

[英] W. 斯蒂德曼 R. B. 斯纳登 I. H. 安德森

工程和应用科学 实用化学

GONGCHENG HE YINGYONGKEXUE
SHIYONGHUAXUE

原子能出版社

71-214

616

C3

工程和应用科学实用化学

[英] W. 斯蒂德曼 R. B. 斯纳登 I. H. 安德森

赵世雄 陆晓明 等译
操时杰 杨淑兰



内 容 简 介

本书根据英国化学博士W. 斯蒂德曼, R. B. 斯纳登和I. H. 安德森合著的《工程和应用科学实用化学》1980年第二版译出。全书共二十九章, 内容主要包括无机化学、普通物理化学和有机化学; 同时也包括一般化学书中很少涉及的内容, 如水泥、水处理、分离技术及煤。每章之后附有习题和答案。

本书的特点是理论联系实际, 注重于化学原理的实际应用。

本书可供大专院校化学、化工、生物系低年级学生及一般工程技术人员参考; 也可作为中等专业学校有关专业的教学参考书。

Chemistry for the Engineering and Applied Sciences By

W. Steedman R. B. Snadden

工程和应用科学实用化学

[英] W. 斯蒂德曼 R. B. 斯纳登 I. H. 安德森

赵世雄 陆晓明 等译

操时杰 杨淑兰

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

北京印刷一厂印刷

(北京市西便门)

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

☆

开本787×1092 1/32 ·印张133/4·字数305千字

1985年5月第一版·1985年5月第一次印刷

印数1—8,000·统一书号: 15175·571

定价: 1.70元

译者前言

近十几年来,化学与其他学科的相互渗透以及新型化合物的不断出现,给化学学科带来了一些新的变化。随着这种变化,国际上出版了一批新的教科书和参考书。在繁多的书目中,我们之所以选择了这本《工程和应用科学实用化学》(1980第二版)翻译出版,是因为本书具有以下特点:

1. 内容丰富,取材新颖。全书共二十九章,几乎涉及到化学中的所有主要领域。全部术语和概念都按新定义给出。

2. 文字简练、实用性强。在简述基本概念和常用术语的基础上,注重化学原理的应用,尽量舍去枯燥的公式推导和琐碎的过程描述。

3. 读者面宽。这也是原作者的匠心所在。

本书可供对化学感兴趣的各个领域的工程技术人员,大、中专学生和中学教师阅读。

参加本书翻译的有(按章节顺序):

赵世雄(一至九章);陆晓明(十至十四章);操时杰(十五至十九章);杨淑兰(二十至二十三章);刘培文(二十四、二十五章);尚久方(二十六章);郑飞勇(二十八章);吴超(二十七、二十九章)。

在本书翻译和出版过程中,得到一些同志的支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

序 言

在科学技术过分专门化的缺点日益为人们清楚地认识到的今天，已经没有必要再说明为什么攻读工程和其他应用科学的大学生应该上化学课了。材料科学作为一门学科而出现这一事实本身，就承认了各种各样材料的性质是需要用它们的物理结构和化学结构来解释的。我们的经验是，只有在学生对各种化学原理有适当的了解时，才有可能进行上述解释。本书第一版曾试图讲述这些化学原理，并尽可能在其涉及的范围内详细地说明这些原理在各种应用科学中的重要性。在这一版的修订过程中，基本宗旨仍保持不变，不过增加了许多新内容。其中扩充了“放射性”一章（考虑到核动力的重要性日益增加）；插入了一章“胶体”（考虑到胶体这一课题在工业中的重要性常常被不合理地忽视了）；此外在每章末尾增选了一些“练习”，我们非常主张读者亲自去做这些练习。

自本书第一版问世以来，经过国际间的共同努力，已确定在科学技术中只采用一套始终一致的计量单位，即国际单位制（SI，即 *Système Internationale d'Unités* 的缩写）。然而在目前这段过渡时期内，新旧两种单位制仍然都需要熟悉。因此在这一版中，某些量仍用非 SI 单位表示。例如，尽管书中几乎完全用焦耳取代了卡和英热单位，但浓度却仍用摩尔升⁻¹而不用摩尔分米⁻³表示。压力仍用大气压和毫米汞柱表示，但当需要时，也用牛顿米⁻²表示。与此相似，温度用摄氏（℃）和开氏（K）两种单位表示。不熟悉 SI 单

