第二系列的18种元素，其中还包括许多性质相同的12种金属元素。从氪元素到最后一个惰性气体氙，乃是一个包括32种元素的更为复杂的系列。

族和周期

大多数周期表中竖直的一行说明是相似的元素，我们把这一行称作元素的列或族。水平的一行称为周期，它包括性质极其不同的元素（图1.1）。横贯每一个周期大约都是从活泼的金属到较活泼的金属和从较不活泼的非金属到很活泼的非金属，最后到惰性气体这种固定的变化。在每一个族内，元素的性质也有一个

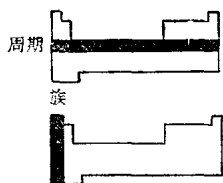


图1.1 周期表中的一族(或列)元素具有相似的性质, 而一个周期中的元素具有不同的性质。

固定的变化, 但是族内的变化并不象周期内的变化那样迅速和显著。因此, 在碱金属族内随原子序数的逐渐增加, 它们的活性也逐渐增加, 而卤族内的非金属活性却逐渐减弱。这些是变化的典型例子。每一个族内金属活性增强的方向是从上到下, 或者非金属活性减弱的方向是从上到下, 这两种表述是等同的 (图1.2)。

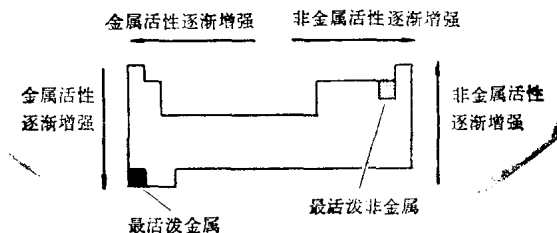


图1.2 周期表中元素的化学活性是怎样变化的。

元素周期表有 8 个主族, 在表 1.1 中是用罗马数字表示的。惰性气体 (第八族) 安排在表的右边, 因为这样排列具有把它们同周期表右边的其他非金属编在一起的优点 (图1.3)。为了使族中的元素与下面长周期中最相似的元素排列在一起, 在第二号元素之后的每 8 个元素的周期(第二周期和第三周期)是不连续的。

每一个长周期中的 10 个过渡元素都是金属。这些金属元素之间的化学性质显示出相当大的相似性, 但是与主族中元素的相似性并不显著 (图1.4)。第六周期 包括 32 个元素, 把其中的 15 个

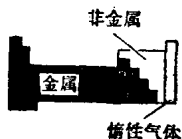


图1.3 大部分元素是金属。



图1.4 过渡元素是金属。

元素放置在周期表下面的框框内；这些稀土元素金属相互间的性质是非常接近的，正因为如此，使得把它们分离开来成了一桩极其困难的事情，于是把它们归在一起，位置处于元素钇的下面（用*号标出）。在第七周期中，一组性质相似的元素（锕系元素）显然是处在相同的位置上。锕系元素同稀土元素一起放置在周期表下面的框内。第一族中非金属氢的位置与非常活泼的碱金属处在同一族内似乎是很奇怪的。但是根据氢的化学行为而言，同这些碱金属元素比同其他族的元素更为相似，说明这样排列是正确的。

用周期表揭示元素之间的关系，在认识上总有点含糊不清，但是当整个表将相似元素集合在一起时，就能清楚地看到元素间的相互联系。我们回想一下1869年，在当时原子序数的概念还未提出，在已知的元素只有63种的情况下，提出原子周期律，这实在是门捷列夫的卓越贡献。实际上，门捷列夫在建立的元素周期表中运用的是原子量而不是原子序数的概念，他和以后的化学家发现某些元素必须违背原子量的严格顺序。例如，钾的原子量比氩小，但是仍把氩放在第三周期的末尾，而钾放在惰性气体氦和氖之后的活泼金属族内，而氩放在钠和锂的后面。为了避免这种差异，把这种顺序转变为把氩放在钾的前面，当然，这个顺序是根据它们的原子序数排列的。

因为他那个时代几乎很少发现新元素，门捷列夫就在他的元素周期表中留下了许多空位，为的是使相似的元素填入空位中。他相信这种分类是正确的，他指出这些空位代表着未被发现的元素。从每个空位的位置，从每个空位周围元素的性质，以及从包括这个空位的周期和族的元素的性质的变化，他预言了未知元素性质。他的预言不仅包括了元素普通的化学性质，而且还确定了它的密度、熔点等等数据。

未知元素一个接一个地发现，并且发现它们的性质与门捷列