位制的读者可参阅书后关于S I单位的简短附录。

本书很自然地分成两部分，第一部分主要是普通物理化学和无机化学，第二部分是有机化学。第一至六章讲述与化学键和化学结构有关的基础知识。第七至十九章是这些概念的发展，并详细讨论了它们与应用科学中许多课题的关联。第二十至二十四章简短地、非机理性地介绍了有机化学，为在二十五至二十九章中讨论许多重要的有机物质作了准备。全书的重点放在化学原理的应用而不是过程的描述上。本书的写法是为了满足工程和应用科学这一广阔领域内大学生学习的各种需要。我们充分认识到，这些学生所掌握的基础化学知识可能非常参差不齐，但我们确信，书中的许多材料将会激起具有良好化学基础知识的学生的兴趣，同时对化学方面修养较差的学生也能提供充分的基础教材，使他们在这一学科中获得扎实的基本训练。

W. 斯蒂德曼

R. B. 斯纳登

I. H. 安德森

目 录

序 言	
第一章	原子结构和键..... (1)
第二章	放射性..... (23)
第三章	周期表..... (38)
第四章	气态..... (47)
第五章	液态..... (70)
第六章	固态..... (87)
第七章	水泥..... (103)
第八章	电化学和金属腐蚀..... (115)
第九章	金属元素..... (135)
第十章	溶液..... (157)
第十一章	胶体..... (173)
第十二章	热化学..... (184)
第十三章	化学动力学..... (200)
第十四章	化学平衡..... (210)
第十五章	酸和碱..... (229)
第十六章	水处理..... (245)
第十七章	分离技术: I, 蒸馏..... (258)
第十八章	分离技术: II, 萃取..... (269)
第十九章	分离技术: III, 脱盐..... (279)
第二十章	有机化学的基本概念..... (287)
第二十一章	烃类: I, 脂肪族化合物..... (297)
第二十二章	烃类: II, 芳香族化合物..... (309)

第二十三章	羟基化合物.....	(322)
第二十四章	有机酸和碱.....	(332)
第二十五章	煤.....	(340)
第二十六章	基础石油工业.....	(361)
第二十七章	化学炸药.....	(379)
第二十八章	高聚物.....	(387)
第二十九章	润滑剂和洗涤剂.....	(416)
	附录：国际单位制 (SI).....	(429)
	元素周期表	

第一章 原子结构和键

1.1 原子理论

物质是由微小的个别粒子（原子）组成的，这一观念已存在数百年了。一直到十九世纪，这种观念才变成与实验事实相符的定量理论。那时道尔顿（Dalton）发展了他的学说，提出了如下假定：

- (i) 物质由称为原子的极小微粒组成；
- (ii) 原子既不能创生也不能毁灭；
- (iii) 同种元素的所有原子完全一样，不同元素的原子不同；
- (iv) 化学结合是在所有原子之间按确定的比例进行的。

虽然我们现在知道所有这些概念并不都严格正确，但它们是建立现代原子理论的基础。有关原子结构的详细研究在物理学范畴内讲得更多，其中某些知识对于更好地了解原子如何互相键合是重要的。

1.2 亚原子粒子

原子并不是不可再分的粒子，而是由更小的实体组成的。到目前为止，已发现了相当数目的亚原子粒子，其中只有三

种是稳定的，而且也只有这三种是化学家最感兴趣的。它们是**质子、中子和电子**。

质子和中子的质量大致相同，但质子带单位正电荷而中子是电中性的。电子的质量大约是质子的 $1/1850$ ，且带单位负电荷。因此，实际上一个原子的总质量主要由质子和中子的质量所决定。因为原子是电中性的，故在任何给定的原子中质子和电子的数目必然相等。我们必须研究的下一个问题是这些单粒子是怎样在原子中排列的。

1.3 核 原 子

曾认为原子有均相结构，而现在认为原子是由小的带正电的**原子核**（核中含有中子和质子），和绕核分散排布的电子组成。核的直径约 1.0×10^{-12} 厘米，整个原子的直径约 1.0×10^{-8} 厘米。质子和中子靠它们之间的吸引力维持在原子核内，而且存在着一种使这些粒子在核中以相等数目存在的倾向。原子核的结构和稳定性将在第二章中详细讨论。

每个原子以其**原子序数**（ Z ）所表征，原子序数等于核中的质子数。最简单的元素氢，核中只有一个质子，其原子序数 $Z = 1$ 。氢下面另一个最简单元素氦，其核由两个质子和两个中子组成，原子序数 $Z = 2$ 。

至此，我们获得了一幅与道尔顿所描述的极为相似的形象，即原子均以它们的原子序数所表征以及同种元素的原子具有相同的质量。但是，我们发现情况并非总是如此。例如，氢可以以三种形式存在：原子核由一个质子组成的氢；原子核由一个质子和一个中子组成的氢（**氘或重氢**）；以及原子核由一个质子、两个中子组成的氢（**氚**）。这些核中含有相同数

目质子不同数目中子的氢原子，称为氢的同位素。显然各种同位素的质量互不相同。

许多元素可以以两种或两种以上的同位素形式存在，这在过去确定原子质量时曾造成一些困难。因为原子的质量非常小，只有选择一种元素作参照，定义相对原子量才是方便的。在1961年以前这种参照元素是氧，其质量值定为16原子质量单位 (a. m. u.)。因为天然存在的氧含有三种同位素，每种同位素由8个质子分别与8、9和10个中子结合，又因为化学家把氧同位素的一般混合物定为16原子质量单位，而物理学家则以含有8个质子和8个中子的单一同位素作为参照标准，因此存在着一定量的差值。现在把含有6个质子和6个中子的碳同位素定为原子质量单位，就避免了这种混乱。

用碳-12这种标度，质子、中子和电子的相对质量分别是1.00728，1.00867和0.000549原子质量单位。然而，如果设想把原子组成部分的相对质量相加，便可简单而精确地计算出任何元素的原子质量，那将是错误的。在质子和中子组成原子核的过程中，总质量中的一小部分转变成能量。这种现象的结果将在第二章详细讨论。

1.4 电子结构

一般说来原子核的结构对化学性能没有显著影响，因此我们发现氧的不同同位素的化学反应性只有微小的差别。当我们研究氢和氘的化学性质时，也确实发现它们之间有着明显的不同。因为这时仅仅把一个中子加到原子核上就可把原子的质量增加一倍。当然这只是例外而不是通例。我们必须

研究的正是原子的电子结构，这样才能了解原子的化学行为。

原子结构的现代理论是高度精确的而不是粗略图解式的，虽然它比旧理论更有用但相应地更难以理解。现代理论〔海森堡(Heisenberg)测不准原理〕的基本假设是：不可能同时既确定一个电子的位置又确定其能量。因为试图测量一个电子的位置或动量过程的本身，将会对位置或能量有所影响。因此，电子的行为可用电子在空间任何特定位置出现的几率来描述。我们可以用两种不同的方法来研究电子：或者把电子当作一种独立的粒子，主要出现在高几率区；或者当作负电子云以高密度在高几率区和以低密度在低几率区交替出现。例如，我们可以画出如图 1 所示的氢原子图形。图中氢原子的单个电子被描述为带负电的弥散云团。

图 1.1 描述了电子行为的两个方面：首先，电子最喜欢出现在靠近原子核的区域，此处阴影的密度最大；其次，任何方向的密度都相等。换句话说，电子在核周围各方向上出现的机会是相等的。上述所讨论的，一个电子在任何指定位置出现几率的图象称为轨道。

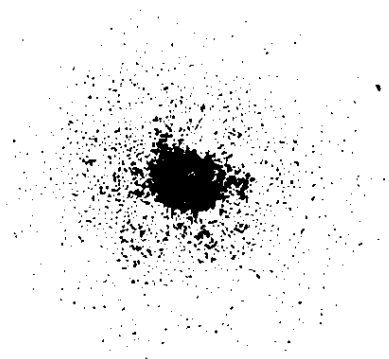


图 1.1 氢原子

任何电子可用四个量子数来表征：主量子数(n)，角量子数(l)，磁量子数(m)和自旋量子数(s)。每一个量子数只具有某些规定的值。

主量子数只能是任一正整数。

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

它用来描述从原子核到电子的平均距离。在决定电子能量方面这是最重要的因素。 n 的值低表示这是稳定的低能量电子；而 n 的值高则表示电子具有高能量。

角量子数部分地由 n 值决定，允许的数值是：

$$l = 0, 1, 2, \dots (n - 1)$$

如果 $n=3$ ，那么只可能有 3 个 l 值，即 0, 1 和 2。角量子数用来描述轨道的形状，一般 l 值用字母而不用数字表示：

$$l \text{ 的数值: } 0 \quad 1 \quad 2 \quad 3$$

$$\text{代表的字母: } s \quad p \quad d \quad f$$

磁量子数可以在某限度内假设为任何整数。

$$m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \pm l$$

l 用来描述轨道的形状，而 m 描述轨道相对于核的方位。

自旋量子数描述电子的自旋方向，这可想象为围绕着自己的轴以顺时针或逆时针方向自旋。因而 s 只能有两个数值：

$$+\frac{1}{2} \text{ 或 } -\frac{1}{2}。$$

任何电子可用这四个量子数来表征，特别是电子的能量主要由 n 和 l 所决定。我们可以设想 n 和 l 值相同而 m 、 s 值不同的轨道的能量是相等的，所以对我们来说只有 n 和 l 值需要确定。

现代理论的另一个基本假设是：在同一原子中不可能有两个电子具有相同的量子数。记住了这点，我们就可以用不同量子数的规定来解释电子是如何绕核排布的。当 $n = 1$ 时，只能存在 2 个电子，其量子数是：

n	l	m	s
1	0	0	$+\frac{1}{2}$
1	0	0	$-\frac{1}{2}$

相似地，如果 $n = 2$ ，我们发现 有 8 个电子：

n	l	m	s
2	0	0	$+\frac{1}{2}$
2	0	0	$-\frac{1}{2}$
2	1	-1	$+\frac{1}{2}$
2	1	-1	$-\frac{1}{2}$
2	1	0	$+\frac{1}{2}$
2	1	0	$-\frac{1}{2}$
2	1	+1	$+\frac{1}{2}$
2	1	+1	$-\frac{1}{2}$

如果 $n = 3$ ，量子数可能有 18 种组合，因此在这个主量子数下可能存在 18 个电子。量子数所表达的全部意义将在第三章中再讨论。

我们已知道，一个电子的能量由主量子数和角量子数所

决定。图 1.2 表明这一能量是怎样随量子数变化的。图中每个圆圈代表一个能容纳两个电子的轨道。如果我们接受任何原子中的电子倾向于采取最低能量的排布这一说法，我们就可绘出原子的电子结构图。

最简单的原子氢，原子序数 $Z = 1$ ，有一个在 $1s$ 轨道运行的电子，图 1.2 表明 $1s$ 轨道是能量最低的轨道。氢原子的电子构型可表示为 $1s^1$ 。

原子序数 $Z = 2$ 的原子是氦，它有两个绕核排布的电子。参照图 1.2 可以看出，这两个电子都进入 $1s$ 轨道。因此氦的电子构型为 $1s^2$ 。由此可以看出 $1s$ 轨道承担了最大的电子容量。因为已知氦是化学不活泼的，所以可以认为这种不活泼性与高稳定态有关。

锂原子有三个电子，其中只有两个能占据最低能量的 $1s$

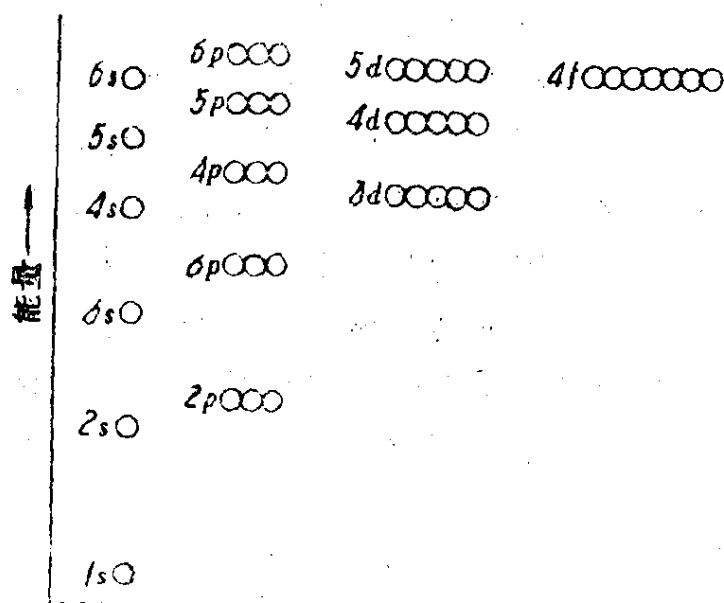


图 1.2 轨道能级

轨道，而剩留第三个电子被纳入 $2s$ 轨道，这样其构型就是 $1s^2, 2s^1$ 。参考图1.2可以看出，主量子数 $n = 2$ 的这组轨道最多可容纳8个电子。如表1.1所示，这种情况呈现在构型为 $1s^2 2s^2 2p^6$ 的氖原子中。和氦一样，氖具有高化学惰性，我们再次看到高稳定态与容纳最多电子数的轨道相关。

1.5 化学键的形成

我们已知道了孤立原子的情况，但还没有讨论这些原子是怎样与相同的或不同的原子相结合的。我们想了解为什么不同的原子可结合形成一个新分子以及怎样获得这种结合。第一个问题的答案是：任何体系都倾向于调整自身以达到最稳定态（即最低能量态）。可以设想，只要最终结果是能达到更稳定状态，电子将容易发生重排，那么就容易理解不同原子间的成键了。前面已讲过，电子在轨道中按尽可能多的数目排布，这种排布是一种高稳定态。从这一观点出发（即电子要重排以达到高稳定构型），我们试图解释化学键的形成。

为了解释如何成键，根据电子的重排情况可把键分成两种主要类型。通常把化学键分为离子键——电子从一个原子完全转移到另一个原子上；和共价键——两个原子共享一些电子。然而必须强调的是，虽然化学键可被划归为这两种类型之一，但大多数化学键是居于这两种极端类型之间的。

1.6 离子键

钠和氯原子结合形成氯化钠是形成离子键的最好范例。参考表1.1可以看出钠原子的电子构型是

表1.1 原子的电子结构

Z	元素	1	2	3	4	5	6	7
		s	s	p	s	p	d	f
1	H	1						
2	He	2						
3	Li	2	1					
4	Be	2	2					
5	B	2	2	1				
6	C	2	2	2				
7	N	2	2	3				
8	O	2	2	4				
9	F	2	2	5				
10	Ne	2	2	6				
11	Na	2	2	6	1			
12	Mg	2	2	6	2			
13	Al	2	2	6	2	1		
14	Si	2	2	6	2	2		
15	P	2	2	6	2	3		
16	S	2	2	6	2	4		
17	Cl	2	2	6	2	5		
18	Ar	2	2	6	2	6		
19	K	2	2	6	2	6	1	
20	Ca	2	2	6	2	6	2	
21	Sc	2	2	6	2	6	2	1
22	Ti	2	2	6	2	6	2	2
23	V	2	2	6	2	6	3	2
24	Cr	2	2	6	2	6	5	1
25	Mn	2	2	6	2	6	5	2
26	Fe	2	2	6	2	6	6	2